

# DATOVÉ PŘENOSY V MOBILNÍCH SÍTÍCH GSM, UMTS, (WIFI)

KIV / MKZ

L. Pešička

V2, 2017

# RYCHLOSTI DATOVÝCH PŘENOSŮ

## ◉ EDGE

- téměř všude, kde máme GSM signál
- rychlost až 236kbps

## ◉ 3G

- HSPA+ až 21,6Mbps
- HSPA+42 až 42Mbps

## ◉ LTE

- stahování až 150Mbps / upload 50Mbps
- záleží na šířce kanálu (1.4-20MHz)
- nižší latence
- LTE-A (225Mbps), sdružování pásem

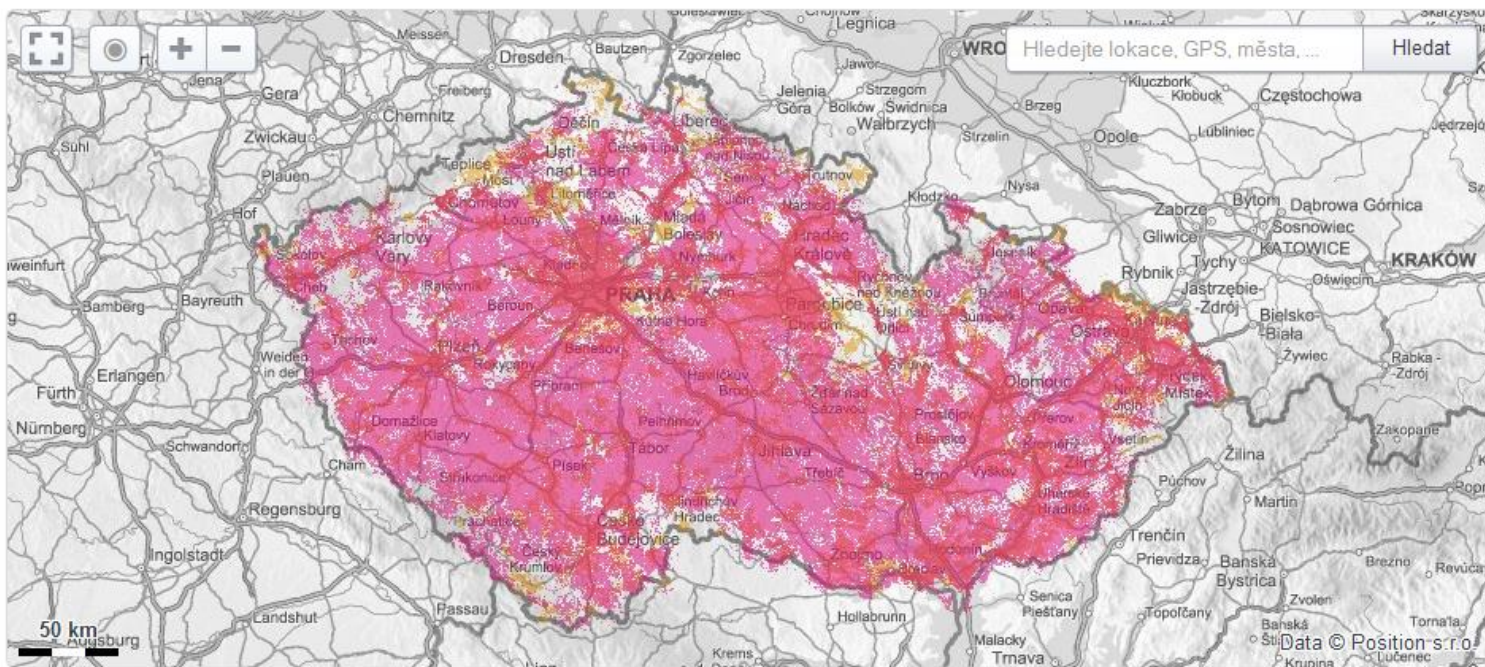
# LTE

- ⊙ aukce kmitočtů v pásmech 800-1800-2600MHz
- ⊙ lze i v přiděleném 900MHz (Vodafone)
- ⊙ sdílení sítí T-Mobile a O2
  - mimo Prahu a Brno
  - rychlejší pokrytí území
- ⊙ T-Mobile: LTE 800MHz (Plzeň-jih se začalo) a 1800MHz
- ⊙ download až 225Mbps, upload 50Mbps
- ⊙ Šířka pásma 10 či 20 MHz

# LTE POKRYTÍ (T-MOBILE), 2015

Superrychlý internet všude, kam se podíváte


95 % z vás je pokryto!



Poslední aktualizace proběhla 30.4.2015, před 7 dny.

■ LTE ■ 3G

# POKRYTÍ - WEB LTE.CTU.CZ, 2015



Český telekomunikační úřad

## Průběh plnění rozvojových kritérií uložených ve Výběrovém řízení (aukci) 2013

Pokrytí

Informace

**Mapa pokrytí**

**Pokrytí okresů**

**Operátor:**

O2

T-Mobile

Vodafone

**Pásmo:**

Všechna pásma

LTE-800

LTE-1800

LTE-2100

UMTS-2100

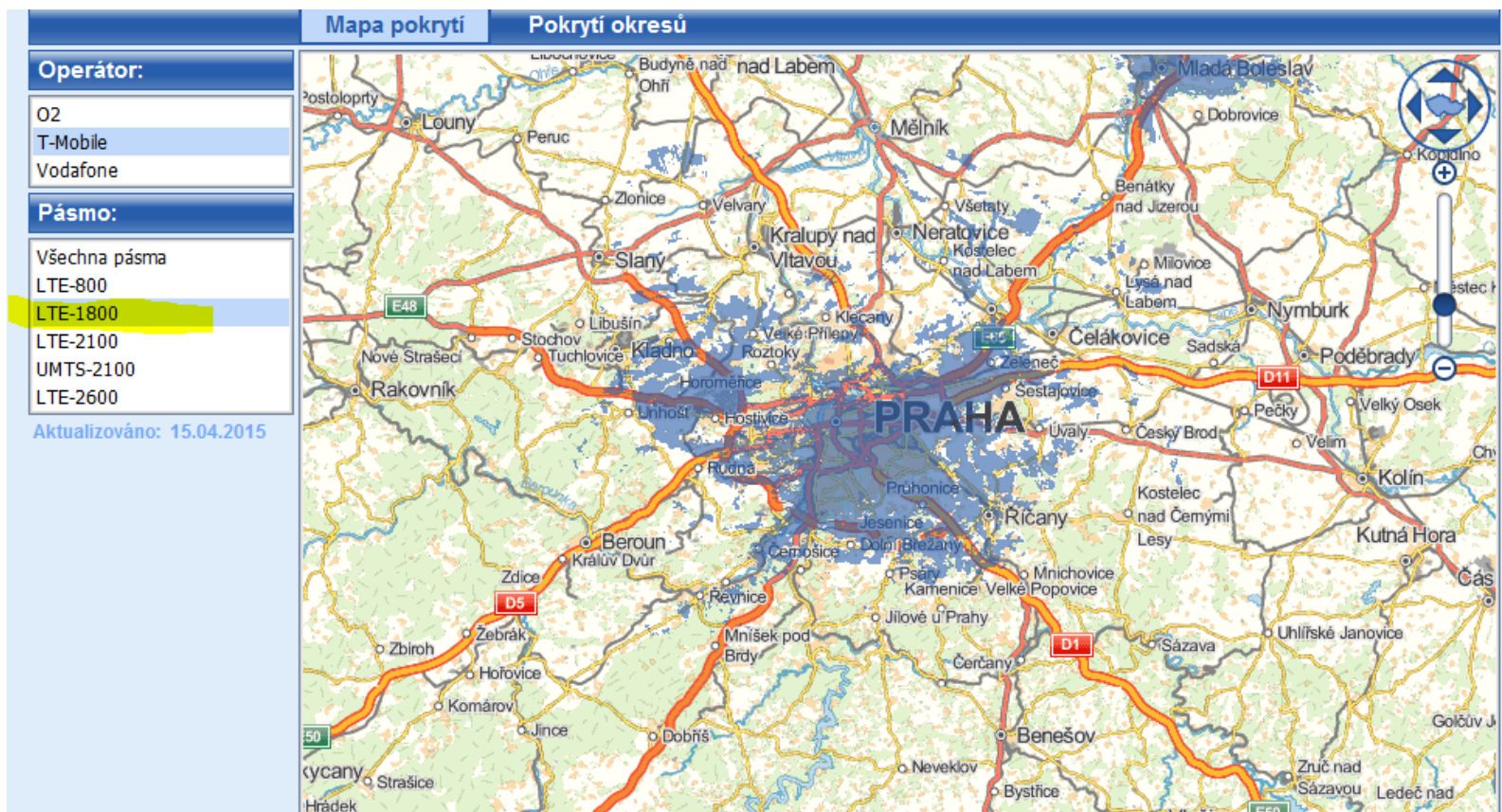
LTE-2600

Aktualizováno: 04.05.2015

Výběr území	Území ▲	Skupina	Obyvatel	Pokrytí	
Liberec	▲ Dýšina		1 791	95,4%	
Litoměřice	Chrást		1 804	89,4%	
Louny	Chválenice		635	100,0%	
Mělník	Kyšice		856	100,0%	
Mladá Boleslav	Letkov		582	100,0%	
Most	Lhůta		169	93,1%	
Náchod	Losiná		1 110	99,0%	
Nový Jičín	Mokrouše		203	75,7%	
Nymburk	Nezbavětice		204	100,0%	
Olomouc	Nezvěstice		1 449	100,0%	
Opava	Plzeň		167 308	86,5%	
Ostrava-město	Starý Plzenec		4 797	82,6%	
Pardubice	Štáhlavy		2 366	100,0%	
Pelhřimov	Štěnovický Borek		470	100,0%	
Písek	Tymákov		817	78,8%	
Plzeň-jih	Plzeň-město	B	184 561	87,0%	
Plzeň-město					



# LTE V PÁSMU 1800MHZ (T-MOBILE), 2015





# POKRYTÍ 2016



Černobílá



Barevná

## ☐ Mobilní internet

### Rychlost

### Typ sítě

- ☒ ■ LTE Advanced (až 225 Mbit/s)
- ☒ ■ LTE 1800MHz (až 150 Mbit/s)
- ☒ ■ LTE 2100MHz (až 75 Mbit/s)
- ☒ ■ LTE 800MHz (až 75 Mbit/s)
- ☐ ■ HSPA+42 (až 42 Mbit/s)
- ☐ ■ 3G a HSPA+ (až 21 Mbit/s)
- ☐ ■ GPRS a EDGE (až 240 kbit/s)

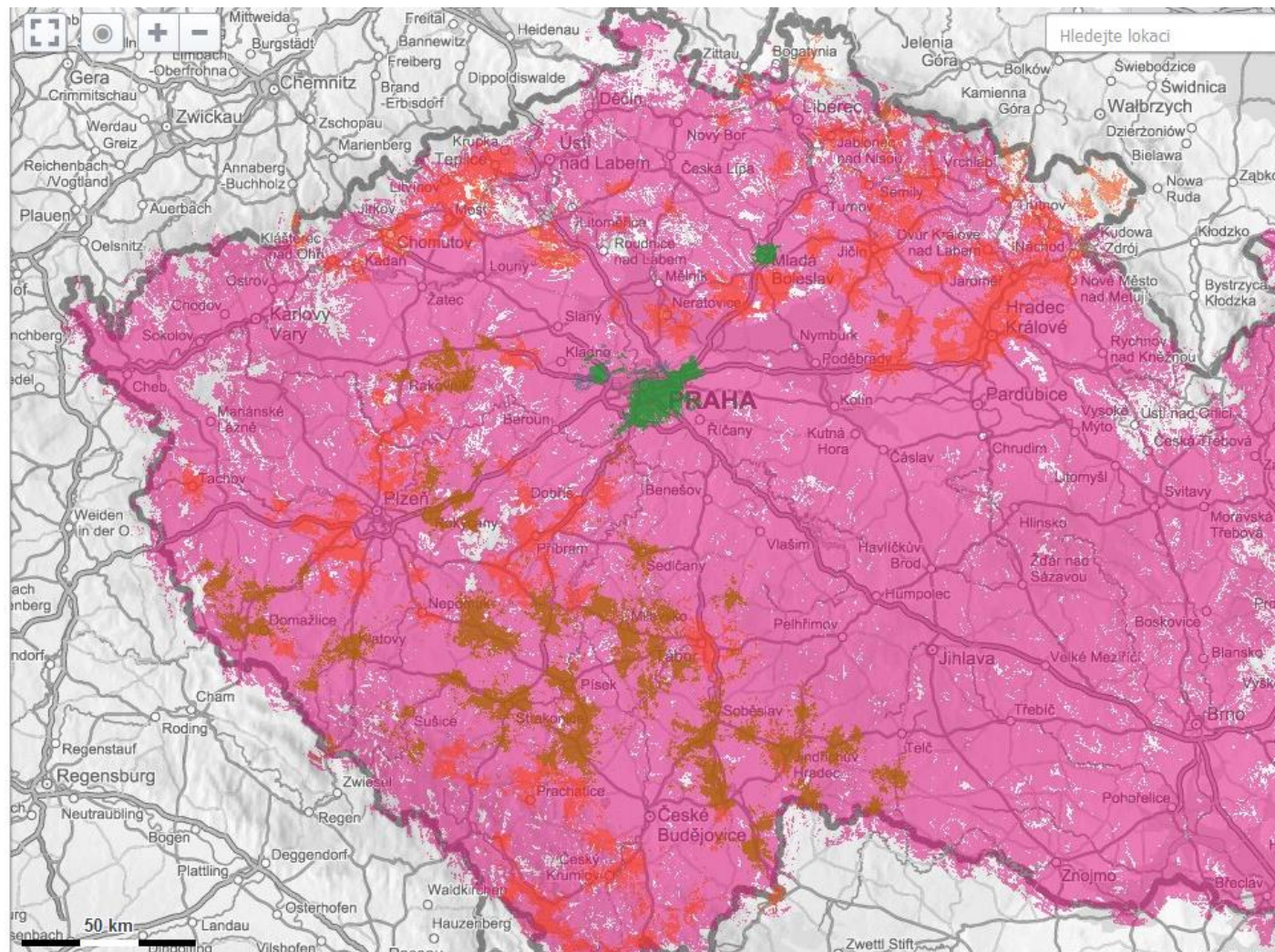
- ☐ ■ Volání 2G/3G síť

- ☐ ■ Volání LTE síť (VoLTE)

- ☐ ■ Pevný internet (xDSL)

## Body zájmu

- ☐ ■ Značkové prodejny a partneři
- ☐ ■ Dobíjecí místa





# POKRYTÍ 2016



Černobílá



Barevná

## ☐ Mobilní internet

Rychlost

Typ sítě

- ☒ LTE Advanced (až 225 Mbit/s)
- ☒ LTE 1800MHz (až 150 Mbit/s)
- ☒ LTE 2100MHz (až 75 Mbit/s)
- ☐ LTE 800MHz (až 75 Mbit/s)
- ☐ HSPA+42 (až 42 Mbit/s)
- ☐ 3G a HSPA+ (až 21 Mbit/s)
- ☐ GPRS a EDGE (až 240 kbit/s)

☐ Volání 2G/3G síť

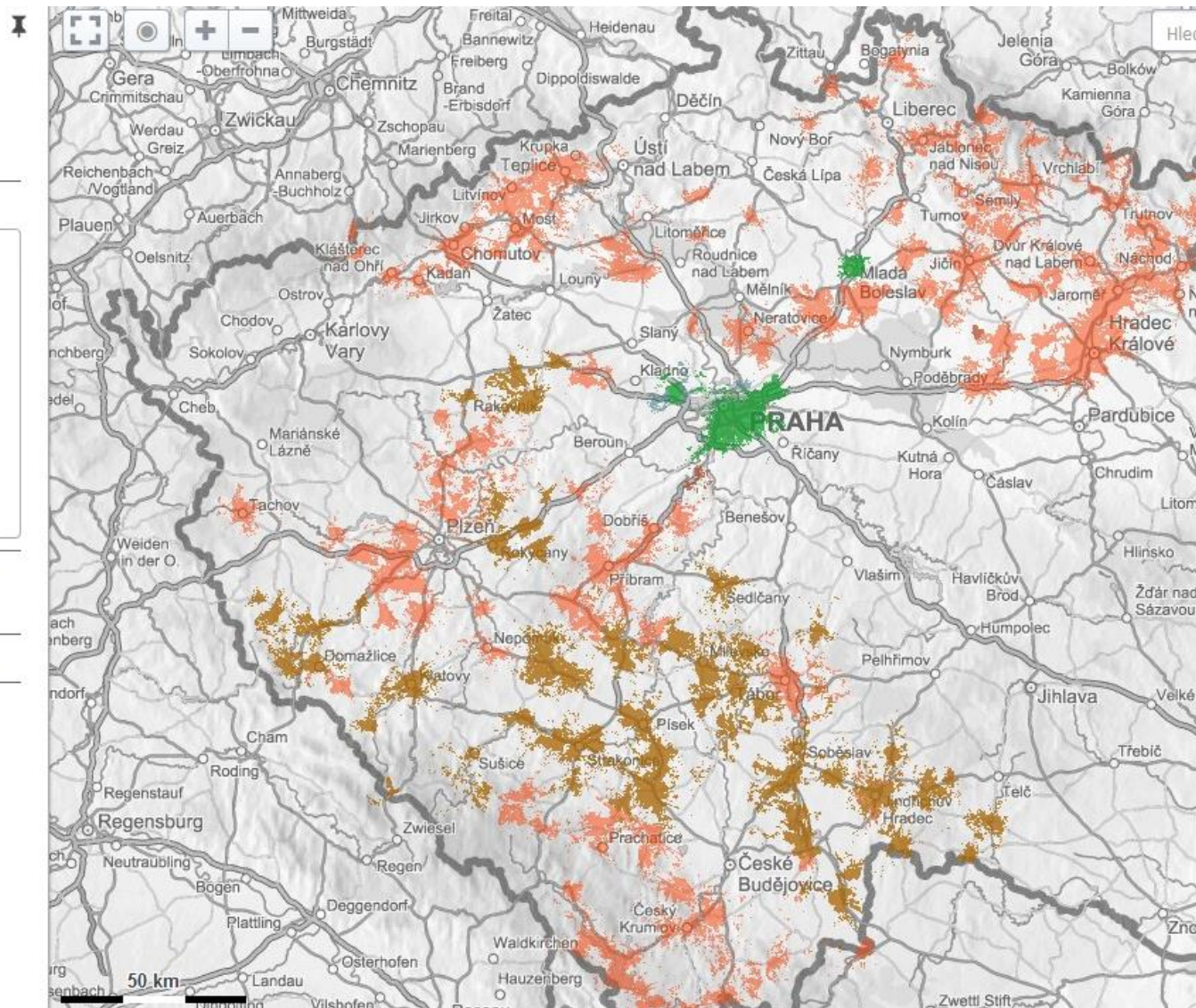
☐ Volání LTE síť (VoLTE)

☐ Pevný internet (xDSL)

## Body zájmu

☐ Značkové prodejny a partneři

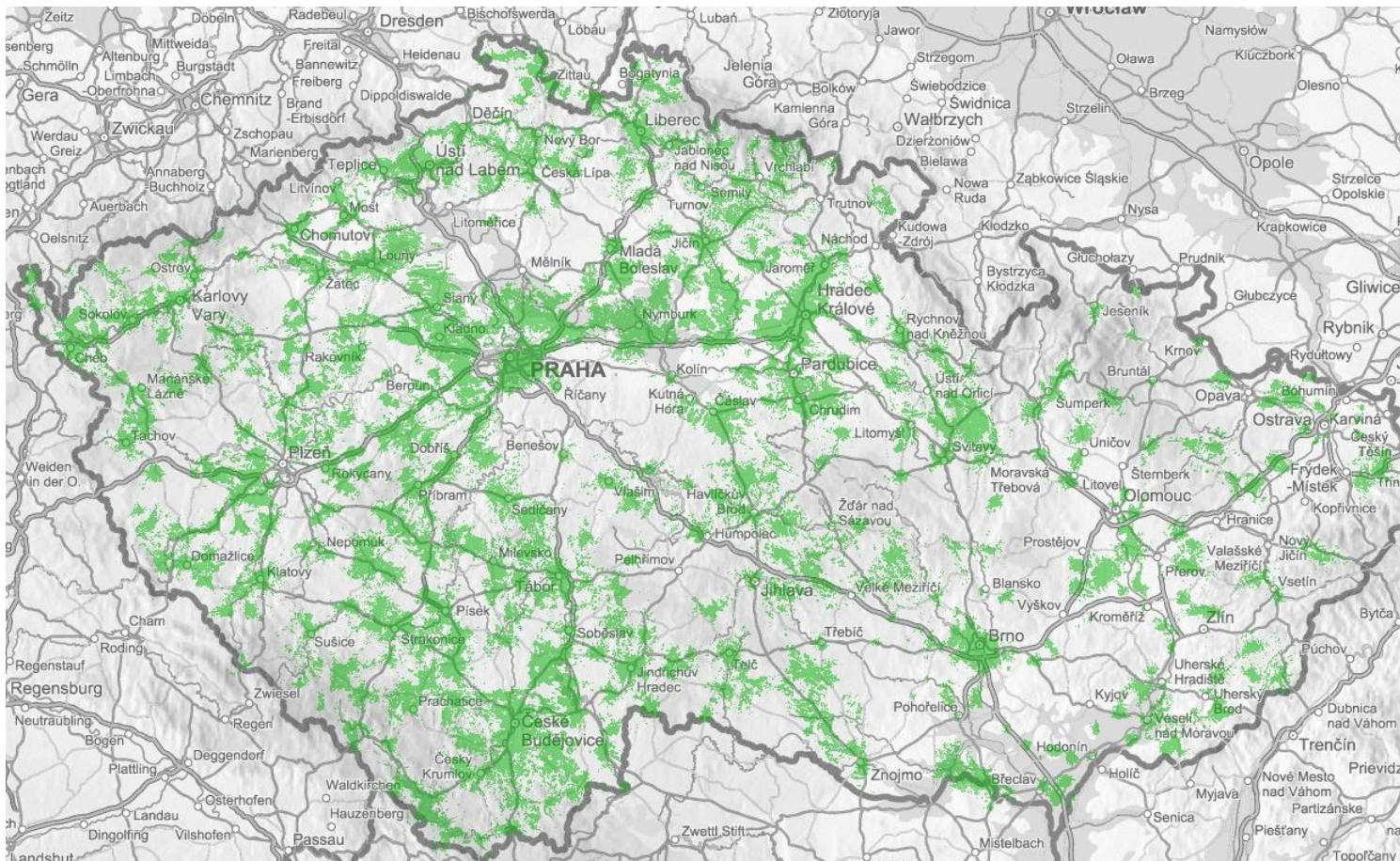
☐ Dobíjecí místa





# POKRYTÍ 2017 LTE ADVANCED

AŽ 225Mbps



# LTE-A

- ◉ Technologie LTE-A je založena na **spojení dvou pásem** (funkce Carrier aggregation).
- ◉ U 82 nových vysílačů v Praze jde o pásma 800 MHz (o šířce **10 MHz**) a 1 800 MHz (o šířce **15 MHz**), která po spojení nabízejí maximální rychlosti **187,5 Mbit/s** pro stahování a 37,5 Mbit/s pro odesílání.
- ◉ Operátor spojil pásma o šířce **10 a 20 MHz**, která poskytují teoretické maximální rychlosti **225 Mbit/s** pro stahování a 50 Mbit/s pro odesílání.

# VOLTE

- ◉ VoLTE
- ◉ IP hovory v síti LTE
- ◉ Spojované okruhy x přepínání paketů
- ◉ Nedochází k omezení navázaných datových spojení v průběhu hovoru
- ◉ Podporující telefony:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/VoLTE>



# VOWIFI

- ◉ VoWiFi

- ◉ WiFi síť s internetovým připojením
- ◉ Alespoň 100kbps download i upload
- ◉ Zatím ne v roamingu

- ◉ Postřehy:

<http://smartmania.cz/vyzkouseli-jsme-t-mobile-vowifi-volat-muzete-i-bez-signalu/>

# LTE PÁSMO V ČR

LTE se šíří v několika vysílacích/přijímacích frekvenčních pásmech. V České republice se LTE může šířit v pásmech 1, 3, 7, 8 a 20; na Slovensku minimálně v pásmech 3 a 20.

Název	Frekvence	Poznámka
<b>Pásmo 1</b>	2100 MHz	Běží na něm 3G, ale <a href="#">Vodafone</a> během prosince 2014 plánuje spustit LTE v městech <a href="#">Kladno</a> , <a href="#">Slaný</a> a <a href="#">Olomouc</a> . Do konce léta 2015 se přidají další města, kde je v současnosti 3G internet. Rozšíření LTE v tomto pásmu mají i další v Česku působící operátoři.
<b>Pásmo 3</b>	1800 MHz	Určeno do měst s vysokými datovými nároky ( <a href="#">Brno</a> , <a href="#">Praha</a> , <a href="#">Karlovy Vary</a> , ...)
<b>Pásmo 7</b>	2600 MHz	Toto pásmo vzešlo z aukce. V současnosti se v něm nevysílá.
<b>Pásmo 8</b>	900 MHz	<a href="#">Vodafone</a> toto pásmo používá k pokrytí svým turbo internetem mimo velká města.
<b>Pásmo 20</b>	800 MHz	Toto pásmo, které pokrývá většinu území republiky, bylo přiděleno LTE po uvolnění frekvencí při přechodu na digitální vysílání. Bylo součástí nedávné aukce.


zdroj: wikipedia, operátoři ☺

Nejčastější pokrytí v ČR je LTE v pásmu 800MHz  
Praha, Mladá Boleslav - pokryté LTE v pásmu 1800MHz

# NENÍ LTE JAKO LTE 😊

Ip5 09.07.2014 12:54

Zdravím, nefunguje mi LTE od O2, SIM jsem vyměnil na uSIM, nainstaloval požadavek operátora a pořád nic. Nemůže být problém v modelu? Číslo modelu na zadní straně obálky je A1428. Ip 5 je koupen v USA, nemůže to být problém?

 O2 Guru Mirek 10.07.2014 18:25

Dobrý den,  
bohužel vás nepotěším. iPhone 5 (model A1428 - americká verze) podporuje LTE na frekvencích 700 a 1900 MHz, kdežto naše LTE v České republice funguje na frekvencích 800, 1800 a 2600 MHz. S tímto telefonem se tak k LTE v ČR nepřipojíte.



# LTE

## ◉ šířka pásma

- 1.4MHz, 3MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz
- pro srovnání - UMTS: 5MHz
- při 5MHz - srovnatelné rychlosti s HSPA+

## ◉ anténní konfigurace

- MIMO (Multiple Input Multiple Output)
  - více vysílacích a přijímacích antén
  - 2x2, 4x2, 4x4 (vysílací x přijímací)

## ◉ modulace

- QPSK, 16QAM, 64QAM

# GENERACE SÍTÍ

Pouze orientační řazení  
(V různých pramenech se liší)

1G	NMT (analogové systémy)
2G	GSM 900, DCS 1800, PDC 1900
2.5G	GPRS
2.75G	EDGE
3G	UMTS (EU), CDMA 2000 (US)
3.5G	HSDPA
3.9G-4G	LTE (Long Term Evolution)
4G	LTE-A (Advanced) - 1Gbps pro 4G

# HSCDS

## (HIGH SPEED CIRCUIT SWITCH DATA)

- ◉ Standardní přenosová rychlost GSM 9.6kbps
- ◉ Kódování dat místo 9.6kbps na 14.4kbps
  - Snížení režie
  - Maximum, víc na 1 slot nedosáhneme
- ◉ Přidělení více slotů současně
  - Downlink, uplink
  - Např.  $3 \times 14.4 = 43.2$  downlink,  $1 \times 14.4$  uplink
- ◉ Vyhrazený kanál
  - Platí se za čas, ne za přenesená data!



# PRIORITY PŘENOSŮ V SÍTI

- ◉ Omezená zásoba slotů, kanálů
- ◉ Nejvyšší
  - hlasové přenosy
  - Z nich ještě prioritní čísla v případě krize - hasiči, starosta, ...
- ◉ Nižší
  - Datové přenosy s přepínáním okruhů CSD, HSCSD
- ◉ Nejnižší
  - paketové datové přenosy GPRS

# GPRS

## (GENERAL PACKET RADIO SERVICE)

### ◉ Přepínání paketů

- Více uživatelů - stejný přenosový kanál
- Účtována za přenesená data, ne za čas!

### ◉ Třídy zařízení

- **Class A** - simultánně GPRS i hlas  
(Dual Transfer Mode)  
jen některá zařízení, naše síť neumí
- **Class B** - data nebo hovor  
většina mobilních telefonů
- **Class C** - pouze data  
datové karty, ..

v sítích 3G lze data i  
hovor současně  
(jen se zpomalí)

# GPRS - KÓDOVÁ SCHÉMATA

- Vybírá se v závislosti na odstupu signál/rušení
- liší se množstvím ochranných informací
- velké rušení => CS-1

Schéma	Rychlost kbps
CS-1	8,0
CS-2	12,0
CS-3	14,4
CS-4	20,0



# GPRS

## TIMESLOTSY PRO DOWNLINK A UPLINK

Třídy telefonů - kolik slotů umí použít:

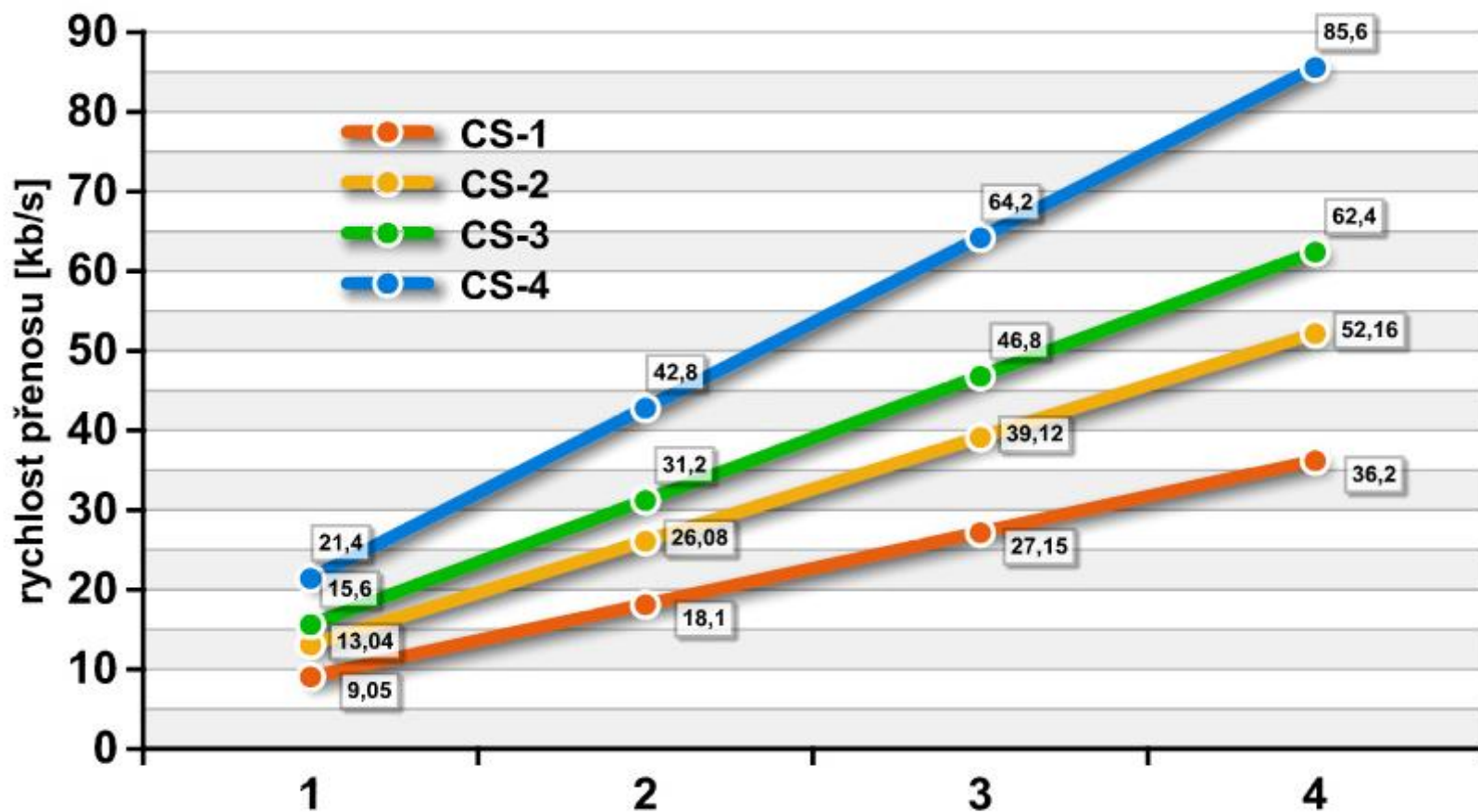
- pro downlink
- pro uplink
- Současně

Např. třída 10, 5 timeslotů současně  
konfigurace 4+1  
konfigurace 3+2

# RYCHLOSTI GPRS

- ◉ Kódové schéma + konfigurace
- ◉ 80 kbps GPRS
  - CS-4 a konfigurace 4+1
  - $20 \times 4 = 80 \text{ kbps}$
  - (EDGE při 4+1 .. 236,8 kbps)

# RYCHLOST GPRS DLE POČTU TIMESLOTŮ



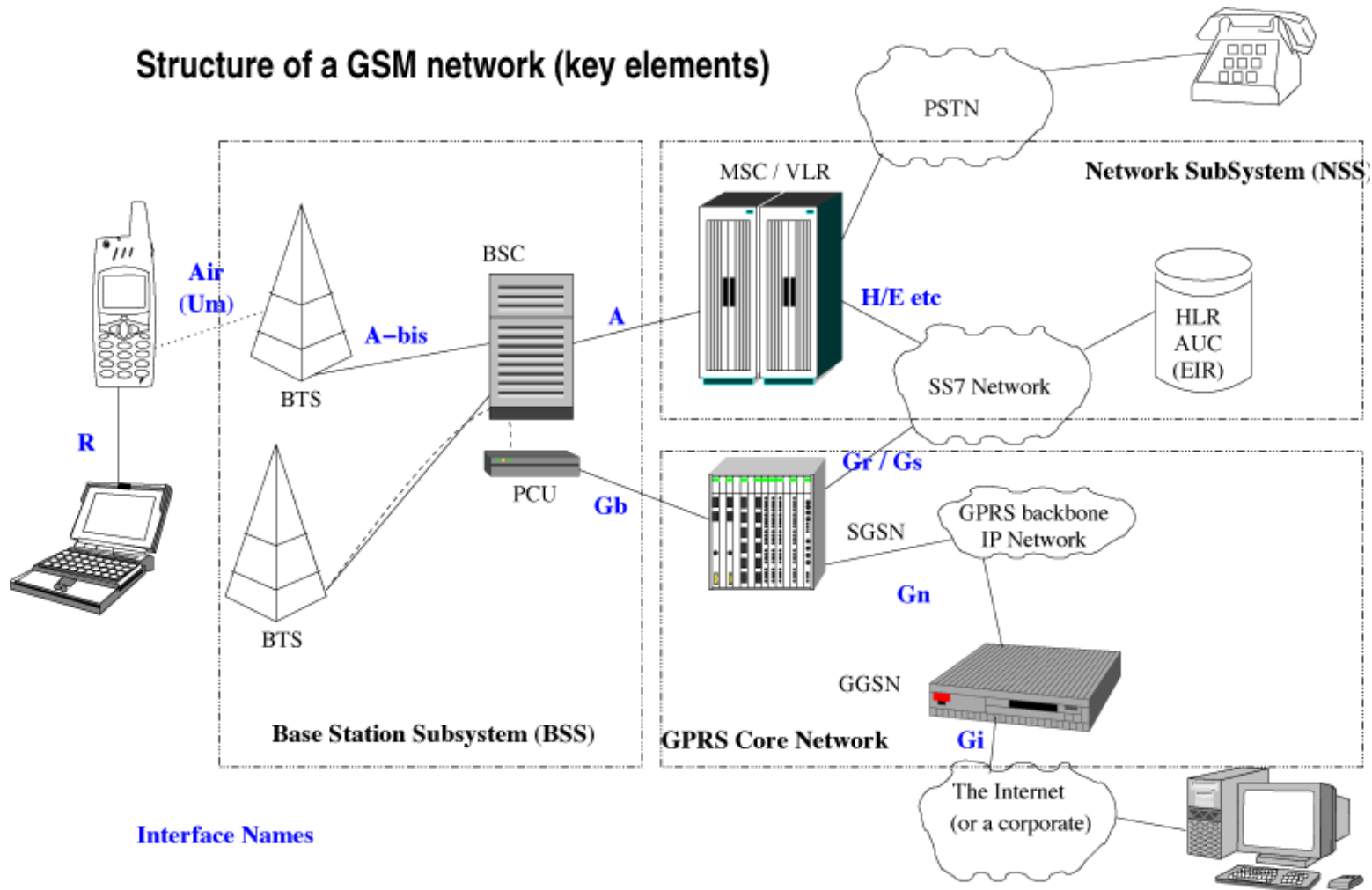
# ROZŠÍŘENÍ GSM SÍTĚ O GPRS

- ⊙ PCU (Packet Control Unit)
  - v BSS, oddělení hlas x data
- ⊙ SGSN (**S**erving GPRS Support Node)
  - Doručení dat z a na mobilní stanici uvnitř obslužné oblasti
- ⊙ GGSN (**G**ateway GPRS Support Node)
  - Router mezi GPRS sítí a externí sítí
- ⊙ CG (Charging Gateway) - data pro účtování

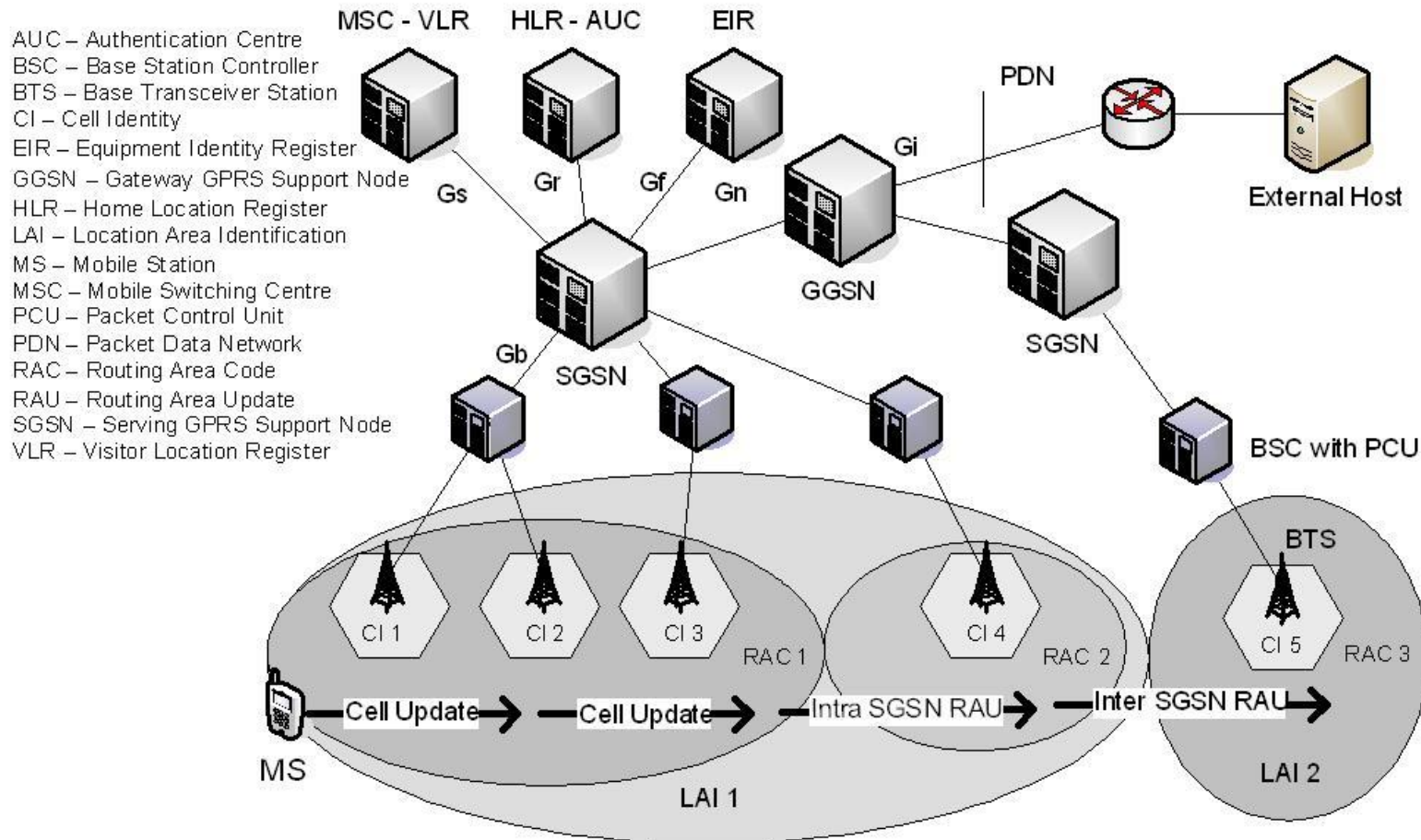


# GSM SÍŤ S GPRS

Structure of a GSM network (key elements)



# GPRS ARCHITECTURE



Obrázek viz

[http://uk.geocities.com/ehan19/GPRS/gprs\\_architecture.jpeg](http://uk.geocities.com/ehan19/GPRS/gprs_architecture.jpeg)

# SGSN

(SERVING GPRS SUPPORT NODE)

- ◉ více SGSN uzlů
- ◉ obsluhuje GPRS provoz
- ◉ ověření totožnosti, šifrování, tarifikace
- ◉ analogie MSC
- ◉ připojení na BSC
- ◉ konverze sít' GSM <-> IP
- ◉ komunikace s GGSN

# GGSN

## (GATEWAY GPRS SUPPORT NODE)

- ⊙ brána do dalších sítí
  - Internet
  - podnikové sítě
- ⊙ přiděluje IP adresu zákazníkovi
  - dle nastavení v HLR



# GPRS

- ◉ Různé vyšší protokoly, prakticky ale jen IP
- ◉ Výběr, do které sítě se připojit
  - APN (Access Point Name)
    - Internet ([internet.t-mobile.cz](http://internet.t-mobile.cz))
    - WAP ([wap.t-mobile.cz](http://wap.t-mobile.cz))
    - MMS ([mms.t-mobile.cz](http://mms.t-mobile.cz))
    - podniková síť

# GPRS

- ◉ GPRS Attach

- Signalizace mobil - SGSN

- ◉ Aktivace PDP kontextu

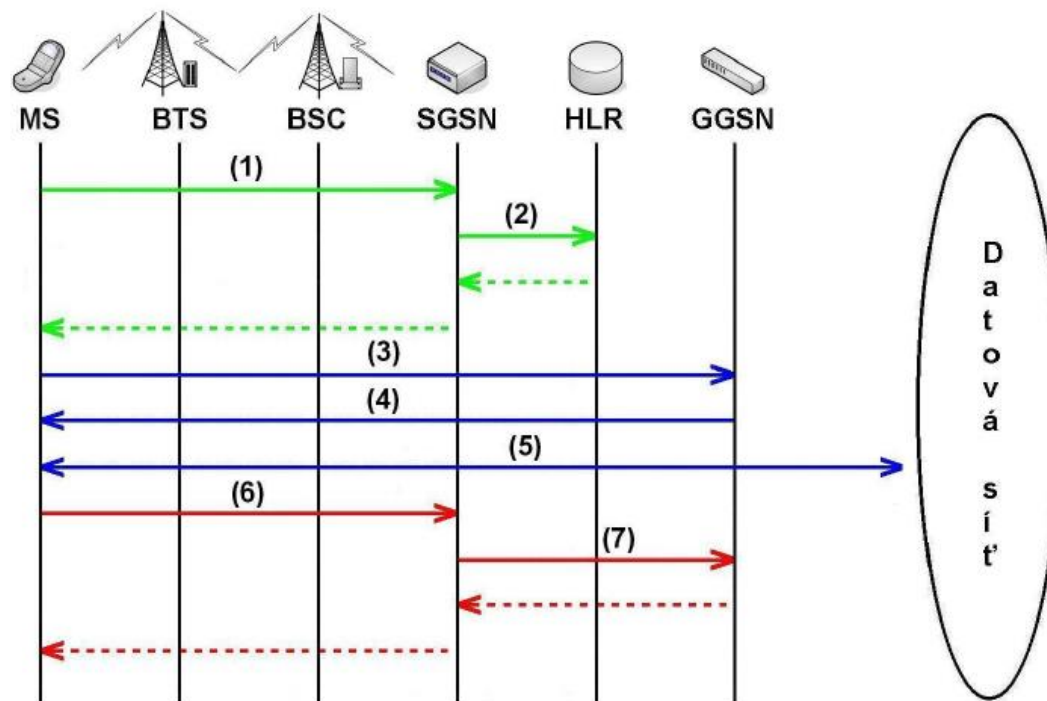
- Signalizace mobil - GGSN
  - Nastaveno APN (Access Point Name)
  - Mobilu je přidělena IP adresa

.. Komunikace..

- ◉ Deaktivace PDP kontextu, ev GPRS detach

# GPRS, EDGE SPOJENÍ

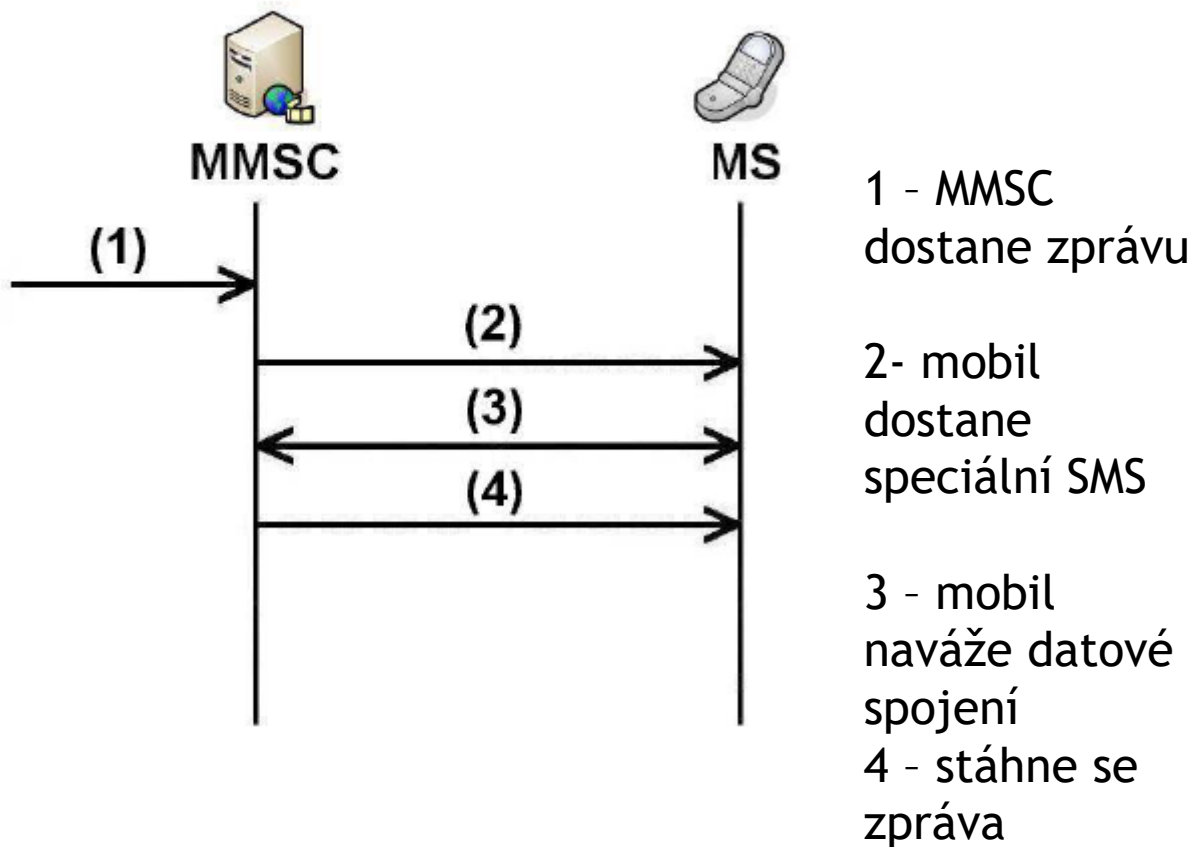
- GPRS attach
- PDP kontext
- GPRS detach



zdroj: Internet, e-ident laboratoř prezentace

# MMS - DATOVÝ PŘENOS

## MMS



zdroj: Internet, e-ident laboratoř prezentace



# KOMUNIKACE CELKOVĚ

## HLAS:

*MS - BTS - BSC - MSC - BSC - BTS - MS*

## GPRS DATA:

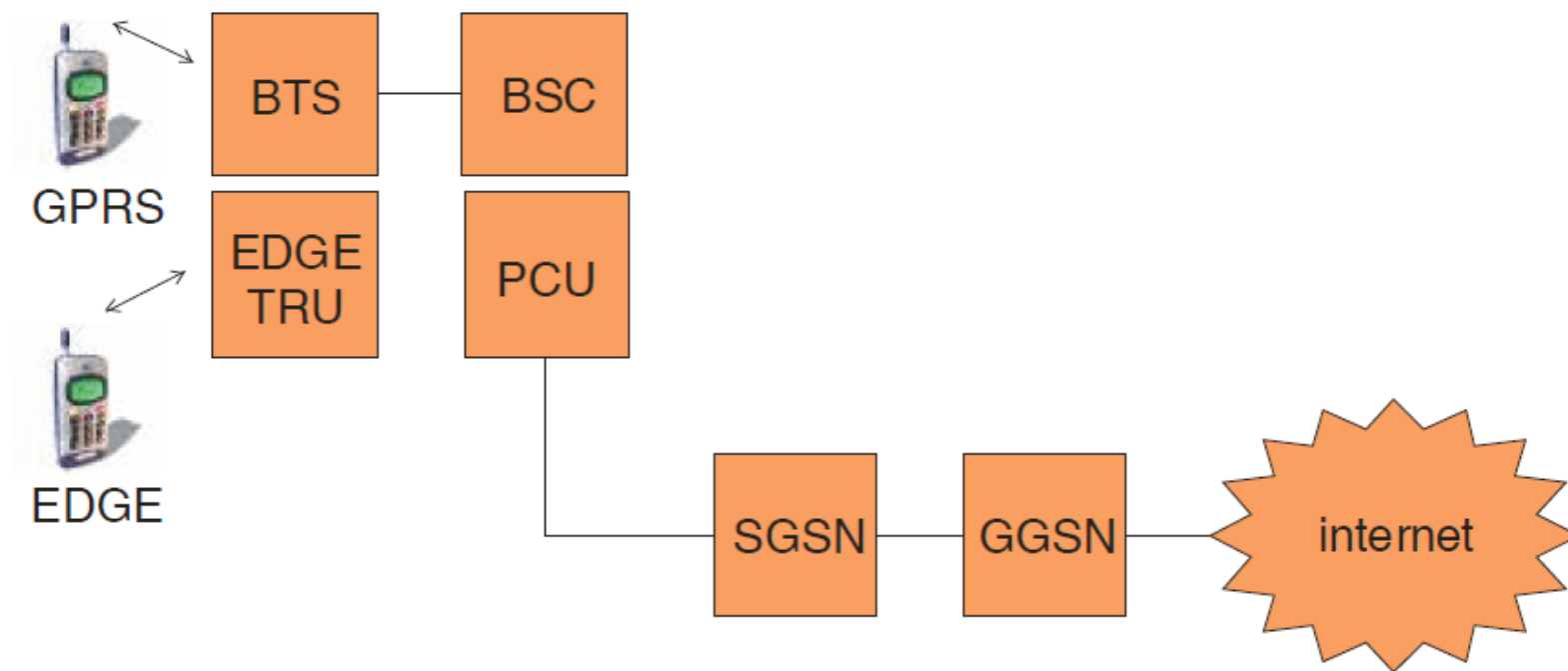
*MS - BTS - BSC (PCU) - SGSN - GGSN - Internet*

hovor má přednost před daty

# EDGE (ENHANCED DATA RATES FOR GLOBAL EVOLUTION)

- ◉ Vícetavová modulace na rádiovém rozhraní
  - GSM, tj. GPRS - 2stavová GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)
  - EDGE - 8stavová **8PSK** (Phase Shift Keying)  
3 informační bity na 1 symbol
- ◉ Jinak není rozdíl
  - SGSN, GGSN stejné
  - Na BTS je EDGE TRU (transceiver unit)

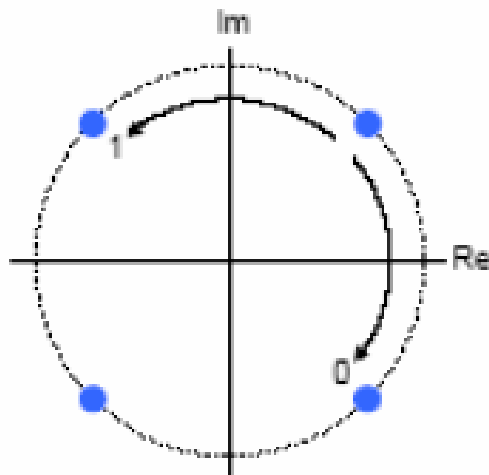
# GPRS, EDGE



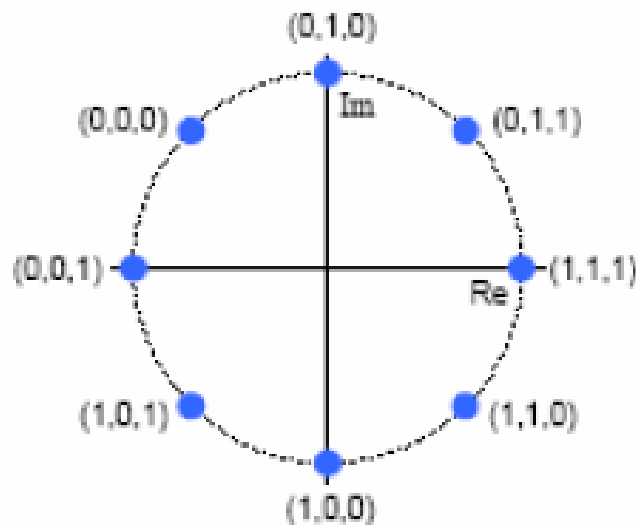
zdroj: Internet, M.Štorek - Datové přenosy GPRS, EDGE

# GMSK, 8PSK

GMSK klíčování  
(GPRS/EDGE)



8PSK klíčování  
(EDGE)



**GPRS** - modulace GMSK, modulační rychlost rovna přenosové  
1 nebo 0 - změna hodnoty fáze

**EDGE** - modulace 8PSK, tři bity kódovány do jednoho symbolu  
trojnásobná přenosová rychlost  
ale menší vzdálenost mezi symboly (obtížnější rozlišit  
pro přijmač)

# EDGE - KÓDOVÁ SCHÉMATA

Kódová schémata	Rychlost(kbps)	Modulace
MCS-1	8.8	GMPSK
MCS-2	11.2	GMPSK
MCS-3	14.8	GMPSK
MCS-4	17.6	GMPSK
MCS-5	22.4	8-PSK
MCS-6	29.6	8-PSK
MCS-7	44.8	8-PSK
MCS-8	54.4	8-PSK
MCS-9	59.2	8-PSK



# EDGE - POČET TIMESLOTŮ

Multislot Class (MSC)	Downlink	Uplink	Aktivní	Konfigurace Timeslotů
	timesloty			
1	1	1	2	1+1
2	2	1	3	2+1
3	2	2	3	2+1
4	3	1	4	3+1
5	2	2	4	2+2
6	3	2	4	3+1, 2+2
7	3	3	4	3+1, 2+2, 1+3
8	4	1	5	4+1
9	3	2	5	3+2
10	4	2	5	4+1, 3+2
11	4	3	5	4+1, 3+2, 2+3
12	4	4	5	4+1, 3+2, 2+3, 1+4

Tabulka: 2.4-e Rozdělení počtu timeslotů v EDGE

# EDGE EVOLUTION

- ◉ Snižování latencí
  - transmission time interval z 20ms na 10ms
  - latence klesla na 80 ms
- ◉ Lepší modulace (32QAM, 16QAM)

# UMTS (UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM)

- ◉ Třetí generace (3G)
- ◉ paketový vysokorychlostní přenos dat
- ◉ možnost handoveru UMTS a GSM
  - např. při přetížení GSM
- ◉ Nejběžnější air-interface **W-CDMA** (Wideband Code Division Multiple Access)
  - Direct sequence spread spectrum
- ◉ Standardizován **3GPP**, splňuje ITU **IMT-2000**

# RYCHLOSTI

generace	technologie	rychlost
2G	GSM	9,6 kbps (CSD) nebo násobky při použití HSCSD
2.5G	GPRS	až 52 kbit/s
2.75G	EDGE	až 384 kbit/s
3G	UMTS	až 2 Mbps
3.5G	HSDPA	až 14 Mbps
3.9G	LTE	až 326 Mbps
4G	LTE Advanced	až 1 Gbps

# STRUKTURA UMTS

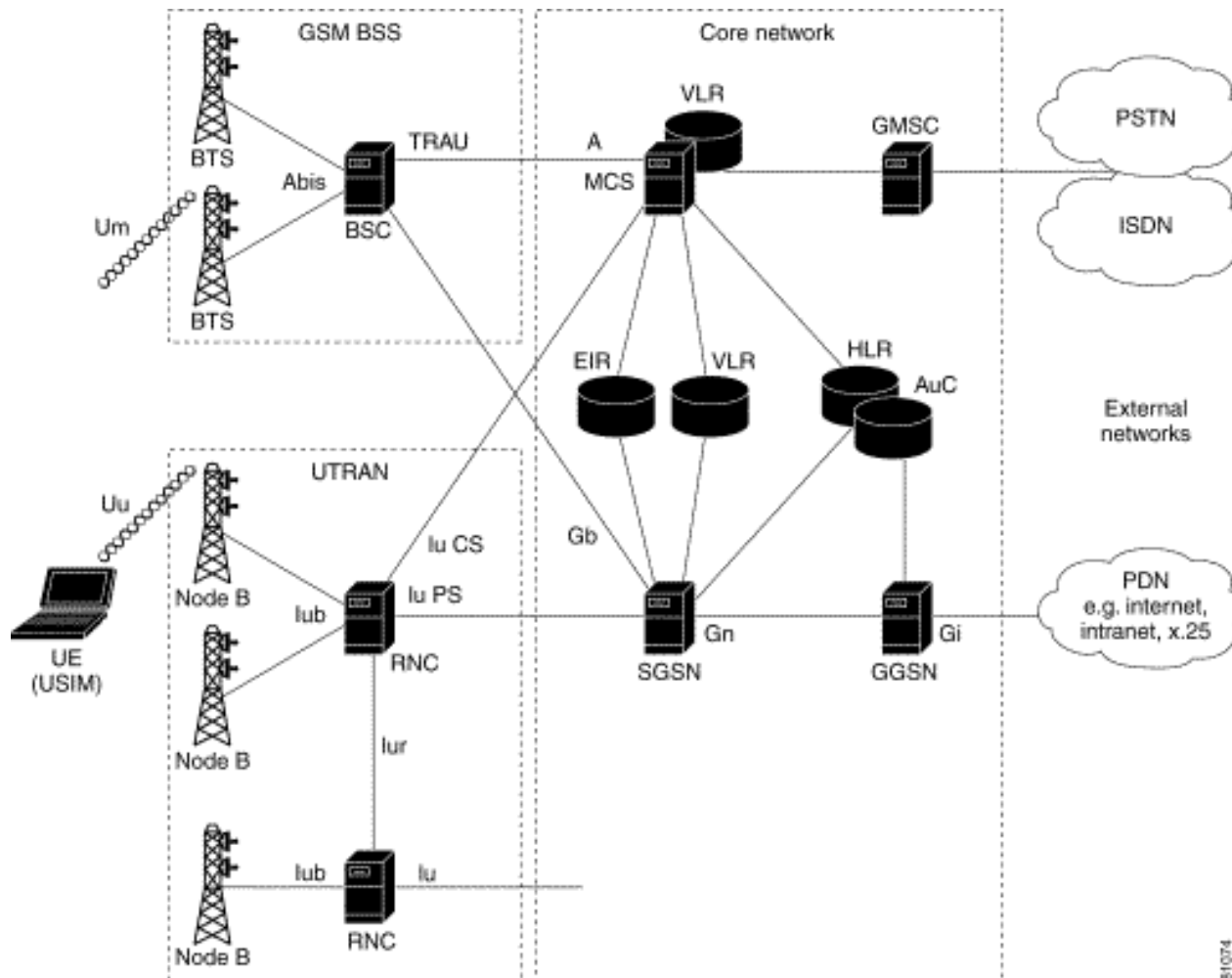
- ◉ UE (User Equipment) - mobil
- ◉ GERAN (Generic Radio Access Network)
  - Node B (base) - základnová stanice (jako BTS)
  - RNC (Radio Network Controller) - ovladač radiové sítě (BSC)
- ◉ CN (Core Network) - jádro sítě

## GERAN

UTRAN (UMTS Terrestrial..) - pozemní, nejčastěji

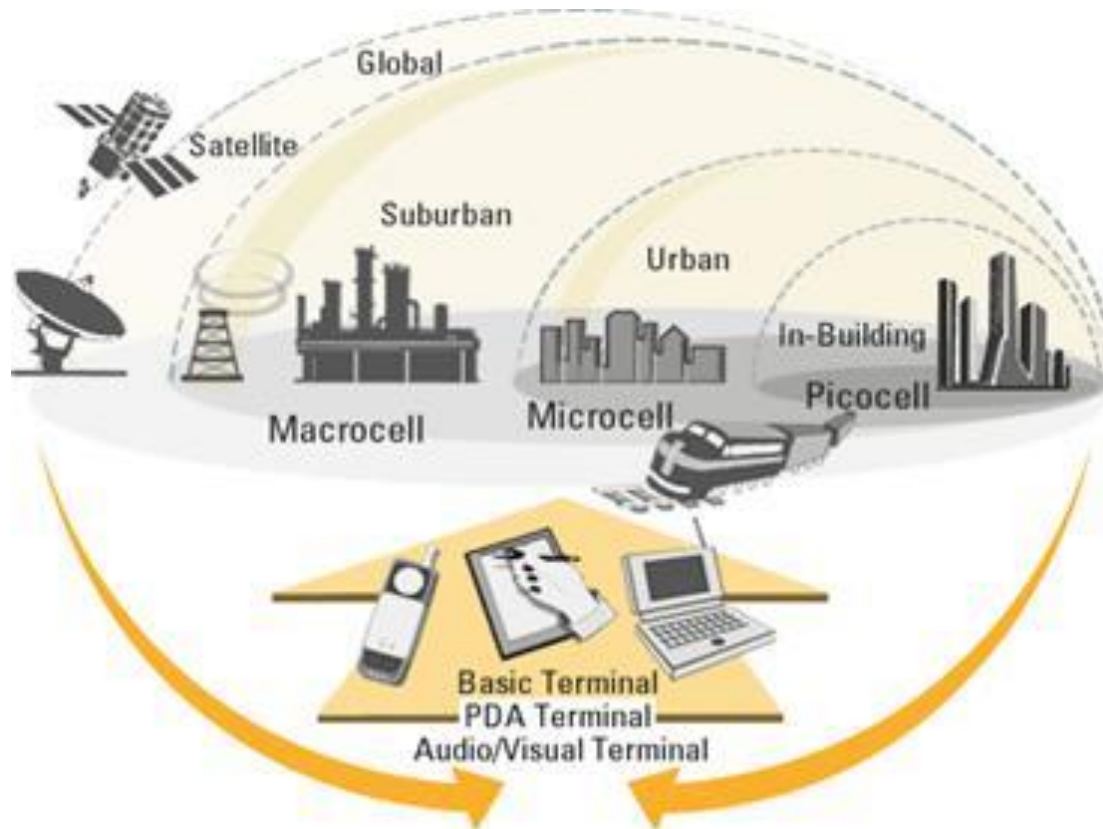
USRAN (UMTS Satellite..) - jen na papíře

# UMTS





# UMTS



# CN (CORE NETWORK) - JÁDRO SÍTĚ

- ◉ Okruhově spínaná doména (CS)
  - Vyhrazený kanál; hovory
  - VLR, MSC, GMSC
- ◉ Paketově spínaná doména (PS)
  - Přepínání paketů; e-mail, web
  - Nejsou nároky na realtime
  - SGSN, GGSN
- ◉ IP Multimedia subsystem (IMS, Release 5)
  - Možnost VoIP
  - Online hry (nižší latence)

# UMTS - VÝVOJ - RELEASES

R3 (dříve R99)

R4 (dříve R2000)

R5 - HSDPA donwlink

R6 - HSUPA uplink + Multimedia BMS  
(broadcast, multicast)

R7 - HSDPA, HSUPA

R8 - LTE (Long Term Evolution), HSPA evolution

# UMTS - DUPLEXNÍ KOMUNIKACE

## ◉ FDD

- Frequency Division Duplex
- Uplink, downlink oddělené frekvence
- Mobilní telefony, hlas i data

## ◉ TDD

- Time Division Duplex
- Uplink, downlink stejná frekvence
- Střídání timeslotů (pingpong)
- T-mobile vyzkoušel, ale odstoupil:  
dříve čistě datová síť TDD (Internet 4G)

# KMITOČTY

FDD se používá

- Párové (FDD)
  - 1920-1980MHz uplink
  - 2110-2170MHz downlink
- Nepárové (TDD)
  - 1900-1920MHz
  - 2010-2025MHz
- Družicové párové
  - 1980-2010MHz
  - 2170-2200MHz
- Šířka kanálu: 5MHz

# WCDMA

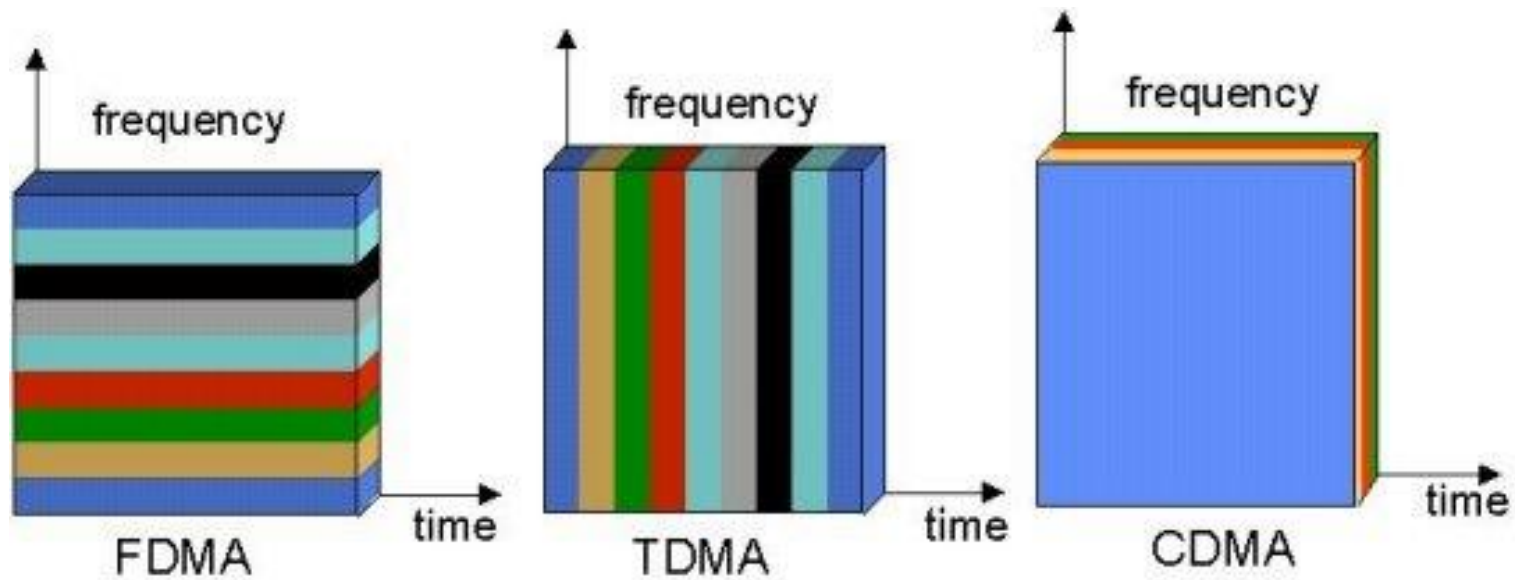
- ◉ Wideband Code Division Multiple Access
- ◉ Japonského původu
- ◉ Převzat jako UMTS FDD
  
- ◉ GSM .. 200kHz šířka pásma na 1 kanál
- ◉ WCDMA .. 4,2 - 5,4MHz kanál
  
- ◉ Fast power control
  - Na uplinku i downlinku 1 500x za sekundu update vysílacího výkonu



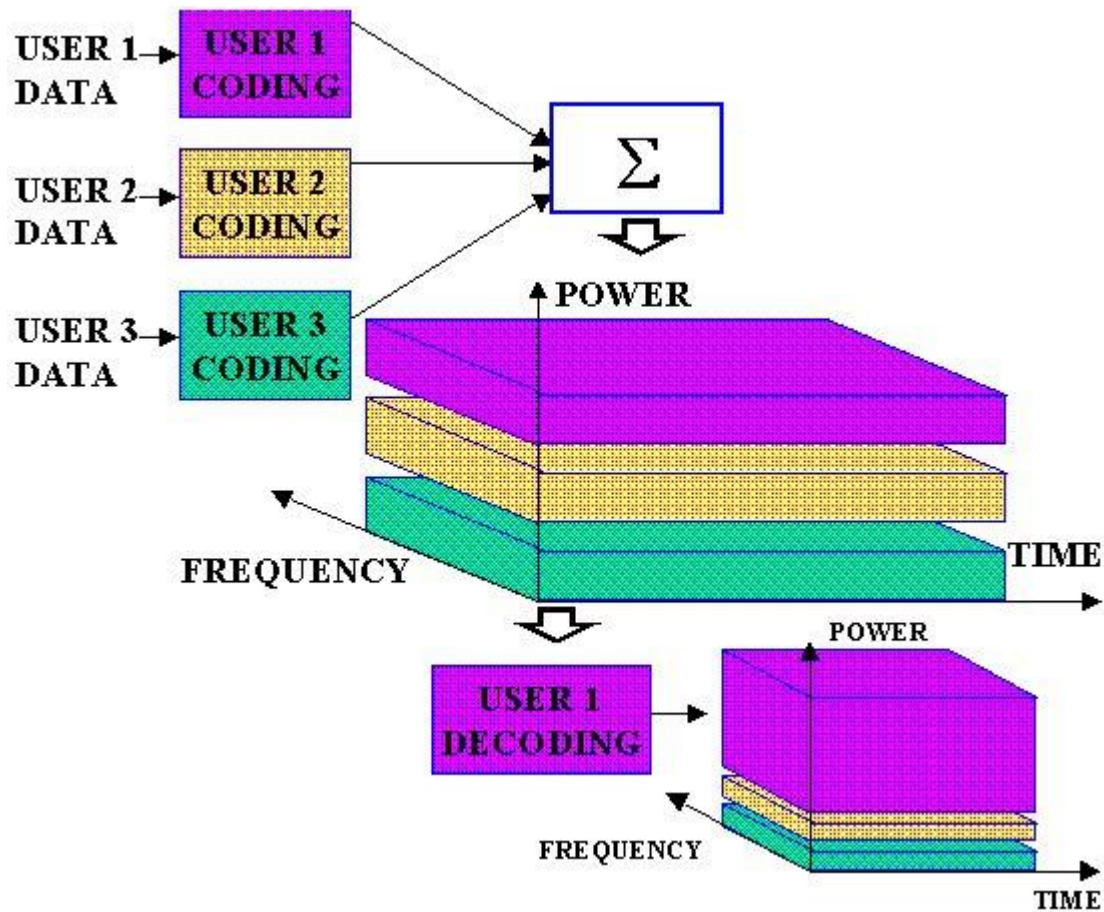
# POZNÁMKY

- ◉ DS-CDMA (Direct Sequence Code Division Multiple Access) - DSSS
- ◉ Všichni uživatelé používají totéž spektrum a mohou komunikovat simultánně
- ◉ Oproti TDMA není potřebná precizní synchronizace
- ◉ Mobilní terminál přijíma data a snaží se rozpoznat, zda jsou pro něj
- ◉ [http://www.umtsworld.com/technology/cd\\_mabasics.htm](http://www.umtsworld.com/technology/cd_mabasics.htm)

# PRINCIP



# PRINCIP



Obr viz: <http://www.umtsworld.com/technology/cdmabasics.htm>

# WCDMA

- ◉ 5MHz kanál (25 GSM kanálů)
- ◉ Provider může dát více 5MHz kanálů na stejnou buňku
- ◉ 5MHz kanál je sdílen více uživateli pomocí CDMA
- ◉ Max. chip rate 3.84 Mchips/sec
- ◉ Soft handoff (může mluvit s více BTS)
- ◉ Znovupoužití frekvence: 1
- ◉ QPSK modulace

# HISTORIE: T-MOBILE INTERNET 4G

- ⊙ 3G UMTS TDD
- ⊙ Na 1900MHz - Praha
- ⊙ Na 872MHz - zbytek ČR
- ⊙ Jen datová síť

Příklad z minulosti

pokus o datovou síť nekompatibilní s  
telefony, bylo třeba speciální datové  
modemy

Od prosince 2008 změna:

„T-Mobile zprovozní klasickou 3G síť FDD,  
jakou podporují telefony a provozuje O2“  
Praha - částečně, od léta 2010 další města

# O2, T-MOBILE, VODAFONE

- ◉ Klasická UMTS FDD síť
- ◉ Pokrytí - větší města
  - viz mapy pokrytí operátorů

UMTS není celoplošné pokrytí,  
„ostrůvky“



# UMTS RYCHLOSTI

144 kbps - mimo město

384 kbps - město, mírný pohyb

2 Mbps - město, neměnná poloha ....

10 Mbps - HSDPA (REL5) ....

...

# HSDPA, HSUPA

- High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA)
  - Až cca 21Mbps, HSPA+42 až 42Mbps
- High-Speed Uplink Packet Access (HSUPA)
  - Až cca 6Mbps

Přenosové rychlosti - orientačně, liší se dle kategorií, verzí

# HANDOVER

## ◉ Soft

- Mobilní stanice komunikuje s více NodeB současně
- Nedojde k přerušení spojení

## ◉ Hard

- Mobilní stanice komunikuje jen s jednou BTS
- Krátké přerušení při změně kanálu

# DUAL CARRIER

- ◉ <http://zajic.v.pytli.cz/2012/10/08/pravda-o-vodafone-hspa-42-dual-carrier/>
- ◉ dvě nosné frekvence
- ◉ 1 až 21Mbps, 2 až 42Mbps
- ◉ v běžných podmínkách cca 30Mbps
- ◉ Všimněte si:
  - 5 MHz pro UMTS (jedna nosná) a
  - 5 MHz pro GSM (25 kanálů)

# TECHNOLOGICKÁ NEUTRALITYA 900 MHZ

- ◉ frekvence tzv. **technologicky neutrální**, je na nich tedy možné provozovat **jakoukoli technologii (GSM, UMTS, LTE)**, pokud tato nezpůsobuje rušení ostatních provozovaných technologií.

# LTE (LTE ADVANCED: 4G)

- ◉ <http://zajic.v.pytli.cz/2012/06/18/lte-na-1800-mhz-ma-pro-operatory-smysl/>
- ◉ LTE
  - čistě IP síť, paketová
- ◉ GSM a UMTS síť
  - přenos hlasu - přepínání okruhů mezi telefonem a jádrem sítě o vyhrazené kapacitě odpovídající kodeku
  - kanál aktivní po celou dobu hovoru



# LTE

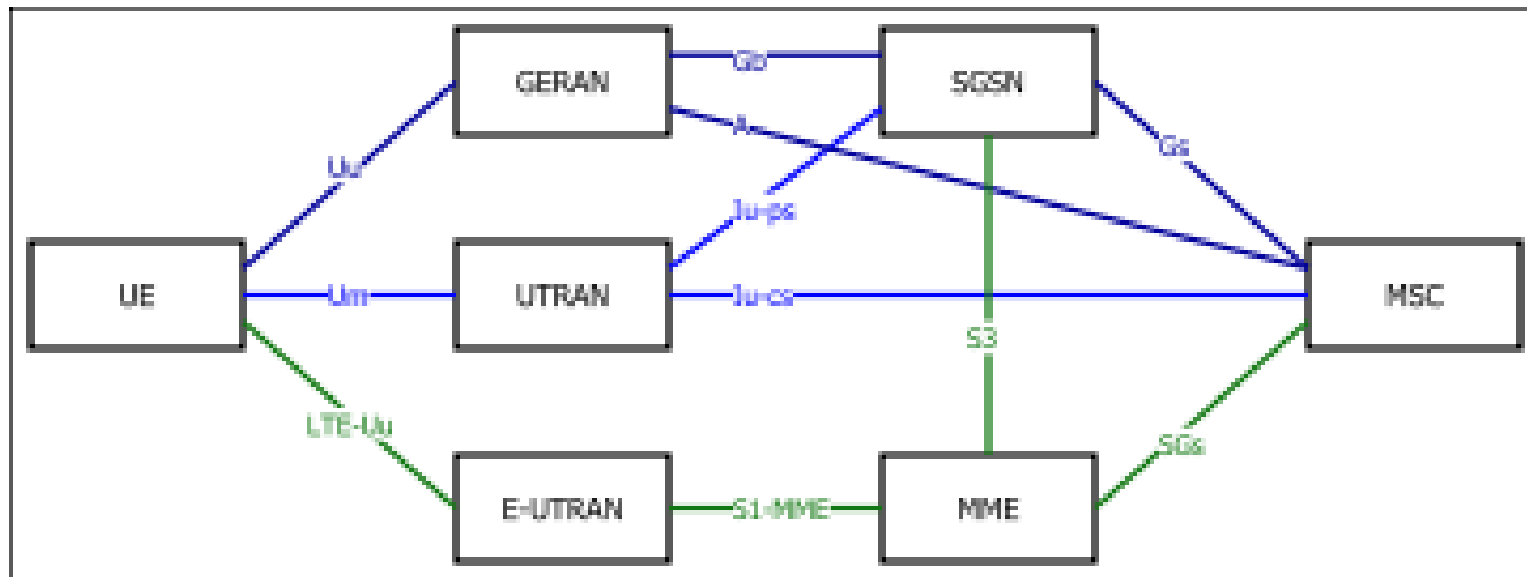
- ⊙ stahování 172.8 Mbps
- ⊙ odesílání 57.6 Mbps
- ⊙ např. severské země
- ⊙ Dnes LTE-A se sdružováním pásem
- ⊙ 12.6.2012 Telefonica - Jesenice u Prahy

# LTE

- ◉ flexibilita spektra
  - 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz kanály
- ◉ W-CDMA potřebovala 5MHz
- ◉ podpora alespoň 200 aktivních klientů v každé 5MHz buňce
- ◉ přepínání paketů
- ◉ jak vyřešit hlas
  - různé strategie, např. VOLTE (Voice over LTE)
  - HD Voice kodek
- ◉ frekvence
  - 800, 900, 1800, 2600 MHz v Evropě

# LTE

- ◉ E-UTRA .. RAN (radio access network) používaná v LTE
- ◉ GSM, UMTS, LTE



# WIFI

- ⊙ 802.11a - frekvence 5GHz
  - Do 54 Mbps
- ⊙ 802.11b - 2.4GHz
  - 1, 2, 5.5, 11 Mbps
- ⊙ 802.11g - 2.4GHz
  - 1,2,6,9,12,18,24,36,48,54 Mbps
- ⊙ 802.11n - 2.4(5)GHz
  - 72.2Mbps při 20MHz bandwidth
  - 150Mbps při 40MHz bandwidth
- ⊙ 802.11ac - 5GHz

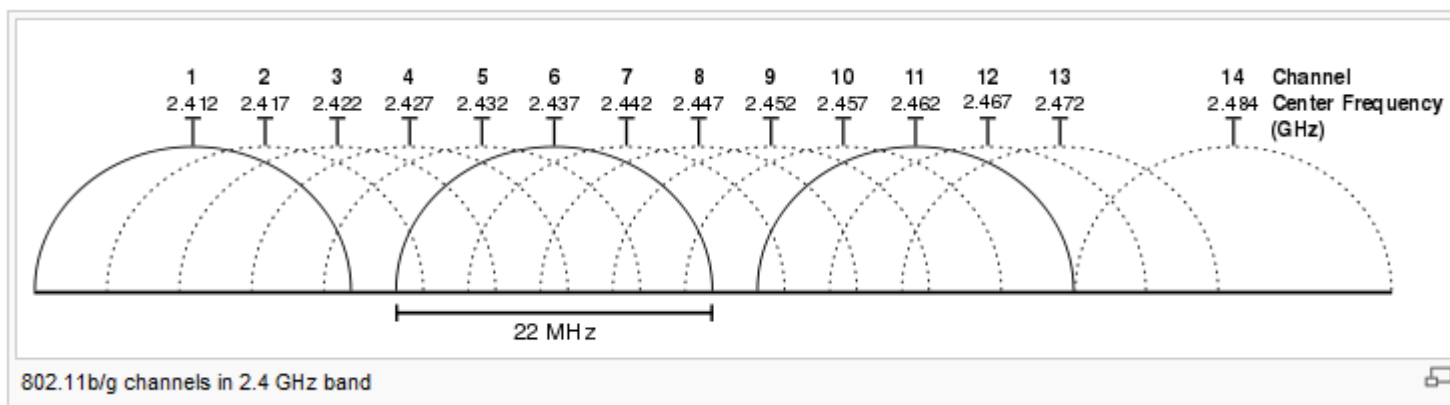
# WIFI - 802.11B

## ◉ 14 kanálů

- Dle různých států,
- USA, Kanada 11 kanálů (1-11)
- Evropa 13 kanálů (1-13), výjimky..

## ◉ Pozor na překrývání kanálů

- 3 které se nepřekrývají - 1, 6, 11



# WIFI - 802.11AC

- ◉ Pásmo na kanál

- 802.11n - max 40MHz
- 802.11ac - minimálně 80MHz, až 160MHz

- ◉ MIMO prostorové kanály

- 802.11n - čtyři
- 802.11ac - až osm

- ◉ Simultánní přenos dat od několika stanic najednou

- Přenosové kanály nejsou oddělené frekvencí, ale prostorově

# WIFI - 802.11AC

## ◉ Modulace

- 802.11n používá 64-QAM
- 802.11ac používá 256-QAM

## ◉ Zachování kompatibility

- Souběžná existence s 20/40/80/160 MHz kanály



# WIFI

## ⦿ Hotspot

- Místo, které nabízí internetový přístup

## ⦿ SSID

- Identifikátor sítě
- Může být viditelný nebo skrytý
- AP může vysílat více SSID

# ZABEZPEČENÍ WIFI

- ◉ MAC filter - nepříliš účinné
  - Seznam povolených MAC adres zařízení (ale u notebooku lze snadno změnit..)
- ◉ WEP(Wired Equivalent Privacy) - prolomitelné
  - Statické klíče, symetrická šifra
  - Pomocí programů lze snadno získat
- ◉ WPA
  - Využívá WEP klíče, které jsou dynamicky měněny
  - Speciální program suplikant
  - Autentikace - PSK (pre-shared key) nebo RADIUS ověřovací server

# ZABEZPEČENÍ WIFI

- ⊙ WPA2 - až zde bezpečnější
  - Kvalitnější šifrování AES
  - Vyžaduje vyšší výpočetní výkon
- ⊙ Režim bezpečnosti
  - Nastavení firewallu
  - doma, work, public
- ⊙ VPN
  - Zvláště v cizím neznámém veřejném prostředí

# ZABEZPEČENÍ WIFI

## ⊙ Domáci

- Předsdílený klíč
- Všichni používají stejné heslo
- Změna hesla - musí změnit všichni

## ⊙ Podnikové

- Každý uživatel má vlastní (jméno, heslo)
- Může je měnit nezávisle na ostatních

# BLUETOOTH - POŽADAVKY

- ◉ Univerzální radiové rozhraní pro ad-hoc konektivitu
- ◉ Bezlicenční pásmo, nízká spotřeba (x WiFi), krátký dosah
- ◉ Přenos hlasu a dat



# BLUETOOTH

- ◉ Pojmenování po vikingském králi
- ◉ Nelicencované pásmo 2.4 - 2.483GHz
  - Pásmo po 1MHz - 79 kanálů
  - CH0: 2402MHz .. CH78: 2480MHz
- ◉ Frequency hopping (FHSS)
  - Změna frekvence 1600x za 1s
  - 625 mikrosekund time slot
  - Odolnost vůči rušení
  - Pseudonáhodná posloupnost určená masterem
  - Adaptive Frequency Hopping (AFH)
    - Minimálně 20 kanálů ze 79
- ◉ „sférická anténa”
  - nezávislost na poloze (úhlu)

# VÝKONOVÉ ÚROVNĚ, VERZE

třída	výkon	Dosah (m)
1.	100 mW	100
2.	10 mW	10
3.	2.5 mW	1

Verze	Data Rate
1.2	1 Mbps (723kbps)
2.0 + EDR	3 Mbps
3.0 + HS	24 Mbps
4.0	Dosah až 60m

Většina výrobců v 2.1+EDR (např. iPhone 4),



# PŘENOSOVÁ RYCHLOST

- ◉ verze 1.1 a 1.2 rychlost **723kbps**
- ◉ verze 2.0 - **2.1Mbps**
- ◉ Bluetooth Enhanced Data Rate (EDR)
  - stejný objem dat
  - větší spotřeba energie na přenos
  - ale 3x rychleji přenese => *redukce* spotřeby cca na polovinu

Udávané rychlosti se v různých specifikacích liší,  
ale řádově odpovídají

# SYNCHRONNÍ PŘENOS - VOICE LINK

## Voice link

(synchronní, connection oriented - SCO)

- FEC (forward error correction), přenos se neopakuje
- 64kbps duplex
- point-to-point
- rezervované timesloty  
v pravidelných intervalech
- circuit switched

# ASYNCHRONNÍ PŘENOS

- ◉ **Data link** (asynchronní, connectionless - ACL)
  - 433.9kbps symetrický
  - 723.2kbps a 57.6kbps asymetrický
  - přepínání paketů
  - fast acknowledge

# ZAŘÍZENÍ - MASTER, SLAVE

- ◉ **Master** - iniciuje výměnu dat
- ◉ **Slave** - odpovídá masterovi, synchronizuje dle mastera frekvenční přeskoky
- ◉ **TDM (Time Division Multiplexing)**
  - Master přiděluje timesloty Slavům
  - Pakety se párují; pár - 2,4,6,8,10 slotů

# STAVY

- ◉ **Standby** - Bluetooth zařízení je neaktivní, radio není zapnuté
- ◉ **Inquiry** - snaží se najít všechna Bluetooth zařízení v okolí
  - Speciální fast hopping sekvence
- ◉ **Inquiry scan**
  - Většina zařízení periodicky vstupuje do tohoto stavu
  - Dostupnost pro ostatní zařízení
  - Slow hopping sekvence

# STAVY II.

## ◉ Page

- Vstupuje master, posílá zprávy slavu

## ◉ Page scan

- Zařízení periodicky vstupují
- Povolí Page zařízením navázat spojení

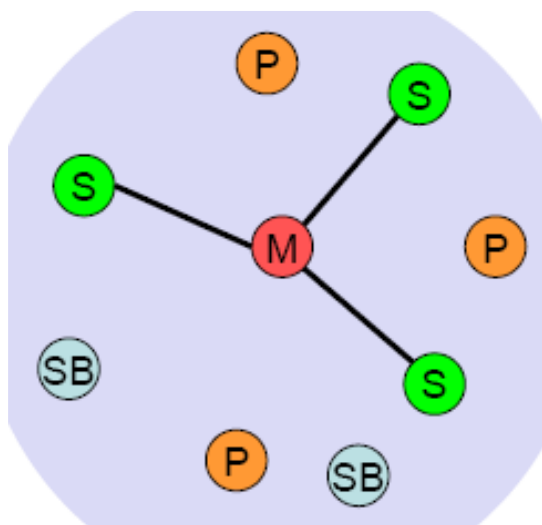
## ◉ A další..

# PICONET

- ◉ **1 master**
- ◉ **0-7 slaves**
  - další: parked (>200) ; standby
  - Libovolný slave může požádat o to, aby se stal masterem
  - Slaves se synchronizují dle hodin Mastera, Master udává posloupnost frekvenčních skoků
- ◉ Každý piconet má unikátní hopping pattern
- ◉ Komunikace uzlů ve stejném piconetu přes mastera
  - Bluetooth specifikace nezahrnuje mechanismus, jak by mohli zařízení v různých piconetech komunikovat přímo
- ◉ Překrývání piconetů



# PICONET



M ... master

S ... slave

P ... parked

SB ... standby

## Adresy v Piconetu:

**AMA** (3 bity) - Active Member Address

**PMA** (8 bitu) - Parked Member Address

Master - předá Slaves device ID + clock

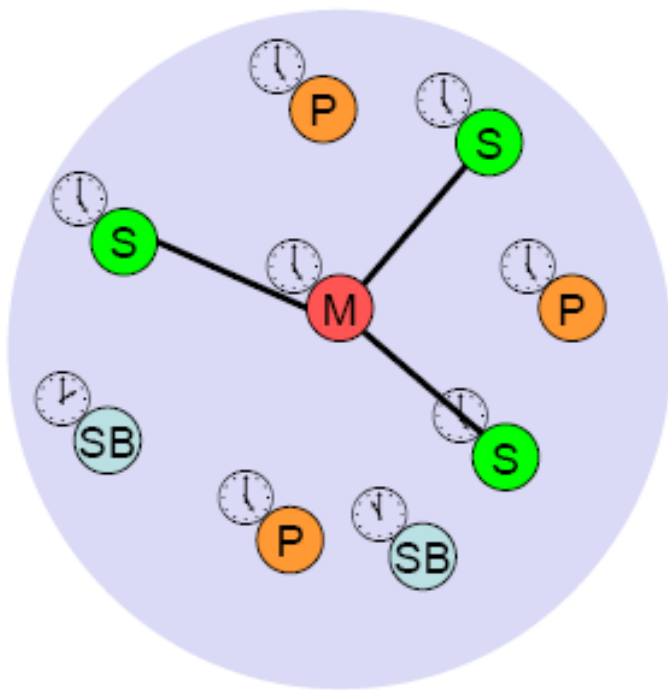
**Device ID** (48bitů, celosvětově unikátní)

dle něj se řídí přeskakování frekvencí

**Clock**

určují fáze přeskoků

# PICONET



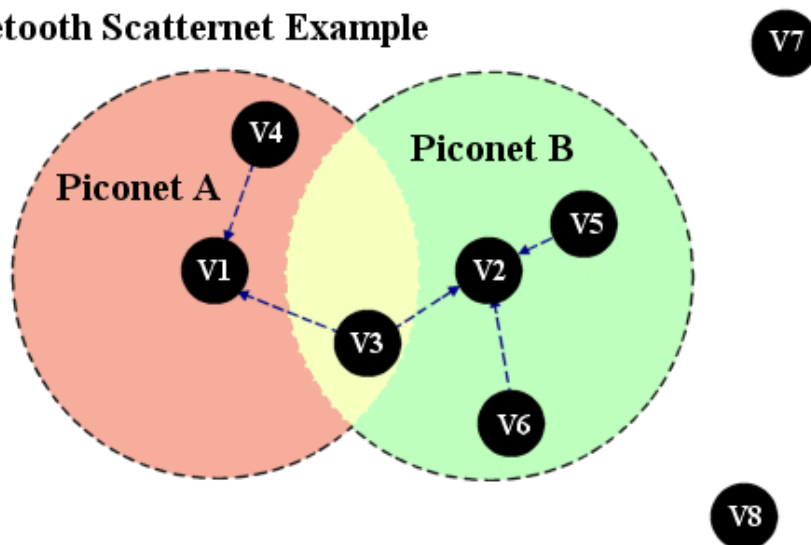
Master, Slaves, Parked  
mají synchronizované  
hodiny

Standby nikoliv

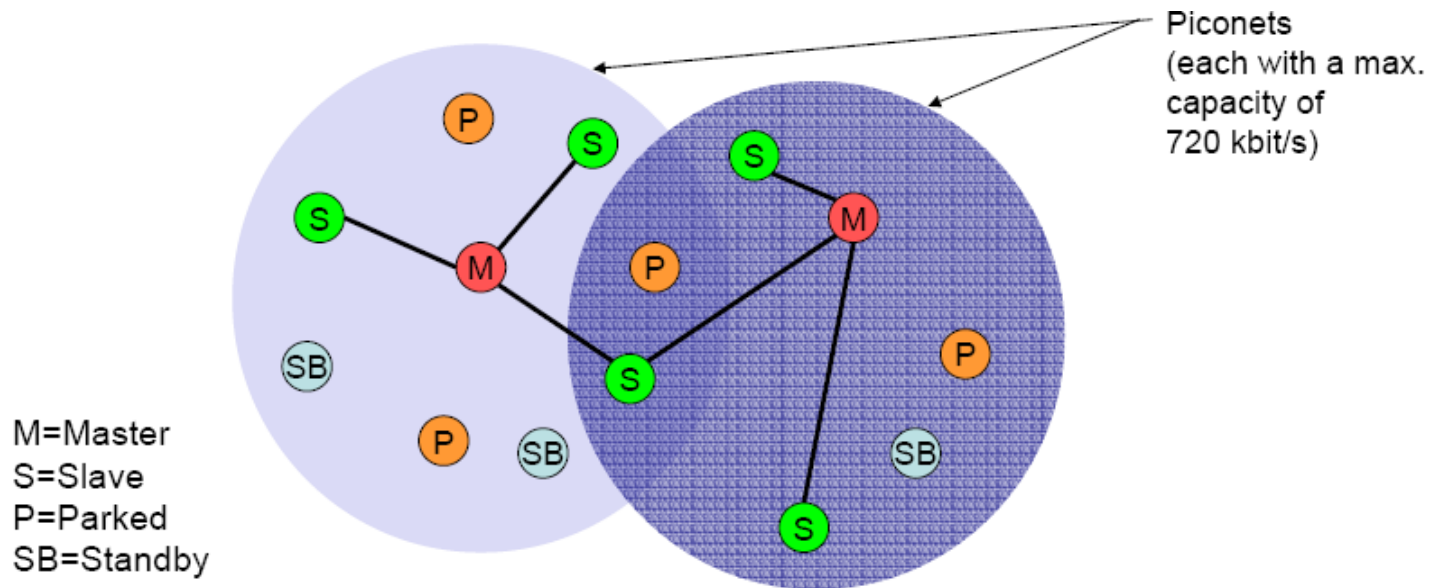
# SCATTERNET

- ◉ Spojením piconetů vznikne **scatternet**
- ◉ Zařízení může být *slave* v jednom piconetu a *master* v druhém, nemůže být master v obou
- ◉ Piconety - nekoordinují navzájem frekvenční přeskoky, náhodné kolize na stejné frekvenci

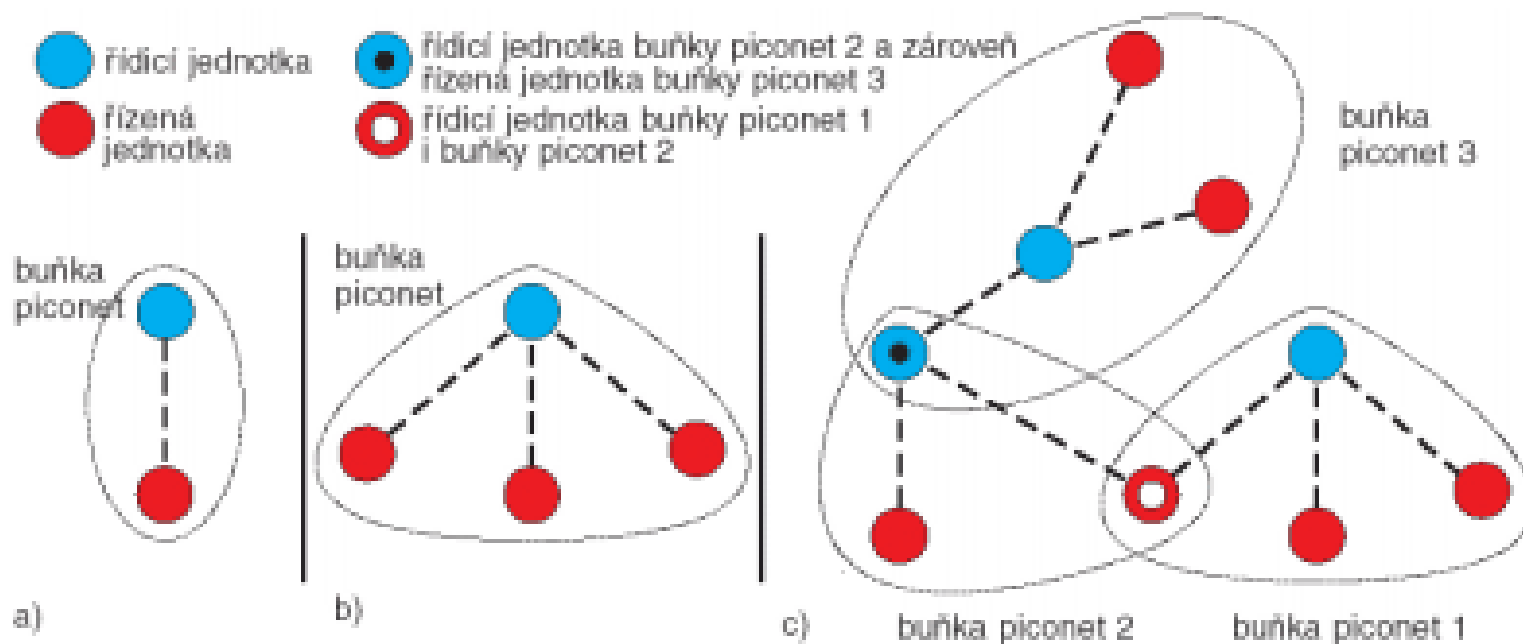
Bluetooth Scatternet Example



# SCATTERNET



# SCATTERNET



**Obr. 1. a) buňka piconet s jednou řídící a jednou řízenou jednotkou, b) buňka piconet s více řízenými jednotkami, c) buňka scatternet**

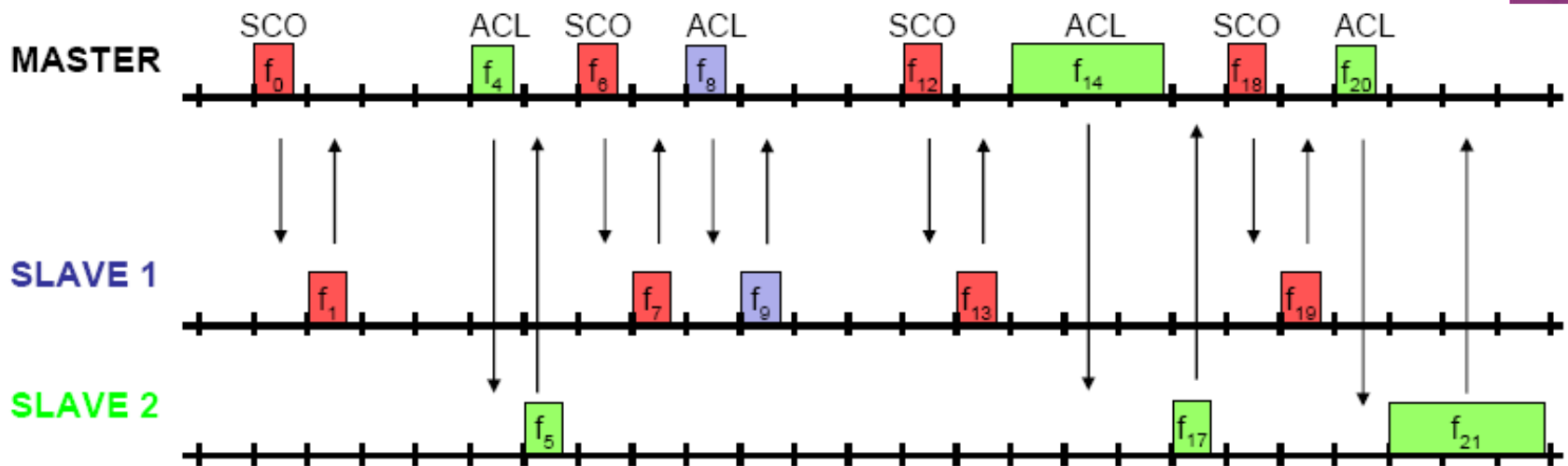
Každé zařízení může fungovat jako **host** nebo **router**

Časté dynamické změny struktury piconetů

(u červeného symbolu s bílým vnitřkem je chybný popis)

# PŘÍKLAD KOMUNIKACE

- Master polls slaves
- Slot 625mikros.
- SCO (synchronní, voice) - periodický, single slot
- ACL (asynchronní) - data, proměnná velikost - více slotů



# PROFILY

- ◉ Specifikace, definující minimální požadavky, které musí bluetooth zařízení splňovat, aby bylo použitelné pro určitý aplikační scénář.
- ◉ Vzájemná slučitelnost zařízení na sw úrovni
- ◉ Způsob komunikace a možné využití Bluetooth zařízení
- ◉ Stejný profil musí podporovat obě komunikující strany
- ◉ Některé jsou povinné (Generic Access)
- ◉ 13 základních

# PŘ. PROFILŮ

Profil	použití
Generic Access Profile	Detekovat a navázat spojení
Generic Object Exchange Profile (GEOP)	OBEX výměna objektů
Serial Port Profile (SPP)	Seriová linka pomocí RFCOMM
Dial-up Networking (DUN)	Závisí na SPP
File Transfer Profile	Závisí na GEOP
Hands-Free Profile (HFP)	Audio input output, SPP
Headset Profile (HSP)	
Human Interface Device (HID)	Klávesnice, Myš
LAN Access Profile (LAP)	PPP over RFCOMM
Object Push Profile (OPP)	GEOP, push pull malé objekty
Personal Area Networking (PAN)	IP based síťové služby