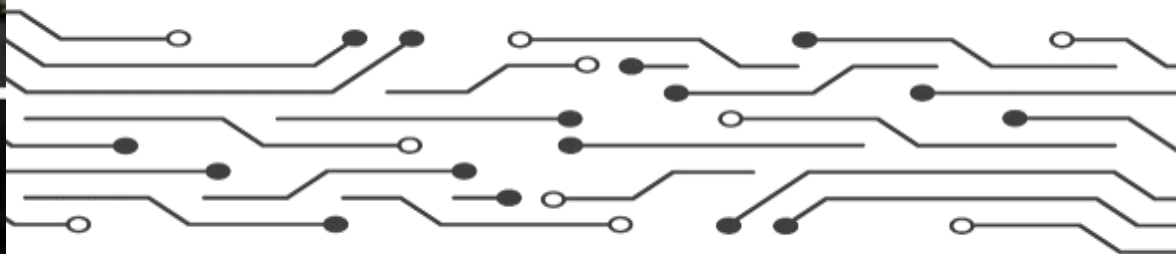




CONCEITOS BÁSICOS



#NetBR Ed.317

Nesta Apresentação

Abordaremos o padrão TETRA de rádio, como surgiu, como funciona, rede e infraestrutura, e a dificuldade de adoção pelo radioamadorismo. Não abordaremos aspectos mais técnicos, como programação, eletrônica, e protocolos.

Caso tenha dúvidas, ou algo para acrescentar, poderá tecer comentários e contribuições ao final da apresentação, ou na página desta edição ao website dvbrazil.com.br



Contexto Histórico



Com a instituição da União Europeia em 1993 seus países membros sentiram na vida real as consequências de um problema que o ETSI (Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações) já vinha alertando. Diferentes países usavam diferentes protocolos e padrões de rádio, alguns padrões proprietários, alguns padrões locais, e padrões americanos como o APCO25. Isto criava uma perigosa bagunça nas comunicações de missão crítica entre países, em infra-estrutura de transportes, segurança pública, reposta a emergências, e operações táticas e militares.

Em 1995 o ETSI publicou o padrão oficial de telecomunicações a ser adotado para estas operações de missão crítica, o TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*), inspirado no MPT-1327, um padrão de *trunking* analógico britânico, mas incorporando tecnologia digital. O padrão presava pela interoperabilidade entre países e instituições, comunicação digital, criptografia, formação de redes hierárquicas, tráfego de voz e dados.

Um sistema de *trunking* é caro e bastante complexo de configurar, veremos mais adiante. Para atender o uso comercial, profissional, radioamadorismo e recreativo, o ETSI publicou em 2005 um segundo padrão de rádio digital para voz e dados, inspirado no MotoTRB, mais barato e mais simples de operar, chamado de *Digital Mobile Radio* (DMR).

IMPORTANTE: conforme apresentarmos o TETRA faremos eventuais comparações com o sistema DMR, simplesmente pelo fato do DMR ser um sistema bastante utilizado e conhecido e explicado aqui por nós, com materiais disponíveis para consulta. Não sendo portanto nossa intenção comparar TETRA e DMR, mas sim algo meramente didático, comparando algo que pouco conhecemos com algo que bem conhecemos.

Trunking do TETRA

O termo *trunking* deriva dos sistemas de *trunk lines*, ou linhas tronco. Imagine uma central telefônica PABX (*Private Automatic Branch Exchange*) onde algumas linhas tronco atendem a central, que divide seus terminais em ramais, cada qual com seu número interno, que podem efetuar chamadas internas entre si, e fazer e receber chamadas externas através do roteamento com estas linhas tronco. O *trunking* é basicamente isto, mas os terminais comunicam-se por RF com a central telefônica. Em uma analogia simplista, é como se cada terminal fosse um telefone celular com PTT comunicando-se via rádio com uma central telefônica privada.

COMO FUNCIONA?

O TETRA ocupa uma largura de banda de 25KHz, dividindo-a geralmente em sub-frequências **teóricas** de 6,25KHz (F1, F2, F3, F4, o padrão mais adotado). Cada frequência possui 4 slots de tempo divididos em TDMA (multiplexação por divisão de tempo). Ou seja, são 16 slots disponíveis nesta configuração. Os slots 1 e 2 da F1 são os canais de controle do *trunking*.

Quando o terminal A deseja chamar o terminal B, este pedido é enviado pelo canal de controle, o sistema de gerenciamento seleciona um slot e frequência livre, e devolve pelo canal de controle a instrução para conexão (por exemplo, terminais A e B utilizem o slot 2 da F3 para tráfego privado de voz). O mesmo ocorre em chamadas de grupo, o sistema gerenciador informa pelo canal de controle para cada grupo ativo qual frequência e slot devem usar para conversação (ex: GRUPO 724 utilizem slot 1 da F4). Além de voz simplex, o TETRA permite voz duplex, chamadas telefônicas incluindo conexão com rede pública, tráfego de mensagens de texto, pacotes de dados binários, tráfego de telemetria e geo-localização.



Modulação de Rádio

O TETRA ocupa uma largura de banda de 25KHz (padrão), pode efetuar sub-divisões teóricas dentro desta banda, e cada banda opera com 4 slots TDMA (divisão por tempo para múltiplo acesso). A taxa bruta de dados é de 36000 bits por segundo, assumindo configuração de 4 canais com 4 slots cada.

No DMR um *frame* é formado a cada 30ms, e 6 *frames* para formar um *superframe*. No TETRA, 18 *frames* de 56ms formam um *multiframe*. Um *superframe* ou multiframe é um pacote completo: possui *preamble* (sinal de sincronização), cabeçalho (origem, destino, tipo de dados), a carga de dados digitais, e um *trailer* no final para auxiliar na correção de erros e indicar o final do pacote.

Enquanto o DMR utiliza modulação digital em 4FSK (chaveamento de bit por frequência), o TETRA utiliza o $\pi/4$ -DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying), um chaveamento de bit por mudança de fase da onda, mas neste caso pela diferença de fase dentro a fase/símbolo anterior, e operando com 4 fases possíveis (45 graus), oferecendo 2 bits por símbolo. O TETRA é o único padrão de rádio digital que utiliza modulação digital QPSK.

O TETRA utiliza criptografia simétrica de dados chamada TEA (*TETRA Encryption Algorithm*) de 4 tipos: TEA1 para uso comercial na Europa, TEA2 para governamentais e segurança pública dentro da Europa, TEA3 para governamental e segurança pública fora da Europa, e o TEA4 para uso geral.

Aspecto	DMR	TETRA
Acesso por canal	TDMA (2 slots)	TDMA (4 slots)
Modulação	4FSK	$\pi/4$ -DQPSK
Largura típica	12,5 kHz	25 kHz
Sincronismo	Crítico (slot)	Crítico (Freq e slot)
Capacidade	2 QSOs	14 QSOs
Latência local	Média	Alta
Foco	Profissional e Radioamadorismo	<i>Trunking</i> e Missão Crítica
Codec	AMBE	ACELP



Codificação de Voz (ACELP)

ACELP vs AMBE	
Comparação de Codecs de Voz Digitais	
ACELP	AMBE
	
ACELP	AMBE
Uso Atual	Uso Atual
Governo e Padrão TETRA	Chip Dedicado & Licenciado
 Especificações Públicas	 Algoritmo Secreto & Licenciado
Latência	Latência
 Baixíssima ~ 30 ms*	 Baixa ~ 60 ms
*Necessária para Rádio PTT	
Qualidade de Áudio	Qualidade de Áudio
	
• Robusto a Erro • Estratégico e Claro	• Tom Natural • Voz Suave & Clara
Resumo sa	Resumo de
✓ Padrão Aberto & Público ✓ Robusto para Rádio Profissional ✓ Latência Muito Baixa ✓ Uso Governamental & Crítico	✓ Patentado & Proprietário ✓ Ideal para Rádio Comercial ✓ Latência Baixa ~ 20 ms ✓ Uso Comercial & Padronizado
 Aberto & Robusto	 Fechado & Suave

A natureza do *digital voice* é justamente o *vocoder*, transformar a voz humana em dados digitais, e depois transformar estes dados digitais de volta em voz humana. O TETRA optou pelo ACELP (*Algebraic Code Excited Linear Prediction*). Já as redes tradicionais tais como DMR, D-STAR, P25, etc, utilizam o *vocoder* AMBE (*Advanced Multi-Band Excitation*). Caso queira entender como o AMBE funciona sugerimos consultar a edição 281 da NETBR.

ACELP é um codec de voz baseado em **predição linear e excitação algebraica**. O ACELP analisa a onda da voz humana e aplica uma equação matemática sobre esta onda, gerando uma informação numérica que pode ser transmitida em meio digital. E faz o caminho inverso, transformando estes números de volta em voz humana.

De uma forma ainda mais simples de entender, enquanto o AMBE transforma a voz em uma partitura digital tabelada, o ACELP atua como um conversor digital de ondas e muito simplificado. No AMBE a voz é mais polida e natural, enquanto no ACELP a voz parece um pouco robotizada, tanto pela alta taxa de compressão quando pelo espaçamento dos slots TDMA.

Lembrando que o TETRA não trafega apenas voz, ele também pode trafegar rádio-pacotes de dados variados.

TETRA no Radioamadorismo

Podemos afirmar que sim, é possível utilizar equipamentos TETRA no radioamadorismo, dentro das bandas licenciadas, mas não é fácil. Vale lembrar que o TETRA não é um padrão para rádio-comunicação, é um padrão para *trunking*. Não existem repetidoras no TETRA, existem ERBs (Estações Rádio Base) chamadas de TBS (*TRETA Base Station*), extremamente complexas de configurar e operar, tanto quanto uma ERB de telefonia celular.

Todavia o TETRA permite o DMO (*Direct Mode Operation*, ou Modo de Operação Direta), onde um grupo de transceptores próximos conseguem conversar entre si sem depender da infra-estrutura de ERBs e *trunking*. Para operação em radioamadorismo, o transceptor TETRA deve ser colocado em modo DMO, selecionar frequência e modo simplex ou o offset para *duplex*, selecionar o timeslot desejado, desativar criptografia ou informar a chave de criptografia "0000000000" (dez zeros) para o *timeslot*, e definir o ID de chamada privada ou o ID do grupo de chamada. Todos os equipamentos participantes no DMO devem possuir as mesmas configurações selecionadas.

TETRA para Radioamadorismo



A construção de repetidora neste cenário fica bastante dificultada, até impossível, mesmo criando uma repetidora de frequência de banda 25KHz, pois os pacotes de sincronização do canal de controle dependem de como o transmissor está sincronizado com os equipamentos próximos, ou seja, a repetição precisa decodificar e retransmitir o protocolo. Uma opção para repetidoras DMO são equipamentos proprietários com a capacidade de "DMO Gateway", mas são caros e proprietários, destinados a operações militares ou táticas.



Curiosidades sobre o TETRA



Canal, frequência e timeslot não são configuráveis

Exceto no modo DMO, isso é definido pela rede e designado via canal de controle.





Rede HamTetra para Radioamadores

Grupos criaram uma rede experimental, operando em DMO e com poucas ERBs.

Não existem refletores TETRA públicos

Refletores como DMR e APC025 são proprietários e licenciados.





Transceptores podem atuar como telefone

Chamadas de voz duplex e envio de SMS, com número próprio, se autorizado pela rede.

IDs: SSI e ITSI

O SSI possui 7 dígitos e pode ser hierarquizado.
O ITSI inclui MCC (país) + MNC (rede) + SSI (equipamento).





IDs: SSI e ITSI

O SSI possui 7 dígitos e pode ser hierarquizado.
O ITSI inclui MCC (país) + MNC (rede) + SSI (equipamento).



Curiosidades sobre o TETRA:

-Exceto pelo modo DMO, não é possível selecionar canal, frequência e *timeslot*, isto é definido pela rede e designado através de pacotes no canal de controle;

-Alguns grupos radioamadores europeus criaram uma rede experimental chamada HamTetra, que operam em modo DMO no geral, e possuem algumas poucas ERBs TBS;

-- Existem refletores para outras redes, como APC025 e DMR, mas são proprietários e licenciados, não existe refletor TETRA público;

-Qualquer transceptor TETRA podem atuar como telefone celular, efetuando e recebendo chamadas de voz em duplex, enviando e recebendo SMS, e com o próprio número de telefone, desde que isto seja configurado na rede;

-O TETRA também possui ID de 7 dígitos, chamado SSI, que pode ser hierarquizado (região, local, estação). Em redes interligadas pode-se habilitar o identificador ITSI, composto pelo MCC (código de país) mais o MNC (identificador da rede) mais o SSI, algo semelhante ao adotado em redes GSM de telefonia celular.

Considerações Finais

No Brasil, o padrão TETRA foi adotado pela Polícia Rodoviária Federal com uma estrutura de rede nacional. Também foi adotado pela empresa ALL (América Latina Logística) em suas operações. Alguns poucos Estados adotaram nas operações de segurança pública e bombeiros.



Nesta apresentação conhecemos superficialmente o TETRA, sua história, conceitos, como funciona, algumas curiosidades, e a dificuldade de aplicação no radioamadorismo. Compreendemos que o TETRA é um padrão de rádio-comunicação digital para *trunking*, objetivando aplicações de missão crítica, governamentais ou corporativas de grande-porte.

E você? Já conhecia o TETRA? Já operou algum transceptor TETRA?
Conte aqui para nós, ou deixe seu comentário na página desta edição.

Caso tenha interesse por um ou mais assuntos abordados, recomendamos que faça suas próprias buscas e pesquisas, tendo este material e conteúdo aqui apresentado como mera referência.



AGRADECEMOS PELA ATENÇÃO

#NetBR Ed.317

•O Autor deste artigo (PY2UTU) e seus divulgadores (DVBrazil) não assumem responsabilidade sobre atos ou omissões de terceiros que venham mencionar o conteúdo deste artigo em outros conteúdos e materiais e meios. Algumas imagens presentes são de domínio público, as demais imagens presentes neste conteúdo foram geradas por AI e cedidas a DVBrazil. Reprodução ou divulgação, ainda que parcial, requer prévia autorização da DVBrazil.