

Eficiencia espectral

Santiago Zazo
ETS Ingenieros de Telecomunicación
Universidad Politécnica de Madrid



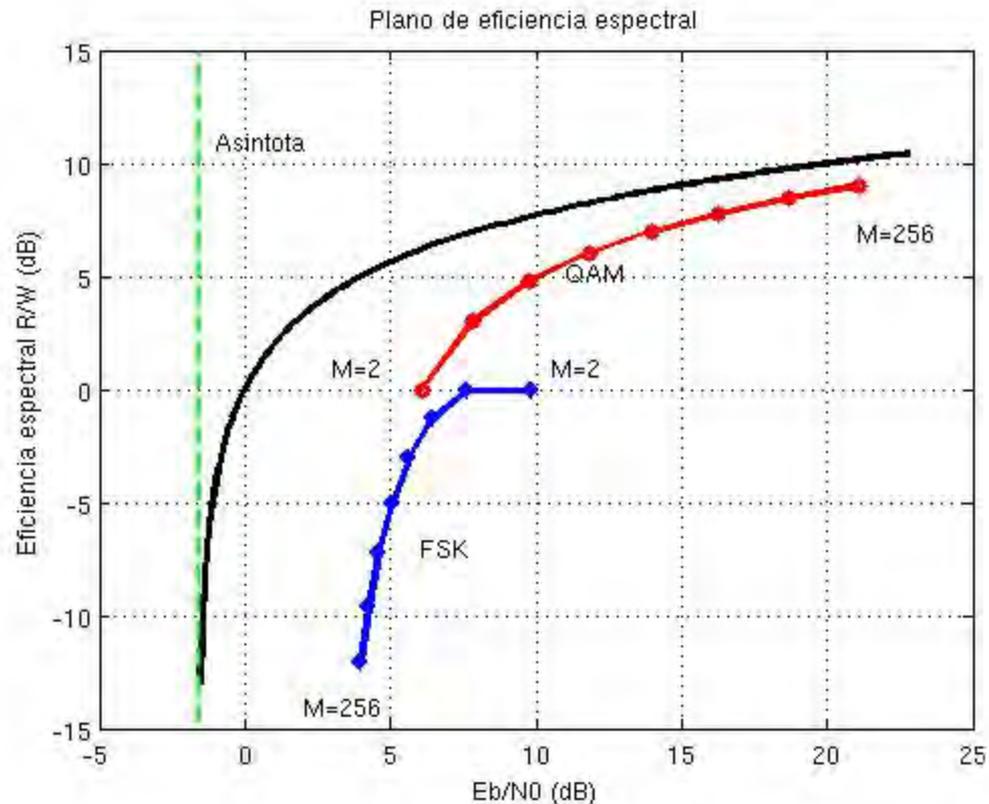
Eficiencia espectral. Contenidos

- *Concepto de eficiencia espectral*
- *Incremento de la eficiencia espectral*
 - *Selección de la forma de onda*
 - *Codificación de canal*
 - *Explotación de múltiples antenas*
 - *Retransmisiones*
- *HFDVL. Un sistema espectralmente eficiente*
 - *Forma de onda OFDM*
 - *Codificador LDPC*
 - *Diversidad de recepción multiantena*
 - *Optimización de las retransmisiones compatible con la STA-5066*



¿Qué significa ser espectralmente eficiente?

C. Shannon en 1949 establece los fundamentos de la Teoría de la Información



Semana Naval de la Armada
23 de septiembre de 2014



Incremento de la eficiencia espectral.

Selección de la forma de onda

- Diseño de una forma de onda en un cierto ancho de banda disponible:
 - Monoportadora: incrementar el ancho de banda supone disminuir la duración efectiva del símbolo. Ello conlleva incrementar la interferencia entre símbolos y por tanto complicar extraordinariamente la igualación limitando las prestaciones finales.
 - Multiplexación en frecuencia. Se exige ortogonalidad entre las componentes.
 - Planteamiento convencional. Separación entre los espectros:
 - Planteamiento OFDM: Solapamiento de los espectros. Ubicación con la separación mínima que garantiza la preservación de la ortogonalidad. La igualación es muy sencilla.

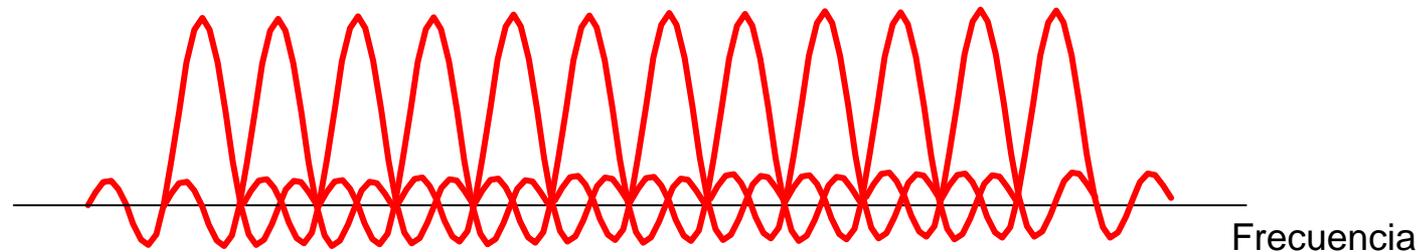


Incremento de la eficiencia espectral. Selección de la forma de onda

- Espectro FDM



- Espectro OFDM



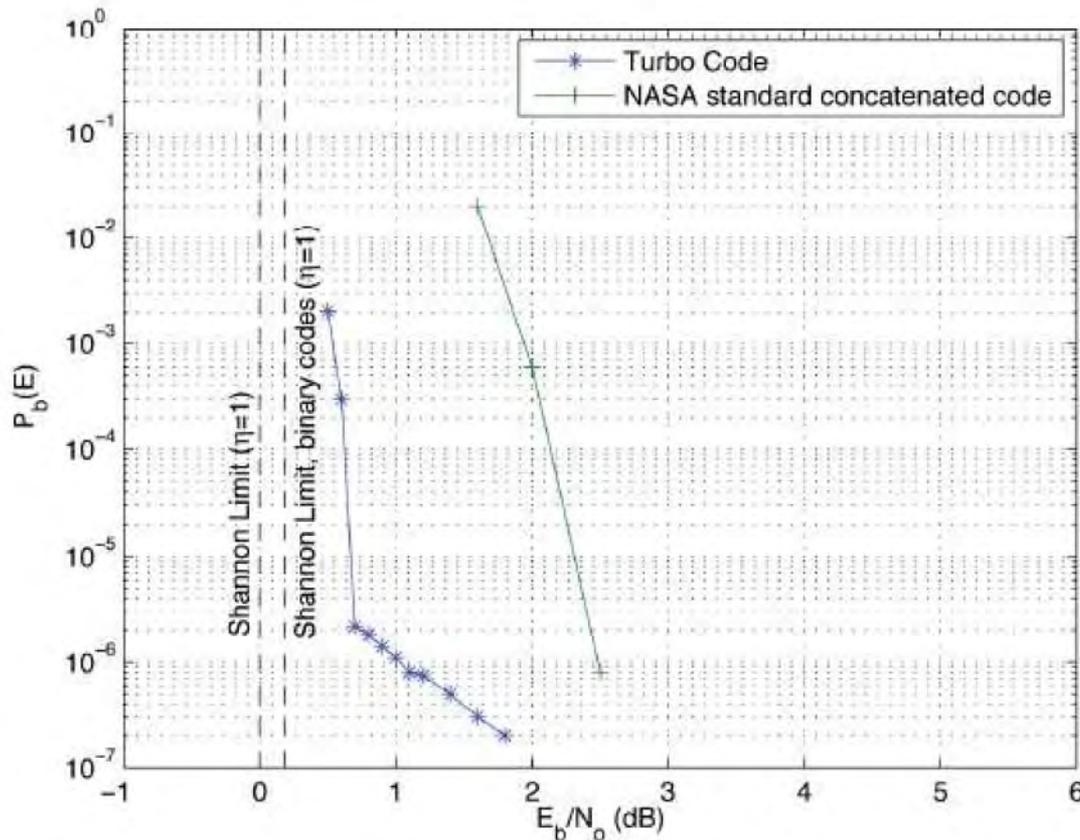
Incremento de la eficiencia espectral. Selección de la codificación de canal

- Podemos distinguir dos niveles de prestaciones
 - Codificadores convencionales: convolucionales / Bloque. Resultados muy favorables hasta los años 90.
 - Codificadores que se aproximan a la cota de Shannon. Distinguimos los Turbo – Códigos y los LDPC. Prestaciones muy superiores
 - Prestaciones comparables entre ambos
 - Turbo códigos. Se requiere licencia
 - LDPC: uso libre. Diseño complicado.



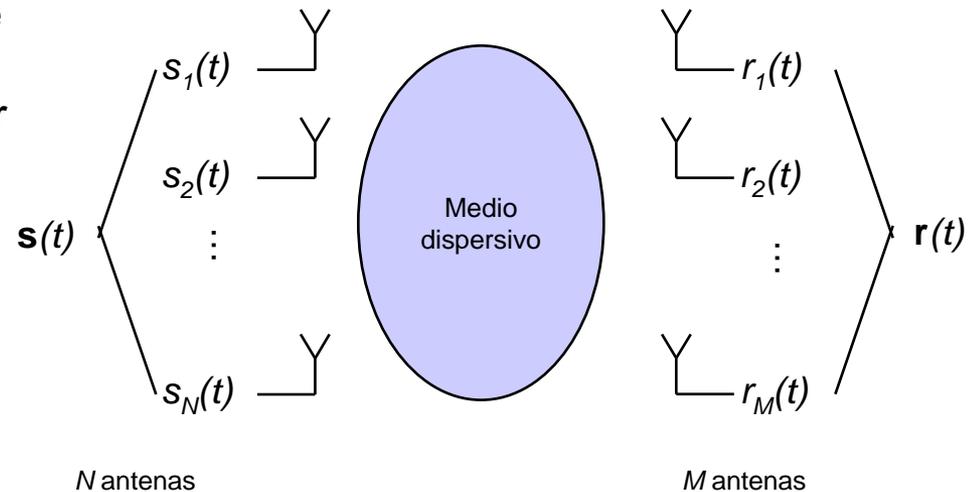
Incremento de la eficiencia espectral. Selección de la codificación de canal

- Prestaciones de los Turbo - Códigos



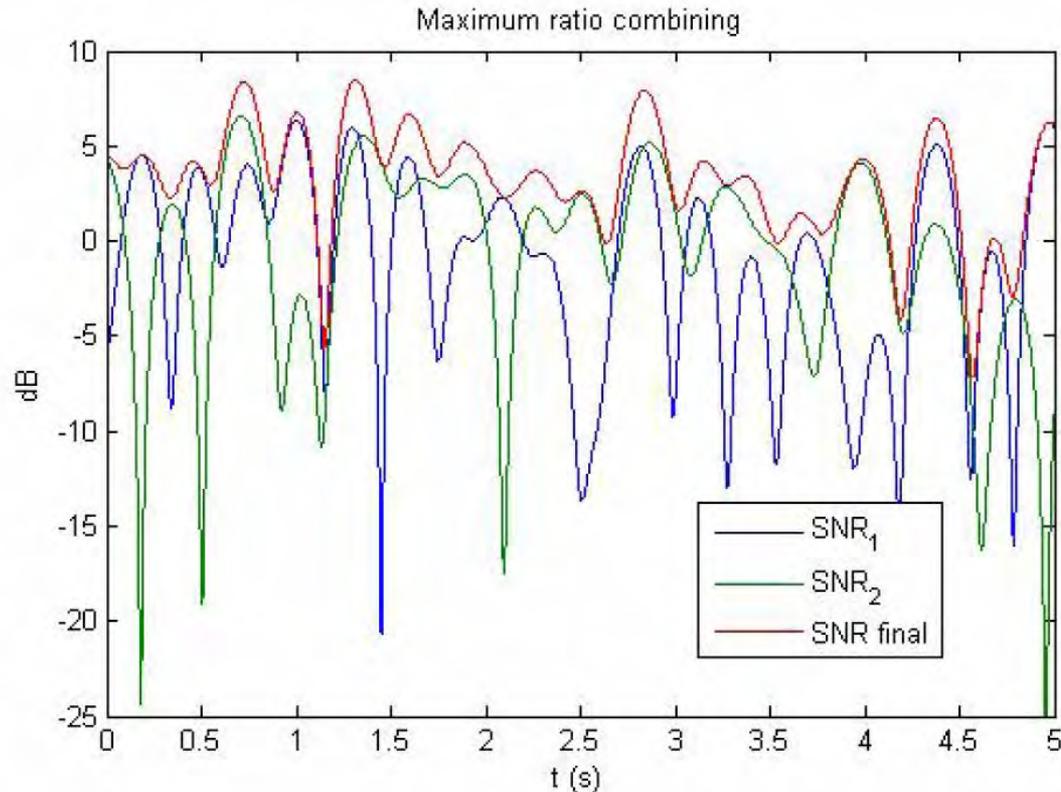
Incremento de la eficiencia espectral. Explotación de múltiples antenas (MIMO)

- Un despliegue con múltiples antenas en transmisión (MISO), en recepción (SIMO) o en ambos extremos puede dar lugar a enormes mejoras de las prestaciones del sistema sin requerir ancho de banda adicional:
 - Conformación de haz. Incremento de SNR por apuntamiento
 - Extracción de diversidad. Reduce las fluctuaciones del canal.
 - Multiplexación espacial. La capacidad se puede multiplicar por el mínimo del número de antenas en ambos extremos. Se paralelizan varios flujos de información.



Incremento de la eficiencia espectral. Explotación de múltiples antenas (MIMO)

- Efecto de la diversidad



Incremento de la eficiencia espectral.

Eficiencia en las retransmisiones

- La garantía de la transmisión de una cierta información exige cooperación entre ambos extremos para asegurar que los bloques son correctos o deben ser retransmitidos. Se exige que exista un protocolo eficiente (ARQ).
- Este protocolo se complica mucho en una comunicación punto – multipunto.
- En muchos casos, no interesa que los receptores cooperen para no descubrir su presencia. La solución es la repetición periódica e ineficiente de los mensajes. ¿es insoslayable?... No
 - Existen unos códigos (Fountain codes) cuya versión más conocida son los ‘Raptor Codes’ que permiten decodificar un mensaje completo a partir de un número mínimo de bloque recibidos independientemente de los que sean



Sistema HFDVL. Un diseño espectralmente eficiente



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA



POLITÉCNICA

MMCICOM
Telecomunicaciones S.L.



Aena



POLITÉCNICA

Semana Naval de la Armada
23 de septiembre de 2014



Sistema HFDVL. Un diseño espectralmente eficiente

- Transmisión de datos / voz digital interactiva.
- Canalización 2.7 KHz.
- Se pueden recibir hasta 4 canales en paralelo (diversidad)
- Para la transmisión de datos
 - Modulación OFDM
 - Codificación LDPC
 - Recepción multiantena (diversidad)
 - Implementación STA-5066. Diseño optimizado del tamaño de trama junto con la selección del modo de transmisión para explotar al máximo la robustez de la forma de onda.
 - Modo ARQ / No ARQ
 - Aplicaciones: ficheros, chat, SMSs, correo electrónico



Sistema HFDVL. Un diseño espectralmente eficiente

- Probado exhaustivamente en colaboración con el EA y la Armada

Implicación de las Fuerzas Armadas

Arnomendi



Buque Arnomendi (60 días)



Hércules (Manás – Zaragoza)



Vuelo de Manas a Zaragoza (14 h)



Velocidad de transmisión neta: 2460 bps



Sistema HFDVL. Un diseño espectralmente eficiente. Pruebas enlace de datos

Escenarios

Tx: Armada, Almatriche (Gran Canaria)

Rx: Armada, Bermeja (Madrid)

Rx: Ejército del Aire, Vigía (Madrid)

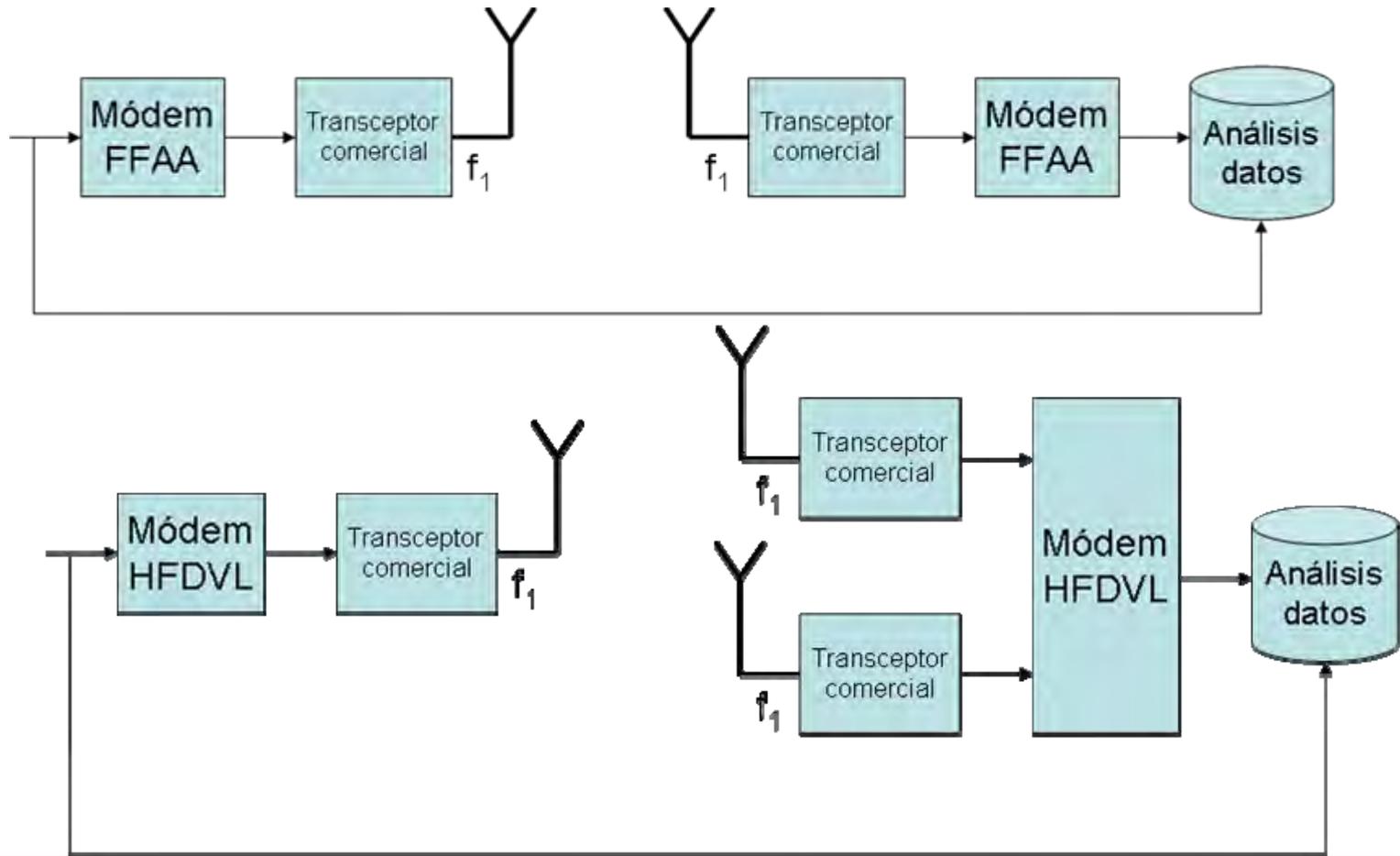
Rx: Ejército del Aire, JMOVA (Zaragoza)

MÓDEM	FORMA DE ONDA	VELOCIDAD (bps)
Harris RF-5710/RF-5710A	4285-C, entrelazado largo	1200
Harris RF-5710/RF-5710A	4285-C, entrelazado largo	2400
Harris RF-5710A	4539, entrelazado medio	3200
Harris RF-5710A	4539, entrelazado medio	4800
HFDVL	4QAM, entrelazado largo, LDPC ½	1800
HFDVL	16QAM, entrelazado largo, LDPC ½	3600
HFDVL	64QAM, entrelazado largo, LDPC ½	5400

Formas de onda evaluadas (Julio 2011)



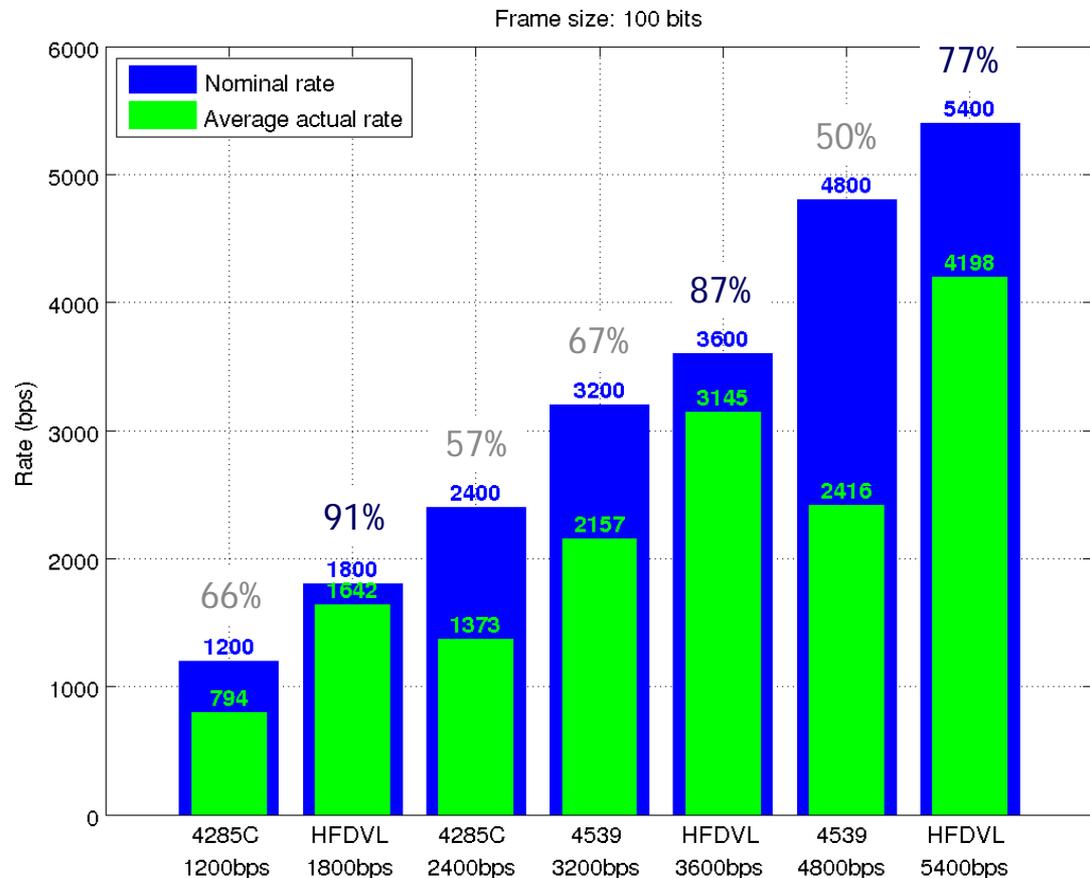
Sistema HFDVL. Un diseño espectralmente eficiente. Pruebas enlace de datos



Sistema HFDVL. Un diseño espectralmente eficiente. Pruebas enlace de datos (ARQ)

Velocidad real

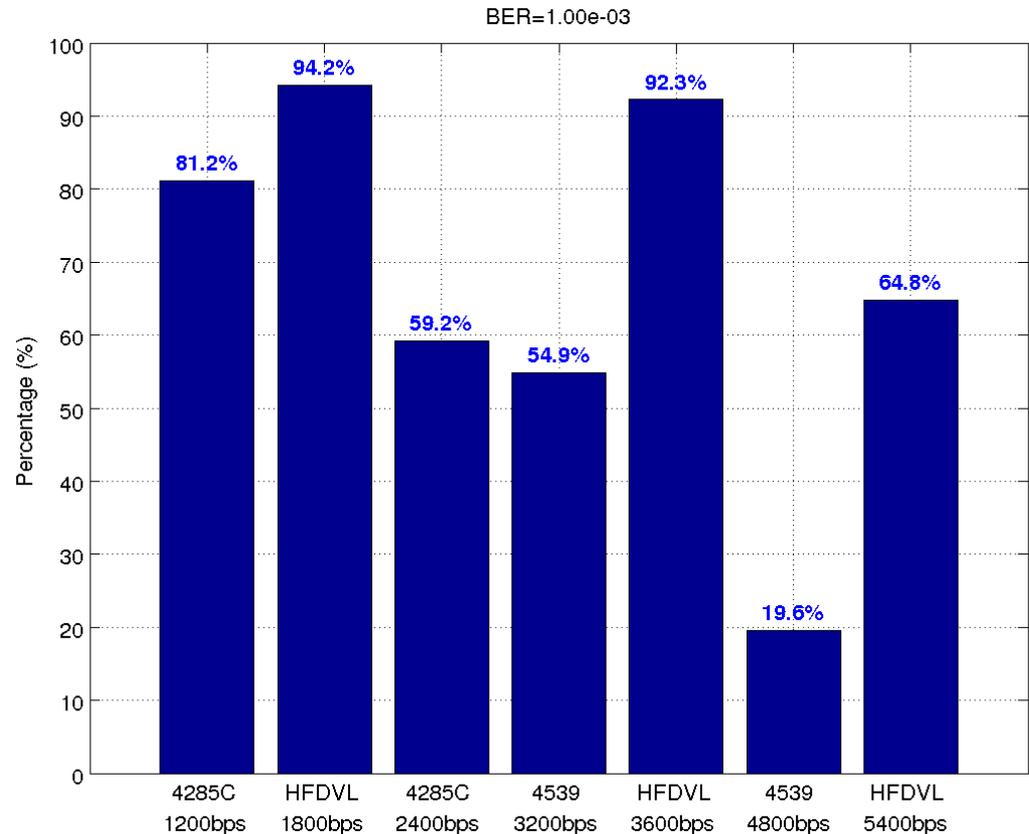
HFDVL
2 Antenas Rx



Sistema HFDVL. Un diseño espectralmente eficiente. Pruebas enlace de datos

Disponibilidad

HFDVL
2 Antenas Rx



Sistema HFDVL. Un diseño espectralmente eficiente. Futuro

- Autorización Estado Mayor de la Armada para realizar pruebas embarcadas de la versión de 2.7 KHz en 2014.
- Extensión a 24 KHz
 - Sencillo y directo por ser OFDM una modulación inherentemente flexible.
 - Posibilidad de usar 24 KHz no contiguos con ubicación granular inherentemente dinámica

