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.

© International Telecommunication Union

الاتحاد الدولي للاتصالات

العدد 7 ■ سبتمبر 2013 ■ عدد خاص

أخبار الاتحاد

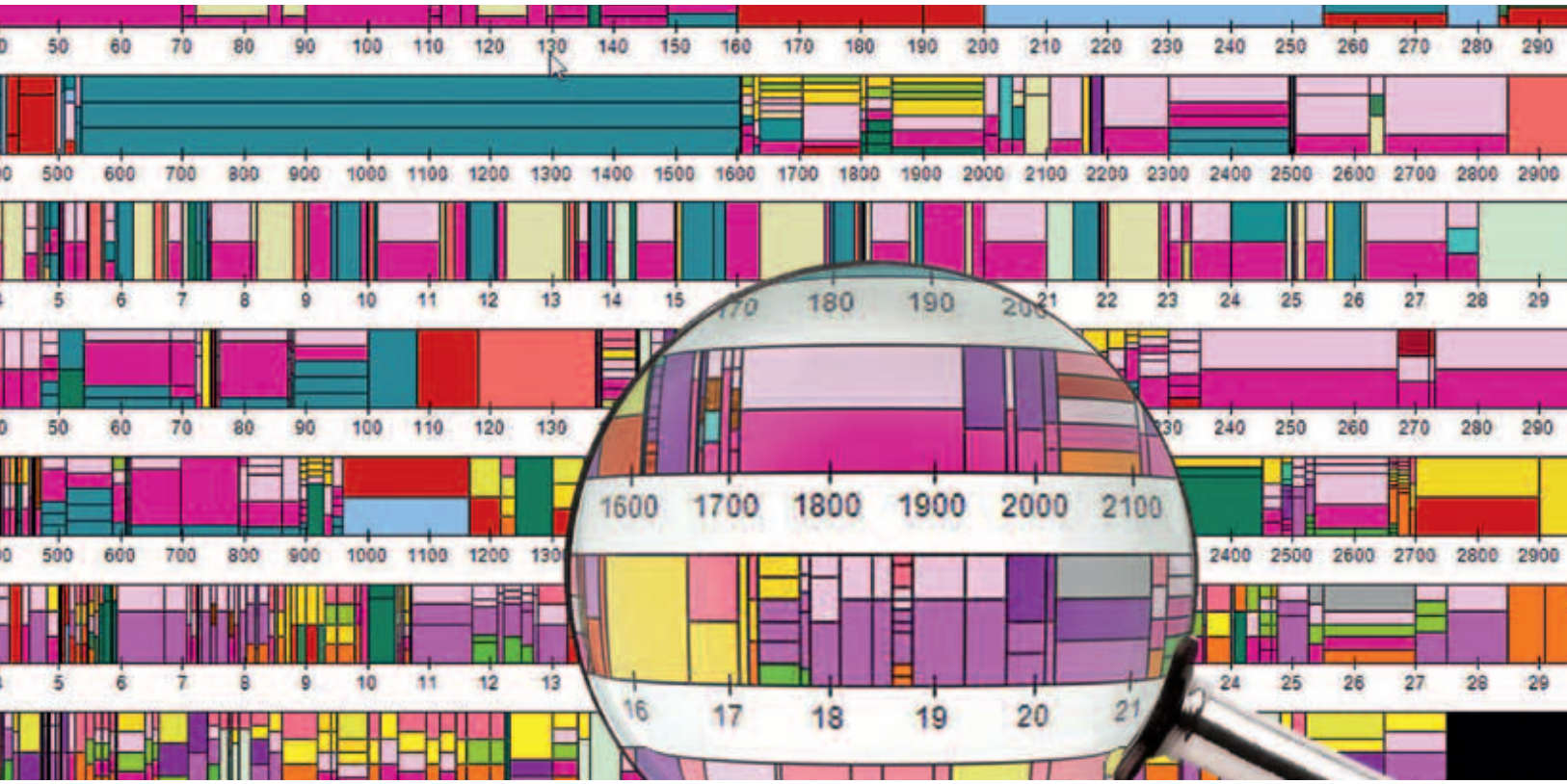
itunews.itu.int

مستقبل التوقيت

هل يتعين إلغاء الثانية الكبيسة
أم الإبقاء عليها؟

أنظمة الملاحة الساتلية
العالمية اليوم وغداً

Spectrum Inventory for greater Spectrum Efficiency



Tomorrow´s Communications Designed Today

System Solutions and Expertise for
Spectrum Management & Radio Monitoring
and Network Planning & Engineering.

LS telcom

www.LStelcom.com

ITU/P. Virot

ضبط التوقيت العالمي

الاتحاد الدولي للاتصالات يقود جهود التعاون الدولي

الدكتور حمدون إ. توريه
الأمين العام للاتحاد الدولي للاتصالات

ضبط التوقيت أمر جوهري في قيام المجتمع الحديث بوظيفته، ولذلك فمن الضروري وجود تنسيق على المستوى الدولي. ويعد التوقيت العالمي المنسق (المعروف بالمختصر الإنكليزي UTC) الأساس القانوني لضبط التوقيت بالنسبة لمعظم البلدان في العالم، كما أنه يمثل سلم التوقيت *الفعلي* في معظم البلدان الأخرى. وقد حدد تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات (ITU–R).

ويُوصي المعيار الحالي المنصوص عليه في التوصية ITU–R TF.460-6 الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بعنوان "إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت"، بتطبيق الثواني الكبيسة للإبقاء على التوقيت العالمي المنسق قريباً من التوقيت الدولي 1 (UT1) — وهو توقيت تناسبي مع زاوية دوران كوكب الأرض على محوره. وقد بدأ العمل بالثانية الكبيسة في 1972.

وبعد عدد من السنوات، أعربت بعض الإدارات عن قلقها إزاء تنفيذ الثانية الكبيسة، وتمت الموافقة على مسألة للدراسة في سنة 2000، تتناول مستقبل سلم التوقيت العالمي المنسق (UTC). وتوالى تقديم المقترحات منذ 2003 لمراجعة التوصية ITU–R TF.460-6 لتحقيق سلم توقيت متواصل. ونظراً لأن الآثار الأوسع للتغييرات التي يمكن إدخالها على تعريف التوقيت العالمي المنسق تتطلب إجراء دراسات إضافية تشارك فيها بشكل أوسع الدول الأعضاء في الاتحاد والمنظمات الخارجية، دعا المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام (WRC-12) 2012 إلى إجراء مزيد من الدراسات، بما يترتب على ذلك من تأجيل اتخاذ قرار حتى المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2015 (WRC-15).

كذلك طلب المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2012 (WRC-12) استرعاء انتباه المنظمات ذات الصلة إلى قراره رقم 653، بشأن مستقبل سلم التوقيت العالمي المنسق (UTC). وتماشياً مع هذا الطلب، أجريت مشاورات مع المنظمة البحرية الدولية، ومنظمة الطيران المدني الدولي، والمؤتمر العام للأوزان والمقاييس، واللجنة الاستشارية للتوقيت والترددات، والمكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM)، والخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية، والاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء، والاتحاد الدولي لعلم الراديو، والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي، والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية والاتحاد الفلكي الدولي.

ويسرني أن أوضح أن هذه المشاورات أسفرت عن تنظيم ورشة عمل بشأن مستقبل سلم التوقيت الدولي بالاشتراك بين الاتحاد الدولي للاتصالات والمكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM)، عُقِدت في 19-20 سبتمبر 2013 في جنيف.

وقد لاحظ المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2012 (WRC-12) أن الإدخال العرَضي للثواني الكبيسة قد يربك الأنظمة والتطبيقات التي تعتمد على التوقيت الدقيق. وطلبت بعض المنظمات المعنية بأنشطة الفضاء، وأنظمة الملاحة الساتلية العالمية، والأرصاد الجوية، والاتصالات، وتحقيق التزامن بين الشبكات وتوزيع الطاقة الكهربائية، سلم توقيت متواصل. ومع ذلك، فبالنسبة للأنظمة الأخرى المتخصصة والتوقيت اليومي المحلي، من اللازم وجود سلم توقيت محسوب على أساس دوران الأرض. كذلك، قد يكون لإدخال تغيير على سلم التوقيت المرجعي نتائج تشغيلية وبالتالي نتائج اقتصادية. والدراسات التي يجريها قطاع الاتصالات الراديوية تأخذ هذه الاعتبارات في الحسبان.

وسوف يناقش المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2015 (WRC-15) "إمكانية تحقيق سلم توقيت مرجعي متواصل، سواء عن طريق إدخال تعديلات على التوقيت العالمي المنسق (UTC) أو بأي طريقة أخرى، وسوف يتخذ الإجراء المناسب، مع مراعاة الدراسات التي يجريها قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد".

أما في الوقت الحاضر، فاسمحوا لي أن أشجع الدول الأعضاء على مواصلة المشاركة في دراساتنا عن طريق تقديم مساهمات إلى قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد.

صور الغلاف: *Getty Images, ESA/J. Huart, NASA, ROSCOSMOS and CNSA*

ISSN 1020–4148
itune ws.itu.int
10 أعداد سنوياً
حقوق التأليف والنشر: ITU 2013 ©

مديرة التحرير: باتريسيا لوسوبتي
المصمم الفني: كريستين فانولي
مساعدة التحرير: أنجيلا سميث
مساعدة التوزيع: ألبرت سبجارشاد
إعداد التصميمات: أشرف إسحق

طبع في جنيف، دائرة الطباعة والتوزيع في الاتحاد. يجوز استنساخ المواد من هذا المنشور كلياً أو جزئياً شرط أن يكون الاقتباس مشفوعاً بالإشارة إلى المصدر: أخبار الاتحاد الدولي للاتصالات.

تنويه: الآراء التي تم الإعراب عنها في هذا المنشور هي آراء المؤلفين ولا تُلزم الاتحاد الدولي للاتصالات. والتسميات المستخدمة وطريقة عرض المواد الواردة في هذا المنشور، بما في ذلك الخرائط، لا تعني الإعراب عن أي رأي على الإطلاق من جانب الاتحاد الدولي للاتصالات فيما يتعلق بالمركز القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة، أو فيما يتعلق بتحديدات تخومها أو حدودها. وذكر شركات بعينها أو منتجات معينة لا يعني أنها معتمدة أو موصى بها من جانب الاتحاد الدولي للاتصالات تفضيلاً لها على سواها مما يماثلها ولم يرد ذكره.

مكتب التحرير/معلومات الإعلان:
هاتف: +41 22 730 5234/6303
فاكس: +41 22 730 5935
بريد إلكتروني: itunews@itu.int

العنوان البريدي:
International Telecommunication Union
Place des Nations
CH–1211 Geneva 20 (Switzerland)

الاشتراكات:
هاتف: + 41 22 730 6303
فاكس: +41 22 730 5935
بريد إلكتروني: itunews@itu.int

مستقبل التوقيت

هل يتعين إلغاء الثانية الكبيسة أم الإبقاء عليها؟

1 المقال الافتتاحي

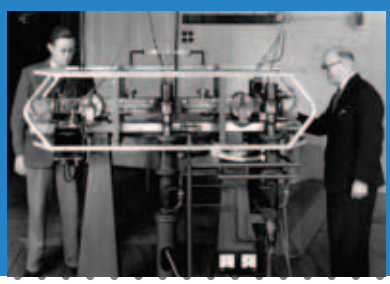
ضبط التوقيت العالمي
الاتحاد الدولي للاتصالات يقود جهود التعاون الدولي
الدكتور حمدون إ. توريه، الأمين العام للاتحاد الدولي للاتصالات

7 تمهيد

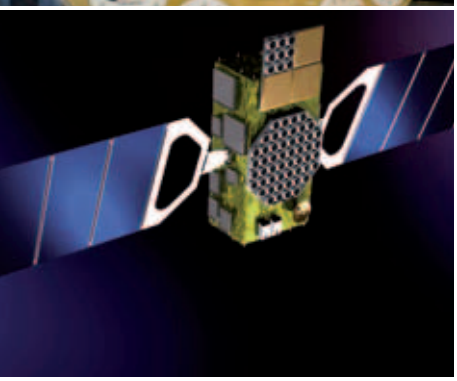
العصر الحديث – هل دخلت الثانية الكبيسة التاريخ؟
فرانسوا رانسي، مدير مكتب الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات

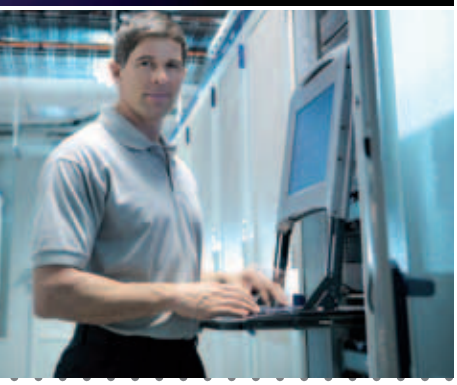
9 التوقيت العالمي المنسق – الماضي والمستقبل
رونالد بيرد، رئيس، فرقة العمل 7A التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات

13 سلالم التوقيت والمكتب الدولي للأوزان والمقاييس
إليزا فليشيتاس آرياس، دائرة التوقيت، المكتب الدولي للأوزان والمقاييس



المحتويات





17 **الثواني الكبيسة**

دور الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)

بريان لوزوم، رئيس، مجلس إدارة، الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)

22 **الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) والتوقيت العالمي المنسق**

التفكير تحت سماء زرقاء

ميزوهيكو هوسوكاوا، رئيس اللجنة 31 المعنية بالتوقيت التابعة للاتحاد الفلكي الدولي، المعهد الوطني لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات باليابان

25 **علوم الأرض وسلالم التوقيت الدولية**

حالة المناقشات في الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء

كلود بوشيه، يمثل الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء لجنة استشارية لشؤون التوقيت والترددات

المحتويات

28 ***ما أهمية التسمية؟***

مناقشة لمصطلح التوقيت العالمي المنسَّق

دافيد فينكلمان، كبير العلماء، مركز المعايير الفضائية والابتكار الفضائي، كولورادو، الولايات المتحدة؛ وكارا واربيرتون، مرشحة لدكتوراة الفلسفة، جامعة مدينة هونغ كونغ

33 ***الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS) وتوقيتات نظامها***

و. ليواندوفسكي، المكتب الدولي للموازين والمقاييس

36 ***ملحمة الفضاء***

سلالم التوقيت وأنظمة الملاحة الساتلية العالمية (GNSS)

هان تشونهاو، مركز بيجين للملاحة الساتلية

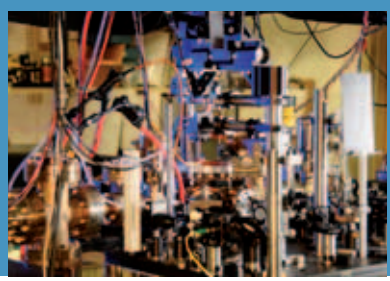
40 ***جاليليو والثواني الكبيسة في التوقيت العالمي المنسق***

جورج هاهن، (ESA/ESTEC)، المدير الهندسي لنظام جاليليو

مستقبل التوقيت

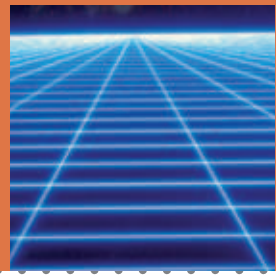
44 **النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي والتوقيت العالمي المنسق**
إيجور ف. زيلتونوف، د. أرونوف، س. سوروكين، وجيستر – اتصالات الاتحاد الروسي

47 **أثر الثواني الكبيسة على خدمات التوقيت الرقمي**
مخدِّمات توقيت الإنترنت
جوداه ليفين، شعبة الوقت والتردد، المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا في الولايات المتحدة



51 **منظور بريطاني لمستقبل التوقيت العالمي المنسَّق**
بيتر ويبرلي، كبير العلماء الباحثين، مجموعة التوقيت والتردد، مختبر الفيزياء الوطني، المملكة المتحدة

55 **أثر الثانية الكبيسة**
نظام ختم التوقيت المطبق في اليابان
كواتشي شيباتا، منتدى التوقيت، اليابان



AFP

O TEMPORA! O MORES!

يا لها من أيام! ويا لها من عادات!

شيشرو

ITU/P. Virot

فرانسوا رانسي

تمهيد

العصر الحديث – هل دخلت الثانية الكبيسة التاريخ؟

فرانسوا رانسي، مدير مكتب الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات

يُستعمل سلم التوقيت الدولي، والتوقيت العالمي المنسق (UTC)، حسب تعريف الاتحاد الدولي للاتصالات، في أنحاء العالم وتعمل أنظمة الاتصالات الراديوية على نشره. والتوصية التي أصدرها قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد (ITU–R TF.460–6) بعنوان "إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت" مضمنة بالإحالة إليها في لوائح الراديو، وتتضمن تعريفاً رسمياً للتوقيت العالمي المنسق (UTC).

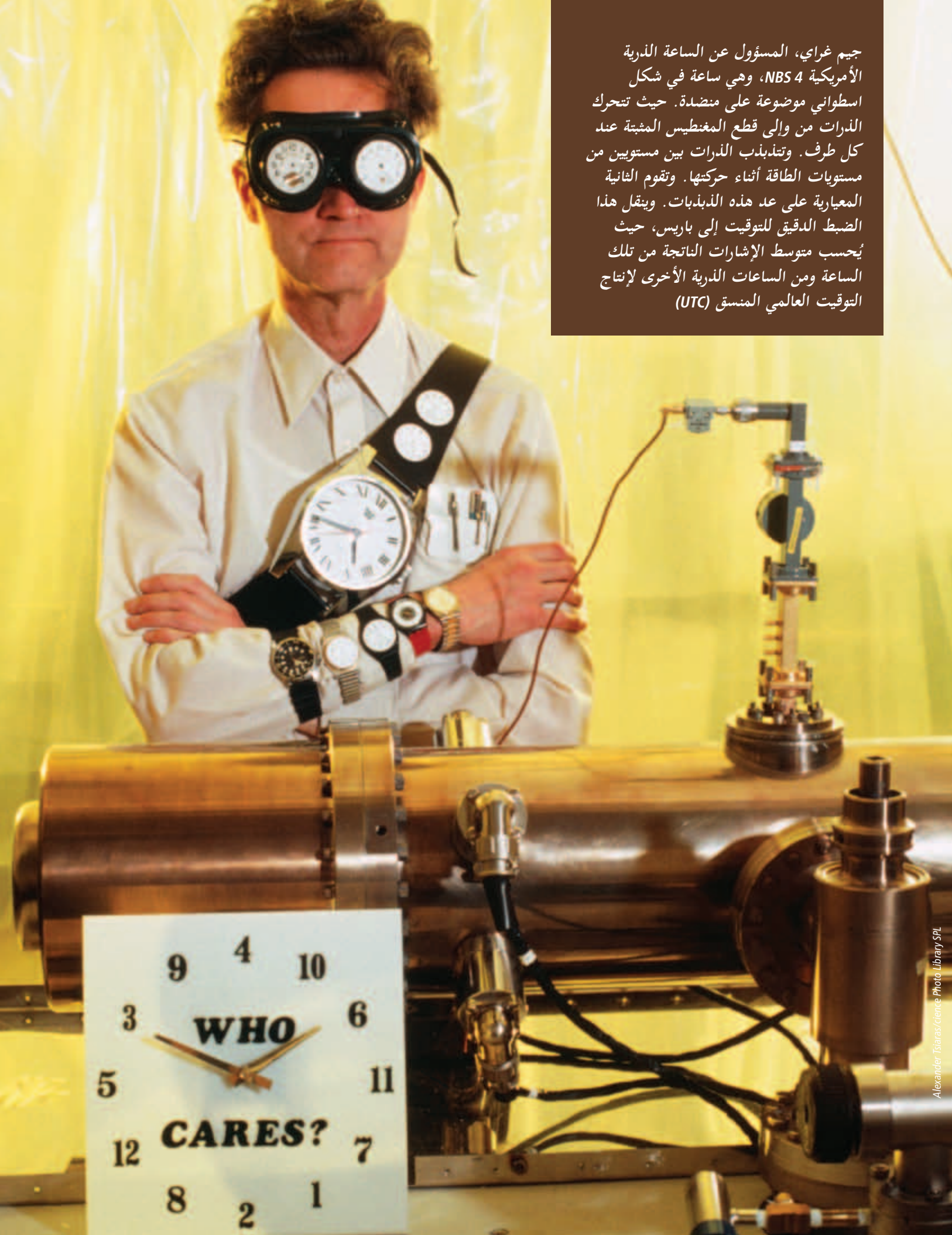
ويُستعمل التوقيت العالمي المنسق (UTC) في الوقت الحاضر في العديد من الأغراض المختلفة، ابتداءً من الدقائق التي يحتاجها الجمهور العام للتقيد بالجداول الزمنية، إلى النانو ثواني المتزامنة المطلوبة في أكثر التطبيقات إلحاحاً كالملاحة من خلال الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية – مثل النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS)، والنظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي (GLONASS) وغيرهما من الأنظمة القائمة بما في ذلك نظام جاليليو الأوروبي ونظام BeiDou الصيني.

وقد تم تطوير العديد من الأنظمة التي تستعمل التوقيت العالمي المنسق (UTC)خلال السنوات الأربعين الماضية منذ إدخال الثانية الكبيسة (1972)، وتُعد بعض هذه الأنظمة – مثل خدمات البحث والإنقاذ – شديدة الأهمية بالنسبة لحياة الإنسان. ولذلك، قيل إن التعريف الحالي للتوقيت العالمي المنسق (UTC) ينبغي الإبقاء عليه لأن هذه الأنظمة يمكن أن تواصل عملها كما يحدث الآن. ومن النقاط الأخرى التي أثيرت أنه في حالة الكف عن استعمال الثواني الكبيسة، سوف ينحرف سلم التوقيت العالمي المنسق عن توقيت دوران الأرض. وبمعزل عن الفهم المباشر إلى الفهم المشترك للزمن من جانب المجتمع ككل، قد تكون هناك صعوبات تقنية بالنسبة لتطبيقات معينة، بما في ذلك بعض التطبيقات المستعملة في عِلم الفلك.

وفي المقابل، ترددت حجج عديدة تدعو إلى اتباع سلم توقيت مرجعي متواصل، تُلغى فيه الثواني الكبيسة. ومن بين هذه الحجج أن إدخال الثواني الكبيسة عملية مكلفة وتقلل من إمكانية الاعتماد على الأنظمة التي تعتمد على التوقيت. ويؤدي الاختبار المسبق للمعدات وكذلك تصحيح المشكلات التي لا مفر من وقوعها بعد ذلك إلى تحمل أعباء ضخمة من حيث الأفراد والمعدات. وعلاوة على ذلك، فإن وقف جميع الساعات في العالم لمدة ثانية من أجل استيعاب ثانية كبيسة يؤدي إلى ثغرة غامضة، ترتبك خلالها العمليات المعتادة مثل استعمال ختم التوقيت الدقيق. كذلك، فإن طبيعة إدخال الثانية الكبيسة التي تتم من حين إلى آخر من المرجح أن تتسبب في مشكلات تكنولوجية لا يُستهان بها بالنسبة للبنية التحتية الدولية في السنوات المقبلة.

ويُجري قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات (ITU–R) دراسات بشأن إمكانية تطبيق سلم زمني مرجعي متواصل لنشر أنظمة الاتصالات الراديوية. وكجزء من الجهود التحضيرية للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية في 2015 (WRC-15)، نظَّم الاتحاد الدولي للاتصالات والمكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM) يومي 19-20 سبتمبر 2013، ورشة عمل خاصة في جنيف، تخللها تقديم معلومات إلى جميع الجهات صاحبة المصلحة وإثارة الوعي بالقضايا الرئيسية ووجهات النظر المختلفة.

وإننا ممتنون لمن شاركوا في كتابة المقالات التي نُشرت في هذا العدد الخاص من مجلة أخبار الاتحاد الدولي للاتصالات لتقاسم خبراتهم ووجهات نظرهم معنا. إن معارفهم المشتركة توفر مورداً تاريخياً ومرجعاً بالنسبة لعلم ضبط التوقيت يُثري ويغذي الحوار الجاري بشأن مستقبل التوقيت، وما إذا كان من المناسب إلغاء نظام الثانية الكبيسة.



جيم غراي، المسؤول عن الساعة الذرية الأمريكية NBS 4، وهي ساعة في شكل اسطواني موضوعة على منضدة. حيث تتحرك الذرات من وإلى قطع المغنطيس المثبتة عند كل طرف. وتتذبذب الذرات بين مستويين من مستويات الطاقة أثناء حركتها. وتقوم الثانية المعيارية على عد هذه الذبذبات. وينقل هذا الضبط الدقيق للتوقيت إلى باريس، حيث يُحسب متوسط الإشارات الناتجة من تلك الساعة ومن الساعات الذرية الأخرى لإنتاج التوقيت العالمي المنسق (UTC)

Alexander Tsiaras/cience Photo Library SPL

GettyImages

التوقيت العالمي المنسق – الماضي والمستقبل

رونالد بيرد، رئيس، فرقة العمل 7A التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات

حتى منتصف الستينات من القرن العشرين، كان دوران الأرض هو الأساس لتحديد طولة النهار وتعريف سلالم التوقيت. بيد أن دوران الأرض غير منتظم مما يؤدي إلى صيغ متزايدة التعقيد من سلالم التوقيت المرتبطة بذلك الدوران – بما في ذلك توقيت غرينتش قصير الأجل – الذي سيُنشأ في محاولة لإنتاج سلم توقيت موحد. وأخيراً، فإن البحث عن سلم توقيت موحد أدى إلى تغيير من توقيت دوران الأرض إلى سلالم توقيت ذرية.

وقد أدخِل التوقيت الذري الدولي (TAI) كسلم توقيت مرجعي متواصل في سبعينات القرن العشرين. وهو يقوم على قراءات الساعات الذرية، كما أنه لا يتأثر بعدم انتظام دوران الأرض. ومع ذلك، فلأغراض الملاحة الفلكية، فإن المستعملين الذين يحتاجون إلى تحديد زاوية دوران الأرض ما زالوا في حاجة إلى النفاذ إلى سلم توقيت متصل بالتوقيت الدوراني، بدرجة عدم يقين تصل إلى أقل من ثانية. وقد أدى ذلك في 1971 إلى تبني نظام التوقيت العالمي المنسق (UTC) الحالي. والتوقيت العالمي المنسق (UTC) سلم توقيت ذري حدده قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات (ITU–R)، الذي كان يعرف من قبل باسم اللجنة الاستشارية الدولية للراديو (CCIR)، في التوصية ITU–R TF.460.

وتُعرف الخطوات بأنها ثواني كبيسة، وقد أدخِلت في نظام التوقيت العالمي المنسق (UTC) للتوفيق بين التوقيت الذري المرجعي الموحد، والتوقيت الذري الدولي (TAI)، والتوقيت الدوراني. ويقتصر الحد الأقصى للفرق بين التوقيت العالمي المنسق (UTC) والتوقيت الذري الدولي (TAI) على أكثر أو أقل من 0,9 من الثانية.

مسار الطبيعة المتغير

التوقيت الشمسي الظاهري، كما توضحه الساعة الشمسية أو كما يتم تحديده بمزيد من الدقة عن طريق قياس ارتفاع الشمس، توقيت محلي يتم تحديده عن طريق حركة الشمس اليومية الفعلية. ومع ذلك، فنظراً لميل الأرض عن محورها والشكل البيضاوي لمدار الأرض، لا تعد الفترة الزمنية بين مرورين متتابعين للشمس فوق مدار معين ثابتةً.

ويُسمى الفرق بين وسط التوقيت الشمسي والتوقيت الشمسي الظاهري معادلة التوقيت، ويمكن أن يصل الاختلاف بين التوقيت الظاهر ووسط التوقيت عند الظهيرة إلى 16,5 دقيقة. وحتى بداية القرن التاسع عشر، كان الرحالة يعتمدون على التوقيت الشمسي الظاهري، مستعينين في ذلك بجداول فلكية تحدد المواقع المحسوبة للأجرام السماوية في أوقات منتظمة طوال الفترة. ومع ذلك، فمع تحسن الساعات، واستعمالها بواسطة السفن في عرض البحر ومع اتساع شبكات السكك الحديدية — حل وسط التوقيت الشمسي بالتدريج محل التوقيت الشمسي الظاهري.

ووسط التوقيت الشمسي مقياس للتوقيت الفلكي يتم تحديده بدوران الأرض حول الشمس، ويأخذ في الاعتبار حركة الأرض في مدارها حول الشمس. وعند الإشارة إلى مدار غرينتش يقال توقيت وسط غرينتش (GMT)، ولكنه يُعرف الآن بالمتوسط العالمي (UT)، وعند تعديل هذا التوقيت للدلالة على الحركة القطبية للأرض، يُعرف هذا التوقيت بالتوقيت العالمي (UT1).

ويوصف متوسط اليوم الشمسي عادة بأنه الفترة الزمنية الفاصلة بين مرورين متتاليين للمتوسط الشمسي الافتراضي فوق مدار معين. وتاريخياً، حُسِبت وحدة التوقيت، وهي الثانية، على أنها تساوي 1/400 86 من متوسط النهار الشمسي. وقد حل التوقيت المجدول (ET) محل التوقيت العالمي (UT1) كمتغير مستقل للجداول الزمنية الفلكية في 1960. وبدوره، حلت محل ذلك سلالم توقيت تناسبية في 1984 وأسفر ذلك عن التوقيت الأرضي (TT) الحالي كسلم توقيت مركزه الأرض لإدراجه في الجداول الزمنية.

تخطي الملاحة الفلكية

منذ أواخر ثمانينات القرن العشرين، تخطت الملاحة الإلكترونية وأنظمة الاتصالات الملاحة الفلكية بدرجة كبيرة. ولكي تقوم هذه الأنظمة العالمية بدورها، فإنها تتطلب توقيتاً مرجعياً متواصلاً، وقد أنشئ العديد من سلالم التوقيت المتواصلة للاستعمال الداخلي تحقيقاً لهذ الغرض.

وقد تبين أن سلالم التوقيت المتواصلة الداخلية نموذجية أيضاً لإجراء المقارنات بين مراكز التوقيت الدقيق، وكذلك للتطبيقات التوقيت الدقيقة ونشر التوقيت الدقيق عموماً. وتتناقض سهولة استعمال أنظمة التوقيت المتواصلة مع تعقيد التعامل مع سلالم التوقيت العالمية المنسقة القائمة على ثواني كبيسة. والمعروف أن تطبيق الثواني الكبيسة يتسبب في صعوبات لمختلف الشبكات التي تستخدم التوقيت الدقيق، سواء كان التوزيع محلياً أو دولياً.

وتُستخدم توقيتات الأنظمة الخاصة هذه الناشئة من سلالم التوقيت المتواصلة الداخلية في الوقت الحاضر كمرجع لتطبيقات كثيرة مثل الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية — لتلافي استعمال سلالم التوقيت للتوقيت الدولي المنسق (UTC) غير المتواصلة. وقد أدى ذلك لسوء الحظ إلى تكاثر سلالم التوقيت "الزائفة" مما يشكك في التعريف الحالي للتوقيت الدولي المنسق (UTC).

التوقيت المعياري وإشارات الترددات

شكّلت لجنة الدراسات 7 بِشأن "الخدمات العلمية" التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات الفريق العامل 7A للتعامل مع "إشارات التوقيت والانبعاثات المعيارية للترددات". وبالتالي، يعد الفريق العامل 7A مسؤولاً عن خدمات إشارات التوقيت والخدمات المعيارية للترددات (STFS)، الأرضية منها والساتلية. ويشمل مجال الفريق العامل نشر خدمات إشارات التوقيت والخدمات المعيارية للترددات، واستقبالها وتبادلها، وتنسيق هذه الخدمات، بما في ذلك التقنيات الساتلية، على اتساع العالم أجمع.

ويضع الفريق العامل 7A التابع لقطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات بعض المسائل ويوالي دراستها، مثل التوصيات الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية في سلسلة TF، والتقارير، والآراء، والكتيبات المتصلة بالتوقيت المعياري وأنشطة إشارات التردد، التي تغطي أساسيات توليد خدمات إشارات التوقيت والخدمات المعيارية للترددات (STFS)، والقياسات وتجهيز البيانات. وتعد التوصيات ذات الصلة الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد مهمةً لإدارات الاتصالات وصناعة الاتصالات، كما أن لها نتائج رئيسية بالنسبة للمجالات

Keystone/SPL/Victor de Schwanberg

ساعة فلكية في براغ بالجمهورية التشيكية، ترجع إلى سنة 1410. وتعرض هذه الساعة ثلاث مجموعات مختلفة من التوقيت توقيت وسط أوروبا، وتوقيت بوهيميا، وتوقيت بابل – وتحدد موقع الشمس والكواكب حول الأرض بالشكل الذي رآه الفلكيون في العصور الوسطى

الأخرى، مثل الملاحة الراديوية، وتوليد الطاقة الكهربائية، وتكنولوجيا الفضاء، والأنشطة العلمية وأنشطة الأرصاد الجوية. وتغطي هذه الأنشطة الموضوعات التالية: انبعاثات SFTS الأرضية، بما في ذلك الانبعاثات عالية التردد، والانبعاثات التي تكون الترددات فيها عالية جداً، والانبعاثات التي تكون الترددات فيها شديدة الارتفاع، بما في ذلك البث التلفزيوني؛ ووصلات المايكروويف؛ والكبلات متحدة المحور والكبلات البصرية؛ وانبعاثات الخدمات المعيارية للترددات (SFTS) القائمة على الفضاء؛ بما في ذلك السواتل الملاحية، وسواتل الاتصالات؛ وسواتل الأرصاد الجوية، وتكنولوجيا التوقيت والترددات، بما في ذلك معايير وساعات التردد، وأنظمة القياس، وخصائص الأداء، وسلامة التوقيت، والشفرات الزمنية.

تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC)

من المعايير الرئيسية التي عُنى بها الفريق العامل 7A تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) في التوصية ITU–R TF.460. وهذا يعطي الاتحاد الدولي للاتصالات – كواحدة من المنظمات الدولية الضالعة في نشر وتنسيق خدمات التوقيت والترددات، وفي وضع المعايير – دوراً رئيسياً في تعريف وتحديد وصيانة التوقيت العالمي المنسق (UTC).

وتعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) أكثر من مجرد بيان بسيط، بل هو عملية شاملة لإدماج التوصيات في عدد كبير من المعايير والتطبيقات في مجتمعي الاتصالات والملاحة.

وعلى الرغم من أن التوقيت العالمي المنسق (UTC) لم يكن الغرض الرئيسي منه أن يكون معياراً للتوقيت المدني، فقد أعتُمِد كأساس للتوقيت الرسمي أو القانوني في معظم العالم، وكتوقيت مرجعي معياري وأساس للمناطق الزمنية.

وتُحسب القيمة الفعلية للتوقيت الدولي المنسق (UTC) في المكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM) من نحو 420 ساعة ذرية تعمل في نحو 70 مختبر لمعايير التوقيت في أنحاء العالم. ويقوم التوقيت العالمي المنسق (UTC) على النظام الدولي للوحدات (SI) وهو الثانية، مع إضافة ساعات عالية الدقة في المراكز في أنحاء العالم كمصادر للبيانات اللازمة لحساب التوقيت العالمي المنسق (UTC) لضمان أن يكون الانحراف عن التوقيت الموحد المثالي المحسوب في عدة ملايين من السنوات نحو ثانية واحدة.

والتوقيت العالمي المنسق (UTC) هو التوقيت الوحيد الذي يتحقق عن طريق عمليات تقريب محلية تجري في مراكز التوقيت المسماة UTC(k)، حيث k تشير إلى التسميات التي تضعها مراكز أو مختبرات التوقيت. وتُستخدم UTC(k) في توزيع إشارات التوقيت على مستعملي التوقيت الدقيق وعلى من هم في حاجة إلى معرفة التوقيت الحالي أو قيم التوقيت الحقيقي. والتوقيت الذري

الدولي هو مرجع الأرصاد الجوية المستخدم كأساس لحساب التوقيت العالمي المنسق (UTC)، وتوفير مرجع للترددات فقط.

مستقبل التوقيت العالمي المنسق (UTC)

وفي أكتوبر 2000، ظهرت مسألة جديدة أعطت قوة دفع للشروع في إجراء دراسات بشأن المراجعة الممكنة للتوصية ITU–R TF 460 6. ولقد نشأت المسألة ITU–R 236/7 المعنية بـ"مستقبل سلالم التوقيت للتوقيت الدولي المنسق (UTC)" رداً على القضايا التي أثارتها اللجنة الاستشارية المعنية بالتوقيت والترددات التابعة للجنة الدولية للموازين والمقاييس (CIPM).

وقد تشكلت جماعة خاصة تابعة للمقرر بشأن مستقبل التوقيت العالمي المنسق (UTC)، لتنشيط الدراسات التي تجريها الدول الأعضاء بالاتحاد وأعضاء قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد، ولجمع معلومات كأساس للتعديلات الممكنة للتوصيات ذات الصلة. وكان الاعتقاد هو أن جماعة المقرر الخاصة ضرورية لأن أي تغيير في سلالم التوقيت للتوقيت الدولي المنسق (UTC) — أو تحديد سلم توقيت بديل — سيكون له تأثير لا يُستهان به على الاتصالات الراديوية، والاتصالات، والملاحة الساتلية وأنظمة الحاسوب، بل ويمكن أن تؤثر على الإدراك الاجتماعي للتوقيت والزمن.

ويشارك ممثلون من المكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM)، والخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)، والاتحاد الدولي لعِلم الراديو (URSI) والاتحاد الدولي للفلك (IAU) في جماعة المقرر الخاصة وكذلك في فرقة العمل 7A. كذلك، شكّلت هذه المنظمات والهيئات جماعات عمل خاصة بها لدراسة هذه المسألة. وتوضح تقارير جماعات العمل أنه لا يوجد توافق قوي في الآراء داخل هذه المنظمات والهيئات إما لصالح أو ضد تغيير تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC).

الثواني الكبيسة وطول النهار

تُضاف الثواني الكبيسة حالياً إلى التوقيت العالمي المنسق (UTC) للحد من الانحراف عن التوقيت العالمي (UT1) بما لا يزيد على 0,9 من الثانية. وبمعنى آخر، فإن الممارسة الحالية القائمة على استعمال الثواني الكبيسة لتعديل التوقيت العالمي المنسق (UTC) تحافظ على طول اليوم — الفرق بين طول اليوم الذي يتحدد فلكياً والنظام الدولي للوحدات (SI) وهو الثانية — بأقل من 0,9 من الثانية.

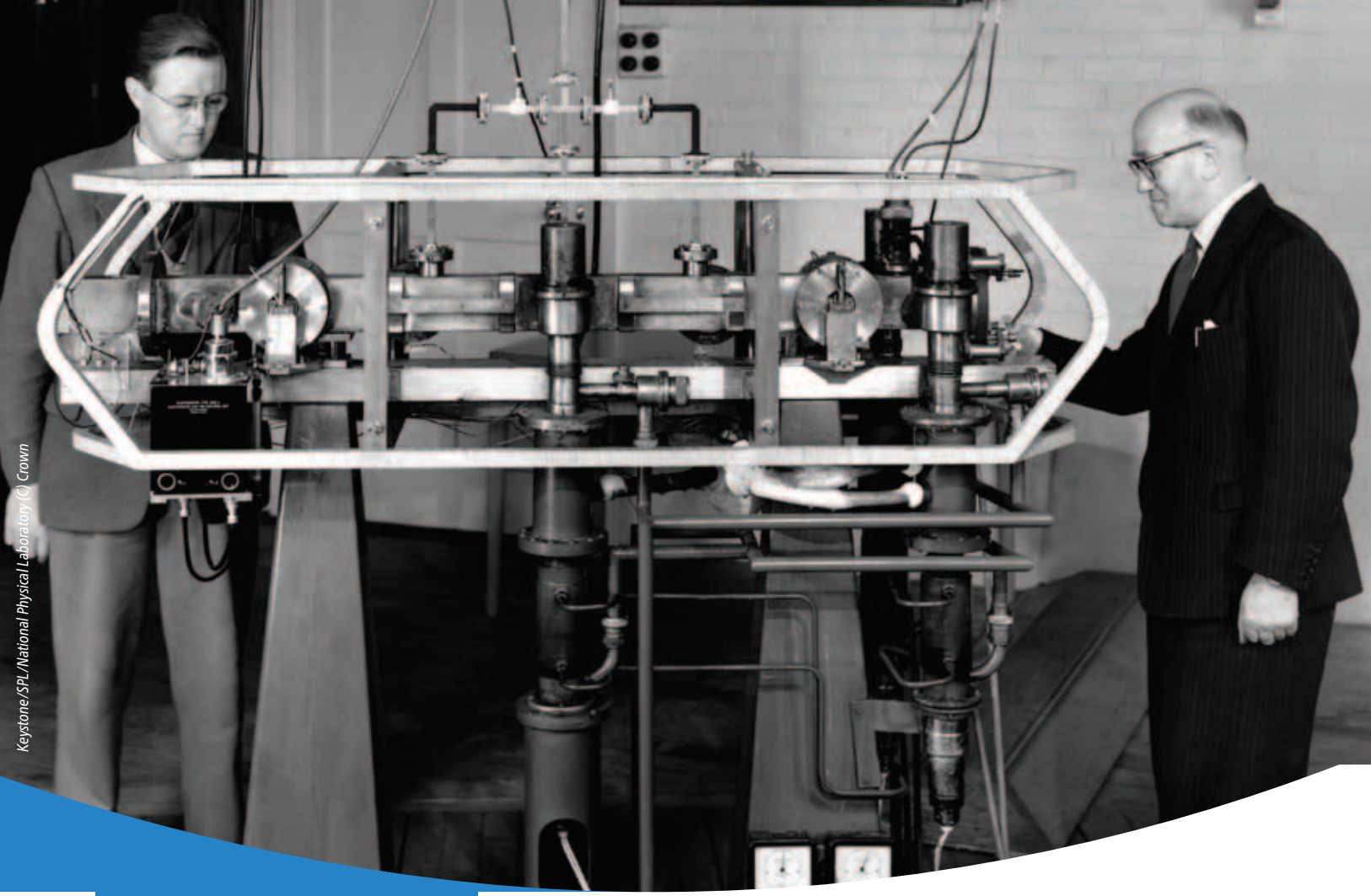
وجاري النظر في التحول إلى طريقة الثانية الكبيسة، وهذا يجعل من التوقيت العالمي المنسق (UTC) سلم توقيت ذري متواصل، تنحرف تدريجياً من التوقيت العالمي (UT1) (الذي يعتمد على زاوية دوران الأرض). ولن يسفر الانحراف عن معدل غير منتظم لدوران الأرض فقط، بل أيضاً عن الفترة المحددة بالنظام الدولي للوحدات (SI) وهو الثانية لا يتماشى بشكل كامل مع فترة الثانية التي تتحدد ككسر من متوسط طول النهار.

وخلال السنوات الخمسين الماضية، كان التوقيت العالمي (UT1) أطول بما يعادل 10×2–8 ثانية من ثواني النظام الدولي للوحدات الزمنية (SI second) في المتوسط، مما تسبب في فرق مدته نحو 35 بين التوقيت الذري الدولي (TAI) والتوقيت العالمي (UT1) اليوم. كذلك، فمن المتوقع أن يتباطأ بالتدريج أكثر من ذلك معدل دوران الأرض، ولذلك سيكون من اللازم إضافة أكثر من ثانية كبيسة واحدة كل سنة.

التحضير للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2015 (WRC 15)

أدت المناقشات والدراسات المختلفة التي جرت بشأن مسألة إقرار التوقيت العالمي المنسق (UTC). كسلم توقيت ذري متواصل إلى عرض هذه المسألة على المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية (WRC) لعام 2012 لاتخاذ قرار بشأنها. وقد نوقش هذا الموضوع أثناء المؤتمر، ولكن كثيراً من المشاركين شعروا بأنهم في حاجة إلى مزيد من المعلومات قبل إمكانية التوصل إلى قرار. ولذلك، اعتمد المؤتمر (WRC-12) القرار 653، الذي كان انعكاساً لاتفاقهم على عرض هذه المسألة على المنظمات الأخرى ذات الصلة، وعلى أن تقوم فرقة العمل 7A بإجراء المزيد من الدراسات، وإضافة الموضوع إلى جدول أعمال المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2015.

وكجزء من الجهود التحضيرية للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية في 2015 (WRC-15)، نظَّم الاتحاد الدولي للاتصالات والمكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM) يومي 19-20 سبتمبر 2013، ورشة عمل خاصة في جنيف، لتقديم مزيد من المعلومات إلى جميع الجهات صاحبة المصلحة وربما للعمل على إجراء المزيد من الدراسات.



Keystone/SPL/National Physical Laboratory (C) Crown

اثنان من الفيزيائيين، جاك باري (إلى اليسار) ولويس إسين (إلى اليمين) يقومان بضبط جهاز الرنين السيزيومي الذي قاما بتطويره في 1955. إذ تتذبذب ذرات caesium-133 المتبخرة بين مستويين من الطاقة عندما تمر ذهاباً وإياباً بين المغنطيسيات في كل من أجهزة الرنين. وتقوم الثانية المعيارية على تعداد مرات التذبذب. وتعادل الثانية المعيارية نحو 9193 مليون ذبذبة. وقد أدى جهاز الرنين الذي استطاع إسن وباري تطويره إلى إحلال الثانية الذرية محل الثانية الفلكية باعتبارها تمثل التوقيت المعياري. وقد أخِذت هذه الصورة في 1956 بمختبر الفيزياء الوطني في تيدينجتون، المملكة المتحدة.

سلالم التوقيت والمكتب الدولي للأوزان والمقاييس

إليزا فليشيتاس آرياس، دائرة التوقيت، المكتب الدولي للأوزان والمقاييس

يشرف *المكتب الدولي للأوزان والمقاييس* (BIPM) على التوقيت الذري الدولي (TAI) والتوقيت العالمي المنسق (UTC). ويمثل التوقيت الذري الدولي أساس التوقيت العالمي المنسق. وعلى الرغم من أن كليهما على نفس الدرجة من الاستقرار والدقة، فإنه حين يعد التوقيت الذري الدولي مستمراً، يتم ضبط التوقيت العالمي المنسق من حين إلى آخر عن طريق إضافة ثانية كبيسة للإبقاء على تزامن التوقيت العالمي المنسق مع دوران الأرض. والخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) هي التي تقرر وتعلن تواريخ إضافة الثواني الكبيسة في التوقيت العالمي المنسق (UTC).

التوقيت هو

كان وضع أول معيار للتردد السيزيومي في المختبر الفيزيائي الوطني بالمملكة المتحدة في 1955 يمثل بداية العصر الذري في مجال تحديد الترددات وضبط التوقيت. وسرعان

ما تم الاعتراف بأن الانتقال إلى معيار التردد السيزيومي يمكن أن يفيد كمرجع للترددات.

وقد أوصى الاتحاد الفلكي الدولي في 1967، والاتحاد الدولي لعلم الراديو في 1969، والاتحاد الدولي للاتصالات في 1970 — من خلال اللجنة الاستشارية الدولية للراديو التي حل محلها قطاع الاتصالات الراديوية — بتوحيد التوقيت على أساس سلم التوقيت الذري الذي يشرف عليه *المكتب الدولي للتوقيت* في ستينات القرن العشرين وأخيراً، في 1971، أعلن المؤتمر العام للأوزان والمقاييس اعترافه الرسمي بإدخال تسمية التوقيت الذري الدولي (والاختصار العالمي TAI) (الذي استخدمه *المكتب الدولي للتوقيت* للدلالة على التوقيت الذري منذ سنة 1955).

ومع ذلك، في تلك الأيام كان من بين العقبات التي اعترضت القبول العام للتوقيت الذري الدولي (TAI) ضرورة تزويد جميع المستعملين الذين هم في حاجة إلى سلم توقيت يستند إلى معدل الدوران غير المنتظم للأرض — لأغراض الملاحة البحرية وغير ذلك من التطبيقات المحلية. وجرت مناقشات بشأن الحكمة من الإبقاء على سلمين مختلفين للتوقيت، وضرورة تجنب الارتباك الشديد الذي قد يترتب على ذلك. وفي آخر الأمر، استطاعت اللجنة الاستشارية الدولية للراديو التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC)وأيد المؤتمر العام للأوزان والمقاييس استعماله في 1975. وكان تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC)متماشياً بدرجة جيدة مع التطبيقات والتكنولوجيات التي كانت قائمة في أوائل سبعينات القرن العشرين، وبالتالي كانت هذه الإشارة الفريدة لتوزيع التوقيت تمثل حلاً وسطاً جيداً بالنسبة لجميع المستعملين.

ومع ذلك، فعلى الرغم من الاعتراضات، تزايد استعمال التوقيت الذري بخطى سريعة. ولم يحدث أن تم توزيع التوقيت الذري الدولي (TAI) مباشرة، ففي الواقع يوفر التوقيت الذري الدولي إطاراً مرجعياً للترددات ولكنه لا يُستخدم عملياً في قياس الفترات الزمنية. ولا يوجد له تمثيل مادي بواسطة الساعات وبالتالي فإنه لا يتم توزيعه عن طريق الإشارات الزمنية. والتوقيت العالمي المنسق (UTC) هو المرجع الزمني، ويُقاس من واقع التوقيت الذري الدولي (TAI). ويُحسب كل من التوقيت العالمي المنسق (UTC) والتوقيت الذري الدولي (TAI) بشكل لاحق للحدوث، ويصبح متاحاً بعد 10 إلى 40 يوماً. ومع ذلك، يكون التوقيت العالمي المنسق (UTC) مطلوباً في الوقت الفعلي لتطبيقات معينة، بما في ذلك الملاحة الفلكية، والجيوديسيا، وضبط أجهزة التلسكوب، والملاحة الفضائية والتتبع بالسواتل. ولذلك، فإن المختبرات التي تساهم في تشكيل التوقيت العالمي المنسق لدى المكتب الدولي للأوزان والمقاييس تحتفظ بتطبيقات التوقيت العالمي المنسق (UTC) في الوقت الفعلي، معبراً عنه بالمختصر UTC(k)، حيث تشير *(k)* إلى المختبر المختص. وتوفر هذه المختبرات النفاذ في الوقت الحقيقي إلى التوقيت العالمي المنسق (UTC) من أجل التطبيقات العملية ونشرها بالطرق المختلفة.

الزمن يمضي

اختلف التوقيت العالمي المنسق (UTC)، منذ 1972، عن التوقيت الذري الدولي (TAI) برقم صحيح من الثواني، يتم تغييره عند اللزوم بإدخال ثانية كبيسة للإبقاء على الفرق بين UT1 وUTC في حدود 0,9 من الثانية. ويبدو أن هذا النظام يعمل بشكل جيد. وقد تطورت واستقرت، خلال أربعين سنة من الخبرة، إجراءات إدخال الثواني الكبيسة. ومع ذلك، فمع ظهور معدات وخدمات أكثر تعقيداً، أصبحت هذه الإجراءات مرهقة بدرجة متزايدة وأدخلت نوعاً من الغموض لدى تحديد تواريخ الوقائع لدى حدوثها. وقد أدى ذلك إلى إنشاء سلالم توقيت متواصلة موازية للتوقيت الذري الدولي (TAI) بالنسبة لتطبيقات معينة — ولكن بعد تعويضها بعدد من الثواني. وتذاع سلالم التوقيت البديلة هذه، وبذلك تتعرض للخطر عملية توحيد التوقيت. ونظراً للتقدم الذي تحقق في مجالات الاتصالات، يمكن تصور وسائل أخرى توفر التوقيت UT1 في الوقت الفعلي ويجري حالياً مناقشة مستقبل التوقيت العالمي المنسق (UTC).

والتوقيت العالمي المنسق (UTC) له تطبيقات كثيرة في مجالات تحقيق التزامن في التوقيت على جميع مستويات الدقة، ابتداءً من الدقائق التي يحتاجها الجمهور العام، إلى النانو ثانية المطلوبة في أكثر التطبيقات تعقيداً. ومن الحالات النمطية لذلك أنظمة الملاحة العالمية الساتلية. وتوقيت النظام الداخلي المعمول به في الولايات المتحدة والمعروف باسم النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) متوافق مع التوقيت العالمي المنسق (UTC) الذي يعمل على أساسه مرصد الولايات المتحدة البحري (USNO). والنظام العالمي لتحديد المواقع ينشر بيانات قريبة جداً من التوقيت العالمي المنسق (UTC)، من السهل الحصول عليها بجميع مستويات الدقة ابتداءً من الثانية إلى عدد قليل من النانو ثواني. وسوف تتبع خواص مماثلة بالنسبة لنظام جاليليو، وهو النظام الأوروبي الساتلي لتحديد المواقع الذي

ستطبقه أوروبا في المستقبل، وكذلك نظام BeiDou الصيني المقبل. أما النظام الروسي GLONASS فيتبع التوقيت العالمي المنسق (UTC) بعدد من الثواني الكبيسة، لتحقيق التزامن بين توقيت GLONASS وتطبيق التوقيت العالمي المنسق (UTC) في الاتحاد الروسي.

التوقيت الذي يُعتمد عليه بالنسبة للعلوم

التوقيت الذري الدولي (TAI) هو الأساس في تطبيق سلالم التوقيت المستعملة في الديناميكيات، لوضع نماذج حركة الأجرام السماوية الصناعية والطبيعية، في تطبيقات مثل استكشاف المجموعة الشمسية، واختبارات النظريات، والجيوديسيا، والجيوفيزياء، والدراسات التي تتناول البيئة. وتعد الآثار النسبية مهمة في جميع هذه التطبيقات. ويمكن تحديد الخوارزميات المختلفة تبعاً للمتطلبات.

وبالنسبة للتوقيت المرجعي الدولي مثل التوقيت العالمي المنسق (UTC)، يُشترط أن تصل إمكانية الاعتماد عليه إلى ذروتها مع ثبات الترددات في المدى البعيد. ولذلك، يعتمد التوقيت العالمي المنسق (UTC) على أكبر عدد ممكن من الساعات الذرية من أنواع مختلفة، ويبلغ عددها في الوقت الحاضر 420 ساعة موزعة في أكثر من 70 معهداً في أنحاء العالم وموصولة في شبكة تسمح بالمقارنات الدقيقة بين المواقع النائية. وتُبلَّغ الفروق بين التوقيت العالمي المنسق (UTC) طبقاً لسلم التوقيت الدولي والأرقام التقريبية المحلية التي تسجلها المختبرات المشاركة (UTC(*k*)) كل شهر في وثيقة رسمية يُطلق عليها منشور *BIPM Circular T*.

التعاون الدولي

ويأتي تحديد وتطبيق سلم التوقيت المرجعي والإشراف عليه نتيجة للتنسيق المتواصل بين مجموعة من المنظمات. وقد وُقِّعت اتفاقية القياس (Metre Convention) — وهي معاهدة دبلوماسية أبرمت في 1875، أنشِئ بموجبها المكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM)، وهو منظمة حكومية دولية تحت سلطة المؤتمر العام للموازين والمقاييس. وفي السادس من فبراير 2013، كان بالمكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM) 55 دولة عضواً، و 37 منتسباً من الدول والكيانات الاقتصادية من أعضاء المؤتمر العام. والمكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM) هو

Keystone/SPL/ Alexander Tsiaras

برنارد جوينون، مدير سابق لدائرة التوقيت، بالمكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM)، باريس، ويُطلق عليه الأب الروحي للتوقيت. وقد قدم مساهمتين رئيسيتين لتحقيق ضبط التوقيت بدقة من خلال الساعات الذرية.

نموذج لساعة ذرية، في عمل فني نظري بالحاسوب

الجهة التي تتصرف في المسائل العالمية المتصلة بالقياس، وخصوصاً ما يتصل بمعايير القياس متزايدة الدقة والاتساع والتنوع، والحاجة إلى توضيح التكافؤ بين معايير القياس الوطنية. ويعتمد المؤتمر العام للموازين والمقاييس قرارات بشأن تحديد الوحدات، وخصوصاً بشأن تعريف الثانية؛ وقد اعتمد بالفعل التوقيت الذري الدولي (TAI) وصدق على التوقيت العالمي المنسق (UTC).

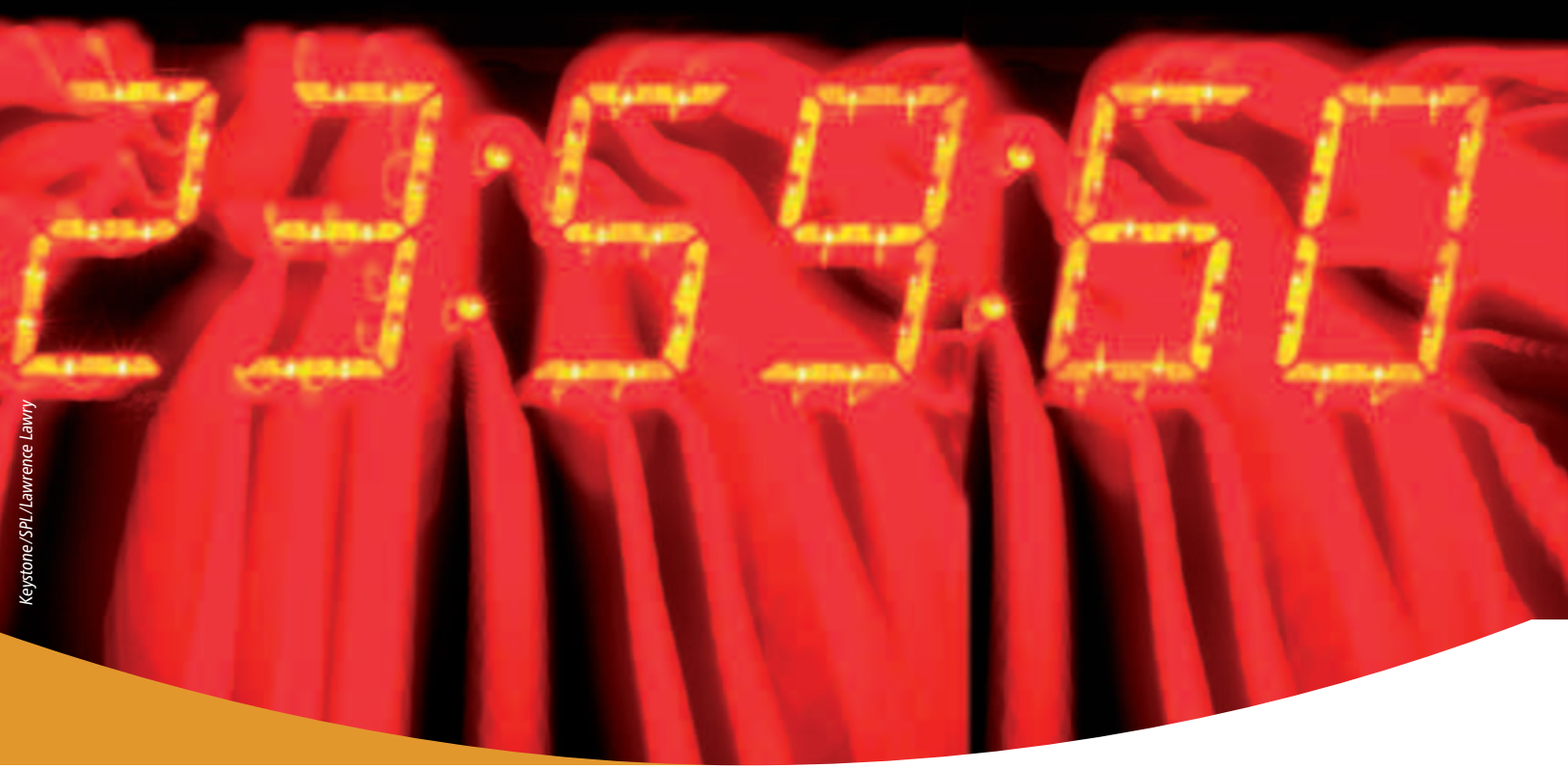
والمكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM) هو المسؤول عن توفير التوقيت العالمي المنسق (UTC) وعن حساب هذا التوقيت على أساس التعاون الدولي مع المعاهد الوطنية، كما أنه يوفر إمكانية تتبع التوقيت العالمي المنسق (UTC) لتطبيقاته المحلية.

ويعتمد الاتحاد الدولي للاتصالات توصيات تتصل بنشر إشارات التوقيت والتردد استناداً إلى التوقيت العالمي المنسق (UTC). والتوصية ITU–R TF.460-6 الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية تصف بصفة خاصة عملية تحقيق التزامن بين التوقيت العالمي المنسق (UTC) و UT1 عند مستوى 0,9 من الثانية.

وترصد الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) دوران الأرض، وتحدد وتعلن تواريخ تطبيق الثواني الكبيسة في التوقيت العالمي المنسق (UTC). كما أنها تعد وتنشر توقعات لقيم العلاقة UT1-UTC، بما يسمح بنفاذ إلى التوقيت UT1 أعلى دقة بكثير من أسلوب التقريب المتبع في التوقيت العالمي المنسق (UTC). وأخيراً، فإن المعاهد التي يتجاوز عددها 70 معهداً والتي تحتفظ ببيانات تطبيق UTC(k) على المستوى المحلي توزع التوقيت على أساس مجموعة من التطبيقات الوطنية والإقليمية، تتراوح بين ضبط التوقيت المدني وإتاحة التزامن الدقيق من أجل الأنشطة المتصلة بالفضاء والعلوم.

وفي حالة ما إذا وافقت الدول الأعضاء في الاتحاد الدولي للاتصالات على سلم توقيت مرجعي متواصل، عندئذ يكون للخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) دور أساسي في ضمان توفير قيم التنبؤات للعلاقة UT1-UTC، ويصدر الاتحاد الدولي للاتصالات توصيات بشأن توزيع هذه القيم على نطاق واسع. ويبقى المكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM) هو المسؤول عن الإشراف على سلم التوقيت المرجعي، كجزء من الجهود الدولية المنسقة.

ساعة بشاشة LCD تعرض ثانية كبيسة تم إدخالها قبل منتصف الليل في نظام التوقيت القائم على 24 ساعة. وكانت آخر ثانية كبيسة قد أضيفت في 30 يونيو 2012



Keystone/SPL/Lawrence Lawry

الثواني الكبيسة

دور الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)

بريان لوزو، رئيس، مجلس إدارة، الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)

التوقيت

كان للخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) دور مهم في تحديد متى يتم إدخال الثواني الكبيسة وفي إعلان تواريخ إدخالها. ومن المهم لفهم هذا الدور معرفة بعض خواص التوقيت.

إذ يوجد نوعان مختلفان من التوقيت، يتصلان في عالم اليوم أولاً بتوقيت موحد يقوم الآن على الساعات الذرية، والثاني "توقيت" يقوم على دوران متغير للأرض. ولم يتضح الفرق بين التوقيت الموحد وتوقيت دوران الأرض إلا في ثلاثينات القرن العشرين مع التحسينات التي أدخِلت على تكنولوجيا الساعات.

والتوقيت العالمي الموحد (UTC) هو التوقيت القياسي المطبق حالياً في استخدامات التوقيت اليومي على المستوى العالمي. وبالإضافة إلى ذلك، يقوم هذا التوقيت بدور مهم في مختلف التطبيقات المتنوعة، مثل الاتصالات، والتزامن بين شبكات الحاسوب، والملاحة من خلال أنظمة الملاحة الساتلية العالمية (GNSS)، على

Keystone/SPL/Martin Riedl

جهاز استقبال محمول يقوم على النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS)، مستعمل في منطقة القطب الشمالي الكندية. ويوجد نحو 24 ساتلاً في مدارات حول الأرض للتتبع الدقيق تعمل بنظام عالمي لتحديد المواقع. ويقوم كل ساتل بإرسال الإشارات الراديوية التي يمكن أن يكتشفها جهاز الاستقبال. وتسمح ثلاث إشارات بحساب خط الطول وخط العرض. أما الإشارة الرابعة فتسمح بحساب الارتفاع. ويسمح إرسال البيانات الخاصة بالزمن بحساب التوقيت المحلي.

سبيل المثال، وفي النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS). ونظراً لدقة الساعات الذرية الحالية، يعد التوقيت العالمي الموحد (UTC) دقيقاً حتى العديد من النانو ثواني (النانو ثانية واحد على بليون من الثانية).

الماضي والحاضر

قام ضبط التوقيت تاريخياً على أساس دوران الأرض، حيث كان المرور المتكرر للأجرام الفلكية (مثل الشمس) يوفر طريقة مريحة لتسجيل مرور الوقت. وما زال التوقيت القائم على رصد زاوية دوران الأرض في المجموعة السماوية المرجعية يقوم بدور في الضبط الحديث للتوقيت.

واليوم، نجد أن قياس زاوية دوران الأرض توفره علاقة خطية مع كمية شبيهة بالتوقيت تُسمى التوقيت العالمي (UT1)، يتم رصدها باستعمال شبكة عالمية من التلسكوبات الراديوية. ويتم تزويد المستعملين ببيانات دوران الأرض في شكل القيمة UT1–UTC.

وتعد سرعة دوران الأرض شديدة التغير نتيجة لموجات المد، والتغيرات الجوية وتغيرات المحيطات وكذلك نتيجة للآثار الجيوفيزيائية الأخرى. وبالتالي، فإن الطريقة الوحيدة لتقديم هذه المعلومات بشكل موثوق هي رصد دوران الأرض على أساس منتظم. ويمكن لقياس الفرق الأساسي شديد الطول، باستعمال التلسكوبات الراديوية في مشاهدة المصادر الراديوية البعيدة المسماة النجوم الزائفة أو أشباه النجوم، قياس النسق الرئيسي للتوقيت العالمي (UT1) بدقة تقترب من عدة عشرات من الميكرو ثواني (الميكرو ثانية واحد على مليون من الثانية).

الثواني الكبيسة

أدخِلت الثواني الكبيسة في 1972 كمحاولة لضمان تحقيق التزامن بين توقيت الساعات ودوران الأرض. وطبقاً للتوصية ITU–R TF.460-6 الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بشأن إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت:

"ينبغي أن تكون الثانية الكبيسة الإيجابية أو السلبية هي آخر ثانية في شهر للتوقيت العالمي المنسق (UTC). ومع ذلك، ينبغي أن يكون التفضيل الأول لنهاية شهري ديسمبر ويونيو، وأن يكون التفضيل الثاني لنهاية شهري مارس وسبتمبر."

"تبدأ الثانية الكبيسة الإيجابية عند الساعة 23 و59 دقيقة و60 ثانية، وتنتهي عند الساعة صفر، والدقيقة صفر، والثانية صفر من اليوم الأول للشهر التالي. وفي حالة الثانية الكبيسة السلبية، تكون الساعة 23 والدقيقة 59 والثانية 58 متبوعة بعد ذلك بالساعة صفر، والدقيقة صفر والثانية صفر من اليوم الأول من الشهر التالي."

ولما كانت الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) هي المسؤولة عن رصد القيمة UT1–UTC والتنبؤ بها، فإنها توفر مساهمة حيوية لتحديد متى يكون من اللازم إدخال الثواني الكبيسة للإبقاء على التوقيت العالمي المنسق (UTC) في حدود 0,9 من الثانية بالنسبة للتوقيت العالمي (UT1)الذي يحدده الاتحاد الدولي للاتصالات. واعترافاً بذلك، تشترط التوصية ITU–R TF.460-6 أن تقوم الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) بتحديد وإعلان إدخال ثانية كبيسة، وأنه ينبغي أن يكون هذا الإعلان قبل ثمانية أسابيع على الأقل من التنفيذ.

نموذج لساعة ذرية، في عمل فني نظري بالحاسوب

Keystone/SPL/Victor de Schwanberg

ومنذ بداية إدخال الثواني الكبيسة، تم إدخال 25 ثانية كبيسة. وتضمن الثواني الكبيسة، من خلال تنفيذها المنصوص عليه في التوصية ITU–R TF.460-6، ألا يتجاوز الفرق بين التوقيت العالمي المنسق (UTC) والتوقيت العالمي (UT1) 0,9 من الثانية. وفي الواقع، تسمح الثواني الكبيسة للمستعملين بتقريب التوقيت UT1 من التوقيت العالمي الموحد (UTC) بمستوى من الدقة يصل إلى ثانية واحدة تقريباً. وعلى الرغم من أن هذا المستوى من التقريب ربما يكون قد اعتُبِر في سبعينات القرن العشرين مجرد انخفاض طفيف للدقة، أصبح التناقض أكثر وضوحاً اليوم لأنه باستعمال التكنولوجيا المتاحة اليوم يمكن وضع تقديرات في الوقت الحقيقي للفرق بين التوقيت العالمي (UT1) والتوقيت العالمي المنسق (UTC) بمستوى من الدقة يعادل أربعة أمثال المستوى السابق.

منتجات الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)

وبخلاف الدور المهم المتصل بتحديد متى تُضاف الثواني الكبيسة ونشر المعلومات المتصلة بالثواني الكبيسة، توفر الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) خوارزميات تُمكِّن المستعملين من استعمال بارامترات توجه الأرض في عملياتهم. وقد وضع الخبراء هذه الخوارزميات وأجروا عليها اختبارات دقيقة في التطبيقات الجيوديسية والجيوفيزيائية لضمان جودتها. وهذه الخوارزميات والبرمجيات المتصلة بها متاحة بدون مقابل من خلال مواقع الخدمة الدولية IERS الخاصة بالاتفاقيات.

وحسب تكليف الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) والاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG)، تساعد الخدمة الدولية IERS في تنسيق القياسات المنتظمة لجميع مكونات اتجاه الأرض، بما في ذلك دوران الأرض المتغير.

وتجمع الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) بين عمليات الرصد الخاصة باتجاه الأرض أربع مرات يومياً، الأمر الذي يمكِّن مستعملي بارامترات اتجاه الأرض في الوقت الحقيقي من الخروج بتوقعات عالية الجودة. وتُعرض جميع مجموعات البيانات هذه على المجتمع العلمي من خلال البروتوكولات المختلفة للنقل بالحاسوب دون مقابل.

وتُعلن البيانات الخاصة بالثواني الكبيسة المقبلة من خلال النشرة جيم التي تصدرها الخدمة الدولية IERS، وهي تصدر عادة في شهري يناير ويوليو، وتُعلِن ما إذا كان من الضروري إدخال ثانية كبيسة خلال فترة الشهور الستة التالية. وهذا الجدول الزمني يحقق الشرط الذي حدده الاتحاد الدولي للاتصالات وهو "الإعلان قبل ثمانية أسابيع على الأقل من التنفيذ".

والخدمة الدولية IERS تزود المجتمع الدولي بالنظام المرجعي السماوي الدولي وكيفية تطبيقه، وبالإطار المرجعي السماوي الدولي؛ وبالنظام

تغيير المناطق الزمنية وتأثير اختلاف التوقيت

المرجعي الأرضي الدولي وكيفية تطبيقه، وبالإطار المرجعي الأرضي الدولي؛ وبارامترات حركة الأرض المستعملة في عمليات النقل بين الإطار المرجعي السماوي الدولي والإطار المرجعي الأرضي الدولي، والمعايير والنماذج والثوابت المستعملة في توليد واستعمال الأطر المرجعية وبارامترات اتجاه الأرض، والبيانات الجيوفيزيائية لدارسة وفهم الاختلافات في الأطر المرجعية واتجاه الأرض.

المنتجات الجاري تنفيذها

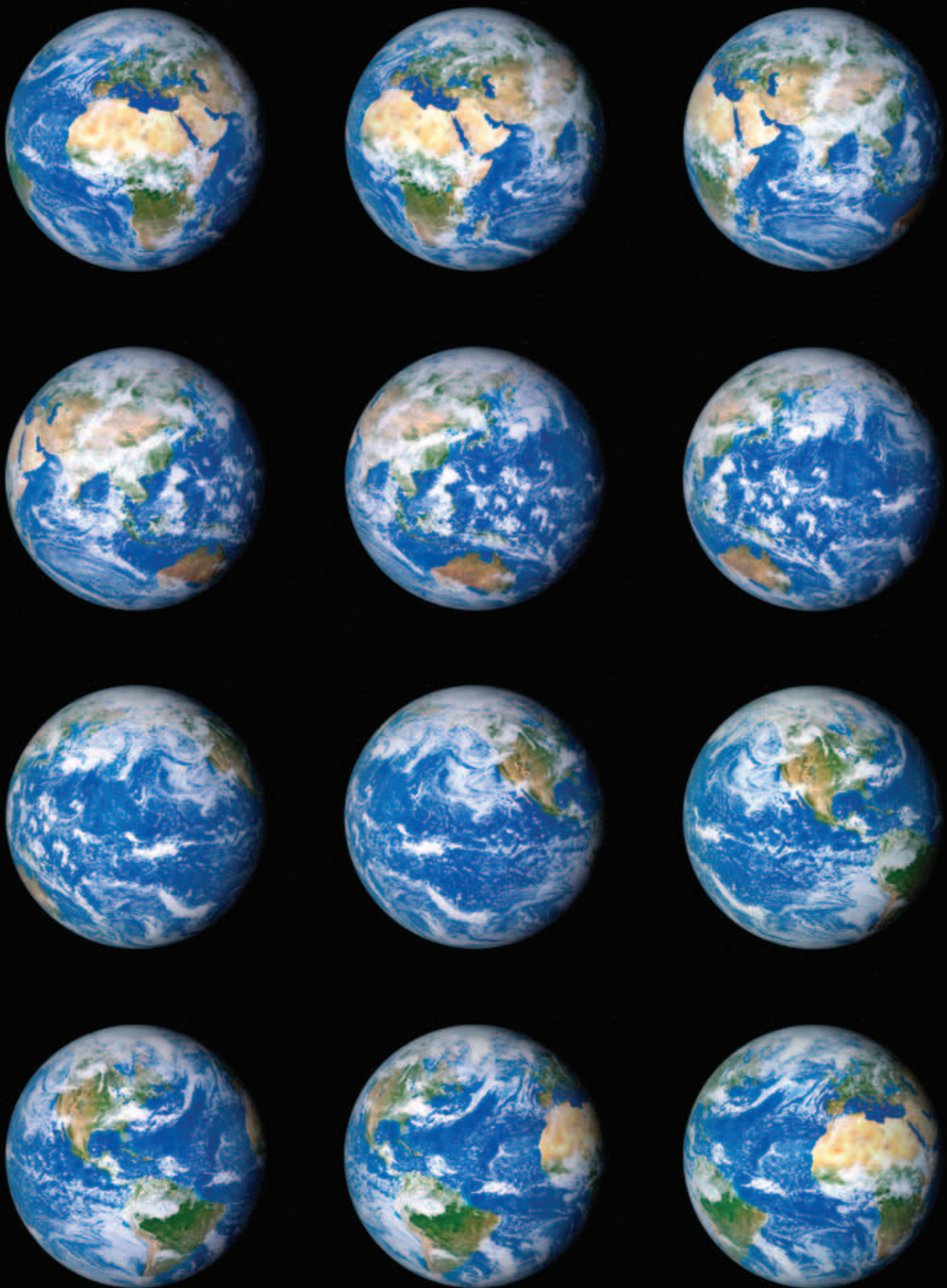
واعترافاً بالتغيرات السريعة التي تطرأ على التكنولوجيا ولتلبية احتياجات المستعملين المستجدة، تعتزم الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) ابتكار منتجات جديدة، والانتقال إلى الأنساق الحديثة لملفات البيانات من أجل تحسين الاستفادة من تلك البيانات. وبالإضافة إلى ذلك، ستدرس الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) إمكانية وضع بارامترات لبروتوكول اتجاه الأرض في الوقت الحقيقي. وسوف يزود هذا المنتَج المستعملين الذين يختارون في الوقت الحاضر تقريب التوقيت العالمي (UT1) باستعمال التوقيت العالمي المنسق (UTC). وسيكون من مزايا ذلك الإبقاء على نفس درجة البساطة في التنفيذ التي يتمتع بها المستعملون في الوقت الحاضر، مع زيادة دقة البيانات بأكثر من أربعة أضعاف المستوى الحالي بدون تحمل المستعمل أي تكلفة.

التزام الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)

أنشئت الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) في 1987 وبدأت عملياتها في 1 يناير 1988، وواصلت أداء الجانب الأكبر من عمل *المكتب الدولي للتوقيت*، الذي كان قد أنشئ في تاريخ سابق في أوائل القرن العشرين. وهذه الخدمة مسؤولة أمام الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) والاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG).

وقد خدمت الخدمة الدولية IERS الأوساط العلمية الدولية لأكثر من 25 عاماً، ووضعت نفسها في مركز يمكنها من زيادة تلبية احتياجات مستعمليها سواء فيما يتعلق بالإبقاء على التعريف الراهن للتوقيت العالمي المنسق أو إعادة تعريفه لحذف الثواني الكبيسة. وفي الحالتين، يستطيع الاتحاد الدولي للاتصالات الاعتماد على الخدمة الدولية IERS في تزويد مستعمليه بالبيانات والبرمجيات اللازمة. والخدمة الدولية IERS على استعداد لتلبية أي متطلبات يحددها المستعملون في المستقبل بأيسر السبل.

اثنا عشر منظراً للأرض وهي تدور لفترة ساعتين. وقد أخِذت كل صورة بعد 30 درجة من الدوران



Keystone/SPL/Detlev Van Ravenswaay

Keystone/SPL/Detlev Van Ravenswaay

الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) والتوقيت العالمي المنسق

التفكير تحت سماء زرقاء

ميزوهيكو هوسوكاوا، رئيس اللجنة 31 المعنية بالتوقيت التابعة للاتحاد الفلكي الدولي، المعهد الوطني لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات باليابان

الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) منظمة من الباحثين في مجال الفلك وتربطه علاقات عميقة وقوية بسلالم التوقيت الدولية. وفي الواقع، فإن أحد أهم موضوعات الفلك الأساسية هو موضوع بناء أطر مرجعية وسلالم توقيت. ويتم تسجيل التوقيت العالمي المنسق (UTC) بحيث يكون الفرق بينه وبين مقياس زاوية دوران الأرض المسمى التوقيت العالمي (UT1) أقل على الدوام من 0,9 من الثانية. ويتطلب القياس الدقيق للتوقيت العالمي (UT1) مشاهدات فلكية.

ولتحديد قيمة التوقيت العالمي (UT1) مقابل التوقيت المنسق (UTC)، ينبغي قياس الزاوية بين النظام المرجعي السماوي الدولي والنظام المرجعي الأرضي الدولي. وتحقيقاً لهذا الغرض، تُشاهد الإشارات الراديوية المنبعثة من أشباه النجوم (النجوم الزائفة) التي تحدد الإطار المرجعي الأرضي الدولي بواسطة تقنيات قياس التداخل بقاعدة طويلة جداً باستعمال التلسكوبات الراديوية التي تتحدد مواقعها جيداً في الإطار المرجعي الأرضي الدولي. وتندرج مهمة رصد العلاقة بين التوقيت العالمي (UT1)

أعِدت هذه المقالة بمساعدة أعضاء فريق العمل التابع للاتحاد الفلكي الدولي (IAU) والمعني بإعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC)

والتوقيت العالمي المنسق (UTC) في الوقت الحاضر ضمن مسؤوليات الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)، التي شارك في إنشائها الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) والاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG). والخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) هي المسؤولة عن اتخاذ القرارات الخاصة بتوقيت إدخال التعديلات الخاصة بالثانية الكبيسة، وهي التعديلات التي تُعلن من خلال النشرة جيم.

وتوجد في المجتمع الفلكي وجهات نظر قوية ومتباينة بشأن إدخال الثواني الكبيسة. وواحدة من وجهات النظر هذه أكاديمية ووجهة النظر الأخرى عملية.

ومن المهم من وجهة النظر الأكاديمية أن تكون الأطر المرجعية وسلا لم التوقيت متواصلة. وتعد الصلة بين التوقيت العالمي المنسق (UTC) والتوقيت الفلكي المتصل بزاوية دوران الأرض (UT1) وثيقة الصلة بهذا السياق.

أما من وجهة النظر العملية، فإن الكثير من المراصد الفلكية تستعمل التوقيت العالمي المنسق (UTC) كأساس لتوقيت مشاهداتها. ولتتبع الأجرام السماوية باستعمال التلسكوبات البصرية والراديوية من المطلوب توافر معرفة دقيقة بزاوية دوران الأرض في الفضاء. ومن المفيد لهذا الغرض تقريب التوقيت العالمي المنسق (UTC) من النسق الرئيسي للتوقيت العالمي (UT1)، وقد يكون من اللازم تعديل بعض البرمجيات في حالة إعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) بطريقة تجعله يختلف عن النسق الرئيسي للتوقيت العالمي (UT1) بأكثر من ثانية. وبالتالي، يشعر بعض الفلكيين بالقلق إزاء إعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC).

وتجري المناقشات الخاصة بإعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) في قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات (ITU-R). وقد زود الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) الاتحاد الدولي للاتصالات بالآراء والاعتبارات المتصلة بمستقبل التوقيت العالمي المنسق (UTC)، من منظور منظمة علمية ضالعة بعمق في إنشاء أطر مرجعية وسلا لم توقيت.

المناقشات التي جرت في الاتحاد الفلكي الدولي خلال الفترة من 2000 إلى 2006

بدأت المناقشات المتصلة بمستقبل التوقيت العالمي المنسق (UTC) والثانية الكبيسة في مجموعة المقرر الخاص، التي شكلها في 2000 الفريق العامل رقم 7 ألف (إشارات التوقيت والانبعاثات المعيارية للترددات) في إطار لجنة الدراسات 7 التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية (الخدمات العلمية). وكان من المقرر أن تقوم مجموعة المقرر هذه بإجراء دراسات شاملة للرد على المسألة 236/7 التي تتولاها لجنة الدراسات 7 بشأن "مستقبل السلّم الزمني في التوقيت العالمي المنسق (UTC)". وطلبت المجموعة من الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) والمنظمات الدولية تقديم آرائها واقتراحاتها في هذا الشأن.

وتلبية لهذا الطلب، أجرى الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) دراسات ومناقشات مستفيضة بشأن إعادة التعريف الممكنة للتوقيت العالمي المنسق (UTC). وأنشأ الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) فريق عمل لهذا الغرض. ووفقاً للاختصاصات التي تحددت لفريق العمل، كان من المقرر أن يناقش ما إذا هناك شرط خاص بالثواني الكبيسة، وكذلك إمكانية إدخال ثواني كبيسة في فترات محددة من قبل، والاعتبارات المتصلة بحدود التسامح بالنسبة للتوقيت العالمي المنسق (UTC) – والتوقيت العالمي (UT1).

وبعد ست سنوات من النشاط، صدر تقرير فريق العمل في 2006. ولم يكن من الممكن التوصل إلى توافق في الآراء في فريق العمل بشأن مساندة أو رفض إدخال تغيير على تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC)، نظراً لكثرة الآراء المؤيدة والمعارضة المستمدة من وجهات النظر المختلفة. ومع ذلك، كان هناك اتفاق على أحد الطلبات العملية، للسماح بفترة كافية من الوقت قبل إدخال أي تغييرات على التعريف. وبالرغم من ذلك، جاء في خطاب من الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) إلى قطاع الاتصالات الراديوية أن الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) لم يتأثر سلباً بأي مشاكل نتيجة لإدخال الثانية الكبيسة يوم 31 ديسمبر 2005، على الرغم من أن من المطلوب إنفاق استثمارات ضخمة في وقت الأفراد وجهدهم استعداداً لإدخال ثانية كبيسة.

أنشطة الاتحاد الفلكي الدولي الأخيرة والمقبلة

تم تقديم التقرير النهائي الذي أصدره الفريق العامل التابع للاتحاد الفلكي الدولي في 2006، وكان من المتوقع أن يجد قطاع الاتصالات الراديوية والأجهزة ذات الصلة بالاتحاد الدولي للاتصالات رداً على المسألة 236/7. ومع ذلك، فإن الجمعية العالمية للاتصالات الراديوية لعام 2015 (RA-15) خلصت إلى أن من المطلوب إجراء دراسات أخرى وأن القضية ينبغي مناقشتها في المؤتمر التالي للجمعية العالمية للاتصالات الراديوية لعام 2015 (WRC-15).

يتم توحيد المكان والزمان في هيكل رباعي الأبعاد يسمى المكان–الزمان. وقد تنبأت بهذا التوحيد نظريات أينشتاين الخاصة بالنسبية الخاصة والعامة

وخلال المناقشات التي جرت في الجمعية العالمية للاتصالات الراديوية لعام 2012 (RA-12)، أشير إلى أن كثيراً من الدول الأعضاء في الاتحاد الدولي للاتصالات لم تكن مدركة للاقتراح الخاص بوقف إدخال تعديلات على الثانية الكبيسة. ولهذا، قررت الجمعية العالمية للاتصالات الراديوية لعام 2012 دراسة جميع الخيارات التقنية المتاحة وطالبت بإجراء مزيد من المناقشات بين أعضاء الاتحاد الدولي للاتصالات والمنظمات الأخرى المهتمة بإعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) قبل انعقاد الجمعية العالمية للاتصالات الراديوية لعام 2015 (RA-15) والجمعية العالمية للاتصالات الراديوية لعام 2015 (WRC-15).

واستجابة لطلب الاتحاد الدولي للاتصالات، أنشأ الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) فريق عمل لإعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) في إطار شُعبة "علم الفلك الأساسي". ويناقش فريق العمل ما يلي:

- المتطلبات الحالية لسلالم التوقيت المدني؛
- الخيارات الخاصة بتلبية متطلبات سلالم التوقيت المدني في المستقبل؛
- الإبقاء على التوقيت العالمي المنسق (UTC) كما هو قائم أو توزيع سلم توقيت ذري خالص؛
- تأثير سلم التوقيت المتواصل على عمل الفلكيين؛
- ما إذا كان هناك سلم توقيت متواصل معد للتوزيع على المستوى العالمي ينبغي تبنيه، وصلة ذلك بالتوقيت الذري الدولي (TAI)؛
- ما إذا كان المؤتمر العام للموازين والمقاييس وليس الاتحاد الدولي للاتصالات هو الذي ينبغي أن يقرر بشأن سلالم التوقيت المرجعي؛
- السبل البديلة لتوزيع النسق الرئيسي للتوقيت العالمي (UT1)، والتوقيت العالمي المنسق (UTC) و/أو سلم توقيت متواصل جديد.

وسوف يقدم فريق العمل استنتاجاته إلى الاتحاد الدولي للاتصالات متضمنة موقف الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) إزاء إعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC). وسوف تُقدّم هذه الاستنتاجات قبل فترة كافية كي يمكن توعية المناقشات في البلدان والمجتمعات المختلفة قبل انعقاد الجمعية العالمية للاتصالات الراديوية لعام 2015. وعلى الرغم من أن أحدث المناقشات في فريق العمل سوف تُقدّم إلى ورشة عمل بشأن سلم التوقيت الدولي من المقرر أن ينظمها الاتحاد الدولي للاتصالات والمكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM) في جنيف في الفترة 19-20 سبتمبر 2013..

المناطق الزمنية الأرضية في صورة مجردة لخريطة مرسومة على واجهة الساعة

Keystone/SPL/Tony Craddock

علوم الأرض وسلالم التوقيت الدولية

حالة المناقشات في الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء

كلود بوشيه، يمثل الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء لجنة استشارية لشؤون التوقيت والترددات

المستوى الذي بلغته المناقشات حتى الآن

الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) معني بسلالم التوقيت الدولية، وعلى وجه الخصوص بالتوقيت العالمي المنسق (UTC)، سواء كمستعمل أو كجهة معنية بتوفير الخدمة. فمن ناحية، يستخدم الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء سلالم التوقيت تلك كدالة على التوقيت لأغراض القياس وكمتغير زمني في النماذج. ومن ناحية أخرى، فلما كانت جيوديسيا الفضاء تقوم بدور رئيسي في تحقيق سلالم التوقيت، يعد الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) من الجهات التي توفر بيانات أساسية.

وقد نوقشت إمكانية إعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) مع استبعاد الثانية الكبيسة باستفاضة خلال السنوات القليلة الماضية. وكان هذا الموضوع أحد البنود الرئيسية على جدول أعمال الاجتماع التاسع عشر للجنة الاستشارية للتوقيت والترددات الذي عُقِد في سيفر، فرنسا، في 2012، وأعطى الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) وجهات نظره شأنه شأن الاتحاد الفلكي الدولي والاتحاد الدولي للاتصالات. كذلك، تلقى الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) طلباً رسمياً من الاتحاد الدولي للاتصالات لإبداء رأيه في الموضوع،

وفيما يلي نتائج المناقشات التي جرت في المجموعة الداخلية التي أنشئت لتجميع الآراء من أعضاء مجتمع الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG).

التوقيت العالمي المنسق كسلم توقيت دولي موصى به لعلوم الأرض

يواجه علماء الأرض وغيرهم الكثير جداً من سلالم التوقيت — مثل Barycentric Dynamical Time (TDB)، Terrestrial Time (TT)، Geocentric Coordinate Time (TCG)، International Atomic Time (TAI)، Coordinated Universal Time (UTC)، Global Positioning System Time (GPS) وغيرها. ويختلف تعريف سلالم التوقيت هذه وتحقيقها على أرض الواقع، ومن اللازم بذل شيء من الجهد للوصول إلى صورة واضحة للعلاقات المشتركة فيما بينها.

ويرى الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) أن من المهم جداً الأخذ بسلم توقيت دولي فريد مفضل كمرجع أساسي. وشأنه شأن النظام المرجعي الأرضي الدولي المقبول عموماً، فمن المرغوب فيه بدرجة كبيرة بالنسبة للمجتمعات المعنية أن تتفق على اختيار سلم توقيت دولي. وفي هذه المرحلة، يرى الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) أن التوقيت العالمي المنسق (UTC) هو الاختيار الأفضل، وخصوصاً لأن القرارات التي وافقت عليها البلدان بالفعل من خلال الاتحاد الدولي للاتصالات، مثل الربط بين التوقيت العالمي المنسق (UTC) والتوقيت القانوني.

إعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق

تفترض المناقشات التي تجري في الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG)فيما يتعلق بإعادة التعريف الممكنة للتوقيت العالمي المنسق (UTC) وقف العمل بالثانية الكبيسة. وهذا يعني أن التوقيت العالمي المنسق (UTC) سيكون بمثابة سلم توقيت متواصل موحد مشتق تماماً من التوقيت الذري الدولي (TAI)، وأن العلاقة بين النسق الرئيسي للتوقيت العالمي والتوقيت العالمي المنسق (UT1-UTC) سوف يتم التخلي عنها.

وفي حالة تبني إعادة التعريف كخطوة إلى الأمام، توجد عدة جوانب إيجابية ينبغي التأكيد عليها. وأحد هذه الجوانب أن التوقيت العالمي المنسق يكون متواصلاً وموحداً. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الفرق بين التوقيت العالمي المنسق وتوقيت النظام العالمي لتحديد المواقع سيكون ثابتاً بشكل أو آخر.

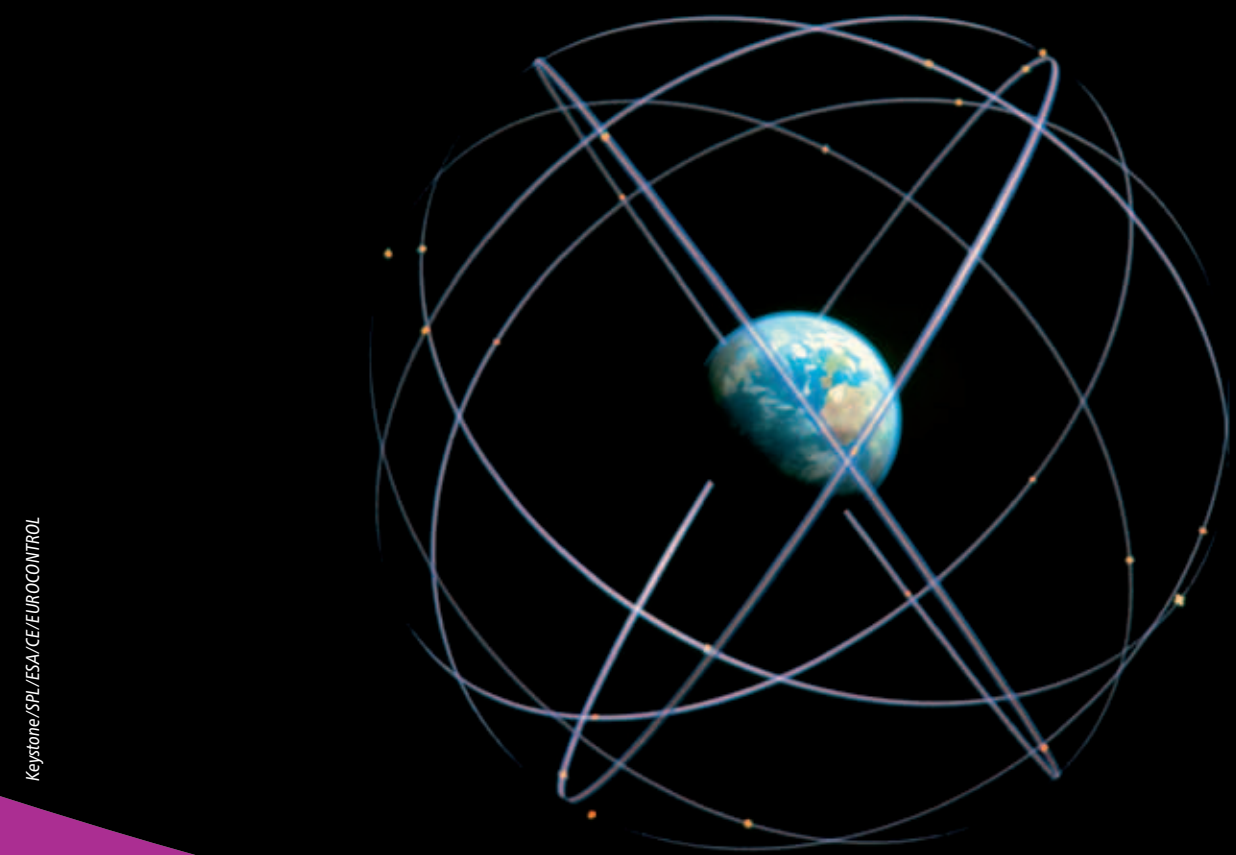
ومع ذلك، توجد أيضاً حجج مضادة، من بينها أنه في حالة إعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC)، لن يكون من الممكن التوصل إلى تقدير جيد للنسق الرئيسي للتوقيت العالمي (UT1)، على الرغم من أن الصعوبة المرتبطة بذلك يمكن التغلب عليها عن طريق إجراء تقديرات مباشرة أفضل للنسق الرئيسي للتوقيت العالمي (UT1). وعلى الرغم من أن البعض يرون أن حدوث ثانية كبيسة يمثل فرصة للتواصل مع المنظمات المعنية والدخول في إجراءات للتنسيق معها، فإن الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) سيكون عليه أن يتبنى موقفاً رسمياً، آخذاً هذه النقاط في الاعتبار.

النسق الرئيسي للتوقيت العالمي (UT1)

وقد أصبح من الممكن الآن من الناحية التقنية تقدير النسق الرئيسي للتوقيت العالمي (UT1) بدقة تصل إلى 0,001 من الثانية، وذلك أفضل مائة مرة من التقديرات التي يجريها التوقيت العالمي المنسق (UTC). وتوفر خدمة الأنظمة المرجعية الدولية لدورة الأرض (IERS) خدمة لتقدير النسق الرئيسي للتوقيت العالمي (UT1) في الوقت الحاضر. ويوصي الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) بأن هذه الخدمة التي توفرها خدمة الأنظمة المرجعية الدولية لدورة الأرض (IERS) ينبغي دعمها وتزويدها بالموارد اللازمة لضمان جودتها واستمرارها.

دور أنظمة الملاحة الساتلية العالمية في نشر التوقيت العالمي المنسق

أنظمة الملاحة الساتلية العالمية — مثل النظام العالمي لتحديد المواقع، والنظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي (GLONASS)، ونظام BeiDou المقبل ونظام جاليليو — تقوم بدور هائل في نشر سلالم التوقيت. ويري الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) أن من المهم في الوقت الحاضر دعم الخدمات التي توفرها أنظمة الملاحة الساتلية العالمية فيما يتعلق بسلالم التوقيت. وعلى وجه الخصوص، توفر أنظمة الملاحة الساتلية العالمية القياسات والمعلومات اللازمة لتحقيق التزامن اللحظي على مستوى النانو ثانية. وعلاوة على ذلك، تنشر هذه



Keystone/SPL/ESA/CE/EUROCONTROL

انطباع لفنان عن مدارات سواتل Navstar المستعملة في النظام العالمي لتحديد المواقع. ويستعمل النظام مجموعة من 24 ساتلاً. وتقوم أجهزة الاستقبال الأرضية بحساب موقع المستعمل عن طريق قياس الوقت الذي تستغرقه الإشارات للوصول من السواتل إلى الأرض.

الأنظمة المعلومات اللازمة لتقدير التوقيت وفقاً لمقياس التوقيت العالمي المنسق (UTC).

وهكذا، يُوصى باستعمال أنظمة الملاحة الساتلية العالمية كنقطة مهمة لضمان التطبيق الدولي للتوقيت العالمي المنسق (UTC).

عالَم علوم الأرض

الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) منظمة دولية غير حكومية مكرسة للبحوث العلمية في جميع مجالات علوم الأرض (الجيوديسيا، وعِلم الزلازل، وعِلم البراكين، وعِلم المغنطيسية الأرضية، وعلوم الفضاء الجوي، وعِلم المحيطات، وعِلم الهيدرولوجيا، وغيرها).

ويضم الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) العديد من اللجان، كما يضم ثمان جمعيات تتعامل مع مجالات معينة من علوم الأرض، هي: الاتحاد الدولي للجيوديسيا؛ والاتحاد الدولي لعلم الزلازل وفيزياء باطن الأرض؛ والاتحاد الدولي لعِلم البراكين وكيمياء باطن الأرض؛ والاتحاد الدولي لعِلم المغنطيسية الأرضية والخواص الكيميائية والطبيعية لطبقات الجو العليا؛ والاتحاد الدولي للأرصاد الجوية وعلوم الغلاف الجوي؛ والاتحاد الدولي لعلوم الهيدرولوجيا؛ والاتحاد الدولي للعلوم الطبيعية للمحيطات؛ والاتحاد الدولي لعلوم الغلاف الجليدي المعني بإجراء الدراسات على المناطق الجليدية.

ويشترك الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) والاتحاد الفلكي الدولي (IAU) في إدارة خدمة الأنظمة المرجعية الدولية لدورة الأرض (IERS)، بينما يدير الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) العديد من الخدمات الدولية الأخرى، مثل خدمة أنظمة الملاحة الساتلية العالمية (GNSS). والاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG) ممثَّلٌ رسمياً في اللجنة الاستشارية للتوقيت والترددات، وهي إحدى اللجان الاستشارية المنبثقة عن اللجنة الدولية للموازين والمقاييس (CIPM). .

ما أهمية التسمية؟

مناقشة لمصطلح التوقيت العالمي المنسَّق

دافيد فينكلمان، كبير العلماء، مركز المعايير الفضائية والابتكار الفضائي، كولورادو، الولايات المتحدة؛ وكارا واربيرتون، مرشحة لدكتوراة الفلسفة، جامعة مدينة هونغ كونغ

نناقش في هذه المقالة اقتراحاً جارياً لإدخال تفسير جديد للمعنى العلمي للتوقيت؛ وبدقة أكبر، نناقش كيف يمكن "تسمية" هذا التفسير الجديد من أجل حماية مصالح المجتمع العلمي والتقني الذي يتناول قياسات الزمن.

إن تعريف مصطلح *التوقيت العالمي المنسَّق* وتطبيقه ليس أمراً تقنياً وحسب. فالاعتبارات العملية لا تقل أهمية عن المقتضيات التقنية لأن استخدام قياسات التوقيت الدقيقة وتطبيقها يتسمان بأهمية حاسمة في كثير من التطبيقات الأساسية – وليس معرفة "ما هو الوقت الآن" وحسب. ووضوح معنى المصطلح يمثل واحداً من أهم المقتضيات العملية الهامة. ونحن نقول بأنه في حالة تغيير تعريف التوقيت العالمي المنسَّق لإزالة الصلة الجوهرية بين المقياس الزمني وعلامات القياس المتصلة بالأجرام السماوية، فإن مصطلح التوقيت العالمي المنسَّق، ويختصر بالأحرف UTC، لا يمكن استخدمه ليشير إلى مقياس زمني منقَّح لا يتصل بدوران الأرض.

خلفية المسألة

بدأ التفكير في التوقيت العالمي المنسَّق من أجل توفير مقياس زمني يستند إلى ثوانٍ غير متغيرة افتراضياً تقاس وفقاً لتكرر تحولات مستوى الطاقة في المادة المستقرة مع الحفاظ على أهمية الوقت كمقياس لدوران الأرض بالنسبة إلى نقاط مرجعية عطالية مستقرة افتراضياً وموصوفة بدقة. والثانية الكبيسة هي أشهر خصائص التوقيت العالمي المنسَّق حسب تعريفه في السلسلة 460 من توصيات قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات حتى الآن. والأساس المنطقي للثانية الكبيسة والتصويبات الأكثر دقة في التوقيت العالمي المنسَّق في عمليات البث إلى الجميع في العالم مفهومة تماماً، كما أن إجراءات استيعاب إدراج الثانية الكبيسة مقنَّنة بصورة جيدة. ومع ذلك، فإن الكثيرين الذين لا يعتمدون على التوقيت المتزامن حسب دوران الأرض يجدون أن هذا الإدراج عملية شاقة ومعطِلة. وقد طلب هؤلاء الذين يجدون مشقة في هذا الإدراج من قطاع الاتصالات الراديوية أن تحذف الثانية الكبيسة من تعريف التوقيت العالمي المنسَّق، وكان آخر هذه الطلبات في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية في عام 2012 (WRC-12). وتأجل اتخاذ قرار حتى تتمكن الدول الأعضاء من الحصول على المزيد من المعلومات. وتجري الاستعدادات لإعادة مناقشة الموضوع في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2015.

بيان المشكلة الاصطلاحية

فحصت السلطات الشهيرة المعنية بالمصطلحات التغيُّرات المقترحة في تعريف التوقيت العالمي المنسَّق وأصدرت حكماً عليها. وتم توزيع الأحكام الرسمية في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2012 وتقديمها من خلال القنوات الرسمية إلى لجان الدراسات في الاتحاد الدولي للاتصالات. والموقف الاصطلاحي القياسي هو أن التغييرات المقترحة، وخاصة تلك التي تنتقص من الصلة بين التوقيت العالمي المنسَّق ودوران الأرض، سوف تنشئ تعدداً في المعاني لو أن المصطلح الذي يدل على هذا التعريف المتغيِّر لم يتغيَّر هو الآخر. ويمكن أن يؤدي تعدد المعاني إلى حالة من الالتباس بسبب استعمال المصطلح الواحد للدلالة على أشياء مختلفة تماماً في نفس السياق. وإذا لم يتم إدخال مصطلح جديد لتسمية المفهوم الجديد في حالة التوقيت العالمي المنسَّق فسوف يكون هناك تفسيران مختلفان لمفهوم الوقت ويشار إليهما معاً باسم التوقيت العالمي المنسَّق (UTC): (أ) تفسير يتسق مع دوران الأرض تدخل فيه الثواني الكبيسة والتصويبات الأكثر دقة المتوفرة بصورة شائعة في الوقت الحاضر و(ب) توقيت لا يتصل بأي شكل بدوران الأرض. وسيحدث خلط بين التحليلات التنبؤية الشائعة في علم الفلك والدينامية الفلكية والأديان وكثير من مجالات النشاط الإنساني الأخرى. وسوف يشوب الغموض وثائق مرجعية لا حصر لها ومصادر رسمية سارية. وإلى جانب الاعتراضات التقنية المعرفية المفحمة على الانتقاص من أهمية دوران الأرض فإن هذا الافتقار إلى الوضوح المصطلحي وحده سينطوي على عواقب هامة عملية ومجتمعية وقانونية. ونحن نقول بأن أي تفسير تقني جديد لفكرة الزمن الأساسية يجب أن يقترن بدقة مصطلحية في حالة اعتماده.

كيف يمكن أن يساهم علم المصطلحات باعتباره فرعاً من فروع المعرفة

علم المصطلحات هو فرع من اللغويات يشمل العمل في وضع المعاجم والترجمة والكتابة التقنية وإدارة نماذج المعارف والمحتوى. ويهتم علم المصطلحات، باعتباره فرعاً من فروع المعرفة، بفهم طبيعة المفاهيم في مجالات النشاط المتخصصة وعلاقاتها بالمصطلحات التي تدل عليها. ويقوم علم المصطلحات على المبادئ والأساليب القياسية المعدة إعداداً دقيقاً والمكرَّسة في أعمال اللجنة التقنية 37 (TC37) التابعة للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس (ISO) وملاكها الأساسي من خبراء المصطلحات المهنيين. ويزيد هؤلاء المهنيون فعالية جميع الأنشطة بفضل مصطلحات شفافة ومجدية تؤدي غرضها تماماً في كل اللغات تقريباً.

وتسود معايير اللجنة التقنية 37 بنفس درجة الصرامة والتوافق والتأكيد الدولي المنطبقة في حالة جميع معايير المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس وممارساتها. ولكن بالإضافة إلى ذلك، تتسم اللجنة التقنية 37 بأنها واحدة من 11 لجنة فقط من بين 279 لجنة تقنية تحظى بمركز ''اللجنة الأفقية''. واللجنة الأفقية هي التي تساعد اللجان التقنية الأخرى في أعمال التقييس في مجالاتها المعنية. ووفقاً للمنظمة الدولية لتوحيد المقاييس، ''يستصوب القيام بالتشاور مع هذه اللجان، أو الاطلاع على

وثائقها، إذا واجهْتَ أي صعوبات في أي مجال من مجالات الموضوعات المعنية". وفيما يتعلق باللجنة التقنية 37، تضيف المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس ما يلي:

"يؤدي علم المصطلحات دوراً حيوياً في جميع جهود التقييس؛ فهو (أي التقييس) لا يمكن أن ينجح إلاّ إذا فهم الجميع موضوع الحديث. والمعايير الواضحة المتسقة والمتماسكة تتطلب قبل أي شيء مصطلحات واضحة ومتسقة. وتضع اللجنة التقنية 37 التابعة للمنظمة مبادئ وأساليب صياغة المصطلحات لتسهيل التواصل بين الخبراء. وإذا واجهْتَ أي صعوبة في مصطلح بعينه وكنتَ تحتاج إلى تعريفه بطريقة صحيحة فإن القواعد التي تضعها اللجنة التقنية 37 تستطيع أن تساعدك في ذلك".

والمصطلح هو تعبير لغوي يدل على مفهوم في *لغة خاصة* (ميدان، أو مجال موضوع). وبعكس المفردات في اللغة *العامة*، يتمثل أحد الخصائص الرئيسية للمصطلحات في علاقة معناها الوحيد (وتسمى *أحادية المعنى*) بالمفهوم المتخصص الذي تدل عليه واستقرار العلاقة بين الشكل اللغوي والمحتوى في النصوص التي تتناول هذا المفهوم (ويسمى ذلك وضع المصطلحات). وأحادية المعاني ووضع المصطلحات يمثلان قاعدتين أساسيتين ومبدأين مقدسين في علم المصطلحات القياسي.

وأخصائيو المصطلحات يميزون المصطلحات بدقة عن المفردات عموماً. وتشمل خصائص المصطلح ما يلي:

- يرتبط المصطلح دائماً بنفس المفهوم.
- يستعمل المصطلح دائماً في مجال موضوع محدَّد.
- يكون للمصطلح معنى واحد داخل مجال الموضوع المعني.

ويفي *مصطلحا التوقيت العالمي المنسَّق* و*UTC* بكل هذه المعايير؛ ومن هنا فإن معنى هذين المصطلحين واستخدامهما يجب أن يخضعا للصرامة المصطلحية القياسية. وبالإضافة إلى ذلك، ونظراً للطابع المتخصص جداً لمجال قياس الوقت الدقيق واستعمال الوقت المقيس في مجموعة واسعة من التطبيقات فإن هذين المصطلحين هما من أكثر ما يمكن أن يجده المرء في اللغة "اصطلاحاً". وفي هذه الحالة بالذات لا ينبغي التشكيك في ضرورة تطبيق المبادئ المصطلحية الصارمة.

ما هي المبادئ المصطلحية التي تحكم تسمية المصطلح واستخدامه؟ إن المفهوم المتخصص، إلى جانب التعرف عليه بنفس مجموعة السمات الدلالية وبتعريفه، يتم التعرف عليه أيضاً باستقرار ارتباطه بالمصطلح المستخدم للدلالة عليه. وبالتالي، فقد يمكن التعرف على المصطلح بهذه الصفة بفضل اقترانه بصورة مستقرة بنفس مجموعة السمات الدلالية التي تميِّز المفهوم عن غيره من المفاهيم. وأحياناً يسمى الاستقرار "درجة وضع المصطلح" وأحياناً يسمى "درجة التحويل المصطلحي". والافتقار إلى هذا الاستقرار يؤدي إلى "الضبابية المعرفية"، كما في تعددية المعنى والترادف. ويتم الحفاظ على الاستقرار بين المفهوم والمصطلح في مبدأ المفهوم الوحيد، وهو مبدأ أساسي جداً في المصطلحات المستعملة في المجالات التقنية والعلمية عالية التخصص التي تعتمد على الوضوح المطلق.

والاحتفاظ بمصطلح *التوقيت العالمي المنسَّق* واختصاره *UTC* لأغراض مفهوم جديد، أي مقياس زمني لا يتصل بدوران الأرض، ينتهك هذه المبادئ وينشئ تعدداً في المعنى لا يمكن الدفاع عنه مصطلحياً. وقد تم الحكم بذلك بصورة موثوقة في وثائق وأدلة مقدَّمة رسمياً إلى قطاع الاتصالات الراديوية.

أمثلة لمشكلة مصطلحية حقيقية

يمكن أن يساعد مثال لمشكلة مصطلحية حقيقية في إثبات أهمية تطبيق مبادئ إدارة صارمة في علم المصطلحات على مفهوم هام مثل مفهوم قياس الزمن. فقد تم اعتناق مصطلح *نوع البيانات* في مختلف المجالات التقنية – بل وفي مجالات مترابطة ترابطاً وثيقاً جداً – للدلالة على معانٍ مختلفة. والقائمة التالية هي مجموعة اختيارات صغيرة من مختلف التعاريف التي يمكن أن يصادفها المرء:

1. مجموعة من القيم المتمايزة تتسم بخصائص هذه القيم وبعمليات تقوم على هذه القيم (ISO 11179-1 – تكنولوجيا المعلومات – سجلات البيانات الشرحية).
2. تصنيف لتعريف أحد الأنواع المختلفة للبيانات، مثل البيانات ذات القيمة الحقيقية أو بيانات القيمة الصحيحة أو البيانات البولانية، التي تحدِّد القيم المحتملة لذلك النوع (ويكيبيديا، علم الحاسوب).
3. تصنيف نقاط بيانية منفردة (الإحصاءات).
4. بيانات شرحية هيكلية ترتبط بالبيانات الرقمية التي تشير إلى النسق

الرقمي أو التطبيق المستخدم لمعالجة البيانات (مطبعة معهد ماساتشوسيتس، المكتبات الرقمية).

5. سلسلة تحدِّد نسق البيانات التي يرسلها تطبيق الطباعة إلى الطابعة في أمر طباعة (الطباعة)

وحتى داخل مجال علم الحاسوب توجد تفسيرات مختلفة لمعنى هذا المصطلح حسب اللغة الحاسوبية، وعلى سبيل المثال:

6. مجموعة من القيم المحتملة، مقترنة بجميع العمليات التي تعرف كيفية التعامل مع هذه القيم (برمجة بيرل).
7. مجموعة من القواعد تصف مجموعة محدَّدة من المعلومات، بما في ذلك المدى المسموح به والعمليات المسموح بها وكيفية تخزين المعلومات (البرمجة الأساسية المرئية).
8. مصفوفة ثلاثية تتألف من: مجموعة من القيم المتميِّزة تسمى فضاء القيمة؛ ومجموعة من رموز الكلمات، تسمى فضاء الكلمات، ومجموعة من المسطحات الصغيرة التي تصف خصائص فضاء القيمة، أو القيم المنفردة أو بنود الكلمات (لغة التشفير القابلة للتوسيع) (XML).

وما يزيد من تعقيد الموضوع هو أن مصطلح *نوع عنصر البيانات*، الذي يمكن اعتباره شكلاً متغيراً من مصطلح *نوع البيانات*، يكتسب معنى آخر فوق كل ذلك في اللغات الحاسوبية – إذ يعني واصفاً أوَّلياً يستعمل في وصف لغوي أو مخطط تفسيري (اللجنة التقنية 37 – المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس). ولكن هذا المفهوم يشار إليه أيضاً بمصطلح *فئة البيانات*. وقد يظن غير المتمرِّس أن مصطلح *فئة البيانات* ونوع البيانات يمكن اعتبارهما مترادفين. وما يزيد من التشويش أن مفهوم ''مجموعة من القيم المحتملة'' الذي يناظر التعريفين 1 و6 أعلاه أو حتى أكثر منهما، يشار إليه بمصطلح آخر وهو *ميدان القيمة* (اللجنة التقنية 37 واللجنة التقنية 29 و11179– المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس).

ويوضح هذا المثال كلاً من تعدد المعنى (أي عندما ينطوي المصطلح الواحد على العديد من المعاني) والترادف (عندما تحمل مصطلحات مختلفة نفس المعنى) داخل مجال موضوع محدود نسبياً أو أسرة من مجالات الموضوعات المتصلة (الحوسبة وتكنولوجيا المعلومات والمكتبات الرقمية والإحصاءات، إلخ). ونتيجة لعدم الدقة المصطلحية المذكورة فإننا نجد أنه كلما استخدمت المصطلحات

Keystone/SPL/AJ Photo

مراجعة أداء الحاسوب المحمول بعد إدخال ثانية كبيسة في التوقيت العالمي المنسَّق

المعنية فإنه يجري تعريفها في كل وثيقة تقريباً وذلك لتجنب الغموض. (والأسوأ من ذلك، ألاّ يتم تعريفها بالمرة وأن يترك للمستعمل تخمين المعنى) ويؤدي ذلك إلى تكاثر التعاريف المختلفة، كما لوحظ أعلاه، وهو ما يعني أن مصطلح *نوع البيانات* لا يحمل أي معنى واضحاً على الإطلاق خارج أي سياق بعينه.

الاقتراح

قدَّمت اللجنة التقنية 37 التابعة للمنظمة الدولية للتوحيد القياسي اقتراحاً إلى جمعية الاتصالات الراديوية في عام 2012 بهدف معالجة مصطلح التوقيت العالمي المنسَّق. ووفقاً لتعليمات المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس، تتسم المعايير التي تضعها اللجنة التقنية 37 بأنها "قياسية" (إلزامية) في كل اللجان التقنية للمنظمة وعددها 279 لجنة، وتحكم بالفعل جميع المجالات العلمية والتقنية للنشاط الإنساني. ويعني ذلك الإقرار بأن الصرامة المصطلحية تمثل عنصراً حيوياً للتواصل الفعَّال في المجالات المتخصصة، وهذا هو السبب في أن المنظمة الدولية للتوحيد القياسي عيَّنت اللجنة التقنية 37 باعتبارها لجنة أفقية. والاقتباس التالي (تم تعديل صياغته بصورة طفيفة) يلخص جيداً توصية اللجنة التقنية 37:

بدلاً من تغيير معنى مصطلح قائم (...) ينبغي الدلالة على مفهوم (معنى) جديد أو على تغيُّر في المفهوم، بمصطلح مستحدث جديد.

وعرضت اللجنة التقنية 37 حججاً مقنعة لسبب عدم استخدام UTC للإشارة إلى مفهوم جديد للتوقيت. ولكنها أجازت أيضاً اقتراحاً باستخدام مصطلح جديد سبق تقديمه إلى قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات في عام 2003، وهو مصطلح *التوقيت الدولي (TI) (Temps International)* أو *International Time* باللغة الإنكليزية. وكما يفسِّر هذا الاقتراح يعبِّر هذا المقترح بشفافية عن المعنى المرغوب لقياس دولي موحَّد للزمن ولكنه لا يثير أي تعارض مع المصطلحات المستخدمة في مختلف البروتوكولات الحالية لقياس الزمن. وبالإضافة إلى ذلك يشبه هذا المصطلح مصطلح *التوقيت الذري الدولي (TAI)* وهو أمر مفيد نظراً لأن المصطلحين يمثلان مفهومين متشابهين تقريباً.

الملخص

وصفنا بإيجاز مفاهيم ومبادئ ومعايير علم المصطلحات القياسي والصارم. وأثبتنا كذلك أنه إذا حدث أن تم إدخال مفهوم مختلف تماماً ينفصل عن دوران الأرض، إلى جانب المفهوم المجسَّد منذ زمن طويل في مصطلح UTC، فإن المفهوم الجديد لا يمكن أن يتمثل في المصطلح الشائع في الوقت الحاضر وهو UTC. وبعد إثبات المركز الرسمي للجنة التقنية 37 التابعة للمنظمة الدولية للتوحيد القياسي في مسائل المصطلحات قمنا بعرض اقتراح من هذه اللجنة بصياغة مصطلح جديد للمفهوم الجديد، وهو *التوقيت الدولي*. ويؤيِّد كاتبا هذا المقال هذا الاقتراح، ولكننا نرحِّب أيضاً بأي بدائل أخرى.

التوقيت الدقيق، تُظهِر السواتل والقطارات والطائرات تزامناً مع توقيت رقمي دقيق حتى عدة أرقام عشرية. وهذا المستوى من الدقة لازم للأنظمة العالمية للملاحة الساتلية لكي يمكن تحديد مواقع القطارات والطائرات التي تتحرك بسرعة بكل دقة

Keystone/SPL/Smetek

الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS) وتوقيتات نظامها

و. ليواندوفسكي، المكتب الدولي للموازين والمقاييس

المكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM) مكلف بحساب سلالم التوقيت المرجعي الدولي المعروف باسم التوقيت العالمي المنسق (UTC). وهو مشتق من سلم توقيت موحد ومتواصل، تسمى التوقيت الذري الدولي (TAI) عن طريق تطبيق تصحيح عدد صحيح من الثواني. والتوقيت العالمي المنسق (UTC) هو سلم التوقيت المرجعي الوحيد المستخدم في تنسيق التوقيت العالمي، وهو يمثل أساس التوقيت القانوني في كثير من البلدان.

وتعتمد الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS) على توقيت دقيق يمكّن من إجراء قياسات دقيقة لمجالات تحديد المواقع، وهذه تتطلب بدورها وجود تزامن مستمر فيما بين الأنظمة. وتحقيقاً لهذا الغرض، تستخدم الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS) سلالم التوقيت المرجعي الداخلي القائم على مجموعات من الساعات: توقيت النظام العالمي لتحديد المواقع، وتوقيت GLONASS المطبق في الاتحاد الروسي، وتوقيت نظام جاليليو (GST) وتوقيت نظام BeiDou.

وهذه التوقيتات المعتمدة على الأنظمة ليست إلا سلالم توقيت زائفة وينبغي اعتبارها مجرد بارامترات تقنية داخلية للأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS) وليست سلالم توقيت مما يُستخدم كمرجع للأنشطة البشرية الأخرى.

والمعتاد هو أن التوقيتات المعتمدة على الأنظمة يتم توجيهها إلى سلم توقيت مرجعي خارجي مستقر. وعلى سبيل المثال، يتبع توقيت نظام تحديد المواقع نموذج UTC(USNO) القائم على إضافة ثانية واحدة عن طريق ممثله بالمرصد البحري بالولايات المتحدة. ولكن التوقيت العالمي المنسق (UTC) هو سلم توقيت مدرَّج نظراً للفجوات التي يتخللها نتيجة لاستعمال الثواني الكبيسة. ولأغراض سلامة الخدمات الحياتية، على وجه التحديد، فضَّل بعض مقدمي خدمات الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS) تبني بديل سلالم التوقيت المستمر (غير المدرَّجة). وهذا يتسبب

في صعوبات بالنسبة لمصممي الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية نظراً لعدم وجود طريقة مثالية لاختيار حقبة مرجعية لترقيم الثواني تكون بديلة لسلالم التوقيت المتواصلة.

الفوضى تسود

يوضح الشكل 1 مناهج الاختيار المختلفة التي يلجأ إليها مقدمو خدمات الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية، والعلاقة بين توقيتات هذه الأنظمة والتوقيت العالمي المنسق (UTC).

وتوقيت النظام العالمي لتحديد المواقع توقيت متواصل لا يخضع للتعديل بإضافة ثواني كبيسة. وقد تحدد هذا التوقيت في 6 يناير 1980، في الساعة 00:00 بالتوقيت العالمي المنسق (UTC) بحيث لا يوجد فرق بينه وبين التوقيت العالمي المنسق (UTC). أما توقيت النظام العالمي لتحديد المواقع فإنه متخلف 19 ثانية عن التوقيت الذري الدولي (TAI)، وهو الآن (في 2013) متقدم على التوقيت العالمي المنسق (UTC) 16 ثانية نظراً لإضافة الثواني الكبيسة.

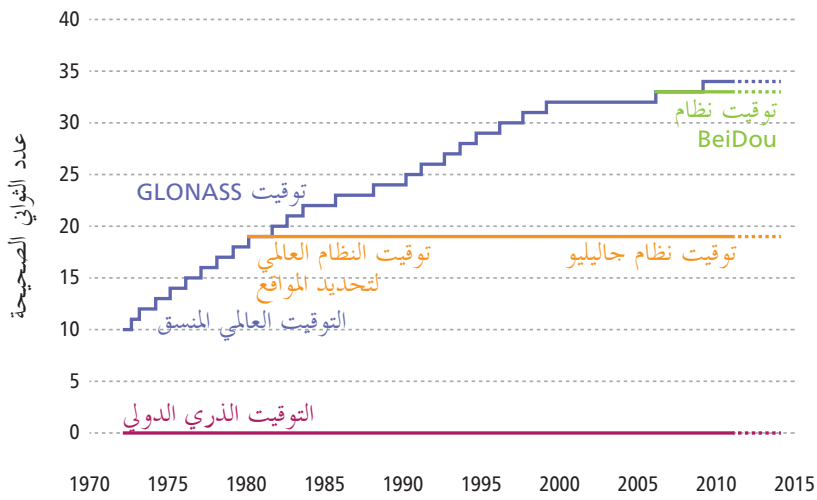
وعلى خلاف توقيت النظام العالمي لتحديد المواقع، يتبع توقيت GLONASS ثواني التوقيت العالمي المنسق (UTC)، وبالتالي فإنه لا يمثل سلم توقيت متواصل. وتوقيت نظام جاليليو (GST) توقيت متواصل بدأ في نفس المرحلة التي بدأ فيها توقيت النظام العالمي لتحديد المواقع. وقد اتخِذ قرار أولي في المراحل الأولى من تعريف نظام جاليليو، بأن يستخدم توقيت نظام جاليليو (GST) التوقيت الذري الدولي (TAI) كمرجع. ومع ذلك، فعند الأخذ في الاعتبار أن التوقيت الذري الدولي (TAI)ليس المقصود منه التوزيع العام، رأى مصممو نظام جاليليو أن تحديد سلم التوقيت الداخلي لنظام جاليليو كأساس للتوقيت الذري الدولي (TAI) سيؤدي إلى الفوضى والارتباك. وكان القرار النهائي هو أن يكون فرق الثواني بين توقيت نظام جاليليو (GST) وتوقيت النظام العالمي لتحديد المواقع صفراً.

ونظام التوقيت BeiDou نظام متواصل تحدد في أول يناير 2006 في الساعة 00:00 بالتوقيت العالمي المنسق (UTC) بحيث لا يوجد فرق بينه وبين التوقيت العالمي المنسق (UTC). ونظام التوقيت BeiDou متخلف 33 ثانية عن التوقيت الذري الدولي (TAI)، وهو الآن (في 2013) متقدم على التوقيت العالمي المنسق (UTC) بثانيتين.

ولأن التوقيت العالمي المنسق (UTC) يمثل سلم التوقيت مدرّج، تصبح سلالم التوقيت الداخلي المتواصلة للأنظمة العالمية للملاحة الساتلية بديلاً لسلالم التوقيت لبعض التطبيقات. وعلى سبيل المثال، فإن خدمة الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS) تستَخدم توقيت النظام العالمي لتحديد المواقع في وضع بطاقات على بعض منتجات النظام.

ويؤدي استخدام هذه سلالم التوقيت الداخلي المتواصل للأنظمة العالمية للملاحة الساتلية إلى فوضى بين المستعملين، لأن السلالم المختلفة تختلف بعشرات الثواني. ويمثل توقيت نظام جاليليو مثالاً على احتمال الفوضى. وبعض أجزاء نظام جاليليو محسوبة على النظام، بينما تعد أجزاء أخرى محسوبة على التوقيت العالمي المنسق (UTC). ويحدث الجانب الأكبر من الصعوبة عند تجاوز الساعة 00:00 (منتصف الليل)، فعندما تشير أجزاء النظام المختلفة خلال فترة 16 ثانية إلى يومين مختلفين، فقد يؤدي ذلك إلى أخطاء جسيمة.

الشكل 1 – العلاقة بين سلالم التوقيت المختلفة (الفروق مبينة برقم صحيح من الثواني): التوقيت الذري الدولي (TAI)؛ والتوقيت العالمي المنسق (UTC)؛ وتوقيت النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS)؛ وتوقيت نظام جاليليو (GST)؛ وتوقيت نظام BeiDou؛ وتوقيت GLONASS



التأكد من الوقت على هاتف ذكي بعد إدخال ثانية كبيسة في التوقيت العالمي المنسق (UTC)

AFP

دقة عملية

على الرغم من أن سلامة التوقيت الداخلية للأنظمة العالمية للملاحة الساتلية ليس من اللازم أن تكون متزامنة مع المعيار الدولي للتوقيت العالمي المنسق (UTC) لتلبية احتياجات الملاحة، توجد فائدة واضحة في التنسيق الدولي من أجل تبسيط تشغيل هذه الأنظمة والسماح بالتشغيل البيني فيما بينها. وهذا ما تعكسه توصيات اللجنة الاستشارية للتوقيت والترددات (التوصية S6-1999) واللجنة الدولية للموازين والمقاييس (التوصية 1999- CI 1)، فضلاً عن كونه أحد مهام اللجنة الدولية للأنظمة العالمية للملاحة الساتلية.

وتمثل الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية إلى حد كبير اليوم السبيل الأكثر شيوعاً للحصول على التوقيت العالمي المنسق (UTC). والشركات المسؤولة عن تقديم خدمات النظام العالمي لتحديد المواقع وخدمات والنظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS) تنشر تصويبات لتوقيتات أنظمتها الداخلية للحصول على توقعات بشأن التوقيت العالمي المنسق (UTC) الذي يحتفظ به المرصد البحري بالولايات المتحدة ((UTC(USNO) وسلم التوقيت الوطني المطبق في الاتحاد الروسي ((UTC(SU)، على التوالي. كما سيذيع نظام جاليليو بياناً عملياً عن التوقيت العالمي المنسق (UTC)، ومن المرجح أن تفعل الأنظمة الأخرى ذلك. ويذيع النظام العالمي لتحديد المواقع في الوقت الحاضر توقعات UTC(USNO) التي تتفق مع التوقيت العالمي المنسق الذي يحتفظ به المرصد البحري بالولايات المتحدة ((UTC(USNO) في حدود عدد قليل من النانو ثانية إلى جانب التوقيت العالمي المنسق (UTC) الفعلي. وهذا يعني أن النظام العالمي لتحديد المواقع يذيع توقعات التوقيت العالمي المنسق (UTC) مع وجود شك بشأن العديد من النانو ثانية. وفي الوقت الحاضر، يوجد شك في توقعات GLONASS يصل إلى مئات النانو ثانية، وإن كانت دقتها من المرجح أن تتحسن في المستقبل القريب من خلال المعايرة المناسبة.

هل حان الوقت للتجاوز عن الثواني الكبيسة؟

تتسبب الثواني الكبيسة في صعوبات للبنية التحتية الحديثة، وخصوصاً الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية. كذلك، يمكن الآن للملاحة البحرية أن تعمل بدون الثواني الكبيسة، وهكذا لم تعد الحجج الخاصة بالإبقاء على الثواني الكبيسة سليمة.

وفي داخل قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات (ITU-R)، تجري دراسة مراجعة تعريف "التوقيت العالمي المنسق". كذلك يعكف قطاع الاتصالات الراديوية على وضع توصية قد تؤدي إلى سلم توقيت متواصل جديد.

تمثل واجهة الساعة وشكل الأرض حركة الوقت وتحوّل الوقت بسرعات قريبة من سرعة الضوء في مجالات الجاذبية القوية

Keystone/SPL/Detlev Van Ravenswaay

ملحمة الفضاء

سلالم التوقيت وأنظمة الملاحة الساتلية العالمية (GNSS)

هان تشونهاو، مركز بيجين للملاحة الساتلية

النظام العالمي للملاحة الساتلية ليس في الواقع إلا نظاماً للقياس الدقيق في سلسلة متصلة للمكان والزمان حول الأرض على نطاق واسع.

ويتألف أي نظام عالمي للملاحة الساتلية عادة من ثلاثة قطاعات: قطاع الفضاء (مجموعة السواتل)؛ وقطاع التحكم الأرضي (محطة رئيسية، ومحطات توصيل ومحطات رصد)؛ وقطاع المستعملين (أجهزة الاستقبال لدى المستعملين). والمجالات الأساسية التي يمكن ملاحظتها مجالات زائفة، تُعرَّف على أنها نتاج ضرب سرعة الضوء في الوقت الذي يسجله المراقب لانتقال الإشارة بين مصدر الإشارة والمراقب (أي الفرق الزمني بين الساعات). ويمكن الحصول على جميع المعلومات الملاحية، مثل مدارات السواتل، وبيانات تعويض الساعات، والتأخير في زمن الأيونوسفير، باستعمال البيانات الدالة على الزمن.

الساعات الساتلية

ونظراً لاتساع نطاق المكان والزمان في المسارات الساتلية (نحو 1×10^{5} km من حيث المكان، وعدة أيام أو حتى عدة شهور أو سنوات من حيث الزمان) ومتطلبات الدقة (الدقة إلى مستوى متر واحد أو حتى سنتيمتر واحد أو ملليمتر واحد)، يجب التعامل مع تجهيز البيانات من أجل النظام العالمي للملاحة الساتلية في إطار نظرية النسبية والنظرية الكمية.

ويوجد نوعان من سلالم التوقيت المختلفة نظرياً في أنظمة الملاحة الساتلية العالمية، هما التوقيت المناسب والتوقيت المنسق. ويعتمد الفاصل المكاني والزمني الملحوظ بين حدثين على المراقب. وقراءات التوقيت التي توفرها الساعات النموذجية مباشرة المثبتة على متن السواتل، وفي المحطات أو لدى المراقبين هي التوقيت المناسب. وهذه القراءات وثيقة الصلة بالمراقب — وبمعنى آخر وثيقة الصلة ببيئات الساعات من حيث المكان والزمان. وهذا يعني أن مختلف المراقبين تكون توقيتات ساعاتهم مختلفة نظراً لسرعتها النسبية ومركزها في مجال الجاذبية.

ولكي يحصل جميع المراقبين على مرجع زمني مشترك، يجب أن نختار مراقباً خاصاً وأن نبني نظاماً مرجعياً. ويتضمن النظام المرجعي ثلاثة أطر مرجعية مكانية ثلاثية الأبعاد ومرجع زمني. والنظام الأول يحدد موقعاً مكانياً (يقوم على ثلاثة إحداثيات مكانية) للحدث، أما النظام الآخر، فيعطي زمن الحدوث، الذي يُسمى زمن الإحداثيات.

ويُستعمل نظام مرجعي مركزه الأرض غير دوار لوصف مدارات السواتل الأرضية، وهذا النوع من السواتل يشمل أنظمة الملاحة الساتلية العالمية. وعادة ما يكون التوقيت المرجعي توقيت إحداثي متمركز على الأرض

مهندس في مختبر ضبط التوقيت يقف أمام الساعة التي تبين أن التوقيت في بيجين هو 07:59:60 بعد ساعة أخرى تبين أن التوقيت العالمي المنسق (UTC) هو 23:59:60 بالمركز الوطني لخدمة التوقيت التابع لأكاديمية الخدمات الصينة بمدينة XiAn، يوم أول يوليو 2012. وقد أضيفت ثانية كبيسة إلى الساعات الذرية العالمية يوم السبت، (30 يونيو 2012) لتعديلها بما يجعلها تتواكب مع تباطؤ دورة الأرض. وفي تلك الليلة، كان التوقيت على الساعات الذرية هو الساعة 23 والدقيقة 59 والثانية 60 قبل الانتقال إلى منتصف الليل بالتوقيت العالمي المنسق (UTC)

AFP

Keystone/SPL/Mark Williamson

ساعة تحدد مناطق التوقيت المعيارية في بهو مبنى الأنباء بمدينة نيويورك

أو التوقيت الأرضي. ويمكن اعتبار كليهما التوقيت المناسب للمراقب في مركز الأرض، وإن كان يخضع لإمكانيات الجاذبية المختلفة. ويفترض التوقيت الإحداثي المتمركز على الأرض عدم وجود جاذبية كامنة في الأرض أو أن المراقب لا يتأثر بها. وعلى النقيض من ذلك، يفترض التوقيت الأرضي أن يكون المراقب خاضعاً لجاذبية أرضية مكافئة للجاذبية على سطح المحيط كما يحدد شكلها أثر جاذبية الأرض ودورانها فقط، أو عند وسط منسوب البحر.

الإبلاغ عن التوقيت

التوقيتات المعتمدة على أنظمة الملاحة الساتلية العالمية، مثل توقيت النظام العالمي لتحديد المواقع، والنظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي (GLONASS)، وتوقيت جاليليو، وتوقيت BeiDou، ليست إلا من الأشكال المختلفة للتوقيت الأرضي. وينبغي ملاحظة أن أي توقيت نظامي يُستخدم فقط داخل النظام نفسة. ومع ذلك، فلكي يحقق أي نظام وظيفة خدمة التوقيت، يجب إعطاء وقت التعويض المحدد قياساً على التوقيت العالمي المنسق (UTC) ضمن البيانات الملاحية التي يذيعها النظام العالمي للملاحة الساتلية (مع شيء من عدم اليقين المحدد سلفاً) وهنا يكون النظام العالمي للملاحة الساتلية هو الخيار الوحيد لأنه يمثل معيار التوقيت المدني في جميع أنحاء العالم.

الشروق والغروب

ومن الواضح أن الاضطرار إلى إدخال الثانية الكبيسة في التوقيت العالمي المنسق (UTC) على فترات غير منتظمة محفوف بالمشاكل. فلتشغيل أنظمة الملاحة الساتلية العالمية بصفة خاصة، لا تعد الثانية الكبيسة مريحة سواء من حيث ضبط التوقيت أو خدمة التوقيت. وربما تكون وجهة نظر بعض الأخصائيين في المجالات التقنية الأخرى — مثل الاتصالات والنقل — هي نفس وجهة النظر.

ولكن ينبغي أن نأخذ في الاعتبار أن التوقيت العالمي المنسق (UTC) لا يُستخدم فقط في العلم والتكنولوجيا، بل يُستخدم أيضاً في كل جانب من جوانب المجتمع. وببساطة، فإن الثانية الكبيسة تعني

من ناحية النظرية أن التوقيت العالمي المنسق (UTC)لا علاقة له بالتوقيت الشمسي. ومع ذلك، كان الغروب على الدوام هو الأساس الطبيعي للتوقيت المدني.

ومع ذلك، ينبغي ملاحظة أن مصطلح "اليوم" كما هو مستخدم اليوم ليس باليوم الشمسي الحقيقي، كما تم تعريفة في نهاية القرن التاسع عشر. ونحن نعلم أن معادلة التوقيت (الفرق بين التوقيت الشمسي الواضح ووسط التوقيت الشمسي) يمكن أن تصل إلى 16 دقيقة. وعلى النقيض من ذلك، فإن الفرق الزمني الحالي بين التوقيت الذري الدولي (TAI) والتوقيت العالمي (UT1) (وهو السلسلة الزمنية الفلكية التي تحددها دورة الأرض في الملاحة الجوية) هو 35 دقيقة. وخلال الأربعين سنة الماضية، تم إدخال 25 ثانية كبيسة في التوقيت العالمي المنسق (UTC). وهذا يتناقض مع القول إننا لا نستطيع أن نقبل التوقيت العالمي المنسق (UTC) دون ثواني كبيسة باعتباره توقيتاً مدنياً، نظراً لأن التوقيت العالمي المنسق (UTC) اليوم لا يمثل على وجه الدقة نفس التوقيت الشمسي.

والسبب الرئيسي في الفرق الزمني بين التوقيت الذري الدولي (TAI) والتوقيت العالمي (UT1) هو الانحراف عن النظام الدولي للوحدات (SI) وهو الثانية قياساً على وسط اليوم الشمسي. وجميع الثواني الكبيسة الخمس والعشرين إيجابية، وهذا يعني تعويض وحدة الثانية الذي يبلغ نحو $1,98 \times 10^{-8}$ المشار إليه في متوسط الثانية الشمسية. ومع ذلك، فإذا كان من الممكن تعديل تعريف الثانية التي هي النظام الدولي للوحدات (SI) يمكن أن يصبح الفرق أقل.

وعلى أي حال، فإن التوقيت العالمي المنسق (UTC) — مهما كان تعريفه — ينبغي أن تكون له علاقة نظرية بالتوقيت العالمي (UT1) باعتباره التوقيت المدني. وسرعة دوران الأرض متغيرة. وربما سيتغير طول النهار في المستقبل ليصبح 401 86 ثانية بل وأطول من ذلك. فماذا ينبغي علينا عمله لو حدث ذلك؟ هذا سبب جيد للإبقاء على بعض العلاقة الإحداثية بين التوقيت العالمي المنسق (UTC) والتوقيت العالمي (UT1).

طرق جديدة لتعريف التوقيت العالمي المنسق

وبالإضافة إلى توفير معيار للتوقيت المدني، يقوم التوقيت العالمي المنسق (UTC) بدور أيضاً في تمثيل القيمة التقريبية للنسق الرئيسي للتوقيت العالمي (UT1) (مع المحافظة على الفرق بين التوقيت العالمي المنسق والتوقيت العالمي (UT1 UTC) في حدود 0,9 من الثانية). وفي حالة إلغاء الثانية الكبيسة، لن يكون هذا الفرق محدوداً.

ولا يحبذ البعض الثانية الكبيسة، وحجتهم في ذلك هي أنها تتطلب برمجيات كي يمكن تعديلها. وبالنسبة للأنظمة الأرضية، لا تكون البرمجيات معقدة أو مكلفة. ومع ذلك، قد لا يكون الأمر كذلك في حالة بعض أنظمة الفضاء.

وإعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) مسألة لها أهمية كبيرة. وسيكون وقف العمل بالثواني الكبيسة مريحاً لمعظم المستعملين. ومع ذلك، فإن تسمية التوقيت العالمي المنسق والمناطق الزمنية ذات الصلة لا ينبغي تغييرها كي يمكن الإبقاء على جانب من العلاقة النظرية مع التوقيت العالمي (UT1) أو مع التوقيت الشمسي. وقد يكون من الأفضل بناء علاقة واضحة ومحددة بين التوقيت العالمي المنسق (UTC) والتوقيت العالمي (UT1)، وهي علاقة تتطلب على سبيل المثال مرور مرحلة مختلفة فيما بينهما تكون أقل من القيمة الثابتة (مثل 10 ثواني)، أو التعويض النسبي للترددات لتصبح أقل من 1×10^{-7} (نحو 10 مللي ثانية خلال فترة 24 ساعة).

ومن الخيارات المتاحة إضافة ثانية كبيسة واحدة في نهاية القرن. وفي الواقع، هناك نُهج عديدة من شأنها إلغاء الثواني الكبيسة لفترة طويلة بما فيه الكفاية في المستقبل القريب.

ففي حالة إعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) بطريقة تؤدي إلى وقف إدخال الثواني الكبيسة، عندئذ ينبغي أن تُعوِّض أنظمة الملاحة الساتلية العالمية ذلك بإذاعة بارامترات اتجاه الأرض. وفي الواقع، قد تكون هذه الطريقة طريقة أفضل لحصول المستعملين على معلومات بشأن اتجاه الأرض. وفي هذه الحالة، يمكن أن توفر أنظمة الملاحة الساتلية العالمية ليس فقط خدمة تحديد المواقع، والمعلومات الملاحية والتوقيت، بل أن توفر أيضاً خدمة لتحديد اتجاه الأرض.

انطباع فني عن شبكة الملاحة الساتلية التي تعمل بنظام جاليليو في أوروبا في المدار تنقل بيانات عن الموقع (خط الطول وخط العرض) ومستوى الارتفاع (الارتفاع فوق مستوى سطح البحر)

Keystone/SPL/Detlev Van Ravenswaay

جاليليو والثواني الكبيسة في التوقيت العالمي المنسق

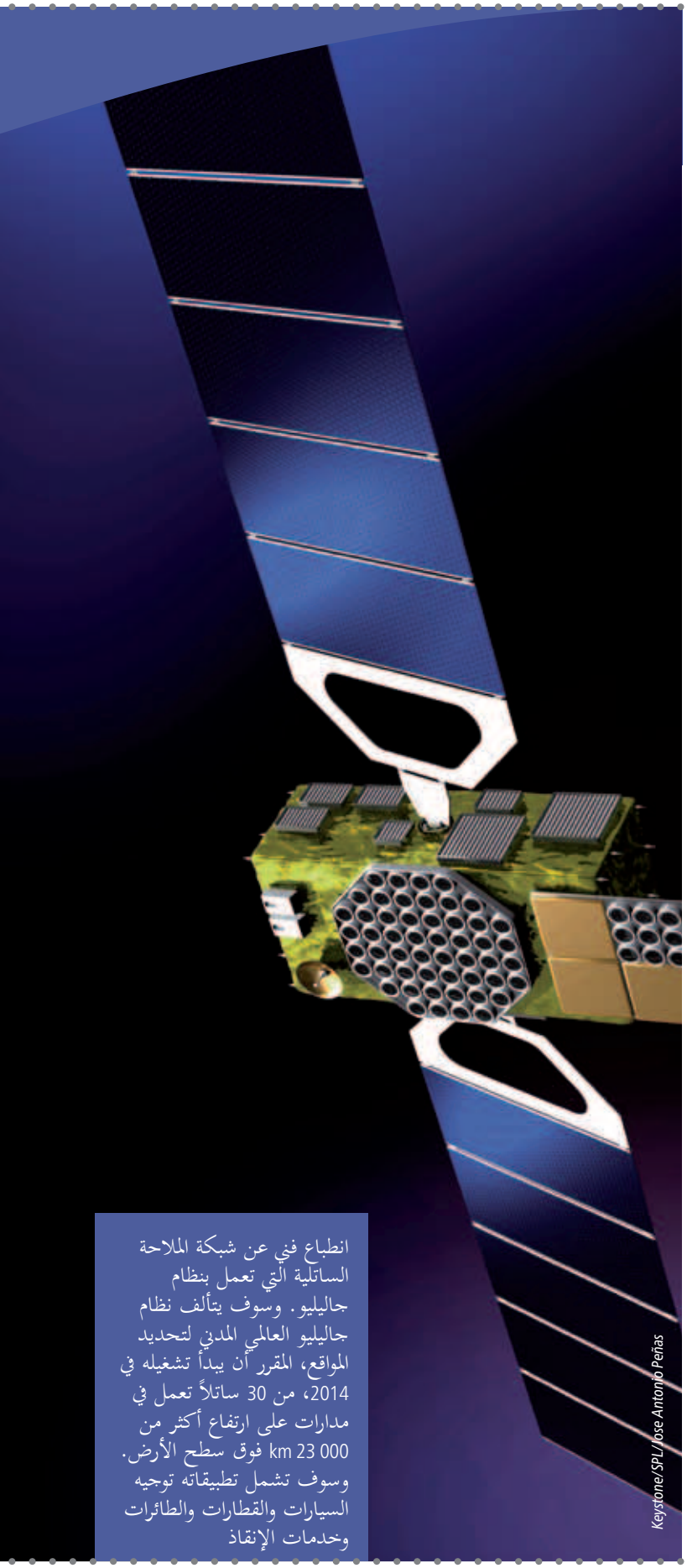
جورج هاهن، وكالة الفضاء الأوروبية/المركز الأوروبي لبحوث وتكنولوجيا الفضاء (ESA/ESTEC)، المدير الهندسي لنظام جاليليو

جاليليو هو النظام الأوروبي العالمي للملاحة الساتلية وهو مصمم لتوفير مستوى عال من الدقة في الخدمة العالمية لتحديد المواقع تحت إشراف مدني. وسيكون من الممكن تحقيق التشغيل البيني مع النظام العالمي الحالي لتحديد المواقع (GPS) التابع للولايات المتحدة وتوقيت النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي (GLONASS).

وقد أطلِق أول ساتلين من السواتل التشغيلية الأربعة المصممة للتحقق من سلامة مفهوم جاليليو من حيث المكان والزمان في 21 أكتوبر 2011. وأطلِق الساتلان الآخران بعد ذلك في 12 أكتوبر 2012. وبعد مرحلة التحقق هذه في المدار، ستُطلق سواتل إضافية للوصول إلى القدرات التشغيلية المبدئية في منتصف العقد الحالي.

وسوف تتوافر خلال المرحلة المبدئية من تشغيل جاليليو، صيغ أولية للخدمة المفتوحة، وخدمة البحث والإنقاذ، والخدمة العمومية المنظمة. وعندما يتجاوز بناء مجموعة السواتل ذلك، سوف تُجرى اختبارات على خدمات جديدة وتصبح متاحة إلى أن يبلغ النظام القدرة التشغيلية الكاملة.

ويقوم اثنان من مراكز التحكم في نظام جاليليو في أوروبا — أحدهما في فيوتشينو (إيطاليا) والآخر في أوبرفافينهوفين (ألمانيا) — بالتحكم في السواتل وإدارة الملاحة. وتُرسل البيانات التي توفرها محطات الاستشعار العالمية التابعة لنظام جاليليو إلى مراكز التحكم في جاليليو من خلال شبكة اتصالات. وتستخدم مراكز التحكم البيانات التي تأتيها من هذه المحطات في حساب مدى سلامة المعلومات وتحقيق التزامن بين الإشارات الزمنية الواردة من جميع السواتل وساعات المحطات الأرضية. ويتم تبادل البيانات بين مراكز التحكم والسواتل من خلال محطات الوصلات الصاعدة.



انطباع فني عن شبكة الملاحة الساتلية التي تعمل بنظام جاليليو. وسوف يتألف نظام جاليليو العالمي المدني لتحديد المواقع، المقرر أن يبدأ تشغيله في 2014، من 30 ساتلاً تعمل في مدارات على ارتفاع أكثر من 23 000 km فوق سطح الأرض. وسوف تشمل تطبيقاته توجيه السيارات والقطارات والطائرات وخدمات الإنقاذ

Keystone/SPL/Jose Antonio Peñas

توقيت نظام جاليليو

تتطلب الملاحة الساتلية قياسات عالية الدقة لتوقيتات انتقال الإشارات. ويُعرف نظام التوقيت المرجعي الداخلي في نظام جاليليو بأنه توقيت نظام جاليليو (GST)، ويُستخدم في تحقيق التزامن بين جميع ساعات جاليليو، بما في ذلك تلك التي تعمل في القطاع الأرضي، وعلى السواتل، وفي أجهزة الاستقبال. وتعتبر الرسائل الملاحية المذاعة أيضاً ضمن توقيت نظام جاليليو (GST).

وتوقيت نظام جاليليو (GST) سلم توقيت متواصل موجه نحو التوقيت العالمي المنسق (UTC)، القائم على نموذج الثانية الواحدة. وتوفر الجهة المسؤولة عن تقديم خدمة توقيت جاليليو وصلة بين توقيت نظام جاليليو (GST) والتوقيت العالمي المنسق (UTC)، تعتمد على البيانات الواردة من مختبرات التوقيت الأوروبية.

كيف يتولد توقيت نظام جاليليو

يقوم بحساب توقيت نظام جاليليو (GST) قطاع المهام الأرضية التابع لنظام جاليليو اعتماداً على مجموعة من الساعات الذرية عالية الدقة في مرفقين للتوقيت الدقيق، في فيوتشينو و أوربرفافينهوفين. وكل مرفق من مرافق التوقيت الدقيق مزود بمكبرين نشطين يستفيدان من خواص ذرة الهيدروجين وبأربع ساعات ذرية.

وتتعاون الجهة المسؤولة عن توفير خدمة توقيت جاليليو مع مختبرات التوقيت الأوروبية لتحويل توقيت نظام جاليليو (GST) إلى التوقيت العالمي المنسق (UTC) لأغراض النشر، وتحرص على أن يكون نظام جاليليو على عِلم بالفرق بين التوقيت الذري الدولي (TAI) والتوقيت العالمي المنسق (UTC)، وكذلك بأي إعلانات خاصة بالثواني الكبيسة.

وفي مرحلة التحقق التي تجري أثناء المدار، يقوم مرفق التحقق من توقيت جاليليو بدور توفير خدمة التوقيت. ويوجد هذا المرفق في المعهد الوطني لبحوث الأرصاد الجوية، في تورينو، إيطاليا، وتعززه مختبرات التوقيت العالمي المنسق (UTC) في كل من ألمانيا وفرنسا والمملكة المتحدة وإسبانيا. وتجري مقارنة توقيت نظام جاليليو (GST) باستمرار بالتوقيت العالمي المنسق (UTC) الذي يتحقق على المستوى الوطني عن طريق التوقيت الساتلي في اتجاهين ونقل الترددات (TWSTFT)، وخدمة المشهد العام للنظام العالمي لتحديد المواقع.

ومتطلبات الأداء الرئيسية هي أن الفرق بين توقيت نظام جاليليو (GST) والتوقيت العالمي المنسق (UTC) سيتم تقديره بدقة أفضل من 28 نانو ثانية (95 في المائة من الوقت)، وسيكون أقل من 50 نانو ثانية (في إطار نموذج الثانية الواحدة) بالنسبة لنسبة 95 في المائة في السنة. وتكشف بعض نتائج الأداء المبكرة أن الفرق بين توقيت نظام جاليليو (GST)والتوقيت العالمي المنسق (UTC) كان في حدود عدد قليل من النانو ثانية خلال الفترة ما بين فبراير ومارس 2013.

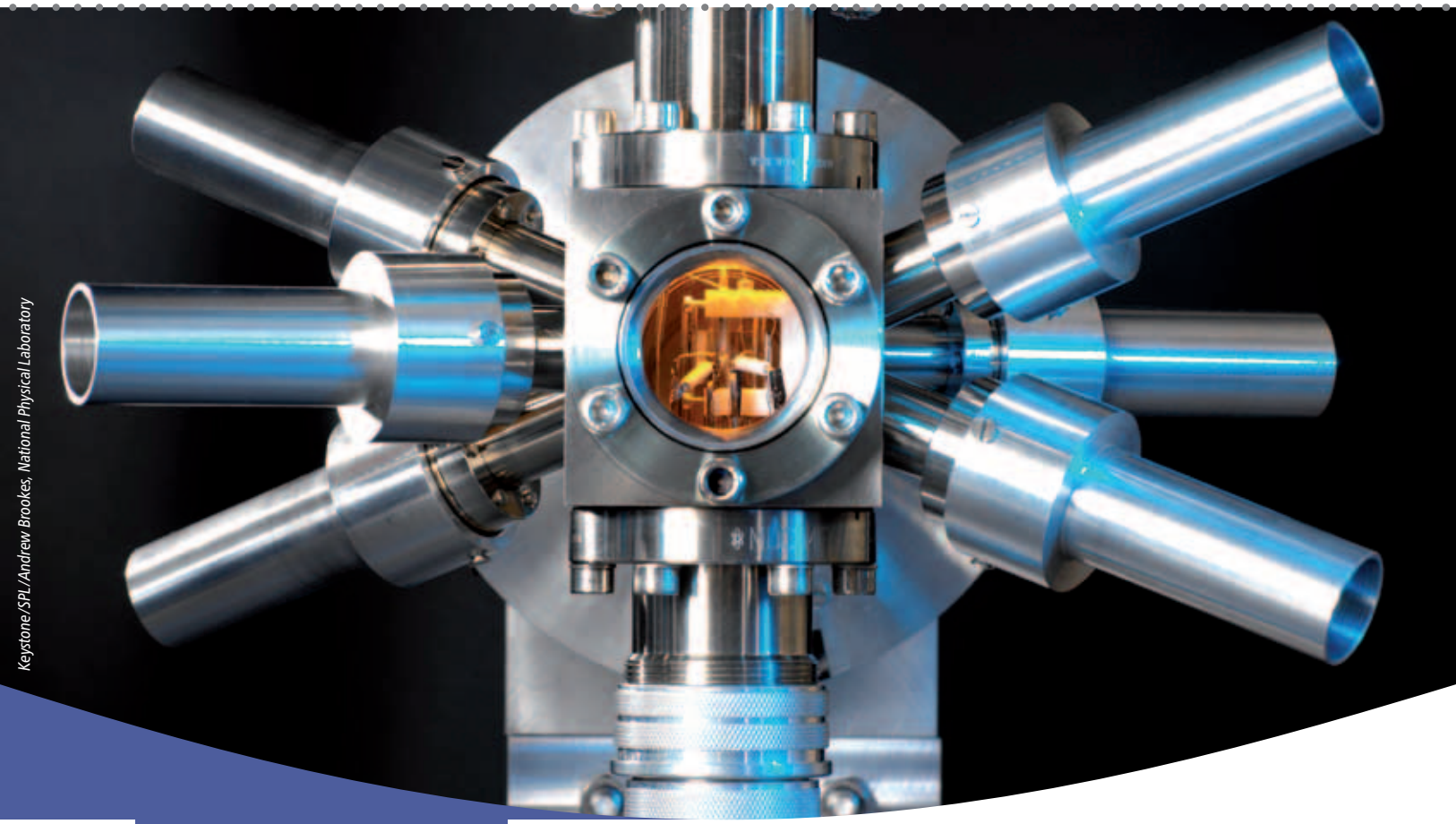
نشر التوقيت العالمي المنسق (UTC) من خلال نظام جاليليو

يوفر نظام جاليليو قدرات في مجالي تحديد المواقع والتوقيت. ويُوزع التوقيت العالمي المنسق (UTC) وفقاً للتوصية ITU-R TF.460-6. وبالتالي، تشمل رسالة الملاحة بنظام جاليليو بارامترات لتحويل توقيت نظام جاليليو (GST) إلى التوقيت العالمي المنسق (UTC)، بما في ذلك العدد الإجمالي للثواني الكبيسة، وإعلان بإدخال أي ثواني كبيسة جديدة في التاريخ المعلن عن ذلك، والتعويض الجزئي بين GST- UTC. وتُحسب بارامترات تحويل توقيت نظام جاليليو (GST) إلى التوقيت العالمي المنسق (UTC) وتُستحدث يومياً بواسطة التسهيلات التي يوفرها نظام جاليليو.

وسيكون بوسع مستعملي نظام جاليليو تقدير توقيت نظام جاليليو (GST) من واقع الإشارة التي تأتي من الفضاء، عن طريق بارامترات التحويل، والحصول على التوقيت العالمي المنسق (UTC) لاستخدامه في تطبيقاتهم. وبالنسبة للغالبية العظمى من مستعملي النظم الملاحية والتوقيت، فمن اللازم التعبير عن موقف المستعملين في إحداثيات الأرض الثابتة والإعراب عن التوقيت المقابل في التوقيت العالمي المنسق (UTC). وقد يكون من اللازم أن تنفذ بعض التطبيقات المتخصصة، مثل الفلك، إلى التوقيت العالمي.

مركز التحكم في نظام جاليليو
بمدينة فيوتشينو، (إيطاليا)

مركز التحكم في نظام جاليليو
بمدينة أوبرفافينهوفين (ألمانيا)



Keystone/SPL/Andrew Brookes, National Physical Laboratory

ساعة بصرية تُستخدم في توفير مرجع للترددات البصرية. ومن المعتقد أن الساعة البصرية أكثر دقة بثلاث مرات من أي جهاز لضبط التوقيت تم التوصل إليه من قبل. وتوفر الساعات البصرية مزايا ممكنة لأنظمة الملاحة الساتلية العالمية.

أثر الثواني الكبيسة على نظام جاليليو

ومَرافق نظام جاليليو متزامنة مع توقيت نظام جاليليو (GST)، الذي يُستخدم أيضاً في تحديد توقيت معظم بيانات نظام جاليليو. ومع ذلك، فما زال نظام جاليليو يستخدم التوقيت العالمي المنسق (UTC) في تحديد التوقيت حيثما تتطلب الأنساق الدولية، مثل بيانات خدمة المشهد العام للنظام العالمي لتحديد المواقع، أو نسق الاتحاد الدولي للاتصالات بالنسبة لبيانات TWSTFT.

ومعظم البيانات التي توفرها مرافق الخدمة الخارجية لنظام جاليليو — مثل الجهة المعنية بتوفير خدمة التوقيت، والجهة المعنية بالخدمة الجيوديسية المرجعية، والجهة المعنية بخدمة الوصلة العائدة — توقيتها محدد على أساس التوقيت العالمي المنسق (UTC). كذلك تستخدم مرافق الخدمة الخارجية هذه التوقيت العالمي المنسق (UTC) لتحقيق التزامن بين شبكات الحاسوب. ويستخدم مشغلو نظام جاليليو التوقيت العالمي المنسق (UTC) كتوقيت مرجعي في تخطيط العمليات وتسجيل الوقائع.

ونظام جاليليو مصمم ليعمل مع الثواني الكبيسة، كما أن تطبيق الثواني الكبيسة يتم أوتوماتيكياً. ومع ذلك، فإن إضافة ثانية كبيسة جديدة ما زال يتطلب العديد من الإجراءات البشرية، مثل تحديث التشكيل المعتاد لجميع عناصر النظام باستعمال بروتوكول تحويل التوقيت العالمي المنسق (UTC)؛ والتأكد من أن الثانية الكبيسة مطبقة على جميع عناصر النظام، بما في ذلك التزامن مع التوقيت العالمي المنسق (UTC) لكل قطعة من المعدات والتجهيزات على حدة، والتأكد من أن الثانية الكبيسة مطبقة في بيئة الجهة المسؤولة عن التشغيل.

وقد تنطوي هذه الإجراءات على أخطاء بشرية، مما يعرض للخطر إمكانية الاعتماد على النظام. وإلغاء الثانية الكبيسة من شأنه تبسيط عمليات النظام وجعلها أكثر قوة. وتكون الثواني الكبيسة غير مرغوب فيها فيما يتصل بعمليات النظام. ومع ذلك، ففي حالة وقف العمل بالثواني الكبيسة، سوف يكون على نظام جاليليو تحديث الأسطح البينية المقابلة لها.

ومع ذلك، فمهما كانت النتيجة فيما يتعلق بالثانية الكبيسة، فسوف يواصل نظام جاليليو تطبيق المعايير والتوصيات الدولية.

النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي والتوقيت العالمي المنسق

إيجور ف. زيلتونوف، د. أرونوف، س. سوروكين، وجيستر – اتصالات الاتحاد الروسي

والغرض من النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي (GLONASS) هو تزويد عدد غير محدود من مستعملي الخدمات الجوية والبحرية وغيرهم بمعلومات ثلاثية الأبعاد عن تحديد المواقع في جميع أنواع الطقس، وقياس السرعة وتحديد التوقيت في أي مكان في العالم أو بالقرب من الفضاء المجاور للأرض.

ويتألف النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي (GLONASS) من ثلاثة مكونات: مجموعة من السواتل (قطاع الفضاء)؛ ومرافق للتحكم قائمة على الأرض (قطاع التحكم)؛ والمعدات والتجهيزات التي يعتمد عليها المستعملون (قطاع المستعملين). وتتألف المجموعة الحالية للنظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي (GLONASS) من 29 ساتلاً منها أربعة سواتل احتياطية وساتل واحد في وضع الاختبار. وكانت أحدث عملية إطلاق يوم 26 أبريل 2013.

توقيت النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي

يقوم النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي (GLONASS) في الوقت الحاضر بتنفيذ سلم توقيت على أساس الثانية الكبيسة، وفقاً للمعايير الدولية (التوصية ITU-R TF.460-6 الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات).

ويتم تصحيح سلم التوقيت للنظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي (GLONASS) من حين لآخر في الوقت الذي يتم فيه إدخال الثانية الكبيسة في التوقيت العالمي المنسق (UTC)، وهذا يتم بعد إعلان تصدره خدمة الأنظمة المرجعية الدولية لدوران الأرض (IERS).

ومستعملو النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي (GLONASS) يتم إبلاغهم مقدماً (قبل ثلاثة أشهر على الأقل) بتصحيحات الثانية الكبيسة المزمع إدخالها (بما في ذلك قيمتها وعلامتها) من خلال إصدار النشرات والبلاغات ذات الصلة، وغيرها من المواد. ولا يتضمن النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي ذاته أي بيانات تتعلق بتصحيح الثواني الكبيسة في التوقيت العالمي المنسق (UTC).

والمعتاد هو أن تنفّذ هذه التصحيحات (± 1 ثانية) مرة واحدة كل سنة (أو سنة ونصف سنة) في منتصف الليل عند الساعة 00، والدقيقة 00 والثانية 00 بالتوقيت العالمي المنسق (UTC) من 31 ديسمبر إلى أول يناير (أو من 31 مارس إلى أول أبريل، أو من 30 يونيو إلى أول يوليو، أو من 30 سبتمبر إلى أول أكتوبر) في نفس الوقت من جانب جميع مستعملي التوقيت العالمي المنسق (UTC).

ونتيجة للتصحيحات الدورية للثواني الكبيسة، لا يوجد فرق بعدد صحيح من الثواني بين توقيت النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي وسلم التوقيت العالمي المنسق (UTC) التي يحتفظ بها الاتحاد الروسي. ومع ذلك، يوجد فرق ثابت مدته ثلاث ساعات بين سلمي التوقيت.

وجهة نظر النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي في تغيير سلم التوقيت

قرر المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2012 (WRC-12) أن يتناول المؤتمر العالمي

إطلاق صاروخ Soyuz-2.16 الذي يحمل سفينة الفضاء Glonass-M، من ميناء الفضاء Plesetsk، في أكتوبر 2011

AFP

للاتصالات الراديوية لعام 2015 إعادة تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) تحت البند 1.14.

وفي إطار هذا البند من جدول الأعمال، ووفقاً للقرار 653 (WRC-12)، أجرى قطاع الاتصالات الراديوية الدراسات اللازمة بشأن إمكانية تحقيق سلم توقيت مرجعي متواصل تقوم بنشره أنظمة الاتصالات الراديوية. كذلك يدرس قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات القضايا المتصلة بإمكانية تنفيذ سلم توقيت مرجعي متواصل (يشمل العوامل التقنية والتشغيلية). واستناداً إلى هذه الدراسات، دعا المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2015 (WRC-15) إلى "النظر في إمكانية تحقيق سلم توقيت مرجعي متواصل، سواء بتعديل التوقيت العالمي المنسق (UTC) أو بطرق أخرى، واتخاذ الإجراء المناسب، مع الأخذ في الاعتبار الدراسات التي أجراها قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد".

وخلال ثلاثين عاماً من تشغيل النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي وتنفيذ سلم توقيت يتضمن ثواني كبيسة وفقاً للمعايير الدولية، توجد كمية كبيرة من المعدات والبرمجيات التي تم تطويرها بما يتفق مع إدخال الثواني الكبيسة.

وفي كثير من الحالات، وعلى سبيل المثال في حالة أجهزة الاستقبال المحمولة في الفضاء، لا يمكن تحديث هذه المعدات أثناء عمرها التشغيلي. وينبغي ملاحظة أن العمر التشغيلي المضمون للطائرة أكثر من 10 سنوات، وأن النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي سيكون عليه أن يحافظ على سلمه التوقيتي القائم على الثواني الكبيسة لضمان استمرار تشغيل المعدات.

وتُستخدم أجهزة الاستقبال الملاحية على نطاق واسع لحماية وإنقاذ حياة البشر، مثل النظام الساتلي الدولي COSPAS SARSAT، وهو نظام ساتلي دولي للبحث والإنقاذ. وتولي لوائح الراديو اهتماماً خاصاً بمثل هذه التطبيقات، وتنص المادة 10.4: "تعترف الدول الأعضاء بأن جوانب السلامة في الملاحة الراديوية وخدمات السلامة الأخرى تتطلب اتخاذ تدابير خاصة لضمان عدم تعرضها للتداخل الضار؛ ولذلك فمن الضروري أخذ هذا العامل في الاعتبار لدى تخصيص الترددات واستعمالها." وهذا يوضح أن قرارات المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية ينبغي ألا تترتب عليها نتائج معاكسة بالنسبة للأنظمة المستخدمة في حماية وإنقاذ الحياة البشرية.

وفي حالة اتخاذ قرار بالانتقال إلى سلم زمني متواصل في المستقبل القريب وقيام النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي بتنفيذ هذا القرار دون الإبقاء على سلم التوقيت القائم (القائم على ثانية كبيسة)، عندئذ سوف توفر المعدات

AFP

النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي مزود بحافلتين جديدتين في مشروع تجريبي على أنماط حركة الركاب في موسكو

والأنظمة القائمة وما يرتبط بها من برمجيات معلومات ملاحية غير سليمة بل إنها قد تصبح عاجزة عن العمل تماماً. وفي بعض الحالات (مثلما يحدث في أنظمة الطيران، وأنظمة الملاحة البحرية والأنظمة الساتلية) يمكن إن يؤدي ذلك إلى كارثة. ولتجنب هذه النتيجة المأساوية، سوف يتعين تحديث أجهزة الاستقبال الملاحية القائمة التي تستخدم سلم توقيت مرجعي مع ثانية كبيسة، أو استبدالها لكي تصبح قادرة على العمل بسلم توقيت متواصل. وفي حالات كثيرة، قد يتطلب ذلك أيضاً تحديث جميع الوثائق التقنية المعتمدة، وإجراء دورة كاملة من إعادة الاختبار وإعادة التصديق على الأنظمة والمعدات (مثل، سفن الفضاء ومركبات الإطلاق).

ونظراً لنطاق استعمال تطبيقات النظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي في خدمات الطيران، والفضاء والملاحة البحرية، ستكون هناك صعوبات جسيمة بالنسبة للنظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي في حالة عدم الإبقاء على سلم التوقيت الحالي القائم على ثانية كبيسة.

والرأي فيما يتصل بالنظام العالمي للملاحة الساتلية المطبق في الاتحاد الروسي هو أن ينظر المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2015 (WRC-15) في حلول تضمن التوافق الرجعي، مما يمكّن المعدات والتجهيزات القائمة من العمل بدون تحديث واستبدال. ومن الاحتمالات القائمة الإبقاء على سلم التوقيت العالمي المنسق (UTC) (مع بقاء الثانية الكبيسة) بدون تغيير واستعمال سلم توقيت على أساس التساوي. ومثل هذا القرار يسمح للأنظمة باستعمال سلم التوقيت العالمي المنسق (UTC) بالاستمرار في العمل بدون أي تغييرات وما يترتب عليها من تكاليف، وكذلك تلافي المشاكل الناجمة عن تطبيق تصويبات تتفق مع سلم توقيت متواصل.

وبالإبقاء على سلم التوقيت العالمي المنسق (UTC) على أساس التساوي مع سلم توقيت متواصل جديد، سيكون من الممكن في كل حالة تطبيق سلم توقيت أكثر ملاءمة لأي نظام.

العمل في غرفة مخدِّم إنترنت

AFP

أثر الثواني الكبيسة على خدمات التوقيت الرقمي

مخدِّمات توقيت الإنترنت

جوداه ليفين، شعبة الوقت والتردد، المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا في الولايات المتحدة

يقوم المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا بتشغيل 45 مخدماً لتوقيت الإنترنت، وتوجد هذه المخدمات في مواقع داخل الولايات المتحدة. وهذه المخدمات تشمل مرافق حاسوبية تستعملها البورصتان الكبيرتان للسندات والسلع في نيويورك وشيكاغو. وقد تم توقيت هذه المخدمات حسب التوقيت العالمي المنسَّق (UTC) حسب تسجيله في المعهد الوطني.

أنساق التوقيت

تستجيب مخدمات المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا لطلبات التوقيت بثلاثة أنساق مختلفة: بروتوكول توقيت الشبكة (NTP) ونسق التوقيت النهاري ونسق التوقيت.

ويقوم المعهد الوطني أيضاً بتشغيل مخدمين يقدمان فقط رسائل توقيت موثَّقة حسب نسق بروتوكول توقيت الشبكة للمستعملين

المسجلين لدى المعهد. ويتحقق التوثيق بإضافة قيمة مخلوطة إلى الإجابة ويتم حساب هذه القيمة المخلوطة على الرسالة العادية المقترنة بمفتاح سرّي، وهي تختلف في حالة كل مستعمل. وتضمن هذه الخوارزمية أن الرسالة صدرت من مخدِّم التوقيت للمعهد الوطني وأنه لم يطرأ عليها تعديل أثناء العبور. وتستخدم المؤسسات التجارية والمالية المحلية والأجنبية هذه الخدمة.

ويتمثل توقيت مخدِّم المعهد الوطني داخلياً في شكل عدد من ثواني وكسور ثواني التوقيت العالمي المنسَّق منذ الفترة المرجعية وهي 1970.0.

وتمثِّل رسائل بروتوكول توقيت الشبكة ونسق التوقيت النهاري في شكل عدد من ثواني التوقيت العالمي المنسَّق (وكسور من الثانية في حالة بروتوكول توقيت الشبكة) منذ الفترة المرجعية المناظرة وهي 1900.0 أما نسق التوقيت النهاري فيمثل التوقيت كسلسلة في شكل س س: ق ق: ث ث: (hh:mm:ss) ويكون جزء كسر الثانية معلماً منفصلاً.

اختيار المستهلك

تتلقى مجموعة مخدمات التوقيت قرابة 75 000 طلب كل ثانية (أي حوالي 6,5 ألف مليون طلب يومياً). ويتصل حوالي 85 في المائة من هذه الطلبات بالحصول على توقيت في نسق برتوكول توقيت الشبكة، بينما تنقسم نسبة 15 في المائة الباقية بالتساوي تقريباً بين نسق التوقيت النهاري ونسق التوقيت.

ويشمل تبادل رسالة بروتوكول توقيت الشبكة قياساً لتأخير الشبكة وهو ينطوي على دقة أكبر من نسق التوقيت النهاري أو نسق التوقيت، ولكن تستخدم جميع الأنساق الثلاثة بصورة واسعة مع ذلك.

ولم تحقِّق جهودنا لتشجيع مستعملي نسق التوقيت على التحول إلى نسق بروتوكول توقيت الشبكة الأكثر دقة إلاّ نجاحاً محدوداً.

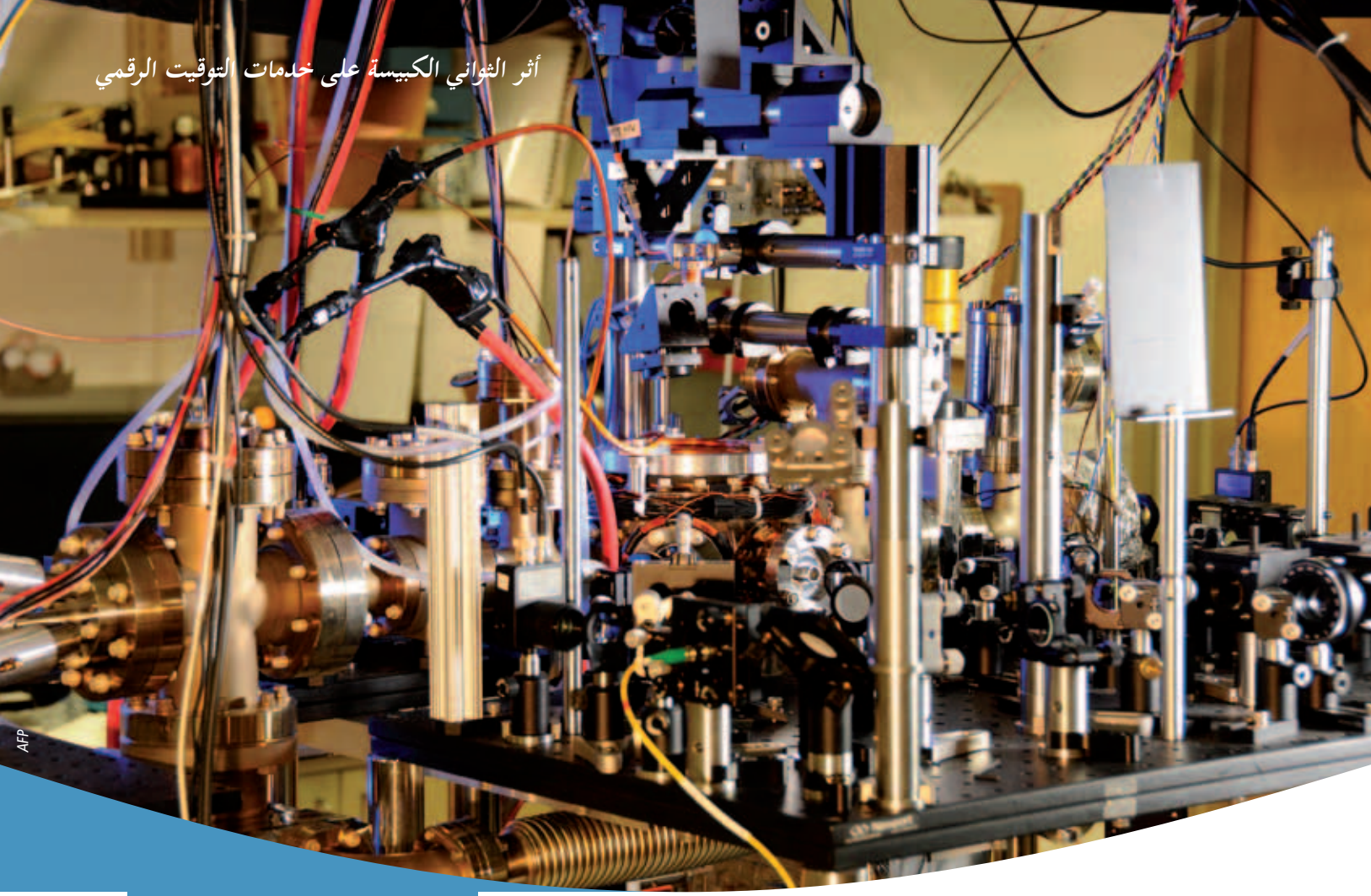
الخلل في الثانية الكبيسة

لا يمكن للنسق الاثنيني المستخدم في توقيت النظام الداخلي ولأغراض رسائل بروتوكول توقيت الشبكة والتوقيت أن يمثل التوقيت الصحيح أثناء ثانية كبيسة إيجابية. ولذلك يتم تمثيل الثانية الكبيسة الإيجابية بتكرار القيمة الاثنينية التي تناظر 23:59:59 مرة أخرى.

وتتابع قيم التوقيت الاثنينية أثناء الثانية الكبيسة يعادل القيم الزمنية للتوقيت العالمي المنسَّق 23:59:58 و23:59:59 (المرة الأولى) و23:59:59 (المرة الثانية) يتبعها 00:00:00 في اليوم التالي. وتستطيع برمجية النظام الداخلية أن تميِّز بين قيمتي التوقيت المتشابهتين 23:59:59، ولكن لا يوجد في رسائل بروتوكول توقيت الشبكة أو رسائل نسق التوقيت ما يتيح إرسال هذه المعلومات إلى المستعمل. وسوف تستقبل مخدِّمات التوقيت للمعهد الوطني قرابة 150 000 طلب في فترة 2 ثانية عندما تناظر الثانية الصحيحة قيمة 23:59:59 من التوقيت العالمي المنسَّق، ولهذا فإن ذلك لا يمثل مشكلة يمكن تجاهلها.

وغموض استجابة التوقيت بثانية صحيحة تناظر 23:59:59 ينطوي على عدة عواقب هامة. أولها أن ترتيب التوقيت للأحداث يتسم بالغموض. وعلى سبيل المثال، يمكن أن يحدث ختم التوقيت 23:59:59.1 قبل وبعد ختم توقيت 23:59:59.5 . وتحدث حالات غموض مشابهة مع وجود فترات توقيت تقاس أثناء ثانية كبيسة. وهذه الفترات الزمنية القصيرة تؤدي دوراً هاماً في المبادلات التجارية العالية التردد وحيازة البيانات.

وهناك أسلوب آخر لتنفيذ الثانية الكبيسة الإيجابية (أو السلبية) وهو استهلاك الثانية الإضافية عبر فترة زمنية من خلال تطبيق تردد تعويضي سلبي (أو إيجابي) في ساعة النظام. ويضمن هذا الأسلوب أن يتسم توقيت النظام بالرتابة ولكن رسائل التوقيت التي يتم إرسالها من هذا النوع من النظام لن تكون صحيحة أثناء فترة الاستهلاك وستختلف عن وقت التوقيت العالمي المنسَّق الوارد من مصادر أخرى بمقادير متباينة. والفترات الزمنية التي يتم قياسها أثناء فترة الاستهلاك ستكون أيضاً غير صحيحة لنفس هذا السبب. وفترة استهلاك الثانية الكبيسة لم تظهر في أي معيار. وسيؤدي ذلك إلى طرق مختلفة لتنفيذ هذا الأسلوب، وستكون من نتيجته ظهور قيم توقيت لا تتفق فيما بينها أثناء مختلف فترات الاستهلاك. ووجهة النظر التي اعتنقها هي أن هذا الأسلوب يثير من المشاكل أكثر مما يصلح؛ وهو لا يستعمل في مخدّمات المعهد الوطني وليس جزءاً من التوزيع المعياري لبروتوكول توقيت الشبكة في www.ntp.org.



AFP

ساعة ذرية شبكية من عنصر إيتربيوم فائقة الاستقرار في المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا، الولايات المتحدة. ويتم توليد ذرات الإيتربيوم في فرن (الأسطوانة المعدنية الكبيرة إلى اليسار) وإرسالها إلى غرفة فراغية (وسط الصورة) ومعالجتها وفحصها بواسطة الليزر. ويقال إن دقة ساعة الإيتربيوم أكثر استقراراً من دقة أي ساعة ذرية أخرى

وقد أصبحت هذه الآثار أكثر أهمية اليوم عما كانت عليه في عام 1972 عندما بدأ تطبيق نظام الثانية الكبيسة. ففي المقام الأول، لم تعد الصفقات المالية الأوتوماتية القائمة على الحاسوب منحصرة في أيام العمل التقليدية، وأصبح أثر الثانية الكبيسة قرب منتصف الليل يضارع أثرها في منتصف النهار. وثانياً، يمكن أن تقع حادثة الثانية الكبيسة، التي يتم تحديدها فيما يتصل بالتوقيت العالمي المنسَّق، في منتصف يوم عمل في معظم آسيا وأستراليا، وهذه المناطق تشهد نشاطاً اقتصادياً أكبر بكثير عما كان عليه الحال في عام 1972. وتعاني كاليفورنيا وغيرها من الولايات في الجانب الغربي من الولايات المتحدة من هذه المشكلة نفسها.

ويتيح نسق بروتوكول توقيت الشبكة ونسق التوقيت النهاري إشعاراً مسبقاً بأي ثانية كبيسة على وشك الحدوث. ولسوء الحظ، لا تقوم معظم أنظمة التشغيل بتحليل علامة التنبيه. ولا يستطيع نسق التوقيت تقديم هذا الإشعار المسبق. وفي جميع هذه الحالات، سيقع خطأ زمني في ساعة النظام العميل بمقدار ثانية واحدة مباشرة بعد وقوع الثانية الكبيسة. وسيستمر هذا الخطأ الزمني حتى يطلب النظام العميل معرفة الوقت من المخدِّم. وتتراوح ''فترة الاستفسار'' هذه من نظام لآخر؛ فقد تكون قصيرة لتصل إلى 64 ثانية أو طويلة لتصل إلى بضع ساعات. ولا ترتبط فترة الاستفسار بأي وقت محدَّد في التوقيت العالمي المنسَّق، وبذلك فإن مجموع الأنظمة يمكن أن توجد فيها ساعات توقيت تختلف فيما بينها بعد وقوع ثانية كبيسة – حتى ولو كانت كل الأنظمة تعمل بنفس فترة الاستفسار الاثنينية.

وفي أفضل الحالات عندما يكتشف نظام العميل خطأ الثانية الواحدة فإنه يقوم ببساطة بتعديل الساعة من خلال تطبيق قيمة إيجابية أو سلبية في خطوة زمنية واحدة. ومع ذلك، فإن أنظمة العميل التي تُطبِّق عروة دعم رقمية لمراقبة ساعة النظام تشمل نمطياً استجابة أكثر تعقيداً لخطوة زمنية كبيرة، وقد يتذبذب الخطأ الزمني قبل الوصول إلى الوقت الصحيح. وفي بعض الحالات، قد تتعطل عروة الدعم بسبب عدم تصميم النظام للتعامل مع خطأ زمني يزيد عن 128 مللي ثانية. وفي حالات تنفيذ

Shutterstock

أخرى، يعامل النظام خطأ الثانية الوحيدة باعتباره خللاً في الشبكة، ويحاول إصلاح الحالة بأن يطلب التوقيت مرة أخرى. ومن الواضح أنه لم يحدث تقارب في هذه العملية. وفي بعض حالات التنفيذ، تكون هذه المشاكل خطيرة بحيث يقوم المشغلون ببساطة بإغلاق النظام قبل الثانية الكبيسة ثم إعادة تشغيل النظام بعد مرور فترة الثانية الكبيسة.

الوقت من ذهب

ليس من السهل علاج مشاكل ترتيب التوقيت وأسباب الفترات الزمنية وغموضها بالقرب من الثانية الكبيسة لأنها تنشأ أساساً عن تفاعل التمثيل الاثنيني المستعمل لأغراض ختم الوقت ووقوع ثانية كبيسة إيجابية. وأثناء عملية تصويب الثانية الكبيسة، تتلقى مخدِّمات التوقيت التي يقوم المعهد الوطني بتشغيلها قرابة 150 000 طلب توقيت عندما يكون التوقيت الذي يرسله المخدِّم هو 23:59:59، ومن المؤكد أن يتأثر العدد المتزايد من الصفقات المالية التي تعتمد على مستوى توقيت يصل إلى مللي ثانية.

والمشاكل المرتبطة بالإخطار المسبق بالثانية الكبيسة في المستقبل وطريقة استجابة المستعملين ليست أساسية من ناحية المبدأ. إذ يمكن معالجتها من خلال التخلي عن برتوكول التوقيت، الذي لا ينطوي على إخطار مسبق بالثانية الكبيسة، ومن خلال التأكد من أن هناك بالفعل تطبيقاً يستعمل بروتوكول توقيت الشبكة أو البروتوكول النهاري يقوم بتحليل علامات تنبيه الثانية الكبيسة الموجودة بالفعل ويتعامل معها على النحو الملائم.

ولكن رغم الجهود الذي بذلناها في سنوات كثيرة فإن عدداً كبيراً من المستعملين لم يقم بتنفيذ هذه المقترحات. ونحن نعلم ذلك لأن علامات تنبيه الثانية الكبيسة في بروتوكول توقيت الشبكة تستعمل أيضاً لتوضيح عدم تزامن المخدِّم، ليس متوافقاً زمنياً، ويوجد لدينا عدد كبير من المستعملين لا يتعرفون على رسالة عدم التزامن، ويستخدمون أختام الوقت على أي حال، ثم يشتكون من حصولهم على التوقيت الخاطئ. وقد واجهت جهودنا المتكررة لإنهاء دعم بروتوكول التوقيت مقاومة واسعة من مجتمع المستعملين.

وباختصار، فأنا أرى أن الإبقاء على الاختلاف بين التوقيت العالمي (UT1) – وهو مقياس زمني فلكي محدَّد بدوران الأرض ويستعمل في الملاحة السماوية – والتوقيت العالمي المنسَّق بمقدار يقل عن ثانية واحدة لا يستحق الصعوبات التي ناقشتها في هذه المقالة، وأنا أدعو إلى التوقف عن الثواني الكبيسة في المستقبل.

ساعة بيغ بن ومبنى البرلمان، لندن

AFP

منظور بريطاني لمستقبل التوقيت العالمي المنسَّق

بيتر ويبرلي، كبير العلماء الباحثين، مجموعة التوقيت والتردد،
مختبر الفيزياء الوطني، المملكة المتحدة

طوال أكثر من 40 سنة ظل المقياس الزمني المرجعي الدولي الحالي، وهو التوقيت العالمي المنسَّق، يخضع للتعديل من فترة لأخرى بخطوات تبلغ ثانية واحدة تعرف باسم الثواني الكبيسة، بحيث يظل متسقاً اتساقاً وثيقاً بالوقت على أساس دوران الأرض. وفي الأربعة عشر سنة الأخيرة استمر تداول الحجج في اللجان الدولية، وخاصة داخل فرقة العمل 7A التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات بشأن استصواب إنهاء هذه التعديلات بالثواني الكبيسة. ورغم المناقشات الطويلة لم يتم التوصل إلى توافق في الآراء، وبدلاً من ذلك أدّت محاولة للتوصل إلى قرار في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية في عام 2012 إلى دعوة لمواصلة الدراسات.

في هذه المقالة يلخص السيد ويبرلي أسباب إصرار المملكة المتحدة دائماً على موقفها بأن التعريف الحالي للتوقيت العالمي المنسَّق (UTC) بالثواني الكبيسة تعريف يدعو إلى الرضاء، وأن الصعوبات المعروفة الناشئة عن الثواني الكبيسة لا تبرِّر إنهاء الصلة الوثيقة بين ضبط الوقت مدنياً ودوران الأرض. وجميع التعليقات والبيانات الواردة في هذه المقالة تمثِّل تفسير السيد ويبرلي للمناقشة وهي ليست بالضرورة آراءه الخاصة أو آراء حكومة المملكة المتحدة.

ضبط الوقت مدنياً

تتمثل أهمية التوقيت العالمي المنسَّق في أنه يشكل أساساً لضبط الوقت مدنياً في الأغلبية الكبرى من البلدان في أنحاء العالم. وهو حل وسط يجمع بين الاستقرار الحاصل من متوسط عدد كبير من الساعات الذرية في معاهد التوقيت في أنحاء العالم مع تحقيق توقيت شتوي شمسي يتم الحفاظ عليه بفضل هذه التعديلات بالثواني الكبيسة. وفي قلب هذه المناقشة ينشأ الخلاف عن الحاجة المستمرة إلى الحفاظ على رابطة وثيقة بين ضبط الوقت مدنياً وتوقيت الأرض.

ونظرت حكومة المملكة المتحدة في الحجج المؤيدة والمعارضة لإنهاء الثواني الكبيسة في عدة مناسبات. وفي كل مرة خلصت الحكومة إلى أن التعريف الحالي للتوقيت العالمي المنسَّق الذي يشمل الثواني الكبيسة هو تعريف يدعو إلى الرضاء وأن الصعوبات المعروفة الناشئة عن الثواني الكبيسة لا تُبرِّر إنهاء الصلة الوثيقة بين ضبط الوقت مدنياً ودوران الأرض.

المناقشة في المملكة المتحدة حول مستقبل التوقيت العالمي المنسَّق

قُدِّم الاقتراح الرسمي الأول لإنهاء إدراج الثواني الكبيسة في التوقيت العالمي المنسَّق إلى فرقة العمل 7A التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات في عام 2004.

ولتوفير المعلومات لعملية صنع القرار تشاورت الإدارة المسؤولة في حكومة المملكة المتحدة مع الهيئات والوكالات الرسمية المهتمة بدقة ضبط الوقت. ولم تبلِّغ أي من هذه الهيئات عن مشاكل كبيرة ناشئة عن الثواني الكبيسة، بينما أبلغت بعض المؤسسات العلمية عن وجود دعم قوي بين أعضائها للاحتفاظ بالثواني الكبيسة. وقُدمت نتائج هذه العملية التشاورية، مقترنة بالأدلة التي جمعتها فرقة العمل 7A لقطاع الاتصالات الراديوية، إلى وزير العلوم في ذلك الوقت الذي قرر أن المملكة المتحدة ينبغي أن تعارض التغيير المقترح. وكان من رأيه أن المشاكل المذكورة الناشئة عن تطبيق الثواني الكبيسة في التوقيت العالمي المنسَّق لا تكفي لتبرير ما يعتبر تغييراً أساسياً في ضبط الوقت مدنياً.

وظلت المناقشات الجارية في قطاع الاتصالات الراديوية بشأن مستقبل الثواني الكبيسة تخضع لرصد دقيق من جانب حكومة المملكة المتحدة. وفي مناسبتين أخريين، في عامي 2008 و2011، عُرض على الوزير الحكومي المسؤول عن المسائل العلمية (وكان شخصاً مختلفاً في كل مرة) بياناً مستكملاً عن المناقشة والأدلة المقدَّمة في جانبي المناقشة. وفي هاتين المناسبتين لم يكن الوزير مقتنعاً بالحجج الداعية لإنهاء الثواني الكبيسة في التوقيت العالمي المنسَّق وقرر الاستمرار في سياسة سلفه.

وسيكون من الخطأ أن نفترض أن الاعتبار الغالب لحكومة المملكة المتحدة هو رغبتها في الاحتفاظ باسم توقيت غرينتش (GMT) الذي يُطلق خطأً في كثير من الأحيان على التوقيت الشتوي في المملكة المتحدة بدلاً من المصطلح الصحيح وهو التوقيت العالمي المنسَّق (UTC). وفي حالة إنهاء تطبيق الثواني الكبيسة والسماح بابتعاد التوقيت العالمي المنسَّق عن توقيت دوران الأرض فإن قوانين المملكة المتحدة سيتعيَّن تعديلها لتشير صراحة إلى التوقيت UTC بدلاً من التوقيت GMT. وسيتطلب هذا التغيير تشريعاً، ولكن ذلك سيكون صعب التطبيق، وستكون أي دعاية معاكسة ناشئة عن ذلك قصيرة على الأرجح. وعدم الاهتمام لدى حكومة المملكة المتحدة باحتمال ضياع توقيت GMT يتضح من دعمها للاقتراحات التي كانت تدعو إلى نقل المملكة المتحدة إلى نفس المنطقة الزمنية التي تضم بلدان أوروبا الوسطى؛ أي ساعة قبل التوقيت العالمي المنسَّق في الشتاء وساعتين قبله في الصيف. ولم تكن الخسارة الناشئة عن ذلك وضياع اسم GMT من التوقيت المدني للمملكة المتحدة عاملاً هاماً في المناقشة.

وهناك اهتمام خاص في المملكة المتحدة بنقص الوعي الجماهيري بالانفصال الذي سيحدث بين ضبط الوقت مدنياً والوقت الفلكي في حالة إنهاء الثواني الكبيسة. وهناك إدراك واسع الانتشار بأن وقت اليوم يرتبط ارتباطاً وثيقاً بدوران الأرض، وليس من المعروف مدى معارضة الجمهور لإنهاء هذه الصلة. وقد يعتبر التغيير المقترح محاولة من جانب التكنوقراط لفرض تغيير غير ضروري وغير مرغوب، وسيكون من المستصوب إلى حد كبير إجراء دراسات عن مواقف الجمهور إزاء هذا الاقتراح.

الحجج التقنية لإنهاء الثواني الكبيسة

رغم أنه لا يجري نشر المداولات التفصيلية التي يستند إليها صنع القرار الحكومي فقد

AFP

يكون من الإنصاف أن نقول إن معارضة حكومة المملكة المتحدة لإنهاء الثواني الكبيسة تنشأ في جانب كبير منها عن تقديرها بأن الأدلة التي جمعتها الفرقة 7A لقطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات للمشاكل الناشئة عن الثواني الكبيسة ليست كافية لتبرير ما يعتبر تغييراً أساسياً في ضبط الوقت مدنياً. وليس ثمة شك في أنه عندما يتم تطبيق تعديل التوقيت العالمي المنسَّق بالثانية الكبيسة فإنه سيجري تكبُّد بعض التكاليف لبرمجة الثانية الكبيسة، وسوف تواجه بعض الأنظمة صعوبة في التعامل معها. وفي كل مرة استعرضت حكومة المملكة المتحدة الأدلة المتوفرة خلصت الحكومة إلى أن الآثار المذكورة في التقارير هي آثار بسيطة نسبياً، ويمكن تقليلها في كثير من الحالات أو القضاء عليها من خلال تحسين إجراءات معالجة الثواني الكبيسة وزيادة الأوتوماتية لتقليل احتمالات الخطأ البشري. وتشعر الحكومة بالقلق أيضاً من أن إنهاء الثواني الكبيسة سينشئ بحد ذاته صعوبات لم يتم بعد تقييمها تقيماً كاملاً.

وهناك حجة أخرى لصالح إنهاء الثواني الكبيسة وهي أن وجودها في التوقيت العالمي المنسَّق قد أدّى إلى تكاثر غير مرغوب لمقاييس الزمن البديلة غير المتدرجة، مثل توقيت النظام العالمي لتحديد الموقع. وحكومة المملكة المتحدة غير مقتنعة بأن هذا التطور يسبب قلقاً خطيراً. فهذه المقاييس الزمنية الإضافية لا تستخدم إلاّ داخلياً في الأنظمة الخاصة بها، وهي تستند إلى التوقيت العالمي المنسَّق، وتتيح نواتج زمنية يمكن تحويلها إلى التوقيت العالمي المنسَّق قبل إتاحتها لجمهور المستعملين.

وفي حالة الاحتفاظ بالثواني الكبيسة فإنها ستصبح في الأغلب أكثر تكراراً مع مرور الوقت. ولكن قد يتطلب الأمر أكثر من 1 000 سنة حتى تنخفض الفترة بين حدوث الثواني الكبيسة لتصل إلى شهر واحد، وتعتبر المملكة المتحدة أن هناك الكثير من الوقت لمواصلة بحث الآثار الطويلة الأجل قبل التوصل إلى قرار.

اسم جديد للتوقيت العالمي المنسَّق بدون الثواني الكبيسة

يتعلق أحد أكثر الجوانب سخونة في هذه المناقشة بالاحتفاظ باسم التوقيت العالمي المنسَّق في حالة إنهاء تعديلات الثواني الكبيسة.

وهناك عدة حجج تؤيد اعتناق اسم جديد. فالتوقيت العالمي المنسَّق بدون الثواني الكبيسة سيكون مقياساً زمنياً ذرياً صرف، يشبه في طابعه التوقيت الذري الدولي الحالي (TAI) ويختلف أساساً عن أي مقياس زمني في حدود ثانية واحدة من التوقيت الفلكي. وفي السنوات الثمانين الماضية كان مصطلح التوقيت العالمي يشير إلى التوقيت الشتوي الشمسي، وسيؤدي أي تغيير في الاسم إلى تجنب الخلط والغموض في حالة إنهاء هذه الصلة.

والحجة القائلة بأن اسم التوقيت العالمي المنسَّق أصبح مكرَّساً بعمق في القوانين واللوائح في أنحاء العالم لدرجة لا يمكن معها تبرير الجهد المطلوب لتغيير الاسم هي حجة لا وزن لها في المملكة المتحدة، في حين أن القوانين المتصلة بالتوقيت المدني سيتعيَّن تعديلها في حالة وقف الثواني الكبيسة بغض النظر عن الاسم الذي يتم اختياره.

بدائل إنهاء الثواني الكبيسة

أدى تطور المناقشة داخل فرقة العمل 7A لقطاع الاتصالات الراديوية إلى استقطاب بين خيارين اثنين فقط: إلغاء الثواني الكبيسة لتغيير التوقيت العالمي المنسَّق ليصبح مقياساً زمنياً غير متدرِّج؛ أو الاحتفاظ بالتوقيت العالمي المنسَّق بشكله الحالي. وقد عُرضت اقتراحات أخرى عدة مرات، وقد يسمح توسيع المناقشة حالياً بالنظر في هذه البدائل بدقة أكبر.

وتشمل مجموعة من الاقتراحات الاحتفاظ بتدريجات بشكل من الأشكال في التوقيت العالمي المنسَّق، ولكن مع تعديل حجمها أو تكرارها أو توقيتها وتقليل أثرها. وتشمل الاقتراحات ساعات كبيسة ودقائق كبيسة، أو تراكم الثواني الكبيسة لمدة قرن من الزمان. وتحقق كل هذه الأفكار هدف الاحتفاظ بصلة بين التوقيت العالمي المنسَّق والتوقيت الفلكي. ومع ذلك فإنها جميعاً تنطوي على عيب كبير وهو أنه سيتعيَّن رفع مستوى جميع المعدات والبرمجيات المستعملة في أنحاء العالم التي تتطلب توقيتاً دقيقاً أو تغييرها، وسينطوي ذلك على تكاليف وجهود هائلة. واعتناق تدريج أكبر وأقل تكراراً قد يسبب أيضاً أعطالاً أكبر وعواقب أكثر فداحة، وهناك رأي واسع الانتشار في المملكة المتحدة بأن تنفيذ أي تدريج يزيد عن ثانية واحدة في التوقيت العالمي المنسَّق سيكون مستحيلاً من الناحية العملية.

وتنطوي الحلول المقترحة الأخرى على تعديلات في النظام الحالي. وعلى سبيل المثال، يمكن استعمال إذاعة مقياس زمني غير متدرِّج إلى جانب التوقيت العالمي المنسَّق في التطبيقات التي لا تستطيع معالجة خطوات الثواني الكبيسة، وقد يكون ذلك مجدياً لو أمكن تطوير أساليب قوية بدرجة كافية للتمييز بين هذين المقياسين. وسيكون من المفيد أيضاً تحسين بروتوكولات معالجة الثواني الكبيسة وزيادة وضوح التوجيهات لمطوري أجهزة التوقيت. وحكومة المملكة المتحدة مهتمة بشدة بأن يجري تقييم هذه النُهج البديلة بدقة أكبر.

لماذا الاستعجال؟

لقد ظل المخطط الحالي لتعديلات الثواني الكبيسة في التوقيت العالمي المنسَّق قيد الاستعمال طوال 40 سنة، مع تنفيذ 25 ثانية كبيسة خلال هذه الفترة، وبذلك تم تكوين خبرة كبيرة في معالجة الثواني الكبيسة ونظراً لأن الإجراءات الحالية لإدراج الثواني الكبيسة يمكن أن تظل قابلة للتطبيق طوال عقود كثيرة فليس هناك حاجة إلى تعديل النظام الحالي على وجه الاستعجال. وسيكون من الصعب إصلاح آثار أي تغيير خاطئ يتم تنفيذه الآن.

وقد قامت حكومة المملكة المتحدة باستعراضات رفيعة المستوى لحجج إنهاء الثواني الكبيسة ثلاث مرات، وفي كل مرة خلصت الحكومة إلى أنه لا توجد حاجة قاهرة لتغيير النظام الحالي. إذ أن التوقيت العالمي المنسَّق بالثواني الكبيسة يظل وثيق الصلة بدوران الأرض، وهو ما يعتبره الكثيرون في المملكة المتحدة مطلباً هاماً لمقياس الوقت المدني. ومن الضروري القيام بمزيد من الدراسات وتوسيع المناقشة من أجل التوصل إلى المستوى المطلوب من الدعم في أنحاء العالم قبل إدخال أي تغيير في التوقيت العالمي المنسَّق.

شبكة مصابيح نيون تظهر في خلفيتها الأرض وساعة

أثر الثانية الكبيسة

نظام ختم التوقيت المطبق في اليابان

كواتشي شيباتا، منتدى التوقيت، اليابان

تعد سلامة التوقيت جزءاً أساسياً من العالم الحديث. وليس من المغالاة أن نقول إن الساعة هي التي تحافظ على نبض المجتمع.

وتعزز الأنظمة الحاسوبية، مثل أجهزة الحاسوب الشخصية أو الهواتف المتنقلة شبكات الاتصالات المعنية بنقل المعلومات، وهي الشبكات التي تمثل النسيج الأساسي لحياتنا اليومية. وتعمل جميع هذه الأنظمة في تزامن مع الساعات المثبتة فيها.

وفي السنوات الأخيرة، ساعدت تكنولوجيا الشبكات على تحقيق سرعة هائلة في نشر المعلومات، كما أن التخزين الرقمي لهذه المعلومات أصبح واسع الانتشار نظراً لملاءمته وفائدته.

ومع ذلك، فعلى خلاف الوثائق الورقية، يمكن استنساخ المعلومات الرقمية وتعديلها بسهولة كبيرة، وبذلك يكون من الصعب تمييز الوثيقة الأصلية من النسخة التي أدخلت عليها تعديلات.

وكإجراء مضاد، وللاستفادة من حقيقة كون الزمن ظاهرة عالمية وأنه لا يمكن إعادته إلى الوراء، تم تطوير نظام يقوم على ختم للزمن يمكن تتبعه في الوثيقة الأصلية، وبذلك أصبح من الممكن تحديد النسخة الأصلية بدقة وتمييزها عن النسخ التي ظهرت فيما بعد. وغني عن القول أن ختم بيان التوقيت يجب أن يقوم بتثبيته طرف ثالث محل ثقة.

وقد عُمم هذا النظام في اليابان. فقد وُضِعت في 2005 معايير برنامج اعتماد قطاع الأعمال لختم التوقيت، وطبَّقه بعد ذلك عدد كبير من قطاع الأعمال في اليابان. وتثبت أختام التوقيت سلامة الوثائق الرقمية وتُستخدم في سلامة تبادل وتخزين المعلومات في أنحاء الشبكات.

وقد ترتب على اعتماد البرنامج في اليابان إنشاء جهازين مرخص لهما بالقيام بخدمات متميزة للنظام والإطار التشغيلي. والجهازان هما

هيئة أختام التوقيت، وهي مسؤولة عن توزيع أختام التوقيت، وهيئة تقييم التوقيت، التي تتأكد من دقة التوقيت في الأختام وإمكانية تتبع الوثائق.

وباستعمال أختام التوقيت، يمكن تخزين الوثائق، مثل حقوق المِلكية الفكرية، والسجلات الطبية، والتوقيعات الإلكترونية، وسجلات الأذون والتفتيش، إلكترونياً بكل أمان. وهذا مناسب جداً لأن تجنب التقاضي، وتدابير النفي والإنكار، والمساءلة يمكن تحقيقها دون الحاجة إلى أوراق. وهكذا، يتبين أن أختام التوقيت في سبيلها إلى أن تصبح أداة لها قيمتها بالنسبة لمجتمعنا.

وللأسف توقف نظام ختم التوقيت المطبق في اليابان ثلاث مرات. وقد حدثت كل مرة من هذه المرات، لدى إدخال تعديلات على التوقيت العالمي المنسق لكي يشمل ثانية كبيسة.

ويقضي برنامج اعتماد قطاع الأعمال لختم التوقيت بأنه يجب أن يكون ختم التوقيت دقيقاً في حدود ثانية واحدة من وقت التخزين. ولكن الثانية الكبيسة تلغي هذا الشرط، مما يضطر النظام إلى رفض توزيع أختام التوقيت.

وتستعمل هيئة أختام التوقيت وهيئة تقييم التوقيت الكثير من أجهزة الخدمة والساعات الذرية المتزامنة في القيام بخدمات رصد التوقيت بدقة كبيرة. ومع وقوع أحداث متفرقة وآنية مثل الثانية الكبيسة، يتعين على جهات التشغيل ضبط كل ساعة. والخطأ هنا غير مقبول، لأنه يمكن أن يؤدي إلى إصدار أختام التوقيت المسجل عليها غير دقيق.

ومن بين المرات الثلاث التي تم فيها تعديل الثانية الكبيسة، وقعت مرتان يوم رأس السنة (بتوقيت اليابان)، وهكذا لم تتسبب في مشكلات كبيرة. وكانت المرة الثالثة — وهي المرة الأخيرة — لإدخال الثانية الكبيسة يوم 30 يونيو 2012، ومن حسن الحظ كان ذلك في يوم الأحد في اليابان، وكان الضرر الذي ترتب على ذلك ضئيلاً. ومع ذلك، ففي كل مرة كان على الجهات المعنية بالتشغيل أن توقف الخدمة عدة ساعات قبل إدخال التعديل الخاص بالثانية الكبيسة للتأكد من أن النظام بأكمله متزامن مع استئناف الخدمة.

ففي اليابان، يتم التعديل الخاص بالثانية الكبيسة في الساعة التاسعة صباحاً، في الوقت الذي يبدأ فيه قطاع الأعمال نشاطه. ولما كان عدد متزايد من قطاع الأعمال قد بدأ استخدام نظام ختم التوقيت، فإن الضرر الذي يمكن أن يتسبب فيه وقف العمل بختم التوقيت على نطاق واسع على العمل اليومي سيكون مأساوياً.

أخبار الاتحاد

تخبركم بما يحدث في ميدان الاتصالات في جميع أرجاء العالم

عندما تجري مكالمة هاتفية، أو تستعمل الهاتف المحمول، أو البريد الإلكتروني، أو تشاهد التلفزيون، أو تستعمل الإنترنت، فإنك تستفيد من الأعمال التي يضطلع بها الاتحاد في إطار رسالته لتوصيل العالم.

بادروا إلى الإعلان في مجلة *أخبار الاتحاد* تحققون الوصول إلى الأسواق العالمية

للحصول على معلومات بشأن الإعلانات، يرجى الاتصال بالعنوان التالي:

International
Telecommunication Union
ITU News
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

هاتف: 5234 730 22 41+

بريد إلكتروني: itunews@itu.int
www.itu.int/itunews

التزام بتوصيل العالم

Join us in

2013

to continue
the conversation
that matters

ITU TELECOM WORLD '13