



ASAMBLEA — 42.º PERÍODO DE SESIONES

COMISIÓN TÉCNICA

Cuestión 24: Iniciativas prioritarias de seguridad operacional de la aviación y navegación aérea

MITIGACIÓN DE LAS VULNERABILIDADES DEL GNSS EN LA AVIACIÓN: FORTALECIMIENTO DE LA RESILIENCIA Y LA CONTINUIDAD OPERATIVA

(Nota presentada por el Consejo Coordinador Internacional de Asociaciones de Industrias Aeroespaciales (ICCAIA), la Organización de Servicios de Navegación Aérea Civil (CANSO), la Federación Internacional de Asociaciones de Pilotos de Línea Aérea (IFALPA) y el Consejo Internacional de Aviación de Negocios (IBAC)).

RESUMEN

La presente nota examina la coyuntura actual de las vulnerabilidades del GNSS, sus consecuencias para la aviación y sus posibles mitigaciones, y propone una serie de recomendaciones a la OACI y a la comunidad de la aviación civil destinadas a atenuar los efectos de la inhibición y la suplantación de señales del GNSS.

Decisión de la Asamblea: Se invita a la Asamblea a:

- a) Pedir a los Estados miembros que desarrollen sistemas de detección de interferencias y medios de apoyo para proporcionar a los operadores información inmediata y pertinente desde el punto de vista operativo sobre las interferencias en el GNSS;
- b) encargar a la OACI que colabore con los Estados y/o el sector para promover el desarrollo de normas y recursos de orientación a fin de proporcionar a los operadores información pertinente desde el punto de vista operativo sobre las interferencias;
- c) encargar a la OACI que agilice la labor de definición y normalización de sistemas complementarios de posición, navegación y cronometría (PNT) que amplíen las capacidades de las ayudas a la navegación convencionales existentes actualmente;
- d) encargar a la OACI que acelere el desarrollo de normas para la autenticación de señales en las constelaciones básicas y la aumentación del GNSS;
- e) encargar a la OACI que colabore con los Estados, las organizaciones de normalización (como RTCA, EUROCAE e IEEE, entre otras) y el sector a fin de desarrollar requisitos y normas auxiliares para el funcionamiento óptimo de la sincronización horaria en todos los ámbitos de los vuelos con el fin de fomentar la seguridad y la eficiencia operativas. Estos deberían incluir textos orientativos relativos a los niveles requeridos de sincronización horaria asegurada que incorporen la precisión, integridad y continuidad de la sincronización horaria; e
- f) instar a los Estados a que colaboren con el sector, lo alienten o lo apoyen para continuar el desarrollo e implantación de tecnologías que aumenten la resiliencia tanto de los receptores del GNSS como de las aeronaves que los incorporan frente a la inhibición y la suplantación de señales del GNSS.

¹Las versiones en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso fueron proporcionadas por ICCAIA.

<i>Objetivos estratégicos:</i>	Esta nota de estudio se relaciona con los objetivos estratégicos de <i>Todos los vuelos son seguros y protegidos; y Movilidad fluida, accesible y confiable</i>
<i>Repercusiones financieras:</i>	Ninguna.
<i>Referencias:</i>	A32-20: Desarrollo y elaboración de un marco jurídico a largo plazo adecuado para regir la implantación del GNSS.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS) son esenciales para la aviación moderna, ya que proporcionan información fundamental sobre la posición, navegación y cronometría (PNT) que ofrece diversas funciones para mejorar la seguridad y la eficiencia operativas. Sin embargo, el aumento de los incidentes de interferencias de radiofrecuencia en el GNSS en forma de inhibición y suplantación de señales plantea importantes problemas para la seguridad y la fiabilidad operativas de la aviación.

1.2 La presente nota examina la coyuntura actual de las vulnerabilidades del GNSS, sus consecuencias para la aviación y sus posibles mitigaciones, y propone una serie de recomendaciones a la OACI y a la comunidad de la aviación civil destinadas a atenuar los efectos de las interferencias de radiofrecuencia (RFI) en el GNSS (es decir, de la inhibición y la suplantación de señales del GNSS).

2. ANÁLISIS

2.1 Desde hace ya varios años, los casos de RFI en el GNSS han ido en aumento. La situación actual es que las interrupciones operativas debidas a RFI en el GNSS se han convertido en un hecho cotidiano en algunas regiones del mundo, lo cual ha provocado una degradación de los márgenes de seguridad operacional, la fiabilidad operativa y la eficiencia de las operaciones de las aeronaves civiles.

2.2 Las interferencias con las señales del GNSS pueden clasificarse en dos tipos principales: 1) las interferencias accidentales, entre las que se incluyen las señales de dispositivos electrónicos, los factores medioambientales y las interferencias no intencionadas de sistemas próximos (p. ej., repetidores del GNSS instalados de forma defectuosa/inadecuada), y 2) las interferencias deliberadas, que engloban todas las acciones intencionadas cuyo objetivo es interrumpir las señales del GNSS mediante, por ejemplo, la inhibición y la suplantación de sus señales.

2.3 Las RFI pueden afectar a los sistemas GNSS de diferentes maneras. Pueden tener consecuencias leves, como la reducción del número de satélites utilizados en la solución PVT (posición, velocidad y hora) del GNSS, pero también pueden perjudicar el correcto funcionamiento de los sistemas GNSS, impidiendo que emitan datos correctos o haciendo que arrojen datos erróneos.

2.4 A consecuencia de la degradación de los sistemas GNSS causada por las RFI, las aeronaves pierden las funcionalidades de algunos sistemas (p. ej., vigilancia dependiente automática por radiodifusión — emisión (ADS-B out), performance de navegación requerida (RNP)) y/o estos dejan de funcionar correctamente (p. ej., falsas alertas del sistema de advertencia y alarma de impacto (TAWS)). Esta degradación de las capacidades de las aeronaves ha reducido los márgenes de seguridad operacional de la aviación y se ha convertido en un hecho cotidiano en algunos espacios aéreos debido, en gran parte, a las operaciones aéreas que se producen en las proximidades de zonas de conflicto.

2.5 Consecuencias de las RFI en el GNSS

2.5.1 La mitigación de los riesgos que entrañan las RFI en el GNSS se ha convertido en una actividad de gestión de riesgos crucial para los operadores de aeronaves para la cual, a día de hoy, se dispone de pocas opciones pragmáticas que garanticen la fiabilidad operativa frente a los niveles, cada vez mayores, de inhibición y suplantación deliberadas de las señales del GNSS. Es poco probable que esta situación cambie a corto plazo debido a la cantidad de zonas de conflicto existentes en el mundo y a la proliferación de tecnologías de fácil acceso ideadas para inhibir o suplantar las señales del GNSS.

2.5.2 Las diferencias en los equipos de aviónica y la disparidad de los procedimientos operativos específicos de las distintas aerolíneas añaden más niveles de complejidad a la mitigación procedimental en vuelo, al igual que los diversos sistemas utilizados por los organismos reguladores de los Estados para certificar los procedimientos aplicables en situaciones de emergencia.

2.5.3 Las características del espacio aéreo en el que el GNSS se vuelve inutilizable también influyen en el proceso de reversión. La pérdida de capacidades funcionales y de servicios que dependen del GNSS puede dar lugar a interrupciones operativas y a un aumento de la carga de trabajo de la tripulación y de los controladores del tránsito aéreo y, por consiguiente, a una degradación de los márgenes de seguridad operacional.

2.5.4 En el espacio aéreo continental en el que sea posible volver a recurrir al uso de ayudas terrestres para la navegación (GBNA) convencionales, las RFI en el GNSS podrían seguir causando dificultades. Por ejemplo, los problemas con los sistemas de las aeronaves, como las alertas del TAWS falsas, también pueden incrementar los riesgos para la seguridad operacional de los vuelos, ya que pueden provocar que la tripulación pierda la confianza en el sistema y haga caso omiso de las alertas del TAWS auténticas.

2.5.5 Cuando se ve expuesto a RFI, el tiempo de recuperación del receptor de a bordo del GNSS puede superar los 30 minutos, con el consiguiente aumento del riesgo de interrupción de las operaciones. En algunos casos, de los cuales el Atlántico septentrional es un buen ejemplo, se puede denegar a las aeronaves la entrada en el espacio aéreo oceánico si los servicios obtenidos del GNSS, como el tiempo universal coordinado, son deficientes, p. ej., por la pérdida de comunicación de datos antes de llegar al punto de recorrido para la entrada oceánica.

2.5.6 Algunos incidentes de suplantación de señales han causado que los receptores del GNSS comunicaran horas y/o fechas erróneas. En algunos casos, una referencia horaria falseada puede persistir incluso tiempo después de que la aeronave haya dejado de recibir señales activas de suplantación. Esto puede crear problemas con muchos otros sistemas en fases posteriores (p. ej., imposibilidad de iniciar sesión en las redes de datos debido a las comprobaciones del sistema de seguridad/autenticación de la sincronización horaria).

3. MITIGACIÓN DE LAS RFI EN EL GNSS

3.1 Las RFI en el GNSS plantean un problema muy complejo y no existe ninguna mitigación que sea completamente eficaz en todas las situaciones operativas. Para mitigar las RFI en el GNSS de manera eficaz es imprescindible contar con varios niveles de protección que incluyan soluciones tecnológicas específicas para los receptores y las aeronaves, soluciones técnicas implantadas en el origen y mitigaciones operativas tales como la reversión a recursos de navegación alternativos.

3.2 *Protección en el origen* Los cambios para mejorar la resistencia del GNSS son teóricamente posibles mediante la realización de modificaciones de los satélites y de las señales satelitales.

3.2.1 Las mitigaciones en el origen tardan mucho tiempo en ponerse en marcha, ya que, normalmente, habría que reponer una parte importante de la totalidad de la constelación antes de que la capacidad estuviera disponible. Estas técnicas también se ven restringidas por la cantidad limitada de potencia y ancho de banda disponibles, además de que los orígenes de las RFI en el GNSS siempre tendrán la ventaja de estar mucho más cerca de la víctima de las RFI. Por otro lado, generalmente también será necesario realizar cambios en los equipos de los usuarios para que puedan beneficiarse de las modificaciones efectuadas en los satélites y las señales, lo cual puede alargar aún más el plazo hasta que tales mitigaciones estén disponibles.

3.2.2 La utilización de un GNSS de constelaciones múltiples de frecuencia doble (DFMC) proporciona cierta resistencia frente a las RFI en el GNSS. Las señales modernizadas con velocidades de chip más altas (es decir, anchos de banda más amplios) ofrecen una mayor ganancia de procesamiento frente a las RFI no deseadas. No obstante, estas ventajas se limitan a unos 15 dB de mejora sobre la susceptibilidad a las RFI de señales L1 de GPS. Además, la introducción de futuras señales más modernizadas podría aportar una resistencia adicional, pero se trata de un proceso que tardaría literalmente décadas en completarse. El uso de GNSS de DFMC ya se ha incorporado a la hoja de ruta de la aviación civil y la mejora de la resistencia es bien conocida. La diversidad de frecuencias propia de las DFMC ofrece cierta mitigación de las RFI que puedan producirse en solo una de las dos frecuencias. Sin embargo, en el caso de las RFI en el GNSS deliberadas, lo más probable es que su autor deniegue el servicio o genere señales de suplantación en ambas frecuencias.

3.2.3 En determinados tipos de ataques de suplantación de señales es posible utilizar técnicas de autenticación criptográfica para garantizar que los usuarios puedan determinar si las señales que están rastreando son señales reales deseadas o señales suplantadas. Dichas técnicas requieren la realización de cambios tanto en los sistemas satelitales como en los equipos de los usuarios y pueden tener una eficacia limitada frente a los ataques de redifusión de señales. Asimismo, estas técnicas suponen en cierta medida una carga para la comunidad de usuarios debido a la necesidad de gestionar claves criptográficas que deben actualizarse periódicamente mediante métodos seguros. Se están realizando gestiones para añadir capacidades de autenticación criptográfica a las normas del sistema de aumentación basado en satélites (SBAS). Galileo ya ofrece un servicio de autenticación criptográfica como parte integrante de la señal normalizada en el espacio. Sin embargo, la normalización por parte de la OACI de este servicio ya existente acaba de comenzar. Pese a sus posibles beneficios en determinadas circunstancias, estos medios de mitigación de los ataques de suplantación de señales no estarán disponibles hasta dentro de muchos años, a menos que se ponga empeño en acelerar la normalización.

3.3 *Mitigaciones a nivel del receptor* Existen algunas tecnologías interesantes para mitigar las RFI en el GNSS a nivel del receptor. Pueden emplearse algoritmos avanzados de procesamiento de señales para mejorar la detección de la inhibición y/o suplantación de señales. Tales técnicas pueden ser muy eficaces para detectar la presencia de RFI en el GNSS. No obstante, dichas técnicas de mitigación del receptor pueden ser menos efectivas a la hora de detectar todos y cada uno de los ataques de suplantación (p. ej., los más sofisticados).

3.4 *Mitigación de RFI mediante antenas de varios elementos* Las antenas adaptables o antenas con diagrama de recepción controlado (CRPA) llevan utilizándose más de 40 años en aplicaciones militares. Estas antenas no han llegado a utilizarse comercialmente por diversas razones. Algunas tecnologías de CRPA son objeto de restricciones a la exportación debido a sus aplicaciones militares. Además, las CRPA suelen ser voluminosas, consumen mucha energía y resultan caras en comparación con las antenas con diagrama de radiación fijo (FRPA) convencionales utilizadas hasta ahora en las aplicaciones de aviación civil. Aunque la situación de las restricciones a la exportación está cambiando, siguen existiendo importantes obstáculos para la instalación de CRPA debido a los elevados costes y a la incertidumbre

existente en cuanto a la posibilidad de certificar que el GNSS conserva su integridad aun en presencia de RFI.

3.5 *Mitigaciones a nivel de la PNT de la aeronave* Las RFI en el GNSS pueden mitigarse en las aeronaves mediante la integración de varios sensores de información sobre la PNT y la estratificación de la protección en cada nivel del subsistema de PNT (p. ej., antena, GNSS, inercia, navegación, etc.). Estas integraciones pueden utilizarse tanto para la detección como para la mitigación de RFI en el GNSS. Mediante la comparación de la posición del GNSS con otros sensores, pueden detectarse muchos incidentes de suplantación de señales. En caso de denegación del GNSS o de desconfianza ante un incidente del GNSS, los demás sensores no pertenecientes al GNSS incluidos en la integración multisensor también pueden utilizarse como fuentes de datos de PNT de respaldo. Sin embargo, en muchos casos, los sensores de navegación alternativos no ofrecerán un nivel de servicio a largo plazo equivalente al del GNSS, lo cual podría requerir mitigaciones operativas tales como procedimientos de vuelo alternativos diseñados para ser utilizados mediante ayudas a la navegación convencionales.

4. CONCLUSIONES

4.1 Existen muchas soluciones tecnológicas para incrementar la resistencia del GNSS. Sin embargo, ninguna es totalmente eficaz en todos los casos. El aumento de la resistencia del GNSS tiene un límite, por lo que es probable que en la solución integral deba incluirse siempre algún tipo de reversión a otra capacidad de navegación de respaldo.

4.2 Buena parte de las RFI en el GNSS existentes tienen un origen militar y no siempre es posible lograr una coordinación avanzada con las autoridades de aviación civil. Por lo tanto, el examen de la seguridad de los vuelos está motivando una investigación más a fondo de las opciones de posición, navegación y cronometría alternativas y/o complementarias (APNT o CPNT), además de recurrir a la reversión para utilizar ayudas a la navegación convencionales.

4.3 A pesar de las Resoluciones de la OACI y la UIT, el sector de la aviación sigue viéndose afectado por las RFI en el GNSS, por lo que es preciso adoptar medidas y decisiones adicionales para garantizar la seguridad. Además, se prevé que las amenazas de RFI en el GNSS sigan evolucionando con el tiempo, por lo que la necesidad de actuar es urgente.