

(English questions on the other side.) Ei materiaaleja, peruslaskin ok. Laati M. Valkama.

1. Mitä tarkoitetaan yleisesti vääristämättömällä siirtokanavalla (anna sekä aika- että taajuustason kriteerit)? Millaisia eri vääristymiä tiedonsiirtojärjestelmissä tyypillisesti syntyy ja miten ne vaikuttavat signaalin spektriin? Jos järjestelmään syötetään kaksi sinisignaalia (taajuudet f_1 ja f_2 , amplitudit A_1 ja A_2 , vaiheet ϕ_1 ja ϕ_2), miten nämä eri vääristymätyypit näkyvät ulostulosignaalin vastaavissa suureissa ja/tai niiden suhteissa?
2. Mitä tarkoittaa käsite satunnaissignaali? Miksi tiedonsiirtojärjestelmien mallinnuksessa on yleisesti usein tarpeen käsitellä tällaisia satunnaissignaaleja? Selitä lyhyesti mitä tässä yhteydessä tarkoitetaan käsitteillä (a) stationäärisyys (tiukasti stationäärinen vs. laajasti stationäärinen), (b) autokorrelaatio, (c) tehospektri, (d) valkoinen kohina, (e) Gaussin kohina.

3. (a) Kaistanpäästösignaalien yleinen esitysmuoto on

$$x_{BP}(t) = A(t)\cos(\omega_c t + \phi(t)) = x_I(t)\cos(\omega_c t) - x_Q(t)\sin(\omega_c t)$$

Hahmottele tällaisen signaalin periaatteellinen aaltomuoto ja vastaava spektri. Mitä em. lausekkeen suuret $A(t)$, $\phi(t)$ ja ω_c (tai f_c) fysikaalisesti kuvaavat? Hahmottele myös vastaavan ns. alipäästöekvivalentin signaalin periaatteellinen spektri. Mikä on tämän alipäästö-ekvivalentin signaalin aikatason lauseke ja miten se rakenteellisesti kuvaa itse kaistanpäästösignaalin olennaista aaltomuotokäyttäytymistä?

(b) Vertaile AM, DSB, ja FM modulaatiomenetelmiä seuraavien ominaisuuksien suhteen: (i) tarvittava kaistanleveys ja (ii) toimintakyky kohinaisessa kanavassa. Minkä modulaation itse valitsisit omaan tiedonsiirtosovellukseesi ja miksi?

4. Selitä synkronisen ilmaisun/ilmaisimen periaate. Piirrä ilmaisimen periaatteellinen lohkokkaavio ja havainnollista toimintaperiaatetta oleellisilla spektrikuvilla ilmaisimen eri osissa. Mitä käytännön ongelmia synkroniseen ilmaisuun liittyy ja miksi? Mitä eri moduloituja signaaleja synkronisella ilmaisimella voidaan yleisesti ilmaista ja miksi?
5. (a) Selitä lyhyesti mitä tarkoitetaan käsitteillä (i) informaatio ja (ii) entropia. Anna vaikka jokin esimerkki. Entä mitä tarkoitetaan tässä yhteydessä käsitteellä kanavan kapasiteetti? (Tarkastelu käsitteellisellä tasolla riittää!)
- (b) Tarkastellaan digitaalista kantoaaltomoduloitua PAM/PSK/QAM siirtojärjestelmää, jossa tavoitebittinopeus on 24 Mbits/s ja käytettävissä oleva siirtokaista annetun keskitaajuuden ympärillä on 5 MHz. Suunnittele järjestelmä eli valitse omasta mielestäsiärkevät arvot järjestelmän avainparametreille (symbolinopeus, aakkoston koko, lisäkaistakerroin, tms). Perustele toki. Entä jos kyseessä onkin kantataajuinen PAM siirtojärjestelmä samalla tavoitebittinopeudella (24 Mbits/s) ja samalla fysikaalisella kaistanleveydellä (5 MHz)?

Maks.pisteet: 5 x 6 = 30p.

(Suomenkieliset kysymykset toisella puolella.) Basic calculator allowed. Prepared by M. Valkama.

1. Explain and characterize (in both time and frequency domains) distortionless transmission? What kind of distortions are typically encountered in transmission systems, and how do they affect the signal spectrum? Given that a system is excited by two sinusoids (frequencies f_1 and f_2 , amplitudes A_1 and A_2 , phases ϕ_1 and ϕ_2), how are these different distortion types seen in the corresponding quantities (frequencies, amplitudes, phases) of the output signal?
2. What is meant by the concept random signal? Why one usually needs to consider such random signals in analyzing and modeling communication systems? In this context, explain briefly what is meant by the following terms or concepts (a) stationarity (strict-sense vs. wide-sense), (b) autocorrelation, (c) power spectrum, (d) white noise, (e) Gaussian noise.

3. (a) A general bandpass signal can be expressed mathematically as

$$x_{BP}(t) = A(t) \cos(\omega_c t + \phi(t)) = x_I(t) \cos(\omega_c t) - x_Q(t) \sin(\omega_c t)$$

Sketch an example waveform and the corresponding spectrum of this kind of signal. In the above expression, what do the quantities or functions $A(t)$, $\phi(t)$ and ω_c (or f_c) represent physically? Sketch also the spectrum of the corresponding lowpass equivalent signal. What's the time domain expression for this lowpass equivalent signal and how does it describe the waveform characteristics of the original bandpass signal?

(b) Compare AM, DSB, and FM modulations concerning (i) transmission bandwidth and (ii) operation in noisy channels. Which modulation would you choose to your own transmission application and why?

4. Describe the basic idea of synchronous detection. Illustrate the principle by drawing a principal block-diagram of a synchronous detector and sketching the essential signal spectra at different stages of the detector. What are the main practical difficulties in using synchronous detection and why? What types of modulated signals can be detected in general using the synchronous detection principle? Why?
5. (a) Explain shortly what is meant by (i) information and (ii) entropy. Explain also what is meant in this context by channel capacity. (Here it is sufficient to keep the description at a conceptual level.)
 (b) Let's consider a carrier-modulated digital PAM/PSK/QAM system where the target bit rate is 24 Mbits/s and the available transmission bandwidth around the given center-frequency is 5 MHz. Design the system at waveform level, i.e., determine reasonable values for the key parameters (symbol rate, alphabet size, excess bandwidth, etc.). Explain the thinking behind your design. How about the corresponding design in case of baseband PAM system with the same target bit rate of 24 Mbits/s and similar physical transmission bandwidth of 5 MHz?

Maximum points: $5 \times 6 = 30p$.