

DVB-Antennenübertragungsstandard (DVB-T)

- Welten zwischen DVB & GSM → Broadcast ist in den Funkentwicklungen weiter voran → DVB-T ist ein Beispiel für diese Aussage
- Stationärer Empfang mit portablem Empfänger (zuvor war auch die Empfangsantenne stationär, meist auf dem Dach angebracht) → 45 dB mehr an Reserve nötig → Wo wird diese benötigt?

Signalverlust bei portablem Empfang

analoges terrestrisches Fernsehen (→ Dachantenne)	Δ in dB	digitales Überallfernsehen (→ Stabantenne am Empfangsgerät)
direkte Sicht → Rayleigh-Kanal	7-8	keine direkte Sicht, nur Echos → Rice-Kanal
Yagi-Antenne	12-15	Stabantenne (i.d.R. $\lambda / 4$ - Stab)
Antenne auf dem Dach	14	Antenne im Gebäude
Dachantenne	6	Antenne im Erdgeschoss
3 m Antennenhöhe	5	1 m Antennenhöhe
	ca. 45 dB	

- Grundsatz für digitale Systeme → es wird ein kleinerer SNR benötigt, um in guter Qualität zu übertragen, allerdings mehr Bandbreite
- Bsp. analoges Fernsehen mit SNR ca. 50 dB → digital bekommt man es auch mit 20 dB schon gut hin
- Stationärer Empfang → Nutzer stellt an der Antenne ein → evtl. Einfangen von bestimmten Signalen (→ kein mobiler Empfang möglich)

DVB terrestrisch → COFDM (coded orthogonal frequency division multiplex)

- Lösung für zukünftige Plattformen (z.B. LTE)
- Problem im Funkkanal: ISI (Intersymbol-Interferenz)
- Laufzeitunterschiede zwischen Direktsignal und Echos:

Δs	Δt
15 km	50 μ s
30 km	100 μ s
75 km	250 μ s

- Bei 1 Mbaud (1 Mio. Schritte) → Symboldauer bei 1 μ s → bis zu 50-250 Symbole durch Echo überlagert → bei 3 Mbaud entsprechend mehr
- Lösung:
 - o Bei GSM wird der Empfänger alle 4 ms neu eingelernt → verschiedene Entzerrungsstrategien (limitierte Performance)
 - o Bei DAB, DVB & LTE wird die Symboldauer verlängert, z.B. auf 1 ms (→ stationär) → daraus resultiert eine Schrittgeschwindigkeit von 1 kbaud → es lassen sich allerdings keine Datenraten von 40 Mbps realisieren
 - o Es wird pro Schritt ein Träger definiert, auf dem jeweils mit einer Symboldauer von 1 ms übertragen wird → orthogonale Anordnung der Träger → OFDM

- Orthogonalität lässt sich auch über Fourierreihe zeigen:

$$f(t) = \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cdot \cos(\omega_k t) + b_k \cdot \sin(\omega_k t)$$

➔ Orthogonale Stellung im Zeigerdiagramm von Sinus und Cosinus

Technische Umsetzung

Nicht 8000 LO (Local Oscillators) und 8000 Modulatoren, sondern das notwendige Zeitsignal aus dem Spektrum rechnen ➔ IDFT

Es werden N Träger moduliert:

$$s_{DVB}(t) = \sum_{l=1}^N \underbrace{s_l}_{\text{Daten, z.B. QPSK}} \cdot \underbrace{e^{j2\pi f_l t}}_{\text{Träger}}$$

$$= \sum_{l=1}^N s_l \cdot e^{\frac{j2\pi t \cdot l}{T}} \quad (t = k \cdot \Delta t, T = N \cdot \Delta t)$$

$$s_{DVB, \text{diskret}} = \sum_{l=1}^N s_l \cdot e^{j2\pi \frac{k \cdot l}{N}} \hat{=} IDFT$$

➔ Es werden die gewünschten Signalträger genannt, das Datensignal hinzugefügt und jenes wird per IDFT zurückgerechnet.

Die Datenraten streuen, weil man auf jedem Kanal verschiedene Modulationen und Faltungscoder-Punktierungen verwenden kann.

GSM – Global System for Mobile Communication

Einführung in das GSM-System

- PLMN – Public Land Mobile Network ➔ bezeichnet ein kontinentales Mobilfunknetz im Allgemeinen
- Man spricht noch längst nicht von internationalen Standards
- Störungen des GSM-Kanals:
 - Ausbreitungsverluste
 - Fading (frequenzabhängiger Schwund)
 - Mehrwegeausbreitung
 - fehlende Sichtbarkeit (Rice- statt Rayleighkanal)
- Grundsatz: Kanäle sind frequenzmäßig unterteilt ➔ Frequenzmultiplex, zusätzlich sind diese auch zeitlich gemultiplext ➔ Kombination für die Vermittlungstechnik ➔ es wird ein Zeitintervall und eine Frequenz zugewiesen
- Frequenzvergabemuster ➔ Frequenzen können in bestimmten Abständen wieder verwendet werden (➔ wiederholte Frequenzplanung)
- Auch am Zellrand möchte man noch gut genug bedient werden ➔ Störpegel sind nur dann möglich, wenn der SNR immer noch groß genug für eine fehlerfreie Übertragung bleibt
- Permanente Leistungseinstellung ➔ so wenig wie möglich verwenden ➔ an der Mobilstelle wird dadurch der Akku geschont

- Idealierte Darstellung des zellularen Netzes wird in der Realität durch Verkehrstopologie angepasst
- Sektionen innerhalb von Zellen bieten die Möglichkeit, gleiche Frequenzen auch in benachbarten Zellen zu nutzen (diese müssen allerdings gerichtet abgestrahlt werden, um eine Überlagerung an der Mobilstelle zu vermeiden)
- Anpassung von Leistung/Synchronisation im halbem Mikrosekundenbereich
- Das Beste technische Verständnis im Netz haben die Betreiber → diese müssten sich allerdings wesentlich mehr untereinander absprechen, damit die technischen Gegebenheiten zu einander passen

Berechnung:

Wie viele Gespräche können in einer Zelle gleichzeitig vermittelt werden (Clustergröße $k = 7$)?

$$\frac{124 \text{ Kanäle} \cdot 8 \text{ Zeitbereiche}}{7 \text{ Zellen pro Cluster}} = 141,7 \approx 140$$

- Bei mehr benötigten gleichzeitigen Verbindungen kann man entweder mehr Zellen einfügen oder Sektoren nutzen (Bsp. Stadionkurven im Fußballstadion, Verlauf einer S-Bahn Linie → sind festgelegt und ändern sich nicht)

Rahmensynchronisierung

- Es wird Zeitmultiplexing genutzt → von einer Quelle aus werden 8 Abschnitte formuliert → Rückweg muss so beschaffen sein, dass die Pakete auch in der richtigen Reihenfolge ankommen und entsprechend vermittelt werden können
- Gerät in größerer Entfernung hat mit größerer Laufzeit zu rechnen
 - Die Verzögerung zu den Geräten wird gemessen und die Sendezeit des Pakets an der Mobilstelle angepasst → es ergibt sich ein permanentes Screening und entsprechende Anpassungen

Aufbau des GSM-Netzes

- Bestimmte Situationen können vorhergesagt werden → z.B. Verlauf einer S-Bahnstrecke, wenn man im Zug sitzt → Zellen werden entsprechend angesprochen
- Übertragung von Gesprächen über das Festnetz zur nächstgelegenen Funkstelle beim Empfänger → Betreiber brauchen mindestens ein MSC, welches die Gespräche entsprechend weiterleitet
- Datenbanken des GSM-Netzes:
 - o HLR: Hauptdatenbank mit Nutzerdatenbank
 - o EIR: Equipmentregister mit Infos über die sich im Netz befindlichen MS
 - o AUC: Authentifizierungsregister
 - o VLR: Verlaufsregister, schneidet den Benutzerverlauf über verschiedene Zelle mit → pro MSC gibt es ein VLR

Adressen und Kennziffern

- Mobilität = Trennung von Benutzer, Betreibern, Diensten und Hardware → Einführung von Kennungen
- Zusätzlich Trennung von einzelnen Diensten bei GSM

Nutzer: SIM (Karte mit Authentifizierungsinformationen des Nutzers) TMSI (eindeutige, vertrauliche ID des Nutzers) IMSI (über das HLR wird jeder Benutzer mit einer Kennung versehen)	Dienste: MSISDN (allgemeine ISDN Rufnummer eines Geräts →)
Gerät: IMEI (wie MAC-Adresse, eindeutige Bezeichnung des Geräts)	Betreiber: MSRN (Rufnummer des Geräts, welche in der gerade aktuellen Zelle zugewiesen ist → temporär, von VLR vergeben) LAI, BSIC, CI