T-61.140 Signaalinkäsittelyjärjestelmät

K5. Matlab-laskarit 21.-25.2.2005.

Luo ensin Windowsissa alihakemisto `Z:\SKJ2005`. Jos teet UNIX-koneissa, niin ensin "use matlab", sitten käynnistys "matlab" ja tee vastaava alihakemisto. Kuulokkeet tulevat äänikortin (vihreään) ulostuloreikään. Palauta lainatut kuulokkeet takaisin eteen tunnin jälkeen.

Matlabin editori aukeaa komennolla `edit`. Kirjoita syntyvä koodi ajokelpoisiin tiedostoihin työhakemistoosi. Komennolla `help` saa apua funktioiden käyttöön.

Portfoliosuoritusta varten tee muistiinpanoja ja kirjoita vastauksia tehtäviin A-D sekä merkitse läsnäolosi assistentin listaan. Lisäpisteitä (arvosanat 2-5) varten julkaistaan muutamia lisäpistetehtäviä, joiden palautus on keskiviikko 2.3.2005.

HUOM! Jos äänen kanssa ongelmia Linux/Matlab-tapauksissa, niin äänitiedostot voi kirjoittaa wav-muotoisiksi komennolla

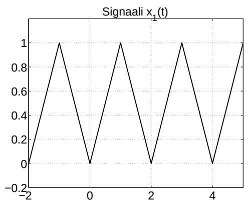
```
soundsc(x,fs);    % jos tämä  EI TOIMI tai vaan MÖÖÖÖRRRIINÄÄÄÄÄ
wavwrite(x, fs, 8, 'ulos.wav');
```

jossa `x` on äänivektori, `fs` näytteenottotaajuus, `8` bittiä per näyte ja lopuksi tiedostonnimi. Tämän jälkeen äänitiedosto kuunnellaan Linuxissa sopivalla ohjelmalla, esim. `play`.

Tehtävät

1. Jaksollinen signaali $x_1(t)$, jonka perusjakso $T_0 = 2$, on määritelty seuraavasti:

$$x_1(t) = \begin{cases} t, & 0 \le t \le 1 \\ 2 - t, & 1 < t \le 2 \end{cases}$$



Keväällä 2005 jaetussa "T-61.140 Esimerkkitehtäviä" tehtävässä [T24d] ratkaistaan Fourier-kertoimet, joiksi saadaan

$$a_k = \begin{cases} -2/(k\pi)^2, & k \text{ pariton} \\ 0.5, & k = 0 \\ 0, & \text{muulloin} \end{cases}$$

Kurssin www-sivulta on ladattavissa Matlab-funktio `triangpulse.m`, joka ottaa yhden muuttujan `M`. Ohjelmalla approksimoidaan kolmioaaltosignaalia $x_1(t)$ (sininen väri) signaalilla $x_2(t)$ (punainen väri) käyttäen hyväksi $2M + 1$ Fourier-kerrointa ja perusjaksoa $T_0 = 2$:

$$x_2(t) = \sum_{k=-M}^{+M} a_k \, e^{jk(2\pi/T_0)t}$$

Funktion toteutuksesta: muuttuja `x1` viittaa kolmioaaltoon ja `x2` Fourier-kertoimilla approksimoitavaan esitykseen. Vektori `Ak` sisältää kertoimet a_k siten että a_{-M} on vektorin ensimmäinen arvo `Ak(1)` ja viimeinen kerroin a_M on sen viimeinen $(2M + 1)$:s arvo `Ak(2*M+1)`. Funktiota voi kutsua Matlabin komentoikkunasta eri M:n arvoilla esimerkiksi seuraavasti:

```
>> for M=0:15, triangpulse(M), pause, end;
```

Tehtävä A: Katso, miten signaali lähestyy haluttua, kun yhä enemmän Fourier-sarjan komponentteja otetaan mukaan. Kuinka monta komponenttia tässä tapauksessa tarvitaan, jotta $x_1(t) \equiv x_2(t), \forall t$: ____
Millaiset signaalit ovat hankalia mallittaa Fourier-sarjalla? ____
Anna esimerkki signaalista, jonka voi mallittaa kahdella Fourier-sarjan komponentilla: ____

2. Yksinkertaisin keskiarvoistaminen on kahden vierekkäisen arvon laskeminen yhteen ja jakaminen kahdella (Moving Average 2):

$$y[n] = 0.5 \cdot (x[n] + x[n-1])$$

Voidaan helposti osoittaa, että vastaava impulssivaste ja taajuusvaste ovat

$$\begin{aligned} h[n] &= 0.5 \cdot (\delta[n] + \delta[n-1]) \\ H(e^{j\omega}) &= \sum_k h[k]e^{-jk\omega} = 0.5 \cdot (1 + e^{-j\omega}) \end{aligned}$$

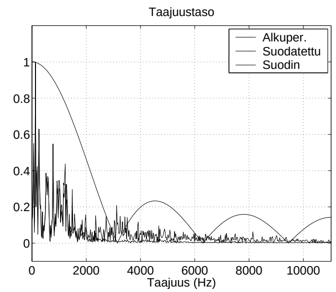
Tehtävä B: Lataa funktiotiedosto `K5_ma.m`. Generoidaan kohinaista dataa, jota sitten suodatetaan kahden pisteen suotimella. Aja koodi ja korjaa siinä oleva indeksivirhe. Muokkaa koodia tämän jälkee vielä niin, että otetaan seitsemän pisteen keskiarvo (viikkokeskiarvo).

3. Lue tehtävän äänitiedosto Matlabiin kurssin www-sivulta `[x, fs] = wavread('aani.wav');` Keskiarvoistetaan äänisignaalia $x[n]$ siten, että lasketaan aritmeettinen keskiarvo nykyisestä ja $M - 1$ entisestä syötteen arvosta. Lataa myös funktio `ka_FIR.m`.

Tehtävä C: Mikä on järjestelmää kuvaava differenssiyhtälö? $y[n] = \ldots$
Piirrä järjestelmän lohkokaavio. Keskiarvoista signaalia funktion `ka_FIR.m` arvoilla $M = \{2, 7, 50\}$. Miten alipäästösuodatus on vaikuttanut aaltomuotoon? ____
Miltä suodatettu ääni kuulostaa alkuperäiseen verrattuna? ____
Arvioi, paljonko suodin viivästää signaalia: ____

Jatketaan vielä suotimen analysointia (tulee enemmän kurssin loppupuolella). Impulssivaste $h[n]$ saadaan, kun yksikköimpulssi $\delta[n]$ syötetään järjestelmään. Voidaan helposti nähdä, että M:n pisteen liikkuvan keskiarvoistavan suotimen ("moving average filter", MA) impulssivaste on

$$h[n] = (1/M) \sum_{k=0}^{M-1} \delta[n-k]$$



Suotimen taajuusvaste $H(e^{j\omega})$ on impulssivasteen Fourier-muunnos $H(e^{j\omega}) = \sum_n h[n]e^{-j\omega n}$:

$$H(e^{j\omega}) = (1/M)(1 + e^{-j\omega} + \ldots + e^{-j(M-1)\omega})$$

Huomaa, että $e^{-j\omega} = \cos(\omega) - j\,\sin(\omega)$, jos laskimesi ei tue kompleksista eksponenttifunktiota. Voidaan siis havaita, että keskiarvoistava suodin on tosiaankin alipäästösuodin, joka siis vaimentaa signaalissa nopeita muutoksia (korkeita taajuuksia).

4. Keskiarvoistetaan harmaasävykuvaa seuraavan koodin mukaisesti:

```
A = imread('cameraman.tif');   % Matlabin oma demotiedosto
B = double(A);                 % suodatettava kuva
C = zeros(size(B));            % tänne suodatettu kuva

for m=2:size(B,1)-1
  for n=2:size(B,2)-1
    C(m,n) = (1/9)*(B(m-1,n-1)+B(m-1,n)+B(m-1,n+1) + ...
                    B(m  ,n-1)+B(m  ,n)+B(m  ,n+1) + ...
                    B(m+1,n-1)+B(m+1,n)+B(m+1,n+1));
  end;
end;
figure(1); imshow(B, [0 255]);
figure(2); imshow(C, [0 255]);
```

Tehtävä D: Mitä kuvalle tapahtuu? ____
Miten 2D-signaalin muutosta voi verrata 1D-signaaliin keskiarvoistuksen suhteen? ____
Miten suurempi "ikkunan" koko (tässä 3x3, tehtävässä 3 vastaavasti M:n arvo) voisi vaikuttaa? ____