

Instrucciones para ejecutar las simulaciones del PFC

Emilio Mejía Fernández de Velasco

30 de agosto de 2011

1 Introducción

Este CD contiene el código desarrollado en este proyecto de fin de carrera, junto con la memoria. Este documento sirve para poder ejecutar las simulaciones desarrolladas en dicho proyecto. En él se especifican los requerimientos de *software* instalado y los parámetros que hay que cambiar para reproducir las figuras incluidas en la memoria del PFC.

2 Requerimientos de instalación

Para ejecutar las simulaciones, como mínimo es necesario tener instalados los programas especificados en el capítulo de introducción de la memoria del proyecto, en la sección “1.4 Medios utilizados”. En concreto, es necesario tener instalado *Matlab r2010a* con los complementos *Optimization Toolbox* y *Communications Toolbox*, además de las herramientas de optimización convexa que se han utilizado: *CVX*, *SeDuMi* y *Mosek*. Para instalar *CVX* hay que abrir *Matlab* y ejecutar el guión `cvx_setup.m` desde el directorio `\Software adicional\CVX\` de este CD. La instalación de *SeDuMi* también se hace desde *Matlab*, ejecutando `install_sedumi.m` que está en el directorio `\Software adicional\SeDuMi\`. Por otro lado, para instalar *Mosek* hay que solicitar una licencia temporal en <http://www.mosek.com/index.php?id=99>, y podemos utilizar la versión para *windows* incluida en `\Software adicional\Mosek\moseksetupwin32x86.msi` o elegir cualquier otra versión desde la *web* del programa. Por último, para el complemento *Mathematica Symbolic Toolbox for Matlab* únicamente sería necesario añadir en el *path* de *Matlab* la ruta al archivo `math.dll` incluido en el directorio `\Software adicional\Mathematica toolbox for Matlab\`, aunque si se ejecuta directamente desde el CD, he incluido una copia de dicha *dll* para que funcione sin añadir nada más.

3 Ejemplo QCQP

El código correspondiente al ejemplo de problema QCQP del capítulo 5, en la sección “5.5 Ejemplo” se encuentra en el directorio \Ejemplo QCQP\ de este CD, en el que hay dos carpetas, una correspondiente a *Matlab* y otra para *Mathematica*. Ejecutando desde *Matlab* el guión QCQP.m se obtienen las gráficas de las figuras 5.1 y 5.2 y los resultados correspondientes a los apartados “5.5.1 Resolución por CVX”, “5.5.2 Resolución por Mosek”, “5.5.3 Resolución por SeDuMi” y “5.5.5 Resolución por Matlab Optimization Toolbox”. Para el apartado “5.5.4 Resolución por Mathematica” hay que abrir el cuaderno QCQP.nb desde la herramienta *Wolfram Mathematica 8*, donde entre otras cosas, podemos ver la figura 5.3.

4 Conformación de haz

En el directorio \Beamforming\ tenemos cuatro guiones de *Matlab* y 14 funciones; el archivo SINRvsEpsilon.m sirve para obtener las simulaciones de la sección “6.4.3 Selección de la región de incertidumbre”; el archivo SINRvsSNR.m genera las gráficas de la sección “6.4.4 SINR en función de SNR”; con TvsN.m podemos reproducir los resultados de la sección “6.4.5 Tiempos de ejecución”; y el guión DiagramaRadiacion.m sirve para obtener las figuras del apartado “6.4.6 Diagramas de radiación”.

4.1 Selección de la región de incertidumbre

Para obtener las gráficas de la figura 6.2 hay que utilizar los siguientes parámetros en la sección de especificaciones de SINRvsEpsilon.m

```
%% Especificaciones

theta_s = 93;           % dirección apuntada
theta_int = [120 140]; % direcciones interferentes
N = 10;                % número de antenas
d = 0.45*lambda;      % distancia entre antenas
var_n = 1;             % potencia de ruido
INR = 30;              % INR en dB
```

En este mismo apartado hay una línea que asigna un valor a SNR. Las gráficas de la figura 6.2 corresponden a los valores de -15dB, -10dB, -5dB, 0dB y 5dB. Para cada valor hay que modificar la línea correspondiente de código en esta misma sección $SNR = -15;$, y ejecutar el guión para obtener la primera curva, a continuación cambiar esa misma línea por $SNR = -10;$, volver a ejecutar, y así sucesivamente.

Antes de todas estas ejecuciones, hay que seleccionar las herramientas que vamos a evaluar. En este caso se trata de *CVX* con *SeDuMi* como *solver*,

CVX con *SDPT3* como *solver*, la implementación utilizando directamente *SeDuMi*, y *Mosek*. Para seleccionar todas estas herramientas modificaremos los valores binarios 0 y 1 en cada elemento de la variable `seleccion` en la sección correspondiente de modo que quede así:

```
%% Selección de la herramienta a evaluar
% Seleccionamos poniendo a 1 o 0 cada columna del vector 'seleccion'
seleccion = [...
    1    ... % CVX (sedumi)
    1    ... % CVX (sdpt3)
    1    ... % SeDuMi
    1    ... % Mosek
    0    ... % Matlab (directo)
    0    ... % Matlab (directo con gradiente)
    0    ... % Matlab (estándar)
    0    ... % Matlab (estándar con gradiente)
    0    ... % Matlab (con Hessiano)
    0    ... % Mathematica (directo)
    0    ... % Mathematica (estándar)
];
```

Por último, en el eje de abscisas tenemos valores de ϵ entre 0 y 3. Para elegir estos valores buscamos la siguiente sección en el código:

```
%% Bucle de comparación SINR vs eps
eps = [0:0.1:3]; % Tamaño de la región de incertidumbre
```

El resto de gráficas de esta sección se obtienen seleccionando los valores binarios correspondientes en el vector `seleccion`, y utilizando el mismo valor de SNR que aparece en cada una. Para la figura 6.3 los valores corresponden a la implementación directa con *Matlab Optimization Toolbox*:

```
%% Selección de la herramienta a evaluar
% Seleccionamos poniendo a 1 o 0 cada columna del vector 'seleccion'
seleccion = [...
    0    ... % CVX (sedumi)
    0    ... % CVX (sdpt3)
    0    ... % SeDuMi
    0    ... % Mosek
    1    ... % Matlab (directo)
    1    ... % Matlab (directo con gradiente)
    0    ... % Matlab (estándar)
    0    ... % Matlab (estándar con gradiente)
    0    ... % Matlab (con Hessiano)
    0    ... % Mathematica (directo)
    0    ... % Mathematica (estándar)
];
```

Para replicar esta figura tenemos que utilizar el valor de SNR=-10dB en la sección de especificaciones. Para ello buscamos la línea correspondiente:

```
%% Especificaciones
(... )
SNR = -10;
```

El mismo procedimiento se sigue para obtener las gráficas 6.4 y 6.5, teniendo en cuenta la selección de herramientas utilizadas y el valor de SNR.

4.2 SINR en función de SNR

Para estas gráficas necesitamos el guión `SINRvsSNR.m` del directorio `\Beamforming\`. En este fichero las especificaciones son iguales que en el anterior, pero no aparece la línea que asigna un valor a SNR, porque será el valor del eje de abscisas en las gráficas obtenidas. Sin embargo, encontraremos una sección llamada `%% datos de optimización` en la que se asigna un valor fijo a la variable `eps`. Tendremos que tener en cuenta el dato asignado a ϵ que aparece encima de cada gráfica para replicar su resultado. Por ejemplo, para las figuras 6.6 hasta la 6.9 tendremos que utilizar `eps = 2.9` y para la 6.10, `eps = 2`. Aparte de esto, la diferencia entre una figura y otra está en las componentes binarias que se seleccionan en el vector `seleccion`, igual que en el apartado anterior.

4.3 Tiempos de ejecución

Las figuras de tiempos de ejecución se obtienen con el archivo `TvsN.m` en el que modificaremos las componentes que deseemos del vector `seleccion` igual que en los casos anteriores, y utilizaremos los mismos valores de las variables SNR y `eps` que aparecen en cada figura.

4.4 Diagramas de radiación

Para obtener la figura 6.14 tenemos que modificar el fichero `DiagramaRadiacion.m` de forma que tenga las mismas especificaciones que en los casos anteriores, y en particular que asignemos `SNR = 0`; y `eps = 2.0`. En este apartado, para pasar de la figura 6.14 a la 6.17 cambiamos el número de antenas con `N = 10`; o `N = 100`; , y ponemos especial cuidado en que la figura 6.17 se obtiene con `eps = 9.7`;

5 Canales MIMO

En el directorio `\MIMO\` del CD encontramos dos guiones de *Matlab* y 8 funciones que se organizan tal como se explica en el apartado “7.5 Arquitectura del sistema de simulación”. Las figuras 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 7.10, 7.18 y 7.19 son curvas de tasa de error en función de la relación señal-ruido, que se obtienen con el archivo `BERvsSNR.m`. La diferencia entre una figura y otra

está en la selección de opciones elegidas y en los valores del número de antenas en recepción (n_r), número de antenas en transmisión (n_t), el número de flujos utilizado (L), y el rango de valores asignados al eje de abscisas. Por ejemplo, para la figura 7.5, buscamos la siguiente sección:

```

%% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %%
%% Parámetros del canal

nr = 2;      % Número de antenas en recepción
nt = 2;      % Número de antenas en transmisión
L = 1;      % Número de subcanales utilizados % min([nt nr]);

```

A diferencia del capítulo anterior, en este caso la selección de opciones no es binaria, sino que se hace incluyendo los valores de las opciones correspondientes en el vector `opcion`. En el caso de la figura 7.5 las 6 gráficas dibujadas se seleccionan del siguiente modo:

```

opcion = [1 5 6 7 8 9]; % Opciones de la simulación,
% Las opciones disponibles son las siguientes:
% 1 - 'MSE, CVX, sin restr, sin recorte'
% 2 - 'MSE, CVX, con restr, sin recorte'
% 3 - 'MSE, CVX, sin restr, con recorte'
% 4 - 'MSE, CVX, con restr, con recorte'
% 5 - 'MSE, CVX, cooperativo'
% 6 - 'MSE, Sedumi'
% 7 - 'MSE, Sedumi, cooperativo'
% 8 - 'MSE, Mosek',...
% 9 - 'MSE, Mosek, cooperativo',...
% 10 - 'IM, CVX, sin restr, sin recorte'
% 11 - 'IM, CVX, con restr, sin recorte'
% 12 - 'IM, CVX, sin restr, con recorte'
% 13 - 'IM, CVX, con restr, con recorte'
% 14 - 'IM, CVX, cooperativo',...
SNR = [0:10]; % Valores de SNR en la gráfica

```

Para elegir el tipo de modulación de símbolos, tenemos que modificar una propiedad de la clase `cBER` en el archivo `cBER.m`, y es el índice de modulación QAM que en la mayor parte de las figuras es $M = 4$; , por lo que aparece el rótulo “QPSK” en la parte superior de cada gráfico, excepto en la figura 7.6 en la que $M = 16$; , por lo que tiene marcado el texto “16QAM”.

Para obtener las figuras correspondientes al efecto del recorte en la señal OFDM se utiliza el archivo `PclipyBERvsMuySNR.m`. La selección de parámetros del problema se hace del mismo modo que en el caso anterior.