

Fortsetzung GSM

- Mehrere Zellen für belebte Plätze einrichten (z.B. Stadien, Bahnhöfe, Flughäfen)
- Zellen bis zu 70 km groß → Wellen werden sonst nicht mehr empfangen → Laufrichtung der Wellen beachten!
- MSRN → Vermittlungsnummer, wie Telefonnummer → in jeder Zelle anders
- MSISDN → Telefonnummer im HLR → Nummer, welche für das Mobilgerät festgelegt ist (die eigentliche Telefonnummer, welche man als Nutzer weitergibt)
- ➔ Stationäre Vermittlungstechnik → Routing müsste sonst ständig stattfinden
- Routing bei GSM:
 - o Aus dem ISDN-Netz ruft ein Teilnehmer eine MS an
 - o Wird am GMSC empfangen → Abfrage der MSRN aus dem HLR
 - o GMSC vermittelt an das entsprechende MSC
 - o MSC sendet MSRN an VLR, welches die TMSI und LAI zurücksendet
 - o Gespräch wird an MS vermittelt (über BSC, BTS)
- MSRN & TMSI werden pro Zelle neu vergeben → Betreiber vergibt beim Übergang die entsprechenden Nummern (VLRs laufen immer mit) → spontaner Zugriff soll möglich sein
- HLR als zentrales System, VLR als dezentrales System mit lokalen Daten
- ➔ Alles zentral zu machen würde unnötig Kosten verursachen

Logische Kanäle

- Voice-Signal wird vocoderseitig digital abgebildet → Was will man mehr?
- Mobilgerät soll schon sichtbar sein, bevor es zu einem Gespräch kommt
 - ➔ Komplexer Aufbau nötig
- Traffic-Channel (TCH) → Voice-Daten → größtes Vorkommen im Datenstrom während des Gesprächs
- Unidirektional downlink → Broadcast-Kanäle:
 - o Frequenz-Synchronisation (FCH)
 - o Zeit-Synchronisation (SCH)
 - o Informationsweitergabe an das Mobilgerät (z.B. LAI, Nummer der BTS, Frequenzen von Zelle und Nachbarzellen) (BCCH)
- ➔ Informationen für Endgeräte, Kennungen, Sendefrequenzen mitteilen und synchronisieren
- Unidirektional uplink/downlink → Kontrollkanäle (CCCH)
 - o Signalisierung von Vermittlungswunsch (RACH) → muss eventuell wiederholt werden → bei größerem Ansturm wird mit einem Zugriffsprinzip entschieden, wer als Erstes anfragen darf
 - o Erster koordinierter Verbindungsaufbau wird möglich (AGCH)
 - o Suche des Geräts durch ein Paging des Betreibers (PCH)
- Bidirektional:
 - o Verbindungsaufbau als Stand-Alone abseits vom eigentlichen Gespräch (SDCCH)
 - o FACCH
 - o SACCH
- Vereinbarung einer Kanalkombination im Datenstrom, damit das Auslesen in der richtigen Reihenfolge passiert → Sequenz wird ermittelt und ist von da an bekannt (→ s. Leitungscodierung)

- BTS-Träger enthält 17-18 Frequenzen pro Zelle → eine wird bewusst nur für Broadcastzwecke frei gehalten, sie steht nicht für Gespräche zur Verfügung → Verlust im System, welches sowieso schon knapp bemessen ist
- Relativ komplexer Aufbau, damit spontanes Telefonieren möglich ist

Verbindungsaufbau

1. „Zuwinken“
 - Paging request → „Hier gibt es etwas neues, MS soll sich bitte melden“ → Anfrage an MS
 - MS „winkt“ zurück und fragt einen Kanal an (per RACH, evtl. mehrere Versuche nötig)
 - Betreiber weist einen Kanal (SDCCH) für den Verbindungsaufbau der MS zu (per AGCH)
 2. Verbindungsaufbau
 - Unterhaltung wird gestartet über die paging response
 - Sicherheitsabfrage wird an SIM Karte gestellt und beantwortet → authentication request/response
 - Verschlüsselung wird festgelegt (cipher mode)
 - Setup wird gestartet (welche Qualität, wer bezahlt, welche Art von Dienst, darf das Gespräch durchgestellt werden) → call config wird an Betreiber übermittelt
 - SDCCH wird verwendet, um nicht alles in die Verkehrskanäle zu stecken und diese unnötig damit zu belasten
 - Assign command für FACCH wird gesendet → Bestätigung des Betreibers und zuweisen des FACCHs
 3. Verbunden
 - Connect-Daten für das Gespräch werden festgelegt
 - TCH beginnt die Datenübertragung
- Zellübergang → kein neuer Aufbau nötig → nur eine Vermittlung eines FACCHs → Gespräch/Datendienst ist ja bereits aktiv
 - Handover:
 - o In einem Zeitschlitz wird das Gespräch weiter angeboten
 - o Nahtloser Übergang des Gesprächs → Koordination durch Zusatzdaten
 - Während das Gespräch läuft, findet noch der SACCH Anwendung → Ermittlung von Messdaten

Duplexing

- Es werden Bursts in einem Kanal gesendet (1 Frequenzkanal hat 8 Zeitschlitz) → Burst ist ca. 580 µs lang
- Extrem kurz, wenn man bedenkt, dass die Sendeleistung für jeden Teilnehmer angepasst wird → ca. 8 µs bleiben für diese Anpassung
- HF-Frontend braucht zudem Zeit, um sich technisch einzurichten
- Normal Burst → als Datenburst realisiert → durch logische Kanäle gelabelt und so für bestimmte Anwendungen zu nutzen:
- Frequency Correction Burst → laufen nur im entsprechenden Broadcast-Kanal zur Synchronisation ab
- Synchronisation Burst → laufen nur im entsprechenden Broadcast-Kanal zur Synchronisation ab

- Trainingssequenz von 26 Bit → wird zur Entzerrung des Kanals genutzt → beliebige Überlagerung von Echos im Kanal durch immer neue Position
- Einlernen des Empfängers → alle 50 ms wird er Kanal neu entzerrt (20x pro Sekunde) → die dafür notwendige Kapazität muss gegeben sein
- Technik aus den 90er Jahren → Problematik von Einträgerübertragung war bei der Entwicklung schon besser als bei GSM gelöst → das System musste überarbeitet werden (→ UMTS)
- Access-Burst → zum „Zuwinken“ → langer freier Bereich
- TAC → Laufzeiten messen von den MS muss stattfinden → Kollisionen müssen auch bei großen Zellen vermieden werden

Aufrechterhalten der Verbindung

- Messen des Kanals → Kanalverzerrung möglich → neues Einlernen des Empfängers
- Sendeleistungsanpassung (2 dB-Schritte)
- BER-Anpassung (s. BER/SNR-Grafik) → SNR wird gemessen

Kanalkombination

- 2 Rahmen werden verwendet (je 8 Elemente) → 51-Rahmen Multiframe & 26-Rahmen-Multiframe
- Laufen im Hyperframe an einander vorbei → es entstehen Lücken
- Austausch der Gesprächsdaten, Messen, etc. → kurzer Moment Pause, in dem gesprächsbegleitend in die Nachbarzellen geschaut wird
- BCCH Träger einer Nachbarzelle → Infos über eigenen und BCCH der Nachbarzelle
- Alle 26 Zyklen ist dieser Abschnitt im Verlauf zum Nachschauen in der Nachbarzelle frei
- BCCH-Träger werden immer auf voller Leistung gefahren → Broadcast-Kanal soll möglichst immer zu empfangen sein
- Immer zunächst frequenzzeitige Anpassung, dann zeitmäßige Anpassung
- Mobilfunkbetreiber ermittelt über OMC Informationen auf 100 m genau → z.B. Wetterdaten → Riesenvolumen an Daten, die ausgewertet werden könnten

Einschaltzenario

- Auf SIM-Karte ist bereits eine Liste mit BCCH-Trägern vom Betreiber aus gespeichert → der stärkste wird ermittelt (Liste von den 6 stärksten BCCH-Trägern)
- Kanalkonfiguration legt u.a. die Ablauffolge der logischen Kanäle fest

Discontinuous Transmission

- Erfassung von Umgebungsrauschen & Sprachpausenerkennung während eines Gesprächs
- Nur dann senden, wenn auch geredet wird → Sendeleistung bzw. Akkulaufzeit schonen
- Fehlende Rahmen werden ersetzt (z.B. bei humpelndem Verlauf der Verbindung)

Kanalcodierung

- Außen: Fehlererkennung (→ Generatorpolynom)
- Innen: Faltungscodierung (Viterbi), 2 Faltungspolynome bei Voice

- Sensiblere Kanäle (logische Signalisierungskanäle) werden mit hoher Ordnung (z.B. 40) codiert, Sprache mit einer wesentlich niedrigeren Ordnung (z.B. 3) → liegt an der Funktion des menschlichen Gehörs, welche vieles Fehlerhaftes trotzdem noch versteht
- Vgl. Productivity → gleiche Kanalcodierung für alle Anwendungen → es wird mittlerweile langsam ein Verkehrsmanagement entwickelt
- 3-4 Schritte in der Codierung:
 - o Äußerer Encoder
 - o Innerer Encoder
 - o Ersetzen von fehlenden Rahmen bei der Quellencodierung
 - o (Menschliches Gehör)

Interleaving

- Sequenzen werden gespreizt und anschließend wieder neu verschränkt → Fehler werden über einen größeren Raum verteilt → großes Problem wird zu vielen kleinen → für den Viterbi-Decoder bestens geeignet
- Interleavingstufe wird anhand des Zwecks der Kanäle festgelegt (wie bei der Kanalcodierung auch), z.B. RACH ohne Interleaving, weil auch neu gesendet werden kann

Authentifikation

- Auf SIM-Karte und im AUC gibt es einen geheimen Schlüssel K_i und einen Algorithmus A_3 zur Berechnung von SRES Werten
- Beispiel:
 - o Im HLR stehen die IMSI, welche im AUV mit K_i und A_3 verknüpft ist
 - o SRES-Wert wird aus Random-Wert und K_i durch die Berechnung mit A_3 gewonnen
 - o Dies kann sowohl mit den Werten vom AUC als auch mit denen der SIM-Karte passieren
 - o Abgleich möglich, ob das Gerät auch das richtige ist
 - o SRES Werte werden mit den Random Werten verknüpft ins HLR und ins VLR geschrieben