

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

ELT-41200 Langattoman tietoliikenteen perusteet
Tentti ja 2. välikoe, 17.12.2019 / Jukka Talvitie

Liitteenä kaavakokoelma (2 sivua). Kurssikalvoja yms. muuta materiaalia ei saa käyttää. Tenttipaperia ei tarvitse palauttaa. Mukana saa olla oma laskin.

Voit vastata joko tenttiin, 2. välikokeeseen, tai molempiin. Paras suoritus huomioidaan.

Tentti: kysymykset 1–6

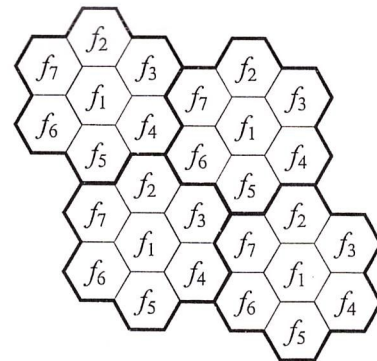
2. välikoe: kysymykset 4–6

- Selitä, mitä tarkoitetaan kanavan koherenssiajalla ja koherenssikaistanleveydellä. Miten nämä liittyvät termeihin Doppler-haje ja viivehaje. Entä mitä tarkoittaa kanavan aikaselektiivisyys ja taajuusselektiivisyys ja miten ne liittyvät edellä mainittuihin suureisiin?
- a) Oletetaan, että 4G-datayhteys LTE-verkon tukiasemasta matkapuhelimeen toimii toivotulla tavalla, mikäli signaalikohinasuhde matkapuhelimen radiovastaanottimessa on vähintään 25 dB. Tukiaseman antennivahvistus on 15 dBi ja kaapelihäviöt 2 dB. Vastaavasti matkapuhelimen antennivahvistus on 0 dBi ja kaapelihäviöt 0 dB. Vastaanottimen kohinaluku on 6 dB ja toimintalämpötilaksi oletetaan 288 K. Radiotien etenemisvaimennus on 130 dB ja käytetty signaalin kaistaleveys on 20 MHz. Kuinka monta **wattia** pitää olla tukiaseman lähetysteho, jotta yhteys toimii?
 b) Mikä on matkapuhelimen etäisyys tukiasemasta, kun oletetaan vapaan tilan vaimennusmalli ja yllä mainittu radiotien etenemisvaimennus 130 dB. Käytetty lähetystaajuus on 1.2 GHz.
- LTE-järjestelmässä (4G) käytetään Suomessa taajuustason dupleksointia (FDD). Mitä tämä tarkoittaa? Mitä muita dupleksointiperiaatteita on mahdollista käyttää langattomassa tietoliikenteessä? Pohdi mitä etuja, haittoja/haasteita taajuustason dupleksoinnilla on verrattuna aikataason dupleksointiin (TDD), joka on keskeisessä roolissa tulevilla 5G-verkoissa.

- a) Selitä lyhyesti käsitteet uudelleenkäyttökerroin ja uudelleenkäyttöetäisyys liittyen soluverkkokonseptiin (käytä vastauksissasi hyväksesi kuvan 1 kaltaista hahmotelmaa):

b) Mikä on ryppään koko N kuvan määrittelemässä soluverkossa. Olettaen tässä tapauksessa, että solun kantama $R = 500$ m, mikä on uudelleenkäyttöetäisyys D ?

c) Miten ryppään koko N , uudelleenkäyttöetäisyys D ja solun kantama R vaikuttavat soluverkossa esiintyvän samankanavan häiriön määrään? Mikäli häiriö halutaan minimoida, pitääkö arvoja N , D , ja R kasvattaa vai pienentää (pohdi kukin arvo erikseen)?



Kuva 1: Taajuuksien uudelleenkäyttö soluverkoissa

- Kuvaile lyhyesti mitä tarkoittavat matkapuhelimen radiolinkin ”lepo/idle-tila” (RRC_IDLE) ja ”aktiivinen-tila” (RRC_ACTIVE). Lisäksi selitä lyhyesti seuraavat käsitteet/toiminnot liittyen matkapuhelinverkkojen radioresurssien hallintaan ja ilmaise samalla onko kyseessä RRC_IDLE- vai RRC_ACTIVE-tilan toiminto.
 - Solun uudelleenvalinta (cell reselection)
 - Solunvaihto (handover)
 - Hakutoiminnallisuus (paging)
 - Satunnaispääsyprosessi (random access)
- a) Selitä pääpiirteittäin GPS-paikannuksen toimintaperiaate. Millaisia virhelähteitä satelliittipaikannusjärjestelmiin sisältyy?
 b) Kuvaile ainakin 3 eri menetelmää, joilla laite voidaan paikantaa langattomassa verkossa. Pohdi millaisia etuja ja haasteita kyseisten menetelmien käyttöön liittyy.

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

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

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

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

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

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

$$f_{Z_r}(z_r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-z_r^2/2\sigma^2} \quad f_R(r|\sigma) = \frac{r}{\sigma^2} e^{-r^2/2\sigma^2} \quad f_R(r|v, \sigma) = \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{(r^2+v^2)}{2\sigma^2}} I_0 \left(\frac{rv}{\sigma^2} \right)$$

$$s_k(t) = \sum_{n=0}^{N-1} c_k(n) p(t - nT_c) \quad T = \lambda_p T_p e^{-2\lambda_p T_p} = L e^{-2L} \quad T = \lambda_p T_p e^{-\lambda_p T_p} = L e^{-L}$$

Continued on other side →

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

$$C = MkN = MS$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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