

Tecnologia TDMA: Maior Capacidade e Funcionalidade Para Rádio Digital Bidirecional Profissional

Resumo Executivo

O rádio bidirecional profissional licenciado está prestes a ter a sua maior evolução desde a invenção do transistor—a mudança de analógico para digital. O rádio digital oferece muitas vantagens sobre o analógico, inclusive melhor qualidade de voz a longa distância, maior privacidade, recursos sofisticados de controle de chamadas, capacidade de integração com sistema de dados e muito mais.

Iniciamos agora o que será rapidamente uma migração em larga escala para o rádio digital nas aplicações profissionais. Ao mesmo tempo, as pressões da área de regulamentação combinadas às necessidades operacionais reais de trabalho levam os fabricantes e usuários de rádios a transmitir mais informações na mesma faixa de espectro de RF — ou seja, um aumento da “eficiência do espectro”. Canais capazes de transmitir antigamente apenas uma chamada de cada vez, são agora divididos para duas comunicações.

Há duas tecnologias para esta “divisão” de canais, permitindo vários acessos em um único canal. O FDMA (Frequency Division Multiple Access - Acesso Múltiplo por Divisão de Freqüência) divide a freqüência específica do canal em dois subcanais menores capazes de transmitir simultaneamente chamadas distintas. O TDMA (Time Division Multiple Access - Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo) mantém a largura total do canal, dividindo-a em intervalos (ou ‘slots’) de tempo alternados, cada um deles capaz de transmitir uma chamada individual. As duas tecnologias estão em uso nos Estados Unidos de América para cumprir a determinação da FCC de dividir os canais de 25 KHz em canais de 12,5 KHz, bem como no resto do mundo para conseguir aumentos semelhantes na eficiência do espectro, com ou sem obrigatoriedade no momento.

Nos próximos anos, os regulamentos novos provavelmente exigirão melhorias na capacidade efetiva dos canais de 12,5 KHz. Com o tempo, será obrigatório dar suporte a dois trajetos para voz em um único canal de 12,5 KHz – também denominado como eficiência equivalente a 6,25 KHz. Mas, como já existe tecnologia para esta divisão adicional de canais, os usuários profissionais de rádio não precisam esperar uma atualização dos regulamentos para tirar proveito de benefícios imediatos disponíveis. Mesmo sem obrigatoriedade, os usuários profissionais podem dobrar a capacidade de seus canais licenciados existentes com a adoção de tecnologias digitais para habilitar uma eficiência equivalente a 6,25 KHz. Considerando a possibilidade de benefícios como maior capacidade de comunicação, equipamentos mais baratos, integração de dados, recursos adicionais e muito mais, agora é um momento importante para os usuários de rádio analógicos mudarem para sistemas digitais capazes de eficiência equivalente a 6,25 KHz.

Este documento de referência analisa as duas tecnologias principais de modulação digital capazes desta duplicação de eficiência do espectro: FDMA de 6,25 KHz e TDMA de 1,5 KHz de dois slots, proporcionando capacidade equivalente a 6,25 KHz. As empresas que pretendem migrar para os sistemas digitais profissionais mais eficientes para conseguir maior capacidade e desempenho, deverão escolher entre os dois – o FDMA e o TDMA não são interoperáveis.

Os sistemas com base em TDMA de 12,5 KHz de dois slots, que proporcionam uma capacidade equivalente a 6,25 KHz, são a escolha ideal para a maioria dos profissionais em mobilidade. Os padrões de rádios profissionais com base na tecnologia TDMA já estão em uso generalizado no mundo e as futuras especificações para aumento da eficiência do espectro certamente se basearão também nesta tecnologia. Agora e no futuro, a tecnologia TDMA apresenta vantagens de flexibilidade de recursos, equipamentos mais baratos, maior duração da bateria, adequação imediata às necessidades futuras e capacidade comprovada de aumento da eficiência do espectro sem risco de maior congestionamento ou interferência.

Vantagens do Rádio Digital Bidirecional

Desde a instalação do primeiro transceptor sem fio em um carro de polícia em Bayonne, Nova Jersey, em 1933, utiliza-se a tecnologia do rádio bidirecional como elemento importante para missões da polícia, bombeiros, pessoal de busca e resgate e outras nas linhas de frente da área de segurança pública. E cada vez mais, com a redução dos tamanhos e custos dos modelos novos dos rádios bidirecionais, os profissionais de negócios adotam também esta tecnologia.

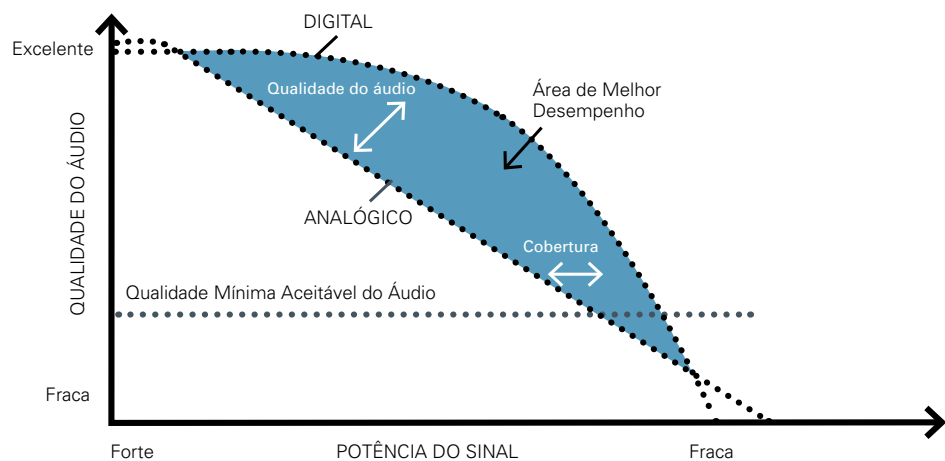
Diversos setores, entre os quais os de transportes, educação, construção, fabricação, energia e serviços de utilidade pública, segurança privada, governo, hospitalidade, varejo e muitos outros, descobriram que o rádio bidirecional pode melhorar a eficiência e capacidade de atendimento, permitindo uma troca instantânea de informações sobre negócios e clientes entre equipes em movimento.

Na maior parte da sua existência, o rádio bidirecional era sinônimo de voz analógica —uma representação de ondas sonoras sob a forma de ondas de rádio com amplitude modulada (AM) ou frequência modulada (FM). De fato, esta é uma das últimas áreas da comunicação profissional afetada pela tecnologia digital. Mas isto está mudando muito rapidamente, por excelentes razões.

A modulação da voz em sinais digitais, em vez de analógicos, apresenta várias vantagens. Antes de tudo, a tecnologia digital dá melhor rejeição de ruídos e preserva a qualidade de voz para alcances maiores que a analógica. Principalmente nos limites máximos de alcance da transmissão, os usuários conseguem ouvir o que está sendo dito com muito mais nitidez—aumentando o alcance efetivo da solução por rádio e mantendo a capacidade de resposta dos usuários às situações mutáveis no campo.

Melhor Desempenho do Áudio Digital

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



A voz digital mantém melhor qualidade que a analógica com a diminuição da potência do sinal.

Dependendo da tecnologia, podem-se projetar os sistemas digitais também para:

- Usar com mais eficiência o espectro de RF licenciado disponível.
- Conjugar o acesso de voz e dados no mesmo aparelho, transmitindo mais informações e instrumentando ao mesmo tempo os trabalhadores de campo com sistemas mais portáteis, flexíveis e muito mais fáceis de usar do que dois sistemas distintos e incompatíveis.
- Dar condições para integração e interoperabilidade com sistemas externos e sistemas de dados tipo 'back-end'.
- Conjugar o som analógico e digital no mesmo aparelho, facilitando a migração para sistema digital, preservando ao mesmo tempo os investimentos em tecnologia analógica.
- Apresentar soluções robustas, práticas, com privacidade e fácil utilização, sem perda significativa da qualidade de voz eventualmente decorrente da codificação analógica.
- Oferecer flexibilidade e segurança no controle de chamadas e capacidade de sinalização.
- Usar arquitetura modular para uma adaptação flexível à evolução das necessidades de negócios e aplicações novas.

As nítidas vantagens do rádio digital — simultâneas à crescente pressão da regulamentação para uso mais eficiente do espectro de RF — promoverão a adoção generalizada das soluções de rádio digital bidirecional profissional nos próximos anos. Quem usa agora um sistema analógico, certamente migrará para uma solução digital. Está na hora de pesquisar as tecnologias disponíveis, para que, quando você estiver pronto para mudança, escolha os sistemas com maiores benefícios de longo prazo.

Padrões e Mercados Para Rádio Digital

Apesar de o panorama do mercado para rádio bidirecional variar um pouco no mundo, pode-se fazer uma divisão aproximada dos mercados em três grandes categorias: (1) uso industrial leve e para consumidores; (2) uso profissional importante para negócios e (3) uso importante para missões de segurança pública. Com alguma sobreposição, há padrões relevantes de rádios bidirecionais digitais aplicáveis de um modo geral a cada uma destas categorias.

Mesmo sem examinar em detalhe as exigências da regulação específica imposta sobre o rádio nos diversos países e regiões, vamos analisar com mais profundidade como os padrões mais importantes, reconhecidos internacionalmente, cobrem as necessidades dos usuários dentro das diversas categorias gerais do mercado. Uma compreensão do panorama geral do mercado nos dará o contexto para discussão das necessidades dos usuários na categoria de uso profissional importante para negócios.

Padrões e Mercados para Rádio Digital

Pode-se fazer uma divisão aproximada dos mercados internacionais de rádio digital bidirecional em três categorias

Categorias do mercado	Exemplos de Mercados Verticais	Padrões para Rádio Digital	
Uso para Missões Críticas de Segurança Pública	Serviços de Emergência Transportes Públicos	Troncalização licenciada TETRA da ETSI	Troncalização e Convencional Licenciados Projeto 25 da TIA
Uso Industrial Leve e Comercial	Aeroportos/ Portos Transportes Petroquímica Fabricação Táxis Locadoras	Governo Local Mineração Serviços de Utilidade Pública Construção	DMR da ETSI Nível 2 – Convencional Licenciado Nível 3 – Troncalização Licenciada
Uso Profissional Importante para Negócios	Armazéns Segurança Privada Agricultura Varejo Hospitalidade	ETSI dPMR Nível 1: Não licenciado DMR Nível 1: Não licenciado	Tecnologias para comunicação no site

- Uso Industrial Leve e Comercial.** Há diversas tecnologias digitais relevantes para este mercado, inclusive tecnologias digitais no local como o FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum – Espalhamento de Espectro por Salto de Frequência) com utilização não licenciada nas bandas de 900 MHz e 2,4 GHz . O ETSI (European Telecommunications Standards Institute - Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações) definiu também dois protocolos Nível 1 para DMR (Digital Mobile Radio - Rádio Digital Móvel) para a banda PMR446 não licenciada; o protocolo Nível 1 para DMR utiliza FDMA de 12,5 kHz, enquanto o protocolo dPMR utiliza FDMA de 6,25 kHz. Utilizam-se os dois protocolos em aplicações comerciais de baixa potência e para consumidores, consumindo uma potência de RF máxima de 0,5 watt.
- Uso Importante para Missões de Segurança Pública.** Esta categoria de mercado se caracteriza pelos requisitos importantes de comunicação e interoperabilidade em missões. Nos países cobertos pelo ETSI, uma das normas digitais relevantes é a norma TETRA (TERrestrial Trunked Radio - Rádio Troncalizado Terrestre), utilizada para dar suporte a vários grupos com conversas em diversas frequências, inclusive chamadas individuais, de indivíduo para grupo ou entre grupos. TETRA é uma norma digital que usa o TDMA de quatro slots em canais de 50 kHz para aumentar a eficiência do espectro e permitir acessos múltiplos.

Nos Estados Unidos, a TIA (Telecommunications Industry Association - Associação de Indústrias de Telecomunicações) estabeleceu o Projeto 25 para definir capacidade semelhante para o mercado de usos importantes em missões. Diferentemente da norma TETRA, o Projeto 25 usa canais de 12,5 kHz com emprego atual de FDMA para os sistemas analógico e digital. A Fase I do Projeto 25 atende o sistema digital convencional e o sistema analógico. A Fase II incorporará capacidade para TDMA no rádio troncalizado digital. Os sistemas compatíveis simultaneamente com a norma TETRA e o Projeto 25 dependem de infra-estrutura sofisticada para apresentar confiabilidade tolerante a falhas e funcionalidade avançada em chamadas, necessárias para a segurança pública e outras aplicações importantes para missões.

• Uso Profissional Importante para Negócios. Dentro das categorias de mercado de uso industrial leve e comercial e de uso importante para missões de segurança pública, existe um enorme mercado para organizações sem engajamento com trabalhos importantes para missões e que não têm as verbas nem necessidade de infra-estrutura cara e tolerante a falhas — mas que, mesmo assim, podem

tirar proveito da maior capacidade dos canais licenciados, recursos avançados, cobertura de grandes áreas e outros benefícios geralmente associados a sistemas de uso importante para missões. Entre os negócios nesta categoria, incluem-se os transportes, educação, construção, fabricação, segurança privada, pequenos municípios e muitos outros setores.

A norma do Nível-2 do ETSI para DMR é a norma relevante de rádio digital voltada para estes usuários, oferecendo eficiência do espectro, recursos avançados de voz e serviços de dados IP integrados em bandas licenciadas para comunicações com alta potência. O Nível-2 da ETSI para DMR exige o uso de TDMA de dois slots em canais de 12,5 kHz. A tecnologia de TDMA de dois slots é o foco principal da nossa discussão neste documento.

Há anos que se utilizam rádios analógicos em aplicações importantes para negócios. Entretanto, com a introdução dos rádios digitais de alta potência pelos fabricantes neste mercado, é possível uma escolha: podem-se montar sistemas de comunicações usando tecnologia proprietária, tal como FDMA digital de 6,25 kHz, ou apoiados em TDMA com base em normas. Os dois não são compatíveis entre si nem interoperáveis.

A Motorola considera o TDMA de dois slots como o melhor modelo para a maioria das aplicações profissionais importantes para negócios de rádio digital bidirecional. Por outro lado, o ETSI selecionou o TDMA como protocolo padrão para aplicações profissionais de Nível-2 de rádio bidirecional, que satisfaz as exigências e metas de eficiência do espectro do ETSI para emissões dos canais. Embora a FCC (Federal Communications Commission – Comissão Federal de Comunicações) não obrigue o uso de protocolos padrão, os aparelhos compatíveis com a norma do Nível 2 da ETSI para TDMA de dois slots atenderão as exigências vigentes da FCC para emissões de canais de 12,5 kHz, superando as especificações de eficiência de espectro projetadas para os EUA no futuro. Com vantagens técnicas para o mercado profissional e o apoio das entidades mais influentes do mundo de normatização das telecomunicações, o TDMA de dois slots é a escolha certa para as organizações que pretendem empregar os sistemas novos de rádio digital bidirecional ou atualizar o seu rádio analógico existente para digital.

Vamos examinar o TDMA de dois slots em mais detalhes e compreender porque é a melhor tecnologia de acesso múltiplo para a maioria das aplicações profissionais.

Acesso Múltiplo e Eficiência do Espectro

O principal objetivo de qualquer tecnologia de RF de acesso múltiplo é conseguir maior eficiência do espectro, permitindo que mais usuários compartilhem determinado canal do espectro licenciado de RF. No passado, dividia-se a licença de ondas aéreas em canais relativamente grandes de 25 kHz. Havia bastante espaço para coexistência dos emissores que usavam estes canais, sem problemas significativos de interferência. Com o tempo, entretanto, as ondas aéreas estão cada vez mais congestionadas, criando a necessidade de novas normas e tecnologias que permitam o compartilhamento por mais usuários de rádio do espectro disponível em áreas específicas.

A promoção da demanda de maior eficiência do espectro decorre, em parte, das agências reguladoras. Nos Estados Unidos, por exemplo, a FCC determina que até 2011 os fabricantes forneçam exclusivamente aparelhos que operem dentro dos canais de UHF e VHF de 12,5 kHz. Até 2013, será obrigatório que todos os usuários de VHF e UHF operem em 12,5 kHz —possibilitando quase dobrar o número de usuários que compartilham as ondas aéreas em relação às licenças atuais de 25 kHz.

A etapa lógica seguinte será a melhoria adicional da capacidade efetiva dos canais de 12,5 kHz. Embora uma mudança para 6,25 kHz não seja obrigatória no momento, isto continua em discussão na FCC e outras agências, e é só uma questão de tempo para haver obrigatoriedade nas bandas de VHF e UHF da capacidade de portar dois trajetos de voz em um único canal de 12,5 kHz, também denominada como eficiência equivalente a 6,25 kHz. Enquanto isso, o TDMA de dois slots oferece uma maneira de dividir um canal de 12,5 kHz em dois intervalos de tempo ('slots') independentes, conseguindo agora uma eficiência equivalente a 6,25 kHz.

Nos aparelhos com base em TDMA de dois slots, não há motivo para esperar determinações do governo para conseguir maior capacidade nos canais licenciados existentes. As empresas podem tomar a iniciativa de conseguir maior eficiência do espectro muito antes dos inevitáveis regulamentos – e à frente da concorrência. E mesmo sem obrigação dos regulamentos, uma maior eficiência do espectro oferece muitos benefícios operacionais. Discutiremos esses benefícios mais tarde. Primeiro vamos explorar como funciona o TDMA de dois slots.

TDMA: Como Funciona

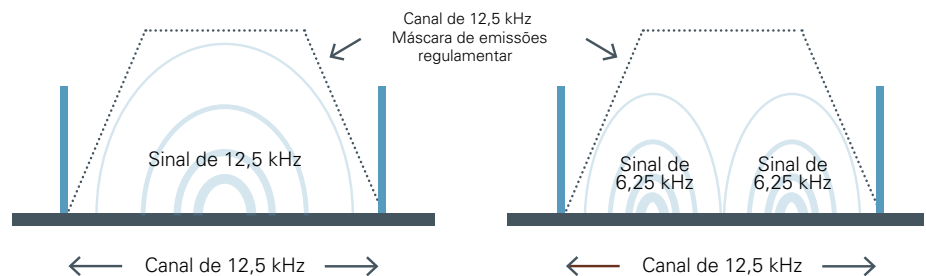
TDMA significa Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo. Assim como o FDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência), o TDMA é uma tecnologia que permite o compartilhamento do mesmo canal de rádio por diversas conversas. Embora com o mesmo objetivo, as duas tecnologias funcionam de maneira bem diferente.

FDMA de 6,25 kHz

No FDMA, divide-se uma frequência de canal em segmentos menores – por exemplo, uma divisão de banda de 25 kHz em dois "subcanais" mais estreitos com transmissão em paralelo para conseguir eficiência de espectro equivalente a 12,5 kHz. Pode-se usar a mesma técnica para conseguir uma eficiência equivalente a 6,25 kHz em canal de 12,5 kHz – embora sem confirmação adequada ainda do desempenho desta técnica em implantações reais de trabalho em larga escala.

Com o estreitamento cada vez maior dos segmentos de um canal licenciado, há uma crescente probabilidade de problemas decorrentes de congestionamento e interferência em sistemas com base em FDMA equivalentes a 6,25 kHz, como mostra a figura seguinte.

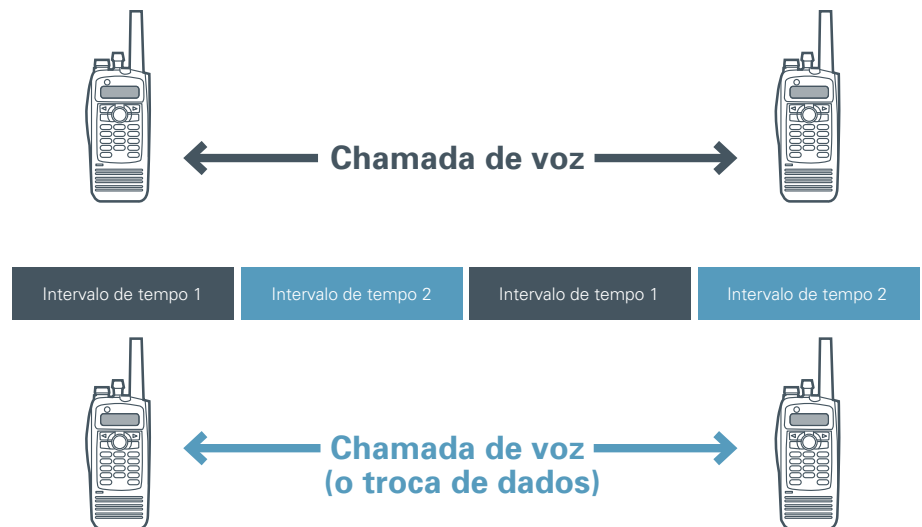
Ao usar a tecnologia FDMA para dividir um canal em dois subcanais, os sinais resultantes devem continuar a se encaixar dentro da máscara de emissões determinada.



Mesmo apertando dois sinais de 6,25 KHz para caber dentro de um canal de 12,5 KHz, será ainda necessário respeitar a máscara de emissões regulamentar do canal. Para isso, o desvio do sinal (representado pela altura e largura dos lóbulos na figura) deve ser obrigatoriamente menor do que se consegue com um único sinal de 12,5 KHz. Este desvio menor significa redução de sensibilidade, diminuindo por sua vez o alcance efetivo do sinal nas condições reais de trabalho. Ao mesmo tempo, há uma tolerância muito pequena para erros decorrentes do envelhecimento do oscilador e o sinal de 6,25 KHz tem mais energia perto das bordas da máscara – aumentando a probabilidade de interferência do canal adjacente e de problemas de interferência próxima/distante. Isto provoca uma redução da qualidade dos serviços nas condições reais de trabalho.

TDMA com Dois Slots

Por outro lado, o TDMA oferece um método comprovado de obtenção de capacidade equivalente a 6,25 KHz em canais repetidores de 12,5 KHz – uma vantagem importante para usuários de bandas licenciadas cada vez mais congestionadas. Em vez de dividir o canal em dois segmentos menores, o TDMA usa a largura total do canal, dividindo-o em dois intervalos de tempo ('slots') alternados. Em consequência, o TDMA dobra basicamente a capacidade do repetidor, mantendo ao mesmo tempo as características de desempenho de RF bem reconhecidas do sinal de 12,5 KHz.



O TDMA divide um canal de 12,5 KHz em dois intervalos de tempo alternados para obter uma eficiência de espectro equivalente a 6,25 KHz quando usado com repetidor

Sob o ponto de vista da física de RF – ou seja, da potência realmente transmitida e das emissões irradiadas – o sinal de 12,5 kHz do TDMA de dois slots preenche o canal e apresenta propagação e desempenho essencialmente iguais aos dos sinais analógicos atuais de 12,5 kHz. Com as vantagens adicionais da tecnologia digital, os rádios com base em TDMA podem funcionar dentro de um único canal repetidor para dobrar aproximadamente a capacidade do analógico, oferecendo ao mesmo tempo desempenho de RF equivalente ou melhor que o do rádio analógico atual.

Como veremos, podem-se usar os dois intervalos de tempo para inúmeras finalidades. A maioria das organizações que pretendem usar rádio bidirecional com base em TDMA terá provavelmente interesse em dobrar a capacidade de voz por canal repetidor licenciado. Ao habilitar capacidade equivalente a 6,25 kHz, o TDMA

dá suporte a duas chamadas semiduplex independentes e simultâneas em um único canal repetidor de 12,5 kHz.

Para quem está acostumado a pensar em rádio analógico, pode parecer problemático dobrar esta capacidade usando dois intervalos de tempo distintos. Será que as duas chamadas não entram e saem ao alternar os intervalos de tempo, tornando a compreensão das duas conversas quase impossível?

É importante lembrar que estamos no mundo digital, onde há codificação das vozes em bits. Embora os sinais analógicos representem a duração real das palavras faladas, os sinais digitais podem codificar esta duração de modo a permitir uma compressão significativa sem comprometer a qualidade da voz. Cada intervalo de tempo do TDMA é bem curto – na ordem de 30 milissegundos. Os circuitos que convertem a voz em bits conseguem compactar efetivamente o equivalente a 60 milissegundos de fala digitalizada em cada intervalo de tempo de 30 milissegundos. O receptor, por sua vez, descompacta esses bits convertendo-os em fala correspondente ao valor total de tempo de 60 milissegundos.

É por isso que, com TDMA, há a possibilidade de duas conversas simultâneas e sem interrupções através de um único repetidor. A alternância dos intervalos de tempo é algo que só ocorre em termos tecnológicos, sem nenhuma percepção pelo usuário. Na verdade, a tecnologia digital oferece melhor supressão de ruído de fundo do que a analógica, conservando ao mesmo tempo a integridade do sinal nos limites mais longínquos do alcance do transmissor – para que ambas as conversas digitais sejam provavelmente mais claras do que seria uma única conversa analógica no mesmo canal. E, como as duas conversas usam a largura total da banda, não há degradação de desempenho no alcance, nem risco adicional de interferência com canais adjacentes.

Vantagens do TDMA de Dois Slots para Organizações Profissionais

Quem está na categoria de rádio bidirecional profissional e busca maior capacidade do sistema em canais de 12,5 kHz, além de melhor desempenho e os recursos avançados decorrentes das soluções de rádio digital, terá de escolher a tecnologia que vai usar: FDMA de 6,25 kHz ou TDMA de dois slots de 12,5 kHz. A tecnologia de FDMA de 12,5 kHz continua sendo importante nos sistemas de rádio analógico, sendo atualmente o padrão da Fase I do Projeto 25 para rádio digital de uso importante para missões. Entretanto, não há comprovação adequada do FDMA de 6,25 kHz, que não se encaixa perfeitamente na estrutura atual do canal de 12,5 kHz. Profissionais em busca de uma solução digital devem considerar seriamente o TDMA de dois slots, tendo em vista as inúmeras vantagens que apresenta

Maior Eficiência de Espectro

Como analisamos anteriormente, o TDMA de dois slots oferece um modo comprovado de habilitar eficiência equivalente a 6,25 kHz em canais repetidores licenciados de 12,5 kHz. Isto dobra a capacidade de comunicação por canal, atendendo ao mesmo tempo as especificações regulamentares futuras para a eficiência equivalente a 6,25 kHz. E, ao contrário dos métodos de transmissão de 6,25 kHz com suporte de tecnologia de FDMA, o TDMA se encaixa perfeitamente nas estruturas existentes de canais licenciados em UHF e VHF – com desempenho reconhecido, sem necessidade de alteração das bandas ou renovação de licenciamento, e sem o risco de novas formas de interferência nos canais de rádio. Com a escolha da tecnologia digital do TDMA é rápido e fácil ganhar eficiência do espectro e melhorar as comunicações do rádio bidirecional.

Equipamentos Mais Baratos

Em comparação com o FDMA de 6,25 kHz, o TDMA de dois slots permite conseguir uma eficiência equivalente a 6,25 kHz, minimizando ao mesmo tempo os investimentos em repetidores e combinação de equipamentos. Este é um dos motivos do TDMA ser tão apropriado para aplicações profissionais, onde pode haver menos verbas para rádio digital bidirecional em relação aos casos onde o uso é importante para as missões. O FDMA exige um repetidor dedicado para cada canal, além de uma combinação dispendiosa de equipamentos para habilitar freqüências múltiplas a compartilharem uma antena única da estação base. Pode ficar especificamente caro fazer equipamentos combinados funcionarem com sinais de 6,25 kHz, havendo normalmente perdas na qualidade do sinal e alcance com este tipo de uso. Por outro lado, o TDMA de dois slots consegue uma capacidade equivalente a dois canais com uso de um equipamento com canal único. Não há necessidade de combinação de equipamentos nem de repetidores adicionais.

Recursos Avançados e Flexibilidade

Em implantações convencionais de rádio bidirecional FDMA, cada transmissão ocupa um canal inteiro de 12,5 kHz. Um canal único pode acomodar uma chamada semiduplex única. Implantações proprietárias que utilizam o FDMA para conseguir dois canais equivalentes a 6,25 kHz permitem a realização de duas conversas dentro de um canal de 12,5 kHz – mas é bom repetir, as duas conversas são semiduplex e não há flexibilidade para usar a capacidade adicional de outro modo.

Estas restrições técnicas não limitam os sistemas digitais com base em TDMA de dois slots. Podem-se usar os dois intervalos de tempo para duas conversas semiduplex – tal como nos dois subcanais em sistema com base em FDMA – sem a necessidade, porém, de equipamentos adicionais e nenhum risco de redução do desempenho. Entretanto, ao contrário do FDMA, pode-se usar também o segundo intervalo de tempo do TDMA para outras finalidades.

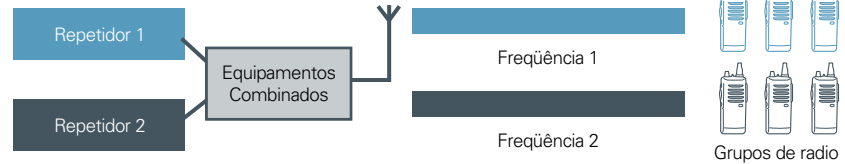
Por exemplo, os projetos de aparelhos da primeira geração de rádio bidirecional com base em TDMA incluem a capacidade de utilização do segundo intervalo de tempo para sinalização do canal reverso. Pode-se utilizar esta capacidade para controle de prioridade de chamada, controle remoto do rádio transmissor, preempção de chamada de emergência e muito mais. Pode-se usar o segundo intervalo de tempo também para transmissão de dados de aplicações, tais como o envio de mensagens de texto ou dados locais em paralelo com as atividades da chamada – uma capacidade útil, por exemplo, nos sistemas de despacho, que apresentam tanto instruções orais como visuais para despacho.

Os sistemas com base em TDMA também oferecem flexibilidade de adaptação enquanto surgem novas aplicações para uso adicional de dois intervalos de tempo – preservando os investimentos iniciais ao mesmo tempo em que fornecem um caminho aberto para os modelos de utilização futura do rádio digital bidirecional. Por exemplo, um plano futuro detalhado para aplicações de TDMA de dois slots inclui a capacidade de combinar temporariamente intervalos de tempo para aumentar as taxas de transferência de dados, ou utilizar os dois intervalos de tempo em conjunto para permitir chamadas privativas totalmente duplex.

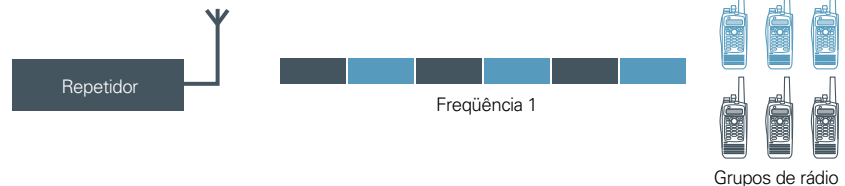
Para atender às necessidades reais de trabalho dos usuários de rádio bidirecional no mercado profissional surgirão também capacidades adicionais. Ao escolher o TDMA, os profissionais recebem benefícios imediatos, tais como a duplicação da capacidade de voz e a sinalização de canal reverso em um único canal, além da opção de acrescentar outras capacidades, quando disponíveis. O FDMA, ao contrário, foi otimizado para um único objetivo – a chamada semiduplex.

O TDMA economiza custos com licenças e equipamentos permitindo o equivalente a dois canais de 6,25 kHz em um único canal licenciado de 12,5 kHz.

Sistema FDMA Digital ou Analógico de dois canais



Sistema TDMA Digital de dois canais



Duração Maior da Bateria

Um dos maiores desafios com os aparelhos móveis sempre foi a duração da bateria. Até então, só havia duas opções para aumentar o tempo de conversa para cada carga de bateria. Uma maneira era aumentar a capacidade da bateria. Os fabricantes de baterias já fizeram um trabalho excelente de maximização de capacidade, porém ganhos futuros somente serão possíveis através do aumento do tamanho da bateria – diminuindo, assim, sua portabilidade.

O outro modo era diminuir a potência da transmissão, sem dúvida, a função do rádio bidirecional que mais consome energia. Mas isto significa uma diminuição no alcance da transmissão e maior potencial de interferência de outros aparelhos – uma compensação inaceitável em usos profissionais.

O TDMA de dois slots oferece outra opção muito efetiva. Como cada chamada utiliza apenas um dos dois intervalos de tempo, ela só utiliza metade da capacidade do transmissor. O transmissor fica ocioso metade do tempo - ou seja, o período correspondente ao intervalo de tempo não utilizado.

Por exemplo, em um ciclo de trabalho normal, usando 5 por cento para transmissão, 5 por cento para recepção e 90 por cento como período ocioso, o tempo de transmissão corresponde a aproximadamente 80 por cento da descarga total na bateria do rádio durante a operação. Ao cortar pela metade o tempo de transmissão efetivo, o TDMA de dois slots permite então até 40 por cento de redução da descarga da bateria durante a operação ou até 40 por cento de aumento do tempo de conversa. Em consequência, há uma redução drástica no consumo total da carga da bateria por chamada, que permite um tempo maior de utilização no campo entre cargas sucessivas. Os aparelhos digitais modernos incluem também tecnologias de gerenciamento da energia e do período de aguardar (modo 'sleep') que prolongam ainda mais a duração da bateria.

TDMA: A Escolha Certa Para o Rádio Digital Bidirecional Profissional

Para usuários profissionais, o rádio digital bidirecional em bandas licenciadas é a tendência do futuro. Quer usem rádio analógico atualmente ou estejam em vias de implantar o seu primeiro sistema de rádio bidirecional, empresas de todos os tipos escolherão em breve as suas primeiras soluções de rádio digital bidirecional. As vantagens e oportunidades são boas demais para ignorar – nos transportes, educação, construção, fabricação, energia e serviços de utilidades públicas, segurança privada, municípios pequenos e muitos outros setores.

Para a maioria das empresas nestas profissões, o TDMA fornece o melhor método para conseguir eficiência equivalente a 6,25 kHz em canais de 12,5 kHz licenciados:

- O TDMA está crescendo com base nas iniciativas de normatização na Europa e Estados Unidos que visam dar eficiência do espectro maior para o mercado de rádio móvel terrestre.
- Ao contrário dos métodos do FDMA de alterar as bandas dos canais existentes para uso em canais discretos de 6,25 kHz, os sistemas TDMA de dois slots projetados adequadamente se encaixam perfeitamente nas estruturas de canais existentes, sem necessidade de alteração de bandas ou novo licenciamento.
- O TDMA melhora a capacidade já, oferecendo uma via para compatibilidade com especificações adicionais de eficiência de canal eventualmente obrigatórias no futuro.
- Por aumentar a capacidade sem necessidade de infra-estrutura nem de repetidores adicionais, o TDMA pode diminuir os custos totais de implantação do rádio digital bidirecional.
- O TDMA apresenta o desempenho e a flexibilidade necessários para dar suporte às especificações de funcionamento dos profissionais em movimento, virtualmente em qualquer setor.

A Próxima Geração Motorola de Rádio Digital Bidirecional Profissional com base em TDMA

A Motorola inventou o primeiro rádio bidirecional portátil e tem mais de 65 anos de experiência na entrega de sistemas de comunicação sem fio para os governos e a indústria. A Motorola surgiu como a líder reconhecida em tecnologia de rádio digital bidirecional, com soluções comprovadas em missões importantes, nas categorias profissionais sem licenciamento.

A Motorola proporciona agora soluções inovadoras para a categoria profissional com licenciamento. O Sistema Profissional de Rádio Digital Bidirecional MOTOTRBO™ é uma plataforma de comunicação digital que conjuga o melhor do rádio bidirecional com a tecnologia digital, com base em TDMA, para dar maior capacidade e eficiência do espectro, aplicativos de dados integrados e melhores comunicações de voz. O projeto do MOTOTRBO atende especificamente os requisitos das organizações profissionais que precisam de uma solução personalizada para comunicações importantes em negócios, utilizando o espectro licenciado.

O MOTOTRBO é um sistema privado que pode ser personalizado para atender as necessidades exclusivas de recursos e cobertura em ambientes de despacho e dedicados a grupos. E o MOTOTRBO apresenta um retorno do investimento rápido, precisando somente de um pequeno investimento inicial, sem nenhuma taxa recorrente, e recupera o capital investido normalmente em menos de 18 meses, se comparado com as soluções das operadoras públicas de celulares.



MOTOROLA e o logotipo M personalizado são registrados no Departamento de Marcas e Patentes dos Estados Unidos. Todos outros nomes de produtos e serviços são de propriedade de seus respectivos donos. © Motorola, Inc. 2007

LP-MTRBO-TMDA-WP