OFDM con error de frecuencia

# Introducción

El objetivo de esta práctica es visualizar la degradación que se produce en transmisión OFDM por error de frecuencia, presentando los resultados de manera didáctica. Se parte de la base de que el alumno conoce el sistema de modulación OFDM, como resultado de haber cursado la asignatura Sistemas de Comunicaciones I.

Para la práctica se empleará una sesión de dos horas de laboratorio. Como herramienta de simulación y visualización de resultados se empleará Matlab.

El alumno realizará las actividades que se indican en este documento. Con los resultados obtenidos, más la información adicional que juzgue conveniente para que el informe sea autocontenido y quede claro lo que el alumno ha realizado, elaborará un informe que deberá ser subido a la carpeta de la práctica en Moodle, en un plazo de una semana desde la realización de la práctica.

# Definición del sistema OFDM

La práctica se refiere a un sistema de comunicaciones OFDM de complejidad muy baja, con portadoras en las frecuencias 40, 60, 80, y 100 KHz, moduladas en QAM. Estas portadoras han sido trasladadas a banda base desde una banda de RF. No se tiene en cuenta la posibilidad de propagación multitrayecto, y por tanto se ignora el prefijo cíclico y la ecualización en recepción (Fig.1).



**Fig. 1. Sistema OFDM con canal ideal**

El alumno deberá realizar las actividades siguientes.

1. Definición de parámetros de transmisión

* Representar gráficamente sobre un eje de frecuencias las portadoras que se transmiten
* Empleando como número de muestras NFFT= 32, calcular la frecuencia de muestreo fs y el periodo de IFFT, Tifft

1. Simulación de la señal que se transmite

* Programar un enlace OFDM compuesto únicamente por los bloques modulador QAM e IFFT en transmisión, y FFT y demodulador en recepción. Comprobar que el conjunto transmisor receptor funciona correctamente para una secuencia binaria seudoaleatoria, para los formatos de modulacion 16-QAM, 64-QAM y 256-QAM.

1. Implementación alternativa de la FFT

* Como preparación a la evaluación de la degradación del sistema por error de frecuencia, repetir el punto anterior, comprobando la inexistencia de errores, cuando la transformada de Fourier se programa a mano, es decir, cuando en recepción los símbolos QAM se obtienen de la señal recibida de muestras temporales mediante la expresión

k= 3, 4, 5 y 6 (1)

siendo, para cada periodo IFFT,

y(n) vector de muestras temporales a la entrada del demodulador de OFDM

Y(k) vector de símbolos complejos resultantes de la demodulación

# Degradación por error de frecuencia

En este apartado se simulará la degradación que sufre la transmisión por un error de frecuencia, en ausencia de dispersión por propagación multitrayecto. La fuente del error de frecuencia es normalmente el efecto Doppler asociado al movimiento del terminal, y debe tenerse en cuenta en el diseño de un sistema nuevo de comunicaciones móviles. Su efecto es tanto más pernicioso cuanto mayor sea el nivel de modulación y más baja la separación entre portadoras.

El efecto del error de frecuencia se simulará introduciendo el error en el proceso de demodulación. Con respecto a la fórmula (1), el parámetro k representa la frecuencia k·f0, siendo f0 el inverso del periodo de IFFT. En consecuencia, para tener en cuenta el error de frecuencia, en el proceso de demodulación se sustituirá k por k+Δf/f0 , sustituyendo en la demodulación la fórmula (1) por

k= 3, 4, 5 y 6 (2)

Nota. Por ejemplo, si el error de frecuencia es 100 Hz, Δf/f0 = 5·10-3

De acuerdo con lo anterior[[1]](#footnote-1), el alumno realizará las actividades siguientes:

1. Curvas de BER con el error de frecuencia

* En el enlace OFDM, sustituir la función fft de MATLAB por (2), siendo Δf/f0 un parámetro de simulación
* Generar una gráfica en las que se muestre la variación de la BER en función del error de frecuencia para las modulaciones de 16QAM, 64 QAM y 256QAM. A la vista de los resultados obtenidos, extraer conclusiones y comentarlas.

1. Para que el error quede circunscrito a la modificación del parámetro k, se asume que, una vez demodulado un símbolo OFDM, el receptor estima el giro en la constelación generado por el error de frecuencia durante la duración del símbolo, e inicializa la fase de la constelación para el símbolo siguiente. Si no se hace así, el error de fase generado durante un símbolo se acumula en la demodulación del símbolo siguiente. [↑](#footnote-ref-1)