

Počítačové sítě, v. 3.6

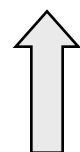


Katedra softwarového inženýrství,
Matematicko-fyzikální fakulta,
Univerzita Karlova, Praha



Lekce 10: mobilní komunikace

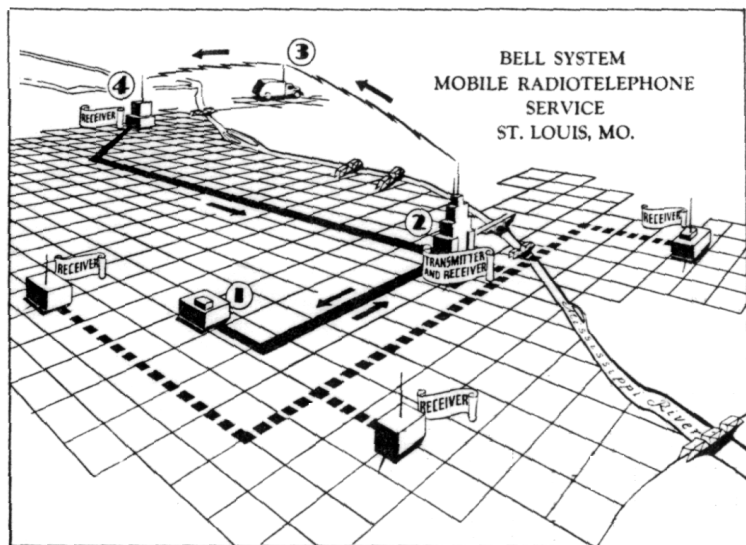
prehistorie mobilních komunikací



- 1910:
 - Lars Magnus Ericsson (zakladatel společnosti Ericsson) a jeho žena Hilda pravidelně používají telefonní přístroj na cestách, ze svého automobilu.
- 1924:
 - v Bellových laboratořích (USA) zkonstruovali první obousměrný mobilní hlasový telefon
- 1937:
 - první prakticky používaný mobilní radiotelefon, vyvinutý v Nizozemí. Pracoval v pásmu 66-75 MHz s výkonem 4-5 Wattů.



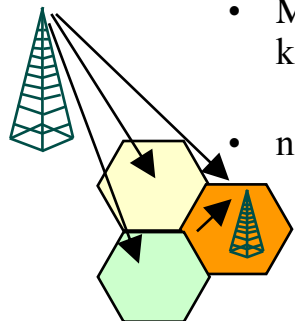
vznik buňkových sítí



• 17. června 1947:

– AT&T a Southwestern Bell spouští první mobilní radiotelefonní službu

- MTS (Mobile Radio-Telephone Service) na komerční bázi pro veřejnost
 - v pásmu 150 MHz
- na tzv. zónovém principu
 - "downlink" ($2 > 3$) vysílal centrální vysílač pro všechny pohyblivé stanice, s velkým výkonem
 - "uplink" ($3 > 4$) vysílala mobilní stanice malým výkonem k jedné z několika a retranslačních stanic, ta předávala hovor po vedení (drátě) do centrálního vysílače



• 1947:

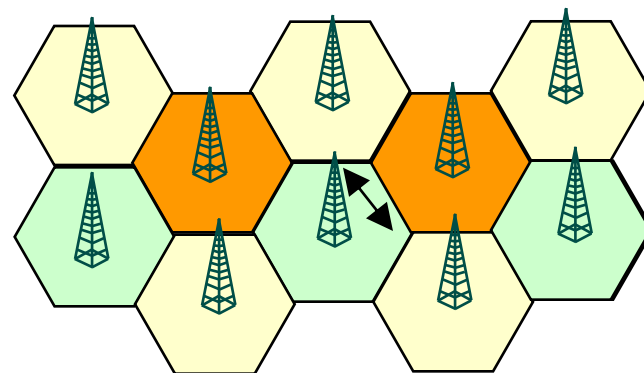
– rodí se myšlenka buňkových sítí

- D.H.Ring z Bellových laboratoří AT&T v USA
- **opakované využití stejných frekvencí**
 - v **nesousedních buňkách**.

• leden 1969:

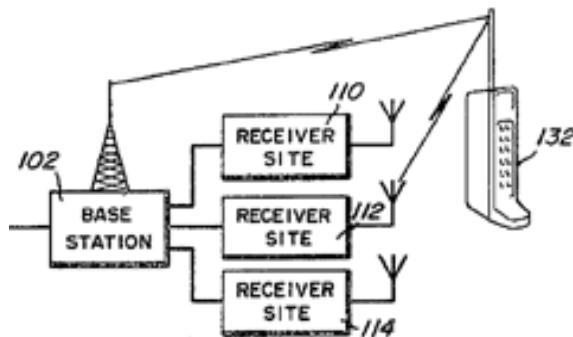
– Bell System spouští první buňkový systém

- s opakovaným využitím přenosových frekvencí.
- umožňoval hovory z telefonních automatů ve vlacích na cestě mezi New Yorkem a Washingtonem.
- v pásmu 450 MHz, na trase dlouhé 225 mil
- dokázal opakovaně využívat 6 frekvenčních kanálů.
- řídicí středisko bylo ve Philadelphii.



první mobilní telefon

- 1973:
 - rodí se mobilní telefon
 - zkonstruoval ho **dr. Martin Cooper**
 - general manager, Communications Systems Division , Motorola,
 - dodnes považovaný za vynálezce (osobního) mobilního telefonu
 - podává patent s názvem 'Radio Telephone System.'
 - v New Yorku postavil první základnovou stanici (BTS) a zkonstruoval první mobilní terminál.



Part of one diagram in US Patent 3,906,166

- 3. dubna 1973:
 - první mobilní hovor z mobilního telefonu
 - dr. Cooper zavolał svému kolegovi z AT&T Bell Labs.
 - konkurenci, která také vyvíjela mobilní telefon



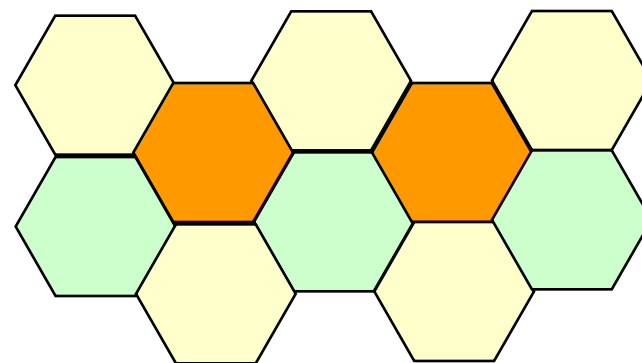
- 1973:
 - mobilní telefon ("cihla") vážil 30 uncí (0,85 kg)
- 1983:
 - Motorola uvádí na trh mobilní telefon DynaTAC
 - 0,45 kg, 3500 USD
- 1990:
 - 1 milion mobilních telefonů/uživatelů v USA

generace mobilních sítí

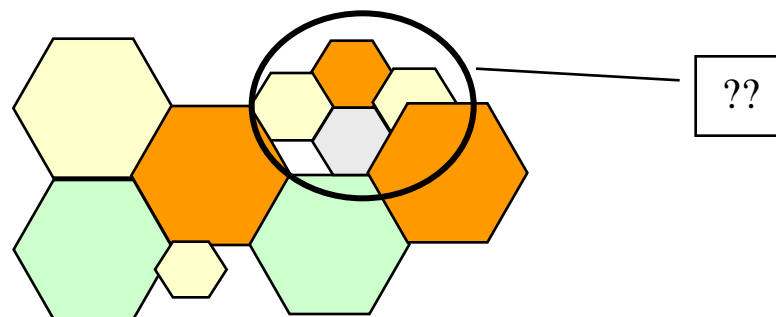
- 1. generace (1G)
 - ještě analogová !!!
 - pro dělení dostupných frekvencí na menší části (kanály) používá techniku frekvenčního multiplexu
 - FDM/FDD
 - **pro jednotlivé hovory se používají vždy celé frekvenční kanály**
 - AMPS
 - Advanced Mobile Phone Service
 - hlavně v USA
 - NMT
 - Nordic Mobile Telephone
 - šířka kanálu 25 kHz
 - v Evropě
 - TACS
 - Total Access Control System
 - upravený systém AMPS
 - hlavně ve Velké Británii
- 2. generace (2G)
 - již digitální !!!
 - **jednotlivé frekvenční kanály dále dělí, prostřednictvím časového multiplexu**
 - TDM/TDD nebo TDM/FDD
 - pro hovory jsou využívány jen části frekvenčních kanálů
 - časové sloty
 - hlas je přenášen v digitální podobě
 - GSM (Evropa),
 - šířka kanálu 200 kHz
 - CDMA (USA)
 - D-AMPS (USA)
 - PDC (Japonsko)
- 2,5 generace ???
 - systémy 2. generace, obohacené o možnost přenosu dat
 - GPRS, HSCSD, EDGE
- 3. generace (3G, UMTS)
 - větší zaměření na data, ne pouze hlas

hospodaření s frekvencemi

- mobilní sítě zásadně fungují v licenčních pásmech
 - frekvence dostávají přidělené na základě individuální licence
 - počet operátorů je omezen dostupností frekvencí
 - operátoři dostávají jen omezený přiděl frekvencí
 - určitý počet "frekvenčních kanálů"
 - dáno přímo licenci
- mobilní operátoři potřebují:
 - pokrýt "neomezeně velkou plochu"
 - typicky: celé území státu
 - ale jen "s omezeným přidělem frekvencí"
- řešení:
 - buňkový (celulární) princip
 - plocha k pokrytí je rozdělena na dílčí části (buňky)
 - v sousedních buňkách se nesmí použít stejné frekvence
 - frekvence se mohou opakovat v nesousedních buňkách



- struktura buněk mobilní sítě není pevně dána
 - vyvíjí se v čase, podle rozvoje sítě a potřeb zákazníků
 - obvykle se zahušťuje
 - kde je větší provoz, vzniká více (menších) buněk
- mobilní operátor musí velmi pečlivě plánovat využití frekvencí
 - realizovat tzv. frekvenční plánování



příklad: přidělení frekvenčních kanálů v pásmu 900 MHz (pro GSM)

Rozdělení spektra – ČR

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
| 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 |
| 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 |
| 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 |
| 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 |
| 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 |
| 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 |
| 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 |
| 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 |
| 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | | | | | |

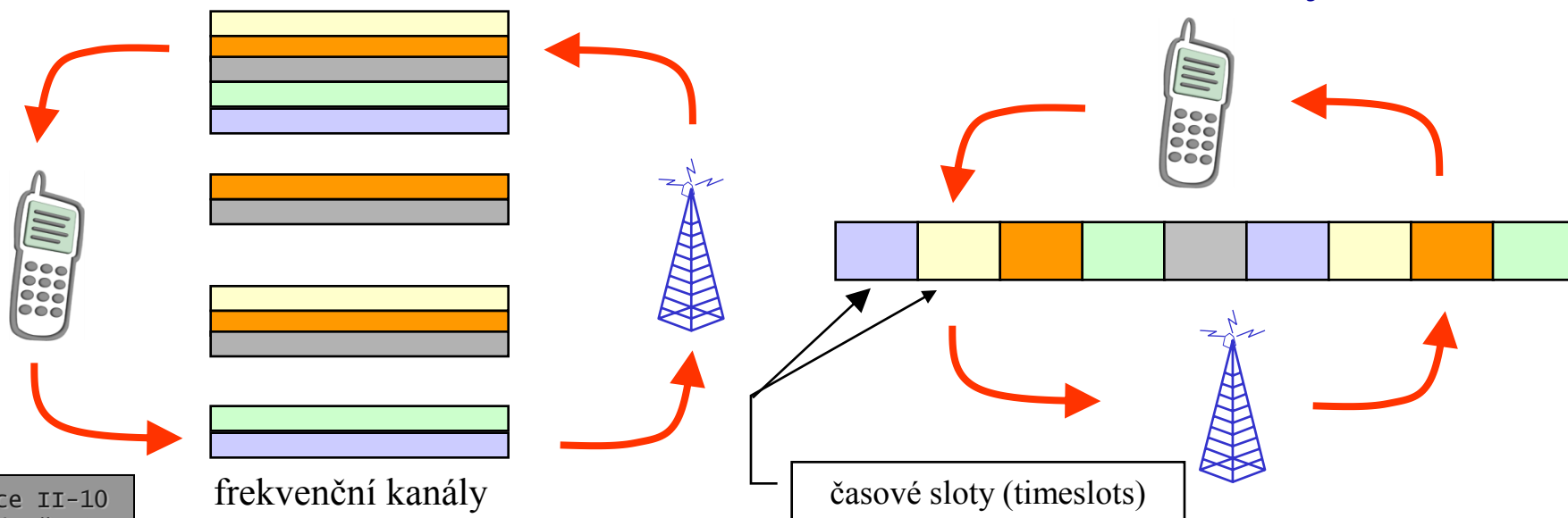


Rozdělení spektra – ČR

Lekce II-10
slide č. 8

hospodaření s frekvencemi – zajištění obousměrné komunikace

- cíl:
 - mít možnost komunikovat v obou směrech současně
- problém:
 - není únosné komunikovat obousměrně na stejné frekvenci a ve stejném čase
- technika **FDD**
 - Frequency Division Duplexing
 - je to analogová technika
 - každý směr využívá jiné frekvence
- technika **TDD**
 - Time Division Duplexing
 - je to digitální technika
 - oba směry využívají stejné frekvence, ale střídají se v čase



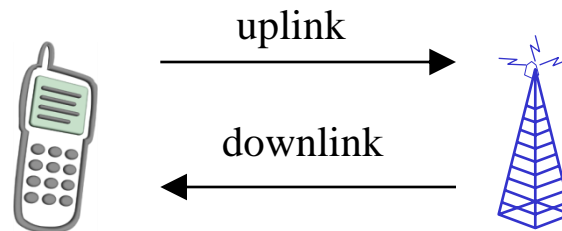
terminologie: link vs. stream

- stream (proud)
 - týká se datového toku,
 - měří se v jednotkách přenosové rychlosti
 - bity za sekundu, resp. násobky
 - **downstream**
 - je datový tok "k uživateli"
 - "dolu"
 - **upstream**
 - je datový tok "od uživatele"
 - "nahoru"
- link (spoj)
 - týká se použitých frekvencí
 - měří se v jednotkách šířky pásma
 - Hz
 - **downlink**
 - je spoj "k uživateli"
 - **uplink**
 - je spoj "od uživatele"
- terminologie pochází hlavně ze satelitních technologií
 - ale používá se obecně u všech bezdrátových sítí

downstream \neq downlink

upstream \neq uplink

"na downlinku lze dosahovat různé rychlosti downstreamu ..."



mobilní sítě 1. generace (1G)

- 1. generace mobilních sítí byla analogová !!!
 - pro dělení dostupných frekvencí na menší části používá techniku frekvenčního multiplexu
 - FDM
 - pro zajištění obousměrného přenosu techniku FDD
 - pro modulaci techniku frekvenční modulace
- 1. generace podporovala pouze hlasové služby
 - vznikl velký počet různých řešení, bez vzájemné kompatibility
- systémy:
 - **AMPS**
 - Advanced Mobile Phone Service
 - hlavně v USA
 - **NMT**
 - Nordic Mobile Telephone
 - v Evropě
 - **TACS**
 - Total Access Control System

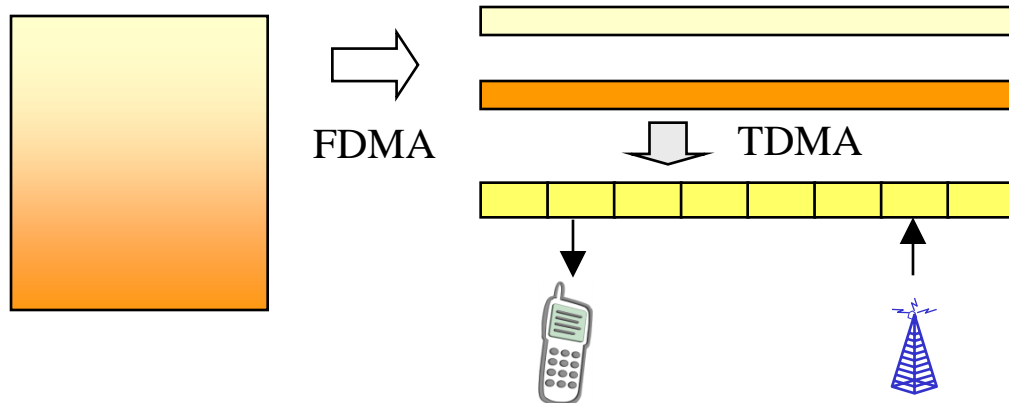
| | AMPS | NMT | TACS |
|---------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|
| Pásmo | 800 MHz | 450 MHz 900 MHz | 900 MHz |
| Šířka kanálu | 30 kHz | 25 kHz (12,5 kHz) | 25 kHz |
| Počet kanálů | 624 hlas, 42 řízení | | 558 hlas, 42 řízení |
| Používán od | 1977 pilot, 1983 komerčně | 1981 (450 MHz) 1988 (900 MHz) | 1985 |
| Kde využít | USA, Afrika | Evropa, Asie | Evropa (UK), Japonsko |

- 12. září 1991
 - Eurotel spouští síť NMT v pásmu 450 MHz
 - provozována dodnes, jako Eurotel T!P
 - ukončena bude počátkem července 2006

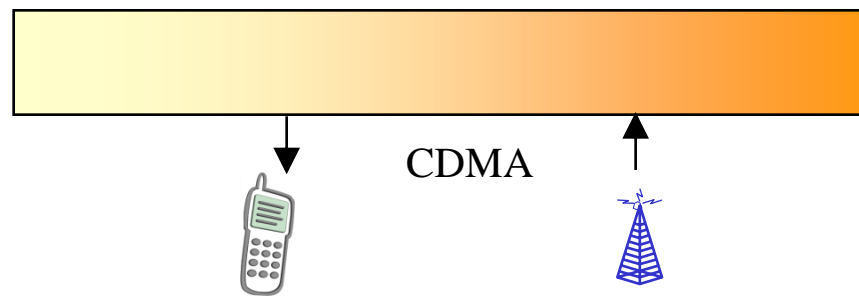
mobilní sítě 2. generace

- 2. generace mobilních sítí je již digitální

- pro dělení dostupných frekvencí na menší části (kanály) používá techniku frekvenčního multiplexu
 - FDMA
- každý frekvenční kanál je dále dělen na principu časového multiplexu
 - TDMA
- **nebo:** celé širší frekvenční kanály se sdílí na principu kódového multiplexu
 - CDMA
- pro zajištění obousměrného přenosu se používá buď FDD nebo TDD

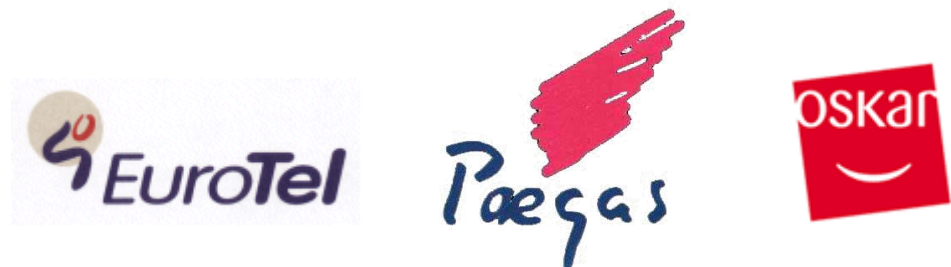


| | GSM | IS-95 | IS-136 | PDC |
|--------------|--|-------|--------|------------------------|
| Pásmo | 900, 1800 MHz (Evropa) 1900 MHz (USA) | | | 800 MHz 1500 MHz |
| Dělení pásma | TDMA | CDMA | TDMA | TDMA |
| Kde využít | Evropa, USA | USA | USA | Japonsko |



GSM

- původně:
 - Groupe Spécial Mobile
- později:
 - Global System for Mobile Telecommunications
- první komerčně provozovaný systém 2. generace.
 - vyvinut v 80-tých letech v Evropě
 - pod patronací a za peníze Evropské unie
 - standardizován organizací ETSI.
- dnes:
 - nejrozšířenější standard 2. generace.
 - V Evropě je provozován v pásmu 900 a 1800 MHz od roku 1992,
 - v USA v pásmu 1900 MHz od roku 1996
 - často též pod označením PCS 1900 (Personal Communications Standard)

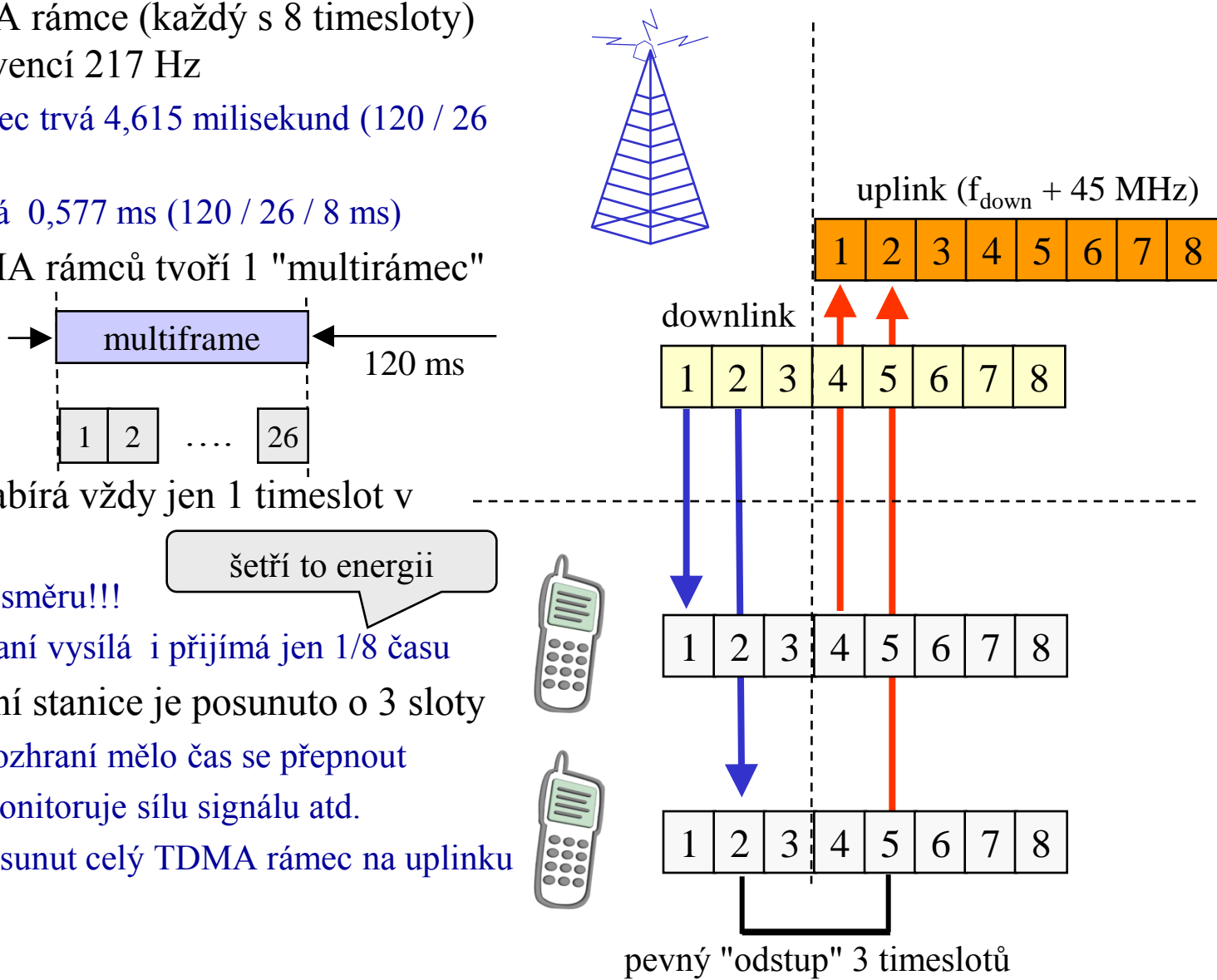


- v ČR je používán od roku 1996:
 - Eurotel (Telefónica O2 Czech Republic):
 - od 1. července 1996 v pásmu 900 MHz
 - od 8. července 2000 v pásmu 1800 MHz
 - T-Mobile (Paegas/Radiomobil):
 - od 30. září 1996 v pásmu 900 MHz
 - od 8. července 2000 v pásmu 1800 MHz
 - Vodafone (Oskar/Český Mobil):
 - od 1.3.2000 v pásmu 1800 (i 900 MHz)
 - komerční provoz



hlasové hovory v GSM síti

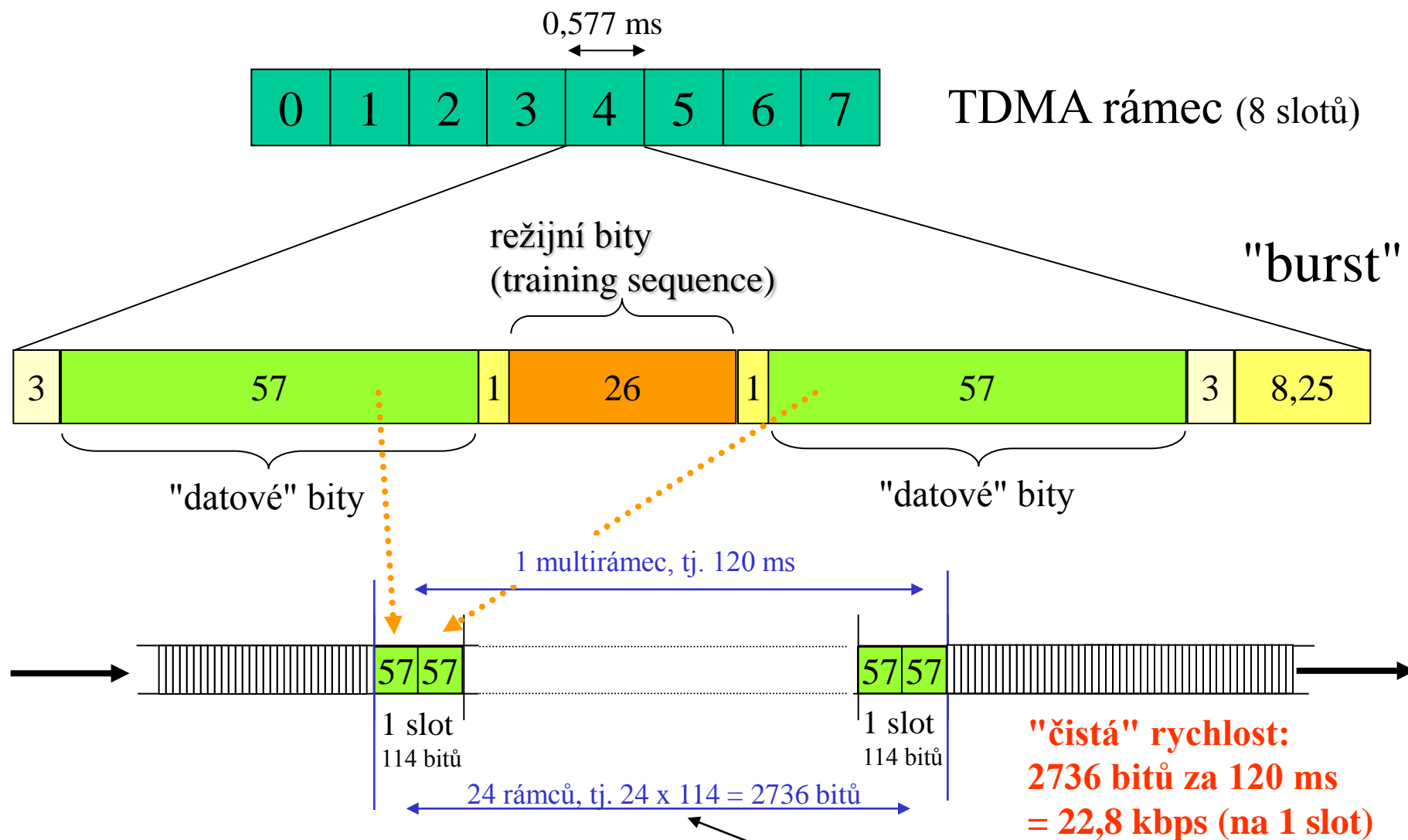
- jednotlivé TDMA rámce (každý s 8 timesloty) se střídají s frekvencí 217 Hz
 - 1 TDMA rámec trvá 4,615 milisekund ($120 / 26$ ms)
 - 1 timeslot trvá 0,577 ms ($120 / 26 / 8$ ms)
- skupina 26 TDMA rámců tvoří 1 "multirámec"
 - trvá 120 ms
- hlasový hovor zabírá vždy jen 1 timeslot v TDMA rámci
 - ale v každém směru!!!
 - šetrí to energii
 - rádiové rozhraní vysílá i přijímá jen 1/8 času
- vysílání z mobilní stanice je posunuto o 3 sloty
 - aby rádiové rozhraní mělo čas se přepnout
 - v mezidobí monitoruje sílu signálu atd.
 - fakticky je posunut celý TDMA rámec na uplinku



kódování hlasu v sítích GSM

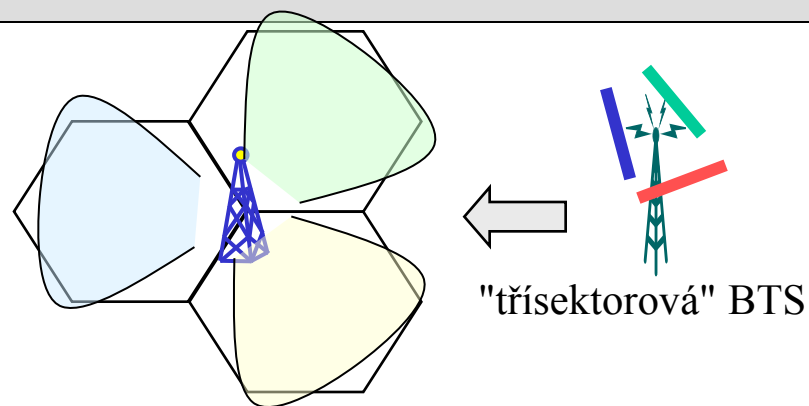
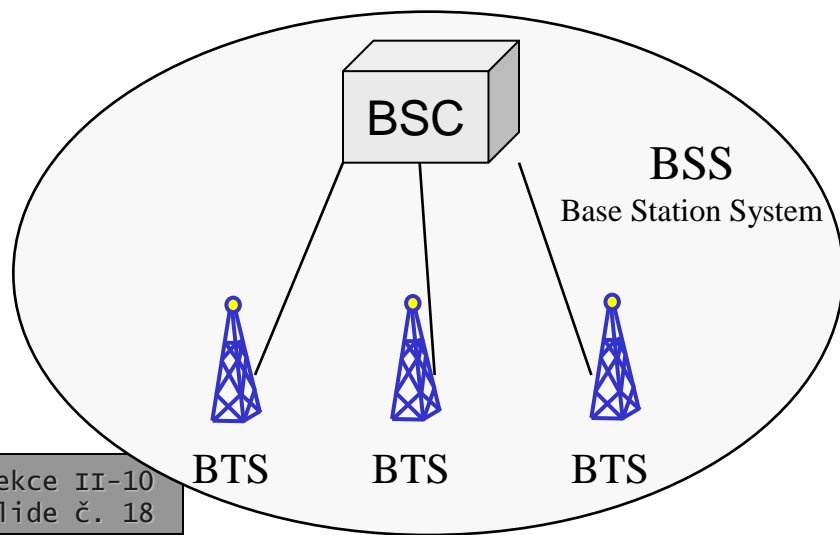
- GSM je digitální síť
 - hlas je přenášén v digitální formě
- obecný postup:
 - hlas je snímán 8000x za sekundu
 - stejně jako u PCM
 - každý vzorek je vyjádřen pomocí 13 bitů
 - celkově $8000 \times 13 = \mathbf{104\ kbit/s}$
 - následuje komprese RPE/LTP
 - Regular Pulse Excitation/Long Term Prediction
 - sníží datový tok ze 104 kbit/s na **13 kbit/s**
 - následuje přidání zabezpečovacích údajů
 - pro detekci a korekci chyb během rádiových přenosů
 - výsledkem je datový tok **22,8 kbit/s**
- ve skutečnosti:
 - Full-Rate (FR) kodek:
 - snímají se "úseky" hovoru dlouhé 20 ms
 - každý "úsek" je vyjádřen jako 260 bitů
 - odpovídá to 13 kbit/s
 - po přidání zabezpečovacích údajů:
 - z 260 bitů je 456 bitů
 - z rychlosti 13 kbit/s je 22,8 kbit/s
 - 456 bitů se rozdělí na 8 bloků po 57 bitech
 - do každého timeslotu (1 z 8) se vkládá tzv. "burst", který obsahuje:
 - 2 x 57 bitů
 - "užitečná data", reprezentující hlas, případně data
 - 1 x 26 bitů
 - "training sequence" – pevně daná posloupnost, slouží k zajištění rádiových přenosů
 - další "režijní" bity
 - 2 řídicí, 2x3 "okrajové" bity, 8,25 ochranných bitů
 - celkem má 1 "burst" **156,25 bitů**
 - "trvá" 0,577 msec., rychlost 270,833 kbit/s

příklad: využití slotu sítě GSM

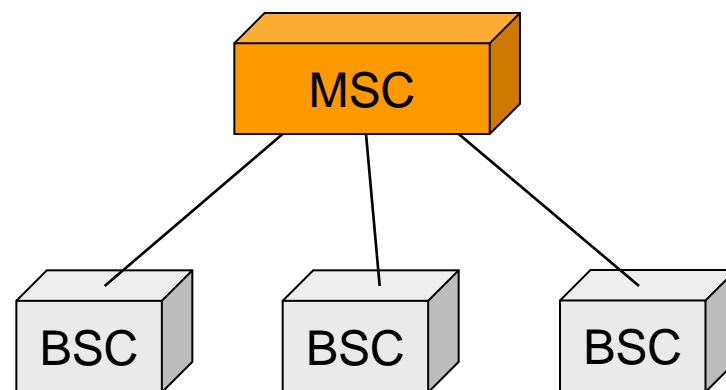


architektura GSM sítě

- síť GSM je budována na buňkovém principu.
 - plocha, kterou pokrývá, je rozdělena na buňky.
 - v jednotlivých buňkách jsou umístěny tzv. základnové stanice
 - BTS, Base Transceiver Station
 - vždy několik BTS je napojeno na jeden společný řadič
 - BSC, Base Station Controller



- páteřní část mobilní sítě řídí mobilní telefonní ústředna
 - MSC, Mobile Switching Centre
- mobilní ústředna ovládá řadiče BSC
 - a skrze ně jednotlivé BTS



architektura GSM sítě - registry

- HLR

- Home Location Register,
 - "domovský lokační registr"
- obsahuje informace o uživateli dané sítě GSM
 - včetně rozsahu předplacených služeb,
- uchovává informaci o tom, kde se mobil nachází
 - ve které buňce (BSC a BTS)
- každý účastník je registrován vždy jen v jednom HLR !!!

- AuC

- Authentication Center
- slouží k identifikaci uživatelů
 - součást HLR, slouží jeho potřebám
- HLR (a AUC) může být sdílen více ústřednami

- EIR

- Equipment Identity Register
- obsahuje údaje o odcizených a neoprávněně používaných mobilech
 - blacklist, whitelist, greylist
- spolupracuje s AUC při ověřování identity a oprávněnosti mobilů ke komunikaci

- VLR

- Visitor Location Register
 - "návštěvnický lokační registr"
- obvykle 1x pro každou ústřednu MSC
- obsahuje údaje o všech uživateli, kteří jsou právě v dosahu dané ústředny MSC
 - včetně údajů o návštěvnících v rámci roamingu
- jde o jakousi "cache" pro údaje z HLR
 - dočasné uchování údajů z HLR

- GSM síť dále musí mít:

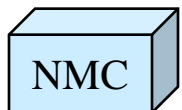
- OMC
 - Operation and Maintenance Center
- NMC
 - Network Management Center
- ADC
 - Administrative center
 - např. billing, registrace účastníků atd.

logicky: je v síti 1x
fyzicky: je replikován

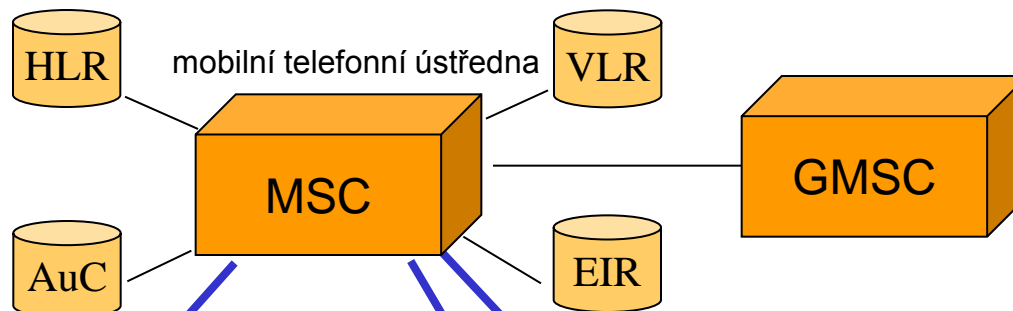
architektura GSM sítě

Operační a podpůrný systém

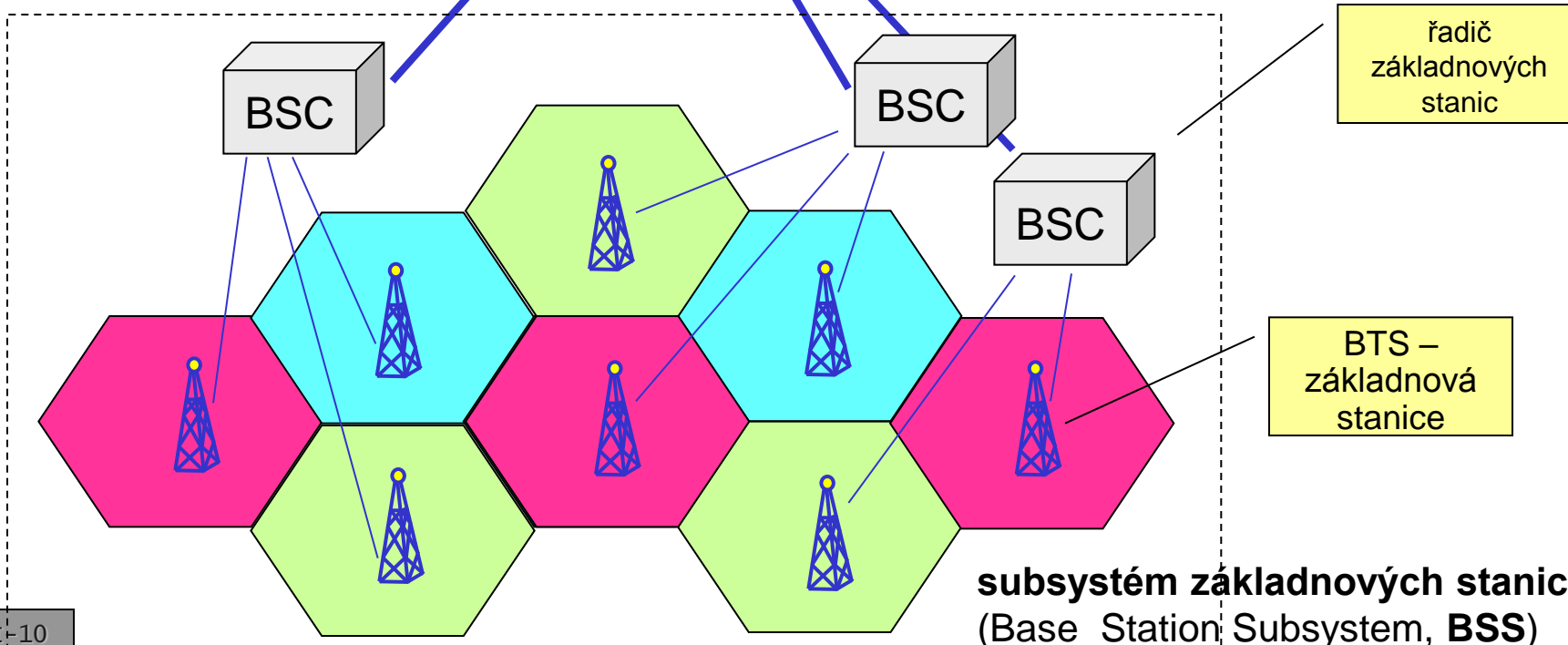
(Operation and Support Subsystem, **OSS**)



subsystém sítě (network subsystem, **NS**)



propojení s
jinými sítěmi
(pevnými i
mobilními)

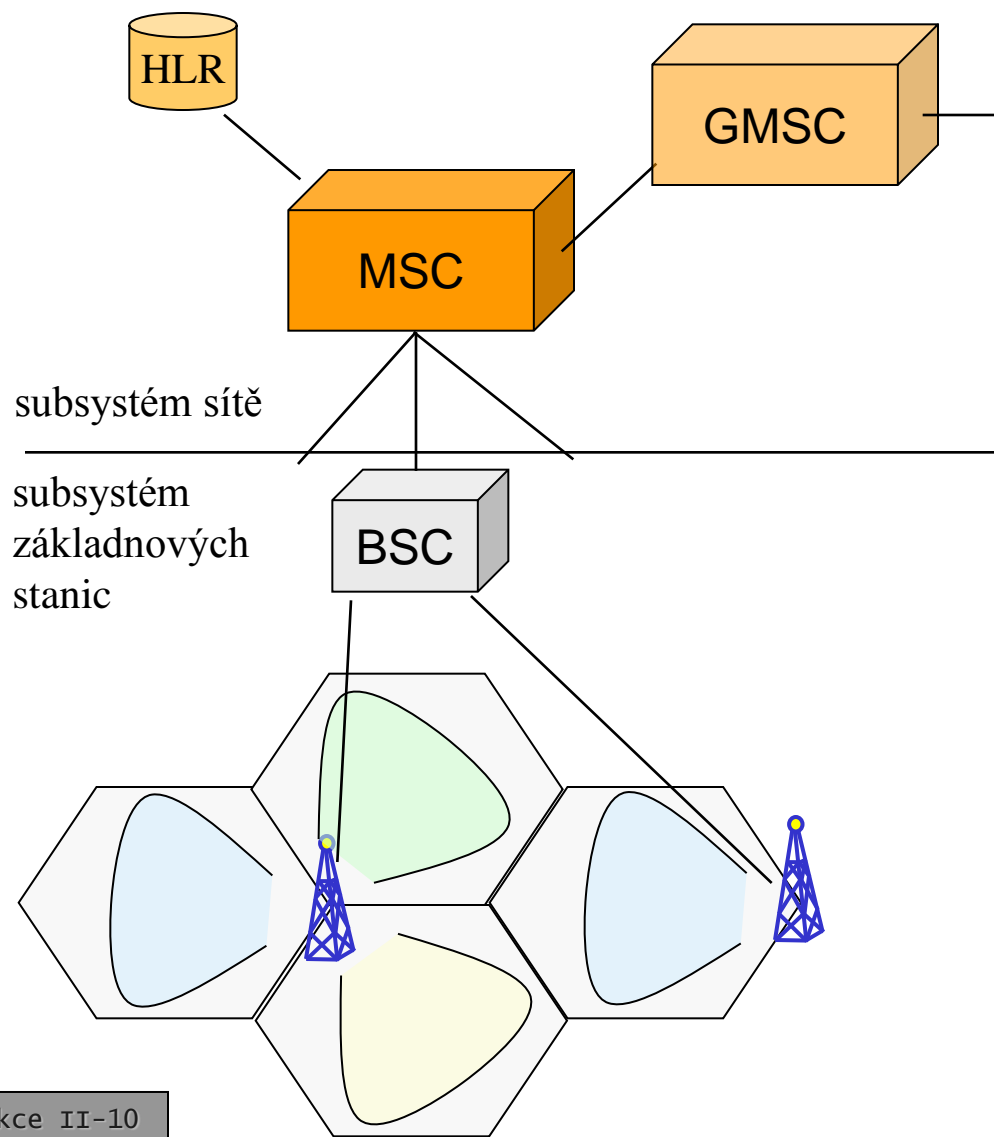


řadič
základnových
stanic

BTS –
základnová
stanice

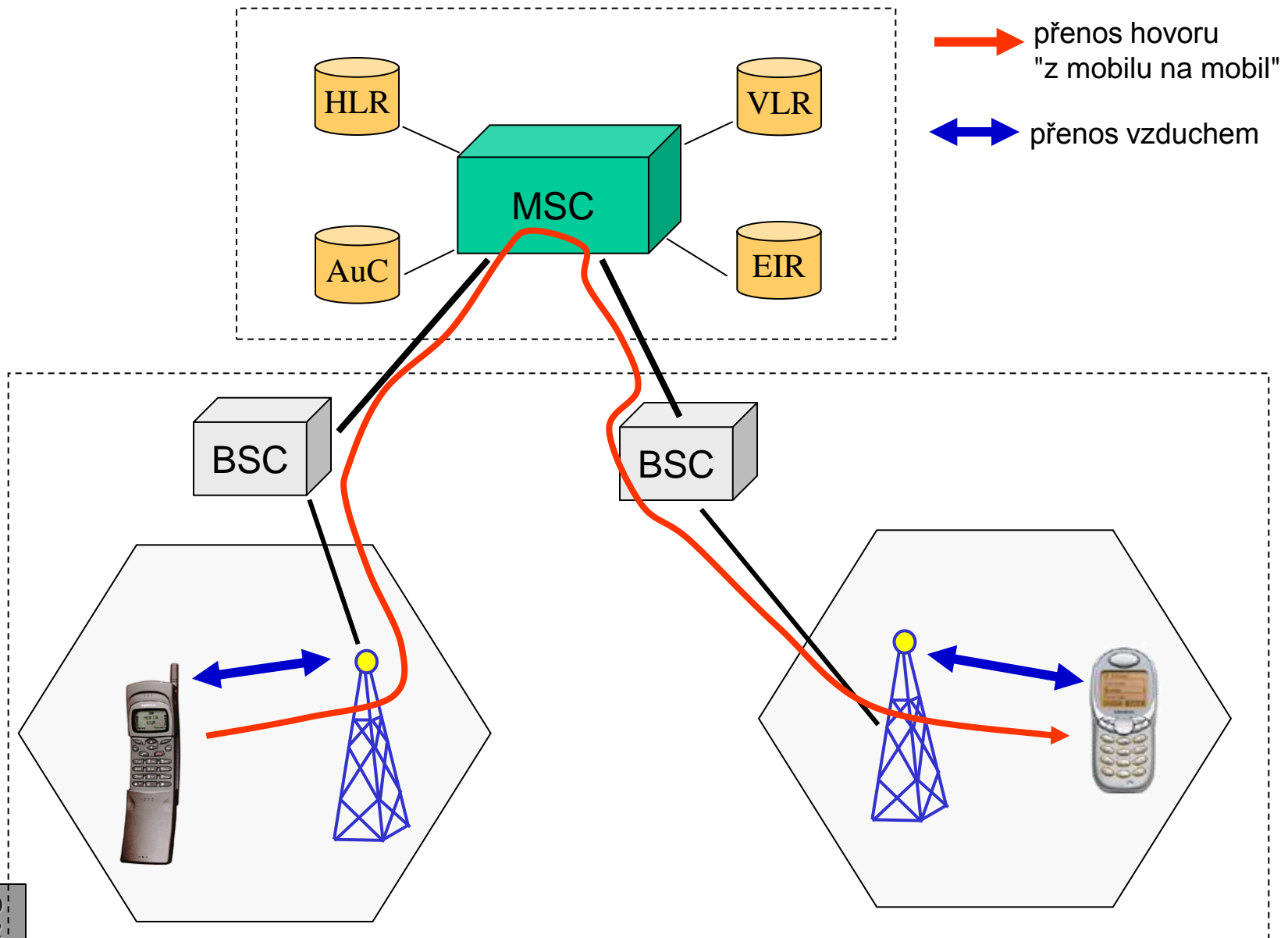
subsystém základnových stanic
(Base Station Subsystem, **BSS**)

příklad: GSM síť Eurotelu



- registr HLR: 8x
 - registr uživatelů
- MSC: 18x
 - mobilní ústředna
- GMSC: 2x
 - tranzitní ústředna
- BSC: 75x
 - řadiče základnových stanic
- BTS: přes 3000
 - základnových stanic
- sektorů (buněk): přes 7000
 - údaje k 31.10.2001

představa hovoru v GSM síti



identifikace terminálů v GSM síti

- každý mobilní terminál (MS, mobilní stanice) je identifikován:
 - číslem IMEI
 - International Mobile Equipment Identity number
 - 15-ti místné,
 - identifikuje zařízení jako takové
 - analogie sériového čísla
 - nemění se
 - » nemělo by se dát změnit
 - » některé mobily umožňují změnu IMEI
 - číslo IMEI tvoří:
 - TAC = Type Approval Code
 - identifikuje typ zařízení (např. Nokia 3220)
 - FAC = Final Assembly Code
 - identifikuje výrobce
 - SNR = Serial number
 - sériové číslo, generované výrobcem
- SIM kartou
 - Subscriber Identity Module
 - identifikuje uživatele
 - do které GSM patří (ke kterému operátorovi)
 - jaké služby má aktivované
 - další údaje
 - obsahuje IMSI (v ČR 15 číslic)
 - International Mobile Subscriber Identity
 - součástí je:
 - MCC (Mobile Country Code)
 - » ČR=230
 - MNC (Mobile Network Code)
 - » 01=T-M, 02=ET, 03=Oskar
 - MSIN (Mobile Subscriber Identification Number)
 - » registrační číslo účastníka
- MSISDN (v ČR 12 číslic)
 - Mobile Subscriber ISDN Number
 - skutečné telefonní číslo účastníka
 - uchovává se v HLR !!!!
 - je vztaženo k IMSI
 - HLR zná vztah MSISDN:IMSI

přihlašování do GSM sítě

- když mobilní operátor získá nového zákazníka:

- přidělí mu registrační číslo

- MSIN, stane se součástí IMSI
- uloží se na SIM kartu

- přidělí mu telefonní číslo

- MSISDN, např. 420 776 123 456
- uloží se v HLR, spolu s IMSI

- když se mobil (MS) přihlašuje do sítě:

- předá síti:

- IMEI
 - identifikuje zařízení
- IMSI
 - identifikuje uživatele

- EIR (Equipment Identity Register)

- zkontroluje IMEI se svými black/white/grey listem
 - zda je zařízení OK

- HLR (Home Location Register)

- podle IMSI si zjistí MSISDN
- zapamatuje si polohu MS
- předá údaje do VLR





- AUC (Authentication Center)

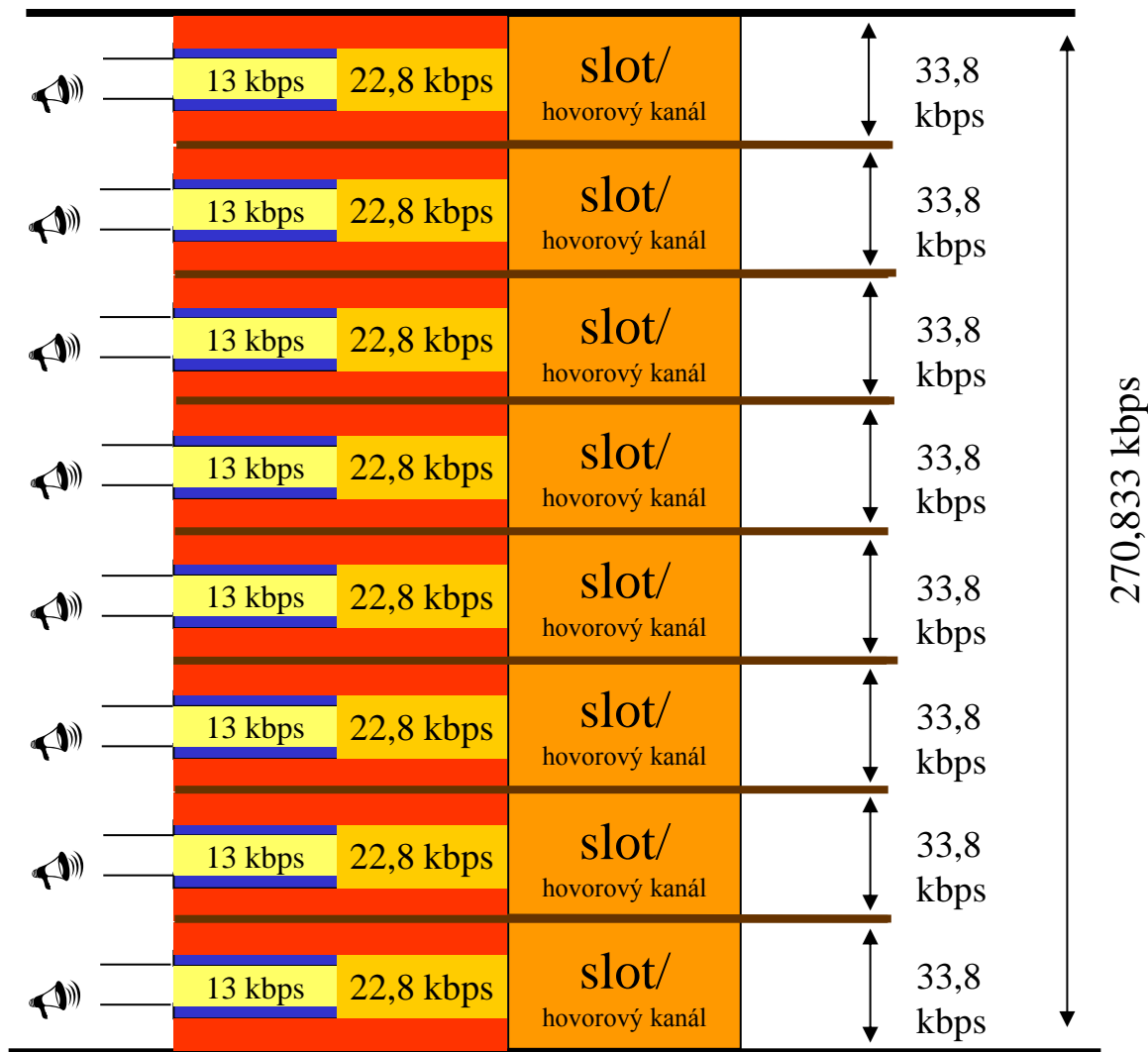
- vyšle do MS náhodné číslo
 - MS jej transformuje pomocí klíče na SIM kartě
- MS vrátí výsledek do AUC
- AUC tím ověřuje identitu uživatele (SIM karty)

- VLR (Visitor Location Register)

- získá údaje od HLR/AUC
- přidělí MS dočasné TMSI
 - Temporary Mobile Subscriber Identity
- pod TMSI jej eviduje po dobu pobytu MS v dosahu VLR/MSC

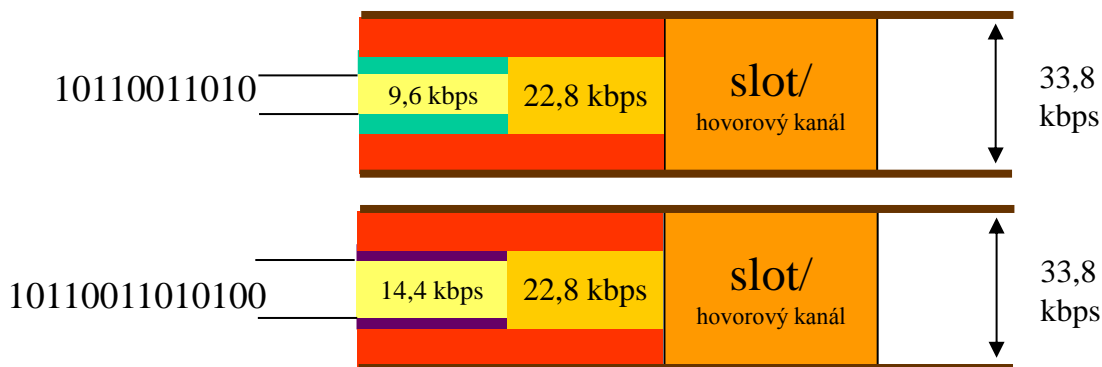
GSM a možnost přenosu dat

- GSM je digitální
 - přenáší hlas jako data
 - připomenutí:
 - každých 20 msec. je generováno 260 bitů
 - už po kompresi
 - 260 bitů každých 20 msec. = 13 kbit/s
 - přidáním samoopravných kódů se z 260 bitů stává 456 bitů
 - 456 bitů každých 20 msec. = 22,8 kbit/s
 - na každý slot vychází "hrubá" přenosová rychlost 33,8 kbit/s
 - včetně režijních bitů
 - tréninková sekvence atd.
-  režie na vedení hovoru
 – cca 9,8 kbps
-  režie na fungování GSM sítě
 – cca 11 kbps

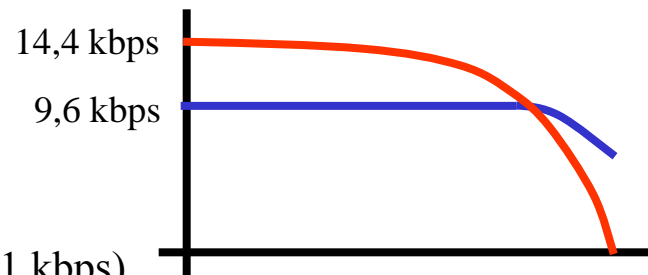


CSD – Circuit Switched Data

- princip:
 - místo (zdigitalizovaného) hlasu se budou přenášet obecná data
- CSD (Circuit Switched Data)
 - fungování GSM sítě se nemění
 - jde o přenos dat na principu přepojování okruhů
 - data se přenáší "hlasovým okruhem", obdobně jako pro hlas
 - po 2-bodovém spoji
- rychlost CSD:
 - bez dalších opatření: co se vejde do 13 kbit/s
 - nejbližší nižší normovaná rychlost je 9,6 kbit/s
 - v ČR nabízí T-Mobile a Oskar
 - se zmenšením objemu zabezpečovacích údajů (pro detekci a korekci chyb)
 - lze se dostat na 14,4 kbit/s
 - v ČR nabízí pouze Eurotel
 - efektivní (skutečně dosahovaná) přenosová rychlost se ale zmenšuje se vzdáleností od BTS



- režie připadající na fungování GSM sítě (cca 11 kbps)
- režie připadající na zajištění datových přenosů při rychlosti 9,6 kbps (cca 13,2 kbps)
- režie připadající na zajištění datových přenosů při rychlosti 14,4 kbps (cca 8,4 kbps)



HSCSD

- HSCSD (High Speed CSD)
 - varianta CSD, která využívá tzv. channel bundling
 - tj. využívá více timeslotů současně
 - rychlost je příslušným násobkem počtu slotů
 - stále funguje na principu přepojování okruhů
 - jen je rychlejší
 - nevyžaduje změnu HW sítě
 - stačí jen změna SW
 - v ČR nabízí pouze Eurotel
 - maximální rychlost dána třídou
 - tj. tím, kolik timeslotů dokáže zařízení používat současně
 - záleží také na tom, jak timesloty přiděluje mobilní síť
 - obecné pravidlo (priority při přidělování timeslotů):
 1. hlasové hovory
 2. požadavky HSCSD
 3. požadavky GPRS

| Třída | Maximální počet slotů | | | Typ |
|-------|-----------------------|----|--------|-----|
| | Rx | Tx | Celkem | |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 2 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| 3 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| 4 | 3 | 1 | 4 | 1 |
| 5 | 2 | 2 | 4 | 1 |
| 6 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 9 | 3 | 2 | 5 | 1 |
| 10 | 4 | 2 | 5 | 1 |
| 12 | 4 | 4 | 5 | 1 |
| 13 | 3 | 3 | 6 | 2 |
| 18 | 8 | 8 | 16 | 2 |

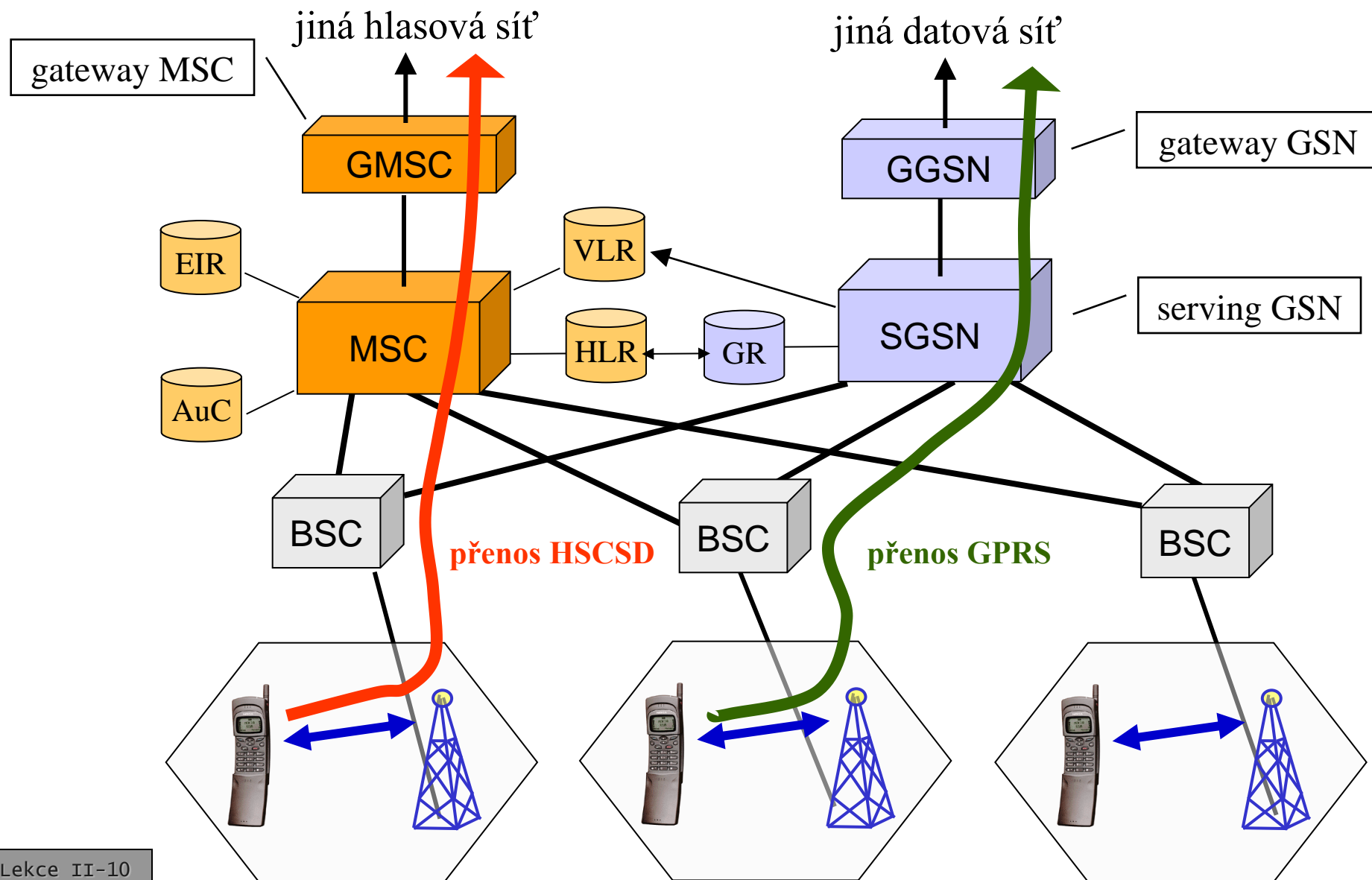
typ2: předpokládá, že MS dokáže vysílat i přijímat současně

GPRS

(General Packet Radio Service)

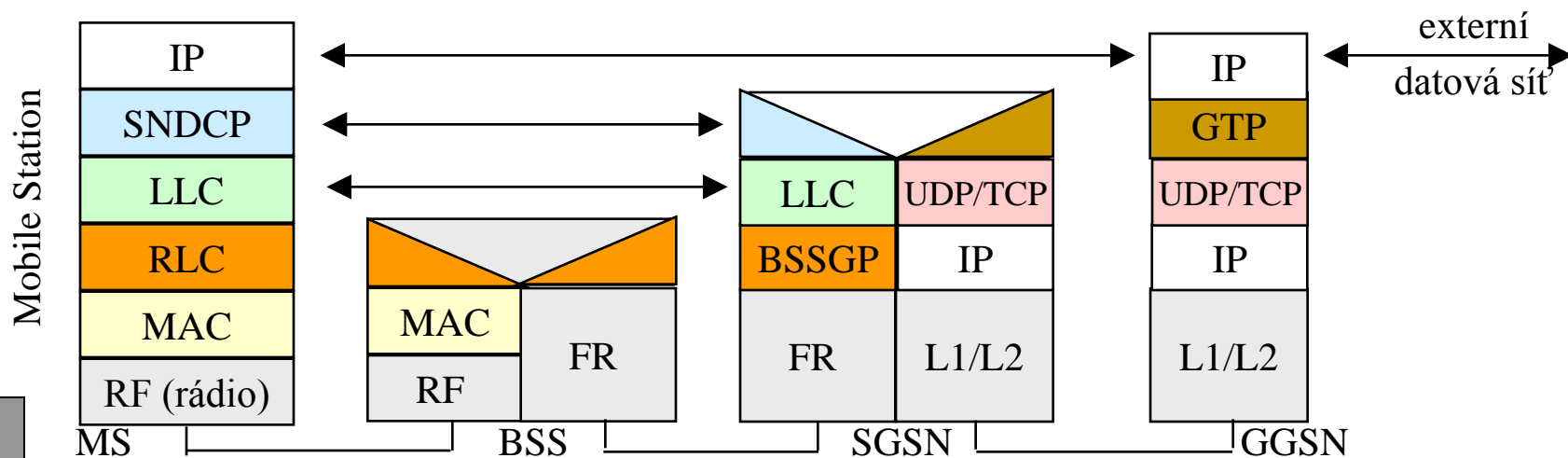
- HSCSD funguje na principu přepojování okruhů
 - spotřebovává timesloty po celou dobu existence spojení
 - i když právě nic nepřenáší
 - málo šetrné vůči zdrojům mobilní sítě
 - vůči timeslotům
- GPRS funguje na principu přepojování paketů
 - když právě nic nepřenáší, nespotebovává žádné timesloty !!!
 - je to šetrnější vůči zdrojům mobilní sítě
 - ta dokáže obsloužit více uživatelů
 - díky tomu může být lacinější
 - umožňuje trvalé připojení uživatele
 - trvalou dostupnost (always-on)
 - prostřednictvím GPRS lze realizovat trvalé (mobilní) připojení k Internetu
 - služba Eurotel Data Nonstop
 - od 1.4.2003
- GPRS funguje stylem "best effort"
 - negarantuje propustnost
 - ta je dána momentální zátěží sítě a souběhem požadavků na GPRS přenosy
 - nejprve se přidělují timesloty pro hlas, pak pro CSD, a pro GPRS teprve to, co zbude
 - mobilní operátor obvykle rezervuje 1 až 2 timesloty v každém TDMA rámci pro GPRS
- GPRS vyžaduje zásahy do mobilní sítě
 - nové prvky sítě: GSN
 - GPRS Support Node
 - v podstatě jde o směrovače
 - SW upgrade BTS a BSC
- GPRS zavádí nová kódovací schémata
 - nové způsoby kódování dat, přenášených mezi MS a BTS
 - kvůli tomu je nutný nový HW
- nabízí také určitou podporu QoS

GPRS – změny v síti



GPRS: GR, GGSN a SGSN

- GR (GPRS Register)
 - obvykle je součástí HLR
 - uchovává data relevantní k GPRS
 - o uživatelích atd.
- SGSN (Serving GSN)
 - je na stejné úrovni jako (hlasová) ústředna MSC
 - je napojen na BSC pomocí datového spoje
 - např. Frame Relay (FR)
 - může jich být více
 - získává údaje o uživatelích od registru GR
 - vede si evidenci toho, kde se MS nachází
 - v dosahu které BTS a BSC
 - udržuje potřebné směrovací informace
- GGSN (Gateway GSN)
 - překládá adresy
 - přenáší data k BSC
 - a odsud jdou k BTS a k MS
 - zajišťuje vazbu na externí datové sítě
 - z jedné strany je napojen na externí datovou síť
 - z druhé strany je napojen na SGSN
 - pomocí IP spoje
 - uživatelská data se mezi SGSN a GGSN tunelují
 - GTP (GPRS Tunelling Protocol)



GPRS: kódovací schémata

- kódovací schémata se liší v tom, jak rozdělují "hrubou" přenosovou rychlost 22,8 kbit/s mezi:
 - "užitečná data"
 - zabezpečení
- vyšší kódovací schéma vyžaduje lepší podmínky pro přenos
 - vyšší spolehlivost
- MS si kódovací schémata volí samo, podle aktuálních podmínek
 - a podle toho, co síť nabízí

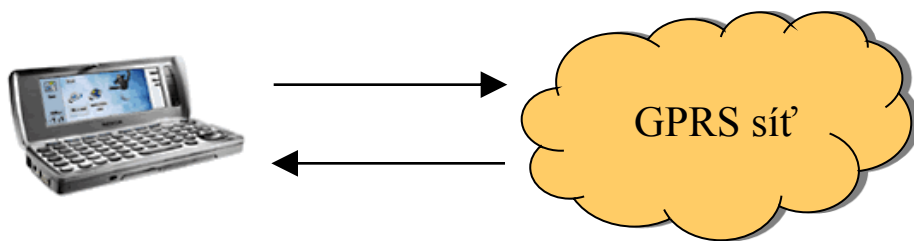
| Kódovací schéma | CS-1 | CS-2 | CS-3 | CS-4 |
|---------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|
| Max. kbit/s na 1 timeslot | 9.05 | 13.4 | 15.6 | 21.4 |
| Maximum při využití všech 8 timeslotů | 72.4 kb/s | 107.2 kb/s | 124.8 kb/s | 171.2 kb/s |

trídy GPRS

| třída | Down | Up .. | max. slotů |
|-------|------|-------|------------|
| 1 | 1 | 1 | 2 |
| 2 | 2 | 1 | 3 |
| 3 | 2 | 2 | 3 |
| 4 | 3 | 1 | 4 |
| 5 | 2 | 2 | 4 |
| 6 | 3 | 2 | 4 |
| 7 | 3 | 3 | 5 |
| 8 | 4 | 1 | 5 |
| 9 | 3 | 2 | 5 |
| 10 | 4 | 2 | 5 |
| 11 | 4 | 3 | 5 |
| 12 | 4 | 4 | 5 |
| 13 | 3 | 3 | neomez. |
| 14 | 4 | 4 | neomez. |
| 15 | 5 | 5 | neomez. |
| 16 | 6 | 6 | neomez. |
| | | | |
| 28 | 8 | 6 | neomez. |
| 29 | 8 | 8 | neomez. |

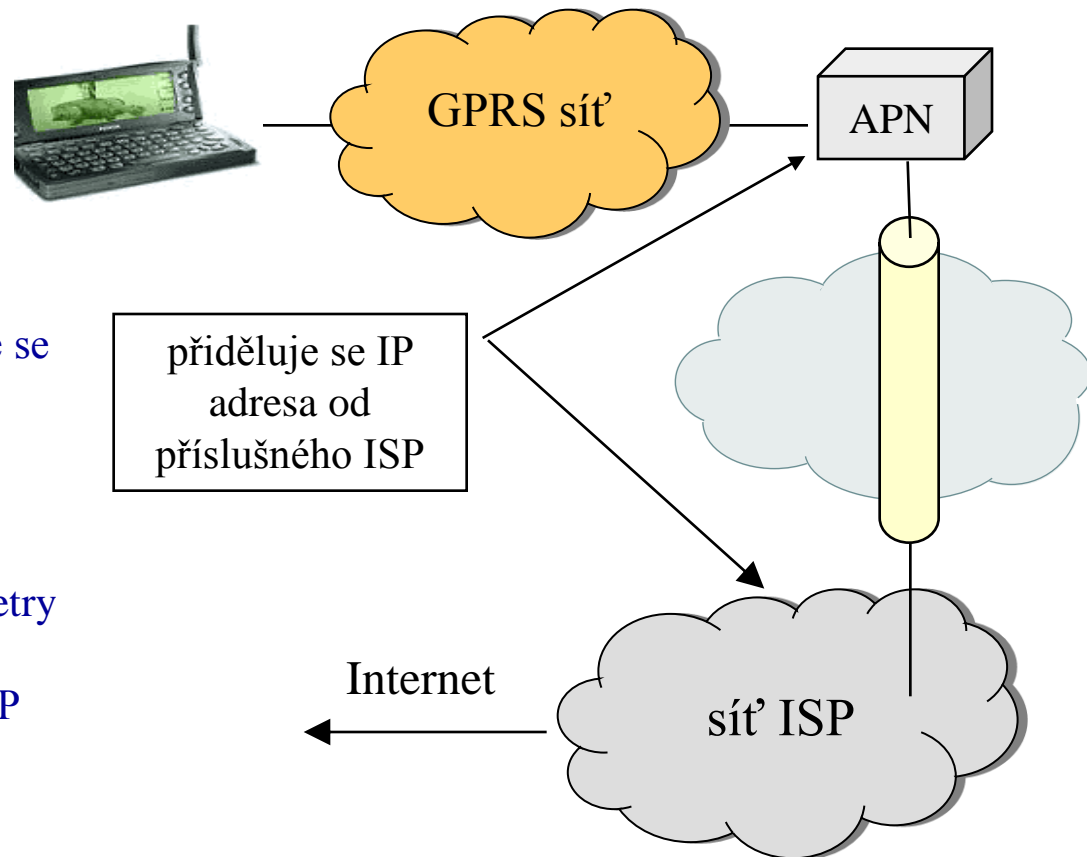
GPRS attach, PDP kontext

- MS (mobil) se musí nejprve přihlásit do GPRS sítě
 - předá své IMEI a IMSI uzlu SGSN
- SGSN ověří identitu a oprávněnost MS a uživatele
 - dále si zkopíruje z HLR údaje o uživateli
 - přidělí mu dočasné P-TMSI (Packet – temporal Mobile Subscriber Identity)
 - pod tímto identifikátorem s ním dále pracuje
 - tzv. **GPRS attach**
- odhlášení může iniciovat jak MS , tak GPRS síť
 - tzv. **GPRS detach**
- pro možnost datové komunikace musí MS získat tzv. **PDP kontext**
 - Packet Data Protocol context
- v rámci PDP kontextu získává:
 - PDP adresu
 - obvykle: IP adresu
 - přidělení je statické či dynamické
 - dohodnuté parametry QoS
 -
- PDP kontext se uchovává v MS, SGSN a GGSN
 - přidělením PDP kontextu se MS stává "viditelné"
 - dostupné na přidělené IP adrese
 - MS je dostupné po celou dobu existence (aktivního) PDP kontextu !!!!
 - bez ohledu na to, zda něco přenáší či nikoli
 - směrování se provádí na základě vztahu mezi IMSI a PDP
 - jeden uživatel může mít přiděleno více kontextů



přístup k Internetu přes GPRS

- "standardní" využití GPRS je pro propojení dvou GPRS zařízení
 - dvou GPRS modemů
 - a dvoubodového spoje
- GPRS se používá i pro přístup k Internetu
 - MS zde navazuje spojení (přihlašuje se k) "přístupovému bodu", který je prostředníkem pro jeho přístup do Internetu
- APN (Access Point Name)
 - obvykle definuje vlastnosti a parametry připojení
 - např. statické/dynamické přidělení IP adresy
 - NAT
 - QoS atd.
- APN je jakousi bránou do Internetu
 - vede z něj tunel skrz další část sítě
 - až do sítě ISP



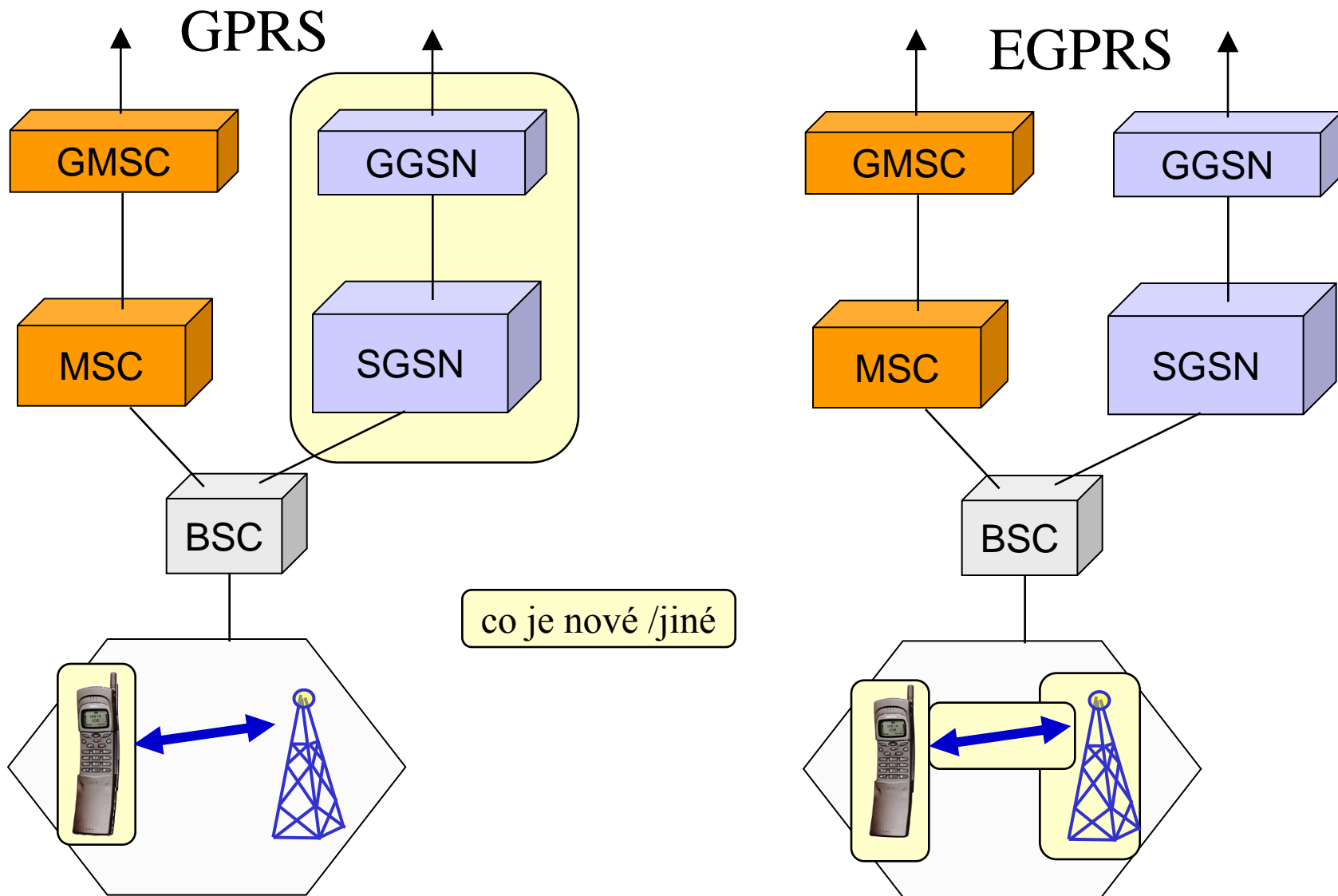
- mobilní operátor může nabízet více různých APN
 - s různými podmínkami
 - statická/dynamická IP, NAT, cena atd.

GPRS vs. EDGE (Enhanced GPRS)

- GPRS (General Packet Radio Service)
 - zachovává rádiovou část komunikace
 - mezi MS a BTS
 - nemění rozdělení (FDMA) na kanály a jejich členění (TDMA) na timesloty
 - **nemění způsob kódování**
 - 2-stavová fázová modulace
 - » GSK (Gaussian Shift Keying)
 - » 1 změna = 1 bit
 - přidává nová kódovací schémata
 - neboli rozložení datového toku mezi užitečná data a režijní data
 - lze obvykle řešit jen SW upgradem BSS
 - přidává nové prvky do sítě
 - GSN (SGSN s GGSN)
 - "datovou páteř" – propojení SGSN a GGSN
- EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution)
 - týká se jak HSCSD
 - Enhanced HSCSD, EHSCSD
 - tak i GPRS
 - Enhanced GPRS, EGPRS
- EGPRS (Enhanced GPRS)
 - mění rádiovou část komunikace
 - nemění rozdělení (FDMA) na kanály a jejich členění (TDMA) na timesloty
 - **zavádí nový způsob kódování**
 - 8-stavová fázová modulace
 - » 1 změna = 3 bity
 - modulační rychlost zůstává stejná jako u GPRS
 - » ale rychlost přenosu se (potenciálně) zvyšuje 3x
 - přidává nová kódovací schémata
 - celkem 9
 - » 4x s původní 2-stavovou modulací
 - » 5x s novou 8-stavovou modulací
 - nutný HW upgrade transceiverů v každém sektoru BTS
 - **nemění GPRS síť**
 - pracuje se stejnými prvky (GSN, IP páteř) jako GPRS
 - "uvnitř sítě to funguje stejně, jako u GPRS"

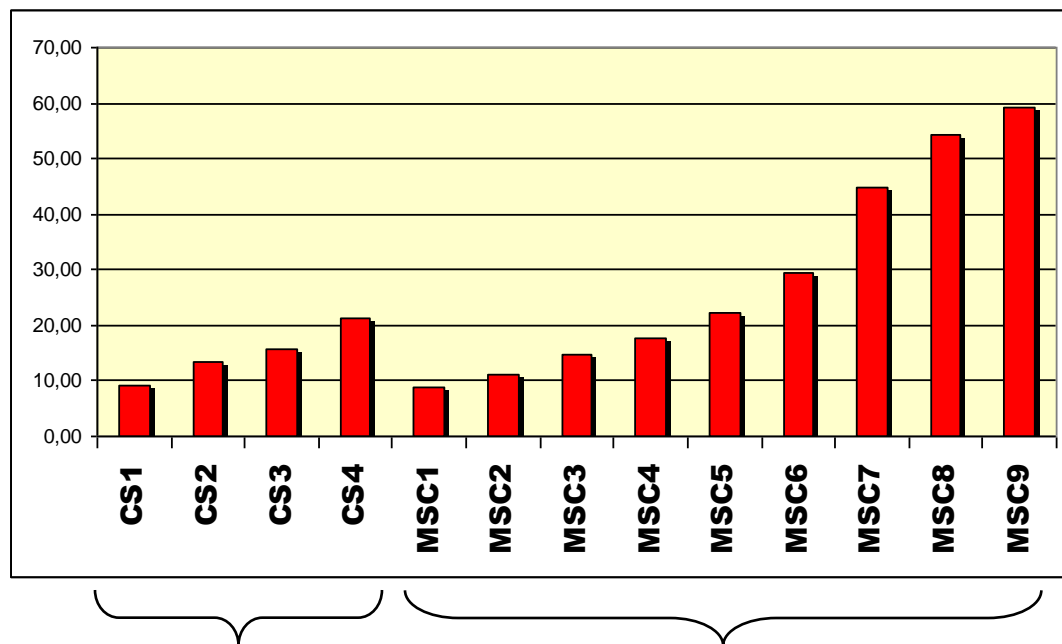
v ČR spuštěno pouze EGPRS !!
(prezentováno jako EDGE = EGPRS)

GPRS vs. EGPRS



EDGE – kódovací schémata

- volba kódovacích schémat v EDGE je dynamická
 - síť (a MS) rozhodují o tom, jaké schéma použít
 - link adaptation – volí takové schéma, které momentálně dává nejvyšší propustnost
 - incremental redundancy – nejprve se používají méně redundantní schémata (s menším podílem zabezpečovacích bitů), a teprve při chybě se redundance zvyšuje (tj. volí se více redundantní kódovací schéma)



| schéma | Modulace | Max. rychlost [kb/s] |
|--------|----------------------------------|----------------------|
| MCS-9 | 8-stavová fázová modulace (8PSK) | 59.2 |
| MCS-8 | | 54.4 |
| MCS-7 | | 44.8 |
| MCS-6 | | 29.6 / 27.2 |
| MCS-5 | | 22.4 |
| MCS-4 | 2-stavová fázová modulace GMSK | 17.6 |
| MCS-3 | | 14.8 / 13.6 |
| MCS-2 | | 11.2 |
| MCS-1 | | 8.8 |

GPRS/EGPRS: rychlost a latence

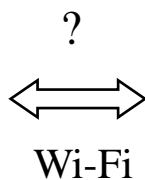
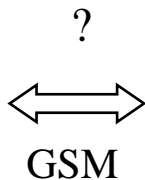
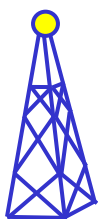
- latence je zpoždění datového přenosu
 - ovlivňuje hlavně RTT
 - Round Trip Time
- v sítích GPRS/EGPRS je latence velká
 - např. až 500-800 ms
 - v horším případě i přes 1 sec.
 - příčiny jsou rozloženy v celém řetězci od MS až k ISP:
 - v rámci MS
 - až 100 ms
 - alokace timeslotu
 - pro uplink typicky 400 ms
 - mezi SGSN a GGSN
 - jen desítky msec.
 - nehodí se např. pro IP telefonii
 - problém i s hraním on-line her
- celkově GPRS/EGPRS funguje stylem "best effort"
- přenosová rychlost GPRS/EGPRS je obecně dána aktuální kombinací "*počet timeslotů x kódovací schéma*"
 - obojí se ale dynamicky mění
 - rozhoduje o tom síť (a MS)
- lze stanovit teoretické maximální rychlosti
 - GPRS: 4x CS4 = cca 85 kbps
 - EDGE: 4x MSC9 = cca 240 kbit/s
 - pokud mobilní síť a MS využijí max. 4 timesloty
- v praxi dosahované hodnoty jsou nižší
 - EDGE: podle měření DSL.cz v 1Q2005
 - maximum: 209 kbit/s
 - průměr: pod 90 kbit/s

| GPRS | Únor 2004 | Březen 2004 | Duben 2004 |
|----------|------------|-------------|------------|
| Eurotel | 25,67 kb/s | 25,91 kb/s | 26,98 kb/s |
| Oskar | 28,29 kb/s | 28,11 kb/s | 26,91 kb/s |
| T-Mobile | 31,40 kb/s | 31,21 kb/s | 33,06 kb/s |

zdroj: www.mobilmania.cz, podle měření www.dsl.cz

UMA (Unlicensed Mobile Access)

- mobilní operátoři nemají frekvenci nazbyt
 - v licenčním pásmu
- mohou mít problémy s pokrytím
 - "indoor", například v kancelářích
- snaha: využít k pokrytí i frekvence z bezlicenčních pásem
 - skrze dostupné technologie pro tato pásma
 - například Wi-Fi, Bluetooth, WiMAX
 - infrastruktura (např. Wi-Fi AP) nemusí být v majetku mobilního operátora
 - ale třeba koncového zákazníka
- idea:
 - jde o "roztažení" mobilní sítě i do bezlicenčních pásem
 - snaha přesunout hovory do bezlicenčního pásma
- princip fungování:
 - když je mobilní stanice (mobil) v dosahu základnové stanice v bezlicenčním pásmu, komunikuje přes ni
 - jinak komunikuje přes základnové stanice mobilní sítě v licenčním pásmu
 - mobilní síť musí vždy vědět, kde se mobil nachází
 - platí i pro bezlicenční pásmo
 - v síti přibývá nový řídicí prvek: UMA Network Controller (UNC)
 - obdoba BSC pro základnové stanice v bezlicenčním pásmu



koncept UMA - představa

