T-61.140 Signaalinkäsittelyjärjestelmät

2. välikoe / tentti, ti 4.5.2004 13-16 M.
Välikokeessa saa käyttää graafista laskinta, ylimääräinen muisti tyhjennettävä. Normaali kaavakokoelmakirja sallittu. Taulukoita oheisella paperilla - käytä niitä hyväksesi!
2. välikoe: Kirjoita päällimmäiseen konseptiin "VÄLIKOE" ja **vastaa tehtäviin 3, 4, 5 ja 6.**
Tentti: Kirjoita päällimmäiseen konseptiin "TENTTI" ja **vastaa tehtäviin 1, 2, 4, 5 ja 6.**
HUOM! Jos teet tänään 2. välikokeen, et voi uusia sitä 12.5.2004. Jos teet tänään tentin, et voi uusia sitä 12.5.2004.
MUISTA TÄYTTÄÄ KURSSIPALAUTE OSOITTEESSA
`http://www.cs.hut.fi/Opinnot/Palaute/k2004/kurssipalaute.html`

1) (Tentti, 3 x 2p = 6p) Laske tai perustele pätevästi.

   a) Diskreettiaikainen sekvenssi on määritelty $y[n] = \sqrt{x[n] + x[n-1]}$. Onko järjestelmä LTI?

   b) LTI-järjestelmä on määritelty impulssivasteensa avulla $h[n] = \left(\frac{1}{3}\right)^{-n+1} u[n-1]$. Onko järjestelmä stabiili? Onko järjestelmä kausaalinen?

   c) Tunnetaan diskreettiaikainen sekvenssi $x[n] = \cos(\frac{\pi}{3}n) + 2\sin(\frac{\pi}{4}n + \frac{\pi}{2})$. Onko $x[n]$ jaksollinen? Jos on, mikä on sen perusjakson pituus N_0?

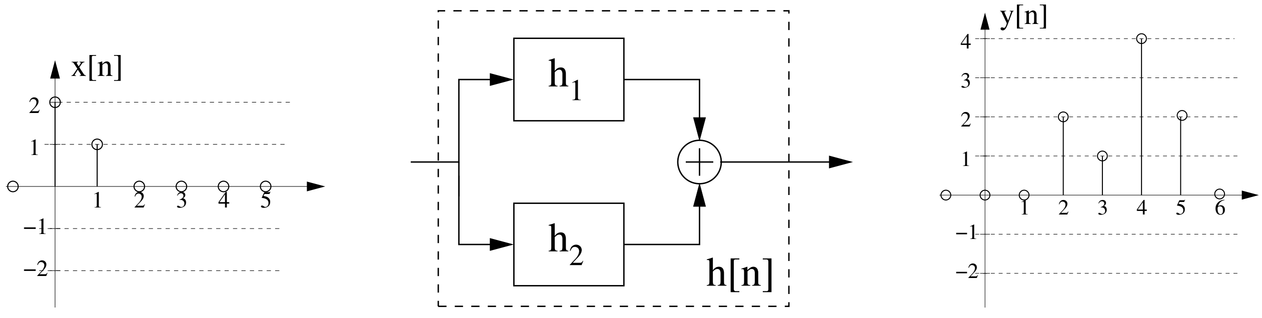
2) (Tentti, 6p) Tarkastellaan kuvassa 1 olevaa diskreettiaikaista LTI-järjestelmää. Se koostuu kahdesta komponentista, jotka on yhdistetty kuvan (b) mukaisesti. Osajärjestelmän h_1 impulssivaste on $h_1[n] = \delta[n] - \delta[n-1]$. $h_2[n]$ on tuntematon. Kun järjestelmään menee kuvan (a) mukainen syöte $x[n]$, saadaan ulostulona kuvan (c) mukainen vaste $y[n]$.

   a) Laske $y_1[n] = h_1[n] * x[n]$.

   b) Määrää koko impulssivasteen arvot $h[0]$ ja $h[1]$.

   c) Määrää toisen osajärjestelmän impulssivaste $h_2[n]$.

   d) Jos syötteenä on $x_m[n] = -x[1-n]$, niin mikä on ulostulosekvenssi $y_m[n]$?



(a) (b) (c)

Kuva 1: Tehtävän 2 kuvat: (a) Syöte $x[n]$, $x[n] = 0$, kun $n < 0,\ n > 1$, (b) LTI-järjestelmä, (c) Vaste $y[n]$, $y[n] = 0$, kun $n < 2,\ n > 5,\ n \in \mathbf{Z}$.

3) (Välikoe, 3 x 2p = 6p) Vastaa **enintään kolmeen** väitteeseen, onko väite oikein (O) vai väärin (V). Perustele lyhyesti, mutta yksiselitteisesti.

   a) Minkä tahansa signaalin $y[n]$ amplitudispektristä $|Y(e^{j\omega})|$ voidaan palauttaa yksikäsitteisesti aikatason sekvenssi $y[n]$, kunhan käytössä on tarvittava määrä laskentakapasiteettia.

   b) Olkoon jatkuva signaali $x(t) = \cos(2\pi f t)$, jonka taajuus $f = 1$ MHz. Signaalia näytteistetään näytteenottotaajuudella $f_s = 44100$ Hz. Väite: Signaali ei vierastu (alias) kaistalle $0 \ldots f_s/2$ lainkaan.

   c) Impulssivasteen $h[n] = \delta[n+2] - \delta[n+1] - \delta[n-1] - \delta[n-2]$ määräämä LTI-suodin on lineaarivaiheinen.

   d) Toisen asteen LTI-suodin, jonka differenssiyhtälö on $y[n] = 0.3y[n-1] + 0.4y[n-2] + 13x[n]$, voidaan esittää kahden ensimmäisen asteen LTI-suotimen rinnankytkentänä $H(e^{j\omega}) = 8/(1 - 0.8e^{-j\omega}) + 5/(1 + 0.5e^{-j\omega})$.

4) (Tentti/Välikoe, 6p) LTI-suotimen impulssivaste on

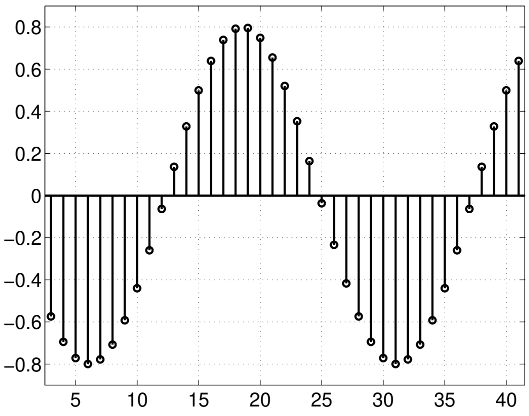
$$h[n] = (-0.8)^n u[n] + (-0.8)^{n-1} u[n-1]$$

   a) Muodosta järjestelmän taajuusvaste $H(e^{j\omega}) = Y(e^{j\omega})/X(e^{j\omega})$.

   b) Onko suodin FIR vai IIR? Onko suotimen laskenta rekursiivista vai ei? Mikä on suotimen asteluku?

   c) Hae suotimen differenssiyhtälö ja piirrä suotimen lohkokaavioesitys.

   d) Hahmottele amplitudivaste $|H(e^{j\omega})|$. Onko suodin tyyppiä ali-, yli-, kaistanpäästö, kaistanesto vai kaikki taajuudet sellaisenaan päästävä (all-pass)?



5) (Tentti/Välikoe, 6p) Yllä olevaan kuvaan on piirretty sekvenssi $x[n]$, joka on saatu näytteistämällä jatkuvaa signaalia $x(t)$ näytteenottotaajuudella $f_s = 20$ kHz. X-akselilla on indeksi n arvoja (ei sekunteja). Sekvenssi $x[n]$ on muotoa $x[n] = A_1 \cos(2\pi f_1(n/f_s) + \theta_1)$.

   a) Mikä on kunkin näytteen välinen aika (näyteväli) T_s sekunneissa?
   b) Arvioi kosinin taajuus ja hahmottele diskreettiaikaisen sekvenssin $x[n]$ spektri $X(e^{j\omega})$ välillä $0 \ldots f_s$ Hz.
   c) Hahmottele sekvenssistä $x[n]$ palautetun jatkuva-aikaisen signaalin $\hat{x}(t)$ spektri $|\hat{X}(j\Omega)|$ välillä $0 \ldots f_s$ Hz.
   d) Mitä voidaan sanoa alkuperäisestä signaalista $x(t)$, josta kyseinen sekvenssi $x[n]$ on saatu näytteistämällä?

6) (Tentti/Välikoe, 6p) **Vaihtoehtoisesti joko A tai B.**

6A) Esittele kurssin sisältöön liittyviä perusteita puhesignaaliin ja sen analysointiin. Miten puhesignaalia voidaan esikäsitellä, jotta se soveltuisi paremmin puheentunnistukseen.

6B) Tutki seuraavaa koodinpätkää, joka on kirjoitettu Matlabilla (ja johon on lisätty rivinumerot kunkin rivin alkuun). Sitä käytetään 2D-signaaliin, joka on esitetty harmaasävyarvoina (välillä 0-255) vasemmanpuoleisessa kuvassa. Osa pisteistä on täysin valkeita (255) ja osa täysin mustia (0).

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
01: figure, imshow(A,[0 255]);  % plot the original figure (lily / lilja)
02: number_of_rows = size(A, 1);
03: number_of_cols = size(A, 2);
04: B = zeros(number_of_rows, number_of_cols);  % initialize
05: C = zeros(number_of_rows, number_of_cols);  % initialize
06: for m = 1 : number_of_rows
07:   for n = 1 : number_of_cols-4
08:     temp = A(m, n:n+4);
09:     B(m,n) = mean(temp);
10:     C(m,n) = median(temp);
11:   end;
12: end;
13: figure, imshow(B,[0 255])
14: figure, imshow(C,[0 255])
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

Alla on alkuperäisen kuvan lisäksi kolme kuvaa, joista kaksi on aikaansaatu ylläesitetyllä Matlab-koodilla ja yksi eräästä toisesta operaatiosta. Selvitä, mitä ohjelma tekee, miten se liittyy kahteen kolmesta (b-d) alla olevasta kuvasta ja miksi nämä kaksi kuvaa ovat sellaisia kuin ovat. Miten tehtävä liittyy kurssin LTI-suotimiin?