

# ELEC-C7230 Tietoliikenteen siirtomenetelmät

## Välikoe II, 10.4.2019

1. Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin.

- Mitä pulssinmuokkaus tarkoittaa?
- Miksi pulssinmuokkausta tarvitaan?
- Mitä ongelmia saattaa aiheutua (aikatason) kantipulssin käytöstä?
- Miksi aikataason sinc-pulssi ei ole hyvä pulssinmuoto?
- Miten RRC-pulssit poikkeavat sinc-pulsseista?
- Minkä asioiden välillä tasapainotellaan, kun valitaan roll-off -tekijä  $\alpha$  RC- ja RRC-pulsseissa?

2. Tarkastellaan 16-PAM ja 16-QAM modulaatioita. Toinen on reaaliarvoinen, toinen kompleksiarvoinen. Kummallakin lähetetään 4 bittiä per symboli. Kohinan energia per ulottuvuus on  $N_0/2$ .

Reaaliarvoisella modulaatiolla kaikki teho lähetetään I-haaralla, jolloin signaalikohinasuhde I-haaralla on  $\gamma_I^{\text{Re}} = \frac{E_s}{N_0/2}$  ja  $\gamma_Q^{\text{Im}} = 0$ . Tässä  $E_s$  on symbolienergia, teho kertaa symbolijakso. Kompleksiarvoisella modulaatiolla teho jaetaan tasan ulottuvuuksien välillä, jolloin  $\gamma_I^{\text{Im}} = \gamma_Q^{\text{Im}} = \frac{E_s/2}{N_0/2}$ .

Arvioidaan luotettavaan tiedonsiirtoon tarvittavan signaalitehon määrää kanavan Shannonin lain mukaisesta maksimaalisesta spektritehokkuudesta. Reaaliarvoiselle signaalille  $C^{\text{IR}} = \frac{1}{2} \log_2(1 + \gamma_I)$  kun taas kompleksiarvoiselle se on  $C^{\text{C}} = \frac{1}{2} \log_2(1 + \gamma_I) + \frac{1}{2} \log_2(1 + \gamma_Q)$ .

Laske Shannonin lain mukainen signaalienergia (yksiköissä  $N_0$ ), kun halutaan spektritehokkuus 4 bps/Hz, sekä reaaliarvoiselle että kompleksiarvoiselle modulaatiolle. Kuinka paljon enemmän tehoa tarvitaan, jos 4 bittiä lähetetään reaaliarvoisena eikä kompleksiarvoisena? Ilmaise ero dB-asteikolla.

3. Käytetään hajotussuhteen 2 Walsh-Hadamard -koodia, jolla lähetetään käyttäjälle rinnakkain kaksi koodimultipleksattua symbolia kahden lähetysnäytteen eli "chipin" aikana. Hajotuskoodimatriisi on siis

$$\mathbf{C} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}.$$

- Kahden chipin aikana lähetetään kaksi koodimultipleksattua symbolia  $s_1$  ja  $s_2$ . Laske lähetettävä diskreetin ajan signaali. (2p)
- Vastaanottaja on vastaanottanut seuraavan aikataason chippijonon:  $0, \sqrt{2}, \sqrt{2}, 0, -\sqrt{2}, 0, 0, -\sqrt{2}$ . Lähettäjä on käyttänyt BPSK-modulaatiota. Siirtotiellä ei ole kohinaa. Mitkä ovat olleet lähetetyt BPSK-symbolit? (4p)

Vihje: Lähetetty chippijono koostuu siis neljästä peräkkäisestä Walsh-Hadamard muunnetusta vektorista.