

# Estimación de la posición de una fuente de sonido empleando un array de sensores

Área de Ingeniería de Sistemas y Automática.

## Descripción

El objetivo de este trabajo es familiarizar al alumno con herramientas de procesamiento de la señal usadas en arrays de sensores. Si bien el procesamiento realizado en este tipo de problemas puede llegar a ser muy complejo, existen alternativas sencillas que son válidas como primeras aproximaciones. El objetivo no es el de encontrar una solución óptima al problema de la localización de fuentes de sonido, sino plantear una serie de algoritmos sencillos de manera que se comprendan las limitaciones que se encuentran cuando son usados.

## Introducción teórica

Los arrays de sensores tienen como objetivo principal aumentar la sensibilidad de la respuesta en una determinada dirección. El problema, con aplicación en la transmisión de cualquier tipo de ondas (acústicas, electromagnéticas), se puede abordar desde dos puntos diferentes:

- Un único sensor con respuesta direccional. Dichos sensores aumentan su direccionalidad mediante alteraciones en su construcción (deflectores, aperturas ...)
- Un array de sensores. Utilizando la respuesta coordinada de un conjunto de sensores es posible variar la direccionalidad del sistema. Este método es utilizado ampliamente en comunicaciones, astronomía ...

Los arrays de sensores se pueden clasificar basándose en la geometría de dicho array. El caso más sencillo es el array lineal, en el que los sensores se disponen alineados. (Figura 1)

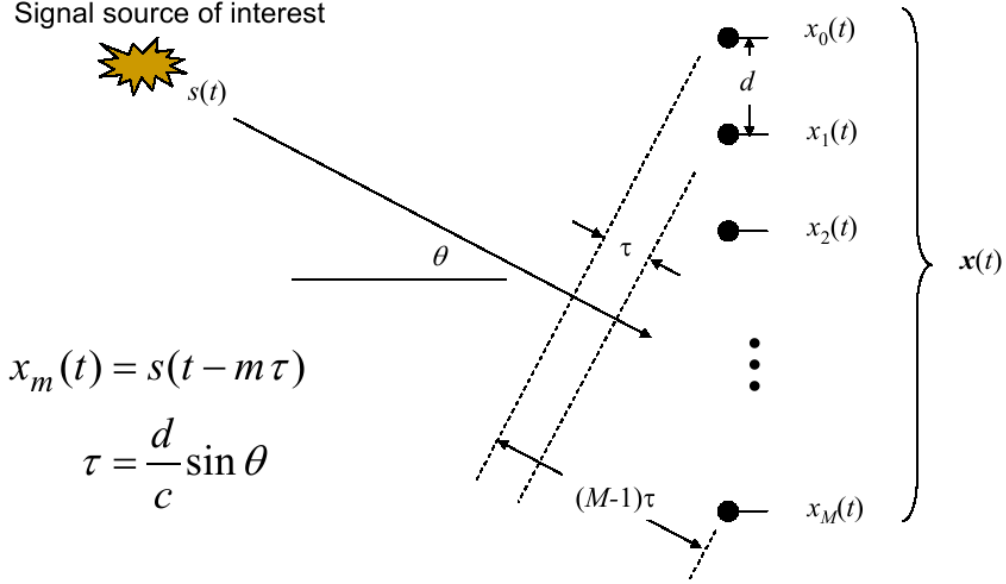


Figura 1: Estructura de un array lineal. (Fuente Brian D. Jeffs Associate Professor Dept. of Electrical and Computer Engineering Brigham Young University)

El procesamiento de todo array de sensores se basa en que la velocidad de transmisión de la onda en el medio es finita, por lo que un mismo frente de onda llegará en diferentes instantes de tiempo a cada uno de los sensores. Este retraso dependerá de la distancia que exista entre ellos. La salida de un array de sensores usa esta propiedad y calcula la respuesta conjunta aplicando la siguiente expresión:

$$y(t) = \sum_{m=0}^{M-1} W_m X_m(t - [M - m - 1]T) \quad (1)$$

, donde  $M$  es el número de sensores,  $x$  la señal emitida,  $y$  la salida y  $T$  el instante de llegada del frente de onda a cada sensor.

Variando la respuesta de cada sensor se puede obtener una respuesta aumentada en la dirección deseada. Este procesamiento puede ser visto como un filtro FIR espacial, siendo  $w$  los pesos del filtro. Bajo esta consideración se puede diseñar el array de la misma manera que se diseñaría un filtro FIR.

En el caso de que la señal sea de banda estrecha ( $BW \ll c/(M-1)d, Hz$ ), se puede utilizar una simplificación para calcular la salida del array, empleando la siguiente expresión:

$$y[n] = \mathbf{w}^H \mathbf{x}[n] \quad (2)$$

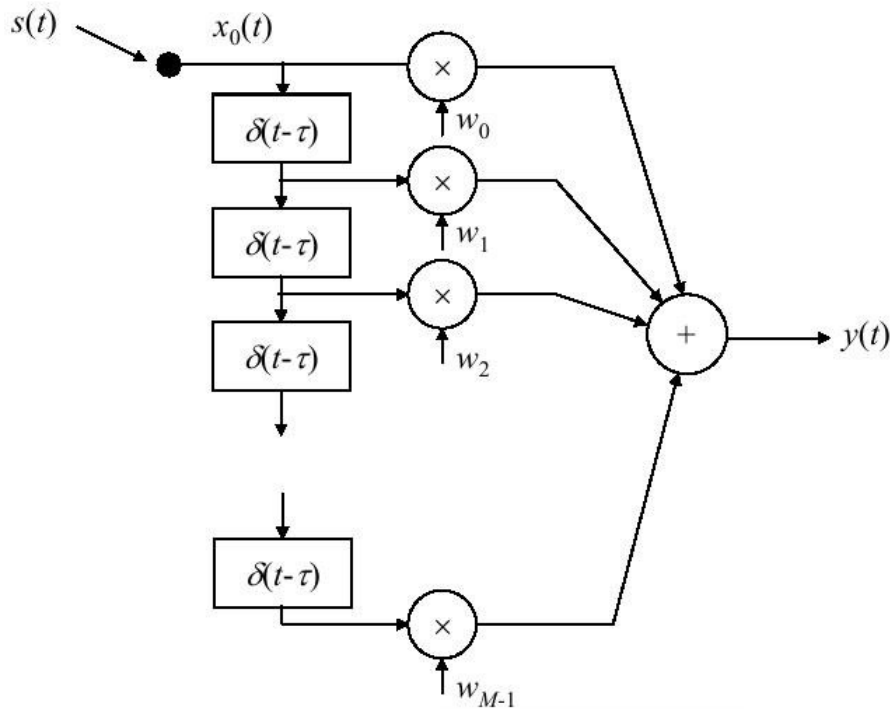


Figura 2: Cálculo de la salida de un array mediante la suma de las entradas con un retraso aplicado a cada entrada. (Fuente Brian D. Jeffs Associate Professor Dept. of Electrical and Computer Engineering Brigham Young University)

, donde

$$\mathbf{w} = [\alpha_0, \alpha_1 e^{-j\zeta}, \dots, \alpha_{M-1} e^{-j(M-1)\zeta}] \quad (3)$$

, siendo  $\zeta = \frac{2\pi f_0 d}{c} \sin \theta_0$ ,  $\alpha_m$  peso para el sensor  $m$ ,  $f_0$  frecuencia central en Hz del filtro paso banda y  $\theta_0$  dirección de máxima respuesta.

## Objetivos

Los objetivos que deben de ser cumplidos para que el trabajo sea considerado como superado son los siguientes:

1. Comprensión del problema del tratamiento de señal con arrays de sensores. Este punto conlleva,
  - **La descripción del proceso físico** . Propagación de la señal, recepción por el array, configuración del array,

- **La del algoritmo utilizado** . Importancia de las características de la señal (banda ancha o estrecha) y las consecuencias que ello acarrea en el diseño del array,
- **Las limitaciones existentes en la solución planteada** . Dependencia del tipo de señal, número de sensores.

Este punto se resumirá en una breve memoria, a entregar por cada grupo, que no excederá de 4 páginas.

2. Realizar un script de Matlab que procese datos de entrada recogidos por un array de sensores y obtenga como salida la posición de la fuente de sonido. Se valorará la representación gráfica de la salida obtenida, la claridad del código y los comentarios asociados a éste.

## Recomendaciones

- 👍 Comprender el problema antes de escribir el código. Los resultados obtenidos deben de ser explicados. Este es el verdadero objetivo del trabajo. Visitar los enlaces propuestos en este documento.
- 👍 Centrarse en algoritmos de *beamforming* en el tiempo (leer archivo **sonarbeamforming.pdf** en el enlace <http://isa.uniovi.es/~pgarcia/Practicas/>). No es necesario realizar una comparativa de todos los algoritmos existentes, no se trata de encontrar una solución óptima al problema.
- 👍 Podeis copiar lo que querais, pero hay que saber explicarlo ☺.

## Enlaces

En las siguientes direcciones se puede encontrar información adicional para realizar el trabajo:

<http://isa.uniovi.es/~pgarcia/Practicas/>  
<http://www.engr.uky.edu/~donohue/>  
<http://cnx.rice.edu/content/col110250/latest/>