



WLAN, WiMAX und QoS

Die Standards 802.11..802.16..22
QoS durch MAC Protokoll Erweiterungen
Klaus Rebensburg

V. 14. 11. 2005 1

IEEE 802.x Netzwerk Standards sind reichlich und schön

802.

- 1 Interworking and Link Security
- 2 LLC Logical Link Control
- 3 LANs Ethernet CSMA/CD Access Method
- 4 eingeschlafen Token Bus
- 5 eingeschlafen -Token Ring Access Method
- 6 eingeschlafen MAN, DQD
- 7 eingeschlafen - Recommended Practices for Broadband Local Area Network
- 8 Fiber Optic recommended practices
- 9 Isochronous LANs
- 10 Interoperable LAN/MAN Security
- 11 Wireless LAN
- 12 Standards for Demand Priority Access
- 13 non existent
- 14 non existent
- 15 Wireless Personal Area Networks WPAN
- 16 Broadband Wireless Metropolitan Area Networks.
- 17 Packet Ring Networks in Local, Metropolitan, Wide Area Networks scalable to gigabits per second
- 18 Ongoing radio regulatory activities, national, international levels
- 19 Policies to address issues of coexistence with existing standards and other standards under development
- 20 Mobile Broadband, Wireless Access - packet based air interface optimized for IP-based services
- 21 IEEE 802.21 Handover and interoperability between heterogeneous networks 802 and non 802 networks.

2

Überblick

Inhalte

- Wiederholung der WLAN Technologien – Luft-Luft
- Und dann waren da noch Schichten OSI, IEEE
- QoS in WLAN?
- Original 802.11 MAC – Notwendigkeiten von QoS
- 802.11e QoS Features
- Ausblicke – Was tun?
- Referenzen

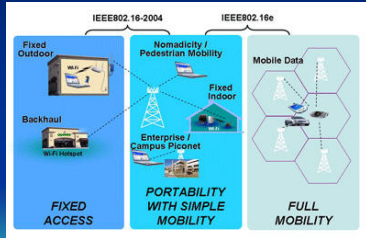
Lernziele:

- 1. Komplexe Abläufe und Entwicklungen der PHY MAC Mechanismen nachvollziehen
- 2. Insbesondere typische Mehrfach Zugriffs- und Ressourcenprobleme
- 3. Ein Gefühl entwickeln für typische Engineering Lösungen rund um die ePhysik

3

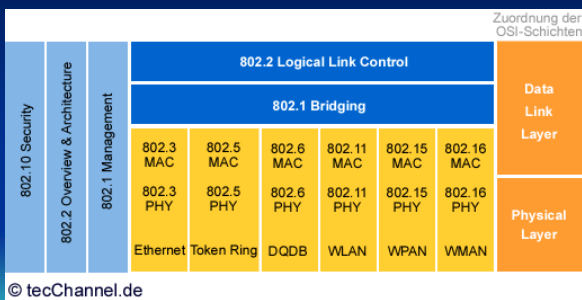
802.16 – Wireless im neuen Gewand – Viele Wege

- Ziele und Teilziele:



4

Wiederholung 802.x



5

Sicht von „oben“ - Untergliederung Data Link Layer (OSI/802)

Logical Link Control (LLC) Sublayer

- Paketorientierte Kommunikation mit Verlustmöglichkeit
- Paketorientierte Kommunikation mit Sicherung gegen Verlust
- Verbindungsorientierte Kommunikation

Framing Sublayer

- Bildung der versendeten „Rahmen“ (Frames von Bits)

Media Access Control (MAC) Sublayer

- Wann und wie erfolgt der Zugriff auf den Physical Layer
- Shared Medium (Koax, Funk, LWL, IR)



6

PHY: Und Frequenzen gibt es viele

- Am Beispiel der **lizenzfreien ISM Bänder**

- 6,765 - 6,795 Mhz
- 13,553 - 13,567 Mhz
- 26,957 - 27,283 Mhz
- 40,660 - 40,700 Mhz
- 433,05 - 434,79 Mhz

- 2,4 - 2,5 Ghz
- 5,725 - 5,875 Ghz
- 24 - 24,25 Ghz
- 61 - 61,5 Ghz

- 122 - 123 Ghz
- 244 - 246 Ghz

Vor- und Nachteile der Frequenzen

- 2,4 GHz Vorteile**
 - kostenloses Frequenzband, daher geringere Gerätekosten. In Folge höhere Verbreitung
 - etwas höhere Reichweite, da diese Frequenzen weniger stark gedämpft werden.
- 2,4 GHz Nachteile**
 - Frequenz muß mit anderen Geräten geteilt werden (Mikrowellenherde, Babyphones, etc.), dadurch Störungen
 - effektiv nur 3 brauchbare (nicht überlappende) Kanäle
- 5 GHz Vorteile**
 - bessere Verbindungsqualität (subjektiv); weniger Verbindungsabbrüche
 - in Deutschland 19 (bei RegTP-Zulassung) nicht überlappende Kanäle
- 5 GHz Nachteile**
 - höhere Kosten
 - geringere Verbreitung
 - etwas weniger Reichweite, da diese Frequenzen stärker gedämpft werden

Teure IMT-2000 Lizenzen in Deutschland

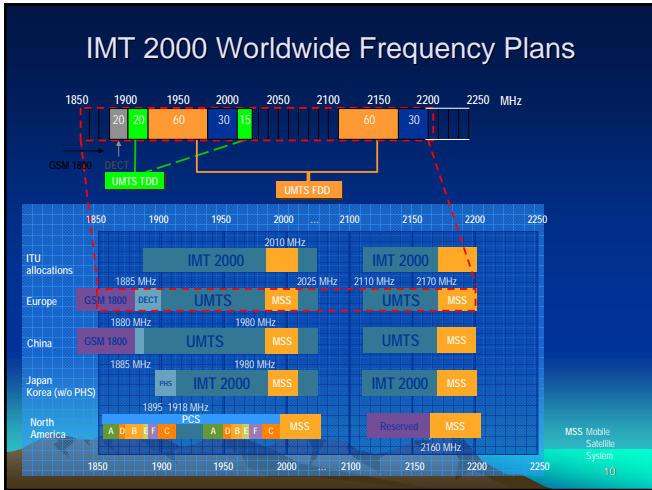
FDD Frequencies

| (MHz) | 1920,3 | 1930,2 | 1940,1 | 1950,0 | 1959,9 | 1968,8 | 1979,7 |
|-------|--|---------------------------------|---|---|-----------------------------|--------------------------------|--------|
| | FDD 1: Mannesmann Mobilfunk (9,9 MHz) | FDD 2: Group 3G (9,9 MHz) | FDD 3: E-Plus 3G Lux (9,9 MHz) | FDD 4: MobilCom Multimedia (9,9 MHz) | FDD 5: VIAG (9,9 MHz) | FDD 6: T-Mobil (9,9 MHz) | |
| (MHz) | 2110,3 | 2120,2 | 2130,1 | 2140,0 | 2149,9 | 2158,8 | 2168,7 |
| | FDD 1: Mannesmann Mobilfunk (9,9 MHz) | FDD 2: Group 3G (9,9 MHz) | FDD 3: E-Plus 3G Lux (9,9 MHz) | FDD 4: MobilCom Multimedia (9,9 MHz) | FDD 5: VIAG (9,9 MHz) | FDD 6: T-Mobil (9,9 MHz) | |

TDD Frequencies

| (MHz) | 1900,1 | 1905,1 | 1910,1 | 1915,1 | 1920,1 | 2019,7 | 2024,7 |
|-------|-------------------------------------|---|------------------------------------|--|--------|-----------------------------|--------|
| | TDD Block 1: Group 3G (5 MHz) | TDD Block 2: MobilCom Multimedia (5 MHz) | TDD Block 3: T-Mobil (5 MHz) | TDD Block 4: Mannesmann Mobilfunk (5 MHz) | | E-Plus 3G Lux (5 MHz) | |

Source: www.regtp.de



Wiederholung WLAN Standards

Der WLAN Standard heißt IEEE 802.11

- Lizenzfrei 2.4 GHz, 5 GHz, genannt ISM Bänder (ISM: Industrial, S=Scientific, M=Medical. Man unterscheidet u.a. 802.11 b, 802.11a, 802.11g
- 802.11b
 - PHY: 11 Mb/s, und weniger, 50m, erweitert DSSS=Direct Sequence Spread Spectrum, mit besonderen Anforderungen bei Richt-Schweife Point to Point, 14 Kanäle überlappt je 22 MHz, 2 Kanäle funktionieren weltweit,
 - MAC: Infrastruktur Mode und Ad-Hoc Mode,
 - MAC: ohne Overhead 5.5 Mb/s, Zugriff per CSMA/CA.
- 802.11a
 - PHY unterstützt bis zu 54 Mbps, kleinere Reichweite
 - PHY OFDM=Orthogonal Frequency Division Multiplexing Modulation im 5 GHz Band
 - PHY 5 GHz Band leider nicht weltweit verfügbar
- 802.11c: MAC-Layer Brücking gemäß 802.11d
- 802.11d: Anpassung an die regulatorischen Bedingungen verschiedener Länder
- 802.11e: Quality of Service
- 802.11f: Interoperabilität von Basisstationen
- 802.11g: 2003 ratifiziert
 - PHY: 2.4 GHz und 5 GHz mit 3 verfügbaren Funkkanälen
 - PHY robuster als 802.11a, weil Ausbreitung im 2.4 GHz Band günstiger, auch Bonding/Super G möglich 108 Mb/s
 - PHY höhere Datenraten als 802.11b im 2.4 GHz Band mit OFDM, bis zu 54 Mb/Sec
 - 1 PHY: OFDM Modulation, 2 PHY: CCK Modulation (Packet Binary Convolutional Coding) aber auch 3, CCK (Complementary Code Keying), Modulation mit Abwärtskompatibilität zu 802.11b
 - LINK: Fortschritt für Anwendungen wie Streaming Media, Video Downloads
 - PHY: Robust gegen Interferenz z. größere Überdichte
 - PHY: MAC: Komplex wegen der 3 Modulationstypen, hat Chancen, wenn 802.11h nicht kommt

Und dann war da noch mehr 802.11....

- 802.11f
 - Access Points, Registrierung und Weiterleitung des Benutzers von einem Access Point zum anderen - „empfohlene Praxis“
- 802.11h
 - MAC Ergänzung zur Einhaltung der europäischen Bestimmungen für 5-GHz-WLANs.
 - eine Anpassung der Übertragungsleistung (TPC) auf das Minimum, das zum Erreichen des am weitesten entfernten Benutzers erforderlich ist
 - sowie dynamische Frequenzauswahl (DFS): Auswahl des Funkkanal am Access-Point so, dass möglichst wenig Interferenzen mit anderen Systemen, insbesondere mit Radarsignalen, entstehen.
- 802.11i
 - MAC Ergänzung zur Verbesserung der Sicherheit. Gültig für die physischen 802.11-Standards a, b und g (6.2004).
 - Alternative zur Wired Equivalent Privacy (WEP) mit neuen Verschlüsselungsmethoden und Authentifizierungsverfahren.
 - Als erste Lösungen wurden Teile von 802.11i realisiert mit WPA (WiFi Protected Access) Firmware-Upgrades mit dem TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) angeboten
 - dann folgten neue Chips mit AES (Verschlüsselungsalgorithmus), Radius(11) Kompatibilität und TKIP-Abwärtskompatibilität

Noch mehr 802.11

- **802.11n**
 - 2004: IEEE verkündet WAN Wireless + Große Erwartungen bis 2006
 - PHY bis **250 Mbit/s**, incl. Overhead **100 Mbit/s**
MAC 4-5 mal schneller als 802.11g,
MAC eventuell 50 mal schneller als 802.11b.
 - PHY 802.11n wird größere Entfernungen überbrücken können
 - PHY 802.11n addiert zu den 802.x Standards **MIMO** (multiple-input multiple-output).
Zusätzliche Send- und Empfangsantennen erlauben erhöhte Datenraten durch Raummultiplex und erhöhte Reichweite durch spezielle Coding Verfahren wie das sog. [Alamouti coding](#).

13

Erster Rundschlag: PHY Fortschritte durch

- PHY Transfer Methoden**
- **FHSS** Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS), **Frequenzspritzverfahren** für drahtlose Datenübertragung.
Fast- und Slow Hopping.
Die Trägerfrequenz wechselt frequentiv und diskret.
Die Folge der Frequenzwechsel wird durch Pseudozufallszahlen bestimmt.
Slow Hopping: Minimal wird 1 bit pro Frequenzsprung übertragen, also z.B. 3 Bits bevor die Frequenz wechselt.
Fast Hopping: Hier wird maximal 1 bit pro Frequenzsprung übertragen, es können aber durchaus auch 3 Frequenzsprünge innerhalb eines Bits stattfinden.
FHSS ist leicht implementierbar, nutzt aber nur einen schmalen Bereich des Spektrums zu einem Zeitpunkt, und ist nicht so abhörsicher wie DSSS.
 - **DSSS** Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS), **Frequenzspritzverfahren** für drahtlose Datenübertragung.
Verwendung einer vorgegebenen Sequenz, um ein Ausgangssignal zu spreizen.
Diese Frequenz wird auch **Chipping-Frequenz** genannt, und stellt eigentlich eine Bitfolge dar.
Das Signal wird nun mit dieser Chipping-Sequenz XOR verknüpft.
Beispiel: Chipping Sequenz: +1 +1 0 0 +1 +1 +1 +1, 8 Chips d.h. ein Bit muss durch 8 Chips codiert werden.
Vorteile: DSSS ist (je nach Chipping-Sequenz-Länge) sehr gut gegen **Abhören** gesichert, das Signal verschwindet für Angreifer im Hintergrundrauschen.
Nachteile: Je länger die Chipping Sequenz desto mehr Bandbreite wird benötigt.
Bei **CDMA** hat jeder Sender eine eigene Chipping Frequenz. Alle können dann „gleichzeitig“ senden.
 - **HR-DSSS**, **High Rate DSSS**, benutzt **CCK**, Complementary Code Keying
das den Blistrom in Bit code Symbole aufteilt
 - **PBCC** Proprietäre Erweiterungen des PHY, erlaubt andere Übertragungsraten (22 Mbit/s im 2.4-GHz-Band, PBCC, auch als "802.11b+" bezeichnet; oder 108 Mbit/s).
 - Diese sind aber keine offiziellen IEEE-Standards
 - **OFDM**, Mehrträgerverfahren –siehe später

14

Überblick 802.11 Standards

| Standard | PHY Transfer Methode | Frequenzen | Datenraten Mb/s |
|-------------------------|----------------------|--------------|---|
| 802.11 legacy | FHSS, DSSS, infrarot | 2.4 GHz, IR | 1, 2 |
| 802.11b | DSSS, HR-DSSS | 2.4 GHz | 1, 2, 5.5, 11 |
| "802.11b+" non-standard | DSSS, HR-DSSS (PBCC) | 2.4 GHz | 1, 2, 5.5, 11, 22, 33, 44 |
| 802.11a | OFDM | 5.2, 5.8 GHz | 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 |
| 802.11g | DSSS, HR-DSSS, OFDM | 2.4 GHz | 1, 2, 5.5, 11; 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 |

15

Der Markt von 802.11

Überraschender Erfolg der WLAN Technologie

- **Wi-Fi Chipsets**
2003 (25 Mio Sets) – 2007(148 Mio = 1.13 Mrd USD)
 - WiFi= Wireless Fidelity
 - WiFi Alliance propagiert Rundum Sorglos Verwendung WLAN und Internet
- Jährliche Zuwachsraten von über 40% (Quelle ABI)

16

?

Probleme? Vielleicht mit QoS?

17

Also kein Problem mit 802.11? Doch!

Handlungsbedarf?

- 2004: WLAN **Basis Connectivität ok.** mit IEEE 802.11 b und 802.11a!
- Doch wehe! QoS Nachrüstung erforderlich! Daher **IEEE 802.11 e**

Im Einzelnen

- Channel Access Funktionen 802.11 haben leider physikalische und systematische Grenzen
- PHY, LLC Systemarchitektur muss upgedatet werden für den 802.11 MAC
- Security – vom Stiefkind zu zentraler Bedeutung
- Trotz Kompatibilität - meist Neubeschaffung von verbesserten Hardwarekomponenten nötig

18

QoS und WLAN

Wir erinnern 1.: QoS hat viel mit Traffic Charakteristika (Flow) zu tun:

- Durchsatz, Packet Size, Delay, Jitter, Prioritäten, Scheduling, Service Wechsel und Intervall, Klassen von Datenströmen, Art der Pakete, Bürsts, ftp,

Wir erinnern 2.: 802.11 ist Best Effort wie Ethernet, mehr nicht aber

- Ethernet ist problemloser, weil hohe Datenrate bei fehlerarmem Physical Layer

Leider 1.: Wireless braucht aber hohen Per-Packet Overhead :

- 32% des Datenstroms für Packet Fragmentierung, Interframe spacing, und Mac Level acknowledgement
- Mit RTS/CTS sogar 50%
- Dazu kommen Kollisionen und Backoffs – frame delivery Dauer geht exponentiell hoch
- Retransmissions verursachen unvorhersehbare Verzögerungen (10-100 ms), Blockierung der Übertragung möglich, ...

Leider 2.: Multimedia Services (voice, video) sind besonders betroffen vom Delay – daher Problem mit neuen Märkten

- Wireless AV zuhause?
- Wireless Patient Monitoring?

QoS Festnetz versus Wireless

Festnetz – wir erinnern

IETF's **Integrated/Differentiated Services**
oberhalb Link Layer + RSVP

- **IntServ** – per-flow resources
-> soft states / scalability problems
- **DiffServ** – different service levels to different groups of users, edge routers, mark, policy, shape, SLA Service Level Architecture

?

Layer PHY

Wir erinnern – ein Wireless PHY Problem

Denkspiel – der zelluläre Trick

- 1 Lizenz Bandbreite – z.B. gesamt 2 MHz – ein Kanal volle Bandbreite -> zuwenig! + das Blut kocht
- Z.B. bei 20 KHz/Kanal, 1 großer Transceiver = 100 Kanäle = 100 User -> zuwenig! + das Blut kocht
- Zellulär mehrere (schwächere) Transceiver mit je 100 Kanälen -> aber die Wellen halten sich nicht an 6ecke -> Interferenzen, Störungen
- Besser: Zellulär mehrere Transceiver mit je 20 Kanälen -> räumliche Anordnung in 1.000 Zellen so flexibel möglich, dass 20.000 User gleichzeitig arbeiten können

22

Wir erinnern – PHY Lösungen Multiplex

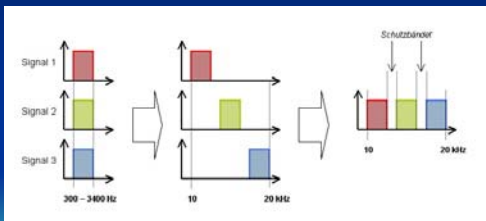
Engineering Prinzipien für Datenströme, die sich im Leben wiederholen:

- **Raummultiplexverfahren** – Übertragungskanäle (Leitungen, Frequenzen) werden zur parallelen aber exklusiven Nutzung durch mehrere Sender und Empfänger gebündelt - mehradrige Kabel, Koppelfeld Matrix.
 - **Frequenzmultiplexverfahren** - Mehrere zu übertragende Signale werden in einem Frequenzbereich gebündelt.
 - **Zeitmultiplexverfahren** - Mehrere zu übertragende Signale werden durch zeitversetztes Senden gebündelt.
 - **Codemultiplexverfahren** - Mehrere zu übertragende Signale werden durch unterschiedliche Verschlüsselung (Codierung) gebündelt.
 - **Wellenlängenmultiplexverfahren** - Mehrere zu übertragende Signale werden in einem optischen Wellenlängenbereich gebündelt.
- Im fortschrittlichen Hinterkopf **engineeren** wir Daten nach diversen Kriterien (...) flexibel in die Räume, in (Träger) Frequenzbänder, geschickt auf der Zeitschiene, zweckmäßig codiert, in Ströme zerlegt und zusammengesetzt.

23

PHY – Frequenzmultiplex FDMA

- Quelle: Wikipedia, Angewendet bei Kabelfernsehen, mit Zeitmultiplex auch bei GSM, DECT, Bluetooth, Demultiplex durch Filter, Schutzbänder vermeiden Interferenzen



24

Genug zum PHY, PMD – von unten nach oben zur konfliktfreien Medienzugriffs Steuerung (MAC)

- Noch Teil des PHY: **PLCP Physical Layer Convergence Protocol**
- Stellt fest, ob Kanal frei, Kanalwahl

Nach IEEE nun **LLC und MAC** (mehrfach) in Schicht 2:

- Medium frei? wartet, Zeitschlitz im Wettbewerb? Medium belegen.
- **Anbindung** Endgerät an Accesspoint, **Roaming, Authentifizierung, Verschlüsselung und Synchronisation, Energiespar Optionen, MIB**
- Asynchroner Datendienst (best-effort Broadcast, Multicast), optional zeitbeschränkter Dienst
- IEEE 802.11 - 2 **DCF** (Distributed) und 1 **PCF** (Point Coordination) Zugriffsverfahren:
 - CSMA/CA – **C**arrier **S**ense, **M**ultiple **A**ccess – **C**ollision **A**voidance (zufällig fair, nicht fair, warten auf Acknowledge)
 - Optional Behandlung versteckter Endgeräte
 - Optional kollisionsfreies, **zentralisiertes** Verfahren für zeitbeschränkte Dienste (asynchron und synchron)

31

Von „oben“ - Untergliederung Data Link Layer (OSI/802)

Logical Link Control (LLC) Sublayer

- Paketorientierte Kommunikation mit Verlustmöglichkeit
- Paketorientierte Kommunikation mit Sicherung gegen Verlust
- Verbindungsorientierte Kommunikation

Framing Sublayer

- Bildung der versandten „Rahmen“ (Frames von Bits)

Media Access Control (MAC) Sublayer

- Wann und wie erfolgt der Zugriff auf den Physical Layer
- Besonders wichtig bei Shared Medium (Koax, Funk)



32

Data Link Layer (OSI/802)

Bereitstellung einer fehlergesicherten Verbindung für eine vorgegebene Bitfolge über einen vorhandenen Physical Layer

- **LLC:**
 - **Fehlerkontrolle:** Erkennung von Übertragungsfehlern, einschließlich Beheben und Signalisierung des Fehlers
 - **Flusskontrolle (flow control):** Strategien wenn der Sender schneller sendet als Empfänger die Daten entgegennehmen kann (puffern, regeln)
- **Framing:**
 - **Segmentierung:** Zusammenfassung einzelner Bits zu größeren Einheiten unter Berücksichtigung der natürlichen Grenzen der Einheiten (z.B. 7 bit ASCII)
- **MAC:**
 - **Identifikation:** Auswahl eines bestimmtem Senders oder Empfängers auf dem Physical Layer
 - **Medienzugriff:** Aktivieren des Physical Layers

33

Und wie bekommt WLAN QoS?

Möglichkeit:
Jedes WLAN wird als **Single Link** von höheren Levels verwaltet?
Ansonsten: **Ohne 802.11 MAC Sublayer** läuft nichts –
die Funktionalität müsste über übliche MAC Funktionen hinausgehen
Ohne „**QoS Awareness**“ der oberen Layer
könnten die QoS nicht genutzt werden

Vorgriff:
*802.11e Wireless Media Extensions stellen Dienstklassen mit verwalteten
QoS Ebenen und Prioritäten für Daten-, Voice und Video
Um IntServ und DiffServ zu bedienen,
dafür hat die 802.11e Task Group den Mac Layer modifiziert!
802.11i Security absehbar 2005 – ohne Hardware support nix los*

MAC im Original

- Infrastruktur aus BSS (Basic Service Set)**
- Access Point (AP)
 - Stationen rund um den AP (STAs)
- Reliable Data Service mit Frame Exchange Protocol**
- 1 Frame von Source -> Destination, CRC Check
 - ACK, NAK + ggf. Retransmission (ms)
 - Wie kommen STAs nicht durcheinander bei unerwarteten Signalen?
 - Optional RTS/CTS für Robustheit und „hidden nodes“ Problem
 - STA schickt RTS (mit Längenangabe), erhält CTS, sendet dann erst MSDU (MAC Service Data Unit)
 - STAs updaten den sog. Network Allocation Vector (NAV=Interne Timer) und warten erfolgreiches CTS ab (auch Hidden STAs tun das)
- DCF, PCF:**
- 802.11 kennt 2 Kanalzugriffs Funktionen:
 - **DCF** (Distributed Coordination Function) längste Wartezeit **DIFS**
 - **PCF** (Point Coordination Function) Wartezeit für zeiteingeschränkte Dienste **PIFS**
 - Short Interframe Spacing **SIFS**, höchste Priorität beim Medienzugriff, Steuernachrichten

Interpretation **DCF** Distributed Coordination Function

CSMA/CA (Collision Avoidance)

- STA hat Sendewunsch, findet Medium frei, wartet Zeit **DIFS**, startet Übertragung (belegt also das Medium)
- Dann gibt STA Medium frei
- Während einer zufälligen Backoff Zeit zählen die Konkurrenten herunter
- Kürzeste Backoff Zeit gewinnt, belegt Medium, wartet Zeit **DIFS** und sendet.
Die anderen Backoff Zeiten werden angerechnet.
- Bei gleichen Wartezeiten gibt es Kollisionen, neue Versuche sind die Folge

Qualitätsproblem bei Wireless - Paketgröße

- Fragmentierung von Nutzdaten hilft etwas – in Abhängigkeit von der Fehlerrate noch besser
- Reservierungsinformation abhängig von der Framegröße als Information an alle Stationen, die stellen sich darauf ein (NAV - Net Allocation Vector).

43

?

QoS und MAC

44

QoS Grenzen des Original MAC

- DCF kann keine QoS unterstützen – nur first come – first serve - best effort, ein bisschen Fairness?
Alle STAs im BSS bewerben sich um das Medium mit gleicher Priorität.
- Das verursacht asymmetrischen Durchsatz zwischen Uplink und Downlink, weil AP gleiche Priorität wie andere STAs mit höherer Durchsatzanforderung. Es gibt **keine Unterscheidung für QoS Data Flows**.
Wenn die Anzahl der STAs in einem BSS sich erhöht, dann gibt es häufiger Kollisionen und damit Retransmissions. Daher nimmt die QoS ab, ebenso wie der Durchsatz im BSS.
 - Obwohl PCF time-bounded Traffic unterstützt, gibt es Unzulänglichkeiten. Z.B. **unvorhergesehene Beacon Delays**, die verkürzte CFP zur Folge haben. **Unbekannte Dauern gepollter STAs** machen die Vorhersage für den PC schwierig, ebenso wie den **Polling Schedule** für den Rest der Wettbewerbsfreiheit
 - Es gibt kein **Management Interface**, um PCF Operationen aufzusetzen oder zu kontrollieren. Daher auch keine PCF Policy möglich, um mit IntServ und DiffServ zu kommunizieren. Es gibt keinen Mechanismus für STAs, um QoS Anforderungen für den AP zu kommunizieren, was für die Optimierung der Performance von Polling Algorithmen essentiell wäre.
 - **Resümee: Weder DCF noch PCF sind hilfreich für Traffic mit QoS**

45

802.11e QoS Features

Bei einem Wireless Medium mit unvorhersehbaren Charakteristiken hat ein herkömmlicher MAC wenig Chancen.
 Allerdings kann die Wahrscheinlichkeit erhöht werden, dass eine bestimmte Verkehrsklasse adäquate QoS erhält.
 In einem angemessen kontrollierten System können echte QoS Garantien gemacht werden.

Maßnahmen im Rahmen von 802.11e

- 1. Einführung von QoS-Enhanced Stations versus Non QoS STAs.
- 2. QoS-Enhanced Access Points versus Non QoS Access Points.

Verbesserungen

- MAC: Channel Access Functions
- LLC und oberhalb: Traffic Specification Management TSPEC (Bindeglied zu IntServ und DiffServ)
- MAC: Erhöhung der Effizienz von 802.11 wie Block ACK (BA), Direct Link Protocol (DLP), Automatic Power Save Delivery (APSD), Local Multicast service class

46

Neue Channel Access Funktionen

MAC: Hybrid Control Function (HCF) Kontrolliertes Poling sorgt für mehr Berechenbarkeit
 -> QoS der Datenströme

- Enhanced Distributed Channel Access (EDCA) wettbewerbsbasierte channel access Funktion mit HCF Controlled Access (HCCA), ein Polling Mechanismus, der vom Hybrid Coordinator (HC) kontrolliert wird. Der sog. QAP und HC zusammen und verbessern und erweitern DCF und PCF.

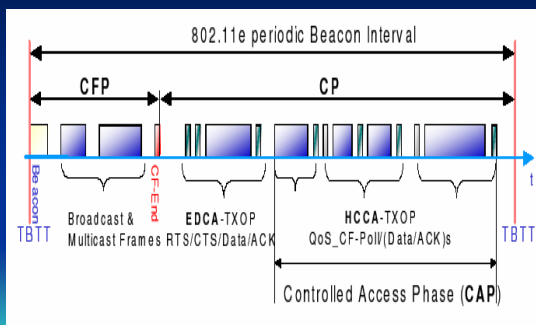
EDCA hilft somit DiffServ, HCCA unterstützt parametrisierten Verkehr wie in IntServ. Eine Transmission Opportunity (TXOP) ist ein Zeitintervall in welchem QSTA eine Serie von Frames aussenden kann.

Wenn ein XTOP erhalten wird beim wettbewerbsbasierten Kanalzugriff, nennt man ihn EDCA-TXOP. Wenn XTOP gewährt während HCCA, dann ist es ein HCA-pollt TXOP.

Die Dauer des EDCA-TXOP wird vom QAP kontrolliert und wird zu Non-AP QSTAs innerhalb der Beacon Frames zusammen mit anderen EDCA bezogenen Parametern. Die Dauer eines HCCA (polled) TXOP wird dem non-AP QSTA direkt vom HC als Teil eines QoS CF-Poll Frames, der dem HCCA (polled) TXOP.

47

Channel Access Mechanismus



48

Diskussion MAC ACK und EDCA

Enhanced DCA EDCA wird nur während CP benutzt, während HCCA theoretisch während CFP und CP arbeitet. 802.11e empfiehlt nur HCCA während CP und rät ab, es während CFP zu nutzen.

Grund: Implementierung ist komplex

CF-Poll und QoS CF-Poll zur gleichen Zeit. Multicast und Broadcast Frames werden vom QAP geliefert während CP oder CFP unter EDCA oder PCF.

- In 802.11e MAC-level ACKS nur optional! Daher kann z.B. VoIP unterstützt werden, allerdings Zuverlässigkeit nimmt ab.
- Dadurch auch erhöhte Echtzeitanforderungen an die Implementierung,
- denn wenn kein ACK erwartet wird, dann muss der nächste Frame fertig vorliegen, innerhalb SIFS nach der letzten Transmission.

49

EDCA für priorisierten Traffic

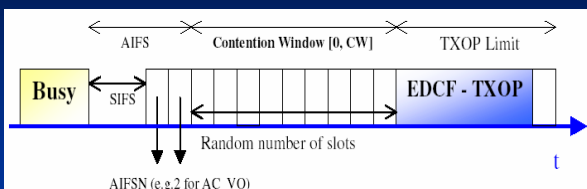
EDCA verbessert DCF im Hinblick auf priorisierten Zugriff auf das Medium, ebenso prioritätsbasierte best-effort Dienst wie DiffServ.

Priorität QoS gewährleistet durch die Einführung von 4 Access Categories (AC). Jede AC hat seine eigene Transmit Queue und seinen eigenen Set von AC Parametern

- User Prioritäten wie in IEEE 802.1D
- Beliebige Inter-frame Nummer (AIFSN), das minimale Zeitintervall zwischen Medium Idle und Start Transmission of Frame
- Contention Window (CW), Zufällig wird von diesem Intervall gezogen, Fenster für den Backoff Mechanismus
- TXOP, maximale Dauer in der ein QSTA senden kann, nachdem er ein TXOP erhalten hat
- Wenn das die Anwendung alles wüsste ...
- Der interne Wettbewerbs Algorithmus ...
- Die gewinnende Access Kategorie ...
- Mit geeignetem Tuning der AC Parameter ...

50

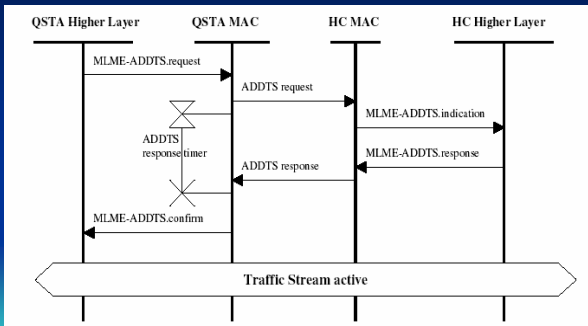
External Contention Algorithmus



When the medium is detected to transit from busy to idle, the channel is monitored for SIFS time. At the end of SIFS and if the channel is still idle, a slot counter is started to count the number of slots from zero. At the end of each slot, the slot counter is incremented. If a transmit request has been made, the slot counter is compared with the programmed number of backoff slots. If the slot counter is equal or greater than the number of backoff slots, then an EDCF-TXOP has been obtained and transmission of the frame starts. If the medium is detected to transit from idle to busy at any time during the SIFS and contention period then the counting of slots is suspended.

51

Typische TSPEC Aushandlung



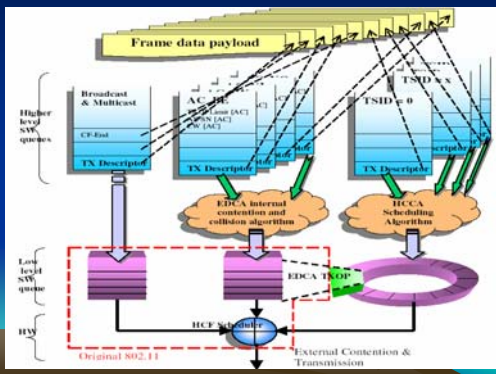
58

802.11e High Level SW Architecture

...

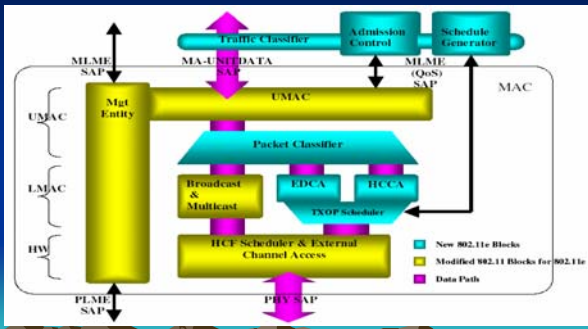
59

Architektur und Implementierung 802.11e



60

Die 802.11e SW Architektur



61

?

Status, Rückblick, Zusammenfassung

62

Status 802.11e 2004

MAC Enhancements for Quality of Service

- to expand support for applications with Quality of Service requirements, and in the capabilities and efficiency of the protocol.

May, 2004, 802.11e Anaheim Report , May 14,2004 Sponsor Ballot Report:

- Sponsor Ballot extended by 10 days due to incomplete participation (75% not reached)
- Received 320 comments
- Provided Resolution to approximately 150
- Next meeting goal to complete comment resolution and issue new draft for recirculation.

63

Der Weg ist das Ziel QoS in 802.11e?

- Nehmen Sie u.a. Referenzen zur Hilfe
- Studieren Sie z.B. den Hauptvortrag (Chung/Pietchota)
- Versuchen Sie mit eigenen Worten die oben zitierten bildlichen Abläufe zu erklären
- Übrigens ETSI HIPERLAN ist ein gutes Trainingsobjekt der eigenen Engineering Fähigkeiten, gleicher Hintergrund, gleiche und andere Lösungen
- Kämpfen Sie sich hin und wieder durch den Dschungel der Abkürzungen
- Schauen Sie dann einmal „hinüber“ zu 802.16, der interessante Aspekte des 802.11 weiterführt oder ergänzt

67

Referenzen

- Simon Chung, Kamila Pietchota: Understanding MAC protocol QoS amendments: A guide to IEEE 802.11e technology. September 2003, S3 Silicon & Software Systems
- Alvarion, <http://www.alvarion.com/Runtime/HomePage.asp?fsp=1>
- Wikipedia, www.wikipedia.de ist grundsätzlich ein kurzer guter Weg zu technischen Informationen und für einige Erklärungen und Bilder hier verwendet worden
- <http://grouper.ieee.org/groups/802.11>
- <http://www.wi-fi.org>

- Siehe auch zitierte Buchreferenzen, Anregungen und Beispiele auf dem Lehrportal

68

Noch

Fragen?
Kopfschmerzen?
Hoffnung?

Danke vielmals für die Geduld!

69

QoS und weiter?

- QoS weiter ausreizen mit 802.16 / WiMAX

70

Schlagzeilen WiMAX 2005

Worldwide Interoperability for Microwave Access

- [WiMAX: Regulator will Frequenzen im niedrigem Quatritz vergeben](#) (10.11.2005, ssu)
Das Bundesministerium will Spektrum im 3,6 GHz-Spektrum diskriminierungs- und technoneutral verteilen. Das "Licensing Light" genannte Verfahren soll Konflikte bei der Vergabe von Spektrum für drahtlose Breitband-Anschlüsse vermeiden helfen.
- [WiMAX-Netz in Berlin gestartet](#) (08.11.2005, swh)
Die DSD Deutsche Breitband Dienste betreibt seit heute in Berlin das erste **WiMAX**-Netz für Privatkunden.
- [Quartett um Verträge Nokia gegen Patentverletzungen](#) (07.11.2005, ssu)
Nokia kündigt im Patentstreit der Mobilfunk-Konzerne Ojelsommi zurück: nutzen die Finnen in Ihren GSM-GPRS- und EDGE-Produkten unberechtigt Patente, die die US-Firma ursprünglich für CDMA-Mobilfunk entwickelt hatte.
- [Acht neue deutsche Hersteller im 802.16-Standard](#) (07.11.2005, Nrb)
Laut BITKOM boomt der DSL-Markt in Deutschland auf Rekordniveau. Das Wachstum werde 2006 nahezu unvermindert anhalten.
- [E-Plus hat 10,1 Millionen Kunden in Deutschland](#) (07.11.2005, ssu)
Im dritten Quartal konnte der Mobilfunkanbieter 527.000 neue Kunden gewinnen. Der Marktanteil blieb bei 13,2 Prozent, der Durchschnittsumsatz ARPU sank leicht auf 21 Euro.
- [Palm-Share im Weltmarkt beschleunigt](#) (05.11.2005, B)
Palm-Chief Ed Colligan hat in einem Interview mit der Berliner Zeitung Stellung zur Zukunft der Taschencomputer seines Unternehmens genommen.
- [Lena Berlin will Zukunftstechniken stärken](#) (02.11.2005, Jk)
Für die wichtigsten Bereiche der Forschung haben Senat, Unternehmensverbände und die Technologiestiftung Berlin "Masterpläne" mit strategischen Zielen für die nächsten zehn Jahre vorgestellt.
- [WiMAX: Intel und Motorola forcieren 802.16e-Entwicklung](#) (28.10.2005, ssu)
Anlässlich der bevorstehenden Verabschiedung des Standards durch das IEEE streben die Unternehmen kommerzielle Anwendungen wie Kombi-Mobilefone oder integrierte Empfänger in Notebooks an.
- [E-Plus: Mobilfunk wird zu einer Flatrate-Branche](#) (28.10.2005, sma)
Mit günstigen Preiskampagnen können sich Mobilfunkler gegen die Konkurrenz durch neue Funktechniken wehren, meint der Technikkopf von E-Plus.
- [WiMAX am Rhein: Fire-Alarmung und Düsseldorf](#) (27.10.2005, ssu)
Im Rahmen der Intel-Initiative "Digital Communities" will Düsseldorf bis zur Fußball-WM einen PDA-basierten Fremdenführer anbieten. Die Feuerwehr soll per **WiMAX** Filmsequenzen vom Brandort zur Leitstelle übertragen können.

71

802.16

- Frequenzen 3.2 .. 3.4 GHz, Reichweite ..70 km
-



72
