

Capítulo 1: Introducción

1.1 Motivación del proyecto

Podemos definir la comunicación como un proceso de transmisión y recepción de ideas, información y mensajes. En los últimos 150 años, y en especial en las dos últimas décadas, la reducción de los tiempos de transmisión de la información a distancia y de acceso a la información ha supuesto uno de los retos esenciales de nuestra sociedad. A lo largo de la historia, los medios de comunicación han ido avanzando en paralelo con la creciente capacidad de los pueblos para configurar su mundo físico y con su creciente grado de interdependencia. Con el desarrollo de la civilización y de las lenguas escritas surgió también la necesidad de comunicarse a distancia de forma regular, con el fin de facilitar el comercio entre las diferentes naciones e imperios, nació la telecomunicación. [1]

Cualquier escenario de telecomunicación está compuesto por un transmisor, un canal impuesto por el medio y finalmente un receptor. El transmisor es el dispositivo que transforma o codifica los mensajes en un fenómeno físico, la señal. El canal, por su naturaleza física, es posible que modifique o degrade la señal en su trayecto desde el transmisor al receptor debido a ruido,

interferencias o la propia distorsión del canal. Por ello el receptor ha de tener un mecanismo de decodificación capaz de recuperar el mensaje dentro de ciertos límites de degradación de la señal. En algunos casos, el receptor final es el oído o el ojo humano (o en algún caso extremo otros órganos sensoriales) y la recuperación del mensaje se hace por la mente. [2]

Desde los inicios de las telecomunicaciones, en sus formas más rudimentarias, el canal de comunicaciones siempre ha supuesto un problema para la misma dada su gran influencia en la transmisión de información, degradando la información hasta tal punto que esta sea indescifrable en el receptor. Ya sea el cielo, cuando hablamos de señales de humo, nuestro propio entorno, cuando la comunicación es verbal, o la fibra óptica, en comunicaciones ópticas.

Dentro de las posibles imperfecciones en un canal de comunicación nos encontramos: ruido impulsivo, ruido de Johnson-Nyquist (también conocido como ruido térmico), tiempo de propagación, función de transferencia de canal no lineal, caídas súbitas de la señal (microcortes), limitaciones en el ancho de banda y reflexiones de señal (eco). Muchos de los modernos sistemas de telecomunicación obtienen ventaja de algunas de estas imperfecciones para, finalmente, mejorar la calidad de transmisión del canal.

En ciertas ocasiones el canal de transmisión es mejorable actuando sobre él mismo, e incluso optimizable para favorecer la comunicación a la que está destinado, es decir, tenemos control sobre el mismo y podemos adaptarlo, tales como conductores eléctricos. De estos conocemos sus características mediante estudios del mismo, atenuación, ancho de banda, retraso, etc.. Otros en cambio no son susceptibles de modificación alguna, simplemente hay que adaptarse a ellos, a veces incluso la propia señal debe ser modificada para minimizar la distorsión, por ejemplo en radiocomunicación. Esta última clase de canal en concreto es la más perjudicial para la información, ya que el canal no es solo “intocable”, sino que no es posible su conocimiento a priori, además de su constante variación con el tiempo.

Minimizar los efectos de los canales será la principal preocupación del proyecto, dado que no se tendrá ninguna oportunidad de actuación sobre el canal, la táctica a seguir para ello consistirá en adaptar la señal transmitida, así como el receptor, para conseguir los objetivos. La adaptación de

la señal consistirá en la modulación de la misma, modificando su ancho de banda y propiedades con el objeto de que su espectro se vea menos afectado por el canal y el ruido. Existen multitud de modulaciones, tanto en amplitud como en frecuencia, así como diferentes algoritmos que modifican a las primeras mejorando sus efectos. En nuestro caso usaremos una combinación de ambas modulaciones con sus algoritmos complementarios pertinentes, permitiéndonos conseguir los resultados deseados.

La base de este proyecto es la adecuada modulación de la señal que nos permitirá implementar los algoritmos deseados. Esta comenzará con una modulación en amplitud estándar de la señal inicial QAM o PSK, con un número de símbolos variable, a la que a continuación se aplicará la modulación en frecuencia OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Esta modulación consiste en la división del espectro en una serie de subcanales o subportadoras que se tratarán de forma independiente, cada subportadora se modulará en amplitud y se enviará individualmente. Técnicamente, la primera modulación sería en realidad una codificación de la señal, por esto, al conjunto de las dos acciones se le denomina COFDM (coded OFDM). Dado la naturaleza de este proyecto, la multiplexación de portadoras OFDM es una excelente elección dada su robustez frente al multitrayecto, que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente a las atenuaciones selectivas en frecuencia y frente a las interferencias de RF.

Una de las características de esta multiplexación es la utilización del algoritmo matemático DFT, su aplicación permitirá recuperar la señal en el receptor eliminando cualquier efecto del canal sobre la misma, permitiendo su correcta demodulación. No obstante, para lograrlo es necesario conocer el canal de transmisión en el receptor, para lo cuál es necesario utilizar algoritmos que permitan estimarlo.

Normalmente estos algoritmos utilizan una secuencia de entrenamiento que permite al receptor realizar una estimación del canal. Básicamente lo que se hace es enviar periódicamente una secuencia conocida a través del canal, una vez en el receptor este la compara con la secuencia original (conocida a priori) obteniendo un esbozo del canal, que se aplicará a las futuras tramas entrantes. No obstante, en la mayoría de los escenarios de aplicación de esta técnica el canal varía con el tiempo con una cierta frecuencia, esto genera un doble problema. Por una parte obliga a un uso periódico de la secuencia de entrenamiento lo que consume una parte del ancho de banda de

transmisión. Por otra parte, si escatimamos con la frecuencia de uso, nos arriesgamos a que el canal cambie demasiado en esos intervalos de tiempos llevando a tasas de errores inaceptables. Todo esto obliga a establecer un compromiso entre porcentaje de ancho de banda perdido y calidad del enlace.

Por estas razones se han implementado una serie de algoritmos que permiten la estimación del canal prescindiendo del envío de una secuencia de entrenamiento, conocidos como “algoritmos ciegos de estimación de canal”. Estas técnicas proveen varias ventajas, al prescindir de la secuencia de entrenamiento aprovechamos el ancho de banda de transmisión al máximo, además, al poder estar continuamente realizando estimaciones nos adaptamos inmediatamente a los cambios del canal, de esta manera no se dan ráfagas de errores entre estimación y estimación.

Existen una gran variedad de algoritmos que se basan en estos principios, cada uno con su propio método y características, además de su propio campo de validez ofreciendo distintos resultados. Este proyecto cubrirá la necesidad de análisis y evaluación de los mismos mediante técnicas de simulación.

1.2 Objetivo y estructura del proyecto

En este proyecto se han implementado 4 algoritmos de estimación de canal, realizando en todos ellos una serie de simulaciones en distintos escenarios. Se les ha sometido a varias pruebas individuales de acuerdo a las características de los mismos obteniendo su puntos débiles así como los fuertes, permitiendo una optimización de los mismos. Además se ha realizado otra batería de pruebas de ámbito general que ofrece una comparativa de todos ellos, permitiendo así observar sus diferencias y semejanzas dando una panorámica de los mismos, con el objetivo de determinar criterios para elegir el más adecuado de acuerdo a las necesidades el enlace.

Para llevar a cabo estos objetivos se ha implementado una serie de funciones en la herramienta de simulación matemática MATLAB, que permitirá obtener resultados numéricos así como gráficos de las pruebas realizadas a los diferentes algoritmos. Se ha empezado programando un esquema general de transmisor y receptor utilizando modulación OFDM, centrándonos sólo en la parte discreta del sistema de transmisión, incluyendo esta un modelo estándar de canal de transmisión y una fuente de ruido gaussiano ideal. A continuación se han implementado los

algoritmos de detección de canal sobre el esquema de transmisión, calculando el NMSE (Normalized Mean Square Error) entre el canal ideal y el estimado. Por último se han realizado las pruebas pertinentes a cada algoritmo, consistentes en la observación del NMSE en función de la variación de sus parámetros más importantes.

Todo lo anteriormente expuesto se ha reflejado en el presente documento atendiendo a la siguiente estructura:

- Capítulo 2: “Modulación OFDM”, en este capítulo se realiza un estudio en profundidad de la modulación OFDM, así como de los sistemas que la albergan. Se pretende adquirir conocimientos en profundidad del sistema en el que se va a basar el proyecto, presentar las características más importantes y las principales ventajas e inconvenientes. También se pretende dar una perspectiva al lector del impacto tecnológico que está teniendo este sistema en el mundo de las telecomunicaciones de hoy en día, resaltando aún más la importancia que este trabajo pueda tener.
- Capítulo 3: “Algoritmos de estimación de canal”, aquí se da una visión general de los algoritmos de estimación de canal, concluyendo con una comparativa entre los que realizan una estimación ciega y los que no. Además se ofrece una explicación detallada del funcionamiento teórico de cada uno de los algoritmos implementados en el presente proyecto.
- Capítulo 4: “Resultados”, este capítulo explica el procedimiento seguido para las simulaciones a las que se ha sometido cada algoritmo, estas simulaciones se han realizado con objeto de valorar los algoritmos desde varios puntos de vista. Presenta una serie de gráficas con los resultados recogidos, analizados e interpretados.
- Capítulo 5: “Conclusiones y líneas futuras de trabajo”, por último se da una serie de conclusiones recopilando todos los aspectos del proyecto, así como recomendando líneas futuras de trabajo.

Para terminar con esta introducción, definir el carácter de este proyecto como

fundamentalmente práctico ya que recoge un análisis completo de las características prácticas de diferentes algoritmos de estimación de canal, dando al lector un punto de vista totalmente imparcial de la funcionalidad de los mismos. Por lo tanto dicho trabajo podría usarse como una herramienta más en futuros proyectos que involucren la modulación OFDM.