

Sistemas espaciales: aplicaciones y servicios

Fernando Davara Rodríguez

Capítulo segundo

Resumen

Este capítulo está dedicado a presentar las aplicaciones y servicios más relevantes, tanto civiles como para seguridad y defensa, de los sistemas espaciales, así como algunas otras derivadas del uso del espacio, basadas en la utilización conjunta de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) que han surgido en el ámbito de la defensa y se van extendiendo de forma paulatina al sector civil, particularmente en el empresarial y estratégico.

Asimismo se analizan las tendencias tecnológicas actuales o de futuro más próximo en el campo de los sistemas espaciales, en combinación con las TIC, entre ellas uso dual, las arquitecturas abiertas y distribuidas, basadas principalmente en servidores web especializados y la interoperabilidad que permita transmitir, recibir, compartir e intercambiar datos, informaciones y procesos entre sistemas heterogéneos, autónomos y distribuidos.

Palabras clave:

Sistemas espaciales, observación de la Tierra, posicionamiento y navegación, telecomunicaciones, uso dual, interoperabilidad, inteligencia geoespacial.

Abstract

The aim of this chapter is to present the most relevant applications and services of the space systems, both for civilian and for security and defense as well as a number of other arising from the use of space, based on a shared use of Information and Communications Technologies (ICT) that have emerged in the Defence domain and were gradually spreading to the civilian sector, particularly in enterprise and strategic areas.

Current technological or near future trends in the field of space systems, in combination with ICT, are also reviewed. including dual use, open and distributed architectures, mainly based on specialized Web server, and the interoperability that will allow to transmit, receive, share and exchange data, information, and processes between heterogeneous, autonomous and distributed systems.

Keywords:

Spatial systems, Earth observation, positioning and navigation, telecommunications, dual use, interoperability, geospatial intelligence.

Introducción

Desde que en 1957 se puso en órbita el primer satélite artificial (el famoso Sputnik 1), iniciando de esta forma la conquista del espacio, las tecnologías espaciales han experimentado una evolución tan espectacular que no existe duda en considerar al sector espacial como un elemento fundamental, no solamente por su carácter estratégico, sino también por ser motor de numerosas actividades; gracias a dichas tecnologías se han mejorado sensiblemente las comunicaciones y las previsiones meteorológicas; el lanzamiento y la explotación de satélites científicos han permitido ampliar nuestros conocimientos sobre una gran variedad de fenómenos físicos; los satélites de observación y teledetección son una ayuda inestimable para conocer mejor nuestro planeta, prevenir catástrofes naturales o causadas por el hombre y optimizar el uso de los recursos terrestres y marítimos; se han enviado naves a los confines de nuestro sistema solar, etc., sin olvidar el hecho de que las investigaciones llevadas a cabo en el dominio espacial han servido igualmente para impulsar otros adelantos con numerosas aplicaciones no espaciales.

Asimismo, el espacio y sus tecnologías dan origen a una gran multiplicidad de aplicaciones de gran importancia en variados ámbitos, políticos, de seguridad y defensa, industriales, científicos, económicos, culturales y sociales. Su amplia utilización, así como la de los servicios que proporciona, ayudada y complementada por la difusión de las tecnologías de la información y comunicaciones, ha dado lugar a que actualmente el espacio forme parte de nuestra vida cotidiana, donde se ha popularizado el uso de imágenes de satélites meteorológicos, navegadores GPS, aplicaciones para dispositivos personales como mapas digitales, cartografía, servicios de todo tipo, etc.

El referirse al espacio de forma genérica es causa de múltiples interpretaciones del término, dependientes del contexto, que pueden dar lugar a confusión. Normalmente al hablar del espacio se hace referencia al entorno que nos rodea, distinto de la tierra, aire y océanos, al que se considera de gran importancia estratégica y con capacidades significativas en múltiples dominios como la TV y radio digitales, la previsión meteorológica, control medio ambiental, etc.

Asimismo, al añadir a estas tecnologías el adjetivo espaciales parece limitarlas aparentemente a aquellas que se sitúan en órbita o en las estaciones terrestres, con la consiguiente pérdida de oportunidades que pueden encontrarse en aplicaciones y servicios, dominio donde las tecnologías espaciales constituyen un útil de la mayor importancia a explotar por usuarios, industrias y proveedores de servicios.

Desde un enfoque orientado a la explotación de las capacidades que puede proporcionar el espacio parece pues necesario ampliar el concepto

para abarcar en él tanto al medio físico, como a los sistemas espaciales y sus componentes, incluyendo los situados y utilizados en tierra, así como las aplicaciones y servicios que pueden proporcionar.

De esta forma se considera que, en estas circunstancias, el espacio está integrado por los siguientes componentes:

- Sistemas espaciales.
- Infraestructuras.
- Aplicaciones y servicios de valor añadido.

El tercero de estos componentes da título a este capítulo razón por la cual los siguientes apartados se dedicarán a la presentación de las diferentes familias de sistemas espaciales desde una perspectiva de sus aplicaciones y servicios de valor añadido.

Sistemas espaciales

Desde el enfoque de este capítulo, un sistema espacial es un conjunto de elementos o componentes situados en el espacio y en tierra que interactúan entre sí constituyendo un todo organizado diseñado con el objetivo de proporcionar, bien directamente o por intermedio de proveedores, aplicaciones y servicios de valor añadido.

Como se indica posteriormente, existen diferentes tipos o familias de sistemas espaciales, con elementos y medios de utilización muy heterogéneos, como también lo son las aplicaciones y servicios que proporcionan, lo cual implica que se diseñen e implementen arquitecturas de diversas clases. Pero, en términos genéricos todas ellas pueden describirse por medio de dos grandes grupos de componentes, denominados segmento espacial y segmento terrestre.

El primero de ellos, el espacial, al que a veces se califica como segmento de vuelo, lo integra un satélite, o una constelación de ellos, situados en la misma órbita o en varias diferentes.

Los satélites están constituidos por dos conjuntos principales: la carga útil y la plataforma. La primera, también denominada carga de pago, es la encargada de llevar a cabo la misión propiamente dicha del satélite, estando constituida por los diferentes instrumentos que la desempeñan como equipos de telecomunicaciones, transpondedores, sensores ópticos o radar, etc. Al ser dependiente de la misión se diseña de forma específica para cada uno de los sistemas.

La plataforma, que soporta la infraestructura del satélite, es responsable de asegurar la misión de la carga útil. Para ello incluye los sistemas de potencia que alimentan a todos los equipos y componentes, el subsistema de control de actitud y de órbita del satélite, la gestión de datos y diversos servicios de comunicaciones, como el conocido como TTC

(Tracking, Telemetry & Command) que recibe las órdenes desde tierra y transmite la telemetría del estado del satélite. Todos ellos son comunes a una gran variedad de satélites y se suelen reutilizar de una misión a otra.

Por su parte, el segmento terrestre está constituido por los componentes que se encuentran en tierra y son responsables del control de los satélites y de su explotación.

Si bien su arquitectura depende de la misión, así como de la altitud y órbita de los satélites, en él pueden identificarse una serie de componentes funcionales que son prácticamente comunes a todos los sistemas, como el centro de control, responsable de control y mando del satélite, las estaciones de recepción, los medios de enlace que aseguran la conexión con los satélites y entre los diversos componentes terrestres, un TTC (Tracking, Telemetry & Command) y un centro de misión responsable de controlar las tareas asignadas a la carga útil. En la figura 1 se representa gráficamente una arquitectura genérica de un sistema espacial.

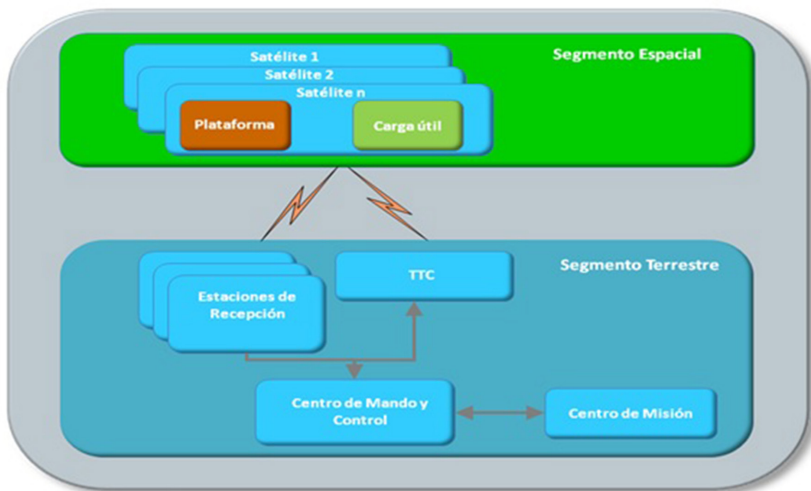


Figura 1. Arquitectura genérica de un sistema espacial

Los satélites, con independencia a la familia o sistema a que pertenezcan, pueden estar situados en diferentes órbitas, las cuales, dependiendo de su altitud, se clasifican normalmente según sus alturas, según determinados tipos que incluyen principalmente las geoestacionarias o geosíncronas (Geosynchronous Orbit, GEO), semisíncronas (Medium Earth Orbit, MEO) y de baja altitud (Low Earth Orbit, LEO).

Según las leyes de Kepler el período orbital es función de la distancia a la Tierra, de forma que aumentando la altura de la órbita es posible obtener la concordancia de su período con el día sideral de este planeta, condición que se cumple a una altitud de 35.786 km. Si a su vez se utiliza

una órbita circular (haciendo coincidir los dos focos de la elipse de la trayectoria orbital) y se reduce a 0° su inclinación respecto al ecuador, el satélite tendrá una velocidad relativa cero con respecto a la superficie de la Tierra, permaneciendo estacionario con relación a ella, por lo cual se denominan órbitas GEO. Este tipo de órbita se utiliza principalmente para satélites de comunicaciones.

Las órbitas MEO son aquellas en que el período orbital es equivalente a medio día sideral. Se utilizan habitualmente por los sistemas de navegación y posicionamiento global, como en los de GPS y Galileo que se expondrán más adelante.

Por su parte las órbitas bajas (LEO) comprenden las plataformas que orbitan entre unos 200 y 2.000 km, si bien actualmente no suelen superar los 800 km de altitud (de ahí su nombre). Este tipo de órbita es la de mayor utilización en observación de la Tierra, particularmente las de órbita polar, pues permiten observar la totalidad del globo, con períodos de rotación próximos a la centena de minutos, lo cual asegura una buena permanencia en la observación.

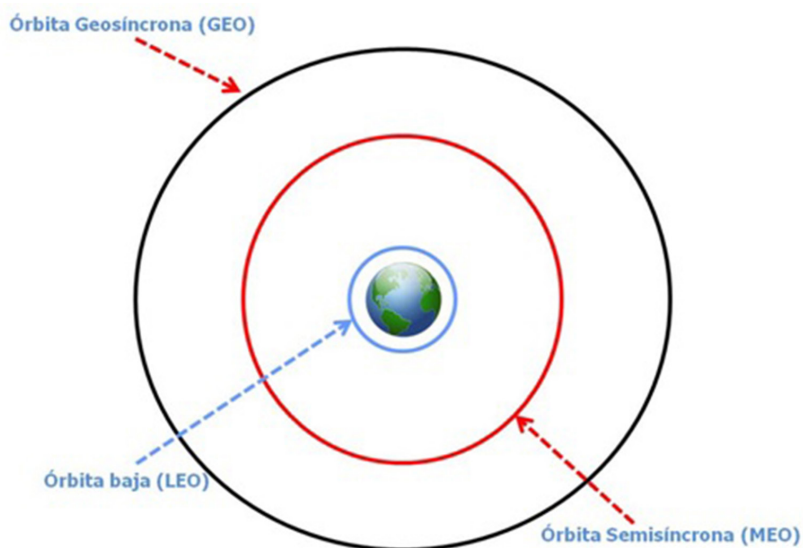


Figura 2. Tipos de órbitas según su altitud

En determinados casos, sobre todo en los sistemas de satélites dotados de sensores ópticos, se utilizan órbitas LEO helio síncronas, o sincronizadas con el Sol, que permiten «observar» todos los puntos con la misma inclinación de los rayos solares, independientemente de la estación de año en la que se obtiene la escena, facilitando la extracción de información espacial por medio de las sombras de los objetos.



Figura 3. Concepto de órbita helio sincrónica

Esta arquitectura genérica, frecuentemente utilizada en sectores profesionales, tecnológicos e industriales, debe completarse en los casos que nos ocupan con un tercer segmento, el de usuarios, quienes son los verdaderos beneficiarios de estos sistemas y a su vez causa directa de la continua generación de nuevas aplicaciones y servicios.

Continuando con la línea argumental, los diversos sistemas espaciales se diferencian entre sí según las capacidades que pueden proporcionar. Así es usual clasificarlos en las familias de:

- Observación de la Tierra (EO).
- Comunicaciones.
- Navegación y posicionamiento (GNSS).
- Meteorología.
- Geodesia.
- Observación del espacio.
- Acceso al espacio (lanzadores).

Considerando las aplicaciones y servicios a proporcionar por cada una de ellas merecen especial atención las tres primeras familias, a las que se dedicarán los siguientes apartados.

Observación de la Tierra (EO)

Los sistemas espaciales de Observación de la Tierra (EO: Earth Observation) son aquellos que adquieren y proporcionan datos (radiación e imágenes) de áreas concretas en cualquier lugar de la superficie de la Tierra. Se basan en la denominada percepción remota (Remote Sensing, RS), o teledetección, que se define como la «utilización de sensores especializados para obtener información remota de objetos del mundo real sin tener contacto con ellos, detectando, grabando y transmitiendo la energía electromagnética reflejada o emitida por ellos para conocer sus propiedades (posición, atributos...) y sus relaciones espaciales».

Es decir, que en esta familia el componente principal o básico de la carga útil del satélite es el sensor, cuyas peculiaridades darán origen a aplicaciones y servicios diferenciados. Por ello los sistemas de EO suelen clasificarse de acuerdo con determinadas características de sus sensores.

Una tipología muy extendida es aquella que distingue dos tipos de sistemas de EO: pasivos, que utilizan energía que no es proporcionada por el sensor y activos donde la energía la proporciona el propio sensor.

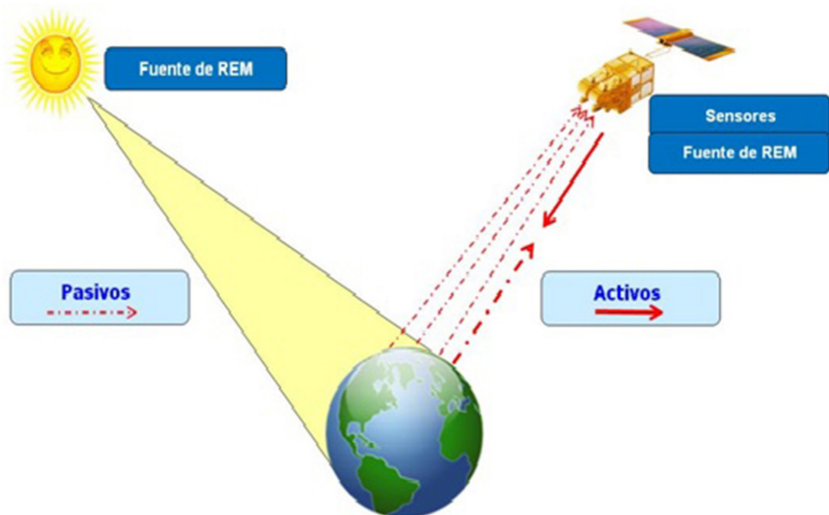


Figura 4. Sensores activos y pasivos

Asimismo, los sistemas de EO también se caracterizan por medio del espectro electromagnético, de acuerdo con el rango de longitud de onda (λ) utilizado. Cada uno de ellos está dominado por un modelo específico de interacción entre la radiación electromagnética (REM) y la superficie de los materiales, de forma que, si el sensor obtiene esta radiación, el tipo de interacción codificado en los datos detectados permitirá conocer una

serie de características de un material y facilitará el subsiguiente desarrollo de aplicaciones.

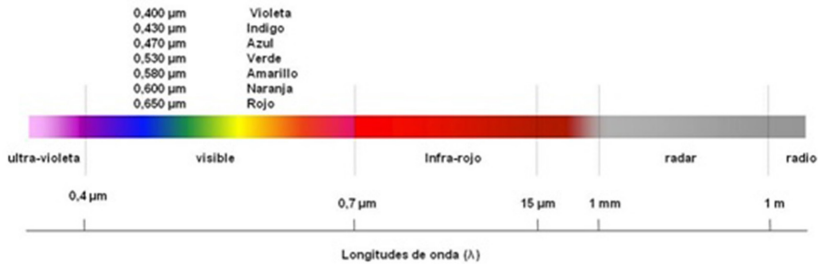


Figura 5. Zonas del espectro electromagnético normalmente utilizadas en EO

La utilización de diferentes zonas del espectro electromagnético sirve a su vez para clasificar los sensores en los denominados ópticos (visible o pancromáticos y multiespectrales, PAN y MS) y microondas o radar, que permitirán generar imágenes, o los destinados a medir una determinada propiedad o característica, como altímetros, difusómetros, espectrómetros o radiómetros.

Estas bandas del espectro determinan el tipo de sensor a utilizar lo que afecta a diversos parámetros que en algunos casos no son nada despreciables. La clasificación más comúnmente utilizada es la siguiente:

- Sensores ópticos visible (PAN): presentan las ventajas de una gran resolución espacial, buena instalación en la plataforma y facilitar el proceso de datos. Sus inconvenientes son sobre todo su vida útil y la imposibilidad de operar en tiempo cubierto (nubes o niebla) y con poca o nula luz solar (noche, zonas polares).
- Sensores multiespectrales (MS): operan en toda la gama óptica e infrarrojo, con una resolución espacial media, operación en todo tiempo y facilidad para conocer no solo la presencia de objetos sino también «ausencias» en cortos plazos.
- Sensores radar (normalmente de apertura sintética, Synthetic Aperture Radar, SAR); operan en todo tiempo (nubes, nieblas...) y de noche o día. Aunque tienen menor resolución espacial están especialmente capacitados para la detección de objetivos artificiales en todo tiempo.

Las órbitas más utilizadas en los sistemas de EO son normalmente las LEO casi polares, con el plano orbital ligeramente inclinado respecto al eje de rotación de la tierra, para poder observar la mayor parte de la superficie terrestre y en muchos casos helio síncronas.

Actualmente está disponible una gran variedad de sistemas espaciales que se utilizan, o pueden utilizarse, en EO. En el cuadro que se expone

a continuación se relacionan algunos de los de mayor utilidad, sin hacer una descripción detallada de ellos dado que incrementaría considerablemente la extensión de este capítulo.

Serie	Utilización	País u Organismo	Estatus
Landsat	Comercial	EE.UU.	Operativo
Spot	Comercial	Francia	Operativo
Eros	Comercial	Israel	Operativo
Ikonos	Comercial	EE.UU.	Operativo
QuickBird	Comercial	EE.UU.	Operativo
Radarsat	Comercial	Canadá	Operativo
ENVISAT	Comercial	ESA	Operativo
SeaStar (SeaWiifs)	Comercial	EE.UU	Operativo
Terra y Aqua (Modis)	Comercial	Canadá y Japón (NASA)	Operativo
NOAA (AVHRR)	Comercial	EE.UU	Operativo
KOMPSAT	Uso dual	Corea del Sur	Operativo
Terra SAR	Comercial	Alemania y Reino Unido	Operativo
SAR LUPE	Uso dual	Alemania	Operativo
COSMO SKYMED	Uso dual	Italia	Operativo
Pleiades	Uso dual	Francia	Operativo
Ingenio	Civil	España	Pendiente de lanzamiento
Paz	Uso Dual	España	Pendiente de lanzamiento

Tabla 1

Es preciso hacer constar que muchos de ellos se conocen entre los usuarios por el nombre del sensor y otros por el de su plataforma, aspectos muy diferentes que pueden inducir a confusión, por lo que se indica en cada caso el satélite o satélites que embarca cada sensor.

Las aplicaciones y servicios proporcionados por esta familia de sistemas espaciales son tan numerosas que su relación detallada rebasaría largamente los límites de este capítulo. A modo de ejemplo destacamos las siguientes:

- Análisis y gestión de riesgos y crisis, incluyendo desastres naturales o causados por el hombre: en este campo los sistemas de EO juegan un papel fundamental en todas las fases (prevención, reacción, mitigación de efectos y recuperación).
- Gestión y protección medioambiental: información, vigilancia, control, análisis y detección de cambios.

- Gestión de recursos naturales: información, análisis, vigilancia y control en diversos ámbitos como agricultura, ganadería y pesca de precisión, predicción y clasificación de cosechas y capturas, selección de zonas aptas o inadecuadas, etc.
- Gestión de usos del suelo: información, vigilancia, control, análisis y detección de cambios (p.e. deforestación y desertización), inventarios y clasificaciones en infraestructuras rurales y urbanas, determinación y control de límites territoriales, geología, minería, etc.
- Climatología, meteorología, oceanografía, investigación científica: cambio climático, contaminación, predicciones...
- Seguridad y vigilancia (seguridad y defensa se trata en otro apartado): vigilancia y detección de tráfico y cultivos ilícitos, de líneas de transporte de energía, comunicaciones, marítimas, seguridad ciudadana, etc.
- Geomática (geoinformática): sistemas de información geográfica, cartografía de precisión o de circunstancias, topografía y geodesia, modelos digitales y tridimensionales, simulación, predicciones, servicios públicos, etc.

Al igual que sucede con los otros sistemas espaciales, su facilidad de uso, libre acceso, disponibilidad, precisión y cobertura global son causa de que el número de aplicaciones y servicios aumenten constantemente, impulsadas por el desarrollo y difusión de las TIC y su capacidad para combinarse con los proporcionados por las otras familias.

Comunicaciones

Los sistemas espaciales de comunicaciones son aquellos destinados a la transmisión punto a punto de datos, voz, TV, multimedia, etc., facilitando la transferencia de información con carácter global a través de las fronteras. Se basan en la transmisión de señales de radiofrecuencia desde la Tierra al satélite (enlaces de subida), su amplificación y cambio de frecuencia a bordo del satélite y su posterior retransmisión hacia la Tierra (enlaces de bajada).

Con objeto de lograr la mayor operatividad posible la mayor parte de los satélites que componen este tipo de sistema espacial están situados en órbitas geoestacionarias de forma que el satélite se encuentre siempre fijo con respecto a una zona de cobertura determinada, evitando tener que desplazar las antenas terrestres.

La utilización de este tipo de órbitas presenta un cierto inconveniente; dado que al tener el «perímetro» de la órbita una longitud fija y finita puede darse el caso de que varios sistemas quieran utilizar la misma posición, como en aquellos países situados en longitudes geográficas si-

milares o próximas, y también que la órbita llegue a saturarse ante el elevado número de satélites que la van ocupando.

En estos sistemas la carga útil de la componente en vuelo está compuesta de varios dispositivos encargados de recibir, filtrar, amplificar, cambiar de frecuencia y retransmitir las señales enviadas desde las estaciones terrestres. La combinación de receptor/transmisor en diferentes bandas de frecuencia del espectro electromagnético se denomina transpondedor, elemento fundamental para recibir, amplificar y cambiar de frecuencia de la señal de recepción a la de transmisión para evitar interferencias.

Con la capacidad de los transpondedores actuales los sistemas espaciales de comunicaciones se han convertido en el medio más adecuado para recibir y transmitir todo tipo de datos e información, siendo una de las principales arterias de comunicación de la sociedad digital.

Las bandas de frecuencia más utilizadas en los sistemas de satélites son las que se indican a continuación diferenciando la frecuencia de subida y de bajada:

Banda	Fr. Subida (GHz)	Fr. Bajada (GHz)
L	1,93 - 2,01	1,45 - 1,61
C	5,925 - 6,425	3,625 - 4,2
X	7,925 - 8,245	7,25 - 7,75
Ku	12,75 - 14,5	10,70 - 12,75
Ka	27,5 - 30,5	17,2 - 21,20

Tabla 2

Cada una de ellas presenta ventajas e inconvenientes, de ahí la diversificación en su utilización. Por regla general las frecuencias más elevadas (bandas Ku y Ka) permiten transmitir más información pero demandan más potencia y diámetros de antenas mayores lo cual encarece considerablemente sus equipos. Otras bandas, al utilizar longitudes de onda mayores, tienen mayor poder de penetración por lo que necesitan menor potencia pero la capacidad de transmisión de información es también menor.

Una restricción de uso importante en la banda Ku es que la mayor parte de sus ubicaciones están ya adjudicadas y en el caso de la banda X es el estar reservada prácticamente a sistemas de comunicaciones gubernamentales.

mentales y militares, razón por lo que hay un pequeño número de ingenios en órbita.

Como en el resto de los sistemas espaciales los avances tecnológicos en la tecnología de los satélites de comunicaciones han dado lugar a una amplia variedad de aplicaciones que se utilizan tanto por los gobiernos, la defensa y servicios comerciales, como por los usuarios particulares. Los proveedores de sus servicios pueden sintetizarse en los que pertenecen a organizaciones internacionales de telecomunicaciones por satélite (como por ejemplo INTELSAT, INMARSAT o EUTELSAT), a países o distribuidores domésticos (como HISPASAT en España) o a entidades privadas.

Los servicios a proporcionar pueden agruparse en varias categorías, muchas de las cuales se superponen entre sí. Una de las más utilizadas los clasifica en tres grandes grupos: de telecomunicaciones, que incluye entre otras a la telefonía y redes inalámbricas, de radiodifusión, de señales de audio y video, radio y televisión, destinadas al uso comercial o del público en general, y de datos para la transferencia de estos punto a punto.

Otra tipología más acorde con los servicios actuales los clasifica en servicios móviles, fijos y de difusión directa. Los primeros (SMS: Mobile Satellite Services) proporcionan servicios de comunicaciones para dispositivos inalámbricos móviles y portátiles en cualquier medio (terrestre o LSMS, marítimo o MMSS y aéreo o ASMS) por medio de conexiones del sistema a las redes móviles terrestres o a componentes terrestres auxiliares que permiten comunicaciones punto a punto o multipunto (en red) entre estaciones móviles.

Los servicios fijos (FSS: Fixed Satellite Services) aseguran comunicaciones punto a punto y en red entre estaciones terrenas en ubicaciones fijas, siendo muy utilizados comercialmente sobre todo para la conectividad de Internet y para las redes de empresas privadas. Ocasionalmente incluye enlaces para servicios de otros sistemas espaciales, tanto de comunicaciones como de las otras familias.

Finalmente los de difusión directa (DBS: Direct Broadcast Satellite Services) proveen servicios de distribución de señales de audio y video (analógicas y digitales) para usuarios finales, tanto en recepción individual como comunitaria. Generalmente son servicios comerciales que proporcionan otros tipos de capacidades como interactividad, video bajo demanda, etc.

Con la expansión de las aplicaciones de la sociedad digital, particularmente Internet, aparece una gran demanda de la denominada convergencia de datos, voz y telefonía sobre IP (VoIP, IPT) y multimedia en formato digital para aplicaciones de banda ancha, es decir de acceso de alta velocidad. En este dominio los sistemas espaciales de comunicaciones constituyen una poderosa herramienta por su amplia obertura y diver-

sificación facilitando acceso a este tipo de servicios a usuarios situados en zonas sin cobertura, o de mala calidad, de banda ancha e incluso sin soluciones de telefonía fija.

Por estas razones en la actualidad están adquiriendo relativa importancia los servicios de comunicaciones de banda ancha por satélite (Broadband Satellite Communications), también denominados de Internet por satélite, que proveen conexiones bidireccionales de alta velocidad por medio de sistemas espaciales de recepción y transmisión en banda ancha a usuarios finales, o que se integran en servicios híbridos donde la señal la proporcionan los satélites y las distribuyen sistemas terrestres.

Navegación y posicionamiento (GNSS)

Los sistemas espaciales de navegación y posicionamiento (GNSS: Global Navigation Satellite Systems) proporcionan señales que permiten obtener con cobertura global la posición 3D, velocidad, hora, etc., de un receptor con una precisión dependiente de cada uno de ellos, puestas a disposición de cualquier usuario.

Un GNSS está integrado por una constelación de satélites cuyas trayectorias en el espacio están distribuidas en diferentes planos orbitales con objeto de poder abarcar toda la superficie terrestre. Transmiten señales que al ser recibidas por los receptores se utilizan para determinar su posición en cuatro dimensiones (coordenadas geográficas, altitud y hora) y su velocidad en cualquier parte del globo terrestre, en tierra, mar o aire y en cualquier condición climatológica.

En estos sistemas el segmento usuario está integrado directamente en su arquitectura. Lo forman los receptores pasivos de todos los usuarios que reciben las señales y procesan los datos para convertirlos en información de utilidad.

La navegación por satélite nació y creció con una fuerte vocación de uso militar, para posicionar móviles y guiar armas de precisión. Pero el incremento de la demanda de la sociedad de la información ha dado lugar al desarrollo de un número creciente de servicios que cada vez utilizan más las informaciones proporcionadas por los sistemas de navegación espaciales, en el dominio de los transportes, comunicaciones, control de tráfico, etc.

En la actualidad están en servicio tres sistemas GNSS, el conocido como GPS (Global Positioning System) de los Estados Unidos, el GLONASS (Global Navigation Satellite System) de Rusia y el BeiDou (Osa Mayor: BeiDou Navigation Satellite System) de China, si bien se encuentran en fases avanzadas de desarrollo otros varios como GALILEO, de la Unión Europea, o COMPASS, la 2ª fase del BeiDou, el QZSS (Quasi-Zenith Satellite

System) de Japón o IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System) de India.

Cada uno de ellos utiliza diferentes órbitas (ver cuadro adjunto) y proporciona asimismo distintos servicios y precisiones, entre decenas y un centenar de metros.

GNSS	País/ Organización	Órbita	Nº de satélites	Estatus
GPS	EE.UU.	MEO (20.200 kms).	30	Operativo
GLONASS	F. Rusa	MEO (19.100 kms)	24	
GALILEO	Unión Europea	MEO (23.200 kms)	30 (4 operativos)	En fase de validación en órbita
BeiDou	China	GEO (36.000 kms) y MEO (21.500 kms.)	5 (órbita GEO) 30 (órbita MEO)	Operativo
COMPASS	China	GEO (36.000 kms) y MEO (21.500 kms.)	35 (5 GEO, 30 MEO)	En fase de desarrollo

Tabla 3

Dado que el fundamento de los diversos sistemas es similar, tomaremos como ejemplo el más utilizado actualmente, el sistema NAVSTAR (Navigation System and Ranging) estadounidense, conocido popularmente como GPS, que está integrado por una constelación de 30 satélites situados en seis planos orbitales a unos 20.000 km de altura con trayectorias sincronizadas para ofrecer una cobertura global que permita determinar en cualquier parte del mundo la posición de un objeto con precisión de unos 15 metros.

Dada su característica dual proporciona dos servicios diferentes: uno estándar para fines civiles y comerciales con la precisión indicada anteriormente y un segundo de mayor precisión reservado a aplicaciones gubernamentales, particularmente de defensa.

Los sistemas GNSS ofrecen tan amplia panoplia de aplicaciones y servicios que se han convertido en una herramienta indispensable tanto en actividades gubernamentales y profesionales como científicas, comerciales o empresariales y para el público en general. Entre ellas destacan, entre otras, las siguientes:

- Navegación y transporte: como se infiere del nombre de los sistemas es su principal aplicación si bien actualmente se reparte por igual con las orientadas a explotar sus otras capacidades de posicionamiento y tiempo. Su dominio abarca todo tipo de móviles terrestres, marítimos y aéreos, incluyendo personas, destacando particularmente como elemento principal del control del tráfico aéreo, marítimo y terrestre donde complementa y completa al resto de componentes de gestión.
- Servicios basados en localización (LBS: Location Based Services): se prestan por medio de dispositivos móviles con objeto de determinar su situación geográfica. Se utilizan principalmente para gestión de flotas, servicios de emergencia, seguimiento de activos y en aplicaciones de gestión de información, ocio, etc.
- Sincronización: al determinar el tiempo con gran precisión y con carácter global, las señales de los GNSS se utilizan como referencias temporales para sincronizar equipos y dispositivos de todo tipo, como por ejemplo redes de comunicaciones, eléctricas, protocolos de Internet, etc.
- Agricultura, ganadería y pesca de precisión: mejora del rendimiento de las labores agrícolas, ganaderas y pesqueras en múltiples aspectos como optimización de rutas, gestión de tratamientos químicos, identificación de parcelas, zonas marítimas, bancos de peces, localización de animales, naves, vehículos y maquinaria, trazabilidad de capturas, cosechas y productos, etc.
- Gestión y protección medioambiental, control y seguimiento de desastres naturales o causados por mano humana, gestión de usos del suelo, de instalaciones, etc.

Como en los casos de las otras familias, su facilidad de uso, libre acceso, disponibilidad, precisión y cobertura global son causa de que el número de aplicaciones y servicios aumenten constantemente apoyadas por el desarrollo y difusión de las TIC y su capacidad para combinarse con los proporcionados por las otras familias en diversas aplicaciones principalmente en el ámbito de la geomática.

El espacio de seguridad y defensa

La evolución hacia nuevos conceptos de la seguridad y la defensa ha favorecido que se ponga en evidencia la dimensión estratégica del uso del espacio y de sus variados dominios de aplicación en los diversos escenarios susceptibles de presentarse a corto plazo. Hoy en día los medios espaciales constituyen una herramienta indispensable por su capacidad de obtener y difundir información de forma repetida y en cualquier lugar, su carácter global y no agresivo y su libertad para franquear fronteras con total independencia, con discreción y en el estricto respeto de las leyes internacionales.

Al hablar del espacio de seguridad y defensa se hace uso de un concepto amplio en el que se incluyen el espacio, como medio, y los sistemas espaciales (en el espacio o en tierra). En este capítulo se trata de aproximar el uso de los sistemas espaciales así como de las capacidades que proporcionan en apoyo de la estrategia de la seguridad y defensa comunes y de la tarea de alcanzar los objetivos de dicha estrategia.

Por ello, al igual que en anteriores apartados, son las tres familias expuestas las que merecen una especial atención, por lo que en las siguientes líneas se tratará de sintetizar el estado del arte en lo que respecta a España, bien de forma individual o como Estado miembro de la Unión Europea.

Observación de la Tierra (EO)

Cuenta con un gran número de aplicaciones, que se incrementa día a día, pero donde alcanza su más alto grado de utilización es en el de la inteligencia al constituir una herramienta esencial que permite la obtención de información de forma permanente y repetitiva en todo lugar del globo, así como en el de la geomática por toda su amplia gama de servicios de valor añadido.

Asimismo los sistemas de observación de la Tierra desde el espacio son de probada eficacia en otros campos de la defensa donde constituyen un valioso complemento para el resto de medios disponibles, ayudando en la preparación de las operaciones y favoreciendo la utilización de los modernos sistemas de armas.

En España la utilización del espacio con fines de defensa comenzó en 1988 con el compromiso de participar (con un 7%) junto con Francia e Italia en el programa Helios, que tenía por objeto desarrollar, poner en órbita y operar un sistema militar de observación por satélite.

En julio de 1995 comenzó su actividad el sistema Helios con la puesta en órbita del primer satélite de la serie, el Helios IA que, situado a una altura de unos 700 kilómetros, llevaba a bordo una carga útil dotada de un sensor óptico visible con una gran resolución espacial en comparación con la que se disponía en la época con satélites civiles. En 1999 se completó la serie al poner en órbita y explotar el satélite Helios IB, que complementaba al anterior y lo mejoraba en cuanto a su capacidad de almacenamiento y la flexibilidad de descarga de datos.

El sistema Helios fue innovador al presentar la característica diferenciadora de su utilización conjunta entre los tres países cooperantes, con una infraestructura propia de cada uno de ellos integrada en una común, diseñada para programar y acceder a los datos que proporcionan los satélites, tanto de forma conjunta como individual, constituyendo un ejemplo

de la voluntad de cooperación en materia de defensa que se refleja en el diseño de otros sistemas espaciales europeos.

Asimismo fue innovador al iniciar una experiencia basada en un grupo reducido de profesionales de los tres Ejércitos, bajo el control operativo del Estado Mayor de la Defensa y el apoyo técnico del INTA, que ha proporcionado los conocimientos y capacidades necesarias para poner en marcha y operar los sucesivos programas que le sucedieron o se encuentran en fase de definición y desarrollo, como el de desarrollo del prototipo de un sistema espacial completo, desde la fase inicial de diseño hasta la final de operación en órbita, culminado por el INTA con el lanzamiento en 1997 del satélite MINISAT 01, o los del Programa Nacional de Observación de la Tierra por satélite (PNOT) que se citará posteriormente, a la vez que ayudó a los organismos tecnológicos e industrias españolas a situarse en un primer nivel de competitividad en este dominio.

Al sistema Helios I le sucedió Helios II, en el que también participa España, junto con Francia y Bélgica, que con un porcentaje igual al español (2,5%) sustituyó a Italia, país que ha desarrollado su propio sistema (Cosmo Skymed: satélites radar de apertura sintética) el cual, en combinación con el sistema francés Pleiades (satélites ópticos), configura el sistema espacial dual de EO ORFEO.

En diciembre de 2004 se puso en órbita el satélite Helios II que, al igual que los Helios I, se situó en una órbita helio sincrónica y cuasi polar, a unos 700 km de altura, permitiendo abarcar toda la superficie de la Tierra y acceder a cualquier punto de ella en menos de 4 días.

Este satélite mejoró sensiblemente a los dos anteriores tanto en su capacidad de almacenamiento o de descarga selectiva de datos, como en su resolución, precisión de localización y capacidad multispectral, al estar dotado de una instrumentación que incorpora sensores ópticos que trabajan en la zona visible del espectro electromagnético y otros de alta resolución e infrarrojo que permiten operar día y noche o en zonas cubiertas de nubes.

En la actualidad se está operando el sistema continuando la utilización conjunta, para lo que se adaptaron convenientemente los diferentes elementos de la infraestructura del segmento terrestre del mismo, siendo responsable del control operativo de la componente española el Estado Mayor de la Defensa.

Continuando las iniciativas y con objeto de dar continuidad a la capacidad ya adquirida, el año 2007 se firmó un Acuerdo Marco entre los ministros de Industria y Defensa para desarrollar un Programa Nacional de Observación de la Tierra por satélite (PNOT) que contempla el desarrollo, la puesta en órbita y la explotación de dos satélites con sensores diseñados según las dos tecnologías actuales de la observación espacial, óptica y radar, financiados conjuntamente por ambos ministerios.

Uno de los satélites (Ingenio-SEOSAT, en el dominio óptico, pancromático y multispectral; civil) será financiado y gestionado por el CDTI en el marco de la contribución de España a la ESA. Sus principales beneficiarios serán usuarios civiles pero, por la complementariedad de las tecnologías de ambos satélites y la especial característica de ser un sistema propio, sus datos podrán utilizarse también para aplicaciones de seguridad y defensa cuando así se considere necesario.

El segundo satélite (Paz, radar en banda X; dual) y el segmento terreno común serán financiados y gestionados por el Ministerio de Defensa. Al igual que el anterior, este estará destinado a satisfacer las necesidades de información de un sector específico, el de seguridad y defensa, pero asimismo podrá utilizarse en otras aplicaciones civiles.

Con este diseño ambos satélites podrán ser utilizados de forma específica por cada uno de los sectores para los que han sido proyectados, pero también podrán serlo con carácter conjunto, proporcionando así la capacidad de responder al concepto moderno de utilización de estos medios espaciales, el conocido como «uso dual» (civil y de seguridad y defensa).

Con el Programa Nacional de Observación se posibilita alcanzar el objetivo de disponer de un sistema que abarque las dos tecnologías disponibles actualmente (óptico y radar) y además orientado al mencionado uso dual, lo que supone un gran avance en este tipo de medios. Dado que los países europeos que en la actualidad disponen de recursos de este tipo, o los tienen en proyecto, solo contemplan una de las dos tecnologías, puede afirmarse que este programa convertirá a España en el primer país de la Unión Europea que trata de dotarse de un sistema espacial que abarque las dos tecnologías complementarias.

Comunicaciones

En el campo de las telecomunicaciones los sistemas espaciales constituyen la columna vertebral de toda red de comunicaciones estratégicas y tácticas, apoyando y complementando al resto de medios y redes tradicionales. Debido a su cobertura global y a las elevadas tasas de velocidad de transmisión y recepción su empleo está especialmente recomendado en aquellas operaciones de gestión y resolución de crisis que implican una rápida proyección de medios, de gran movilidad, sobre zonas alejadas y muy diversificadas donde son vitales la flexibilidad y la capacidad de reacción.

Las aplicaciones son similares a las civiles con las debidas restricciones de seguridad, protección, fiabilidad y redundancia. Entre ellas se encuentran las de comunicaciones móviles para vehículos y plataformas aéreas y marítimas, fijas para instalaciones permanentes o semipermanentes, las de banda ancha, tanto para transmisión de productos de inteligencia como para el control de la plataforma y descarga de información de los

sensores de los drones o UAV y también en apoyo a las misiones en el exterior facilitando el acceso a internet, correo electrónico, telefonía, etc.

En España, pocos años después de la decisión de participar en el programa Helios, se continuó progresando con la puesta en órbita y operación en septiembre de 1992 del satélite español Hispasat 1A, multimisión con cargas útiles civil y gubernamental, esta última en banda X, con dos transpondedores específicos para comunicaciones fijas y móviles, dando así comienzo a la utilización de satélites de comunicaciones con fines de defensa.

La infraestructura terrestre de utilización del satélite se constituyó en el marco del denominado SECOMSAT (Sistema Español de Comunicaciones Militares por Satélite) que tenía por objeto establecer y operar medios de comunicaciones seguros, de gran capacidad y con alto grado de fiabilidad, en beneficio de las fuerzas desplegadas en territorio nacional o en el extranjero, apoyando a los órganos de Mando y de Apoyo Logístico integrados en el Sistema Conjunto de Telecomunicaciones Militares (SCTM).

En julio de 1993 se puso en órbita al satélite Hispasat 1B, dotado asimismo de transpondedores en banda X, con características tales como la interoperabilidad con otros satélites o la posibilidad de operar con satélites comerciales, en banda Ku, en aquellos lugares situados fuera del área de cobertura de la banda X.

Estos dos satélites de Hispasat fueron utilizados por las Fuerzas Armadas españolas en el marco del SCTM hasta que al comenzar el siglo XXI, dada la prevista finalización de su vida útil, se decidió reemplazar a Hispasat por otros medios que permitieran mantener la capacidad de comunicaciones por satélite, para lo que se inició un nuevo programa de comunicaciones gubernamentales.

Durante la fase de definición y desarrollo del nuevo programa, ante la posibilidad de encontrarse con un período de vacío, el Ministerio de Defensa contrató con la compañía Hispasat la prolongación de la vida útil del satélite 1B mediante su cambio a una órbita inclinada, continuando así en servicio hasta marzo de 2006.

El primer satélite del nuevo programa de satélites de comunicaciones fue el XTAR-EUR, lanzado en 2005, que presenta la particularidad de proporcionar comunicaciones seguras por medio de un contrato de alquiler por uso. De los doce transpondedores en banda X que lleva a bordo el satélite, España alquiló tres para su utilización por sus Fuerzas Armadas.

Posteriormente se completó el programa poniendo en órbita en marzo de 2006, en la misma posición geoestacionaria de Hispasat, el satélite SPAINSAT con capacidad de doce transpondedores de alta potencia en banda X y uno en banda Ka. En este caso la particularidad consiste en la cesión del exceso de capacidad operativa de la banda X, en condiciones

normales, a gobiernos y organizaciones gubernamentales españoles y extranjeros, aliados o amigos, como EE.UU. o la OTAN.

Actualmente el principal satélite del programa es el SPAINSAT actuando el XTAR-EUR como redundante para el caso de fallo de la capacidad gubernamental del primero. Entre los dos satélites proporcionan una cobertura de aproximadamente el 70% de la superficie de la Tierra, con especial atención a las zonas de interés estratégico, siendo gestionados por la sociedad HISDESAT, constituida en 2001, de la que el Ministerio de Defensa es partícipe en un 40%.

Todos estos satélites, programas y sistemas han hecho posible que España sea una de las pocas naciones que disponen de su propia infraestructura de comunicaciones por satélite rápidas, seguras, flexibles e interoperables en beneficio de la defensa.

Navegación y posicionamiento

En el caso concreto de seguridad y defensa la información de posición y de tiempo que proporcionan los sistemas de navegación son datos críticos, algunas veces indispensables, especialmente para el desarrollo de operaciones donde intervengan sistemas de armas modernos.

Entre sus principales aplicaciones se encuentran las de navegación y posicionamiento de efectivos en vehículos en cualquier medio, guiado de armas de alta precisión, reconocimiento y localización de objetivos, ayudas a la navegación de plataformas terrestres, aéreas y marítimas, y otras múltiples, similares a las civiles.

En la actualidad en España, como en muchos otros países, se utiliza como único sistema de navegación y posicionamiento el ya mencionado NAVSTAR o GPS (Global Positioning System) de los Estados Unidos, pues la utilización del sistema ruso GLONASS está limitada a un pequeño número de países.

El hecho de estar controlado por el Departamento de Defensa, que proporciona señales de posicionamiento con diferentes precisiones (civil y militar), y la situación de casi monopolio en un sistema espacial de amplia utilización y significativa importancia han sido parte de los motivos por los que la Unión Europea ha decidido desarrollar un sistema similar, con capacidades mejoradas, el conocido como Galileo que se tratará en otro apartado posterior.

Otras aplicaciones y servicios

Existen otras múltiples aplicaciones destacando aquellas que hacen uso combinado de las capacidades proporcionadas por las tres familias ex-

puestas en este capítulo. Ante las limitaciones de espacio hemos seleccionado algunas de ellas donde se integran las tecnologías de EO, comunicaciones y GNSS tanto en el ámbito comercial y civil como en el de seguridad y defensa.

Infraestructuras de datos espaciales

En los últimos años se está popularizando un tipo de aplicación basada en sistemas espaciales que combina servicios de todas las familias en una capacidad conjunta conocida bajo el nombre de Infraestructuras de Datos Espaciales. El término, sintetizado en el acrónimo IDE (o SDI: Spatial Data Infrastructure), hace referencia al conjunto de tecnologías, políticas y acuerdos institucionales que facilitan la disponibilidad y el acceso a los datos espaciales.

En este contexto se utiliza el término infraestructura para fomentar el concepto de un entorno seguro y continuado, análogo a una red de telecomunicaciones, que facilite el acceso a información geoespacial utilizando un mínimo de estándares, protocolos y especificaciones.

Una IDE proporciona las bases para la creación, evaluación y aplicación de los datos espaciales para usuarios y proveedores, tanto en niveles gubernamentales, como de gobierno, sectores comerciales y civiles sin ánimo de lucro, el académico y los ciudadanos en general.

Existe otra visión del significado de una IDE en la cual se considera a esta como un sistema que debe proporcionar los datos espaciales disponibles y accesibles de forma transparente por medio de tecnologías interconectadas en red. De esta definición se desprende que el aspecto clave de las IDE es la cooperación entre disciplinas relacionadas con los datos espaciales.

De ambas definiciones se puede colegir que el objetivo principal de cualquier IDE debe ser el facilitar el acceso y la integración de la información espacial, tanto a nivel institucional y empresarial como de los propios ciudadanos, para difundir el conocimiento y utilización de tal información, ayudando a reducir costes y a evitar duplicación de esfuerzos.

Una IDE es algo más que una base de datos espaciales; debe incluir datos y atributos geográficos, metadatos, un medio para descubrir, visualizar y evaluar los datos y algún método para proporcionar el acceso a ellos. Además, debe haber servicios adicionales o software para permitir aplicaciones de los datos. Finalmente, en aras de su funcionalidad, una IDE, también debe incluir acuerdos organizativos necesarios para coordinarla y administrarla a escala regional, nacional y transnacional.

Entre las diferentes iniciativas que se han implementado, o están en fase de hacerlo en el momento actual, las más importantes son de ámbito

nacional, conducidas por autoridades estatales o locales, con un ejemplo multinacional representado por la iniciativa INSPIRE de la UE y una a nivel mundial auspiciada por Naciones Unidas bajo el nombre de Global Spatial Data Infrastructure (GSDI).

La iniciativa europea, denominada INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) fue adoptada en marzo de 2007, por medio de la Directiva INSPIRE (2007/2/EC) por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea.

Por medio de esta IDE europea se asegura la interoperabilidad no solamente de datos, sino también de servicios; para ello en la mencionada Directiva se dispone que los Estados Miembro de la UE establecerán y explotarán una red de servicios de datos geográficos para los que se crearán los correspondientes metadatos. Estos servicios son los siguientes:

- De registro (gratuito).
- De búsqueda (gratuito).
- De consulta (gratuito con excepciones).
- De descarga.
- De transformación.
- De consulta de otros servicios de datos geográficos.

El acceso a los servicios, que puede ser restringido, se hace a través de un Portal INSPIRE operado por la Comisión Europea, al que los Estados miembros pueden acceder por medio de sus propios puntos de acceso.

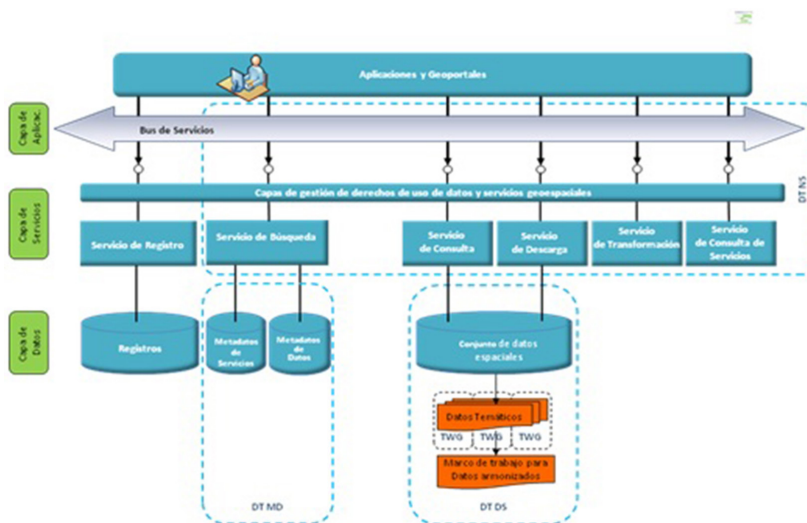


Figura 6. Arquitectura técnica de INSPIRE (elaboración propia)

Por su parte, en España, en el año 2002 la Comisión Permanente del Consejo Superior Geográfico, como una de las acciones derivadas de la iniciativa europea INSPIRE, decidió establecer un proyecto para el estudio y coordinación de la puesta en marcha de una Infraestructura Nacional de Datos Espaciales (IDEE: Infraestructura de Datos Espaciales de España), que integrará tanto las establecidas por los productores oficiales de datos, de nivel nacional, regional y local, como todos los otros tipos de infraestructuras sectoriales y privadas.

El mencionado Consejo Superior Geográfico (CSG) es un órgano colegiado en el que están representados los productores de datos geográficos digitales de referencia de ámbito nacional y autonómico (Instituto Geográfico Nacional, Servicio Cartográfico del Ejército, ministerios de Medio Ambiente y de Agricultura, Institutos Cartográficos y Servicios de Cartografía de las Comunidades Autónomas...), cuya presidencia ejecutiva y secretaria la desempeña el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

La IDEE tiene por objeto integrar a través de Internet los datos, metadatos, servicios e información de tipo geográfico que se producen en España, a nivel nacional, regional y local, facilitando a todos los usuarios potenciales la localización, identificación, selección y acceso a tales recursos.

Esta labor se desarrolla por medio de un geoportal de la IDEE, integrado en el geoportal europeo INSPIRE, que integra los nodos y geoportales de recursos IDE de productores de información geográfica a nivel nacional, regional y local, y con todo tipo de datos y servicios de información geográfica disponibles en España.

En él se ofrecen diversas aplicaciones, como un visualizador de información geográfica, que permite componer mapas superponiendo información de diferentes proveedores, un catálogo para obtener información sobre datos y servicios geográficos que se producen en España o un buscador de nombres geográficos, que facilita la localización de topónimos y la posibilidad de descargar datos geográficos.

El geoportal se basa en tres servicios fundamentales, que permiten buscar datos e ir superponiéndolos sucesivamente en el visualizador genérico:

- Servicio de Mapas Web (WMS), que proporciona una representación (imagen) de un mapa de la zona que se desee, invocando el servicio OGC correspondiente. El sistema muestra las capas de información disponibles, que pueden cargarse individualmente o mediante un mapa compuesto.
- Servicio de Nomenclátor, que devuelve una o más entidades en respuesta a una consulta solicitada a través de la red realizada en un conjunto de más de 350.000 nombres geográficos. Esta consulta permite la selección de atributos de las entidades, incluyendo el tipo, el nombre y la zona geográfica, entre otros.



Figura 7. Página de inicio del geoportal de la IDEE (elaboración propia)

- Servicio de Catálogo, que permite la localización de datos o de otro tipo de recursos, como servicios electrónicos, aplicaciones, bibliotecas de símbolos, modelos de datos, catálogos de características geográficas, especificaciones de producto, etc., siempre que estén documentados con los correspondientes metadatos y datos de alta en el catálogo. Si el recurso localizado es un conjunto de datos, es posible invocar su visualización desde el mismo entorno.

También se facilitan otros servicios como los de geoprocésamiento (calculadora geodésica, medida de distancias y superficies, visualización de cuadrículas, etc.), los de búsqueda y visualización de datos temáticos o de combinación y encadenamiento de cualquiera de los servicios anteriores.

La arquitectura de la IDE española está compuesta por un conjunto de nodos situados en varios niveles para que, siguiendo las recomendaciones de INSPIRE, los datos puedan facilitarse a los usuarios por la administración más próxima a los mismos.

En consecuencia, existen nodos a nivel nacional, de los diferentes organismos, instituciones y centros de la Administración General del Estado, regionales, de las Comunidades Autónomas, y locales, de Ayuntamientos y otras entidades. Cada uno de los organismos es responsable del mantenimiento, actualización y gestión de la información geográfica de su nodo.

Inteligencia Geoespacial o GeoInt

El progresivo aumento en la disponibilidad de imágenes de satélite, acompañado del desarrollo de numerosas herramientas basadas en la geomática, fundamentalmente en los SIG, ha dado lugar a la aparición de una nueva clase de inteligencia que se va introduciendo de forma paulatina en los países más avanzados en este campo.

Esta nueva disciplina, que ha recibido el nombre de Inteligencia Geoespacial (GeoINT), comprende la explotación y el análisis de imágenes e información (geo)espacial para describir, evaluar y presentar características físicas y actividades en la Tierra (geográficamente referenciadas).

El principio básico de la GeoINT es organizar y combinar todos los datos disponibles, referenciados por su ubicación geográfica, y «manipularlos» con herramientas geoespaciales, como las de análisis espacial, para preparar y presentar y difundir productos útiles a los usuarios y en apoyo a la toma de decisiones.

Aunque normalmente se asocia con actividades de seguridad y defensa su utilización en el sector privado está aumentando de forma exponencial en áreas relacionadas con la geomática (p.e. geomarketing), competitividad, transporte, sanidad, urbanismo, etc.

Integra diversas disciplinas como análisis e inteligencia de imágenes (IMINT), información geoespacial, SIG, cartografía, etc., que utilizan los diversos elementos que componen la GeoINT, sintetizados o agrupados en las siguientes categorías:

- Imágenes, incluyendo las obtenidas de satélites, plataformas aéreas y aviones no tripulados (drones o UAV) o similares.
- Inteligencia de imágenes, o inteligencia obtenida a partir de la interpretación o análisis de imágenes e información colateral.
- Información espacial, o información que describe objetos del mundo real en términos de su posición y geometría con respecto a un sistema de coordenadas, sus atributos y sus relaciones espaciales con otros objetos.

Esta integración de disciplinas de la geomática con las propias de la inteligencia facilita el trabajo de los analistas al relacionar de forma práctica datos e información de varios tipos y fuentes diversas, relacionadas por el vínculo o referencia espacial, a la vez que hace más fácil la diseminación, intercambio de información, interoperabilidad, flexibilidad, eficiencia y utilidad.

En la actualidad diversos países y organizaciones han adoptado esta nueva disciplina de inteligencia. Dado que la relación pormenorizada de todos ellos ampliaría de forma innecesaria el texto este capítulo, a conti-



Figura 8. Elementos de la GEOINT (elaboración propia)

nuación se expone un breve resumen de dos de los ejemplos más representativos de dicha adopción, caracterizados por los Estados Unidos de América y la Unión Europea.

La aceptación de este enfoque en los Estados Unidos ha conducido a la transformación de la antigua NIMA (National Imagery and Mapping Agency) en la conocida actualmente como NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) que es una Agencia del Gobierno cuya misión principal es obtener, analizar y distribuir GeoINT en apoyo a la seguridad nacional.

Otro paso importante ha sido la creación del Sistema Nacional de Inteligencia Geoespacial (NSG: National System for Geospatial Intelligence) que gestiona todo el proceso de GeoINT, combinando tecnologías, políticas, doctrinas, capacidades, actividades, personas, comunidades y datos necesarios para generar GeoINT en un entorno de multiinteligencia y multidominio.

En dicho sistema, gestionado por la NGA, se integran de una u otra forma todos los organismos productores de inteligencia de los Estados Unidos, unos como miembros, otros como socios y el resto participando de forma colegiada en grupos de trabajo, foros de debate, etc.

De acuerdo con lo expuesto en el documento sobre doctrina básica de GeoINT los miembros incluyen a organizaciones, agencias y personas responsables de priorizar, programar, presupuestar, adquirir, obtener, analizar, producir, compartir, almacenar y procesar GeoINT. Entre ellos se incluyen la IC (Comunidad de Inteligencia), Estado Mayor Conjunto, De-

partamentos Militares (incluidos los servicios) y Mandos Combatientes (COCOM).

Respecto a los socios, el mencionado documento relaciona a los miembros del Comité de aplicaciones civiles, socios internacionales (como el Reino Unido, Canadá y Australia), industria, academia y proveedores de servicios de defensa y de la comunidad civil.

Por su parte, en la Unión Europea el principal productor de GeoINT es la Agencia del Consejo denominada Centro de Satélites de la Unión Europea (European Union Satellite Centre, EUSC) cuya misión, recogida en el art. 2 de la Acción Común del Consejo de la UE sobre la creación del Centro, es la siguiente:

«El Centro secundará la toma de decisiones de la Unión en el contexto de la PESD, y en particular de la PESD, facilitando el material resultante del análisis de las imágenes y de los datos complementarios obtenidos por satélites, incluidas, si procede, las imágenes aéreas...».

Basándose en su experiencia, así como la herencia obtenida de su predecesor, el antiguo Centro de Satélites de la Unión Europea Occidental, el EUSC ha adoptado los principios básicos de GeoINT, de forma similar a la NGA, para organizar y combinar todos los datos disponibles, referenciados por su ubicación geográfica, y posteriormente explotarlos preparando productos que puedan ser utilizados de forma sencilla por responsables de planeamiento, respuestas a emergencia y toma de decisión.

Para ello se propone como objetivo proporcionar, en tiempo adecuado, GeoINT relevante y precisa para asegurar una completa base de conocimientos para apoyo a la toma de decisiones, planeamiento y utilización en operaciones. De igual forma el EUSC proporcionará de forma controlada un fácil acceso a las bases de datos de inteligencia geoespacial a los usuarios autorizados así como generará servicios y soluciones de GeoINT a medida para satisfacer las necesidades específicas de sus clientes.

Otras aplicaciones y servicios de seguridad y defensa

En lo que respecta a la seguridad y la defensa el ámbito de la Unión Europea existen varios programas e iniciativas que de una u otra forma se dedican a apoyar la seguridad y defensa europeas. Entre todos ellos destacan fundamentalmente tres: las dos iniciativas para desarrollar y operar sistemas espaciales (Galileo y GMES, hoy Copernicus) y el ya mencionado Centro de Satélites de la Unión Europea.

Galileo es el futuro sistema europeo de navegación y posicionamiento por satélite cuyo proyecto está dirigido de forma conjunta por la Comisión Europea (CE) y la ESA. Basado en una constelación de 30 satélites, hará posible la disponibilidad de servicios de posicionamiento y temporización

para aplicaciones de precisión a escala mundial. Si bien será un sistema civil está prevista su utilización para aplicaciones militares, en particular las relacionadas con la seguridad.

Por su parte Copernicus (anteriormente GMES: Global Monitoring for Environment and Security) es otra iniciativa conjunta liderada también por la CE y la ESA que tiene por objeto obtener y operar una capacidad autónoma europea para apoyar al control del medioambiente y la seguridad utilizando medios de observación de la Tierra desde el espacio.

Para ello se tratará de explotar de forma eficaz todo el potencial presente y futuro de los distintos programas y sistemas europeos de observación de la Tierra por medio de satélites y así poder hacer frente a las diferentes necesidades de los usuarios finales. Sobre esta base se trata de desarrollar la iniciativa Copernicus como un sistema integrado de apoyo a la toma de decisiones, con capacidad de adquirir, procesar, interpretar y distribuir toda información de utilidad relacionada con el medio ambiente, gestión de riesgos, recursos naturales y seguridad.

En 2005, España decidió contribuir con un 12% a la infraestructura espacial común que se desarrollará por parte de la ESA y ofreció asimismo el apoyo al futuro sistema por medio de las imágenes del Programa Nacional de Observación de la Tierra por satélite, uniéndose así al grupo de países que contribuirán con satélites propios a esta iniciativa europea de medioambiente y seguridad.

El tercer elemento de importancia en relación con el espacio y la seguridad y defensa en Europa es el Centro de Satélites de la Unión Europea (EUSC) creado el 20 de julio de 2001 por una acción común del Consejo de la organización en el marco de la Política Exterior y de Seguridad Común (PESC).

El EUSC, con personalidad legal de Agencia de la Unión, tiene por misión el apoyo a la toma de decisiones en el contexto de la Política de Seguridad y Defensa Común (PCSD), anteriormente Política Europea de Seguridad y Defensa (PESD) proporcionando el material que resulte del análisis de imágenes de satélites y de otra información complementaria.

Sus usuarios son el Consejo de la Unión y sus estructuras permanentes (entre ellas el Estado Mayor de la Unión Europea), en un primer grado de prioridad, y la Comisión y los Estados miembros de la UE, en su propio interés. También se entregan productos a los Estados europeos de la OTAN que no son miembros de la Unión así como a las organizaciones internacionales que lo soliciten al secretario general (como por ejemplo: Naciones Unidas, OTAN, OSCE, etc.).

El centro, operativo desde el 1º de enero de 2002, está situado en la Base Aérea de Torrejón de Ardoz (Madrid), en las instalaciones del antiguo Centro de Satélites de la Unión Europea Occidental del que el EUSC es

heredero y del que recibió el conocimiento y la experiencia que acumuló en sus 10 años de existencia.

Finalmente destacaremos dos conceptos de utilización conjunta de todo tipo de tecnologías de la información y comunicaciones (incluidas las espaciales) que han surgido en el ámbito de la defensa y se van extendiendo de forma paulatina al sector civil, particularmente en el empresarial y estratégico: NEC e ISTAR.

El primero de ellos, NEC (Network Enabled Capability: Capacidad Centrada en Red) o «Concepto de Información en Red» como se denomina en la terminología de las FAS españolas, ha aparecido como consecuencia de la transformación de los asuntos de defensa a partir de la revolución sufrida, al igual que el resto de sectores civiles y comerciales, por la introducción de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.

Se basa en la capacidad de integración de sensores, redes de comunicación, sistemas de información, procedimientos operativos y conocimiento, para que la información esté siempre disponible en todos los niveles de decisión, del estratégico al táctico con independencia de donde se encuentren y con las adecuadas garantías de seguridad.

Tras este enfoque subyace un objetivo común: obtener la superioridad en la información que facilite la toma de decisiones en cualquier nivel. Para ello es necesario poner en relación al conjunto de actores y sistemas implicados, en cualquier momento de la planificación y conducción de la estrategia y las operaciones, por medio de una red global y virtual de equipos, sensores, plataformas, infraestructuras, redes, etc., donde las tecnologías espaciales juegan un papel preponderante.

De lo que se trata es de ampliar el concepto clásico de «necesidad de conocer» con el de «necesidad de compartir» facilitando el acceso a la información con objeto de poder compartirla, proporcionando así un mejor y más completo conocimiento de la situación en todos los escalones.

La base del concepto NEC es tecnológica pero debe tenerse presente que su expresión correcta es «centrada en red», no centrada en la red, pues el elemento clave es la información, cuya adquisición, tratamiento, difusión y explotación junto con un fuerte carácter global, conjunto y, en su caso, multinacional, constituyen los elementos sensibles del enfoque.

Este concepto NEC ha sido ya experimentado en varios dominios del sector civil, con otro enfoque y denominación, donde ha podido constatarse que la tecnología es necesaria, imprescindible a veces, pero incrementa la dependencia del citado elemento vital: la información.

El segundo de los conceptos mencionados, que también es consecuencia de los considerables avances tecnológicos para la gestión de la información y las modernas necesidades de inteligencia, se conoce como ISTAR

(Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance: Inteligencia, Vigilancia, Adquisición de objetivos y Reconocimiento), componente fundamental de otro más amplio, el C4I STAR, que incluye también las conocidas como 4 ces: Mando (Command), Control, Comunicaciones y Dispositivos informáticos (Computers).

Por ISTAR se entiende la capacidad integrada de obtener, procesar, explotar y difundir información e inteligencia, con un contenido apropiado y en un tiempo que permita ser utilizada en el planeamiento y desarrollo de operaciones militares, la cual se desarrolla por medio de la organización de una estructura para la gestión integral de todos los recursos implicados en la obtención de información y elaboración de inteligencia dedicados a satisfacer las necesidades del mando, sus órganos auxiliares y unidades subordinadas.

La participación de los sistemas espaciales en el concepto ISTAR se manifiesta en todas las fases del proceso, desde la adquisición (sensores en plataformas orbitales y comunicaciones) pasando por la de tratamiento y análisis de la información y producción de inteligencia (aplicaciones geomáticas) hasta la de distribución de la información e inteligencia (comunicaciones y geomática).

También son parte importante en la estructuración y operación de su arquitectura, cuya gestión integral se apoya en sistemas automatizados de gestión y transmisión de datos que conectan del modo más eficiente la información y la inteligencia con los usuarios que explotan sus productos, integrando todos los órganos de obtención, tratamiento y difusión en un sistema único.

Tendencias

La revolución causada por la difusión de las tecnologías de la información y comunicaciones y el fenómeno de la globalización han conducido a la aparición de nuevos escenarios, con diferentes actores, distintas amenazas y también oportunidades, demandando la transformación de los conceptos y la revisión de las necesidades y capacidades en el ámbito de la seguridad y la defensa, impactando directamente en doctrinas, métodos y técnicas.

Entre estos modernos escenarios, donde se manifiestan los riesgos actuales que comprenden áreas y esferas de actuación diferentes, destacan, entre otros, tres espacios que identificamos como los nuevos teatros de operaciones que completan a los clásicos: el ultraterrestre, circunscrito principalmente a la exosfera, de cuyos sistemas trata este capítulo, el ciberespacio y el espacio geoeconómico. En ellos hay que hacer frente a nuevos desafíos, demandando el diseño e implementación de otras reglas, metodologías y doctrinas basadas en conceptos modernos de ges-

tión del conocimiento y de los medios, que apoyen a la toma de decisiones al planear estrategias y aplicar tácticas frente a adversarios de diversa índole y complejidad y en escenarios globales.

En el ámbito de la seguridad y la defensa cada uno de sus componentes se ha dotado tradicionalmente de las herramientas tecnológicas más adecuadas para responder a sus necesidades de información y comunicación en su medio habitual de actuación (terrestre, marítimo o aéreo). Pero en los modernos escenarios, ante el cambio cultural asociado a la implementación de nuevos conceptos en un entorno multinacional, con doctrinas, capacidades, legislaciones, etc., diferentes, en un dominio donde los Estados son soberanos, no es posible mantener esta visión siendo preciso plantear las estrategias y buscar nuevos compromisos que permitan alcanzar unos niveles mínimos de seguridad, eficacia y operatividad.

El número de soluciones tecnológicas disponibles es muy amplio, por lo cual podría sentirse la tentación de cambiar lo existente y reemplazarlo por lo más novedoso, apto para las nuevas demandas, lo cual estimamos constituiría un grave error. La opción más adecuada es, o debería ser, tener en cuenta las capacidades tecnológicas actuales y adaptarlas para su utilización conjunta en entornos combinados, multinacionales e interoperables.

Adoptando este enfoque, en los siguientes apartados destacamos algunas de las tendencias tecnológicas en el campo de los sistemas espaciales, en combinación con las TIC, que consideramos deberían adoptarse en todos los sectores sin exclusión (civil, comercial, gubernamental y de seguridad y defensa).

Uso dual

La continua evolución del uso del espacio, con un importante crecimiento de la demanda del sector civil y comercial, especialmente en lo que respecta a las tecnologías de la información y las comunicaciones, sugiere un análisis de las tendencias actuales y a corto plazo que permitan obtener un mejor rendimiento de las capacidades ofrecidas por el medio espacial y conocer las nuevas oportunidades que ayuden a alcanzar los objetivos de seguridad y defensa.

En la actualidad los países más avanzados en el sector espacial, incluyendo a España, están poniendo en práctica un enfoque innovador para poder responder a las modernas necesidades de uso de los medios espaciales bajo control gubernamental. Este enfoque se deriva del crecimiento explosivo del sector espacial comercial y su incidencia en el sector militar. Dicho crecimiento, que se sustenta en el reciente desarrollo de un gran mercado, en el que predomina especialmente la obtención, di-

fusión y explotación de información procedente de medios espaciales, está provocando una especie de migración o transferencia del liderazgo tecnológico desde el campo militar al civil, especialmente comercial.

En consecuencia sí, como parece evidente, el empleo del medio espacial ya no está dominado por el sector militar, es difícil pensar que los objetivos de la defensa puedan alcanzarse solamente con medios espaciales dedicados. Estimamos entonces necesario tomar conciencia de que es posible, y a veces incluso deseable, que las nuevas tendencias en los medios civiles en diversas áreas funcionales puedan proporcionar apoyo a los medios propios de seguridad y defensa.

En definitiva puede afirmarse que la moderna utilización del espacio en este dominio debe entenderse como algo más que el empleo de medios militares. Apoyándose en esta afirmación y teniendo en cuenta los recortes que sufren en los países de nuestro entorno los presupuestos de defensa es necesario buscar soluciones alternativas a la hora de diseñar una arquitectura espacial para defensa. Entre ellas se encuentra la dualidad, o más concretamente el «uso dual», término que hace referencia a la integración y utilización de sistemas espaciales militares, civiles y comerciales.

El concepto se basa esencialmente en la gran similitud tecnológica entre los sistemas civiles y militares, e incluso en la complementariedad de muchos de los requisitos de usuario. Esto implica que los sistemas espaciales civiles y sus diversas capacidades puedan no solo utilizarse sino también diseñarse de acuerdo con las necesidades de defensa, complementando de esta forma a los recursos y capacidades dedicados específicamente a dicha gestión.

Este enfoque no es nuevo, pero ha resurgido con fuerza en los últimos años, y tampoco es de «amplio espectro» dado que no tiene una clara aplicación en todos los sistemas de defensa, si bien en este sector concreto del uso del espacio parece haber encontrado el mejor modelo explicativo.

A la hora de buscar soluciones de «uso dual» es preciso tener en consideración que, en contra de lo que pueda deducirse de su nombre, no se trata solamente de la utilización de medios civiles con fines de defensa, sino que debe ponerse especial énfasis en la integración de los sistemas militares y civiles, que abarque todo el ciclo de vida global, desde la definición de los requisitos de usuario, para identificar cada aspecto de la operación y gestión de los sistemas en un contexto dual, en el que debe incluirse los aspectos singulares de defensa.

Tales singularidades, que pueden afectar a la eficiencia del conjunto de sistemas, no solo en los aspectos de desarrollo e integración sino también en la gestión y empleo operativo, incluyen la accesibilidad y disponibilidad de la información, en cualquier tiempo, lugar y circunstancia, la

confidencialidad y, por supuesto, la seguridad de la información y de todo el conjunto de los sistemas.

En consecuencia, el concepto de «uso dual» afecta a la definición, desarrollo, despliegue, empleo y explotación de los diversos sistemas espaciales a utilizar en seguridad y defensa y es evidente que, si bien ofrece nuevas e interesantes posibilidades, también presenta riesgos que deben analizarse rigurosamente y, de aceptarse, han de asumirse de forma calculada pues en este sector, como en todos los de alto nivel tecnológico, las posibilidades de reconfiguración son mínimas o nulas.

En definitiva, se concluye que la tendencia de uso dual será una de las más previsiblemente desarrolladas en los próximos años donde la integración de los actuales y futuros sistemas espaciales militares y civiles puede proporcionar una gran flexibilidad y complementariedad a los recursos dedicados a seguridad y defensa.

Arquitecturas abiertas y distribuidas

La necesidad existente de intercambiar y compartir datos e información espacial en sistemas de defensa no puede basarse solamente en las posibilidades ofrecidas por Internet, cuya utilización debe hacerse de forma responsable aprovechando sus indudables ventajas. Afortunadamente en los últimos años se ha extendido entre los sistemas civiles un nuevo paradigma que ofrece también nuevas oportunidades para dar respuesta a tal necesidad en aplicaciones de defensa.

Dicho paradigma lo representan los servicios web, cuyos métodos y técnicas se encuentran en plena evolución siendo foco de atención de los principales fabricantes y proveedores de tecnología del mercado, entendiéndose como tales al conjunto de funcionalidades, normas y protocolos software que permite que otras aplicaciones puedan ver y acceder a sus servicios y a su vez puedan solicitarlos a otras aplicaciones similares y recibir las respuestas y resultados de las consultas en la misma forma.

Este nuevo modelo constituye un paso más en la evolución hacia un moderno enfoque de diseño de arquitecturas orientadas a servicios, demandadas por los propios usuarios que quieren ampliar sus capacidades a la realidad de una comunicación sencilla entre aplicaciones heterogéneas instaladas en plataformas asimismo heterogéneas. Tal enfoque parece adecuado para solucionar el problema derivado de la rápida progresión en la disponibilidad de datos procedentes de satélites de observación de la Tierra, con todo tipo de resoluciones, una de cuyas negativas consecuencias es el hacer cada vez más difícil su procesamiento por la complejidad de tratar con diferentes formatos o por haber recibido un preprocesamiento que no siempre es el más adecuado a las necesidades de cada usuario.

En este contexto los servicios web especializados en tecnologías espaciales y de geoprocésamiento pueden proporcionar los medios necesarios para facilitar el acceso y tratamiento a este tipo de datos y favorecer el uso de aplicaciones de usuario y la difusión de productos de valor añadido.

Esto conlleva la necesidad de utilizar en los sistemas de información espacial arquitecturas abiertas y distribuidas. Ya no se trata solamente de facilitar el acceso a los datos sino también a métodos de procesamiento, aplicaciones y servicios. Además, tal acceso debe proporcionarse con independencia de las distintas plataformas y componentes hardware y software de dichas arquitecturas, lo que también trae consigo la interoperabilidad.

Dentro de este tipo de arquitecturas, combinando con los servicios web, destacan actualmente las denominadas Arquitecturas Orientadas a Servicios (SOA: Service Oriented Architecture) que son modelos de estilos arquitectónicos que se basan en la implementación de un conjunto de servicios, acompañados de aplicaciones, que ofrezca funcionalidades independientes de la tecnología, facilite la adopción de cambios o la reutilización de servicios de forma que su impacto en la arquitectura sea mínimo.

En este mismo contexto, para poder ofrecer aplicaciones y servicios basados en la web por medio de arquitecturas abiertas y distribuidas es necesario facilitar el acceso de los usuarios no solamente a los datos sino también a dichas aplicaciones y servicios. Surge aquí con fuerza otro concepto de amplia utilización en el ámbito civil, de aplicación en defensa: el portal, o geoportal, como punto de acceso de los usuarios al sistema, que proporciona la capacidad de utilizar los recursos del mismo, si se está autorizado, incluyendo peticiones de datos, información, productos y, si es posible, de uso de servicios.

Para ello un geoportal se basa en el uso de agentes web, bien por medio de un navegador web estándar operado por un humano, como por ejemplo un combatiente equipado de un dispositivo individual (denominado técnicamente como cliente ligero), o también a través de otras aplicaciones remotas de sistemas mayores y más complejos (cliente pesado) que actúen como sus propios agentes web, capaces de invocar servicios de acuerdo con mensajes y protocolos estándar, como pueden ser las aplicaciones de los propios usuarios de organizaciones aliadas.

De esta forma se proporciona una herramienta intuitiva, normalmente gráfica, para la interacción de los usuarios con el sistema, que además facilita a aquellos que estén autorizados la capacidad de navegación y de utilizar los servicios ofrecidos por los diferentes sistemas, por ejemplo un SIG.

Dado que todos estos conceptos se basan en el uso de estándares universalmente aceptados y gestionan de forma conjunta datos y servicios,

además cerca del usuario final, se ofrece la posibilidad de cambiar el enfoque de utilizar la web en aplicaciones de defensa como un simple medio de acceder a la información por otro que permita también descubrir y procesar datos espaciales a la vez que se buscan y utilizan servicios.

Interoperabilidad

El espectacular incremento en la disponibilidad de aplicaciones de los sistemas espaciales para la seguridad y defensa, también ha supuesto una mayor heterogeneidad, al disponer de un mayor volumen de datos procedentes de una amplia variedad de fuentes, en diferentes formatos y en múltiples dispositivos.

La demanda de organizaciones y usuarios es poder transmitir, recibir y compartir datos, información y otros recursos de forma segura y fácilmente accesible para poder procesarlos o utilizarlos posteriormente. Pero no es fácil satisfacerla pues existe una evidente falta de interoperabilidad derivada de la existencia de varios modelos de datos, sistemas de información diversos, basados en arquitecturas autónomas y cerradas, unidades de medida de georreferenciación heterogéneas, configuraciones estáticas, redes punto a punto centradas en plataformas, con diferentes protocolos, etc.

Por estas razones en la mayor parte de los casos, aun en el más sencillo de un simple intercambio de datos, es obligado llevar a cabo transformaciones de todo tipo que implican muchas veces la pérdida de integridad de los datos, haciéndolos inadecuados para el objetivo prioritario de convertirlos en información.

Este aspecto de la heterogeneidad de sistemas y aplicaciones, unido a las diferentes estructuras de datos, en contraposición a la necesidad de compartir información, constituye uno de los grandes desafíos al que ha de enfrentarse la comunidad de defensa, que puede considerarse como uno de los principales factores críticos actuales en este dominio.

Tal desafío exige tratar de alcanzar la interoperabilidad, entendiendo como tal la necesidad y posibilidad de transmitir, recibir, compartir e intercambiar datos, informaciones y procesos entre sistemas heterogéneos, autónomos y distribuidos, independientemente de las características técnicas del sistema en que se encuentran almacenados.

En principio, pudiera deducirse que son los usuarios los principales interesados en lograr la interoperabilidad, por indudables ventajas como la posibilidad de encontrar e intercambiar información independientemente de su ubicación física o de su estructura, de utilizarla con independencia de la plataforma, de hacer uso de servicios y aplicaciones de otros sistemas, de países u organizaciones aliados, independientemente del

sistema propietario o de la tecnología utilizada o la de poder introducir modificaciones y evoluciones en el entorno del usuario sin depender solamente de aplicaciones cerradas.

Pero no son solamente los usuarios los que necesitan que se alcance la interoperabilidad. Aunque dichas ventajas pueden parecer no tan evidentes desde una perspectiva industrial o de servicios, e incluso en algún caso pudieran considerarse desventajas, existen otros aspectos que llevan a considerar que en aplicaciones propias de defensa no es posible continuar por la vía de los sistemas aislados, cerrados y propietarios.

Un enfoque de «plataformas abiertas e interoperables» donde puedan encontrarse multitud de servicios procedentes de un amplio espectro de proveedores permitirá poder establecer relaciones entre ellos por medio de interfaces estándar y además favorecerá la utilización de componentes diferentes dentro de un sistema heterogéneo, así como la integración de nuevas tecnologías sin tener que realizar complicados procesos de reingeniería, facilitando en suma el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios.

Como ejemplo de algunas posibles soluciones destacan en el ámbito de la observación de la Tierra y la utilización combinada del resto de familias las importantes actividades para el desarrollo de la información geoespacial y de sus sistemas asociados que se están llevando a cabo por la Organización Internacional de Normalización (ISO) por medio de su Comité Técnico 211, cuyo ámbito de trabajo es el dominio de la geomática, y por el Open Geospatial Consortium (OGC) consorcio internacional, sin ánimo de lucro, integrado por más de 400 miembros de organismos gubernamentales, industria, universidad, proveedores y usuarios de datos, etc., considerado actualmente como el representante de una de las iniciativas más importantes para tratar de superar los obstáculos que aparecen en la vía hacia la interoperabilidad.

Conclusiones

La gran variedad de las aplicaciones y servicios proporcionados por los sistemas espaciales y su importante perspectiva de futuro requiere imperativamente llevar a cabo una reflexión conjunta de todos los actores implicados incluyendo no solamente a los usuarios y proveedores de servicios sino también a los Estados y al tejido industrial que debe jugar un papel principal.

En el caso concreto de la seguridad y la defensa el empleo de tales aplicaciones y servicios no consiste en diseñar sistemas únicos y propietarios ni dotarse directamente de las tecnologías propias de los sistemas civiles, pero tampoco hay que inventar o reinventar.

Si la mayor parte de las aplicaciones están basadas en las tecnologías espaciales y de las TIC, será suficiente con adaptar las tecnologías civiles adecuadas, como en los casos de COTS y SCOTS, y buscar los mejores compromisos para desarrollar el resto.

Cuando esto no sea posible, las opciones serán la transferencia de tecnología civil, utilización dual, o definición de arquitecturas propias, basadas en componentes modulares, que permitan integrar futuros desarrollos, fomentando la interoperabilidad y estandarización de productos y sistemas, impulsando así la innovación.

Y es necesario realizarlo en un marco de estrecha colaboración de todos los actores, lo que supone que Estados e industrias lleven a cabo una acción conjunta y coordinada para identificar las tecnologías clave que aseguren la eficacia operativa, desarrollarlas e integrarlas en los sistemas buscando el mejor compromiso entre operativos, técnicos, industrias y capacidades y objetivos nacionales.

Bibliografía y referencias

- Baker, John; O'Connell, Kevin y Williamson, Ray (2001). *Commercial Observation Satellites; at the Leading Eye of Global Transparency*, RAND Corporation /American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Santa Monica, CA, 2001.
- Borges, A.; Cerezo, F. y Fernández M.M. (2010). «Spanish Earth Observation Satellite System» en *ESA Living Planet Symposium*; ESA, 2010.
- CESEDEN (2011). «Tecnologías del Espacio Aplicadas a la industria y Servicios de la Defensa», en *Documentos de Seguridad y Defensa* n° 41; mayo de 2011.
- Copernicus; the European Earth Observation Programme (2014) (anteriormente GMES: Global Monitoring for Environment and Security). <http://www.copernicus.eu/> [Última consulta: 10/07/2014].
- Dehganzada, Yahya A. y Florino, Ann M., (2000). *Secrets for Sale: How Commercial Satellite Imagery Will Change the World*; Washington D.C., Carnegie Endowment for International Peace, 2000.
- Davara, Fernando (2013). «¿Es posible prescindir del Espacio?» en: Instituto Español de Estudios Estratégicos; Documento; Opinión; n.º 55/2013; 11 junio de 2013.
- Davara, Fernando (2007). «El Espacio de Seguridad y Defensa; 25 años después», *Revista de Aeronáutica y Astronáutica*, n.º 767, «50 años de la conquista del espacio»; pp. 930-939, Madrid, octubre 2007.
- Davara, Fernando y de la Cruz, Antonio (2006). «Tecnologías geoespaciales para la prevención y gestión de desastres medioambientales», en: *Actas del 8º Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA 8)*,

- Grupo de Trabajo 27 (Teledetección y sensores ambientales), Madrid, noviembre 2006.
- Davara, Fernando (2004). «*Building Market Demand for EO; The User View*», en: *Proceedings of EOBN 2004*, Vancouver, May 2004.
- Davara, Fernando (2003a). «La observación espacial en la gestión de crisis», en: Diego Navarro y Miguel Ángel Esteban. *Gestión del Conocimiento y Servicios de Inteligencia*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid, abril de 2003, pp. 191-201.
- Davara, Fernando (2003b). «Dual Use in Earth Observation for Security and Defence», en: *ESA (European Space Agency) ISD 2003 Seminar*; Esotec (NL), November 2003.
- Davara, Fernando (2002). «From Data to Knowledge in Earth Observation», en: *ESA (European Space Agency) – EUSC (European Union Satellite Centre) 2002 Joint Seminar: Knowledge Driven Information Management in Earth Observation Data*. Frascati (Italy) ESA, December 2002.
- Elbert, Bruce R. (2008). «Introduction to Satellite Communications», 3rd ed. (2008). ARTECH House Inc. USA.
- European Space Agency (ESA) (2014). <http://www.esa.int/ESA> [Última consulta: 10/07/2014].
- Commission européenne (2013). *Vers un secteur de la défense et de la sécurité plus compétitif et plus efficace*. http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-722_fr.htm. [Última consulta: 10/07/2014].
- EUSC (European Union Satellite Centre) (2014). <http://www.satcen.europa.eu/> [Última consulta: 10/07/2014].
- EUSC (European Union Satellite Centre) (2001), Unión Europea, Acción Común del Consejo de 20 de julio de 2001 relativa a la creación de un centro de satélites de la Unión Europea; 2001/555/PESC, *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, DO L200, 25 de julio de 2001.
- GMES (Global Monitoring for Environment and Security) (2014); the European Programme for the establishment of a European capacity for Earth Observation. (actualmente Copernicus) <http://www.copernicus.eu/> [Última consulta: 10/07/2014].
- INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) (2014). «INSPIRE Generic Conceptual Model»; European Commission, 2014.
- Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial «Esteban Terradas»; INTA (2014). <http://www.inta.es/> [Última consulta: 10/07/2014].
- International Organization for Standardization (ISO) (2014); Technical Committee 211; Geographic information/Geomatics. <http://www.iso211.org/> [Última consulta: 10/07/2014].
- Maini, Anil K. and Agrawal, Varsha (2001). «Satellite Technology; Principles and Applications». John Wiley and Sons, Ltd. 2011.

- NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) (2012). «Know the Earth... Show the Way... Understand the World»; *NGA Strategy 2013–2017*; National Geospatial-Intelligence Agency, US, May 2012.
- NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) (2006). «Geospatial Intelligence (GEOINT) Basic Doctrine, Publication 1-0», National Geospatial-Intelligence Agency, US, September 2006.
- OASIS (2006). «Reference Model for Service Oriented Architecture Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0 12», October 2006; OASIS. <http://www.oasis-open.org/>; [Última consulta: 10/07/2014].
- Open Geospatial Consortium (OGC) (2006). «Interoperability & Open Architectures: An Analysis of Existing Standardization Processes & Procedures»; OGC White Paper; Editor: Martin Klopfer. <http://www.opengeospatial.org/> [Última consulta: 10/07/2014].
- Reglamento n.º 1285/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea (2013). *Establecimiento y explotación de los sistemas europeos de radionavegación por satélite y derogación del Reglamento n.º 876/2002 del Consejo y el Reglamento n.º 683/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo*. 11 de diciembre de 2013.