

(I) Estrategia europea en los sistemas de posicionamiento y navegación por satélite. Los programas Egnos y Galileo

AUTORES: Jorge Deza

Director Departamento de Telecomunicaciones. SENER

Santiago Hernández Ariño

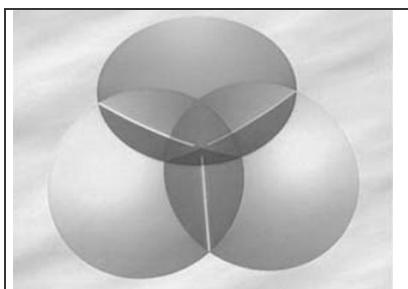
Director del Programa Galileo. SENER

Por iniciativa de diversas instituciones, Europa ha decidido contribuir al sistema GNSS (Global Navigation Satellite System) y hacerlo en dos fases. La primera se conoce como EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) y está en avanzado estado de desarrollo. Consiste en un sistema que, utilizando las señales del GPS estadounidense y, tal vez, del GLONASS ruso, persigue obtener las mejoras en precisión, integridad, disponibilidad y continuidad necesarias para su aplicación a la navegación aérea así como a cualquier otro vehículo, siguiendo un criterio multimodal. La segunda fase, conocida como GALILEO, ha sido recientemente aprobada y proyecta construir un sistema independiente del GPS, con constelación propia y bajo control civil de la UE.

Saber dónde estamos

Para poder desplazarse de un lugar a otro, el hombre ha necesitado, desde los tiempos más remotos, conocer dos cosas: su posición y la dirección a seguir para alcanzar el lugar de destino. Al principio, el reconocimiento del terreno o de la costa era el procedimiento utilizado. Enseguida se hizo necesario buscar métodos basados en conceptos distintos, sobre todo para viajes largos o a través del mar sin avistamiento de la costa. Mucho antes del nacimiento de Cristo ya se utilizaban el sol y las estrellas. Mediante los cuadrantes, sextantes, ballestillas y astrolabios, los navegantes utilizaban el sol en su cenit y la polar para determinar su latitud.

Las primeras referencias escritas sobre la utilización de la brújula (o “aguja de marear” como se le llamaba en el castellano de la época) datan del siglo XII d. C. Este sencillo dispositivo supuso un gran avance, permitía estimar el rumbo en todo momento sin observar el cielo y facilitó los viajes transoceánicos.



La determinación de la longitud estaba unida a la precisión del reloj que se utilizase. Salvo los prolijos métodos basados en la observación de sucesos astronómicos, hasta el siglo XVIII no se obtuvieron cronómetros suficientemente precisos que redujeran el error tras varios días de navegación a límites razonables.

La invención de la radio por Marconi en 1895 dio paso a los sistemas de radionavegación, utilizados ya en la primera guerra mundial y que fueron creciendo hasta llegar a la multitud de sistemas basados en radiocomunicaciones terrenales: OMEGA, TACAN, LORAN, VOR, etc., hasta los locales ILS y MLS, sin olvidar la importancia del radar.

Finalmente, los sistemas hoy disponibles basados en satélites -GPS y GLONASS- presentan unas características muy ventajosas en cobertura, precisión e incluso coste y permiten apostar a que la siguiente generación batirá en toda regla a todos los sistemas de navegación conocidos.

Se cierra así, por el momento, un ciclo en la historia de la navegación de la humanidad por el planeta Tierra: empezó mirando al cielo utilizando las estrellas como referencia y hoy vuelve a mirar al cielo utilizando los satélites.

Los sistemas basados en satélites

Conviene precisar que, en este campo, la palabra navegar tiene la acepción de saber la posición. En sentido amplio, la función navegación proporciona los valores de posición y velocidad (tanto lineales como angulares) del móvil, respecto de un sistema de referencia previamente definido.

Un sistema de navegación por satélite se funda en los mismos algoritmos que la vieja triangulación de los agrimensores egipcios: conocer las distancias a determinados puntos del lugar que se quiere referenciar. La versión moderna del problema exige la existencia de una constelación de satélites, de los que, en cada instante, se conoce su posición. Es posible saber lo que tarda una señal electromagnética emitida por un satélite en llegar al receptor. Por otro lado, la velocidad de propagación de la señal es conocida, luego se puede calcular la distancia entre el receptor y el satélite. Si los relojes de los satélites y del receptor estuvieran sincronizados, sabiendo la distancia entre el móvil y tres satélites cualesquiera a la vista, estaría resuelto el problema de triangulación. No obstante esto es algo más complicado y aparecen desde el primer momento tres de los problemas del sistema: la sincronización, los errores en la propagación de la señal y la calidad del conocimiento de la posición de los satélites.

El problema de la sincronización se resuelve calculando la distancia a un cuarto satélite, o sea, utilizando una ecuación más que permite obtener el error de cero (offset) entre el reloj del receptor (barato) y los relojes atómicos (caros) instalados a bordo de los satélites. Los errores debidos a la velocidad de propagación (errores tropo-ionosférico) se pueden estimar y corregir con diversas técnicas: utilización de distintas (dos al menos) portadoras que tienen retardos diferentes, o sabiendo la posición, por otros medios, de un punto conocido y viendo las diferencias (método diferencial, aunque esta técnica también corrige otros errores) o, mucho más sencillamente, basándose en modelos físicos que proporcionan una aproximación más rudimentaria.

Hay que añadir, en esta descripción rápida y general, que los sistemas de navegación por satélite proporcionan además una base de tiempo de extraordinaria calidad, disponible en todo momento en cualquier punto del mundo, lo que permite su

utilización en aplicaciones que requieran sincronización o donde sea fundamental una base de tiempos precisa y estable.

Estrategia europea

La existencia del GPS norteamericano, y en menor medida el GLONASS ruso, siempre supuso para los Estados europeos una toma de conciencia de su debilidad estratégica y tecnológica en este campo.

Mediados los años ochenta, la Agencia Espacial Europea (ESA) da carpetazo a sus propias ilusiones de desarrollar un sistema propio de navegación por satélite, en el que había empezado a trabajar, conocido como NAVSAT. La ESA prosigue su desigual batalla preparando a la industria europea mediante pequeños contratos tecnológicos, sin recursos para lanzarse por el momento al sueño de desarrollar y desplegar una constelación propia. No obstante, la idea y la necesidad estaban ya presentes en muchas mentes de la Unión Europea, que se iba perfilando, cada vez con mayor claridad, una potencia mundial.

El principio de los noventa supuso un paso intermedio en la forma de una aproximación menos ambiciosa, que se concreta con la creación del Grupo Tripartito (UE, ESA y Eurocontrol) en el año 1994, para poner en marcha lo que se conocerá más tarde como EGNOS que, aprovechándose de la existencia de una señal GPS libre (Standard Positioning Service), intenta mejorar las prestaciones ofrecidas, sobre todo introduciendo lo que se llama el canal de integridad.

EGNOS supone también la respuesta competitiva europea al desarrollo del Wide Area Augmentation Service (WAAS) en EEUU –destinado al área geográfica de América- y del MSAS en Japón –destinado a Asia-. Así, Europa desarrolla y fabrica su propio sistema, interoperable con WAAS y MSAS. En 2002 está prevista la entrada parcial en servicio del WAAS y en 2008 del MSAS.

Aunque EGNOS es una pieza clave por lo que supone de experiencia en un sistema de navegación, la Unión Europea vuelve con el cambio de siglo (cada década parece resurgir el interés) a lo que es realmente un sistema europeo autónomo de navegación satélite, que se bautiza con el nombre de GALILEO.

Por fin parece que Europa se agrupa uniendo para este proyecto su Institución política, la Comisión Europea (CE) y su Agencia Espacial (ESA). Ambas organizaciones acuerdan lanzar el programa de forma preliminar en 1999, a través de resoluciones aprobadas al más alto nivel. Durante 2000 y 2001 se realizan estudios básicos de viabilidad y definición, para que finalmente el 5 de abril de 2001, la Comisión de Transportes de la UE, apruebe (con algunas acciones que habrán de ser cumplimentadas antes de fin de 2001) la fase de desarrollo del programa GALILEO, que comenzará en 2002.

El programa EGNOS

El programa EGNOS consiste en desarrollar un complejo sistema para complementar las señales ya existentes y disponibles de GPS y, en su caso GLONASS, de forma que se puedan cumplir requisitos de usuario muy exigentes no sólo en cuanto a precisión sino también desde el punto de vista de seguridad, como los que solicita la aviación

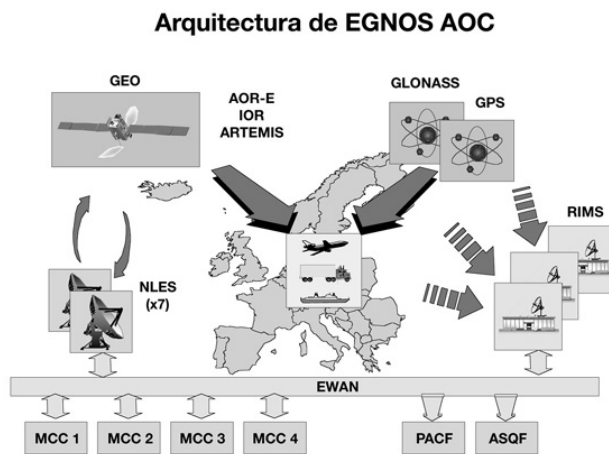
civil. Y además, se tiene igualmente en cuenta que otros usuarios menos exigentes puedan beneficiarse de sus mejores prestaciones, por lo que tendrá un impacto indudable también en el transporte por tierra y por mar.

El programa EGNOS se propone mejorar los siguientes parámetros:

- Precisión
- Integridad
- Disponibilidad del servicio
- Continuidad del servicio

Los principales requisitos de EGNOS se incluyen en el cuadro adjunto. La precisión debe llegar hasta los 4 metros en horizontal. La integridad, o capacidad del sistema de ofrecer una comprobación independiente de la validez y precisión de la señal de cada satélite, debe proporcionar tiempos de alerta mejores que 6 segundos y el servicio debe estar disponible, al menos, el 99% del tiempo.

Los sistemas GPS y GLONASS tienen las limitaciones inherentes a estar controlados por los gobiernos de Estados Unidos y Rusia y con aplicaciones militares prioritarias, en vez de estar bajo control de un organismo civil internacional. En estos aspectos, EGNOS introduce algunas mejoras: por ejemplo, reduce el error (“selective availability” o SA) que intencionadamente se introducía hasta hace poco tiempo en la señal GPS disponible para usuarios civiles.



Resumiendo un sistema muy complejo, el EGNOS desarrolla tres funciones de mejora principales: de medida de distancia, de integridad y de corrección diferencial de área amplia. Esto se lleva a cabo mediante los elementos de la figura. Se refuerza la constelación GPS y GLONASS con cargas de pago en tres satélites GEO, dos de Inmarsat y el Artemis de ESA, que simulan satélites GPS adicionales y además difunden las señales de corrección y de

integridad a los receptores de los usuarios. Se dispone una red de estaciones de tierra (RIMS) que reciben las señales de los satélites GPS/GLONASS y las envían, mediante la red de telecomunicaciones EWAN, a los Centros Principales de Control (MCC) donde se calculan las correcciones para mejorar la precisión así como establecer la integridad. Las estaciones terrenas NLES generan las señales y las envían a los satélites GEO.

Ya está disponible la señal EGNOS pre-operacional (ESTB), con los objetivos de probar el propio sistema y demostrarlo a los usuarios potenciales. Para el año 2004 está previsto que EGNOS entre en servicio en fase operativa avanzada (AOC), mejorándose

posteriormente en términos de disponibilidad y continuidad hasta llegar a la capacidad operativa total (FOC).

El programa GALILEO

Galileo se define como un programa europeo, civil, independiente, de cobertura mundial e interoperable con el GPS norteamericano. Proporcionará distintos servicios de navegación, desde un servicio gratuito, equivalente al existente con GPS, hasta servicios tarificables de acceso controlado y prestaciones garantizadas y, finalmente, servicios de uso gubernamental.

Galileo incorpora algunas novedades importantes, que le configuran como un auténtico servicio: ofrece un canal de integridad que no posee GPS, y como se ha visto es la aportación fundamental de EGNOS y WAAS. Y servicios de tipo humanitario: servicios de salvamento (SAR); disseminación de datos relacionados con la navegación (datos meteorológicos, información sobre alertas de tráfico y accidentes, etc.).

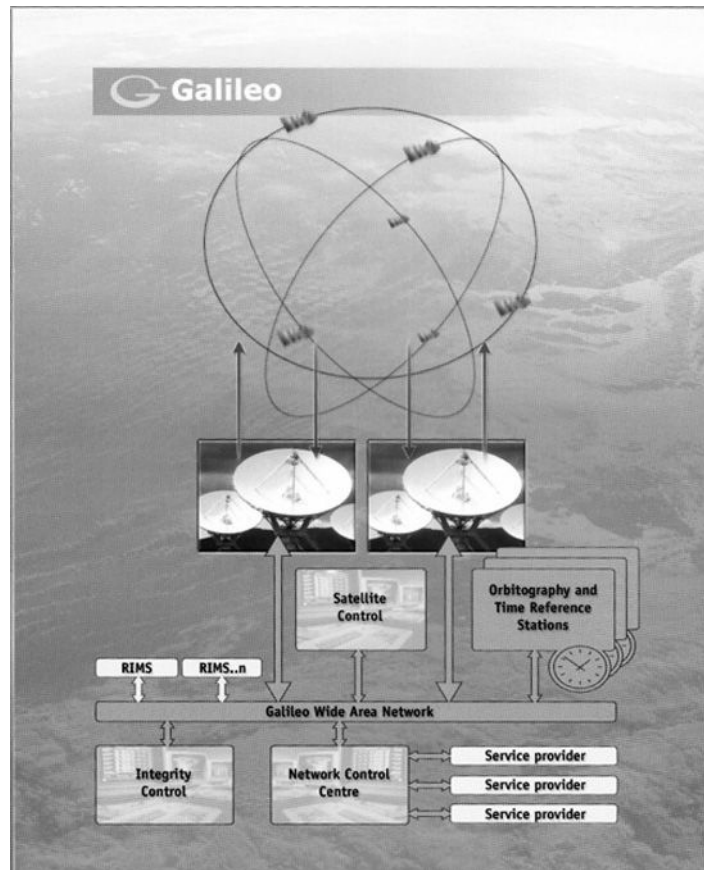
El programa GALILEO es un programa complejo que consiste en:

- Constelación de 30 satélites (27 activos + 3), en tres planos de 56 grados de inclinación y orbitando a 23.616 km de altitud
- Segmento tierra para controlar los satélites, las funciones de navegación, orbitografía, sincronismo, integridad global, enlace ascendente, etc. Los complementos de este segmento a escala regional y local proporcionan las prestaciones más exigentes.

Los equipos principales que cada satélite embarca son: cuatro relojes atómicos (2xH-Maser y 2xRb), la carga de pago de navegación que transmite cuatro portadoras moduladas con los códigos y datos, un transpondedor para SAR y una antena fija que apunta constantemente a la Tierra.

En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2000 de Estambul (WRC 2000) se reservó espectro para Galileo, en bandas L y C.

El calendario de desarrollo prevé que a finales de 2005 una mini-constelación con 4 satélites estará operativa y garantizará la funcionalidad técnica del programa.



El despliegue total de Galileo será en 2008. A partir de 2005, la infraestructura de EGNOS se integrará en Galileo. Los costes estimados para la puesta en marcha del sistema alcanzan los 3.250 M euros y los de operación hasta 2020 se estiman en 2.640 M euros. Se está en negociaciones para incorporar financiación privada.

Galileo, además de sus aspectos estratégicos, posibilita la creación de un sinnúmero de aplicaciones para la aviación y el transporte en general y el uso de su base de tiempo para múltiples aplicaciones de sincronización. Los estudios de mercado predicen 700 millones de usuarios de Galileo en 2020. Los análisis coste-beneficio estiman beneficios económicos comerciales directos de 62.000 M euros, a los que hay que añadir 12.000 M euros en beneficios para la sociedad (menor duración de viajes, menor contaminación, etc.) hasta el año 2020.

Aportación española

Es preciso mencionar la importante aportación española en este campo. Las instituciones y la industria están siendo piezas clave en todo este proceso. Entre las primeras destacan los Ministerios de Fomento y de Ciencia y Tecnología a través de la Dirección General de Aviación Civil, el Ente Público Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA) y el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), y que han visto la oportunidad con suficiente anticipación para posicionarse adecuadamente. Hay que mencionar la importante contribución de D^a Loyola de Palacio al frente de la Comisaría de Transporte de la UE.

En el programa EGNOS, España participa con el 11%, retornando en trabajos para la industria. Uno de los cuatro MCC se instalará en el Centro de Control de Tránsito Aéreo de Madrid y será operado por AENA. Las empresas involucradas en el desarrollo son INDRA, GMV y SENER.

En el programa GALILEO se ha formado una nueva compañía, GALILEO Sistemas y Servicios (GSS) participada por AENA, HISPASAT, INDRA, GMV y SENER (en proceso de adhesión ALCATEL Espacio y EADS-CASA Espacio), con el propósito de dar una respuesta global tanto desde el punto de vista industrial (suministradores de infraestructura de vuelo y tierra), como creadora de servicios de valor añadido al programa. GSS está en negociaciones para formar parte de la compañía en el ámbito europeo que lleve a cabo esta notable empresa técnica.

Hay que añadir la contribución a través del segmento usuario, tanto en el área de equipos terminales como de aplicaciones, de muchas compañías que trabajan en sistemas basados en GPS. Se abre ahora una oportunidad formidable con EGNOS y GALILEO.

TABLAS

	GPS-RECEIBER	GPS/EGNOS RECEIVER
Accuracy	20 m (*)	7,7 m vertical 4 m horizontal
Availability	58-97% (RAIM)	99%-99.999%
Integrity	RAIM only	Raim + EGNOS
Time to Alert	Not specified	Integrity Channel better than 6 sec
Continuity	1/10000 hours	1/10 000 000 hours
Timing (UTC)	300 nsec	10 nsec

(*) Precisión sin error intencionado (SA). Con SA activo típico, pasa a 100 m.

GALILEO Services	General-Purpose Services	Commercial Services	Public-Utility Services		
Coverage	Gobal	Gobal	Local	Gobal	Local
Accuracy	15 - 30 m (single frequency)	5 - 10 m (dual frequency)	<10 cm 1 m (local augmentation signals)	4 - 6 m (dual frequency)	1 m (local signals)
Availability %*	99 %	99 %	99 %	99 - 99,9 %*	99 - 99,9
Integrity	Not generally required	Value-added service	Mandatory requirement		
Alert Limit	-	20 - 45 m	2 - 3 m	<15 m	3 - 5 m
Time to Alert	-	10 seconds	1 second	6 seconds	1 second
Integrity Risk	-	10-7/hour	10-7/hour	2 x 10-7/150 seconds	2 x 10-9/150 seconds
Continuity Risk	-	10-4/hour	10-4/hour	8 x 10-6/15 seconds	2 x 10-6/15 seconds
Timing Accuracy w.r.t. to UTC/TAI	50 nseconds	<50 nseconds	50 nseconds		
Access Control acces	Free Open access	Controlled acces	Controlled acces	Controlled acces	Controlled
		of Value-added Data	of Local Correction Data	of Navigation Code and/or Value-added Data	of Local Correction Data

Certification and Service Guarantees No Guarantee of service possible Build for Certification, Guarantee of Service possible
(* Higher availability subject to confirmation.