

**ELT-41200 Langattoman tietoliikenteen perusteet**  
**Tentti 13.5.2015 / Markus Allén**

Mukana saa olla tiedekunnan laskin tai oma laskin. Koepaperin liitteenä on kaavakokoelma. Voit vastata suomeksi tai englanniksi. Tätä tenttipaperia ei tarvitse palauttaa.

Vastaa viiteen kysymyksen seuraavista kuudesta. (Tehtävää 6 ei arvostella, jos vastaat kaikkiin!)

1. Selitä lyhyesti seuraavat langattomaan tietoliikenteeseen liittyvät termit:

- Suunta-antenni
- Etenemisvaimennus
- Monitie-eteneminen
- Koodaussuhde
- Spektritehokkuus
- Monikäyttö (multiple access)

2. a) Mitä tarkoitetaan radiokanavan tehoviiveprofiililla? Laske RMS-viivehaje, kun tehoviiveprofiili on alla olevan taulukon mukainen.

Teho [dB]	0	-1	-3
Viive [ $\mu$ s]	0	0.2	0.3

b) Onko kyseinen kanava taajuusselektiivinen UMTS-järjestelmän (kaistanleveys 5 MHz) näkökulmasta? Perustele vastauksesi.

3. a) Oletetaan matkapuhelinjärjestelmä, jossa puheyhteys toimii, mikäli matkapuhelimen vastaanottama tehotaso on vähintään -103 dBm. Mikä on suurin hyväksyttävä etenemisvaimennus, kun tukiaseman lähetysteho on 40 W, tukiaseman kaapelihäviöt ovat 6 dB ja tukiaseman antennivahvistus on 4 dBi? Oleta matkapuhelimen kaapelihäviöiksi 2 dB ja antennivahvistukseksi 0 dBi.

b) GSM-järjestelmässä käytetään taajuustason dupleksointia (FDD). Mitä tämä tarkoittaa? Mitä muita dupleksointiperiaatteita on yleisessä käytössä langattomassa tietoliikenteessä?

4. a) Esimerkiksi IEEE 802.11 MAC -määrittelyiden mukainen Basic Access -mekanismi perustuu CSMA/CA-periaatteeseen. Kerro lyhyesti CSMA/CA-periaatteen idea eli mitä tarkoitetaan termeillä *carrier sense* ja *collision avoidance*.

b) Selitä käsitteet *piiloasemaongelma* ja *altistuneen aseman ongelma*.

c) Miten piiloasemaongelmaa voidaan lieventää? (Vihje: kuvaile esimerkiksi IEEE 802.11 MAC -määrittelyiden RTS/CTS-mekanismiin toimintaperiaate.)

5. Selitä, miten seuraavilla menetelmillä/parametreilla voidaan vaikuttaa langattoman solukoverkon peittoon ja kapasiteettiin: (i) solun koko, (ii) tukiaseman antennikorkeus, (iii) sektorointi, (iv) tukiasema-antennin suuntaaminen alaviistoon. Oleta, että operaattorilla on käytettävissään tietty kiinteä taajuuskaista ja kiinteä määrä liikennekanavia. Tarkastele asiaa erityisesti saman kanavan häiriön kannalta eli mikä on ko. häiriön merkitys peitolle ja kapasiteetille sekä miten ko. menetelmät vaikuttavat ko. häiriöön. Ota huomioon myös taajuuksien (tai radioresurssien) uudelleenkäyttökerroin.

6. a) Kuinka monesta eri GPS-satelliitista tarvitaan signaali paikannusratkaisun muodostamiseksi? Perustele vastauksesi. Mitä hyötyä saadaan, jos satelliittisignaaleita on käytettävissä enemmän kuin minimimäärä?

b) Mitkä ovat olennaisimmat virhelähteet satelliittipaikannuksessa?

ELT-41200 Langattoman tietoliikenteen perusteet (Basic Course on Wireless Communications)

Liite tenttiin (sivu 1/2) – Appendix for the exam (page 1/2)

$$P_R = \frac{P_T}{4\pi R^2} A_e \quad A_e^{iso} = \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad G = \eta \left( \frac{\pi D f}{c} \right)^2 \quad P_N[\text{dBm}] = -198.6 + 10 \log_{10} T + 10 \log_{10} B + NF_{\text{dB}}$$

$$L = 32.4 + 20 \log_{10} d_{\text{km}} + 20 \log_{10} f_{\text{MHz}} \quad \frac{1}{L} = 4 \sin^2 \left( \frac{2\pi h_t h_R}{\lambda d} \right) \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad P_R(d) = P_R(d_0) \left( \frac{d_0}{d} \right)^n$$

$$L = A + B \log_{10}(f_{\text{MHz}}) - 13.82 \log_{10}(h_b) + [C - 6.55 \log_{10}(h_b)] \log_{10}(d_{\text{km}}) - K$$

	150–1500 MHz	1500–2000 MHz
A	69.55	46.3
B	26.16	33.9

$$L = L_{\text{ref}} + 20 \log_{10} d + \sum_{f=1}^F FAF(f) + \sum_{w=1}^W WAF(w)$$

$$P_R(d) = P_R(d_0) - 10n \log_{10}(d/d_0) + \Psi_{\text{dB}}$$

$$P_{\text{out}} = p(P_R(d) < P_{\text{min}}) = 1 - Q \left( \frac{P_{\text{min}} - P_R(d_0) + 10n \log_{10}(d/d_0)}{\sigma_{\Psi_{\text{dB}}}} \right)$$

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2/2} dt$$

$$f_D = \frac{v}{\lambda} \cos \theta \quad S_E(f) = \frac{1.5}{\pi f_m \sqrt{1 - \left( \frac{f - f_c}{f_m} \right)^2}} \quad \mu_{\tau} = \frac{1}{P_{\text{av}}} \sum_{\tau=0}^{\infty} \tau P(\tau) \quad \sigma_{\tau} = \sqrt{\frac{1}{P_{\text{av}}} \sum_{\tau=0}^{\infty} (\tau - \mu_{\tau})^2 P(\tau)}$$

$$f_{z_r}(z_r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-z_r^2/2\sigma^2}$$

$$f_R(r|\sigma) = \frac{r}{\sigma^2} e^{-r^2/2\sigma^2}$$

$$f_R(r|v, \sigma) = \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{(r^2+v^2)}{2\sigma^2}} I_0 \left( \frac{rv}{\sigma^2} \right)$$

$$s_k(t) = \sum_{n=0}^{N-1} c_k(n) p(t - nT_c)$$

$$T = \lambda_p T_p e^{-2\lambda_p T_p} = L e^{-2L}$$

$$T = \lambda_p T_p e^{-\lambda_p T_p} = L e^{-L}$$

Continued on other side →

# ELT-41200 Langattoman tietoliikenteen perusteet (Basic Course on Wireless Communications)

Liite tenttiin (sivu 2/2) – Appendix for the exam (page 2/2)

$$C = MkN = MS$$

$$N = i^2 + ij + j^2$$

$$Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$$

$$SIR = \frac{d_0^{-n}}{\sum_{j=1}^J d_j^{-n}}$$

$$SIR = \frac{R^{-n}}{\sum_{j=1}^J D_j^{-n}} = \frac{\left(\frac{D}{R}\right)^n}{J} = \frac{Q^n}{J} = \frac{(\sqrt{3N})^n}{6}$$

$$A_u = \frac{\mu}{1 \text{ hour}}, A = UA_u$$

$$\text{Pr}[\text{blocking}] = \frac{A^c / C!}{\sum_{i=0}^c A^i / i!}$$

$$\text{Pr}[\text{delay} > 0] = \frac{A^c}{A^c + C! \left(1 - \frac{A}{C}\right) + \sum_{i=0}^{c-1} \frac{A^i}{i!}}$$

$$PG = 10 \log_{10} \left( \frac{R_c}{R_b} \right)$$

$$\Gamma_i = \frac{g_{ii} P_i}{\sum_{j \neq i} g_{ij} P_j + n_i}$$

$$\rho_i = c(t_R - t_T) = r + c\Delta t$$

$$N_{BOC} \triangleq 2 \frac{m}{n} = 2 \frac{f_{sc}}{f_c}$$

$$s_{\text{SinBOC}}(t) \triangleq \text{sign} \left( \sin \left( \frac{N_{BOC} \pi t}{T_c} \right) \right)$$

## Erlang B capacity with 1%, 2%, 3% and 5% blocking

CHs	1%	2%	3%	5%
1	0.01	0.02	0.03	0.05
2	0.15	0.22	0.28	0.38
3	0.46	0.60	0.72	0.90
4	0.87	1.09	1.26	1.52
5	1.36	1.66	1.88	2.22
6	1.91	2.28	2.54	2.96
7	2.50	2.94	3.25	3.75
8	3.13	3.63	3.99	4.54
9	3.78	4.34	4.75	5.37
10	4.46	5.08	5.53	6.22
11	5.16	5.84	6.33	7.08
12	5.88	6.61	7.14	7.95
13	6.61	7.40	7.97	8.83
14	7.35	8.20	8.80	9.73
15	8.11	9.01	9.65	10.60
16	8.88	9.83	10.50	11.50
17	9.65	10.70	11.40	12.50
18	10.40	11.50	12.20	13.40
19	11.20	12.30	13.10	14.30
20	12.00	13.20	14.00	15.20

CHs	1%	2%	3%	5%
21	12.80	14.00	14.90	16.20
22	13.70	14.90	15.80	17.10
23	14.50	15.80	16.70	18.10
24	15.30	16.60	17.60	19.00
25	16.10	17.50	18.50	20.00
26	17.00	18.40	19.40	20.90
27	17.80	19.30	20.30	21.90
28	18.60	20.20	21.20	22.90
29	19.50	21.00	22.10	23.80
30	20.30	21.90	23.10	24.80
31	21.20	22.80	24.00	25.80
32	22.00	23.70	24.90	26.70
33	22.90	24.60	25.80	27.70
34	23.80	25.50	26.80	28.70
35	24.60	26.40	27.70	29.70
36	25.50	27.30	28.60	30.70
37	26.40	28.30	29.60	31.60
38	27.30	29.20	30.50	32.60
39	28.10	30.10	31.50	33.60
40	29.00	31.00	32.40	34.60