

Capítulo 5: Conclusiones y líneas futuras de trabajo

5.1 Introducción

Durante este proyecto hemos implementado un sistema de telecomunicaciones basado en la modulación OFDM, en dicho sistema de telecomunicaciones base se han implementado algoritmos ciegos de estimación de canal siguiendo las recomendaciones de los artículos originales. Los resultados de estos algoritmos se han puesto a prueba variando todos los parámetros posibles del propio algoritmo y del sistema en sí, observando como podían afectar a la precisión de la estimación del canal provista por el algoritmo.

En el capítulo anterior pudimos realizar un juicio acerca de como afectaba la variación de un parámetro sobre los resultados de un algoritmo en concreto, partiendo de las gráficas resultante de los análisis. En este capítulo se tratará de dar otra perspectiva y resumen de los resultados de manera general a todos los algoritmos. Por un lado comentaremos el efecto de cada parámetro a los algoritmos en general y por otro daremos una interpretación de los análisis desde el punto de vista del sistema de telecomunicación en general, así como de su diseño.

5.2 Conclusiones

Tras la consecución de los análisis de los diferentes algoritmos se pueden obtener algunas conclusiones generales de los mismos, estas conclusiones se han obtenido analizando las gráficas de variación de resultado obtenidas de cada algoritmo para cada parámetro:

- El tamaño de la constelación usada no influye apenas en la precisión en la que el algoritmo realiza sus estimaciones de canal, por lo cuál no es un parámetro importante a tener en cuenta.
- La velocidad de convergencia del algoritmo, a parte de ser propia del mismo, es susceptible de manipulación mediante el factor de memoria de autocorrelación usado. Esto es un efecto lógico ya que el valor de este parámetro definirá la importancia que le damos a los resultados anteriores. Por ejemplo, si escogemos un factor pequeño daremos mucha más importancia a los resultados anteriores que a los actuales, esto se traducirá en un mejor promedio de resultados a la larga ya que tendremos en cuenta mucho más resultados, no obstante, necesitaremos mucho más tiempo para obtener un resultado fiable.
- El número de portadoras transmitidas tiene un efecto variable sobre la precisión del algoritmo. Se ha analizado como afecta el número de portadoras enviadas para cuatro algoritmos y se han obtenido resultados de todo tipo. En dos de ellos el efecto era de mejora sobre la precisión del algoritmo, pudimos ver como para los algoritmos uno y cuatro el *NMSE* disminuía con el número de portadoras. No obstante en el segundo, aumentar el número de portadoras provocaba la pérdida de precisión de la estimación. Por último el algoritmo número tres es prácticamente inmune a este parámetro.
- Otro elemento de los algoritmos con un efecto bastante grande sobre los resultados es el diseño de la matriz precodificadora usada en el transmisor. Ciertamente es que dicha matriz ha de cumplir una serie de requisitos a fin de mantener las propiedades de la señal transmitida y, al mismo tiempo, servir a los propósitos del algoritmo. No obstante esto

sigue dejando en rango de elección bastante amplio. En este proyecto hemos visto algunas variantes de estas matrices, estas dependían de uno o varios parámetros o incluso sólo de algunas condiciones. El efecto que tiene la elección adecuada de la matriz es importante y no es posible determinarlo a priori, por lo cuál es necesario realizar análisis de este tipo con objeto de realizar la mejor elección.

- Uno de los parámetros más importantes con el que nos hemos topado en las simulaciones ha sido el factor de memoria de autocorrelación, ya que relaciona el *NMSE* y la velocidad de convergencia del algoritmo de manera inversa, es decir mejora uno en detrimento del otro. Dicho parámetro es totalmente ajeno al sistema original por lo que su valor depende exclusivamente del diseñador del algoritmo. Así pues, podemos pensar en él como en una especie de conmutador que podremos variar de acuerdo a las exigencias del sistema, pudiendo priorizar una característica u otra.

Los resultados son altamente dependientes de la mayoría de los parámetros variados durante la simulación, haciendo al algoritmo utilizado totalmente inútil o incrementar en gran medida su rendimiento. No obstante no podemos cambiar los parámetros a nuestra necesidad, esto dependerá del carácter del parámetro. Veamos la naturaleza los parámetros que hemos tenido en cuenta en nuestras simulaciones y como afectan al sistema:

- Parámetros del sistema: algunos parámetros como el número de portadoras, el tamaño de la constelación suelen venir completamente definidos por el sistema de telecomunicaciones utilizado. En estos casos habrá que observar el comportamiento de los algoritmos para nuestro sistema particular y elegir el que más nos convenga de acuerdo a eficiencia, velocidad de convergencia, complejidad o coste computacional.
- Parámetros de construcción: otros parámetros podrán ser cambiados sin afectar al modelo inicial de comunicación, dependen exclusivamente del algoritmo utilizado. Por ejemplo tenemos los parámetros de generación de la matriz de precodificación o el factor de memoria de la autocorrelación. El valor de estos se diseñará acorde al sistema de telecomunicaciones.

- Parámetros de calidad: aquí nos encontraríamos con la relación señal a ruido del sistema, este caso variará dependiendo de las circunstancias en las que nos movamos, algunas puede que sea un requisito de calidad del sistema, en cuyo caso tendremos que adecuar nuestra elección al mismo. También puede ser un grado de libertad y en ese caso una demanda del algoritmo de acuerdo a las necesidades pertinentes.

La realización de estos análisis queda justificada por la gran variedad de resultados que podemos encontrarnos, por esto no podemos confiar plenamente en el funcionamiento del algoritmo en una situación concreta y creer que servirá a nuestro fin. Además de verificar su correcta adaptación a nuestro sistema, sería necesaria una optimización de los parámetros del mismo con el fin de obtener la mayor precisión posible en la estimación del canal de transmisión.

5.3 Líneas futuras de trabajo

Al igual que en el apartado anterior, se pueden plantear diferentes líneas de trabajo teóricas según dos puntos de vista diferentes. Dependiendo si nuestro trabajo se enfoca a los algoritmos en sí o al sistema de telecomunicación completo seguiremos un camino u otro. También podríamos llevar estos análisis a un escenario práctico. Veamos las distintas opciones:

- En el caso de que nos centrásemos en el propio algoritmo de estimación de canal, una posible línea de análisis de los mismos sería introducirlo en un entorno teórico más realista. Esto se podría realizar mediante la incorporación de canales variantes en el tiempo. Se pondría a prueba la capacidad del algoritmo de adaptación a diferentes cambios, poniendo al diseñador en un compromiso real a la hora de estimar un factor de memoria de autocorrelación adecuado. De esta forma se proporcionaría otro punto de vista muy interesante del funcionamiento de los algoritmos de estimación de canal, así como de su correcto diseño e implementación.
- Otra opción sería optimizar el diseño del sistema de telecomunicaciones como un conjunto. Existen diferentes aspectos del mismo relacionados con la estimación de canal que no se han tratado en este proyecto. Uno de ellos es la constante α en la que difieren el canal estimado por el algoritmo y el original. Como ya se ha comentado existen

métodos para realizar estimaciones de la misma, estos métodos también podrían objeto de análisis.

- En lo referente a resultados, este proyecto se ha basado en la precisión a la hora de realizar la estimación del canal. Otra línea de investigación diferente podría estudiar como afecta el *NMSE* obtenido en este proyecto a la BER resultante del algoritmo. Para ello habría que eliminar el canal original de nuestra secuencia partiendo del canal estimado y comprobar los bits erróneos recibidos.
- Por supuesto estos datos se han obtenido a partir de simulaciones basadas en ecuaciones teóricas, son una buena orientación pero no son definitivas. Este proyecto puede ser continuado diseñando un escenario práctico que implique un canal de transmisión real entre un transmisor y un receptor OFDM. Aquí sería fácil obtener un esbozo del canal existente para comparar con los resultados.