

Grundlagen der Vernetzung: drahtlose und mobile Kommunikation

Nicolas Wettstein
nicolasw@student.ethz.ch

Abstract

Mobile Kommunikation spielt eine wichtige Rolle in der Realisierung von verschiedensten Anwendungen im Bereich des Ubiquitous Computing. Technische und marktwirtschaftliche Eigenschaften heutiger Übermittlungstechnologien legen in vielen Fällen die Grenzen des Möglichen fest. Gleichzeitig beeinflussen entstehende Anwendungen des Ubiquitous Computing den Einsatz bestehender und die Entwicklung neuer Kommunikationstechniken.

In diesem Vortrag werden Probleme besprochen, die allgemein mit drahtloser und mobiler Vernetzung auftreten. Es werden die Eigenschaften heute üblicher Übermittlungstechnologien auf ihre Tauglichkeit für zukünftige ubiquitäre Anwendungen untersucht und neue, vom Ubiquitous Computing geprägte Konzepte erläutert. Im zweiten Teil des Vortrags werden einige Standards, Produkte und Forschungsprojekte für mobile Kommunikation mit ubiquitärem Charakter vorgestellt.

Ziel des Vortrages ist es, aktuelle Technologien der drahtlosen und mobilen Kommunikation im Bezug auf mögliche, entstehende oder verwirklichte Applikationen vorzustellen.

Einführung

Die mobile Telephonie hat in den letzten Jahren einen sehr grossen Aufschwung erlebt. Die Zahl der Handybenutzer hat sich in den Industrieländern vervielfacht, der Telekommunikationsmarkt wurde geöffnet und die Preise drastisch gesenkt. Mit dem Voranschreiten der Technologie wird nun auch die mobile Datenkommunikation immer erschwinglicher. Mehr und mehr Geräte verfügen über die Möglichkeit, Daten an ihresgleichen zu übermitteln oder Informationen aus dem Internet zu beschaffen. Das Interesse für untereinander kommunizierende Geräte wächst ständig.

Anwendungen im Bereich des Ubiquitous Computing benötigen häufig eine Form des Informationsaustausches zwischen mehreren Geräten. Auch die Vorzüge drahtloser, mobiler Übermittlung sind in diesem Zusammenhang oftmals erforderlich. In diesen Fällen können die technischen Eigenschaften der verfügbaren Kommunikationsmittel starken Einfluss auf die Anwendung ausüben. Andererseits beeinflussen auch entstehende ubiquitäre Anwendungen die Weiterentwicklung der Übermittlungstechnik.

Es ist deshalb von Interesse, aktuelle Kommunikationstechnologien auf ihre Eigenschaften hin zu untersuchen, da sie die weitere Entwicklung von Ubiquitous Computing prägen werden.

Als Mark Weiser 1991 den damaligen Stand der Netzwerktechnologie untersuchte, schrieb er: „[...] *the transparent linking of wired and wireless networks is an unsolved problem.*“ [1] Dies ist leider auch heute noch der Fall, wie in folgendem Beispiel dargestellt: Sind wir im Freien oder unterwegs, so benutzen wir Handys um zu telefonieren, doch kaum sind wir zu Hause, legen wir das Handy beiseite und telefonieren über den Festnetzanschluss, mit einem zweiten, möglicherweise sogar schnurlosen Telefon. Würden wir das Handy benutzen, so müssten wir den höheren Tarif bezahlen und uns mit einer schlechteren Übertragungsqualität abgeben.

Weiter schreibt Mark Weiser: „[...] engineers must develop new communication protocols that explicitly recognize the concept of machines that move in physical space“ [1]. In dieser Hinsicht ist viel geschehen seit 1991. Das Konzept von beweglichen, kommunizierenden Geräten ist uns nicht mehr fremd. Mobile Kommunikation hat sich stark weiterentwickelt ist heute sehr populär. Sie steckt allerdings in vieler Hinsicht noch in Kinderschuhen und viele Probleme, die mit drahtloser und mobiler Kommunikation auftreten, sind gar nicht oder nur ansatzweise gelöst.

Eigenschaften mobiler Systeme

Vergleicht man den herkömmlichen Desktop-PC mit Anschluss an ein LAN oder Modem mit drahtlosen und/oder mobilen Systemen, so sind folgende Unterschiede festzustellen:

- Die Bandbreite von drahtlosen Systemen ist kleiner,
- Die Fehlerrate ist um ein Vielfaches grösser, hauptsächlich aufgrund von Interferenzen.
- Im Vergleich zu einem fixen LAN-Anschluss ist die Verfügbarkeit einer drahtlosen Verbindung sehr unzuverlässig. Es kann sogar zu Verbindungsausfällen kommen.
- Mobile Geräte verfügen meist über beschränkte Rechenleistung, was die Benutzung komplexer Protokolle erschwert.
- Die Adresse eines mobilen Gerätes gibt keinen Aufschluss über seinen physischen Standort. Die Lokalisierung und das Routing werden dadurch erschwert.

Drahtlose Kommunikation benutzt im Allgemeinen elektromagnetische Wellen als Übertragungsmedium, üblicherweise Infrarot- oder Radiowellen. Ihr Verhalten ist stark frequenzabhängig. Wellen tiefer Frequenzen durchdringen Wände, ihre Leistung nimmt aber in der dritten Potenz der Distanz zum Sender ab. Wellen hoher Frequenzen, hingegen, werden von Wänden reflektiert. Durch Regen, zum Beispiel, werden sie absorbiert. Auf allen Frequenzen kommt es zu Interferenzen, ausgelöst durch andere Geräte: Motoren, Mikrowellenherde, etc. Diese Interferenzen sind weder ortsfest noch zeitinvariant, d.h. die Qualität einer drahtlosen Verbindung verändert sich ständig, selbst wenn sich die Endgeräte nicht bewegen.

Des Weiteren ist das nutzbare Frequenzspektrum beidseitig begrenzt. Gewisse Frequenzbänder sind frei verfügbar, für die Nutzung anderer ist eine Lizenzierung erforderlich, welche über regionale Ämter erfolgt. Dies hat zur Folge, dass es praktisch unmöglich ist, weltweit das gleiche Frequenzband nutzen zu können, was die Entwicklung von Standards wie IEEE 802.11 oder die internationale Einführung von Produkten erschwert. Neben den physikalischen Problemen entstehen auch Schwierigkeiten bei der Entwicklung von Übertragungsprotokollen. Man kann nicht einfach die herkömmlichen Protokolle übernehmen, da diese auf die Eigenschaften von verdrahteten Netzwerken abgestimmt sind und häufig das Konzept der Mobilität nicht unterstützen. So wird das Routing von Paketen an ein mobiles Endgerät von vielen Protokollen nicht unterstützt. Eine mögliche Lösung ist der Einsatz von Agenten, die den Standort des von ihnen betreuten Gerätes kennen und ihm die Pakete weiterleiten. Der Sender kommuniziert mit dem Agenten und ist sich der Mobilität des Empfängers nicht bewusst.

Sollen Audio- oder Videodaten in Echtzeit an ein mobiles Gerät übertragen werden, so sollte eine bestimmte „Quality of Service“ garantiert werden können. Dies war bisher schon sehr schwierig und wird bei mobiler, drahtloser Kommunikation durch externe Einflüsse wie Interferenzen, schlechtem Empfang, etc. oder durch Paketverlust bei einem Handover nochmals erschwert.

Radiowellen sind viel leichter und unauffälliger abzuhören als Leitungen. Also müssen auch da Vorkehrungen getroffen werden. Eine verschlüsselte Übertragung oder schnelles Frequency Hopping könnte Abhilfe schaffen. Des Weiteren muss sichergestellt werden, dass sich zwei drahtlose, sich überlappende Netzwerke nicht gegenseitig beeinflussen.

Anforderungen an die Kommunikationstechnologien

Auch die Eigenschaften von Ubiquitous Computing Anwendungen haben einen Einfluss auf die (Weiter-)Entwicklung der Kommunikationstechnologien. Diese Anforderungen an Reichweite, Durchsatz, Rechenleistung, Robustheit, etc. sind sehr unterschiedlich. Allgemein kann man aber feststellen, dass kleinere, leichtere und billigere Kommunikationskomponenten von niemandem abgelehnt werden.

Es ist jedoch nicht immer wünschenswert, alle Faktoren zu maximieren. So gibt es Anwendungen, die aus der eingeschränkten Reichweite der Sender Nutzen ziehen. Der Empfang von Meldungen eines Endgerätes lässt darauf schliessen, dass sich der Sender in der Nähe befinden muss. Man spricht dabei von „location awareness“.

Auch der Durchsatz muss nicht immer gross sein. Wenn z.B. ein Temperaturfühler regelmässig die gemessene Temperatur übermitteln soll, so benötigt er nicht den Durchsatz, der für drahtlose Sprachübermittlung nötig ist. Weitere Faktoren wie Robustheit gegen Verbindungsausfälle, Stromverbrauch, Rechenleistung, etc. variieren auch je nach Anwendung.

Mark Weiser hat noch ein weiteres Problem erkannt: *„Present technologies would require a mobile device to have three different network connections: tiny range wireless, long range wireless, and very high speed wired. A single kind of network connection that can somehow serve all three functions has yet to be invented.“* [1] Die Eigenschaften verschiedener Umgebungen können bezüglich der verfügbaren Kommunikationsmöglichkeiten sehr verschieden sein: Während z.B. im Büro ein schnelles, verdrahtetes LAN zur Verfügung steht, muss sich ein moderner Manager auf dem Weg zu einer Versammlung mit einem mobilen Funknetzwerk mit kleinem Durchsatz und hoher Fehlerrate begnügen. Im Hotel angekommen, kann er dann sein Modem benutzen.

Bewegt sich nun ein mobiles Gerät in solch verschiedenen Umgebungen, so kann es nur schwerlich von den verschiedenen Vorzügen profitieren, da wahrscheinlich jedes Netzwerk über unterschiedliche Verbindungsqualität verfügt, andere Protokolle unterstützt, andere Dienste bietet und andere Geräte für die Verbindung benötigt. Ausserdem muss es feststellen können, dass es sich in einer anderen Umgebung befindet. Ein Kommunikationsprotokoll, welches diese verschiedene Formen von Kommunikation mit wenig Konfigurationsaufwand unterstützt, existiert noch nicht. Die meisten Kommunikationsprotokolle sind für ein spezielles Umfeld geschaffen und an dessen Charakteristika angepasst. Ein interessanter Artikel in diesem Zusammenhang ist [2].

Weitere Anforderungen an die Kommunikationstechnologie betreffen die nötige Infrastruktur. Genügen die im Gerät vorhandenen Kommunikationsmittel oder werden weitere Komponenten benötigt, wie z.B. die Funkantennen der GSM-Anbieter? Ist weitere Infrastruktur nötig, so stellt sich die Frage, wer sie verwaltet, wartet und bezahlt.

Ein interessanter Ansatz in diesem Zusammenhang ist das Konzept der spontanen Vernetzung. Ein spontanes Netzwerk besteht aus einer „Wolke“ von Geräten, welche alle in Reichweite voneinander liegen. Manche Geräte sind vielleicht ortsfest, andere mobil. Die Zahl der Partner kann sich jederzeit verändern, wenn Geräte in die Reichweite der „Wolke“ kommen, oder diese verlassen. Dabei entsteht kein Konfigurationsaufwand für den Benutzer eines solchen Gerätes. Viele moderne Kommunikationstechnologien unterstützen dieses Konzept. Sie eignen sich deshalb besonders für Ubiquitous Computing.

Potentielle Kommunikationstechnologien für Ubiquitous Computing Anwendungen

Es existieren heute viele verschiedene Standards und Produkte, welche für mobile und drahtlose Kommunikation in Frage kommen. Hier eine Auswahl.

- drahtlos, mittlere bis grosse Reichweite
 - Ricochet (WAN, funkgestützt)
 - IEEE 802.11 (LAN, funkgestützt, Industriestandard)
 - HomeRF (LAN, funkgestützt)
- drahtlos, sehr kleiner Reichweite
 - Bluetooth (funkgestützt, Industriestandard)
 - Piconet (funkgestützt, Forschungsprojekt)
 - IrDA (Infrarot, Industriestandard)
- Powerline (verdrahtet über die Stromleitungen, eventuell mobil)

Einige davon werden nun kurz vorgestellt.

IEEE 802.11 [3]

Dieser Standard wurde von IEEE als Basis für drahtlose Netzwerke (LANs) entwickelt. Dabei können stationäre, portable oder sich bewegende Geräte drahtlos Vernetzt werden. Die Bitübertragungsschicht und ein Teil der Sicherungsschicht (das „medium access sublayer“) wurden dazu neu entwickelt. Der Standard unterstützt spontane Vernetzung, sowie Kommunikation über „access points“, die eine Verbindung zu weiteren Netzwerken ermöglichen. Verschiedene Unternehmen haben den IEEE 802.11 Standard implementiert, unter ihnen Lucent Technologies. [4]

Ricochet [5]

Ricochet ist ein drahtloses WAN, entwickelt von der Firma Metricom. Es ist in mehreren amerikanischen Grosstädten, Flughäfen und Universitäten installiert, unter anderem im Grossraum San Francisco. Es erlaubt es den Kunden, mit einem Funkmodem über an Strassenlaternen befestigten Funksendern und –empfängern im Internet zu surfen oder auf verschiedene Dienste wie AOL oder CompuServe zuzugreifen. Es ist mit dem Funkmodem auch möglich, Geräte „peer-to-peer“ miteinander zu verbinden.

Bluetooth [6]

Bei Bluetooth handelt es sich um einen Industriestandard zur Datenübermittlung über kleine Distanzen. Gründungsmitglieder von Bluetooth sind unter anderem IBM, Ericsson, Nokia und Toshiba. Bluetooth soll in den Bereichen „consumer electronics“, Computerperipherie, Autos, etc. zum Einsatz kommen, also überall, wo viele kurze Kabel zur Daten- oder Sprachübermittlung benutzt werden. Das Ziel ist es, diese Kabel durch billige Funkverbindungen zu ersetzen. Ein Beispiel für den Einsatz von Bluetooth ist ein drahtloses „Headset“ für Handys.

Piconet [7]

„Piconet is a general purpose, low powered, ad-hoc radio network. It provides a base level connectivity to even the simplest of sensing and computing objects.“ [8] Dieses Forschungsprojekt startete im Olivetti and Oracle Research Laboratory (heute: AT&T Laboratories Cambridge). Piconet besteht hauptsächlich aus einem sogenannten „piconet node“. Ein kleiner Sender-Empfänger mit zwei seriellen und einem parallelen Port, einem programmierbaren Mikrochip (FPGA) und einer kleinen Laufzeitumgebung. Dank der Ports kommt eine grosse Anzahl verschiedener Geräte für den Einsatz mit Piconet in Frage. Der mögliche Durchsatz ist allerdings sehr beschränkt. Piconet soll eine billige, einfache und schnelle Variante darstellen, kleine Geräte spontan miteinander zu vernetzen.

Zum Schluss eine kleine Übersicht mit technischen Eigenschaften der oben genannten Technologien. Diese Zahlen sind vielleicht morgen schon nicht mehr aktuell, sie können aber

Aufschluss über die Grössenordnungen geben, innerhalb welcher die verschiedenen Technologien operieren.

Name	Träger	Reichweite	Datenrate
Ricochet	RF, 902-928 MHz	800m	55Kb/s
IEEE 802.11	RF, 2.4 GHz	30m – 360m	10Mb/s
HomeRF [9]	RF, 2.4 GHz	50m	2Mb/s
Bluetooth	RF, 2.4 GHz	10m	720Kb/s
Piconet	RF, 418 MHz	5m	9600b/s
IrDA [10]	IR	~ 1m	9600b/s – 4Mb/s
Powerline	Stromleitung	~250 m	1Mb/s

Referenzen

[1] *Mark Weiser*; “**The Computer for the 21 Century**”; 1991

[2] *Thomas F. La Porta, Krishan K. Sabanani, Richard D. Gitlin*; “**Challenges for nomadic computing: Mobility management and wireless communications**”; ACM Journal of Nomadic Computing, Vol. 1, No. 1, 1996

[3] **IEEE 802.11** (grouper.ieee.org/groups/802/11/main.html)

[4] Lucent Technologies - **WaveLAN** (www.wavelan.com/)

[5] Metricom – **Ricochet** (www.metricom.com/)

[6] Bluetooth SIG - **Bluetooth** (www.bluetooth.com/)

[7] AT&T Laboratories Cambridge – **Piconet** (www.uk.research.att.com/piconet/)

[8] *Frazer Bennett, David Clarke, Joseph B. Evans, Andy Hopper, Alan Jones, David Leask*; “**Piconet – Embedded Mobile Networking**”; The Olivetti and Oracle Research Laboratory (www.orl.co.uk), University of Cambridge Computer Laboratory (www.cl.cam.ac.uk)

[9] HomeRF Working Group – **HomeRF** (www.homerf.org/)

[10] Infrared Data Association – **IrDA** (www.irda.org)