

6. Wireless ATM

Da viele Protokolle, Verfahren, Anwendungen und Normen noch nicht spezifiziert sind, behandelt dieses Kapitel eine Sammlung von Vorschlägen, Anregungen und Ideen. Viele Institutionen und Foren (ETSI, ATM-Forum, Wireless LAN Association, FCC) befassen sich zur Zeit mit Spezifizierung einiger Grundkomponenten und Anwendungsbereiche. Alle Entwicklungen und Erkenntnisse werden zur ETSI BRAN (Broadband Radio Access Network) und zum ATM-Forum (WATM-Gruppe) weitergeleitet und dort gebündelt. Wenn hinreichend genaue Informationen zur Verfügung stehen soll ein erster Standard verabschiedet werden. Die ersten Spezifikationen sollen im Juli / August 1998 veröffentlicht werden.

6.1. Grundgedanken

Was ist Wireless ATM?

Drahtloses ATM soll die Funktionen des ATM/B-ISDN-Netzwerkes für den mobilen Umgang bereitstellen. Die Flexibilität der Teilnehmer muß gewährleistet sein und die garantierten Dienstgüten dürfen sich nicht von denen im Festnetz unterscheiden. Ein Benutzer soll beim Umgang damit nicht sofort merken, ob er nun drahtgebunden oder drahtlos versorgt wird. Welche Probleme gibt es heute? Drahtlose ATM-Systeme müssen die Eigenschaften der ATM-Technik transparent unterstützen. Es müssen eine Reihe von zusätzlichen Mechanismen eingeführt werden, damit die Mobilität und Unabhängigkeit der Endgeräte von Netzanschlüssen gewährleistet werden kann. Die Datenübertragung über den störanfälligeren Funkkanal muß für alle Teilnehmer unter Beachtung der Bandbreite möglichst störungsfrei gewährleistet sein. Zusätzliche Funktionserweiterungen für die Mobilitätsunterstützung im ATM-Standard sind:

- die Handover-Steuerung: Weiterschalten von virtuellen Verbindungen bei einem Zellwechsel und die Neuverhandlung von Dienstgüteparametern,
- Verwaltungsmechanismen: Verwalten von mobilen Endgeräten und Teilnehmern, sowie des Aufenthaltsortes bzw. der Erreichbarkeit,
- die Übertragungssicherheit: Authentifizierung von Nutzern und Systemen und die Verschlüsselung der Datenübertragung,
- die Verkehrs- und Dienstgütesteuerung: Steuern des Zugriffs auf den Funkkanal in Abhängigkeit des Verkehrsaufkommens (Vielfachzugriffsverfahren); Erkennen und Beheben von Übertragungsfehlern,
- das Netzmanagement.

Für die zu erwartenden Spezifikationen stehen in Europa Funkfrequenzen von 5,15 GHz bis 5,25 GHz (bzw. 5,3 GHz) und von 17,1 GHz bis 17,3 GHz zur Verfügung. Es werden Projekte durchgeführt, in denen Frequenzen bis 60GHz erprobt werden. In diesen Frequenzbereichen sind die Kosten für Komponenten allerdings noch sehr hoch und die Gesundheits- und Material-Aspekte bedürfen noch einer genaueren Untersuchung. Übertragungsraten für drahtlose ATM-Netze sollen von anfänglich 20 Mbit/s bis auf 155 Mbit/s gesteigert werden. Bei diesen hohen Bitraten sind allerdings neue Effekte auf den Funkstrecken zu erwarten (Mehrwegeeffekte, Symbolinterferenzen), mit denen man erst einmal umgehen lernen muß. Die Bitfehlerraten liegen in extremen Fällen bei 10^{-3} bis 10^{-5} , im Vergleich dazu liegen die leitungsgebundene BER bei 10^{-9} bis 10^{-12} . Eine Möglichkeit zur Umgehung dieser negativen Auswirkungen sind COFDM-Verfahren. Der breitbandige Funkkanal wird dabei in viele schmalbandige Kanäle unterteilt, in denen mit niedriger

Bandbreite und somit zeitlich längeren Symbolen übertragen wird. Bandspreiztechniken werden eher weniger zum Einsatz kommen, da sie zu sehr hohen Bitraten führen können. Die Verwaltung der Mobilität und das Roaming kann, ähnlich den in zellularen Mobilfunknetzen eingesetzten Verfahren, ermöglicht werden. Beim Handover allerdings müssen neue Mechanismen greifen, die eine Neuverhandlung von Dienstgütern ermöglichen. Weiterhin müssen die virtuellen Kanäle und Pfade gesteuert oder neu vergeben werden. Es kann vorkommen, daß in der neuen Zelle die Dienstgüte nicht mehr gewährleistet werden kann und somit eine dynamische Dienstgüteeinstellung erforderlich wird, die dem Nutzer signalisiert werden muß und in die er aber dennoch eingreifen kann.

Eine besondere Bedeutung kommt dem Kanalzugriffsverfahren zu, es dient der Garantie der Dienstgütern. Für den Kanalzugriff in drahtlosen ATM-Netzen ist ein erweitertes oder neues Protokoll notwendig. In drahtgebundenen Netzen werden die Daten in einem festen Kanal übertragen, ob nun vom oder zum Benutzer oder zwischen den Knoten. Es besteht für diesen Kanal immer eine feste Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Bei der Funkanbindung besitzt aber nicht jeder eine solche Verbindung, sondern es teilen sich viele Benutzer den gleichen Funkkanal. Das zu entwickelnde Protokoll muß die ATM-Zellen aller Systeme, die Zugriff haben, geeignet multiplexen. Diese Funktionen sollen in der Vielfachzugriffsschicht Funk implementiert werden.

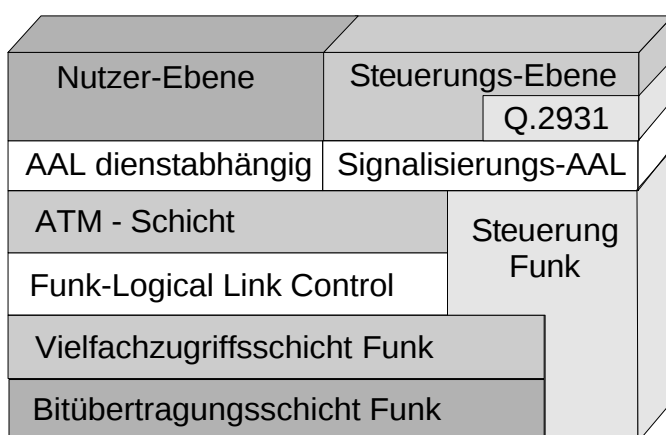


Abbildung 6.1-1 Wireless ATM-Referenzmodell [ntz 6/97]

beschrieben. Die Dienstgütern werden auf Basis der virtuellen Verbindungen garantiert, deshalb muß das Zugriffsverfahren Kenntnisse über die Dienstparameter der Verbindung haben. In der bisherigen ATM-Spezifizierung ist dies in der AAL-Schicht verwirklicht. Die für die Verbindungssteuerung notwendige Signalisierung wird durch Protokolle der Steuerungsebene ausgeführt. ATM-Funknetze müssen so erweitert werden, daß auch im Kanalzugriffsprotokoll die Dienstgüteinformationen verfügbar sind. Nicht konfliktfreie Verfahren (CSMA-Basis) kommen hierfür nicht in Frage. Es sind Ansätze zum Einsatz organisierter Verfahren und somit auch einer zellularen Netzstruktur vorhanden. Die Kommunikation wird in UP- und Downlink unterschieden. Die beiden Phasen sind entweder durch ein Zeit- oder Frequenzduplexverfahren voneinander getrennt. Wie bei der Signalisierung durch die Basisstation eine Anpassung an Dienstgüteanforderungen gewährleistet werden kann, ist noch offen. Ein großes Problem sind bei allen Verfahren die zeitkritischen Anwendungen wie Sprache und bewegte Bilder.

ATM im festen Leitungsverband ist ein zu größten Teilen fehlerfreies Übertragungsformat, weshalb Fehlererkennung und -korrektur in die Endsysteme verlagert wurde. Durch die

Das Schichtenmodell in Abbildung 6.1-1 zeigt den prinzipiellen Schematischen Aufbau für die Abarbeitung der Verbindungsaufgaben. In der horizontalen Richtung bestehen nach bisheriger Definition keine Beziehungen. Alle Schichtübergänge verlaufen vertikal und somit auch alle Übertragungswege. Welche Aufgaben in den einzelnen Ebenen ausgeführt werden sollen, wird in Ansätzen nachfolgend

wesentlich größere Störanfälligkeit des Funkkanals müssen in den BS Fehlerkorrekturverfahren installiert werden, die den schnellen Zellendurchsatz nicht behindern, aber dennoch eine ausreichende Fehlersicherheit gewährleisten.

6.2. Prinzip einer Luftschnittstelle für ein Funk-ATM-Netzwerk

Die hier eingebrachte Idee für eine Luftschnittstelle basiert auf direktionalen Antennen an der MS und Sektorantennen an der BS. Dies entspricht einem Punkt-zu-Mehrpunkt-System und ist ähnlich der HYPER-LAN 2 Ansatzes. Das System ist für den Einsatz in kleinen und mittleren Geschäftsbereichen gedacht. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Systemparameter.

Frequenzband	3,5; 10; 24/26; 28 GHz und höher
Kanalbandbreite	6x14 MHz duplex bei 3,5 GHz; 5x30 MHz duplex bei 10 GHz; 18x28 MHz duplex bei 24/26 GHz; block allocation bei 28 GHz
Senderadius	10-15 km bei 3,5 GHz; 7-10 km bei 10 GHz; 3-5 km bei 24/26, 28 GHz
Multiplex	FDM - Frequenz Division Multiplex
Duplex	FDD - Frequenz Division Duplex
Bitrate	Down (BS → MS): 8-51 Mbit/s; Up (MS → BS): 2-25 Mbit/s
Zugriffverfahren	Asynchrones Multiplexen von ATM-Zellen

Dieses Netzwerk benutzt verschiedene Basisstationen, mit mehreren getrennten Funktsektoren. Die Basisstationen werden über ein Gesamtnetz miteinander verbunden, wobei eine Terminierung erfolgt, die verhindert, daß zwischen benachbarten Sektoren keine Interferenzen entstehen. Aspekte des Physical Layers sind hier nicht mit eingeschlossen.

Ein Protokoll-Stack der Luftschnittstelle muß das Multiplexen der ATM-Zellen genauso wie ein fester ATM-Multiplexer erledigen. Das MAC-Protokoll soll die Konkurrenz zwischen den MS um den geteilten Funkkanal steuern. Die Herangehensweise das MAC-Protokoll wird stark von einer intelligenten Lösung des ATM-Zugriffsplaners (Funk-DLC) in den ATM-Netzwerkknoten beeinflusst. Die Luftschnittstelle kann wie ein verteilter ATM-Zugriffsplaner interpretiert werden. Das MAC-Protokoll wird zentral von der BS kontrolliert und realisiert die ATM-Zellen-Übertragung.

Das Protokoll besteht aus einem Wireless-Physical-Layer (W-PHY-Layer) mit den

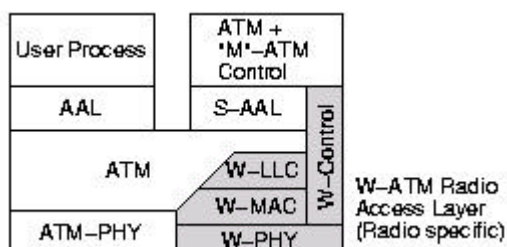


Abbildung 6.2-1 Protokoll Stack einer Luftschnittstelle

Funkmodems unterhalb des ATM-Layers und einem Data-Link-Control-Layer (DLC-Layer), der den ATM-Multiplexer beinhaltet. Der DLC-Layer ist unterteilt in einen MAC-Sublayer (W-MAC) und einen LLC-Layer (Logical Link Control) (W-LLC). Das MAC-Protokoll hat die Aufgabe, ein gerechtes Multiplexen der geforderten QoS (Quality of Service) (ATM-Dienste) durchzuführen. Die maximale Zellrate ist besonders bei

zeitkontinuierlichen Anwendungen (CBR-Constant Bit Rate, VBR-Variable Bit Rate) wichtig.

Die Abbildung 6.2-2 gibt einen Überblick, wie eine Verbindung zwischen MS, BS und ATM-Vermittlungsstelle nach dem Funk-ATM-Referenzmodell aussehen kann.

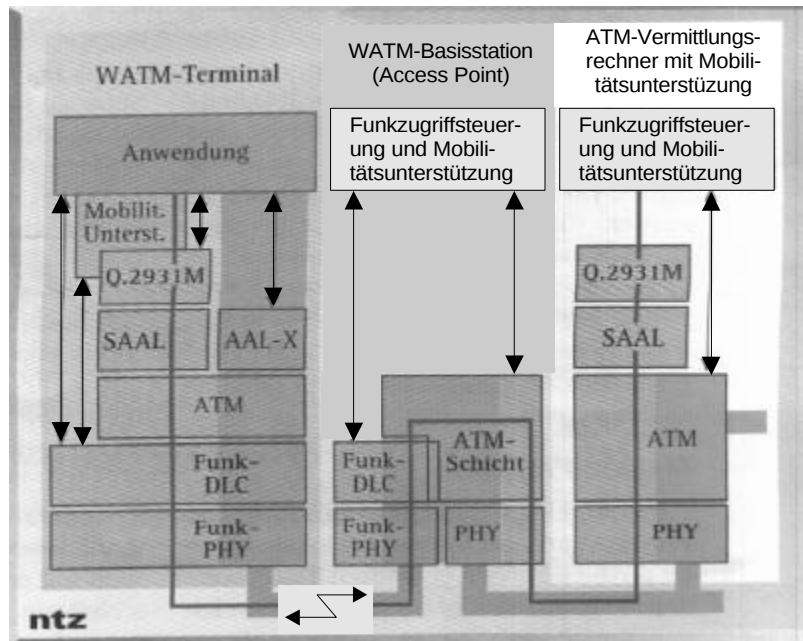


Abbildung 6.2-2 ATM MS-BS-VSt-Verbindung [nach ntz 7/97]

6.2.1. Kapazitätzuteilungsschema

Es wird ein TDMA-Kanal mit einem Zeitschlitzlänge τ_{slot} vorgesehen, der in der Lage ist eine ATM-Zelle mit den MAC- und LLC-Signalisierungsinformationen im Kopf und einem notwendigen Datenüberhang der physischen Schicht für Synchronisation, FEC (Forward Error Correction), Schutzzeit, u.a. Rotierend schaltende STDM (Synchronous Time Division Multiplexing) Schemen werden in konventionellen Systemen der zweiten Generation benutzt. Sie sind einfach aufgebaut, stabil und haben einen geringen Signalisierungsüberhang. Diese Schemen sind für CBR-Services sehr effektiv. Auf der anderen Seite aber, fordern VBR und ABR (Available Bit Rate) eine abrufbare Kapazität mit asynchronem Multiplexen. Dies ist sehr schwierig zu koordinieren und erfordert einen hohen Signalisierungsüberhang.

Um zwischen den beiden Methoden zu unterscheiden dient folgende Definition:

- **Vertikale Reservierung:** Die Zeitslitze eines TDMA-Kanals werden in Frames mit einer Länge N organisiert. Mit der Bestimmung einer Schlitzposition des Frames für eine MS, ist eine diskrete und konstante Kapazität für die folgenden Frames ohne weitere Signalisierungen verfügbar. Dies entspricht den Festlegungen für einen Kanal in einem STDM-Schema.

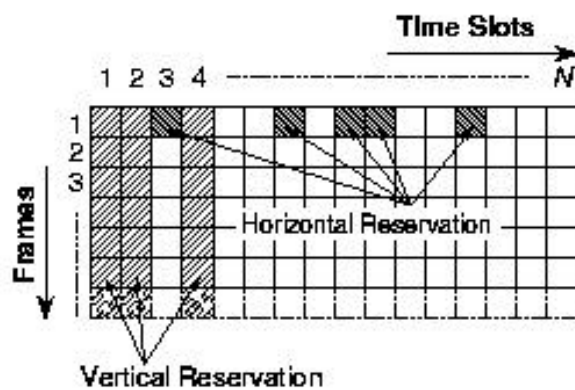


Abbildung 6.2-3 Vertikale und Horizontale Reservierung

- **Horizontale Reservierung:** Die Kapazität wird Schlitz für Schlitz über das asynchrone Multiplexen bestimmt. Mit der Festlegung eines Schlitzes kann eine MS eine ATM-Zelle übertragen. Diese Reservierungsnachricht ist für jeden Zeitschlitz notwendig.

Für die verschiedenen Dienstklassen im ATM-Modus ist eine Kombination von horizontaler und vertikaler Reservierung sinnvoll, wie sie in Abbildung 6.2-3 dargestellt ist.

Vertikale Reservierung

Eine der verschiedenen Zeitschlitz-Positionen für eine Frame ist genau einer MS, durch einmaliges austauschen der Signalisierungsinformationen, zugeordnet. Die Schlitz sind reserviert für alle folgenden Frames. Jede Änderung der Reservierungen ist durch eine Signalisierung anzuzeigen. Der Signalisierungs-Overhead verringert sich mit der Länge der Verbindung. Bei einer konstante Länge N des Frames, sind die Kanäle, mit einem ganzzahligen Vielfachen der Grundkapazität $c_b = c_c / N$, in der Lage, einen oder mehrere Schlitz-Positionen zu belegen.

Die vertikale Reservierung entspricht dem STDM-Schema und wird sehr profitabel in Netzwerken mit rotierend schaltenden CBR-Service (ISDN, GSM) eingesetzt. Für WATM-Netze scheint dies auch eine sehr gute Lösung für CBR-Services zu sein und es ist optimal für synchron mit der Zeitschlitzperiode arbeitende Datenquellen. Unvorteilhaft für ATM-Netze ist, daß zwischen Datenquelle und Zeit-Taktgeber keine Synchronisation stattfindet. Dies ist aber für ein Anpassen der erforderlichen Kapazität an ein Vielfaches der Grundkapazität notwendig und führt zu einer schlechten Kapazität, wenn die Datenrate, im Vergleich zur Kanalkapazität, niedrig ist. Es ist sinnvoll eine Grundkapazität entsprechend der Datenrate der meisten Schmalband-Services auszuwählen. Dies ist die 64 kbit/s PCM Sprachcodierung. Ein bedeutendes Problem liegt in der unvermeidbaren Asynchronität zwischen der Quelle und dem Taktgeber des Übertragungsmediums. Durch das Warten auf den nächsten Zeitschlitz entsteht eine variable Zeitverzögerung. Die Verzögerung hängt von der maximalen Framelänge $t_{dmax} = T_f$ in einer Periode ab. Die Frequenz f der Kurve setzt sich aus $f = 1 / T_f - 1 / T_c$ mit der ATM-Zell-Rate $1 / T_c$ und einer Frame-Frequenz $1 / T_f$. Die AAL im Empfänger stellt die Isochronität des empfangenen ATM-Zell-Stroms durch Zwischenspeicherung wieder her. Dieses t_{dmax} gibt die maximale Verzögerung der Luftschnittstelle und ist ein kritischer Parameter der Systemperformance. Die normale Verzögerung von 6 ms ist nicht akzeptabel. Eine Wiederholung von Übertragungen im Fehlerfall ist nicht erlaubt. Daraus folgt, daß die reine vertikale Reservierung nicht für CBR-Services nutzbar ist.

Horizontale Reservierung

Diese Art der Reservierung benötigt bei jeder Slot-Belegung die Signalisierung und produziert dadurch einen großen Overhead. Durch dieses Schema ist aber eine dynamische Anpassung an der Übertragungsrate an die Applikationsanforderungen möglich. Der Verlust der Signalisierungsnachricht ist nicht so kritisch wie bei der vertikalen Reservierung, da sie mit jedem Frame neu übertragen wird. Die Performance-Bewertung

kann anhand eines einfachen Modells erfolgen, sie ist beeinflusst von der Framelänge bei einer durchschnittlichen Verzögerung. Der erste Schlitz eines jeden Frames wird für die Signalisierung der Schlitz-Reservierungsnachricht benutzt. Die gleichbleibende Priorität zwischen den Dienstklassen (CBR>VBR>ABR>UBR) und die Strategie des frühest möglichen Zugriffs sind in jeder Dienstklasse implementiert. Eine Verzögerung von Framelänge $l_f = 1$ korrespondiert mit dem ATM-Multiplexer, wenn eine hohe Verkehrslast herrscht. Die Verzögerung steigt mit längeren Frames an, wenn die empfangenen ATM-Zellen nicht mehr nach ihrer Dringlichkeit behandelt werden können bis der nächste Frame beginnt. Danach werden sie nach ihrer exakten Dringlichkeit wie in normalen Multiplexern behandelt.

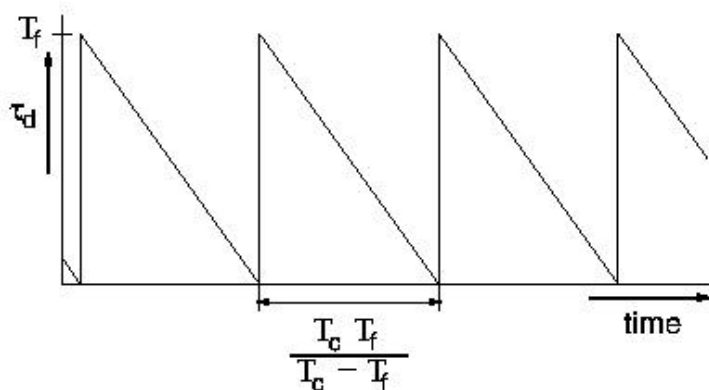


Abbildung 6.2-4 Verzögerung bei vertikaler Reservierung

Die Videocodierung von VBR-Quellen generieren ATM-Zellen für jedes Bild simultan zum Stackprozeß. Alle VBR-Zellen müssen eine halbe Framelänge warten, bis sie behandelt werden. Nach dieser Zeit steht genügend Kapazität zur Verfügung, um die VBR-Zellen unmittelbar zu übertragen.

Die Verzögerung von ABR-Quellen ist wesentlich schwieriger zu analysieren. Eine Beeinflussung geschieht nicht nur durch die Framelänge, sondern auch durch die Dienste mit höherer Priorität.

Kombination beider Reservierungsarten

Eine Kombination kann in der Benutzung der Vorteile beider Varianten bestehen. Ein Teil der garantierten Datenrate für die meisten Frames (z.B. 90 %) sollte vertikal reserviert sein. Der andere Teil kann horizontal reserviert werden. Die Anforderung der vertikalen Reservierung an feste Framelängen ist nicht länger notwendig, aber dennoch begründbar. Mit kürzeren Frames korrespondiert die vertikale Reservierung nicht länger mit dem STDM-Schema, aber es eröffnet eine variable Kapazität pro Kanal, die von der Anzahl der horizontalen Zeitslitze in jedem Frame abhängt. Die Frames hängen von den Kapazitätsanforderungen des Systems ab.

Verglichen mit der horizontalen Reservierung wird es immer längere Verzögerungen erzeugen, weil der ATM-Zell-Planer nicht für alle eine optimale Service-Strategie aufstellen kann. Die Kombination beider ermöglicht ein effektiveres Übertragen in allen Anwendungsfällen. Zugleich entsteht ein komplizierteres und unzuverlässigeres Protokoll, so daß zwischen dem Gewinn an Effektivität und den Nachteilen einer komplexeren Luftschnittstelle abgewogen werden muß.

6.2.2. MAC-Protokoll für Luftschnittstelle

Aktive MS müssen sich in der BS registrieren und erhalten eine temporäre MAC-Identifizierung (MAC-ID, 8 bit). Die dient als Kurzadresse innerhalb des Sektors zur Adressierung der Uplink-Slot-Reservierung. Im Downlink werden die ATM-Zellen von allen MS aufgenommen. Über die VPI wird die richtige MS detektiert. MAC interne

Signalisierungsnachrichten werden von ATM-Zellen transportiert und speziell markiert (z.B. VPI=0). Im Uplink wird der VPI benutzt um die Zieladresse der ATM-Zellen. Aus Sicherheitsgründen wird jeder Uplink um einen MAC-Kopf erweitert. Der Kopf enthält die MAC-ID und eine Kurzidentifikation des Sektors, um ein Empfang von falschen Zellen aus Nachbarsektoren zu verhindern.

Das MAC-Protokoll wird als DSA++-Protokoll (Dynamic Slot Reservation) bezeichnet und wurde ursprünglich für HYPER-LAN 2 Systeme auf TDD-Basis entwickelt. Für den Einsatz in Breitband-Funk-Systemen wurde es für das FDD-Verfahren mit asymmetrischen Verbindungsraten modifiziert.

Uplink-Schlitze erlauben die Übertragung eines Bursts, der ein Informationsfeld variabler Länge mit dem notwendigen Daten-Überhang für die physische Schicht enthält. Das Informationsfeld enthält eine RQCH-PDU (Request Channel - Protocol Data Unit) und bis zu vier ATM-Zellen. Zeitschlitze, die nur eine Übertragung einer RQCH-PDU erlauben, nennt man RQCH-Slots oder Short-Slots.

Es werden verschiedenen Arten von MAC-Nachrichten übertragen, jede von ihnen hat eine bestimmte Länge. Sie können in vier Arten unterteilt werden:

- Signaling-PDU-Downlink (Signalisierungs-Einheit): Signalisierung von Reservierungsnachrichten für den nächsten Frame; Kontrollinformationen, z.B. für kontrollierten Direktzugriff oder Empfangsbestätigung (Länge ca. 55 Byte)
- ATM-Zell-PDU-Downlink: ATM-Zelle mit MAC/LLC-Header Ergänzungen (gesamt Länge ca. 55 Byte)
- Signaling-PDU-Uplink: MAC/LLC-Signalisierungsnachricht, z.B. Kapazitätsanfrage oder Rückmeldung (Länge ca. 3 Byte)
- ATM-Zell-PDU-Uplink: ATM-Zelle mit MAC/LLC-Header Ergänzung und Kapazitätsanfrage-Nachricht (gesamt Länge ca. 57 Byte)

Nach jedem übertragenen Burst ist ein Schutz-Intervall erforderlich, dessen Länge vom Radius der Funk-Zelle abhängt. Am Anfang und am Ende eines jeden Bursts werden zur Signaleistungskontrolle der Modems Intervalle eingeführt (Raise/Fall-Time).

Für die Koordinierung des Kanalzugriffs gruppiert das DSA++-MAC-Protokoll die Uplink-Schlitze in sogenannte Signalisierungsperioden. Diese Perioden umfassen eine

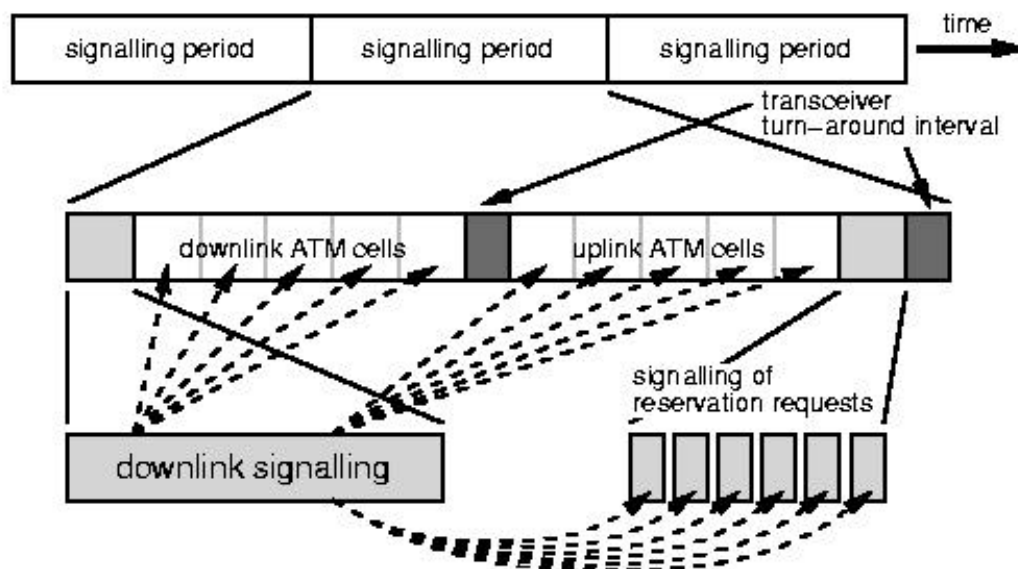


Abbildung 6.2-5 Signalisierungsperioden DSA++-Protokoll

variable Nummer solcher Schlitze, die Nummer und Reihenfolge wird vom MAC-Planer

festgelegt. Während einer der Perioden werden neue Kapazitätsanfragen in der BS aufgenommen und in Spiegeleinheiten gespeichert. Am Ende einer Periode wird die Schlitz-Reservierung der nächsten Periode berechnet und an die MS übertragen. Das geschieht mit einer Period-Control-Unit auf dem Downlink, die die Anzahl der Schllitze in der nächsten Signalisierungsperiode und ihre Länge (Anzahl der ATM-Zellen) enthält, sowie die zugehörige MAC-ID. Eine Signalisierungsperiode enthält mehrere kurze Schlitz für RQCH-Einheiten.

Die Signalisierungsperioden können in verschiedene Abschnitte eingeteilt werden. Die Zustands IDLE korrespondiert mit einem leeren Sendepuffer, so daß keine Kapazitätsanfrage gesendet wurde. Nach dem Empfang einer ATM-Zelle schaltet die MS in den Zustand REQUEST (1) und versucht eine Kapazitätsanfrage in einem Short-Slot zu übertragen. Nach einer erfolgreichen Übertragung geht die MS in den Zustand RESERVATION (2) und wird vom Planer angewiesen die Dringlichkeit der ATM-Zellen zu gewähren. Mit der Übertragung der ATM-Zellen in einem reservierten langen

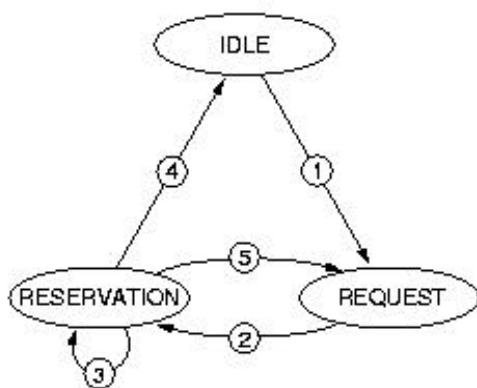


Abbildung 6.2-6 Reservierungszustand einer MS

Zeitschlitz wird der Planer über die neuen Kapazitätsanforderungen informiert (3). Wird keine weitere Kapazität mehr benötigt, veranlaßt die BS die MS in den Zustand IDLE zurückzukehren (4). Ein besonderer Fall ist das parallele existieren von virtuellen Kanälen in verschiedenen Diensten. Wenn eine MS eine Kapazitätsanfrage für einen niederprioren Dienst stellt und die befindet sich im Zustand RESERVATION, dann kann die

Ankunft einer höherprioren ATM-Zelle die Kapazitätsanfrage modifizieren, so daß die MS nicht in der Lage ist bis zur Kapazitätsanfrage zu warten. In diesem Fall geht sie in den Zustand REQUEST (5) zurück und fordert die Rückübertragung ihrer Kapazitätsanfrage über das RQCH-Protokoll.

Die Bestätigungen für Signalisierungsnachrichten können verschieden aussehen.

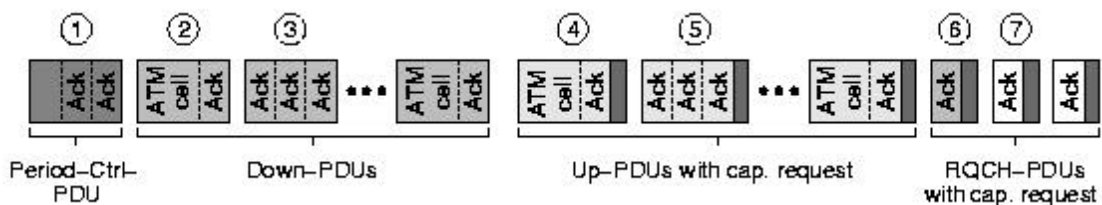


Abbildung 6.2-7 Signalisierungsprozedur mit Bestätigungen

Folgende Methoden für Übertragungen von Bestätigungen sind mögch:

1. bis zu 6 Bestätigungen in einer Period-Control-PDU (Protokoll-Data-Unit)
2. Huckepack auf einer ATM-Zelle in einer Down-PDU
3. bis zu 24 Bestätigungen in einer Down-PDU
4. Huckepack auf einer ATM-Zelle in einer Up-PDU
5. bis zu 24 Bestätigungen in einer Down-PDU

6. in einer reservierten RQCH-PDU
7. in einer RQCH-PDU übertragen mit wahllosem Zugriff

RQCH - Random Access Control Protocol with fast Collision Resolution

Das RQCH-Protokoll ermöglicht den MS eine Übertragung auf der Grundlage ihrer eigenen Parameter zu initiieren. Für den Direktzugriff ist ein stabiler und schneller Algorithmus zur Fehler-Auflösung notwendig. Die periodische Struktur des DSA++-Protokolls führt zu folgenden Zwängen für den Direktzugriff:

- Die Ergebnisse des Direktzugriffs-Slots wird allen MS mitgeteilt zusammen mit einer Nachricht. Diese Situation ist oben beschrieben.
- Jede Periode kann eine unbestimmte Anzahl von Direktzugriffsslots bereitstellen. Die maximale Anzahl ist nur durch die Größe der Period-Control-Unit begrenzt, weil sie die notwendigen Signalisierungsnachrichten enthält.

Auf Grund der Dringlichkeit der Übertragung der dynamischen Parameter, ist der Direktzugriff nicht für den Durchfluß optimiert, dafür aber für kurze Verzögerungszeiten. Kritisch ist die verzögerte Rückkopplung. Ein zweiter Direktzugriff vom selben Terminal ist nur sinnvoll, wenn der erste Zugriff ausgewertet und verarbeitet werden konnte. Verkürzte Signalisierungsperioden sind deshalb nützlich für die schnellere Übertragung von Rückkopplungen. Die maximale Länge eines DSA++-Protokoll ist durch die Anzahl der Reservierungsnachrichten innerhalb der Period-Control-PDU, die die selbe Länge wie eine Down-PDU hat (53 Byte). Da das Protokoll sehr wichtig für die Stabilität des Systems ist, wird es durch die FEC geschützt. Die Perioden werden mit zunehmender Anzahl der Direktzugriffe immer kürzer. Durch den Gebrauch des Collision Resolution (Kollisions-Auflösung) Algorithmus wird der Direktzugriff verzögert, außerdem beinhaltet der Vorschlag, daß nur registrierte Stationen, Identifizierungszeichen im Kopf, Kapazitätsanfragen stellen können.

6.2.3. Methoden für das WATM-Handover

Für das Handover-Verfahren kann man von zwei verschiedenen Ansätzen ausgehen. Beim ersten Ansatz findet die Ausführung des Handovers zwischen den Funkzellen und dem Funkzugriffssystem statt. Im zweiten Fall wird ein Netzwerk-Handover vorgenommen, dies geschieht immer dann, wenn die Zugriffspunktanbindung zum B-ISDN-Netzwerk geändert wird. Der schnelle Wechsel von virtuellen Kanalverbindungen ist im ATM-Standard nicht vorgesehen. Um die QoS's aufrecht erhalten zu können, müssen entsprechende Funktionen implementiert werden. Der schnelle Wechsel von virtuellen Kanälen alleine kann jedoch nicht einen Zellverlust verhindern, deshalb müssen Mechanismen eingesetzt werden, die ein Handover ohne Zellverlust ermöglichen.

Ein besonderes Problem stellen die schnellen Wechsel dar, denn bei 40 GHz sind nur relativ kleine Funk-Zellen (Pico-Zellen) möglich, damit die Übertragungsrate von bis zu 155 Mbit/s gehalten werden kann. Kleine Zellen bedingen ein häufiges Handover, und aufgrund der hohen Frequenz muß dies auch noch sehr schnell von statten gehen. Die beiden Arten des Handovers in WATM-Systemen sind mit denen im GSM vergleichbar (siehe Kapitel 4.2.2). Das Funk-Handover (Radio-HO) entspricht dabei dem Interzell-HO und das Netzwerk-Handover (Network-HO) dem Inter-BSC-HO. Der dritte Fall im GSM, das Inter-MSC-HO, wird hier noch nicht genauer definiert, da dabei auch neue Application-Server eingebunden werden müssen, was noch zu Abstimmungen bezüglich der Dienstangebote führen muß. Im Prinzip funktioniert dieses HO ähnlich dem Inter-MSC-HO.

Tabellarischer Vergleich des Aufbaus von GSM und WATM:

GSM	WATM
Handy, Laptop, MS	Handy, Laptop, MS
BTS-Base Transiver Station	BT-Broadband Termination
BSC-Base Station Controller	BTC-Broadband Termination Controller
BS-Basis Station	RAS-Radio Access Service

An einem Breitband Terminal Controller (BTC-Broadband Termination Controller) können mehrere Breitband Terminals (BT-Broadband Termination) angeschlossen sein. Wandert eine MS aus dem Frequenzbereich einer BT (siehe Abbildung 6.2-8), und befindet sich die übernehmende BT am gleichen BTC, dann nennt man dies ein Funk-Handover. Der Ablauf geschieht innerhalb eines Funk-Zugang-Systems (RAS-Radio Access System). Die HO-Mechanismen werden in dem BTC ausgeführt.

Wird die übernehmende BT von einer anderen BTC kontrolliert, dann spricht man vom Netzwerk-Handover. Hierbei sind die BTCs über verschiedenen Netzwerk-Zugangspunkte (NAPs-Network Access Points) mit dem ATM basierten B-ISDN-Netzwerk (CN-Core Network) verbunden. Es werden verschiedene RAS mit involviert und somit liegen die HO-Mechanismen im B-ISDN-Netzwerk.

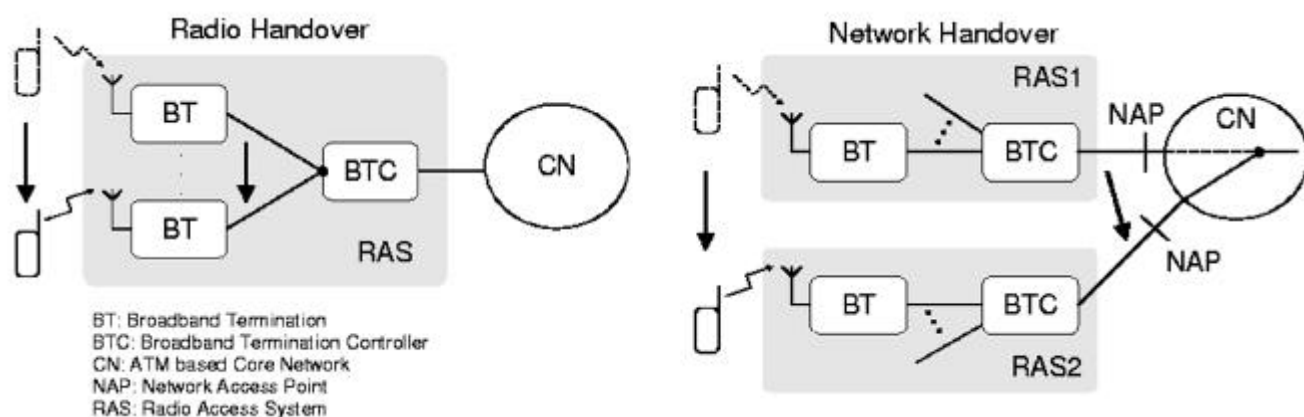


Abbildung 6.2-8 WATM-Handover

Im ATM-Netzwerk werden immer virtuelle Ende-zu-Ende-Verbindungen (VCC-Virtuell Kanal Verbindungen) aufgebaut, diese setzen sich aus mehreren virtuellen Kanälen (VC's) zusammen und bestehen über die gesamte Verbindungsdauer. Wenn ein Netzwerk-HO vollzogen und somit der NAP geändert wird, muß die VCC im B-ISDN-Netzwerk mit dem neuen NAP aktualisiert werden. Dies kann durch die Neuerrichtung der VCC bei jedem NAP-Wechsel oder durch ein Re-Routing der ATM-VCC erfolgen.

Die Neueinstellung der virtuellen Kanalverbindung wird der für die Verbindung zuständige Netzwerkserver so wie auch die entsprechenden Schichten der beiden Endpunkte eingebunden. Da ein sehr häufiges Handover wahrscheinlich ist, werden dadurch erhebliche Verzögerungen Verursacht und die Dienstqualität herabgesetzt, was nicht akzeptabel ist.

Das schnelle Re-Routing von VCCs ist in den ATM-Schicht-Protokollen nicht vorgesehen, deshalb müssen entsprechende Funktionen zum drahtgebundenen ATM-Netzwerk hinzugefügt werden. Es wurden verschiedene Vorschläge diskutiert. Einer davon beruht

auf dem dem Virtuel Tree (virtueller Baum) Konzept, bei dem die Vorteile der Einführung von ATM Mobility Server (AMS) ausgenutzt werden.

Solange die MS das Handover ausführt und kontrolliert, ist die AMS während eines Netzwerk-HO für die Fortsetzung der Dienste (QoS) verantwortlich. Jedes mal, wenn eine MS eine Verbindung anfordert, etabliert die AMS eine bidirektionale Verbindung von sich zur zuständigen RAS und zum Ziel im festen Netzwerk. Die Verbindung zum RAS wird als Virtueller Branch (VB) bezeichnet, und die Gesamtheit der VBs wird Virtueller Tree (VT) genannt (Abbildung 6.2-9). Nur eine der errichteten VBs überträgt die aktuellen Benutzerdaten, alle anderen VBs sind unbenutzt. Die AMS routet alle von den VBs kommenden ATM-Zellen zu ihrem Zielort. Ein Netzwerk-HO wird von der AMS durch eine Echtzeiteinheit (Real-Time-Unit) erkannt, sobald eine ATM-Zelle von einer neu aktiven VB empfangen wurde. Die Downlink-Richtung von der AMS zu der neuen RAS wird entsprechend aufgebaut.

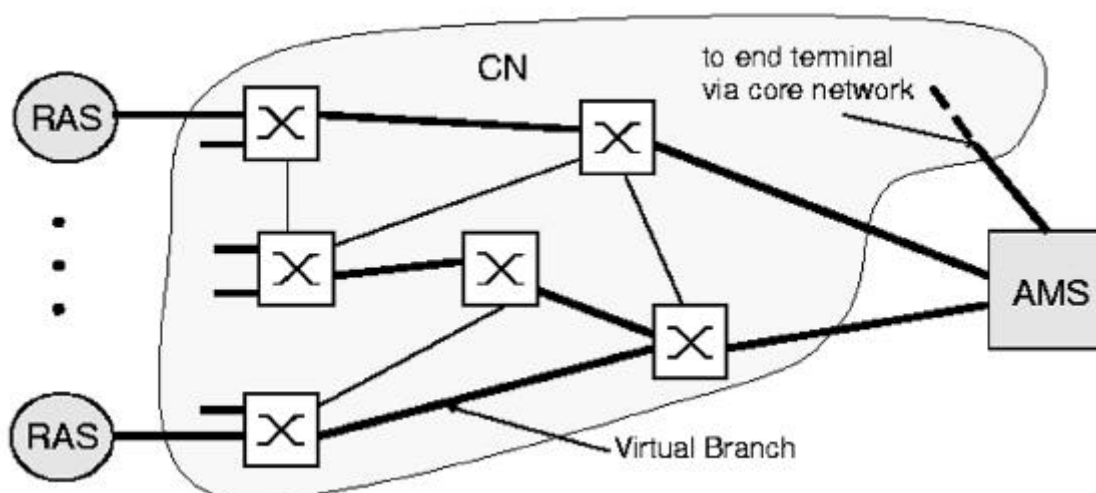


Abbildung 6.2-9 Virtual Tree Konzept mit AMS

Durch dieses Konzept kann aber nicht der Empfang von ATM-Zellen und die richtige Reihenfolge während des HO garantiert werden. ATM-Zellen können von der neuen RAS empfangen werden, bevor die letzten ATM-Zellen von der alten RAS eintreffen. Folglich müssen alle ungeordneten ATM-Zellen berücksichtigt werden, damit sie nicht verloren gehen. In der ATM-Schicht findet sich nämlich keine Funktion zur Bestätigung eines empfangenen ATM-Zell-Stroms. Außerdem sind alle ATM-Zellen verloren, die im Downlink während des HO zur alten RAS gesendet werden.

Zur Simulation wurden zwei RAS direkt mit einem AMS verbunden (Abbildung 6.2-10). Um die Anzahl von nicht aufeinanderfolgenden Zellen zu analysieren, ist es notwendig die Verzögerungsdifferenz zwischen beiden Zellströmen nach der MAS zu ermitteln. Durch die Verarbeitung in den BTs und BTCs in RAS 1 und RAS 2 und durch den Funkweg treten Verzögerungen auf.

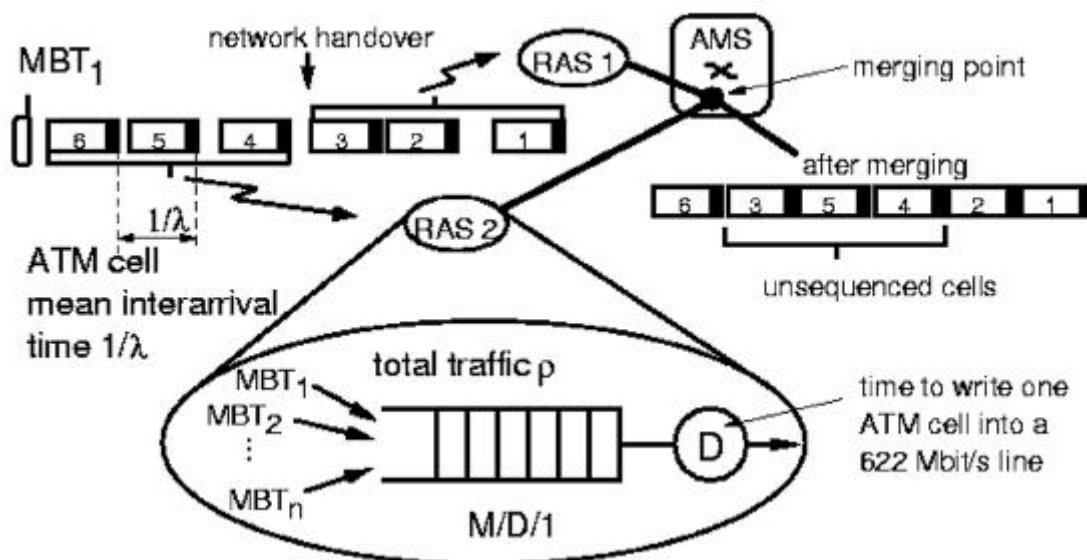


Abbildung 6.2-10 Verbindung von zwei ATM-Zell-Strömen während eines Handovers

Die Berechnung der Verzögerung wird im Modell von jeder RAS unabhängig in einem M/D/1-Modul, mit einer gegebenen Totallast p_i in jeder RAS, durchgeführt. Die unterschiedliche Zellübertragungsdauer von den RASs zur AMS über Glasfaserkabel ist auch berücksichtigt, da die Längen unterschiedlich sind. In diesem Modell wird die Übertragung mittels variabler Bit-Rate (VBR) ausgeführt, die durch eine geometrisch verteilte Zellankunftszeit charakterisiert ist. Für die Untersuchungen erfolgten die Wahrscheinlichkeitsberechnungen und Simulationen auf Basis der ComNets Class Library (CNCL). Es wurde eine Referenz-Parametermenge für das Diagramm ausgewählt (fettgedruckte Werte in der Tabelle). Die anderen Resultate wurden in verschiedenen Diagrammen dargestellt, dabei Bezug auf die Referenzwerte und das Variieren einzelner Parameter genommen. Der Parameter „Scenario“ ist durch eine gleichmäßig verteilte Entfernung zwischen $l_{\min}$ und $l_{\max}$ gegeben.

Simulationsparameter:

Verkehrslast RAS 1 p_1	Verkehrslast RAS2 p_2	Datenrate R	scenario $l_{\min}$ - $l_{\max}$
0,3	0,3	1 Mbit/s	innerhalb: 10m-100m
0,6	0,6	16 Mbit/s	außerhalb: 100m-1km
0,9	0,9	34 Mbit/s	Autobahnen: 1km-10km

Die Auswertung der Versuche zu den einzelnen Parametern ergab folgende Resultate:

- Scenario: Die Autobahnumgebung ist äußerst kritisch,
- Dienste: VBR-Dienste mit höheren Datenraten haben kürzere Intervallzeiten und sind dadurch wesentlich empfindlicher,
- Verkehrslast in RAS 1: mit zunehmender Verkehrslast wird die Anzahl von nicht aufeinanderfolgenden ATM-Zellen überproportional größer,
- Verkehrslast in RAS 2: die Verkehrslast in Ras 2 hat keinen großen Einfluß auf die Anzahl ungeordneter Zellen.

Schließlich wurden noch zwei ungünstige Szenarien simuliert:

- Häufiges Handover zwischen im Gebäude und außerhalb des Gebäudes liegenden RASs,
- Autobahn-Szenario mit unterschiedlichen Entfernungen zwischen zwei RASs.

In Abbildung 6.2-11 wird die Verteilungsfunktion in Abhängigkeit von der Anzahl der ungeordneten ATM-Zellen infolge eines Handovers dargestellt.

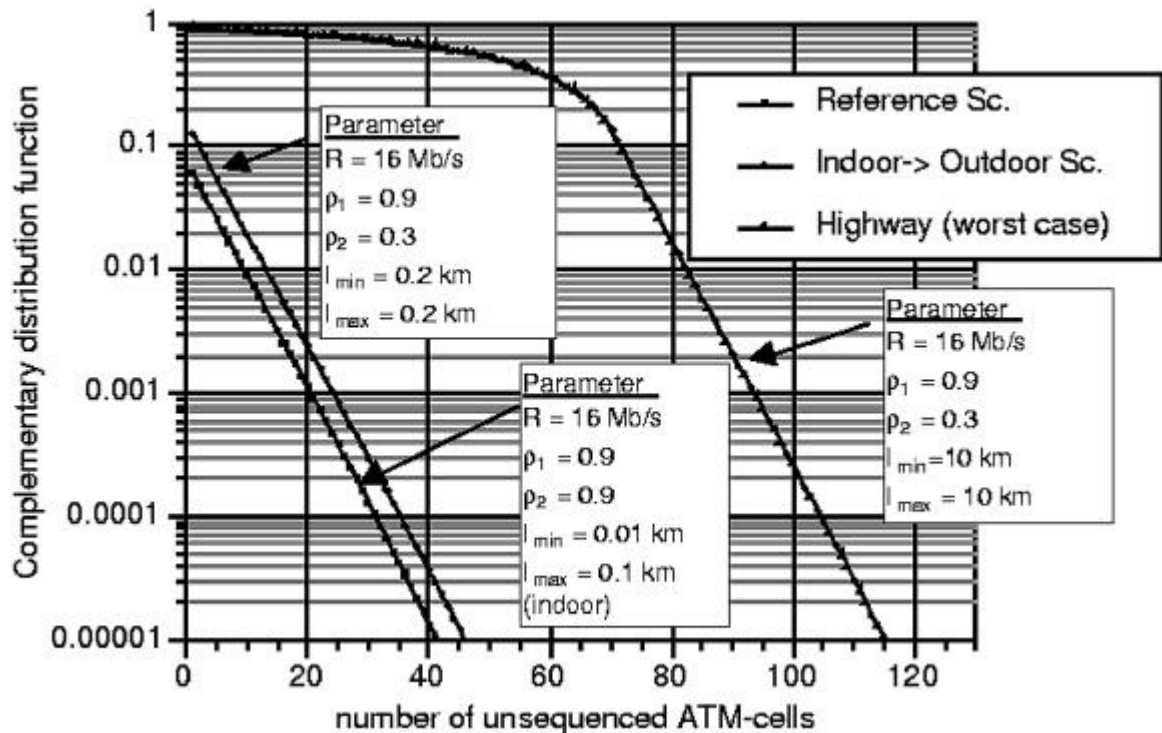


Abbildung 6.2-11 Ungünstigste Szenarien

Netzwerk-HO ohne Zellverluste

Um bei einem Handover Zellverluste zu vermeiden, sind drei Konzepte vorgeschlagen:

- (A) Virtual-Tree-Verfahren mit Weiterleitung der ATM-Zellen über die HO-Kanäle,
- (B) Virtual-Tree-Verfahren unter Verwendung der Macro-Diversity (Makro Vielfalt) und
- (C) Verknüpfung von Virtual-Kanal-Verbindungen und Route-Optimierung.

Beim Verfahren (A) werden die von der neuen RAS ankommenden Zellen in der AMS zwischengespeichert und erst, nach dem die letzte ATM-Zelle der alten Verbindung empfangen und weitergeleitet wurde, werden die anderen Zellen weitergeleitet. Die letzte Zelle von der alten RAS ist durch eine, nach der letzten Benutzerzelle, eingebundene End-Delimiter-Zelle gekennzeichnet. Der Zellverlust im Downlink-Fall ist durch die Bildung von Warteschlangen aller nicht zustellbaren ATM-Zellen verhindert. Nach dem HO werden sie von der alten RAS zur neuen RAS über sogenannte Handover-Kanäle (HC, siehe Abbildung 6.2-12). Die Information, zu welcher neuen RAS die ATM Zellen weitergeleitet werden müssen, wird von der AMS mittels einer End-Delimiter-Zelle zur alten RAS gesendet. Die Aufrechterhaltung der korrekten Reihenfolge der Downlink-Zellen ist durch die Bildung der Warteschlange in der AMS gewährleistet. Die ATM-Zellen werden erst zur neuen RAS weitergeleitet, wenn die neue RAS die End-Delimiter-Nachricht an die AMS zurücksendet.

HCs sind voreingestellte unidirektionale VCCs zwischen geografisch benachbarten RASs, und werden nur während eines Netzwerk-HO benutzt. Alle MS in den einzelnen Stationen benutzen sie gemeinsam.

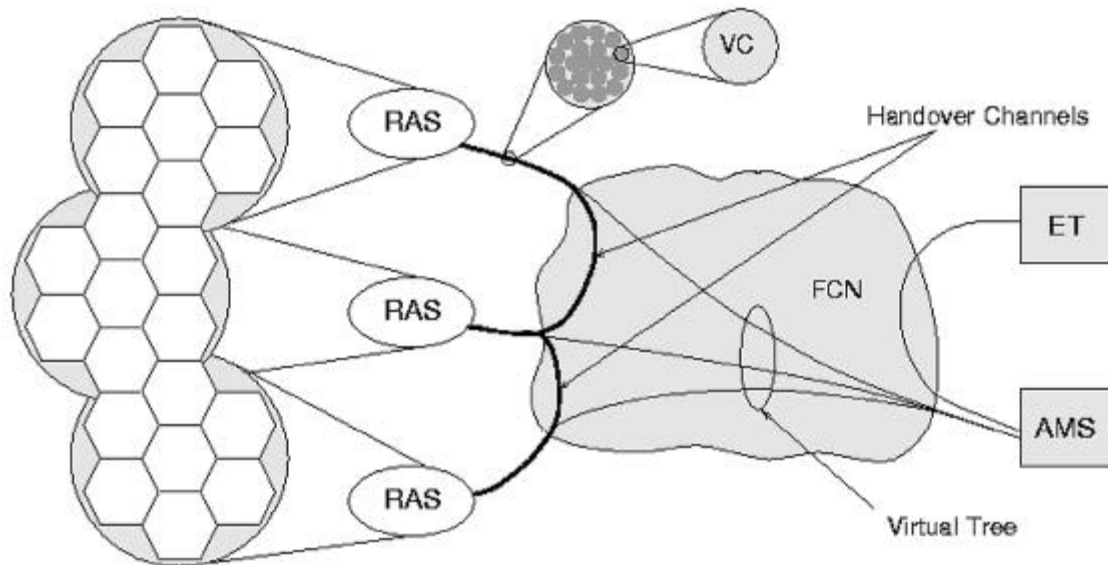


Abbildung 6.2-12 VT mit HO-Kanälen

Bei dem Virtual-Tree-Verfahren mit Macro Diversity (B) sind mehrere Verbindungen zwischen AMS und den eingebunden RASs während des Handovers aktiv. Die MS führt die Kommunikation in diesem Fall über zwei verschiedene Funk-Zellen in zwei unterschiedlichen RASs. In der Uplink-Richtung wird der ATM-Zell-Strom von der AMS zusammengefaßt und geordnet. Für das Downlink werden die Daten von der AMS auf das entsprechende Macro-Diversity-Set von VBs übertragen. Für die korrekte Reihenfolge und das verhindern von Dopplern im verschmolzenen ATM-Zell-Strom sind zusätzliche Funktionen in der AMS und den RASs erforderlich. Durch die Standardisierung der AT enthalten sie von Hause aus keine Informationen über die Reihenfolge der Zellen. Um Zellverluste und Doppler zu vermeiden wird für das Netzwerk-HO eine Sequenznummer zu jeder ATM-Zelle hinzugefügt.

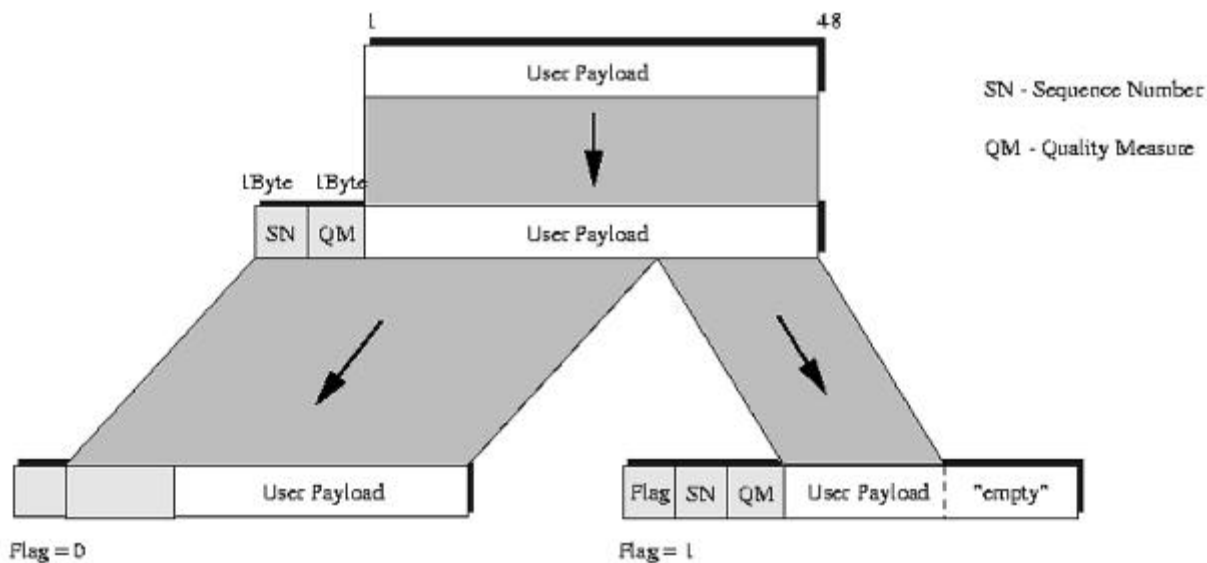


Abbildung 6.2-13 ATM-Zell-Segmentierung für Handover

User Payload - Benutzerdaten

SN - Sequenznummer

QM - Qualitätsmaß

empty - Feld für Füllzeichen

Um die zusätzliche Information in den Zell-Strom mit zu integrieren, ist es notwendig die ATM-Zelle in der AMS und den RASs neu zu packen (siehe Abbildung 6.2-13). Die Gesamtlänge der ATM-Zelle ist auch nach der Teilung immer noch gleich, der Rest in dem zweiten Teil wird aufgefüllt. Die Zusammensetzung passiert entsprechend der angegebenen Sequenznummern und der Flags. In dieser Methode ist ein Qualitätsmaß eingeführt, welches es der AMS erlaubt, eine Entscheidung bezüglich der Empfangsqualität zu fällen, wenn zwei ATM-Zellen mit gleicher Sequenznummer von verschiedenen RASs empfangen wurden.

Im letzten Konzept (C) wird keine zentrale AMS für das Netzwerk-HO verwendet. Alle relevanten Funktionen sind in den RASs implementiert. In einer Grund-RAS, über die die MS anfänglich Verbindung hatte, wurde der original VCC erstellt. Bei jedem HO wird dieser VCC über voreingestellt VCCs mit der neuen RAS verbunden (siehe Abbildung 6.2-14). Diese VCCs sind den VBs vom Virtual-Tree-Verfahren nicht ähnlich, denn sie sind nicht fest zu einer mobilen Verbindung zugeordnet, sondern werden zwischen allen gerouteten MS in dem Bereich genutzt.

Nach dem HO wird die neue RAS einen VCC zur alten RAS mit eingebundener Signalisierung errichten. Uplink-Zellen werden somit unverzüglich weitergereicht. Nach dem Empfang der Signalisierung errichtet der alte RAS einen VCC zur neuen RAS und leitet die gespeicherten und alle folgenden ATM-Zellen über die neue RS zur MS weiter. Bei einem häufigen HO entstehen viele Verknüpfungen von VCCs über die verschiedenen RAS, das bringt eine große Verzögerung mit sich. Um den Mißstand zu beseitigen, wird nach einer bestimmten Anzahl von Netzwerk-HO eine Rout-Optimierung zwischen der Grund-RAS und der gerade aktiven RAS durchgeführt, dadurch werden die Ende-zu-Ende-Verbindungen verkürzt und somit die Verzögerungen gesenkt.

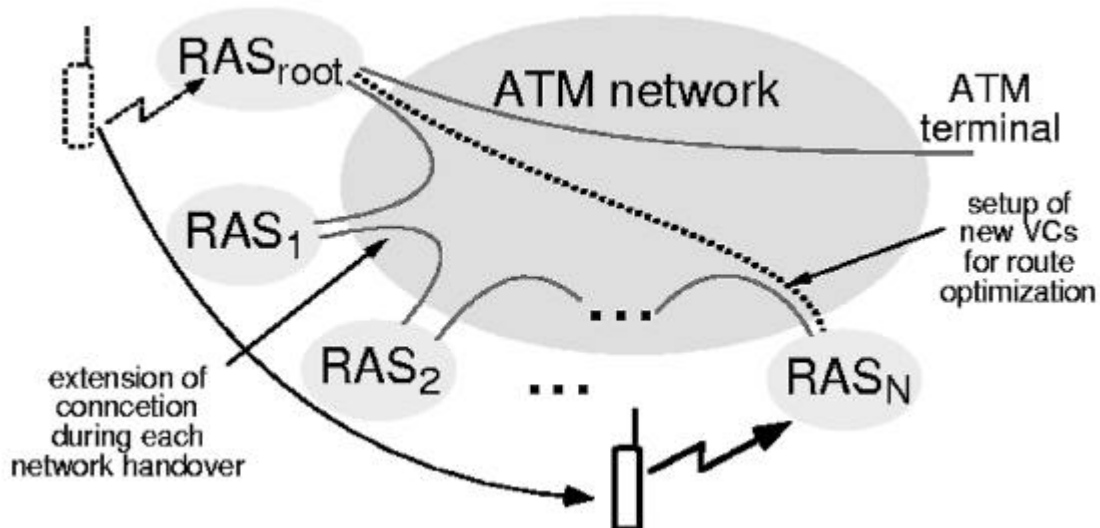


Abbildung 6.2-14 HO mit verküpften VCCs

Welche der Handover-Varianten letztendlich für die ersten Standardisierungen verwendet wird, oder ob ganz andere Mechanismen benutzt werden, hängt von den zuständigen Gremien und den zukünftigen Erfordernissen ab. Vielleicht ist es möglich eine Ressourcenmanagement einzubringen und unter Beachtung des Mobilitätsverhaltens die Ressourcen dynamisch zu vergeben.

6.3. Projekte von Firmen und öffentlichen Institutionen

Im folgenden stelle ich einige Projekte von Firmen und öffentlichen Institutionen vor, die allesamt die Aufgabe haben, die noch ausstehenden Probleme zu klären und im Laufe ihrer Entwicklungen zu Standardisierungen führen sollen.

Es gibt eine Vielzahl von öffentlich und privat geförderten Projekten, die einen Weg zur Standardisierung finden sollen. Projekte sind das MBS (Mobile Broadband Systems), SAMBA (System for Advanced Mobile Broadband Applications), AWACS (ATM Wireless Access Communication System), WAND (Wireless ATM Network Demonstrator), Median, VANTAGE (VSAT ATM Network Trials for Application Groups across Europe) und ATMmobil vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung). In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht über die Projekte und ihr Forschungsgebiet dargestellt. Diese Tabelle beansprucht nicht die Vollständigkeit, da in der Zwischenzeit die Forschung immer mehr intensiviert wird.

Bei allen Projekten, die in der folgenden Tabelle aufgeführt sind, gibt es unterschiedliche Schwerpunkte aber auch viele Gemeinsamkeiten, die untersucht werden sollen. Die Entwicklung von Hardwarekomponenten und der Test von Eigenschaften des Funkkanals und der Materialien bis zu 60 GHz steht im Vordergrund. Es wird weiter darum gehen, die Luftschnittstelle und das Kanalzugriffsprotokoll auch auf Basis der oben beschriebenen Ansätze zu definieren.

	MBS	SAMBA	AWACS	WAND	Median	Vantage
Frequenzbereich	(40 GHz) 60 GHz	40 GHz	19 GHz (40 GHz)	5 GHz	60 GHz	
Bandbreite	≤ 136 Mbit/s	34 Mbit/s	34 Mbit/s	20 Mbit/s	≤ 136 Mbit/s	≤ 34 Mbit/s
Betreiber	öffentl./pr.	öffentl./pr.	öffentlich	privat	privat	öffentlich
Anwendungsbereich	im Freien in Gebäuden	im Freien in Gebäuden	im Freien in Gebäuden	in Gebäuden	in Gebäuden	im Freien
Demonstrator	nur Übertragungstechnik	medizinische Anwendung, TV-Kamera	virtuelles Büro	medizinische Anwendung, Büro	Büro	Diensteplattform für Projekte

6.3.1. HYPER-LAN

Nach der Spezifikation von Hiper-LAN 1 (High Performance Radio LAN) (Kapitel 3.4) wurde angefangen, weitere Funk-LAN-Standards auf Basis der ATM-Technik zu erarbeiten. Diese Spezifikationen werden als Hyper-LAN Typ 2, 3 und 4 bezeichnet. Vom ATM-Forum wurde Mitte 1996 eine Arbeitsgruppe „Wireless ATM“ gegründet, die sich mit der Erarbeitung von Spezifikationen für drahtlose ATM-System befassen soll. Die von der ETSI eingesetzte Gruppe RES10 und die WATM-Gruppe arbeiten eng bei der Bewältigung der Probleme zusammen. Die RES10-Gruppe befaßt sich schwerpunktmäßig mit den unteren Schichten, wie der Funkübertragungstechnik und dem Medienzugriff. In der WATM-Gruppe werden hauptsächlich die nötigen Erweiterungen der ATM- und AAL-Schicht spezifiziert.

Da der Hyper-LAN 1 Standard eine zeitkritische Übertragung von Datenblöcken nicht unterstützt, wurden Erweiterungen für die verschiedenen Anwendungsfälle nötig.

Hyperlan	Typ 2	Typ 3	Typ4
Anwendung	drahtloses ATM-LAN	Punkt-zu-Mehr- punkt-ATM-Verb.	Punkt-zu-Punkt- ATM-Verb.
Trägerfrequenz	5,15 bis 5,3 GHz		17,1 GHz bis 17,3 GHz
Topologie	zellulare, zentrale Struktur	Punkt-zu-Mehr- punkt-Übertragung	Pinkt-zu-Punkt- Übertragung
Antenne	omnidirektional	direktional	
Funkreichweite	50 m bis 100 m	5 km	150 m
Dienstgütegarantie	ATM-Dienstklassen		
Mobilität	< 10 m/s	stationär; quasistationär	
Schnittstellen	ATM-Netze		
Nutzdatenrate	> 20 Mbit/s		155 Mbit/s
Zellenverzögerung	< 5ms (< 1 ms)		
BER	< 5×10 ⁻¹⁴		
Produktreife	ca. 2000	nach 2000	

Das Hyper-LAN 2 beschreibt ein Netz für den Zugang von mobilen Terminals zum ATM-Netz. Die Anbindung erfolgt über Glasfaser am ATM-Vermittlungsrechner angebundene

Basisstationen. Eine Abdeckung größerer Flächen kann über die Verbindung der Basisstationen im ATM-Netz und eine Frequenzaufteilung zwischen den Zellen erfolgen. Das bei einem Zellenwechsel auftretende Weiterreichen der Verbindung (Handover) unter Beibehaltung der Dienstgüte ist noch nicht spezifiziert. Die dafür nötigen Erweiterungen der ATM-Signalisierung, innerhalb von UNI und NNI, wird von der WATM-Gruppe erarbeitet.

Hyper-LAN 3 Anwendungen liegen im stationären Bereich auf der „letzten Meile“ zum Kunden, da hier die Verkabelungskosten am größten sind. Hyper-LAN 4 Spezifikationen dienen der Hochgeschwindigkeitsverbindung von quasistationären Geräten (Gebäudeverbindungen, Videokonferenzgeräte, Multimediageräte).

6.3.2. ATMmobil vom BMBF

Dieses Projekt wurde vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) im April 1996 ins Leben gerufen, und ist bis zum März 2000 befristet. Es soll Methoden für einen nahtlosen Übergang vom drahtgebundenen zum drahtlosen ATM untersuchen. Für die Versuche werden in Abstimmung mit dem FCC (USA) und der CEPT (Europa) im 5 bis 6 GHz Band durchgeführt. Dieses Projekt verfolgt die übergangslose Integration von drahtgebundenen und drahtlosen ATM.

Eine typische mobile Telefonnetzwerk-Topologie basiert auf Basis-Stationen, die eine bestimmte Anzahl von MS in einem kleinen Gebiet (Funk-Zelle) verwalten. Diese Struktur benötigt immer ein weiteres Netzwerk, was die BS untereinander verbindet. Dadurch ist das ganze System sehr restriktiv und unflexibel. Standardisierungen für drahtlose Netzwerke (IEEE 802.11, HYPER-LAN) haben dieses Problem aufgenommen und verfolgen bei ihren Systemen die Ad-hoc-Architektur, bei der alle MS einfach so miteinander kommunizieren können.



Abbildung 6.3-1 BS und Ad-hoc basierte Verbindung [ATMmobil-Projekt]

Welche Technik für ein WATM-Netzwerk ist noch nicht entschieden. Für ein Ad-hoc-Netzwerk muß ein aufwendiges Protokoll (Hohe Entwicklungskosten) zur Überwachung der Dienstgüten eingesetzt werden, es ist dafür leichter zu handhaben (Plug-and-Play-Technik). Ein BS-Netzwerk ermöglicht kein so einfaches Plug-and-Play, weil immer ein Serviceprovider dazwischen sein wird, dafür ist die Protokollentwicklung nicht so aufwendig und die Wartung liegt in der Hand eines Dienstleisters. Verschiedene Szenarien existieren in den Wohnungen und den Büros und z.B. ein Laptop wird in beiden Umgebungen benutzt. Die zu entwickelnden Protokolle sollten beide Topologien unterstützen und untereinander kompatibel sein. Das folgende Bild zeigt eine Topologie für Breitband-ATM-Funk-Zellen.

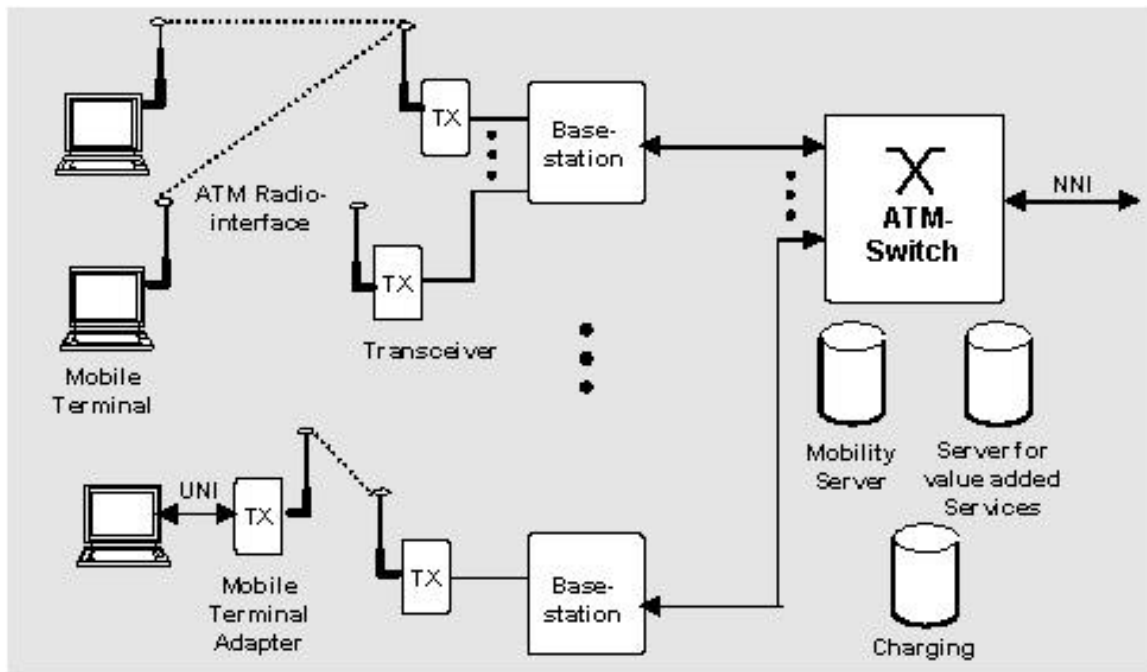


Abbildung 6.3-2 ATM-Funkzell-Demonstration

Ein zellulares ATM-System benötigt einen Breitband Multimedia-Zugriff für mobile Nutzer. Bisher eingesetzte Laptops müssen sich problemlos in dieses Netz mit PC-Karten einbinden lassen. Es müssen Server zum Managen der Funktionen bereitstehen und die Stationen müssen in der Lage sein, sich selbst zu konfigurieren (Plug-and-Play-Prinzip). Die bisher eingesetzten Mobilfunksysteme ermöglichen eine relativ hohe Mobilität der Teilnehmer, sie sind aber sehr schmalbandig und nur für kleine Datenraten zu gebrauchen. Im IBMS (Integrierendes breitbandiges Mobilkommunikationssystem) verfolgt man einen

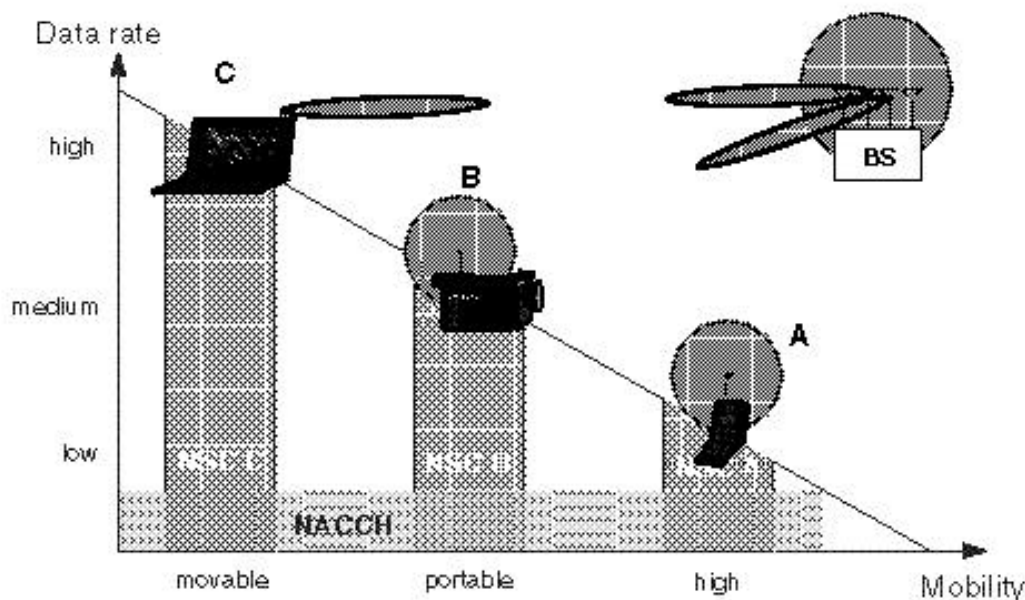


Abbildung 6.3-3 IBMS-Ansatz

Ansatz, der je nach Mobilität eine bestimmte Datenrate zur Verfügung stellt. Im IBMS gibt es die Dienstklassen NSC A, B und C (Network Service Class) (Abbildung 6.3-3). Für den in allen Dienstklassen zur Verfügung stehenden Netzzugang gibt es den gemeinsamen

Signalisierungskanal (NACCH - Network Access and Connectivity Channel). Der Abtausch von Mobilität gegen Datenrate wird durch intelligent Antennen erreicht. Die gerichtete Strahlencharakteristik ermöglicht die Übertragung höherer Datenraten, gleichzeitig schränkt eine Sendeleuchte die Verfolge-Algorithmen ein.

Das Ziel soll sein, daß ein Übergang zu anderen Netzen möglich ist und in allen drei Dienstklassen die Geräte die gleiche Leistung abstrahlen. Da auf Grund der höheren Datenrate die Leistungsdichte viel geringer ist, muß der Antennengewinn von intelligenten Antennen bei ca. 12-15 dB liegen.

Wenn eine bestimmte Dienstqualität nicht mehr aufrecht erhalten werden kann, fällt das System in eine untergeordnetere Kategorie zurück und führt die Anwendung auf dieser Ebene wieder fort. Wenn wieder eine ausreichende Qualität zur Verfügung steht, stellt sich das System automatisch auf die höhere Datenrate um und nimmt die ursprüngliche Dienstklasse wieder an.

6.3.3. Das MBS- / SAMBA-Projekt

Die Grundlagen für MBS (Mobile Broadband System) gehen auf das RACE I Projekt des ETSI zurück, bei dem ein Konzept zur mobilen Breitbandübertragung ausgearbeitet wurde. IM RACE II Projekt MBS werden Grundlagen und Zielparameter ausgearbeitet und in verschiedenen Systembeschreibung präsentiert. Als Übertragungsspektrum wurden von dem Europäischen Funkkommunikations Büro (ERO-European Radiocommunications Office) zwei Frequenzbänderpaare festgelegt: 39,5-40,5 GHz / 42,5-43,5 GHz und 62-63 GHz / 65-66 GHz. Die ersten Lizenzen sollen nach Abschluß der Standardisierungen im Jahr 2000 von der ETSI und der ERO vergeben werden. Das Folgeprojekt von MBS ist das ACTS-Projekt AC204 SAMBA (System for Advance Mobile Broadband Applications). Es hat die Aufgabe, eine Versuchsplattform auf der Grundlage der MBS-Konfiguration mit zwei Basisstationen und zwei Mobiles (Portable- und Mobile-Station) zu entwickeln. Es soll eine voll duplex drahtlose ATM-Zell-Übertragung mit einer maximalen Datenrate von 34 Mbit/s im 40 GHz-Band demonstriert werden. Es wurden zwei Zellen realisiert, eine „Street“ Zelle (6m x 200m) und eine „Wide“ Zelle (60m x 100m). Das System umfaßt im wesentlichen alle geforderten Funktionen einschließlich einem nahtlosen Handover bei über 50 km/h. Die Verbindung ins fest ATM-Netz wird von der RIA (portugiesische Telekom) über eine nationalen Host gewährleistet. Die Arbeit umfaßt den Entwurf und die Realisierung von Physical-, MAC- und LLC-Layer, so wie auch der Funk-Ressourcen und des Mobilitätsmanagement-Funktionen.

Konzept

Mittels MBS soll Benutzern der mobile Zugriff auf Breitbanddienste ermöglicht werden, die sie auch vom Festnetzanschluß her kennen. Es soll möglich Techniken zur Unterstützung neuer Anwendungen zur Verfügung stellen. Es ist in der Lage Kapazitäten von über 150 Mbit/s für mobile Benutzer in den verschiedensten Umgebungen anzubieten. Die hohen Datenraten bei einer guten Qualität werden hauptsächlich für die Übertragung von Video und Bilddaten benötigt, bei denen eine Komprimierung ein zu hohen Güteverlust bedeuten würde. Das System bietet trotz der angedachten Standardisierungen ausreichende Möglichkeiten auf die Erfordernisse der Benutzer flexibel zu reagieren. Anwender soll es ermöglicht werden eigene, räumlich begrenzte netze aufzubauen, zu denen nur bestimmte Benutzer Zugang haben und in denen man auch den Leistungsumfang einschränken kann.

Luftschnittstelle

Das Hauptmerkmal für die Luftschichtstelle ist die Flexibilität in jeglicher Hinsicht. Die Hauptfragen bestehen bezüglich der verfügbaren Technik und der Erweiterbarkeit und der zu erwartenden Kosten. Es sollen alle Dienste im Kapazitätsbereich von kbit/s bis über 150 Mbit/s und mit den notwendigen QoS, für die ausgehandelte Datenrate, unterstützen. Der Realisierungsaufwand muß den Anforderungen anpassbar sein (Kosten, Performance) und die Möglichkeiten zur Herstellung verschiedener Endgeräteklassen soll gegeben werden. Die Beschränkungen liegen momentan in den verfügbaren Frequenzspektren bei 40 GHz und 60 GHz. Wegen den niedrigeren Ausbreitungsverlusten und der kostengünstigeren Technik, ist das 40 GHz-Band für die erste Markteinführung besser geeignet. Die Funkwellenausbreitung bieten sich durch eine hohe Dämpfung, Dopplereffekte und Mehrwegeausbreitung keine günstigen Voraussetzungen. Das SAMBA-Projekt macht erfolversprechende Fortschritte in Bezug auf die FEC, die Sende- und Empfangseinrichtungen und der Bestandteile für die Signalverarbeitung.

Die drei Schichten der Luftschnittstelle (Physical-, MAC- und LLC-Layer) sollen auf die anderen BRAN-Projekte (Broadband Radio Access Network) abgestimmt sein, so das am Ende ein einheitlicher Standard gefunden werden kann. Der physische Kanal ist durch eine Trägerfrequenz und einen Satz von Zeitschlitzten (organisiert in Frames mit variabler Länge) charakterisiert. Die Daten werden in einer Sequenz von Bursts in einem Zeitschlitz eines ausgewählten Frequenzkanals gesendet (TDMA). Für die optimale Darstellung der Lösung von Modulationsaspekten sind zwei kompatible OQAM-Typen (Offset Quadratur Amplitude Modulation) verwendet worden. Das ermöglicht programmierbare Modems mit großer Kapazität, die aber einen linearen Leistungsverstärker benötigten. Zur Demonstration wurden einfache 4-OQAM Modems mit nicht linearen Verstärkern benutzt. Für „In-Haus“ und „Outdoor“ werden zwei Klassen definiert, die sich in der Verzögerung, der Reichweite und der Zeitdispersion unterscheiden. Für jede Umgebung werden verschiedene Datenraten angegeben, z.B. 20 und 40 Mbaud für Bitraten von 40 und 80 Mbit/s. Für höhere Bitraten sollen 4 Trägerfrequenzen parallel genutzt werden. Eine zusätzliche Maßnahme zur Performancesteigerung ist die Verwendung von Antennen, die nur einen bestimmten Sektor abdecken und adaptierende Abstrahlformer verwenden. Das „Beförderungsmittel“ bilden Übertragungsbursts, die aus einer Trainingssequenz, der Nutzlast und dem Tail (Ende) bestehen, in Zeitschlitzten übertragen werden und in Frames organisiert sind. Die Nutzdaten sind über einen ein- oder zwei-stufigen Blockcode codiert und können so korrigiert werden. Die aktuellen Überlegungen beruhen auf der Verwendung von FDD, das einen simultanen Senden und Empfangen mit maximalen Bitraten erlaubt. Das TDD-Verfahren wird für die niedrigeren Kapazitätsanforderungen in Erwägung gezogen.

Login, Funkweeinrichtung und Aufbau einer Benutzerverbindung

Nach dem einschalten des Mobilen-Terminals oder Mobilen-Terminal-Adapters (MTA) muß eine Registrierung im Netzwerk erfolgen. Das Anwendungsprogramm veranlaßt das MRP (Mobility-Ressourcen-Protokoll) die Login-Prozedure zu beginnen. Der MTA überträgt seine Mobile-ID zur BS über den Direkt-Zugangs-Kanal, der in den MAC/LLC-Schichten angesiedelt ist. Die BS leitet diese an den AMS, zur Registrierung und Zuteilung eines fest zugeordneten MRP-Kanals, weiter. Die Mobile-ID wird gespeichert und der MTA ein fester Kanal zugewiesen. Des weiteren werden die verfügbaren QoS und Verkehrsbeschreibungen zur BS übertragen, damit diese die Funkressourcen dementsprechend zur Verfügung stellen kann. Nach Empfang in der MTA, sendet sie ein Login_ACK (Login-Bestätigung) zum Ende der Login-Prozedure.

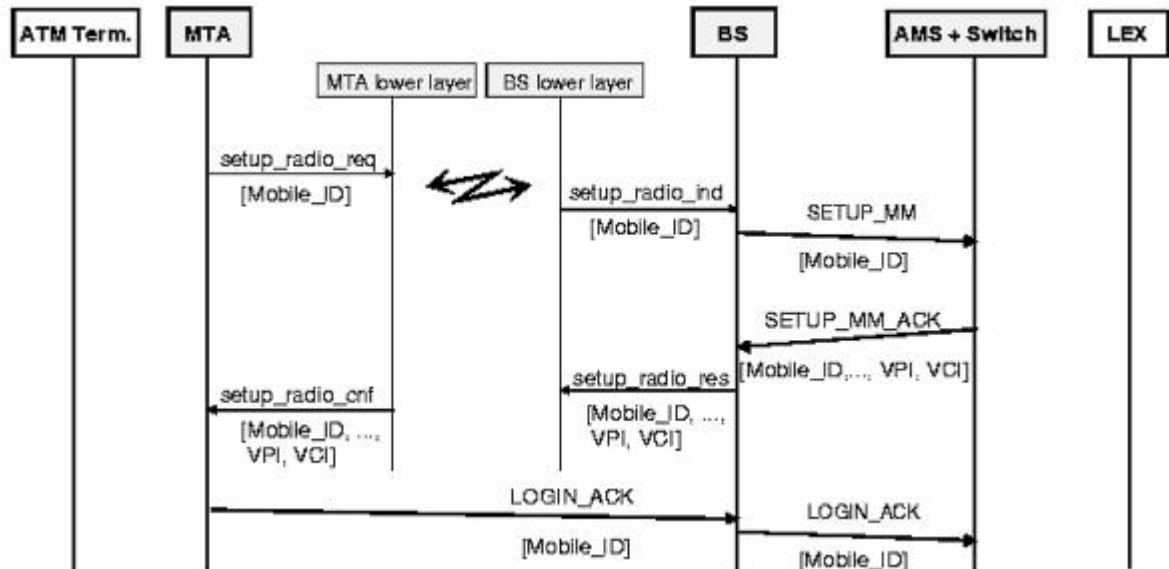


Abbildung 6.3-4 Login des MTA

LEX - Lokale Exchange (festes drahtgebundenes Terminal)

BS - Basis Station

MTA - Mobile Terminal Adapter

AMS - ATM Mobilitäts-Server

Das Terminal bekommt feste Kanäle für die Übertragung zugewiesen. Nach bisheriger vorläufiger Spezifizierung sind das für das Management VPI=0, VCI=16 und für die

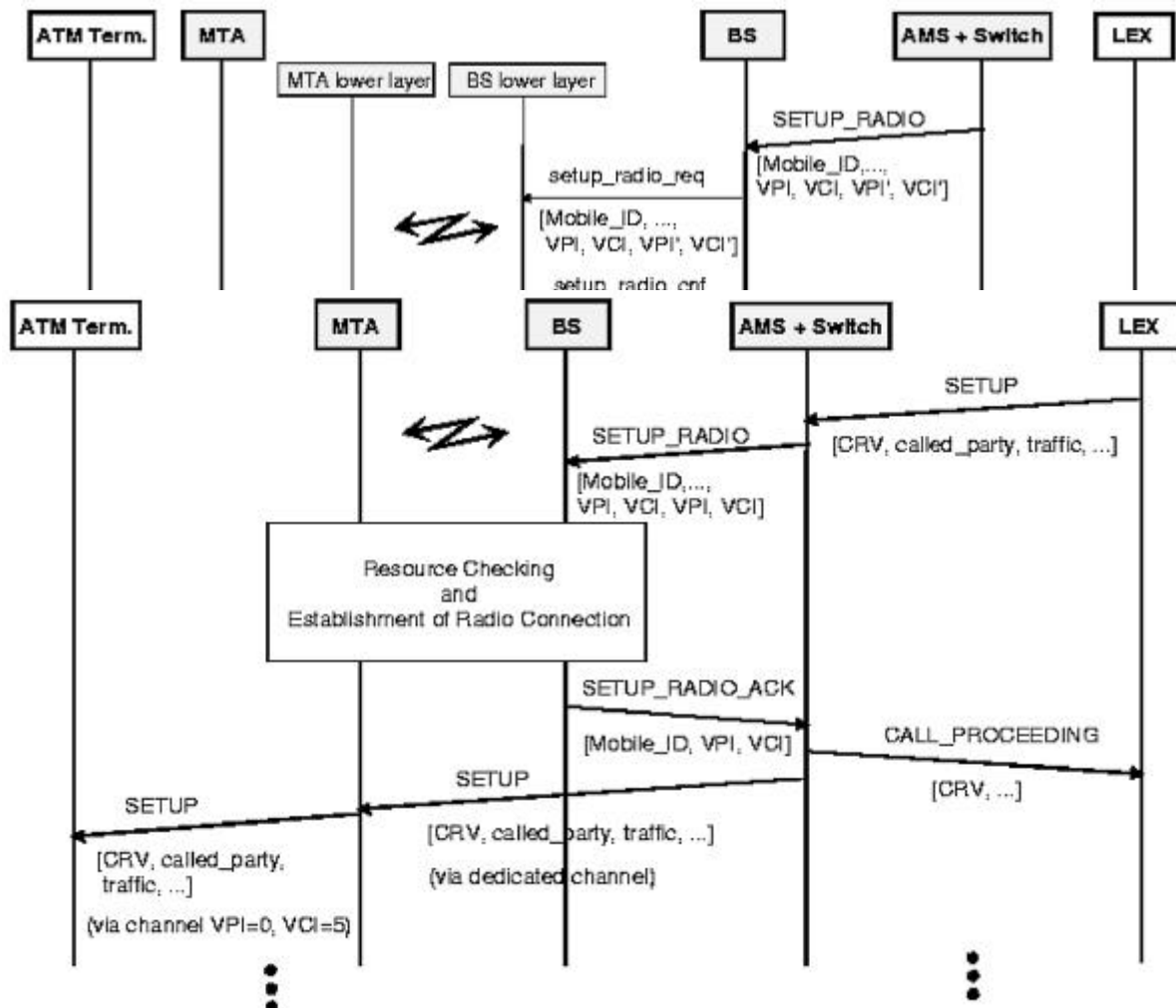


Abbildung 6.3-6 Einrichtung einer Benutzerbebindung

Datenübertragung VPI=0, VCI=5. Alle ATM-Terminals benutzen für die Übertragung die gleichen Kanäle. Die Luftschnittstelle fungiert als ATM-Multiplexer für virtuelle Verbindungen. Der ATM-Multiplexer routet alle ATM-Zellen gemäß ihrer Adressen. In der Downlink-Richtung von der AMS zur MTA führt dies bei der Signalisierung zu einem Problem, da alle anderen Stationen diese Informationen auch erhalten. Zur Vermeidung des Problems erhält jedes Terminal nach den Ressourcen auch einen eindeutigen virtuellen Signalisierungskanal (SVC-Signalling Virtuel Channel) zugewiesen, der auf der Luftschnittstelle zwischen MTA und BS für die Datenübertragung benutzt wird.

Die LEX wünscht eine Verbindung zum Mobil-Terminal. Die AMS prüft, ob sich die MAT in ihrem Bereich befindet, und leitet dann den Verbindungswunsch an die entsprechende BS, mit den Angaben zu Mobile-ID, SVC, und VPI/VCI, weiter. Die BS prüft die erforderlichen Ressourcen und baut die entsprechende Verbindung über die entsprechenden Signalisierungen auf. Wenn die Verbindung aufgebaut ist, dann erfolgt eine positive Bestätigung zur AMS, die die CALL_PROCEEDING-Nachricht zur festen Station sendet. Außerdem wird die Nachricht über den Verbindungsaufbau zum MTA über die fest zugeordneten SVCs gesendet. Damit kann jetzt die Datenübertragung beginnen.

6.4. Anwendung

Anwendungsmöglichkeiten bestehen in vielen Bereichen. Es kann auf aufwendige Verkabelungen verzichtet werden. Die Bausubstanz in denkmalgeschützten Gebäuden muß nicht für die vielfältigen Kommunikationsanforderungen immer wieder beschädigt werden. In Bürogebäuden müssen nicht immer wieder aufwendige Verkabelungen vorgenommen werden, oder Anschlüsse versetzt werden. Es besteht außerdem die Möglichkeit alle Kommunikationsformen (Sprache, Video, Daten) über ein Medium und eine Schnittstelle zu führen, was den Verwaltungsaufwand erheblich mindert und Abstimmungsprobleme zwischen den einzelnen Komponenten fast verschwinden. Die Technik ist so ausgelegt, daß auch zukünftige Erfordernisse nahtlos eingegliedert werden können.

Mobile Videoübertragung:

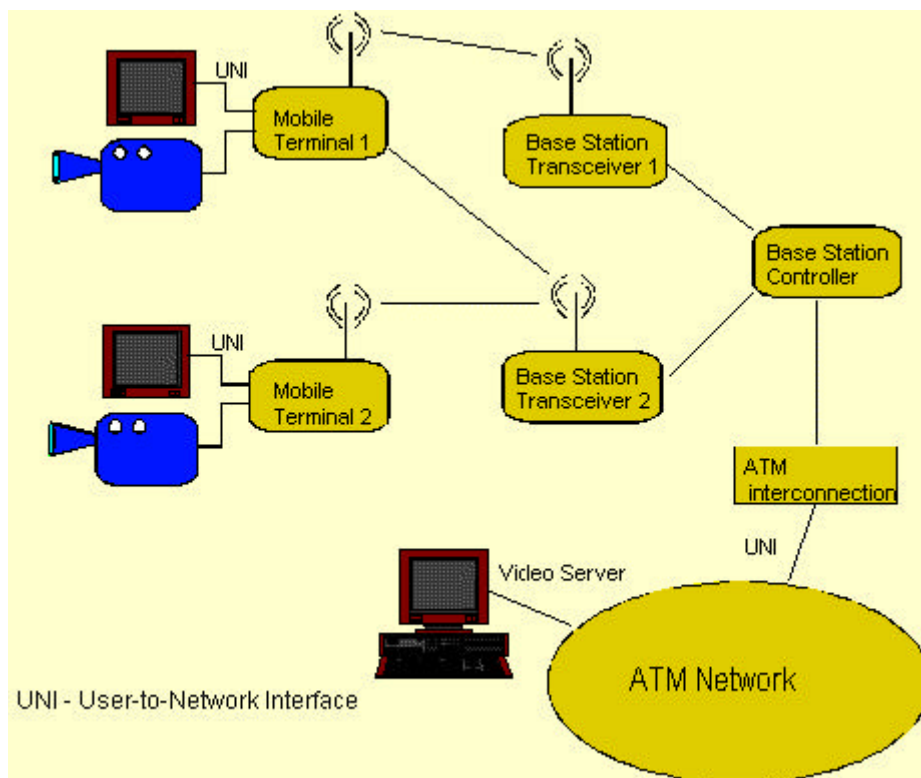


Abbildung 6.4-1 Mobile Videoübertragung

Die mobile Videoübertragung kann zur Überwachung großer und mittlerer Gelände effektiv eingesetzt werden. Ein besonderer Vorteil besteht in der schnellen Anpassung an Ortsveränderungen mit nur minimalen Aufwand an Versorgung mit ortsgebundenen Anschlüssen, z.B. 230V Anschluß, Anpassung der Base Station Transceiver. Ein möglicher Einsatzort wäre auf Großbaustellen und auf weiträumigen spärlich bebauten Geländen, auf denen es zu teuer und aufwendig wäre, Kabel zu verlegen. Die Stromversorgung könnte über Sonnenkollektoren, Windkraftträder oder Diesellaggregate mit Kopplung über einen Hochleistungsakku und einer USV erfolgen.

Transportwesen:

Im Transportwesen ist eine bessere Ausnutzung der Kapazitäten und der Kombination der einzelnen Transportmittel (LKW, Bahn, Flugzeug, Schiff) möglich. Die Ladungsdaten können direkt im Firmenrechner verarbeitet werden. Mittels Videoüberwachung können und LKWs, Bahnen, Speditionslager, usw. kontrolliert und überwacht werden.

Private Kommunikation:

Nach der Öffnung des Telekommunikationsmarktes ist diese Technik für die vielen neuen Kommunikationsunternehmen sehr interessant. Im Einsatz der Technik auf der „letzten Meile“ zum Kunden kann sie ihre Stärken zeigen. Die Straßen müssen für die aufwendige und teure Endbenutzerverkabelung nicht mehr aufgebuddelt werden. In den Häusern müssen die Unternehmen nicht erst die Leitungen beantragen. Die Versorgung der Einwohner in Großstädten mit Fernsehen und Rundfunk sowie Stadtinformationen könnte einfacher gestaltet werden.

Sicherheitsorgane:

Im Bereich der BOS (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben) (Polizei, Feuerwehr, Armee, Justiz, private Sicherheitsdienste) ist ein Einsatz gut vorstellbar. Durch die Ad-hoc-Fähigkeit der Terminals und Telefone gestattet bei Katastrophen den spontanen

Aufbau eines Steuerungsnetzwerkes. So können Verletzte noch besser auf die Krankenhäuser verteilt werden, die Koordination von Sicherheitskräften und deren Anforderungen ist besser möglich. Der Rat von Experten kann durch die Videoaufnahmen von einer Katastrophe genauer erfolgen.

Medien:

Für die Medienlandschaft wird das neue Kommunikationssystem am meisten Veränderungen bringen. Für Reporter der Schreibenden Zunft ist es möglich die Bilder mit einer Digitalen Kamera aufzunehmen, im Laptop in den Text einzubinden und dann von überall auf der Welt an seine Redaktionszentrale zu schicken. Im TV-Bereich können Reporter vom Ort des Geschehens live Berichten ohne ein Großes Equipment an Sendewagen mitzunehmen. Es können herkömmliche TV-Kameras mit einem zusätzlichen Terminal-Adapter verwendet werden. In der Zukunft wird die Technik noch wesentlich kleiner werden, so daß die Integration in die Geräte kein Problem mehr sein wird.

Medizin:

Konferenzen von Ärzten aus verschiedenen Bereichen können sich spontan zu einem Problemfall verständigen und im Operationssaal direkt Hinweise geben. In der Zukunft wird über Operationsroboter ein Eingriff in den menschlichen Körper über weit entfernte Strecken erfolgen. Innerhalb des Krankenhauses müssen nicht immer wieder Kurven und Berichte doppelt und dreifach ausgefüllt werden, sondern es ist alles über einen Laptop, den man zum Patienten mitnimmt, abrufbar. Die Krankenakten von vorhergehenden Operationen, Röntgenaufnahmen, Computertomografien, usw. sind ohne weiteres Abrufbar und müssen nicht erst in langen Suchaktionen aus den Archiven geholt werden. Die Archivierungsräume sind nicht mehr notwendig und können anderen Aufgaben zugeführt werden.