

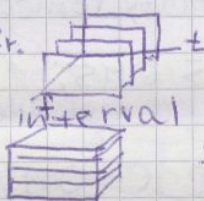
X32 MKS - MOBILNÍ KOMUNIKACE

MKS
1

Přístupové metody (vícenásobný přístup)

4

- FDMA - kmitočtové dělení
 - účastník má určitou fr.
- TDMA - časové dělení
 - účastník má časový interval
- CDMA - kódové dělení
 - účastník má kód



13

TDMA rámec = 4,615 ms
TS = 0,577 ms
v uplink rámec o 3 TS
zpožděn
komunikace v obou smě-
rech ve stejném TS

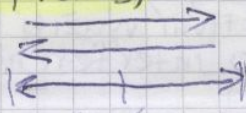
Druhy modulací

4

- FSK - 2 stavová FM (fr. klíčování)
 - potřeba širokého pásma
- MSK - fr. klíčování s min. zdvihem
 - spojitý přechod fáze
- GMSK - Gauss. modulace s min. zdvihem
 - pravouhlý signál → Gauss. křivka
- GFSK - Gauss. modulace s fr. klíčováním

Realizace přenosu (duplexní přenos)

- FDD - různopásmový duplex. přenos
 - každý směr má jiné pásmo
- TDD - stejnopásmový duplex. přenos
 - oba směry stejné pásmo, ale každý má ~~každý~~ čas. interval jiný



Bezšňůrové telefony

- = +lk. zařízení (+lf. přístroj s mobilní částí) umožňující účastníkovi volný pohyb v určitém prostoru = mobilní a pevná část
- záměrně nízký výšlaci výkon (10ky mW)
- omezený dosah (max. 300m)

GENERACE:

1

analog

- CTO (Cordless Telephone 0 - bezšňůrový telefon 0) - 1935
 - dosah 10 m
 - upravená varianta am. systému v GB
 - fr. modulace - ZS - 46,6 až 47 MHz, NS - 49,6 až 50 MHz
 - velké rozměry, možnost neoprávněného napojení a odposlechu
- CT1 - pod patronací ETSI
 - 40 duplexních kanálů
 - ZS - 914 až 915 MHz, NS - 959 až 960 MHz
- CT1+
 - dynamické přidělování kanálů DCA přidělují aktivnímu účastníkovi právě volný duplexní pár kanálů
 - ZS - 885 až 887 MHz, NS - 930 až 932 MHz s celkem 80 kanály

- dig { • CT2 - adaptován ETSI v 1992 jako dočasný evropský standard
 - používá GFSK a TDD

2

- CTx jsou nekompatibilní proto → DECT
- DECT (Digital European Cordless Telephone = digitální evropský bezšňůrový telefon)
 - později: - II - Enhanced - II - rozšířený - II -
 - jednotný celoevropský standard
 - hlasová (min. náúrovni pevné linky) a datová komunikace
 - vysoká provozní kapacita
 - spolupráce s PTN, ISDN, GSM, X.25, WLAN
 - zabezpečené proti odposlechu a rušení

- # Buňkové mobilní telefonní sítě
- piko-buňka - kanceláře a byty, dosah max. 100ky m
 - mikro-buňka - města s hustou zastavbou
 - pomalejší účastníci
 - jednotky km
 - makro-buňka - velké, řídko obydlené oblasti
 - rychlí účastníci
 - 10ky km
 - satelitní buňka - oblast dosažitelná z tlk družice
 - tam kde je, pro ostatní buňky nedostupnost
 - dosah závislý na umístění družice a parametrech zařízení
- makro**
= oblast 7 buněk s frekvencemi f_1 až f_7 (vzájemně ovlivnění signálů)
= svazek oblastí všech 7 buněk $\cong$ interferenční zóna (vzájemné ovlivnění signálů)
- 3

5) ANALOGOVÉ SYSTÉMY ^{- dosah}

- © - v 1991 v ČSFR
- MS → BS
- mob. tl. ústř.
- MTX
- PSTN
- BS
- hl. schránka
- VMS
- SS7
- system z s
- sít. spoj. systém

DIGITÁLNÍ SYSTÉMY - současnost

- ③ - použití handoveru (= předávání pohybujících se účastníků mezi ZS)
- efektivní hospodaření s radiovým spektrem
- malé vysílací výkony BTS
- ③ - sektorizace - ZS se neumísť do středu buněk ale do společného bodu tří sousedních buněk (~~3 ZS na 1~~ 3 antény na 1 ZS)
- CEPT v roce 1982 - GSM (přezato z označení skupiny)
- ⑥ GSM - Start, 1992; u nás: 1992: NMT, 1996: GSM, 1999: GPRS, 2006: UMTS
- otevřený celoevr. standard
- identifikace účastníka podle karty SIM (Subscriber Identity Module)
- MS lze užívat jen s aktivovanou kartou kromě tísňového volání
- kvalitní přenos hlasu
- autentizace a šifrování
- mezinár. roaming
- signalizace SS7
- propojení s ostatními službami mob. a pevných sítí
- služby: telefonie, SMS, teletex, telefax, hlasovka, e-mail, bankovní a inform.
- přenos - asynchronní duplexní - 300 - 9600 b/s
- synchronní duplexní - 2400 - 9600 b/s
- ⊖ nízká vp, nelze okamžitě účtovat roaming, nelze paket. přenos

OBECNĚ BUŇKOVĚ SÍŤE

(3)

- makrobuňky (ϕ max. 10ky km) - šestiúhelník ideálně, reálně neprav. tvar
- svazek = 7 (někdy 3) buňky, v každém svazku fr $f_1 - f_7$
- interferenční zóna = území, kde může dojít ke vzájemnému ovlivnění signálu přijímaných danou MS.

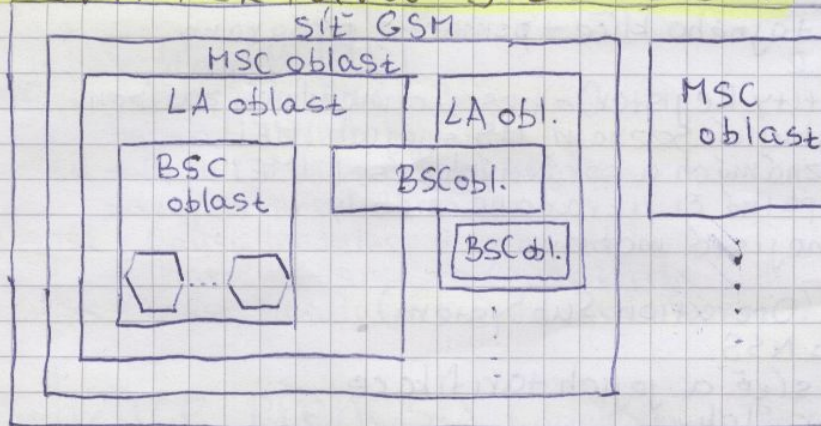
$$D = R \sqrt{3k}$$

výpočet vzdálenosti D pro opětovné použití frekvence
 R - poloměr buňky
 k - počet buněk ve svazku

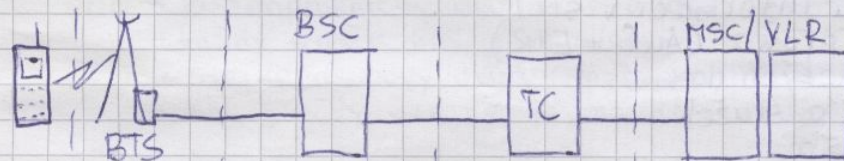
Výpočet velikosti svazku s ohledem na SNR - postačuje 18dB

Architektura sítě GSM

(6)



Síť operátora obsahuje min. 1 MSC (Mobile Switch Center)
 každá MSC obsahuje min. jednu LA (Location Area)
 každá LA obsahuje několik skupin buněk
 každý svazek má BSC (Base Station Controller), která slučuje několik BTS
 v každé LA je min. 1 BSC, ale buňky od 1 BSC mohou spadat pod různé LA



TC - přizpůsobení v p 16kb/s → 64kb/s
 - převod hovorových dat na E1 - rozhraní A

- kanál = 8TS
- GSM 900 - 890 až 915 MHz a 935 až 960 MHz - 125 kanálů s B=200kHz
 - GSM 1800 - 1710 až 1785 MHz a 1805 až 1880 MHz - 375 kanálů → 29920 kruhů
 - GSM 1900 - 1850 až 1910 MHz a 1930 až 1990 MHz

subsystem základních stanic BSS (Base Station Subsystem)

- (7) MS komunikují s BTS
 několik BTS je přiřazeno k 1 BSC (uvolňuje a přiřazuje radio. kanály)
 zajišťuje handover)

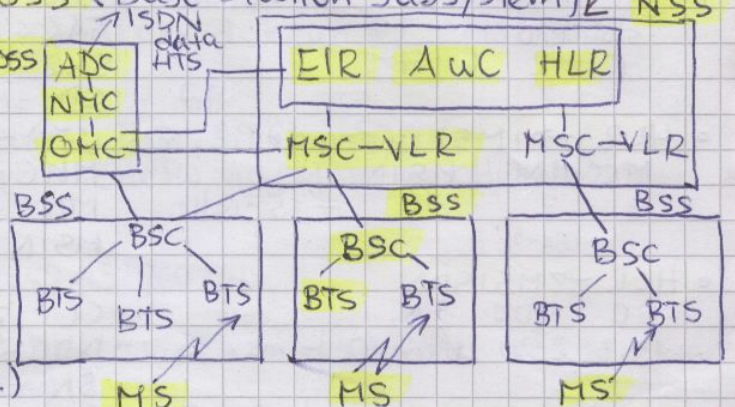
- MS má poskytovat systému info o poloze, MS vybere opt. BTS (z několika) přes kterou je navázáno spojení

- BTS - 3-5 rádiových kanálů → 24 až 40 uživ. kanálů
- přidělení kanálů: fixní (neef.) dynamické

- mezi ZS a MS je rozhraní Um
- mezi BTS a BSC rozhraní Abis - nulový spoj 10ky GHz, nešifrované
- HW: spojení se sítí, vysílání a příjem, napájení (+ záloha), zabezp., klimatizace
- nové mají funkce BSC - řízení spojení (každý 480 ms info o síle signálu)
- součást TRAU - (de)kodér hlasu podle kodeků

síťový spojovací subsystém NSS (network switching subsystem)

- (8) - obsahuje zejména ústřednu MSC (registrace, ověřování, aktualizace polohy, handover, směřování při roamingu), signalizace SS7
- MSC s fa. brány = GMSC



- MSC = Hf. ústředna + soubor identifikačních databází

⑨ + HLR (Home Location Register) = domovský registr - info o účastnících oblasti

- obsahuje: IMSI - mezinár. ID mob. úč.

MSISDN - ISDN číslo mob. úč. +420 603 123456

údaje o poloze MS (MSRN - roam. číslo MS)

adresu VLR

číslo ústředny + seznam služeb účastníka

⑨ + VLR (Visitor Location Register) - odpovědný za 1 nebo víc obl. MSC

- info o mob. úč., kteří se právě pohybují ve spravované oblasti

- když účastník opustí danou oblast → data zrušena

- aktualizace dat jen od HLR k VLR, ne naopak

⑩ + AuC (Authentication Center) - ověřovací jednotka (identifikace)

- chráněná DB

- obsah: kopie tajného klíče + pomocné programy

- v blízkosti HLR

⑩ + EIR (Equipment Identity Register) - registr mobilních zařízení

= databáze obsahující seznam MS s jejich IMEI

white list - známých a správných čísel IMEI

black list - špatné či ukradené mobily

gray list - nejisté mobily

• operační subsystém OSS (Operation SubSystem)

⑪ - provoz a údržba BSS a NSS

- registrace účastníků sítě a jejich tarifkace

- blok

ADC - administr. úlohy

NMC - řízení toku informací v síti

OMC - údržba a provoz (AuC + EIR)

- úkoly - správa účastnických dat

- účtování hovorů a služeb

- provoz sítě a údržba

- správa mobilních zařízení (listy)

- řízení služeb a sítě

⑫ Formáty a struktura identifikátorů GSM

• EIR → IMEI

TAC | FAC | SNR | CD = 15 číslic
sloučeno
6 2 6 1

TAC - země původu + typ telefonu

FAC - info o výrobci

SNR - serial number

CD - kontrolní součet

• HLR → IMSI (mezinár. id. mob. úč.) - přiřazeno po zaregistrování do sítě

MCC | MNC | MSIN
3 2 10 = 15 číslic
USA-3

MCC - kód země

MNC - kód operátora

MSIN - číslo v domov. síti

• HLR → MSISDN

CC | NDC | SN
1,2,3 2-3 max. 10 - max. 15

CC - země - ČR 420

NDC - předvolba 603

SN - číslo 123456

• HLR → MSRN - jako MSISDN

• SIM → LAI = standardizovaný id. oblasti, uloženo na SIM

• SIM + VLR → TMSI - pro zvýšení anonymity (LAI + TMSI nahrazuje IMSI)

• LMSI - pomocný vyhledávací klíč - z VLR, uložen v HLR

- použit při přiřazení roamingového čísla

• CI - identifikace buňky v LA

BURSTY GSM (13)

MKS

2

- burst = $148 + 8,25 \text{ bitu} = 0,577 \text{ ms} = T_S$

ochrana proti překrytí burstů

- kanál (8TS) má $v_p = 270,833 \text{ kbit/s}$

- 1TS $\rightarrow 33,854 \text{ kbit/s}$

normální - přenáší hovorové info + řídicí

pro fr. korekci - zamezení interferencím, vyslán jen základnovou stanicí

synchronizační - čas. synchronizace MS, vyslán jen ZS

prázdný - nepotřebujeme přenášet žádnou info

přístupový - náhodný pokus o přístup do systému - zapnutí MS

ČASOVÝ PŘEDSTIH time advance (13)

- BTS pošle MS k nastavení zpoždění info pomocí 6 bitů

- MS zohledňuje dobu šíření signálu k ZS - aby nedošlo k překrytí

- zpoždění na otou cestách

LOGICKÉ KANÁLY (14)

- do fyzických se pásmo dělí pomocí TDMA/FDMA

- vkládány do fyzických $\rightarrow$ mapování log. kanálů

- se přenášejí po fyz. kanálu vyhrazeném uživateli

- prostřednictvím spec. společného fyz. kanálu (nastále stejné fr.)

- pro udržení výkonu - prázdný burst

provozní kanály - full x half rate

signalizační kanály - broadcast

common control

dedicated control

downlink

uplink

obousměrný

HIERARCHICKÁ STRUKTURA RÁMCŮ (14)

- TDMA rámec tvořen 8 TS a ty se opakují (4,615 ms)

- slouží k vysílání burstů

- multirámec - 26 rámců TDMA 120 ms, provozní kanály

z 51 rámců 235,33 ms, signalizační kanály

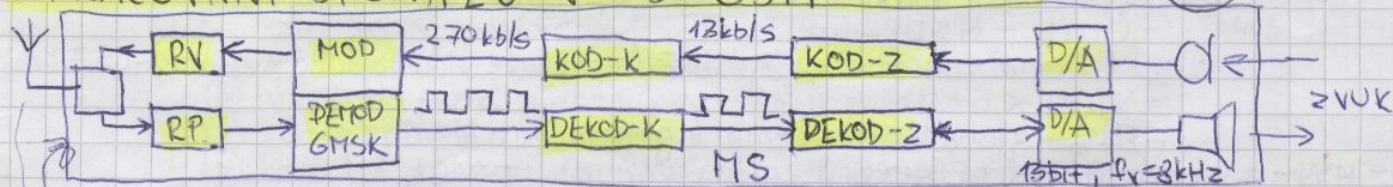
- super rámec - nsn 2 předchozích 26 multirámců $\rightarrow$ 51 rámců } 6,12 s

51 multirámců $\rightarrow$ 26 rámců

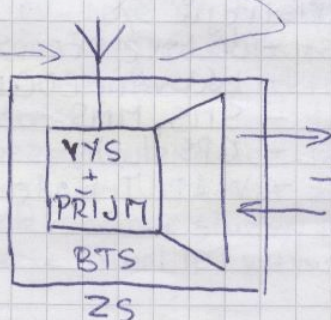
- hyper rámec - sloučen 2048 super rámců - 3 hod 28 min 53,76 s

- jen pro šifrování

ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU V MS GSM - GSM 900 (19)



KOD-Z - zdvořené kódování
KOD-K - kanálové



OVĚŘENÍ totožnosti MS
- přes HLR a VLR

šifrování (21)

K_c
(64b)

číslo rámce
(22 bitů)

Algoritmus A5

$\downarrow$ šifr. blok 114b

nešifr. data 114b $\rightarrow$ XOR $\rightarrow$ šifr. data 114b

KARTA SIM

- obsahuje IMSI, symetrický klíč K_i (tožný s AUC) algoritmus A3, A8, A5
PIN
- dočasné data: TMSI, LAI, dešifrovací klíč K_c

SESTAVENÍ SPOJENÍ

- první síť → GSM



- 1 přichází volání směřováno na GMSC
- 2 dle čísla IMSI volané stanice se určí HLR
- 3 Je požádán příslušný VLR o poskytnutí MSRN
- 4 MSRN vráceno do GMSC
- 5 volání propojeno na MSC
- 6 VLR požádán o zjištění pozice a dostupnosti MS
- 7 Je-li stanice dostupná povoleno rádiové spojení
- 8 do všech zón spadajících pod VLR je zaslán požadavek na spojení
- 9 MS se přihlásí na výzvu z aktuální rádiové buňky
- 10 provedou se všechny nutné zabezpečovací procedury
- 11 VLR signalizuje do MSC, že spojení s MS může být uskutečněno

- síť GSM → první síť

- 1 připojení na BTS-BSC
- 2 předání BSC-MSC
- 3 dotaz autorizace
- 4 odpověď autorizace
- 5 propojení volání na PSTN přes GMSC

HANDOVER - varianty

- přenos a propojení mezi kanály (čas. intervaly) ve stejné buňce (intra-BTS)
- mezi buňkami, které jsou řízeny stejnou BSC (inter-BTS handover)
- mezi buňkami řízenými různými BSC, ale náležející ke stejné MSC (inter-BSC)
- mezi buňkami řízenými různými MSC (inter-MSC handover)

SOUČASNOST a BUDOUCNOST MOBILNÍ KOMUNIKACE

- organizace ITU, ETSI, 3GPP
- standardy - GSM - GPRS (2,5G)
 - EDGE (2,75G)
 - E-EDGE - rok 2010 - až 1,8944 Mb/s
- UMTS - HSDPA
 - volně navazuje LTE (= projekt dlouhodobé evoluce) - až 38 Mb/s
- WiMax
- 4G - globální systémy 4. generace - B3G
 - NGN
- HW - zdokonalování přístrojů
 - OLED displeje
- součinnost technologií a přístrojů
- co rozšiřuje možnosti současnosti - datové přenosy CSD, HSCSD, GPRS, Bluetooth
 - kódování EDGE
 - SMS, MMS
 - GPS služby
 - WAP, I-mode

Datové přenosy

CSD (Circuit Switched Data)

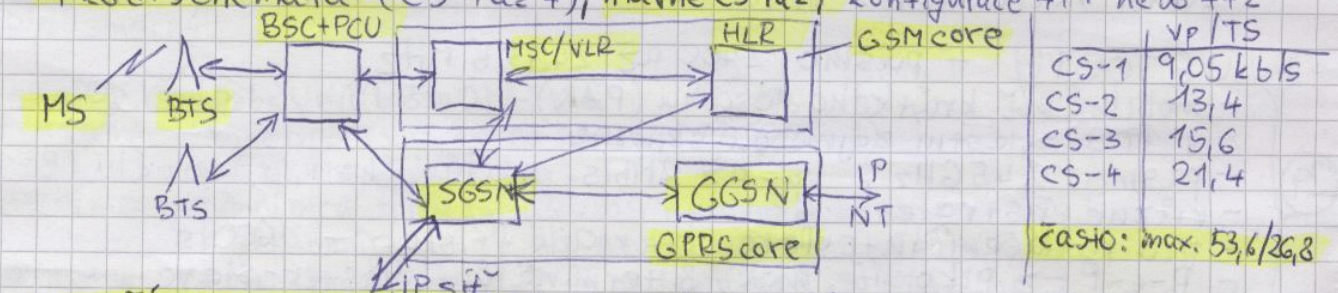
- (15) - přenos dat 9,6 kb/s - režie na fungování sítě - 11 kb/s
 - režie na dat. přenosy - 13,2 kb/s
 14,4 kb/s - režie - 8,4 kb/s

HSCSD (High Speed CSD)

- (15) - teor. 8TS, prakticky 4TS → 57,6 kb/s → A-rozhraní 64 kb/s
 - p. přenos souborů
 aplikace vyžadující konst. Vp a zpoždění
 - vytvořen v 1996
 - umožňuje vyšší bez zásahu do sítě - jen SW úprava, změny jen u MS
 - standard 9,6 → možno 14,4 kb/s/TS
 - dat. tok přenášen po n kanálech, kanály nezáv. až do místa spojení
 - přepojování okruhů
 - při navazování spojení se přenáší info o: počtu požadovaných kanálů
 přípustném typu kódování
 Vp v pevné a radiové části
 - během spojení rychlost měněna
 - symetrické/asymetrické spojení

GPRS (General Packet Radio Service) - všeob. rádiová paketová služba

- (16) - přepojování paketů, odděleno od stávající sítě
 - využívá existující rádiovou část mezi BTS a BSC
 - nové prvky: SGSN - přepojuje pakety k MS, v dané oblasti, šifrování, ↓
 GGSN - přístup do jiných sítí, sběr dat pro vyúčtování
 ↳ komunikují s HLR, VLR, MSC, ...
 - využívá stejné fyz. kanály jako okruhy
 - 4 kód. schémata (CS-1 až 4), hlavně CS-1 a 2; konfigurace 4+1 nebo 4+2



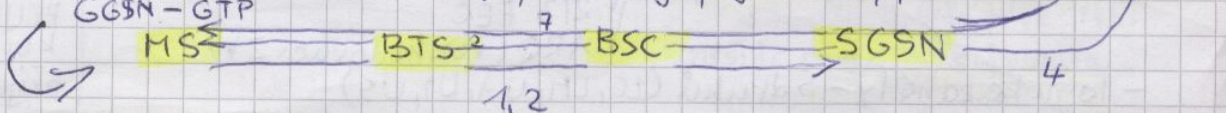
- pro příjem a odesílání dat je třeba provést:

připojení k GPRS

- MS pošle SGSN žádost o připojení vč. všech údajů
- pokud se MS identifikovala a došlo ke změně uzlu SGSN, naváže se spojení s předchozím uzlem se žádostí o údaje
- pokud MS nezná žádné SGSN → MS je požádán o IMSI
- SGSN provede autentizaci MS
- když MS vstoupí do nové oblasti SGSN → aktualizace záznamu v HLR
- vstup do nové LA → aktualizace v daném VLR
- SGSN přidělí MS nové id, kč. identifikuje uživatele

aktivace PDP (Packet Data Protocol) kontextu

- MS pošle SGSN žádost o aktivaci PDP s APN (log. jméno sítě) a IP adresu
- spuštění bezpečnostní fce mezi MS a SGSN
- SGSN ověří oprávněnost žádosti
- SGSN provede kontrolu služby; pošle APN uzlu GGSN, vytvoří log. spojení pro PDP kontext Tunnel ID; vytvoří log. spojení GGSN - GTP



- ⑤ GGSN provedení spojení s ext. sítí (pomocí APN) a požádá o IPku
- ⑥ Server pošle adresu uzlu GGSN
- ⑦ GGSN zašle adresu MS

DOPLŇKOVÉ SLUŽBY GPRS

- telemetrie
- intranet
- monitoring
- on-line průzkum

EDGE

- zvýšení vp drky 8-PSK
- 9 kód. schémat
- 4+1 → 236,8/59,2
- 3+2 → 177,6/118,4 kb/s

~~XXXXXXXXXX~~ • **EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution)** - konkurence UMTS

- modulace 8-PSK (MCS-5 až 9) → změna
- 1TS - až 48 kb/s
- 1TS u MCS-9 → 59,2 kb/s

GMSK (MCS-1 až 4)

MS

PDN

4+1 → 236,8/59,2

BTS ↔ BSC/PCU ↔ SGSN ↔ GGSN

- budoucnost: E-EDGE

(modulace 16/32/64-QAM) MS

při sloučení 8 TS → vp = 946,3 kb/s při 64QAM a MCS-9

DALŠÍ ROZVOJ TECHNOLOGIÍ a SLUŽEB

• MMS

• WAP (Wireless Application Protocol)

- v 1998 definován org. Wap Forum jako ekvivalent k int. protokolu

• I-mode

- autorem japonský operátor DoCoMo
- prohlížení stránek ve zjednodušeném HTML
- větší možnosti než WAP

• **BLUETOOTH** - pásmo 2400 až 2483,5 MHz

- mobilní síť krátkého dosahu (PAN) - 10 až 15m, ideálně 100m
- v 1998 zvláštní zájmovou skupina
- pásmo 2,45 GHz, vp = až 2 Mb/s, malý výkon, 79 kanálů (B=1MHz)
- různé přístroje

- pro potlačení interference - rychlé fr. skoky - 1600/s

P-t-P → piko síť, max. 3 terminálů, master-slave

→ rozptýlená síť - víc než 8 term.

P-t-MP → pikosíť - 2+ zařízení sdílejí společný kanál

→ několik buněk → scatternet - přenos na delší vzdálenosti přeposíláním přes několik jednotek

přenos hlasu a časově kritických dat (SCO) - 64 kb/s sym.

- každá jednotka - až 3 spojení

přenos ostatních dat (ACL) - sym. 432,6 kb/s

asym. 723/57,6 kb/s

Jedno spojení u každé jednotky

- rychlost závislá na počtu kom. jednotek

- zabezpečení - cyklický kód, autentizace, šifrování

31 - struktura protokolu Bluetooth

32 - rádiové rozhraní ~ fyz. vrstva OSI
zákl. vrstva ~ formát paketů, kanálů
další vrstvy - spojení

- modulace GFSK

- adresa bluetooth jednotky - unikátní 48b

- pakety přístup. kód | hlavička | info. pole

72b

54b

0-2745b

- detekce a oprava chyb

1/3 FEC

2/3 FEC

ARQ (rozhodovací ZV)

- logické kanály - 5 druhů (LC, LM, UA, UI, US)

sfavy:

standby

průzkum

přijem průzkumu

kontaktování

přijem kontakt.

↓ spojení

33

UMTS

(27)

(Universal Mobile Telecommunication System)

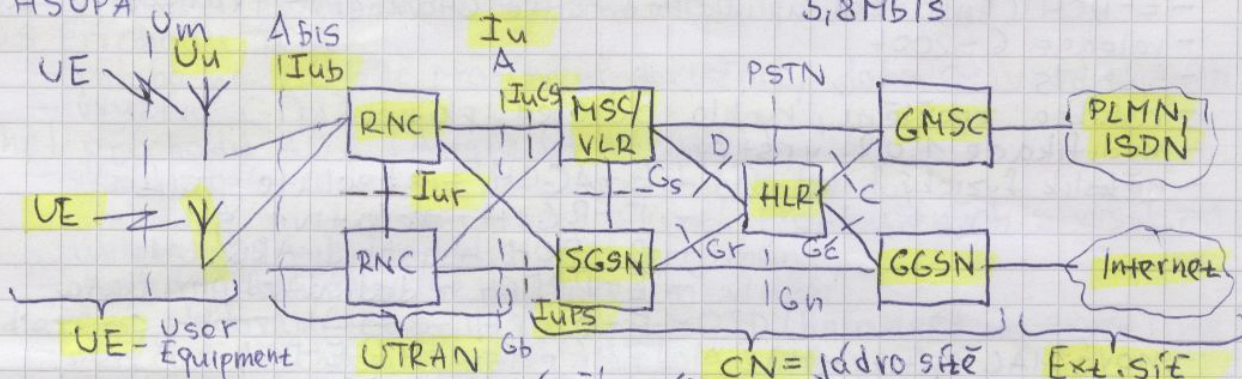
GSM

3

- vytvořen v 1998 asociací 3GPP
- vydání 99, 4, 5 (HSDPA, IMS), 6 (MBMS, HSUPA), 7 (HSPA+), 8 (LTE)
- FDD: up: 1920-1980 MHz down: 2110-2170 MHz
- TDD: up+down: 1900-1920 MHz
2010-2025 MHz
- satellite up: 1980-2010 MHz down: 2170-2200 MHz *Branáje = 5 MHz*
- mezi mob. telefonem a ZS: WCDMA (vícenásobný přístup s kód. dělením)
- všechny mobily pod jednou ZS společně komunikují ve stejném pásmu
- pro UTRAN → pásmo okolo 2 GHz
- různě kódované
- mnoho použití - s QoS - simultánně
- venkovské venkovní prostředí 144 kbit/s
- městské 384 kbit/s
- vnitřní a měkko rozsahové vnější prostředí 2 Mb/s

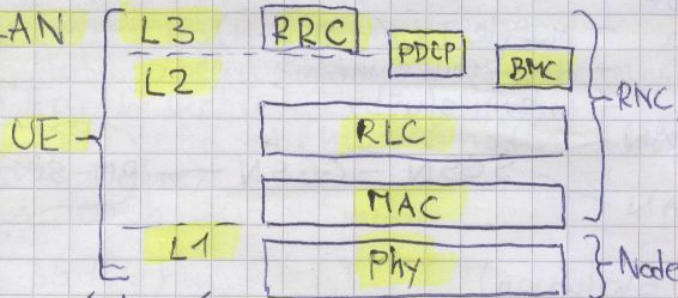
HSUPA

HSUPA



RNC - Radio Network Controller MSC - Mobile Switching Center
SGSN/GGSN - Serving/Gateway GPRS support Node

Protokol UTRAN



RRC - Radio Resource Control
PDCP - Packet Data Convergence Protocol
BMC - Broadcast/Multicast Control protocol
RLC - Radio Link Control

MAC - mapování kanálů

- (de) multiplexování
- plánování
- měření trafficu
- ciphering - šifrování

RLC - segmentace / opak

- korekce chyb
- kontrola toku
- doručení vyšším vrstvám
- šifrování
- detekce protokol. chyb a oprava

BMC - uchovávání buněk broadcast. zpráv

- plánování BMC zpráv
- vysílání BMC zpráv do UE

PDCP - komprese (dekomprese)

RRC - řízení všech vrstev

- kontrolu měření
- ustálení / udržení / konec spojení
- řízení na pásech

HSPA - nová specifikace pro UMTS

(28)

• HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) - DOWNLINK

- Release 5 - 2002
- 14,4 Mb/s
- efektivní uživatelské plánování
- redukce radiového zpoždění
- modifikuje 1. a 2. vrstvu
- rychlá odpověď, plánování
- přizpůsobivé kódování a modulace
- nové kanály (fyzické)
 - downlink signalling - jak data dekodovat
 - data HS-DSCH
 - uplink signalling - zpětné info HS-DPCCH
 - transportní kanál HS-DSCH
 - fyzické kanály

HS-SCCH

HS-DSCH

HS-DPCCH

- transportní kanál HS-DSCH

- fyzické kanály

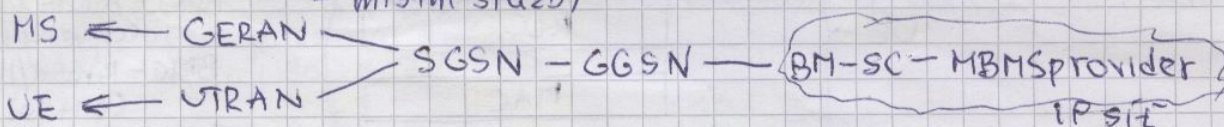
- nové MAC - MAC-hs kontroluje HS-DSCH

• HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) - UPLINK

- E-DCH (Enhanced uplink Dedicated CHannel) - transportní kanál
- release 6 - 2004
- 5,8 Mb/s
- redukce zpoždění, rychlá odpověď, plánování
- modifikace 1. a 2. vrstvy
- několik fyzických kanálů
 - E-AGCH - absolute grant
 - E-RGCH - relative grant
 - E-DCH - hybrid ARQ ind.
 - E-DPDCH - dedicated phy. data
 - E-DPCCH - control
- nové MAC entity - MAC-e - řídí přístup do E-DCH
- MAC-es - další fce

• MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service)

- release 6 - 2004
- P-T-MP služba
 - mobile TV (s DVB-H)
 - distribuce médií
 - místní služby



• LTE (Long Term Evolution)

- protože HSPA vystačí jen na pár let
- rozšíření
 - odstupňovaná šířka pásma
 - rychlost: 100/50 Mb/s
- propustnost - down - 3x nebo 4x RG (HSDPA)
- up - 2x nebo 3x HSUPA
- až 100km dosah
- až 200 uživatelů/buňku
- latence < 5ms
- nízká mobilita ... < 15km/h
- SC-FDMA, OFDM
- architektura: 2 nodey (BS + other node)
- více svobody při řízení

(26)

Lokalizace polohy MS

(34)

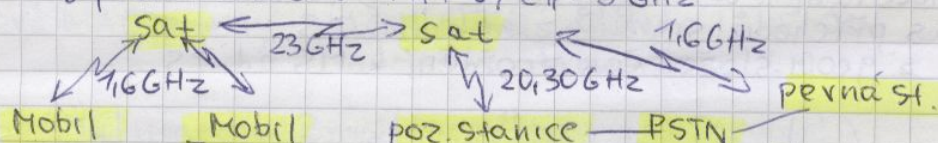
- ↖ základní (samost. systémy)
- ↖ rozšířené (pozemní systémy)
- ↖ satelitní (GPS, Galileo)

- INMARSAT-mini-M
 - digitální; od 1997
 - pokrytí 98% perimetry
 - pásmo - př: 1,6 GHz, vys 1,5 GHz
 - váha 2kg, SIM-karta
 - 2,5h hovoru, 50h-standby, 50min data, menší spotřeba
 - přesměrování hovorů, CLIP
- INMARSAT BGan,
 - vysokorychlostní data + hovory 492kb/s sym.; garant. 256kb/s
 - přístup na net, VPN
 - terminály - jako ntb
 - současně data + hovor
 - podržení hovoru, přepojení, hlasovka, SMS
 - volitelně - ext. anténa
- sat. telefon / sat Phone
 - duální režim GSM900/satelit
 - doplňkové služby

37

IRIDIUM - LEO - 780km

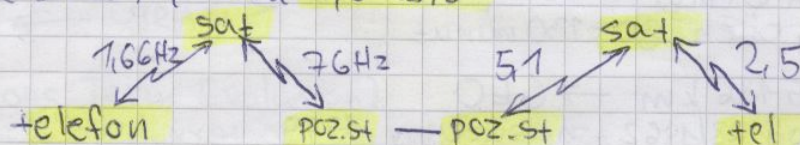
- 66+6 družic - 6 ob. drah, doba 101 min.
- spojení se ZS - 20/30 GHz
- napojen na poz. tlk. síť → globální tlk. pokrytí i roaming
- životnost družic do 2014-15
- spojení mezi družicemi - 23,18-23,38 GHz
- s mobily - pásmo L - 1,62 GHz
- s poz. stanicemi 19,4-6/29,1-3 GHz



38 - na začátku třeba nabít kartu na min. 50 min (1875 Kč)

GLOBALSTAR - LEO - 1414km

- 48+4 družic v 3 rovinách (6 sat/rovinu) - životnost 7,5 roku
- hovory - přes pozemní brány
- obvyklé služby, data 9,6 kb/s



THURAYA

- 2 satelity, Arabský svět

ORB COMM - LEO - 825km

- 35 satelitů
- globálnost, mobilní mail, cenová dostupnost

Globální družicové navigační systémy (GNSS)

- radionavigace - pro letadla - dlouhá + krátkovlnná zařízení
- multilaterace - určení polohy - TDOA

39

GPS (Global Positioning System)

MKS

4

= NAVSTAR GPS

- am. voj. systém (od 1973, spuštěn 1994)

- družice vysílá NMEA zprávy o své poloze a poloze blízkých družic

- určení polohy - vzdálenost mezi přijímačem a vidit. družicemi (min. 4)

(40)

- vzdálenost od satelitu + přesný čas + počet satelitů

- chyby - nepřesnost hodin ($1 \text{ ns} = 1 \text{ m}$), zpomalení v iono + topo sféře, odrazy signálu, orbit. odchylky, chyba přijímače

- trojten segmenty - kosmický - 21+3 družice, 6 kruh. drah se sklonem 55°

(41)

vzdáleno 20190 km, rychlost 11300 km/h

- oběh 11h 58 min

- družice - přijm., vysíláč, atom. hodiny, ...

- řídicí - 5 stanic (1 hlavní + 4 poz. vysíláče) blízko rovníku
↳ Colorado

- korekce, synchronizace hodin

- uživatelský - GPS přijímače

- frekvence - L1 - běžní uživatelé

- L2 - vojenské služby - šifrované

- L3 - balistické rakety, L4 - ionosf. zpoždění, L5 - satellite-of-life

- přesnost - 5 až 10 m

- EGNOS - zpřesnění GPS v Evropě na 3 m

- plán 30 stanic

→ 95% měření má mít chybu pod 1,5 m

- budoucnost - zvýšení vysílaného výkonu

- rozšíření vysílacích kódů

Ostatní GPS

• GLONASS-GEO

(43)

- ruský systém s 44 provozních + 8 test. družic

- také 3 segmenty

- má být v 2009 - 24 družic - 19100 km, 3 dráhy, 1 kód, víc frekvencí

• GALILEO-GEO

(44)

- evropský projekt - ESA; 3 ob. dráhy

- složky: globální - satelity + pozemní segment; 30 družic (27+3) - 23500 km

regionální - ext. reg. integr. systémy

lokální - vylepšení lok. příjmu

• BEIDOU - MEO

- čínský projekt

(45)

Standardy IEEE

(46)

• Wi-Fi = 802.11

- ideální pro vnitřní pokrytí

- původně nepodporoval QoS

- 2,4 nebo 5 GHz

- několik verzí

- podporován různými OS

- aplikace - net, VoIP, hry

- bezlicenční, nekomerční použití

→ Wi-Fi Alliance - certifikuje

- architektura - distribuční systém - mezi AP

- AP - poskytuje bezdrát. připojení

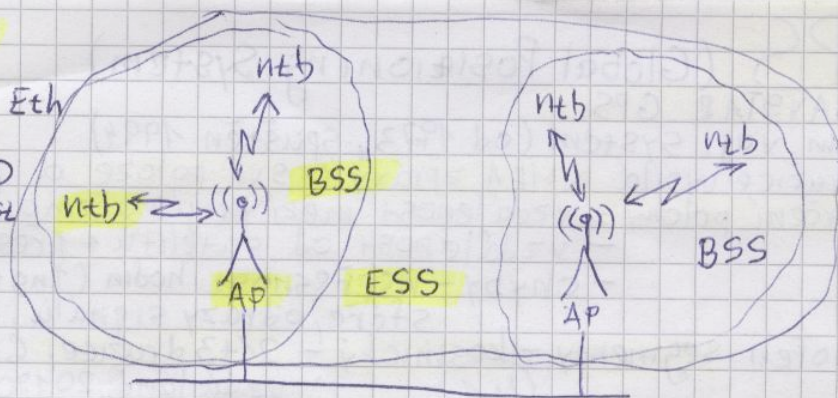
- station - např. PC s přijímačem Wi-Fi

- médium - vzduch

- uspořádání sítě

• Infrastructure

- AP spojeny přes Eth
- APčka v ESS mají stejné SSID
- ⊕ menší komplexnost
- ⊕ power-saving

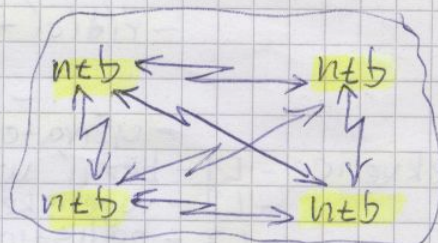


BSS - Basic Service Set

ESS - Extended SS

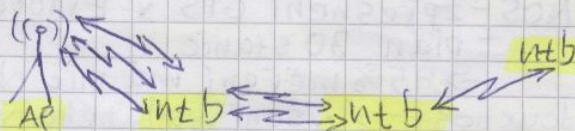
• Ad-Hoc

- ⊕ bez AP
- peer-to-peer
- dočasná síť
- ⊕ jednoduchá a rychlá implementace
- ⊖ odrazy
- ⊖ update síť. topologie → over head



• Mesh = IEEE 802.11s

- AP
- stálá síť
- ⊕ lepší pokrytí
- ⊕ flexibilita + robustnost
- ⊕ nízká cena implementace
- ⊖ sekurita, power



- ⊖ update topologie
- PC komunikují přes sebe - poslední má největší nebezpečí

- vrstvy

• physical

	802.11	802.11	802.11	802.11a/g	802.11b
	1R	DSSS	FHSS	OFDM	HR-DSSS
f [GHz]:	2,4	2,4	2,4	g-2,4; a/h-5	2,4
[Mbps]:	1; 2	1; 2	1; 2	g-6, 9, 12, 18, 24, 36 a/h-48, 54	1; 2; 5,5; 11

- rychlost závisí na síle signálu

- když je 802.11b a 802.11g uživatelé na 1 AP → redukce max. rychlosti na pomalejší

• MAC

- implementuje přístupové metody
 - CSMA/CD → ne pro wireless → CSMA/CA
 - CSMA/CA - problém skrytého uzlu - redukce komunikace cca 40%
 - DCF (Distributed Coordination Function)
 - RTS/CTS (Request To Sent / Clear TS)
 - eliminace problému skrytého uzlu

- bezpečnost

- WEP - šifrování na vrstvě link
 - snadno prolomitelné - 64 a 128-bit klíč
- WPA - na relačním základě
 - uzly
- WPA2 (802.11i) - šifra AES
- IEEE 802.1x - autentikace pomocí RADIUS serveru
 - protocol EAP

802.16 a - WiMax - modulace OFDM, až 50km, 2 pásma (2-10 a 10-66GHz)
- P-t-MP; až 70Mb/s, reálně 2Mb/s