

COMUNICAÇÕES EM ALTA FREQUÊNCIA (HF): BANDA LARGA – UMA NOVA REALIDADE

Capitão de Mar e Guerra (RM1-EN) **MARCELO JORGE DE ASSIS MOTTA**

Gerente de Marketing para América Latina - Collins Aerospace
Pós-graduação em Análise de Sistemas e Mestre em Engenharia Elétrica

FOTO: Collins Aerospace

INTRODUÇÃO

Sistemas rádio de alta frequência têm sido usados para a transmissão de dados há anos. A recente introdução de formas de onda que utilizam larguras de banda muito maiores que as tradicionais 3 kHz representa mudança significativa no potencial de transmissão de grandes quantidades de dados.

Nos últimos anos, as ameaças decorrentes de Ambientes de Acesso Satelital Negado, a falta de cobertura ou indisponibilidade de comunicação satelital em determinadas regiões do planeta, combinadas, em alguns casos, com as despesas associadas a serviços comerciais de satélite, levaram à necessidade de maior taxa de transferência de dados em alternativas não satelitais para comunicações além da linha de visão (BLOS – *beyond line of sight*). Além dos rádios de HF, alternativas de comunicações BLOS incluem sistemas de *relay High Altitude Platform* (HAP), fibra óptica, micro-ondas e sistemas de comunicações baseados na utilização da troposfera.

HF de banda larga é um sistema BLOS alternativo extremamente econômico, quando se consideram os custos totais do ciclo de vida. Além disso, pode ser facilmente implantado em praticamente qualquer região remota e sem infraestrutura de telecomunicações, proporcionando comunicação confiável e segura de longo alcance. É a solução ideal para comunicações ponto a ponto de longa distância, devido à sua alta taxa de transmissão de dados.

HF de banda larga é uma tecnologia emergente que utiliza o espectro HF para o transporte de dados a longas distâncias, além da linha de visada, aumentando a taxa de transferência de dados em até 25 vezes em relação às taxas alcançadas pelos melhores sistemas convencionais de dados de rádio HF, de 3 kHz de banda. O aumento da taxa de transferência de dados de HF permite, por exemplo, o envio de imagens de grande tamanho para locais além da linha de visão em até 90% menos tempo do que os sistemas de HF atuais.

Trabalhando com outras empresas e dentro do processo de Padrões Militares dos EUA, a Collins Aerospace ajudou a definir o HF de banda larga em atualizações recentes das normas MIL-STD-188-110D Apêndice D (forma de onda do modem de HF de banda larga) e MIL-STD-188-141D (Estabelecimento Automático de Link – *Automatic Link Establishment* (ALE) – em HF). Nos últimos anos, vários testes conduzidos pela Collins Aerospace, órgãos de pesquisa e organizações governamentais em todo o mundo mostraram a utilidade das formas de onda de HF de banda larga.

A Collins Aerospace continua a desenvolver soluções que suportam formas de onda de HF de banda larga, desde componentes individuais até sistemas integrados, dependendo da necessidade do cliente. A arquitetura é adaptável e escalonável para se adequar a uma ampla gama de tamanhos de sistema com operação de 1,5 a 30 MHz e potência de 1 kW ou 5 kW.

FORMAS DE ONDA DE BANDA LARGA HF – TAXAS DE DADOS E COMPARAÇÃO COM SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO POR SATÉLITE

A tabela ao lado descreve as taxas de dados em bits por segundo (bps) e os tipos de modulação para cada largura de banda definida. A primeira linha na figura designa as larguras de banda HF definidas; a primeira coluna à esquerda define os tipos de formas de onda.

Taxas de dados (bps) em função da largura de banda definida, de acordo com a MIL-STD-188-110D

Wave Form ID	Min SNR	3 kHz	6 kHz	9 kHz	12 kHz	15 kHz	18 kHz	21 kHz	24 kHz	30 kHz	36 kHz	42 kHz	48 kHz
Walsh	-8	75	150	300	300	300	600	300	600	600	1,200	1,200	1,200
2PSK	0	150	300	600	600	600	1,200	600	1,200	1,200	2,400	2,400	2,400
2PSK	2	300	600	1,200	1,200	1,200	2,400	1,200	2,400	2,400	4,800	4,800	4,800
2PSK	5	600	1,200	2,400	2,400	2,400	4,800	2,400	4,800	4,800	9,600	9,600	9,600
2PSK	7	1,200	2,400	-	4,800	4,800	-	4,800	9,600	9,600	12,800	14,400	16,000
2PSK	8	1,600	3,200	4,800	6,400	8,000	9,600	9,600	12,800	16,000	19,200	19,200	24,000
4PSK(a)	9	2,400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4PSK(b)	11	3,200	6,400	9,600	12,800	16,000	19,200	19,200	25,600	32,000	38,400	38,400	48,000
8PSK	14	4,800	9,600	14,400	19,200	24,000	28,800	28,800	38,400	48,000	57,600	57,600	72,000
16QAM	17	6,400	12,800	19,200	25,600	32,000	38,400	38,400	51,200	64,000	76,800	76,800	96,000
32QAM	20	8,000	16,000	24,000	32,000	40,000	48,000	48,000	64,000	80,000	96,000	96,000	120,000
64QAM(1)	23	9,600	19,200	28,800	38,400	48,000	57,600	57,600	76,800	96,000	115,200	115,200	144,000
64QAM(2)	25	12,000	24,000	36,000	48,000	57,600	72,000	76,800	96,000	120,000	144,000	160,000	192,000
256QAM	28	16,000	32,000	48,000	64,000	76,800	90,000	115,200	120,000	160,000	192,000	192,000	240,000

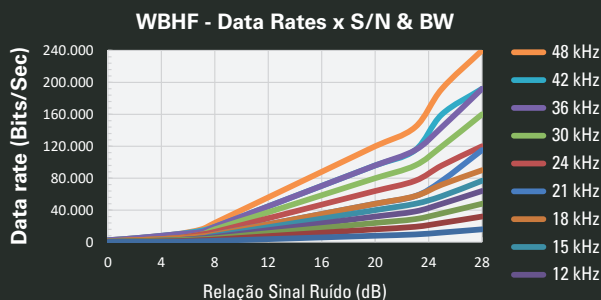
Fonte: MIL-STD-188-110D

Pode-se notar que, à medida que a largura de banda aumenta, a modulação utilizada também muda, e a consequência é o aumento da taxa de dados, que pode chegar a 240 kbps para largura de banda de 48 kHz e esquema de modulação 256 QAM.

A figura 1 mostra como o aumento da largura de banda fornece aumento consequente da taxa de dados para qualquer relação Sinal / Ruído (S/R). Verifica-se, também, que, à medida que a largura de banda aumenta, mais ruído é adicionado ao sinal de recepção. Considerando a largura de banda e o aumento do ruído, as taxas de dados resultantes em um link dependem das condições reais do canal de propagação e do ruído local nos sites. No entanto, normalmente, nota-se aumento na taxa de dados, conforme mostrado na figura.

O aumento da taxa de transferência de dados em HF oferece a oportunidade de se transmitirem grandes cargas úteis de dados de baixa prioridade sobre redes de comunicação BLOS, quando os serviços SATCOM não estão disponíveis (como no caso dos sistemas de banda Ku na região amazônica, onde chove com frequência) ou reduzindo a demanda de circuitos SATCOM, diminuindo as despesas de utilização do segmento espacial.

Figura 1 – As taxas de dados (bps) aumentam como consequência do aumento da largura de banda para qualquer razão Sinal/Ruído (S/N)



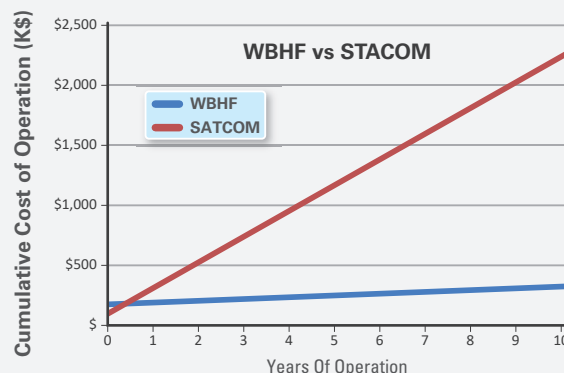
Fonte: Collins Aerospace

A figura 2 fornece uma comparação ilustrativa de custo operacional entre o HF de banda larga e o sistema SATCOM equivalente. Ambas as soluções demandam investimento inicial para implantação, mas comunicações de banda larga em HF não requerem despesas mensais regulares de utilização, sendo mais baratas a longo prazo.

ESTABELECIMENTO DE LINK AUTOMÁTICO DE QUARTA GERAÇÃO (ALE 4G)

O desenvolvimento de formas de onda de HF de banda larga resultou na necessidade de um sistema ALE de quarta geração para oferecer suporte a esses novos recursos. O ALE para sistemas de HF de banda larga precisa levar em conta a possibilidade de usar canais de largura de banda variada, deve ser capaz de selecionar o melhor canal disponível com base na possibilidade de ajustar a frequência da portadora e usar um canal menor que a largura de banda máxima permitida, dentro da faixa espectral alocada. O ALE para um sistema de HF de banda larga deve também incorporar todas as funcionalidades encontradas nos sistemas ALE das gerações anteriores, sendo os principais problemas do projeto tratados nos protocolos de configuração de link. A filosofia de projeto do ALE do HF de banda larga tem sido usar sinais baseados na

Figura 2 – Custos operacionais: HF de banda larga x SATCOM

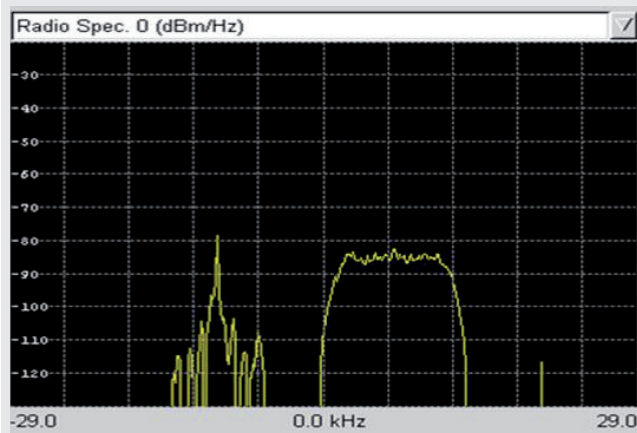


Fonte: Collins Aerospace

forma de onda de 3 kHz de banda larga do Apêndice D para realizar a função de chamada, enquanto o receptor monitora a largura de banda disponível.

A deficiência óbvia de se usar um ALE de geração anterior para configurar uma chamada para um link de banda larga HF é que o ALE de 3 kHz foi projetado para escolher uma frequência e configurar um link de 3 kHz, ou seja, de banda estreita. Na ausência de qualquer interferência, com a propagação sendo a única consideração, a melhor frequência de 3 kHz corresponderá a melhor frequência de banda larga. Quando a interferência é considerada, em muitos casos, o ambiente de interferência fora da frequência de conexão de 3 kHz será fator determinante da melhor frequência utilizável para tráfego de banda larga. A forma de onda do Apêndice D foi projetada para permitir o uso de larguras de banda em qualquer múltiplo inteiro de 3 kHz a 24 kHz. Um HF ALE de banda larga deve ser capaz de determinar a ocupação de frequências candidatas. Se a alocação de um usuário permitir que eles transmitam em qualquer lugar dentro de um intervalo de 24 kHz, o ALE avaliaria todo o intervalo de 24 kHz. Se houver interferências, o ALE deve selecionar o maior intervalo livre de interferências para a forma de onda do tráfego. Isso é ilustrado na figura abaixo, uma forma de onda de 12 kHz foi inserida no espectro livre entre dois interferentes potenciais.

Figura 3 – Uma forma de onda de tráfego de 12 kHz foi inserida no espectro livre entre dois sinais interferentes



Fonte: Collins Aerospace

A evolução dos padrões de ALE para HF varia desde o ALE 2G (segunda geração), passando pelo ALE 3G (terceira geração), para transporte tático de dados em ambientes congestionados, até o ALE 4G (quarta geração), para os sistemas de alta velocidade de transferência de dados por meio da tecnologia de banda larga em HF. Todos os três principais protocolos ALE dos últimos 35 anos têm seus

pontos fortes, e os sistemas de HF modernos devem oferecer suporte a todos os três padrões para maximizar a interoperabilidade com sistemas HF legados mais antigos e mais modernos.

O padrão ALE 4G foi projetado especificamente para links de HF de banda larga de alta velocidade. No entanto, o ALE 4G oferece suporte a todos os tipos de comunicação legados, incluindo voz analógica, pequena taxa de dados, grande quantidade de dados, *streaming* de vídeo e voz digital. O padrão ALE 4G foi projetado para incluir suporte aos recursos ALE 2G e 3G atuais, juntamente aos requisitos de HF de banda larga.

A SOLUÇÃO DE HF DE BANDA LARGA DA COLLINS AEROSPACE

A Collins Aerospace implementou o HF de banda larga em dois tipos diferentes de soluções: fixa e transportável.

A solução fixa pode ser fornecida em um *rack* integrado denominado URG-IV (*Universal Radio Group IV*), com suas duas unidades internas principais: o rádio de banda larga RT-2200A e um amplificador de potência de 1 kW. Como alternativa, o rádio e o amplificador de potência podem ser fornecidos separadamente e instalados em um *rack* de 19 polegadas existente no local.

A Collins projetou, também, um sistema transportável completo de HF de banda larga, consistindo de caixas transportáveis, antena tática, cabos necessários e um laptop.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia de comunicação de HF de banda larga está totalmente desenvolvida e pronta para ser usada. Ela fornece comunicações digitais totalmente modernas como alternativa às tradicionais comunicações de áudio ruidosas em HF. Oferece também modos de comunicação muito robustos que permitem dados de baixa taxa e mensagens de texto com níveis de sinal que não seriam suportados com os sistemas de HF atuais. Além disso, aumenta significativamente a taxa de dados até 25 vezes mais rápido do que os sistemas HF tradicionais, de 3 kHz, reduzindo o tempo de transmissão e, conseqüentemente, a indiscrição eletromagnética.

Este canal de comunicação faz uso da ionosfera e fornece comunicações de longa distância sem o uso de satélites ou infraestrutura de rádio terrestre. Esta é uma vantagem considerável em ambientes sem infraestrutura de telecomunicações, com recursos limitados ou onde as comunicações satelitais não funcionem, sendo mais baratas do que as mesmas, quando comparando os custos do ciclo de vida.