

S-72.610 Mobile Communication Systems and Services (2 credits)
Exam 19.4.2004

1. **Give short answers to the subtasks (a - j), use figures when appropriate**
 - a) Give one example of a 1st, 2nd, and 3rd generation cellular system.
 - b) Time-selectivity and frequency selectivity are two phenomena in the mobile radio channel. Which one is caused by multipath propagation and which one by Doppler-shift in the propagation paths?
 - c) Which radio link parameters impact on the average path loss e.g. in the Hata-model?
 - d) What does diversity gain tell about?
 - e) What tells $\pi/4$ in $\pi/4$ -shifted DPSK?
 - f) What is DTX in GSM, and why is it used?
 - g) How many coding classes are specified in GPRS for link adaptation?
 - h) Explain cell breathing in a DS-CDMA-system.
 - i) The radio channel bit rate over the WCDMA radio interface is 60 kbit/s. How large are the processing gain (=spreading factor)?
 - j) What is TFFS?

Select and answer four tasks (but no more) of the six subsequent tasks.

2. Preliminary measurements show that the average path loss in dB including antenna feeder system losses and antenna gains can be modeled with the expression $L_p = 130 + 10 \log(r_{km}^{3.2})$. The receiver sensitivity is – 100 dBm.
 - a) Determine the required transmit power level to obtain a 5 km cell radius.
 - b) Later it turns out that the path loss exponent is 3.5. What would then be the required transmit power level to preserve the cell radius?
 - c) To which value is the cell radius reduced, if the transmit power remains unchanged?
3. In N-branch diversity with selection combining of the statistically independent and on average equally strong branches the cumulative distribution function of the signal to noise ratio (absolute value) after

combining is $F(\gamma) = P\{\gamma < \gamma\} = (1 - \exp(-\gamma/\gamma_m))^N$. For proper error performance a minimum instantaneous SNR = 10 dB is required. How many dB should the average SNR be that the minimum should be exceeded no more than 0.01% of time without diversity and with two branch diversity?

4. In a DS-CDMA-system the interference margin is $IM = 10\lg\left(\frac{1}{1-\eta}\right)$,

and the up-link fractional load is $\eta = (1 + f) \sum_{i=1}^N \frac{\rho_i \gamma_i}{G_i}$.

- a) How many speech user ($\rho_i = 0.4, 10\log \gamma_i = 8$ dB, $G_i = 256$) can be served when the other cell to own cell interference ratio is $f = 0.75$, and the fractional load target is 0.7?
- b) A new data user ($\rho_{N+1} = 1, 10\log \gamma_{N+1} = 4$ dB, $G_i = 32$) is admitted in the own cell. How many dB must the interference margin be increased from the value in subtask a) to maintain all the connections?

5. Burst types and structure in GSM:

- a) Which are the five burst types in GSM?
- b) What kind of bits constitute the 156.25 bits in the burst carrying payload traffic?
- c) How long duration has this burst and how often a certain user will transmit/receive a burst in Phase 1 GSM?

6 In GSM and EDGE adaptive multiple rate speech coding (AMR) is specified.

- a) What are the reasons for using AMR, and describe shortly its functional principle?
- b) What means the abbreviations AMR-NB, AMR-WB, TCH/AFS7.95, TCH/AHS7.95, O-TCH/AFS7.95, and TCH/WFS12?
- c) Which method is used to match the channel encoder output rate to the constant rate required in the radio interface?
- d) How does the receiver know which rate is used?
- e) What is the rate control based on?

7. Which are the four quality of service classes in UMTS, and mention one service example for each class.

S-72.610 Matkaviestinjärjestelmät ja –palvelut (2 ov)

Tentti 19.4.2004

1. Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin (a - j), käytä tarvittaessa kuvaa

- Esitä yksi esimerkki 1., 2. ja 3. sukupolven solukkojärjestelmästä.
- Aikaselektiivisyys ja taajuusselektiivisyys ovat kaksi siirtyvän liikenteen radiokanavassa esiintyvää ilmiötä. Kumpi näistä aiheuttaa monitieetenemisestä ja kumpi etenemisteiden Doppler-siirtymistä?
- Mitkä radiolinkin parametrit vaikuttavat radiotien keskimääräiseen vaimennukseen esim. Hata-mallissa?
- Mitä kertoo diversity-vahvistus?
- Mitä tarkoittaa $\pi/4$ $\pi/4$ -siiretyssä DPSK:ssa?
- Mitä on DTX GSM:ssä, ja miksi sitä käytetään?
- Montako koodausluokkaa on spesifioitu linkkiadaptaatiota varten GPRS:ssä?
- Selitä solun hengitystä DS-CDMA-järjestelmässä.
- WCDMA:n radorajapinnassa on puheen aiheuttama bittinopeus 60 kbit/s. Kuinka suuri on prosessointivahvistus (=hajotuskerroin)?
- Mikä on TFTP?

Vastaa oman valintasi mukaan neljään (muttei useampaan) seuraavista kuudesta tehtävästä.

2. Alustavat mittaukset osoittavat, että radiotien keskimääräinen vaimennus (dB) sisältäen antennisyöttöjen vaimennuksen ja antennivahvistukset voidaan esittää muodossa

$$L_p = 130 + 10 \log \left(r_{km}^{3,2} \right). \text{ Vastaanottimen herkkyys on } -100 \text{ dBm.}$$

- Laske tarvittava lähettimen tehotaso, jotta saataisiin 5 km solusäde.
- Myöhemmin osoittautuu, että etäisyyskspONENTTI onkin 3,5. Kuinka suuri on tarvittava tehotaso, jotta solusäde säilyisi samansuurisena?
- Mihin arvoon solusäde pienenee, jos lähettimen tehotaso ei muutu?

3. N-haaraisessa diversityssä käytetään tilastollisesti riippumattomien ja keskiarvoltaan yhtä voimakkaiden haarojen valintayhdistelyä, jolloin yhdistelyn jälkeisen signaalikohinasuhteen (absoluuttiarvon) jakauma

$$F(\gamma) = P\{\gamma < \gamma\} = (1 - \exp(-\gamma/\gamma_m))^N. \text{ Riittävän virhesuorituskykyyn tarvitaan hetkellistä signaalikohinasuhdetta } \text{SNR} = 10 \text{ dB. Mon-}$$

tako dB tulisi keskimääräinen SNR olla, jotta minimiarvo alitettaisiin korkeintaan 0,01% ajasta ilman diversityä ja kaksihaaraisen diversityn kanssa?

4. DS-CDMA-järjestelmässä on interferenssivara $IM = 10 \lg \left(\frac{1}{1-\eta} \right)$, ja nousevan siirtosuunnan osittaiskuorma on $\eta = (1+f) \sum_{i=1}^N \frac{\rho_i \gamma_i}{G_i}$.
- a) Montako puhekäyttäjää ($\rho_i = 0,4, 10 \lg \gamma_i = 8 \text{ dB}, G_i = 256$) voidaan palvella, kun muiden solujen ja oman solun interferenssi suhde on $f = 0,75$, ja osittaiskuorman tavoitearvo on 0,7?
- b) Uusi datakäyttäjä ($\rho_{N+1} = 1, 10 \lg \gamma_{N+1} = 4 \text{ dB}, G_i = 32$) päästään verkkoon omassa solussa. Kuinka monta dB on lisättävä interferenssivaraa a-kohdan arvosta, jotta kaikki yhteydet säilyisivät?
5. Pursketyypit ja -rakenteet GSM:ssa:
- a) Mitkä ovat GSM:ssä käytetyt viisi pursketyyppiä?
- b) Minkätyyppiset bitit muodostavat hyötyliikennettä kuljettavan purskeen 156,25 bittiä?
- c) Kuinka pitkä on tämän purskeen kesto, ja miten usein tietty käyttäjä saa purskeen käyttöönsä Vaihe 1:n GSM:ssa?
- 6 GSM:an ja EDGE:en on spesifioitu adaptiivinen moninopeuksinen puheenkoodaus (AMR).
- a) Mitkä ovat syyt AMR:n käyttämiseen, ja kuvaa lyhyesti sen toimintaperiaatetta.
- b) Mitä tarkoittavat lyhenteet AMR-NB, AMR-WB, TCH/AFS7.95, TCH/AHS7.95, O-TCH/AFS7.95 ja TCH/WFS12?
- c) Mitä menetelmää käytetään sovittamaan kanavakooderin lähtönopeus radiorajapinnassa käytettyyn vakionopeuteen?
- d) Miten vastaanotin tietää käytetyn puhenopeuden?
- e) Mihin perustuu nopeuden hallinta?
7. Mitkä ovat UMTS:in spesifiodut palvelun laatuluokat, ja mainitse yksi palveluesimerkki kustakin luokasta.

2. Preliminary measurements show that the average path loss in dB including antenna feeder system losses and antenna gains can be modeled with the expression $L_p = 130 + 10 \log(r_{km}^{3.2})$. The receiver sensitivity is -100 dBm.
- Determine the required transmit power level to obtain a 5 km cell radius.
 - Later it turns out that the path loss exponent is 3.5. What would then be the required transmit power level to preserve the cell radius?
 - To which value is the cell radius reduced, if the transmit power remains unchanged

SOLUTION

a) $L_p = 130 + 32 \log(5) = 152.37$ dB $\rightarrow P_{tx} = -100 + 152.37 = 52.37$ dBm

b)

$$L_p = 130 + 35 \log(5) = 154.46 \text{ dB}$$

$$P_{tx} = -100 + 139.46 = 54.46 \text{ Bm}$$

c) $32 \log 5 = 35 \log r \rightarrow r = 5^{32/35} = 4.356$ km

3. In N-branch diversity with selection combining of the statistically independent and on average equally strong branches the cumulative distribution function of the signal to noise ratio (absolute value) after combining is $F(\gamma) = P\{\gamma < \gamma\} = (1 - \exp(-\gamma/\gamma_m))^N$. For proper error performance a minimum instantaneous SNR = 10 dB is required. How many dB should the average SNR be that the minimum should be exceeded no more than 0.01% of time without diversity and with two branch diversity?

SOLUTION

Without diversity

$$P\{\gamma < \gamma\} = \left(1 - \exp\left(-\frac{10}{\gamma_m}\right)\right) = 0.0001 \rightarrow \frac{10}{\gamma_m} = -\ln 0.9999$$
$$\rightarrow \gamma_m = \frac{10}{-\ln 0.9999} = 1000 \leftrightarrow 50.00 \text{ dB}$$

With two-branch diversity

$$P\{\gamma < \gamma\} = \left(1 - \exp\left(-\frac{10}{\gamma_m}\right)\right)^2 = 0.0001 \rightarrow \left(1 - \exp\left(-\frac{10}{\gamma_m}\right)\right) = 0.01$$

$$\rightarrow \frac{10}{\gamma_m} = -\ln 0.99 \rightarrow \gamma_m = \frac{10}{-\ln 0.99} = 99.5 \leftrightarrow 29.98 \text{ dB}$$

4. In a DS-CDMA-system the interference margin is $IM = 10 \lg \left(\frac{1}{1-\eta} \right)$, and

the up-link fractional load is $\eta = (1+f) \sum_{i=1}^N \frac{\rho_i \gamma_i}{G_i}$.

- a) How many speech user ($\rho_i = 0.4$, $10 \log \gamma_i = 8$ dB, $G_i = 256$) can be served when the other cell to own cell interference ratio is $f = 0.75$, and the fractional load target is 0.7?
- b) A new data user ($\rho_{N+1} = 1$, $10 \log \gamma_{N+1} = 4$ dB, $G_i = 32$) is admitted in the own cell. How many dB must the interference margin be increased from the value in subtask a) to maintain all the connections?

SOLUTION

a)

$$0.7 = \eta = (1+f) \sum_{i=1}^N \frac{\rho_i \gamma_i}{G_i} = (1+0.75) N \frac{0.4 \cdot 10^{0.8}}{256}$$

$$\rightarrow N = \frac{256 \cdot 0.7}{1.75 \cdot 0.4 \cdot 10^{0.8}} = 40.57 \rightarrow N = 40$$

b)

$$\eta = (1 + f) \sum_{i=1}^N \frac{\rho_i \gamma_i}{G_i} = (1 + 0.75) \cdot \left(40 \frac{0.4 \cdot 10^{0.8}}{256} + \frac{1 \cdot 10^{0.4}}{32} \right)$$
$$= 1.75 \cdot (0.3943 + 0.0785) = 0.8274$$

$$\Delta IM = 10 \log \left(\frac{1 - \eta_a}{1 - \eta_b} \right) = 10 \log \left(\frac{1 - 1.75 \cdot 0.3943}{1 - 0.8274} \right)$$
$$= 10 \log \left(\frac{1 - 0.6900}{1 - 0.8274} \right) = 2.54 \text{ dB}$$