

LA EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES HF EN LA ARMADA

Jorge MARTÍNEZ LAFUENTE
Ingeniero técnico de Arsenales

Situación actual de las comunicaciones HF en la Armada. Sistema BRASS

Características de las comunicaciones HF

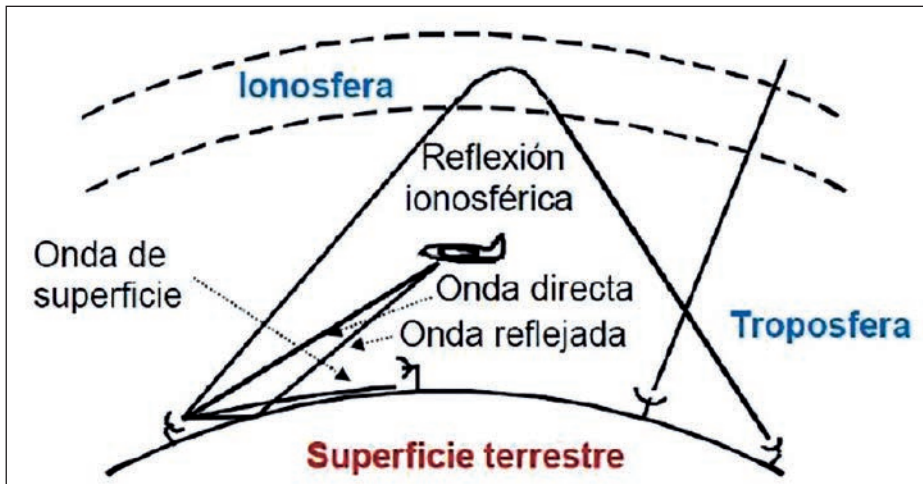


L descubrimiento de las comunicaciones por radio ha estado siempre rodeado de polémicas respecto a quién se le atribuye su invención, debido a que a lo largo de la historia han sido muchos los ingenieros e inventores que han contribuido a establecer sus principios teóricos y físicos. A pesar de esta controversia, se considera al ingeniero italiano Guillermo Marconi el primero en conseguir una transmisión por radio en 1894. Unos años antes, el ingeniero e inventor estadounidense de origen serbio Nikola Tesla ya había realizado varias demostraciones y había publicado algunos artículos sobre los principios de la radio. Esto supuso que ambos acabasen en los tribunales por los derechos de la patente, aunque fue Marconi quien probó ante el Ejército y la Marina norteamericana las aplicaciones de su invento. Por otro lado, y de acuerdo con las últimas investigaciones, el ingeniero militar español Julio Cervera desarrolló la radio antes

que Marconi. Si bien Marconi fue el inventor de la telegrafía inalámbrica, cuya función era la de transmitir señales pero no sonidos, Cervera emitió voz humana de forma inalámbrica entre las localidades de Jávea e Ibiza a principios de la década de 1900, lo que significó transferir voz por primera vez a decenas de kilómetros (AEME, 2021).

Las primeras formas de uso del espectro electromagnético para establecer radiocomunicaciones inalámbricas más allá de la línea de visión o BLOS (1) empleaban la banda del espectro radio en HF (*High Frequency*). Este tipo de radiocomunicación lleva en uso desde entonces en las marinas de guerra de todo el mundo y, hasta la llegada de la era espacial a finales de 1950, fue la única alternativa para transmitir y recibir información con los buques desplegados alrededor del orbe. Sin embargo, con la aparición del SATCOM (Comunicaciones por Satélite), el HF para comunicaciones a larga distancia ha quedado relegado a un segundo plano, debido a que los nuevos servicios CIS (Sistemas de Información y Comunicaciones) demandados por las marinas de guerra tienen unos requisitos de ancho de banda y velocidad de transmisión que el HF difícilmente puede proporcionar.

Las características de las comunicaciones HF se fundamentan en varios aspectos, como son las frecuencias de propagación empleadas (comprendidas en la banda entre 3 y 30 MHz), el ancho de banda disponible (habitualmente canales de 3 kHz), la dependencia de la propagación con el estado de la ionosfera (capa atmosférica de ionización variable por la actividad solar), la alta potencia necesaria para asegurar unos niveles adecuados de señal a ruido (del orden de varios kW) y el elevado tamaño de las antenas (un látigo de HF en un buque tiene una longitud típica de 10 a 12 metros).



Mecanismos de propagación de HF. (Fuente: GARCÍA DEL PINO *et al.*, 2014)

(1) BLOS (*Beyond Line Of Sight*): enlaces radio más allá de la línea de visión. Los enlaces BLOS pueden conseguirse mediante el uso de HF, comunicaciones por satélite o comunicaciones troposféricas.

Estas características pueden presentar en algunos casos limitaciones frente al SATCOM. Sin embargo, el HF también cuenta con ventajas. Por un lado, en términos de cobertura, existen zonas de navegación en latitudes altas que los satélites geoestacionarios no son capaces de cubrir, pero que mediante HF son fácilmente alcanzables. Por otra parte, el escenario operativo actual ha demostrado que el HF es más robusto y seguro que las comunicaciones por satélite, las cuales son vulnerables a ataques de interferencia de señal (*jamming*), suplantación de señal (*spoofing*) y otras técnicas de denegación de servicio. Además, en términos de gasto, los sistemas HF son menos costosos que un sistema SATCOM si se tienen en cuenta los costes de despliegue, operación y mantenimiento. Por último, para poder explotar las capacidades del SATCOM, es necesario financiar los servicios de terceros que dan acceso a los transpondedores del segmento satélite, al menos hasta que los nuevos satélites nacionales SPAINSAT NG estén en órbita y operativos. Los sistemas HF, al ser propiedad de la nación que los despliega, permiten reducir los riesgos asociados a la dependencia de proveedores de servicios externos, como ocurre con el SATCOM.

Por estas razones, la capacidad de mantener servicios CIS en entornos DDIL (2) reside en la actualización y el mantenimiento de las comunicaciones HF, de forma que se minimice la dependencia que las marinas de guerra tienen con las comunicaciones por satélite en la actualidad.

El sistema BRASS en la Armada. Estaciones radio y buque

La Armada cuenta desde el año 2006 con el sistema BRASS (3) para proporcionar la capacidad de comunicación en HF, que consiste en un conjunto integrado de comunicaciones que permite a las estaciones en tierra comunicarse con las unidades que se encuentran en la mar y proporciona servicios de voz analógica y mensajería. España fue la primera nación en disponer de este sistema, pero después han sido muchos los países que han optado por incorporarlo. El sistema BRASS desplegado por la Armada permite no sólo enlazar con las unidades nacionales mediante las estaciones radio en tierra, sino también ofrecer enlaces HF a las unidades aliadas de la OTAN cuando lo solicitan.

(2) DDIL (*Denied, Disrupted, Intermittent and Limited Bandwidth*): entornos de operación degradados por condiciones atmosféricas o meteorológicas, pero también por agentes externos. Implican una reducción o interrupción en el acceso a los servicios y la limitación del ancho de banda útil y la velocidad de transmisión.

(3) BRASS (*Broadcast and Ship-Shore*): radiodifusión y comunicaciones buque-tierra son métodos de enlace empleados para proporcionar los servicios a la Flota.

El sistema BRASS se implementó en España mediante un proyecto NSIP (Programa de Inversiones en Seguridad de la OTAN), en el que la financiación fue compartida entre España y la Alianza. España participó en el proyecto BRASS como HN (4), lo que la hace propietaria del sistema, de los equipos y de la infraestructura. La Alianza, debido a que financió una parte del proyecto, firmó un acuerdo con España que comprometía la provisión de un número de servicios BRASS previa solicitud y autorización por parte de España. Los requisitos del alcance del acuerdo se definieron en el correspondiente MOU (5) firmado con la OTAN, en el que se recogen los servicios mínimos que España se compromete a suministrar a la Alianza.

La arquitectura del sistema BRASS nacional está formada esencialmente por:

- Tres nodos CECOM (6): CECOMMAD como nodo principal en Madrid, CECOMFLOT como nodo de reserva en Cádiz y CECOMPAL como nodo de emergencia en las islas Canarias.
- Tres estaciones radio transmisoras y tres estaciones radio receptoras: ERMAD en Madrid, ERDIZ en Cádiz y ERPAL en las islas Canarias.
- Todos los equipos transceptores de HF que están embarcados en las unidades.

Con esta arquitectura, el CECOMMAD es el nodo principal de supervisión y gestión de las comunicaciones en HF. El CECOMFLOT, aunque su función prevista es la de actuar como CECOM alternativo, normalmente comparte la gestión de determinados servicios en apoyo de CECOMMAD.

En el caso de las islas Canarias, al encontrarse geográficamente alejadas de la Península, fue necesario desplegar una infraestructura HF propia para que, en caso de pérdida de enlace, se pudieran seguir proporcionando los servicios BRASS. El nodo de emergencia (CECOMPAL) se encuentra instalado en Las Palmas.

(4) HN (*Host Nation*): nación anfitriona encargada de, una vez autorizados los fondos compartidos de los proyectos NSIP, iniciar los concursos para su adjudicación, realizar las adjudicaciones por los procedimientos acordados y controlar la ejecución por parte de las empresas adjudicatarias. Una vez finalizados los trabajos, la HN es la encargada de solicitar las auditorías de la OTAN para su aceptación final.

(5) MOU (*Memorandum Of Understanding*): memorándum de entendimiento del sistema BRASS, que recoge los servicios de radiodifusión, enlaces de datos con tierra y de comunicaciones buque-tierra que España se compromete a suministrar a la OTAN, previa solicitud y aprobación.

(6) CECOM (Centro de Comunicaciones): nodos encargados de la gestión y monitorización del tráfico de datos, así como de los recursos disponibles en las estaciones radio. Los nodos no sólo se encuentran en España, sino que se distribuyen por todos los países participantes de la Alianza en la red de comunicaciones HF.



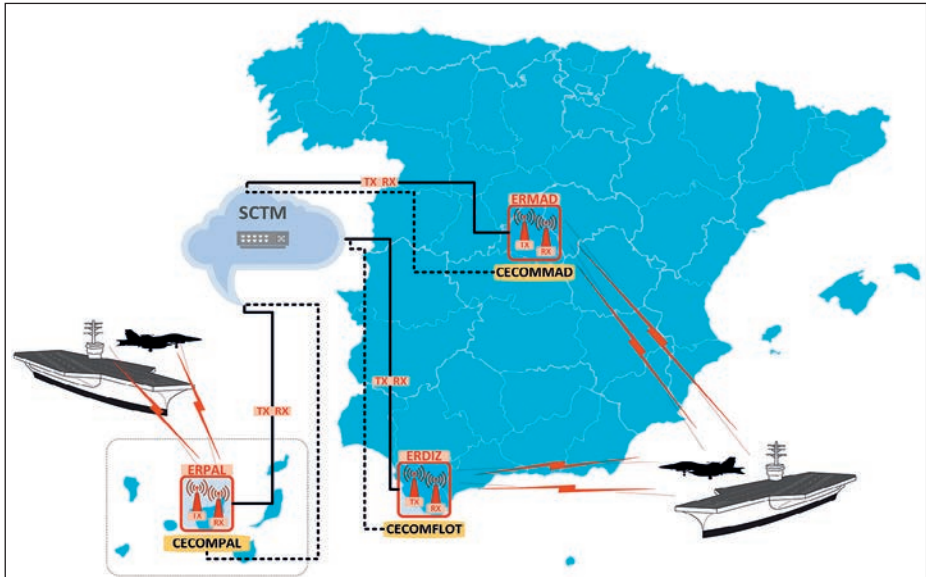
Estación radio transmisora en Santorcaz (Madrid). (Foto: Armada)

Cada uno de los CECOM se encarga de gestionar las radiodifusiones correspondientes y los servicios buque-tierra (tanto nacionales como de la Alianza) proporcionados desde las estaciones radio, siendo capaz de asumir el tráfico del nodo adyacente en caso de fallo. La comunicación entre los tres CECOM y las estaciones radio se lleva a cabo mediante el SCTM (Sistema Conjunto de Telecomunicaciones Militares). El concepto de nodo adyacente surge del empleo que hace la OTAN de todos los sistemas BRASS desplegados en las naciones de la Alianza. Cada nación es soberana y responsable de su nodo principal y, en caso de caída, sus funciones son asumidas por el nodo adyacente designado por la OTAN.

Para la OTAN el uso de los servicios BRASS se apoya en los diferentes nodos repartidos por las naciones aliadas. Estos servicios se prestan desde los nodos de una nación u otra en función de la zona de influencia y de la cobertura de las radiocomunicaciones.

Capacidades del sistema BRASS

Casi dos décadas después de que el sistema BRASS entrase en servicio (en operación desde 2006), está prevista la modernización de su material



Arquitectura general del sistema BRASS. (Elaboración propia)

radioeléctrico y de sus infraestructuras en los CECOM y las estaciones radio para seguir cumpliendo su doble cometido (nacional y OTAN), además de asegurar el mantenimiento de la compatibilidad con respecto a la evolución de la tecnología y de la normativa.

Aún existen equipos de transmisión basados en tecnología de amplificadores de válvulas, si bien ésta se encuentra en una rápida evolución hacia la de amplificadores basada en componentes de estado sólido, como son los últimos transmisores adquiridos por España. Para los transmisores de válvulas, su mantenibilidad supone un reto, al no poder hacer acopio de repuestos que ya no se fabrican. Además, los nuevos STANAG (7) relativos a las comunicaciones HF definen requisitos de salto en frecuencia que exigen una elevada velocidad de conmutación de los circuitos de transmisión. Las válvulas no son capaces de conmutar a la velocidad exigida, por lo que es necesario que los nuevos transmisores incorporen tecnología de amplificadores de estado sólido para asegurar la compatibilidad con dichos STANAG.

(7) STANAG (*Standardization Agreement*): acuerdo entre la totalidad o parte de los países miembros de la Alianza para adoptar similares equipos militares, munición, sistemas de información y comunicaciones (CIS), suministros y sistemas de almacenaje, procedimientos operativos, logísticos y administrativos.

Con respecto a las capacidades y servicios actuales del sistema BRASS nacional, éste permite realizar radiodifusiones, enlaces buque-tierra y MRL (8) mediante el empleo de servicios de mensajería con formato ACP-127 desde la red SACOMAR. A pesar de que también se contemplan servicios de voz analógica, la realidad es que los canales de 3 kHz de ancho de banda con 9600 bps (bits por segundo) no aseguran una QoS (calidad del servicio) lo suficientemente buena como para que sea útil para las unidades de la Armada. Para explotar de manera eficiente estos servicios de voz y mensajería, es necesario contar con la pericia de operadores radio experimentados, capaces de decidir las mejores frecuencias de propagación en cada momento y descifrar los mensajes de voz afectados por la distorsión y el cifrado. Por otra parte, la gestión del tráfico de datos está basada en protocolos ALE 2G (9).



Transmisores Marconi-Elmer de 10 kW de estado sólido. (Foto: Armada)

Por último, la evolución de las redes de comunicaciones ha impulsado que los servicios y sistemas actuales requieran de una capa de red fundamentada en protocolos TCP/IP (10) que permita su interconexión con la infraestructura actual (normalmente basada en servidores de datos e información). El desarrollo

(8) MRL (*Maritime Rear Link*): enlace radio utilizado para contactar directamente con el Mando desde un buque designado.

(9) ALE 2G (*Automatic Link Establishment*): protocolo de establecimiento automático de enlace que permite realizar conexiones entre operadores radio. Existe una versión mejorada del protocolo denominada ALE 3G, diseñada para BREITA. Sin embargo, el ALE 2G se emplea en la mayoría de sistemas de HF en la actualidad, por lo que asegura la interoperabilidad.

(10) TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*): grupo de protocolos que aseguran un intercambio fiable de datos entre los equipos que se encuentran dentro de una red. Fue desarrollado en la década de 1970 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

en España de la I3D (11) implica la migración de los sistemas basados en conmutación de circuitos, como el BRASS, a una tecnología basada en conmutación de paquetes, empleada en las redes de datos, en las que, en lugar de establecer una conexión dedicada, los datos se dividen en paquetes y se envían a través de la red hacia su destino. Cada paquete es enrutado individualmente a través de la red mediante una serie de cabeceras que contienen metadatos, garantizando la entrega a su destinatario. La conmutación de paquetes es más eficiente que la conmutación de circuitos al permitir compartir recursos entre varios usuarios. Además, los paquetes posibilitan transmitir cualquier tipo de datos, lo que los hace útiles para transferir archivos e imágenes, mandar y recibir *e-mail* o mensajería formal, navegar en sitios web o establecer comunicaciones VoIP (12) y servicios de chat.

Evolución del sistema BRASS: el BREITA

El sistema BREITA

Para aumentar las capacidades presentes en el sistema BRASS, la OTAN ha definido una serie de mejoras a la arquitectura técnica del BRASS, conocidas como BREITA (13). A pesar de que son muchas las marinas de guerra de la Alianza que todavía se encuentran en la fase de implementación del BRASS, hay varias que han comenzado a implantar el BREITA, entre ellas están Dinamarca y Canadá. En el caso de España, la solución técnica propuesta por la Armada para el proyecto BREITA ya ha sido aprobada por la Alianza. Como se hizo en el caso del BRASS, dicha propuesta está basada en un proyecto NSIP para financiar conjuntamente la modernización del HF nacional, en el que España será *host nation* y, por tanto, soberana del sistema. El modo en el que se proporcionarán los servicios a la Alianza será acordado mediante el correspondiente MOU BREITA, que se encuentra en desarrollo.

España fue el primer país de la Alianza que implementó el BRASS hace casi veinte años, por lo que la modernización y evolución al BREITA resulta primordial, tanto para mantener las actuales capacidades de HF como para

(11) I3D (Infraestructura Integral de Información para la Defensa): red WAN (*Wide Area Network*) basada en IP-Ethernet que se encuentra en fase de implantación en España. El futuro sistema de comunicaciones HF de la Armada se conectará a esta red para el intercambio de tráfico de datos, sustituyendo así al SCTM.

(12) VoIP (*Voice over Internet Protocol*): tecnología de voz sobre el protocolo de internet que permite realizar y recibir llamadas de voz a través de una red.

(13) BREITA (*BRASS Enhancements Increment 1 Target Architecture*): recoge las nuevas capacidades y mejoras requeridas sobre la arquitectura del sistema BRASS para evolucionar las comunicaciones en HF.

incorporar las nuevas. En el caso del BREITA, España está siendo pionera en su diseño y despliegue entre los países de la OTAN. El inicio de su implementación requiere su inclusión entre los OCM (Objetivo de Capacidades Militares) del Ministerio de Defensa.

Al mismo tiempo, la Armada participa activamente en los grupos de trabajo MIWG (*Maritime Implementation Working Group*) de la OTAN, en los que se discuten los retos y se presentan los avances que las marinas de todo el mundo están llevando a cabo en sus sistemas de comunicación por HF, para lo cual están haciendo grandes inversiones para implementar los sistemas BRASS y BREITA ante la gran amenaza que supone la denegación del SATCOM en los escenarios actuales.

Entre las nuevas capacidades que incorpora el sistema BREITA con respecto al BRASS, destacan las siguientes:

- Despliegue de tecnología HF sobre IP, que permitirá al sistema conectarse a las redes WAN I3D nacional y a la NGCS (NATO General Communication System), además de disponer de una red HF BLOS segura basada en tecnología de conmutación de paquetes TCP/IP.
- Proporcionar servicios demandados en la actualidad, basados en IP sobre HF, como mensajería formal e informal, servicios DATA/WEB, aplicaciones cliente/servidor basadas en FTP (para transferencia de ficheros e imágenes), comunicaciones VoIP o servicios de chat.
- Mejora de la velocidad de transmisión hasta 9.600 bps sobre los canales USB (14) de 3 kHz y hasta 19.200 bps sobre canales ISB (15) de 6 kHz, mediante la implementación de módems con formas de onda más eficientes.
- Implementación de protocolos de gestión y mantenimiento de enlace automático que incluyen:
 - ALE o Protocolos de Establecimiento Automático de Enlaces. ARQ o Protocolos de Corrección Automático de Errores.
 - ALM o Protocolos de Gestión Automática del Enlace.

Todas estas capacidades se traducen a nivel operativo en un uso eficiente en tiempo real del espectro electromagnético de HF y de los recursos empleados

(14) USB (*Upper Side Band*): modulación empleada en comunicaciones en la que el circuito de transmisión elimina mediante filtrado la portadora y una de las bandas laterales, la cual contiene exactamente la misma información que la otra banda lateral. De esta forma, toda la potencia de transmisión se emplea para transmitir la señal de radio que contiene la información.

(15) ISB (*Independent Side Band*): modulación basada en USB pero más eficiente, en la que cada banda lateral se modula con dos señales diferentes (una en banda lateral superior y otra inferior) y se duplica el ancho de banda disponible.

(potencia de transmisión, forma de onda y modulación óptimas), así como en una reducción en las tareas de los operadores radio de las unidades. Esto permite que los operadores puedan emplear más tiempo al tratamiento de la información, gracias a poder reducir el tiempo empleado en tareas rutinarias de gestión de recursos, como pueden ser la elección de frecuencias, la monitorización de la velocidad de datos o la creación de circuitos de radio mediante la asignación de elementos de la infraestructura (radio, módem y antena).

Nuevos servicios y tecnologías soportados

Como el sistema BREITA evoluciona con respecto al BRASS apoyado en una migración de las comunicaciones HF sobre IP, se debe asegurar su correcto despliegue y funcionamiento, garantizando la compatibilidad con los STANAG y protocolos de red correspondientes que permitan la correcta interconexión de los diferentes elementos del sistema con las redes y con los servidores de comunicaciones nacionales y OTAN.

Una vez avalada la interoperabilidad del sistema mediante protocolos, se pueden empezar a definir los servicios a suministrar por el sistema. El BREITA, además de los servicios heredados ofrecidos por el BRASS basados en mensajería y voz analógica, incorpora otros ampliamente demandados en la actualidad basados en IP sobre HF.

Las nuevas unidades que están en fase de desarrollo y construcción para la Armada, como las fragatas *F-110* y los submarinos *S-80*, incorporarán radios



Recreación de la fragata *F-110*. (Fuente: www.defensa.com)

de HF compatibles con BRE1TA y emplearán sistemas HF de última generación, preparados para explotar todos los nuevos servicios de BRE1TA. Además, para otras unidades navales en definición y para las MMV (modernizaciones de media vida) de los buques en servicio, se prevé incorporar requisitos para modernizar las comunicaciones HF y hacerlas compatibles con BRE1TA. Sin embargo, para que estos buques dispongan de estas capacidades, primero se necesita actualizar la infraestructura radio en tierra.

Por último, el BRE1TA todavía es un sistema basado en canales HF de banda estrecha (hasta 6 kHz), por lo que la QoS de todos estos servicios tiene una importante limitación debido a la velocidad de transmisión y ancho de banda. Para solucionar esta limitación, el HF está en fase de evolución hacia el siguiente paso, conocido como BRE2TA, y que define las bases del HF de banda ancha.

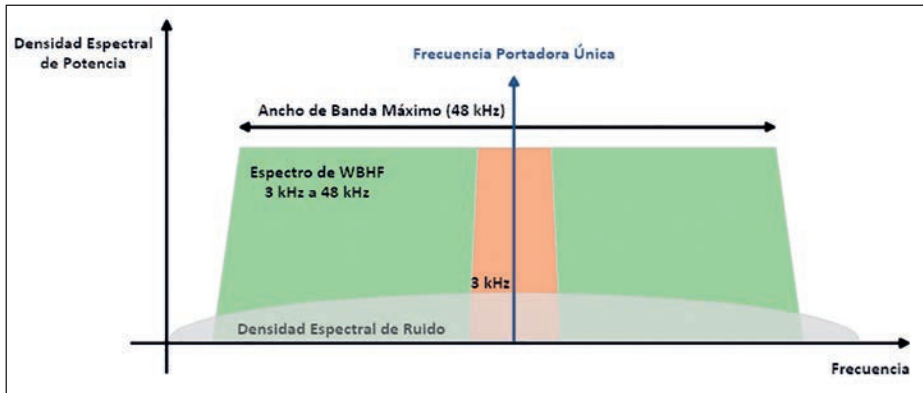
La futura evolución del BRE1TA al BRE2TA. El HF de banda ancha

Evolución al sistema BRE2TA. El HF de banda ancha

A pesar de que el BRE1TA supone una clara evolución de las comunicaciones HF de las que dispone la Armada actualmente con el BRASS, todavía existe un amplio margen de mejora. La tecnología de HF se encuentra en evolución hacia el concepto de WBHF (HF de banda ancha) para convertirse realmente en un sistema complementario al SATCOM, gracias a la mejora en la velocidad de transmisión de datos. El WBHF se basa en la expansión del ancho de banda disponible en los enlaces de HF, que ha estado tradicionalmente limitado a 3 kHz. Gracias a los grandes avances actuales en las SDR (radios definidas por *software*), es posible establecer enlaces de HF con anchos de banda de hasta 48 kHz. El concepto de WBHF es la base del sistema BRE2TA, diseñado como la propia evolución del BRE1TA y de la que todavía no se encuentra disponible una arquitectura de referencia. El BRE2TA es, por ende, un sistema todavía en fase desarrollo debido principalmente a la dificultad tecnológica de gestionar el espectro de HF para lograr comunicaciones de banda ancha.

En la actualidad, existen diversos planteamientos tecnológicos para el empleo del WBHF (Koski *et al.*). El que tiene un mayor apoyo por parte de la comunidad científica consiste en aumentar el espectro desde 3 kHz hasta 48 kHz en torno a una señal portadora única. El aumento de ancho de banda hasta 48 kHz, unido a una modulación con más bits, permitiría una velocidad de transmisión máxima teórica (pero no real) de hasta 240 kbps. Este planteamiento mitiga inconvenientes del WBHF, como la problemática de la gestión de frecuencias (por disponibilidad y normativa de cada país en cuanto a la gestión del espectro radioeléctrico) y la intermodulación entre múltiples

señales portadoras, por lo que los equipos radio no tienen que cumplir requisitos tan estrictos. No obstante, los requisitos de densidad espectral de potencia serán muy exigentes al aumentar el ancho de banda simultáneo, y seguirá siendo necesaria la transmisión de gran cantidad de potencia para garantizar los niveles de señal a ruido requeridos (del orden de varios kilovatios).



Espectro de WBHF contiguo de portadora única. (Elaboración propia)

La tabla 1 resume las capacidades que se podrán alcanzar con la implementación de BRE1TA y BRE2TA. El factor fundamental para la transición de una arquitectura a la otra reside en la potencia de transmisión de los radios. El empleo del WBHF implica una reducción de la densidad espectral de

Sistema	Banda empleada	Forma de banda	Ancho de banda	Modulación máxima a emplear	Máxima velocidad de transmisión
BRE1TA	Estrecha	USB	3 kHz	64-QAM (16)	9.6 kbps
BRE1TA	Estrecha	ISB	6 kHz	64-QAM	19.2 kbps
BRE2TA	Ancha	WBUSB	24 kHz	256-QAM	120 kbps
BRE2TA	Ancha	WBUSB	48 kHz	256-QAM	240 kbps

Tabla 1. Comparativa entre BRE1TA y BRE2TA. (Fuente: OBOLENSKY & ZOTT, 2021)

(16) QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*): modulación digital en la que el mensaje está contenido tanto en la amplitud como en la fase de la señal transmitida. Se consigue modulando una misma señal portadora desfasada 90°, lo que mejora la eficiencia de ancho de banda al tener dos canales ortogonales en la misma frecuencia.

potencia, al ser necesario repartir más energía en un espectro electromagnético mayor. Para mantener una relación señal a ruido que asegure las tasas de error de bits impuestas por la normativa vigente (STANAG) (NSA), en la transición de BRE1TA a BRE2TA se deberá aumentar la potencia de transmisión de los equipos radio e incrementar la densidad espectral de potencia hasta niveles adecuados. No obstante, actualmente con el BRASS también se necesitan transmisores de muy alta potencia (de hasta 10 kW) que, junto a las antenas direccionales de alta ganancia que se encuentran desplegadas en las estaciones radio de la Armada, permitan disponer de cobertura global.

Con el BRASS se podían alcanzar velocidades de hasta 9.6 kbps con anchos de banda de 3 kHz en condiciones óptimas. Con el sistema BRE2TA se podrán conseguir velocidades máximas teóricas de hasta 240 kbps en función del estado del enlace y de la potencia disponible.

Por último, el WBHF requerirá también una evolución de los protocolos de establecimiento automático de enlace a una nueva versión denominada ALE 4G, de forma que todo el espectro de frecuencias que se encuentran en el aire sea gestionado simultáneamente (hasta 48 kHz) (Furman *et al.*). Esta tarea resultará transparente para el operador radio, al realizarse de forma automática gracias a los protocolos ALE.

Futuros servicios de las comunicaciones HF de banda ancha

El sistema BRE2TA, gracias al desarrollo actual del WBHF, será capaz de soportar (e incluso ampliar) los servicios que ya están presentes en el BRE1TA. Además, incorporará mejoras como el incremento notable de la velocidad de transmisión de datos, del ancho de banda disponible y de la QoS de los servicios demandados por las dotaciones de los buques y de los mandos de la Armada. Estas mejoras técnicas se traducirán en operaciones a bordo, como poder enviar y recibir archivos más pesados y en menor tiempo (como imágenes de alta definición o vídeos) o en la migración de las comunicaciones a VoIP que permitan a las dotaciones de los buques comunicarse por un canal audible y seguro (muchos recordarán las comunicaciones ininteligibles por voz vía HF con sus familiares desde el buque escuela *Juan Sebastián de Elcano*). El BRE2TA se debe convertir en la alternativa útil del HF frente al SATCOM.

El futuro próximo para las comunicaciones de HF se concibe mediante el empleo de servicios y aplicaciones actuales basados en mensajería informal SMTP (*e-mail*), mensajería formal T-MMHS (Sistema Militar Táctico de Tratamiento de Mensajes), servicios DATA/WEB basados en HTTP (navegación en internet), aplicaciones cliente/servidor basadas en FTP, comunicaciones VoIP o servicios de chat. Asimismo, se asegurará la retrocompatibilidad con los servicios de mensajería y voz analógica que se encuentran hoy en día en uso.

Por otra parte, se han llevado a cabo estudios de cobertura para analizar la propagación de las señales HF de la tabla 1 en los sistemas BRE1TA y BRE2TA, cuya finalidad ha sido verificar la disponibilidad y viabilidad de los enlaces en función de la actividad ionosférica y de los criterios de señal a ruido definidos en la normativa actual de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones). Los resultados obtenidos indican que se puede disponer de enlaces HF de hasta 11.000 km para BRE1TA y de hasta 5.000 km para BRE2TA, lo que demuestra la viabilidad de proporcionar enlaces HF con estos sistemas.

Conclusiones

Los escenarios y conflictos presentes han demostrado las vulnerabilidades de las comunicaciones satélite, que pueden ser perturbadas o denegadas fácilmente. En la actualidad, la Armada dispone de un sistema de comunicaciones en HF plenamente operativo, seguro y con campos de antenas de grandes prestaciones, para el que está prevista su modernización después de casi veinte años de servicio, tanto para incorporar las nuevas capacidades tecnológicas de los sistemas BRE1TA y BRE2TA como para preservar las actuales del sistema BRASS. La modernización de los sistemas de HF de la Armada permitirá mantener un medio de comunicación alternativo al SATCOM en enlaces BLOS que sea seguro, difícil de perturbar e interferir y que mantendrá las capacidades de mando con las unidades desplegadas.



Estación radio transmisora de la Armada en Santorcaz (Madrid). (Foto: Armada)

Hoy en día las comunicaciones radio navales en HF toman un nuevo impulso debido a dos importantes factores. El primero es la evolución tecnológica asociada a las radios SDR, que facilitan la interconexión de los sistemas HF en las nuevas redes de comunicaciones y permiten implementar protocolos que aumentan la velocidad de los enlaces. El segundo es su fiabilidad y robustez, garantizada gracias a los protocolos automáticos de establecimiento y mantenimiento de enlaces.

Con los sistemas BRE1TA y BRE2TA, la Armada seguirá siendo pionera en la OTAN respecto a las capacidades en HF, y dotará a las unidades desplegadas de un enlace de comunicaciones seguro que sirva como respaldo al SATCOM. Estos sistemas proporcionarán servicios modernos ampliamente demandados por los buques de la Armada, como navegación web, correo electrónico o servicios de chat. Además, se emplearán cifrados robustos y tecnología HF sobre IP, que garantizarán una comunicación segura. Por último, al ser un sistema propiedad de la Armada, se asegurará la soberanía nacional en las comunicaciones BLOS, al ser un sistema independiente y no utilizar satélites e infraestructura de comunicaciones propiedad de otras naciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Española de Militares Escritores (AEME): «La primera transmisión de voz por radio la realizó el ingeniero militar Julio Cervera», 13 de febrero de 2021, en <https://militaresescriitores.es/noticias/ealiza-el-ingeniero-militar-julio-cervera/>
- GARCÍA DEL PINO, P.; HERRADÓN DÍEZ, R.: *Sistemas de Radiocomunicación. Propagación Radioeléctrica*. ETSIST Universidad Politécnica de Madrid, 2014.
- KOSKI, E.; NIETO, J.; THOMPSON, M.; RUSSELL, J.: «RF Performance Implications of Wideband HF Waveforms». *IEEE Military Communications Conference (MILCOM)*, Rochester, Nueva York, 2014.
- National Standards Authority (NSA): STANAG 4203, STANAG 4406, STANAG 4538, STANAG 4539, STANAG 5506.
- OBOLENSKY, A.; ZOTT, U.: «Off to new shores: Requirements of modern HF wideband BLOS communications for shore stations». *Rohde & Schwarz*, 2021.
- FURMAN, W.; KOSKI, E.; NIETO, J.: *Design Concepts for a Wideband HF ALE Capability*. USA: Harris Corporation.
- LAMY-BERGOT, C.; CHANTELOUVE, J.-B.; BERNIER, J.-Y.; DIAKHATÉ, H.; ROGIER, J.-L.: «HF XL: Adaptive Wideband HF Transmissions», *Thales Communications & Security*.
- Isode Ltd.: «Isode's HF Vision & Products», en <https://www.isode.com/whitepaper/isodes-hf-vision-products>
- KOSKI, E.; NIETO, J.; STRINGER, M.: *STANAG 5066 for Wideband HF*, Rochester. New York: Harris Corporation, 2013.
- BURGOS, M.; PÉREZ, F.; SALAZAR, M.: *Teoría de la Comunicación*. ETS Ingenieros Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid.

Revisión prevuelo de un helicóptero de la Décima Escuadrilla.
(Foto: Andrés Díaz-Ripoll Marzol)

