SGN-1250 Signaalinkäsittelyn sovellukset
Tentti 9.12.2009
Heikki Huttunen

1. Ovatko seuraavat väittämät tosia vai epätosia? (Perusteluja ei tarvita. Oikea vastaus: 1 p, väärä: $-\frac{1}{2}$ p, ei vastausta 0 p.) Pistemäärä pyöristetään ylöspäin lähimpään kokonaislukuun.

   (a) Näytteenottotaajuuden nostaminen ennen nollannen asteen pitopiirin käyttöä helpottaa ZOH:ta seuraavan analogisen alipäästösuotimen suunnittelua.

   (b) Bilineaarimuunnosta käytetään IIR-suodinten suunnittelussa.

   (c) Jokainen ylimääräinen bitti pienentää kvantisointikohinaa niin, että signaali-kohinasuhde kasvaa noin kahdeksan desibeliä.

   (d) Kohinanmuokkauksessa kohinaa siirretään korkeammille taajuuksille.

   (e) Jos LMS-algoritmin parametri μ on liian pieni, adaptoituminen muuttuu liian hitaaksi.

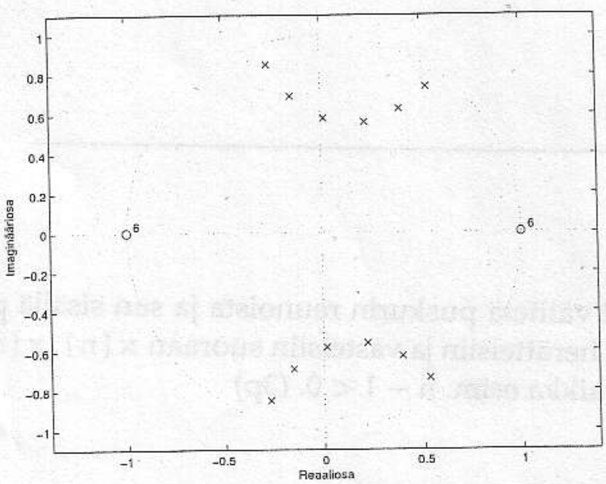
   (f) Lineaarisilla suotimilla on yleensä epälineaarisia suotimia suurempi murtumapiste.

2. (a) Erään Butterworth-tyyppisen IIR-suotimen napanollakuvio on alla olevassa kuvassa. Piirrä suotimen amplitudivasteen kuvaaja lineaarisella asteikolla. Voit olettaa, että amplitudivaste on välillä [0,1]. ~~(1p)~~ 3 p

   (b) i. L-suotimen kertoimet ovat $(w_1, w_2, \ldots, w_7) = (0, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, 0, 0)$. Laske sen murtumapiste. (1p)

   ii. L-suotimen kertoimet ovat $(w_1, w_2, \ldots, w_7) = (0, 0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0, 0, 0)$. Laske sen murtumapiste. (1p)

   iii. Kumpi suotimista on robustimpi? (1p)

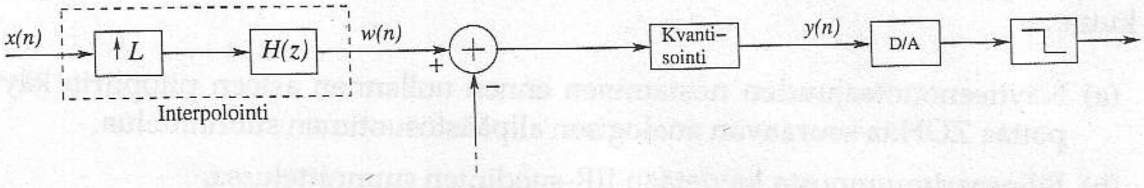


3. Vastaa seuraaviin tehtäviin sanallisesti ja piirrä lohkokaaviot.

   (a) Kuinka adaptiivista suodatusta voidaan käyttää sikiön sydänäänten tunnistukseen? (2p)

(b) Eräässä sovelluksessa mikrofonisignaaliin tulee jaksollista häiriötä, jonka taajuus vaihtelee hitaasti. Tämä halutaan erotella ei-jaksollisesta signaalista adaptiivisella suodatuksella. Kuinka se onnistuu kun käytettävissä on vain yksi signaali? (2p)

(c) Täydennä oheisen lohkokaavio niin, että se esittää *toisen asteen* kohinanmuokkainta. (2p)



4. (a) Signaalin näytteenottotaajuus on 48000 Hz ja se halutaan tallentaa laitteelle, jonka näytteenottotaajuus on 6000 Hz. Signaalin olennaisin informaatio on taajuuskaistalla 0—2500 Hz, joka tulee säilyttää sellaisenaan ilman vaimennusta. Desimointi halutaan toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti, joten kaikki usean vaiheen toteutukset on tutkittava.

- Piirrä mahdollisten toteutusten lohkokaaviot. (2p)
- Suotimet suunnitellaan Hamming-ikkunalla, jolloin $N = 3.3/\Delta f$. Laske kerrointen yhteismäärät eri toteutuksissa. (2p)
- Laske montako kertolaskua sekunnissa eri toteutukset tarvitsevat. Mikä on tehokkain toteutus? (2p)

5. (a) Matlabin funktiolla suunnitellaan IIR-suodin, ja saadaan vektorit $a = [0.49, 0.98, 0.49]$ ja $b = [1.00, 0.69, 0.29]$. Nythän a kuvaa siirtofunktion osoittajan kertoimia ja b nimittäjän. Kirjoita (konseptille) puuttuva C-kielinen rivi, joka toteuttaa suotimen alla olevassa yksinkertaistetussa koodirungossa:

```
while (!finished)
{
    x[n] = ReadInput ();

    y[n] = ________________________________
    WriteOutput (y[n]);
    n = n + 1;
}
```

Yksinkertaisuuden vuoksi tässä ei välitetä puskurin reunoista ja sen sisällä pysymisestä. Voit siis viitata aikaisempiin herätteisiin ja vasteisiin suoraan `x[n]`, `x[n-1]`, ..., jne. ja `y[n-1]`, `y[n-2]`, ..., jne. vaikka esim. $n - 1 < 0$. (3p)

 TENTTI

(b) Suunniteltaessa Matlabilla lineaarista luokittelijaa kaksiulotteiselle datalle saadaan opetusdatasta kahden luokan kovarianssimatriiseiksi ja keskiarvoiksi seuraavat:

$$\mathrm{cov}_1 = \begin{pmatrix} 2.5 & 1.3 \\ 1.3 & 1.1 \end{pmatrix} \quad \mathrm{cov}_2 = \begin{pmatrix} 2.3 & 1.8 \\ 1.8 & 2.2 \end{pmatrix}$$

$$\mu_1 = \begin{pmatrix} -1.4 \\ 0.2 \end{pmatrix} \quad \mu_2 = \begin{pmatrix} 6.4 \\ 1.75 \end{pmatrix}$$

Diskriminanttivektori määräytyy oheisen Wikipedian artikkelin perusteella. Miksi arvoksi luokiteltava vektori $(0.4, -3)^T$ projisoituu?

Fisher's linear discriminant

[edit]

The terms *Fisher's linear discriminant* and *LDA* are often used interchangeably, although Fisher's original article *The Use of Multiple Measures in Taxonomic Problems* (1936) actually describes a slightly different discriminant, which does not make some of the assumptions of LDA such as normally distributed classes or equal class covariances.

Suppose two classes of observations have means $\vec{\mu}_{y=0}, \vec{\mu}_{y=1}$ and covariances $\Sigma_{y=0}, \Sigma_{y=1}$. Then the linear combination of features $\vec{w} \cdot \vec{x}$ will have means $\vec{w} \cdot \vec{\mu}_{y=i}$ and variances $\vec{w}^T \Sigma_{y=i} \vec{w}$ for $i = 0, 1$. Fisher defined the separation between these two distributions to be the ratio of the variance between the classes to the variance within the classes:

$$S = \frac{\sigma^2_{between}}{\sigma^2_{within}} = \frac{(\vec{w} \cdot \vec{\mu}_{y=1} - \vec{w} \cdot \vec{\mu}_{y=0})^2}{\vec{w}^T \Sigma_{y=1} \vec{w} + \vec{w}^T \Sigma_{y=0} \vec{w}} = \frac{(\vec{w} \cdot (\vec{\mu}_{y=1} - \vec{\mu}_{y=0}))^2}{\vec{w}^T (\Sigma_{y=0} + \Sigma_{y=1}) \vec{w}}$$

This measure is, in some sense, a measure of the signal-to-noise ratio for the class labelling. It can be shown that the maximum separation occurs when

$$\vec{w} = (\Sigma_{y=0} + \Sigma_{y=1})^{-1} (\vec{\mu}_{y=1} - \vec{\mu}_{y=0})$$

When the assumptions of LDA are satisfied, the above equation is equivalent to LDA.