

Comunicaciones Eléctricas



Defensa y telecomunicaciones

Volumen 65 N° 3

ALCATEL

Comunicaciones Eléctricas, revista técnica trimestral de Alcatel NV, presenta las investigaciones, los desarrollos y las realizaciones conseguidas por las compañías Alcatel en todo el mundo. Publicada desde 1922 en versión inglesa, se edita actualmente en cuatro idiomas y su distribución es universal.

Comunicaciones Eléctricas

Volumen 65, Número 3

Editorial Board

Peter Radley
Presidente

Dominique Brouard
Alcatel Cable

Bernard Culot
Alcatel Radio, Space & Defense

Rossella Daverio
Relaciones Corporativas y Publicidad

Georges Paricard
Alcatel Business Systems

Renzo Ravaglia
Network Engineering & Installation

Werner Schmidt
Patentes

Renaat Van Malderen
Alcatel Network Systems

Editores

Editor-Jefe internacional
Rod Hazell, Paris

Ediciones locales

Comunicaciones Eléctricas
Gustavo Arroyo, Madrid

Revue des Télécommunications
Catherine Camus, Paris

Elektrisches Nachrichtenwesen
Theo Wichers, Stuttgart

Defensa y telecomunicaciones

- 206 **Editorial**
- 208 **Las comunicaciones militares por satélite,**
P. Houzelot
- 218 **Satélites militares de observación,**
N. Lannelongue y J.-B. Nocaudie
- 226 **Centralita de infraestructura militar OSIRIS,**
J.M. Sénéchal
- 233 **Centralita táctica,**
B. Mathisen
- 240 **Tecnología de sistemas en redes tácticas,**
B. Rossow
- 247 **Tecnología de microondas tácticas,**
M. Darmon, M. Eve y M.O. Favellier
- 257 **Radar de vigilancia terrestre RATA-C-S,**
V. Kloevekorn
- 263 **Seguridad en sistemas de comunicaciones de defensa,**
J. Braaten y J.T. Johannessen
- 270 **Comunicaciones de HF en redes de área extendida,**
F. Barcio, G. Guidotti y V. Maglione
- 280 **Técnicas orientadas a objetos para sistemas C3I,**
P.J. Oziard
- 290 **Sistema de control y comando aéreo (ACCS),**
R. Allouche
- 295 **A101 SCRA – Extensión móvil de la red táctica de área,**
N. Bianchella, C. Conticello y G. Luisi
- 305 **En este número**
-

Publicado en Mayo 1992
© Alcatel NV, 1992

Las direcciones de los editores se dan en la página 306





Editorial

El arte de la defensa no solo se basa en el conocimiento de las propias fuerzas, sino también en el conocimiento de la fuerza y debilidad de los oponentes. Según se desarrolla este arte, la probabilidad de batallas agresivas disminuye.

En el complejo y cambiante mundo actual, solamente los sistemas sofisticados de comunicación de informaciones de defensa tienen los suficientes recursos de flexibilidad, sensibilidad y respuesta en tiempo de real que garantizan las respuestas precisas y a tiempo. Los sistemas deben funcionar tanto en tiempos de paz para prever y prevenir los posibles conflictos como en tiempos de crisis para disminuir los daños y restaurar el equilibrio lo más rápidamente posible.

Alcatel, con su gran competencia en el campo de las telecomunicaciones, es capaz de satisfacer todas las necesidades de comunicaciones para Defensa, desde los enlaces telefónicos en el campo de batalla hasta los radares de apertura sintética que exploran la superficie terrestre desde satélites, suministrando una información estratégica detallada.

En este número de *Comunicaciones Eléctricas* se intentan tocar la mayoría de los aspectos de las telecomunicaciones para Defensa. En el dominio espacial, hay artículos sobre sistemas de satélites de comunicaciones y de observación. También se tratan las centralitas tácticas y de infraestructura, y la tecnología de redes tácticas. Los sistemas de propagación por radio incluyen los enlaces de microondas, la difusión troposférica y la radio móvil. Se mencionan sistemas de control y órdenes, como el radar de vigilancia terrestre. Un artículo trata las arquitecturas de seguridad aplicadas a los sistemas de telecomunicaciones. La publicación de este número coincide con la exposición Euro-Satory en Le Bourget, Francia, donde Alcatel presenta una amplia gama de productos de telecomunicaciones para Defensa.



*Pabellón de
Alcatel en Euro-
Satory.*

El mercado de los productos de telecomunicaciones para Defensa no es el que solía ser. Actualmente, el desarrollo e investigación en áreas tales como el espacio y las comunicaciones móviles llevan consigo un presupuesto enorme que es insoportable para empresas militares especializadas. Por ello, la palabra clave es *sinergia*, la cual debe de existir entre diseño, desarrollo y fabricación civil y militar para obtener productos militares al estado del arte y económicos. Por supuesto, se deben de cumplir los requisitos militares de robustez eléctrica y mecánica, de seguridad de la información y de discreción en las operaciones.

Una gran particularidad de Alcatel es su amplia presencia en los países europeos. El Grupo de Radio, Espacio y Defensa es capaz de jugar un importante papel en la iniciación y sostenimiento de proyectos multilaterales coordinados que ayudarán a promover una estrategia de defensa unificada dentro de la Comunidad Europea.

J. Imbert, Presidente
Grupo de Radio,
Espacio y Defensa de Alcatel

Las comunicaciones militares por satélite

La puesta en órbita en Diciembre de 1992 del primer satélite, Télécom 2A, de la segunda generación Télécom 2, satélite mixto militar y civil como Télécom 1, permitirá mejorar junto al nuevo sistema de telecomunicaciones militares Syracuse II, las prestaciones de los servicios ofrecidos hasta ahora.

P. Houzelot

Alcatel Espace, Courbevoie, Francia

Introducción

El Ministerio francés de Defensa (DGA) explota, desde 1985, el sistema de telecomunicaciones militares Syracuse I, empleando los satélites Télécom 1A y Télécom 1C, lanzados respectivamente en Agosto de 1984 y en Marzo de 1988. La continuidad de los servicios ofrecidos desde 1985 queda asegurada, por la puesta en órbita del satélite Télécom 2A en Diciembre de 1991. Este nuevo sistema aporta además una mejora de las prestaciones por:

- el aumento del número de estaciones y por lo tanto del tráfico asociado,
- el incremento de protección contra las amenazas,
- el empleo de nuevas estaciones, más tácticas las estaciones terrestres remotas o totalmente originales en los submarinos nucleares,
- la utilización de coberturas más específicas,
- la asignación automática de comunicaciones,
- la flexibilidad de la configuración.

Después de diversos estudios de optimización técnico-económicos, el DGA y France Télécom han decidido reencaminar la colaboración que les unía en Télécom 1. Por ello, Télécom 2A será del tipo de multimisiones militares y civiles.

El proyecto Syracuse II obtuvo la aprobación del Ministerio de Defensa en Enero de 1987 y su desarrollo se ha concretado en el contrato del satélite en Marzo de 1988, el contrato del segmento terreno un año más tarde y el contrato del sistema en Diciembre de 1989. Otros contratos sobre estudios preliminares y desarrollos notificados por DGA a Alcatel

desde 1983 habían precedido a estos tres contratos.

Alcatel juega un papel importante en el proyecto Syracuse II:

- Alcatel Espace ha preparado un equipo específico (MOSS) como principal contratista;
- Alcatel Espace y Alcatel Telspace con un equipo centralizado (MOCOS) aseguran el control del segmento terreno,
- Alcatel Espace y Matra aseguran el control del satélite con la ayuda de un equipo común centralizado (GPMO),
- por último, Alcatel Espace y Thomson-CSF han preparado un equipo común para la unión entre Syracuse y Télémac.

El satélite Télécom 2B se lanzó con éxito el 16 de Abril de 1992. El suministro de los prototipos de estación comenzó a mitad del 91, y continuará hasta principios de 1993. El prototipo de estación para submarinos se entregó en Julio de 1991, como estaba previsto. El suministro de las estaciones de serie se realizará entre mitad del 92 y principios de 1997.

Con ello, el sistema del que dispondrá Francia será comparable, sino superior, a los de EE.UU. (DSCS 3), Reino Unido (SKYNET) y CEI (GALS).

El sistema Syracuse II

El sistema de telecomunicaciones Syracuse II estará operativo en su configuración automática a mitad del 94 y ofrecerá a sus abonados:

- servicios telegráficos manuales y automáticos,
- servicios de telefonía transparente y cifrada (manuales y automáticos),

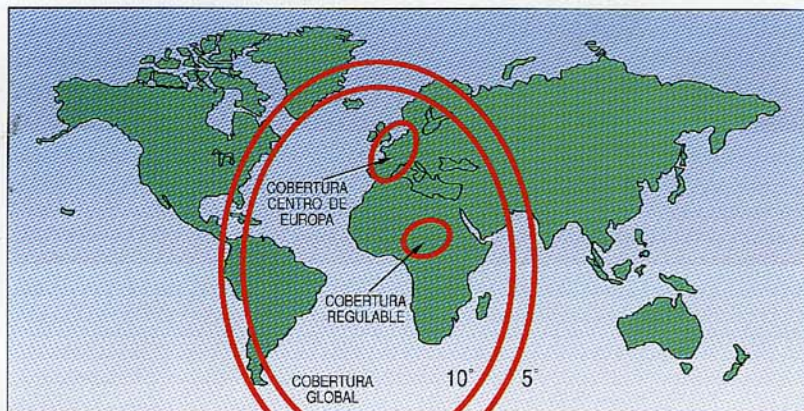


Figura 1
Cobertura del satélite
Télécom 2 (con
Syracuse II).

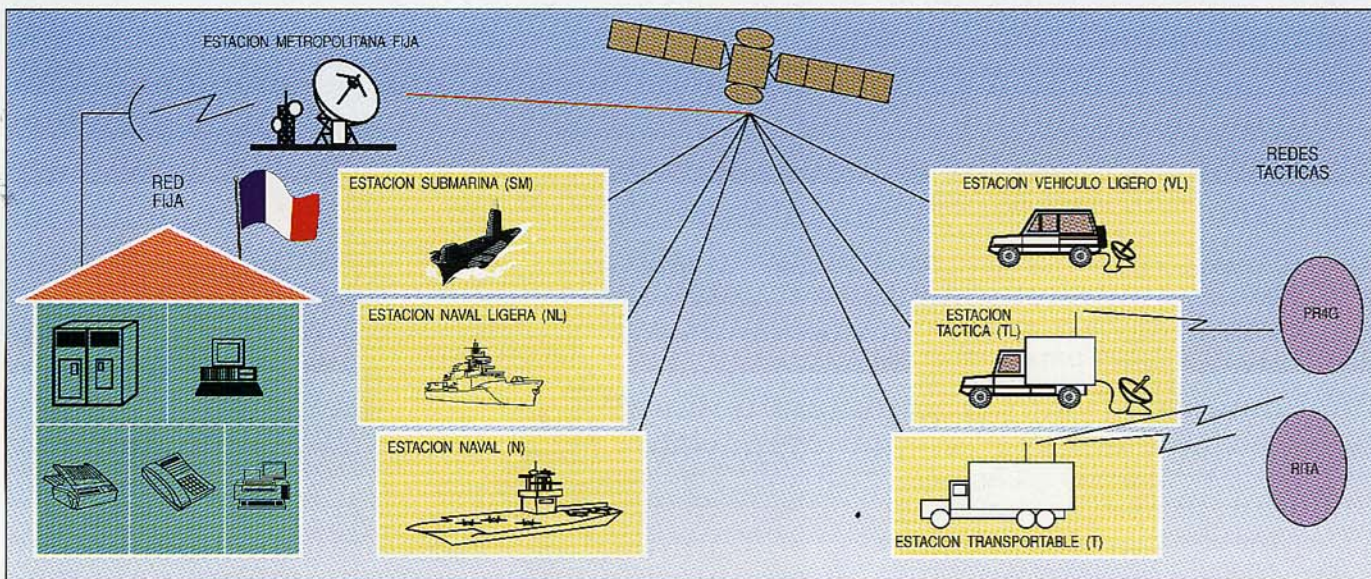
- servicios de transmisión de datos manuales y automáticos),
- servicio de mensajería protegido.

Estos servicios aseguran por un lado, el enlace entre las Autoridades dentro del territorio francés y las fuerzas armadas desperdigadas por el área cubierta por el satélite, y por otro lado, entre las fuerzas armadas desplegadas en zonas de cobertura bien delimitadas, como se muestra en la Figura 1.

Syracuse II emplea la misma tecnología SS-CDMA (acceso múltiple por división de código / ensanchamiento de espectro) que Syracuse I, lo que ya le asegura una buena protección.

Para satisfacer los deseos más tácticos, se emplea igualmente una técnica SS-FDMA (acceso múltiple por división de frecuencia/ensanchamiento de espectro). La Figura 2 indica los usuarios del sistema.

Figura 2
Usuarios de
Syracuse II.



Interfaces del sistema

El sistema Syracuse II tiene de interfaz por un lado, con las redes, tres estaciones fijas en territorio francés (M2, M3, M4), y por otro los terminales situados en las estaciones remotas (modulares y transportables).

Principales elementos del sistema Syracuse II

Segmento espacial

El segmento espacial Syracuse II está integrado con el de Télécom 2, comprendiendo:

- tres satélites (dos en órbita, uno de ellos operacional y otro de reserva en tierra) que funcionan en la banda X militar (8/7 GHz) y en las bandas civiles de 14/12 GHz y 6/4 GHz,
- un centro de control de satélites situado en Toulouse, en las dependencias del CNES,
- una red de telemando/telemida/seguimiento (TTC) para la banda C (6/4 GHz) y banda S,
- un centro de control de los satélites de ayuda (SCC/S), situado en la estación M4 en Francia,
- y una red TTC para la banda X (8/7 GHz).

Satélite Télécom 2

El satélite Télécom 2 se ha montado sobre la plataforma Eurostar 2000 de Matra. Las principales características del satélite se muestran en la Tabla 1.

Carga útil 8/7 GHz

Diseñada, fabricada e integrada por Alcatel Space, consta esencialmente de cinco transpondedores de diferentes potencias (40 a 80 MHz y 20 a 40 W).

La Figura 3 muestra un esquema de la carga útil y la Tabla 2 el mapa de frecuencias y el esquema de interconexión de los transpondedores militares.

Sistema de colocación y estabilización en órbita (MIMAP)

La Figura 4 ilustra el sistema MIMAP, resaltando la red de colocación en órbita del satélite de 2 GHz del CNES y las redes de estabilización en órbita activa de 6/4 GHz y de apoyo de 8/7 GHz.

Las funciones de transmisión de telemando hacia el satélite (TC), recepción de telemidas desde el satélite (TM) y medidas de seguimiento del satélite (MD y MDTA) queda asegurada por las estaciones.

Todas las operaciones se efectúan desde un centro de control de satélites situado en el CNES Toulouse Space Centre, apoyado por un centro de ayuda en la estación M4 ("France Sud").

Segmento terreno

Estaciones en la Francia metropolitana: Se han instalado en los mismos lugares que las de Syracuse I: M2 (Lanveoc), M3 (Favières) y M4 ("France Sud"). Son estaciones diseñadas, fabricadas, integradas y cualificadas por Alcatel Space.

Todas ellas aseguran parte del tráfico operacional de Syracuse II procedente de las redes de infraestructura hacia las estaciones autónomas vía satélite y viceversa. Están dotadas de los equipos de telecomunicación y antenas necesarios para los enlaces ascendente (banda de 8 GHz) y descendente (7 GHz).

Además, cada una tiene características especializadas en las funciones específicas que tiene que realizar:

- France-Sud, estación central del sistema, está equipada con una antena de 18 m y con el equipo de telecomunicación necesario para los transpondedores con el satélite operacional. Una segunda antena de igual diámetro asegura los enlaces con el satélite de ayuda, y sirve como reserva de la primera en caso de fallo. Una tercera antena de 8 m sirve al tráfico de Syracuse 1 y será mas adelante empleada en otras misiones (ver Foto 1). También está equipada para asegurar, por un lado, la recepción en órbita de

Tabla 1 – Características generales del satélite Telecom 2

Posición orbital	8° Oeste, 5° Oeste ó 3° Este
Duración de vida	10,25 años
Masa (TTC + antenas + 3 cargas útiles)	404 kg
Masa seca de satélite	1120 kg
Masa al lanzamiento	2280 kg
Envergadura	22 m
Potencia de paneles solares (final de vida)	3,8 kW
Consumo (fin de vida)	3,6 kW
Lanzadera	Ariane IV (SPELDA)
Fiabilidad	0,68 (canal transparente) 0,74 (canal protegido)
Precisión de mantenimiento en órbita	± 0,05°
Plena capacidad en eclipse	
Estabilización de satélite	Un eje para GTO Tres ejes en órbita estacionaria

Tabla 2 – Plan de frecuencias e interconexión de transpondedores en comunicaciones militares

Transpondedor	Recepción (MHz)	Cobertura	Transmisión (MHz)	Cobertura	Potencia
X1 (60 MHz)	7900-7960	Centro Europa	7250-7310	Centro Europa	20 W
X2 (40 MHz)	7985-8025	Global	7335-7375	Global	40 W
X2*		Centro Europa		Global	
X3 (40 MHz)	8050-8090	Centro Europa	7400-7440	Global	40 W
X4 (40 MHz)	8115-8155	Móvil	7465-7505	Móvil	20 W
X4*				Global	
X5 (80 MHz)	8315-8395	Global	7665-7745	Global	20 W

* Configuración opcional obtenida por telecomando

Foto 1 Estación central France Sud.



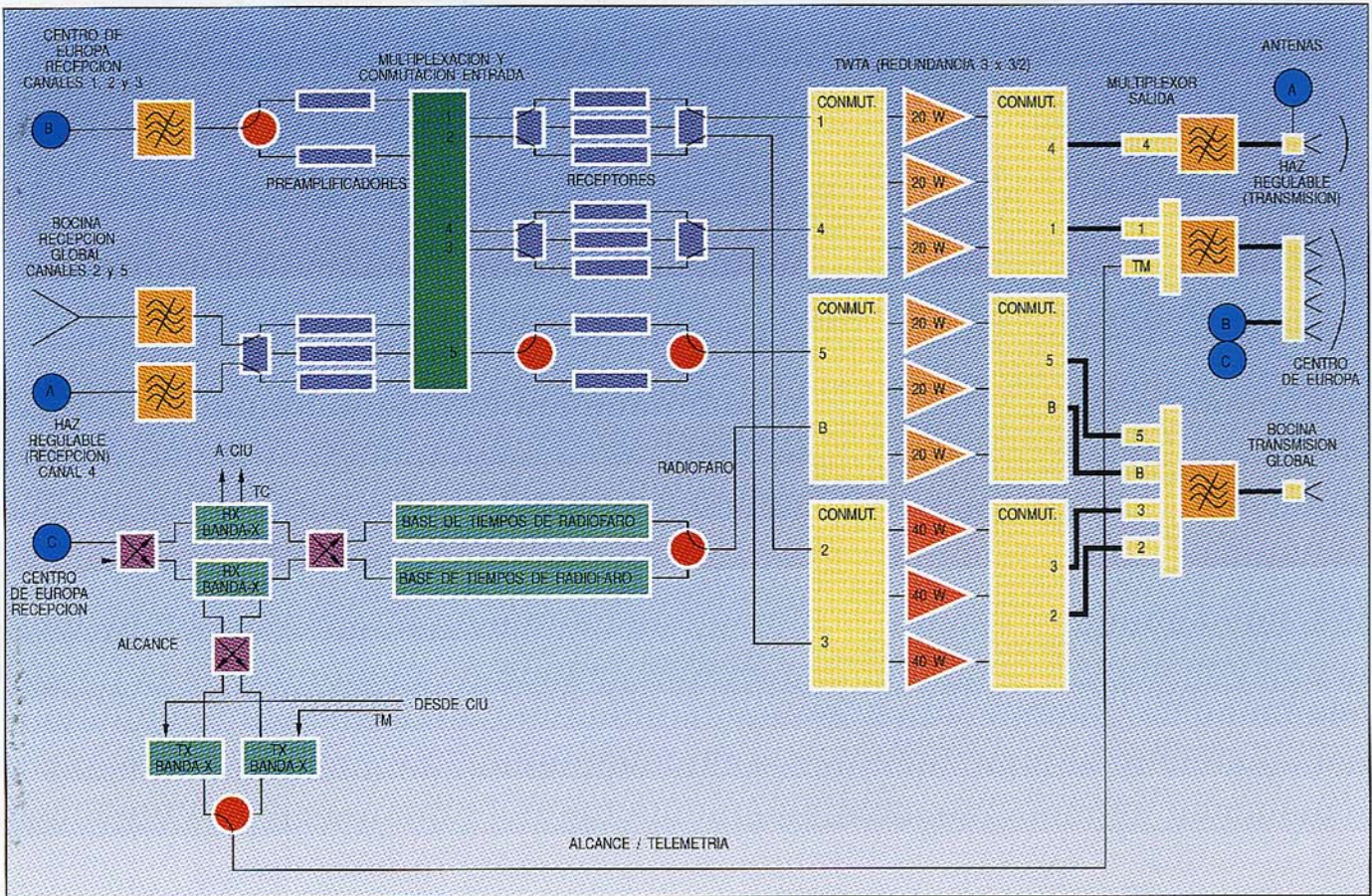


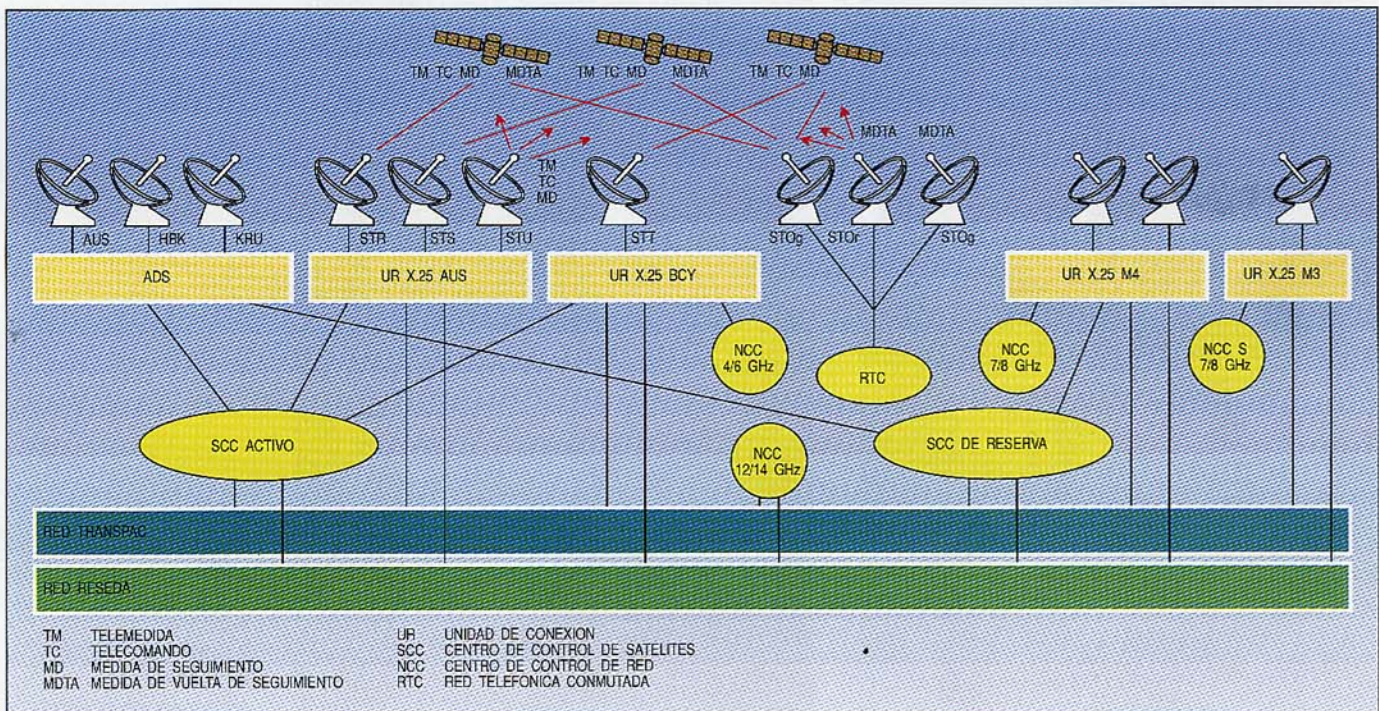
Figura 3
Carga útil de 8/7 GHz de Télécom 2.

los satélites Télécom 2 en banda X y por otro, el control de los enlaces gracias a los equipos IOT (pruebas de satélites en órbita) y CSM (supervisión de sistema y control), ver Fotos 2 y 3; además dispone de la hora de refe-

rencia de red, del NCC (centro de control de red) y del SCC/S (centro de control de satélites de ayuda).

– Favières puede configurarse como la estación central. También está equipa-

Figura 4
Sistema de localización y seguimiento de satélites (MIMAP).



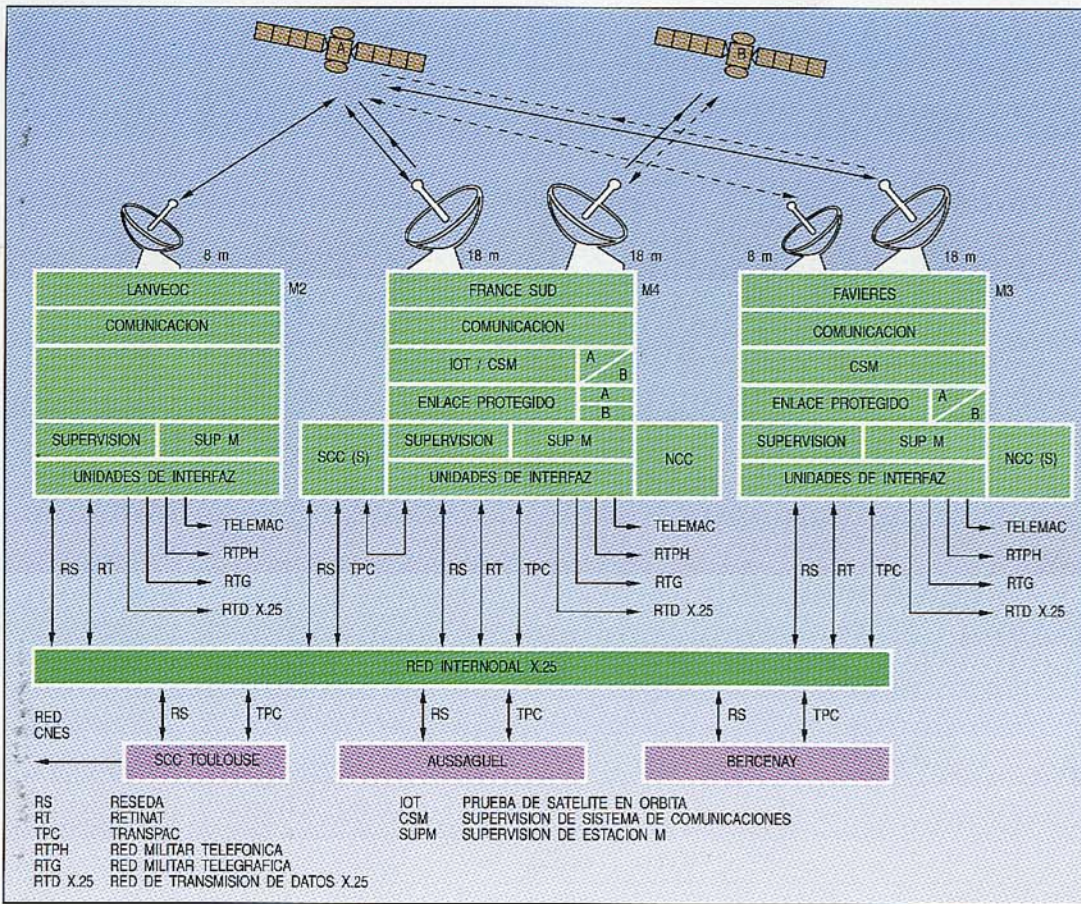


Figura 5 Enlaces y conexiones de las estaciones metropolitanas fijas.

da con una antena de 18 m y con los equipos de telecomunicación necesarios para los transpondedores hacia el

satélite operacional. Una segunda antena de 8 m, empleada en la actualidad por Syracuse I, se empleará como

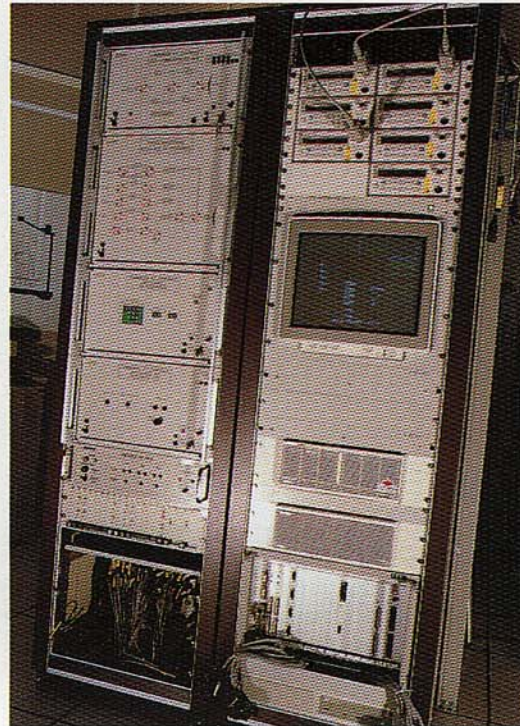
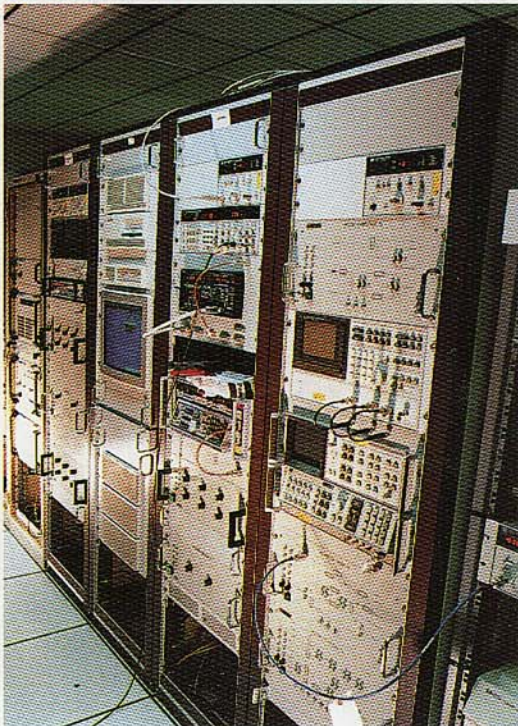


Foto 2 Equipo de prueba de satélite en órbita.

Foto 3 Equipo de supervisión de sistema y de control.



Foto 4
Corbeta equipada con una estación naval ligera.

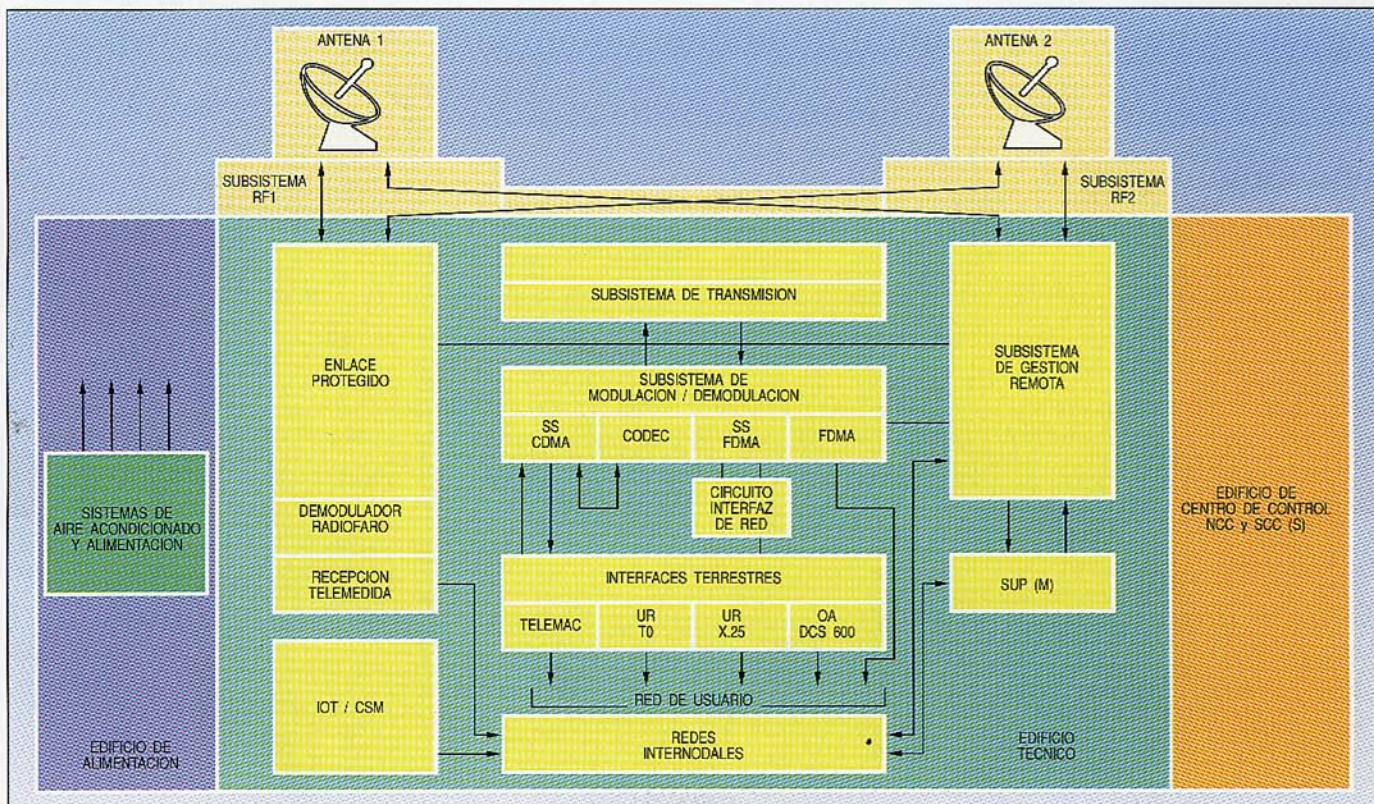
apoyo de la primera. Está equipada con un CSM y con el NCC/S (centro de control de red de ayuda).

- Lanveoc, estación únicamente de tráfico, está equipada con una antena de 8 m y con los equipos de telecomunicaciones necesarios para los transpondedores con el satélite operacional.

La Figura 5 muestra el conjunto de enlaces y uniones entre las tres estaciones y la Figura 6 un esquema simplificado de la estación France Sud (M4).

Las Fuerzas Armadas francesas emplean la diferentes estaciones móviles y transportables para establecer comunicaciones con la metrópoli (por medio de las estaciones M2, M3 y M4) o entre ellas.

Figura 6
Diagrama de bloques simplificado de la estación tipo M4.



El segmento naval tiene estaciones navales (N), estaciones navales ligeras (NL) y estaciones "submarinas" (SM), y el segmento terrestre incluye estaciones transportables (T), estaciones transportables ligeras (TL) y estaciones de vehículos ligeros (VL). La Tabla 3 da las principales características de estas estaciones.

En conjunto, el sistema incluye un centenar de estaciones remotas, comprendidas las del Syracuse I. Estas estaciones las diseña, realiza, integra y cualifica Alcatel Telspace.

La Figura 7 muestra un esquema de la estación N. El principio empleado es idéntico para todos los tipos. Se diferencian en el número de modems, potencia de los emisores y diámetro de la antena.

Las estaciones NL, SM y VL se han desarrollado especialmente para Syracuse II. Las fotos 4 y 5 muestran una corbeta equipada con una estación NL y el prototipo de antena SM montado en el submarino *Dauphin*.

Componente sistema

Comprende un conjunto de funciones realizadas por los equipos instalados en estaciones terrenas M2, M3 y M4, y en estaciones remotas. Se distinguen en este componente dos partes diferentes:

- la red conmutada de circuitos digitales,
- el sistema de interfaz terrestre.

Se ha diseñado, integrado y cualificado por Alcatel Espace. La realización se ha confiado en parte, tras una fase de consulta, a empresas externas (SAGEM, CR2A y CSEE).

Red conmutada de circuitos digitales: el sistema comprende dos funciones esenciales: control de red y gestión de circuitos.

La supervisión consiste en la administración, explotación y defensa de la red. Se implantan estas funciones en equipos repartidos por las *estaciones terrenas* M3 y M4, que comprenden esencialmente el

Tabla 3 – Características técnicas de las estaciones remotas

	Estación N*	Estación NL	Estación SM	Estación T*	Estación TL*	Estación VL
Características	Naval para barcos > 3500 t Equipo en cassetas Modems y terminales en los navíos	Versión ligera para barcos > 1000 t Equipo en el interior del navío	Versión para submarino	Integrado en contenedor apropiado para transporte aéreo	Integrado en contenedor apropiado para transporte aéreo (Transall)	Integrado en caja portátil para vehículos ligeros
Antena(s)	2 antenas de 1,5 m de diámetro con cúpula	1 antena de 1 m de diámetro con cúpula	Integrada en cúpula, sobre mástil izable	Antena de 2,8 m de diámetro	Antena de 1,3 m de diámetro	Antena de 0,9 m de diámetro
Plan de frecuencias						
Emisión	7,9–8,4 GHz	7,9–8,4 GHz	7,9–8,4 GHz	7,9–8,4 GHz	7,9–8,4 GHz	7,9–8,4 GHz
Recepción	7,25–7,75 GHz	7,25–7,75 GHz	7,25–7,75 GHz	7,25–7,75 GHz	7,25–7,75 GHz	7,25–7,75 GHz
Polarización circular	Transmisión: derecha Recepción: izquierda					
Relación G/T	$G/T \geq 15 \text{ dBK}^{-1}$	$G/T \geq 9,5 \text{ dBK}^{-1}$	—	$G/T \geq 21,3 \text{ dBK}^{-1}$	$G/T \geq 15 \text{ dBK}^{-1}$	$G/T \geq 9,5 \text{ dBK}^{-1}$
Saturación EIRP	67 dBW/53 dBW	51 dBW	—	74 dBW/60 dBW	56 dBW	40 dBW
Capacidad:						
Transmisión	2 transpondedores	1 transpondedor	1 transpondedor	3 transpondedores	1 transpondedor	1 transpondedor
Recepción	3 transpondedores	2 transpondedores	1 transpondedor	3 transpondedores	1 transpondedor	1 transpondedor
Recepción de baliza	Permanente	Permanente	Permanente a profundidad de periscopio	Permanente	Permanente	Permanente
Acceso FDMA	3 modems SS-FDMA (16 K ó 2400 + x)	3 modems SS-FDMA (2400 + x)	1 modem SS-FDMA (2400 + x)	4 modems SS-FDMA (16 K ó 2400 + x) 2 modems FDMA	2 modems SS-FDMA (16 K ó 2400 + x)	1 modem SS-FDMA (2400 + x)
Acceso CDMA	2 modems SSMA	—	—	3 modems SSMA	—	—
Tiempo de puesta en marcha	—	—	—	< 1 h 30 min	< 45 min	< 20 min

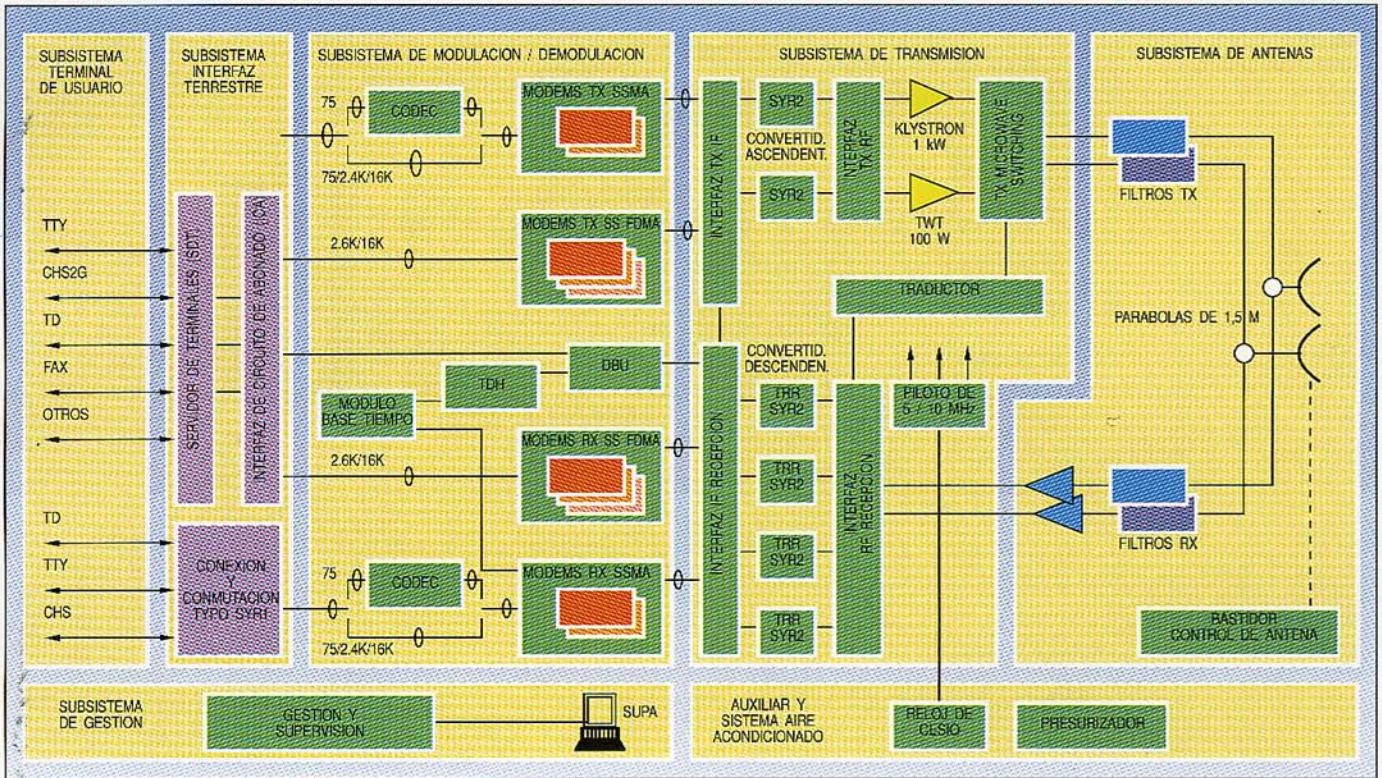


Figura 7
Diagrama de bloques simplificado de la estación tipo N*.

centro de supervisión de red redundante (NCC), el equipo de supervisión de la estación metropolitana (SUPM) y el equipo de supervisión de la carga útil de satélite (SUPC). Un simulador permite al director de red preparar los mapas de frecuencia en función de los datos operacionales. También hay un equipo de supervisión de *estaciones remotas* (SUPA).

La gestión de circuitos comporta las funciones de asignación en tiempo real de los recursos de la red de acuerdo a las asignaciones y peticiones (función de conmutación y arbitraje), las funciones de apoyo al acceso al tráfico y de señalización en las estaciones fijas e remota, y la de gestión del interfaz con los equipos de transmisión de las estaciones con dichas estaciones. Estas funciones se implantan en equipos repartidos en las estaciones fijas, específicamente el sistema de arbitraje de peticiones (OAR) y el interfaz de circuitos de red (ICR). Y en las *estaciones remotas* el interfaz de circuito de abonado (ICA).

Sistema de interfaz terrestre: Este sistema asegura la función de interfaz con los terminales y con las redes fijas, así como la gestión de los abonados de red.

Las funciones se implantan en las *estaciones fijas* para los enlaces telefónicos (OA DCS 500), enlaces telegráficos (URTGA), enlaces de transmisión de datos X.25 (UR X.25), mensajería prote-

gida (buzón) y gestión de abonados integrada en el NCC. Igualmente se implantan en *estaciones remotas* las funciones de interfaz con los terminales (SDT). La Figura 8 muestra los diferentes componentes de la red Syracuse II y la Figura 9 un esquema funcional simplificado de la red.

Las comunicaciones militares en el año 2000

La vida prevista para Télécom 2 es de diez años, por lo que habrá que definir el

Figura 8
Red Syracuse II, formando el corazón de una red militar completa.

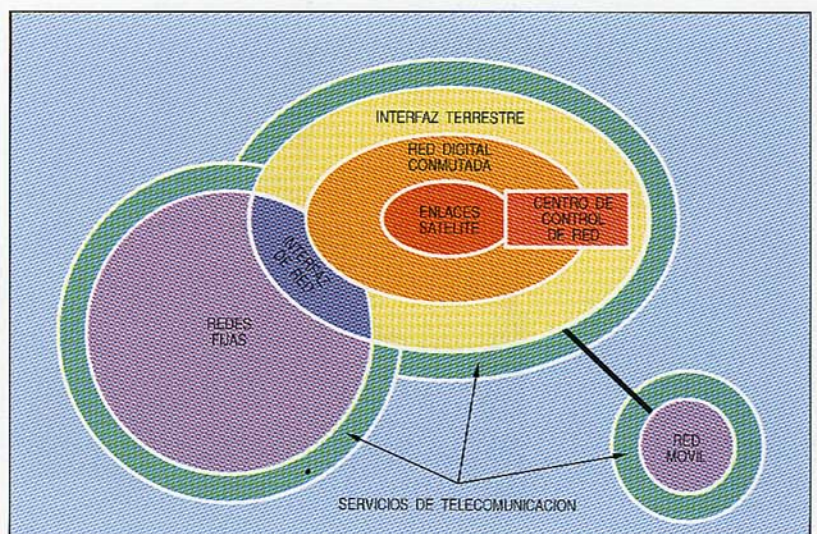
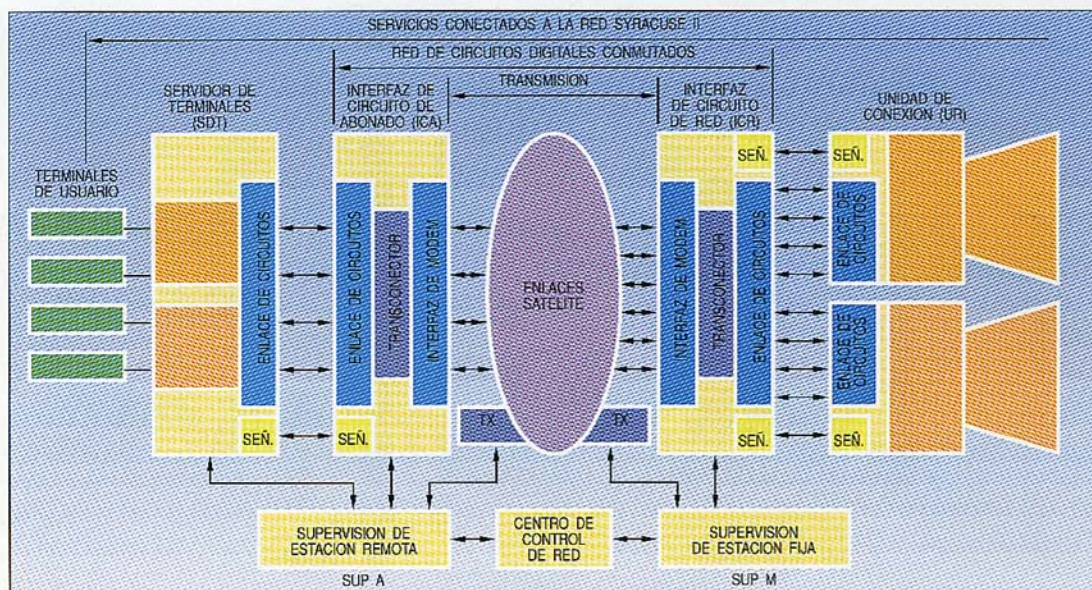


Figura 9
Red de
infraestructura de
misión.



sistema que lo sustituirá mas allá del año 2000.

La orientación actual del gobierno francés está a favor de un programa europeo. Los primeros debates tuvieron lugar en el marco de Eumilsatcom Conference el 6 y 7 de Noviembre de 1991 en París y en el cual participaron Alemania, Italia, Holanda y Reino Unido.

Las principales características a tener en cuenta en los futuros sistemas militares son, entre otras:

– interfuncionamiento entre los diferentes sistemas,

- aumento de los tipos de servicio, requisitos de seguridad, ancho de banda y velocidades de transmisión,
- nuevas gamas de frecuencias,
- enlaces entre satélites,
- probable aumento de la zonas de cobertura,
- optimización de los costes de desarrollo,
- aprovechamiento de la experiencia en la guerra del Golfo,
- reforzamiento de nuestra posición frente a la concurrencia,
- eventual evolución hacia una "RDSI" militar.

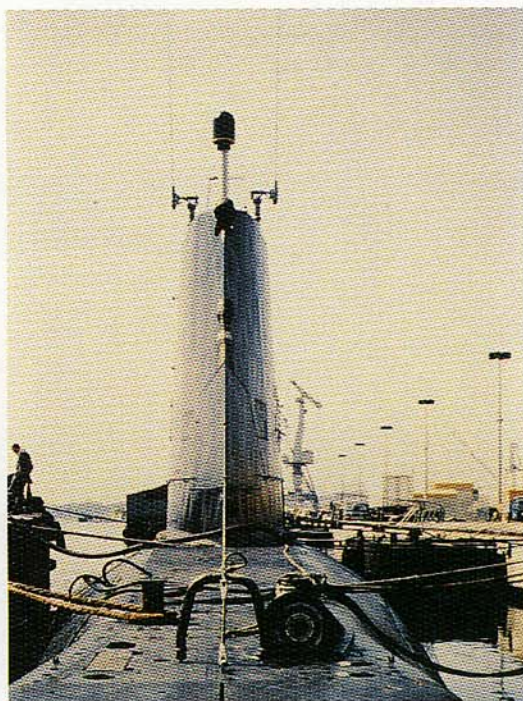


Foto 5
Antena de estación
submarina en el
"Dauphin".

Conclusiones

El objetivo del gobierno francés y, con mayor motivo el de Alcatel, es el de afrontar este nuevo reto de la tercera generación de satélites para comunicaciones militares. El desarrollo de las nuevas tecnologías necesarias para dominar estos sistemas debe de realizarse sobre todo en las nuevas gamas de frecuencias (44 y 20 GHz), que requieren el empleo de circuitos integrados monolíticos en los circuitos de a bordo y de tierra. Las investigaciones deben de profundizar en lo que concierne a antenas electrónicas, con tecnología MMIC, ASIC y RISC, sin olvidar el tratamiento a bordo de los satélites, los modems de las estaciones terrenas y los interfaces con la red. La

realización de este objetivo, en coordinación con el Ministerio francés de Defensa, permitirá reforzar nuestra posición frente a la concurrencia y de paso encarar la evolución de los deseos militares.

Referencias

- 1 P. Mollat du Jourdin: Sistema Syracuse de comunicaciones militares por satélite: *Comunicaciones Eléctricas*, 1988, volumen 62, nº1, págs. 19-26.

- 2 G. Du Chêne: *Revue de l'Armement*, Edition spéciale, Febrero 1988.

Pierre Houzelot nació en 1933. Es ingeniero diplomado ESME desde 1956. Trabajó como ingeniero de diseño de material militar hasta 1962, pasa entonces a la Organización Europea de Investigación Espacial (actualmente ESA). En 1969 ingresa en Thomson-CSF donde ocupa diferentes puestos en ATFH y mas tarde en Telspace. En la actualidad es director de la división Military Telecommunications Space System en Alcatel Espace.

Satélites militares de observación

Las potenciales aplicaciones de los satélites militares son relativamente numerosas, e implican el uso de nuevos sistemas de detección, localización e identificación, cuyas precisión debe ser igual a la de los nuevos sistemas de armamento en servicio.

N. Lannelongue

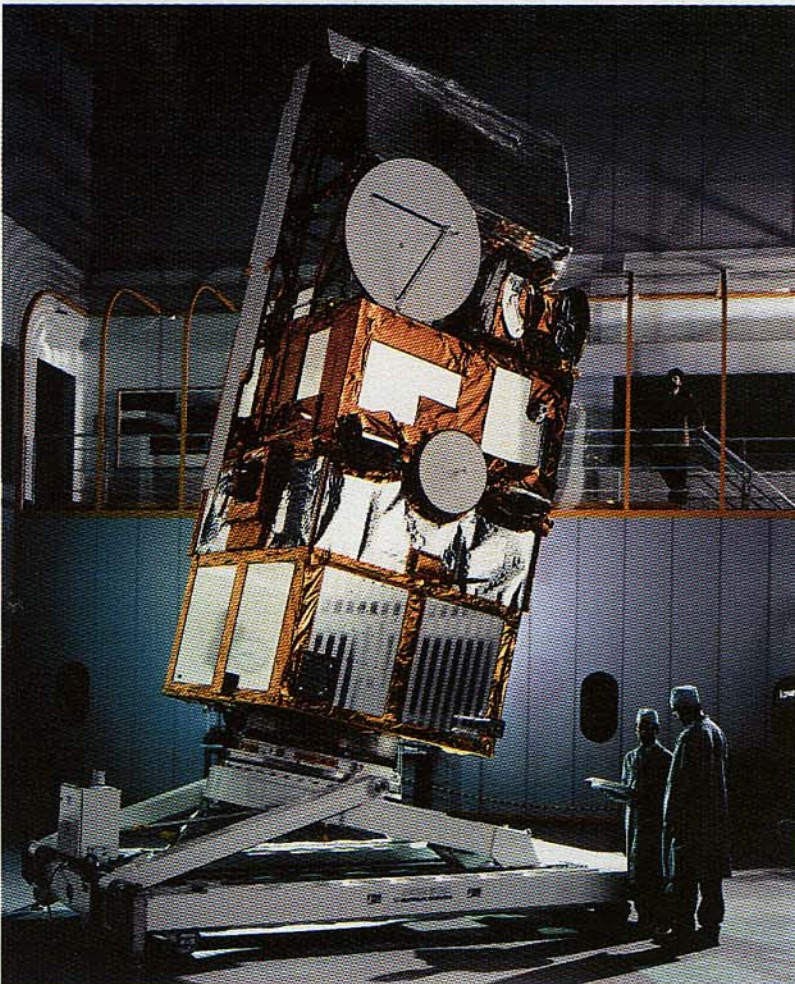
J.-B. Nocaudie

Alcatel Espace, Toulouse, Francia

Introducción

Haciendo frente a las necesidades de las cada vez más sofisticadas aplicaciones militares, tanto EE.UU. como la ex-URSS han puesto en marcha sistemas de satélites militares de observación durante los últimos 30 años. Alrededor de 20 satélites supervisan la superficie del globo usando sensores ópticos, radares, reconocimiento electromagnético y otros sistemas.

ERS-1 con las antenas desplegadas, en la sala de integración ESTEC (Copyright ESA).



La Guerra del Golfo demostró la eficacia de los recursos de observación del espacio, al tiempo que se resaltó la dependencia de las fuerzas europeas comprometidas en el conflicto en dichos recursos. En Europa, el desarrollo de sistemas de observación ha sido hasta ahora exclusivo de los sectores civiles y científicos. El SPOT (en servicio desde 1986) fue desarrollado por la Agencia Espacial francesa (CNES), mientras que la Agencia Europea del Espacio (ESA) fue responsable del ERS-1, que ha estado transmitiendo imágenes de radar desde 1991. Como contraste, el HELIOS 1, primer satélite militar de observación resultado de la cooperación entre Francia, Italia y España, no estará en servicio antes de 1994.

Este artículo revisa los distintos sistemas militares de observación que estarán accesibles a Francia o Europa, económica y tecnológicamente, entre hoy día y el año 2005, como resultado de la experiencia adquirida con los desarrollos civiles y científicos. Los sectores de reconocimiento, inteligencia electrónica, observación oceanográfica, y control ambiental serán los primeros en beneficiarse.

Características comunes de los sistemas de observación

La órbita terrestre baja, polar o casi polar, (LEO) es la más apropiada para los sistemas de observación. Un satélite LEO puede cubrir diariamente el planeta completo, repitiendo ésta cobertura cada 24 horas durante toda su vida operacional (cuatro a seis años) (Figura 1).

En contraste con los sistemas aéreos, un satélite puede sobrevolar cualquier país sin autorización y sin crear problemas diplomáticos. Por otro lado, el satélite pasa diariamente sobre una determinada zona a la misma hora local,

restringiendo su uso más a aplicaciones estratégicas que tácticas (a menos que se emplee un sistema multisatélite).

Los sensores ópticos solo ven la tierra en las horas diurnas y sin nubosidad, mientras los sensores de microondas de tipo activo o pasivo mantienen la visión durante las 24 horas del día con independencia de las condiciones meteorológicas de las zonas en observación. Esta característica es fundamental en un sistema operacional que debe estar permanentemente disponible.

El problema de la transmisión de los datos grabados a tierra tiene también que ser citado, en particular cuando la estación receptora se encuentra fuera del campo de visión del satélite. Se requiere una elevada capacidad de almacenamiento a bordo que permita que los datos almacenados sean vaciados fuera de línea. Una alternativa es la utilización de satélites repetidores para la transmisión en tiempo real de datos desde los satélites LEO a tierra. Todos estos aspectos deben tenerse en cuenta cuando se dimensiona un nuevo sistema, en particular si el volumen de datos es grande, prerequisite esencial de las altas capacidades de resolución requeridas por los satélites de reconocimiento.

Reconocimiento

Los satélites de reconocimiento se usan para controlar objetivos sobre la superficie de la tierra, e identificar y localizar estos objetivos cuando la resolución es suficiente. Estos satélites emplean técnicas de sensores remotos, requieren adquisición remota de la radiación emitida, reflejada o propagada por un objeto sobre la superficie, y usan sensores a bordo que operan en los espectros visible, de infrarrojos y de microondas.

A pesar del considerable progreso alcanzado en el campo de los sensores ópticos e IR, ahora los sensores de microondas representan la única opción válida, debido a su capacidad para trabajar durante todo el día con independencia de las condiciones meteorológicas.

Satélites ópticos SPOT y HELIOS

El gobierno francés decidió en 1978 seguir adelante con el programa del satélite de observación terrestre SPOT. Los datos de imágenes adquiridos por estos satélites están destinados a una amplia gama de aplicaciones, como la cartografía, el control de recursos naturales y polución,

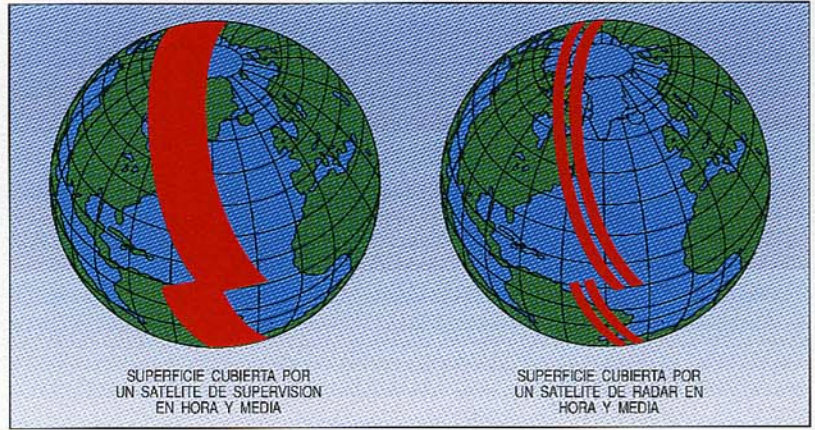


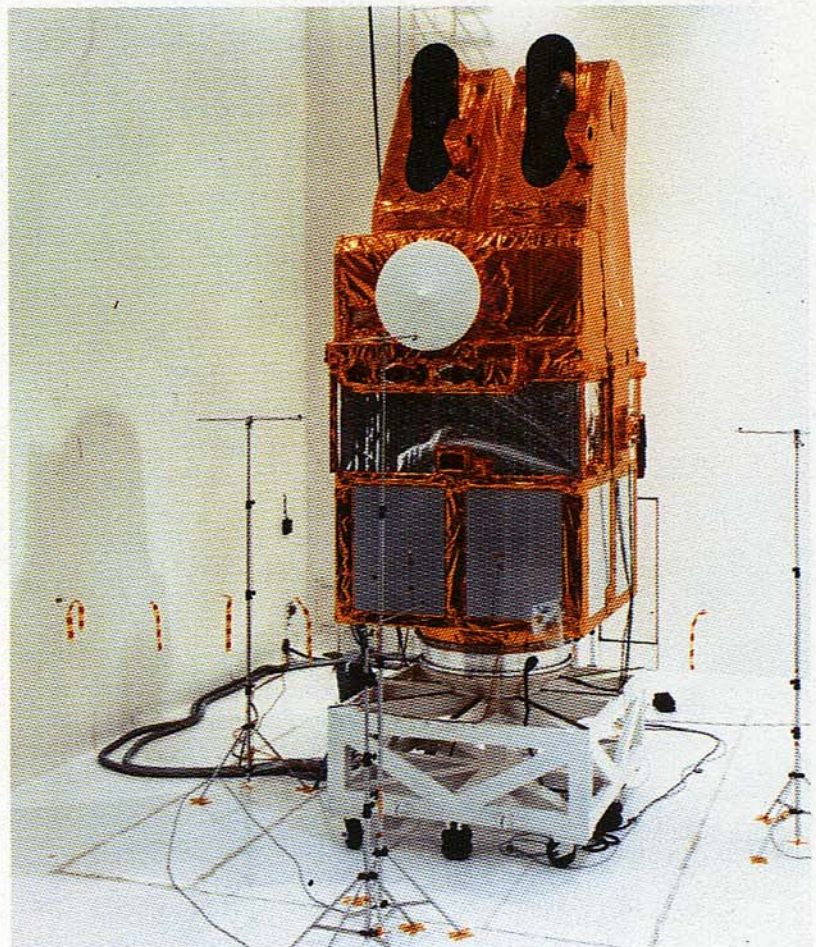
Figura 1
Superficie cubierta por un satélite de observación.

la agricultura, la prospección minera, el desarrollo urbano, etc.

Los satélites SPOT observan la superficie de la tierra usando cuatro bandas espectrales (0,5 a 0,59 μm , 0,61 a 0,68 μm , 0,79 a 0,89 μm , y 0,51 a 0,73 μm). Las tres primeras bandas componen un canal multiespectral, con una resolución de 20 x 20 m, mientras que la resolución en la cuarta banda, que forma el canal pancromático, es de 10 x 10 m.

Los satélites SPOT están en una órbita polar solar-síncrona a una altitud de 822 Km, asegurando las mismas condi-

Satélite SPOT durante una prueba de vibración acústica.



ciones de iluminación en cada paso por un mismo punto. La anchura de la franja de imagen es de 120 Km, lo que significa que la superficie total de la tierra se cubre en 26 días en la órbita seleccionada.

Además de los satélites, que proporcionan funciones de grabación de datos de imagen y transmisión descendente, el sistema SPOT incluye:

- *un segmento de control terrestre*, responsable de la operación y localización de satélites (estación terrestre TTC y centro de misión),
- *un segmento terrestre de imagen*, responsable de la recepción, proceso y almacenamiento de los datos de imagen recogidos por los satélites.

Varias compañías Alcatel contribuyeron en la creación de este sistema, diseñado y dirigido por CNES.

Alcatel Espace desarrolló e integró todos los componentes electrónicos del satélite, cubriendo todas las funciones incluyendo la extracción de señal analógica del detector CCD, el proceso digital, la modulación QPSK, la amplificación y transmisión de banda X a la tierra (canales de 2×25 Mbps).

Alcatel ETCA contribuyó con el subsistema de alimentación de la plataforma.

Alcatel Bell desarrolló una familia de demoduladores QPSK para las estaciones receptoras terrestres de datos de imagen.

El CNES ha pedido un total de cuatro satélites. El SPOT 1 fue lanzado en 1986, seguido del SPOT 2 en enero de 1990. El SPOT 3 está ya preparado para ser lanzado y la producción del SPOT 4 comenzó en el verano de 1990. Este satélite tendrá una banda IR adicional.

La resolución de los satélites SPOT es insuficiente para las necesidades militares, especialmente en tareas de identificación. Sin embargo, los datos proporcionados por los dos satélites SPOT en órbita fueron ampliamente utilizados durante la Guerra del Golfo por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (DOD) para actualizar los mapas de las zonas de guerra en tiempo récord, creando modelos digitales del terreno, y adquiriendo un considerable volumen de información estratégica sobre posiciones civiles y militares iraquíes.

El programa HELIOS fue adoptado por el Ministerio francés de Defensa en 1990, en colaboración con Italia (14%) y España (7%). Este programa cubre dos satélites, HELIOS 1A y 1B, que se derivarán de los satélites SPOT en lo que con-

cierno a la plataforma, aunque con nueva instrumentación y con resolución mejorada. El HELIOS 1A está programado para ser lanzado en mayo de 1994.

Alcatel Espace es la responsable de las funciones del proceso de adquisición de datos y su transmisión a tierra. Alcatel Espace y Alcatel Espacio suministrarán los transpondedores TM/TC de banda S mientras que Alcatel ETCA proporcionará los sistemas de alimentación de la plataforma.

El programa militar francés (todavía no ratificado) prevé una segunda generación de satélites (HELIOS 2A, B y C).

Observación por radar

Como ya se ha citado, los satélites ópticos no pueden llevar a cabo tareas de adquisición de datos independientemente de las condiciones meteorológicas. Por ejemplo, hubo que esperar más de 2 años antes de que el SPOT 1 obtuviera una buena fotografía del Centro Espacial de Guayana en Kourou.

Los sensores de radar para cualquier situación meteorológica, combinados con su capacidad de penetrar bajo la superficie a determinadas frecuencias, hace de los satélites de radar una herramienta esencial para un sistema operacional de observación militar. Pueden utilizarse las mismas órbitas que los satélites ópticos, y aunque las imágenes de radar son más complicadas de analizar que los datos de imagen ópticos, la resolución alcanzada es comparable. Los satélites de radar, por tanto, representan un complemento esencial de los satélites ópticos.

Las imágenes de radar se parecen mucho a las imágenes ópticas, con un fondo terrestre, campos, bosques, carreteras, etc. Las longitudes de onda usadas para la imagen del radar son sustancialmente distintas de las del espectro visible, y pueden aportar ciertos detalles. Se observan formas especiales de reflexión, agujeros negros, sombras o zonas brillantes, creadas por la geometría particular del propio radar (un agujero negro representa un lago, el reflejo de un muro, una torre de conducción eléctrica, un puente, una alameda o un cable eléctrico, etc., bajo ciertas condiciones geométricas).

Dados los objetivos de resolución y las limitaciones de tamaño respecto a las antenas de a bordo del satélite, la tecnología SAR (radar de apertura sintética) se usa en la resolución de azimut (dirección orbital del satélite). La resolución teórica

es consecuentemente igual a la mitad de la longitud de la antena, independientemente de la altitud del satélite. Esto proporciona una resolución de azimut de 5 m para una antena de 10 m, mientras que la antena real daría una resolución del orden de 5 Km si no se emplea una configuración SAR. La resolución de la distancia se obtiene ajustando la anchura de banda.

Así como el sistema SPOT fue el precursor del sistema de observación militar HELIOS, el sistema ERS (Satélite de Sensibilidad Remota Europeo) de la Agencia Espacial Europea es el precursor de un futuro sistema de reconocimiento por radar, desarrollado en una base multilateral para resolver las necesidades europeas (reconocimiento, control de desarme, y gestión de desastres y medio ambiente). Los objetivos del programa ERS cubren:

- el probar el potencial europeo en las áreas de sensibilidad remota de microondas e instrumentación de radar,
- la adquisición de datos meteorológicos y oceanográficos para la comunidad científica, datos cuyos potenciales usuarios puedan recibir regularmente, con independencia de restricciones operacionales.

El sistema ERS puede suministrar datos de imágenes de radar las 24 horas del día bajo cualquier condición meteorológica.

El primer satélite ERS fue lanzado en julio de 1991, demostrando rápidamente la importancia de la tecnología de microondas, del SAR en particular. La calidad de las imágenes de radar procesadas es excelente (ver foto).

El segundo satélite ERS se situará en una órbita cuasipolar síncrono-solar a una altitud de 785 Km. La plataforma SPOT será nuevamente usada para el ERS 2. El espacio entre las trayectorias de dos satélites adyacentes sobre la superficie es actualmente de 909 Km sobre el ecuador. Este valor se modificará durante el programa y variará entre 909 Km (órbita de tres días) y 45 Km (órbita de 60 días). La carga útil incluye dos importantes instrumentos, el radar multifuncional de banda C de 5,3 GHz AMI (instrumental de microondas activo) y un altímetro de radar. El AMI trabaja en dos modos; como grabador de imagen SAR y como medidor de la dirección y fuerza del viento en la superficie. El peso total del AMI es de 385 Kg, con un consumo máximo de 1300 W en modo de grabación de ima-



Primera imagen enviada desde el ERS-1 (Copyright ESA).

gen SAR. La resolución de la imagen es de 100×100 m ó 30×30 m (con posibilidad de reducción a 30×10 m). El transmisor central del AMI consta de un TWTA (amplificador de tubo de ondas progresivas), con una antena plana de 10×1 m. La guía de onda de fibra de carbono de ésta antena ilumina la superficie de la Tierra en una franja de 100 Km de anchura, con un nivel medio de potencia RF de 300 W.

Varias unidades de Radio, Espacio y Defensa de Alcatel contribuyeron al programa de definición, desarrollo y construcción del ERS-1 y del 2.

Alcatel Espace fue responsable del núcleo del AMI, desarrollando y produciendo los subsistemas de RF y de calibración.

El subsistema RF se usa para generar y recibir los impulsos del radar, usando técnicas de compresión de impulso FM (*chirp*), e incorpora los circuitos de transmisión y recepción, y una matriz de conmutación para operación en modos SAR o de aerómetro. Alcatel Kirk fabricó los alimentadores y el sistema de control de la matriz de conmutación, y Alcatel Bell suministró el equipo de prueba.

El subsistema de calibración utiliza una parte específica de la potencia de 5,3 GHz emitida, que se retarda aplicando un factor de atenuación conocido a la

señal de impulsos y se inyecta en el circuito de recepción del sistema de RF.

Alcatel ETCA produjo las fuentes de alimentación del AMI, el altímetro del radar y la plataforma. AME Space diseñó y fabricó el módulo generador "chirp" del altímetro del radar.

El sistema ERS conlleva naturalmente una serie de limitaciones operacionales relacionadas con su vocación científica y tecnológica, y con las soluciones técnicas disponibles en 1984. Estas limitaciones incluyen:

- el AMI solo puede estar operativo 10 minutos por órbita, para evitar el sobrecalentamiento del TWTA,
- la cobertura del SAR está limitada por el número de estaciones terrestres receptoras de datos. El ERS no tiene una función de almacén de datos a bordo y no puede transmitir datos a un satélite repetidor,
- el tiempo de acceso a la zona no está optimizado. El haz del radar es fijo respecto a la trayectoria de satélite y no es ajustable,
- el tipo de radar es de frecuencia y polarización únicas. Una multipolarización y configuración de dos frecuencias proporcionaría datos de imagen enriquecidos,
- las imágenes procesadas no están disponibles hasta varias horas después.

Las nuevas generaciones de satélite de radar (Figura 2) están en estudio en la Agencia Espacial Europea, CNES y DGA (Ministerio francés de Defensa) desde 1987, y se está llevando a cabo un significativo trabajo de desarrollo preliminar.

Los futuros satélites tendrán la ventaja de un continuo incremento de potencia, combinada con la miniaturización de los componentes. Los datos estarán disponibles en tiempo real, siempre que los recursos de transmisión necesarios también lo estén (estaciones terrestres, satélites repetidores). El concepto de antena activa será aplicado, ofreciendo un nivel de flexibilidad funcional de decisiva importancia en cualquier sistema operacional.

Se han alcanzado pruebas concluyentes con la tecnología de arseniuro de galio monolítico, y la calificación espacial protocolaria debe obtenerse en 1993. Esta tecnología abrirá el camino a las antenas de exploración electrónica, con conjuntos de elementos emisores impresos o grabados en el exterior de la superficie de transmisión de la antena. Los

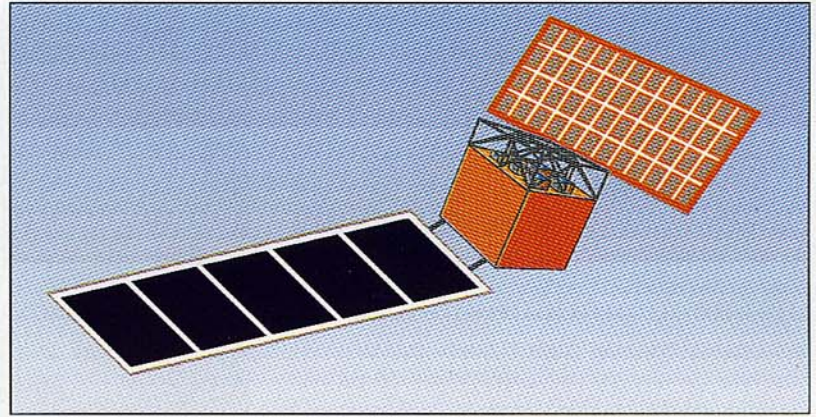


Figura 2
Satélite de control.

elementos emisores se conectan por turnos a los micromódulos T/R adaptados a lo largo de la antena. Cada micromódulo lleva incorporado un transmisor, un receptor, un cambiador de fase, un duplexor, un filtro y un amplificador de IF, con un nivel de transmisión de unos pocos vatios. Casi el 50% de las funciones del radar están por tanto situadas en la propia antena.

Cada micromódulo pesa solamente unas docenas de gramos, midiendo escasamente unos centímetros (Figura 3). El haz del radar está formado por la combinación de un elevado número (entre 3000 y 10000) de micromódulos, emitiendo o recibiendo cada uno de ellos con la fase apropiada. Las ventajas más importantes de una antena de exploración electrónica son:

- energía distribuida, en contraste con el ERS que utiliza una única fuente de alimentación y TWT, presentando problemas de disipación calorífica,
- mayor fiabilidad. El fallo de algunos módulos no afecta a la operatividad del radar,
- las pérdidas de línea son escasas, al estar los módulos emisores/receptores directamente conectados a los elementos de emisión,
- la ventaja más contundente es que el haz puede ajustarse en ambas direcciones y en azimut. El radar puede por tanto trabajar en diferentes modos de operación, mejorando su tiempo de acceso o su resolución, aspectos esenciales de un radar de control/reconocimiento.

Alcatel Espace ha analizado y propuesto dos modos de operación especiales. El primero es el modo "zoom" donde el haz de radar apunta permanentemente a la zona objetivo cuando el satélite se mue-

ve a lo largo de su trayectoria orbital. En este caso, la resolución puede ser mejorada por un factor de 2 ó 3, a costa de un número reducido de imágenes grabadas y, por tanto, de una menor cobertura. En el segundo modo, *franja expandida*, la anchura de la franja es doble, y la cobertura se mejora en detrimento de la resolución radiométrica.

Estudios de sistemas y predesarrollo realizados en el periodo 1987-1988, confirmaron la validez de la elección en términos conceptuales y tecnológicos. Alcatel Espace ha demostrado la viabilidad de un instrumento SAR de banda X en conexión con el proyecto "Radar 2000" del CNES, diseñado para completar el sistema SPOT con componentes independientes de las condiciones meteorológicas. Este proyecto ofrece una resolución final de 4 x 4 m, e incorpora una antena activa en forma de panel rectangular de 8 x 2 m, subdividido en 68 subpaneles idénticos, cada uno de los cuales tiene 96 micromódulos T/R de un vatio de pico.

CNES contrató a Alcatel Espace para el desarrollo de ésta antena en 1989. La calificación espacial está prevista para 1993.

Alcatel Espace ha firmado también un contrato con la Agencia Espacial Europea, para el desarrollo de un subpanel de banda C. Alcatel ETCA es responsable del sistema de alimentación del módulo T/R. Estos subpaneles proporcionarán un SAR con capacidad de

banda C, y podrían integrarse en la primera plataforma polar (POEM 1), cuyo lanzamiento está previsto para mediados de 1998.

Alcatel Espace está también comprometida desde 1987 en el estudio del sistema de satélites de reconocimiento por radar OSIRIS. OSIRIS es un complemento, independiente de las condiciones meteorológicas, del sistema HELIOS. Este programa planea comenzar los estudios de fase A en 1992 con la industria francesa, para europeizarse seguidamente al finalizar ésta fase. El lanzamiento del primer satélite OSIRIS está programado para el año 2001.

Inteligencia electrónica

El reconocimiento óptico, IR, o por radar solamente puede no ser suficiente. Los sistemas electrónicos de control de satélites (inteligencia de señal o SIGINT) representan una fuente esencial de información al identificar y medir el nivel de actividad de las fuerzas enemigas, etc. De hecho algunos satélites llevan cargas útiles mixtas de reconocimiento y control. En éste contexto hay que diferenciar entre:

- COMINT (Inteligencia de Comunicación), un sistema de control de telecomunicaciones,

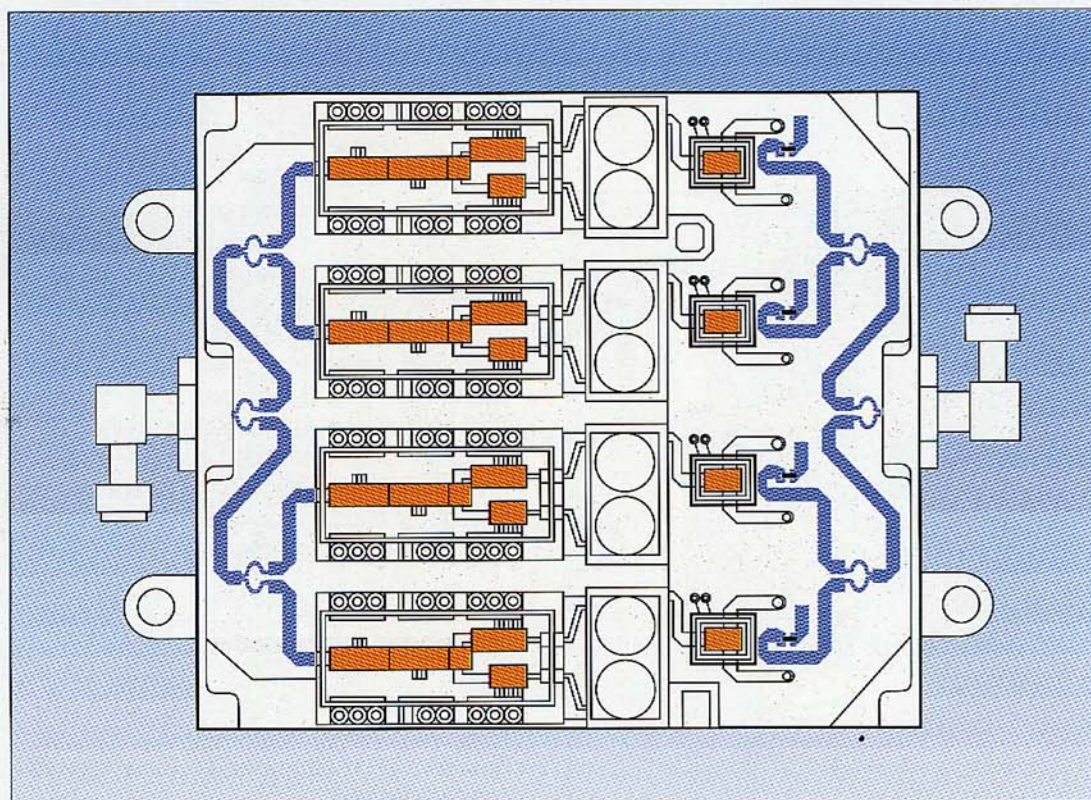


Figura 3
Módulo T/R del
"Radar 2000" banda-X
(CNES).

- y ELINT (Inteligencia Electromagnética), un sistema de control de radar.

Los sistemas actualmente en estudio tendrán totalmente en cuenta los últimos avances tecnológicos:

- telecomunicaciones: anchura de banda extendida, logros de enlaces tácticos furtivos por distintos medios como salto de frecuencia, generalización del TDMA (acceso múltiple por división tiempo), y técnicas de espectro extendido,
- radar: diversidad de frecuencia, haces ágiles, modo de operación antiinterferencias para las antenas activas, envío de una señales con impulso de extinción en la dirección de control o fuente de interferencias.

Alcatel Espace contribuye al estudio de un sistema de control de un satélite ligero (satélite con una unidad de masa menor de una tonelada) en colaboración con Thomson-CSF. Capaz de observar una zona con un diámetro entre 3000 y 5000 Km en cualquier momento desde un LEO circular, un único satélite cubrirá la superficie de la tierra en menos de 12 horas, con refresco de los datos cada seis horas en las zonas situadas por encima de una latitud de 45°.

Las misiones de control podrían también llevarse a cabo desde una órbita geostacionaria, donde se requiere una supervisión permanente. Dada la zona observada (1/3 de la superficie del planeta), y el incremento resultante del

volumen de datos que podrían adquirirse, sería conveniente especializar la función de control tanto en el área espectral como en términos de extensión geográfica.

Se está considerando en el borrador del programa de necesidades militares un sistema de satélite ligero. En preparación de estas futuras misiones de control, el Ministerio francés de Defensa ha contratado a Alcatel Espace para llevar a cabo trabajos de I+D sobre el sistema CERISE (satélite con caracterización de entorno RF a bordo). Este sistema se compone de control de tierra y una estación receptora de datos y un microsatélite de 50 Kg. La carga útil está destinada a la medida del espectro recibido en una amplia banda de frecuencia (Figura 4). Este microsatélite se situará en una órbita polar en 1994.

Supervisión del océano

La superficie de los océanos del mundo es el medio más interesante de aplicación de las tecnologías espaciales, lo que explica el porqué la Marina de los Estados Unidos es el primer cliente de este sector. Los océanos ocupan el 70% de la superficie del planeta, y representan un medio hostil, difícil de penetrar y prácticamente inhabitado, poco conocido y de considerable interés estratégico para todas las potencias mundiales.

Una constelación de cuatro a seis satélites LEO, trabajando con radar de visión lateral (tipo RORSAT), podrían detectar cualquier barco de tamaño significativo con una frecuencia de repetición suficiente (cuatro a seis veces por día) para propósitos de seguimiento efectivos.

Estos satélites, acompañados de una carga útil de control dedicada incrementarían sustancialmente la capacidad de identificación de la constelación.

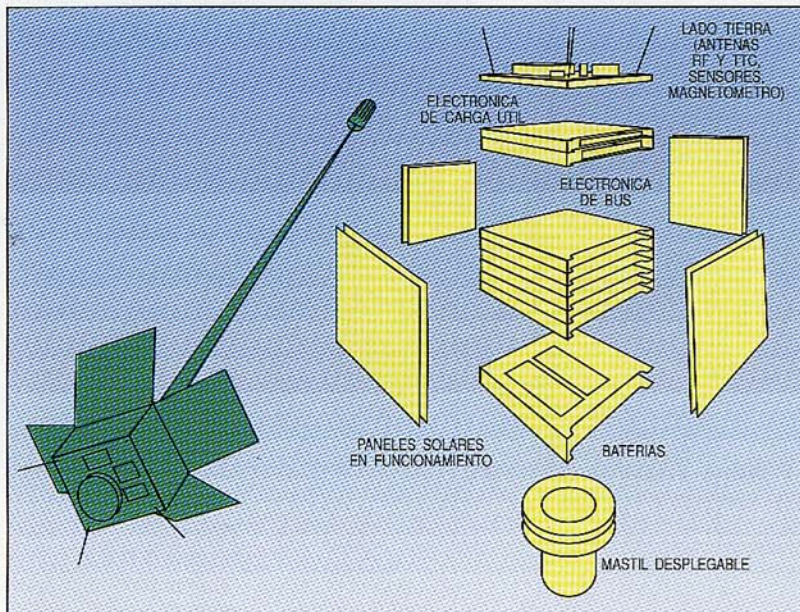
Un sistema de este tipo sería apropiado tanto para control global como zonal.

La tecnologías usadas en este caso, compatibles con la clase de satélites de una tonelada (no pueden compararse con los gigantes de 10 a 15 toneladas bajo ningún aspecto), pueden considerarse relativamente rudimentarias.

Actividades relacionadas

El papel del espacio en un contexto de inteligencia no estaría completo si no se considerara su contribución en al menos otras dos áreas.

Figura 4
Microsatélite Cerise.



Mensajería, recogida de datos y ubicación

Aparte de los sistemas convencionales de telecomunicaciones, se deben también considerar los sistemas de recogida de datos y de mensajería que utilizan microsátélites LEO, usados para recoger mensajes que un oficial de inteligencia en territorio enemigo no puede, o no debe enviar por medios convencionales (comunicaciones terrestres o satélites geostacionarios), con la máxima discreción y una seguridad completa.

Inteligencia de medio ambiente

El conocimiento preciso, modelado y previsión de cambios en el medio atmosférico en la tierra y en el mar representa una ayuda vital en la toma de decisiones sobre el despliegue de fuerzas armadas.

El espacio juega ahora un papel decisivo en este contexto. Las Fuerzas Aéreas y la Marina de EE.UU. no dudaron en desarrollar sus propios medios, con los satélites del Defence Meteorological Satellite Program (DMSP) y altimétricos (GEOSAT), en paralelo con los sistemas civiles equivalentes.

Conclusiones

Francia o Europa podrían tener un sistema de reconocimiento por satélite operativo para el comienzo del próximo siglo, siempre que los programas mencionados previamente superaran los obstáculos financieros y políticos inherentes a los sistemas de este tipo. El futuro sistema debería tener componentes ópticos y de radar, ofreciendo resoluciones independientemente de la climatología, del orden de un metro, capacidad de proceso en tiempo cuasireal, y con un mínimo tiempo de acceso (que no exceda de unas pocas horas) con independencia de la zona observada, y dependiendo del número de satélites en órbita.

Este servicio podría asociarse a un sistema de inteligencia electrónico y a una serie de sistemas de inteligencia medioambiental.

El desarrollo de estos sistemas aéreos estará condicionado por el desarrollo paralelo del segmento terrestre de usuario, correspondiente a la capacidad de proceso, almacenaje e interpretación de la considerable masa de datos continuamente adquiridos.

La etapa final será la mezcla de los datos provenientes de todas las fuentes (satélites, aviones, inteligencia, etc.). Nos estamos moviendo lentamente en esta dirección.

Siendo totalmente conscientes de las principales problemáticas implicadas, Alcatel Espace y Alcatel ISR han combinado sus respectivos conocimientos para realizar una significativa y eficaz contribución que trate este gran problema.

Jean-Benoit Nocaudie nació en Tours, Francia en 1941. Ingeniero graduado en la Ecole Navale (1963), oficial por la Ecole des Officiers Radars (1968) y posteriormente oficial de radar en varios barcos de la Marina Francesa, seguido de un corto periodo en el Centre d'Essais de la Méditerranée. Entró en la división espacial de Thomson-CSF en 1981 como ingeniero de ventas, encargado del programa SPOT de satélites de observación. Desde 1991 es el jefe del departamento comercial de la Direction Observation et Science en Alcatel Espace.

Robert Lannelongue es ingeniero graduado (física/electrónica) por INSA Lyon (1966). Sus 18 años de carrera con CNES comenzaron en 1968 en el Bretigny Space Centre donde se encargó de las operaciones telemétricas para el microsátélite SRET 1. Posteriormente, en 1976 desarrolló actividades en el área de sensores remotos de microondas y radar. Estuvo detrás del programa DORIS y el proyecto del altímetro TOPEX POSEIDON y desempeña un papel importante en numerosas organizaciones nacionales e internacionales. De 1982 a 1988 fue presidente del comité VII (Microwave Remote Sensing) de la International Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS). Entró en Alcatel Espace en 1968 donde dirige la Direction Observation et Science.

Centralita de infraestructura militar OSIRIS

El sistema de conmutación OSIRIS es el núcleo de una red multiservicio de telecomunicaciones de infraestructura digital. Ofrece una excelente relación precio/prestaciones en aplicaciones militares y paramilitares de tamaño medio y grande, proporcionando acceso y conmutación de tránsito para voz, datos, texto y video.

J.M. Sénéchal

Alcatel Telspace, Nanterre, Francia.

Introducción

OSIRIS es el sistema de conmutación digital elegido por Alcatel como el núcleo de sus redes multiservicio de infraestructuras militares y paramilitares. Los servicios ofrecidos comprenden comunicaciones de voz, datos, texto y video. Es adecuado para utilizar en redes de tamaño medio a grande en configuraciones de acceso, tránsito y combinadas de acceso/tránsito.

OSIRIS procede de una PABX civil, a la que se la han incorporado aspectos militares. En su mayor parte se implantan por nuevos módulos software o por modifi-

cación de los módulos software existentes. Las arquitecturas hardware y software permanecen inalterables, y por lo tanto todos los módulos físicos son comunes en las versiones civiles y militares.

Este enfoque se justifica por el hecho de que ha pasado la época en el que las administraciones militares deseaban y eran capaces de conseguir patrocinar el desarrollo desde cero, y su soporte posterior, de una centralita dedicada. Más aún, los beneficios derivados de la inversión en un mercado potencial del producto no son un incentivo importante para que una compañía de telecomunicaciones asuma la carga financiera de tal desarrollo.

Además del aspecto financiero, se pueden esperar otros beneficios de la sinergia entre los productos militares y civiles. En primer lugar, una PABX es un producto enfrentado permanentemente a una competencia muy dura, y tiene que ser mejorado constantemente para mantener el ritmo de las últimas tecnologías. Esto se aplica al equipo civil del que se deriva OSIRIS; se proporciona una compatibilidad ascendente entre las sucesivas versiones del producto. OSIRIS se aprovecha de las mejoras del producto civil y es por tanto una inversión a prueba de futuro.

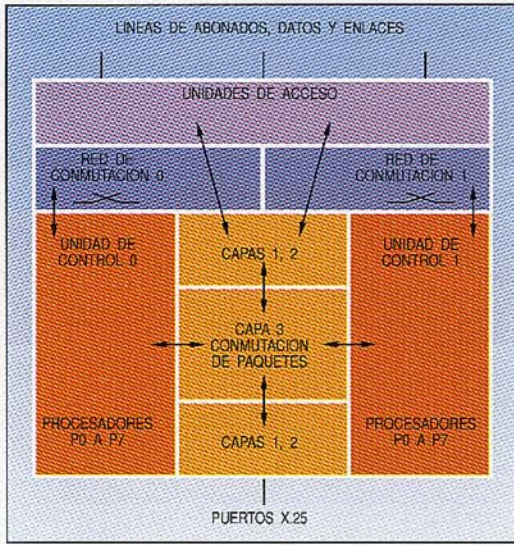
En segundo lugar ambos productos, el civil y el militar, se pueden comercializar en un mismo país. En estas circunstancias, el cliente militar puede esperar una asistencia eficaz del representante local Alcatel en lo referente a aprobación para conexión a la red pública, al mantenimiento postventa y, en especial, al suministro y gestión de repuestos.

Así pues, OSIRIS es una genuina centralita militar que puede ser ofrecida al precio de una PABX rentable, cosa importante con los requisitos militares actuales de una mejor relación precio/prestaciones.



Bastidor estandar de hasta 1000 líneas con núcleo de sistema duplicado.

Figura 1
Arquitectura del nodo OSIRIS.



Arquitectura de la centralita OSIRIS

Una centralita, o nodo, OSIRIS puede ser dividida funcionalmente en tres áreas principales: núcleo del sistema, unidades de acceso básico y conmutador de paquetes (Figura 1).

El núcleo del sistema consta de todos los elementos comunes del conmutador. Su total modularidad permite la adaptación a los requisitos del cliente en lo que se refiere a disponibilidad, grado de servicio y capacidad de la central, dando una solución eficaz en el coste incluso en capacidades tan bajas como cien líneas

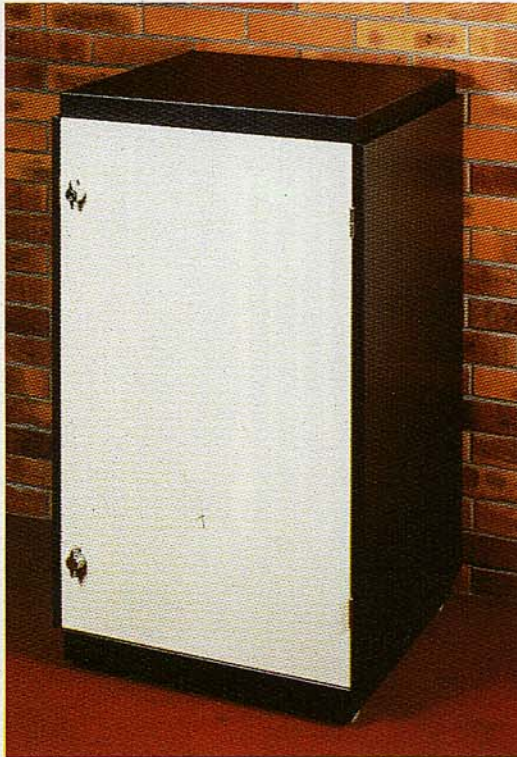
de abonados. Opcionalmente, el núcleo del sistema puede ser duplicado para alcanzar los requisitos de disponibilidad más estrictos; el núcleo está dividido en dos semisistemas idénticos e independientes. En condiciones normales de operación uno está activo y controla la totalidad de la central; el otro se mantiene en reserva. A su vez cada semisistema consta de dos subpartes modulares:

- una red digital de conmutación que consta de hasta ocho módulos de 16 vías MIC, para formar una matriz sin bloqueo con una capacidad de 128 vías MIC internas,
- una unidad de control que consta de hasta ocho procesadores basados en el microprocesador 68020.

La red de conmutación está asociada con la unidad de control dentro de cada semisistema: no hay control cruzado entre los dos semisistemas. Las conexiones establecidas no se rompen en caso de intercambio entre la unidad activa y la de reserva.

Las unidades de acceso básico conectan las diferentes líneas de abonados y enlaces. Cada unidad de acceso se conecta al núcleo del sistema por una vía MIC interna y puede albergar y mezclar hasta 120 circuitos de línea. Los circuitos de línea están realizados sobre placas de circuito impreso, dependiendo el número de circuitos por placa de su complejidad. Las unidades de acceso se pueden ubicar en el mismo equipo que el núcleo del sistema (unidades locales) o instalar remotamente. En la instalación remota el enlace con el núcleo del sistema, puede ser o una vía MIC de 6 dB, según la norma G.703 del CCITT, o una fibra óptica.

El conmutador de paquetes integrado asegura que OSIRIS tiene características de servicios completamente integrados. Está diseñado siguiendo los principios ISA: las capas 1 y 2 están realizadas sobre tarjetas de circuito impreso con hasta 16 adaptadores cada una. Estos son del tipo multiprotocolo y pueden ser accedidos o directamente por abonados X.25 a través de puertos HDLC, o a través de la red de conmutación interna para ofrecer el servicio de paquetes a las líneas de abonados digitales. Gracias a sus capacidades multiprotocolo, pueden ser usados también como enlaces de conmutación entre paquetes o como puertos de pasarela a otras redes de paquetes. El nivel 3 consta de funciones



Bastidor pequeño de hasta 200 líneas con núcleo de sistema no duplicado, o unidad de acceso remota.

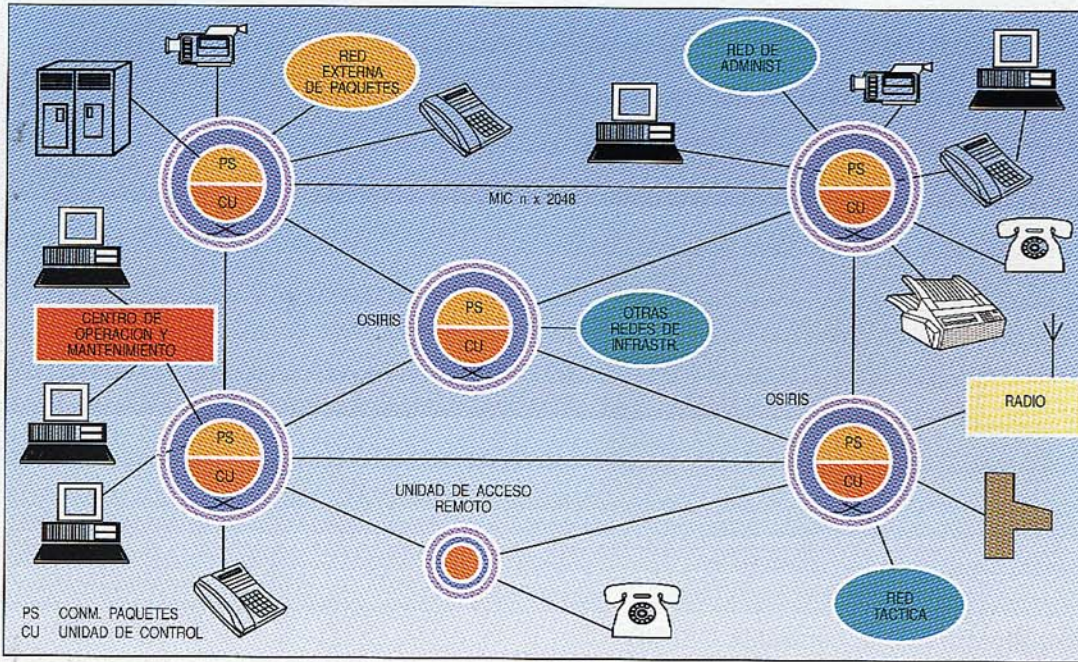


Figura 2
Ejemplo de esquema de la red OSIRIS.

Unidad de control y red de conmutación.

puramente software implantadas en los procesadores del núcleo del sistema. El servicio de paquetes también se puede ofrecer a los terminales asíncronos asociados con las líneas digitales de abonado mediante funciones de ensamblaje y desensamblaje de paquetes (PAD) y funciones VIDEOPAD, también realizadas en el software del núcleo.

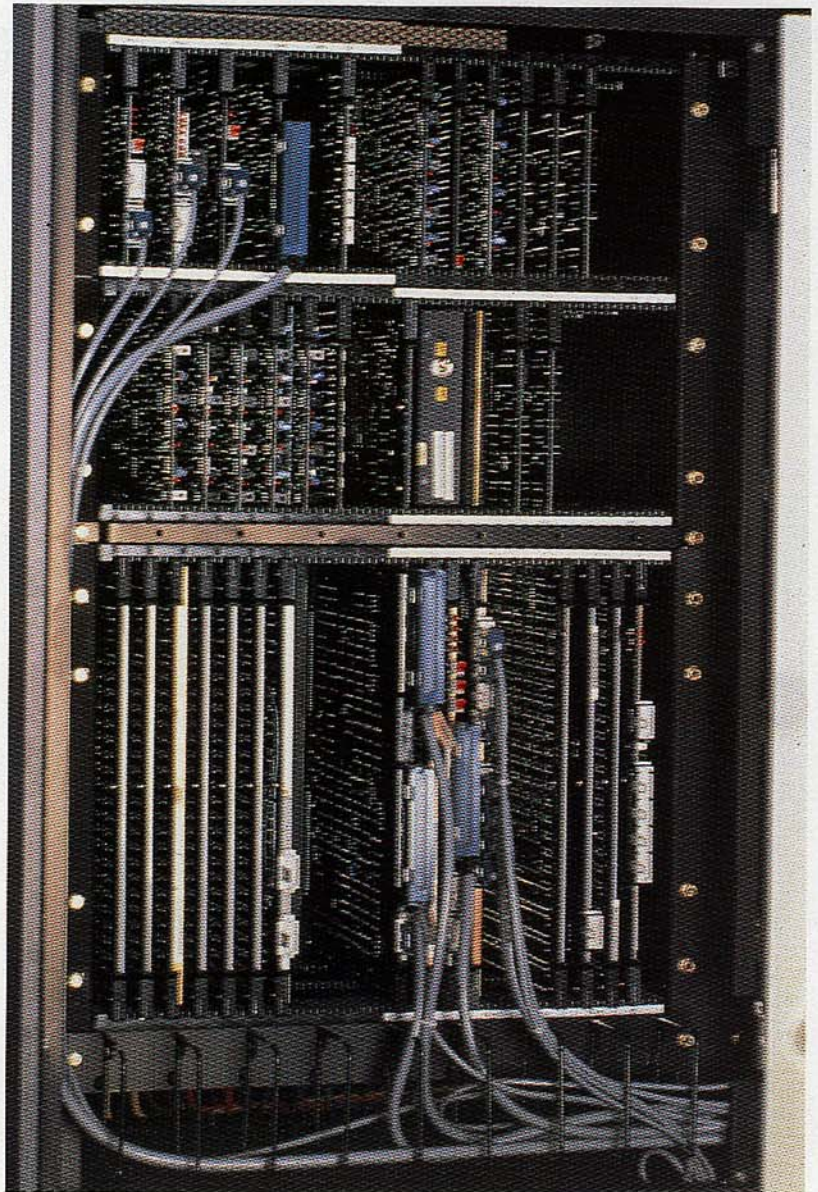
Arquitectura de la red

Componentes de la red

En una red OSIRIS se pueden configurar centrales de acceso, de tránsito y combinadas. Además, la unidad de acceso remoto está disponible en dos versiones. La versión estandar atiende a 120 líneas y tiene un enlace con la central padre; la versión mejorada tiene una mayor capacidad de líneas y características de enlaces duplicados (*dual homing*) y capacidad de establecimiento de llamadas internas. Los abonados conectados a cualquiera de las versiones se benefician de los mismos servicios que los conectados a la central padre.

Enlaces y topología

Una red OSIRIS comprende una serie de nodos interconectados por vías MIC estandar a 2,048 Mbit/s. Para satisfacer los requisitos del cliente, se puede contemplar cualquier tipo de topología de red, en estrella, en malla o una combinación de ambas. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de un esquema de una red



simplificado. Si fuera necesario, se podrían usar enlaces analógicos asociados a un enlace de datos dedicado para la señalización por canal común como substitutos de las vías MIC, sin pérdida alguna de las capacidades de red del sistema.

Red de paquetes

La red de paquetes es una superposición sobre la red de modo circuito y por lo tanto tiene la misma topología. Los conmutadores de paquetes en los nodos OSIRIS están unidos por conexiones semi-permanentes de circuitos conmutados a 64 kbit/s establecidas sobre las vías MIC internodales.

Protocolo de red

Un aspecto destacado de la red homogénea OSIRIS es la total transparencia funcional ofrecida a los abonados a nivel de red, asociada con la posibilidad para el gestor de la red de asignar cualquier número de directorio a cualquier línea física de cualquier nodo. Asimismo, los servidores de enlaces de un grupo dado pueden ser distribuidos sobre varios nodos de la red. Tales facilidades se deben soportar por un potente protocolo entre los diferentes nodos de la red. El protocolo utilizado es una versión mejorada, para uso militar, del protocolo Alcatel RPIS (red privada de servicios integrados), utilizado desde 1987 en grandes redes privadas y basado en la recomendación Q.931 del CCITT. RPIS es, de hecho, un superconjunto del IPNS (servicios integrados de red privada) en línea con el Q.SIG, realizado por los organismos de normalización europeos.

Enrutamiento adaptativo automático

Esta es una de las principales características de OSIRIS, que proporciona a la red mecanismos de autodefensa contra factores de bloqueo tales como el tráfico alto o incluso la destrucción parcial, sin tener que depender del tiempo de respuesta y decisión del operador. Se aplica al cálculo del camino de establecimiento de la llamada para la conmutación de paquetes y de circuitos. En el campo de las técnicas de conmutación militar se han propuesto o probado varios métodos para alcanzar el enrutamiento adaptativo. El seleccionado en OSIRIS utiliza el método *distribuido*. Las redes que utilizan procedimientos de enrutamiento adaptativo distribuido pueden percibir dinámicamente los cambios en su entorno interno intercambiando información entre los nodos. Cada



Pruebas de integración de centrales en fábrica.

nodo utiliza esta información para actualizar continuamente las tablas de topología. Como resultado de esto, cada nodo puede calcular independientemente los caminos de mínimo coste con cada uno de los otros nodos de la red. El cálculo se hace en el nodo llamante para el camino completo hasta el nodo llamado. Las ventajas de este método de enrutamiento adaptativo son:

- alta fiabilidad de las llamadas,
- distribución y regulación automática del tráfico,
- eliminación de todas las órdenes de gestión de red de las tablas de enrutamiento.

Además, los mismos mecanismos de enrutamiento se usan para el restablecimiento automático de las conexiones semipermanentes a través de la red, en caso de fallo de un nodo o enlace de transmisión. Este mismo proceso de autorregeneración se aplica, en particular, para restaurar las conexiones entre los conmutadores de la red superpuesta de paquetes.

Sincronismo

Como regla general, en OSIRIS se utiliza la sincronización maestro-esclavo con reajuste. Cada nodo está equipado con una entrada de la norma G.703 a

2,048 MHz para conectar con un reloj de referencia externo (p. ej., cesio), por lo que cualquier nodo de la red puede ser elegido como maestro. También se puede contemplar la operación plesiócrona si no es obligatoria la integridad binaria.

Operación y mantenimiento (OYM)

Detección de fallos

La operación correcta de las unidades internas de una centralita OSIRIS está permanentemente supervisada por el equipo de prueba integrado. Cualquier fallo o anomalía es detectado y registrado inmediatamente y se da la alarma correspondiente junto con una indicación del grado de urgencia. Las unidades hardware en fallo se ponen automáticamente fuera de servicio.

Observación de tráfico

La observación de tráfico se lleva a cabo por programas especializados que o se ejecutan continuamente o a petición del personal de operación y mantenimiento (OYM).

Operación local

Las operaciones locales y las actividades de mantenimiento (relacionadas exclusivamente con el nodo) se llevan a cabo desde terminales de servicio de datos conectados directamente a las centralitas OSIRIS. Incluyen funciones tales como la gestión de abonados y datos de enlaces, y los parámetros del sistema operativo. También se pueden realizar observaciones individuales de tráfico tales como la lectura de la carga o de los pulsos de tarificación. Las funciones de operación y mantenimiento sobre otros nodos no están permitidas a los terminales locales. Los datos hombre-máquina son claros y fáciles de interpretar; todos los datos de gestión se presentan en visualizaciones sobre pantalla de tipo menú. El acceso a las funciones de gestión está protegido por procedimientos de autorización y autenticación.

Centro de gestión de red

El programa de gestión de red para OSIRIS se basa en el concepto de arquitectura de gestión de empresa (EMA) de Digital Equipment Corporation (DEC). El centro de gestión de red (CGR) se basa en una estación de trabajo y se realiza en una máquina DEC 5000, cuya principal característica es su arquitectura RISC (computador de conjunto reducido de ins-

Tabla 1 – Principales facilidades militares

<p>PRIORIDAD En caso de congestión se fuerza siempre la liberación de enlaces. La operación de terminales se puede adaptar a los requisitos del cliente: petición explícita o implícita de la parte llamante, prevaciado o aviso de la parte llamada. Las llamadas no liberables pueden protegerse una vez establecidas contra liberaciones posteriores.</p>
<p>ABONADO ERRANTE Los servicios RDSI de comunicaciones se desplazan desde la línea doméstica a la central según sus capacidades y requisitos de abonado.</p>
<p>GRUPO CERRADO DE USUARIO/CLASE DE PARTICION Se pueden combinar para ofrecer un método sencillo de exacta definición de los derechos de acceso entre abonados de la red.</p>
<p>LINEA DIRECTA Servicio de conmutación punto a punto asegurado por procedimientos de encaminamiento adaptativo.</p>
<p>LINEA DE USUARIO UNICO Versión militar del servicio de portadora de conexiones semipermanentes, asegurado como la línea directa.</p>
<p>COMUNICACIONES ACCS TIERRA-TIERRA Se proporcionan por medio de terminales dedicados, diseñados para alcanzar los requisitos de operación y ergonómicos más estrictos de los controladores aéreos militares.</p>
<p>MINIMIZAR / TORRE DE MARFIL Esta facilidad permite, con simples comandos, el aislamiento gradual y ordenado de la red frente al mundo exterior, lo cual se requiere para hacer frente a situaciones de crisis.</p>
<p>CONFERENCIA (HASTA 8 PARTICIPANTES)</p>

trucciones). Utiliza la últimas innovaciones del software para proporcionar información de gestión a los planificadores, administradores y explotadores de la red.

Soportando un sistema operativo abierto, una base de datos relacional, y gráficos, el CGR es capaz de suministrar a sus usuarios unos servicios de presentación de alta calidad y unas aplicaciones sofisticadas.

Todas las funciones de operación y mantenimiento disponibles localmente en los nodos pueden ser accedidas también por el CGR. La información elemental de la carga y la tarificación recibida desde los nodos es procesada por programas especializados, para proporcionar salidas ordenadas de los datos de facturación y de las estadísticas de observación de tráfico. El CGR se comunica con las entidades de gestión de todos los nodos OSIRIS de la red a través de la red de paquetes integrada. El intercambio de datos se basa en protocolos CMIP (protocolo común de información de gestión), CMISE (elemento de servicio común de información de gestión) y ROSE/ACSE (elemento de servicio remoto de control de operación/aplicación). Se ofrece la duplicación geográfica del CGR para incrementar la supervivencia.

Seguridad

Se considera que la seguridad es un aspecto vital en una red militar y debe ser tratada en concordancia. Existen dos aspectos: asegurar la confidencialidad al usuario y proteger los datos de OYM.

La confidencialidad de la información de usuario se asegura por un cifrado extremo a extremo, que es el único medio seguro dentro del mundo digital. Los terminales seguros se conectan a interfaces de línea según las normas S₀ del CCITT. Las claves de tráfico se generan en un servidor dedicado y las claves electrónicas se distribuyen en el canal D portador del servicio de paquetes. Las claves de tráfico se cifran por medio de claves primarias, por lo que pueden viajar con seguridad a través de la red de paquetes integrada.

Los mensajes de señalización y el volumen de tráfico son informaciones valiosas que hay que proteger. Esta protección se conoce como *apantallado de tráfico* y puede ser realizada por dispositivos de cifrado en bloque (BED) conectados en serie con las vías MIC internodos. Puede ser utilizado cualquier BED que cumpla las normas del CCITT más significativas. Los usuarios pueden pedir expresamente una ruta segura (una que sólo utilice cifrado en bloque o enlaces de fibra óptica) durante el establecimiento de una llamada; recibirán un aviso de no-seguridad siempre que en la cadena se use un enlace no protegido. El uso de interfaces y servicios portadores normalizados permite a los usuarios elegir libremente sus propios suministradores de equipos sensitivos de seguridad.

La protección de los datos de OYM es tan importante como la protección de la información de usuario; la operación del sistema de conmutación podría estar comprometida si se interfiere con los datos de OYM, privando a los usuarios de los servicios de comunicación. Por ello se han tomado varias medidas:

- el acceso a los terminales de OYM desde los terminales locales está protegido por procedimientos de autorización y autenticación, incluso si las centralitas están ubicadas en instalaciones de seguridad,
- el acceso a las estaciones de trabajo del CGR está protegido por tarjetas SURPASS,
- los datos de OYM que van por la red integrada de paquetes están protegidos por dispositivos externos de

Tabla 2 – Facilidades telemáticas y PABX estandar

PRINCIPALES FACILIDADES PABX			
AVERIGUACION Y TRANSFERENCIA	ADELANTE Y ATRAS	AYUDA DE OPERADORA PARA ESTABLECER LLAMADAS ENTRANTES Y SALIENTES	
MARCACION DIRECTA INTERNA	MARCACION DIRECTA EXTERNA	RELLAMADA AUTOMATICA	DESCUELQUE
REENVIO DE LLAMADA	APARCAMIENTO DE LLAMADA	RECORDADOR	CONJUNTO DE SECRETARIA
SUSTITUCION	SERVICIO NOCTURNO	TARIFICACION	
SERVICIOS TELEMATICOS			
DIRECTORIO ELECTRONICO		CONMUTACION DE TEXTOS Y MENSAJES DE FAX (BASADA EN X.400)	
CONVERSION DE PROTOCOLO EN COMUNICACIONES HETEROGENEAS TERMINAL-CENTRAL		SERVICIO DE MENSAJE HABLADO	

Tabla 3 – Principales parámetros de operación

INTERFACES ENTRE NODOS MIC DIGITAL CCITT 2,048 MBIT/S ANALOGICO DE 4-HILOS CON MODEM PARA SEÑALIZACION POR CANAL COMUN
INTERFACES CON ADMINISTRACION DIGITAL (RDSI U OTRO) ANALOGICAS CB, DID SEGUN SE REQUIERA
INTERFACES CON OTRAS REDES INFRAESTRUCTURA: MIC O ANALOGICA 2+4-HILOS, E&M O BUCLE DESC., MFC R2 O DECADICA, OTRAS TACTICAS: STANAG 5040, OTRAS SEGUN REQUISITOS REDES DE PAQUETES: X.25, X.31. CASO A O B. SE CONTEMPLA X.75 REDES DE RADIO: SEGUN REQUISITOS
INTERFACES DE ABONADO ANALOGICO DECADICO O DTMF EXCLUSIVO DIGITAL O CCITT S ₀
INTERFACES DE DATOS X.25, S2, V.35, X.21, RS232
CAPACIDADES LINEAS DE ABONADO: HASTA 9000 APLICACIONES INDEPENDIENTES PUERTOS X.25: HASTA 128 POR NODO TRATAMIENTO DE LLAMADAS: 60000 BHCA TRATAMIENTO DE PAQUETES: HASTA 800 PAQUETES POR SEGUNDO Y POR NODO
FUENTE DE ALIMENTACION 42.7 / 54.7 VOLTIOS
TEMPERATURA NOMINAL 18 A 24°C CONTINUA 5 A 40°C MARGINAL -5 A 45°C

cifrado X.25 (contenido de nivel 3 y autenticación),

- se aplica un procedimiento de etiquetado a todos los paquetes no provenientes del CGR, lo que permite a las entidades de OYM rechazar todas las intrusiones ilegales a través de este canal.

Principales características y facilidades

Además de la gama de servicios habituales de las PABX, se suministran una serie de facilidades especiales para uso militar. Tanto los servicios militares como los habituales son amigables, utilizando programas de ayuda al usuario, los cuales generan mensajes que indican el estado de cualquier terminal telefónico, en forma de un texto claro o de un mensaje hablado en el lenguaje elegido, según el tipo de terminal. Las principales facilidades militares se resumen en la Tabla 1, y las facilidades telemáticas y las habituales

de PABX en la Tabla 2. Por último, en la Tabla 3 se detallan alguno de los parámetros operacionales más importantes de OSIRIS.

J.M. Sénéchal nació en París, Francia en 1933. Estudió electricidad y técnicas de ordenadores en el Conservatorio de Artes y Oficios (CNAM) de París. Después de participar en el desarrollo de varios sistemas de conmutación públicos y privados y de dirigir equipos de ingeniería de redes en las compañías ITT y Thomson, se incorporó al departamento militar de ATFH (ahora Alcatel Telspace) en 1984, como experto de conmutación. Desde enero de 1991 el Sr. Sénéchal es Director de Producto del sistema de conmutación OSIRIS.

Centralita táctica

La introducción de los sistemas modernos de mando, control e información en las operaciones militares requiere comunicaciones eficientes y fiables, para lo que se necesitan componentes de red autónomos y de gran flexibilidad. La Serie 300, nueva familia de centralitas de Alcatel, es particularmente adecuada para las operaciones tácticas, en donde la movilidad y fiabilidad de las comunicaciones son esenciales.

B. Mathisen

Alcatel Telecom Norway, Oslo, Noruega

Introducción

La eficiencia y fiabilidad de las comunicaciones han sido consideradas durante siglos como el soporte esencial del éxito de las operaciones militares. No obstante, las comunicaciones existentes para aplicaciones militares aparecen como anticuadas al compararlas con las comunicaciones civiles actuales.

Hasta hace muy poco los sistemas tácticos de telefonía han estado dominados por centralitas manuales de interconexión, y solo en la década de los 80 se consiguió la introducción de sistemas de conmutación automática.

El retraso en la introducción de la tecnología moderna de conmutación se explica principalmente por dos razones técnicas. Una es la dificultad de satisfacer las necesidades militares de fiabilidad de las comunicaciones tácticas. Y la otra la falta de capacidad de los sistemas para adaptarse a la topología continuamente cambiante de la red y a la gran movilidad de los usuarios.

A mitad de la década de los 70, las naciones europeas de la OTAN comenzaron a trabajar en la especificación y normalización de un sistema de comunicaciones para operaciones militares móviles terrestres. Este grupo de normalización se denominó EUROCOM, y sus especificaciones son hoy día los únicos documentos de referencia aceptados.

Requisitos militares

Como se mencionaba anteriormente, las comunicaciones militares presentan unas necesidades muy especiales, lo que hace difícil la utilización directa de productos civiles de telecomunicaciones.

Una de ellas está relacionada con los requisitos ambientales. Los equipos deben soportar condiciones climáticas, mecánicas y eléctricas muy rigurosas. Existe además una tendencia hacia instalaciones ligeras, siendo frecuente instalar el equipo de comunicaciones en pequeños coches militares o en vehículos blindados.

Otro aspecto muy importante es la capacidad de supervivencia. Cada parte de los equipos de comunicaciones tiene que ser autónoma. No es aceptable la dependencia de funciones centralizadas.

Una de las grandes diferencias de las redes militares con respecto a las civiles lo constituyen los continuos cambios de la configuración de red, tanto en los usuarios como en los recursos de red, y requiere soluciones especiales de sincronización, encaminamiento y gestión de red.

Los usuarios de redes militares también requieren servicios especiales. Se pueden citar como ejemplos la prioridad, la apropiación de circuitos, el aviso de circuito no seguro, el reencaminamiento de los circuitos de usuario único, la difusión de mensajes y la conferencia.

Un requisito que con frecuencia se menosprecia es la limitación de ancho de banda. Por razones de flexibilidad, la mayoría de las comunicaciones se realizan por radio (red de combate, acceso de los terminales de radio mon canal o radioenlaces). Esta restricción se debe tanto a la escasez del recurso radioeléctrico como a la necesidad de protegerse contra la guerra electrónica.

Concepto de sistema de área

En los sistemas de comunicaciones militares se ha venido aplicando tradicional-

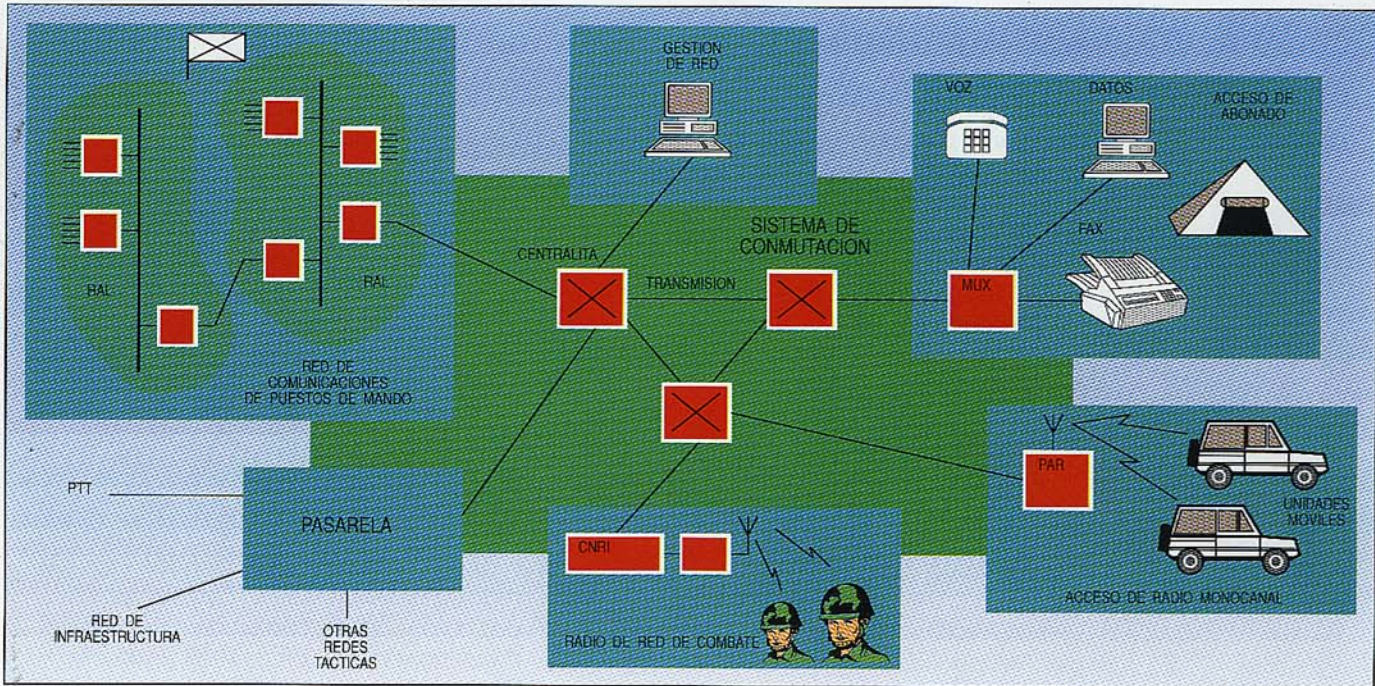


Figura 1
El Alcatel 101 está basado en un conjunto de subsistemas que realizan diferentes aplicaciones de red.



La centralita táctica de la Serie 300 está diseñada para uso táctico sin necesidad de protecciones ambientales adicionales.

Figura 2
Diagrama de bloques de la centralita táctica de la Serie 300.



mente la estructura de la "cadena de mando". Con un sistema de área integrado, el área entera de comunicaciones es servida por una red de comunicaciones común a todos los usuarios. Prestaciones como la prioridad, grupos cerrados de usuarios y control de tráfico garantizan a los usuarios más importantes el servicio telefónico requerido.

Todos los servicios de voz y datos necesarios para los usuarios se prestan a través de una red digital de servicios integrados común. Los usuarios se conectan a la red de área mediante cable o radio. Estos pueden moverse libremente a otras posiciones y conectarse rápidamente a la red de área desde su nueva posición. Cada usuario viene identificado por un número telefónico que es independiente de su posición en la red.

El Alcatel 101 es un nuevo sistema de comunicaciones de área táctica de Alcatel, que incorpora equipos de comunicaciones procedentes de varias compañías Alcatel.

Con el equipo Alcatel 101 se componen unos subsistemas que pueden ser suministrados y utilizados separadamente o en cualquier combinación al objeto de conseguir sistemas más grandes (Figura 1).

El concepto básico empleado es el subsistema de conmutación, formado por funciones de conmutación distribuidas en pequeñas centralitas tácticas interconectadas por cable o radioenlace.

Centralita táctica Serie 300 de Alcatel 101

La centralita táctica de la Serie 300 es el elemento fundamental de conmutación en Alcatel 101. Se trata de una centralita no bloqueable, completamente digital, que ofrece tanto servicio de circuitos como de paquetes.

La centralita puede trabajar como elemento de conmutación en una gran variedad de configuraciones de nodo y de red:

- conmutación nodal,
- conmutador de acceso autónomo,
- conmutador de acceso en la red de área,
- en grupo para formar un nodo de gran capacidad,
- puerto para conectarse a otras redes.

Los usuarios pueden conectarse o a través de multiplexores remotos o directamente a la centralita mediante tarjetas de interfaz de usuario.

La Figura 2 muestra una diagrama de bloques simplificado de la centralita.

Los servicios prestados por la centralita son independientes de la topología de la red. Para el usuario, la red aparece como si se tratase de una unidad centralizada.

La centralita es completamente autónoma, adaptándose automáticamente a los cambios de topología de red y realizando el tratamiento de llamadas sin requerir el soporte de ningún otro elemento de la red. La centralita, por otra parte, detecta automáticamente si alguno de sus puertos MDT está conectado a un enlace con otra centralita, en cuyo caso incluye a la nueva centralita en la estrategia de encañamiento.

Es posible controlar y supervisar la centralita tanto desde el sistema de control de red como localmente desde el panel frontal de la centralita.

La centralita táctica de la Serie 300 es un equipo de conmutación sin bloqueo que aloja hasta 8 grupos MDT (multiplexación por división en el tiempo) que se conectan a otras centralitas o multiplexores, y hasta 60 interfaces de canal para usuarios locales.

La centralita acepta una libre combinación en la red de usuarios de 16 kbit/s y 32 kbit/s. Además, esta velocidad puede ser seleccionada individualmente por cada llamada e interfaz de usuario. Esto resuelve el conflicto entre la capacidad de red y la alta calidad de servicio de voz de algunas aplicaciones.

Tabla 1 - Características de funcionamiento

CONMUTACION DE CIRCUITOS	
TRATAMIENTO DE LLAMADAS	7 - 10 NUEVAS LLAMADAS POR SEG.
CANALES DE TRAFICO	960
GRUPOS MDT	HASTA 8
VELOCIDADES DE DATOS MDT	256, 512, 1024 O 2048 KBIT/S
INTERFACES DE CANAL UNICO	
INTERFACES DE ABONADO	HASTA 60
VELOCIDAD DE CANAL	16 O 32 KBIT/S
CONMUTACION DE PAQUETES	
CAPACIDAD DE CONMUTACION	200 PAQUETES DE 128 OCTETOS POR SEGUNDO / 20 NUEVAS LLAMADAS POR SEGUNDO (PUEDE AUMENTARSE CON UNA PLACA EXTRA DE PROCESADOR)
PUERTOS FISICOS	HASTA 40
VELOC. PUERTO (EUROCOM CLASE 1)	16 O 32 KBIT/S
VELOC. PUERTO (EUROCOM CLASE 2)	2.4, 4.8, 9.6 O 19.2 KBIT/S

La centralita contiene un módulo de conmutación de paquetes integrado, TPX, y opcionalmente, puede equiparse con tarjetas de cifrado en bloque para los puertos MDT. Esta concepción es exclusiva de Alcatel 101 y garantiza una solución económica y abierta al futuro. En la Tabla 1 se resumen las características de funcionamiento.

Tabla 2 - Servicios de abonado básico

SERVICIOS BASICOS
- LLAMADA NORMAL
- USUARIO UNICO
REGISTRO Y MOVIMIENTO DE ABONADOS
- AFILIACION
- DE-AFILIACION
- RE-AFILIACION
- LINEA COMPARTIDA
- NUMERO DE GRUPO (MULTI-HOMING)
LLAMADAS DIRECTAS A/DESDE OTRAS REDES
- LLAMADAS DIRECTAS SALIENTES
- LLAMADAS DIRECTAS ENTRANTES
FACILIDADES DE LLAMADA
- LINEA DIRECTA CONMUTADA
- LINEA DIRECTA RETARDADA
- MARCACION ABREVIADA
RETENCION, TRANSFER. Y REDIREC. DE LLAMADAS
- RETENCION DE LLAMADAS
- TRANSFERENCIA DE LLAMADAS
ESPERA PARA USUARIOS OCUPADOS
- LLAMADA EN ESPERA
- RELLAMADA AUTOMATICA
FACILIDADES DE CONFERENCIA Y DIFUSION
FACILIDADES MILITARES ESPECIALES
- PRIORIDAD Y APROPIACION
- AVISO DE LLAMADA NO SEGURA
- REENCAMINAMIENTO DE CIRCUITOS DE USUARIO UNICO
COMPRB. MODO SEÑALIZACION Y COMPATIBILIDAD
CONEXIONES A 16 Y 32 KBIT/S, SELECCIONABLES POR LLAMADA
RESTRICCIONES DE LLAMADA
- RESTRICCION DE LLAMADAS*ENTRANTES
- RESTRICCION DE LLAMADAS SALIENTES

Servicios

La centralita táctica de la Serie 300 ofrece una amplia gama de servicios de usuario que cubre todos los servicios normalizados por EUROCOM y prestaciones especiales propias de las redes militares. Estos servicios pueden ser asignados y controlados individualmente por los usuarios. La Tabla 2 muestra los servicios básicos de usuario de conmutación de circuitos.

Algunas de las facilidades de usuario se deben asignar por el sistema de control de red antes de que el usuario pueda disponer de ellas, por ejemplo, el servicio de línea directa retardado. El uso posterior del servicio por parte del usuario es,

sin embargo, independiente del sistema de control de red.

La centralita táctica de la Serie 300 también permite servicios especiales de operador. Estos servicios son semejantes a los de las centralitas privadas (PABX). Los servicios están soportados por un ordenador personal conectado a cualquier posición de la red.

La centralita ofrece una amplia gama de funciones de red especializadas a fin de cubrir diferentes aplicaciones, tamaño y capacidad de las redes tácticas (Tabla 3).

La centralita táctica de la Serie 300 lleva un módulo integrado de conmutación de paquetes, TPX. Los TPX de las diferentes centralitas se conectan mediante canales dedicados en los enlaces para formar una red de conmutación de paquetes integrada.

La Tabla 4 lista los servicios básicos provistos por el TPX.

Los mecanismos de encaminamiento de la conmutación de circuitos y de paquetes emplean un juego de diferentes algoritmos para asegurar la capacidad de supervivencia y las necesidades de eficacia y de un plan de numeración libre. Se ofrecen los siguientes algoritmos de encaminamiento:

- búsqueda por saturación,
- búsqueda por saturación multinivel,
- búsqueda por árboles de encaminamiento,
- búsqueda determinística.

Tabla 3 – Funciones de red básicas

<p><i>DIRECTORIOS BASADOS EN EUROCOM D/1, IA7 ASI COMO UNA AMPLIA GAMA DE OTRAS ESTRUCTURAS DE DIRECTORIOS</i></p> <p>ENCAMINAMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> • BÚSQUEDA POR SATURACION • BÚSQUEDA POR SATURACION MULTINIVEL • BÚSQUEDA POR ARBOLES • BÚSQUEDA DETERMINISTICA <p>SINCRONISMO</p> <ul style="list-style-type: none"> • SINCRONISMO MUTUO • ESQUEMAS ALTERNATIVAMENTE PLESIOCRONOS O MAESTRO-ESLAVO • RELOJ EXTERNO DE REFERENCIA <p>CONFIGURACION</p> <ul style="list-style-type: none"> • CONFIGURACION AUTOMATICA DE GRUPOS DE ENLACES • CONFIGURACION AUTOMATICA DE RED INTEGRADA DE CONMUTACION DE PAQUETES <p>TRATAMIENTO DE SOBRECARGA</p> <p>IDENTIFICACION DE CENTRALITA</p> <p>CIFRADO MASIVO</p>
--

Gestión de red

La centralita táctica de la Serie 300 es una unidad autónoma que puede ponerse en funcionamiento en una red mediante un proceso automático de iniciación tras el encendido de la unidad.

Independientemente del sistema de control de red, la centralita puede realizar tareas normales, como el tratamiento de llamadas y la adaptación a la topología cambiante de la red.

En el modo de funcionamiento autónomo, la centralita emplea un interfaz de usuario, consistente en un teclado y dispositivo de presentación integrados en el panel frontal, para efectuar las funciones básicas de supervisión y control. Además de las tareas de tratamiento del estado y alarmas, el panel frontal de la centralita permite las siguientes funciones:

- configurar los interfaces MDT,

Tabla 4 – Servicios básicos de conmutación de paquetes

<p>SERVICIOS BASICOS X.25</p> <ul style="list-style-type: none"> • LLAMADA VIRTUAL <p>FACILIDADES OPCIONALES DE USUARIO X.25</p> <ul style="list-style-type: none"> • NUMERACION EXTEN. DE SECUENCIAS DE PAQUETES • RESTRICCIÓN LLAM. ENTRANTE • RESTRICCIÓN LLAM. SALIENTE • CANAL UNIDIRECCIONAL DE SALIDA • CANAL UNIDIRECCIONAL DE LLEGADA • LONGITUD DE PAQUETES NO ESTANDAR • NEGOCIACION DE CLASE DE SERVICIO • NEGOCIACION PARAMETROS DE FLUJO DE TRAFICO • SELECCION RAPIDA • ACEPTACION DE SELECCION RAPIDA • NOTIF. DIRECCION DE LINEA LLAMADA MODIFICADA • INDICACION Y SELECCION DE RETARDO DE TRANSITO <p>FACILIDADES MILITARES ESPECIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> • PRIORIDAD Y APROPIACION • TRAFICO SEGURO Y NO SEGURO • TIEMPO DE VIDA MAXIMO • SELECCION RAPIDA REDUCIDA
--

El panel de presentación controlado mediante menú muestra el estado de la centralita. Los valores de los parámetros se pueden actualizar desde el teclado.

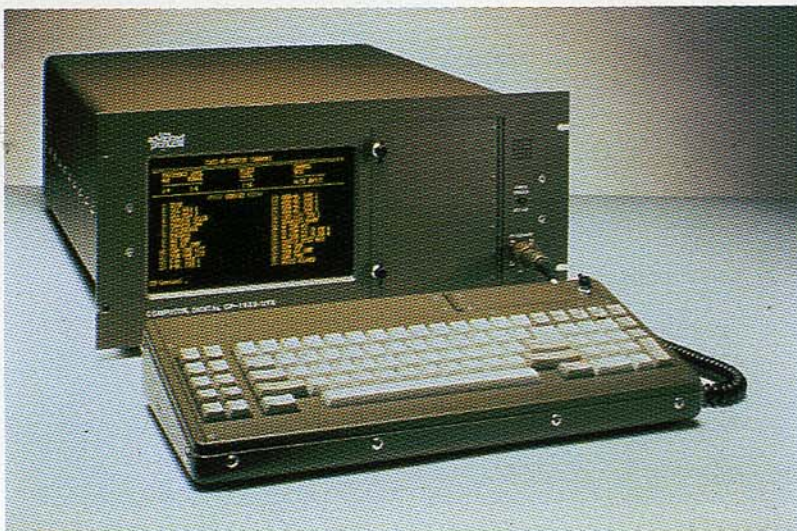


- configurar los interfaces de los canales individuales,
- afiliación, reafiliación y deafiliación de usuarios,
- definición de los circuitos de línea directa y de usuario único,
- prueba de líneas de abonado,
- prueba de enlaces MDT.

A su vez, las centralitas de la red forman parte del sistema de control de red Alcatel 101, que permite una gestión centralizada de la red completa. El sistema de control utiliza la red de conmutación de paquetes integrada para las comunicaciones de control entre las centralitas y el terminal de control de la red, así como en las comunicaciones entre los diferentes terminales de control de la red.

El sistema de control de red no solo incluye las centralitas sino también el equipo de transmisión, cifrado y acceso de radio monocanal del Alcatel 101. El

Terminal de control de red basado en un ordenador personal de campaña.



sistema de control de red está organizado en una estructura jerárquica que se adapta a la organización militar de responsabilidades y tareas. Para aumentar la capacidad de supervivencia y dar mayor cobertura a las operaciones con una gran movilidad, el sistema de control de red incorpora funciones de reserva y puesta en servicio de equipos.

Se pueden emplear ordenadores personales compatibles como terminales de control de red. La foto inferior muestra un ejemplo de terminal de control de red robustecido para uso en campaña.

Interfaces

La centralita táctica de la Serie 300 genérica ofrece hasta ocho interfaces de grupos MDT, que se pueden seleccionar en los siguientes formatos:

- grupo de enlaces:
 - 256, 512, 1024 ó 2048 kbit/s (p. ej., hasta 128 intervalos de tiempo),
 - EUROCOM A (no cifrado),
 - EUROCOM B (cifrado),
- puerto EUROCOM D/1-IIA para conexión con otras redes EUROCOM,
- puerto STANAG 4206-4214 para conexión a otras redes tácticas,
- grupo de prolongación de bucle a 512 kbit/s para conexión con multiplexores remotos.

La centralita táctica de la Serie 300 también proporciona hasta 60 interfaces de canal único para conexión de los terminales de usuario, tanto en conmutación de circuitos como de paquetes. También se soportan interfaces de terminales digitales (EUROCOM K) y una gran variedad de terminales analógicos (p. ej., señalización impulsiva, DTMF, 2 hilos, 4 hilos y E-M).

Se pueden seleccionar individualmente las velocidades binarias de 16 ó 32 kbit/s por cada llamada y por cada línea. Ello implica un mecanismo especial de asignación de intervalos de tiempo dentro de la red formando parte del proceso de encaminamiento así como de los procedimientos de "saludo" (*handshaking*) extremo a extremo.

Estructura del software

El paquete de programación de la centralita táctica de la Serie 300 se adapta automáticamente a la configuración del equipo de la centralita, lo que permite al

usuario realizar cambios en el equipo sin necesidad de cambiar los programas, lo que simplifica el control de la configuración del software.

La lógica de la centralita esta diseñada de acuerdo con la metodología estructurada de arriba abajo. Durante el diseño se ha utilizado como herramienta el lenguaje de especificación y descripción (LED) del CCITT.

El software de la centralita está constituido por una serie de procesos, cada uno dedicado a una función. Cada proceso es una máquina de estados finitos, y la comunicación entre procesos se realiza mediante el envío y recepción de mensajes por unos interfaces definidos de forma muy estricta.

Los programas están codificados en CHILL (CCITT High Level Language).

Estructura del equipo

El equipo de la nueva centralita representa lo mas avanzado de la tecnología, utilizando ASIC, SMC y circuitos híbridos, a fin de minimizar tamaño y consumo.

La centralita táctica de la Serie 300 emplea un sistema de multiproceso iAPX-386 con tecnología CMOS de bajo consumo.

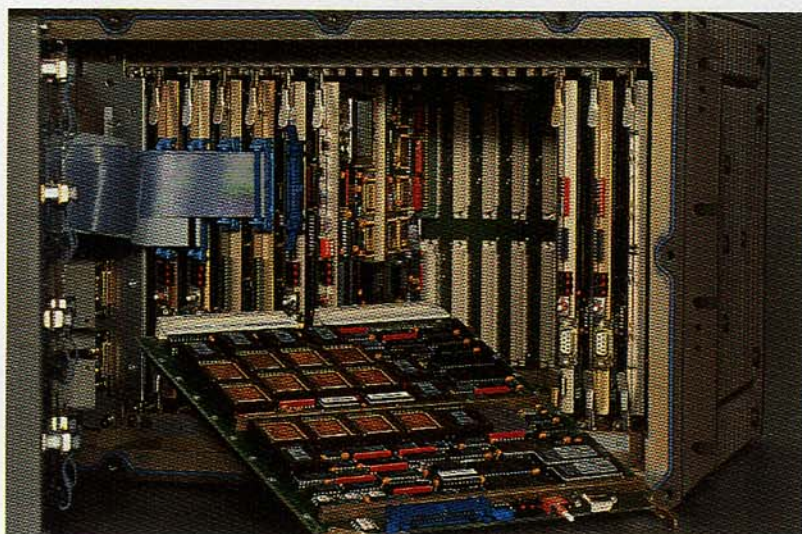
Se puede utilizar una gran variedad de configuraciones de equipo. La configuración real se detecta durante la reiniciación, lo que le convierte en un sistema que permite de forma flexible la introducción de nuevos tipos de registradores o de interfaces de acceso. El algoritmo de configuración también tiene en cuenta los errores de equipo encontrados en el arranque, bloqueando los servicios y funciones directamente afectados.

El frontal de la centralita presenta 8 conectores correspondientes a puertos de interfaz, que se pueden configurar como:

- puerto MDT con grupo de abonados o enlaces,
- puerto de usuario de hasta 15 interfaces de línea de abonado.

Los puertos MDT tienen capacidades de 256, 512, 1024 ó 2048 kbit/s y pueden integrarse con equipos de cifrado en bloque.

Las diferentes configuraciones de la centralita se consiguen seleccionando las placas adecuadas. La centralita permite equipar hasta 15 placas. La estructura de su bus interno permite una gran flexibilidad en la configuración de variantes.



La arquitectura modular permite una gran variedad de configuraciones. La tecnología mas avanzada de sistemas de multiproceso, componentes ASIC y circuitos híbridos garantizan un diseño compacto y fiable.

La construcción mecánica se ha desarrollado especialmente con el objeto de producir un equipo electrónico muy compacto para empleo táctico sin necesidad de una protección ambiental adicional. Las características físicas se detallan en la Tabla 5.

Características de mantenimiento

El empleo masivo de equipos de medida integrados (BITE) permite alcanzar un alto grado de mantenimiento. Al encender la centralita, se ejecuta un programa de pruebas que comprueba todas las funciones. Cualquier fallo es señalado en el frontal de la centralita. La centralita también lleva programas de prueba fuera de línea integrados que pueden ser arrancados al efectuar el mantenimiento durante el almacenamiento del equipo.

Se parte del supuesto que el mantenimiento en el campo se reduce a la sustitución de la centralita completa o de

Tabla 5 - Características físicas

AMBIENTALES	
• TEMPERATURA DE TRABAJO	- 40 A + 55°C
• TEMPERATURA DE ALMACEN	- 55 A + 70°C
• HUMEDAD	HASTA 95% RH
• GOLPES, CHOQUES, VIBRACIONES	DEF-STAN 07-55
• CONTAMINACION QUIMICA	DEF-STAN 07-55
• EMC	MIL STD 461B/462
• EMP	DEF-STAN 07-55
DIMENSIONES	
• ANCHURA	483 mm (19 pulg.)
• ALTURA	311 mm (7U)
• PROFUNDIDAD	432 mm
EQUIPADO	
• ARMARIO DE 19 pulgadas, CABLEADO FRONTAL	
PESO	
• 35 kg APPROX.	
FUENTE DE ALIMENTACION	
• 20 A 32 Vcc, 75 W TIPICA (150 W MAXIMO)	

alguna placa de su interior. Todas las pruebas en el campo pueden ser efectuadas sin necesidad de extraer el panel frontal de la unidad.

Los fallos a nivel de placa se detectan normalmente mediante pruebas en servicio desde el procesador principal de la centralita. Algunos fallos especiales pueden requerir pruebas fuera de línea.

El tiempo medio de reparación (MART) es menor de 30 minutos.

Conclusiones

La centralita táctica de la Serie 300 de Alcatel 101 pertenece a una nueva generación de centralitas de Alcatel. El producto se basa en un concepto de conmutación nodal bien establecido, que está especialmente diseñado para con-

seguir cumplir los requisitos militares de redes de conmutación. Gracias a sus mejoras tecnológicas, la nueva generación de centralitas ofrece soluciones más flexibles en la prestación de las diferentes aplicaciones de usuario. La conmutación de circuitos y de paquetes, los interfaces con usuarios individuales y los interfaces MDT con o sin cifrado en bloques se integran dentro de un único equipo de dimensiones reducidas.

Bernt Mathisen nació en Bodo, Noruega, en 1955. Estudió ingeniería eléctrica en la Universidad Técnica de Noruega en Trondheim, donde se graduó en 1980. Hasta 1988 trabajó en la Comandancia de Material del Ejército Noruego, donde fue jefe del proyecto TADKOM durante el desarrollo de un sistema de área táctica para el ejército noruego. Desde 1988 trabaja en Alcatel Telecom Norway y es responsable de producto de las comunicaciones tácticas.

Tecnología de sistemas en redes tácticas

Alcatel es un participante activo en las organizaciones responsables de los estudios y de la normalización de las redes tácticas de comunicaciones de nueva generación. Este artículo describe las nuevas tecnologías de sistemas que ya se vislumbran en el horizonte actual, pero cuyo despliegue no será necesario hasta el próximo siglo.

B. Rossow

Alcatel Telecom Norway, Oslo, Noruega

Introducción

Mediante la centralita Alcatel 101, hoy día podemos ofrecer un moderno sistema de comunicaciones tácticas de acuerdo con las especificaciones de EUROCOM, que utiliza las más modernas tecnologías en todos los elementos del sistema. No obstante, la continua aparición de nuevos requisitos implica que los conceptos del sistema estén en continua evolución. El propósito de EUROCOM y otros organismos de normalización, así como de Alcatel, es que los nuevos conceptos sean siempre compatibles con los sistemas existentes. Esta medida garantiza que los elementos de los sistemas existentes funcionarán con los nuevos sistemas. No obstante, las nuevas funciones incorporadas a los componentes de los nuevos sistemas no podrán ser nunca ofrecidas por los sistemas existentes. Pero aún así, en muchos casos será posible mejorar la funcionalidad de los componentes, tales como las centralitas de conmutación, mediante la instalación de una nueva lógica programada o la ampliación de su equipado. Esta es la razón por la que hemos desarrollado una estrategia para la mejora de todos los componentes y su actualización y adaptación a nuevos requisitos, que a su vez conducen a la implantación de nuevas funciones del equipo y de la lógica programada.

La oferta actual de sistemas tácticos de comunicaciones se basa en la normativa establecida por EUROCOM en 1986. Si bien Alcatel, al igual que otros fabricantes, se esfuerza de forma continuada en actualizar estos sistemas a las nuevas tecnologías, los sistemas en sí se basan en tecnologías de principios de los 80. En la actualidad EUROCOM está promoviendo la mejora de estas normas a fin de poder aprovechar las nuevas tecnologías. Esta nueva normativa, conocida

como Sistema EUROCOM Actualizado (EES), se prevé terminarla en 1994.

A pesar de que son de aplicación en todo el mundo, las normas EUROCOM han sido creadas por los usuarios y la industria europea. A fin de adquirir la consideración de normas OTAN, el Grupo de Proyectos 6 de la OTAN (PG/6) ha emprendido la tarea de establecer las normas de los sistemas de comunicaciones tácticas de la red Post-2000 (TCP 2000). Las normas EES serán el punto de partida del proceso de normalización del PG/6. Los nuevos desarrollos tecnológicos y la necesidad de sistemas avanzados de inteligencia distribuida en el campo también jugaran un importante papel. El principal contenido de este artículo es el posible resultado de este proceso.

Solución actual de red

Las actuales normas EUROCOM se basan principalmente en sistemas de conmutación de circuitos que utilizan multiplexación por división en el tiempo (MDT), con una velocidad básica de canal de 16 Kbit/s y una modulación de la voz tipo delta. En los sistemas actuales, es posible combinar dos canales para poder ofrecer conexiones a 32 Kbit/s. La velocidad de los enlaces es de 256 ó 512 Kbit/s, lo que posibilita el combinar dos enlaces para obtener velocidades de hasta 1 Mbit/s. Las comunicaciones de datos se realiza normalmente mediante circuitos conmutados a velocidades de 0,05, 2,4 ó 9,6 Kbit/s, empleándose en todos los casos un circuito completo de 16 Kbit/s. No obstante, existe un opción en esta norma EUROCOM que permite un servicio de datos por conmutación de paquetes.

Alcatel ofrece unas prestaciones adicionales que están basadas en necesidades operativas no soportadas por normas EUROCOM. Ejemplo de ello es la integración de un pequeño conmutador de paquetes en cada nodo de la red de conmutación, de forma que esta opción se puede utilizar sobre un red táctica completa que esté basada en la norma EUROCOM. Alcatel puede también ofrecer centralitas de acceso y nodales con enlaces que pueden funcionar hasta 2 Mbit/s, canales con velocidades de hasta 64 Kbit/s así como sistemas de radioenlaces que pueden unir nodos a estas velocidades. También puede ofrecerse una red de comunicaciones de puestos de mando (CPCN) basada en una red de área local (RAL).

Nuevos requisitos

Existe una serie de nuevos requisitos en proceso de introducción en las redes tácticas, lo que puede exigir un replanteo en la concepción del sistema. A continuación se mencionan algunos de estos nuevos requisitos:

- la mayor movilidad de las fuerzas militares exige sistemas de comunicaciones con un grado de movilidad y autonomía extremadamente alto,
- un mayor grado de disponibilidad y seguridad para los usuarios móviles,

- la introducción de sistemas avanzados de mando, control, comunicaciones e información (C3I) requiere sistemas de mayor velocidad, al menos entre los cuarteles generales, y por lo tanto, una utilización mas flexible de los recursos de anchura de banda disponibles. Parte de estos nuevos requisitos provienen de las comunicaciones a alta velocidad de datos y de señales de video,
- el uso masivo de sistemas informáticos y de transmisión de datos implica el uso eficiente de las comunicaciones de datos para los usuarios móviles (comunicaciones por paquetes vía radio)
- conmutación automática de mensajes con conexiones al servicio público X.400,
- radioenlaces con mayor ancho de banda y menor probabilidad de detección por el enemigo. Ambos objetivos pueden conseguirse utilizando frecuencias mas altas, como la banda de 60 Ghz,
- la cooperación entre unidades militares de diferentes naciones requerirá la interoperación completa de los sistemas de comunicaciones, incluyendo la gestión de red. Ello implica que los equipos de una nación puedan ser gestionados por el sistema de gestión de red de otra nación.

El proceso de normalización EES tratará sobre algunos de estos nuevos requisi-



Nodo de gran movilidad de la red táctica Alcatel 101 instalado en vehículos oruga.

tos, como el de sistema de comunicación por paquetes vía radio, el tratamiento de mensajes y la interoperabilidad, así como la posibilidad de transmitir señales de datos e imágenes a velocidades de hasta 64 Kbit/s a través de la CPCN. También se ha propuesto que las normas TCP 2000 incluyan aspectos tales como el uso más flexible de los recursos de anchura de banda disponibles y la provisión de unos mayores recursos de anchura de banda. Al objeto de ser compatibles con las redes de área local (RAL) de uso más extendido, las velocidades de transmisión en la CPCN deberán ser del orden de los 10 a 20 Mbit/s utilizando para ello radioenlaces de corta distancia, de alta velocidad que funcionarán en la banda de 60 GHz.



Nuevas tendencias tecnológicas

Radio móvil

Dentro de la comunidad de la investigación se ha venido realizando un gran esfuerzo para conseguir unas técnicas de neutralización de contramedidas electrónicas (ECCM) en transmisión por radio. Las nuevas técnicas de espectro extendido con secuencia directa de banda estrecha, combinadas con el ya más tradicional sistema de salto de frecuencia, han demostrado que se pueden proporcionar diferentes clases de sistemas de comunicaciones con una buena protección contra las interferencias enemigas.

Dentro de la red TCP 2000, una idea interesante para los usuarios móviles es la radio multifunción (MRR), que permite que un mismo equipo de radio básico pueda ser utilizado por aplicaciones de acceso de radio monocanal (SCRA), de radio de red de combate (CNR) o de radio de paquetes (PR) (Figura 1). Ello abrirá el camino a unas nuevas aplicaciones de usuario, ya que se podrán comunicar por voz, datos por paquetes o una combinación de ambos cuando se encuentren conectados a la red tanto vía cable como vía radio. En la actualidad están emergiendo nuevas tecnologías que permitirán la reducción de la velocidad de las comunicaciones por voz y la transmisión de voz por paquetes.

Banda de frecuencia de 60 GHz

La transmisión de radio en línea de visión directa es otra área que se desplaza hacia nuevas y avanzadas concepciones que implican menor probabilidad de

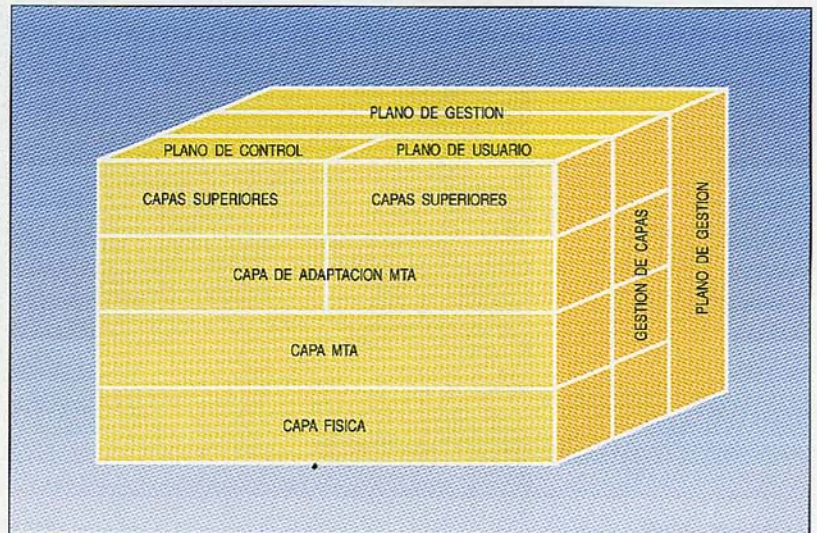
detección. Las nuevas técnicas de antenas en combinación con la utilización de la banda de 60 GHz garantiza una gran directividad de los radioenlaces de corto alcance. Ello significa que pueden establecerse, entre los nodos de conmutación de un campo con puestos de mando muy dispersos, conexiones de velocidades de transmisión del orden de 50 a 100 Mbit/s en solo cuestión de minutos, cubriendo distancias que pueden alcanzar hasta unos pocos kilómetros. Alcatel está investigando activamente esta tecnología que se describe con mayor detalle en otro artículo de este número.

Conmutación y transmisión MTA

La concepción fundamental de la transmisión y conmutación de la red TCP 2000 puede basarse en el modo de transferen-

Figura 1
El concepto de radio multifunción implica que un mismo equipo pueda ser utilizado para todas las aplicaciones de radio, SCRA, CNR y PR, tanto en su versión portátil como montados sobre vehículos.

Figura 2
Modelo de referencia de protocolo de MTA.



cia asíncrono (MTA). Esta es la denominación oficial utilizada por el Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía (CCITT) de una técnica de conmutación rápida de paquetes en donde la información se estructura en paquetes de pequeño tamaño, de longitud fija, denominados celdas. La celda normalizada consta de una cabecera de 5 octetos y un campo de información de 48 octetos. La principal ventaja del MTA es su *flexibilidad*. El MTA puede soportar servicios de cualquier característica, como velocidad, variaciones de flujo, calidad de servicio, etc. Existen no obstante algunas limitaciones para servicios de muy baja velocidad o sensibles a los retardos. Los nuevos servicios, cuyas características aún no se conocen, podrán ser fácilmente provistos sin modificación alguna de la red de transporte MTA (Figura 2). Por esta flexibilidad, donde solo se asignan los recursos necesarios (p. ej., anchura de banda), y donde todos los recursos pueden ser utilizados por todos los servicios, el MTA proporciona un empleo eficiente de todos los recursos disponibles.

Hay que señalar que ya existen propuestas en lo referente al tamaño y contenido de la cabecera MTA y de la capa de adaptación del MTA (AAL) a fin de poder transmitir servicios de baja velocidad o sensibles a los retardos, así como para conseguir una baja tasa de pérdidas de celdas en el caso de una tasa alta de errores en el sistema (Figura 3).

La transmisión de velocidad variable puede jugar un papel importante en el TCP 2000 y se adapta muy bien a las características del MTA. Esta técnica utiliza el ancho de banda de forma muy eficiente. La capacidad de transmisión ofrecida a la capa MTA puede ser variable (Figura 4). Esta capacidad variable se obtiene gracias a un esquema flexible de corrección de errores (FEC) en el enlace. De esta forma se pueden soportar unas tasas de error mucho mayores que las normales, que se pueden producir por un nivel de ruido muy alto en los enlaces. Cuando se combina este concepto con el de MTA, una llamada de prioridad alta puede ser transmitida sin dificultad, pudiéndose renegociar el resto del tráfico para un servicio de una anchura de banda menor.

Gestión ISA

El trabajo desarrollado conjuntamente por los organismos de normalización del CCITT y la Organización Internacional de Normalización (ISO) esta aportando nuevas ideas en el campo de la gestión de

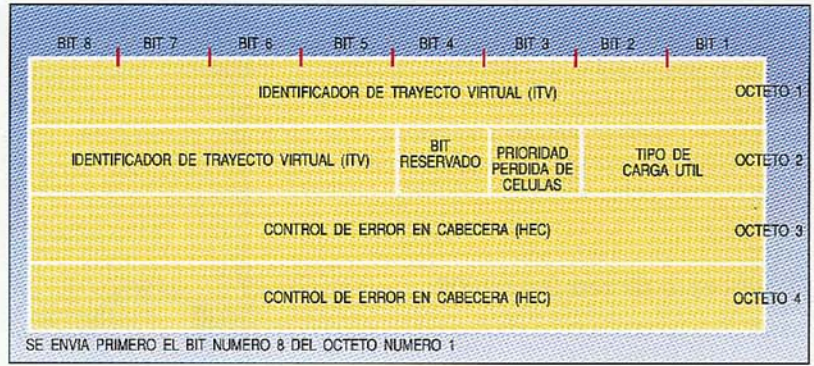


Figura 3
Propuesta de una cabecera de celda MTA de uso táctico, con solo cuatro octetos. El campo HEC largo garantiza una tasa aceptable de pérdidas de celdas ante una tasa de errores binarios del enlace de 6×10^{-3} .

red. Como parte de la Interconexión de Sistemas Abiertos (ISA), se está preparando un conjunto de normas de gestión de sistemas. Estas normas ya se están implantando en gestión de redes civiles de telecomunicaciones y de ordenadores. Una norma muy importante es la Recomendación M.30 del CCITT, que describe la Red de Gestión de Telecomunicaciones (TMN). Las normas se basan en

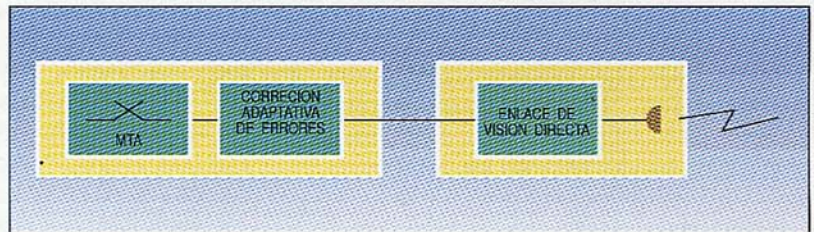
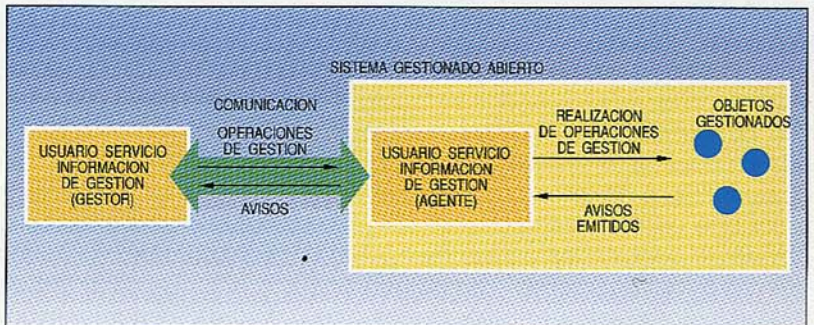


Figura 4
Se prevé un mecanismo de corrección de errores con una transmisión de velocidad variable para resistir interferencias u otras fuentes de variaciones de tasa de error en los enlaces de transmisión.

un esquema de sistemas orientados a objetos. Se han definido un servicio común de información de gestión (CMIS) y un protocolo común de información de gestión (CMIP) (Figura 5). La aplicación de la normativa de gestión ISA es muy prometedora para las redes tácticas ya que la interoperabilidad entre redes de

Figura 5
Modelo de gestión ISA definido por ISO.



diferentes naciones se simplificará usando CMIS/CMIP. Así, se evitará el tener que depender por completo de sistemas de gestión exclusivos de diferentes suministradores. Las plataformas y sistemas de gestión de red podrán ser provistos por los suministradores de equipos civiles.

El concepto de red Post-2000

Dentro del marco de los trabajos del PG/6, se han venido realizando estudios acerca del concepto de la red TCP 2000. Alcatel ha participado a través de contribuciones nacionales. Estos estudios abarcan el área completa de la red táctica, con el objetivo de poder soportar todas las operaciones de un Cuerpo de Ejército típico dotado de una red de comunicaciones completamente integrada. También se han realizado algunos estudios especializados sobre algunos subsistemas específicos. En ellos se ha propuesto la tecnología MTA como portadora básica de la información, si bien se necesitarán algunos cambios con respecto a la actual normativa del CCITT. Los equipos de conmutación MTA reemplazarán a los actuales equipos de conmutación de circuitos y de paquetes. Los servicios de conmutación de mensajes estarán en línea con los servicios de mensajes militares (MMHS), de acuerdo con la normativa X.400 del CCITT.

Subsistema de área local

El subsistema de área local (LAS) cubrirá las necesidades de comunicaciones de los puestos de mando tácticos, a nivel de Cuerpo, División y Brigada. El puesto de mando de cuerpo tendrá unos 200 usuarios, de los que unos 50 irán equipados de potentes estaciones de trabajo o terminales multimedia, capaces de comunicar señales de video y datos de alta velocidad con diferentes puntos simultáneamente.

Las diferentes secciones de apoyo al Puesto de Mando irán distribuidas en el campo ocupando un área de un kilómetro cuadrado aproximadamente. La propuesta establece que cada una de estas secciones de apoyo se equipe con un pequeño nodo de conmutación MTA. Además, todos estos nodos se conectarán en forma de malla (Figura 6). Debido a las reducidas distancias entre nodos, como máximo de unos pocos kilómetros, y por otra parte, a las necesidades obvias de conexiones de banda ancha, deberá adoptarse como sistema de transmisión la fibra óptica o radioenlaces direc-

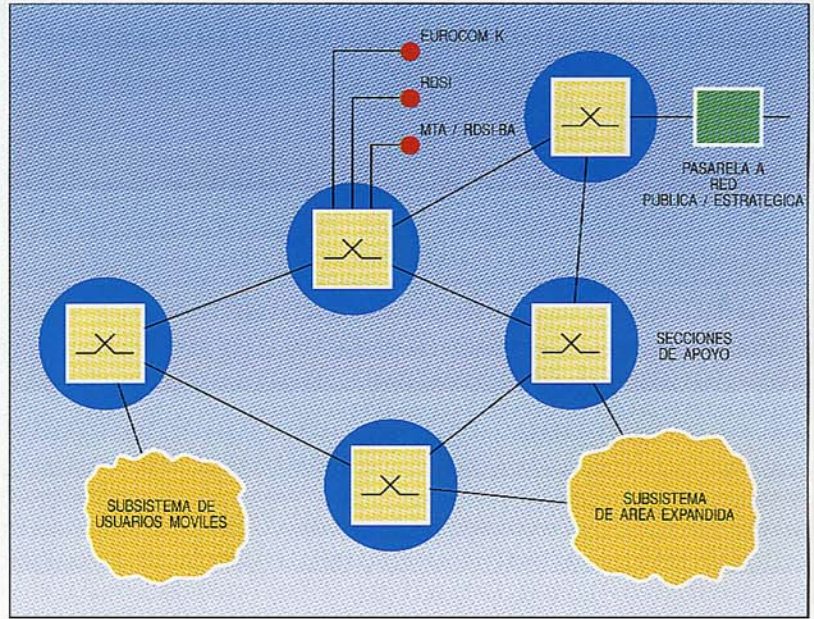


Figura 6
Subsistema de Área Local con enlaces hacia WAN y MUS, y hacia una red de infraestructura fija.

cionales de corto alcance que trabajen en la banda de 60 Ghz. Las velocidades de transmisión de estos enlaces deberán ser del orden de los 100 Mbit/s, posiblemente a la velocidad recomendada por el CCITT de 155 Mbit/s.

Las conexiones de los abonados usarán o el interfaz "K" de EUROCOM, o el acceso básico de banda estrecha de la red digital de servicios integrados (RDSI) o un interfaz MTA de banda ancha con una velocidad aproximada de unos 20 Mbit/s. Este último tipo de interfaz tiene capacidades para interconectar terminales multimedia que manejan señales de video y de datos de alta velocidad, y redes de área local como Ethernet o Token Ring. Por último, los protocolos de comunicación cumplirán la normativa ISA, pero también deberán soportar otras normas en uso hoy día, como los protocolos de control de transmisión/protocolos entre redes (TCP/IP).

Subsistema de área extendida

El subsistema de área extendida (WAS) cubrirá por completo el teatro de operaciones por medio de una red de enlaces. Como base para esta red se ha propuesto el concepto de red nodal actual de EUROCOM, en donde cada nodo estaría constituido por un pequeño nodo de conmutación MTA parecido al utilizado en el LAS. En adición, se incorporará el concepto de transmisión de velocidad variable en los enlaces que conlleva una capacidad de inmunidad a las interferencias. La cantidad de información transportada se compensará con protección

dinámica contra las interferencias. Las velocidades de transmisión entre nodos del WAS estarán en el margen de 2 a 10 Mbit/s, debido a la limitación de anchura de banda en las radioenlaces de larga distancia en las bandas de UHF ó SHF cuando se combinan con técnicas ECCM.

Los usuarios del WAS recibirán los mismos servicios que los del LAS, con la excepción de que en este subsistema no se ofrecerá el servicio MTA de banda ancha. Por tanto, en este área, los servicios de comunicaciones de datos y video estarán limitados a velocidades de hasta 64 Kbit/s que se pueden soportar por el interfaz básico RDSI. La conexión a los usuarios móviles se realizará mediante puntos de acceso de radio (RAP) que estarán conectados directamente a un puerto del nodo de conmutación del LAS ó WAS.

El encaminamiento en la TCP 2000 realizará la búsqueda por inundación con algoritmos de encaminamiento adaptativos, de forma que se pueda encontrar el encaminamiento óptimo entre dos conexiones, siempre que esta exista. Tal como se mencionaba anteriormente, los medios de transmisión mas usados serán los sistemas de radio UHF y SHF de línea de visión directa (LOS), pero también se utilizarán los de difusión troposférica e incluso satélites. La transmisión por satélite podría emplearse como una red superpuesta a la red de enlaces ordinaria, para permitir conexiones entre nodos muy distantes.

Subsistema de usuarios móviles

El subsistema de usuarios móviles (MUS) dará cobertura a todos los usuarios móviles, redes de combate (CNR) y a las continuamente crecientes necesidades de comunicaciones fiables de datos en el frente de combate. Los RAP proporcionarán las conexiones entre los usuarios móviles y los restantes usuarios conectados a los LAS ó WAS.

Una simple MRR soportará todos los modos de operación de radio, proporcionando las funciones de SCRA, CNR y PRN. Cada MRR tendrá también la posibilidad de realizar la función de prolongación de bucle para cualquiera de las tres funciones asignadas (Figura 7).

Se ha propuesto que la MRR funcione en las bandas de frecuencia VHF y UHF. Las técnicas ECCM empleadas incluirán salto de frecuencia y de espectro expandido de secuencia directa. Se incorporarán procesadores de antena de nulo orientables, tanto sobre vehículos como

en estaciones de radio fijas. Un servicio adicional será un receptor Navstar GPS integrado en la MRR a fin de conseguir datos de posición más precisos en el campo de batalla.

Con el concepto MRR, se pueden ofrecer a los usuarios móviles los mismos servicios que los de los usuarios conectados mediante hilos en el WAS, aunque se debe advertir que tendrán unos recursos de anchura de banda muy limitados.

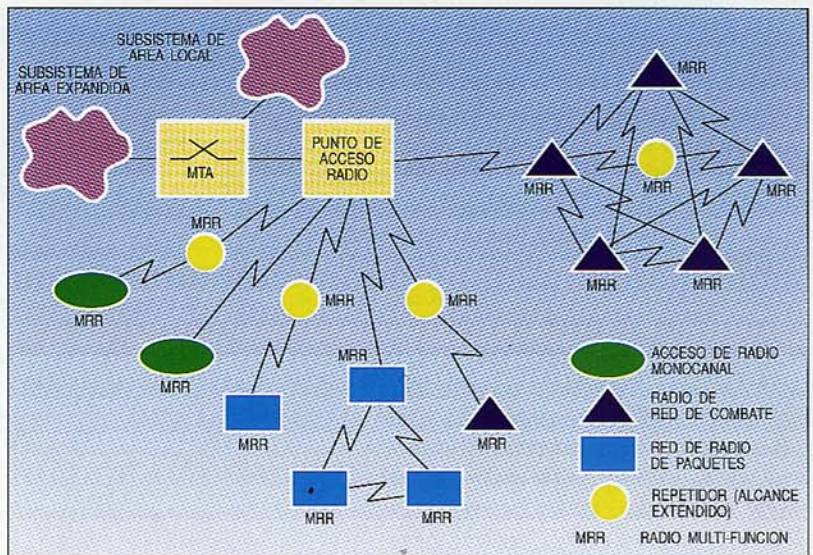
Evolución desde EUROCOM hacia normas OTAN

El cambio de los sistemas EUROCOM actuales hacia los futuros sistemas de comunicaciones tácticos basados en unas normas comunes de la OTAN para los sistemas TCP 2000 se realizará mediante una evolución, en donde se irán introduciendo gradualmente las nuevas tecnologías, dándose la circunstancia de que deberán comunicarse entre sí sistemas pertenecientes a diferentes generaciones. En esta evolución, una etapa muy importante será la ya descrita del Sistema EUROCOM Mejorado (EES), que proporcionará normativas actualizadas para los sistemas EUROCOM y que deberá ser seguida durante la segunda mitad de la década de los 90. Algunas de las soluciones a estas normas estarán basadas en tecnologías y conceptos descritos en las secciones anteriores.

Los siguientes aspectos aparecen como necesidades para el sistema de EUROCOM de nueva generación:

- velocidades de canal de comunicación de hasta 64 Kbit/s,

Figura 7
Subsistema de usuarios móviles, funciones RAP y enlaces hacia WAS y LAS.



- funciones de conmutación de paquetes serán exigibles como opción adicional a implantar en los conmutadores de circuitos,
- los usuarios del servicio de conmutación de paquetes serán tanto fijos como móviles, para lo que se necesitará introducir una red de radio de transmisión de paquetes.
- la CPCN constituye un nuevo elemento del sistema que, previsto para puestos de mando de formaciones importantes, servirá para el intercambio de comunicaciones de voz y datos. Se prevé el uso de velocidades de transmisión mas altas que en la red de enlaces,
- la red de radio de transmisión de paquetes estará superpuesta con la CNR e integrada con la red de conmutación de paquetes de la red de enlaces,
- la CNR se integrará con la red de enlaces mediante un interfaz específico de la red de combate (CNRI),
- las comunicaciones tierra-aire también se integrarán en la red de enlaces,
- se ha definido un sistema de gestión de red jerárquica, que tiene interfaces normalizados entre los diferentes niveles jerárquicos, así como entre los grupos de control y planificación del sistema (SEP) en el nivel jerárquico mas alto de las diferentes naciones a fin de facilitar la interoperabilidad entre ellas,
- se han definido los sistemas de distribución de mensajes, que tendrán conexiones con las redes X.400 civiles y estratégicas.

Como puede apreciarse, esta ampliación de las normas EUROCOM trata de incorporar la mayoría de las necesidades anteriormente citadas en el artículo, pero apoyándose en la tecnología disponible hoy día. Cuando en una siguiente fase, la tecnología MTA se encuentre mas madura, se propone sustituir la combinación de conmutadores de circuitos y paquetes por un conmutador MTA. Entonces, solo se necesitará un único equipo de conmutación, por lo que puede adelantarse que se obtendrá un servicio mucho más flexible. Lo mismo podrá afirmarse de la radio multifunción, en donde un solo equipo de radio puede manejar toda clase de transmisiones de radio, independientemente de su aplicación.

Conclusiones

El propósito de este artículo ha sido el mostrar el camino hacia las nuevas generaciones de tecnologías de sistemas de redes tácticas. Según se observa a través de los desarrollos actuales, la solución definitiva será definida en la red TCP 2000. De momento, esta es una visión a largo plazo, pero es importante el mantenerla de forma que los nuevos desarrollos y normativas evolucionen por el camino correcto.

Alcatel es un activo participante dentro de las organismos de normalización responsables del desarrollo de estas normas, como EUROCOM y PG/6 de la OTAN por la parte militar, e ISO y CCITT por la civil. Estos últimos organismos son cada vez mas importantes para las normativas militares del futuro, dado que existe una tendencia en todo el mundo a utilizar normas y tecnologías civiles en redes militares, incluso en entornos tácticos.

Reconocimientos

Deseo agradecer a mis colegas de la División de Defensa de Alcatel Telecom Norway, Harald Rros, Olaf Valeur y Stale Gúlbrandsen, su valiosa colaboración en la elaboración de este artículo.

Bibliografía

- 1 AC/302 (PG/6) Norwegian Extension Study Report, Assesment of Candidate Architectures, Volume C: Architecture, Junio 1991.
- 2 AC/302 (PG/6) Local Area Network Hardware and Software Architecture for High Survivability, Nodecom, Noruega, Mayo 1991.
- 3 EUROCOM Tactical Communication Systems, Final Report on EES, Draft for ETSG Approval, Octubre 1991.
- 4 Subjective Evaluation of Candidate Architectures for the Tactical Communications Systems Land Combat Zone Post 2000. Prepared by the United States for NATO TSGCE Project Group 6, Mayo 1991.

Bjorn Rossow nació en Oslo, Noruega en 1953. Estudió ingeniería eléctrica en la Universidad de Oakland, Michigan, EE.UU. En 1980 ingresó en Alcatel STK trabajando en proyectos de investigación sobre sistemas de fibra óptica, dentro del Centro de Investigación. A partir de 1982 fue jefe de proyecto de redes de banda ancha, y en 1985 director de investigación en el campo de las redes de banda ancha. Uno de los desarrollos mas importantes de su grupo de investigación fue una red digital de centralitas de banda ancha que fue expuesta en Ginebra, durante la muestra Telecom de 1987. Desde 1991 es responsable de investigación en sistemas tácticos avanzados en Alcatel Telecom Norway, nueva subsidiaria de Alcatel STK.

Tecnología de microondas tácticas

Las radios de microondas utilizadas en un escenario de combate tienen que ser compactas, fáciles de usar y proporcionar una comunicación segura y fiable en condiciones difíciles. En particular, deben estar bien protegidas frente a la guerra electrónica. Los productos de Alcatel Telspace dan una respuesta original a estos requisitos específicos.

M. Darmon

M. Eve

M.O. Favelier

Alcatel Telspace, Nanterre, Francia

Introducción

En una red táctica, los principales enlaces de transmisión de radio son proporcionados por sistemas de visión directa, por enlaces de microondas, por estacio-

nes terrestres de sistemas de comunicaciones de satélites o por una mezcla de estos medios, dependiendo de la naturaleza del terreno, del entorno y de las distancias a cubrir.

Alcatel Telspace ha desarrollado un completo conjunto de equipos para cubrir estas aplicaciones:

- TFH 701 para enlaces de visión directa,
- AFH 990 para enlaces tropodifusores de largo alcance,
- estaciones terrestre para móviles militares utilizando un transpondedor de satélite.

De total acuerdo con las normas militares, están diseñados particularmente para :

- ofrecer un alto grado de seguridad operativa y resistencia a las agresiones externas (climáticas, mecánicas, eléctricas como la guerra electrónica, etc.) del escenario de combate,
- permitir fácil y rápidamente la puesta a punto y operación por personal no especializado,
- integrarse en vehículos ligeros, asegurando la movilidad todo terreno y rapidez de despliegue,
- tener un fácil mantenimiento.

En este artículo se describe el TFH 701, su antena adaptativa asociada y el AFH 990. La estación móvil, que forma parte del sistema Syracuse, se describe en otro artículo de este número.

Enlace de microondas TFH 701

El sistema TFH 701, la nueva radio digital táctica de microondas de visión directa

(Arriba) Radioenlace táctico de visión directa TFH 701.

(Abajo) Estación ST-701 usada en la operación Daguet.



Tabla 1 – Características operativas del TFH 701

Características generales			
Gama de frecuencias	610 a 960 MHz (banda II) 1350 a 1850 MHz (banda III) 4,4 a 5 GHz (banda IV, posible)		
Pasos de frecuencia	125 kHz		
Agilidad de frecuencia	Dentro de cada banda completa		
Separación duplex (bandas II y III)	40 MHz mínimo + 1 paso de canal (100 MHz mínimo con opción DSSS)		
Velocidad de los datos	256, 512, 1024, 2048 kbit/s Interfaz EUROCOM Interfaz 2048 kbit/s de CCITT/HDB3		
Tipo de modulación	FSK, 2 niveles		
Canales de servicio	Hilo de órdenes Hilo de órdenes digitales		
Interfaz hombre-máquina	Tipo de lenguaje claro (teclado + visualizador alfanumérico)		
Control remoto	Completo, hasta 200 m		
Prueba integrada	Controlada por microprocesador		
Transmisor			
Potencia máxima de salida en el conector de la antena	5 W (banda II) 3 W (banda III) 0,5 ó 2 W (banda IV)		
Estabilidad de frecuencia	$\pm 20 \times 10^{-6}$		
Radiación espúrea	80 dB		
Anchura de banda de RF	$\pm F_b$ siendo F_b la frecuencia de reloj de los datos transmitidos		
Reducción de potencia	Reducible en pasos de 5 dB (modo automático o manual), - 5 dB, - 10 dB, - 15 dB, - 20 dB		
Receptor			
Factor de ruido	5,5 dB		
<i>Sensibilidad del receptor en el puerto de la antena para un BER de 10^{-4} (bandas II y III)</i>			
	Típica	Sin espectro extendido garantizado	Con espectro extendido garantizado
A 256 kbit/s	- 101 dBm	- 99 dBm	- 98 dBm
A 512 kbit/s	- 98 dBm	- 97 dBm	- 95 dBm
A 1024 kbit/s	- 95 dBm	- 94 dBm	—
A 2048 kbit/s	- 92 dBm	- 91 dBm	—

de Alcatel, se puede utilizar en una red táctica como Alcatel 101 o en enlaces punto a punto. Asociada con una antena, un mástil, una fuente de alimentación y un multiplexor si es necesario, constituye un sistema móvil, una estación totalmente militarizada que se puede instalar en un vehículo pequeño. El TFH 701 propiamente dicho incorpora un transmisor-receptor y un equipo separado de control remoto, que contiene el teléfono del hilo de órdenes, una pantalla alfanumérica y un teclado para un completo control y

supervisión del equipo. Cumpliendo las normas militares y probado en el campo y en batalla por el ejército francés durante la operación "Daguet", dispone de todas las facilidades necesarias para uso militar:

- modular, ligero y compacto,
- simple y rápido de instalar,
- de fácil operación y mantenimiento,
- interfaz hombre-maquina en un lenguaje claro,
- protección frente a la guerra electrónica (módulo de espectro ensanchado, diseño LPI - baja probabilidad de interceptación -, antena autoadaptativa), y a la agresión mecánica y climática del entorno de campo de combate.

El TFH 701 es totalmente de estado sólido y utiliza componentes de muy alto nivel como los ASIC. Las principales características del TFH 701 están resumidas en las Tabla 1 y 2. La resistencia del TFH 701 a las interferencias externas es bastante buena: una fuente de interferencias de la misma frecuencia y con un nivel de 6 dB más bajo que la señal principal, no causará una tasa de error (BER) mayor que 10^{-3} . Si se activa la función ECCM (neutralización de contramedidas electrónicas) de espectro ensanchado, la fuente de interferencias tiene que tener un nivel de 3 dB por encima del nivel de la señal para causar el mismo BER. También se mejora la discreción del TFH 701 con la opción del espectro ensanchado: el nivel de densidad de potencia disminuye en 15 dB (256 kbit/s) con la misma calidad de transmisión. En la Tabla 2 se detallan las características físicas del TFH 701.

El conjunto radio

La radio consta de seis unidades y una parte de control, eléctrica y físicamente separables (Figura 1). Las seis unidades que forman la sección de radio son:

- alimentación, accesible desde el frontal,
- amplificación de potencia de radio-frecuencia (RF). También accesible desde el frontal,
- receptora, que contiene el amplificador de bajo ruido, el módulo sintetizador y el módulo de filtro sintonizable,
- banda base, que incluye el módulo del hilo de órdenes (EOW) y el módulo de frecuencia intermedia (FI),

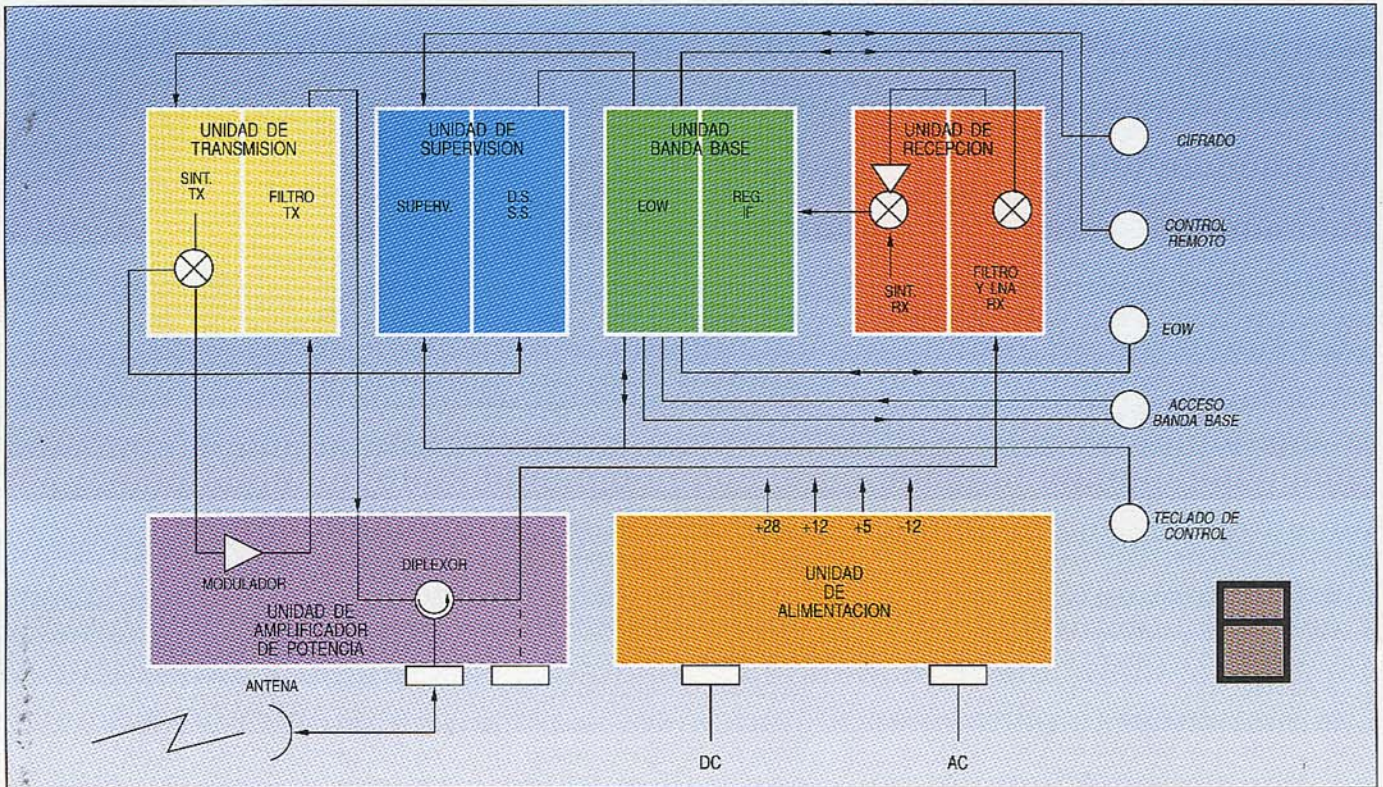


Figura 1
AA 701 – sistema de antena adaptativa.

- monitorización, que comprende el módulo microprocesador y el de espectro ensanchado,
- transmisora, que incluye el módulo sintetizador y el módulo del filtro sintonizable. Este último es idéntico al del filtro de la unidad del receptor.

La señal digital a transmitir, procedente normalmente de un conmutador táctico, de un multiplexor u otro TFH 701 (configuración de repetidor), entra en el módulo EOW de la unidad de banda base a través del conector de esta unidad. Después de la multiplexación en una trama con los canales auxiliares (tara), se envía al módulo sintetizador de la unidad transmisora. Tras la modulación directa de la portadora de radiofrecuencia se amplifica en la unidad de amplificación de potencia. La señal de salida de esta unidad se devuelve al módulo de filtrado de la unidad transmisora para el "limpiado" de la señal. La señal limpia se envía al diplexor de la unidad de amplificación de potencia, de donde sale hacia la antena a través del conector RF.

En el lado del receptor, la señal procedente de la antena llega al diplexor en la unidad de amplificación de potencia a través del conector RF. A continuación se encamina hacia el módulo de filtrado de la unidad receptora, donde tras ser filtrada se inyecta en el módulo amplificador/sin-

tetizador de bajo ruido de la misma unidad. En este módulo, la señal de entrada se amplifica y convierte a una portadora modulada de 70 MHz. Esta señal se envía al módulo de FI de la unidad de banda base, donde se demodula. La

Tabla 2 – Características físicas del TFH 701

Fuente de alimentación		
La fuente de alimentación puede ser de AC o de CC con conmutación automática. El consumo de potencia está por debajo de 140 W		
Entorno		
De acuerdo a las especificaciones militares francesas GAM EG 13 y MIL STD 810 E para todas las condiciones ambientales climáticas y mecánicas. Las principales características son:		
Temperatura de funcionamiento		- 40°, + 55°C
Temperatura de almacenamiento		- 55°, + 70°C
Humedad		100%
Sellado y a prueba de agua		
Vibraciones, choques y golpes		Compatible para usar en vehículo táctico
Mecánicas		
Dimensiones	Transmisor/receptor	482 mm de ancho por 354 mm de alto y por 405 mm de fondo; puede colocarse en un bastidor estándar 19
	Control	200 mm de ancho por 90 mm de alto y por 45 mm de fondo
Peso	Transmisor/receptor	35 kg
	Control	0,3 kg

señal extraída entra en el módulo EOW de la misma unidad donde se demultiplexa. Las componentes separadas (señal de banda base y canales auxiliares) salen de la radio a través de sus respectivos conectores.

Finalmente, existe un bus que va desde el microprocesador del módulo de monitorización a todas las unidades. Por su parte, la unidad de alimentación distribuye un máximo de cuatro voltajes (+28 V, +12 V, +5 V, -12 V) a cada unidad.

La unidad de monitorización es el interfaz inteligente entre el teclado, el acceso de control remoto y la radio. El módulo microprocesador supervisa y controla la operación completa de la radio y sistema central a través de un bus de datos que es común a todos los módulos de la radio y el conector del control remoto. Consta de dos tarjetas de PC; el corazón del módulo es un micro 6809 y sus memorias asociadas.

La protección contra la guerra electrónica se consigue empleando técnicas de espectro ensanchado de secuencia directa (DSSS), que proporcionan protección frente a la detección y a las interferencias. El módulo opcional incorporado mezcla básicamente la señal transmitida con una señal pseudoaleatoria rápida (10 Mbit/s), que sirve para ensanchar el espectro transmitido y consecuentemente reducir el nivel de potencia de pico y aumentar la dificultad de detección. La técnica DSSS consiste en aplicar una modulación de fase binaria digital adicional a la portadora modulada en frecuencia. Los elementos binarios usados para la modulación de fase, usualmente denominados *chips*, los proporciona un generador de pseudoruido (SR), a una velocidad mucho mayor que la velocidad de datos, de manera que la anchura de banda de la señal resultante se ensancha considerablemente. Por consiguiente, la densidad de potencia espectral transmitida es mucho más baja y se mejora la discreción del enlace.

El generador SR es un registro desplazable de realimentación lineal con un polinomio de grado 9 de conexión primitiva programable, que forma secuencias de SR de 511 chips de período. Se pueden generar tres códigos:

- código 0, secuencia todos-ceros (no ensanchamiento),
- código 1, con una característica polinomial $x^9 + x^4 + x + 1$,
- código 2, con una característica polinomial $x^9 + x^8 + x^7 + x^2 + 1$.

En cualquier momento, se puede utilizar independientemente cualquier código en cualquier dirección, la velocidad de chip es 9,362 Mchip/s, la anchura de banda ensanchada es 18,724 MHz y es independiente de la velocidad. Cuando se utiliza la opción DSSS, las velocidades de datos se restringen a 256 ó 512 kbit/s y las correspondientes ganancias de ensanchamiento son $10 \log(9,362/0,256) = 15,6 \text{ dB}$ y $10 \log(9,362/0,512) = 12,6 \text{ dB}$. Por consiguiente, un enemigo que intente detectar el enlace necesitaría mejorar la sensibilidad de su receptor en dichos valores, o aproximarse al transmisor; estas ganancias se reflejan claramente en la mejora de la discreción del enlace. La protección frente a las interferencias es de alrededor de 9 dB.

Cuando el modo DSSS no está programado, el generador SR se inhibe (código 0) y el TFH 701 opera como un transmisor FM convencional.

En el extremo receptor, el proceso consiste en la "compresión" de la señal, es decir, se elimina el filtrado y la modulación de ensanchamiento y se demodula en frecuencia la señal de datos. Todas estas operaciones se realizan a frecuencia intermedia (70 MHz). La operación de "compresión" propiamente dicha se consigue simplemente con la demodulación de fase de la señal recibida, con la misma secuencia SR. Si la secuencia recibida está perfectamente sincronizada con la secuencia transmitida, se cancelan mutuamente mediante adición módulo 2 y desaparece el efecto de ensanchamiento del espectro. La potencia de la señal va dentro de la anchura de banda de la señal FM y se filtra antes de la demodulación de frecuencia.

El módulo del hilo de órdenes (EOW) proporciona los interfaces EUROCOM D/1 a 256, 512, 1024 y 2048 kbit/s, con la opción de un interfaz HDB3 normalizado CCITT a 2048 kbit/s. Las señales del EOW, del DOW (hilo de orden digital) y de tráfico de datos se multiplexan en el tiempo en un circuito integrado parcialmente a medida, con varias ventajas:

- supervisión permanente de la calidad del enlace usando bits de paridad en la trama digital,
- certeza de la capacidad de transmisión de datos mientras se establece el contacto con el operador a través del hilo de órdenes,
- cifrado masivo de la señal agregada (con un dispositivo externo), en vez de independiente para los hilos de órde-

nes y los datos. Esto ofrece una discreción máxima de la firma e información transmitida si se intercepta el enlace.

La audiofrecuencia del EOW está codificada en delta (CVSD) a 32 y/ó 16 kbit/s. Su diseño permite realizar un canal EOW "omnibus" a través de estaciones repetidoras en forma digital sin ningún puente analógico.

Un hilo de orden digital (DOW) de 32 kbit/s (para enlaces de 2048, 1024 y 512 kbit/s) ó de 16 kbit/s se inserta en la trama a transmitir. Este canal es síncrono, esto es, los relojes del transmisor y del receptor se envían por el módulo que forma la trama.

La unidad de control mediante microprocesador se utiliza para las siguientes funciones:

- comunicación con otras estaciones por el teléfono del EOW,
- control de los parámetros de operación de la radio,
- presentación en pantalla del estado del equipo.

Incluye un teclado de 24 teclas y un LCD de 16 caracteres. La puesta en marcha de la radio se realiza mediante menú. Adicionalmente, el equipo de control está equipado con un micrófono, auricular, dispositivo de tono, indicador de campo y

botones de pulsar al hablar (operación con la mano izquierda/derecha).

Métodos de protección

El TFH 701 se ha diseñado para su supervivencia en un campo de combate e incluye protección frente a la guerra electrónica. Es resistente a la interceptación, a la intrusión, a la escucha y a las interferencias.

La baja probabilidad de interceptación (BPI) se consigue utilizando varios métodos, incluido el de potencia de salida adaptativa controlable manual o automáticamente; el bajo factor de ruido del receptor permite la utilización de niveles de transmisión mínimos. Además, la integración del espectro ensanchado de secuencia directa y del rápido cambio de frecuencia a través de toda la banda mejora el BPI. Finalmente, se puede usar un modo de "silencio" con la transmisión inhibida en períodos programados.

El intrusismo se previene mediante el cifrado masivo de la señal de radio. El acceso al equipo de radio se protege con un equipo de control separado y con la utilización de una palabra clave.

El hilo de orden digital con acceso digital para cifrado, más el acceso directo a la señal en línea para cifrado de la trama asegura gran resistencia a la escucha.

El TFH 701 tiene varias características, que juntas proporcionan una resistencia completa alta a las interferencias:



Estación táctica de difusión troposférica AFH 990.

- agilidad de frecuencia frente a fuentes de interferencias fijas,
- filtros sintonizables estrechos,
- receptor extremadamente lineal,
- muestreo continuo de la calidad del enlace con nivel de potencia de transmisión adaptativo automáticamente,
- operación en espectro ensanchado, que es particularmente efectiva a bajas velocidades (256 y 512 kbit/s),
- antena anulante autoadaptativa.

Antena adaptativa

Las principales partes del sistema de antena adaptativa AA 701 son las propias redes de antenas y la unidad de control de la antena (UCA), como se muestra en la Figura 2.

El sistema genera nulos en el diagrama de ganancia de la antena en la dirección de las señales no deseadas, alterando dinámicamente la relación de fase eléctrica entre los elementos de la red de antenas, que se hace mediante desviadores variables de fase y amplitud, conocidos como "compensadores", en el camino desde cada antena al receptor.

La función de control maximiza la relación señal – interferencias más ruido en la salida del concentrador de haz. La función del concentrador de haz usa los circuitos de compensación para ajustar la fase y la amplitud a las señales del elemento individual antes de su mezcla en una salida única. El número de señales de interferencias (o no deseadas) que se pueden manejar simultáneamente es, esencialmente, función del número de elementos auxiliares de la red de antenas. En principio, un sistema de antena adaptativa con N antenas auxiliares puede presentar nulos independientes hacia N fuentes de ruido. En la práctica surgirán escenarios donde las fuentes de interferencia estarán próximas, lo que permitirá la cancelación con un único nulo independiente. Para repetidores de radio tácticos se considera óptimo el disponer de tres antenas auxiliares, tanto por volumen como por coste.

Así pues, se puede utilizar una antena primaria con reflector para proporcionar una ganancia de antena básica y apuntar manualmente a la dirección deseada. Los elementos auxiliares, típicamente tres, se utilizan para generar nulos hacia las señales que interfieren, particularmente aquellas que aparecen en los lóbulos laterales.

Para que una antena adaptativa ofrezca ventajas a cualquier sistema debe haber

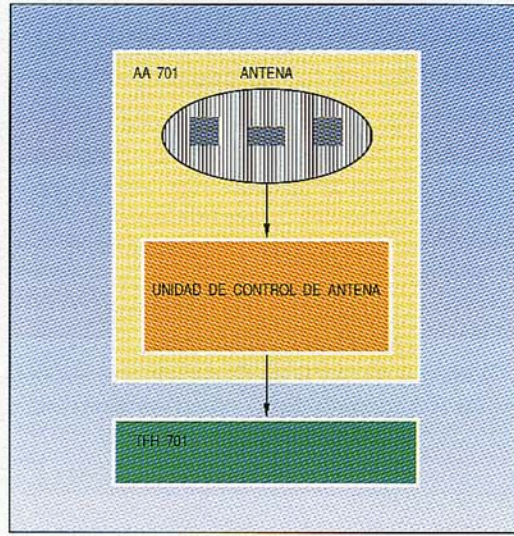


Figura 2
Construcción modular del AFH 990.

al menos una pequeña separación angular entre las fuentes de ruido y la señal deseada. En el caso de una antena adaptativa de un repetidor de radio, la anchura del nulo es función de la separación del elemento auxiliar y del diagrama de ganancia de la antena primaria. Los cálculos muestran que los elementos pueden estar cercanos físicamente, lo que da como resultado una unidad compacta similar en tamaño a las utilizadas actualmente. En la Tabla 3 se detallan las principales características del AA 701.

Tabla 3 – Características generales del AA 701

Gama de frecuencias de operación	610 a 960 MHz (banda II) 1350 a 1850 MHz (banda III)
Anchura de banda de adaptación	2,8 MHz nominal (para usar a 2 Mbit/s)
Máximo número de señales no deseadas	3
Profundidad de punto nulo	> 35 dB (interfaz CW) > 30 dB (media de interferencia de ruido sobre 2,8 MHz)
Velocidad de adaptación	< 25 μ s por dB de atenuación por interferencia única
Gama dinámica	> 80 dB
Factor de ruido	< 5 dB
Punto de compresión	> -20 dBm
Pérdida de inserción	0 dB
Fuente de alimentación	120/140 V AC
Consumo de potencia	30 W
Dimensiones	483 x 260 x 355 mm
Montaje	Apropiado para bastidor estandar 19
Peso	30 kg
Temperatura de funcionamiento	-40°, +55°C
Temperatura de almacenamiento	-55°, +70°C

Tabla 4 – Características de funcionamiento del AFH 990

Generales				
Gama de frecuencias	1,7 a 2,1 GHz 4,4 a 5 GHz			
Pasos de frecuencia	125 kHz			
Agilidad de frecuencia	Dentro de cada banda completa			
Velocidad de datos	Cualquier combinación de dos velocidades entre 256, 512, 1024 y 2048 kbit/s desde 256 a 2 x 2048 kbit/s			
Interfaces	EUROCOM D1/B5 a 256, 512, 1024 kbit/s EUROCOM D1/B5 ó CCITT (G.703) a 2048 kbit/s			
Tipo de modulación	CPFSK de dos estados			
Canales de servicio	Hilo de órdenes (32 kbit/s codificados delta) con transferencia digital Alta velocidad (128 ó 256 kbit/s a 2048 y 2 x 2048 kbit/s solamente) Velocidad de 64 kbit/s desde 256 a 1024 kbit/s			
Ordenes diversidad	Frecuencia de cierre D6 ó frecuencia/ángulo de cierre sobre una antena (configuración táctica) Frecuencia/espacio o frecuencia/ángulo D4			
Interfaz hombre-máquina en lenguaje claro				
Control remoto total desde un módulo portátil				
Transmisor				
Potencia adaptativa de salida (manual o automática)	0,1 a 1 W			
Amplificador de potencia asociado Telspace	A 2 GHz: estado sólido 50 W, 1,5 kW			
	A 5 GHz: 100 W, estado sólido 400 W, 1 kW			
Receptor				
Factor de ruido	4,5 dB a 2 GHz ; 5 dB a 5 GHz			
Umbral para un BER de	512 kbit/s	1024 kbit/s	2048 kbit/s	2 x 2048 kbit/s
10 ⁻³	-99 dBm	-96 dBm	-93 dBm	-90 dBm
10 ⁻⁵	-97 dBm	-94 dBm	-91 dBm	-88 dBm
Fuente de alimentación				
La fuente de alimentación, como en el TFH 701, puede ser AC ó DC. El consumo de potencia es menor de 350 W.				

Enlace troposférico AFH 990

El AFH 990 se ha diseñado para implantar un tropodifusor fijo y móvil e incluso un enlace difractado. En su versión táctica, se puede utilizar como medio de transmisión del Alcatel 101, cuando se requieren largos trayectos o para enlaces punto a punto. Su modem adaptativo suprime el efecto de la distorsión entre símbolos y permite una transmisión hasta 4096 kbit/s más los canales de órdenes en enlaces que superen los 400 Km (limitado a 250 Km para aplicaciones tácti-

cas). Gracias a la elección del margen de frecuencias, velocidad de datos, diseño del amplificador de potencia y configuración de diversidad múltiple, el AFH 701 es muy apropiado en todas las necesidades troposféricas. Como el TFH 701, de total acuerdo con las normas militares, tiene todas las facilidades necesarias para uso militar y se puede instalar una estación completa (AFH 990, amplificador de potencia, multiplexor, antena, fuente de alimentación) en un vehículo pequeño. El AFH 990 utiliza circuitos de estado sólido de avanzada tecnología. El uso intensivo de circuitos integrados de aplicaciones específicas (ASIC) y de componentes montados en superficie hacen un terminal de radio muy compacto. Las principales características del AFH 990 se resumen en las Tablas 4 y 5.

Conjunto radio

En propagación tropodifusora, se crean desvanecimientos selectivos debido al fenómeno de propagación multicamino. Estos desvanecimientos inducen una gran variación en el nivel de potencia recibida y en la interferencia entre símbolos (IES). Para protegerse frente a estas variaciones del nivel de potencia, el equipo tiene que utilizar:

- una técnica de diversidad, es decir, recibir la misma señal a través de diferentes canales independientes. Los métodos más usados son la diversidad en frecuencia, espacio o ángulo o una mezcla de ellos. El AFH 990 utiliza diversidad múltiple hasta orden 6,
- un alto nivel de potencia transmitida para tener un alto margen de nivel de potencia recibida.

Solamente hay dos soluciones para la protección frente al IES: la transmisión de una velocidad de datos baja constante (no mayor que 1 Mbit/s) o, como en el AFH 990, el uso de un modem adaptativo.

El AFH 990 está diseñado para trabajar en modos de diversidad D4 (frecuencia/espacio o frecuencia/ángulo) ó en D6 (frecuencia próxima o frecuencia/ángulo próximos); en modo de reserva se utilizan diversidad doble o triple. En una configuración táctica D6 ó D3 sólo se requiere una antena (Figura 3).

En el lado del transmisor, el AFH 990 está formado por dos transmisores completos, siendo cada uno capaz de modular una o tres frecuencias diferentes (F y F ± 7 MHz) con la señal de información, para que el AFH 990 pueda transmitir simultáneamente dos ó seis frecuencias

Tabla 5 – Características físicas del AFH 990

Mecánicas	
Construcción modular	
Tres sub-bastidores de 19 pulgadas	Uno (6U) con dos transceptores de microondas (MWT) Uno (6U) con un modem adaptativo (DAD) Uno (4U) con las fuentes de alimentación
Los tres sub-bastidores se alojan en un bastidor de 19 pulgadas	con unas medidas de 1100 mm de alto, por 540 mm de fondo, por 640 mm de ancho
Peso	160 kg
Entorno	
De acuerdo a las normas del ejército francés GAM EG 13 y con US MIL STD 810 E	
Características garantizadas	0° a + 45°C
Gama de temperatura de funcionamiento	- 25° a + 55°C
Gama de temperatura de almacenamiento	- 40° a + 70°C
Humedad	93% a + 55°C
EMC	MIL STD 462
Vibraciones	MIL STD 810 E ; método 514-4

moduladas cuando los dos transmisores estén activos, o una ó tres frecuencias, cuando solamente esté uno en operación. La configuración del transmisor se selecciona desde el teclado remoto. En el lado del receptor, el AFH 990 tiene 6 receptores que se utilizan de acuerdo al grado de diversidad. Las señales de salida del demodulador se mezclan en un mezclador.

Debido a las dificultades específicas de la propagación tropodifusora, es necesario utilizar un modem autoadaptativo. El modem AFH 990 utiliza modulación de

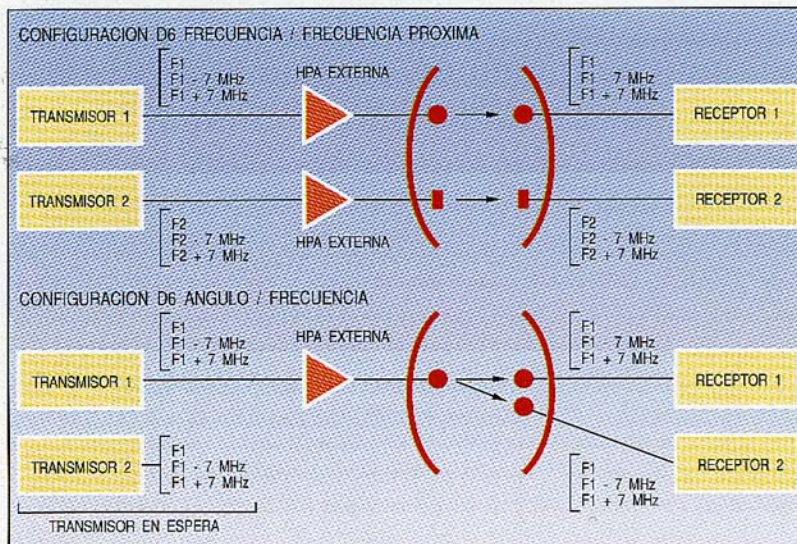
fase continua y una técnica exclusiva de demodulación diferencial autoadaptativa, patentada por Alcatel Telspace, cuyas principales ventajas son:

- reducción de la anchura del espectro modulando directamente el sintetizador,
- la demodulación diferencial no requiere un circuito sofisticado de recuperación de portadora y es menos sensible que la demodulación coherente al ruido de fase del oscilador y a la desviación de fase debido a la propagación,
- la demodulación diferencial asociada a un ecualizador autoadaptativo es aún posible con una alta distorsión entre símbolos.

En el transmisor (Figura 4), los dos flujos principales (256 a 2048 kbit/s), los flujos auxiliares (64 a 256 kbit/s) y los canales de servicio se mezclan en una trama pleiócrona a 630, 1260, 2520 ó 5040 kbit/s. Esta señal digital se modula directamente por un VCO de hiperfrecuencia, cuya frecuencia central cubre la gama completa de frecuencias de 1,7 a 2,1 GHz, y se obtiene por un lazo enganchado en fase que cubre la banda de 2,4 a 2,8 GHz para conseguir la frecuencia requerida después de mezclarse y filtrarse. Se utiliza una modulación superpuesta de 7 MHz para generar las tres frecuencias próximas necesarias para la configuración D3 ó D6. La señal SHF se amplifica para obtener a una potencia de salida variable, de 15 a 30 dBm. Los dos transmisores funcionan en paralelo pero independientemente para permitir todas las configuraciones de diversidad.

En el camino del receptor (Figura 5), la señal de entrada del SHF pasa por un filtro que actúa a través de toda la banda. A continuación se amplifica mediante un amplificador de bajo ruido. Esta nueva señal se mezcla con la señal de salida del sintetizador del receptor, que opera en las bandas de 4,33 a 4,93 GHz ó de 1,63 a 2,03 GHz, para convertirse a 70 MHz. Dependiendo de la configuración del terminal, la señal FI se constituye de dos (63 y 77 MHz en D2 ó D4) o de tres (63, 70 y 77 MHz en D3 y D6) señales. Estas señales se separan mediante un filtro FI, a continuación se pasan por unos amplificadores con control automático de ganancia para compensar sus potencias, como paso previo a la transposición a banda base y conversión analógico/digital. La señal digital procedente de cada canal de diversidad entra en un ecualizador autoadaptativo forma-

Figura 3 Configuraciones de diversidad D6 táctica.



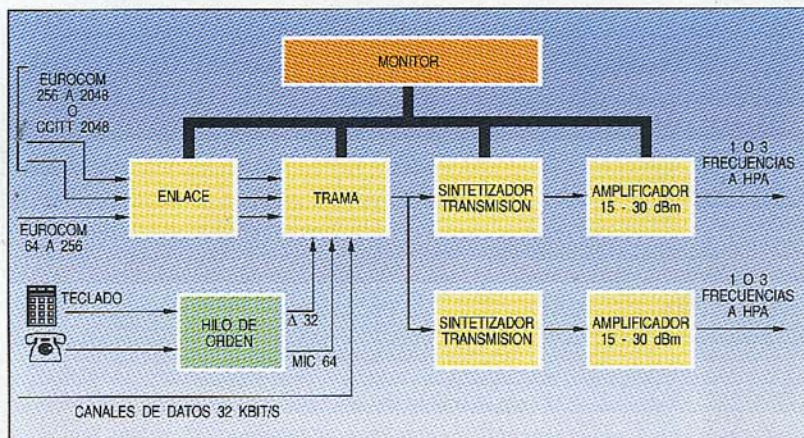
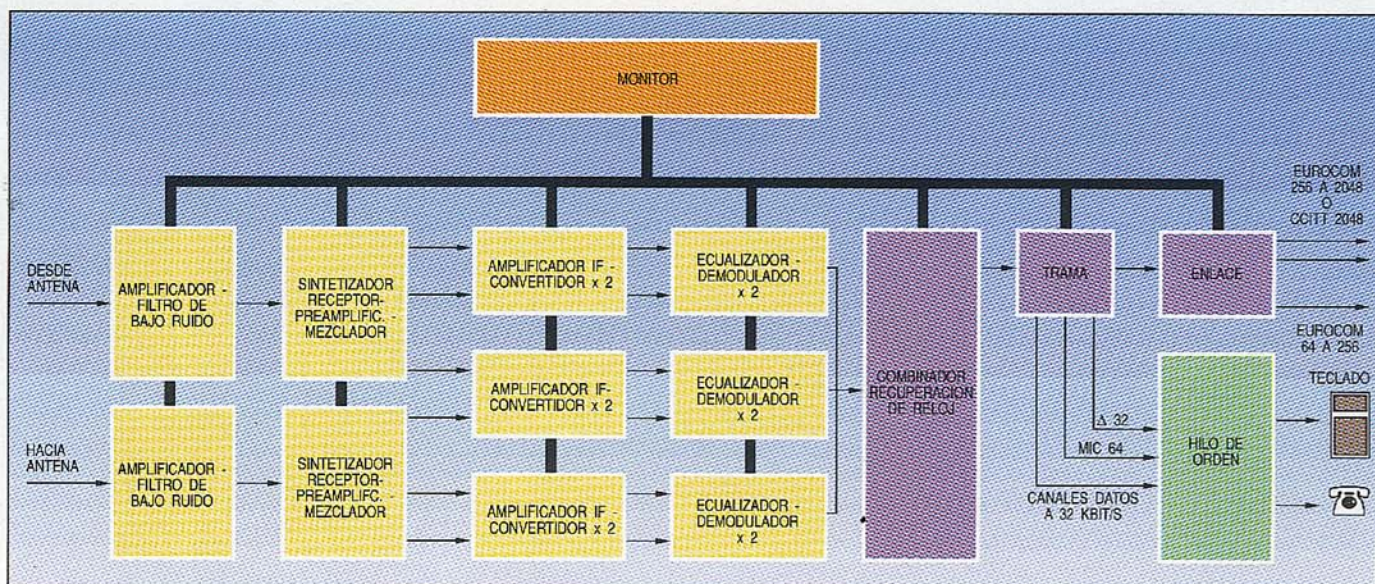


Figura 4
Camino de la señal del transmisor.

do por filtros complejos de 7 coeficientes. Los coeficientes se calculan en tiempo real a partir de un algoritmo específico adaptado a la modulación diferencial (8 Gigaoperaciones/segundo). Las señales ecualizadas se demodulan y se mezclan óptimamente en un mezclador de referencia directo. Un VCXO (oscilador de cristal controlado por voltaje) proporciona el reloj principal, que se controla por un error de fase calculado en la señal demodulada que se aplica a un bucle enganchado en fase (en el caso de ecualización bloqueada) o mediante un cálculo original del baricentro de los coeficientes del filtro (en el caso de ecualización). El flujo de datos digitales se demultiplexa en flujo principal, flujo auxiliar y canales de servicio.

Se utiliza un módulo de monitorización para poner en marcha el equipo, seleccionar la mejor configuración y llevar a cabo continuos controles y pruebas. Cuando ocurre un fallo, el módulo de monitorización identifica el modem que

Figura 5
Camino de la señal del receptor.



ha fallado. Este módulo también controla el interfaz hombre-máquina para un microterminal ó un PC.

Métodos de protección

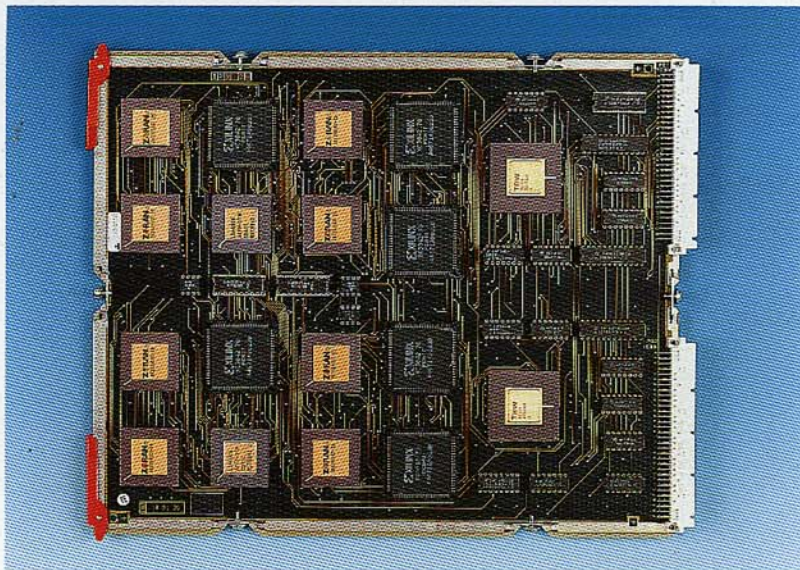
Como cualquier señal de diversidad perturbada por una fuente de ruido de interferencias se suprime, no afecta a la señal recibida. Debido a la gran decorrelación entre los diferentes canales, el receptor tiene un alto nivel de protección frente al ruido provocado por señales indeseadas. Para evitar la detección de la estación se ha puesto gran interés en el secreto del transmisor. El amplificador es muy lineal y está asociado con un regulador de nivel de potencia controlado automática o manualmente. La potencia se ensancha en seis diferentes frecuencias para mejorar aún mas la indetectibilidad.

Supervisión del enlace

Utilizando un ordenador personal, Alcatel Telspace ha desarrollado un diseño original, patentado, para el control remoto de las redes y enlaces multirayecto que utilizan el TFH 701 y el AFH 990. Además de las facilidades de control, el equipo realiza el plan de asignación de frecuencias, los cálculos del enlace y decide la localización más favorable de la estación.

Conclusiones

Las comunicaciones fiables y seguras en un escenario de campo de combate requieren el diseño de equipos que utilicen la tecnología del estado del arte pa-

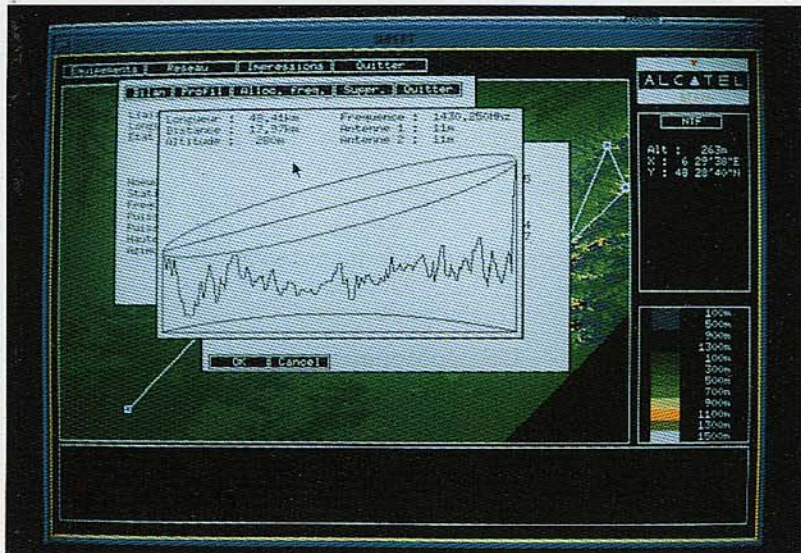


Módulo AFH 990.

ra contrarrestar los posibles intentos por parte del enemigo de realizar interferencias, localización, escucha e intru-sismo. Además el diseño debe ser mecánica y eléctricamente robusto y adecuado para un rápido despliegue en condiciones adversas. Estas características las tiene el enlace de visión directa TFH 701 de Alcatel Telspace y el enlace tropodifusor AFH 990. Dichos sistemas se han desarrollado de acuerdo a las necesidades del usuario militar.

Marie-Odile Favilier nació en Dijon, Francia, en 1947. Se graduó en ingeniería electrónica en el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Lyon. Entró en Alcatel Telspace en 1980 como ingeniero de investigación de mercado del Departamento de Transmisión Militar. Está a cargo del acopio de material de información concerniente al entorno del mercado y promoción de los productos militares. Trabaja en estrecha colaboración con los jefes de producto.

Marc Darmon nació en París, Francia, en 1964. Se graduó en la Ecole Polytechnique de Palaiseau (Francia) y en Télécom de París (Francia). Entró en Alcatel Telspace en 1988 como ingeniero de diseño trabajando en el proceso digital de señal para funciones ECCM. En la actualidad, está a cargo de la línea de productos de "comunicaciones tácticas" en el Departamento de transmisión militar.



Visualizador de supervisión.

Michel Eve nació en Francia en 1950. Después de graduarse en la Escuela Nacional Superior de Telecomunicaciones de París (1973), estuvo dos años en el Laboratorio Cavendish de la Universidad de Cambridge, Reino Unido, en el Departamento de Física Teórica. Entonces trabajó en el campo de las fibras ópticas en el British Telecom Research Centre (Ipswich, Reino Unido) desde 1975 a 1981. En 1981 ingresó en Thomson CSF como jefe de sistemas de fibra óptica. En 1985 pasó a su actual compañía, Alcatel Telspace, donde en la actualidad es jefe de marketing del Departamento de Transmisión Militar.

Radar de vigilancia terrestre RATAc-S

El RATAc-S, actualmente en producción, es uno de los más prometedores sensores en el campo de la vigilancia terrestre. Este artículo presenta las principales características del RATAc-S, ofreciendo una visión general de los aspectos sobre los que actualmente hay actividades de desarrollo dentro del área de radar de vigilancia terrestre.

V. Kloevekorn

Alcatel SEL, Stuttgart, Alemania

Introducción

El RATAc-S es un sistema de radar de vigilancia terrestre, que al emplear MTI (indicador de blancos móviles) es capaz de distinguir blancos entre ecos parásitos permanentes. El equipo de alta sensibilidad puede detectar los ecos del radar de un blanco móvil hasta 40000 veces más débil que los ecos ambiente fijos.

El RATAc-S opera sobre 10 canales desde 9,4 GHz hasta 9,6 GHz y cambia automáticamente a un canal sin interferencias en el caso de interferencias.

La operación monopulsó asegura una alta precisión en los datos geométricos del blanco; ello implica la recepción de dos lóbulos del haz ligeramente desfasados que seguidamente se someten a un canal de integración y otro diferencial por medio de tratamiento de señal.

Con respecto al RATAc convencional, se han reducido considerablemente el volumen, peso y consumo de potencia.

El RATAc-S es apropiado para la operación e instalación como unidad estática en vehículos convencionales o sobre vías. Alternativamente puede montarse en un trípode para operaciones de campo. El elemento de control de operación puede operarse en un radio de 50 metros.

Funciones de vigilancia

El principal objetivo del observador de artillería del frente de combate es detectar, localizar y, donde sea necesario, trazar blancos móviles. Previamente, el RATAc-S debe situarse en una posición apropiada.

Una vez correctamente posicionado, se calibra el RATAc-S alineándolo con un objeto familiar (p. ej., la torre de una iglesia) programando sus datos UTM (*Universal Transversal Mercator Projection*)

relevantes junto con los propios datos UTM de la posición del sistema.

El calibrado se mantiene incluso si el equipo está apagado. Una vez completado el calibrado, el RATAc-S está listo para comenzar su operación de exploración en la que todos los ecos permanentes se detectan y almacenan. Con ello el observador puede distinguir en el mapa del radar las zonas de observación y las zonas de sombra. El mapa del radar puede ser presentado en la pantalla con luminosidad reducida para facilitar la orientación del observador.

Todos los datos de entrada a través del elemento de control de operación se controlan con un sistema de menús para facilitar la operación.

Vigilancia a larga distancia con el RATAc-S

En uso militar o en la protección de instalaciones de alta seguridad es esencial que los blancos móviles rápidos (p. ej., helicópteros, convoy de vehículos) se detecten rápidamente. La vigilancia de distancias superiores a 12 Km es poco viable con equipo óptico. El RATAc-S, sin embargo, tiene un alcance de vigilancia extendida que va de 18 a 38 Km. Para poder detectar blancos terrestres dentro de esta distancia el sensor debe situarse en una cota o mástil elevado para compensar la curvatura terrestre.

Un sector de 140°, que se corresponde con un área de aproximadamente 1370 Km², se cubre por el proceso de exploración automático. Los blancos móviles mas grandes (p. ej., vehículos, helicópteros) detectados en éste área aparecen como puntos luminosos en la pantalla.

Seguidamente el observador necesita identificar los blancos indicados. Para ello el observador, antes de nada, tiene que interrumpir el proceso de exploración

con un conmutador selector y entonces posicionar manualmente el cursor sobre el blanco indicado actuando sobre dos ruedecillas. Un observador experimentado es capaz entonces de clasificar el tipo de blanco de acuerdo con la señal acústica Doppler (p. ej., vehículos, vehículos sobre vías, helicópteros, etc.). El blanco puede ser localizado simultáneamente por los datos de posición del cursor.

Vigilancia de corto y medio alcance con el RATAC-S

La vigilancia de corto y medio alcance entre aproximadamente 0,2 y 20 Km se lleva a cabo por medio del proceso de exploración automático descrito anteriormente.

En estos valores se pueden identificar los peatones, barcas, y pequeños vehículos además de los blancos mayores. También es posible el seguimiento automático de los respectivos blancos. El blanco aparece en el centro de la pantalla y su área circundante se aumenta $\pm 4,2$ grados angulares AZ (lupa). Las especificaciones de los datos (UTM) también aparecen en el área de datos de la pantalla. Es además posible conectar un trazador.

Si un mapa adecuado se coloca en el trazador la traza en color del blanco se marca con una plumilla coloreada. Actuando sobre el conmutador de selección de función, se indica sobre la pantalla la progresión real del blanco (trazado), lo que permite determinar su dirección y velocidad.

Esta función de trazado puede ajustarse a una escala mayor (para vehículos terrestres) así como a un alcance de 20 Km (para helicópteros).

El RATAC-S como sistema de alerta para objetos de alta seguridad y protección de fronteras

Se puede establecer una zona de seguridad libremente adaptable para cubrir el área de aproximación de instalaciones de alta seguridad (p. ej., cruces de carreteras, puentes, caminos). El observador puede confiar al sistema la generación de una alarma óptica o acústica en el caso de que cualquier blanco en movimiento se detecte dentro de la zona de seguridad. Llevando el cursor sobre el blanco la señal acústica Doppler permite la clasificación del blanco. En alcances cortos la combinación del sistema con un dispositivo óptico (p. ej., una cámara de televisión, un equipo de imagen térmico)



Radar de vigilancia terrestre RATAC-S.

simplifica considerablemente la clasificación del blanco.

En la adquisición del radar el dispositivo óptico se guía automáticamente hasta el sitio de la traza del blanco sobre la pantalla. El seguimiento automático y simultáneo por ambos sensores es entonces posible.

Funciones de la dirección de tiro

La medida de alta precisión de los impactos de la artillería hace del RATAC-S un instrumento excelente para la dirección de tiro.

Para la función "indicación de puntos de impacto" el cursor se posiciona sobre los datos del blanco dado desde la unidad de dirección de tiro y un poco antes de la orden de disparo se borran los blancos móviles por medio de una tecla de control.

La divergencia del impacto del disparo respecto al blanco establecido se indica entonces por medio de puntos luminosos en la pantalla. Todos los puntos individuales se miden precisamente por el marcador. Los datos calculados se transmiten seguidamente a la unidad de dirección de tiro completados con el área calculada de mayor concentración de los impactos de los disparos e indicaciones de tiempo.

La medida, mientras se traza un blanco enemigo móvil, está afectada de manera similar, existiendo un corto período de "congelación" del indicador en la pantalla.

No hay interrupción de la función de seguimiento o de la indicación de tiempo durante este proceso de medida y evalua-

ción. Después de la transmisión de los datos medidos se suspende el proceso de almacenamiento y reaparece en la pantalla la indicación real del blanco séguido.

Tendencias técnicas y tecnológicas en el desarrollo de radares de vigilancia terrestre

Existen posibilidades de mejora en todas las áreas funcionales del diseño de sistemas. Se distinguen entre ellas en su relación coste/rendimiento y en el coste necesario de su implantación.

Antena

Un sistema de antenas formado por una serie de radiadores individuales puede ofrecer nuevas posibilidades tecnológicas.

La dirección del haz principal depende de la diferencia de fase entre las corrientes de alimentación de los elementos individuales. La dirección del haz se puede variar alterando esas relaciones de fase relativas. Las fases de corriente de alimentación pueden establecerse por medio de un mecanismo de control apropiado con desfasadores digitales. Sin embargo, la cuantificación asociada al establecimiento de fase tiene una influencia negativa en la supresión de los lóbulos laterales, especialmente si uno está operando con la velocidad binaria más baja posible, p. ej., con grandes pasos de fase, para reducir costes y complejidad. La atenuación del lóbulo lateral puede reajustarse sin embargo, con una preénfasis de las fases apropiada y una selección de desfasadores.

Usando una guíaonda separada como elemento de antena, los elementos individuales de antena se pueden producir con facilidad. Se pueden alimentar en una antena estable. Debido a que no tienen momentos de inercia, estas antenas de fase controlada proporcionan una velocidad de exploración elevada y períodos de realineación pequeños para los haces de la antena.

Un radar equipado con una antena de exploración mecánica debe interrumpir la búsqueda cuando tiene que seguir un blanco. Solo así se pueden extraer las coordenadas exactas del blanco y el tono Doppler el cual, cuando es audible, sirve para clasificar el blanco. En este espacio de tiempo no se pueden detectar otros blancos, lo cual puede llevar a una situación peligrosa causada por blancos próximos. Como contraste la antena de exploración electrónica permite el segui-

miento de uno o incluso más blancos simultáneamente sin que el modo de búsqueda tenga que ser interrumpido (seguimiento mientras se explora).

Hay dos principios esenciales que se pueden emplear eficazmente en el seguimiento de blancos en el modo interrelacionado de vigilancia/seguimiento:

- técnica de lobulado secuencial,
- técnica de monopolso.

El haz de vigilancia explora las posiciones angulares individuales del sector de vigilancia. Se emiten durante un período de tiempo dado hacia una dirección del sector de vigilancia varios pulsos de transmisión (1, 4, 7, etc.). Durante éste tiempo el haz se puede, sin embargo, alinear rápidamente en la dirección de seguimiento, lo que ocurre después de cada pulso de transmisión en vigilancia.

En el ejemplo los pulsos de transmisión 2, 5, etc. entran en el haz de seguimiento izquierdo, y el 3, 6, etc en el derecho. Usando éste principio de comparación de amplitudes la precisión de la medida obtenida es mejor que la correspondiente abertura de la anchura del lóbulo de haz.

Con el principio de medida de monopolso, en comparación con la técnica de lobulado secuencial, se puede conseguir una mejora aún mayor en la precisión de la medida.

Aunque el principio de proceso de monopolso no es nuevo, solo es posible su aplicación en una sistema de antenas en fase usando tecnología avanzada en los componentes necesarios (p. ej., desfasadores, otros componentes RF, circuitos integrados analógicos y digitales rápidos). Un prerequisite adicional es, sin embargo, el disponer de los adecuados algoritmos así como de los métodos de optimización y diseño. Esto es posible gracias al rápido desarrollo de las tecnologías de ordenadores y microprocesadores lo que también permite, por medio de una mejor simulación, un cálculo aún más preciso de las propiedades de una antena. La realización de sistemas de exploración más rápidos y complejos es también posible pero solo por medio del uso de uno o más microprocesadores que llegarán a formar parte integral del sistema de antenas en fase.

Transmisores y receptores

Un radar Doppler de impulsos coherente receptor puede distinguir entre los blancos móviles de señales parásitas de inter-

ferencias mayores que 40 dB (esto significa que los blancos de interés que posean hasta una diezmilésima parte de la potencia de las señales parásitas pueden ser identificados). Se puede mejorar mediante un proceso coherente si se emplea un amplificador de potencia de mayor estabilidad de fase en la rama de transmisión en lugar del magnetrón (proceso coherente de transmisión). Aquí los tubos de ondas progresivas presentan una ventajas particulares. Permiten una mayor anchura de banda y una ganancia mayor, comparando con el magnetrón, un rápido cambio de frecuencia sin ajuste mecánico y una modulación con anchuras de pulso variables y de poca amplitud. Si se usa como oscilador de referencia un oscilador de cristal, los amplificadores de tubo de ondas progresivas también proporcionan una señal de fase más estable que simultáneamente dan al receptor una señal de referencia coherente. Los transmisores de éste tipo proporcionan un modo de salto de frecuencia con mayor estabilidad de frecuencia.

En alcances cortos se pueden emplear transmisores coherentes de estado sólido para las longitudes de onda propias de los sensores de radar móviles, en cualquier condición meteorológica, empleados en vigilancia de un campo de batalla.

Existen también soluciones técnicas para los receptores. Desde 1970 los amplificadores de semiconductores con transistores bipolares han ido reemplazando gradualmente los diodos de túnel de bajo ruido y los amplificadores paramétricos en la gama de frecuencias de 1 a 5 GHz.

Por encima de 5 GHz su reemplazamiento está limitado por una menor ganancia y por los elevados costes. Desde mediados de los setenta se han logrado nuevas mejoras con el transistor de efecto de campo de arseniuro de galio (GaAsFET), que tiene como características más relevantes su bajo ruido, su amplio margen dinámico y su corto período de recuperación después de la saturación. Los amplificadores GaAsFET sustituyen a los amplificadores paramétricos en las cadenas de RF de los receptores de radar en frecuencias de hasta 18 GHz alcanzando una cifra de ruido menor de 5 dB.

Los nuevos avances tecnológicos están representados por los resultados obtenidos en la disminución de tamaño y en la integración monolítica más barata de los complejos circuitos de RF en tecnología AsGa.

Tratamiento de señal

En un radar Doppler de impulsos se asocia un filtro Doppler a cada compuerta de intervalo para suprimir los parásitos de interferencias. Para que se puedan detectar los blancos móviles lentos, los filtros Doppler deben poseer una frecuencia de corte baja y un gradiente de flanco escarpado. La tecnología analógica ha evolucionado desde los voluminosos filtros LC hasta los filtros RC activos discretos y después a selectores consistentes en compuertas de intervalos y filtros Doppler en una estructura híbrida.

Una alternativa tecnológica interesante es el filtro de capacidad variable (SC), que consta de circuitos integrados MOS estructurados, condensadores y amplificadores operacionales, y que procesa señales muestreadas en un procedimiento analógico.

El tratamiento de señales digitales es ventajoso cuando se necesita tratar un elevado número de celdas de intervalos. Pero ello conduce, sin embargo, a una elevada frecuencia de muestreo de los convertidores A/D y de los elementos de proceso de señales rápidas. Los ecos del blanco recibidos a la salida del receptor se digitalizan y los valores muestreados se almacenan. Su aparición en tiempo real puede sin embargo retrasarse durante varios períodos de la frecuencia de repetición de impulsos y pueden también ser leídos con un reloj más lento ya que el tiempo de recepción de los impulsos recibidos es, por diversas razones, normalmente menor que el tiempo de repetición de impulso. El filtro digital puede también procesar los valores de exploración almacenados por varios elementos de intervalos en modo temporal múltiple y puede reemplazar un banco de filtros analógicos Doppler.

Dependiendo de la misión puede ser necesario, durante el empleo del radar de vigilancia en un campo de batalla, realizar un análisis espectral de la señal Doppler extraída, no solo para el blanco seguido (en cuyo caso el oído humano normalmente es suficiente) sino también para todos los blancos móviles del sector en observación. Las ventajas del análisis espectral son:

- mejora de la relación señal/ruido debido a la menor anchura de banda del ruido,
- separación de varios blancos de la misma celda de intervalos por medio de la resolución del blanco en el dominio de frecuencia Doppler,

- adaptación del proceso Doppler a condiciones de interferencias parásitas variables.

Dentro del proceso Doppler esto significa que la anchura espectral debe ser cubierta por un banco de filtros de banda estrecha, en vez de por un solo filtro.

Además, esto se requiere para todos los elementos de intervalos, ocasionando un elevado coste dependiente de la anchura de banda de cada filtro individual.

Debido al necesariamente elevado número de componentes y a los problemas resultantes del volumen, consumo de potencia, peso y coste, una realización que use filtros analógicos discretamente estructurados, que dependen del número de elementos de intervalos a procesar, no es posible normalmente.

Solo por medio de procesadores de señal digital se pueden realizar con un coste aceptable estructuras de filtros apropiadas, por ejemplo en forma de procesadores FFT (*fast Fourier-transformation*).

Finalmente, la tecnología de filtros digitales elimina la necesidad de componentes de precisión que requieren de ajustes delicados, y se pueden ignorar los efectos de la temperatura y del tiempo.

Proceso y transmisión de datos de radar

Para poder mantener el ritmo al que los métodos de tratamiento digital de señales de radar en los sistemas de radar avanzan, es cada vez más importante la aplicación de los métodos de proceso de datos para la creciente cantidad de datos.

Los microprocesadores, que están disponibles en muchas formas, son, como en otras áreas, la principal respuesta al problema. El complejo equipo de radar requiere una gestión superior de los distintos flujos de datos por medio de un RMC (computador de gestión de radar).

Los datos acumulados, provenientes del proceso digital en radar de adquisición en campo de batalla, así como la necesidad parcial de abandonar las operaciones (las unidades de control y las pantallas están situadas lejos de la unidad de antena) necesitan de las capacidades de transmisión de datos apropiadas dentro del sistema. El flujo de datos y la longitud de palabra dependen de la aplicación.

Pantalla de imagen del radar

La pantalla de imagen del radar, uno de los más importantes interfaces hombre/máquina, es de gran *significancia* para la rápida interpretación de la información del radar por el operador. La unidad clásica de visualización es el tubo de rayos catódicos (CRT) con modulación de intensidad y una pantalla fosforescente; la densidad de iluminación y la persistencia está relativamente limitada. Los métodos de muestreo digital con almacén en semiconductores permiten la visualización de las señales de radar en un monitor de color, que proporciona la ventaja de un buen contraste e imagen brillante debido a la elevada velocidad de refresco de la imagen.

Para mayor información del radar, se pueden presentar en la pantalla funciones de control adicionales por medio de un marcador y se pueden manejar vía teclado.

Los años de continua investigación en busca de reemplazar los voluminosos tubos de imagen por pantallas planas han llevado a la propuesta de un gran número de soluciones alternativas (p. ej., cristal líquido, electroluminiscencia, pantalla de plasma y LED).

Las pantallas de plasma son las más avanzadas por sus propiedades eléctricas y practicidad, y ofrecen las siguientes ventajas:

- imagen sin parpadeo y sin distorsión sobre una pantalla lisa,
- brillo uniforme y buen contraste (pantalla con luz diurna) y amplio ángulo de observación,
- pantalla plana, robusta y transparente con capacidad de superponer imágenes (p. ej., mapas) por proyección.

En las pantallas de plasma, la falta de posibilidad de modulación de la intensidad (nivel del gris), se puede simular bastante bien por medio de la modulación de la densidad de los pixel.

La pantalla del radar se puede también realizar con una matriz de diodos emisores de luz (LED). En este tipo de pantalla se necesitan medidas de ahorro de energía, tales como el uso de la multiplexación de secuencia de líneas.

Radar de vigilancia terrestre BÜR 090

La experiencia adquirida con los equipos de radar RATAC, RASIT y RATAC-S se ha empleado para crear el concepto

BÜR 090. El BÜR 090 es un programa experimental que emplea tecnología de vanguardia para ofrecer posibilidades de nuevos sistemas.

En el desarrollo de los sistemas de antena en fase del BÜR 090 el haz de la antena, sin inercia y electrónicamente explorado, se combina con un proceso monopulso. Esta combinación presenta grandes demandas al diseño y construcción de la antena. Solamente los métodos de simulación soportados por los modernos computadores permiten la optimización simultánea de los distintos parámetros de la antena, tales como ganancia de anchura del lóbulo del haz, lóbulos laterales, sector de exploración y precisión de la medida. Para incrementar el rendimiento del ECCM, en BÜR 090 entre otros, se aplica un proceso por el cual, mediante algoritmos de control de antena especiales, se puede establecer un mínimo de sensibilidad en la dirección de la perturbación. En BÜR 090 se usa una pantalla de plasma con sector PPI (indicador de posición de mapa), una pantalla de radar B o una pantalla combinada. La velocidad de actualización de imágenes es aquí tan alta que la información en pantalla se presenta casi sin retardo. La gran velocidad de transferencia de datos necesaria se alcanza por medio de un potente microprocesador con los componentes periféricos apropiados. Para las líneas de transmisión se emplea cable coaxial y/o conexiones de fibra óptica.

El concepto BÜR 090 prevé el uso masivo de microprocesadores para un control operacional flexible y gestión de datos.

Conclusiones

El desarrollo técnico/tecnológico de los últimos años ha permitido el diseño y realización de sistemas de radar más capaces en la vigilancia de un campo de batalla, que destacan por sus mejores capacidades, menor volumen y peso. El desarrollo en este área de circuitos de elevada integración más rápidos, (microprocesadores, VHSIC, procesadores de señal, etc.) y la capacidad de almacenamiento por unidad de área de la memorias de semiconductores en continuo crecimiento han llevado a nuevas características y sistemas orientados al software que presentan una gran flexibilidad. Se resalta un nuevo auge tecnológico, también en el campo analógico, por la introducción de componentes de microondas y ondas milimétricas de alta integración basados en componentes monolíticos de AsGa.

Volker Kloevekorn nació cerca de Hamburgo, Alemania en 1946. Estudió comunicaciones en la Universidad Técnica de Braunschweig. En 1947 entró en Alcatel SEL como ingeniero de desarrollo trabajando en técnicas de radar. Los radares de banda-X y de ondas milimétricas han sido las áreas principales de su actividad. En 1981 entró en el departamento de ventas siendo responsable de los sensores de reconocimiento. En 1984 pasó a la oficina de coordinación de atención al cliente de SEL en Bonn. En 1989 se hizo cargo de la gestión de sensores de Alcatel SEL en Stuttgart, donde es responsable de las actividades en la gestión de sensores activos y pasivos.

Seguridad en sistemas de comunicaciones de defensa

Hay varias filosofías sobre como se deberían realizar las funciones de seguridad en los sistemas de comunicaciones de defensa. Todas tienen un efecto sobre los aspectos de coste y de operación del sistema. En las normalizaciones emergentes, los servicios de seguridad se están definiendo cada vez con mas detalle, lo cual será beneficioso en el futuro tanto en redes de defensa como en redes civiles.

J. Braaten

J.T. Johannessen

Alcatel Telecom Norway, Oslo, Noruega

Introducción

La seguridad siempre ha sido y será un aspecto importante en las comunicaciones de defensa. Desde siempre se han empleado técnicas de codificación para ocultar información importante.

Las técnicas han ido desde la simple sustitución manual de letras hasta los sistemas automáticos avanzados. Como contramedida se ha desarrollado en paralelo el arte de descifrar un código. Con la introducción de los ordenadores digitales como herramienta de análisis de cifrado, se ha dado un gran paso en las posibilidades de los descifradores.

Con la introducción de los modernos sistemas de comunicaciones se han abierto nuevas dimensiones para los usuarios, tanto en características como en facilidades, incluyendo la provisión de la protección del tráfico de usuario. Sin embargo al aumentar la complejidad de los sistemas, los sistemas son mas vulnerables al sabotaje, lo cual aumenta de nuevo la necesidad de proteger los recursos de la red de comunicaciones.

Alcatel, a través de algunas de sus unidades, ha estado involucrada en el desarrollo de sistemas de cifrado durante mas de 40 años. La gama de productos va desde equipos de cifrado individuales hasta redes avanzadas seguras con cifrado integrado. Cuando se estableció, en la década de los sesenta, la primera línea-directa entre Moscú y Washington, el equipo de cifrado usado se desarrolló en Alcatel STK.

Este artículo trata los diferentes principios usados para implantar seguridad en las modernas redes de comunicaciones

de defensa. Se indican las principales ventajas y limitaciones de las diferentes filosofías.

Requisitos de seguridad

El requisito de seguridad mas tradicional en comunicaciones es la confidencialidad. Dos abonados se deben poder comunicar sin que ningún otro tenga la posibilidad de recoger información de su conversación.

La integridad de datos es otro requisito importante. Esto significa que el receptor de alguna información debe de estar seguro de que los datos no se han manipulado durante su transporte.

Más importante aun es que las redes tengan mecanismos para recuperarse de los ataques al servicio (sabotajes, destrozos o manipulación).

Incluso si el tráfico de usuario está protegido por técnicas de cifrado, es posible para el enemigo analizar el flujo de tráfico en la red, y de ello deducir información que le puede ser útil (p. ej., detectar un aumento de actividad y con ello obtener una indicación de que se prepara una acción estratégica; otro ejemplo es la localización del cuartel general mediante el análisis del tráfico).

En una red se pueden implantar diferentes arquitecturas de seguridad para cubrir estos requisitos. En este artículo se describen tres arquitecturas de seguridad en redes. Las ventajas de coste de cada solución dependerán principalmente del número de abonados que requieren seguridad y de los requisitos de operación de la red.

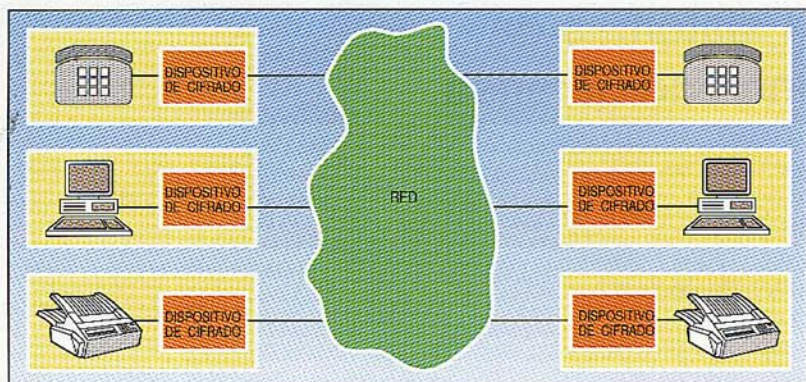


Figura 1
Terminales de
usuario con cifrado
extremo a extremo.

Cifrado extremo a extremo (terminales seguros)

Si el requisito de seguridad es solo dar confidencialidad al tráfico de usuario, todos los abonados se podrían equipar con equipos de cifrado extremo a extremo (Figura 1). En este caso no es necesario tener mecanismos de seguridad dentro de la propia red. Sin embargo, no se daría la seguridad del flujo de tráfico.

El uso de seguridad extremo a extremo puede ser fácilmente aplicada a cualquier red y también a través de más de una red (interconexiones de red), si se requiere.

Esta solución tiene dos problemas importantes. Primero, el coste de los dispositivos de seguridad al tener todos los usuarios en la red dispositivos de seguridad extremo a extremo. Con la tecnología actual tales dispositivos tienen un coste comercial de 10 a 100 veces el coste de un simple teléfono. Para terminales de datos la relación es más pequeña. El

Terminal seguro
TCE-500 con máquina
de fax conectada.



segundo problema es la gestión y distribución de las claves secretas a los abonados. Como necesitan ser diferentes para todas las combinaciones de llamadas posibles entre los abonados, habrá un gran número de claves a administrar, si el número de abonados en la red llega a ser significativo.

El uso de sistemas de claves públicas es una manera de simplificar el proceso de distribución de claves. En un sistema de claves públicas, se usa el cifrado asimétrico, en el cual las claves de cifrado y descifrado son diferentes, y la última no se puede calcular a partir de la primera. De este modo, la clave de cifrado se puede hacer pública y así cualquiera podrá cifrar un mensaje, pero solo el propietario de la clave de descifrado puede recuperar el texto completo.

Sin embargo, las organizaciones militares no han comenzado a usar los sistemas de claves públicas al requerir un sistema de claves secretas.

Un sistema de claves secretas con distribución electrónica de claves es factible y eficiente. Sin embargo, todos los sistemas de claves secretas requieren al menos que algunas claves sean manualmente distribuidas a intervalos periódicos. Si aumenta el número de dispositivos extremo a extremo, el coste total de la operación y mantenimiento del sistema llega a ser significativo.

Además, normalmente habrá un conjunto de aplicaciones de usuario (voz, datos, fax, etc.) que requieran seguridad. Las diferentes aplicaciones solo se pueden soportar con equipo de cifrado diferente. Debido a la falta de normas, equipo de diferentes suministradores no interfundieron. Todo ello añade complejidad al sistema de gestión.

Debido al coste actual de los sistemas de cifrado extremo a extremo, solo un número limitado de abonados que requieran el nivel mas alto de seguridad se equiparán normalmente con dispositivos de seguridad extremo a extremo. Dichos abonados se agruparán y gestionarán por centros dedicados de gestión de claves.

El TCE-500 es un teléfono seguro de Alcatel para uso en redes analógicas, que proporciona un cifrado de voz basado en codificación LPC10 de 2,4 kbit/s y emplea un modem. El terminal tiene un conector para un terminal de datos o una máquina de facsímil, lo cual permite una comunicación segura de datos y de facsímil. Las claves se distribuirán electrónicamente desde centros especiales de distribución de claves. El

número de abonados que se pueden servir mediante tales centros de distribución es típicamente 10000. El sistema es independiente del tipo de red, disponiendo de canales de teléfono analógico normalizados.

Otro sistema de cifrado extremo a extremo de Alcatel es el TP 80 S, que es un terminal táctico de mensajes diseñado para transmitir mensajes escritos y cifrados sobre radioenlaces o líneas físicas. El uso de una técnica de modulación especial (código de frecuencias vocal COQUELET) hace que el TP 80 S sea muy resistente a las perturbaciones que afectan a la transmisión, y por lo tanto perfectamente apropiado para aplicaciones de radioenlaces de HF.

El TP 80 S proporciona en una única unidad robusta y compacta las funciones de teleimpresora, modem, cifrado y corrección de errores.

Su aplicación típica es en redes de radio para usuarios militares y paramilitares.

Sistemas de cifrado en bloques (enlace a enlace)

Como se ha descrito en la sección previa, no es técnica ni económicamente factible proporcionar a todos los abona-

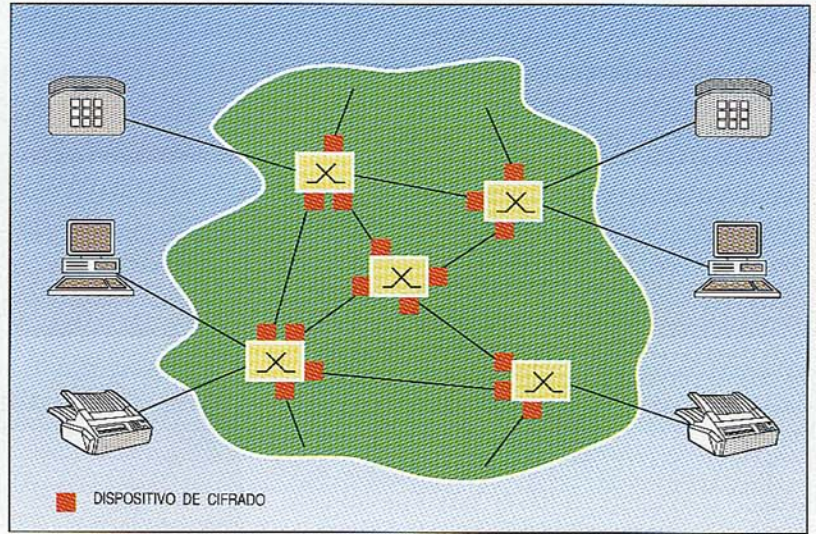


Figura 2
Red con cifrado de enlace a enlace (en masa).

dos de una red dispositivos de seguridad extremo a extremo. Por ello este tipo de equipo sólo será usado por aquellos que requieran un alto nivel de confidencialidad, o si el número de abonados que requieran confidencialidad es pequeño.

Otra manera de ofrecer a los abonados una comunicación segura es usando una arquitectura basada en dispositivos de cifrado enlace a enlace.

La Figura 2 representa una red de conmutación militar típica. Todos los enlaces



Terminal de mensajes táctico TP 80 S.

internodales están protegidos por dispositivos de cifrado en bloque (BED).

Esta arquitectura proporciona confidencialidad enlace a enlace. El equipo de cifrado es independiente de las aplicaciones, y los servicios de seguridad se pueden ofrecer a todos los abonados sin necesidad de un equipo especial en las instalaciones del usuario. La gestión de claves es menos compleja ya que el equipo de cifrado se distribuye en un número limitado de posiciones y no a cada abonado. Además esta solución proporciona seguridad del flujo de tráfico e integridad de datos.

Sin embargo, como el cifrado enlace a enlace solo asegura los enlaces de transmisión, la información que se pasa a por los nodos de conmutación no será descifrada. Por tanto las instalaciones de los nodos de conmutación se deben proteger físicamente.

El equipo de cifrado enlace a enlace puede añadirse a la red y considerarse como parte de los enlaces de transmisión. Se puede usar la distribución electrónica de claves. Así, el cifrado de enlace a enlace se realiza sin la necesidad de requisitos de seguridad especiales en el subsistema de conmutación.

Sin embargo, en esta configuración la red entera debe operar en una configuración alta de sistema (todo el tráfico se debe considerar que tiene el mismo nivel de clasificación), y todos los usuarios deben ser definidos con el mismo nivel de seguridad (el más alto). Consecuentemente, la red no puede tener ningún enlace que no esté equipado con dispositivos de cifrado, ni tener pasarelas con otras redes no seguras (el cifrado extremo a extremo se puede usar como suplemento de abonados seleccionados que necesitan comunicarse con el más alto nivel de seguridad).

La foto superior muestra el equipo de cifrado enlace a enlace de Alcatel TCE-300 (unidad doble), que puede operar o en una configuración de red independiente como la descrita anteriormente, o en un modo integrado de sistema dando una flexibilidad adicional a los servicios de seguridad proporcionados por la red (ver la descripción de la arquitectura siguiente). Se dispone de un centro de gestión de cifrado que proporciona la distribución electrónica de claves y la gestión de cifrado.

Arquitectura de red fiable

Para tener una red con más flexibilidad, el sistema de conmutación debe ser fia-



Dispositivo de cifrado en masa TCE-300 (unidad doble).

ble al realizar tareas relacionadas con la seguridad. Ejemplo de esto es la capacidad de diferenciar entre enlaces de transmisión que se equipan con enlaces de cifrado y que no se equipan, y ser capaz de diferenciar entre abonados con diferentes niveles de visto bueno.

Para realizar esto, el sistema de soporte lógico debe tener algunas propiedades de seguridad de multinivel y ser diseñado e implantado de acuerdo con un conjunto definido de criterios de evaluación de seguridad (p. ej., el "libro naranja" o equivalente). Se puede decir que el sistema es fiable si en la verificación del sistema implantado este se comporta de acuerdo con los requisitos de seguridad y no contiene funcionalidad ilícita, trampas, caballos de Troya, etc. Si los requisitos de seguridad son muy altos, este proceso de verificación debe realizarse por un tercero.

Una red fiable ofrece las siguientes ventajas respecto a la arquitectura anterior:

- todos los usuarios pueden tener acceso al servicio de confidencialidad,
- la red tendrá capacidad de manejar tráfico con diferentes niveles de clasificación,
- no todos los enlaces necesitan ser protegidos con dispositivos de cifrado,
- se pueden permitir conexiones automáticas con sistemas no fiables (PTT, PABX, etc.),
- se alertará a los abonados con señales de aviso no seguras si no se pueden establecer las conexiones seguras,

- puede haber varios niveles de visto bueno del personal,
- la red puede tener mecanismos fiables para proporcionar el rechazo de recuperación de servicios.

Siempre que los requisitos de confiabilidad sobrepasen un mínimo trivial, esta solución será más económica que la de cifrado extremo a extremo.

Alcatel está involucrada en el desarrollo y entrega de sistemas de comunicaciones militares fiables:

- el sistema de conmutación nodal, NSS, es un sistema de conmutación desarrollado especialmente para redes de comunicación de datos y voz en infraestructura militar, donde se requiere un alto nivel de seguridad. Tiene características de red transparentes y un sistema de gestión de red jerárquico. Puede manejar simultáneamente tráfico clasificado y no clasificado,
- el sistema de mensajería militar, MMHS 2000, se ha realizado de acuerdo a la versión de 1988 de X.400 con mejoras militares. Tiene interfaz con los sistemas basados en la versión de 1984 y lo tendrá con el sistema MMHS STANAG 4257 de la OTAN.

El MMHS 2000 ha sido evaluado como un sistema de seguridad multinivel (MLS) de acuerdo a los criterios de evaluación de sistemas de ordenador fiables. Las funciones del COMSEC interactúan con el cifrado en bloque TC-300 o con el equipo de cifrado externo aprobado por la OTAN.

Seguridad en la gestión de red

En un sistema de comunicación moderno, la gestión de red es una función vital. Con elementos de red controlados por procesador, como nodos de conmutación, se ofrece un completo conjunto de características y funcionalidad tanto a los abonados como a la operación de red y a la organización de control.

La función de control de red comprenderá típicamente el control de los recursos de la red (encaminamiento, configuración, rendimiento, alarmas, etc.) y la gestión de la clase de servicios de abonado, asignación de prioridades, etc.

A menudo se requiere que la función de control de red deba realizarse remotamente desde un lugar centralizado. En una red de defensa, se podría requerir

también que el sistema de control tuviera centros de control en reserva y la posibilidad de estar subdividido en centros de control autónomos. Todo esto para tener un sistema más resistente, y para ser capaz de operar la red de acuerdo con la situación estratégica real (p. ej., en tiempo de paz, durante crisis y en guerra). Tales requisitos hacen a la red vulnerable a la manipulación y al sabotaje si el sistema de control es interferido por gente no apropiada. Por lo tanto, el sistema de gestión de red debe de estar protegido.

En un sistema de gestión de red, la integridad de datos y la autenticación es importante. El uso masivo del control de acceso y de los procedimientos de autenticación son obligatorios. Es deseable el uso de cifrado en la comunicaciones de gestión de red. Se puede hacer a nivel de mensaje, de transporte/red o de enlace físico del canal de control de red.

Gestión de seguridad

En aquellas redes con un alto nivel de seguridad habrá un requisito de gestión masiva de características de seguridad. Ello comprende la gestión de claves de cifrado, la información de autenticación, los atributos de control de acceso, las contraseñas, la supervisión del equipo de seguridad, etc.

El sistema de gestión de seguridad y el sistema de gestión de red se implantarán normalmente en sistemas separados por razones de seguridad.

Normalización

Tradicionalmente no ha habido normas para seguridad en sistemas de comunicaciones. Ahora la seguridad se está convirtiendo en una faceta importante de las aplicaciones civiles, especialmente en redes de datos y gestión de red. Las normas internacionales están emergiendo ahora. Las organizaciones de defensa trabajan para influir en las normas civiles y poder tener mejoras militares como normas adicionales.

Desde hace algún tiempo, la OTAN e ISO han tenido normas estables que definen arquitecturas de seguridad para sistemas de comunicaciones de datos. La norma 7498/2 de ISO define los servicios de seguridad y donde se pueden colocar en el modelo de siete capas. La arquitectura de seguridad ISA de la OTAN

(NOSA) se basa en la norma ISA, pero incluye muy pocas opciones.

Tanto ISO como la OTAN están en el proceso de definir normas de protocolos de seguridad. ISO está en el proceso de completar su trabajo sobre los protocolos de seguridad de los niveles mas bajos y ha comenzado en los niveles de seguridad mas altos.

Los criterios de evaluación de sistemas de ordenadores fiables (Libro Naranja) y la interpretación de red fiable (Libro Rojo) los desarrolló el Departamento de Defensa de EE.UU. en los años ochenta. Estas normas han sido la base de productos y sistemas. En 1991, la Comunidad Europea publicó los criterios de evaluación de seguridad de tecnología de información (ITSEC) para uso civil. El aumento de la disponibilidad de tales normas indica que la fiabilidad y la seguridad es algo sobre lo que se enfocarán las futuras redes de comunicaciones y ordenadores.

Tendencias

Durante los años setenta y ochenta muchos de los dispositivos de cifrado realizaron o cifrado a nivel físico o cifrado fuera de línea en las aplicaciones. Durante los años noventa se aprovecharán las propiedades de las tecnologías digitales y de las normas de protocolos de comunicaciones. Esto dará como resultado nuevos tipos de dispositivos de cifrado extremo a extremo para usuarios de datos, proporcionando un gran conjunto de servicios de seguridad a una comunidad de usuarios en aumento.

El coste de un gran número de dispositivos de cifrado dentro de una red sigue siendo un aspecto importante. Este problema ha sido parcialmente resuelto con los sistemas de claves públicas usados en sistemas civiles. Los sistemas de claves públicas se han rechazado como una solución para sistemas militares y gubernamentales, ya que no se consideran lo suficientemente seguros.

Con la introducción de las normas de seguridad en comunicaciones surge la necesidad de gestionar los servicios de seguridad. Para mantener el coste de operación lo mas bajo posible es obligatorio emplear centros de operación.

El trabajo de normalización en curso conduce a un conjunto mas amplio de servicios de seguridad, cada uno con una granularidad mas fina. El resultado más importante de este trabajo será la

armonización de las normas de seguridad militares y civiles.

La metodología para desarrollar el hardware y el software de sistemas fiables ha estado estabilizada durante los años ochenta. Con el creciente incremento del software en los elementos de red, están ahora emergiendo nuevos métodos de evaluación de estos sistemas fiables.

Hoy en día hay pocas redes fiables en operación. Esto es debido principalmente al hecho de que lleva tiempo el conseguir un conocimiento global de los aspectos de seguridad y a que las normas en este área no han estado disponibles. La necesidad de herramientas automáticas para la evaluación y mantenimiento del nivel de seguridad a lo largo de la vida de una red también es un problema.

Sin embargo, según se hace mas y mas importante una comunicación de datos segura, se debe introducir alguna fiabilidad. El nivel de fiabilidad será diferente en sistemas de defensa y civiles. Se espera que el equipo de aplicación civil tenga una funcionalidad y fiabilidad de seguridad creciente, lo que hará posible el uso de tales equipos en algunas aplicaciones de defensa. Sin embargo, siempre habrá sistemas de defensa con requisitos de un mas alto nivel de seguridad.

Conclusiones

Este artículo ha mostrado que existen varias enfoques de la arquitectura de seguridad en sistemas de comunicaciones de defensa. La arquitectura a seleccionar para una aplicación dependerá de los requisitos de operación y del coste de implantación y operación del sistema. Con la creciente funcionalidad de los sistemas de comunicación modernos, y el empleo masivo de las comunicaciones de datos resulta obligatorio aumentar el nivel de fiabilidad en los sistemas. Esto no es solo válido para sistemas de comunicaciones de defensa sino también para los sistemas públicos y privados. Cuando la funcionalidad de seguridad aumente y la fiabilidad esté disponible en los sistemas civiles resultará mas factible usar sistemas civiles en algunas comunicaciones de defensa, aunque los requisitos de mejoras militares deben esperar aún.

Jest Braaten nació en Oslo, Noruega, en 1945. Estudió ingeniería eléctrica en la Universidad Técnica de Noruega (NTH), Trondheim, y se graduó en 1969. Se incorporó a Alcatel Telecom Norway A/S, una filial de Alcatel STK A/S, en 1970. Ha estado involucrado en seguridad de

comunicaciones y en comunicaciones de defensa desde 1974. Actualmente es director de producto. El Sr. Braaten es también director del segmento de seguridad en la división de Defensa de Alcatel, con la misión especial de coordinar la seguridad dentro de Alcatel.

Jan Thorval Johannessen nació en Horten, Noruega, en 1958. Estudió física aplicada en la

Universidad Heriott Watt donde se graduó en 1982. Desde entonces ha estado en Alcatel Telecom Norway A/S, una filial de Alcatel STK, trabajando en el sistema de conmutación nodal (NSS). En 1987 se responsabilizó del grupo de seguridad de comunicaciones dentro del departamento de comunicaciones de defensa. Desde 1990 es director de producto en la división de Defensa de Alcatel Telecom Norway A/S.

Comunicaciones de HF en redes de área extendida

Los sistemas de comunicación de alta frecuencia (HF) son particularmente adecuados para conectar usuarios a largas distancias, debido a las características inherentes de la propagación por la ionosfera. Esta capacidad permite tanto la realización de redes sobre áreas geográficas amplias como la conexión de sistemas remotos con los cuarteles generales y/o con las redes estratégicas.

F. Barcio
G. Guidotti
V. Maglione
Alcatel Telettra, Chieti, Italia

Introducción

La transmisión de HF ha tenido siempre una relevancia particular en las comunicaciones militares, debido a su capacidad para realizar conexiones a larga distancia por propagación ionosférica. En el pasado, sólo se permitían las transmisiones de voz y de datos a baja velocidad, debido a las fuertes distorsiones de canal

típicas de los enlaces ionosféricos de HF, como la trayectoria múltiple, el efecto Doppler y el desvanecimiento de la propagación. Además, las comunicaciones HF se consideraban frecuentemente como sustitutivas de otros medios primarios de comunicación a larga distancia.

Actualmente, el progreso tecnológico ha llevado a que los sistemas de transmisión usen de forma más eficiente las téc-

Figura 1
Arquitectura de red de HF.

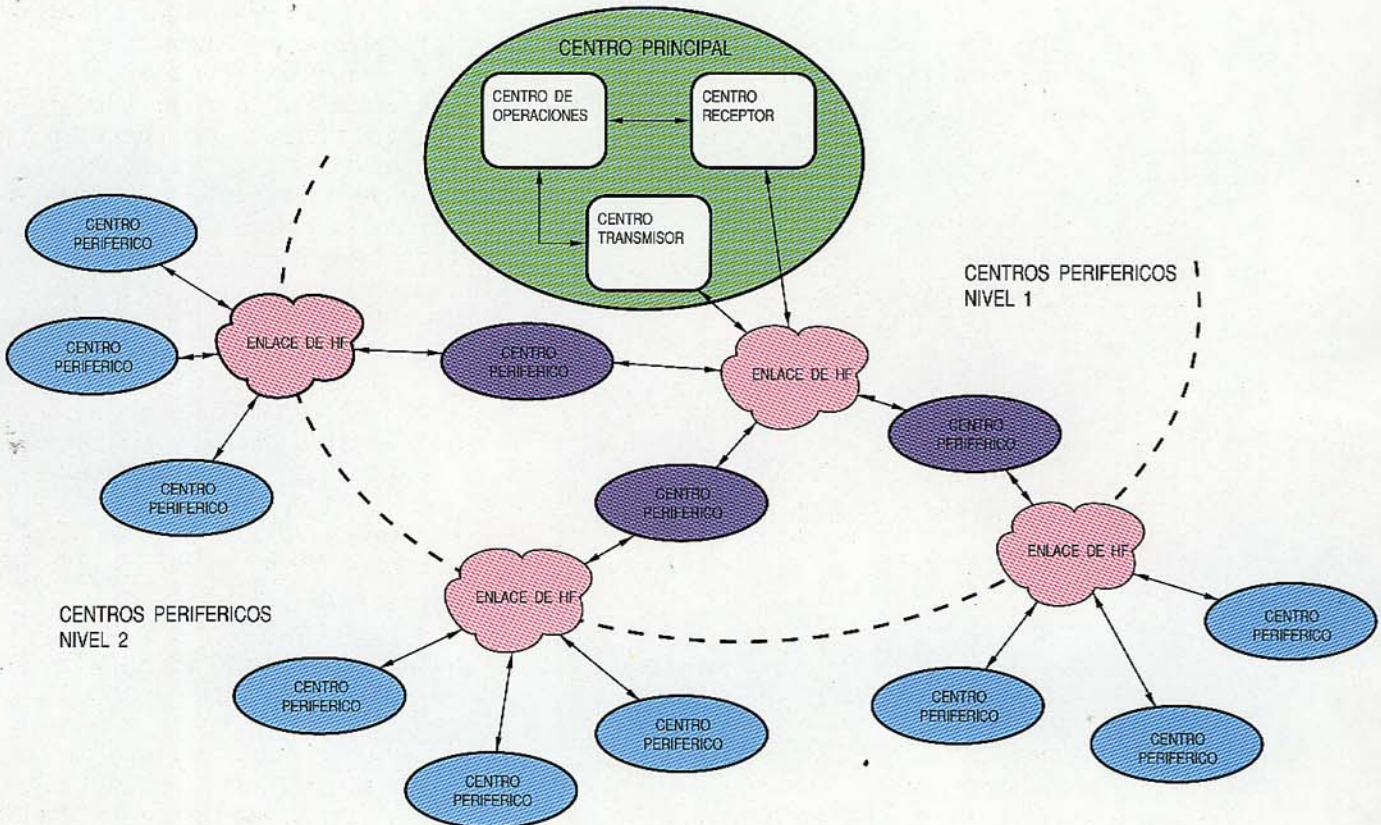
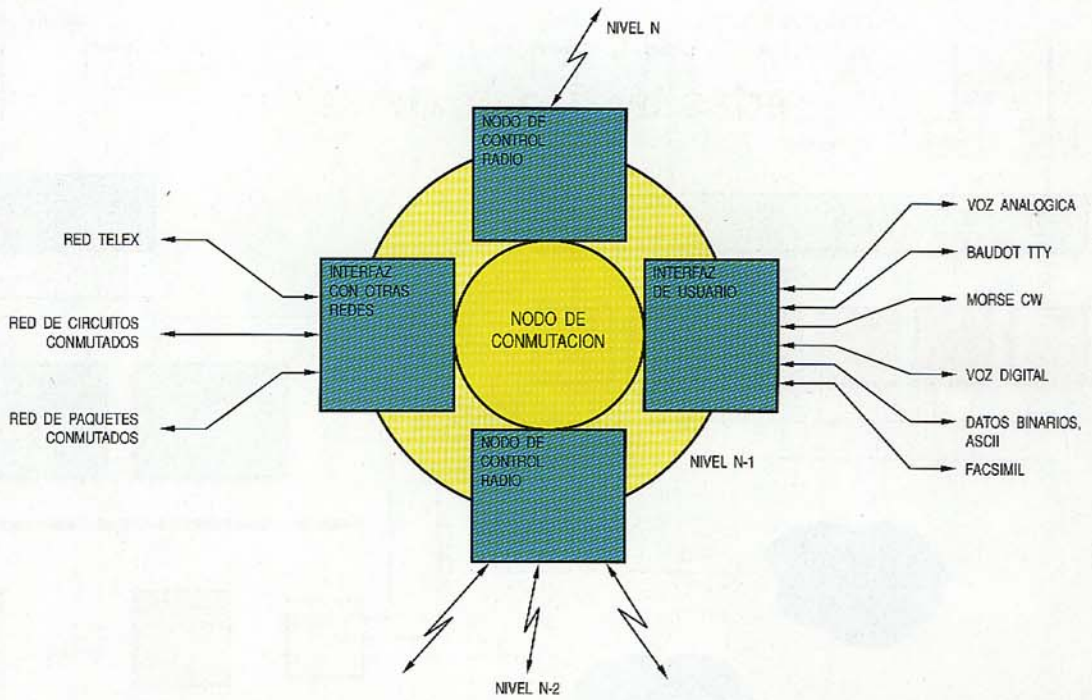


Figura 2
Diagrama funcional
de conmutación de
nodo.



nicas de modulación junto con la ecualización de canal y la corrección de errores, por lo que están permitidas las comunicaciones de datos a velocidades de 2400 y 3600 bit/s. Como consecuencia de esto, se han desarrollado nuevas aplicaciones basadas en la transmisión de datos y de voz digitalizada. De particular interés son las redes de área extendida de HF y la conexión en HF de los sistemas de comunicación de áreas extraterritoriales.

Ambos sistemas se describen en este artículo. La red de área extendida de HF SARAH y el sistema de acceso de radio monocanal (SCRA) Alcatel A101. El sistema SARAH desarrollado por Alcatel Telettra es un sistema de transmisión automatizado para voz, onda continua (CW) y datos, que permite funciones tales como mando/control por ordenador del equipo de radio, gestión centralizada de las frecuencias, conmutación y tratamiento automático de mensajes, supervisión, mantenimiento y seguridad en datos y accesos. El Alcatel A101 SCRA, mediante un enlace de radio HF, permite a cualquier usuario de un sistema de comunicación de área en una región geográfica remota unirse a la red estratégica nacional.

El sistema SARAH

SARAH es un sistema automatizado para transmisión de voz, CW y datos sobre una red de radio de HF. Está formado por

un centro principal y una serie de centros periféricos.

El centro principal se divide a su vez en un centro operacional, un centro de transmisión y un centro receptor, localizados en diferentes lugares y conectados por radioenlace o fibra óptica, para un despliegue de antena óptimo. En aplicaciones típicas, tales como redes de embajadas, enlaces barco-tierra y redes de protección civil, los centros periféricos se sitúan a cientos o miles de kilómetros del centro principal y se pueden organizar en una red jerárquica multinivel (Figura 1), en la que los niveles intermedios pueden trabajar como retransmisores automáticos de datos y mensajes. Cada nivel de la red se puede considerar como un nodo de conmutación, con interfaces de radio hacia los niveles más altos y más bajos, interfaces de usuario para los distintos servicios (voz, CW, datos, fax, etc..) e interfaces para interconexión con otras redes; esto último es una importante facilidad en una red que es, frecuentemente, o extensión o reserva de otras redes fijas. La Figura 2 muestra este concepto.

La modularidad del sistema permite el cumplimiento de los diferentes requerimientos del cliente con una relación óptima rendimiento/coste.

El centro principal (Figura 3) está constituido por una red de ordenadores distribuida controlada un ordenador central VAX, en configuración dual, con discos *imagen*, para máxima disponibilidad. Una serie de consolas (según el tráfico) permi-

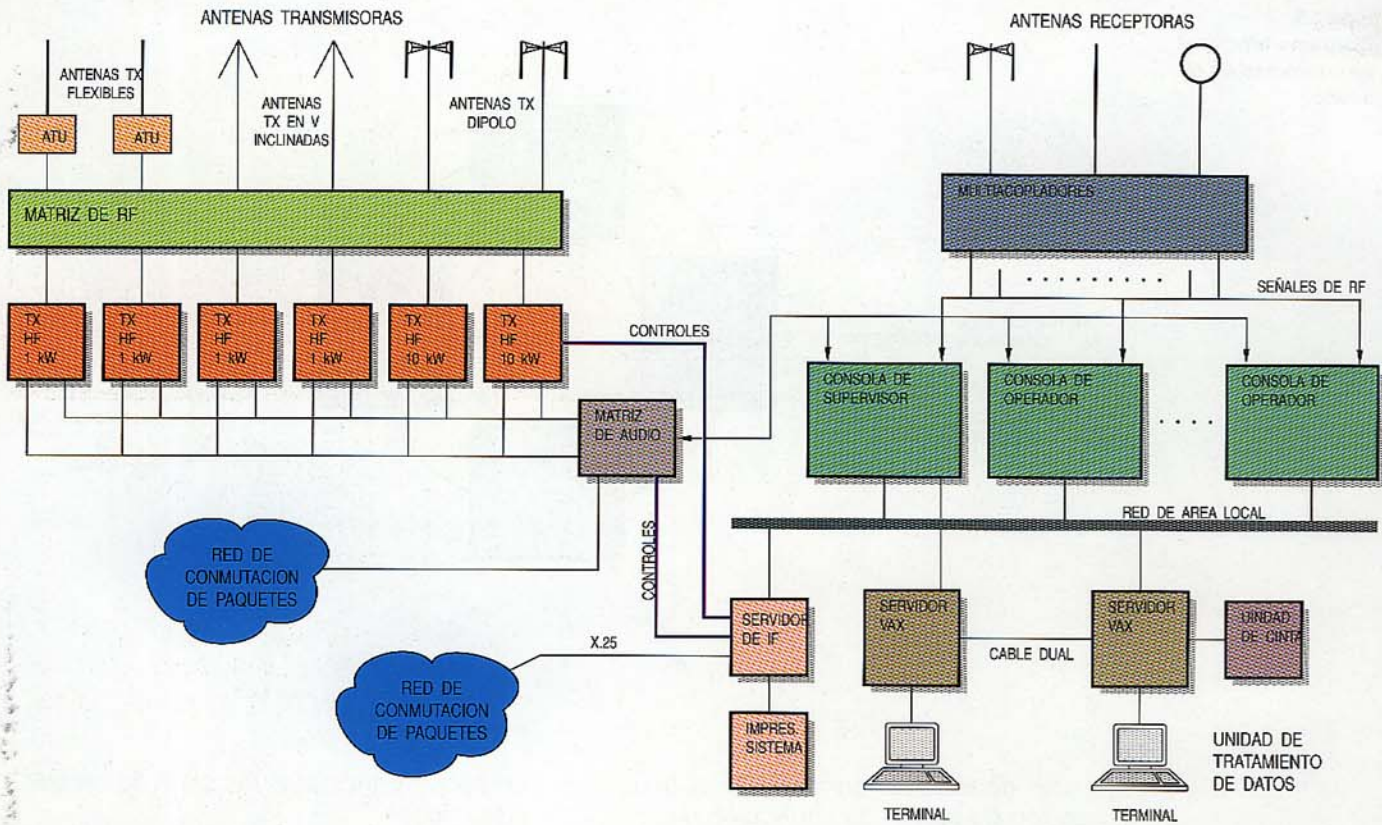


Figura 3 Centro principal.

te a los operadores controlar el equipo, procesar los mensajes y supervisar el sistema. La foto inferior muestra una de las consolas del centro principal. Todas las consolas están conectadas por una RAL a un ordenador central, el cual recoge el estado del sistema y coordina el uso de los recursos compartidos.

Los interfaces hombre/máquina (MMI) amigables se consiguen utilizando ordenadores personales con gráficos en color, ventanas y ratón. El ordenador central VAX gestiona la base de datos del sistema, la asignación de los recursos de

transmisión/recepción y la transmisión de mensajes entre el centro principal y los centros periféricos.

Un centro periférico (Figura 4) está constituido por una única consola equipada con un ordenador personal el cual controla, gracias a un coprocesador dedicado, los transmisores, receptores y modems. El ordenador personal realiza el MMI y maneja mensajes e imágenes de entrada/salida a través del explorador óptico y de la impresora. Cuando el centro es de nivel intermedio, se equipan dos consolas, cada una con su propio equipo de HF, conectadas por una RAL, para asegurar los enlaces HF simultáneos hacia niveles más altos y más bajos y permitir la función retransmisora.

La foto de la derecha muestra la consola del centro periférico. El centro periférico, nivel 1, se puede organizar de manera similar a un centro principal, con ordenador central y varias consolas, según el tráfico.

Todos los transmisores, receptores, modems y las matrices de audio y RF se controlan remotamente. El control del equipo se realiza mediante programación en tiempo real en una unidad central de proceso (CPU) especializada; esto permite una respuesta muy rápida y la posibilidad de traducciones de protocolo para controlar el hardware de un tercero. La gestión del equipo de HF puede automa-

Consola-1 de operador.

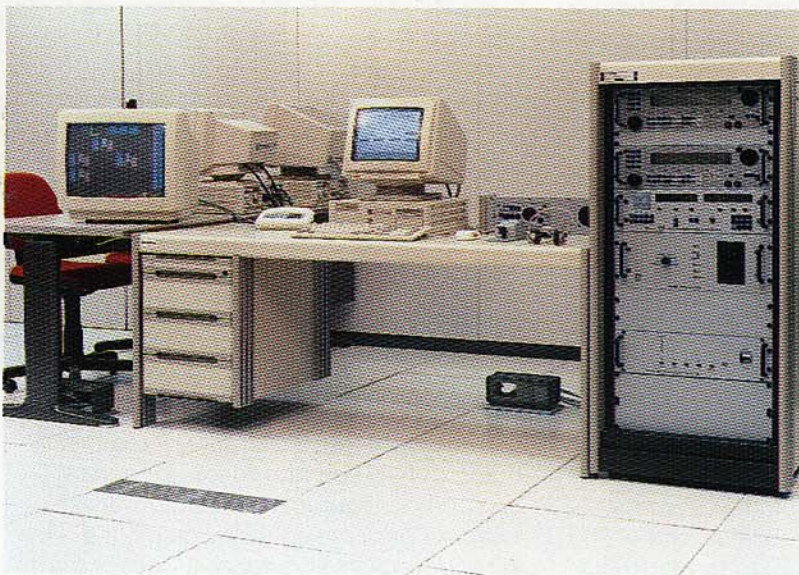
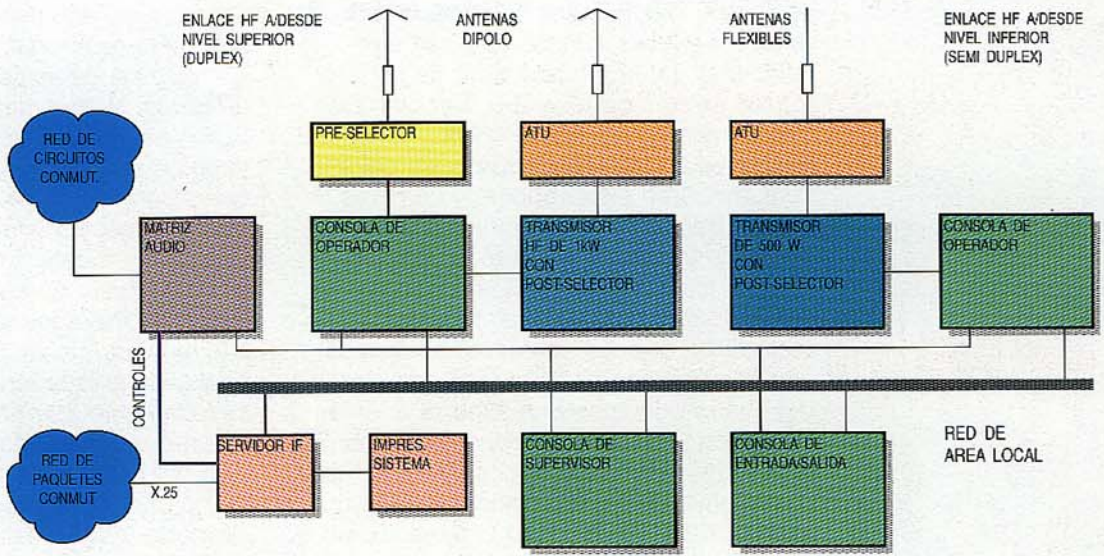


Figura 4
Centro periférico.

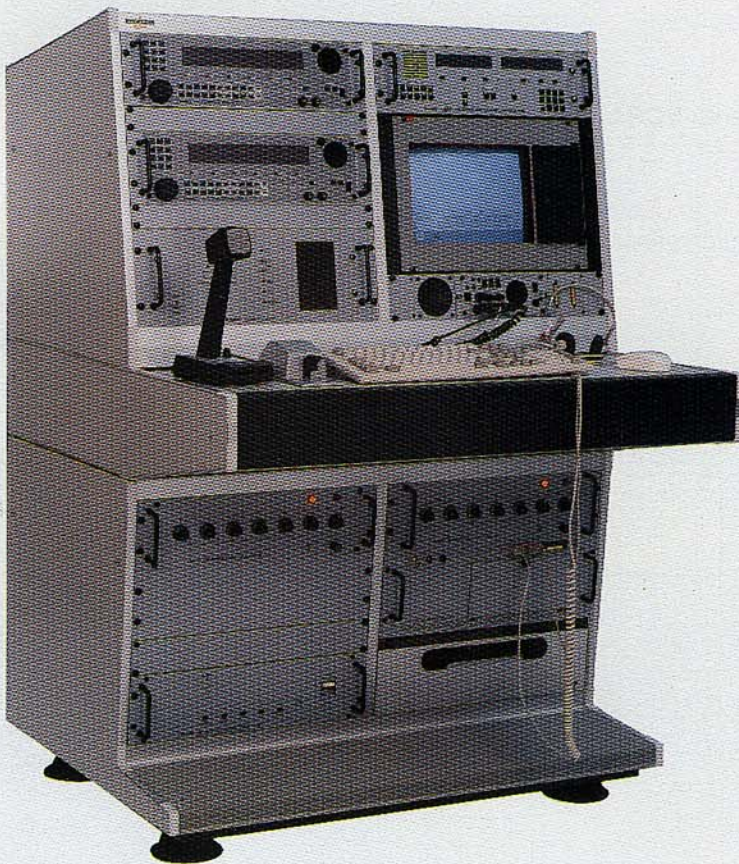


tizarse totalmente gracias a procesadores adaptables (AP), que seleccionan el mejor canal a utilizar. Cuando se tienen que transmitir mensajes o datos, el AP llama al AP remoto correspondiente por medio de dirección selectiva y establece el enlace. Todos los AP de cada estación de la red exploran continuamente sus canales, permitiendo así enlaces inmedia-

tos. Una agenda electrónica en cada estación permite la planificación diaria o semanal de enlaces de enlaces no inmediatos.

Las frecuencias a utilizar por cada estación remota en cada sesión y hora se almacenan en una base de datos del ordenador central del centro principal y se transfieren automáticamente a una de las consolas cuando se necesitan. En cada estación remota se almacena un subconjunto de frecuencias (a ser usado con el centro principal). Un índice de calidad se actualiza cada vez que se usa una frecuencia para tener un sistema adaptable a lo largo del año. Puede utilizarse un programa de pronóstico de canal de HF en el ordenador central para cargar la base de datos. La transmisión de datos se hace por medio de modems de datos de HF, con protección interna FEC, con una velocidad neta de hasta 2400 bit/s (3600 bit/s en el aire). Un protocolo ARQ implantado en el CPU de tiempo real asegura la recepción libre de errores aún en las peores condiciones del canal. La transmisión puede ser semi o totalmente dúplex y la programación permite la transmisión bidireccional transparente de mensajes y de datos sobre enlaces semidúplex de HF. Los mensajes con formatos de cabecera predeterminados se enrutan automáticamente a las estaciones direccionadas. Los mensajes se almacenan en una base de datos para su consulta, realización de estadísticas y retransmisión. Las facilidades de edición y de entrada/salida (impresora, lector/perforador de cinta) se suministran en cada consola. La edición de mensajes se realiza utilizando un cuadro de entrada, con campos predefinidos, por medio de indicadores y listas de direcciones; el

Consola-2 de operador.



operador sólo necesita seleccionar con el ratón los valores con los que hay que rellenar la cabecera, evitando de esta forma los errores de teclado. También pueden transmitirse ficheros ASCII y binarios, imágenes en blanco y negro y en color; se suministran exploradores y cámaras CCD (además de los algoritmos de compresión). Todos los datos técnicos del equipo, los datos operacionales (alarmas, horas de trabajo) y los datos de configuración (direcciones, matrices) se almacenan en una base de datos del ordenador del centro principal, que soporta además la gestión y mantenimiento del sistema. El estado del sistema se recoge y se actualiza continuamente, mostrándose en formato gráfico en pantallas de alta resolución en color. La asignación de recursos (consolas de operador, antenas) puede ser realizada sólo por el supervisor, utilizando un interfaz gráfico de comandos. Los datos transmitidos pueden protegerse mediante algoritmos de codificación en línea basados en DES (*data encryption standard*). El acceso a las consolas y al ordenador central está protegido por medio de contraseñas y nombres de usuario, basado en VMS (*Libro Naranja C2*). Se suministran tres niveles de acceso: operador de HF (el más bajo), operador de tráfico (medio, para preparación y tratamiento de mensajes y datos) y supervisor (el más alto, para autorización y mando).

usuarios móviles en el área de despliegue de la red nodal, los cuales necesitan los mismos servicios que los usuarios estáticos. Naturalmente si el sistema SCRA es ligero y fácilmente desplazable, también se puede suministrar a unidades operacionales como brigadas, y también ser usado autónomamente siguiendo la zona de combate. En el SCRA A101¹ es posible utilizar un enlace HF como medio de acceso a redes tácticas o estratégicas remotas a nivel de abonado de bucle. Un enlace ionosférico se establece fácilmente, permitiendo la conexión de una red remota a la sección de conmutación del punto de acceso radio (PAR), por lo que se puede extender a cualquier abonado móvil o estático del sistema SCRA A101.

Esta solución es particularmente útil en situaciones operacionales que son típicas en la actualidad. De hecho el SCRA A101 se puede utilizar para garantizar todas las necesidades de comunicación en una región geográfica remota, con capacidad de enrutamiento del tráfico de voz y datos a los usuarios situados en los cuarteles generales.

Como se muestra en la Figura 5, la estación de HF localizada en el PAR se conecta al conmutador a nivel de bucle de abonado, usando un interfaz adecuado. En el otro extremo, otra estación de HF además de un interfaz de HF suministra la extensión de la conexión. También se puede conectar a este nivel un teléfono individual o un conmutador. En el caso de conexión a una unidad de conmutación sin normas EUROCOM, el interfaz de HF se puede modificar para que sea compatible con los estándares de señalización de la red asociada. Ade-

Extensión de HF del sistema SCRA A101

Los sistemas SCRA se han introducido para satisfacer los requerimientos de

Figura 5
Conexión HF de una estación remota.

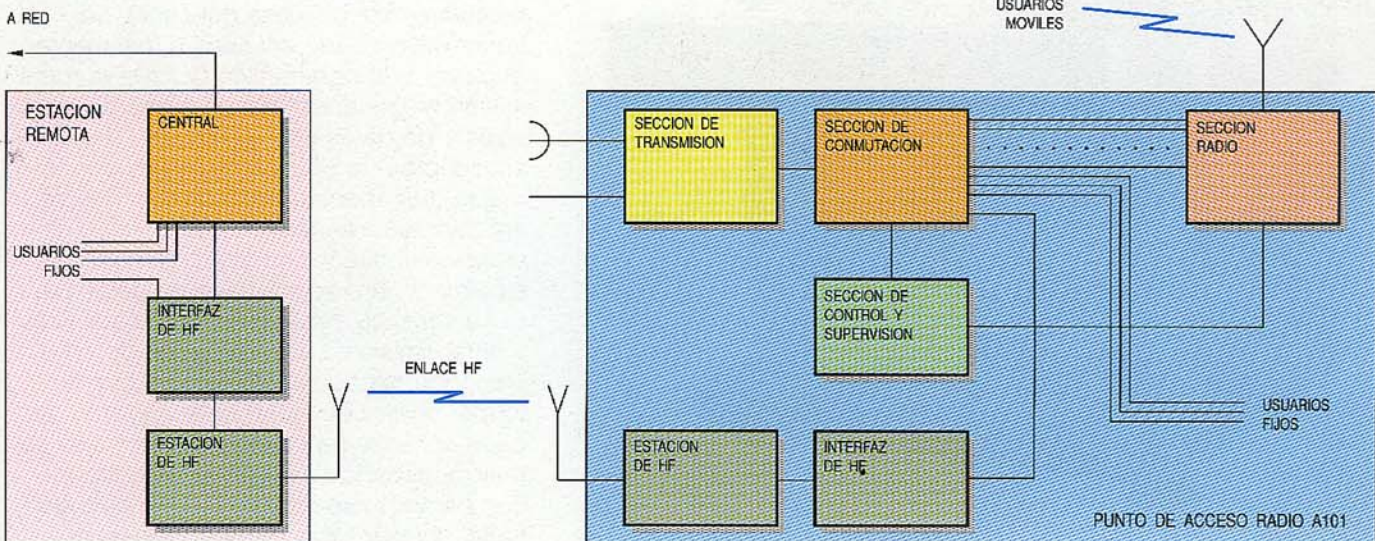
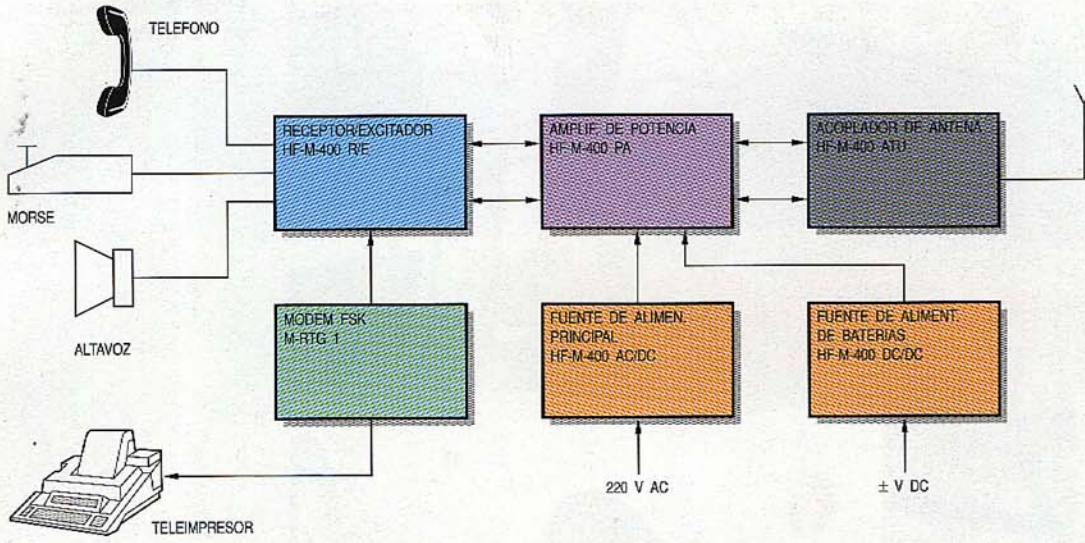


Figura 6
El sistema HF-M-400.

más, cuando el enlace de HF conecta dos unidades de conmutación, la conexión de dos abonados pertenecientes a las dos redes se puede obtener rápidamente si la unidad de conmutación suministra la información necesaria de marcaje al interfaz de HF; en caso contrario se requiere la intervención de un operador.

En la extensión HF del SCRA A101, las facilidades y servicios del usuario principal se mantienen. No obstante, el enlace de HF no puede soportar la velocidad de datos EUROCOM de 16 Kbit/s, por lo que la voz digitalizada y los datos se transcódicifican en el interfaz HF para mantener la velocidad de los datos dentro de 2,4 Kbit/s. En el caso de transmisión de datos, los datos a 16 Kbit/s se decodifican como máximo a la velocidad de información de 2,4 Kbit/s y vuelven a codificarse de nuevo utilizando un potente código de corrección de errores Reed-Solomon, para que la señal resultante pueda ser transmitida por la estación de HF; en recepción, se realiza el procedimiento inverso.

En el caso de la comunicación de la voz, aparecen algunos problemas; de hecho un procedimiento directo de transcodificación de la voz digitalizada CVSD a codificación lineal para predicción (LPC) a velocidad baja es siempre menos factible, como se prueba en el estudio NIAG TACOM 2000². Por ello, se requiere un paso intermedio por una codificación uniforme en MIC.

Y aún más importante, se están analizando las posibles modificaciones al algoritmo LPC, para hacer frente al contenido espectral muy bajo de la señal CVSD en las bandas de 0-300 Hz y 3400-400 Hz. En recepción, la transcodificación hacia

atrás al formato CVSD es sencillo, aunque requiere el control dinámico adecuado.

Equipo y sistemas de HF

Actualmente está disponible un equipo completo (transmisores, transceptores y receptores) que cumple con los requerimientos técnicos y operacionales de los sistemas descritos. Más específicamente, Alcatel Italia fabrica equipos para aplicaciones tácticas y estratégicas, las familias HF-M y HF-L.

En la familia táctica robustecida, un equipo de alta fiabilidad es la base del sistema HF-M-400³. Como se muestra en la Figura 6, el sistema está compuesto por:

- el HF-M-400 R/E, receptor/excitador de muy fácil manejo en la banda de 2-30 MHz. Esta unidad tiene disponibles $2,8 \times 10^5$ canales y trabaja en los modos de HF más usados,
- el HF-M-400 PA, amplificador de potencia de 400 W con características de bajo ruido,
- el HF-M-400 ATU, acoplador de antena de sintonía muy rápida (tiempo de sintonía menor de 400 ms) permitiendo la operación en todas las bandas de HF con diferentes tipos de antenas y alta eficacia (más del 90%),
- el modem FSK M-RTG-1, a utilizar cuando se requieren operaciones de teleimpresor.

El sistema puede potenciarse, tanto en AC como en DC, con dos unidades de



El HF-M-400 instalado en vehículo.

repuesto, HF-M-400 AC/DC (220 V, 40-400 Hz) y HF-M-400 DC/DC (± 24 V).

Como se muestra en la foto superior, este sistema se puede instalar fácilmente en una amplia gama de vehículos, dondequiera que las condiciones ambientales requieran un diseño mecánico y eléctrico robusto.

Para aplicaciones fijas transportables, Alcatel Italia fabrica sistemas como:

- receptores para comunicaciones y guerra electrónica,
- transceptores para comunicaciones, operando a 500 ó 1000 W,
- transmisores para comunicaciones y guerra electrónica, operando a 500, 1000 ó 10000 W.

La foto de la derecha muestra el receptor HF-L-R/I, un equipo muy potente adecuado para usar tanto en una configuración autónoma como en un bloque básico de redes controladas por ordenador.

El HF-L-R/I puede trabajar en AM, CW y TTY en el rango de 10 kHz-30 MHz, con pasos de 10 Hz. Muy importante es la posibilidad de almacenar hasta 99 canales, con los parámetros asociados de frecuencia; esto permite una capacidad de exploración muy rápida de canal. Además, el receptor puede ser controlado totalmente

a distancia mediante una unidad de control especializada (el HF-L-TRI/G) o por un ordenador personal con programación específica.

El receptor incluye un interfaz hombre-máquina amigable, con una pantalla LCD alfanumérica para supervisar comandos y parámetros.

La foto también muestra el preselector HF-L-PRSV, que garantiza una fuerte selectividad (55 dB en el 10% de la frecuencia central) y es muy útil en instalaciones donde pueden aparecer problemas de colocación (p. ej., a bordo de un barco). Los dos equipos caben en un bastidor

Receptor HF-L-R/I con preselector HF-L-PRSV.



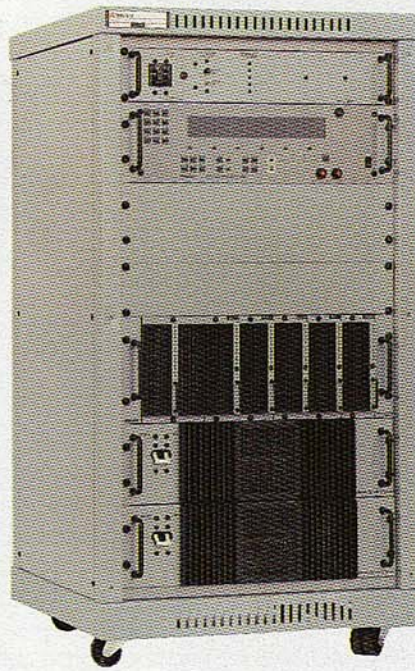
estándar de 19 pulgadas, de cinco unidades de alto.

La Foto E muestra un transmisor de 1 kW, instalado en bastidor, compuesto por:

- el excitador HF-L-ED, generador de señal RF de bajo nivel (+20 dBm) con un MMI similar al del receptor. Trabajando en la banda de 1,5-30 MHz (pasos de 10 Hz), el excitador dispone también de la facilidad de 99 canales preajustables, muy importante para operaciones rápidas de conmutación de frecuencias, como la agilidad de frecuencia y la selección automática y adaptable de canal. El excitador también es controlable remotamente, a través de un PC o de una unidad de control especializada,
- el HF-L-1000 PS, fuente de alimentación de potencia de 500 W, totalmente protegida contra sobrecargas y sobrecorriente. Basado en el principio de regulación de voltaje conmutado, trabaja con alta eficiencia (más del 80%) y cumple totalmente con los requerimientos MIL-STD 461/462. Dos unidades independientes de alimentación de potencia colocadas en la parte alta del bastidor permiten la operación ininterrumpida en caso de fallo de una unidad o la operación del transmisor a baja potencia (500 W),
- el HF-L-1000 Pa, amplificador de potencia de 1 kW formado por un preamplificador de bajo ruido, filtros armónicos, una red híbrida y cuatro módulos de potencia de 300 W, está localizado encima de la fuente de alimentación de potencia. Como en esta fuente, su modularidad permite la operación en situaciones de fallo; además, la potencia radiada puede reducirse controlada por el operador. Como se muestra en la foto de arriba, el bastidor está provisto con un conjunto de paneles frontales "ciegos" que pueden ser sustituidos por módulos de equipo para una configuración específica del sistema, de acuerdo con las necesidades del usuario. Se muestra un ejemplo de ello en la foto de abajo, con el transceptor HF-L-1001 RT de 1 kW.

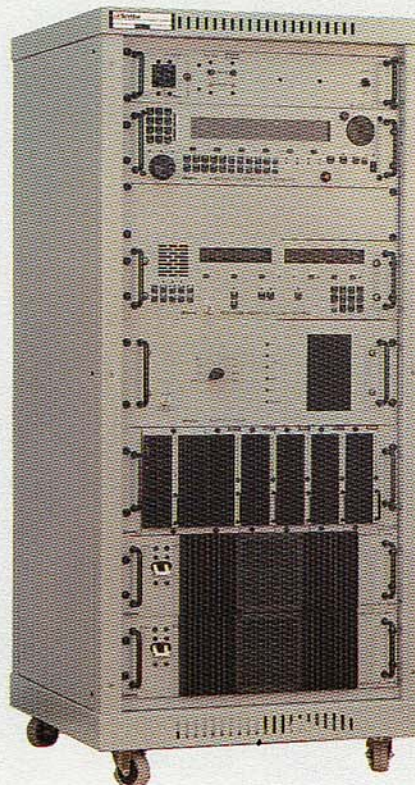
Con las mismas unidades de potencia que el transmisor, este sistema se basa en el receptor/excitador HF-L-501/1001 R/E, equipo sintetizado que trabaja en la banda 1,5-30 MHz en transmisión y en la banda 0,5-30 MHz en recepción. El receptor/excitador que tiene similares características que el receptor y el excita-

Transmisor de 1 kW.



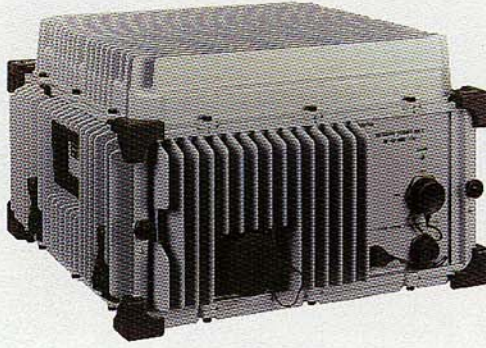
dor, puede trabajar en los modos simplex y semiduplex.

La foto de abajo muestra otros dos equipos, el procesador adaptable HF-L-PRAD y el modem de datos HF-L-MODAP. El HF-L-PRAD permite que el sistema verifique la calidad de comunica-



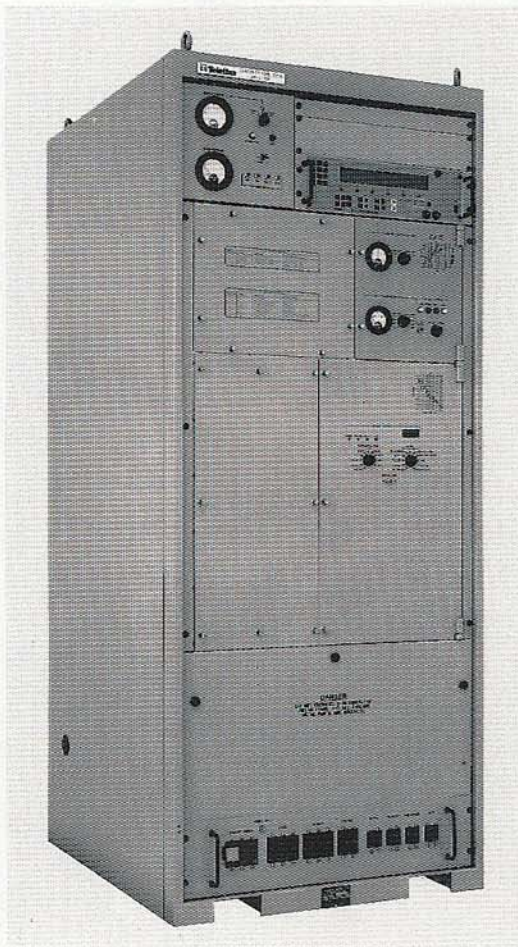
Transceptor de 1 kW con PRAD y modem de alta velocidad.

Unidad de sintonía de
antena de 1 kW.



ción en los diferentes canales de HF, y que seleccione el óptimo para una llamada; esto da lugar a un sistema altamente automatizado, que evita los continuos chequeos por operador (y gran pérdida de tiempo) típicos de las comunicaciones convencionales de HF.

El HF-L-MODAP es un modem de datos de alta velocidad que trabaja en velocidades de datos de usuario de hasta 2400 bit/s. Una potente esquema de corrección de errores hacia adelante (FEC) garantiza una baja susceptibilidad a las interferencias.



Transmisor HF de
10 kW.

Otro módulo del sistema es el HL-L-PPSV, selector muy rápido de pre-post sintonía con selectividad de 55 dB tanto en transmisión como en recepción. El transmisor y el transceptor pueden trabajar con el ATU 1001 M (foto superior), unidad rápida de sintonía de antena de 1 kW que funciona en la banda de 1,6 a 30 MHz. Este equipo puede guardar la configuración necesaria para establecer 99 canales (sintonía preajustable), permitiendo tiempos de sintonía menores de 50 ms; si no está en modo de preajuste, la sintonía requiere al menos 400 ms. El ATU se ha robustecido para trabajar eficazmente en los entornos más exigentes.

La foto inferior muestra el HF-L-10 K, un transmisor de 10 kW que trabaja en la banda de 2-30 MHz. Basado en el excitador HF-L-ED/10 (equipo derivado del HF-L-E, con control y programación específica) el sistema está alojado en un bastidor de 19 pulgadas, de dos metros de altura. En su parte baja está la fuente de alimentación (380 V_{ac}), mientras que un postselector puede instalarse sobre el excitador. El amplificador de potencia está compuesto por tres secciones (previa, intermedia y final), incluyendo las dos últimas válvulas de alta linealidad con bajo consumo de potencia. El tiempo de sintonía es muy rápido en sistemas de esta clase (10 segundos).

Alcatel Telettra ha desarrollado una serie completa de productos hardware y software para configurar fácilmente cualquier sistema de acuerdo a los requerimientos del usuario. Particularmente interesante es UGECO, unidad de gestión y mantenimiento que permite el control del equipo por diferentes fabricantes. Además de la conversión de protocolos, esta unidad permite el control del sistema desde un único PC y la posible asignación del módulo ARQ (petición automática de repetición), muy útil en la transmisión de datos punto a punto, que causa la repetición de los paquetes de datos que no se reciben correctamente.

Conclusiones

Con los últimos progresos tecnológicos, se están realizando nuevos sistemas basados en comunicaciones de HF, que aumentan la utilización del medio de HF. Dentro de este entorno, las aplicaciones para las redes de área extendida parecen tener un particular interés.

Los dos ejemplos de este artículo, el sistema de transmisión automatizado SARAH y la extensión del SCRA A101,

muestran como se pueden combinar diferentes técnicas para minimizar los efectos de la propagación e interferencia variable asegurando una comunicación fiable en condiciones extremas.

Referencias

- 1 N.Bianchella, C.Conticello, G.Luisi, "A101 SCRA – Extensión móvil de la red táctica de área": *Comunicaciones Eléctricas*, Volumen 65, n° 3, págs 296–304 (en este número).
- 2 Alcatel-Telettra, Alcatel-Face, PKI, "NIAG Study TACOM 2000, Phase III", 1990.
- 3 C.Conticello, V.Corvino, "High Power Systems for Radio Communications in the HF Range", *Telettra Review*, no. 35.

Francesco Barcio nació en Fermo, Italia, el 28 de febrero de 1958. Obtuvo un Laurea Degree en ingeniería electrónica por la Universidad de Ancona en 1983. De 1984 a 1989 estuvo en Contraves Italiana, Roma, donde trabajó como diseñador de sistemas de radar, con especial interés en el campo de análisis y clasificación de señal, además de en algoritmos de exploración y en fusión de datos. Desde 1989 trabaja en Alcatel Telettra, en la División de Sistemas Tácticos, como jefe de sistemas del desarrollo de las redes de Radio HF y C3I. Está interesado en los campos de redes de

ordenadores, de transmisión de datos y de fusión de datos.

Giovanni Guidotti nació en Pescara, Italia, el 25 de noviembre de 1955. Obtuvo un Laurea Degree en ingeniería electrónica por la Universidad de Bolonia, Italia, en 1979. Desde entonces ha trabajado en Alcatel Telettra, en la División de Sistemas Tácticos. En 1987 estuvo cuatro meses como investigador en la Universidad de California, Santa Bárbara, trabajando en los bancos digitales de filtros. Actualmente es responsable del Basic Technical Laboratory y está fuertemente implicado en la investigación de comunicaciones digitales, en sistemas distribuidos de espectros y en procesamiento de la señal digital. Tiene siete patentes relacionadas con estos temas.

Vicenzo Maglione nació en Pescara, Italia, el 2 de abril de 1949. Obtuvo un Laurea Degree en ingeniería electrónica por la Universidad de Bolonia, Italia, en 1974. Ha trabajado hasta 1988 en la División de Telecomunicaciones de Defensa de ITALTEL SIT s.p.a., entrando después en Alcatel Telettra, donde está trabajando en la División de Sistemas Tácticos. Sus principales actividades se encuentran en diseño de sistemas, principalmente en el campo de las comunicaciones de HF, y en la planificación técnica de proyectos. También ha participado en muchas actividades internacionales con los grupos de la OTAN, específicamente en los sectores IFF y HF.

Técnicas orientadas a objetos para sistemas C3I

Los sistemas C3I (Comunicación, Ordenes y Control e Inteligencia Integrados) representan una familia de sistemas preponderantemente de software, particularmente complejos. Estos sistemas requieren el acceso a nuevas herramientas y métodos, para describir su arquitectura y elementos componentes, y asegurar su desarrollo bajo condiciones de fiabilidad, reutilización y validación de prestaciones.

P.J. Oziard

Alcatel ISR, Evry, Francia

Introducción

Las autoridades militares han estado trabajando en el desarrollo de sistemas C3I, también conocidos como sistemas de comunicación, ordenes y control e inteligencia, durante más de 20 años. Han encontrado una serie de dificultades.

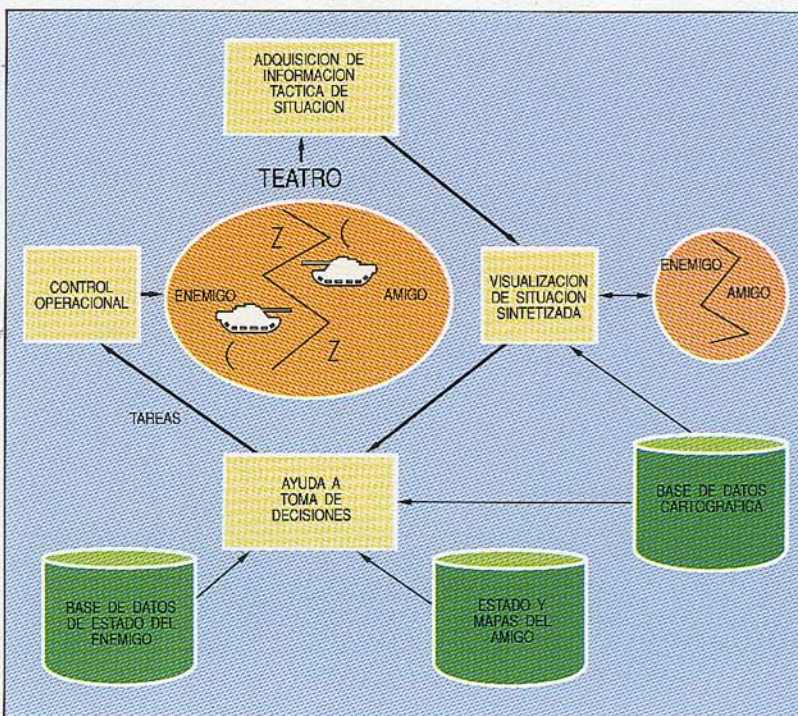
Después de sugerir una definición general de los sistemas C3I, y de mostrar como este tipo de sistemas se extiende a otras áreas no militares, se resaltan los diferentes aspectos de la complejidad de su diseño y desarrollo. En este contexto, se muestran primero los problemas derivados de la insuficiencia de las especificaciones del sistema, y después aquellos inherentes a la gestión de cambios e interrelación con otros sistemas C3I.

También se examinan las características esenciales de dos técnicas orientadas a objetos -la abstracción y la herencia- que mantienen la promesa de aplicación a la creación de sistemas C3I operativos.

Finalmente se describen una serie de herramientas desarrolladas y actualmente en uso por Alcatel ISR, y destinadas al mercado de sistemas C3I: las bibliotecas genéricas Spoke, ProSpoke, Spoke-Access y Spoke-Engine, y la plataforma de desarrollo de modelos de aplicaciones, Cenacle.

Finalmente se describen una serie de herramientas desarrolladas y actualmente en uso por Alcatel ISR, y destinadas al mercado de sistemas C3I: las bibliotecas genéricas Spoke, ProSpoke, Spoke-Access y Spoke-Engine, y la plataforma de desarrollo de modelos de aplicaciones, Cenacle.

Figura 1
Funciones del sistema C3I.



Problemas y complejidad de los sistemas C3I

La aparición de los sistemas de información y órdenes ha sido debida principalmente a la mejora de las prestaciones del hardware que procesa la información (potencia creciente de los microprocesadores, capacidad de la memoria principal y resolución de la pantalla de gráficos en color) y al incremento concomitante de la anchura de banda disponible en las redes de telecomunicaciones.

Estos sistemas pretenden aumentar el grado de control sobre situaciones cuya evolución es difícil de predecir, resultado de las numerosas interacciones entre los diferentes factores productores de interferencias y los elementos básicos que representan la situación.

El progreso en el sector de las comunicaciones es una de las razones de la apa-

rición de estos sistemas. Lógicamente, la rapidez con la cual la se dispone de la información se puede aumentar hasta el punto de poder concebir la modificación del curso 'natural' de los acontecimientos como un resultado de la *acción humana razonada y planificada*.

Los sistemas de este tipo, ya contemplados y en algunos casos creados en la esfera militar para propósitos de defensa nacional, parecen ahora posibles en otras áreas tales como la seguridad pública (p. ej., sistemas para gestión de recursos antiincendios de los bosques) o sistemas de control de tráfico aéreo, viario o urbano (Figura 1).

La creciente reactividad de los sistemas frente a las interferencias aparece consecuentemente para reflejar esta tendencia. Esto demanda ligaduras más cercanas al entorno y que solo pueden ser proporcionadas por la tecnología digital. Lo último es aplicable en la fabricación y miniaturización de una gran variedad de sensores, pero también para introducir el elemento humano en el proceso de detección-acción, proporcionando una ayuda a la decisión (o planificación) por intervención humana.

Aplicaciones de este tipo han aparecido también en otras áreas, en particular en sistemas de reservas de líneas aéreas y ferroviarias, gestión de producción bajo pedido, control de crédito en tiempo real, sin olvidar la gestión de recursos de telecomunicación y el control de procesos industriales y supervisión de equipos.

Naturaleza de la complejidad del sistema C3I.

Está reconocido generalmente que los sistemas C3I son complejos. Sin embargo se debe definir la naturaleza de esta complejidad.

La identificación de esta complejidad corresponde al reconocimiento de lo siguiente:

- la existencia de un considerable número de interacciones entre los componentes de un sistema, lo que significa que el resultado de una acción sobre el sistema, surgiendo del entorno del sistema, no es completamente previsible,
- o la dependencia de la forma en que un observador casual puede dividir un sistema en varios subconjuntos. Esto significa que la representación o modelo del sistema resultante puede variar del diseñador al usuario, y es

una de las principales razones de las posteriores peticiones de cambio.

El control adecuado de la complejidad de los sistemas a construir, principalmente en el área de sistemas de información, requiere el acceso a las herramientas y métodos adecuados. Sin embargo, antes de demostrar que las técnicas y los conceptos orientados a objetos representan un medio potencial de alcanzar este objetivo, se deben revisar los diferentes aspectos de la complejidad del sistema.

Hay que estudiar dos aspectos complementarios:

- definición y modelado del propio sistema (diseño),
- y el proceso de construcción o desarrollo del sistema resultante, proceso que impone un conjunto de características en el producto que son esenciales en su definición y mantenimiento.

Complejidad en la definición del sistema

Complejidad de especificaciones: un término más apropiado sería insuficiencia de las especificaciones. Deberíamos recordar que elaborar una especificación para la creación de un sistema, consiste esencialmente en el establecimiento de una definición precisa de las propiedades y características del sistema, y de las restricciones específicas asociadas a su creación.

Una buena especificación implica por tanto la definición en términos de comprensión. Debemos ser capaces de determinar su coherencia - y quizás esto es posible - pero también debemos saber cuando una especificación es completa.

Generalmente no se puede proporcionar una demostración teórica de que existe una solución, y la única respuesta es crear una versión prototipo del propio sistema. Tampoco es posible determinar la sensibilidad de la solución a cambios en las especificaciones, debido inevitablemente a la diferencia esencial de tiempo entre el borrador inicial de la especificación y los primeros resultados. Es más que probable que los futuros usuarios hayan cambiado de ideas durante este periodo.

Complejidad de la representación del conocimiento

Diseñar un sistema significa construir un modelo del proceso o situación real a ser controlado o influido por el sistema futuro. Los lenguajes empleados para

este propósito deben ser por tanto adecuados para abstraer los datos que describan situaciones observables, y los métodos de razonamiento que se aplicarán por los que toman las decisiones cuando establezcan sus planes de acción.

Se nota una cierta ambigüedad en la primera frase del párrafo anterior, bien si tomamos la expresión 'por el sistema futuro' relacionada con 'proceso' o con 'modelo de la situación real'. La realidad futura difiere de la presente, en la medida en que existen 'sistemas que se suponen posibles', y modifica parcialmente la imagen de la situación real que construimos. La descripción del futuro sistema debe por tanto contener una descripción de sí mismo.

Los tipos de conocimiento que debemos ser capaces de modelar incluyen la correspondencia de procedimientos y datos, la planificación de datos y argumentos, así como los datos incompletos, inciertos y altamente evolutivos en el tiempo. Naturalmente cada uno de estos conjuntos puede ser manejado por diferentes usuarios, trabajando con diferentes puntos de vista.

Complejidad del interfaz hombre máquina

Este aspecto de complejidad del sistema de información se deriva de la complejidad de la representación del conocimiento, y de la existencia de una amplia variedad de operadores, que aprenden el sistema en situación y forman sus propias ideas individuales de operación.

El interfaz hombre/máquina constituye entonces una parte esencial del sistema, y debe ser lo suficientemente redundante como para permitir la adaptación rápida a la variedad de métodos de trabajo empleados por los usuarios.

Complejidad del proceso de desarrollo

Complejidad de la integración

La arquitectura general de un sistema de información depende grandemente de los componentes técnicos disponibles para las funciones de comunicación, almacenamiento, proceso y presentación de conocimiento y datos, donde la evolución técnica proporciona acceso a soluciones parciales más o menos estandarizadas y por tanto potencialmente reutilizables.

El objetivo es por lo tanto tener la suficiente capacidad de modelado para arquitecturas construidas con estos componentes técnicos, y alcanzar un grado

adecuado de uniformidad de los diferentes lenguajes de tratamiento y control de datos propuestos para cada componente. Este proceso de uniformización del lenguaje de descripción se acompaña de mecanismos de integración eficaz de los componentes asociados, para asegurar la auténtica reutilización del software ya desarrollado.

Entonces, se deben explorar los aspectos técnicos de los sistemas abiertos para tener en cuenta la interrelación esencial de los sistemas en un momento particular, pero también en las diferentes etapas del ciclo de la evolución operacional.

Complejidad de evolución

Este aspecto de la complejidad del sistema de información es también resultado de la incapacidad de alcanzar una definición total y positiva. El sistema está por lo tanto sujeto a unas series de peticiones de cambio en servicio, que deben ser redefinidas y progresivamente integradas por una función tácita de gestión de configuración de la aplicación.

Complejidad de evaluación

La evaluación de la conformidad de una aplicación de un sistema interactivo de información es más difícil, e incluso puede requerir la definición de un simulador de entorno a la vista de los factores ya mencionados.

Arquitectura de la complejidad del sistema C3I

La complejidad es inherente tanto a la naturaleza del fenómeno estudiado como a la forma en que se describe su estructura. La mayoría de las estructuras complejas del universo son altamente redundantes. Esto facilita su descripción, pero todavía debemos encontrar un método satisfactorio de representación.

Herbert Simon* ha demostrado que la complejidad tiene normalmente una estructura en árbol, correspondiendo a un sistema compuesto por un número limitado de subsistemas interconectados. Cada subsistema puede ser recursivamente descompuesto en su propia estructura de árbol, descendiendo al nivel más bajo (o aquel que el diseñador considera el más bajo). Esta forma de repre-

* Ganador del premio Nobel de economía, y pionero en el campo de la inteligencia artificial.

sentación se encuentra en los sistemas físicos, biológicos e incluso lingüísticos. Uno de los aspectos básicos de esta descomposición es la identificación simultánea de las relaciones e interrelaciones de los subsistemas.

En los sistemas estructurados en árbol, podemos distinguir entre interacciones de subsistemas separados, e interacciones internas a cada subsistema. Así existe un criterio para la división de un sistema en subsistemas, llamado reducción del número de interrelaciones entre diferentes subsistemas, para alcanzar lo que se describe como un sistema 'casi-subdivisible'. En este contexto, la conducta a corto plazo de cada subsistema es más o menos independiente de las conductas a corto plazo de cada uno de sus compañeros, mientras que el comportamiento a largo plazo de cada elemento componente del sistema está afectado, en una manera agregada, por el de los otros elementos.

Esta estrategia de representación y descripción del sistema ha sido eficazmente utilizada en la descripción de las arquitectura de los sistemas abiertos de comunicación (modelo ISA de 7 capas). Nuestro conocimiento en este área ha sido así ampliado, y hemos sido capaces de construir eficazmente sistemas operacionales.

Siguiendo la analogía inversa, vemos que hay dos formas de mirar el mundo y comprender sus sistemas complejos, la representación de estados y la representación de procesos. Las tablas, gráficos, diagramas, fórmulas y estructuras químicas *describen estados*, mientras que las recetas, ecuaciones diferenciales y algoritmos *describen procesos*.

La primera describe el mundo tal como nosotros lo percibimos, mientras que la segunda caracteriza el mundo en el que vivimos, proporcionando los medios para producir o crear objetos que posean las características deseadas.

Las dos formas de descripción son complementarias. Con una descripción de un objeto suficientemente exhaustiva, el objeto puede ser reproducido sobre la base de esta descripción. La reproducción de los procesos se puede establecer usando una u otra forma de representación. La sencillez y la inteligibilidad de la representación llegan a ser entonces el criterio para la reutilización. También se puede hablar del criterio de 'supervivencia' y de la selección 'tipo de descripción'. Un sistema que cumple estos criterios tiene una mejor oportunidad de ser copiado que un sistema cuya representación sea complicada.

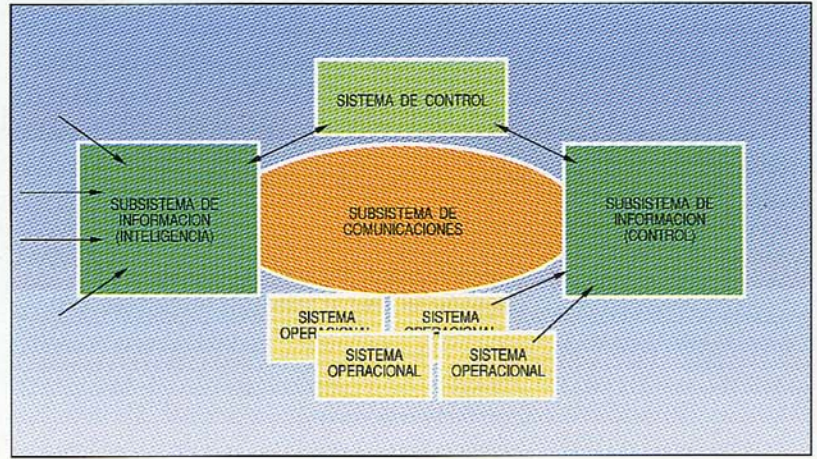


Figura 2
Modelo canónico de un sistema C3I.

Esto significa que un sistema complejo es más probable que sea resultado de la evolución relacionada con la agregación de un sistema simple, que de un sistema complicado. Entre todas las posibles formas de complejidad, solamente los sistemas cuasi-divisibles tienen la oportunidad de evolucionar.

Modelo C3I

La aplicación de las nociones descritas anteriormente, y en particular la de la estructura de capas de sistemas (incluyendo el concepto de descomposición jerárquica y reducción del número de interacciones entre capas) a los sistemas que suministran información y ayuda a la decisión, ha conducido a la identificación, en cualquier sistema, de una serie de componentes:

- subsistemas operativos (que tienen un impacto físico transformador en el entorno),
- subsistema informativo apropiado, que proporciona a los que toman decisiones simulaciones del entorno a controlar, y los medios de ejercitar este control,
- subsistema tomador de decisiones, que proporciona el medio de organizar las acciones de los subsistemas operativos para alcanzar los objetivos predefinidos, y almacenar las acciones preferentes para su utilización posterior,
- subsistema de comunicación, que controla las comunicaciones y la formulación de mensajes y datos representacionales entre los diferentes compañeros. El progreso en términos de prestaciones técnicas ha hecho necesario integrar este aspecto del sistema

en un modelo canónico representacional C3I (Figura 2).

La utilización del mismo modelo para describir cada uno de los subsistemas, dota al propio modelo de las propiedades de árbol estructurado anteriores.

Contribución de los conceptos de objetos al desarrollo de sistemas C3I

Presentación general del concepto de objeto

El concepto de objeto, según se utiliza hoy en los genuinos lenguajes orientados a objetos, se puede reducir a sus dos principales características: *abstracción* y *herencia*.

Ciertos autores prefieren el término de 'encapsulación' al de abstracción, y de hecho utilizaremos este término cuando nos refiramos a aspectos de implantación. La abstracción y la herencia abarcan efectivamente una serie de ideas complementarias, que se examinarán en detalle.

Abstracción y encapsulación

El término abstracción se utiliza para designar el método de razonamiento empleado por el diseñador en la representación de una realidad por ciertas características, consideradas como representativas del problema a examen. En un contexto de programación orientada a objetos, esta operación se asocia con la selección de las propiedades estáticas (atributos de objeto) y dinámicas (comportamiento del objeto) de una entidad componente de la realidad a modelar.

En el caso de encapsulación, las variables estáticas y los comportamientos de la entidad se ven de forma global. Más aún, el aspecto dinámico del comportamiento se ignora en favor de los resultados de este comportamiento.

Las propiedades agrupadas de un objeto constituyen una clase global, y se corresponden estrechamente con el concepto de tipos abstractos de datos, como se propone en ciertos lenguajes de programación como el CLU.

Desde un punto de vista orientado a conjuntos, podemos decir que una clase designa el conjunto de objetos que comparten el mismo tipo. Nos referimos a los elementos del miembro de un conjunto como las '*instancias*' de la clase. Solamente las instancias de una clase son reconocidas por identificadores dinámicos, y son en alguna forma equivalentes

a las expresiones múltiples de una relación en un sistema de gestión de base de datos.

Las operaciones que describen la conducta de los objetos las llamaremos '*métodos*'. Esto es a menudo una causa de confusión, en un contexto de diseño, entre los diferentes significados de esta palabra. El término '*servicios*' se usa algunas veces en lugar de '*métodos*'.

Una operación implícitamente asociada con cada atributo de una clase es la interrogación del valor del atributo. En ciertos lenguajes, se puede hacer distinción entre atributos públicos (acceso universal) y atributos privados (acceso condicional) y entre métodos públicos y privados por razones de fiabilidad del código generado.

La posibilidad de determinar el tipo de un objeto para la asignación de las correspondientes áreas de memoria, únicamente en el momento de la ejecución, se llama generalmente '*vinculación dinámica*'. El sistema de gestión de objetos es entonces responsable de la determinación del tipo. La vinculación dinámica se aplica generalmente en el caso de un intérprete, mientras que un compilador puede asignar espacio de memoria en la propia compilación. En este caso se utiliza el término '*vinculación estática*' (o '*vinculación temprana*').

Una operación (o '*método*') sobre un objeto se activa enviando un mensaje, cuya sintaxis es normalmente:

[identificador-de-dirección, nombre-del-método (lista de argumentos)].

Un programa, en el sentido del sistema de objetos, comprende en consecuencia un conjunto de objetos que intercambian mensajes. Desde fuera de un objeto, debido a la regla de encapsulación, no se puede decir como está implantada la operación correspondiente a '*nombre de método*'. El mismo nombre puede, por tanto, iniciar operaciones diferentes de acuerdo con el objeto direccionado, sin modificación de la lógica externa. Un mecanismo de este tipo (*polimorfismo*) constituye un factor fundamental en términos de legibilidad y portabilidad del programa.

El significado unido a la palabra '*objeto*' en este contexto también debe ser explicado, para evitar cualquier confusión. Un objeto puede designar una clase o una instancia incluida en la clase. En ciertos lenguajes, la palabra '*objeto*' tiene el mismo significado que '*instancia*'.

• En la práctica, un objeto debería ser considerado como una estructura de proceso de información que proporciona una

función de encapsulación (enmascarando el método usado para la organización física de los atributos, y la ejecución de las operaciones correspondientes a los métodos), así como las de interpretación o selección de operaciones, y reconocimiento de parámetros.

El objeto (en el sentido de proceso de la información) implanta los mecanismos de interpretación de mensajes y encapsulación. Para esta implantación pueden existir soluciones diferentes, correspondiendo a un número igual de sistemas de objetos diferentes (o modelos de objetos).

Ciertos modelos son 'todo objeto', con clases e instancias, y también propiedades (atributos y métodos de una clase). Este es el caso del Spoke, al cual nos referiremos más adelante.

Herencia

El mecanismo de herencia se usa para tomar en cuenta las propiedades estructurales y semánticas que pueden existir entre las diferentes clases (tipos) de un sistema, y eliminar los problemas de duplicación de datos y procedimientos. Este mecanismo está directamente ligado a consideraciones de reutilización de modelo y código.

La noción de herencia deriva del trabajo en el campo de la inteligencia artificial, relacionado con la representación del conocimiento en forma de 'guiones', 'marcos', o redes semánticas.

El mecanismo de herencia se utiliza para tener en cuenta, de forma natural y en el propio lenguaje, dos operaciones cognitivas utilizadas frecuentemente por los diseñadores:

- clasificación ('es un tipo de relación'),
- descomposición ('está compuesto de').

En la práctica la mayoría de los sistemas solo contienen el primer tipo de relación, mientras que el segundo puede construirse generalmente utilizando atributos tipo lista.

Las semánticas de la relación 'es un' son del mismo tipo que las de inclusión en conjuntos: si la clase B hereda a la clase A (su superclase), esto significa que los atributos de B son los mismos que los de A, mientras que los métodos de B son los métodos de A. La clase B puede ser especializada añadiéndole nuevos atributos y/o nuevos métodos. En este caso, si el nombre de un nuevo método es idéntico al de un método en la jerarquía de la superclase, se produce una situación de sobrecarga de nombre de método, y el mecanismo intérprete

concede prioridad a la definición de nivel más bajo.

No hay motivo para que una clase no pueda heredar a dos superclases separadas. Esta situación se conoce como una 'herencia múltiple'. Pueden producirse colisiones de herencia si se definen propiedades en cada una de las superclases afectadas. Generalmente es decisión del programador proveer esta situación en la etapa de diseño.

Aplicaciones de las técnicas orientadas a objetos en los sistemas C3I

Como hemos visto en la anterior presentación general de los conceptos de objetos, las características técnicas particulares de los lenguajes de objetos también se pueden usar en las fases de análisis y diseño, en cuyo caso el lenguaje está restringido a su función de representación del sistema. Donde el nivel de descripción pueda ser asociado con un intérprete, se estará en posición de ejecutar (o simular) la especificación.

Las limitaciones de modelar por objetos, implicando la expresión concomitante de propiedades dinámicas (comportamiento) y estáticas (atributos), es compatible con la aproximación sistemática, que enfatiza la identificación de las propiedades de cada entidad, en términos de sus aspectos complementario y global. Como en los mecanismos de herencia, estos proporcionan la representación sencilla de la estructura del sistema, o de un elemento del sistema, en forma de jerarquía de clase.

Esto significa que el modelo de objeto, en el amplio sentido del término, puede ser adecuado para controlar los diferentes aspectos de la complejidad de sistemas C3I.

Complejidad del interfaz hombre/máquina

Los sistemas de objeto han estado estrechamente asociados con el surgimiento de interfaces de gráficos interactivos, basados en técnicas de icono y de multi-ventana. El desarrollo del sistema de presentación gráfica Motif es un ejemplo significativo.

El soporte potencial de bibliotecas de clases de gráficos, disponibles en forma estándar, para la creación de especificaciones y nuevos conjuntos de objetos gráficos, indica el método de desarrollo de interfaces hombre/máquina que cubren las nuevas necesidades expuestas por los operadores de los sistemas C3I.

Están disponibles en el mercado diferentes generadores de este tipo de interfaz.

Complejidad de las especificaciones y gestión de la evolución

Los mecanismos de abstracción y herencia, que están indisolublemente unidos con sistemas y lenguajes de objetos, son herramientas para las operaciones cognitivas implicadas en cualquier proceso de diseño. La capacidad de estos mecanismos para la ejecución desde las fases de análisis y diseño, abre la puerta a la creación rápida de prototipos, facilitando la evaluación y confirmación de especificaciones de definición-de-necesidades.

La posibilidad adicional de ampliación por enriquecimiento de la especificación, o por especialización de modelos ya producidos, marca el camino para redefinir el ciclo de vida, conduciendo a un control más eficaz de la complejidad de la definición del sistema y de la gestión de evolución.

Complejidad de la representación del conocimiento

Numerosos sistemas expertos o sistemas de gestión de base de conocimiento han demostrado ya que los datos utilizados por los procesos que manejan sistemas de información, que requieren la integración de numerosas relaciones entre entidades semánticas básicas (p. ej., cartografía o planos de acción), pueden ser expresados en lenguaje de objeto. La riqueza del modelo puede conducir incluso a sistemas híbridos en los cuales el conocimiento se puede representar utilizando diferentes paradigmas (programación declarativa o programación por restricciones).

Complejidad de integración

El mecanismo de encapsulación puede ser utilizado, donde pueda ser aplicado, por ejemplo, a procedimientos o estructuras en C para ampliar el vocabulario del lenguaje o sistema de representación a operaciones y servicios que ya están disponibles, eventualmente en forma de productos standard, como la gestión de base de datos, la mensajería o los sistemas de representación gráficos, que conducen a una integración de abajo a arriba de los servicios de almacenamiento y proceso.

Complejidad de evaluación

De nuevo aquí, la modularidad del sistema y la encapsulación de las aplicaciones resultantes del concepto de objeto,

indican el método para la simulación de un entorno del sistema (considerado en este caso como un trellis del objeto por medio de otro trellis del objeto). Entonces es posible construir estrategias de evaluación que estén totalmente integradas en el proceso de desarrollo.

Complejidad de gestión de evolución

En el caso de sistemas de objeto en los que se adopte el concepto 'todo objeto', esta visión orientada-a-objeto puede aplicarse a los aspectos de ingeniería del software del sistema. Es entonces posible definir módulos como grupos de objetos (con especificaciones cubriendo las partes importadas y exportadas), y organizar los módulos en clases.

En este caso, el modelo de objetos puede ser utilizado para construir una representación de objetos de sus elementos componentes desde un punto de vista de ingeniería del software.

Spoke

Spoke es la herramienta básica utilizada por Alcatel ISR para prototipos, desarrollo e integración de aplicaciones interactivas, como una ayuda en la toma de decisiones en sistemas de información y órdenes.

Spoke es el resultado de un trabajo dirigido por Alcatel Alsthom Recherche en lenguajes de objetos y su aplicación en el campo de la inteligencia artificial (sistemas expertos y modelado conceptual) en conexión con el proyecto LORE, entre 1986 y 1988.

Spoke y la generación de aplicaciones interactivas.

Spoke se puede definir como un entorno de desarrollo, o como un generador de aplicaciones interactivas orientadas a objetos. La versión básica incorpora un sistema de gestión de objetos, escrito en C y portable por tanto a cualquier estación de trabajo Unix, herramientas de ayuda al desarrollo incluyendo un depurador paso a paso y *hojeador*, herramientas de ayuda a la generación de interfaces gráficos incluyendo una facilidad de multiventana, interfaz de biblioteca para programas escritos en C, y un compilador de generación de código C.

La versión ampliada actualmente en fase de desarrollo, denominada ProSpoke, proporcionará la generación de aplicaciones en un contexto de equipo, una función de gestión almacen-y-reutiliza-

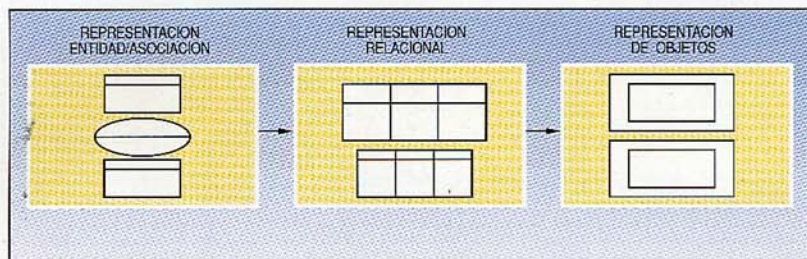


Figura 3
Principio de la correspondencia relación-objeto en Spoke-Access.

ción de la biblioteca de clases y herramientas de ayuda a la evaluación de prestaciones de los programas.

Se han desarrollado bibliotecas de interfaz asociadas con estas herramientas para bases de datos relacionales (Spoke-Access), junto con un generador de sistemas expertos (Spoke-Engine).

Spoke-Access

Spoke-Access está diseñada para proporcionar una visión orientada a objetos de datos relacionales, en la redefinición y manejo de los datos en términos de objetos, aprovechando la potencia de representación y de razonamiento del sistema Spoke.

El modelo relacional corresponde a un concepto sencillo de modelado, pero su potencia está limitada cuando se llega al estudio de entidades complejas. Tal es el caso de los sistemas de ayuda al diseño en un contexto mecánico, electrónico o de ingeniería, sistemas de información de negocios estratégicos (p. ej., sistemas de gestión de producción) o informes de gestión interactivos. Esto también se aplica a sistemas C3I, con representación cartográfica de situaciones evolutivas o la preparación de planes de acción.

Con los datos vistos como una serie de objetos, Spoke-Access proporciona al usuario una representación de la complejidad inicial de las entidades del mundo real y sus diversas relaciones. Así el usuario tiene acceso a toda la potencia del lenguaje de programación de objetos Spoke, mientras que retiene las facilidades iniciales del interfaz fuente de SGBD. Puede entonces reutilizar sus datos, salvar sus inversiones iniciales, y mantener la coherencia entre las nuevas aplicaciones y las desarrolladas previamente.

Con Spoke-Access, los usuarios de Spoke pueden almacenar los datos objeto estables en espacio persistente (disco), compartiendo estos datos utilizando mecanismos protectores comprobados incorporados en los sistemas de gestión de bases de datos disponibles en el mercado.

Spoke-Access asegura la correspondencia entre el esquema del objeto utilizado por Spoke y el esquema relacional previamente definido (reutilización de bases de datos existentes), o diseñado para este propósito por el usuario (Figura 3).

Funciones de Spoke-Access

Spoke-Access está diseñada como una biblioteca Spoke. Los datos son manejados utilizando el lenguaje Spoke, y los datos de un esquema relacional se hacen corresponder con nuevos tipos de objetos (*dbtypes*):

- para conexiones con una o más bases de datos y ejecución de operaciones transaccionales,
- para definición de tipos de bases de datos, y atributos cuyos valores están almacenados en la base de datos,
- y para ejecución de peticiones de manejo de grandes volúmenes de datos, o almacenamiento de tipos particulares al correspondiente usuario.

Lenguaje de petición

Todas las operaciones relacionadas con objetos en la base de datos corresponden a la generación y ejecución de órdenes del SGBD central. El lenguaje de petición habilita al usuario para interrogar y manejar datos de objetos.

Para la interrogación se utilizan operadores de álgebra relacional básica, soportando operaciones orientadas a conjuntos tales como selección, protección y varias combinaciones de ambas. Los órdenes se generan y envían automáticamente llamando a rutinas de comportamiento predefinidas, o explícitamente por el usuario.

El diseño orientado-a-objetos de Spoke-Access asegura una adaptación rápida a cualquier SGBDR compatible con el SQL estandard.

Spoke-Engine

Spoke-Engine es un generador de sistema experto basado-en-variables, que opera en el modo encadenamiento-hacia adelante. Asociado con el sistema de gestión de objetos Spoke, Spoke-Engine ofrece al diseñador toda la potencia de los sistemas de reglas de producción.

Un sistema de producción se define en Spoke-Engine por:

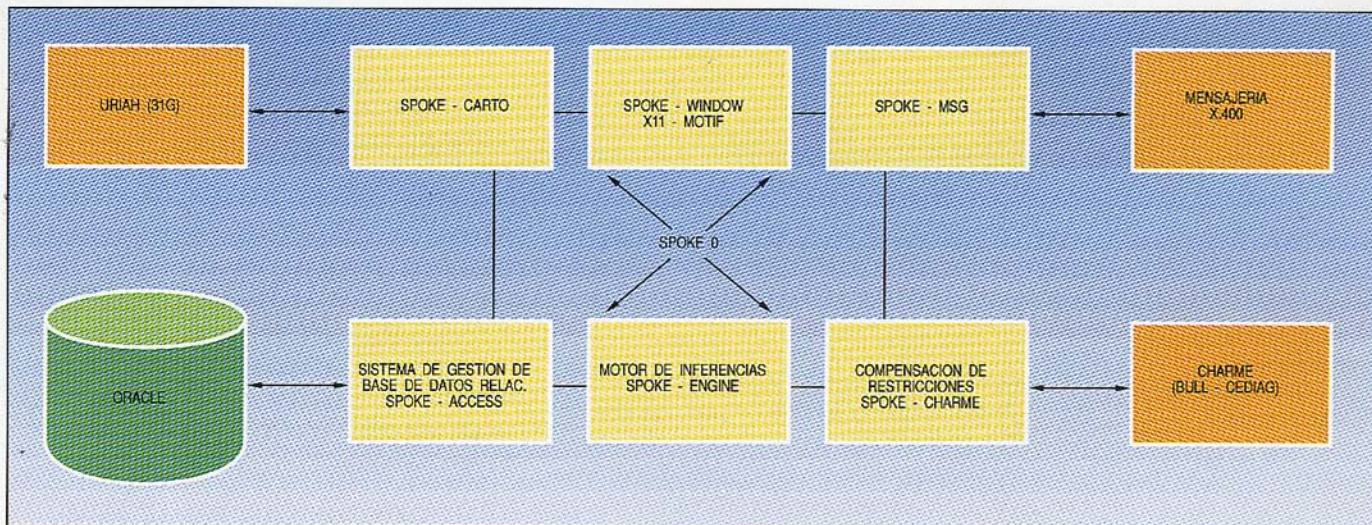


Figura 4
Arquitectura general
de la plataforma
Cenacle.

- una base de hechos (conjunto de conocimiento descriptivo),
- una base de reglas (conjunto de conocimiento operacional).

Spoke-Engine está completamente integrado en Spoke. Las entidades de Spoke-Engine corresponden a objetos Spoke. El motor de inferencias de Spoke-Engine trabaja en el mundo de objetos Spoke.

La base de hechos de Spoke-Engine contiene el conjunto de todos los objetos Spoke presentes en la sesión. La base de hechos es interrogada para permitir a la máquina de inferencias instanciar las reglas, y es actualizada según se van activando las reglas.

Cada regla es una entidad básica de Spoke-Engine, utilizada para formalizar el conocimiento relacionado con una aplicación Spoke. Spoke-Engine tiene su propio lenguaje de definición de reglas de producción, de la forma 'Si <condiciones> entonces <acción>'. Las condiciones representan las pruebas de asertividad del mundo Spoke, y las acciones modifican estas aserciones.

Como las propias reglas son objetos Spoke, el metanivel del conocimiento también puede ser representado sin dificultad en forma de regla:

- ampliación: enumeración de reglas,
- comprensión: ejecución de operaciones algebraicas sobre conjuntos de reglas desde distintas bases de reglas.

Una sesión de Spoke-Engine puede incluir cualquier número de bases de reglas. Por esta razón, Spoke-Engine también puede proporcionar una función de conmutación de bases de reglas. Una base de reglas se comporta de la misma

forma que una tarea, y puede estar activa, en reserva o suspendida.

Las estrategias para resolver las colisiones de las bases de reglas pueden ser totalmente programadas por el usuario. Sin embargo Spoke-Engine proporciona tres estrategias 'estándar':

- arbitraria: selección arbitraria de instanciación de regla,
- LIFO: selección de la instanciación de regla más reciente,
- prioridad: selección de la instanciación de regla con prioridad más alta.

Spoke-Engine puede ser utilizado para informar directamente al sistema inferencial de cualquiera de las modificaciones que ocurren en el mundo Spoke. Los correspondientes mensajes de información actualizan los objetos Spoke, y propagan las modificaciones a las bases de reglas afectadas.

Cenacle – plataforma de prototipos del sistema C3I

Cuando se crean sistemas C3I se deben aplicar reglas de desarrollo estrictas. Hemos visto ya que el desarrollo de prototipos de una aplicación interactiva representa un paso esencial en este proceso.

Como un sistema C3I es también un conjunto de sistemas genéricos o módulos, como los sistemas de gestión de bases de datos, módulos de visualización de datos cartográficos, etc., es deseable, al menos, el tener la capacidad de reutilizar, si no integrar estos elementos en una plataforma, para facilitar el desarrollo rápido de modelos y, más tarde, de prototipos.

Estos módulos también pueden ser reutilizados, donde sea apropiado, para la creación de la aplicación final.

Un conjunto de servicios tales como la gestión de versión, el generador de código y los editores especializados, tal como están normalmente disponibles en cualquier laboratorio de ingeniería de software, se necesitan también para el desarrollo con éxito, y la experimentación de modelos de este tipo.

Cenacle está diseñado para alcanzar este doble objetivo. La plataforma se crea con Spoke, y contiene todas las bibliotecas de interfaz con entornos ejecutivos normalmente encontrados en una arquitectura de sistemas C3I:

- interfaz del sistema de gestión de datos cartográficos (URIAH),
- interfaz del sistema de gestión de datos relacionales (ORACLE),
- interfaz de módulo de compensación de restricciones (CHARME),
- interfaz del sistema de mensajes X.400 (Figura 4).

La utilización de la plataforma Cenacle también requiere un método de análisis y diseño de aplicaciones interactivas diseñado para sistemas de información y órdenes. Alcatel ISR está desarrollando actualmente un método de este tipo orientado a objetos, el cual integrará los

aspectos de modelado sistemático identificados al comienzo de este artículo.

Conclusiones

En estos momentos, sólo las técnicas orientadas-a-objetos parecen capaces de proporcionar soluciones a los diferentes aspectos implicados en controlar la complejidad de los problemas del diseño y desarrollo de sistemas C3I.

Con Spoke y ProSpoke, el desarrollo de la plataforma Cenacle y las bibliotecas de aplicaciones genéricas, y la perfección de un método de diseño para aplicaciones interactivas de toma de decisiones, Alcatel ISR posee ahora un conjunto de herramientas que colocan a la compañía en una posición fuerte dentro del mercado de los sistemas C3I.

Philippe Oziard nació en París en 1942. Se graduó en la Escuela Politécnica y en la Escuela Nacional Superior de Telecomunicaciones. Es Ingeniero Jefe de Armamento. Después de dirigir el departamento de sistemas y proceso de la información de la sección de producción e investigación de telecomunicaciones de la DGA (Ministerio de Defensa Francés) hasta 1977, fue Director Delegado y más tarde Director Asistente de la División de Industrias Electrónicas e Informáticas del Ministerio de Industria hasta 1984. Se incorporó en 1985 al grupo Alcatel en GSI como director de nuevas tecnologías. Actualmente es director técnico de Alcatel ISR.

Sistema de control y comando aéreo (ACCS)

El programa del Sistema de Control y Comando Aéreo (ACCS) tiene como objetivo proporcionar a las Fuerzas Aéreas Aliadas en Europa unos recursos amplios e interoperativos de inteligencia, comunicaciones, control y comando (C3I). El software jugará un papel crucial en la integración de avanzados sensores, redes de comunicaciones, procesos de datos e interfaces hombre-máquina, y será la garantía del requerido interfuncionamiento técnico y operacional del sistema desplegado.

R. Allouche

Alcatel ISR, Evry, Francia

Introducción

El programa del Sistema de Control y Comando Aéreo (ACCS) fue iniciado al comienzo de los años 80 por los países de la OTAN para definir un programa de realización a largo plazo que proporcionase, a las Fuerzas Aéreas Aliadas en Europa, unos recursos amplios e interoperativos de inteligencia, comunicaciones, control y comando (C3I).

Desde su comienzo, dos consorcios industriales han colaborado con la OTAN en el diseño del sistema y están desarrollando, de forma regular, las especificaciones del sistema a través de una empresa mixta belga denominada A3M (ACCSCO-AMS Association Momentanée), que reúne las veinte principales compañías en C3I (Alcatel está representada por ISR y SEL).

Los importantes cambios en el entorno estratégico y geopolítico no han disminuido la urgente necesidad de realizar un sistema de tales características; se pondrá el énfasis en la movilidad y versatilidad de los componentes desplegados y se dará prioridad a los flancos de la OTAN (del norte de Noruega al este de Turquía).

El ACCS incorpora una serie de subsistemas tales como sensores, redes de comunicaciones, proceso de datos e interfaces hombre-máquina, realizados en centros operacionales conocidos como *entidades ACCS*.

Durante los últimos treinta años se han dedicado considerables recursos al establecimiento de sistemas de control aéreo y de defensa, tanto nacionales como de la OTAN. Dichos sistemas incluyen el NADGE (*NATO Air Defence Ground Envi-*

ronment), que funciona en Italia, Grecia, Turquía, Noruega y Dinamarca, el GEADGE alemán, el inglés mejorado UKADGE, el francés STRIDA, el español COMBAT GRANDE y el NAEWS (*NATO Airborne Early Warning System*). Además de estos sistemas defensivos de control y comando, más de 250 sistemas de proceso de datos, comunicaciones y control, nacionales y de la OTAN, apoyan las operaciones aéreas en Europa.

Salvo el sistema francés de defensa aérea STRIDA, que se ha mejorado continuamente, la mayoría de los sistemas actualmente desplegados están obsoletos y funcionan de forma más o menos independiente, requiriéndose para el necesario intercambio de información, si es posible, unos interfaces complicados con una capacidad bastante baja.

El ACCS trata de sustituir a dichos sistemas y de integrar todos los equipos de control y comando aéreo relacionados con la coordinación de todas las operaciones técnicas aéreas.

Requisitos operacionales del ACCS

Los principales requisitos operacionales del ACCS son los siguientes:

- integrar misiones aéreas tácticas ofensivas, defensivas y de apoyo en un único sistema,
- aplicar la doctrina de comando centralizado de equipos aéreos y ejecución descentralizada de tareas,
- comunicarse con los principales sistemas de control y comando, nacio-

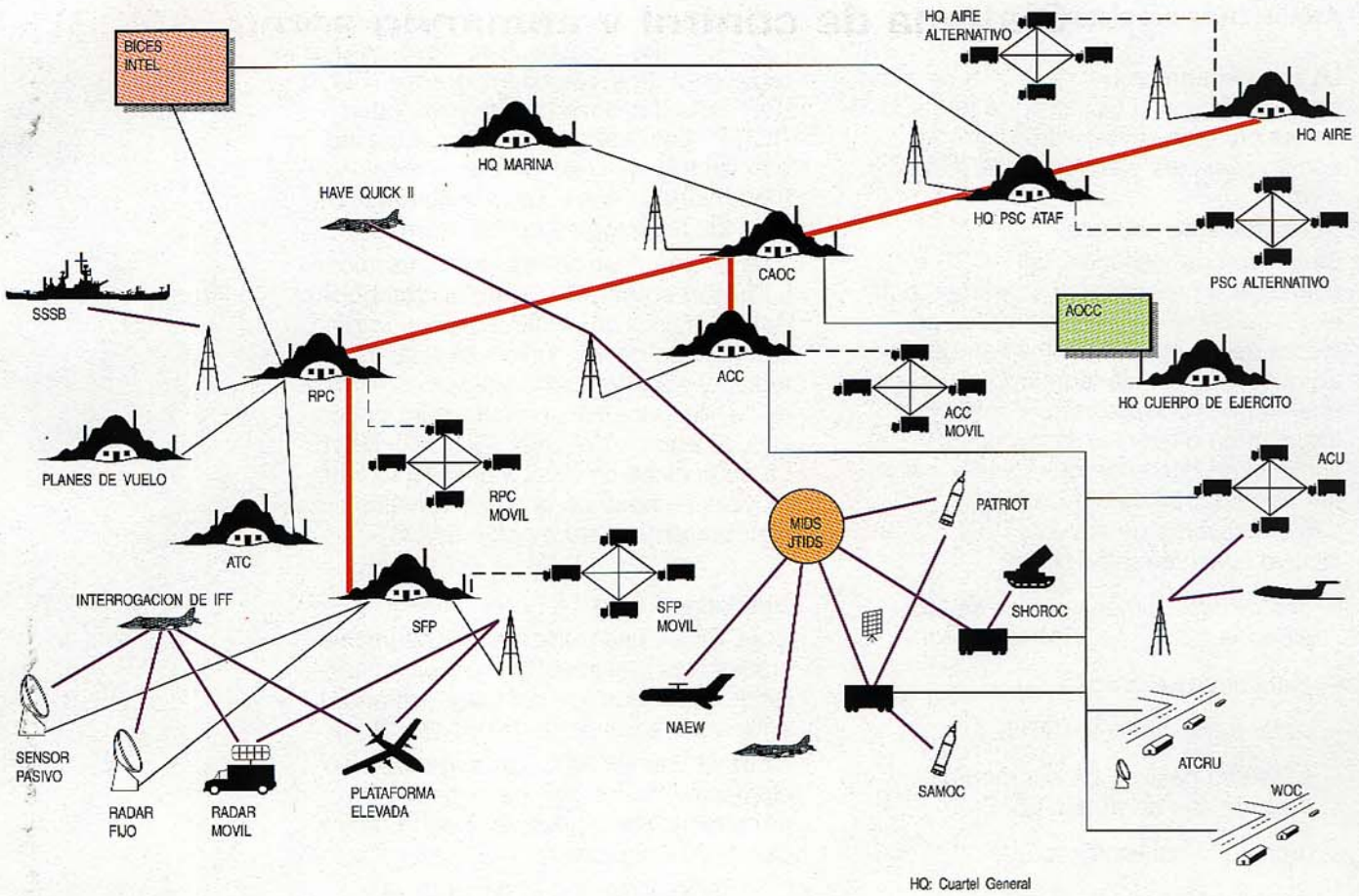


Figura 1
Arquitectura global
del ACCS.

- nales y de la OTAN, incluyendo sistemas terrestres y marítimos,
- poseer un alto grado de supervivencia física y electrónica,
- apoyar las operaciones de contra-medidas C3.

Funciones del ACCS

El ACCS es capaz de proporcionar una gestión global de todas las misiones aéreas ofensivas, defensivas y de apoyo mediante la automatización de las siguientes funciones:

- *Gestión de las fuerzas:* esta función proporciona un C2 (comando y control) efectivo y oportuno para el empleo de los recursos aéreos que implican planificación, encargo y preparación de armas y misiones.
- *Gestión de los recursos de control y comando:* la función de gestión de recursos C2 prevé el empleo de recursos aéreos C2 incluyendo sensores comunicaciones y proceso de datos, así como apoyo logístico.

- *Gestión del espacio aéreo:* la función de gestión del espacio aéreo se encarga del espacio aéreo para asegurar su máxima utilización y el mínimo riesgo para las operaciones aéreas.
- *Control de misiones aéreas.*
- *Control de tráfico aéreo:* esta función incluye la planificación y dirección del tráfico aéreo para asegurar las distancias de seguridad y el correcto tráfico aéreo.
- *Vigilancia:* la función de vigilancia proporciona la detección, seguimiento, identificación y notificación de trayectorias aéreas, de superficie y submarinas, como apoyo de las otras funciones. La función incluye datos de sensores (procedentes de sensores activos y pasivos), gestión de sensores, datos de identificación, apoyo a guerra electrónica y recogida / correlación / diseminación de información de inteligencia y de fuentes externas.
- *Intercambio de información:* esta función sirve de apoyo a las funciones ACCS anteriores.

Arquitectura del sistema

La arquitectura global de ACCS se muestra en la Figura 1. Comprende tres subsistemas principales: sensores, red de comunicaciones y entidades ACCS.

Subsistema de sensores

La función de vigilancia del ACCS está orientada a proporcionar la imagen más exacta posible del espacio aéreo por medio de fusión y diseminación de datos, aprovechándose de la interconexión de una amplia variedad de sensores que trabajan en diferentes frecuencias y que suministran diferente información a distintas velocidades de actualización.

El subsistema de sensores del ACCS incluye sensores tales como:

- tres radares dimensionales de largo alcance,
- plataformas elevadas,
- radar transhorizonte (OTH),
- sensores pasivos (p. ej., medidas electrónicas de apoyo ESM),
- radares bi/multiestáticos,
- identificación (p. ej., IFF, NIS).

Subsistemas de comunicaciones

El control y comando aéreo tiene una gran necesidad de comunicaciones. Para cumplir los requisitos del ACCS, las comunicaciones tierra-tierra y tierra-aire deben ser las adecuadas en lo relativo a conectividad, capacidad, velocidad, seguridad, fiabilidad y flexibilidad de acceso y organización de red para permitir que todos puedan ejecutar sus misiones.

El concepto general de comunicaciones ACCS (ver Figura 2) se basa en una red digital de servicios integrados (RDSI) (Recomendaciones de servicios I del CCITT). Esto asegura la compatibilidad con las redes civiles de comunicaciones y permite a la comunidad militar aprovechar las tecnologías de las mismas.

Las comunicaciones entre instalaciones se basan en una RAL para la distribución de datos y en un sistema separado para distribución de voz junto con unas resistentes y seguras comunicaciones tierra/aire de voz por UHF con cobertura óptica; incluye equipo SATURN, QUICK y HAVE. La comunicación táctica entre unidades móviles se basa en el sistema múltiple de distribución de información (MIDS).

Entidades ACCS

El ACCS es una combinación de instalaciones fijas y elementos móviles (sensores y "entidades" de control y comando) enlazados a través de la red ACCS.

Las entidades ACCS se organizan en elementos de control, de sistemas de armamento, de vigilancia, y de coordinación ejército/marina.

La Tabla 1 resume el papel de las principales entidades ACCS.

Software del ACCS

El software es un componente básico del programa ACCS, que apoya la automatización de las funciones operacionales del ACCS y la integración de sensores, red de comunicaciones, interfaces con sistemas navales externos o adyacentes y la interoperatividad requerida entre los diferentes países de la OTAN.

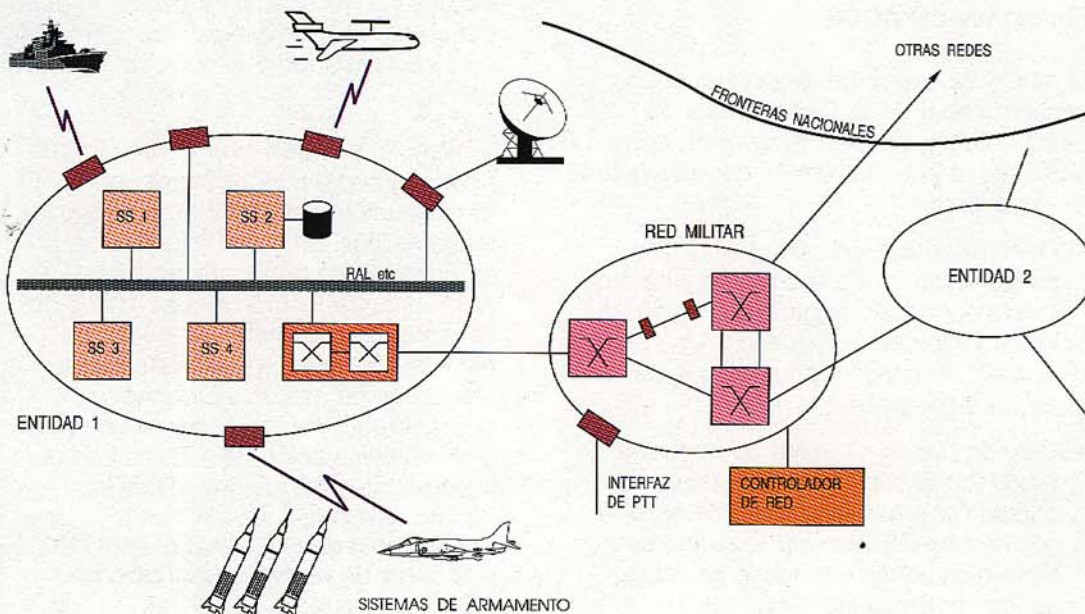


Figura 2
Concepto de comunicaciones del ACCS.

Tabla 1 – Principales entidades ACCS

Tipo	Siglas	Nombre	Definición
	CAOC	Combined Air Operations Centre	Un CAOC es la entidad ACCS inmediatamente por debajo del nivel PSC (Principal Subordinate Command), que realiza funciones para las misiones aéreas. Puede consistir en una célula de operaciones ofensivas, defensivas y de coordinación de apoyo.
Control	ACC	Air Control Centre	Un ACC es análogo al elemento de control de un CRC (Control and Reporting Centre) actual, pero con capacidad de control de misiones aéreas ofensivas o de apoyo.
	ACU	Air Control Unit	Un ACU es similar al ACC para funciones de control de tráfico y misiones aéreas. Sin embargo, excluye las responsabilidades SAM/SHORAD (Surface-to-Air Missile/Short Range Air Defense) como funciones primarias.
	SAMOC	SAM Operations Centre	SAMOC es el elemento C2 sobre el nivel de batallón SAM, el cual ejerce control sobre unidades de artillería subordinadas de diferentes sistemas de armamento. SAMOC se gobierna operacionalmente por el CAOC, ya que la total responsabilidad de defensa aérea está asociada a esa entidad. Sin embargo, para la ejecución minuto a minuto, un SAMOC es responsable del control de gestión de batalla de un ACC.
	WOC	Wing Operations Centre	Un WOC es la entidad C2 que controla todas las operaciones aéreas y el despliegue aéreo.
	ATCC	Air Traffic Control Centre	Un ATCC es el nombre genérico de una entidad de control de tráfico aéreo responsable de proporcionar los servicios de control de tráfico aéreo en una zona. Como en el ACCS, el término incluye centros de control de tráfico aéreo civiles, militares y conjuntos, así como las ATCRU (Air Traffic Control Radar Units)..
Armamento	SQOC	Squadron Operations Centre	Un SQOC es la entidad C2 que controla las operaciones de vuelo al nivel de unidad de combate.
	SHORADOC	Shorad Operations Centre	Un SHORADOC es la entidad C2 que controla las operaciones SHORAD a nivel de unidad de combate.
Vigilancia	RPC	Recognized Air Picture Production Centre	Un RPC es responsable del establecimiento y distribución de una foto área a los usuarios dentro y fuera del ACCS.
	SFP	Sensor Fusion Post	Un SFP es responsable del establecimiento y distribución de una LAP (foto área local) a los usuarios.
	RP	Reporting Post	El término RP abarca los elementos sensores activos y pasivos del sistema de supervisión.
Coordinación ejército/marina	AOCC y AOCC (M)	Air Operations Coordination Centre (marítimo)	AOCC y AOCC (M) realizan las funciones de coordinación de las misiones aéreas y de apoyo Ejército/Marina.
	MASSTIC	Maritime ACCS Ship and Shore Tactical Interface Component	El MASSTIC proporciona la información táctica entre las unidades marítimas y el ACCS en el mar.

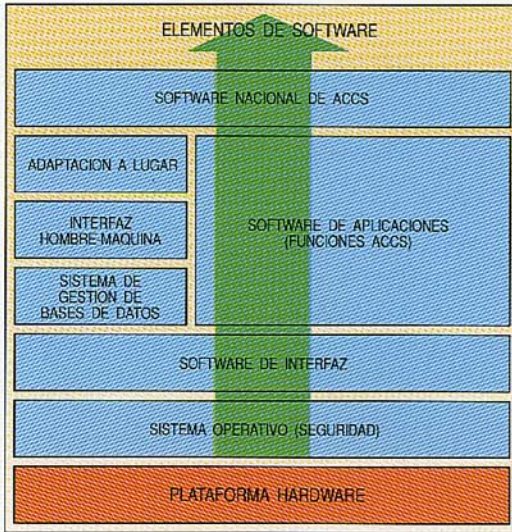
Para la gestión y mantenimiento del software se establece una arquitectura lógica total que incluye:

- software común de aplicación específica ACCS,
- software de apoyo a aplicaciones específicas del usuario,
- software comercial para las distintas aplicaciones,
- software comercial del sistema básico.

El software está escrito totalmente en ADA, por lo que es independiente de la máquina y se puede utilizar en productos comerciales hardware normalizados.

El software de aplicación del ACCS se distribuye en una serie de funciones lógicas instaladas en las entidades ACCS definidas. El intercambio de información funcional tiene unas características de tipo de servicio y el software se incluye en todas las entidades ACCS. Otras funciones de apoyo, como el interfaz hombre-máquina, los sistemas de gestión de bases de datos (DBMS), la simulación, el entrenamiento y los ejercicios auxiliados por ordenador (CAX), el diagnóstico y el análisis de datos se encuentran también en todas las entidades ACCS y forman una parte integral del software del ACCS.

Figura 3
Arquitectura del software del ACCS en una entidad.



El software básico del ACCS de la OTAN se complementará mediante adiciones nacionales para cumplir los requisitos específicos de cada país.

La arquitectura del software del ACCS instalado en una entidad se muestra en la Figura 3.

Los principales aspectos tenidos en cuenta durante el desarrollo del software del ACCS incluyen:

- la seguridad,
- el rendimiento en tiempo real,
- la eficiencia,
- la fiabilidad,
- y el mantenimiento.

Conclusiones

Los importantes cambios en el entorno geopolítico y estratégico no han disminu-

do la urgente necesidad de realizar el sistema ACCS.

Todos los conceptos y la arquitectura del sistema continúan siendo válidos; las nuevas tendencias serán un incremento en la importancia de la movilidad, versatilidad del equipo desplegado, junto con una estructura de componentes fijos.

Dando el comienzo del programa, a principio de los años 80, Alcatel ha estado presente en todos los contratos de definición del ACCS de la OTAN a través del consorcio europeo-americano con base en Bélgica AMS (*Airspace Management System*). El trabajo realizado actualmente por la industria incluye, con un contrato de 20 MECus, la elaboración de las especificaciones del sistema.

A nivel nacional, Alcatel está también presente en todas las actividades relativas al ACCS en Francia y Alemania (ISR tiene la participación principal en el programa SCCOA - ACCS francés, y SEL en el CAOC alemán).

La participación actual y pasada en todos los contratos ACCS, las importantes aportaciones en sistemas similares al ACCS (el STRIDA francés, el CAOC, etc..) y la experiencia en software e integración de sistemas hacen que Alcatel esté altamente cualificada para desempeñar un papel importante en la resolución del reto técnico del ACCS, y preparada para participar en la realización de un sistema de información y comunicaciones tan complejo.

Remy Allouche nació en 1956. Se graduó en informática y matemáticas aplicadas. En 1981 ingresó en IRS como ingeniero de sistemas. Entre 1983 y 1989 fue director de programas técnicos y de estudio de mercados para el ACCS y el NIS. El Sr Allouche es en la actualidad Director Delegado de Ventas y Mercados para Operaciones Internacionales.

A101 SCRA – Extensión móvil de la red táctica de área

En el marco del sistema de comunicaciones tácticas integradas Alcatel 101, Alcatel ofrece un subsistema de acceso radio monocanal (A101 SCRA), que se ajusta plenamente a la norma EUROCOM. Además de conectar a sus usuarios con la red de área, el subsistema A101 SCRA puede trabajar de modo independiente, como un centro de comunicaciones autónomo para abonados tanto fijos como móviles.

N. Bianchella

C. Conticello

G. Luisi

Alcatel Telettra, Chieti, Italia

Introducción

El escenario de los campos de batalla modernos se caracteriza por su creciente movilidad y flexibilidad; las comunicaciones móviles son esenciales en los despliegues rápidos y en la adaptación de la forma más rápida posible a la evolución de la FEBA (*Forward Edge Battlefield Area*).

La experiencia de la reciente Guerra del Golfo ha motivado una demanda creciente de los sistemas de comunicación ligeros, flexibles y de fácil despliegue. Al mismo tiempo, las operaciones militares requieren conexiones automatizadas de los abonados móviles con la red de comunicación de área, y consecuentemente, con los abonados fijos de la red de infraestructura.

Los enlaces deben ser dúplex y proporcionar a los abonados móviles las mismas facilidades, sistemas de numeración y servicios que normalmente se ofrecen a los usuarios fijos.

El sistema Alcatel 101 ha sido diseñado y desarrollado para satisfacer todos los requisitos mencionados, y para integrar en un único sistema todos los elementos de una moderna red digital de comunicaciones tácticas.

En el marco del sistema Alcatel 101, el subsistema A101 SCRA satisface plenamente los requisitos de comunicación móvil.

Requisitos de usuario

Las fuerzas de defensa, tanto europeas como no europeas, solicitan, cada vez

más, comunicaciones móviles con características iguales que las fijas.

En Europa, y en general en los países tecnológicamente avanzados, se demanda, con creciente intensidad, la integración de las redes de infraestructura y tácticas, y las facilidades que se ofrecen a los usuarios móviles (principalmente usuarios de SCRA y de CNRI) son cada vez más similares a las que se ofrecen a los abonados fijos.

Por otra parte, en los países en vías de desarrollo, una red táctica es a menudo el primer paso hacia un sistema de comunicaciones militares a nivel nacional, ya que es más barato, de más fácil despliegue y más flexible que las redes fijas; la falta de infraestructura da lugar a una necesidad creciente de comunicaciones móviles. En escenarios tácticos, el SCRA se emplea normalmente para la comunicación entre los distintos puestos de mando y asegura la conexión de los abonados móviles entre ellos y con los abonados de la red de comunicación de área.

Se desean comunicaciones que sean no sólo móviles, sino fiables, resistentes a fallos, automatizadas, y con las mismas facilidades que las de las conexiones fijas.

Esto significa que se debe ofrecer una comunicación dúplex (como se ofrece a los usuarios de un teléfono convencional), junto con un número de facilidades creciente (desvío de llamada, prioridad, línea directa, conferencia, etc.).

La digitalización, la transferencia segura de datos mediante potentes algoritmos de codificación, la protección

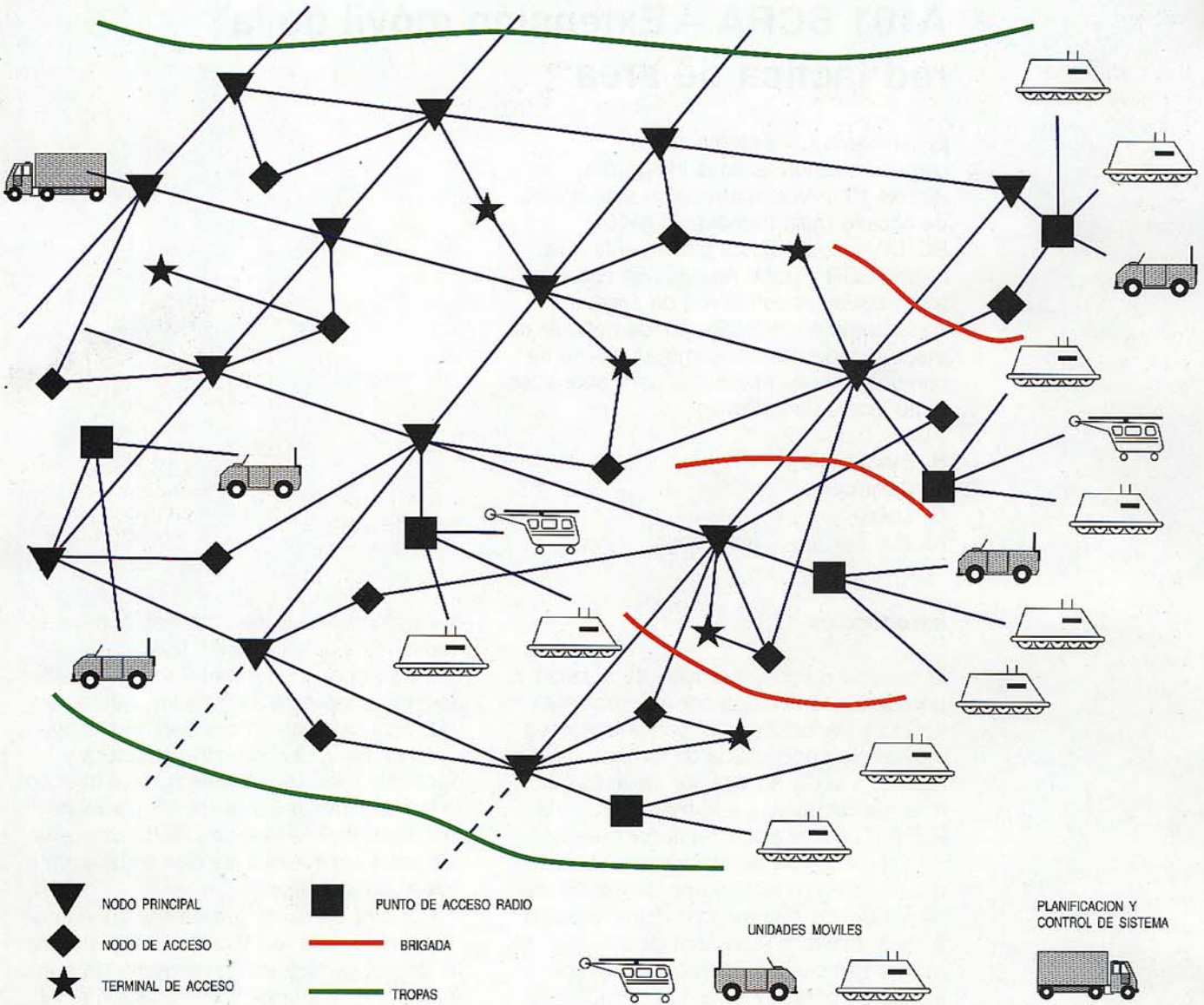


Figura 1
A101 SCRA como extensión móvil de la red de comunicación de área A101.

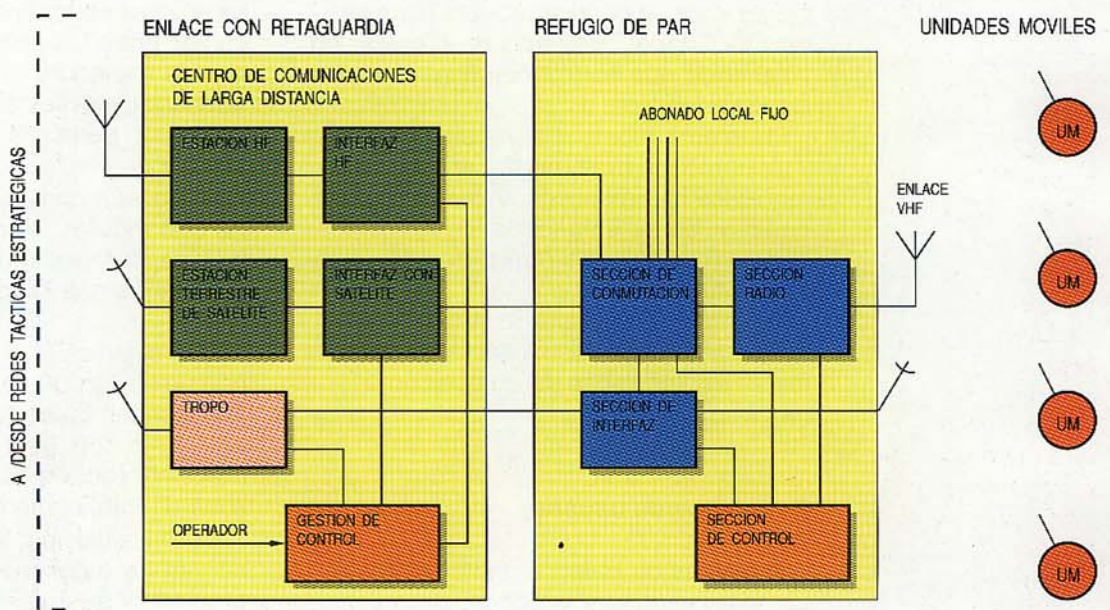


Figura 2
A101 SCRA como centro de comunicaciones de despliegue rápido.

frente a actividades de guerra electrónica y los métodos de cifrado multinivel de voz y datos son instrumentos necesarios para mejorar la fiabilidad y la resistencia a fallos; y además, se debe garantizar el diseño de los equipos según los estándares Mil para asegurar su funcionamiento en los duros ambientes militares.

El A101 SCRA, que ofrece a los usuarios móviles comunicaciones digitales en la banda VHF, dúplex, resistentes a interferencias y protegidas, satisface plenamente todos los requisitos del usuario, y además cumple la especificación EUROCOM.

Esto último es una exigencia en los países de la OTAN, y en los que, no siéndolo, poseen ejércitos modernos.

Los factores determinantes del cumplimiento de la especificación EUROCOM son la existencia de unos interfaces bien definidos, la seguridad en las comunicaciones, y la resistencia frente a actividades de guerra electrónica; los sistemas de radio celular comerciales no presentan estas características básicas, lo que les hace inadecuados para aplicaciones de SCRA en entornos tácticos.

Aplicaciones típicas

La aplicación SCRA más típica, como ya se ha dicho, es la extensión móvil de la red táctica de área (Figura 1). Pero recientemente, con el nuevo escenario geopolítico determinado por los dramáticos cambios en el mundo, ha resaltado la importancia de otras aplicaciones tácticas.

La capacidad de operar como un sistema independiente permite al SCRA funcionar como un centro de comunicación autónomo, desconectado también de la red principal. En esta configuración, el SCRA está dedicado al enlace entre abonados móviles y abonados locales fijos asociados a un mismo punto de acceso radio (PAR).

Este despliegue operacional es adecuado para pequeñas formaciones tácticas que operan en las proximidades de la FEBA. Su capacidad de funcionamiento autónomo hace que el SCRA sea también idóneo para las necesidades de comunicación de las tropas de despliegue rápido que operen lejos de la retaguardia o que estén localizadas fuera de la zona de combate. En esta configuración, los enlaces con la retaguardia se pueden realizar en la banda HF, por dispersión troposférica, o vía satélite (Figura 2).

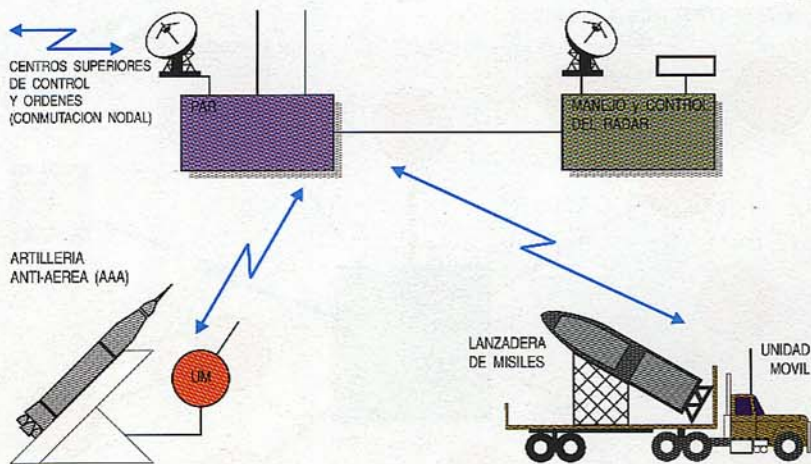


Figura 3
A101 SCRA integrado en un sistema de armamento.

Otra aplicación operacional básica puede ser la conexión de sistemas de armamento (p. ej., AAA – artillería anti-aérea-, lanzaderas de misiles) a centros de mando y control (Figura 3) y el empleo en sistemas C3I complejos.

En estas aplicaciones, la posibilidad de trabajar en modo dúplex conlleva importantes ventajas en lo que se refiere a la velocidad de transmisión de datos; las características COMSEC y TRANSEC, por su parte, mejoran la resistencia a fallos y la fiabilidad del enlace.

A101 SCRA – Descripción del sistema

Arquitectura de red

Como cualquier sistema de radio móvil, el A101 SCRA se basa en dos componentes principales: los puntos de acceso radio (PAR) y las unidades móviles (UM) (Figura 4).

Los PAR son las estaciones base, que sirven para conectar a todos los abona-

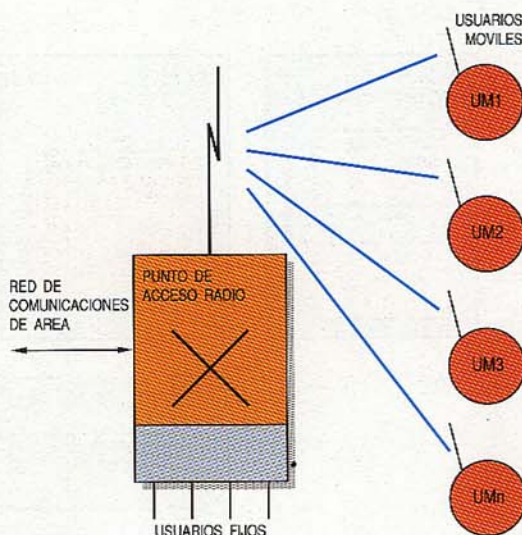
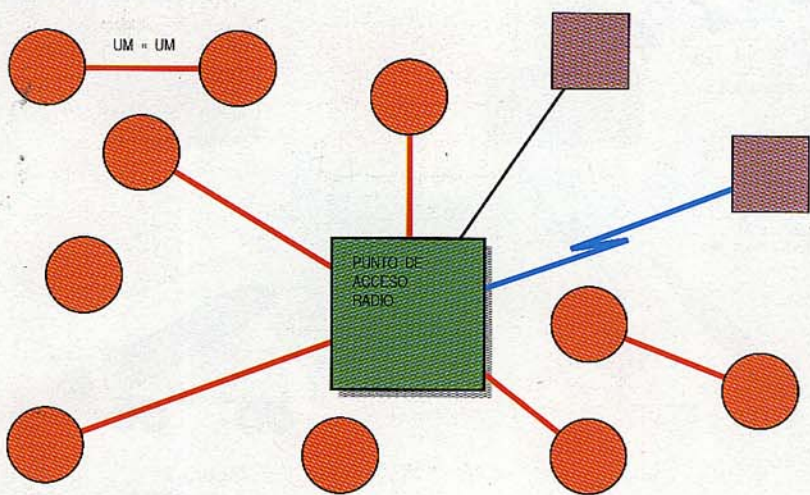


Figura 4
Principales componentes del A101 SCRA.

(a) SCRA CONECTADO A UNA RCA



(b) SCRA AUTONOMO

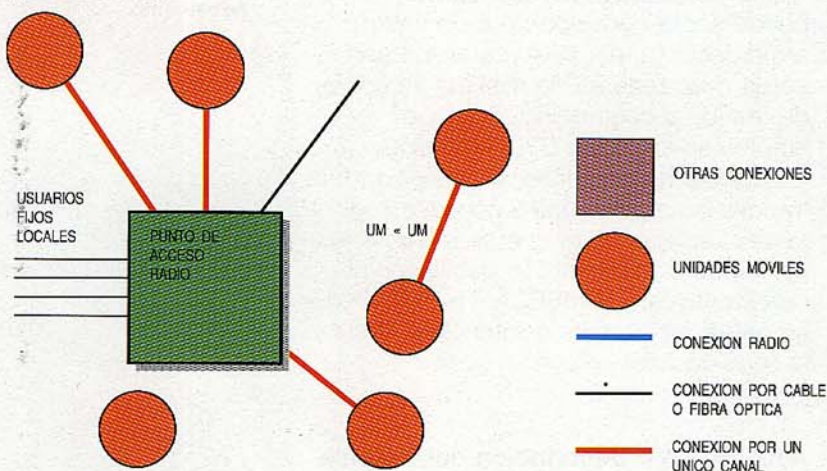


Figura 5
A 101 SCRA –
Arquitecturas de red
típicas.

dos registrados a la red de comunicación de área (RCA); los PAR se conectan a nodos principales de la RCA por fibra óptica, cable o repetidores radio multi-canal.

Cada PAR dispone de 8 canales radio VHF dúplex, con modulación ECCM y protección criptográfica, que se utilizan como canales de acceso y tráfico por los

abonados móviles registrados. La disponibilidad del servicio es muy alta: por término medio, 24 abonados móviles, con una densidad de tráfico de 0,2 Erlangs en la hora cargada, tienen una probabilidad mayor de 95% de acceder a su estación base en el primer intento. También puede conectarse al mismo PAR un cierto número de abonados fijos.

Las UM son las estaciones periféricas, mediante las cuales los abonados móviles se pueden conectar con otros usuarios, fijos o móviles, de la red. Cualquier abonado fijo o móvil de la red puede comunicarse con cualquier UM y vice-versa.

La comunicación entre un abonado fijo y uno móvil siempre se lleva a cabo a través del PAR, mientras que dos unidades móviles se pueden comunicar entre ellas también directamente (sin necesidad de ocupar canales radio en el PAR), si están dentro de su zona de alcance.

Un PAR puede funcionar también en una configuración independiente, como centro de comunicación autónomo, permitiendo comunicaciones entre todos sus abonados locales, tanto fijos como móviles.

La Figura 5 muestra arquitecturas de red típicas. Las especificaciones técnicas más importantes del A101 SCRA están contenidas en la Tabla 1:

Configuración básica SCRA

La Figura 6 muestra un diagrama de bloques funcionales del PAR, que consta de las siguientes secciones:

- interfaz de red, que proporciona la conexión a la red de área vía cable y/o un equipo de radio con visión directa,
- sección de conmutación, que lleva a cabo la conmutación, multiplexación y cifrado masivo,

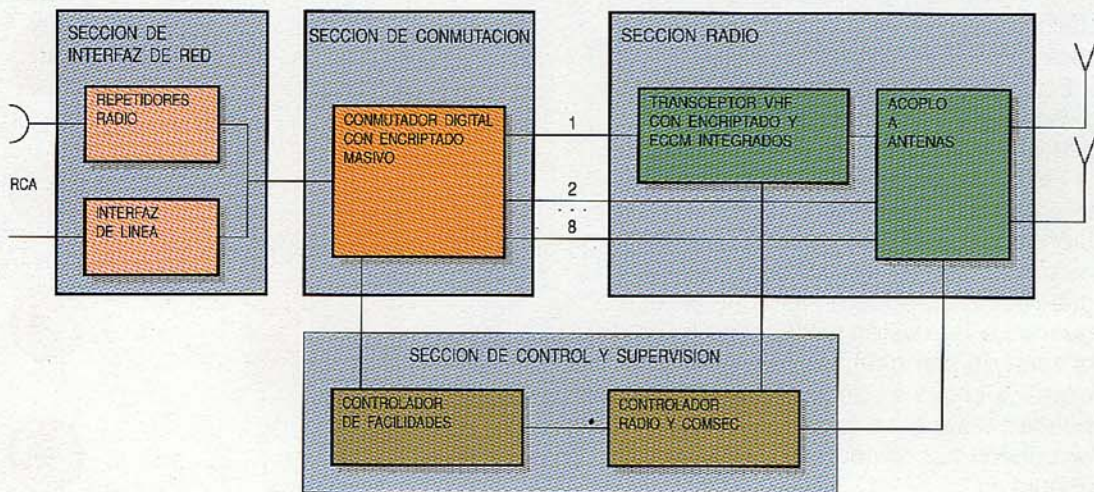


Figura 6
A101 SCRA –
Diagrama de bloques
funcionales del PAR.

- sección de radio, compuesta de ocho canales radio acoplados a dos antenas, que proporciona enlaces VHF a las UM, incluyendo las protecciones TRANSEC y COMSEC,
- sección de supervisión, en la que el controlador COMSEC y radio lleva a cabo el control en tiempo real del equipo, mientras que el controlador de facilidades gestiona las actividades de supervisión de toda la estación.

La Figura 7 muestra la composición de la UM, que consta de dos partes principales:

- sección de control, que incluye el controlador de la UM y el teléfono digital, que controla todas las funciones locales y de radio, además de los servicios ofrecidos al abonado. Usando el teléfono digital, los abonados fijos y móviles, tanto locales como remotos, que pertenezcan a la misma red de área, pueden conectarse, ya sea directamente o a través del PAR,
- sección radio, que enlaza la UM al PAR usando comunicaciones VHF con modulación ECCM; un proceso interno de cifrado se encarga de la seguridad de la información (voz y datos) entre los abonados.

La sección de control puede colocarse lejos de la sección radio, hasta una distancia máxima de 1,5 Km.

Además de la configuración básica del PAR con 8 canales, se dispone de una configuración más ligera con 4 canales (LIGHT SCRA), para instalaciones de menor peso en lugares donde es necesaria una gran movilidad y con densidad de tráfico baja.

En otros artículos de este número se describe gran parte del equipo usado en el A101 SCRA, y en concreto el conmutador táctico TAS 300, el repetidor de radio TFH 701 y el ordenador de supervisión TNC 350.

Instalaciones típicas

Los PAR se instalan generalmente en casetas, pero también se pueden instalar en vehículos remolcados (como el BV-206), principalmente cuando se trata de la configuración LIGHT SCRA.

El PAR instalado en una caseta es una estación base completa e independiente: se colocan dos antenas de látigo de VHF de 3 metros en dos torres de 7 metros de altura unidas a la caseta; un sistema de energía completo suministra la alimentación desde la red o desde un generador

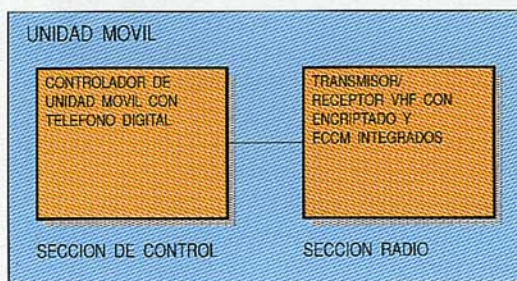


Figura 7
A101 SCRA –
Diagrama de bloques
funcionales de la UM.

Tabla 1 – Especificaciones técnicas de SCRA

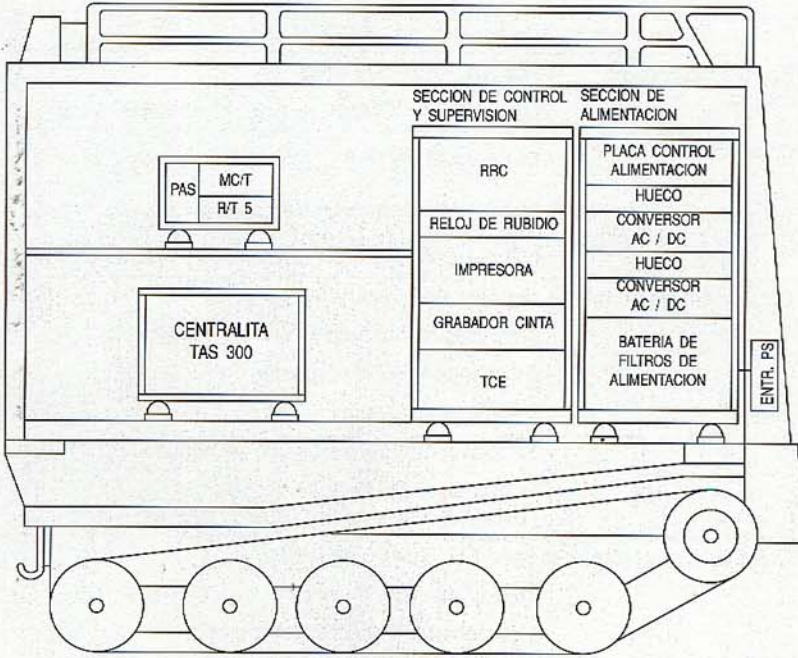
Facilidades de usuario	De acuerdo a EUROCOM D/1
Comunicaciones de usuario	Voz (CVSD, 16 000 bit/s) Datos (EUROCOM C1, 1, 2, 3, 4 hasta 4800 bit/s)
Conexiones de usuario	MU ↔ MU via RAP MU ↔ MU directo sin RAP MU ↔ abonado estático (RAP local, red de área)
Características de RAP	<i>Configuración estandar</i> 7 canales de tráfico mas uno de acceso 24 abonados móviles (media) <i>Configuración ligera</i> 3 canales de tráfico mas uno de acceso
Cifras del tráfico	Probabilidad de bloqueo del 5% (24 MU, 0,2 erlangs por usuario, RAP de 7 canales)
Características radio	Banda VHF de 30 a 88 MHz División en tiempo / duplex Resistencia a EW (ECCM integrado) FEC radio canal Cobertura de 15 km Potencia RF de 50 W (cada amplificador de potencia)
Conexión de red	Grupo de enlaces (512 kbit/s) Repetidor radio, cable o fibra óptica
Gestión de red	FC local (en el RAP), en la trama de un sistema de supervisión jerárquica a tres niveles, que cumple EUROCOM D/1
Protección del sistema	TRANSEC : ECCM FH ECCM híbrida, como alternativa COMSEC : Cifrado de enlace VHF Cifrado masivo EMC, EMP, TEMPEST
Instalación	MU: vehículo oruga con ruedas, helicóptero RAP: EO 1 tipo caseta o a medida Configuración ligera RAP: vehículo oruga
Supervivencia	Fuente de alimentación : externa interna baterías
Entorno	De acuerdo con las especificaciones militares mas relevantes

adecuado, pudiéndose conmutar automáticamente de uno a otro, mientras que las baterías auxiliares garantizan la continuidad del servicio en caso de fallo de la alimentación. Se puede conectar, cuando sea necesario, una torre adicional para la antena de un repetidor de radio. Se garantiza una completa protección EMI y EMP filtrando la señal de entrada a la caseta.

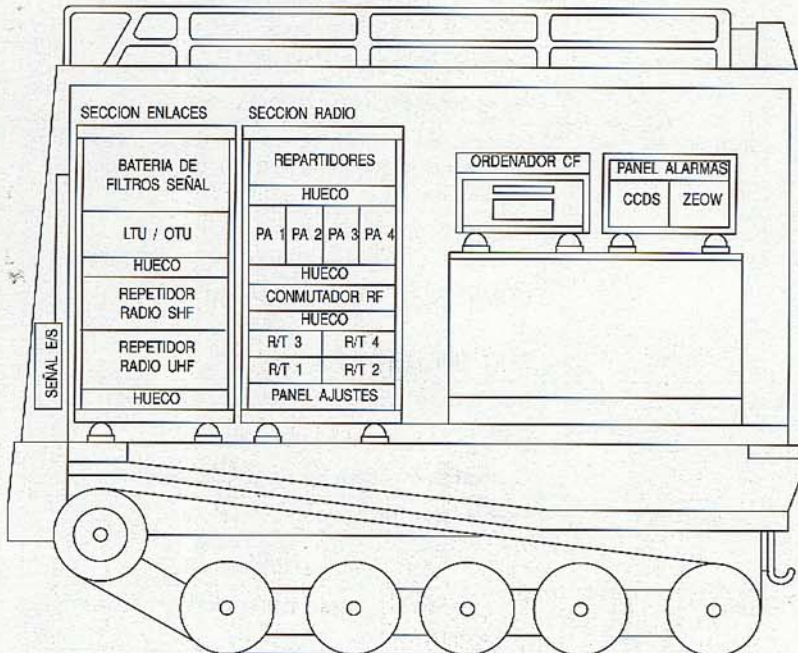
La caseta dispone de aire acondicionado y se proporciona protección NBC mediante filtros de aire apropiados.

Figura 8
A101 SCRA –
Instalación de un
PAR ligero.

LADO IZQUIERDO



LADO DERECHO



Cada sección electrónica va montada en un bastidor modular. Los bastidores son robustos y están provistos de amortiguadores para cumplir los requisitos mecánicos militares.

Los PAR ligeros de 4 canales tienen un sistema de energía simplificado y generalmente se instalan en vehículos remolcados.

La foto siguiente muestra la instalación de un PAR en una caseta tipo UEO-1, mientras que en la Figura 8 se puede ver una instalación en un vehículo remolcado BV-206.

Las UM pueden instalarse en cualquier vehículo militar (jeep, remolque o blindado), como los radios de combate normales. La sección de control puede estar situada a una distancia de hasta 1,5 Km; esto es especialmente útil cuando el vehículo tiene que colocarse en un lugar *visible* para transmitir, mientras que el operador permanece en un lugar protegido.

En la foto de la página 302 se muestra una instalación típica de UM.

Modos de operación

El sistema Alcatel SCRA permite operar en los siguientes modos:

- voz, con codificación CVSD a 16000 bit/s, de acuerdo con EUROCOM D/1,
- datos, con las clases EUROCOM 1,2, 3 y 4,
- FAX,
- Teletipo.

Debe señalarse que el sistema ofrece facilidades idénticas a los usuarios fijos y a los móviles. Las más importantes son:

- marcación abreviada y comprimida,
- prioridad,
- llamada prioritaria,
- conferencia predeterminada y consulta y conferencia,
- aviso predeterminado y consulta y aviso,
- retención de llamada y desvío,
- transferencia de llamada,
- línea directa conmutada,
- cambio del tipo de tráfico.

En la Tabla 2 se indican las facilidades asociadas a cada modo de operación.

Procedimiento de registro

El registro es el proceso mediante el cual un nuevo abonado se da de alta en la lista de abonados de un PAR. Es obligatorio para que a los usuarios móviles se les permita llamar a otros usuarios o recibir llamadas.

El procedimiento comienza automáticamente con una petición realizada por la UM en un canal radio de acceso múltiple. Si se trata de un "usuario conocido" (usuario móvil cuyos datos están almacenados en la base de datos del PAR), el registro lo lleva a cabo directamente el controlador radio del PAR. Para "usuarios desconocidos" (aquellos cuyos datos no están en el PAR, sino en la red), el procedimiento sólo puede ser realizado por la unidad de control de la red, donde están almacenados todos los datos relevantes de cualquier abonado.

Cuando el procedimiento de registro termina satisfactoriamente, la UM se elimina automáticamente de las listas de abonados registrados en cualquier PAR.

Procedimiento de acceso

Cualquier comunicación que involucre a una UM sólo se podrá realizar si previamente se llevó a cabo el registro. Para llevar a cabo el procedimiento de acceso (establecimiento de llamada) el usuario sólo tiene que marcar el número de abonado deseado. La conexión se establece automáticamente en pocos segundos.

El procedimiento de acceso se lleva a cabo en tres pasos:

- acceso a un canal común, en el que la UM llamante solicita un canal de tráfico,
- intercambio de señalización, que se realiza en el canal dedicado que el controlador radio del PAR, según disponibilidad y prioridades, ha asignado para tráfico; por este canal se envía información de señalización tipo EUROCOM D/1 CPC,
- tráfico de voz o datos por el mismo canal dedicado.

Durante estas tres fases la transmisión se protege con modulación ECCM y cifrado.

Concepto radio

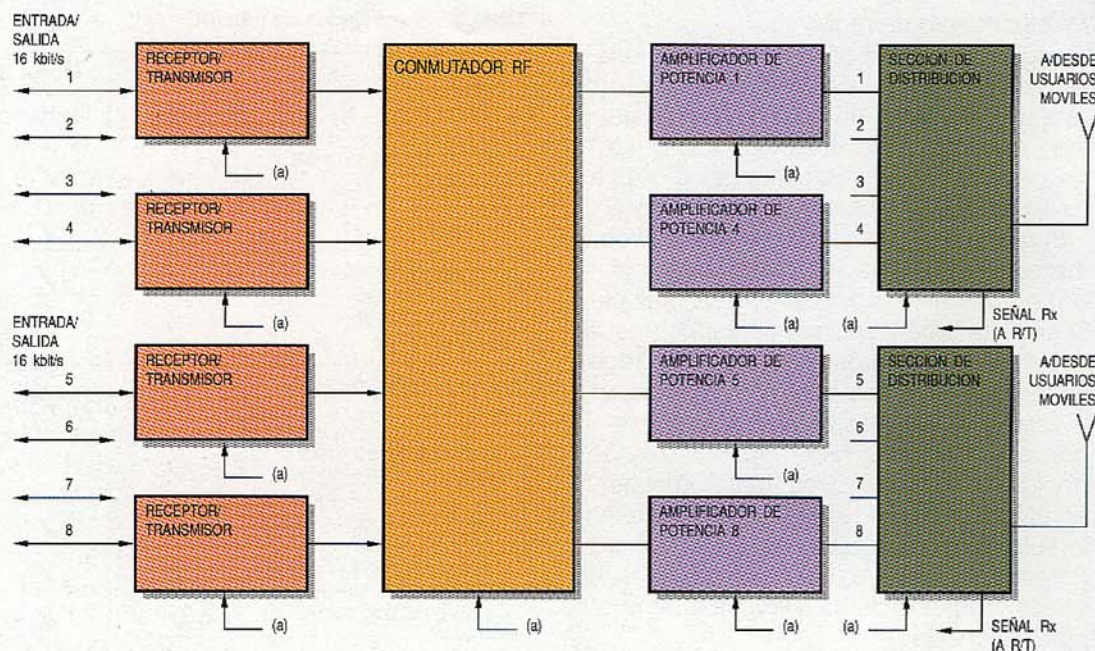
Las conexiones radio entre el PAR y la UM se realizan en la banda VHF (30-88 MHz), usando comunicación dúplex por división en el tiempo (TDFD) y modu-

Tabla 1 – Facilidades de usuario

Facilidades	Modos de operación			
	Voz	Telegrafía	Facsímil	Datos
Marcación comprimida y abreviada	✓	✓	✓	✓
Prioridad	✓	✓	✓	✓
Llamada prioritaria	✓	✓	✓	✓
Conferencia pre-determinada y consulta	✓			
Aviso predeterminado y consulta	✓	✓	✓	✓
Retención de llamada y desvío	✓			
Transferencia de llamada	✓	✓		✓
Línea directa conmutada	✓	✓	✓	✓
Cambio de tipo de tráfico	✓	✓	✓	✓

**A101 SCRA – PAR instalado en una caseta VEO tipo 1.**

Figura 9
A101 SCRA –
Diagrama de bloques
de la sección radio
del PAR.



(a) LINEAS DE ORDENES / CONTROL

lación ECCM. El uso de la banda VHF asegura una amplia zona de cobertura y permite, en principio, la operación conjunta con radios de combate que compartan la misma banda. El modo TDFD, en el cual todos los equipos radio pertenecientes al mismo PAR están sincronizados tanto en transmisión como en recepción, permite la utilización de todo el ancho de

banda VHF sin que se produzca interferencia entre transmisores y receptores.

Los ocho canales radio de un PAR, que proporcionan hasta ocho comunicaciones simultáneas, se acoplan a sólo dos antenas; esto es posible gracias a los conmutadores de radiofrecuencia y a los módulos repartidores empleados en la sección de radio. Cada transceptor



dúplex usa salto de frecuencia y está conectado dinámicamente a distintos amplificadores de potencia dependiendo de la frecuencia instantánea. Los conmutadores de radiofrecuencia, que funcionan según la secuencia pseudoaleatoria de salto de frecuencia FH, trabajan en baja potencia; los filtros repartidores acoplan cada antena a un grupo de cuatro amplificadores de potencia. La Figura 9 muestra un diagrama de bloques de la sección de radio.

En el caso de transmisión de datos, se utilizan técnicas de corrección de errores. Se garantiza un radio mínimo de cobertura de 15 Km.

Tratamiento de datos

El tratamiento de datos se lleva a cabo de acuerdo a las disposiciones EUROCOM D/1, clases, 1, 2, 3 y 4, usando dos niveles de protección diferentes:

- en el enlace radio VHF, los datos se protegen con un código FEC exclusivo basado en un código BCH. Este código está optimizado para la corrección de ráfagas de errores que son muy comunes en las comunicaciones con salto de frecuencia,
- en el enlace principal EUROCOM la protección de los datos se realiza de acuerdo con EUROCOM D/1, usando un FEC estándar EUROCOM.

Cifrado y modulación ECCM

En el enlace radio VHF, la modulación ECCM y el cifrado aseguran la protección de la transmisión propiamente dicha y de la información transmitida.

El TRANSEC y el COMSEC están integrados en el transceptor radio, con claves independientes. La sincronización del TRANSEC dirige la sincronización del COMSEC y ambos se basan en un sistema de hora del día (TOD). Se pueden también utilizar métodos de cifrado a medida.

El A101 SCRA proporciona una protección criptográfica multinivel.

Aparte de las conexiones radio VHF, protegidas por el cifrado del enlace, están también protegidas mediante cifrado masivo las transmisiones de repetidor de radio multicanal al nodo principal. Además cualquier abonado puede usar un módulo de cifrado extremo a extremo.

El método ECCM propuesto consiste en saltos de frecuencia en todo el ancho de banda, aunque también se puede ofrecer alternativamente un procedimiento híbrido

(secuencia directa y salto en frecuencia). El gestor de frecuencias puede usar sin restricción cualquiera de las frecuencias disponibles. La sincronización se basa en los resultados de la información TOD; la llamada radio se establece usando frecuencias que dependen de la información de hora y clave. Debido a la variación horaria, este método ofrece un alto grado de seguridad frente a intromisiones.

Concepto de control y supervisión

Los PAR se controlan mediante un controlador de facilidades (CF) EUROCOM, que realiza tanto la gestión local del sistema SCRA, como el control del centro principal remoto HQ, mediante el módulo de control y gestión del sistema integrado (SYSCOM) que se ofrece conjuntamente con Alcatel 101. Con ello es posible realizar una gestión correcta de las operaciones del SCRA, tanto si el PAR opera como un centro autónomo, como si el funcionamiento del SCRA tiene que estar sincronizado con una red de comunicaciones completa.

El control del SCRA se organiza en dos niveles jerárquicos. El CF es el controlador "de primer nivel" y permite la gestión y supervisión integrada de los PAR mediante una completa serie de órdenes, y el control en tiempo real de los diversos módulos se lleva a cabo con dos controladores "de segundo nivel": el conmutador y el controlador radio. Las principales tareas del controlador radio son:

- cargar las claves TRANSEC/COMSEC en los equipos radio,
- ejecutar los procedimientos de los enlaces radio VHF,
- determinar las frecuencias VHF y la matriz RF cada salto.

Las principales funciones de control del conmutador son:

- almacenar los datos de los abonados (fijos y móviles) con servicio tanto de conmutación de circuitos como de conmutación de paquetes,
- gestionar el procedimiento de registro,
- cumplir la señalización EUROCOM y proporcionar los principales servicios de abonado.

Las tareas principales del CF son:

- procedimientos de establecimiento y desconexión de los PAR,
- configuración de los PAR,

- manejo de la base de datos de los abonados,
- manejo de la base de datos TRANSEC/COMSEC,
- planificación de frecuencias,
- interfaz hombre-máquina,
- diagnóstico en línea y fuera de línea.

Conclusiones

El A101 SCRA, extensión móvil del sistema de comunicación de área Alcatel 101, satisface plenamente las especificaciones EUROCOM. Proporciona comunicación radio VHF dúplex a usuarios móviles, con protección TRANSEC y COMSEC, ofreciendo el mismo sistema de numeración y los mismos servicios que a los abonados fijos.

El A101 SCRA puede trabajar también en modo independiente, como un centro de comunicación autónomo, adecuado para tropas de despliegue rápido que operan lejos de la retaguardia.

Nando Bianchella nació en Ancona en 1945. Se graduó en ingeniería electrónica en 1973 en la Universidad de Bolonia. En 1974 se incorporó a

Telettra, a la División de Sistemas Tácticos en Chieti, como ingeniero de I+D. Ha estado involucrado en el diseño de equipos y sistemas de HF, así como en el diseño de sistemas EW. Actualmente participa en la integración y pruebas del sistema táctico SOTRIN/CATRIN.

Claudio Conticello nació en 1942 y se graduó en ingeniería electrónica en 1966 en el Politécnico de Turín. En el mismo año se incorporó a CT&E Italia, donde estuvo involucrado principalmente en la homologación de nuevos productos. En 1973 se incorporó a Telettra SPA, dirigiendo el departamento de Calidad y Fiabilidad de Sistemas de Defensa en Chieti. Desde 1980 ha estado a cargo del departamento de Planificación de Productos e Ingeniería de Sistemas, y a partir de 1986 es además responsable en Telettra de toda la sección I+D de Sistemas de Radio para Defensa.

Giovanni Luisi nació en Roma en 1954 y se doctoró en ingeniería electrónica por la Universidad la Sapienza, Roma, en 1978. Se incorporó a la División de Sistemas Especiales de Alenia SPA en 1979, donde fue jefe de proyectos en programas EW nacionales y para exportación, accediendo después al cargo de Director de Ingeniería de Sistemas Navales. Se incorporó al Departamento Comercial de Sistemas de Defensa de Alcatel Telettra en 1988, donde es responsable del soporte técnico del Departamento Comercial para todos los programas tácticos. En la División de Defensa de Alcatel, el Dr. Luisi es coordinador del Grupo de Trabajo de Marketing de Redes Tácticas.

En este número

Houzelot, P.

Las comunicaciones militares por satélite

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 208-217

La primera generación del sistema militar de telecomunicaciones por satélite llega a su final. La segunda generación toma el relevo en 1992. Se describe esta generación y las mejoras que aporta respecto a la primera. Finalmente da una visión perspectiva de los sistemas de telecomunicaciones militares por satélite al alba del siglo veintiuno.

Lannelongue, N.; Nocaudie, J.-B.

Satélites militares de observación

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 218-225

La guerra del Golfo demostró la importancia de los satélites en las áreas de reconocimiento electrónico e inteligencia, resaltando al mismo tiempo la situación de retraso y consecuente dependencia de las fuerzas europeas. Francia está actualmente revisando sus programas de necesidades militares, con la vista puesta en realizar un sustancial incremento de su presupuesto espacial. Nuestros colegas europeos han sido invitados a participar en ciertos proyectos bajo consideración. Los autores revisan los diferentes sistemas de observación por satélite ya decididos o bajo evaluación, en las áreas de observación óptica HR y radar, y la inteligencia electrónica y de medio ambiente. En paralelo con estos futuros desarrollos, un esfuerzo considerable será también requerido en el proceso de datos adquiridos, en particular en la mezcla con datos de otros sistemas.

Sénéchal, J.M.

Centralita de infraestructura militar OSIRIS

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 226-232

El enfoque tradicional de diseño y desarrollo especializado no es viable por más tiempo si se quiere alcanzar, con la demanda actual, una infraestructura de conmutación militar rentable. De aquí que OSIRIS se haya basado en un producto comercial de éxito, el cual se ha mejorado para una funcionalidad militar completa. De este enfoque surgen otros beneficios, que incluyen un fuerte soporte local en la instalación del sistema y el servicio posterior, una seguridad futura de mejoras tecnológicas, y unos interfaces compatibles con otros sistemas. El autor describe el hardware, el software y la arquitectura de red del producto, y analiza los aspectos de gestión y seguridad de la red relacionados con la operación en un entorno militar.

Mathisen, B.

Centralita táctica

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 233-239

Las operaciones militares modernas requieren soluciones de comunicaciones fiables. El Alcatel 101 ofrece soluciones globales para las redes de comunicaciones de área de alta movilidad. La centralita Alcatel 101 proporciona funciones de conmutación distribuidas mediante elementos de conmutación potentes y de tamaño reducido. La centralita, que realiza conmutación de paquetes y circuitos, proporciona funciones y servicios especialmente diseñados para operaciones militares.

Rossow, B.

Tecnología de sistemas en redes tácticas

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 240-246

Los sistemas EUROCOM actuales se apoyan en una tecnología de sistemas que data de los primeros años de la década de los 80. Desde entonces han aparecido nuevas necesidades, a un tiempo en que la tecnología de comunicaciones se desarrollaba con gran rapidez. Las nuevas tecnologías procedentes del campo civil, tales como la conmutación MTA y las comunicaciones multimedia, tendrán una gran repercusión asimismo en los sistemas tácticos. El autor describe ejemplos de ello, aportando tecnologías y su empleo en el campo táctico una vez pasado el presente siglo, en la así llamada red TCP 2000. En el artículo se describe una evolución hacia esa red a través de etapas intermedias, así como la estrategia de Alcatel para introducir mejoras graduales en la generación actual.

Darmon, M.; Eve, M.; Favelier, M.O.

Tecnología de microondas tácticas

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 247-256

La radio de microondas utilizada en un escenario de combate tiene que ser compacta, fácil de usar y proporcionar unas comunicaciones seguras y fiables en condiciones difíciles. En particular, debe estar bien protegida frente a la guerra electrónica. Los productos de Alcatel Telspace dan una respuesta original a estos requisitos específicos.

Kloevekon, V.

Radar de vigilancia terrestre RATA-C-S

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 257-262

Los radares de vigilancia terrestre juegan un importante papel en la vigilancia del campo de batalla: permanecen operativos día y noche, y en condiciones atmosféricas adversas; permiten la detección automática de blancos entre interferencias parásitas distinguiendo un blanco por medio de análisis Doppler; resuelven blancos adyacentes por medio de intervalos y azimut y localizan blancos con precisión usando técnicas de monopulso. La gama de aplicaciones militares es amplia: para reconocimiento de tropas de artillería o infantería se montan en trípodes o se integran en vehículos o tanques. El autor describe las características del RATA-C-S de SEL e indica las tendencias técnicas y tecnológicas significativas en el desarrollo de futuros radares de vigilancia terrestre.

Braaten, J.; Johannessen, J.T.

Seguridad en sistemas de comunicaciones de defensa

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 263-269

Se pueden aplicar diversas arquitecturas de seguridad en los sistemas de comunicación de defensa. Para seleccionar una arquitectura en una red específica, es esencial tener un conocimiento completo de los requisitos de operación y de la red (presente y futura) y de las implicaciones de las diferentes arquitecturas de seguridad. Las normas de seguridad están actualmente disponibles para redes civiles y de defensa. Las redes de datos y los sistemas de gestión de red son en este momento las áreas donde los requisitos de seguridad están mejor definidos.

Barcio, F.; Guidotti, G.; Maglione, V.

Comunicaciones de HF en redes de área extendida

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 270-279

Los sistemas de comunicaciones de HF son particularmente adecuados para conectar usuarios a larga distancia, aprovechando las características inherentes de la propagación ionosférica. Esta capacidad permite tanto la realización de redes sobre amplias áreas geográficas como la conexión de sistemas de operación remotos con los cuarteles generales y/o con las redes estratégicas. Los enlaces de HF son económicos, fiables y fáciles de establecer; además, con los recientes progresos tecnológicos, es posible la transmisión de datos a velocidades de algunos kbits por segundo con lo que se posibilita la transmisión de ficheros y de voz digitalizada. En este artículo se describen algunas configuraciones típicas de red automática, desarrolladas e instaladas por Alcatel Telettra. Están basadas principalmente en grandes redes de ordenadores, en las cuales los nodos se conectan mediante cable o enlaces de HF. Además, se muestra la arquitectura de un sistema de comunicación de área extraterritorial, conectado a la red estratégica nacional por enlaces de HF. Se describen los aspectos técnicos y operacionales de esta red.

Oziard, P.J.

Técnicas orientadas a objetos para sistemas C3I

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 280-289

Siguiendo una definición general de los sistemas C3I, y la evidencia de la generalización de este tipo de sistemas para aplicaciones no militares, el artículo muestra los diferentes aspectos de la complejidad de los sistemas C3I: diseño, desarrollo, interfaz hombre/máquina e integración. El autor describe luego los mecanismos esenciales de las técnicas orientadas a objetos - abstracción, encapsulación y herencia - y su aplicación potencial a los diferentes problemas encontrados en el desarrollo de los sistemas C3I. El artículo termina con una corta presentación de Spoke, ProSpoke y la plataforma Cenacle, y de los entornos de desarrollo orientados a objetos de Alcatel ISR para tareas de prototipos de aplicaciones C3I interactivas.

Allouche, R.

Sistema de control y comando aéreo (ACCS)

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 290-295

El software jugará un papel crucial en el sistema de control y comando aéreo (ACCS), que proporcionará todos los recursos C3I (comando, control, comunicaciones e inteligencia) de las Fuerzas Aéreas aliadas en Europa. Las funciones ACCS incluyen la gestión de las fuerzas, de los recursos de comando y control, del espacio aéreo, del control de las misiones aéreas, del control del tráfico aéreo, vigilancia e intercambio de información. El autor describe las arquitecturas hardware y software elegidas para este complejo sistema.

Bianchella, N.; Conticello, C.; Luisi, G.

A101 SCRA - Extensión móvil de la red táctica de área

Comunicaciones Eléctricas, Volumen 65, Número 3, págs. 296-304

En los escenarios de los campos de batalla modernos, caracterizados por una movilidad y flexibilidad creciente, las comunicaciones móviles son esenciales. Existe de hecho, principalmente a nivel de brigadas, una creciente demanda de conexiones automatizadas de abonados móviles a la red de comunicación de área, para tráfico tanto de voz como de datos. Estos enlaces deberán ser dúplex y proporcionar al abonado móvil los mismos sistemas de numeración y servicios que al abonado fijo. Por supuesto, se requiere también el cumplimiento de las especificaciones ambientales militares, además de seguridad en la comunicación y resistencia frente a actividades de guerra electrónica. En el marco del sistema de comunicaciones tácticas integradas Alcatel 101, Alcatel ofrece un subsistema (A101 SCRA) de acceso radio monocanal que satisface plenamente la especificación EUROCOM. El A101 SCRA se compone de estaciones base, llamadas puntos de acceso radio (PAR), y de unidades móviles (UM). Cada PAR dispone simultáneamente de ocho canales radio VHF dúplex y puede dar servicio a aproximadamente 30 UM, cubriendo un área de un radio de varias decenas de kilómetros, y a cierto número de usuarios fijos locales. Además de conectar a sus usuarios con la red de área, el sistema A101 SCRA puede trabajar en modo "independiente", como centro de comunicaciones autónomo, para abonados tanto fijos como móviles; esta característica lo hace adecuado para el despliegue rápido de tropas en la vanguardia de la zona de combate. El artículo describe el sistema A101 SCRA, incluyendo arquitectura de red, facilidades del usuario, procedimientos de registro y de acceso, manejo de datos y métodos de cifrado y modulación ECCM. También se describen aplicaciones e instalaciones típicas.

Oficinas Editoriales

La correspondencia relacionada con las diferentes versiones de Comunicaciones Eléctricas debe dirigirse al editor correspondiente:

Rod Hazell
Electrical Communication
Alcatel PHQ
33 rue Emeriau
75725 Paris Cedex 15
Francia

Catherine Camus
Revue des Télécommunications
Alcatel PHQ
33 rue Emeriau
75725 Paris Cedex 15
Francia

Theo Wichers
Elektrisches Nachrichtenwesen
Lorenzstraße 10
7000 Stuttgart 40
República Federal de Alemania

Gustavo Arroyo
Comunicaciones Eléctricas
Ramírez de Prado 5
28045 Madrid
España