

MÉTODO DE LA COHERENCIA MÚLTIPLE APLICADO A LA DETECCIÓN DE FUENTES Y CAMINOS DEL RUIDO PARA SEÑALES NO ESTACIONARIAS

Autora: Ana Gómez González

Tutores: Jerónimo Rodríguez García y Xabier Sagartzazu Sorazu

RESUMEN

OBJETIVO: Dada una señal de salida $y[n]$ resultado de un conjunto de señales de entrada $X[n]$, identificar cuál de ellas es la preponderante.

APLICACIÓN: Identificación/Reducción de ruidos.

TEORÍA BÁSICA: Si $y[n]$ y $x[n]$ son señales estacionarias se emplean, en general, técnicas basadas en el cálculo de coherencias. En primer lugar, se define la *densidad de potencia espectral cruzada* (CPSD), P_{xy} , mediante:

$$P_{xy}(f) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} r_{xy}[k] e^{-i2\pi f k}, \quad (1)$$

donde $r_{xy}[k] = \mathcal{E} \{x^*[n]y[n+k]\}$ es la *función de correlación cruzada*. Tomando $x = y$ se tendría la *función de autocorrelación*, $r_{xx}[k]$, y la *densidad de potencia espectral* (PSD), $P_{xx}(f)$. Ello nos permite introducir la *coherencia ordinaria* por:

$$\gamma_{xy}^2(f) = \frac{|P_{xy}(f)|^2}{P_{xx}(f)P_{yy}(f)} \in [0, 1], \quad (2)$$

que es un indicador estadístico de si una entrada y una salida están linealmente relacionados ($\gamma_{xy}^2 \simeq 1 \Rightarrow$ correlación alta, $\gamma_{xy}^2 \simeq 0 \Rightarrow$ correlación baja).

Si se tiene un conjunto de entradas podemos generalizar este concepto introduciendo la *coherencia múltiple*,

$$\gamma_{Xy}^2(f) = \frac{P_{Xy}^H(f)P_{XX}^{-1}(f)P_{Xy}(f)}{P_{yy}(f)}, \quad (3)$$

donde $P_{Xy}(f)$ es el vector de CPSDs entre cada entrada y la salida y $P_{XX}(f)$ es la matriz de CPSDs de las entradas.

TAREAS Y DIFICULTADES: i) Cálculo preciso y rápido de PSDs y CPSDs. ii) Introducción de la variable tiempo cuando la señal no es estacionaria.

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMERA TAREA: Se consideraron dos familias de métodos para el análisis espectral basadas en:

- la FFT discretizando (1),
- la modelización mediante técnicas autorregresivas (AR): se substituye la señal original por la modelada lo cual permite calcular la CPSD analíticamente.

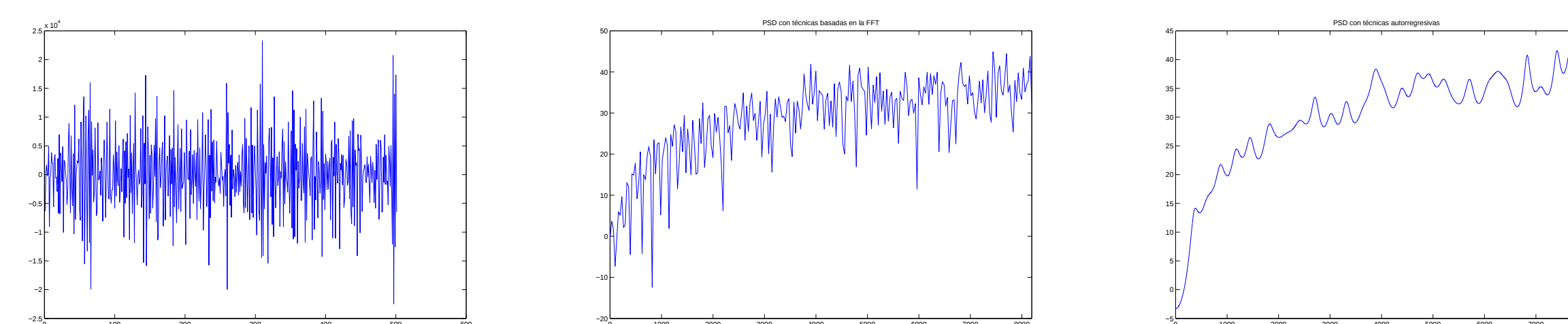


Figura 1: (a) Señal, (b) PSD con FFT, (c) PSD con AR. La primera técnica tiene una gran variabilidad, siendo menos estable. Sin embargo, es muy eficiente computacionalmente por estar basada en la FFT (ver la figura 1).

SEGUNDA TAREA: Cuando la señal es no estacionaria la dividimos en bloques de pequeño tamaño que consideraremos estacionarios. Así la señal será analizada bloque a bloque con las técnicas anteriores.

A continuación mostramos los resultados obtenidos en una experiencia numérica en la que la señal de salida es la suma

de las contribuciones de dos señales de entrada situadas a diferentes distancias. La señal más cercana es no estacionaria (aumentando linealmente en amplitud) mientras que la más lejana es estacionaria (ver la figura 2.(a)).

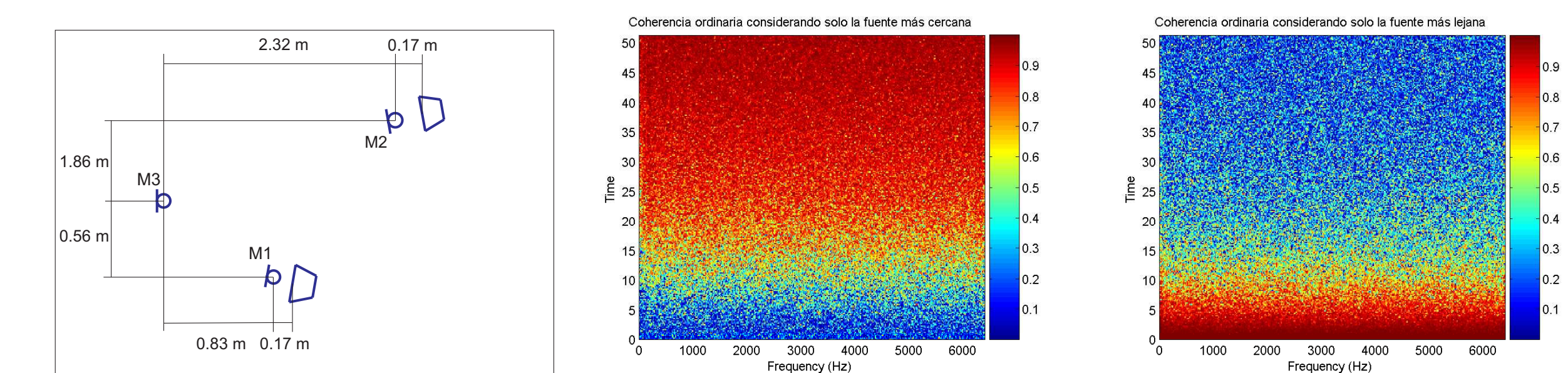


Figura 2: (a) Escenario de trabajo, (b) Coherencia de la fuente cercana, (c) Coherencia de la fuente lejana.

En las figuras 2.(b) y 2.(c) se puede observar la importancia de añadir la variable tiempo. Vemos como la fuente lejana tiene al principio mayor peso. Alrededor del tiempo $t = 15$ la fuente cercana pasa a ser preponderante (coherencia cercana a la unidad).

Este tipo de técnicas se han aplicado a señales medidas experimentalmente en una cámara semianecoica con una configuración idéntica. Los resultados obtenidos en este caso están en concordancia con sus correspondientes numéricos.

REFERENCIAS

- [1] S. M. Kay. Modern Spectral Estimation: Theory and Application. Prentice Hall, 1988.
- [2] S. M. Kay, S. L. Marple Jr. Spectrum analysis - a modern perspective. In Proceedings of the IEEE, vol. 69, pp. 1380–1419, 1981.