



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

2014

Forschung armasuisse Factsheets



armasuisse

Wissenschaft und Technologie

Feuerwerkerstrasse 39

CH-3602 Thun

sicherheitsforschung.ch

© Copyright

armasuisse
Wissenschaft und Technologie
Feuerwerkerstrasse 39
3602 Thun

Ansprechpartner

Leiter Forschung
Dr. Ivano Marques; Tel.: 058 468 29 01
ivano.marques@armasuisse.ch

Stellvertretender Leiter Forschung
Gaston Rubin; Tel.: 058 468 25 97
gaston.rubin@armasuisse.ch

<http://www.sicherheitsforschung.ch>

Forschung schafft und vernetzt Kompetenzen für unsere Sicherheit

Überleben bedeutet grundsätzlich für alle Lebewesen und deren Organisationsformen sich in bedrohlichen Situationen wehren und schützen zu können. Die dafür eingesetzten Methoden, Einrichtungen und Systeme müssen dabei stets unter Berücksichtigung neu auftretender und potenziell möglicher Bedrohungen weiterentwickelt und optimiert werden. So sind auch der Erfolg und die Wirksamkeit der nationalen Sicherheit und der dafür eingesetzten Instrumente wie die Armee oder der Bevölkerungsschutz von geeigneten und zuverlässig funktionierenden technischen Einrichtungen abhängig. Da die Komplexität und die Vernetzung der heutigen technischen Systeme stets zunehmen, ist für die Planung, Beschaffung, Nutzung bis zur Ausserdienststellung von Armeematerial der Einbezug von technischen Fachexperten und wissenschaftlichen Grundlagen unumgänglich. Wer seine technischen Systeme nicht sorgfältig und kompetent prüft, nimmt gefährliche Fehler in Kauf. Um bereits heute die technologischen, sicherheitspolitisch relevanten Herausforderungen der Zukunft zu antizipieren und die Verfügbarkeit der in Zukunft benötigten, möglichst neutralen Fachkompetenzen zu sichern, fördert armasuisse Expertennetzwerke und entsprechende Forschungsprogramme. Dabei werden bewusst keine Produktentwicklungen finanziert. Die industrielle Kapazität und Fachkompetenz der Schweizer Sicherheits- und Wehrtechnikindustrie deckt nur zum Teil die entsprechenden Bedürfnisse.

Das vorliegende Dokument informiert über die Gesamtheit der Forschungsaktivitäten, die armasuisse im Auftrag der Armeeplanung durchführt. Das benötigte Expertenwissen und die wissenschaftlich-technischen Kompetenzen für die operationellen Fähigkeiten der Armee werden im Sinne der Rüstungspolitik des VBS durch die gezielte Umsetzung der vom Rüstungschef genehmigten langfristigen Forschungsplanung und eine systematische Bedarfsabklärung bei den Auftraggebern und Nutzniessern nachhaltig gesichert. Die Forschungsprogramme werden in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie, Hochschulen, Verwaltung und internationalen Organisationen aus dem sicherheitspolitischem Bereich durchgeführt. Diese Vernetzung verhindert Doppelspurigkeiten bei der Wissensgenerierung, ermöglicht einen intensiven Wissens- und Erfahrungsaustausch und öffnet den Zugang zu Technologien, bei denen eigene Kompetenzen fehlen. Die Forschungsprogramme umfassen Projekte im Bereich Monitoring, Trendanalysen, Aufbau und Erhalt von Fachkompetenz, Grundlagen und Technologiedemonstratoren. Dies führt zu kompetenten Ansprechstellen für Expertisen, Gutachten, Evaluationen, Technologieintegration und die Entwicklung technischer Systeme. Neben dem Forschungsschwerpunkt Innovation und Querschnittsthemen werden zurzeit folgende Forschungsprogramme durchgeführt:

- 1 Aufklärung und Überwachung**
- 2 Kommunikation**
- 3 Cyberspace und Information**
- 4 Wirkung, Schutz und Sicherheit**
- 5 UAV - Unbemannte Einsatzmittel der Zukunft in der Luft**
- 6 UGV - Unbemannte Einsatzmittel der Zukunft am Boden**
- 7 Technologiefrüherkennung**

Die Forschung armasuisse ist eine Investition in eine innovative, zukunftsgerichtete und effiziente öffentliche Sicherheit. Der praktische Nutzen von technologischen Fachkompetenzen und neuen Erkenntnissen aus der Forschung ist grundsätzlich das Vermeiden von finanziellen, technischen und wirkungsbezogenen Risiken im Umgang mit Material und technischen Systemen der Armee, das Erkennen des Anwendungs- und Einsparpotenzials neuer Technologien sowie das rechtzeitige Aufzeigen von Fähigkeitslücken und Handlungsoptionen.

Mit der vorliegenden Übersicht wird nicht zuletzt beabsichtigt auf gemeinsamer Basis auch konstruktive Anregungen und eine kritische Betrachtung zu ermöglichen. In diesem Sinne wünsche ich viel Vergnügen beim Lesen.

armasuisse

Der Leiter Kompetenzbereich Wissenschaft und Technologie



Dr. Thomas Rothacher

FoPrg 1 - Aufklärung und Überwachung.....	9
Wetterunabhängige Bildaufklärung (SAR)	11
<i>SAR-Technologiedemonstrator auf Technologieplattform ARAMIS: R-3210/040-24</i>	<i>11</i>
<i>Echtzeitprozessierung von SAR-Quicklookbildern ARAMIS: R-3210/040-24</i>	<i>12</i>
<i>Korrelations-Software für SAR-Daten ARAMIS: R-3210/040-04</i>	<i>13</i>
<i>SAR-Signaturen ARAMIS: R-3210/040-03</i>	<i>14</i>
<i>Bewegtziel detektion mit abbildendem Radar ARAMIS: R-3210/040-15</i>	<i>15</i>
Satellitenbasierte Aufklärung (abbildende Sensorik)	16
<i>Signaturforschung und Hyperspektralsensorik ARAMIS: R-3210/040-02.....</i>	<i>16</i>
<i>Satellitenbilddauswertung für Sichtbarkeitsstatistik ARAMIS: R-3210/048-01.....</i>	<i>17</i>
<i>Change Detection und Geländemodellierung ARAMIS: R-3210/048-05.....</i>	<i>18</i>
Moderne Radartechnologien	19
<i>Erweiterte Cluttersimulation (Radarclutter) ARAMIS: R-3210/048-04.....</i>	<i>19</i>
<i>Advanced Passive Radar for Target Tracking and Identification ARAMIS: R-3210/041-13.....</i>	<i>20</i>
<i>Millimeter- und Mikrowellenfernerkundung ARAMIS: R-3210/040-11.....</i>	<i>21</i>
<i>Verteilte Antennen für Through Wall Sensing ARAMIS: R-3210/041-19.....</i>	<i>22</i>
Leistungsgrenzen moderner Sensorik	23
<i>Solar-blind 2-dimensional ultraviolett detector arrays ARAMIS: R-3210/040-19.....</i>	<i>23</i>
<i>Multisensordatenfusion ARAMIS: R-3210/040-23.....</i>	<i>24</i>
<i>Multi-sensor data analysis based on a 3D-microphone array ARAMIS: R-3210/040-23.....</i>	<i>25</i>
<i>GigaEye-II: Real Time Omnidirectional HD Video System ARAMIS: R-3210/040-26</i>	<i>26</i>
<i>Multi Sensors Integration for Urban Operations.....</i>	<i>27</i>
<i>Trends im Bereich der Signalverarbeitungsprozessoren.....</i>	<i>28</i>
<i>Local Intelligence – Smart Cameras ARAMIS: R-3210/050-23</i>	<i>29</i>
<i>Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) ARAMIS: R-3210/050-23</i>	<i>30</i>
Zieldetektion und Zielklassifikation	31
<i>Heliguard / AS2R - Acoustic Detection and Localization ARAMIS: R-3210/040-16</i>	<i>31</i>
<i>Einfluss von Human Factors auf die Bildauswertung ARAMIS: R-3210/043-40</i>	<i>32</i>
<i>IMINT-Szenarien aus Signaturen und Radarbildern ARAMIS: R-3210/040-18.....</i>	<i>33</i>
<i>Radarsignaturen für Detektion und Zielklassifikation ARAMIS: R-3210/040-14</i>	<i>34</i>
<i>Neues Messverfahren für Radar-Signaturen ARAMIS: R-3210/040-13</i>	<i>35</i>
<i>Automatische Flugzeugdetektion mit optronischen Sensoren und optimierter Signalverarbeitung.....</i>	<i>36</i>
<i>Detektion von kleinen, langsam fliegenden Zielen ARAMIS: R-3210/040-13</i>	<i>37</i>

Tarnung & Täuschung und elektronische Gegenmassnahmen.....	38
<i>Multispektrale Tarnung und Täuschung - Adaptive visuelle Tarnung</i> ARAMIS: R-3210/040-10	38
<i>Radarinsensitive Werkstoffe mit hoher Festigkeit</i> ARAMIS: R-3210/046-11.....	39
<i>Störverfahren gegen mmW-SAR und möglicher Gegenmaßnahmen.....</i>	40
FoPrg 2 - Kommunikation	41
Integrierte mobile Kommunikationsnetzwerke	43
<i>Leistungsfähige Kommunikationsprinzipien für C4ISTAR Konzepte</i> ARAMIS: R-3210/041-14.....	43
<i>HMI - Very Low Bit-Rate Coding</i> ARAMIS: R-3210/041-20.....	44
<i>Swarming MAVs as dynamic wireless mesh networks</i> ARAMIS: R-3210/041-12.....	45
<i>Software Defined Radio</i> ARAMIS: R-3210/041-15.....	46
Frequenzmanagement	47
<i>Wearable antennas for Wireless communications</i> ARAMIS: R-3210/041-18	47
<i>Conformal Multifunction Antenna System</i> ARAMIS: R-3210/041-18	48
Moderne zivile Kommunikationstechnologien.....	49
<i>Militärische Aspekte ziviler Funktechnologien</i> ARAMIS: R-3210/041-05	49
FoPrg 3 - Cyberspace und Information	50
<i>Cyberspace und Information</i>	50
Cyber Defense	52
<i>Cyber Radar: Früherkennung von Cyberangriffen</i> ARAMIS: R-3210/047-08	52
<i>Anwendungsbasierte Filterung von Netzwerkverkehrsdaten</i> ARAMIS: R-3210/047-08	53
<i>Härtung ziviler Funktechnologien für den militärischen Einsatz</i> ARAMIS: R-3210/047-04.....	54
<i>Netzwerk Forensik in C4ISTAR Systeme</i> ARAMIS: R-3210/047-04.....	55
<i>Abgesetzte Schutztechnologien für militärische drahtlose Netze</i> ARAMIS: R-3210/047-10.....	56
<i>Cyber Angriffe auf zukünftige Luftraumüberwachungssysteme</i> ARAMIS: R-3210/047-10.....	57
Informationsfusion und Darstellung	58
<i>Lagebilddarstellung und Entscheidungsunterstützung im Cyberspace</i> ARAMIS: R-3210/047-09.....	58
<i>Verhaltensbasierte Authentisierung</i> ARAMIS: R-3210/047-16	59
Datenmanagement	60
<i>Big Data: Umgang mit Massendaten</i> ARAMIS: R-3210/047-13.....	60
<i>Software-defined Networking</i> ARAMIS: R-3210/047-17	61
Informationsbeschaffung und Analyse	62
<i>Informationsgewinnung aus semantischer Suche öffentlicher Quellen</i> ARAMIS: R-3210/047-13.....	62
<i>Anonyme Informationsbeschaffung im Cyberspace</i> ARAMIS: R-3210/047-13	63
<i>Aufspüren der Verfolgung von Personenaktivitäten im Internet</i> ARAMIS: R-3210/047-04.....	64

FoPrg 4 - Wirkung, Schutz und Sicherheit..... 65

Wirkung..... 67

Toxizität, Alterung und Verwundbarkeit von Explosivstoffen ARAMIS: R-3210/042-72..... 67

Toxicité, vieillissement et vulnérabilité de matières explosives ARAMIS: R-3210/042-72..... 68

Detektion, Identifikation und Wirkung von Explosivstoffen ARAMIS: R-3210/042-73..... 69

High Sample Mobile Data Recorder ARAMIS: R-3210/042-41 70

Schutz und Sicherheit mobiler Objekte..... 71

Machbarkeit der Pfeilabwehr mittels einer Gegensprengung ARAMIS: R-3210/042-38..... 71

Entwicklung von neuen Schutzmaterialien ARAMIS: R-3210/042-38..... 72

Schutz leicht gepanzerter Fahrzeuge ARAMIS: R-3210/042-38..... 73

Electric Armor ARAMIS: R-3210/042-04..... 74

Elektromagnetischer Schutz – Simulationen ARAMIS: R-3210/042-04 75

Aspekte zur Integration elektromagnetischer Panzerung in mobile Plattformen
ARAMIS: R-3210/042-04 76

Laserschutz ARAMIS: R-3210/042-38..... 77

Schutz vor elektromagnetischen Hochleistungsfeldern ARAMIS: R-3210/046-03..... 78

Elektromagnetisches Feld im Nahbereich von Antennen ARAMIS: R-3210/046-04 79

Schutz und Sicherheit von Infrastruktur-Elementen..... 80

Technologie Assessment: „Detektion von verdächtigem Verhalten“ ARAMIS: R-3210/042-44..... 80

Entwicklung eines dreidimensionalen wellen-theoretischen Modells zur Simulation der
Ausbreitung von Stosswellen in urbaner Umgebung ARAMIS: R-3210/042-3 81

Dynamic Properties of Plain Concrete and of Ultra-High Performance Fiber Reinforced Concrete
ARAMIS: R-3210/042-39 82

Ansprengversuche auf Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC) Platten
ARAMIS: R-3210/042-39 83

Rechenmodelle und Simulation..... 84

Numerische Simulation des Zugversuchs eines armierten zylindrischen Betonelements
ARAMIS: R-3210-042-33 84

Simulationen von UHP(FR)C ARAMIS: R-3210/042-33 85

FoPrg 5 - UAV - Unbemannte Einsatzmittel der Zukunft, Luft 86

UAV – Kompetenzzentrum 88

Kompetenzzentrum UAS ARAMIS: R-3210/043-10..... 88

Luftraumintegration und Zulassung..... 89

UAS Technologie-Integration ARAMIS: R-3210/043-11..... 89

Sense & Avoid ARAMIS: R-3210/043-13 90

Zuverlässigkeit und Flugsicherheit.....	91
<i>Dynamik der UAV-Technologieplattform ARAMIS: R-3210/043-30</i>	<i>91</i>
Systemtechnik zukünftiger UAS.....	92
<i>UAS Systemtechnik ARAMIS: R-3210/043-01.....</i>	<i>92</i>
Leistungsfähigkeit zukünftiger UAS	93
<i>Agile UAV in vernetzter Umgebung ARAMIS: R-3210/043-12</i>	<i>93</i>
FoPrg 6 - UGV - Unbemannte Einsatzmittel der Zukunft, Boden	94
UGV Kompetenzzentrum	96
<i>Kompetenzzentrum UGV ARAMIS: R-3210/050-30</i>	<i>96</i>
UGV Autonomie, Navigation, Software	97
<i>Visuelle Navigation in Gebieten ohne GPS-Empfang ARAMIS: R-3210/050-32</i>	<i>97</i>
<i>Autonome Exploration ARAMIS: R-3210/050-32</i>	<i>98</i>
<i>2D-Navigation mit preisgünstigen Sensoren ARAMIS: R-3210/050-32</i>	<i>99</i>
<i>3D-Navigation und 3D-Karte mit Time-Of-Flight-Kamera ARAMIS: R-3210/050-32.....</i>	<i>100</i>
<i>Environment Classification ARAMIS: R-3210/050-40</i>	<i>101</i>
<i>Testbed für UGV-Software und Hardware ARAMIS: R-3210/050-34.....</i>	<i>102</i>
<i>Digitale 3D-Umgebungen ARAMIS: R-3210/050-34</i>	<i>103</i>
UGV Systemtechnik	104
<i>Agile UGVs in vernetzter Umgebung ARAMIS: R-3210/050-35.....</i>	<i>104</i>
<i>Führung von Mehrrobotersystemen durch BML ARAMIS: R-3210/050-34</i>	<i>105</i>
<i>Cooperative Convoy System ARAMIS: R-3210/050-34.....</i>	<i>106</i>
<i>UGV Energieversorgung ARAMIS: R-3210/050-37</i>	<i>107</i>
UGV Lokomotion & Terramechanik	108
<i>Unbemannte Plattformen ARAMIS: R-3210/050-31.....</i>	<i>108</i>
<i>Centipede All-Terrain Vehicle ARAMIS: R-3210/050-36.....</i>	<i>109</i>
<i>Einweg- EOD-Roboter ARAMIS: R-3210/050-36.....</i>	<i>110</i>
<i>Standardisierte UGV-Tests ARAMIS: R-3210/050-34.....</i>	<i>111</i>
UGV Payload & Payload-Integration.....	112
<i>Aufnehmen und Ablegen von Objekten ARAMIS: R-3210/050-33.....</i>	<i>112</i>
<i>Flying Eye Dock ARAMIS: R-3210/050-35</i>	<i>113</i>
UGV Human Factors.....	114
<i>Human Factors in UGV Operationen ARAMIS: R-3210/050-39</i>	<i>114</i>
FoPrg 7 - Technologiefrüherkennung	115

Innovation und Querschnittsthemen	117
Komplexitätsmanagement	119
<i>CREDO ARAMIS: R-3210/044-04</i>	<i>119</i>
Materialwissenschaft und Energie.....	120
<i>Materialwissenschaft und ihre Bedeutung in der Sicherheits- und Wehrtechnik</i>	
<i>ARAMIS: R-3210/046-26</i>	<i>120</i>
<i>Metallische Nanostrukturen für die Impedanzspektroskopie ARAMIS: R-3210/046-25</i>	<i>121</i>
Biologische Agenzien	122
<i>Biochemische Nachweisanalytik für B-Toxine ARAMIS: R-3210/045-11</i>	<i>122</i>
<i>Next Generation Sequencing ARAMIS: R-3210/045-13</i>	<i>123</i>
<i>DNA-Chip ARAMIS: R-3210/045-10</i>	<i>124</i>
Human Factors	125
<i>Psychomotorik-Mehrfacharbeits-Analyse (PMA) ARAMIS: R-3210/043-21.....</i>	<i>125</i>
<i>Helmvisier: Pilotenreferenziertes Display ARAMIS: R-3210/043-22.....</i>	<i>126</i>
<i>Nackenprobleme bei Militärpiloten ARAMIS: R-3210/043-20.....</i>	<i>127</i>
<i>Methoden zur Messung von Human Factors Effekten ARAMIS: R-3210/050-50</i>	<i>128</i>
<i>Kompetenzzentrum Human Factors ARAMIS: R-3210/050-51.....</i>	<i>129</i>

Informationsüberlegenheit dank moderner Aufklärung

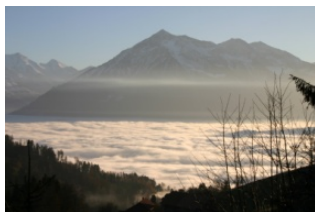
Das Forschungsprogramm *Aufklärung und Überwachung* des Kompetenzbereiches Wissenschaft und Technologie (W+T) der armasuisse bearbeitet sechs endnutzerorientierte Kompetenzfelder im Bereich ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance). Neue Möglichkeiten zur Informationsbeschaffung werden aufgezeigt und technische Fachkompetenzen zu den operationellen Fähigkeitslücken der Armee gezielt aufgebaut. Die wissenschaftlich-technische Expertenkompetenz wird im Forschungsnetzwerk mit Basisstudien, Forschungsmonitoring, Forschungsprojekten, Demonstratorentwicklungen, Feld- und Laborversuchen, nationalen und multi-lateralen Kooperationen sichergestellt.

Die entscheidungsrelevanten Informationen können in Zukunft im Vergleich zu heute zeitgerechter, präziser und auch bei erschwerten Bedingungen, wie bei Regen und Wolken, erfasst werden. Die Gründe liegen in den Technologiesprüngen der Sensorik und der digitalen Signalverarbeitung, den neuen Einsatzmöglichkeiten sei es in der Luft, im Weltall oder am Boden, und der Vernetzung. Zudem gilt es die Chancen der Technologiefortschritte wahrzunehmen, um die kleiner werdende Armee in Überwachungsaufgaben zu entlasten und Kosten zu sparen. Allerdings werden die Komplexität und der Bedarf an Expertenwissen zunehmen.

Das Forschungsprogramm sichert anhand von Forschungsaktivitäten und Kooperationen wissenschaftlich-technische Kompetenzen in der Schweiz und ermöglicht weitergehende Expertisen, Gutachten und Evaluationen im Planungs- und Beschaffungsprozess der Armee.

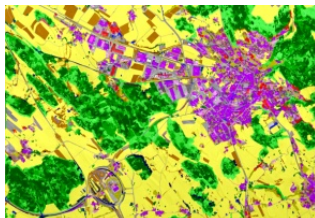
Kompetenzfelder

Die Aktivitäten lassen sich in folgende Kompetenzfelder einteilen, welche fortlaufend überprüft werden:



Wetterunabhängige Bildaufklärung

Luft-Bodenaufklärung mit abbildender Radartechnologie zu jeder Tages- und Nachtzeit. Die Grundlagen der Sensorik, Missionsplanung, Bildfokussierung und Bildinterpretation werden erarbeitet. Die Leistungsgrenzen der Radarbild-aufklärung für den Einsatz in der Schweiz werden untersucht.



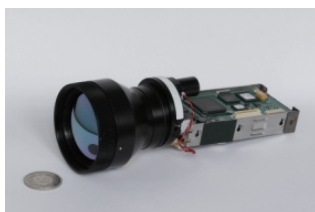
Satellitenbasierte Aufklärung (abbildende Sensorik)

Flächendeckende Boden- und Geländebeschreibung in der Zukunft. Das Potenzial von Hyperspektralsensoren für die Aufklärung wird erfasst. Neue Informationen, wie die flächendeckende Sichtweite, werden bereitgestellt. Der Einfluss der Atmosphäre für Aufklärungseinsätze wird modelliert und beurteilt.



Moderne Radartechnologien

Informationsüberlegenheit durch neue Techniken für Nahbereichs-, Wand- und Passivradarsysteme. Neue Anwendungen ergeben sich durch Fortschritte in der Antennentechnologie, Miniaturisierung und Signalverarbeitung. Der Einfluss von Störungen wird mit der sogenannten Clutteranalyse betrachtet, um Überwachungssysteme zu beurteilen und Abnahmetests zu vereinfachen.



Leistungsgrenzen moderner Sensorik

Beurteilung moderner Sensorik. Themenfelder: Aktive und passive Sensorik, Vernetzung, Miniaturisierung, Datenfusion, Ultraviolett-detektoren, Gigapixel-Kameras, Infrarotdetektoren, Millimeterwellensensorik, akustische Sensoren. Lokale Intelligenz für die Datenreduktion. Sensorik für die Lokalisierung.



Zieldetektion und Zielklassifikation

Neue Möglichkeiten für Selbstschutzsysteme und für die Ortung von Flugobjekten werden betrachtet. Radarsignaturen und Radarrückstreuquerschnitte werden gemessen und simulationsbasiert erfasst. Referenzsignaturen für die Aufklärung werden erstellt. Weitere Themen sind die Auswirkung der menschlichen Interaktion auf die Zielklassifikationsgüte und die Detektion von Kleindrohnen mit optimierter Optronik und Akustik.



Moderne multispektrale Tarnung, Täuschung und elektronische Gegenmassnahmen

Beurteilung moderner Sensorik gegenüber Tarn- und Täuschmassnahmen. Technologiemonitoring in den Bereichen Soldatentarnung, mobile Tarnkits für Fahrzeuge, adaptive und multispektrale Tarnung und internationale Standards für die Erprobung. Moderne elektronische Gegenmassnahmen.

Netzwerke

Für den Aufbau von Fachkompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland eingesetzt und gepflegt. Zur Sicherstellung der Fähigkeitsorientierung findet ein enger Kontakt und Informationsaustausch zu Endnutzern, Planungs-, Beschaffungs- und Erprobungsstellen des VBS statt.

Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute

- ETH Zürich
- EPFL Lausanne
- Universität Zürich
- Universität Bern
- Universität Neuburg
- Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Winterthur (ZHAW)
- Fraunhofer Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik, Wachtberg, D
- Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, Ettlingen, D
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR, Oberpfaffenhofen, D
- Niederländische Organisation für angewandte naturwiss. Forschung, Den Haag, NL
- Technische Universität Wien, A

Industrie

- RUAG Schweiz AG, Thun
- Impreglon Coatings AG, Altdorf
- SSZ Camouflage Technology AG, Zug
- IAV Engineering, Lausanne
- Seitz Phototechnik AG, Lustdorf
- Forventis GmbH, Zürich
- upicto GmbH, Zürich
- Distran GmbH, Zürich
- Parametric Engineering GmbH, Uetendorf
- MFB GeoConsulting, Messen
- BeOne, Rotkreuz
- Ing. Büro für Sensorik und Signalverarbeitung, Bexbach, D

Bund

- Verteidigung
- BABS Labor Spiez
- METEO Schweiz
- armasuisse - swisstopo
- armasuisse - Beschaffung
- armasuisse - Wissenschaft und Technologie

Staatliche Partner

- Swedish Defence Research Agency
- Wehrtechnische Dienststelle für Informationstechnologie und Elektronik, Greding (WTD-81, D)
- Wehrtechnische Dienststelle für Schutz und Sondertechnik, Oberjettenberg (WTD-52, D)
- NATO/PfP Forschungsarbeitsgruppen: vorwiegend europäische Beschaffungsstellen und wehrtechnische Forschungsinstitute

SAR-Technologiedemonstrator auf Technologieplattform

ARAMIS: R-3210/040-24

Im Rahmen des Projekts wurde der Experimental SAR-Sensor MIRANDA35 des Fraunhofer Institutes für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR auf das Trägerflugzeug CENTAUR erfolgreich integriert. Im Sinne der Multidatenfusion wurde das Aufklärungssystem zusätzlich mit der hochauflösenden Luftbildkamera DigiCAM-40 erweitert. Das Flugzeug basiert auf der von Diamond Airborne Sensing entwickelten DA42 und wurde von Aurora Flight Science modifiziert. Diese Modifikationen erlauben es unter anderem die erzeugten Echtzeit SAR-Bilder zum Boden zu übertragen und das Radarsystem vom Boden aus zu bedienen. Das Flugzeug in Kombination mit Daten-Link, SAR-Sensor und Luftbildkamera konnte erfolgreich in Erprobungsflügen getestet werden. Der SAR-Technologiedemonstrator soll in Zukunft zur Beurteilung der Leistungsgrenzen der SAR-Technologie in Schweizer Umgebung eingesetzt werden.

Zielsetzung

Die Ziele der Arbeiten im Jahr 2013 waren es, den entwickelten SAR-Sensor mit digitaler Signalverarbeitung auf dem Fraunhofer FHR eigenen Flugzeug „Delphin“ zu integrieren und SAR-Testflüge durchzuführen. Im Vergleich zu den im Vorjahr erzielten Ergebnissen sollten damit als Vorbereitung für die Demonstration der Sensorsysteme mit der CENTAUR größere Flughöhen, eine höhere Auflösung, den SAR-Quicklook-Algorithmus und die Systemsoftware erprobt werden. Danach war die Integration und Inbetriebnahme der Systeme auf der CENTAUR zur Durchführung von Testflügen geplant.

Erkenntnisse

Nach der erfolgreichen Erprobung des SAR-Sensors mit dem Fraunhofer FHR eigenen Flugzeug „Delphin“ konnten als Vorbereitung für die weitere Erprobung letzte Systemanpassungen durchgeführt werden. Danach folgte die angestrebte Integration aller Teilsysteme in das Flugzeug CENTAUR, welche mit der Erteilung der Flugfreigabe erfolgreich beendet werden konnte. Im Anschluss daran wurden Erprobungsflüge durchgeführt, die zeigen, dass Daten zur Erzeugung hochaufgelöster SAR-Bilder generiert und abgespeichert werden können, und dass gleichzeitig ein Quicklook dieser Daten am Boden dem Operateur zur Verfügung steht. Die zusätzlich integrierte Luftbildkamera hat die gleiche Einbauposition wie das Radarsystem, so dass zusätzlich zum SAR-Bild auch optische Bilder der Messszene generiert werden konnten.



Beschreibung

Nach der Integration der Sensorkomponenten in den Belly-Pod, welcher sich unter dem Rumpf des oben abgebildeten Flugzeugs CENTAUR befindet, wurden erfolgreich Messflüge durchgeführt. Die Daten des Radarsystems wurden im Flugzeug für die nachfolgende Offline-Auswertung zur Erzeugung hochauflösender SAR-Bilder abgespeichert. Zusätzlich dazu wurde ein SAR-Bild dieser Daten erzeugt, welches für die Übertragung über einen digitale Datenlink zur Visualisierung am Boden geeignet ist. Auch diese Fähigkeit des SAR-Systems konnte erfolgreich während der Messflüge demonstriert werden.

Fazit

Die Ergebnisse der sehr erfolgreichen Erprobungsflüge des Flugzeugs CENTAUR mit dem Sensorsystem bestehend aus SAR-Sensor und hochauflösender Luftbildkamera zeigten die hohe Leistungsfähigkeit des Sensorsystems. Zukünftig ist geplant die Benutzerfreundlichkeit des Systems hinsichtlich Bedienung und Quicklook von SAR-Sensor und optischer Kamera zu verbessern und die Leistungsgrenzen der Technologie für Schweizer Verhältnisse zu analysieren.

Echtzeitprozessierung von SAR-Quicklookbildern

ARAMIS: R-3210/040-24

Das Ziel der aktuellen Arbeiten im Bereich der SAR Realzeitprozessierung ist es, aufbauend auf den bereits vorhandenen Algorithmen und den neuen Möglichkeiten durch den Einsatz eines digitalen Datenlinks ein modulares Software-Konzept des Quicklook-Prozessors zu entwickeln. Dieses soll flexibel gestaltet werden, so dass zukünftige Entwicklungen wie die Erweiterung der Monitoring-Fähigkeit durch Abspeichern der Überflugdaten oder die Erhöhung der Auflösung in definierten Zielgebieten (Lupenfunktion) modular integriert werden können. Auch soll der Prozessor unabhängig von Erneuerungen am Frontend des Radarsensors, wie die Installation einer neuen digitalen Datenaufzeichnung ausgelegt werden.

Im Rahmen der im Juli 2013 durchgeführten Messkampagne in der Schweiz konnten das erste Mal die Bedingungen und Anforderungen an die digitale Übertragungsstrecke getestet und ausgewertet werden. Die permanente Verbindung eines Rechners am Boden mit dem Arbeitsrechner des Radarsensors über TCP/IP ermöglichte eine ferngesteuerte Bedienung des Radarsensors, die bisher zum Start der Datenaufzeichnung im gewünschten Zielgebiet genutzt wurde. Damit konnte bereits ein Systemoperator an Bord der fliegenden Plattform eingespart werden. Der Sensor ist damit komplett UAV fähig.



Der Quicklook-Prozessor zur Berechnung der Realzeitbilder konnte modifiziert werden, so dass die Daten online auf der Plattform prozessiert, und die fertigen fokussierten Teilbilder über den Datenlink übertragen werden konnten. Die Bilder konnten dann am Boden zu einem kontinuierlichen real-time Video-Signal verarbeitet und dargestellt werden. Screenshots des SAR-Videos sind links abgebildet. Sowohl urbane als auch ländliche Gebiete waren klar zu identifizieren.

Die einzelnen Teilprozesse des Quicklook-Prozessors konnten darüber hinaus weiter bezüglich Performance optimiert und modularisiert werden.

Das Abspeichern gesamter Überflüge wurde bereits als neue Methode implementiert. Des Weiteren wurde eine neue Schnittstelle entwickelt, um weitere Module in den Realzeitprozess zu integrieren.

Fazit

Die Realzeitprozessierung an Bord der Trägerplattform, die Übertragung der Daten zum Boden und die bodengestützte Darstellung der SAR-Bilder konnten erfolgreich demonstriert werden. Weitere Schritte zur Modularisierung der Software und zum Einbinden neuer Funktionen zur Unterstützung des Monitoring Prozesses wurden und werden ausgearbeitet.

Korrelations-Software für SAR-Daten

ARAMIS: R-3210/040-04

Die Fokussierung von hochaufgelösten SAR-Bildern basierend auf Rohdaten des abbildenden Millimeterwellen-Radarsystems MIRANDA35 erfordert die Implementierung eines neuen Verfahrens. Die sehr kurzen Wellenlängen stellen höchste Anforderungen an die Bewegungskompensation, welche mit Frequenzbereichs-Prozessoren nur schwer zu erfüllen sind. Aus diesem Grund hat die Universität Zürich einen neuen Zeitbereichs-Prozessor entwickelt.

Problem

Das im modularen SAR-Prozessor implementierte Verfahren für die Fokussierung von Frequenzmodulierten-Dauerstrichradardaten zeigt deutliche Artefakte, insbesondere bei kleinen Abtastraten und hohen Schielwinkeln. Aus diesem Grund und im Hinblick auf eine höhere Flexibilität, insbesondere bei nicht-linearen Fluglinien oder bei Verwendung von leichten und agilen Plattformen, wurde ein neues Zeitbereichs-Verfahren entwickelt.

Idee

Die Fokussierung von hochauflösenden MIRANDA35 SAR-Daten mittels Zeitbereichs-Prozessierung ist ohne Approximationen zu rechenintensiv. Die Annahme, dass der Geschwindigkeitsvektor der Plattform während dem Aussenden einer einzelnen Frequenzrampe konstant bleibt, ist eine akzeptable Vereinfachung, welche es erlaubt, die Rechenzeit deutlich zu reduzieren.



Resultate

Im Sommer 2013 kam das MIRANDA35-System erstmals auf einem Flugzeug des Typs Diamond DA42 CENTAUR zum Einsatz. Das dargestellte Bild zeigt einen 540 x 275 m grossen Ausschnitt eines Aufnahme-streifens über der Aare bei Grenchen. Es handelt sich um ein *Single-Look*-Produkt mit einer Auflösung von rund 30 cm. Als Grundlage für die Geokodierung diente das DHM25.

Fazit

Das neu entwickelte und implementierte Verfahren für die Fokussierung von Frequenzmodulierten-Dauerstrich-SAR-Daten zeigte gute Resultate bei brauchbaren Rechenzeiten. Der MatLab-basierte Prototyp dient nun als Basis für eine künftige C++ / CUDA Implementierung auf einem Graphikprozessor.

SAR-Signaturen

ARAMIS: R-3210/040-03

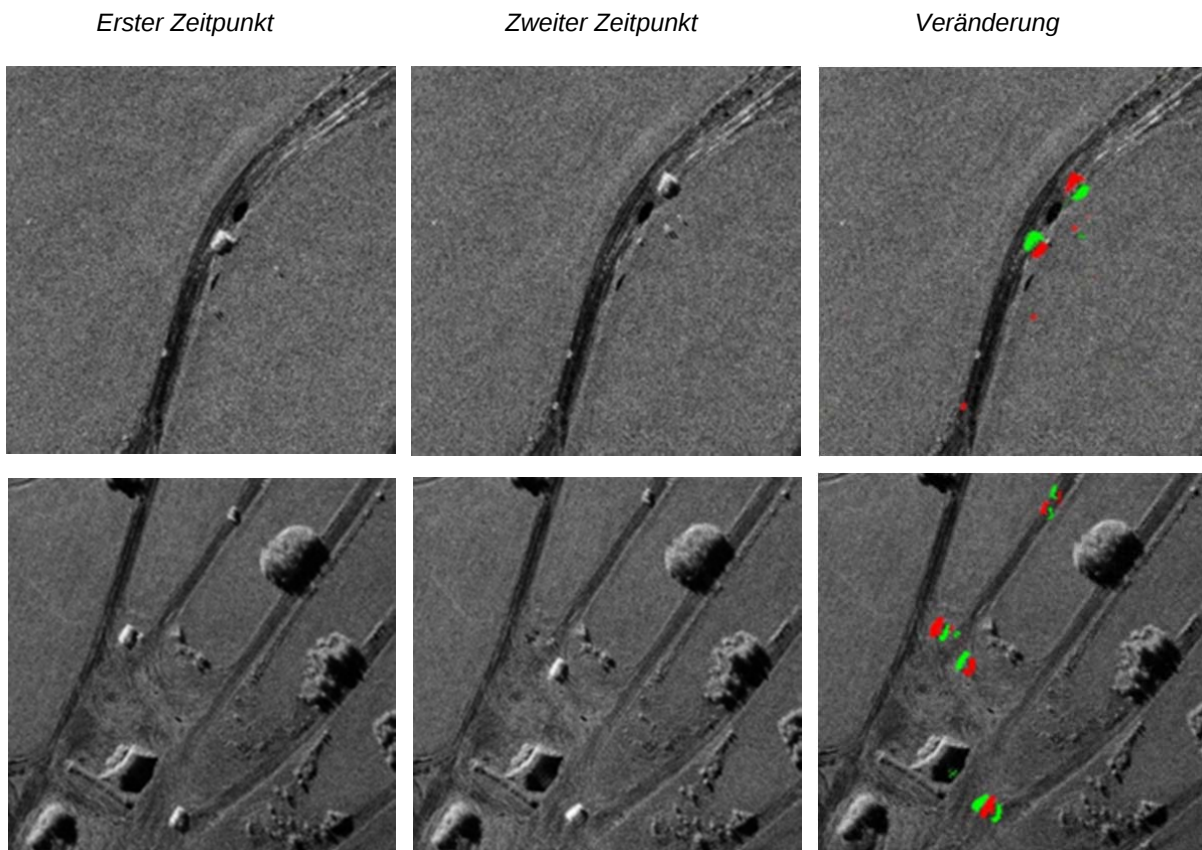
Moderne Verfahren für das automatische Erkennen von Änderungen in SAR-Bildern (*Change Detection*) verwenden Zeit-Frequenz-Analysen, um einen besseren Kompromiss zwischen räumlicher Auflösung und dem SAR-typischen Bildrauschen zu erreichen. Diese Methoden bieten die Möglichkeit, Veränderungen sowohl in homogenen Gebieten als auch in heterogenen Strukturen zu erkennen, was mit üblichen *Speckle*-Filtern oder einzelnen, morphologischen Operationen nicht möglich ist.

Idee

Im Allgemeinen muss bei SAR *Change Detection* ein Kompromiss zwischen Detaillierhaltung einerseits (feine Strukturen) und Zuverlässigkeit in der Veränderungskartierung homogener Bereiche andererseits gefunden werden. Diese Anforderungen sind gegensätzlicher Natur: Hohe Zuverlässigkeit in homogenen Flächen erfordert intensive Filteroperationen zur Reduktion des Rauschens, welche wiederum feine, geometrischen Strukturen von Objekten verwischen. Methoden der Zeit-Frequenz-Analyse sind eine Möglichkeit, diesen gegensätzlichen Forderungen zu begegnen.

Resultate

Für die Untersuchungen standen hochaufgelöste MEMPHIS SAR-Daten zur Verfügung. Die abgebildeten Objektanordnungen wurden unter unterschiedlichen Abbildungsgeometrien aufgenommen. Eine Kombination morphologischer Transformationen, basierend auf Wavelet- und Curvelet-Verfahren, wurden verwendet, um einheitliche Flächen zu glätten und trotzdem Objektdetails zu erhalten. Die Abbildungen zeigen zwei Regionen zu unterschiedlichen Zeitpunkten sowie die detektierten Bereiche mit signifikanten Änderungen.



Fazit

Mit der MCA-Methode (*Morphological Component Analysis*) wurde ein Verfahren implementiert, welches die Detektion von Veränderungen in hochauflösenden SAR-Bildern ermöglicht. Es zeigt sowohl für homogene Flächen als auch für kleine Objekte vielversprechende Resultate.

Bewegtzieldetektion mit abbildendem Radar

ARAMIS: R-3210/040-15

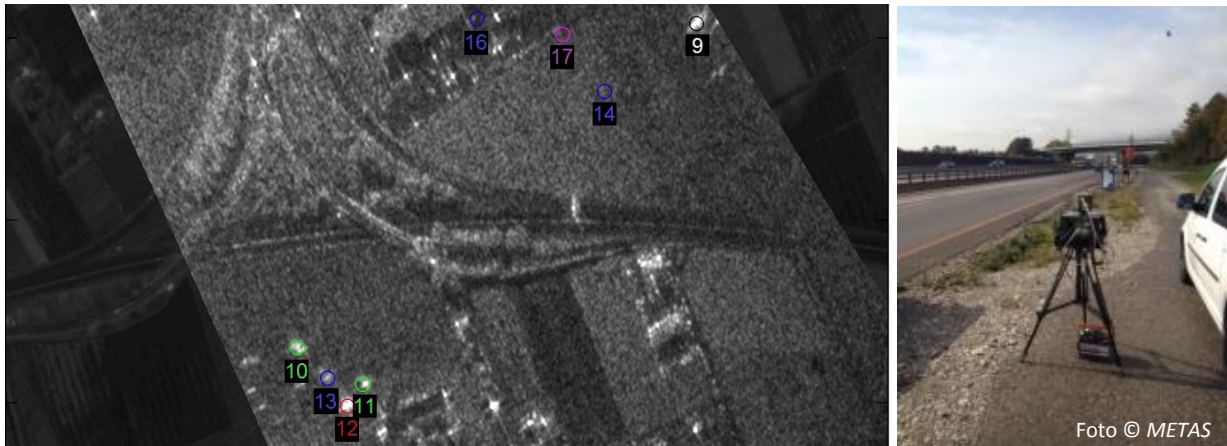
Für das Erkennen bewegter Objekte in SAR-Bildern (*Ground Moving Target Indication, GMTI*) kommen unterschiedliche Konzepte zum Einsatz. Zum einen sind es physikalische Ansätze, welche die interferometrische Mehrkanalfähigkeit von SAR-Sensoren nutzen, zum anderen aber auch Bildserien aus Einkanal-Systemen, welche Informationen über bewegte Objekte aufgrund ihres zeitlich-dynamischen Verhaltens extrahieren lassen. Die Kombination beider Verfahren führt zu einem Informationsgewinn, welcher zu einer hohen Detektionsrate führt und gleichzeitig die hochauflösende Abbildung eines Gebietes mit Hilfe der SAR-Fokussierung ermöglicht.

Idee

In den letzten Jahren wurden am RSL verschiedene Ansätze für das Detektieren und Verfolgen bewegter Objekte mit Hilfe von abbildenden SAR-Sensoren entwickelt. Diese basieren auf Ein- und Mehrkanaldaten sowie einfachen Kombinationen beider Informationsquellen. Basierend auf diesen Erfahrungen wurden die Kombinationsverfahren verfeinert und Methoden implementiert, die es ermöglichen, den SAR-spezifischen Dopplerversatz fokussierter Objekte zu korrigieren. Dies ermöglicht, die in SAR-Geometrie vorliegenden Positions- und Bewegungsmuster in Kartenkoordinaten umzurechnen und mittels Bodenmessungen zu validieren.

Resultate

Zur Verbesserung des Kombinationsverfahrens wurde das zugrundeliegende, physikalische Modell des Kalman-Filters um mehrere Komponenten erweitert, um neben Position und Geschwindigkeit auch die Phase, die Amplitude und die Grösse eines Objektes zu erfassen und über die Zeit zu verfolgen. Dies steigert die Robustheit des Algorithmus.



Für die Korrektur des durch die Doppler-Frequenzverschiebung verursachten, geometrischen Versatzes stehen je nach Datenverfügbarkeit drei Verfahren zur Verfügung: Liegen ausschliesslich Einkanal-SAR-Daten vor, erfolgt die Korrektur durch eine Analyse des Bewegungsmusters. Beim Vorliegen mehrkanaliger, interferometrischer Information wird durch Berücksichtigung des Phasenverlaufes eine Verbesserung der Positions- und Geschwindigkeitsgenauigkeit erreicht. Die besten Ergebnisse werden jedoch erzielt, wenn die Objektpositionen durch eine *Iso-Range*-Projektion auf ein zugrundeliegendes Strassenmodell umgerechnet werden. Die so abgeleiteten Positionen und Geschwindigkeiten der Objekte wurden mittels Video- und Radar-Bodenmessungen validiert¹. Dabei wurden 93% aller Lastwagen erfolgreich detektiert und deren Positionen und Geschwindigkeiten mit Genauigkeiten von 10 m bzw. 1.2 m/s berechnet.

Fazit

Die Methoden für die Kombination von Ein- und Mehrkanal-basierten GMTI-Verfahren wurden erfolgreich optimiert. Für die Korrektur des SAR-spezifischen Dopplerversatzes der extrahierten Bewegtziele stehen je nach vorhandener a priori Informationen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Basierend auf diesen korrigierten Positions- und Geschwindigkeitsinformationen konnte eine zuverlässige Validierung durchgeführt und die Qualität des gesamten GMTI-Verfahrens nachgewiesen werden.

¹⁾ Radar-Bodenmessungen: Institut für Metrologie, METAS

Signaturforschung und Hyperspektralsensorik

ARAMIS: R-3210/040-02

Die Signaturforschung an hyperspektralen Datensätzen im reflektiven Bereich des elektromagnetischen Spektrums (sichtbarer Bereich, nahes Infrarot und kurzwelliges Infrarot, 400-2500 nm) erlaubt eine quantitative Analyse von Messobjekten in Bezug auf deren Inhaltsstoffe und Materialzusammensetzung. Die Gruppe Spektrometrie der Abteilung Fernerkundung (RSL) am Geographischen Institut der Universität Zürich entwickelt Methoden zur spektralen Charakterisierung und automatischen Erkennung von Objekten aus flugzeug- und satellitengestützten Fernerkundungsdaten mit einer grossen Anzahl an schmalbandigen Wellenlängenkanälen.

Problem

Unterschiedliche Materialien weisen spezifische Spektralcharakteristiken auf, welche mittels satelliten-, flugzeug- oder bodengestützten Spektrometern gemessen werden können. Das neuartige flugzeuggestützte abbildende Spektrometer APEX (*Airborne Prism Experiment*), welches in der Schweiz durch die Abteilung Fernerkundung (RSL) an der Universität Zürich betrieben wird, bietet die Möglichkeit, in über 500 Wellenlängenkanälen (400-2500 nm) Spektraldaten der Erdoberfläche zu erheben (*image data cube*). Gesuchte Objekte können so anhand ihrer spektralen Signatur erkannt werden. Die Grenzen der räumlichen und spektralen Erkennbarkeit zu Aufklärungs- oder Überwachungszwecken wird im Rahmen dieser Forschungs Kooperation untersucht. Ein zweiter Schwerpunkt wird neu auf die Operationalisierbarkeit der Suchalgorithmen und Anwendung bekannter Methoden unter suboptimalen Beleuchtungsbedingungen gelegt.

Erkenntnisse

Im Juni 2012 hat in Greding (D) erstmals ein gemeinsames Befliegungsexperiment mit flugzeuggetragenen Hyperspektralsensoren (APEX (RSL) und AISA (Fraunhofer IOSB)) im Rahmen der deutsch-schweizerischen Forschungs Kooperation der betreffenden Beschaffungsstellen der Schweiz und Deutschlands stattgefunden. Das erfolgreiche Flugexperiment hatte die Potentialerfassung von Hyperspektralsensoren für die Bodenaufklärung zum Ziel. Zu diesem Zweck wurden diverse Tarnmaterialien in unterschiedlichen Grössen und in verschiedenen Mischungsgraden mit umliegender Vegetation (Buschwerk) platziert. Auch wurde die Detektierbarkeit von künstlichen Objekten (*man made objects*, IED's (*Improvised Explosive Devices*)) sowie kurzfristiger Erdarbeiten in das Experiment mit einbezogen. Die Auswertung zeigte, dass die meisten Tarnmaterialien im Subpixelbereich erkannt und separiert werden konnten, dies auch unter diffusen Beleuchtungsbedingungen. IED's stellten aufgrund ihrer geringen räumlichen Grösse und flachen Spektralkurve eine grosse Herausforderung für die Objekterkennung dar.



Links: Tarnmaterial in diversen Mischungsgraden mit Buschwerk während des Befliegungsexperiments in Greding (D) am 23. Juni 2012

Mitte: Dornier DO-228 (DLR) mit eingebautem Spektrometer APEX in 2000 m Höhe über Grund

Rechts: Qualitatives Detektionsergebnis für zwei verschiedene Tarnnetz-Typen im verbuschten Gelände des Greding-Experimentes 2012

Fazit

Hyperspektralsensoren versprechen markant bessere Aufklärungsergebnisse gegenüber traditionellen Aufklärungssensoren. Allerdings gibt es eine Vielzahl offener Fragen zu dieser Technologie. Abbildende Spektrometer wie APEX eröffnen neue Möglichkeiten zur Untersuchung der Detektionsleistungen und somit eine bessere Beurteilung von der Hyperspektraltechnologie.

Satellitenbildauswertung für Sichtbarkeitsstatistik

ARAMIS: R-3210/048-01

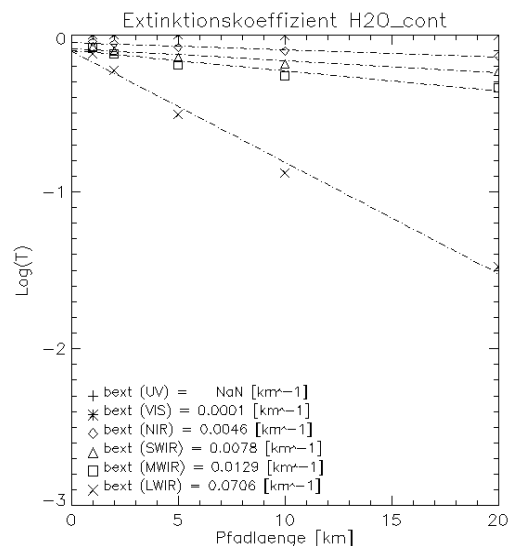
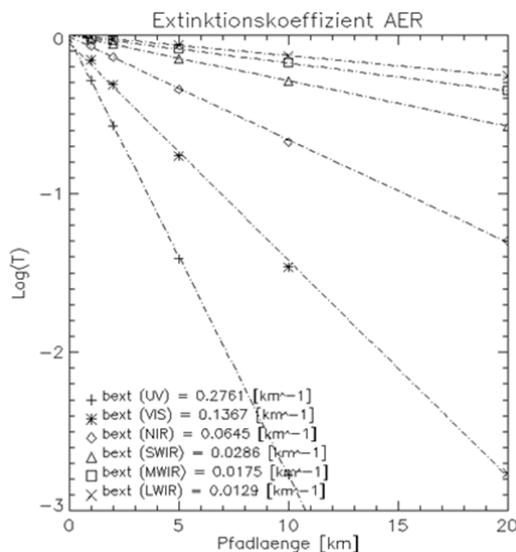
Die Sensorgrenzleistung ist nicht nur von den Eigenschaften der Kamera (Sensor, Optik, Elektronik) abhängig, sondern auch in hohem Masse von den atmosphärischen Bedingungen und den Zieleigenschaften. Mit den Simulationsmodellen TRM4.v1 sowie MODTRAN5 konnten für unterschiedlichste atmosphärische Bedingungen und verschiedene Sensoren die Sichtweite unter Berücksichtigung des Johnson-Kriteriums berechnet werden.

Problem

Die Sensorgrenzleistung von neu zu beschaffenden Geräten lässt sich prinzipiell mit entsprechender Software z.B. TRM4.v1 berechnen. Der Gesamtprozess von Detektion, Erkennung und Identifikation ist jedoch weitaus komplexer und kann untergliedert werden in Objekteigenschaften, atmosphärische Bedingungen und Sensor-Eigenschaften in Kombination mit den entsprechenden Kenntnissen eines Auswerters. Das Johnson-Kriterium bietet zwar ein standardisiertes Vorgehen, hat jedoch nur noch einen geringen Realitätsbezug und kann somit nur eine Annäherung der maximalen Sensorgrenzleistung erbringen.

Erkenntnisse

Im Rahmen der Projektstudie konnte gezeigt werden, dass das Johnson-Kriterium nicht ausreicht, um die Sensorgrenzleistung von modernen Systemen zu beschreiben. Weiterhin ist die zugrundeliegende NATO-STANAG 4347 nur für Thermalsensoren (3-5 μm oder 10-14 μm) anwendbar. Das Johnson Kriterium ist auch in dem Sichtweitenprogramm TRM 4.v1 integriert, um mit den eingeschränkten Herstellerangaben die MRTD (*minimum resolvable temperature difference*) zu berechnen. Die Schnittpunkte der MRTD Funktionen mit der ETD (*effective temperature difference*) ergibt dann jeweils die Sichtweite. Entscheidend für die Berechnung der ETD ist die Kenntnis des spektralen Extinktionskoeffizienten. Umfangreiche Simulationen mit dem Strahlungstransfermodell MODTRAN5 für unterschiedlichste Luftfremdstoffe ergaben, dass Ozon und O₂ im UV-Bereich besonders berücksichtigt werden müssen. Es zeigt sich jedoch auch, dass Aerosole im UV, VIS und teilweise auch noch im thermalen Spektrum zu hohen Absorptionen führen und bei der realistischen Berechnung von Sensorgrenzleistungen berücksichtigt werden müssen. Für Sensoren im UV oder VIS Spektrum ist das Johnson-Kriterium streng genommen jedoch nicht einsetzbar. Als Ergänzung bietet sich der Koschmieder-Ansatz an.



Fazit

Die gesamte Prozesskette zur Ableitung der Sensorgrenzleistung konnte analysiert werden. Defizite wurden aufgezeigt und entsprechende Konzepte entwickelt, die es mittelfristig ermöglichen die notwendigen Informationen zur Ableitung der Sensorgrenzleistung in naher Echtzeit und für unterschiedliche Sensoren zu generieren.

Change Detection und Geländemodellierung

ARAMIS: R-3210/048-05

Aufnahmen der Erdoberfläche im sichtbaren Spektrum sind mehr als bunt. Aus digitalen Aufnahmen von 3-Zeilen-Kameras lassen sich Geländehöhen automatisch, zuverlässig und genau rekonstruieren. Damit können bestehende Terrainmodelle auf den neuesten Stand gebracht werden, wobei bestehende Modelle als Referenz für die *Change Detection*, also die automatische Erkennung von Veränderungen, dienen. Forschungspartner für diese Prozesse ist das Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Photogrammetrie, der Technischen Universität Wien (A).

Problem

Digitale Terrainmodelle (DTMe) sind eine analytische Beschreibung des Geländes und somit ein wichtiges Planungsinstrument für alle Fragestellungen, die die Topografie betreffen (z.B. Sichtbarkeiten, Geländeneigung, Analyse von Überschwemmungsszenarien). Sie sind auch essenziell für die Erzeugung von Orthophotos und Höhenlinienplänen. Durch tektonische, geomorphologische und anthropogene Prozesse unterliegt das Gelände jedoch einer ständigen Veränderung. Somit stellt sich die Frage, wie ein DTM aktuell gehalten werden kann. Datengrundlage für die Erstellung und Aktualisierung eines DTMs sind flugzeuggetragene Sensordaten (Bilder oder Laserscans). Laserscans bieten den Vorteil, dass speziell in Vegetationsbereichen viele Punkte am Gelände direkt gemessen werden können. Jedoch liefern sie keine optische Information über die Bodenbedeckung, welche z.B. für Orthophotos essenziell ist. Luftbilder liefern genau diese Information, erlauben es aber nicht das Gelände in Vegetationsbereich zu vermessen.

Idee

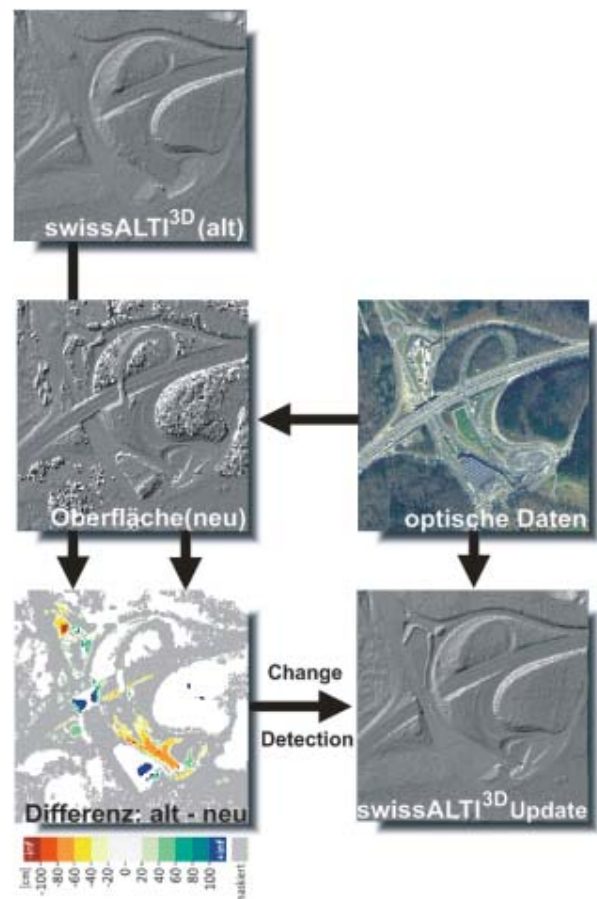
Bei der swisstopo wurde daher folgende Strategie gewählt. Zuerst wurde über einen Zeitraum von acht Jahren mittels flugzeuggetragenen Laserscanning ein Referenz-DTM abgeleitet (das sogenannte swissALTI^{3D}). Für dessen Aktualisierung im Rahmen eines Sechsjahreszyklus werden Luftbilder der ADS-Kamera eingesetzt. Damit werden sowohl Höheninformation als auch optische Daten parallel verfügbar sein. Somit können die Veränderungen, die vor allem im Siedlungsraum und im offenen Gelände zu erwarten sind, mit großer Zuverlässigkeit und kostengünstig erfasst werden.

Für die Aktualisierung des swissALTI^{3D} ist die Lösung folgender Probleme wesentlich: i) aus den Luftbildern sind Oberflächenpunkte abzuleiten (Matching), ii) diese Oberflächenpunkte sind dann anschliessend in Gelände- und Nichtgeländepunkte zu trennen (Filterung), iii) die veränderten Geländebereiche sind zu detektieren (Change Detection) und iv) im Referenzgeländemodell zu aktualisieren (Update). Um den gesamten Ablauf effizient durchführen zu können, ist es notwendig diese Probleme mit einem möglichst hohen Automatisierungsgrad zu lösen, sodass manuelle Eingriffe auf ein Minimum reduziert werden.

Der wesentliche Punkt im Ablauf ist die Filterung. Dafür dienen geometrische Information (z.B. Variation der Punkte in einer Nachbarschaft), Farbinformation und Muster in den Luftbildern, sowie Katasterdaten.

Fazit

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts werden Lösungsmethoden untersucht, die es erlauben die Aktualisierung von Terrainmodellen mittels aus Luftbildern abgeleiteten Oberflächenpunkten durchzuführen.



Erweiterte Cluttersimulation (Radarclutter)

ARAMIS: R-3210/048-04

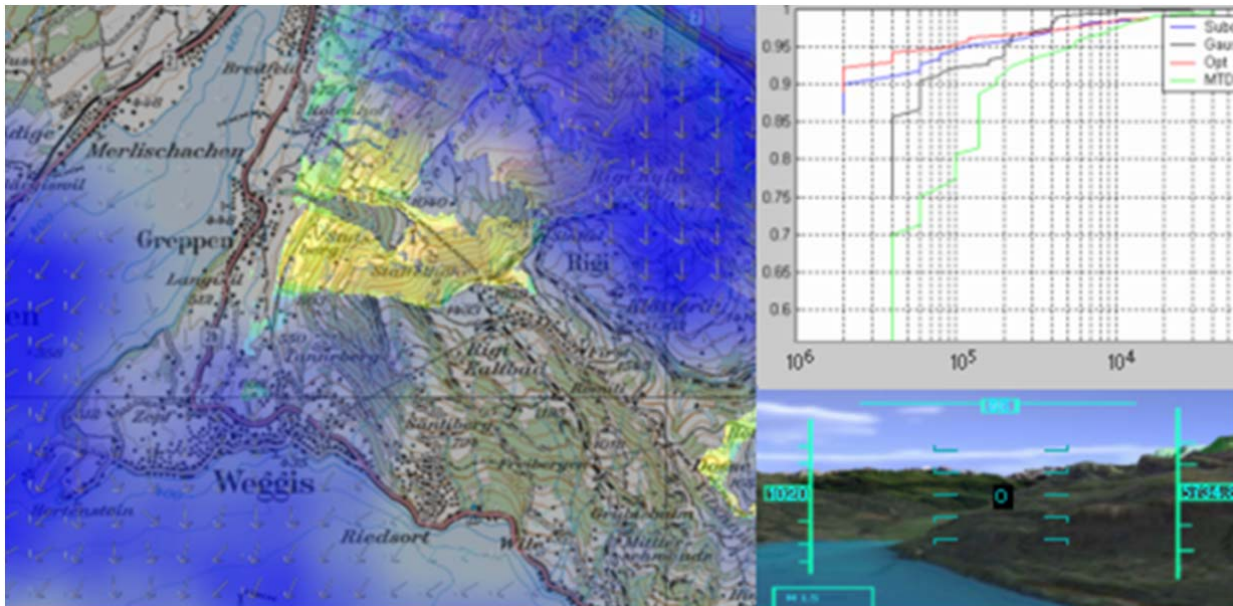
Neben den Echos relevanter Ziele empfängt ein Radar i.d.R. auch Echos nicht interessierender, als Clutter bezeichnete Ziele. Zur Simulation und Beurteilung moderner Radare sind Kenntnisse und Kompetenzen bzgl. der Erfassung des Einflusses von Clutter zwingend erforderlich. Das entwickelte Programm CLSIM ist eine Software zur Simulation der Radarechos von Boden- und Volumenclutter sowie von Flugzielechos in Abhängigkeit von einer Vielzahl von Parametern wie Standort, Radartyp, Detektor, Cluttermodell und atmosphärischen Bedingungen. Es verfügt über zahlreiche Toolboxes zur Einstellung der wesentlichen Kenngrößen und Algorithmen sowie über umfangreiche 2D – und 3D-Visualisierungsmöglichkeiten der Simulationsergebnisse und der relevanten Parameter und über diverse Import- und Exportfunktionen. Die Software kann u.a. zur Projektierung und Validierung von Radarstandorten und zur Simulation von Detektionsproblemen eingesetzt werden.

Problem

Die Detektierbarkeit eines Flugobjekts in einer realen Umgebung hängt von verschiedenen Faktoren ab. Dazu gehören neben der Geometrie des Geländes die Stärke, spektrale Verteilung und zeitliche Statistik der Rückstreuerechos von Bodenclutter, Volumenclutter (Wetter) und Störquellen wie z.B. Windturbinen.

Erkenntnisse

Die Einbeziehung von aus Langzeitmessungen realer Radare extrahierten Clutterstatistiken in die Simulation in Verbindung mit der Modellierung von Volumenclutter ermöglicht über die Abschätzung der Clutterstärke hinaus eine Beurteilung der Detektionswahrscheinlichkeit von Flugobjekten. Ein auf Basis von publizierten Diagrammen entwickelter integrierter Windturbinen-Simulator gestattet die Untersuchung der Anwesenheit von Windenergieanlagen auf die Detektionswahrscheinlichkeit. Weiterhin kann der Einfluss von durch inhomogene Schichtung der Atmosphäre bedingten variierenden Ausbreitungsbedingungen simuliert werden.



Links: Kombinierte 3D-Darstellung einer Simulation (Boden- und Volumenclutter).

Rechts oben: Detektionswahrscheinlichkeiten.

Rechts unten: Darstellung einer Anflugsimulation.

Fazit

CLSIM kann zur Projektierung und Beurteilung von Radaranlagen an potentiellen Standorten, zur Ergänzung von Mess- und Verifikationskampagnen und zur Simulation von Detektionsproblemen verwendet werden. Eine Weiterentwicklung des Programms hinsichtlich der vorgesehenen Passivradar-Erweiterung, der Verwendung hochaufgelöster Geometriedaten und der erweiterten Simulation des Einflusses inhomogener atmosphärischer Bedingungen auf die Ausbreitungsbedingungen erscheint naheliegend und aussichtsreich.

Advanced Passive Radar for Target Tracking and Identification

ARAMIS: R-3210/041-13

Die passive Detektion von Objekten mittels bestehender (nicht kooperativer) Transmitter hat einige attraktive Eigenschaften. Die passive Betriebsart erlaubt die Nutzung bereits belegter Frequenzen. Es können Frequenzen aus dem gesamten Spektrum gewählt werden, welche sich besonders für die Detektion von getarnten Flugobjekten eignen. Das Entfallen eines eigenen Transmitters senkt die Kosten und erlaubt eine verdeckte Operation. In Friedenszeiten lässt sich die Technologie zur Ergänzung bestehender aktiver Radarsysteme einsetzen. Die Performance Moderner Datenerfassungshardware hat einen Stand erreicht, der Experimente mit vertretbarem finanziellen Aufwand ermöglicht.

Problem

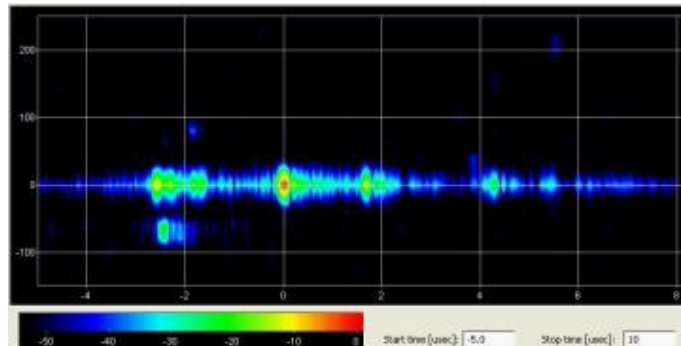
Die Vorteile eines nicht kooperativen, passiven, Radarsystems müssen durch erhöhten Aufwand in der Signalverarbeitung erkauft werden. Effiziente Algorithmen sind auf die entsprechende Anwendung anzupassen.

Die Realisierbarkeit eines passiven Radarsystems mit Laborausrüstung soll untersucht werden. Im Zentrum einer ersten Phase stand dabei ein neuartiger Algorithmus (Partikel Filter) der die Detektion und das Tracking in einem Schritt zusammenfasst und prinzipiell zur parallelen Verarbeitung geeignet ist. In einem zweiten Schritt soll mit vorhandener Laborausrüstung ein Demonstrator basierend auf DAB und DVB-T Signalen aufgebaut werden, der es ermöglicht Flugzeuge zu detektieren und zu verfolgen.

Erkenntnisse

Die theoretischen Untersuchungen des Partikel Filters haben gezeigt, dass dieser für den Einsatz zum "Track before detect" in einem passiven Radar eingesetzt werden kann. Es wurde der Vergleich zwischen dem Partikel Filter und einem herkömmlichen Kalman Filter gemacht. Dabei zeigte sich die Überlegenheit des Partikel Filters.

DAB und DVB-T Signale wurden am Flughafen Zürich gemessen und vorausgewertet. Eine erste Signalanalyse zeigte, dass die Detektion von Flug- und Fahrzeugen mit der aufgebauten Apparatur realisierbar sein sollte.



Messungen am Flughafen Zürich (links) zeigen deutliche Detektionen auf der Range-Doppler Karte (oben).

Fazit

Mit diesem Forschungsprojekt sollen Fachkompetenzen im Bereich Passivradar aufgebaut werden. Mittels eines Technologiedemonstrators werden die Leistungsgrenzen und kritische Systemkomponenten untersucht. Die Schwerpunkte liegen in der Signalerfassung und der effizienten digitalen Signalverarbeitung.

Millimeter- und Mikrowellenfernerkundung

ARAMIS: R-3210/040-11

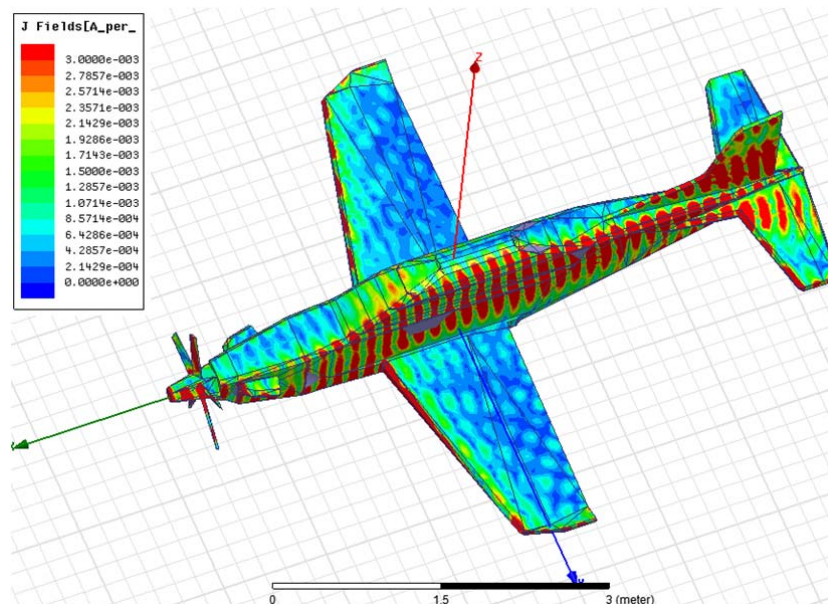
Der Radarquerschnitt (*Radar Cross Section* bzw. RCS) ist eine spezifische Eigenschaft von Fahrzeugen oder Flugkörpern und hat einen wesentlichen Einfluss auf die Detektionswahrscheinlichkeit dieser Objekte mit einem Radarsystem. Das RCS wird dabei massgeblich durch die Geometrie und die Materialeigenschaften des Objektes sowie durch die Frequenz und die Polarisation des Radarsystems bestimmt. Befinden sich Sender und Empfänger des Radarsystems am selben Ort spricht man von mono-statischem RCS, andernfalls vom bi-statischem.

Problem

Die Simulation von Radarsignaturen ist für viele militärische und zivile Anwendungen von grosser Bedeutung. Eine analytische Lösung lässt sich dabei nur für einige sehr einfache Körper finden. Für alle realistischen Objekte müssen hingegen numerische Verfahren eingesetzt werden. In Abhängigkeit vom Verhältnis zwischen der Wellenlänge und den Abmessungen des Objektes kommen dabei unterschiedliche Näherungen und Methoden zum Einsatz. Dies beinhaltet z.B. die Finite Elemente Methode, Oberflächenintegrale, Physikalische Optik oder Simulationen im Zeitbereich.

Erkenntnisse

Für RCS Simulationen von komplexen Objekten steht heute eine Vielzahl kommerzieller Softwarepakete zur Verfügung. Um eine geeignete Lösung zu finden wurde daher in einer ersten Phase eine Reihe dieser Softwarepakete evaluiert. Dabei wurde vor allem Wert darauf gelegt, dass sich damit eine möglichst grosse Bandbreite an Wellenlängen, Objektgrössen und Materialien (elektrisch leitfähige sowie dielektrische bzw. absorbierende) abdecken lässt. Daher kamen in erster Linie Pakete mit einem Hybridansatz in Frage, bei denen man zwischen mehreren Solver-Methoden auswählen bzw. diese auch kombiniert einsetzen kann. Im Anschluss wurde mit HFSS15 eines der z.Zt. leistungsfähigsten Softwarepakete angeschafft und in Betrieb genommen. Als erste Testfälle wurden damit mehrere von armasuisse zur Verfügung gestellte dreidimensionale CAD Modelle von unterschiedlichen Flugzeugtypen untersucht. Dabei erwiesen sich insbesondere der Import und die Vernetzung von sehr detaillierten CAD Modellen als Herausforderung. Die untenstehende Abbildung zeigt als Beispiel erste Resultate für ein ziviles Pilatus PC-21 Flugzeug.



3D Modell eines PC-21 Flugzeuges überlagert mit den induzierten Strömen bei einer Beleuchtung mit einer ebenen Welle. Daraus lässt sich der monostatische RCS bestimmen.

Fazit

Mit HFSS15 steht ein modernes Softwarepaket für die Simulation von monostatischen und bistatischen Radarsignaturen zur Verfügung. Der Hybridansatz ermöglicht dabei Simulationen über einen weiten Bereich von Wellenlängen und Objekten.

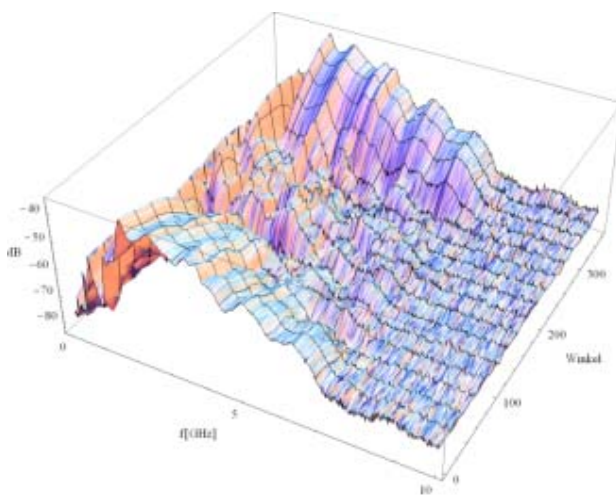
Verteilte Antennen für Through Wall Sensing

ARAMIS: R-3210/041-19

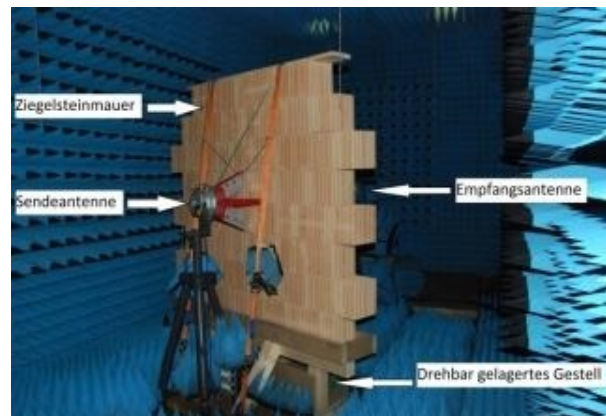
Seitdem der Nachweis zur Detektierbarkeit von Personen und Objekten hinter Gebäudewänden erbracht werden konnte, ist das Interesse an bildgebenden Systemen zum Betrieb bei Sicherheitseinsätzen gestiegen. Es wird erwartet, dass solche Systeme in naher Zukunft einen signifikanten Beitrag zur Aufklärung im Vorfeld leisten werden. Die Verwendung verteilter Antennen im Verbund (multistatisches Szenario) ist ein vielversprechender Ansatz und wird in Zusammenarbeit mit dem Institut für Feldtheorie und Höchstfrequenztechnik der ETH Zürich untersucht. Messungen und Simulationen sollen das Potenzial dieses Konzeptes aufzeigen.

Erkenntnisse

Signalverarbeitung von mono- und multistatischen Radardaten unter Through-Wall Bedingungen: Die früheren Ergebnisse (Messungen und Simulationen des Feldverhaltens) hatten zur Erkenntnis geführt, dass eine der Situation angepasste Signalverarbeitung zur Detektion von Objekten unabdingbar ist. Die im Radarbereich üblichen Verfahren wurden im Hinblick auf Through-Wall-Sensing zunächst monostatisch und dann auch unter Berücksichtigung von mehreren Signalen simulatorisch untersucht. Besondere Herausforderungen sind verrauschte Signale im Zusammenhang mit relativ langsam bewegten Zielen (Personen) und geringen Distanzen (unter 20 Meter).



Die Abstrahlcharakteristik eines Systems in Funktion der Frequenz. Die Strahlung ist klar nach vorne gerichtet (Winkel 0° bzw. 360°) und fällt mit zunehmender Frequenz ab. Die Werte über ca. 7 GHz sind stark verrauscht.



Messungen durch eine Ziegelsteinmauer in der echofreien Messkammer.

Verschiedene kommerzielle Systeme wurden in der Messkammer und an realen Mauern vermessen. Erfasst wurden die Richtdiagramme im Frequenzbereich 1–10 GHz, die Signalspektren und die Signalformen im Zeitbereich (500-ps-Pulse, Repetitionsrate 12 MHz) sowie die Wanddämpfungen durch verschiedene Wandtypen hindurch. In Funktionstests wurden die Anzeige der Systeme und das reale Szenario parallel erfasst und mit Filmen dokumentiert.

Fazit

Werden die Daten mehrerer Kanäle mit Radarmethoden gleichzeitig verarbeitet, entsteht ein erheblicher Rechenaufwand, der mit optimal der Situation angepassten Algorithmen reduziert werden kann. Ein ebenso grosses Reduktionspotential haben situativ optimierte Sendesignale, die zum Beispiel die Wandreflexion schon vor der Signalverarbeitung unterdrücken können.

Solar-blind 2-dimensional ultraviolett detector arrays

ARAMIS: R-3210/040-19

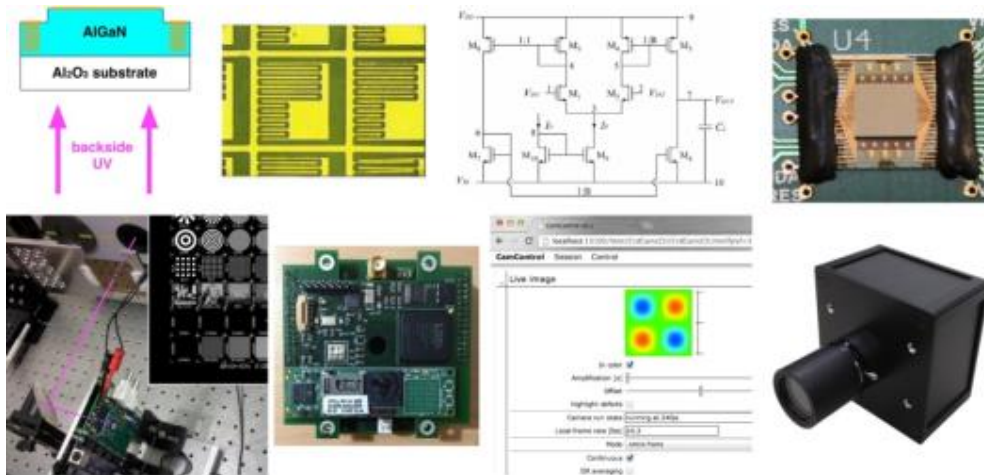
Das Projekt „Ultraviolett Detektoren“ hat zum Ziel, ein neuartiges helikopterbasiertes Detektionssystem für anfliegende Raketen zu entwickeln. Hierbei macht man sich die Emission von Ultraviolett-Licht (UV) aus dem Abgasstrahl von Rakentriebwerken zu Nutze. Die emittierte UV-Strahlung unterscheidet sich von derjenigen der Sonne, so dass eine „solar-blind“ Detektion angebracht ist. Entsprechende Einzeldetektoren und Detektorarrays (Kameras) werden in diesem Projekt mit Hilfe von neuartigen Halbleitermaterialien, III-Nitriden, realisiert. Darüber hinaus werden Elektronik und Software entwickelt, um ein kompaktes, einsatzfähiges, System zu erhalten.

Problem

Aktuelle Systeme zur Erkennung von anfliegenden Raketen haben einen hohen Energiebedarf, sind sperrig und entsprechend unflexibel im Einsatz. Diese Nachteile können mit Hilfe von halbleiterbasierten Photodetektoren überwunden werden. Allerdings weist das verwendete Materialsystem, die III-Nitride, Eigenheiten auf, welche die Realisierung von Geräten erschweren. So sind III-Nitride durch eine hohe Zahl von Materialdefekten gekennzeichnet und auch die Verarbeitung im Reinraum ist aufwändiger als die etablierte Technologie für Silizium.

Erkenntnisse

In den vergangenen Jahren waren umfangreiche Arbeiten durchgeführt worden, um Prototypen von leistungsfähigen Detektorarrays zu entwickeln, herzustellen und zu erproben. Ziel der Arbeiten im Jahr 2013 ist, die gewonnenen Erkenntnisse und entwickelten Technologien in ein kompaktes System zu integrieren, welches die Charakterisierung verschiedener vielversprechender Detektionselemente unter Einsatzbedingungen erlaubt. Die untersuchten Detektor-Geometrien in verschiedenen Variationen können durch einfaches Umstecken verglichen werden. Neue Halbleiter-Detektoren werden fabriziert, mittels „stud-bump flip-chip bonding“ mit einem Silizium-Substrat verbunden, und dann mit Hilfe einer überarbeiteten „low noise“-Elektronik angesteuert. Als optisches System und zur digitalen Bildverarbeitung dienen im Vorjahr entwickelte Bausteine. Weiterhin wird eine detaillierte vergleichende Aufstellung der Leistungswerte der erprobten III-Nitrid-Detektoren angefertigt.



Die Abbildung zeigt einige wesentliche Entwicklungsschritte:

oben: schematischer Querschnitt durch einen Einzeldetektor (Schottky-Typ), Mikrograph eines Detektorarrays (MSM-Typ), Pixel-Verstärker als Teil des Auslese-IC, montiertes Package aus III-Nitrid-Chip und ASIC

unten: UV-Diaprojektor zur Charakterisierung, Platinen zur digitalen Signalverarbeitung mit aufgestecktem Mini-Rechner, web-basierte Steuersoftware, Kamera in Gehäuse mit MgF₂-Optik

Fazit

Zum Abschluss des Projektes, in welchem sämtliche technischen Aspekte von III-Nitrid-basierten „solar-blind“ UV Detektionssystemen ausgiebig untersucht wurden, werden funktionsfähige kompakte Komplettsysteme aufgebaut. Dies ermöglicht eine umfassende Beurteilung der Stärken und Schwächen der Technologie unter realen Einsatzbedingungen.

Multisensordatenfusion

ARAMIS: R-3210/040-23

International breit abgestützte Experimente im Aufklärungsbereich (z.B. bei der Bildaufklärung, IMINT) zeigen, dass mit einem Sensortyp alleine die Informationsüberlegenheit in diversen Szenarien nicht garantiert werden kann. Vielmehr ist eine angepasste Kombination aktiver und passiver Sensoren erforderlich. Dies insbesondere bei urbanen Anwendungen, bei denen Objekte/Personen erkannt und zusätzlich deren Zustände/Absichten beurteilt werden müssen. Auch im Bereich moderner Tarnung und Täuschung ist zu erwarten, dass mit Multisensorik im Vergleich zu einem einzelnen Sensor eine Erhöhung der Erkennungsrate erreicht werden kann.

Problem

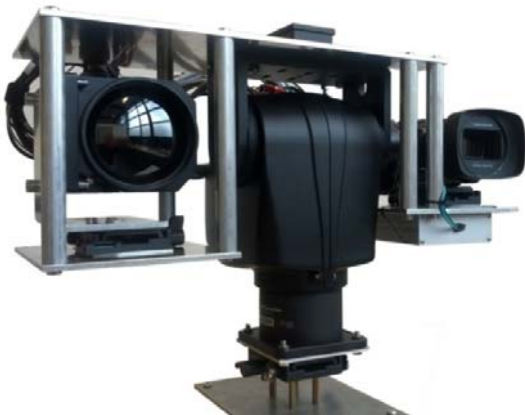
In diesem Forschungsprojekt soll einerseits untersucht werden, wie die Sensorik geeignet auf eine Plattform integriert werden kann und andererseits soll die Problematik der Sensordatenfusion schrittweise erarbeitet werden. In erster Linie soll eine Analyse für Szenarien im Nahbereich (<1km) gemacht werden. Es sollen Multisensoraspekte für folgende Sensoren untersucht werden: Infrarotkameras, Panoramakameras (VIS) und Millimeterwellenradar. Die Einflüsse von diversen Randbedingungen wie Aufnahmegeometrie, Sensorparametern, Umgebung und Umwelteinflüssen sollen analysiert werden.

Resultate

Auf einer Drehneigeplattform werden eine optische Kamera (JVC GY-HM150E), eine Infrarotkamera (Opgal Arbel) und ein digitaler Lagewinkelsensor und Kompass integriert. Zusammen mit einem Mikrofon Array werden diese auf einer gemeinsamen Plattform befestigt. Des Weiteren ist ein GPS Empfänger mit dem Kontroll-PC verbunden. Die Steuerung und Datenerfassung aller Sensoren erfolgt über ein eigens dafür entwickeltes und in Matlab realisiertes Computerprogramm. Der Benutzer des Programms kann zeitgleich Panoramabilder im visuellen und Infrarotbereich generieren, einen Bereich eines beliebigen Panoramabildes auswählen, der daraufhin erneut erfasst wird, sowie zu unterschiedlichen Zeiten aufgenommene Bilder einer Quelle auf Veränderungen überprüfen (*change detection*). Je nach Aufnahmewinkel wird das resultierende Panoramabild aus einem oder mehreren Bildern generiert, die automatisch zusammengefügt werden (*image stitching*). Mit Hilfe des Mikrofon Arrays kann in einer 180° Sphäre Geräuschquellen geortet werden und ihre Position in den Panoramabildern angezeigt werden.

Verwendete Sensortechnologien

- Elektro-optische Sensoren (VIS, IR)
- FMCW mmW Radar
- Digitaler Lagewinkelsensor & Kompass
- GPS
- Mikrofonarray



Multisensor-Plattform mit integrierter visueller und IR-Kamera auf Drehneigeplattform.

Alle Sensoren, Stromversorgungen etc. und die Computersteuerung sind modular, aber dennoch kompakt verschraubt und verkabelt, und das ganze System kann in kurzer Zeit von einer Person montiert werden.

Fazit

Für die Informationsüberlegenheit bei Aufklärungs- und Überwachungsaktionen ist eine Vielfalt von Sensoren nötig. Um den Informationsgehalt möglichst schnell verfügbar zu haben, gilt es die anfallenden grossen Datenmengen aller Sensoren durch Computerprogramme zu fusionieren und übersichtlich darzustellen.

Multi-sensor data analysis based on a 3D-microphone array

ARAMIS: R-3210/040-23

DISTRAN has developed a large 3D microphone array with 120 sensors to record the full acoustic field. Thanks to its state-of-the-art algorithms, the acoustic camera can detect, localize, and extract precisely in real-time surrounding sound sources at 360° such as vehicles, flying machines or people. This device opens up new vistas in threat detection and identification.

Problem

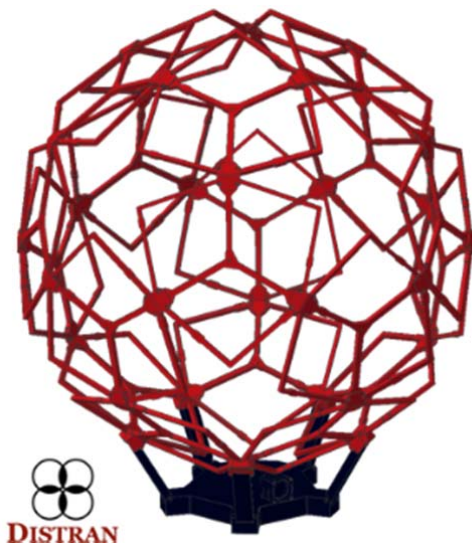
Surveillance and security systems often only rely on video imaging because single-microphone systems are of limited use to pick-up interesting signals. Video cameras have nevertheless severe limitations, and are especially unable to detect small objects in wide areas or to tell the difference between a UAV and a bird. Acoustic field measurements, used in combination with video, enable robust and precise threat detection and localization.



An acoustic camera can pinpoint threats in real-time

Results

Based on ETH research and a previous collaboration with RUAG, the goals of this project are (1) to develop an acoustic camera capable of full sphere sound sources detection and localization, (2) to extract the sound of sound sources by simply clicking on the video image and (3) to enable the recording of the acoustic field and its post-processing. This project includes the delivery of a three-dimensional microphone array of 120 elements with a calibrated USB3 video camera and AURA suite comprising a graphical user interface and a MATLAB interface.



Three-dimensional arrays enable to localize sound sources in all directions. DISTRAN used its array geometry design tools to optimize the placement of the 120 microphones on the surface of a spherical structure. The structure was designed to host the 120 microphones and more than 200 circuits while being thin enough to let the sound propagate through it without perturbation. A first fully functional device was manufactured. The device can be controlled using a graphical user interface displaying, in real-time or in replay mode, the superimposed acoustic and video images. The user can also directly hear the sound extracted from any direction of the image. Thanks to its user-friendly application programming interface, the 3D microphone array can be easily interfaced with other systems providing different modalities (thermal, UV imaging, etc.).

Conclusions

Large microphone arrays require a combination of very specific system design knowledge that includes signal processing and non-linear optimization, efficient data processing, mechanical design and high-performance electronics able to handle hundreds of megabytes per second of data. Efficient acoustic processing algorithms are of utmost importance in large array processing that only few companies in the world are able to deal with. The current 3D microphone array performance could be further improved for specific applications such as tracking or acoustic signature identification.

GigaEye-II: Real Time Omnidirectional HD Video System

ARAMIS: R-3210/040-26

The Microelectronic Systems Laboratory of EPFL is constructing a omnidirectional real time camera platform, composed of a polydioptric array of very high-definition cameras disposed on a spherical topology. The system will be capable of capturing distant and fast-moving objects in high-definition video. The goal of this project is to explore the potential of such systems as ground-based cameras.

Problem

The widespread commercial dissemination of small Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) poses novel security challenges. Small UAVs can typically fly under radar screening and carry sensitive payloads and sensors in the direct vicinity of sensitive areas and buildings. Some of the recent prototypes can fly autonomously to a pre-defined target. Regular security cameras might be able to spot low-flying UAVs but will typically very quickly lose contact due to their small field-of-view. Moreover, most surveillance cameras still rely on monitoring from experts, which is typically unreliable in on-line conditions and for fast paced action.

Results

The goal of this project is to produce and to deliver the fully functional (Phase II) prototype of a complete system that will be realized for the omnidirectional video acquisition of surrounding skyline, to be used for a range of possible applications, including (1) detection and tracing of potential drones and other flying objects around the chosen observation point, in stationary mode, (2) observation of surrounding terrain and identification of vehicles/personnel around a chosen observation point on the ground, in stationary mode, (3) ground-based surveillance and observation of surrounding terrain on a moving vehicle, in mobile mode, (4) observation of the terrain from an aircraft / flying vehicle, in airborne mode. The first prototype (Phase I) of the omnidirectional video recording system (GigaEye I, see picture) is now complete and it was field tested under realistic operating conditions in Thun, during summer 2013. The new system will consist of one single camera pod with no moving components, to be placed on an unobstructed position (e.g. on top of a tall building or an observation mast), recording the surrounding skyline with horizontal coverage of 360 degrees and vertical coverage of 100 degrees in all directions, with the origin (0 degrees) being the zenith point. The raw video data collected by the camera pod will subsequently be used for the generation of real time video streams of the scene, as captured from the pod position, in HD resolution (1080p or higher resolution).



GigaEye-I taken during the field campaign in Thun.

The GigaEye II system for real-time HD video capture is being designed and constructed with very high resolution (20 mega pixel) CMOS imagers and high-end Virtex-7 FPGA cards for image processing. A multi-level system architecture is implemented for the image reconstruction.

Conclusions

The targeted system will be a true Giga-Pixel camera platform: an aggregated pixel output of approximately 900 Megapixels, 15 frames per second video feeds, with excellent optical quality. The overall system and the GUI will be validated in realistic operating conditions.

Multi Sensors Integration for Urban Operations

NATO/PfP STO SET-153, research working group

Reconnaissance and surveillance systems for urban operations should be designed for semi-automated scene awareness, with the objective of recognizing camouflage activities or behaviour that appears atypical, e.g. atypical object motion, and dynamic characteristics of people and vehicles. However, experiments have shown that no single sensor can solve all the problems. The NATO/PfP research working group SET-ET 153 "Multi Sensor Integration for Urban Operations" investigates this topic. The Science and Technology part of armasuisse is a member of that working group.

Problem

Operations in urban environment pose many challenges to existing sensors. Several preceding groups have discovered that no single sensor can solve all the problems. Most research in this area looks at how you can combine sensors in a network environment, after the data is collected. There is much work to be done on optimizing sensors to work together with feedback between them to obtain higher levels of certainty about event or object identification. This is necessary both from a single platform, multiple sensor points of view as well as in a local distributed multi sensor environment.

Results

Experiments have been performed at the Bonnland village which is regularly used for urban military training. Electro-optical, acoustic and radar sensors have been applied by the participant nations (US, CAN, UK, SWE, GER, CZE, CHE) to scenarios involving moving persons and cars as well as persons standing still in positions hard to detect, and in some cases with camouflage. In the subsequent data analysis the strengths and limitations of different sensor combinations have been analysed. Data analysis has further investigated which combinations of ground and air-based sensors, providing complementary 2-dimensional as well as 3-dimensional information, contribute most to improving situation awareness and how targets can be handed over between different sensors.

Sensors deployed in the Bonnland experiments



CERBERUS (US)



Acoustic Array (SWE)



EO and mmW Sensors (CHE)

Fusion results



*Left: Original VIS image.
The image has high resolution,
but a camouflaged person standing
in the narrow passage is
hardly visible due to low contrast.*

*Right: Image obtained by fusion
(Hidden Markov Tree) from VIS
(panoramic cam) and IR cam.
The person becomes visible due
to high IR contrast; the high resolution
of the VIS image is preserved
(see zoom-in of street
name plate).*

Conclusions

To get information superiority in urban reconnaissance and surveillance operations, multi-sensors are crucial.

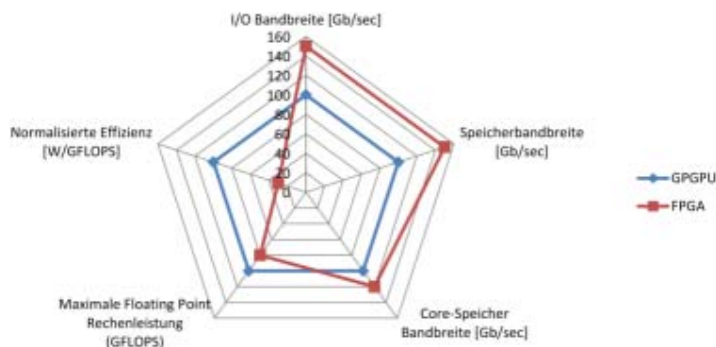
Trends im Bereich der Signalverarbeitungsprozessoren

Parametric Engineering GmbH führte eine Papierstudie zu aktuellen Plattformen im Bereich der Hochgeschwindigkeits-Signalverarbeitung durch, die als Basis für mobile Systeme zur Verarbeitung und Kompression von Sensordaten benutzt werden können. In den letzten Jahren sind neue Systemarchitekturen auf den Markt gelangt, die es den Anwendern erlauben, innert kürzerer Zeit leistungsstarke und energieeffiziente Geräte herzustellen. Die Studie gibt einen Überblick über die Entwicklungen in den letzten Jahren und zeigt basierend auf aktuellen Informationen Trends für die nächsten Jahre auf.

Problem

Mobile Sensorik zur Aufklärung erzeugt normalerweise eine grosse Datenmenge. Diese muss auf eine Weise verarbeitet und reduziert werden, die sowohl die Menge der schlussendlich zu übertragenden Resultate minimiert als auch die für die Auswertung interessanten Strukturen belässt oder hervorhebt. Die Anforderungen an die Datenreduktion oder Kompression können reduziert werden, wenn die Bandbreite des Kommunikationskanals zur Übertragung der Resultate erhöht wird. Dies erlaubt und bedingt, mehr Intelligenz zu zentralisieren. Moderne Aufklärungssysteme benötigen also eine sehr schnelle Signalverarbeitung zur Messdatenverarbeitung und Kommunikation. Gerade für mobile Systeme spielen hier physikalische Faktoren wie das Gewicht oder der Verbrauch an elektrischer Energie eine grosse Rolle. Begleitende Faktoren sind der Entwicklungs- und Qualitätssicherungsaufwand sowie die Herstellkosten. Es gilt also, eine optimale Systemarchitektur als Plattform für zukünftige Entwicklungen zu finden.

Resultate



Gegenstand dieser Arbeit ist eine Analyse der Entwicklungstrends bei Signalverarbeitungsprozessoren und Boards für Anwendungen in der Aufklärung (Sensorik, Radar, Optronik, Gigapixel, Störer). Die Studie beinhaltet eine Analyse der Trends der letzten Jahre und - wo es sinnvoll ist - eine Extrapolation in die Zukunft sowie eine Beschreibung von Neuerungen, die nicht im Zusammenhang mit den bisherigen Trends stehen. Die Analyse soll zu einer Untersuchung der Neuerungen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Hardware und Software

zukünftiger Systeme führen. Dabei wird nicht nahe auf die konkreten Applikationen eingegangen, sondern es sollen allgemeine Aussagen über die Entwicklung der Technologie gemacht werden. Da etliche Anwendungen mobil sind, und diese meist eine grosse Menge von Daten erzeugen, die abgeführt werden müssen, sind am Rande auch die Kommunikationsschnittstellen ein Thema der Studie.

Die Entwicklungen im Bereich der Signalverarbeitungsprozessoren lassen sich auf verschiedenen Ebenen nachvollziehen. Auf der untersten Stufe lassen sich grosse Fortschritte in der Prozesstechnologie zur Herstellung von Microchips beobachten. Dank FD-SOI und FinFET Prozessen sinken die Ruhestrome der Transistoren und die Schaltungen werden schneller. Dies erlaubt die Herstellung von grösseren massiv parallelen Chiparchitekturen, sei es nun programmierbare Logik, mittels derer eigene Signalverarbeitungshardware generiert werden kann oder Multi-/Manycore Systeme, die bis zu Hunderte Signalprozessoren auf einem Chip beinhalten und die per Software programmiert werden können. Systemtechnisch existiert die Möglichkeit, diese Chips zu einem optimalen System zu kombinieren, um für eine Anwendung das beste Gleichgewicht zwischen Geschwindigkeit und Leistungsverbrauch zu erhalten.

Fazit

Mittels modernen FPGAs & GPGPUs lassen sich sehr schnelle und effiziente mobile Systeme entwickeln. Die Entscheidung, welche Art von integrierten Schaltungen zur Entwicklung benutzt wird, wird in den meisten Fällen vom Entwickler aufgrund seiner persönlichen Präferenzen getroffen. Das Optimum an Effizienz versprechen hybride Systeme mit komplementären ICs, in denen ein Algorithmus dort ausgeführt werden kann, wo er optimale Effizienz zeigt. Im Bereich von FPGAs und Multi-/Manycore-Architekturen sind Detailkenntnisse in der jeweiligen Technologie jedoch auf jeden Fall unabdingbar.

Local Intelligence – Smart Cameras

ARAMIS: R-3210/050-23

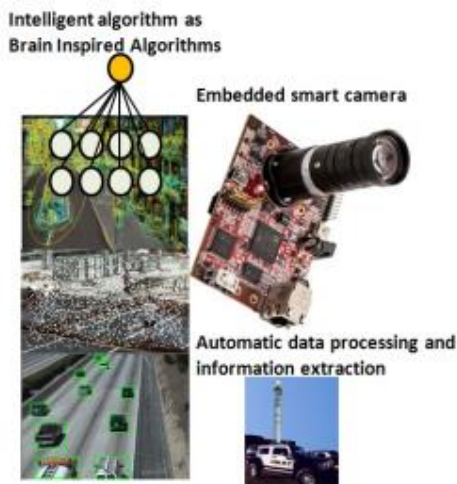
The Integrated Systems Laboratory of ETH has conducted a comprehensive survey of the state of the art on advanced algorithms, architectures and systems for local intelligence on high-end image sensors.

Concept

The rapid evolution in resolution and frame rate of image sensors has been fuelled since 2010 by growth beyond expectations in the adoption of smart mobile devices, e.g., smart phones and tablets. With such a strong volume and cost driver for CMOS image sensor chips, resolution and miniaturization races are ongoing, and performance metrics are also becoming more stringent. The importance of digital signal processing technology continues to grow to mitigate sensor imperfections and noise, and to compensate for optical limitations. The level of sensor computation is increasing to thousands of operations per pixel, requiring high performance and low power digital signal processing solutions. In general, the trend throughout the image sensor industry is toward higher levels of integration to reduce system costs. Ultra-low power vision systems are now appearing supporting more programmability and local intelligence to extract high-level scene information.

Goals

The goals of this study are (1) to survey the state of the art on advanced algorithms, architectures and circuits for image sensors and intelligent vision systems; (2) to provide analysis and technical evaluation with insights on the various approaches, their advantages and disadvantages; (3) to identify major trends in hardware platforms and algorithms, (4) to prioritize strategic and promising technologies.



Results

Computer vision is a very active research area with many important applications, including human–computer interfaces, content-based video indexing, video surveillance, and robotics, among others. Over the past few years, vision systems from both academic and industrial have made significant progress in recognizing natural object categories under realistic, relatively unconstrained viewing conditions. However, systems are still highly application-specific and limited in functionality with respect to a “*local intelligence*” objective. The emergence of very powerful, low-cost, and energy-efficient integrated parallel processing engines (multicores, GPUs, system FPGAs) is enabling a new generation of computer vision systems, where a significant part of the image understanding pipeline is distributed and performed close to the imager. The term “embedded vision” is used to identify these systems. Stated another way, “embedded vision” refers to embedded systems that extract meaning from visual inputs. It is clear that embedded vision

technology can bring huge value to a vast range of applications reducing data transmission and distributing the computational load toward the imagers.

On the algorithmic front, in the last three decades neuroscientists have made a number of breakthroughs in understanding the ventral and dorsal paths of the human’s visual cortex. These advances have produced brain-inspired computer vision approaches which are now competitive in quality with traditional approaches and have the potential to provide unprecedented levels of robustness and flexibility in the way computers can analyze and interpret visual information. In addition, recent improvements in heterogeneous Systems-on-Chips (SoCs) are now enabling at-scale brain-inspired visual systems to be built while meeting performance, power, and size constraints of embedded local intelligence applications, and maintaining the flexibility required for in-field adaptation and tuning.

Conclusions

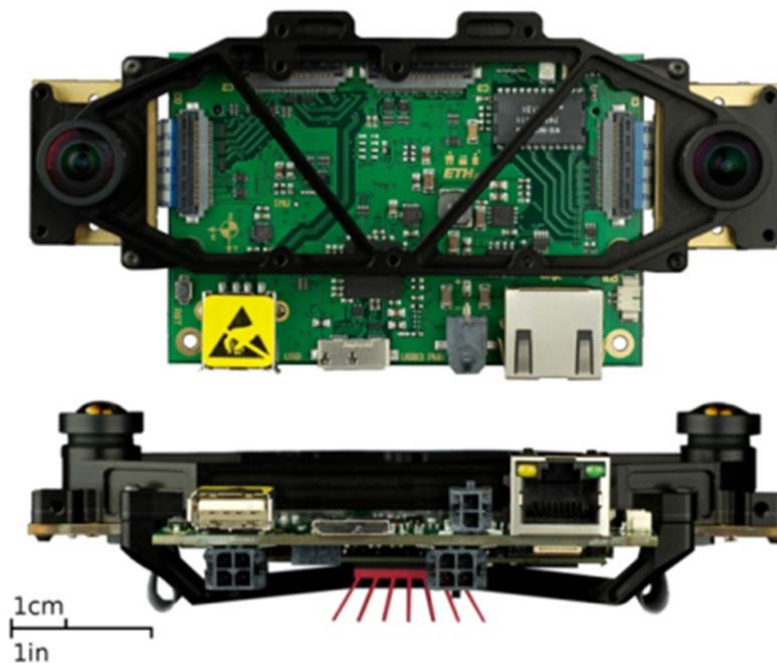
Automatic information extraction from state-of-the-art high-end image sensors involves applying the most advanced technologies from computer vision, embedded systems, high-performance sensors and real-time video processing. Hardware and software platforms must be carefully co-designed to satisfy the tight power and cost of local (embedded) visual intelligence applications. Heterogeneous SoCs in combination with advanced brain-inspired algorithms show great promise in flexibility, real time performance and accuracy.

Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)

ARAMIS: R-3210/050-23

SLAM is a technology that enables precise 6D positioning without relying on any infrastructure such as e.g. the Global Positioning System (GPS). This facilitates accurate tracking of personnel in any environment; it allows robotic systems to operate truly autonomously, and it provides a mean to rapidly generate three dimensional maps of the environment, amongst many other applications.

Recent advances in SLAM algorithms and sensor technology, in combination with powerful embedded computers, enabled the Autonomous Systems Lab of the ETH to develop a robust SLAM system that operates in real-time and under realistic conditions.



SLAM algorithms often rely exclusively on visual cues (from one or several cameras) or on data from 2D/3D laser scanners. This limits their applicability in real world scenarios, because they require the environment to be either well textured and illuminated (cameras), or not too geometrically uniform (laser scanners). In addition, rapid motion is often impossible to track with purely camera or laser based systems. However, if tightly combined with inertial sensors (gyroscopes and accelerometers), robustness and accuracy of such SLAM systems can be increased to a level that makes SLAM applicable in many practical applications.

Goals

The goals of this project are (1) the development and integration of a “SLAM Demonstrator”, to show the capabilities and limitations of such a system. This incorporates the development of dedicated hardware that enables precise time-synchronization of inertial sensors and cameras (2) the development of statistically motivated “sensor fusion” algorithms that *optimally* combine visual and inertial cues (3) low-level processing on a modern architecture that combines an ARM CPU and FPGA logic on a single chip (4) testing and evaluation of the developed SLAM system (5) reporting on current activities and trends in the international, wider “SLAM community”.

Results

Our algorithms, in conjunction with the developed sensor-frontend, are able to perform robust real-time SLAM. The “localization and mapping module” is lightweight enough to be e.g. helmet mounted or carried by a smaller robotic system. Power consumption was reduced to a level where operation for several hours from a small battery pack is possible, which is an important aspect for the application scenarios relevant to armasuisse science and technology.

Conclusions

SLAM is bound to revolutionize the way how search-and-rescue or military operations are conducted. Humans, manned and unmanned systems will jointly reconstruct maps of the environment, and localize themselves and each other in these maps – all in real time. Such capabilities are now leaving the research facilities. This project will keep track on these developments, and illustrate their capabilities and inherent limitations.

Heliguard / AS2R - Acoustic Detection and Localization

ARAMIS: R-3210/040-16

The aim of this project is to demonstrate the capability of detection, identification and localization of sound sources through the use of acoustic antennas. The Heliguard part of this project is to study the possibilities of detection of small-caliber firing on-board of helicopters with the help of embarked microphones. The goal is to detect and indicate to the pilot an attack from the ground with small-caliber weapons.

Problem

The issue is the detection in an extremely noisy environment of the shockwave of a supersonic projectile passing at proximity of the helicopter and of the muzzle-blast of the weapon at the origin of the shot.

Planned work

Microphones and windshields adequate to be mounted on a helicopter will be developed. First flights with different types of helicopters should show the best placement strategy of the microphones and the best parameters for the recording. In a second phase detection and recording of real firing in flight should be attempted.

The aim of the AS2R part of this project is to demonstrate the capability of detection, identification and localization in real time of maneuvering helicopters, through the use of ground-based acoustic antennas.



The developed system is composed of two sub-stations, distant of typically 1 km, each comprising 8 microphones placed in a star pattern with an extent of 15 m on the ground. The substations deliver a synchronous stream of raw detected infrasound signals. A dedicated data-processing application (AS2Rmap), able to subscribe to the data stream of the substations, processes the signals and visualizes them on a "Quasi Real-Time Flight Control Display".

Description

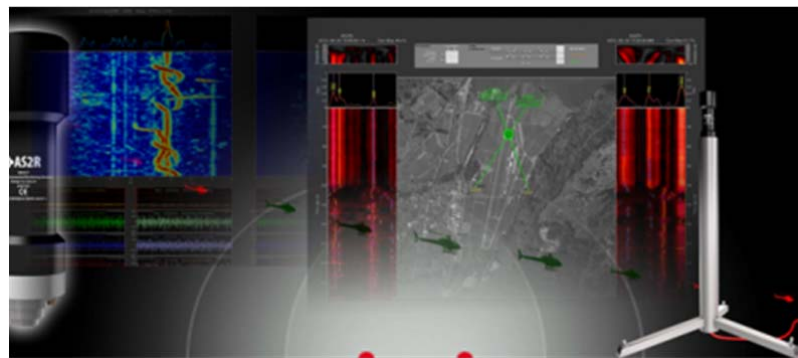
The short-range detection and tracking, by usual radar means, of the movements of low-altitude helicopters can be difficult or impossible because of the ground relief or because of the presence of obstacles or possibly of interferences. The acoustic detection presents an additional potential for passive detection, which is little sensitive to obstacle and ground relief and which is also easily deployable.

Findings

In the present state of development this project already allowed to demonstrate the feasibility of an identification of the type of helicopter at the substation level and of a localization in quasi real-time of the target through triangulation between two substations at a range of typically 5 km around the detection system for the test category Cougar and EC635.

Conclusions

The potential of the infrasound helicopter detection system AS2R has been demonstrated and a quasi-operational demonstration station is at our disposal for further developments. The application AS2Rmap allows the monitoring and the visualization in quasi real-time of helicopter movements at the Alpnach air-base.



Einfluss von Human Factors auf die Bildauswertung

ARAMIS: R-3210/043-40

Im Bereich Aufklärung und Überwachung sollen panoptische Kameras mit Auflösungen im Gigapixel-Bereich eingesetzt werden. Die neuen technischen Möglichkeiten werfen Fragen auf zu der Art, wie die grossen Mengen an Informationen von Menschen optimal verarbeitet werden können. In diesem Forschungsprojekt sollen die Human Factors Grundlagen bei der Bildauswertung und deren Einfluss auf IMINT-Produkte zusammengetragen werden. Ein weiterer Fokus besteht im Bereich der Anforderungsidentifikation an die Mensch-Maschinen-Schnittstelle.

Problem

Panoptische Kameras sind neu in Aufklärungs- und Überwachungsszenarien. Auch aus dem Betrieb konventioneller Mehr-Kamera Überwachungssysteme sind Human Factors Probleme im Bereich der Aufmerksamkeitssteuerung bekannt. So können bei gleichzeitiger Überwachung mehrerer Bildschirme wichtige Ereignisse verpasst werden. Auch die korrekte örtliche Zuordnung der Überwachungsinformationen kann unter hohem Zeitdruck und hoher Arbeitslast vermehrt zu Fehlern führen. So wird das Überwachungspersonal bei der Bildanalyse häufig durch Software Algorithmen unterstützt. In diesem Projekt sollen die grundsätzlichen Human Factors Anforderungen bei der Bildanalyse dargestellt und der Einfluss von Bildmarkierungen auf das Verhalten von Menschen bei der Bildanalyse untersucht werden.

Erkenntnisse

Menschen sind sehr gut in der Bildanalyse. Ihre Fähigkeiten in der Objekterkennung sowie der semantischen Zuordnung sind unübertroffen und werden auch von den modernsten Bildanalysealgorithmen nicht erreicht. Diesem Plus stehen jedoch Engpässe bei der Informationsverarbeitung sowie der Aufmerksamkeitssteuerung gegenüber. Hier können durch Bildanalysealgorithmen erstellte Markierungen wertvolle Hilfestellung bieten. In einer Pilotstudie in einem Usability-Labor konnte gezeigt werden, dass zwischen der Anzahl Bildmarkierungen und dem Unterstützungsnutzen ein U-förmiger Zusammenhang besteht.



Usability Test

Für die experimentelle Überprüfung der Fragestellung wurde mittels einer Crowd-Simulation Software ein Testszenario erstellt. Der Weg über die Simulation wurde gewählt wegen Datenschutzproblemen bei der Verwendung von echten Videoaufnahmen. Zudem konnten präzise Markierungen gesetzt werden, was mit echtem Bildmaterial einen hochentwickelten Markierungsalgorithmus voraussetzt. Im Usability Lab wurden sodann der Taskload sowie die Aufmerksamkeitsallokation von Testpersonen in Abhängigkeit der Markierungsdichte auf den Testvideos gemessen.

Fazit

Der Einsatz zukünftiger panoptischer Überwachungssysteme stellt spezielle Anforderungen an das Überwachungspersonal. Die grosse zu verarbeitende Informationsmenge aber auch das Gegenteil, nämlich das Fehlen relevanter Reize z.B. bei Geländeüberwachungen sind grosse Human Factors Herausforderungen. Automatische Bildanalysealgorithmen können bei richtiger Gestaltung das Personal im Einsatz effizient unterstützen. Zudem werden Fragen der optimalen Ausgestaltung der Mensch-Maschinen Schnittstelle von Überwachungsstationen weiter ins Zentrum rücken.

IMINT-Szenarien aus Signaturen und Radarbildern

ARAMIS: R-3210/040-18

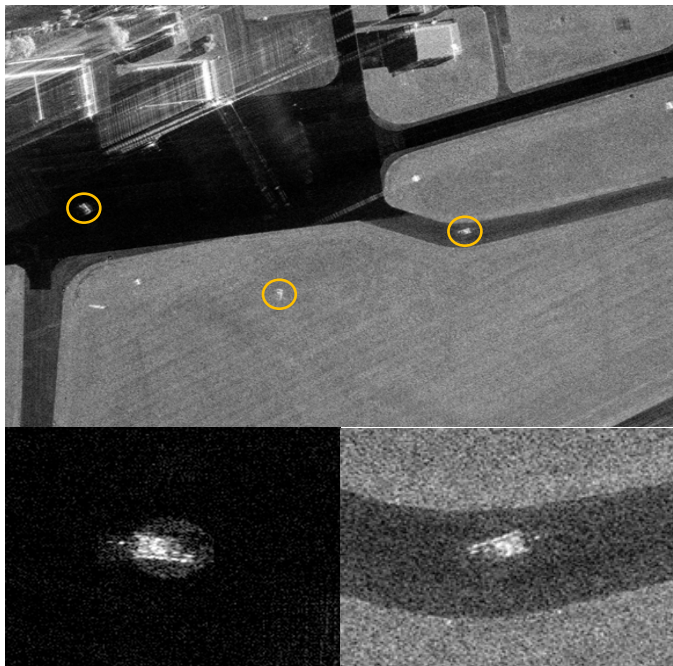
Algorithmen für die automatische Zielerfassung und Image Intelligence (IMINT) müssen mittels größtmöglicher Datenvielfalt geschult werden. Ein Weg, übermäßige und kostspielige Messkampagnen zu vermeiden, ist es, Ziele, die in einer Turm/Drehstand-Konfiguration gemessen wurden, in bereits bestehende SAR-Szenen einzufügen. Diese Mischung ist innerhalb der SAR-Verarbeitungskette durchzuführen, um auf diese Weise komplexe Amplitudendaten zu erhalten. Diese sollen den Messdaten derselben SAR-Szene, in der sich während des Überflugs das reale Ziel befindet, entsprechen.

Zielsetzung

Aktueller Hauptarbeitspunkt im Projekt EOSAR ist eine Erweiterung der Prozessierungskette um die Verarbeitung von hochau aufgelösten SAR-Szenen. Diese Erweiterung ist notwendig, da mittlerweile Daten mit einer Auflösung von 18 cm zur Verfügung stehen. Diese Auflösung soll im SAR-Blending-Programm ausgeschöpft werden, um detailliertere Darstellungen der betrachteten Szenen zu erhalten. Der bereits in EOSAR integrierte SAR-Prozessor ist auf eine gröbere Auflösung ausgelegt. Untersuchungen haben gezeigt, dass er folgerichtig keine gute Bildqualität der SAR-Szenen bei Hochauflösung liefert. Um Synergien zu nutzen und den Entwicklungsaufwand zu minimieren, wurde daher entschieden, den SAR-Prozessor der Remote Sensing Laboratories (RSL) der Universität Zürich in EOSAR einzubinden.

Resultate

Aufgrund der anderen Art der SAR-Prozessierung ist es notwendig, das bestehende Blending-Konzept an neue Aspekte des RSL-Prozessors anzupassen. Ein neues Blending-Konzept wurde in Zusammenarbeit mit RSL entwickelt, und es wurden die benötigten Schnittstellen zum RSL SAR-Prozessor implementiert. ISAR Messungen, die in zirkularer (Turm-Drehstand) Messkonfiguration gemessen wurden, entsprechen nicht der linearen Konfiguration, wie sie bei einer SAR-Messung erfolgen werden. Die zu erwartenden Verzerrungen, welche durch die unterschiedlichen Messkonfigurationen ausgelöst werden, traten bei der Einblendung von ISAR-Messungen nicht mehr in Erscheinung.



Im Bild ist das Ergebnis der neuen Prozessierungskette zu sehen. Es sind drei Ziele auf unterschiedlichen Untergründen eingefügt worden. Unten im Bild ist beispielsweise eine vergrößerte Darstellung von zwei Zielen zu sehen. Die Auflösung in Range und Azimut beträgt hier ca. 17cm. Die Ziele sind sehr gut identifizierbar.

Bei dem „glatten“ Untergrund (links unten) sticht die vergleichsweise raue Drehplattform hervor. Dies lässt sich nur mit einer entsprechenden Anpassung des Messaufbaus beheben. Die „ground truth“ der Drehstandsmessung kann somit nun als neuer Parameter in der Ziel-Datenbank berücksichtigt werden.

Fazit

Ein Konzept für die Integration des RSL SAR-Prozessors in EOSAR wurde erarbeitet. Die benötigten Schnittstellen zum neuen Prozessor wurden implementiert. Eine neue Prozessierungskette zum Blending der hochau aufgelösten SAR-Szenen wurde entworfen und durch das erfolgreiche Einfügen von realen ISAR-Messungen validiert.

Radarsignaturen für Detektion und Zielklassifikation

ARAMIS: R-3210/040-14

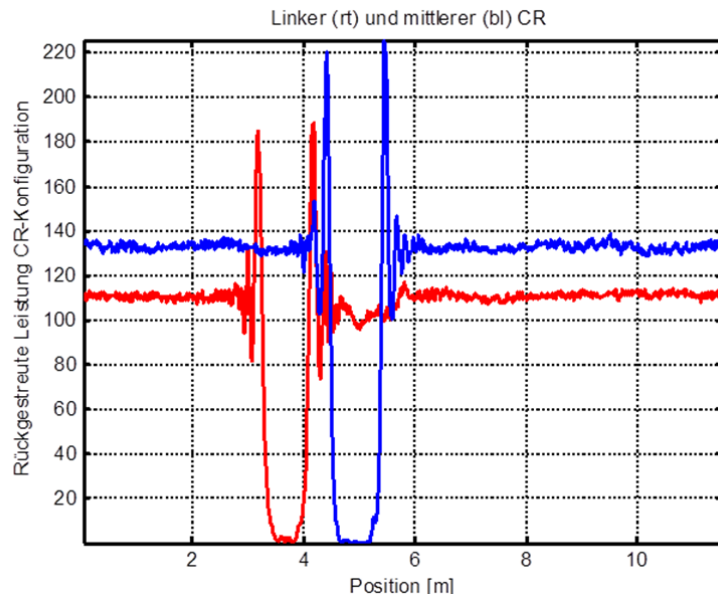
Die radargestützte Sektorüberwachung wird sehr oft zur Detektion von Fahrzeugen, Personen und allenfalls Kleindrohnen eingesetzt. Grundsätzlich ermöglichen Radarsysteme einen hohen Automatisierungsgrad bei Überwachungsaufgaben und zeigen höhere Detektionsraten als andere Sensoren bei schlechten Wetterverhältnissen. Allerdings stossen die Systeme auf ihre Grenzen bei der Detektion von Bewegungszielen mit kleinen Rückstreuquerschnitten und bei starken Störsignalen (Radarclutter). In solchen Fällen ist insbesondere die Erfassung der Bewegungsbahnen der Ziele notwendig.

Problem

Bei der interferometrischen Bestimmung der Momentanrichtung von im Range aufgelöster Streuzentren wächst die Genauigkeit mit der Basisweite, jedoch auf Kosten der Breite des Winkel-Eindeutigkeitsbereichs. Daher wird zur Vergrößerung dieser Breite zusätzlich das Amplitudenverhältnis bei gegeneinander verkippten Hauptstrahlrichtungen ausgewertet. Bei der zusätzlich zur monostatischen Rückstreuung mit Hilfe räumlich verteilter Baken (passive oder aktive Reflektoren) erfassten Vorwärtsstreuung von Bewegungszielen („Baken-Radar“) profitiert man von der Tatsache, dass die Vorwärtsstreuung nicht-transparenter Ziele nur von deren Projektionsfläche abhängt, so dass auch getarnte Bewegungsziele detektiert und ihre Profile abgebildet werden. Die Beurteilung dieses Prinzips für die Ortung von Zielen mit kleinen Radarquerschnitten erfordert weitere wissenschaftliche Untersuchungen.

Resultate

Für das Experimentiersystem bei 94 GHz wurde exemplarisch für eine Basisweite von 3,34 cm demonstriert, dass der eindeutige Winkelbereich der Interferometrie von ca. 5,5 Grad durch Hinzunahme der Amplitudeninformation auf ca. 10 Grad vergrössert werden kann. Die Idee des Baken-Radars wurde theoretisch und anhand von Experimenten (siehe Abbildung) erfolgreich verifiziert.



Experiment zum Baken-Radar mit Kalibrierreflektor als Baken

Links: Absorberplatte wird transversal zur Verbindungslinie Radar-Kalibrierreflektor-Konfiguration bewegt

Rechts: Vom linken (rt) und mittleren (bl) Reflektor zurückgestreute Leistung (willkürliche Einheiten) in Abhängigkeit der Position des Ziels

Fazit

Das Verfahren zur Peilung der Momentanrichtungen wurde analysiert. Die Experimente zur neuartigen Idee des Baken-Radars lieferten erfolgreiche Ergebnisse, die den Einsatz des modernen Radarprinzips für die Sektorüberwachung rechtfertigen.

Neues Messverfahren für Radar-Signaturen

ARAMIS: R-3210/040-13

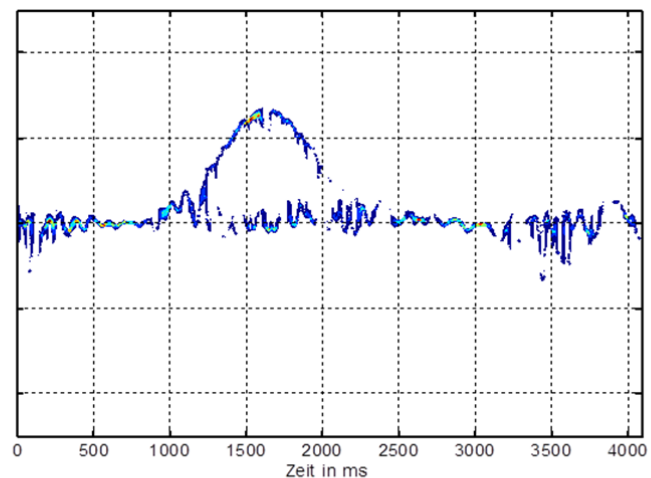
Eines der durchgeführten Teilprojekte zielte auf die Ausnutzung des Mikrodoppler-Effekts zur Erkennung von Zielen. In einem weiteren Teilprojekt wurde die Möglichkeit untersucht, bei mechanisch schwenkbaren kleinen Millimeterwellen-Arrays einen zusätzlichen Abbildungsmodus nach dem Prinzip der synthetischen Apertur zu realisieren.

Problem

In Zusammenhang mit Bedrohungsszenarien wie zum Beispiel angreifende Kleindrohnen, anschleichende Personen mit handgetragenen Raketen etc. wird die Erkennung dieser Bedrohungen anhand der Auswertung von Radardaten zunehmend wichtig. Für die erfolgreiche Erkennung anhand der Mikrodoppler-Signatur, also der Verteilung der rückgestreuten Leistung in der Zeit-Doppler-Ebene sind die Auswahl der geeigneten Transformation der Messdaten und die Erfahrung bei der Interpretation der Mikrodoppler-Signatur von grosser Wichtigkeit. Werden relativ kleine Millimeterwellen-Arrays zur Veränderung des azimutalen Winkel-Erfassungsbereichs mechanisch geschwenkt, so ergibt sich bei geeigneter exzentrischer Anordnung die Möglichkeit, die kreisbogenförmige Bahn der Antennenelemente zur Aufspannung einer synthetischen Apertur zu nutzen, welche für Festziele eine deutlich feinere Winkelauflösung als die physikalische Apertur (Array) liefert.

Resultate

Das Mikrodoppler-Konzept wurde von der Zeit-Doppler-Ebene auf den Zeit-Doppler-Winkel-Raum verallgemeinert und die „Schärfe“ der Lokalisierung durch Einführung der „*Reassigned Time-Frequency-Transform*“ signifikant verbessert. Zur Gewinnung weiterer Erfahrung mit der Interpretation von Mikrodoppler-Signaturen wurden u.a. Rückstreudaten von „Personen mit Tätigkeitsmerkmal“ (siehe Abbildung) und von schnellrotierenden Teilen verarbeitet und diskutiert. Das Konzept einer Kombination von physikalischer und synthetischer Apertur bei mechanisch rotierten Antennen-Arrays wurde mit Hilfe des auf einem Drehtisch angebrachten experimentellen FeRaMo-Radarsystems u.a. im Rahmen einer Messkampagne in Thun erprobt.



Gemessene Mikro-Dopplerfrequenzen bei 10 GHz

Fazit

Bei Aufklärungs-Radarsystemen sollte zusätzlich zu den Grundfunktionen Detektion und Ortung von Zielen vermehrt die Erfassung der Mikrodoppler-Signatur ermöglicht werden, da diese ein wichtiges Element zur Erkennung von Zielen und Szenarien darstellt. Bei Konfigurationen mit mechanisch schwenkbaren kleinen Millimeterwellen-Arrays kann ohne wesentlichen Aufwand zusätzlich ein Abbildungsmodus nach dem Prinzip der synthetischen Apertur realisiert werden.

Automatische Flugzeugdetektion mit optronischen Sensoren und optimierter Signalverarbeitung

Diese Machbarkeitsstudie zeigt ein optronisches System auf, welches Flugzeuge (bewegte Objekte) in einem vorgängig bestimmten Blickwinkel mittels optimierter Signalverarbeitung erkennen und aufzeigen kann. Die Studie gibt zudem Erweiterungs- und Verbesserungsmöglichkeiten des in der Studie aufgebauten Systems und der allgemeinen Machbarkeit an.

Problem

Die Überwachung von Lufträumen in Gebirgstälern, welche durch den Radar nicht abgedeckt werden können, wird bei speziellen Anlässen durch in den jeweiligen Talabschnitten eingesetzten Luftraumbeobachtern durchgeführt. Diese Beobachter sollen durch eine automatische, optronische Flugzeugdetektion unterstützt werden.

Resultate

Hauptbestandteil des Systems ist eine handelsübliche, hochauflösende Fotokamera mit Weitwinkelobjektiv und Steuerungs-/Auswertungslaptop. Nach dem Aufstellen und Ausrichten auf den gewünschten (Tal-) Abschnitt und der manuellen Eingabe von Überwachungszonen (und deren Daten, wie z.B. Distanz) und weiteren Parametern wie minimale Objektgrösse etc. arbeitet das System automatisch und überwacht die angegebene Zone und zeigt die erkannten Objekte an, welche von den Luftraumbeobachtern bestätigt und weitergeleitet werden können. Mit Hilfe von Differenzbildern, Objektbestimmungen und weiteren Algorithmen (basieren auf OpenCV), sowie der Klassierung der Objekte anhand der Abschnittsdaten, werden bis zu 5 relevante Objekte dargestellt.



System mit hochauflösender Kamera (36MPixel), Weitwinkelobjektiv ca. 104° Azimut und Steuerungs- und Auswertungslaptop.

Ausschnitt aus dem MATLAB-GUI mit 2 Beobachtungsabschnitten und Anzeige von bewegten Objekten (mit Trajektorien); Flugzeug über dem Horizont und Fussgänger.

Fazit

Mit Hilfe von hochauflösenden Kameras können auf Basis der im Sekundentakt aufgenommenen Daten Flugobjekte erkannt, angezeigt und somit die Luftraumbeobachter unterstützt werden. Die Signalverarbeitung erlaubt es, Objekte nach ihrer Relevanz (Zone) darzustellen. Das System lässt sich auf der Laptop/PC-Seite mit Swisstopo-Daten ergänzen um die Genauigkeit der einzugebenden Positionsdaten/Distanz zu erleichtern. Weitere mögliche Bedürfnisse (z.B. direkte Anbindung an das übergeordnete System (via SMS, etc.)) lassen sich in das bestehende System integrieren.

Detektion von kleinen, langsam fliegenden Zielen

ARAMIS: R-3210/040-13

In Zukunft wird sich die Anzahl verschiedener Typen von Unmanned Aerial Vehicles (UAV) im Luftraum vervielfachen. Diese Tatsache stellt die Mittel der bodengestützten Luftverteidigung (BODLUV) bei der Zieldetektion, -identifikation, -klassifizierung sowie die Zielbekämpfung vor neue Herausforderungen.

Die Study Group 170 der NATO INDUSTRIAL ADVISORY GROUP (NIAG) setzte sich mit dieser neuen Bedrohungslage und deren Begegnung auseinander und erstellte einen entsprechenden Bericht. Dieser analysiert einerseits die neue Bedrohungslage anhand von definierten Bedrohungsszenarien und setzt sich andererseits mit neuen Sensoren zur Detektion und den entsprechenden Effektoren zur Bekämpfung dieser Ziele auseinander. Weiter skizziert die Studie ein zukünftiges BODLUV System, sowie die wahrscheinlichen Entwicklungsschritte, welche über die nächsten Epochen (2015/2030) zu diesem System führen könnten. RUAG Center Air Defence hat das Thema im Rahmen einer Studie für armasuisse aufgearbeitet.

Resultate

Die „Studie zur Detektion und Bekämpfung kleiner, langsam- und tieffliegender Ziele“ fasst den Studienbericht der NIAG zusammen und liefert spezifische Überlegungen für die Schweiz. Der Fokus liegt bei der neuartigen Bedrohung durch LSS UAV (Low, Slow, Small) und der Sensorik. Die Effektoren werden nicht behandelt.



Bedrohung LSS UAV: Diese Fluggeräte können je nach Szenario zu Aufklärungszwecken, zur Bekämpfung von zivilen und militärischen Zielen oder für gemischte Anwendungen eingesetzt werden. Deren Entwicklung wird sich in Richtung vernetzte Führung, grössere Einsatzdistanz automatische Navigation und Schwarmflug fortsetzen.

Szenarien: Die Studie unterscheidet asymmetrische und symmetrische Szenarien. Symmetrische Szenarien können Kriegssituationen sein, in welchen LSS hauptsächlich zu Aufklärungs- und Zielzuweisungszwecken eingesetzt werden. Zu asymmetrischen Szenarien zählen zum Beispiel medienwirksame Angriffe von Extremistengruppen auf öffentliche Einrichtungen.

Sensoren: Die Herausforderung heutiger Systeme in der Fliegerabwehr besteht darin die aus grosser Distanz mit hoher Geschwindigkeit nahenden, relativ grossen Fluggeräte schnell und präzise zu identifizieren, zu klassifizieren und falls nötig zu bekämpfen. Nahe, kleine und sich langsam bewegende Ziele werden zur Vermeidung von Fehlalarmen oft unterdrückt. Für die Erkennung von LSS UAV gelten demzufolge andere Anforderungen an die Sensorik und die Datenverarbeitung.

Neue Sensoren, die im Verbund mit genügender Auflösung und Sensitivität verschiedene Merkmale der neuen Bedrohung identifizieren können sind gefordert. Ein diversifiziertes Sensorportfolio liefert nach der Daten-fusion ein Gesamtbild der Luftlage über einem bestimmten Gebiet. Nebst radarbasierten Sensoren werden vermehrt auch Technologien wie Infrarot, Laser (Gated Viewing), Akustik sowie Sensoren zur Analyse elektromagnetischer Emissionen zum Einsatz kommen. Ein wichtiger Sensor wird nach den Einschätzungen der NIAG auch in Zukunft der geschulte Beobachter mit und ohne technische Unterstützung bleiben.

Fazit

Auch für die Schweiz sind insbesondere asymmetrische Bedrohungen durch LSS UAV ein Thema, welches zukünftig zu berücksichtigen ist und in der Planung der Luftraumverteidigung einen angemessenen Stellenwert haben muss. Für die Beurteilung von Systemkomponenten ist ein tiefgreifendes Knowhow im Bereich der neuen Sensor-technologien, in der Datenfusion, in standardisierten Schnittstellen, der Vernetzung sowie in der allgemeinen Luftraumverteidigung und der genauen Kenntnis der Bedrohungen erforderlich. Ein aus mehreren Teilsystemen bestehendes zukünftiges Aufklärungs- und Abwehrsystem gegen LSS UAV sollte auf einer entsprechenden Test- und Integrationsplattform validiert und qualifiziert werden können.

Quellen: Final Report of NIAG SG-170 Study on Engagement of low, slow and small aerial Targets by GBAD, Version NIAG-D (2013)0015 vom 31.7.2013

Multispektrale Tarnung und Täuschung - Adaptive visuelle Tarnung

ARAMIS: R-3210/040-10

Adaptive Tarnung ist ein relativ neues Feld der Militärtechnologie welches seit kurzem auch von grossen Rüstungskonzernen aktiv verfolgt wird. Schwung in das Feld bringt nicht zuletzt die rasante Entwicklung der kommerziellen LED-Technologie, wahrscheinlich absehbar ist auch die weitere Entwicklung hin zu OLED. Der Einsatz adaptiver Tarnung wird den schnellen Wechsel des Terrains, etwa von urban zu offenem Gelände im Einsatz erlauben unter Beibehaltung des Schutzes durch verminderte Sichtbarkeit. Sowohl für die Personentarnung wie im Grundsatz auch für die Tarnung von Fahrzeugen gilt es optimale Tarnmuster zu generieren.

Problem

Für einen Feldtest im Rahmen von PfP sollte ein Versuchspanel gebaut bzw. optimiert werden. Frühere Versuche zeigten sich die Limiten beim Einsatz von Kameras. Dies sollte durch Verwendung von HDR (High Dynamic Range) Aufnahmen zur Verbesserung der Bildqualität, insbesondere zur Vermeidung von Farbfehlern bei hohen Kontrasten führen. Im Weiteren soll die Verwendung eines Feedback-Verfahrens mit gleichzeitiger Aufnahme des Panels und des Hintergrundes und entsprechender Regelung erprobt werden mit Vorschlag eines Ablaufschemas zum Gesamtablauf des Detektions- und Adaptionsvorganges und Optimierungsprozess zur möglichst schnellen Angleichung des Panels an die Hintergrundfarbe

Resultate

Das PfP Camouflage Projekt beschreibt eine Tarnvorrichtung, welche mittels HDR-Bilder den aufgenommenen Hintergrund auf ein Panel ausgibt und mit einer weiteren Aufnahme mit dem alten Bild abgleicht. Mit einem Algorithmus werden die richtigen Farbwerte bestimmt. Für einen Betrachter aus grösserer Distanz wird ein Objekt, welches sich komplett hinter dem Panel befindet, unsichtbar. Zur Verbesserung des Farbabgleichs zwischen wahrgenommener und auf einem LED-Panel dargestellter Farbe wurde beschlossen, eine Feedback Regelung einzuführen. Dabei wird das Panel und ein Hintergrund gleichzeitig mit der Kamera aufgenommen und die Farbe des Panels solange angepasst, bis Panel und Hintergrund gemäss Kamera eine möglichst 'gute' Übereinstimmung aufweisen. Als Mass für diese Übereinstimmung wird im Moment die Methode der 'Least Square Root' der Differenzen der RGB Werte benutzt.

Die Hardware besteht aus einem Led-Panel, einer Transportkiste und einer Kamera, mit der die Umgebung aufgezeichnet wird. Die Bildinformationen werden durch eine Software auf dem Panel-PC verarbeitet und über einen Led-Controller an die Led-Panels ausgegeben. Das aufgenommene Bild wird mittels des Signalverarbeitungsalgorithmus in ein Tarnmuster umgewandelt. Bei der Umsetzung vom Labor auf den Feldversuch zeigt sich, dass für die Implementierung des Algorithmus schnelle Rechner nötig sind.



Fazit

Betreffend Tarnmustergeneration spezifisch auch für die Soldatentarnung wurde veröffentlichte Literatur aus Slowenien, USA, Südafrika, Niederlande ausgewertet. Daraus konnte geschlossen werden, dass die Form nicht ausschlaggebend ist solange die Patterngrösse das räumliche Auflösungsvermögen des menschlichen Auges von 1 Bogenminute berücksichtigt.

Radarinsensitive Werkstoffe mit hoher Festigkeit

ARAMIS: R-3210/046-11

Die Weiterentwicklung der Mikrowellenkommunikation wie auch der Ausbau und die Verbreitung von Nachtsichtgeräten von sicherheitsrelevanten Prüftechniken wie die Nacktscanner sowie neue Informationssysteme, Navigationssysteme, dopplereffektbasierte Radartechnik, Millimeter- und Submillimeterwellentechnik und der Spin-elektronik erfordern neue Materialien für den Strahlenschutz von Anwendungsfrequenzen 0.05 bis 500 GHz.

Problem

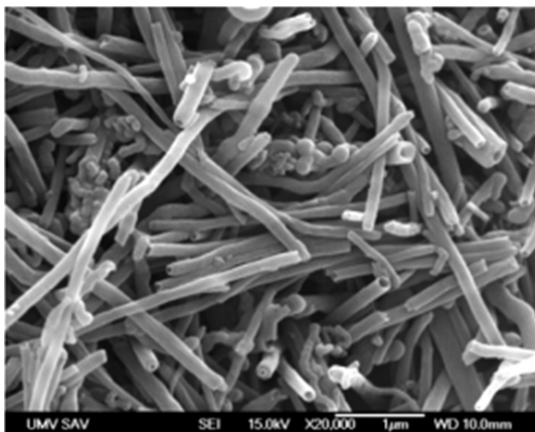
Echtzeitinformation in hoher Auflösung, grössere Reichweiten und Allwettertauglichkeit sind Anforderungen an eine moderne elektronische Aufklärung. Um andererseits diese Möglichkeiten eines Gegners einzuschränken, sind Schutzmassnahmen nötig, die die Erkennung erschweren oder gänzlich unterdrücken. Dazu gehören neben konstruktiven Designmassnahmen gezielte Weiterentwicklungen von Werkstoffen bzw. Werkstoffverbunden mit einer hohen Absorption in Bezug auf elektromagnetische Wellen. Diese Absorption wird frequenzabhängig durch die komplexe Leitfähigkeit, Permeabilität und Permittivität bestimmt.

Resultate

In diesem Projekt werden verschiedene Werkstoffe und Kombinationen Werkstoffe-Beschichtungen bezüglich hoher Radarabsorption entwickelt und hergestellt. Eine Integration von Infrarottarnsystemen wurde auch untersucht. Diese werden im Labor geprüft und die erfolversprechendsten Varianten einem Feldversuch unterzogen. Durch optimale Kombination von gezielten Werkstoffentwicklungen und Herstellungsprozessen kann die Absorption gegen Radarstrahlen und Infrarot signifikant gesteigert werden.

Die besten Ergebnisse (Dämpfungen von mindestens -8 dB auf dem geprüften Frequenzbereich) wurden mit 3D strukturierten keramischen Systemen mit elastomerischer Beschichtung erzielt. Die 3D-strukturierte Keramik wurde sowohl direkt als auch infiltriert mit verschiedenen Materialsorten geprüft. Dünne Beschichtungen auf metallischen Substraten und metallisch strukturierte Systeme haben bis jetzt keine erfolgreichen Ergebnisse gebracht. Um den Einfluss von Umweltparametern zu untersuchen wurden beschleunigte Versuche (Umweltkorrosion, Bewitterung, Temperaturwechsel und Verschleiss) durchgeführt.

Da metallisch- und keramisch-basierte Produkte steif sind, wurden andere Systeme auf Basis Partikel- und Faser-geladene Polymermatrixen entwickelt, um eine Flexibilisierung der Dämpfungssysteme zu erzielen. Die Radardämpfungsergebnisse dieser Systeme zeigten eine starke Abhängigkeit sowohl von Matrix- und Zusatzphasenmaterials als auch von Volumenanteil, Form und Dimension der Partikeln oder Fasern des Zusatzmaterials.



Fazit

Die Radarabsorption eines Bauteils kann durch eine geeignete Kombination Grundwerkstoff/Beschichtung deutlich erhöht werden. Somit kann die Überlebensfähigkeit eines Systems deutlich gesteigert werden, indem neben mechanischen Schutzsystemen die Erkennung durch elektronische Aufklärung erschwert wird.

Störverfahren gegen mmW-SAR und möglicher Gegenmaßnahmen

Im Rahmen der Vorstudie wird ein Konzept zur weiteren Untersuchung von Störverfahren gegen mmW-SAR und möglichen Gegenmaßnahmen erstellt. Vorhandene Kompetenzen und Systeme werden hinsichtlich einer weiteren Verwendung beurteilt, gegebenenfalls der Aufwand für die Entwicklung neuer Simulationen und Systeme abgeschätzt und spezifische Themen für eine weitere Untersuchung von Störverfahren und Gegenmaßnahmen aufgezeigt.

Problem

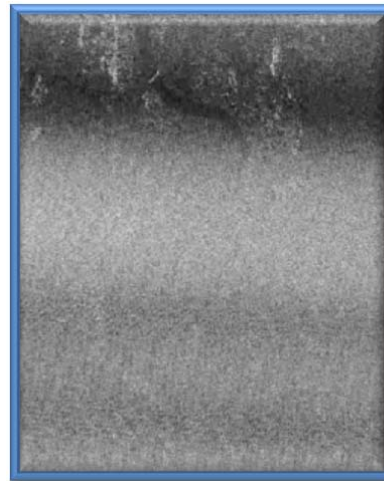
Radar mit synthetischer Apertur (SAR) ist ein weitverbreiteter, bildgebender Sensor zur Aufklärung und Fernerkundung. Ein besonderer Vorteil gegenüber optischen Sensoren ist dabei die allwetterfähige und tageslichtunabhängige Einsatzmöglichkeit. Der technologische Fortschritt führte in den vergangenen Jahren neben einer Verbesserung der Bildauflösung im cm-Bereich auch zur Anwendung von Frequenzen im Millimeterwellenbereich, insbesondere bei 35 und 94 GHz. Ein Vorteil der höheren Frequenzen ist eine Miniaturisierung der SAR-Systeme, so dass ein zunehmender Einsatz von mmW-SAR-Systemen auf Kleinflugzeugen oder Drohnen sowohl im militärischen als auch im zivilen Bereich zu beobachten ist. Es darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass durch gezielten Einsatz von aktiven elektronischen Gegenmaßnahmen eine SAR-Bildgewinnung gestört oder getäuscht werden kann.

Erkenntnisse

Ein Störsystem kann durch Aussenden moderater Leistungen eine vollständige Maskierung des SAR-Bildes hervorrufen. Nur durch Anwendung von intelligenten Gegenmaßnahmen ist unter Umständen eine Unterdrückung der Störung möglich. Moderne Täuschstörer sind darüber hinaus in der Lage durch Einbringen von glaubhaften Falschzielen die Bildauswertung und eine Zielklassifizierung zu beeinflussen, indem sie echte Zielsignaturen verändern oder zusätzlich künstliche Ziele in das SAR-Bild einbringen.

Im Rahmen der Vorstudie wird ein Konzept zur weiteren Untersuchung von Störverfahren gegen mmW-SAR und mögliche Gegenmaßnahmen erstellt. Ein allgemeiner Teil skizziert Stör- und Täuschmaßnahmen gegen SAR anhand von theoretischen Ansätzen und Beispielrechnungen.

Eine Übersicht vorhandener Kompetenzen und Systeme, sowie bereits durchgeführter Projekte im Bereich mmW-SAR und allgemeiner Stör- und Täuschverfahren bilden die Grundlage für die Ausarbeitung von Varianten für eine mögliche Folgestudie.



Fazit

Eine Kompetenz zur Anwendung eigener aktiver Stör- und Täuschverfahren bietet Schutz vor einer ungewollten Radaraufklärung im operationellen Einsatz. Darüber hinaus erlaubt bereits die Kenntnis von Stör- und Täuschtechniken eine Reduzierung von Fehlinterpretationen bei der Analyse von SAR-Bildern und bietet die Grundlage für die Weiterentwicklung eigener Radarsysteme hinsichtlich der Anwendung von Schutzmaßnahmen gegen Stör- und Täuschverfahren.

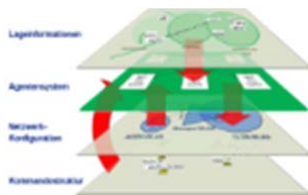
Informationsüberlegenheit dank Kommunikation

Das Forschungsprogramm liefert Entscheidungsunterlagen um die zukunftsorientierte Bedürfnisse der Armee technisch und wirtschaftlich effizient abzudecken. Der Aufbau von Kompetenzen wird durch Technologie Monitoring, Machbarkeitsstudie und Demonstratorentwicklung mit der Einbindung der Bedarfsträger nach CD&E (Concept Development and Experimentation) Ablauf und durch nationalen und multi-nationalen Kooperationen mit Hochschulen und Industrie geführt. Das Forschungsprogramm Kommunikation drei zentrale Kompetenzfelder.

Die Informations- und Kommunikationstechnologien sind sehr schnellen Entwicklungszyklen und raschen Fortschritten unterworfen. Deshalb bestehen Risiken, in Technologien mit kurzfristiger funktioneller Obsoleszenz zu investieren. Die technologischen Fortschritte müssen für die Dauer der Lebenszyklen der zu beschaffenden Systeme betrachtet werden. Es sind technisch und wirtschaftlich ausgewogene Lösungen durch neue Ansätze zu finden.

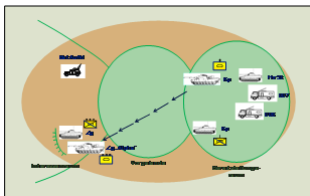
Die Kommunikation spielt eine Schlüsselrolle bei der vernetzten Operationsführung sowie bei der zivil-militärischen Zusammenarbeit. Zuverlässige und leistungsfähige Systeme für mobile Kommunikationsnetze, welche unter erschwerten Bedingungen eine korrekte und zeitgerechte Führungsfähigkeit aufweisen sind gefordert. Da auch in der Zukunft keine einzelne Technologie eine umfassende Lösung darstellt, werden heterogene Kommunikationsmittel mit modularer Architektur betrachtet. Intelligente und selbstorganisierende Systeme sind von grosser Wichtigkeit wenn viele Knoten (Sensoren, Entscheidungsträger und Effektoren) rasch und optimal miteinander vernetzt werden. Dafür wird die Entwicklung von intelligentem Netzwerkmanagement zum effizienten Einsatz von Ressourcen (inklusive die verfügbaren Frequenzbänder im elektromagnetischen Spektrum) sowie von nötigen Anpassungen zur Integration von zivilen Technologien (dual-use) gefordert.

Kompetenzfelder im Bereich Kommunikation



Integrierte mobile Kommunikationsnetzwerke

Die Erweiterung von Kommunikationsnetzwerken erfolgt primär durch Standardisierung und modularen Aufbau. Mit Hilfe geeigneter Modellierung unterschiedlicher Algorithmen werden knappe Kommunikationsressourcen optimiert und damit die Effizienz von C4ISTAR Systemen deutlich erhöht. Der Einsatzbedarf und die Lageinformation werden bei der kontinuierlichen und intelligenten Optimierung der Kommunikationsressourcen berücksichtigt. Kernelemente zur Untersuchung von Software Defined Radio sind die Interoperabilität, die Reduktion der Anzahl Funkgeräte auf mobilen Plattformen und die Anwendung der optimalen Wellenform. Fortschritte in der Mikrotechnologie ergeben neue Perspektiven für drahtlose heterogene Sensornetzwerke und für tragbare Systeme mit stark erhöhter Energieeffizienz. Alternativen zur Kommunikation mit Satelliten (Satkom) können Schwärme von Drohnen oder HAP (High Altitude Plattform) sein.



Frequenzmanagement

Beim Frequenzmanagement können Smart Antennen die spektrale Effizienz optimieren sowie die Detektierbarkeit und den Energiebedarf reduzieren. Zur optimalen Nutzung von unbenutzten, unregelmässig benutzten, wenig oder gar nicht belegten Frequenzbereichen soll Cognitive Radio dafür sorgen, dass die zur Verfügung stehenden Frequenzbänder intelligenter, flexibler und ökonomischer belegt werden. Durch Anpassung an die elektromagnetische Umgebung wird das Verhalten von zuverlässigen Funkübertragungen beeinflusst. Zusätzlich erweitern anwendbare Frequenzen im Bereich THz und IR-Lasertechnologie die breitbandigen Datalinks.



Moderne zivile Kommunikationstechnologien

Der rasante Verlauf der technischen Entwicklung und die damit verbundenen kurzen Systemlebenszyklen der zivilen Telekommunikationsmittel haben für die militärische Anwendung den Einsatz stets neuer Konzepte und technischer Systeme zur Folge. Entwicklungsmöglichkeiten für militärische Kommunikationsnetzwerke werden durch die kontinuierliche Einbindung relevanter und neuer ziviler Technologien geprüft.

Netzwerke

Zur Sicherstellung der Kompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland eingesetzt und gepflegt.

Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute

- ETH Zürich
- EPF Lausanne
- HEIG-VD
- IDIAP
- Uni Bern

Industrie

- 89Grad GmbH
- Beone AG
- Rayzon Technologie AG
- Sensefly Sarl

Bund

- Verteidigung
- armasuisse - Beschaffung
- armasuisse - Wissenschaft und Technologie

Staatliche Partner

- NATO

Leistungsfähige Kommunikationsprinzipien für C4ISTAR Konzepte

ARAMIS: R-3210/041-14

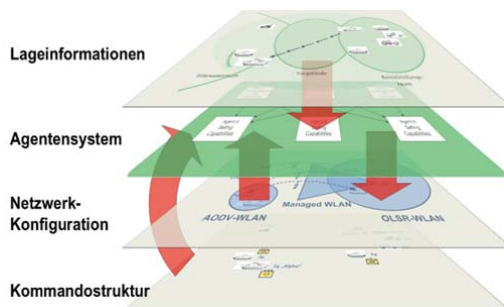
Um heterogene Kommunikationsressourcen während einem Einsatz jederzeit optimal auf die unterschiedlichen Einsatzkräfte verteilen zu können, müssen die Kommunikationsbedürfnisse letzterer bekannt sein. Die einsatzrelevanten Informationen, welche direkt oder indirekt die Kommunikationsbedürfnisse definieren, werden von heutigen Netzwerkmanagementsystemen nicht berücksichtigt, was zwangsläufig zu einer suboptimalen Ressourcenverteilung führt. Mit Hilfe von geeigneter Modellierung von Kommunikationsbedürfnissen und Anwendung von verteilten Optimierungsalgorithmen könnten knappe Kommunikationsressourcen optimal eingesetzt werden und somit die Effizienz von C4ISTAR Systemen deutlich erhöht werden. Dieses Projekt wird mit den LIA (Laboratoire d'intelligence artificielle) von EPFL, Rayzon Technologies und Swisscom ICC durchgeführt.

Zielsetzung

Ein wesentlicher Teil der Formalisierung der Kommunikationsbedürfnisse stellt die Modellierung der taktischen Informationen eines Einsatzes dar. Einsatzleitungsstruktur (Kommandostruktur), Einsatzziele, Aufgaben und Rollen der einzelnen Einsatzkräfte haben einen wesentlichen Einfluss auf die einzelnen Kommunikationsbedürfnisse. So ist es leicht verständlich, dass in einem Aufklärungs- bzw. Überwachungseinsatz die Zuteilung von limitierten Kommunikationsressourcen an die entsprechenden Aufklärer/ Sensoren wesentlich für den Erfolg des Einsatzes sind. Eine solche dynamische und einsatzspezifische Zuteilung der zur Verfügung stehenden Kommunikationsressourcen ist im Wesentlichen nicht nur bei heterogenen Systemen von grosser Bedeutung.

Resultate

Erste Simulationen haben ein Optimierungspotential von bis zu 300% ergeben, wenn bedürfnisorientiertes Ressourcenmanagement verwendet wird. Erstaunlicherweise sind es oft nur kleine Änderungen im Netzwerkmanagement, welche eine grosse Wirkung auf die Gesamtqualität der Kommunikation haben, welche aber ohne die Berücksichtigung der einsatzspezifischen Kommunikationsbedürfnisse nicht identifiziert werden können.



Die Umsetzung eines solchen bedürfnisorientierten Ressourcenmanagements für heterogene Kommunikationssysteme, basierend auf Prinzipien der künstlichen Intelligenz, z.B. in Form von Software Agenten, bildet die Grundlage für skalierbare, selbstorganisierende (und somit militärische) Kommunikationsplattformen zur Umsetzung von NEO.

Fazit

Das Konzept des Bedürfnisorientierten Kommunikationsmanagement in heterogenen Netzen ist eine vielversprechende Möglichkeit die Problematik der mobilen Telekommunikation als wesentlicher Bestandteil der NEO langfristig und kosteneffizient anzugehen. Intelligente und selbstorganisierende Systeme sind insbesondere dann von grosser Wichtigkeit, wenn wir in Richtung C4ISTAR blicken, wo unzählige Knoten (Sensoren, Entscheidungsträger und Effektoren) rasch und optimal miteinander vernetzt werden müssen.

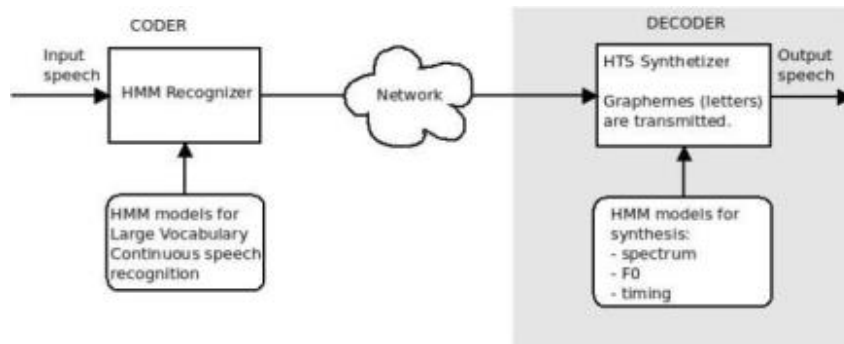
HMI - Very Low Bit-Rate Coding

ARAMIS: R-3210/041-20

This is a project about speech coding at very low bit-rates using automatic speech recognition (ASR) and text to speech (TTS) technology. Traditional speech coding technology attempts to use a parameterisation of the signal that allows the signal to be reconstructed almost exactly, i.e., the listener hears the same signal that would have been transmitted without coding. As the bit-rate is reduced, the speech quality also reduces. By contrast, use of ASR and TTS allows words to be transmitted as text, which allows very low bit-rates, but retains high audio quality. One apparent disadvantage of the ASR/TTS coder is that the listener does not hear exactly the same signal that the original speaker generated. However, this is not a problem if the goal is simply to transmit a message, and may even be an advantage if the speaker wishes to remain anonymous. Various auxiliary technologies are available to augment the TTS voice with characteristics of the original speaker. To make the system language independent, lower level linguistic features such as phonemes can be transmitted.

Technology

In fact, the project allowed two technologies to be evaluated. The first was an ASR/TTS system as described above. The ASR recognised words, which were then transmitted to a TTS system where they were re-synthesised. Various experiments were done using the adaptation that is available when the ASR and TTS use the same underlying "hidden Markov model" technology. Adaptation is the process of making the TTS system sound like the original speaker; this involves training a small number of adaptation parameters at the



source and transmitting them over the channel. Of course, the adaptation parameters increase the bit-rate, so there is a trade-off between the advantages of adaptation and those of low bit-rate.

In a parallel experiment, an alternative codec referred to as the code-book approach was evaluated. In the code-book approach, phoneme-like units are trained automatically to represent

a given speaker or language in as few parameters as possible. The representation used was the harmonic plus noise model (HNM) that attempts to mimic the human speech production mechanism. Although the code-book approach is not as high quality as the ASR/TTS approach, it is both multi-lingual (it can work in many languages), and is vocabulary independent (it is not dependent upon a pre-defined dictionary).

Conclusions

The main output of the project was a demonstration system allowing a person to speak to the computer and hear the result of coding and re-synthesis in real time. The numerical result is that speech can be transmitted at a bit-rate as low as 50 bits per second. Both the ASR/TTS and code-book approaches work as expected, even in other languages to some extent. The ASR/TTS approach is indeed language dependent. The code-book approach, whilst being language independent in principle, does have quality issues. These deficiencies are the subjects of a follow-up project in 2012 that will aim to capitalise on the best aspects of the two systems yielding a phonetic (or similar) system that is truly language independent with clear synthesis quality, whilst operating at a bit-rate of one to two hundred bits per second.

Swarming MAVs as dynamic wireless mesh networks

ARAMIS: R-3210/041-12

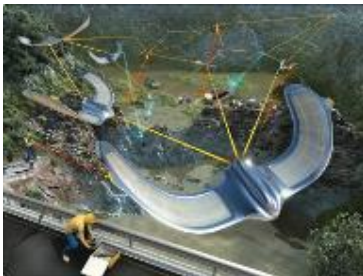
A swarm of Micro Air Vehicles (MAV) is used to autonomously establish wireless networks (SMAVNETs) in outdoor areas such as urban environments or disaster sites. MAVs are designed to be easy-to-use and rapidly deployable. Each MAV navigates based on swarm intelligence, using distributed control and onboard sensors. The aerial nature of the swarm allows for deployments over challenging terrain, and line-of-sight communication between the MAVs enables more efficient (low-power, long-range, high-bandwidth) communication in cluttered environments. This project is performed by several engineers, Ph.D and Master Students of the Laboratory for Intelligent System (LIS) and the Laboratory for Mobile Communications (LCM) at EPFL.

Platform

The aerial platforms are 80cm-wingspan, 500-gram flying robots made of robust and safe foam material, powered by an electric motor and battery enabling 30 to 60 min endurance. To allow for a simpler design, affordable swarms and easier handling with respect to existing aerial robots, the MAVs rely on a few number of sensors, a micro-controller for flight control and a Linux board connected to a standard WiFi communication module. Current MAVs are capable of fully autonomous take-off, navigation and landing, and they can communicate between them and with on-ground users using the ISM frequency band.

Method

The MAVs and on-ground users constitute a quickly deployable and highly dynamic ad-hoc wireless network. In order to ensure good communication performance, extend the range and avoid obstacles that would prevent direct communication in non-line-of-sight scenarios, each node in the network can act as a router, receiving, storing and relaying data packets as necessary to achieve end-to-end connectivity and cover wider areas. To cope with the rapidly changing topology of the network and with the fading induced by the harsh wireless channel, the nodes run a distributed routing protocol known as OLSR (Optimal Link State Routing). The nodes exchange and distribute small control packets to estimate the quality of individual links, measured as the fraction of packets lost in a predefined time window. With this information each node can compute the globally optimal route to reach any other node, and quickly update it when the channel conditions change, when nodes join or leave the network, or when the movement of the nodes renders direct communication impossible in a cluttered environment. Distributed swarm intelligence enables adaptive control of the behavior of each node towards optimized area coverage, ground users servicing and communication support.



Artistic view of a Swarming MAV Network (SMAVNET) used to relay communication among rescue workers and victims in a disaster area

Conclusions

Building multi-hop routes is a very powerful tool to improve RF communications, especially in urban environments. It can also be used to extend the communication range using multiple intermediate relaying nodes between the source and the destination. Being able to set up the best routes automatically and quickly is essential when the nodes are highly dynamic. The developed demonstration system has proven that it is technically feasible to do it while offering good communication performance, using simple autonomous MAVs to ensure quick deployment without any preexisting infrastructure. There is however a fundamental limit to performance as the achievable communication throughput is divided every time a new node is added to a multi-hop route.

Software Defined Radio

ARAMIS: R-3210/041-15

Embedded system generally includes several radio communication peripherals associated with a processor. Communication functions are buried in silicon and cannot be modified. Proposed alternate architecture associates minimal analog front-end, reconfigurable components (FPGA) and processor. As digital signal processing is performed inside FPGAs, major changes of the communication function can be done near instantaneously by instantiation of virtual peripherals. Applications include upgrade to new standards, cognitive radio, support of heterogeneous communication environment, R&D prototyping, test & measurement operations. Project aim is the development of a hardware platform and a virtual peripheral framework – software and interface blockset - designed for supporting quick and efficient virtual peripheral developments. Project is performed by a team of the ReDS institute (Reconfigurable Embedded Digital Systems / HEIG-VD).

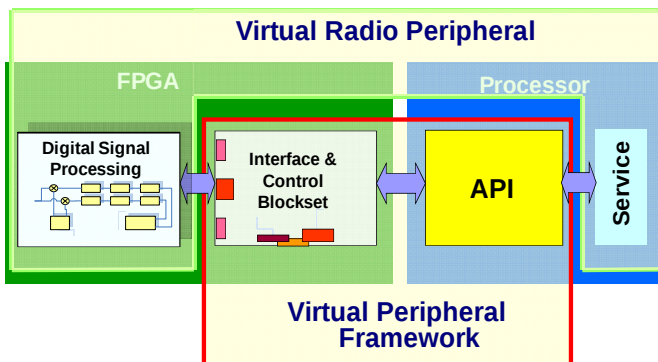
Platform and framework

The hardware platform is composed of a digital processing board supporting analog front-end modules. Processing board will be designed as both a stand-alone board and an add-on board of HCB (a ReDS previously designed communication system). Processing board includes a DSP oriented FPGA, an optional processor, high-speed AD/DA converters and slots for receiver, transmitter or transceiver (COTS or custom) analog modules. Board processor and HCB processor are running Linux OS with real-time enhancement.

The virtual peripheral framework (VPF) provides a Matlab/Simulink block library that manages data transfers between FPGA and processor. VPF blockset includes streaming sink/source, control registers and probes for monitoring and debugging. The VPF provides also an API for implementing (and instantiating) virtual peripheral services under Linux, and a GUI library including control and monitor objects.

Method

Development of a software defined radio in an embedded system can be a laborious work. The objective of the project is to provide a hardware platform and a framework that allow the developer to focus on signal processing design and peripheral specific software development. Thanks to the high abstraction level of the VPF, the complexity of the Hw/Sw co-design is masked to the developer while providing a high data rate path between the signal processing hardware and the upper software layers.



*Architecture of the proposed embedded platform:
The Virtual Radio Peripheral part is specific and is likely to be changed.
The Virtual Peripheral Framework part is generic and is neither changed.*

Conclusions

Combination of FPGA and processor provides an efficient hardware platform for implementing software defined radio. Instantaneous reconfiguration is the key feature of many potential applications. Therefore, attention should be paid to the complexity of Hw/Sw co-design. Support of an appropriate Virtual Peripheral Framework should be an efficient way for shortening and simplifying development process for optimized waveforms.

Wearable antennas for Wireless communications

ARAMIS: R-3210/041-18

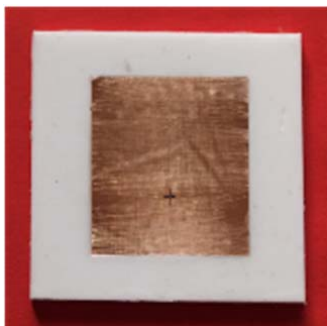
Wearable antennas are worn in the vicinity of the wearer's body. The main advantage of wearable antennas over conventionally existing antennas is that they can be integrated into the wearer's uniform thus enabling more freedom while performing different kind of operations. Various wireless communication links can be established using wearable antennas, for instance voice communication, exchanging pictures or terrain configurations, and positioning. Moreover, some catastrophic scenarios (e.g. Katrina hurricane or Fukushima tsunami) have highlighted the need of rapidly deployable and reliable communication networks in order to help the rescue teams to efficiently rescue the population. This project is performed at the Laboratoire d'Electromagnétisme et d'Acoustique, LEMA at EPFL

System description

Some of the wearable antennas will operate in the range of 400 MHz which means that the size of the antenna will be critical for placing it around the wearer's body. Miniaturization techniques are applied in order to reduce the overall dimensions of the antenna. The flat structure of the antenna makes it more flexible and conformable. Full encapsulation of the proposed antenna into the newly developed substrate materials assures the complete waterproofness of the designed wearable antenna. A second platform will be used in order to achieve redundancy. The frequency band of the latter is in the Ultra Wide Band range.

Methods

This project consists of two main research and design lines. The first direction pursued is the development of new and innovative substrate materials with reduced electric permittivity (around 2, at the desired frequencies) at the same time satisfying all the above stated requirements, flexibility, conformability and waterproofness. The final design will provide both, sustainable antenna performance and good substrate characteristics. The second line of research is fulfilling the diversity requirements ensuring a sustainable communication link in all circumstances: different environmental conditions, different postures of the wearer require more than one antenna in order to provide robust and reliable communication links. The antennas will be placed at different positions around the wearer's body (space diversity), with different polarizations (polarization diversity) and also operating at different frequencies (frequency diversity).



Top view of a Wearable antenna prototype designed with innovative substrate materials. The antenna is flat, elastic and conformable.

Conclusions

Wearable antennas will provide the user with robust and reliable communication links, allowing him fully operational freedom since they will be integrated into his uniform. The novel substrate materials developed for the purposes of wearable antennas will make the antennas resilient to different external and environmental influences.

Conformal Multifunction Antenna System

ARAMIS: R-3210/041-18

The increasing need for reliable wireless communication onboard of mobile systems is resulting in the corresponding increase on the number of needed antennas. Nowadays, this number easily ranges from tens (ground vehicles) to hundreds (aircrafts). This high number of antennas creates a series of disturbing problems ranging from mechanical support, real estate, aerodynamic performances, power budget and associated electronic equipment to increased interferences and high global level of electromagnetic radiation. The objective of this research is to alleviate these problems by developing a low profile multifunctional (multipurpose) antenna system, possibly able to be conformed to a given surface

System description

The objective of the current project is to develop a multifunction (multifrequency) antenna system. Currently, the selected scenario is a low-profile dual-band antenna to be integrated on the surface of a small unmanned airborne vehicle. The system will present two main functionalities: Multi-Directional (MD) simultaneous communication in the high frequency band and local ground communication in the lower band.

The MD subsystem will consist of a circular array of vertically polarized antennas at the Ku-band. It will produce end-fire quasi-horizontal narrow beams allowing for inter-communication between vehicles and ground stations. Electronic switching capabilities will be implemented to set the direction of the electromagnetic signals (Rx/Tx).

Concerning the subsystem for local ground communications (Rover), a lower frequency band (C-band) will be used. Its antenna elements will produce a broadside circularly polarized beam following the satellite communication standards.

Current results

In a first phase, the research has been focused in the MD system. The H-plane sectoral horn antenna was chosen as a basic antenna element for the circular array. The Substrate Integrated Waveguide (SIW) technology has been used to be able to design a low profile and compact version of the horn.

A first prototype of a 3 SIW horn antenna array was manufactured as shown in Fig. 1. Polycarbonate lenses were placed at the horn apertures to improve the matching and radiation performances. The array has provided good results and has paved the way for a fully printed solution avoiding the use of external elements (lenses). This is highly desirable, in order to ease the manufacturing and cost of the antenna system. Therefore, after some intensive studies, a fully printed alternative of the SIW horn has been manufactured (see Fig. 2). It makes use of a transition etched on the same substrate. This solution, that should allow better mechanical and electrical performances of the antenna, is currently under study.



Figure 1 - Three-element section of the SIW horn array prototype



Figure 2 - Fully printed prototype of the SIW horn antenna

A state of the art ultralow weight combination of Substrate Integrated Waveguide (SIW) horn antenna in Ku-band and C-band antenna for broadside communications has been designed and demonstrated. A deeper theoretical study on the SIW technology was carried out. These findings have been published in the IEEE Microwave and Wireless Components Letters journal and could be used in the future to improve the performances of proposed DF system.

Militärische Aspekte ziviler Funktechnologien

ARAMIS: R-3210/041-05

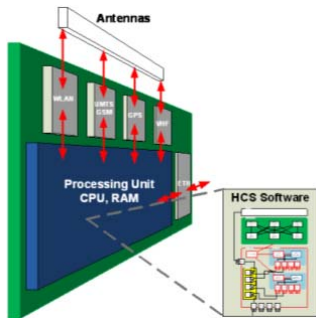
Im Gegensatz zu militärisch gehärteten Kommunikationstechnologien bieten zivile Funktechnologien wesentlich höhere Übertragungsbandbreiten. Dies liegt einerseits sicher an den benutzten Frequenzbändern, andererseits aber auch an den deutlich kürzeren Entwicklungszyklen, welche den raschen Einsatz von neuen Technologien und Konzepten erlaubt. Insbesondere in einer Milizarmee ist es äusserst sinnvoll zivile und militärische Funktechnologien besser zu vereinen. Der selbstverständliche Umgang mit zivilen Funktechnologien wie GSM, UMTS, LTE oder WLAN vereinfacht auch im militärischen Alltag viele Prozesse und beschleunigt Arbeitsabläufe. Die Integration von zivilen Funktechnologien führt insbesondere in subsidiären Einsätzen zu einer deutlich besseren Interoperabilität mit zivilen Behörden und Entscheidungsträgern und erhöht somit die Effizienz. Dieses Projekt wird mit HEIG-VD, Rayzon Technologies und Swisscom ICC durchgeführt.

Zielsetzung

Mittels neuer modularer Systemarchitekturen soll eine einfache Integration von neuen militärischen und zivilen Übermittlungstechnologien ermöglicht werden, ohne die Kontrolle über das militärische Kommunikationssystem zu verlieren. Hierbei sind die neu einzubindenden zivilen Technologien nicht als Ersatz sondern vielmehr als Ergänzung zu den gehärteten militärischen Funkmittel zu verstehen.

Resultate

Die Weiterführung der erarbeiteten Konzepte für offene und heterogene Kommunikationslösungen hat in Form von einer Testplattform und den darauf basierten ersten Tests gezeigt, dass zivile Funktechnologien kostengünstig in C4ISTAR Konzepte eingebunden werden könnten. Insbesondere die hohen Bandbreiten, welche durch zivile Funktechnologien im Frequenzbereich um die 2GHz erlangt werden können, ermöglichen neue Anwendungen im Bereich der Überwachung, mobilen Zugang zu grösseren Datenmengen (z.B. div. Informationssystemen, aber auch Internet). Solche Anwendungen bilden insbesondere im Rahmen von NEO ein wichtiges Standbein für zukünftige, vernetzte Einsätze.



Die offene und auf Standards basierende Architektur erlaubt die modulare Integration von neuen zivilen, breitbandigen Funktechnologien. Der Ansatz des Linux-basierten mobilen Routers ermöglicht die rasche Integration von zukunftsweisenden Kommunikationstechnologien.

Fazit

Die Nutzung von zivilen Funktechnologien ermöglicht insbesondere im Bereich der mobilen Kommunikation eine breitbandige Ergänzung von heutigen militärischen Systemen. Heterogene Kommunikationssysteme können, wenn von Beginn an mit den Bedürfnisträgern abgestimmt, eine solide und kostengünstige Grundlage für NEO bilden.

Informationsüberlegenheit im Cyberspace

Das Forschungsprogramm liefert Entscheidungsgrundlagen um zukunftsorientierte Bedürfnisse der Armee technisch und wirtschaftlich effizient abzudecken. Der Kompetenzaufbau erfolgt mittels Technologiemonitoring, Machbarkeitsstudien und der Entwicklung von Demonstratoren. Dazu werden die Bedarfsträger in den Ablauf gemäss CD&E (Concept Development and Experimentation) eingebunden sowie nationale und multi-nationale Kooperationen mit Hochschulen und Industrie geführt. Im Forschungsprogramm werden vier Kompetenzfelder bearbeitet, welche in Absprache mit den Stakeholdern im VBS abgestimmt, kontinuierlich überprüft und bei Bedarf angepasst werden.

Informations- und Kommunikationstechnologien zeichnen sich aus durch schnelle Entwicklungszyklen und rasche Fortschritte. Militärische Investitionen in solche Technologien sind daher mit hohen Risiken verbunden. Die technologischen Fortschritte stellen hohe Anforderungen über die Gesamtdauer der System-Lebenszyklen und erfordern technische und wirtschaftlich ausgewogene Lösungen, welche zunächst durch neue Ansätze erforscht und anschliessend validiert werden müssen.

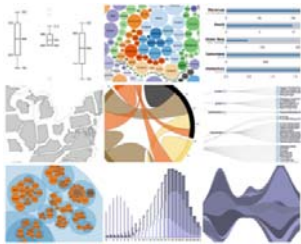
Die zunehmende Abhängigkeit der Gesellschaft von den Informationstechnologien (IT) und deren stetigem Wachstum machen den Cyberspace zum Zentrum der modernen Konfliktverhinderung und Kriegsführung. Die neuartigen Herausforderungen sowie die unzähligen Bedrohungen und Angriffsflächen im Cyberspace werden im Forschungsprogramm 3 identifiziert. Konzeptionelle Vorarbeiten werden in den konkreten Forschungsprojekten des Programms geleistet. Das Forschungsprogramm sichert mit wohlabgestimmten Forschungsaktivitäten und internationalen Kooperationen die wesentlichen wissenschaftlich-technischen Grundlagen und Kompetenzen für eine Informationsüberlegenheit im Cyberspace.

Kompetenzfelder



Cyber Defense

Sicherheitskontrollen und Verfahren zur Analyse von Sicherheitsvorfällen im Cyberspace. Erkennung von Fehlkonfigurationen, Fehlererkennung (fault detection) inklusive der Umgang mit diesen Ereignissen (incident handling), die Verhinderung/Erkennung von unbefugtem Zugriff sowie die Erfassung von Sicherheitsmetriken zur Quantifizierung der Verfügbarkeit, Vertraulichkeit und Integrität von militärischen Computernetzen. Methoden zur Fehlerreduktion bei der Erkennung von infizierten Computern mit existierenden Intrusion Detection Systemen.



Informationsfusion und Darstellung

Ein situationsgerechter Überblick und die Echtzeitdarstellung aus dem Cyberspace bedingt die Fusion und Visualisierung einer riesigen Datenflut. Militärische Entscheidungsträger werden damit konfrontiert. Angestrebt wird die Visualisierung des Lagebildes Cyberspace zur Entscheidungsunterstützung als Teil der militärischen Operationsführung für den schnellen Observe-Orient-Decide-Act (OODA)-Loop, die Konzentration von Metainformationen und deren weiterführende Aggregation und Korrelation.



Datenmanagement

Das Kompetenzfeld befasst sich mit neuen Technologien, um die Überlebensfähigkeit und die Ressourceneffizienz von Führungssystemen und Netzwerken bezüglich Interoperabilitäts-, Performance- und Sicherheitsanforderungen zu beurteilen. Big Data und Cloud Computing werden unter anderem als Alternative zu etablierten Datenmanagement Paradigmen untersucht.



Informationsbeschaffung und Analyse

Methoden und Mittel zur Beschaffung, Beeinflussung und Gegenwirkung im Informationsraum. Im Fokus liegen die anonyme Informationsbeschaffung aus öffentlichen Quellen und die Identifikation von Möglichkeiten der automatisierten Informationssuche in öffentlichen Netzen (OSINT) und internen unstrukturierten Datenbanken. Neue Verfahren der semantischen Wissensmodellierung (Ontologie) und Suche werden für grosse Datenmengen erforscht.

Netzwerke

Zur Sicherstellung der Kompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland eingesetzt und gepflegt.

Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute

- ETH Zürich
- Uni Zürich
- ZHAW
- IDIAP
- IDSIA
- IMDEA
- TU Kaiserslautern
- University of Oxford
- ICSI, Berkeley
- IDSIA

Industrie

- ZISC
- ISSS
- IBM Research GmbH
- basis06 AG
- Trivadis AG
- Google
- Kaba
- Credit Suisse
- Noser Engineering AG
- Symantec

Bund

- Verteidigung
- armasuisse - Beschaffung
- NDB

Staatliche Partner

- NATO

Cyber Radar: Früherkennung von Cyberangriffen

ARAMIS: R-3210/047-08

Exponierte Cyber Systeme werden heute kontinuierlich angegriffen. Heutige Sicherheitsüberwachungssysteme detektieren oft einen Angriff erst nachdem dieser erfolgreich war. In diesem Projekt werden neue Sicherheitsmetriken untersucht und mittels echten Datenverkehrs- und Angriffsmustern aus dem Internet evaluiert.

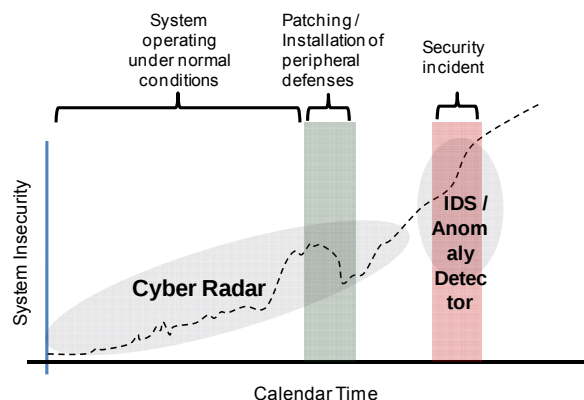
Motivation

Um gezielte und ungezielte Angriffe frühzeitig zu erkennen, sind neuartige Sicherheitsmetriken notwendig, welche den Sicherheitszustand eines exponierten Systems in Echtzeit quantifizieren können (analog zu einem Radar im Luftraum). In diesem Projekt werden solche Metriken untersucht und mittels echten Datenverkehrs- und Angriffsmustern aus dem Internet evaluiert.

Ziele

Die Ziele des Projekts sind:

- Informationen sammeln um den Verlauf des Sicherheitszustands eines Cyber Systems in Echtzeit zu quantifizieren.
- Entwicklung von Methoden zur Fusion von sicherheitsrelevanter Information von Sensoren (IDS, netflow, Server Logs, etc.) um relevante abstrakte Events zu detektieren.
- Erfassung der Anfälligkeit von Cyber Systemen auf Cyberangriffe über den ganzen Lebenszyklus der Systeme.



Ansatz

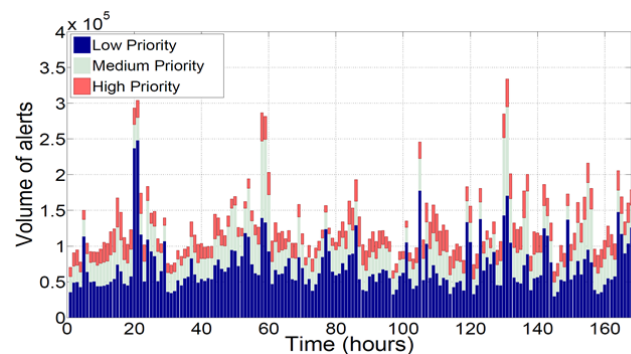
Um Sicherheitsprofile und Abweichungsmuster von normalem Verhalten bei Knoten in einem Cyber System zu bestimmen wurde ein statistisches Framework entwickelt, welcher Sensor Daten aus unterschiedlichen Quellen analysiert. Die entwickelten Methoden und Metriken wurden anhand eines stark exponierten akademischen Netzes mit 90'000 Hosts über ein Jahr an der ETH angewendet und evaluiert. Die Anwendbarkeit der vorgeschlagenen Methoden und Metriken für den Einsatz in militärische Netze wird anhand von kontrollierten Experimenten im Einsatznetz V validiert.

Resultate

Neue Sicherheitsmetriken um die Sicherheit von Cyber Systemen vor eine Infektion zu quantifizieren. Anwendung und Evaluation der Metriken in einem stark exponierten akademischen Netz mit 90'000 Hosts. Validierung der Metriken in einer militärischen Umgebung.

Fazit

Die Resultate welche im akademischen Umfeld gewonnen wurden, werden im Einsatz und Bereitschaftsnetz der Schweizer Armee weiterverfolgt.



S
Snort Alerts an der ETH Zürich: >800M IDS alerts von ~90K internal IPs, ~160K alerts pro Std, Verdacht auf 10% infizierten IPs über 1 Jahr

Anwendungsbasierte Filterung von Netzwerkverkehrsdaten ARAMIS: R-3210/047-08

Die Analyse von IP basierten Netzwerkverkehrsdaten stellt die Basis für die Sicherheitsbeurteilung von Netzwerken dar, wird aber auch für die Klassierung von Informationsinhalten im OSINT Bereich eingesetzt. Aufgrund der hohen Datenmengen ist für eine effiziente Bearbeitung in militärischen und zivilen Netzwerken eine Vorfilterung bzw. gezielte Selektion von Inhalten zwingend notwendig.

Motivation

Militärische und zivile Netzwerke besitzen heute Backbone Bandbreiten von 1 bis zu 40 GBit/s, welche heute in Echtzeit auf Angriffsversuche, Informationsverlust oder kritische Inhalte überprüft werden müssen. Eine Filterung bzw. Selektion der gewünschten Inhalte muss mittels Deep Packet Inspection Technologien erfolgen. Um effizienter auf neue Such-Muster reagieren zu können, ist zu untersuchen inwieweit Regular Expressions für die Filterung und Selektion von Netzwerkverkehrsdaten angewendet werden können.

Ziele

Ziel der Arbeiten ist ein hoch-qualitatives Auftrennen von IP basierten Netzwerkverkehrsdaten auf Layer 7 mittels Regular Expression Filters bereit zu stellen. Die zu entwickelnden Verfahren und Algorithmen sind für den Demonstrator auf getapptem Netzwerkverkehr bis zu 1GBit/s (Full Duplex) zu untersuchen. Als Basis für den Demonstrator dient der COTS Content Prozessoren von Continues Computing.

Ansatz

Auf der Continues Computing Plattform PP50 sind die Open Source Regular Expression Filters von L7¹ zu implementieren und die Filterung und Klassifizierung von Sessions zu untersuchen. Die Klassifizierung findet dabei anhand ausgewählter Merkmalen des IP Headers und des Payloads in Echtzeit statt. Gestartet werden die Untersuchungen bei Link Geschwindigkeiten von 1 GBit/s, optional werden zu Demozwecken 10 GBit/s getestet.

Die Entwicklung und Anpassung der Algorithmen findet auf der Cross Development von Wind River statt, diese werden in einem Boot Image auf dem XE80 Board kompiliert und zur Bootzeit durch das PP50 geladen und ausgeführt.

Resultate

Implementierung der L7 Filters auf dem Content Prozessor Board PP50. Verifikation der Filterqualität anhand ausgewählter Protokolle bis zu 1 GBit/s. Filtering und Ausgabe der Daten



Fazit

Die Resultate und Ansätze, welche im Forschungsprojekt gewonnen wurden, sind vielversprechend und werden bei milCERT weiterverfolgt.

Härtung ziviler Funktechnologien für den militärischen Einsatz

ARAMIS: R-3210/047-04

Zivile Funktechnologien sind von der Interoperabilität und den Kosten den militärischen Pendanten deutlich überlegen. Diese Technologien sind auf Performance optimiert, weisen jedoch in Bezug auf Sicherheit und Robustheit Schwachstellen auf. In diesem Projekt werden Ansätze verfolgt um zivile Standards so zu härten, dass diese den militärischen Anforderungen genügen. Dabei werden Software-defined Radios als Mittel eingesetzt um den Physical and MAC Layer flexibel anpassen und härten zu können.

Motivation

Zivile Funktechnologien wie etwa GSM, IEEE 802.11a/b/g/n, IEEE 802.15.4, UMTS, LTE, etc. sind von der Interoperabilität und den Kosten den militärischen Pendanten deutlich überlegen. Allerdings sind diese Technologien auf Performance optimiert und weisen in Bezug auf Sicherheit und Robustheit offensichtliche Schwachstellen auf. Um von den Vorteilen der zivilen Technologien in militärischen Einsätzen profitieren zu können, untersucht das Projekt wie gut sich zivile Standards anpassen lassen, sodass sie den militärischen Anforderungen genügen.

Ziele

Das Projekt untersucht wie zivile Standards für drahtlose Netzwerke angepasst werden können, damit diese sicherer gegen Stören (Jamming), Manipulieren und Abhören sind. Die konkreten Fragestellungen, die beantwortet werden sind:

- Wie gut können zivile Standards mit traditionellen militärischen Schutzmechanismen wie DSSS, FHSS, Verschlüsselung, etc. ergänzt werden? Gibt es neuartige Ansätze für diesen Zweck?
- Wie gross ist der Gewinn in Bezug auf Stören, Manipulieren und Abhören bei den vorgeschlagenen Anpassungen der Standards?

Ansatz

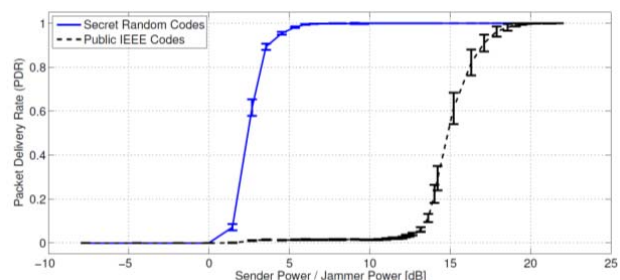
Um diese Fragen zu beantworten wird sowohl Theorie wie auch Praxis angewendet. Mit Theorie wird der Gewinn abgeschätzt. Mit konkreten Implementierungen auf Software-defined Radios wird die Praxistauglichkeit geprüft.



USRP Software-defined Radio (GnuRadio)

Resultate

Wir zeigen mit Theorie und einem Demonstrator auf USRP (GnuRadio), dass IEEE 802.15.4 relativ einfach angepasst werden kann, damit geheime Spreading Codes für das eingesetzte DSSS verwendet werden können (der Standard verwendet öffentliche Spreading Codes). Mittels Theorie und Experimente zeigen wir, dass ein Jamming Gain von 8-12 dB und ein Obfuscation Gain von 2-10 dB, im Unterschied zum unveränderten Standard, erreicht wird.



Jamming Gain bei IEEE 802.15.4 auf USRP für die Anwendung von geheimen Spreading Codes

Fazit

Zivile Technologien lassen sich mit vernünftigen Aufwand für militärische Einsätze härten und bieten somit ein grosses Sparpotential bei der Beschaffung auf.

Netzwerk Forensik in C4ISTAR Systemen

ARAMIS: R-3210/047-04

Digitale Forensik spielt eine wichtige Rolle bei der Aufschlüsselung und Analyse von Sicherheitsvorfällen in militärischen C4ISTAR Systemen. In diesem Projekt werden neue Verfahren untersucht um Netzwerkdatenpakete für die Forensik effizient zu reduzieren und komprimieren.

Motivation

Digitale Forensik ist die Wissenschaft der Sammlung, Aufbewahrung und Analyse von digitalen Beweisen. Die proaktive Sammlung und Aufbewahrung von Netzwerkverkehrsdaten ist heute aufgrund der grossen Datenvolumina vor grosse Herausforderungen gestellt. Es werden neue Verfahren benötigt um die gesammelten Daten a priori nach relevanten und nicht-relevanten Daten zu filtern und somit Speicherplatz zu sparen.



Ziele

Die Ziele des Projekts sind:

- Abstraktionsmodell für die Zusammenfassung von Netzwerk Events und Bestimmung von Applikationsprofilen.
- Entwicklung von geeigneten Datenstrukturen für die Aufbewahrung von komprimierten IP Paketinhalten.
- Visualisierung von gesammelten Verkehrsdaten für die forensische Analyse.

Ansatz

Anhand von Studien mit realen Netzwerkdaten wird analysiert, welche Klassifikation geeignet ist um Verkehr nach forensisch relevant und nicht-relevant a priori einzustufen.

Resultate

Netzwerkverkehr wird klassifiziert und aggregiert anhand von extrahierten Verhaltensmustern aus netflow Daten. Die Aggregation erlaubt eine wesentliche Reduzierung des notwendigen Datenspeichers und somit eine längere Aufbewahrungszeit der forensischen Netzwerkdaten.

Fazit

Mit intelligenten Ansätzen lassen sich die forensisch-relevanten Daten von den irrelevanten Daten trennen, was zu einer deutlichen Reduktion der angesammelten Datenmengen führen kann. Wirtschaftliche Untersuchungen dieser Art könnten bei milCERT in Zukunft eine Rolle spielen um Kosten zu sparen bei Systemen der Forensik.

Abgesetzte Schutztechnologien für militärische drahtlose Netze

ARAMIS: R-3210/047-10

Wireless networks such as TK A are an essential part of network-enabled operations. However, the broadcast nature of the wireless channel makes these networks vulnerable to various types of attacks. This project explores novel techniques, like wireless firewalls, in order to develop robust wireless networks in the future.

Motivation

The firewall approach in computer networks is based on controlling the information flow entering a trusted domain. Over the past years, such a *proactive* security approach has proven itself as one of the most effective solutions against various known and unknown attacks, and today, firewalls play an essential role in any robust network security design. However, currently only wired networks are able to take advantage of the firewall approach.

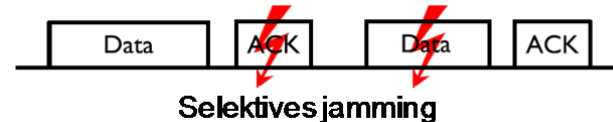
Goals

The goal of this research project is to bring the firewall concept into the wireless domain. The general approach is to follow the idea of conventional network firewalls, i.e., proactive communication control. Yet, it is clear that the broadcast channel requires novel techniques for inspecting and blocking wireless communication. These techniques shall be based on physical properties of the wireless channel. Especially, frequency jamming can be applied to prevent untrusted communication to reach trusted networks, i.e., we plan to destroy untrusted packets while still being "in-the-air". To allow a systematic analysis of the main firewall components, the research objective is divided into the three sub-goals:

- Wireless communication inspection
- Untrusted communication cancellation
- Firewall prototype implementation

Approach

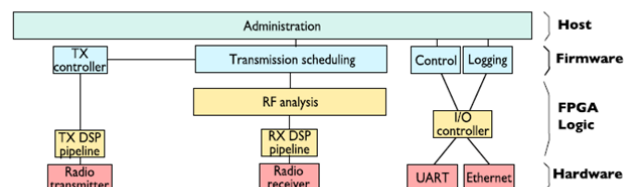
To show the feasibility and benefits of the wireless firewall concept, we develop a prototype system and test it in realistic settings. A flexible wireless signal inspection and reactive jamming is achieved with the use of software defined radios.



Results

So far, promising research results have been achieved that support the feasibility of wireless firewalls:

- Firewall prototype implementation and demonstration using SDR technology for IEEE 802.15.4 and IEEE 802.11 wireless networks.
- Experiments showing that 100% traffic filtering with two firewalls and 98% traffic filtering with one firewall is possible.
- Sophisticated security policies can be defined involving physical, MAC and network layer information.



Conclusions

The concept of selective friendly jamming has proven feasible. This technique should be further investigated in military applications such as IED protection and others.

Cyber Angriffe auf zukünftige Luftraumüberwachungssysteme

ARAMIS: R-3210/047-10

Das zukünftige Luftraumüberwachungskonzept von Eurocontrol und FAA, welches ab 2020 in Europa und USA operativ werden soll, baut auf eine satellitenbasierte Positionsbestimmung der Flugzeuge. Im Kern des Konzepts ist das Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) System welches bereits von mehr als 50 Prozent der Airlines weltweit unterstützt wird. In diesem Projekt zeigen wir systematisch die Vulnerabilitäten von ADS-B auf, welche mit billigen kommerziellen Software-defined Radios ausgenutzt werden können. Zudem entwickeln wir Lösungsansätze zur Detektion und zum Schutz von Cyber Angriffen.

Motivation

Noch bevor ADS-B eingeführt wurde, waren bereits Schwachstellen bekannt, welche einem Angreifer erlauben, die Integrität des Luftlagebilds nach Belieben zu kompromittieren. Die Auswirkungen dieser Schwachstellen sind bisher nicht klar einzustufen. Grund dafür ist, dass die Aufwände um entsprechende Cyber Angriffe zu starten, je nach Organisation anderes bewertet wurden. In diesem Projekt wurde nun ein experimenteller Ansatz gewählt um mit konkreten Angriffen auf das bestehende ADS-B System in einer kontrollierten Umgebung praktische Angriffsversuche durchzuführen.

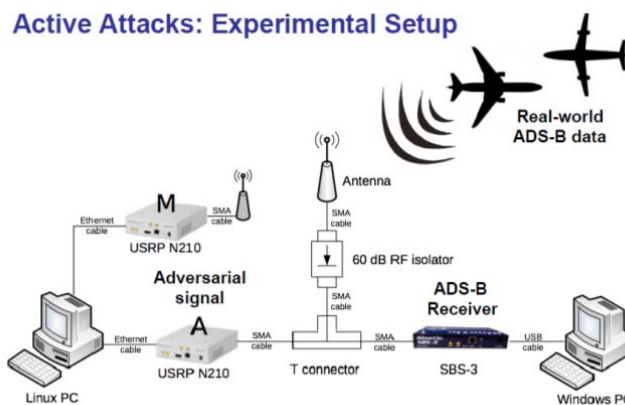
Ziele

Folgende Ziele werden verfolgt:

- Experimentelle Analyse von Cyber Angriffen auf ADS-B, um die zukünftige Bedrohungslage besser zu verstehen.
- Erarbeitung von Handlungsoptionen zur Minimierung der Risiken im Umgang mit der bestehenden Technologie.
- Erforschung von Lösungsansätzen, um die ADS-B Technologie gegen Cyber Angriffe zu schützen.

Resultate

In einer ersten Phase wurden diverse Angriffe auf einem billigen Software-defined Radio entwickelt und in einer kontrollierten Umgebung mit realen ADS-B Verkehr erprobt. Ab 2014 sollen Lösungsansätze evaluiert werden um die Technologie zu schützen, mit und ohne Anpassung der bisher eingeführten Systeme und Standards.



Fazit

Zukünftige Technologien für die Luftraumüberwachung weisen Sicherheitsschwachstellen auf, welche leicht ausnutzbar sind. Weitere Forschung auf dem Gebiet soll prioritär angegangen werden um Lösungsansätze zu entwickeln und den Schutz dieser verwundbaren Technologien zu erhöhen.

Lagebilddarstellung und Entscheidungsunterstützung im Cyberspace

ARAMIS: R-3210/047-09

Ein akkurates und zeitaktuelles Lagebild der Informations- und Kommunikationssysteme im Cyberspace ist von grundlegender Bedeutung für den Betrieb, aber auch für die Verteidigung der militärischen Einsatzsysteme. In diesem mehrjährigen Vorhaben werden Methoden zur automatischen Erfassung und Visualisierung eines Lagebildes für den Cyberspace entwickelt und evaluiert.

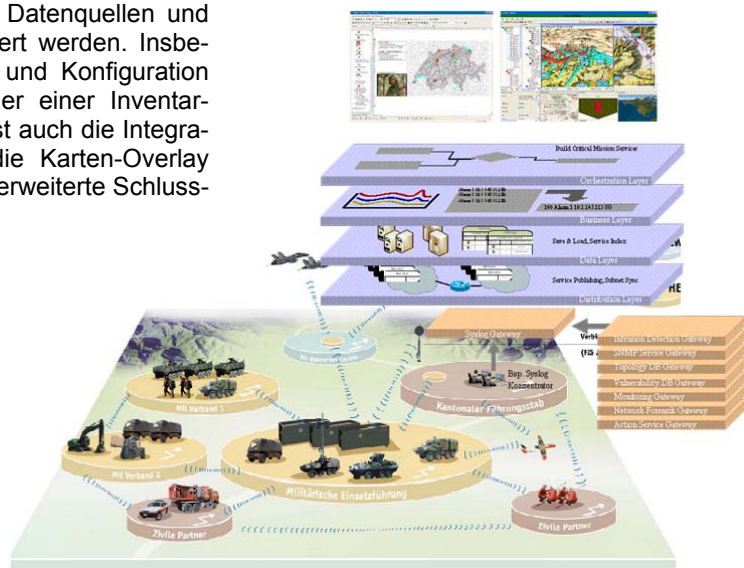
Motivation

Im Gegensatz zu den Einsatzräumen Luft und Boden besitzt die Armee heute für den Cyberspace kein adäquates Lagebild. Ein akkurates und zeitaktuelles Lagebild der relevanten Informations- und Kommunikationssysteme (ICT) der Schweizer Armee wäre aber von grundlegendem Interesse für die Führung und Führungsunterstützung. Eine Lagebilddarstellung schliesst die Erkennung von Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen ICT Komponenten (z.B. zwischen Servern, Anwendungen und Endsystemen) ein und bietet eine Schnittstelle für weiterführende Komponenten zur Führungsunterstützung (z.B. Decision Support).

Ziele

Unter Berücksichtigung der im letzten Jahr erzielten Ergebnisse wird als Ziel eine Visualisierung und Erweiterung der automatischen Lagebilddarstellung für den Cyberspace vorgeschlagen:

- Entwicklung einer Visualisierungskomponente: Die existierende Schnittstelle für Komponenten zur Führungsunterstützung wird genutzt um eine Web-basierte, interaktive graphische Benutzerschnittstelle zu entwickeln. Benutzer sollten die Möglichkeit haben schnell von der obersten Überblicksebene bis hin zu detaillierten ICT Komponenten zu wechseln. Auf allen Ebenen sollten sowohl der operative Status und Echtzeitleistungswerte sowie die statischen Einstellungen und Konfigurationsparameter (z.B. Topologie) mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad einsehbar sein. Eine Herausforderung ist in diesem Zusammenhang die akkurate Nachführung von mobilen Einheiten.
- Zusätzliche Datenquellen und Analysekomponenten: Die Nützlichkeit automatisch erstellter ICT Lagebilder kann durch die Anbindung von zusätzlichen Datenquellen und Analysekomponenten erheblich gesteigert werden. Insbesondere die Integration einer Change und Konfiguration Management Datenbank (CCMDB) oder einer Inventar-Datenbank erscheint sinnvoll. Geplant ist auch die Integration einer Geo-Location Datenbank, die Karten-Overlay Darstellungen in der Visualisierung und erweiterte Schlussfolgerungen im Decision Support erlaubt. Als zusätzliche Analysekomponente sind ein verhaltensbasiertes Anomalie-Detektionssystem und ein System zum Host-Profilierung geplant.
- Einsatz des Demonstrators in einer Übung: Anpassung des Demonstrators für den Einsatz bei einer geplanten militärischen Demonstration werden nach Absprache mit Kunden geplant und implementiert.



Fazit

Ein Lagebild des Cyberspace ist notwendig für die Verteidigung moderner Cyber Bedrohungen. Die hohe Komplexität des Umfelds erfordert aber Systeme, welche die Komplexität für den Anwender und Entscheidungsträger vereinfachen. Der entwickelte Demonstrator zeigt einen möglichen Weg auf, um diese Komplexität zu beherrschen.

Verhaltensbasierte Authentisierung

ARAMIS: R-3210/047-16

Passwörter bilden eine generelle Schwachstelle bei der menschlichen Authentifizierung an Computersystemen in der Armee und in der Bundesverwaltung. Sie werden oft aufgeschrieben, vergessen, oder weitergegeben. In diesem Projekt werden alternativen Methoden erforscht für die Personenauthentifizierung am Computer. Dabei sollen verhaltensbasierte Eigenschaften wie Mausbewegungen, Tippverhalten und Augenbewegungen als personenbezogene Merkmale in Echtzeit vom System analysiert werden um so die Authentizität des Benutzers zu bestimmen.

Motivation

Die Authentifizierung am PC bildet heute eine wesentliche Schwachstelle, die einfach missbraucht werden kann. Schwache Passwörter lassen sich einfach erraten. Eine starke Authentifizierung (z.B. mit Smartcard) ist deutlich sicherer, verhindert aber nicht, dass ein Angreifer während einer kurzen Abwesenheit des Benutzers am angemeldeten System sich Zugang zu sensiblen Informationen beschaffen kann. Die verhaltensbasierte Authentifizierung soll diesbezüglich Abhilfe schaffen. Der PC überprüft ständig anhand vom Verhalten des Benutzers ob die richtige Person den PC bedient. Dies soll vor allem an Arbeitsplätzen, wo militärische Informationen auf Stufe vertraulich oder geheim bearbeitet werden, angewendet werden.

Ziele

In diesem Projekt wird die multi-modale verhaltensbasierte Authentifizierung erforscht. Ziel ist es verschiedene Sensoren gleichzeitig zu verwenden um die Person möglichst rasch und sicher zu erkennen. Dabei werden folgende Ziele verfolgt:

- Neue Methoden um die Benutzeridentität anhand von biometrischen Verfahren zu verifizieren: Mausverhalten, Tastaturverhalten, Verhalten bei der Verwendung von Applikationen, Eye Tracking, Face recognition, etc.
- Integration von verschiedenen Modalitäten für die Authentifizierung in eine einzige Plattform, welche auf einer offenen Architektur basiert.
- Validierung und Verifizierung der vorgeschlagenen Methoden mit konkreten Angriffsszenarien.

Resultate

In einer ersten Phase wurde das Verhalten von einem Dutzend Probanden erfasst und analysiert um ein Modell von Personenprofilen zu bilden. Die Versuche haben gezeigt, dass unterschiedliche Personen sich durchaus leicht voneinander unterscheiden lassen.

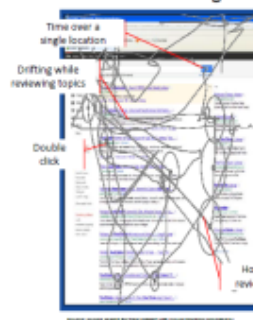


Physical aspects of you



How you behave

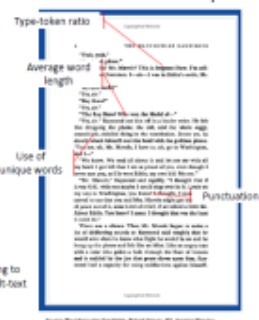
Mouse tracking¹



Source: paper search for 'mouse click' and 'mouse tracking' sensitivity
1- *anecdotal* When a mouse cursor hovers on mouse? correlation of mouse/mouse movements on web browsing, Wan-Chu Chen, John R. Anderson, Myoung-Ho Sohn (all ORNL), 31 March 2001

The context you exist in

Forensic authorship²



Source: Techniques for Forensic Authorship Analysis, Dr. Tim Grant, Aston University, UK, 2007

Fazit

In einem nächsten Schritt soll ein Personen-Identifikationsmodell aufgebaut und evaluiert werden.

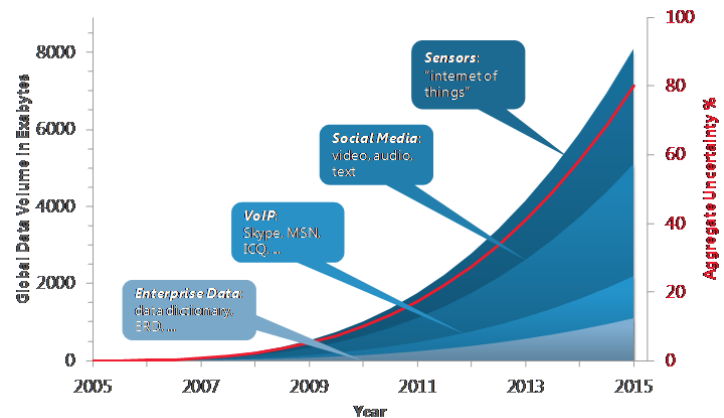
Big Data: Umgang mit grossen Datenmengen

ARAMIS: R-3210/047-13

Die Menge an digitalen Informationen, welche durch ISTAR Sensoren produziert werden, wächst stetig an. Traditionelle Datenbanksysteme wie relationale Datenbanken passen nicht zu den in Zukunft zu erwartenden Datenmengen. Die Big Data Initiative soll hier Abhilfe schaffen. In den letzten Jahren sind eine Reihe von Open-Source und kommerziellen Datenbanksystemen entstanden, welche es erlauben, Datensätze von Petabytes einheitlich zu speichern und effizient zu durchsuchen. In diesem Projekt wird ein Big Data Demonstrator aufgebaut um die Möglichkeiten und Schwachstellen der neuen Technologien aufzuzeigen.

Motivation

ISTAR-Projekte stehen vor grossen Herausforderungen bezüglich der Datenmenge, welche die Sensoren liefern werden. Studien von unterschiedlichen Stellen haben gezeigt, dass die Gesamtmenge an digitalen Daten im Internet exponentiell ansteigt. Ein ähnlicher Trend ist auch im ISTAR-Bereich festzustellen. Das Problem ist nicht nur die grosse Datenmenge zu speichern, sondern auch effizient in den Daten suchen zu können. Besonders schwierig ist der Umgang mit unsicheren oder unscharfen Daten.



Ziele

- Ermittlung der Vor- und Nachteile von neuartigen Datenbanksystemen (NoSQL, NewSQL, etc.).
- Praktische Erfahrungen sammeln mit der Erfassung und Strukturierung von grossen Datenmengen.
- Aufbau eines Big Data Demonstrators mit der Lambda Architektur für die gleichzeitige effiziente Batch und Stream Verarbeitung von Massendaten.

Fazit

Erste Ermittlungen haben gezeigt, dass bereits Big Data Ansätze in der Industrie existieren, welche für einen Betrieb im VBS durchaus geeignet sind. Im Rahmen eines Demonstrators sollen die Vor- und Nachteile verschiedener Ansätze aufgezeigt werden.

Software-defined Networking

ARAMIS: R-3210/047-17

Software-defined networking (SDN) ist ein Ansatz zum Bau von Computernetzwerk-Geräten und Software, welche die zwei wesentlichen Komponenten solcher Geräte voneinander trennt und abstrahiert. Dabei handelt es sich um die Control Plane und die Data Plane. Erste Konzepte hierzu stammen von der Stanford University aus der Zeit um 2005. Neuerdings wurden aber Industrie Standards spezifiziert. Ziel dieses Projekts ist es die Vorteile und Nachteile der Technologie zu ermitteln und anhand von konkreten Anwendungsfällen im Labor zu untersuchen.

Motivation

SDN ermöglicht Netzwerkadministratoren das Netzwerk einfacher zu verwalten, indem untere Funktionsebenen in virtuelle Services abstrahiert werden. Die Hardware muss also nicht mehr manuell konfiguriert werden. Dies wurde immer wichtiger mit dem Aufkommen von Virtualisierungen, bei der ein größeres Rechenzentrum über das Netzwerk in zunehmender Anzahl virtuelle Systeme erstellt und konfiguriert und zudem zugehörige Firewall-Regeln und Netzwerkadressen generiert werden müssen. Es gibt etliche Ansätze, analog auch virtuelle Netzwerke (VLANs) zu generieren, was aber zu einer hohen Komplexität führt. SDN gibt den Netzwerkadministratoren eine programmierbare, zentrale Steuerung des Netzwerkverkehrs, ohne manuell Zugriff auf die einzelnen physischen Netzwerkkomponenten nehmen zu müssen.

SDN entkoppelt das System, das entscheidet, wohin die Daten geschickt werden (die Control-Plane), vom darunterliegenden System, das die Daten zum ausgewählten Bestimmungsort weiterleitet (die Data-Plane). Die Entwickler und Anbieter dieser Systeme geben an, dass diese Technologie die Netzwerkadministration vereinfacht und neue Anwendungen ermöglicht, wie die Netzwerk-Virtualisierung, bei der die Control-Plane von der Data-Plane getrennt und als reine Anwendung implementiert wird.

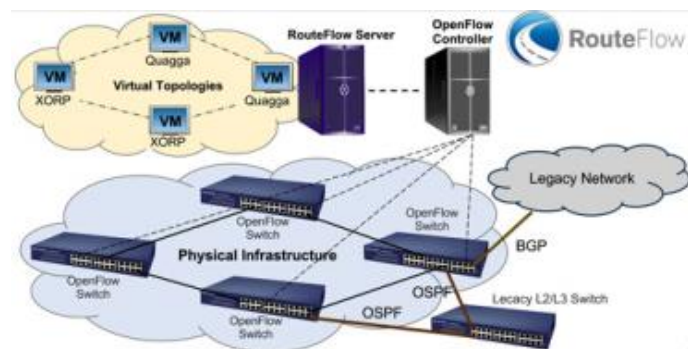
Die Open Networking Foundation wurde gegründet, um SDN-Standards zu fördern. Trends wie Cloud Computing verwischen die Grenzen zwischen Netzwerk und Computer in einem technologischen Umfeld, wo SDN-Standards nützlich erscheinen.

Ziele

- Erforschung vom SDN Paradigma.
- Praktische Erfahrungen sammeln mit aufkommenden SDN Standards wie z.B. Openflow.
- Evaluierung der Vorteile der Technologie anhand von konkreten Use Cases im Sicherheitsumfeld.

Fazit

Der Aufbau von SDN Kompetenzen für die Beschaffungen im Rahmen von TK A sowie die Erkennung von SDN Use cases, welche zu Einsparungen im Betrieb und höhere Sicherheit bei der Armee führen, könnten von praktischem Nutzen sein.



Informationsgewinnung mit semantischer Suche in öffentlichen Quellen

ARAMIS: R-3210/047-13

Die riesige Menge an Informationen, die heute im Internet frei verfügbar ist, bietet eine neue Dimension für die Nachrichtenbeschaffung staatlicher Institutionen. Eine automatische Suche nach Mustervorgabe stösst bei solchen Datenmengen schnell an Machbarkeitsgrenzen. Das Projekt untersucht Vor- und Nachteile unterschiedlicher Informationsverarbeitungsstrategien unter Berücksichtigung der vielfältigen Bedürfnisse, der Verbreitungswege, der Verarbeitungskapazitäten und -kompetenzen.

Motivation

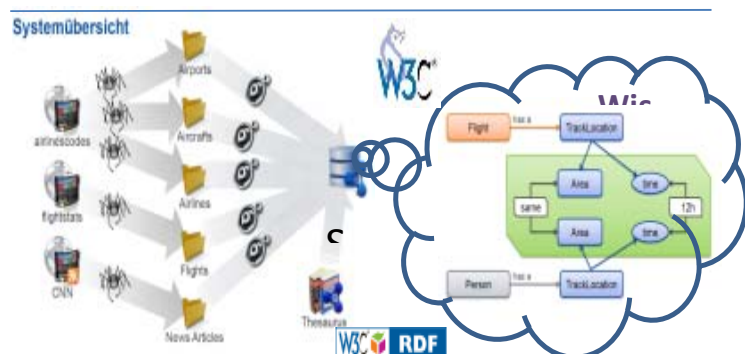
Die grossen, frei verfügbaren Datenmengen, welche oft nur in unstrukturierter Form vorliegen, machen eine manuelle Analyse sehr ineffizient. Eine automatische Suche nach Mustervorgabe stösst schnell an Machbarkeitsgrenzen. Es sind neue Technologien und Ansätze gefordert, welche eine automatisierte Erfassung und Verarbeitung von grossen Datenmengen erlauben.

Ziele

Folgende Ziele werden in diesem Projekt verfolgt:

- Möglichkeiten der automatisierten Informationssuche nach Mustervorgabe in öffentlichen Netzen (OSINT) und in internen unstrukturierten Datenbanken.
- Darstellung thematischer Aspekte der Informationen (Relationen, Assoziationen) zur Unterstützung der Informationsverbreitung.
- Automatisierte Integration von Informationen für die Weiterverarbeitung.
- Umgang mit Massendaten und ihrer zeitlichen und lageabhängigen Relevanz und Abhängigkeit (Datenpflege, Informationspflege).
- Vor- und Nachteile unterschiedlicher Informationsverbreitungsstrategien unter Berücksichtigung der vielfältigen Bedürfnisse, der Verbreitungswege, der Verarbeitungskapazitäten und -kompetenzen.

Anhand eines Concept Development and Experimentation (CD&E) Ansatzes werden neue Technologien (z.B. Semantic Web Technologien) und Ansätze für konkrete Probleme untersucht. Prototypen werden aufgebaut, welche Daten aus unstrukturierten Internet Datenquellen extrahieren und in ein gemeinsames Wissensmodell integrieren. In enger Rücksprache mit den Kunden werden relevante Probleme nach CD&E identifiziert und gezielt im Projekt behandelt.



Fazit

Die Machbarkeit der Informationsgewinnung mit semantischer Suche in öffentlichen Quellen wurde demonstriert. Diese Fähigkeit erfordert aber hohe technologische Kompetenzen, die in der Industrie nur bedingt vorhanden sind und daher aus der Forschung direkt zu den Bedarfsträgern transferiert werden.

Anonyme Informationsbeschaffung im Cyberspace

ARAMIS: R-3210/047-13

Informationen aus öffentlichen Datenquellen im Internet bieten einen grossen Mehrwert für Nachrichtendienste. Die Suche nach bestimmten Inhalten hinterlässt aber digitale Spuren. In diesem Projekt werden unterschiedliche Suchstrategien untersucht um eigene Interessen bei der öffentlichen Suche zu verschleiern.

Motivation

Die Suche nach bestimmten Inhalten aus öffentlichen Datenquellen hinterlässt immer digitale Spuren und eine dritte Partei kann in der Regel einfach durch die Analyse dieser Spuren auf die Interessen und Absichten des Suchenden Rückschlüsse ziehen. Damit dies verhindert werden kann müssen Anonymisierungs- (z.B. Onion routing) und Verschleierungsverfahren (z.B. Fake Requests) bei der Suche angewendet werden.

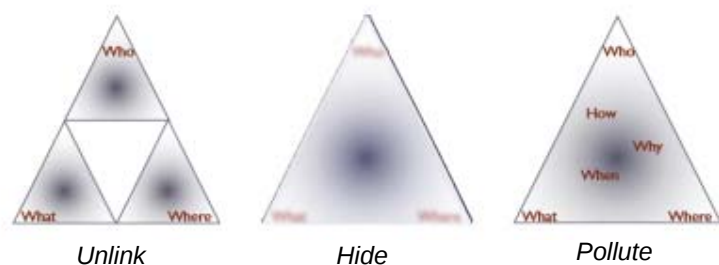
Ziel

Die Hauptziele des Projekts sind:

- Besseres Verständnis wie Suchanfragen im Internet zu den Fragen Was?, Wann?, Wer?, Wo? zurückverfolgt werden können.
- Untersuchung unterschiedlicher Verschleierungsstrategien und wie sich diese auf die Anonymität und Qualität der Suche auswirken.
- Entwicklung eines Modells zur Bestimmung der optimalen Verschleierungsstrategie bei einem bestimmten Suchverfahren.

Ansatz

Um ein besseres Verständnis des Problems zu gewinnen, wird in einem ersten Schritt das Problem formalisiert und Metriken definiert, welche einem erlauben die Effektivität der Verschleierung zu quantifizieren. Basierend darauf wird der Performance/Privacy Tradeoff bei den unterschiedlichen Verschleierungsstrategien (Unlink-Hide-Pollute) untersucht. Ein Prototyp wird dann entwickelt um die Verschleierung zu automatisieren, damit diese für den Anwender transparent wirkt.



Verschleierungsstrategien bei der Suche

Fazit

Neueste Enthüllungen in den Medien zeigen, dass digitale Spuren bei der Informationssuche systematisch analysiert werden. Das Projekt zeigt die Gefahren auf und empfiehlt generelle Massnahmen zum Schutz der Privatsphäre im VBS.

Aufspüren der Verfolgung von Personenaktivitäten im Internet

ARAMIS: R-3210/047-04

Das Browsen im Internet hinterlässt Spuren, welche von gewissen Firmen wie Google systematisch ausgewertet werden, um Benutzerprofile zu erfassen. Diese Profile dienen heute primär für die gezielte Anzeige von Werbung. Allerdings hat sich kürzlich gezeigt, dass Geheimdienste und Firmen diese Profile auch für andere Zwecke einsetzen. Dieses Projekt soll das Ökosystem hinter den Kulissen der systematischen Verfolgung der Aktivitäten im Internet aufspüren und die Bedrohung aufzeigen für die Schweiz, insbesondere wenn Angehörige der Schweizer Armee und der Nachrichtendienste Informationen aus dem Internet beziehen.

Motivation

Die gezielte Verfolgung von Benutzer-Aktivitäten im Internet ist ein lukratives Geschäft geworden. Demzufolge haben sich viele Firmen darauf spezialisiert Interessensprofile von Personen zu sammeln und an Dritte weiterzuverkaufen. Das Ausmass an Verfolgung und die genauen Mechanismen, welche eingesetzt werden, sind noch wenig erforscht und sollen in diesem Projekt aufgespürt werden.

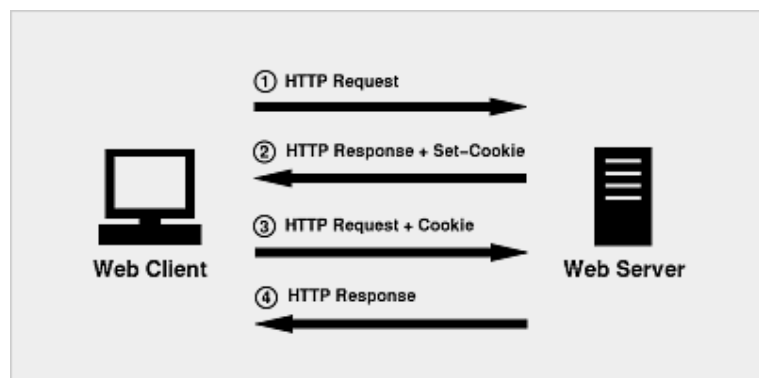
Ziele

Folgende Ziele werden verfolgt:

- Besseres Verständnis über welche Methoden (z.B. Cookies) und Kanäle Aktivitäten im Internet erfasst und verfolgt werden.
- Aufspüren des Ökosystems hinter den Kulissen der systematischen Verfolgung der Internet-Aktivitäten.
- Erforschung und Evaluierung von Ansätzen, um die gezielte Verfolgung von Dritten zu erschweren.

Resultate

In einer ersten Phase wurde mit echten Netzwerkdaten einer Universität in der Schweiz, die Informationsabflüsse zu potentiellen Tracking Sites analysiert. Dabei wurden Firmen festgestellt (wie Google) die in der Lage sind mehr als 80 Prozent des gesamten Web Verkehrs von den Benutzern zu erfassen. In der nächsten Phase sollen die genauen Mechanismen untersucht werden, welche für die Verfolgung eingesetzt werden.



Fazit

Neueste Enthüllungen in den Medien zeigen auf, dass digitale Spuren bei der Informationssuche systematisch analysiert werden. Das Projekt spürt die Verfolgung der Personenaktivitäten im Internet auf, zeigt die Gefahren und empfiehlt generelle Massnahmen zum Schutz der Privatsphäre.

Wirkung kennen, Risiken meiden, Schutz und Sicherheit steigern

In der Schweiz verfügt Sicherheit über einen hohen Stellenwert. Um Sicherheit heute und in der Zukunft gewährleisten zu können, sind Kenntnisse über aktuelle und künftige Wirkmittel sowie über den Schutz vor deren Wirkung unabdingbar. Im Rahmen des Forschungsprogramms Wirkung, Schutz und Sicherheit des Kompetenzbereiches Wissenschaft und Technologie der armasuisse werden relevante Themen bearbeitet, um die wissenschaftlich-technischen Bedürfnisse der Schweizer Armee in diesen Bereichen abzudecken. Relevante Technologien und Trends sowie die Bestimmung der physikalischen Grenzen von Wirk- und Schutzsystemen werden bearbeitet.

Mittels Forschungstätigkeiten wird die Fachkompetenz zu militärischen kinetischen und elektromagnetischen Wirkmitteln vertieft. Dadurch können die Grundlagen zur Beurteilung und Dimensionierung von Schutzmassnahmen für mobile Objekte und Infrastruktur-Elemente sichergestellt werden.

In Sicht der aktuellen asymmetrischen Konflikte nehmen billige aber weltweit verbreitete Panzerabwehrsysteme (RPG-7, zum Beispiel) sowie unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtungen (IED) an Bedeutung zu. Solche Mittel werden gegen bewegliche und unbewegliche Ziele aller Art eingesetzt. Es ist daher wichtig, die endballistische Wirkung solcher Systeme so genau wie möglich zu kennen, um angemessene Schutz- und Sicherheitsmassnahmen einzuleiten.

Alle Tätigkeiten (Grundlagenstudien, Forschungsprojekte, Entwicklung von Demonstratoren) werden national sowie international mit Industrie- und Wirtschaftspartner durchgeführt.

Dieses Wissen dient letztendlich zur Beschaffung oder Wertsteigerung von Waffen- und Schutzsystemen sowie zur Beurteilung der Sicherheit im Umgang mit Munition oder Explosivstoffen.

Kompetenzfelder

Die Aktivitäten des Forschungsprogramms lassen sich in folgende nachhaltig sichergestellte vier Kompetenzfelder einteilen, welche fortlaufend überprüft und ergänzt werden:



Wirkung

Kompetenz im Bereich der Explosivstoffe, ihrer Alterung, ihrer Wirkung und ihrer sicheren Handhabung, zu Gunsten – unter anderem – der Munitionsüberwachung. Technologiemonitoring in den Bereichen der militärischen Waffensysteme und der improvisierten Wirksysteme.



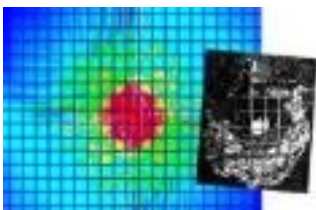
Schutz und Sicherheit mobiler Objekte

Untersuchung von aktiven und passiven Schutzmassnahmen für mobile Objekte (inklusive elektromagnetischer Schutz). Grundlagenkompetenz und Technologiemonitoring im Bereich Materialwissenschaft.



Schutz und Sicherheit von Infrastruktur-Elementen

Grundlagen zur Bestimmung der Sicherheitsabstände und der Gefahrenzone. Schutz vor physischer und elektromagnetischer Wirkung. Grundlagenkompetenz und Technologiemonitoring im Bereich Baumaterialien und bauliche Schutz- und Sicherheitsmassnahmen. Detektion von verdächtigem Verhalten



Rechenmodelle und Simulation

Aufstellen von Rechenmodellen im Bereich Wirkung und Schutz. Einsetzen von numerischen Simulationen, um Versuche zu optimieren, Ergebnisse vorauszusagen, Phänomene zu verstehen. Begleitung von Projekten (qualitative und quantitative Aussagen).

Netzwerke

Zur Sicherstellung der Kompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland eingesetzt und gepflegt.

Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute

- EPF Lausanne
- ETH Zürich
- EMPA
- SUPSI-IMC
- Universität Bern
- University of Florida, Center for Infrastructure Protection and Physical Security (UF-CIPPS)
- Berner Fachhochschule (BFH)
- Ecole d'ingénieurs et d'architecture de Fribourg (EIA-FR)
- Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
- Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)

Industrie

- AKTS
- ANSYS
- Creabeton
- Diehl
- Dynamic Phenomena
- Forventis GmbH
- GDELS – MOWAG
- HBM Hottinger Baldwin Messtechnik
- Heierli Ingenieur Büro
- Holcim (Suisse)
- IMSD
- L&G-Software
- montena
- Nitrochemie Wimmis
- Rheinmetall defence
- RUAG Defence
- Saab-Bofors Dynamics Switzerland Ltd
- Supercomputing Systems
- upicto

Bund

- armasuisse – Beschaffung
- armasuisse – Immobilien und SG-SIM
- Strategischer Nachrichtendienst (SND)
- Kompetenzzentrum ABC-KAMIR der Armee
- Wissenschaftlicher Forschungsdienst der Stadtpolizei Zürich (WFD Zürich)
- Bundesamt für Polizei (fedpol)

Staatliche Partner

- Swedish Defence Research Agency (FOI, S)
- Commissariat à l'énergie atomique (CEA, F)
- Direction Générale de l'armement (DGA, F)
- Laboratoire de police scientifique de Paris (F)
- Institut Franco-Allemand de recherches de Saint-Louis (ISL, D und F)
- Ecole Royale Militaire (B)
- Wehrtechnische Dienststelle für Schutz und Sondertechnik, Oberjettenberg (WTD-52, D)
- Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition, Meppen (WTD-91, D)
- TNO Prins Maurits Laboratorium (NL)
- ERDC, Geotechnical and Structures Laboratory (US)
- NATO/PfP Forschungsarbeitsgruppen

Toxizität, Alterung und Verwundbarkeit von Explosivstoffen

ARAMIS: R-3210/042-72

Die beim Abbrand von Treibladungspulver entstehenden Gase werden bei der NCW standardmässig mit der ICT-Code-Software berechnet. Diese Berechnungen von verschiedenen Treibladungspulverklassen wurden mit den Abgasmessungen von Druckbombenabbränden verglichen. Die Abgase realen Klein- und Mittelkaliberbeschusses wurden gemessen und die Ergebnisse mit den rechnerischen Werten verglichen. Neben den entstehenden Verbrennungsgasen werden auch Partikel gemessen, welche vom verwendeten Treibladungspulver, Geschoss und Rohr abhängen. Die Partikel können nur in realen Beschüssen analysiert werden.

Zielsetzung

Ein Vergleich zwischen Thermodynamik-Rechnung, Druckbombenversuchen und den Abgasmessungen aus den entsprechenden Klein- und Mittelkaliberbeschüssen soll aufzeigen, ob es möglich ist, anhand von Rechnungen oder einfachen Druckbombenbeschüssen auf die real zu erwartenden Abgase zu schliessen. Das Forschungsprojekt beinhaltet:

- Aufbau und die Erprobung eines Gasmessstunnels geeignet für den Durchschuss von Klein- und Mittelkalibermunition.
- Durchführung von Gas und Partikelmessungen bei verschiedenen Klein- und Mittelkaliberbeschüssen.
- Vergleich der Gasmessungen mit Ergebnissen aus Druckbombenversuchen und thermodynamischen Berechnungen.
- Projektierung für Grosskaliberbeschuss.
- Machbarkeitsstudie für einen Gasmessstunnel für Mittel- und simuliertes Grosskaliber.

Resultate

Ein Gasmessstunnel für Klein- und Mittelkaliberbeschüsse wurde gebaut und erprobt. Gasmessungen wurden erfolgreich durchgeführt. Die eigentlichen Messungen inklusiv Partikelanalysen wurden durchgeführt und auf den Partikel-Inhalt analysiert.

Fazit

Die Versuche in der Messröhre haben typische Verbrennungsprodukte und die entstehenden Partikel bei Klein- und Mittelkaliberbeschüssen aufgezeigt. Die Ergebnisse konnten qualitative sowie quantitative Daten liefern.



Toxicité, vieillissement et vulnérabilité de matières explosives

ARAMIS: R-3210/042-72

Les propriétés de nombreux matériaux énergétiques s'altèrent, même aux conditions de température, de pression et d'humidité ambiantes. L'observation expérimentale de ces processus est difficile parce que les réactions physico-chimiques en cause sont très lentes aux températures usuelles; pour des intervalles temporels courts, les changements des caractéristiques du matériau étudié sont difficilement mesurables, même par les techniques analytiques les plus sensibles. Dans de tels cas, la méthode d'analyse habituelle repose sur des techniques de vieillissement accéléré, c'est-à-dire sur des expériences effectuées en augmentant la température des échantillons afin d'obtenir des vitesses de réaction significativement plus élevées.

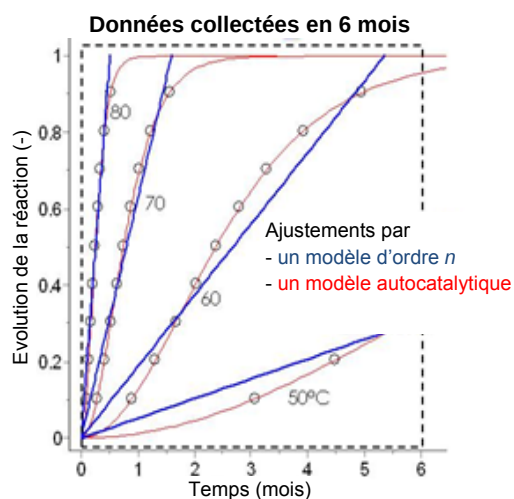
Méthode expérimentale

En choisissant la plage de température optimale pour la procédure expérimentale de vieillissement accéléré, on peut suivre l'évolution de la réaction et l'état physico-chimique du matériau énergétique de deux manières:

- (i) à l'aide des données collectées in situ par thermogravimétrie, par calorimétrie différentielle à balayage ou par calorimétrie à flux thermique; une telle expérience dure typiquement de quelques heures à plusieurs jours et fournit une quantité presque illimitée de points de mesure ;
- (ii) à l'aide des données collectées ex situ, à des températures plus basses, par chromatographie liquide à haute performance ou par spectroscopie infrarouge par transformée de Fourier ; les expériences de ce type s'étalent sur plusieurs semaines, voire plusieurs mois et ne fournissent qu'un nombre restreint de points de mesure.

Méthode de modélisation

L'objectif du présent travail est d'effectuer une modélisation prédictive de nature probabiliste sur la base de données expérimentales, ainsi que des paramètres d'entrée du modèle, en tenant compte de la variabilité intrinsèque du matériau étudié et des incertitudes de mesure. Avec le soutien de l'entreprise AKTS, spécialisée dans la détermination de cinétiques chimiques, armasuisse W+T utilise et applique un modèle stochastique aux données collectées.



L'application d'un modèle stochastique de réactions autocatalytiques de Prout-Tompkins modifié permet une excellente description de réactions d'ordre n et de réactions autocatalytiques. On obtient une bonne correspondance entre les données expérimentales et les valeurs calculées. Par suite, la qualité des valeurs calculées à l'aide du modèle ajusté permet une réduction significative du nombre de points de mesure requis pour l'analyse de la cinétique chimique. La concordance du modèle et des valeurs expérimentales permet de diminuer la durée de mesure, tout en conservant la qualité et la précision de la prédiction à long terme du vieillissement du matériau énergétique considéré (par exemple, une poudre propulsive ou un explosif).

Conclusion

L'utilisation d'un modèle de Prout-Tompkins modifié permet une excellente description du processus de vieillissement de matériaux énergétiques tels qu'explosifs ou poudres propulsives. Les considérations théoriques sont confirmées par l'évaluation expérimentale de la stabilité de substances simple ou double base. Notons pour conclure que la diminution de la durée de collecte de valeurs expérimentales permet une réduction des coûts de la surveillance des munitions.

Detektion, Identifikation und Wirkung von Explosivstoffen ARAMIS: R-3210/042-73

Mithilfe bei der Ausarbeitung neuer internationaler Normen im Bereich Stabilität, Lebensdauer und Verträglichkeit sowie Analytik von Explosivstoffen. Abschätzung der Auswirkung dieser Normen auf die Beschaffung und Überwachung von Munition. Sicherstellung der Fähigkeit zur Durchführung solcher Prüfungen. Abklärung der Alterung bei möglichst tiefen Temperaturen unter Verwendung moderner, hochempfindlicher Analysenverfahren. Die Arbeit wird im internationalem Rahmen durchgeführt und in Kooperation der NATO PfP AC/326 SG/1 Custodian Nations Group.

Zielsetzung

Die Schweizer Armee hat sich in den letzten Jahren im Bereich Qualifikation/Beschaffung/Sicherheit/Überwachung von Explosivstoffen und Munition stark an die internationalen Gepflogenheiten angenähert. Durch aktive Mitarbeit in den relevanten Normengremien von NATO/PfP sowie durch ergänzende Forschungsarbeiten werden im Bereich "Analyse und Stabilität / Lebensdauer / Verträglichkeit von Explosivstoffen" die folgenden Ziele verfolgt:

- Kenntnis der relevanten international genormten Testverfahren, inkl. deren Möglichkeiten und Grenzen.
- Mithilfe und Mitsprache bei der Erarbeitung dieser Normen.
- Aufbau und Unterhalt der entsprechenden Testkompetenz.
- Erarbeiten der notwendigen Kenntnisse zum tiefgehenden Verständnis der damit verbundenen Vorgänge.

Resultate

Die Schweiz hat sich in den vergangenen 10 Jahren aktiv an der Normierungsarbeit des Expertengremiums NATO PfP AC/326 SG/1 beteiligt und dabei als erste PfP-Nation die Verantwortung über zwei NATO-Dokumente übernommen: STANAG 4620 / AOP-48 Ed.2 "Stability Test Procedures for Propellants using Stabiliser Depletion" (bereits in Kraft gesetzt) sowie STANAG 4178 Ed. 2 "Test Procedures for Nitrocellulose" (in NATO-Ratifikationsprozess). Über beide Normen wurde 2012 eine Beurteilung bez. Status und Verbesserungsmöglichkeiten erstellt. Bei den unter dem Lead anderer Nationen erarbeiteten Normen wurden erhebliche Beiträge geleistet. Im laufenden Jahr wurden zudem, mit einer kleinen Gruppe anderer Experten, zwei STANAG-Ringversuche vorbereitet. Diese Arbeiten der Schweizer Delegation werden international anerkannt.

Weitere Arbeiten waren: (i) Synthese von Ethylenglycol-Dinitrat EGDN, Triethylenglycol-Dinitrat TEGDN und Nitroglycerin NG unter höchster Sicherheit zugunsten armasuisse W+T für Forschungsarbeiten im Rahmen der Explosivstoffdetektion. (ii) Machbarkeitsuntersuchung zum Erstellen einer neuen Software zur Modellierung des Stabilisator-Abbaus nach AOP-48 Ed.2. (v) Aufnahme der Arbeiten zur Untersuchung des Einflusses von Langzeitalterung auf Treibladungspulver

Zusätzliche Arbeiten waren:

1. Synthese von Ethylenglycol-Dinitrat und Nitroglycerin unter höchster Sicherheit für Forschungsarbeiten im Rahmen der Explosivstoffdetektion zugunsten armasuisse W+T.
2. Zusammenstellung der aktuell eingesetzten Verfahren für die Alterung und Charakterisierung von Composite-Treibladungen; basierend auf Normen und zugänglicher Literatur.
3. Sprengversuche mit heterogenen Sprengstoffen. Die Sprengversuche wurden in Zusammenarbeit mit CEA (F) in der Anlage Wittaumatte durchgeführt.

Fazit

Die aktive und kompetente Mitarbeit in den relevanten Normengremien von NATO/PfP hat der Schweiz diesbezüglich internationale Anerkennung eingebracht. Gleichzeitig wurde die Einführung von NATO/PfP konformen Testverfahren und Qualifikationsabläufen ermöglicht und der Kenntnisstand bezüglich Sicherheit / Lebensdauer / Analytik von Explosivstoffen vergrößert.

Die Untersuchung von heterogenen Sprengstoffen wurde in Zusammenarbeit mit CEA gestartet. Erste erfolgreiche Experimente wurden in der Anlage Wittaumatte durchgeführt.

High Sample Mobile Data Recorder

ARAMIS: R-3210/042-41

Die Fachhochschule Nordwestschweiz hat mit Unterstützung von HBM Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH bis auf die Schockresistenz experimentell verifiziert und demonstriert, dass ein mobiles, digitales, mehrkanaliges Datenerfassungsgerät mit Abtastraten von 1 MHz für die Druck- und Beschleunigungsmessung bei Anspengversuchen realisierbar ist.

Idee

Aufgrund des technologischen Fortschritts ist es denkbar, ein mobiles, feldtaugliches Hochgeschwindigkeitsdatenerfassungsgerät für die Druck- und Beschleunigungsmessung bei Anspengversuchen zu realisieren. Dies soll experimentell verifiziert und demonstriert werden.

Resultate

Es wurden Realisationsmöglichkeiten eines mobilen, feldtauglichen Messgeräts für die Druck- und Beschleunigungsmessung bei Anspengversuchen untersucht. Das mobile Hochgeschwindigkeits-Datenerfassungs- und Transientenrekordersystem soll unter anderem modular bis 8 Sensorkanäle, 1 MHz Abtastfrequenz pro Kanal, softwaremässige Parametrierung der Kanäle aufweisen. Die analogen Messwerte sollen in digitale Daten gewandelt, mit hoher Datenübertragungsrate auf nichtflüchtige Datenspeicher gespeichert und mit einer Software analysiert werden können.

Ein solches Gerät wurde von der Industrie bis dato nicht entwickelt. Aufgrund diverser technologischer Fortschritte ist ein solches Gerät aus Sicht der Fachhochschule Nordwestschweiz theoretisch realisierbar.

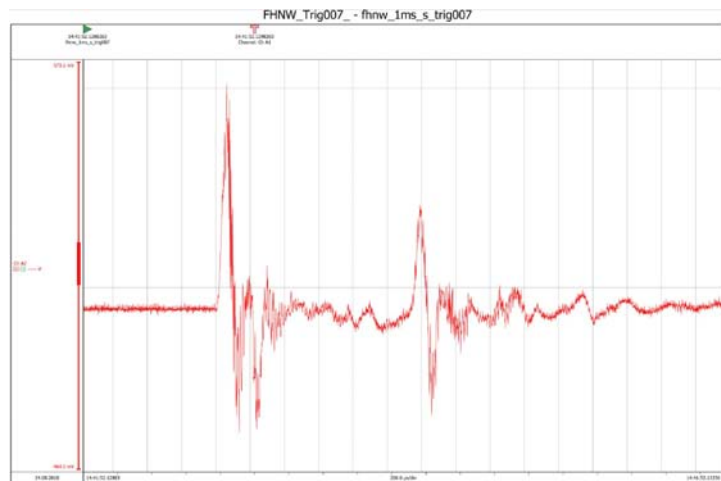
Der Aufwand für eine komplette Neuentwicklung würde jedoch einige Mannjahrzehnte betragen.

Die Fachhochschule Nordwestschweiz hat aufgezeigt, dass eine solche Messdatenerfassung mit kommerziell erhältlichen Komponenten realisierbar ist. Mit einer experimentellen Messstrecke wurde verifiziert und demonstriert, dass die meisten Zielsetzungen erreicht bzw. übertroffen werden können. Offen ist, ob und wie mit Modifikationen und Weiterentwicklungen die gewünschte hohe Schockresistenz erreicht werden kann und welcher Aufwand hierfür notwendig ist.

Deshalb wird vorgeschlagen mit Schocktests an einzelnen Komponenten die vorhandenen Grenzwerte zu ermitteln und die potentiellen Weiterentwicklungsmöglichkeiten abzuschätzen. So könnte ein Lösungskonzept erarbeitet werden und später auf dieser Basis ein Funktionsmuster entwickelt werden können.

Fazit

Mit der experimentellen Messstrecke konnte demonstriert werden, dass bis auf die Schockresistenz alle hohen Anforderungen an ein mobiles, feldtaugliches Hochgeschwindigkeits-Datenerfassungs- und Transientenrekordersystem für die Druck und Beschleunigungsmessung bei Anspengversuchen mit den heutigen technologischen Möglichkeiten realisierbar sind. Die Verbesserung des entwickelten Versuchsgeräts wurde leider verzögert und wird nicht mehr vor 2014 durchgeführt.



Sensorgrössenverlauf über 0.000373 Sekunden.

Machbarkeit der Pfeilabwehr mittels einer Gegensprengung

ARAMIS: R-3210/042-38

Die Machbarkeit der Pfeilabwehr mittels einer Gegensprengung wurde theoretisch, numerisch und experimentell untersucht. Mit einer Sprengladung wurden verschiedene Pfeiltypen auf ihrer Flugbahn gestört. Es wurde untersucht, wie die Sprengung ausgelegt werden muss, um die endballistische Leistung eines Pfeils so stark wie möglich zu reduzieren.

Problem

Pfeile bilden eine Gefahr für schwer gepanzerte Fahrzeuge. Ihre Tiefenleistung bedingt dicke und schwere Stahlpanzerungen. Es wäre von grossem Vorteil einen Pfeil vor dem Aufschlag auf das Zielobjekt aktiv stören oder zerstören zu können. In diesem Projekt wird versucht, den Pfeil mittels einer Gegensprengung zirka 30m vor dem zu schützenden Objekt so zu stören, dass seine Restleistung keine Gefahr mehr bildet.

Erkenntnisse

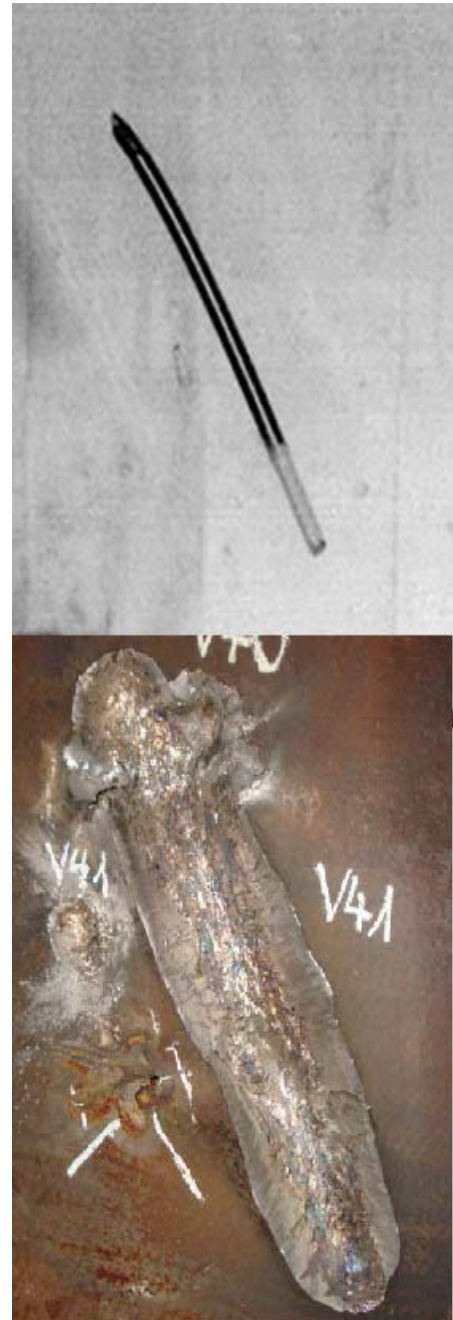
Die Wirkung einer Sprengung in der Nähe eines vorbeifliegenden Pfeils wurde theoretisch, numerisch und experimentell untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Sprengung den Pfeil nur leicht ablenkt. Fliegt das Geschoss am Sprengpunkt genügend nah vorbei, wird es eventuell beschädigt: Wird das Leitwerk vom Pfeilkörper getrennt, beginnt der Pfeil sich um seine Querachse zu drehen und erreicht eventuell das Ziel mit einem bedeutenden Anstellwinkel. Die notwendige Sprengstoffmasse, um einen Pfeil zu stören, hängt vom Typ des Pfeils und vom Abstand Pfeil-Sprengstoff ab. Einfache Regeln wurden aufgrund der Versuchsdaten vorgeschlagen, um die Sprengstoffmasse und den Sprengort relativ zum Pfeil zu bestimmen.

Aufnahme eines Pfeils des Typs 120mm PP90, der mittels einer Sprengung gestört wurde: Der Pfeil wurde gebogen, seine Spitze und seine Heckflügel getrennt; er fliegt schräg in Richtung des Ziels. Es ist zu beachten dass die Bewegungsrichtung des Pfeils durch die Sprengung kaum geändert wurde.

Aufnahme des erzeugten Kraters in der Zielplatte. Da der Pfeil beim Aufprall fast parallel zur Zieloberfläche liegt, erzeugt er einen langen aber nicht sehr tiefen Krater. Damit wurde die Tiefenleistung des Geschosses stark reduziert.

Fazit

Dieses Projekt zeigt die Machbarkeit der Pfeilabwehr mittels Sprengungen. Es wurde bewiesen, dass die endballistische Wirkung eines Pfeils mittels einer Sprengung drastisch reduziert werden kann. Die Hauptschwierigkeiten eines auf diesem Prinzip wirkenden Schutzsystems liegen im Bereich der Sensorik (Detektion des Pfeils) und im Bereich des Anbringens der Gegenmassnahme in die Nähe des angreifenden Geschosses. Diese Aspekte wurden in diesem Projekt nicht untersucht.



Entwicklung von neuen Schutzmaterialien

ARAMIS: R-3210/042-38

Les éléments de protection utilisés dans les gilets pare-balles sont généralement constitués d'au moins une plaque céramique monolithique placée entre différentes couches de textile à haute résistance. La densité des céramiques est cependant élevée, environ 4 g/cm^3 pour l'alumine d'usage courant, rendant le gilet de protection relativement lourd. Les futurs matériaux de protection devront être plus légers, tout en conservant de bonnes propriétés mécaniques.

Objectif du projet

Ce projet vise à déterminer le potentiel de nouveaux composites à base d'aluminium renforcés de matériaux nano-particulaires développés à l'Empa (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt). Ces nanocomposites d'une densité de $2,7 \text{ g/cm}^3$ ont révélé d'intéressantes propriétés mécaniques. Selon la nature des nanoparticules et leur concentration au sein de la matrice d'aluminium, ces composites sont 6 à 8 fois plus durs que des alliages classiques d'aluminium. Des recherches sont en cours avec des nanoparticules de type SiC (densité $3,2 \text{ g/cm}^3$) et des nanotubes de carbone ($1,8 \text{ g/cm}^3$) comme matériaux de renforcement, en variant leur concentration (0-60 %).

Résultats escomptés

Des plaques multicouches (3 couches de 1,5-2 mm et de dureté croissante) ont été évaluées lors d'un précédent projet. Un empilement de 4 plaques multicouches (épaisseur totale 2 cm, voir figure à droite) est capable d'arrêter une balle de type 7.62x39 Lapua d'une vitesse de 720 m/s ; cependant, il est probable qu'une couche de 1,5-2 mm n'est pas assez épaisse pour répondre pleinement à la sollicitation rapide qu'entraîne le freinage d'un projectile. On a donc tenté, d'une part, d'améliorer la ductilité des composites et, d'autre part, de préparer des plaques monocouches de 5 mm d'épaisseur mais de diverses compositions et de dureté variable.

L'Empa a donc modifié sa technologie pour améliorer la ductilité des nanocomposites. Par rapport aux méthodes usuelles, le nouveau procédé de production comprend deux étapes supplémentaires, un dégazage sous vide et un second forgeage à chaud. Enfin, grâce à la technologie du moulage sous pression, la concentration de nanoparticules peut désormais atteindre 60 %. Des plaques de 4 compositions différentes seront testées sous peu dans le laboratoire de balistique d'armasuisse. Les résultats seront comparés à ceux obtenus avec des plaques de référence en aluminium 6082-T6 de mêmes dimensions.



face arrière d'un composite à base d'aluminium après un essai balistique avec une balle 7.62x39 Lapua.

Conclusion

De nouveaux composites à base d'aluminium renforcé de matériaux nanoparticulaires sont développés et produits à l'Empa. Ils seront prochainement soumis à des essais visant à comparer leur performances balistiques avec celles de l'aluminium 6082-T6 et celles de céramiques usuelles dans les gilets pare-balles.

Schutz leicht gepanzerter Fahrzeuge

ARAMIS: R-3210/042-38

Das Projekt gibt eine umfassende Übersicht zum Stand des Schutzes von leicht gepanzerten Fahrzeugen und zu den Entwicklungen auf diesem Gebiet. Folgende Themen werden betrachtet:

- Passive Schutzsysteme gegen ballistische Bedrohungen und Splitter
- Passiver und aktiver Schutz gegen Blastminen
- Passive Schutzsysteme gegen Hohlladungsgeschosse (nur RPG 7), explosiv geformte Projektilen (EFP's) und Bomblets
- Aktiver Schutz gegen Hohlladungsgeschosse

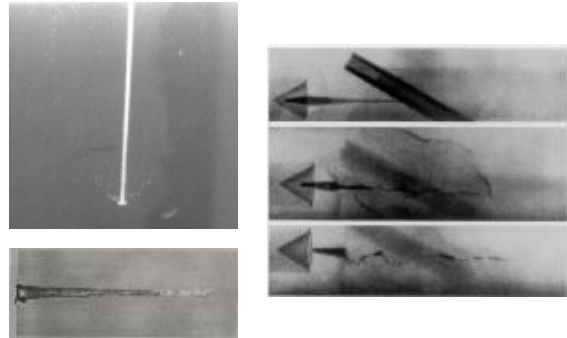
Ziel

Das Ziel des Projektes ist es, den aktuellen Stand des Schutzes von leicht gepanzerten Fahrzeugen gegen die aktuell relevantesten Bedrohungen zu präsentieren, sowie die zukünftigen Entwicklungstrends auf diesem Gebiet zu beschreiben.

Es wird gezeigt, welche Verbesserungen hinsichtlich der Masseneffizienz bei einem Einsatz von modernen Materialien und Materialkombinationen (im Vergleich zu RHA – rolled homogeneous armour) erreicht werden, ohne den Schutzgrad zu beeinträchtigen.

Ein weiteres Thema ist der passive Schutz gegen Panzerabwehrhandwaffen (nur RPG 7) und der aktive Schutz gegen Hohlladungsgeschosse. Es wird gezeigt, welche Systeme am Markt verfügbar sind und welche Techniken zur Bedrohungsabwehr genutzt werden.

Im Bereich des Schutzes gegen Blastminen wird dargelegt, welche Materialien und konstruktive Lösungen derzeit eingesetzt werden, welche Systeme es beim aktiven Minenschutz gibt und was in Zukunft zu erwarten ist.



Hohlladungsstrahl hinter der Panzerung und Penetrationsleistung ohne Reaktivpanzerung (links)

Durch Reaktivpanzerung beeinträchtigter Hohlladungsstrahl (rechts)

Erkenntnisse

Es wird in den nächsten Jahren zu einer weiteren Verbesserung der Masseneffizienz im Bereich der adaptiven Zusatzpanzerungssysteme durch den Einsatz von neuen Materialien kommen. Der Einsatz solcher Systeme ist allerdings stark davon abhängig, welches Bedrohungsszenario in Zukunft die Einsätze der Armeen dominiert und wie sich die Preisentwicklung neuer Technologien und deren Verfügbarkeit gestaltet. Durch Senkung der Herstellungskosten könnte es in Zukunft zu einem grösseren Einsatz von Materialien und Technologien kommen, die heute noch keine sinnvolle Kosten-Nutzen Struktur aufweisen.

Eine Zunahme von sensorgesteuerten und sensorisch gestützten Schutzsystemen wird dazu führen, den Schutz leicht gepanzerter Fahrzeuge gegen Panzerabwehrhandwaffen signifikant zu erhöhen, ohne die Mobilität ausschlaggebend zu beeinträchtigen. Das hierdurch erreichbare Schutzniveau wird deutlich über dem liegen, was heute mit konventionellen Schutzaufbauten bei schwer gepanzerten Fahrzeugen möglich ist.

Im Bereich der sensorisch gesteuerten Blastminen-Abwehr scheint eine Verdopplung der Ladungsmenge bei gleichen Randbedingungen realistisch. Allerdings gibt es hier noch mehrere offene Punkte, die zuvor gelöst werden müssen.

Fazit

Eine deutliche Verbesserung der Masseneffizienz scheint durch den Einsatz neuer Materialien und sensorisch gestützter Systeme realisierbar. Deren Einsatz hängt allerdings stark von der Akzeptanz der Bedarfsträger, sowie der preislichen Entwicklung ab.

Electric Armor

ARAMIS: R-3210/042-04

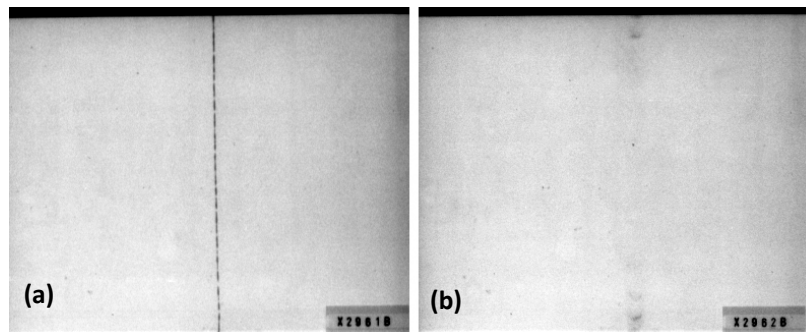
Der multifunktionale Schutz für Infrastruktur der modernen Kriegsführung muss der technischen Entwicklung und Verbreitung der Bedrohungen entsprechen und gleichzeitig den Anforderung an hohe Mobilität und Lufttransportierbarkeit gerecht werden. In diesem Projekt werden die Möglichkeiten des Schutzes durch elektrische und magnetische Hochleistungspulsstromtechnik untersucht.

Problem

In den aktuellen asymmetrischen Konflikten stellt die Hohlladungsgranate RPG-7 eine der gefährlichsten Bedrohungen dar. Die Robustheit, Einfachheit, tiefen Kosten und Effektivität machen die RPG-7 zur weltweit meist verwendeten Panzerabwehrhandwaffe. Vor allem von nichtregulären Kämpfern wird die RPG-7 gegen bewegliche und unbewegliche Ziele aller Art eingesetzt. Die Leistung des RPG-7 Hohlladungsstrahls beträgt über 300 mm RHA, d. h. eine konventionelle Panzerung gegen diese Waffe würde außerordentlich massiv und schwer und ist wegen der hohen Anforderungen heutiger Armeen bezüglich Mobilität nicht realistisch. Das Prinzip des elektrischen Schutzes ist, dass ein Hohlladungsstrahl einen Kurzschluss im Schutz Kondensator-System verursacht und durch einen dadurch ausgelösten sehr starken Strom zerstört wird. Obwohl das Prinzip schon länger bekannt war, war es wegen des Gewichts der Kondensatoren (Energiespeicher) früher keine echte Alternative, ist heute aber wegen der Fortschritte in der Kondensatortechnik als leichter, aber höchst effektiver Schutz realisierbar.

Resultate

Versuche im Detonik Labor Hondrich waren sehr erfolgreich, Hohlladungsstrahlen konnten fast vollständig vernichtet werden.



- (a) Röntgenbild des ungestörten Hohlladungsstrahls.
- (b) Röntgenbild des durch elektrischen Strom gestörten Hohlladungsstrahls.

Fazit

Der Technologiefortschritt ermöglicht es, in Zukunft Fahrzeuge und Plattformen mit elektrischer Panzerung wirkungsvoll gegen Hohlladungsgranaten zu schützen ohne die Mobilität durch übermässiges Zusatzgewicht einzuschränken. Durch die damit potentiell verbundene Erhöhung der Überlebensdauer kann man bei der Beschaffung der Plattformen mit tieferen Stückzahlen und damit Kosteneinsparungen rechnen.

Elektromagnetischer Schutz – Simulationen

ARAMIS: R-3210/042-04

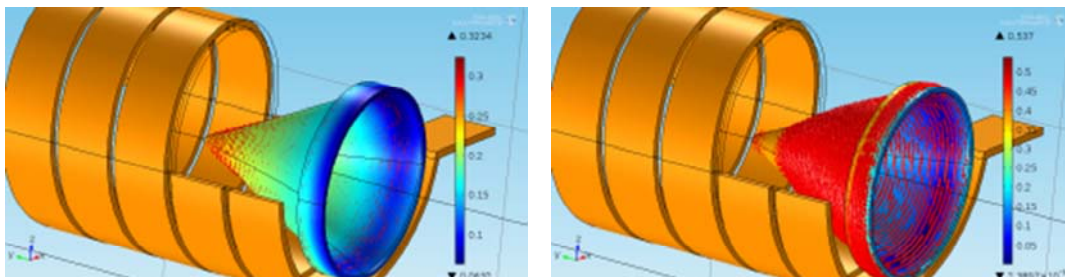
Der multifunktionale Schutz für Infrastruktur der modernen Kriegsführung muss der technischen Entwicklung und Verbreitung der Bedrohungen entsprechen und gleichzeitig den Anforderung an hohe Mobilität und Lufttransportierbarkeit gerecht werden. In diesem Projekt werden die Möglichkeiten des Schutzes durch magnetische Hochleistungspulsstromtechnik untersucht.

Problem

Bei einer explosiven Verformung eines Körpers wurde bisher meistens nur die Massenverteilung betrachtet. Wird ein Hohlkegel explosiv verformt kann ein Strahl entstehen; die entsprechenden Simulationen und Berechnungen ohne weitere Rahmenbedingungen wurden durchgeführt. In dieser Arbeit soll nun die Ausbildung eines Strahls aus einem explosiv verformten metallischen Hohlkegel der sich zum Zeitpunkt der Explosion in einem äußeren Magnetfeld befindet betrachtet werden; erste Ergebnisse im Experiment zeigen, dass die Änderung des Strahls in Abhängigkeit vom Magnetfeld beträchtlich ist. Für die weitere Entwicklung und Untersuchung eines solchen Systems ist es notwendig unterschiedliche magnetische Störungen u. A. durch verschiedene Magnetspulenkonfigurationen zu testen. Der Aufbau verschiedener Spulen bedeutet einen nicht unerheblichen experimentellen Aufwand. Daher soll durch Simulationsrechnungen vorab eine Abschätzung über die Wirksamkeit einer möglichen Spulengeometrie gemacht werden. Eine der Aufgaben ist es, basierend auf den theoretischen Überlegungen zum Magnetismus von Spulen, die Berechnung der erdachten Geometrie mittels FE-Simulationsprogramm zu berechnen. Diese Berechnungen wurden erweitert durch Einbringen von Metallkegeln in die Spulen. Die Betrachtung der sich zeitlich ändernden Magnetisierung und der in den Kegel induzierten Ströme sollen quantitativ untersucht werden. Im nächsten Schritt wurde der Kegel als bewegtes Objekt in die Simulation eingebunden und eine zeitliche Betrachtung der Magnetisierung des sich bewegenden Kegels durchgeführt. Der Hauptinhalt der Arbeit besteht in der Simulation der Massenverteilung eines in einem äusseren Magnetfeld explosiv verformten Kupferhohlkegels. Insbesondere muss ein Modell der Vorgänge während der Deformation des Kegels durch die Explosion erstellt werden, das die mechanischen, elektromagnetischen und hydrodynamischen Vorgänge bei der Umformung und Ausbildung des Strahls berücksichtigt.

Resultate

Mit Simulationen mit der Simulationssoftware COMSOL Multiphysics wurde neu nun auch die Dynamik der Geschosse berücksichtigt. Frühere Modelle hatten bereits gezeigt, welchen Einfluss die Spulengeometrie (Radius, Steigung und Leiterquerschnitt) auf die Eindringtiefe der Magnetfelder und Kräfte auf die Granate haben und gute Übereinstimmung zwischen Messungen und Modell erbracht. Mit neuen Studien zu konnten nun Aussagen auf höherem Niveau gewonnen werden, darunter über den Einfluss der Geschwindigkeit.



Simulierte Magnetische Flussdichte und induzierte Stromverteilung in der Hohlladungsgranate bei zwei verschiedenen Geschwindigkeiten.

Fazit

Neuartige numerische Algorithmen wie Multiphysics-Simulationen auf zeitabhängigen (bewegten) Netzen erlauben Aussagen über die destruktive Wirkung eines explosiv komprimierten Magnetfelds in einem Metall-Hohlkegel bei verschiedenen Geschwindigkeiten. Die Anzahl der notwendigen Messungen kann dadurch reduziert werden, da wesentliche Aussagen über das Systemverhalten bereits am virtuellen Modell gewonnen werden.

Aspekte zur Integration elektrischer Panzerung in mobile Plattformen

ARAMIS: R-3210/042-04

Ein Rundumschutz für geschützte Fahrzeuge gegen Hohlladungsgefechtsköpfe ist gewichtsmäßig mit konventionellen Panzerungen schwer zu realisieren. Mit Explosivstoff versehene Reaktivpanzerungen (ERA) - insbesondere in ihren splitterfreien Ausführungen - bieten hier die Möglichkeit der Steigerung der Überlebensfähigkeit der Insassen innerhalb realistischer Gewichtsgrenzen. Sie weisen aber auch Nachteile auf z.B. im Hinblick auf logistische und sicherheitstechnische Aspekte. Die Mehrfachbeschussfähigkeit ist infolge des bei Auslösung eines Schutzmoduls erzeugten Zerstörungsbereichs eingeschränkt. Seit mehreren Jahren gibt es eine Reihe internationaler Aktivitäten zur Untersuchung einer sogenannten „elektrischen Panzerung“. Diese besteht prinzipiell aus zwei im festen Abstand hintereinander angeordneten Metallplatten, die mit einem Kondensator verbunden sind. Beim Durchschlag der Platten erzeugt der Hohlladungsstrahl einen Kurzschluss dieser Platten. Somit fließt der hohe Kondensatorentladestrom durch den Hohlladungsstrahl, heizt ihn auf und setzt ihn gleichzeitig sehr starken Magnetfeldern aus (Pinch-Effekt). Bei ausreichender Leistungseinkopplung wird der Hohlladungsstrahl dabei zerstört. Eine elektrische Panzerung wurde 2002 erstmals durch DSTL (UK) an einem Fahrzeug demonstriert.

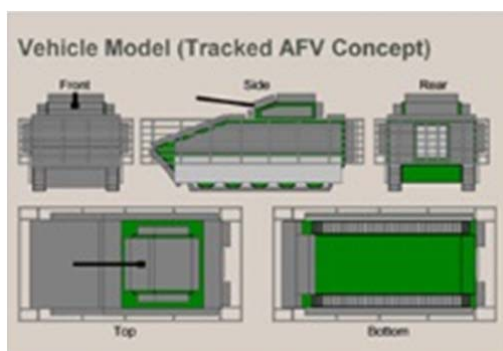
Problem

Bei der Anwendung dieser Untersuchung zu Grunde liegenden Schutztechnologie wird ein Wirkprinzip ausgenutzt, wonach der Hohlladungsstrahl durch einen anderen physikalischen Effekt gestört wird als bei den bisher untersuchten Varianten. Um Aussagen treffen zu können, ob diese Schutztechnologie den Anforderungen eines Einsatzes an geschützten Fahrzeugen genügen kann, sind eine Reihe von breitbandigen Betrachtungen und die Durchführung von Versuchen an prototypischen Schutzaufbauten zu diesem Panzerungsprinzip erforderlich.

Resultate

Anhand eines Referenzmodells wurde mit den vorliegenden Methoden und Verfahren abgeschätzt, welche Fahrzeugklassen und -konzepte grundsätzlich für die hier betrachtete, neue elektrische Panzerung geeignet sind und welchen polyvalenten Schutzabdeckungsgrad (z.B. gegen KE, Blast, EFP, Multifragment, etc.) und welches Technologiegewicht damit im Vergleich zu konventionellen Schutztechnologien erreicht werden können.

Darüber hinaus sollen die Fragestellungen zur Fahrzeugintegrierbarkeit und Einsatztauglichkeit beantwortet werden. Bei der Betrachtung des Aspektes zur Betriebssicherheit werden u.a. Aussagen zu Kraftfahrzeugzulassungsbestimmungen, Arbeitsschutz und notwendige Vorschriften und Regeln der Berufsgenossenschaft etc. erarbeitet.



Fragestellungen und experimentelle Verifikation zu Schutzwirksamkeit und ballistischen Eigenschaften, Integrierbarkeit sowie Betriebssicherheit und Einsatztauglichkeit

Fazit

Überlegungen und Versuche zu diesem Panzerungsprinzip zeigen ein Potenzial dieser Technologie auf, dass evtl. in Kombination mit konventionellen Technologien ein höheres Schutzpotenzial bieten kann.

Laserschutz

ARAMIS: R-3210/042-38

Es werden heutzutage immer mehr Angriffe auf Piloten, Lokführer oder Autofahrer mit Laserpointer gemeldet. Herkömmliche Gegenmassnahmen, welche man heute in Laserlabors anwendet, sind für Piloten nicht geeignet. Im Rahmen einer Studie wird eine unkonventionelle Laserschutzmethode ausgearbeitet, welche die Arbeit der Piloten nicht beeinträchtigen soll.

Problem

Der herkömmliche Laserschutz basiert heute auf optischen Filtern, die auf Glas oder Kunststoff aufgebaut werden. Solche Filter „schalten“ den gewünschten Wellenlängenbereich aus, wie z.B. das Grünlicht, gleichzeitig aber wird die Wahrnehmung der Umgebung durch den Schutzträger (Piloten, Lokführer...) permanent beeinträchtigt. Dadurch werden die angezeigten Informationen, z.B. auf einem Head-Up Display, nicht mehr sichtbar. Aus diesem Grund können die herkömmlichen Laserschutzbrillen für den Pilotenschutz nicht eingesetzt werden.



Idee

Ein erstes Funktionsmuster mit einem dynamischen optischen Schutzverhalten auf Basis der Flüssigkristall-Technologie wurde hergestellt. Die Flüssigkristall-Schicht hat die Eigenschaft, dass sie für eine gewisse Lichtbandbreite undurchsichtig wird, wenn sie sich in einem elektrischen Feld befindet. Beim Ein- oder Ausschalten des Felds, welches durch einen Lichtsensor gesteuert wird, soll der Filter mit tiefer Reaktionszeit aktiviert oder deaktiviert werden.



Erstes Funktionsmuster

Fazit

Ein Demonstrator wurde erstellt und geprüft. Folgende technische Probleme müssen noch gelöst werden:

- Beim Ausschalten des elektrischen Felds bleibt die Flüssigkristall-Schicht im undurchsichtigen Modus. Das Muster muss gewärmt werden, um wieder durchsichtig zu werden.
- Die Energieabsorption ist noch zu tief.

Eine Verbesserung der bestehenden Molekularstrukturen des Flüssigkristalls ist deshalb unumgänglich.

Schutz vor elektromagnetischen Hochleistungsfeldern

ARAMIS: R-3210/046-03

Die International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) hat 1998 ihre Richtlinien über die Begrenzung von elektromagnetischen Wechselfeldern aktualisiert. Die in den Richtlinien vorgegebenen Begrenzungen bieten einen entsprechenden Schutz vor höherer Exposition gegenüber zeitlich variierender elektromagnetischer Strahlung. Diese Aktualisierung erfordert Anpassungen der Messtechnik.

Ziele

Das Projekt verfolgt folgende Ziele:

- Messtechnische Erfassung der Signalformen der verschiedenen betrachteten Technologien (GSM-900, GSM-1800, UMTS, Radar bis von 1.0 GHz bis 9 GHz);
- Bestimmung der Anforderungen der NISV an die verwendeten Telekommunikationsdienste und Radaranlagen;
- Entwicklung der Methoden zur einfachen und kostengünstigen Erfassung der Feldstärken innerhalb der spezifischen Bänder.



Mobile Radar-Anlage TAFLIR.

Ergebnisse

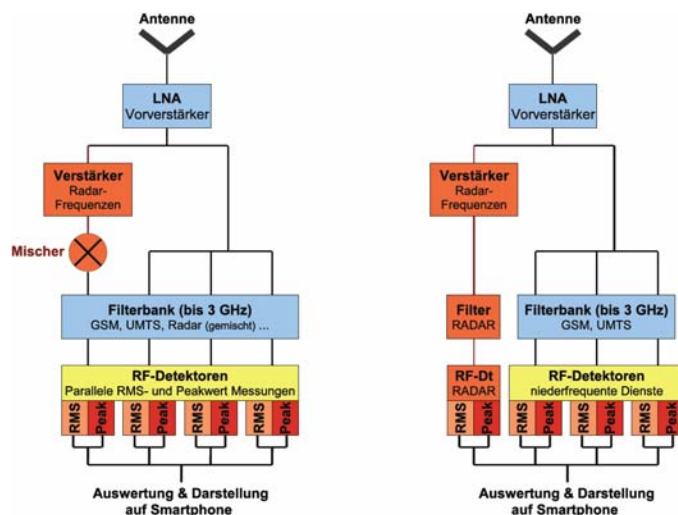
Die Messung von Feldstärken zwischen 300 MHz und 9 GHz stösst wegen der grossen Bandbreite auf technische Schwierigkeiten: Kompromisse müssen getroffen werden, um hochfrequente Signale zu verstärken ohne sie zu vermischen. Um dieses Problem zu lösen wurden zwei Varianten verfolgt (Abbildung rechts).

Variante 1 (links)

Signale über 3 GHz werden in ein tieferes Frequenzband umgesetzt. Dies ist möglich, ohne die für die Dosimetrie relevanten Eigenschaften (Bandbreite, Amplitude) zu beeinflussen.

Variante 2 (rechts)

Signale über 3 GHz werden in einem eigenen Signalpfad verarbeitet. Diese Lösung bedingt 2 RF-Detektoren.



Fazit

Um die Richtlinien der ICNIRP umzusetzen, ist die Entwicklung eines neuen Messsystems notwendig, das hochfrequente Signale störungsfrei messen kann. Eine Erweiterung der bisherigen Messtechnik auf 9 GHz wurde im Rahmen des Projekts untersucht und zwei Systemvarianten wurden vorgeschlagen. Eine experimentelle Schaltungsauslegung wurde realisiert und Messreihen wurden erfolgreich durchgeführt und ausgewertet (Radarbänder 1.0-1.2 GHz, 2.6-3.2 GHz, 5.5-5.9 GHz und 9 GHz).

Elektromagnetisches Feld im Nahbereich von Antennen

ARAMIS: R-3210/046-04

CW-measurements have been performed since a long time on the basis of the IEEE 299 Standard. In this Standard the effectiveness of electromagnetic shielding enclosures at frequencies ranging from 9 kHz to 18 GHz is determined by irradiating the test object from the outside and measuring the resulting fields inside the enclosure. To limit the disturbance of other potential users of the electromagnetic spectrum, this standard makes use of uniform measurement procedures and techniques, performing measurements over a small array of discrete frequencies. An exchange of the locations of the emitter and of the receiver, which is allowed by the reciprocity theorem, and/or an extensive use of wide-band preamplifiers result in a reduction of the emitted or radiated power and allow the use of a wider frequency spectrum without disturbing other users in the concerned frequency band. The first tests made in 2011 gave encouraging results and showed the possibility to use the reciprocity also for the measurement of currents in wires and cables networks.

Objectives

The objectives are the following:

- Reduction of the emitted power in direct measurements or of the radiated power by reciprocal measurements.
- Give recommendations for the use of wide-band amplifiers in direct and reciprocal measurements.
- Compare the effectiveness of the direct and reciprocal methods, with current measurements on wires and cables; test different topologies and measurement assemblies.
- Explore measurement methods for objects of large size for different beam widths of the transmit antenna.



Receiving and transmitting antennas.

Results

Despite adverse material and meteorological circumstances typical of an outdoor measurements campaign, first data could be recorded and processed. The field measurements made with different sensors are in very good agreement with each other. The first current measurements made on 50 Ohms systems give convincing values. The use of the reciprocity theorem in CW-measurements gives good results if the values of the input, respectively the output impedances of the measurement systems remain near 50 Ohms and this independently of the impedances of the sensors and antennas.

Conclusions

The use of the reciprocity can be an alternative by low to medium effectiveness electromagnetic shielding enclosure (less than 40 dB). The use of wide band preamplifier can be recommended by quiet electromagnetic environments, what exclude reciprocal measurement by severe electromagnetic environments (industrial, vicinity of GSM transmitter etc.). At this time no conclusion on current measurement on wires and cables can be made.

Technologie Assessment: „Detektion von verdächtigem Verhalten“

ARAMIS: R-3210-042-44

Im Rahmen des Forschungsprogramms „Wirkung, Schutz und Sicherheit“ sollen Verfahren zur Detektion von verdächtigem Verhalten entwickelt werden. In der Erweiterung des Projektes werden spezifisch die Themen von menschlicher Bewegungserkennung und Erkennung von liegengelassenen Gegenständen aufgearbeitet. Dazu wird der Demonstrator weiterentwickelt, um auffällige Verhaltensmuster von Menschen zu detektieren.

Zielsetzung

Als Weiterführung des ersten Projektteils, in dem grundsätzliche Aspekte der Detektion von auffälligem Verhalten thematisiert wurden, geht es hier darum, spezifische Einsatzgebiete mit unterschiedlichen Aspekten abzuklären und zu evaluieren. Es werden wissenschaftliche Erkenntnisse zusammengefasst und eingeschätzt, inwiefern diese für praktische Anwendungen benutzbar sind, oder wo noch Forschungsbedarf besteht. Dabei werden, wo möglich, kommerzielle Lösungen evaluiert und auch der im Vorgängerprojekt entwickelte Demonstrator der Firma upicto weiter ausgebaut, um spezielle Aspekte von verdächtigem Verhalten zu erkennen. Die folgenden drei Teilgebiete werden untersucht:

- a) Erkennung von menschlichen Bewegungen im Hinblick auf die Detektion von auffälligem Verhalten. Der Fokus liegt hier auf Einzelpersonen, mit dem Ziel, aggressive Bewegungen, wie Faustschläge oder Fusstritte zu erkennen. Dies ist ein aktuelles Forschungsthema, und es werden dementsprechend wissenschaftliche Erkenntnisse aufbereitet und zusammengefasst.
- b) Identifikation von liegengelassenen Gegenständen. Dies ist eine Anwendung zur Erkennung einer potentiellen Gefahr, für die es auch schon einige kommerziell verfügbare Softwarelösungen gibt. Das Ziel ist es, solche Software zu evaluieren, um zu erkennen, wo die Schwachstellen liegen. Daneben werden wissenschaftliche Arbeiten in diesem Gebiet aufgearbeitet, und deren Anwendbarkeit in der Praxis geprüft.
- c) Wenn der Überblick über die Szene etwas grösser ist, wie bei vielen Überwachungsszenarien, können die Laufwege von Personen aufgezeichnet und ausgewertet werden. Diese Auswertung kann auf verdächtiges Verhalten schliessen. In diesem Arbeitspaket wird der upicto-eigene Demonstrator weiterentwickelt, um Ansätze zu zeigen, welche Arten von verdächtigem Verhalten so erkannt werden kann. Eine abrupte Bewegungsänderung oder eine herumlungende Person kann zum Beispiel als verdächtiges Verhaltensmuster erkannt werden.

Resultate

Die Arbeiten in den drei Teilgebieten sind unterschiedlich weit fortgeschritten. In den Teilen a) und b) wurden Arbeiten durchgeführt und Resultate erzielt:

Die Überblick-Studie zur automatischen Erkennung von menschlichen Bewegungen zeigt, wie aktuell an diesem Thema geforscht wird. Dazu werden Datensätze ausgewertet, die immer realistischer werden, bei denen aber die Erkennungsgenauigkeit noch nicht der Erwartung entspricht, die für praktisch anwendbare Systeme benötigt würde. Die Erkennung von subtilen Konzepten (z.B. die Hand ausholen zum Schlag vs. die Hand ausstrecken zur Begrüssung) bleibt ungelöst, vor allem da die Aufnahmeparameter wie z. B. der Blickwinkel in der Praxis unkontrollierbar sind.

Die Detektion von liegengelassenen Gegenständen funktioniert in heutigen kommerziellen Systemen nach einfachen Regeln, d.h. ein Vordergrundobjekt muss eine gewisse Zeit lang unverändert sichtbar bleiben. Die durchgeführten Tests zeigen, dass diese Lösungen relativ fehleranfällig sind und vor allem viele Falschalarme liefern.

Fazit

Die Realisierung eines Systems zur automatischen Detektion auffälligen Verhaltens wird in diesem Projekt aufgebrochen in verschiedene relevante Teilaspekte, die heute unterschiedlich gut gelöst werden können, oder in denen die aktuelle Forschung auf unterschiedliche Probleme stösst. Dies erlaubt eine genauere Analyse, wie weit weg wir von einer praktischen Anwendbarkeit sind.

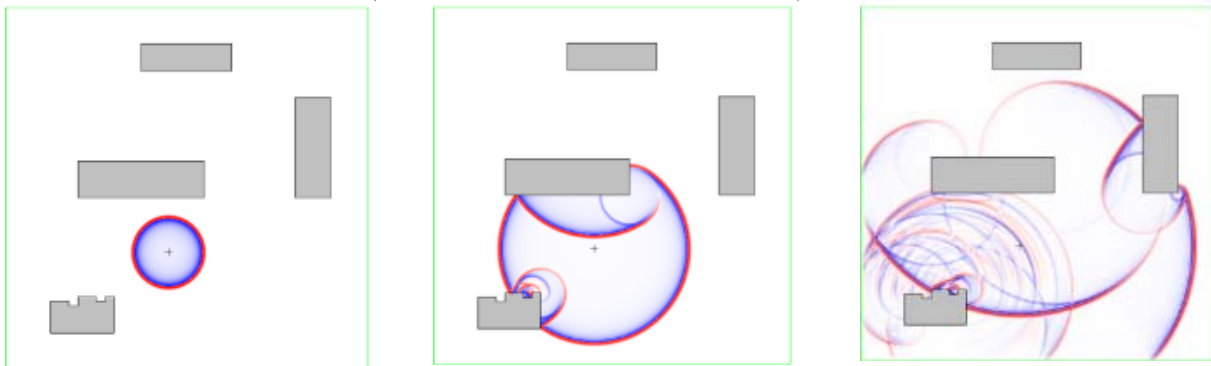
Entwicklung eines dreidimensionalen wellen-theoretischen Modells zur Simulation der Ausbreitung von Stosswellen in urbaner Umgebung

ARAMIS: R-3210/042-39

Das Kompetenzzentrum ABC-KAMIR der Armee ist zuständig, Sicherheitsabstände und Gefahrenzonen für Explosionen im öffentlichen Raum festzulegen. In urbanem Umfeld ist dies wegen mehrfacher Schockwellenreflexionen eine besonders schwierige Aufgabe. Um den Entscheid zu vereinfachen, werden Hilfsmittel entwickelt, welche erlauben sollen, den Einfluss der Umgebung auf die Schockwellenausbreitung in Betracht zu nehmen.

Problem

Das Kompetenzzentrum atomar, biologisch, chemisch, Kampfmittelbeseitigung und Minenräumung (ABC-KAMIR der Armee) ist u.a. dafür verantwortlich, Sicherheitsabstände und Gefahrenzonen für Explosionen im öffentlichen Raum, beispielsweise im Falle eines terroristischen Anschlages – zu erlassen. Im Vergleich zu Situationen im offenen Feld können Gebäude die Wirkung einer Stosswelle sowohl durch Reflexionen verstärken als auch durch Hinderniswirkungen abschwächen. Um die Genauigkeit von Prognosen zur Wirkung von Sprengungen im urbanen Raum zu verbessern, wurde die Empa, Abt. Akustik beauftragt, ein Berechnungsmodell zu entwickeln, welches die Ausbreitung von Stosswellen und ihre Interaktion mit harten Begrenzungsflächen nachbilden kann. Ziel des Projektes ist es, auf der Basis entsprechender Simulationen die Sicherheitstabellen zu überarbeiten und auf Standardsituationen wie Unterführungen/Tunnels, Häuserschluchten oder Strassenkreuzungen zu erweitern.



Simulation der Ausbreitung einer Druckwelle in Gegenwart von vier Gebäuden. Der Blick von oben zeigt Reflexionen und Beugungsphänomene an Gebäudekanten.

Erkenntnisse

Als Basis zur Simulation der Stosswellen wird der Ansatz der Finiten Differenzen im Zeitbereich, einem numerischen Verfahren zur Lösung der Wellengleichung, verfolgt. Das an der Empa im Einsatz stehende Modell muss jedoch in drei Bereichen erweitert werden. Zum einen müssen die akustischen Grundgleichungen dahingehend ergänzt werden, dass auch nicht-lineare Effekte – welche sich aufgrund der hohen Anfangsdrucke bei Explosionen ergeben – abgebildet werden können. Dazu müssen neben dem Schalldruck und der Schallschnelle neu auch die Dichte in ihrer zeitlichen und räumlichen Veränderung modelliert werden. Über die Dichte kann so die lokale Schallgeschwindigkeit abgebildet werden, welche primär für die typischen Signalveränderungen aufgrund nicht-linearer Effekte verantwortlich ist. Die Erweiterung des Modells auf drei Dimensionen sowie die Ausdehnung des Frequenzbereiches wurde erfolgreich angegangen. Das Ziel des Projekts für 2014 ist das Rechenprogramm für die hochparallelisierte Grafikkarte eines Laptops anzupassen.

Fazit

Bei Minenräumung in überbauten Geländen bedingt die Bestimmung der Gefahrenzonen die Berücksichtigung der Stosswellenreflexionen auf den Gebäudefassaden. Das vorliegende Projekt liefert die notwendigen Grundlagen, um die Abschätzung dieser Zone zu verbessern. Die Simulation der Stosswellenausbreitung soll in vernünftiger Zeit auf einem Laptop durchgeführt werden können, indem alle Berechnungen auf einem massiv parallelisierten Grafikkartenprozessor stattfinden.

Dynamic Properties of Plain Concrete and of Ultra-High Performance Fiber Reinforced Concrete

ARAMIS: R-3210/042-39

Impulsive loads such as impacts or blasts are rare events that may occur in the lifetime of concrete structures. During such severe applied loads, high strain rates are imposed to the structures. To predict realistically the structural response it is necessary to have a good knowledge of strain rate effects in the concrete. This project is devoted to the understanding of the behavior of plain concrete and of ultra-high performance fiber reinforced concrete (UHPFRC) submitted to loading within a broad strain rate range.

Problem

The increasing relevance of the problems related with the damage of socially-sensitive structures (e.g. as high-rise buildings, bridges, and tunnels) has led to the study of fiber-reinforced composites also under impact and blast conditions. The response of plain concrete and of UHPFRC is studied in tension, compression, shear and torsion by use of a hydro-pneumatic device and of a modified split Hopkinson bar apparatus. The aim of the work is to obtain a good characterization of the material properties (equation of state, strength and failure models).



Result of a medium strain rate test on a cylinder of plain concrete.

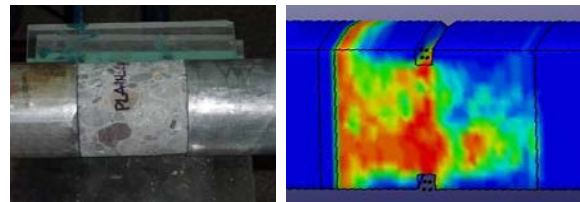
Scientific Insights

Specimens of plain concrete and of ultra-high performance fiber reinforced concrete are submitted to quasi-static strain, to medium strain rates (rise time of the pulse from 0.2ms to 2ms), to high strain rates (rise time from 40 μ s to 200 μ s) and to very high strain rates (rise time shorter than 10 μ s).

Measurement of the stress/strain curves for different strain rates allows determining the parameters of an empirical Johnson-Cook strength model, suitable for implementation in numerical codes.

Other experimental relations are of interest. An example is the fracture time of the concrete specimen as a function of the applied stress rate (figure 3) which shows a completely unexpected linear decrease in a log-log plot. Actually, the samples have been characterized in tension and in shear; experiments in compression have to be completed.

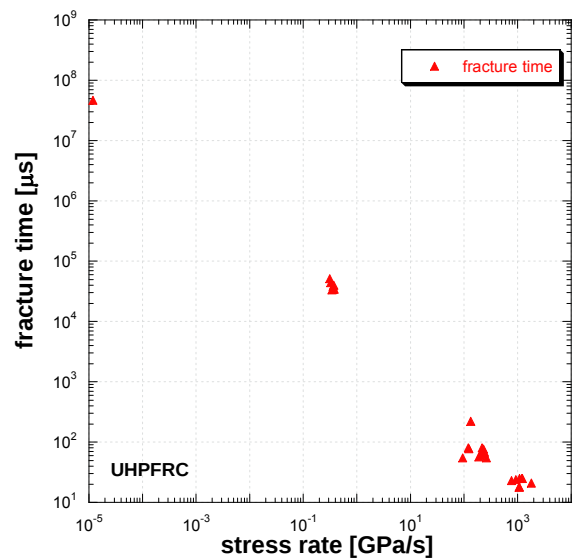
To reproduce numerically the experimental results, a fully new material model is developed at SUPSI for concrete and UHPFRC.



a concrete sample prepared for a split Hopkinson bar test (left) and the corresponding simulation (right).

Conclusions

The research program will give insight in the response of normal concrete and of ultra-high performance fiber reinforced concrete submitted to low, medium and high strain rates. This experimental work is supplemented by numerical simulations in order to parameterize material models used in numerical tools.



log-log plot of the fracture time of a UHPFRC-sample versus the applied stress rate.

Ansprengversuche auf Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC) Platten

ARAMIS: R-3210/042-39

Das Projekt ermittelt anhand von Versuchen die zusätzliche Schutzleistung von UHPFRC gegen direkte Ansprengung. Die eigentlichen Ansprengversuche wurden durchgeführt und vollständig ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen Abweichungen zu früheren Versuchen aus den 80^{er} Jahren.

Problem

Kritische Infrastrukturelemente wie beispielsweise Regierungsgebäude oder Brücken weisen eine recht hohe Verletzlichkeit gegen die Einwirkung von Luftstoss als Folge von IEDs auf. Je nach Kritikalität sind diese Elemente zu schützen. Eine Möglichkeit wird in der Härtung dieser Elemente gesehen. Mit Interesse wird deshalb die laufende Entwicklung von ultrahochfesten Betonen verfolgt. Diese Betone weisen eine Druckfestigkeit von mehr als 160 N/mm² auf und sind, Dank der Beimischung von Stahlfasern, sogar in der Lage, Zug aufzunehmen.

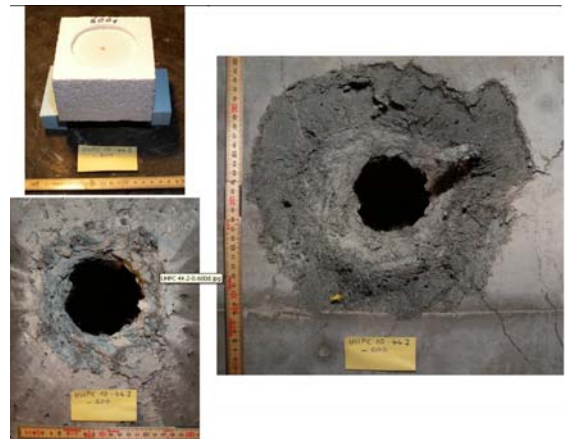
Im Rahmen des Projekts wird die Wirksamkeit gegen die direkte Ansprengung empirisch geprüft, da bis anhin keine verlässlichen Daten zur Verfügung stehen. Die Ansprengversuche sind als Teilprojekt zu verstehen, da parallel dazu einerseits die Numerische Simulation vorangetrieben wird und andererseits mit Hilfe eines Split-Hopkinson Bar die dynamischen Materialeigenschaften getestet werden. Zudem ist dieses Projekt über ein Data Exchange Agreement (DEA) über die Studiengruppe Schutz Infrastruktur Militär (SG SIM) mit den USA verknüpft. Da es vorgesehen ist, Versuchsergebnisse auszutauschen, kann über das DEA ein beträchtlicher Mehrwert an Know-how generiert werden.

Ergebnisse

Zirka 140 Sprengversuche gegen verschiedene Ziele (Beton, UHPFRC, und verschiedene Sandwich-Platten aus Beton und UHPFRC) wurden durchgeführt und ausgewertet. Die Sprengladungen waren aufgelegt oder in kleinem Abstand der Zielplatte. Bei allen Versuchen wurden die Kratereigenschaften auf Front- und Rückseite gemessen (Tiefe, Durchmesser, Verjüngung, Volumen). Die Sprengstoffmengen W notwendig um Abplatzen oder Durchschlag einer Platte zu erzeugen wurden für jeden Plattentyp bestimmt. Zum Beispiel, für eine UHPFRC-Platte der Wandstärke t gilt:

$$\text{Grenze für Abplatzen: } t/W^{1/3} = 0.0577 (r/W^{1/3})^{-0.409}$$
$$\text{Grenze für Durchschlag: } t/W^{1/3} = 0.0293 (r/W^{1/3})^{-0.506}$$

Wobei r der Abstand des Massenzentrums der Sprengladung zur Oberfläche der Platte bezeichnet. Bei normalem Beton wurden grössere Abweichungen mit früheren Versuchen aus den 80^{er} Jahren festgestellt, welche noch tiefer untersucht werden müssen.



Die Sprengladung (oben links) und der Krater auf der Frontseite (links) und Rückseite der angesprengten Platte.

Fazit

Die Auswertung der Versuche erlaubte die Bestimmung von einfachen Formeln, um eine Betonwand gegen aufgelegte Sprengladungen zu dimensionieren, so dass kein Abplatzen oder kein Durchschlag stattfinden kann. Weiter wurden einige empirische Regeln formuliert, um bei Retrofit-Arbeiten von kritischen Gebäuden UHPFRC korrekt einzusetzen.

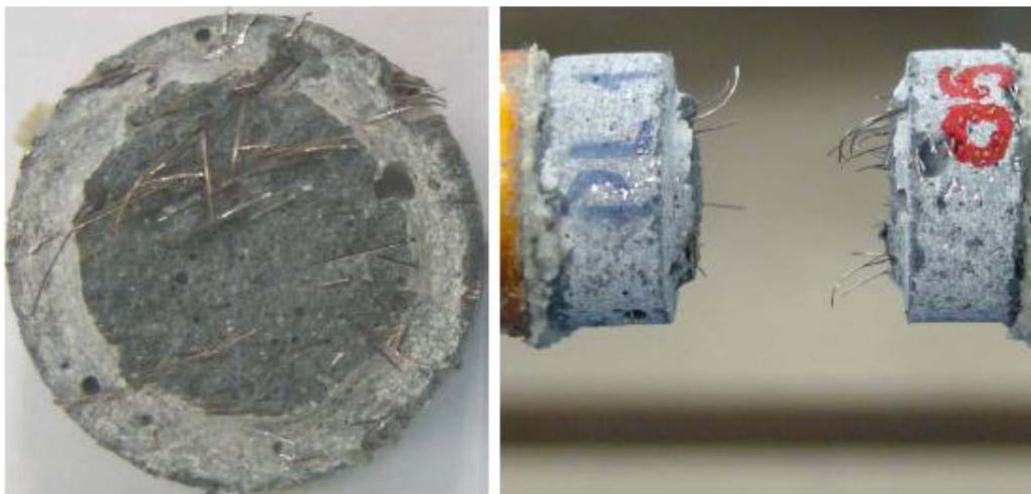
Numerische Simulation des Zugversuchs eines armierten zylindrischen Betonelements

ARAMIS: R-3210/042-33

Es sind Bestrebungen im Gange, zu untersuchen, inwieweit die Festigkeit von Betonelementen mit der Beimischung von Fasern gegen Beschuss und Druckeinwirkungen verstärkt werden können. Mit der neuartigen Simulations-Software ‚sonar‘ sind wir in der Lage, klassische Zugversuche solcher Tests in ihrer ganzen Auflösung auf dem Computer zu modellieren und rechnerisch durchzuführen. Das Ziel ist die theoretische Nachbildung des Bruchverhaltens von Probekörpern und die Abstimmung physikalischer Variablen mit der Realität.

Problem

Faserverstärkte Betonelemente wurden bezüglich ihren physikalischen Eigenschaften bereits in praktischen Zugfestigkeitsprüfungen erprobt (Split-Hopkinson bar Zugversuche). In diesen Versuchen wurden der Betonmasse Stahlfasern in zufälliger Anordnung und Ausrichtung beigemischt. Das Simulationsmodell wird sowohl die Betonstruktur als auch die Stahlfasern als elastische Elemente in ihrer wahren Geometrie und Anordnung enthalten und somit die natürlichen Gegebenheiten bestmöglich abbilden.



Split-Hopkinson bar Zugversuche an faserverstärkten Betonelementen.

Resultate

Das Simulationsprogramm ‚sonar‘ ist ein rein expliziter Code für die Mehrkörperdynamik-Simulation. Die Software ist dazu befähigt eine grosse Anzahl von Partikeln mit beliebiger Berandung zu simulieren. Wie es sich für einen rein expliziten Code gehört, werden die Bewegung der einzelnen Objekte und die Kollision der Objekte untereinander ausschliesslich über Kräfte gesteuert. Dies erlaubt es uns, das Bewegungs- und Bruchverhalten realer Zugversuche realistisch nachzubilden und während den eigentlichen Simulationen auch Messungen physikalischer Einflussgrössen kontinuierlich aufzuzeichnen. Damit soll versucht werden, Parameter und Koeffizienten von Materialmodellen wie dem Johnson-Cook-Modell abzuschätzen.

Fazit

Das Bruchverhalten von Stahlfaserverstärktem Beton wird numerisch nachgebildet. Die Berechnungen berücksichtigen die einzelnen Fasern in der Betonmatrix. Dank Vergleich der Simulationen mit experimentellen Ergebnissen werden die Johnson-Cook-Parameter von faserverstärktem Beton abgeschätzt. Diese Daten sollen helfen, den Einsatz von faserverstärktem Beton (Bsp. für die Härtung von kritischen Gebäuden) zu optimieren.

Simulationen von UHP(FR)C

ARAMIS: R-3210/042-33

Im Rahmen einer Zusammenarbeit DEA (Data Exchange Agreement) A-02-SZ-1658 soll Fachwissen erarbeitet werden, wie mit UHP(FR)C (Ultra High Performance (Fibre Reinforced) Concrete) der Schutz gegen Waffen (Penetratoren und Bomben) von Betonbauten verbessert werden kann. Tests, welche unter der Leitung von Dynamic Phenomena durch die armasuisse durchgeführt wurden, wurden den Resultaten aus FE Modellen verglichen. Zusätzlich wurde die Auswirkung von Modellparametern auf die Simulationsresultate systematisch untersucht.

Zielsetzung

Fünf verschiedene Betonquader wurden mit einer Ladung angesprengt. Für jeden Mauertyp wurde die Sprengstoffmenge bestimmt, welche an der Rückseite erste Abplatzer erzeugt. Ebenso wurde experimentell die Sprengstoffmenge ermittelt, um die Mauer komplett zu durchschlagen. Schliesslich wurden die Krater an der Einschuss- und Ausschusseite festgelegt. Die entsprechenden Resultate wurden mit Simulationen verglichen, wobei für jeden Mauertyp folgende Parameter geändert wurden

- Solver für Mauer (Lagrange vs. SPH)
- Maschengrösse der Vernetzung (5mm – 10mm)
- Kopplung zwischen Eulernetz (Detonation und Blast) mit Mauer
- Festigkeitsverhalten für volumetrisch expandierende Betonvolumenelemente.

Nicht verändert wurden die Eigenschaften im Druckbereich; die Autodynparameter für 140MPa RHT-Concrete wurden verwendet, obwohl die Druckfestigkeit von UHP(FR)C bei 180-210 MPa liegt. Mit einer voll faktoriellen Auswertung der Simulationsresultate sollen die Empfindlichkeiten der Modellparameter bestimmt werden.

Resultate

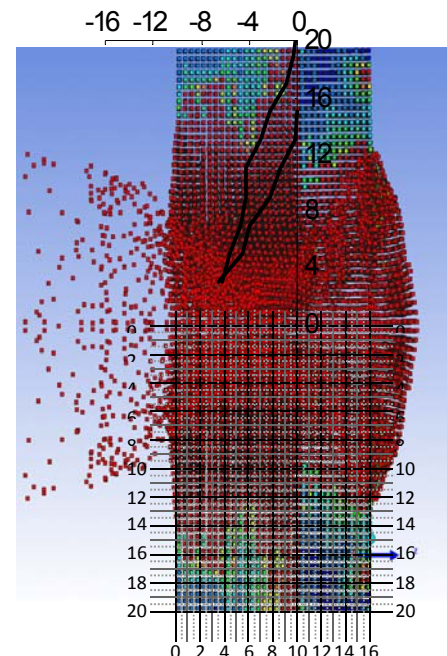
Insgesamt wurden über 180 Modelle aufgesetzt. Generell stimmt der Abplatzer- und Kraterdurchmesser an den Oberflächen sehr gut mit den Feldversuchen überein. Im Innern ist der Kraterquerschnitt bei der Simulation viel zu gross und zu wenig konisch. Die Simulation offenbarte die mechanischen Vorgänge in qualitativer Weise:

- Die UHP(FR)C Platte bietet besten Widerstand, falls Sie sich an der Rückseite, also von der Sprengladung abgewandten Seite, befindet. Die Druckwelle wird an der Grenzschicht Normalbeton zu UHP(FR)C reflektiert. Es findet eine Art Delamination in der Nähe der Grenzschicht statt: Der Normalbeton reisst unmittelbar zwischen der Grenzschicht und hinter der zweiten Armierungsebene. Die Rissebene bilden konzentrische Kreise. Das Versagen UHP(FR)C Platte an der Rückseite erfolgt schichtweise.
- Befindet sich die UHP(FR)C Platte an der Sprengladung zugewandten Vorderseite, so trifft eine entsprechend grosse Druckwelle auf die Normalbetonplatte an der Rückseite. An deren freien Oberfläche entsteht eine Zugwelle, welche einen grossen Abplatzer verursacht. Der Krater an der UHP(FR)C Platte an der Frontseite bleibt aber klein.

Die Variationen der Simulationsparameter sind teilweise zu gross und ausserhalb des für die voll faktoriellen Auswertung linearen Bereiches. Eine kleinere Variation würde aber im allgemeinen Rauschen untergehen.

Fazit

Nur dank der Modellierung wurden gewisse Phänomene in den Feldversuchen entdeckt und richtig interpretiert. Die Modellierung ist aber noch nicht genügend geeicht, um alle Phänomene richtig abzubilden. Die klassische kontinuumsmechanische FE-Modellierung entspricht dem „state of the art“; stösst aber an Ihre Grenzen.



UAV - Unbemannte Einsatzmittel der Zukunft, Luft

Unbemannte Flugsysteme sollen verbreiteten Einsatz für die permanente Informationsgewinnung zugunsten der Armee und des Sicherheitsverbundes Schweiz finden. Moderne Unmanned Aircraft Systems verbinden dafür eine Vielzahl von komplexen Systemelementen zu einem leistungsfähigen Gesamtsystem. Der Luftraum in der Schweiz ist sehr dicht benutzt, weshalb Technologien wie Sense & Avoid für die Luftraumintegration von entscheidender Bedeutung sind. Mit projektorientierten Forschungsarbeiten wird ein kontinuierlicher Fortschritt in den Hauptstossrichtungen Luftraumintegration & Zulassung sowie Systemintegration & C4ISTAR-Anbindung erarbeitet.

Unbemannte luftgestützte Plattformen für den Einsatz von Sensoren und Effektoren gewinnen an Bedeutung. Durch den technologischen Fortschritt ist ein markanter Anstieg der Systemkomplexität festzustellen. Der Einsatz im dicht benutzten Luftraum stellt hohe Anforderungen an das Gesamtsystem, wobei die Leistungsfähigkeit moderner unbemannter Flugsysteme durch das optimale Zusammenspiel einer Vielzahl komplexer Systemelemente entsteht. Ziel der projektorientierten Forschungsarbeiten ist es, dem VBS die erarbeiteten Kompetenzen in Form von Technologiedemonstratoren zur Verfügung zu stellen. Dazu wurde eine demonstratorbasierte Zusammenarbeit mit der armasuisse und weiteren Netzwerkpartnern etabliert, welche wissenschaftliche & operationelle Forschungsmöglichkeiten prioritär im Bereich Sense & Avoid und Zulassungsaspekten ermöglicht.

Kompetenzfelder

Die Aktivitäten des Forschungsprogramms lassen sich in folgende Kompetenzfelder einteilen, welche fortlaufend überprüft und ergänzt werden:



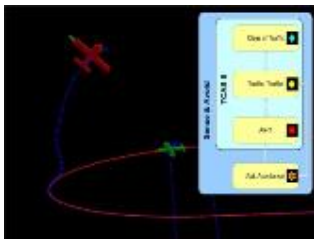
Luftraumintegration und Zulassung

Die UAS Technologie-Integrationsplattform steht im Zentrum der Zusammenarbeit von Betreiber, Zulassungsbehörden und Flugsicherung. An ihr werden Untersuchungen im Thema Airworthiness & Certification durchgeführt. Zur Verbesserung der Integration von Operationen unbemannter Flugsysteme in den zivilen Luftraum werden technische Untersuchungen schwergewichtig zum Thema Sense & Avoid durchgeführt.



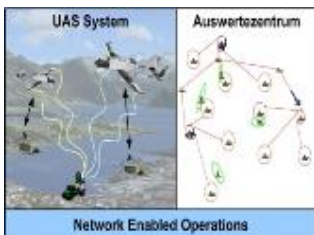
Zuverlässigkeit und Flugsicherheit

An der UAS Technologie-Integrationsplattform werden Kompetenzen für High-Integrity Systeme aufgebaut, um Zulassungsfragen kompetent bearbeiten zu können. Es werden Systemanforderungen erarbeitet, welche ein unbemanntes Flugsystem für die Zertifizierung erfüllen muss.



Systemtechnik zukünftiger UAS

An der Basis stehen die Fähigkeiten zur Systemintegration, auf denen die Leistungsfähigkeit unbemannter Flugsysteme aufbaut. Der rasante Fortschritt von zivilen Technologien führt dazu, dass militärische Systeme vermehrt zivile Komponenten enthalten. Diese Komponenten müssen angepasst an militärische Aufgaben zu einem Gesamtsystem integriert werden.



Leistungsfähigkeit zukünftiger UAS

Zukünftige UAS sollen kostengünstiger, schneller und mit weniger Planungsaufwand flexibel eingesetzt werden können. Entscheidende Punkte dafür sind das Operationskonzept, eine zentrale UAV Steuerung mit nahtloser C4ISTAR-Anbindung zur Verbreitung der Informationen und das Human Interface, welches auf etablierten Standards aufbauen soll. An der UAS Technologie-Integrationsplattform werden neue Konzepte erarbeitet und getestet.

Technologiedemonstratoren



Die Technologiedemonstratoren des Forschungsprogramms ermöglichen es, in allen Hauptstossrichtungen Fortschritt zu erzeugen. Schwergewichtig werden Untersuchungen zum Thema Sense & Avoid durchgeführt.



Um optimale Aufklärungsleistungen erzielen zu können, werden zukünftig unbemannte Flugsysteme mit verschiedenen Kapabilitäten und kombiniert mit weiteren militärischen Systemen vernetzt agieren. Im Projekt „Agile UAV in vernetzter Umgebung“ werden, in Zusammenarbeit mit Deutschland und Finnland, Synergien für den Aufbau von Technologiedemonstratoren zur Untersuchung von Interoperationskonzepten genutzt.

Netzwerke

Zur Sicherstellung der Kompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland eingesetzt.

Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute

- ETH Zürich
- ZHAW Winterthur

Industrie

- Aurora Flight Sciences
- Dassault Aviation (FRA)
- EADS Cassidian (GER)
- Insta (FIN)
- Patria (FIN)
- RUAG Aviation (Leitung UAV Kompetenzzentrum)
- RUAG Defence

Bund

- armasuisse – Beschaffung
- armasuisse – Flugerprobung
- armasuisse – militärische Zulassungsstelle für UAV-Systeme
- armasuisse – Wissenschaft + Technologie
- Armeeplanung
- Luftwaffe – Doktrin

Staatliche Partner

- Finnish Defence Forces (FIN)
- Finnish Military Intelligence Centre (FIN)
- Luftwaffenführungskommando – A 7 d (GER)
- WTD-61, militärische Zulassungsstelle für UAV-Systeme (GER)

Kompetenzzentrum UAS

ARAMIS: R-3210/043-10

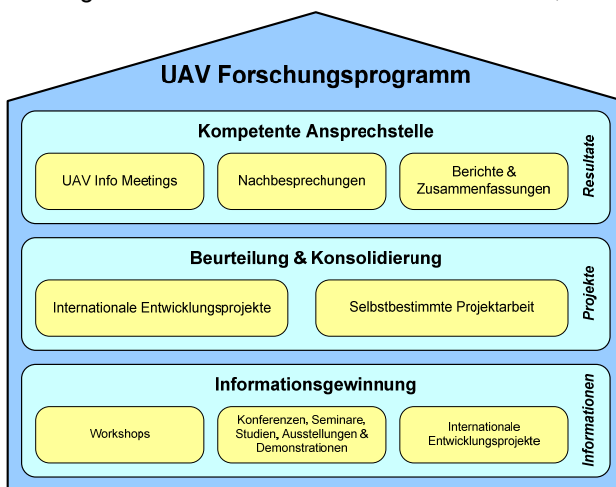
Das UAS Kompetenzzentrum übernimmt die wissenschaftliche und organisatorische Führung des UAV Forschungsprogramms. Dabei stellen die Programmleitung und das Projektengineering sicher, dass die verschiedenen Forschungsaktivitäten zusammenpassen und diese das Kompetenznetzwerk der armasuisse W+T gut ergänzen. In der Forschungstätigkeit werden vorhandene Kompetenzen in der Schweiz und international genutzt. In Zusammenarbeit mit den Hochschulen und der armasuisse sollen ausgewählte Resultate der Spitzenforschung auf der Technologieplattform Drohnen und weiteren Experimentalsystemen erprobt werden. Dank der strategischen Partnerschaft zwischen armasuisse W+T und RUAG Aviation profitieren die Aktivitäten des UAV Forschungsprogramms von den breiten Luftfahrtkompetenzen der Division.

Zielsetzung

Die langfristigen Programmziele unterscheiden sich für kleine und grosse Unmanned Aircraft Systems, da die Ausgangslage in der Schweiz für diese zwei Kategorien verschieden ist. Während es bei den kleinen Systemen darum geht die Operation zu etablieren, sind bei den grossen Systemen bereits jahrelange Einsatzerfahrungen vorhanden. Bei den kleinen Systemen unterstützt das UAV Forschungsprogramm mit Fachexpertise die Abklärungen zu möglichen operationellen Einsatzkonzepten und analysiert die technologischen Möglichkeiten und Grenzen. Bei den grossen Systemen stellen sich prioritär Herausforderungen der Luftraumintegration und Zulassung, welche für kleine Plattformen etwas anders aussehen, jedoch zukünftig auch von Bedeutung sein werden. Mit der Entwicklung eines experimentellen Sense & Avoid-Systems und der Erarbeitung von Zulassungskompetenzen soll ein nachhaltiger Fortschritt erzeugt werden, der auch in den geplanten Beschaffungsvorhaben genutzt werden kann. Ein erster Schritt dazu ist die Realisierung des Sense & Avoid Experimentalsystems auf der Technologieplattform Drohnen der armasuisse.

Vorgehensweise

Es wurde eine auf die Aktivitäten im UAV Forschungsprogramm angepasste Handlungssystematik festgelegt, welche die Handlungsfelder in drei Ebenen aufteilt. Auf der Informationsebene werden die relevanten Kanäle erschlossen. Eigene Studien werden in Gebieten durchgeführt, in welchen noch keine Publikationen existieren oder die vorhandenen Berichte aus Sicht des UAV Forschungsprogramms analysiert werden müssen. Ausstellungen und Demonstrationen werden besucht, um aktuelle Produkte bezüglich des Technologiestands und



deren Einsatzmöglichkeiten einschätzen zu können. Neben der Informationsgewinnung soll eine kompetente Beurteilung und Konsolidierung der gesamten Informationen für die festgelegten Schwerpunkte durchgeführt werden können. Dazu wird Forschungsarbeit auf der Projektebene geleistet. Ziel der Projektarbeit ist es, ein konsistentes Kompetenzpaket zu erarbeiten und die Handlungsfähigkeit in den Hauptstossrichtungen Luftraumintegration & Zulassung sowie Systemintegration und C4ISTAR-Anbindung zu vergrössern. Die Resultate werden mittels der UAS Technologie-Integrationsplattform konsolidiert und nutzbar gemacht. Damit dient sie dem Fortschritt in den Hauptstossrichtungen, da gezielt Resultate aufeinander aufgebaut werden können.

Fazit

Mit der Entwicklung eines experimentellen Sense & Avoid Systems, der Erarbeitung von Zulassungskompetenzen und dem Ausbau der Fähigkeiten zur Integration von Technologien aus der Luftfahrt wird ein Fortschritt für die Operation grosser Systeme erreicht. Die Erarbeitung operationeller Einsatzkonzepte für die Etablierung der Operation kleiner Systeme wird mit der Bereitstellung der erforderlichen Fachexpertise unterstützt.

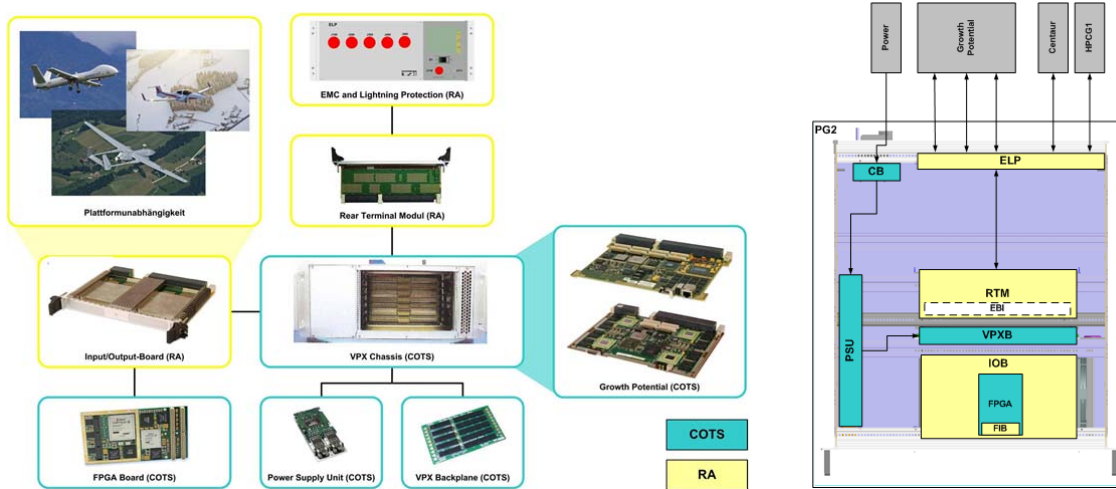
UAS Technologie-Integration

ARAMIS: R-3210/043-11

Das Projekt UAS Technologie-Integration bildet die Basis für die gemeinsame Verwendung von Commercial-of-the-Shelf und Military-of-the-Shelf Komponenten in einem Unmanned Aircraft System. Es werden prioritär Komponenten aus der zivilen und militärischen Luftfahrt effizient zu einem Gesamtsystem integriert, welche für den Fortschritt in den Hauptstossrichtungen Luftraumintegration & Zulassung sowie Systemintegration erforderlich sind. Zusammen mit den Aktivitäten in Sense & Avoid wird damit ein Fortschritt im Bereich der Luftraumintegration erreicht. Der realisierte plattform-unabhängige Backbone für die Technologieplattform Drohnen bildet dabei eine wichtige Grundlage für die Überprüfung verschiedenster systemtheoretischer Forschungsergebnisse.

Zielsetzung

In Zusammenarbeit mit dem Kompetenzbereich Luftfahrtsysteme der armasuisse sollen wissenschaftliche & operationelle Erkenntnisse mit den Experimentalsystemen des UAV Forschungsprogramms in der Einsatzumgebung gesammelt werden. Da sich die Technologiedemonstratoren kontinuierlich weiterentwickeln, muss auch der plattform-unabhängige Backbone, welcher die Verbindung zur Technologieplattform Drohnen sowie den verschiedenen Prozessrechnersystemen und Komponenten herstellt, immer wieder den sich verändernden Anforderungen angepasst werden. Es soll eine effiziente Forschungsinfrastruktur zur Anbindung verschiedenster Komponenten aus der zivilen und militärischen Luftfahrt entstehen, welche den Anforderungen des Rapid-Prototyping entspricht.



Resultate

Der Prozessrechner 2. Generation mit den Schnittstellen zu Centaur, zum Bildverarbeitungsrechner und den ausgewählten Avionikkomponenten wurde fertiggestellt und in Betrieb genommen. Die Systemintegrationstests mit den beiden Prozessrechnern und der Traffic Sense Unit konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Der plattform-unabhängige Backbone wurde das erste Mal in die Technologieplattform Drohnen der armasuisse eingebaut. Es wurden umfangreiche Ground- und Aircraft-Power Tests durchgeführt, um die Funktionstüchtigkeit und Sicherheit des Gesamtsystems zu überprüfen. Im Rahmen der Acceptance Tests der armasuisse wurde das Interface zu Centaur das erste Mal in Betrieb genommen. Die Ansteuerung von Centaur wurde im Flug getestet, wobei diese wie erwartet funktionierte.

Fazit

Der plattform-unabhängige Backbone wurde für die Sense & Avoid Flugkampagne das erste Mal erfolgreich eingesetzt. Das Prozessrechnersystem hat jederzeit zuverlässig und fehlerfrei funktioniert.

Sense & Avoid

ARAMIS: R-3210/043-13

Die Luftwaffe führt bereits zahlreiche Operationen mit dem aktuellen ADS-95 System zugunsten der Armee und der vernetzten Sicherheit Schweiz aus. Die Einsätze für das Grenzwachtkorps und das Polizeikorps sind sehr erfolgreich und zeigen auch den zivilen Nutzen der militärischen Aufklärungsmittel. Damit die Einsatzmöglichkeiten dieser UAV's im Luftraum erweitert werden können, müssen die Fluggeräte über die Fähigkeit verfügen, andere Luftraumteilnehmer zu erkennen und diesen gegebenenfalls vollständig autonom auszuweichen. Unter dem Thema Sense & Avoid wird weltweit nach technischen Lösungen gesucht. Auf der Technologieplattform Drohnen wurde ein Experimentalsystem integriert und erste Begegnungsszenarien aufgenommen.

Zielsetzung

Es soll ein experimentelles Sense & Avoid System auf der Technologieplattform Drohnen der armasuisse realisiert und Untersuchungen funktioneller, zulassungstechnischer und operationeller Art durchgeführt werden. Unbemannte Luftfahrzeuge sollen sich im Luftraum partnerschaftlich eingliedern können. Bestehende oder sich abzeichnende internationale Standards sollen mitberücksichtigt werden. Für die Umsetzung wurde eine Zusammenarbeit der ETH Zürich, der armasuisse und des UAV Forschungsprogramms im Rahmen einer Dissertation aufgebaut.



Resultate

Mit dem Sense & Avoid Experimentalsystem wurden verschiedene Integrationstests durchgeführt. Zunächst wurden die Anbindung der Sensoren und die Kommunikation zwischen den Rechnersystemen im Labor geprüft. Dann wurde in Feldversuchen die Datenqualität von ADS-B und FLARM überprüft, wobei sich herausstellte, dass der ADS-B Empfänger ausgewechselt werden musste. Nach der Plattformintegration wurde das Datenlinksystem angebunden, verschiedene Elemente der Sensoransteuerung automatisiert sowie ein Bedienterminal für den Piloten und eine Bodenkontrollstation integriert. Während der Plattformintegration und der Bodentests ergaben sich keine technischen Probleme, sodass die Flugfreigabe umgehend erteilt werden konnte. Die Flugkampagne konnte erfolgreich durchgeführt werden und eine erste Sichtung der Daten ergab eine gute Datenqualität für die weitere Forschungsarbeit. Für die Vorbereitung einer möglichen Radarintegration wurde das notwendige Grundlagenverständnis erarbeitet und in einem technischen Bericht zusammengefasst.

Fazit

Die gewählte Gesamtsystemarchitektur bietet ein flexibles Framework, um sich an die Herausforderungen der Sense & Avoid Thematik anpassen zu können. Durch das sich im Aufbau befindende Simulationsframework können zudem verschiedenste Szenarien bereits in Simulation getestet werden. Die aufgebaute Forschungsinfrastruktur ist ideal geeignet, um Nutzen und Leistungsgrenzen zusätzlicher Sensoren wie Radar evaluieren zu können und damit einen Risikoabbau in geplanten Beschaffungsvorhaben zu erzielen.

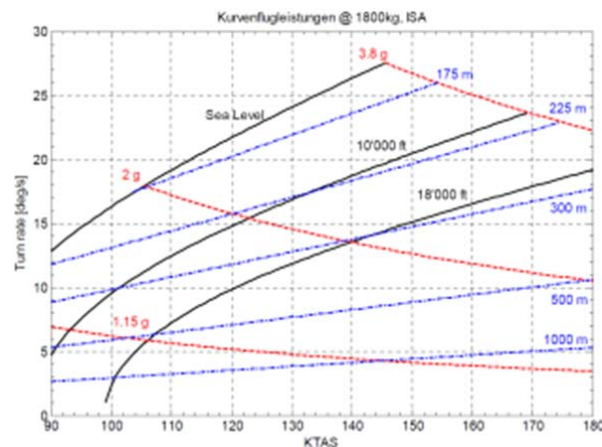
Dynamik der UAV-Technologieplattform

ARAMIS: R-3210/043-30

Die armasuisse hat mit der Technologieplattform Drohnen ein Flugzeug beschafft, welches für die Erprobung verschiedener Experimentalsysteme eingesetzt werden kann. Für verschiedene Forschungsprojekte ist es wertvoll, eine realistische Simulation der Plattformdynamik zur Verfügung zu haben. Für Sense & Avoid wird diese beispielsweise für die Simulation der Ausweichmanöver und die modellbasierte Reglerauslegung benötigt, während für die GPS unabhängige Positionsbestimmung das Modell für die Analyse der Filtermethoden und gegebenenfalls für ein Integrity Monitoring verwendet werden könnte.

Zielsetzung

Es sollen die aerodynamischen und flugmechanischen Parameter der Technologieplattform bestimmt werden, sodass das Modell in der UAS-Simulation implementiert werden kann. Iterativ soll die Genauigkeit gesteigert werden, wozu die Systemdynamik des Modells mit aufgezeichneten Flugmessdaten verglichen werden soll. Bei der Wahl der Methoden soll darauf geachtet werden, dass diese leicht auf die Identifikation anderer Plattformen übertragen werden können. Die Anforderungen sollen mit zunehmendem Projektfortschritt gesteigert werden. Zunächst sollen die Problemstellungen im Projekt „Sense & Avoid“ und später jene im Projekt „GPS unabhängige Positionsbestimmung“ mit dem Modell bearbeitet werden.



Technologieplattform Drohnen und deren Kurvenflugeistung

Resultate

Es wurde eine erste Version von Referenzgrössen, nichtlinearen Systemgleichungen und Parameter für die Technologieplattform Drohnen basierend auf Handbuch-Methoden bestimmt. Ein erstes analytisches Modell war bereits zum Zeitpunkt der ersten Flugversuche vorhanden und wurde für die Vorbereitung der Flugkampagne verwendet. Dazu wurde das aerodynamische und flugmechanische Modell in die UAS-Simulation integriert. Eine Verbesserung der Modellgenauigkeit mit Methoden der Parameter-Identifikation ist für kommendes Jahr vorgesehen.

Fazit

Das dynamische Modell der Technologieplattform Drohnen wird rechtzeitig für die Entwicklung & Anpassung der Algorithmen für die kooperative Avoidance Flugkampagne zur Verfügung stehen. Damit werden die geplanten Szenarien mit den verschiedenen Ausweichmanövern realistisch simuliert werden können.

UAS Systemtechnik

ARAMIS: R-3210/043-01

Die UAS Systemtechnik ist zentral für das Verständnis des Gesamtsystems eines Unmanned Aircraft Systems (UAS) und die Untersuchung der zulassungsrelevanten Systemarchitekturen. Schwergewichtig werden systemtheoretische Analysen für die sicherheitsrelevanten Komponenten anhand der UAS-Simulation durchgeführt. Es werden Redundanzkonzepte analysiert, deren Anwendbarkeit geprüft und mittels moderner Filter- und Regelungstechnologien realisiert. Mit realistischen Fehlermodellen wird das Verhalten des Gesamtsystems bei verschiedenen Ausfällen simuliert. Die dafür verwendete UAS-Simulation beinhaltet die Aerodynamik und Flugmechanik der Plattform sowie das Flugsteuerungssystem.

Zielsetzung

Es sollen die systemtheoretischen Grundlagen für die automatisierte Verwendung der Technologie-Elemente in einem Gesamtsystem entwickelt werden. Der Fokus liegt dabei auf der Thematik Sense & Avoid und der Zuverlässigkeit komplexer Systeme und deren Zulassung. Für den diesbezüglichen Kompetenzaufbau müssen vertiefte Kenntnisse im Bereich der Automatisierungstechnologien, der Redundanzkonzepte und der Multi-Sensor-Fusionierung erarbeitet werden. In der UAS-Simulation werden komplexe Systemarchitekturen implementiert und deren Fehlverhalten analysiert. Die gewählten Systemarchitekturen sollen sich an etablierten Standards der Luftfahrt orientieren und so die Luftraumintegration unterstützen. Potentielle Sensoren sowie Algorithmen für Sense & Avoid werden in der UAS-Simulation implementiert, um geeignete Architekturen ableiten und deren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems untersuchen zu können.



Simulationsresultat mit GPS Position und VOR/DME Lokalisierung verfügbar und Navigationsfilter manuell auf Dead Reckoning gesetzt

Resultate

Für die effiziente Auswertung der Flugversuchsdaten wurde die Verarbeitungskette weiterentwickelt sowie die Darstellungs- und Analysemöglichkeiten erweitert. Um im Bereich der Luftraumintegration nachhaltig Fortschritte erzielen zu können, wurde in Zusammenarbeit mit der armasuisse Flugerprobung eine Regelungsarchitektur entworfen, welche die operationellen Anforderungen für den Betrieb im Schweizer Luftraum erfüllt. Zudem wurden die erste Version einer GPS unabhängigen Positionsbestimmung in das übergeordnete Navigationsfilter aufgenommen und Untersuchungen bezüglich des Ausfallverhaltens durchgeführt.

Fazit

Die erarbeiteten Resultate dienen dem Fortschritt im Bereich der Zuverlässigkeit und Flugsicherheit unbemannter Systeme. Von zentraler Bedeutung sind dabei die Automatisierungstechnologien zur autonomen, redundanten Verwendung der bestehenden Systeme der Luftfahrt.

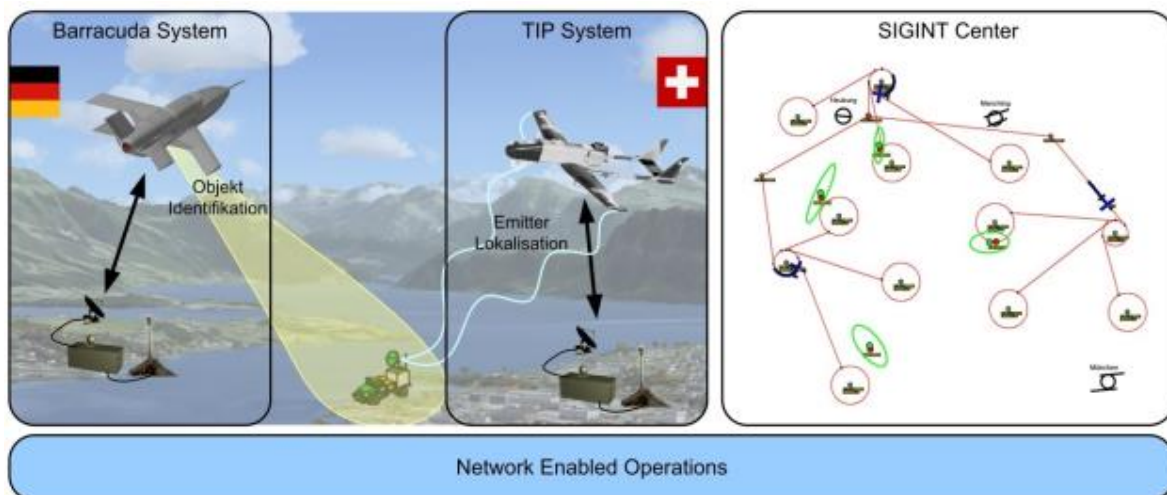
Agile UAV in vernetzter Umgebung

ARAMIS: R-3210/043-12

Um optimale Aufklärungsleistungen erzielen zu können, werden zukünftig Unmanned Aircraft Systems (UAS) mit verschiedenen Fähigkeiten in Kombination mit weiteren Assets vernetzt agieren. Dies erfordert einerseits eine hohe technische Interoperabilität der verschiedenen Systeme und andererseits eine Weiterentwicklung der operationellen Einsatzkonzepte. UAV Technologien sind zwar etabliert und es existieren zahlreiche Systeme, welche bereits erfolgreich eingesetzt werden. Allerdings können diese Systeme erst in eingeschränkter Art und Weise im Luftraum der Schweiz betrieben werden. Der Grund dafür ist, dass der Luftverkehr in der Schweiz dichter und die Zulassungsanforderungen höher sind als in den Krisengebieten, wo die Grosszahl der aktuellen Systeme eingesetzt wird.

Zielsetzung

Im Projekt Agile UAV in vernetzter Umgebung sollen in der Zusammenarbeit mit Deutschland und Finnland Experimentalsysteme gemeinsam zur Untersuchung verschiedener Einsatzszenarien verwendet werden. Unter dem Stichwort Urban Close Air Support wird die Schweiz Szenarien der Governmental Security in Zusammenarbeit mit den militärischen Bedürfnisträgern und den Blaulichtorganisationen näher untersuchen. Dazu wird auf der bestehenden Simulationsumgebung aufgebaut und die Fähigkeiten in Richtung der Technologieplattform Drohnen der armasuisse weiterentwickelt.



Die Interoperationsfähigkeit verschiedener Assets ist von hoher Bedeutung für den Erfolg militärischer Operationen. Die Joint-Simulation ermöglicht die Untersuchung verschiedener Operationskonzepte.

Resultate

Zusammen mit der militärischen Zulassungsstelle für UAV-Systeme in der Schweiz wurde ein Modifikationsablauf für die Integration von Experimentalsystemen in die Technologieplattform Drohnen etabliert. Dazu musste ein vertieftes Verständnis für die Architektur der Plattform erarbeitet werden, um die Abgrenzung von nicht-safety und safety relevanten Themen kompetent durchführen zu können. In Workshops mit militärischen und zivilen Organisationen konnten Erkenntnisse zur Führungsstruktur während operationellen Einsätzen gewonnen werden. Diese bilden die Grundlage für das Verständnis der erforderlichen Informationsflüsse, welche durch die C4ISTAR-Anbindung eines Drohnensystems abgedeckt werden müssen.

Fazit

Mit den Arbeiten im Projekt Agile UAV in vernetzter Umgebung wird ein Fortschritt in den Hauptstossrichtungen Zulassung, Systemintegration & C4ISTAR-Anbindung erzielt. Dank der internationalen Zusammenarbeit können die eigenen Forschungstätigkeiten breiter abgestützt werden und Synergien bei gleichartigen Themen genutzt werden.

Mit UGVs Risiken vermeiden, Leben schützen und retten

Das Forschungsprogramm ‚UGV‘ (Unmanned Ground Vehicles) ist Teil einer angestrebten strategischen Partnerschaft zwischen RUAG Land Systems und armasuisse im Bereich UGV. Ziel ist der Überblick über kundenorientierte, sicherheitsrelevante und ökonomisch interessante UGV-Anwendungen, die UGV-Technologie (Kompetenzfelder), sowie die zu erwartenden zukünftigen Entwicklungen. Der Aufbau und der Erhalt wissenschaftlich-technischer UGV-Kompetenz werden mit Basisstudien, Forschungsprojekten, Technologiedemonstratoren, nationalen und internationalen Kooperationen sichergestellt.

Der Kundenbedarf an UGVs im Bereich öffentliche Sicherheit der Schweiz und der sich daraus ergebende Nutzen für die Bedarfsträger wurden mit einer umfangreichen Potential- und Bedarfsanalyse ermittelt. Insbesondere ergibt sich eine Risikominimierung bei gefährlichen Missionen durch den Einsatz von UGVs, z.B. bei Search- & Rescue, ABC- und Infanterieaufklärung, Eingangskontrollen, Überwachung oder Grenzsicherung. UGVs haben auch einen hohen Nutzen für Führung (z. B. Relais- oder Botendienste), Transport, Bewachung, Betrieb- und Unterhalt, sowie Ausbildung und Schulung.

Kompetenzfelder

Die für UGVs als relevant erachteten Kompetenzen sollen nachhaltig gefördert und sichergestellt werden. Die Kompetenzfelder werden fortlaufend überprüft und ergänzt. Aktivitäten und laufende Projekte des Forschungsprogramms werden Kompetenzfeldern zugeordnet, aber in ihrer Gesamtheit betrachtet und untereinander vernetzt. UGV-Kompetenzen wurden in folgende Kompetenzfelder eingeteilt:



Autonomie, Navigation, Software

Intelligente Software und Sensorik ermöglicht die Navigation auch ohne GPS- und Funk-Verbindung und verleiht unbemannten Systemen grösstmögliche Autonomie.



Systemtechnik

Ziel ist die Entwicklung von Kerntechnologien für modulare rekonfigurierbare Robotersysteme, mit deren Hilfe in unkooperativen und schwer zugänglichen Einsatzgebieten komplexe Aufgaben robust und effizient gelöst werden können.



Lokomotion & Terramechanik

Fahrzeuge können auf eine ganze Reihe unterschiedlicher Fahrbahnbeschaffenheiten und Hindernisse treffen. Es soll untersucht werden, welche Fahrzeuge – je nach Grösse, Gewicht, Fahrwerk - die Fortbewegung in verschiedenem Gelände oder in Gebäuden ermöglichen. Trotz der Modularität der UGV-Systeme wird nicht ein UGV für alle Missionen geeignet sein.



Payload & Payload-Integration

Entsprechend dem Ziel einer UGV-Mission können die UGVs wegen der Modularität des Systems mit verschiedenen payloads (Nutzlasten) ausgerüstet werden. Im Fokus der payload-Entwicklungen und deren Integration in das UGV-System stehen kundenspezifische Anwendungen wie z.B. Aufklärung, Detektion, Manipulation, Probensammlung etc.



Schutz & Robustheit

Das Ziel ist, unsere UGVs so auszurüsten, dass sie unter allen möglichen Umwelt- und Einsatzbedingungen und feindlichen Störungen zuverlässig funktionieren.

Netzwerke

Zur Sicherstellung der Kompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland eingesetzt und gepflegt.

Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute

- ETH, Zürich
- ZHAW, Winterthur
- BFH, Biel
- FHNW, Baden
- FKIE Fraunhofer, D
- BwUni München, D
- FZI, D
- SwRI, USA

Industrie

- RUAG D, Thun und Bern
- Bluebotics, Lausanne
- Minewolf Systems, Pfäffikon
- Forventis GmbH
- Diehl BGT Defence, D
- IABG, D
- iRobot, USA
- MacroUSA, USA
- Black-i Robotics, USA

Bund

- ABC Komp Z, Spiez
- CBRNE Labor, Spiez
- KAMIR, Thun
- SWISSINT, Stans
- A Stab, A Plan
- armasuisse, armasuisse W + T

Staatliche Partner

- WFD, Zürich
- NATO AVT-175
- NATO IST-027
- FP7
- EDA
- Deutsche Bundeswehr / BAAINBw, D
- ERDC, USA

Kompetenzzentrum UGV

ARAMIS: R-3210/050-30

Das Forschungsprogramm UGV ist Teil einer angestrebten strategischen Partnerschaft zwischen RUAG Land Systems und armasuisse im Bereich UGV. Die wichtigsten Ziele sind die Klärung kundenorientierter, sicherheitsrelevanter, ökonomisch interessanter UGV-Anwendungen, Klärung des Stands der Technologien im Bereich UGV und der zu erwartenden zukünftigen Entwicklungen sowie deren Zeithorizont, Initiierung, Planung und Führung von Demonstrator- und Forschungsprojekten im Bereich UGV (resultierend aus der Definition der UGV-Kompetenzfelder), Aufbau und die Pflege eines geeigneten Netzwerks mit potentieller Kundschaft und Kooperationspartnern zur nachhaltigen Sicherstellung der notwendigen wissenschaftlich-technischen Kompetenzen, Kommunikation der Ergebnisse der Forschung im Bereich UGV.

Zielsetzung

Das Ziel ist es ein UGV-Kompetenzzentrum aufzubauen, als Ansprech- und Projektpartner für Kunden aus dem Bereich öffentliche Sicherheit der Schweiz.

Projektbeschreibung

Im bisherigen Verlauf des Projektes haben wir eine Potential- und Bedarfsanalyse 'UGV im Bereich öffentliche Sicherheit der Schweiz' durchgeführt und verschiedenste Stakeholder, Universitäten und Geschäftspartner im In- und Ausland zur Zusammenarbeit gewinnen können. Ein UGV-Forschungsprogramm wurde erstellt und genehmigt, und viele UGV-Projekte wurden bereits begonnen. Ideen und Pläne für viele weitere UGV-Projekte bestehen.

Überwachungs-, Aufklärungs- und Transportaufgaben in gefährlicher Umgebung



Aufklärung



CBRNE



Transport



EOD

Fazit

Das Thema unbemannte Systeme ist hochaktuell. Es stösst im In- und Ausland auf breite Resonanz bei möglichen Kunden im Bereich öffentliche Sicherheit, ist im Forschungsprogramm vieler verschiedener Universitäten und Fachhochschulen und ist ein interessantes Geschäftsfeld für viele verschiedene Industrien, darum hat die Forschung und Entwicklung unbemannter Systeme in den letzten Jahren grosse Fortschritte gemacht, aber auch auf Grund grosser Fortschritte in der Forschung und Entwicklung von den unbemannten Systemen zugrunde liegenden Technologien, in Bereichen wie Robotik, Mikro- und Systemtechnik, Prozessorleistung, Biodynamik und IT-Konzepten wie Bildverarbeitung, autonome Navigation, aktives Lernen, Teamverhalten etc. und es ist heute oder in naher Zukunft möglich, was noch vor wenigen Jahren wie Science Fiction erschien.

Visuelle Navigation in Gebieten ohne GPS-Empfang

ARAMIS: R-3210/050-32

Unbemannte Fahrzeuge können ihre Vorteile insbesondere dann ausspielen, wenn sie autonom navigieren können, oder bei Fernsteuerung zumindest den Fahrer durch intelligente Sensorik und Software unterstützen. Die exakte Lokalisierung des UGVs spielt dabei eine zentrale Rolle. Die Ortung mittels GPS hat sich als zuverlässige Methode erwiesen, versagt jedoch, wenn das Fahrzeug keinen Sichtkontakt zu den Satelliten hat, sei dies in Gebäuden, in engen Häuserschluchten oder in dichtem Wald. Hier muss sich das Fahrzeug anhand von Sensordaten (Kamerabilder, Lasermessungen, etc.) selbst eine Karte aufbauen und sich lokalisieren. Auf Basis dieser Karte kann ein Pfad zu einem vorgegebenen Zielpunkt berechnet werden (Pfadplanung), was die Autonomie des UGVs weiter erhöht.

Zielsetzung

In diesem Forschungsprojekt sollen Algorithmen für die autonome Navigation von unbemannten Fahrzeugen entwickelt und getestet werden. Eine Reihe von Sensoren dient dazu, die Umgebung des Fahrzeugs zu erfassen. Die Aufgabe der Software ist es, dem Fahrzeug mit Hilfe der Sensordaten zu ermöglichen, selbständig zu einer vorgegebenen Zielposition zu fahren, ohne mit Hindernissen zu kollidieren. Dabei soll ein möglichst optimaler Weg gewählt werden, der das UGV rasch und sicher zum Ziel bringt. Die Software soll eine zuverlässige autonome Navigation (z.B. entlang von Wegpunkten) in unterschiedlichen Umgebungen gewährleisten, insbesondere auch in unwegsamem, schwierigem Gelände (off-road). Des Weiteren sollen Algorithmen für teilautonomes Fahren entwickelt werden, die im ferngesteuerten Modus den Fahrer mit Hilfe der Sensordaten unterstützen, um beispielsweise Kollisionen mit Hindernissen zu vermeiden.

Projektbeschreibung

Autonome Navigation von UGVs kann in vier Teilaufgaben unterteilt werden, die von der Navigationssoftware in hoher Frequenz bearbeitet werden. In einem ersten Schritt muss die Umgebung mit Hilfe von Sensoren erfasst werden („Perception“). Danach wird auf Basis der daraus resultierenden Daten eine Karte erstellt, bzw. eine bestehende Karte ergänzt und die Position des Fahrzeugs in dieser Karte bestimmt („Localization & Mapping“). Im nächsten Schritt wird mit Hilfe der Karte ein Pfad berechnet, der das UGV von der aktuellen Position in Richtung des vorgegeben Ziels führt („Path Planning“). Das Fahrzeug wird dann so gesteuert, dass es diesem Pfad folgt („Motion Control“).

Im Fokus dieses Projekts stehen die Lokalisierung und Kartierung ohne GPS-Daten, sowie die Pfadplanung. Zur Erfassung der Umgebung stehen eine Reihe von Sensoren zur Verfügung: ein 3D Laserscanner, zwei 2D Laserscanner, eine Stereo- und eine Mono-Kamera sowie ein Inertialmesssystem. Mit Hilfe der Laser-Daten wird eine dreidimensionale Karte der Umgebung erstellt, die das Gelände abbildet und Hindernisse erkennbar macht. Die Lokalisierung des Fahrzeugs geschieht gleichzeitig zum Aufbau der Karte (SLAM: Simultaneous Localization and Mapping). Weiter kann mit Hilfe der Kameradaten die Beschaffenheit des Untergrundes charakterisiert werden. Diese, sowie die Anordnung von Hindernissen und die Form des Geländes fließen in die Pfadplanung ein, um den optimalen Weg und die daraus resultierenden Steuerungsbefehle für das UGV zu finden.

Software-Architektur:

Die Navigationssoftware wird mit dem Meta-Betriebssystem ROS (Robot Operating System) auf Ubuntu Linux realisiert. ROS ist Open Source Software und stellt Funktionen wie Gerätetreiber und Nachrichtenaustausch zwischen Prozessen zur Verfügung. Der standardisierte Nachrichtenaustausch in ROS führt zu einem modularen Aufbau des Softwaresystems, bei dem einzelne Komponenten ohne sonstige Anpassungen durch andere Algorithmen mit derselben Funktion ausgetauscht werden können.

Fazit

Autonome Navigation von UGVs ist äusserst hilfreich und eröffnet viele Möglichkeiten. Um die Zuverlässigkeit sicherzustellen, kann das Fahrzeug auch ohne GPS-Signal lokalisiert werden. Es werden verschiedene Algorithmen erforscht, die je nach dem auf Grundlage verschiedener Sensordaten (LIDAR, Stereo-Kamera, etc.) funktionieren.



Das UGV ARTOR dient als Testplattform für die entwickelten Algorithmen

Autonome Exploration

ARAMIS: R-3210/050-32

Missionen in unbekannten Umgebungen erfordern eine möglichst schnelle Erkundung relevanter Geländeabschnitte. Die Aufklärung kann dabei sowohl im Vorfeld als auch während der eigentlichen Mission erfolgen. Für die bestmögliche Erkundung müssen gezielt Positionen angefahren werden, die einen möglichst guten Überblick über die Lage bieten. Die autonome Exploration übernimmt die Auswahl dieser Zielpunkte und passt sie permanent an das bereits gesammelte Weltwissen an. So werden beispielsweise Punkte verworfen, die aufgrund von entdeckten Hindernissen nicht erreicht werden können. Das Weltwissen wird dabei dem Operateur in Form einer 2D Karte ständig zur Verfügung gestellt. Es kann jederzeit in den Explorationsprozess eingegriffen werden und dieser unterbrochen werden. Die 2D Karte wird auch bei manueller Fahrt weiterhin aktualisiert. Auf dem Roboter selber wird die Karte aus 3D Informationen gewonnen und durch eine Befahrbarkeitsanalyse in eine 2D Repräsentation umgewandelt.

Problem

Nicht vor jeder Robotermission kann eine Aufklärung erfolgen. Zwar sind Karten des Einsatzgebiets oft vorhanden, diese können von Robotersystemen aber in der Regel nicht ohne weiteres verarbeitet werden. Auch sind die Informationen, ob eine Fläche befahrbar ist oder nicht, nicht einfach aus üblichen Karten zu extrahieren. Es ist daher sinnvoll, ein UGV für die Kartierung zu nutzen. Das Ergebnis der Exploration ist eine 2D Karte, in der Flächen als befahrbar und nicht befahrbar markiert wurden. Wenn möglich sollen 3D Informationen zur Erstellung dieser Karte genutzt werden, damit auch negative Hindernisse eingetragen werden können. Für die autonome Exploration selber müssen beständig Wegpunkte generiert werden, die auf der einen Seite einen möglichst hohen Erkenntnisgewinn bieten, auf der anderen Seite aber auch möglichst schnell zu erreichen sind. Falls Wegpunkte sich, aufgrund neuer Informationen, als nicht erreichbar entpuppen, muss ein neuer Wegpunkt als Alternative gefunden werden.

Projektbeschreibung

Im Projekt wurde ein Softwaresystem zur autonomen Exploration innerhalb von Gebäuden entwickelt. Es wird dabei automatisch eine 2D Karte aus den Informationen von 2D Lasern generiert. In die Karte werden zusätzlich negative Hindernisse eingetragen, die mit einem weiteren, schräg nach unten guckenden, 2D Laser entdeckt werden. Um die Reichweite innerhalb von Gebäuden zu erhöhen wurde zum einen ein automatisches Abwurfsystem für WLAN-Accesspoints entwickelt. Zum anderen wurde eine zentrale Steuerungskomponente auf dem Roboter eingesetzt, welche die autonome Exploration bei einem Funkabbruch unterbricht und in die Reichweite der Basisstation zurückkehrt. Sobald der Funkkontakt wiederhergestellt ist, können die neuesten Ergebnisse übermittelt werden und der Operateur kann entscheiden, ob eine weitere Erkundung durchgeführt werden soll, oder das Fahrzeug zum Ausgangspunkt zurückkehren soll. Für eine schnelle Realisierung des Gesamtsystems wurde für die Kartierung auf eine in ROS vorhandene Lösung eingebunden.

Ausserdem wurde eine weitere Software entwickelt, die sich nicht auf die vollständige Exploration einer Umgebung konzentriert, sondern darauf Ziele in einem vorab vollständig unbekannten Gelände anzufahren. Dafür wird ständig im aktuellen Sensorbild eines Velodyne HDL-64E 3D Lasers eine Strassenerkennung durchgeführt. Das System folgt dann der Strasse, die am ehesten in Richtung Ziel führt. Während der Fahrt wird von dem System zusätzlich eine Karte des befahrenen Bereichs erstellt. So kann verhindert werden, dass sich das System in Sackgassen verfängt oder bei nicht eindeutiger Strassenrichtung ständig um entscheidet. Das Softwaresystem war, zusammen mit der Plattform Garm, in der Lage über weite Strecken hinweg Zielpunkte ohne Kartenmaterial sehr schnell zu erreichen.



Fazit

In dem Projekt wurden verschiedene Ansätze für die autonome Exploration entwickelt und evaluiert. Die Anforderungen an die Erkundung von Gebäuden oder freien Flächen unterscheiden sich deutlich. In beiden Fällen bieten die generierten Karten für den Operateur ein sehr wertvolles Hilfsmittel.

2D-Navigation mit preisgünstigen Sensoren

ARAMIS: R-3210/050-32

Für autonome Navigation bedarf es kontinuierlicher Beobachtung der Umwelt mittels Sensoren. Bei grossen Fahrzeugen werden hohe Anforderungen an die Sicherheit gestellt und die verwendeten Sensoren sind entsprechend teuer. In diesem Projekt wird, mit einem kleinen Roboter als Versuchsplattform, ermittelt, inwieweit autonome Navigation auch unter Verwendung preisgünstiger Sensoren möglich ist.

Problem

Autonome Navigation mit dem Ziel Kollisionsvermeidung und Zielerreichung in möglichst kurzer Zeit zu erreichen, wird durch das Zusammenspiel der drei Komponente: Wegplanung, Hindernisvermeidung und Steuerung angestrebt. Die Wegplanung erfolgt auf der Basis von a-priori bekannten Karten und liefert der Steuerung eine Wegvorgabe, die situativ angepasst interpretiert wird. Die Hindernisvermeidung analysiert kontinuierlich die Sensordaten und den Weg des Fahrzeugs, um, falls notwendig, die Wegvorgabe zu modifizieren oder eine Neuplanung des Weges zu veranlassen. Die Genauigkeit der Navigation hängt stark von der Genauigkeit der zugrunde liegenden Karten und Lage der Hindernisse ab.

Projektbeschreibung

In einem ersten Schritt dieses Projekts wird die autonome Navigation unter Verwendung eines preisgünstigen Sensors auf der Plattform iRobot 'Create' getestet. Dazu wird der Roboter mit einem Kinect-Sensor ausgerüstet, welcher die Umweltinformationen für die Hindernisvermeidung liefert. Der Create ist ein Roboter mit differential-drive Kinematik. Mit dem Kinect-Sensor ist nun ein Gerät verfügbar, das Farb- und 3D-Information mit hoher Update-Rate liefert. Der mit einer solchen Kamera ausgerüstete Roboter Create ist rechts im Bild zu sehen. Die Algorithmen zur Wegplanung, Hindernisvermeidung und Steuerung basieren auf dem Robotic Operating System (www.ros.org) welches den Roboter kontrolliert.

Die Wegplanung basiert auf einer Grid-Karte, welche die Umgebung in kleine Zellen einteilt. Diese Zellen sind entweder Hindernisse, oder passierbar. Der kürzeste und damit normalerweise auch schnellste Weg vom aktuellen Standort zum gewünschten Ziel wird mittels entsprechender Algorithmen geplant. Während der Fahrt wird die Umwelt permanent durch die 3D-Kamera überwacht. Die Erkennung von Hindernissen wird durch die Tatsache vereinfacht, dass der Roboter Create nur auf ebenen Flächen fahren kann. Alle Objekte, die oberhalb der aktuellen Fahrebene liegen werden als Hindernis markiert, es sei denn, der Roboter kann unter ihnen hindurchfahren.

Wegplanung, Hindernisvermeidung und Steuerung werden mittels eines Dynamic-Window Ansatzes zusammengeführt. Hierbei werden im Geschwindigkeitsraum, der durch translatorische und rotatorische Geschwindigkeit aufgespannt wird, alle Kombinationen verboten, die zu Kollisionen mit den gemessenen Hindernissen führen. Hierbei wird auch die Form des Roboters berücksichtigt. Aus der Vielzahl der verbleibenden Geschwindigkeitskombination wird diejenige ausgewählt, welche eine Kostenfunktion aus Treue zum geplanten Weg, Geschwindigkeit, Kollisionsrisiko minimiert, so dass auch kleine Öffnungen souverän durchfahren werden.



Fazit

Der kostengünstige Kinect-Sensor, unter Verwendung geeigneter Algorithmen, genügt, um die autonome Navigation eines Roboters auf einer ebenen Fläche zu ermöglichen; der Roboter fährt schnell und zuverlässig Zielpunkte an und durchfährt dabei auch kleine Lücken souverän.

3D-Navigation und 3D-Karte mit Time-Of-Flight-Kamera

ARAMIS: R-3210/050-32

Unmanned Ground Vehicles (UGV) müssen Aufgaben, die üblicherweise vom Menschen übernommen werden, durch technische Lösungen ersetzen. Im Rahmen der autonomen Navigation müssen so Alternativen gefunden werden, die einen Weg vom Startpunkt zum gewünschten Ziel planen und über die Fähigkeiten der heute üblichen Navigationsassistenten hinaus das Fahrzeug entlang dieses Weges auch steuern. Für die Steuerung kann dabei nicht nur der geplante Weg massgeblich sein, sondern vor allem die Sicherheit der Umwelt und des Fahrzeugs. Unfälle und Kollisionen sind auf jeden Fall zu vermeiden. Um dies zu gewährleisten bedarf es kontinuierlicher Beobachtung der Umwelt mittels Sensoren und einer Hindernisvermeidung, die auf die aktuelle Situation reagieren kann. Planung, Hindernisvermeidung und Steuerung müssen dabei so zusammenarbeiten, dass die Ziele der Kollisionsvermeidung und Zielerreichung gemeinsam erreicht werden.

Problem

Roboter, die über herkömmliche Räder verfügen, sind in unwegsamem Gelände schnell nicht mehr einsatzfähig. Der geländegängige mobile Roboter PackBot der Firma iRobot verfügt einerseits über einen Raupenantrieb sowie verstellbare ‚Flipper‘, die es ihm erlauben, seine Konfiguration zu verändern. Dies ermöglicht es dem Roboter, schwierig passierbares Gelände zu befahren. Um seine Umgebung wahrzunehmen wird der Roboter mit einer 3D-Kamera der Firma ‚Mesa Imaging‘ ausgestattet. Der Roboter soll in seiner Umgebung Wegplanung und Kollisionsvermeidung durchführen, sowie seine Konfiguration der Situation anpassen, um eventuelle Hindernisse zu überwinden. Zudem soll der Roboter vordefinierte Wegpunkte autonom abfahren können.

Mit der 3D Kamera sollen ausserdem Informationen über die unmittelbare Umgebung des Roboters gesammelt werden, welche es beispielsweise erlauben, eine dreidimensionale Karte zu generieren. Der Roboter ist für eine Bedienung durch einen Menschen gedacht. Aus diesem Grund soll der Roboter mit dem ROS (Robot Operating System) verknüpft werden, um auf eine Vielzahl von Algorithmen zugreifen zu können.

Projektbeschreibung

Die Kamera wird am 6DOF Arm des PackBots (Bild rechts oben) montiert, was eine flexible Handhabung der Kameraposition ermöglicht. Die Kamera hat eine sehr hohe Framerate, was eine schnelle Reaktion auf Änderungen erlaubt. Des Weiteren wird auf dem Roboter ein weiterer Computer angebracht, auf dem die gesamte externe Steuerung mittels ROS erfolgt. Um ROS dem Roboter zugänglich zu machen, muss zuerst eine Schnittstelle entwickelt werden.

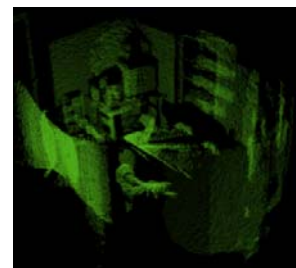
Die Wegplanung erfolgt mittels einem auf Höhenkarten angepassten A*-Algorithmus, der neben der reinen Distanz auch die Höhenunterschiede des Geländes in die Planung einbezieht. Es wird zusätzlich ein Laser Distanzsensor eingesetzt, um die Wegplanungs- und Navigationsalgorithmen von ROS zu nutzen.

Mit der 3D-Kamera kann der Roboter nun die Umgebung analysieren und einzelne Bilder zu einer Szene zusammensetzen (Bild rechts unten). Auch wird die Kamera eingesetzt, um Hindernisse mittels der Flipper zu überwinden. Eine Kombination aus 2D Laser und 3D Kamera erlaubt es so, differenzierter auf Situationen einzugehen als nur mittels 2D Sensoren. Auch ein Erstellen einer 3D-Karte ist möglich.

Mittels eines Dynamic-Window Ansatzes werden Wegplanung, Hindernisvermeidung und Steuerung zusammengeführt. Dies erlaubt es dem Roboter, dynamische Hindernissen auszuweichen sowie präzise Navigationsmanöver durchzuführen.

Fazit

Eine Time-of-Flight-Kamera, unter Verwendung geeigneter Algorithmen, genügt, um die autonome Navigation in 3D eines Roboters zu ermöglichen. Da die Kamera auf einem in alle Richtungen schwenkbaren Manipulator befestigt ist kann auch eine voll-dreidimensionale Karte mit allen Hindernissen der Umgebung erstellt werden, so dass der Roboter diese unter Umständen - unter Einsatz der Flipper – auch übersteigen kann.



Environment Classification

ARAMIS: R-3210/050-40

For military operations beyond urban and convoy scenarios, an Unmanned Ground Vehicle (UGV) will typically be deployed in an off-road environment. Navigation in mixed vegetation over complex terrain has proven difficult without extensive fusion of multiple expensive sensor modalities. Most current systems utilize LIDAR sensors to enable path planning; however, this modality remains expensive and while providing accurate range information has difficulty distinguishing between traversable and non-traversable natural objects. SwRI has developed near-real-time material classification algorithms that use only low-cost cameras. These algorithms yield natural material classification (wood, dirt, grass, foliage, rock, etc.) with a high detection rate that has been used on several full-size UGVs to enable navigation.

Problem

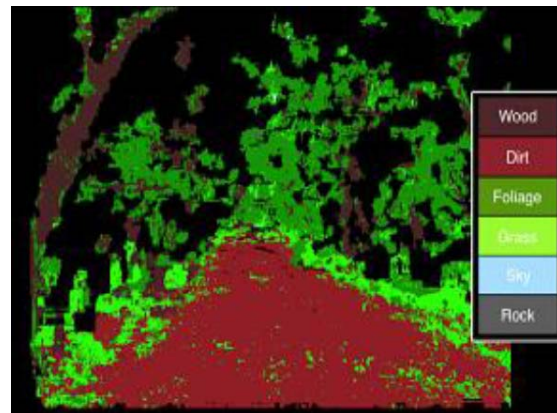
In this research project the utility and performance of the SwRI Material Classification and Localization System will be explored in different environments, including the Swiss Army proving grounds in Thun, Switzerland on two vehicle size classes (the 8.8 t artillery reconnaissance vehicle of the Swiss army and the 300 kg ARTOR (Autonomous Rough Terrain Outdoor Robot)) so that armasuisse can assess the utility of integrating E/O-based environment classification into their robot perception capability. Additionally, data collected from the SwRI system will be compared with RUAG Virtual Environment data of the Swiss Army proving grounds to support validation efforts of the simulation environment model. It is expected that this data will be collected in the winter months to assess the performance of the SwRI system on partially snow-covered terrain.

Expected Results

It is expected that this project will provide armasuisse S+T with valuable insight into the benefits of using E/O-based (camera) perception systems for determining traversability in complex terrain. The portability of this sensing technology to medium-size robot assets, like the ARTOR, will be investigated.



Swiss Army Proving Grounds, Thun, Switzerland



SwRI's Material Classification System

Conclusions

As armasuisse S+T conducts state-of-the-art R&D in autonomous systems, it is important to understand available low-cost options for UGV/robot perception that can extend the capability and range of the autonomous system. The data that will be collected on the Swiss Army proving grounds is expected to be useful to armasuisse S+T in validation efforts of the simulation testbed developed within another UGV research project where a virtual model of the Swiss Army Proving grounds is available.

Testbed für UGV-Software und Hardware

ARAMIS: R-3210/050-34

Es wird beabsichtigt, Hardware und Software für (teil-) autonome unbemannte Landsysteme zu entwickeln und die Fähigkeiten und Möglichkeiten von UGV an Demonstratoren aufzuzeigen. Um das Entwicklungsrisiko zu reduzieren, soll dabei möglichst auf vorhandene und bewährte Plattformen, Komponenten und Sensoren sowie Software und Algorithmen zurückgegriffen werden, die schon entwickelt worden sind, bzw. auf COTS Hardware und open-source Software insbesondere ROS (Robot Operating System).

Zielsetzung

Das Durchführen von Robotiktests unter Verwendung von realen Systemen ist sehr zeit- und kostenintensiv. Es wird angestrebt, ein digitales Geländemodell (bspw. das Versuchsgelände in Lichtenau) für Simulationstests im o.g. Kontext zu verwenden. Hierzu soll auf die erforderliche Expertise und Algorithmen zum Einbinden von Radfahrzeug-Simulationsmodellen in den Simulationsverbund zurückgegriffen werden. Die hier beschriebene Simulationsumgebung soll für Tests und Bewertungen von autonomen UGVs unter reproduzierbaren Randbedingungen herangezogen werden. Weiterhin sollen u.a. die notwendigen Voraussetzungen für Tests in einer Simulations-Erprobungslandschaft (Testbed) geschaffen werden.

Projektbeschreibung

Konfiguration, Anbindung und Steuerung von Simulationsmodellen (Exemplarisch: Vorhandenes 4x4 Radfahrzeug): Ein vorhandenes Simulationsmodell für ein 4x4 Radfahrzeug soll in Anlehnung an eine verfügbare mobile Robotik-Plattform in ein digitales Geländemodell (bspw. Lichtenau) eingebunden sowie die Machbarkeit von Fahrmanövern aufgezeigt werden.

Weiterhin soll ein Fahrzeug-Simulationsmodell in die Umgebung integriert werden, das Signale – kompatibel zum Robot Operating System (ROS) – interpretiert. Hierzu sollen zunächst grundlegende Funktionalitäten der Fahrzeugplattform (Geradeaus- und Kurvenfahrt) abgebildet werden. Damit wird die grundsätzliche Steuerbarkeit der Plattform im virtuellen Gelände über ROS realisiert. Das Testbed soll die Möglichkeit bieten, reproduzierbare Test-Cases durchzuführen und Algorithmen zur Lösung einer Aufgabenstellung unter identischen Randbedingungen vergleichend zu untersuchen. Verwendete Technologien:

- Robot Operating System (ROS)
- Digitalisiertes Gelände
- Autonomes Fahren



Fahrzeugmodell Fennek innerhalb des digitalen Geländes der IABG in Lichtenau. Die Fahrzeugdynamik ist mit Matlab/Simulink modelliert. Steuerung erfolgt entweder mit Joystick oder Autonomialgorithmen.

Fazit

Für die Tests von Algorithmen zur Abbildung von Sensorprofilen auf Robotikplattformen sind der Aufbau und die Anwendung eines Simulationstestbeds hilfreich und unabdingbar. Die virtuellen Umgebungen entsprechen dem realen Testgelände, so dass die Gültigkeit und die Genauigkeit der Simulator-Resultate durch reale Testfahrten überprüft werden kann.

Digitale 3D-Umgebungen

ARAMIS: R-3210/050-34

Für den bestehenden UGV Simulator wurde ein digitales 3D-Modell vom Pneufahrzeuggelände des Waffenplatzes in Thun erstellt. Durch das weitere digitale 3D-Modell hat man die Möglichkeit, die Robotik Algorithmen eines UGV mit Hilfe des Simulators zu entwickeln und anschliessend im realen Gelände zu testen. Ein weiterer Vorteil des 3D-Modells vom Waffenplatz ist die Nähe zu den Forschungsstandorten. Dadurch können die Tests zeitnah im realen Gelände durchgeführt werden.

Zielsetzung

Mit einem weiteren geospezifischen 3D-Modell für den UGV Simulator sollen weitere Möglichkeiten geschaffen werden, effiziente Tests im Simulator wie auch im realen Gelände durchzuführen. Das 3D-Modell vom Waffenplatz Thun soll erweiterbar sein und im bestehenden Simulator geladen werden können. Damit das Fahren auf unterschiedlichen Untergründen entwickelt werden kann, sollen verschiedene Landtypen, wie z.B. Gras, Asphalt, etc. im 3D-Modell enthalten sein.

Projektbeschreibung

Das digitale 3D-Modell umfasst im Wesentlichen das Pneufahrzeuggelände vom Waffenplatz Thun. Als Grundlagedaten wurden Orthophotos und Höhenmodelle von der schweizerischen Landestopografie verwendet. Die Orthophotos haben eine Auflösung von 25 cm pro Pixel. Die Höhendaten weisen eine Höhengenaugkeit von 50 cm auf. Für die Platzierung der Gebäude wurden als weiterer Datensatz die Vektordaten der amtlichen Vermessung verwendet. Damit konnten auch die Strassen noch genauer modelliert und die Gebäude platziert werden. Weiter beinhaltet jedes Gebäude eine Color-, Normal-, Specular- und Light-Map. Damit wirkt das 3D-Modell bei der Visualisierung realistischer und die detaillierten Gebäudeeigenschaften können später auch für die Simulation der Sensoren hilfreich sein.

Spezifikation

Gebiet:	Pneufahrzeuggelände Waffenplatz Thun, Schweiz
Grösse:	3x3 km / 0.5x0.5 km (hoher Detailgrad)
Geländetypen:	Asphalt, Acker / Wiese, Gebäude, Schotter
Anzahl Gebäude:	10 Gebäude
Gebäudeeigenschaften:	Color map, Normal map, Specular map, Light map
Verwendete Technologien:	Presagis TerraVista, OpenFlight, OpenSceneGraph



Digitales 3D-Modell PneuFahrzeuggelände Waffenplatz Thun

Fazit

Diese virtuelle Umgebung ist zur Verwendung in Software-/Hardware-Testbeds oder für Trainingssimulationen geeignet. Die Gültigkeit und die Genauigkeit von simulierten Fahrten kann durch reelle Testfahrten überprüft werden.

Agile UGVs in vernetzter Umgebung

ARAMIS: R-3210/050-35

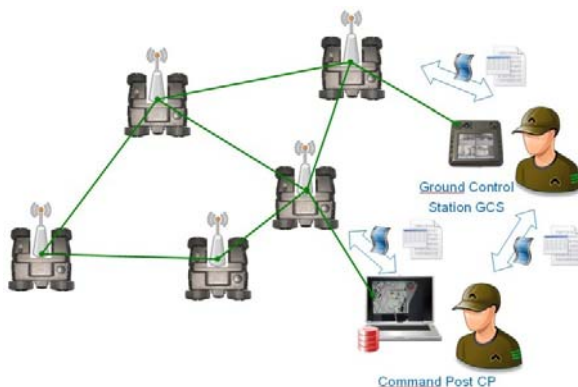
Durch ständige Weiterentwicklung in den Bereichen Robotik, Sensorik sowie Informationsübertragung und -verarbeitung werden unbemannte Fahrzeuge immer mehr zu wichtigen Bausteinen im Bereich Informationsüberlegenheit. Durch die Vernetzung von UGVs untereinander und Ihrer Anbindung an militärische Systeme kann eine Überwachung grosser Flächen und die automatische Verbreitung relevanter Informationen bewerkstelligt werden. Die unbemannten Fahrzeuge sollen dabei möglichst autonom agieren sowie ihre Informationen geschützt vor feindlichen Kräften übertragen. Mit der breiten Palette verschiedenster Ausstattungen und Grössen der auf dem Markt erhältlichen UGVs variieren auch ihre Einsatzmöglichkeiten sowie Erweiterbarkeit durch zum Bei-spiel nachträglich integrierte Sensoren, Kleinstcomputer und Software. Im Projekt „Agile UGV in vernetzter Umgebung“ werden Technologie-demonstratoren aus verschiedenen anderen UGV-Projekten zur Untersuchung von Interoperations-konzepten genutzt.

Zielsetzung

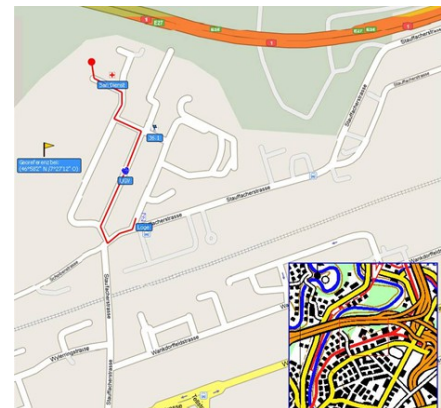
In diesem Forschungsprojekt soll einerseits untersucht werden, wie die Sensorik geeignet auf eine Plattform integriert werden kann und andererseits soll die Problematik der Vernetzung, insbesondere auch Daten- und Funkstandards, schrittweise erarbeitet werden. Insbesondere bei kleineren Mikro- oder Nano UGV's gilt es, Nutzen von zusätzlichen Sensoren und Funkübertragungssystemen gegenüber ihrem Platzbedarf und Stromverbrauch zu evaluieren.

Projektbeschreibung

UGVs werden untereinander, mit mobilen Einsatzsystemen und mit Führungs- und Informationssystemen vernetzt. Position, Daten über den Zustand, die Mission sowie Sensordaten des UGVs sollen für alle Mitglieder des Verbunds verfügbar sein. Durch Verschlüsselung ist der Schutz der Informationen vor fremden Kräften gewährleistet.



Aufgespanntes Ad-hoc Netzwerk durch welches UGVs mit geringer Sende- und Empfangsleistung trotzdem noch durch die Kontrollstation erreichbar sind.



UGV-Missionsplanung in einem Einsatzführungssystem.

In einem weiteren Schritt sollen auch alle Mitglieder des Verbunds die Steuerung und Missionsplanung eines UGVs übernehmen können. Als Fernziel wird die vollständige Autonomie eines UGV Verbundes - vom Erreichen und Abfahren von Waypoints bis zum selbstständigen Aufspannen von Ad-hoc Netzwerken - angestrebt.

Fazit

Für die optimale Leistung eines UGVs, insbesondere bei dringlichen Aufklärungs- und Überwachungsaktionen, ist eine vernetzte Umgebung unerlässlich. Die Robustheit und Effizienz der dafür verwendeten Systeme sind dabei kritische Aspekte.

Führung von Mehrrobotersystemen durch BML

ARAMIS: R-3210/050-34

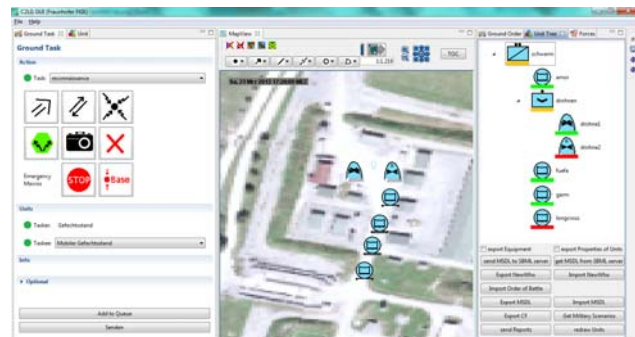
Für heterogene Mehrrobotersysteme bestehend aus Luft- und Bodensystemen gibt es im militärischen Kontext vielseitige Einsatzmöglichkeiten, die von Aufklärungs- und Überwachungsaufgaben bis zu unbemanntem Transport reichen. Für die Durchführung ihrer komplexen Aufgaben sind die Einzelsysteme mit Sensoren und Aktuatoren ausgestattet, wie z.B. Kameras, Laserentfernungsmesser oder Manipulationsarmen, die grosse Datenmengen erzeugen. Um eine militärisch flexible und effiziente Führung eines Mehrrobotersystems zu ermöglichen, müssen die Systeme auf eine geeignete Weise an die bestehenden Führungsinfrastrukturen angebunden werden. Die Verwendung von standardisierten Austauschprotokollen stellt einen Weg dar, Roboter auf einem einfachen Weg, sowohl miteinander, als auch mit einem Führungssystem zu verbinden. Die BML-GUI setzt dazu auf der standardisierten Battle Management Language (BML) auf, die speziell für die Führung militärischer Einheiten entwickelt wurde. Die formale Sprache erlaubt eine automatisierte Interpretation und autonome Ausführung von high-level Befehlen durch das Mehrrobotersystem, die dessen Führung durch nur einen Operateur ermöglicht. Die Verwendung des Standards ROS vereinfacht zusätzlich den Zusammenschluss verschiedener Robotersysteme zu einem Mehrrobotersystem.

Problem

Die BML-GUI macht die Führung eines Mehrrobotersystems durch einen einzigen Operateur möglich. Die BML muss allerdings in das Protokoll der von Robotern verwendeten Middleware übersetzt werden. Da BML eine textbasierte Sprache für den Austausch von Befehlen, Meldungen und Anforderungen ist und manche Sensordaten, z.B. Bilder, im Binärformat vorliegen, muss eine geeignete Methode gefunden werden, diese zu übersetzen. Zusätzlich müssen bei der Interpretation der BML-Befehle die Fähigkeiten einzelner Roboter in Betracht gezogen werden. So kann eine Drohe bei der Aufklärung anders vorgehen als ein Bodengebundener Roboter. Die Roboter müssen mit Assistenz- und Autonomiefunktionen speziell für die Ausführung der BML-Befehle ausgestattet werden.

Projektbeschreibung

Das Projekt befasst sich zentral mit der Frage, wie Roboter unterschiedlicher Art durch einen einzigen Operateur als Mehrrobotersystem befehligt werden können und wie die Daten, die durch das Mehrrobotersystem gewonnen werden, sowohl dem Operateur als auch Führungsinformationssystemen in adäquater Form zur Verfügung gestellt werden können. Die Kommunikation zwischen Führungssystem und Robotersystem soll dabei auf der Battle Management Language (BML) beruhen. Die eingesetzten Robotersysteme sollen auf Robot Operating System (ROS) von Willow Garage aufsetzen oder zumindest Schnittstellen für ROS zur Verfügung stellen. Die BML ist eine kontrollierte, formale Sprache zum Austausch von Befehlen, Meldungen und Anforderungen. Die Sprache ist so ausgelegt, dass sprachliche Mehrdeutigkeiten vermieden werden. Dadurch ist sie für den Einsatz in Führungssystemen besonders geeignet. Zur einfachen Erstellung von BML-Befehlen und Anforderungen wurde eine BML-GUI entwickelt. Für die Führung eines Mehrrobotersystems ist die GUI dahingehend optimiert, dass für Robotersysteme geeignete Befehle hervorgehoben und für den Schnellaufgriff optimiert sind. Für die Kommunikation zwischen der BML-GUI und dem Mehrrobotersystem sorgt ein ROS-Dienst, der die BML-Befehle nach ROS und die Sensordaten aus dem Robotersystem in BML-Meldungen übersetzt. Die Interpretation der BML-Befehle erfolgt basierend auf den Fähigkeiten der einzelnen Roboter des Mehrrobotersystems. Zusätzliche Assistenz- und Autonomiefunktionen unterstützen den Operateur bei der Missionsausführung.



Fazit

Es wurde gezeigt, dass die Führung eines Mehrrobotersystems mit relativ wenig Aufwand durch einen einzigen Operateur möglich ist, auch wenn die einzelnen Roboter dieses Systems sehr unterschiedlich sind. Das setzt voraus, dass die Führung selbst als auch die Kommunikation unter den einzelnen Robotern des Mehrrobotersystems standardisiert ist. Es konnte darüber hinaus gezeigt werden, dass die Führung des Mehrrobotersystems auch über mobile Endgeräte geleistet werden kann.

Cooperative Convoy System

ARAMIS: R-3210/050-34

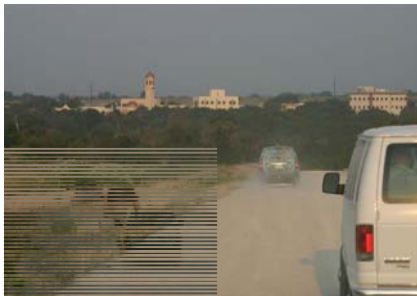
Recent demonstrations of automated unmanned ground vehicle technology have resulted in the conclusion that basic, foundational, autonomous navigation behaviors for tactical military systems are possible. This includes successful demonstrations of autonomous vehicles at the DARPA Grand and Urban Challenges and the ELROB competitions. While these navigation behaviors show the future utility of unmanned systems, they lack the operationally relevant context that would enable them to become a force multiplier. To address this problem, the Southwest Research Institute (SwRI) has developed a suite of high-level autonomous behaviors that enable fully automated vehicles to tactically cooperate as part of a convoy system with several manned vehicles. The Cooperative Convoy System (CCS) was demonstrated at both the U.S. Army Tank Automotive Research and Development Engineering Center (TARDEC) and at Robotics Rodeos. This technology is not limited to full size vehicles, in fact, it could be adapted for dismounted soldiers and small robot behavior interactions as well.

Project Description

In this research project the nexus of foundational navigation autonomous behaviors and high-level tactical behaviors were explored. First, an architecture and interface was developed between the University of the Bundeswehr Munich Fully Autonomous MuCAR and the SwRI CCS. Second a multi-vehicle convoy was tested to better understand the possibilities of maximizing the utility of a UGV in a military convoy scenario. The UGV in this convoy varied lateral offset, longitudinal spacing, and alternated vehicle ordering. Understanding this nexus allows armasuisse combat developers to more effectively engage with autonomy technology developers to accelerate the definition of acquisition requirements and the realization of tactically relevant autonomy when applied to full size vehicles, small robots, and interactions between warfighters and robots.

Results

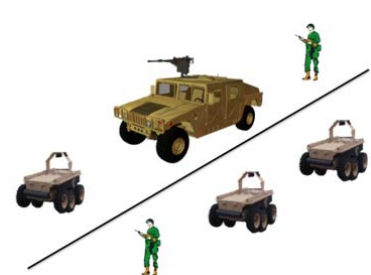
An architecture defining the high-level autonomous behavior (cooperative convoy system in this case) and its interface to an existing autonomous vehicle capable of standard vehicle following was produced. Additionally, an experiment and demonstration was conducted of the high-level autonomous behaviors that were enabled based on interfacing these two different systems.



SwRI CCS Demonstrated at US Army TARDEC Robotics Rodeo



SwRI CCS + UniBw MuCAR Experiment and Demo 2013



Future Capability

Conclusions

As armasuisse S+T conducts state-of-the-art R&D in autonomous systems, it is important to understand how this future technology will become a force multiplier for military operations. Understanding the nexus between the foundational autonomous navigation behaviors and tactically relevant combat developer-endorsed higher-level behaviors and maneuvers will become key to the deployment of autonomous UGVs. Additionally, it is important to establish a behavior architecture that will allow rapid development of modular high-level behaviors without the need for complete system redesign. This will ultimately reduce the cost of system development and accelerate the deployment of unique capabilities required for tomorrow's combat scenarios. While the experiment and demonstration utilized full-size vehicles, the technical approach and technologies are directly applicable to use with small robots and dismounted warfighters.

UGV Energieversorgung

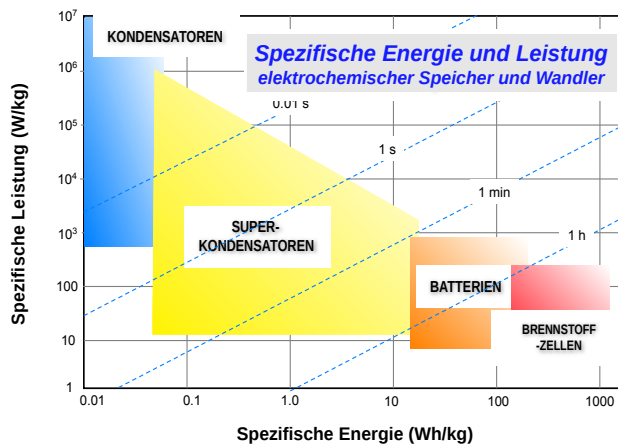
ARAMIS: R-3210/050-37

UGV Fahrzeuge sollen elektrisch angetrieben werden. Bei verbrennungsmotorischem Antrieb können die Abgasemissionen Sensoren stören, Vibrationen führen zu Schwierigkeiten für die Qualität von Bild/Film-Sensoren und zudem führt ein Verbrennungsmotor zu einer auffälligen thermischen Signatur. Es werden die möglichen Energiespeicher für elektrischen Antrieb charakterisiert.

Problembeschreibung

Zur Speicherung elektrischer Energie für Antrieb und Versorgung der Sensoren stehen verschiedene Technologien zur Verfügung. Speicher für elektrische Energie werden nach spezifischer Energie (Wh/kg) und spezifischer Leistung (W/kg) charakterisiert. Abbildung 1 zeigt die groben Charakteristika von Brennstoffzellen, Batterien und (Super-)Kondensatoren. Brennstoffzellen zeigen dank der chemischen Speicherung der Energie Vorteile in der Energiedichte, während Batterien und Kondensatoren bessere Werte in der Leistungsdichte aufweisen. Die Daten der Energiespeicher sind abhängig von der Grösse der Speicher. Die verschiedenen Technologien zeigen dabei unterschiedliche Skalierungen.

Für viele Anwendungen werden deshalb zwei der Speichertechnologien kombiniert um für konkrete Anwendungen die notwendigen Werte bezüglich Leistung und Energie zu erreichen. Man spricht dann von einem elektrischen Hybrid.



Ragone-Diagramm mit den typischen Kennwerten für elektrische Energiespeicher

Erwartete Resultate

Für gegebene Anwendungen wie UGV muss das Anforderungsprofil bezüglich Leistung und Energie analysiert werden. Aufgrund des Anforderungsprofils kann der entsprechende geeignete Speicher ausgewählt werden. In vielen Fällen kann dabei ein Hybrid die Anforderungen am besten erfüllen. Die Auslegung eines solchen hybriden Speichers muss ebenfalls über die Analyse des geforderten Lastprofils des UGV erfolgen. Für die Anwendung im UGV sind allerdings noch weitere Randbedingungen zu berücksichtigen, wie Tank/Nachlade-Zeit (hot-swap), militärische Robustheit, Vibrations- und Strahlenfestigkeit, thermische Signatur sowie nicht zuletzt Kosten.

Für eine optimale Lösung müssen dafür die Eigenschaften verschiedener Batterie-, Brennstoffzellen und ev. Super-Cap Technologien analysiert und auf die Anwendung abgestimmt werden. Dabei sind für die Anwendung im Fahrzeug nicht nur die in Abbildung 1 angegebene spezifische Energie und Leistung ausschlaggebend sondern auch die volumetrische Energie- und Leistungsdichte.

Fazit

Für die optimale Anwendung eines (hybriden) elektrischen Speichers für Fahrtrieb und Sensoren eines UGV muss das Leistungs-/Energie-Profil analysiert werden. Damit kann ein aufgrund der Eigenschaften der Speichertechnologien und der UGV-Randbedingungen ein System vorgeschlagen werden.

Unbemannte Plattformen

ARAMIS: R-3210/050-31

Unbemannte Fahrzeuge (UGVs) haben einen grossen und ständig wachsenden Anwendungsbereich. Sie übernehmen Aufgaben, die für Menschen gefährlich sind, wie Kampfmittelbeseitigung (EOD) oder ABC-Aufklärung. Darüber hinaus können UGVs eine Vielzahl von Arbeiten erleichtern, indem sie mit Sensoren und Software für autonome Navigation ausgerüstet werden und somit die Fähigkeit erlangen, selbständig zu einem vorgegebenen Ziel zu fahren. Im Vergleich zu einem bemannten Fahrzeug ist jedoch die Steuerung eines UGVs – sei es mittels manueller Fernsteuerung oder autonomer Navigation – erheblich komplexer und stellt besondere Anforderungen sowohl an das Fahrzeug selbst, als auch an die verbauten Sensoren und die Steuerungssoftware.

Zielsetzung

In diesem Forschungsprojekt soll ein experimentelles unbemanntes Fahrzeug aufgebaut werden. Dazu wird ein robustes, geländegängiges und ausreichend schnelles Basisfahrzeug beschafft, das mit zusätzlichen Sensoren, wie beispielsweise Kameras und Laserscannern, ausgerüstet wird. Ziel ist es, einen Versuchsträger aufzubauen, mit dem sowohl verschiedene Sensoren als auch unterschiedliche Steuerungs- und Navigationsalgorithmen getestet werden können. Um dies zu ermöglichen, soll das UGV modular aufgebaut sein, so dass Sensoren, Steuerungscomputer und Navigationssoftware auf einfache Weise ausgetauscht werden können.

Projektbeschreibung

- Raupenfahrwerk, dadurch sehr geländegängig
- Grundfläche von 1740x765mm
- Gewicht von 425kg ohne Nutzlast
- bis 15km/h schnell
- rein elektrisch betrieben (Keine Störungen der ABC-Messungen durch Abgase)
- angetrieben durch zwei leistungsstarke Elektromotoren mit einer Gesamtleistung von 15.5kW
- Möglichkeit mehrere Stunden autonom zu operieren (Fahren und Messen, Ziel: bis zu 4h Mission)
- Möglichkeit bis zu 150kg an Nutzlast wie Sensoren und Manipulatoren mitzuführen
- Ausgerüstet mit 2D-Laser Sensoren für das autonome Navigieren
- Steuerung, Funk Not-Stopp, Betriebsüberwachung und Basissensoren integriert
- modulare Nutzlastträger (schnelles Auswechseln von Sensoren- oder Manipulatorenpacks möglich)



UGV 'Garm' mit payload

Um die geforderte Modularität zu erreichen, werden die Sensoren nicht direkt am Fahrzeug, sondern auf einer standardisierten Payload-Box mit genau spezifizierten Schnittstellen für Montage am Fahrzeug, Datenübertragung und Stromversorgung montiert. Bei entsprechender Payload ist Garm mit Sensoren ausgerüstet, die autonome Navigation ermöglichen:

- Laserscanner (2x 2D, 1x 3D)
- Kameras (1x stereo, 1x mono)
- GPS-Empfänger
- Inertialmesssystem

Die missionsspezifische Payload-Box mit den Sensoren und Computern wird auf dem Basis-Fahrzeug montiert. Das UGV kann auch ohne Computersteuerung über eine eigene OCU kabellos gesteuert werden.

Fazit

Eine robuste, vielseitig einsetzbare und modular aufgebaute UGV-Plattform ist essentiell als Fahrgerät-Demonstrator für verschiedene Payload und für das Testen und Evaluieren von Sensoren und Software.

Centipede All-Terrain Vehicle

ARAMIS: R-3210/050-36

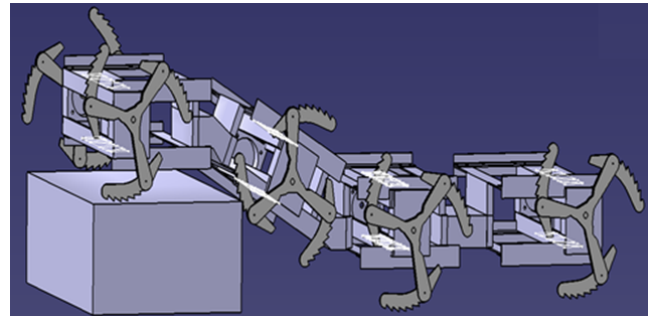
All-Terrain Vehicles (ATV) werden in Bereichen eingesetzt, wo schwierige Hindernisse zu überwinden sind. Dies entspricht mehrheitlich den Situationen ausserhalb des industriellen Gebrauchs. Für Aufklärungszwecke im Militär oder in Katastrophengebieten finden ATV's in Kombination mit auserwählten Sensoren ihre Anwendung. Durch intelligente Steuereinheiten helfen sie dem Anwender komplexe Wege zu meistern und verhindern den direkten Kontakt zwischen Menschen und gefährlichen Umgebungen. Je nach Baugrösse und Spezifikation finden ATV's den Zugang zu schwer erreichbaren Räumen wie bei eingestürzten Häusern.

Zielsetzung

In diesem Projekt soll ein experimentelles ATV (All-Terrain Vehicle) aufgebaut werden, welches eine hohe Geländegängigkeit, Robustheit gegenüber Wetter- und Umwelteinflüssen und hohe Laufzeit in sich vereint.

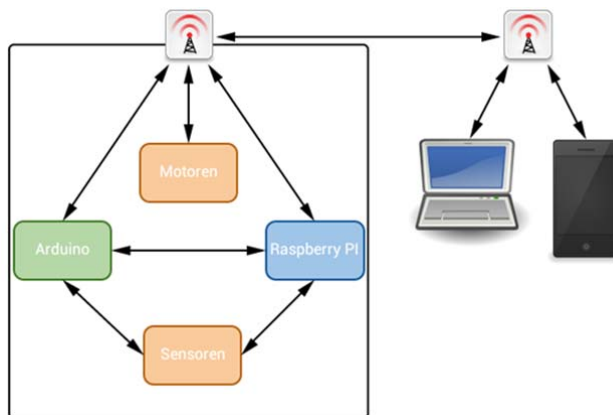
Projektbeschreibung

- Bein-Rad Kombination, dadurch sehr geländegängig
- Grundfläche von 800x380 mm
- Gewicht von 25 kg ohne Nutzlast
- bis 1.2 km/h schnell
- Laufleistung von bis zu zwei Stunden
- Möglichkeit Hindernisse von bis zu 35 cm zu überwinden



Centipede Funktionsprinzip Hindernisüberwindung

Um die gesetzten Anforderungen zu erreichen, werden die Sensoren im ATV montiert. Dies garantiert, dass das ATV wasserdicht bleibt.



Systemüberblick:

Das gesamte ATV-System wird wie links gezeigt gesteuert: Die Module Arduino, RaspberryPI und Motoren werden direkt an eine ETHERNET-Schnittstelle zusammen verbunden und deren Signale über Wireless-LAN an die Kontrolleinheit weitergeleitet. Die Sensordaten können dabei von den Modulen RaspberryPI und Arduino direkt ausgewertet werden.

Fazit

Der Centipede hat ein modular erweiterbares Chassis mit einer grossen Anzahl Freiheitsgraden, was prinzipiell aussergewöhnliche Mobilität ermöglicht. Wegen der grossen Anzahl der Freiheitsgrade ist eine effiziente manuelle Steuerung jedoch nur mit automatischen Assistenzfunktionen, z.B. vordefinierten Positionen möglich, mit hohen Anforderungen an die Regelungstechnik. Kann dies erfolgreich gelöst werden, soll die Plattform in Zukunft mit Sensoren ausgestattet werden, welche die Umgebung erfassen (z. B. Stereokamera etc.) und möglichst autonom operieren können.

Einweg- EOD-Roboter

ARAMIS: R-3210/050-36

Unbemannte Fahrzeuge (UGVs) haben einen grossen und ständig wachsenden Anwendungsbereich. Sie übernehmen Aufgaben, die für Menschen gefährlich sind, wie Kampfmittelbeseitigung (EOD) oder ABC-Aufklärung.

Problem

Die bestehenden EOD-Roboter (Explosive Ordnance Disposal) sind meist schwerfällig und teuer in Anschaffung und Betrieb. Sie sind nicht immer für die Ortung und Entschärfung einer Fahrzeugbombe geeignet. Die Roboter müssen klein und kostengünstig sein. Sie müssen es ermöglichen, im Gelände und unter Fahrzeugen Sprengkörper aufzuspüren und die Gefahr zu beseitigen, indem sie beim Objekt positioniert werden und schliesslich kontrolliert gesprengt werden.



Computeranimation: Einweg EOD-Roboter im Einsatz



Durch geringe Bauhöhe unter Fahrzeugen einsetzbar



Klein-EOD (links) und leistungsgesteigerte Weiterentwicklung (rechts) mit ausklinkbarem Sprengsatz (schwarz)

Projektbeschreibung

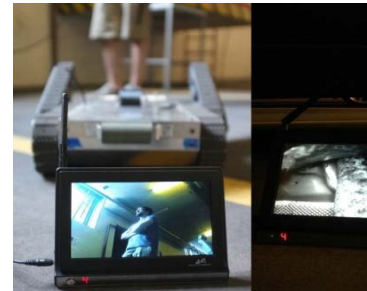
Durch den Raupenantrieb ist das Fahrzeug in schwierigem Gelände einsetzbar und übersteigt Hindernisse bis zu 120 mm. In einem Testparcours wurden die Möglichkeiten und Grenzen des Raupenkonzeptes evaluiert. Im zweiten Demonstrator wurde das Absetzen der Vernichtungsladung und Rückzug aus dem Gefahrenbereich ermöglicht, so ist das EOD-Fahrzeug u. U. mehrmals verwendbar. Nach weiteren Evaluationen wurde ein Prototyp erstellt, welcher Raupenantrieb und Flipperarme kombiniert (Cyclops4). Ebenfalls wurde ein einfahbares Kamerasystem mit Infrarot-Ausleuchtung verbaut. In Hinblick auf die einfache Bedienbarkeit wurde auf ein intuitives Steuerungskonzept gesetzt und ein integrierter Tragegriff und eine Batteriekappe zum Wechseln der Akkus erleichtern zusätzlich die Handhabung.



Cyclops4 EOD mit absetzbarer Sprengladung resp. Nutzlast (gelb)



Cyclops4 beim Erklimmen eines Hindernisses



Videopanel Ansicht einer Person und des Unterbodens eines Autos (infrarot)

Fazit

Deutlich verbesserte Handhabung und einfachere Bedienung ermöglichen einen effizienten Umgang mit der jeweiligen Situation. Durch die Flipperarme können höhere Hindernisse und auch schwieriges Terrain überwunden werden. Die verwendeten Ketten sind griffig, laufruhig und genügend breit für weichen Boden. Das einfahbare Kamerasystem hat sich bei den Tests als äusserst nützlich erwiesen.

Standardisierte UGV-Tests

ARAMIS: R-3210/050-34

Standardisierte Tests werden in der Automobilindustrie seit geraumer Zeit eingesetzt, um Fahrzeuge aber auch einzelne Bestandteile der Fahrzeuge sowie Zubehör zu vergleichen bzw. zu bewerten. Vergleichbare Tests sind im Bereich der unbemannten Landfahrzeuge (UGV) bislang nur in einigen spezialisierten Bereichen, wie beispielsweise bei UGVs zum Suchen und Retten (USAR) eingeführt. Beim amerikanischen „National Institute of Standards and Technologies (NIST)“ sind beispielsweise umfangreiche Testeinrichtungen für kleinere Robotertypen vorhanden, die auch im Bereich RoboCup Rescue weltweit genutzt werden. Für grössere, militärisch genutzte UGVs sind keine standardisierten Tests für typische und einsatzrelevante Szenarien verfügbar. Demzufolge fehlen auch Kriterien, die einen objektiven Vergleich solcher Systeme ermöglichen. Für die Auswahl bei eventuellen Beschaffungsmassnahmen bzw. für den Vergleich bereits vorhandener Systeme oder der Einschätzung der Eignung für bestimmte Einsatzumgebungen oder -bedingungen ist es eine wesentliche Erleichterung, wenn entsprechende Daten vorliegen. Vor diesem Hintergrund wird am Fraunhofer FKIE ein sogenanntes Test-, Demonstrations- und Schulungszentrum unbemannte Systeme (TDSuS) aufgebaut. Dieses Gelände ist für UGVs mit einem Gewicht bis zu 1 t geeignet. Parallel zum Aufbau der notwendigen Infrastruktur sollen entsprechende Testmethoden weiterentwickelt und validiert werden.

Zielsetzung

In diesem Forschungsprojekt sollen Vergleichstest mit unterschiedlichen UGVs auf dem TDSuS-Gelände des Fraunhofer FKIEs durchgeführt werden. Für die bereits existierende Infrastruktur sollen die vorhandenen Testkriterien und -verfahren weiterentwickelt, angewendet und validiert werden. Ziel sind einerseits standardisierte Testverfahren für UGVs bis maximal 1 t Gewicht inklusive deren Validierung und andererseits die Ermittlung von Leistungsdaten unterschiedlicher Robotertypen bis hin zu einem Vergleich der untersuchten Fahrzeuge. Die Tests sollen unter anderem fahrzeugspezifische Kriterien beleuchten, wie die Fortbewegungsfähigkeit (z.B. auf unterschiedlichen Untergründen wie Schotter, Gras, Asphalt, Stein, Schlamm, usw.), aber auch sensor- bzw. softwarespezifische Kriterien, wie die Navigationsfähigkeiten (z.B. Genauigkeit bezüglich der Positionsschätzung oder bei den erzeugten Karten), Hinderniserkennung und -umgehung sowie Wegeplanung.

Projektbeschreibung

Das TDSuS bietet verschiedene Geländevarianten und Versuchsaufbauten, um die Eigenschaften mobiler Systeme, Sensoren, Subsysteme, Navigation und Nutzer-Interaktion unter exakt denselben Bedingungen zu testen. Darauf basierend lässt sich die Leistung unterschiedlicher Systeme in Bezug auf Mobilität, Haltbarkeit, Sicherheit und Benutzerfreundlichkeit vergleichen, die Hauptmerkmale für jede Art von unbemannten Systemen sind.

Die Tests dienen der Fortschreibung der Erhebung von Fahrzeug- und Leistungsdaten verschiedener Roboter. Speziell sollen die Daten des Roboters Garm aufgenommen werden. Diese sollen mit den schon untersuchten Robotern vom Typ Landshark (Hersteller: Black-I Robotics), Longcross (Hersteller: Qinetiq), telemax und tEODor (Hersteller: Telerob) verglichen werden. Daneben werden die Testverfahren kontinuierlich weiterentwickelt und flexibel an die technischen Möglichkeiten bzw. den aktuellen Entwicklungszustand des jeweiligen UGVs angepasst. Die unter den gleichen Randbedingungen erhobenen Daten ermöglichen letztlich eine Bewertung des Garm im Vergleich zu den vorher getesteten Fahrzeugen.

Die Untersuchungen bezüglich einer Interaktion der UGVs mit Objekten und Menschen werden fortgeführt. Da mittelfristig der teilautonome Betrieb die überwiegend vorkommende Betriebsart bleiben wird ist die Benutzerfreundlichkeit des Systems eine wichtige Kenngrösse. Ausserdem können auch Betrachtungen über die notwendige Art und Intensität der Ausbildung für den potenziellen Anwender durchgeführt werden.

Fazit

Die Erweiterung der Palette der untersuchten Robotertypen um den Roboter Garm bietet die Möglichkeit einer vergleichenden Betrachtung dieser ähnlich aufgebauten UGVs. Dies sowie die Durchführung und Validierung auf der entsprechenden Infrastruktur bietet dem zukünftigen Nutzer die Möglichkeit, Vergleiche unter einsatznahen Bedingungen für seine Bewertung des Fahrzeuges heranziehen zu können.



*„Landshark“ TDSuS-Test
Befahren Norm-Treppe*

Aufnehmen und Ablegen von Objekten

ARAMIS: R-3210/050-33

Die Fähigkeit Objekte aufnehmen und ablegen zu können, erschliesst unbemannten Landfahrzeugen (UGV), ausgestattet mit einem Manipulator, vielfältige Einsatzszenarien. Das Einsammeln und Platzieren von Sensoren und Funkrelaisknoten oder der Umgang mit Gefahrstoffen ohne unmittelbares Risiko für menschliches Personal sind nur einige Beispiele. Die teleoperierte Ausführung solcher Aufgaben ist auch für erfahrene Bediener komplex, erfordert einen guten Situationsüberblick und ist insbesondere bei repetitiven Aufgaben schnell ermüdend. Eine dreidimensionale Erfassung des Arbeitsbereiches verbessert das Situationsbewusstsein gegenüber alleiniger Videoübertragung. Assistenzfunktionen unterstützen den Bediener bei der Steuerung des Manipulators und können Teilaspekte oder die gesamte Aufgabe automatisiert durchführen.

Problem

Bei der Interaktion mit unbekannten Objekten in unbekannten Umgebungen können im Gegensatz zur Fertigungsindustrie keine vordefinierten, hochpräzisen Bewegungsabläufe verwendet werden. Um den Bediener bei komplizierten und ermüdenden teleoperierten Greifaufgaben zu entlasten, werden Assistenzfunktionen entwickelt, die eine teilautonome Steuerung ermöglichen. Das Aufnehmen und Ablegen von Objekten wird dazu in verschiedene Teilprobleme gegliedert. Zunächst muss der Manipulator kollisionsfrei in die Nähe des Objektes bewegt werden. Anschliessend muss eine Greifmöglichkeit erkannt und das Greifen durchgeführt werden. Dann wird das Objekt zum Zielort bewegt, wobei Kollisionen des Manipulators und des gegriffenen Objektes vermieden werden müssen. Abschliessend muss das Objekt abgelegt werden.

Resultate

Für die verschiedenen Teilprobleme wurden Module im Software-Framework ROS entwickelt. Zum Teil konnten dabei existierende Komponenten benutzt werden. Für die Entwicklung und Tests wurde der Manipulator des telemax genutzt, welcher zusammen mit benötigter Elektronik und Sensoren auf der tEODor Fahrplattform montiert wurde (telemax und tEODor der Firma Telerob). Um die Steuerung des Manipulators teilautonom durchführen zu können, ist ein dreidimensionales Modell der Arbeitsumgebung nötig. Als 3D-Sensor wurde die Tiefenbildkamera Asus Xtion Pro Live benutzt, die nach dem gleichen Prinzip wie die Microsoft Kinect arbeitet. Im Gegensatz zu einem geschwenkten Laserscanner werden mehrere Tiefenbilder pro Sekunde generiert, die auch Farbinformationen enthalten. Nachteilig sind die geringe Reichweite und die Lichtanfälligkeit. Nachdem der Bediener das zu greifende Objekt im Tiefenbild ausgewählt hat, wird eine automatische Segmentierung ausgeführt, die das Objekt vom umgebenden Boden trennt. Im nächsten Schritt werden die Aussenmasse des Objektes und ein umschliessender Quader bestimmt. Diese einfache Formanalyse kann in Zukunft verfeinert oder durch eine Objekterkennung ersetzt werden. Basierend auf der Form des Objektes ermittelt das nächste Softwaremodul eine Greifposition. Hier kommt ein randomisiertes Verfahren zum Einsatz, das verschiedene Greifpositionen mit einem Modell des Greifers simuliert, bewertet und die beste gefundene Lösung auswählt. Nachdem das Objekt erkannt und eine Greifposition bestimmt wurde, beginnt die Bewegungsplanung. Dabei werden zum einen kollisionsfreie Bewegungen zum Objekt und mit dem gegriffenen Objekt zur Zielposition und zum anderen die Greif- und Ablageaktionen geplant. Bei der Bewegungsplanung mit dem gegriffenen Objekt werden zusätzlich auch Kollisionen des Objektes mit der Umgebung vermieden. Nach Abschluss der Bewegungsplanung erfolgt die Ausführung. Aufgrund der relativ niedrigen Kontrollfrequenz des Manipulators von 10Hz und Ungenauigkeiten in der Kontrolle sowie in der Umgebungserfassung muss die Ausführung relativ langsam erfolgen. Eine höhere Geschwindigkeit lässt sich mit grösseren Sicherheitsabständen erreichen, in engen Umgebungen kann dies jedoch Lösungen der Bewegungsplanung ausschliessen.



Fazit

Die im Projekt entwickelten Assistenzfunktionen zeigen, dass es möglich ist, das Aufnehmen und Ablegen von Objekten automatisiert durchzuführen. Im Idealfall muss der Bediener nur das Objekt und die Ablageposition angeben und die gesamte Ausführungskette kann automatisch erfolgen.

Flying Eye Dock

ARAMIS: R-3210/050-35

In Bodennähe werden oft kleine unbemannte Luftfahrzeuge (Mikro-UAVs, z. B. Quadrocopter) eingesetzt. In vielen Szenarien ist der kooperative Einsatz von UGVs und UAVs von Vorteil, z. B. bei Überwachungsaufgaben. Um die Synergie zwischen UGVs und UAVs besser nutzbar zu machen, und um eine lange Einsatzdauer der UAVs zu gewährleisten wird eine Basisstation Funkverbindung und Batterieladestation für Mikro-UAVs als UGV-payload aufgebaut.

Zielsetzung

Auf Basis der standardisierten UGV Payload-Box (Wechselladung), soll eine Plattform zum Mitführen von UAV auf UGV entwickelt werden. Ziel ist, dass das UAV auf dem Flying Eye Dock autonom landen, Batterien aufladen und sicher transportiert werden kann. Der eingesetzte Quadrocopter wird mit einer CPU und einer Kamera ausgerüstet. Neben der Entwicklung der Hardware liegt der Fokus vor allem auf dem autonomen, bildgestützten Landevorgang.



UGV mit Wechselladung



„Flying Eye Dock“-payload
mit Quadrocopter im fixierten
Zustand.

Projektbeschreibung

Quadrocopter und Plattform

Die Steuerung des Quadrocopters erfolgt per Fernsteuerung oder autonom (z. B. Abfliegen definierter Wegpunkte mittels GPS oder anhand visueller/IR-Daten). Durch die magnetische Oberfläche kann der Quadrocopter auf der gesamten Plattformfläche landen und ist damit im stationären Fall gesichert. Mithilfe zweier Lineartriebe wird der Quadrocopter in der Mitte des Docks positioniert und dort formschlüssig fixiert, so dass das Gesamtsystem transportfähig ist. Während der Fixierung findet eine elektrische Kontaktierung statt, um den Quadrocopter im angedockten Zustand aufladen zu können.

Sensoren

Sowohl der Quadrocopter als auch das Dock verfügen über einen GPS-Empfänger und ein Barometer, womit eine Annäherung auf unter 10 m möglich ist. Ab dieser Entfernung erfolgt eine bildgestützte Landung des UAV mittels der angebrachten CPU und Kamera. Dieses System wird durch eine Inertial Measurement Unit (IMU) unterstützt, die ebenfalls im Quadrocopter integriert ist.

Steuerung

Die auf dem UAV integrierte CPU steht in Verbindung mit dem Dock. Neben der Übertragung der Bilddaten kann die Drohne GPS-Wegpunkte empfangen und selbstständig ausführen. Sollte die Funkverbindung mit dem Quadrocopter unterbrochen werden, tritt ein Notfall-Protokoll in Kraft. Sollte der Kontakt nicht wiederhergestellt werden können, fliegt das UAV einen vordefinierten Standort an und landet autonom. Durch die Integration des Robotic Operating System (ROS) lässt sich das System erweitern und durch eine Netzwerkschnittstelle an eine andere Infrastruktur wie etwa die des UGVs anbinden.

Fazit

Eine mit der FED-payload ausgerüstete UGV-Plattform bildet eine gute Basis für eine effiziente Kooperation UGV-UAV z.B. für eine Überwachungsaufgabe. Diese Kombination ist zugleich auch ein Beispiel für ein Mehrrobotersystem - erweitert durch andere UGVs, UAVs, payloads - und mit geeigneter Vernetzung und C2 Software werden effiziente Team-Missionen über grosse Gebiete möglich.

Human Factors in UGV Operationen

ARAMIS: R-3210/050-39

Dieses Projekt befasst sich mit den menschlichen Anforderungen bei Robotereinsätzen. Roboter dienen als verlängerter Arm des Menschen und werden eingesetzt, wenn die Aufgaben für Menschen zu eintönig, schmutzig oder gefährlich sind. Sie können die Fähigkeiten des Menschen jedoch nicht nur übertragen, sondern auch verstärken und multiplizieren. So können Roboter fliegen, Radarbilder aufnehmen, warme Objekte aufspüren oder Ziele mit Waffen bekämpfen. Die Autonomie von Robotern ist jedoch eingeschränkt. Für kognitiv hochstehende Aufgaben, wie Lagebeurteilungen, Strategiewechsel oder ethische Abwägungen bleiben Menschen zuständig. Unabhängig vom Grad der einst zu erreichenden Automatisierung werden deshalb Mensch-Roboter-Schnittstellen eine bedeutende Rolle spielen.

Problem

Menschen sehen sich bei Roboteroperationen mit vielfältigen Anforderungen konfrontiert. So spielen Themen, wie räumliche Orientierung und Situational Awareness eine entscheidende Rolle. Neben diesen klassischen Themen lohnt es sich jedoch auch überraschende Fragestellungen zu diskutieren: Welche Rolle nimmt ein Roboter in einem gemischten Mensch-Roboter Team ein? Wie entsteht Vertrauen zwischen Mensch und Maschine und wie lässt sich das Bewusstsein eines Operators zum Roboter teleportieren?

Resultate

In einer ersten Übersichtsarbeit konnte der gegenwärtige Stand der Technik von Mensch-Roboter-Schnittstellen aufgezeigt werden. Es wurden Erfahrungen und Leistungen aus realen Einsätzen sowie die dabei aufgetretenen Schwierigkeiten der involvierten Menschen analysiert. Es hat sich gezeigt, dass in heutigen Roboteroperationen vier Human Factors „Hot-Spots“ eine entscheidende Rolle spielen, nämlich Kognitive Anforderungen, Automatisierung, Telepräsenz und soziale Faktoren. Im Bereich der kognitiven Anforderungen können räumliche Orientierung, Situationsbewusstsein sowie Multitasking und Aufmerksamkeitssteuerung durch geeignete Mensch-Roboter Schnittstellen effektiv unterstützt werden.



Telepräsenz: VR-Brille und HMD

Quelle: Jansen, SA and Telepresence of UGV operators, TNO

Automatisierung kann die Arbeitsbelastung von Roboteroperatoren effektiv senken. Es müssen jedoch Fragen im Bereich des Systemverhaltens und „Man-in-the-Loop“ Problems beachtet werden. Telepräsenz hat das Potenzial die Roboter Situational Awareness (SA) der Operateure zu verbessern. Dabei kann jedoch lokale SA eingebüsst werden, sodass ein Optimum von Telepräsenz und Performance gefunden werden muss. Soziale Faktoren bei Roboteroperationen können gravierende Auswirkungen auf die Einsatzeffektivität haben, werden jedoch häufig zu wenig berücksichtigt. So hat beispielsweise die Gestaltung des Roboters starke Effekte auf die Akzeptanz im Einsatz bei Operateuren sowie den Menschen in betroffenen Einsatzgebieten.

Fazit

Roboteroperationen stellen mannigfaltige Anforderungen an die Operateure, ähnlich denen von Piloten. Um die Operateure beim Einsatz von Robotersystemen effektiv unterstützen zu können, wird es hilfreich sein Human Factors gezielt untersuchen zu können. Doch auch Fragen der Eignung von Roboteroperatoren spielen eine zentrale Rolle, wie die Erstellung des Eignungsprofils für KAMIR Roboteroperatoren mittels F-JAS und die anschließend durchgeführte Eignungsabklärung bei einer aktuellen Stellenbesetzung gezeigt hat.

Chancen und Risiken neuer Technologien

Dieses Forschungsprogramm hat zum Ziel, künftige disruptive Technologien sowohl im zivilen als auch im militärischen Bereich zu identifizieren und deren Bedeutung sowie Auswirkungen auf die Weiterentwicklung der Schweizer Armee abzuschätzen. Da sehr viele Informationen zur Entwicklung von Technologien über verschiedenste Kanäle und Quellen mit unterschiedlicher Qualität zugänglich sind, müssen grosse Datenmengen erfasst, analysiert und gezielt an die Bedarfsträger übermittelt werden.

Technologieentwicklungen erfolgen in der Regel global vernetzt. Sie werden auch durch Marktbedürfnisse getrieben und wirken sich aufgrund der weitreichenden ökonomischen und politischen Vernetzung auf alle Marktteilnehmer aus. Neue Technologien ermöglichen sowohl im zivilen wie auch im militärischen Bereich Fähigkeiten, deren Einsatz als Bedrohung auftreten oder für eine wirksame und effiziente Umsetzung des Leistungsprofils der Armee genutzt werden kann.

Neue Technologien und deren Potenzial sind auf der gesamten Breite zeitgerecht zu erkennen. Dieses Wissen ist eine wichtige Voraussetzung für militärisch und ökonomisch sinnvolle Investitionen in neue Technologien. Zudem sind die Kenntnis des Reifegrads einer Technologie und deren Auswirkungen bei allfälligen Systemintegrationen von Bedeutung.

Wesentliche längerfristige Trends in den militärisch relevanten Technologiefeldern werden beobachtet. Zudem werden mit einer mittelfristigen Perspektive technische Entwicklungen aufgezeigt, die für militärische Fähigkeiten entscheidend sind. Die Technologiefrüherkennung soll neue Technologiefelder identifizieren, welche in Zukunft massgebliche Auswirkungen auf die operationellen Fähigkeiten bei der Aufgabenwahrnehmung der Armee haben. Dabei werden Erkenntnisse aus den Kompetenzfeldern der etablierten Forschungsprogramme berücksichtigt.

Kompetenzfelder

Die Aktivitäten werden in folgende Kompetenzfelder eingeteilt:



Expertennetzwerke und Informationsquellen

Identifizierung vorhandener Expertennetzwerke sowie Aufbau und Pflege der für die Technologiefrüherkennung wissenschaftlich kompetenten Netzwerke mit nationalen und internationalen Experten. Zugang zu und Erschliessung von Fachzentren mit Kompetenz, Datenbanken und Publikationsplattformen für das betreffend Technologiefrüherkennung relevante Informationsmanagement



Informationsmanagement und Wissenstransfer

Suche, Aufnahme, Speicherung und Aufbereitung von großen Mengen an Daten und Informationen. Automatisierung diesbezüglicher Prozesse. Methoden für Erkenntnisanalysen anhand riesiger Datenmengen. Auf das Benutzerprofil ausgerichtete, stufengerechte und kundenorientierte Darstellung, Vermittlung und Verbreitung von Informationen.



Trends und Prognosen

Abschätzung der Entwicklungsdynamik, des Reifegrades und der potenziellen Einsatzmöglichkeiten von modernen und neuen Technologien. Analysefähigkeit für die Erkennung und Bestimmung allfälliger Bedrohungen. Relevanzanalyse von Technologien zur Optimierung der Aufgabenwahrnehmung durch die Armee und den dazu notwendigen operationellen Fähigkeiten und Massnahmenbereiche (DUOAMPFIS).

Netzwerke

Zur Sicherstellung der Kompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland aufgebaut.

Hochschulen

- ETH Zürich
- EPF Lausanne

Industrie

- Centredoc
- Micronarc
- Swissmem

Bund

- VBS, Verteidigung
- VBS, armasuisse W+T

Staatliche Partner

- Fraunhofer Institute INT, D
- NATO
- European Defence Agency
- Bundeswehr, D
- Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung, TA-SWISS

Innovative Forschung und fähigkeitsunabhängige Themen

Im diesem Forschungsschwerpunkt geht es um die Förderung von Innovationen im Bereich Forschung und somit die stete und bedarfsorientierte Optimierung der Forschungsprogramme hinsichtlich relevanter und neu aufkommender Technologien. Zudem werden Querschnittsthemen bearbeitet, welche nicht einem zurzeit laufenden Forschungsprogramm zugeordnet werden können und bei mehreren wenn nicht allen operationellen Fähigkeiten der Armee von Bedeutung sein können. Im Fokus sind die Themenbereiche wie das Monitoring und Prüfen potenziell relevanter Technologien, das Komplexitätsmanagement, die Materialwissenschaft, das Energiemanagement inkl.-versorgung mobiler technischer Systeme, der ABC-Schutz und Human Factors.

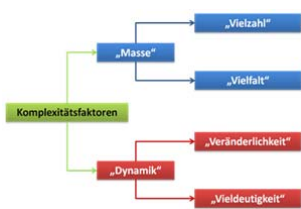
Kompetenzfelder

Die Sicherstellung der Fachkompetenzen fokussiert sich auf folgende Themenfelder:



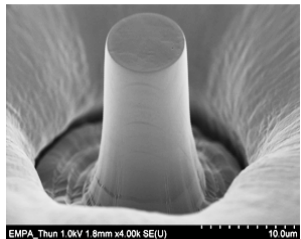
Monitoring

Analyse von Technologietrends, Evaluation neuer, vielversprechender Technologien und Beurteilung deren Anwendungspotenziale für die operationellen Fähigkeiten der Armee. Die Erkenntnisse dienen als Grundlage für Innovationen bei zukünftigen Forschungstätigkeiten und somit für den Aufbau neuer wissenschaftlich-technischer Kompetenzfelder und Forschungsprogramme.



Komplexitätsmanagement

Methoden und Werkzeuge bei der Entscheidungsunterstützung sind insbesondere für die Weiterentwicklung der Doktrin, die Optimierung der operationellen Fähigkeiten der Armee und bei Beschaffungs- und Evaluationsprozessen von Bedeutung. Die Weiterentwicklung und Anwendung solcher Methoden erfolgt in enger Abstimmung und Zusammenarbeit mit den Anspruchsgruppen.



Materialwissenschaft und Energie

Neuartige Werkstoffe und deren Grössenabhängigkeit. Neue Verfahren zur Werkstoffherstellung und -verarbeitung. Geeignete Messverfahren zur Bestimmung der mechanischen und elektromagnetischen Eigenschaften relevanter Werkstoffe. Anwendungspotenzial und Einsatz neuer Materialien für Schutzsysteme gegen verschiedenste Bedrohungen. Geeignete Energiequellen und einsatztaugliches Energiemanagement für mobile Systeme.



Biologische Agenzien

Schnellnachweis von biologischen Agenzien mittels Optimierung, Etablierung und Erprobung von molekularen und biochemischen Methoden und Technologien. Kenntnisse über neue diesbezügliche Technologieentwicklungen. Der Zugang zur Fachkompetenz des Labors Spiez und europäischer Experten-netzwerke ist für das ABC-Kompetenzzentrum der Armee sichergestellt.



Human Factors

Umfassende Betrachtungsweise des Menschen beim Umgang mit technischen Systemen und Informationen. Einbezug der Ergonomie. Menschliches Leistungsvermögen bei der Entscheidungsfindung unter schwierigen psychischen und physischen Bedingungen. Spezifische Fachkenntnisse betreffend Luftfahrt in Bereichen wie Flugmedizin, Eignungsabklärung, Kontrollverfahren, Ergonomie, Flugphysiologie, Flugpsychologie und Flugsicherheit.

Netzwerke

Die Sicherstellung der benötigten Fachkompetenzen basiert auf einem aktiven Expertennetzwerk mit Teilnehmenden aus Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland.

Universitäten und Hochschulen

- ETH Zürich
- EPF Lausanne
- Universität Zürich
- Università della Svizzera italiana, Istituto Dalle Molle di studi sull' intelligenza artificiale IDSIA
- Berner Fachhochschule BFH
- Hochschule für Technik Rapperswil HSR
- Agroscope Wädenswil
- Universität der Bundeswehr, München, Lehrstuhl für Operations Research, D

Industrie

- M@M, Mandanis angewandte Mechanik Kriens
- APP Bern
- Forventis GmbH Zürich
- AEH Zentrum für Arbeitsmedizin, Ergonomie und Hygiene AG
- RUAG Schweiz AG
- Rüegger Elektronik AG Zürich
- Schulthessklinik Zürich
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, D
- IABG, Ottobrunn, D

Bund

- BABS, Konzeption und Koordination, AG SKI
- BABS, Labor Spiez
- Fliegerärztliches Institut FAI
- EMPA

Staatliche Partner

- Amt für Wehrtechnik, Abteilung Waffen und Flugkörpertechnik Wien, A
- Planungsamt der Bundeswehr Berlin, D

CREDO

ARAMIS: R-3210/044-04

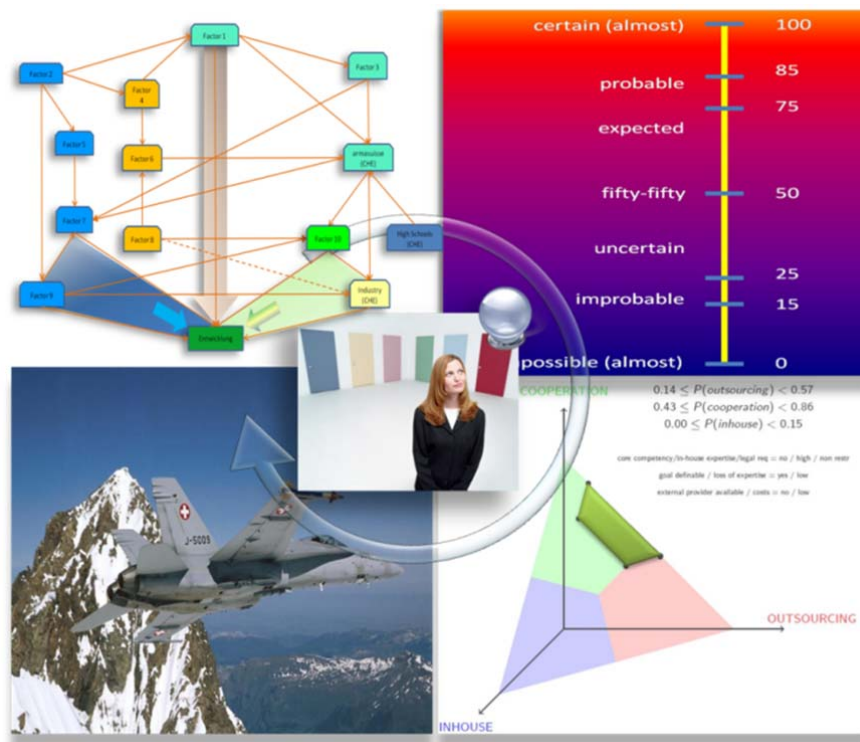
CREDO est une collaboration entre armasuisse et IDSIA (Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale) de l'Université du Tessin. A la fois outil d'aide à la décision et de visualisation en situation complexe, CREDO est une méthodologie simple et efficace pour évaluer les différentes options et effectuer une prise de décision en toute connaissance de cause.

Objectif

Offrir aux experts la possibilité de construire leurs problèmes de manière naturelle et visuelle afin de mieux comprendre la situation générale, analyser les options et décider. IDSIA développe une interface graphique couplée à des algorithmes permettant de travailler avec les observations et les jugements qualitatifs fournis par les experts. Armasuisse applique la méthode CREDO à différents projets et intègre les feedbacks clients pour mieux tenir compte des exigences futures.

Résultats

Une première version portable de CREDO fonctionne sur PC et Mac. L'interface graphique permet de dessiner et quantifier les liens de causalité dans le réseau, et de visualiser l'ensemble des options à analyser.



Bilan

Une plateforme de première génération d'aide à la décision basée sur la méthode CREDO a été développée et est en cours de test. L'outil CREDO est utilisé dans le domaine de la défense aérienne suisse et dans le cadre de l'expérimentation multinationale 2011-2012 (MNE 7) qui regroupe dix-huit nations actives dans les domaines Cyber et de la défense spatiale.

Materialwissenschaft und ihre Bedeutung in der Sicherheits- und Wehrtechnik

ARAMIS: R-3210/046-26

Oberflächen sind im Gebrauch vielfältigen Belastungen ausgesetzt. Durch die Beschädigung von Oberflächen kann deren Schutzfunktion nicht nur beeinträchtigt werden, sie kann sogar zum vollständigen Versagen des Schutzes führen. Analysiert wurden selbstheilende, auf Nanotechnologie basierende Beschichtungen.

Im Bereich neue Werkstoffe gelten Graphene seit Mitte der 1990 Jahre als die Entdeckung. Die nachgewiesenen Eigenschaften bezüglich der Zugfestigkeit, der elektrischen und thermischen Leitfähigkeit könnten insbesondere im Bereich der Elektronik einen weiteren Quantensprung bedeuten. Eine hohe Hürde, die noch Jahrzehnte in Anspruch nehmen wird, ist dabei jedoch die Integration und Entwicklung Graphen-basierter Schaltkreise. Aus diesem Grund war schon frühzeitig eine analoge Struktureinheit auf Siliziumbasis (Silicene) von Interesse.

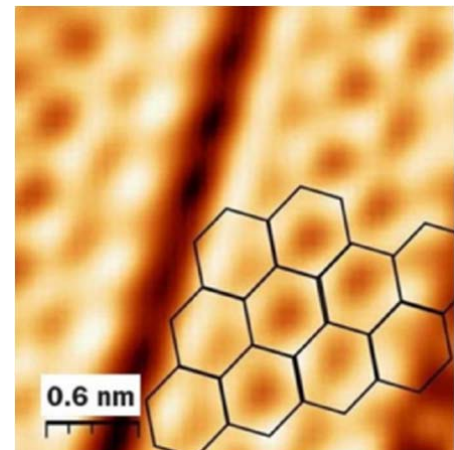
Zielsetzung

Selbstheilende Nanobeschichtungen wurden geprüft und optimiert. Ausgangsbasis hierfür waren Polyurethan-Lacksysteme, die ihrerseits bereits selbstheilende Effekte zeigen. Diese sollten durch Silanbeimengungen, vornehmlich durch Zugabe verschiedener, am Markt erhältlicher Ureidosilane, optimiert werden. Bei den Silicen-Werkstoffen wurde unter besonderer Berücksichtigung des zeitlichen Horizontes das Anwendungspotenzial erfasst und deren industriellen Nutzen abgeschätzt.

Resultate

Es konnten zwei unterschiedliche PUR-Lacksysteme mit selbstheilender Wirkung identifiziert werden. Es handelte sich hierbei um ein wässriges (PUR-wässrig) und um ein lösemittelbasiertes System (PUR-LM). Untersuchungen der Haftung, Kratzfestigkeit und Selbstheilungswirkung dieser Systeme wiesen gute Ergebnisse auf. Geprüfte Substrate waren Edelstahl, Aluminium und PMMA. Durch Modifizierung der Lacksysteme mit 3 Gew.% Ureidosilane konnte die selbstheilende Eigenschaft verbessert werden. Durch Zugabe von 2.3 Gew.% Aerosil 300 war eine deutliche Erhöhung der Kratzfestigkeit zu erzielen. Andere gezielte Modifikationen konnten durchgeführt werden wie z.B. die Verbesserung der Olephobie des Lacksystems.

Beim Monitoring über Silicen gab es, obwohl die Zahl der unabhängigen experimentellen Untersuchungen an Silicen begrenzt war, ein klares Indiz dafür, dass Silizium eine „quasi-2D Struktur“ bilden kann, ähnlich wie es bei Graphen möglich ist. Die wichtigsten experimentellen Beweise stützten sich auf detaillierte, hoch aufgelöste Rastertunnelmikroskopie-Aufnahmen von epitaxialem Wachstum von Silizium auf Silber Oberflächen. Je nach Ausrichtung war es möglich Silicen-Nanobänder (auf Silber 110) und Silicen-Blätter (auf Silber 111) aufzuwachsen. Die berechneten elektronischen, magnetischen und chemischen Eigenschaften von Silicen folgten den gleichen Gesetzmässigkeiten wie bei Graphen, was Silicen zu einem tragfähigen Kandidaten für elektronische Anwendungen macht. Im Gegensatz zu Graphen, das als eigenständige Schichten und Bänder gebildet werden kann, konnte Silicen bisher nur auf Metalloberflächen (Silber) abgeschieden werden. Daher wird es notwendig sein, Silicen-Flächen und NRs grossflächig auf Isolatoren oder auf Metallsubstraten mit einer dünnen Isolationsschicht abzuscheiden, damit Silicen als neuer Kandidat für Elektronik von Bedeutung bleibt.



Hochauflösende Rastertunnelmikroskopie einer Wabenstruktur aus Silicen

Fazit

Selbstheilende Beschichtungssysteme auf Basis PUR konnten durch Modifizierung optimiert werden. Silicene befinden sich noch in einer frühen Forschungsphase, könnten aber in den nächsten 5-10 Jahren im Elektronikbereich stark an Bedeutung gewinnen.

Metallische Nanostrukturen für die Impedanzspektroskopie ARAMIS: R-3210/046-25

Der Trend zur Miniaturisierung von Objekten und Komponenten führt zu einer wachsenden Nachfrage für ein detailliertes Verständnis der mechanischen Eigenschaften auf kleinen Längenskalen. Beispiele sind Mikro-elektromechanische Systeme (MEMS), die als kleine Aktuatoren für die Manipulation von kleinen Objekten oder als Sensoren eingesetzt werden. Eine erfolgreiche Anwendung und eine hohe Lebensdauer von solchen Objekten kann nur garantiert werden, wenn deren mechanische Eigenschaften genau bekannt sind. Die gleiche Problematik stellt sich auch bei dünnen Beschichtungen die zum Schutz von Oberflächen eingesetzt werden und wo Aspekte wie die Schichthärte oder die Schichthafung wichtig sind. Mechanische Eigenschaften zeigen eine starke Grössenabhängigkeit.

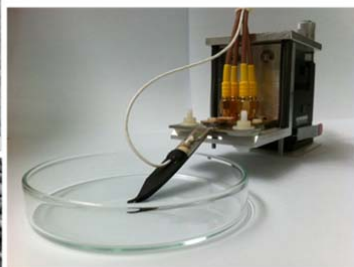
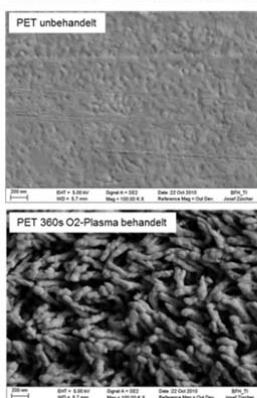
Zielsetzung

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Messsystems für die lokale Impedanzspektroskopie (IS) an biologischen Proben. Da unterschiedliches biologisches Material unterschiedliche dielektrische Eigenschaften aufweist, welche mittels IS detektiert werden können, ist IS eine vielversprechende Methode zur Charakterisierung derartiger Proben. Angestrebte Einsatzgebiete liegen in den Bereichen Toxizität, Tissue Engineering und Lebensmittelkontrolle.

Resultate

Um die Impedanzspektroskopie lokal (1mm^2 Fläche) auf biologische Proben anwenden zu können wurden flexible metallische Elektroden mittels dünnen Goldschichten auf PET Substraten realisiert. Mit einer O_2 -Plasmavorbehandlung konnte die Haftung der Goldschichten um einen Faktor 4 erhöht werden. Als zusätzlicher Effekt werden die Metalloberflächen dabei nanostrukturiert. Die Nanostrukturen können über die Plasmabehandlungszeit modifiziert werden. Die unterschiedlichen Oberflächentopographien haben aber auch einen Einfluss auf die elektrischen Eigenschaften der Elektroden und somit auf die Ergebnisse der IS. Bei IS an Gewebe oder der Erfassung von Biosignalen mittels metallischer Elektroden treten häufig störende Polarisationsseffekte auf. Bei implantierbaren Elektroden verwendet man deshalb seit einigen Jahren fraktale Elektroden, welche nur schwach polarisierbar, jedoch eher teuer und aufwändig herzustellen sind. Die Nanostrukturen, welche sich durch die Plasmabehandlung des Substrates auch auf der Metallschicht gebildet haben, zeigen wie die fraktalen Elektroden eine erheblich vergrösserte reale Oberfläche. Deshalb wurde ein Aufbau konzipiert und realisiert, mit welchem zyklische Voltammetrie zur Bestimmung der elektrochemischen Eigenschaften der nanostrukturierten Oberflächen durchgeführt werden kann. Erste Messungen zeigen, dass das elektrochemische Verhalten von Au-Oberflächen mit unterschiedlichen Topographien deutlich unterschiedlich ist. Die Funktionalität unseres Aufbaus für die IS an biologischen Proben wurde überprüft.

200nm Au auf PET: REM-Aufnahmen



Links:

Einfluss einer O_2 -Plasmabehandlung eines PET-Substrates auf eine nachträglich deponierte 200nm Au-Schicht: Das obere Bild zeigt Au auf unbehandeltem PET, das untere Bild nanostrukturiertes Au auf PET, welches plasma-behandelt wurde.

Rechts:

Messaufbau für die lokale Impedanzspektroskopie

Fazit

Ein Messaufbau für die Impedanzspektroskopie an biologischen Proben wurde realisiert. Als Elektroden werden nanostrukturierte Au-Schichten verwendet, die einerseits eine ausgezeichnete Haftung auf den flexiblen PET Substraten aufweisen und andererseits aufgrund der Strukturierung betreffend Polarisationsseigenschaften vielversprechend sind. Der Messaufbau wird nun an konkreten Anwendungen getestet.

Biochemische Nachweisanalytik für B-Toxine

ARAMIS: R-3210/045-11

Als Fachstelle für den nationalen ABC-Schutz beschäftigt sich das LABOR SPIEZ im Fachbereich Biologie neben Mikroorganismen auch mit den Grundlagen und dem Nachweis von Toxinen. Toxine werden von Pflanzen, Tieren beziehungsweise Mikroorganismen produziert und können mit klassischen Methoden der biochemischen Analytik nachgewiesen werden. Methoden zum Nachweis proteinbasierender Toxine sind die Gelelektrophorese, Massenspektrometrie, immunologische Nachweisverfahren (ELISA) und in vitro-Nachweisverfahren. Niedermolekulare Toxine werden vorwiegend mit chromatographischen und massenspektrometrischen Methoden wie HPLC oder LC-MS nachgewiesen. Mit der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften als Forschungspartner werden die Nachweisverfahren für Toxine entwickelt, optimiert und die dafür notwendigen Spezialreagenzien hergestellt.

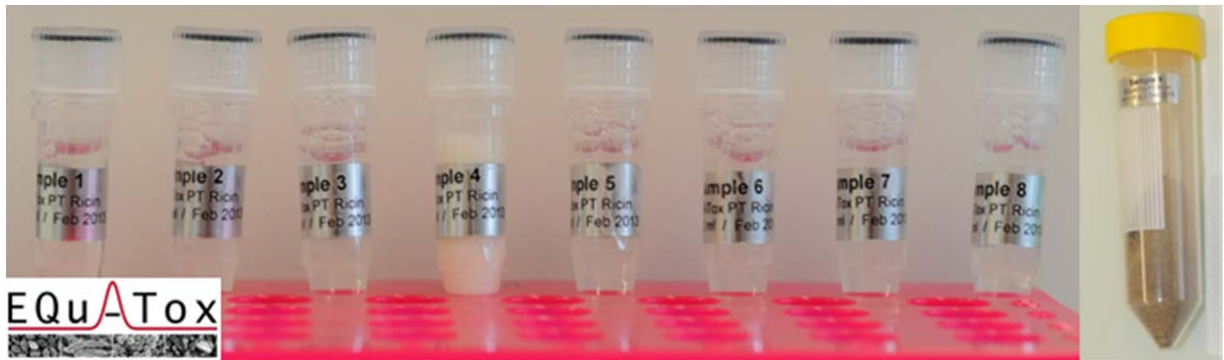
Zielsetzung

Entwicklung von Nachweisverfahren für Ricin, Botulinum Neurotoxine, Staphylokokken Enterotoxine (z.B. SEB) und Saxitoxin. Etablierung der notwendigen Qualitätssicherungsmassnahmen.

Resultate

Die Gruppe Toxinologie des LABOR SPIEZ ist seit Anfang 2012 Partner im EU Forschungsprojekt EQuATox¹, welches bis Ende 2014 dauert. EQuATox (FP7) repräsentiert ein Netzwerk von neun Experten-Labors, welches vier grosse Ringversuche (Proficiency Tests) für die Detektion von biologischen Toxinen organisiert. Das Ziel des Projektes ist die Förderung der Expertise durch Zusammenarbeit in Europa und die Qualitätssicherung der etablierten Nachweisverfahren.

Im Februar 2013 wurden 9 Proben des Ricin-PT versendet. Es handelte sich um 8 Flüssigkeiten und eine Feststoffprobe (erkennbar als Pressschrot der Ricinusöl-Herstellung). Die Labors hatten vier Wochen Zeit dieses Probenstet gemäss den beigelegten Instruktionen zu analysieren und den Bericht an den Organisator zur Auswertung zu übermitteln.



Proben 1 bis 9 des Ricin Proficiency Test (PT) 2013

Die Proben wurden mit den gängigen Methoden der biochemischen Analytik (Gelelektrophorese, ELISA, LC-MS/MS und funktionellen Assays) untersucht. Bei den Probentypen handelte es sich um Standard-Lösungen mit unterschiedlichen Konzentrationen an Ricin/Agglutinin, Lebensmittelproben (Milch/Fleischextrakt) und die Schrotprobe. Neben der Identifikation von Ricin/Agglutinin wurde quantifiziert und entsprechende Aktivitätsmessungen vorgenommen. Im April 2013 wurden die 6 Proben des Saxitoxin-PT untersucht. Die Gruppe Toxinologie des LABOR SPIEZ erzielte in beiden PT sehr gute Ergebnisse.

Fazit

Im Juni 2013 hat in B-Geel ein Auswerte-Meeting stattgefunden. Basis dazu waren die individual summary reports aus den beiden PT. Das Meeting ermöglichte eine gute Standortbestimmung der eigenen Analytik und im Nachgang werden die erkannten Lücken geschlossen. Aus technisch/wissenschaftlicher Sicht ist EQuATox ein sehr wertvolles Projekt. 2014 finden die zwei weiteren Proficiency Tests mit SET und BoNT statt.

¹ Establishment of Quality Assurance for the Detection of Biological Toxins of Potential Bioterrorism Risk. <http://equatox.eu/>

Next Generation Sequencing

ARAMIS: R-3210/045-13

Als Fachstelle für den nationalen ABC-Schutz beschäftigt sich das LABOR SPIEZ im Fachbereich Biologie hauptsächlich mit dem Nachweis von Mikroorganismen. Heute verfügbare molekularbiologische Schnellnachweissysteme basierend auf Polymerase-Kettenreaktion (PCR) ermöglichen die gezielte Detektion von bekannten Krankheitserregern. Der Nachweis von unbekannten Erregern in Umwelt-Mischproben ist langwierig und erfordert nebst einer modernen Laborinfrastruktur auch viel Fachwissen und Zeit. Es existiert bis heute kein umfassender mobiler Nachweis respektive Schnellnachweis, welcher jegliche Art von biologischen Agenzien vor Ort rasch und sicher identifizieren kann. Neueste Technologien im Bereich der Detektion mittels „Next-Generation Sequencing (NGS)“ könnten diese weltweit bestehende Lücke im Bereich des molekularbiologischen Schnellnachweises für unbekannte Proben schliessen. Dabei werden in einem sogenannten metagenomischen Ansatz sämtliche Nukleinsäuren einer unbekannten Probe mittels Sequenzierung untersucht. Durch den gleichzeitigen Abgleich der entstehenden Sequenzierdaten mit einer lokal installierten Datenbank könnte die sichere Identifikation potentieller B-Kampfstoffe ermöglicht werden. Der zukünftige Einsatz einer „single-use“ Kartusche im USB-Stick-Format und Beta-Version ist als mobile Nachweismöglichkeit für die B-Spezialisten der ABC-Abwehrtruppen zu beurteilen.

Zielsetzung

Beurteilung von NGS-Nachweisverfahren für die molekularbiologische Detektion von B-Kampfstoffen (Viren / Bakterien) und neu auftretenden Krankheitserregern.

Resultate

Die Untersuchung des aktuellen Forschungsstandes wurde erfolgreich abgeschlossen. Aktuelle NGS-Systeme wurden mit diversen Probenmatrices und Krankheitserregern beim Functional Genomics Center Zurich (FGCZ) und im LABOR SPIEZ erprobt. Insbesondere in den Bereichen Probenaufbereitung und bioinformatische Datenverarbeitung wurden diverse Strategien miteinander verglichen und aktuelle Engpässe definiert.



GridION System der Firma ONT (Oxford Nanopores Technologies), die voraussichtlich 2014 die revolutionäre Nanoporen-Sequenzierertechnologie auf den Markt bringt.



MinION, single-use NGS-Nachweissystem im USB-Stick-Format (voraussichtlich verfügbar 2015-16).

Fazit

Die Beurteilung von heutigen NGS-Systemen zeigt, dass im Bereich der Probenaufbereitung noch viel Entwicklungsarbeit nötig ist, um bestehende NGS-Systeme näher an die ABC-Abwehrtruppen zu bringen. Zudem ist für die Auswertung der anfallenden Datenmengen immer noch viel IT-Rechenleistung und Fachwissen erforderlich. Sobald die neue Nanoporen-Technologie in Form des GridION Systems auf den Markt kommt, können die bisher gewonnen Erfahrungen effizient für die Erprobung eines eindeutigen Nachweises von B-Erregern eingesetzt werden.

DNA-Chip

ARAMIS: R-3210/045-10

Ziel des Projektes ist die Entwicklung und die Beurteilung eines neuen DNA Chips, bei dem zwei verschiedene Vorgehen kombiniert sind um eine eindeutige Identifizierung von B-Erregern und wieder auftauchenden infektiösen Krankheiten zu erreichen. Das eine Vorgehen basiert auf der Hybridisierung von Erreger-Nukleinsäuren an neu designte komplementäre Proben. Zur Beurteilung wurden fünf Viren-Gattungen aus der Familie der Flaviviren diesem Vorgehen unterzogen. Während drei Viren-Spezies ein positives Resultat ergaben, blieben zwei Viren-Spezies aufgrund der hohen genetischen Diversität jedoch negativ. Beim anderen Vorgehen wurde sämtliche DNA aus einer Probe auf einen mit 12800 zufälligen DNA-Proben gedruckten Array gegeben. Dabei entstand für jeden B-Erreger ein eindeutiges Hybridisierungsbild. Mittels Clusteranalyse konnte gezeigt werden, dass die Hybridisierungsbilder Spezies-spezifische Gruppen bilden.

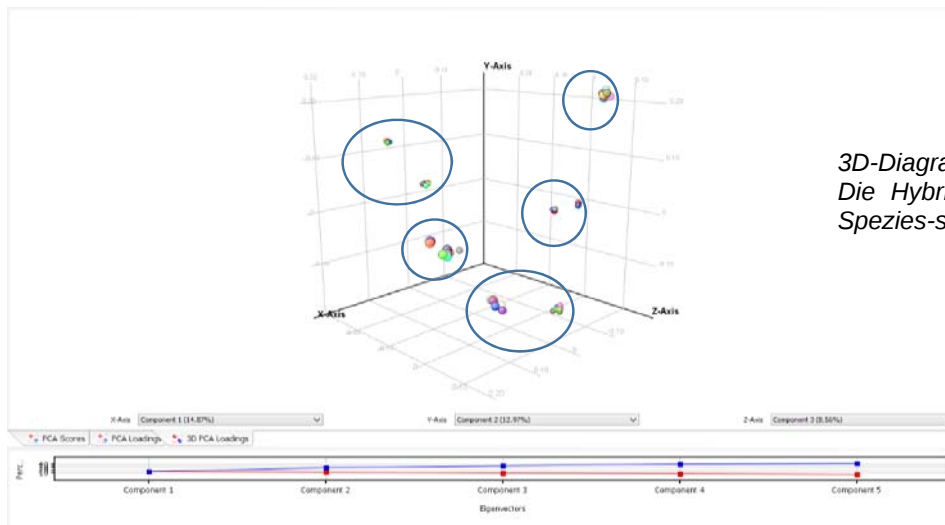
Zielsetzung

Entwicklung und Beurteilung eines neuen DNA Chips, bei welchem zwei verschiedene Verfahren kombiniert werden, um eine genaue Identifizierung von B-Erregern sowie wieder auftretenden infektiösen Krankheiten zu erreichen.

Resultate

Fünf Viren-Gattungen aus der Familie der Flaviviren, nämlich Usutu Virus (USUV), Japanese Encephalitis Virus (JEV), Tick-borne Encephalitis Virus (TBEV), Dengue Virus (DENV) und West Nile Virus (WNV) wurden auf spezifischen Sonden getestet. Das Vorgehen basierte auf der Hybridisierung von Erreger-Nukleinsäuren an neu designte komplementäre Proben. 260 Spezies-spezifische Proben-Sets wurden anhand von 50 Erregern ausgewählt und je fünf Mal auf denselben Array gedruckt. Drei Viren-Spezies aus den erwähnten Gattungen, USUV, JEPV und TBEV ergaben ein positives Resultat. Die Spezies DENV und WNV blieben jedoch negativ. Grund dafür ist die hohe genetische Diversität innerhalb der Gattungen und die damit verbunden fehlende Abdeckung der ausgewählten Sonden.

Die Analyse von Erreger-spezifischen Hybridisierungsbildern zeigen anhand einer Clusteranalyse, dass die Hybridisierungsbilder Spezies-spezifisch Gruppen formieren. Dies bedeutet, dass trotz einer niedrigeren Hybridisierungstemperatur von 4°C, die Erreger-DNA hochspezifisch an die generierten Proben bindet. Als Vorgehen wurde sämtliche DNA einer Probe auf einen mit 12800 zufälligen DNA-Proben gedruckten Array gegeben, wodurch für jeden B-Erreger ein eindeutiges Hybridisierungsbild entstand.



3D-Diagramm der Clusteranalyse. Die Hybridisierungsmuster bilden Spezies-spezifische Gruppen.

Fazit

Die Entwicklung und Beurteilung des neuen DNA Chips ist in der fortgeschrittenen Phase. Die Kombination der zwei beschriebenen Verfahren erlaubt für viele B-Erreger eine genaue Identifizierung. Einzige noch zu bewältigende Schwierigkeit ist die hohe genetische Diversität gewisser Virengattungen.

Psychomotorik-Mehrfacharbeits-Analyse (PMA)

ARAMIS: R-3210/043-21

Das Fliegerärztliche Institut FAI ist Fachstelle für die Eignungs- und Tauglichkeits-Abklärung von fliegendem Personal der Luftwaffe. Um den verändernden Anforderungen gerecht werden zu können, ist eine stets aktuelle, auf die Anforderungen zugeschnittene anpassbare Eignungsabklärung notwendig. Mit der Psychomotorik-Mehrfacharbeits-Analyse (PMA) wurde eine Technik entwickelt, mit welcher computerbasierte Testverfahren in einem Testsaal auf verschiedenen Arbeitsstationen eingesetzt werden können. Das System wurde mit neu entwickelten und bereits erprobten Testverfahren wie für Psychomotorik, Mehrfacharbeit, Gedächtnis, Konzentration, Aufmerksamkeit, räumlichem Vorstellungsvermögen, aber auch für Physik- und Technikverständnis, Englisch und mathematischem Schlussfolgern angereichert. Mit TALX - dem Team-Arbeits-Leistungs-Explorer - wurde basierend auf der PMA-Technologie ein computerunterstütztes Testsystem zur Messung der fliegereispezifischen Kommunikation und Teamarbeits-Leistung unter Druck entwickelt. Mit der Hochschule Rapperswil als technischem Forschungspartner werden computerbasierte Eignungsabklärungsverfahren entwickelt, optimiert und in einen regulären Einsatz überführt.

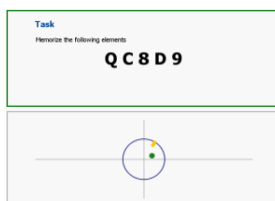
Zielsetzung

Entwicklung von computerbasierten und computerunterstützten Eignungsabklärungsverfahren, welche für sämtliche Kundengruppen des Fliegerärztlichen Institutes zugeschnitten und angepasst werden können.

Resultate

Tests zu den Anforderungsbereichen Psychomotorik, Mehrfacharbeit, Gedächtnis, Konzentration, Aufmerksamkeit, räumlichem Vorstellungsvermögen, Physik- und Technikverständnis, Englisch und mathematischem Schlussfolgern konnten bereits erfolgreich entwickelt werden. Diese Tests wurden mit Erfolg an echten Bewerbern bezüglich Reliabilität und Validität überprüft. Weitere Verfahren (z.B. Persönlichkeits-Fragebogen) werden noch auf der bereits zur Verfügung stehenden Technologie inhaltlich bestimmt, konfiguriert und getestet.

Der TALX wurde in einer ersten relativ frei konfigurierbaren Version programmiert und die entsprechende Hardware wurde bereits beschafft. Die weitere Ausarbeitung des Testkonzepts und der dazugehörigen Scripts steht noch an, damit der validierte Test dann auch auf weitere Kundengruppen innerhalb und ausserhalb des FAI angewendet werden kann.



*Links:
Im Testsaal des Fliegerärztlichen Institutes werden die Verfahren erprobt und eingesetzt.*



*Rechts:
Der TALX zielt auf einen Einsatz in kleineren Gruppen und soll für verschiedene Kundengruppen angewendet werden können.*



Fazit

Mit den beiden Systemen PMA und TALX wurden zwei sehr potente sowie weiterentwickel- und anpassbare Computerumgebungen entwickelt, welche bereits über echt erprobte und produktreife Testverfahren verfügen.

Helmvisier: Pilotenreferenziertes Display

ARAMIS: R-3210/043-22

Im Zusammenhang mit der Einführung von Helmet-Mounted Displays (HMD) kombiniert mit konventionellen Displays zur Lageanzeige stellt sich die Frage nach den Auswirkungen auf die Performance der Luftwaffenpiloten im Flugbetrieb. Dies insbesondere bei Missionen nahe über Grund und mit hoher Dynamik, wo eine intuitive Integration der Information von kritischer Bedeutung für die räumliche Orientierung ist. In einer Simulator-Studie soll das neue Konzept einer pilotenreferenzierten Fluglagedarstellung mittels Helmvisier (Helmet-Mounted Display; HMD) evaluiert werden. In der pilotenreferenzierten Fluglagedarstellung wird dargestellt, wohin der Pilot sieht und nicht wohin das Flugzeug fliegt (flugzeugreferenzierte Fluglagedarstellung). Es wird postuliert, dass diese Darstellungsart die räumliche Orientierung des Piloten massiv verbessert, dies aufgrund von kapazitäts-unempfindlicheren Verarbeitungs-Prozessen auf Stufe Rückenmark.

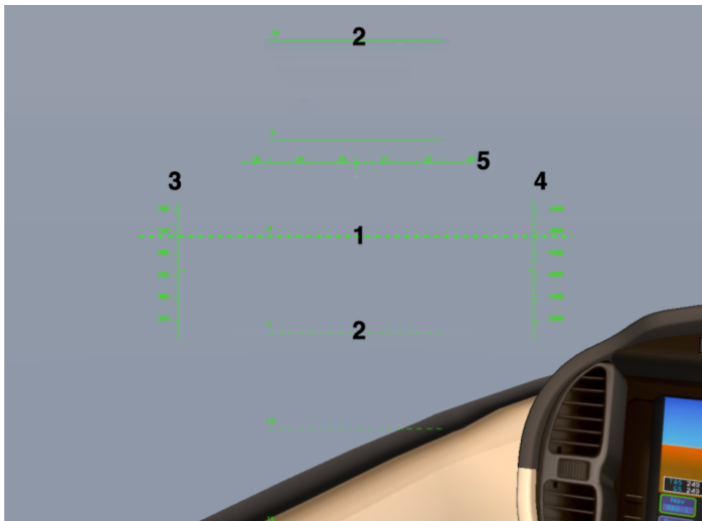
Das Projekt wurde 2010 aufgrund eines Führungsentscheids des Fliegerärztlichen Instituts der Luftwaffe sistiert.

Zielsetzung

Es wird ein pilotenreferenziertes Display in einer Virtual Reality Umgebung entwickelt. Zudem wird untersucht, ob die pilotenreferenzierte Fluglagedarstellung im HMD der flugzeugreferenzierten Fluglagedarstellung bei der räumlichen Orientierung des Piloten überlegen ist. Erfahrungen zu den Einsatzmöglichkeiten von PC-gestützten Flugsimulatoren in Virtual Reality Umgebungen werden für zukünftige Forschungsprojekte gesammelt.

Resultate

Realisiert wurde dieses Projekt auf einem Windows-PC mittels des Flugsimulators X-Plane, bei dem eigene Erweiterungen programmiert und eingebaut werden können. Eine Datenbrille mit eingebautem Headtracker erlaubt es dem Anwender in die virtuelle Umgebung einzutauchen und das Sichtfeld analog zur Realität durch seine Kopfbewegungen zu steuern. Gleichzeitig wird dadurch die neu entwickelte pilotenreferenzierte Lageanzeige synchronisiert; d.h. der künstliche Horizont wird deckungsgleich mit dem natürlichen Horizont gezeichnet und verfolgt diesen auch bei Kopfbewegungen mit. Im Rahmen einer Maturaarbeit (Messerli, 2011) konnten Vergleiche mit dem bestehenden F/A-18 Display durchgeführt und an einer studentischen Stichprobe evaluiert werden.



Das programmierte HMD-Plugin zur pilotenreferenzierten Lageanzeige enthält folgende Elemente:

- 1) Künstlicher Horizont
- 2) Anstellwinkellinien
- 3) Speed
- 4) Höhe
- 5) Heading

Fazit

Aufgrund der geringen Anzahl von Versuchspersonen und der einfachen Untersuchungsaufgabe können noch keine abschliessenden Resultate festgehalten werden. 2/3 der Probanden jedoch flogen mit pilotenreferenziertem Display exakter (Höhe, Rollbewegungen) und bevorzugten dies subjektiv für die Lageorientierung.

Nackenprobleme bei Militärpiloten

ARAMIS: R-3210/043-20

Nackenschmerzen sind häufig auftretende Gesundheitsprobleme bei Militärpiloten. G-Kräfte, unergonomische Sitzposition und zusätzliches Helmgewicht können zu ernsthaften Nackenproblemen wie Diskushernien im zervikalen Bereich führen. Die körperlichen Belastungen haben in den letzten Jahren bei Militärpiloten zugenommen. Es ist somit wichtig eine Methode zu entwickeln, mit der krankhafte Veränderungen in der Halswirbelsäule aufgedeckt werden können.

Klinische schmerzprovozierende Tests wie der Spurling Test werden häufig bei Patienten mit Verdacht auf zervikale Nervenschädigungen angewandt. Dieser Test hat sich als nützlich und klinisch gut umsetzbar erwiesen. Jedoch zeigt er allein keine befriedigende Sensitivität und Spezifität. Eine Kombination von Oberflächen EMG und dem Spurling Test könnte diesen Umstand verbessern.

Zielsetzung

Entwicklung eines einfachen Testablaufs zur Erkennung von Nackenerkrankungen, bestehend aus einem Nackenschmerzen-provozierenden Test und Oberflächen-Elektromyogramm (EMG).

Methode

15 Piloten mit chronischen Nackenschmerzen und 15 asymptomatische Piloten werden angefragt, einen schmerzprovozierenden Nackentest durchzuführen. Gleichzeitig wird mittels EMG die Muskelaktivität ausgewählter Nackenmuskeln aufgenommen. Jeder Teilnehmer wird vor und nach dem Test sein subjektives Schmerzempfinden über die Visual Analogue Scale (VAS) ausdrücken. Der Tester kennt zu keiner Zeit der Untersuchung den Gesundheits- und Schmerzzustand der Piloten, um eine neutrale Wertung zu gewährleisten.



*Links:
Kabellose Elektromyogramm-Sensoren
zur Erfassung der Muskelaktivität.*

*Rechts:
Sensoren und Elektroden auf Nacken-
muskeln aufgeklebt.*

Resultate

Die Muskelaktivität von Nackenschmerzpatienten und asymptomatischen Kontrollpiloten werden verglichen. Mögliche Korrelationen zwischen der VAS Skala und Muskelaktivität werden untersucht. Des Weiteren wird geprüft, wie gut der verblindete Tester die Schmerzpatienten erkannte.

Fazit

Wird ein signifikanter Unterschied bei der Muskelaktivität zwischen schmerzempfindenden und schmerzfreien Piloten gefunden, werden Schlussfolgerungen über die Anwendung des kombinierten Tests gezogen. Des Weiteren wird diskutiert, ob die Kombination der VAS Skala mit der elektromyographischen Diagnostik die Sensitivität und Spezifität erhöht und somit einen validen Testablauf darstellt.

Methoden zur Messung von Human Factors Effekten

ARAMIS: R-3210/050-50

Human Factors sind für 70-80% der Unfälle in sozio-technischen Organisationen verantwortlich. Mit zunehmender Komplexität der Organisation steigen die Anforderungen an die menschliche Informationsverarbeitung, die Teamkoordination, Mensch-Maschinen Interaktionen und die System-Resilienz. Damit sich ressourcenintensive Massnahmen im Bereich Human Factors rechtfertigen lassen, sollten sich die zu erwartenden Effekte klar quantifizieren lassen. Grundlage hierfür ist die systematische Kategorisierung der Faktoren sowie die verlässliche Datenerhebung. Dieses Projekt stellt die Wissensgrundlage für ein systematisches Human Factors Management zur Verfügung. Auf dieser Basis sollen Kontroll- und Messwerkzeuge sowie praxistaugliche Prinzipien zur Verbesserung der menschlichen Performance gefunden und deren zuverlässiger und sicherer Einsatz im operativen Umfeld demonstriert werden.

Problem

Human Factors sind weiche Faktoren und bilden einen typischen Querschnittsbereich. Eine verlässliche Datengrundlage für die Beurteilung von Human Performance fehlt meist. Dies, sowie die Beteiligung menschlicher Faktoren in beinahe jedem Tätigkeitsbereich, erschweren die Beurteilung der Bedeutung dieser Faktoren. Human Factors Massnahmen in der Organisationsentwicklung sind mit aufwendigen organisatorischen Eingriffen verbunden. Im Bereich Mensch-Maschinen Schnittstelle lassen sich Eingriffe an Displays oder der Systemphilosophie häufig nur unter hohem finanziellem und zeitlichem Aufwand realisieren. Häufig haben Human Risk Beurteilungen massive operationelle und finanzielle Konsequenzen für die betroffenen Unternehmen und Organisationseinheiten. Deshalb sollten verlässliche Instrumente für die Quantifizierung der Human Factors Effekte und zur Festlegung entsprechender Massnahmen zur Verfügung stehen.

Resultate

Die Human Factors-Tools, welche zu Beginn der Studie als geeignet für ein integriertes Human Factors Management System identifiziert worden sind, wurden zur Praxisreife weiterentwickelt. Hierzu gehören insbesondere die auf dem Human Factors Analysis & Classification System beruhende Human Performance Monitoring Software der NASA TLX zur Erfassung von Arbeitsbelastungen und der Fleishman Job Analysis Survey (F-JAS). Die Verfahren konnten in mehreren Projekten erfolgreich eingesetzt werden wie bei der Anforderungsquantifizierung UGV und den Workload-Analysen in den Projekten IMESS und BA&IMINT. Dabei konnte insbesondere ein hoher Abstimmungsgrad der Instrumente erreicht werden. Dieser ist Voraussetzung für ein reibungsloses Zusammenwirken in einem übergeordneten HF-Management System.



Das fertig entwickelte Human Performance Monitoring System (HPMS) erlaubt die systematische Erhebung von organisationalen Human Factors Leistungsfaktoren. Diese sind die Grundlage zur Datenbasierten Identifikation von Massnahmen im Bereich der organisationalen Sicherheit und Leistungsfähigkeit.

Das HPMS ist auf jedem PC mit vorinstalliertem Microsoft Office 2007 (oder neuer) lauffähig. Zur Installation werden keine Administratorrechte benötigt. Die Datensammlung läuft über Email und setzt keinerlei weitere IT-Infrastruktur voraus. Auf dem Foto läuft das System auf einem Tablet-PC (Microsoft Surface 2).

Fazit

Es wurden mehrere Verfahren und Methoden zur Quantifizierung von Human Factors und damit zur Steigerung von Produktivität und Sicherheit entwickelt. Möglichkeiten zur Validierung dieser Methoden z.B. über Crowd-Validierung im Internet werden zurzeit geprüft. Es hat sich zudem gezeigt dass ein grosser Bedarf an Verfahren zur Evaluation von Mensch-Maschinen Schnittstellen besteht. Deshalb sind Abklärungen zum Aufbau eines Human-Machine-Interaction Labs geplant.

Kompetenzzentrum Human Factors

ARAMIS: R-3210/050-51

Human Factors sind massgeblich am Einsatzerfolg moderner militärischer Sicherheits- und Wehrtechnik beteiligt. Typisch für die moderne Kriegführung sind eine hochgradige Vernetzung, virtuelle Planungs- und Einsatzführung, hohe Informationsdichte sowie hohe psychische und physische Anforderungen. Mit zunehmender Komplexität der Operationen steigen die Anforderungen an die menschliche Informationsverarbeitung, die Teamkoordination und Mensch-Maschinen Interaktionen. Das Kompetenzzentrum Human Factors dient der nachhaltigen Sicherstellung von Fachkompetenzen zur Beantwortung von Fragen zum Themenkreis Human Factors mit Schwerpunkt Sicherheits- und Wehrtechnik. Durch Aufbau und Pflege geeigneter Netzwerke mit Experten, Kunden, Nutzniessern und Kooperationspartnern wird der Zugang zu Fachkompetenz ermöglicht.

Problem

Für Organisationen, die nicht über eine eigene Human Factors Abteilung verfügen, kann es schwierig sein, sich entsprechendes Knowhow zu beschaffen. Das Kompetenzzentrum Human Factors dient als zentrale Anlaufstelle (Single Point of Contact) für sämtliche Human Factors Fragen. Es bündelt das aktuelle Human Factors Knowhow und stellt dieses den Auftraggebern in geeigneter Form zur Verfügung.

Das Kompetenzzentrum betreibt selber angewandte Forschung und kann bei entsprechenden Fragestellungen von den Bedarfsträgern beigezogen werden. Das Zentrum unterhält ferner enge Kontakte zu in- und ausländischen Forschungszentren und Knowhow-Trägern und vermittelt diese an die Bedarfsträger. Das Kompetenzzentrum fördert die Vernetzung unter den Bedarfsträgern. Es organisiert hierfür regelmässige Meetings.

Resultate

Aus den Kontakten des Vorjahres zu Bedürfnisträgern haben sich mehrere konkrete Zusammenarbeiten in Projekten ergeben. Hierzu gehören die Identifikation der Human Factors Schlüsselfaktoren bei UGV-Operationen, die Identifikation kritischer Human Factors bei der Bildanalyse bei IMINT-Produkten, die Erstellung des Studiendesigns im Prozess CD&E bei IMESS, die automatische Detektion auffälligen Verhaltens bei der Videoüberwachung oder Methoden zur Erhöhung der Erfolgswahrscheinlichkeit bei Projekten mit grossen Unsicherheiten.



Im Projekt IMESS CD&E (Bild oben links) wurde das Studiendesign für die Felddatengewinnung beim Vergleich von IMESS mit der Infanterie Standardausrüstung erstellt. Dabei geht es um die Minimierung von Verzerrungen der Studienresultate aufgrund menschlicher Faktoren. Im Projekt UGV-Operationen (Bild oben rechts) wurden die Faktoren „Spatial Orientation“, „Situational Awareness“, „Multitasking“, „Adaptive Automatisierung“ und „Telepräsenz“ als Schlüsselfaktoren identifiziert. IM Projekt „Automatische Detektion auffälligen Verhaltens“ (Bild unten links) wird daran gearbeitet, spezifisch menschliche Verhaltensweisen, wie Gesten oder Tätigkeiten zu erkennen. Mittels geeigneter Verfahren lassen sich Projektrisiken frühzeitig erkennen und Unsicherheiten gezielt reduzieren (Bild unten rechts).

Fazit

Das Kompetenzzentrum Human Factors stösst generell auf eine breite Nachfrage. Das Querschnittsgebiet Human Factors und die entsprechende Beratungskompetenz wurden weiter ausgebaut. Dabei konnte eine rege Zusammenarbeit mit Experten aus Wirtschaft, Forschung und Lehre im dafür geschaffenen Kooperationsnetzwerk erzielt werden.

Dr. Ivano Marques
ivano.marques@armasuisse.ch

Partner
Forventis GmbH, ETHZ, AEH,
Stiftung Risiko-Dialog,
Die Ergonomen Usability AG