

IP-Datenverkehr über Wimax

Standard mit Vorteilen, aber ungewisser Zukunft

Wolfgang Schulte

Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) ist das Synonym des Wimax-Forums für den IEEE-Standard 802.16-2009 Air Interface for Broadband Wireless Access Systems, der jüngst – am 30. Juli dieses Jahres – durch IEEE 802.16h Improved Coexistence Mechanisms for License-Exempt Operation aktuell erweitert wurde. Mit diesem neuen IEEE-802-16-Standard wird ein Funkssystem sowohl für breitbandige stationäre als auch für mobile Funkssysteme zur Verfügung gestellt.

Als starker Mitbewerber in diesem Marktsegment der breitbandigen drahtlosen Datenübertragung über größere Entfernungen wird jedoch auch der Standard Long Term Evolution (LTE) der Gruppe 3rd Generation Partnership Project (3GPPP) erwartet.

Mit Wimax wird ein breitbandiges Wireless Metropolitan Area Network (WMAN) realisiert. Die Reichweite zwischen 3 und 50 km hängt u.a. von der Topologie und den benötigten Datenraten, üblicherweise 10 Mbit/s bis 70 Mbit/s, der Kunden ab. Das Verfahren wird auch als drahtlose Übertragungstechnik der „letzten Meile“ bezeichnet, ähnlich wie die kabelorientierte Digital Subscriber Line (DSL), der digitale Teilnehmeranschluss.

Netzarchitektur

Wimax-Netze können über lizenzierte und nichtlizenzierte Frequenzbänder von 10 bis 66 GHz bzw. kleiner als 11 GHz mit einer Kanalbreite von max. 25 oder 28 (oder kleiner) MHz betrieben werden. Für die hohen Frequenzen ist eine Sichtverbindung – Line of Sight (LOS) – zwischen Sender und Empfänger erforderlich. Für diejenigen Netze, die mit niedrigeren Frequenzen als 11 GHz arbeiten, ist kein LOS erforderlich.

an das Wimax-Netz. Im Internet Term sind sie eine IP Host mit Wimax-Schnittstelle. Die MS/SS sind über die verbindungsorientierte (connection oriented – CO) Luftschnittstelle R1 (Reference Point) als Punkt zu Punkt zum ASN, d.h. zur Base Station (BS) verbunden. Aus Sicht des ASN handelt es sich um eine Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung. Jede MS/SS kann eine oder mehrere Verbindungen zur BS aufbauen. Jede dieser Verbindungen ist durch einen 16 bit großen Connection Identifier (CID) gekennzeichnet und nutzt ein eigenes QoS-Profil (Quality of Service). Diese Verbindungen zwischen MS/SS und BS werden durch MAC-Managementnachrichten hergestellt (MAC – Media Access Control).

Neben der CID besitzen die MS/SS auch eine 48-bit-MAC-Adresse und die BS eine 48-bit-BSID. Die BSID enthält eine 24-bit-Operatorkennung. Diese Adressen werden bei der einleitenden Ortung (Sendeleistung-, Timing- und Synchronisation-Anpas-

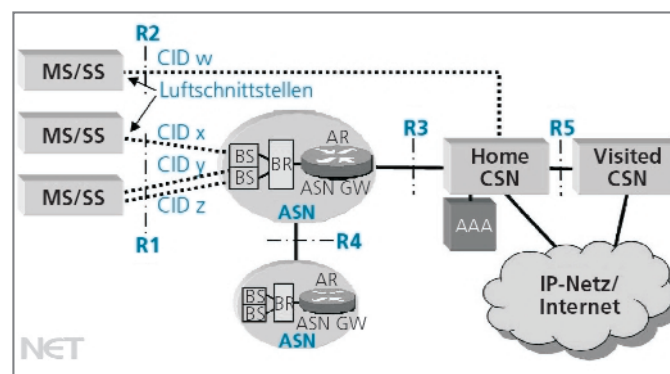


Bild 1: Netzaufbau und Architektur eines Wimax-Netzes

Die Wimax-Architektur (Bild 1) definiert drei Basiseinheiten: die Mobile Station (MS) bzw. die Subscriber Station (SS), das Access Service Network (ASN) und das Connectivity Service Network (CSN).

Die MS/SS sind Benutzerstationen (Customer Premises Equipment – CPE), implementiert z.B. in Laptops oder PCs, zum Anschluss der Kunden

sung) der MS/SS durch die BS bzw. bei dem Authentication-Prozess benötigt. Eine BS kann auch eine MAC-Adresse für den optionalen Service über die Ethernet-Anbindung im Service Specific Convergence Sublayer (CS), enthalten (siehe Bild 2).

Das ASN besteht aus einer oder mehreren BS, die mit einem oder mehreren ASN-Gateways (ASN GW) – ein

Begriff des Wimax-Forums – oder Access Router (AR), wie er in den RFCs bezeichnet wird, verbunden sind.

Die Base Station ist eine Schicht-2-Einheit und kann einen Access Router enthalten. Mit diesem AR ist die MS/SS auf der Schicht 2 verbunden. Die BS unterstützt Funktionen für den Verbindungsauf- und -abbau und Management- und Steuerfunktionen zwischen MS/SS und dem Wimax-Netz. Der AR leitet die Wegewahl, das Routing, für die MS/SS im IP-Netz ein. Zur Unterstützung von Ethernet über Wimax müssen alle Punkt-zu-Punkt-Verbindungen einer MS/SS zur BS auf eine Brückenfunktion (BR – Bridge) geschaltet werden. Diese Funktionalität ist vergleichbar der im „Switched Ethernet“ mit dem Anschalten einer Host an eine Brücke bzw. einen Switch nach IEEE 802.1D (Bild 2).

Auf der Kundenseite der MS/SS kann gemäß 802.16k auch eine Brücke angeschlossen werden, um mehrere Endstationen an eine MS/SS anzuschließen.

Ein Wimax-Netz besteht in der Regel aus mehreren ASN, die über die Schnittstelle R3 an ein Connectivity Service Network angeschlossen werden. Das CSN stellt die Verbindung zum IP-Netz her. Im Home CSN werden auch Funktionen wie Authentication, Authorization und Accounting (AAA) durchgeführt. Die Schnittstelle R2 dient u.a. für allgemeine Management- und für Mobility-Aufgaben sowie für die IP-Host-Konfiguration.

Das Visited CSN wird aktiv bei MS, die den Bereich des Home CSN verlassen (Roaming).

Über die R3-Schnittstelle werden Aufgaben für die Control-Plane-Protokolle und die Datenübertragung für die Authentifizierung und für das Mobilitätsmanagement abgewickelt.

Der Protokollstapel

Bild 2 zeigt die Protokollumgebung von Wimax im Vergleich mit dem bekannten OSI-Referenzmodell und dem Standard IEEE 802 (z.B. 802.3) CSMA/CD (hier mit Ethernet bezeichnet).

Im IEEE-802-Modell dient die Teilschicht Physical Medium Attachment

(PMA) zur Anpassung an die angeschlossene Leitung – z.B. Kupferkabel oder Lichtwellenleiter. Die Teilschicht Physical Layer Signalling (PLS) reicht die übertragenen Bits und die Teilschicht Media Access Control (MAC) weiter zur Bildung eines Rahmens und

(Automatic Repeat Request – ARQ) und QoS unterstützt.

Der MAC Privacy Sublayer (MAC PS) enthält einen separaten Security Sublayer (SS) für die Authentication, Secure Key Exchange und die Verschlüsselung.

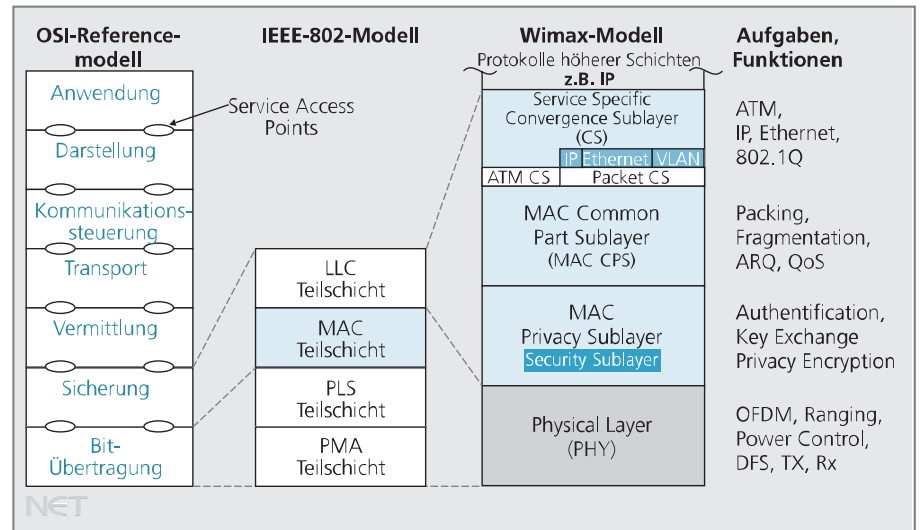


Bild 2: Wimax-Protokollumgebung im Vergleich – MAC- und Physical Layer

zur Prüfung einer korrekten und vollständigen Übertragung. Die Teilschicht Logical Link Control (LLC) dient zur gemeinsamen Anpassung z.B. von LAN, WLAN oder Wimax an die höheren OSI-Schichten.

Im Wimax-Modell enthält der Service Specific Convergence Sublayer zwei Dienste: den ATM CS (Asynchronous Transfer Mode) für zellorientierte Anwendungen und den Packet CS für paketorientierte Dienste wie IP, Ethernet und VLAN.

Die Hauptaufgabe dieser Teilschicht ist es, die Service Data Units (SDU) der höheren Schichten auf die Verbindungen der MAC-Schicht anzupassen zur Unterstützung der Dienstgüte QoS und der Bandbreitenverwaltung. Zusätzliche Aufgabe ist, die Nutzlast-Header-Behandlung und die Effizienz der Luftschnittstellen sicherzustellen.

Im Packet CS werden die Dienste u.a. für IP (IPv4 und IPv6), Ethernet und für VLAN nach IEEE 802.1Q unterstützt. Im MAC Common Part Sublayer (MAC CPS) werden die Funktionen wie das Packing in den MAC-Rahmen (Protocol Data Unit – PDU), die Fragmentierung, d.h. das Aufteilen einer SDU in eine oder mehrere PDU, die automatische Wiederholungsanfrage

Für die Verschlüsselung der MAC PDU in MS/SS oder BS steht der Data Encryption Standard (DES) im Modus Cipher Block Chaining (CBC) und alternativ sein Nachfolger Advanced Encryption Standard (AES) zur Verfügung. Nur die MAC-PDU-Information wird verschlüsselt. MAC-PDU-Header und MAC-Management-Befehle oder -Antworten werden unverschlüsselt übertragen.

Die MAC PDU besteht aus einem generischen MAC Header mit fester Länge (6 byte), optionalem MAC Subheader, der variablen Länge der Nutzlast und der Rahmenprüfung Cyclic Redundancy Check (CRC).

Im MAC Header sind zwei Formate spezifiziert:

- Ein generischer Header mit Header Type = 0 für die Datenübertragung oder für die Übertragung von MAC Management Messages (Befehle oder Antworten);
- ein Header Type = 1 für das Bandbreitenmanagement ohne eine Nutzlastübertragung.

Der optionale MAC Subheader definiert drei Funktionen: das Bandbreitenmanagement, das Fragmentieren und das Formatieren mehrerer SDU in eine PDU.

Funktionen

Vor jeder Übertragung von Nutzdaten über die Wimax-Verbindung müssen die Endstationen MS/SS und die BS eine unidirektionale verbindungsorientierte Verbindung zueinander aufbauen. Hierfür wird eine besondere Kennung im Header des MAC-Rahmens, der Connection Identifier (CID) mit 16 bit, benutzt. So wie bei Wireless LAN (WLAN) das Beacon-Signal die Präsenz eines Access Points signalisiert, so sendet die BS in Intervallen eine MAC Management Message mit der Kennung ihrer Fähigkeiten.

In einem Drei-Wege-Handshake werden, ähnlich wie beim Point-to-Point Protocol (PPP), zunächst von der MS/SS die Optionen der Verbindung mit der BS ausgehandelt – z.B. ob IPv6 benutzt oder die optionale Payload Header Suppression (PHS) nach RFC 3095 Robust Header Compression (ROHC) aktiviert werden soll. Danach erfolgen die Prüfung der Zugangsbezeichnung, die Autorisierung und der Key-Austausch. Zum Schluss des Handshakes bestätigt die BS die erfolgreiche Registrierung.

IP CS unterstützt IPv4 und IPv6, wenn nach dem MAC Header gleich der IP Header folgt.

Die Rahmenformate für die Übertragung von IPv4 über Ethernet-Netze nach RFC 0894 enthalten im Typfeld die Kennung x'0800' (siehe <http://www.iana.org/assignments/ethernet-numbers>).

Dies bedeutet, dass kein CSMA/CD-Rahmen mit LLC-Header zur Übertragung genommen wird, sondern ein Ethernet-V.2-Rahmen, gefolgt vom IPv4-Header.

Ab jetzt kann die MS/SS entweder manuell oder mittels des Transportprotokolls User Datagram Protocol (UDP) und der Anwendung Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) die IP-Adresse erhalten und eine Verbindung herstellen. Falls im ASN kein Access Router (AR) existiert, muss im ASN ein DHCP Relay Agent (RFC 1542) implementiert sein.

In dieser verbindungsorientierten Punkt-zu-Punkt-Verbindung von MS/SS und ASN ist keine Verwendung des Address Resolution Protocols

(ARP) nötig. Wird aber ARP Request per Broadcast über den Ethernet-Service im CS gesendet, so antwortet die Brückenfunktion (BR) auf diesen Request (Proxy ARP) mit einer Unicast-ARP-Antwort an die MS/SS.

Alternativ, aber optional kann IP auch über den Ethernet CS übertragen werden. In diesem Fall folgt nach dem MAC Header erst der Ethernet-v.2-Header, dann der entsprechende IP Header.

Wird IPv6 zwischen MS/SS und BS bzw. AR eingesetzt, so müssen sich die beiden Einheiten bereits beim Verbindungsaufbau, beim Austausch der Optionen, auf IPv6 einigen. Im MAC PDU Header gibt es dafür keine Kennzeichnung.

IPv6 benutzt im Ethernet-Rahmen im Typfeld die Kennung x'86DD' nach RFC 2464, gefolgt vom IPv6 Header.

Zurzeit ist für 802.16 keine Broadcast- bzw. Multicast-Übertragung vorgesehen. Daten, die als Multicast bzw. Broadcast gesendet werden sollen, müssen von der Brückenfunktion vervielfacht und als Unicast-Sendung zurück über die IEEE-802.16-Luftschnittstelle übertragen werden.

Die Protagonisten

Zunächst ist die 1998 gegründete IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Standards zu nennen. Diese Arbeitsgruppe hat bereits mehrere Standards veröffentlicht. Der aktuelle Standard ist IEEE 802.16-2009 Air Interface for Broadband Wireless Access Systems. Die IEEE-802.16-Arbeitsgruppe arbeitet eng mit anderen Gruppen wie der ITU-R, der European Telecommunication Standards Institute (ETSI) Broadband Radio Access Network (BRAN) und dem Wimax-Forum zusammen.

Der Standard IEEE 801.16m Advanced Air Interface ist noch in Arbeit.

Das Projekt IEEE 802.16n Higher Reliability Networks wurde erst im Juni dieses Jahres genehmigt.

Ein weiterer Teilnehmer an der Standardisierung ist die Internet Society (ISOC) mit der Arbeitsgruppe 16ng für folgende Entwicklungen:

- RFC 5121 Transmission of IPv6 via IPv6 Convergence Sublayer over

IEEE 802.16 Networks von Februar 2008;

- RFC 5154 IP over IEEE 802.16 Problem Statement and Goals von April 2008;
- RFC 5692 Transmission of IP over Ethernet over IEEE 802.16 Networks von Oktober 2009.

Die 16ng-Arbeitsgruppe der IETF brachte im Juni 2010 ein Arbeitspapier draft-ietf-16ng-ipv4-over-802-dot-16-ipcs-07 für die Übertragung von IPv4-Paketen über den IEEE 802.16 IP Convergence Layer heraus. Diese Arbeitsgruppe hat vorläufig ihre Arbeit beendet.

Zusätzlich beteiligt sich das 2001 gegründete Wimax-Forum mit über 200 Mitgliedern – u.a. Deutsche Telekom und Nokia Siemens Networks – mit der Network Working Group (NWG) aktiv an Entwicklung, Test, Ausbildung und Verbreitung der Wimax-Standards. Laut Forum gibt es zurzeit bereits 592 Wimax-Netze in 148 Ländern. Andere Organisationen wie die Gruppe 3rd Generation Partnership Project (3GPP) und das ETSI arbeiten mit entsprechenden Arbeitsgruppen an Entwürfen für drahtlose Breitbandnetze der Zukunft.

Resümee

Trotz breiter Unterstützung der Wimax-Technik bei der Standardisierung und der Arbeit im Wimax-Forum ist es bei weitem nicht ausgemacht, dass sich Wimax im großen Stil in Deutschland durchsetzt. In Asien und Afrika – speziell Korea, Indien, Ghana oder auch in den arabischen Ländern –, wo Festnetze noch nicht so gut ausgebaut sind wie in Europa, hat Wimax eine viel größere Akzeptanz als in den USA und Europa.

Die Firma Cisco etwa hat sich im März dieses Jahres aus der Unterstützung von Wimax verabschiedet – wie zuvor bereits die Deutsche Telekom. Es bleibt abzuwarten, wie die aktuellen Netzbetreiber und die anderen Gerätehersteller sich für die Einführung der Technik stark machen. Mehrere Laptop-Modelle verschiedener Anbieter enthalten neben den WLAN-Schnittstellen immerhin auch ein Wimax-Interface. (we)