

UNDÉCIMA CONFERENCIA DE NAVEGACIÓN AÉREA

Montreal, 22 de septiembre - 3 de octubre de 2003

Cuestión 2 del

orden del día: Seguridad y protección en la gestión del tránsito aéreo (ATM)

2.5: Seguridad y protección de la infraestructura ATM

6: Cuestiones relativas a la navegación aeronáutica

6.2: Cuestiones de criterios de navegación teniendo en cuenta los servicios y la arquitectura GNSS actuales y previstos, las opciones de integración y de reserva

SISTEMAS DE RESERVA AUTÓNOMOS PARA GNSS BASADOS EN INFRAESTRUCTURA LOCAL

(Nota presentada por Suecia)

RESUMEN

En esta nota se propone una sistema de reserva autónoma eficiente en función de los costos para la determinación de la posición basada en el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS), utilizando el enlace digital VHF (VDL) en Modo 4 sin comprometer sus funciones básicas de vigilancia.

En el párrafo 5 figuran las medidas recomendadas a la Conferencia.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El Comité especial de la OACI sobre sistemas de navegación aérea del futuro (FANS) fue establecido para permitir a la aviación civil internacional superar las deficiencias de los actuales sistemas de gestión del tránsito aéreo (ATM), así como para aprovechar la tecnología moderna para lograr el crecimiento previsto de la aviación. Trabajando en dos fases (el Comité FANS y el Comité FANS Fase II), se formuló una estrategia para explotar la tecnología moderna de satélites, comunicaciones y otras técnicas innovadoras emergentes a fin de mejorar la ATM y aportar beneficios a los explotadores de aeronaves en todo el mundo. Esto dio como resultado el concepto mundial de comunicaciones, navegación y vigilancia/gestión del tránsito aérea (CNS/ATM).

1.2 Una de las nuevas tecnologías fundamentales, explotada plenamente para CNS, es el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) que constituirá un elemento crítico de los sistemas CNS/ATM del futuro. Se prevé que el GNSS desempeñará una función vital, no solamente en materia de navegación, sino también para vigilancia, es decir, la vigilancia dependiente automática (ADS) en la cual

la notificación de la posición estaría basada en datos GNSS. El VDL en Modo 4 fue elaborado como un sistema de comunicaciones que apoya todas las tres disciplinas CNS. Cabe hacer notar que el VDL en Modo 4 apoyando a ADS constituye un elemento integral de los sistemas de vigilancia que se están poniendo en práctica en la actualidad. La infraestructura de tierra para el VDL en Modo 4 consiste de estaciones terrestres interconectadas en una red. Las funciones en la red garantizan una disponibilidad constante de tiempo extremadamente preciso. Las estaciones de tierra transmiten regularmente su propia posición en forma exacta, junto con el tiempo preciso.

1.3 Debe reconocerse que los actuales componentes del GNSS son vulnerables a la interferencia y que la industria aeronáutica, así como otros usuarios no aeronáuticos que dependen del GNSS, proponen la elaboración de sistemas de reserva autónomos. Se han propuesto diversos complementos y aumentaciones del sistema; en esta nota se describe un sistema de reserva autónomo y eficaz en función de los costos, así como una red de seguridad que puede implantarse utilizando el VDL en Modo 4.

1.4 La señal de temporización transmitida por la red de estaciones terrestres VDL en Modo 4 entrega información que puede ser utilizada por unidades móviles para calcular su propia posición, proporcionando de ese modo un sistema de reserva autónomo para sistemas de navegación tales como el GNSS. Los resultados de los estudios demuestran que la exactitud de la posición basada en la información procedente de la infraestructura de tierra VDL en Modo 4 es del orden del 1 NM. Un sistema de ese tipo sería extremadamente atractivo para los Estados que no poseen una infraestructura GNSS, o los Estados que tienen zonas en las cuales no puede garantizarse la disponibilidad requerida de GNSS.

1.5 El elemento que permite la exactitud de la temporización en el sistema VDL en Modo 4 es la capacidad de verificar en forma independiente los datos sobre posición en los mensajes ADS-B por medio de la determinación de la distancia basada en mediciones exactas del tiempo.

2. AUMENTACIÓN GNSS Y NAVEGACIÓN SECUNDARIA CON ENLACE DIGITAL VHF (VDL) EN MODO 4 BASADAS EN TRIANGULACIÓN

2.1 Al utilizar datos GNSS para navegación o vigilancia, se requiere que un sistema de aumentación GNSS garantice la calidad de los datos de posición. Combinados con un receptor de referencia GNSS para calcular las correcciones diferenciales y los datos de integridad para los satélites visibles de la estación terrestre, el VDL en Modo 4 puede utilizarse para crear una sistema de aumentación local GNSS. Los usuarios en el aire y en la tierra pueden recibir señales de aumentación GNSS cuando una estación terrestre VDL en Modo 4 se encuentra dentro del alcance óptico.

2.2 La aumentación local GNSS mediante el VDL en Modo 4 puede ampliarse para crear una red regional GNSS. Se propone una red VDL en Modo 4 de ese tipo como complemento para el sistema de aumentación basado en satélite (SBAS) a fin de proporcionar un servicio de aumentación GNSS en una zona geográfica amplia por medio de una red de estaciones terrestres. La red se utilizaría para supervisar la operación y, posiblemente, para intercambiar información entre estaciones individuales a fin de mejorar todavía más la integridad de los datos de aumentación radiodifundidos. Una red VDL en Modo 4 de este tipo podría ampliarse indefinidamente.

2.3 El VDL en Modo 4 puede proporcionar navegación sin señales GNSS como una función de reserva o remplazo en el caso de una falla en el receptor GNSS o la señal GNSS. La función de navegación secundaria, que constituye un elemento optativo en las disposiciones de la OACI para el VDL en Modo 4, permite contar con una exactitud de navegación y en ruta (RNP 1) sin depender del GNSS. En el espacio aéreo lejano/oceánico, un usuario con un receptor GNSS inutilizado puede navegar satisfactoriamente basándose en las ráfagas de sincronización en Modo 4 ajustadas con arreglo al Tiempo Universal Coordinado (UTC) de otros usuarios en el espacio aéreo. En el espacio aéreo interno, la función

de navegación secundaria permite a una autoridad de aviación civil utilizar su infraestructura terrestre VDL en Modo 4 como una reserva respecto al GNSS. Esto supone que las estaciones correspondientes basadas en tierra disponen de una fuente estable de tiempo extremadamente exacto.

2.4 El concepto de navegación secundaria es similar al del GNSS, ilustrado en la Figura 1. En el GNSS, la señal de determinación de la distancia de pseudoruido (PN) transmitida por el vehículo espacial GNSS se subordina al UTC. Estas señales emanan de puntos conocidos en el espacio debido a que se conoce la efeméride del vehículo espacial. El tiempo de llegada de las señales a un receptor GNSS se mide en relación con el reloj local del receptor. Si el receptor GNSS se sincroniza a UTC, el tiempo de desplazamiento de la señal (tiempo de propagación) dividido por la señal de la luz proporciona la distancia al vehículo espacial que generó la señal. Si el receptor GNSS *no* está sincronizado a UTC, el tiempo aparente de propagación proporciona un valor denominado “seudodistancia”. En el caso general, el receptor no está sincronizado y debe resolver su posición (x, y, z), así como su desplazamiento de reloj (dt). Estos cuatro valores desconocidos pueden determinarse si se dispone de cuatro mediciones con una geometría relativa satisfactoria. Si se dispone de más de cuatro mediciones, la posición puede establecerse con error reducido.

2.5 Los elementos fundamentales del GNSS son:

- a) un conjunto de plataformas de transmisión en ubicaciones conocidas que transmiten señales de determinación de distancia sincronizadas en función del tiempo, en número suficiente como para proporcionar un mínimo de cuatro señales de determinación de distancia con geometría satisfactoria a la comunidad de usuarios con una alta probabilidad; y
- b) equipos de usuarios que pueden recibir y medir los tiempos de llegada de esas señales, así como ejecutar los cálculos necesarios para triangular su propia posición.

2.6 El hecho que las plataformas de transmisión se estén desplazando a velocidades orbitales no es significativo, siempre que se conozcan sus trayectorias de movimiento con una elevada precisión y puedan determinarse sus ubicaciones en cualquier momento dentro de unos pocos metros. El GNSS se desempeña en forma satisfactoria debido a que las señales están sincronizadas con elevada precisión; las posiciones de los satélites que transmiten se miden y notifican con gran precisión, y las señales de determinación de distancia tienen una anchura de banda suficiente como para permitir mediciones extremadamente exactas del tiempo de llegada.

2.7 Los elementos fundamentales de un sistema de determinación de posición están disponibles también por medio del VDL en Modo 4: 1) numerosas estaciones transmisoras notifican su posición con una exactitud satisfactoria; y 2) las señales sincronizadas en función del tiempo se transmiten de las mismas plataformas. En el caso del VDL en Modo 4, las estaciones transmisoras de interés para la navegación son las estaciones de aeronave o de tierra que notifican que están sincronizadas en función del tiempo, y cuyo factor de calidad de determinación de la posición notificado es satisfactorio. La Figura 2 ilustra el concepto básico, que es paralelo al del GNSS.

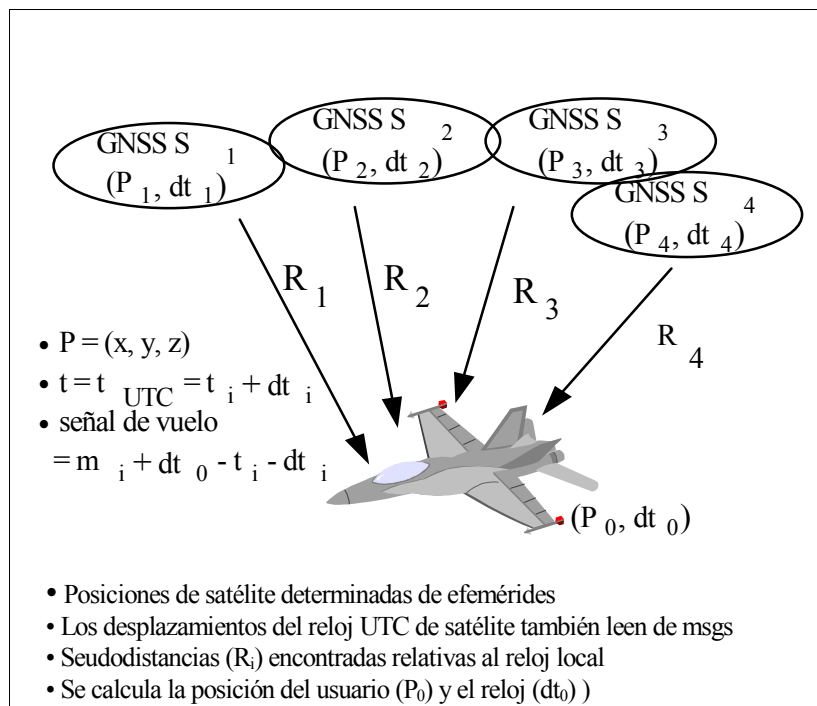


Figura 1. Descripción del concepto de navegación GNSS

2.8 La solución de la posición determinada por medio de la utilización del VDL en Modo 4 será menos exacta que la del GNSS por las razones siguientes:

- en la mayoría de los casos, la incertidumbre de la posición notificada de un usuario es mayor que la incertidumbre de la posición notificada de un satélite GNSS;
- las transmisiones se emiten con más fluctuaciones de tiempo e incertidumbre que las transmisiones de un satélite GNSS; y
- las mediciones del tiempo de llegada en una estación receptora no son tan precisas como las mediciones del tiempo de llegada ejecutadas en un receptor GNSS.

2.9 Sin embargo, puede generarse una solución de posición. Las disposiciones de la OACI para el VDL en Modo 4 especifican una fluctuación de temporización de transmisión de ± 1 usec (2σ). Esto corresponde a una incertidumbre de distancia de 300 m (~ 1000 ft). Si los tiempos de llegada de la señal pueden medirse con exactitudes equivalentes [aproximadamente 1 usec (2σ)], los errores de determinación de distancia en cada señal estarían limitados por 500 m (2σ) y los usuarios que experimenten una nueva geometría obtendrían exactitudes de determinación de la posición del orden de 1 km o superiores. Esta sería la performance típica para los usuarios en el espacio aéreo activo, en el cual muchos usuarios con el equipo apropiado estarían ubicados en todas las direcciones alrededor del usuario, o los usuarios en los espacios aéreos en los cuales la Dirección de Aviación Civil (CAA) ha diseñado explícitamente la infraestructura de tierra de modo de proporcionar una geometría aceptable (una red de estaciones terrenas podría ser completamente independiente del GNSS, y podría proporcionar una performance¹ superior debido a sus informes de posición de elevada exactitud y, posiblemente, su temporización de transmisión más exacta).

¹ Relativa a la obtenida mediante la determinación de distancia de unidades móviles.

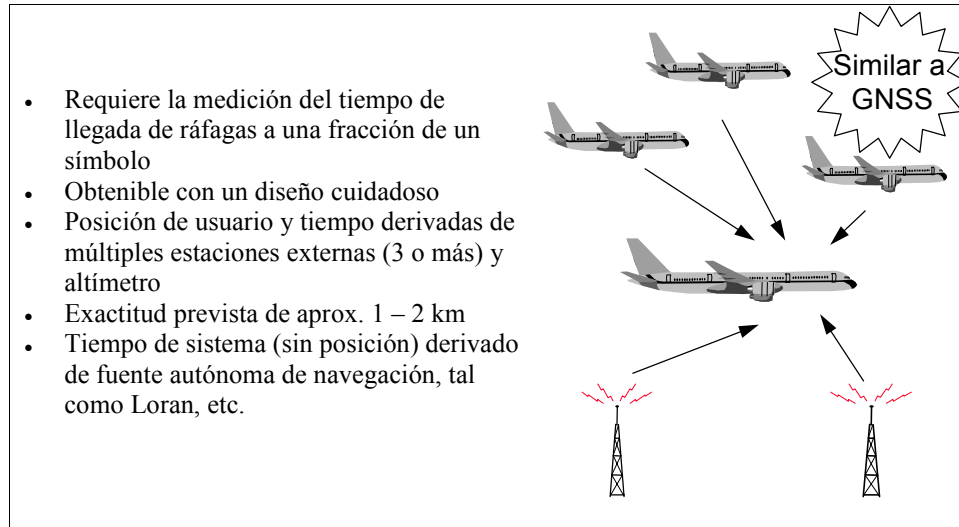


Figura 2. Navegación secundaria VDL en Modo 4

3. BENEFICIOS OPERACIONALES DE LA NAVEGACIÓN SECUNDARIA

3.1 Los beneficios operacionales de la navegación secundaria son:

- a) un medio sólido para mantener comunicaciones eficientes y compartir recursos en el protocolo VDL en Modo 4;
- b) la capacidad de generar un cálculo de distancia independiente de un usuario (es decir, calculando el tiempo de propagación del mensaje recibido) apoya las características de integridad superior en la capa MAC y más arriba;
- c) en el espacio aéreo interno, la navegación secundaria, combinada con una red terrestre que transmite ráfagas de sincronización en los canales de señalización global (GSC), puede proporcionar una reserva completa GNSS idónea para la navegación en ruta². Esta reserva sólida, controlada localmente, puede facilitar la introducción a escala mundial de GNSS como el medio primario de navegación; y
- d) las estaciones de a bordo o terrestres proporcionan una reserva a los usuarios aislados con equipo GNSS con fallas.

4. RESUMEN

4.1 Puede observarse en el análisis anterior que, aunque el VDL en Modo 4 proporcione las funciones ADS-B para vigilancia, también puede utilizarse para suministrar una fuente de posición de reserva respecto al GNSS sin comprometer sus funciones básicas de vigilancia. Esta reserva autónoma y red de seguridad para el GNSS ofrece una posibilidad para todos los Estados de contar con un sistema de navegación controlado en forma nacional en el futuro.

² Esto requiere una fuente independiente de tiempo exacto en las estaciones terrestres, y una redundancia suficiente de estaciones terrestres para proporcionar cobertura por tres o más estaciones, con una alta probabilidad, a los usuarios a una altitud designada o por encima de ella.

5. MEDIDAS RECOMENDADAS A LA CONFERENCIA

5.1 Se invita a la Conferencia a:

- a) tomar nota que las funciones inherentes en el sistema VDL en Modo 4 pueden utilizarse como una reserva autónoma para el GNSS, proporcionando una oportunidad a todos los Estados de contar con un sistema de navegación controlado en forma nacional en el futuro; y
- b) recomendar que la OACI defina los requisitos y formule las disposiciones correspondientes en apoyo de una red de seguridad suplementaria, basada en tierra, respecto al GNSS, independiente de los elementos espaciales.

— FIN —