

**ELT-41200 Langattoman tietoliikenteen perusteet  
Tentti ja toinen välikoe 5.3.2014 / Markus Allén**



*Mukana saa olla tiedekunnan laskin tai oma laskin. Koepaperin liitteenä on kaavakokoelma. Voit vastata suomeksi tai englanniksi.*

*Vastaa joko tenttiin **tai** välikokeeseen, mutta älä molempiin!*

**Tentti:** kysymykset 1–5

**Välikoe:** kysymykset 3–7

1. a) Vertaa lyhyesti keskenään taajuusalueita VLF (3–30 kHz) ja UHF (300–3000 MHz) radiosignaalin etenemisen kannalta. Mainitse lisäksi, mitä oleellisia eroja kyseisillä taajuusalueilla on tietoliikennejärjestelmien näkökulmasta. Miksi esimerkiksi UMTS-matkapuhelinjärjestelmää ei voida toteuttaa VLF-taajuusalueella?  
b) GSM-järjestelmässä käytetään taajuustason dupleksointia (FDD). Mitä tämä tarkoittaa? Mitä muita dupleksointiperiaatteita on yleisessä käytössä langattomassa tietoliikenteessä?
2. a) Oletetaan matkapuhelinjärjestelmä, jossa puheyhteys toimii, mikäli matkapuhelimen vastaanottama tehotaso on vähintään -103 dBm. Kuinka monta **wattia** pitää olla tukiaseman lähetysteho, jotta puheyhteys toimii? Tukiaseman kaapelihäviöt ovat 5 dB, tukiaseman antennivahvistus on 4 dBi ja etenemisvaimennus radiotiellä on 146 dB. Oleta matkapuhelimen kaapelihäviöiksi 2 dB ja antennivahvistukseksi 0 dBi.  
b) Selitä, mitä tarkoitetaan kanavan *koherenssijalla* ja *koherenssikaistanleveydellä*. Miten nämä liittyvät termeihin *Doppler-haje* ja *viivehaje*. Miten kanavan aikaselektiivisyys ja taajuusselektiivisyys liittyvät edellä mainittuihin suureisiin?
3. Selitä lyhyesti seuraavat langattomaan tietoliikenteeseen liittyvät termit:
  - a) Uudelleenkäyttökerroin
  - b) Samankanavan häiriö
  - c) Solunvaihto, pehmeä solunvaihto
  - d) Signaali-häiriö-suhde (SIR)
  - e) Verkkovierailu (roaming)
  - f) Pseudo-etäisyys
4. Vertaile langattomien lähiverkkojen (WLAN) ja matkaviestinverkkojen ominaisuuksia, ottaen huomioon mm. seuraavat näkökulmat: verkon peitto ja kapasiteetti, kustannukset, taajuusalueet, liikkuvuus (mobiliteetti). Mitä yhteisiä piirteitä näillä tekniikoilla on, ja mitkä ovat keskeisiä eroja? Ota huomioon sekä radiorajapinta että runkoverkko.
5. a) Mitä tarkoitetaan kanavien yhteiskäytöllä (trunking) matkapuhelinjärjestelmissä? Vertaile kanavien yhteiskäytön tehokkuutta seuraavissa kahdessa tilanteessa: (i) yksi ryhmä, jonka käytössä on 20 kanavaa, (ii) kaksi ryhmää, joilla kummallakin 10 kanavaa. Kuinka suurelle liikennemäärälle järjestelmä voidaan mitoittaa kummassakin tapauksessa, kun tavoitteena on 1 % estotodennäköisyys?  
b) Matkapuhelinkäyttäjän oletetaan puhuvan 93 sekuntia kiiretunnin aikana. Kuinka monta tällaista käyttäjää pystytään palvelemaan edellisen kohdan tilanteissa (i) ja (ii)?
6. a) Satelliittipaikannusjärjestelmä koostuu yleisesti kolmesta segmentistä. Kerro lyhyesti näistä segmenteistä ja niiden rooleista satelliittipaikannusjärjestelmässä.  
b) Mitkä ovat olennaisimmat virhelähteet satelliittipaikannuksessa?
7. a) Kerro tehonsäädön merkityksestä solukoverkoissa.  
b) Mitä muita oleellisia toimintoja (tehonsäädön lisäksi) tarvitaan radioresurssien hallintaan solukoverkoissa?

**ELT-41200 Basic Course on Wireless Communications**  
**Exam and second midterm exam 5.3.2014 / Markus Allén**

*You can use Faculty's calculator or your own calculator. A set of formulas is attached to the exam paper. You can answer in English or Finnish.*

*Please answer to the exam or midterm exam, but not both!*

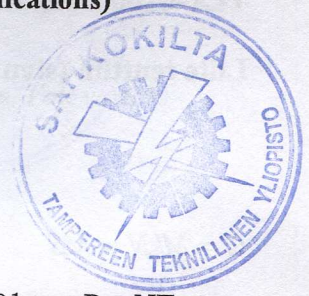
**Exam:** questions 1–5

**Midterm exam:** questions 3–7

1. a) Compare briefly VLF (3–30 kHz) and UHF (300–3000 MHz) frequency ranges in terms of radio signal propagation characteristics. In addition, mention what are the essential differences between these frequency ranges from the communications systems point of view. Why, for example, UMTS mobile phone system cannot be implemented in VLF frequency range?  
b) GSM uses the frequency-division duplexing (FDD). What does this mean? What other duplexing techniques are commonly used in wireless communications?
2. a) Let's assume a mobile phone system, which has a working speech connection, if the received power level of the mobile phone is at least -103 dBm. How many **watts** should be the transmission power of the base station in order to have a working speech connection? Base station feeder losses are 5 dB, base station antenna gain is 4 dBi and the propagation loss on the radio path is 146 dB. Assume that the feeder losses at the mobile phone are 2 dB and the antenna gain of the mobile is 0 dBi.  
b) Explain the meanings of channel *coherence time* and channel *coherence bandwidth*. How are these related to terms *Doppler spread* and *delay spread*? How are these aforementioned terms related to the time selectivity and frequency selectivity of the channel?
3. Explain briefly the following terms related to wireless communications:
  - a) Reuse factor
  - b) Co-channel interference
  - c) Handover, soft handover
  - d) Signal-to-interference ratio (SIR)
  - e) Roaming
  - f) Pseudorange
4. Compare WLAN characteristics with cellular technologies, e.g., in terms of coverage, capacity, cost, frequency spectrum, mobility. Which common features do they have and which are the major differences? Consider both radio interface and core network aspects.
5. a) What is meant by trunking in mobile phone systems? Compare the trunking efficiency in the following two alternative configurations: (i) one group of 20 channels, (ii) two groups of 10 channels each. How much traffic can be supported in each case, when the target blocking probability is 1 %?  
b) A mobile phone user is assumed to generate 93 seconds of voice traffic during the busy hour. How many such users can be served in the above configurations of (i) and (ii)?
6. a) In general, a satellite positioning system consists of three segments. Explain shortly these segments and their roles in the satellite positioning system.  
b) Which are the main error sources in satellite positioning?
7. a) Discuss about the significance of power control in cellular networks.  
b) What other essential functions (in addition to power control) are required for radio resource management in cellular networks?

TLT-6100 Langattoman tietoliikenteen perusteet (Basic Course on Wireless Communications)

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



$$P_R = \frac{P_T}{4\pi R^2} A_e \quad A_e^{iso} = \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad G = \eta \left( \frac{\pi D f}{c} \right)^2 \quad P_N = -228.6 + 10 \log_{10} T + 10 \log_{10} B + NF_{dB}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$f_D = \frac{v}{\lambda} \cos \theta \quad S_E(f) = \frac{1.5}{\pi f_m \sqrt{1 - \left( \frac{f - f_c}{f_m} \right)^2}}$$

$$\mu_\tau = \frac{1}{P_{av}} \sum_{\tau=0}^{\infty} \tau P(\tau)$$

$$\sigma_\tau = \sqrt{\frac{1}{P_{av}} \sum_{\tau=0}^{\infty} (\tau - \mu_\tau)^2 P(\tau)}$$

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

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

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

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

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

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

Continued on other side →

TLT-6100 Langattoman tietoliikenteen perusteet (Basic Course on Wireless Communications)

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

$$C = MkN = MS$$

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

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

$$SIR = \frac{d_0^{-n}}{\sum_{j=1}^J d_j^{-n}} \quad SIR = \frac{R^{-n}}{\sum_{j=1}^J D_j^{-n}} = \frac{\left(\frac{D}{R}\right)^n}{J} = \frac{Q^n}{J} = \frac{(\sqrt{3N})^n}{6}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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