



Práctica 2: Conformado de Haz de Arrays. Curso 2021/22

1. Preparación para la práctica

Para un aprovechamiento óptimo del tiempo dedicado a la práctica se recomienda revisar previamente las diapositivas de conformado de haz, especialmente los métodos que se utilizarán en el desarrollo de la misma, **así como la generación de escenarios (snapshots).**

Como trabajo previo, se requiere programar el script correspondiente a la función de generación de escenarios con antelación a la sesión de prácticas. Para ello tenga en cuenta que los escenarios a utilizar consisten en varias fuentes (Ns) direccionales con distintos DOAs y un ruido omnidireccional (complejo) en cada sensor, incorrelados entre sí y de la misma potencia. **Se debe entregar el código Matlab en la tarea de entrega dispuesta en Moodle antes de que se inicie la sesión de la práctica.**

2. Trabajo en el laboratorio

2.1 Conformado de haz con referencia temporal (TRB) óptimo invariante

Suponga un escenario en el cual la señal deseada, trabajando con una geometría lineal uniforme, incide en el array con un ángulo de 10° . Existe una interferencia que incide con un ángulo de -10° , ambas de la misma potencia (0.5, amplitud 1). Tanto la señal deseada como la interferente consisten en una modulación en amplitud (portadora de 1 GHz) de dos sinusoides de frecuencias de baja frecuencia, por ejemplo, 100 y 50 Hz respectivamente, que simulan de manera “simple” los datos de las fuentes (es decir, el equivalente paso bajo de información $a(t)$ de cada fuente de banda estrecha).

IMPORTANTE: en aras de la simplicidad, dichas sinusoides simulan también el piloto o referencia insertada en la transmisión de cada fuente para permitir el **apuntamiento a la fuente deseada**. Se suponen frecuencias diferentes -ortogonales- para simular la independencia entre fuentes y pilotos o referencias, y de baja frecuencia para preservar la condición de banda estrecha, de forma que el campo de ondas que incide sobre el array toma la expresión

$$\vec{E} = \vec{E}_d + \vec{E}_i$$

$$\vec{E}_d = \cos(2\pi 100t) e^{-j\vec{k}_d \vec{r}} e^{j2\pi 10^9 t} \hat{u}_d$$

$$\vec{E}_i = \cos(2\pi 50t) e^{-j\vec{k}_i \vec{r}} e^{j2\pi 10^9 t} \hat{u}_i$$

Además, existe un ruido omnidireccional blanco de potencia -20 dB respecto al nivel de las señales. Se trabajará siempre con el **equivalente paso bajo y bajo el supuesto de banda estrecha**. Suponga una frecuencia de muestreo de 2 KHz y genere escenarios de, al menos, 1000 snapshots.

1. Genere el conjunto de snapshots captados por los sensores del array. Suponga un array de N=8 sensores con espaciado uniforme de $\lambda_o/2$.
2. Como ya se ha comentado, use la frecuencia de información de la señal deseada como señal de referencia $r(n)$, y diseñe el array óptimo con referencia temporal.
3. Dibuje el factor de array y obtenga y dibuje la señal de salida $y(n)$ del mismo. Calcule la relación señal a interferencia C/I a partir del factor de array. Comente y los resultados obtenidos.
4. Repita el experimento anterior para distintas condiciones del escenario. En cada caso use los parámetros del escenario base usado hasta ahora y sólo modifique uno de los parámetros: número de sensores N, nivel de ruido y número de interferencias:
 - 4.1. Efecto del número de sensores N=4, 16 y 32. Comente los resultados respecto al experimento inicial de N=8.
 - 4.2. Efecto del nivel de ruido omni de -10db y 0dB. Comente los resultados respecto al experimento inicial con nivel de ruido omni de -20 dB.
 - 4.3. Efecto del número de fuentes presentes: deseada en -15° y cuatro interferentes en $+10^\circ$, 0° , -20° y -40° (use frecuencias diferentes de la misma amplitud unidad, manteniendo la condición de banda estrecha). Calcule el C/I de salida respecto a cada interferencia y compárelo con el experimento inicial con sólo una interferencia.

2.2 Conformado de haz con referencia temporal (TRB) adaptativo con algoritmo LMS

Implemente la versión adaptativa LMS del conformado de haz con referencia temporal. Use como vector de coeficiente inicial $\underline{w}(0) = (1,0,0,\dots,0)$. Puede aumentar el número de snapshot (se sugiere 2000 snapshots) para asegurar la convergencia.

5. Realice un experimento TRB LMS para el escenario del punto 4.3 (con N=8 y ruido omni a -20 dB). Elija un parámetro μ inicial que le parezca adecuado (tenga en cuenta la potencia de la señal de entrada $x(n)$ al array) y repita el experimento para algunos valores distintos de μ . Dibuje la evolución de la convergencia de algunos de los coeficientes del array (módulo y fase) y comente la influencia de este parámetro en la convergencia del algoritmo.

6. Dibuje el factor de array obtenido tras la convergencia, calcule el C/I de salida respecto a cada interferencia y compare con los resultados obtenidos en el punto 4.3.

2.3 Conformado de haz con restricciones espaciales óptimo invariante

En este punto vamos a tratar con el conformador de haz diseñado con el método de múltiples restricciones espaciales, que permite introducir restricciones tanto de apuntamiento (señal deseada) como de anulación (interferencias).

7. Considere el mismo escenario del punto 4.3 con $N=8$ y ruido omni a -20 dB. Para el caso de **conocimiento del DOA de todas las fuentes** (deseada más las cuatro interferentes), plantee la función de coste a minimizar adecuada para este caso, y use la expresión de la solución óptima correspondiente (transparencias de clase)
Dibuje el factor de array y compruebe el buen funcionamiento de éste. Indique los C/I obtenidos para cada interferencia.
8. Repita el punto anterior suponiendo que **sólo se conoce** el DOA de la señal deseada (15º).

Incluya un apartado de CONCLUSIONES al final del informe de la práctica