

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Forschungsergebnisse Projekt ComGreen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Projektüberblick

Projekttitel:	ComGreen – Communicate Green
BMWi FKZ:	01 ME11012, 01 ME11008A, 01 ME11010, 01 ME11011, 01 ME11009
Laufzeit:	01.01.2011 bis 31.12. 2014
Konsortium:	Deutsche Telekom AG / Telekom Innovation Laboratories Ericsson Fraunhofer Gesellschaft Technische Universität Berlin Universität Paderborn
Projektleiter:	Steffen Bretzke, Ericsson GmbH
Webseite:	www.communicate-green.de

Forschungsthemen

Im Projekt ComGreen wurden Lösungen zur Energieeinsparung in modernen Mobilfunknetzen erarbeitet:

- Lastadaptive Energieverwaltung unterstützt durch Kontext-Manager oder Beziehung zu Nachbar-Basisstationen
- Energiebewusste Funkanbindung von Basisstationen
- Schlaf-Modus für Zellen gleicher Technologie am selben Standort
- Schlafmodus für Kleinstzellen in heterogenen Netzen
- Ausweitung des Versorgungsbereiches
- Bandbreitenerhöhung
- Verkehrsvorhersage und Daten-Zwischenspeicherung im Kernnetz
- Energieeffizientes Verbindungsmanagement

Energiemodelle für vier Einsatzszenarien

Es wurden Energiemodelle für vier typische Einsatzszenarien entwickelt:

- Standardszenario: Regular City Szenario
- Alternativszenarien: Rural Area, Business Area, Stadium Area Szenario

Daten zur Parametrisierung der Energiemodelle beinhalteten:

- Mobilfunknetze (u.a. Art, Konfiguration und Leistungsaufnahme der Netzelemente sowie Zelltypen, Zelldichte und Abdeckungsbereich)
- Endgeräte (u.a. Art der genutzten Dienste und Mobilfunktechnologien, Signalstärke, Nutzerstandort und Nutzerbewegung etc.)
- Netzwerkkontext (u.a. momentane und durchschnittliche Lasten, Lastprofile, Netz- bzw. Zellkonfiguration, Ausrichtung der Antennen etc.)

Zur einfacheren Berechenbarkeit wurden aus tatsächlichen Verkehrsmessungen abgeleitete Verkehrsmodelle durch trigonometrische Formeln analytisch approximiert

App zur Erfassung von Netzparametern

Im Projekt wurde für die Messungen bzw. statistische Erfassung von Nutzungs- und Netzparametern die RRCLogger App für Android 2.3 entwickelt.

- Die App erfasst Informationen zur Basisstation, die unterstützten Mobilfunktechnologien (2G/3G) sowie die Position des Nutzers
- Testfahrten mit speziell ausgerüsteten Fahrrädern zur Datenerfassung
- Visualisierung der Messergebnisse erfolgte mit OpenStreetMap

Messergebnisse:

- Viele Mobilfunknetze verfügen über eine sehr hohe Abdeckungskapazität, da gerade in städtischen Bereichen in Deutschland oftmals alle vier Netzanbieter eine volle Abdeckung liefern
- Daher könnten je nach Verkehrsaufkommen einzelne Netzelemente auch in einen Schlafmodus versetzt werden, um Energie zu sparen ohne dass die Netzqualität negativ beeinflusst wird

Mobilfunk- und Kernnetz Simulator

Entwicklung eines Simulators für ein vollständiges heterogenes Mobilfunk- und Kernnetz auf der Basis von ca. 22 000 Systemen in Hessen (inkl. Basisstationen, Kern- und Transportnetzkomponenten)

- Fokus auf den Transportnetzen (Switches, Router und deren Verbindungen zu Basisstationen - Mobile Backhaul) – große Stückzahlen und hoher Anteil am Gesamtenergiebedarf
- Bereitstellung präziser Daten zum Datenverkehr und Energieverbrauch
- Dynamischer Vergleich vieler Produkte, Strategien und Lösungen wie auch deren Kombinationen
- Gleichzeitige Beobachtung von Datenverkehrsbedarf pro km², zugehöriger Netzwerkenergiebedarf und Endnutzerperformance zu einer bestimmten Zeit für verschiedene Netzwerkkonfigurationen
- Modellierung der Variation von Netzwerkperformanceindikatoren im Tagesverlauf mit dem Zeitbalken zur Identifizierung besonders energieeffizienter Zeitbereiche

OpenMobileNetwork

OpenMobileNetwork – Semantische Modellierung und Verknüpfung von Mobilfunknetzdaten

OpenMobileNetwork: offene Plattform, die angenäherte und semantisch angereicherte Daten zu mobilen Netzwerken und WiFi Zugangspunkttopologien zur Verfügung stellt (RDF Format)

- Messclients auf Mobilgeräten der Nutzer sammeln seit 2012 global Daten (Crowdsourcing) -> Topologiemodellierung für mobile Netzwerke und WiFi Zugangspunkte
- Datenstrukturierung mittels einer umfassenden Ontologie: Standorte von Basisstationen und WiFi Zugangspunkten, Netzabdeckung, Nachbarzellrelationen und dynamische Daten wie Datenverkehr, Servicenutzung und Nutzeranzahl
- Die OpenMobileNetwork Demo für ComGreen und der Prognosenvisualisierer demonstrieren die Anwendbarkeit des OpenMobileNetworks um ein Power Management für mobile Netzwerke zu etablieren.

Energiebedarf einer BTS im lastadaptiven Betrieb

Im Projekt wurde die elektrische Leistungsaufnahme einer Basisstation (BTS) sowie die Energieeinsparung im Low-Power Mode gemessen:

- Leistungsaufnahme der Basisstation verteilt sich auf die Funkeinheit, die Signalverarbeitung, die Kühlungseinheit und Stromversorgungseinheit
- Bei der Verwendung des Bandwidth Expansion Modes (BEM) wird die Sendeleistung der Basisstation durch Anpassung des Leistungsverstärkers entsprechend der Anforderungen gesteuert
- Durch Abschalten des Leistungsverstärkers reduziert sich die Sendeleistung und resultierende Leistungsaufnahme um etwa 25%

Dynamisches Zu-/Abschalten von Netzelementen

- Dynamisches Zu- und Abschalten von Netzelementen ist entscheidend zur Anpassung der Kapazität an die Nachfrage (Lastadaptivität)
- Damit bleibt die Zunahme des Energieverbrauchs durch die Verdichtung der Funknetze unter Kontrolle
- Der Hetnet Demonstrator zeigte deutlich, dass eine Hinzunahme kleiner Zellen mit Sleep Modes die Dienstqualität und den Energieverbrauch verbessern kann
- Damit die Anlagen in Zukunft oft abgeschaltet werden können, müssen zukünftige Funkzugangstechnologien mit einem Minimum an Signalisierungsverkehr auskommen (eine große Herausforderung)
- Der ‘Green LTE carrier’ Demonstrator zeigt, dass vernünftige Energieeinsparungen möglich sind, indem man auf die regulären ‘pilot signals’ in LTE verzichtet
- Eine Vorhersage von Nutzerbewegung und Nutzerverhalten unterstützt einen dynamischen Betrieb von Netzelementen

Green LTE Träger Operation

Energieeffizienterer Betrieb der LTE Träger:

- Nur benötigte Übertragungen werden durchgeführt
- Signalisierung und Pilotsignale werden nicht übertragen, wenn keine Daten vorhanden sind
- Reduziert Netzwerkinterferenzen und erhöht dadurch die Übertragungsgeschwindigkeiten
- Bewertung in Kombination einer weiteren Verbesserung: “Dual Connectivity” (LTE Rel-12 Feature zur Verbesserung der Nutzerperformance und Verlängerung des Schlafmodus bei Basisstationen)
- Visualisierung per Demonstrator mit Tag-/Nachtprofil

Lastadaptive Bereitstellung der Dienste

Virtualisierung: Flexible Bereitstellung, Migration und Konsolidierung von Diensten bei Cloud-Computing

- Verteilung über tausende geographisch getrennt Cloud-Standorte
- ComGreen: Adaption des Prinzips für mobile Netzwerke – Cloud-Standorte sind hier Basisstationen, Zugangsrouten oder Backhaul-Router
- Gegenüber der derzeitigen Situation dauerhaft aktiver Infrastrukturen zur Dienstbereitstellung ermöglicht eine Anpassung der Standorte und Nutzerzuweisung unter Berücksichtigung regionaler Lastsituationen zusätzliche Energieeinsparungen (Weniger aktive Hardware für die Sicherstellung operationaler Funktionalitäten)
- Konsolidierung von Diensten ermöglicht das Abschalten ungenutzter Hardware
- Entwicklung eines Plugins für Verteilungsalgorithmen, getestet im projekteigenen Testbed

Patente und Veröffentlichungen

3 europäische Patentanmeldungen:

- Andreas Roos, Dmitry Sivchenko, Nico Bayer. “Method and system for network-centric control of network connectivity for mobile terminals in IEEE 802.11 based networks”. European patent application.
- Nico Bayer, Andreas Roos, Dmitry Sivchenko. “Method and system for network-centric discovering of points of attachment to the network for mobile devices within networks having plural access points” European patent application.
- Nico Bayer, Hans Einsiedler, Christoph Peylo, Peter Dely, Andreas Kessler. “Method and system for the distribution of the control and data plane in Wireless Local Area Network Access Points” European patent application.

34 nationale und internationale wissenschaftliche Veröffentlichungen