

ELT-41200 Langattoman tietoliikenteen perusteet
Ensimmäinen välikoe, 7.12.2016 / Jaakko Marttila

Mukana saa olla oma laskin. Koepaperin liitteenä on kaavakokoelma ja palautekysely. Vastata voit suomeksi tai englanniksi.

Vastaa viiteen kysymykseen seuraavista kuudesta. Tehtävää 6 ei arvostella, jos vastaat kaikkiin!

1. Selitä lyhyesti (muutamalla lauseella) seuraavat langattomaan tietoliikenteeseen liittyvät termit:
 - a. antennivahvistus
 - b. monitie-eteneminen
 - c. nopea häipyminen
 - d. modulaatio
 - e. kanavointi
 - f. monikäyttö

2. 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. Voitaisiinko esimerkiksi UMTS-matkapuhelinjärjestelmä toteuttaa VLF-taajuusalueella? Miksi?

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. a) Oletetaan, että isotrooppisen säteilijän lähetysteho on 40 W, toimintataajuus on $f = 2.4$ GHz, ja linkin pituus on 2 km. Mikä on isotrooppisen vastaanottoantennin havaitsema teho (dBm-arvona) olettaen (i) vapaan tilan vaimennus -mallin ja (ii) yksinkertaistetun etenemisvaimennusmallin, jonka etenemisvaimennuksen eksponentti on 4?

b) Miksi kohdissa (i) ja (ii) käytetyt vaimennusmallit antavat eri tuloksen? Pohdi mallien realistisuutta. Minkälaiset vaimennusmallit voisivat antaa tarkempia tuloksia?

4. a) Mitä tarkoitetaan radiokanavan tehoviiveprofiililla? Laske RMS-viivehaje, kun tehoviiveprofiili on alla esitetyn mukainen.

Suhteellinen teho [dB]	0	-6	-8
Suhteellinen viive [ns]	0	200	400

b) Onko kyseinen kanava taajuusselektiivinen LTE-järjestelmän (kaistanleveys 20 MHz) näkökulmasta? Perustele vastauksesi.

5. a) Oletetaan langaton tietoliikennejärjestelmä, jossa datayhteys toimii toivotulla tavalla, mikäli vastaanottimen signaalikohinasuhde on vähintään 14 dB. Linkin siirtonopeudeksi oletetaan 64 Mbit/s kun käytössä on 16-QAM lisäkaistakertoimella 0.25. Toimintalämpötila on 20°C ja kohinaluku 0 dB. Radiotien etenemisvaimennus 127 dB. Kuinka monta **wattia** pitää olla tukiaseman lähetysteho, jotta yhteys toimii?

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

6. a) Kuvaille MAC-protokolla Alohan toimintaperiaate. Kommentoi Alohan suorituskykyä (esim. tarjottu datakuorma vs. läpäisy) ja perustele lyhyesti, mistä se johtuu. Alohasta on myös olemassa kehittyneempi versio. Mitä siinä tehdään toisin, jotta suorituskyky on alkuperäistä Alohaa parempi?

b) Selitä käsitteet *piiloasemaongelma* ja *altistuneen aseman ongelma* langattoman tietoliikenteen yhteydessä.

ELT-41200 Basic Course on Wireless Communications
First Midterm Exam, 7.12.2016 / Jaakko Marttila

You can use your own calculator. A set of formulas and a feedback form is attached to the exam paper. You can answer in English or Finnish.

Please answer to five questions out of six. Problem 6 is not graded, if you answer all problems!

1. Explain briefly (with a couple of sentences) the following terms related to wireless communications:
 - a. antenna gain
 - b. multipath propagation
 - c. fast fading
 - d. modulation
 - e. multiplexing
 - f. multiple access

2. 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. Could, for example, UMTS mobile phone system be implemented in the VLF frequency range? Why?

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. a) Let's assume that the transmitted power of an isotropic radiator is 40 W, the operating frequency is $f = 2.4$ GHz, and the link distance is 2 km. What is the power (in dBm) observed by an isotropic reception antenna when assuming (i) free-space loss model and (ii) simplified path loss model with propagation exponent of 4.

b) Why path loss models in (i) and (ii) give different results? Discuss how realistic these models are. What kind of path loss models could give more accurate results?

4. a) What is meant by a power-delay profile of radio channel? Calculate the RMS delay spread, when the power-delay profile is as described in the table below.

Relative power [dB]	0	-6	-8
Relative delay [ns]	0	200	400

b) Is this particular channel frequency selective from the LTE system (bandwidth 20 MHz) point of view? Explain why.

5. a) Let's assume a wireless communications system, whose data connection works properly with receiver signal-to-noise ratio of 14 dB. The link transmission rate is assumed to be 64 Mbit/s when applying 16-QAM with a roll-off factor 0.25. The operation temperature is 20°C and the noise figure 0 dB. The radio propagation path loss is 127 dB. How many **watts** should be the transmission power of the base station in order to have a working connection?

b) LTE uses the frequency-division duplexing (FDD) in Finland. What does this mean? What other duplexing techniques are commonly used in wireless communications?

6. a) Describe the basic principle of Aloha MAC protocol. Comment on the performance of Aloha (e.g. offered load vs. throughput) and shortly give a reason for that. There is also an enhanced version of Aloha. What is done differently in it in order to have better performance than in the original Aloha?

b) Explain the concepts of *hidden node problem* and *exposed node problem* in the context of wireless communications.