

Práctica 5: Procesamiento Homomórfico y Cepstrum

Semana 5

1. Implementación del cepstrum complejo de una señal:

a) Determine en forma analítica la expresión del cepstrum complejo de la siguiente señal:

$$x(n) = x_1(n) * x_2(n) * x_3(n)$$

Donde:

$$x_1(n) = a^n u(n)$$

$$x_2(n) = \delta(n) + b\delta(n+1)$$

$$x_3(n) = \delta(n) + \alpha\delta(n - N_p)$$

asuma que $a = 0,9$, $b = 1,2$, $\alpha = 0,7$, y $N_p = 15$.

b) Grafique mediante una simulación la señal de entrada y la señal de cepstrum resultante.

2. Implementación del cepstrum de una vocal sintética

A continuación se dan los parámetros correspondientes al fonema /ae/ asumiendo que la entrada $p(n)$ es un tren de impulsos con una frecuencia fundamental $F_0 = 125$ Hz. El modelo del tracto vocal consta de cinco resonancias y su función de sistema $V(z)$ viene dada por:

$$V(z) = \frac{1}{\prod_{k=1}^5 (1 - 2e^{-2\pi\sigma_k T} \cos(2\pi F_k T) z^{-1} + e^{-4\pi\sigma_k T} z^{-2})}$$

donde:

$$\{F_k, \sigma_k\} = \{(660, 60), (1720, 100), (2410, 120), (3500, 175), (4500, 250)\}$$

Finalmente el modelo de radiación labial viene dado por:

$$R(z) = 1 - \gamma z^{-1} \quad \gamma = 0,96$$

No consideramos el modelo glotal.

a) Asumiendo que $T = 1/16000$, grafique los espectros de cada uno de los componentes (excitación, tracto vocal y radiación) y de la señal sintetizada. Conviértalo en archivo wav y verifique si el sonido es efectivamente el fonema /ae/.

b) Determine la expresión analítica del cepstrum complejo de la señal sintetizada y grafíquelo.

3. Implementación práctica del cepstrum

Usando DFT e IDFT se implementará el cepstrum real y luego haremos el liftering de algunas señales.

- a) Usando la vocal sintetizada en el punto anterior, implemente el cepstrum complejo de la misma. Compárelo con el cepstrum complejo hallado analíticamente. Calcule también el cepstrum real, y compárelo con el complejo.
- b) Separe la parte del cepstrum correspondiente al tracto vocal y el modelo de radiación y grafique el espectro. Compárelo con el espectro de la señal. Verifique el período fundamental en el resto de la señal. Utilice varios valores de N (tamaño de la DFT) para evaluar los efectos del aliasing.
- c) Para la señal *fantasia.wav*, determine el cepstrum de una sección correspondiente a una vocal y una correspondiente a una fricativa. En ambos casos haga un liftering para separar el cepstrum del tracto vocal y el modelo de radiación. Grafique superpuestos el espectro, el espectro del cepstrum y el espectro del tracto del modelo de LPC.

4. Coeficientes *mel-cepstrum* (MFCC)

Se tratará de comparar los coeficientes MFCC con el cepstrum real

- a) Grafique superpuestos los espectros del banco de filtros triangulares equiespaciados en escala mel para los primeros cinco filtros comenzando a partir de la frecuencia 100 hz. y terminando en 4000 Hz.
- b) Implemente una función de matlab que calcule los coeficientes MFCC. La función recibe como entrada la cantidad de coeficientes a calcular, el frame con la señal de habla y devuelve los coeficientes MFCC correspondientes a dicho frame.
- c) Grafique los coeficientes MFCC con la rutina implementada para los mismos frames que usó en *fantasia.wav* en el punto anterior. Gráfiquelo superpuesto a los espectros de LPC y cepstrum.