

MITIGACIÓN DE MULTITRAYECTOS

Por: Ing. Carlos García Pérez, Especialista en Telemática, Grupo de Planta Interior, División Territorial Artemisa, DTAR, ETECSA.
carlosg.perez@etecsa.cu

RESUMEN

El presente artículo esboza algunas de las técnicas que se aplican para la eliminación o aprovechamiento, según el escenario, de los multitrayectos como rasgo asociado a las comunicaciones inalámbricas, fundamentalmente. Se parte de las técnicas generales que incluyen a las formas particulares desarrolladas según el sistema de comunicación que se implemente para brindar el servicio demandado.

Palabras clave: Multitrayectos, OFDM, MIMO, IFFT, Multiplexado Espacial, Diversidad

ABSTRACT

This article roughs out some of the techniques implemented to eliminate or make use of, according to the scenario, the multipaths as a characteristic associated mainly to wireless communications. It begins with the general techniques that include particular forms developed according to the communication system used to provide the requested service.

Key words: Multi-Paths, OFDM, MIMO, IFFT, Spatial Multiplexing, Diversity

Introducción

El dinamismo siempre en ascenso está presente cada vez más en estos días y la necesidad de comunicarnos mediante cualquier vía naciente de manera constante en los tiempos que corren son realidades objetivas para garantizar gran parte de las acciones que se llevan a cabo en el mundo actual. Es por ello que se requiere hacer uso eficiente del medio a través del cual se debe garantizar una comunicación más real, más convergente, más rápida. Las velocidades que se exigen hoy para la conectividad mediante el servicio inalámbrico implica la transmisión/recepción a frecuencias elevadas sin dejar de tener en cuenta los límites de potencias establecidos para estos valores de frecuencia a las cuales se transmiten/reciben gran cantidad de bits por segundo. De modo que, el enfoque —hacia el desarrollo de las interfaces y al procesamiento de las señales que se transmiten/reciben mediante un medio hostil como es el aire— crece y forma parte esencial del trabajo de los ingenieros que atienden esta rama de las comunicaciones. Los multitrayectos forman

parte de los parámetros fundamentales que inciden en la calidad del servicio que percibe el usuario que accede a la red a través del aire. El objetivo de esta investigación es esbozar algunas de las técnicas que se aplican para la eliminación o aprovechamiento, según el escenario, de este rasgo asociado a las comunicaciones inalámbricas, fundamentalmente.

En este artículo se especifican detalles que definen y caracterizan a los multitrayectos, los efectos adversos que provocan y las causas relacionadas con el entorno de propagación que les dan origen. Se describe además el funcionamiento de la Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, así como la combinación de este tipo de modulación con otros procesos que se pueden realizar a la señal para hacerla robusta ante los multicaminos; y se tratan los sistemas MIMO como variante para optimizar los sistemas de radiación teniendo en cuenta las frecuencias para garantizar las tasas de bits demandadas sin aumentar los niveles de potencia establecidos.

Multitrayectos

La recepción de señales, que se transmiten por múltiples caminos debido a fenómenos como la reflexión, la difracción y la dispersión, incide significativamente en la forma de la función de correlación utilizada por los distintos sistemas de comunicación móvil para entender y poder procesar la información de la manera más íntegra posible. La reflexión se manifiesta cuando la onda electromagnética incide sobre objetos de mayor tamaño que la longitud de onda de la portadora, la difracción ocurre cuando la ruta entre el transmisor y el receptor está obstruida por superficies con forma irregular y la dispersión se pone de manifiesto cuando el medio por donde viaja la onda está compuesto por objetos pequeños comparados con la longitud de onda de la portadora y el número de obstáculos por unidad de volumen es elevado.

Los multitrayectos pueden manifestarse a pequeña o gran escala, siendo los primeros más complicados de mitigar porque están relacionados con entornos tan diversos como los urbanos, donde las variaciones espaciales de la señal resultante son vistas por el receptor como variaciones temporales según sus movimientos a través del campo de multitrayectoria. Los modelos que apuntan a predecir el área de cobertura de un transmisor son llamados Modelos Gran Escala, donde las distancias oscilan entre decenas o cientos de metros, y los modelos que predicen las fluctuaciones rápidas de la señal sobre pequeñas distancias o periodos cortos de tiempo son llamados Modelos de Pequeña Escala.

Específicamente, cada sistema de comunicación móvil ha implementado diferentes vías que combaten el efecto adverso provocado por los multitrayectos para lo cual se estudia, teniendo en cuenta el propósito de cada sistema, el modelo de distribución del canal que se escoja. De manera general, las diferentes formas de contrarrestar su efecto incluyen técnicas para lograr diversidad del espacio, de frecuencias, de tiempo y para alcanzar diversidad de multitrayectos.

En lo que resta de la investigación se tratan algunos de los modos que se incluyen dentro de los grupos de técnicas mencionadas para mitigar los efectos de las multitrayectorias que experimentan las señales transmitidas.

Modulación

Una de las técnicas empleadas de modulación más frecuente en las comunicaciones inalámbricas actuales es la Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM). Lo esencial de esta forma de modular consiste en subdividir la información que transporta una portadora en varias señales subportadoras que, en el tiempo, no estarán arbitrariamente separadas manteniéndose constante esta distancia para que en el espectro se cumpla que cuando una

de ellas alcanza su valor máximo, las demás sean nulas, siendo la separación espectral igual al inverso del periodo del símbolo. En la figura 1 se ilustra la expresión matemática con la que se puede fomentar la señal OFDM en el tiempo. De igual modo, en las imágenes 2a y 2b se muestra la representación temporal y espectral de la modulación que se analiza, respectivamente. [1]

$$s(t) = \sum_{i=-N/2}^{N/2-1} d_i \cdot \exp\left[j2\pi \left(f_c + \frac{i}{T}\right)t\right]$$

Donde:

- f_c es la frecuencia central.
- T es el periodo de símbolo.
- d_i es el símbolo que lleva la información en su amplitud y fase.
- $s(t)$ es la señal OFDM en el tiempo.

Figura 1. Expresión que representa la señal OFDM en el tiempo. Fuente: [1].

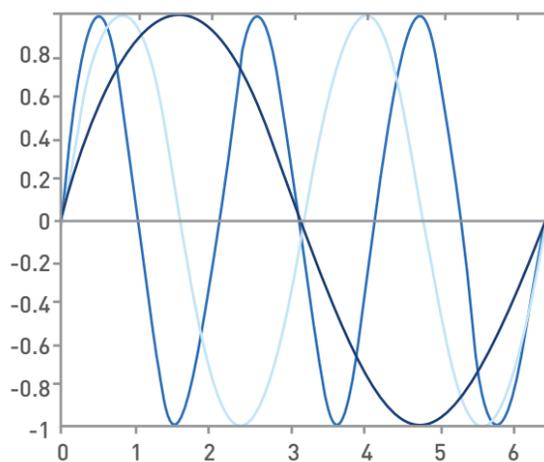


Figura 2a. Representación temporal. Fuente: [1].

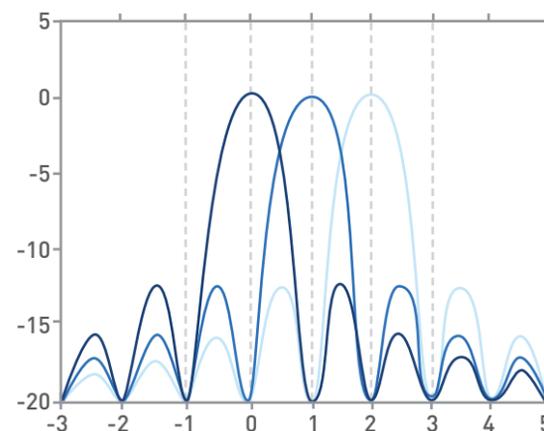


Figura 2b. Representación espectral. Fuente: [1].

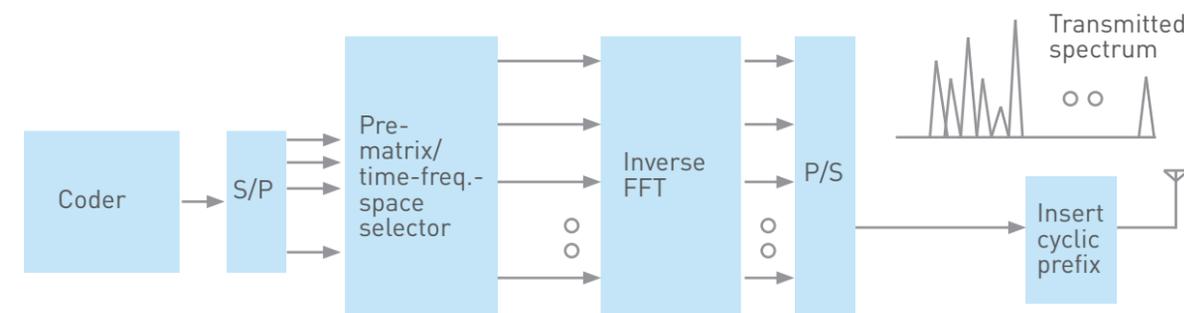
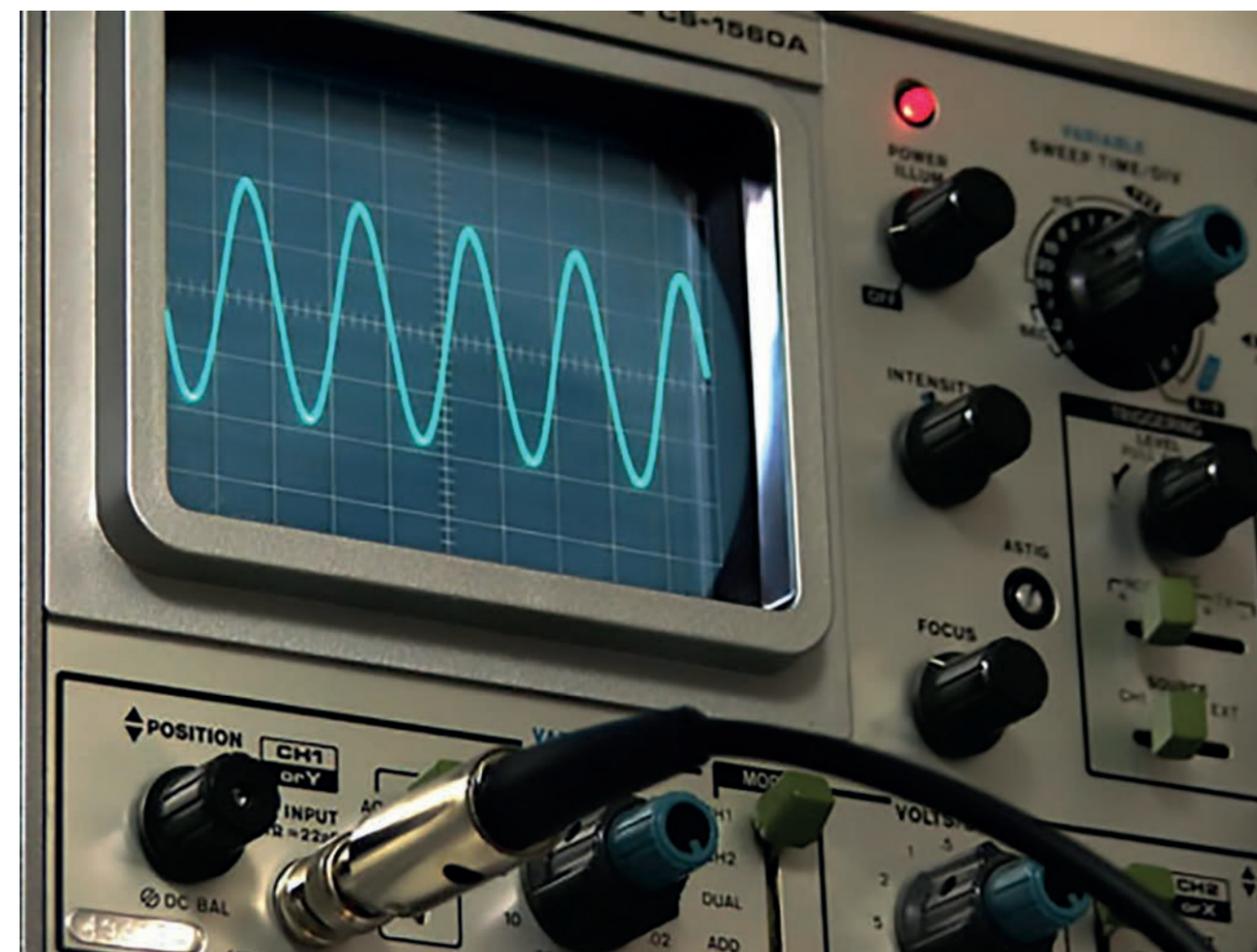


Figura 3. Diagrama en bloques de un sistema OFDM en transmisión. Fuente: [4].

La información que suele transportar una portadora se divide en varias subportadoras moduladas, haciendo una analogía con la transportación de una carga de gran tamaño. Esta se pudiera mover en un camión que contara con un tráiler lo suficientemente largo como para trasladar toda la carga o se pudiera mover la misma dividida en varios camiones de tamaño más pequeño. De ocurrir un accidente, se perdería toda la carga para el primer caso, no siendo así para el segundo, que solo perdería parte de

la carga. Similarmente ocurre con la modulación OFDM y los desvanecimientos por multitrayectos. En la figura 3 se indica el diagrama en bloques del sistema OFDM en el sentido de la transmisión.

Durante el camino que recorre el símbolo medido desde el transmisor y el receptor se generan demoras, para lo cual OFDM deja de transmitir un intervalo de tiempo que será mayor que el tiempo máximo entre desvanecimientos por multitrayectos. Teniendo en cuenta el alto contenido



Ejemplo de señal en suportadora.

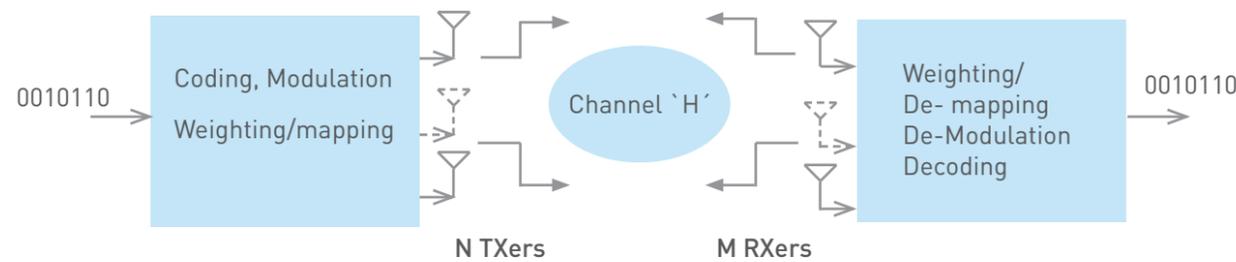


Figura 4. Sistemas MIMO. Fuente: [2].

espectral presente en cada símbolo OFDM se pueden generar interferencias inter-subportadoras, de manera que en el inicio del símbolo siguiente se acopla el final del anterior y se transmite hasta que se cumpla el tamaño establecido para que el tiempo de guarda sea según se consideró anteriormente. [2]

Cada portadora se modula con una información diferente, aunque el sistema de modulación suele ser el mismo para cada portadora.

Sistemas MIMO

Las agrupaciones de antenas Múltiples entradas-Múltiples salidas, (MIMO), son “Sistemas de múltiples antenas que permiten, en determinadas circunstancias de propagación, mejorar la capacidad del canal de radio con respecto al caso de una única antena” y se conforma el haz de radiación, confinando la energía que se radia en un lóbulo estrecho. [3]

En los sistemas MIMO, cada equipo transmisor tiene asociadas un número de antenas, y cada receptor otro, que puede ser diferente. [1]

El transmisor produce varios flujos de símbolos separados que serán independientes, parcialmente redundantes o completamente redundantes. Cada uno de ellos será asignado (mapeado) a una de las múltiples antenas. Después de la transposición de frecuencia, filtrado y amplificación, las señales son lanzadas hacia los canales inalámbricos. En el receptor, las señales deben ser captadas por múltiples antenas y se llevan a cabo acciones de demodulación y demarcación (demapeo) para recuperar el mensaje. En la figura 4 se detalla un diagrama que refleja gráficamente lo que se describe.

El concepto clave radica en incrementar la relación señal al ruido radiando la energía hacia direcciones específicas tanto en el sentido de la transmisión como en la recepción. [4]

Si se estima la respuesta de cada elemento de antena para brindar una señal deseada o incluso para interferir otras señales, entonces la selección de los elementos de interés

puede verse como una función de la respuesta de cada elemento. De modo que, la señal será dirigida hacia donde mejor respuesta se esté percibiendo, teniendo en cuenta la frecuencia de trabajo que caracteriza a cada antena.

Al multiplicar la capacidad del sistema aumentan el rendimiento, la calidad de la señal, la razón de datos y disminuye el consumo de potencia. [5]

Los sistemas MIMO operan básicamente en dos modos: diversidad y multiplexado espacial. El modo diversidad está referido básicamente al uso de múltiples antenas para incrementar la probabilidad de alta calidad de señal entre el transmisor y el receptor, puede ser implementado en el lado del receptor, en el transmisor o en ambos. En las figuras 5 y 6 se representan los dos modos de operación a los que se hace referencia.

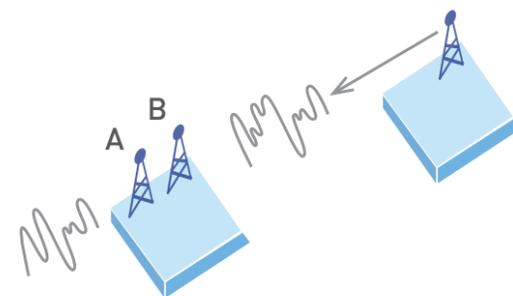


Figura 5. Sistemas MIMO. Fuente: [2].

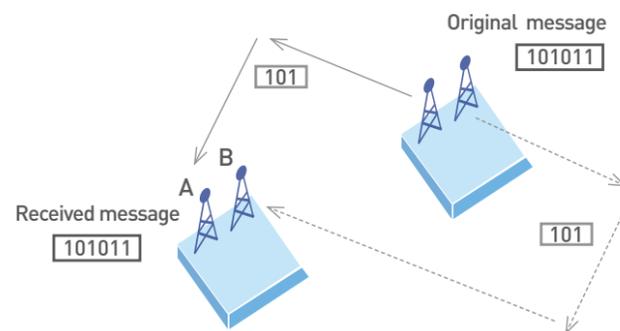


Figura 6. Sistemas MIMO. Fuente: [2].

En técnicas más avanzadas de Diversidad como el caso de MRC —*Maximum Radio Combining*— se recibe la señal mediante múltiples antenas y se procesa la señal recibida por cada antena de manera que se pueda combinar todo lo recibido para incrementar la relación de la señal al ruido. La diversidad conmutada combinada con MRC solo se puede implementar en el lado del receptor. [2]

La multiplexación espacial —*Spatial Multiplexing (SM)*— consiste en aprovechar el entorno de multitrayectos para enviar al usuario porciones de información por distintos caminos de forma paralela y, de esta forma, lograr incrementar la capacidad del sistema.

La multiplexación espacial requiere de caminos que no estén correlacionados; sin embargo, esto en ocasiones no suele funcionar correctamente; es por ello, que SM no funciona bien en entornos donde la relación señal del ruido sea débil. Las señales son debilitadas por la distancia o

debido a altos niveles de interferencia en el canal de radio frecuencia, de manera que cuando no es factible operar en modo de multiplexación espacial se retorna al modo diversidad.

Conclusiones

En cada sistema de comunicaciones se emplean diversas formas para mitigar los efectos adversos del multitrayecto.

El envío de la información distribuida en múltiples subportadoras hace más robusto el sistema de comunicación ante la pérdida de información que se genere por los multitrayectos.

La tecnología MIMO en sus dos modos de operación combinada con la Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales aumenta la eficiencia del sistema inalámbrico y lo hace más inmune a las características del entorno de propagación.

Referencias bibliográficas

- [1] Marante Rizo, Francisco: “Nuevas Tecnologías de Radio”. CITEL, Cuba, 2011.
- [2] Mishra, Ajay R.: *Advancen Cellular Network Planning and Optimisation 2G/2.5G/3G. . . EVOLUTION TO 4G*, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, pp. 423-425, 2007. .
- [3] Tafazolli, Rahim: *Technologies for the wireless future*, Surrey: John Wiley & Sons Ltd, vol. 2, pp 132-167,2006.
- [4] Canto Hernández, Olivia y Hernández Lima, Gladys L.: “Simulación de la interfaz de capa física Wireless MAN-OFDMA de las redes WiMax ”. Tesis de grado, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, junio, 2015.
- [5] Pérez Hernández, Joel: “Tecnología WiFi. Protocolos IEEE 802.11”. Seminario Taller: Proyecto WLAN. La Habana, 2015.

(Artículo recibido en febrero de 2016 y aprobado en agosto de 2016)

