1. Izraba spektra v mobilni komunikaciji

a) Razloži celični princip

Nastal je z namenom, da bi povečali kapacitete omrežja, ker so mobilni operaterji omejeni s frekvenčnim spektrom. Oblika: HEKSAHRAM. Vsaka celica ima svojo bazno postajo oz. svoj oddajnik in sprejemnik. Paziti je treba, da celice, ki oddajajo na isti frekvenci niso preblizu skupaj, tako da ne prihaja do sokanalnih motenj. Kapaciteta uporabnikov celotnega sistema se lahko poveča z delitvijo celic, vendar moramo potem pri novonastalih manjših celicah zmanjšati oddajno moč oddajnika, saj hočemo, da bi bila moč sprejema na robu celice enaka kot pred delitvijo. Z zmanjšanjem oddajne moči tudi preprečujemo vpliv CCI oz. sokanalnih motenj.

Najbolj občutna oprema je v ponovni rabi istih frekvenčnih kanalov. Prednosti: večja pokritost, večja kapaciteta. Slabosti: ISI

b) Naštejte in kratko opišite 3 mrežne načine za souporabo spektra

TDMA: Razdeljen je na 8 časovnih enot v kateri je lahko 8 uporabnikov, ki si delijo isti frekvenčni prostor s pomočjo deljenja signala v različne časovne rezine. TDMA dodeli upor. časovno okno neglede ali poteka takrat pogovor ali prenos podatkov.

FDMA: Razdeli razpoložljiv frekvenčni pas na manjše frekvenčne kanale za prenos govora ter podatkov. Vsak kanal je lahko na enkrat dodeljen le enemu uporabniku. Predvsem se fdma upoablja za analogne prenose lahko pa tudi za digitalne.

CDMA: Pri CDMA se spekter za bit razleze po večjem frekvenčnem prostoru, zato je manj občutljiv na motnje. Bit ločimo s kodo, ki je enaka tako na sprejemniku kot oddajniku. Pri CDMA lahko na istem frekvenčnem prostoru oddaja več uporabnikov hkrati, sprejemnik pa dobljene informacije loči s kodo.

c) Enosmerna in dvosmerna zveza

ENOSMERNA zveza (simplex) omogoča enostransko komuniciranje. Je en frekvenčni kanal, po njem lahko komunicira samo en uporabnik ali postaja, ostali pa poslušajo (npr. radio).

DVOSMERNA: obstaja half duplex in full duplex.
2 frekvenčna kanala (Rx sprejema in Tx oddaja). Ko lahko oba khrati komunicirata je full duplex (telefonski pogovor). Ko lahko enkrat eden, drugič pa drug imamo half duplex (woki-toki).

2. Sokanalne motnje

a) Navedite in opišite vzrok za pogoj t.i. sokanalnih motenj

To se zgodi, če je oddajna moč oddajnika celice (npr. označena s črko A) prevelika in je preblizu celice, ki oddaja z enako frekvenco (npr. celica A¨), kar povzroča, da moč oddajanja signala celice A preglasi moč oddajanja celice A¨ in zato pride do motenj na istih frekvencah. To skušamo preprečiti z upravljanjem (zmanjševanjem) oddajnih moči celic.

b) Podajte definicijo sokanalne motnje (CCI) ter izpeljite izraz, če vemo da je D=R √ (3Nc)in da moč signala glede na razdaljo pada z eksponentom v.

CCI (Co-channel-interference) je motnja med celicami, ki niso dovolj narazen in njihovi oddajniki oddajajo signale na istih frekvencah, zato se med seboj motijo.

$$\frac{S}{CCI} = \frac{1}{6}\left(\frac{R}{D}\right)^{-v} = \frac{1}{2}\left(\frac{R}{R\sqrt{3N_c}}\right)^{-v} = \frac{1}{6}\left(3N_c\right)^{\frac{v}{2}}$$

c) Izračunajte S/CCI za N0=7 in v=4

$$\frac{S}{CCI} = \frac{1}{6}(3 \cdot 7)^{\frac{4}{2}} = \frac{21^2}{6} = 73{,}5 = 18{,}66\,dB$$

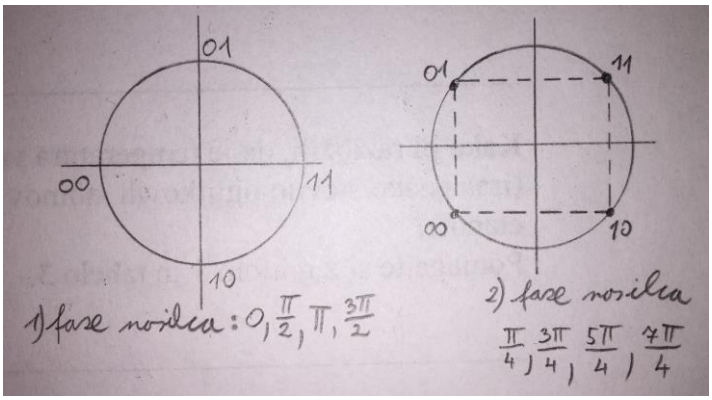
$$\frac{S}{CCI}[dB] = 10\log_{10}(73{,}5) = 18{,}66\,dB$$

d) S kakšnimi ukrepi lahko sokanalne motnje dodatno zmanjšujemo?

- Z znižanjem moči oddajne antene
- S povečanjem števila Nc (celice z istimi frekvencami ne smejo biti preblizu skupaj)
- Usmerjanje antene(120 stopinj ali 60 stopinj). Tako celico delimo na 3 ali 6 delov.

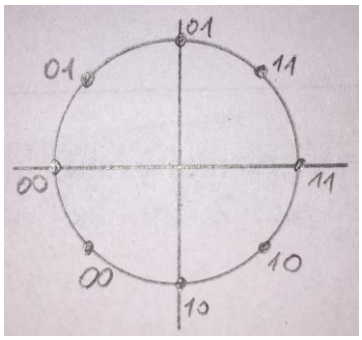
3. Fazno skočna modulacija

a) Skicirajte oba možna diagrama stanj (konstelaciji) četvorne fazno-skočne modulacije (QPSK)?



b) Razložite prehod na pi/4 QPSK. Kaj dosežemo z njeno uporabo?

Pri pi/4 QPSK imamo 2x večjo izrabo spektra kot pri QPSK. Če npr. razdelimo 11000011 na oddajniku na 1100 in 0011 in enega množimo s kosinusom drugega pa s sinusom, preden pa to oddamo oba signala seštejemo in nato oddamo.



c) Ali fazno skočne modulacije sodijo med ti. modulacije s konstantno ovojnico? Kakšen je pomen tega dejstva pri izvedbi mobilne terminalske opreme?

Ne. Sodijo med modulacije s »nekonstantno« ovojnico oz. med linearne modulacije. Pri izvedbi mobilne terminalske opreme pri linearnih modulacijah je slabost ta, da jih ne moremo realizirati z nelinearnimi ojačevalniki, zaradi visokih stranskih snopov ampak zgolj z množilniki. Nelinearni ojačevalniki imajo namreč majhno porabo(nižjo).

4. Opišite postopek vzpostavitve sistema GSM na zahtevo mobilnega terminala. V postopku uporabite in opišite pojme (navedeni so v abecednem vrstenm redu) AGCH,ARFCN, BCCH, BCH, CCCH, FCCH, RACH, SCH, SACCH, SDCCH, TCH,...

FCCH: hitri pridruženi kontrolni kanal.
BCH: oddajni kanal
PCH: klicni kanal

SCH: sinhronizacijski kanal

BCCH: kanal za popravo frekvence

TCH: prometni kanal

SAC: za uglasitev moči in zakasnitev

RACH: kanal z naključnim dostopom

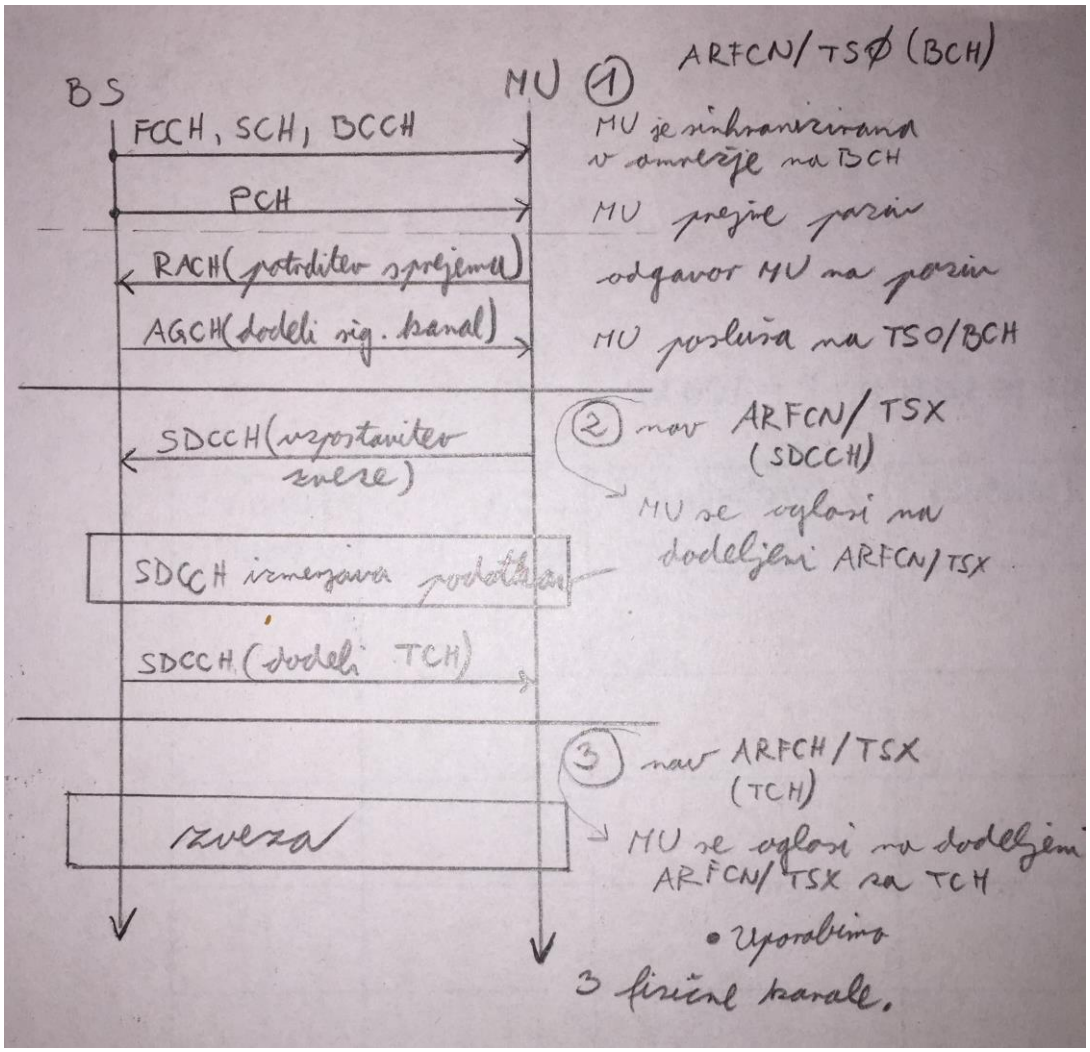
AGCH: kanal odobritve dostopa(access grant channel)

ARFCN: absolutna radio-frekvenčna kanalna številka(absolute radio-frequency channel number)

CCCH: skupni kontrolni kanal

SACCH: počasni pridruženi kontaktni kanal

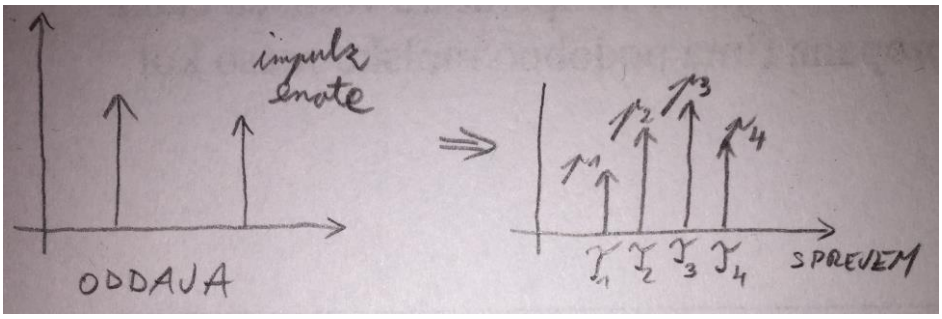
SDCCH: samostojni namenski kanal. Je dvosmeren kanal. Ti kanali se uporabljajo za vzpostavitev storitev, ki jih zahteva uporabnik.



5. Disperzija kanala

a) Naštejte vzroke, opišite posledice disperzije, skicirajte

Do disperzije prihaja zaradi presihanja oz. odbojev ter ISI. Posledica je sprememba oblike signala, ki ga dobimo na sprejemniku.



b) Disperzija v frekvnečnem prostorum kdaj govorimo o frekvenčni selektivnosti?

O frekvenčni selektivnosti govorimo takrat, kadar je pasovna širina signala večja oz. širša od pasovne širine kanala (Bs > Bc) in je zaradi tega izgubljen del signala in takrat prihaja do ISI oz pravimo da takrat kanal frekvenčno selektiven.

c) Dopplerjev pojav in dolžina impulza

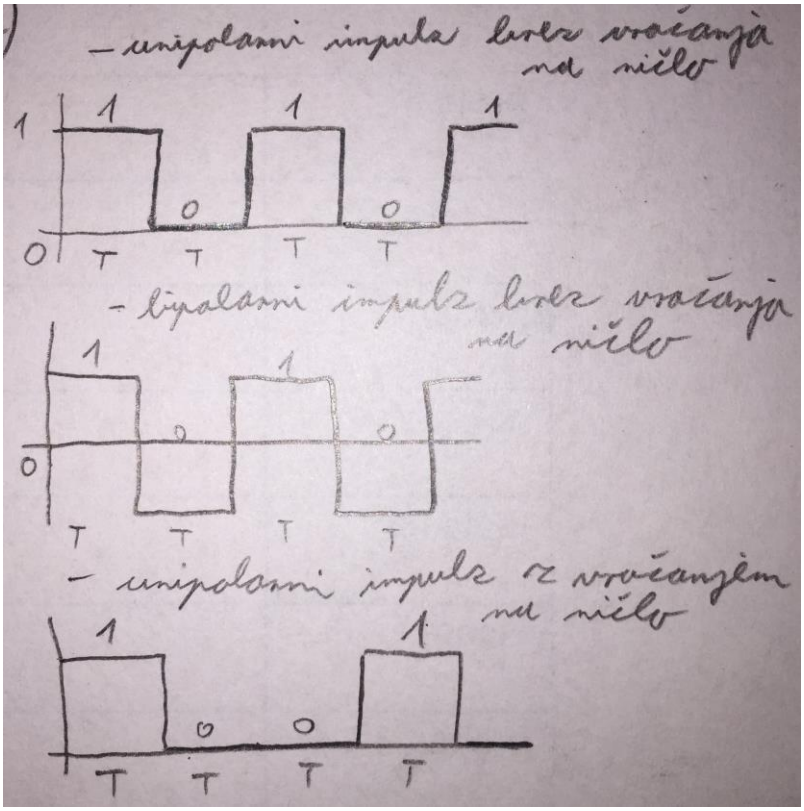
Doplerjev pojav pomeni frekvenčni premik; Zaradi gibanja v časovnem prostoru se pojavi t.i. frekvenčni oz. dopplerjev premik.
Pri frekvenčni disperziji prihaja do »zlitja« impulzov in zaradi tega nastanejo daljši impulzi. Rešitev je, da spremenimo pasovno širino kanala, da bo večja od pasovne širine signala (Bs <Bc). Pri časovni disperziji pa prihaja do »razbitja« impulzov in zaradi tega nastanejo krajši impulzi. Rešitev je, da zmanjšamo čas impulza tako, da bo manjši od koherentnega časa. (Timp<Tc).
Tc...koherenten čas in je približno enak Tc=9/(16 *pi*fd)

6. Digitalne modulacije

a) Pojasnite pojem simbola v digitalnih komunikacijah postopkih ter njegovo zvezo s pojmom enega bita

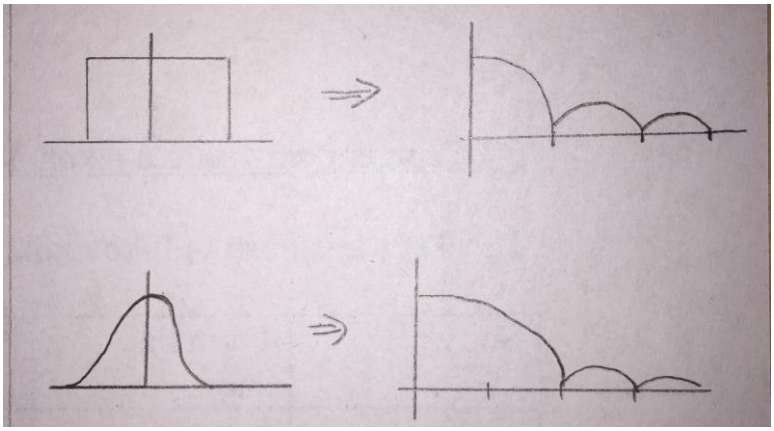
Simbol je informacija, ki jo prenašamo v obliki signalov in nam pove količino poslane informacije naenkrat (M); b=log2(M).
Simbol lahko vsebuje več bitov. Če bi npr. razlikovali med 1V,2V,3V bi to pomenilo da naš simbol nosi 2^3 bitov.

b) Skicirajte in kratko opišite vsaj 3 značilne poteke časovnega signala v primeru binarnega kodiranja!



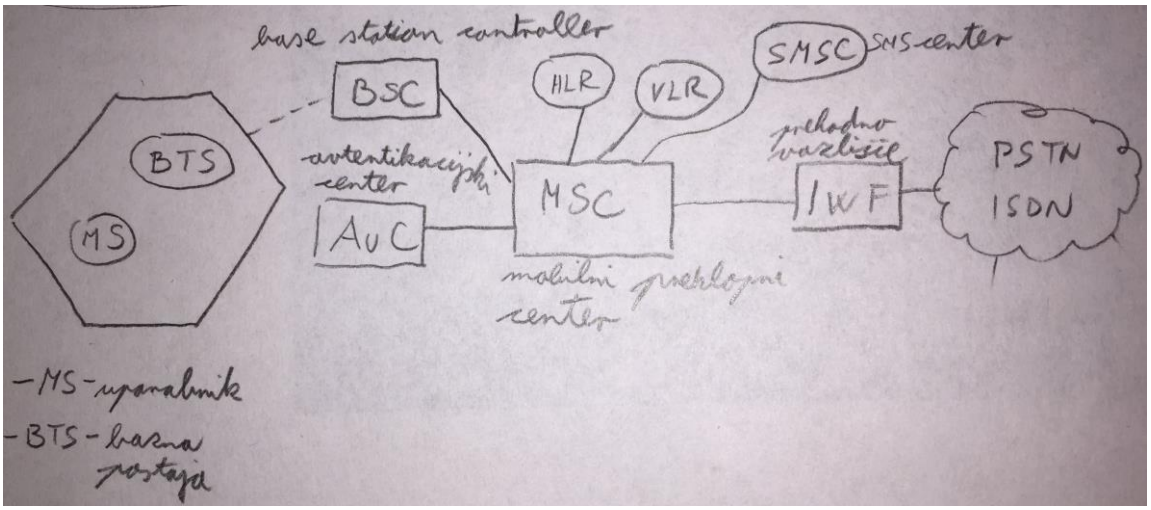
c) Prvi Nyquistov kriterij; podajte kriterij in ga razložite na vsaj dveh primerih

Impulz mora biti na vseh ostalih trenutkih vzorčenja 0, vmes pa je lahko njegov potek poljuben. Tako se izognemo ISI(intersimbolna interferenca).



7. GSM sistem

a) Skicirajte zgradbo(arhitekturo) GSM sistema



b) Pojasnite vlogo HLR, VLC in AUC

HLR: vsebuje administrativne podatke o vsakem naročniku prijavljenem v GSM omrežju. To je baza domačih uporabnikov.

VLR: vsebuje izbrane podatke iz HLR, ki so potrebni za nadzor klicev in naročenih storitev vsakega uporabnika, ki se nahaja na območju tega VLR.

AUC: center za preverjanje generira specifične avtentikacijske parametre na zahtevo VLR.

c) Pojasnite frekvenčno shemo in časovno delitev v sistemu GSM! Kakšen modulacijski postopek je v uporabi (prednosti,slabosti)?

Frekvenčna delitev (frekvenčna pasova 900(1800) MHz)

UL 890-915 (1710-1785) MHz
DL 935-960 (1805-1880) MHz

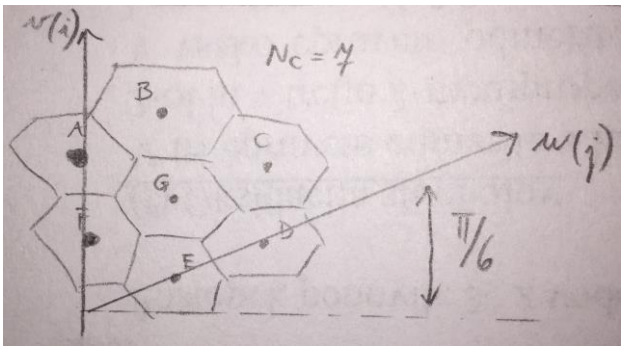
Kanalski razmik: 200 kHz
št. Kanalov: 124*8 (374*8)
izhodne moči terminalov: do 2W(1W)

<u>Modulacijski postopek:</u>

GSM uporablja GMSK modulacijo z modulacijskih indexom h=0.5, BT in modulacijsko hitrost 271(270 5/6) k band.
GMSK ima dobro spektralno učinkovitost – prednost je v tem, da jo lahko uporabimo na nelinearnih ojačevalnikih, kar poenostavi gradnjo oddajnega sistema.

8. Celični sistemi

a) Skicirajte omrežje z delitvijo celic N=7



b)

D... razdalja med celicama

SPLOŠNA FORMULA: $D = \sqrt{(u_2-u_1)^2 + (v_2-v_1)^2 + (u_2-u_1)(v_2-v_1)}$

$D = \sqrt{i^2 + j^2 + ij}$

A in F: $D = \sqrt{1^2 + 0^2 + 1 \cdot 0} = \sqrt{1} = 1$

G in B: $D = \sqrt{1^2 + 0^2 + 1 \cdot 0} = \sqrt{1} = 1$

F in C: $D = \sqrt{0^2 + 2^2 + 0 \cdot 2} = \sqrt{4} = 2$

c) Podajte razmerje S/CCI na robu celice, če moč signala z razdaljo upada eksponentno s faktorjem 3.5, struktura pa je regularna (vsi odd v strukturi delujejo in to z enako močjo)

$$\frac{S}{CCI} = \frac{1}{N_i}(3 \cdot N_c)^{\nu/2} = \frac{1}{6}(3 \cdot 7)^{3,5/2} = 34,33$$

$$\frac{S}{CCI}[dB] = 10 \log_{10}(34,33) = 15,36\,dB$$

d) Izračunajte razdaljo med baznima postajama, ki uporabljata isto frekvenčno področje, če premer celice znaša 10km.

$D = R\sqrt{3 \cdot N_c}$ $\quad D = R\sqrt{3} \Rightarrow$ razdalja med sosedi

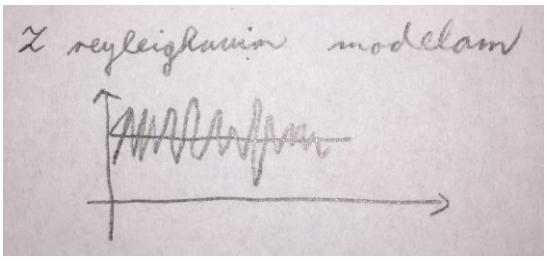
$D = 10\,km\sqrt{3 \cdot 7} = \underline{45,83\,km}$

D... razdalja med baznima postajama

R... premer celice

9. Presihanje signala na kratkih razdaljah

a) **s katerim statističnim modelom kanala predstavljamo presihanje signala na kratkih razdaljah?**



b) Podajte izhodišča omejenega modela

Ta model nam prikazuje spremembo moči signala na relativno majhni razdalji. Ko se npr. premikamo po sobi. Razlog za to so odboji in sipanje od površin objektov.

c) Verjetnost izpada zaradi presihanja po navedenem modelu naj bo 25%. Kakšna mora biti povp moč na sprejemu, če je minimalna potrebna moč za delovanje sistema enaka 25µW?

$p_{out} = 1 * e^{-\frac{Pthr}{P0}}$

$0{,}25 = 1 * e^{-\frac{25}{P0}}$

$\frac{25}{Po} * \ln e = -\ln 0{,}75$

-25/P0*ln e = ln 0,75

$Po = -25/\ln 0{,}75 = 86{,}9015\mu W$

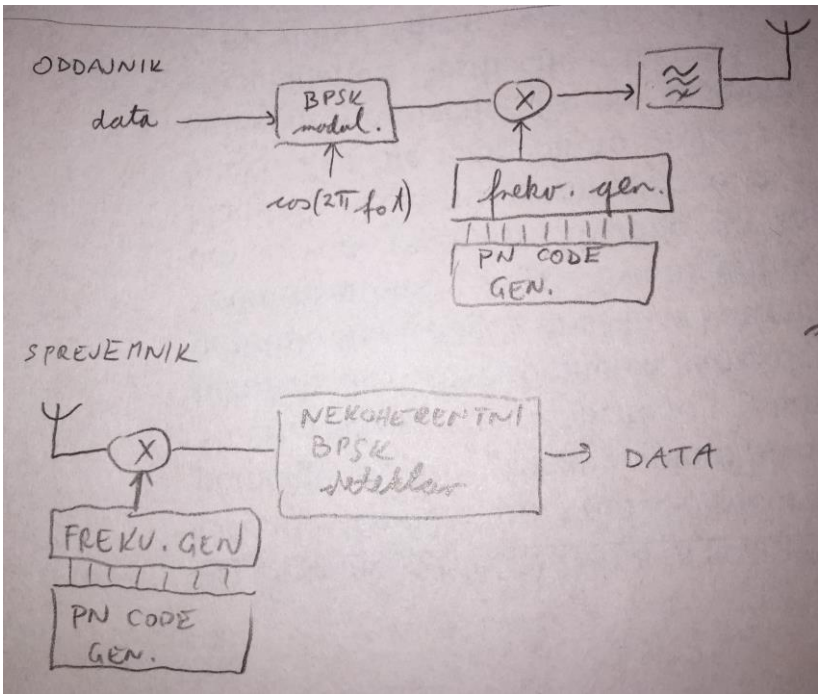
Min moč: 25µW = Pthr

povp moč na spr 100µW=Po

$p_{out} = 1 * e^{-\frac{Pthr}{P0}} = 22\%$

10. Kodna souporaba spektra s frekvenčnim skakanjem. Opiši postopek in skicirajte odajnik ter sprejemnik.

Frekvenčni spekter se porazdeli med vse uporabnike, tado da je na voljo vsem cel čas a zakodiran s kodo.



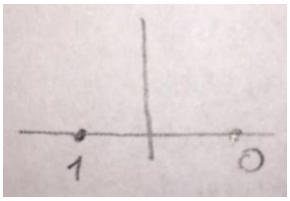
<u>ODDAJNIK:</u> Podatki se modulirajo na BPSK. S pomočjo PN kodnega generatorja generiramo naključno frekvenco. BPSK in naključna frekvenca se pomnožita. Pasovno prepustni filter pa prepušča vsoto obeh signalov na izhod.
<u>SPREJEMNIK:</u> Tu je proces ravno obraten. Z isto naključno frekvenco sprejeti signal pomnožimo in dekodiramo.

FFH- več frekv skokov – coma(hitri)
SFH – več simbolov se prenese na vsak frekv skos (razlika je koliko chipov simbolov prenašamo) – coma (počasni)

11. Binarno fazno-skočna modulacija

a) Pojasnite modulacijski postopek

Oddajnik vseskozi oddaja na isti frekvenci in amplitudi, spreminja le fazo za pi. Spada med linearne (z nekonstatno ovojnico).
Pri izvedbi mobilne terminalske opreme pri linearnih modulacijah je negativna stvar ta, da jih ne moremo realizirati z nelinearnimi ojačevalniki zaradi visokih stranskih snopov ampak zgolj z množilniki. Nelinearni ojačevalniki imajo namreč nižjo porabo.



b) Narišite časovni potek podatkovnega toka in moduliranega signala za bitno zaporedje 100110, če je bitna hitrost 1kbps, frekv ... pa znaša 2kHz.

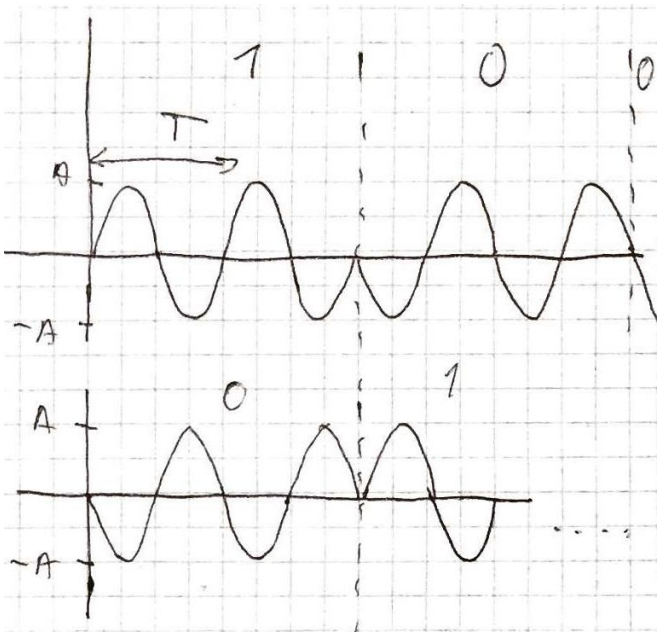
R=1kbps -> en bit odd $1 * \frac{1}{1000} s$

f=2kHz

T=1/f=1/2000 s

Kadar zamenja 1 v 0 ali obratno skoči faza za pi.

Če imaš podan nosilec npr x=cos(4000*pi*t) je frekv 2000 sej je 2*pi*t.



12. Celični sistemi

a) V celičnem sistemu znaša moč signala na robu celice -100dBmm moč nekoleriranja šuma znaša -114dBm. Posamezna sokalna motnja znaša -126dBm. Kolikšno znaša skušno razmerje signal-šum v dB?

$X[W] = 10^{\frac{[dB]}{10}} \cdot 1m\,W$

$P_S = -100dBm = 1 \cdot 10^{-13}\,W$

$P_{Ci} = -126dBm = 2{,}5 \cdot 10^{-16}\,W$

$N_0 = -114dBm = 1{,}259 \cdot 10^{-15}\,W$

$\frac{S}{N_0 + CCI}$ $\quad \frac{S}{CCI} = \frac{S}{6P_{Ci}} = \frac{1}{6}\left(\sqrt{3N_0}\right)^2$

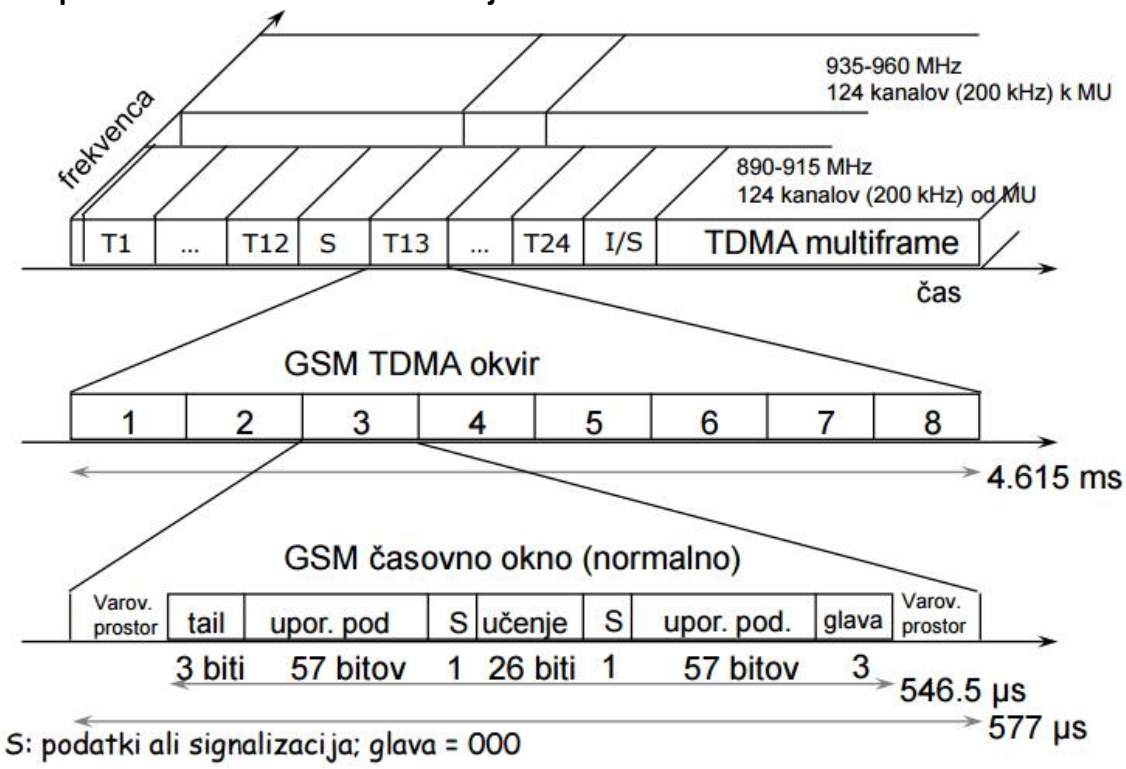
$CCI = 6 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-16}\,W = 1{,}5 \cdot 10^{-15}$

$SNR = \frac{S}{N_0 + CCI}$

$SNR = \frac{1 \cdot 10^{-13}\,W}{1{,}259 \cdot 10^{-15}\,W + 1{,}5 \cdot 10^{-15}\,W} = 36{,}24$

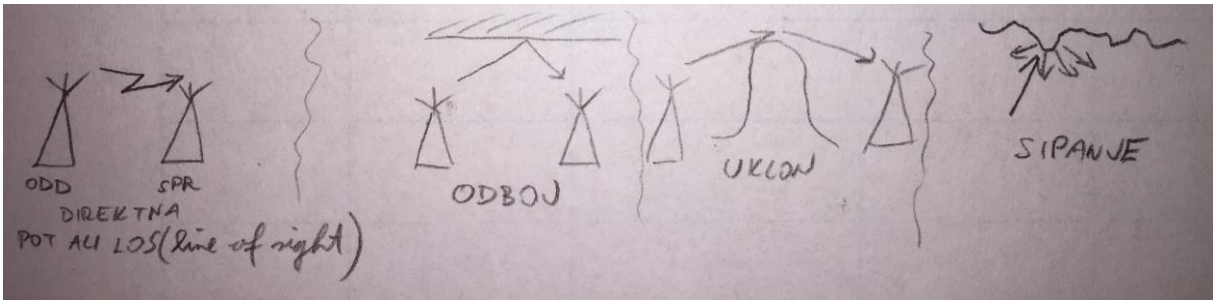
$SNR[dB] = 15{,}6\,dB$

13. Skicirajte fizično delitev kanalov FDD/ARFCN/TS sistema GSM v osnovnem pasu, če uporabljamo frekv pas 890-915 Mhz za povezavo od MU in pas 935-960 MHz za povezavo porti MU. Pasovna širina kanala je 200kHz.

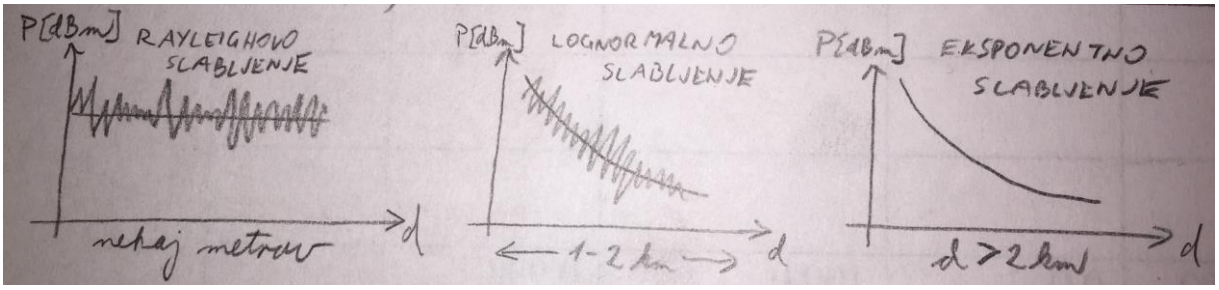


16. Razširjanje radijskih valov

a) Naštejte 4 osnovne načine razširjanja radijskega spektra



b) Poimenujte in skicirajte potek 3 modelov izgube jakosti signala glede na oddaljenost mobilne enote od bazne postaje.



c) Verjetnost izpada zaradi presihanja po Rayliegh ovem modelu, če je minimalna potrebna moč 25µW (Pmin), povprečna moč na sprejemu pa 100µW (P0)?

$P_{min} = 25\mu W$

$P_0 = 100\mu W$

$P_{out} = ?$

$$P_{out} = 1 - e^{-\frac{P_{min}}{P_0}} = 1 - e^{-0,25} = 0,22 = 22\%$$

17. Modulacijski postopki s konstantno ovojnico

a) Naštej prednosti in slabosti modulacije s konstantno ovojnico. Drugo ime za ta postpek?
Nelinearne modulacije. Modulacije s konstantno ovojnico imajo dobro učinkovitost pasovne širine. Taka pasovna širina danega kanala dovoljuje več uporabnikov. Imajo tudi nizke stranske snope in omogočajo uporabo nelinearnih ojačevalnikov. Imajo pa nižjo spektralno učinkovitost (širši osnovni spekter), kar je slabo!

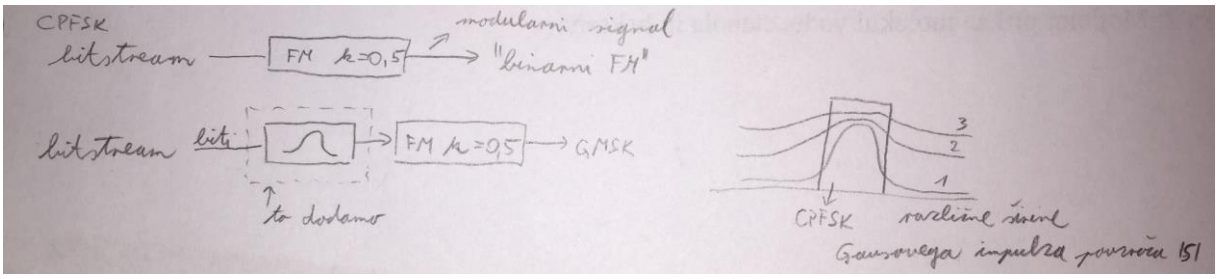
b) Naštej nekaj modulacijskih postopkov s konstantno ovojnico

MSK, GMSK, CPFSK ---> »nelinearne modulacije« = »konstantna« ovojnica

<u>Prednost:</u> nizki stranski snopi (dopustna uporaba nelinearnih ojačevalnikov)
<u>Slabost:</u> nižja spektralna učinkovitost (širši osnovni spekter)

c) GMSK: kako oblikujemo impulze pri tej modulaciji? Podaj eno dobro in eno slabo posledico te oblike impulzov. Kje se uporablja?

CPFSK dodamo oblikovalec impulzov in dobimo GMSK.



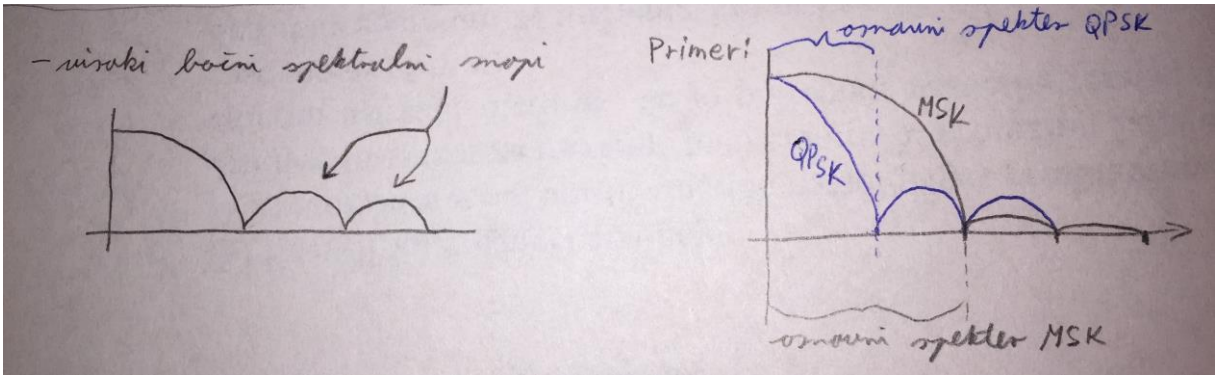
GMSK uporabljamo v GSM sistemih, zaradi dobre spektralne učinkovitosti, ter tudi omogočene uporabe nelinearnih ojačevalnikov, kar poenostavi gradnje oddajnih sistemov.
<u>Prednosti:</u> manjša širina Gaussovega impulza -> manjša ISI
<u>Slabosti:</u> Gaussov impulz se nikoli ne neha, kar privede do ISI.

18. Modulacijski postopek z nekoherentno (nekonstantno) ovojnico

ASK,BSK,QPSK ---> »linearne« ovojnice = »nekonstantne« ovojnice

<u>Prednost:</u> ozek osnovni snop
<u>Slabost:</u> Veliki stranski snopi (poudarjen z uporabo nelinearnih ojač)

Prihaja do faznih skokov, ki jih interpretiramo kot množenje signalov S +-1;
Linearne so zato, ker jih lahko realiziramo z množilniki.
Posledica teh skokov pri nekonstantni ovojnici:
visoki bočni snopi, motnje med kanali



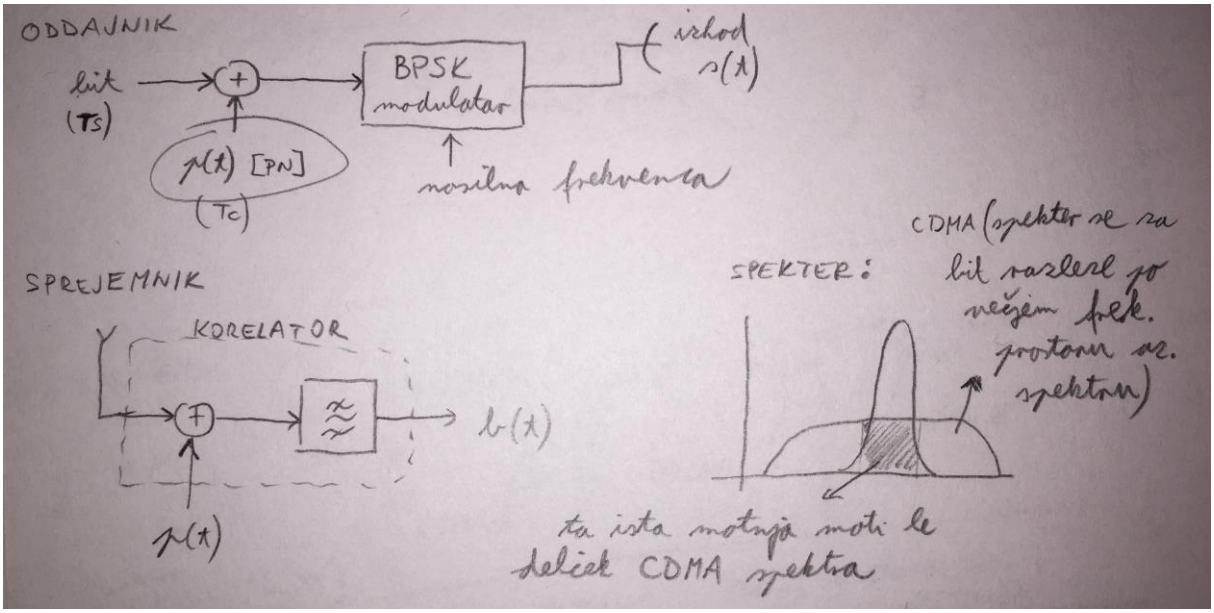
19. Souporaba spektra

a) Naštej 3 osnovne koncepte souporabe spektra.
TDMA (časovni sodostop),
FDMA (frekvenčni sodostop),
CDMA (kodni sodostop).

b) CMDA: opiši osnovno idejo in način delitve spektra med uporabniki.

Osnovna ideja je ta, da se bit »razleze« po širšem frekvenčnem prostoru in je tako manj občutljiv na motnje. Bit ločimo s kodo, katera je enaka tako na oddajniku in sprejemniku. Pri CDMA lahko na istem frekvenčnem prostoru oddaja več uporabnikov, sprejemnik pa dobljene informacije loči s kodo.

c) Kodna souporaba spektra z direktnim zaporedjem: opiši postopek, skiciraj oddajnik in sprejemnik.



20. Povečanje kapacitete celičnega sistema z delitvijo celic.

a) Opiši postopek.

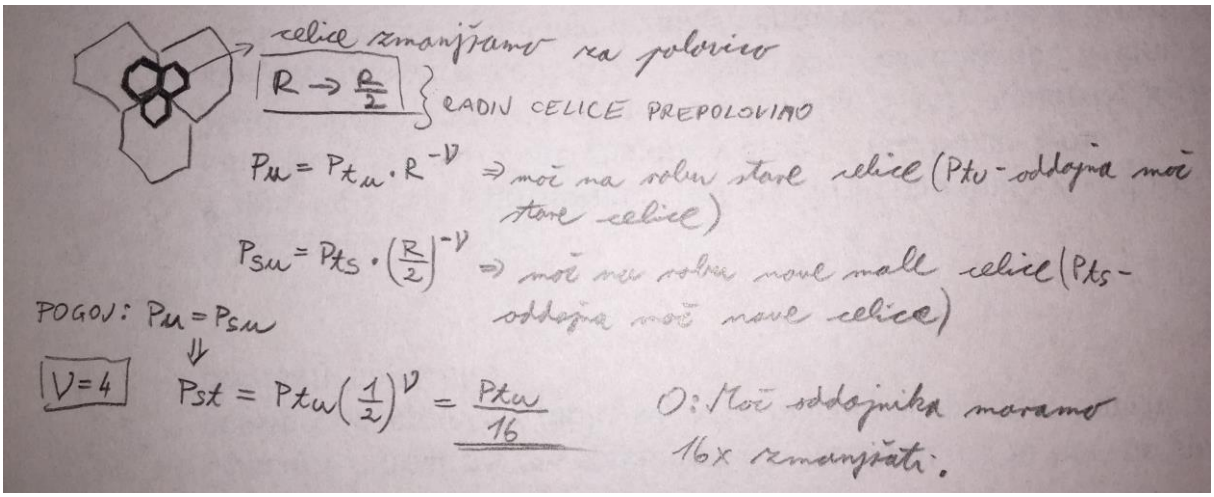
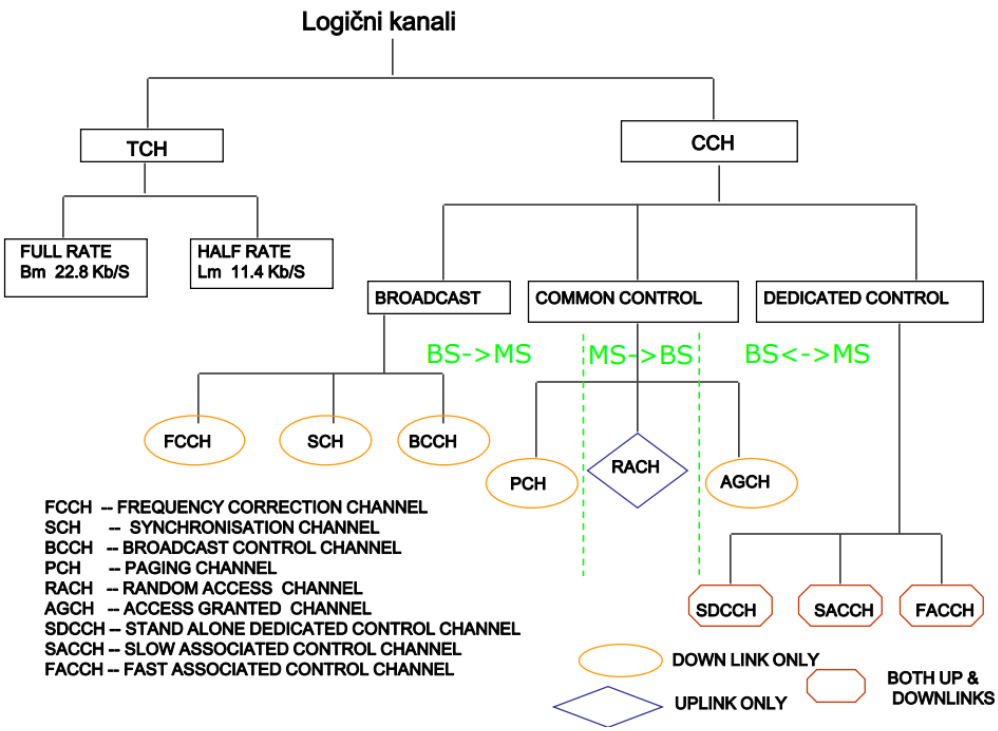
Delimo jih z namenom, da bi zmanjšali CCI. Delimo jih na dva načina, z uporabo usmerjenih anten, ki imajo sevalni diagram: 60° - celico razdelimo na 6 delov in 120° - razdelimo na 3 dele. Vsak del ima svojo frekvenco za sprejem in oddajo signala.

b) Kaj moramo kot načrtovalci zagotovi ob delitvi celic?

Kot načrtovalci moramo paziti, da z delitvijo celice ne povzročamo probleme ostalim celicam. Tako, da izberemo tiste kanale v sektorju, ki ne bodo povzročali CCI v sosednjih celicah.

c) Radij celice prepolovimo; kaj moramo storiti z močjo oddajnika, če je v=4?

Poskrbeti moramo da oddajna moč nove celice ne bo motila oddajne moči ostalih sosednjih celic.



Logični kanali