

IEEE802.16 und WiMAX

Inhalt ⇒ Einleitung

- 1. Einleitung
 - (Überblick Standard, Eigenschaften, Einordnung WiMAX, Anwendung)
- 2. Einordnung/Konkurrierende Systeme
- 3. QoS (Dienstklassen)
- 4. Protokoll Stack
 - 1. Physical Layer
 - 2. Medium Access Control Layer
- 5. Mobilität
- 6. Zusammenfassung

802.16 Basis Standard (12/2001)

- genehmigt als *Air Interface for Fixed Broadcast Wireless Access System* (WirelessMAN/Wireless Local Loop)
- definiert L1 und L2-MAC
- PHY: Single-Carrier-Technik (WirelessMAN-SC)
- LOS zwischen ortsfesten Sendern (zw. 10 und 66 Ghz)
- für Point-To-Point (PTP)
- Vollduplex im Vgl. zu IEEE802.11
(Da hier die Hardware von den Providern gestellt werden sollte dachte man an hochwertigere Hardware.)
- Durch hohe Reichweite starke Variation des Rauschabstandes
➔ komplexe Modulationsschemas

802.16 Basis Standard (12/2001)

- Vollständig verbindungsorientierter L2
- QoS-Schemas: für Telefonie und hochwertige Multimedia-Anwendungen
- Sicherheit der Daten spielt größere Rolle als in WLAN
↳ Verschlüsselung (3DES)
- Einsatz als Richtfunk (10-66 GHz, in Dt. 23-38 GHz)
- max. 134 MBit/s
- Reichweite bis 50km

IEEE802.16c - Systemprofile

- IEEE802.16c Systemprofile für IEEE802.16 mit Trägerfrequenzen zwischen 10 und 66 GHz (2003)
- spezielle Spezifikation von MAC, PHY & RF-Szenarios
- konkrete Trägerfrequenzen und Kanalabstände

IEEE802.16a (4/2003)

- Einführung 3 neuer L1-Layer
 - WirelessMAN-SCa
 - WirelessMAN-OFDM
 - WirelessMAN-OFDMA
- Trägerfrequenz: 2-11 GHz
- Für Einsatz in NLOS-Umgebung (Städte)
- Bandbreiten zwischen 1,75 und 20 MHz
- max. Datenrate 70MBit/s
- max. Reichweite: 5 km

IEEE802.16a (04/2003)

- 3 neue PHY-Technologien:
 - ein dem WirelessMAN-SC ähnlichem Verfahren ⇒ WirelessMAN-SCa
 - WirelessMAN-OFDM (256 Subträger)
 - WirelessMAN-OFDMA (2048 Subträger)
- Mehrantennenbetrieb:
 - Space Division Coding (SDC)
 - Adaptive Antennen Systems (AAS)
- auch für PTP, Mesh (nicht verbreitet)
- aber vornehmlich für Point-To-Multipoint (PMP)

IEEE802.16b

- Mechanismen zur Koexistenz mit anderen Systemen im lizenzfreien Band (Vermeidung gegenseitiger Interferenzen)
- erweiterte Leistungsmessung & Kontrolle
- DFS (Dynamic Frequency Selection)
- Erweiterung für Mesh-Mode-Betrieb

IEEE802.16d - (6/2004)

"Air Interface for Fixed Wireless Access"

- Zusammenfassung von IEEE802.16 und IEEE802.16a-c
- auch als Fixed WiMAX bezeichnet.
- Unterstützung normadischer aber nicht mobiler SS (Subscriber Station)

IEEE802.16e-2005 (2006)

- Schritt zu Mobile WiMAX
- umfangreiche Erweiterungen zu IEEE802.16d-2004
- bis Bewegungsgeschwindigkeiten von 125 km/h
- Handover-Mechanismen
- Unterstützung mobiler SS
- dyn. Sendeleistungsregelung
- PHY: Wireless-MAN-OFDMA
- Trägerfrequenzen zw. 2 und 6 Ghz

IEEE802.16d/e Eigenschaften

- Reichweite: 2-5km
- Übertragungsrate: 5 MBit/s je User (PMP)
- LMA-Technologie
- Trägerfrequenzen: 2-6 GHz
- Kanalbandbreiten: 3, 5, 5, 7 MHz
- Einsatz in LOS und NLOS
- 802.16d für stationären Einsatz
- 802.16e mobiler Einsatz
- Einsatz verschiedener Physikal Layer
- Möglicher Einsatz von MIMO und AAS

IEEE802.16 f/g/i

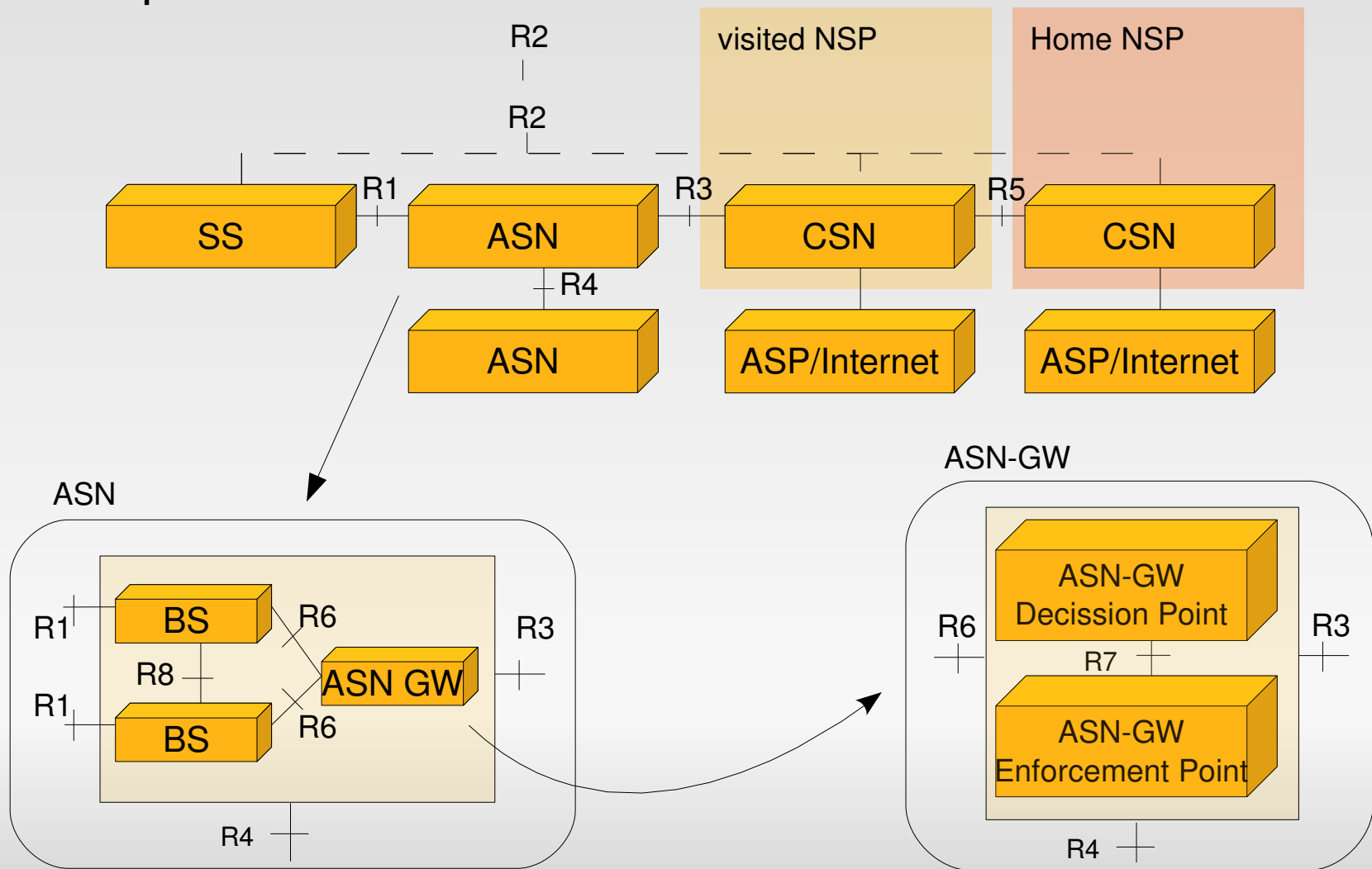
- IEEE802.16f
 - Mechanismen für das Management, MIBs
 - ➔ Steigerung der Interoperabilität verschiedener Hersteller
- IEEE802.16g
 - Spez. Der Management und Kontrollinteraktionen zw. PHY, MAC, CS (Convergence Sublayer) und dem NCMS (Network Control Management System)
- IEEE802.16i
 - MIBs für IEEE802.16e
 - Erweiterung von IEEE802.16f

WiMAX

- WiMAX Network WG (NWG) definiert Funktionen für
 - Handover
 - Mobilitätsmanagement
 - Teilnehmerlokalisierung
 - Roaming und systemübergreifende AAA (Authentifizierung, Autorisierung und Abrechnung)
- NWG ist Lobby mit dem Ziel der frühen Markteinführung
- WiMAX-Forum erstellt Profile für IEEE802.16

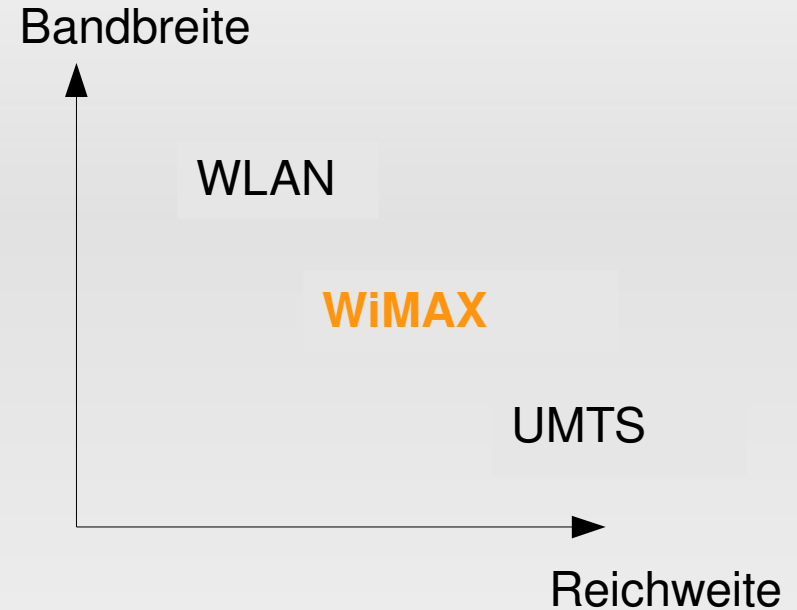
WiMAX - Referenzmodell

Das WiMAX-Forum definiert folgende Netzwerkarbeitung und Referenzpunkte:



Anwendungsgebiete

- Backhaul für:
 - WLAN
 - GSM
 - UMTS
- Richtfunk
- Breitbandzugang für mobile Endgeräte
- Last Mile Access:
 - mit Außenantenne
 - mit Innenantenne:
 - höhere Dämpfung \Rightarrow weniger Reichweite
 - bessere CPEs erforderlich (Customer Premises Equipment)



Inhalt ⇒ Konkurrierende Systeme

1. Einleitung

(Überblick Standard, Eigenschaften, Einordnung WiMAX, Anwendung)

→ 2. Einordnung/Konkurrierende Systeme

3. QoS (Dienstklassen)

4. Protokoll Stack

1. Physical Layer

2. Medium Access Control Layer

5. Mobilität

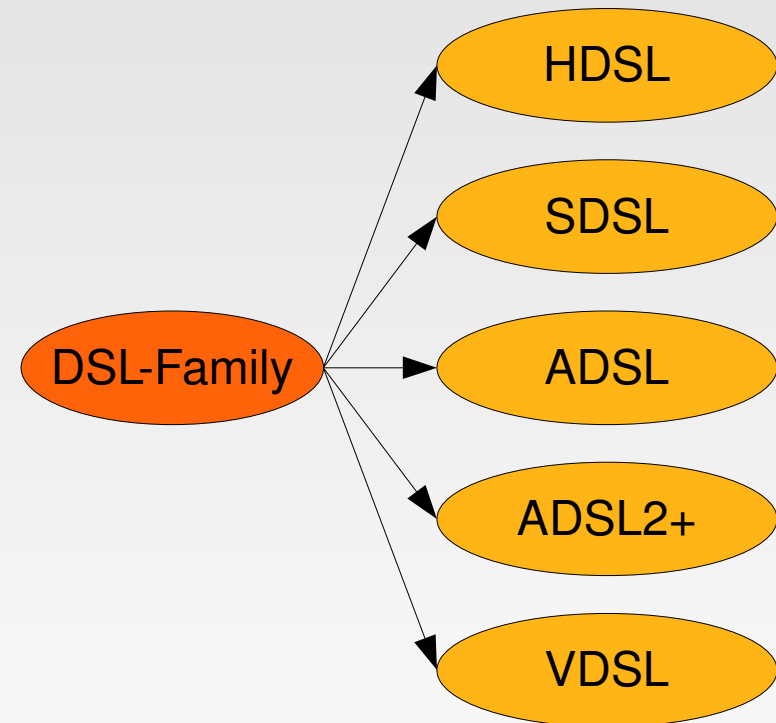
6. Zusammenfassung

Konkurrierende Systeme

- DSL
- Kabel (DOCSIS/DOCSIS 2.0)
- WLAN (IEEE802.11 Familie)
- UMTS

Konkurrierende Systeme - DSL

- Für Tripple Play-Zugänge
- LMA (Last Mile Access)
- breitbandige Nutzung vorhandener Kabel



Konkurrierende Systeme - DSL

- HDSL (High Data rate Subscriber Line)
 - erste Variante von DSL
 - sym. & spektral effiziente Übertragung von T1/E1 Signalen über TP-Kupfer (0,5mm)
 - bis 3,7km
 - 1,2-2MBit/s
- ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)
 - Up/Down asym.
 - Down 1,5-9 Mbit/s, Up 16-640 kBit/s
 - Telefonie bis 3,4 kHz
 - Frequency Multiplexing von Internet und Telefonie
- SDSL (Symetric Digital Subscriber Line)

Konkurrierende Systeme - DSL

- ADSL2+
 - Down: 12 MBit/s (später 24 MBit/s), Up: 1 MBit/s
 - zusätzliches Spektrum von 1,1 bis 2,2 MHz genutzt
 - da Frequenz höher \Rightarrow höhere Dämpfung \Rightarrow geringere Reichweite
 - robusteres Übertragungsverfahren
 - Anw: Video in PAL (2-4 MBit/s, HDTV 8-12 MBit/s)
- VDSL (Very High Data Subscriber Line)
 - asym. Variante: Down: 12,9-51,8 MBit/s, Up: 1,6-2,3 MBit/s
 - deutlich geringere Reichweiten
 - für 3P-Zugänge mit HDTV
 - seit Mai 2006 vereinzelt von Telekom in Süddeutschland angeboten

Konkurrierende Systeme - DSL

Kostenvergleich DSL/WiMAX

- DSL: ca. 100\$/Teilnehmeranschluss
(billig da Massenware)
- WiMax: im Moment bei 400 bis 800\$/Teilnehmeranschluss
- Vorteil WiMAX gegenüber DSL:
 - schnell und billig installierbar, wenn kein Telefonanschluss vorhanden.
 - gut für Messen, Konferenzen und in Katastrophengebieten
- Nachteil WiMAX:
 - kein 3P da Bandbreite für TV nicht ausreicht.

Konkurrierende Systeme - Kabel

- für Tripple Play
- urspr. unidir., ⇒ aufrüsten für bidirectional
- Bei Aufrüstung für bidirektionale Kommunikation:
 - konventionelle Verstärker austauschen (alte bis 470 MHz, sperren Up-Stream)
- Für Internet: Nutzung bis 606MHz (Bandbreite)
 - UP: 5-65 MHz (urspr. Fernsehkanäle 2-4 ⇒ verlegt nach 470-520MHz)
 - DOWN: 520-606 MHz
- in Zukunft größeres Spektrum: bis 862 MHz
 - 606-862 MHz zus. 31 TV-Kanäle

Konkurrierende Systeme - Kabel

- Kabelnetze bestehen heute noch weitgehend aus DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification)
- weitgehend aufgebaut und entwickelt von Cable Labs (97)
- heute ist DOCSIS2.0 Standard relevant
 - spektrale Effizienz
 - höhere Ü-Rate
 - Verbesserte Robustheit bei DOCSIS2.0 durch S-CDMA gegen:
 - schmalbandige Interferenz
 - Impulsstörungen
 - flex. Up/Down Aufteilung
- Kanalbreite 0,2-6,4 Mhz
 - ➔ mit QAM-128 ⇒ bis zu 38MBit/s realisierbar (effektiv. 30,72 Mbit/s)
- Downstream im Kabel bis zu 10 Kanäle parallel ⇒ 380 MBit/s (shared Medium)
- Preise wie bei DSL

Konkurrierende Systeme - WLAN

- billig
- lizenzfreie Bänder
- begr. Reichweite bis 160m
- ausschließlich paketorientiert
- keine zentr. Stelle für Koordination (PCF opt.)
- statisches Multiplexing
- Unterstützung von portablen aber nicht mobilen Endgeräten
- kein QoS (erst ab 802.11e)
- keine Echtzeit-Kommunikation
- mit Richtfunk höhere Reichweiten
- Konkurrenz für WiMAX als MESH-Netz
- Reichweiten: ca. 40m Gebäude, 300m LOS, 4km gerichtet
(! Sendeleistung maximal 100mW!)

Konkurrierende Systeme - WLAN

- 802.11a
 - 54 MBit/s
 - OFDM
 - 5,15-5,35 GHz (200mW)
 - 5,47-5,735 GHz (100mW)
- 802.11b
 - 11 Mbit/s
 - Spread-Spectrum
 - 2,41-2,48 GHz (100mW)
- 802.11c (Teil der Basis): drahtl. Kopplung versch. Netztopologien über MAC-Adressen
- 802.11e (2004-Anhang): MAC-Erweiterung für QoS
- 802.11f: Internet AP-Prots. ermöglicht HO zwischen APs eines ESS
- 802.11g
 - 54 MBit/s
 - OFDM
 - 2,41-2,48 GHz (100mW)
- 802.11n
 - 600MBit
 - OFDM+MIMO
 - 2,41-2,48 GHz

Inhalt ⇒ QoS

1. Einleitung

(Überblick Standard, Eigenschaften, Einordnung WiMAX, Anwendung)

2. Einordnung/Konkurrierende Systeme

→ 3. QoS (Service-Klassen)

4. Protokoll Stack

1. Physical Layer

2. Medium Access Control Layer

5. Mobilität

6. Zusammenfassung

QoS - Dienstklassen

- Jede Verbindung wird einer der folgenden Dienstklassen während des Verbindungsaufbaus zugeordnet:
 - UGS (Unsolicited Granted Services)
(konstante Bitübertragungsrate)
 - rtPS (real-time Polling Service)
(Echtzeit mit variabler Bitübertragungsrate)
 - nrtPS (non-real time Polling Service)
(Nichtechtzeit mit variabler Bitübertragungsrate)
 - BE Best-Effort-Dienst
 - ErtPS (extended real-time Polling Service)
(ab IEEE802.16e, Mix aus rtPS und UGS)

QoS – Dienstklassen - UGS

- UGS (Unsolicited Granted Services)
 - Zeitschlitz werden periodisch seitens der BS zugewiesen (unsolicited Scheduling)
 - vorzugsweise für unkomprimierte Sprache
 - spezielle Zeitschlitz für diese Anwendung
 - Für Echtzeitanwendungen, die periodisch Daten fixer Größe generieren
 - Hat eine SS einen UGS-SF, darf sie keine Multicast-Polling-Intervalle für andere SF verwenden (Ausweg: Poll-Me-Bit)

QoS – Dienstklassen - rtPS

- rtPS (real-time Polling Service)
 - Für periodisch generierte Echtzeitdaten variabler Größe
 - Für Services mit hohen Anforderungen an Latenzzeit und Latenzvariation
 - Periodisches Polling der SS seitens der BS
 - ➔ SS hat periodisch die Möglichkeit Bandbreite anzufordern
 - Höherer Protokoll-Overhead als bei UGS
 - Effektivere Nutzung der Bandbreite
 - Hat eine SS einen rtPS-SF, darf sie keine Multicast-Polling-Intervalle für andere SF verwenden (Ausweg: Poll-Me-Bit)

QoS – Dienstklassen - nrtPS

- nrtPS (non-real time Polling Service)
 - für Nichtezeitdaten mit var. Bitübertragungsrate
 - Für datenintensive Übertragung
 - polt SS unregelmäßig
 - SS darf am Contention basierten Polling teilnehmen
 - Bandwidth steeling von UGS-SFs möglich
 - Für regulären Internetzugriff mit min. garantierter Datenrate (wie ATM Guaranteed Frame Rate)

QoS – Dienstklassen - BE

- Best Effort
 - Bewerbung beliebiger. Knoten in vorgeschriebenen Zeitschlitz (Zeitschlitz mit Uplinkzuordnung und Markierung). Bei Erfolg ⇒ nächste Downlink-Zuordnung (vermerkt)
 - Kollisions-Avoidance mit bin. exp. Backoff (ähnl. zu Ethernet)
 - Keine Garantien bzgl. Datenrate, Latenz und Latenzvariation
 - In erster Linie contention basierte BWReq
 - Unicast Polling möglich (aber ohne Garantien)
 - Bandwidth stealing von UGS-SFs möglich

Inhalt ⇒ Protokoll Stack

1. Einleitung

(Überblick Standard, Eigenschaften, Einordnung WiMAX, Anwendung)

2. Einordnung/Konkurrierende Systeme

3. QoS (Service-Klassen)

→ 4. Protokoll Stack

1. Physical Layer

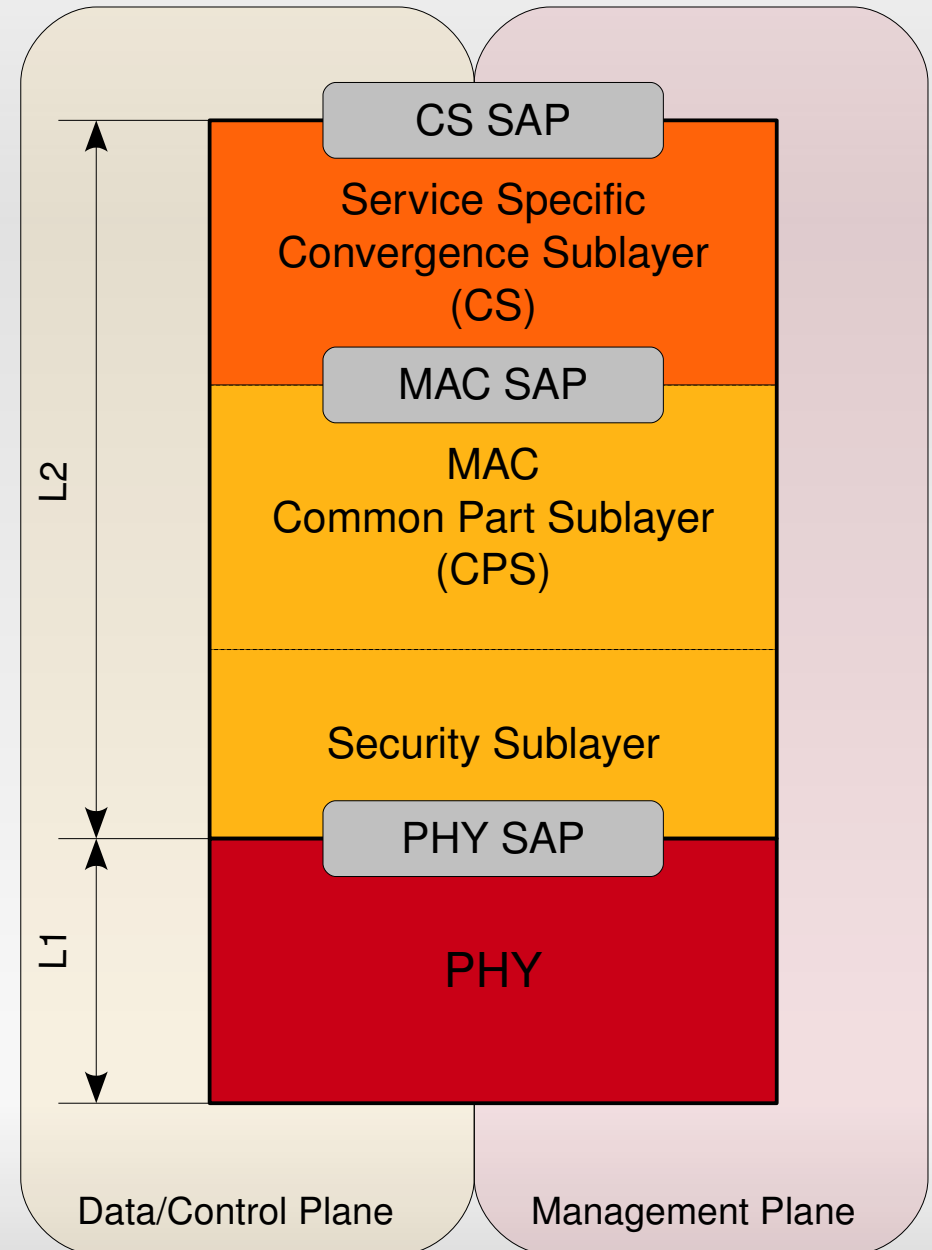
2. Medium Access Control Layer

5. Mobilität

6. Zusammenfassung

Protokollstack

- IEEE802.16 beschreibt L1 und L2
- L2 geteilt in:
 - Convergence Sublayer
 - MAC unterteilt in:
 - CPS
 - Security Layer
- horizontale Unterteilung in:
 - Data/Control Plane (IEEE802.16d/e)
 - Management Plane (IEEE802.g/f)



Protokollstack - PHY

- Verschiedene Duplexing-Verfahren (TDM,FDM)
- Da Signalstärke im Millimeterband mit der Entf. zur BS stark abfällt
⇒ verschiedene Modulations- und Kodierschemas
 - QPSK (2Bit/Baud ⇒ bei 25 MHz Spektrum max. 150 MBit/s)
 - QAM-16 (4Bit/Baud ⇒ bei 25 MHz Spektrum max. 100 MBit/s)
 - QAM-64 (6Bit/Baud ⇒ bei 25 MHz Spektrum max. 50 MBit/s)
- Möglicher Einsatz von AAS (Adaptive Antennen System)
- Sehr variabel! ⇒ einsetzbar für verschiedene Trägerfrequenzen

Protokollstack – L2 - SS

Security Sublayer

- Authentifizierung (RSA, X.509)
- Verschlüsselung
 - Es werden nur Rahmendaten verschlüsselt
 - Nutzdaten werden symmetrisch verschlüsselt (DES,3DES,AES)
- Integrität: SHA-1

Protokollstack – L2 - CPS

Common Part Sublayer

- Kanalzugriffssteuerung
- Breitbandmanagement
- Adressierung und Verwaltung der MAC-Verbindungen
- Steuerung der Mehrheit der MAC-Management-Signalisierungen

Protokollstack - CS

Convergence Sublayer

- IEEE802.16 soll funktionieren für
 - PPP, IP, Ethernet - Stack
 - ATM - Stack
- Problem:
 - Pakete des paketorientierten Protokolls einer IEEE802.16-Verbindung zuordnen
⇒ Verkehrsklassifizierung
 - z.B. IP-Paket \mapsto SF \mapsto SFID \mapsto CID
(Klassifizierungsmerkmal z.B. TOS im IPv4-Header)

Inhalt ⇒ PHY - Layer

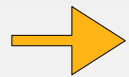
1. Einleitung

(Überblick Standard, Eigenschaften, Einordnung WiMAX, Anwendung)

2. Einordnung/Konkurrierende Systeme

3. QoS (Service-Klassen)

4. Protokoll Stack



1. Physical Layer

2. Medium Access Control Layer

5. Mobilität

6. Zusammenfassung

PHY - Kanalzugriffsverfahren

- Flex. PHY-Layer-Auswahl
- Jeder PHY-Layer bietet Palette an
 - Kanalkodierverfahren
 - Modulationsverfahren
- Trennung des UP-/DOWN-Load-Links durch:
 - FDD
 - TDD

PHY - Kanalzustandsmessung

Zwei Verfahren

- Messen der Empfangsfeldstärke
(RSSI – Received Signal Strength Indicator)
 - Auch ohne Synchronisation möglich
 - Am Eingang des Empfängers vor Demodulation
- Messen des SNR nach der Demodulation
(Sync. Erforderlich)
 - aussagekräftiger

PHY - Synchronisation

- BS nutzt präzise Taktfrequenz (bsp. Von GPS)
- SS kann Takt durch Demodulation des DL-Signals rekonstruieren
- SS muss sich auf UL-Rahmen synchronisieren und seinen zugewiesenen UL-Slot zum senden abpassen oder im Contention Intervall einen BWRReq senden

Inhalt ⇒ MAC - Layer

1. Einleitung

(Überblick Standard, Eigenschaften, Einordnung WiMAX, Anwendung)

2. Einordnung/Konkurrierende Systeme

3. QoS (Service-Klassen)

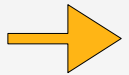
4. Protokoll Stack

1. Physical Layer

2. Medium Access Control Layer

5. Mobilität

6. Zusammenfassung



MAC - Überblick

- Allgemeine Informationen
- Betriebsarten
- Service Flows
- QoS
- Adressierung und Identifikatoren
- MAC-Nachrichten und Header-Formate
- Mechanismen zur Konstruktion der PDUs
- Breitbandmanagement
- Radio Link Control
- Eintritt in das System

MAC – Allgemeine Informationen

- Unterteilung des Kanals in Subkanäle (bei OFDM und OFDMA-PHY)
- PDU-Format variabler Länge zur Skalierbarkeit der Effizienz
- Vollständig verbindungsorientiert

MAC – Betriebsarten - PMP,PTP

- PMP (Point To Multipoint)
 - Jeglicher Verkehr via BS
 - BS koordiniert Kanalzugriff
 - Downlink als Broadcast
 - Uplink als TDMA
 - Grant/Request Protokoll für Breitbandzuordnung
- PTP (Point To Point)
 - Spezialfall von PMP
 - Kein TDMA im Uplink erforderlich

MAC – Betriebsarten - MESH

- MESH
 - Datenaustausch direkt zwischen SS's
 - Keine klare Up-/Down-Richtung
 - Alle Teilnehmer heißen hier Knoten
 - Mesh-BS mit Verbindung zu ext. Backhoul-Netz
 - 2 Scheduling Konzepte:
 - Verteiltes Scheduling
 - Zentralisiertes Scheduling durch eine Mesh-BS

MAC – Service Flows

- Unidirektionaler Datenstrom (Down- oder Up)
- Service Flow (SF) hat min. eine 32-Bit-SFID
- Gehört einer Serviceklasse (SK) an
 - ➔ SK charakterisiert QoS-Eigenschaften (UGS, rtPS, nrtPS, BE, ertPS)
- SF muss authetifiziert werden
- SF hat einen der 3 Zustände (Provisioned, admitted oder active)
- Ist SF im Zustand admitted oder active wird eine MAC-Verbindung für ihn aufgebaut ⇒ SFID ↦ CID (16 Bit)
- Übertragung nur bei aktivem SF

MAC - Rahmen

Es gibt zwei Hauptrahmenarten:

- Allgemeiner Rahmen
 - Alle MAC-Rahmen beginnen mit allg. Rahmen
 - danach folgen CRC
(optional, da bei Echtzeitdaten nicht genutzt ⇒ FEC)
 - Nutzdaten
(optional, da bei Stellerrahmen nicht genutzt)
- Rahmen der Bandbreite anfordert

MAC – Service Flows

- Abhängig von Zustand existieren entsprechende QoS-Parameter-Sets
-
- Provisioned QoS-Parameter-Set
 - Im System vorkonfiguriert
 - Keine Ressourcen reserviert, keine CID
- Admitted QoS-Parameter-Set
 - Ressourcen werden seitens der BS reserviert
- Active QoS-Parameter-Set
 - Def. Dienst der effektiv erbracht wird

MAC – Service Flows - Man.-Plane

- Während Anmeldung baut jede SS jeweils bis zu 3 MAC-Managementverbindungen auf (Control Plane Infos, Signalisierung weiterer Service Flows)
- Managementverbindungen unterscheiden sich bzgl. QoS-Anforderungen des Managementverkehrs:
 - Basic Connection (kurze Zeitkritische Nachrichten)
 - Primary Management Connection (längere Nachrichten, toleranter bzgl. Latenzzeit)
 - Secondary Management Connection zur Administration der IEEE802.16-Stationen (nur managed Stations, stand. Netzwerk-Management-Protokolle w.z.B. DHCP, SNMP)

MAC – SF – Authorisierungsmodelle

- Statisches Auth.-Modell → alle SF vorkonf.
- Dyn. Auth.-Modell
 - SF's werden zur Lfz. durch DSA-Nachrichten (Dyn. Service Flow Addition Req/Resp.) konfiguriert
 - Es gibt Policy-Server (kommuniziert mit Auth.-Modul)
- SF's werden auf und durch Scheduling Dienste abgebildet.
- Jeder SF ist einem Scheduling-Dienst zugeordnet
- SF's können sein: bekannt (provisioned), inaktiv (admitted), aktiv

MAC – Adressierung/Identifikatoren

- Jede SS hat eine weltweit eindeutige MAC-Adresse wie bei WLAN (48 Bit)
 - relevant bei Netzeintritt (im Ifnd. Betrieb Flow zug.)
- Jede BS hat BSID (48 Bit)
 - Ist keine 802 MAC-Adresse
 - Erste 24-Bit Operator ID
 - Letzten 24 Bit für unterschiedliche Netze eines Operators
 - Wird durch DL-MAP regelmäßig versandt

MAC – Adressierung/Identifikatoren

- Connection ID (CID): Identifikator einer logischen Verbindung
 - Bei Verbindungsaufbau durch BS festgelegt
 - 16 Bit
- Jede Verbindung wird durch einen Service Flow charakterisiert (32 Bit Flow ID (SFID))
- Bei Sicherheitsmechanismeneinsatz:
Security Assoziation ID (SAID)

MAC - Nachrichten / Headerformate

- Es gibt 2 Headerformate fixer Länge
 - Generic Header
 - Bandwith Request Header
- Optionale CRC über gesamte PDU (Header + Payload)
- Header Type Field zur Unterscheidung zwischen Headern

MAC – Mechanismen zur PDU

- Eine PDU kann aus einer oder mehrerer SDUs oder SDU-Teilen bestehen
- PDUs werden in der Größe der zugewiesenen Bandbreite angepasst
- Genutzte Mechanismen werden bei Verbindungsaufbau vereinbart

MAC – Mechanismen zur PDU

Mechanismen:

- Fragmentierung (zerhackt SDUs)
- Packing (n SDUs in einer PDU, gleiche CID)
- Padding (um zugewiesene Slots aufzufüllen)
- CRC-Berechnung
- Chiffrierung (nur Payload)
- Concatenation (Aneinanderreihen von PDUs)
- ARQ

MAC - Breitbandmanagement

- pro Station (SS)
 - SS sammelt alle Anfragen aller Benutzer (z.B. eines Gebäudes) und setzt kollektive Anforderung ab.
 - Wenn SS die Bandbreite durch BS erhält verteilt es diese nach eigenem Gusto
- pro Verbindung
 - Basisstation verwaltet jede Verbindung

MAC – Radio Link Control - Ranging

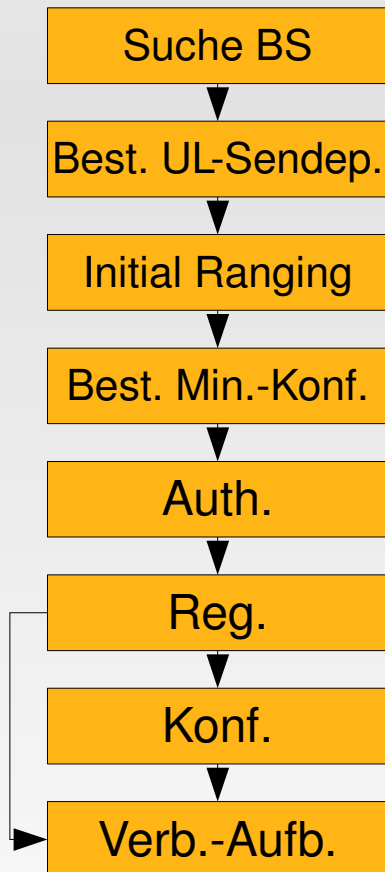
- Jedem Intervall ist ein Burst-Profil zugeordnet
- Burst-Profil wird durch BS ermittelt
- Für jede SS wird UP- und Down-Link-Profil ermittelt
- UCD-/DCD-Nachrichten (Uplink Channel Descriptor)

MAC – Radio Link Control - HARQ

- Im Sender werden MAC PDUs zu einem HARQ-Paket gebunden, dessen CRC berechnet und Paritybits hinzugefügt (Anmerkung: Einzelne MAC-PDUs haben opt. CRC)
- Empfänger errechnet mit Hilfe CRC ob PDU neu übertragen werden muss
- Bei HARQ werden fehlerhafte Pakete nicht verworfen
- Auch hier wird eine Neuübertragung angefordert.
- Neu übertragene PDU wird nicht isoliert dekodiert
→ durch geschickte Kombination wird durchschnittliche Zahl der Wiederholungen reduziert. (→ Parity-Bits)
- Kommt bereits bei HSDPA/HSUPA zum Einsatz.
- Optimal für UP- und Downlink in IEEE802.16e spezifiziert

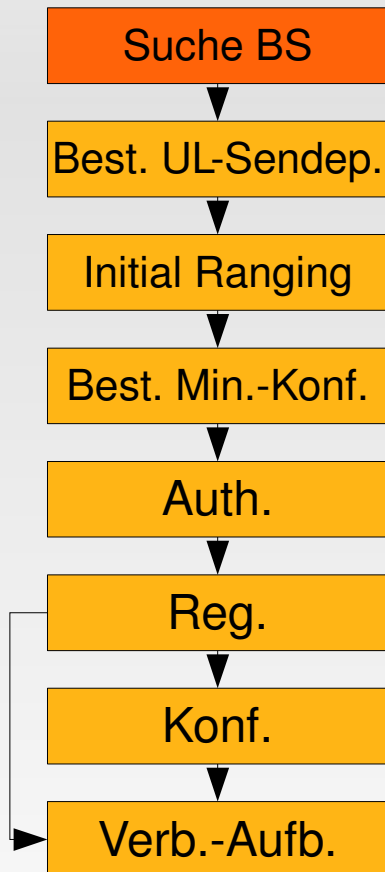
MAC - Eintritt in das System

Ablauf:



1. Suche einer BS (DL-Kanal)
2. Bestimmen der UL-Sendeparameter
3. Initial Ranging
4. Bestimmen der Minimalfunktionalität
5. Authentifizierung und Schlüsselaustausch
6. Registrierung
7. Konf. Der IP-Einstellungen (nur managed SS)
8. Konf. Datum/Zeit (nur managed SS)
9. Übertragung Konf.-Parameter (nur managed SS)
- ▶ 10. Verbindungsaufbau

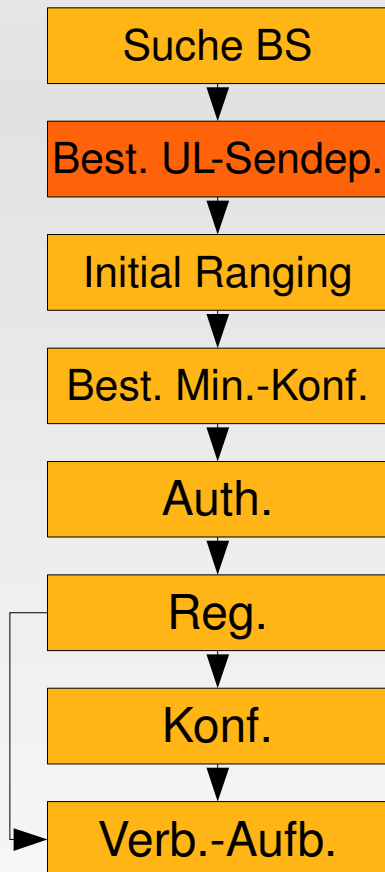
MAC – Eintritt in das System



Suche der BS

- Absuchen der Frequenzen (mglw. vorprogrammiert)
- BSID einer BS kann vorprogrammiert werden
- akt. Kanal gefunden sobald PHY-Rahmen erfolgreich erkannt
- Mit Empfang einer DL-MAP-Nachricht ist SS auf BS synchronisiert \Rightarrow DCD-Nachricht kann empfangen werden \Rightarrow DCD – DL Chanel Descriptor
- Ausnahme bei PHY mit AAS \Rightarrow spez. Mechanismus

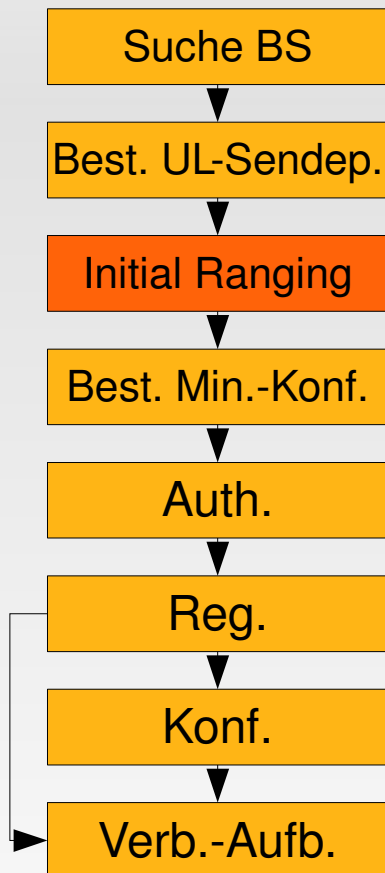
MAC – Eintritt in das System



Bestimmen der Uplink Sendeparameter

- Mit dem Empfangen der DL-MAP kann auch die:
 - DCD (Downlink Chanel Descriptor) Nachricht und
 - UCD (Downlink Chanel Descriptor) empfangen werden. Der Kanal wird selektiert.
- Wird UCD nicht innerhalb einer Zeit gefunden ⇒ Suche BS
- Wenn UCD empfangen prüfen ob UL-Kanal nutzbar ⇒ Uplink Kanal wird selektiert
- Extrahieren der Zeitsynchronisation aus DL-MAP
- Empfang der UL-MAP für UL-Kanal
 - Signalisiert UL-Intervalle für Kanalzugriff
- UL-Kanal bleibt gültig so lange UL-MAP und UCD empfangen wird.

MAC – Eintritt in das System

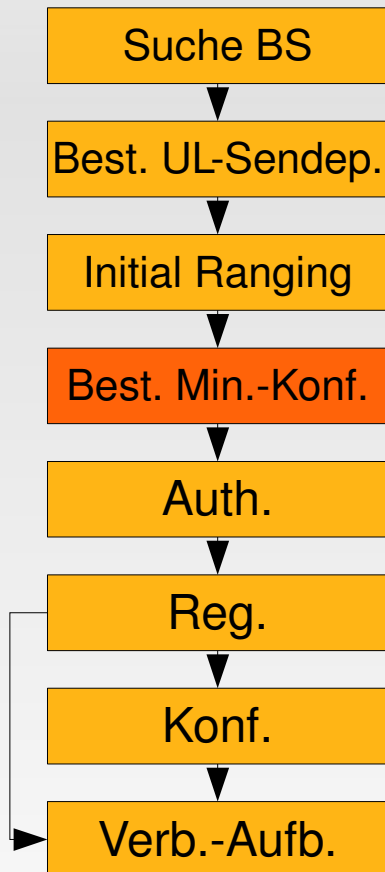


Initial Ranging

- SS's sind unterschiedlich weit von BS entfernt
➔ Anpassung Tx-Power und t_{tx} -Offset erforderlich
- CID für Basic- und primäre Management-Verbindung wird ausgetauscht
- Es gibt L1-spez. Unterschiede
- Nachrichten RNG-REQ (SS→BS) und RNG-RESP
- BS reserviert in regelm. Abständen Teil des UL-Unterrahmens für Ranging
- Da SS noch keine dedizierte MAC-Verb. hat
➔ BS teilt keine UL-Bandbreite zu
➔ Contention basierte Nutzung des Ranging Interval
- RNG-REQ hat längere Präambel um BS das Empfangen zu erleichtern

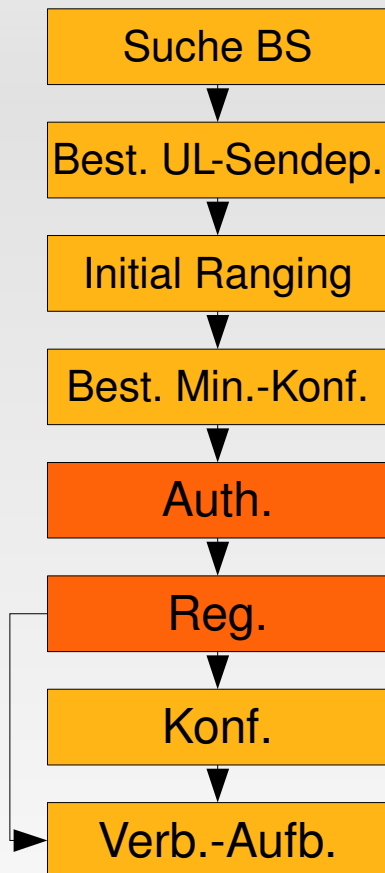
MAC – Eintritt in das System

Bestimmen der Minimalfunktionalität



- Bis hierher nutzte Kommunikation robuste Modulations- und Kodier-Schemas
- SS teil BS mit über welche Fähigkeiten sie verfügt
- SBC-REQ/SBC-RSP (SS Basic Capability REQ/RSP) werden über Basic-Verbindung versandt
- BS bildet Subset aus seinen und der SS-Fähigkeiten
- BS antwortet mit SBC-RSP

MAC – Eintritt in das System



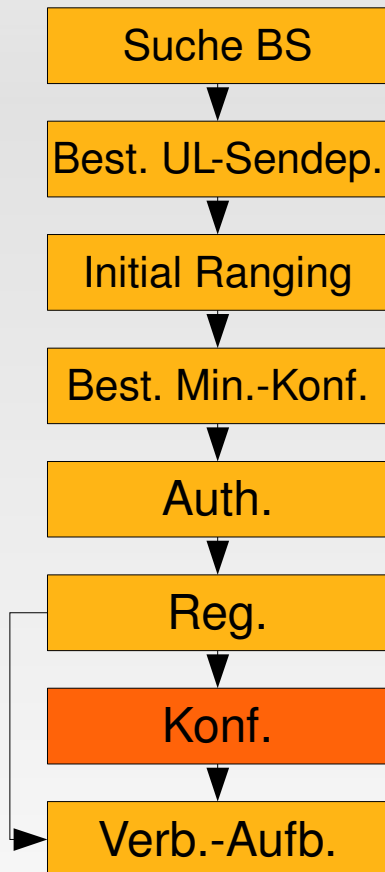
Authentifizierung

- SS sendet AUTH-REQ und erhält AUTH-RESP
- SS wird dabei ein Authorisierungsschlüssel für nachfolgende sicherheitsrelevante Operationen übersandt
- Primäre und weiter statische Security Assoziations werden (SA) der SS zur Verfügung gestellt

Registrierung

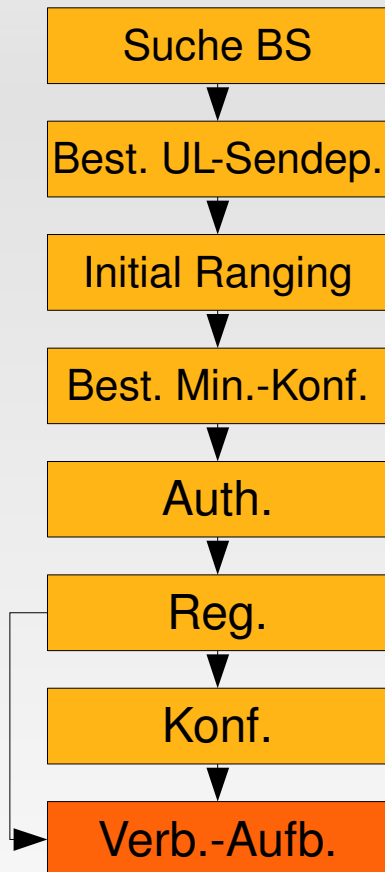
- SS sendet via Primary Management Connection REG-REQ und erhält REG-RESP
- Signalisierung ob managed oder unmanaged SS
- BS gewährt somit Eintritt in das System

MAC – Eintritt in das System



- Konfiguration bei managed Stations über Standardprotokolle
- IP-Adresse: DHCP
- Zeit: NTP (für lokal Gen. Log-Einträge)
- Namen der Konfigurationsdatei und des (TFTP-) Servers werden via DHCP übertragen
- Download von Konfigurationsdateien via TFTP
- Gesamte Konfiguration über Secondary Management Connection

MAC – Eintritt in das System



- Ausstehend Aufbau der MAC-Datenverbindungen
- Dafür schickt SS DSA_REQ (Dynamic Service Flow Addition) an BS mit Service Flow Konfiguration (QoS-Parameter und CS-Parameter)
- Authorisation seitens BS durch DSA-RSP

Multicast – Contention Based BWReq

Multicast-Polling-Gruppen \Rightarrow für Contention Based BWReq

- BS fügt SS zu Mcast-Gruppen hinzu um sie nicht einzeln zu pollen
- Jede Polling-Gruppe hat eine CID
UL-Intervalle dieser CID sind für BWReq der Mitglieder dieser CID
- Im UL-Intervall ist unterteilt in Transmission Opportunities (Slots)
- SS können in einer Opportunity einen BWReq senden
(Möglichkeit einer Kollision \Rightarrow Backoff)
- UL-Intervall einer Mcast-CID wird auch als Bandwith-Request-Contention-Intervall bezeichnet
- Durch Kollisionswahrscheinlichkeit \Rightarrow nicht deterministische Anzahl an Wiederholungen \Rightarrow für niedrigere QoS-Klassen

Multicast – DL – Mcast Services

Downlink-Multicast-Dienste

- Wenn mehrere SS einen Dienst beanspruchen wollen weißt BS ihnen die gleiche CID zu \Rightarrow für SS transparent
- ARQ/HARQ für Multicast nicht möglich

Inhalt ⇒ Mobilität

1. Einleitung

(Überblick Standard, Eigenschaften, Einordnung WiMAX, Anwendung)

2. Einordnung/Konkurrierende Systeme

3. QoS (Service-Klassen)

4. Protokoll Stack

1. Physical Layer

2. Medium Access Control Layer

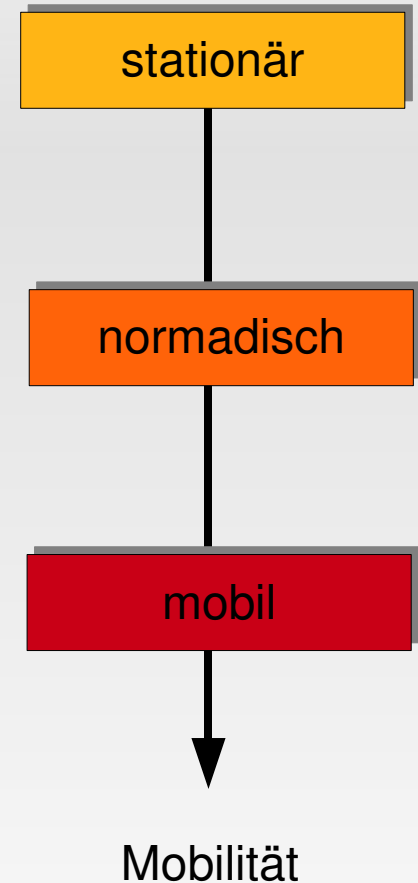
→ 5. Mobilität

6. Zusammenfassung

Mobilität - Einführung

Einordnung:

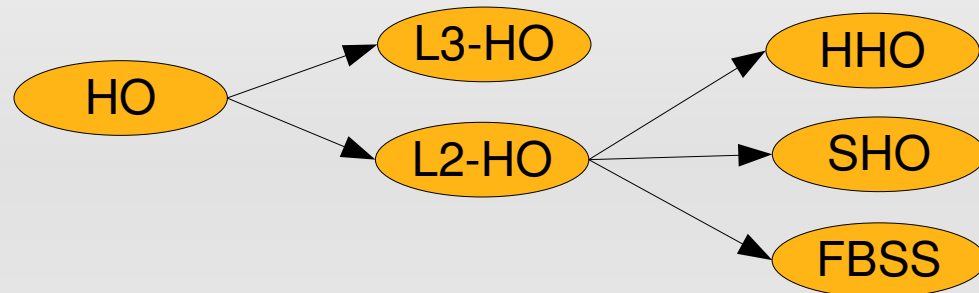
- Normadisch: SS kann bewegt werden aber kein HO (IEEE802.16d)
- Mobil: Netzwerkverbindung bleibt bei Zellwechsel bestehen
- Mobiles WiMAX ist mit IEEE802.16e möglich
- Bis 125 km/h
- Netz sorgt für das Weiterreichen der SS zu anderen BS



Mobilität - Herausforderungen

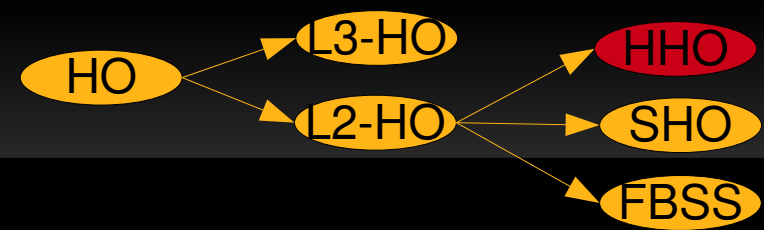
- Abschattung, Reflexion, Streuung und Beugung von Signalen führt zu Multipfadausbreitung
- Dopplereffekt bei Bewegung
- Durch Bewegung ändert sich Empfangseigenschaften schnell
- Dynamische Anpassung der Sendeparameter erforderlich
- Bessere Fehlerkorrektur erforderlich

Mobilität - Handover



- HO wird unterteilt in:
 - Network Layer Mobility (CSN-anchored / Macromobility)
 - Link Layer Mobility (ASN-anchored / Micromobility)
- In IEEE802.16e 3 L2 -HO-Mechanismen spezifiziert:
 - HHO – Hard Handover (verbindlich)
 - SHO – Soft Handover (optional)
 - FBSS – Fast Base Station Switching (optional)
- Ziel: max 50ms für Zellenwechsel!

Mobilität - HHO



- SS immer nur mit einer BS verbunden

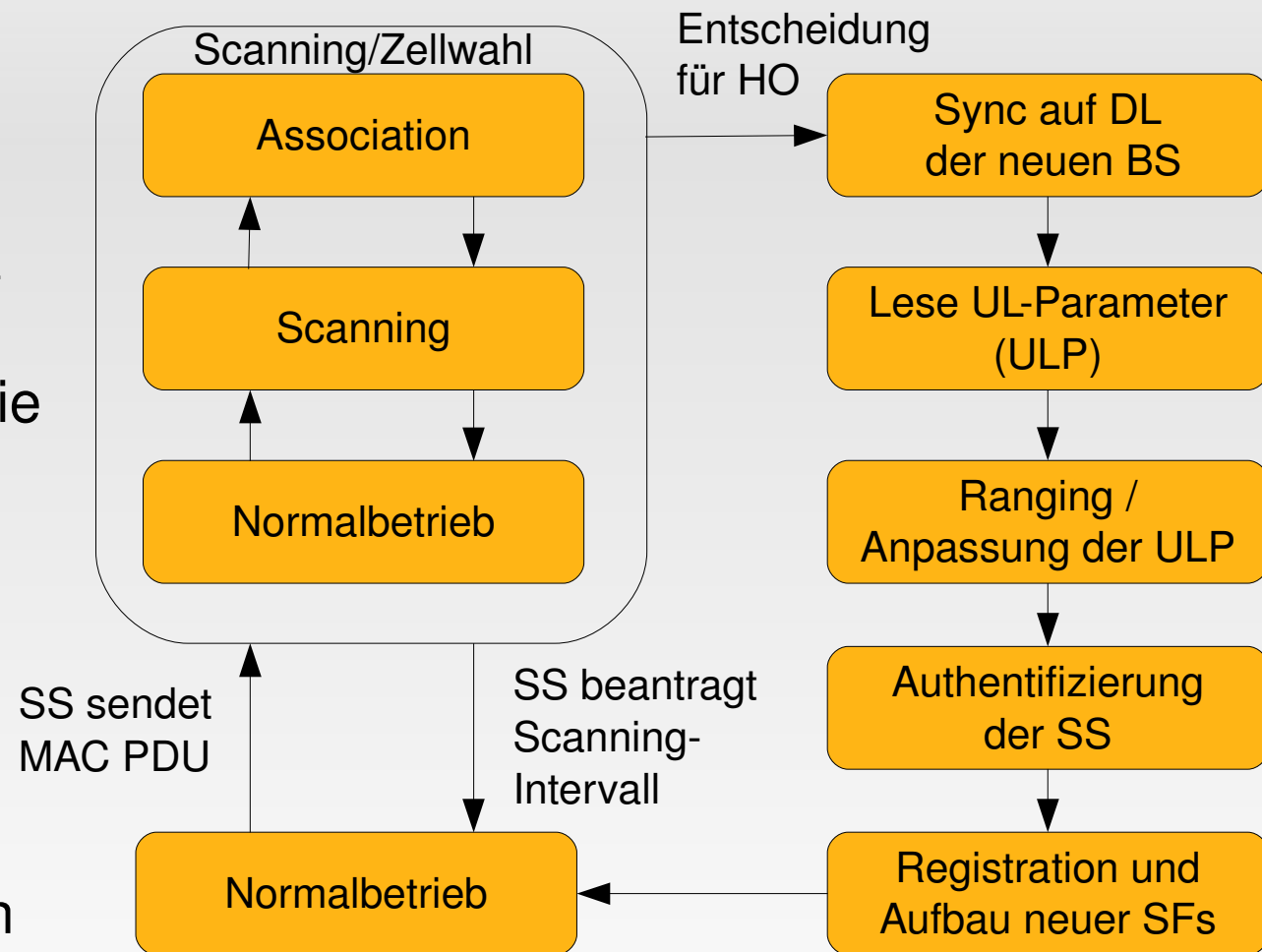
- SS initiiert HO

- BS sendet Infos über benachbarte BSs die es via Backbone bezieht (MOB_NBR_ADV) (Infos, die norm. in DCD/UCD stehen) → schnelles Sync. mgl.

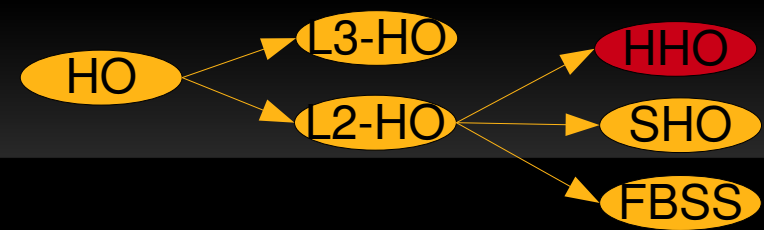
- SS sendet MOB_SCN_REQ für Zuteilung Scan-Intervall

- Scan-Phase beenden durch senden einer PDU

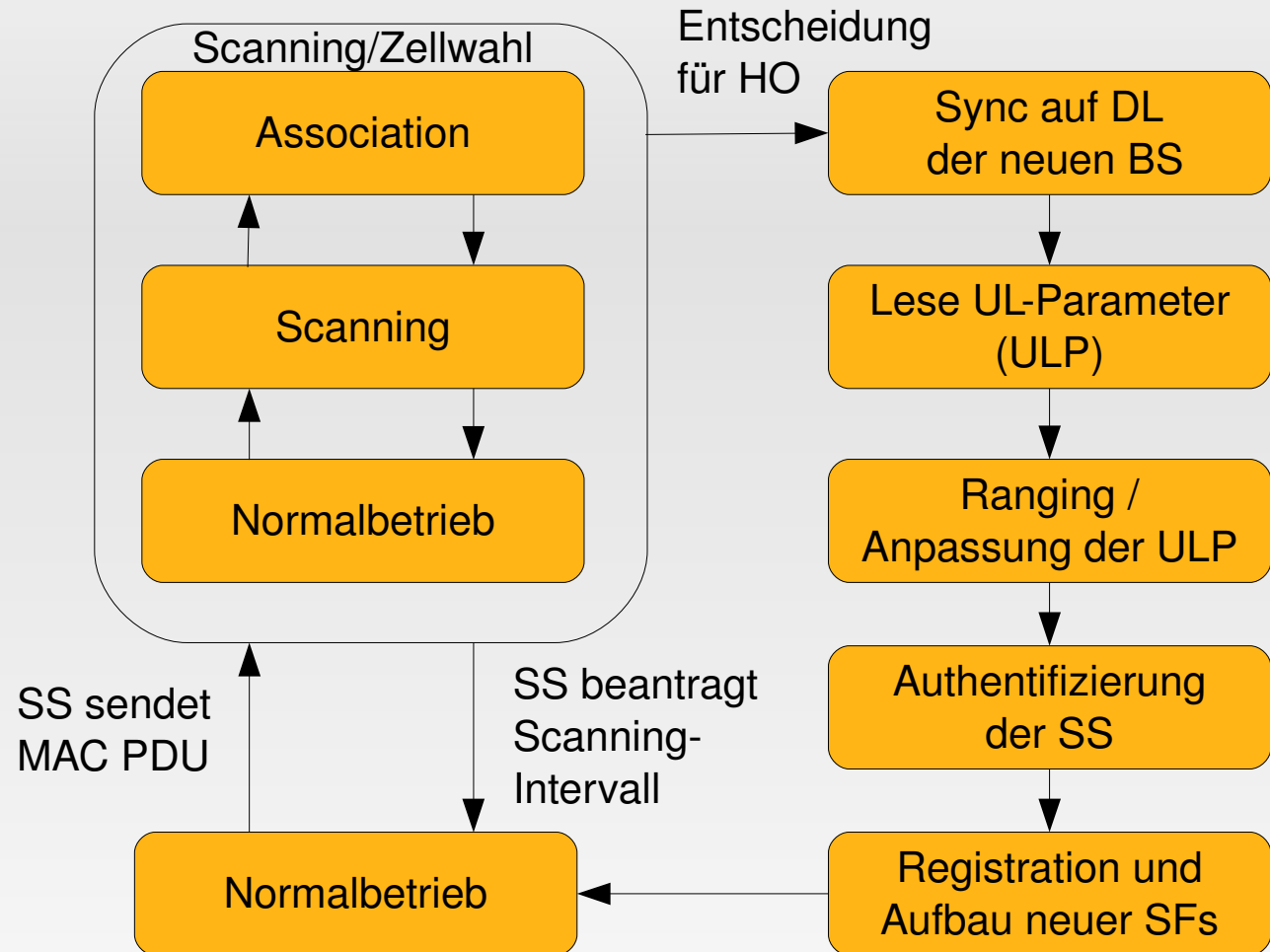
- Während Scan, sync. Zur neuen BS → optionales initiales Ranging (Übertragungsqualität abschätzen)



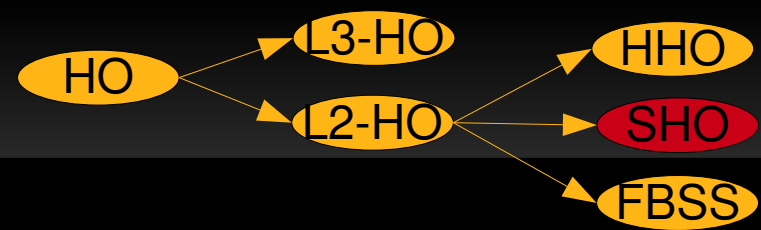
Mobilität - HHO



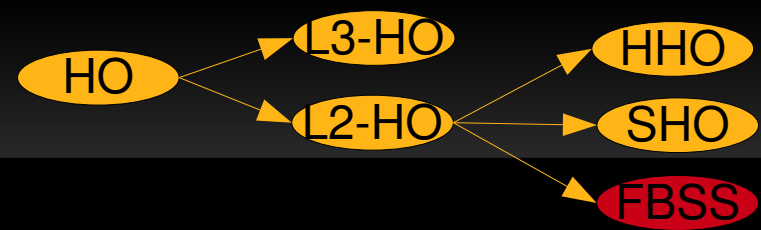
- Während Scan speichert BS Daten zwischen
- Bei HO-Entscheidung sendet SS MOB_MSHO_REQ (enth. mögliche Ziel-BSs)
- BS antw. Mit Ziel-BS (Vorschlag)
- SS nimmt Vorschlag an oder lehnt ab mit MOB_HO_IND
- BS baut mit pos. Ind. Verbindungen ab (bzw. Nach TO)



Mobilität – SHO



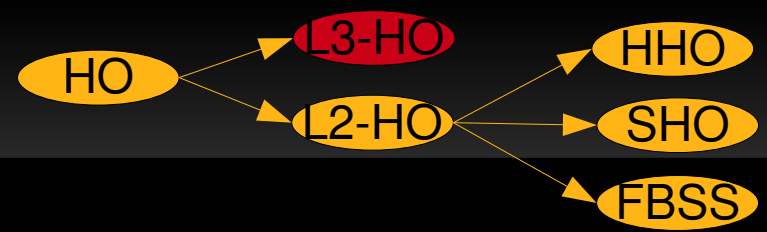
- Es gibt ein aktives Set an BS
- SS mit allen Stationen des aktive Sets verbunden
- Alle Stationen im aktiven Set senden zeitgleich und auf gleicher Frequenz. und CID die gleichen L1 und L2 PDUs (zeitsyncr. Erforderlich, gleicher MAC-Kontext)
- Empfangene Signale werden kohärent addiert. (DL)
→ Summensignal i.d.R besser
- Auch als Macro-Diversity-HO bezeichnet
- Im Uplink empf. alle BS. Kopie mit bester Qualität wird ins Transportnetz weitergeleitet (Selction Diversity)
- Eine Station übernimmt Rolle der Anchor BS
- Anchor BS und aktives Set werden dyn. Angepasst
- Auch in UMTS umgesetzt



Fast Base Station Switching (FBSS)

- Wie SHO aber SS ist immer nur mit Anchor-BS verbunden
- Alle BS im selben MAC-Kontext
 - ➔ bei Wechsel weniger Zeit als bei Hard-HO benötigt

Mobility - L3-HO



L3-HO

- Das WiMAX-Modell sieht L3 Handover vor. (MIP)
- Für IPv4 ist eine FA-Funktion innerhalb des ASN vorzusehen (Im Wimax-Profil A und C im ASN-GW)
- Für PMIPv6 ein MAG

Inhalt ⇒ Zusammenfassung

1. Einleitung

(Überblick Standard, Eigenschaften, Einordnung WiMAX, Anwendung)

2. Einordnung/Konkurrierende Systeme

3. QoS (Service-Klassen)

4. Protokoll Stack

1. Physical Layer

2. Medium Access Control Layer

5. Mobilität

→ 6. Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Variabler Standard ($f_{\text{Träger}}$, Bandbreiten, PHY)
- Gute Ergänzung bestehender Systeme
- Durch die Integration von WiMAX durch Intel wird WiMAX schnelle Verbreitung finden
- Ein weiter und flexibler Standard birgt die Gefahr der Inkompatibilität (deswegen formuliert WiMAX-Forum Profile)
- Konkurrenz durch immer leistungsfähigeres WLAN (Reichweite und Durchsatz)
- Konkurrenz durch HSDPA und HSUPA
- Durch leistungsstarke und moderne Technologien wie OFDM, MIMO, AAS, HARQ und modernen Kodier- und Modulationsverfahren ist IEEE802.16 durchaus attraktiv

Quellen

- [1] Yan Zhang, Hsiao-Hwa Chen, *Mobile WiMAX: Toward Broadband Wireless Metropolitan Area Networks*, Auerbach Publications, 2007
- [2] Johannes maucher, Jörg Furrer, *WiMAX – Der IEEE-802.16-Standard: Technik, Anwendung, Potenzial*, Heise Verlag, 2007
- [3] T. Sridhar, Flextronics, *The Internet Protocol Journal Vol.11, Nr. 4*, Cisco Systems, Dezember 2008
- [4] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil, *RFC 5213 - Proxy Mobile IPv6*, Standards Track, August 2008
- [5] <http://www.wimaxforum.org/resources/documents>