

## TLT-5400 DIGITAALINEN SIIRTOTEKNIikka

1. välikoe 27.2. 2013

*English version on the other side!*

**Laskinta ei sallita – eikä tarvita**

1. Hahmottele diskreettiaikaista kanavaa koskeva käyrästä, josta nähdään
  - (a) jatkuva-arvoisen kanavan kapasiteetti (bittiä/symboli)  $S/N$ -suhteen funktiona
  - (b) maksimaalinen informaation siirtonopeus  $S/N$ -suhteen funktiona seuraavia aakkostoja käytettäessä: 2-PSK, 4-PSK, 16-QAM, 64-QAMOlennaista on käyrästä periaattellinen muoto ja (b)-kohdan asymptoottinen käyttäytyminen suurilla  $S/N$ -suhteilla.
2. Tarkastellaan kantaaltomoduloitua QAM-järjestelmää, jonka symbolinopeus on  $1/T$ .
  - Mikä on teoreettinen alaraja tarvittavalle kaistanleveydelle, kun pyritään symbolien välisten keskinäisvaikutusten täydelliseen välttämiseen?
  - Hahmottele kantataajuisen signaalin spektri kun lisäkaista on 25 %.
  - Miten käytettävä symboliaakkosto vaikuttaa signaalin spektriin, kun käytettävä bittinopeus on kiinnitetty?
3. Esitä *kantaaltomoduloituissa* PAM/PSK/QAM siirtojärjestelmissä käytetyn kvadratuuri-modulaation (I/Q-modulaation) yleinen periaate. Esitä lähettimen ja vastaanottimen lohkokaamiot (yleisellä tasolla). Havainnollista periaatetta spektrikuvilla eri kohdissa järjestelmää. Mikä on pulssinmuokkauksen rooli tällaisessa tiedonsiirtolinkissä?
4. Esitä 16-QAM konstellaatio. Miten kanavakohina ilmenee vastaanotetun signaalin konstellaatiokuviossa? Esitä optimaaliset päätösrajat 16-QAM signaalin ilmaisussa olettaen, että kanavakohina on summautuvaa valkoista normaalijakautunutta kohinaa, eikä signaalissa esiinny symbolien keskinäisvaikutusta.
5. Esitä yleisessä muodossa millä tavoin QAM-konstellaatioiden symbolivirhetodennäköisyys AWGN-tapauksessa riippuu kohinan ominaisuuksista ja konstellaatiosta? Mikä on Q-funktion rooli tässä yhteydessä, ja mikä on tämä Q-funktio?

*Pisteytys: max 3 pistettä per tehtävä, 2 välikokeesta max 15+15=30 pistettä*

**TLT-5406 DIGITAL TRANSMISSION**  
**1<sup>st</sup> mid-term exam 27.2. 2013**

*Suomenkielinen versio toisella puolella.*

***No calculator allowed – no need.***

1. Considering discrete-time channels, sketch a chart showing the following plots:
  - Continuous-valued AWGN channel capacity (bits/symbol) as a function of SNR
  - Maximal conveyed information as a function of SNR for the following alphabets: 2-PSK, 4-PSK, 16-QAM, 64-QAM

The characteristic shapes of the curves and asymptotic behavior are essential.

2. Consider a QAM passband transmission system with the symbol-rate of  $1/T$ .
  - What is the theoretical lower limit for the bandwidth in ISI-free transmission?
  - Sketch the baseband signal spectrum for 25 % excess bandwidth.
  - Assuming that the transmitted bit-rate is fixed, how does the choice of the symbol alphabet affect the signal spectrum?
3. Explain briefly the basic idea of quadrature (I/Q) modulation used in *carrier modulated* PAM/PSK/QAM transmission systems. Sketch simple block-diagrams of the needed transmitter and receiver structures and illustrate the I/Q modulation principle by showing the spectra of the signals in different parts of these structures. What's the role of pulse-shaping in this context?
4. Sketch the constellation diagram for 16-QAM. How does the channel noise appear in the constellation as it is observed in the receiver? Show the optimal decision thresholds for 16-QAM, assuming that the channel noise is white Gaussian noise and ISI is zero.
5. Explain in general terms how the symbol error probability of QAM constellations in the AWGN case depends on the properties of the noise and the constellation. What is the role and meaning of the Q-function in this context?

*Grading: 3 points per problem; 15+15= 30 points maximum from the two partial exams*