

S-72.3220 RADIOTIETOLIIKENNEJÄRJESTELMÄT

Tentti 12.4.2007

Osa A. Ilman lähteitä suoritettavat tehtävät (2)

Tentti koostuu kahdesta osasta. Kun olet suorittanut osan A, jätä vastaukset tentin valvojalle, jolloin saat 3 tehtävää käsitteän B-osan tehtäväpaperin. Nämä tehtävät saat suorittaa vapaavalintaisten lähteiden kanssa. Ajankäytöstä päättää itse 3 h kokonaisajan puitteissa. Poistua saat kuitenkin vasta tunnin kuluttua tentin alkamisesta.

1. Vastaa lyhyesti muutamalla lauseella seuraaviin osatehtäviin. Käytä tarvittaessa kuvia:
 - a) Kuka demonstroi ensimmäisenä radioaltojen olemassaolon?
 - b) Mitkä taajuudet muodostavat SHF-kaistan?
 - c) Mikä yhteys vallitsee kohinaluvun ja ekvivalenttisen kohinalämpötilan välillä radiovastaanottimessa?
 - d) Mikä on epälineaarisen lähetintehovahvistimen päävaikutus i) omaan signaaliin ja ii) viereisten kanavien signaaleihin lineaarisesti moduloitujen signaalien radiosirrossa?
 - e) Mitä tarkoittaa luiskahdus (yksi digitaalisiirron suorituskykytekijä)?
 - f) Miksi on 23 GHz:n radiolinkkihypyn maksimipituus huomattavasti lyhyempi kuin 7 GHz:n radiolinkkihypyn pituus?
 - g) Miten määritellään kaksitiekanavan amplitudivasteen syväymäärvo (dB)?
 - h) Mitä voisi aiheuttaa Doppler-siirtoja kiinteässä NLOS-radiolinkissä?
 - i) Miten otetaan huomioon yleisradiolähettimen muu teho kuin 1 kW ITU-R Rec. P1546 kentänvoimakkuusdiagrammeja käytettäessä?
 - j) Miten vaikuttaa standardi-ilmakehän taittuminen satelliittilinkkiin?
2. Esitä luokitus kohinalle ja häiriöille, jotka saapuvat radiovastaanottiin. Anna esimerkit erityyppisistä kohinoista ja häiriöistä, ja kerro millä taajuuskaistoilla ne ovat merkitseviä.

S-72.3220 RADIO COMMUNICATION SYSTEMS

Examination 12.4.2007

Part A. Two tasks to be done without literature

The exam consists of two parts. When you have done the tasks in Part A (*closed books*) you give the answers to the exam supervisor, and then you will get Part B (*open books*) including 4 problems (the 3 best performed are considered for the exam grade). You decide yourself the time you spend on each part, but the total exam duration is 3 h. You can leave the exam room at earliest 1 hour after the start of the exam.

1. Answer the following questions with one or a few sentences. Use figures when needed.
 - a) Who was the first to demonstrate the existence of radio waves?
 - b) Which frequencies comprise the SHF-band?
 - c) What is the connection between the noise *figure* and the equivalent noise temperature in a radio receiver?
 - d) What is the main impact of a non-linear transmitter power amplifier to i) the own signal and ii) to the adjacent channels in radio transmission of a linearly modulated signals?
 - e) What is a slip (one of the digital transmission performance items)?
 - f) Why is the maximum length of a 23 GHz radio link hop significantly shorter than that of a 7 GHz radio link hop?
 - g) How is notch depth (dB) of the two-path radio channel amplitude response defined?
 - h) What might cause Doppler-shifts in a fixed NLOS radio link?
 - i) How should a transmitter power other than 1 kW be taken into account when using the ITU-R Rec. P1546 field strength diagrams?
 - j) How does the standard atmospheric refraction affect on a satellite link?
2. Give a categorization of the noise and disturbances entering a radio receiver via the antenna, give examples of the different types and indicate in which frequency bands they are significant.

S-72.3220 RADIO COMMUNICATION SYSTEMS

Examination 12.4.2007

Part B. 4 tasks to be done with arbitrary literature. The three best performed are considered for the exam grade.

3. A radio receiver has a noise figure of 8 dB and includes a modem that requires a 15 dB signal to noise ratio for proper performance in a 25 kHz bandwidth. Determine the equivalent noise temperature and the sensitivity in dBm of the receiver. $kT_o = 4 \cdot 10^{-21} \text{ W/Hz}$
4.
 - a) The distance of an 11 GHz geostationary satellite from the Earth's centre is 42176 km and Earth's radius is 6370 km. The satellite antenna beam should cover the visible part of the Earth. Give an estimate of the antenna gain in dB when the beam is shaped as an ideal cone having the gain $-20\log(\sin(\phi/4))$ dB, where ϕ is the beam angle.
 - b) How large should the Earth station antenna gain be (dB) to give a 20 dB signal to noise ratio at the antenna terminal in the worst location, when the receiver system noise temperature in that point is 100 K and the RF signal bandwidth is 30 MHz? Atmospheric loss is neglected. The satellite transmitter output power is 1 kW. The feeder losses are 1 dB and 2 dB in the satellite and Earth station respectively
5. During the worst month the statistical channel models of a radio hop give the following prediction formulas for the outage probability in a receiver without diversity and in a space diversity receiver caused by frequency selective fading and flat fading, respectively:

$$\text{without diversity: } P_{o,df,nd} = P_{df} e^{-B/4.5} W \tau, \quad P_{o,ff,nd} = r \cdot 10^{-FFM/10}$$

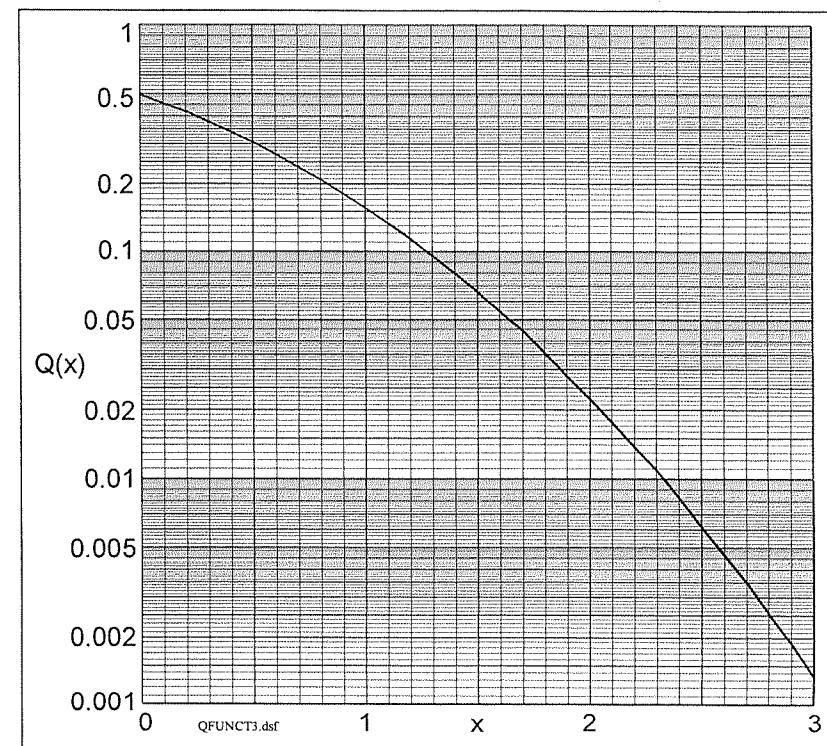
$$\text{with diversity: } P_{o,df,d} = P_{df} e^{-B/2.2} W \tau \quad P_{o,ff,d} = q \cdot 10^{-FFM/5}$$

where

the parameter values of the fade tolerance parameters of the receiver:
the channel models:

- $P_{df} = 0.02$
- $r = 0.18$
- $q = 5$
- Probability of MP-fade: No diversity 60 % and with diversity 80 %
- $\tau = 6.3 \text{ ns}$
- $FFM = 35 \text{ dB}$
- B is the M-signature height = 24 dB (MP) and 16 dB (NMP)
- W is the signature width = 20 MHz (MP) and 25 MHz (NMP)

- a. Determine the predicted total outage for the both receiver types.
- b. Determine the predicted diversity total outage improvement
6. A FM audio broadcast network at 100 MHz is planned with 60 km coverage range with 300 m transmitter antenna height and 100 kW EIRP under the assumption that a 54 dBmV/m field strength guarantees good reception quality with the rural receiver antennas at the terrain cover height (10 m). How large is the coverage probability at the maximum range?



S-72.3220 RADIOTIETOLIIKENNEJÄRJESTELMÄT

Tentti 12.4.2007

Osa B. Lähteiden kanssa suoritettavat tehtävät (4, joista 3 parhaiten suoritettua otetaan huomioon tenttiarvosanassa)

3. Radiovastaanottimen kohinalku on 8 dB, ja se sisältää modeemin, joka tarvitsee 15 dB signaalikohinasuhteen riittävän suorituskyvyn takaamiseksi 25 kHz kaistanleveydellä. Määrästä vastaanottimen ekviaalainen kohinalämpötila ja herkkyys (dBm).

$$kT_o = 4 \cdot 10^{-21} \text{ W/Hz}$$

- 4.
- a) 11 GHz:n geostationäärisen satelliitin etäisyys Maan keskipisteestä on 42176 km, ja Maan säde on 6370 km. Satelliitin antenninkeilan tulee peittää satelliitista näkyvän osan Maasta. Laske estimaatti tarvittavalle antennivahvistukselle (dB) idealisella kartiokeilalla, jonka vahvistus on $-20\log(\sin(\phi/4))$ dB, jossa ϕ on antenninkeilan kulma.
 - b) Kuinka suuri tulee Maa-aseman antennivahvistuksen (dB) olla, jotta antenniportissa mitattu signaalikohinasuhde olisi 20 dB pahimmassa paikassa, kun vastaanotinjärjestelmän lämpötila antenniportissa on 100 K, RF-signaalien kaistanleveys on 30 MHz? Ilmakehähäviötä ei oteta huomioon. Satelliittilähettimen lähtöteho on 1 kW, ja antennisyöttöjen häviöt satelliitissa ja Maa-asemassa ovat 1dB ja 2 dB.
5. Pahimpana kuukautena radiohypyn tilastolliset kanavamallit antavat seuraavat taajuusselektiivisen ja tasaisen häipymisen aiheuttaman katkotodennäkösyden ennustuskaavat ilman diversityä ja paikkadiversiityllä varustetussa vastaanottimissa:

$$\text{ilman diversityä: } P_{o,df,nd} = P_{df} e^{-B/4.5} W\tau, \quad P_{o,ff,nd} = r \cdot 10^{-FFM/10}$$

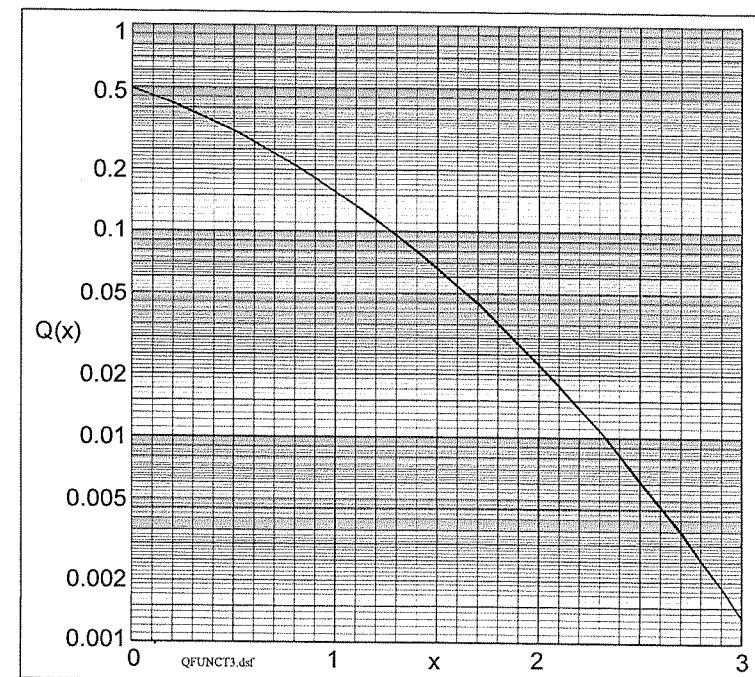
$$\text{diversityllä: } P_{o,df,d} = P_{df} e^{-B/2.2} W\tau, \quad P_{o,ff,d} = q \cdot 10^{-FFM/5}$$

jossa:

kanavamallin parametriarvot: vastaanottimen häipymissietoparametrit:

- $P_{df} = 0.02$
- $r = 0.18$
- $q = 5$
- MP-häipymän tod.näk. ja 16 dB (NMP)
- B on M-signaturen korkeus = 24 dB (MP) ja 16 dB (NMP)
- W on signaturen leveys = 20 MHz (MP) ja 25 MHz (NMP)

- a. Määrästä ennuste kokonaiskatkotodennäköisyydelle kummallekin vastaanottimelle.
- b. Määrästä ennuste diversityn tuomalle kokonaiskatkotodennäköisyyden parannukselle.
6. 100 MHz FM-yleisradioverkko on suunniteltu 60 km peitolle olettaen, että 54 dBmV/m kentänvoimakkuus taka hyvän vastaanoton maaseudulla, kun vastaanottoantennin korkeus on juuri maastopeitteenvälinen rajalla (10 m). Lähetyasantennin korkeus on 300 m, lähetysteho 100 kW EIRP. Kuinka suuri on peittotodennäköisyys maksimietäisyydellä?



Received field strength at 100 MHz over land paths as function of distance for different transmitter antenna heights exceeding 50% of time. Receiver antenna height 10 m (equal to representative height of ground cover)

