

Para muchos colegas el hecho de que el espectro radioeléctrico que utilizamos en nuestros comunicados sea un recurso natural limitado, no tiene nada de nuevo, ya que las bandas de frecuencias tienen límites muy bien definidos. El límite superior del espectro radioeléctrico se ha definido internacionalmente hasta los 3000 GHz. A pesar que el rango de frecuencias parece casi infinito, cada banda de frecuencia tiene características físicas de propagación muy particulares y en este campo de la experimentación si hemos tenido mucho que decir los radioaficionados en el mundo.

Pero los usuarios del espectro radioeléctrico siguen en aumento vertiginoso en algunas bandas de frecuencias y servicios de radiocomunicaciones.

Uno de los grandes desafíos tecnológicos que tienen los fabricantes de equipos es como van a poder soportar la demanda de comunicaciones de banda ancha a través de aparatos portátiles, de pequeño tamaño, con una batería de unos pocos miliamperes hora y Volts, de modo que se pueda transmitir voz, datos y video.

Numerosos han sido los logros que han permitido poder transmitir la voz y datos en estos últimos años. Las tecnologías han sido extremistas en el uso del espectro. Algunos se han desvelado por lograr transmitir en una pequeña porción de la banda de frecuencia la voz. Existen desarrollos que han logrado digitalizar la voz a tan solo 600 bps y ocupar menos ancho de banda que una emisión de banda lateral única. Otros, sin embargo, tienen una visión opuesta a la anterior, usando un ancho de banda muy superior al ancho de banda de la señal a transmitir. Es el caso de las tecnologías de espectro ensanchado, tales como: salto de frecuencia, secuencia directa o una combinación de ambas. Ésta tecnología viene de desarrollos militares, ya que es bastante inmune a la interferencia intencional. La señal de espectro ensanchado con secuencia directa tiene la particularidad de sumergirse en el ruido de fondo, haciéndola imperceptible para un equipo convencional de tipo FM banda angosta, como los equipos VHF de 2 metros. Las tecnologías de espectro

ensanchado facilitan la compartición del espectro entre muchos usuarios, empleando códigos diferentes o secuencias de salto distintas.

Haciendo historia, las primeras transmisiones que realizaban los colegas eran en doble banda lateral en Amplitud Modulada, tal como se sigue operando con las transmisiones de radiodifusión sonora en la banda de ondas medias o hectométricas. Posteriormente, se desarrolló la banda lateral única que eliminaba una de las bandas laterales, ya que recordemos que la misma información transmitida, se encuentra repetida en cada banda lateral. Luego se desarrolló la banda lateral independiente, donde en cada banda se transmitía información diferente.

Con el advenimiento de la modulación de frecuencia, comenzó a utilizarse más ancho de banda que con los moduladores en amplitud. Es así como, en banda lateral utilizamos un ancho de banda de 2,7 kHz para la voz, en cambio en FM se requiere un ancho de banda entre 11 y 16 KHz para transmitir el mismo mensaje de voz, en los equipos de banda angosta. Es posible utilizar un menor ancho de banda pero la señal pierde las características que tiene una señal de FM, de ser insensible a las variaciones de amplitud.

Los avances en las comunicaciones móviles de telefonía pública del tipo celular, PCS, y la convergencia de múltiples servicios en una infraestructura de radiocomunicaciones plantean nuevos desafíos tecnológicos para acoger la tercera generación de móviles. El problema que se plantea es como hacemos más eficiente el uso del costoso espectro de frecuencia, en algunos países. Es decir, como transmitimos más información por cada Hz de ancho de banda del espectro radioeléctrico.

Recordemos que no hace mucho tiempo, en un canal de 30 kHz de un equipo celular solo entraba una comunicación de voz. Luego se utiliza una técnica de modulación en el tiempo o TDMA, que permite tener hasta tres comunicaciones

simultáneas en el mismo canal. Posteriormente, en Europa se desarrolló el sistema GSM que permite en una portadora de 200 kHz de ancho, transmitir con modulación en el tiempo hasta ocho comunicaciones simultáneas de voz a 9.600 bps.

Posteriormente, se desarrollan las técnicas de acceso por distribución de código o CDMA, que tiene la característica que varios usuarios simultáneamente pueden utilizar la misma frecuencia sin ser interferidos, pero con diferente código.

El concepto de esta técnica no tiene nada de nuevo, ya que los seres humanos la utilizamos desde que tenemos la habilidad de comunicarnos a través de la voz. Imaginemos que llegan a una reunión social dos colegas, uno le cuenta al otro de sus últimos QSL que ha cursado durante la semana. Cuando están solos el nivel de potencia de la voz en la comunicación es bajo y ambos interlocutores se encuentran sintonizados con el mismo código. Luego, llegan otros colegas a la reunión y se forman grupos separados donde cada uno pone su tema, pero el grupo inicial sigue conversando de sus QSL sin que se entere de la conversación de sus vecinos, a no ser que se ponga intencionalmente a escuchar a su vecino, y dejan hablando sólo a su colega, que por supuesto es muy mala educación para un caballero del aire. En este caso, uno de los interlocutores tuvo que cambiar de código y así puede escuchar a su vecino, siempre que el idioma o código le sea conocido. En la medida que llegan más colegas a la reunión el nivel de ruido se hace intolerable, ya que cada grupo aumenta su potencia para poder comunicarse, hasta que llega un momento en que ya no se puede comunicar por exceso de ruido como en la mayoría de las fiestas y no queda otra que ponerse a bailar. Este tipo de comunicación está limitada por la relación de señal (voz) a ruido (las otras conversaciones y ruido ambiente). Pero tiene la gracia que en el mismo ancho de banda de audio pueden coexistir muchas conversaciones diferentes, existiendo discriminación solo por los códigos.

Numerosas aplicaciones comerciales tenemos de esta técnica, tales como: las transmisiones de los satélites GPS, donde todos los satélites transmiten a la Tierra en la misma frecuencia, con diferente código, usando acceso múltiple por distribución de código (CDMA), la telefonía móvil CDMA, como las de Smartcom, comunicaciones con la nueva técnica Bluetooth, de reducido alcance en la banda de 2,4 GHz, que permite establecer una red LAN, para reemplazar los cables entre PC, impresoras, cámara digital, etc. Las portadoras de telefonía móvil CDMA tienen un ancho de banda de 1250 kHz.

Pero como vamos a poder transmitir datos a velocidades de 384 kbps o más desde un terminal móvil, donde existen millares de usuarios, con un espectro tan limitado de tan solo 15 MHz para la transmisión y 15 MHz para recepción. En primer lugar las comunicaciones móviles de tercera generación están evolucionando a utilizar portadoras CDMA de banda ancha, del orden de 5 MHz cada una. Recientes desarrollos efectuados por Bell Laboratory con la técnica llamada BLAST, han permitido transmitir en un canal de 30 kHz del espectro hasta 1 Mbps, en vez de los 50 kbps que podemos transmitir en la actualidad. Este salto vertiginoso de la capacidad de transmisión, debido a una eficiencia espectral, sin duda revolucionará las comunicaciones inalámbricas para poder transmitir grandes volúmenes de información en un pequeño ancho de banda.

La tecnología BLAST rompió con el dogma de la teoría de comunicaciones que era el teorema de Shannon, de los años 1948, que decía que el límite de capacidad teórica a transmitir (bps/Hz) entre un transmisor y receptor, con una antena, está limitado por la relación señal a ruido del enlace. Además, cada vez que quiero aumentar un bits/Hz adicional tengo que doblar la potencia del transmisor. Si por ejemplo si quiero mejorar la eficiencia espectral de 1 bps/Hz a 11 bps/Hz es necesario aumentar la potencia del transmisor casi 1000 veces. Sin embargo, un veterano visionario de los años 1932, Guglielmo Marconi, nos

llamaba la atención con su cita, al decir:

“ Es aventurado poner límites a los sistemas inalámbricos”. Con la aparición de la tecnología “BLAST” se ha roto con el dogma de poder transmitir más bits/Hz que los enunciados en el teorema de Shannon.

Pero ¿Cómo funciona esta nueva tecnología BLAST?

A los radiocomunicantes siempre les ha fastidiado los multipasos, debido a los rebotes múltiples que tiene la señal de radio en su viaje entre la antena transmisora y receptora, al estar en movimiento una de las estaciones. El multipaso se traduce en que la señal toma muchos caminos diferentes entre la antena transmisora y receptora. Ahora si nos ubicamos en el lugar de la estación base, si nos movemos con la antena también percibiremos cambios notables del nivel de la señal, ya que recibimos otro camino que ha seguido esa señal. Precisamente esta desventaja se ha transformado en una ventaja con la tecnología BLAST, ya que estos diferentes caminos se utilizan para mejorar la eficiencia espectral, al poder transmitir más bits/Hz en el mismo ancho de banda.

La tecnología consiste en tener varios transmisores y receptores, cada uno con su antena, operando todos en la misma frecuencia, pero con separación a media longitud de onda, entre antenas. De esta forma se forman múltiples canales paralelos de comunicación que incrementan la eficiencia.

También es posible tener un transmisor y varios receptores con lo que la eficiencia espectral aumenta linealmente con el número de receptores en la misma frecuencia. Con 30 kHz de ancho de espectro podemos transmitir hasta 30 a 40 bps/Hz. Sin los canales paralelos es imposible usar la técnica BLAST. Es así como una configuración de 4 transmisores y 4 receptores aumentan en más del 90% la capacidad teórica.

La señal a transmitir ingresa a un demultiplexor y se dispersa la señal en cada salida del demultiplexor, con varios códigos CDMA. En el otro extremo se ubican las antenas de recepción que correlacionan cada una de las señales por separado y se pasa posteriormente por un multiplexor, aumentando así el caudal de datos nuevamente, siendo una réplica de la señal de datos de entrada en el extremo transmisor. Esta técnica llamada BLAST (MIMO o técnica de múltiples entradas y múltiples salidas) se utilizará para el nuevo estándar de tercera generación móvil CDMA-2000 e IMT-2000.

De esta forma tendremos una Palm o PC trabajando en Internet en forma inalámbrica con la técnica BLAST. Podrá transferir grandes archivos de datos, compartiendo así el escaso espectro con muchos usuarios.

Estas técnicas digitales de aumentar la eficiencia espectral son muy interesantes de investigar por los radioaficionados, ya que estamos acostumbrados a utilizar banda angosta para voz y transmisión de datos en paquete con el protocolo AX.25. Se nos abre un nuevo universo de posibilidades de comunicaciones digitales para transmitir voz, datos y video con anchos de banda muy similares a los que utilizamos para los comunicados de voz actualmente los radioaficionados.

Italo Mazzei, CE3LD