

Centro de Mando y Control de Defensa Aérea



MIGUEL GRANADINO GARCIA
Teniente Coronel Ingeniero Aeronáutico

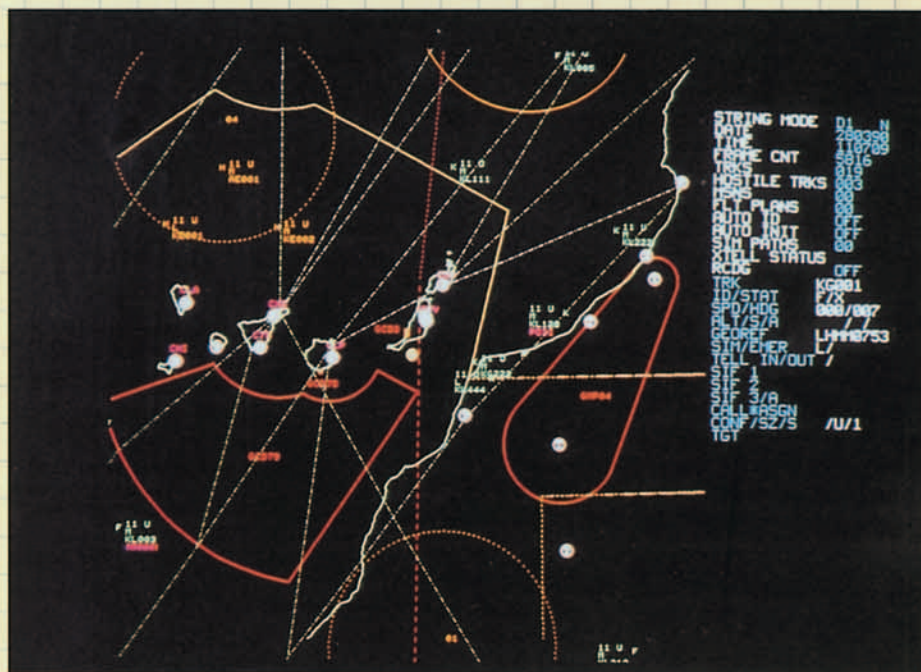
Los cambios que se han producido durante los años que van desde la 2ª Guerra Mundial hasta ahora en las misiones de las Fuerzas Aéreas, con el obligado dominio del espacio aéreo, han hecho necesario el mando, control y coordinación de todos los medios operando en una determinada área de responsabilidad. Mientras esto se producía continuaba la discusión eterna entre escudo y espada; nuevos aviones, misiles, secciones transversales radar cada vez más pequeñas se enfrentaban a avances en capacidades de detección, precisión de medida, tiempo de respuesta, procesado de señal y datos, misiles de defensa, etc. La eficacia de los perturbadores ha aumentado y diversificado debiéndose combatir con técnicas clásicas y modernas de ECCM (contra-contra medidas electrónicas), seguimiento pasivo multiradar en lo que afecta a Centros de fusión; por otro lado las operaciones combinadas nos dirigen a más problemas de mando y control con muchos más niveles, y hace necesario comunicaciones más fluidas con nuevas redes y formatos. El deseo, por tanto, es recubrir, de forma coordinada y controlada, todo el espacio aéreo, a altitudes baja, media y alta, con un número de sensores 2D o 3D, manteniendo una disponibilidad total a través de la redundancia necesaria y a un coste global mínimo. El sistema de defensa aérea debe recibir la información de diversos tipos de sensores, componer una situación aérea global, realizar un seguimiento activo y pasivo, generar ayudas en la guía de interceptadores e intercambiar información con sistemas de defensa cercanos, nacionales o internacionales, en tierra, mar o vuelo.

Mediante el esfuerzo de muchos años en este campo

se ha conseguido una autosuficiencia en el desarrollo de centros de mando y control propios, lo cual ha permitido dar soluciones internas a los problemas, en general de integración de sensores radar, que se han ido planteando. El primer paso, realizado para el desarrollo de este tipo de sistema a nivel nacional, se efectúa en el Sistema de Defensa Aérea de Canarias (SADAC), en estado operativo desde hace más de una decena de años. La realización partía del SADA (Sistema Semiautomático de Defensa Aérea), y utilizaba ordenadores de propósito general, sistemas operativos comerciales, y prácticamente todos los programas se desarrollaban en ADA, con una pequeña parte en ensamblador. Constaba de una arquitectura centralizada en dos cadenas, una en defensa aérea y otra en reserva. Las funciones ejecutadas se dividían, al igual que en el sistema SADA, en operativas (aceptación de datos radar, seguimiento activo y pasivo, altura, identificación, armas e intercambio de información



Pupitre de control del SADAC.



Presentación gráfica del puesto de mando del COC del SADAC.

con otros sistemas de defensa) y de apoyo (grabación, simulación, reducción de datos, diagnósticos, supervisión y repetición).

Al anterior sistema que básicamente utilizaba la misma capacidad funcional que el SADA, con ordenadores y programas comerciales, y no de propósito específico, con la mejora en costo que esto representaba y que parece que se está convirtiendo ahora en norma en programas de defensa internacionales, se le asociaba un Centro de Operaciones y Combate Avanzado (COCA), que disponía de sistemas de presentación gráfica para mostrar la situación aérea, digitalizador de mapas, base de datos gráfica y alfanumérica, con zonas de alerta y funciones de predicción e inteligencia de trazas. Se da un nuevo paso, basándose en la idea ya operativa del SADAC, al realizar lo que se ha denominado cadena en paralelo con el SADA o tercera cadena, que se añadía a las dos ya existentes, ante las necesidades operativas del sistema de defensa por el aumento de tasa de fallos de las dos cadenas originales debido a la obsolescencia de los equipos. Se utiliza nueva arquitectura de equipos y de sistema operativo, todo ello comercial, usándose como medio de comunicaciones internas LAN (redes de área local) que en ese momento despuntaban con fuerza. Se aumentan el número de funciones desarrollando enlaces con los SAM (misiles superficie-aire), zonas de intercambio de información con sistemas de defensa aérea adyacentes poligonales, y funciones de dirección y gestión del espacio aéreo. Otros "hijos" surgidos de la capacidad conseguida han sido en el campo de los simuladores los de Defensa Aérea, de Control de Tráfico Aéreo y panorá-

mico de torre; actualmente, y teniendo en cuenta todos los proyectos indicados, se plantea el problema de integrar los nuevos radares tridimensionales, con unos requisitos multiplicados en decenas de veces, junto con otras necesidades, para lo cual se diseña el sistema que se pasa a comentar a continuación, considerando que es un proyecto en fase de ejecución con el diseño terminado.

ARQUITECTURA FISICA DEL SISTEMA

El conjunto se ha dividido en los subsistemas de procedo automático de datos, comunicaciones, presentación, gestión y supervisión, consolas remotas 3D

(tridimensionales), tratamiento de planes de vuelo y mantenimiento y pruebas. Los elementos de configuración física, equipos reales, son los servidores centrales y ATM (conmutadores de última generación, protocolo de red basado en el estándar UNIX), los servidores de comunicaciones, el DTS (conjunto terminal de datos), las estaciones de trabajo y periféricos, gestión y supervisión, consola remota 3D, estación de trabajo 3D, servidor de planes de vuelo y equipo de desarrollo.

Los servidores centrales son los ordenadores principales del sistema y están conectados entre ellos a través de un sistema de grabación de discos ópticos, caso de fallo de uno de ellos, a pesar de ser de alta fiabilidad, el otro asumiría toda la carga. Los conmutadores ATM realizan su función a la mayor velocidad que se conoce actualmente; conectan los servidores con el resto del hardware y a través de un puente a los elementos que necesitan Ethernet (protocolo de LAN ya manejado en la tercera cadena) como medio de comunicación.

Los ordenadores de comunicaciones conectan por una parte el sistema, a través de líneas ATM, con los radares y sistemas que utilizan LINK 1 y LINK11B, y por otro lado y a través de los DTS, con los medios que utilicen LINK11. Las estaciones de trabajo, de diversos tipos según la utilidad que vayan a realizar, ya no son las típicas presentaciones radar circulares sino del tipo de pantalla de ordenador, en color, y que cambiarán la configuración visible del centro de mando y control. Los periféricos constan de impresoras, trazadores gráficos, etc., como cualquier aplicación de tipo informática.



Simulador panorámico de torre.

La gestión y supervisión se realiza a través de dos estaciones de trabajo, conectadas por medio de ATM con los servidores centrales. Las consolas remotas 3D son similares a la de los radares y están conectadas a través de ATM y dos ordenadores de 64 bits con los centrales. Realizan todas las funciones de control, supervisión, visualización, etc. que se ha comentado en el artículo de radares de este mismo monográfico permitiendo la gestión de estos últimos de forma centralizada.

El servidor de planes de vuelo consiste en un ordenador de propósito general de 64 bits que se conecta de un lado a través de ATM con los servidores centrales y por otro lado con el SACTA (Aviación Civil). Por fin, el equipo de desarrollo consta de dos ordenadores, conectados por ATM con una serie de estaciones de trabajo, y se utiliza para el mantenimiento de los programas, pudiéndose conectar con los centrales cuando se quiera modificar la aplicación operativa e introducir los cambios efectuados.

ESTRUCTURA LOGICA

Los programas de base se están desarrollando en sistema operativo UNIX, con protocolo de red ATM, estándar para el sistema operativo aplicado, el gestor de base de datos es ORACLE (ya utilizada por el E.A. (Ejército del Aire) en el desarrollo del SI-

MOC, sistema integrado de mantenimiento "on-condition", del F-18), también comercial y abandonando la idea efectuada previamente de base de datos de diseño específico para el proyecto, y el entorno de desarrollo consiste del compilador validado de ADA, programación en C/C++ utilizando otras herramientas normales.

Los programas se pueden dividir en operativos (presentación, gestión y supervisión, preproceso remoto 3D y gestión de la base de datos), de apoyo (simulación, reducción de datos y playback), de comunicaciones (comunicación y gestión de planes de vuelo) y funcional (proceso automático de datos), y una serie de módulos que se cargan en el DTS, consolas 3D, y el sistema de mantenimiento y control de configuración de la aplicación. Se han mantenido en todo lo posible las especificaciones funcionales de la Cadena Paralela del SADA, completándolo con las nuevas funcionalidades necesarias y se han vuelto a escribir completamente las especificaciones con herramientas de diseño que satisfacen la normativa militar actual en Ingeniería de programación.

PROCESO AUTOMATICO DE DATOS

Es el elemento básico y núcleo funcional fundamental de toda la aplicación, realizando las funciones centrales del sistema de defensa aéreo.

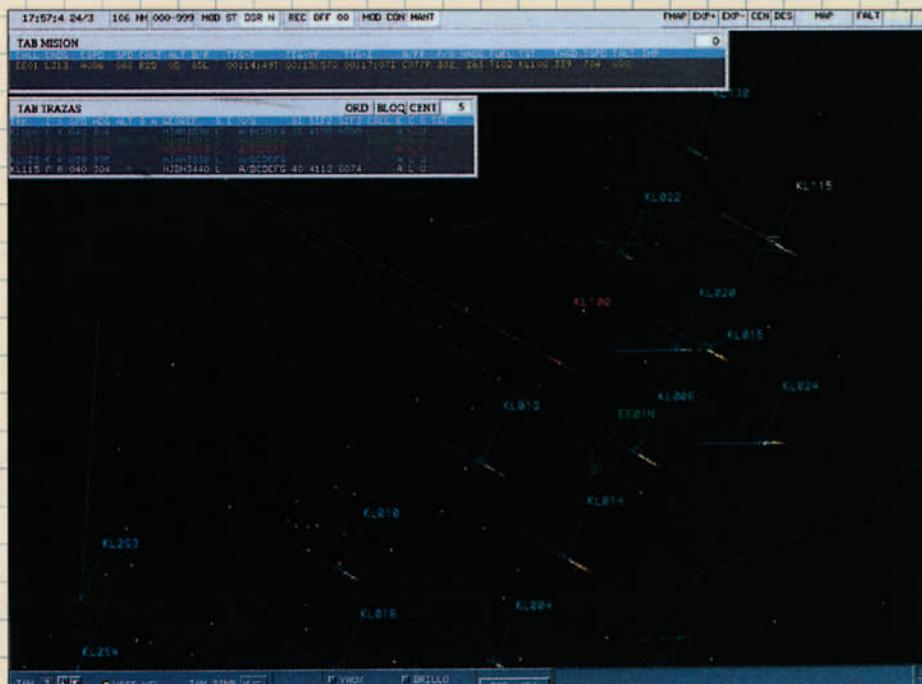
Comienza con la aceptación de datos que vienen de los radares a los que está atendiendo, básicamente datos primarios y secundarios, contramedidas y datos de altura. Efectúa posteriormente las posibles correcciones por modo C, y todas las conversiones y transformaciones de coordenadas, aspecto fundamental en la integración de datos de sensores geográficamente separados; dado que los radares están viendo aviones solapados en zonas de cobertura común es necesario un modelo geográfico-matemático para el sistema de coordenadas global del sistema, centro de fusión y radares, para evitar, en lo posible, que un mismo avión aparezca como dos o más trazas. Igualmente acepta los mensajes de los RES (Simulador de ambiente radar), equipos capaces de suministrar de forma realista diversas situaciones operativas, entre otras las de guerra electrónica. Los nuevos simuladores de

ambiente, instalados en todos los radares, permiten mejorar de forma apreciable esta función, que en el SA-DA y SADAC, y también en este proyecto, se desarrolla pasando archivos preparados al efecto internamente dentro de centro, simulando de forma muy aproximada las características reales del radar, y que ahora consiste en inyectar en los equipos señales como si fueran retornos o contramedidas reales de blancos, simulando perfectamente todo el camino desde la cabeza radar hasta la presentación al controlador, con lo que la potencialidad de simulación de manera prácticamente real (siempre peor porque el que mejor puede perturbar un equipo es quien mejor lo conoce) permite un entrena-

miento mejorado por realístico del personal de los Centros de Mando y Control, tanto operativo como de mantenimiento. Esta función permite entradas manuales y acciones de consola y obtiene como resultado la presentación de datos, "strokes", avisos y otra información auxiliar, pasando su información a las funciones de seguimiento activo y pasivo, altura y grabación.

La función de seguimiento activo es capaz de generar, mantener, procesar y eliminar trazas que representan la posición, velocidad y estado de blancos aéreos, añadiendo velocidad a la coordenada tridimensional suministrada por el radar. Realiza la asociación inicial y correlación de datos radar a trazas ya generadas; caso de ser necesario se gene-

ran nuevas trazas por no poder asociar un dato con una traza cumpliendo ciertos requisitos. A continuación se pasa al núcleo fundamental de todo el sistema: la extrapolación y filtrado de todas las trazas del sistema con todos los datos que hubieran podido llegar en el periodo de giro de los radares. En el nuevo software que se está desarrollando se han dado dos pasos muy importantes en su mejora, teniendo en cuenta que se tienen radares con distinto periodo de giro y datos que están entrando de forma asincrónica. El primero consiste en que la extrapolación y filtrado clásicos, que ha sido hasta el momento de filtros alfa-beta adaptativos en nuestra Defensa, se ha pasado a filtros de Kalman (autor de la teoría de tratamiento de sistemas analógicos y digitales, de la cual el filtrado es un caso particular), aprovechando los estudios desarrollados como consecuencia del filtrado que se pensaba aplicar al



Presentación en las nuevas consolas en desarrollo.

radar prototipo LANZA, y el segundo aporta la utilización como sistema de asociación y decisión interno de un sistema nuevo de hipótesis múltiples, que permite no abandonar trazas que se hayan enganchado en datos no correctos, problema normal en los algoritmos actuales. Las mejoras de seguimiento de los sensores radar evitarán de forma significativa la rotura de trazas establecidas, disminuyendo la carga de iniciación y anulación de trazas y apoyando de esta forma las mejoras de seguimiento conseguidas con los sensores.

Las mayores ventajas que se obtendrán son una mayor precisión contra blancos maniobrando, un mejor comportamiento en ambiente de "clutter" y contramedidas al reducir el tamaño de las ventanas

y mejorar la adaptación al ambiente, y una reducción de tiempo en la iniciación y eliminación de trazas con muchos menos errores. La función recibe también datos funcionales de SAM, seguimiento pasivo, etc. y acepta acciones de consola y entradas manuales; como resultado de su trabajo presenta básicamente las trazas y las comunica a otras funciones.

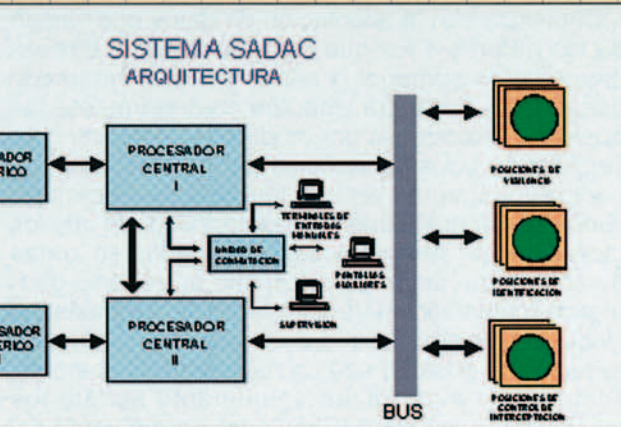
El seguimiento pasivo suministra medios para efectuar esta función con blancos que están empleando ECM (contramedidas electrónicas) lo suficientemente fuertes para no permitir un seguimiento activo. Cuando se tienen sensores fuertemente perturbados en ciertas zonas, se puede utilizar la integración de sensores por medio de triangulación para poder detectar y seguir a sus productores. Esta función recibe datos pasivos (contramedidas electrónicas generalmente), vivos y simulados, generados nuevamente por los RES de los radares en los asentamientos o internamente, entradas manuales y acciones de consola, y presenta a su salida básicamente trazas de este tipo. La función realiza la clasificación de contramedidas, correla las trazas con los "strokes" recibidos, realiza la función de extrapolación y filtrado (suavizado) de trazas pasivas, y supervisa su calidad.

La función de altura es la encargada de actualizar las alturas de las trazas, teniendo en cuenta respuestas en Modo C, datos de radares 3D, y de radares de altura, generando automáticamente peticiones de altura a estos últimos en caso de trazas con altura desconocida, y asignando prioridades de adquisición de altura de trazas en función de su identidad, actualización y estados de alerta de la defensa.

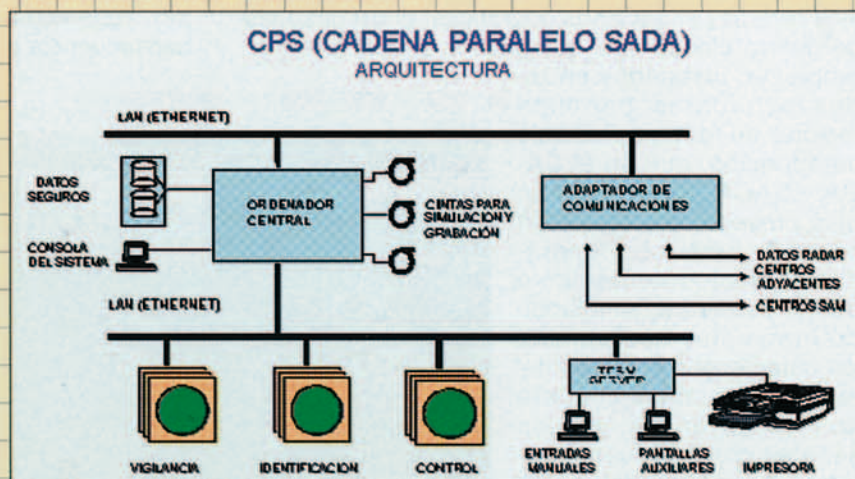
Identificación permite la identificación manual o automática según criterios de zona, correlación con planes de vuelo y códigos de IFF. Realiza todo el proceso de planes de vuelo y correla los datos con trazas en su caso.

Enlace con SAM proporciona la capacidad de procesar comunicaciones digitales automáticas entre este sistema y los SAM, permitiendo aprovechar así su información, por medio de un intercambio de mensajes con estos centros.

Una función básica para el sistema de defensa es Armas que acepta datos de los interceptadores propios, tipo, configuración y armamento y calcula ayu-



Arquitectura general del sistema SADAC.



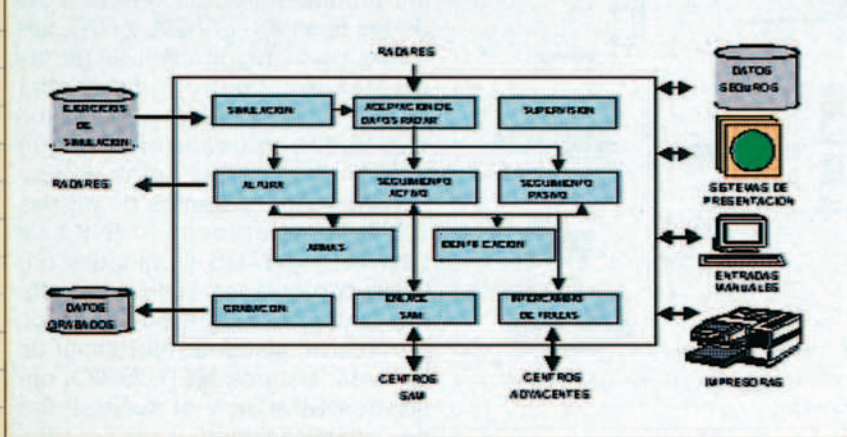
Arquitectura general del sistema CPS.

das para la interceptación de trazas no propias. Las características de vuelo de los aviones interceptadores se interpolan por funciones polinómicas, disponiéndose de diferentes tácticas y parámetros (envolvente operativa, zona transónica, combustible, etc.). Las geometrías de interceptación contempladas incluyen giros simples y dobles, así como persecuciones y las que quisiera realizar el controlador si no acepta las aconsejadas automáticamente por la función.

La gestión del espacio aéreo utiliza parámetros de adaptación como puntos geométricos característicos, órdenes de control del espacio aéreo (ACO, airspace control order) y de gestión del espacio (ACM, airspace control management). Esta función considera fundamentalmente las necesidades de navegación e identificación en periodos de silencio radar y comunicaciones, basándose entonces en métodos prefijados de quién se encuentra en un punto determinado a una hora determinada; control en cuatro dimensiones, espacio y tiempo.

Dentro del proceso automático de datos operativos se encuentra un conjunto auxiliar de funciones que realizan una serie de labores de grabación:

RELACION DE FUNCIONES



Relación entre funciones en Sistemas de Defensa Aérea.

guajes gráficos y todas las posibilidades de codificación en color que disminuyan la fatiga del operador y aumenten su eficacia.

Dentro del sistema de defensa se encuentra otra serie de funciones desarrolladas por el software de la aplicación y que empiezan por gestión y supervisión del sistema que realiza el mantenimiento de la configuración, adapta las prestaciones del sistema y controla las cuentas y seguridad; se permite un procesado remoto que suministra la información monoradar, de uno de los radares seleccionados, a las consolas 3D.

El tratamiento de planes de vuelo controla la conexión con Aviación Civil, recibe la información de planes de vuelo, los clasifica y actualiza y envía los que se consideren de interés a la base de datos del sistema. El módulo que gestiona esta última mantiene las entradas manuales que puedan efectuarse por la unidad operativa. La función de apoyo a la simulación (interna a este sistema, y que no tiene que ver con el simulador de los radares) realiza la preparación de ejercicios, de los mensajes externos (sensores con sus diferentes protocolos, y enlaces con protocolos diferentes también), y permite un seguimiento y control individualizado del personal a entrenar.

El programa de reducción de datos trabaja con datos operativos para sacar informes y se reproducen situaciones aéreas reales en un intervalo de tiempo deseado. Se pueden realizar diagnósticos para los servidores de comunicaciones, enlace de datos, altura, calibración RHI, y estrobes solares.

El DTS (Link-11) consta de medios comerciales en lo que afecta al "modem" de comunicación y de unos programas, que se han desarrollado dentro del proyecto para poder mantener un cierto grado de libertad en control e información de salida, que se utilizan para controlar las redes de este tipo conectadas con el sistema. El elemento de configura-

ción remota 3D son los programas de las consolas remotas 3D, que es capaz de controlar indistintamente los radares LANZA y RAT. Las consolas son del mismo modelo que el contemplado en el artículo de radares, y por tanto las consolas de todo el programa SIMCA son prácticamente iguales, salvo ciertos programas, con lo cual se mejora substancialmente las necesidades logísticas de estos medios.

El último elemento, encargado de apoyar a toda la programación del sistema, permite editar y modificar los módulos fuentes de cualquiera de las aplicaciones, pudiendo compilarlos y cargarlos como

módulos ejecutables, y realizar todas las labores típicas de un centro de apoyo en programación. Se pueden probar las modificaciones efectuadas y cargar las nuevas versiones a través de la conexión con la red local del sistema.

FUTURO EN SISTEMAS DE DEFENSA AÉREA

Los requisitos de supervivencia del sistema pueden hacer necesaria la duplicación del Centro que se ha descrito, en una posición geográfica diferente, integrando cuando estén disponibles los centros de operaciones de las alas que se asignen, debiendo solucionarse el reparto de áreas entre Centros y la información a intercambiar; también la instalación del nuevo tipo de radar, con la cantidad de información suministrada y las trazas posibles a generar, puede hacer necesario realizar un centro, con funciones simplificadas, para soportar aunque solo sea un radar dadas las posibles limitaciones de los antiguos.

En este campo se depende fuertemente de los progresos que se realicen en los sensores que suministran la información al sistema; aunque a través de un proceso más adaptado y con algoritmos de fusión más potentes, sea de datos o de trazas, se pueden conseguir mejoras que en este campo se considerarían porcentuales, las conseguidas en sensores pueden duplicar, triplicar, etc. la cantidad y calidad de información suministrada.

Otro campo de trabajo actual, además de los nuevos algoritmos de fusión de datos y trazas que generan cientos de artículos en las revistas técnicas de esta especialidad, es el de mejora en la ayuda automatizada a la decisión a través de aplicaciones de inteligencia artificial y otras teorías del conocimiento; se pueden considerar los centros de mando y control los lugares óptimos a aplicarlo ya que se tiende a que dispongan de toda la información de defensa de forma centralizada. ■