

Comunicación en Banda Ancha WiMax y la Obsolescencia Prematura

Wilbert Chávez Irazabal

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

RESUMEN: En el presente artículo se hace un análisis de la obsolescencia tecnológicas prematuras en un corto tiempo independientemente de su vida útil en los estándares WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), instalados en el Perú y su impacto en la sociedad. Para realizar este estudio son analizados con mayor detalle los estándares 802.16d que actualmente esta en funcionamiento y el 802.16e que se comercializarán a inicios del 2008.

ABSTRACT: The present article provides an analysis of premature technological obsolescence in a short time regardless of their useful life in the standard WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), installed in Peru and its impact on society. To perform this study are discussed in greater detail standards 802.16d that are currently in operation and 802.16e which is going to be sold at the beginning of 2008.

PALABRAS CLAVES: WiMAX, móvil, Banda ancha, obsolescencia, tecnología.

I. INTRODUCCIÓN

En el proyecto desarrollado, se hace una definición de lo que es obsolescencia tecnológica luego definimos que es WiMAX y su evolución y continuación se realiza las comparaciones técnicas entre los WiMAX del estándar 802.16d y 802.16e. En la última parte del proyecto se hace un análisis del impacto de esta tecnología en la sociedad.

II. OBJETIVO

Realizar la Evaluación Técnica de los equipamientos de telecomunicaciones de radio accesos de

última milla WiMAX, y evaluar la obsolescencia tecnológica prematura.

Analizar el impacto de esta tecnología en la sociedad peruana.

III. ANÁLISIS DE OBSOLESCENCIA TECNOLÓGICA WIMAX

A. Definición de Obsolescencia

La **obsolescencia** es la situación que resulta de la aceleración del progreso tecnológico, cuando una instalación, maquinaria, etc., de reciente adquisición, se queda anticuada con rapidez, al surgir nuevos modelos capaces de una mayor productividad por unidad de capital invertido.

Una tecnología obsoleta es cualquier tecnología que ha sido reemplazada por otra tecnología (que puede o no ser tecnología de punta).

Las razones por las cuales una tecnología puede pasar a la obsolescencia son:

- Mal desempeño comparado con las nuevas tecnologías.
- Dos o más tecnologías salidas en una época determinada que compiten entre sí, donde una termina superando a las otras.[1]

B. El Estándar Wimax

WiMAX promueve el estándar IEEE 802.16 y la interoperatividad de los equipos de distintos fabricantes.

El propósito de WiMAX es promover el despliegue de redes de acceso de banda ancha inalámbrica que

usen un estándar mundial y certificar interoperatividad, el Estándar IEEE 802.16 opera en el rango de frecuencias de 2.5 a 66 GHz.

La nomenclatura WiMAX fue presentada por el Foro WiMAX, que está conformado por un consorcio de industrias fabricantes de equipos de telecomunicaciones y Chip, para promover la familia del estándar IEEE 802.16, para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha.

Muchas de las primeras proyecciones del foro WiMAX se estrellaron con la realidad, y es así que la primera versión de los estándares IEEE 802.16 no se implementaron de acuerdo a lo proyectado.

Las primeras versiones IEEE 802.16 se centraron en aplicaciones con visibilidad directa (LOS) utilizando bandas de alta frecuencia entre 10 y 66 GHz.

Luego se centraron esfuerzos en especificar enmiendas a los estándares anteriores para soportar las aplicaciones que no tienen visibilidad directa (NLOS) entre 2 y 11 GHz. El estándar 802.16-2004, comúnmente más conocido como 802.16d, fue publicado en el año 2004. El estándar 802.16e es un estándar mejorado, en comparación al 802.16d, pues le da el valor añadido de movilidad.

Mientras que el estándar 802.16d soporta las aplicaciones fijas y nómadas (manual), el estándar 802.16e soporta soluciones fijas, nómadas, portátiles, y móviles.

TABLA I
EVOLUCIÓN WIMAX

Estándar	Frecuencia	Modulación
802.16	10 - 66 GHz	QPSK, 16QAM y 64 QAM
802.16a	2-11 GHz	256-OFDM QPSK, 16QAM, 64QAM
802.16d	2-11 GHz	subportadoras QPSK, 16QAM, 64QAM 256 OFDM-TDMA
802.16e	2-11 GHz	2048-OFDM-FDMA QPSK, 16QAM, 64QAM

En la actualidad el estándar 802.16a ya se encuentra obsoleto y los fabricantes no producen equipos con este estándar, por ello a continuación se harán las comparaciones de las características técnicas entre el estándar WiMAX 802.16d y 802.16e.[2]

IV. COMPARACIONES TECNOLÓGICAS DEL ESTÁNDAR WIMAX 802.16d VERSUS 802.16e

A. Compatibilidad

El estándar 802.16e no es compatible con el modelo anterior 802.16d. La estación base WiMAX estándar 802.16d, no puede brindar el servicio móvil, y no se comunica con los equipos terminales de usuarios del 802.16e (CPE).

Pero la estación base del estándar 802.16e, si puede comunicarse con el CPE estándar 802.16d, que previamente haya sido repotenciado ya sea por vía Software o Hardware, esta adaptación limita la performance del sistema.

El estándar WiMAX 802.16d utiliza la Duplexación por División de Frecuencia (FDD) mientras que el estándar 802.16e utiliza prioritariamente la Duplexación por División de Tiempo (TDD). Para seguir el plan de frecuencia cualquier forma de migración del FDD a TDD, añadirá complejidad en la misma asignación del espectro el cual tendrá cuestiones de interferencia severas.

B. Interfaces

EL 802.16e soporta tanto a la Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM) con 256 FFT (Transformación Rápida de Fourier) y al Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA) con 2048 FFT.

Para el perfil de la capa física 802.16d se tiene 256 FFT y no OFDMA con 2048 FFT que tiene el estándar 802.16e, WiMAX, que hace mejoras a la capa física empleando OFDMA escalable (S-OFDMA).

TABLA II

ESCALAMIENTO DEL ANCHO DE BANDA DE LA PORTADORA

Longitud FFT	128	512	1024	2048
Ancho de Banda (BW) (MHz)	1.25	5	10	20
Separación de la subportadora (kHz)	10.94	10.94	10.94	10.94
Duración del símbolo (µs)	102.86	102.86	102.86	102.86
Número de símbolos OFDM (5ms)	48	48	48	48

C. Ancho de banda

Una ventaja de la especificación 802.16e OFDMA es que el ancho de banda del sistema es escalable. Existe una relación fija entre el ancho de banda ocupado y la tasa de muestra de símbolo OFDM. Los tamaños de FFT de 128, 512, 1024, y 2048 son soportados por la especificación 802.16e que permite la implementación de un interfaz a través del aire en un ancho de banda escalable, donde la separación de la subportadora y la duración del símbolo permanecen invariantes así como los cambios del ancho de banda en actividad. La tabla N°02 muestra un ejemplo de tal proceso de escalamiento del ancho de banda de la portadora para una duración de marco de 5ms.[3]

D. Técnicas de Sub Canalización.

El OFDMA 802.16e prevé técnicas de subcanalización como medio para administrar mejor el rendimiento de red y en consecuencia dirigir requerimientos específicos de cobertura y capacidad con mejor performance. La capa física OFDMA divide los símbolos OFDMA disponibles y los componentes de las subportadoras dentro de los diferentes subcanales físicos y lógicos. Las técnicas de subcanalización OFDMA incluyen diversas frecuencias y esquemas de transmisión para frecuencias selectivas.

1) Transmisión para Diversas Frecuencias

El estándar 802.16e, tiene los esquemas de transmisión para diversas frecuencias, pueden ser agrupadas dentro del uso total de los subcanales (FUSC) y en el uso parcial de los modos de subcanales (PUSC). Estos modos soportan transmisión de diferentes frecuencias, donde las subportadoras asignadas a cada subcanal lógico están distribuidas pseudo aleatoriamente a través de grupos disponibles de subportadoras. El uso de diversos esquemas de transmisión en frecuencia proporciona diversidad de frecuencias que es el más apropiado para llevar una variedad de condiciones del canal y dar beneficios a la cobertura de red y capacidad.

2) Transmisión selectiva de frecuencia

En el estándar 802.16e, la subcanalización selectiva de frecuencia esta soportada a través de la Modulación adaptativa de banda y el modo de codificación (AMC). La banda AMC permite la construcción de subcanales a través de las asignaciones físicamente adyacentes a la subportadora. El programador de sistema puede utilizar técnicas de retroalimentación de canal de lazo cerrado

para determinar los subcanales óptimos para ser asignado a cada cliente basado en las únicas condiciones de canal. Una mejora de la capacidad en 30% puede alcanzarse usando una programación selectiva de frecuencia sobre la programación de diversas frecuencias a expensas del sistema aéreo. Existe menor flexibilidad con la programación en un sistema 802.16d donde solamente un usuario puede ser programado por símbolo a diferencia de OFDMA donde pueden ser programados múltiples usuarios por símbolo.

E. Capacidad

1) Técnicas de Codificación de Alta Performance

El 802.16d y 802.16e soportan una variedad de técnicas de corrección de errores “forward” para incrementar la capacidad del sistema de banda ancha inalámbrico. Mientras los códigos básicos convolucionales y el ARQ son requeridos, las opciones para técnicas de codificación de mayor rendimiento tales como códigos turbo convolucionales (CTC) y ARQ (HARQ) híbrido también son especificadas.

El 802.16e promueve las opciones de codificación avanzada para incluir baja complejidad en Revisión de Paridad de Baja-Densidad (LDPC) y aprovechará las técnicas de codificación de alto rendimiento como los códigos CTC de los primeros envíos del producto.

F. Respaldo de subcanalización aumentada

La subcanalización empleada por la estación base para optimizar la programación de múltiples usuarios teniendo distintas firmas espaciales, Varios esquemas de subcanalización ofrecidos por el 802.16e permiten una programación más eficiente para usuarios basados en calidad de canal, prioridad, energía y asignación de ancho de banda.

G. Cobertura

1) Técnicas de diversidad de antena

Existen soluciones opcionales para mejorar las capacidades de cobertura para 802.16d y 802.16e a través de técnicas tales como diversidad de antena y codificación en espacio-tiempo (STC). Estas capacidades aumentan más en 802.16e con orientación en técnicas de diversidad adicional y técnicas de antena adaptativa. Soporta operaciones multi-antena, proporcionado por transmisores de estaciones base incluyendo modos opcionales de subsistemas avanzados de antena (AAS), modos de

codificación en espacio de tiempo de lazo abierto (STC) (respaldo entre 2 a 4 antenas de transmisión) y modos de múltiples entradas y múltiples salidas de lazo cerrado (MIMO). El respaldo para up link coordinado con el Acceso Múltiple de División Espacial (SDMA) también es proporcionado en 802.16e.[4]

2) Resistencia al Multi trayecto

Es estándar WiMAX 802.16e (para 20 MHz BW) específica hasta 2048 FFT, comparado a los 256 FFT para 802.16d. Para un ancho de banda más grande, OFDM-256 implica un tiempo de símbolo corto OFDM. Como tal, el canal que pierde la intensidad retrasa la dispersión que puede ser tolerada por 802.16e y es más grande que el sistema OFDM-256.

3) Reutilización de Frecuencia de Celda Individual

El OFDM-256 para 802.16d no puede ser desplegado usando los patrones de reutilización de 1 celda mientras el 802.16e escalable ofrece esta capacidad. Como tal, OFDM-256 probablemente tiene eficacia espectral inferior al OFDMA escalable.

H.. Calidad de Servicio

El 802.16e introduce el Servicio de muestreo extendido en tiempo real (ERTPS). El ERTPS permite la solución 802.16e para administrar tasas de tráfico y las políticas de transmisión así como mejorar la latencia y retardo. Las ventajas permitidas por la Calidad de las Técnicas de Servicio son sobre todo importantes en el respaldo de las aplicaciones de voz sobre IP (VoIP).

I. Transmisión Multipunto

El 802.16e también soporta los servicios transmisión y servicios multipunto. La operación de Red de Frecuencia Individual (SFN) puede alcanzarse utilizando OFDMA para servicios transmisión / multipunto que permiten una cobertura de tasa de datos muy alta en el límite de celda. Las aplicaciones multimedia tales como IP TV que hacen uso de video streaming que es muy ventajoso para las capacidades de transmisión multipunto para administrar mejor el ancho de banda y la entrega de contenido.

J. Tabla Comparativa de 802.16e y 802.16d

La siguiente tabla N.º 03 proporciona una comparación de las especificaciones del estándar WiMAX para 802.16d y 802.16e:

TABLA III

	802.16-d	802.16e
Método de acceso múltiple	TDMA FDD	S-OFDMA
Respaldo de ancho de banda (MHz)	1.75/3.5/ (FDD)	1.25/2.5/5/10/20 1.75/3/3.5/5.5/7
Modulación	256 OFDM FFT	128/256/512/1024/2048 OFDM FFT
espaciado de la sub portadora (kHz)	22.5(OFDM @ 5MHz) 2.8(OFDMA @5 MHz)	11.2 para todos los modos BW
Duplexación	FDD	FDD/TDD
Tiempo de duración (ms)	2/2.5/4/5/8/10/12.5/20	2/2.5/4/5/8/10/12.5/20
Codificador de canal	Código RS concatenado convolucional, bloque TC, CTC ³	Código RS concatenado convolucional, bloque TC, CTC, LDPC
Sub canalización (DL)	FUSC/PUSC/banda AMC	FUSC/PUSC/banda AMC
Sub canalización (UL)	PUSC/ PUSC opcional	PUSC/ PUSC opcional
Respaldo HARQ	No	Si
Retroalimentación rápida CQI	No ¹	Si
AAS	Si	Si
Respaldo STC	Antenas 2/4	Antenas 2/3/4
Reuso de frecuencia	1 reuso de celda no respaldado	1 reuso de celda puede ser respaldado
Movilidad/ Respaldo de entrega	No	Si
Modos de descanso	No	Si
Canal de sonido	No	Si
Respaldo Multipunto/Transmisión	No	Si

V. ESTÁNDARES WiMAX, EN EL PERÚ Y SU IMPACTO EN LA SOCIEDAD

El estándar Wimax hace posible una alta penetración en zonas geográficas urbanas, rurales y mixtas, esto se es posible gracias a la técnica de multiplexación OFDM y al acceso SOFDMA en la parte de radio, y en la parte del sistema radiante de la utilización de antenas activas, esta tecnología utilizada por este estándar es apropiado para nuestra geografía accidentada, que generalmente ocasionan desvanecimientos por falta de línea de vista y por los multi-trayectos.

En la actualidad las operadoras Americatel y Millicom son las empresas que utilizan esta tecnología, dando servicios Nplay, NGN, e Internet.

Como al inicio del artículo vemos que los estándares se desplazan del mercado por otras versiones mejoradas, entonces podría utilizarse la infraestructura, estaciones bases y CPE'S para poder darle mayor penetración del servicio de comunicaciones en las zonas rurales, el costo para estas empresas son mínimas y estarían haciendo un reuso del equipamiento y el costo para el usuario sería menor, pero este debe venir de la mano con una política del gobierno para incentivar estas iniciativas privadas.[5]

A. Modulación y Demodulación OFDM

Es una forma de modulación con múltiples portadoras, la modulación por multiplexado por división de frecuencia ortogonal es una técnica de modulación de banda ancha que utiliza múltiples portadoras ortogonales, cada una modulada en amplitud y fase. Cuando la OFDM se emplea junto con codificación de canal para detección y corrección de errores, se designa como COFDM (multiplexado por división de frecuencia ortogonal *codificada*).

Debido al problema técnico que supone la generación y la detección en tiempo continuo de los cientos, o incluso miles, de portadoras equiespaciadas que forman una modulación OFDM, los procesos de modulación y demodulación se realizan en tiempo discreto mediante la IFFT y la FFT, respectivamente.

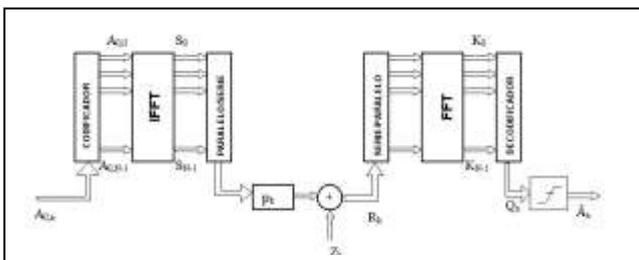


Fig. N° 5.1. COFDM

El método OFDM emplea N portadoras, por lo que se requieren, por lo menos, N muestras complejas en tiempo discreto para representar al símbolo OFDM. Estas muestras en el dominio del tiempo (0, 1, ..., N-1) son el resultado de una subportadora k modulada con un símbolo Ck, de la información, dentro de un símbolo OFDM y pueden expresarse como:

$$S_{k-ofdm}[n] = \frac{C_k}{N} e^{j \frac{2\pi kn}{N}} \dots\dots 5.1$$

Donde:

N = número de subportadoras y muestras en el dominio del tiempo utilizadas.

n = índice de la muestra en el dominio del tiempo

k = índice de la subportadora.

Ck = amplitud y fase de la información a transmitir.

Tanto Ck como k son constantes para una subportadora dada durante el período de un símbolo OFDM. Se ve que las N muestras complejas para la subportadora k giran exactamente k círculos en el plano complejo durante el período útil de un símbolo OFDM. El símbolo completo, en el dominio del tiempo, se construye a partir de las N subportadoras superponiendo sus ondas:

$$S_{k-ofdm}[n] = \sum_{k=0}^{N-1} S_{k-ofdm}[n] \dots\dots 5.2$$

Los coeficientes Ck son complejos, con lo que, de hecho, representan a la señal en el dominio de frecuencia. Para trasladar dicha señal al dominio del tiempo, es necesario aplicar, en el modulador, la transformada inversa de Fourier, de hecho la transformada inversa rápida (IFFT). En el receptor de DVB-T se aplica la transformada rápida directa de Fourier (FFT) al símbolo OFDM en el dominio del tiempo. La señal original transmitida se reconstruye comparando cada subportadora con una de referencia, de amplitud y fase conocidas y de igual frecuencia:

$$S_{k-ofdm}[n] = 1x e^{j \frac{2\pi kn}{N}} \dots\dots 5.3$$

Como consecuencia de la ortogonalidad de las N subportadoras, el resultado de la comparación es cero en la FFT para cualquier subportadora distinta a la de referencia.

$$\sum_{n=0}^{N-1} \frac{S_{l-ofdm}[n]}{S_{k-ref}[n]} = C'_k \quad \text{si } l = k \dots\dots 5.4$$

$$= 0 \quad \text{si } l \neq k$$

En que C'k representa la amplitud y fase de la señal de información recibida.

Si en el receptor se recibe una señal retrasada en el tiempo por Δ muestras complejas, la ecuación (5.1) puede expresarse como:

$$S_{k-ofdm}[n] = \frac{Ck}{N} e^{j \frac{2\pi k(n-\Delta)}{N}} \dots 5.5$$

Y la salida de la FFT se expresa ahora como:

$$\sum_{n=0}^{N-1} \frac{S_{l-ofdm}[n]}{S_{k-ref}[n]} = C' k e^{j \frac{2\pi k \Delta}{N}} \dots 5.6$$

1) Preservación de la ortogonalidad: Intervalo de guarda.

Las subportadoras están moduladas por señales representadas por números complejos, que cambian de un símbolo a otro. Si el período de integración en el receptor se extiende a una duración de dos símbolos, como en el caso de señales retrasadas no solamente habrá ISI sobre la subportadora correspondiente al símbolo que se pretende integrar, sino que además habrá interferencia entre subportadoras (ICI) y por consecuencia, destrucción de la información.

Para evitar esta situación, se agrega un intervalo de guarda, como se muestra en la figura 5.2.

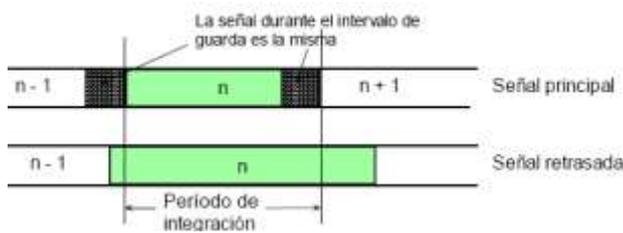


Fig. N° 5.2.

La duración del símbolo se aumenta de modo que exceda el período de integración del receptor, T_u , de modo que también es la señal modulada completa. Todas las subportadoras son cíclicas durante T_u , de modo que también lo es la señal modulada completa. Por ello, el segmento que se añade al inicio del símbolo para formar el intervalo de guarda, es idéntico al segmento de la misma longitud al final del símbolo. En tanto que el retardo sufrido por la señal a lo largo de cualquier trayecto, con respecto al trayecto más corto sea menor que el intervalo de guarda, todas las componentes de la señal durante el período de integración proceden del mismo símbolo y se satisface así la condición de ortogonalidad. La interferencia entre símbolos o entre portadoras ocurrirá solamente cuando el retardo relativo exceda la duración del intervalo de guarda.

El intervalo de guarda se elige de acuerdo al retardo esperado en el medio particular de propagación en que se lleva a cabo la comunicación. Por ejemplo en entornos en el interior de construcciones, el retardo o mejor dicho, la *dispersión de retardo* puede llegar a unas decenas de nano segundos, en tanto que en entornos exteriores, en que las distancias son relativamente grandes, la dispersión de retardo puede alcanzar hasta 50 μ s o más. Puesto que la inserción del intervalo de guarda reduce la tasa binaria efectiva, no debe consumir una fracción importante de la duración del símbolo, T_u , ya que de otra forma reduciría considerablemente la tasa binaria y la eficiencia espectral. En radiodifusión digital de audio (DAB), el intervalo de guarda utilizado es de $0.246T_u$.

En DVB-T hay varias opciones de las que el mayor intervalo es de $0.25T_u$. Durante el período del intervalo de guarda, el receptor ignora la señal recibida.

El intervalo de guarda extiende la duración del símbolo transmitido y, por consecuencia, reduce ligeramente el caudal binario efectivo. La duración del intervalo de guarda en el sistema DVB puede tener valores de 1/4, 1/8, 1/16 ó 1/32 del intervalo total del símbolo. Cuanto mayor sea el intervalo de guarda menor será la interferencia causada por los efectos multicamino.

La ortogonalidad se restaura en el receptor integrando la señal demodulada sobre el intervalo del símbolo útil. Para ecos de duración menor a la del intervalo de guarda, el receptor puede encontrar un intervalo de duración T_u en que no haya transiciones en el símbolo.

Además de los efectos multicamino descritos antes y que no son controlables, hay otras causas por las que puede perderse la ortogonalidad y causar interferencia entre portadoras. Entre las principales, se incluyen las desviaciones de frecuencia o fase en el oscilador local del receptor, ruido de fase en éste y variaciones en las frecuencias de muestreo. Estas causas son, en buena medida, controlables mediante un diseño adecuado.

La señal de entrada al modulador OFDM es un flujo binario continuo. Este flujo se segmenta en símbolos, de acuerdo a la constelación a utilizar y se obtiene un mapa de los símbolos, representados ahora por números complejos, que corresponden a la representación de la señal en el dominio de frecuencia. Si se van a modular N subportadoras simultáneamente, la primera operación debe ser la conversión del flujo binario de entrada, *en serie*, en un flujo de coeficientes complejos *en paralelo*. El siguiente paso es realizar la transformada inversa de Fourier sobre esos N

coeficientes para obtener una señal en el dominio del tiempo y, como la señal de entrada al transmisor debe ser un flujo binario en serie, es necesario convertir nuevamente la señal, ahora transformada y en paralelo, a una señal en serie. Esta es la señal a transmitir y el proceso se ilustra en el diagrama de bloques de la figura 5.3.

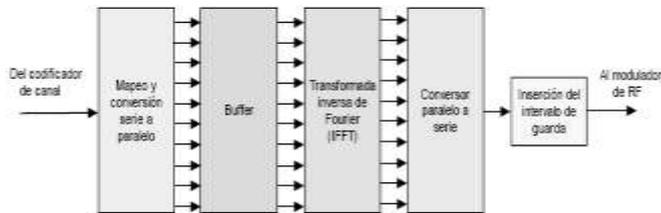


Fig. N° 5.3 Diagrama de bloques del modulador OFDM

En la figura anterior, puesto que la señal de entrada procede del codificador de canal, el conjunto constituye un modulador COFDM (recuérdese que la “C” indica precisamente la codificación de canal).

A la salida del convertidor paralelo a serie, se inserta el intervalo de guarda, designado también como *prefijo cíclico*, en que se copian los datos del final del bloque y se pegan al principio, lo que hace que las señales retrasadas a causa de los efectos multicamino caigan en el intervalo de guarda y sean ignoradas por el receptor.

El **demodulador** cumple la función inversa del modulador y el diagrama simplificado de bloques es similar al de la figura 5.3, visto ahora de derecha a izquierda, como se ilustra en la figura 5.4.

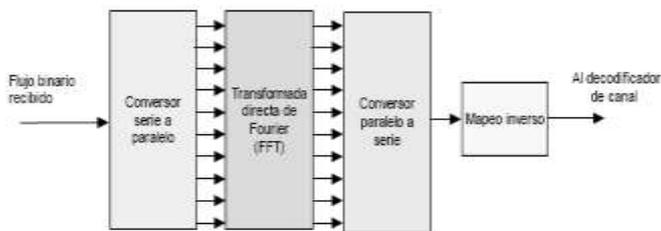


Fig. N° 5.4 Demodulador OFDM

B. Modulación Jerárquica

Los sistemas de transmisión terrestre de resolución única sufren de un efecto abrupto de umbral en el borde del área de servicio en que la señal se degrada completamente, a diferencia de los sistemas analógicos en que la degradación es suave según se muestra en la figura 5.5.

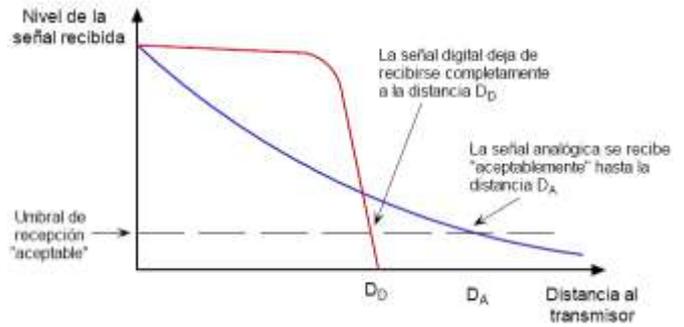


Fig. N° 5.5 Cobertura en sistemas analógicos y digitales.

Para reducir este problema y conseguir una cobertura similar a la de los sistemas analógicos, en los sistemas de transmisión digital se pueden utilizar esquemas de modulación jerárquica o de *multirresolución*, en que dos flujos distintos de datos modulan a un flujo. Uno de los flujos de datos se designa como de *alta prioridad* y va embutido en otro flujo designado como de *baja prioridad*. Los datos de alta prioridad se destinan a las zonas más alejadas del transmisor en que la relación señal a ruido es menor, en tanto que los de baja prioridad están destinados a las zonas más cercanas al transmisor en que la relación señal a ruido es mayor. El flujo de alta prioridad está modulado con pocos elementos en la constelación, por ejemplo QPSK, en tanto que el esquema de modulación para la señal de baja prioridad puede ser, por ejemplo, 64QAM. Evidentemente, el flujo de baja prioridad es menos robusto que el otro.

En términos simples, la recepción de mayor calidad se tiene cuando se puede decodificar bien el flujo de baja prioridad, en tanto que en áreas lejanas, de recepción más pobre, o en el caso de receptores móviles o portátiles, el receptor sólo puede resolver los datos de mayor prioridad. Esto se puede observar en la figura 5.6.

En la figura 5.6 se tienen dos constelaciones, una de baja prioridad y mayor resolución, 64QAM y, embutida en ésta, una constelación de alta prioridad, QPSK o 4QAM. Cuando las condiciones de recepción son buenas, ambos flujos están presentes en el receptor y éste trabaja con el de menor prioridad, pero mayor resolución. Si la relación señal a ruido disminuye, las condiciones de recepción se deterioran y la tasa de errores en la constelación 64QAM aumenta imposibilitando la recepción satisfactoria. En esa situación, el receptor se “queda” con la constelación QAM, más robusta, pero manteniendo la recepción en condiciones aceptables.

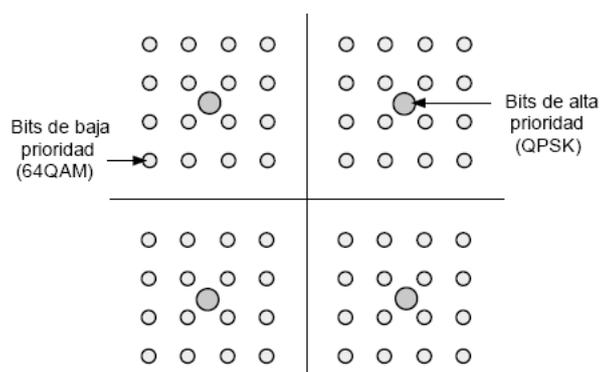


Fig. N° 5.6 Modulación jerárquica.

Esta modulación jerárquica hace que se puedan transmitir múltiples tipos de datos, ya sea data pura o data de video o voz y podremos tener la certeza que la información llegara con una calidad.[6]

VI. CONCLUSIONES

Si hacemos un recuento de los antecedentes cronológicos de la evolución de los estándares por los cuales ha pasado el WiMAX, por ejemplo el 802.16a que aparece en el año 2002 comercialmente por la empresa Alvarion, queda obsoleta en el año 2005 pues aparece comercialmente el nuevo estándar 802.16d.

El equipamiento de la estación base WiMAX estándar 802.16d caería en obsolescencia tecnológica en un corto tiempo ante la implementación del estándar WiMAX 802.16e que recortará la vida útil tecnológica, pues el WiMAX 802.16e tendrá el valor agregado de la movilidad, reducción en el tiempo de acceso, y una mejor calidad de servicio. Los móviles (Notebook, Laptop, PDA) con integrados WiMAX 802.16e, harán que se incremente el numero de usuarios del servicio que presta la operadora. La no migración por parte de la operadora, limitará su crecimiento de número de usuarios y hará peligrar su subsistencia en el mercado de las telecomunicaciones.

Los estándar WiMAX 802.16d que dejarían de ser atractivos para ser utilizadas en zonas urbanas, se podrían desplazar hacia las zonas rurales, de tal manera que cubrirían las necesidades de comunicación de estas zonas, a un bajo precio pues el operador no invertiría en equipos solo en infraestructura civil, alargando la obtención de beneficios para el operador y solucionando parte de la problemática de comunicación rural.

VII. REFERENCIAS

- [1] Obsolescencia, http://www.eslee.org/listado_alfabetico.php?glosario=nuevaecon&letra=O
- [2] Alcatel, *Tecnologías y actividades de estandarización para la interconexión de Home Networks*, editorial Fundación Auna año 2005.
- [3] Fixed, nomadic, portable and mobile applications for 802.16-2004 and 802.16e WiMAX networks. http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/Applications_for_802.16-2004_and_802.16e_WiMAX_networks_final.pdf: Noviembre 2005
- [4] Loutfi Nuaymi, *WiMAX Technology for Broadband Wireless Access* Edit John Wiley & Son 2da edicion año 2007.
- [5] Del WLL al WIMAX, una experiencia comercial <http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politic-as/eventos/milla/exposiciones/Americatel.pdf>: Marzo 2006.
- [6] Jeffrey G. Andrews *Fundamentals of WiMAX: Understanding Broadband Wireless Networking* editorial Prentice Hall febrero 2007