



NOTA DE ESTUDIO

DUODÉCIMA CONFERENCIA DE NAVEGACIÓN AÉREA

Montreal, 19 - 30 de noviembre de 2012

Cuestión 1 del orden del día: Asuntos estratégicos que giran en torno al reto de la integración, interoperabilidad y armonización de los sistemas en apoyo del concepto de “Cielo único” para la aviación civil internacional

1.1: Plan mundial de navegación aérea (GANP) – Marco de planificación mundial

REFERENCIA HORARIA

(Nota presentada por la Presidencia de la Unión Europea en nombre de la Unión Europea y sus Estados miembros¹, por los demás Estados miembros de la Conferencia europea de aviación civil² y por los Estados miembros de EUROCONTROL)

En esta nota se analiza la necesidad de examinar los requisitos relativos a la exactitud de la sincronización de los relojes que utilizan los sistemas de gestión del tránsito aéreo con el tiempo universal coordinado (UTC). Conforme se avance hacia la aplicación del concepto operacional de ATM mundial, y en particular la gestión de trayectoria 4D y un mayor intercambio de información a través de SWIM, algunas de las disposiciones actuales pueden resultar insuficientes y podrían llegar a obstaculizar la transición una vez implantadas las mejoras por bloques del sistema de aviación del GANP. Si bien el uso cada vez mayor del GNSS podría constituir una solución técnica, resulta esencial cuantificar los requisitos futuros y prever que se pueda disponer de nuevas normas y procedimientos adecuados en forma oportuna.

Medidas propuestas a la Conferencia: Se invita a la Conferencia a aprobar la recomendación contenida en el párrafo 4.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Los sistemas de ATM y quienes los utilizan necesitan contar con información horaria para desempeñar sus funciones. La referencia horaria definida para la aviación es el tiempo universal coordinado (UTC). Los requisitos de exactitud de la información horaria dependen del tipo de "aplicación de ATM" en los que se utiliza esta información. Para cada aplicación de ATM, es necesario que todos los sistemas y usuarios que intervienen estén sincronizados con una referencia horaria que satisfaga este requisito de exactitud.

¹ Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía y Suecia. Estos 27 Estados también son miembros de la CEAC.

² Albania, Armenia, Azerbaiyán, Bosnia y Herzegovina, Croacia, Georgia, Islandia, Ex República Yugoslava de Macedonia, Moldova, Mónaco, Montenegro, Noruega, San Marino, Serbia, Suiza, Turquía y Ucrania.

1.2 El UTC es la referencia horaria común, pero los requisitos actuales de exactitud de sincronización de los relojes de la aviación con el UTC pueden no ser suficientes para responder a las necesidades futuras que surjan de las mejoras por bloques del sistema de la aviación en el más largo plazo, como la integridad y oportunidad de la información o el uso de la vigilancia dependiente para las separaciones estrechas, y en general para las operaciones basadas en trayectorias 4D. También se deben considerar los requisitos de los sistemas de sincronizar con una referencia externa.

1.3 Es necesario que se definan estos requisitos y las soluciones posibles, así como otras opciones alternativas.

2. ANTECEDENTES

2.1 El ritmo del tiempo universal coordinado se corresponde con el tiempo atómico internacional (TAI), agregándose segundos intercalares en forma periódica para compensar el efecto de la desaceleración de la rotación de la Tierra. El UTC también se utiliza en muchas normas de la Internet y la Red Mundial. Es posible lograr precisiones muy por debajo de un segundo con productos industriales muy accesibles, como el protocolo de precisión de tiempo IEEE 1588. En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones celebrada en febrero de 2012 (CMR/12), la UIT recomendó *"invitar a la CMR-15 a examinar la factibilidad de establecer una escala horaria de referencia continua a través de la modificación del UTC o por algún otro método."*

2.2 La referencia horaria para la aviación se establece en los Anexos 2, 10, 11 y 15 de la OACI (más específicamente, los párrafos 2.25 y 2.28 del Anexo 11, el párrafo 3.5 del Anexo 2, el párrafo 3.4.14 de la Parte 1, Volumen III y el párrafo 5.2.3.5 del Volumen IV del Anexo 10, y el párrafo 3.7.3 del Anexo 15). Los citados apartados en esencia disponen lo siguiente:

2.2.1 Los SARPS prevén que la referencia horaria local de las aeronaves y las dependencias de ATC no puede apartarse más de 30 segundos del UTC. Toda vez que se utilicen comunicaciones de enlace de datos en los servicios de tránsito aéreo, los relojes y demás dispositivos para registrar la hora deben verificarse para garantizar que marquen la hora exacta con una tolerancia de un segundo respecto del UTC. La hora exacta debe obtenerse de una estación emisora de la señal horaria o, en su defecto, de otra unidad que a su vez haya obtenido la hora exacta de una estación emisora. Las torres de control en los aeródromos deben darle al piloto la hora exacta antes de que la aeronave inicie el rodaje para el despegue, a menos que se haya dispuesto lo necesario para que el piloto la obtenga de otra fuente. Las dependencias de servicios de tránsito aéreo deben además darle la hora exacta a las aeronaves cuando lo soliciten. Las señales horarias deben referirse al medio minuto más próximo.

2.2.2 Esta última disposición parece permitir distintas interpretaciones. El párrafo 2.25.5 del Anexo 11 no precisa si las señales horarias deben darse con una precisión de más/menos 15 segundos (expresando minutos enteros o medios minutos) o de más/menos 30 segundos (expresando únicamente minutos enteros).

2.2.3 Toda vez que en la red ATN se utilice la hora absoluta del día, su exactitud tendrá una tolerancia de un segundo respecto del tiempo universal coordinado (UTC) (Nota: El valor de exactitud de la hora da como resultado errores de sincronización de hasta dos segundos). Los sistemas que generan informes ADS-B o TIS-B basados en la recepción de mensajes de posición en la superficie, mensajes de posición en vuelo o mensajes TIS-B deben utilizar la hora medida UTC GNSS para generar la hora de aplicación del informe.

2.3 Por su parte, el Volumen I del Anexo 10 trata sobre la hora de las constelaciones del GNSS.

3. ANÁLISIS

3.1 Para la referencia horaria ya se cuenta con un esquema de referencia bien definido: el UTC. Sin embargo, no se trata de definir una norma de referencia sino más bien el parámetro de exactitud respecto del UTC al que debe ajustarse cada sistema de la arquitectura ATM que necesite utilizar una hora coordinada. Los requisitos de exactitud y de precisión difieren de un elemento a otro para determinadas aplicaciones. La necesidad de referencia se vincula con la noción de "rótulo horario" en los sistemas automatizados que se comunican entre sí.

3.2 Los requisitos de medición del tiempo de un sistema no sólo dependen de los relojes que utilice sino también de cómo se los utiliza. Los sistemas actuales están en su gran mayoría organizados como unidades relativas y autosuficientes; por ejemplo, cada sistema radar a menudo utiliza su propia hora interna para las operaciones. Para que un sistema pueda utilizar datos de otro sistema con una escala horaria interna, es necesario definir la relación entre los relojes. Así, debería entenderse por «medición horaria» capacidad de la información o de los datos de pasar de un sistema a otro. Esta dimensión irá cobrando más importancia a medida que avance la migración de los sistemas al entorno SWIM.

3.3 Se reconocen dos aspectos principales en esta cuestión:

- a) El nivel de exactitud respecto del UTC que debe tener la referencia horaria interna de una aplicación o sistema específico (por ejemplo UTC $\pm$ 30 s, UTC $\pm$ 1 s, UTC $\pm$ 10 μ s). Esto se expresará en términos de una ubicación funcional específica o sistema (por ejemplo, el reloj que marca la hora en la aeronave, la dependencia ATC, o el sistema de gestión de vuelo (FMS) aeronave/ATC), pudiendo necesitar no más que una actualización o agregado menor en los SARPS actuales; y
- b) La estabilidad de la medición horaria: la exactitud a largo plazo dependerá de la estabilidad en el corto plazo de la señal horaria (que a menudo depende de la frecuencia) expresada en unidades de tiempo (por ejemplo 1 s) $\pm$ una tolerancia. La deriva que se produjera en un periodo dado se corregiría por referencia a la "hora de un sistema maestro".

3.4 Es posible que la tolerancia de un segundo establecida actualmente para las comunicaciones por enlace de datos no sea suficiente para una serie de aplicaciones para las que la exactitud de los datos horarios es un requisito crítico o para las separaciones estrechas que utilizan datos sobre configuraciones relativas (comúnmente, Mach 1 en condiciones tipo a nivel del mar significa 340 m por segundo).

3.5 Sin embargo, no parece posible ni necesario decir simplemente que todos los elementos deben lograr una exactitud de UTC $\pm$ una tolerancia muy por debajo de un segundo. En efecto, los nuevos requisitos surgen de una combinación de factores, como la conciliación entre el movimiento de aeronaves y las mínimas de separación. También cabe destacar que, para los fines de las disposiciones sobre separación donde el GNSS sea la fuente principal de información de posición o vigilancia, bien puede suceder que no sea la sincronización horaria donde se originen los errores sino más bien el datum de ubicación.

3.6 Recomendar un 10-2 (o 10-3?) de segundo para los requisitos de rotulación horaria más exigentes podría parecer un salto importante. Sin embargo, este valor también podría resultar suficiente para las mínimas de separación previstas y para resolver las ambigüedades de actualización de datos en el sistema, sin exceder la capacidad actual de las numerosas fuentes de referencia horaria ni del GNSS. En otras palabras, el objetivo podría alcanzarse sin que se requieran nuevos avances tecnológicos ni inversiones costosas.

3.7 Para poder definir los requisitos de sincronización horaria de los sistemas en una arquitectura distribuida como la de ATM es preciso considerar y analizar diversos aspectos, como las fuentes de referencia de la hora y frecuencia comunes que tengan una exactitud definida y que utilicen diversas señales y formatos de codificación. Convendrá también aprovechar al máximo los recursos ya existentes y prever de qué forma se paliará la ausencia prolongada de actualizaciones de los enlaces de difusión de la hora.

3.8 Al examinar la forma en que se pueden satisfacer estos requisitos, se sugiere incluir en el análisis los siguientes aspectos que, si bien son numerosos y exigen una cuidadosa atención, no deberían llevar a pensar que la solución es compleja o difícil de alcanzar:

- a) Exactitud de los relojes de las instalaciones de ATC.
- b) Computadoras enlazadas en red en tierra: si bien es poco probable que planteen un problema técnico, es necesario determinar qué tolerancia utilizan y si esta tolerancia es adecuada para los fines del SWIM.
- c) Hora de la aeronave que se transmite por los sistemas: para las aeronaves equipadas con GNSS, utilizar la hora que marca el equipo de vuelo.
- d) Para determinar la hora de los mensajes ADS-B, es preciso examinar de qué forma están sincronizados los relojes y las medidas que deben tomarse para garantizar la fiabilidad de los datos de la aeronave que se utilizan para las configuraciones de mucha proximidad.
- e) Si se lanza el sistema Wimax (AEROMACS), se deberá considerar cómo utilizar protocolos industriales para lograr la sincronización necesaria (¿nueva aplicación de enlace de datos?) Analizar otras opciones, como el uso de relojes controlados por radio.
- f) Considerar los problemas de congestionamiento, salidas de servicio y sistemas de reserva del GNSS.
- g) Considerar de qué manera se ven afectadas las aplicaciones de ATM por la falta de sincronización en las aeronaves; por ejemplo, cuando uno o más intervinientes pierden sincronización con la hora UTC (a consecuencia de la indisponibilidad del GNSS, la reinicialización del reloj de a bordo, etc.) con riesgo de generar una perturbación, en especial en las operaciones que dependen de la exactitud horaria.
- h) Aclarar los aspectos jurídicos que se vinculan con el uso de las fuentes de referencia horaria.

3.9 Al encarar esta labor debe tenerse en cuenta la redefinición del UTC actualmente en estudio bajo los auspicios de la UIT para eliminar los segundos intercalares.

3.10 Para finalizar, se debe evitar que tenga que repetirse el ejercicio para que no sea necesario enmendar repetidamente las normas y los reglamentos. En este sentido, conviene que se realice para los cambios previstos en los bloques 1, 2 y 3.

4. **CONCLUSIÓN**

4.1 Se invita a la Conferencia a:

- i) reconocer la existencia del problema de la exactitud de las referencias horarias en las nuevas aplicaciones ATM que se requerirán para implantar el concepto operacional de ATM mundial y las modificaciones de los sistemas que se avizoran en el más largo plazo como parte de las mejoras por bloques del sistema de la aviación; y
- j) pedir a la OACI que trabaje en la definición de los requisitos de exactitud para el uso futuro de la referencia horaria, los comunique oportunamente a la UIT y elabore las enmiendas correspondientes de los SARPS.

— FIN —