الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R TF.1153-4
(2015/08)

الاستعمال التشغيلي للتحويل الساتلي ثنائي الاتجاه لإشارات التوقيت والترددات باستخدام شفرات الضوضاء شبه العشوائية

السلسلة TF
إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت

الاتحاد الدولي للاتصالات

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

السلسلة	العنوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	الخدمة الثابتة
M	الخدمة المتنقلة وخدمة الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بُعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
SNG	التجميع الساتلي للأخبار
TF	**إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت**
V	المفردات والمواضيع ذات الصلة

ملاحظة: *تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2016

© ITU 2016

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU-R TF.1153-4

الاستعمال التشغيلي للتحويل الساتلي ثنائي الاتجاه لإشارات التوقيت والترددات باستخدام شفرات الضوضاء شبه العشوائية

(المسألة ITU-R 250/7)

(2015-2010-2003-1997-1995)

مجال التطبيق

تم الاعتراف بالتحويل الساتلي ثنائي الاتجاه لإشارات التوقيت والترددات باستخدام شفرات الضوضاء شبه العشوائية (TWSTFT) كأكثر الوسائل دقة وحساسية لمقارنات الميقاتية عن بُعد، ولذا فهو يُستخدم على نطاق واسع في عالم التوقيت والتردد، بما في ذلك المؤسسات والمنظمات التابعة لإدارات الاتصالات. وبالنظر إلى التقدم المحرز في أداء الميقاتيات الذرية المقارنة عبر TWSTFT تبينت ضرورة حساب التصحيحات المطبَّقة على نتائج القياس بدقة أعلى من الدقة التي اعتُبرت ضرورية في الطبعات السابقة. وبما أن الأرض ليست كروية تماماً، فهي تُعتبر مجسماً إهليلجياً في أول تقدير تقريبي. وبالنسبة لموقع معين، هناك خط طول واحد وخطا عرض: خط عرض بالنسبة إلى مركز الأرض وخط عرض جيوديسي. ويولي الإصدار الحالي العناية المناسبة إلى ذلك في حساب تصحيح سانياك (Sagnac).

مصطلحات أساسية

التحويل الساتلي ثنائي الاتجاه لإشارات التوقيت والترددات، TWSTFT، CDMA، تصحيح سانياك (Sagnac)، مقارنة المقياس الزمني.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) الدقة العالية في مقارنات التوقيت والتردد التي تم التحصل عليها باستعمال طريقة التحويل الساتلي ثنائي الاتجاه لإشارات التوقيت والترددات (TWSTFT) باستخدام شفرات الضوضاء شبه العشوائية على النحو الوارد في المسألة ITU-R 250/7؛

ب) الاستعمال الراسخ للأنظمة TWSTFT في الشبكات العالمية التي تستعمل سواتل الاتصالات في النطاق Ku (GHz 14,5-10,7) غالباً، وذلك لدعم، على سبيل المثال وليس الحصر، تحقيق التوقيت العالمي المنسق (UTC)؛

ج) أن هناك نطاقات تردد أخرى آخذة في التحول إلى نطاقات هامة؛

د) أن بعض وصلات TWSTFT تمت معايرتها بصورة متكررة بحيث يمكن تحقيق تحويل للتوقيت مع عدم يقين نظامي أقل من 1 ns؛

هـ) أن الخلفية النظرية متوفرة لحساب التصحيحات بالنسبة لتأثير تأخر الانتشار عبر طبقتي التروبوسفير والأيونوسفير ولتأثير سانياك (Sagnac-effect) وعوامل تبادلية أخرى؛

و) أن التحويل TWSTFT يُجرى حالياً في شبكات تضم أكثر من 10 محطات مشاركة باستخدام النفاذ المتعدد بتقسيم شفري (CDMA)؛

ز) ضرورة تقييس:

- إجراءات القياس؛
- معالجة البيانات؛
- أنساق تبادل البيانات والمعلومات ذات الصلة بين المحطات المشاركة والجهات المعنية، مثل المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM)،

توصي

1 بأن تتبع إجراءات القياس ومعالجة البيانات المحددة في الملحق 1 من أجل التحويل الدقيق لإشارات التوقيت والترددات عبر التحويل TWSTFT؛

2 بأن تكون أنساق البيانات المستعملة في تبادل البيانات ذات الصلة بين المحطات المشاركة والجهات المعنية على النحو المحدد في الملحق 2.

الملحق 1

إجراءات من أجل التحويل TWSTFT

1 مقدمة

أثبت التحويل TWSTFT باستخدام سواتل الاتصالات المستقرة بالنسبة إلى الأرض أنه أكثر الوسائل ملاءمة لمقارنة مقاييس التوقيت ومعايير الترددات الذرية مع عدم يقين في الزمن أقل من 1 ns وعدم يقين نسبي للتردد مقداره جزء واحد من 10^{15} في الأوقات المتوسطة من يوم واحد. ولهذا يُستعمل التحويل TWSTFT على نطاق واسع في الشبكة الدولية لمؤسسات الحفاظ على التوقيت التي تدعم تحقيق التوقيت الذري الدولي (TAI) والتوقيت العالمي المنسق (UTC) من خلال المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM). وتجري هذه الأنشطة تحت إشراف فريق العمل المعني بالتحويل TWSTFT التابع للجنة الاستشارية للتوقيت والتردد (CCTF). ولهذه الأسباب نفسها، تم، *من بين أمور أخرى*، اختيار التحويل TWSTFT كوسيلة أساسية لمزامنة عناصر الجزء الأرضي من النظام الساتلي للملاحة العالمية. وهناك تطبيقات كثيرة أخرى يمكن تصورها. وتقوم هذه التوصية على ممارسة محددة جيداً تستعمل حالياً في شبكات تضم معاهد في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية وفي أوروبا وآسيا وكذلك داخل منطقة آسيا والمحيط الهادئ والتي تعمل على دعم المكتب BIPM. ومع ذلك، يجب أن تظل مفتوحة بما يكفي لكي تتواءم مع التطبيقات والخدمات الجديدة.

وظلت الوصلات الراديوية تستعمل في نقل التوقيت من ميقاتية إلى أخرى لفترة طويلة من الزمن. ومع ذلك، فإن التأخيرات في الإشارات في الوصلات الراديوية تتغير بتغير المسافة والمرور عبر طبقتي الأيونوسفير والتروبوسفير ودرجة الحرارة وموصلية الأرض وما إلى ذلك. وللقضاء على هذه التأثيرات حتى الدرجة الأولى، تم إدخال المخطط ثنائي الاتجاه: حيث يجري إرسال إشارات التوقيت في موقعي الميقاتيتين في نفس اللحظة اسمياً، وفي كلا الجانبين يتم استقبال الإشارة من الميقاتية الأخرى مع قياس توقيت وصولها. وبعد تبادل البيانات المقيسة، يتم حساب اختلاف الميقاتيتين، ويتم التخلص من التأخيرات نتيجة للتبادلية، من الدرجة الأولى، لمسيري الإشارتين. وتعتمد دقة النتائج بعد ذلك على التأثيرات المتبقية نتيجة للتبادلية غير المكتملة. وبعض هذه التأثيرات مفهوم إلى حد كبير في حين لا تزال بعض التأثيرات تحت الدراسة. وفي بعض الحالات، يمكن استعمال تصحيحات لهذه التأثيرات لتحسين الدقة.

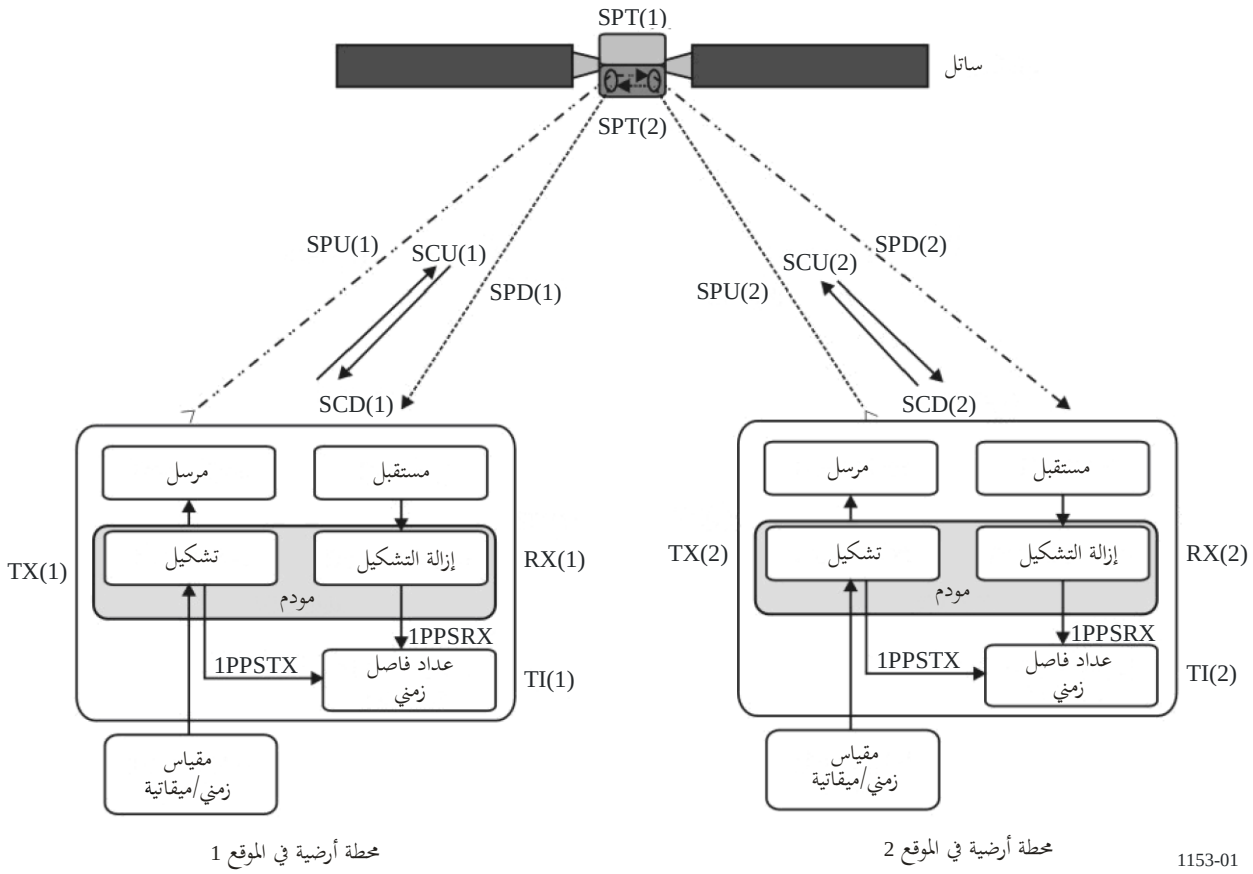
2 وصف مختصر للإشارات المتبادلة

يقوم التحويل TWSTFT على تبادل إشارات التوقيت عبر سواتل اتصالات مستقرة بالنسبة إلى الأرض، على النحو المبين في المخطط المعروض في الشكل 1. ويجري التحويل بإرسال واستقبال إشارات الترددات الراديوية (RF) التي تحتوي على شفرات ضوضاء شبه عشوائية (PRN) مشكّلة بالإبراق الثنائي بزحزحة الطور (BPSK) على التردد المتوسط (IF) بواسطة مودم. وتجري مزامنة التشكيل بالطور مع الميقاتية المحلية ويقوم المودم بتوليد خرج في شكل نبضة واحدة كل ثانية (1PPS) متزامن مع تتابع الإبراق BPSK ويسمى 1PPSTX. وتعد هذه الإشارة بمثابة تحققاً لمقياس زمني يسمى TS(k). وتستعمل كل محطة شفرة PRN

مخصصة للتتابع BPSK الخاص بها في الإشارة المرسلة. وتقوم أجهزة الاستقبال بتوليد تتابع BPSK للمحطات البعيدة وتشكل ثانية إشارة 1PPS من الإشارة المستقبلة، تسمى 1PPSRX. والفارق بالمقياس TI(k) بين الإشارتين 1PPS يتم قياسه بعداد للفاصل الزمني (TIC). وطبقاً لجدول معد سلفاً، يقوم كل زوج من المحطات بالثبات على شفرة المحطة البعيدة المقابلة لفترة محددة، تسمى دورة، مع قياس توقيت وصول الإشارة وتخزين النتائج. وبعد تبادل سجلات البيانات، يمكن حساب الفارق بين الميقاتيتين. وترد في بقية الملحق 1 تفاصيل خفض البيانات ومعالجة التأثيرات النظامية.

الشكل 1

مبدأ التحويل TWSTFT



يوضح الشكل 1 تأخيرات الإشارة المختلفة ويشرح كيف يمكن تحديد فارق التوقيت بين الميقاتيتين في المحطتين 1 و2. وتحمل المختصرات المختلفة في الشكل الدلالات التالية:

TS(k): مقياس زمني محلي، يُمثل فيزيائياً بالإشارة 1PPSTX التي يولدها المودم، وk = 1 للمحطة 1 و=2 للمحطة 2

TI(k): قراءة الفاصل الزمني، وتُفتح بوابة العداد بإشارة 1PPS تولدها إشارة الإرسال المحلية وتُغلق بإشارة 1PPS تتصل بالإشارة المستقبَلة؛ ويُعبر عنها بالصيغة 1PPSRX – 1PPSTX

TX(k): تأخير المرسل، بما في ذلك تأخير المودم

RX(k): تأخير المستقبل، بما في ذلك تأخير المودم

SPU(k): تأخير مسير الإشارة في الوصلة الصاعدة

SPD(k): تأخير مسير الإشارة في الوصلة الهابطة

SPT(k): تأخير المسير داخل الساتل عبر المرسل المستجيب

SCU(k): تصحيح سانياك في الوصلة الصاعدة

SCD(k): تصحيح سانياك في الوصلة الهابطة.

ويعبّر عن الفارق بين المقياس الزمني في المحطة 2 عن المقياس الزمني في المحطة 1 بالفارق TS(2) – TS(1) ويُحدد كالتالي:

قراءة عداد الفاصل الزمني (TIC) عند المحطة 1:

$$TI(1) = TS(1) – TS(2) + TX(2) + SPU(2) + SCU(2) + SPT(2) + SPD(1) + SCD(1) + RX(1)$$

وقراءة عداد الفاصل الزمني (TIC) عند المحطة 2:

$$TI(2) = TS(2) – TS(1) + TX(1) + SPU(1) + SCU(1) + SPT(1) + SPD(2) + SCD(2) + RX(2)$$

وبطرح قراءة المحطة 2 من قراءة المحطة 1، نحصل على:

$$TI(1) – TI(2) = 2\,TS(1) – 2\,TS(2) + TX(2) – TX(1) + SPU(2) – SPU(1) + SPT(2) – SPT(1) + SPD(1) – SPD(2) + RX(1) – RX(2) + SCD(1) – SCU(1) – SCD(2) + SCU(2)$$

ومن ثم يتحصل على فارق المقياس الزمني بما يعرف بالمعادلة ثنائية الاتجاه:

$$TS(1) – TS(2) = 0{,}5\,[TI(1)]$$ (= قراءة العداد TIC عند المحطة 1)

$$–0{,}5\,[TI(2)]$$ (= قراءة العداد TIC عند المحطة 2)

$$+0{,}5\,[SPT(1) – SPT(2)]$$ (= فارق تأخير الساتل)

$$–0{,}5\,[SCD(1) – SCU(1)]$$ (= تصحيح سانياك للمحطة 1)

$$+0{,}5\,[SCD(2) – SCU(2)]$$ (= تصحيح سانياك للمحطة 2)

$$+0{,}5\,[SPU(1) – SPD(1)]$$ (= الفارق بين الاتجاهين الصاعد والهابط عند المحطة 1)

$$–0{,}5\,[SPU(2) – SPD(2)]$$ (= الفارق بين الاتجاهين الصاعد والهابط عند المحطة 2)

$$+0{,}5\,[TX(1) – RX(1)]$$ (= الفارق بين الإرسال والاستقبال عند المحطة 1)

$$–0{,}5\,[TX(2) – RX(2)]$$ (= الفارق بين الإرسال والاستقبال عند المحطة 2).

والحدود السبعة الأخيرة هي تصحيحات من أجل حالات اللاتبادلية. ويمكن لجميع التصحيحات فيما عدا تلك الخاصة بفارق تأخير الساتل (SPT) التصنيف حسب المحطة.

ويجري تناول عوامل اللاتبادلية بالتفصيل في الأقسام التالية.

3 أسباب اللاتبادلية وعدم اليقين النظامي في التحويل TWSTFT

1.3 اللاتبادلية نتيجة لتأخيرات التجهيزات الساتلية

عندما يكون هوائي الاستقبال وقناة المرسل المستجيب وهوائي الإرسال في الساتل واحدة في مسيري الإشارة، يتساوى تأخير الإشارة، أي أن SPT(1) = SPT(2) ولا ينطبق هذا الأمر عند استعمال ترددات مختلفة أو مرسلات مستجيبات مختلفة أو حزم نقطية مختلفة للاستقبال و/أو الإرسال من كل محطة، وهو الشائع في الوصلات بين القارات. وفي هذه الحالة، فإن SPT(1) وSPT(2) أو الفارق بينهما على الأقل، يرمز له بالمختصر XPNDR(k) ينبغي قياسه قبل إطلاق الساتل أو استعمال طريقة أخرى أدق.

2.3 تصحيح تأثير سانياك

نتيجة لتحرك كل من المحطتين الأرضيتين والساتل حول محور دوران الأرض خلال انتشار إشارة التوقيت إلى الساتل ومنه، يجب تطبيق تصحيح على زمن انتشار الإشارة. ويتحصل على تصحيح سانياك لمسير أحادي الاتجاه من ساتل s إلى محطة أرضية k في إطار مرجعي للأرض يوفر الدقة الكافية عن طريق المعادلة:

$$SCD(k) = (\Omega / c^2)\,[Y(k)\,X(s) - X(k)\,Y(s)]$$

حيث:

$X(k)$: الإحداثية x من مركز الأرض للمحطة (m)

$$= \left(a\cos\left[\tan^{-1}\{(1-f)\ \tan\left[LA_{geodetic}(k)\right]\}\right] + H(k)\cos\left[LA_{geodetic}(k)\right]\right)\cos[LO(k)]$$

$X(s)$: الإحداثية x من مركز الأرض للساتل (m)

$$= R\cos[LA(s)]\cos[LO(s)]$$

$Y(k)$: الإحداثية y من مركز الأرض للمحطة (m)

$$= \left(a\cos\left[\tan^{-1}\{(1-f)\ \tan\left[LA_{geodetic}(k)\right]\}\right] + H(k)\cos\left[LA_{geodetic}(k)\right]\right)\sin[LO(k)]$$

$Y(s)$: الإحداثية y من مركز الأرض للساتل (m)

$$= R\cos[LA(s)]\sin[LO(s)]$$

c: سرعة الضوء = 299 792 458 m/s

Ω: سرعة دوران الأرض = 7,2921 × 10^{-5} rad/s

f: تسطيح المجسم الإهليلجي للأرض = 1/298,257222

a: نصف قطر الأرض عند خط الاستواء = 6 378 137 m

R: نصف قطر مدار الساتل = 42 164 000 m

$LA(k)$: خط عرض المحطة (rad)

$LO(k)$: خط طول المحطة (rad)

$H(k)$: علو المحطة (m).

وبما أن الأرض ليست كروية تماماً، فهي تُعتبر مجسماً إهليلجياً في أول تقدير تقريبي. وبالنسبة لموقع معين، هناك خط طول واحد وخطا عرض: خط عرض بالنسبة إلى مركز الأرض وخط عرض جيوديسي. وللتحويل من الإحداثية بالنسبة إلى مركز الأرض إلى الإحداثية الجيوديسية، تُستخدم الصيغة التالية

$$LA_{geocentric}(k) = \tan^{-1}\left\{\frac{(1-f)\sin\left[\tan^{-1}\left\{(1-f)\tan\left[LA_{geodetic}(k)\right]\right\}\right] + \left(\frac{H(k)}{a}\right)\sin\left[LA_{geodetic}(k)\right]}{\cos\left[\tan^{-1}\left\{(1-f)\tan[LA_{geodetic}(k)]\right\}\right] + \left(\frac{H(k)}{a}\right)\cos[LA_{geodetic}(k)]}\right\}$$

وبالنسبة للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض، فإن خط عرض الساتل $LA(s)$ = 0° N وبالتالي:

$$SCD(k) = \frac{\Omega}{c^2}\,R\,\left(a\cos\left[\tan^{-1}\{(1-f)\ \tan\left[LA_{geodetic}(k)\right]\}\right] + H(k)\cos\left[LA_{geodetic}(k)\right]\right)\sin[LO(k) - LO(s)]$$

ويكون تصحيح سانياك الإجمالي STC(1,2) لقياس الميقاتية عن المحطة 2 بالنسبة إلى الميقاتية عند المحطة 1:

$$SCT(1,2) = 0{,}5\,[SCU(1) + SCD(2) - [SCU(2) + SCD(1)]]$$

وعلاوة على ذلك، تكون إشارة تصحيح سانياك للوصلة الهابطة عكس إشارة تصحيح سانياك للوصلة الصاعدة نتيجة لاتجاهات الانتشار المتضادة للإشارات: أي أن $SCD(k) = -SCU(k)$ وبالتالي فإن العلاقة $SCT(1,2) = SCD(1) + SCD(2)$ تعتبر صحيحة.

مثال على ساتل في الاتجاه 43° غرباً (317° شرقاً):

LA(VSL) = 8″ 59′ 51° شمالاً وLO(VSL) = 17″ 23′ 4° شرقاً والفارق في LO = 17″ 23′ 47° وH(VSL) = 76,8 m وSCD(VSL) = +99,10 ns

LA(USNO) = 14″ 55′ 38° شمالاً وLO(USNO) = 0″ 4′ 77° غرباً والفارق في LO = –4′ 34° وHT(USNO) = 46,9 m وSCD(USNO) = –95,09 ns

$$SCT(VSL \rightarrow USNO): \quad SCD(VSL) + SCD(USNO) = -194{,}32 \text{ ns}$$

$$SCT(USNO \rightarrow VSL): \quad -SCD(USNO) + SCD(VSL) = +194{,}32 \text{ ns}$$

VSL: Delft، هولندا، معروف من قبل بمختبر NMi Van Swinden

USNO: مرصد بحري بالولايات المتحدة الأمريكية، واشنطن العاصمة، الولايات المتحدة الأمريكية.

ويعتبر موضع الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض غير ثابت تماماً، بالنسبة للمراقب من الأرض. حيث تحدث حركة دورية صغيرة مع دورة يومية حول الموضع المركزي. ومن شأن ذلك أن يتسبب في تغاير دوري لتأثير سانياك باتساع أقصى بين الذروتين يقدر بعدة مئات من وحدات ps وذلك حسب موقع المحطات المشاركة. وظل هذا الأمر يُهمل حتى وقتنا هذا، بَيد أنه يتعين مراعاته إذا كانت هناك رغبة خاصة في تحقيق دقة أعلى.

3.3 فارق تأخير المسير من جراء حركة الساتل في إطار أرضي ثابت

تكون المسيرات ثنائية الاتجاه بين المحطات الأرضية عبر الساتل غير تبادلية إذا كان الساتل يتحرك بالنسبة إلى سطح الأرض وإذا كانت إشارتا الوصول لا تمران بالساتل في نفس اللحظة. ويمكن تحاشي هذا التأثير في الأساس بتطبيق تخالف بين زمني البث عند المحطتين لجبر تأخيرات اختلاف المسير إلى الساتل SPU(1) وSPU(2). وإذا وصلت الإشارتان من المحطتين عند الساتل في غضون 5 ms، فإن فارق التأخير يظل في حدود عشرات قليلة فقط من البيكو ثانية (ps) ومن ثم تعرض النموذج اليومي.

4.3 التصحيح الأيونوسفيري

تختلف إشارتا الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة عند كل محطة في تردد الموجة الحاملة وتعاني كل منها تأخيراً أيونوسفيرياً مختلفاً يساوي:

$$40{,}3\ \mathrm{TEC}\,(1/c)\,(1/f_d^2 - 1/f_u^2)$$

حيث:

المعامل 40,3 وحدات m^3/s^2

TEC: المحتوى الإجمالي من الإلكترونات على طول مسير الإشارة (الوحدة: إلكترون/m^2)

c: سرعة الضوء (m/s)

f_d وf_u: تردد الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة (Hz)، على التوالي.

مثال: لمحتوى TEC عال مقداره 1×10^{18} إلكترون/م^2 وf_u = 14,5 GHz وf_d = 12,5 GHz، فإن التأخير الأيونوسفيري هذا يساوي 0,859 ns – 0,639 ns = 0,220 ns. وبالتالي، فإن الفارق 0,5[SPU(k) – SPD(k)] يكون دائماً أقل من –0,11 ns.

5.3 التصحيح التروبوسفيري

تحدث طبقة التروبوسفير تأخيراً يعتمد على زاوية الارتفاع ومحتوى الماء في الهواء وكثافة ودرجة حرارة الهواء ولكن حتى GHz 20 لا يكون اعتماد هذا التأخير على التردد إلاّ بالقدر الضئيل جداً. وبالتالي، فإن تأثيره على الفارق بين تأخيري مساري الانتشار الهابط والصاعد يكون أقل من ps 10.

6.3 قياس تأخير المحطة الأرضية

يتعين تحديد الفارق بين قسمي الإرسال والاستقبال [TX(k) – RX(k)] بما في ذلك المحولات ووحدات التشكيل وإزالة التشكيل (المودم) والمكبرات والهوائي والكبلات في الاتجاهين الصاعد والهابط، عند كل محطة. وطرق الحصول على ذلك:

- موقع مشترك للمحطتين؛
- أو وضع محطة أرضية ثالثة فيما بعد (قابلة للانتقال) في نفس الموقع عند المحطتين؛
- استعمال وسيلة معايرة، مثل محاكي ساتلي وكبل معاير.

صادفت عمليات المعايرة باستخدام محطة قابلة للانتقال تطبيقات كبيرة في عالم التوقيت والتردد. ويفترض هنا أن التأخيرات الداخلية للمحطة المتحركة لا تتغير بغض النظر عن موقع نصبها.

وتعتبر الطريقة الأخيرة هي الأقل تكلفة ويمكن مبدئياً التعويل عليها كثيراً. وتتألف هذه الطريقة من معايرة كبل إضافي وقياس مجموع تأخيري الإرسال والاستقبال وقياس مجموع تأخير الكبل الإضافي وتأخير الاستقبال ثم حساب تأخيري الاستقبال والإرسال من القياسات.

ويتعين أيضاً تحديد فارق تأخيري الإرسال والاستقبال الداخليين. ويمكن تحقيق ذلك بالطريقتين التاليتين:

- وضع مودمي الوصلة TWSTFT في موقع واحد وقياس مجموع تأخيري الإرسال في مودم وتأخيري الاستقبال في الآخر.
- قياس مجموع تأخيري الإرسال والاستقبال لكل مودم في إشارة الاسترجاع IF وقياس تأخير الإرسال ليكون الفرق في المرحلة ما بين إشارة 1PPSTX وإشارة الخرج IF للمرسل وذلك باستخدام راسم ذبذبات. ويتحصل على تأخير الاستقبال بطرح تأخير الإرسال من مجموع التأخير بين المقيس.

4 دمج بيانات قياس التحويل TWSTFT مع القياسات المحلية

للتمكّن من حساب فوارق المقاييس الزمنية، تتيح كل محطة البيانات TI(k) إلى جانب تقييم التصحيحات الخاصة بها، كلما أمكن، إزاء المحطات الأخرى. ومن بين الخيارات تقرير البيانات s-1 غير المعالجة التي يتم جمعها أثناء دورة معينة بالاقتران بتقرير للتخالفات المحلية المقيسة بين الإشارات المختلفة الموجودة (انظر الفقرة التالية). والخيار الآخر، والذي أصبح ممارسة شائعة يتمثل في توليد نقطة بيانات متوسطة للإشارة تمثل الدورة ويكون الغرض منها هو معالجة ذلك فقط. وبغض النظر عن ذلك، يجب وبعناية قياس وتوثيق التأخيرات التي تحدث في سلسلة التوقيت لكل مختبر. وفي حالات كثيرة، تكون المقاييس الزمنية المطلوب مقارنتها في النهاية بمثابة عمليات التحقيق المحلية للتوقيت العالمي المنسق (UTC) في المختبر k، يطلق عليها UTC(k). لكن هذه الطريقة في الواقع تصلح لمقارنات المقاييس الزمنية بوجه عام، مثل مزامنة عناصر مختلفة في المكون الأرضي من نظام عالمي للملاحة الساتلية. ونحن نشير عبر متن هذه التوصية إلى الحالة التي تحقق فيها كل محطة من المحطتين الضالعتين مقياس زمني UTC(k).

وعموماً، هناك تخالف بين UTC(k) والإشارة الفيزيائية المتضمنة في عملية القياس، 1PPSTX(k)، تمثل TS(k) والفارق 1PPSTX(k) – UTC(k) يبلغ عنه في أبسط صوره بالتأخير المرجعي REFDELAY(k).

وتختلف طريقة التحقق من UTC(k) اختلافاً كبيراً بين المعاهد المختلفة. ففي بعض المختبرات، يعتبر UTC(k) بمثابة مقياس زمني رياضي. بيد أن جميع المختبرات لديها ميقاتية (رئيسية) (CLOCK(k)) عبارة عن التمثيل الفيزيائي لهذا المقياس الزمني. ويحدد كل مختبر العلاقة [UTC(k) – CLOCK(k)] سواء عن طريق القياس أو الحساب للمودم. ويمكن استخدام الميقاتية CLOCK(k) كوحدة

إدخال للإشارة 1PPSREF(k) للمودم. وغالباً يحدث تخالف [CLOCK(k) – 1PPSREF(k)] من الكبلات الموصلة بالمودم. ويولد المودم إشارة 1PPSTX تتعلق بالإشارة المرسلة تسمح بقياس الفارق [1PPSREF(k) – 1PPSTX(k)].

ولحساب الفارق بين المقياسين الزمنيين للمختبرين من الكميات المقيسة TS(1) وTS(2) (انظر الفقرة 2)، يُطبق ما يلي:

$$\begin{aligned} UTC(1) - UTC(2) = \; & TS(1) - TS(2) \\ & + \{[UTC(1) - CLOCK(1)] \\ & + [CLOCK(1) - 1PPSREF(1)] \\ & + [1PPSREF(1) - 1PPSTX(1)]\} \\ & - \{[UTC(2) - CLOCK(2)] \\ & + [CLOCK(2) - 1PPSREF(2)] \\ & + [1PPSREF(2) - 1PPSTX(2)]\} \end{aligned}$$

وللاختصار، فإن الحدود داخل الأقواس المتعرجة ترمز إلى REFDELAY(k) المشار إليه آنفاً. وتستعمل اختلافات الإجراءات المذكورة آنفاً من آن لآخر وإن كان لا يجري تناولها في هذه التوصية.

5 خصائص أداء التقنية

هناك مستويان من الأداء للمحطة الأرضية والتشغيل يجب مراعاتهما بالنسبة لعمليات تحويل التوقيت ثنائي الاتجاه. ويختص المستوى الأول بالوفاء بالمتطلبات الأساسية للمودم من أجل إنتاج تشكيل طور الخرج المطلوب في جدول محدد سلفاً وتردد الإرسال المناسب ومستوى القدرة. ويختص المستوى الثاني بخصائص أداء المحطة الأرضية التي تفرضها الهيئات التنظيمية ووكالات التشغيل الساتلية.

ولا يضمن الوفاء بالمتطلبات التنظيمية وحده تشغيل مرضٍ ثنائي الاتجاه. ولا يتحصل على نتائج مرضية إلا بتوصيل المطلوب من كثافة النسبة موجة حاملة إلى ضوضاء C/N_0 ومستوى قدرة الموجة الحاملة P إلى المودم. وتُحدد معلمات التشغيل من ميزانية الوصلة. ويمكن من ميزانية الوصلة هذه تحديد أبعاد الهوائي المطلوب وقدرة الإرسال المطلوبة ودرجة حرارة الضوضاء المطلوبة لنظام الإرسال. ويمكن حساب ميزانية الوصلة باتباع التوجيهات والأمثلة الواردة في الفقرة ويمكن حساب ميزانية الوصلة باتباع التوجيهات والأمثلة الواردة في الفقرة 3.2، الفصل 2، القسم AN2.1، الملحق 2 من دليل الاتحاد الدولي للاتصالات بشأن الاتصالات الساتلية (الطبعة الثالثة، جنيف، 2002).

وتخرج المتطلبات التنظيمية عادة من الهيئات الإدارية المسؤولة عن الإدارة العامة للطيف الكهرمغنطيسي على المستويين الوطني والدولي ومن المشغل الساتلي. وتحدد القواعد واللوائح غالباً متى وأين يمكن نصب المحطة الأرضية وجودة هذه المحطة وملكيتها وتشغيلها. والمقصود من هذه القواعد واللوائح في العادة التأكد من أن المحطة الأرضية لن تتسبب في تداخل على المحطات الأرضية الأخرى وعلى السواتل الأخرى المجاورة. وتشمل القضايا المتضمنة عادة مخططات إشعاع الهوائيات وكسبها ورقم الجدارة (G/T)، والقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) ومعايير تمييز الاستقطاب ومستوى تدريب وتأهيل طاقم التشغيل. ويمكن ضمان معظم الأمور التقنية المتعلقة بالمحطة الأرضية من خلال شراء الأنظمة من جهات تصنيع أعدت المعدات لكي تعمل مع أنظمة ومعايير ساتلية محددة.

وتوفر المراجع التالية معايير الأداء الكهربي:

من لجنة الدراسات 4 للاتصالات الراديوية: التوصيات ITU-R S.524 وITU-R S.580 وITU-R S.725 وITU-R S.726 وITU-R S.728 وITU-R S.729.

من وكالة التشغيل الساتلي الرائدة Intelsat: المعياران IESS-208 وIESS-601 والمتطلبات التشغيلية، المرفق 3.

من المجلس الفيدرالي للاتصالات بالولايات المتحدة الأمريكية (US FCC): اللائحة 25-209 من مدونة اللوائح الفيدرالية، القسم 47، الأجزاء 20-39.

وقد يكون لبعض المناطق الأخرى في العالم متطلبات أخرى بخصوص النظام الساتلي والموقع وتصنيف المستعمل وغيرها من المعايير.

وعند تحديد الدقة والاستقرار للنتائج، ينبغي اتباع المبادئ التوجيهية العامة الصادرة عن المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO/IEC Guide 98: 1995) "دليل لصياغة عدم اليقين في القياس (GUM)" وذلك إلى جانب إجراءات تحديد خصائص الأداء المحددة في التوصية ITU-R TF.538.

6 عمليات التحويل TWSTFT في شبكة

من الأمور الواضحة ضرورة تقييس خطوات القياس ومعالجة البيانات وأنساق تبادل البيانات والمعلومات ذات الصلة بين المحطات المشاركة في حال وجود شبكة تضم عدد من المحطات وإذا كان يتعين إخضاع البيانات لمعالجة أوتوماتية من قبل المؤسسات والأطراف الثالثة المعنية. وتبنى هذه التوصية على ممارسة راسخة مستعملة في الوقت الحالي في شبكات تضم معاهد للتوقيت في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية وفي أوروبا وآسيا وكذلك داخل منطقة آسيا والمحيط الهادئ، تساهم جميعها في تحقيق التوقيت العالمي المنسق (UTC). ويعمل فريق العمل المعني بالتحويل TWSTFT التابع للجنة الاستشارية للتوقيت والتردد (CCTF) على ضمان التنسيق بين هذه الشبكات. وهناك مدير مخصص في كل شبكة كمسؤول اتصال.

1.6 تعريف المحطة والرموز والشفرات وترددات التخالف المخصصة

تعرف المختبرات أو المؤسسات المشاركة بسلسلة تعريف لكل منها (مثل LAB)، يفضل أن تكون محددة من المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM)، إن أمكن، ورمز حسب النظام ASCII. وتعمل جميع المحطات اسمياً على نفس تردد الإرسال ويتم التمييز بينها عن طريق شفرة PRN وحيدة (النفاذ المتعدد بتقسيم شفري (CDMA)). كما يُخصص تردد تخالف خالص للموجة الحاملة حيث يكون مطلوباً عندما تقوم جميع المحطات في شبكة ما بإرسال إشارة موجة حاملة خالصة (بدون تشكيل). ويُعد هذا الإرسال جزءاً من العملية التشغيلية من أجل ضبط تردد الاستقبال في المحطة البعيدة لمراقبة مستويات القدرة المستعملة والسماح بالتعريف الواضح الذي لا لبس فيه لمحطات الإرسال في وقت معين. فإذا كان هناك مختبر معين يقوم بشكل نمطي بتشغيل أكثر من محطة أرضية للتحويل TWSTFT، فإنه ينبغي أن يخصص لكل محطة مجموعة متفردة من معلمات التعريف، بما في ذلك الرمز الدليلي للمحطة (مثل LAB01 وLAB02، وما إلى ذلك).

2.6 معلمات الدورة

يستعمل مصطلح "دورة" في هذا الملحق للتعبير عن فترة متصلة من الوقت يجري خلالها تبادل إشارات التحويل TWSTFT بين محطتين أرضيتين. وتتسم الدورة بالخصائص التالية:

- تعريف الساتل: الاسم، خط الطول، المعلمات المدارية، قناة المرسل المستجيب، عرض نطاق المرسل المستجيب، عدم التبادلية في التجهيزات الساتلية (إذا كان معروفاً)؛
- تسميات المحطات الأرضية؛
- ميزانية الوصلة؛
- ترددات مرسلات (TX) ومستقبلات (RX) المحطات الأرضية؛
- معلمات المودمات: نوع المودم، شفرات المرسلات وشفرات المستقبلات ومعدلات بتات الشفرة؛
- نوع مرشاح المرسل وعرض نطاقه (إن وجد)؛
- تاريخ وتوقيت البدء؛
- زمن الإعداد للدورة (يساوي فترة التوقف بين دورتين متتاليتين)؛
- مدة الدورة؛
- مسؤول الاتصال في كل محطة.

وعند إبلاغ البيانات، يرمز بتتابع نقاط البيانات المجمعة بمصطلح "تسلسل" "track" وبالتالي يجري الحديث عن الطول الاسمي والفعلي للتسلسل، وما إلى ذلك.

3.6 معلمات المحطة الأرضية المحلية

ينبغي لكل مختبر أن يحتفظ بملف بالمعلومات التالية:

- إحداثيات الهوائي (x وy وz في الإطار المرجعي للأرض حسب الخدمة الدولية لدوران الأرض IERS)؛
- الاسم الرمزي للمحطة الأرضية؛
- قدرة الإرسال (dBm) أو e.i.r.p. (dBW)؛
- رقم جدارة (G/T) المستقبل (dB/K)؛
- النسبة C/N_0 الاسمية عند المستقبل بالوحدات (dBHz)؛
- المودم: الجهة المصنعة، الطراز، النوع، الرقم التسلسلي؛
- الهوائي: الجهة المصنعة، النوع، القطر، الكسب؛
- معايرة التأخير: التاريخ، الطريقة، النتائج؛
- اختياري: تسجيل التأخير TX(k) المسجل خلال الدورات – التأخير RX(k) والقدرة المستقبلة والنسبة C/N_0 والتردد للمستقبل والمعلمات البيئية عند الهوائي (درجة الحرارة، الرطوبة، الضغط الجوي، الظروف الجوية)؛
- عداد الفاصل الزمني: الجهة المصنعة، النوع، الرقم التسلسلي، إذا كان جزءاً أساسياً من عملية توليد نتائج قياس التحويل TWSTFT.

وينبغي إخطار مدير الشبكة بأي تغيير في معلمات المحطة والمعدات.

7 معايرة تأخيرات المحطة

من الضروري معايرة تأخيرات الإشارة في معدات المختبر من أجل إجراء تحويل دقيق للتوقيت. وبدون ذلك، يستمر المرء في إجراء تحويل للتردد مع افتراض قدر كاف من الاستقرار للتأخيرات (المجهولة). وتُعاير وصلات التحويل TWSTFT غالباً باستعمال محطة TWSTFT محمولة وتلاحظ باستمرار وجود عدم يقين يقدر بنحو 1 ns. وهناك وسيلة أخرى لمعايرة وصلة TWSTFT باستعمال نظام مستقبل لتحويل التوقيت، مثل النظام العالمي لتحديد الموقع أو ميقاتية محمولة. ومبدئياً يمكن التمييز بين معايرة وصلة – تضم محطتين – ومعايرة تأخيرات إشارة فردية في محطة معينة.

ولتوثيق نتائج المعايرة (CALR) بصورة لا لبس فيها في ملفات بيانات التحويل TWSTFT، (سيرد شرحها في الملحق 2)، تُميز كل معايرة بنمطها (TYPE) ومعرف هوية المعايرة (CI) ونتيجة المعايرة (CALR).

TYPE نمط التقنية المستعملة من أجل وصلة معينة مميزة بوحدة من الكلمات المفتاحية التالية:

PORT ES REL	محطة أرضية محمولة تستعمل في أسلوب نسبي.
PORT ES ABS	محطة أرضية محمولة تستعمل في أسلوب مطلق.
PORT SS REL	محاك ساتلي محمول يستعمل في أسلوب نسبي.
PORT SS ABS	محاك ساتلي محمول يستعمل في أسلوب مطلق.

المعايرة باستعمال نظام مستقل لتحويل التوقيت أو أي وسيلة أخرى، مثل:

GPS النظام العالمي لتحديد المواقع.

PORT CLOCK ميقاتية محمولة.

CIRCULAR T نشرة شهرية للمكتب BIPM تعلن الفارق بين التوقيت UTC والتوقيت UTC(k) المسجل محلياً.

TRIANGLE CLOSURE معايرة وصلة بالاستفادة من نتائج معايرة وصلات توصل المحطتين المعنيتين بمحطة ثالثة.

CAL nnn BRIDGED عندما تصبح قيمة المعايرة السابقة *CAL nnn*، متقادمة *بالأسبقية* نتيجة لتغييرات في المعدات الأرضية أو الفضائية، يمكن ترحيلها لترتيب تال باستخدام خطوات تجسير مناسبة مثل التشغيل المستمر لوصلة مستقلة لتحويل التوقيت على التوازي قبل وبعد التغييرات يليه تحديد التغييرات في التأخير نتيجة لتغير المعدات.

CALR نتائج المعايرة بوحدات ns. يرد شرح استعمالها في حساب اختلافات المقاييس الزمنية في الفقرة 8، الملحق 1.

CI يتم تنسيق عملية تخصيص معرف هوية لأي معايرة بواسطة فريق العمل المعني بالتحويل TWSTFT التابع للجنة CCTF للمختبرات المشاركة في جملة معايرة محددة. وباستعمال نظام مستقل لتحويل التوقيت (النظام GPS، مثلاً) لا يمكن إجراء المعايرة إلا بين زوج من المختبرات، وبالتالي يتعين تخصيص معرفات الهوية لعمليات المعايرة لأزواج من المختبرات. وفي ملفات البيانات (انظر الملحق 2) يستعمل معرف هوية المعايرة كمؤشر لرأسية الملف حيث ينبئ عن نمط المعايرة، اليوم الأول حسب التقويم اليوليوسي المعدل[1] الذي أُخذت فيه البيانات في موقع معين خلال المعايرة، عدم اليقين المقدر للمعايرة. وينبغي لملفات البيانات ألا تتضمن إلا المدخلات الحالية ذات الصلة للمعايرة.

وينبغي للوصلات غير المعايرة أن تأخذ البيان "999" ولا تكون هناك مدخلات للوصلة في رأسية الملف الذي يبلغ بالبيانات (انظر الفقرة 3.3 بالملحق 2)

إذا أُقيمت وصلة ثانية بعد انقطاع، ولكن المعلومات الخاصة بمعايرة سابقة تم ترحيلها لترتيب تال بوسيلة أخرى ("التجسير") مع مقدار معين من عدم اليقين، يتعين استعمال معرف CI جديد على أن يشير النمط TYPE إلى المعرف CI القديم إلى جانب حقيقة إجراء عملية تجسير.

ESDVAR(k) التغاير في تأخير المحطة الأرضية (ns) بالنسبة إلى تأخير المحطة الأرضية المسجل وقت المعايرة – إذا كانت هذه المعايرة متاحة. ويجب إدراج جميع التغييرات في تأخيرات المحطة الأرضية والمودم.

وينبغي للوصلات غير المعايرة أن تأخذ البيان "999999" لكل شبكة من شبكات التحويل TWSTFT يتعين تحديد ما إذا كان التغاير ESDVAR ستتم إعادة ضبطه على الصفر أم لا عندما تكون قد أجريت عملية معايرة للتأخير. فإذا اختير الخيار الأول، تسنَد قيمة 0,000 إلى ESDVAR.

8 معايرة اختلافات الميقاتية

1.8 مقدمة

يوجد حالياً أكثر من نمط من المودمات للتحويل TWSTFT وحسب المودم المستعمل وتشكيلته، يمكن الإبلاغ عن نتائج التحويل TWSTFT بأسلوبين مختلفين.

تقرير بالبيانات الإفرادية: تبلغ كل محطة عن نتائج قياساتها دون أي معلومات عن نتائج القياسات المتحصلة في الموقع البعيد.

[1] يرد تعريف التاريخ اليوليوسي المعدل (MJD) بالتوصية ITU-R TF.457.

تقرير بالبيانات المشتركة: تُدمج نتائج القياسات المتحصلة عند المحطتين 1 و2 قبل الإبلاغ عنها و"النتائج" عبارة عن الفارق بين نتائج القياسات في المحطتين. ويتعين وجود تنسيق خاص بين الشبكة ومستعملي البيانات عند تطبيق هذا الخيار.

ويستخدم المميز الرقمي S للتمييز بين أنماط المعايرة وكذلك بين أنماط بيانات القياس المبلغة.

S المبدّل S (إما "0" أو "1" أو "2" أو "5" أو "6" أو "9") يشير إلى نمط البيانات المبلغة وإلى حدود المعادلة ثنائية الاتجاه (الفقرة 2) المدرجة في نتائج المعايرة، CALR، وبالتالي المعادلة التي يجب استعمالها لحساب فارق الميقاتيات.

S = 0 تعطي نتائج المعايرة، CALR، الفارق بين التأخير التفاضلي للمحطة الأرضية (جزء الإرسال ناقص جزء الاستقبال) للمختبر والتأخير التفاضلي للمحطة الأرضية للنظام المستعمل في المعايرة (التراصف في الموقع بين المحطات الأرضية والمحاكي الساتلي). وبالتبعية تكون قيمة CALR خاصة بكل موقع.

S = 1 تتضمن نتائج المعايرة CALR، جميع حدود المعادلة ثنائية الاتجاه ما عدا قياسات تحويل التوقيت، TI، والقياسات المرجعية REFDELAY، للمحطتين المحلية والبعيدة، على التوالي. وتنطبق هذه الحالة عندما يتحصل على النتائج CALR باستعمال نظام مستقل لتحويل التوقيت، مثل GPS. وبالتالي، تكون قيمة CALR خاصة بكل وصلة وتحديداً يكون CALR(1,2) = –CALR(2,1).

S = 2 تتضمن النتائج CALR تأخيرات قياسات تحديد المدى.

S = 5 تعطي النتائج CALR وREFDELAY نتائج المعايرة والقياس المرجعي للمحطة المحلية بنفس الأسلوب كما لو كانت S = 1. بيد أن الفوارق بين قياسي التحويل TWSTFT يبلغ في خط البيانات. ويسمح ذلك بالإبلاغ عن البيانات المشتركة في ملفين ولكن النسق الوحيد لملفات البيانات يدعم في نفس الوقت الخفض الأوتوماتي للبيانات.

S = 6 قياسات تحويل التوقيت، CALR وREFDELAY، عبارة عن بيانات القياس المشتركة المتحصلة من المحطتين المحلية والبعيدة ولا يبلغان إلا في خط واحد في ملف بيانات محطة من المحطتين.

ويرد الشرح الخاص بقيم S = 5 وS = 6 في الفقرة 3.8.

S = 9 تكون نتائج المعايرة، CALR، إما غير متوفرة أو قديمة بالنسبة للإبلاغ عن بيانات إفرادية.

وتشرح الفقرات الفرعية التالية الكيفية التي تُحدد بها فوارق الميقاتيات استناداً إلى البيانات المبلغة عن المحطتين، حسب المبدل S. ويُشار إلى خطوط البيانات في ملفات البيانات والتي يرد شرحها في الملحق 2. والمعلومات الخاصة بمواقع المحطات الأرضية والساتل تمكن من حساب تصحيح سانياك (الفقرة 2.3). وبمعرفة المحتوى TEC وترددي الإرسال والاستقبال يمكن حساب تأخير الانتشار نتيجة لطبقة الأيونوسفير (الفقرة 4.3).

وفي الحالات التي يكون فيها S = 0 وS = 1 وS = 9، يمكن للبيانات المبلغة أن تكون بيانات القياس s-1 غير المعالجة، TI(k) التي جرى تجميعها خلال دورة ما. والأكثر شيوعاً في هذه الحالات هو تقرير نتائج تطابق تربيعي للبيانات التي تم تجميعها خلال دورة واحدة، ويرمز لها بالرمز TW(k). وفي هذه الحالة، يتعين حساب البيانات TW(k) باتباع قاعدة صارمة وفريدة، وإلا فإن الحركة الدورية للساتل تتسبب في تغاير في بيانات مقارنة التوقيت وهو ما يخالف الواقع. والقاعدة هي أن تحسب نقطة البيانات المتوسطة لنقطة زمنية يتحصل عليها من تاريخ البداية الاسمية للدورة زائد نصف طول المسار الاسمي (المدة الاسمية للدورة) مقرباً لأقرب ثانية. وتفترض هذه القاعدة أن البيانات TI(k) تمثل قياسات لحظية للفاصل الزمني تُجرى عند النقاط الزمنية التي يتحصل عليها من خاتم التوقيت المصاحب. فإذا أعطى المودم خرجاً TI(k) كمتوسط عبر قياسات متتالية للفاصل الزمني أُخذت عبر فاصل مقداره dT (1 ثانية، مثلاً)، فإن نقطة البيانات التمثيلية، TW(k)، يجب أن تقاس عند النقاط الزمنية المتحصلة من خاتم التوقيت مطروحاً منها dT/2. وعند الإبلاغ عن بيانات s-1، يقترح إدراج dT في رأسية ملف البيانات، انظر الفقرة 2 بالملحق 2.

وفي الفقرتين الفرعيتين التاليتين، ترد صياغة للمعادلات المتعلقة بحساب المقاييس الزمنية.

2.8 البيانات الإفرادية

S = 0:

UTC(1) – UTC(2) = +0,5 [TW(1) + ESDVAR(1)] + REFDELAY(1) Data line lab 1
–0,5 [TW(2) + ESDVAR(2)] – REFDELAY(2) Data line lab 2
+[SCD(2) – SCD(1)] Header lines lab 1 and lab 2
+0,5 [SPU(1) – SPD(1)] Header line lab 1
−0,5 [SPU(2) – SPD(2)] Header line lab 2
+0,5 [CALR(1)
–CALR(2)] Data lines lab 1 and lab 2
+0,5 XPNDR(1) Header line lab 1.

S = 1:

UTC(1) – UTC(2) = +0,5 [TW(1) + ESDVAR(1)] + REFDELAY(1) Data line lab 1
–0,5 [TW(2) + ESDVAR(2)] – REFDELAY(2) Data line lab 2
+0,5 [CALR(1,2) − CALR(2,1)] Data lines lab 1 and lab 2.

S = 2: تحديد المدى من الساتل:

RNG(k) = 0,5 c [TW(k) – CALR(k) – ESDVAR(k)].

على أن تفهم c هنا بوصفها سرعة انتشار الإشارة عبر مسير الإشارة من الساتل إلى المحطة الأرضية.

S = 9:

UTC(1) – UTC(2) + K = +0,5 [TW(1) + ESDVAR(1)] + REFDELAY(1) Data line lab 1
–0,5 [TW(2) + ESDVAR(2)] – REFDELAY(2) Data line lab 2.

في حال عدم إجراء معايرة، لا يُعرف فارق المقاييس الزمنية إلا مع تخالف مجهول قيمته K.

الملاحظة 1 – تنطبق العلاقات أعلاه عند إحلال TI(k) محل TW(k).

3.8 البيانات المشتركة

لإتاحة استعمال أنساق البيانات المطروحة في هذه التوصية على نطاق واسع في مقارنات المقاييس الزمنية، تُقدم فيما يلي حالتان خاصتان لما يعرف بالإبلاغ عن بيانات مشتركة. وتبرز التطبيقات المحتملة إذا تولى مشغل الإبلاغ عن نتائج شبكة كاملة من المحطات، أو إذا كانت تكنولوجيا المودم تسمح بالنفاذ المباشر إلى نتائج تحويل التوقيت المتحصل عليها عند الموقع البعيد من خلال تبادل البيانات في الوقت الفعلي، سواء عبر الإنترنت أو بتشفير منخفض المعدل للبيانات للإشارات RF المرسلة. ونطرح بداية ما يعرف "بفارق الميقاتية"، TW(1,2) والذي يساوي إما 0,5 [TW(1) – TW(2)] أو يستند إلى قياسات إفرادية للفاصل الزمني TI(k). وفي الحالة الأخيرة يكون TW(1,2) هو متوسط الفوارق الفردية، 0,5 [TW(1) – TW(2)]، المسجلة خلال دورة واحدة.

وإذا قام زوج من المحطات بالإبلاغ في ملفات بياناتهما عن قياساتهما المحلية ESDVAR(k) وREFDELAY(k) وCALR(k) مع استعمال الخرج TW(1,2) للمودم بدلاً من استعمال القياسات TI(k) التي تقدم فيما بعد عند كل موقع، فإن المعادلة أدناه تنطبق والتي لها نفس البنية الرياضية كتلك الخاصة بالحالة S = 1.

S = 5:

UTC(1) – UTC(2) = +0,5 [TW(1,2) + ESDVAR(1)] + REFDELAY(1) Data line lab 1
–0,5 [TW(2,1) + ESDVAR(2)] – REFDELAY(2) Data line lab 2
+0,5 [CALR(1,2) – CALR(2,1)] Data lines lab 1 and lab 2.

وإذا كان هناك مشغل شبكة يتولى مسؤولية الإبلاغ عن بيانات شبكة كاملة، يمكن استعمال الحالة S = 6. وعلى المشغل في هذه الحالة حساب جميع القيم من المحطات المشاركة.

S = 6:

UTC(1) – UTC(2) = TW(1,2) + 0,5 ESDVAR(1,2) + REFDELAY(1,2) + CALR(1,2).

وفي هذه الحالة الخاصة، تبلغ البيانات في ملف يصدر عن المحطة 1 فقط. وTW(1,2) هنا عبارة عن تخالف الميقاتية المحدد أعلاه والقيم الأخرى تمثل الفوارق في القيم بين المحطتين 1 و2. وبالتالي، فإن القيم ESDVAR(1,2) وREFDELAY(1,2) وCALR(1,2) تتضمن كل منها نتائج القياسات المحلية المشتركة. ويرد ذلك ثانية في الفقرة 4.3 من الملحق 2. ولا حاجة لملفات تصدر عن المحطة 2 لحساب فارق المقياس الزمني.

وفي حالة البيانات المشتركة، لا يرمز للنتائج غير المعايرة إلا بالرمز CI = 999 والمدخل المقابل للنتائج CALR = 999999999 وتُحجز الحالة S = 9 للإبلاغ عن بيانات إفرادية.

الملحق 2

وصف نسق البيانات المستعمل في تبادل البيانات

1 مقدمة

يبدأ ملف البيانات برأسية تتضمن جميع البيانات التي لا تتغير أثناء فترة الإبلاغ عن التحويل TWSTFT في ملف واحد (مثل 2 min، انظر الفقرة 2 بالملحق 2، أو يوم واحد، انظر الفقرة 3 بالملحق 2). وتتضمن خطوط البيانات التالية جميع البيانات التي يتوقع تغيرها.

ويسري المفهوم أعلاه على البيانات الإفرادية والمشتركة على النحو المشروح في الفقرة 1.8 بالملحق 1. وفي حالة البيانات الإفرادية يضاف فارق يتعلق بما إذا كانت البيانات المبلغة هي البيانات 1-s التي تم تجميعها خلال الدورة.

وتنطبق الاصطلاحات والرموز المدرجة بالتبعية بشكل كامل على نسق البيانات الموصوف في الفقرة 2 وبشكل جزئي على النسق الموصوف في الفقرة 3 من الملحق 2.

LAB: معرف المختبر (يفضل أن يكون حسب اصطلاحات المكتب BIPM أو حسب ما يخصصه مدير الشبكة)، أربعة حروف كحد أقصى

jjjjj: اليوم حسب التقويم اليوليوسي المعدل

hh: الساعة بالتوقيت العالمي المنسق

mm: الدقيقة بالتوقيت العالمي المنسق

ss: الثانية بالتوقيت العالمي المنسق

L: التسمية الرمزية للمختبر المحلي برمز ASCII (صغير أو كبير)

R: التسمية الرمزية للمختبر البعيد برمز ASCII (صغير أو كبير)

*: بيان لبداية خط في النص

+: بيان للإشارة الخاصة بالقيمة التي تليها وتكون "+" أو بدون للقيم الموجبة و"–" للقيم السالبة

n: خانة لرمز عدد بين 0 و9

[ ]: رمز لخيار ما

n.nnnnnnnnnnnn: قيمة الفاصل الزمني (s) (12 علامة عشرية، تقابل استبانة قيمتها 1 ps). وقيم القياسات الإفرادية تقع عادة بين 0,250 s و0,280 s.

2 تقرير بقياسات 1-s إفرادية

يتضمن ملف البيانات رأسية، HEADER، يليها مباشرة خطوط البيانات، DATA. ولسهولة التنفيذ أضيفت سطور لوصف المجالات وهي لا تشكل جزءاً من الملفات.

اسم الملف (DATA FILE NAME):

Ljjjjjhh.mmR

حيث تعطي jjjjj, hh, mm تاريخ ووقت البدء الاسمي (NORMAL) للدورة TWSTFT.

الرأسية (HEADER):

```
         1         2         3         4         5         6
123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
*
* UTC(LAB) – CLOCK = +n.nnnnnnnnnnn [jjjjj hhmmss]
* CLOCK – 1PPSREF  = +n.nnnnnnnnnnn [jjjjj hhmmss]
* 1PPSREF – 1PPSTX = +n.nnnnnnnnnnn [jjjjj hhmmss]
* dT/2             =  +n.nnn [s]
```

ويمكن الإبلاغ عن المعلمات التشغيلية بالنسق التالي باستعمال أي عدد من الخطوط (السطور):

```
* PARAMETER = Value [units] [jjjjj hhmmss]
```

حيث يعطى jjjjj, hhmmss اختيارياً تاريخ أخذ القيمة المبينة، بأي عدد من الخطوط من هذا الصنف يعتبر ضرورياً. ويلاحظ أنه لا يوجد معيار ثابت لنسق أو محتوى الإبلاغ عن المعلمات. وتختتم الرأسية بالخط.

```
* DATA = [1PPSTX – 1PPSRX] | [1PPSREF – 1PPSRX] | [..],
```

إن أمكن

البيانات (DATA):

```
         1         2         3
12345678901234567890123456789012
jjjjj hhmmss n.nnnnnnnnnnn
jjjjj hhmmss n.nnnnnnnnnnn
```

حيث تعطي jjjjj, hhmmss التاريخ الذي أُخذت فيه البيانات.

مثال:

الملف: C5483108.25E (بيانات قيست عند المحطة C خلال دورة TWSTFT بالمحطة E يوم 54831 بالتقويم اليوليوسي المعدل، حسب الجدول الزمني الساعة 0825 بالتوقيت العالمي المنسق):

```
* C5483108.25E
* UTC(VSL) - CLOCK = +0.000000000000  54634  074000
* CLOCK - 1PPSREF  = +0.000000033938  54642  070500
* 1PPSREF - 1PPSTX =  0.000000674202  54831  082446
* SIGNAL POWER = -51.4 dBm
* SIGNAL C/N0 = 54.5 dBHz
* RX FREQUENCY = 70.0001691 MHz
* JITTER = 0.000000000329 s
* DATA = 1PPSTX - 1PPSRX
54831 082507 0.26751435044
54831 082508 0.26751434770
54831 082509 0.26751434500
54831 082510 0.26751434210
54831 082511 0.26751433944
54831 082512 0.26751433754
54831 082513 0.26751433476
54831 082514 0.26751433152
54831 082515 0.26751432904
54831 082516 0.26751432635
54831 082517 0.26751432370
54831 082518 0.26751432093
54831 082519 0.26751431805
```

الملاحظة 1 – في هذا المثال، لم يتم توليد خط البيانات الأول إلا في الساعة 8:25:07 بالتوقيت العالمي المنسق وهو ما قد يحدث في حالة فشل المودم في الإمساك بالإشارة المستقبلة خلال الثواني الأولى من الدورة.

3 نسق الملفات التي تبلغ عن نتائج التطابق التربيعي

يوضح المثال الوارد في الفقرة 4 من الملحق 2 النسق المشروح لاحقاً.

1.3 ملاحظات عامة

الغرض من هذا النسق هو خفض كمية البيانات المقرر تبادلها ولكي يكون بالإمكان الإبلاغ في ملف واحد للبيانات عن نتائج دورة لمختبر واحد يشارك في محطات شريكة مختلفة ووصلات ساتلية مختلفة. ويمكن الإبلاغ عن البيانات الخاصة بأكثر من يوم واحد في ملف واحد. ويسمح ذلك بحساب فارق الميقاتية بطريقة سهلة باستخدام المعلومات المقدمة في الرأسية وخطوط البيانات دون الحاجة إلى معرفة تشكيلات القياسات الإفرادية في المختبرات المشاركة.

وهناك نوعان من الخطوط:

- خطوط مع العلامة * في العمود رقم 1 (رأسية الملف، رأسية خط البيانات)؛
- خطوط بدون العلامة * في العمود رقم 1 (خطوط البيانات).

وفي وصف النسق، تعتبر الرموز والحروف المكتوبة بخط بارز كلمات مفتاحية في موضع معين والرموز بالحروف المائلة يتعين الاستعاضة عنها بالسلاسل أو القيمة الفعلية، على التوالي (لا توجد كتابة بارزة أو مائلة في ملفات البيانات الفعلية). والسلاسل الموضوعة داخل أقواس عبارة عن سلاسل اختيارية وعندما يلزم حماية البيانات بإشارة ما، فإنه يؤشر عليها بالإشارة "+". وينبغي الاستعاضة عن أي بيانات مفقودة بالمتوالية "9" التي تغطي الطول الكامل لحقل البيانات المعني، بما في ذلك الحقل المحجوز للإشارة وللعلامة العشرية.

2.3 اسم الملف

يتكون اسم الملف من الكلمة **TW**، الاسم الرمزي للمختبر (*LLLL*، معرف هوية المختبر، حتى أربعة رموز) واليوم بالتقويم اليوليوسي المعدل كما هو مدرج في الخط الأول للبيانات (الخانات الثلاث الأخيرة عبارة عن امتداد الملف): **TW***LLLLMM.MMM* (مثل TWTUG50.091). وتطبق القاعدة نفسها إذا أبلغ عن بيانات لأكثر من يوم واحد في ملف واحد. وفي حالة تشغيل

محطتين أو أكثر في مختبر واحد، يمكن الإبلاغ عن البيانات في ملف واحد، بحيث يشير كل خط بيانات بشكل لا لبس فيه إلى المحطة المستعملة. ومع ذلك قد يكون من الأنسب الإبلاغ عن كل محطة بملف مستقل. وفي هذه الحالة تسمح الرموز LLLL في اسم الملف بالتمييز بين المحطتين المستعملتين، مثل PTB1 وPTB2 وUSNO وUSNP، وما إلى ذلك، حسب ما يتفق عليه مع المسجل.

الملاحظة 1 – على الرغم من أن البيانات المشتركة يمكن الإبلاغ عنها في خطوط بيانات، لا تحتوي الرأسية إلا على معلومات عن المحطة المحلية المعنية.

3.3 الرأسية

لا يزيد عدد الأعمدة في خطوط الرأسية عن 78.

```
.........1.........2.........3.........4.........5.........6.........7.........
123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678
* TWLLLLMM.MMM
* FORMAT     nn
* LAB        LLLL
* REV DATE   YYYY-MM-DD
* ES LLLLnn LA: D dd mm ss.sss        LO: D ddd mm ss.sss   HT: +nnnn.nn m
* REF-FRAME RRRRRRRRRR
* LINK   LL SAT: SSSSSSSSSSSSSSSS  NLO: D ddd mm ss.sss  XPNDR: +nnnn.nnn ns
*           SAT-NTX: fffff.ffff MHz  SAT-NRX: fffff.ffff MHz  BW: fff.f MHz
* CAL    CCC TYPE: TTTTTTTTTTTTTTTT  MJD: MMMMM  EST. UNCERT.: nnnn.nnn ns
* LOC-MON    [YES] [NO]
* MODEM      TYPE, SERIAL NUMBER
* COMMENTS   SSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSSS
```

TWLLLLMM.MMM اسم الملف (انظر الفقرة 2.3).

FORMAT صيغة النسق (من 01 إلى 99).

LAB معرف هوية المختبر، يفضل أن يكون حسب اصطلاحات المكتب BIPM أو ما يخصصه مدير الشبكة.

REV DATE تاريخ مراجعة بيانات الرأسية، يتغير في حال تغير معلمة من المعلمات المعطاة في الرأسية ما عدا اسم الملف. ويتعين أن يكون لكل ملف للمختبر الواحد اسم ملف فريد وقد يكون لملفات مختلفة نفس الرأسية. *YYYY-MM-DD* لإدراج السنة والشهر واليوم.

ES اسم وموقع المحطة الأرضية:

LLLLnn اسم المحطة الأرضية ويتكون من الاسم المختصر للمختبر (حتى أربعة رموز) ورقم تعريف المحطة (رقمان)، TUG01، مثلاً.

LA خط العرض بالإحداثي الجيوديسي وتحل N (شمال) محل *D* أو S (جنوب) محل *D*.

LO خط الطول بالإحداثي الجيوديسي وتحل W (غرب) محل *D* أو E (شرق) محل *D*.

HT الارتفاع (m).

ويصف الخط الواحد محطة أرضية واحدة، ولكن يمكن استعمال أي عدد من الخطوط ES.

REF-FRAME تسمية الإطار المرجعي لإحداثيات الهوائي ثنائية الاتجاه. أي عدد من الأعمدة تقتضيه الضرورة.

LINK تحدد خطوط الوصلة LINK خصائص الوصلات الساتلية.

LL معرف هوية الوصلة المدرج في كل خط بيانات (رأسية خط البيانات: LI، انظر الفقرة 4.3) يشير إلى أحد خطوط LINK بشكل محدد في رأسية الملف.

SAT معرف هوية الساتل حسب تسمية وكالة التشغيل الساتلية.

NLO خط الطول الاسمي للساتل، يستعاض عن *D* بالحرف W (غرب) أو الحرف E (شرق).

XPNDR التأخير التفاضلي للمرسل المستجيب (ns) (من المحطة المحلية إلى المحطة البعيدة ناقص من المحطة البعيدة إلى المحطة المحلية).

SAT-NTX تردد الإرسال الاسمي للساتل (MHz). يقابل هذا التردد تردد استعمال المحطة الأرضية المحلية.

SAT-NRX تردد الاستقبال الاسمي للساتل (MHz) يقابل هذا التردد تردد إرسال المحطة الأرضية المحلية.

BW عرض النطاق الترددي للمرسل المستجيب المقدم من وكالة التشغيل الساتلية.

ويصف خطان وصلة واحدة ولكن يمكن استعمال أي عدد من أزواج الخطوط LINK، حسب الضرورة.

CAL تعطي الخطوط CAL نمط المعايرة واليوم حسب التقويم اليوليوسي المعدل وعدم اليقين المشترك بالنسبة للقياس المعياري للمعايرة.

CCC معرف هوية المعايرة الواردة في كل خط من خطوط البيانات (رأسية خط البيانات: CI، انظر الفقرة 4.3)، حيث يشير إلى خط CAL محدد من رأسية الملف.

TYPE نمط التقنية المستعملة لوصلة معينة تتسم بواحدة من الكلمات المفتاحية على النحو الموضح في الفقرة 9 من الملحق 1.

MJD يوم المعايرة حسب التقويم اليوليوسي المعدل.

.EST.UNCERT عدم اليقين المشترك بالنسبة للقياس المعياري للمعايرة.

ويتم وصف المعايرة في خط واحد ولكن يمكن استعمال أي عدد من الخطوط CAL حسب ما تقتضيه الضرورة.

LOC-MON يتعين استخدام "YES" (نعم) أو "NO" (لا) حسب توفر نظام مراقبة تأخير المحطة المحلية.

MODEM النمط والرقم التسلسلي للمودم المستعمل. ينبغي الإبلاغ عن جميع المودمات التي استعملت خلال فترة سريان الملف.

COMMENTS خطوط التعليقات في نسق نصي حر. يمكن استعمال هذا الخط للإبلاغ عن معدل بتات الشفرات PRN أو معلمات المراشيح في مسير إشارة المرسل.

يمكن استعمال أي عدد من الخطوط والأعمدة حسب ما تقتضيه الضرورة. (حتى 78 رمزاً في كل سطر).

ويتضمن الخط الأخير من رأسية الملف العلامة * في العمود رقم 1 فقط.

4.3 خط البيانات

لمعرفة نسق خط البيانات، انظر المثال 1 بالفقرة 4 من الملحق 2.

EARTH-STAT تسمية المحطة الأرضية المحلية (LOC) والبعيدة (REM) معطاة بالاسم المختصر للمختبر الخاص بها (حتى أربعة رموز) ورقم تعريف المحطة (رقمان)، مثل TUG01. وهذا الحقل يضبط في اتجاه اليمين.

LI معرف هوية الوصلة عبارة عن مؤشر لرأسية الملف التي تعطي معلومات عن وصلة ساتلية محددة.

يتعين تنسيق تخصيص معرفات هوية الوصلات على المستوى الدولي كأن يكون ذلك من خلال فريق العمل المعني بالتحويل TWSTFT التابع للجنة CCTF.

MJD STTIME تاريخ البدء الاسمي (اليوم حسب التقويم اليوليوسي المعدل والتوقيت (الساعة والدقيقة والثانية) حسب التوقيت العالمي المنسق).

NTL الطول الاسمي للمسار (المسارات) (الزمن الاسمي لآخر عينة ناقص الزمن الاسمي للعينة الأولى).

TW النتيجة (النتائج) الخاصة بالتطابق التربيعي لبيانات مسار واحد محسوبة للبيانات المعطاة بتاريخ اسمي للبدء زائد نصف الطول الاسمي مقرباً لأقرب ثوان (يقابل TW(k) في الفقرة 2.9 بالملحق 1).

وعندما تكون S = 5 وS = 6، فإن العمود المعنون "TW" يتضمن قيم TW(1,2)

DRMS جذر متوسط تربيع المتبقي من التطابق التربيعي (ns).

SMP عدد العينات المستعملة في التطابق التربيعي.

ATL الطول الفعلي للمسار (المسارات) (زمن العينة الأخيرة ناقص زمن العينة الأولى للتطابق التربيعي).

REFDELAY تأخير مرجعي بالنسبة إلى UTC (LAB) (s)، ورد شرحه في الفقرة 4 بالملحق 1.

وعندما تكون S = 6، فإن العمود المعنون "REFDELAY" يتضمن قيم
REFDELAY(1,2) = REFDELAY(1) – REFDELAY(2).

RSIG عدم اليقين إزاء القياس المعياري للتأخير REFDELAY (ns).

CI معرف هوية المعايرة وهو عبارة عن مؤشر لرأسية الملف.

S المبدل (إما "0" أو "1" أو "2" أو "5" أو "6" أو "9").

CALR نتائج المعايرة (ns).

في حالة S = 1 و5 و6، يتضمن العمود المعنون "CALR" النتائج CALR(1,2).

ESDVAR التغايرات المرصودة في التأخير التفاضلي للمحطة الأرضية (ns). وفي حالة S = 6، فإن العمود المعنون "ESDVAR" يتضمن قيم: ESDVAR(1,2) = ESDVAR(1) – ESDVAR(2).

ESIG عدم اليقين إزاء القياس المعياري للتغاير ESDVAR (ns).

TMP درجة الحرارة الخارجية (°C) عند المحطة المبلغة.

HUM الرطوبة النسبية الخارجية (%) عند المحطة المبلغة.

PRES ضغط الهواء (hPa) عند المحطة المبلغة.

عند الإبلاغ عن بيانات مشتركة مع المبدل S = 6، فإن الأعمدة الثلاثة الأخيرة تملأ بالرقم "9".

4 أمثلة

تتضمن الأمثلة بيانات فعلية ومفترضة:

مثال 1: خط بيانات للإبلاغ عن بيانات إفرادية، تطابق تربيعي

```
         0         0         0         0         0         0         0         0         0         1         1         1         1
         1         2         3         4         5         6         7         8         9         0         1         2         3
1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890

* EARTH-STAT  LI  MJD  STTIME NTL       TW       DRMS SMP ATL      REFDELAY    RSIG  CI S    CALR     ESDVAR   ESIG TMP HUM PRES
* LOC    REM          hhmmss  s        s         ns       s          s          ns             ns       ns      ns degC  %  mbar
LLLLnn LLLLnn LL MMMMM hhmmss nnn +n.nnnnnnnnnnnn n.nnn nnn nnn +n.nnnnnnnnnnnn n.nnn CCC i +nnnn.nnn +nnnn.nnn n.nnn +nn nnn nnnn
```

المثالان 2 و3: عينات ملفات بيانات من محطة في أوروبا (2) ومحطة في الولايات المتحدة الأمريكية (3)

2: ملف TWSTFT من المحطة PTB، MJD 54710 (2008-09-01)

```
* TWPTB54.710
* FORMAT    01
* LAB       PTB
* REV DATE  2008-08-28
* ES  PTB04 LA: N  52 17 49.787      LO: E  10 27 37.966   HT:   143.41 m
* REF-FRAME WGS84
* LINK   10 SAT: INTELSAT 3R         NLO: E 317 00 00.000  XPNDR:     0.000 ns
*           SAT-NTX: 12574.2500 MHz  SAT-NRX: 14072.2500 MHz
* LINK   11 SAT: INTELSAT 3R         NLO: E 317 00 00.000  XPNDR: 999999999 ns
*           SAT-NTX: 12627.0500 MHz  SAT-NRX: 14330.7500 MHz
* CAL   113 TYPE: CIRCULAR T         MJD: 54525  EST. UNCERT.:    5.200 ns
* CAL   114 TYPE: CAL 083 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    2.000 ns
* CAL   115 TYPE: CAL 103 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    1.300 ns
* CAL   116 TYPE: CAL 096 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    1.100 ns
* CAL   117 TYPE: CAL 109 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    1.100 ns
* CAL   118 TYPE: CIRCULAR T         MJD: 54502  EST. UNCERT.:    5.000 ns
* CAL   119 TYPE: CAL 106 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    1.200 ns
* CAL   120 TYPE: CAL 107 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    1.200 ns
* LOC-MON   NO
* MODEM     SATRE 037
* COMMENTS
```

```
*
* EARTH-STAT  LI  MJD  STTIME NTL        TW        DRMS SMP ATL     REFDELAY     RSIG  CI S    CALR     ESDVAR   ESIG TMP HUM PRES
* LOC    REM           hhmmss  s         s          ns       s         s           ns             ns        ns      ns degC  %  mbar
 PTB04  PTB04 10 54710 000700 119  0.268701755755 0.375 120 119  0.000001981575 0.009 999 9 999999999 999999999 99999  18  61 1002
 PTB04   IT02 10 54710 001300 119  0.266832337354 0.607 120 119  0.000001981520 0.010 116 1   316.100    -0.180 0.100  18  61 1002
 PTB04  ROA01 10 54710 001600 119  0.262320415926 0.448 120 119  0.000001981613 0.016 118 1   288.400    -0.180 0.100  17  62 1002
 PTB04   OP01 10 54710 001900 119  0.266437968645 0.376 120 119  0.000001981576 0.014 115 1  7316.500    -0.180 0.100  17  62 1002
 PTB04  NPL01 10 54710 002200 119  0.266586507349 0.693 120 119  0.000001981630 0.014 999 9 999999999    -0.180 0.100  17  62 1002
 PTB04   CH01 10 54710 003700 119  0.267009789103 0.375 120 119  0.000001981722 0.018 117 1   204.550    -0.180 0.100  17  64 1001
 PTB04  IPQ01 10 54710 004000 119  0.262213386716 0.529 120 119  0.000001981839 0.012 999 9 999999999    -0.180 0.100  17  64 1001
 PTB04  AOS01 10 54710 004300 119  0.270015381981 0.415 120 119  0.000001981716 0.012 999 9 999999999    -0.180 0.100  17  64 1001
 PTB04 USNO01 11 54710 004600 119  0.262319009268 0.224 120 119  0.000001981668 0.009 114 1  -218.800    -0.180 0.100  17  65 1002
 PTB04 NIST01 11 54710 004900 119  0.268893360924 0.225 120 119  0.000001981639 0.013 113 1    30.100    -0.180 0.100  17  65 1002
```

3: ملف TWSTFT من المحطة NIST، MJD 54710 (2008-09-01)

```
* TWNIST54.710
* FORMAT    01
* LAB       NIST
* REV DATE  2008-08-22
* ES NIST01 LA: N  39 59 45.000      LO: W 105 15 46.000   HT: +1640.00 m
* REF-FRAME WGS84
* LINK   11 SAT: INTELSAT 3R         NLO: E 317 00 00.000  XPNDR: 999999999 ns
*           SAT-NTX: 12030.7500 MHz  SAT-NRX: 14375.0500 MHz
* CAL   113 TYPE: CIRCULAR T         MJD: 54525  EST. UNCERT.:    5.200 ns
* CAL   322 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   324 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   326 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   328 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   329 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   330 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   331 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* LOC-MON   NO
* MODEM     SATRE, S/N 78
*
* EARTH-STAT  LI  MJD  STTIME NTL        TW        DRMS SMP ATL     REFDELAY     RSIG  CI S    CALR     ESDVAR   ESIG TMP HUM PRES
* LOC    REM           hhmmss  s         s          ns       s         s           ns             ns        ns      ns degC  %  mbar
NIST01  IPQ01 11 54710 001900 119 +0.267703968380 0.141 120 119 +0.000000860500 99999 999 9 999999999   224.040 0.200  24  44  827
NIST01  AOS01 11 54710 002200 119 +0.270196963882 0.422 120 119 +0.000000860500 99999 322 1   154.480   224.040 99999  24  44  827
NIST01   CH01 11 54710 002800 119 +0.267193679499 0.182 120 119 +0.000000860500 99999 324 1   176.060   224.040 99999  24  44  827
NIST01   OP01 11 54710 003700 119 +0.266627169522 0.105 120 119 +0.000000860500 99999 328 1  7287.687   224.040 99999  24  44  827
NIST01  VSL01 11 54710 004300 119 +0.267708090797 0.227 120 119 +0.000000860500 99999 331 1   273.323   224.040 99999  24  44  827
NIST01  PTB04 11 54710 004900 119 +0.268895559344 0.140 120 119 +0.000000860500 99999 113 1   -30.100   224.040 99999  24  44  827
NIST01   IT02 11 54710 005200 119 +0.267025340834 0.233 120 119 +0.000000860500 99999 326 1   285.833   224.040 99999  24  44  827
NIST01  ROA01 11 54710 005500 119 +0.262513121858 0.184 120 119 +0.000000860500 99999 999 9 999999999   224.040 0.200  24  44  827
NIST01  IPQ01 11 54710 021900 119 +0.267722017937 0.092 120 119 +0.000000860500 99999 999 9 999999999   224.040 0.200  21  61  828
```

```
NIST01  AOS01 11 54710 022200 119 +0.270215057832 0.294 120 119 +0.000000860500 99999 322 1   154.480   224.040 99999  21  61  828
NIST01   CH01 11 54710 022800 119 +0.267211280933 0.226 120 119 +0.000000860500 99999 324 1   176.060   224.040 99999  21  61  828
NIST01   OP01 11 54710 023700 119 +0.266644173922 0.104 120 119 +0.000000860500 99999 328 1  7287.687   224.040 99999  21  61  828
NIST01  VSL01 11 54710 024300 119 +0.267724824316 0.260 120 119 +0.000000860500 99999 331 1   273.323   224.040 99999  21  61  828
NIST01  PTB04 11 54710 024900 119 +0.268912075975 0.209 120 119 +0.000000860500 99999 113 1   -30.100   224.040 99999  21  61  828
NIST01   IT02 11 54710 025200 119 +0.267041591354 0.246 120 119 +0.000000860500 99999 326 1   285.833   224.040 99999  21  61  828
NIST01  ROA01 11 54710 025500 119 +0.262528556357 0.110 120 119 +0.000000860500 99999 999 9 999999999   224.040 0.200  21  61  828
```

المثالان 4 و5: عينات ملفات بيانات قائمة على المثالين 2 و3 ولكنها تبلغ عن بيانات مشتركة (S = 5 وS = 6)

4: ملف TWSTFT معدل من المحطة PTB، MJD 54710 (2008-09-14)

```
* twptb54.710
* FORMAT    01
* LAB       PTB
* REV DATE  2008-08-28
* ES  PTB04 LA: N  52 17 49.787      LO: E  10 27 37.966   HT:   143.41 m
* REF-FRAME WGS84
* LINK   10 SAT: INTELSAT 3R         NLO: E 317 00 00.000  XPNDR:     0.000 ns
*           SAT-NTX: 12574.2500 MHz  SAT-NRX: 14072.2500 MHz
* LINK   11 SAT: INTELSAT 3R         NLO: E 317 00 00.000  XPNDR: +9999.999 ns
*           SAT-NTX: 12627.0500 MHz  SAT-NRX: 14330.7500 MHz
* CAL   113 TYPE: CIRCULAR T         MJD: 54525  EST. UNCERT.:    5.200 ns
* CAL   114 TYPE: CAL 083 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    2.000 ns
* CAL   115 TYPE: CAL 103 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    1.300 ns
* CAL   116 TYPE: CAL 096 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    1.100 ns
* CAL   117 TYPE: CAL 109 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    1.100 ns
* CAL   118 TYPE: CIRCULAR T         MJD: 54502  EST. UNCERT.:    5.000 ns
* CAL   119 TYPE: CAL 106 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    1.200 ns
* CAL   120 TYPE: CAL 107 BRIDGED    MJD: 54502  EST. UNCERT.:    1.200 ns
* LOC-MON   NO
* MODEM     SATRE 037
* COMMENTS
*
* EARTH-STAT  LI  MJD  STTIME NTL        TW        DRMS SMP ATL     REFDELAY     RSIG  CI S    CALR     ESDVAR   ESIG TMP HUM PRES
* LOC    REM          hhmmss  s         s          ns       s         s          ns            ns       ns      ns degC  %  mbar
 PTB04  PTB04 10 54710 000700 119  0.268701755755 0.375 120 119  0.000001981575 0.009 999 9 999999999    -0.180 0.100  18  61 1002
 PTB04 NIST01 11 54710 004900 119 -0.000001099210 0.265 120 119  0.000001981639 0.013 113 5    30.100    -0.180 0.100  17  65 1002
 PTB04 NIST01 11 54710 024900 119 -0.000002198420 0.265 120 119  0.000001122251 0.010 113 6    30.100  -224.220 0.100  16  72 1000
```

5: ملف TWSTFT معدل من المحطة NIST، MJD 54710 (2008-09-01)

```
* TWNIST54.710
* FORMAT    01
* LAB       NIST
* REV DATE  2008-08-22
* ES NIST01 LA: N  39 59 45.000      LO: W 105 15 46.000   HT: +1640.00 m
* REF-FRAME WGS84
* LINK   11 SAT: INTELSAT 3R         NLO: E 317 00 00.000  XPNDR: 999999999 ns
*           SAT-NTX: 12030.7500 MHz  SAT-NRX: 14375.0500 MHz
* CAL   113 TYPE: CIRCULAR T         MJD: 54525  EST. UNCERT.:    5.200 ns
* CAL   322 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   324 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   326 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   328 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   329 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   330 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* CAL   331 TYPE: TRIANGLE CLOSURE   MJD: 54584  EST. UNCERT.:    6.000 ns
* LOC-MON   NO
* MODEM     SATRE, S/N 78
*
* EARTH-STAT  LI  MJD  STTIME NTL        TW        DRMS SMP ATL     REFDELAY     RSIG  CI S    CALR     ESDVAR   ESIG TMP HUM PRES
* LOC    REM          hhmmss  s         s          ns       s         s           ns             ns       ns      ns degC  %  mbar
NIST01  PTB04 11 54710 004900 119 +0.000001099210 0.140 120 119 +0.000000860500 99999 113 5   -30.100   224.040 99999  24  44  827
```

_____