Centro Universitario de la Defensa
Escuela Naval Militar de Marín
Universidade Vigo

Sistemas de Radiocomunicaciones Actuales

Tema 6

Curso 2015/16

Centro Universitario de la Defensa
Escuela Naval Militar de Marín
Universidade Vigo

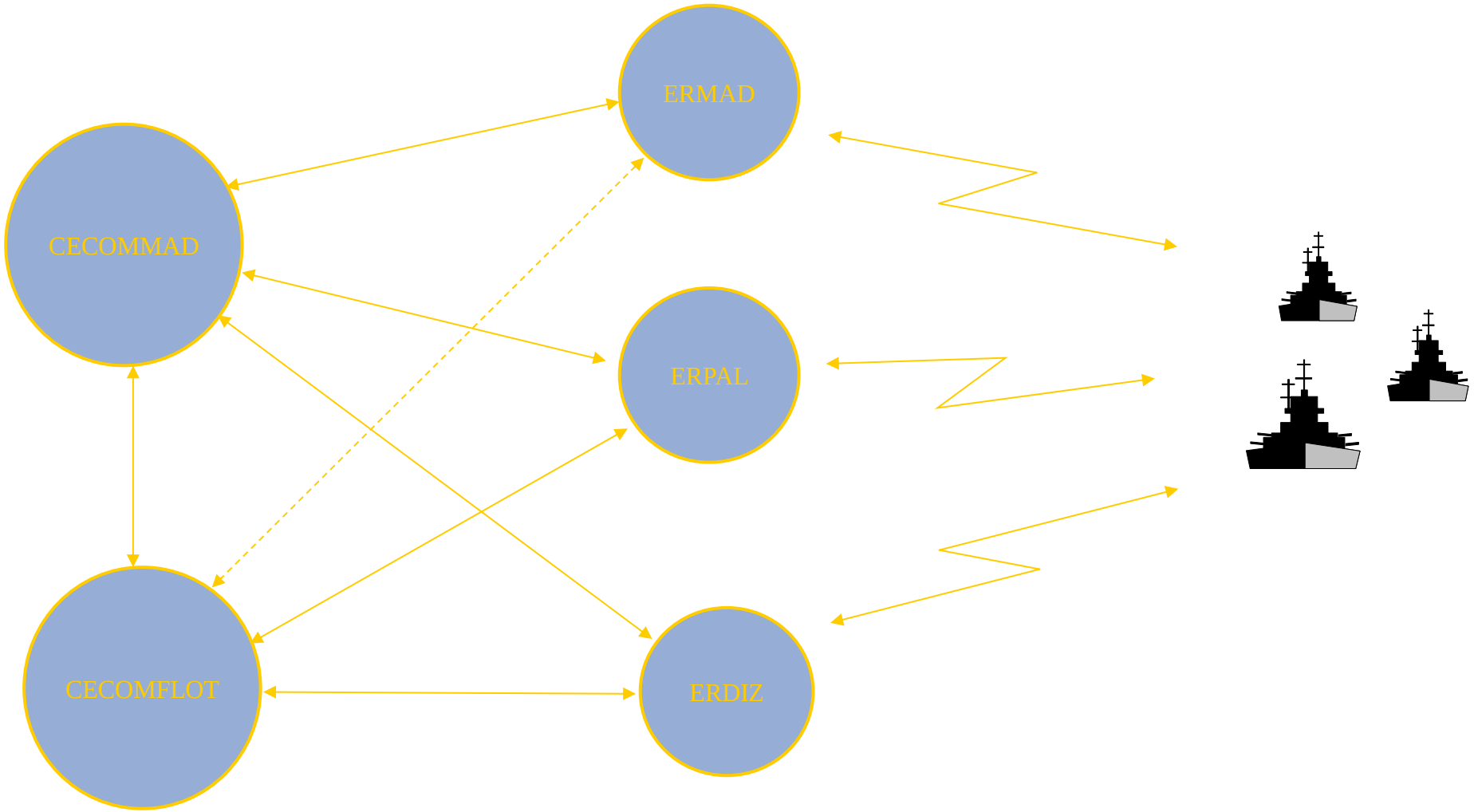
Parte 4
Sistemas de Comunicaciones en la Armada

Las comunicaciones navales están basadas en:

- Sistema de comunicaciones tácticas navales tradicionales: VLF, HF, VHF y UHF.
- Sistemas de transmisión de voz y datos para la recepción y transmisión de mensajes entre las unidades en la mar/desplegadas
  - Sistema de Telecomunicaciones Militares (STM)
  - Sistema de Comunicaciones Militares vía Satélite (SECOMSAT)
  - Sistema BRASS (Broadcast and Ship-Shore) para la recepción y transmisión de mensajes entre las unidades en la mar/desplegadas
  - Sistemas de comunicaciones militares tácticas (LINK-11/16/22)
- Otros Sistemas

- El **Sistema BRASS** (*Broadcast and Ship-Shore*) es un programa desarrollado por la OTAN, e implantado en la Armada, que automatiza el flujo de mensajes entre las autoridades en tierra y las unidades en la mar, en sus versiones Radiodifusión y Buque-Tierra, principalmente.
- El BRASS está establecido en base a las Estaciones Radionavales de la Armada, en las cercanías de Madrid, como nodo principal, con un elevado número de transmisores de alta potencia en la estación transmisora de Santorcaz y receptores en la estación de Bermeja.

Sistemas de Comunicaciones en la Armada
BRASS



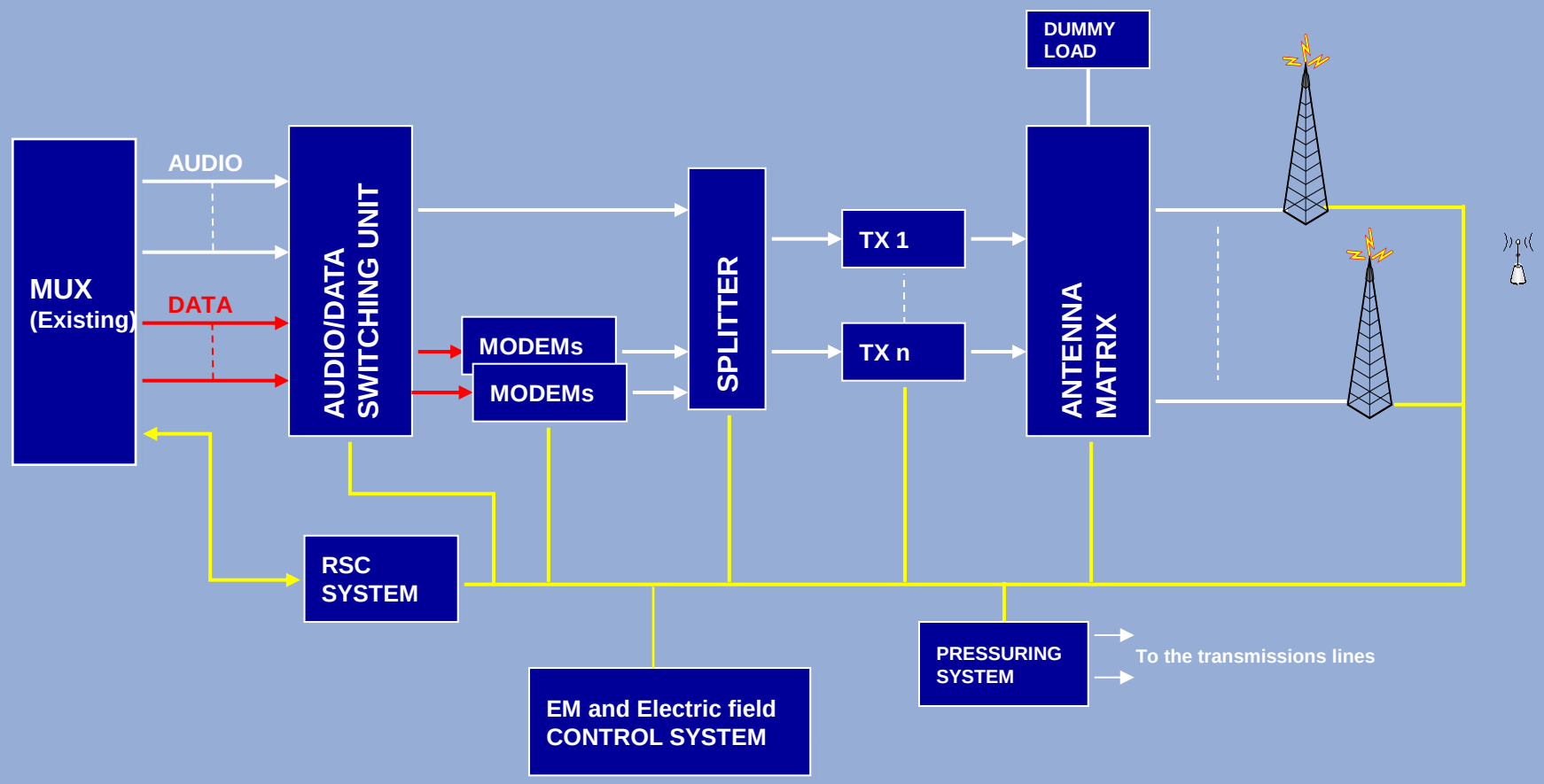
---------- VIA DE EMERGENCIA

- Como estaciones navales alternativas, la Armada cuenta con un segunda estación radionaval en la provincia de Cádiz, con transmisores en Puerto Real y receptores en Chiclana; y una tercera estación el Las Palmas de Gran Canaria.
- El control se ejerce desde el Centro de Comunicaciones del Estado Mayor de la Armada (CECOMEMA) y desde el CECOM de la flota en Rota. Estos centros se encargan de transmitir, recibir y distribuir, a través del sistema de Telecomunicaciones Militares (STM) todo el tráfico de voz y datos de las Unidades.
- El proyecto BRASS se ha ejecutado en dos fases: BRASS 1 y BRASS 2
- BRASS 1 (estaciones principales)
  - Radiodifusión y Enlaces buque-tierra
  - ER Santorcaz
    - 40 TXs de HF de 10 kW y 2 antenas multipuerto (MAS-5)
  - ER Bermeja
    - 33 RXs
    - Nuevas antenas multipuerto
  - Modernización CECOMMAD y CECOMFLOT

- BRASS 2 (estaciones de reserva)
  - Redireccionamiento de radiodifusión
  - ER Cadiz
    - 5 TXs de HF de 10 kW
    - 6 RXs de HF de 10 kW
    - Nuevas antenas multipuerto
  - ER Las Palmas
    - 8 TXs
    - 5 RXs

Equipo Transmisor de 10 kW de estado sólido

Arquitectura de las EERR Transmisoras



Antena de HF MAS-5

5 puertos (5 emisiones simultáneas) de un 10 kW de potencia

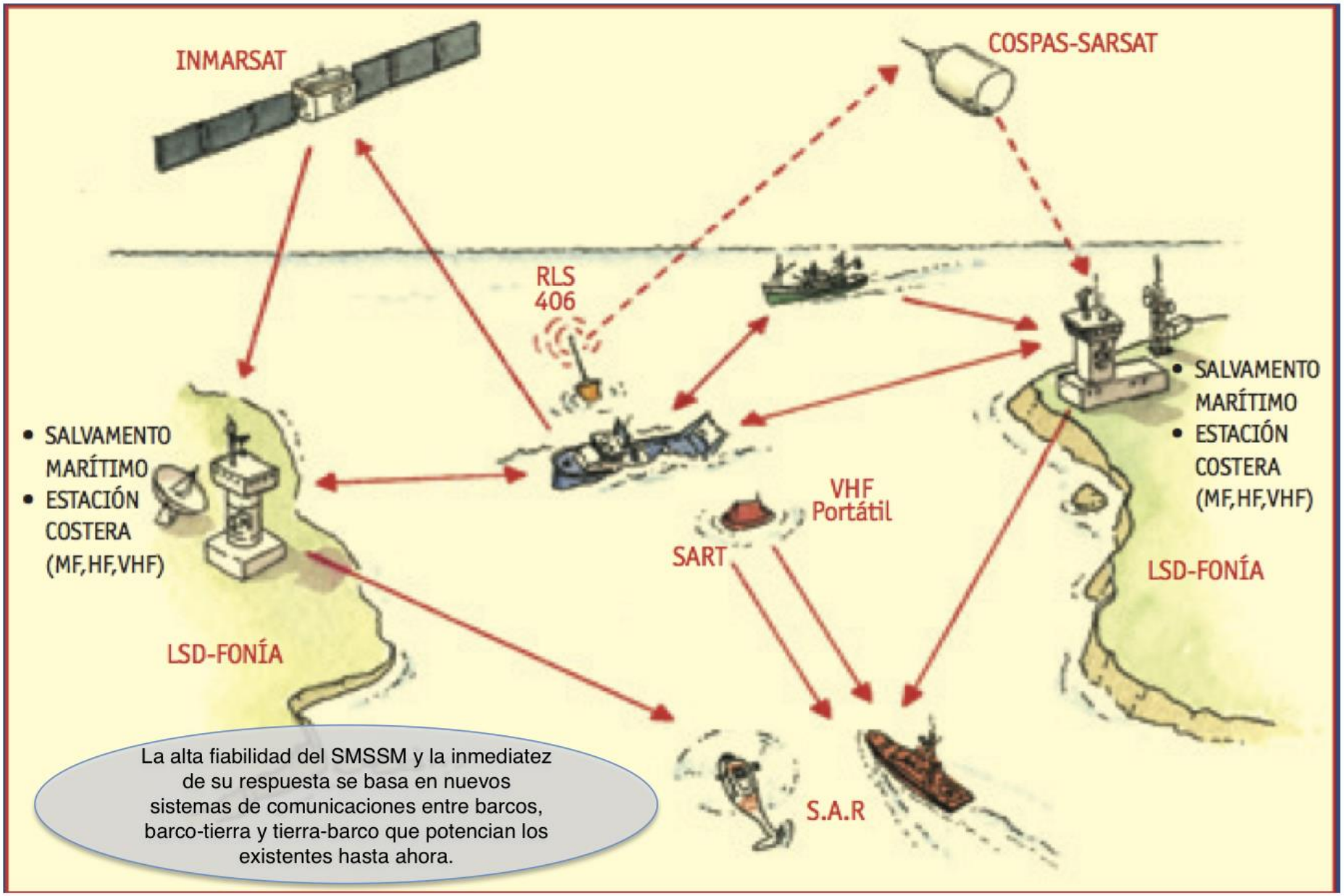
- Puertos 1-4: Omnidireccionales G=7 dB
- Puerto 5: Direccional Log-periódica rotativa G=12 dB
- Polarizaciones: 1E, 2V, 3H, 4E, 5H

- GMDSS "*Global Maritime Distress and Safety System*" (Sistema mundial de socorro y seguridad marítima o SMSSM)

- Es un conjunto de procedimientos de seguridad, equipos y protocolos de comunicación diseñados para aumentar la seguridad y facilitar la navegación y el rescate de embarcaciones en peligro

- El GMDSS integra diversos sistemas nuevos y otros que operan desde hace varios años.

- El sistema involucra múltiples tecnologías y dispositivos en mar, aire, tierra y espacio.



La alta fiabilidad del SMSSM y la inmediatez de su respuesta se basa en nuevos sistemas de comunicaciones entre barcos, barco-tierra y tierra-barco que potencian los existentes hasta ahora.

IMPLEMENTACIÓN DE GMDSS

- 1.992 → Los buques deben equiparse según GMDSS o SOLAS
- 1.993 → Todos los buques deben llevar NAVTEX y EPIRB
- 1.995 → Todos los buques nuevos deben cumplir GMDSS
- 1.999 → Todos los buques deben cumplir GMDSS

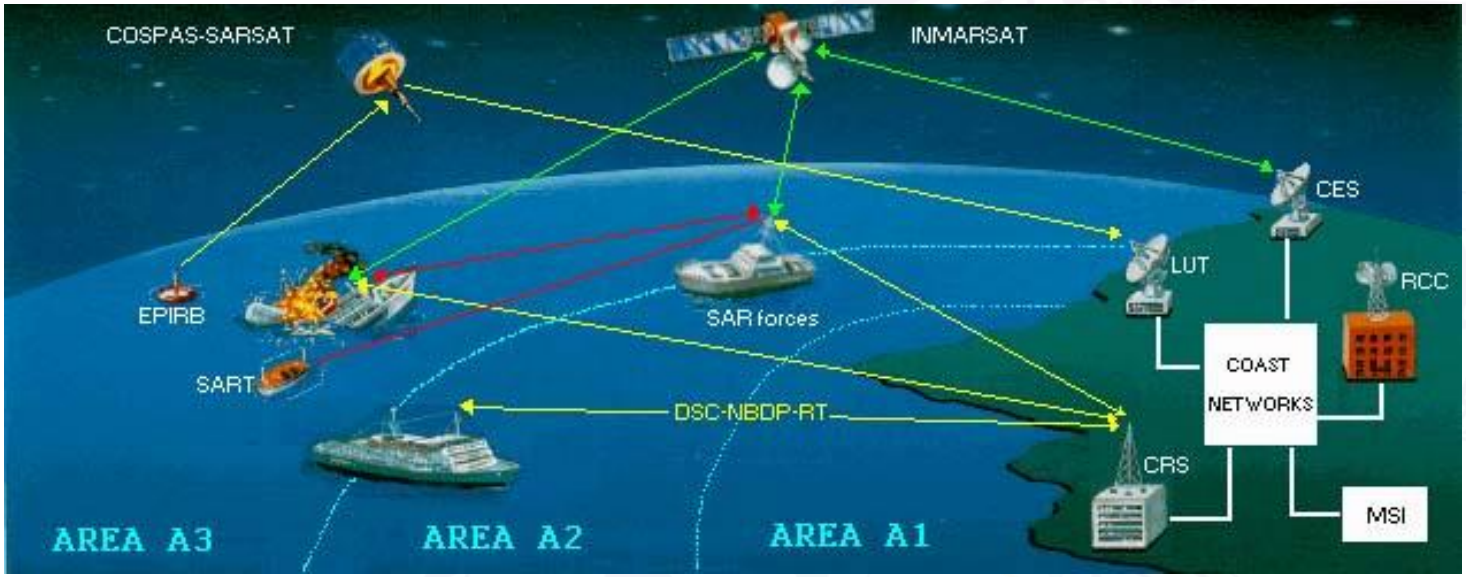
Se aplica a todos los buques de pasajeros y buques de mas de 300Tn de registro bruto

ESPAÑA:
Buques mayores de 20 Tn de registro bruto

GMDSS debe verificar 9 funciones básicas:

1. TX alertas (Distress) desde barco a tierra (Ship to Shore) con dos medios independientes
2. RX alertas desde tierra (Shore to Ship)
3. TX y RX alertas barco a barco (Ship to Ship)
4. TX y RX comunicaciones de búsqueda y salvamento
5. TX comunicaciones desde la escena del suceso (on-scene)
6. TX y RX señales de localización
7. TX y RX información de seguridad marítima
8. TX y RX radiocomunicaciones en general a tierra
9. TX y RX entre puentes (Bridge to Bridge)

Sistemas de Comunicaciones en la Armada
GMDSS



- Los requerimientos de radio dependen del área de operación del buque más que de su tipo o tonelaje

- **Zona A1**
  - Alcance de estaciones costeras con VHF (desde costa hasta 25 mn)
  - VHF DSC*
- **Zona A2**
  - Alcance de estaciones costeras con MF (desde 25 hasta 250 mn)
  - MF DSC*
- **Zona A3**
  - Cobertura de Satélites Geoestacionarios Inmarsat (latitudes entre 70º N y 70ºS)
  - Inmarsat
- **Zona A4**
  - Resto de Zonas (Regiones polares)
  - Fuera de la cobertura INMARSAT

*DSC (Digital Selective Calling)

Sea Area	Coverage Area	Digital Distress Services	Voice Distress Services
A1	From Coast to 25 nm	VHF Channel 70	VHF Channel 16
A2	25 to 100 nm	MF 2187.5 kHz	MF 2182 kHz
A3	High Seas below 70 Deg N & S	HF and INMARSAT	HF and INMARSAT
A4	Polar Regions	COSPAS - SARSAT	No assured coverage

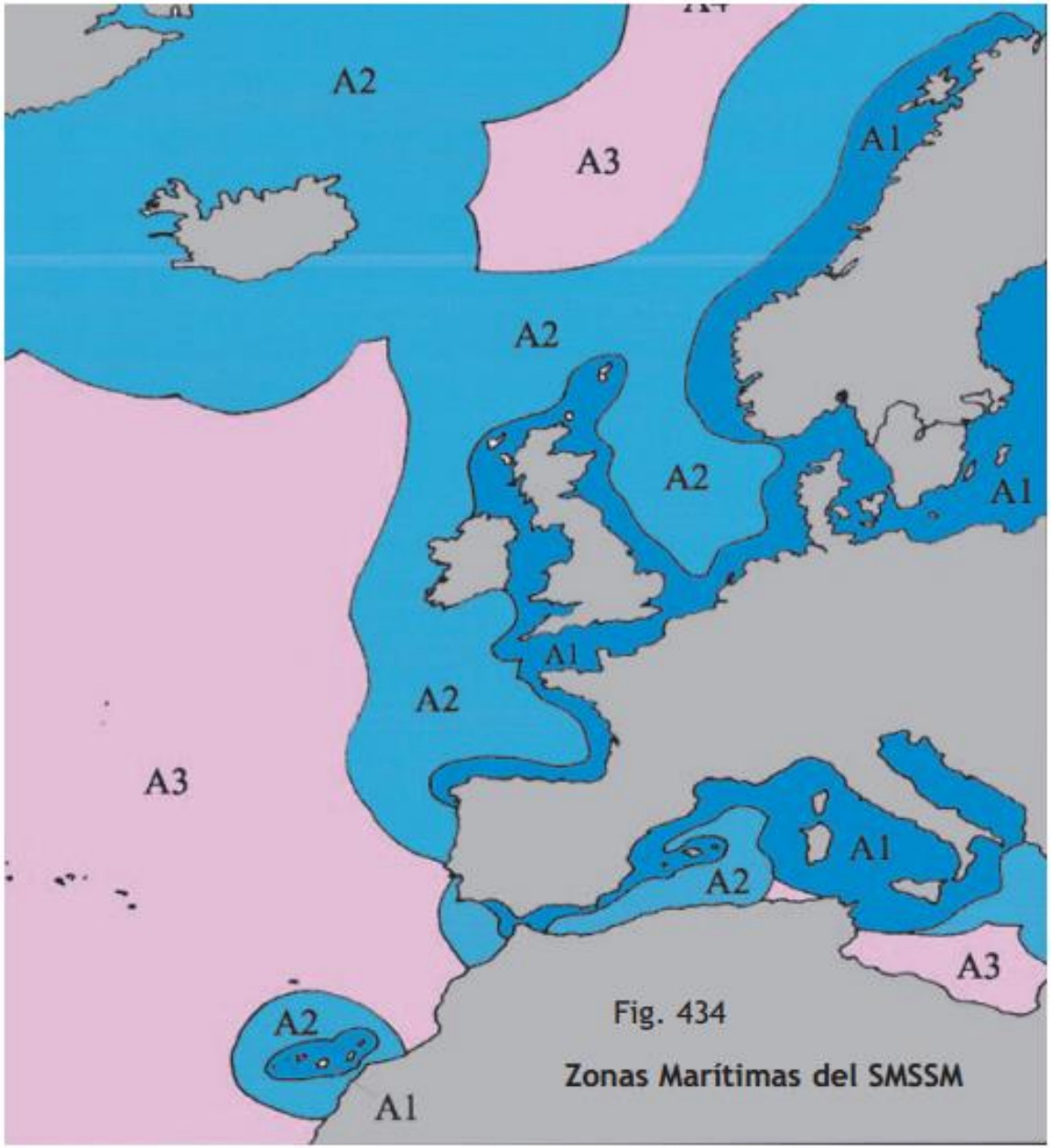


Fig. 434

Zonas Marítimas del SMSSM

Los equipos que acepta GMDSS son:

- Llamada selectiva digital en VHF y MF/HF
- Transceptores de radiotelefonía en VHF
- Transmisión y recepción de radiotelefonía en MF y HF
- Radiotelex (impresión directa de banda estrecha)
- Navtex
- Inmarsat A/B
- Inmarsat C (Llamada intensificada a Grupos EGC "Enhanced Group Call")
- Radiobaliza 406 MHz EPIRB VHF COSPAS-SARSAT
- Radiobaliza Banda L (1,6 GHz) INMARSAT-E EPIRB
- Respondedor de radar (9 GHz)

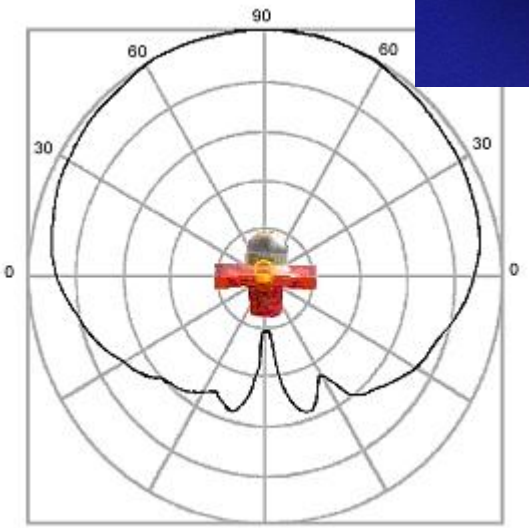
- Debido a las limitaciones de alcance de cada sistema de radiocomunicación, el tipo de equipos radio que debe llevar el barco, se determina en función de las áreas por las que el barco vaya a navegar o áreas de operación.
- Equipamiento obligatorio para **A1**
  - Radio VHF con DSC y escucha continua en el Canal 70 (156,525 MHz)
  - Radio VHF portátil
  - EPIRB (*Emergency Position Indicating Radiobeacon*) con activación desde puente
    - COSPAS-SARSAT (406 MHz)
  - Receptor NAVTEX o INMARSAT-E (1,6 GHz)
  - Respondedor Radar (9 GHz) SART (*Search and Rescue Transponder*)

- Equipamiento obligatorio para **A2**
  - El de área A1 y además:
  - Transceptor MF con DSC y escucha continua en 2.187,5 kHz
  - Transceptor HF o INMARSAT
- Equipamiento obligatorio para **A3**
  - El de área A2 y además:
  - Opción 1: INMARSAT A, B, C o bien
  - Opción 2: Transceptor MF/HF con DSC y escucha continua en 2.187,5 kHz y 8.414,5 kHz
- Equipamiento obligatorio para **A4**
  - El de área A1, A2 y A3 opción 2
  - COSPAS-SARSAT EPIRB en 406 MHz

- El número de SARTs y equipos portátiles de radio VHF se incrementan con el tipo de barco, su tonelaje, el número de pasajeros, etc.
- El sistema posee mecanismos de alerta redundantes y fuentes específicas de alimentación de emergencia

INMARSAT-E EPIRB

- Frecuencia 1.6 GHz (Banda L)
- Alerta de Socorro en 2 minutos (32 baudios)
- Potencia radiada 1 W
- 667 canales (espaciados 300 Hz) a 1,645 GHz
- Tamaño del mensaje: 160 bits
- Antena hemiesférica con polarización RHCP
- Modulación FSK ± 120 Hz
- Se activa inmediatamente por inmersión
- Sumergible hasta 10 m (durante 5 min)
- Preparada para caer al agua desde 20 m
- Color naranja reflectante



SART

- Banda 9 GHz
- Potencia 400 mW
- Responde al ser interrogado por el radar
- Provoca en la pantalla del radar una línea de 20 impulsos, espaciados 0.6 mn y 8 mn de extensión.
- Dispone de batería para 96 horas (-20ºC y 55ºC)
- Antena Omnidireccional
- Altura de antena 15 m y distancia 10 millas
- Preparado para responder a Radar aerotransportados (P_{cresta} = 10 KW, altura 2500m y distancia 30 millas).
- Los barcos entre 300 y 500 GRT requieren 1 SART y los mayores de 500 GRT requieren 2 SART.

SISTEMA COSPAS-SARSAT

- Sistema de satélites diseñado para proporcionar llamadas de socorro y datos de localización a las unidades de búsqueda y rescate (SAR).
- Proyectado para localizar radiobalizas (EPIRB) que trabajan en las frecuencias:
  - 406 MHz: Frecuencia de socorro marítima (OMI)
  - 121.5 MHz: Frecuencia aeronáutica internacional de Socorro

- Tetrapol es un "estándar" que define un sistema de radiocomunicaciones digitales profesionales. Los sistemas basados en él, están enfocados principalmente para dar servicio de radiocomunicación a fuerzas y cuerpos de seguridad aunque también se ha empleado por otras organizaciones de servicios públicos y transporte.

- Fue desarrollado por la firma francesa MATRA (actualmente integrada en EADS) para crear una red de radiocomunicaciones digitales seguras para la Gendarmería francesa a principios de los años 90.

- Utiliza dos bandas de frecuencia:
  - 380-430 MHz con canales de BW 10 o 12.5 kHz
  - 440-490 MHz con canales de BW 10 o 12.5 kHz

- Es un sistema FDMA (acceso múltiple por división de frecuencia) troncalizado totalmente digital.

- Permite una asignación dinámica de recursos y la encriptación extremo a extremo de la comunicación en toda la red, ofreciendo además servicio de datos y voz (en semi-dúplex, es decir, comunicación en ambos sentidos, pero sólo se da uno al mismo tiempo) y permite interconexión con otras redes, como la red pública de telefonía.

- En términos de seguridad, el sistema TETRAPOL ofrece cifrado sobre sus interfaces tanto aire como de transporte y permite la gestión de llaves dinámicas bajo el esquema OTAR (Over the Air Re-Keying)

- A pesar de ser considerado un protocolo abierto, no es un protocolo reconocido por ETSI y sólo es compatible con un fabricante (MATRA).

- En España, el sistema TETRAPOL que usan los cuerpos de seguridad del estado se denomina **SIRDEE** (Sistema de Radiocomunicaciones Digitales de Emergencia del Estado) siendo sus usuarios la Policía Nacional, la Guardia Civil y la UME.

SERVICIOS DE VOZ

- **Llamada individual**: Este servicio permite realizar una llamada dentro de la red móvil entre dos terminales sin que participen en la conversación otros llamantes no invitados.
- **Llamada de Grupo**: Es cuando un usuario llama a un grupo de usuarios. Cada miembro del grupo de conversación puede hablar cuando el canal está disponible y escuchar lo que sucede en su grupo. Estos grupos pueden modificarse dinámicamente, es decir, se pueden añadir o eliminar usuarios desde el sistema
- **Modo directo de comunicación**: En este modo, dos o más terminales pueden comunicarse entre sí, sin involucrar al sistema y sus estaciones base (funcionamiento tipo walkie-talkie). El modo directo puede ser cifrado.
- **Llamada de broadcast**: Se trata de una llamada unidireccional punto a multipunto dentro de un área de acción específica. Dicha área y sus usuarios deberán definirse con antelación. Los usuarios en este tipo de llamado no pueden verificar quiénes han recibido la comunicación.

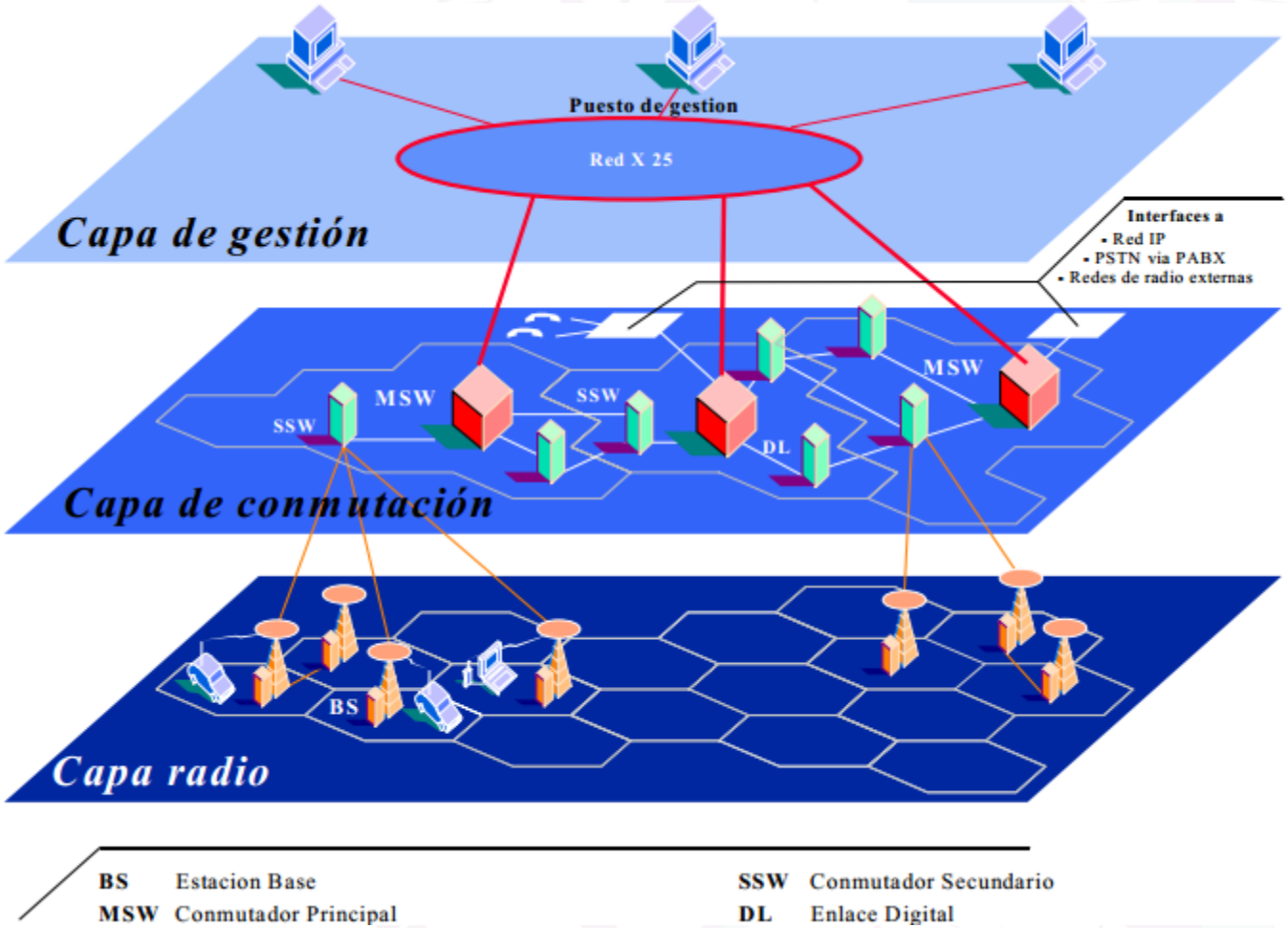
- **Llamada de emergencia**: cuando se presiona el botón de emergencias, tanto en se establece una llamada de alta prioridad hacia un despachador o un grupo de usuarios.
- **Inclusión en llamada**: Durante una llamada, se puede incluir un terminal adicional dentro de la llamada en curso. Esta funcionalidad, se utiliza poco en la práctica.

SERVICIOS DE DATOS

- **Paging**: Mensajes breves que pueden ser enviados del despachador hacia la unidad móvil. Estos mensajes no son confirmados.
- **Mensajes de estado**. Mensajes predefinidos sumamente cortos (24 caracteres), que pueden transferirse del despachador a la unidad móvil y viceversa, así como entre unidades móviles.
- **Mensajes cortos (SDS)**: Este servicio permite al usuario el intercambio de mensajes muy cortos.

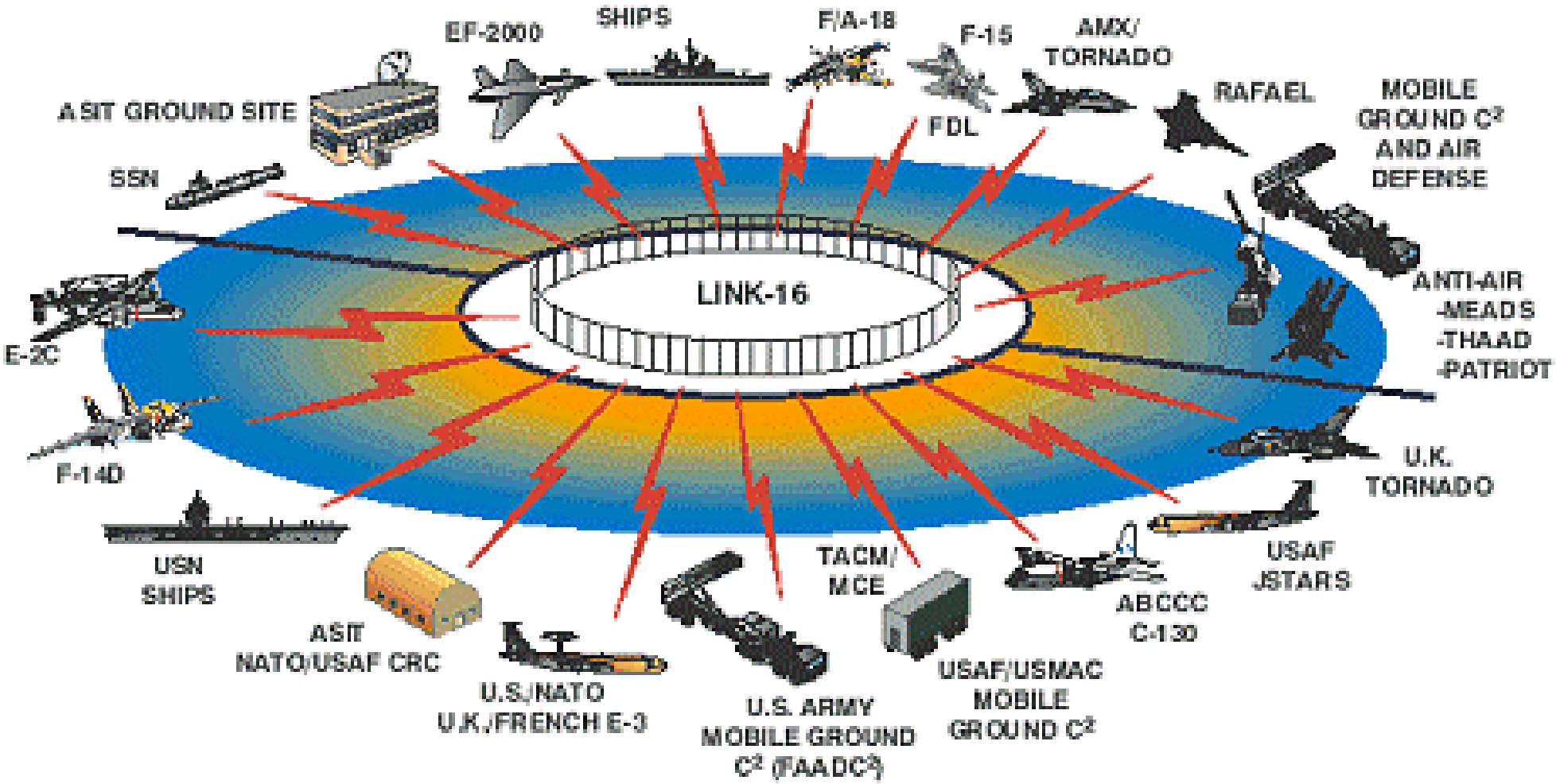
Sistemas de Comunicaciones en la Armada
TETRAPOL - SIRDEE

- La red basada en TETRAPOL está formada principalmente por un conmutador principal, la estación base, los terminales de radio y las posiciones de administración, cada uno con una función específica en la red.



- **Conmutador principal**: Regula la conexión con las posiciones de administración y con redes externas. Recoge información de las estaciones base (tráfico, alarmas, supervisión) y se encarga de la encriptación y de las aplicaciones para bases de datos, que contiene información referida a la infraestructura y al registro de terminales de radio. Tiene además una parte basada en redundancia que le permite seguir actuando en caso de fallo.
- **Estación base**: Sirve de interfaz entre los terminales de radio y la red. Se encarga sobre todo de la codificación y decodificación de señales digitales y la modulación y demodulación de señales de radio.
- **Terminales de radio**: Existen dos tipos, el cableado y el radio (sin cables). Para identificación, utiliza el código RFSI, que es único para cada terminal.
- **Posiciones de administración**: Manejan la interoperabilidad y funcionalidad de la infraestructura y servicios de TETRAPOL. Existen tres tipos principales: las posiciones de administración técnicas (supervisan el funcionamiento de la red), las posiciones de trabajo tácticas (administran los terminales de radio registrados, la cobertura de la red y los problemas de ésta) y las estaciones terminales de programación (encargadas de la programación, configuración y personalización de los terminales).

Sistemas de Comunicaciones en la Armada
LINK-16



- El LINK-16 es una de red de datos táctica militar, para el intercambio de información en tiempo real, entre un gran número de unidades tácticas dispersas en un área, cada una de las cuales llevará un terminal para la transmisión de datos, optimizando las funciones militares operativas conjuntas.
- El Sistema proporciona mando, control y comunicaciones y permite el intercambio de:
  - Datos y voz para la realización de misiones
  - Datos de navegación absoluta y relativa
  - Datos de identificación
- LINK-16 cumple los requisitos exigidos a cualquier sistema de armas moderno:
  - Bajo tiempo de respuesta
  - Uso de técnicas de encriptado para la seguridad de datos → introduce dos claves aleatorias y ruido pseudo-aleatorio
  - Elevada protección *anti-jamming*
  - Muy alta resistencia a las perturbaciones y contramedidas electrónicas → utiliza salto de frecuencia y altas potencias de transmisión
  - Arquitectura distribuida: ausencia de nodos críticos
  - Alta capacidad para la emisión de datos
  - Interoperatividad con el resto de sistemas automáticos de tratamiento de datos

Comparación entre LINKs

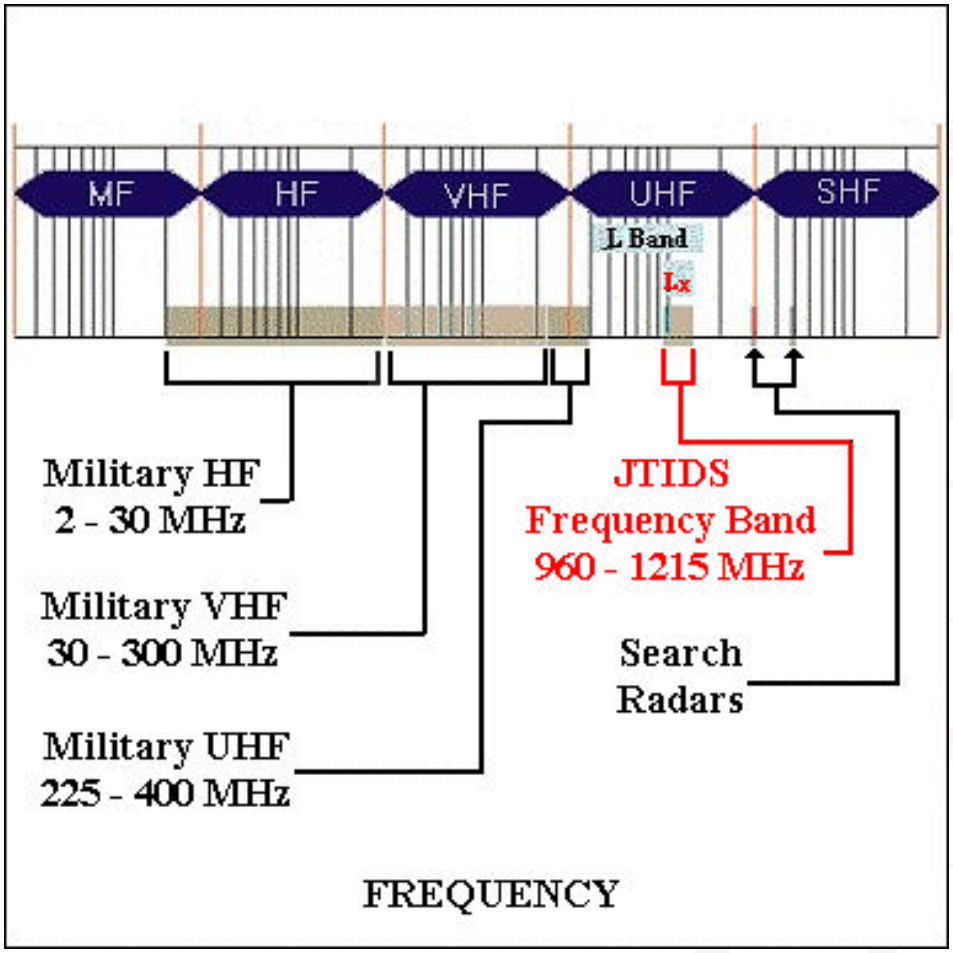
	LINK 1	LINK 4	LINK 11	LINK 11B	LINK 14	LINK 16	LINK 22
Portadora	Lín.dedi.	UHF	UHF/HF	UHF/HF	UHF/HF/ SHF	UHF	UHF/HF
Número Participantes	2	4-8	20	2	+	1000	1000
Arquitectura	Pt-pt	Sondeo	Sondeo	Pt-pt	Radiodif	TDMA	TDMA
Distribuido	N/A	No	No	N/A	No	Sí	Sí
Voz	No	No	No	No	No	Sí	No
Prioridades	No	No	No	No	No	Sí	Sí
Velocid(Kb)	1,2	3,8	1,8	1,8	0,075	57,6 o +	32
Protección a perturbación	N/A	No	No	No	No	Sí	Sí
Seguro	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Mensajes formateados	S	V/R	M	M	N/A	J	F

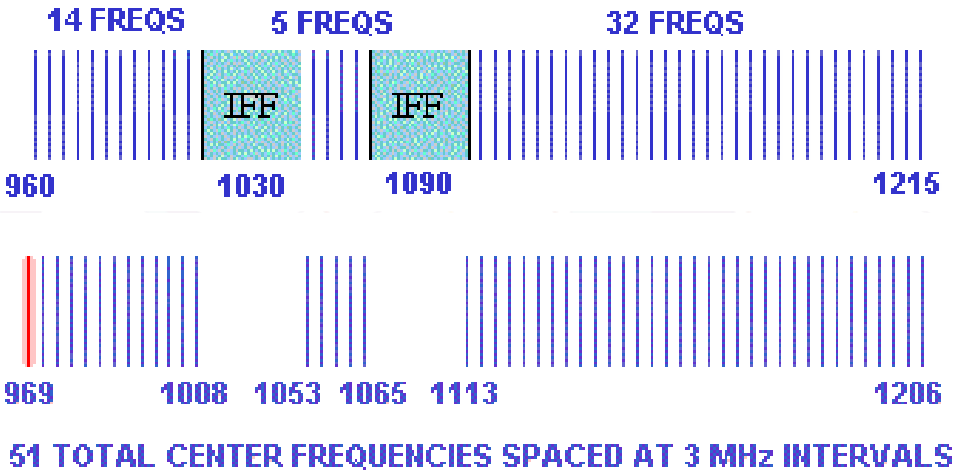
- LINK-16 utiliza tecnología de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA: Time Division Multiple Access) con lo que todos transmiten y reciben al mismo tiempo.

- Opera en Banda L (960-1.250 MHz) y utiliza técnicas de codificación por secuencia directa, espectro ensanchado, salto de frecuencias (*frequency hopping*), detección y corrección de errores y criptografía.

- Concretamente se utilizan 51 frecuencias que van desde 969 MHz a 1.206 MHz con saltos de 3 MHz.

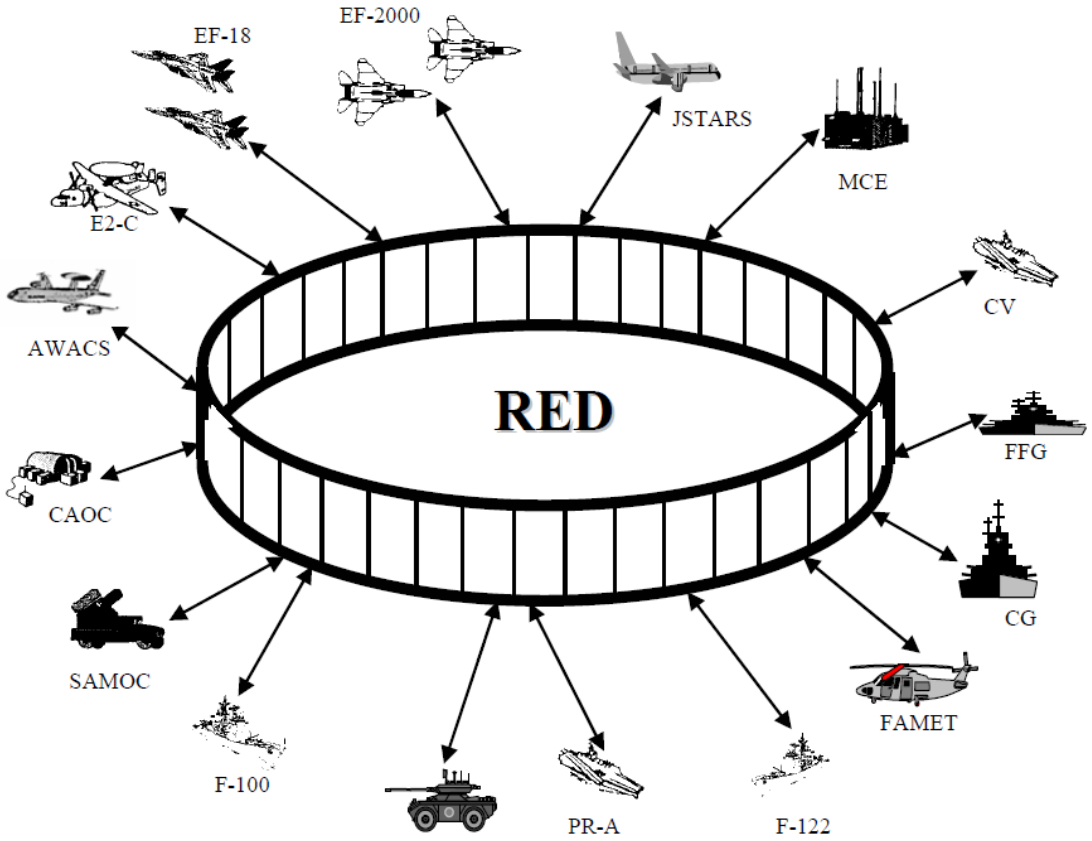
- La red puede operar en dos modos diferentes: **canal único** y **multicanal**.



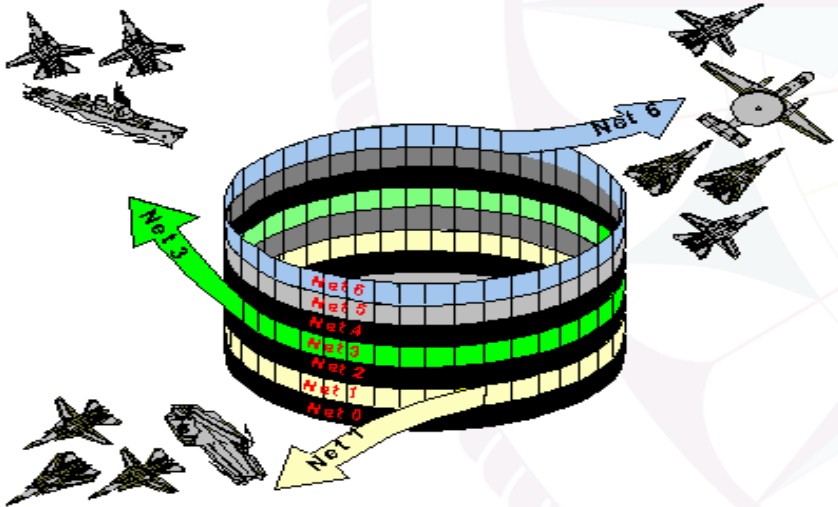


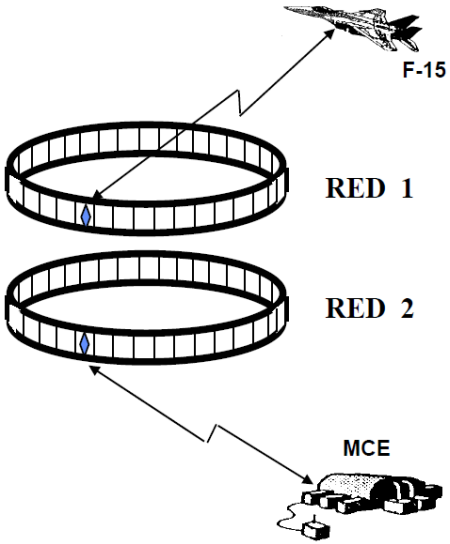
Frequency		Frequency		Frequency	
Number	(MHz)	Number	(MHz)	Number	(MHz)
0	969	17	1062	34	1158
1	972	18	1065	35	1161
2	975	19	1113	36	1164
3	978	20	1116	37	1167
4	981	21	1119	38	1170
5	984	22	1122	39	1173
6	987	23	1125	40	1176
7	990	24	1128	41	1179
8	993	25	1131	42	1182
9	996	26	1134	43	1185
10	999	27	1137	44	1188
11	1002	28	1140	45	1191
12	1005	29	1143	46	1194
13	1008	30	1146	47	1197
14	1053	31	1149	48	1200
15	1056	32	1152	49	1203
16	1059	33	1155	50	1206

- El modo de **canal único** puede considerarse como un único "bus de datos en el cielo". Cada participante de dicha red única, tiene asignado un número de intervalos de tiempo (*time slots*) en el que hace sus transmisiones. Estas asignaciones se realizan cargando unos parámetros de inicialización en el terminal antes de que este empiece a operar. Estos parámetros son los que ordenan a cada terminal que transmita en tal o cual instante de tiempo.



- En el modo de **operación multicanal**, un terminal puede transmitir una serie de pulsos en los intervalos de tiempo que le han asignado en una serie de frecuencias determinadas, mientras que otro terminal transmite otros serie de pulsos en los mismos intervalos de tiempo, pero con una secuencia de frecuencias diferentes.
- Cada secuencia de frecuencias puede considerarse como una red o canal. El LINK-16 contempla 127 redes disponibles para los terminales. Cualquier terminal podrá transmitir o recibir en cualquier red, durante cualquier intervalo de tiempo
- El salto de frecuencias depende del número de red y de la variable criptográfica utilizada. Estas frecuencias se escogen entre 51 frecuencias distintas, separadas 3 MHz una de otra, en la banda L (960-1215 MHz).

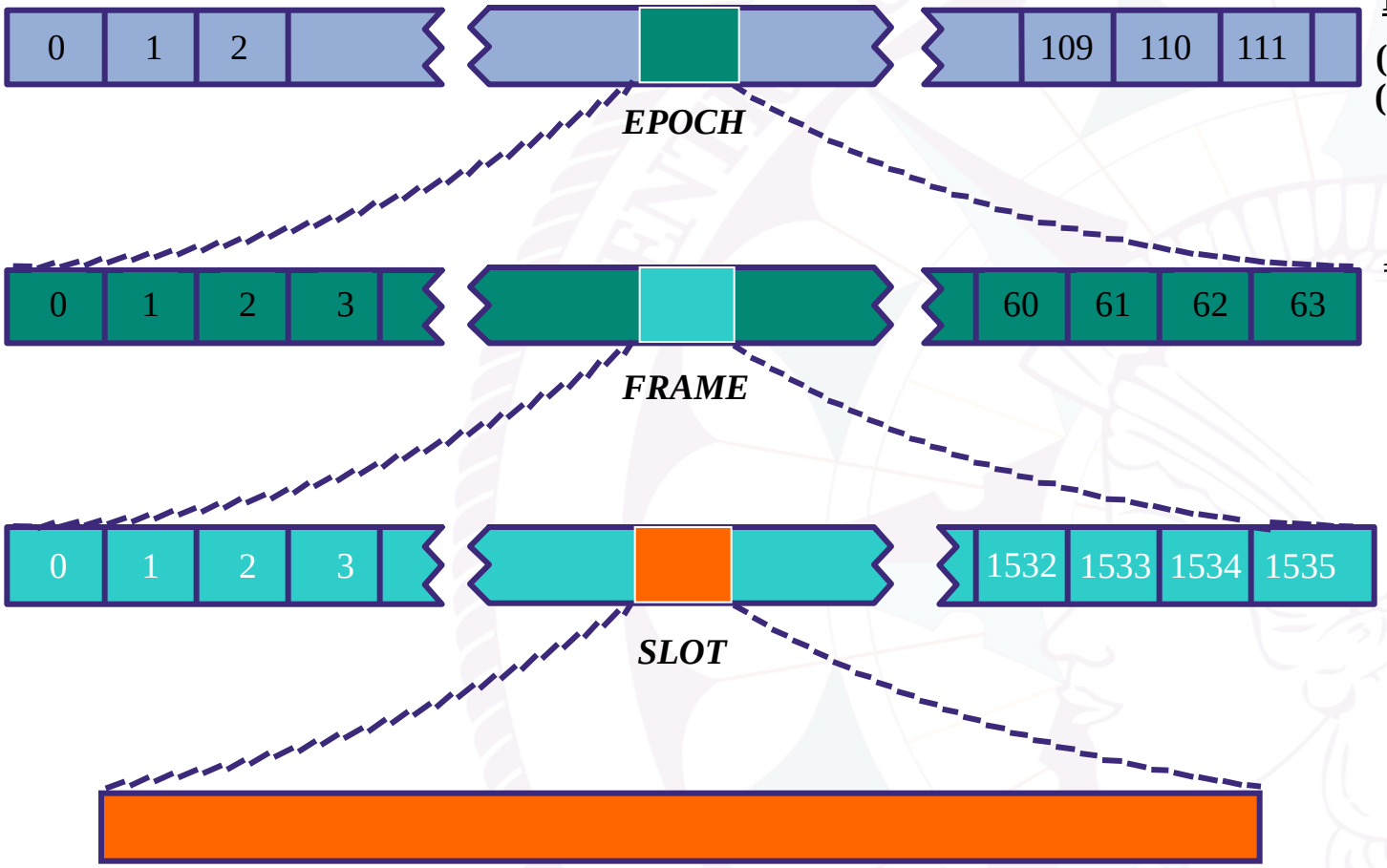




- Los terminales están diseñados de tal forma que puedan separar sus mensajes en categorías diferentes, según el tipo de información o el destino del mensaje. Esta característica va unida a la asignación de intervalos de tiempo, es decir, un grupo de intervalos de tiempo se asignará para transmitir una determinada categoría de mensajes (o grupo de participación), basado en unos requisitos operacionales.

- Desde el punto de vista temporal, el sistema divide las 24 horas del día en periodos denominados épocas (*epochs*). Cada día tiene 112,5 *epoch* de 12,8 minutos de duración. Cada *epoch* tiene 64 tramas (*frames*) de 12 segundos de duración, que a su vez se dividen en 1.536 time slots de 7,81 milisegundos.

- El *time slot* es la unidad básica de la red LINK-16. A cada unidad participante en la red se le asigna un conjunto de *time slots* en los que transmite o recibe información.



DÍA

(24 horas)
(112,5 *EPOCHS*)

EPOCH

(12.8 minutos)
(64 *FRAMES*)

FRAME

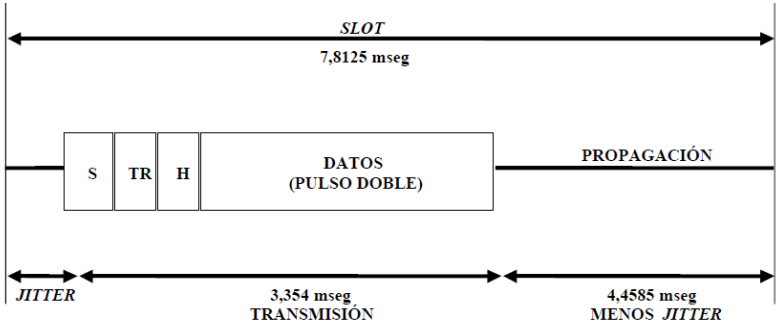
(12 segundos)
(1536 *SLOTS*)

SLOT

(7,8125 mseg)

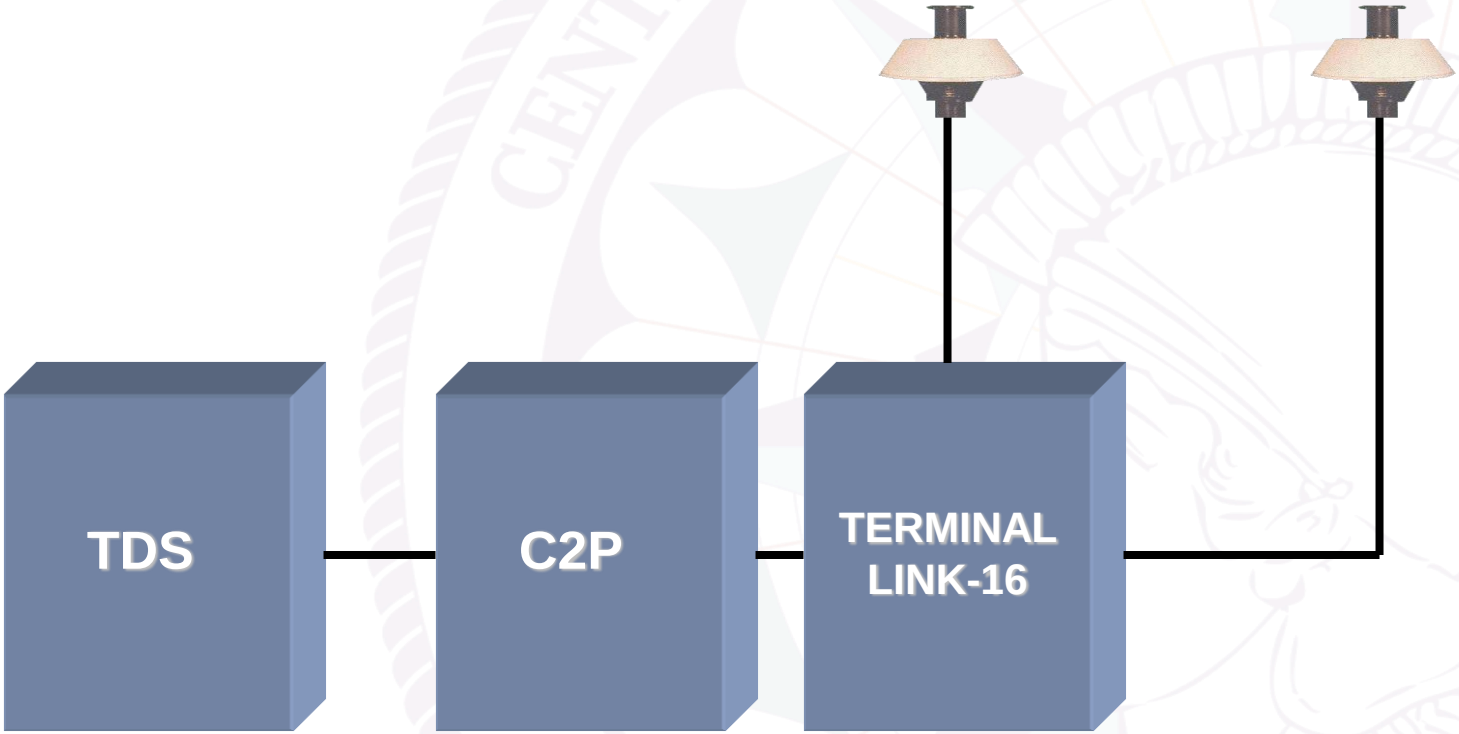
LINK-16 | Estructura de un *time slot*

- Cada time slot comienza con un tiempo muerto llamado *jitter*, en el que no se transmiten datos. La duración del *jitter* varía de forma pseudoaleatoria, dependiendo de la criptovariable (seguridad de la transmisión). El *jitter* contribuye a hacer la señal más resistente a la perturbación, ya que impide al posible perturbador conocer el momento de comienzo de la señal.
- A este tiempo muerto le sigue un espacio ocupado por el mensaje (sincronización, cabecera y datos), donde se transmite una secuencia de pulsos que contienen la información en paquetes de símbolos codificados. Cada pulso representa 5 bits y tiene una duración de 13 µseg: la portadora es modulada durante los primeros 6,4 µseg, que van seguidos por 6,6 µseg de tiempo muerto. La cabecera del mensaje especifica el tipo de formato del mensaje que sigue, si está o no codificado y el tipo de empaquetado.
- El *time slot* finaliza con un tiempo muerto de propagación que permite a la señal un alcance normal de 300 millas o un alcance extendido de 500 millas.
- Finalmente, la forma de onda se genera mediante una modulación por desplazamiento continuo de fase (CPSM) de la frecuencia portadora, a una tasa de 5 Mbps, utilizando para ello como señal moduladora las secuencias de 32 bits correspondientes a los símbolos de transmisión.

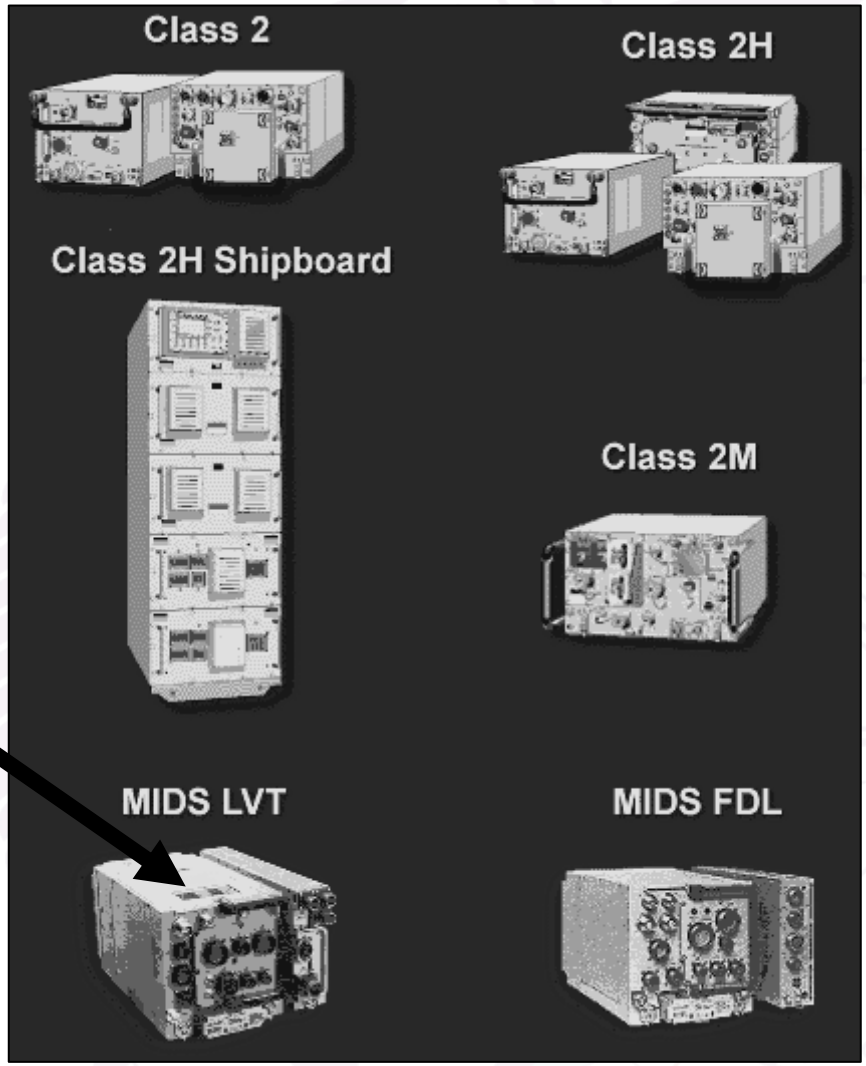


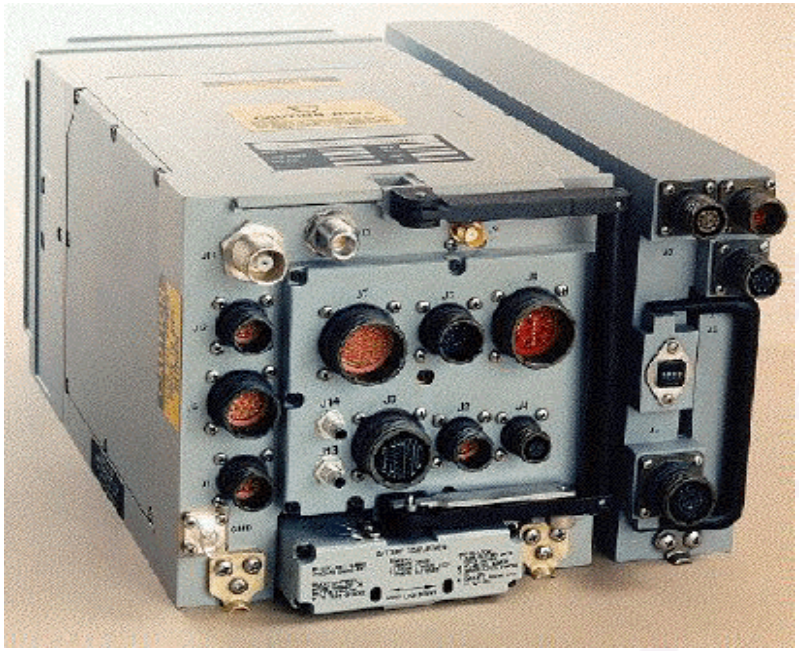
S = SINCRONIZACIÓN
TR = REFINAMIENTO DE TIEMPO
H = CABECERA (*HEADER*)

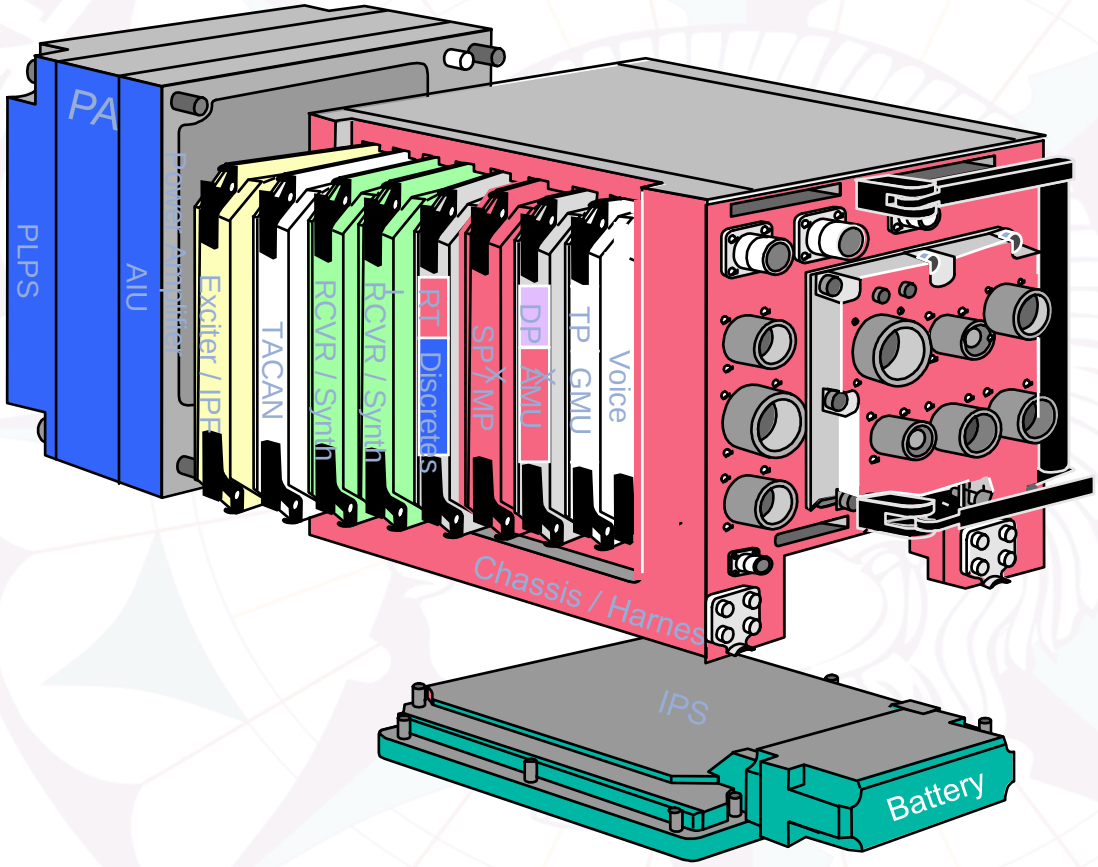
- LINK-16 utiliza el equipo MIDS/JTDIS
  - MIDS = Multifunctional Information Distribution System (Denominación OTAN)
  - JTIDS = Joint Tactical Information Distributed System (Denominación US-Navy)



TERMINAL
MIDS
EMPLEADO
EN F-100

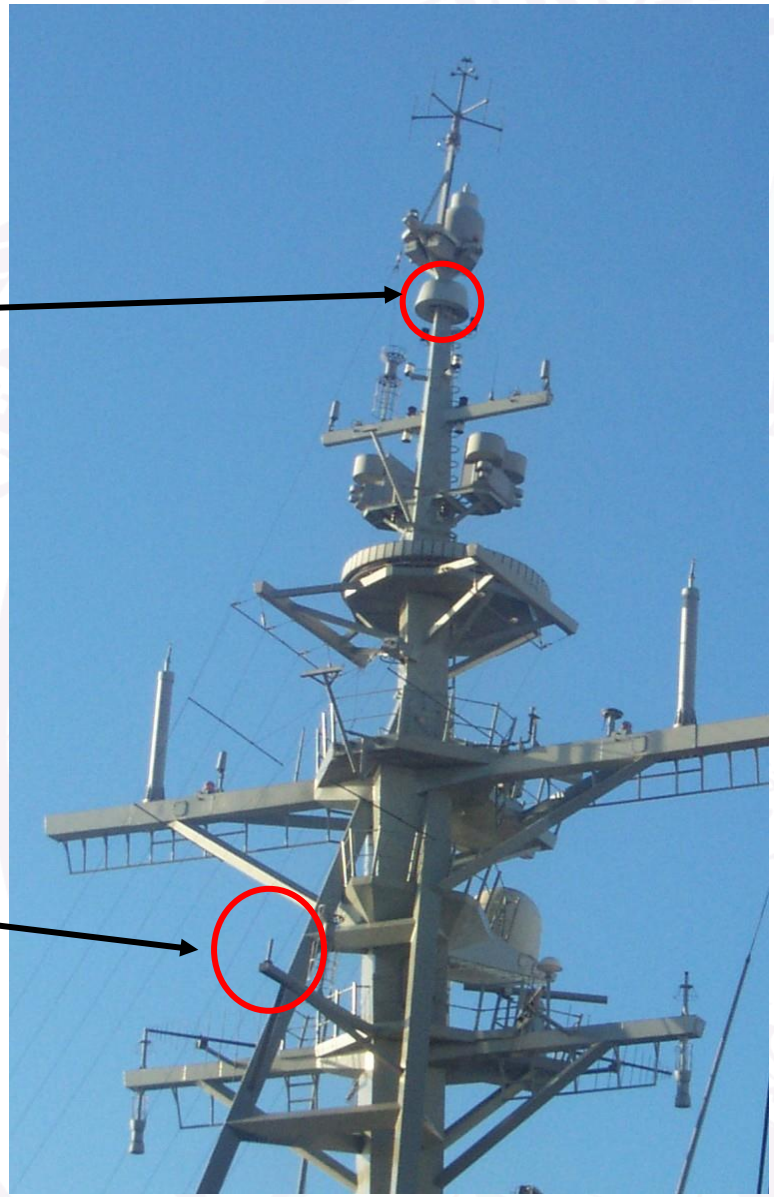





PLPS
PA
AIU
Power Amplifier
Exciter / IPF
TACAN
RCVR / Synth
RCVR / Synth
RT
Discretes
SP/MP
DP
AMU
TP
GMU
Voice
Chassis / Harness
IPS
Battery

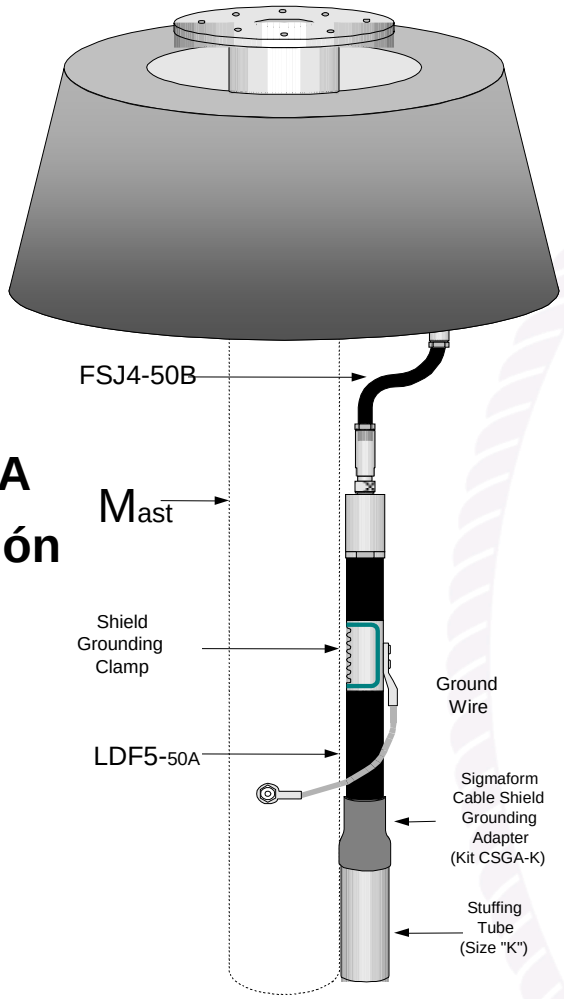
LINK-16 | Antenas LINK-16 en una F-100

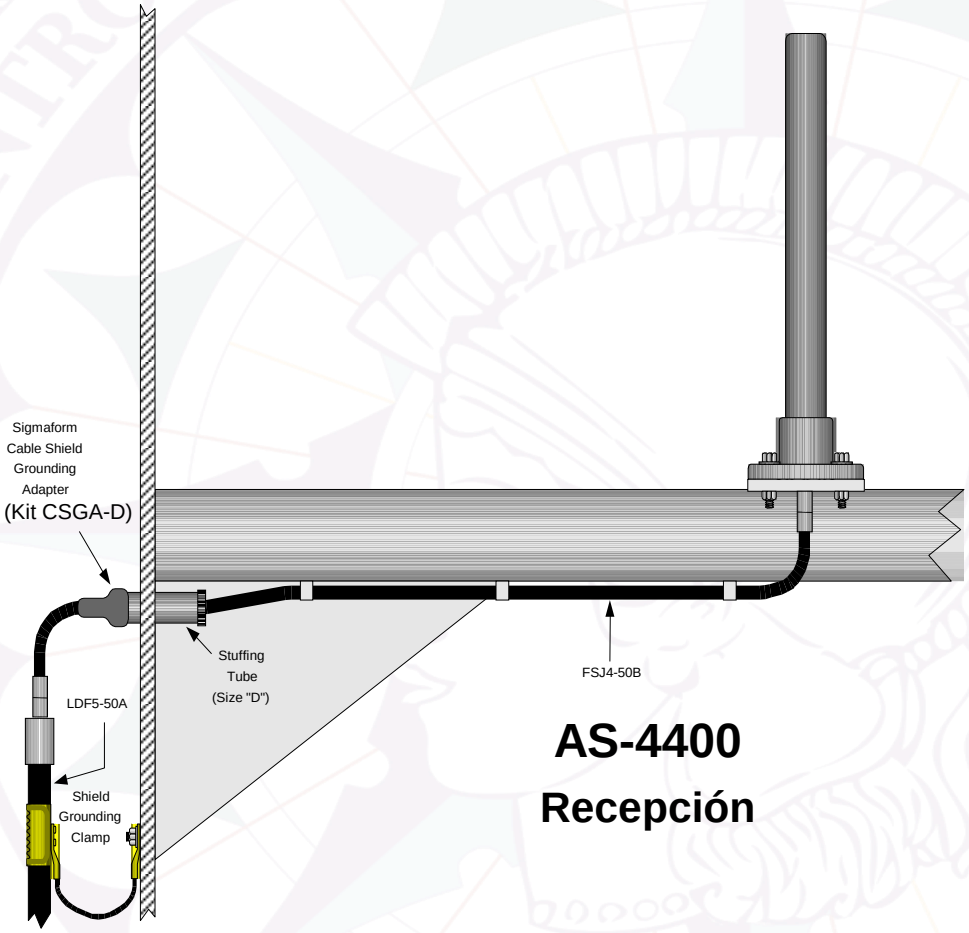
TX LINK-16



RX LINK-16

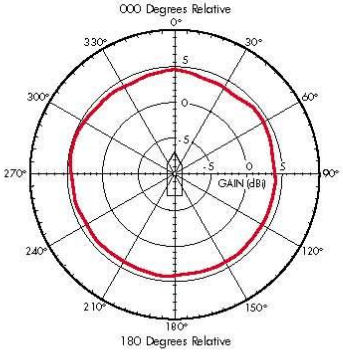
AS-4127A
Transmisión



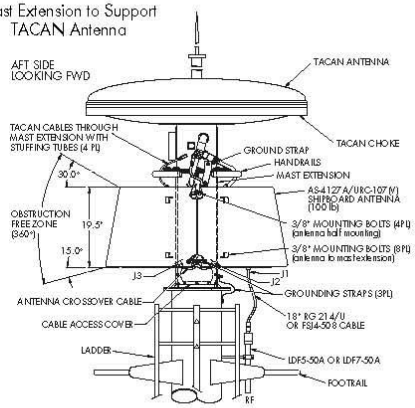


AS-4400
Recepción

Azimuth Pattern of the AS-4127A/URC (Link-16 Antenna) at 1088 MHz in Anechoic Chamber without Radome

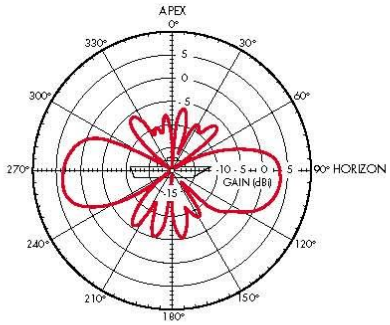


Mast Extension to Support TACAN Antenna



- Mast extension option available for mast top or below TACAN mounting
- Mast extension option available for facility installation
- Onboard enclosed space available for modifications (i.e., duplexer/LNA, switches, etc.)

Elevation Pattern of the Link-16 Antenna at 1088 MHz (Mounted on its side in Anechoic Chamber without Radome)



Further information

For further information on SSC San Diego's Link-16 antenna, please contact:

RF Devices and Antennas Branch (Code 2738)
SSC San Diego
49336 Digital Road
San Diego, CA 92152-7621

Reviewed and approved by

Commanding Officer
SSC San Diego
San Diego, CA 92152-5001

SD 009, Revision 2
February 2003

This technology may be covered by an invention disclosure assignable to the U.S. Government. Parties interested in licensing this technology may direct inquiries to:

SSC San Diego
San Diego, CA 92152-5001

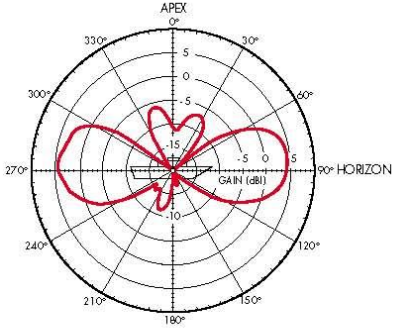
Approved for public release; distribution is unlimited.

LINK-16 ANTENNA

AS-4127A/URC-107(V)

SPAWAR Systems Center San Diego

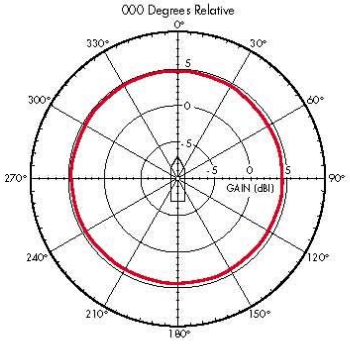
Elevation Pattern of the Link-16 Antenna at 1088 MHz
(Mounted on its Side in the Anechoic Chamber)



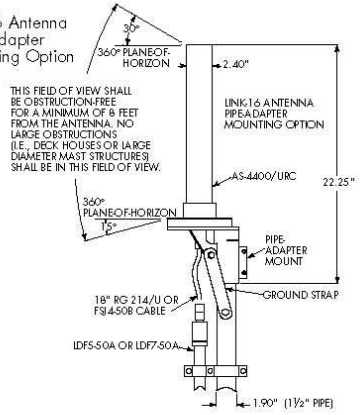
Operational information

- Operating frequency band: 960 MHz to 1215 MHz
- Transmit power: 1200-watt peak and 140-watt average
- Omnidirectional azimuth pattern
- Typical gain: 3.5 dB
- VSWR: 2.0:1 maximum
- Half-power elevation beamwidth: 40 degrees nominal at the horizon

Azimuth Pattern of the Link-16 Antenna
at 1088 MHz in the Anechoic Chamber



Link-16 Antenna
Pipe-Adapter
Mounting Option



Further information

For further information on SSC San Diego's Link-16 antenna, please contact:

RF Devices and Antennas Branch (Code 2738)
SSC San Diego
49336 Digital Road
San Diego, CA 92152-7621

Reviewed and approved by

Commanding Officer
SSC San Diego
San Diego, CA 92152-5001

SD 004, Revision 3
February 2003

This technology may be covered by an invention disclosure assignable to the U.S. Government. Parties interested in licensing this technology may direct inquiries to:

SSC San Diego
San Diego, CA 92152-5001

Approved for public release; distribution is unlimited.

LINK-16 ANTENNA

AS-4400/URC

SPAWAR
Systems Center
San Diego