



Základy mobilních systémů a GSM

Lekce 5

GSM

VOŠ a SPŠE Olomouc
Ing. Jiří Burda
www.mobilnisystemy.cz

Přidělené radiové zdroje I

- mobilní sítě postavené na technologii GSM mají vyhrazena frekvenční pásma:
 - **GSM 900** (klasická GSM síť na základě dokumentů Phase 1) 124 kanálů
 - Uplink 890 - 915 MHz - mobil vysílá, BTS přijímá
 - Downlink 935 - 960 MHz - BTS vysílá, mobil přijímá
 - **DCS 1800** (novější síť s vyšší kapacitou na základě dokumentů Phase 2) 374 kanálů
 - Uplink 1710 - 1785 MHz - mobil vysílá, BTS přijímá
 - Downlink 1805 - 1880 MHz - BTS vysílá, mobil přijímá
 - vzdálenost kanálů je **200 kHz**, na okrajích pásem se nechávají volná pásma
 - kanály jsou na daném území rozděleny mezi pokrývající operátory

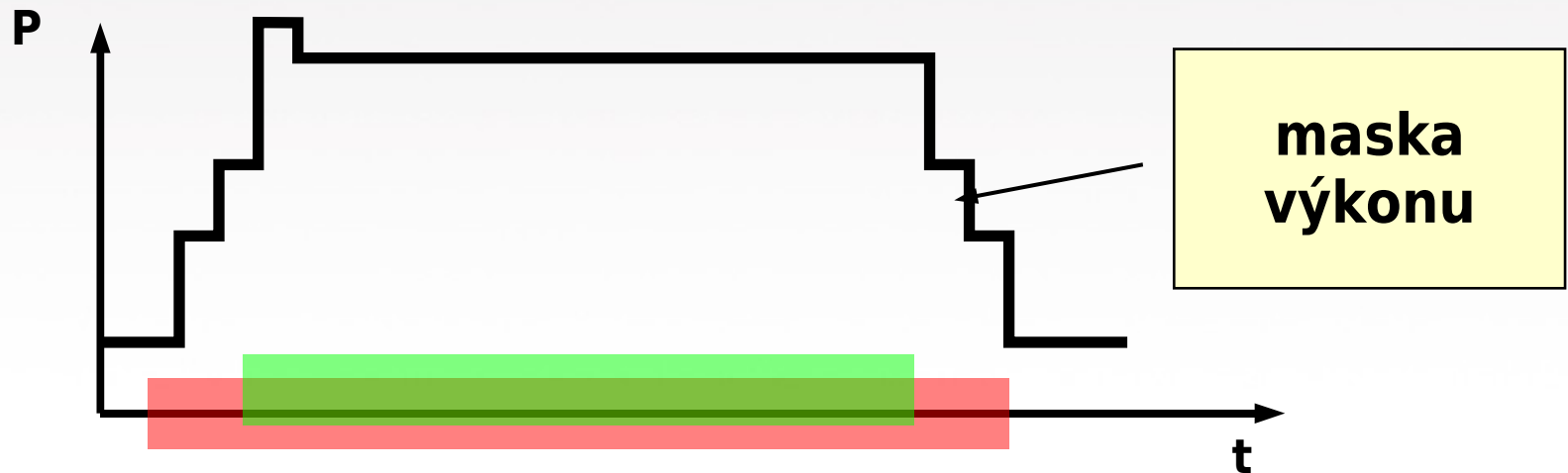
Přidělené radiové zdroje II

- některé kanály mohou být v některých zemích rezervovány pro jiné účely (v ČR například kanály 115 -124 – vojenské účely)
- vzdálenost kanálů pro uplink a downlink (duplexní odstup) – GSM: 45 MHz, DCS 95 MHz
- jednotlivé BTS využívají pouze určitou skupinu kanálů tak, aby se vzájemně nerušily se sousedními, tzv. **CA (Cell Allocation)**
- výkonové třídy vysílačů jsou pro různé třídy přístrojů definovány takto:
 - GSM - 4 třídy 8 - 0,8 W špičkového výkonu (cca 1 - 0,1 W středního výkonu)
 - DCS - 3 třídy 4 W, 1 W a 0,25 W špičkového výkonu

Pozn.: V dalším textu budou uváděny příklady většinou pro případ sítě GSM 900

Fyzická vrstva radiového rozhraní Um

- burst = 156,25 bitů – GMSK modulace
- timeslot = $3/5200\text{s} = 576,9 \mu\text{s}$
- frame (8 timeslotů) = 4,615 ms
- „nájezd“ a „dojezd“ výkonu je přesně definován, aby nedocházelo k rušení prudkými změnami



Typy burstů

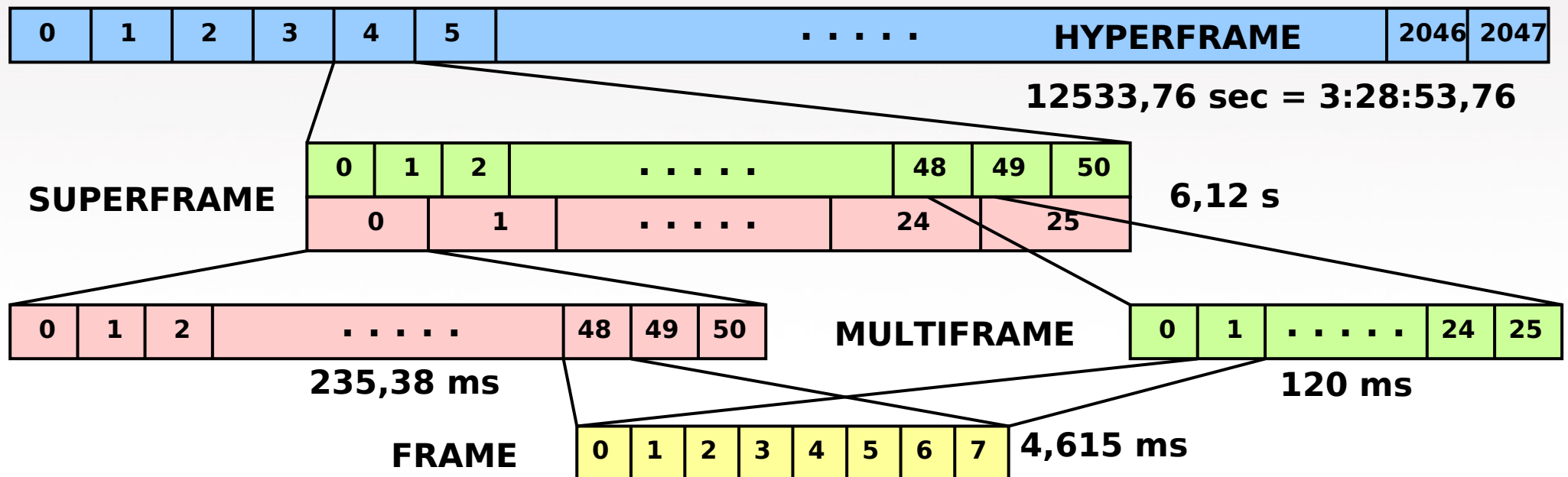
- jsou definovány 4 typy burstů s užitečnou délkou 147 b a jeden s délkou 87

normální	<table border="1"><tr><td>t</td><td>57 x data</td><td>26 x train</td><td>57 x data</td><td>t</td><td>g</td></tr></table>	t	57 x data	26 x train	57 x data	t	g
t	57 x data	26 x train	57 x data	t	g		
frekvenční korekce	<table border="1"><tr><td>t</td><td colspan="3">142 x nula</td><td>t</td><td>g</td></tr></table>	t	142 x nula			t	g
t	142 x nula			t	g		
synchronizační	<table border="1"><tr><td>t</td><td>39 x bity</td><td>64 x training</td><td>39 x bity</td><td>t</td><td>g</td></tr></table>	t	39 x bity	64 x training	39 x bity	t	g
t	39 x bity	64 x training	39 x bity	t	g		
prázdný	<table border="1"><tr><td>t</td><td colspan="3">142 x mix</td><td>t</td><td>g</td></tr></table>	t	142 x mix			t	g
t	142 x mix			t	g		
přístupový	<table border="1"><tr><td>et</td><td>41 x synchro</td><td>36 x bity</td><td>t</td><td colspan="2">68,25b guard</td></tr></table>	et	41 x synchro	36 x bity	t	68,25b guard	
et	41 x synchro	36 x bity	t	68,25b guard			

t (tail) 3 bity (nuly) a funguje jako zahájení a ukončení modulace
et (extended tail) - 8 bitů
g (guard time) - ochranná doba 8,25 bitů

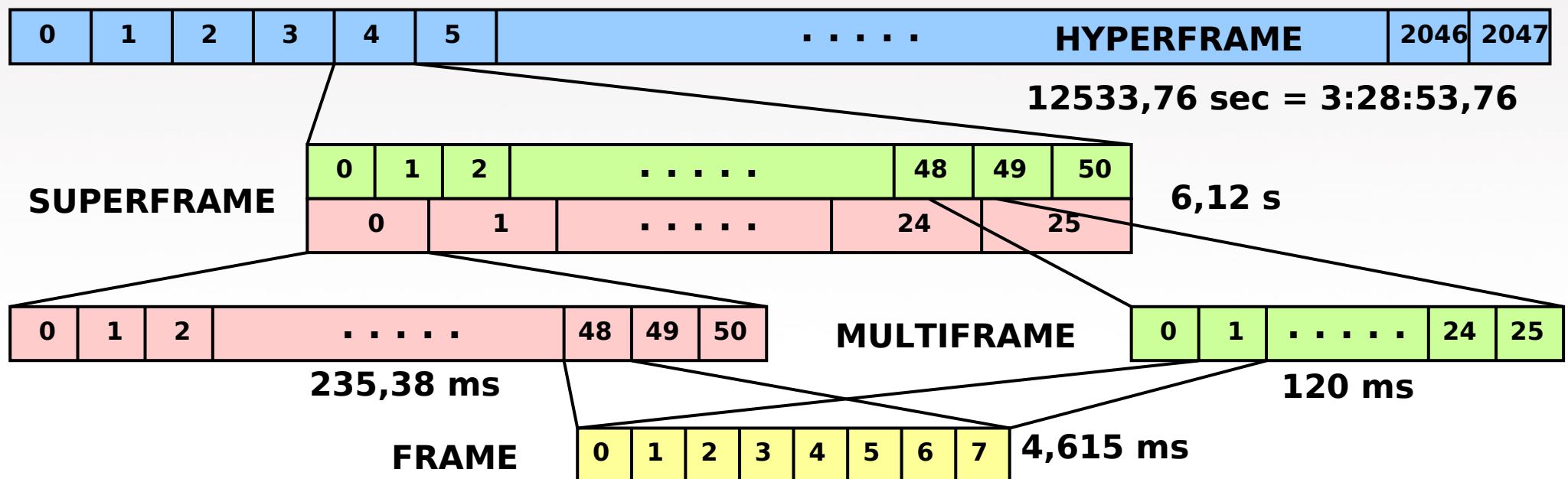
Skládání rámců (frame) I

- **frame (rámec)** se skládá z 8 slotů
- **multiframe** se skládá:
 - z 26 rámců pro přenos především hovoru (TCH) a dále logických kanálů SACCH/T a FACCH
 - z 51 rámců pro přenos logických kanálů na **beacon**: BCCH, CCCH (NCH, AGCH, PCH a RACH), SDCCH a SACCH/C



Skládání rámců (frame) II

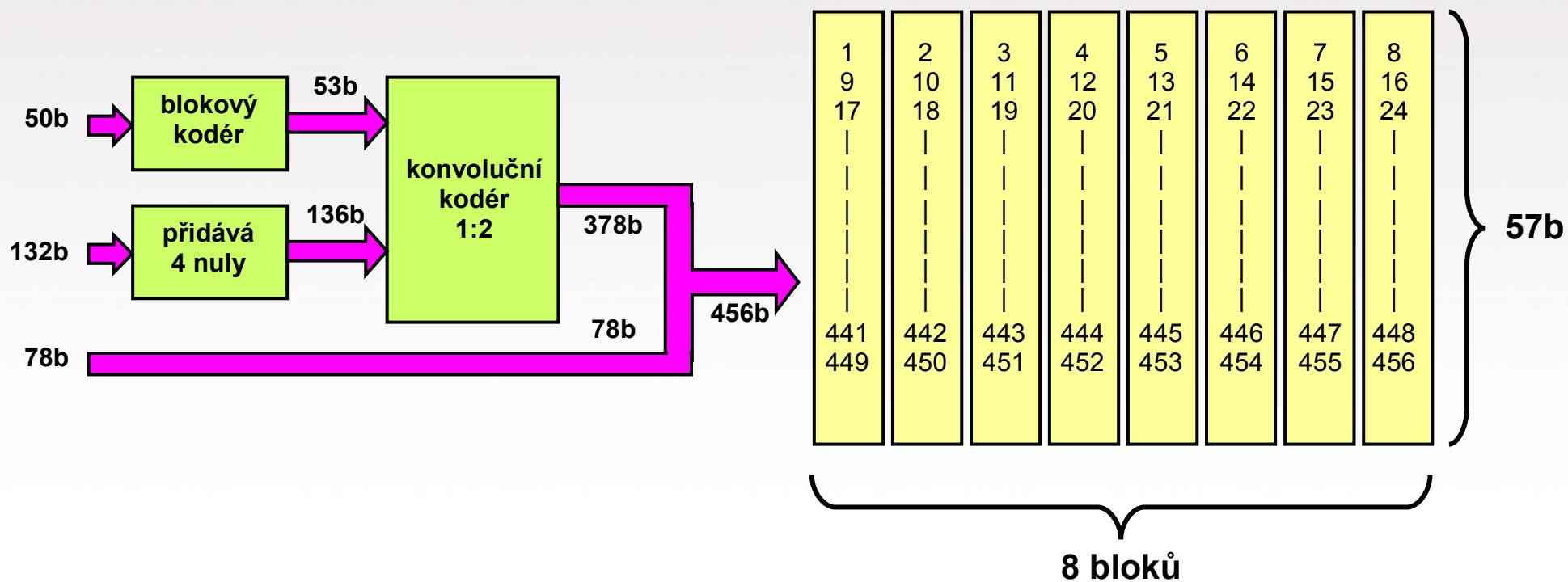
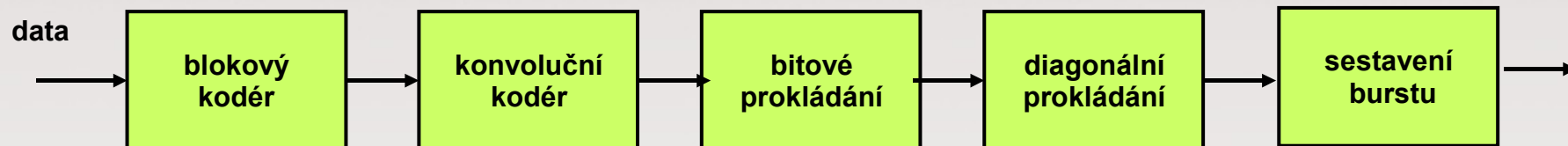
- **superframe** je složen z 51 nebo 26 multiframe jakožto nejmenší společný násobek dvou typů multiframe
- **hyperframe** se skládá z 2048 superframe t.j. celkem ze 2 715 648 frame, což je doba asi 3,5 hodiny
 - takto dlouhý rámec je nutný pouze z důvodů použitého šifrovacího algoritmu



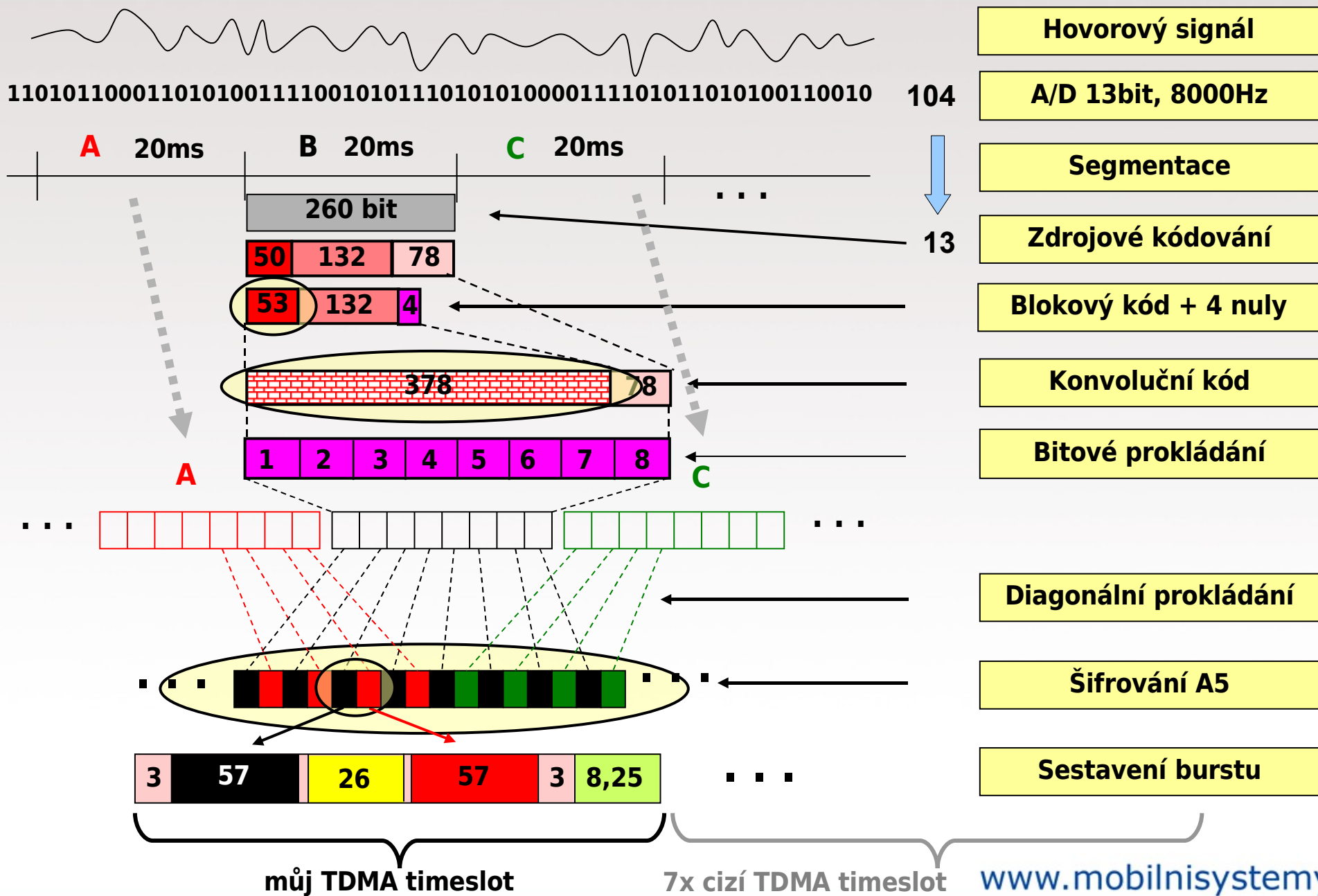
A/D převod a kódování zdroje

- prvním krokem je digitalizace A/D převodníkem, používá se 13 bitový lineární převodník se standardním vzorkováním 8 kHz (125 μ s) => datový tok: $8000 \cdot 13 = 104$ kbit/s
- datový tok je nutno kvůli radiovému přenosu přiděleným pásmem zredukovat
- k tomu je použit hybridní kodér pracující na principu modelování lidského hlasu - **vokodér**
- GSM kódování je speciálním druhem lineárního prediktivního kódování LPC
- hlasové ústrojí mění své parametry poměrně pomalu, takže pro přenos řeči stačí sledovat jeho parametry ve 20ms intervalech, výstupem je 260 bitů (**deskriptory**)
- dostáváme tedy datový tok $260 / 0,02 = 13$ kbit /s a jedná se tedy o redukci $104 / 13 = 8x$

Kanálové kódování



Od hovoru k sestavení burstu



Fyzické a logické kanály

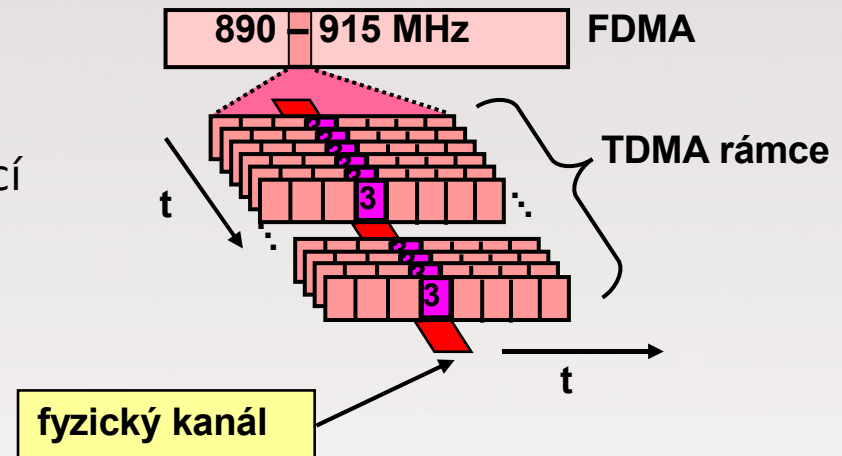
- **fyzický kanál**

- je definován jako určitý timeslot na určitém frekvenčním kanále

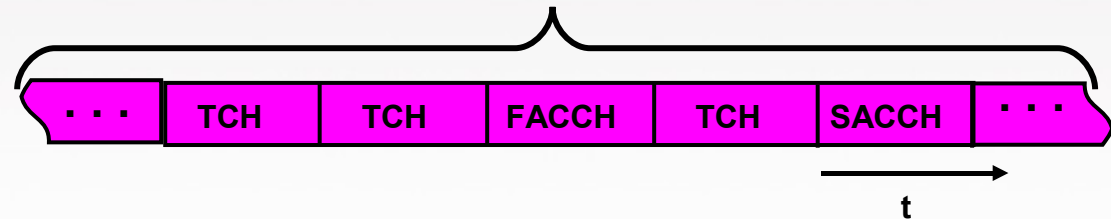
- vedle vlastního přenosu uživatelských informací je třeba přenášet poměrně velké množství různorodých signalizačních informací, které se z důvodu snadné identifikace a oddělitelnosti člení se do tzv. logických kanálů

- **logický kanál**

- vyjadřuje druh informace, která se v určitém čase přenáší prostřednictvím daného fyzického kanálu
- některé logické kanály jsou obousměrné, některé slouží jen pro směr uplink, jiné pouze pro směr downlink
- některé logické kanály se přenáší po vyhrazeném provozním fyzickém kanálu, jiné se přenáší prostřednictvím speciálního společného fyzického kanálu (tzv. **beacon channel**)
- některé logické kanály jsou aktivní po celou dobu přenosu, jiné fungují pouze v určitých fázích přenosu
- různé logické kanály používají různé typy burstů

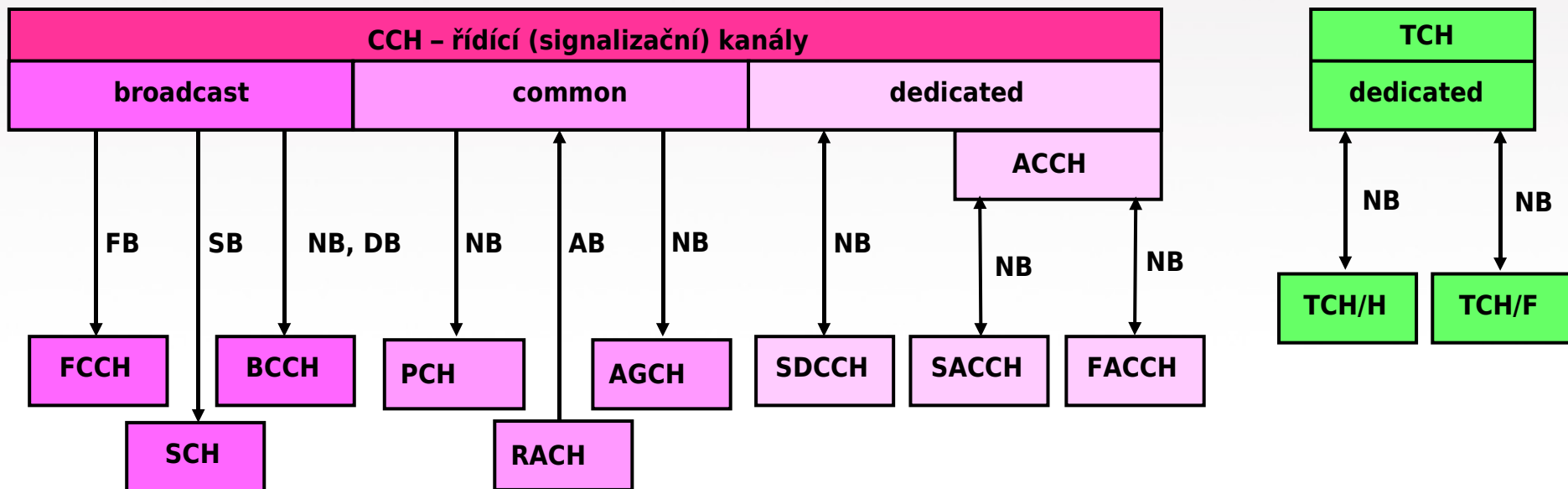


různé logické kanály přenášené na fyzickém kanále



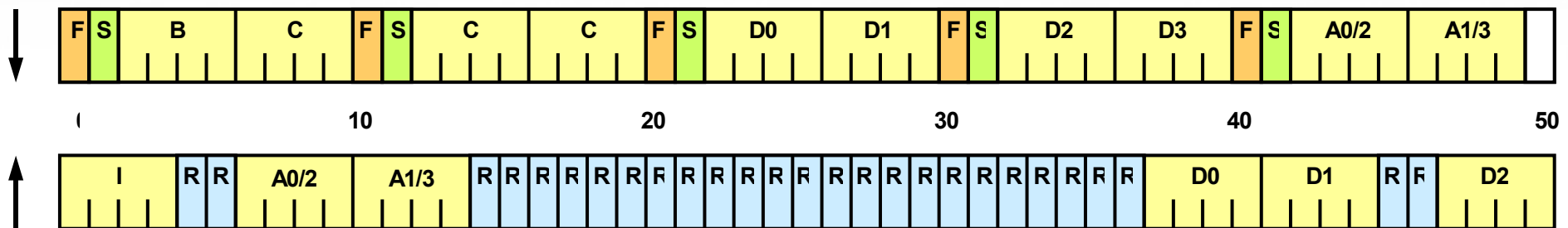
Logické kanály - rozdělení

- **provozní kanály TCH** (Traffic CHannels)
- **řídící (signalizační) kanály CCH** (Control CHannels):
 - **Broadcast BCCH**, vysílací kanály (jen downlink na beacon kanálu (C0,TN0 dané CA))
 - **Dedicated DCCH**, kanály vyhrazené konkrétní MS
 - **Common CCCH**, společné kanály pro skupinu MS v jednom TDMA rámci



Broadcast kanály BCCH

- vysílají se ve směru downlink na C0, TS0 daného CA (tzv. beacon kanál)
 - tento fyzický kanál používající 51 rámcové multirámce má v síti GSM nezastupitelnou úlohu
 - jeho vysílací výkon je neměnný a drží na maximální hodnotě dané BTS, čímž je MS umožněno právě na beaconu měření výkonu od jednotlivých BTS
 - ve svých logických kanálech vysílá data nutná pro zajištění spojení BTS - MS
- FCCH (Frequency Correction Channel) - pomocí speciální bursty umožňuje MS přesně doladit frekvence svojí VF části
- SCH (Synchronization Channel) - vysílá data nutná pro rámcovou synchronizaci (číslo rámce a jednoznačnou identifikaci operátora a dané BTS)
- BCCH (Broadcast Control Channel) - vysílá veškeré informace týkající se dané BTS potřebné pro spojení MS – BTS a kmitočty okolních BTS
- fyzický kanál odpovídající beaconu ve směru uplink je používán zejména pro logické kanály RACH a SDCCH



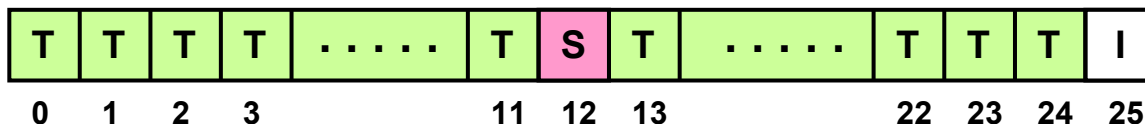
Společné řídicí kanály CCCH

- jsou fyzicky namapovány v beacon kanálu a podle okamžité potřeby slouží vybraným MS
 - používají se zejména při navazování spojení a provádění handoveru
 - identifikace, komu vysílaná data patří se děje pomocí přenášených čísel
- PCH (Paging CHannel)
 - používá se pro vyvolání MS, pokud s ní BSS chce navázat kontakt
 - všechny BTS v dané LA vysílají pomocí tohoto kanálu TMSI případně IMSI požadované MS
 - MS musí do určité doby odpovědět na PCH pomocí kanálu RACH, jinak je považována za nedostupnou
- RACH (Random Access CHannel)
 - MS tímto kanálem žádá o přístup k síti, pokud chce zahájit přenos, ať už na základě vlastního požadavku nebo na základě pagingu
 - **MS nemůže v idle stavu znát TA, proto, aby nedocházelo ke kolizím, RACH musí používat zkrácený access burst**
 - RACH se vysílá opakovaně a existují mechanismy jak obejít možné kolize s případným RACH vysílanými ve stejnou dobu jinými MS
- AGCH (Access Grant CHannel)
 - BTS tímto kanálem potvrdí nebo zamítne MS přístup k síti (odpověď na RACH)
 - pokud přístup potvrdí, přidělí MS tímto kanálem SDCCH, k přenosu další potřebné signalizace a oznámí jí platný TA

Vyhrazené řídicí kanály DCCH

- SDCCH (Standalone Dedicated Control Channel) cca 780b/s
 - používá se v situacích, kdy není přidělen žádný provozní kanál, ke kterému by se dal asociovat SACCH nebo FACCH
 - slouží například k signalizaci v době navazování spojení nebo k přenosu SMS
- SACCH (Slow Associated Control Channel) cca 390b/s
 - používá se k přenosu signalizace jakmile je aktivní některý provozní kanál
 - **time advance (TA) a regulace vysílacího výkonu**
 - **údaje naměřené MS o aktivní, ale i okolních BTS**
 - **řada dalších signalizačních zpráv**
 - SACCH je kanál využívající třináctý slot v 26 rámcovém multirámci
- FACCH (Fast Associated Control Channel) 9,2 nebo 4,6kb/s
 - pro zajištění určitých činností nestačí rychlost SACCH, proto se dočasně vytváří rychlý kanál FACCH „ukradením“ poloviny nebo celého burstu TCH
 - z tohoto důvodu jsou v normálním burstu tzv. stolen bity (na začátku a konci trénigové sekvence), které ukazují, zda byl burst „ukraden“
 - pro přenos signalizace v průběhu handoveru může využívat i access burst

Mapování logických kanálů v multirámci



T - TCH, S - SACCH, I - prázdný

Provozní kanály TCH

- přenášejí uživatelský informační tok a dělí se podle
 - rychlosti přenosu
 - TCH/F - plná 22,8 kb/s (Full rate)
 - TCH/H - poloviční 11,4 kb/s (Half rate)
 - **zde uvedená rychlost je plná rychlost daného kanálu, přenášená data se ovšem musí zabezpečit, a proto je využitelná přenosová rychlost výrazně nižší**
 - **novější Enhanced full rate (TCH/EFS) používá pouze důmyslnějšího kodeku, ale přenosová rychlost je stejná jako u full rate**
 - přenášených informací
 - S - řečový signál (Speech)
 - X,X - datový signál s přenosovou rychlostí X,X kb/s
 - jsou vždy vyhrazené a využívají spolu s asociovanými řídicími kanály (ACCH) 26ti rámcové multirámce na fyzickém TDMA slotu dané MS
 - v režimu multislots může být MS vyhrazeno více TDMA rámců pro přenos TCH, a tak zvýšena její přenosová kapacita
 - **ACCH se pak zpravidla používá jen u prvního TCH**
- příklady používaných TCH kanálů
 - přenos řeči - TCH/FS; TCH/HS; TCH/EFS
 - přenos dat - TCH/F9,6; TCH/F4,8; TCH/F2,4; TCH/H4,8; TCH/H2,4

Režim činnosti MS

- TDMA rámce pro uplink jsou na BTS o 3 sloty zpožděny za rámci pro downlink
 - aby toto na BTS platilo, musí jednotlivé MS vysílat uplink sloty s předstihem odpovídajícím jejich vzdálenosti od BTS - tzv. TA (Time Advance)
 - elektronika MS je výrazně jednodušší (nemusí současně vysílat a přijímat)
 - v mezích MS může měřit beacon kanály z okolních BTS
 - významnou roli v tom hraje prázdný rámec z 26 rámcového multiframu (TCH + SACCH používá 26, zatímco beacon používá 51 rámcový multiframe)

