

# KT2 - GSM und Weiterentwicklungen

- GSM: Weltweit verbreitet, wichtigstes Mobilkommunikations-Standard  
**Global System for Mobile Communication**

- Ursprünglich für 900 MHz entwickelt
- Heute: zusätzliche Systeme mit 1800 MHz und 1900 MHz

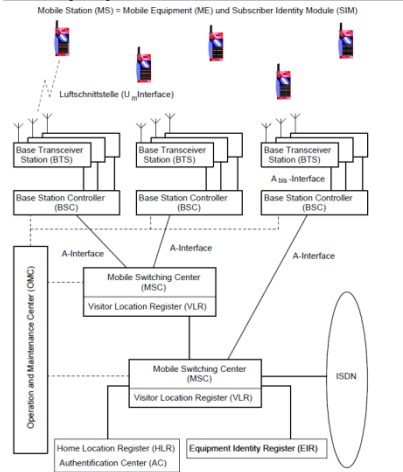
## Merkmale

- Vollständig digitales System
- Internationaler Standard (> 60 Länder)
- Zellulare Netzwerkstruktur mit Zellen zw. 1 und ca. 70km Durchmesser
- Hohe Teilnehmerkapazität
- Verschlüsselung der Nutzdaten

## Dienste im GSM

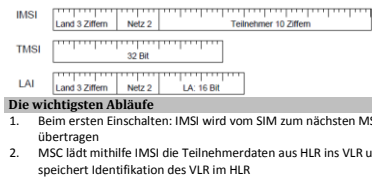
- **Telefondienste:** Telefonie mit Übergang ins Festnetz
- **Notruf:** Europaweit 112. Einziger Dienst, der ohne SIM funktioniert.
- **Leitungsvermittelte Datenübertragung:** Synchrone und asynchrone Datenübertragung mit bis zu 9600 Bit/s
- **Short Message Service (SMS):** erlaubt Versenden von alphanumerischen Meldungen bis zu 160 Zeichen. Können von Mobilstation oder von PC über einen Server abgeschickt werden

## Funktionsprinzip und Aufbau



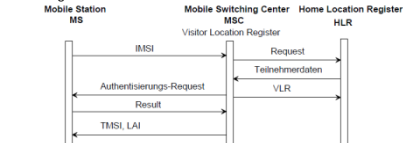
- **Mobile Station (MS):** Besteht aus Mobile Equipment (ME) und Subscriber Identity Module (SIM)
- **Base Transceiver Station (BTS) und Base Station Controller (BSC)** BTS für Umwandlung der Luftschnittstelle in A<sub>u</sub>-Interface zuständig, über welches sie mit einem BSC verbunden ist. BSC steuert mehrere BTS und ist für Management d. Funkverb. und lokales Handover zuständig. BSC ist über A-Interface an Mobile Switching Center (MSC) angeschlossen
- **Mobile Switching Center (MSC):** GSM-Verbindungsstelle. Über A-Interface mit angeschlossenen BSC und anderen MSC verbunden. Aufgaben: Schalten von GSM-internen Verb. / Interworking mit Telefonnetz und ISDN / Mobilitätsmanagement
- **Operation and Maintenance Center (OMC):** Teilnehmeradministration, Gebührenverwaltung, Wartung und Netzoptimierung
- Typisches Netz Schweiz: 9 MSC mit je 10 BSC à je 10 BTS → 900 Zellen

- **Funktionsweise**
- Beim Verlassen d. Herstellers enthält ME 15stellige Nummer (International Mobile Equipment Identity (IMEI))
- > weltweit eindeutige Identifikation eines ME
- An ein MSC in jedem Netz ist das Equipment Identity Register (EIR) angeschlossen → registriert & sperrt gestohlene / fehlerhafte Geräte (weisse, graue und schwarze Liste)
- SIM enthält 15stellige Nummer (International Mobile Subscriber Identity (IMSI)) und Schlüssel d. Teilnehmers
- > weltweit eindeutige Identifikation der SIM
- > SIM = 3 Ziffern Landeskenzeichnung, 2 Z. Netzauswahl, 10 Z. Teilnehmernummer
- An MSC in jedem Netz ist Home Location Register (HLR) angeschlossen, das folgende Daten speichert
- International Mobile Subscriber Identity (IMSI)
- Mobile Subscriber ISDN Nummer (MSISDN)
- Authentifikations-Schlüssel
- Daten des aktuellen Standort des Teilnehmers
- Jedes GSM enthält ein Visitor Location Register (VLR), speichert:
  - International Mobile Subscriber Identity (IMSI)
  - Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI) (32 Bit)
  - Mobile Subscriber ISDN Nummer (MSISDN)
  - Authentifikations-Schlüssel
  - Location Area Identifier (LAI)



## Die wichtigsten Abläufe

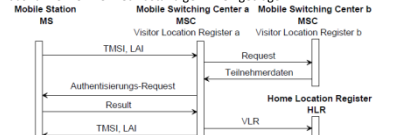
1. Beim ersten Einschalten: IMSI wird vom SIM zum nächsten MSC übertragen
2. MSC lädt mithilfe IMSI die Teilnehmerdaten aus HLR ins VLR und speichert Identifikation des VLR im HLR
3. TMSI wird generiert und mit LAI an die MS geschickt
4. Mit TMSI ordnet MSC der MS dynamisch ein eindeutiges Kennzeichen für ihren Bereich zu
5. LAI gibt aktuellen Standort



- Beim Einschalten sendet MS die TMSI und LAI an das MSC  
 - MSC überprüft aufgrund LAI, ob Teilnehmer zuletzt an diesem MSC angemeldet war, wenn ja, ob LA verändert wurde (wenn LA verändert, aber gleicher MSC → LAI korrigieren)



- Wenn TN anderen MSC hat → Teilnehmerdaten von altem VLR ins neue verschieben und mit neuem TMSI und aktuellem LAI aktualisieren  
 - Neue TMSI und LAI werden an MS geschickt und zusätzlich wird im HLR das für Teilnehmer neu zuständige VLR eingetragen



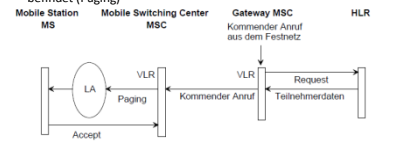
- Bewegt sich TN mit seiner MS im Netz, muss Standort laufend nachgeführt werden
- LA umfasst 1..n Zellen eines bestimmten MSC
- Signalisierungsaufwand klein halten: Position einer MS nur bzgl. LA (nicht zellengenau) verwaltet

## Keine Verbindung geschaltet:

- Falls neue LA zum gleichen MSC gehört, muss neue LAI im VLR und in der MS aktualisiert werden
- Falls neue LA zu anderem MSC gehört, müssen Teilnehmerdaten vom alten VLR ins neue kopiert und mit einem neuen TMSI und aktuellem LAI aktualisiert werden. TMSI und LAI werden zusätzlich an MS geschickt

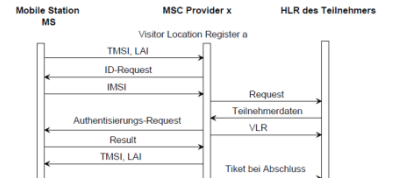
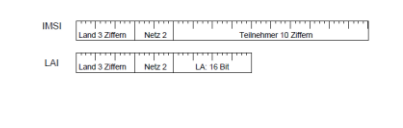
## Anrufe aus Festnetz

- Kommende Anrufe aus Festnetz werden über Gateway-MSC geleitet
- Gateway-MSC fragt im HLR an, in welchem VLR die gesuchte MS momentan ist
- Das dem VLR zugeordnete MSC sendet Suchauftrag für dieses MS an alle BTS (Zellen), die zur LA gehören, indem sich die MS befindet (Paging)



- Eigenschaft von GSM: MS kann automatisch weltweit lokalisiert werden, falls mit einem GSM-Netz verbunden
- **Roaming:** Wechsel zw. zwei VLR mit permanenter Verfügbarkeit aller grundlegenden Dienste

Schweiz = 228, Swissscom = 22801, Sunrise = 22802, Orange = 22803



## Authentisierung

- Schutz vorunzulässigem Netzzugang
- Jeder Teilnehmer wird vom Netz immer authentifiziert, wenn er sich an ein Mobile Switching Center anschaltet
- MSC generiert 128 Bit Zufallszahl und sendet diese an MS
- **Signed Response (SRES):** Per Zufallszahl und teilnehmerspez. Authentifikations-Schlüssel wird in der MS und im MSC mit dem Algorithmus A3 die 32 Bit grosse SRES gebildet
- MS schickt ihre SRES an MSC, das beide Werte vergleicht und entscheidet, ob TN an das Netz zugelassen wird
- > TN zugelassen: Mit Schlüssel des TN, dem SRES und dem Algorithmus A8: generierung eines 114 Bit langem Übertragungs-Schlüssels, mit dem ab diesem Zeitpunkt alle zu übertragenden Daten verschlüsselt werden

## Anmeldevorgang

- MS sendet LAI und TMSI (das erste Mal IMSI) an das MSC
- Sind TNdaten nicht im VLR des MSC gespeichert, so werden diese aufgrund von LAI und TMSI beim alten VLR oder beim ersten Mal aufgrund vom IMSI beim HLR angefordert
- Mit teilnehmerspez. Schlüssel und d. 128 Bit grossen Zufallszahl wird Teilnehmer authentifiziert

## Handover

- Durch Messung d. Signalqualität stellt MS fest, dass die des Einflussbereich einer Zelle verlässt
- Wird Signalqualität während Verbindung schlechter → Handover
- **Intracell-Handover** wird durchgeführt, wenn während Verb., durch die Bewegung d. TN, die Qualität des geschalteten Kanals nicht mehr genügend ist. Es ändert sich nur Frequenz d. Funkübertr.kanals. Aktivitäten werden durch den BSC gesteuert
- **Intercell-Handover** wird durchgeführt, wenn TN während Verb. in eine andere Zelle d. gleichen MSC bewegt. Die neue Zelle kann zum gleichen oder einem anderen BSC gehören. Hat das BSC eine Koppelfunktion, kann die Verb. im BSC geschaltet werden. Sonst: neue Verbindung über das MSC aufbauen
- **Inter-MSC-Handover** Bewegt sich der TN in eine Zelle, welche einem anderen MSC angehört, muss neuer Verb für Verb. über das neue MSC geschaltet werden.
- Teilnehmerdaten müssen vom alten VLR ins neue kopiert und mit neuen TMSI und aktuellen LAI aktualisiert werden
- TMSI und LAI werden an MS geschickt

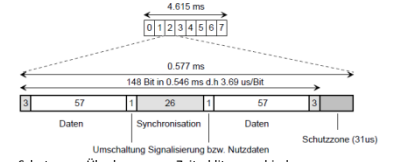
- Handover-Funktionen sind **aufwendig** und **zeitkritisch**, da der Teilnehmer vom Umschalten nichts merken soll!

## Subscriber Identity Module (SIM)

- Chipkarte mit Mikrokontrollern, RAM, ROM, nichtflüchtigem Speicher
- Nach Einschalten:
  - Prüfen ob TN Berechtigung besitzt, SIM zu benutzen
  - > **Personal Identification Number (PIN)**
  - 3x falsch → Karte gesperrt
  - entsperren mit **PIN Unlocking Key (PUK)**
  - > 10x falsch → endgültig gesperrt & unbrauchbar
- Nichtflüchtiger Speicher enthält folgende Daten:
  - Personal Identification Number (PIN)
  - PIN Unlocking Key (PUK)
  - International Mobile Subscriber Identity (IMSI / TMSI & LAI)
  - Authentifikations-Schlüssel
  - Das persönliche Rufnummernverzeichnis des Teilnehmers
  - Die SMS-Nachrichten

## Die Luftschnittstelle des GSM 900

- Daten von Uplink und Downlink werden in zwei Frequenzbändern übertragen
  - Frequenzmultiplex: jedes Band nochmals in 124 Bänder à 200 kHz mit je 8 Time Slots aufteilen
  - > Total 992 Duplex-Übertragungskanäle
- 



- Schutzzone: Überlappen von Zeitschleifen verhindern
- Kanäle werden immer paarweise verwendet
- Up- und Downlink-Kanäle sind fix gekoppelt (Uplink gegenüber Downlink um 3 Time Slots verschoben) → Vereinfachung im Empfänger, da nicht gleichzeitig gesendet und empfangen werden muss

## Die Luftschnittstelle des GSM 1800

- Mobilfunknetz DCS 1800 von ETSI als Ergänzung zu GSM 900 spez
  - Frequenzbereiche: 1710..1785 MHz Uplink und 1805..1880 MHz Downlink
  - 374 Frequenzbänder → Total 2992 Duplex-Übertragungskanäle
- 

- kleinere Sendeleistungen (max. 1 W) gegenüber GSM 900 (max. 2 W)
- **Stadtbereich:** Zellen mit Radius ca. 1km
- **Ländliche Gegenden mit wenig Verkehr:** Makrozellen (1km Radius)
- **Bereiche mit sehr viel Verkehr:** Mikrozellen (150m..180m Radius) oder Piczellen (< 150m Radius)
- **Vorteil kleine Zellen:** grosse Verkehrsdichten aber: hohe Investitionen

- Geräte mit Frequenzbereich 900/1800 MHz → **Dual Band Handy**
- Geräte mit zusätzlich 1900 MHz (USA) → **Triple Band Handy**

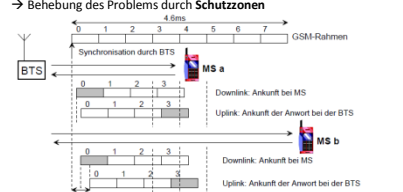
## Logische Kanäle

- Logische Kanäle für Sprache, Daten, versch. Arten von Signalisierung, die auf unterschiedliche Weise in Zeitschleife gemappt werden

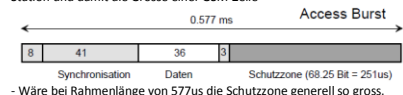
## BEISPIEL SEITE 19 EINFÜGEN???

## Time Advance

- Beim Zeitmultiplexverfahren: Enderäte dürfen nur zu bestimmten Zeiten senden (im abgemachten Timeslot) → müssen mit Basis Station durch Zeitsignal synchronisiert werden → Basis Station sendet regelmäßig ein Signal, das den Rahmenanfang kennzeichnet → Basis Station kennt Rahmenanfang und kann im richtigen Timeslot senden
- > Problem: Signale von Mobil Stationen, die sich nahe an Basisstation befinden, sind früher bei Basis Station, als Signale von Mobil Stationen, die weiter entfernt sind
- > Behebung des Problems durch **Schutzzone**



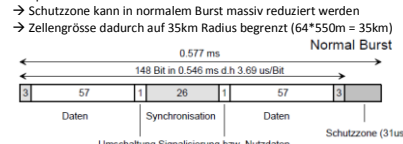
- Durch Distanz bedingte Laufzeit: 300m / us
- Round Trip Delay: 1us pro 150m Distanz
- Ist Mobilstation 35km von Basisstation entfernt, benötigt Signal 234us Laufzeit für Hin- und Rückweg
- Meldet sich Mobilstation zum ersten Mal → Access Burst mit 251 us Schutzzone → limitiert die max. mögliche Distanz zw. Basis- und Mobil Station und damit die Grösse einer GSM-Zelle



- Wäre bei Rahmenlänge von 577us die Schutzzone generell so gross, könnte Timeslot nur zu ca. 50% ausgenutzt werden
- > BTS ermittelt laufend Round Trip Delay und ermittelt daraus ca. alle 500ms einen Time Advance Wert und sendet diesen an Mobile Station
- Mobile Station sendet Daten jeweils um diesen Wert vorverschoben



- Für Time Advance Wert ist Abstufung in 64 Werte (0..63) vorgesehen, wobei eine Stufe einer Bitlänge, also 3.69µs oder ca. 550m Distanz entspricht
- > Schutzzone kann in normale Burst massiv reduziert werden
- > Zellengrösse dadurch auf 35km Radius begrenzt (64\*550m = 35km)



## High Speed Circuit Switched Data Service (HSCSD)

- Hochbitratiger kanalvermittelte GSM-Datendienst weist Mobilstation innerhalb eines 200 kHz Frequenzkanals für die Dauer der Übertragung gleichzeitig mehrere Kanäle zu
- Bei paralleler Nutzung aller 8 Kanäle → max. 76,8 kbit/s (8\*9,6)
- Durch weniger starkes Fehlerkorrekturverfahren → Datenrate pro Timeslot auf 14,4 kbit/s steigern → theor. Übertragungsrate von 115,2 kbit/s (8\*14,4)
- TN erhält jedoch meistens nur 2-4 Kanäle

## General Packet Radio Service (GPRS)

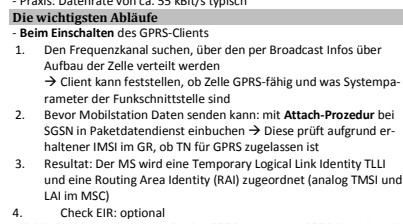
### Funktionsprinzip und Aufbau

- paketorientierter Datendienst
- Idee: physikalischen Kanal mehreren Benutzern zur Verfügung stellen, um seine Kapazität effizient auszunutzen zu können
- Für Realisierung: GSM-Netzarchitektur erweitern um:
  - **Packet Control Unit (PCU):** Anbindung des Paketnetzes an bestehenden GSM Funknetz → Pakettaden werden im Base Station Controller in GSM Datenkanäle verpackt und transportiert
  - **Serving GPRS Support Node (SGSN):** wickelt paketorientierten Datenverkehr mit Mobilstation ab. Primär eine Vermittlungsstelle für Datenpakete. Wichtigste Aufgabe: Mobilitätsmanagement der GPRS-Teilnehmer. SGSN ist über IP-basiertes Netz mit GSN verbunden. Jeder SGSN ist für ein bestimmtes Gebiet zuständig
  - **Gateway GPRS Support Node (GGSN):** wirkt als Gateway, stellt Verb. zu anderen Netzen her. Für den Internetzugang arbeitet er wie ein Internet Service Provider (ISP), teilt den GPRS-Clients eine Layer 3 Adresse (meist IP) zu
  - **GPRS Register (GR):** enthält alle GPRS-bezogenen Daten und kann als Teil des GSM-HLR angesehen werden
- Vier versch. Codierverfahren mit folgenden Datenraten pro Timeslot 9,05 kbit/s, 13,4 kbit/s, 15,6 kbit/s, 21,4 kbit/s
- Bei paralleler Nutzung aller 8 Kanäle → theoretische Datenraten 72,4 kbit/s - 171 kbit/s
- Im Gegensatz zu HSCSD: Kapazität muss von mehreren MS geteilt werden (analog LAN)
- Praxis: Datenrate von ca. 55 kbit/s typischer

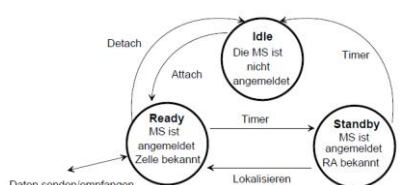
### Die wichtigsten Abläufe

- **Beim Einschalten** des GPRS-Clients

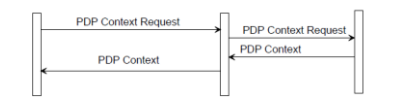
  1. Den Frequenzkanal suchen, über den per Broadcast Infos über Aufbau der Zelle verteilt werden → Client kann feststellen, ob Zelle GPRS-fähig und was Systemparameter der Funkschnittstelle sind
  2. Bevor Mobilstation Daten senden kann: mit **Attach-Prozedur** bei SGSN in Paketdatendienst einbauen → Diese prüft aufgrund erhaltener IMSI im GR, ob TN für GPRS zugelassen ist
  3. Resultat: Der MS wird eine Temporary Logical Link Identity TLLI und eine Routing Area Identity (RAI) zugeordnet (analog TMSI und LAI im MSC)
  4. Check EIR: optional



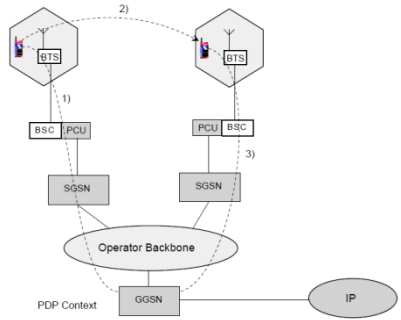
- **Erneutes aktivieren** des GPRS-Dienstes: Client sendet TLLI und RAI an SGSN
- **Mobilitätsmanagement** von GSM und GPRS läuft parallel und unabhängig
- Nachdem GPRS-Client in SGSN registriert ist, wird Position im zuständ. SGSN und im GR abgelegt
- Falls Client in **Verantwortungsbereich** eines andern SGSN bewegt: Daten werden im neuen SGSN und im GR nachgeführt (analog GSM)
- MS kennt drei Zustände
- **Idle:** MS ist nicht in SGSN angemeldet. SGSN weiss nicht, wo MS ist
- **Ready:** Nachdem MS die Attach-Prozedur durchgeführt hat, ist sie beim SGSN angemeldet und im Ready-Zustand. Mobilitätsmanagement im SGSN ist aktiviert. SGSN kennt die Zelle, in der sich die MS befindet. **Datentransfer nur in diesem Zustand möglich!**
- **Standby:** MS kann weder Daten senden noch empfangen. SGSN kennt genauen Standort der MS nicht, sondern nur Routing Area (Gruppe von Zellen). Verlässt MS die Routing Area, so meldet sie sich beim SGSN



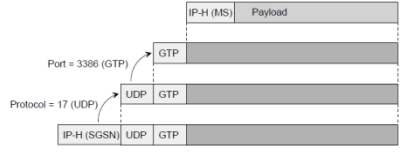
- Daten senden/empfangen
- Zellengenaues Verfolgen der MS ist aufwändig bzgl. Signalisierung und benötigt viel Energie in der MS
- Sendet / empfängt MS längere Zeit keine Daten → Zustand Standby
- Soll MS Daten empfangen / senden, so muss die MS zuerst gesucht und der zellgenaue Standort an SGSN gemeldet werden
- Bevor Daten von und zum GPRS-Client gesendet werden können benötigt dieser einen **Paket Data Protocol (PDP) Context** (Layer 3 Adresse) → dazu sendet GPRS-Client einen PDP Context Activation Request an SGSN; SGSN wählt aufgrund Infos d. Clients einen passenden SGSN aus und schickt diesem den Request; GGSN eröffnet PDP Context, ordnet Layer 3 Adresse und SGSN-Adresse zu und antwortet dem SGSN. SGSN speichert PDP Context mit der Adresse des GGSN und des Clients und schickt die Information dem Client weiter
- Client hat **genau eine logische Verbindung** zu einem SGSN
- Wechselt Client Standort, kann SGSN ändern
- GGSN bleibt stabil und verankert Verb. ins externe Datennetz



- GGSN kennt IP-Adresse der Mobile Station und IP des für die MS zuständigen SGSN
- MS kennt den für sie zuständigen SGSN und GGSN
- Kommende Meldungen: mittels **GPRS Tunneling Protocol** vom GGSN zum SGSN transportiert (2)
- IP-Meldungen: werden als Payload in IP-Meldung verpackt und an SGSN geschickt
- GGSN muss nur Adresse des für MS zuständigen SGSN und keine Infos über den aktuellen Standort der MS besitzen
- Vereinfacht Routing im Backbones des Operators
- SGSN: Für das Weiterleiten der Meldung über BSC und BTS zur MS zuständig
- Bewegt sich MS in Einflussbereich eines anderen SGSN, so muss der PDP Context vom alten SGSN ins neue SGSN transferiert und dem GGSN das neue SGSN gemeldet werden (2)
- kommende Meldungen werden über neues SGSN geleitet (3)

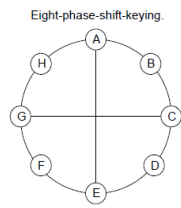


- Tunneling unter GPRS**
- IP-Meldung der MS (Payload und IP-Header) wird durch GTP-Header ergänzt, welcher Angaben über verpackte Meldung enthält
  - GTP-Meldung wird in UDP verpackt und mit Port 3386 als GPT identifiziert
  - UDP-Meldung wird mit IP-Header für SGSN versehen
  - Kommende Meldungen für die MS werden im GGSN verpackt, durch das Backbone Netz des Providers geschickt und vom adressierten SGSN ausgepackt und an MS weitergeleitet



### Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)

- Mit Standard-Modulation max. Übertragungsraten von 76.8 kBit/s (8\*9.6) resp. 115.2 kBit/s (8\*14.4) bei HSCSD oder max. 171.2 kBit/s (8\*21.4) bei GPRS
- EDGE verwendet als Modulationstechnik: **Eight-phase-shift-keying**
- Es werden 8 versch. Phasenlagen verwendet → so können pro Takt 3 Bit übertragen werden, was grob zu einer Verdreifachung der Datenrate führt
- max. Datenrate von 384 kBit/s über 200 kHz GSM-Band
- In Praxis: 256 kBit/s typisch



### Location Based Services

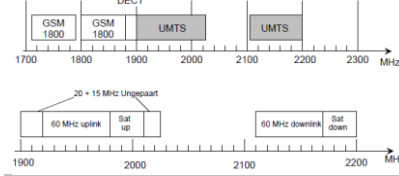
- Ortsorientierte Dienste
- Bauen darauf auf, dass Netzbetreiber die Position des TN bestimmen kann
- Bei GSM-basierten Systemen: Position des TN durch Zelleninfo und Laufzeitmessungen auf 100-200m genau
- Mit GPS-basierten Systemen: Genauigkeit von 10-20m
- Ohne GPS: mindestens Zelle bekannt
- Mit **Time Advance Funktion**: Position des TN innerhalb der Zelle genauer bestimmen
- Leistungsmerkmale
  - Wo bin ich? (Anzeige der aktuellen Position)
  - Notruf mit Position
  - Ortsabhängige Infos (Wetter, Kino, Parties)
  - Flotten- und Waren-Management (Positionsbestimmung von LKWs)
  - Wo ist...? (Der nächste Bankomat / Spital / Apotheke)
  - Wo sind meine Freunde?

### Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)

- europäische Bezeichnung für Mobilkommunikations-System der 3. Generation
- Wichtigste Merkmale
  - Hohe Datenraten von 144 kBit/s überall, teilweise lokal sogar höher
  - Symmetrische und asymmetrische Datenübertragung
  - Leitungs- und paketvermittelte Übertragung
  - Hohe Sprachqualität
  - Nahtloser Übergang von Systemen der 2. Generation
  - Globale Erreichbarkeit
  - Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA) als Übertragungsstandard

### Frequenzspektrum

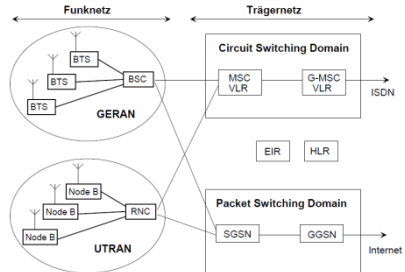
- Zwischen 1900 MHz und 2025 MHz sowie zw. 2110 MHz und 2200 MHz
- Zwei mal 60 MHz (Up- und Downlink) gepaart
- 35 MHz ungepaart
- Zwei mal 30 MHz (Up- und Downlink) reserviert für Satelliten-Verb.



### Funktionsprinzip und Aufbau

- UMTS besteht aus zwei Teilen
  - Funknetz
    - GSM/EDGE Radio Access Network (**GERAN**) mit BSC und BTS
    - UMTS Terrestrial Radio Air Network (**UTRAN**) mit Node B und Radio Network Controller (**RNC**)
    - (- RNC entspricht BSC und Node B dem BTS des GSM-Netzes)
    - Reine Sprachübertragung aus Kostengründen in Anfangsjahren zu grossem Teil über das GSM-Funknetz
  - Trägernetz
    - Verbindungsknoten, die durch Netz miteinander verbunden sind
    - Netz verbindet Funkübertragungseinrichtungen untereinander und mit anderen Netzen (ISDN, Internet etc.)
    - Weiterentwicklung des GSM-Trägernetzes
    - Circuit Switching Domain
    - Packet Switching Domain

→ gemeinsames Trägernetz, aber zwei getrennte nebeneinander bestehende Funknetze für UMTS und GSM

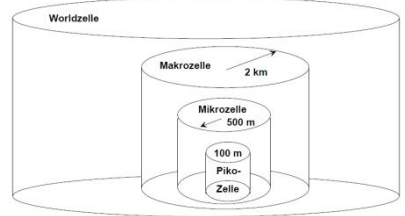


### UMTS Terrestrial Radio Air Network (UTRAN)

- Bei jeder Datenübertragung Frage, wie Frequenzspektrum in Kanäle unterteilt wird
- Je nach System: Frequenz-, Zeit- oder Codemultiplexverfahren
- im UTRAN: Codemultiplex oder **Code Division Multiple Access (CDMA)**
- Bei UMTS: 12 gepaarte Frequenzbänder von 5 MHz und feste Chip-Raten von 3.84 MChip/s
- Aufgrund übertragenden Nutzsinal lässt sich einfach der Spreizfaktor festlegen
- Realistisch ca. 110 Sprachverbindungen pro Frequenzband
- Beispiele Aufteilung eines Frequenzbandes

Übertragungsrate	Nutzsignalrate	Spreizfaktor	Theoretische Anzahl Kanäle	Nettodatenrate
3.84 MChip/s	30 kBit/s	128	128	12.2 kbit/s Sprache
3.84 MChip/s	240 kBit/s	16	16	64 kbit/s Daten
3.84 MChip/s	480 kBit/s	8	8	144 kbit/s Daten
3.84 MChip/s	960 kBit/s	4	4	384 kbit/s Daten
3.84 MChip/s	3840 kBit/s	1	1	2 Mbit/s Daten

- Funkkanal: qualitativ schlecht → fehlerbehaftet
  - zusätzlich Daten für Fehlererkennung und Korrektur nötig
- Durch die 12 Frequenzbänder → total 1536 Sprachkanäle (12 \* 128)
  - weniger als bei GSM
- Für Umschalten auf anderen Kanal muss anderer Code verwendet werden
- Mehrere Typen von Zellen
  - **Wortzelle**: Bedeckt ganze Erdoberfläche. Wird über Satelliten abgedeckt.
  - **Makrozellen**: Hauptzellen von UMTS. Durchmesser ca. 4km. Innerhalb Makrozellen wird FDD eingesetzt. Datenraten bis zu 144 Kbit/s bei Tempolimit von bis zu 500 km/h
  - **Mikrozellen**: Durchmesser ca. 1km. Innerhalb Mikrozellen wird FDD und wahlweise TDD eingesetzt. Datenraten bis 384 Kbit/s bei Tempolimit von bis zu 120 km/h
  - **Pikozellen**: Durchmesser ca. 200m. Innerhalb Pikozenen wird TDD eingesetzt. Datenraten bis 2Mbit/s bei Tempolimit 10km/h. Domäne der WLAN (nicht sicher, ob Pikozenen überhaupt je realisiert werden)



- Zellen überlagern und ergänzen sich
- Wichtiger Aspekt eines UMTS-Netzes: **Leistungssteuerung**
- Wie Kanalschaltung kann UMTS die Leistungssteuerung alle 10ms verändern
- Leistungen sind wesentlich geringer als bei GSM
- UMTS-Handy: max. Sendeleistung 125-250mW (GSM 2W)
- Typische Sendeleistung ca. 10mW

### Lizenzen

- Schweiz: UMTS-Konzessionen von Eidgenössischen Kommunikationskommission (ComCom) zu mind. 50 Millionen Sfr. für 15 Jahre vergeben
- Swisscom, DSpeed, Orange, Team 3G
- Jede Firma hat 2 \* 15 MHz FDD und 5 MHz TDD → total 35 MHz
- ComCom hat Versorgungspflicht von 50% der Bevölkerung auf Ende 2004 festgelegt (Orange, Sunrise und Swisscom Mobile erfüllen dies)

### High Speed Packet Access (HSPA)

- Weiterentwicklung von UMTS
- HSDPA → Beschleunigung des Downlink
- HSUPA → Beschleunigung des Uplink
- Ziel: Vergrößerung der Datenraten und Latenzzeiten
- Neue Modulationsarten: 2 oder 4 Bit pro Takt übertragen

- **Transferraten**:
- **Uplink**: Stufe 1 = 384 kBit/s; Stufe 2 = 1.8 Mbit/s; Stufe 3: 3.6 Mbit/s
  - **Downlink**: Stufe 1 = 1.8 Mbit/s; Stufe 2 = 3.6 Mbit/s; Stufe 3: 7.2 Mbit/s

- Vergleich Latenzzeiten (Antwortzeiten mit Ping ermittelt)
  - wesentliche Verbesserung ggn. GPRS und UMTS
  - GPRS: typisch 500ms und mehr
  - EDGE: 300..400ms
  - UMTS: 150..200ms
  - HSPA: 60..80ms
- Swisscom bietet (seit Mai 2006) HSDPA fähige PCMCIA-Karte mit Datenrate im Download von max. 1.8Mbit/s an
- Ab Mitte 2008: Swisscom verfügt über Netz mit Uplink-Datenrate von 1.4Mbit/s und Downlink-Datenrate von 3.6Mbit/s (teilweise sogar 7.2 Mbit/s)
- (- Orange und Sunrise: keine vergleichbaren Angebote)