

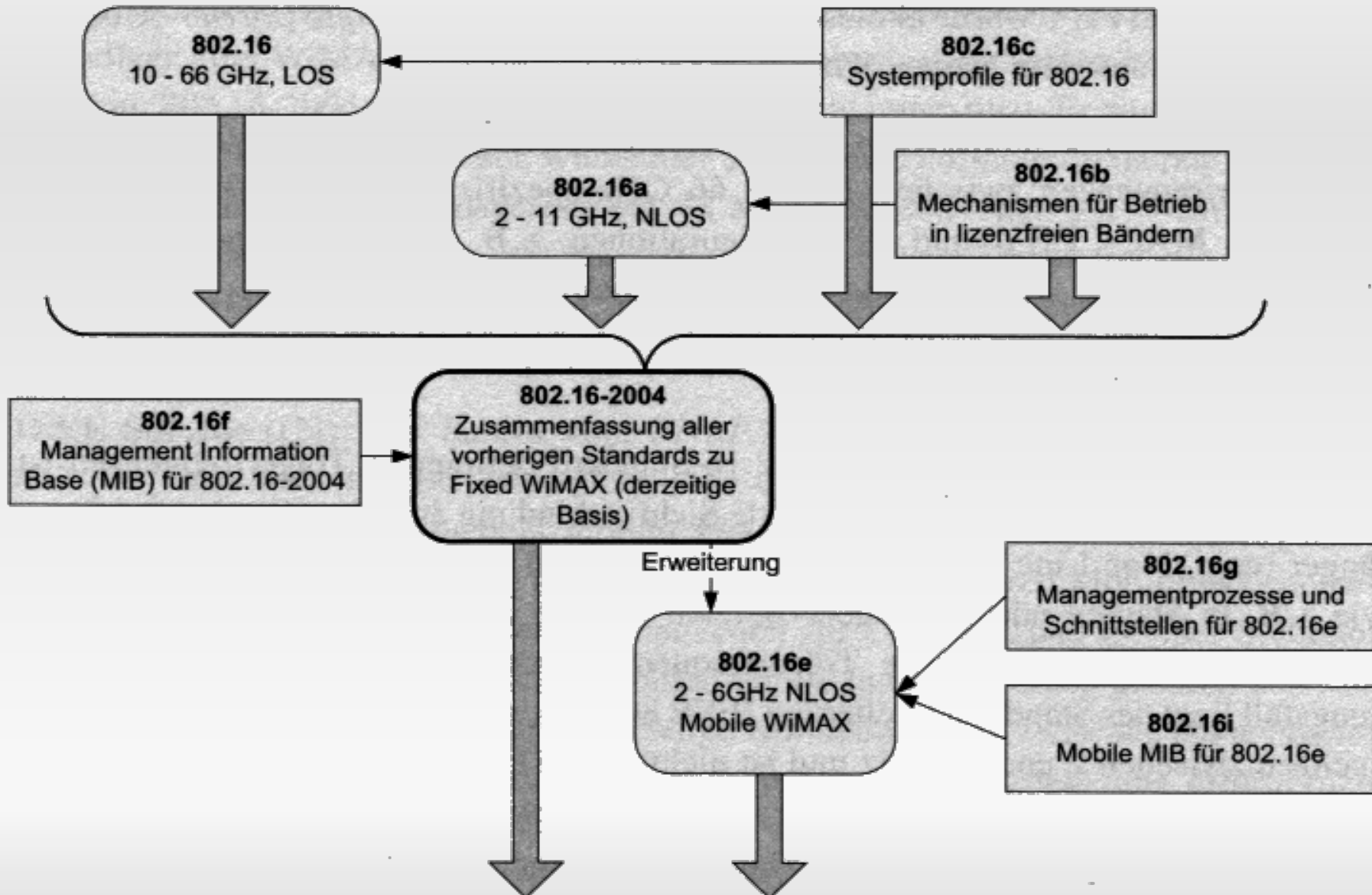


# IEEE802.16 und WiMAX

# 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

# Vorstellung IEEE802.16 Familie



# 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

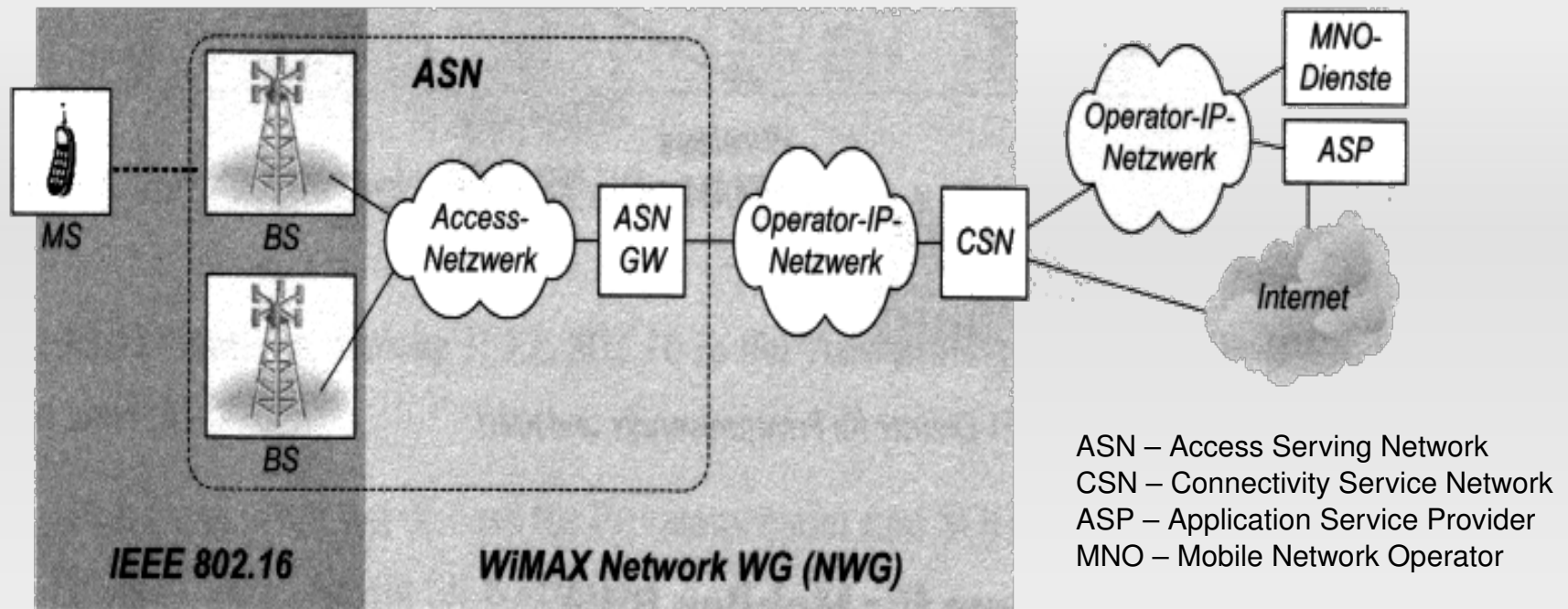
# IEEE802.16d/e Eigenschaften

- 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

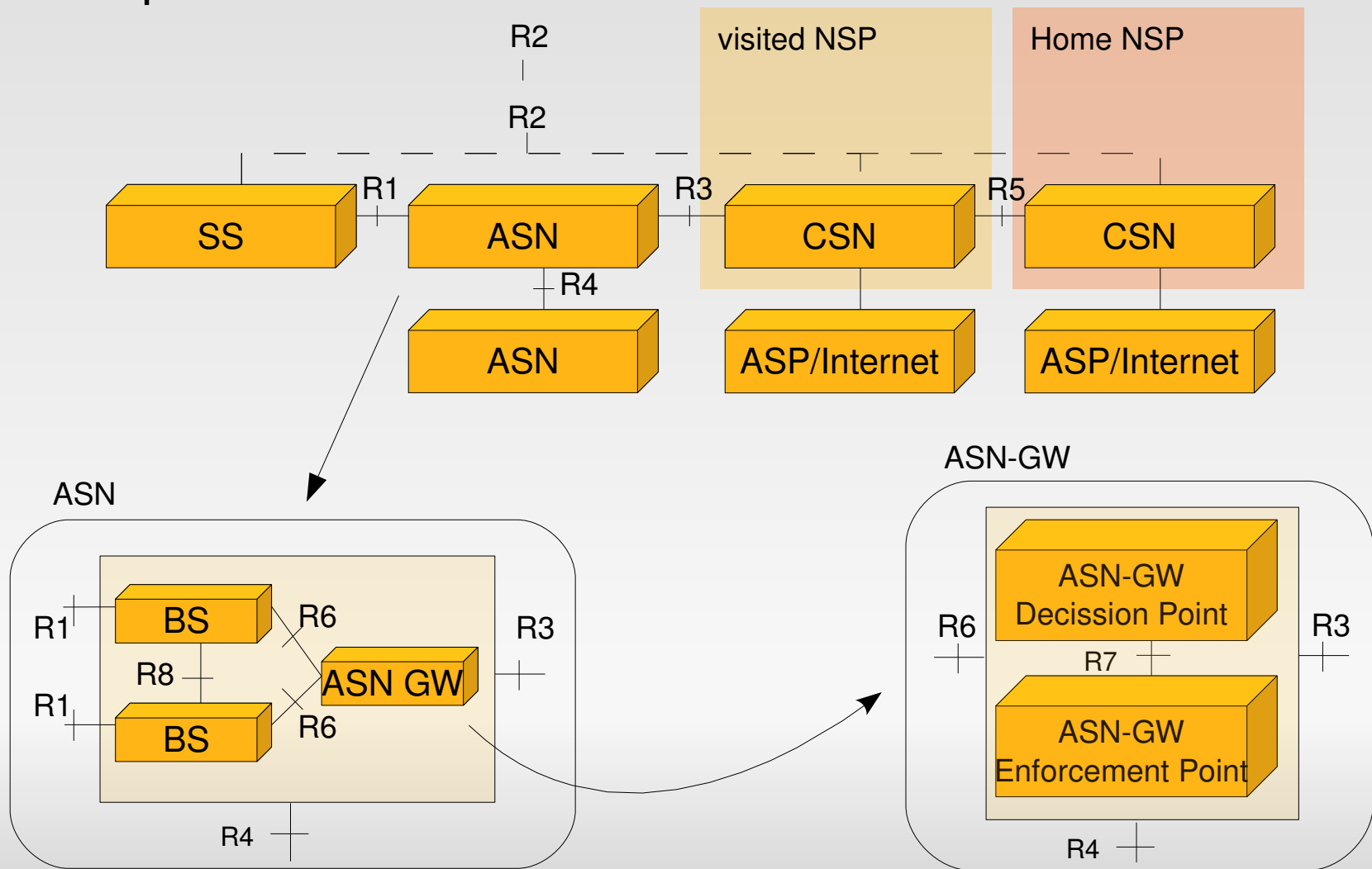
# WiMAX



- 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

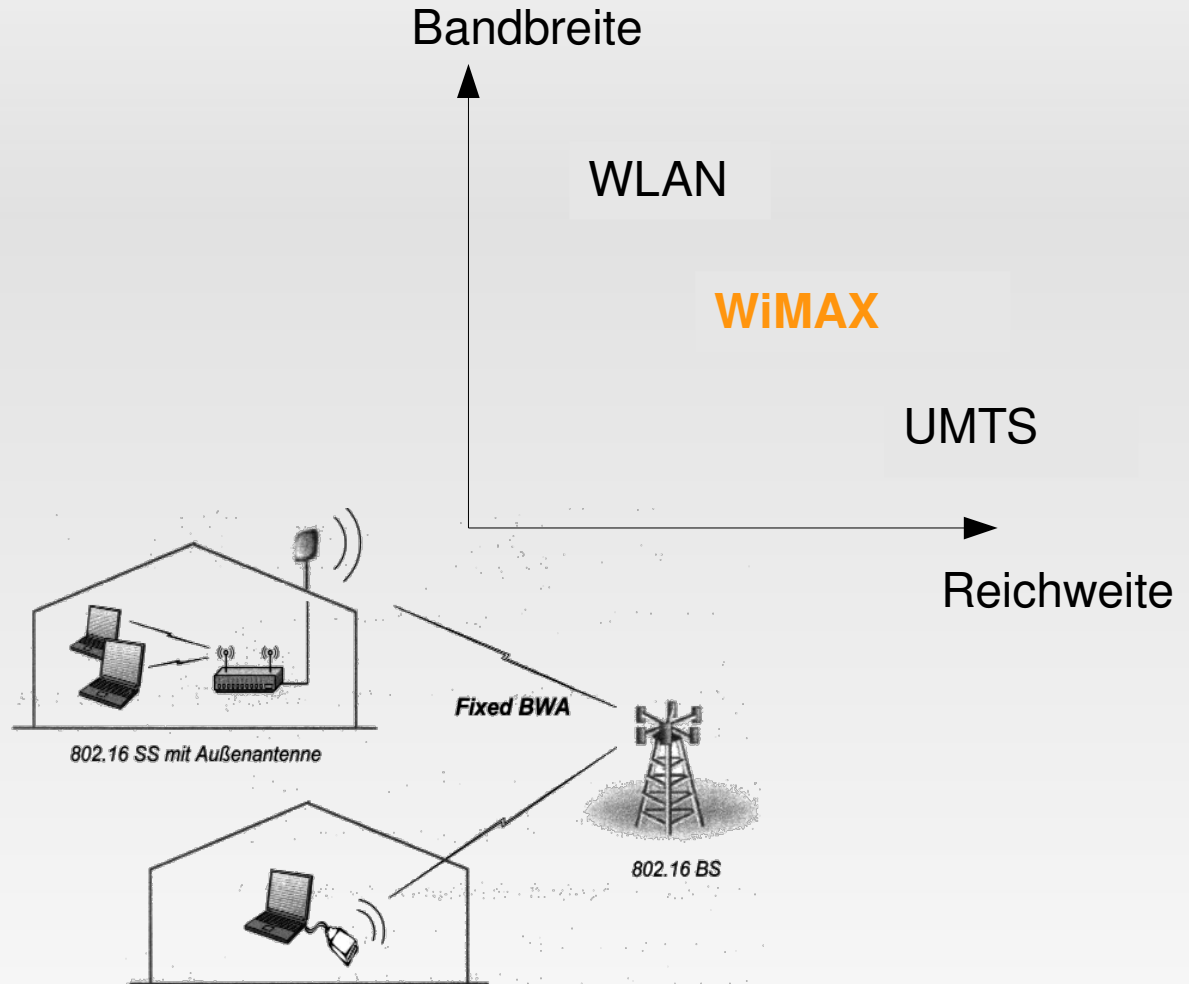
# WiMAX - Referenzmodell

Das WiMAX-Forum definiert folgende Netzwerkarbeitung und Referenzpunkte:



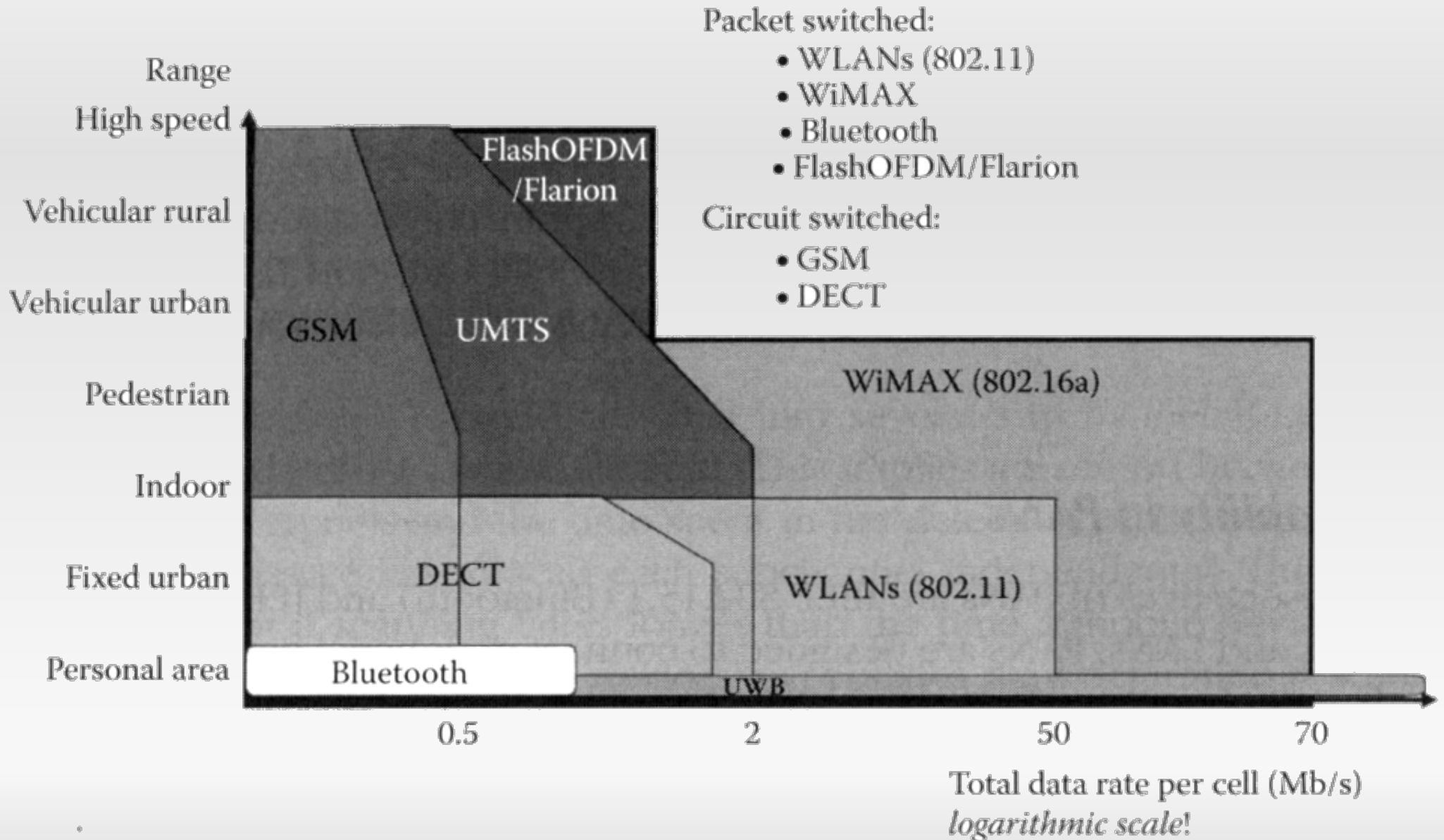
# Anwendungsgebiete

- 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)





# Anwendungsgebiete



# 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

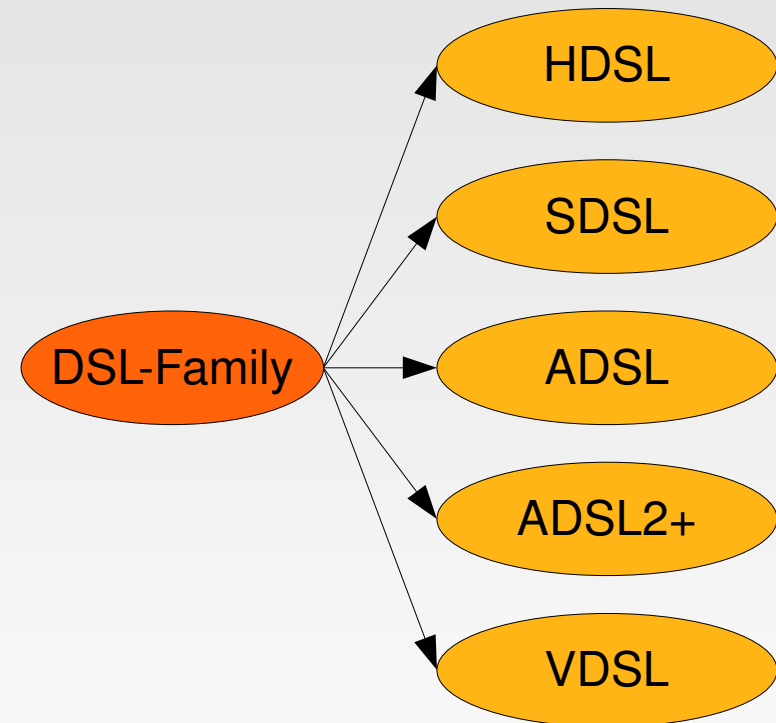
## 6. Zusammenfassung

# 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

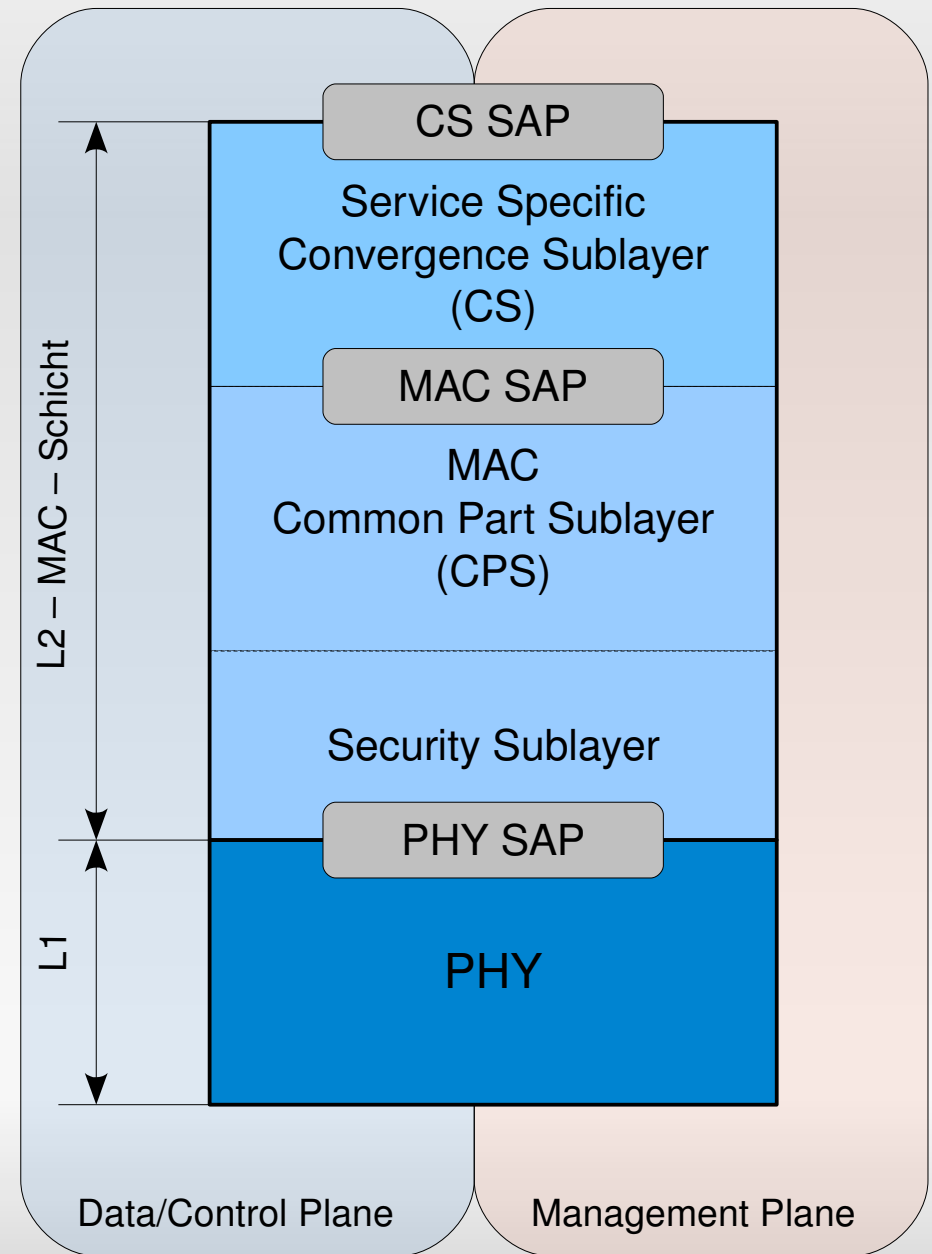
2. Medium Access Control Layer

## 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

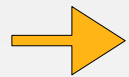
## 1. Einleitung

(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)

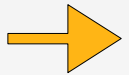
## 4. Protokoll Stack

### 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 authentifziert 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  $\Rightarrow$  SFID  $\mapsto$  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

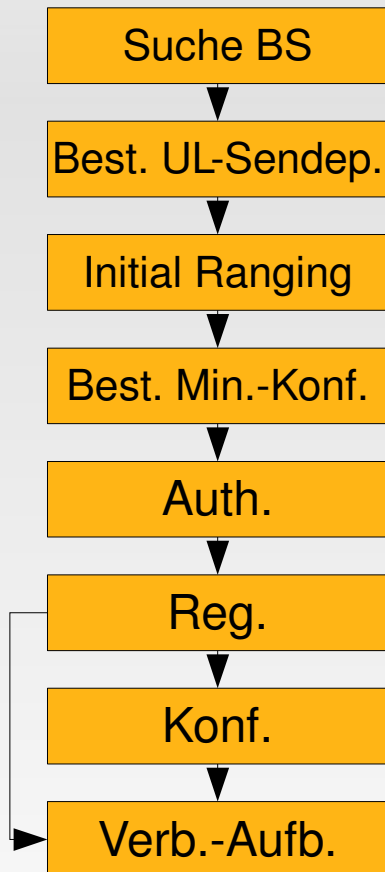
- Jedem Intervall ist ein Burst-Profil zugeordnet
- Burst-Profil wird durch BS ermittelt
- Für jede SS wird UP- und Down-Link-Profil ermittelt
- UCD-/DCD-Nachrichten (Uplink Channel Descriptor)

# 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

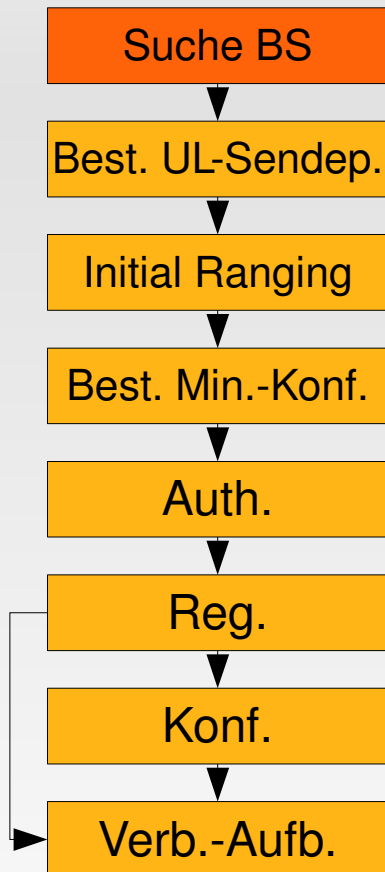
# MAC - Eintritt in das System

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

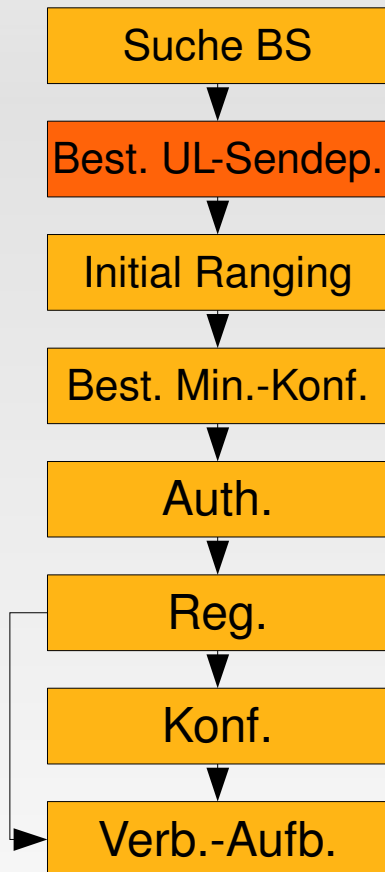
# MAC – Eintritt in das System



## 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

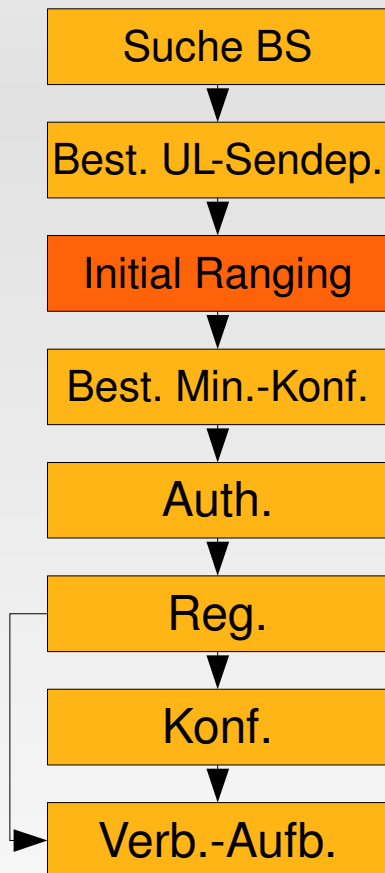


## Bestimmen der Uplink Sendeparameter

- 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

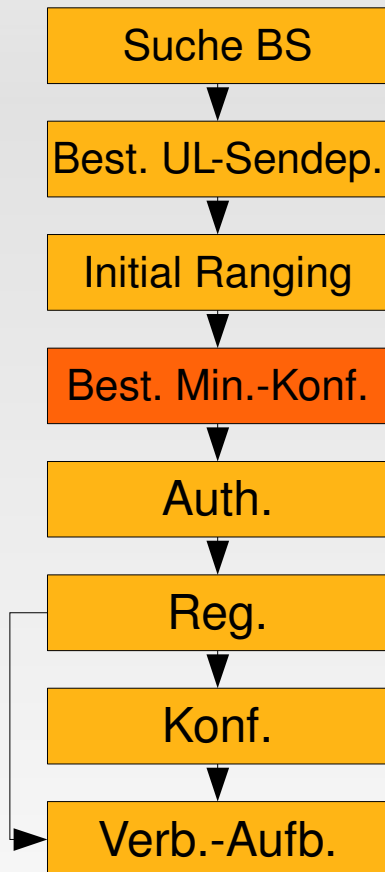


## Initial Ranging

- 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

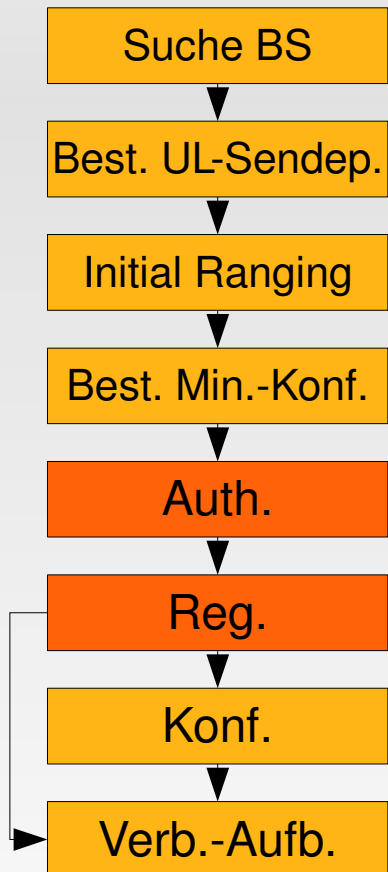
# MAC – Eintritt in das System

## 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



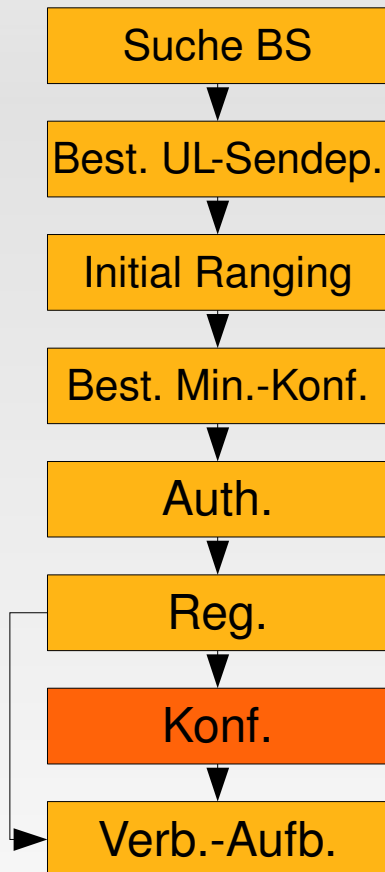
## Authentifizierung

- 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

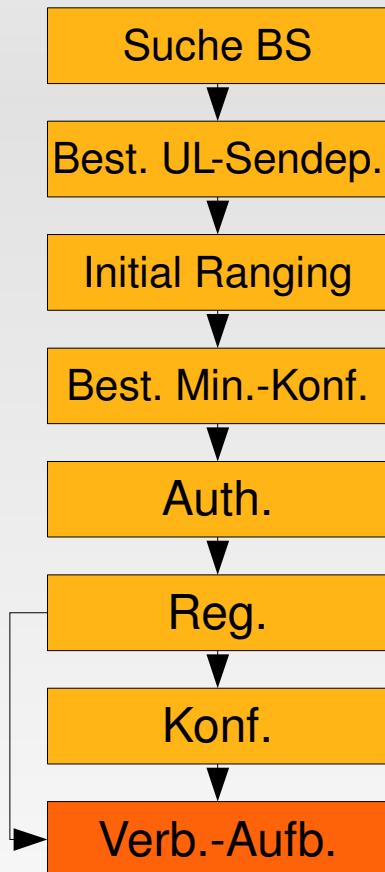
- SS sendet via Primary Management Connection REG-REQ und erhält REG-RESP
- Signalisierung ob managed oder unmanaged SS
- BS gewährt somit Eintritt in das System

# 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

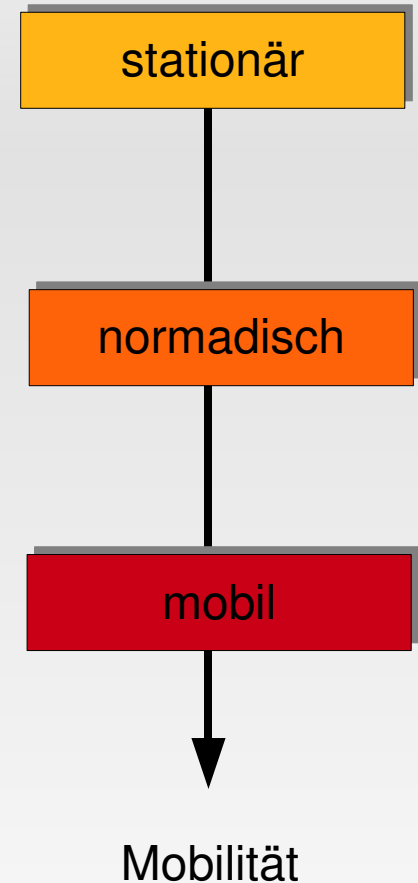
## 6. Zusammenfassung



# Mobilität - Einführung

## Einordnung:

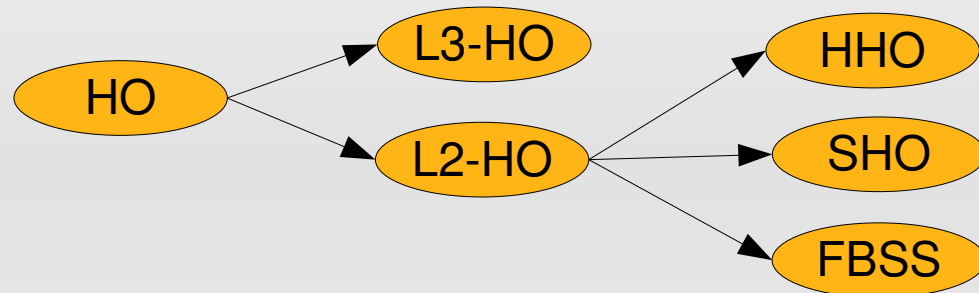
- Normadisch: SS kann bewegt werden aber kein HO (IEEE802.16d)
- Mobil: Netzwerkverbindung bleibt bei Zellwechsel bestehen
- Mobiles WiMAX ist mit IEEE802.16e möglich
- Bis 125 km/h
- Netz sorgt für das Weiterreichen der SS zu anderen BS



# Mobilität - Herausforderungen

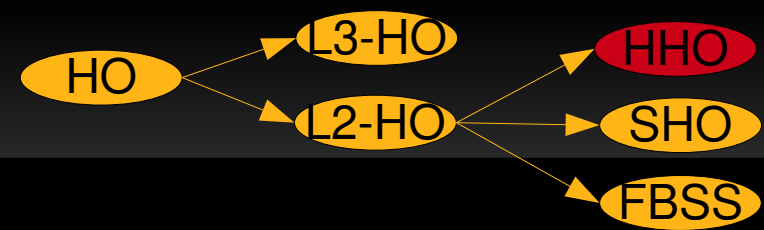
- Abschattung, Reflexion, Streuung und Beugung von Signalen führt zu Multipfadausbreitung
- Dopplereffekt bei Bewegung
- Durch Bewegung ändert sich Empfangseigenschaften schnell
- Dynamische Anpassung der Sendeparameter erforderlich
- Bessere Fehlerkorrektur erforderlich

# Mobilität - Handover

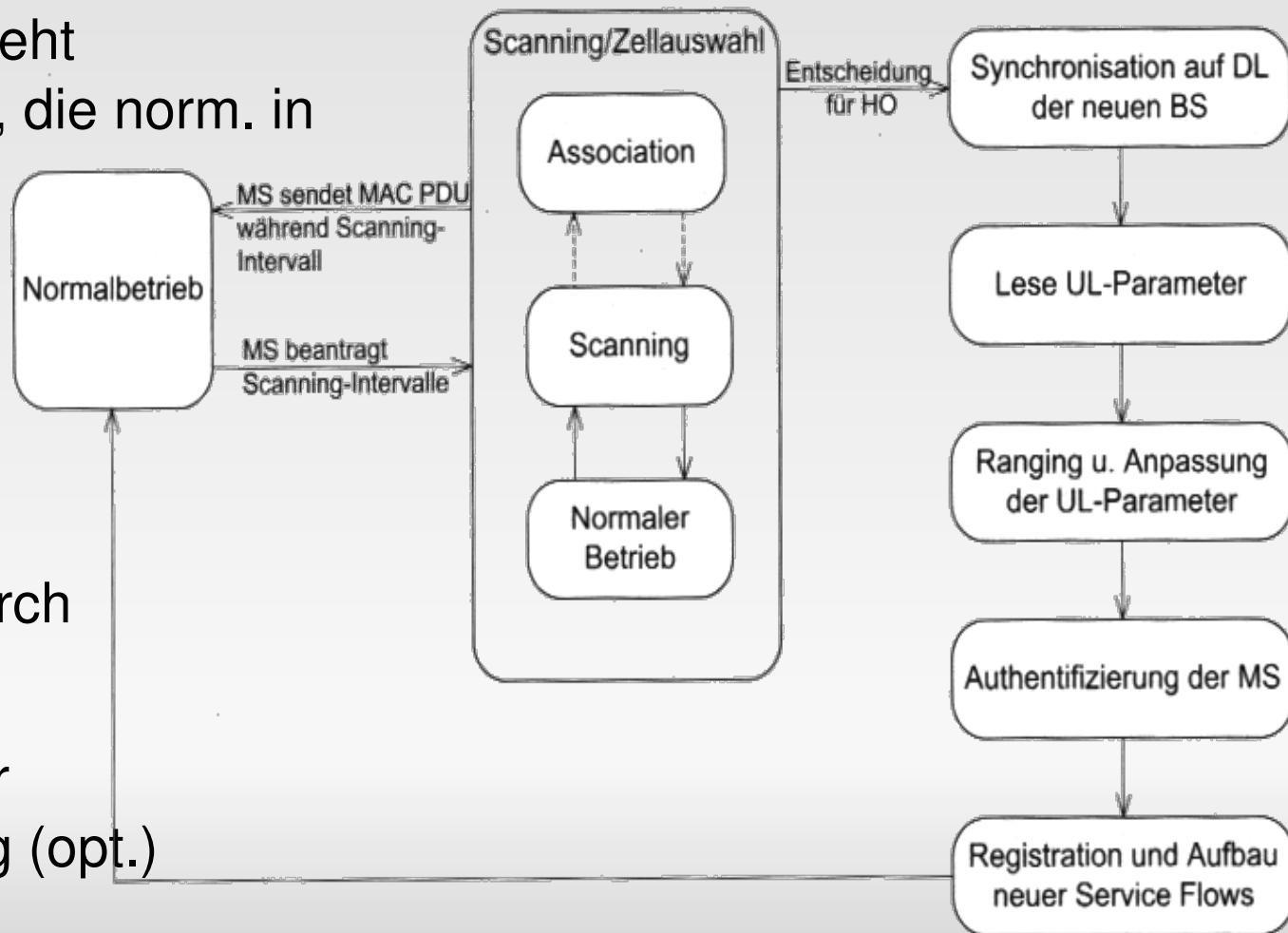


- HO wird unterteilt in:
  - Network Layer Mobility (CSN-anchored / Macromobility)
  - Link Layer Mobility (ASN-anchored / Micromobility)
- In IEEE802.16e 3 L2 -HO-Mechanismen spezifiziert:
  - HHO – Hard Handover (verbindlich)
  - SHO – Soft Handover (optional)
  - FBSS – Fast Base Station Switching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

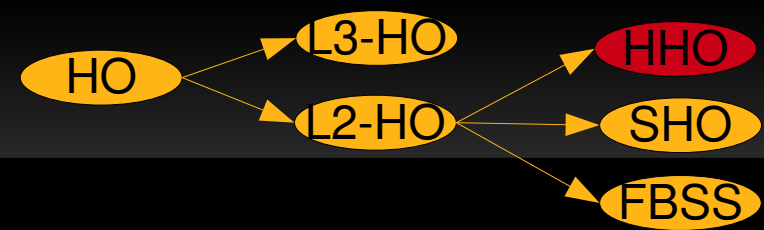
# Mobilität - HHO



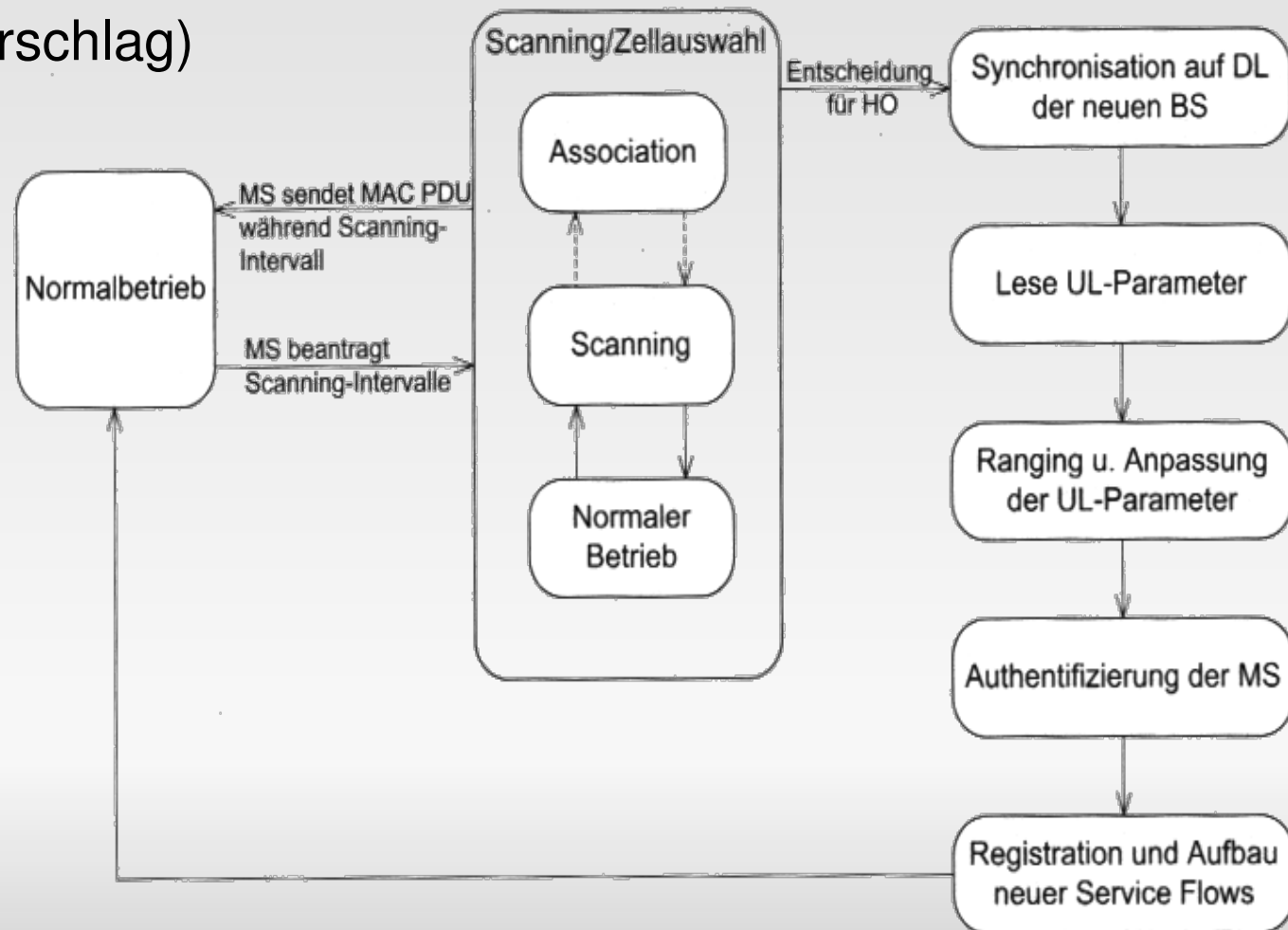
- SS immer nur mit einer BS verbunden
- SS initiiert HO
- BS sendet Infos über benachbarte BSs die es via Backbone bezieht (MOB\_NBR\_ADV) (Infos, die norm. in DCD/UCD stehen)  
➔ schnelles Sync. mgl.
- SS sendet MOB\_SCN\_REQ für Zuteilung Scan-Intervall
- Scan-Phase beenden durch senden einer PDU
- Während Scan, sync. Zur neuen BS → init. Ranging (opt.) (Ü-Quali abschätzen)



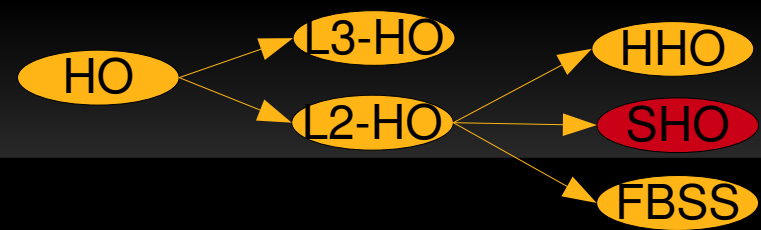
# Mobilität - HHO



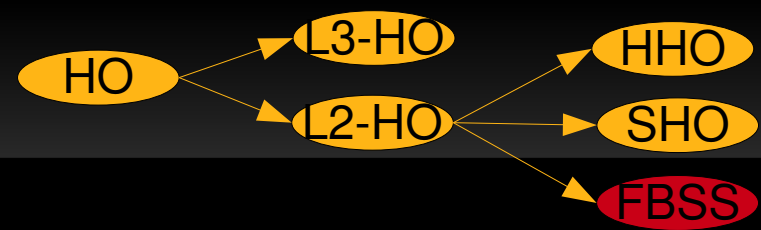
- Während Scan speichert BS Daten zwischen
- Bei HO-Entscheidung sendet SS MOB\_MSHO\_REQ (enth. mögliche Ziel-BSs)
- BS antw. Mit Ziel-BS (Vorschlag)
- SS nimmt Vorschlag an oder lehnt ab mit MOB\_HO\_IND
- BS baut mit pos. Ind. Verbindungen ab (bzw. Nach TO)



# Mobilität – SHO



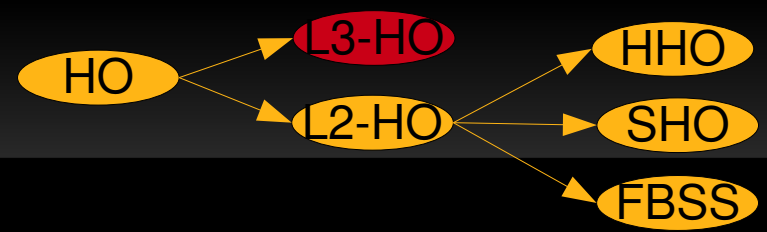
- Es gibt ein aktives Set an BS
- SS mit allen Stationen des aktive Sets verbunden
- Alle Stationen im aktiven Set senden zeitgleich und auf gleicher Frequenz. und CID die gleichen L1 und L2 PDUs (zeitsyncr. Erforderlich, gleicher MAC-Kontext)
- Empfangene Signale werden kohärent addiert. (DL)  
→ Summensignal 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

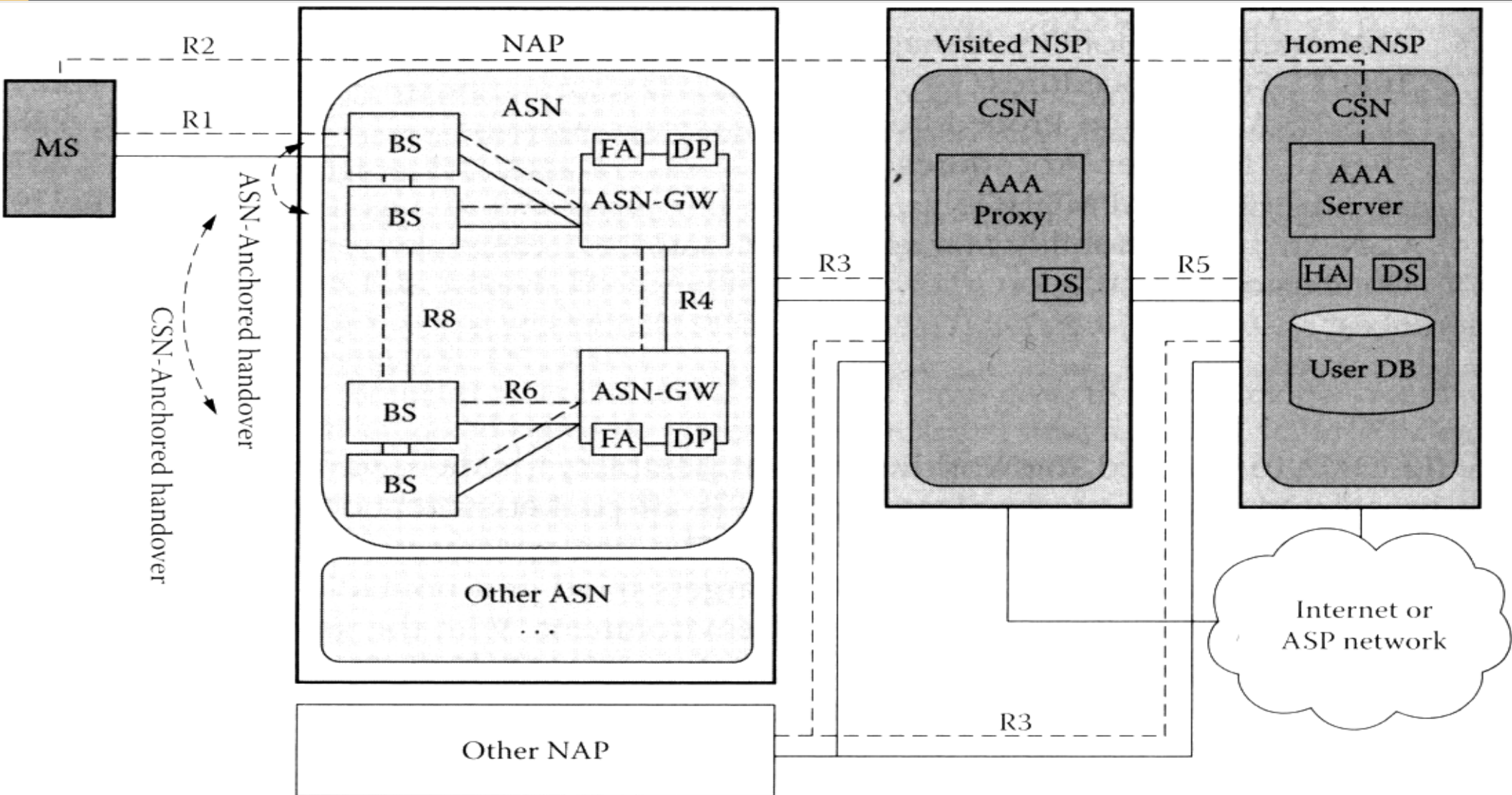


## L3-HO

- 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



# Mobilität – WiMAX Modell



MS: Mobile Station

BS: Base Station

ASN: Access Service Network

FA/HA: Foreign/Home Agent

ASN-GW: ASN Gateway

NAP: Network Access Provider

NSP: Network Service Provider

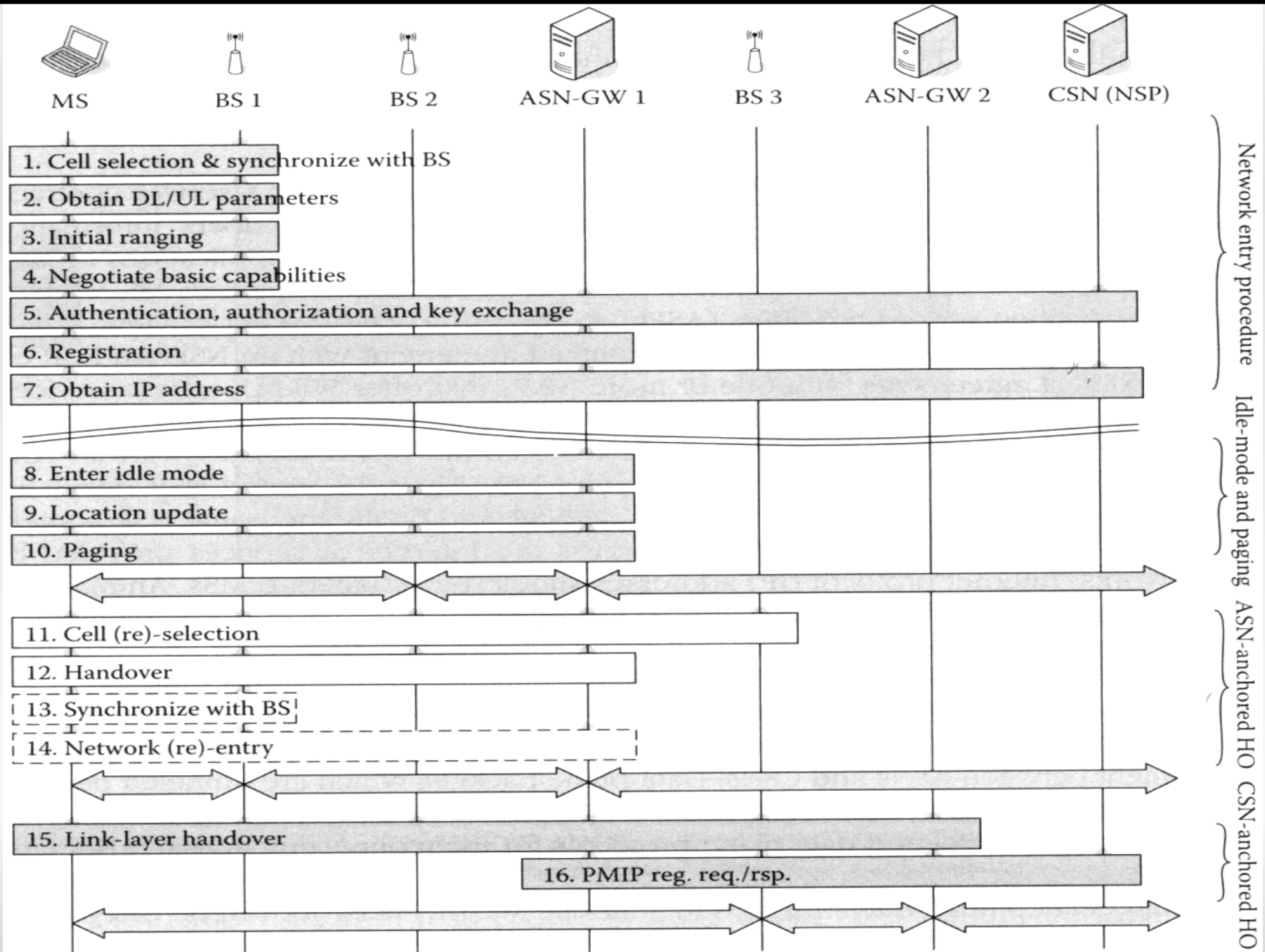
CSN: Connectivity Service Network

AAA: Authentication, Authorization, and Accounting

ASP: Application Service Provider

DP/DS: DHCP Proxy/Server

# Mobilität – ASN/CSN-Anchored HO



# 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>