

Problem 1. Explain briefly what the following terms mean (1 point/term): **a)** vocal tract (ääntöväylä), **b)** acoustic phonetics (akustinen fonetiikka), **c)** harmonic spectrum (harmoninen spektri), **d)** vowel diagram (vokaalidiagrammi), **e)** formant bandwidth (formantin kaistanleveys), **f)** International Phonetic Alphabet.

Problem 2.

- Give 3 reasons why LPC analysis is useful in speech processing. (3 points)
- If we calculate the LPC-polynomial $A(z)$ from the signal $S(z)$, what is the interpretation of the signal $S(z)A(z)$? (2 points)
- What is a reasonable degree of the LPC-polynomial (eli LPC-polynomin aste) if the sampling frequency is 4000 Hz? (1 point)

Problem 3. The samples of a short frame of speech are

| | | | | | | |
|--------|---|---|----|---|---|---|
| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| $s(n)$ | 2 | 1 | -2 | 3 | 2 | 2 |

Calculate:

- the autocorrelation coefficients of the frame. (1 points)
- the third-order LPC coefficients a_0, a_1, a_2, a_3 . (2 points)
- the reflection coefficients k_1, k_2, k_3 . (3 points)

Problem 4.

Show that the Fourier transform of the autocorrelation sequence is equal to the power spectrum. That is, if the autocorrelation of the signal is

$$r(k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} s(n)s(n+k),$$

the Fourier-transform of this is $R(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} r(n) \exp(-jn\omega)$ and the spectrum of the signal is $S(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} s(n) \exp(-jn\omega)$, then

$$R(\omega) = |S(\omega)|^2.$$

(6 points)

SGN-4010 Puheen käsittelyn Menetelmät Speech Processing Methods

Exam 11.5.2009

Examiner: Konsta Koppinen, TF 315.

Calculator OK but the memory has to be empty.

English questions on reverse side.

Tehtävä 1. Selitä muutamalla sanalla/kaavalla mitä seuraavilla termeillä tarkoitetaan: (1 piste/kohta) **a)** ääntöväylä, **b)** akustinen fonetiikka, **c)** harmoninen spektri, **d)** vokaalidiagrammi, **e)** formantin kaistanleveys, **f)** International Phonetic Alphabet.

Tehtävä 2.

- Anna 3 syytä joiden takia LPC-analyysi on hyvä työkalu puheen käsittelyssä. (3 pistettä)
- Jos puhesignaalin $S(z)$ LPC-polynomi on $A(z)$, anna 2 tulkintaa signaalille $S(z)A(z)$. (2 pistettä)
- Mikä on järkevä LPC-polynomin aste jos näytteenottotaajuus on 4000 Hz? (1 piste)

Tehtävä 3. Lyhyen puhekehysten näytteet ovat

| | | | | | | |
|--------|---|---|----|---|---|---|
| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| $s(n)$ | 2 | 1 | -2 | 3 | 2 | 2 |

Laske:

- kehysten autokorrelaatiokertoimet. (1 piste)
- kolmannen asteen LPC-kertoimet a_0, a_1, a_2, a_3 . (2 pistettä)
- heijastuskertoimet k_1, k_2, k_3 . (3 pistettä)

Tehtävä 4.

Osoita, että autokorrelaation Fourier-muunnos on sama kuin signaalin tehospektri. Toisin sanoen, jos signaalin autokorrelaatio on

$$r(k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} s(n)s(n+k),$$

tämän Fourier-muunnos on $R(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} r(n) \exp(-jn\omega)$ ja signaalin spektri on $S(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} s(n) \exp(-jn\omega)$ niin

$$R(\omega) = |S(\omega)|^2.$$

(6 pistettä)