

Zusammenfassung - Netzwerke II

Drahtlose Netzwerke

1.1.1 Grundlagen

Wireless Host (Drahtloser Teilnehmer): Endsystem auf dem die Applikation läuft (stationär oder mobile), z.B. Smartphone, PC

Wireless Link (Drahtlose Verbindung): Verbindet Teilnehmer direkt oder per Basisstation (Abdeckung, Datenrate)

Basisstation (Base Station): Überträgt Datenpakete zwischen drahtgebundenem zu drahtlosem Netzwerk, meist mit drahtgebundenem Netzwerk verbunden (WLAN Access Point, UMTS Basisstation)

Drahtloses Infrastruktur Netzwerk: Netzwerkteilnehmer sind über Basisstation mit dem Netz verbunden

Drahtloses Ad-Hoc Netzwerk: Keine Infrastruktur (Basisstationen), Teilnehmer bilden das Netz selbst.

Nachteile: passive Teilnehmer haben trotzdem Stromverbrauch, eigene Daten landen auf fremden Mobiltelefonen und höhere Latenz

Single-Hop: Genau ein wireless Link

Multi-Hop: Übertragung geht über mehrere wireless Links in Folge

Übliche Datenraten		Beispiele für Single und Multi-Hop	
		Single Hop	Multiple Hops
GSM (2G)	0.56 Mb/s	Infrastruktur	Host verbindet sich mit Basisstation (Wifi, zellulare Netzwerke) und diese dann mit dem Internet
UMTS (3G)	4 Mb/s		
LTE (4G) und 802.11b	5 - 11 Mb/s		
802.11ag	54 Mb/s	Keine Infrastruktur	Keine Basisstation und auch keine Verbindung zu weiterem Internet. Muss durch mehrere drahtlose Geräte: <i>MANET</i> , <i>VANET</i>
802.11n	200 Mb/s		

Herausforderungen bei drahtloser Übertragung

- Teilnehmer zeitweise nicht erreichbar (Funkloch)
- IP-Adresse ändert sich
- Höhere Anzahl an Übertragungsfehlern durch Interferenz (Störung durch andere Teilnehmer) oder Dämpfung → Bessere Fehlerbehandlung
- Kurzer Paketverlust führt bei TCP zu angeblicher Netzüberlastung (obwohl nur kurzzeitige Störung)
- Medium kann abgehört werden
- Mehrwege-Ausbreitung: Signale werden an unterschiedlichsten Oberflächen reflektiert → Am Empfänger sowohl konstruktive als auch destruktive Überlagerung möglich

⇒ Funkkanal ist zeit- und ortsvariant!

Modulationsarten: Frequenz-, Amplituden- & Phasenmodulation, Quadraturamplitudenmodulation (QAM) ⇒ Kombination von Amplituden- und Phasenmodulation (*QAM-8*: 3 Bit pro Symbol, *QAM-1024*: 10 Bit pro Symbol).

Höhere Modulationsarten bieten höhere Übertragungsrate sind aber fehleranfälliger. Bei größerem Signal-Rausch-Abstand (SNR - Stärke des Nutzsignals bezogen auf Störung) kann höhere Modulation eingesetzt werden da Kanal anscheinend nicht so stark gestört (*QAM-16* = 4Mbps, *QAM-256* = 8Mbps)

Bit-Error-Rate (BER): Wahrscheinlichkeit, dass ein fehlerhaftes Bit übertragen wird.

Hidden Terminal Problem: Teilnehmer A, B & C. A und B hören sich, B und C hören sich aber A und C hören sich nicht → Bei Übertragung $A \rightarrow B$ und $C \rightarrow B$ stören sie sich unbewusst gegenseitig.

TODO: BEHEBUNG / VERMINDERUNG DURCH?

Aufteilen eines Mediums:

- TDMA (Time Division Multiple Access)
 1. synchron: Jeder Teilnehmer hat festen Zeitslot, nur in diesem kann er senden
 2. asynchron: keine festen Zeitslot, jeder nutzt aktuellen Zeitslot wenn er Daten hat - Absender wird in Header geschrieben

- **FDMA** (Frequency Division Multiple Access)
 1. Teilnehmer nutzen unterschiedliche Frequenzen
- **CDMA** (Code Division Multiple Access)
 1. Teilnehmer nutzen unterschiedliche Spreizcodes, **Vorteil:** Störungsunempfindlicher, **Nachteil:** Mehr Datenübertragung
 2. Zu übertragende Daten werden vom Sender mit Spreizcode multipliziert, Ergebnisbits \Leftrightarrow **Chips**
 3. Empfänger multipliziert empfangende Daten mit Spreizcode des Senders
 4. Teilnehmer senden zur gleichen Zeit im gleichen Band, Daten werden beim Empfänger durch bitweise Multiplikation mit Code zurückgewonnen
 5. Andere Teilnehmer wirken als zusätzliches Rauschen (\Rightarrow Umso mehr Teilnehmer umso geringerer SNR \Rightarrow Sendeleistung erhöhen)

CDMA - Beispiel zur Kodierung

Sender hat Spreizcode $(1, 1, 1, -1, 1, -1, -1, -1)$ und versendet Daten $d_1 = -1, d_0 = 1$. Nach Multiplikation der Daten mit Spreizcode:

$Z_{1,m} = (-1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, 1)$, $Z_{0,m} = (1, 1, 1, -1, 1, -1, -1, -1)$. Der Empfänger dekodiert folgendermaßen: $\frac{\sum_{m=1}^M Z_{i,m} \cdot c_m}{M}$.

Dabei ist M Länge des Spreizcodes (in diesem Beispiel 8), c_m Spreizfaktor an der Stelle m , $Z_{i,m}$ die gespreizten Daten, d.h:

$$d_1 = \frac{(-1) \cdot 1 + (-1) \cdot 1 + (-1) \cdot 1 + 1 \cdot (-1) + (-1) \cdot 1 + 1 \cdot (-1) + 1 \cdot (-1) + 1 \cdot (-1)}{8} = \frac{-8}{8} = -1$$

$$d_0 = \frac{1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + (-1) \cdot (-1) + 1 \cdot 1 + (-1) \cdot (-1) + (-1) \cdot (-1) + (-1) \cdot (-1)}{8} = \frac{8}{8} = 1$$

Bei mehreren Sendern multipliziert der Empfänger das überlagerte Signal mit dem jeweiligen Spreizcode, da diese orthogonal zueinander sind, kommen die richtigen Daten des jeweiligen Senders wieder raus.

1.1.2 Wireless Local Area Networks

Protokollstack:



802.11: '97, FHSS/DSSS, 1-2MBit/s, 2.4 GHz

802.11b: '99, DSSS, 1 - 11MBit/s, 2.4 GHz

802.11n: '09, OFDM/MIMO, 6 - 600MBit/s, 2.4 oder 5 GHz

802.11ac: '14, MU-MIMO, bis zu 6.93 GBit/s, 5 GHz

802.11ay: '19, 20 - 40 GBit/s, 60GHz

Begriffe:

- **Basic Service Set (BSS):** Stationen die auf dem gleichen Übertragungskanal Daten austauschen
- **Extended Service Set (ESS):** Zusammenschluss mehrerer BSS zu Kommunikationsnetz, Roaming zwischen den BSS
- **Service Service Set ID (SSID):** Name des Netzwerkes
- **Ad-Hoc Mode / Independent BSS (IBSS):** Alle Stationen gleichberechtigt, kein Access Point
- **Infrastructure BSS:** Geräte kommunizieren über AP (=Übergang zu drahtgebundenem Netz)

Kanäle:



- Bis zu 13 Kanäle mit je 5 MHz zwischen 2410 MHz - 2483 MHz.
- Bei **DSSS** Kanalbreite = 22MHz, bei **OFDM** = 20 MHz / 40 MHz (ohne / mit Kanalbündelung). Störungsfreier Betrieb nur bei passendem Abstand (5 Kanäle bei DSSS).

Hierzu bitte auch das erste Übungsblatt vom Praktikum durchlesen!

Accesspoint sendet regelmäßig **Beacon Frames** mit SSID und MAC-Adresse. Wireless Stations scannen Kanäle nach diesen Frames, wählen verfügbaren AP (Einstellungen & Signalstärke) aus, führt Authentifizierung durch und erhält anschließend IP-Adresse per DHCP.

Passives Scannen

PC ist passiv, hört Kanal ab

APs senden *Beacons*

PC sendet Association Request an ausgewählten AP

AP sendet Association Response an PC

Aktives Scannen

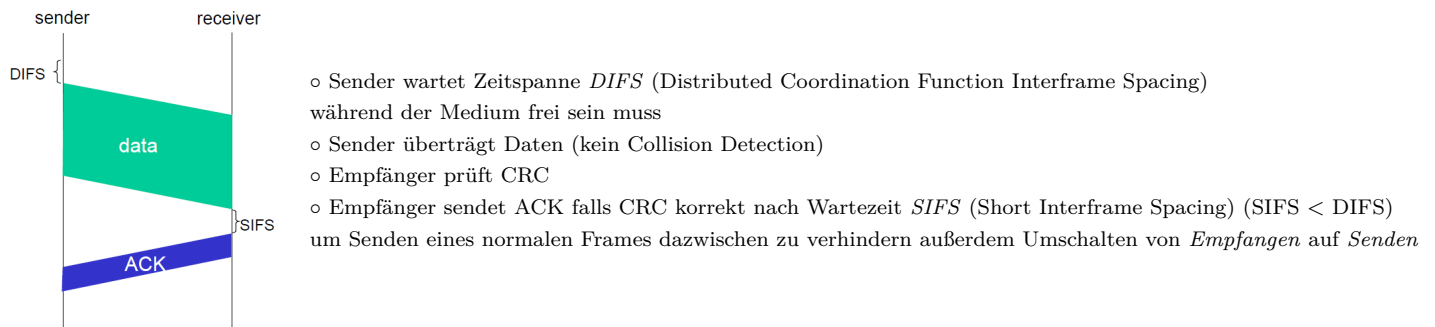
PC sendet Probe Request

APs senden Probe Response

PC sendet Association Request an ausgewählten AP

AP sendet Association Response an PC

Keine Kollisionserkennung (Collision Detection (CD)) möglich \Rightarrow ACKs auf Schicht 2



Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance (CSMA/CA):