

EMES: Eigenschaften mobiler und eingebetteter Systeme

# Drahtlose Kommunikation

## Teil 3

Dr. Siegmar Sommer, Dr. Peter Tröger  
Wintersemester 2009/2010





# Überblick

- Anwendungen
- Grundlagen
- Beschränkungen natürlicher und künstlicher Art
- Beispiele
  - IrDA
  - WLAN
  - Bluetooth
  - ZigBee
  - GSM
  - UMTS

# Beispiele für drahtlose Kommunikation, Teil 3

- GSM
- GPRS
- UMTS

Gemeinsamkeiten:

- Kommunikation in großen Netzen mit Interoperabilität zum vorhandenen Telefonnetz/Kommunikationsnetz
- Benutzung öffentlicher Infrastruktur

# Mobilfunkgenerationen - Beispiel: Deutschland

- Erste Generation
  - Netze:
    - \* A-Netz (1958-1977)
    - \* B-Netz (1972-1994)
    - \* C-Netz (1985-2000)
  - Eigenschaften:
    - \* Analoge Übertragungstechnik
    - \* Nur national, kein europäischer Standard

# Mobilfunkgenerationen - Beispiel: Deutschland

- Zweite Generation
  - Netze:
    - \* D-Netze (ab 1992)
    - \* E-Netze (ab 1994 bzw. 1998)
  - Eigenschaften:
    - \* Digitale Übertragungstechnik
    - \* Weltweiter Standard GSM
    - \* Internationales Roaming möglich



**G S A M**

stand für...

**G**roupe **S**péciale **A**mobile

...und steht jetzt für...

**G**lobal **S**ystem for **A**mobile **C**ommunications

Bilder nach John Scourias, University of Waterloo

# GSM - Geschichte

- 1982: GSM gegründet für europäisches Mobiltelefonsystem mit:
  - Gute Sprachqualität
  - Billige Endgeräte und Service
  - Internationales Roaming
  - Unterstützung für neue Services
  - Spektrale Effizienz
  - ISDN kompatibel
- 1987: Memorandum of Understanding unterschrieben von 12 Ländern
- 1990: Phase 1 der GSM Empfehlungen veröffentlicht
- 1991: Veröffentlichung der 1800-MHz-Erweiterung
- 1991: Erstes kommerzielles GSM-Netzwerk in Europa in Betrieb
- 1995: GSM in 60 Ländern in Betrieb/Aufbau, 5.4 Millionen Nutzer
- 1995: GSM-Spezifikation auf 1900 MHz erweitert (Nordamerika)
- 2001: GSM weltweit in 171 Ländern, 554 Millionen Nutzer



# GSM-Dienste I

- Sprache (wichtigster Dienst)
- Daten Services
  - Datenverbindungen mit bis zu 9600 Bit/s
  - Zugriff auf Netze wie ISDN
  - Fax Gruppe 3
  - Teletext
  - Videotext
- Short Message Service (SMS)
  - bis zu 160 Byte bidirektionale Nachrichten
  - Store-and-forward Auslieferung mit Empfangsbestätigung
  - Punkt-zu-Punkt oder Broadcast innerhalb der Zelle





# GSM-Dienste II

- Weitere Services
  - Rufweitchaltung mit Variationen
  - Rufabweitung mit Variationen
  - Parken von Rufen
  - Konferenzschaltungen
  - Anruferidentifizierung

# System-Architektur

- Mobile Station
- GSM-Netz
  - Basis Station
  - Netzwerk

# System-Architektur: Mobile Station

- Subscriber Identity Module (SIM)
  - Als Smart Card implementiert
  - Enthält IMSI (unique subscriber identity)
  - Geheimer Schlüssel für Authentisierung und Verschlüsselung
  - Mobilität der Person in GSM
- Mobiles Endgerät
  - Identifiziert durch International Mobile Equipment Identity (IMEI)
  - Verschiedene Typen mit verschiedenen Fähigkeiten und Sendeleistungen
  - Funktioniert nur mit SIM-Karte (Ausnahme: Notfälle)

# System-Architektur: Basis Station I

- Base Station Tranceiver (BTS)
  - Enthält die Antennen für die jeweilige Netz-Zelle
  - Unanfälliger, robuster und kostengünstiger Aufbau
- Base Station Controller (BSC)
  - Für eine oder mehrere BTS verantwortlich
  - Verwaltet Ressourcen wie
    - \* Kanal-Benutzung
    - \* Übergabe (von Zelle zu Zelle)
    - \* Frequenz-Hopping

# System-Architektur: Basis Station II

Base Station Transceiver (BTS): [http://www.nobbi.com/gallery\\_tf.htm](http://www.nobbi.com/gallery_tf.htm)



# System-Architektur: Basis Station III



# System-Architektur: Netzwerk I

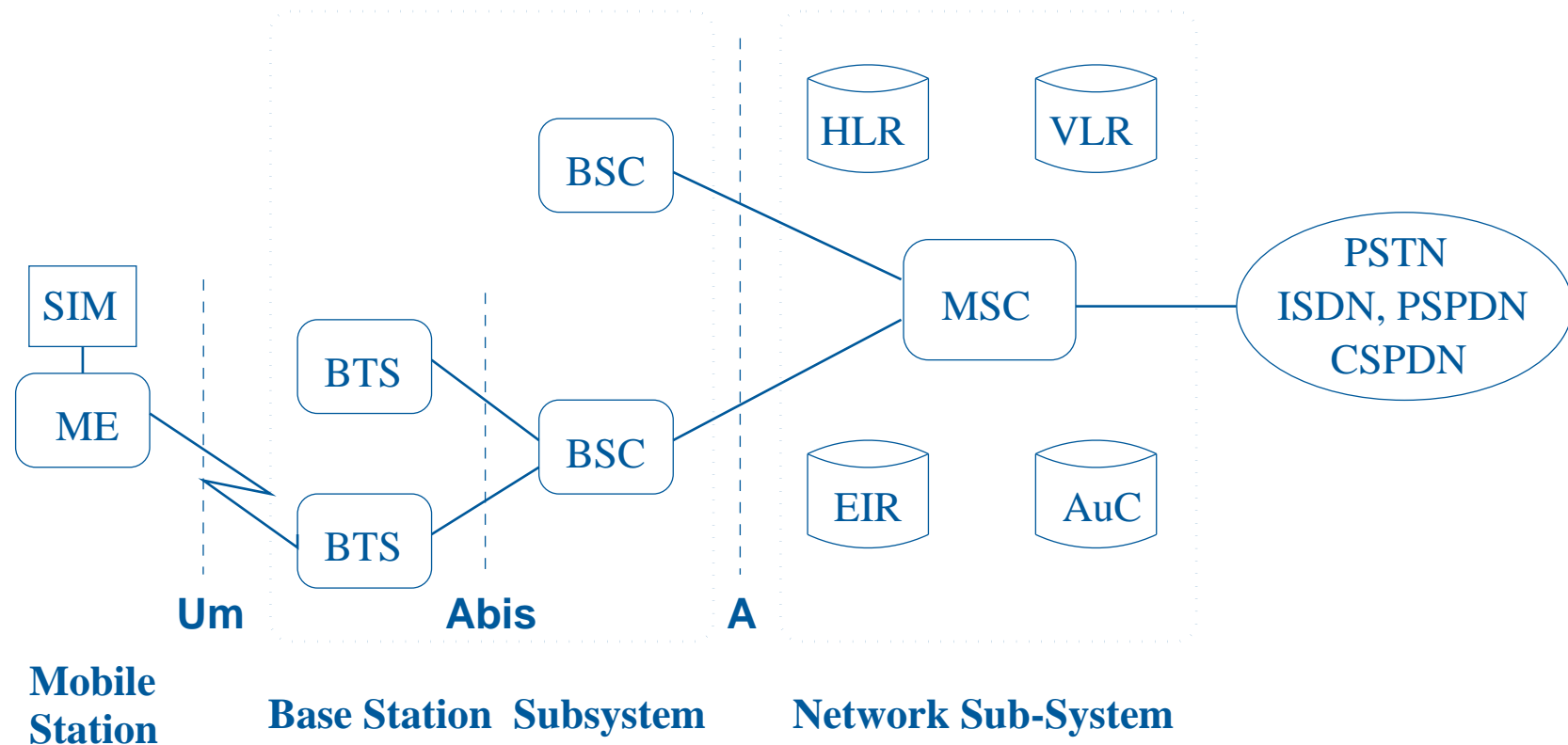
- Mobile Services Switching Center (MSC)
  - Für mehrere BSC verantwortlich
  - Verwaltet
    - \* Ruf-Aufbau
    - \* Ruf-Routing
    - \* Authentisierung
    - \* Verbindung zum Festnetz
- Home Location Register (HLR)
  - Intelligente Datenbank mit Informationen über den Status und die gegenwärtige Position aller Nutzer in einem gegebenen Netzwerk

# System-Architektur: Netzwerk II

- Visitor Location Register (VLR)
  - Für ein oder (typischerweise) mehrere MSC
  - Enthält Informationen über alle sich im durch die angeschlossenen MSC kontrollierten Mobilgeräte
  - Information wird einmal vom HLR bezogen während der Registrierung
- Equipment Identity Register (EIR)
  - Enthält die IMEI aller registrierten mobilen Geräte, als “schwarz”, “weiß” oder “grau” markiert (je nach Diebstahl- und Typ-Status)
- Authentication Center
  - Intelligente Datenbank für Authentisierung und Verschlüsselung
  - Speichert geheime Schlüssel der SIM-Karten



# System-Architektur



SIM Subscriber Identity Module  
 ME Mobile Equipment  
 BTS Base Transceiver Station

BSC Base Station Controller  
 MSC Mobile services Switching Center  
 VLR Visitor Location Register

HLR Home Location Register  
 EIR Equipment Identity Register  
 AuC Authentication Center

# Netzwerk - Schichten

## Signalisierungs-Architektur



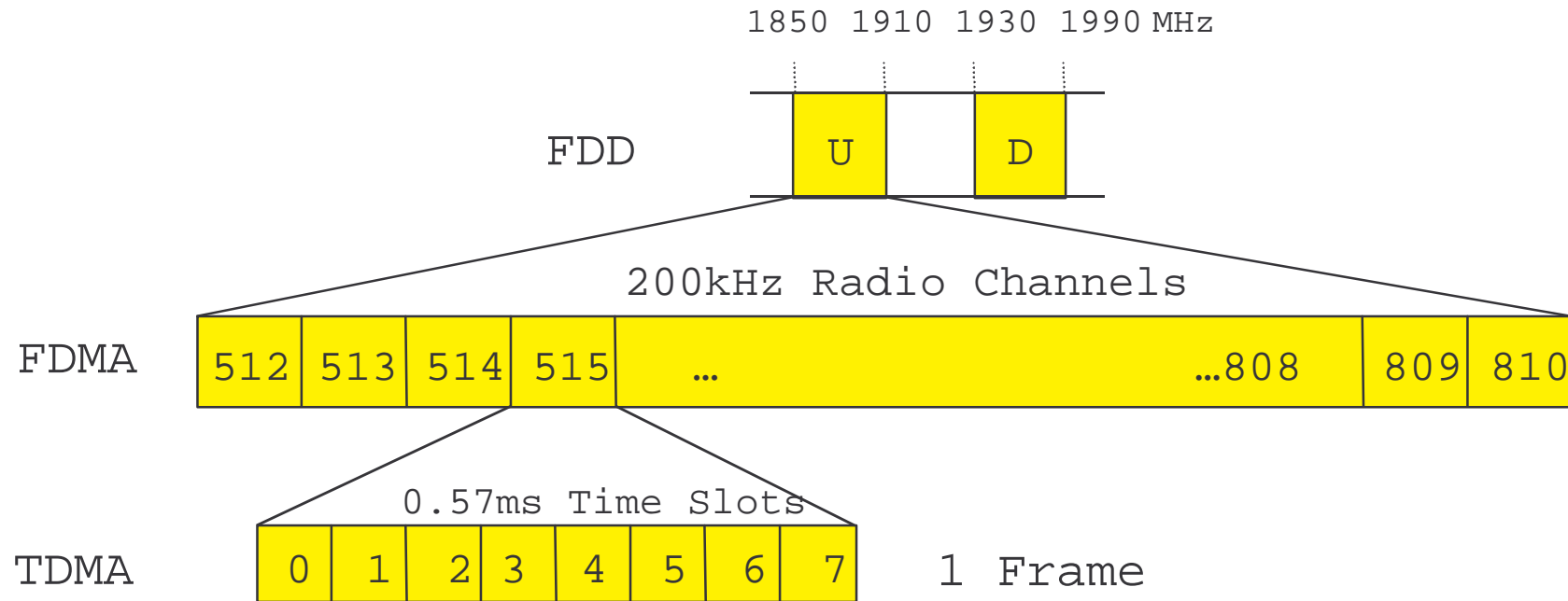
Physikalisches Medium: Funk in verschiedenen Frequenzbereichen



# Nutzung des Mediums I

- Spektrum ist in Bänder von 200 KHz eingeteilt (FDMA - Frequency division multiple access)
- Jedes Band ist in 8 Kanäle (oder Zeit Slots) zerlegt (TDMA - Time division multiple access)
- TDMA Frames bestehen aus acht aufeinander folgenden Zeit slots
- TDMA-Frames sind nummeriert, Basis und Mobilgerät synchronisieren
- Position des TDMA-Frames indiziert Funktion der Kanäle
- Kanäle werden zur Datenübertragung und für Steuerungsaufgaben genutzt

# Nutzung des Mediums II



# Benutzung der Kanäle I

- Traffic Channel
  - Werden für Übertragung der Nutzerdaten (Sprache ...) benutzt
  - Werden zusammen mit einem Kontroll-Kanal zugewiesen
  - Sind dediziert (für ein spezielles mobiles Gerät)
- Modi mobiler Geräte
  - dedizierter Modus  
Datenübertragung, Gespräch
  - idle Modus

# Benutzung der Kanäle II

- Common Channels
  - Nutzung für Zugang zum Netz für mobile Geräte im idle Modus
  - Nutzung im dedizierten Modus für Kommunikation mit benachbarten Basisstationen bezüglich Handover
  - Broadcast Control Channel
    - Basisstationen senden ihre Parameter
  - Frequency Correction Channel
  - Synchronization Channel
    - Benutzt, um mobiles Gerät in Zeitslots der Basisstation einzufügen
  - Paging Channel
    - “Paging Messages” für mobile Geräte, zeigen ankommende Rufe an
  - Access Grant Channel
    - Benutzt als temporärer dedizierter Kanal für den Verbindungsaufbau
  - Random Access Control (uplink) – Benutzt für Netzzugriff

# Radio Resources Management

- Verantwortlich für Aufbau und Abbau einer verlässlichen Verbindung zwischen mobilem Gerät und MSC (Mobile Services Switching Center)
  - Kanal-Belegung/Zuweisung
  - Handover zwischen Basisstationen



# Mobility Management

Verantwortlich für

- Lokations-Management
  - normales periodisches Update
  - Zugänge/Abgänge
- Sicherheit
  - Authentisierung
  - Verschlüsselung

# Communication Management

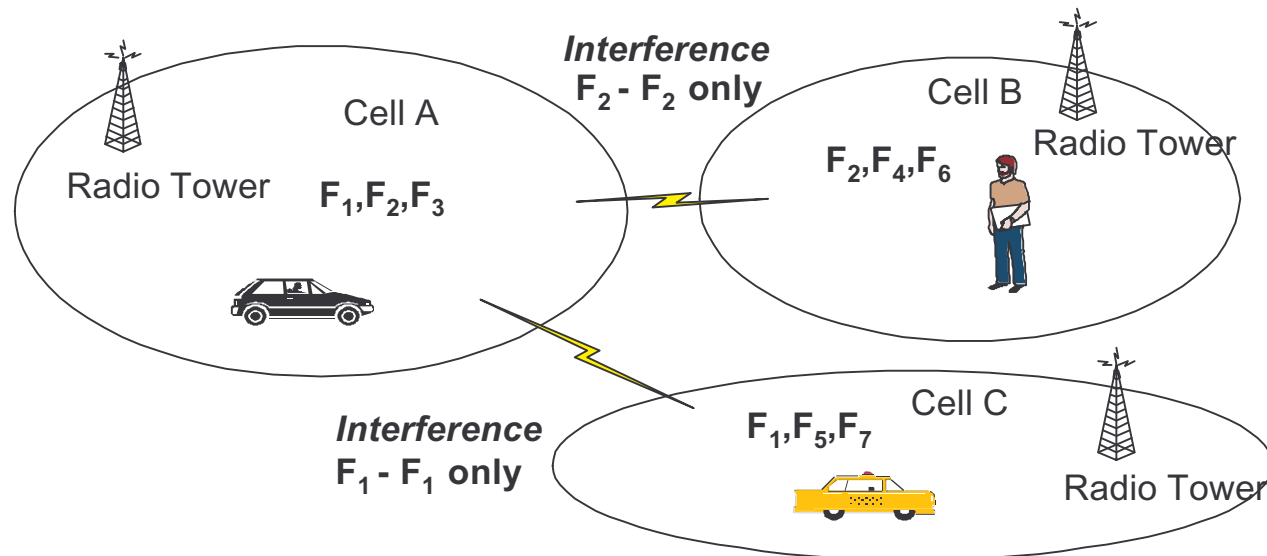
- Rufsteuerungs-Schicht
  - Rufaufbau und Ruf-Routing
- Schicht für ergänzende Services
  - Aktivierung/Deaktivierung solcher Services
  - Modifizierung von Services durch den Benutzer
- SMS-Schicht
  - Behandlung von SMS von und zum Mobilgerät über das Short Message Service Center

# Spezielle Features von GSM

- Frequency Hopping
- Regelung der Sendeleistung
- Hierarchische Zellstrukturen
- Last-Balancierung zwischen Zellen
- Intra-Zell-Handover

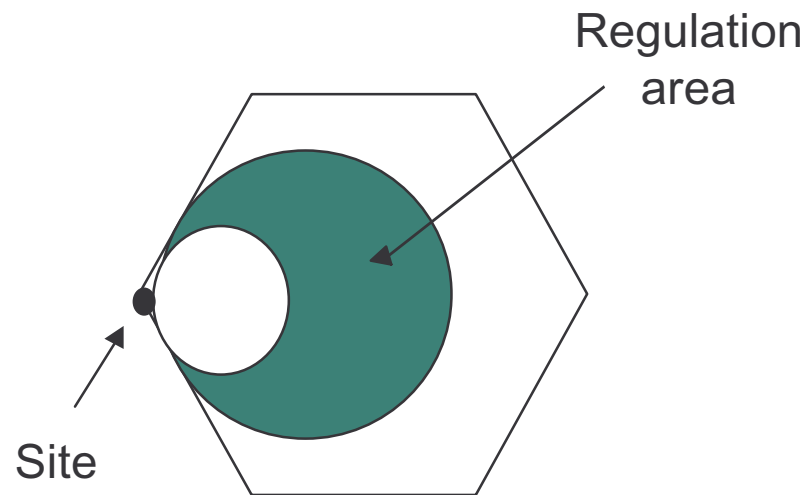
# Frequency Hopping

- Problem: Interferenzen zwischen Zellen durch gleiche oder ähnliche Frequenzen
- Idee: Zyklisch oder zufällig Frequenzen wechseln, um im Durchschnitt weniger Interferenzen zu bekommen
- Bedeutend vor allem in Netzen mit hohem Verkehrsaufkommen



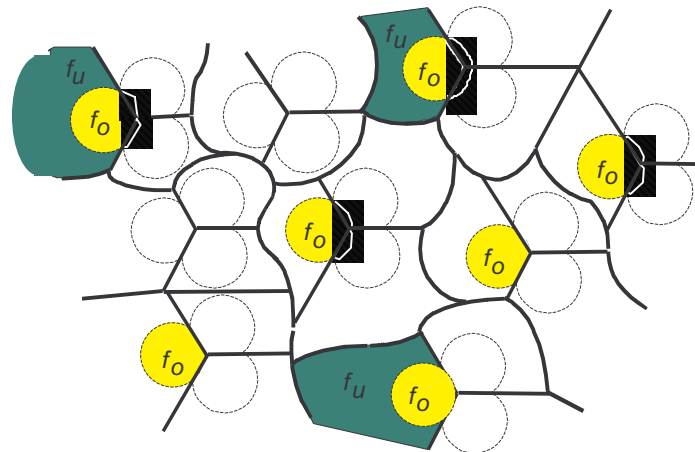
# Regelung der Sendeleistung

- Steuerung der Sendeleistung in Schritten von 2 dB für optimale Empfangsleistung beim mobilen Gerät
- Implementiert in BTS und Mobilgerät
- Wird geregelt nach Signalstärke und Qualität
- Schont Batterien von Mobilgeräten
- Reduziert Gefahr von Interferenzen



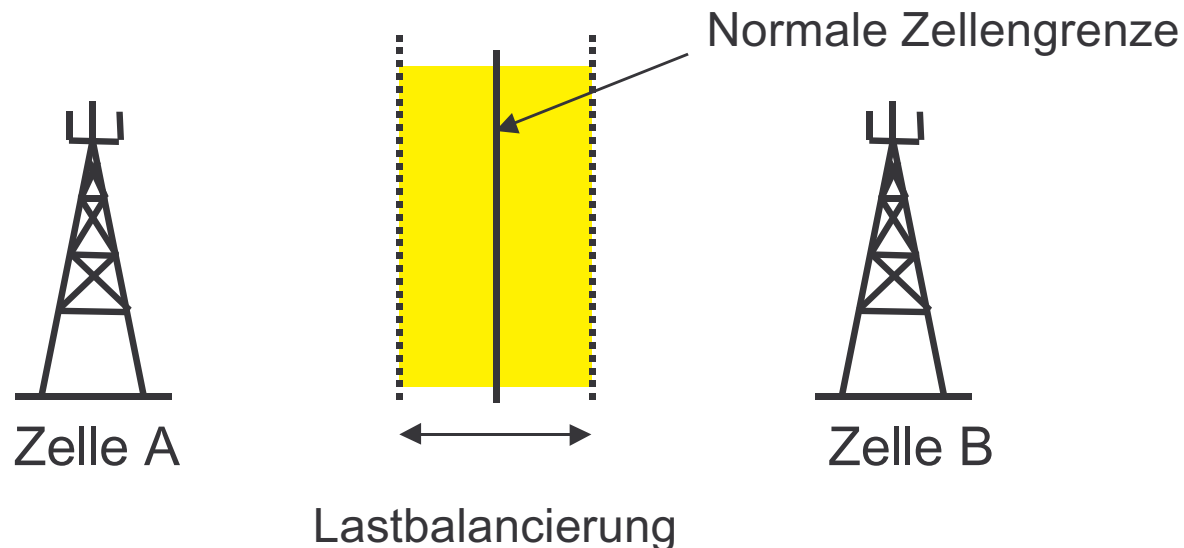
# Hierarchische Zellstrukturen

- Erhöhung der Kapazität
- Überlappende Zellen sind kleiner, geringe Sendeleistung
- Oft Kombination von GSM900 (große Zellen) mit GSM1800 (kleine Zellen)
- Prioritätsgesteuerte Benutzung der Zellen
- Lastbalancierung durch Handovers zwischen großer und kleiner Zelle
- Frequenzausnutzung besser



# Last-Balancierung zwischen Zellen

- Verteilung des Verkehrs zwischen benachbarten Zellen bei hoher Last
- Handover-Grenzen “schwimmend”
- Handover-Steuerung nach Belastung der Zellen



# Intra-Zell-Handover

- Handovers innerhalb einer Zelle:
  - Auf eine andere Frequenz
  - In einen anderen Zeit-Slot der gleichen Frequenz
- Lösung von Interferenz-Problemen
- Vermeidung von Intermodulation

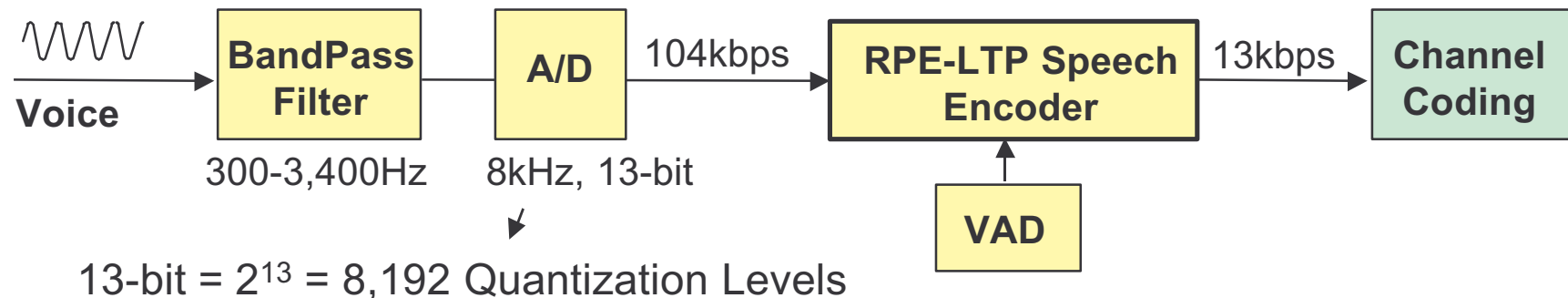


# 00101111010010011101001010101 Sprach-Kodierung I

- Für die Übertragung von Sprache müssen bestimmte QoS-Parameter eingehalten werden:
  - Garantierte Bandbreite
  - Jitterfreiheit
  - Annehmbare Qualität (ausreichende Bandbreite)
- Geeignetes Kodierungsverfahren muß die Einhaltung dieser Parameter auf einem Kanal mit einer maximalen physikalischen Datenrate von 14.4 KBit/s sicherstellen

# Sprach-Kodierung II

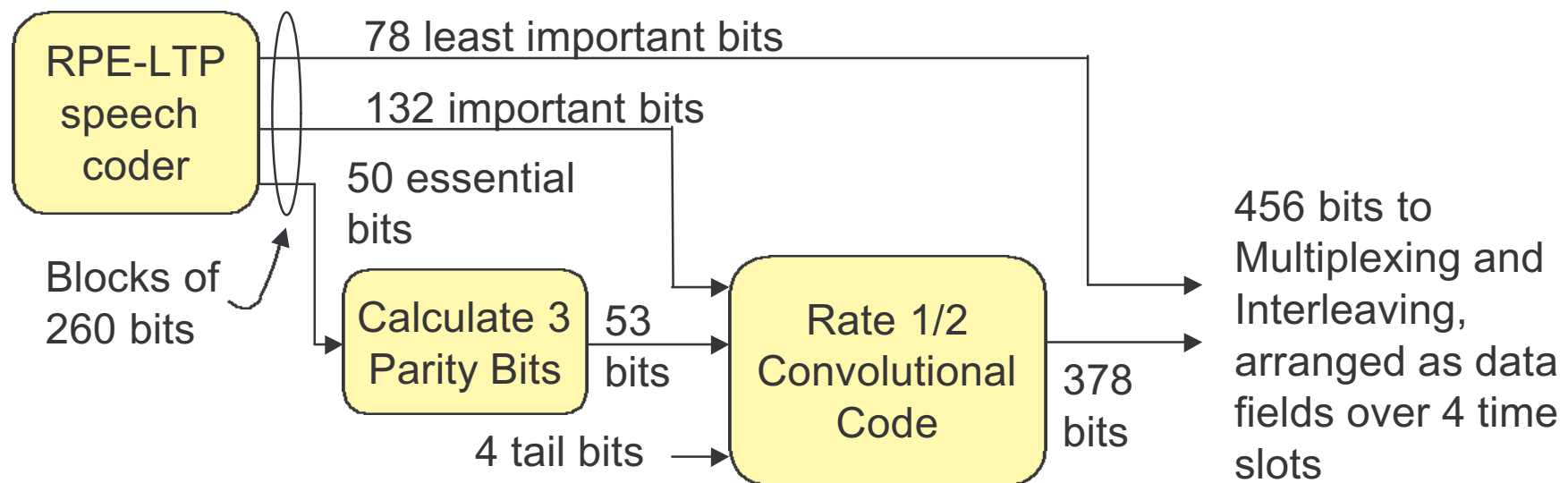
- Originaler Vocoder benutzt RPE-LTP: Blöcke von 260 Bit auf 13 KBit/s
- Heute meist benutzt: Enhanced Full Rate (EFR): Blöcke von 244 Bit auf 12.2 KBit/s
- In Zukunft: Vocoder mit variabler Rate von 12.2...4.74 KBit/s



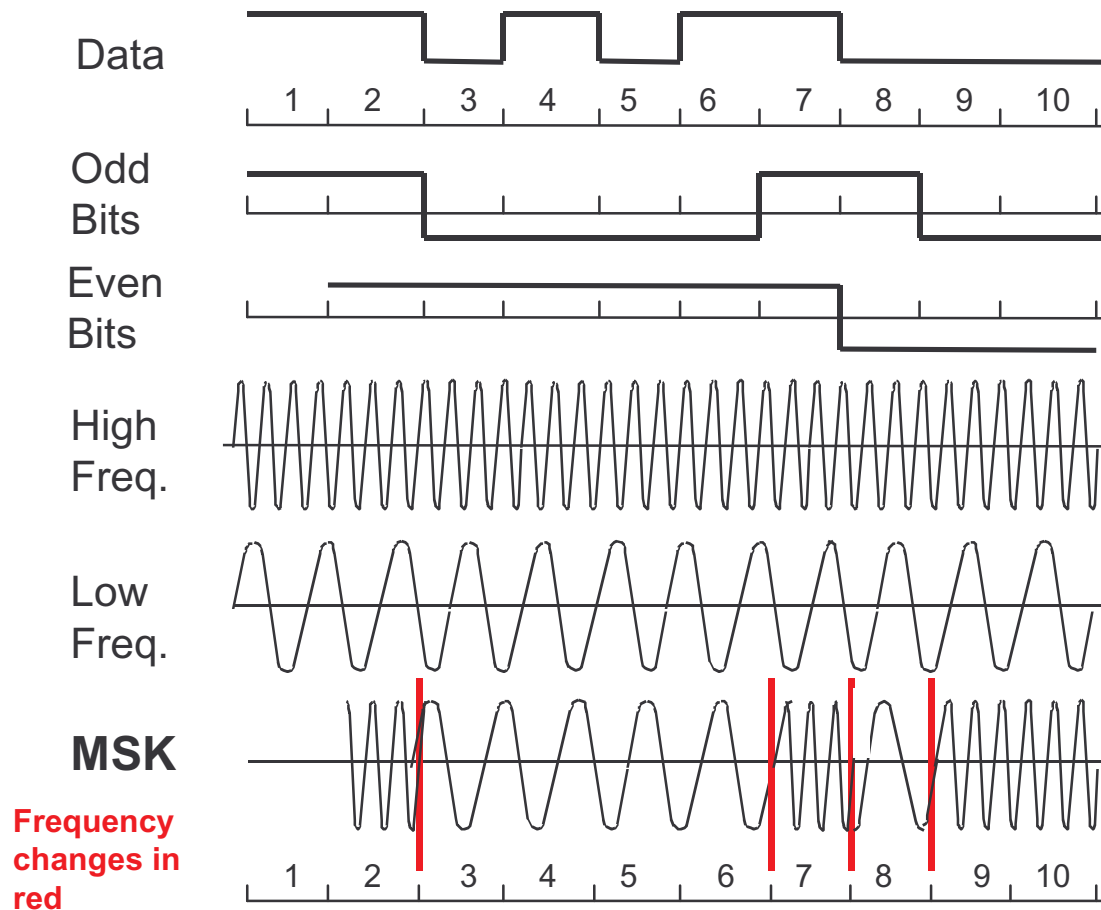
**RPE** - Regular Pulse Excitation  
**LTP** - Long Term Prediction  
**VAD** - Voice Activity Detection

# Kanal-Kodierung

- GSM benutzt eine Kombination von Block-Kodierung und Kodierung mittels Faltung
- Output: 456 Bit als Daten über 4 Zeitslots
- EFR: produziert 244 Bit statt 260, 16 Bit werden damit verfügbar



- Verfahren: **GMSK: Gaussian Minimum-Shift-Key**



Frequency changes in red

BT = 0.3 (defined by specs.)  
 =  $(BW_{\text{Filter}})(\text{Bit Period})$

Rate = **270,833 bps**  
 => Bit Period = **3.69  $\mu$ s**  
 =>  $BW_{\text{Filter}}$  = **81.3kHz**

MSK Truth Table			
<i>Digital Input</i>		<i>MSK Output</i>	
Odd	Even	H/L	Sense
1	1	High	+
-1	1	Low	-
1	-1	Low	+
-1	-1	High	-

# Datenübertragung mit GSM

- 9.6 KBit/s und auch 14.4 KBit/s verfügbar
- SMS ist sehr populär
- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) in einigen Netzen
  - 38.4 KBit/s und 57.6 KBit/s durch Kombination von vier Zeitslots
  - Blockiert stets vier Kanäle für die Dauer der Verbindung
  - Verhältnis up/down einstellbar
  - In Deutschland bei E-Plus und D2-Vodafone
- Besser: Paketorientierte Datenübertragung



## General Packet Radio Service

- Erweiterung zu GSM
- Bündelung von bis zu 8 Zeitslots für Datenübertragung
- Paketorientiert (also keine ständige Verbindung)
- Bis zu 115.2 KBit/s
- Anwendbar für Datenverkehr mit “Bursts” — z.B. Websurfen
- Hohe Datenrate nur in Zellen mit geringer Last verfügbar