

NAVEGACION POR SATELITE

A. EL SISTEMA TRANSIT

Guillermo Barros González
Vicealmirante

Introducción

*A*nte el creciente avance de la técnica, cuyos modernos procedimientos permiten resolver el problema de la situación de una nave con gran exactitud y rapidez, creemos conveniente dar a conocer –por lo menos en líneas generales– la descripción y aplicación del Sistema Transit de Navegación por Satélite, en uso en todo tipo de barcos desde 1967; sobre todo si sabemos positivamente que en unos diez a quince años más este sistema será mejorado por otro de mayor rendimiento que ya está en vías de desarrollo, denominado Sistema Global de Posicionamiento.

Hasta la fecha ningún otro sistema de navegación puede ofrecer mayores capacidades que el Transit, las que podemos resumir como sigue:

a. El sistema puede ser usado en cualquier lugar de la Tierra y en cualquier momento;

b. Trabaja en perfectas condiciones con cualquier tiempo meteorológico;

c. No requiere el uso de cartas náuticas especiales; y

d. Proporciona una gran confiabilidad y exactitud, tal que en condiciones normales su error no es superior a los 100 metros.

En cuanto a los equipos de este sistema, podemos decir que ellos han tenido tal progreso y evolución tecnológica que se traducen en modelos más pequeños y baratos, al mismo tiempo que han mejorado las capacidades de trabajo de estos novedosos instrumentos de navegación, cuya aplicación se extiende en forma asombrosa a cualquier actividad en el mar.

Descripción general

Fue en la Universidad de Física Aplicada “Johns Hopkins” donde se concibió el Sistema Transit y se llevó a cabo, también, su experimentación.

Inicialmente, desde 1958, su desarrollo se efectuó con el propósito de dar solución a la situación de los submarinos Polaris de Estados Unidos, y su aplicación

en estas naves de guerra empezó en 1964. Sólo en 1967 el sistema fue entregado al uso mundial y comercial.

Actualmente, en la misma universidad se han continuado las investigaciones destinadas a dar apoyo al mantenimiento del sistema y lograr las mejoras de él.

La cobertura del Sistema Transit la proporcionan cinco satélites que están en órbitas circulares polares a unos mil kilómetros de altura, describiendo cada uno una vuelta completa alrededor de la Tierra cada 107 minutos. Así, cada punto de la Tierra pasa bajo la órbita de cada satélite dos veces en 24 horas.

Podríamos decir, en otras palabras, que la Tierra cumple su movimiento de rotación dentro de esta verdadera "constelación" de satélites que forman una especie de jaula o paraguas.

Cada vez que un satélite se levanta sobre el horizonte, el observador tendrá oportunidad de obtener las coordenadas geográficas de su ubicación. Según la latitud del observador, el intervalo medio entre las coordenadas obtenidas por los cinco satélites varía entre 35 a 100 minutos.

Tres estaciones, ubicadas en Maine, Minnesota y Hawai, reciben las señales de los satélites cada vez que pasan por su línea de mira, midiendo y registrando en función del tiempo la desviación Doppler de frecuencia causada por el movimiento del satélite. Estos datos, a su vez, son enviados al Centro de Computación ubicado en California, desde donde se opera todo el sistema y en donde se determina la órbita de cada satélite, prediciendo –así– la próxima órbita con varias horas de anticipación.

En este Centro de Computación se forma el "mensaje de navegación" de las órbitas predichas, mensaje que cada 12 horas es recibido por el satélite que corresponda, de manera que una nave equipada con el instrumental adecuado podrá recibir los mensajes de los satélites que están en circunstancias favorables para el observador, y como el proceso lleva de 10 a 16 horas deberá –en este tiempo– considerarse el desplazamiento que ha tenido el buque.

Así, cada dos minutos, el satélite transmite un mensaje consistente en 6.013 dígitos binarios de información, cuya interpretación en los equipos Transit permitirá a una nave obtener la latitud y longitud en que se encuentra. Además, cada satélite puede proporcionar 4 situaciones en 24 horas.

En cuanto a la exactitud de la posición obtenida, ella depende de dos factores principales:

1. Error inherente del sistema, y
2. Error debido al desconocimiento de la velocidad de la nave durante la pasada del satélite.

Mientras el primero tiene un rango de 27 a 37 metros, en equipos de dos canales, y de 80 a 100 metros en los más baratos, de un canal, el segundo puede producir un error de 0,2 millas (370 metros) en la posición, por cada nudo que se desconozca la velocidad del buque. Este último error, que puede ser de consideración, se corrige totalmente a bordo empleando sensores de velocidad en sistemas integrados.



DISTRIBUCION ORBITAL DE LOS 5 SATELITES

Como puede apreciarse, los cálculos son bastante complejos y requieren del uso de computadoras; como ellos no se indican en el presente artículo, pueden ser consultadas en profundidad, junto con una completa información del Sistema Transit, en el Volumen II del Manual de Navegación I.H.A. Pub. 3.031, recientemente editado por el Instituto Hidrográfico de la Armada.

Aplicaciones

Dijimos en la introducción que las aplicaciones de este sistema se extienden a cualquier actividad en el mar; ahora ha-

remos una relación de ellas, insistiendo en que ningún otro sistema de navegación puede ofrecer una combinación tan enorme de dichas capacidades.

Las coordenadas geográficas de un determinado lugar pueden obtenerse exactamente observando los satélites repetidamente, consiguiéndose una exactitud tal que –por ejemplo– con 25 pasadas el error no excede de 5 metros. Esta precisión permite el empleo del Sistema Transit en:

a. Levantamientos hidrográficos y embarcaciones dedicadas a dichos estudios;

b. Naves de investigación oceano-gráfica;

c. Plataformas petroleras y naves dedicadas a tales exploraciones;

d. Embarcaciones y naves pesqueras;

e. Naves deportivas (yates, etc.);

f. Naves comerciales, como buques de carga, tanques, metaleros, etc.;

g. Naves de guerra de superficie; y

h. Submarinos.

Consideraciones finales

1. Si concluimos que el sistema Transit puede ser aplicado eficazmente tanto en la navegación general y mediciones geofísicas como en actividades militares, especialmente en los submarinos, del mismo modo podemos inferir que su confiabilidad y exactitud constituyen una garantía tan fundamental que, en base al concepto de "seguridad de la vida humana en el mar", es posible pronosticar que, a corto plazo, los organismos internacionales competentes en asuntos marítimos acordarán el uso obligatorio de estos modernos sistemas electrónicos, que día a día hacen más segura y precisa la navegación.

2. Sin embargo, es conveniente advertir que los extraordinarios resultados de

estos modernos sistemas de navegación no justifican, de manera alguna, abandonar los métodos y procedimientos clásicos de la navegación astronómica, ya sea en relación a su enseñanza y prácticas reglamentarias, como en el uso a bordo del sextante, el cronómetro, las tablas de navegación y otros instrumentos.

Lo expresado es válido, en especial, para las naves de guerra, ya que en ellas pueden presentarse situaciones tales como:

a. Mientras más complejos son los sistemas modernos, más vulnerables están a fallas diversas;

b. Fallas en las fuentes de poder eléctrico;

c. Destrucción de los equipos electrónicos;

d. El enemigo puede bloquear o interferir las emisiones; y

e. En caso de abandono del buque, los botes y balsas salvavidas tendrán que ser conducidas por los métodos clásicos de navegación.

En resumen, durante lo que podríamos llamar la Edad o Era Atómica, debemos tener la suficiente inteligencia para no descuidar lo que enseña la "antigua ciencia", de modo que los oficiales de Marina continúen sabiendo cómo fijar la posición de la nave.

B. EL SISTEMA NAVSTAR

José M. Romero Aguirre
Teniente 2º

Generalidades

El Sistema de Posición Global Navstar es un método de navegación aérea por satélites, actualmente en desarrollo.

El proyecto respectivo fue iniciado en el año 1974 por las firmas norteamericanas Magnavox y Rockwell Collins, auspiciadas por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

El Sistema Navstar es un programa de servicio militar conjunto, cuyo objeto es proporcionar informaciones altamente exactas de posición, altura, velocidad y tiempo, a un ilimitado número de usuarios que estén en tierra, mar, aire o en el espacio. Todo ello mediante 18 satélites que estarán ubicados en tres bandas de órbitas circulares (6 satélites en cada banda) y a una altura de 10.900 millas náuticas sobre el nivel del mar. En sus inicios, el Navstar será introducido en complementación de otros sistemas de navegación actualmente en uso.

Actualmente hay 5 satélites Navstar en órbita y otros 3 en distintas etapas de construcción y preparación para su lanzamiento. Se estima que en 1987 estarán los 18 satélites en órbita y todo el sistema funcionando. Cuando esto suceda, el método revolucionará la navegación actual.

El Navstar consistirá en una red de satélites y en miles de equipos receptores de los usuarios individuales, aparatos que convertirán las señales de los satélites en información de navegación, de modo que el usuario sepa donde está, dentro de un margen de 10 a 20 metros, en cualquier parte del mundo, en cualquier momento y con cualquier clase de condiciones meteorológicas. La información abarcará latitud, longitud, altura, velocidad y tiempo precisos.

El receptor Navstar proporcionará el equivalente funcional de receptores VOR¹ y DME², más un calculador de navegación de área tridimensional y un reloj preciso.

La señal gruesa Navstar, que estará disponible para todos los usuarios, comprobó ser más exacta de lo que se esperaba. En vista de ello, el Departamento de Defensa de Estados Unidos planeó originalmente introducir una degradación intencional, con el objeto de reducir su exactitud de 16 a 500 metros.

Cuando la Agencia Federal de Aviación señaló que esta cifra era inaceptable para transformar al Navstar en un candidato que pudiera reemplazar a las ayudas de la navegación VORTAC³ actuales, el Departamento de Defensa permitió finalmente una exactitud de navegación de 200 metros.

¹ VOR = Rango omnidireccional de alta frecuencia (VHF).

² DME = Equipo medidor de distancia.

³ VORTAC = Rango omnidireccional de alta frecuencia, táctico.

Más de 1.100 vuelos de prueba, efectuados con elementos experimentales del Navstar en una variedad de tipos de aviones, incluyendo helicópteros, han demostrado que la modulación de la hélice, los cambios de paso y otros efectos básicos no afectan la confiabilidad del sistema ni rebajan su exactitud en ninguna forma significativa.

Las diferentes firmas están diseñando los receptores de manera tal que permita reducir los costos a través del uso común entre los distintos tipos de equipos para los usuarios.

La Rockwell Collins y Magnavox entregaron a principios de 1982 más de 50 receptores, con el propósito de ser evaluados en un amplio espectro de vehículos. Estos varían desde un submarino de ataque del tipo 700 hasta un Boeing del tipo bombardero B52D; desde un portaaviones de la clase Forrestal hasta un F-16 de la General Dynamics; y desde un tanque M-60 hasta un helicóptero UH-60 Sikorsky, incluyendo un equipo Manpack⁴.

Cuando su efectividad esté demostrada y el bajo costo de los equipos sea una realidad, será posible que desplace a algunos de los otros sistemas de radionavegación de menor rendimiento, en cuanto a costo de operación y mantención, como de exactitud.

El rechazo de un sistema antiguo y la introducción de uno nuevo necesariamente requiere de un prolongado período, durante el cual ambos equipos deben estar operando. A la larga, los beneficios se obtendrán de la estandarización del concepto Navstar, el cual —además de su

excepcional rendimiento— tiene una amplia variedad de aplicaciones militares.

Beneficios potenciales

— Cualquiera que precise información referente a tiempo, velocidad y posición exacta, podrá poner en marcha este sistema de navegación con base en el espacio.

— El Navstar reducirá los costos de operación y mejorará la administración de recursos en una amplia variedad de aplicaciones, las que elevarán los beneficios económicos y de administración, en cuanto a transporte aéreo, marítimo, terrestre y espacial. Además, elevará el ahorro de energía y mejorará la exploración, la geodesia, la confección de mapas y la investigación.

Considérese la conservación de energía en un buque tanque que zarpe de Arabia Saudita. Su derrotero desde el Medio Oriente hasta la costa atlántica de Estados Unidos es de aproximadamente 8.000 millas náuticas. Solamente al eliminar las desviaciones de rumbo ocasionadas por los errores del sistema actual, o debido al mal tiempo, el Navstar ahorrará combustible y tiempo de una manera considerable en cada viaje.

— Para conservar los recursos energéticos que están en crisis, el Navstar permitirá una utilización más efectiva de los distintos sistemas de transporte. En el espacio elevará o mejorará los experimentos científicos, en cuanto a lanzamiento, enlace y recuperación y, además, a la entrega de informaciones de recursos sensoriales.

⁴ Manpack = Equipo portátil de poco peso.

— Las exactitudes propias de este sistema proporcionarán la posibilidad de abarcar mundialmente todos los aeropuertos en una rejilla común, permitiendo densidades de tránsito aéreo más estrechas, además de la reducción de tiempos de espera y la congestión dentro de los aeropuertos. Esto será posible debido a que la capacidad de la navegación, mejorada por el Navstar, permitirá una mayor flexibilidad hacia los aeropuertos secundarios y fuera de éstos.

En las zonas costeras y portuarias, esta exactitud dará como resultado una optimización en cuanto a seguridad de operaciones, lo cual a su vez proporcionará un aumento de beneficios del tipo operacional.

Capacidades del sistema

— Contará con un conjunto de 18 satélites, lo que indudablemente se traduce en disponibilidad de información a cualquier hora del día y en cualquier lugar del mundo.

— Debido a la ultra alta frecuencia con que trabaja, puede ser usado con cualquier condición atmosférica y meteorológica, sin afectar su exactitud.

— Es pasivo y con capacidad de resistir *jammig* enemigo, lo que se traduce en una alta operatividad en misiones de combate.

— Al tener una exactitud de 16 metros en latitud, longitud y altura, y magnitudes de décimas de metros por segundo en velocidad (hasta 0,1 m/s) y de nanosegundos en tiempo, es —sin lugar a dudas— el método de navegación más exacto que

se haya construido en el mundo, hasta la fecha.

— Por su gran exactitud permitirá abarcar mundialmente todos los aeropuertos en una rejilla común, tolerando densidades de tránsito aéreo más estrechas y disminuyendo los mínimos meteorológicos en los aeropuertos, los tiempos de espera, las congestiones de tráfico, el consumo de combustible en el mundo, el número de accidentes por colisiones, y los costos de operación. Igualmente, aumentará la velocidad de ubicación de blancos, rumbos de interceptación y puntos de disparo, y elevará la probabilidad de dar en el blanco en las primeras salvas.

— La modulación de la hélice, los cambios de paso y otros efectos básicos de las aeronaves, no afectan la confiabilidad del equipo ni rebajan su exactitud.

— Un ilimitado número de aviones, buques y otros usuarios que necesiten posición exacta, podrán acoplarse al sistema sin saturarlo.

— La información será exhibida en una rejilla común o en cualquier otro sistema, lo que indudablemente permitirá una facilidad y velocidad de obtener información y, al mismo tiempo, graficarla sin complicaciones.

— El acceso a información de tiempo, velocidad, posición precisa y otras, con un solo equipo pequeño y liviano, mejorará la capacidad de carga útil de satélites, aviones de combate, helicópteros, etc.

— Proporcionará informaciones exactas y totalmente actualizadas, al sistema de navegación inercial de aeronaves y submarinos.

— Para *rendez vous* en alta mar, los buques dispondrán de una gran confiabilidad en cuanto a exactitud y tiempo, lo que se traduce en una mayor autonomía.

— Por los motivos anteriores, en operaciones aeronavales y de exploración aeromarítima, las aeronaves —al disponer de una gran exactitud en cuanto al punto de recuperación, de tiempo, consumo de combustible, etc.— tendrán una aumento en el tiempo de operación en el aire y seguridad de su posición y de la plataforma, lo que indudablemente se traduce en mayor autonomía.

Limitaciones del sistema

— Al ser tan exacto, exigirá una reestructuración en cuanto a la construcción de mapas y cartas de navegación, las cuales están hechas mediante sistemas menos exactos. Por esto, los procedimientos en cuanto a información de posición tendrán que ser reestructurados, pues en el caso de un vuelo IFR⁵ o de una aproximación terminal ILS⁶ existirán dos exactitudes distintas.

— Considerando que el equipo está subordinado al conjunto de satélites, en el caso de que estos fallen o que Estados Unidos decidiera suspender las transmisiones de información, ya sea por un conflicto bélico o cualquier otro motivo,

el sistema quedaría completamente inutilizado. Por otra parte, su operación militar está destinada a ese país y a los aliados que estime conveniente, lo que —sin lugar a dudas— limita su libre disponibilidad por parte de otros países, incluso Chile.

— Debido a que su costo se encarece al ser utilizado por pocos usuarios, la única forma de disminuirlo y obtener beneficios es mediante el ahorro de lo que significa posición precisa, cuando es usado por muchos.

Conclusiones

Sumando y restando los beneficios, capacidades, limitaciones, etc., nos podemos dar cuenta del enorme potencial de este sistema.

A medida que el avance de la técnica permita el desarrollo generalizado del Navstar, la navegación con los distintos sistemas de transporte actuales y futuros, en especial el aéreo, ya no tendrá las limitaciones presentes, dando como resultado los beneficios ya mencionados.

En el ámbito militar, el rendimiento de este sistema revolucionará las técnicas modernas, como lo hizo el misil en un tiempo pasado.

⁵ IFR = Vuelo por instrumentos.

⁶ ILS = Sistema de aterrizaje instrumental.