

# Tecnología TDMA: Añadiendo mayor capacidad y funcionalidad al radio digital profesional de dos vías

# Resumen Ejecutivo

El radio profesional, de dos vías y con licencia está a punto de dar el salto más grande hacia adelante desde la invención del transistor—el cambio de lo análogo a lo digital. El radio digital ofrece muchas ventajas en relación con el análogo, incluyendo una calidad de voz mejorada en un mayor alcance, más privacidad, características sofisticadas para el control de llamadas, la posibilidad de integración con sistemas de información, y más.

Ahora estamos en los inicios de lo que se convertirá rápidamente en una migración a gran escala hacia el radio digital en las aplicaciones profesionales. Al mismo tiempo, las presiones de los agentes reguladores, combinadas con las necesidades del mundo real están conduciendo a los fabricantes de radio y a los usuarios a comunicar más información en una porción determinada del espectro RF—en otras palabras, a incrementar la “eficiencia del espectro”. Los canales que históricamente transmitieron una sola llamada a la vez están siendo divididos ahora de modo que puedan transmitir dos.

Existen dos tecnologías para hacer posible esta “división” de canales, permitiendo acceso múltiple en un canal individual. El acceso múltiple de división de frecuencia (frequency-division multiple access, o FDMA, por sus siglas en inglés) divide la frecuencia misma del canal en dos sub canales más pequeños que puedan transmitir llamadas individuales lado a lado. El acceso múltiple de división de tiempo (Time-Division Multiple Access, o TDMA, por sus siglas en inglés) preserva todo el ancho del canal, pero lo divide en espacios de tiempo alternados que pueden transmitir cada uno una llamada individual. Ambas tecnologías ya están siendo usadas en Norteamérica para lograr la división de los canales de 25 kHz en canales de 12.5 kHz, ordenada por la FCC, y ambas están siendo usadas en el mundo entero para lograr aumentos similares en la eficiencia del espectro, sea que éstos hayan sido ordenados por la ley o no.

En los próximos años, nuevas regulaciones demandarán con casi absoluta certeza mejoras en la capacidad de eficiencia de los canales de 12.5 kHz; es sólo cuestión de tiempo antes de que la capacidad de transmitir dos registros de voz en un solo canal de 12.5 kHz —también conocida como eficiencia equivalente a 6.25 kHz— se convierta en un requisito. Pero por causa de que la tecnología existe hoy para lograr esta división adicional de canales, no hay necesidad de que los profesionales de radio esperen las leyes inminentes para aprovechar los beneficios que están disponibles de inmediato. Incluso en la ausencia de una orden legal, los usuarios profesionales pueden duplicar la capacidad de sus canales licenciados actuales, adoptando tecnologías digitales que hacen posible una eficiencia equivalente a 6.25 kHz. Con los beneficios potenciales que incluyen una mayor capacidad de comunicaciones, costos de equipo más bajos, integración de información, características adicionales y mucho más, ahora es un momento que impulsa a los usuarios de radio análogo a hacer el cambio a los sistemas digitales que proveen una equivalencia a 6.25 kHz.

Este documento examina las dos tecnologías de modulación digital que son capaces de conseguir esta duplicación de la eficiencia del espectro: FDMA de 6.25 kHz y TDMA de 12.5 kHz, proveyendo una equivalencia de 6.25 kHz. Los negocios que buscan migrar a los sistemas digitales profesionales más eficientes a fin de conseguir una mayor capacidad y desempeño, necesitarán escoger una u otra opción—FDMA y TDMA no pueden ser operadas conjuntamente.

Los sistemas TDMA de 12.5 kHz y dos secciones, proveyendo una equivalencia de 6.25 kHz son la elección apropiada para la mayoría de los móviles profesionales. Los estándares profesionales de radio basados en la tecnología TDMA ya están siendo ampliamente usados alrededor del mundo, y así mismo las normas futuras para lograr una eficiencia del espectro aún mayor casi con certeza estarán basadas en la TDMA. Hoy y mañana, la tecnología TDMA provee ventajas de flexibilidad en las características, costos de equipo más bajos, durabilidad de función más larga en la batería, disposición para las expectativas del futuro, y la capacidad comprobada de incrementar la eficiencia del espectro sin aumentar el riesgo de una congestión o interferencia.

## Ventajas del radio digital de dos vías

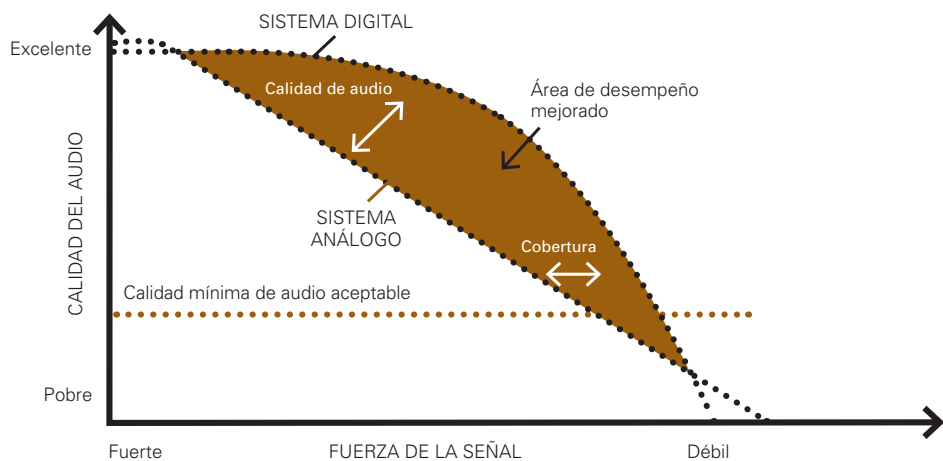
Desde que el primer dispositivo de transmisión y recepción fue instalado en un carro de policía en Bayonne, Nueva Jersey en el año 1933, el radio de dos vías ha sido una tecnología fundamental para la misión de la policía, los bomberos, los obreros de búsqueda y rescate, así como otros en las líneas frontales de la seguridad pública. Y cada vez más, en la medida en que nuevos modelos han reducido el tamaño y el costo de los radios de dos vías, la tecnología ha sido adoptada también por los profesionales de los negocios.

Industrias como el transporte, la educación, la construcción, la manufactura, la energía y los servicios, la seguridad privada, el gobierno, la hospitalidad, el menudeo y muchas otras están descubriendo que el radio de dos vías puede mejorar la eficiencia y capacidad de respuesta, permitiendo a los equipos móviles que compartan información de negocios y clientes al instante.

A lo largo de la mayor parte de su historia, el radio de dos vías ha implicado la voz análoga—la representación de ondas de sonido como ondas de radio de amplitud modulada (AM) o frecuencia modulada (FM). De hecho, esta es una de las últimas áreas de las comunicaciones profesionales en ser tocadas por la tecnología digital. Pero esta situación está cambiando, muy rápidamente, por muy buenas razones.

La modulación de voz en señales digitales, en lugar de señales análogas, provee muchas ventajas. La primera y principal es que la tecnología digital provee una mejor reducción del ruido y preserva la calidad de la voz en un rango mayor que la tecnología análoga. Especialmente en los lugares más lejanos del rango de transmisión, los usuarios pueden escuchar más claramente lo que se está diciendo—aumentando así el rango efectivo de la solución en materia de radio, y manteniendo la capacidad de respuesta de los usuarios ante las situaciones cambiantes del campo.

## Mejor desempeño de audio digital



**La voz digital mantiene una mejor calidad que la análoga cuando la fuerza de la señal disminuye.**

Dependiendo de las tecnologías usadas, los sistemas digitales también pueden ser diseñados para:

- Hacer un uso más eficiente del espectro RF disponible y licenciado.
- Combinar el acceso a voz y datos en el mismo dispositivo, transmitiendo más información al mismo tiempo que capacita a los obreros del campo con sistemas que son más portátiles, flexibles, y mucho más fáciles de usar que dos sistemas diferentes e incompatibles.
- Posibilitar la integración y la interoperabilidad con los sistemas de información “back-end”, y los sistemas externos.
- Combinar la voz análoga y digital en el mismo dispositivo, facilitando la migración a lo digital mientras se preserva la inversión en tecnología análoga.
- Proveer soluciones de privacidad que sean fuertes, prácticas y fáciles de usar, sin la pérdida significativa en la calidad de voz, que puede causar el sistema análogo.
- Posibilitar capacidades de señal y control de llamadas flexibles y confiables.
- Adaptarse de manera flexible a las necesidades comerciales cambiantes y a las nuevas aplicaciones a través de una arquitectura modular.

Las claras ventajas del radio digital—junto con las crecientes presiones normativas para el uso del espectro RF de una manera más eficiente—conducirán a una adopción ampliamente difundida de soluciones de radio digital de dos vías en los próximos años. Si usted está usando sistemas análogos hoy, casi con seguridad estará migrando a los sistemas digitales en el futuro cercano. Ahora es el momento para investigar las tecnologías disponibles de modo que, cuando usted esté listo para hacer el cambio, escoja sistemas que provean el mayor beneficio a largo plazo.

## Mercados y estándares del radio digital

Aunque el ambiente del mercado para el radio de dos vías varía de algún modo alrededor del mundo, los mercados pueden ser divididos aproximadamente en tres grandes categorías: (1) aplicaciones industriales livianas y para el consumidor, (2) aplicaciones profesionales, fundamentales para el comercio, y (3) aplicaciones de seguridad pública fundamentales para esa misión. Con algunos puntos en común, hay estándares para el radio digital de dos vías que generalmente son aplicables para cada una de estas categorías.

Aunque no nos ocuparemos de las normas específicas que gobiernan los sistemas de radio en diversos países y regiones, demos un vistazo más de cerca a la manera como los estándares más importantes y reconocidos a nivel internacional, trazan las necesidades de los usuarios dentro de las categorías generales del mercado. Una comprensión del ambiente completo del mercado proveerá el contexto para nuestra discusión de las necesidades de los usuarios en la categoría de aplicaciones profesionales y fundamentales para el comercio.

## Estándares y mercados de radio digital

Los mercados mundiales del radio digital de dos vías pueden ser divididos aproximadamente en tres categorías

Categorías de mercado	Mercados verticales	Estándares digitales de radio		
Seguridad pública/ Misión crítica	Servicios de emergencia Transporte público	Trunking licenciado ETSI TETRA	Convencional y trunking licenciado por Project 25 de TIA	
	Aeropuertos/ Puertos	Gobierno local Minería	ETSI DMR Tier 2: Convencional licenciado DMR Tier 3: Trunking licenciado	
Profesional/ Crítico para negocios	Transporte	Servicios públicos		
	Petroquímica	Taxis		
	Manufactura	Agencias de alquiler		
Comercial	Construcción	Almacenaje	ETSI DMR Tier 1: No licenciado dPMR Tier 1: No licenciado	
	Seguridad privada	Agricultura		Tecnologías para comunicación en sitio
	Menudeo	Hospitalidad		

- Sistemas comerciales e industriales livianos.** Múltiples tecnologías relevantes existen para este mercado, incluyendo tecnologías digitales en el mismo sitio, como Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) sistema utilizado en bandas no licenciadas de 900 MHz y 2.4 GHz. El instituto europeo para los estándares de las telecomunicaciones (European Telecommunications Standards Institute, o ETSI) también ha definido dos protocolos Tier 1 para radio móvil digital (DMR) para la banda no licenciada PMR446; el protocolo Tier 1 de DMR utiliza FDMA de 12.5 kHz, mientras el protocolo dPMR usa FDMA de 6.25 kHz. Ambos protocolos hacen provisión para aplicaciones dirigidas al consumidor y aplicaciones comerciales de bajo poder, usando un máximo de 0.5 vatios de poder RF.
- Sistemas para la seguridad pública, fundamentales para las misiones.** Esta categoría de mercado está definida por las comunicaciones fundamentales en la misión y las necesidades de interoperabilidad. En los países cubiertos por el ETSI, un estándar digital relevante es el de radio terrestre troncalizada (TERrestrial Trunked Radio, o TETRA), el cual es usado para dar apoyo a grupos de conversación múltiple en frecuencias múltiples, incluyendo llamadas de uno a uno, uno a muchos y muchos a muchos. TETRA es un estándar digital que usa TDMA de cuatro partes en canales de 50 kHz para incrementar la eficiencia del espectro y permitir acceso múltiple.

En los Estados Unidos, la asociación de la industria de las telecomunicaciones (Telecommunications Industry Association, o TIA) ha establecido Project 25 para definir capacidades similares orientadas al mercado de sistemas fundamentales para la misión. A diferencia de TETRA, Project 25 usa canales de 12.5 kHz y actualmente usa FDMA tanto para los sistemas análogos como para los digitales. La Fase 1 de Project 25 hace provisión tanto para los sistemas análogos como para los sistemas digitales convencionales. La Fase II añadirá capacidad de TDMA para radio digital troncalizada. Tanto los sistemas TETRA como los de Project 25 descansan sobre una sofisticada estructura para lograr la confiabilidad tolerante a las fallas y la funcionalidad avanzada de llamadas que se requiere en aplicaciones para la seguridad pública y otros asuntos fundamentales en la misión de ciertas entidades.

- Sistemas profesionales, fundamentales para los negocios.** Entre la categoría del mercado comercial e industrial liviana, y la de seguridad pública y fundamental para las misiones, descansa un enorme mercado para organizaciones que no están involucradas en trabajos fundamentales para la misión y no tienen el presupuesto o la necesidad de una infraestructura de expansión, tolerante a fallas—pero que

aún pueden beneficiarse del aumento en la capacidad de los canales licenciados, características avanzadas, cobertura en un área amplia y otros beneficios usualmente asociados con sistemas fundamentales para las misiones. Entre los negocios que están en esta categoría se hallan el transporte, la educación, la construcción, la manufactura, la seguridad privada, las pequeñas municipalidades, y muchas otras industrias.

El estándar ETSI DMR Tier-2 es el estándar de radio digital relevante que está dirigido a estos usuarios, proveyendo una eficiencia del espectro, características avanzadas de voz y servicios de información IP integrados en bandas licenciadas para comunicaciones de alto poder. ETSI DMR Tier-2 requiere TDMA de dos partes en canales de 12.5 kHz. La tecnología TDMA de dos partes es el enfoque primario de nuestra discusión en este documento.

Los sistemas de radio análogos han sido usados en aplicaciones fundamentales para los negocios durante años. Sin embargo, en la medida en que los fabricantes introducen sistemas de radio digital de alto poder a este mercado, ellos tienen una elección: pueden construir su sistema de comunicación usando una tecnología de propietario como la FDMA digital de 6.25 kHz, o pueden apalancar TDMA fundamentado en los estándares. Las dos opciones no son compatibles o ínter operables.

Motorola cree que el sistema TDMA de dos partes es el más adecuado para la mayoría de las aplicaciones profesionales, fundamentales en el comercio, de radio digital de dos vías. Más aún, el ETSI ha seleccionado el sistema TDMA como el protocolo estándar para las aplicaciones profesionales de radio dos vías, y satisface los requisitos de emisión de canal de ETSI, así como los objetivos de eficiencia del espectro. Aunque la FCC no ordena protocolos estándares, los dispositivos compatibles con el estándar TDMA de dos partes, ETSI Tier-2, cumplirán los requisitos actuales de emisión de canales de la FCC para canales de 12.5 kHz, y superan los requisitos futuros de eficiencia del espectro en los Estados Unidos. Con ventajas técnicas para el mercado profesional, y el trasfondo de las entidades más influyentes relacionadas con los estándares de comunicación, el sistema TDMA de dos partes es la elección clara para las organizaciones que esperan desplegar sistemas nuevos de radio digital de dos vías, o actualizar su sistema análogo actual a uno digital.

Demos un vistazo más de cerca al sistema TDMA de dos partes y definir porqué es la mejor tecnología de múltiple acceso para la mayoría de las aplicaciones profesionales.

## Acceso múltiple y eficiencia del espectro

El objetivo primario de cualquier tecnología RF de acceso múltiple es lograr una mayor eficiencia del espectro, permitiendo que más usuarios compartan un canal determinado en espectro licenciado RF. Históricamente, las ondas aéreas licenciadas fueron divididas en canales relativamente grandes de 25 kHz. Había amplio espacio para que los transmisores que usaban estos canales existieran lado a lado, sin problemas significativos de interferencia. Sin embargo, a través de los años, las ondas aéreas se han congestionado cada vez más, creando una necesidad de nuevos estándares y tecnologías que permitan a más usuarios de radio compartir el espectro disponible en un área determinada.

La demanda de mayor eficiencia en el espectro está siendo conducida, en parte, por las agencias reguladoras. En los Estados Unidos, por ejemplo, la FCC está exigiendo a los fabricantes que sólo ofrezcan dispositivos que funcionen dentro de los canales

VHF y UHF de 12.5 kHz para el año 2011. Para el año 2013, a todos los usuarios de VHF y UHF se les exigirá funcionar en 12.5 kHz— haciendo posible que cerca del doble de usuarios compartan las ondas aéreas, en comparación con las licencias de 25 kHz de hoy.

El siguiente paso lógico es mejorar en adelante la capacidad efectiva de los canales de 12.5 kHz. Pese a que no hay una orden actual que exija un cambio a 6.25 kHz, hay discusiones en proceso en la FCC y otras agencias, y es solo un asunto de tiempo antes de que la capacidad de transmitir senderos de doble voz en un solo canal de 12.5 kHz, también conocida como eficiencia equivalente a 6.25 kHz, se convierta en un requisito en las bandas VHF y UHF. Mientras eso sucede, la tecnología TDMA de dos partes ofrece una manera de dividir un canal de 12.5 kHz en dos espacios de tiempo independientes, logrando una eficiencia equivalente a 6.25 kHz hoy mismo.

Con dispositivos basados en la tecnología TDMA de dos partes, no hay razón para esperar una orden del gobierno con el fin de lograr más capacidad en los canales licenciados existentes. Los negocios pueden tomar la iniciativa de conseguir mayor eficiencia del espectro anticipándose a las inevitables normas que vendrán— y anticiparse a la competencia. Incluso sin una orden legal, una mayor eficiencia del espectro ofrece muchos beneficios operativos. Discutiremos esos beneficios más adelante, pero primeramente exploraremos cómo funciona el sistema TDMA de dos partes.

## TDMA: Cómo funciona

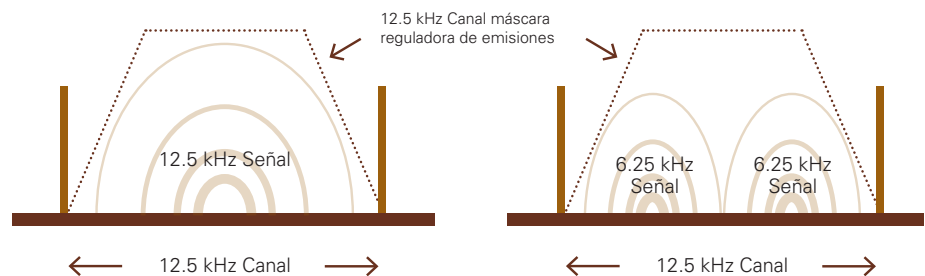
TDMA representa el acceso múltiple por división de tiempo (Time-Division Multiple Access), justo como FDMA, o acceso múltiple por división de frecuencia (Frequency-Division Multiple Access), TDMA es una tecnología que permite múltiples conversaciones compartiendo el mismo canal de radio. Aunque el objetivo es el mismo, las dos tecnologías funcionan de manera muy diferente.

### FDMA de 6.25 kHz

En FDMA, una frecuencia de canal es dividida en partes más pequeñas— por ejemplo, dividiendo una banda de 25 kHz en dos sub canales más estrechos que transmitan lado a lado, para lograr una eficiencia de espectro equivalente a 12.5 kHz. La misma técnica puede ser usada para lograr una eficiencia equivalente a 6.25 kHz en un canal de 12.5 kHz— aunque no se ha establecido cuán bien se desempeñará esta técnica, en las aplicaciones del mundo real a gran escala.

En la medida en que las sub divisiones de un canal licenciado se hagan más estrechas, hay una creciente probabilidad de problemas debido a la congestión y la interferencia en un sistema de 6.25 kHz con base en el sistema FDMA, como se muestra en la ilustración.

**Cuando la tecnología FDMA es usada para dividir un canal en dos sub canales, las señales resultantes aún deben ajustarse dentro de la máscara de emisiones requerida, de dicho canal.**



Cuando usted trata de apretar dos señales de 6.25 kHz en un canal 12.5 kHz, todavía tendrá que cumplir la máscara de emisiones normativas del canal. A fin de hacerlo, la desviación de señal (representada por la altura y la anchura de los lóbulos en la ilustración) debe ser necesariamente más pequeña de lo que podría conseguirse con una sola señal de 12.5 kHz. Esta desviación más pequeña significa una sensibilidad reducida, lo que reduce como consecuencia el rango de señal efectiva en condiciones del mundo real. Al mismo tiempo, hay muy poca tolerancia de errores introducida por la edad del oscilador, y la señal de 6.25 kHz contiene más energía cerca de los bordes de la máscara— haciéndola más propensa a la interferencia de canal y a problemas de interferencia cercana y lejana. Esto se traduce en una calidad reducida del servicio en las condiciones del mundo real.

### TDMA de dos partes

Por comparación, TDMA ofrece un método comprobado para lograr una equivalencia de 6.25 kHz en canales repetidores de 12.5 kHz— un beneficio fundamental para los usuarios de las bandas licenciadas, cada vez más abundantes. En lugar de dividir el canal en dos partes más pequeñas, TDMA usa toda la anchura del canal, dividiéndolo en dos espacios de tiempo alternados. Como resultado, TDMA esencialmente duplica la capacidad de repetición mientras preserva las bien conocidas características de desempeño RF de la señal de 12.5 KHz.



**TDMA divide un canal de 12.5 kHz en dos espacios alternados de tiempo, para lograr una eficiencia de espectro equivalente a 6.25 kHz cuando se usa con un repetidor.**

Desde la perspectiva de la física RF— esto es, el poder real transmitido y las emisiones radiadas— la señal de 12.5 kHz correspondiente a TDMA de dos lotes ocupa el canal, propaga y se desempeña esencialmente del mismo modo que las señales análogas de 12.5 kHz en la actualidad. Con las ventajas adicionales de la tecnología digital, los radios fundamentados en TDMA pueden funcionar dentro de un solo canal repetidor para proveer cerca del doble de la capacidad del análogo, mientras ofrecen un desempeño RF equivalente a, o mejor que, el del radio análogo de la actualidad.

Como veremos, los dos espacios de tiempo pueden ser usados potencialmente para una variedad de propósitos. La mayoría de las organizaciones que están considerando el radio de dos vías con tecnología TDMA probablemente estarán interesadas en duplicar la capacidad de voz por canal repetidor licenciado. Haciendo posible una equivalencia de 6.25 kHz, TDMA sostiene dos llamadas simultáneas, independientes, semi dúplex, en un solo canal repetidor de 12.5 kHz.

Si usted está acostumbrado a pensar en el radio análogo, esta capacidad de cuatro por uno en dos diferentes espacios de tiempo podría parecer problemática. ¿No se cortarían las dos llamadas cuando se alternen los espacios de tiempo, haciendo que ambas conversaciones sean prácticamente imposibles de entender?

Pero recuerde que este es el mundo digital, donde las voces son codificadas en bits. Aunque las señales análogas representan la duración real de las palabras habladas, las señales digitales pueden codificar esa duración de una manera que permita una significativa compresión sin comprometer la calidad de la voz. Cada espacio de tiempo TDMA es bastante corto— cerca de 30 milisegundos. La circuitería que transforma la voz en canales, realmente es capaz de abarcar 60 milisegundos de conversación digitalizada en cada espacio de tiempo de 30 milisegundos. Consecuentemente, el receptor decodifica esos bits y los transforma en una conversación con un valor de tiempo completo de 60 milisegundos.

Es por eso que, con TDMA, dos conversaciones pueden ocurrir simultáneamente y sin problemas a través de un solo repetidor. La alteración de los espacios de tiempo es algo que ocurre sólo en la tecnología, no en la experiencia del usuario. De hecho, la tecnología digital ofrece una mejor supresión del ruido en el trasfondo, que un sistema análogo, mientras preserva la integridad de la señal, en los más lejanos alcances del rango del transmisor— de modo que ambas conversaciones digitales serán probablemente mucho más claras que una sola conversación análoga en el mismo canal. Y por cuanto ambas conversaciones usan todo el ancho del canal, no hay degradación en el desempeño del rango, y no se aumenta el riesgo de interferencia con los canales adyacentes.

## Ventajas del sistema TDMA de dos partes para las organizaciones profesionales

Si usted está en la categoría de radio profesional de dos vías, y busca un incremento en la capacidad del sistema en canales de 12.5 kHz, junto con un desempeño superior y características avanzadas posibilitadas por soluciones de radio digital, usted necesita decidir qué tecnología utilizar: la FDMA de 6.25 kHz, o la TDMA de 12.5 kHz y de dos partes. La tecnología FDMA de 12.5 kHz sigue siendo una tecnología importante en los sistemas de radio análogo, y actualmente es el estándar para sistemas de radio digital fundamentales para las misiones bajo Project 25, Fase I. Sin embargo, la tecnología FDMA de 6.25 kHz no está bien comprobada y no se ajusta completamente a la estructura actual de canales de 12.5 kHz. Los profesionales que buscan una solución digital deberían considerar con firmeza la tecnología TDMA de dos partes, por las muchas ventajas que ésta provee.

### **Aumento en la eficiencia del espectro**

Como hemos explicado, la tecnología TDMA de dos partes ofrece una manera comprobada de posibilitar una eficiencia equivalente a 6.25 kHz en canales repetidores licenciados de 12.5 kHz. Esto duplica la capacidad de comunicación por canal, al mismo tiempo que satisface las expectativas relacionadas con los requisitos legales del futuro para la eficiencia equivalente a 6.25 kHz. Y, a diferencia de los métodos de transmisión de 6.25 kHz contruidos sobre la tecnología FDMA, la tecnología TDMA se ajusta sin problemas en las estructuras licenciadas existentes en UHF y VHF— desempeño reconocido, ausencia de la necesidad de volver a licenciar o abrir banda, y ausencia del riesgo de nuevas formas de interferencia en canales de radio. La elección de la tecnología digital TDMA hace fácil y rápido el proceso de obtener eficiencia en el espectro y mejorar sus comunicaciones de radio dos vías.

### **Costos de equipo más bajos**

En comparación con la tecnología FDMA de 6.25 kHz, la tecnología TDMA de dos partes le permite a usted lograr una eficiencia equivalente a 6.25 kHz al mismo tiempo que minimiza las inversiones en repetidores y equipo de combinación. Esta es una razón por la cual la tecnología TDMA está tan bien ajustada a las aplicaciones profesionales, en las cuales el presupuesto para los sistemas digitales de radio de dos vías puede estar limitado en comparación con la categoría de sistemas fundamentales para la misiones. FDMA requiere un repetidor dedicado para cada canal, además de un costoso equipo de combinación, para facilitar frecuencias múltiples para compartir una estación de antena de sede única. Puede resultar particularmente costoso hacer que el equipo de combinación funcione con señales de 6.25 kHz y generalmente hay una pérdida de calidad y el rango de la señal cuando se usa de este modo. Por contraste, la tecnología TDMA de dos partes logra una equivalencia de dos canales, usando el equipo de un solo canal. No se necesita equipo adicional de combinación o repetidores.

### **Características avanzadas y flexibilidad**

En una implementación FDMA tradicional de dos vías, cada transmisión ocupa un canal completo de 12.5 kHz. Un solo canal puede acomodar una única llamada semi dúplex. Las implementaciones de propietarios que usan FDMA para lograr dos canales equivalentes a 6.25 kHz hacen posible que dos conversaciones tengan lugar dentro de un canal de 12.5 kHz— pero una vez más, ambas conversaciones son semi dúplex, y no hay flexibilidad para colocar la capacidad adicional en cualquier otro uso.

Los sistemas digitales basados en TDMA con dos espacios de tiempo no son atados por estas restricciones técnicas. Los dos espacios de tiempo pueden ser usados para transmitir dos conversaciones semi dúplex— como sucede con los dos sub canales en un sistema con tecnología FDMA— pero sin necesidad de equipo adicional y sin peligro de reducción del desempeño. A diferencia de FDMA, sin embargo, también es posible usar el segundo espacio de tiempo TDMA para otros propósitos.

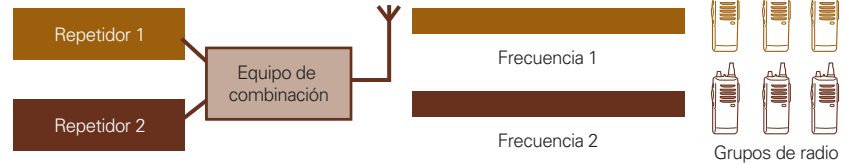
Por ejemplo, los diseños de dispositivos para la primera generación de sistemas de radio de dos vías con tecnología TDMA incluyen la posibilidad de usar el segundo espacio de tiempo para una señal de canal a la inversa. Esta capacidad puede ser usada para el control de llamadas prioritarias, el control remoto del radio transmisor, la prioridad de llamadas de emergencias y mucho más. El segundo espacio de tiempo puede también ser usado para transmitir información de la aplicación, como mensajes de texto, o información de ubicación al mismo tiempo que se ejecuta la llamada—una capacidad útil, por ejemplo, en sistemas de expedición que proveen instrucciones tanto verbales como visuales.

Los sistemas con TDMA ofrecen además la flexibilidad para adaptarse en la medida en que las nuevas aplicaciones emerjan para hacer usos adicionales de los dos espacios de tiempo— preservando las inversiones iniciales al mismo tiempo que proveen un campo abierto para modelos de uso futuro para los sistemas digitales de radio de dos vías. Por ejemplo, el panorama futuro para las aplicaciones TDMA de dos partes incluye la capacidad de combinar temporalmente porciones de información aumentada, o usar ambos espacios juntos para habilitar llamadas privadas completamente dúplex.

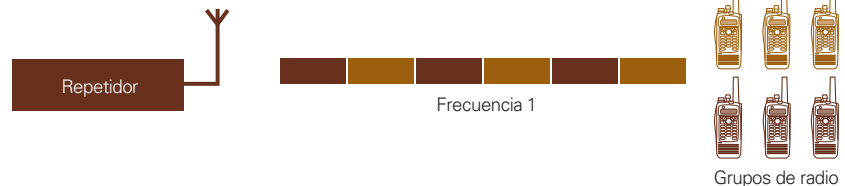
Surgirán capacidades adicionales, orientadas por las necesidades del mundo real de los usuarios de sistemas de radio de dos vías en el mercado profesional. Al elegir TDMA, los profesionales pueden inmediatamente obtener beneficios como una capacidad de voz 2:1 y la posibilidad de señal inversa del canal, dentro de un mismo canal, con la opción de añadir otras capacidades en la medida en que éstas lleguen a estar disponibles. En contraste, FDMA está optimizado para un solo propósito— llamadas semi dúplex.

**TDMA ahorra costos de licencia y equipos, habilitando el equivalente de dos canales de 6.25 kHz dentro de un solo canal licenciado de 12.5 kHz.**

#### Dos canales analógicos o digitales, sistema FMDA



#### Dos canales digital, sistema TDMA



### Durabilidad de función más larga en la batería

Uno de los más grandes desafíos con los dispositivos móviles siempre ha sido la vida de la batería. En el pasado, había solo un par de opciones para aumentar la conversación con una sola carga de batería. Una manera es aumentar la capacidad de la batería. Los fabricantes de baterías ya han hecho un trabajo sobresaliente al maximizar la capacidad, pero solo son posibles algunas ventajas futuras si se incrementa el tamaño de almacenamiento de la batería— disminuyendo, como consecuencia, la portabilidad.

La otra opción es disminuir el poder de transmisión, lo cual es por grandes distancias la función más intensiva en términos de energía, del radio de dos vías. Pero esto significa disminuir el rango de transmisión y aumentar el potencial de interferencia proveniente de otros dispositivos— un asunto no aceptable en situaciones profesionales.

El sistema TDMA de dos partes provee otra opción, muy efectiva. Puesto que cada llamada usa sólo uno de los dos espacios de tiempo, requiere sólo la mitad de la capacidad del transmisor. El transmisor está ocioso durante la mitad del tiempo— esto es, el momento cuando llega el “turno” del espacio de tiempo no utilizado.

Por ejemplo, en un ciclo de labores típico de transmisión del 5 por ciento, 5 por ciento recibe, y el 90 por ciento está inactivo, el tiempo de transmisión cuenta por cerca del 80 por ciento del drenaje actual total de la vida de la batería. Cortando el tiempo efectivo de transmisión a la mitad, el sistema TDMA de dos partes puede entonces posibilitar una reducción del 40 por ciento en el drenaje actual de la batería, es decir, una mejora de hasta el 40 por ciento en el tiempo de conversación. Como resultado, el consume general de batería por llamada es reducido dramáticamente, posibilitando un tiempo de uso mucho más largo en el campo, entre una recarga y otra. Los dispositivos digitales modernos incluyen además tecnologías de descanso y administración de energía que aumentan aún más la vida de la batería.

## La elección correcta para sistemas digitales profesionales de radio de dos vías: TDMA

Para usuarios profesionales, el sistema digital de radio de dos vías en bandas licenciadas es la onda del futuro. Sea que estén usando actualmente sistemas de radio análogos, o estén buscando implementar su primer sistema de radio de dos vías, organizaciones comerciales de todos los tipos pronto estarán escogiendo sus primeras soluciones digitales de radio de dos vías. Las ventajas y oportunidades son simplemente demasiado buenas como para ser ignoradas— en el transporte, la educación, la construcción, la manufactura, la energía y los servicios, la seguridad privada, las pequeñas municipalidades y muchas otras industrias.

Para la mayoría de las empresas en estas profesiones, TDMA provee el mejor método para lograr una eficiencia equivalente a 6.25 kHz en canales licenciados de 12.5 kHz:

- TDMA está siendo apalancado en las iniciativas de los estándares europeos y de los Estados Unidos, con el propósito de proveer una mayor eficiencia de espectro para el mercado terrestre de radio móvil.
- A diferencia de los métodos FDMA para volver a hacer banda de los canales existentes y convertirlos en canales discretos de 6.25 kHz los sistemas TDMA de dos partes, apropiadamente diseñados, se ajustan limpiamente a las estructuras existentes de los canales, sin necesidad de volver a hacer banda ni licencia.
- TDMA aumenta la capacidad hoy mismo, mientras ofrece un sendero que concuerda con los requisitos adicionales de canales que pueden ser aprobados en el futuro.
- Por cuanto aumenta la capacidad sin necesidad de repetidores adicionales o infraestructura adicional, TDMA puede reducir los costos generales de la implementación de sistemas digitales de radio de dos vías.
- TDMA ofrece el desempeño y la flexibilidad para dar soporte a los requisitos funcionales de los profesionales móviles en casi cualquier industria.

## Sistema digital profesional de Motorola para la nueva generación, radio de dos vías con tecnología TDMA

Motorola inventó el primer radio portátil de dos vías, y tiene más de 65 años de experiencia entregando sistemas inalámbricos de comunicación para el gobierno y la industria. Motorola ha surgido como el líder reconocido en la tecnología digital de dos vías, con soluciones comprobadas en el mercado de dispositivos fundamentales para las misiones, el mercado profesional y no licenciado.

Ahora, Motorola está habilitando soluciones innovadoras para el ambiente profesional licenciado. MOTOTRBO™ Professional Digital Two-way Radio System es una plataforma digital de comunicaciones que combina lo mejor del radio de dos vías con la tecnología digital TDMA para entregar una capacidad y una eficiencia de espectro más amplias, aplicaciones integradas de información, y comunicaciones de voz reforzadas. MOTOTRBO está diseñado específicamente para cumplir los requisitos de las organizaciones profesionales que necesitan una solución personalizable apropiada para el comercio, usando el espectro licenciado.

MOTOTRBO es un sistema privado que puede ser entallado para concordar con las necesidades únicas de cobertura y características de ambientes orientados al grupo y a la expedición. MOTOTRBO provee además un retorno rápido de inversión, pues sólo necesita una pequeña inversión sin tarifas continuas, y generalmente se pagará a sí mismo en menos de 18 meses, en comparación con soluciones celulares o portátiles públicas.



MOTOROLA y el logotipo M estilizado están registrados en la Oficina de Patentes y Marcas de los EE.UU.  
Todos los demás nombres de productos o servicios pertenecen a sus respectivos propietarios. © Motorola, Inc. 2006

LS-MTRBO-TMDA-WP