



Ubiquitär verfügbare Kommunikationsdienste

Ralf Steinmetz/Alex B. Gershman/Matthias Hollick/Wolfgang Johannsen/Anja Klein

Kommunikationsmittel, Sensoren und elektronische Geräte, die nahtlos in unsere alltägliche Umgebung integriert sind, werden bald Realität sein. Der Begriff *AmbientWeb* soll Netzwerke charakterisieren, die einen barrierefreien, ubiquitären Zugriff auf Kommunikationstechnologie und Elektronik ermöglichen und hierdurch einer breiten Nutzerschicht eine bestmögliche Unterstützung in ihrem täglichen Leben gewähren. Allgegenwärtige Kommunikation zwischen Nutzern, physischen Objekten und Rechnern liegt jenseits der Möglichkeiten des heutigen Internet. Dieser Beitrag skizziert Netzarchitekturen mit Technologien zur Selbstorganisation (im weiteren Sinne) und der Fähigkeit der Umweltwahrnehmung sowie erweiterte Basistechnologien zur drahtlosen Kommunikation. Ein Beispiel zeigt den möglichen Einsatz des *AmbientWeb* im täglichen Leben.

Ubiquitous communication *The not so far future will see novel types of communication facilities, sensors and electronic devices seamlessly integrated into the fabric of daily life. The term AmbientWeb was coined to characterize such networks, which introduce ubiquitous access to the broad range of services enabled by technology, thus, supporting a broad user group. The required capabilities to enable ubiquitous communication between users, physical objects and computing devices are beyond those available in today's Internet. Our contribution outlines network architectures comprising new technologies based on self-organizing (in a wider sense) and environment-aware facilities as well as fundamentals for future wireless communication systems. An example from daily life illustrates the potential usage of the AmbientWeb.*

Die Kommunikationstechnologie des AmbientWeb – wir wollen darunter die ubiquitäre Präsenz von Kommunikationsdienstleistungen im alltäglichen Umfeld seiner Nutzer verstehen – ist wesentlich anspruchsvoller als die des Internet. Sie soll die allgegenwärtige und zuverlässige Inanspruchnahme von Kommunikationsdienstleistungen ermöglichen. Die Kommunikation erfolgt unter Einbeziehung von unmittelbar bedienbaren Benutzergeräten, Sensoren bzw. physikalischen Objekten der Umgebung des Nutzers; die Anwendungen sind nicht ortsgebunden. Ein weiterer Komplexitätsgrad entsteht durch die gleichzeitige und sich ergänzende Nutzung von drahtloser Mobilkommunikation, direkter Kommunikation zwischen Geräten über mehrere Netzknoten hinweg und von traditionellen, kabelgebundenen Netzen.

Die damit aufgeworfenen Forschungsfragen lassen sich grob in die folgenden Bereiche klassifizieren:

Netzarchitekturen: Wie sind die heute streng schichtenartig, wenig flexibel und zentral gesteuerten Netze zu strukturieren, damit eine hohe Interoperabilität zwischen verschiedensten Netzen und Komponenten ebenso gewährleistet ist, wie ihr effizienter, sicherer und wirtschaftlicher Betrieb (vgl. Abb. 1)?

Technologische Grundlagen: Die Kommunikation im AmbientWeb erfordert die Unterstützung von Mobilität auf Basis von drahtlosen Technologien. Welche technologischen Grundlagen müssen bereitgestellt werden, um die Leistungsfähigkeit und Qualität dieser drahtlosen Kommunikation zu erhöhen?

Umgebungsbezogene Fähigkeiten: Welche Anforderungen ergeben sich aus umgebungsabhängiger und umgebungssensitiver Kommunikation? Wie können Umgebungsinformationen zu günstigen Kosten und mit geringem Energieverbrauch eingebunden werden?

Selbst-X-Fähigkeiten: Welche selbstorganisierenden, -optimierenden oder -heilenden Fähigkeiten müssen Netzknoten und Teilnetze aufweisen, um den hochdynamischen Veränderungen der Netzanforderungen gerecht zu werden? Wie können mit diesen Fähigkeiten die Effizienz, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit im AmbientWeb, einem per se verteilten autonomen System, erbracht werden?

Ein Szenario

Komplexe Anwendungsumgebungen, wie sie im AmbientWeb in vielfältigster Form auftreten, sind nur auf Basis sehr flexibler miteinander kooperierender Netze zu bewältigen. Ein Mensch, der seinen privaten Raum verlässt und zum Beispiel in eine urbane Einkaufsstraße wechselt und dabei verschiedene Verkehrsmittel nutzt (vgl. Abb. 2), wird sich in der Regel mehrerer (kontinuierlich ineinander übergehender) Netze und darüber angebotener Hilfestellungen bedienen. Beispielsweise wird eine gebotene Assistenz bei der Fortbewegung durch eine umgebungs-sensitiven Orthese überlagert durch Hilfestellung beim Umgang mit dem öffentlichen Nahtransport, bei zwischenzeitlich zu führenden Gesprächen und bei der Navigation hin zu einem Zielort.

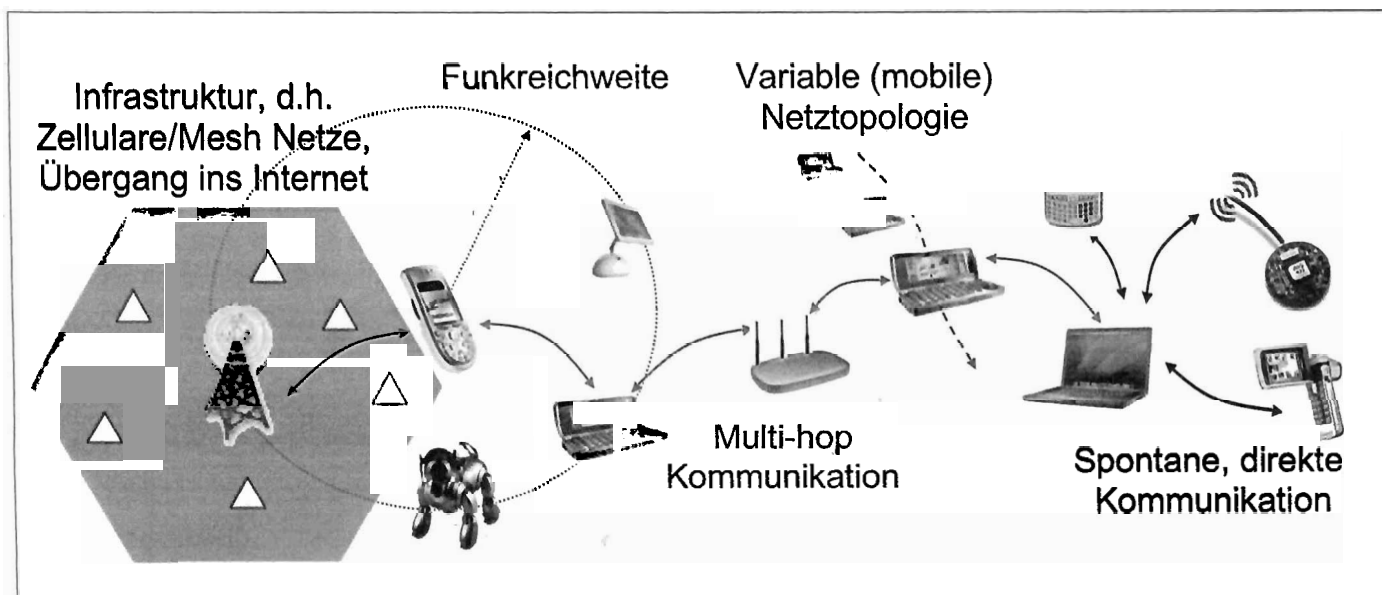
Zu den Fragestellungen im Einzelnen:

Netzarchitekturen

Damit die Datenübertragung preiswerter und effizienter als bisher erfolgen kann, aber auch um das Ausfallrisiko zentraler Systeme zu reduzieren, ist eine verteilte Netzarchitektur notwendig. Im Zuge der dabei zu vollziehenden Wegewahl (routing) wird nach Methoden gesucht, Ressourcen „smart“, das heißt unter Einbeziehung zu gewinnender Kontextinformation zuzuordnen. Dabei werden die Netztopologien ihren bisher weitgehend starren Charakter verlieren, während gleichzeitig selbstorganisierende Prinzipien bei der Bewältigung von Übertragungsaufgaben eine wichtige Rolle übernehmen. Wir erwarten auch, dass sich die zur Verfügung stehenden Frequenzbänder für die Datenübertragung besser als bisher – lediglich 10% des zur Verfügung stehenden Frequenzspektrums ist für aktive Übertragung tatsächlich ausgenutzt – verwerten lassen.

Netzwerkarchitekturen sind typischerweise geschichtet (vgl. Abb. 3). Jeder Schicht wird ein bestimmtes Aufgabenfeld zugeordnet, wobei die niedrigste Schicht die Interaktion mit dem physischen Netz (Adapter, Stecker, Leitungen, Antennen) und die oberste Schicht die direkte Unterstützung der Anwen-

Abb. 1
Unterschiedliche Netz-
technologien bilden
ad hoc die notwendigen
Netzstrukturen
Various network tech-
nologies compose
ad hoc structures





Eine ältere Person verlässt das Haus, ..



... nutzt den ÖNV ..



... und betritt eine komplexe urbane Umgebung

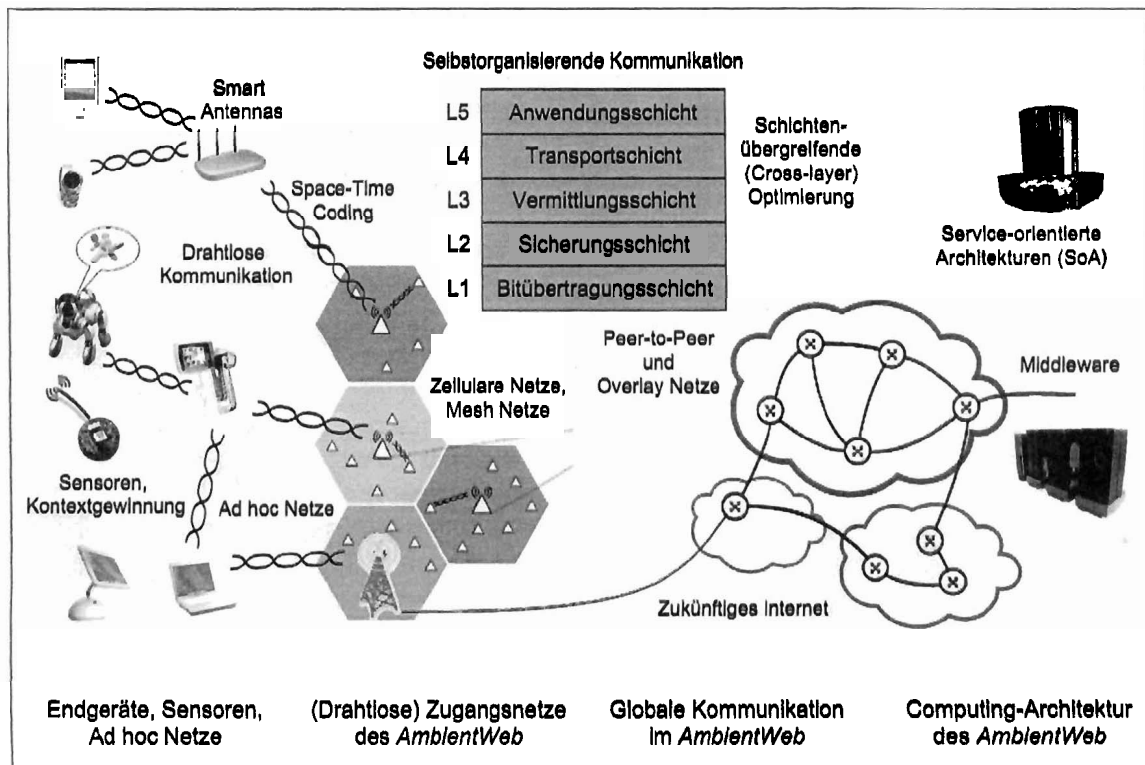
Abb. 2
Ein einfaches Szenario – mit vielen Herausforderungen an ein AmbientWeb
Simple scenario with multiple challenges

dungen übernimmt. Die Schichten kommunizieren, unter Nutzung der Dienste der nächst tieferen Schicht, mit der Partnerschicht in derselben Ebene im entfernten Gerät bzw. System. Die optimale Nutzung der Ressourcen in einer flexiblen und komplexen Netzumgebung wie dem AmbientWeb wird durch eine stärkere vertikale Verbindung des „Wissens“ auf den Netzebenen erleichtert. Die sich aus dieser schichtenübergreifenden (cross-layer) Kommunikation ergebenden Konsequenzen für Entwurf, Verwaltung und Betrieb, Erbringung von Dienstgüte und Gewährleistung des Leistungsverhaltens der Netze bilden eine weitere interessante Fragestellung, die über den Anwendungskontext des AmbientWeb weit hinausgeht. Die zu entwerfenden Architekturen schaffen damit eine Verknüpfung der Geräte am Rand des Netzes und deren technologischer Grundlagen (edge-related communications) mit der globalen Kommunikation im AmbientWeb.

Technologische Grundlagen

Als Basis für die Kommunikation in zukünftigen Zugangsnetzen kommen verstärkt drahtlose Technologien zum Einsatz. Um die hohen Anforderungen an Systemkapazität, Übertragungsrates, Zuverlässigkeit, Netzabdeckung und effiziente Energienutzung erfüllen zu können, zeigen intelligente Mehrantennensysteme (smart antenna systems) interessante Lösungsansätze für zukünftige Funkkommunikationssysteme auf. Mehrantennensysteme bestehen empfangs- und/oder sendeseitig aus mehreren Antennengruppen und verwenden Schlüsseltechnologien wie adaptive Strahlenlenkung (adaptive beamforming) und die Einbeziehung der räumlichen Dimension der Funkübertragung (space-time coding, unter Nutzung von Mehrwegeausbreitung). Adaptive Beamforming ermöglicht das richtungsspezifische Senden und Empfangen von Signalen, während Space-Time Coding

Abb. 3
Netztechnologien, Sensoren und Endsysteme bilden ein neues „Eco-System“ für ubiquitäre Dienstleistungen
Network technologies, sensors and systems form a new eco system for ubiquitous services



eine Erhöhung der Übertragungsrate und der Zuverlässigkeit erlaubt. Allerdings sind diese Methoden aktuell häufig suboptimal, stör anfällig oder mit hohem Rechenaufwand verbunden. Es müssen daher effizient berechenbare, robuste Algorithmen entwickelt werden, die den Anforderungen in Bezug auf Übertragungsrate und Zuverlässigkeit gerecht werden.

Die Knappheit des verfügbaren Frequenzspektrums liegt hauptsächlich in seiner ineffizienten Nutzung begründet. Durch die Weiterentwicklung des so genannten Cognitive Radio (Nutzung des aktuell nicht anderweitig genutzten Funkspektrums) wird eine effiziente Zuweisung des Spektrums angestrebt. Dabei teilen sich mehrere Funksysteme das gleiche Spektralband und je nach Verfügbarkeit und Priorität eines Kommunikationsdienstes wird dieses Band zugewiesen. Beispielsweise wird ein bezahlter Dienst eine hohe Priorität erhalten und damit gegenüber spontanen ad hoc Verbindungen bevorzugt sein. Zur Implementierung von „Cognitive Radio“ sind die Beobachtung der Verteilung des Frequenzspektrums und die Schätzung seiner zukünftigen Verteilung notwendig.

Umgebungsbezogene Fähigkeiten

Das „Wissen“ eines Netzknotens über seine Umgebung ist eine wesentliche Voraussetzung für ein AmbientWeb. Dazu gehören Informationen über die geografische Lage ebenso wie solche, die über Sensoren gewonnen werden und Aufschluss über Parameter der physischen Umgebung (z.B. Temperatur, Niederschlag einer Straßenoberfläche u.ä.) geben. Umgebungswissen hat signifikante Einflüsse auf die Fähigkeit Situationen wie Notfällen zu bewältigen oder auch um Privatheit zu gewährleisten. Algorithmen zur Informationsverdichtung und -extraktion sind Gegenstand von Forschungsprojekten der TU Darmstadt.

Selbst-X-Fähigkeiten

Ein besonders interessanter Aspekt ergibt sich durch die Möglichkeit, Endsysteme (Laptops, Komponenten im Auto o.ä.) als Vermittlungsknoten bzw. Relay in einem sich selbstkonfigurierenden (ad hoc entstandenen) Teilnetz zu nutzen und dieses über mehrere solcher Systeme hinweg zu betreiben. Bei diesen Vorgängen werden spontane Kommunikationsmuster erzeugt, die nicht an Netzgrenzen haltmachen und dadurch vermaschte drahtlose Ad hoc Netze bzw. Mesh Netze aufspannen. Wir erwarten hier, dass selbstorganisierende Verfahren, die in Ansätzen bereits existieren, verstärkt Aufgaben im Management der zur Verfügung stehenden Ressourcen übernehmen.

Techniken zur Selbstorganisation, -überwachung und -heilung stehen für die beschriebenen infrastrukturlosen und infrastrukturbehafteten drahtlosen Netze am Anfang der Entwicklung und versprechen ein attraktives Forschungsfeld für die nächsten Jahre.

Herausragende nicht-funktionale Eigenschaften von verteilten autonomen Netzen wie deren Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit sollen mittels Selbst-X in dem Maße erhöht werden, um das AmbientWeb zu ermöglichen. Auf Netz- und Applikationsebene können hierzu Peer-to-Peer (P2P)-Netze eine herausragende Rolle spielen, deren Grundstruktur hohe Dezentralität mit hoher Kontextbezogenheit vereinigt.

Ausblick

Unsere Arbeiten zeigen, das P2P-Netze als logische Struktur als eine Art „Superstruktur“ (Overlay) über traditionelle Netze gelegt, bereits heute viele der gewünschten Eigenschaften des AmbientWeb realisieren. Overlays auf Basis dezentraler, autonomer Entitäten sollen in den nächsten Jahren in dem anspruchsvollen Umfeld von drahtlosen, vermaschten Ad hoc- und Mesh-Netzen zur Anwendungsreife gebracht werden.

Die Fachgebiete Multimedia Kommunikation, Nachrichtentechnische Systeme und Kommunikationstechnik

Die Fachgebiete Multimedia Kommunikation, Nachrichtentechnische Systeme und Kommunikationstechnik gehören dem Fachbereich 18 (Elektrotechnik und Informationstechnik) an.

In Forschung und Lehre stehen digitale Kommunikationstechnologien und vernetzte Systeme im Vordergrund. Im Gebiet Multimedia Kommunikation sind dies vor allem Themen in den Feldern Kommunikationsnetze, wie z.B. IT-Architekturen, Infrastrukturen für ubiquitäre Kommunikationsdienste, Mobile Netze und Peer-to-Peer-Netze, sowie die Erstellung, Verwaltung und Verwendung von Wissensdokumenten. Basistechnologien der mobilen Kommunikation und Aspekte der effizienteren Nutzung von Übertragungstechnologie (Antennen) und limitierten Ressourcen (insbes. Energie, Raum und Frequenzspektrum) zählen zu den Forschungsgegenständen der Bereiche Nachrichtentechnische Systeme und Kommunikationstechnik.

Ansprechpartner

Fachgebiet Nachrichtentechnische Systeme

Prof. Dr. Alex B. Gershman

Merckstr. 25 • D-64283 Darmstadt

Tel.: 06151/16-5348 • Fax: 06151/16-5545

E-Mail: gershman@nt.tu-darmstadt.de

www.nas.tu-darmstadt.de

Fachgebiet Kommunikationstechnik

Prof. Dr.-Ing. Anja Klein

Merckstr. 25 • D-64283 Darmstadt

Tel.: 06151/16-5156 • Fax: 06151/16-5394

E-Mail: a.klein@nt.tu-darmstadt.de

www.kt.tu-darmstadt.de

Fachgebiet Multimedia Kommunikation

Prof. Dr.-Ing. Ralf Steinmetz

Merckstr. 25 • D-64283 Darmstadt.

Tel.: 06151/16-6151 • Fax: 06151/16-6152

E-Mail: Ralf.Steinmetz@KOM.tu-darmstadt.de

www.multimedia-communications.net