

## UNDÉCIMA CONFERENCIA DE NAVEGACIÓN AÉREA

Montreal, 22 de septiembre - 3 de octubre de 2003

### Cuestión 6 del

orden del día: Cuestiones relativas a la navegación aeronáutica

### CONCEPTO DE UTILIZACIÓN DE COMBINACIONES DE SISTEMAS INDEPENDIENTES DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE Y SUS AUMENTACIONES

(Nota presentada por la Secretaría)

#### RESUMEN

Este documento se basa en los resultados del estudio realizado por el Grupo de expertos sobre el sistema mundial de navegación por satélite (GNSSP) a solicitud de la Comisión de Aeronavegación de la OACI. En el documento se indica que el número creciente de señales y constelaciones GNSS ofrece beneficios significativos para la aviación civil en términos de una mayor solidez, una mejor performance, la simplificación de la arquitectura de tierra GNSS y la disminución de las preocupaciones institucionales. La introducción de estos nuevos elementos también plantea algunas cuestiones técnicas, económicas e institucionales. En la nota se recomienda que la OACI debería tratar en mayor medida estos asuntos y aprovechar plenamente las oportunidades que se ofrezcan.

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

## 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Las normas y métodos recomendados (SARPS) de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) han sido elaborados tanto para las señales individuales de frecuencia (L1) del sistema mundial de determinación de la posición (GPS) y el sistema mundial de navegación por satélite (GLONASS) como para sus aumentaciones mediante sistemas de aumentación basados en la aeronave (ABAS), basados en satélites (SBAS) y basados en tierra (GBAS).

1.2 En el futuro, el GPS se ampliará, proporcionando señales adicionales y, posiblemente, incluirá la función de integridad a escala mundial. Los satélites GLONASS-M, con características superiores, se agregarán a la constelación y se pondrá en servicio posteriormente una nueva generación de satélites GLONASS-K. Asimismo, se está elaborando en Europa una nueva constelación denominada Galileo que proporcionará tres señales y una función de integridad a escala mundial.

1.3 Se puede prever que se obtendrán varios beneficios para los usuarios de la aviación civil con la utilización de estas señales y constelaciones adicionales. Los sistemas existentes pueden combinarse para mejorar la solidez y, de ese modo, aumentar la capacidad para cumplir los requisitos en materia de performance en la presencia de interferencia o de fallos del sistema. Además, se puede obtener una performance superior en condiciones nominales cuando se utilicen combinaciones de señales de sistemas independientes. Esto significa que, para algunas regiones, la utilización de constelaciones combinadas podría ofrecer niveles de servicio de navegación que requerían anteriormente el empleo de sistemas de aumentación. Finalmente, la disponibilidad de constelaciones múltiples podría disminuir las preocupaciones institucionales respecto a la dependencia en un solo proveedor de servicios.

1.4 La introducción de estos nuevos elementos también plantea algunas cuestiones técnicas, económicas e institucionales que deben abordarse a fin de aprovechar plenamente las oportunidades que se ofrecen.

## **2. OPORTUNIDADES DERIVADAS DE LAS NUEVAS SEÑALES Y CONSTELACIONES**

### **2.1 Plazos de implantación**

2.1.1 Para las diferentes constelaciones, las previsiones actuales sobre la puesta en servicio son las siguientes:

- a) GPS/L1: disponible en la actualidad;
- b) GPS/L5: capacidad operacional inicial: 2012; capacidad operacional completa: 2015;
- c) GLONASS/L1: disponible en la actualidad (el número de satélites operacionales es limitado);
- d) GLONASS/L3: disponible a partir de 2008;
- e) Galileo/L1: disponible a partir de 2008;
- f) Galileo/E5a: disponible a partir de 2008; y
- g) Galileo/E5b: disponible a partir de 2008.

2.1.2 Para cada nueva señal/constelación, probablemente se requeriría un plazo adicional de uno o dos años a fin de obtener la validación/certificación de las autoridades de aviación civil antes de aprobar la utilización de las señales para aplicaciones relacionadas con la seguridad vital. Esto implica que la utilización operacional de las nuevas señales y el servicio combinado de constelaciones podría comenzar en el período de 2010.

2.1.3 La planificación de la OACI para la normalización GNSS incluye la elaboración y la validación de SARPS para los elementos del GNSS mencionados anteriormente, a medida que avanza el desarrollo de estos elementos.

### **2.2 Oportunidades técnicas y operacionales**

2.2.1 La evaluación de la vulnerabilidad y los métodos de mitigación del GNSS (véase AN-Conf/11-WP/17) indica que existe un mérito inherente en hacer que la navegación por satélite resista la interferencia en la mayor medida posible. A este respecto, cada una de las nuevas señales GNSS será más resistente a la interferencia que GPS/L1 debido a la potencia superior y a la anchura de banda más

amplia, lo cual da como resultado una mayor capacidad de rechazo de la interferencia. Aún más, todas las señales destinadas a aplicaciones de seguridad vital se beneficiarán de la protección proporcionada mediante la asignación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) dentro de las bandas del servicio de radionavegación aeronáutica (ARNS).

2.2.2 La diversificación de frecuencias también constituye una defensa eficaz contra la interferencia no intencional, debido a que es altamente improbable que una fuente de interferencia de ese tipo afecte simultáneamente a más de una frecuencia. Se han recibido indicaciones en el sentido que todas las constelaciones básicas (GPS, GLONASS y Galileo) prestarán servicios en frecuencias múltiples, y cualquier combinación de dos de estas constelaciones ofrecerá al menos una frecuencia no común.

2.2.3 Los efectos atmosféricos también se atenuarán en una forma extremadamente eficaz cuando se utilice una combinación de constelaciones. El efecto de la pérdida de señal que existe en la actualidad en las regiones ecuatoriales y, en menor medida, en las latitudes más elevadas en condiciones de centelleo ionosférico grave, se atenuarán significativamente cuando estén a la vista más satélites. Esto podría lograrse combinando, al nivel de los usuarios, las diferentes mediciones provenientes de diferentes constelaciones.

2.2.4 Con los satélites de una sola frecuencia, el GBAS y el SBAS deben corregir respecto a errores inducidos por la ionosfera. Las frecuencias múltiples de cada satélite apoyan esta corrección de errores en el receptor. Cuando se combinen constelaciones, se reducirán las limitaciones de disponibilidad y continuidad de servicio relacionadas en la actualidad con eventos tales como el centelleo ionosférico, el mantenimiento de sistemas, los fallos de segmentos de espacio o el ocultamiento de terrenos/edificios (p. ej., para operaciones GNSS basadas en las superficies), debido al mayor número de satélites visibles.

2.2.5 En las zonas en las cuales no se proporcionan datos de integridad (por el SBAS o las constelaciones básicas futuras), pueden obtenerse mejoras de performance combinando las mediciones de las múltiples constelaciones con ABAS, aunque con menos solidez. Esto eliminará la necesidad de instalar SBAS en algunas instancias y simplificar la arquitectura SBAS en otros casos.

2.2.6 Algunos Estados ya están considerando los posibles beneficios del aumento de solidez del GNSS mediante la diversidad de frecuencias con una sola constelación. Combinando las diferentes señales en al menos dos de estas constelaciones al nivel del usuario aumentaría la solidez, mejoraría la performance y también reduciría considerablemente las inquietudes institucionales expresadas a raíz de la utilización de una sola constelación.

## 2.3 Oportunidades institucionales

2.3.1 Hay razones no técnicas para la utilización de constelaciones múltiples. Estas razones pueden incluir inquietudes institucionales sobre el control y la posibilidad de mantener una sola constelación, la amenaza de la denegación de servicio, y la posibilidad de un fallo importante en una constelación básica. La disponibilidad de constelaciones múltiples e independientes de proveedores de servicio independientes permitirá, especialmente, lo siguiente:

- a) los servicios de navegación por satélite pueden continuar proporcionando su performance nominal a pesar de la ausencia de recursos financieros para mantener una constelación específica, las dificultades técnicas del funcionamiento de la constelación, los lanzamientos fallidos o la destrucción producida por situaciones de emergencia;
- b) los servicios de navegación pueden mantenerse a escala mundial, aun si se degrada la performance de una sola constelación o se deniega en toda la zona de cobertura en una

situación de emergencia nacional, como lo reconoció el Convenio sobre Aviación Civil Internacional (véase el Artículo 89). En este caso, una segunda constelación, administrada independientemente, podría continuar prestando servicio; y

- c) el servicio de navegación puede mantenerse aun en los casos de interrupción de la señal o de una modificación importante de una de las constelaciones de satélites, una interrupción de servicio a mediano plazo de una de las constelaciones o la decisión de un proveedor de constelación de satélites de interrumpir el suministro de servicio.

### **3. PROBLEMAS ASOCIADOS CON LA INTRODUCCIÓN DE CONSTELACIONES Y AUMENTACIONES INDEPENDIENTES ADICIONALES**

#### **3.1 Complejidad relacionada con la utilización de múltiples combinaciones de elementos**

3.1.1 La introducción de elementos de sistemas independientes de constelaciones y aumentación introduce complejidad técnica. Esto debe administrarse correctamente tanto en los campos técnicos como operacionales para garantizar que los explotadores de aeronaves obtengan los beneficios descritos anteriormente y que esos beneficios sean superiores a los costos.

3.1.2 La complejidad podría aumentar con la evolución del GNSS si existe una proliferación de receptores de a bordo que utilizan diferentes combinaciones de elementos GNSS independientes en formas diferentes. También se prevé que existirán arquitecturas que aumentarán todavía más la capacidad integrando el GNSS con los sistemas que funcionan por inercia. Naturalmente, el mercado impedirá que existan arquitecturas que utilicen combinaciones que no proporcionen beneficios económicos, pero es indudable que se producirá la fragmentación. Los proveedores de servicios de navegación aérea, los explotadores y fabricantes de aeronaves, tendrán que trabajar conjuntamente para armonizar la capacidad con la performance de navegación requerida, así como con los procedimientos de aproximación publicados, a fin de maximizar los beneficios.

3.1.3 Se sugirió que los proveedores de servicios requerirán una indicación en tiempo real que señale si las diversas combinaciones de los elementos del sistema GNSS apoyan niveles de servicio publicados, tomando en cuenta a los usuarios con diversos niveles de capacidad. Este enfoque se deriva de la actual doctrina sobre la supervisión del sistema, con arreglo a la cual el proveedor de servicios puede supervisar las ayudas terrestres individuales y en el cual cada ayuda suministra un servicio definido. Sin embargo, es probable que un enfoque de este tipo no será apropiado para las futuras operaciones del GNSS, especialmente cuando se introduzcan múltiples señales y constelaciones. En consecuencia, debería revisarse el concepto actual de supervisión de estado.

3.1.4 La normalización de una combinación múltiple de elementos podría llegar a ser difícil de administrar para la OACI, dependiendo de la estrategia de implantación para la introducción de SARPS. La mejor opción consistiría en normalizar las nuevas señales en forma individual, complementando los SARPS con textos de orientación sobre la utilización de estas nuevas señales y combinaciones de señales.

#### **3.2 Costo del sistema para los explotadores de aeronaves y los proveedores de servicios**

3.2.1 Desde la perspectiva del usuario, la introducción de señales y constelaciones adicionales requerirá el reemplazo de los receptores y las antenas de aeronave existentes. Estos receptores y antenas serán más complejos y probablemente costarán más que la actual generación de aviónica GNSS. Sin embargo, con los avances constantes de la tecnología de los receptores, es probable que estos aumentos de costo sean relativamente reducidos.

3.2.2 La estrategia más viable para los explotadores de aeronaves consistiría en reconvertir solamente cuando el caso comercial es positivo. El costo de la reconversión podría reducirse si los diseños del fabricante permiten que se introduzcan actualizaciones de software o de equipos simples. La otra parte de esta estrategia consistiría en adquirir nuevas aeronaves con aviónica que coincida con el estado del desarrollo del GNSS. Esto requerirá conocimientos anticipados sobre las normas y los planes para la introducción de nuevas señales.

3.2.3 En el caso de GBAS, un sistema capaz de aumentación de dos constelaciones básicas (p. ej., GPS/GLONASS o GPS/Galileo) podría ser más costoso debido a la mayor complejidad de los receptores de referencia y los elementos de antena. Por otra parte, los proveedores de servicios que utilizan equipo GBAS relativamente nuevo, que aumentan una sola constelación, no se precipitarían a introducir nuevo equipo y tomar decisiones para actualizaciones de sistemas basadas principalmente en consideraciones sobre el ciclo de servicio nominal.

3.2.4 A fin de reducir al mínimo los posibles efectos en materia de costos y maximizar los beneficios, la OACI, al elaborar normas para nuevos elementos y señales GNSS, debería formular recomendaciones sobre las combinaciones más promisorias de elementos y señales.

### 3.3 **Repercusiones de las restricciones normativas**

3.3.1 La actual aviónica GNSS selecciona automáticamente los satélites y elementos de aumentación que se utilizarán\*. En el futuro, las normas de los Estados podrían requerir o prohibir la utilización de determinados elementos GNSS o sus combinaciones. Una situación de este tipo podría imponer costos significativos para los usuarios en términos de controles y procedimientos adicionales en la cabina de pilotaje, instrucción de las tripulaciones de vuelo y apoyo de mantenimiento. Si tuviera que seleccionarse cada elemento independiente GNSS, la interfaz de la aviónica llegaría a ser extremadamente complicada. La instrucción de la tripulación para la utilización de esta interfaz y los modos de operación del sistema que podrían seleccionarse en diversas partes del espacio aéreo serían costosas. Aún más, una interfaz de aviónica compleja podría aumentar el volumen de trabajo de los pilotos y convertirse en un elemento que afecte a la seguridad.

3.3.2 Estas posibles repercusiones exigen que la OACI recomiende a los Estados que, al planificar la implantación de los servicios GNSS, eviten las limitaciones relativas a la utilización de elementos específicos del GNSS por razones institucionales o de otro tipo.

## 4. **CONCLUSIONES**

4.1 El GPS, el GLONASS y el Galileo ofrecerán constelaciones de satélites y señales independientes operada en forma independiente. En consecuencia, será extremadamente improbable que se produzcan fallos del servicio GNSS cuando se implante una combinación de constelaciones.

4.2 En consecuencia, el número creciente de señales y constelaciones GNSS ofrece beneficios significativos para la aviación civil en términos de una mayor solidez, así como mejoras en materia de performance, la simplificación de la arquitectura de tierra GNSS y la disminución de las inquietudes institucionales.

4.3 Sin embargo, la multiplicidad de diferentes combinaciones de elementos posibles conduciría a una proliferación de diferentes implantaciones, dando como resultado una complejidad generalizada del sistema y efectos económicos negativos, especialmente en lo que respecta a los usuarios.

---

\* Esto es cierto salvo la aproximación de precisión GBAS que tiene la capacidad de selección de canal para ordenar al receptor que utilice un sistema de aumentación GBAS específico.

4.4 Si los asuntos relacionados con la utilización de constelaciones básicas de satélites independientes, con otros elementos del GNSS y sus combinaciones, se tratan correctamente, la introducción de nuevas constelaciones y señales adicionales facilitará la transición del GNSS a un sistema global para todas las fases de vuelo.

## 5. RECOMENDACIONES DE LA CONFERENCIA

5.1 Se invita a la Conferencia a convenir en las siguientes recomendaciones:

### **Recomendación 6/C — Elaboración de textos de orientación sobre las aplicaciones de los nuevos elementos GNSS y sus combinaciones**

Que la OACI, al elaborar normas para nuevos elementos y señales GNSS, trate las cuestiones asociadas con la utilización de señales múltiples y sus combinaciones, y formule directrices sobre las combinaciones más promisorias de elementos GNSS.

### **Recomendación 6/D — Aspectos normativos de la utilización de múltiples señales GNSS**

Que los Estados, en su planificación para la implantación de los servicios GNSS, tomen nota de los beneficios derivados de la utilización de constelaciones básicas de satélites independientes, otros elementos GNSS y sus combinaciones, y eviten las limitaciones relativas a la utilización de elementos específicos del sistema por razones institucionales o de otro tipo.

— FIN —