

---

## Práctica 4: Linear Predictive Coding (LPC)

*Semana 4*

---

### Codificación por predicción lineal

1. *Resolución de las ecuaciones normales, método iterativo de Levinson-Durbin:*

- Implemente la matriz de las ecuaciones normales para una ventana de señal de habla utilizando el método de autocorrelación. Encuentre los coeficientes  $a_i, i = 1, \dots, 19$  utilizando la función `inv` de Matlab, y compárelo con la implementación de Levinson y Durbin iterativo.
- Utilizando los coeficientes hallados en el ítem anterior, grafique la envolvente del espectro del tracto vocal. Compare con el espectro de la señal.
- Utilizando la señal `fantasia.wav`, repita el procedimiento anterior sobre varias ventanas consecutivas (y superpuestas). Para ello genere varias veces los coeficientes, para ventanas consecutivas de señal de ancho 25mseg, desplazándolas cada 10mseg. Luego muestre los espectros de los diferentes fonemas, utilizando los coeficientes hallados en las secciones correspondientes a cada uno de ellos. Graficar por separado el espectro de la envolvente como si correspondiera a una superficie. Compare con el espectrograma de la señal.

2. *Otros parámetros de la codificación:*

En los sistemas de codificación por voz que utilizan LPC deben calcularse no sólo los coeficientes  $a_i$  de cada frame sino también la decisión sonoro/sordo, la frecuencia de la excitación en el caso de sonoro, y la ganancia del frame.

- Evalúe el resultado de un detector de sonoridad basado en cruces por cero, y otro basado en energía de la señal para la señal anterior. Cómo implementaría un detector que combine ambos parámetros?
- Evalúe el resultado de un detector de frecuencia fundamental basado en autocorrelación. Para ello es necesario identificar el pico máximo (exceptuando el del origen) de la autocorrelación de cada ventana.
- Aplique los detectores desarrollados a las señales `fantasia.wav` y `fantasia_noisy.wav`. Discuta las diferencias halladas.
- Calcule la energía de la señal y corrija con ella los espectros encontrados en el ejercicio 1c

3. *Error de predicción:*

El error de predicción es la resta entre la señal predicha y la señal real. Esta señal temporal puede ser efectivamente utilizada por una parte para generar un sintetizador directo de la señal original (pero con menor costo de almacenamiento), y por otro lado para facilitar la estimación en el caso de codificación completa.

- a) Genere la señal de error para la señal *fantasia.wav* utilizando los coeficientes hallados en 1a.
- b) Sintetice nuevamente la frase pero redondeando el error de predicción a punto fijo de 8, 4 y 2 bits. Escuche las señales sintetizadas, y calcule en cada caso el ahorro en el almacenamiento contra el caso de la señal codificada en punto fijo de 16bits. Considere primero el caso de que los coeficientes se almacenan en punto flotante.
- c) Repita el ejercicio 2 de cálculo de los parámetros del habla, pero partiendo de la señal de error en lugar de la señal original, comparando los resultados obtenidos con los obtenidos en ese ejercicio.

4. *LPC como método de identificación de fonemas:*

- a) Genere una nueva señal a partir de *fantasia.wav* donde se escuche “fantasaa” y “fintisii”. cambiando los coeficientes correspondientes a los frames sonoros por los correspondientes a otros frames.
- b) Repetir, pero logrando ahora que la señal resultante suene “fantafía” y “santasía”.
- c) Discuta la utilidad de los coeficientes LPC para distinguir entre fonemas diferentes.