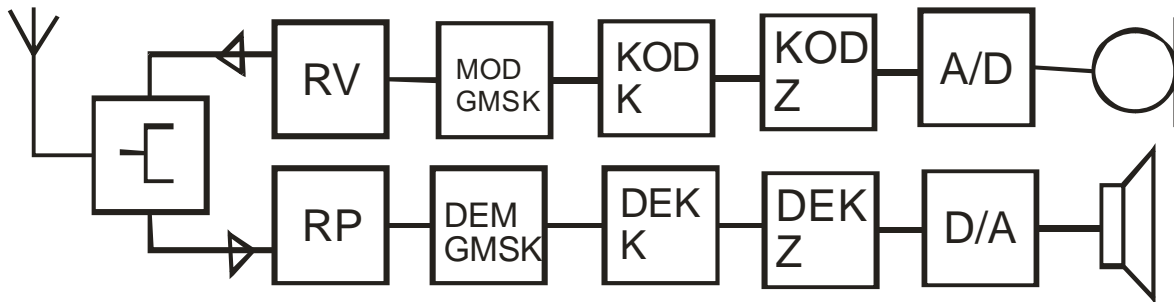


**1.Nakresli a vysvětli schéma mobilního telefonu.**



- 2.Jaká vzorkovací frekvence je použita?
- 3.Jaký typ kvantování je použit?
- 4.Jaký jiný typ kvantování znáš?
- 5.Kolik hladin je použito při kvantování?
- 6.Kolika bitové číslo obdrží jeden vzorek?
- 7.Jaká je přenosová rychlost na výstupu A/D převodníku?
- 8.Jaká přenosová rychlost je na výstupu bloku KOD-Z?
- 9.Co se děje se signálem v bloku KOD-Z?
- 10.Z jakých podbloků se skládá blok KOD-K ve směru vysílacím?
11. Z jakých podbloků se skládá blok KOD-K ve směru přijímacím?
- 12.Který podblok bloku KOD-K je utčen k minimalizaci zkreslení během přenosu?
- 13.Vysvětli princip prokládání signálu.
- 14.Proč se šifruje signál?
- 15.Nakresli signál FSK(frekvenční klíčování)
- 16.Co je zkratka GSMK?
- 17.Co je FDMA co TDMA?
- 18.Co je FDD?
- 19.Co je SIM?
20. Jakými přístupovými kódy je karta chráněna?

**21.Co je IMSI?**

**22.Co je prozatimní identifikační číslo (TMSI)?**

**23.Jaké kmitočty jsou u GSM900 použity pro uplink,jaké pro downlink?**

**24.Z jakých tří základních podsystémů se skládá celý systém GSM?**

**25.Co je označováno zkratkou PSTN? Česky!!**

**26.Co je to Handover**

**27.Jaké výkony dělí mobilní stanice do výkonových tříd. Která třída se používá nejčastěji ?**

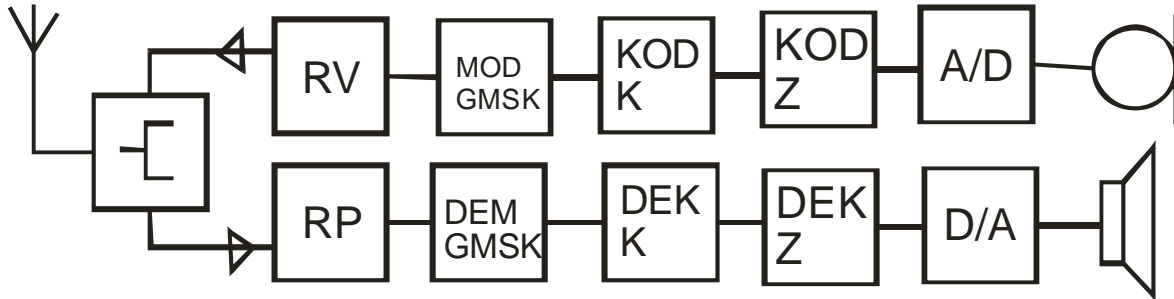
**28.Co je to simplexní, poloduplexní a duplexní přenos ?**

**29.Co je to interferenční zóna ?**

**30.Co je to sektorizace ?**

## Vypracování testu z kapitoly mobilní komunikace.

### 1.Nakresli a vysvětli schéma mobilního telefonu.



Hovorový signál ve frekvenčním pásmu 300Hz až 3400 Hz je v převodníku A/D převeden do digitální formy. Podle vzorkovacího teorému je vzorkovací kmitočet  $f_{vz} = 2 \cdot f_m$ , má být minimálně dvojnásobkem nejvyššího přenášeného kmitočtu. Je tedy volena vzorkovací frekvence 8 kHz. Při vzorkování se používá lineárního kvantování, to znamená, že všechny kvantovací hladiny jsou stejně široké. Je možné také použít nelineární kvantování, kde hladiny mají různou šířku. Při použití 13 bitového vzorkování je použito  $2^{13} = 8192$  kvantovacích úrovní.

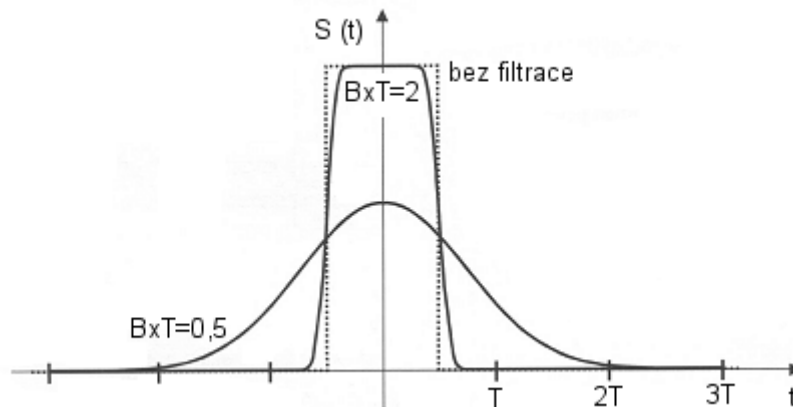
V kodéru zdroje dochází ke snížení datového toku:

Přenosová rychlost vyjádřená jako bitová rychlost je tedy  $v_p = 8000 \cdot 13 = 104 \text{ kbit/s}$   
-za předpokladu, že 1 kbit = 1024 bitů platí, že 104 kbitů = 106496 bitů

Procesem kódování, odstraněním nadbytečných ( redundantních ) informací se dosáhne snížení přenosové rychlosti na 13 kbit/s.

13 kbit = 13 . 1024 bitů = 13 312 bitů/ s přesněji 13 000 bitů/s a to je 260 bit/20 ms  
Současně dochází v obvodu kodéru zdroje k odstranění nadbytečných kmitočtů, které jsou obsaženy v řeči, ale nejsou nutné k rekonstrukci hovorového signálu, vzhledem k jeho srozumitelnosti. Takto upravený signál prochází do kodéru kanálu, kde dochází k jeho kódování, prokládání a šifrování.

Následně je digitální signál modulován s využitím **Gausovské modulace s minimálním zdvihem GMSK**. Zakódovaný digitální modulační signál se přivádí do modulátoru vysílače, kde se jím moduluje nosná vlna. Pro radiotelefonní systém GSM byla jako nejvhodnější modulační metoda vybrána gaussovská modulace s minimálním zdvihem, značená zkratkou **GMSK** (Gaussian Minimum Shift Keying). Jedná se o upravenou variantu modulace MSK. Signál modulovaný metodou MSK zaujímá relativně malé kmitočtové pásmo, zůstává však nepříjemně vyzařování do sousedních pásem, které lze odstranit filtrací. Provádí se tedy předfiltrace datového signálu pomocí gaussovské dolní propusti, odtud pochází název této modulace. Protože časový průběh filtrovaného signálu neobsahuje skokové změny, nemění se skokově ani vysílaný kmitočet. U této modulace je důležitý modulační index ( $B \times T$ ), což je součin šířky pásma gaussovské propusti a doby trvání bitu. Pro malé hodnoty modulačního indexu klesají postranní laloky ale roste mezisymbolová interference, pro velké hodnoty je tomu naopak.



U systému GSM je použita GMSK s filtrací modulačního signálu gaussovskou dolní propustí s relativní šířkou pásma  $B \times T = 0,3$ .

### Frekvenční skoky nosné vlny

Dvě sousední nosné vlny mají v systému GSM odstup 200 kHz, přičemž každá z nich přenáší 8 nezávislých účastnických kanálů sdružených metodou TDMA. Jeden kanál však nevyužívá v průběhu hovoru jednu a tutéž frekvenci, ale v určitých časových intervalech "přeskakuje" mezi více nosnými frekvencemi. Systém GSM tedy používá pomalé frekvenční skoky **SFH** (Slow Frequency Hopping). Pomalé frekvenční skoky tak přinášejí dvě hlavní výhody.

1. Frekvenční diverzita: Pomáhá redukovat ztráty rádiového spojení v oblastech s rychlým Rayleighovým únikem.
2. Interferenční diverzita: Zvyšuje účinnost metody opětovného využití frekvencí rádiových kanálů.

Dále je signál přiveden do obvodů vysílače a je vysílán k základnové stanici.

Systém GSM má vyhrazena dvě rádiová pásma o šířce  $2 \times 25$  MHz. **Pro vzestupnou trasu (vysílají mobilní stanice) je to 890-915 MHz a pro trasu sestupnou (vysílají základnové stanice) je to 935-960 MHz.** Systém poskytuje plně duplexní provoz ve formě frekvenčního duplexu FDD s duplexním odstupem 45 MHz. Nosné vlny mají vzájemný odstup 200 kHz, takže v pásmu 25 MHz je jich celkem 125. Kanál č. 0 je oddělovací a nepoužívá se pro přenos hovorů, využitelných je tedy 124 duplexních kanálů. Každá dvojice uplink/downlink je potom označena absolutním číslem rádiového frekvenčního kanálu ARFCN (Absolute Radio Frequency Channel Number). U systému GSM nabývá ARFCN hodnot 1-124. Kapacita frekvenčního pásma v oblasti 900 MHz se ukázala nedostačující a proto bylo rozhodnuto o použití dalších kmitočtových pásem. Vznikl tak systém nazývaný **GSM 1800 (DCS 1800)**, který je založen na standardech GSM a je koncipován pro nasazení v buňkách malých rozměrů.

Na přijímací straně je signál zpracován v podstatě inverzním způsobem

## 2.Jaká vzorkovací frekvence je použita?

Jak bylo řečeno v předchozí odpovědi, používá se v systému GSM vzorkovací frekvence 8 kHz, což je o něco více než dvojnásobek nejvyššího přenášeného hovorového kmitočtu 3400 Hz

## 3.Jaký typ kvantování je použit?

V systému se používá lineární kvantování, všechny kvantovací úrovně mají stejnou šířku.

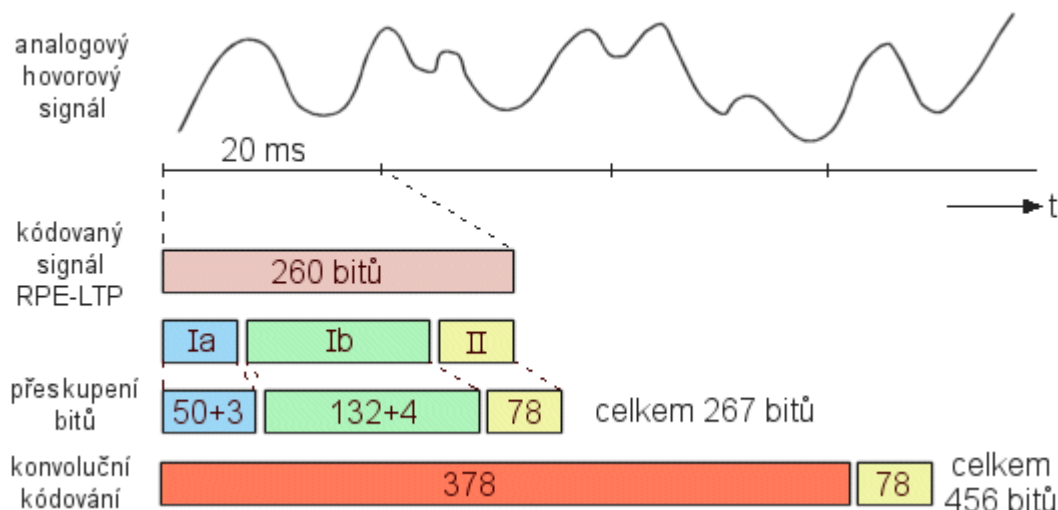
## 4.Jaký jiný typ kvantování znáš?

Existuje také systém nelineárního kvantování, při kterém jsou šířky kvantizačních úrovní různě široké.

## 5.Kolik hladin je použito při kvantování?

Při použití 13 bitového vzorkování bude pro převod analogového signálu využito  $2^{13} = 8192$  kvantovacích hladin. Ve skutečnosti se však u moderních systémů GSM využívá metoda dále popsaná:

Analogový elektroakustický signál je v kodéru vysílače členěn do časových segmentů o délce 20 ms což odpovídá kmitočtu snímání 50Hz. Procesem kódování jsou potom jednotlivé segmenty převedeny na digitální hovorové rámce po 260 bitech, čemuž odpovídá přenosová rychlost  $260/0,02 = 260 \cdot 50 = 13$  kbit/s. Každý rámec obsahuje 188 bitů tzv. excitačního signálu, z něhož se v dekodéru přijímač rekonstruuje požadovaný výstupní signál. Dále je zde  $2 \times 36 = 72$  bitů, reprezentujících koeficienty digitálních filtrů. Tyto bity jsou dále přeskupeny a uspořádány do skupin vhodných pro následující ochranné kanálové kódování. Při tomto procesu se přihlíží k významu jednotlivých bitů pro zajištění dostatečné kvality přenosu hovorových signálů.



Z původních 260 bitů se použije nejprve prvních (co se důležitosti týče) 50 bitů typu  $I_a$  a ty jsou zabezpečeny kódem CRC (jsou přidány 3 kontrolní bity). Následujících 132 bitů typu  $I_b$  je doplněno o 4 nulové bity a vytvoří se tak blok bitů typu I o 189 bitech. Tento blok je poté podroben konvolučnímu kódování (rychlost 1/2, omezovací délka  $K=5$ ), čímž získáme 378

bitů, které jsou dále sloučeny se zbývajících 78 nejméně důležitými bity typu II, které se protichybově nekódují. Výsledný blok má pak délku 456 bitů a odpovídá časovému segmentu 20 ms. Ochranným kódováním se tak zvyšuje přenosová rychlost zakódovaného signálu z původních 13 kbit/s na  $456/0,02=22,8$  kbit/s.

### 6.Kolika bitové číslo obdrží jeden vzorek?

Při použití 13 bitového vzorkování tvoří jeden vzorek 13 bitové slovo

### 7.Jaká je přenosová rychlost na výstupu A/D převodníku?

V případě základního modelu s použitím 13 bitového vzorku a frekvencí vzorkování 8 kHz bude přenosová rychlost na výstupu A/D převodníku 104 kb/s; tj. 8 000 vzorků . 13 bitů

### 8.Jaká přenosová rychlost je na výstupu bloku KOD-Z?

Procesem kódování, odstraněním nadbytečných ( redundantních ) informací se dosáhne snížení přenosové rychlosti na 13 kbit/s.

-tedy  $13 \text{ kbit} = 13 \cdot 1024 \text{ bitů} = 13\,312 \text{ bitů/s}$  přesněji  $13\,000 \text{ bitů/s}$  a to je 260 bit/20 ms

Každý hovorový rámeček se pak dělí na 188 bitů signálových, ze kterých se pak v přijímači rekonstruuje původní signál

a dále  $2 \times 36 \text{ bitů} = 72 \text{ bitů}$  pro koeficienty digitálních filtrů LTP a LTC

$$188 \text{ bitů} + 72 \text{ bitů} = 260 \text{ bitů}$$

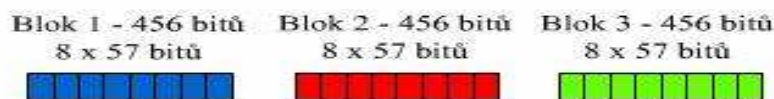
### 9.Co se děje se signálem v bloku KOD-Z?

Současně dochází v obvodu kodéru zdroje k odstranění nadbytečných kmitočtů, které jsou obsaženy v řeči, ale nejsou nutné k rekonstrukci hovorového signálu, vzhledem k jeho srozumitelnosti.

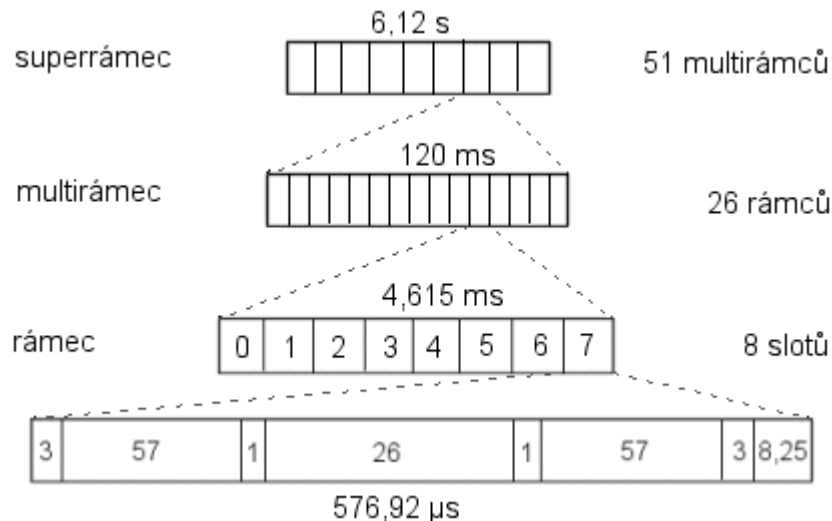
### 10.Z jakých podbloků se skládá blok KOD-K ve směru vysílacím?

V kodéru kanálu KOD-K dochází ke kódování kanálu, k prokládání a šifrování

Pro dosažení co nejvyšší odolnosti systému GSM vůči rušivému působení shluků chyb je kanálové konvoluční kódování doplněno ještě tzv. diagonálním prokládáním (interleaving). Každý bitový blok o délce 456 (viz. otázka č.5 )bitů vytvořený při předchozím kanálovém kódování, je rozdělen na 8 skupin po 57 bitech. Ty jsou poté metodou diagonálního prokládání proloženy s posledními čtyřmi skupinami z předchozího bloku a prvními čtyřmi skupinami z bloku následujícího. V takto upraveném signálu již dvě sousední skupiny 57 bitů nenáleží jedinému, ale dvěma různým blokům.



Dvě sousední bitové skupiny délky 2 x 57 bitů se označují termínem burst. Po doplnění tréninkové sekvence, využívané pro účely ekvalizace, a několika dalších pomocných bitů mají bursty dobu trvání 0,577 ms, což je doba trvání jednoho časového intervalu. Takto upravený burst se nazývá normální burst a je základní jednotkou přenosu v systému GSM. Prokládání má velký význam v tom, že je při přenosu změněno pořadí bitových skupin a dojde-li tedy v průběhu přenosu k typickému shluku chyb, budou postižené bity náležet do různých bitových skupin. Po inverzní operaci v přijímači se tak získá signál, u něhož chybně přenesené bity nesousedí a shluk chyb je tak převeden na rozptýlené osamocené chyby, které nejsou již tolik závažné a je možno je korigovat konvolučním dekodérem.



Kompletní normální burst je situován do časového intervalu o délce 0,577 ms. Obsahuje celkem 2 skupiny po 57 bitech, nesoucí vlastní informaci a dále tréninkovou ekvalizační sekvenci o 26 bitech. Typ ekvalizéru není specifikací GSM pevně stanoven – jeho provedení záleží na výrobci mobilní stanice. Zbytek burstu je tvořen 6 okrajovými bity, dva kontrolní bity a 8,25 bitů ochranných. Takto vytvořený burst má délku 156,25 bitů a dobu trvání 0,577 ms. Spojením 8 burstů se vytváří časový rámeček TDMA o době trvání 4,615 ms. Dalším spojením 26 časových rámečků TDMA vzniká jeden multirámec, spojením 51 multirámců vznikne superrámec a nejvýše v této hierarchii stojí hyperrámec.

### 11. Z jakých podbloků se skládá blok DEK -K ve směru přijímání?

Ve směru příjmu dochází k opačnému procesu než ve směru vysílání. V dekodéru kanálu tedy dochází k dešifrování, restituci prokládání a dekódování, přijatého signálu.

### 12. Který podblok bloku KOD-K je utčen k minimalizaci zkreslení během přenosu?

Minimalizace zkreslení- výpadku datových bitů – se zabrání kódováním

### 13. Vysvětli princip prokládání signálu.

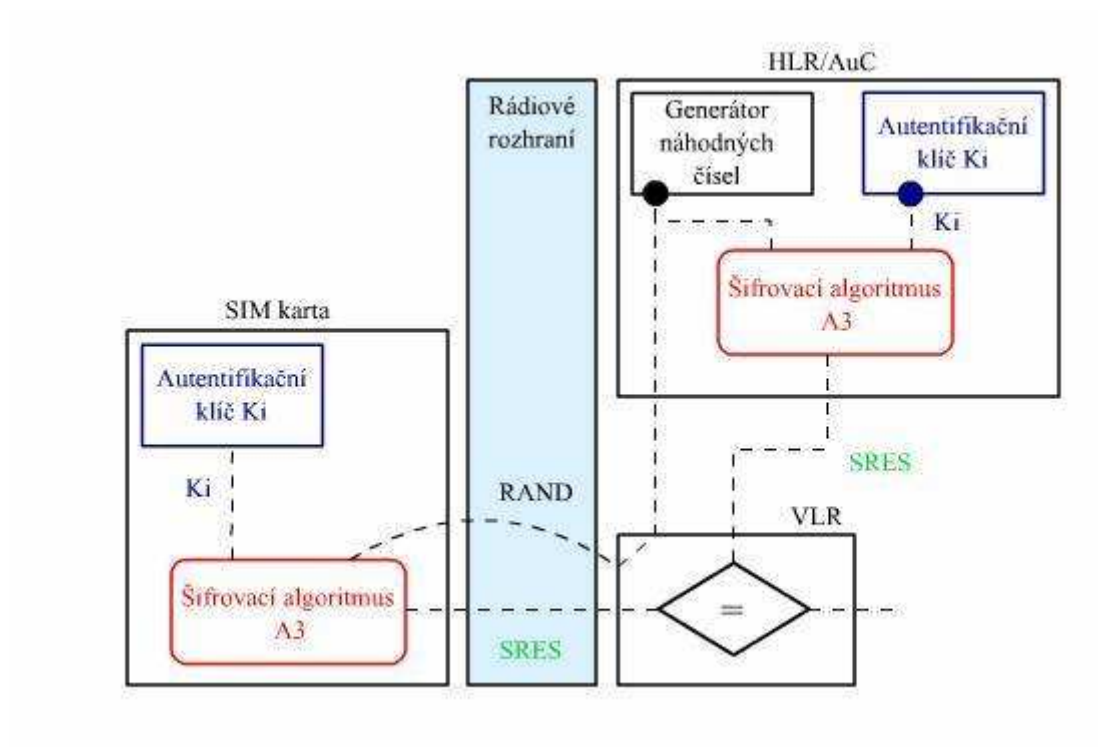
Posloupnost bitů je rozdělena na pakety, které jsou současně prokládány (proházeny). Tím se vyloučí vznik shlukových chybových bitů. Ostatní viz. ot.č.10



#### 14.Proč se šifruje signál?

Při přenosu digitálního signálu je nutné ošetřit přenos proti možnému odposlechu. Proto je signál šifrován

Šifrování probíhá tak, že je na základě klíče (kombinace znaků) pomocí šifrovacího algoritmu vygenerována bitová posloupnost. Tato šifrovací posloupnost se pak přičítá k přenášené bitové posloupnosti. Proces šifrování v systému GSM je popsán následujícím obrázkem.



V registru HLR (AuC) je vygenerováno náhodné číslo RAND. Na základě tohoto čísla je pak s pomocí autentifikačního klíče  $K_i$  podle šifrovacího algoritmu A8 vygenerován šifrovací klíč  $K_c$  (zároveň je pomocí algoritmu A3 spočítána odezva SRES - viz. autentikace). Tato trojice (RAND - 128 bitů, SRES - 32 bitů a  $K_c$  - 64 bitů) je předána do registru VLR, kde je po dobu spojení uchována. Registr VLR dále přepoše náhodné číslo RAND mobilní stanici, která v SIM kartě na základě znalosti  $K_i$  a algoritmu A8 vygeneruje šifrovací klíč  $K_c$ . Šifrovací posloupnost, kterou k přenášeným datům přičítáme, je generována pomocí algoritmu A5. Vstupními údaji pro tento algoritmus je šifrovací klíč  $K_c$  (64 bitů, generovaný zvlášť pro každé spojení) a číslo TDMA rámce (22 bitů měnících se každých 4,615 ms). Šifrovací algoritmus již není z důvodu dostatečné výpočetní kapacity a rychlosti uložen na SIM kartě, ale je implementován přímo v mobilní stanici. Pokud během hovoru dojde k handoveru, šifrovací klíč  $K_c$  se nemění. Ani při šifrování tedy nedochází k přenosu žádného klíče a rádiovým rozhraním jsou přenášena pouze náhodná čísla RAND a šifrovaná data.

Algoritmy A3 a A8 nejsou specifikovány v doporučení, ale GSM MoU (Memorandum of Understanding) a je zde ponechána určitá volnost, ponechávající možnost domluvy mezi provozovatelem sítě a výrobcem SIM karet.

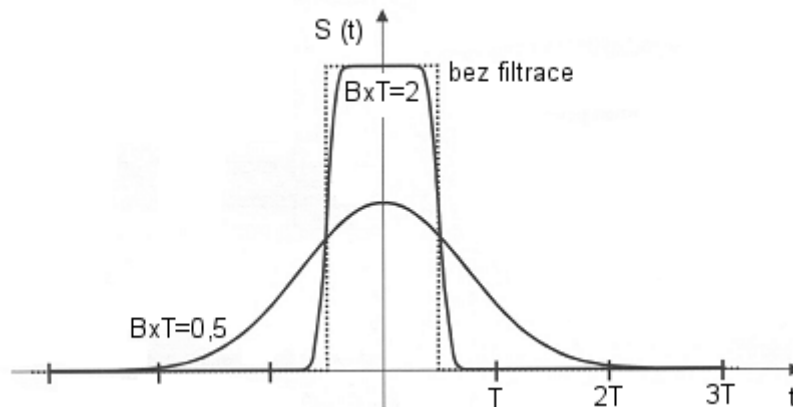


### 15. Nakresli signál FSK (frekvenční klíčování)

Princip frekvenčního klíčování FSK je založen na změně kmitočtu nosné vlny při přechodu signálu z úrovně log. „1“ do log. „0“. Současně se změnou kmitočtu dochází i ke změně fáze o  $180^\circ$ .

### 16. Co je zkratka GMSK?

Pro radiotelefonní systém GSM byla jako nejvhodnější modulační metoda vybrána gaussovská modulace s minimálním zdvihem, značená zkratkou **GMSK** (Gaussian Minimum Shift Keying). Jedná se o upravenou variantu modulace MSK.

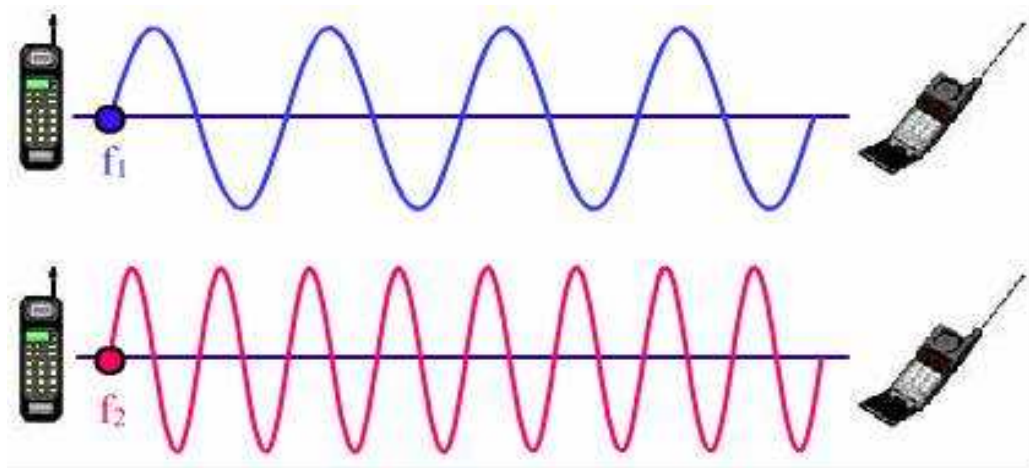


Dále viz. ot.č.1

### 17. Co je FDMA co TDMA?

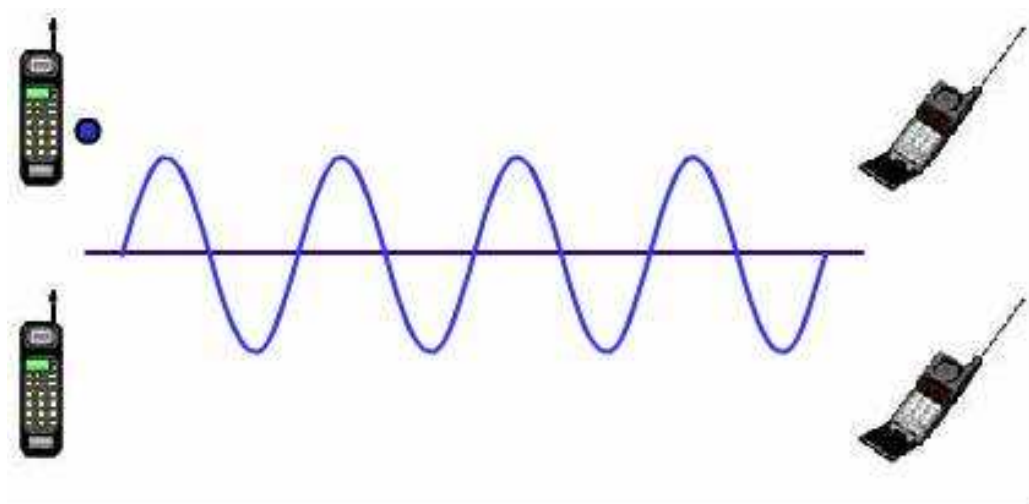
**Vícenásobný přístup s kmitočtovým dělením, FDMA** (Frequency Division Multiple Access)

Tato metoda spočívá v tom, že dané pásmo rozdělíme na subpásma, kterým jsou dále přiřazeny jednotlivé kanály (kmitočty). Jednotliví účastníci tak komunikují na různých kmitočtech. Tento princip je využíván například u analogových celulárních systémů pro mobilní komunikaci.



### Vícenásobný přístup s časovým dělením, TDMA (Time Division Multiple Access)

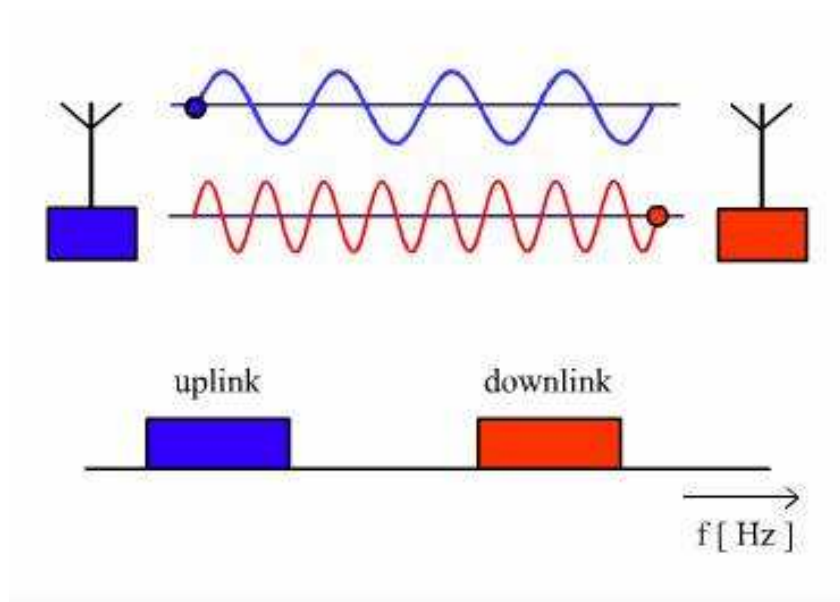
Jedná se o přístupovou metodu použitelnou pouze v digitálních systémech. V daném frekvenčním pásmu jsou vytvořeny časové úseky (intervaly, sloty) a ty jsou poté přidělovány jednotlivým uživatelům pomocí časového multiplexu. Skupina takovýchto intervalů příslušejících různým účastníkům se nazývá rámeček.



Nevýhodou této metody je omezený dosah. Ten je způsoben různou dobou šíření rádiového signálu od různě vzdálených uživatelů, a například u systému DECT je tímto problémem omezen dosah na 7,5 km. Omezení tohoto mechanismu lze řešit měřením a kompenzací doby šíření signálu mezi základnovou stanicí a mobilní stanicí, tzn. vysláním mobilní stanice v předstihu, aby na přijímací straně nedocházelo k časové kolizi se signály jiných stanic. Tento mechanismus je implementován například v systému GSM, kde je za tímto účelem použit parametr TA (Timing Advance) a dosah u tohoto systému je 35 km.

## 18.Co je FDD?

Pro bezdrátovou účastnickou komunikaci se ve většině případů vyžaduje duplexní přenos. Nejčastěji se používá pro každý směr přenosu rozdílného frekvenčního pásma a příslušná metoda je označována **FDD** (Frequency Division Duplex). Tato technika je používána pro analogové systémy nebo digitální systémy s větším dosahem (NMT, GSM).



V některých případech se oba kanály příslušející jednomu okruhu rozlišují na základě časového duplexu, to znamená, že komunikace probíhá na jednom kmitočtu a dopřednému kanálu je přiřazen jeden časový interval, zpětnému pak jiný časový interval. Tento princip je nazýván **TDD** (Time Division Duplex) a je používán především pro systémy s malým dosahem, například pro bezšňůrové telefony (DECT)

## 19.Co je SIM?

**Karta SIM (Subscriber Identification Module)** je nutnou součástí mobilní stanice a ta je bez této karty nepoužitelná (s výjimkou tísňového volání 112). V obvodech této karty jsou uloženy specifické údaje o právoplatném majiteli karty, dále jeho čtyřmístné identifikační číslo PIN (Personal Identification Number) a neměnné identifikační číslo PUK (Personal Unblocking Key). Hlavním smyslem SIM karty je ověření a identifikace uživatele a služeb jemu přístupných. Karta je přenosná a lze ji použít s libovolným mobilním telefonem. SIM dále uchovává následující údaje :

- IMSI (International Mobile Subscriber Identity)
- Autentikační klíč (Ki)
- Šifrovací klíč (Kc)

Nerecenzovaný studijní text pro potřebu výuky v předmětu elektronika na SOŠ a SOU  
Hradební 1029, Hradec Králové  
Vytvořil Ing. Jáchym Vacek

použitá literatura: Tomáš Richter, ČVUT Praha, Bezděk Elektronika III

- TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity)
- LAI (Location Area Identity)

## 20. Jakými přístupovými kódy je karta chráněna?

Pomocí čtyřmístného identifikačního čísla PIN, PIN 2 a neměnného identifikačního čísla PUK, PUK2.

## 21.Co je IMSI?

Je to identifikační číslo účastníka.

Subsystem NSS realizuje celou řadu specifických úloh, spojených s mobilitou účastníků. Součástí každé sítě GSM je domovský lokační registr HLR, což je v podstatě hlavní databáze, ve které jsou uložena veškerá důležitá data o uživatelích sítě. Obsahuje důležitá čísla IMSI (**International Mobile Subscriber Identity**), MSISDN (Mobile Subscriber ISDN Number), zpřístupněné služby a dále například údaje týkající se polohy uživatele. Mobilní zařízení jej jednoznačně identifikováno pomocí čísla IMEI (International Mobile Equipment Identity), uloženého v její paměti.

## 22.Co je prozatimní identifikační číslo (TMSI)?

TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) . Je to číslo, které je přiděleno mobilní stanici MS po spojení s MSC, zajišťuje anonymitu a po přechodu do jiné MSC je stanici přiděleno jiné TMSI

## 23.Jaké kmitočty jsou u GSM900 použity pro uplink,jaké pro downlink?

Systém GSM900 má vyhrazena dvě rádiová pásma o šířce 2x25 MHz. **Pro vzestupnou trasu uplink (vysílají mobilní stanice ) je to 890-915 MHz a pro trasu sestupnou downlink (vysílají základnové stanice) je to 935-960 MHz.**

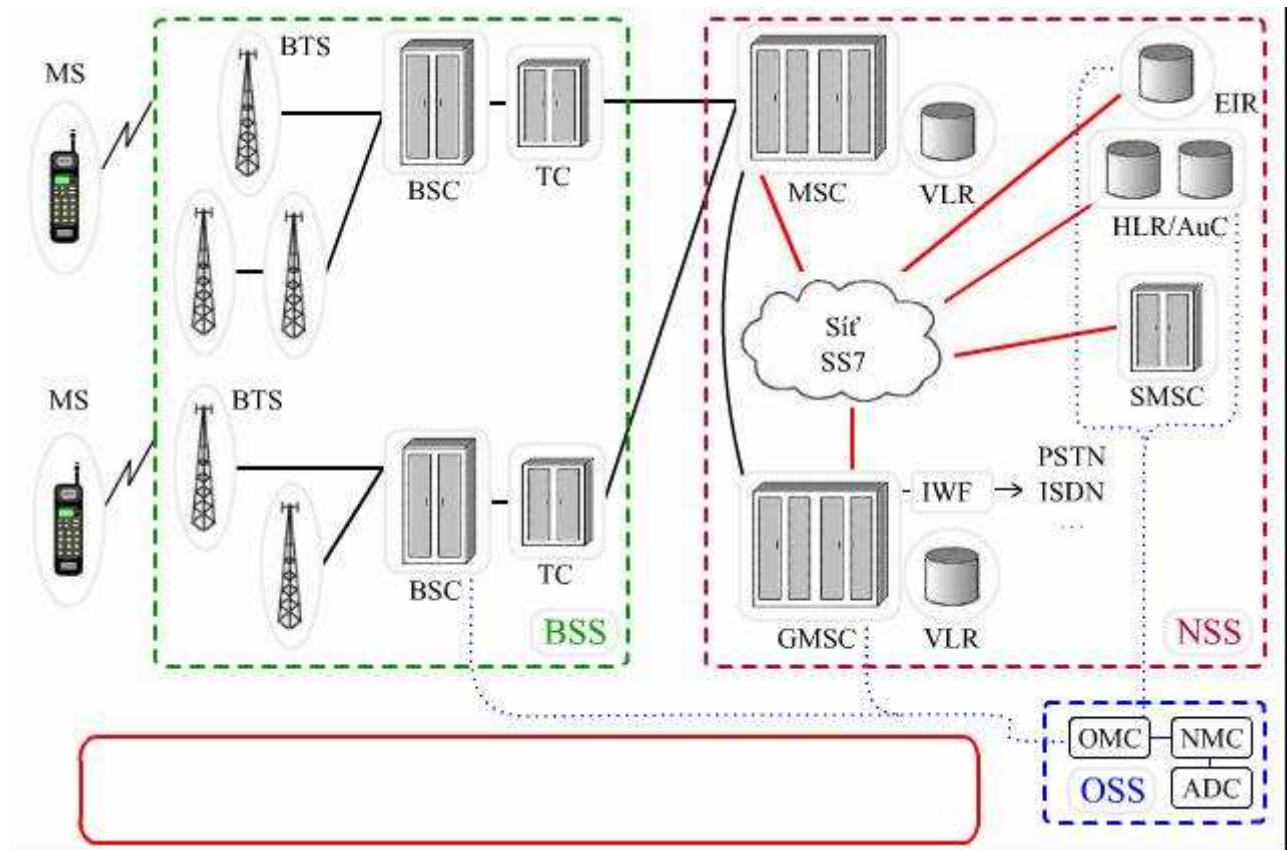
## 24.Z jakých tří základních podsystémů se skládá celý systém GSM?

Na následující obrázku je ve formě tzv. síťového (blokového) schématu znázorněna celková struktura systému GSM. Zobrazený systém je rozdělen na **tři subsystemy** a jsou zde uvedeny i významy jednotlivých zkratk.

BSS – subsystem základnových stanic

NSS – subsystem síťový, spojovací, má podobnou funkci jak telefonní ústředna

OSS – operační subsystem, zabezpečuje provoz výše zmíněných subsystemů



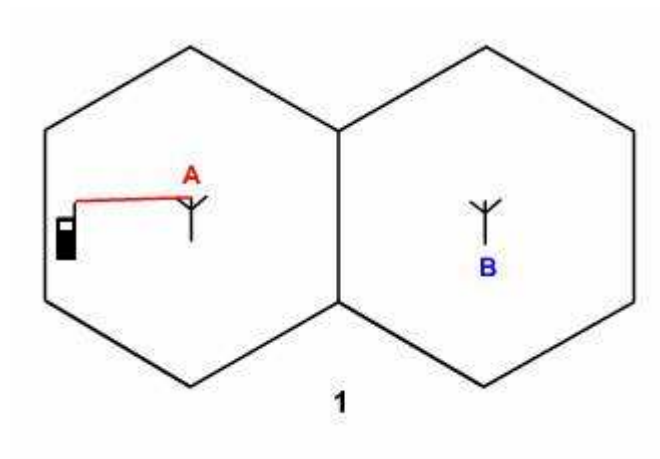
## 25. Co je označováno zkratkou PSTN? Česky!!

Pod označením je uvedena veřejná-přepojovaná- telekomunikační síť (Public Switched Telephone Network )

## 26. Co je to Handover

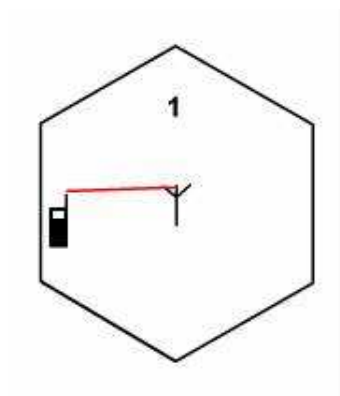
V sousedních buňkách se vždy používají kanály s odlišnými frekvencemi a při přechodu mobilního účastníka přes hranice buněk je tedy nutné přeladit jeho stanici. Tento proces se v moderních systémech uskutečňuje zcela automaticky, bez zásahu obsluhy stanice, a nazývá se handover. Provoz systému vyžaduje, aby byla neustále registrována okamžitá poloha mobilní stanice alespoň na úrovni buněk. Určování polohy stanice může být realizováno například tak, že mobilní stanice neustále udržuje spojení s nejbližšími základnovými stanicemi, které jsou v dosahu. Ty vyhodnocují kvalitu spojení a informují o tom ústřednu. Z těchto informací poté ústředna určí tu základnovou stanici, jejíž spojení s mobilní stanicí je nejkvalitnější a která je tedy pravděpodobně nejbližší. Dojde-li k přemístění mobilní stanice z jedné buňky do druhé v průběhu hovoru, ústředna jí přidělí nové hovorové kanály. Celý tento proces trvá velice krátce a během hovoru je nepostřehnutelný

**Mezibuňkový handover:** Automatické přeladování mobilních stanic při přechodech přes hranice buněk se označuje pojmem inter-cell Handover



V momentě 1 mobilní stanice komunikuje se základnovou stanicí A. V okamžiku 2, kdy se stává spojení se stanicí B kvalitnější, dochází k přeladění a komunikace přechází na stanicí B a nadále již probíhá komunikace s touto základnovou stanicí.

**Vnitrobuňkový handover:** V moderních sítích se používá i metoda přeladování mobilní stanice v průběhu pohybu v rámci jedné buňky, neboť se mohou objevit kanály, zajišťující kvalitnější spojení než kanály původně přidělené. Tento proces se nazývá intra-cell handover.



Celý tento mechanismus probíhá v jediné buňce a mobilní stanice stále komunikuje s jedinou základnovou stanicí. Do momentu 2 probíhá komunikace na určitých přidělených kanálech a v tomto okamžiku se stanice přeladí na kanály nové, které poté používá.

Popisovaný proces může být řízen stacionárními složkami celulárního systému, bez spoluúčasti mobilní stanice. Mobilní stanice se však může řízení také zúčastnit, případně jej na sebe zcela převzít. Rozlišujeme tedy tři základní typy handoveru:

**Handover řízený systémem** (Network Controlled HandOver - NCHO): Mobilní stanice pouze vysílá kontrolní signál, který je přijímán základnovými stanicemi v rádiovém dosahu. Příslušný systém, umístěný např. v ústředně, poté na základě porovnání kvality signálu rozhodne, který signál je nejlepší a se kterou základnovou stanicí je pro mobilní stanici nejvýhodnější komunikovat. Výhodou této metody je fakt, že mobilní stanice neprovádí žádné měření, jehož výsledky by bylo nutné zpětně přenášet. Na druhou stranu slabinou jsou

Nerecenzovaný studijní text pro potřebu výuky v předmětu elektronika na SOŠ a SOU

Hradební 1029, Hradec Králové

Vytvořil Ing. Jáchym Vacek

použitá literatura: Tomáš Richter, ČVUT Praha, Bezděk Elektronika III



vysoké nároky na přenosovou kapacitu tras mezi základnovými stanicemi a radiotelefonní ústřednou, zatížení rozhodovacích subsystémů ústředny a nemožnost mobilní stanice aktivně se zúčastnit rozhodovacího procesu. Tento handover používají zejména analogové celulární systémy, například systém NMT.

**Handover řízený za spoluúčasti mobilní stanice (Mobile Assisted HandOver - MAHO):** Mobilní stanice nepřetržitě měří intenzitu, případně poměr signál/šum signálů okolních základnových stanic a výsledky předává základnové stanici, s níž právě komunikuje. Měření signálu vysílaného mobilní stanicí může provádět i tato, případně okolní základnové stanice. Rozhodnutí je opět provedeno příslušným systémem v radiotelefonní ústředně, ale jako základní rozhodující informace jsou brány údaje přicházející z mobilní stanice. Výhodou této metody je akceptování lokálních podmínek v nichž se stanice nachází, dále posuzování kvality sestupné i vzestupné rádiové trasy a menší nárok na přenosovou kapacitu fixních složek sítě. Nevýhodou je pak větší intenzita přenosu rádiovým sektorem systému. Tento typ handoveru používá například síť GSM.

**Handover řízený mobilní stanicí (Mobile Controlled HandOver - MCHO):** Zde se rozhodovací proces o přechodu na nové realizuje pouze na mobilní stanici. Vychází se jak z údajů měřených přímo mobilní stanicí, tak z měření prováděných základnovými stanicemi. Výsledný požadavek na změnu poté mobilní stanice předává přímo nové základnové stanici, do jejíž buňky právě vstoupila. Tento model mění koncepci mobilních stanic ale výrazně šetří rádiový sektor a je z uvedených principů nejrychlejší. Tento handover je aplikován například u bezšňůrových telefonů DECT.

Z hlediska přepínacího procesu dále rozlišujeme následující druhy handovery:

**Hard handover "Tvrdý":** V tomto případě je nejdříve mobilní stanice odpojena od původního kanálu a teprve poté připojena na kanál nový. Čas přepojení je co možná nejmenší, přesto dojde ke krátkému přerušení spoje, které je však v hovoru těžko postřehnutelné. Tento typ handoveru však může činit problémy při přenosu dat. Handover je většinou řízen sítí (NCHO). Výhodný je v tom, že terminál nemusí být schopen pracovat na více kanálech současně a je tedy jednodušší. Tato technologie je používána například v sítích NMT nebo GSM.

## 27. Jaké výkony dělí mobilní stanice do výkonových tříd. Která třída se používá nejčastěji ?

Podle maximálního vysílacího výkonu se mobilní stanice dále dělí do pěti výkonnostních skupin.

GSM Class	1	2	3	4	5
max. výkon	20W	8W	5W	2W	0,8W



Uvedené výkony jsou maximální pro danou třídu, v praxi je výkon adaptivně nastavován. Většina dnešních příručních mobilních stanic spadá do kategorie GSM Class 4.

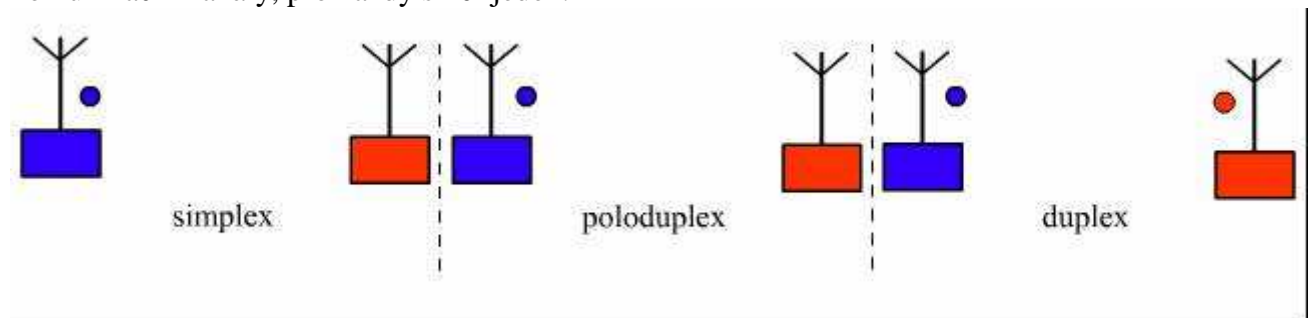
## 28.Co je to simplexní, poloduplexní a duplexní přenos ?

Pro účastnickou rádiovou komunikaci mezi dvěma body je vždy použita jedna z následujících přenosových metod.

**Simplexní přenos** - Jedná se o případ, kdy komunikace mezi dvěma body může probíhat pouze jednosměrně a stačí využití jednoho přiděleného kanálu.

**Poloduplexní přenos** - V tomto případě opět stačí jeden přidělený kanál, ale komunikace může probíhat obousměrně, ne však současně v obou směrech. Jednotlivé směry přenosu je třeba během komunikace přepínat.

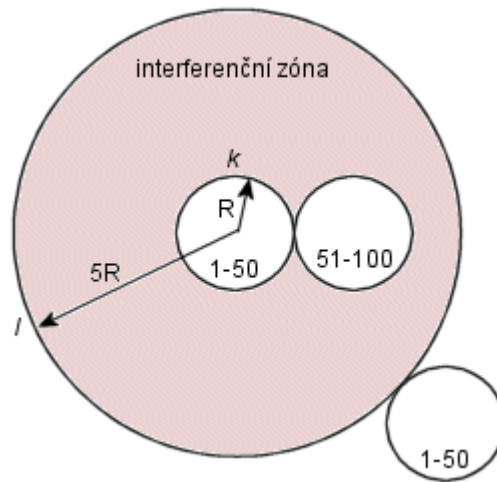
**Duplexní přenos** - Komunikace probíhá současně oběma směry - je tedy nutné použít dva komunikační kanály, pro každý směr jeden.



## 29.Co je to interferenční zóna ?

První pozemní komunikační systémy měly takzvanou ostrůvkovitou koncepci. Jediná základnová stanice zajišťovala spojení s mobilními stanicemi v celém, obvykle velice rozlehlém území. Taková koncepce však měla řadu nevýhod:

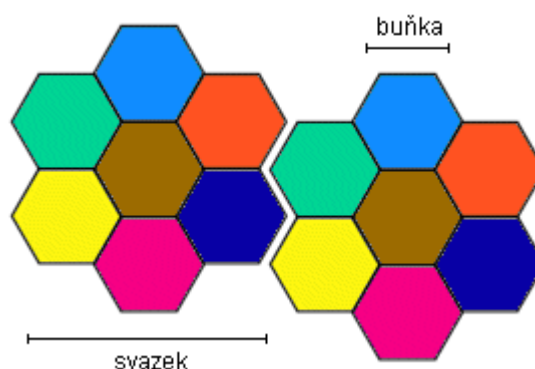
- Mobilní účastník takovéto sítě si při přesunu do oblasti sousední základnové stanice musel sám přeladit mobilní stanici na jiná frekvenční pásma.
- Koncepce vyžadovala velké vysílací výkony u vysílačů základnových stanic i mobilních stanic, které jsou potom rozměrné a energeticky náročné.
- Zásadním nedostatkem je špatné využití přiděleného frekvenčního pásma. Aby systém mohl pracovat bez "hluchých zón", musel by mít k dispozici velmi velký počet přidělených kanálů a tím pádem velmi široká frekvenční pásma, což je však při nedostatku frekvenčního spektra problém. Podstata tohoto problému je znázorněna na obrázku.



V oblasti znázorněné kruhem  $k$  o poloměru  $R$  je umístěna jediná základnová stanice, která obsluhuje celé toto území a disponuje rádiovými kanály číslo 1 až 50. Je-li spolehlivě pokryta oblast kruhu  $k$ , signál základnové stanice je jistě poměrně silný i v tzv. **interferenční zóně** v podobě kruhu  $l$  a v celé této oblasti se již kanály 1-50 nesmí vyskytovat a musí být využívány kanály 51-100, 101-150 atd. Celkově tedy bude pro pokrytí oblasti  $l$  zapotřebí přibližně 1250 různých kanálů. Tyto kanály se mohou opakovat až vně interferenční zóny, tedy po překročení bezpečnostní vzdálenosti (reuse distance)  $5R$ .

### 30.Co je to sektorizace ?

Základním rysem současných mobilních buňkových radiotelefonních systémů je velmi efektivní hospodaření s frekvenčním spektrem, které je výsledkem mnohonásobného použití stejné přidělené frekvence v obsluhované oblasti. Princip buňkové struktury ukazuje obrázek.



Celá obsluhovaná oblast je zde rozdělena do 14 šestiúhelníkových buněk, které tvoří dva svazky (clusters) po sedmi buňkách. Dalším přidáváním svazků je potom možno pokrýt neomezeně velké území. ***Uvnitř každé buňky je jedna základnová stanice s určitou přidělenou skupinou kanálů a komunikující s mobilními účastníky, kteří se nacházejí***

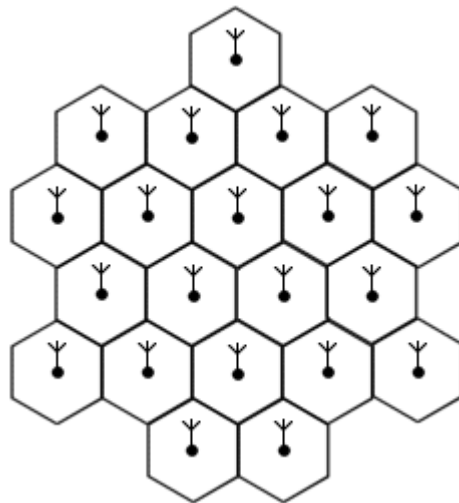
**pouze v této buňce.** Zbývajících 6 buněk příslušejících jednomu svazku má přiděleny své skupiny kanálů. Za podmínky, že se oblast všech sedmi buněk přibližně rovná interferenční oblasti, je v každém z obou svazků možno použít stejné kanály.

Pro porovnání se starší koncepcí předpokládejme, že je plocha svazku zhruba stejná s plochou kruhu o poloměru  $R$ . V první buňce jsou použity např. kanály 1-7, ve druhé 8-15 a v sedmé 42-49. Svazek potom obsahuje 49 kanálů, což je prakticky stejný počet jako obsahuje kruh  $k$ . Důležité je to, že lze tyto kanály opakovat ihned v sousedním svazku. Vzdálenost buněk používajících stejnou frekvenci je totiž rovna přibližně pětinásobku jejich poloměru a je tudíž splněna podmínka  $5R$ . Systém tedy potřebuje pro pokrytí libovolně velkého území 50 kanálů, kdežto starší systém by jich potřeboval asi 1250. Toto je jedna z hlavních předností celulárních systémů, mezi které patří:

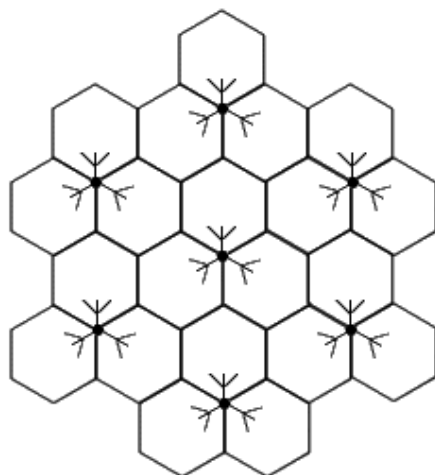
- Již zmíněné efektivní hospodaření s přiděleným rádiovým spektrem.
- Možnost použít handover.
- Podstatně menší vysílací výkon na straně základnové stanice i mobilní stanice.

Tyto výhody však nejsou úplně zdarma. Jestliže ve starším systému obsloužila oblast o poloměru  $R$  jediná základnová stanice, je jich v buňkovém systému pro přibližně stejně velký svazek potřeba sedm.

Pro vytvoření sítě s lepšími provozními vlastnostmi (např. nižší vysílací výkony a zvětšení počtu současně obsluhovaných mobilních stanic) je možno použít princip tzv. **sektorizace**. Jeden svazek nyní rozdělíme na 21 menších buněk.



Nezmění se tím počet potřebných kanálů, ale stoupne počet základnových stanic ze 7 na 21. Jejich počet však lze sektorizací redukovat na sedm umístěním tří samostatných směrových antén do společných bodů tří sousedních buněk.



Velké buňky mají poloměr zpravidla větší než 3 km a antény bývají umístěny nad nejvyšším bodem okolní zástavby. Malé buňky mají poloměr menší než 3 km a antény základnových stanic jsou umístěny pod nejvyšším bodem okolní zástavby, avšak výše než je střední výška zástavby. Mikrobuňky o poloměru menším než 300 m mají antény základnových stanic pod úrovní střech a okolních budov; signál se zde šíří v uličních "kaňonech" díky rozptylu a ohybu kolem těchto budov. Uvnitř budov a v místech s vysokou koncentrací osob mohou být použity pikobuňky, které zpravidla mívají dosah desítek metrů.