

Análisis Del Rendimiento De Bloques De Código Espacio Tiempo En El Próximo Estándar IEEE 802.11n.

Pedro Antonio Castellanos Gutiérrez
SSR ETSI Telecomunicación UPM
Avda. de la Complutense s-n. Ciudad Universitaria
Madrid 28040
Correo Electrónico: pedro_castella@hotmail.com

Resumen

El estándar IEEE 802.11n será la evolución de los actuales 802.11a y g, prometiendo tasas de transferencias superiores. Su meta es alcanzar un mínimo de 100 Mbps y máximo superior a 600 Mbps de enlace inalámbrico en interiores. Para lograr esta meta se ha unificado una propuesta constituida por las presentadas por TGnSync, MITMOT y WWiSE. Cada una hace uso de MIMO para lograrlo. La configuración básica es de dos antenas y un canal de 20 MHz utilizando bloques de código espacio tiempo (STBC), pudiéndose extender a cuatro antenas y canal de 40 MHz. En este trabajo se evalúa el rendimiento mediante simulación de las diferentes configuraciones para dos y cuatro antenas con el canal de 20 MHz, utilizando STBC. Donde se verifica que pueden alcanzarse tasas superiores a los 100 Mbps y máximas superiores a 200 Mbps, comparadas con las teóricas, sobre un canal Rayleigh más AWGN.

1. Introducción

Alcanzar altas tasas de transferencia en redes inalámbricas que superen a las actuales IEEE 802.11a y g, es el objetivo del grupo de trabajo TGn. La meta en principio es alcanzar una tasa de 100 Mbps mínima, y máxima superior a 600 Mbps.

Como fruto del TGn se ha redactado a principios de este año el borrador del estándar 802.11n. Este utiliza Múltiple Input Múltiple Output (MIMO), Beamforming (BF) y Space Time Block Coding (STBC) para alcanzar las altas tasas de transferencia requeridas.

El siguiente trabajo presenta a continuación los requerimientos básicos de la capa física de este estándar utilizando STBC. Después se explica la simulación realizada y se presentan los resultados de las tasas de transferencia obtenidas

2. Requerimientos de capa física

Como en ocasiones anteriores el estándar presenta características obligatorias las cuales son las más importantes: 2Tx, 130Mbps, ancho de banda 20MHz, codificación convolucional de 1/2 a 5/6, constelaciones de BPSK a 64QAM. En las tablas 1 y 2 se presentan las configuraciones básicas soportadas por el estándar y que posteriormente son simuladas.

La configuración de dos antenas con un canal de 20 MHz es la mínima obligatoria. Esta misma se puede extender a cuatro antenas, consistiendo en dos pares de antenas. Otra característica opcional es permitir un canal ampliado de 40 MHz. Este en combinación con dos pares de antenas, es la forma máxima y que alcanza tasas de transferencia teóricas cercanas a los 600 Mbps.

Tabla 1. Modos de la capa física para 2 antenas y canal de 20 MHz.

Modo	Modulación	Codificación	Nbits	Mbps
1	BPSK	1/2	1	13
2	BPSK	3/4	1	20
3	QPSK	1/2	2	27
4	QPSK	3/4	2	40
5	16QAM	1/2	4	54
6	16QAM	3/4	4	81
7	64QAM	3/4	6	121
8	64QAM	5/6	6	135

Tabla 2. Modos de la capa física para 4 antenas y canal de 20 MHz.

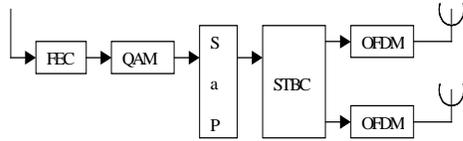
Modo	Modulación	Codificación	Nbits	Mbps
9	BPSK	1/2	1	27
10	BPSK	3/4	1	40
11	QPSK	1/2	2	54
12	QPSK	3/4	2	81
13	16QAM	1/2	4	108
14	16QAM	3/4	4	162
15	64QAM	3/4	6	243
16	64QAM	5/6	6	270

3. Desarrollo de la simulación

Para efectuar la simulación se utiliza un esquema OFDM basado en el utilizado por el actual estándar 802.11a. De una fuente aleatoria de datos se transfiere al codificador convolucional, esto es convertido en una constelación determinada. La información se transfiere de serie a paralelo y se

alimenta el bloque STBC para después transformarlos en símbolos OFDM con un prefijo cíclico del 20%. La arquitectura puede verse en la siguiente figura.

Figura 1. Arquitectura MIMO del transmisor.

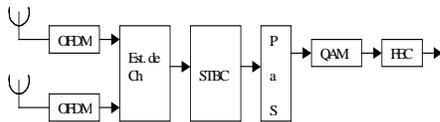


La técnica MIMO utilizada es Space Time Block Coding, en su forma más simple y eficiente que es el esquema de Alamouti. Se transmiten dos señales a través de un par de antenas en dos periodos. Pudiéndose extender a cuatro señales, dos pares de antenas, y así sucesivamente.

Las señales recibidas son la convolución de las señales transmitidas con la respuesta impulsiva de un canal Rayleigh más ruido.

En el receptor se remueve el prefijo cíclico y se pasa por una FFT para cada antena, se estima la respuesta impulsiva del canal y se decodifican los STBC. Finalmente se demodula la constelación y se pasa a la FEC. La siguiente figura muestra la arquitectura de receptor.

Figura 2. Arquitectura MIMO del receptor.

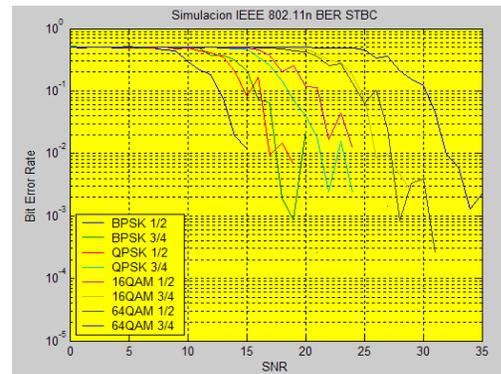


Todas las simulaciones fueron realizadas en MatLab 6.5 sobre un ordenador con procesador Pentium 4 de 2.4 GHz y 512 MB de memoria RAM. Además se simularon 900 paquetes por cada valor desde 0 hasta 35 de SNR en cada simulación. La simulación consta de 19 módulos.

4. Resultados de BER y Tasa de transferencia del enlace.

Con los datos originales transmitidos y los recibidos después de ejecutar toda la simulación se obtiene el error de bit (BER) y error de paquete (PER) para el rango de SNR desde 0 hasta 35, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3. Error de bit obtenido con canal de 20MHz y dos antenas con STBC.



Finalmente, se estima tasa de transferencia teórica en base a la siguiente formula utilizada por la propuesta WWiSE (World Wide Spectrum Efficiency):

$$DataRate = 0.675 \times W_c \times N_{ss} \times N_{cbpc} \times C_R \quad (\text{Mbps})$$

Donde, W_c es el ancho de banda del canal de 20 o 40 MHz; N_{ss} es el numero de antenas, 2 o 4; N_{cbpc} son los bits que codifica la constelación BPSK, QPSK o QAM; y C_R es la tasa de codificación del código convolucional 1/2, 3/4 o 5/6.

La tasa de transferencia real se obtiene a partir de la tasa de transferencia teórica aplicándole el error de paquete obtenido por simulación, como se muestra en la siguiente formula:

$$DataRate_{Real} = DataRate(1 - PER) \quad \text{Mbps}$$

Se obtiene la tasa de transferencia real estimada y se presenta en los distintos modos y tasas que la capa física puede implementar. En las siguientes figuras se presentan las tasas obtenidas.

Figura 4. Tasa de transferencia obtenido con canal de 20MHz y dos antenas con STBC.

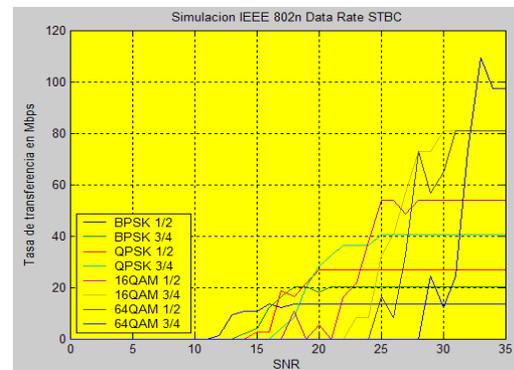
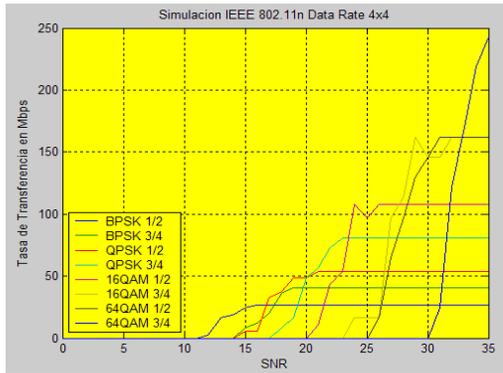


Figura 5. Tasa de transferencia obtenido con canal de 20MHz y cuatro antenas con STBC.



5. Conclusiones

Los resultados han mostrado que la solución propuesta para el estándar IEEE 802.11n, incorporando técnicas MIMO, aumenta significativamente la tasa de transferencia del enlace. También se observa que las diferentes configuraciones alcanzan un buen error de bit 10^{-3} y con tasas cercanas a las teóricas, donde la configuración máxima de un sistema de dos antenas y un canal de 20 MHz puede alcanzar la tasa mínima buscada de 100 Mbps, superando así, a la máxima tasa de los estándares actuales, pudiéndose superar los 200 Mbps.

Referencias

1. Alamouti, S. (1998): *A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications*. IEEE Journal on Select Areas in Communications. Vol. 16, No. 8. 1451-1458.
2. Foschini, G. y Gans, M. (1998): *On Limits of Wireless Communications in a Fading Environment When Using Multiple Antennas*. Wireless Personal Communications. Kluwer Academic Publishers. 311-335.
3. IEEE (1999): *Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: High-Speed Physical Layer in the 5 GHz Band*. Edición 1999. USA: IEEE.
4. Tarokh, V., Jafarkhani, H., Calderbank, A. (1999): *Space-Time Block Coding From Orthogonal Designs*. IEEE Transactions on Information Theory. Vol. 45, No. 5. 1456-1467.
5. Tarokh, V., Jafarkhani, H., Calderbank, A. (1999): *Space-Time Block Coding for Wireless Communications: Performance Results*. IEEE

Journal on Select Areas in Communications. Vol. 17, No. 3. 451-460.

6. Stamoulis, A. Y Al-Dhahir N. (2001): *Impact of Space-Time Block Codes on 802.11 Network Throughput*. IEEE Wireless Communications. AT&T Shannon Lab. NJ.
7. Harada, H. y Prasad, R. (2002): *Simulation and Software Radio for Mobile Communications*. Londres: Artech House.
8. Sampath, H., Talwar, S., Tellado, J., Erceg, V., Paulraj, A. (2002): *A Fourth-Generation MIMO-OFDM Broadband Wireless System: Design, Performance, and Field Trial Results*. IEEE Communications Magazine. 143-149.
9. TGN Sync Proposal for 802.11n. Disponible en: <http://www.tgnsync.org>
10. WWiSE Proposal for 802.11n. Disponible en: <http://www.wwise.org>