
FACHHOCHSCHULE FURTWANGEN · SS 2002
STUDIENGANG COMPUTER NETWORKING
WPV PERVASIVE COMPUTING
PROF. HANNELORE FRANK

ADRIAN WOIZIK · WOIZIK@FOO.FH-FURTWANGEN.DE
MARCUS BENEDIX · BENEDIX@FOO.FH-FURTWANGEN.DE

MOBILES INTERNET

Diese Arbeit ist die schriftliche Dokumentation zum Vortrag „Mobiles Internet“ vom 18. Juni 2002 im Rahmen des Seminars „Pervasive Computing“ bei Prof. Hannelore Frank an der Fachhochschule Furtwangen.

Dieses Dokument wurde unter Verwendung von L^AT_EX und BiB_TE_X erstellt.

Furtwangen, im Juni 2002

Marcus Benedix
Adrian Woizik

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
2. Vision	7
2.1. Merkmale des mobilen Internets	7
2.1.1. Unterstützung unterschiedlicher Zugangstechnologien und ortsunabhängige Verfügbarkeit (hybride Netzwerke)	7
2.1.2. Selbstkonfigurierende Netze	10
2.1.3. Unterbrechungsfreier Betrieb bei Bewegung	12
2.1.4. Mobile Server	12
2.1.5. Hohe Bandbreiten	13
2.1.6. Kompatibilität mit bestehenden Standards	13
2.1.7. VoIP durch Konvergenz von Internet und Mobiltelefonie	13
2.2. Mögliche Anwendungen	14
2.3. Mögliches Business-Modell	15
3. Notwendige Forschung und deren derzeitiger Stand	17
3.1. Forschungsgebiete	17
3.1.1. Entwicklung von Routing-Verfahren für drahtlose Netze	17
3.1.2. Weiterentwicklung bestehender Transport-Protokolle .	18
3.1.3. Gewährleistung von Quality of Service	18
3.1.4. Sicherheit des mobilen Internets	18
3.1.5. Frequenzmanagement und Skalierbarkeit	19
3.1.6. Systemarchitektur	19

3.2. Forschungsprojekte DRiVE	20
3.3. Mobile IP	21
4. Ausblick	23
Literaturverzeichnis	24

1. Einleitung

Aus dem einfachen Gedanken, mehrere Rechner miteinander zu vernetzen und über dieses Netz Daten auszutauschen ist mittlerweile ein komplexes System namens Internet mit einer Vielzahl Anwendungen entstanden, das die Arbeits- und Lebensweise dieser Generation wohl nachhaltiger geprägt hat, als irgendeine technische Errungenschaft früherer Generationen. Als Beispiel für diese Behauptung sei der Dienst „E-Mail“ als Ersatz für die traditionelle Briefpost genannt. Dieser Service für die einfache, schnelle und kostengünstige Kommunikation mit anderen ist heute aus dem privaten und erst recht aus dem kommerziellen Bereich nicht mehr wegzudenken.

Weitere mit dem Internet entstandenen Anwendungen erleichtern das tägliche Leben - sei es nun durch OnlineBanking, E-Commerce oder einfach nur das Suchen nach bestimmten Informationen. Der einfache Zugriff auf einen nahezu unendlichen Datenbestand hat ungeahnte Potentiale geschaffen.

Der hohe und auch weiterhin steigend Stellenwert des Internets zeigt sich unter anderem in dem nach wie vor exponentiellen Anstieg der Nutzerzahlen (vgl. Abbildung 1.1).

Momentan ist die Benutzung des Internets allerdings noch weitestgehend kabel- und damit ortsgebunden. Der Zugang zum Internet erfolgt daher über kabelgebundene Anschlüsse. Neuere Entwicklungen wie Wireless LANs auf Basis des IEEE-Standards 802.11 erlauben zwar einen drahtlosen Netzzugang via Funk, letztendlich überbrücken aber auch sie nur die letzten Meter zum kabelgebundenen Internet. Ausserdem verhindert die eingeschränkte Reichweite der Funksignale einen flächendeckenden und damit im weiteren Sinne ortsunabhängigen Zugang. Mobilität kann aber auch mit IEEE 802.11 nicht erreicht werden, denn für hohe Bewegungsgeschwindigkeiten des mobilen Gerätes ist diese Technologie nicht gedacht.

Darüber hinaus wird Mobilität von den verwendeten Protokollen nicht unterstützt - schon die Routing-Protokolle sehen Netze und damit auch einzelne IP-Adressen als ortsfest an. Selbst wenn es einen flächendeckend ver-

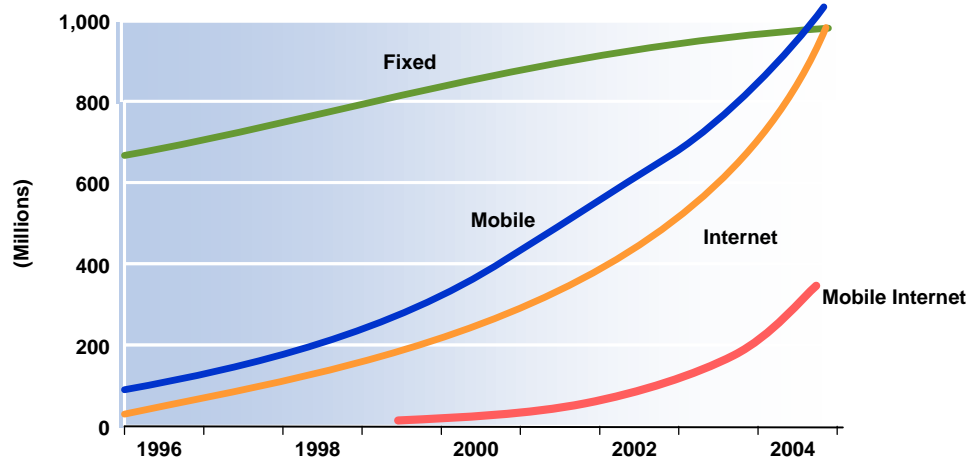


Abbildung 1.1.: Anstieg der Nutzer von Festnetz, Mobilfunk, Internet und mobilem Internet, Quelle: [Hei00]

fügbaren drahtlosen Internetzugang gäbe, so wäre mit den vorhandenen IP-Protokollen die Adressierung einer festen IP-Adresse damit allein derzeit nicht möglich.

Trotzdem wird der Vision eines mobilen Internet eine große Zukunft vorhergesagt. [Ano01] beispielsweise geht davon aus, dass in Zukunft weit mehr Anwender ein kabelloses Internet benutzen werden als das kabelgebundene. Hintergrund dieser Schätzung ist der erwartete Einsatz von mobilen Internetanwendungen in vielfältigen Bereichen der Freizeit und Arbeit. Darüberhinaus sieht [Ano01] das mobile Internet nicht nur als Zugangnetz für Büroanwendungen und klassischen Informationsdiensten an, sondern erwartet auch neuartige Dienste durch direkte Multimediakommunikation zwischen mobilen Systemen (z.B. mittels Ad-hoc-Netzen an Tankstellen).

Aus der Vision des mobilen Internets hat sich ein interessantes Forschungsgebiet für die Informatik ergeben. Bei dieser Forschung sind nicht nur Fragen nach geeigneten Zugangstechnologien zu klären, sondern auch Lösungen für optimales Paketrouting und Änderungen in den Transportprotokollen zu entwickeln, da die innerhalb des Festnetz-Internet verwendeten Protokolle im mobilen Umfeld keine ausreichend effektiven Resultate erzielen. Nicht zuletzt sind zahlreiche Fragen hinsichtlich der Sicherheit der Daten und der Privatsphäre der beteiligten Anwender zu klären.

Ein Einblick in die laufenden Forschungen und ihren Ansätzen sowie die sich ergebenden Möglichkeiten ist Inhalt dieser Arbeit.

2. Vision

„We have made the Internet wireless, now we have to create the Wireless Internet.“

[Ano01]

Die Vision des mobilen Internet ist im Grunde nur ein weiterer Schritt in der bisherigen Entwicklung des Internets. Basis dieses Gedanken ist die Konvergenz aus den Technologien Mobilfunk und Internet zu einer neuen Technologie, die nicht mehr auf die Beschränkungen kabelgebundener Netze angewiesen ist und die bisherigen Möglichkeiten, die aus der Nutzung des Internets entstanden sind, erweitern. Die so gewonnene Flexibilität wird zu neuen Anwendungen und zur weiteren Etablierung des Internet in bisher unerschlossenen Bereichen führen.

2.1. Merkmale des mobilen Internets

Eine Verbindung der beiden Technologien Mobilfunk und Internet könnte und müsste teilweise die folgenden - bei konventionellen Netzwerken nicht unbedingt vorhandenen - Merkmale für die Anwendung bei PDAs, Notebooks, Bordcomputer in Automobilen und andere mobilen Endgeräte besitzen:

2.1.1. Unterstützung unterschiedlicher Zugangstechnologien und ortsunabhängige Verfügbarkeit (hybride Netzwerke)

Alle heute und in naher Zukunft verfügbaren Technologien zur drahtlosen Nachrichtenübertragung weisen hinsichtlich möglicher Bandbreite, Kosten, Verfügbarkeit und Toleranz gegenüber der Bewegungsgeschwindigkeiten des mobilen Gerätes unterschiedliche Vor- und Nachteile auf. Durch die

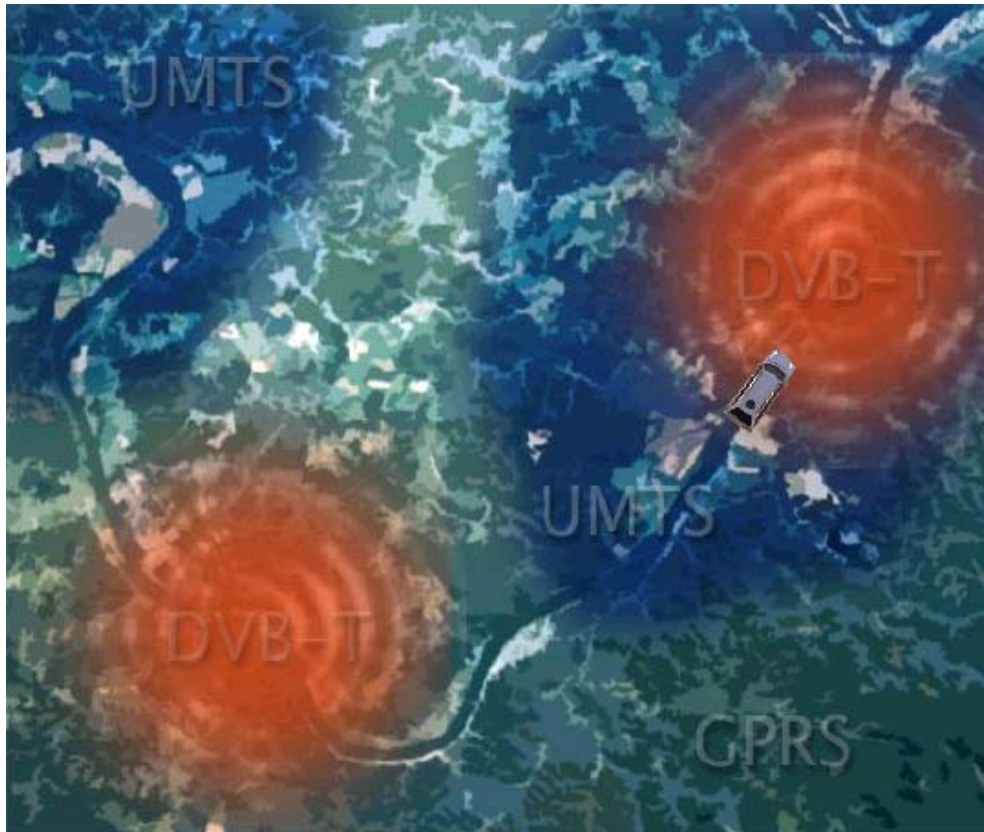


Abbildung 2.1.: Koexistenz verschiedener Mobilfunktechnologien, Quelle: [Dri02]

Unterstützung von mehreren Technologien könnte je nach Standort die optimale Variante genutzt werden. Das könnte Wireless LAN nach IEEE 802.11¹ an sogenannten „Hotspots“ wie Bahnhöfen, öffentlichen Plätzen, Tank- und Raststellen, Einkaufszentren sein und UMTS, GPRS und GSM² an allen anderen Orten sein. Abbildung 2.1 zeigt eine Landkarte, die von den Technologien UMTS, DVB und GPRS unterschiedlich gut ausgeleuchtet ist. Ein sich durch dieses Gebiet bewegendes Fahrzeug kann je nach Standort zwischen einer oder mehreren Möglichkeiten wählen, mit der die Verbindung ins Internet hergestellt werden kann.

Dieses Konzept sieht einen modularen Aufbau vor und nutzt vorhandene Infrastrukturen mit, es müssen also keine neuen und kostspielige Systeme installiert werden. Ebenso ist der spätere Ausbau mit neuen, erst noch zu

¹Vorteil: hohe Bandbreiten zu geringen Kosten, Nachteil: beschränkte Reichweite, nur geringe Bewegungsgeschwindigkeiten

²Vorteil: breitere Verfügbarkeit, tolerant bei hoher Bewegungsgeschwindigkeit, Nachteil: geringere Bandbreiten bei höheren Kosten

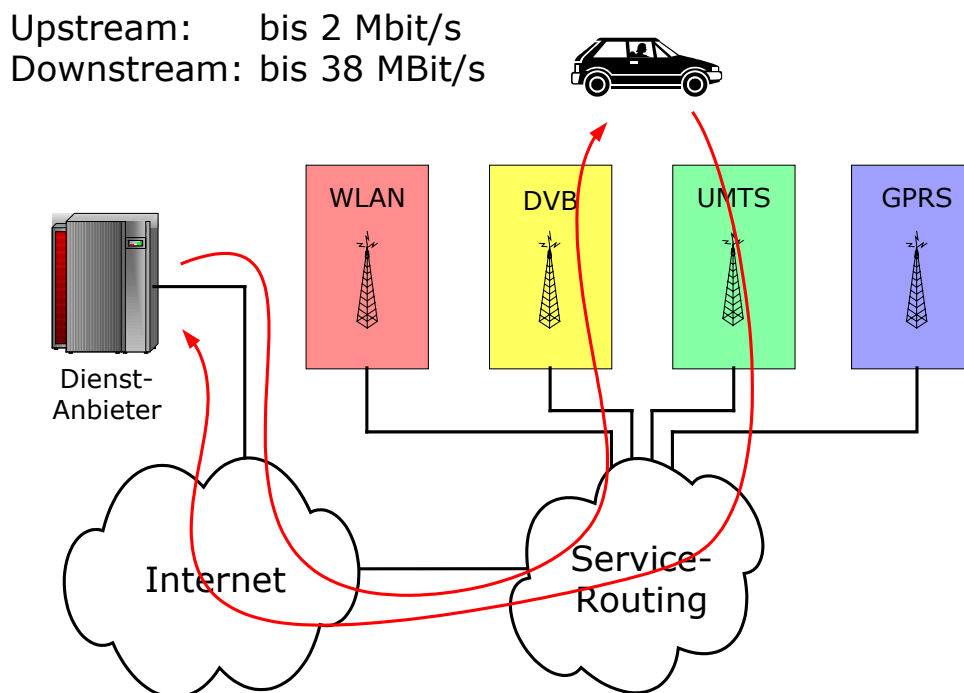


Abbildung 2.2.: Koexistenz verschiedener Mobilfunktechnologien, eigene Darstellung

entwickelnden Technologien genauso wie der Wegfall irgendwann veralteter Systeme möglich. Dieser modulare Ansatz mit verschiedenen Zugangstechnologien in fairer Koexistenz sichert die ortsunabhängige Verfügbarkeit des mobilen Internets. Dienste von allgemeinem Interesse wie Nachrichten, Staumeldungen oder Börsenkurse könnten mittels Broadcast via DAB³ übertragen werden. Für Video-Übertragungen würde sich Multicast via DVB⁴ anbieten.

Mittels asymmetrischem Routing (Abbildung 2.2) könnten die Kosten für solche Dienste reduziert werden, indem die Anforderungen für einen Dienst über eine eigene UMTS-Verbindungen (oder eine andere gerade verfügbare Technologie), die Antworten aber über das Broadcast-Medium DVB geroutet werden.

³Digital Audio Broadcast, Datenraten bis 1,5 MBit/s pro Kanal realisierbar

⁴Digital Video Broadcast, Datenraten bis 38 MBit/s pro Kanal realisierbar



Abbildung 2.3.: Selbstkonfigurierendes Netz mit Nutzung eines gemeinsamen Internetzugangs, eigene Darstellung

2.1.2. Selbstkonfigurierende Netze

Mehrere mobile Endgeräte könnten untereinander via Wireless, Bluetooth oder einer anderen Technologie sogenannte „Personal Area Networks (PAN)“ bzw. „Short Area Networks“ bilden (Abbildung 2.3). Die Geräte bemerken über geeignete Discovery-Algorithmen die Anwesenheit anderer mobiler Geräte im Umkreis von einigen Metern und bauen selbstständig Verbindungen zu diesen Geräten auf. Will ein einzelnes Gerät Daten aus oder in das Internet übertragen, so kann es prüfen, ob eines der Geräte innerhalb des PAN bereits eine Verbindung aufgebaut hat und diese Verbindung mit benutzen, anstatt eine eigene aufzubauen.

Mittels eines solchen selbstkonfigurierenden Netzes wäre es denkbar, dass ein Fahrzeug an einer Autobahn-Raststelle über seine Wireless-Schnittstelle eine Verbindung ins Internet aufbaut, beispielsweise um Unterhaltungsprogramme wie Video-on-Demand zu nutzen. Der PDA des Fahrers, der im selben Moment Emails abrufen möchte, baut keine eigene Verbindung via UTMIS ins Internet auf, sondern benutzt via Bluetooth den bereits aufgebauten Zugang des Fahrzeuges mit. Der PDA kann damit IEEE 802.11 verwenden, obwohl er selbst gar nicht über die notwendige Hardware verfügt. Ent-

fernt sich das Fahrzeug später aus dem Empfangsbereich des Wireless LANs, so wird das dem PDA signalisiert. Das Gerät kann sich nun ein anderes Gerät in Empfangsreichweite wie beispielsweise ein Handy suchen, dass den Internetzugang via UMTS herstellt.

Der Anwender solcher selbstkonfigurierender Netze - wie in diesem Beispiel der Fahrer - müsste sich keine Gedanken machen, wie die Verbindung zum Internet hergestellt wird. Diese Frage beantworten die mobilen Geräte mittels intelligenter Routing-Prokollle selbstständig und ohne Eingriffe des Benutzers. Damit entwickelt sich für die Anwender dieser selbstkonfigurierender Netze eine neue Form von Bedienkomfort.

Selbstkonfigurierende Netze könnten sogar soweit gehen, dass sie mit fremden, aber gerade in Reichweite befindlichen Geräten Kontakt aufnehmen und ihren Traffic über diese Geräte routen. Wenn es mit Paket-orientierten Zugangssystemen möglich wäre, die Abrechnung einzig und allein in Abhängigkeit vom verursachten Traffic⁵ zu berechnen und nicht nach der Verbindungsdauer, sowie eine genaue Zuordnung von Traffic und Verursacher herzustellen⁶, so wäre es egal, ob der Anwender selbst oder ein Fremder die Funkverbindung herstellt. Die Entscheidung, welches Gerät diese Verbindung herstellt, können die beteiligten Geräte auf Basis von Parametern wie verfügbare Technologien, benötigten Bandbreiten oder Akkukapazität unter sich aushandeln.

Selbstkonfigurierende Netze sind aber nicht nur des Komforts des Anwenders wegen sinnvoll, es gibt auch technische Probleme, die sich mit solchen „Short Area Networks“ etwas relativieren lassen:

Kapazität der Stromversorgung mobiler Geräte

Mobile Geräte zeichnen sich durch eine autonome Stromversorgung aus. Die Kapazität der dafür notwendigen Batterien oder Akkus ist bislang innerhalb gewisser Grenzen limitiert. Um die Laufzeiten eines von seinem Akku abhängigen Gerätes zu erhöhen, muss mit den vorhandenen Ressourcen wirtschaftlich umgegangen werden.

Für eine Funkverbindung via UMTS wird relativ viel Energie benötigt, da die Übertragungsstrecke mehrere Kilometer lang sein kann. Für die Überbrückung dieser relativ große Strecke ist mehr Energie notwendig als die Verbindung zu einem anderen mobilen Gerät, dass sich im Umkreis von ca. 50 m befindet. Wenn sich mehrere Geräte in kurzer Distanz die Anbindung eines einzelnen Gerätes innerhalb des selbstkonfigurierenden Netzes dessen Internetanbindung teilen, entstehen nicht

⁵Die Abrechnung für die Benutzung von GPRS richtet sich schon heute nur nach dem verursachten Traffic

⁶denkbar mittels persönlicher Adressbereiche, siehe auch Abschnitt 2.3

zu verachtende Synergie-Effekte hinsichtlich des Energiebedarfs aller beteiligten Geräte.

Kapazität der Funkfrequenzen

Auch die Kapazität der von den Funktechnologien benutzten Frequenzen ist limitiert. Wie im realen Leben⁷ und in technischen Bereichen⁸ haben auch die von GSM, UMTS und anderen Technologien genutzten Frequenzbänder eine begrenzte Kapazität hinsichtlich konkurrierenden Nutzern und verfügbaren Bandbreiten.

Mit einer Vielzahl von internetfähigen mobilen Geräten auf engem Raum, die alle dieselben Frequenzen benutzen, ist dieses Limit schnell erreicht⁹. Für eine ausreichende Skalierbarkeit des mobilen Internets ist also zwingend notwendig, mit diesen Ressourcen sparsam umzugehen. Selbstkonfigurierende Netze sind auf einige Meter begrenzt und helfen damit, solche Belastungen zu vermeiden.

2.1.3. Unterbrechungsfreier Betrieb bei Bewegung

Ein mobiler Anwender, der sich durch verschiedene Funknetze über weite Strecken mit zum Teil hoher Geschwindigkeit bewegt (Auto- oder Zugfahrt) und die Funktechnologie unterwegs auch mehrfach wechselt, darf nichts von den notwendigen technischen Wechseln aufgrund seiner Bewegung bei der Benutzung bemerken. Bestehende Verbindungen dürfen nicht abbrechen - so sollte eine Videokonferenz während einer Zugfahrt von Beginn bis Ende der Reise unterbrechungsfrei funktionieren.

Dies stellt hohe Anforderungen sowohl an die Nachrichtentechnik¹⁰ als auch an die Informatik¹¹.

2.1.4. Mobile Server

Der Einsatz des mobilen Internets soll nicht auf Geräte beschränkt sein, die nur Dienste als Clients nutzen. Durch den Einsatz geeigneter Protokolle und festen IP-Adressen könnten auch mobile Server unabhängig von ihrem

⁷Stausituationen bei zu vielen Fahrzeugen auf Autobahnen, Schlangenbildungen vor Eingängen

⁸Paket-Kollisionen in ausgelasteten Netzwerken

⁹Vergleich: Notwendigkeit von zusätzlichen Sendeanlagen für Mobilfunk bei großen Festivals oder Sportveranstaltungen - die große Menge von Mobiltelefonen auf engem Raum überlastet die Kapazität der vorhandenen Feststationen

¹⁰hohe Bewegungsgeschwindigkeiten bis 200 km/h sind bei nur mit geringen Bandbreiten z.B. mit GSM realisierbar

¹¹Die im Internet verwendeten Routingprotokolle sehen die Mobilität von IP-Adressen oder Netzen nicht vor. Mobile IP (Kapitel 3.3) ist in Entwicklung

Standort realisiert werden.

Beispielsweise wäre damit die Ansteuerung der Standheizung eines Fahrzeuges über das Internet denkbar. Auch die automatische Fahrzeugdiagnose im Pannenfall über das Internet stellt einen mobilen Server dar, der genauer Informationen über den Zustand des Fahrzeuges liefern kann als z.B. der technische wenig versierte Fahrer. Ebenso bietet der Bereich Fahrzeugsicherheit viele Anwendungsmöglichkeiten für mobile Server.

2.1.5. Hohe Bandbreiten

Multimedia-Anwendungen wie Video-Anwendungen benötigen vergleichsweise hohe Bandbreiten für eine akzeptable Nutzung. Durch Netztechnologien wie WLAN, DVB und UMTS und eventuell spätere Entwicklungen sollte dieses Merkmal auch im mobilen Umfeld unterstützt werden.

2.1.6. Kompatibilität mit bestehenden Standards

Das mobile Internet muss auf bereits etablierte Standards des Internets aufbauen und sich dazu kompatibel verhalten, da grundsätzliche Änderungen in den Protokollen nicht mehr durchsetzbar sind. Dasselbe gilt für die Standards der Mobilkommunikation.

Vorhandene Anwendungen sollen nicht für mobilen Einsatz modifiziert werden müssen.

2.1.7. VoIP durch Konvergenz von Internet und Mobiltelefonie

Das mobile Internet könnte durch Zusammenführung von Mobiltelefonie und Internet zur Triebfeder von „Voice over IP“ werden. Die Merkmale des heutigen Mobilfunks wie Rufumleitung sind auf globaler Ebene mit dem IP-Protokoll integrierbar, neue Merkmale könnten leicht implementiert werden. Durch die Nutzung vorhandener Backbone-Netze für Daten durch zusätzliche Sprachübertragungen könnten sich wirtschaftliche Synergie-Effekte einstellen. Die Übertragung von Sprache macht allerdings den Einsatz von „Quality of Service (QoS)“ in mobilen Netzen zwingend erforderlich, da hier vor allem geringe Übertragungszeiten (Round-Trip-Time) und geringe Varianz dieser Verzögerungszeiten (Jitter) für eine gute Qualität erforderlich ist. Mit QoS im mobilen Internet beschäftigt sich z.B. [Hei00].



Abbildung 2.4.: Screenshot einer Demo-Anwendung des DRiVE-Projektes, Quelle: [Dri02]

2.2. Mögliche Anwendungen

Hauptsächlich könnte diese Technologie im Automobilbereich Anwendung finden und Basis für digitales Radio und Fernsehen, für Sprach- und Video-Kommunikation, Spiele, weiteren Telematik-Diensten (Flottenmanagement, Routenplanung, Stauwarnung, Störungsmeldung, Fahrzeugdiagnose, Parkplatzsuche) und die Integration vielfältiger Internet-Dienste sein (siehe Abbildung 2.4 und 2.5).

Es ist aber auch durchaus denkbar, dass die Existenz der notwendigen Infrastruktur für mobiles Internetworking eine Initialzündung für den Bereich Pervasive Computing darstellen könnte. Ein mobiles Endgerät wäre mit seinen Anwendungen nicht länger auf die durch die Hardware bestimmten Limitierungen beschränkt; Rechenleistung, Speicherkapazität und Anwendungslogik könnten auf externe Application-Server ausgelagert werden. Ein Bordcomputer eines Automobils beispielsweise könnte durch die auf den Application-Servern vorhandene Anwendungen auf den Benutzer personali-

siert werden. Für die Benutzung dieser Anwendungen könnten Pay-per-Use-System realisiert werden.

Dieser Gedanke erinnert deutlich an das „Thin-Client-Fat-Server“-Konzept. In der Tat könnte sich mittels des mobilen Internets eine eigene Klasse von Endgeräten entwickeln, deren Umfang lediglich auf I/O-Funktionen reduziert ist.

2.3. Mögliches Business-Modell

Der Einsatz eines mobiles Internet verursacht Kosten, die vom Anwender bezahlt werden müssen. Das in dieser Arbeit skizzierte Modell eines mobilen Internets benötigt neue Konzepte für die Abrechnung. Ein mögliches Business-Modell könnte folgende Merkmale haben:

Persönlicher IPv6-Adressraum

Jedem Nutzer wird ein eigener Adressraum von beispielsweise 256 Adressen für seine mobilen und stationären Geräte zugewiesen. Diese Adressen sind weltweit eindeutig und erlauben eine eindeutige Identifizierung des Nutzers, die besonders bei selbstkonfigurierenden Netzen notwendig ist. Der Einsatz von IPsec in Verbindung mit Public Keys verhindert die unrechtmäßige Nutzung der IP-Adressen durch Dritte.

Die Adressen könnten mit aus dem Mobilfunkbereich bekannten SIM-Karten übergeben werden. Diese SIM-Karte müsste standardisiert sein, um eine Unterstützung von sämtlichen Herstellern von mobilen wie nicht mobilen Geräten zu gewährleisten.

Billing nach Traffic

Aufgrund der nicht mehr vorherzusagenden Verbindungen durch den Einsatz verschiedener Technologien müssten die Kosten allein abhängig vom verursachten Traffic gemacht werden. Zeitabhängige Verbindungsentgelte entfallen, allenfalls wäre eine Aufschlüsselung nach in Anspruch genommener Technologie denkbar.

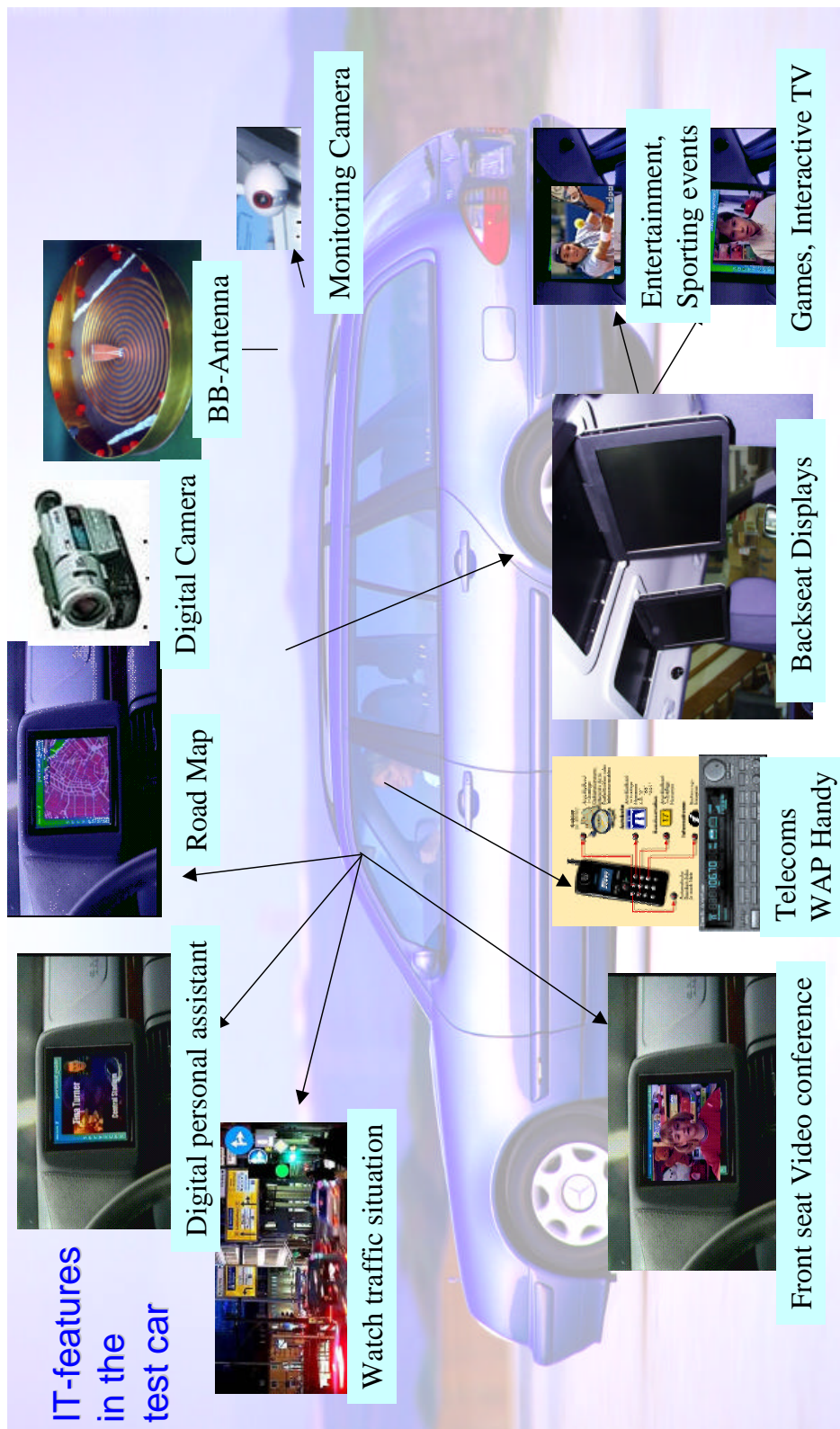


Abbildung 2.5.: Verschiedene Anwendungen im Automobilbereich, Quelle: [Tön00]

3. Notwendige Forschung und deren derzeitiger Stand

Das Mobile Internet bringt aufgrund seiner namensgebenden Eigenschaft - der Mobilität - ein hohes Maß an Dynamik ins Spiel. Die aus dem konventionellen Internet bekannten Protokolle sind für den Einsatz in einer Mobilität unterstützenden Infrastruktur nur bedingt verwendbar, da diese Mobilität bei der Entwicklung nicht vorgesehen war (z.B. Routing-Protokolle). Aus diesen Problemen ergeben sich äusserst interessante Forschungsgebiete, die im folgenden näher skizziert werden sollen.

3.1. Forschungsgebiete

[Ano01] fasst die sich ergebenden Forschungsgebiete teilweise wie folgt zusammen:

3.1.1. Entwicklung von Routing-Verfahren für drahtlose Netze

Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben sollen in mobilen Netzen verschiedene Zugangstechnologien wie z.B. 802.11, GSM, UMTS in Koexistenz zum Einsatz kommen. Mobile Endgeräte verfügen über eine oder mehrere Möglichkeiten (Bluetooth, IEEE 802.11, GSM, GPRS, ...), den Zugang aufzubauen. Die Entscheidung, welche Technologie in welchem Moment zu wählen ist, muss auf Basis verschiedener Parameter wie Bandbreitenbedarf, Verzögerungszeiten oder Erreichbar gefällt werden. Diese Entscheidung bestimmt massgeblich die Performance des mobilen Internetzugangs.

Beim Einsatz von selbstkonfigurierenden Netzen werden sogar die mobilen Endgeräte zu Routern für die übrigen Geräte. Auch in diesem Fall müssen intelligente Routingprotokolle anhand bestimmter Parameter die Entscheidung treffen, welches der Geräte in diesem Moment die Verbindung aufbaut.

3.1.2. Weiterentwicklung bestehender Transport-Protokolle

Die im konventionellen Internet derzeit verwendeten Protokolle sind für den mobilen Einsatz nur bedingt geeignet. So interpretiert beispielsweise die Congestion-Control des TCP-Protokolls die bei Handovers zwischen verschiedenen Funktechnologien zwangsläufig entstehenden Paketverluste als Leitungsüberlastungen und drosselt die Übertragungsrate, obwohl das nicht notwendig ist (vgl. [Tan98], Kapitel 6.4.9).

Um akzeptable Werte hinsichtlich der Performance des mobilen Internets zu erreichen, müssen die Transport-Protokolle der hohen Dynamik mobiler Netze Rechnung tragen und entsprechend weiterentwickelt werden.

3.1.3. Gewährleistung von Quality of Service

Ein mobiles Internet unterscheidet sich vom konventionellen Internet unter anderem in zwei Punkten:

Bandbreiten

Über Funkstrecken werden auf längere Sicht keine Bandbreiten im Bereich von 100 MBit/s für Unicast-Verbindungen in grossem Masse zu erreichen sein.

Anforderungen

Multimedia-Anwendungen machen gerade das mobile Internet interessant.

Gerade Multimedia-Anwendungen aber haben einen relativ grossen Bandbreitenbedarf und gewisse Anforderungen an minimale Verzögerungszeiten. Um mit den vorhandenen Ressourcen akzeptable Ergebnisse zu erzielen, ist der Einsatz von QoS erforderlich. Wie sich QoS im mobilen Umfeld einsetzen lässt ist derzeit Gegenstand der Forschung ([Hei00]).

3.1.4. Sicherheit des mobilen Internets

Der Gewährleistung von adäquaten Sicherheit- und Datenschutzaspekten kommt bei einem grossflächigen Einsatz des mobilen Internets eine besonders hohe Bedeutung zu. Der erreichbare Grad an Sicherheit wird massgeblich die Akzeptanz des Anwenders dieser Technologie bestimmen.

Die Mobilität des Anwenders und seiner Geräte wirft neue Probleme hinsichtlich der Sicherheit auf, die im konventionellen Internet derzeit eine eher untergeordnete Rolle spielen.

Beispielsweise können durch die (theoretische) Möglichkeit, der Lokationsbestimmung des Anwenders neue Risiken hinsichtlich der Privatsphäre entstehen. Da allerdings nicht ganz auf die Lokationsbestimmung verzichtet werden kann¹ und soll², muss geklärt werden, inwieweit sich die berechtigte Forderung nach Sicherheit mit den technischen Notwendigkeiten vereinbaren lässt.

Wird das mobile Internet beispielsweise einmal in Fahrzeugen für Steuerungsfunktionen eingesetzt, so bekommt das Problem „Denial of Service“ eine ganz besondere Qualität. Bevor es also zum Einsatz der Internettechnologie in diesem Bereich kommen kann, muss sehr intensiv über solche Probleme nachgedacht werden.

Ausserdem ist zu prüfen, inwieweit bekannte Sicherheitstechnologien wie z.B. IPsec aus dem Internet auf das mobile Internet übertragbar und ob Modifikationen notwendig sind [Bra01]. Innerhalb von Ad-Hoc-Netzen beispielsweise wird der schnelle Auf- und Abbau von sicheren Verbindungen benötigt, die u.U. nur wenige Sekunden aktiv bleiben. Dies erfordert effiziente Protokolle.

Sicherheit wird dabei nicht nur auf Verbindungsebene, sondern auch auf Anwendungsebene benötigt - so ist der Austausch von sensitiven Informationen innerhalb eines selbstkonfigurierenden Netzes zwischen den Geräten des Anwenders möglicherweise erwünscht, ein fremdes Gerät dagegen soll auf diese Informationen auf keinen Fall zugreifen dürfen.

3.1.5. Frequenzmanagement und Skalierbarkeit

Die Nutzung von verschiedenen Funkfrequenzbändern als ZugangsmEDIUM erfordert eine effiziente Nutzung der vorhandenen Ressourcen. Es müssen neue Architekturen für die Funkübertragung entwickelt werden, die einerseits ressourcenschonend arbeiten und andererseits möglichst gut skalierbar für eine breite Anwendung mit einer Vielzahl von mobilen Kommunikationssystemen arbeiten.

3.1.6. Systemarchitektur

Die verschiedenen Zugangstechnologien müssen in einem Gesamtsystem integriert, dass sich für den Anwender als eine homogene Kommunikationsstruktur darstellt. [Ano01] prägt für diese Struktur den Begriff „Radio Access Network (RAN)“.

¹technischer Grund: lokationsabhängiges Routing

²anwendungsabhängiger Grund: „Location-based-Services“

Ein solches RAN basiert auf einzeln verteilten Wireless Networks und zellularen Mobilfunknetzen zur flächendeckenden Versorgung. Zusätzlich müssen Mobilitätskonzepte unterstützt werden: Handover Mechanismen beim Wechsel von Funkzellen, Mobility Management, Selbstorganisation, Load Balancing und Redundanz, Accounting und Billing.

Für dieses neue Netzwerk müssen neue Protokolle und Standards entwickelt werden.

3.2. Forschungsprojekte DRiVE

DRiVE („Dynamic Radio for IP-Services in Vehicular Environments“) [Dri02] von 2000 bis 2002 durchgeführtes und aus EU-Mitteln gefördertes Forschungsprojekt unter Beteiligung namhafter Unternehmen der Automobil- und Telekommunikationsbranche (Ericsson, Nokia, DaimlerChrysler, Vodafone, Bertelsmann, ...) und Hochschulen (RWTH Aachen, Heinrich-Hertz-Institut Berlin, ...). Zielsetzung des Projektes war die Erforschung von Grundlagen für innovative IP-Dienste in den Bereichen Multimedia und Telematik für hochmobile Endgeräte in Autos, Bussen und Zügen auf Basis verschiedenster Funktechnologien.

Die Forschungsarbeit teilte sich in vier Arbeitsbereiche auf:

Funktechnologien

Nutzung verschiedenster Funktechnologien (GSM, GPRS, UMTS, DAB, DVB) in Koexistenz als Zugangstechnologie für mobiles Internet.

IP-Infrastruktur

Entwicklung einer auf IPv6 basierenden IP-Infrastruktur für mobile Netzwerke unter Berücksichtigung von asymmetrischer Kommunikation auf verschiedenen Zugangstechnologien, Unterstützung von Uni-, Multi- und Broadcast, Quality of Service und transparenten Services im Falle von Handovers bei Bewegung durch verschiedene Funkzellen

Dienste, Implementierungen und Tests

Entwicklung von Diensten für den Automobilbereich unter Nutzung der möglichen Technologien („CityGuide“, „Mobile Internet Office“, „Travel Companion“), Demonstration und Feldtests. Nähere Beschreibung in [Car01]

Projektmanagement und Veröffentlichung der Ergebnisse Einflussnahme auf Standarddefinitionen im Bereich Mobilfunk und Internet

3.3. Mobile IP

„Mobile IP“ ist eine Weiterentwicklung des IP-Protokolls zur Unterstützung von mobilen Internetgeräten. Mobile IP muss die Hauptforderungen aus Abschnitt 2.1 erfüllen: Ortsunabhängiger Internetzugang, Unterbrechungsfreier Betrieb bei Bewegung („seamless service“) und Kompatibilität mit bestehenden Standards des Internets.

Datenverbindungen oder Flows zwischen zwei kommunizierenden Computern werden von den Transportprotokollen TCP und UDP durch die IP-Adressen und den beteiligten Ports von Senders und Empfängers definiert. Um die Forderung nach unterbrechungsfreiem Betrieb auch bei Bewegung gewährleisten zu können, darf sich die IP-Adresse des mobilen Endgerätes nicht verändern, sie muss also statisch sein. Würde sich die IP-Adresse durch den permanenten Standort-Wechsel ändern, stimmt die Definition des Flows nicht mehr mit der IP-Adresse des mobilen Gerätes überein - die Verbindung bricht ab und muss neu aufgebaut werden.

Mobile Server sollen unabhängig von ihrem Standort global eindeutig adressierbar sein. Auch dies erfordert eine statische IP-Adresse.

Die gegenwärtig im Internet verwendeten Routing-Protokolle sehen zu Netzen zusammengefasste IP-Adressen bzw. ihre Router als ortsfest an - permanent ihre Positionen verändernde Hosts oder Router waren bei der Entwicklung des IP-Protokolls nie vorgesehen. Um Kompatibilität zu gewährleisten, kann an dieser Tatsache nichts geändert werden.

Letztenendes muss Mobile IP ausreichend skalierbar für einen großflächigen Einsatz sein. Diese Forderung wirkt sich direkt auf die Performance des Protokolls aus.

Mobile IP löst die Problematik wie folgt: Ein mobiler Host bekommt eine feste IP-Adresse und ein festes Heimatnetz zugewiesen. Mit dieser Adresse soll er weltweit erreichbar sein. Befindet sich der mobile Host in seinem Heimatnetz verhält sich Mobile IP wie das konventionelle IP-Protokoll.

In fremden Netzen bezieht das Gerät eine temporäre IP-Adresse aus dem Fremdnetz - eine sogenannte Care-of-Adresse - von einem entsprechenden Server. Einem Server im Heimatnetz teilt der Client daraufhin über ein geeignetes Protokoll mit, dass er nun unter dieser Care-of-Adresse erreichbar ist. Sämtliche an seine offizielle IP-Adresse gerichteten und in sein Heimatnetz gerouteten Pakete werden nun im Heimatnetz abgefangen und an die Care-of-Adresse getunnelt. Damit wird erreicht, dass der mobile Rechner auch in fremden Netzen mit seiner offiziellen Adresse erreichbar ist.

Da dieses Verfahren noch nicht optimal arbeitet (Traffic wird vom Sender zum Heimatnetz, von dort zum Fremdnetz geroutet), wurden bei der Entwicklung von IPv6 neue ICMP-Nachrichten entwickelt. Mit IPv6 kann eine Control-Nachricht an den Verbindungspartner des mobilen Clients gesendet werden, damit dieser seine Pakete direkt zu der Care-Of-Adresse leitet. Dies dient hauptsächlich der Entlastung der Infrastruktur und Optimierung des Routings, da die Pakete nicht erst zur Home-Adresse geschickt und danach weiter zur Care-Of-Adresse geforwarded werden müssen.

4. Ausblick

Die beiden Telekommunikationsbereiche Mobilfunk und Internet werden in Zukunft zu einem IP-basierenden Funknetz oder mobilen Internet zusammenwachsen. Aus dieser Konvergenz werden sich neue technische Möglichkeiten und Dienste für den Anwender entwickeln. Spätestens diese Technologie wird zum Initialzündler des Pervasive Computings.

Diese zukünftige Vision lässt sich momentan allerdings nur skizzieren, und so stellt auch diese Arbeit nur Denkansätze für ein mögliches Konzept dar. Bis zur Realisierung dieser Vision wird noch eine Menge Forschungsarbeit geleistet werden müssen. Das Ergebnis dieser Forschung werden Lösungen sein, die in dem ein oder anderen Punkt von den hier dargestellten Ansätzen abweichen. Vielversprechende Prototypen und Testprojekte wie [Dri02], die die geschilderten Ideen umsetzen, existieren allerdings bereits heute.

Daß diese Weiterentwicklung zum mobilen Internet statt finden wird, ist nicht zu bezweifeln, stellt sie doch die logische Konsequenz aus den bisherigen Errungenschaften dar. Stillstand in der Entwicklung hat es in der Geschichte des Internets oder der Wissenschaften allgemein bisher nie gegeben, und mit Sicherheit wird auch die Entwicklung des Internets an dieser Stelle nicht stehen bleiben.

Fraglich ist lediglich der Zeitpunkt der praktischen Realisierung. Bis dahin dürften nach unseren optimistischen Schätzungen noch mindestens 10 Jahre vergehen. Unterdessen stellt das Thema „Mobile Internet“ allerdings für die Nachrichtentechnik und erst recht für die Informatik ein sehr interessantes Forschungsgebiet dar.

Literaturverzeichnis

- [Ano01] Anonymous.
IPonAir, Nathlose Integration Selbstkonfigurierender Drahtloser Umgebungen.
<http://www.iponair.de/IPonAirV2.rtf>, 2001.
Gesamtprojektbeschreibung, Vorschlag als Förderprojekt an das Bundesministerium für Bildung und Forschung.
6, 7, 17, 19
- [Bra01] Braun, Thorsten und Danzeisen, Marc.
Secure Mobile IP Communication.
<http://www.iam.unibe.ch/~rvs/publications/wlul4.pdf>, 2001.
19
- [Car01] Carrega, Dominique, Gaudin, Kevin, Held, Albert, Kroh, Rainer, und Muyal, Hervé.
Delivering Location-Aware Multimedia Services with the DRiVE Service-Provision Architecture: a Case Study.
<http://www.ist-drive.org/papers/Paper3GIS-DRiVE-Steria-DC.PDF>, 2001.
20
- [Dri02] *Dynamic Radio for IP Services in Vehicular Environments (DRiVE) Homepage.*
<http://www.ist-drive.org>, 2002.
8, 14, 20, 23
- [Hei00] Heijenk, Geert.
Support for QoS in the emerging mobile Internet.
<http://www.terena.nl/middleware/emw2000/docs/geert.heijenk.EMW2000.ppt>, 2000.
6, 13, 18
- [Tan98] Tanenbaum, Andrew S.
Computernetzwerke.

Prentice Hall, 1998.
ISBN 3-8272-9568-8.

18

[Tön00] Tönjes, Ralf.

Web on Wheels.

[http://www.ist-drive.org/presentations/
00-09-19-PIMRC.pdf](http://www.ist-drive.org/presentations/00-09-19-PIMRC.pdf), 2000.

16