

(English version on the other side of the sheet)

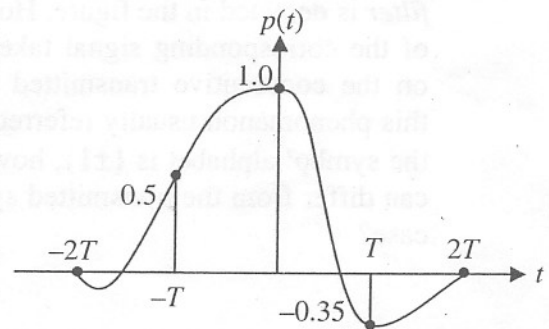
1. (a) Selitä lyhyesti (vaikka jonkun esimerkin avulla) mitä tarkoitetaan termeillä (i) informaatio ja (ii) entropia. Mitä eri tulkintoja entropialle yleisesti voidaan antaa?
- (b) Mitä tarkoitetaan käsitteellä kanavan kapasiteetti? Yleisesti satunnaismuuttujien X ja Y keskimääräinen keskinäisinformaatio määritellään $I(X,Y) = H(X) - H(X|Y)$. Selitä entropia tulkintojen nojalla mitä tämä keskinäisinformaatio tarkoittaa ja miten se liittyy kanavan kapasiteettiin (eli mitä em. lausekkeen entropiat ja ylipäätään muuttujat X ja Y kuvaavat kanavan kapasiteetti sovelluksessa?).

2. Tarkastellaan *kantataajuista* digitaaliseen lineaariseen modulaatioon (PAM) perustuvaa siirtoketjua.

(a) Selitä lyhyesti mitkä ovat lähetys- ja vastaanottosuodattimien tärkeimmät tehtävät.

(b) Miten lähetteen vaatima kaistanleveys määräytyy symbolinopeudesta? Mitä tässä yhteydessä tarkoitetaan lisäkaistalla (excess bandwidth)? Entä miten bittinopeus määräytyy symbolinopeudesta ja aakkoston koosta?

(c) Oletetaan, että vastaanottosuodattimen jälkeinen pulssimuoto $p(t)$ on viereisessä kuvassa. Miten vastaanottosuodattimen jälkeisestä signaalista hetkellä $t=kT$ otettu näyte riippuu vastaavasta lähetetystä symbolista ja toisaalta muista symboleista? Mitä nimitystä tästä ilmiöstä käytetään? Jos oletetaan että symboliaakkosto on $\{\pm 1\}$, kuinka suuri voi näytteen poikkeama lähetetystä symbolista pahimmillaan olla tässä tapauksessa?



3. (a) Esitä *kantaaaltomoduloituissa* PAM/PSK/QAM siirtojärjestelmissä käytetyn kvadratuuri-modulaation (I/Q-modulaation) yleinen periaate. Esitä lähettimen ja vastaanottimen lohkokaaviot (yleisellä tasolla). Havainnollista periaatetta oleellisilla spektrikuville eri kohdissa järjestelmää.

(b) Oletetaan, että PAM/PSK/QAM järjestelmän additiivinen kohina on Gauss-jakautunutta. Miten symboliaakkosto tulisi suunnitella jos halutaan minimoida *symbolivirhetodennäköisyyttä* (olettaen Maximum Likelihood (ML) ilmaisu)? Miten tämä liittyy käytettävään lähetystehoon? Jos aakkosto ja *symbolivirhetodennäköisyys* on kiinnitetty, miten ja miksi ns. Gray-koodi auttaa minimoimaan *bittivirhetodennäköisyyttä*?

4. Mitä tarkoitetaan yleisesti spektraalisella tehokkuudella? Jos *kantaaaltomoduloituissa* PAM/PSK/QAM järjestelmässä tavoitellaan (i) 2 bits/s/Hz tai (ii) 4 bits/s/Hz spektraalista tehokkuutta, kuinka suuri symboliaakkosto vähintään teoriassa tarvitaan? Entä käytännössä? Jos tavoite symbolivirhesuhde ja kaistanleveys on kiinnitetty, miten spektraalisen tehokkuuden kasvattaminen vaikuttaa tarvittavaan lähetystehoon? Perustelee.

5. Esitä FSK:n periaate. Mitä seikkoja tällaisen järjestelmän suunnittelussa tulisi yleisesti ottaa huomioon?