



ENERGIEVERBRAUCH DER MOBILEN KOMMUNIKATION

Jahresbericht 2007

Autor und Koautoren	Prof. Dr. M. Hufschmid, A. Corliano
beauftragte Institution	Fachhochschule Nordwestschweiz
Adresse	Gründenstrasse 40, 4132 Muttenz
Telefon, E-mail, Internetadresse	061 467 44 70, markus.hufschmid@fhnw.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	102013/152491
BFE-Projektleiter	R. Brüniger
Dauer des Projekts (von – bis)	1. März 2007 – 28. Februar 2008
Datum	30. November 2007

ZUSAMMENFASSUNG

Gegenstand des Projekts „Energieverbrauch der mobilen Kommunikation“ ist die Untersuchung des Energieverbrauchs der für die Bereitstellung von Mobilfunkdiensten notwendigen Infrastruktur. Zu diesem Zweck wurden im vergangenen Jahr an diversen Mobilfunkstandorten und für verschiedene Technologien Langzeitleistungsmessungen an charakteristischen Netzelementen durchgeführt. Daraus wurden Aussagen betreffend des Energieverbrauchs in Abhängigkeit der Auslastung, der Technologie und der Klimatisierung abgeleitet. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass (1) zwischen der Netzauslastung und dem Leistungsbedarf eine mässige Korrelation besteht, dass (2) die von der Netzauslastung abhängigen Schwankungen verglichen mit dem Grundleistungsbedarf verhältnismässig klein ($< 5\%$) sind und dass (3) technologieabhängige Unterschiede bestehen. Ergänzende Messungen und detailliertere Analysen sind derzeit im Gange. Aus den Erkenntnissen sollen anschliessend Optimierungsmöglichkeiten identifiziert und Handlungsalternativen zuhanden der Mobilfunkbetreiber formuliert werden.

Um Hypothesen über die zukünftige Entwicklung des Energiebedarfs formulieren zu können, wurden Mobilfunktechnologien (UMTS 900, Femtozellen, Open Wireless, NGN/IMS) eruiert, die in der näheren Zukunft die Bereitstellung von Mobilfunkdiensten beeinflussen könnten. Die Untersuchung, welchen Einfluss die verschiedenen Technologien auf den Energiebedarf haben könnten, ist im Moment noch nicht abgeschlossen.

Das Projekt kann voraussichtlich wie geplant per Ende Februar 2008 abgeschlossen werden.

Projektziele

Übergeordnete Zielsetzung des Projekts ist es, betriebliche, technologische und organisatorische Möglichkeiten für die möglichst energieeffiziente Realisierung von Mobilfunkdiensten zu identifizieren und entsprechende Handlungsalternativen zu formulieren. Zu diesem Zweck wird das Projekt in drei Phasen aufgeteilt:

Analyse des Energieverbrauchs

In einer ersten Phase soll der Energieverbrauch von mehreren (2 bis 3) Standorten gemessen und im Detail analysiert werden. Insbesondere interessiert, wie sich der Energiefluss auf die verschiedenen Komponenten

- Infrastruktur (im Vergleich zu Terminals)
- Klimatisierung
- USV (battery backup)
- Netzelemente (Transceiver, Controller, Switching, ...)

aufteilt. Eine erste Schwierigkeit dürfte darin bestehen, die einzelnen Komponenten sachlich-richtig zu definieren und eindeutig gegeneinander abzugrenzen. Der Energiebedarf der Klimatisierung und der USV soll zwar bestimmt, jedoch nicht im Detail untersucht werden.

Im Weiteren interessiert die Abhängigkeit der Energieflüsse von

- Auslastung/Verkehr
- Tages-, ev. Jahreszeit¹
- Klimatische Bedingungen
- Technologie
- Netzarchitektur
- Anzahl Standorte in einem Versorgungsgebiet
- Anzahl Betreiber²

Für die Messungen schlägt sunrise mehrere Indoor- und Outdoor-Standorte vor, in denen möglichst alle gängigen Technologien (GSM, EDGE, UMTS, ...) betrieben werden. Die Messungen werden durch einen Mitarbeiter der FHNW durchgeführt, mit Unterstützung durch sunrise (technisches Know-how, Zugang zu den Standorten).

Einzelne Messungen, insbesondere an Netzelementen, können auch im Labor durchgeführt werden.

Möglichkeiten der Optimierung

Aufgrund der Erkenntnisse aus Phase 1 und von theoretischen Abschätzungen sollen in dieser zweiten Phase Optimierungsmöglichkeiten identifiziert und bewertet werden. Die Massnahmen können voraussichtlich grob in die folgenden drei Bereiche eingeteilt werden:

- Technologie:
Bei welchen Komponenten liegt das grösste Einsparpotential? Welche technische Möglichkeiten existieren für die Optimierung des Energieverbrauchs? Welche Mobilfunktechnologie ist bezüglich spezifischem Energieverbrauch (Energieverbrauch pro Gbit) vorteilhaft?
- Betrieb:
Bei gegebener (marktbestimmter) Technologie, welche sind energieeffiziente Arten, das Netz zu betreiben?

¹ Da die Projektdauer auf ein Jahr begrenzt ist, dürfte es schwierig sein, über jahreszeitliche Schwankungen zuverlässige Aussagen zu machen.

² Da die Messungen nur mit einem Betreiber durchgeführt werden, können darüber nur theoretische Überlegungen angestellt werden.

- Netzplanung:
Welche Grundsätze hinsichtlich Netzplanung können aus der Forderung nach möglichst energieeffizientem Betrieb abgeleitet werden? Inwiefern hat die Anzahl Betreiber in einem Versorgungsgebiet einen Einfluss auf die Energieeffizienz?

Die gefundenen Möglichkeiten sollen hinsichtlich ihrer energetischen Wirksamkeit, den Auswirkungen auf die Dienstqualität/-verfügbarkeit und den finanziellen Konsequenzen bewertet werden.

Formulierung von Handlungsalternativen

Als Abschluss des Projekts sollen die Erkenntnisse in einem Bericht zusammengefasst und Handlungsalternativen für eine möglichst energieeffiziente Versorgung mit Mobilfunkdiensten formuliert werden. Diese Empfehlungen dürften sich in zwei Themen gliedern:

- Vorschläge zuhanden der Netzbetreiber zum energieeffizienten Betrieb von Standorten.
- Übersicht über noch nicht gelöste Probleme und festgestellte Erkenntnislücken sowie daraus abgeleitete Vorschläge für das weitere Vorgehen.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Es wurden Basisstationen eines Mobilfunknetzes bezüglich ihres Energieverbrauchs über einen Zeitraum von 2 Monaten ausgemessen. Im GSM-Netz sind dies BTS (Base Transceiver Station) und im UMTS-Netz NodeB / RBS (Radio Base Station). Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die ausgemessenen Elemente.

Netzelement	Technologie	Bezeichnung	Hersteller	# TRX	Standort
BTS	GSM 1800	Ultra Site	Nokia	6	Indoor
BTS	GSM 900	Ultra Site	Nokia	6	Indoor
NodeB / RBS	UMTS	RBS 3202	Ericsson	3	Indoor
BTS	GSM 1800	Ultra Site Midi	Nokia	6	Outdoor
BTS	GSM 900	Ultra Site Midi	Nokia	6	Outdoor
BTS	GSM 900/1800	Ultra Side	Nokia	12	Indoor
NodeB / RBS	UMTS	RBS 3202	Ericsson	3	Indoor

TABELLE 1: AUSGEMESSENE NETZELEMENTE

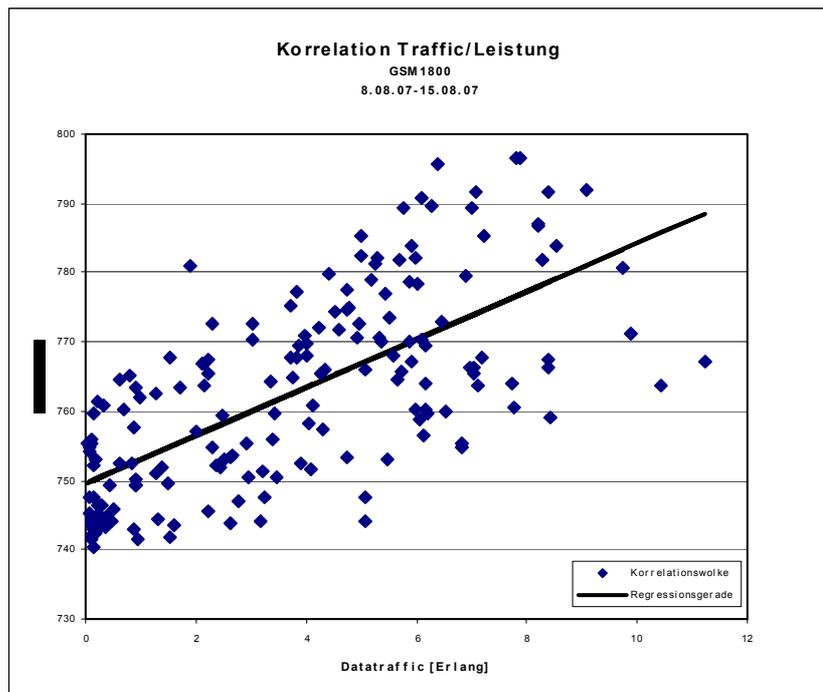
Die Tabelle (Tabelle 1) ist in drei Abschnitten aufgeteilt. Jeder Abschnitt stellt eine Station dar. Die erste Station enthält also drei Netzelemente (zwei BTS und ein NodeB/RBS) und befindet sich Indoor d.h. in einem separat gekühlten Raum. Elemente die sich Outdoor befinden, d.h. nicht in einem gekühlten Raum sondern in einem abgeschlossenen Rack, haben entweder Lüfter oder eine integrierte Klimaanlage.

Die #TRX Spalte gibt die Anzahl der eingebauten Sendeempfänger an. Eine Station kombiniert in einem Rack die BTS für GSM 900 mit der BTS für GSM 1800. Aus diesem Grund sind 12 Sendeempfänger aufgeführt, wobei 6 der GSM 900 Technologie zuzuordnen sind und 6 der GSM 1800 Technologie.

Im Besonderen wurde die Abhängigkeit des Energieverbrauchs dieser Netzelemente zur Auslastung bzw. zum Datenverkehr untersucht. Dieser Abschnitt fasst kurz die bisherigen Resultate zusammen.

Aus den ersten Messungen können folgende Beobachtungen gemacht werden:

- Bei den GSM Technologien besteht zwischen der Netzauslastung und dem Leistungsbedarf eine mittlere Korrelation. Bei den untersuchten Anlagen waren die Schwankungen des Leistungsbedarfes jedoch nicht grösser als 50W, bezogen auf eine mittlere Leistung von \approx 500-800W. Die folgende Abbildung (Figur 1) fasst diesen Sachverhalt zusammen und zeigt die Korrelation zwischen der Netzauslastung und dem Leistungsbedarf für eine GSM 1800 Basisstation.



FIGUR 1: KORRELATION LEISTUNGSBEDARF- DATENVERKEHR

- Der Grundleistungsbedarf liegt hier bei etwa 750W wobei der mittlere Leistungsbedarf genau bei 762W liegt. Der Kreuzkorrelationskoeffizient berechnet sich zu $r_{xy} = 0.68$ was auf einen mässigen bzw. mittleren linearen Zusammenhang schliessen lässt.
- Bei UMTS scheint eine noch geringere Korrelation zwischen Netzauslastung und Leistungsbedarf zu bestehen. Die untersuchten Stationen zeigten eine Schwankung von 0-10W. Wobei bei den untersuchten Anlagen die UMTS- Netzauslastung bei weitem nicht voll ausgeschöpft war.
- Bei der selben effektiven Strahlungsleistung ist bei GSM1800 der Grundleistungsbedarf etwa 150W höher als bei GSM900 . Jedoch ist der Grundleistungsbedarf einer UMTS Basisstation am Höchsten (ungefähr 900W).

Nationale Zusammenarbeit

Das Projekt wird in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich, namentlich dem Centre for Energy Policy and Economics (CEPE), vertreten durch Dr. Bernard Aebischer, und der Forschungsstiftung Mobilkommunikation, vertreten durch Dr. Gregor Dürrenberger, durchgeführt.

Die Zusammenarbeit mit der Firma Sunrise, Zürich, ermöglicht es, Messungen an operativen Netzelementen durchzuführen.

Bewertung 2007 und Ausblick 2008

Analyse des Energieverbrauchs

Die Messungen auf den Mobilfunkstationen konnten bis zum September 2007 abgeschlossen werden. Eine erste Sichtung der Ergebnisse erlaubte die Formulierung einiger Hypothesen, die im Moment durch detailliertere Analyse der Messresultate überprüft werden. Allerdings zeigte es sich auch, dass einige Fragen noch mittels zusätzlicher Messungen abgeklärt werden müssen, was bis Ende Jahr erledigt sein sollte.

Möglichkeiten der Optimierung

Momentan befindet sich das Projekt in der zweiten Phase, während der Möglichkeiten zur Optimierung des Energieverbrauchs identifiziert und bewertet werden sollen. Grundlage dafür bilden einerseits die vorliegenden Messergebnisse, welche Aussagen über technologieabhängigen Energiebedarf und energieeffizienten Betrieb der Netzkomponenten ermöglichen. Andererseits wird auch versucht, mittels Hochrechnungen und theoretischen Untersuchungen generellere Aussagen betreffend

energieeffizienter Netzplanung und –betrieb und zu erhalten. Unter anderem interessieren dabei die Einflüsse möglicher zukünftiger Technologien. Zu diesem Zweck werden Zukunftsszenarien formuliert, deren Technologien analysiert und energetische Auswirkungen abgeschätzt.

Die zweite Phase soll bis Ende Jahr abgeschlossen werden.

Formulierung von Handlungsalternativen

Diese letzte Phase wurde noch nicht in Angriff genommen. Aus den Ergebnissen der beiden vorangegangenen Phasen sollen Handlungsalternativen für eine möglichst energieeffiziente Versorgung mit Mobilfunkdiensten abgeleitet werden.

Die Formulierung der Handlungsalternativen ist für das kommende Jahr geplant. Im Januar und Februar 2008 soll ausserdem der Schlussbericht erstellt und das Projekt ordnungsgemäss abgeschlossen werden.