الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التقرير ITU-R SM.2304-0

(2014/06)

تطبيق تعرف الهوية التقني لإشارات رقمية محددة وتحليلها

السلسلة SM

إدارة الطيف

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 تقارير قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REP/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 التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بعد
S	الخدمة الثابتة الساتلية
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	**إدارة الطيف**

ملاحظة: *وافقت لجنة الدراسات على النسخة الإنكليزية لهذا التقرير الصادر عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2015

© ITU 2015
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).

التقرير ITU-R SM.2304-0

تطبيق تعرف الهوية التقني لإشارات رقمية محددة وتحليلها

(2014)

1 مقدمة

الغرض من هذا التقرير هو تكملة المعلومات الواردة في التوصية ITU-R SM 1600 بشأن التعرف التقني للإشارات الرقمية، وفي الفقرتين 6.4 و8.4 من كتيب مراقبة الطيف. وهو يركز على حل مشكلات ومسائل محددة تتعلق بتعرف هوية الإشارات ويهدف إلى تقديم فوائد عملية إلى مدراء الطيف وخدمات المراقبة الخاصة بهم.

ويمكن الاطلاع على محتوى التقرير في الملحق 1 التالي. وهو يتضمن العناصر التالية:

- وصف الإشارة (أو فئة الإشارة) واستعمالها
- قائمة بالتعاريف والمختصرات (إذا لزم الأمر)
- معلومات أساسية وبيان المشكلة
- وصف الأدوات والتقنيات والطرائق المستخدمة في الحل
- النتائج
- الاستنتاجات

ويتوقع إضافة المزيد من الدراسات إلى هذا التقرير لرفده بأمثلة أخرى؛ ويزمع أن يكون كل ملحق إضافي قائماً بذاته ويتبع النسق الوارد أعلاه ويتناول مثالاً محدداً يتعلق بتعرف هوية الإشارات.

الملحق 1

تعرف هوية المرسل في شبكة وحيدة التردد للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T)

مقدمة

تنطبق حالة الاستخدام هذه، المنفذة في إيطاليا، على إشارة عرفت بالفعل بوصفها إشارة للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T) تنتمي إلى شبكة وحيدة التردد (SFN)، وذلك من أجل تحديد هوية جميع المرسِلات القابلة للكشف في موقع استقبال محدد: وهي تتيح للمستعمل القيام بخطوة إضافية في عملية تعرف الهوية.

تعرف هوية تعيين/مرسلات الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض

يتعين بوجه عام في عملية تعرف هوية إشارة الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض تنفيذ الخطوات التالية:

- *الخطوة 1*: ترابط ذاتي لتحديد وجود فترة الحراسة (GI)، مع الأخذ في الاعتبار أن مدة الرمز يمكن اختيارها بين القيمتين 2 (للنظام DVB-T) أو 3 (للنظام DVB-H)؛
- *الخطوة 2*: تقدير القناة؛

– *الخطوة 3*: تسجيل I/Q؛

– *الخطوة 4*: تحليل تشوير معلمات الإرسال (TPS) وتقييم معرّف هوية الخلية.

وتركز الطرائق الواردة على الخطوة الأخيرة، أي تحليل تشوير معلمات الإرسال (TPS) من أجل تعرف هوية تعيين/مرسِلات الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T).

وإشارة الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T) هي أحد أنماط تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM)، وتتألف من ثلاث طبولوجيات للموجات الحاملة: موجات حاملة دليلة مستمرة ومتفرقة، وموجات حاملة لتشوير معلمات الإرسال (TPS)، وموجات حاملة للبيانات. تستخدم **الموجات الحاملة الدليلة** في تقدير القناة وتعرف باسم "الموجات الحاملة المتطاورة على المحور x"؛ وتتاح معرفتها *بشكل مسبق*. وتتضمن **الموجات الحاملة لتشوير معلمات الإرسال (TPS)** معلومات عن معلمات التشكيل المعتمدة وحقلاً محدداً يدعى معرّف هوية الخلية (Cell ID) (الإصدار 1.6.1 من المعيار ETSI EN 300 744 (2009-01)، الفقرة 6.4). أما مخطط التشكيل المعتمد لتشوير معلمات الإرسال (TPS) فهو تشكيل الإبراق بزحزحة الطور الثنائي التفاضلي (DBPSK). ويتم اختيار تشكيل **الموجات الحاملة للبيانات** ضمن مدى أشكال التشكيل الرقمي التي تتراوح بين التشكيل التربيعي بزحزحة الطور (QPSK) إلى تشكيل الاتساع التربيعي 64 (64 QAM).

وباستعمال محلل إشارات متجهي (VSA) أو مستقبِل للمراقبة، تسمح قراءة خرج معرف هوية الخلية للمستعمل بتعرف هوية المرسل في شبكة متعددة الترددات (MFN)، أو هوية التعيين في إحدى شبكات k-SFN المعيارية (انظر الفقرة 2.3.1.3 من التوصية ITU-R SM 1875). وينطبق ذلك بشكل أكبر إذا كان k =1 وإذا كان كل تعيين يشتمل على مرسل واحد فقط. وفي هذه الحالة يكون لكل مرسِل معرف هوية أحادي الصوت (Cell ID).

معلومات أساسية: معمارية الشبكة الوحيدة التردد (SFN)

إن جميع المعلومات/الصور الواردة أدناه مستمدة من وثائق الاتحاد الدولي للاتصالات المتعلقة بالمؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية لعام 2004 (RRC-04) وخطة جنيف لعام 2006 (GE06).

تعرّف الشبكة الوحيدة التردد كالتالي:

أ) شبكة من محطات إرسال متزامنة تشع إشارات متماثلة على القناة RF نفسها.

وعلى نحو مماثل، ترد أدناه تعاريف الشبكات الأخرى:

الشبكة الوحيدة التردد للمناطق الواسعة: *هي شبكة وحيدة التردد تحتوي على أكثر من محطة عالية القدرة مع أي محطات متوسطة القدرة ومنخفضة القدرة مرتبطة بها، وعادة بتغطية مركبة تزيد على 10,000 كيلومتر مربع.*

الشبكة الوحيدة التردد الصغيرة: *وتتألف من محطة عالية القدرة مع محطة واحدة (وربما عدة محطات) متوسطة القدرة ومنخفضة القدرة مرتبطة بها على الأقل.*

الشبكة المرجعية (RN): *وهي هيكل شبكة تنوعية يمثل شبكة حقيقية ليست معلومة بعد، لأغراض إجراء تحليل للتوافق. والغرض الأساسي هو تحديد احتمالات وإمكانيات تعرّض شبكات الإذاعة الرقمية النمطية للتداخل.*

وينبغي النظر في نوعين من أنواع الشبكة المرجعية (الشكل 1):

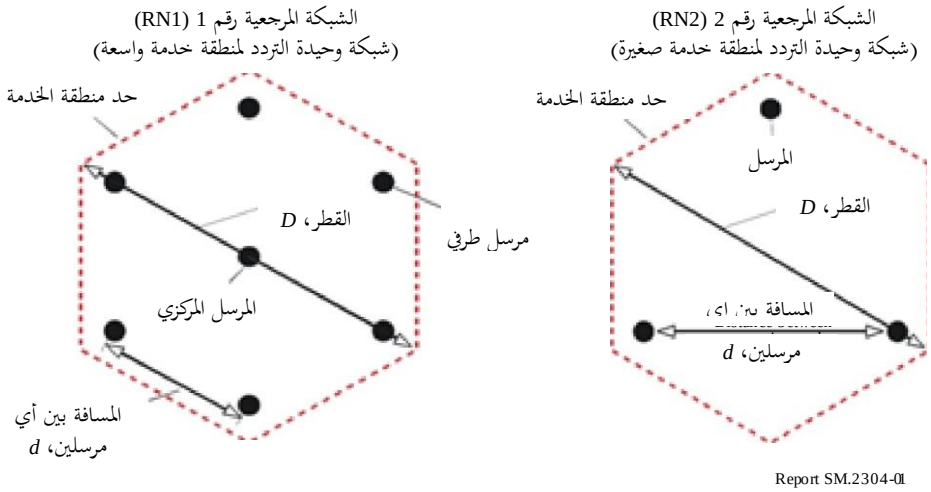
1) الشبكات الوحيدة التردد لمنطقة خدمة كبيرة وتتألف من 7 مرسلات تقع على التوالي عند مركز ورؤوس شبكة سداسية الشكل؛

2) الشبكات الوحيدة التردد لمنطقة خدمة صغيرة، والشبكات الوحيدة التردد الكثيفة، وتتألف من ثلاثة مرسِلات تقع عند رؤوس مثلث متساوي الأضلاع.

ومن المفترض أن تكون منطقة الخدمة سداسية الشكل أيضاً.

الشكل 1

مثال على شبكة مرجعية



يمكن اعتبار كل شكل سداسي بمثابة تعيين، وعموماً ينبغي أن تَستخدم التعيينات المتجاورة ترددات مختلفة. وتدعى المسافة بين التعيينات المختلفة "مسافة إعادة استعمال التردد". ويقسم النطاق الكامل للتردد إلى مجموعات مؤلفة من عدد من التعيينات. ويعطى عدد التعيينات في كل مجموعة بالمعادلة $N = i^2 + i \cdot j + j^2$، حيث i وj عددان صحيحان. وتدعى N "عامل إعادة استعمال التردد" (FRF). وعادة يأخذ عامل إعادة استعمال التردد القيم 3 و4 و7. وبالنسبة للترددات التي تتوفر لمنطقة الخدمة بكاملها، يفترض أن يكون عامل إعادة استعمال التردد مساوياً للقيمة 1 (1-SFN).

مزايا الشبكة k-SFN

يمكن للتعيينات التي تستخدم التردد نفسه أن تحمل المحتوى نفسه أو محتوى مختلفاً. في الحالة الأولى يكون لدينا شبكة وحيدة التردد في منطقة الخدمة بأكملها؛ وبخلاف ذلك يكون لدينا شبكة وحيدة التردد إقليمية. في كلا الحالتين، وفي ظل ظروف انتشار محددة، يمكن للإشارة التي يصدرها مرسل واقع في تعيين محدد أن تصل إلى أي تعيين آخر يعمل على نفس التردد فتسبب التداخل. وإذا تم التعرف على كل تعيين بواسطة شفرة فريدة، يصبح تمييز أي مصدر للتداخل في أي وقت ومكان عملية سهلة جداً. وإذا كانت شفرة تعرف الهوية منفذة على مستوى المرسِل، يصبح تعرف أي مصدر للتداخل أكثر دقة بكثير.

ويعتبر اعتماد شفرة وحيدة لكل مرسِل في شبكة وحيدة التردد ممكناً بغض النظر عن التشكيلة المعتمدة للشبكة، ما يتيح إدارة ممتازة للشبكة في شتى الظروف.

شبكة 1-SFN الواسعة النطاق

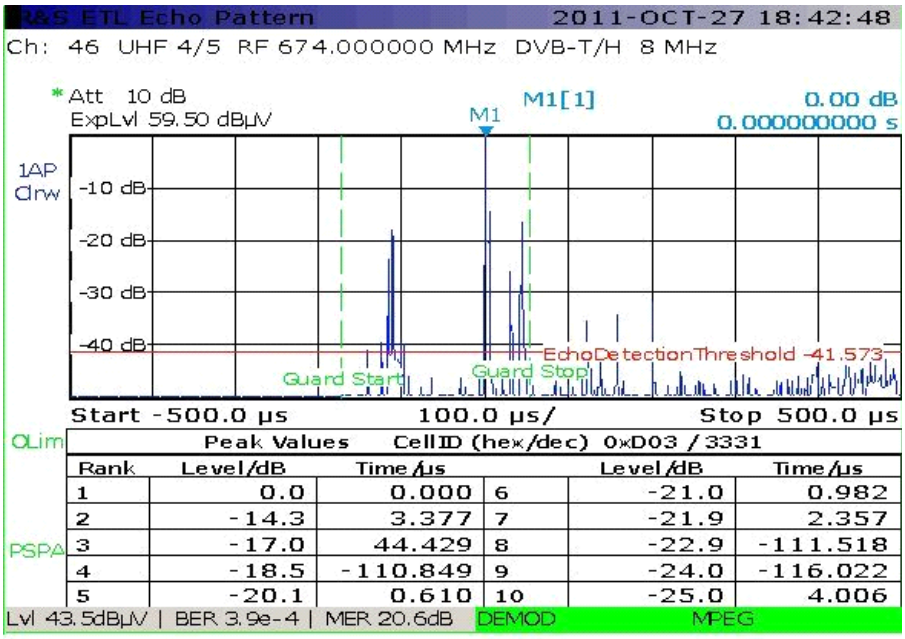
مع أن شبكة 1-SFN الواسعة النطاق تحصل على أفضل كفاءة في استخدام الطيف، إلا أنه قد تنشأ بعض الجوانب السلبية. وأكثر المشاكل حدة التي تؤثر على شبكة 1-SFN الواسعة النطاق هو العدد الكبير للأصداء عند طرف المستخدم، حيث يمكن كشف نوعين مختلفين من الأصداء، طبيعي واصطناعي. تنشأ الفئة الأولى من الأصداء بسبب الانعكاسات أو الانتشار الناجم عن العوائق القريبة، بينما تنشأ الفئة الثانية بسبب المرسِلات الأخرى في الشبكة التي تعمل على نفس التردد. وتزيد تأثيرات الانتشار من تعقيد الاستقبال في المناطق المحاطة ببحر دافئ.

وقد تقع الأصداء داخل أو خارج فترة الحراسة؛ بعضها يصل قبل الإشارة الرئيسية، فيما يصل بعضها الآخر بعدها (الشكل 2).

إن الحاجة إلى القيام بشكل دقيق بنشر شبكة SFN كبيرة والتحقق من سلوكها معروفة جيداً لدى المشغلين، ولذلك يستخدم بعض هؤلاء معرّف هوية خلية (Cell ID) معلمات الإرسال لتعرّف هوية كل مرسِل.

الشكل 2

مثال على انتشار الصدى عند طرف المستقبِل



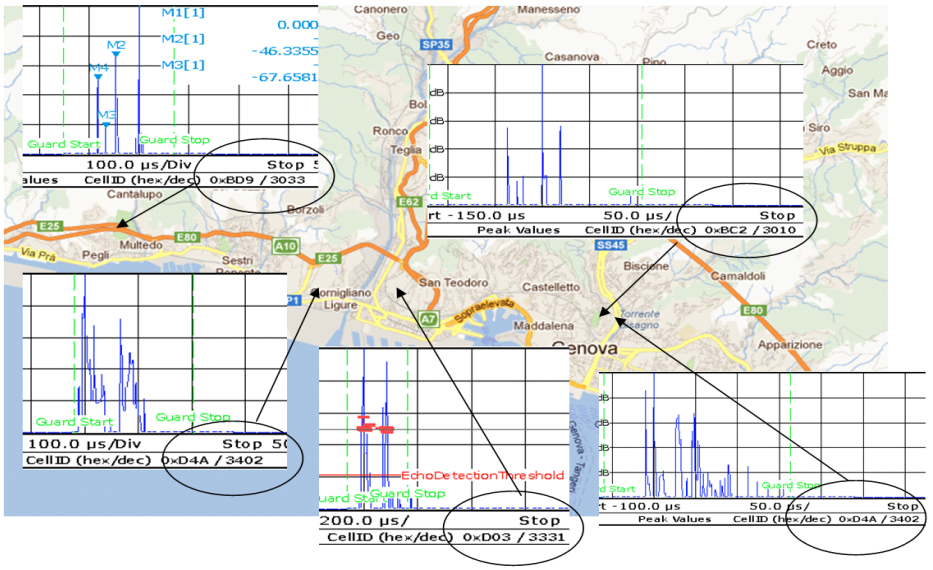
Report SM.2304-02

إن اعتماد معرف هوية Cell ID مختلف لكل مرسل، طبقاً للفقرة 4.2.5 من الإصدار 2.3.1 للمعيار ETSI TR 101 190 (2011-05)، يسمح للمستخدم بتبسيط عمليات القياس ونشاط المراقبة الميدانية.

بهذه الطريقة، يمكن تعرف هوية جميع المرسِلات التي يتم استقبالها في إحدى نقاط القياس/المراقبة وتسجيل الاستجابة النبضية للقناة (CIR) الخاصة بها لإجراء مزيد من التحليل المقارن (الشكل 3).

الشكل 3

تعرف هوية المرسل ذي المستوى الأعلى للاستقبال من خلال معرف هوية الخلية



Report SM.2304-03

وتسمح الطرائق الواردة في الأقسام التالية للمستخدم بتعرف هوية الإشارة الرئيسية المستقبَلة وكذلك جميع الأصداء التي تزيد مستوياتها على –30 dB بالنسبة للإشارة الرئيسية.

بالإضافة إلى ذلك، تسمح الطرائق للمستخدِم بالتمييز بين الإشارات التي تنتمي إلى شبكتين وحيدتي التردد منفصلتين (بمحتوى مختلف) لهما تأخير الشبكة نفسه ومتزامنتين على مستوى الرتل الفائق، علماً بأن هاتين الشبكتين تعتبران داخل الاستجابة النبضية للقناة (CIR) جزءاً من الشبكة نفسها.

تعرف الهوية بمواءمة التأخيرات المقيسة مع قاعدة بيانات التأخيرات المخطط لها

يتيح استعمال معرف Cell ID مختلف لكل مرسِل في شبكة SFN تعرف هوية سريع للمرسِل ذي المستوى الأعلى للاستقبال وحساب جميع تأخيرات الأصداء المتصلة به.

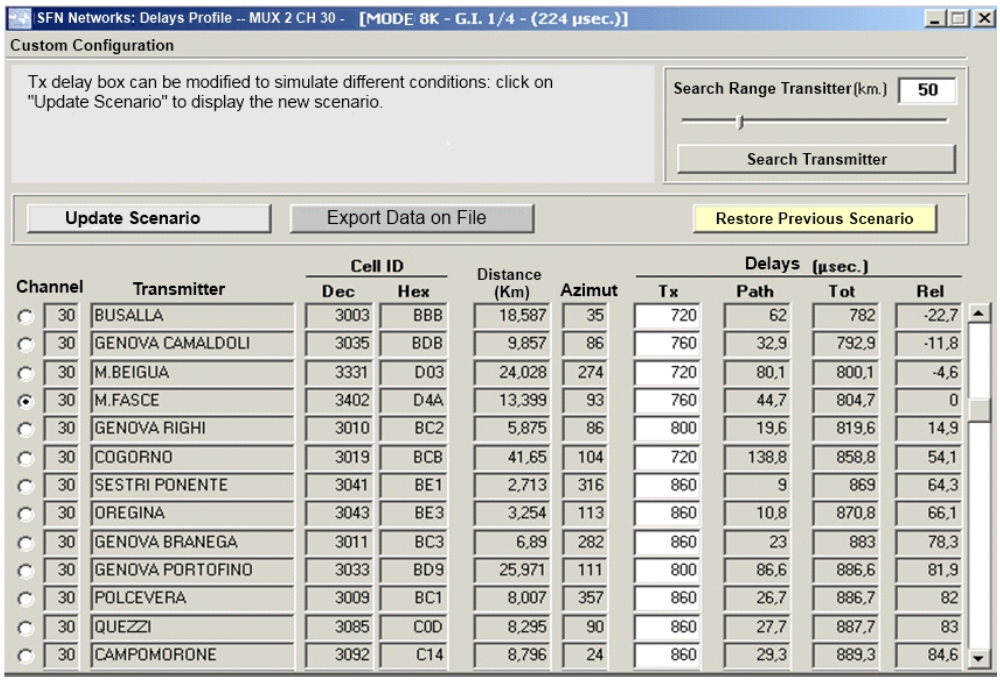
وفي الواقع، يمكن إعداد جدولين للتأخير الإجمالي لكل إشارة مستقبلة عند نقطة قياس معينة:

- **جدول التأخيرات الإجمالية المحسوبة:** ويتولد من جدول تأخيرات المرسِلات المخطط لها (التأخير المحلي) مع أخذ المرسلات وإحداثيات نقاط الاستقبال بعين الاعتبار (الشكل 4).
- **جدول التأخيرات الإجمالية المقيسة:** قراءة محلل الإشارات المتجهي (VSA) أو مستقبِل المراقبة.

وبمقارنة التأخيرات المقيسة مع التأخيرات المتوقعة الخاصة بها، يمكن تعرف هوية جميع المرسلات التي تنتمي إلى الشبكة نفسها عند نقطة قياس معينة.

الشكل 4

معرف هوية الخلية وحساب التأخير الإجمالي



Channel	Transmitter	Cell ID Dec	Cell ID Hex	Distance (Km)	Azimut	Delays (µsec.) Tx	Path	Tot	Rel
30	BUSALLA	3003	BBB	18,587	35	720	62	782	-22,7
30	GENOVA CAMALDOLI	3035	BDB	9,857	86	760	32,9	792,9	-11,8
30	M.BEIGUA	3331	D03	24,028	274	720	80,1	800,1	-4,6
30	M.FASCE	3402	D4A	13,399	93	760	44,7	804,7	0
30	GENOVA RIGHI	3010	BC2	5,875	86	800	19,6	819,6	14,9
30	COGORNO	3019	BCB	41,65	104	720	138,8	858,8	54,1
30	SESTRI PONENTE	3041	BE1	2,713	316	860	9	869	64,3
30	OREGINA	3043	BE3	3,254	113	860	10,8	870,8	66,1
30	GENOVA BRANEGA	3011	BC3	6,89	282	860	23	883	78,3
30	GENOVA PORTOFINO	3033	BD9	25,971	111	800	86,6	886,6	81,9
30	POLCEVERA	3009	BC1	8,007	357	860	26,7	886,7	82
30	QUEZZI	3085	C0D	8,295	90	860	27,7	887,7	83
30	CAMPOMORONE	3092	C14	8,796	24	860	29,3	889,3	84,6

Report SM.2304-04

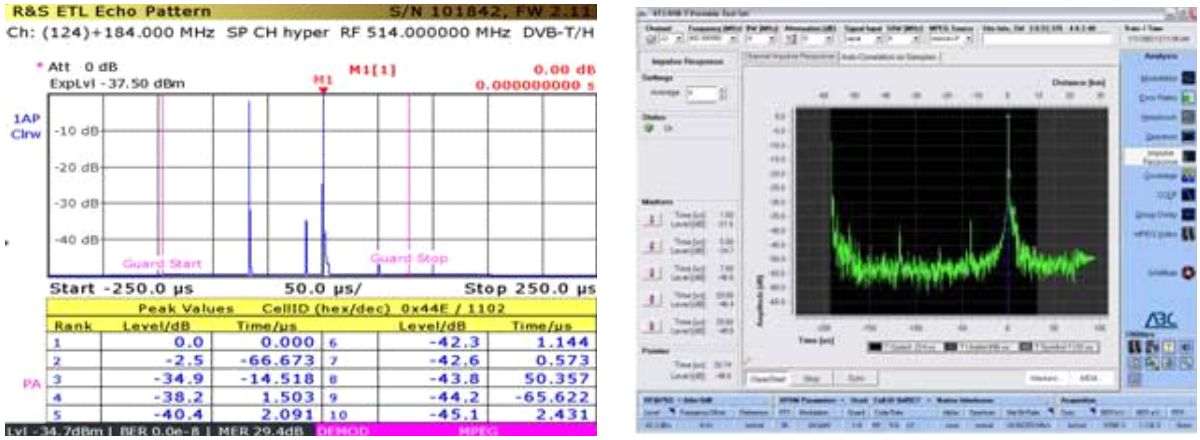
تعرف الهوية بواسطة رزمة برمجيات محلل الإشارات المتجهي

تم وضع طريقة جديدة لتعرف هوية مرسل الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T)، تعتبر مناسبة لتنفيذها كترقية في مستقبِل قياس نموذجي أو محلل إشارات متجهي. وبواسطة هذه الطريقة، يستطيع المستخدِم في نقطة استقبال معينة أن يحدد بفعالية جميع الإشارات المستقبلة من مرسِلات شبكة وحيدة التردد للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض.

ولا تسمح أجهزة القياس المتاحة حالياً للمستعمل بالحصول على معلومات بشأن منشأ جميع إشارات الشبكة الوحيدة التردد. وعلى سبيل المثال، فإن قيمة معرف هوية الخلية المبينة في الشكل 5، وتساوي 0x44E، قد أعطيت بالنسبة لأقوى إشارة (الوقت = 0، المستوى = 0 dB).

الشكل 5

تعرف هوية معرف Cell ID لأقوى إشارة



أ) ب)

Report SM.2304-05

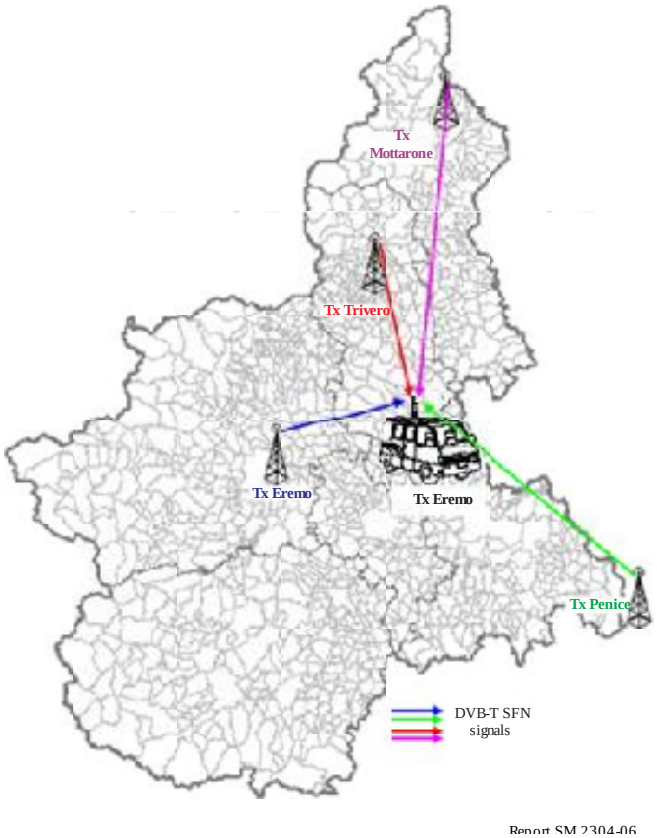
تفترض هذه الطريقة أن يدرج في الموجات الحاملة لتشوير معلمات الإرسال (TPS) رمز وحيد لتعرف هوية المرسل في حقل معرف هوية الخلية (Cell ID) ، كما هو موضح أعلاه.

ويمكن، في مواضع معينة للوقت–التردد، أن ننظر إلى عملية إرسال إشارات *مختلفة* من مرسِلات مختلفة من وجهتي نظر مثيرتين للاهتمام. فمن جهة، يمكن اعتبار ذلك بمثابة "تصادم"، وهي ظاهرة ذات دلالة سلبية. ومن جهة ثانية، يكون ذلك شبيهاً بما يحدث في الأنظمة متعددة الهوائيات، مثل الأنظمة المتعددة المدخلات والمفردة الخرج (MISO) (الإصدار 1.2.1 من المعيار ETSI EN 302 755 (2010-10)، حيث تكون إعادة استعمال نطاق التردد ممكنة عبر إرسال إشارات مختلفة على نفس التردد من هوائيات متعددة. وبفضل التنوع المكاني، يمكن تقدير كل استجابة ترددية للقناة، حيث ينظر إلى "القناة" بوصفها مسار الانتشار بين كل مرسِل والمستقبِل.

ويستحسن، عند نقطة استقبال محددة، معرفة شدة جميع الإشارات الملتقطة. فعلى سبيل المثال، يبين الشكل 6 منطقة جغرافية مغطاة بمجموعة من مرسِلات شبكة وحيدة التردد للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض.

الشكل 6

مثال على القياس في منطقة التغطية



يطلق على المرسلات في الشكل الأسماء "Mottarone" و"Eremo" و"Penice". وقد يكون من المفيد معرفة إسهام كل مرسِل في نقطة الاستقبال.

يتم إرسال رمز تعرف الهوية المعتمد، أي معرف هوية الخلية (Cell ID)، داخل الرموز من S40 إلى S47 الخاصة بالموجات الحاملة لإشارات معلمات الإرسال (TPS).

وترسل الرموز من S0 إلى S39 بطريقة مماثلة، بتة بعد بتة، من كل مرسل في الشبكة الوحيدة التردد، بحيث تكون إشارة OFDM متسقة تماماً (من دون تنازعات). بينما تحمل الرموز S40 إلى S47 الخاصة بمعرف هوية الخلية معرفات هوية ذات رموز مختلفة تتعلق بمرسِلات مختلفة، وبالتالي يمكن للإشارة المستقبلة أن تتضمن تصادمات على الموجات الحاملة لإشارات معلمات الإرسال فقط. وبسبب نظام التشفير التفاضلي المعتمد، تحدث الحالة نفسها بالنسبة للبتات من S48 إلى S67، التي تحتوي على الحقلين "محجوز للاستعمال المستقبلي" و"حماية من الأخطاء".

ومع ذلك، فإن إشارة OFDM، كما ورد سابقاً، **تكون دائماً متسقة تماماً في الخلايا التي تحمل بيانات دليلة وبيانات الحمولة النافعة** (فيديوية، سمعية، إلخ)، مما يضمن بالتالي استقبالاً مثالياً.

لنأخذ مستقبِل قياس معين موضوع في نقطة استقبال محددة ويستقبل الإشارات من المرسِلات الموجودة في منطقة الخدمة. ولنفترض أن $x(t)$ و$y(t)$ يمثلان في الميدان الزمني، الإشارة المرسلة من أحد المرسِلات التنوعية والإشارة المستقبلة، على التوالي. وبتطبيق تحويل فورييه، يمكن تمثيل الإشارتين $x(t)$ و$y(t)$ في الميدان الترددي بالقيمتين $X(\omega)$ و$Y(\omega)$، على التوالي.

وبما أن قناة الإرسال، التي تنتشر عبرها الإشارات $x(t)$ من المرسِل التنوعي إلى المستقبل، تتأثر بالانتشار المتعدد المسارات، فمن الممكن وصفها بواسطة الاستجابة النبضية للقناة الخاصة بها، $h(t)$، أو بواسطة تحويل فورييه $H(\omega)$ لهذه الأخيرة، الذي يعرف باسم الاستجابة الترددية للقناة (CFR).

ينطبق هذا الأمر على كل مرسل من المرسلات البالغ عددها N. بهذه الطريقة يمكن تعريف N "قنوات إرسال" مختلفة بين كل مرسل والمستقبِل ($H_1(\omega)$، ... $H_2(\omega)$، $H_n(\omega)$)، حيث تتأثر كل واحدة منها بمعلماتها الخاصة بسبب الانتشار الفردي والخاص والمتعدد المسارات.

وسيكون لكل "قناة إرسال" قيم مختلفة للتأخير وإزاحة الطور والتوهين. وعموماً يخضع مسار الإرسال للعلاقة التالية:

$$Y_i(\omega) = X_i(\omega) \cdot H_i(\omega)$$

حيث تمثل المتغيرات X_i وYi وH_i كميات مركبة، ويمثل المؤثر "·" الجداء المركب.

علاوةً على ذلك، بما أن معالجة بيانات عينات التشكيل OFDM مستعملة في مزيل التشكيل بواسطة محول فورييه السريع (FFT)، وفي المشكّل بواسطة محول فورييه السريع العكسي (IFFT)، فإن التعبير عن المتغيرات المذكورة أعلاه يتم باستخدام المؤشر n لموضع الرمز داخل الرتل، والمؤشر k لموضع التردد.

وبالتالي، يمكن إعادة كتابة المعادلة السابقة بالنسبة لإشارة OFDM على النحو التالي:

$$Y_i(n,k) = X_i(n,k) \cdot H_i(n,k)$$

بالإضافة إلى ذلك، وبسبب تأثيرات التراكب، فإن الإشارة المستقبلة الكلية $Y(n, k)$ تساوي مجموع جميع الإشارات N الجزئية $Y_i(n\ k)$، حيث i = 1، 2، ...، N.

ونظراً لتراكب جميع الإشارات المتعلقة بمرسِلات الشبكة الوحيدة التردد البالغ عددها N، التي تغطي منطقة الاستقبال، فإن إشارات "المجموع"، $Y(40, k)$ إلى $Y(47, k)$، تمثل مجموع الإشارات التي تستقبلها خلايا تشوير معلمات الإرسال (TPS) ذات المؤشر k ضمن الرموز S40 إلى S47.

بعد ذلك تُضرب الإشارة الواردة من كل مرسل بالاستجابة الترددية للقناة الخاصة بها. وبالتالي يصبح لدينا، بعبارات رياضية:

$$\begin{cases} Y(40,k) = X_1(40,k) \cdot H_1(40,k) + X_2(40,k) \cdot H_2(40,k) + \cdots + X_8(40,k) \cdot H_8(40,k) \\ Y(41,k) = X_1(41,k) \cdot H_1(41,k) + X_2(41,k) \cdot H_2(41,k) + \cdots + X_8(41,k) \cdot H_8(41,k) \\ \cdots \\ Y(47,k) = X_1(47,k) \cdot H_1(47,k) + X_2(47,k) \cdot H_2(47,k) + \cdots + X_8(47,k) \cdot H_8(47,k) \end{cases}$$

ولكل قيمة من قيم k، تحدد المعادلات الواردة أعلاه منظومة خطية:

$$\underline{Y} = \underline{X} \cdot \underline{H}$$

حيث:

Y: متجه مؤلف من 8 عناصر يمثل فيه العنصر Y_j إشارة حاز عليها المستقبِل وتتعلق بالرمز رقم j (حيث j = 40، ...، 47) لإشارة رتل الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض؛

X: مصفوفة بحجم 8 x 8 يمثل فيها العنصر $X_{j,i}$ إسهام الإشارة الذي قد يرد إلى المستقبِل فيما لو كان المرسل رقم i هو المرسِل الوحيد الذي يبث إشارة الرمز رقم j على قناة إرسال مثالية.

H: غير معروفة، وهي عبارة عن متجه من 8 عناصر يمثل فيه العنصر H_i الاستجابة الترددية "لقناة الإرسال" المتعلقة بالمرسل رقم i.

يعطي النظام الخطي $\underline{Y} = \underline{X} \cdot \underline{H}$ حلاً فريداً، شريطة أن لا تكون محددة المصفوفة $\underline{X}$ مساوية للصفر؛ ويتحقق ذلك دائماً تقريباً من الناحية العملية. أما في الحالات الأخرى، فيمكن حل هذا النظام بسهولة باعتماد خيار مناسب لقيم شفرات تعرف الهوية الموزعة على المرسِلات.

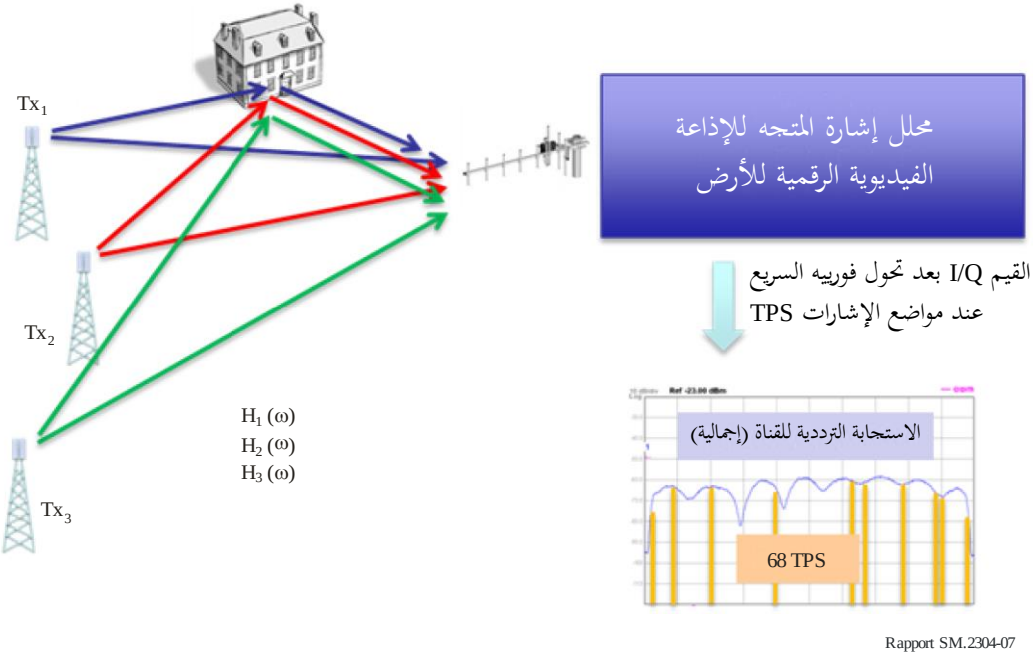
ويتألف النظام الخطي، كما أشير إليه أعلاه، من ثماني معادلات بثماني قيم غير معروفة. وبمجرد حل هذا النظام، يصبح من الممكن عندئذ التعرف، عن طريق شفرة تعرف الهوية المناسبة، على هوية عدد من المرسِلات يصل إلى ثمانية تغطي النقطة الجغرافية المختارة. ومع ذلك، ولأغراض الاستعمال العملي، يتم توسيع النظام الخطي ليشمل المعادلات المرتبطة برموز الأرتال التي تحمل البتات الثماني الأخرى من بين البتات الست عشرة المكونة لشفرة تعرّف هوية كل مرسِل. بهذه الطريقة، يمكن توسيع عدد شفرات المرسِلات

التي يجري حلها في عملية بمصفوفة واحدة إلى ست عشرة شفرة. علاوةً على ذلك، وبما أن معرف هوية الخلية (Cell ID) مكون من كلمة ثنائية مؤلفة من 16 بتة، ويعطي 535 65 قيمة بالإضافة إلى الصفر، فمن الممكن مواصلة العمل عن طريق المحاولات: حيث يتم في كل محاولة إنشاء المصفوفة $\underline{X}$ باستخدام الطريقة الواردة أعلاه، وافتراض مجموعة جديدة من ست عشرة قيمة مختلفة لشفرة تعرف الهوية في كل مرة، تكون مختلفة عن الحالة السابقة.

وبما أن الحسابات في كل محاولة تجري دائماً على المتجه $\underline{Y}$ نفسه، فليس من الضروري إعادة استحواذ الإشارة في كل مرة، بحيث يمكن أن تكون سرعة الخوارزمية عالية جداً.

الشكل 7

تراكب الإشارات في هوائي الاستقبال. يحدد كل مسار (متعدد) بين المرسِل والمستقبِل "قناة" ما مع الاستجابة الترددية المتعلقة بها



Rapport SM.2304-07

لا تنفّذ العمليات الواردة أعلاه إلا على الموجات الحاملة لإشارات معلمات التشوير (TPS). ومن الناحية المبدئية، بما أن تشكيل جميع الموجات الحاملة لإشارات TPS في رمز OFDM معين من رموز الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض يتم بواسطة البتة نفسها، فمن الممكن استعمال موجة حاملة واحدة لإشارات TPS لتطبيق الطريقة. ومع ذلك، ففي حالة الانتشار متعدد المسارات، تكون التقديرات المبنية على موقع واحد لإشارات TPS غير دقيقة إلى حد ما. ولذلك تكرر العملية بالنسبة لجميع مواقع إشارات معلِمات التشوير. وبعبارة أخرى، يتم حل أنظمة مؤلفة من 68 معادلة خطية. وعلى افتراض إيجاد حل لمجموعة مؤلفة من ثمانية وستين نظاماً يتألف كل منه من 16 x 16 معادلة خطية، فإننا نحصل على 16 صفيفاً و68 قيمة. يمثل كل صفيف الاستجابة الترددية لقناة كل مرسِل من المرسِلات المعنية البالغ عددها 16 مرسلاً. وتتألف صفائف الاستجابة الترددية للقناة هذه من 68 قيمة فقط: وهذه القيم هي الاستجابة الترددية (لتلك القناة الفردية بين المرسِل والمستقبِل) التي أخذت عيناتها عند مواقع ترددات إشارات معلمات التشوير.

ولكل صفيف من الصفائف الستة عشر (أي المرسِلات الستة عشر) تنفذ العمليتان التاليتان:

1) يحسب متوسط قيم الترددات البالغ عددها 68: يلغي ذلك التأثير الانتقائي المتعدد المسار للترددات، ويزيد أكثر من متانة الطريقة (العالية أصلاً) إزاء الضوضاء الغوسية. وتمثل القيمة المحصّلة المستوى المقيس للإشارة المستقبلة من المرسِل ذي الصلة.

2) يتم الحصول على الاستجابة النبضية للقناة (CIR) بواسطة محول فوريية السريع العكسي (IFFT). ويعتبر الإجراء الحالي أكثر تعقيداً من مجرد تحويل فورييه السريع العكسي، لأن كثافة إشارات معلمات التشوير منخفضة جداً، وتبلغ حوالي 1% من مجموع الموجات الحاملة الفاعلة OFDM. يؤدي ذلك في الأنظمة العادية التي تؤخذ عيناتها بشكل دوري إلى انطواء شديد للطيف في الزمن (تشوه انخفاض معدل العينات) من شأنه أن يخفض المدة الزمنية بعامل قدرة 100، مما ينتج عنه تقدير عديم الفائدة للاستجابة النبضية للقناة. ولحسن الحظ، فإن مواقع ترددات إشارات معلمات التشوير ليست دورية بحكم تصميمها، وبالتالي لا يكون تأثير الانطواء وارداً. وقد جرى تطبيق مفهوم "الاستشعار المختزل" نظراً لأن هذه الحالة تنطوي على "عينات مبعثرة" بالفعل. وهذه الخوارزمية تكرارية وتعطي تقديراً للاستجابة النبضية للقناة التي أعيد أنشاؤها بواسطة الذرى الرئيسية.

تسمح **العملية 1** الواردة أعلاه للمستعمل بإنشاء جدول يمكن فيه ترتيب المستويات المقيّسة للإشارات المستقبلة من المستقبِلات ذات الصلة في قائمة وربطها بمعرفات هوية شفرات المستقبِلات (Cell ID)، المأخوذة من جدول محدد سلفاً يربط كل معرف هوية Cell ID باسم المرسل (أو موقعه الجغرافي).

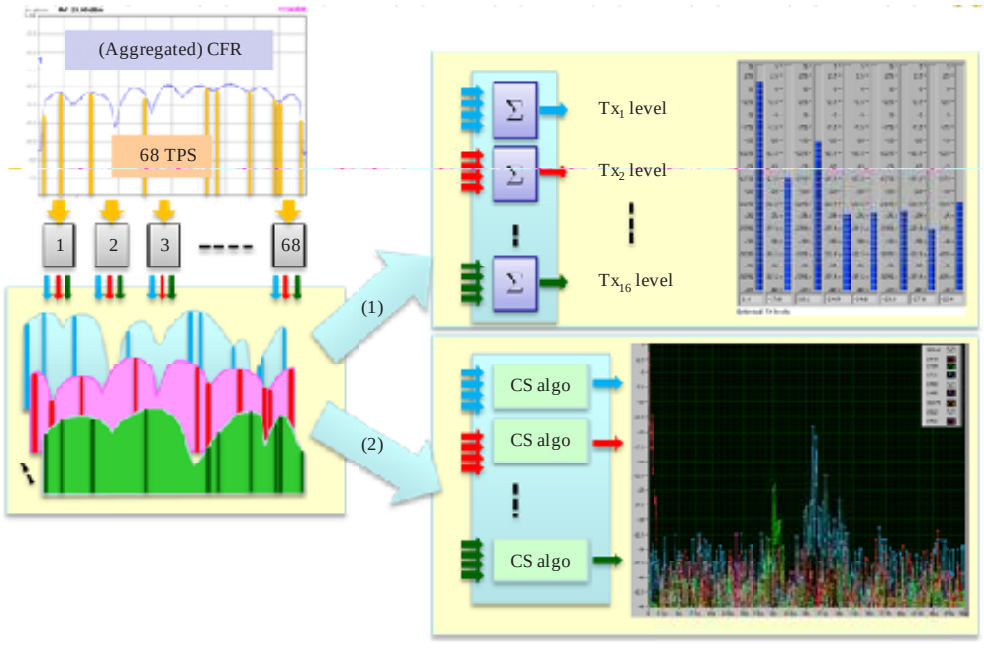
تسمح **العملية 2** الواردة أعلاه للمستعمل بالحصول على المكونات الزمنية للاستجابة النبضية الشاملة للقناة، مصنفة ضمن الاستجابات النبضية الإفرادية للقناة المتعلقة بكل مرسِل.

التأكيد

تسمح رزمة البرمجيات التي تنفذ الطريقة الواردة أعلاه لمستقبِلات القياس أو محللات الإشارات المتجهية بإضافة وظيفة عالية القيمة لعرض وسوم مختلف مكونات الاستجابة النبضية لنسق الفيديو البياني الحالي. وتدل الاختبارات الأولية التي جرت في المختبر بواسطة إشارات شبكة حقيقية وحيدة التردد على أن النظام قادر على تقدير المستويات الفردية للمرسِلات، وتجزئة الاستجابة النبضية للقناة إلى استجابات إفرادية. وقد أثبتت طريقة تجزئة الاستجابة النبضية للقناة، رغم أنها أقل دقة من الطريقة الكلاسيكية القائمة على النغمات الدليلية المتفرقة، فائدتها في عرض مكونات الإشارات بتأخير تفاضلي يصل إلى ضعفي الفترة الحارسة

الشكل 8

التجزئة بواسطة تقنية تشبه تقنية MISO لإيجاد حل 68 نظاماً يتألف كل منها من 16x16 معادلة خطية. يتم الحصول على ست عشرة استجابة ترددية جزئية للقناة. تؤخذ عينات هذه الاستجابات الترددية عند مواقع ترددات تشوير معلمات الإرسال. تسمح النتائج (1) بحساب مستويات المرسلات الإفرادية؛ و(2) إعادة بناء الاستجابات النبضية الجزئية للقناة البالغ عددها 16 انطلاقاً من العينات المبعثرة للاستجابة الترددية للقناة بواسطة خوارزمية الاستشعار المختزل



Report SM.2304-08

النتائج

مساوئ استعمال معرفات هوية مختلفة للخلايا لكل مرسل في شبكة 1-SFN الواسعة النطاق

تم اكتشاف مشاكل بسيطة في عدد قليل من مستقبِلات المستهلك من الجيل القديم ناجمة عن استعمال معرفات هوية مختلفة لخلايا (Cell IDs) كل مرسِل. وقد قامت منظمات مختلفة بإجراء اختبارات معملية لدراسة التأثيرات الفعلية لهذه المشاكل.

ويمكن تنفيذ الطريقة بسهولة في مستقبِلات القياس أو في محلل إشارات متجهي، وهي أجهزة تتطلب قدرة محدودة للمعالجة. وقد حاز على براءة اختراع الطريقة وجهاز الاختبار ("مكشاف الشبكة الوحيدة التردد") مركز الابتكار التكنولوجي والبحث التابع لهيئة الإذاعة والتلفزيون الإيطالية. ويخضع تنظيم أي استعمال إلى سياسة براءة الاختراع المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية وما يرتبط بها من "مبادئ توجيهية لتنفيذ هذه السياسة المشتركة"[1].

_____

[1] يمكن الاطلاع على "المبادئ التوجيهية لتنفيذ سياسة براءة الاختراع المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية" على الموقع http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/04/04/T04040000010003PDFE.pdf. لاستعمال براءة الاختراع، يرجى الاتصال بمركز البحوث التابع لهيئة الإذاعة والتلفزيون الإيطالية (RAI-CRIT) على الموقع http://www.crit.rai.it/IT/contatti/contatti.htm والاشتراك بالالتزام بالاستعمال.