

HSMK

① Radiotelefonní systém GSM: kmitočtová pásma, výkonové úrovně, zpracování signálů a architektura systému.

- BSS (Base St. Subsystem): BTS (Base Transceiver Station) $\leftarrow$ BSC (Base Stations Controller)
- NSS (Network Switching Subsystem): HSC (Mobile Switching Center), HLR, VLR, AuC, EIR
- Primary GSM (900MHz, 124ARFCN, B=200kHz, duplex 450kHz), Extended GSM (900MHz, +120ARFCN)
- DCS1800 (1800MHz, 374ARFCN, duplex 95MHz)
- modulace GMSK $\beta=0,5$, výkon MS (20mW až ~W dle třídy), výkon BTS (až stovky W)
- úroveň vstup 104 kbit/s, lódování ~~256~~ LTP-RPE $\Rightarrow$ 13 kbit/s $\sim$ 260 bit/20ms, po zabezpečení (1a, 1b, 2 - parita; konvoluční kód) $260b \Rightarrow 458b \sim$ 22,8 kbit/s, interleaving po 576
- normální burst (data, tržníková sekvence, TB, SF, GP) (burst=156, 255 a 577ms)
- přístupový burst (připojení/HO, při normální TA $\Rightarrow$ přidání GP)
- burst pro frekv. korekci (muly v FCCH $\Rightarrow$ konst. frekvence)
- synchrónizační burst (měří dat, rozlišená tržníková sekvence společná všem BTS)
- kanály provozní (TCH, data), signalizační: BCCH (broadcast, BTS $\Rightarrow$ MS, výkon slabin, ...), CCCH (common, BTS $\Leftrightarrow$ MS), DCCH (dedicated, měření)
- timeslot $\rightarrow$ TDMA rámců $\rightarrow$ multirámec $\rightarrow$ super rámec $\rightarrow$ hyper rámec

HSMK

② Systém GSM: zabezpečení signálů proti zneužití, ověření účastníka v síti, šifrování dat.

- SIM (Subscriber identity module - Ki, IMSI, TMSI, komunikace s VLR a HLR)
- HLR: databáze SIM včetně Ki; součást AuC, statická data; VLR - dynamická data (TMSI)
- EIR: white list, black list (blokování), gray list (sledování)
- připojení do sítě: PIN, frekvenci (FCCH) a časová (SCH) synchronizace, vyhledání BCCH, autorizace
- po přidělení TMSI v HLR generován triplet (RAND, SRES, Kc), porovnání s SRES od MS (algoritmy A3, A8)
- šifrování dat pomocí Kc a čísla rámců (algoritmus A5)
- handover v rámci BSC (bez úpadku), HSC (Location Update - rozpojení hovoru), PLMN (změna VLR), intracell HO (změna TS), intra BTS (změna TS nebo ARFCN)

MSMK

③ Přenos datových signálů v sítích GSM (HSCSD, GPRS, EDGE), vlastnosti, výhody a nevýhody jednotlivých technologií.

- HSCSD: sdružení timeslotů (3+1), bez HW zásahu, snižuje kapacitu sítě
- GPRS: paketový přenos, zásah do sítě: PCU, SGSN, GGSN
 - zavádí nový multitráns s PDCCH (packet data channels)
 - kódovací schéma CS1 (bezpečné, 6,7 kbit/s/Ts) ať CS4 (16,7 kbit/s/Ts)
 - CS1 běžný burst, CS2 a CS3 vyčleňování, CS4 bez kod. kódování, rozlišení SF
- EDGE
 - využít modulace $\frac{3\pi}{8}$ 8PSK s Grayovým kódem
 - modulation and coding schemes MCS1-4 (GMSK), MCS5-9 (8PSK)
 - řízení kvality, hodnocení chybovosti burst po burstu
 - rozdělení MCS na Families - v nich snadná změna MCS
- EDGE Evolution (dual carrier, 16-QAM, 32-QAM)



MSMK

④ Měření kvality služeb v radiotelefonní síti GSM, systémy pro měření (Q-voice, TEMS, ROME)

- subjektivní kvalita hlasu; objektivní pokrytí (kapacita, interference, úroveň)
- statistický věrohodná hodnocení realizace nároku $\Rightarrow$ automatické systémy
- systém Q-voice
 - moduly Vehicle/Portable/Stationary, Presentation (SQL, ODCE, presentation, stability)
 - měřené hodnoty: počty hovorů, handoverů, ...
 - vypočtené hodnoty: Call completed, dropped, setup successful [%]
 - analýza objektivního posouzení kvality - PACE, PESQ
- systém TEMS
 - možnost editace zpráv 3. úrovně ~ specifické situace (vyznamenání HO)
- systém ROME
 - modulární systém od RBS
 - moduly TSMU (analýza GSM, UITS), TSM-DVB (DVB-H)

MSMK

⑤ Systemy třetí generace UITS: IMT2000, přenosová rychlost signálu, kmitočtová pásma, rádiové rozhraní UTRA, architektura systémů.

- IMT2000: max. 2Mbit/s, SDR, zastřešuje UITS-FDD, UITS-TDD, CDMA2000
- 3GPP: zastřešuje regulátory, operátory i výrobce
- frekvencí pásma kolem 2GHz, nepárována (UITS-TDD, TD-WCDMA), párována (UITS-FDD, FD-WCDMA), $B=5MHz$, chiprate 3,84Mchip/s ($\approx 2Mbit/s$ max.), QPSK
- CDMA - odlišné, technolog. náročné, bitrate T_b , chiprate T_c , $SF=T_b/T_c$
- channelization codes - ortogonální Walshovy fce OVSE, rozlišení kanálů jednoho uživatele; Rademacherovy fce, Hadamardovy matice, Walshův stream
- scrambling codes - pseudonáhodné sekvence PN, rozlišení několika účastníků, využití ~~CDMA~~ LFSR (Linear Feedback Shift Register)
- RAKE receiver: banda korelátorů + slučovač (rozlišení přenos. cest odražen)
- FEC: turbo kódy (dva konvoluční kódy, prokládání); SOVA (soft-out Viterbi)

MSMK

⑥ UITS TDD a FDD (jejich výhody a nevýhody), definice jednotlivých rozhraní v systému, přenos hlasu a dat.

- UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) ← rozhraní In
 - Node B ($\sim$ BTS), RNC ($\sim$ BSC)
- CN (Core Network) ←
 - SGSN, GGSN → paketová síť
 - MSC, GMSC (VLR, HLR, EIR, ...) → PSTN
- úřiv. zařízení (MS+UEIM), infrastruktura (UTRAN, CN)
- mobilní stanice MS, UE (turbo kódy, RAKE, Walsh kódy, rozprostřování)
- režimy CS (Circuit Switched), PS (Packet Switched), CS/PS (kombinace)
- parametry RF ($P, \Delta f_{FDD}, B, TDD/FDD$), fyzických a transportních kanálů
- TDD: datové asynchronní přenosy, malé oblasti
- FDD: hlasové služby, velké oblasti
- HSDPA - rychlá metoda pro přenos paketů, UITS Release 05, až 14,4Mbit/s

MSMK

⑨ Bezdrôtové siete WLAN 802.11: popis jednotlivých štandardov (a-i). Vrstvový model OSI, popis fyzickej vrstvy (používané modulácie, vysielanie výkonu atď.)

- 802.11a: 5GHz, 54Mbit/s, EIRP ~200mW, modulácia OFDM, nepriechyľajúci sa kanály s $B=22\text{MHz}$; modulácie nosných BPSK, QPSK, 16-QAM alebo 64-QAM podľa kvality, volba kódového pomernu FEC
- 802.11b: 2,4GHz, 11Mbit/s, EIRP 100mW, modulácia DSSS, kanály s prekrývaním (jen 3 bez), $B=22\text{MHz}$; spektrálna maska - laby potlačeny o -30dB , DBPSK
- 802.11g: 2,4GHz, 54Mbit/s, EIRP 100mW, modulácia OFDM spätne kompatibilná
- 802.11n: rozšírení abg o MIMO, režimy legacy, mixed a greenfield
- CSMA/CD: u Ethernetu, po detekcii kolízie čelá (nehodnotia olovi)
- CSMA/CA: počet, náhodná doba, poř poradie; nebo: RTS/CTS
- model ISO/OSI: fyzická, linková, síťová, transportní, relacní, prezentacní, aplikační

MSMK

⑩ WiMAX a Mobile WiMAX: technológie, fyzická vrstva, prístupové metódy.

- alternatíva k xDSL, dosah až 50km, 40Mbit/s buniča 3-10km
- standard 802.16 (WMAN), pásma 10-66GHz, licencovaná <11GHz
- OFDMA, šířka kanálu 1,25 až typ. 20MHz (OFDM s přidělováním bloků nosných)
- FEC kódování: 4 typy (blokové Reed-Solomon, konvoluční, paritní, blokové turbo kódy)
- FDD: metódy SS současně, variabilní, i plný duplex
- TDD: adaptivní přidělování timeslotů (asymetrický spoj)
- Mobile WiMAX - využití Scalable OFDMA

HSMK

- ⑦ UTIS: typy handoveru, dynamická velikost buněk, řízení výkonu mobilní stanice
- klasový kód ANR - adaptivní rychlost, více módů
 - malrodiverzita - více Node B; uplink - OK, downlink - mávší interference
 - handover: soft (současné ≈ 2 Node B), softer (rozšíření celkové stejné Node B), interfrequency (v rámci Node B, hard HO), intersystem (UTIS $\rightarrow$ GSM, komplikovaný), intermode (TDD $\leftrightarrow$ FDD)
 - cell breathing (kolísání počtu účastníků na Node B vlivem interference)
 - více účastníků: PN scrambling kódy (neortogonální, pulzní autokorelace)
 - více kanálů: OVSF Walshovy kódy (ortogonální, různé SF)
 - power control: minimalizace interference, optimální kvalita, kapacita, baterie
 - open loop - při přihlašování, $P_{Tx,UE} \sim P_{Tx,NodeB}$
 - closed loop (na základě měření): vnitřní smyčka (měří UE a Node B, optimalizace Signal/Interference Ratio, rychlost 1500 Hz), vnější smyčka (do 100 Hz, řízení provádí SRNC, udává novou cílovou S/I hodnotu)

HSMK

- ⑧ UTIS: páteřní síť a její popis, propojení se stávajícími systémy
- radiální přístupová síť UTRAN: Node B, RNC
 - Node B ($\sim$ BTS) - kódování, modulace, řízení UE, synchronizace, malrodiverzita
 - RNC ($\sim$ BSC) - rozšíření In, řízení HQ power control pro minimalizaci interference, přidělování rozptýlených kódů
 - Controlling RNC - řídí jediný Node-B
 - Serving RNC - řídí spojení s jediným UE
 - Drift RNC - podpora pro S-RNC při malrodiverzitě
 - Core Network: CS (MSC, GMSC, VLR), PS (SGSN, GGSN), CS+PS (HLR, AuC, EIR)
 - obsluha UE nebo GSM MS (MSC, SGSN, VLR)
 - spojení s ostatními systémy (GMSC, GGSN)
 - CB (Cell Broadcast Control)