

WiMAX / IEE-802.16

Worldwide Interoperability for Microwave Access

Ein Standard, mit dem Student(in) in
2007 noch etwas lernen kann

Klaus Rebenburg, 2007

Grundsätzlich

- Intel Hardware & 2 untere OSI Layer
- Für mehrere Frequenzbereiche entworfen
- Fixed und Mobile nutzbar
- Basisstation entscheidet, wer senden darf
- Große Übertragungsraten, kurze Latenzzeiten (Reaktionszeiten)
- Betriebsmodus mit zugesicherten Bandbreiten, QoS für Telefonie- und Videoanwendungen
- Bevorzugte Behandlung der Sprachdatenpakete =bessere Sprachqualität

2

Und wenn wir schon von Standards reden

Wichtig

- IEEE 802.16-2004 (auch WiMAX fixed genannt, Wechsel der Funkzelle im laufenden Betrieb ist nicht möglich)
- IEEE 802.16e-2005 (auch WiMAX mobile genannt, Wechsel der Funkzelle im laufenden Betrieb ist möglich)

Entwürfe:

- P802.16h
- P802.16i

noch in der Entwicklung:

- IEEE 802.16/Conformance04
- IEEE P802.16g
- IEEE P802.16k

aktuell gültig (2007):

- IEEE 802.16-2004
- IEEE 802.16f-2005 (amendment to IEEE 802.16)
- IEEE 802.16e-2005 (amendment to IEEE 802.16)
- IEEE 802.16-2004/Cor1-2005 (corridendum to IEEE 802.16, published along with IEEE 802.16e-2005)
- IEEE 802.16.2-2004
- IEEE 802.16/Conformance01-2003
- IEEE 802.16/Conformance02-2003
- IEEE 802.16/Conformance03-2004

3

802.16 WiMAX Protokollstack

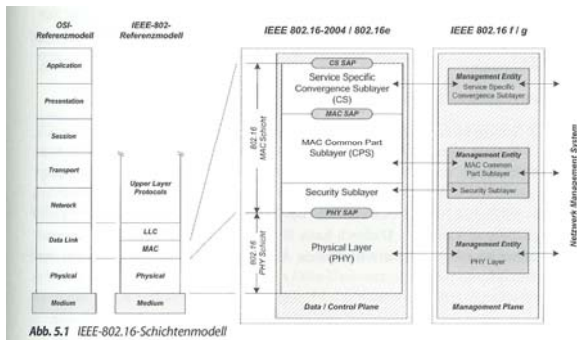
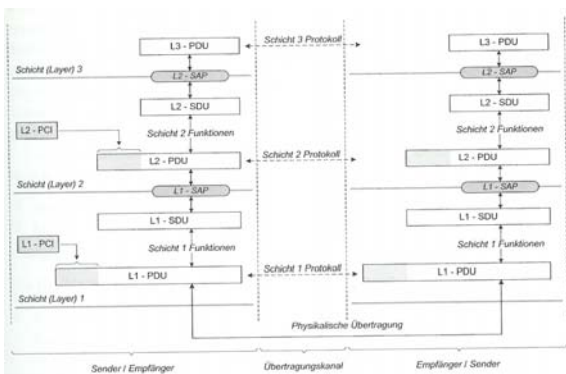


Abb. 5.1 IEEE-802.16-Schichtenmodell

4

WiMAX 802.16 Datenmodell



5

Übersichtlich

- Physikalische Schicht in 802.16
- Medium Access Control in 802.16
- Quality of Service
- Service-Specific Sublayer
- Systemsicherheit
- Mobilität
- WiMax Forum, Zertifizierung und Regulierung

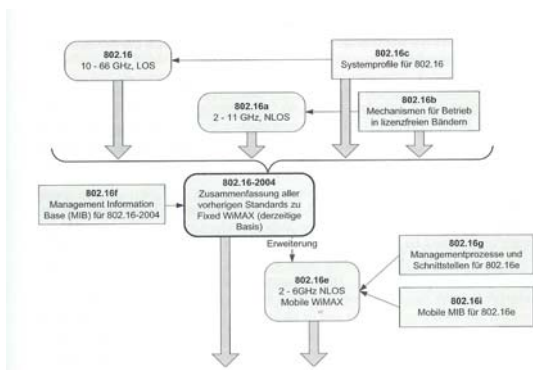
6

802.16 Technologien

- Richtfunk, LOS/NLOS Verbindungen, Wireless MAN-SC, 2, 11, 10-66 GHz je nach Diensten und physikalischen Ausbreitungsbedingungen (bis hin zu QoS)
- Nicht alles ist vom Chip Design & informatisch schon machbar – aber vorgesehen
- Berücksichtigung lizenzfreier und lizenzpflichtiger Umgebungen
- Für jedes PHY Protokoll eine Reihe möglicher Modulations- und Kanalcodierverfahren vorgesehen
- Trennung Uplink/Downlink mit Frequency Division Duplexing und Time Division Duplexing

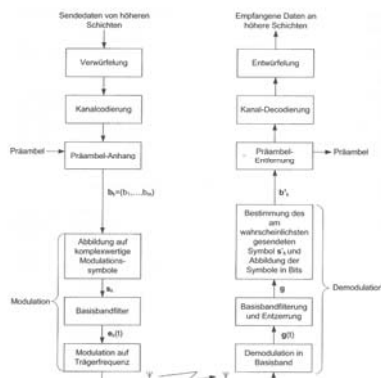
7

802.16 Standards – fixed/mobile



8

WiMAX Physikalische Schicht Blöcke



9

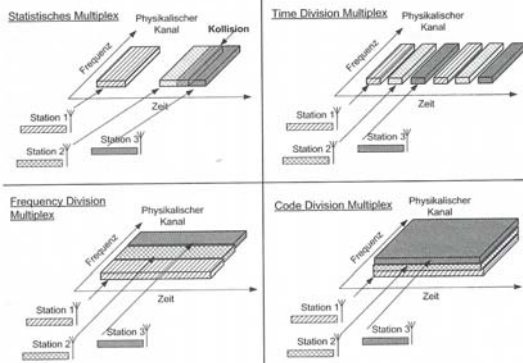
Duplexing

Trennung von Uplink und Downlink
(Problem: Übersprechen)

- FDD Frequency Division Duplex
 - Disjunkte Frequenzbänder voll duplex(gleichzeitig) /quasi voll duplex (alternierend) -> statisch
- TDD Time Division Duplex
 - Disjunkte Zeitintervalle, gleiche Frequenz(also halbduplex) -> gut für asynchron
- Entzerrungsalgorithmen (PHY)+ Kanalschätzungen optimieren Guard Intervall

10

Vielfach Zugriffsverfahren

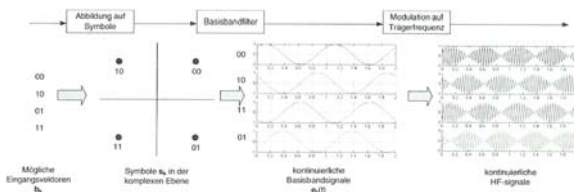


11

Modulation

QPSK Quadrature Shift Keying

- Sendesymbole
 - > Blöcke werden tieffrequentes, kontinuierliches Signal (mit Amplituden/Phase)
 - > moduliert auf Trägerfrequenz



- Alphabet + Anzahl der Bits -> Übertragungsrate steigt -> Symbol Fehlerwahrscheinlichkeit

12

Kanalcodierung

Prinzip:

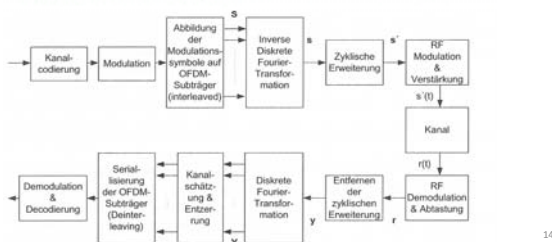
- Blöcke oder Sequenzen redundant so ergänzen, dass der Empfänger fehlerhafte Symbole korrigieren kann
- Mindestdistanz bestimmt Anzahl der Fehler, die korrigiert werden können
- Reed Solomon Code (RS-Code)
- Trellis-codierte Modulation

13

OFDM

(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

- Teilt in schmalbandige Subträger auf
- Signaldesign verhindert Überlappung (also keine Guard Intervalle)



14

Diverse WiMAX Übertragungsverfahren

- Wireless MAN-SC für Einträger Übertragung 10...66 GHz
- Wireless MAN-SCa für Einträger Übertragung 2..11 GHz
- Wireless MAN-OFDM für Mehrträger Übertragung 2..11 GHz
- Wireless MAN-OFDMA für Mehrträger Übertragung 2..11 GHz

15

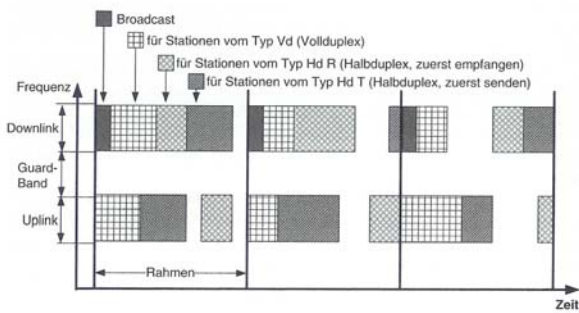
Am Beispiel: Wireless MAN-SC für Einträger Übertragung 10..66 GHz

Übersicht

- Rahmenformate
- Verwürfelung
- Kanalcodierung
- Modulation
- Transmission Convergence Sublayer
- Codeblöcke innerhalb eines Bursts

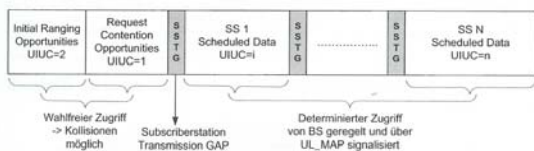
16

Rahmenformat / FDD Downlink Rahmen



17

Rahmenformate

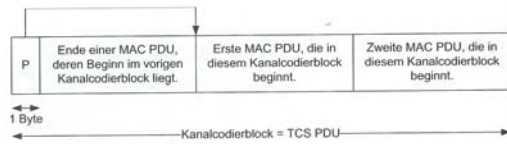


18

Transmission Convergence Sublayer

zwischen MAC und PHY Schicht

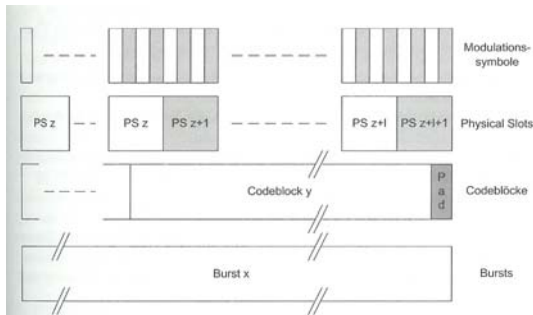
- bildet MAC PDUs möglichst effizient in Kanalcodierblöcke von k Informationsbytes ab.
- Pro Burst mehrere MAC PDUs übertragen (wenns nicht passt – abgeschnitten)
- k Infobytes -> n>k Codebytes (k>=6)



22

Anordnung von Codeblöcken innerhalb eines Bursts

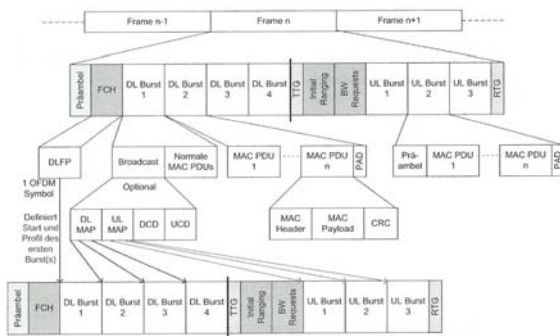
- Anordnung mehrere Blöcke innerhalb eines Bursts



23

Rahmenformat/Kanalcodierung nach OFDM

Wireless MAN-OFDM Mehrträger Übertragung 2..11 GHz



24

Antennentechnologien in IEEE 802.16

Gewinn durch Multi-Antennen Technik

Verlust und Dämpfung zeit, frequenz- und raumabhängig
Diversitätstechnologien verbessern durch

- langen Zeitbereich (Zeitdiversität) – über langen Zeitbereich, verteilt übertragen und auswerten (konstante Empfangsleistung)
- breiten Frequenzbereich (Frequenzdiversität) – Spread Spectrum/OFDM Robustheit gegen frequenzabhängige Signaleinbrüche
- viele Ausbreitungspfade (Raumdiversität) – mit Addition oder Selektion der Mehrfachsignale bei Mehrsender -> 1 Empfänger bzw. Mehrantennen Empfang, Ausblenden der Einbrüche
- Diversitätsgewinn & Array Gewinn & Co-Channel Interference Rejection bieten reduzierte Fehlerwahrscheinlichkeit bei konstanter Sendeleistung bzw. gleiche FW bei höherer Reichweite
- 802.16 nutzt Space Time Coding (STC), Space Division Multiplexing für MIMO Kanäle und Adaptive Antennensysteme (AAS)

25

Medium Access Control in IEEE 802.16

- Mac Nachrichten und Header Formate
- MAC Mechanismen für die Konstruktion von MAC PDUs
- Bandbreitenmanagement
- Radio Link Control
- Eintritt ins System und Initialisierung
- Multicast

26

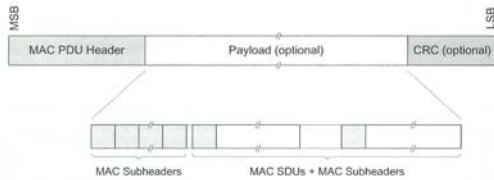
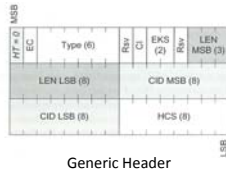
Funktionsprinzip MAC

- Betriebsarten mit Basisstation: Punkt zu Punkt, Punkt zu Mehrpunkt,
- Mesh/multi-hop (optional) mit und ohne BS
- Service Flows verbindungsorientiert
- QoS (unsolicited grant service (UGS))
- Real-time polling service rtPS
- Non-real-time polling service (nrtPS)
- Best Effort (BE)
- Adressierung der Subscriber Stations per 48 Bit MAC Adresse, Base Station hat Provider Adresse 24+24Bit, Connection ID (16 Bit, Service Flow ID, Security Association,

27

Mac Nachrichten und Header Formate

- MAC PDUs transportiert
 - User-Plane-Daten
 - MAC-Management Nachrichten
 - Bandbreitenanforderungen



28

MAC Funktionalitäten

- Bandwidth Request Header
- Mac Subheader (Fragmentation, Packing, Fast-Feedback, Grant Management, Mesh)
- Mac Mechanismen (Fragmentierung, Packing, Padding, CRC-Berechnung, Chiffrierung), Concatenation, ARQ – Automatische Wiederholungsanfrage
- Mac Management Nachrichten

29

Systemsicherheit

- Security Sublayer & Datenverschlüsselung
- RSA Public Key, Public Key Infrastruktur, X.509 Zertifikate, Hashed Message Authentication Code (HMAC), Symmetrische Datenverschlüsselung und Block Cypher
 - Security Association
 - Authentifizierung
 - Schlüsselmanagement
 - Relativ sicher, wenn alle Mechanismen zum Einsatz kommen

30

WiMAX MAC MAP Nachrichten

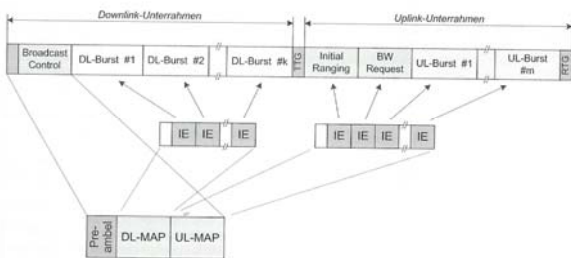


Abb. 7.22 MAP-Nachrichten mit Informationselementen (IE) zum Allokieren der Up- und Downlink-Intervalle am Beispiel des SC-TDD-Rahmens

31

Radio Link Control

Mechanismen für zuverlässige Kommunikation

- Protokolle für automatische Wiederholungsanfrage (ARQ) (Send-and-Wait, Go-Back-N, Selective Repeat)
- Ranging (Burst Profil dem aktuellen Kanalzustand anpassen)
- Fehlererkennung
- Bestätigungen durch den Empfänger

32

Mobilität Herausforderungen

- NLOS und bewegt
- Dynamische Sendeleistungsregelung
 - Codierung und Interleaving über relativ lange Blöcke
 - Adaptive Anpassung der Codierung und Modulation
 - Dynamische Selektion der benutzten Subkanäle in OFDM
- Anforderungen
- Bedarf nach Zustandswechseln erkennen und kommunizieren
 - Stationen im Standby Zustand aufwecken
 - Lokalisieren im Standby Modus
 - Daten im Standby Zustand netzseitig zwischenspeichern

33

Mobilität die 2.

- Verbindungsqualität messen
- Auswerten der Verbindungsqualitätsliste, Entscheidung Zellwechsel
- Beste benachbarte Zelle
- Anmeldung und Registrierung
- Aufbau der benötigten Verbindung in der neuen Zelle
- Abbau der Verbindung in der alten Zelle
- Übertragung während des Zellwechsels über die neue BS
- Aufdatierung der im Netz gespeicherten Lokalisierungsinfo für die MS

34

Mobilität Elemente des Standards

- Scalable OFDMA PHY
- Power Control
- Hybrid ARQ (Automatic Repeat Request)
- Handover (Hard, Soft, Macro Diversity)
- Energiesparender Betrieb (Sleep, Idle)

35

Mobilität End-to-End-Systemarchitektur 1

bereit.

Das ASN umfasst alle Funktionen, die den Netzzugriff einer MS über die Luftschnittstelle gewährleisten. Hierzu gehören u.a.:

- Aufbau, Kontrolle und Abbau von Layer-2-Verbindungen zu den WiMAX MSs
- Transfer von AAA-Nachrichten für Authentifizierung, Autorisierung und Abrechnung zum Heimnetz-Service-Provider
- Bestimmung eines geeigneten Netzwerks und Auswahl des entsprechenden Netzwerk-Service-Provider für eine sich anmeldende WiMAX MS
- Relay-Funktionalität für Layer-3-Nachrichten zwischen MS und CSN, z. B. für die Zuweisung einer IP-Adresse
- Tunneln von Nachrichten zwischen ASN und CSN
- Zuweisung von Übertragungskapazität auf der Luftschnittstelle (Radio Resource Management)
- Paging und Lokalisierungsmanagement
- *ASN Anchored Mobility*: Hierunter fallen alle Funktionen für Mobilität und Handover von MSs innerhalb eines ASN oder auch zwischen mehreren ASNs, die keiner Neuzuweisung der Anchor BS bedürfen.
- *CSN Anchored Mobility*: Damit ist eine Menge von Prozeduren gemeint, die eine Neuzuweisung einer Anchor BS regeln, ohne dass sich dabei der Anchor im CSN ändert. Für dieses Layer-3-Mobilitätsmanagement wird der Mobile IP-Standard nach IETF RFC 3344 herangezogen.

36

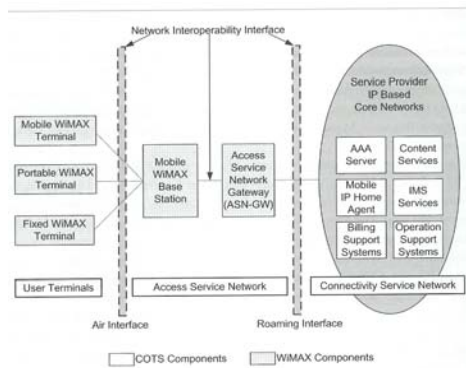
Mobile End-to-End Systemarchitektur 2

Das CSN umfasst alle Funktionen, die sich auf die IP-Verbindungsdienste einer WiMAX MS beziehen. Hierzu gehören u.a.:

- Zuweisung von IP-Adressen an MS
- Zugriff auf Internet
- AAA-Proxy- oder AAA-Server-Funktionalität
- Vom Nutzerprofil abhängige Admission und Policy Control
- Unterstützung für das Tunneln von Nachrichten zwischen ASN und CSN
- Tunneln von Nachrichten zwischen mehreren CSN
- Aufnahme der Abrechnungsdaten für WiMAX-Nutzer
- Regelung der Gebührenaufteilung zwischen mehreren Operatoren im Fall von Roaming
- ASN Mobility: Hierunter fallen alle Funktionen für Mobilität und Handover von MS innerhalb eines ASN oder auch zwischen mehreren ASN, ohne dass sich dabei der R3-Referenzpunkt und damit der Foreign Agent ändert.
- Bereitstellung von WiMAX-Diensten, wie z. B. Location-Based Services, Peer-to-Peer-Verbindungsmanagement (z. B. für VoIP), IP-basierten Multimediadiensten

37

WiMAX Betreiberstruktur



38

WiMAX Forum, Zertifizierung, Regulierung

- www.wimaxforum.com
- www.bundesnetzagentur.de

39

WiMAX QoS Generik



40

Referenzen

- Johannes Mauchner, Jörg Furrer, Heise Verlag 2007, ISBN-13: 978-3-936931-33-4

41
