

Rádiové prístupové siete mobilných bunkových sietí



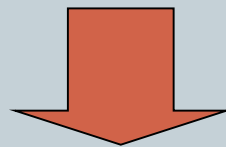
Prof. Ing. Vladimír Wieser, PhD.

vladimir.wieser@fel.uniza.sk

História vývoja mobilných sietí



- 1921 – Detroid (jednosmerná rádiová sieť)
- 1935 – FM modulácia → VKV pásmo
- 1935 až 1940 – obojsmerná komunikácia
(nekontrolované využívanie spektra \Rightarrow zmenšovanie $B_k = 30\text{kHz}$, jednoduché dispečerské siete)
- 1946 – 1. verejná mobilná rádiová sieť (Bell)
- 1948 – automatické prepojovanie hovorov



nárast pravdepodobnosti blokovania hovoru

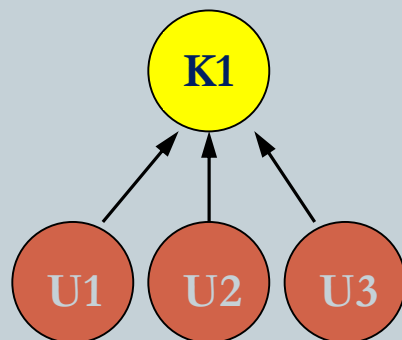
$$P_{\text{out}} = 0.65$$

RIEŠENIE :
Zväzkový princíp
(Trunking)

História vývoja mobilných sietí

Klasický princíp

1 kanál



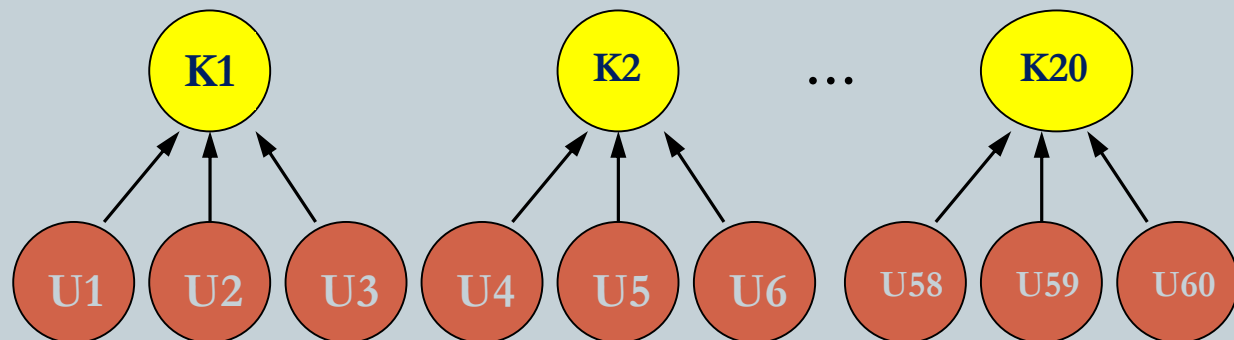
3 účastníci

$$T_{\text{hov}} = 150 \text{ sec}$$

$$\mu = 1/60$$

$$P_{\text{out}} = 0.1$$

20 kanálov



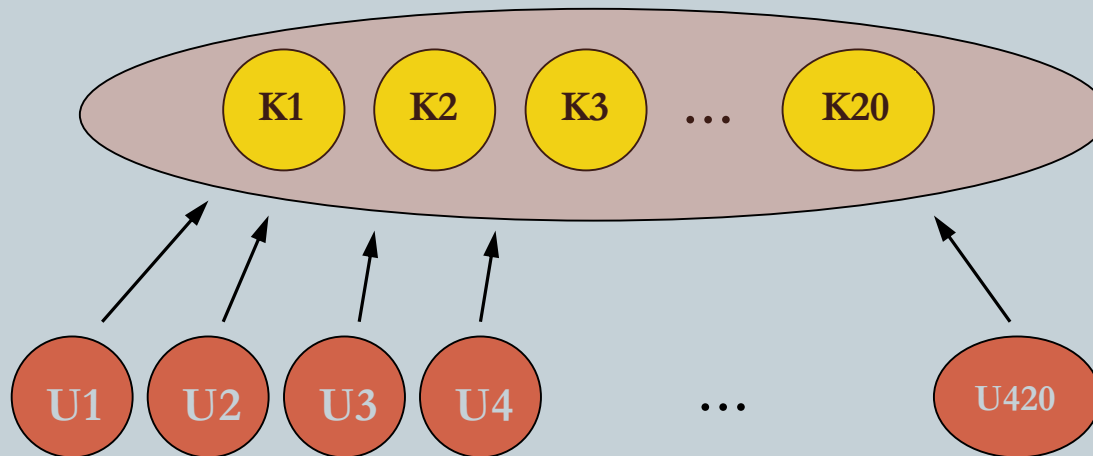
60 účastníkov

História vývoja mobilných sietí



Zväzkový princíp

Spoločný fond 20 kanálov



420 účastníkov

$$T_{\text{hov}} = 150 \text{ sec}$$

$$\mu = 1/60$$

$$P_{\text{out}} = 0.1$$

História vývoja mobilných sietí

USA

- NY: 10 mil. potenciálnych účastníkov
- 12 kanálov = 500 účastníkov obslužených

• 1965 – IMTS

- automatický trunking, priama voľba, plný duplex
- „klasická“ koncepcia pokrytia

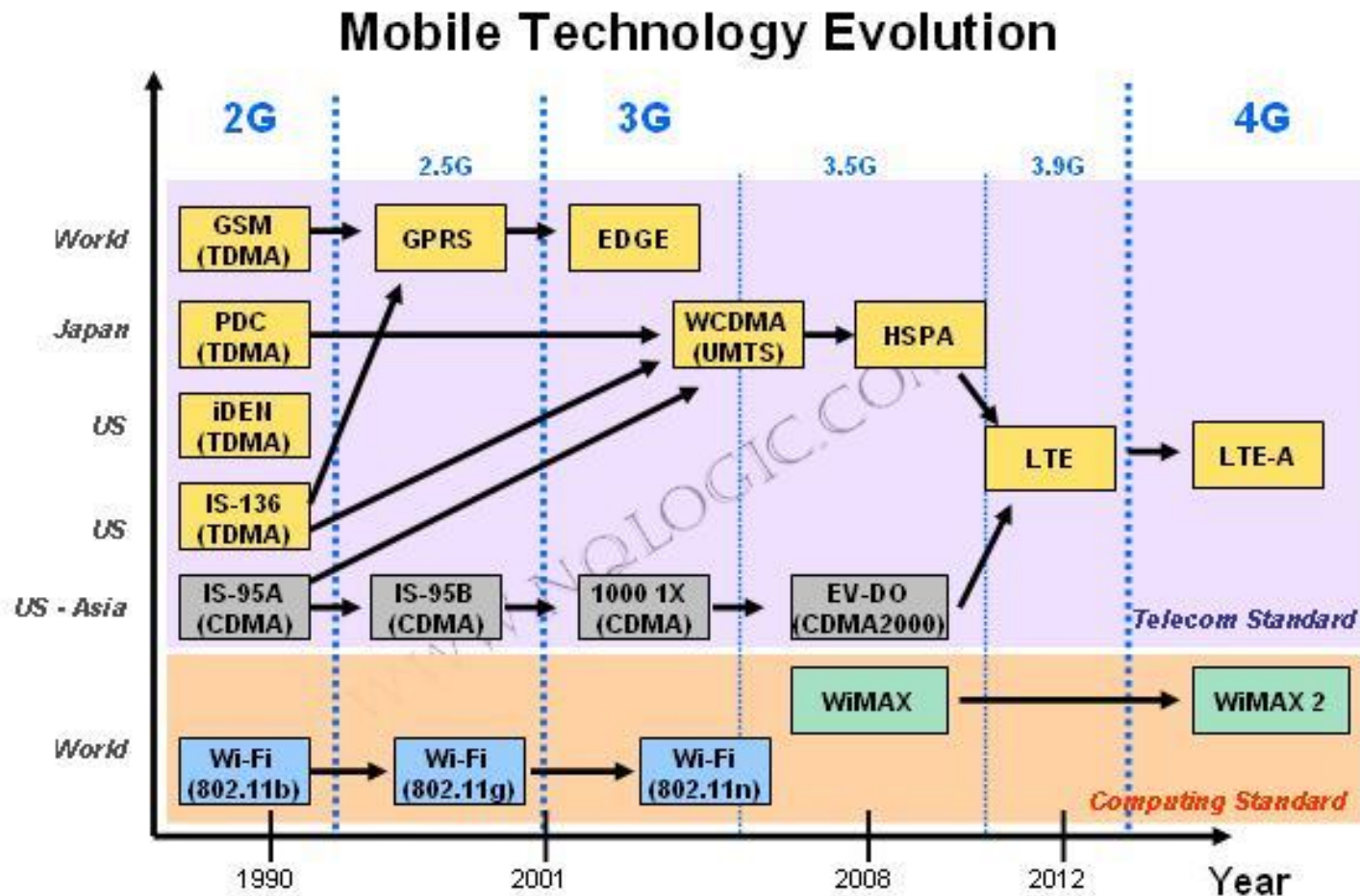
• 1947 – koncepcia bunkového systému

• 1968 – AT&T návrh bunkovej siete

• 1980 – prvé bunkové siete

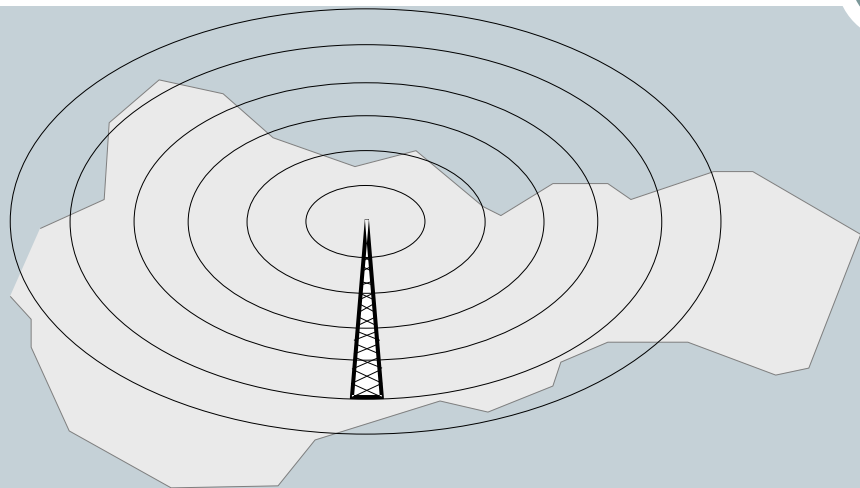
- 1979 (NTT)
- 1981 (NMT 450)
- 1983 (AMPS)

História vývoja mobilných sietí

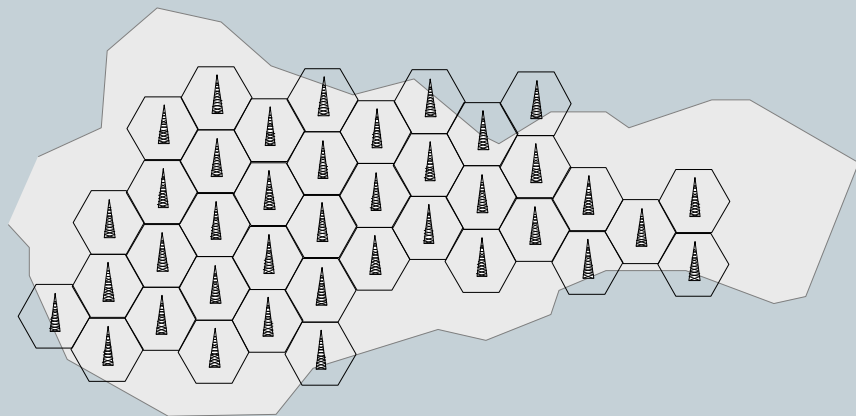


Source: NQ Logic [2010]

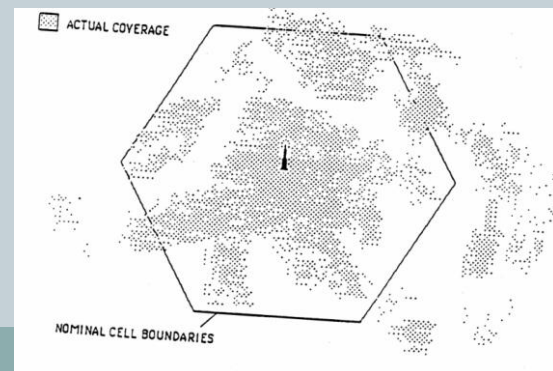
Princípy bunkových mobilných sietí



Vysielač s veľkým
výkonom pokrýva
signálom oblasť celého
územia (rádiový
horizont)



Bunková sieť pokrýva
tú istú oblasť veľkým
počtom buniek
využívajúc vysielače
s malým výkonom



Princípy bunkových mobilných sietí

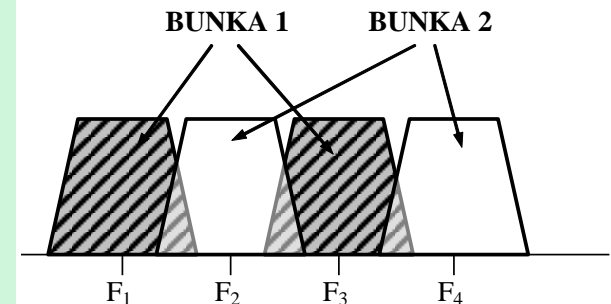


1. Vysielače s malým výkonom
2. Opakované využitie rádiových kanálov
3. Delenie buniek a sektorizácia buniek
4. Prepnutie spojenia počas prechodu hranicou bunky (handover)

Vysielače s malým výkonom a opakované využitie kanálov

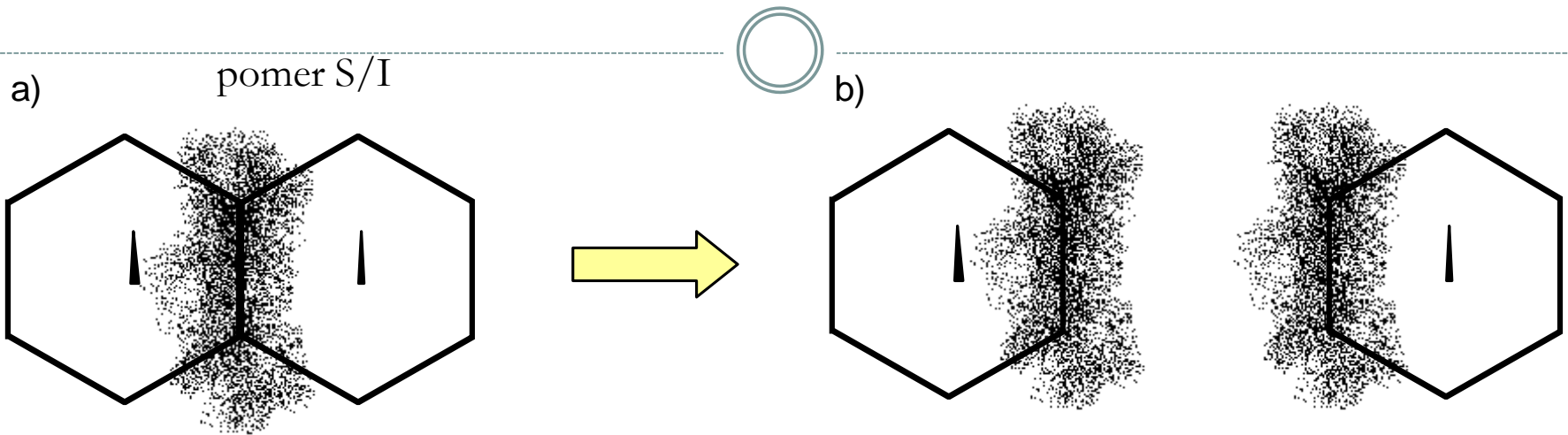
Bunkové siete:

- ❑ Siete obmedzené interferenciou:
 - **Interferencia zo susedného kanála**
 - filtrovanie signálu
 - organizačné usporiadanie kanálov
 - **Interferencia zo zhodného kanála (S/I)**



Obr.3.3. Organizačné usporiadanie rádiových kanálov

Princípy bunkových mobilných sietí



Zväzok buniek (Cluster)

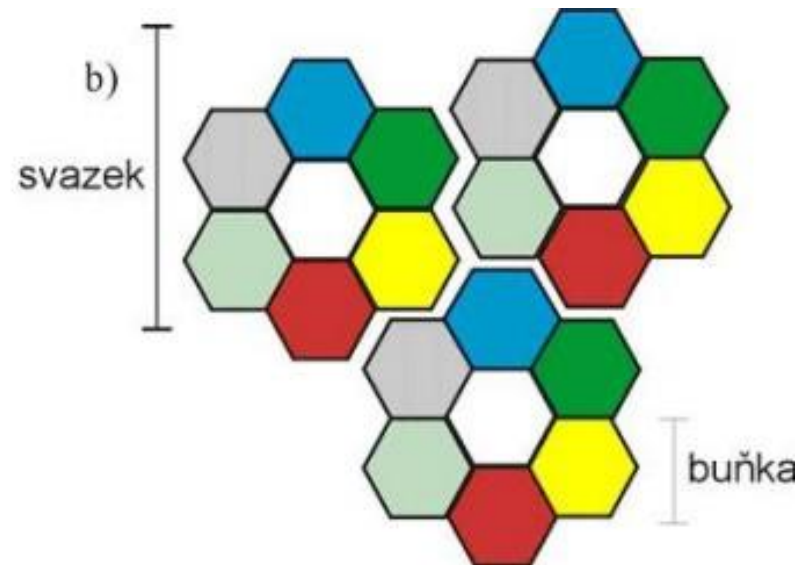
S – počet kanálov

K – počet buniek v zväzku

počet kanálov / bunku $k = S/K$

kapacita siete

$$C = M \cdot S$$



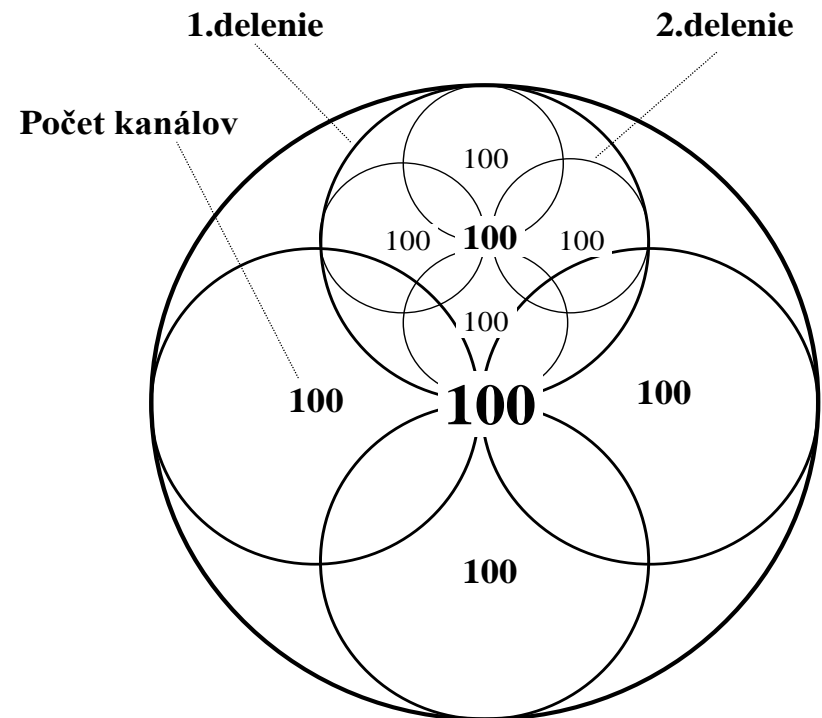
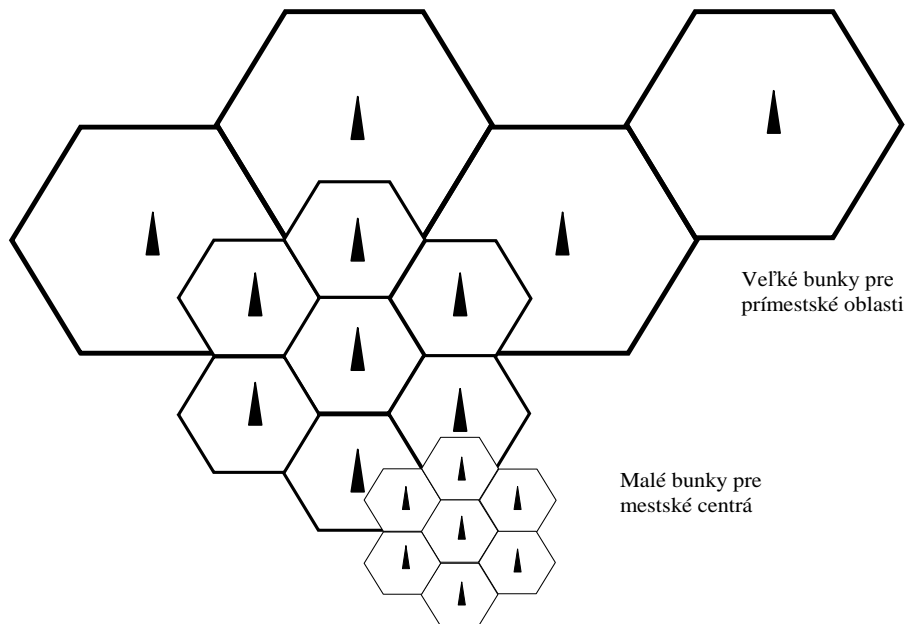
Princípy bunkových mobilných sietí



Metódy zväčšenia kapacity bunky:

1. Zmenšenie polomeru bunky r_b ($K = \text{konšt.}$) – **delenie buniek**

Delenie buniek



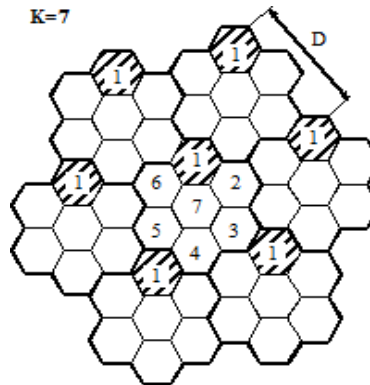
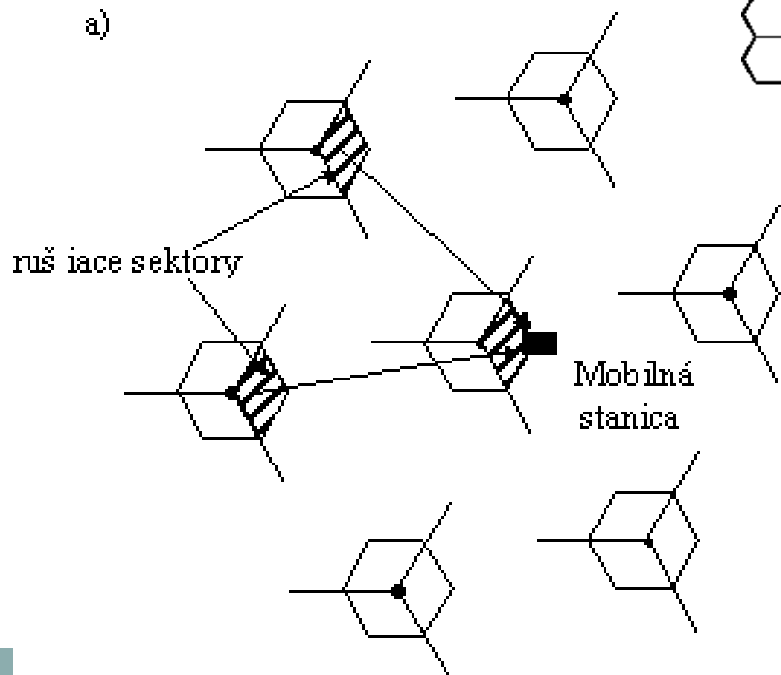
Princípy bunkových mobilných sietí

Metódy zväčšenia kapacity bunky:

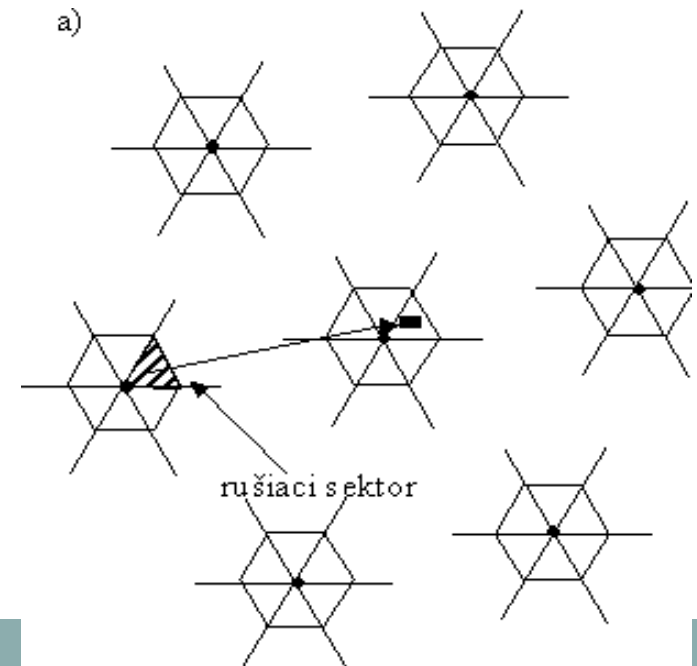
2. Zmenšenie veľkosti zväzku buniek K ($r_b = \text{konšt.}$) \Rightarrow nutnosť zmenšiť veľkosť interferencie (**sektorizácia**)

Sektorizácia buniek

Sektorizácia 120°



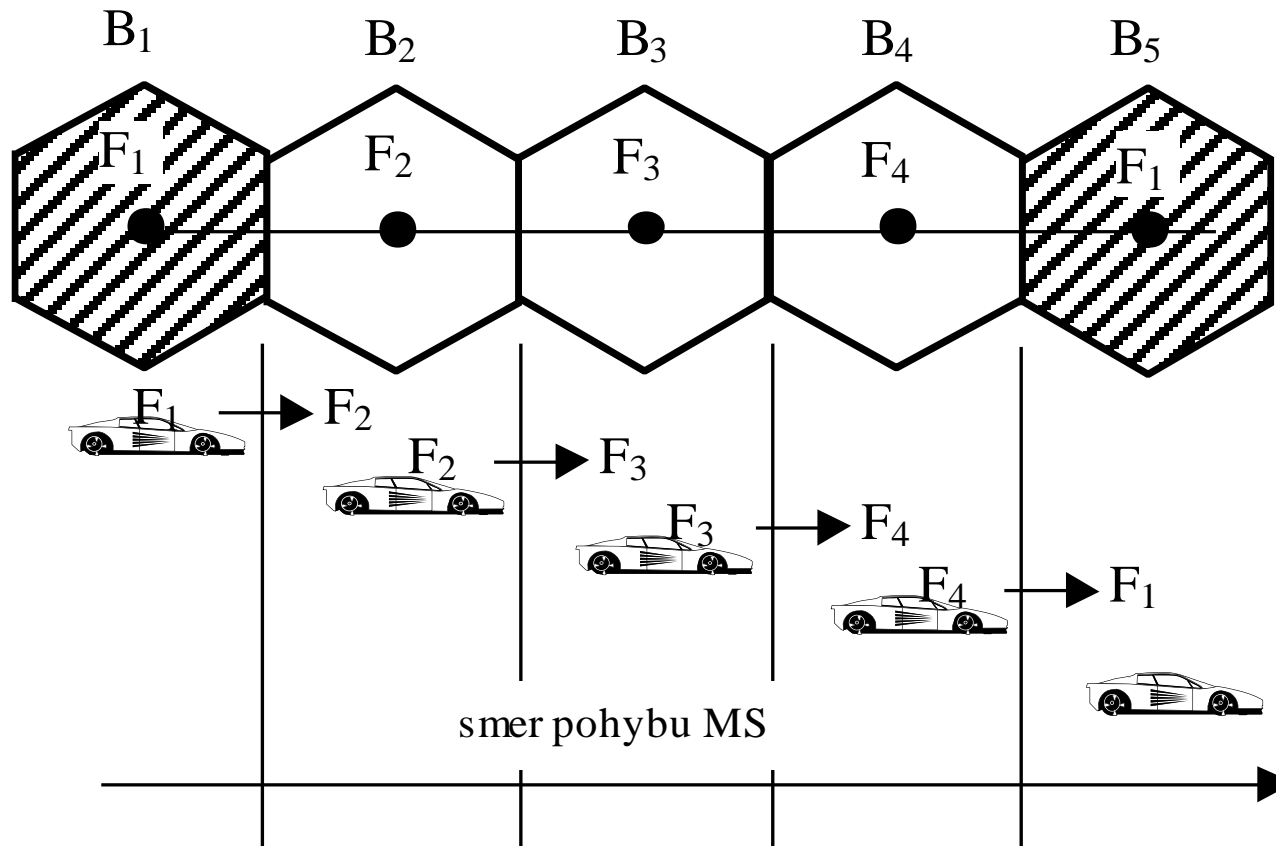
Sektorizácia 60°



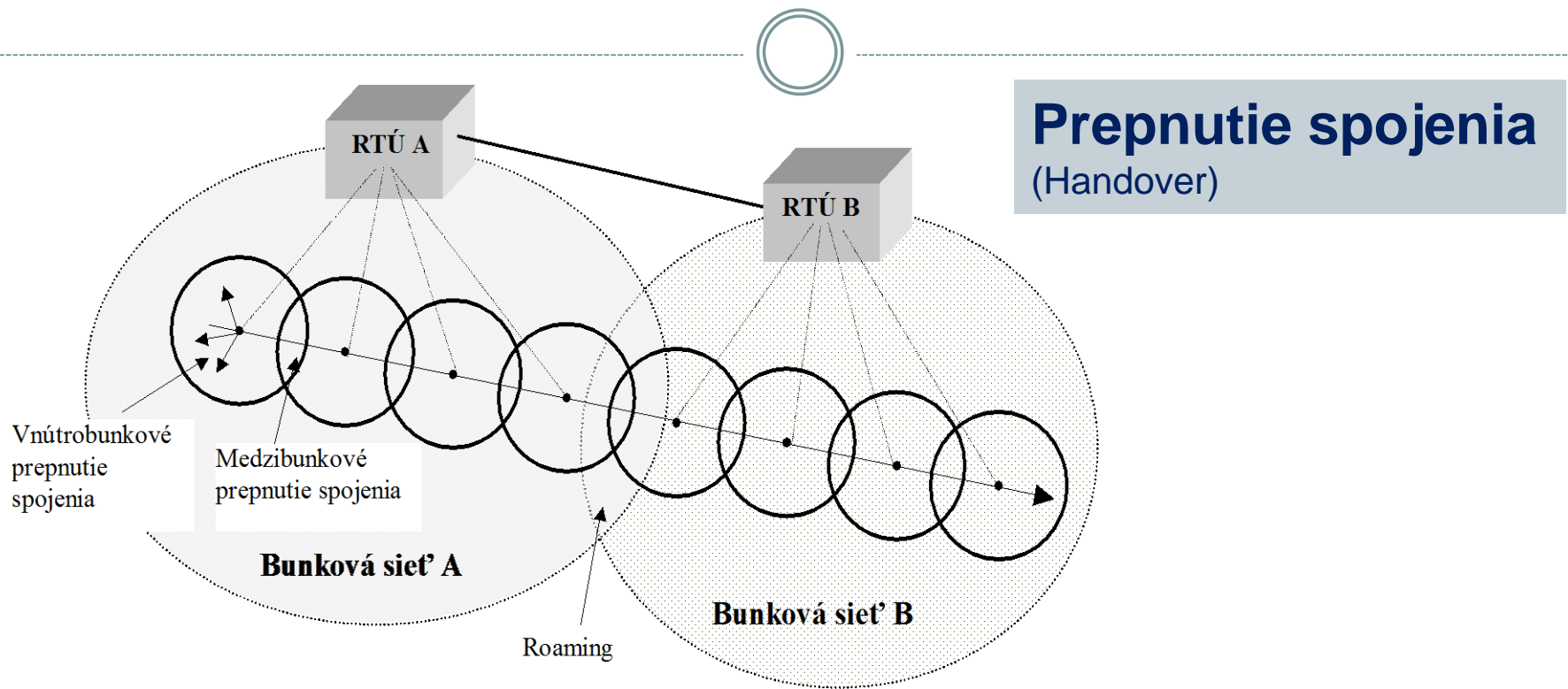
Princípy bunkových mobilných sietí



Prepnutie spojenia (Handover)



Princípy bunkových mobilných sietí

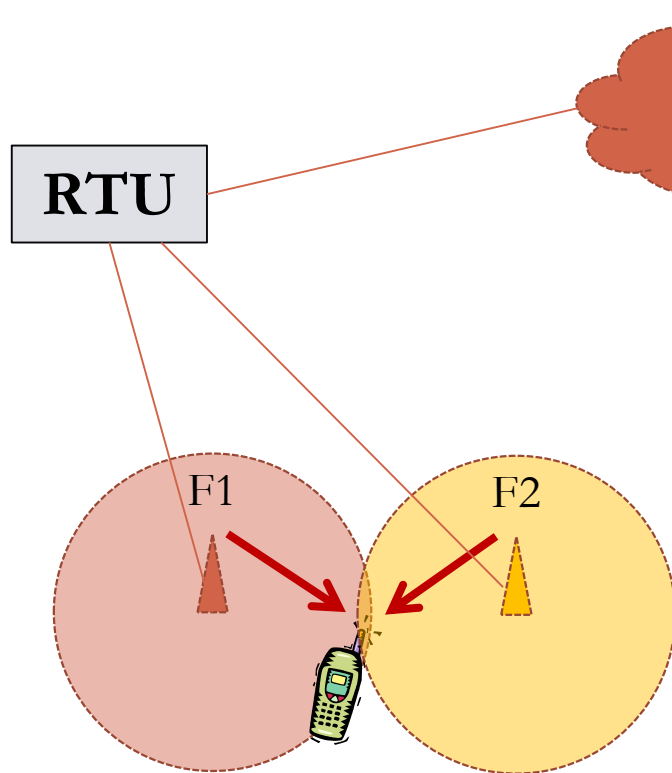


Podľa počtu komunikujúcich ZS:

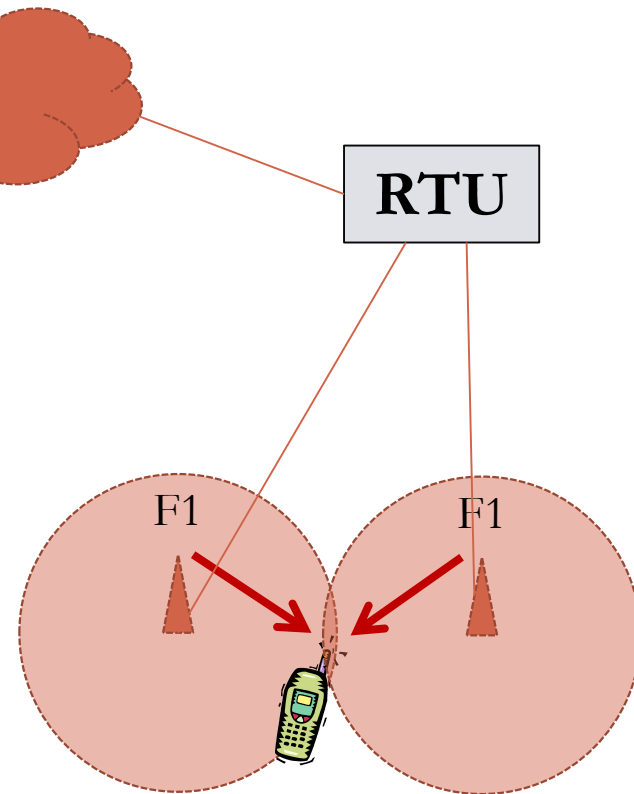
1. **Tvrdé prepnutie (Hard Handover) – Break before make**
2. **Mäkké prepnutie (Soft Handover) – Make before break**

Princípy bunkových mobilných sietí

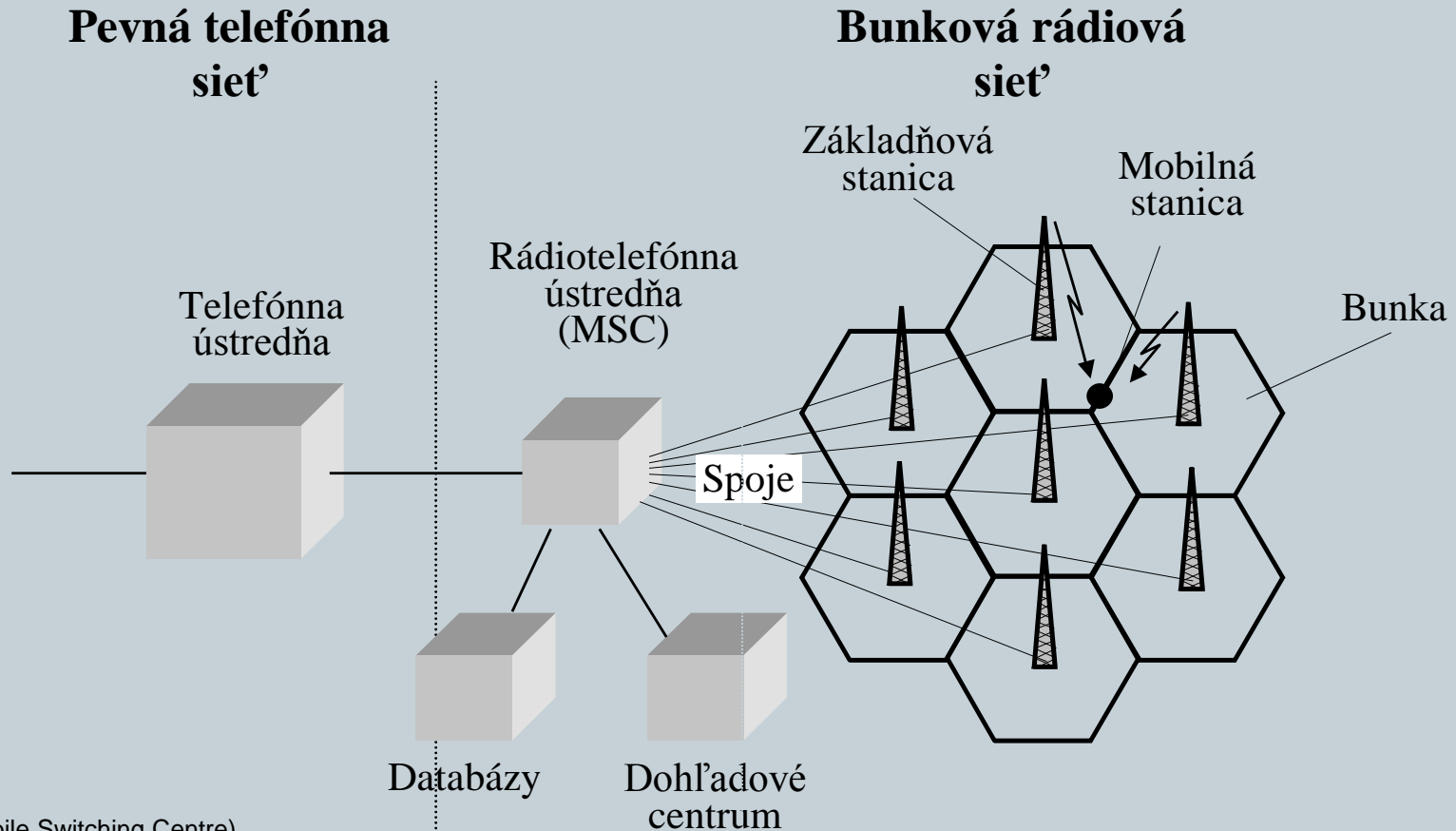
Tvrdé prepnutie spojenia



Mäkké prepnutie spojenia



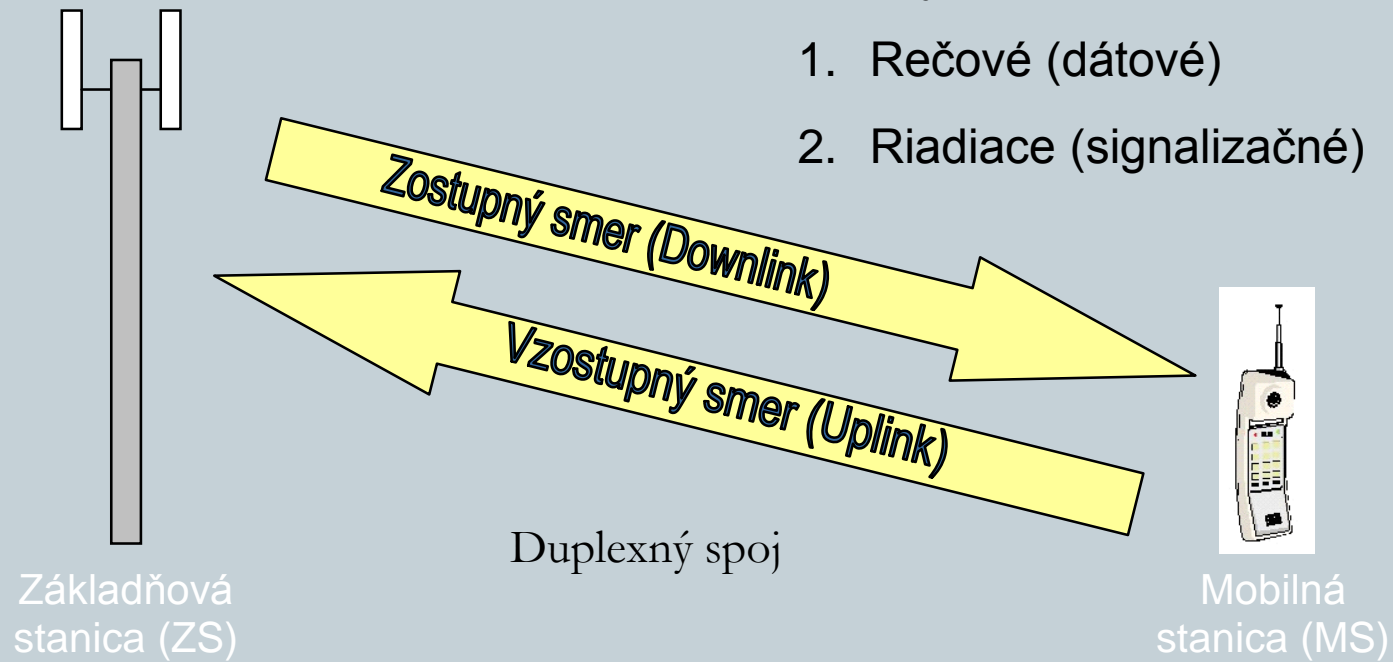
Architektúra bunkovej siete



MSC (Mobile Switching Centre)
CN (Core Network)
RAN (Radio Access Network)

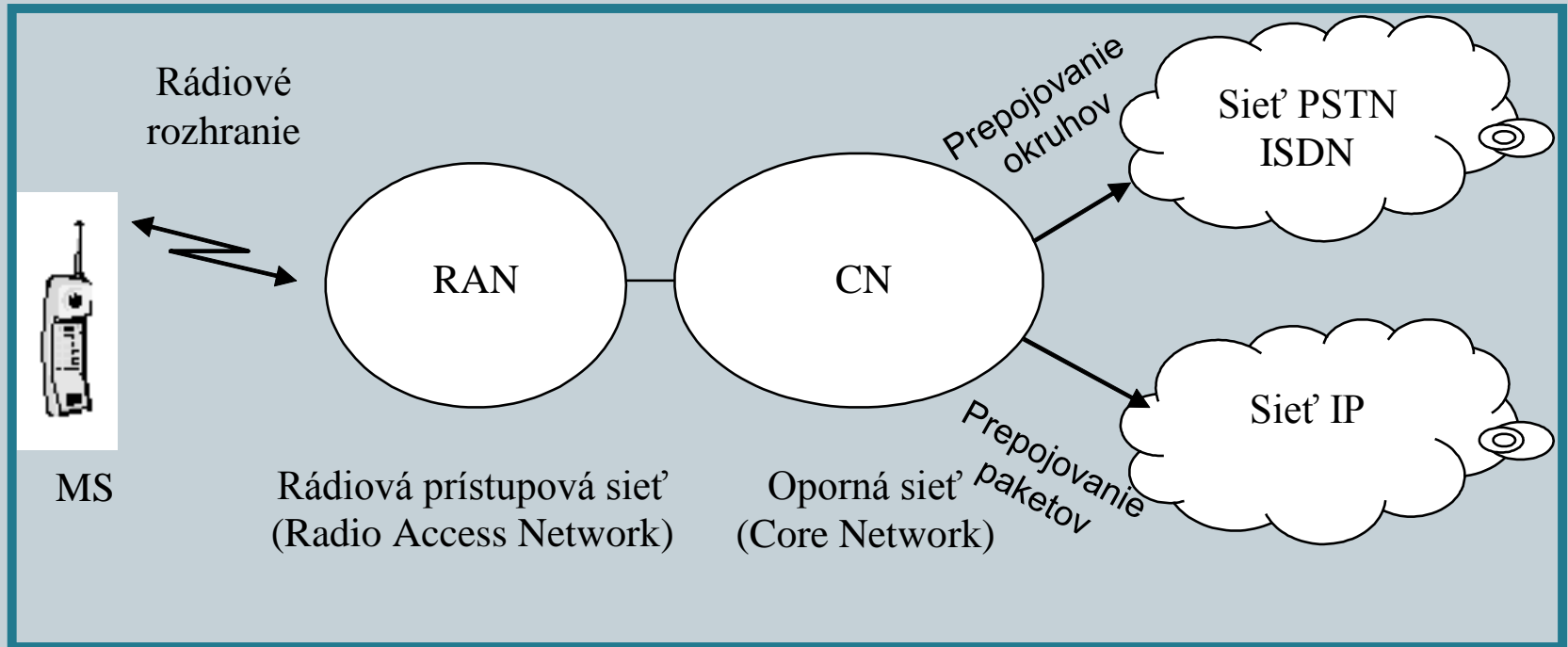
Oporná sieť (CN) Rádiová prístupová sieť (RAN)

Kanály bunkovej siete



Topológia bunkovej siete

17



PSTN (Public Switched Telephone Network)
ISDN (Integrated Services Digital Network)

2. generácia mobilných komunikačných sietí

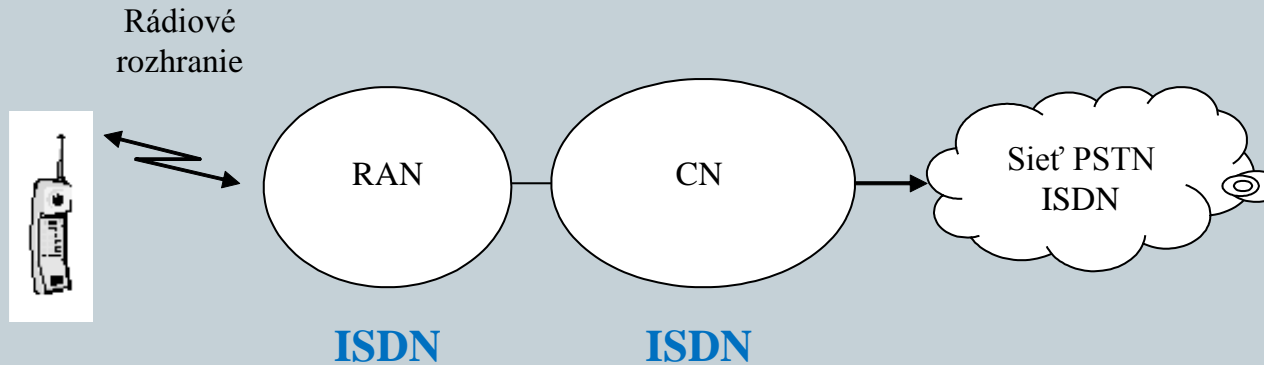
18

GSM

System GSM

(Global System for Mobile Communication)

19



Kľúčové rozhodnutia:

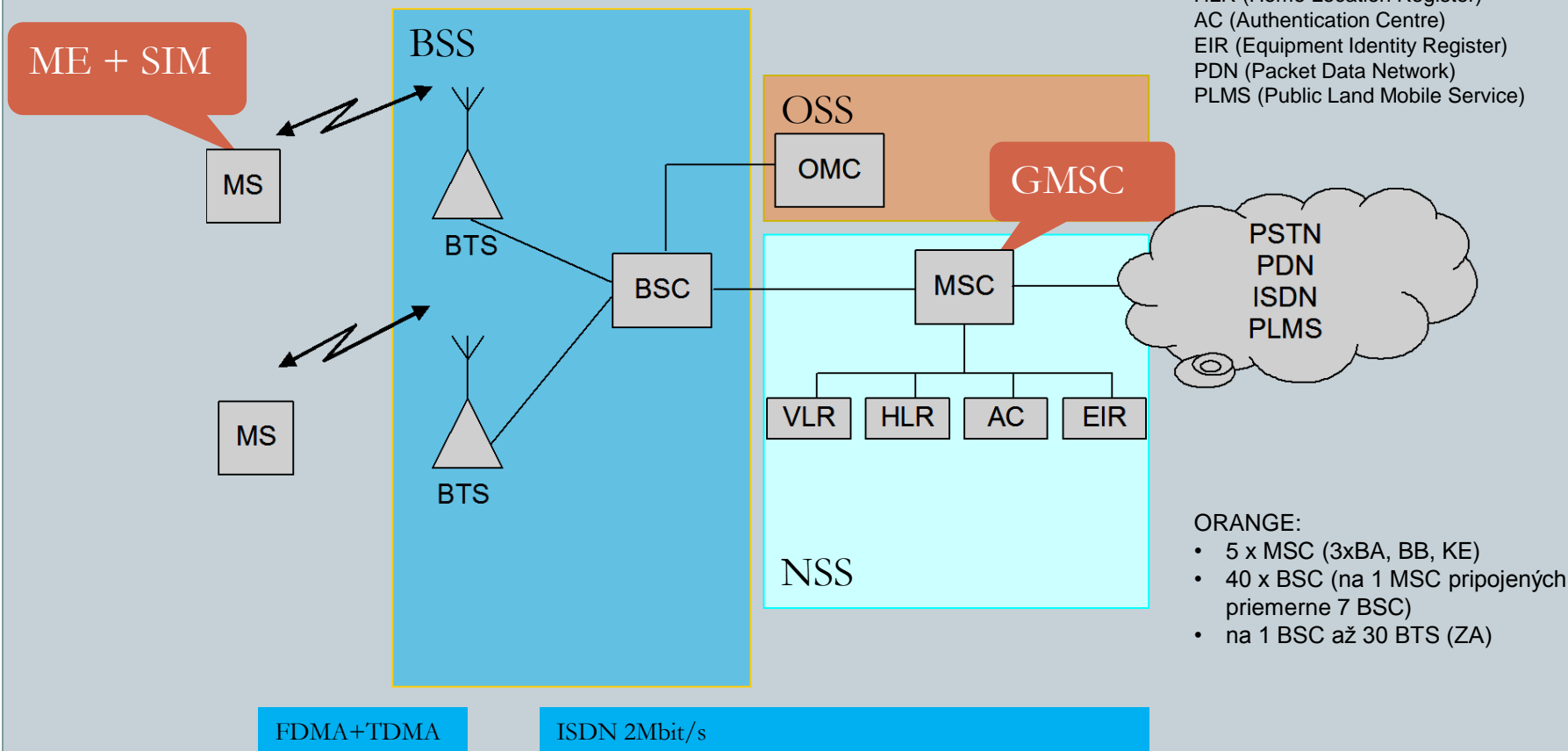
- Rádiové rozhranie : **FDMA + TDMA**
- Rádiová prístupová sieť (RAN) : **ISDN**
- Oporná sieť (CN) : **ISDN (signalizácia SS7)**



Architektúra siete GSM

20

ME (Mobile Equipment)
 SIM (Subscriber Identity Modul)
 BSS (Base Station Subsystem)
 BTS (Base Transceiver Station)
 BSC (Base Station Controller)
 OMC (Operational and Maintenance Centre)
 OSS (Operational Subsystem)
 MSC (Mobile Switching Centre)
 GMSC (Gateway MSC)
 NSS (Network Subsystem)
 VLR (Visitors Location Register)
 HLR (Home Location Register)
 AC (Authentication Centre)
 EIR (Equipment Identity Register)
 PDN (Packet Data Network)
 PLMS (Public Land Mobile Service)



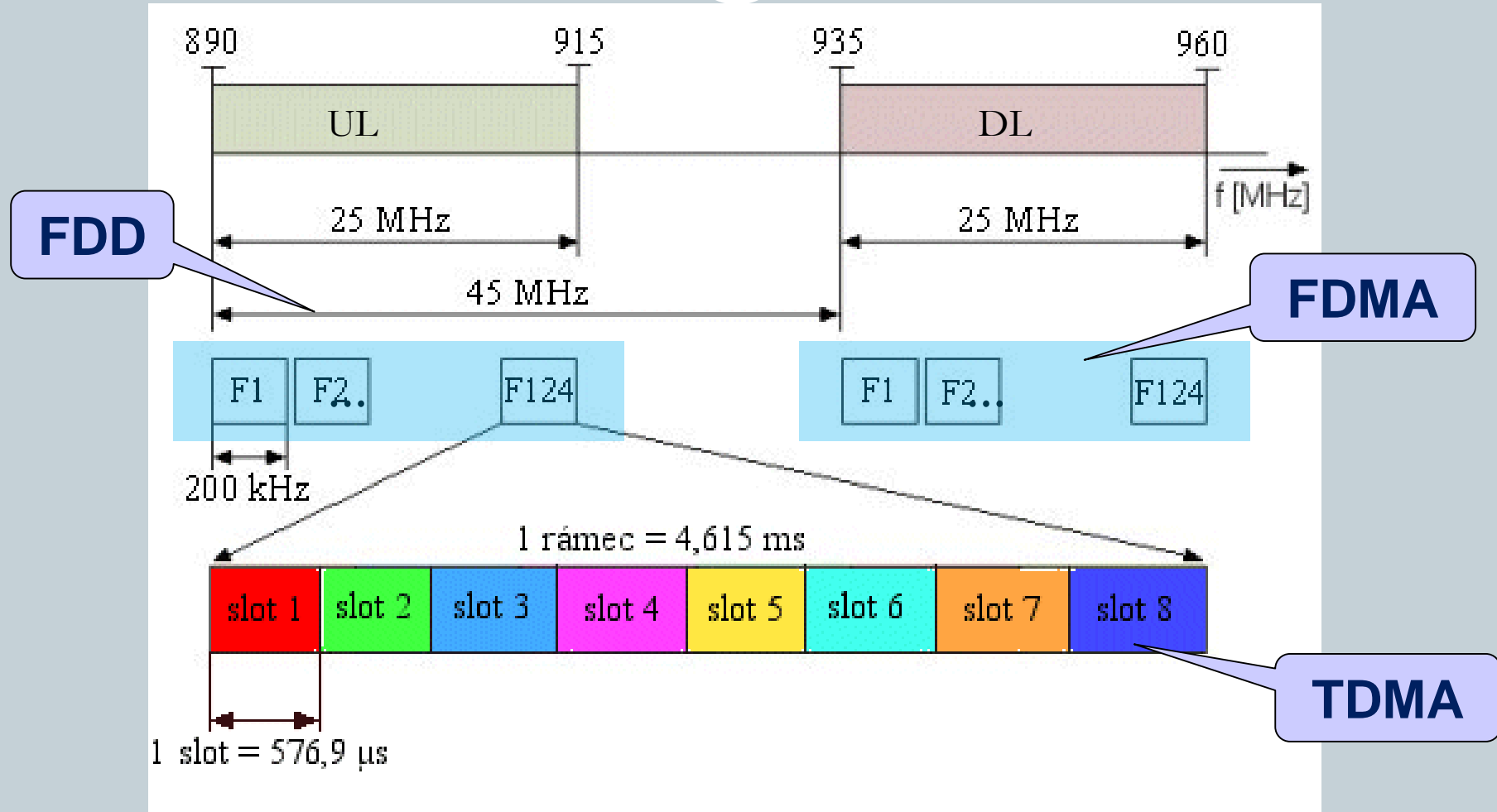
ORANGE:

- 5 x MSC (3xBA, BB, KE)
- 40 x BSC (na 1 MSC pripojených priemerne 7 BSC)
- na 1 BSC až 30 BTS (ZA)

Rádiové rozhranie Um

FDMA/TDMA/FDD/TDD

21



2,5. generácia mobilných komunikačných sietí



DÁTOVÉ PRENOSOVÉ SIETE (GPRS, EDGE)

- max. oneskorenie 150ms
- $BER = 10^{-2}$

- $BER = 10^{-6}$
- nepovolená strata paketu

REČOVÉ APLIKÁCIE	DÁTOVÉ APLIKÁCIE
SIEŤ S PREPOJOVANÍM OKRUHOV	SIEŤ S PREPOJOVANÍM PAKETOV
PRÍSTUP DO SIETE JE PRIDELENÝ ÚČASTNÍKOVI	PRÍSTUP DO SIETE JE NÁHODNÝ
REČOVÝ PAKET JE VYSLANÝ LEN RAZ	STRATÉGIA OPAKOVANÉHO VYSIELANIA PRI STRATE PAKETU
SNAHA O DOSIAHNUTIE PRENOSU REČI V REÁLNO M ČASE A S MINIMÁLNYM SKRESLENÍM	SNAHA O ZVÄČŠENIE PRENOSOVEJ RÝCHLOSTI

GPRS (General Packet Radio Service)

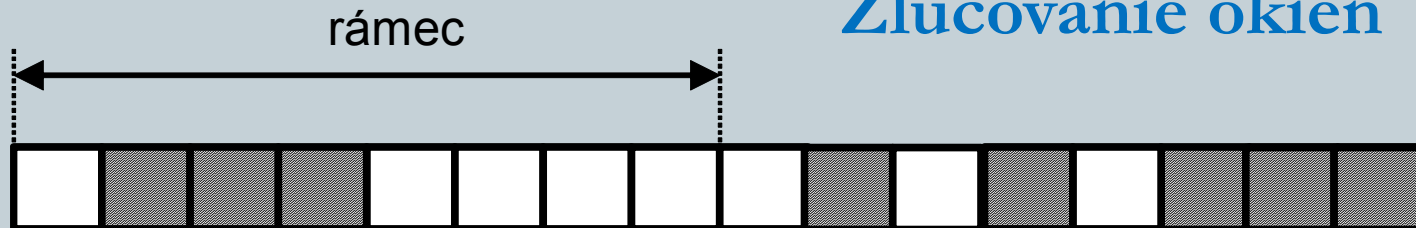
24

Prepojovanie paketov

Základné rysy GPRS:

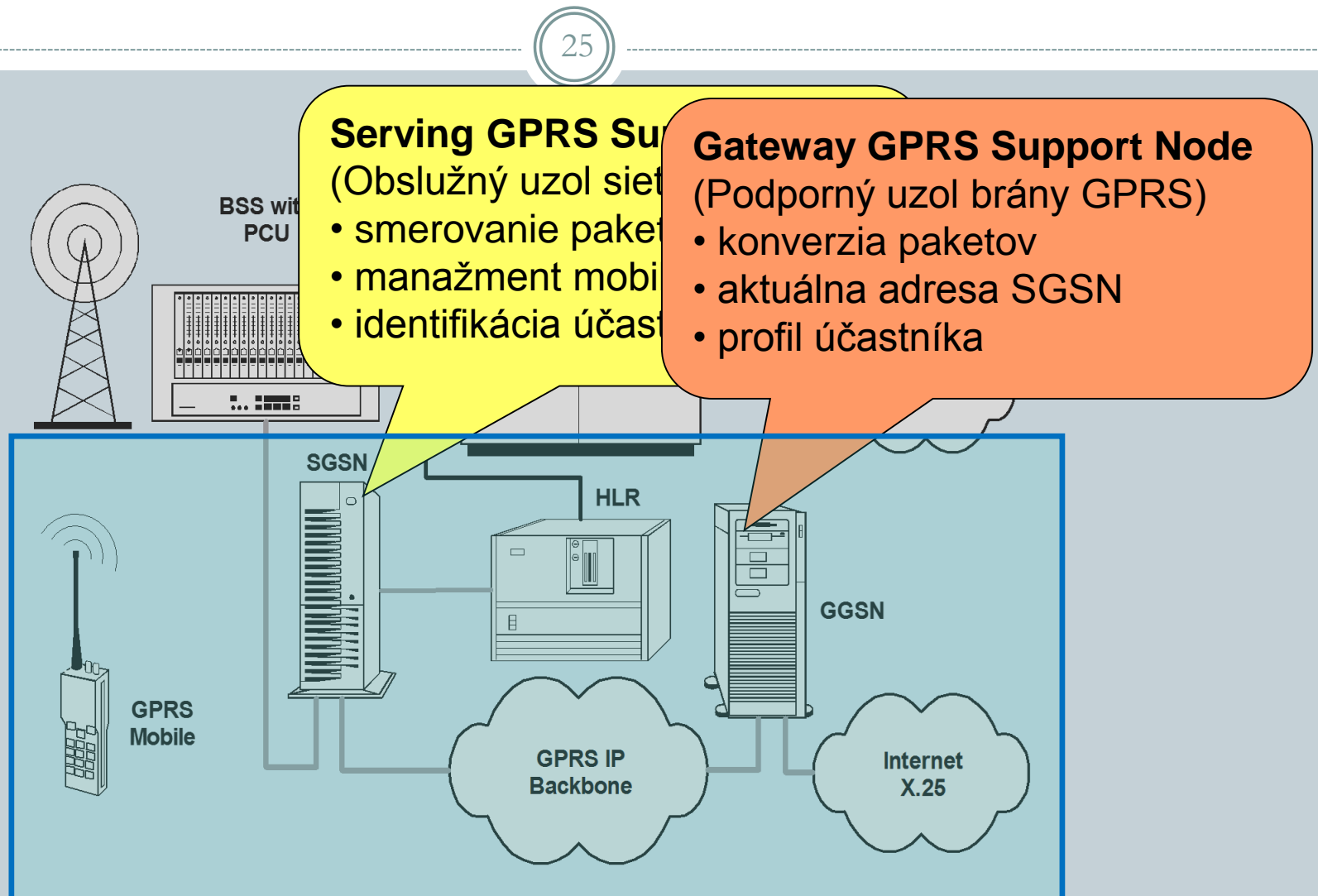
- paketový prenos (bod – bod)
 - okamžité spojenie (Always – on)
 - väčšia prenosová rýchlosť
 - prístup k IP sieťam (protokol TCP-IP)
- prvý prenos – 2000
 - štandard 2.5G

Zlučovanie okien



Architektúra siete GPRS

25



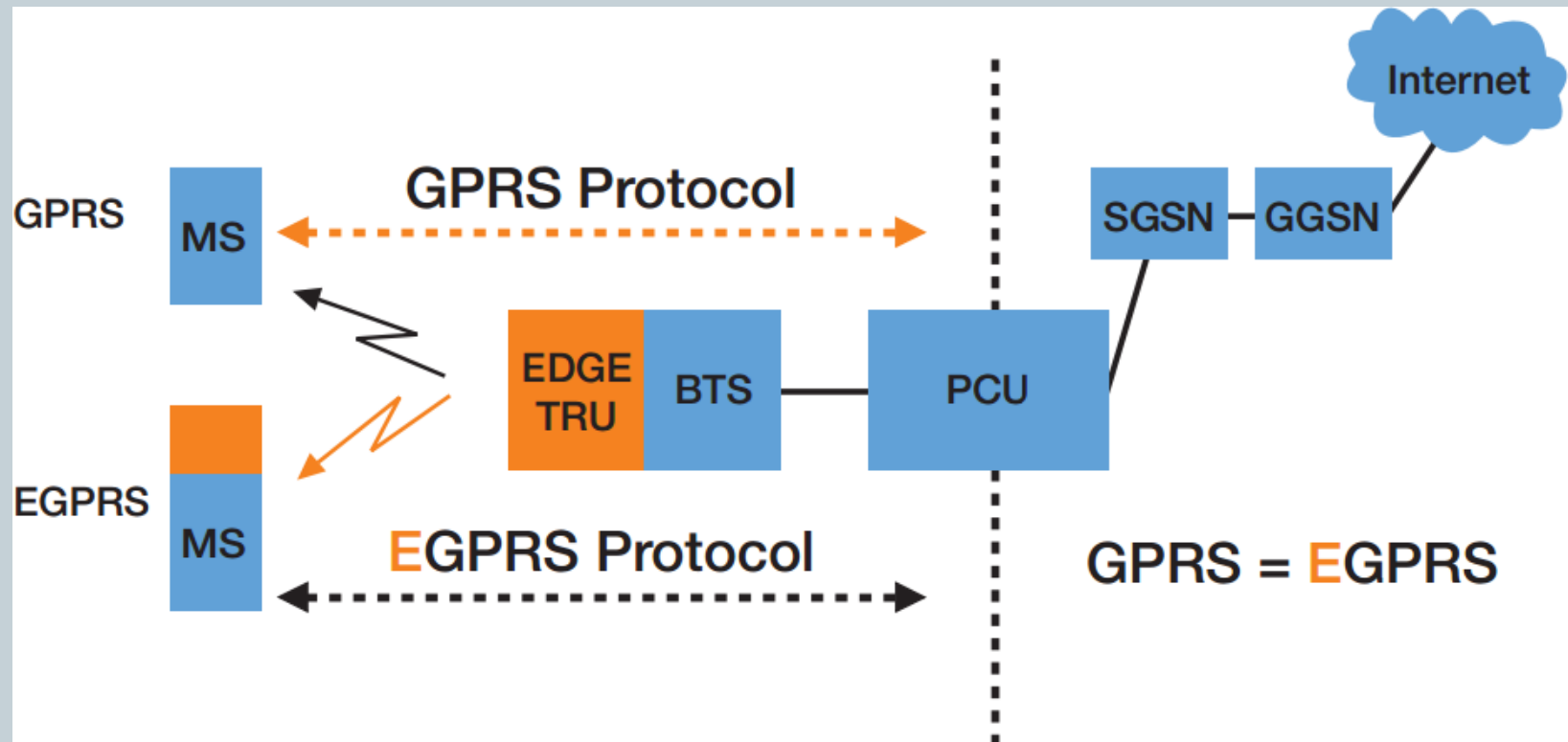
EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution)

26

Základné vlastnosti:

1. Model opakovania kanálov: 4/12
2. Rádiové rozhranie (8PSK)
3. Zmena BSS
4. Kvalita spoja

EDGE = EGPRS + ECSD



EGPRS (Enhanced GPRS)
ECSD (Enhanced Circuit Switched Data)
TRU (Transcoding Unit)
PCU (Packet Control Unit)

EDGE – Modulačné a kódovacie schémy

27

473,6 kb/s

(8 časových okien, fyzická vrstva)

Reálne (4 časové okná) :
100 až 130 kb/s

384 kb/s

(8 časových okien, účastnícka vrstva)

Schéma	Modulačná schéma	Kódový	Kódový	Rýchlosť (kb/s)	Skupina
MCS-9	8-PSK	1,0	1/2	59,2	A
MCS-8		0,92	1/3	54,5	A
MCS-7		0,76	0,35		
MCS-6		0,49	1/3		
MCS-5	GMSK	0,37	1/3	22,4	B
MCS-4		1,0	1/2	17,6	C
MCS-3		0,8	1/2	14,8	A
MCS-2		0,66	1/2	11,2	B
MCS-1		0,53	1/2	8,8	C

3. generácia mobilných komunikačných sietí

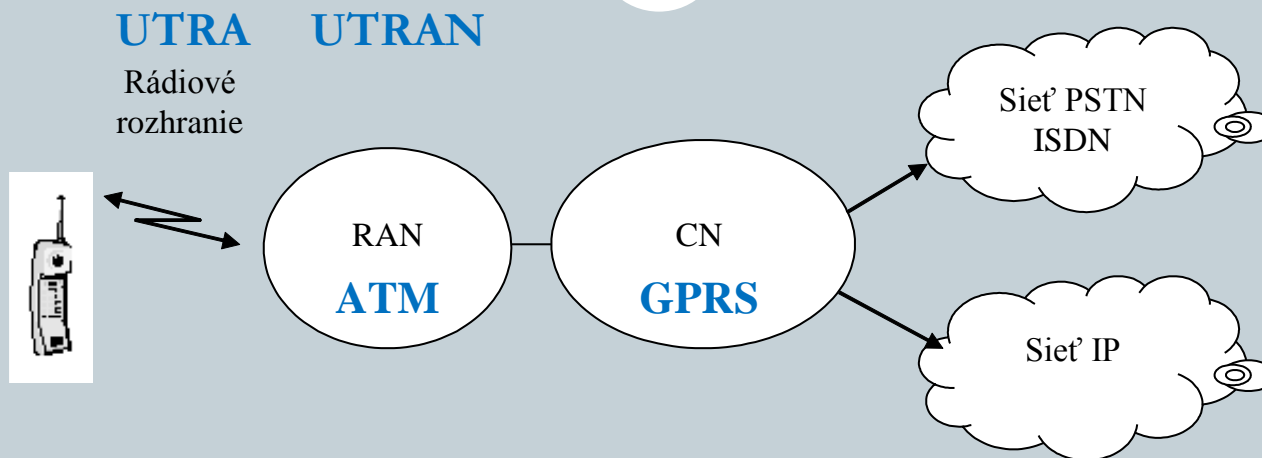
28

UMTS

System UMTS

(Universal Mobile Telecommunication System)

29



Kľúčové rozhodnutia:

- Rádiové rozhranie : **CDMA**
- Rádiová prístupová sieť (UTRAN) : **ATM**
- Oporná sieť (CN) : **GSM2,5 (GPRS)**



System UMTS

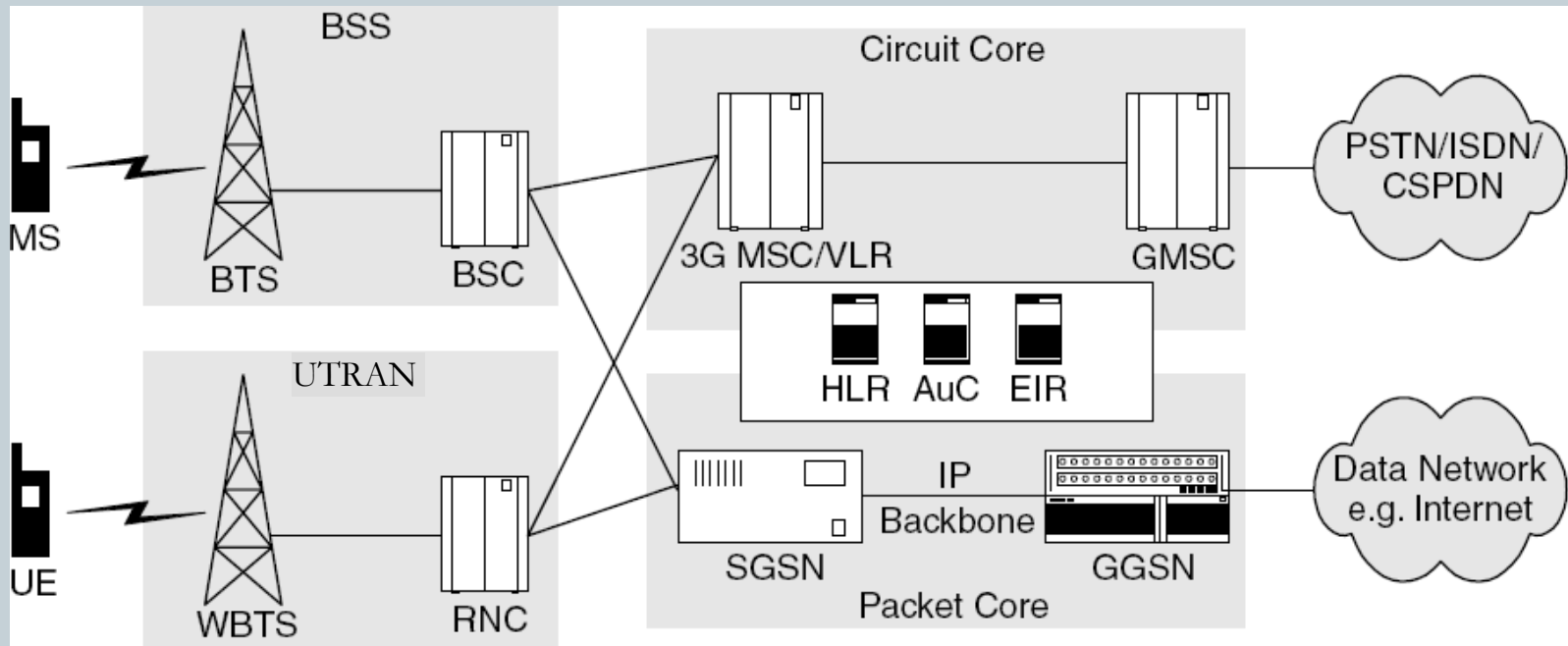
(zavedenie systému)

WBTS (Wideband BTS)
UTRAN (UMTS Terrestrial RAN)
RNC (Radio Network Controller)
CSPDN (Circuit-switched PDN)

30

1. etapa (Release 99)

CN len sw zmeny



Node B

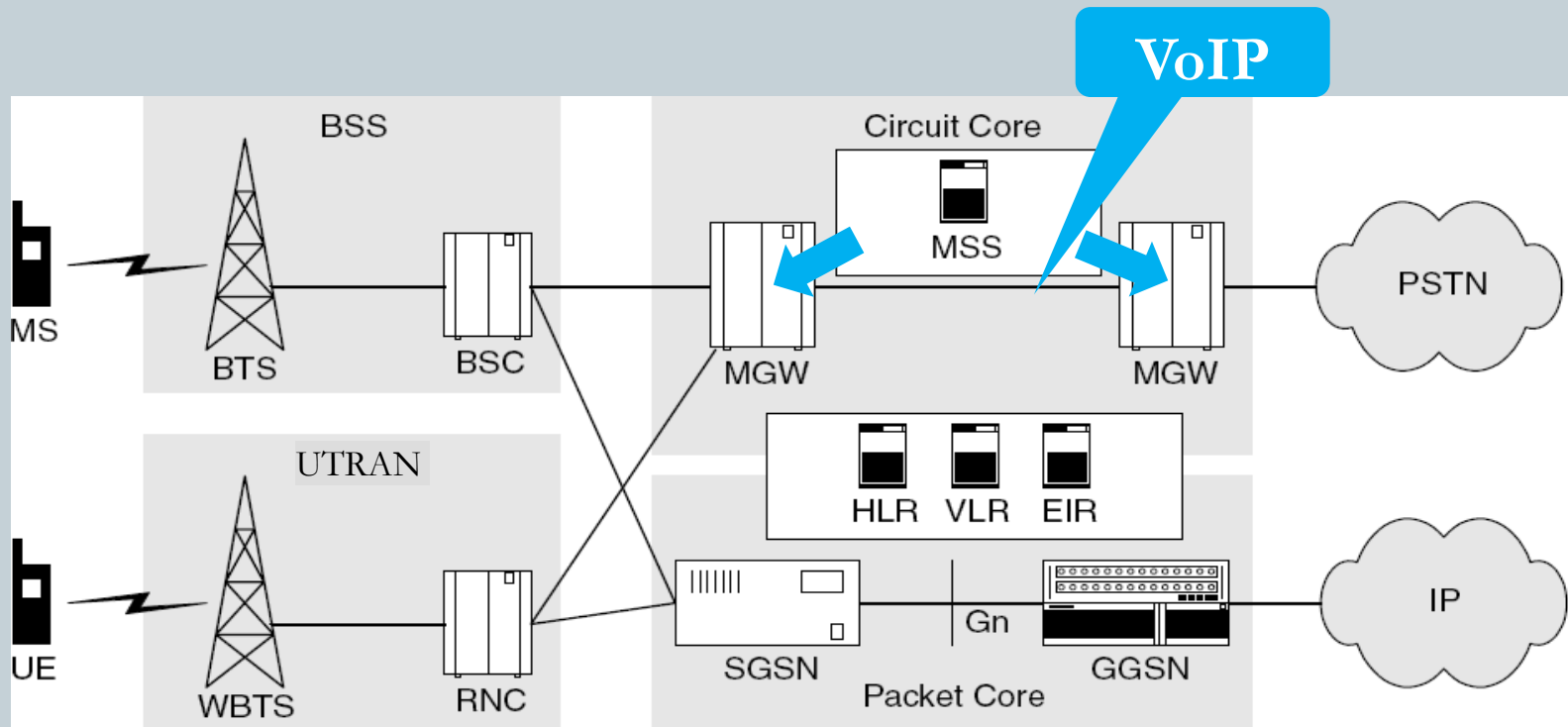
System UMTS

(zavedenie systému)

MGW (Multimedia Gateway)
MSS (MSC Server)

31

2. etapa (Release 4)



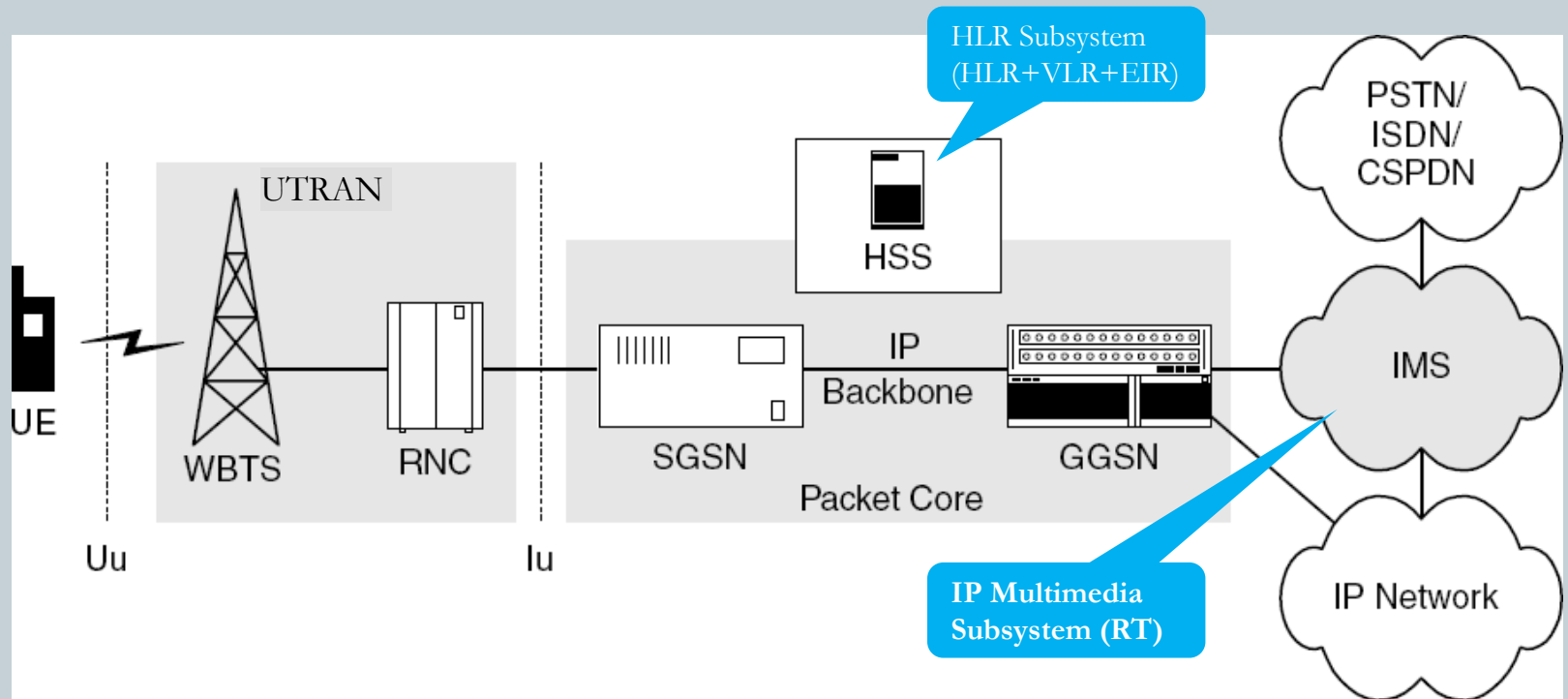
System UMTS

(zavedenie systému)

32

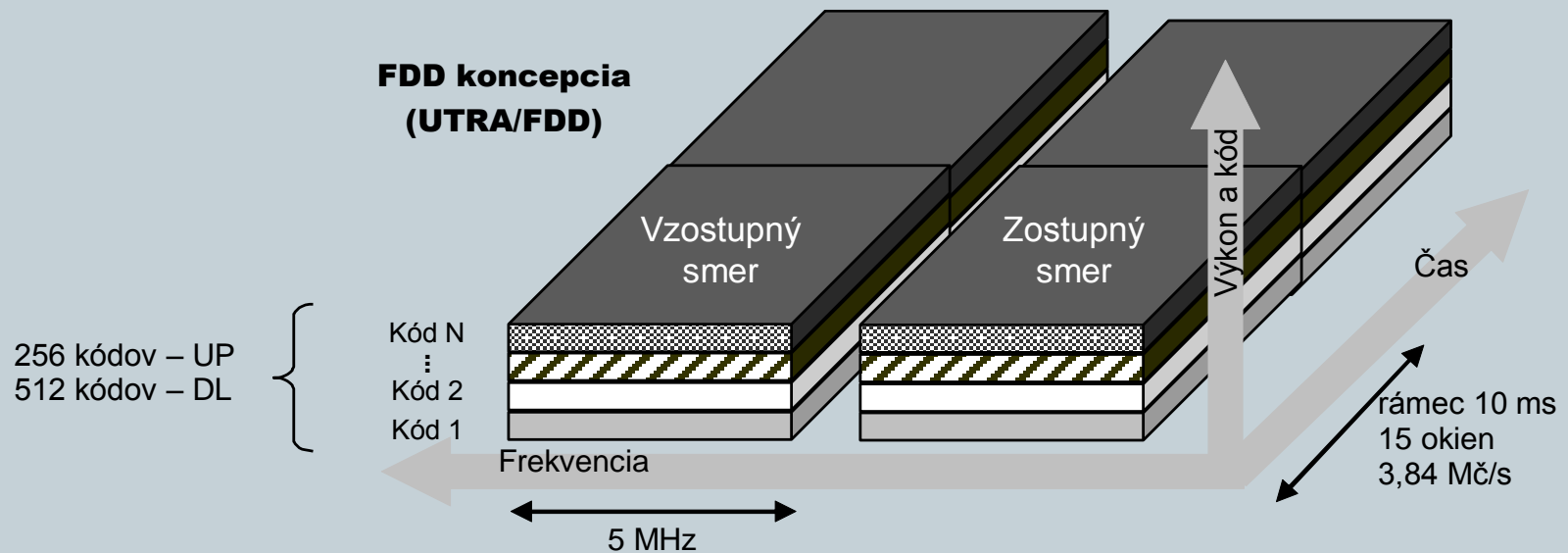
3. etapa (Release 5)

ALL IP



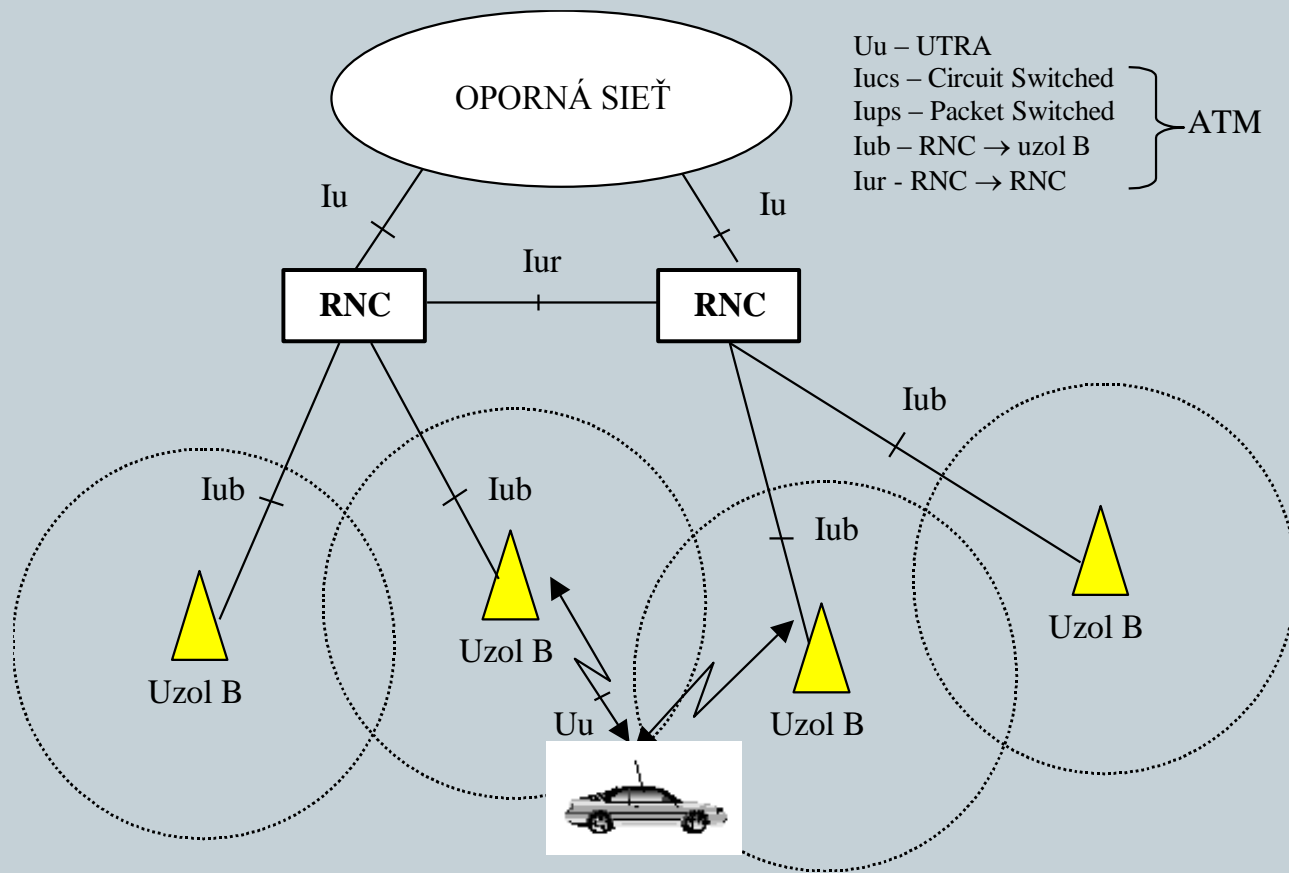
System UMTS (UTRA)

33



System UMTS (UTRAN)

34



3,5. generácia mobilných komunikačných sietí

35

DÁTOVÉ PRENOSOVÉ SIETE (HSPA, HSPA+)

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)

36

Vysokorýchlostný paketový prístup pre zostupný spoj

Hlavná myšlienka:

- ❑ využiť technológie použité v štandarde EDGE na zvýšenie paketovej rýchlosti štandardu UMTS

Technológia:

1. Vysokorýchlostný spoločný zostupný kanál
2. Krátky prenosový časový interval TTI
3. Rýchle radenie paketov (Fast Scheduling)
4. Rýchla adaptácia modulácie a kódovania
5. Rýchla hybridná metóda ARQ (Fast H-ARQ)

Rýchlosť prenosu dát do **14,4 Mbit/s**

HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)

37

Vysokorychlostný paketový prístup pre vzostupný spoj

- ❑ Rýchlosť prenosu dát do **5,76 Mbit/s**
- ❑ Rozšírený vyčlenený kanál
- ❑ Oneskorenie
 - 50 ms (TTI = 10 ms)
 - 30 ms (TTI = 2 ms)

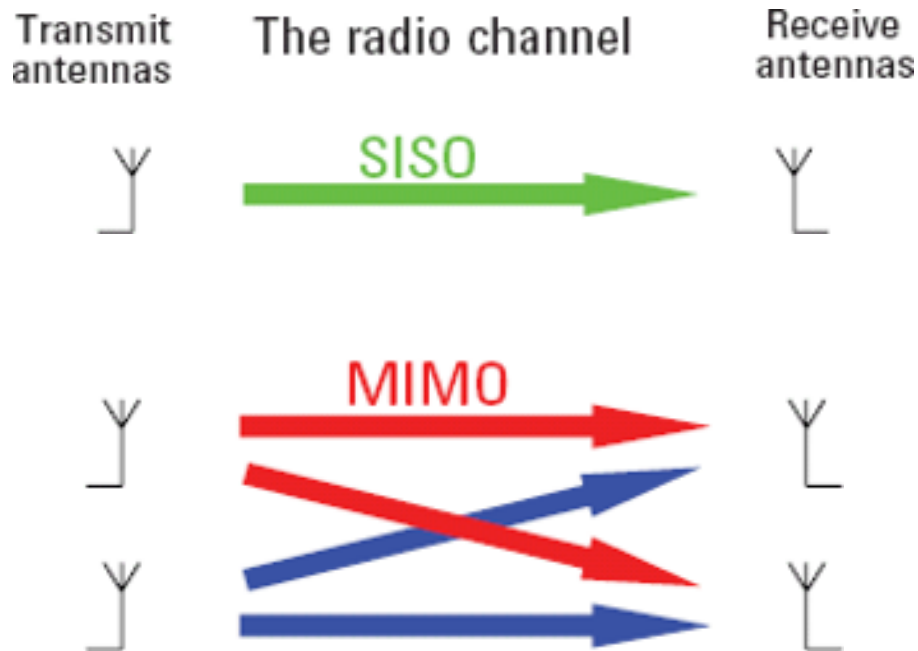
HSDPA + HSUPA = HSPA

HSPA+ (High Speed Packet Access)

16-64QAM
+ MIMO



Pridelenie viacerých prenosových ciest (MIMO-SM) (**OFDM**)

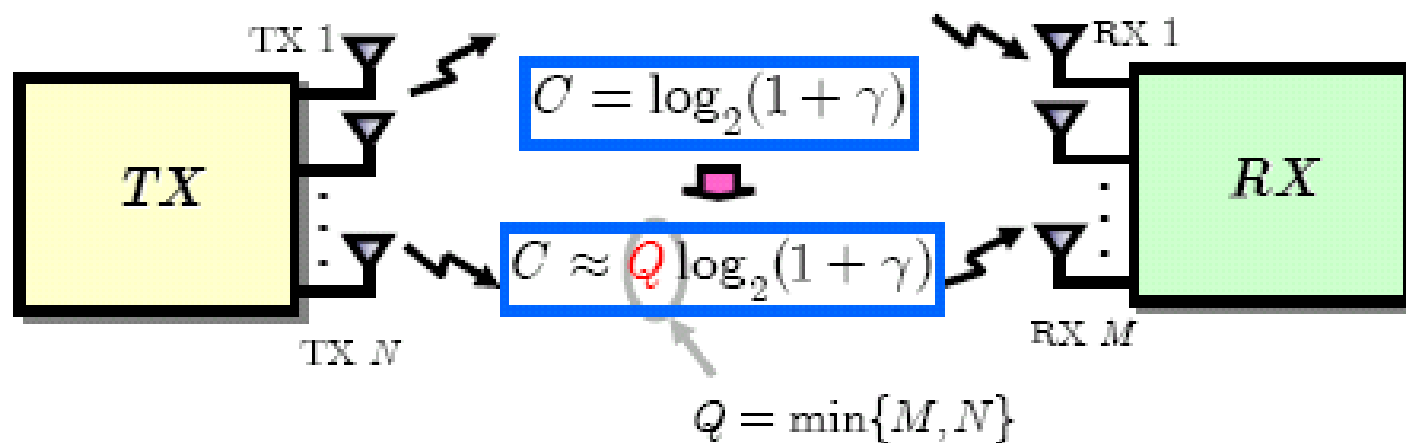


HSPA+ (High Speed Packet Access)



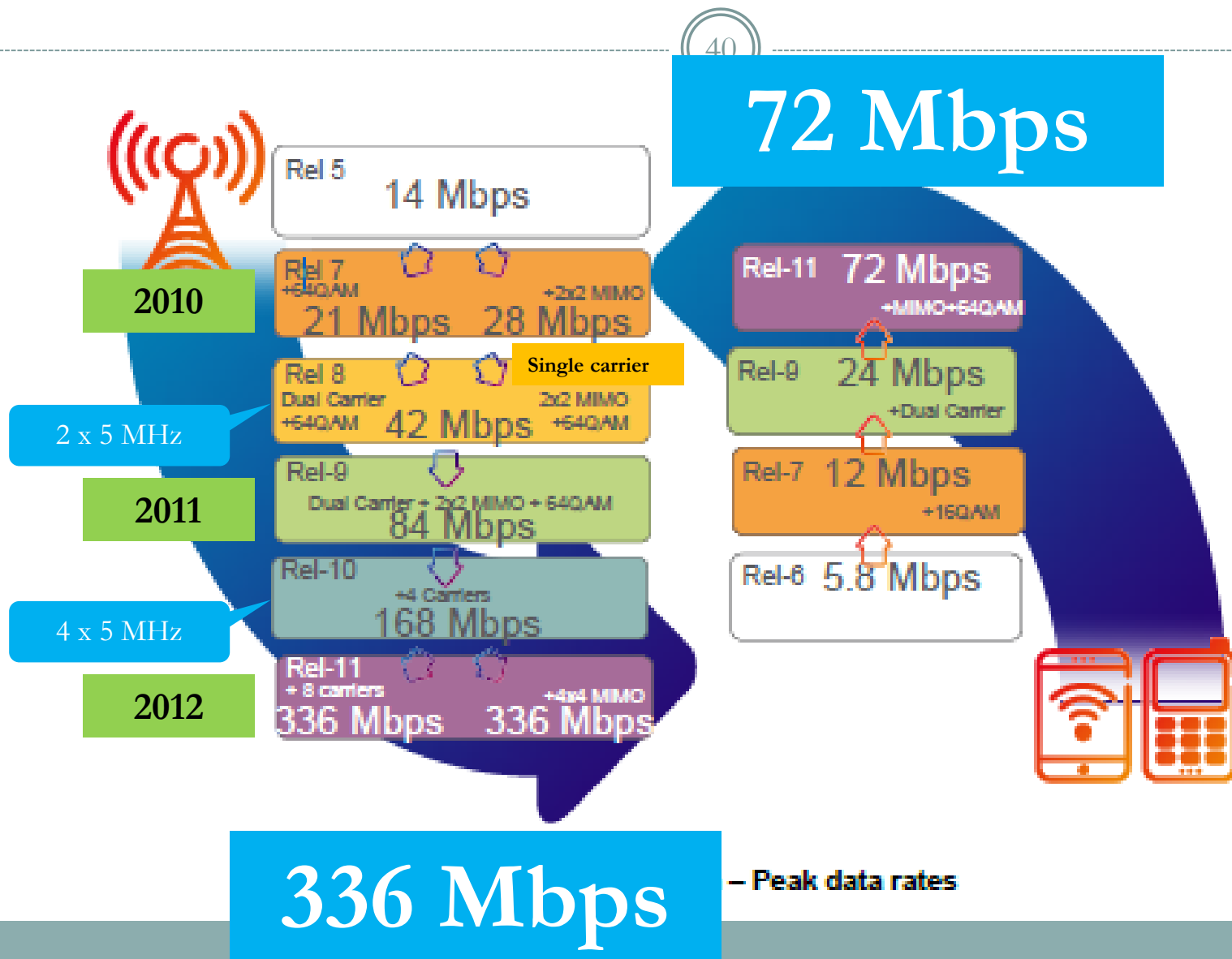
MIMO - SM (Priestorový multiplex):

1. Paralelné priestorové kanály \Rightarrow lineárny nárast kapacity
2. Informácia o stave kanála v RX



HSPA+ (High Speed Packet Access)

40



Ďalšie generácie mobilných komunikačných sietí

41

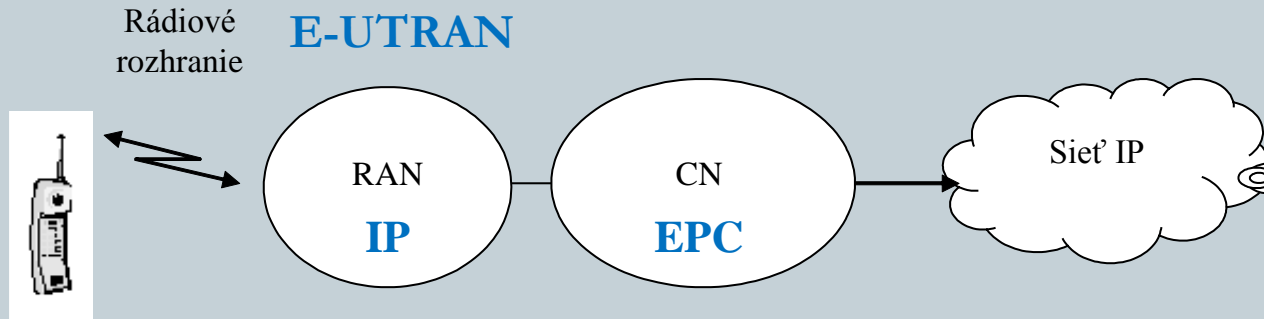
LTE

System LTE

(Long Term Evolution)

E-UTRAN (Evolved UTRAN)
EPC (Evolved Packet Core)

42



Kľúčové rozhodnutia:

- Rádiové rozhranie : **OFDMA**
- Rádiová prístupová sieť (E-UTRAN) : **IP**
- Oporná sieť (CN) : **EPC (IP)**



LTE (požiadavky a prenosová rýchlosť)

43

Požiadavky:

- ❑ Prenosová rýchlosť (špičková) v 20 MHz kanáli:
 - DL – 100 Mb/s (SISO + 64QAM)
 - UL – 50 Mb/s (SISO + QPSK)
- ❑ Oneskorenie: < 5 ms (účastnícka rovina)
- ❑ Mobilita:
 - ❑ 0 až 15 km/h (optimalizácia)
 - ❑ 15 až 120 km/h (vysoká výkonnosť)
 - ❑ 120 až 350 km/h (až do 500 km/h) (funkčnosť)
- ❑ Flexibilná šírka kanála (1,25 až 20 MHz)

HSPA+

336 Mb/s

(4x5 MHz, 4x4 MIMO, 64-QAM)

(8x5 MHz, 2x2 MIMO, 64-QAM)

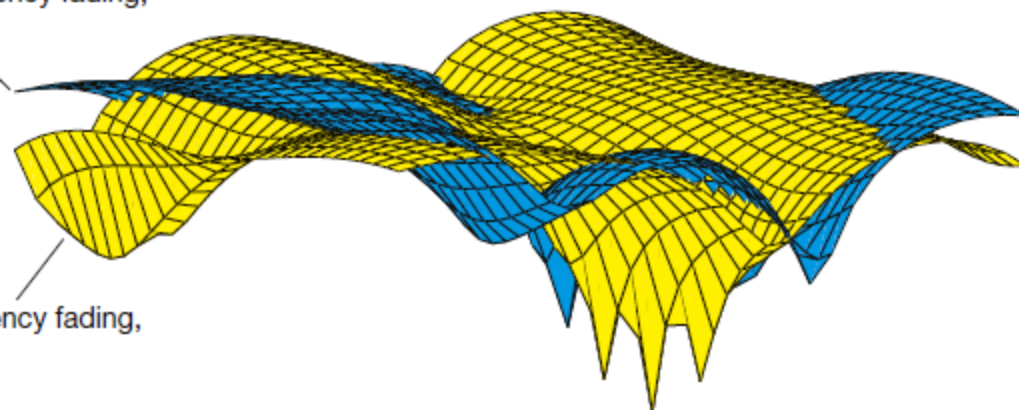
DL FDD (špičk.)	326 Mb/s (64QAM, 4x4 MIMO)
UL FDD (špičk.)	86 Mb/s (64QAM, SISO)

LTE (Viacnásobný prístup)

44

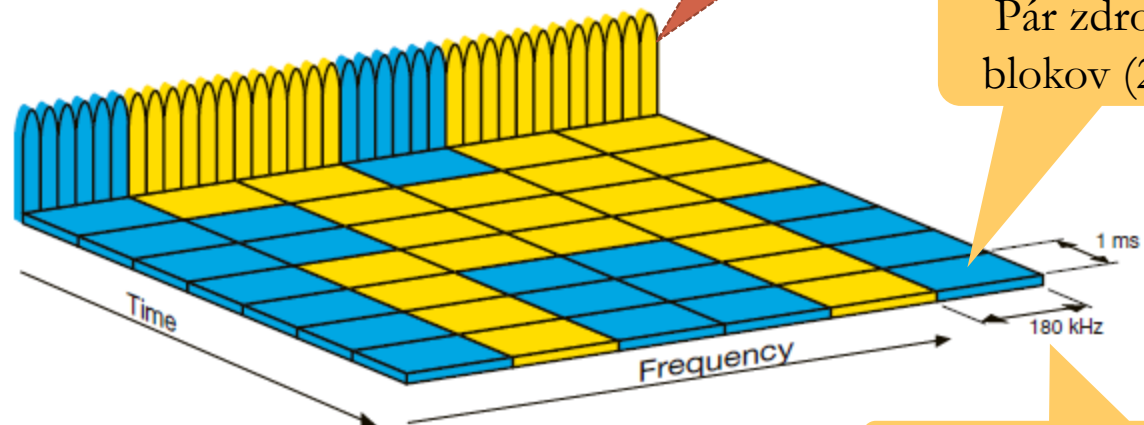
Time-frequency fading,
user #1

Time-frequency fading,
user #2



15 kHz

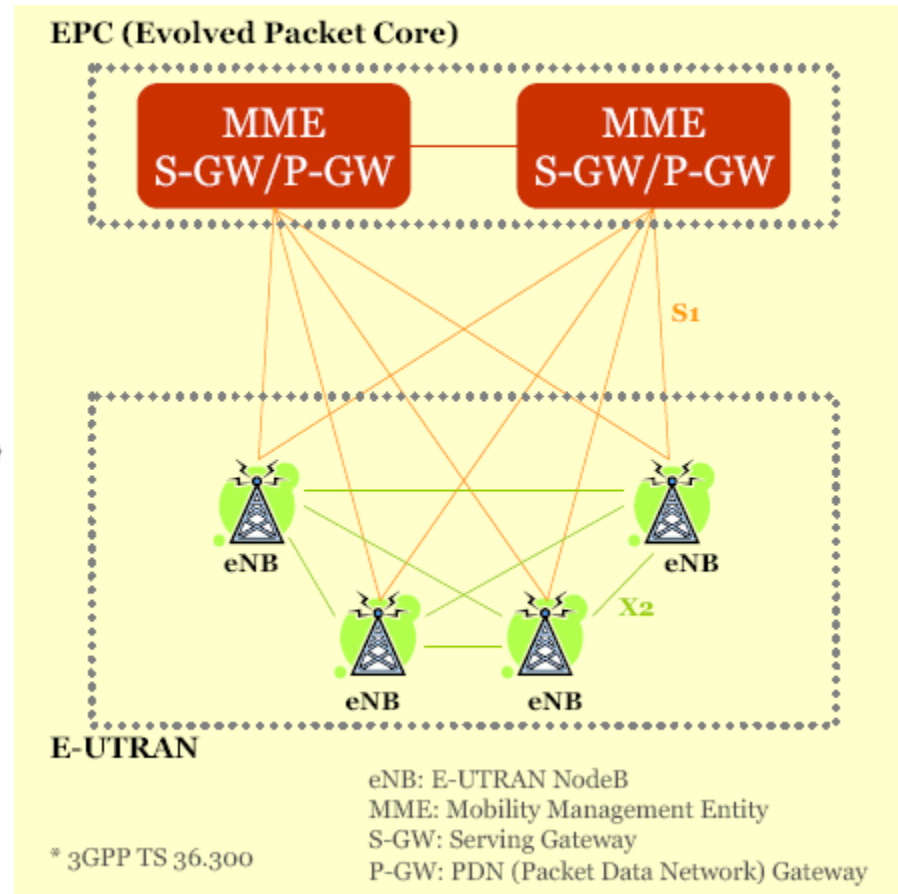
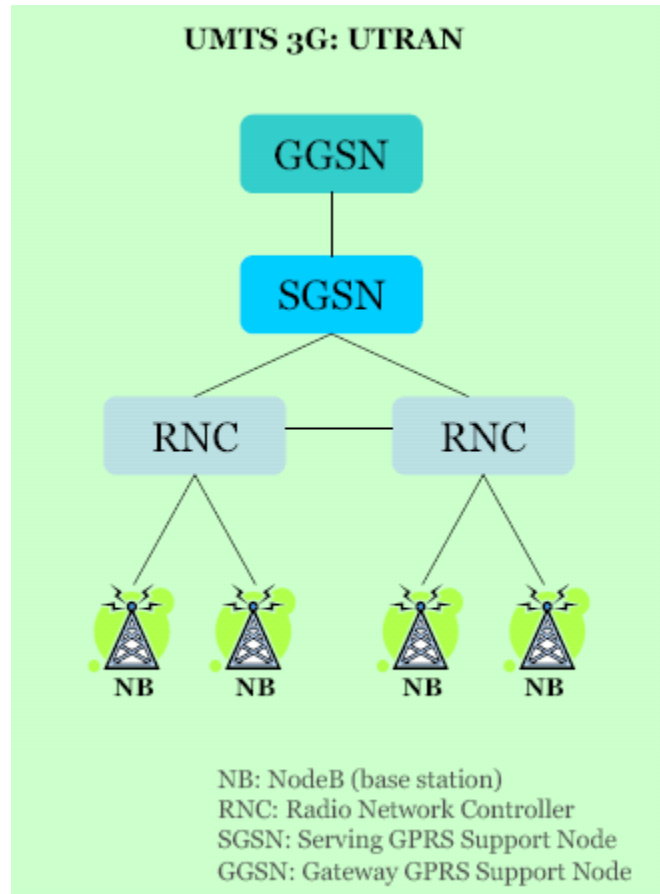
Pár zdrojových
blokov (2 bloky)



12 subnosných

LTE (E-UTRAN a EPC)

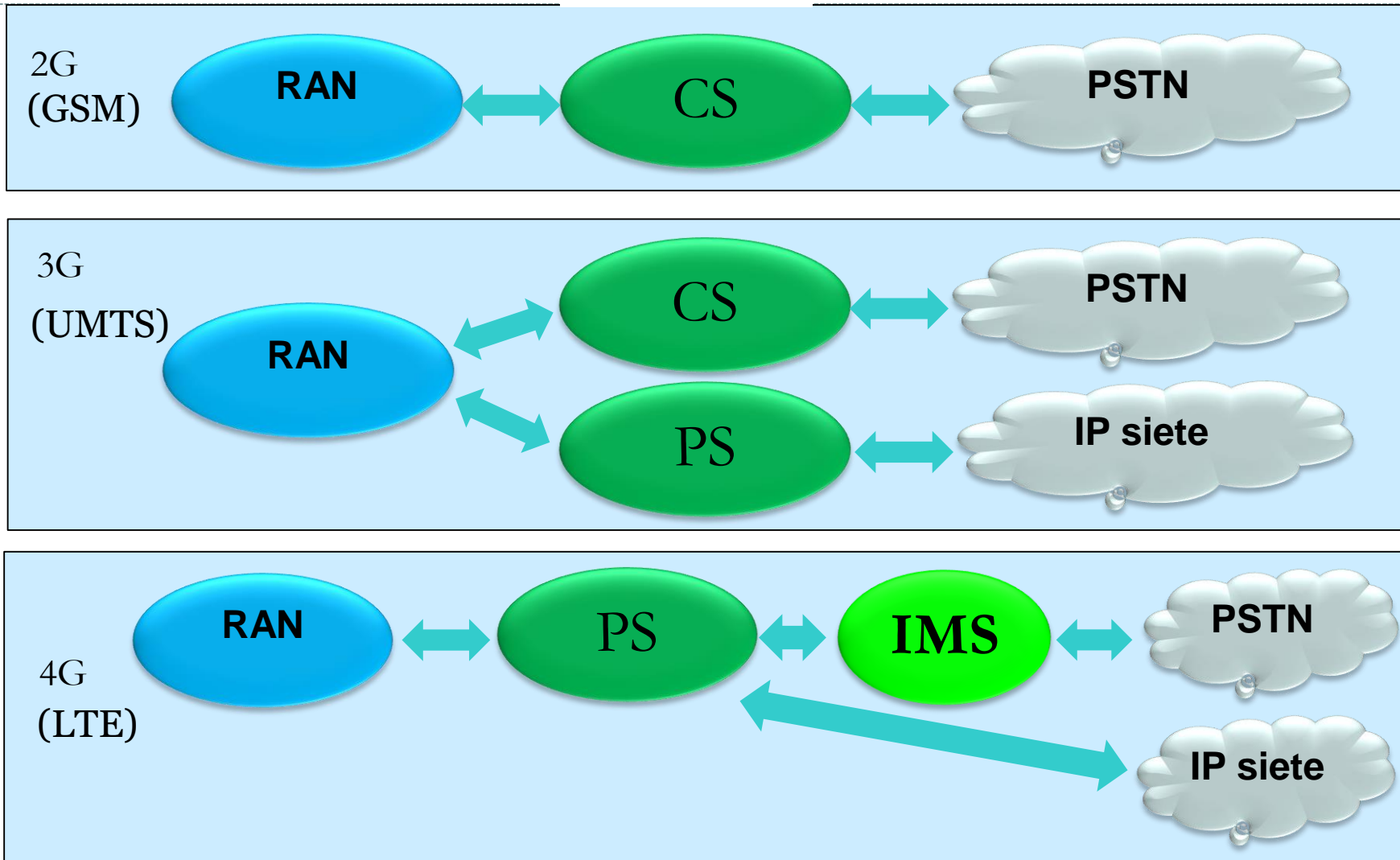
45



História vývoja CN

CS (Circuit-switched)
PS (Packet-switched)

Oporná sieť

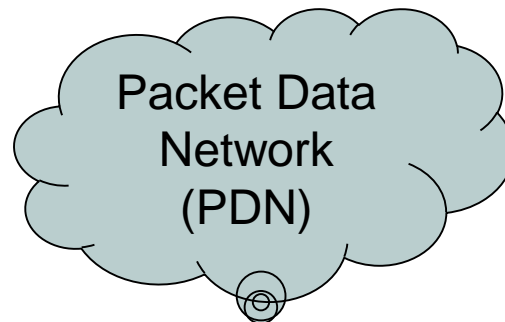


Vývoj CN po sieťach 3G



LTE

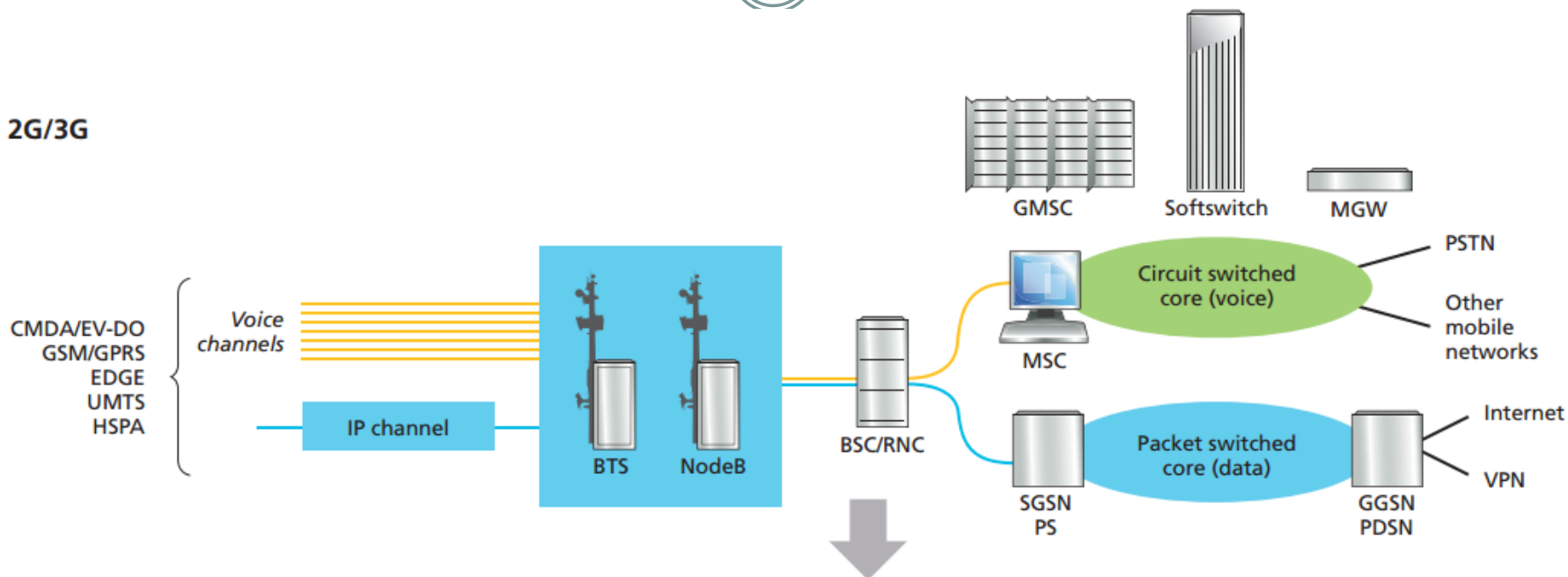
len PS služby



Vývoj CN po sieťach 3G



2G/3G



LTE

