



This PDF is provided by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an officially produced electronic file.

Ce PDF a été élaboré par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'une publication officielle sous forme électronique.

Este documento PDF lo facilita el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un archivo electrónico producido oficialmente.

جرى إلكتروني ملف من مأخوذة وهي والمحفوظات، المكتبة قسم ، (ITU) للاتصالات الدولي الاتحاد من مقدمة PDF بنسق النسخة هذه رسمياً إعداده.

本PDF版本由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案服务室提供。来源为正式出版的电子文件。

Настоящий файл в формате PDF предоставлен библиотечно-архивной службой Международного союза электросвязи (МСЭ) на основе официально созданного электронного файла.

ACTUALIDADES

de la

UIT

itunews.itu.int

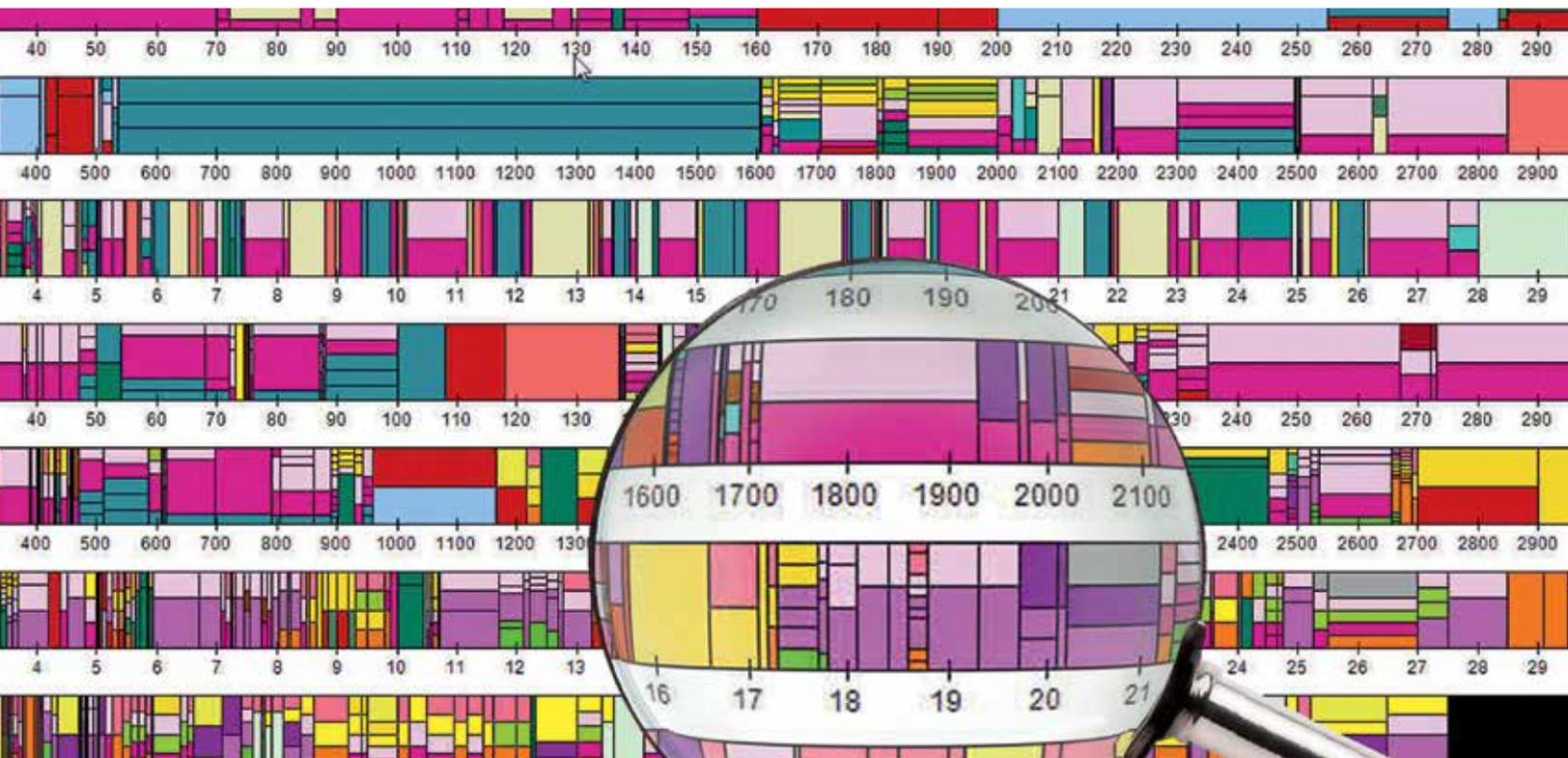
El futuro del tiempo

¿Debe acabarse con el segundo intercalar?

Los actuales y futuros sistemas mundiales de navegación por satélite



Inventario del espectro **para** **incrementar su eficiencia**



Tomorrow's **Communications** Designed Today

Soluciones informáticas y pericia para la
Gestión y Control del Espectro y para la
Planificación e Ingeniería de Redes Radioeléctricas.

Control del tiempo mundial

La UIT encabeza la cooperación internacional

**Dr. Hamadoun I. Touré,
Secretario General de la UIT**



UIT/P.M. Virost

El control del tiempo resulta fundamental para el funcionamiento de la sociedad moderna, y la coordinación internacional es algo esencial. El Tiempo Universal Coordinado, más conocido por sus siglas UTC, es la base legal para el control del tiempo en la mayoría de los países del mundo, y en la práctica es la escala de tiempo en la mayoría de los demás. El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) se encarga de definir el UTC.

En la norma actual, la Recomendación UIT-R TF.460-6, titulada "Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias", se recomienda la aplicación de segundos intercalares a fin de mantener el UTC cercano al Tiempo Universal (UT1) — un tiempo proporcional al ángulo de rotación de la Tierra sobre su eje. El segundo intercalar empezó a utilizarse en 1972.

Varios años después, algunas administraciones expresaron su preocupación en lo que respecta a la aplicación del segundo intercalar, y en el 2000 se adoptó una cuestión de estudio sobre la futura escala de tiempo UTC. A partir de 2003 se han presentado propuestas para revisar la Recomendación UIT-R TF.460-6 a fin de lograr una escala de tiempo continua. Al observar que las implicaciones generales de la introducción de cambios en la definición del UTC requieren

estudios adicionales con una participación mayor de los Estados Miembros de la UIT y otras organizaciones, la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2012 (CMR-12) pidió que se realizaran nuevos estudios, posponiendo la decisión hasta la CMR-15. Como consecuencia, los segundos intercalares volverán a revisarse en 2015.

La CMR-12 también pidió que se llamara la atención de las organizaciones pertinentes en relación con su Resolución 653 sobre el futuro de la escala de tiempo UTC. Con arreglo a esta instrucción, he celebrado consultas con la Organización Marítima Internacional, la Organización de Aviación Civil Internacional, la Conferencia General de Pesos y Medidas, el Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia, la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM), el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia, la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, la Unión Radiocientífica Internacional, la Organización Internacional de Normalización, la Organización Meteorológica Mundial y la Unión Astronómica Internacional.

Me complace informar que esta consulta desembocó en un taller sobre el futuro de la escala de tiempo internacional, organizado conjuntamente por la UIT y la BIPM, que tuvo

lugar los días 19 y 20 de septiembre de 2013 en Ginebra.

La CMR-12 señaló que la inserción esporádica de segundos intercalares podía perturbar los sistemas y aplicaciones que dependen de una medición del tiempo precisa. Algunas organizaciones implicadas en las actividades espaciales, los sistemas de navegación mundial por satélite, la meteorología, las telecomunicaciones, la sincronización de las redes y la distribución de energía eléctrica han solicitado que se instaurara una escala de tiempo continua. Para otros sistemas especializados y para la hora local, no obstante, se requiere una escala de tiempo calculada respecto de la rotación de la Tierra. Además, un cambio en la escala de tiempo de referencia puede tener repercusiones prácticas y, por tanto, económicas. En los estudios del UIT-R se toman en consideración estos aspectos.

La CMR-15 se encargará de "considerar la posibilidad de establecer una escala de tiempo de referencia continua, ya sea modificando el UTC o mediante cualquier otro método y a tomar las medidas oportunas, teniendo en cuenta los estudios del UIT-R".

Mientras tanto, permítanme alentar a los Estados Miembros a seguir participando en nuestros estudios presentando contribuciones al UIT-R.



Getty Images, ESA/J. Huart, NASA, ROSCOSMOS and CNSA

ISSN 1020-4148
itunews.itu.int
10 números al año
Copyright: © UIT 2013

Jefe de redacción: Patricia Lusweti
Diseñadora artística: Christine Vanoli
Auxiliar de edición: Angela Smith
Grafista: Ashraf Issaq
Responsable de distribución:
Albert Sebgarshad

Impreso en Ginebra por la División de Impresión y Expediciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones
Se autoriza la reproducción total o parcial de textos de Actualidades de la UIT, a condición de que se haga constar su origen.

Cláusula liberatoria: la UIT declina toda responsabilidad por las opiniones vertidas que reflejan exclusivamente los puntos de vista personales de los autores. Las designaciones empleadas en la presente publicación y la forma en que aparezcan presentados los datos que contiene, incluidos los mapas, no implican, por parte de la UIT, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de determinadas empresas o productos no implica en modo alguno que la UIT los apoye o recomiende en lugar de otros de carácter similar que no se mencionen.

Departamento editorial/Publicidad:
Tel.: +41 22 730 5234/6303
Fax: +41 22 730 5935
E-mail: itunews@itu.int

Dirección postal: Unión Internacional de Telecomunicaciones
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20 (Suiza)

Subscripciones:
Tel.: +41 22 730 6303
Fax: +41 22 730 5935
E-mail: itunews@itu.int

El futuro del tiempo

¿Debe acabarse con el segundo intercalar?

1 Editorial

Control del tiempo mundial

La UIT encabeza la cooperación internacional

Dr. Hamadoun I. Touré, Secretario General de la UIT



7 Prefacio

Tiempos modernos —

¿Es el segundo intercalar cosa del pasado?

François Rancy, Director, Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT



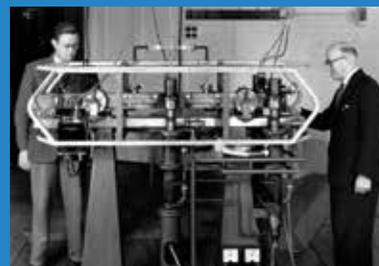
9 Pasado y futuro del Tiempo Universal Coordinado

Ronald Beard, Presidente del Grupo de Trabajo 7A del UIT-R



13 Escalas de tiempo y Oficina Internacional de Pesos y Medidas

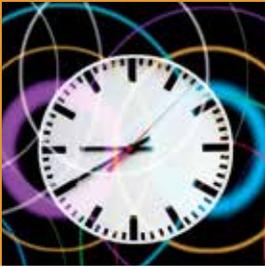
Elisa Felicitas Arias, Directora, Time Department, Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM)



17 Segundos intercalares

Papel del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia

Brian Luzum, Presidente, Junta Directiva, Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia



22 La Unión Astronómica Internacional y el Tiempo Universal Coordinado

Reflexiones sobre la hora

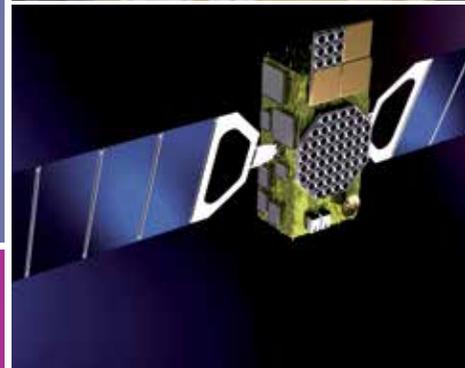
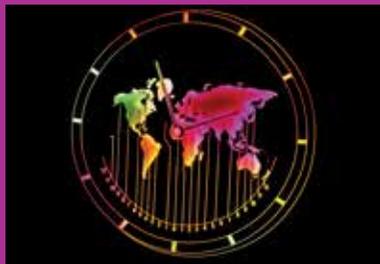
Mizuhiko Hosokawa, Presidente de la Comisión 31 de la UAI sobre el Tiempo, Instituto Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Japón



25 Las geociencias y las escalas de tiempo internacionales

Situación de las discusiones en la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica

Claude Boucher, Representante de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica ante el Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia

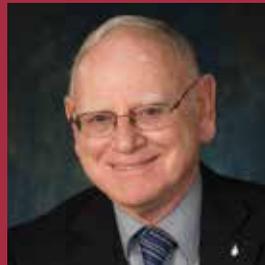




28 ¿Qué encierra un nombre?

Sobre el término Tiempo Universal Coordinado

David Finkleman, Científico Principal, Center for Space Standards and Innovation, Colorado, Estados Unidos; y Kara Warburton, candidata al doctorado, City University de Hong Kong



33 Sistema Mundial de Navegación por satélite y sus sistemas de tiempo

W. Lewandowski, Oficina Internacional de Pesos y Medidas



36 Odisea espacial

Escalas de tiempo y sistemas mundiales de navegación por satélite

Han Chunhao, Beijing Satellite Navigation Center



40 Galileo y los segundos intercalares del Tiempo Universal Coordinado

Jörg Hahn, ESA/ESTEC, Galileo System Engineering Manager



El futuro del tiempo

44 **GLONASS y el Tiempo Universal Coordinado**

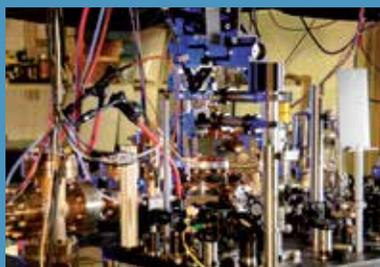
Igor V. Zheltonogov, D. Aronov y S. Sorokin, Geyser-Telecom, Federación de Rusia



47 **Impacto de los segundos intercalares en los servicios horarios digitales**

Servidores horarios en Internet

Judah Levine, Time and Frequency Division, United States National Institute of Standards and Technology



51 **Perspectiva británica del futuro del Tiempo Universal Coordinado**

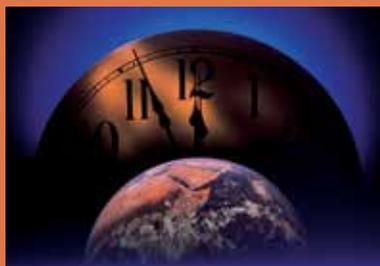
Peter Whibberley, Senior Research Scientist, Time and Frequency Group, National Physical Laboratory, Reino Unido



55 **Importancia del segundo intercalar**

El sistema de referencia temporal en Japón

Koichi Shibata, Time Business Forum, Japón





Señal

Señal

Señal

Señal

APP

O TEMPORA ! O MORES!

¡Oh tiempos!, ¡oh costumbres!

Cicerón

Prefacio

Tiempos modernos — ¿Es el segundo intercalar cosa del pasado?

**François Rancy, Director,
Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT**

El Tiempo Universal Coordinado (UTC), tal y como lo define la UIT, es la escala de tiempo internacional que se utiliza en todo el mundo y que es difundida por los sistemas de radiocomunicaciones. La Recomendación UIT-R TF.460-6 sobre "Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias" está incorporada por referencia en el Reglamento de Radiocomunicaciones y ofrece la definición oficial del UTC.

En la actualidad, el UTC se utiliza para toda una gama de finalidades distintas, desde los minutos que necesita el público general para atenerse a los horarios, hasta los nanosegundos requeridos por las aplicaciones más exigentes como pueda ser la navegación a través de los sistemas mundiales de navegación por satélite — por ejemplo el sistema mundial de determinación de posición (*Global Positioning System*, GPS), el GLONASS y otros en el horizonte, incluidos el Galileo de Europa y el BeiDou de China.

A lo largo de los 40 años transcurridos desde que se introdujera el segundo intercalar (1972), se ha desarrollado toda una variedad de sistemas que utilizan el UTC, y algunos de estos sistemas —por ejemplo los destinados a los servicios de búsqueda y rescate— resultan indispensables para la vida humana. En consecuencia, se ha

argumentado que debería mantenerse la actual definición del UTC de modo que dichos sistemas puedan seguir funcionando igual que en la actualidad. Otra cuestión que se ha planteado es que, si se dejan de utilizar los segundos intercalares, la escala de tiempo del UTC se desviará respecto del tiempo de rotación de la Tierra. Además de la afrenta que supone a la manera común de entender el tiempo de la sociedad en general, ello podría causar dificultades técnicas para aplicaciones específicas, incluidas algunas de las que se utilizan en astronomía.

Por otra parte, se han avanzado diversos argumentos en relación con la adopción de una escala de tiempo de referencia continua, que pondría fin al segundo intercalar. Uno de ellos es que se trata de un proceso costoso y que reduce la fiabilidad de sistemas que dependen del tiempo. Las pruebas iniciales de los equipos y la corrección de problemas que son inevitables resultan en un gasto importante en términos de personal y de equipo. Además, detener todos los relojes del mundo durante un segundo a fin de acoplarse al segundo intercalar da lugar a un vacío ambiguo en el que procesos metódicos como el proceso exacto del sello de tiempo se ven perturbados. Por ende, el carácter ocasional del segundo intercalar se presta a ocasionar en los



próximos años importantes problemas tecnológicos a la infraestructura internacional.

El Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R) está llevando a cabo estudios sobre la viabilidad de una escala de tiempo de referencia continua para su difusión por los sistemas de radiocomunicaciones. Como parte de los esfuerzos desplegados con miras a la preparación de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones en 2015 (CMR-15), los días 19 y 20 de septiembre de 2013 ha tenido lugar en Ginebra un taller específico, organizado por la UIT y la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM), en el que se facilitó información a todas las partes interesadas y se sensibilizó respecto de las cuestiones clave y los distintos puntos de vista.

Damos las gracias a los autores de esta edición especial de *Actualidades de la UIT* por compartir sus conocimientos técnicos especializados y sus puntos de vista. Sus conocimientos combinados ofrecen un recurso clásico y una referencia sobre la ciencia del control del tiempo que enriquecerá e informará el debate en curso sobre el futuro del tiempo, y sobre si debe abolirse o no el segundo intercalar.

Jim Gray, creador del reloj atómico NBS-4 americano. El NBS-4 es el objeto cilíndrico largo situado en el banco. Se trata de un reloj de cesio en el que los átomos de cesio 133 vaporizado pasan una y otra vez entre los imanes de cada extremo. Los átomos de cesio 133 oscilan entre dos niveles de energía conforme se desplazan. El segundo normalizado se basa en el recuento de dichas oscilaciones. Esta señal horaria de precisión se transmite a París, donde se realiza el promedio de las señales procedentes de éste y de otros relojes atómicos a fin de generar el Tiempo Universal Coordinado (UTC) a nivel mundial





Gettyimages

Pasado y futuro del Tiempo Universal Coordinado

Ronald Beard, Presidente del Grupo de Trabajo 7A del UIT-R

Hasta mediados de los años 60, la rotación de la Tierra constituía la base para determinar la duración de un día y definir las escalas de tiempo. Sin embargo, la rotación de la Tierra es irregular, por lo que las versiones de las escalas de tiempo de rotación —incluido el efímero Tiempo Sidéreo Medio de Greenwich—, que se crean con la intención de elaborar una escala de tiempo uniforme, son cada vez más complejas. Finalmente, la búsqueda de una escala de tiempo uniforme supuso en el cambio del tiempo de rotación de la Tierra por escalas de tiempo atómico.

El Tiempo Atómico Internacional (TAI) fue presentado en 1970 como una escala de tiempo de referencia continua. Se basa en la lectura de relojes atómicos y no se ve afectado por las irregularidades de la rotación de la Tierra. No obstante, en el contexto de la navegación astronómica, los usuarios que debían determinar el ángulo de rotación de la Tierra necesitaban acceder a una escala de tiempo relacionada con el tiempo de rotación, con incertidumbre de menos de un segundo. Por este motivo, en 1971 se adoptó el actual sistema de Tiempo Universal Coordinado (UTC). El UTC es una escala

de tiempo atómico en pasos, definida en la Recomendación UIT-R TF.460 del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R), anteriormente Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR).

Los pasos se conocen como segundos intercalares y fueron introducidos en el UTC para compensar la diferencia entre el tiempo atómico uniforme de referencia, TAI, y el tiempo de rotación. La máxima diferencia entre el UTC y el TAI se limita a $\pm 0,9$ segundos.

Curso cambiante de la naturaleza

El tiempo solar aparente, como indican los relojes solares o, de manera más precisa, la altitud del sol, es el tiempo local definido por el movimiento diurno real del sol. No obstante, debido a la inclinación del eje terrestre y a la forma elíptica de la órbita de la Tierra, el intervalo de tiempo entre los pasos consecutivos del sol por un determinado meridiano no es constante.

La diferencia entre el tiempo solar aparente y el medio se denomina ecuación de tiempo, y la variación entre el mediodía aparente y el medio puede llegar hasta los 16,5 minutos. Hasta principios del siglo XIX, los viajeros se guiaban por el tiempo solar aparente, apoyándose en las efemérides astronómicas (cuadros en los que figuran las posiciones calculadas de cuerpos celestes en intervalos regulares a lo largo de un periodo determinado). Sin embargo, a medida que se desarrollaban mejores relojes —y aumentaba su utilización en barcos y trenes— el tiempo solar aparente fue sustituido gradualmente por el tiempo solar medio.

El tiempo solar medio es la medida de tiempo astronómico definida por la rotación de la Tierra respecto al sol, y tiene en cuenta el movimiento orbital de la Tierra alrededor del sol. Anteriormente se denominaba Tiempo Medio de Greenwich (GMT) cuando hacía referencia al meridiano de Greenwich, pero ahora se conoce como Tiempo Universal (UT) y, cuando se ajusta en función del movimiento polar de la Tierra, se conoce como UT1.

El día solar medio siempre se ha descrito tradicionalmente como el intervalo de tiempo entre los tránsitos consecutivos del Sol medio ficticio por un meridiano

determinado. Históricamente, la unidad de tiempo, el segundo, se definía como la fracción $1/86\,400$ de un día solar medio. En 1960, el Tiempo de Efemérides (ET) reemplazó al UT1 como variable independiente de las efemérides astronómicas. En 1984, el UT1 fue, a su vez, sustituido por las escalas de tiempo relativista y, más adelante, el actual Tiempo Terrestre (TT) se convirtió en la escala de tiempo geocéntrico utilizada para las efemérides astronómicas.

Superando a la navegación astronómica

Desde finales de los años 80, los sistemas electrónicos de navegación y comunicación han superado significativamente a la navegación astronómica. El funcionamiento de estos sistemas mundiales requiere una referencia de tiempo continuo, por lo que se han establecido diversas escalas de tiempo continuo para su utilización interna.

Estas escalas internas de tiempo continuo también son idóneas para las comparaciones entre centros de tiempo de precisión, así como para aplicaciones de tiempo de precisión y su difusión en general. La facilidad de utilización de estos sistemas de tiempo continuo contrasta con la complejidad de uso de una escala de tiempo universal coordinado que incluya segundos intercalares. Se sabe que la aplicación de segundos intercalares puede causar dificultades en las redes que utilicen señales horarias precisas, ya sean distribuidas a nivel local o internacional.

Los tiempos de sistema ad hoc que proceden de escalas de tiempo internas se utilizan actualmente como referencia en numerosas aplicaciones —tales como los

sistemas mundiales de navegación por satélite— a fin de evitar la utilización de una escala de tiempo UTC discontinua. Por desgracia, esto ha generado la proliferación de "pseudoescalas" de tiempo, lo que ha cuestionado la actual definición de UTC.

Frecuencias patrón y señales horarias

La Comisión de Estudio 7 del UIT-R sobre "Servicios científicos" creó el Grupo de Trabajo 7A, encargado de las "Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias". Así pues, el Grupo de Trabajo 7A se ocupa de los servicios de frecuencias patrón y señales horarias (FPSH), tanto terrenales como por satélite. El cometido del Grupo de Trabajo consiste en divulgar, recibir e intercambiar servicios FPSH, incluidas las técnicas de satélite, por todo el mundo.

El Grupo de Trabajo 7A del UIT-R desarrolla y mantiene Cuestiones, Recomendaciones de la Serie TF del UIT-R, Informes, Opiniones y Manuales correspondientes a las actividades de frecuencias patrón y señales horarias, que traten de los fundamentos de la generación, la medición y el procesamiento de datos de las FPSH. Las Recomendaciones UIT-R sobre la materia revisten gran importancia para la industria y las administraciones de telecomunicaciones, y tienen importantes consecuencias para otros campos, tales como la radionavegación, la generación de energía eléctrica, la tecnología espacial y las actividades científicas y metrológicas. Dichas Recomendaciones UIT-R abarcan los temas siguientes: transmisión terrenal de las señales FPSH, incluidas las emisiones en ondas decamétricas, métricas y decimétricas; emisiones



Keystone/SPL/Victor de Shwanberg

de televisión; enlaces de microondas; cables coaxiales y ópticos; transmisiones desde el espacio de las señales FPSH, incluidos los satélites de navegación, los de comunicaciones y los meteorológicos; tecnología de frecuencias patrón y señales horarias, incluidos los patrones de frecuencias y relojes; sistemas de medición; caracterización de la calidad de funcionamiento; escalas de tiempo y códigos temporales.

Definición de UTC

En la Recomendación UIT-R TF.460 se define el UTC como una norma principal administrada por el Grupo de Trabajo 7A del UIT-R, lo que otorga a la UIT —como una de las organizaciones internacionales involucradas en la difusión y coordinación de servicios de señales horarias y frecuencias, y en la elaboración de normas— un papel

central en la definición, determinación y mantenimiento del UTC.

La definición de UTC es mucho más que una simple afirmación. Es un proceso completo de incorporación de recomendaciones a un gran número de normas y aplicaciones a través de las comunidades de telecomunicaciones y navegación.

Aunque originalmente el UTC no estaba destinado a ser el patrón para la hora civil, se ha adoptado como base de la hora oficial o legal en la mayor parte del mundo, y como patrón de la hora de referencia y base de los husos horarios.

El valor real del UTC se calcula en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures* — BIPM) a partir de aproximadamente 420 relojes atómicos que funcionan en unos 70 laboratorios de normas horarias de todo el mundo. El UTC se basa en el segundo del

Sistema Internacional de Unidades (SI), y la integración de relojes primarios de alta precisión en centros de todo el mundo como fuentes de datos para calcular el UTC garantiza que sólo haya aproximadamente un segundo de desviación respecto a la hora uniforme ideal calculada para varios millones de años.

El UTC es el único tiempo obtenido por aproximaciones locales proporcionadas por laboratorios y centros horarios denominados UTC(*k*), donde *k* es la designación del laboratorio o centro horario. Los resultados obtenidos en dichos UTC(*k*) se utilizan para la difusión de señales horarias a usuarios de señales horarias precisas y a aquellos que necesitan conocer la hora actual o los valores en tiempo real. El Tiempo Atómico Internacional es la referencia metrológica utilizada como base para calcular el UTC, y sirve de referencia únicamente para la frecuencia.

El futuro del UTC

En octubre del 2000, una nueva Cuestión proporcionó las bases para comenzar a estudiar una posible revisión de la Recomendación UIT-R TF.460-6. La Cuestión UIT-R 236/7 sobre "El futuro de la escala de tiempo UTC" fue creada en respuesta a las cuestiones planteadas por el Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia del Comité Internacional de Pesos y Medidas (CIPM).

Se creó un Grupo de Relator Especial sobre el futuro del UTC a fin de fomentar los estudios por parte de los Estados Miembros de la UIT y los Miembros de Sector del UIT-R, y de recopilar información que sirviera de base para las posibles modificaciones de las Recomendaciones correspondientes. Se consideró necesario crear un Grupo de Relator Especial, puesto que cualquier cambio de la escala de tiempo UTC —o la identificación de una escala de tiempo alternativa— tendría una gran repercusión sobre los sistemas informáticos, de navegación por satélite, de telecomunicaciones y de radiocomunicaciones, y podría afectar incluso a la percepción social del tiempo.

Diversos representantes de la BIPM, del Servicio Internacional de Rotación Terrestre y Sistemas de Referencia (IERS), de la Unión Radiocientífica Internacional (URSI) y de la Unión Astronómica Internacional (UAI) participan en el Grupo de Relator Especial, así como en el Grupo de Trabajo 7A del UIT-R. Estas organizaciones también han creado

sus propios grupos de trabajo para profundizar en la materia y sus informes indican que no existe un fuerte consenso en las organizaciones ni a favor ni en contra de cambiar la definición del UTC.

Segundos intercalares y duración del día

Actualmente se añaden segundos intercalares al UTC a fin de limitar su diferencia respecto al UT1 a no más de 0,9 segundos. En otras palabras, la práctica actual de utilización de segundos intercalares para ajustar el UTC mantiene la duración del día —diferencia entre la duración del día determinada de manera astronómica y los 86 400 segundos del SI— con un error no superior a 0,9 segundos.

Se está considerando cambiar al método del segundo intercalar. De este modo, el UTC sería una escala de tiempo atómico continuo que diferiría gradualmente del UT1 (que depende del ángulo de rotación de la Tierra). Esta divergencia vendría causada no sólo por la velocidad irregular de rotación de la Tierra, sino por el hecho de que la duración definida del segundo SI no coincide exactamente con la duración del segundo determinado como una fracción del día solar medio.

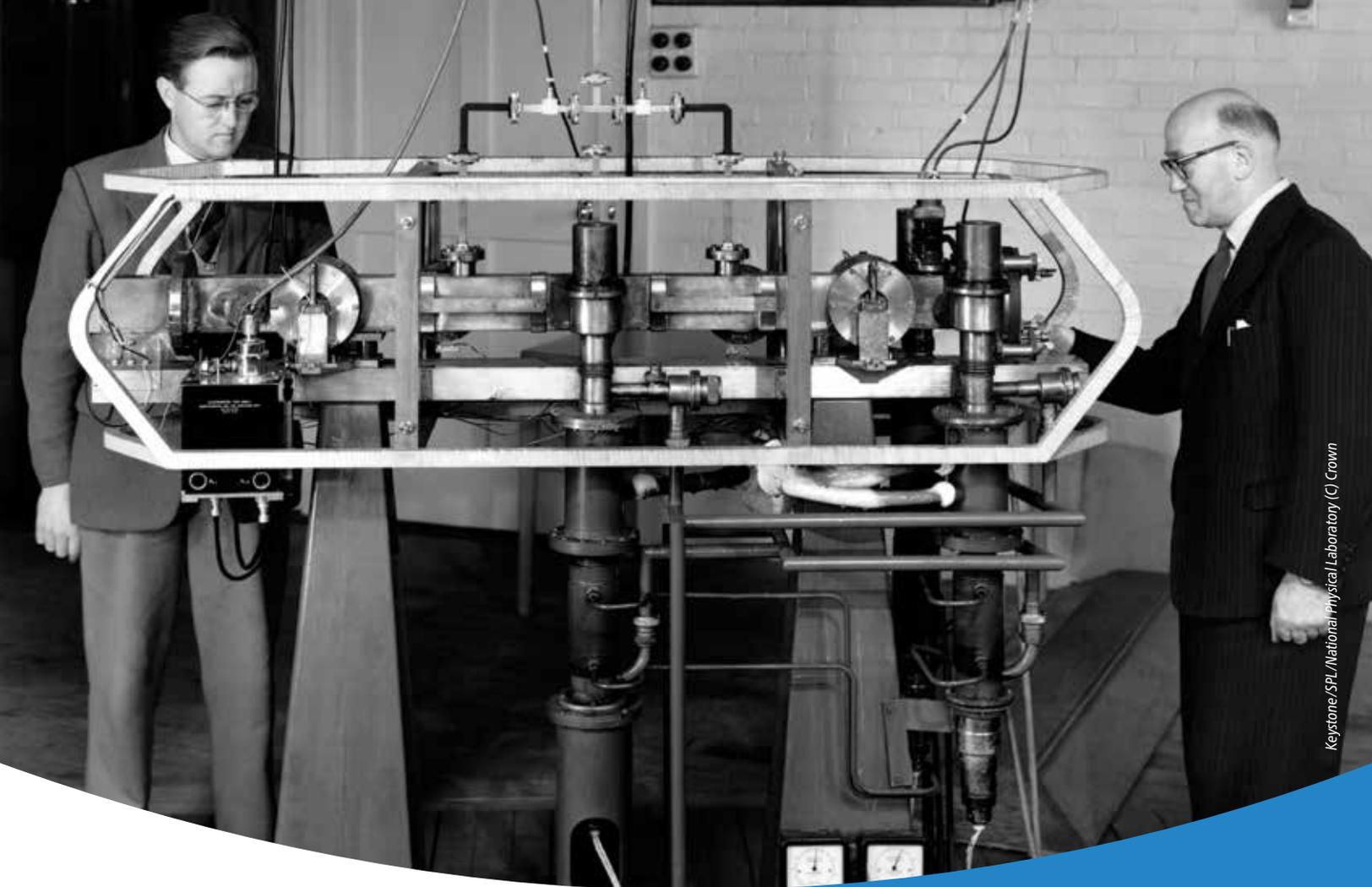
Durante los últimos 50 años, el segundo UT1 ha sido, de media, 2×10^{-8} más largo que el segundo SI, lo que ha causado que

hoy en día haya unos 35 segundos de diferencia entre el TAI y el UT1. Además, está previsto que la velocidad de rotación de la Tierra disminuya gradualmente, de modo que en un futuro próximo se necesitará más de un segundo intercalar por año.

Preparación de la CMR-15

Tras los diversos debates y estudios llevados a cabo en torno a la cuestión del establecimiento del UTC como escala de tiempo atómico continuo, se sometió el asunto a la decisión de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR) de 2012. El tema se debatió en la conferencia, pero numerosos participantes opinaron que hacía falta más información antes de tomar una decisión. Así pues, la CMR-12 adoptó la Resolución 653 (CMR-12), que reflejaba el acuerdo de señalar la cuestión a la atención de las correspondientes organizaciones externas, a fin de que el Grupo de Trabajo 7A del UIT-R pudiera llevar a cabo más estudios, y se incluyó el tema como punto del orden del día de la CMR-15.

Como parte de la labor preparatoria para la CMR-15, se organizó un taller especial en la sede de la UIT en Ginebra del 19 al 20 de septiembre de 2013 con objeto de ofrecer información a las partes interesadas y fomentar la posible realización de estudios adicionales.



Keystone/SPL/National Physical Laboratory (C) Crown

Escalas de tiempo y Oficina Internacional de Pesos y Medidas

Elisa Felicitas Arias, Directora, Time Department, Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM)

La Oficina Internacional de Pesos y Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures*, BIPM) se encarga del mantenimiento del Tiempo Atómico Internacional (TAI) y el Tiempo Universal Coordinado (UTC). El TAI constituye la base del UTC. Aunque ambas escalas de tiempo son igualmente estables y precisas, el TAI es continuo y el UTC se ajusta de vez en cuando insertando un segundo intercalar para que mantenga su sincronización con la rotación de la Tierra. El Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia (IERS) decide y anuncia las fechas de inserción de segundos intercalares en el UTC.

Un reloj atómico de cesio. Los físicos Jack Parry (a la izquierda) y Louis Essen (a la derecha) ajustan el resonador de cesio que crearon en 1955. Los átomos de cesio-133 vaporizado oscilan entre dos niveles de energía a medida que se desplazan entre los imanes en cada extremo del resonador. El segundo normal se basa en el recuento de esas oscilaciones. Un segundo normal es equivalente a unas 9.193 millones de oscilaciones. El resonador de Essen y Parry ha conducido a la sustitución del segundo astronómico por el segundo atómico como norma de tiempo. Esta foto fue sacada en 1956 en el National Physical Laboratory de Teddington, Reino Unido

La hora

La unificación de la hora sobre la base de la escala de tiempo atómico mantenida en los años 1960 por el *Bureau International de l'Heure* fue recomendada por la Unión Astronómica Internacional en 1967, por la Unión Radiocientífica Internacional en 1969

y por la UIT en 1970 a través de su Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR), precursor del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R). Por último, en 1971, recibió el reconocimiento oficial de la Conferencia General de Pesos y Medidas, que introdujo la designación de Tiempo Atómico Internacional y el acrónimo TAI universal (como había sido utilizado desde 1955 por el *Bureau International de l'Heure* para designar el tiempo atómico).

En esos días, sin embargo, la necesidad de ofrecer el tiempo astronómico (denominado UT1) a usuarios que, para la navegación marítima y otras aplicaciones domésticas, necesitaban una escala de tiempo basada en la velocidad de rotación irregular de la Tierra, representaba un obstáculo para la aceptación universal del TAI. Se examinó la conveniencia de mantener dos escalas de tiempo diferentes, y la necesidad de evitar la enorme confusión que podría suponer esa decisión. Finalmente, el CCIR de la UIT definió el UTC y su utilización fue aprobada por la Conferencia General de Pesos y Medidas en 1975. La definición de UTC se adaptaba perfectamente a las aplicaciones y tecnologías que existían a principio de los años 1970, de modo que esa referencia única para la difusión de la hora representaba una buena solución de compromiso para todos los usuarios.

Con todo, y pese a las objeciones, cada vez más se utilizó el tiempo atómico. El TAI nunca se ha difundido en forma directa; de hecho, proporciona una referencia de frecuencia pero no presenta ninguna utilización práctica para medir intervalos de

tiempo. Además, no tiene ninguna representación física en los relojes y, en consecuencia, no se difunde por medio de señales horarias. El UTC es la referencia de tiempo, que se calcula a partir del TAI. Tanto el UTC como el TAI se calculan en el procesamiento posterior, y están disponibles con un retardo de 10 a 40 días. Sin embargo, el UTC es necesario en tiempo real para algunas aplicaciones específicas, incluidas la navegación astronómica, la geodesia, la configuración de telescopios, la navegación espacial y la localización por satélite. Por ese motivo, los laboratorios que participan en la formación del UTC en la BIPM mantienen determinaciones del UTC en tiempo real, indicadas por UTC(*k*), donde *k* es la designación del laboratorio correspondiente. Esos laboratorios ofrecen acceso en tiempo real al UTC para aplicaciones prácticas y difunden el UTC por diversos medios.

La hora y su evolución

Desde 1972, el UTC se diferencia del TAI por un número entero de segundos, que se modifican siempre que sea necesario insertando un segundo intercalar para que la diferencia entre UT1 y UTC no exceda de 0,9 segundos. Al parecer, este sistema funciona bien. Tras cuarenta años de experiencia, los procedimientos utilizados para insertar segundos intercalares son más precisos y seguros. Sin embargo, debido al surgimiento de equipos y servicios cada vez más perfeccionados, esos procedimientos se han vuelto sumamente engorrosos e introducen una ambigüedad en la atribución de fechas

a eventos acontecidos. Esto ha dado lugar a la creación, para determinadas aplicaciones, de escalas de tiempo continuas paralelas al TAI pero compensadas mediante un cierto número de segundos. La difusión de esos otros tipos de escalas de tiempo pone en peligro la unificación de la hora. Dado los avances que se han logrado en las comunicaciones, se pueden prever otros medios de ofrecer el UT1 en tiempo real. El futuro del UTC es actualmente tema de debate.

El UTC tiene numerosas aplicaciones de sincronización de tiempo con diferentes niveles de precisión, desde los minutos que necesita el público en general hasta los nanosegundos requeridos en las aplicaciones más exigentes. Un caso representativo es el de los sistemas mundiales de navegación por satélite. La hora del sistema interno de sistema mundial de determinación de posición (GPS) de los Estados Unidos, conocido como Hora GPS, está perfectamente sincronizada con el UTC, de cuyo mantenimiento se encarga el Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO). El sistema GPS difunde una buena aproximación al UTC, fácilmente disponible también con diferentes niveles de precisión, desde un segundo hasta unos pocos nanosegundos. Se adoptarán características similares para Galileo, el futuro sistema europeo de radionavegación por satélite, y para el próximo sistema chino BeiDou. El sistema ruso GLONASS responde a UTC con segundos intercalares, sincronizando la hora GLONASS a la determinación del UTC en la Federación de Rusia.

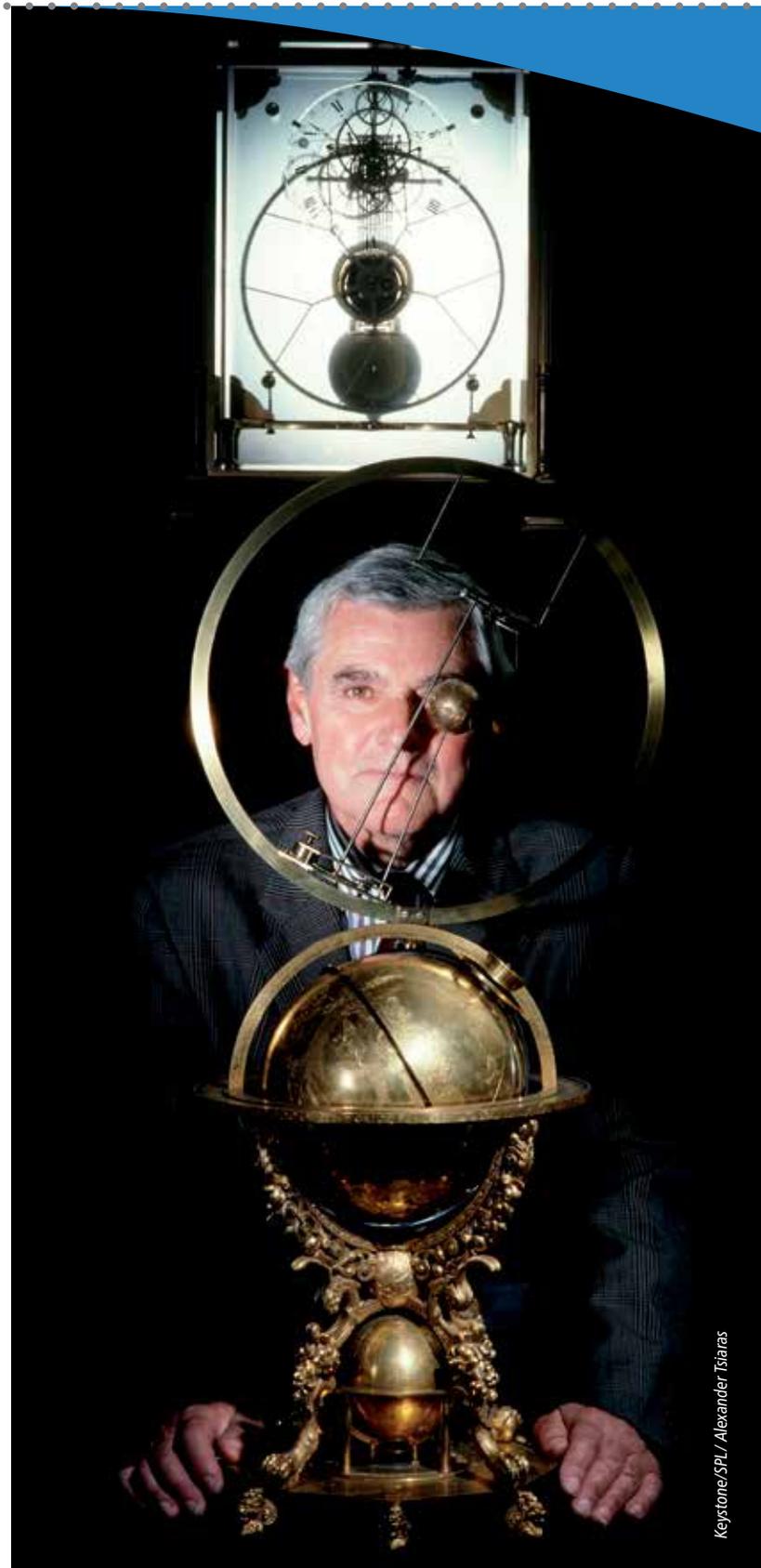
Hora fiable para la ciencia

El TAI es la base de la determinación de escalas de tiempo utilizadas en la dinámica, para la definición de modelos de movimientos de los cuerpos celestes artificiales y naturales, con aplicaciones en la exploración del sistema solar, las puestas a prueba de teorías, la geodesia, la geofísica, así como en los estudios sobre el medio ambiente. En todas esas aplicaciones, los efectos de la relatividad son importantes. Se pueden establecer diferentes algoritmos, según las necesidades.

Para una referencia internacional como el UTC, se exige una extrema fiabilidad y la estabilidad de frecuencia a largo plazo. Por lo tanto, el UTC depende del mayor número posible de relojes atómicos de diferentes tipos, que en la actualidad suman unos 420, situados en más de 70 institutos del mundo entero y conectados a una red que permite establecer comparaciones exactas de tiempo entre sitios distantes. Las diferencias entre la escala de tiempo internacional UTC y las aproximaciones locales al UTC(k) en los laboratorios participantes se registran todos los meses en un documento oficial llamado *BIPM Circular T*.

Cooperación internacional

Definir, mantener y determinar la escala de tiempo de referencia es el resultado de la coordinación permanente entre un grupo de organizaciones. La Convención del Metro, un tratado internacional, fue firmada en 1875. Mediante este tratado se estableció la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM), una organización intergubernamental que responde a la autoridad de la Conferencia General de Pesos y Medidas. Al 6 de febrero de 2013, BIPM tenía 55 Estados Miembros y 37 Economías y Estados Asociados de la Conferencia General. Esta Oficina se ocupa de cuestiones relativas a la metrología a escala mundial, especialmente en relación con la demanda de normas de medición de una precisión, una gama y una diversidad cada vez más importantes, y con la necesidad de demostrar la equivalencia entre las normas nacionales de medición. La Conferencia General de Pesos y Medidas adopta resoluciones sobre la definición de unidades y, en particular, sobre la definición de segundo; también ha adoptado el TAI y aprobado el UTC.



Bernard Guinot, antiguo Director del Time Department de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM), París. El Sr. Guinot, conocido cariñosamente como Papá Hora, ha aportado dos contribuciones importantes para la determinación precisa de la hora a través de relojes atómicos



BIPM se encarga de difundir y calcular el UTC sobre la base de la cooperación internacional con institutos nacionales; facilita la trazabilidad metrológica del UTC para sus determinaciones locales.

La UIT adopta Recomendaciones relativas a la difusión de señales horarias y de frecuencias basadas en el UTC. En particular, la Recomendación UIT-R TF.460-6 describe el proceso necesario para la sincronización entre el UTC y el UT1 a nivel de 0,9 segundos.

El Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia (IERS)

controla la rotación de la Tierra, y establece y anuncia las fechas de aplicación de los segundos intercalares en el UTC. IERS elabora y publica predicciones de los valores UT1-UTC, que permiten el acceso al UT1 con una precisión mucho más elevada que la aproximación general del UTC. Por último, más de 70 institutos que mantienen las determinaciones locales del UTC(k) difunden la hora para una variedad de aplicaciones nacionales y regionales, que van desde la determinación de la hora civil hasta la

sincronización exacta de la hora para actividades espaciales y científicas.

En caso de que los Estados Miembros de la UIT aprueben una escala de tiempo de referencia continua, el IERS tendría la función esencial de garantizar la prestación de los valores previstos UT1-UTC, y la UIT formularía Recomendaciones concretas para la amplia difusión de esos valores. BIPM seguiría asumiendo la responsabilidad de mantener la escala de tiempo de referencia, en el marco de un esfuerzo internacional coordinado.



Keystone/SPL/Lawrence Lawry

■ Segundos intercalares

Papel del Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia

Brian Luzum, Presidente, Junta Directiva, Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia

Tiempo

El Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia (IERS) desempeña un papel importante en la determinación de cuándo se deben insertar segundos intercalares y en el anuncio de las fechas de esa inserción. Para comprender mejor ese papel, es importante conocer ciertas particularidades relativas al tiempo.

Hay dos tipos diferentes de "tiempo", que en el mundo actual están vinculados, en primer lugar, al tiempo uniforme, basado ahora en relojes atómicos, y en segundo lugar, al "tiempo" basado en la rotación variable de la Tierra. La diferencia entre tiempo uniforme y tiempo de rotación de la Tierra se hizo notar recién en los años 1930 debido a las mejoras introducidas en la tecnología de los relojes.

El Tiempo Universal Coordinado (UTC) es en la actualidad la norma de tiempo utilizada cada día en el mundo entero. Además, cumple un papel importante en diversas aplicaciones, como las comunicaciones, la sincronización de la red de computadoras y la navegación a través de sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS), por ejemplo, el sistema mundial de



Keystone/SPL/Martin Riéd

Receptor de mano, basado en el sistema mundial de determinación de posición (GPS), que se utiliza en el Ártico canadiense. Unos 24 satélites GPS describen órbitas de precisión alrededor de la Tierra. Cada satélite transmite señales radioeléctricas que ese receptor puede detectar. Tres señales permiten calcular la latitud y la longitud, y una cuarta señal, la altitud. La transmisión de datos de tiempo permite calcular la hora local

determinación de posición (GPS). Debido a la precisión de los relojes atómicos actuales, UTC tiene una precisión en la escala de varios nanosegundos (milmillonésimas de segundo).

Ayer y hoy

Históricamente, la determinación de la hora se basaba en la rotación de la Tierra. El paso repetitivo de cuerpos celestes (el Sol, por ejemplo) proporcionó un método conveniente para marcar el paso del tiempo. El tiempo basado en observaciones del ángulo de rotación de la Tierra en un sistema de referencia celeste sigue utilizándose hoy para determinar la hora.

En la actualidad, la medida del ángulo de rotación de la Tierra es una relación lineal con una unidad de tiempo llamada UT1, que se observa utilizando una red mundial de radiotelescopios. Los datos de rotación de la Tierra se proporcionan a los usuarios en valores UT1-UTC.

La velocidad de rotación de la Tierra es muy variable a raíz de las mareas, los cambios meteorológicos, los océanos y otros efectos geofísicos. Por consiguiente, la única manera de facilitar esta información de modo fiable es efectuando un control periódico de la rotación de la Tierra. La medición de la velocidad de rotación de la Tierra se realiza mediante la fijación de dispositivos a la superficie de la Tierra y la observación de objetos en el espacio. La interferometría de base muy larga, utilizando radiotelescopios para observar fuentes radioeléctricas distantes llamadas cuántares, puede medir el UT1 con una precisión de unas pocas decenas de microsegundos (milionésimas de segundo).

Segundos intercalares

Los segundos intercalares se crearon en 1972 con la intención de procurar la sincronización entre la hora del reloj y la rotación de la Tierra. Con arreglo a la Recomendación UIT-R F.460-6, *Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias*:

“Un segundo intercalar positivo o negativo debe ser el último segundo de un mes UTC, pero hay que dar preferencia en primer lugar al final de diciembre y de junio, y en segundo lugar al final de marzo y septiembre.”

“Un segundo intercalar positivo comienza a las 23h 59m 60s y termina a las 0h 0m 0s del primer día del mes siguiente. En el caso de un segundo intercalar negativo, 23h 59m 58s irá seguido, un segundo después, por 0h 0m 0s del primer día del mes siguiente.”

Dado que es responsable de controlar y prever el valor UT1-UTC, el IERS contribuye en gran medida a determinar cuándo será necesario insertar segundos intercalares para que la diferencia entre UTC y UT1 no exceda de los 0,9 segundos establecidos por la UIT. En reconocimiento de ello, la Recomendación UIT-R TF.460-6 dispone que el IERS debe tomar la decisión de insertar un segundo intercalar, y anunciarla con una antelación de 8 semanas por lo menos.

Desde su creación, ha habido 25 segundos intercalares. Mediante su introducción, indicada en la Recomendación UIT-R TF.460-6, los segundos intercalares aseguran que el valor absoluto de la diferencia entre UTC y UT1 no exceda de 0,9 segundos. En efecto, con los segundos intercalares los usuarios pueden aproximar UT1 a UTC con una precisión de alrededor un segundo. Aunque en los años 1970 ese nivel de



aproximación pudo haber sido considerado una ligera pérdida de precisión, en la actualidad la diferencia es más notoria puesto que, debido a la tecnología actual, las estimaciones en tiempo real de la diferencia entre UT1 y UTC se pueden determinar con mejor precisión, en un orden de magnitud superior a cuatro.

Productos del IERS

Aparte del papel importante que desempeña en la determinación de cuándo se deben insertar segundos intercalares y en la difusión de información sobre los segundos intercalares, el IERS facilita algoritmos que permiten a los usuarios utilizar parámetros de orientación de la Tierra en sus operaciones. Esos algoritmos son elaborados por expertos y puestos minuciosamente a prueba en aplicaciones geodésicas y geofísicas para garantizar su calidad. Los algoritmos

y software correspondientes están disponibles de forma gratuita en las páginas web del IERS relativas a los Convenios.

En cumplimiento de lo solicitado por la Unión Internacional de Astronomía (IAU) y la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG), el IERS ayuda a coordinar la medición periódica de todos los componentes de orientación de la Tierra, incluida la rotación variable de la Tierra, y combina esas observaciones de la orientación de la Tierra cuatro veces al día, logrando predicciones de elevada calidad para los usuarios de los parámetros de orientación de la Tierra en tiempo real. Todos esos datos se difunden de forma gratuita a la comunidad mundial a través de diferentes protocolos de transferencia informáticos.

Los anuncios de inserción de nuevos segundos intercalares se realizan en el Boletín C del IERS, que se publica por lo general en enero y julio, indicándose si será necesario

insertar un segundo intercalar en los próximos seis meses. Este calendario tiene en cuenta la "antelación de ocho semanas" solicitada por la UIT.

El IERS ofrece a la comunidad internacional los siguientes productos: el Sistema Internacional de Referencia Celeste y su realización, el Marco Internacional de Referencia Celeste; el Sistema Internacional de Referencia Terrenal y su realización, el Marco Internacional de Referencia Terrenal; parámetros de orientación de la Tierra que se utilizan para las transformaciones entre el Marco Internacional de Referencia Celeste y el Marco Internacional de Referencia Terrenal; normas, modelos y constantes que se aplican en la generación y utilización de los marcos de referencia y los parámetros de orientación de la Tierra; y datos geofísicos para estudiar y comprender mejor las variaciones en los marcos de referencia y la orientación de la Tierra.



© systeme/SPL / Ian Hooton

Cambio de zona horaria y síndrome del desfase horario

Iniciativas en curso

En reconocimiento de la rápida evolución de la tecnología y para atender a las nuevas necesidades de sus usuarios, el IERS prevé crear nuevos productos y adoptar formatos de archivo de datos más modernos con objeto de facilitar la utilización de sus datos. Asimismo, el IERS estudiará la posibilidad de crear un protocolo de transferencia de parámetros de orientación de la Tierra en tiempo real. Este producto proporcionaría UT1 directamente a los usuarios que

actualmente optan por utilizar UTC como aproximación de UT1. De esta forma, los usuarios podrían mantener la misma simplicidad de aplicación de que disponen en la actualidad y, al mismo tiempo, la precisión de los datos aumentaría en un orden de magnitud superior a cuatro, sin costo alguno para el usuario.

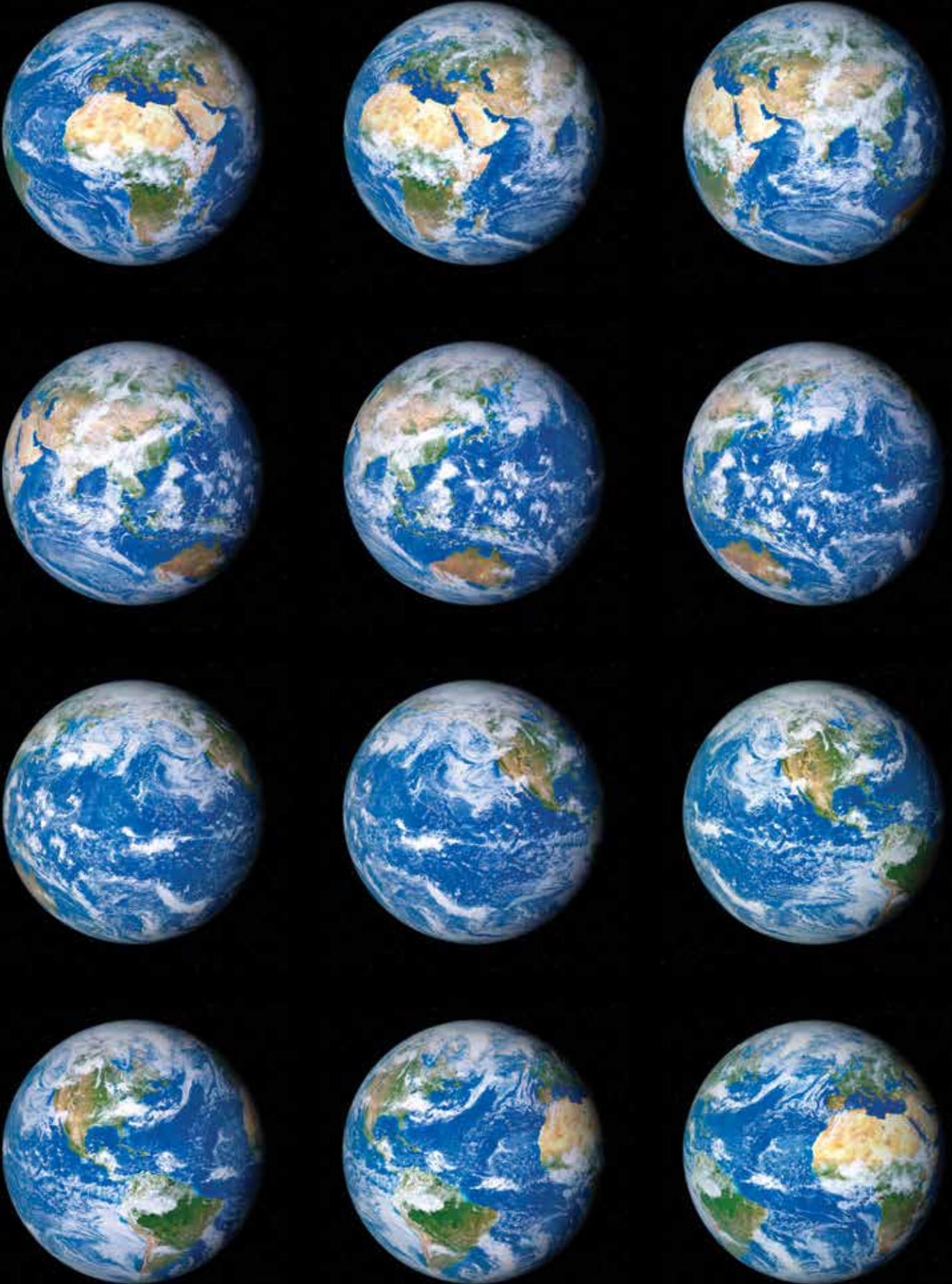
El compromiso del IERS

El IERS fue creado en 1987 y comenzó sus actividades el 1 de enero de 1988. Se encargó de proseguir la mayor parte de la labor del *Bureau International de l'Heure*, establecido a principios del siglo XX. El IERS

es responsable ante la Unión Internacional de Astronomía y la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica.

El IERS ha estado al servicio de la comunidad científica internacional durante más de 25 años. Recientemente, se ha propuesto atender de forma más completa las necesidades de sus usuarios si se mantiene la actual definición de Tiempo Universal Coordinado o si se redefine para eliminar los segundos intercalares. De cualquier manera, la UIT puede contar con el IERS para facilitar a sus usuarios los datos y el software necesarios. El IERS está dispuesto a responder a las futuras necesidades de los usuarios por los medios más convenientes.

*Doce vistas de la Tierra cuando gira durante un lapso de dos horas.
Cada fotografía se sacó después de 30 grados de rotación*



La Unión Astronómica Internacional y el Tiempo Universal Coordinado

Reflexiones sobre la hora

Mizuhiko Hosokawa, Presidente de la Comisión 31 de la UAI sobre el Tiempo, Instituto Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Japón

La Unión Astronómica Internacional (UAI) es una organización de investigadores en el campo de la astronomía que está vinculada estrechamente con la escala de tiempo internacional. De hecho, uno de los

temas más importantes de los fundamentos de la astronomía es la construcción de escalas de tiempo y marcos de referencia. El actual Tiempo Universal Coordinado (UTC) se mantiene de forma que la diferencia entre el UTC y una medida del ángulo de rotación de la Tierra denominada UT1 sea siempre inferior a 0,9 segundos. La medición precisa del UT1 requiere observaciones astronómicas.

A fin de determinar el valor de UT1 respecto al UTC, debe medirse el ángulo entre el Sistema Internacional de Referencia Celeste y el Sistema Internacional de Referencia Terrestre. Para ello, se observan las señales radioeléctricas de los quásares que constituyen el Marco de Referencia Celeste Internacional mediante una interferometría con línea de base muy larga que utiliza radiotelescopios cuyas posiciones están bien

El presente artículo ha sido preparado con la inestimable ayuda de los miembros del grupo de trabajo de la UAI sobre la redefinición del UTC.

determinadas en el Marco Internacional de Referencia Terrestre. Actualmente, la tarea de supervisión del valor de UT1-UTC es una de las responsabilidades del Servicio Internacional de Rotación Terrestre y Sistemas de Referencia (IERS), creado junto con la UAI y la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IERS). El IERS se encarga de las decisiones sobre la temporización de los ajustes de segundos intercalares anunciados en el *Boletín C*.

En la comunidad astronómica existen dos puntos de vista sólidos y, al mismo tiempo, dispares acerca de la inserción de segundos intercalares. Uno es el académico y el otro, el práctico.

Desde un punto de vista académico, es importante continuar con las escalas de tiempo y los marcos de referencia. El vínculo entre el UTC y el tiempo astronómico relacionado con el ángulo de rotación de la Tierra (UT1) se considera relevante en este contexto.

Desde un punto de vista práctico, numerosos observatorios astronómicos utilizan el UTC como base de tiempo para sus observaciones. Para hacer el seguimiento de cuerpos celestes con radiotelescopios y telescopios ópticos, es necesario conocer con precisión el ángulo de rotación de la Tierra en el espacio. Para ello, conviene que el UTC y el UT1 se aproximen, y se deberán modificar algunos programas informáticos si se redefine el UTC, de modo que podría diferir del UT1 en más de un segundo. Por esta razón, algunos astrónomos están preocupados por la posible redefinición del UTC.

Se está llevando a cabo el debate sobre la redefinición del UTC en el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R). La UAI

ha comunicado a la UIT sus opiniones y consideraciones acerca del futuro del UTC, que muestran el punto de vista de una organización científica altamente involucrada en la construcción de escalas de tiempo y marcos de referencia.

Debates en la UAI desde 2000 hasta 2006

El debate sobre el futuro del UTC y el segundo intercalar comenzó en el Grupo de Relator Especial, creado en 2000 por el Grupo de Trabajo 7A (Emisiones de frecuencias patrón y de señales horarias), la Comisión de Estudio 7 (Servicios científicos). Este Grupo de Relator Especial debía llevar a cabo un amplio estudio en respuesta a la Cuestión 236/7 sobre "El futuro de la escala de tiempo UTC" de la Comisión de Estudio 7. El Grupo solicitó a la UAI y otras organizaciones internacionales que aportaran sus opiniones y sugerencias al respecto.

En respuesta a esta petición, la comunidad de la UAI llevó a cabo estudios exhaustivos y celebró debates sobre una posible redefinición del UTC; además, creó un grupo de trabajo para este fin. De acuerdo con su mandato, el grupo de trabajo debía debatir si se requieren los segundos intercalares y la posibilidad de insertarlos en intervalos predeterminados, así como las consideraciones relacionadas con los límites de tolerancia para UTC-UT1.

Tras seis años de actividad, el grupo de trabajo elaboró su informe final en 2006. El grupo de trabajo no llegó a un consenso sobre el apoyo o rechazo de la modificación de la definición del UTC, pues había numerosos puntos a favor y en contra según

los distintos puntos de vista. No obstante, se llegó a un acuerdo sobre una petición práctica, concretamente la de dejar el tiempo necesario antes de introducir cualquier cambio en la definición. Sin embargo, en una carta de la UAI al UIT-R se afirmaba que la comunidad de la UAI no había tenido ningún problema derivado de la inserción del segundo intercalar el 31 de diciembre de 2005, aunque se requería una inversión importante en mano de obra y tiempo del personal a fin de preparar la inserción del segundo intercalar.

Actividades de la UAI recientes y en curso

El informe final del grupo de trabajo de la UAI fue presentado en 2006 con la esperanza de que el UIT-R y sus órganos correspondientes encontrarán una respuesta a la Cuestión 236/7. Sin embargo, la Asamblea de Radiocomunicaciones de 2012 (AR-12) decidió que era necesario llevar a cabo estudios adicionales y que el asunto debería debatirse en la próxima Asamblea y en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-15) en 2015.

Durante los debates de la AR-12, se señaló que numerosos Estados Miembros de la UIT no estaban al tanto de la propuesta de suprimir los ajustes del segundo intercalar. Por este motivo, la AR-12 decidió que debían estudiarse a fondo todas las opciones técnicas y solicitó que se organizaran más debates entre los miembros de la UIT y otras organizaciones interesadas en la redefinición del UTC antes de las próximas AR-15 y CMR-15.



Keystone/SPL/Victor de Schwaberg

El espacio y el tiempo se unen en una estructura en cuatro dimensiones denominada espacio-tiempo. Einstein predijo esta unión en sus teorías de la Relatividad General y Especial

En respuesta a la solicitud de la UIT, la UAI estableció de nuevo un grupo de trabajo sobre la redefinición del UTC en su división sobre "Fundamentos de la Astronomía". El grupo de trabajo está estudiando:

- los actuales requisitos para las escalas de tiempo civil;
- las posibilidades de cumplimiento de los futuros requisitos para las escalas de tiempo civil;
- la conservación del UTC en su formato actual o la difusión de una escala de tiempo puramente atómico;
- la repercusión de una escala de tiempo continua en la labor de los astrónomos;
- si debe adoptarse una nueva escala de tiempo continua para su difusión en todo el mundo y cómo debe estar relacionada con el TAI;
- si en lugar de la UIT debe ser la Conferencia General de Pesos y Medidas quien tome una decisión sobre las escalas de tiempo de referencia;
- los medios alternativos de distribución del UT1, el UTC y/o una nueva escala de tiempo continua.

En representación de la UAI, el grupo de trabajo trasladará a la UIT sus conclusiones sobre la redefinición del UTC. Dichas conclusiones se presentarán con tiempo suficiente para que los participantes estén informados con vistas a los debates que se organizarán en los diversos países y comunidades antes de la próxima Asamblea de Radiocomunicaciones de 2015. Mientras tanto, el último debate del grupo de trabajo se presentará en el taller sobre el futuro de la escala de tiempo internacional, organizado por la UIT y la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (BIPM), que tendrá lugar del 19 al 20 de septiembre de 2013 en Ginebra.



Las geociencias y las escalas de tiempo internacionales

Situación de las discusiones en la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica

Claude Boucher, Representante de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica ante el Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia

Discusiones hasta la fecha

La Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG) se ocupa de las escalas de tiempo internacionales, y más concretamente del Tiempo Universal Coordinado (UTC), tanto en calidad de usuario como de proveedor. Por una parte, la IUGG utiliza estas escalas de tiempo como indicación

del tiempo a efecto de las mediciones y como variable de tiempo en los modelos. Por otra parte, debido a que la geodesia espacial desempeña un papel fundamental en la elaboración de las escalas de tiempo, la IUGG es proveedora de datos esenciales.

A lo largo de los últimos años se ha discutido extensamente la posibilidad de

redefinir el UTC con la eliminación del segundo intercalar. Este tema fue uno de los puntos principales del orden del día de la 19ª reunión del Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia celebrada en Sèvres (Francia) en 2012, y tanto la IUGG, como la Unión Astronómica Internacional y la UIT expresaron sus puntos de vista. La IUGG también

recibió una solicitud oficial de la UIT para que diera a conocer su opinión sobre la cuestión; se facilita a continuación el resultado de la discusión mantenida en el seno de un grupo interno creado para recopilar las opiniones de los miembros de la comunidad de la IUGG.

El UTC como escala de tiempo internacional recomendada para la geociencia

Los geocientíficos y otros actores se encuentran con una multiplicidad de escalas de tiempo — el Tiempo Dinámico Baricéntrico (TDB), el Tiempo Dinámico Terrestre (TDT), el Tiempo Geocéntrico Coordinado (TCG), el Tiempo Terrenal (TT), el Tiempo Atómico Internacional (TAI), el Tiempo Universal Coordinado (UTC), el tiempo del sistema mundial de determinación de posición (GPS) y otras. Las definiciones y elaboraciones de estas escalas de tiempo difieren entre sí, y se requiere cierto esfuerzo para lograr una visión clara de sus interrelaciones.

La IUGG considera que la adopción de una escala de tiempo internacional preferida como referencia fundamental reviste gran importancia. Al igual que ocurre con el sistema de referencia terrenal internacional de general aceptación, sería muy conveniente para las comunidades implicadas ponerse de acuerdo sobre la elección de una escala de tiempo internacional. En esta fase, la IUGG considera que el UTC es la mejor elección posible, debido en particular a las decisiones que ya han sido aprobadas por los países a través de la UIT, tales como la relativa al vínculo entre el UTC y el tiempo legal.

Redefinir el UTC

El debate dentro de la IUGG respecto de la posible redefinición del UTC presupone la supresión del segundo intercalar. Ello implica que el UTC se convertiría en una escala de tiempo continua y uniforme derivada directamente del tiempo atómico internacional (TAI), y que se abandonaría la limitación sobre el valor de UT1-UTC.

Si la redefinición se adopta como camino a seguir, presenta varios aspectos positivos que deben subrayarse. El primero es que el UTC sería continuo y uniforme. Además, la diferencia entre el tiempo UTC y el tiempo GPS sería más o menos constante.

Pero también existen argumentos en contra. Uno de ellos es que, si se redefine el UTC, no se proporcionaría una buena estimación del UT1, aunque esta dificultad podría superarse efectuando mejores estimaciones directas del UT1. Además, algunas personas consideran la ocurrencia de un segundo intercalar como una oportunidad para comunicarse y coordinar las medidas con las organizaciones relacionadas. La IUGG tendrá que adoptar una posición oficial, teniendo presentes todas estas consideraciones.

Cálculo del UT1

Ahora es posible, desde el punto de vista técnico, calcular el UT1 con una precisión de 0,001 segundos, lo cual es cien veces mejor que los cálculos efectuados utilizando el UTC. En la actualidad, el encargado de prestar el servicio de cálculo del UT1 es el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia (IERS). La IUGG recomienda que se preste apoyo a este servicio del IERS y que se faciliten los

recursos necesarios para garantizar su calidad y continuidad.

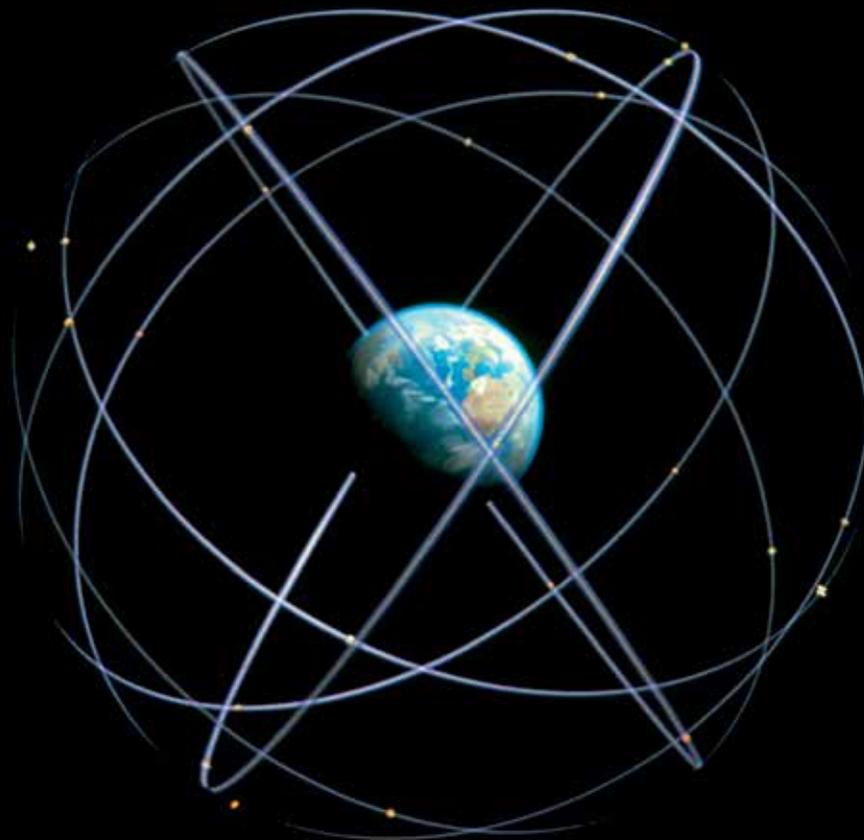
Función de los sistemas mundiales de navegación por satélite en la difusión del Tiempo Universal Coordinado

Los sistemas mundiales de navegación por satélite — tales como el GPS, el GLO-NASS, y los sistemas por venir BeiDou y Galileo — desempeñan un papel enorme en la difusión de las escalas de tiempo. En opinión de la IUGG, es importante ofrecer apoyo a los servicios que prestan los sistemas mundiales de navegación por satélite en relación con las escalas de tiempo. En particular, los sistemas mundiales de navegación por satélite proporcionan las mediciones y la información que se necesitan para lograr la sincronización instantánea a escala del nanosegundo. Además, estos sistemas retransmiten la información necesaria para el cálculo del tiempo con arreglo a la escala UTC.

En consecuencia, se recomienda la utilización de los sistemas mundiales de navegación por satélite como una herramienta importante para garantizar la adopción universal del UTC.

El mundo de la geociencia

La IUGG es una organización internacional no gubernamental dedicada a la investigación científica en todos los campos de las geociencias (geodesia, sismología, vulcanología, geomagnetismo, las ciencias de la atmósfera, la oceanografía, la hidrología, etc.).



Keystone/SPL/ESA/CE/EUROCONTROL

La IUGG cuenta con diversos comités, así como con ocho asociaciones que se ocupan de áreas específicas de las geociencias: la Asociación Internacional de Geodesia para la geodesia; la Asociación Internacional de Sismología y Física del Interior de la Tierra para la sismología y la geofísica interna; la Asociación Internacional de Vulcanología y Química del Interior de la Tierra para la vulcanología y la geoquímica; la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía; la Asociación Internacional de Meteorología y Física Atmosférica; la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas; la Asociación Internacional para las

Ciencias Físicas de los Océanos; y la Asociación Internacional de Ciencias Criosféricas para los estudios sobre el hielo.

La IUGG y la Unión Astronómica Internacional dirigen conjuntamente el Servicio Internacional de Rotación de la Tierra y Sistemas de Referencia (IERS), mientras que la IUGG también dirige otros servicios internacionales, tales como el Servicio de los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite (GNSS). La IUGG está oficialmente representada en el Comité Consultivo de Tiempo y Frecuencia, uno de los comités consultivos del Comité Internacional de Pesos y Medidas (CIPM).

Impresión del artista de las órbitas de los satélites Navstar utilizados en el sistema mundial de determinación de posición (GPS). El sistema utiliza una constelación de 24 satélites. Pequeños receptores basados en la tierra calculan la posición del usuario midiendo el tiempo que toman las señales para llegar desde los satélites



Antecedentes de la cuestión

El Tiempo Universal Coordinado se concibió para adaptar una escala de tiempo basada en segundos virtualmente invariables cuantificados con arreglo a las frecuencias de las transiciones en el nivel de energía de una materia estable, a la vez que mantiene la importancia del tiempo como una medición de la rotación de la Tierra respecto de referencias inerciales virtualmente estacionarias y claramente definidas. El segundo intercalar es la característica más conocida del UTC tal y como se define hasta la fecha en las Recomendaciones de la serie 460 del Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R). Se entienden bien las motivaciones del segundo intercalar y de las correcciones más precisas del UTC disponible para las retransmisiones en todo el mundo, y los procedimientos para incorporar inserciones de segundos intercalares están debidamente codificados. No obstante, muchos de aquellos que no se basan en el tiempo sincronizado con la rotación de la Tierra consideran estas inserciones incómodas y perturbadoras. Quienes se sienten perjudicados han presentado peticiones al UIT-R para que elimine el segundo intercalar de la definición del UTC, la más reciente con ocasión de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2012 (CMR-12). Se pospuso la adopción de una decisión a fin de que los Estados Miembros estuvieran mejor informados. Se han iniciado los preparativos para volver a tratar esta cuestión en la CMR-15.

Exposición del problema terminológico

Señaladas autoridades en materia de terminología han examinado y valorado los cambios propuestos a la definición del UTC. Se distribuyeron decisiones autorizadas durante la CMR-12, que fueron sometidas a través de canales oficiales a las Comisiones de Estudio de la UIT. La postura terminológica normativa es que los cambios propuestos, y en particular el menoscabo de la conexión entre el UTC y la rotación de la Tierra, darían lugar a una polisemia en caso de que el término para designar esta definición modificada no fuera modificado a su vez. La polisemia puede desembocar en un estado de confusión porque se utiliza el mismo término para designar cosas bastante diferentes en el mismo contexto. En el caso del UTC, si no se introduce un nuevo término para nombrar el nuevo concepto, coexistirán dos interpretaciones diferentes del concepto del tiempo, ambas designadas por la palabra UTC: a) el tiempo alineado con la rotación de la Tierra, con segundos intercalares incorporados y correcciones más precisas fácilmente disponibles en la actualidad, y b) el tiempo sin ninguna conexión con la rotación de la Tierra. Se introduciría confusión en los estudios prolépticos habituales en la astronomía, la astrodinámica, la religión y otros muchos campos de investigación. Incontables documentos de referencia y fuentes actualmente autorizadas se convertirían en ambiguos. Dejando de lado las razonables objeciones técnicas a la desvinculación de la rotación de la Tierra, esta falta de claridad terminológica tendría, por sí misma, importantes consecuencias prácticas, sociales y jurídicas. Mantenemos que, caso de adoptarse, una nueva interpretación técnica de la noción fundamental del tiempo debería ir acompañada de rigor terminológico.

Cómo puede la terminología como disciplina contribuir a la solución

La terminología es una rama de la lingüística que incluye trabajo en lexicografía, traducción, redacción técnica, modelización del conocimiento y gestión de los contenidos. Como disciplina, la terminología se ocupa de entender la naturaleza de los conceptos en ámbitos de actividad específicos y su relación con los términos que los designan. La terminología puede basarse en principios y métodos normativos y muy desarrollados asociados a la Comisión Técnica 37 (TC37) de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y su núcleo de terminólogos profesionales. Estos profesionales hacen que todos los esfuerzos resulten más efectivos gracias a términos transparentes y significativos que resultan útiles en casi todos los idiomas.

Las normas de la TC37 prevalecen con el mismo rigor, consenso y confirmación internacional que obtienen todas las normas y prácticas de la ISO. Pero, además, de las 279 comisiones técnicas de la ISO, la TC37 es una de las 11 que han obtenido la condición especial de ser una "Comisión horizontal". Una Comisión horizontal presta ayuda a otras comisiones técnicas para lograr la normalización en sus ámbitos respectivos. Según la ISO, "la consulta con estas comisiones, o de sus documentos, es aconsejable en caso de hallar dificultades en cualquiera de los ámbitos temáticos pertinentes". En lo que respecta a la TC37, la ISO afirma además:

"La terminología desempeña un papel esencial en todos los esfuerzos de normalización; ésta sólo puede funcionar si todo el mundo entiende de qué se está hablando. En primer lugar, las normas claras, uniformes y

coherentes requieren una terminología clara y coherente. La ISO/TC37 elabora los principios y métodos para el desarrollo de la terminología a fin de facilitar la comunicación entre expertos. Si se encuentra usted con dificultades respecto de un término en particular y necesita definirlo apropiadamente, las normas fijadas por la TC37 pueden servir de ayuda."

Un *término* es una expresión lingüística que denota un concepto en un *lenguaje especializado* (dominio o campo temático). A diferencia de las palabras del lenguaje general, una propiedad fundamental de los términos es su relación de significado único (llamada *monosemia*) con el concepto especializado que designan, y la estabilidad entre la forma y el contenido lingüísticos en los textos que tratan de este concepto (llamada *lexicalización*). La monosemia y la lexicalización son axiomas fundamentales y principios inviolables de la terminología normativa.

Los terminólogos distinguen con precisión los términos del vocabulario general. Entre las características de un término figuran las siguientes:

- Está asociado sistemáticamente al mismo concepto.
- Se utiliza sistemáticamente en un ámbito temático concreto.
- Dentro de dicho campo temático, sólo tiene un significado.

Los términos *Tiempo Universal Coordinado* y *UTC* cumplen con todos estos criterios; por este motivo, su significado y utilización deben regirse por el rigor terminológico normativo. Además, dado el carácter altamente especializado del campo de la medición precisa del tiempo y la utilización del tiempo

medido en una amplia gama de aplicaciones, dichos términos se corresponden entre los de carácter más marcadamente "terminológico" con los que uno puede encontrarse en el lenguaje. En este caso concreto, especialmente, no debería cuestionarse la aplicación de principios terminológicos rígidos.

¿Cuáles son los principios terminológicos por los que se rige la designación y utilización de un término? Aparte de ser reconocido por el mismo conjunto de características semánticas y por su definición, un concepto especializado también se reconoce por la estabilidad de su asociación con el término utilizado para designarlo. A su vez, un término puede reconocerse como tal en virtud de su emparejamiento estable con el mismo conjunto de características semánticas que distinguen a ese concepto de los demás. Esta estabilidad se conoce en ocasiones como el "grado de lexicalización" y, en ocasiones, como "grado de terminologización". La falta de la mencionada estabilidad ocasiona la llamada "confusión cognitiva" como es el caso de la polisemia y la sinonimia. La estabilidad concepto-término se preserva a través del principio del concepto único, tan fundamental para los términos utilizados en los campos científico y técnico altamente especializados que dependen de la claridad absoluta.

Conservar el término y la abreviatura *Tiempo Universal Coordinado* y *UTC* para un concepto de nueva introducción, una escala de tiempo desvinculada de la rotación de la Tierra, vulnera estos principios y genera una polisemia injustificable desde el punto de vista terminológico. Así se valora de manera autorizada en los documentos y pruebas sometidos oficialmente al UIT-R.

Ejemplo de un verdadero problema de terminología

Un ejemplo de un verdadero problema de terminología puede ayudar a demostrar la importancia de la aplicación de principios de gestión terminológica rigurosos a un concepto tal como el de la medición del tiempo. El término tipo de dato ha sido adoptado en distintos campos técnicos —algunos incluso muy relacionados entre sí— con significados distintos. A continuación se presenta una pequeña selección de las distintas definiciones que uno puede encontrar:

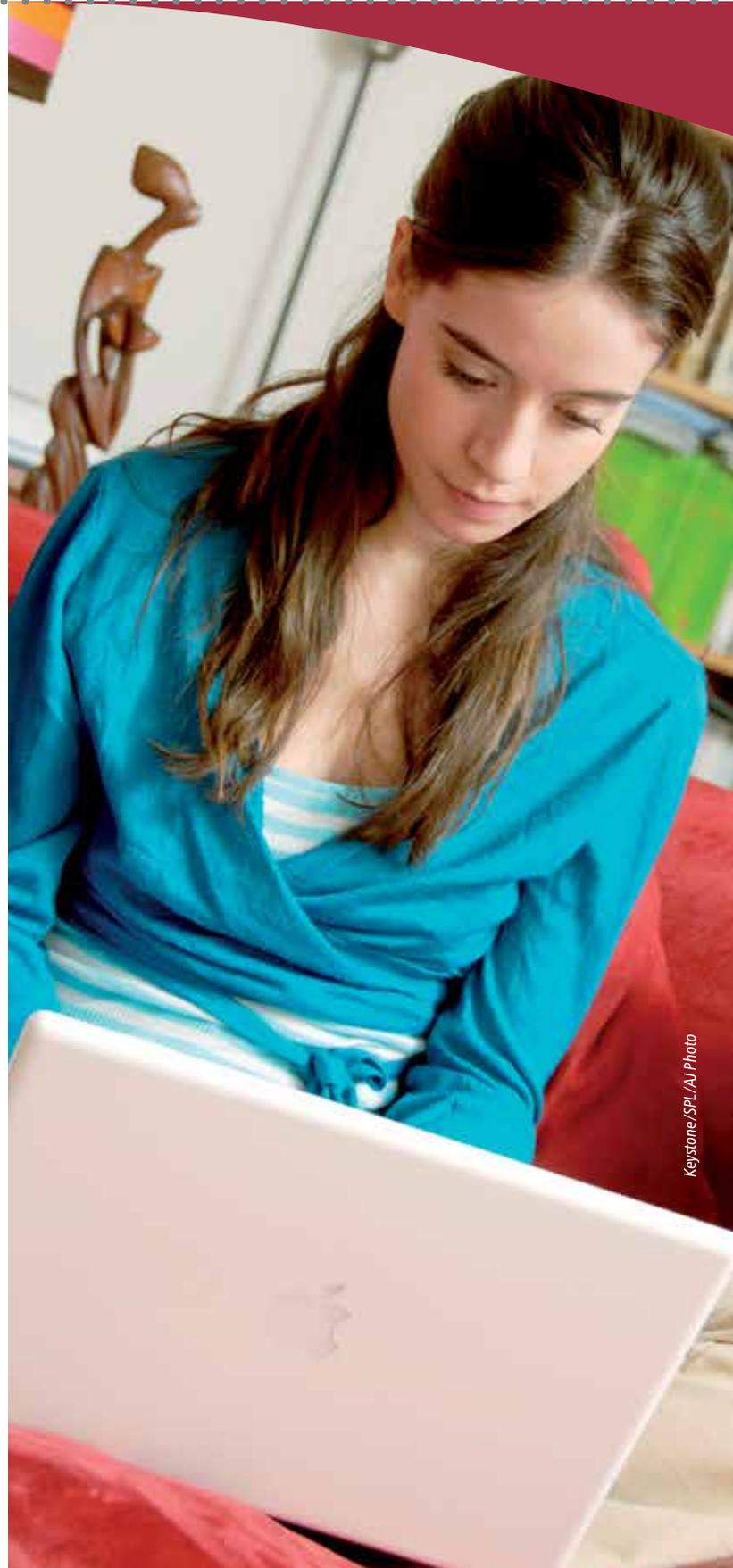
1. Un conjunto de valores diferenciados, caracterizados por las propiedades de dichos valores, y por las operaciones en relación con dichos valores (ISO 11179-1 — Tecnología de la información — Registros de metadatos).
2. Una clasificación que define un tipo de datos entre varios, tales como valor real, integral o Booleano, que determina los valores posibles para dicho tipo (Wikipedia, Ciencia informática).
3. Una clasificación de puntos de datos (Estadística).
4. Metadatos estructurales asociados con datos digitales que indican el formato digital o la aplicación utilizados para procesar los datos (M.I.T. Press, Bibliotecas digitales).
5. Una secuencia que especifica el formato de los datos que una aplicación de impresión envía a una impresora en un trabajo de impresión (Impresión).

Incluso en el campo de la ciencia informática, el sentido de este término se interpreta de manera diferente en función del lenguaje de computación. Por ejemplo:

6. Un conjunto de posibles valores junto con todas las operaciones que permiten tratar dichos valores (Programación Perl).
7. Una serie de reglas que describe un conjunto de información específico, incluyendo la gama y las operaciones permitidas y la manera en que se almacena la información (Programación Visual Basic).
8. Una triple tupla integrada por: un conjunto de valores diferenciados, llamado su valor espacial; un conjunto de representaciones léxicas, llamado su espacio léxico; y un conjunto de facetas que caracterizan las propiedades del valor espacial, valores individuales o puntos léxicos (XML).

Para complicar las cosas, el término *tipo de elemento de dato*, que podría interpretarse como una variante de *tipo de datos*, tiene a su vez otro significado en lingüística computacional — un descriptor elemental utilizado en la descripción lingüística o el sistema de anotación (ISO TC37). Sin embargo, este concepto también se denota con el término *categoría de datos*. Para los no iniciados, el término *categoría de datos* y *tipo de datos* podrían malinterpretarse como sinónimos. Aún más confuso, el concepto de "una gama de posibles valores" correspondiente a las definiciones 1) y 6) anteriores, si no a más, también se denota con otro término diferente, *dominio de valor* (ISO TC37, ISO TC29, ISO 11179).

Este ejemplo demuestra tanto la polisemia (cuando un término tiene múltiples significados) como la sinonimia (cuando distintos términos tienen el mismo significado), en el marco de un área temática o familia relativamente limitada de áreas temáticas relacionadas (computación, tecnología informática, bibliotecas digitales, estadísticas, etc.). Como consecuencia de esta imprecisión terminológica, uno se encuentra con que, para evitar la ambigüedad, los términos implicados se definen en casi cada documento en que se utilizan (o, peor aún, no se definen en absoluto y se deja al usuario que suponga cuál es su significado). Esto da lugar a una proliferación de definiciones distintas, según se indicó anteriormente, lo cual significa que, fuera de un contexto determinado, el término *tipo de datos* no tiene ningún significado identificable.



Keystone/SPL/AJ Photo

Comprobando la calidad de funcionamiento de la computadora portátil tras la inserción de un segundo intercalar en el UTC

Propuesta

La TC37 de la ISO sometió una propuesta a la Asamblea de Radiocomunicaciones en 2012, destinada a abordar el término Tiempo Universal Coordinado. Por decreto de la ISO, las normas elaboradas por la TC37 de la ISO son "normativas" (de obligado cumplimiento) en las 279 comisiones técnicas de la ISO, que rigen virtualmente todos los campos científicos y técnicos de la actividad humana. Esto significa que el rigor terminológico se reconoce como algo esencial para la comunicación efectiva en campos especializados, y éste es el motivo por el que la ISO determinó que la TC37 iba a ser una comisión horizontal. La siguiente cita (levemente editada) resume bien la recomendación de la TC37:

En lugar de cambiar el significado de un término existente (...), un nuevo concepto (significado) o un cambio de concepto debería designarse por medio de un término de nuevo cuño.

La TC37 presentó argumentos convincentes en cuanto al motivo por el que UTC no debería utilizarse para referirse a un concepto de tiempo de nueva introducción. Pero también refrendó una propuesta relativa a un nuevo término que ya fue sometido al UIT-R en 2003, a saber, *Temps International (TI)*, o *tiempo internacional* en español. Como se explica en la propuesta, este término traslada de manera transparente el significado deseado de una medición internacional del tiempo normalizada, a la vez que no entra en conflicto con los términos empleados para los distintos protocolos existentes en el ámbito de la medición del tiempo. Además, se parece al término *Tiempo Atómico Internacional (TAI)*, lo cual resulta ventajoso ya que los dos términos representan conceptos casi idénticos.

Resumen

Hemos descrito brevemente los conceptos, principios y reglas rigurosos de la ciencia terminológica normativa. Hemos demostrado también que en caso de que, junto al concepto tradicionalmente inserto en el UTC, se introduzca un concepto completamente disociado de la rotación de la Tierra, el nuevo término no puede adoptar el término ahora ubicuo de UTC. Tras demostrar ahora que la TC37 de la ISO actúa como autoridad en cuestiones de terminología, hemos presentado una propuesta de la TC37 de la ISO encaminada a acuñar un nuevo término para el nuevo concepto, a saber, *Temps International*. Como autores del presente artículo, apoyamos esta propuesta pero acogemos con agrado otras alternativas.



Sistema Mundial de Navegación por satélite y sus sistemas de tiempo

W. Lewandowski, Oficina Internacional de Pesos y Medidas

La Oficina Internacional de Pesos y Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures* — BIPM) tiene la responsabilidad de determinar la escala de tiempo de referencia internacional conocida como Tiempo Universal Coordinado (UTC). Se obtiene a partir de una escala de tiempo uniforme y continua denominada Tiempo Atómico Internacional (*Temps Atomique International* — TAI), aplicando una corrección de un número entero de segundos. El UTC es la única escala de tiempo de referencia para coordinar la hora

en el mundo. Sirve de base para establecer la hora legal en muchos países.

El Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS) se basa en una hora exacta para permitir unas mediciones de las distancias de gran precisión a fin de determinar el posicionamiento, lo que a su vez exige una sincronización coherente dentro del sistema. Para ello, el GNSS utiliza las siguientes escalas de tiempo de referencia internas, construidas a partir de conjuntos de relojes: Tiempo GPS, Tiempo GLONASS, Tiempo del sistema Galileo (GST) y Tiempo del sistema BeiDou.

Estos sistemas de tiempo son pseudoescalas temporales y deben considerarse simplemente parámetros técnicos internos del GNSS y no escalas de tiempo utilizadas como referencia por otras actividades humanas.

Normalmente, los sistemas de tiempo están controlados por una escala de tiempo de referencia estable externa. Por ejemplo, el Tiempo GPS sigue al UTC (USNO) módulo un segundo a través de su representación local en el Observatorio Naval de Estados Unidos (USNO). Pero el UTC es una escala de tiempo con saltos debido a su discontinuidad a causa

de la utilización de segundos intercalares. En particular, a efectos de los servicios de seguridad de la vida humana, algunos proveedores de servicios del Sistema Mundial de Navegación por Satélite han preferido adoptar escalas de tiempo (sin saltos) continuas alternativas. Ello está provocando dificultades a los diseñadores del Sistema Mundial de Navegación por Satélite porque no existe una forma ideal de elegir una época de referencia para la numeración de los segundos de las escalas de tiempo continuas alternativas.

Reina la confusión

En la Figura 1 aparecen los diversos métodos elegidos por los proveedores de servicios del Sistema Mundial de Navegación por Satélite y la relación entre estos sistemas de tiempo y el UTC.

El Tiempo GPS es continuo y no se ajusta mediante segundos intercalares. Se fijó el 6 de enero de 1980 a las 00.00h UTC con una diferencia de cero segundos respecto al UTC. El Tiempo GPS está 19 segundos atrasado respecto al TAI y, debido a los segundos intercalares añadidos al UTC, presenta actualmente (2013) un adelanto de 16 segundos respecto al UTC.

El Tiempo GLONASS, a diferencia del Tiempo GPS, sigue los segundos UTC y, en consecuencia, no es una escala de tiempo continua. El Tiempo del sistema Galileo (GST) es continuo y tiene la misma época inicial que el Tiempo GPS. En las primeras etapas de definición el sistema Galileo, se tomó la decisión preliminar de que el GST utilizaría el TAI como referencia, pero teniendo en cuenta

que TAI no está destinado a su difusión general, los diseñadores del sistema Galileo consideraron que fijar la escala de tiempo interna de Galileo con respecto a TAI podrá crear confusión. La decisión final fue fijar a cero la diferencia en segundos entre el GST y el Tiempo GPS.

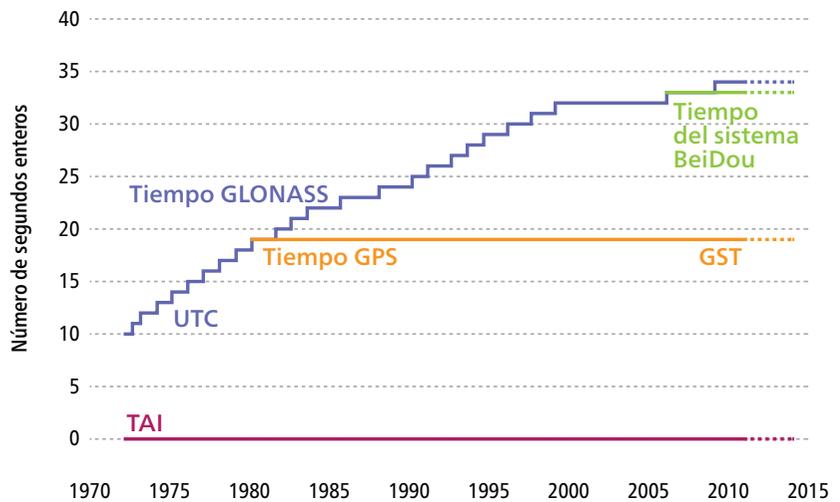
El Tiempo del sistema BeiDou es continuo y se fijó el 1 de enero de 2006 a las 00.00h UTC con cero segundos de diferencia respecto al UTC. Por consiguiente, el Tiempo del sistema BeiDou presenta 33 segundos de retraso respecto al TAI y actualmente (2013) está dos segundos adelantado respecto al UTC.

Como el UTC es una escala de tiempo con saltos, las escalas de tiempo internas continuas del Sistema Mundial de Navegación por Satélite pasan a ser escalas de tiempo

alternativas para algunas aplicaciones. Por ejemplo, el Servicio GNSS Internacional (IGS) hace uso del Tiempo GPS para el etiquetado de algunos de sus productos.

El empleo de estas escalas de tiempo internas continuas del Sistema Mundial de Navegación por Satélite está provocando cierta confusión entre los usuarios debido a que las diversas escalas difieren en unas decenas de segundos. Galileo ofrece un ejemplo de la posibilidad de confusión. Algunas partes del sistema Galileo están referidas al GST mientras que otras lo están al UTC. La mayor dificultad aparece en el cruce de las 00.00h (medianoche), cuando durante un periodo de 16 segundos varias partes del sistema se refieren a dos días distintos y ello puede dar lugar a errores importantes.

Figura 1 — Relación entre diferentes escalas de tiempo (diferencia en un número entero de segundos): Tiempo Atómico Internacional (TAI); Tiempo Universal Coordinado (UTC); Tiempo GPS; Tiempo del sistema Galileo (GST); Tiempo del sistema BeiDou y Tiempo GLONASS





Precisión pragmática

Aunque las escalas de tiempo internas del Sistema Mundial de Navegación por Satélite no necesitan sincronizarse al UTC normalizado internacional para satisfacer las necesidades de navegación, sería muy conveniente para la coordinación internacional simplificar el funcionamiento de estos sistemas y permitir su interoperabilidad. Ello queda reflejado en las recomendaciones del Comité Consultivo de Tiempos y Frecuencias (Recomendación S6-1999) y del Comité Internacional de Pesos y Medidas (Recomendación 1 CI-1999). También se trata de una de las tareas del Comité Internacional de los Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite.

Hoy en día, los sistemas mundiales de navegación por satélite representan con mucho el medio más común de obtener un UTC preciso. Los proveedores de los servicios GPS y GLONASS difunden correcciones de

sus tiempos del sistema internos para obtener predicciones de UTC mantenidas en el Observatorio Naval de Estados Unidos (UTC (USNO)) y la escala de tiempo nacional de la Federación de Rusia (UTC (SU)), respectivamente. Galileo también difundirá una realización física del UTC, y probablemente la mayoría de los otros sistemas también lo harán. GPS difunde actualmente una predicción del UTC (USNO) que difiere en sólo unos pocos nanosegundos del UTC (USNO) real, y el UTC (USNO) difiere unos pocos nanosegundos del UTC real. Ello significa que GPS difunde una predicción del UTC en todo el mundo con una incertidumbre de varios nanosegundos. En la actualidad, las predicciones GLONASS presentan una incertidumbre de cientos de nanosegundos pero su precisión probablemente mejorará a corto plazo efectuando las calibraciones adecuadas.

¿Es hora de abandonar los segundos intercalares?

Los segundos intercalares causan dificultades a las infraestructuras modernas, en particular al Sistema Mundial de Navegación por Satélite. Además, la navegación marítima celeste puede realizarse ahora sin segundos intercalares de forma que el argumento para mantener activos los segundos intercalares ha dejado de ser válido.

En el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) se está considerando la posibilidad de revisar la definición de "Tiempo Universal Coordinado". El UIT-R está trabajando actualmente en una Recomendación que puede desembocar en la aparición de una nueva escala de tiempos.

La esfera del reloj y la Tierra representan el viaje en el tiempo del tiempo a velocidades próximas a la de la luz y en fuertes campos gravitatorios

Keystone/SPL/Deitlev Van Ravenswaay

Odisea espacial

Escalas de tiempo y sistemas mundiales de navegación por satélite

Han Chunhao, Beijing Satellite Navigation Center

En el gran continuo espacio-tiempo que circunda a la Tierra, un sistema mundial de navegación por satélite es en realidad un sistema que permite medir el tiempo con precisión.

Un sistema mundial de navegación por satélite consta habitualmente de tres segmentos: un segmento espacial (la constelación de satélites), un segmento de control en tierra (una estación principal, estaciones de enlace ascendente y estaciones de comprobación técnica), y un segmento de usuario (receptores de usuario). Los datos observables son pseudogamas, que se definen como el producto de la velocidad de la luz multiplicada por el tiempo de propagación de la señal (diferencia de tiempo de los relojes) observado entre la fuente de la señal y el observador. Toda la información sobre la navegación, como las órbitas de satélite, las diferencias horarias y los retardos de tiempo ionosféricos, se obtiene utilizando esos datos cronológicos observables.

Relojes de satélite

Dada la escala espacio temporal de las trayectorias de los satélites (aproximadamente 1×10^5 km en el espacio y varios días o incluso meses o años de tiempo) y las exigencias de exactitud (precisión de 1 m o incluso 1 cm o 1 mm), el tratamiento de los datos de los sistemas mundiales de navegación por satélite debe efectuarse teniendo en cuenta la relatividad y la teoría cuántica.

En los sistemas mundiales de navegación por satélite hay esencialmente dos tipos de escalas temporales conceptualmente

diferentes. Se trata de los tiempos propiamente dichos y los tiempos coordinados. En esencia, el intervalo espacial y el intervalo de tiempo observados entre dos eventos depende del observador. Las lecturas de tiempos dadas directamente por relojes ideales ubicados al borde de satélites, en estaciones o por los observadores son tiempos adecuados. Están relacionados con el observador o, en otras palabras, con los entornos espacio temporales de los relojes. Esto significa que observadores diferentes tienen tiempos de reloj diferentes a causa de su velocidad y posición relativas en el campo gravitacional.

A fin de disponer de una referencia temporal común para todos los observadores, debemos elegir un observador en particular y elaborar un sistema de referencia. Un sistema de referencia contiene un marco de referencia espacial tridimensional y una referencia temporal. El primero determina la posición espacial (con tres coordenadas en el espacio) de un evento, y el segundo indica el tiempo del suceso, que se llama tiempo coordinado.

Un sistema geocéntrico no rotativo de referencia se utiliza para describir las órbitas de los satélites terrestres, que son los tipos de satélites incorporados en sistemas mundiales de navegación por satélite. El tiempo

Una ingeniera del laboratorio de señales horarias frente a un reloj que indica la hora de Beijing, las 07.59.60, al lado de otro reloj que indica el Tiempo Universal Coordinado (UTC), las 23.59.60, en el Centro nacional de servicios horarios de la academia China de ciencias en la ciudad de XiAn (China) el 1 de julio de 2012. Un segundo suplementario (segundo intercalar) se añadió a los relojes atómicos de todo el mundo el sábado (30 de junio de 2012) para ajustarlos a la ralentización de la rotación de la Tierra. Esa misma noche, los relojes atómicos daban las 23 horas, 59 minutos y 60 segundos, antes de pasar a medianoche UTC





Keystone/SPL/Mark Williamson

Reloj que muestra los husos horarios en el vestíbulo del edificio del Daily News en Nueva York

de referencia suele ser el tiempo coordinado geocéntrico o el tiempo terrenal. Se puede considerar que tanto el uno como el otro son el tiempo apropiado del observador ubicado en el geocentro, pero sometido a un potencial gravitacional diferente. El tiempo coordinado geocéntrico supone que no hay potencial gravitacional de la Tierra o que el observador no es afectado por el mismo. En cambio, el tiempo terrenal supone que el observador está sujeto a un potencial gravitacional equivalente en el geoide (la superficie del océano configurada únicamente por la influencia de la gravedad y la rotación de la Tierra) o al nivel medio del mar.

Dar la hora

Los tiempos de sistema de los sistemas mundiales de navegación por satélite, tales como el Tiempo GPS, el Tiempo GLONASS, el Tiempo Galileo y el Tiempo BeiDou, son realizaciones diferentes del tiempo terrenal. Debe señalarse que un tiempo de sistema sólo se utiliza en el propio sistema, ya que está concebido sencillamente para facilitar la operación del sistema. Es imposible que todos los tiempos de sistema sean los mismos. No obstante, para que el sistema lleve a cabo la función de servicio de señales horarias, la diferencia con respecto al tiempo universal coordinado (UTC) debe indicarse (con cierta incertidumbre predeterminada) en los datos de navegación transmitidos por el sistema mundial de navegación por satélite. En este caso, el UTC es la única posibilidad porque es la norma de la hora civil en todo el mundo.

Amanecer y anochecer

Obviamente, tener que insertar el segundo intercalar de manera irregular en el UTC es problemático. Para el funcionamiento de los sistemas mundiales de navegación por satélite en particular, el segundo intercalar es incómodo en lo que respecta a la conservación del tiempo y al servicio horario. Especialistas de otros ámbitos técnicos, tales como las comunicaciones y el transporte, tendrían probablemente el mismo punto de vista.

Ahora bien, debemos tener en cuenta que el UTC no se utiliza solamente en la ciencia y la tecnología, también sirve para todos los aspectos de la sociedad. La simple supresión del segundo intercalar significa conceptualmente que el UTC no guarda relación con la

hora solar, pero el amanecer y el anoecer siempre han sido las bases naturales de la hora civil.

También debe señalarse, sin embargo, que el término "día" que se utiliza hoy no es el día solar real, sino el día solar medio definido al final del siglo XIX. Todos sabemos que la ecuación del tiempo (la diferencia entre la hora solar aparente y la hora solar media) puede ser de hasta 16 minutos. En cambio, la diferencia horaria actual entre el Tiempo Atómico Internacional (TAI) y el Tiempo Universal (UT1, una escala de tiempo astronómica definida por la rotación de la Tierra y utilizada en la navegación celeste) es de 35 segundos. En los últimos 40 años se han insertado 25 segundos intercalares en el UTC, lo cual contradice el argumento de que no podríamos aceptar el UTC como hora civil sin segundos intercalares, habida cuenta de que actualmente incluso el UTC no es exactamente el mismo que la hora solar.

La diferencia horaria entre el TAI y UT1 se debe principalmente a la desviación del segundo SI respecto del día solar medio. Los 25 segundos intercalares son positivos, es decir que la diferencia entre el segundo SI y el segundo solar medio es de aproximadamente $1,98 \times 10^{-8}$. Si se pudiera modificar la definición del segundo SI, esa diferencia sería aún menor.

En cualquier caso, el UTC, sea cual sea su definición, debería mantener cierta relación conceptual con el UT1 como hora civil. La velocidad de rotación de la Tierra está cambiando. Quizá en el futuro la duración del día pase a 86.401 segundos, o incluso más. ¿Qué debemos hacer si eso ocurre? Es un buen motivo para mantener conceptualmente cierta relación coordinada entre el UTC y UT1.

Nuevas maneras de definir el Tiempo Universal Coordinado

Además de ser la norma de la hora civil, el UTC también sirve para representar el valor aproximado de UT1 (la diferencia entre UTC y UT1 se mantiene en menos de 0,9 segundos). Si se suprime el segundo intercalar esta diferencia ya no estará limitada.

Algunas personas están en contra del segundo intercalar y aducen que necesita modificaciones informáticas. Para los sistemas en tierra, las modificaciones informáticas no son ni demasiado complicadas ni especialmente onerosas, pero puede no ser el caso en algunos sistemas espaciales.

Es importante redefinir el Tiempo Universal Coordinado. Suprimir el segundo intercalar sería cómodo para la mayoría de los usuarios pero no deberían cambiarse ni en

nombre del UTC ni los husos horarios correspondientes, a fin de mantener un vínculo conceptual con UT1 o la hora solar. Sería preferible establecer una relación clara y definitiva entre UTC y UT1, exigiendo por ejemplo que la diferencia de fase entre ambos sea inferior a un valor determinado (como 10 minutos), o que el desplazamiento de frecuencia relativa sea inferior a 1×10^{-7} (aproximadamente 10 ms en un periodo de 24 horas).

Una opción sería añadir un minuto intercalar al final de un siglo. De hecho, podrían adoptarse varios planteamientos que suprimirían segundos intercalares durante un periodo de tiempo suficientemente largo en un futuro previsible.

Si hubiera que redefinir el UTC de modo que se dejaran de insertar segundos intercalares, los sistemas mundiales de navegación por satélite compensarían transmitiendo parámetros de orientación de la Tierra. En realidad, quizá sea preferible para los usuarios obtener información sobre la orientación de la Tierra, ya que en ese caso los sistemas mundiales de navegación por satélite podrían proporcionar un servicio de orientación de la Tierra además de servicios de posición, navegación y temporización.

Ilustración de la red europea de navegación por satélite Galileo que transmite datos de posición (latitud y longitud) y elevación (altitud por encima del nivel del mar)

Keystone/SPL/Deley-VanRaverswaay

Galileo y los segundos intercalares del Tiempo Universal Coordinado

Jörg Hahn, ESA/ESTEC, Galileo System Engineering Manager

Galileo es el sistema de navegación mundial concebido en Europa para ofrecer un servicio civil de posicionamiento mundial muy preciso. Será compatible con el actual sistema mundial de determinación de posición (GPS) de Estados Unidos y el sistema GLONASS de la Federación de Rusia.

Los dos primeros satélites de los cuatro satélites operacionales destinados a validar el concepto de Galileo en el espacio y en Tierra fueron lanzados el 21 de octubre de 2011.

Los otros dos fueron lanzados el 12 de octubre de 2012. Esta fase de validación en órbita será seguida por otros lanzamientos que permitirán alcanzar la capacidad operacional inicial a mediados de este decenio.

En la etapa inicial de la explotación de Galileo estarán disponibles versiones preliminares del servicio abierto, un servicio de búsqueda y rescate y un servicio público reglamentado. Después, a medida que se vaya constituyendo la constelación se probarán y

pondrán en funcionamiento nuevos servicios hasta que el sistema alcance su plena capacidad operacional.

Dos centros de control de Galileo en Europa, uno en Fucino (Italia) y otro en Oberpfaffenhofen (Alemania), controlan los satélites y gestionan la navegación. Los datos proporcionados por una red global de estaciones de sensores serán enviados a los centros de control de Galileo por una red de comunicaciones redundante. Los centros de control utilizarán

los datos de sus estaciones para calcular la información de integridad y sincronizar las señales horarias de todos los satélites con los relojes de la estación en tierra. El intercambio de datos entre centros de control y satélites se efectuará a través de estaciones de enlace ascendente.

Tiempo de sistema de Galileo

La navegación por satélite necesita una medición muy precisa de los tiempos de propagación de las señales. El propio sistema interno de tiempo de referencia de Galileo ha sido bautizado Tiempo del Sistema Galileo (GST, Galileo System Time), y se utiliza para sincronizar todos los relojes de Galileo, incluidos los del segmento terrenal, en los satélites y los receptores. Los mensajes de navegación transmitidos también son registrados en el tiempo con respecto al tiempo de referencia.

El GST es una escala de tiempo continua determinada por el Tiempo Universal Coordinado (UTC), módulo 1 segundo. Esta hora no tiene segundos intercalares. El proveedor del servicio horario de Galileo enlaza esa hora con el UTC y se basa en datos de los laboratorios europeos de temporización.

Como se genera el Tiempo del Sistema Galileo

El segmento de misión en tierra de Galileo genera el tiempo del sistema a partir de varios relojes atómicos de alta precisión situados en las dos instalaciones de señales horarias precisas de Fucino y Oberpfaffenhofen que funcionan en gran redundancia. Cada instalación de señales horarias precisas está equipada con dos máseres de hidrógeno activo y cuatro relojes de cesio de alto rendimiento.

El proveedor del servicio de señales horarias de Galileo colabora con los laboratorios europeos de señales horarias para transformar el Tiempo del Sistema Galileo en UTC a efectos de divulgación, y mantiene informado a Galileo sobre la diferencia entre el Tiempo Atómico Internacional (TAI) y el UTC, así como sobre cualquier anuncio de segundo intercalar.

Durante la fase de validación en órbita, la instalación de validación de señales horarias de Galileo asumió el papel de proveedor de servicio de señales horarias. Esta instalación está ubicada en el Instituto Nacional de Investigación Metrológica (*Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica*) de Turín (Italia) y recibe apoyo de los laboratorios UTC en Alemania, Francia, el Reino Unido y España. El GST se

Keystone/SPL/José Antonio Peñas

Ilustración de un satélite de navegación Galileo. El sistema civil de posicionamiento mundial, que entrará en servicio en 2014, constará de 30 satélites en órbita a más de 23.000 km de la Tierra. Sus servicios comprenderán orientación de automóviles, trenes y aeronaves, y servicios de rescate.

compara continuamente con las realizaciones nacionales del UTC mediante la transferencia bidireccional por satélite de señales horarias y frecuencias (TWSTFT), y servicio Vista Común GPS.

Las principales exigencias son que la diferencia entre GST y UTC deben estimarse con una precisión superior a 28 nanosegundos (95% del tiempo), y serán inferiores a 50 nanosegundos (módulo 1 segundo) durante 95% del año. Varios resultados de rendimiento iniciales muestran que, entre febrero y marzo de 2013, la diferencia entre GST y UTC se mantuvo en unos pocos nanosegundos.

Emisión del UTC por Galileo

Galileo tiene capacidad de posicionamiento y temporización. Emite el UTC conforme a la Recomendación UIT-R TF.460-6. Por consiguiente, los mensajes de navegación de Galileo comprenden parámetros de conversión de GST a UTC, incluido el número total de segundos intercalares, y anuncios de la introducción de cualquier nuevo segundo intercalar con la fecha asociada, y el desplazamiento fraccional GST-UTC. Los parámetros de transformación de GST a UTC son calculados y actualizados cotidianamente por las instalaciones de Galileo.

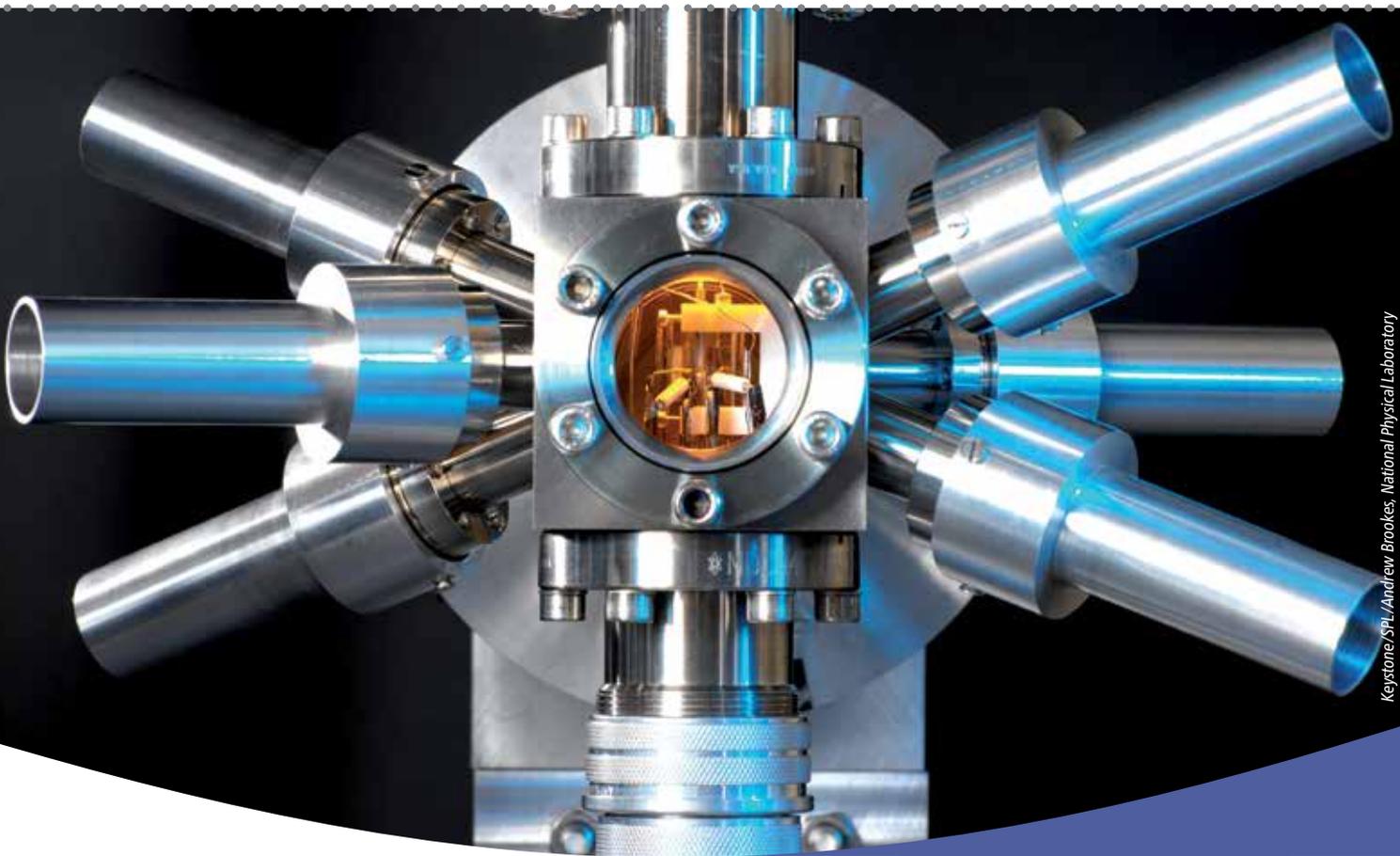
Los usuarios de Galileo podrán estimar el GST a partir de la señal en el espacio y, aplicando los parámetros de transformación, obtener el UTC para marcar el tiempo en sus aplicaciones. Para la gran mayoría de los usuarios de servicios de navegación y de indicación de la obra, la posición del usuario debe expresarse en coordenadas fijadas en la Tierra y la información del tiempo correspondiente se expresa en UTC. Algunas aplicaciones especializadas, tales como la astronomía, pueden necesitar un acceso al tiempo universal.



Centro de control de Galileo en Fucino (Italia)



Centro de control de Galileo en Oberpfaffenhofen (Alemania)



Keystone/SPL/Andrew Brookes, National Physical Laboratory

Consecuencias de los segundos intercalares para Galileo

Las instalaciones de Galileo están sincronizadas con GST, que también se utiliza para indicar el tiempo de la mayoría de los datos de Galileo. Ahora bien, Galileo todavía utiliza UTC para indicar el tiempo cuando lo exigen formatos internacionales, por ejemplo datos de GPS Vista Común, o el formato de la UIT para datos TWSTFT.

La mayoría de los datos proporcionados a Galileo por instalaciones de servicios externos, tales como el proveedor de servicios horarios, el proveedor de servicios de referencia geodésicos y el proveedor de servicio de enlace de retorno, están marcados en el tiempo en UTC. Esas instalaciones de servicios externos también utilizan el UTC para sincronizar sus redes informáticas. Los operadores de

Galileo utilizan el UTC como tiempo de referencia para la planificación operacional y el registro de eventos.

Galileo está concebido para funcionar con segundos intercalares, y su aplicación está automatizada. No obstante, un nuevo segundo intercalar sigue precisando varias acciones humanas como por ejemplo: actualiza la configuración por defecto de todos los elementos del sistema que utilizan el protocolo de conversión UTC, comprobar que el segundo intercalar se aplica en todos los elementos del sistema, incluida la sincronización de elementos de equipo individuales con el UTC, y comprobación de que el segundo intercalar se aplica en el entorno del operador.

Estas acciones pueden entrañar errores humanos y poner en peligro la fiabilidad del sistema. Suprimir el segundo intercalar simplificaría las operaciones del sistema y

Reloj óptico de estroncio, con una trampa de iones (centro) que se utiliza para disponer de una referencia de frecuencia óptica. Se considera que el reloj óptico de estroncio es tres veces más preciso que cualquier otro aparato de medición del tiempo jamás concebido. Los relojes ópticos ofrecen ventajas potenciales para los sistemas mundiales de navegación por satélite.

las haría más robustas. Los segundos intercalares son indeseables en la operación de sistemas. Ahora bien, si se suprimieran los segundos intercalares, Galileo tendría que actualizar las interfaces correspondientes.

Sea cual sea el resultado con respecto al segundo intercalar, Galileo seguirá acatando las normas y recomendaciones internacionales.

GLONASS y el Tiempo Universal Coordinado

Igor V. Zheltonogov, D. Aronov y S. Sorokin,
Geysler-Telecom, Federación de Rusia

El objetivo del Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GLONASS) de la Federación de Rusia es prestar a un número ilimitado de usuarios marítimos y aéreos, entre otros, servicios de posicionamiento tridimensional con independencia de las condiciones meteorológicas, medición de la velocidad y temporización, en todos los rincones del planeta y en el espacio cercano a la Tierra.

GLONASS consta de tres componentes: una constelación de satélites (segmento espacial), instalaciones de control situadas en tierra (segmento de control) y equipos de usuario (segmento de usuario). La actual constelación GLONASS está compuesta por 29 satélites, de los cuales cuatro son de reserva y uno está en fase de prueba. El último lanzamiento tuvo lugar el 26 de abril de 2013.

El tiempo de GLONASS

Actualmente, el sistema GLONASS aplica la escala de tiempo con el segundo intercalar, conforme a las normas internacionales (Recomendación UIT-R TF.460-6).

La escala de tiempo de GLONASS se corrige periódicamente de manera simultánea con las inserciones de segundos intercalares del Tiempo Universal Coordinado (UTC), que se realizan tras la notificación del Servicio Internacional de Rotación Terrestre y del Servicio de Sistemas de Referencia (IERS).

Se avisa a los usuarios de GLONASS con antelación (por lo menos tres meses antes) de las correcciones previstas de segundo intercalar (incluido su valor y signo) a través de los correspondientes boletines, notificaciones, etc. Los mensajes de navegación por satélite de GLONASS no incluyen ningún dato acerca de la corrección de segundo intercalar de UTC.

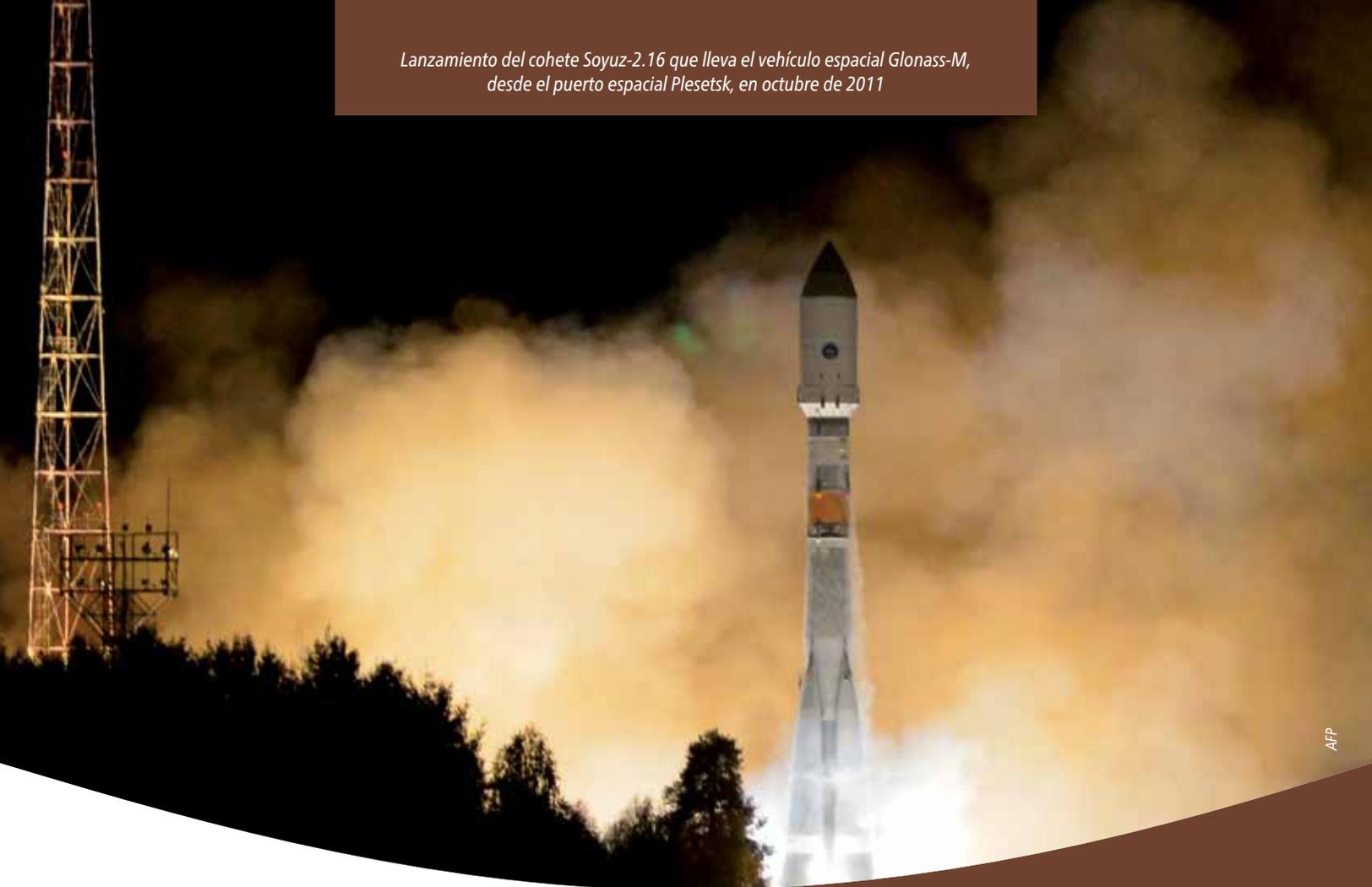
Normalmente, todos los usuarios de UTC realizan simultáneamente estas correcciones (± 1 segundo) una vez al año (o cada año y medio) a medianoche del 31 de diciembre al 1 de enero (o del 31 de marzo al 1 de abril o del 30 de junio al 1 de julio o del 30 de septiembre al 1 de octubre) a las 00 horas 00 minutos 00 segundos UTC.

Debido a las correcciones periódicas de segundo intercalar, no existe diferencia de segundo entero entre el Tiempo GLONASS y la escala de tiempo UTC (SU) mantenida por la Federación de Rusia. No obstante, existe una diferencia constante de tres horas entre las dos escalas de tiempo.

Consideraciones respecto al cambio de la escala de tiempo de GLONASS

En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2012 (CMR-12) se decidió que en la CMR-15 debe considerarse la redefinición del Tiempo Universal Coordinado (UTC) en el marco del punto 1.14 del orden del día.

Con arreglo a este punto del orden del día y de acuerdo con la Resolución 653 (CMR-12), el UIT-R está efectuando los estudios necesarios sobre la posibilidad de establecer una escala de tiempo de referencia continua para su difusión mediante sistemas de radiocomunicaciones. Asimismo, el UIT-R está estudiando las cuestiones relativas a la posible aplicación de una escala de tiempo de referencia continua (incluidos los factores técnicos y de funcionamiento). Basándose en



AFP

los estudios, se invita a la CMR-15 a "considerar la posibilidad de establecer una escala de tiempo de referencia continua, ya sea modificando el UTC o mediante otro método, y a tomar las medidas oportunas, teniendo en cuenta los estudios del UIT-R" (énfasis añadido).

En 30 años de funcionamiento del sistema GLONASS y de aplicaciones de la escala de tiempo con segundos intercalares conforme a las normas internacionales, se han adaptado una gran cantidad de equipos y programas informáticos a la inserción de segundos intercalares.

En muchos casos, por ejemplo en el de los receptores a bordo de vehículos espaciales, no se pueden actualizar los equipos durante su vida útil. Cabe destacar que la vida útil garantizada de un vehículo espacial es de más de 10 años, y el sistema GLONASS tendrá que mantener su escala de tiempo actual con segundos intercalares a fin de garantizar

la continuación del funcionamiento de los equipos.

Los receptores de navegación han alcanzado una gran difusión en el marco de la protección y el salvamento de vidas humanas, como, por ejemplo, el Sistema Internacional de Satélites para Búsqueda y Salvamento (COSPAS-SARSAT). El Reglamento de Radiocomunicaciones presta especial atención a dichas aplicaciones, y en la disposición del N° 4.10 afirma: "los Estados Miembros reconocen que la seguridad de la radionavegación y otros servicios de seguridad necesitan medidas especiales para garantizar que no sufren interferencia perjudicial, por lo que es necesario tener en cuenta este factor al asignar y utilizar las frecuencias". De este modo, se afirma que las decisiones de la CMR no deben tener consecuencias perjudiciales para los sistemas utilizados en el contexto de la protección y el salvamento de vidas humanas.

Si se tomara la decisión de adoptar una escala de tiempo continua en un futuro cercano y esta decisión se aplicara en el sistema GLONASS sin conservar la actual escala de tiempo (con el segundo intercalar), una gran cantidad de equipos y sus correspondientes sistemas proporcionarían información incorrecta sobre la navegación e incluso podrían dejar de funcionar por completo. En algunos casos (por ejemplo, en los sistemas de satélites, marítimos y de aviación), las consecuencias podrían ser desastrosas. Para evitarlo, los actuales receptores de navegación que utilizan la escala de tiempo de referencia con segundo intercalar tendrían que ser actualizados o reemplazados a fin de poder funcionar con la escala de tiempo continua. En muchos casos, esto conllevaría la actualización de todos los documentos técnicos aprobados y la realización de un ciclo completo de nuevas evaluaciones y certificaciones de los sistemas



APP

y equipos (por ejemplo, los vehículos espaciales y los vehículos de lanzamiento).

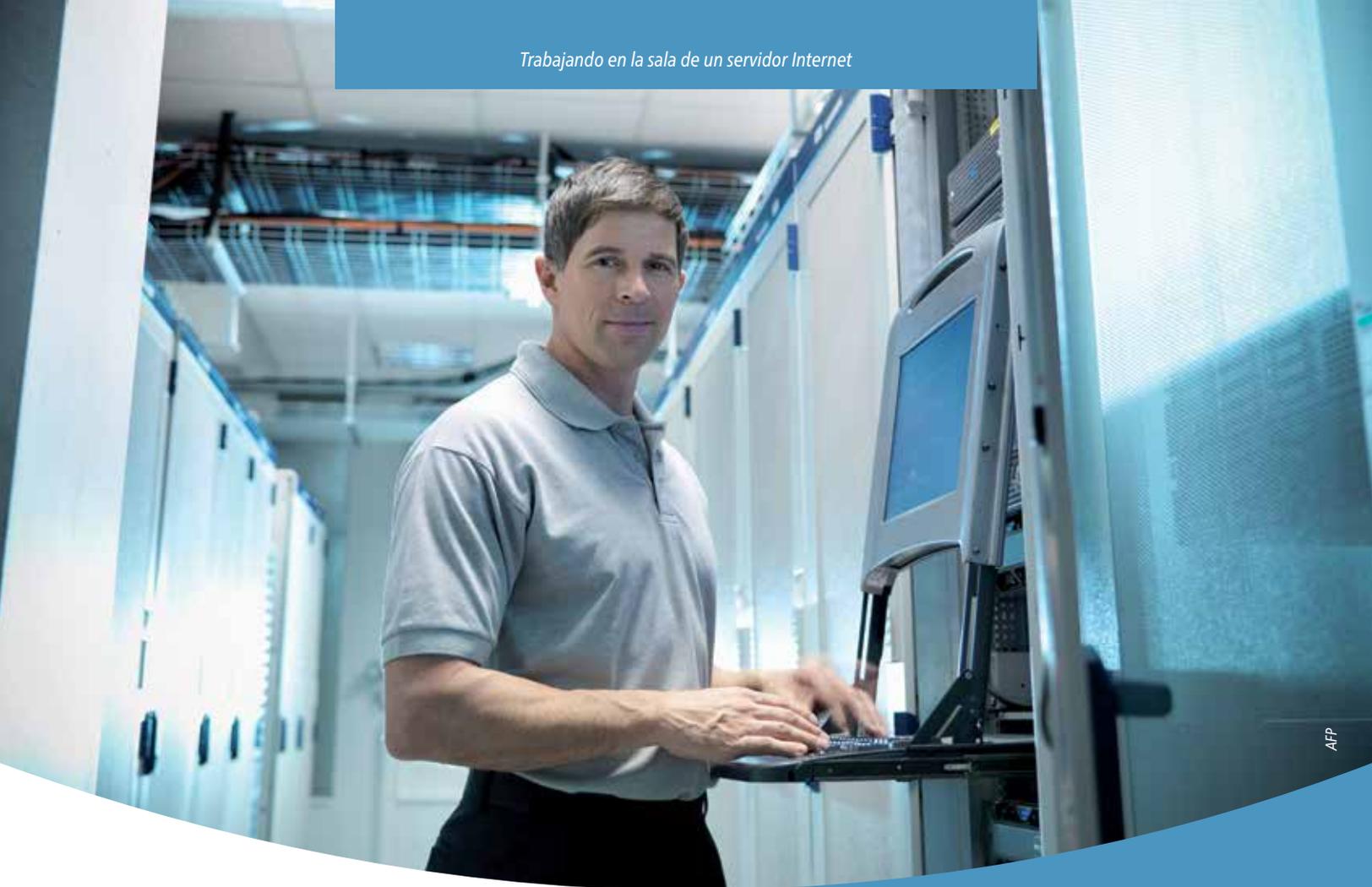
Debido al nivel de utilización de las aplicaciones de navegación del sistema GLONASS en los servicios marítimos, espaciales y de aviación, éste tendría grandes dificultades si no se conservara la actual escala de tiempo con un segundo intercalar.

Respecto al sistema GLONASS, la CMR-15 debe estudiar soluciones que garanticen la compatibilidad con versiones anteriores,

de modo que los equipos actuales puedan funcionar completamente sin necesidad de actualizaciones ni sustituciones. Podría considerarse la posibilidad de mantener la actual escala de tiempo UTC (con el segundo intercalar) sin modificaciones y comenzar a utilizar una escala de tiempo en igualdad de condiciones. Si se adoptara esta decisión, los sistemas podrían utilizar la actual escala de tiempo UTC para continuar funcionando sin sufrir modificaciones ni tener que afrontar

los costes asociados. Además, se evitarían los problemas derivados de la aplicación de correcciones de ajuste a una escala de tiempo continua.

Al mantener la actual escala de tiempo UTC en igualdad de condiciones con una nueva escala de tiempo continua, se podría aplicar en cada caso la escala de tiempo más adecuada para todos los sistemas particulares.



AFP

Impacto de los segundos intercalares en los servicios horarios digitales

Servidores horarios en Internet

Judah Levine, Time and Frequency Division, United States National Institute of Standards and Technology

El *National Institute of Standards and Technology* (NIST) explota 45 servidores horarios en Internet ubicados en Estados Unidos. Estos servidores comprenden las instalaciones informáticas utilizadas por las bolsas de valores y de productos básicos de Nueva York y Chicago. Los servidores están sincronizados con el Tiempo Universal Coordinado (UTC), como el NIST.

Formatos horarios

Los servidores del NIST responden a solicitudes de señales horarias en tres formatos diferentes: el protocolo de señales horarias de red (NTP), el formato DAYTIME y el formato TIME.

El NIST también explota dos servidores que sólo proporcionan mensajes horarios en formato NTP autenticados a los usuarios inscritos en el NIST. La autenticación se lleva a cabo añadiendo un valor de troceo a la respuesta. El valor de troceo se computa en el mensaje ordinario en combinación con una clave secreta, diferente para cada usuario. El algoritmo garantiza que el mensaje procede de un servidor horario del NIST y no ha sido modificado en tránsito. Este servicio es utilizado por instituciones comerciales y financieras extranjeras y nacionales.

El tiempo de un servidor del NIST se representa internamente como el número de segundos y fracciones de segundo del UTC transcurridos desde la época de referencia, a saber, 1970.0.

Los mensajes en NTP y en formato TIME representan el tiempo como el número de segundos del UTC (y fracciones de segundo para el NTP) transcurridos desde la época de referencia correspondiente, a saber, 1900.0. El formato DAYTIME representa la hora como una cadena de texto de forma hh:mm:ss, y las fracciones de segundo en un parámetro aparte.

Opciones para el consumidor

Los servidores horarios reciben conjuntamente unas 75.000 solicitudes por segundo (unos 6.500 millones al día). Aproximadamente 85% de esas solicitudes corresponden a señales horarias en el formato NTP y los 15% restantes se reparten por partes prácticamente iguales entre los formatos DAYTIME y TIME.

El intercambio de mensajes NTP comprende una medición del retardo de red y es potencialmente más preciso que los formatos DAYTIME y TIME, pero los tres formatos todavía son muy utilizados.

Nuestros esfuerzos por alentar a los usuarios del formato TIME a adoptar el formato NTP más preciso sólo han tenido un éxito limitado.

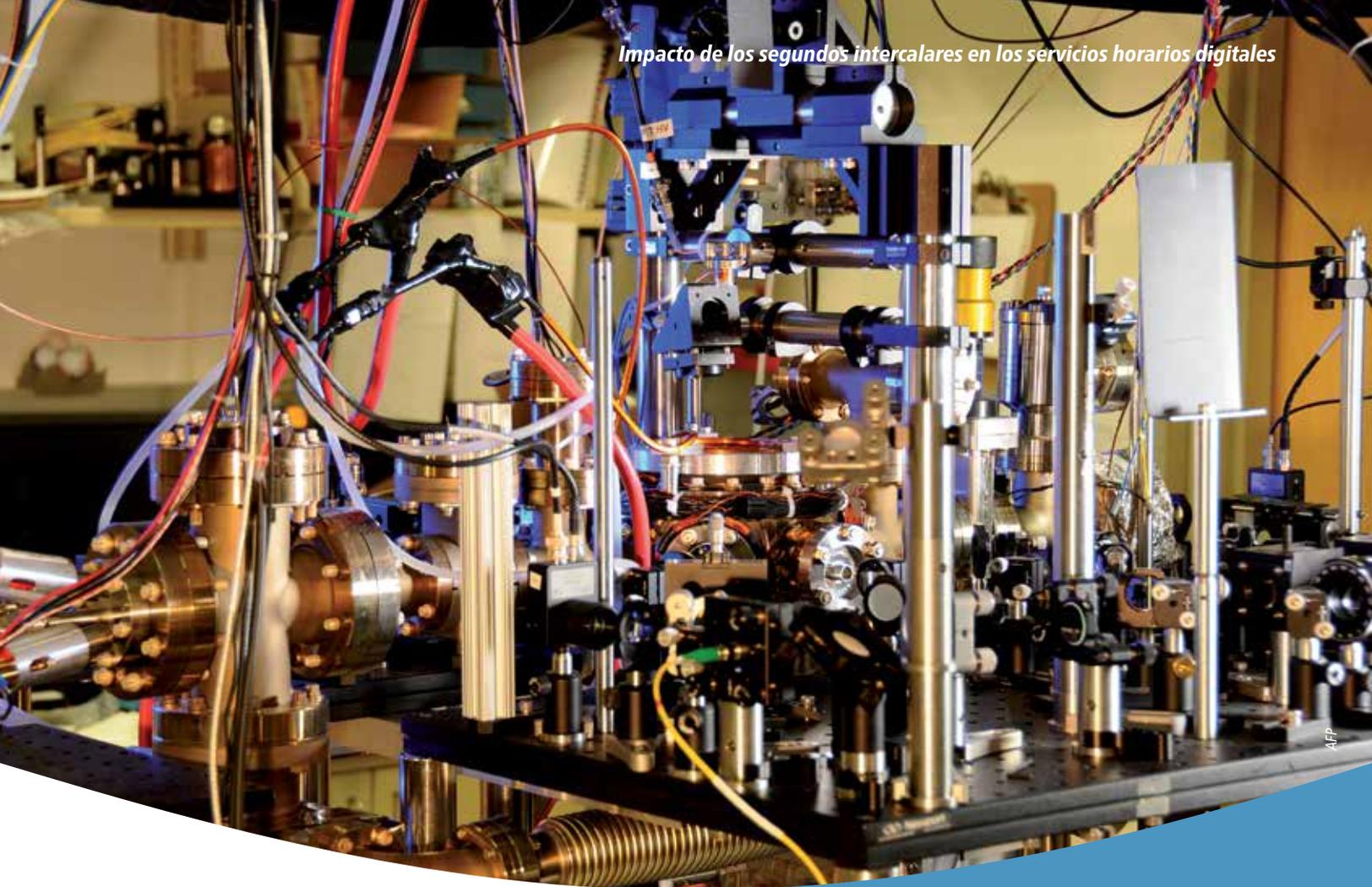
El problema del segundo intercalar

El formato binario utilizado para el tiempo interno del sistema y para los mensajes NTP y TIME no puede representar en la hora correcta durante un segundo intercalar positivo. Por consiguiente, un segundo intercalar positivo se representa repitiendo una segunda vez el valor binario correspondiente a 23:59:59.

La secuencia de valores de tiempo binarios durante un segundo intercalar es equivalente a valores de tiempo UTC de 23:59:58, 23:59:59 (primera vez), 23:59:59 (segunda vez), seguidos por 00:00:00 del día siguiente. El software interno del sistema puede distinguir entre los dos valores de tiempo idénticos de 23:59:59, pero en los formatos de mensaje NTP y TIME no está previsto transmitir esta información al usuario. Los servidores horarios del NIST recibirán aproximadamente 150.000 solicitudes durante el intervalo de 2 segundos en que el segundo entero corresponde a una hora UTC de 23:59:59; no es pues un problema insignificante.

La ambigüedad de una respuesta de tiempo con un segundo entero correspondiente a 23:59:59 tiene varias consecuencias importantes. La primera es que el orden cronológico de los eventos es ambiguo. Por ejemplo, una indicación horaria de 23:59:59.1 puede producirse antes y después de ser una indicación horaria de 23:59:59.5. Ambigüedades similares se producen con intervalos horarios medidos en un segundo intercalar. Estos intervalos breves desempeñan un papel importante en intercambios de alta frecuencia y adquisición de datos.

Otro método de aplicación de un segundo intercalar positivo (o negativo) consiste en amortizar el segundo suplementario en un intervalo de tiempo determinado aplicando un desplazamiento de frecuencia negativo (o positivo) al reloj del sistema. Esto garantiza que el tiempo de sistema será monótonico, pero los mensajes horarios transmitidos por ese tipo de sistema serán incorrectos durante el intervalo de amortización y diferirán de manera variable del tiempo UTC recibido de otras fuentes. Los intervalos de tiempo medidos durante el periodo de amortización también serán incorrectos por el mismo motivo. El intervalo de amortización no está especificado en ninguna norma. Esto da lugar a que este método se aplique de distintas maneras, lo que a su vez resulta en valores horarios que no corresponden unos a otros durante los distintos intervalos de amortización. Considero que este método plantea más problemas de los que soluciona. Los servidores del NIST no lo utilizan y no forma parte de la distribución NTP normalizada en www.ntp.org.



Estas consecuencias son mucho más significativas ahora que en 1972, cuando se introdujo el sistema de segundo intercalar. En primer lugar, las transacciones financieras informáticas automatizadas ya no se limitan al día de trabajo tradicional, y un segundo intercalar cerca de medianoche tiene las mismas consecuencias que un segundo intercalar a mediodía. En segundo lugar, la introducción del segundo intercalar, que está definida con respecto al UTC, puede producirse en pleno día de trabajo en gran parte de Asia y Australia, y esas regiones tienen una actividad económica muy superior a la que tenían en 1972. California y otros Estados de la parte occidental de Estados Unidos tienen el mismo problema.

Los formatos NTP y DAYTIME proporcionan una notificación anticipada de la introducción de un segundo intercalar. Lamentablemente, muchos sistemas de explotación comunes no analizan sintácticamente la

bandera. El formato TIME no puede proporcionar esa notificación anticipada. En todos estos casos, el reloj del sistema cliente tendrá un error de 1 segundo inmediatamente después del segundo intercalar. Este error de tiempo se mantendrá hasta que el sistema cliente pida el tiempo al servidor. Este "intervalo de interrogación" varía de un sistema a otro. Puede durar apenas 64 segundos o hasta varias horas. El intervalo de interrogación no está relacionado con ningún tiempo UTC específico, por el que un conjunto de sistemas puede tener relojes que discrepan unos con otros después de un segundo intercalar, aun si todos los sistemas tienen el mismo intervalo de interrogación nominal.

En el mejor de los casos, si el sistema cliente detecta el error de un segundo ajusta sencillamente su reloj con el valor positivo o negativo apropiado en un solo salto de tiempo. Ahora bien, los sistemas clientes que implementan un bucle de autorregulación

Reloj atómico ultra estable de retícula de iterbio en el National Institute of Standards and Technology (NIST), Estados Unidos. Los átomos de iterbio son generados en un horno (cilindro metálico a la izquierda) y enviados a una cámara de vacío (centro de la fotografía) para ser manipulados y rastreados por láser. El latido del reloj de iterbio se considera más estable que el de cualquier otro reloj atómico

digital para controlar el reloj de sistema suelen tener una respuesta más compleja ante un gran salto de tiempo, y el error de tiempo puede oscilar antes de alcanzar la hora correcta. En algunos casos, el bucle de autorregulación puede dejar de funcionar porque el sistema no está concebido para aceptar un error de tiempo mayor de 128 milisegundos. En otras implementaciones, el sistema trata un error de un segundo como un defecto de red, y trata de poner remedio a la situación

Time is money

Shutterstock

pidiendo el tiempo de nuevo. Es evidente que este proceso no funciona. En algunas implementaciones, estos problemas son tan graves que los operadores apagan sencillamente el sistema antes del segundo intercalar y lo reinician una vez pasada la época del segundo intercalar.

El tiempo es oro

Los problemas de ordenación de tiempo, de causalidad y la ambigüedad de los intervalos de tiempo a proximidades de un segundo intercalar no se pueden remediar fácilmente porque aparecen de manera fundamental a partir de la interacción de la representación binaria utilizada para indicaciones de tiempo y la ocurrencia de un segundo intercalar positivo. Durante una corrección de segundo intercalar, los servidores horarios

explotados por el NIST recibirán aproximadamente 150.000 solicitudes horarias cuando la hora transmitida por el servidor es 23:59:59, y esto afectará indudablemente al número creciente de transacciones financieras que deben estar sincronizadas al milisegundo.

Los problemas generados por la notificación anticipada de un futuro segundo intercalar y como los usuarios responden a la misma no son fundamentales. Pueden solucionarse abandonando el protocolo TIME, que no tiene notificación anticipada del segundo intercalar, y asegurando que una aplicación que utiliza los protocolos NTP o DAYTIME analiza sintácticamente las banderas de segundos intercalares que ya están presentes y actúa al respecto de manera apropiada.

A pesar de nuestros esfuerzos durante varios años, un número significativo de usuarios no han implementado esas propuestas.

Lo sabemos porque las banderas de segundos intercalares del NTP también se utilizan para indicar que el servidor no está sincronizado, y tenemos un gran número de usuarios que no reconocen el mensaje no sincronizado, utilizan las indicaciones de tiempo de todas maneras, y después se quejan de que han recibido una hora equivocada. Nuestros esfuerzos incesantes por suprimir el apoyo al protocolo TIME se han encontrado con una resistencia generalizada de la comunidad de usuarios.

En resumen, considero que mantener una diferencia inferior a un segundo entre el Tiempo Universal (UT1), una escala de tiempo astronómica definida por la relación de la Tierra y utilizada en la navegación celeste, y el UTC, no se merece las dificultades mencionadas en este artículo, y yo abogaré por suprimir los segundos intercalares.



Perspectiva británica del futuro del Tiempo Universal Coordinado

Peter Whibberley, Senior Research Scientist, Time and Frequency Group, National Physical Laboratory, Reino Unido

Desde hace más de 40 años, la actual escala de tiempos internacional de referencia, UTC, se ha ajustado ocasionalmente por pasos de un segundo, llamados segundos intercalares, para que siga correspondiendo estrechamente a la hora basada en la rotación de la Tierra. Durante los últimos 14 años, se han intercambiado argumentos en comisiones internacionales y, en particular, en el Grupo de Trabajo 7A del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R), acerca de la conveniencia de acabar con esos ajustes de segundos intercalares. A pesar del dilatado debate no se ha llegado a un consenso, y un intento de tomar una decisión en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2012 (CMR-12) condujo en cambio a que se solicitaran estudios adicionales.

En este artículo, el Sr. Whibberley resume los motivos por los cuales el Reino Unido ha mantenido sistemáticamente la posición de que la definición actual del Tiempo Universal Coordinado (UTC) con segundos intercalares es satisfactoria, y que las dificultades conocidas causadas por los segundos intercalares no justifican la supresión del estrecho vínculo entre las señales horarias civiles y la rotación de la Tierra. Todos los comentarios y declaraciones que figuran en el artículo son la interpretación del debate por el Sr. Whibberley, y no reflejan necesariamente sus opiniones personales o las del Gobierno del Reino Unido.

Señales horarias civiles

La importancia del UTC estriba en que es la base de las señales horarias civiles en la gran mayoría de los países del mundo. Es un compromiso que combina la estabilidad obtenida promediando un gran número de relojes atómicos en institutos de señales horarias del mundo entero con una realización del tiempo solar medio mantenido con esos ajustes de segundos intercalares. En el centro del debate está el desacuerdo sobre si sigue siendo necesario mantener un estrecho vínculo entre las señales horarias civiles y la hora terrestre.

El Gobierno del Reino Unido ha estudiado en varias ocasiones los argumentos a favor y en contra de la supresión de los segundos intercalares. Ha concluido cada vez que la definición actual del UTC con segundos intercalares es satisfactoria y que las dificultades conocidas causadas por esos segundos no justifican que se rompa el estrecho vínculo entre las señales horarias civiles y la rotación de la Tierra.

Debate en el Reino Unido sobre el futuro del UTC

La primera propuesta oficial de suprimir la inserción de segundos intercalares en el UTC se sometió al Grupo de Trabajo 7A del UIT-R en 2004.

Para fundamentar su decisión, el departamento responsable del Gobierno británico consultó a entidades y organismos oficiales interesados en señales horarias de precisión. Ninguna de esas autoridades señaló problemas significativos planteados por segundos intercalares, y algunas instituciones científicas señalaron que sus miembros eran firmemente partidarios de conservar los segundos

intercalares. Los resultados de esta consulta, junto con los datos compilados por el Grupo de Trabajo 7A del UIT-R, se presentaron al Ministro de Ciencias de la época, quien decidió que el Reino Unido debía oponerse a la propuesta de cambio. Consideraba que los problemas señalados causados por la aplicación de los segundos intercalares en el UTC eran insuficientes para justificar lo que se consideraba un cambio fundamental de las señales horarias civiles.

El Gobierno del Reino Unido ha seguido vigilando estrechamente los debates del UIT-R sobre el futuro de los segundos intercalares. En otras dos ocasiones, en 2008 y 2011, se entregó al Ministro responsable de asuntos científicos (una persona diferente en cada ocasión) un resumen actualizado del debate y las pruebas presentadas por ambas partes. En ambas ocasiones, el Ministro no quedó convencido por los argumentos en el sentido de suprimir los segundos intercalares en el UTC y decidió mantener la política de su antecesor.

Sería un error suponer que la principal consideración del Gobierno del Reino Unido es un deseo de conservar el nombre Tiempo Medio de Greenwich (*Greenwich Mean Time*, GMT), que se utiliza a menudo erróneamente en el Reino Unido para referirse al tiempo normalizado en lugar del término correcto, UTC. Si se suprimieran los segundos intercalares y el UTC pudiera apartarse del tiempo de rotación de la Tierra, habría que cambiar la legislación del Reino Unido para referirse explícitamente al UTC en lugar de GMT. El cambio exigiría efectivamente un cambio de la legislación, pero no sería difícil de aplicar, y cualquier publicidad negativa que pudiera provocar duraría probablemente poco tiempo. La falta de inquietud del Gobierno del

Reino Unido respecto de la posible pérdida del GMT queda ilustrada por su apoyo a propuestas que habrían desplazado al Reino Unido al mismo huso horario que los países de Europa central, una hora por delante del UTC en invierno, y dos horas por delante en verano. La pérdida consiguiente del nombre GMT para la hora civil del Reino Unido no es un factor significativo en el debate.

En el Reino Unido hay una inquietud particular sobre la falta de sensibilización del público sobre la separación que se producirán entre las señales horarias civiles y el tiempo astronómico si se suprimen los segundos intercalares. La impresión generalizada es que la hora del día está íntimamente vinculada con la rotación de la Tierra, y no se sabe hasta qué punto el público podría oponerse a la supresión de ese vínculo. El cambio propuesto podría considerarse como un intento de los tecnócratas de imponer un cambio innecesario e impopular, y sería realmente conveniente efectuar estudios sobre la reacción del público ante la propuesta.

Argumentos técnicos para suprimir los segundos intercalares

A pesar de que las deliberaciones detalladas que fundamentan las decisiones gubernamentales no se divulgan públicamente, se puede decir probablemente que la oposición del Gobierno del Reino Unido a la supresión de los segundos intercalares se debe en gran medida a que opina que las pruebas compiladas por el Grupo de Trabajo 7A del UIT-R sobre los problemas causados por los segundos intercalares son insuficientes para justificar lo que se considera un cambio fundamental de las señales horarias civiles.

Es indudable que cuando se aplica un ajuste de segundo intercalar al UTC, se generan costes de programación del segundo intercalar y algunos sistemas y equipos tienen dificultades para gestionarlo. Siempre que el Gobierno del Reino Unido ha estudiado la información disponible, ha llegado a la conclusión de que los efectos señalados son relativamente secundarios, y que en muchos casos se pueden reducir o suprimir mejorando los procedimientos de tratamiento de los segundos intercalares y aumentando la automatización para limitar los riesgos de errores humanos. También se expresó preocupación por el hecho de que la supresión de los segundos intercalares también pudiera plantear dificultades que todavía no se han evaluado completamente.

El segundo argumento que se adujo para suprimir los segundos intercalares es que su presencia en el UTC ha provocado una proliferación indeseable de escalas de tiempo diferentes no escalonadas tales como el tiempo del sistema mundial de determinación de posición (GPS). El Gobierno del Reino Unido no está convencido de que esta evolución sea motivo de gran inquietud. Estas escalas de tiempo adicionales sólo son para uso interno de sus respectivos sistemas, están basadas en el UTC y proporcionan señales horarias que se convierten a UTC antes de pasar a disposición de los usuarios.

Si se conservan, los segundos intercalares tenderán a volverse más frecuentes. No obstante, tomaría probablemente más de mil años para que el intervalo entre segundos intercalares se redujera a un mes, y el Gobierno del Reino Unido considera que queda muchísimo tiempo para seguir investigando las consecuencias a largo plazo antes de tomar una decisión.

Un nuevo nombre para el Tiempo Universal Coordinado sin segundos intercalares

Uno de los aspectos más candentes del debate se refiere a la conservación del nombre Tiempo Universal Coordinado si desaparecen los ajustes por segundos intercalares.

Se presentan varios argumentos a favor de un nuevo nombre. El UTC sin segundos intercalares sería una escala de tiempo puramente atómica, idéntica por naturaleza al Tiempo Atómico Internacional (TAI) existente y diferente de una escala de tiempo que difiere menos de un segundo del tiempo astronómico. Durante los últimos 80 años la expresión tiempo universal ha designado el tiempo solar



ATP

medio, y el cambio de nombre evitaría confusiones y ambigüedades si se suprimiera a ese vínculo.

El argumento según el cual la expresión Tiempo Universal Coordinado está tan profundamente arraigada en las legislaciones y normativas del mundo entero que los esfuerzos necesarios para cambiar el nombre no se justificarían, tiene poco peso en el Reino Unido, donde las leyes relativas a la hora civil tendrían que modificarse si se suprimieran los segundos intercalares, independientemente del nombre.

Alternativas a la supresión de los segundos intercalares

El avance del debate en el Grupo de Trabajo 7A del UIT-R ha conducido a una polarización entre dos únicas opciones: suprimir los segundos intercalares para convertir el UTC en una escala de tiempo no escalonada, o conservar el UTC en su forma actual. También se han presentado otras propuestas y la actual ampliación del debate podría permitir que esas alternativas se examinaran más detenidamente.

Un grupo de propuestas entraña el mantenimiento de algún tipo de escalones en el UTC, pero modificando su dimensión, frecuencia o programación para limitar sus

consecuencias. Entre otras cosas se proponen horas intercalares y minutos intercalares, o una acumulación de segundos intercalares a lo largo de un siglo. Todas esas ideas permitirían alcanzar el objetivo de conservar un vínculo entre el UTC y el tiempo astronómico. Ahora bien, todas tienen el considerable inconveniente de que habría que actualizar o sustituir todos los equipos y software utilizados en el mundo que necesitan un tiempo preciso, y los costes y esfuerzos correspondientes serían considerables. Un escalón más grande y menos frecuente también podría causar mayores perturbaciones y tener consecuencias más graves, y la opinión generalizada en el Reino Unido es que en la práctica resultaría imposible aplicar un escalón de más de un segundo en el UTC.

También se proponen otras soluciones que entrañan modificaciones del sistema actual. Por ejemplo, podría transmitirse una escala de tiempos no escalonada junto con el UTC en aplicaciones que no pueden tratar escalones de segundos intercalares, y sería viable si se pudieran desarrollar métodos suficientemente robustos para distinguir entre ambas escalas de tiempo. También podría convenir adoptar protocolos mejorados para tratar segundos intercalares y definir orientaciones más claras para los desarrolladores de sistemas de señales horarias. El Gobierno del Reino Unido es partidario de que

esos eventos alternativos se evalúen más detenidamente.

¿A qué viene tanta prisa?

El sistema actual de ajuste del UTC por medio de segundos intercalares se lleva utilizando 40 años, en los que se han aplicado 25 segundos intercalares, por lo que se dispone de un acervo de experiencia considerable en el tratamiento de segundos intercalares. Habida cuenta de que los procedimientos actuales de inserción de segundos intercalares podrían seguir siendo viables durante muchos decenios, no es necesario modificar el sistema actual a toda prisa. Sería muy difícil volver atrás si se efectuara un cambio mal calculado.

El Gobierno del Reino Unido ha estudiado tres veces y muy cuidadosamente los argumentos a favor de la supresión de los segundos intercalares, y siempre llegado a la conclusión de que no existe necesidad apremiante de cambiar el sistema actual. El UTC con segundos intercalares sigue estando estrechamente vinculado con la rotación de la Tierra, lo cual en el Reino Unido se considera un requisito importante de la escala de tiempos civil. Estudios adicionales y un debate más amplio son esenciales a fin de obtener el apoyo necesario en todo el mundo para cambiar cualquier cosa en el UTC.

■ **Importancia del segundo intercalar**

El sistema de referencia temporal en Japón

Koichi Shibata, Time Business Forum, Japón

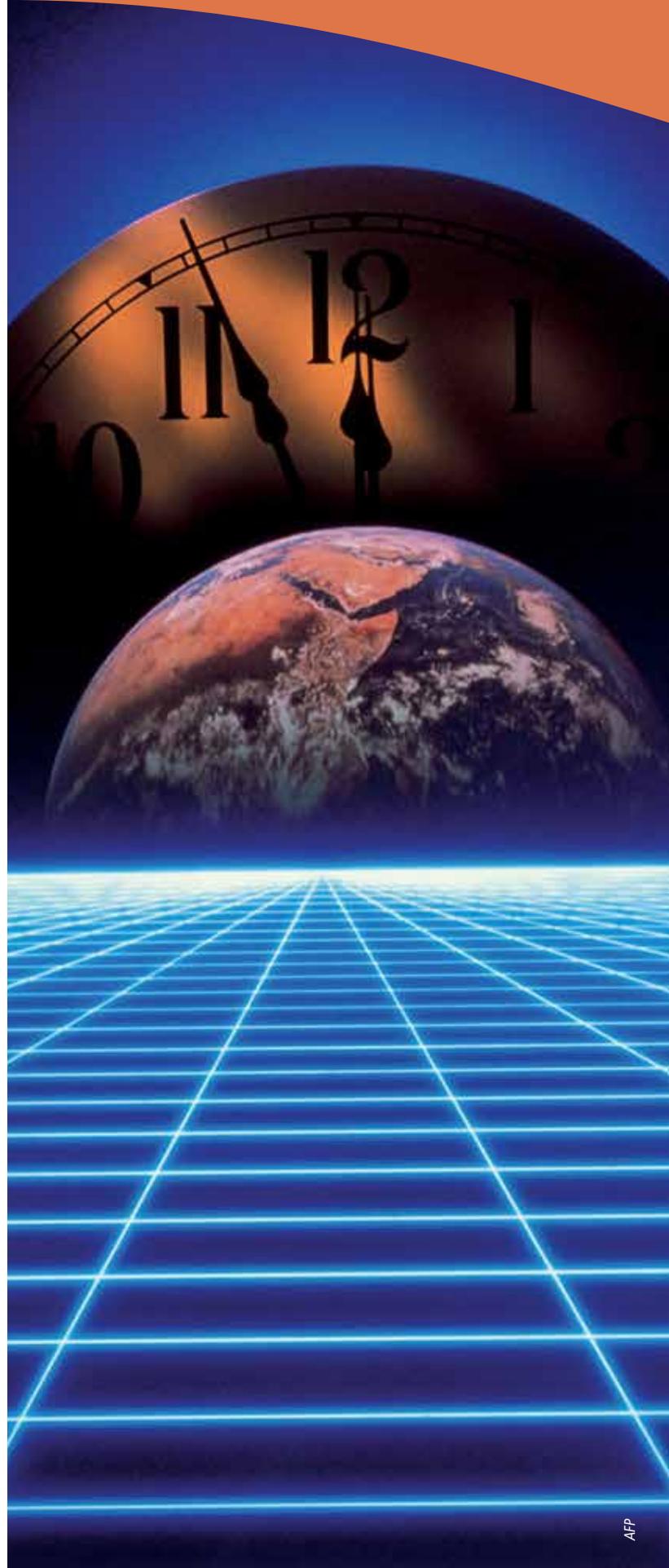
La integridad del tiempo es una parte esencial del mundo moderno. No sería exagerado afirmar que es el reloj que mantiene al mundo en movimiento.

Los sistemas informáticos tales como las computadoras personales o los teléfonos móviles son el soporte de la red de comunicación de la información que constituye la estructura subyacente de nuestras vidas cotidianas. Todos estos sistemas funcionan de manera sincronizada por medio de sus relojes internos.

En los últimos años, las tecnologías de red cada vez más sofisticadas han acelerado de manera espectacular la difusión de la información, y el almacenamiento digital de dicha información también se ha generalizado por resultar conveniente.

No obstante, a diferencia de los documentos impresos, la información digital puede copiarse y modificarse con gran facilidad, haciendo que resulte difícil distinguir el documento original de una copia manipulada.

Para contrarrestar esta situación, y aprovechando el hecho de que el tiempo es universal y no puede ser revertido, se ha desarrollado un sistema que incluye en el documento digital un sello temporal fácil de determinar, lo cual permite determinar con precisión cual es el documento original y distinguirlo de copias posteriores. Huelga decir que el sello temporal debe ser integrado por un tercero de confianza.



Fondo de neón con la sombra de la Tierra y de un reloj

En Japón se ha normalizado un sistema de este tipo. En 2005 se fijaron los criterios para el Programa de Acreditación Comercial del Tiempo (*Time Business Accreditation Programme*) que ha sido adoptado posteriormente por numerosas empresas japonesas. El sello temporal demuestra la integridad de los documentos digitales y se utiliza para compartir y almacenar información de manera segura en todas las redes.

El programa de acreditación de Japón ha implicado la creación de dos organismos, autorizados a prestar servicios distintos para el sistema y el marco de funcionamiento. Estos organismos son el Órgano de Sellos Temporales (*Time Stamping Authority*), que se encarga de distribuir sellos temporales, y el Órgano de Evaluación del Tiempo (*Time Assessment Authority*), que comprueba la etiqueta temporal en los sellos temporales a efectos de la precisión y la trazabilidad.

Con los sellos temporales, documentos tales como los derechos de autor, los históricos médicos, las firmas electrónicas o los registros de permisos e inspección pueden almacenarse electrónicamente de manera

segura. Esto resulta muy conveniente ya que con ello se evita los litigios y las medidas de denegación y se logra determinar la responsabilidad sin necesidad de documentos físicos. En este sentido, los sellos temporales se están convirtiendo en una herramienta valiosa para nuestra sociedad.

Lamentablemente, el sistema de sellos temporales de Japón se ha interrumpido en tres ocasiones en el pasado. Cada una de estas interrupciones se produjo cuando se realizaban ajustes al Tiempo Universal Coordinado a fin de incluir un segundo intercalar.

Con arreglo al Programa de Acreditación Comercial del Tiempo de Japón, un sello temporal debe ser preciso al segundo de su hora de almacenamiento. Este requisito resulta imposible con el segundo intercalar, al obligar al sistema a denegar la distribución de sellos temporales.

El Órgano de Sellos Temporales y el Órgano de Evaluación del Tiempo utilizan numerosos servidores sincronizados y relojes atómicos a fin de prestar sus servicios de control del tiempo con gran precisión. Con eventos esporádicos e instantáneos como

el segundo intercalar, los operadores deben ajustar todos los relojes. Todo error resulta inaceptable, ya que podría desembocar en la emisión de un sello temporal etiquetado erróneamente.

De los tres últimos ajustes de segundo intercalar, dos tuvieron lugar en el día de Año Nuevo (horario de Japón), y así no causaron problemas graves. El tercero —y más reciente— de los ajustes ocurrió el 30 de junio de 2012 que, por suerte, era un domingo en Japón, y el daño causado fue mínimo. No obstante, en cada una de estas ocasiones, los operadores tienen que suspender el servicio durante varias horas antes de que se produzca el ajuste de segundo intercalar para asegurarse de que todo el sistema esté sincronizado cuando se reanude el servicio.

En Japón, los sistemas se ajustan al segundo intercalar a las 9 de la mañana, justo la hora de inicio del horario comercial de las empresas. Debido a que un número creciente de empresas ha comenzado a utilizar el sistema de sellos temporales, el daño que podría producir una interrupción a gran escala en un día laborable normal sería catastrófico.

Le cuenta lo que ocurre en el mundo de las telecomunicaciones

Cada vez que hace una llamada telefónica, utiliza un móvil, emplea el Correo-e, ve la televisión o accede a Internet, se está beneficiando de la labor que entraña la misión de la UIT: Conectar al mundo



© vario images GmbH & Co.KG/Alamy



Philips



Stockxpert



Fotosearch

Anúnciese en Actualidades de la UIT y acceda al mercado global

Si desea información para anunciarse, diríjase a:
Unión Internacional de Telecomunicaciones
Actualidades de la UIT
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza
Tel.: +41 22 730 5234
Correo-e: itunews@itu.int
itunews.itu.int

Comprometida para conectar al mundo





Join us in

2013

to continue
the conversation
that matters

