الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R SM.2130-1 التقرير

(2017/06)

التفتيش على المحطات الراديوية

السلسلة **SM**

إدارة الطيف

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 من القرار 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 الاستدلال الراديوي 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، 2020

© ITU 2020
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.2130-1

التفتيش على المحطات الراديوية

(2017-2008)

جدول المحتويات

الصفحة

1 المقدمة 2

2 دور أنشطة التفتيش وتنظيمها..... 2

3 تقنيات التفتيش..... 3

4 المعلمات التقنية..... 5

5 مجموعة المعدات..... 6

6 السجلات التي يتم مراجعتها..... 7

7 مراقبة الطيف مقابل التفتيش بالموقع..... 8

8 الخلاصة..... 8

الملحق 1 – معايير تحديد حجم العينة لتخطيط عمليات التفتيش..... 9

1 مقدمة..... 9

2 طريقة تحديد حجم العينة..... 9

3 عدد العينات اللازمة..... 10

4 عدد العينات داخل شبكة راديوية..... 11

5 انتقاء الأشياء المعتَزم اختبارها..... 11

6 تأثير المعلمات في حجم الاختبار..... 11

7 الاستراتيجية..... 12

8 خلاصة..... 13

1 المقدمة

يعرض هذا التقرير استعراضاً شاملاً لإجراءات التفتيش استجابة للمسألة ITU-R 255/1 المتعلقة بتقنيات وإجراءات التفتيش. وتختص المسألة بالكيفية التي تتناول بها الإدارات التخطيط للتفتيش على المحطات الراديوية والقيام بهذا التفتيش.

والغرض من هذا التقرير هو تقديم مبادئ توجيهية عامة من أجل تخطيط أنشطة التفتيش والقيام بها على الأنماط المختلفة للمحطات الراديوية. وتُعتبر أنشطة التفتيش هنا على أنها تلك التي تجري *"في الموقع"* ، من خلال زيارة موقع المرسل وهي تشمل عادة استعراض والتحقق من الشروط التقنية والإدارية المخصصة لمحطة راديوية أو لمستعملين آخرين للطيف الراديوي.

وعلى الرغم من استعمال مصطلح "مرخصة" في هذا التقرير بأكمله، فإنه يمكن النظر هنا إلى هذا المصطلح على أنه لا يشمل فقط المحطات ذات التراخيص الصادرة عن الهيئة التنظيمية، بل يشمل أيضاً مستعملي الطيف الآخرين المخولين (كهؤلاء العاملين بأجهزة "معفاة من الترخيص" مثل أجهزة الراديو منخفضة القدرة وأجهزة الترددات الراديوية (RF) التي تعمل في إطار الموافقة على معايير المعدات).

ويرد في الملحقات بعض الأمثلة المحددة في خدمات معينة، وذلك لتقديم أمثلة عن الكيفية التي يتم بها تطبيق المبادئ التوجيهية العامة. وينبغي اعتبار هذا التقرير بمثابة وثيقة توجيه عامة لتخطيط عمليات التفتيش.

2 دور أنشطة التفتيش وتنظيمها

اكتست قيمة الطيف الراديوي بأهمية متزايدة بالنسبة للتنمية الاقتصادية والاجتماعية في كثير من البلدان. وأصبحت مراقبة الطيف الراديوي من قبل الهيئات التنظيمية عملية أكثر أهمية، مع سعي الإدارات الوطنية لتعظيم كفاءة استعمالها للطيف والتحكم في التداخلات والنهوض بتكنولوجيات جديدة دون التأثير بالسلب على التكنولوجيات القائمة.

وتساعد لوائح الراديو التقنية والإدارية لأي إدارة على التأكد من أن الخدمات الراديوية يمكن أن تعمل على أساس عدم التسبب في تداخلات. ويمكن لمستعملي الطيف الذين يعملون خارج معلماتهم المرخصة أن يولدوا تداخلات على المستعملين الآخرين بطرائق متنوعة (مثل تداخل القناة المشتركة والقناة المجاورة والنغمات التوافقية والإرسالات الهامشية). وتستعمل الهيئات التنظيمية عادة أساليب مختلفة للمساعدة في التأكد من أن الطيف يستعمل بكفاءة على الوجه الأمثل. ومن بين هذه الأساليب مراقبة/قياسات الطيف التي تتم عن بعد وعمليات تفتيش/قياسات المحطات الراديوية بالموقع وتحديد مواصفات الامتثال لبعض المعدات (الراديوية منها وغير الراديوية التي تولد طاقة طيفية RF). وقد استعملت بنجاح بعض الإدارات بعض التوليفات التي تضم هذه الأساليب، وتلتها بتطبيق عقوبات إنفاذ (مذكرة رسمية بالمخالفات) على مشكلات تم اكتشافها، وذلك للمساعدة على التحكم في الاستعمال الفعال للطيف.

وحسب الإدارة، فإن كل هذه الوظائف قد تكون:

- مجمعة بالكامل في وحدة واحدة من وحدات الهيئة/السلطة التنظيمية (مثل فريق إنفاذ ميداني يقوم بالمراقبة وإجراء عمليات التفتيش وفرض عقوبات عدم الإنفاذ)،
- موزعة على أجزاء مختلفة داخل نفس السلطة/الهيئة التنظيمية (بوحدات منفصلة للمراقبة وعمليات التفتيش والعقوبات)،
- أو قد توزع في بعض الأوقات على هيئات مختلفة (فمثلاً يقوم بإجراء عمليات التفتيش على الإذاعة سلطة/هيئة تنظيمية مختلفة تماماً عن التي تقوم بإجراء عمليات التفتيش على الخدمات الأخرى ومراقبتها).

وغالباً ما تحدد اللوائح الوطنية الكيفية التي يُنظم بها هذا الأمر داخل أي إدارة، كما تتحدد طبقاً لعدد حائزي التراخيص أو مستعملي الطيف المخولين الآخرين وطبقاً لعدد المحطات الخاصة إزاء المحطات الحكومية وطبقاً لأمور أخرى. وفي حين يمكن تحقيق بعض الفعالية إذا تم تجميع كل هذه الوظائف في نفس الوحدة الأساسية أو الفرعية، فإن العامل الأكثر أهمية يتمثل في أن تقوم الأجزاء المختلفة بالهيئة المسؤولة عن كل مجال من المجالات بالاتصالات والتنسيق مع بعضها البعض من أجل تعريف الأعمال وترتيب أولوياتها وتنفيذها ورفع التقارير بشأنها. بيد أن التمييز الدقيق بين عمليات التفتيش في الموقع وبين مراقبة الطيف يصبح

أصعب فأصعب. فمن ناحية، تتطلب مراقبة الأجهزة ذات القدرة المنخفضة الوجود في الموقع فعلياً ومن ناحية أخرى، يمكن يشمل التفتيش على مرسل إذاعة في الموقع تحديد قدرته المشعة الذي قد يتطلب بدوره مسافة قياس تبلغ بضعة كيلومترات.

وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي دعم أنشطة التفتيش بالقوانين التشريعية ذات الصلة وبلوائح معتمدة رسمياً تبين التطبيق المفصل للقوانين التشريعية. وينبغي لهذه اللوائح أن تضم تغطيةً لتنظيم التفتيش والتكنولوجيا المستخدمة فيه وإجراءاته، وحقوق وواجبات المفتشين ومستعملي الطيف، وأحكاماً بشأن فض المنازعات بين سلطات التفتيش ومستعملي الطيف، وما إلى ذلك. وينبغي أن تُدرج ضمن واجبات مستعملي الطيف أحكام تضمن حرية وصول المفتشين على المنشآت الراديوية وتدابير تمنع وضع أي عراقيل أمام عملهم. وتكون هذه الأحكام عادة جزءاً من اللوائح الوطنية. وأوراق الاعتماد التي يحملها المفتش لتعريف نفسه بأنه مخول بإجراء عمليات التفتيش نيابة عن الهيئة التنظيمية تستند عادة إلى هذه اللوائح.

ويمكن على نحو فعال دمج وظيفة التفتيش، على الأقل أثناء المرحلة الأولية لتنفيذها، مع وظيفة المراقبة "على الهواء" (عن بعد) على أساس تماثل معدات المراقبة والقياس والوسائل الأخرى المستعملة في كليهما.

ولعل فائدة تقديم إجراءات قياس مقيَّسة لا تشمل الإدارات وحدها، من أجل ضمان جودة عمليات التفتيش التي يقوم بها مختلف وكلاء الإنفاذ، بل تشمل أيضاً مقدمي الخدمات ومستخدمي الطيف، لإرساء الأسس التي يمكن لجميع أصحاب التراخيص الاعتماد عليها في إجراء قياساتهم وضمان جودة البيانات المقدمة لدعم أنشطة إدارة الطيف.

وهناك عدد غير قليل من الإدارات التي لا تقوم بإجراء عمليات التفتيش الراديوية لأسباب متنوعة. بيد أنه على المدى الطويل، يمكن لغياب برنامج تفتيش أن يؤدي إلى نتائج سلبية عديدة. فبدون عمليات التفتيش، لا يمكن ضمان اكتمال ومصداقية السجل الوطني لتخصيص الترددات، حيث إن من بين أغراض التفتيش التحقق من أن المحطة الراديوية مقامة بالفعل وتعمل طبقاً لمعلماتها المخصصة. كما أنه لا يتيسر عادة الحصول على البيانات المرجعية القيمة من أجل المراقبة اللاحقة للطيف (مثل القيم المرجعية لشدة المجال). ويقلل هذان العاملان إلى حد كبير من فعالية أنظمة إدارة الطيف المؤتمتة في الكشف عن الانتهاكات والاستعمالات غير المرخصة. ومن المنظور الإداري، يثير غياب عمليات التفتيش أثراً سلبياً بالنسبة لمستعملي الطيف لأنه يجعلهم يعتقدون أن بإمكانهم إغفال الامتثال لمعلماتهم المرخصة ما دامت مخاطر الكشف أقل بدون عمليات التفتيش التي تجري بالموقع. وفي هذا الصدد، فإنه حتى مع عدد محدود من عمليات التفتيش، يمكن زيادة مسؤولية مستعملي الطيف إلى حد كبير.

3 تقنيات التفتيش

يمكن تعريف *تقنيات التفتيش* التي تستعملها الإدارات بوجهٍ عام بأنها عوامل القرار وخطوات التخطيط وطرائق التنفيذ التي تتبعها الإدارات في التخطيط للتفتيش على المحطات وإجراء هذا التفتيش. ويجب اتخاذ العديد من القرارات بشأن التفتيش، منها – ما هي الخدمات الراديوية التي يتعين التفتيش عليها وكم منشأة يتعين التفتيش عليها ووتيرة التفتيش وما هو مستوى التفصيلات الذي يجب الحصول عليه في كل تفتيش.

وهناك الكثير من التقنيات التي تستعملها الإدارات لتنظيم خطط عمليات تفتيشها، تتراوح من تفتيش كل المحطات إلى تفتيش عدد منها أو عدم التفتيش على أي منها بالمرة. ويرد تعداد بعض أمثلة التنظيم في العناصر التالية:

- **التفتيش على كل المحطات**

  تحدد بعض الإدارات كهدف (أو تضع كشرط في اللوائح أو السياسات) التفتيش على كل المحطات في خدمات منتقاة أو في جميع الخدمات خلال فترة زمنية معينة. وكثيراً ما يكون اعتماد مثل هذا الإجراء محدوداً بسبب الانتشار المتزايد للأجهزة الراديوية ومحدودية الموارد لدى الإدارات ولكنه يمكن أن يكون مفيداً في حالات محددة، مثل إجراء تعداد لجميع المستخدمين والسماح بالتصحيح المنهجي والشامل لأخطاء قاعدة البيانات بشأن المستخدمين المرخص لهم.

- **التفتيش على نسبة معينة**

  إن التفتيش على نسبة معينة من المحطات لا يقلل إلا من عبء عمل المفتشين وسرعان ما يربك أصحاب التراخيص.

- **التفتيش القائم على أساليب إحصائية**

تقوم بعض الإدارات باستعمال الأساليب الإحصائية لتقدير معدلات الامتثال الإجمالية، حيث تستخدم النتائج في التخطيط لمستويات التفتيش المستقبلية. وفي أبسط أشكاله، يمكن، بفحص عينة صغيرة من جميع المحطات، الاستدلال على الامتثال العام من خلال معدل الامتثال في العينة. وقد يؤدي ارتفاع معدل الامتثال، على سبيل المثال، إلى تقليل عدد عمليات تفتيش (عينات أقل) في تلك الخدمة الراديوية في العام المقبل. وتقلل هذه الأساليب من عبء عمل المفتشين ومن إرباك صاحب الترخيص.

- **عمليات التفتيش الموجهة**

يمكن أيضاً أن تُطلق عمليات التفتيش الموجهة طبقاً لدوافع محددة مثل الشكاوى من التداخل أو معلمات غير مطابقة تم اكتشافها بواسطة مراقبة الطيف الراديوي أو أي مؤشرات أخرى لانتهاكات محتملة. وعلاوة على ذلك، يمكن إطلاق عمليات التفتيش بناءً على فعاليات خاصة (كالأحداث الرياضية الرئيسية مثلاً) أو عند الحاجة إلى تحديد مستوى الامتثال بالنسبة لبند معين (دقة إحداثي برج، مثلاً).

- **عمليات التفتيش المحدودة**

يمكن لعمليات التفتيش المحدودة التحقق فقط من بند محدد مثار اهتمام الهيئة التنظيمية، مثل السجل الإداري لمحطة معينة أو قدرة خرج المرسل.

- **عمليات التفتيش حسب المخاطر**

يمكن اعتبار بعض التراخيص "عالية المخاطر". وتتعلق هذه التراخيص بمحطات راديوية لها احتمال أكبر في التسبب في تداخلات مقارنة بالمحطات الأخرى. والتراخيص "عالية المخاطر" تلك تشمل المواقع ذات النسبة الكبيرة من مرسلات الترددات الراديوية أو التراخيص بشأن ترددات مجاورة لخدمات السلامة العامة أو التراخيص في طيف الترددات لمرسلات عالية ومنخفضة القدرة على السواء. ويمكن للإدارات التركيز بصورة أكبر على التفتيش على المحطات ذات "التراخيص عالية المخاطر".

وعندما تبدأ إدارة ما في أنشطة التفتيش، خاصة في حالة عدم وجود الخبرة، يفضل تركيز موارد التفتيش على المجالات المتعددة التي تعود بالفائدة الأكبر على الإدارة من منظور استخدام الطيف الراديوي بكفاءة. وفيما يلي بعض الأولويات المقترحة عند التخطيط للتفتيش:

- التفتيش على جميع المحطات المركبة حديثاً؛
- التفتيش على المرسلات الأعلى قدرة (مثل مرسلات الإذاعة)؛
- التفتيش على الخدمات التي أظهرت الإحصاءات بشأنها عدداً أكبر من المخالفات. واستناداً إلى خبرات الإدارات الأخرى، فإن هذه الخدمات عادة ما تكون محطات اتصالات راديوية متنقلة لأغراض خاصة (PMR).

وفيما يلي مثال موجز على هيكل برنامج التفتيش:

- التفتيش على 15% على الأقل من محطات القاعدة الراديوية الخاصة بالخدمات الشخصية المتنقلة.
- التفتيش على 15% على الأقل من المرسلات المستقبلات المستعملة في شبكات المهاتفة العمومية التبديلية (PSTN).
- التفتيش على 15% على الأقل من المحطات الثابتة والمتنقلة في خدمات التاكسي الراديوية.
- التفتيش على 100% من محطات الأبحاث العلمية.
- التفتيش على 15% على الأقل من المحطات الأرضية الساتلية.
- التفتيش على 100% من المحطات المرخصة المستعملة في الخدمات الثابتة والمتنقلة التي انتهت تراخيصها أو ستنتهي في السنة الحالية.

- التفتيش على 20% على الأقل من المعلمات التقنية للمحطات الثابتة والمتنقلة.
- إنجاز، فيما لا يتجاوز 30 يوماً قبل منح التراخيص، التفتيش على المحطات الجديدة أو المعدلة.
- التفتيش أو التحقق من التشغيل المستمر لنحو 15% على الأقل من المحطات التي انتهت تراخيصها/أو رُفعت من نظام قاعدة البيانات الوطنية.

وفي هذا المثال، يمكن ملاحظة أنه تمت مراعاة بعض العناصر ذات الفئات العليا وكيف يمكن أن تستند بعض العوامل إلى اللوائح الخاصة بإدارة ما وإلى السياسات العامة الحكومية وإلى نتائج عمليات التفتيش السابقة ونمطياً، يجري تقييم للمبادئ التوجيهية وتعديد لها سنوياً استناداً إلى نتائج برامج التفتيش في السنة السابقة.

كما يمكننا أن نلحظ في المثال أعلاه أن أحجام العينات تختلف باختلاف فئات المحطات. وقد يرجع ذلك إلى عدة عوامل، بما في ذلك عدد المحطات المرخص لها في الخدمة أو السجل التاريخي للامتثال أو أهداف الإدارة أو سياساتها العامة في صنف محدد من الخدمة الراديوية.

4 المعلمات التقنية

عموماً، أي بند موصف في ترخيص المحطة أو ضمن شروط التشغيل يمكن إدراجه ضمن البنود التي يجب قياسها أو التحقق منها أثناء التفتيش. وتعد معلمات التشغيل لمحطة ما هامة في مراقبة التداخل والتحكم فيه، وفي السماح بالتعايش بين محطات متعددة تعمل على نفس الترددات و/أو في نفس المناطق الجغرافية، وتفيد أيضاً في التأكد من الاستعمال الفعال للطيف. وتعد المعلمات الموصفة هامة في تحديد منطقة تغطية محطة ما والمقدار المشغول من الطيف. وتضم القائمة التالية المعلمات التقنية التي يمكن فحصها أثناء التفتيش.

- التردد (التخالف والاستقرار)؛
- قدرة خرج المرسل؛
- القدرة المشعة؛
- الإحداثيات الجغرافية؛
- التوافقيات ونواتج التشكيل البيني والإرسالات الهامشية؛
- شدة المجال الكهربي والمغنطيسي والكهرمغنطيسي؛
- عرض النطاق؛
- ارتفاع الهوائي؛
- اتجاه الفص الرئيسي؛
- المخطط الإشعاعي للهوائي؛
- ميلان الهوائي؛
- معلمات التشكيل؛
- كثافة تدفق القدرة.

وتختلف البنود المحددة التي يتعين فحصها باختلاف نمط المحطة/الخدمة الراديوية ولوائح الراديو داخل كل بلد وسياسات الإدارة التنظيمية. ومن العوامل الأخرى التي تؤثر فيما يتم فحصه: المشكلات المكتشفة من قبل أو البنود التي قدر أن بإمكانها التسبب في تداخلات أو البنود المتعلقة بتداخلات فعلية تم الإبلاغ عنها. ويمكن أن تشمل العوامل غير المباشرة مسائل الموظفين/عبء العمل

للإدارة التنظيمية أو تيسر الأجهزة. وتركز الإدارات الضالعة بالتخطيط لإجراء عمليات تفتيش عادة على البنود التي يتعين فحصها استناداً إلى هذه العوامل.

5 مجموعة المعدات

تشكل العناصر التالية قائمة موصى بها للمعدات الشائع استعمالها أثناء التفتيش على محطة راديوية:

الأجهزة الأساسية:

- مقياس تردد
- مقياس قدرة/مقرنات اتجاهية
- محلل طيفي/مستقبل قياس
- هوائيات.

ويمكن تقييم المعلمات الرئيسية مثل تردد التشغيل وقدرة المرسل والخصائص الطيفية للترددات الراديوية (RF) باستعمال هذه الأجهزة.

أجهزة إضافية:

- مقياس لشدة المجال
- مقياس لكثافة تدفق القدرة مع محساس للمجالين الكهربي (E) والمغنطيسي (H) المتناحيين
- محللات التعديل والبروتوكول
- محدد مدى/مقياس للمدى عن بعد
- أشرطة قياس المسافات
- بوصلة/مقياس ميلان
- جهاز النظام العالمي لتحديد الموقع
- حوامل للهوائيات/حوامل ثلاثية
- حمل مقاوم للقدرة
- كبلات وموصلات وملحقات.

وتستعمل بعض هذه العناصر في التحقق من ارتفاعات/مواقع الأبراج وتوجيه الهوائيات وقياس معلمات خاصة تنفرد بها خدمة اتصالات معينة (من قبيل جهاز تلقزيون أو محلل التشكيل التلفزيوني أو الرقمي).

وقد لاحظت الإدارات أن بعض أجهزة القياس الإضافية الخاصة قد تكون ضرورية لبعض عمليات التفتيش، وذلك طبقاً لأنماط الإرسال والترددات المخصصة وإدخال تكنولوجيات اتصالات جديدة وطبقاً أيضاً لمهام التفتيش. وقد يتعين وجود طراز حديث من محلل الاتصالات الراديوية مزود بخواص حديثة للتشكيل الرقمي وذلك في بعض عمليات التفتيش وذلك للكشف عن الموجات الحاملة الرقمية وقياسها على الوجه الأمثل باستعمال تقنيات نفاذ جديدة للتشكيل/الطيف، إذا كان هذا النمط من القياسات مطلباً للإدارة. كما أن بعض أجهزة القياس الموجودة قد لا تكون ملائمة للاستعمال على ترددات مرخصة حديثاً، مما يستلزم تغيير الأجهزة الموجودة أو زيادتها. وفيما هو أبعد من ذلك، تحتاج التطورات الجديدة في تكنولوجيا الاتصالات إلى مراجعة منتظمة لإمكانيات القياس إزاء معلمات ترخيص المحطة ومتطلبات التفتيش.

ومن العوامل الهامة التي يتعين مراعاتها عند استعمال أي أجهزة دقة المعايرة وعدم اليقين في القياس بالنسبة للأجهزة. وينبغي الرجوع إلى المبادئ التوجيهية للجهة المصنعة للأجهزة عند تحديد متطلبات المعايرة.

وتشمل ممارسات القياس العامة تطبيق قيم تسامح على قياسات التفتيش استناداً إلى عدم اليقين/التكرار في القياس بالنسبة لأجهزة القياس. ومن الممارسات الموصى بها عند التخطيط للتفتيش أن يتم تجميع الأجهزة المقرر استعمالها (مع كتيبات التشغيل وأدلة خطوات القياس الخاصة بها) والتحقق من تشغيلها على الوجه الأمثل قبل القيام بالتفتيش.

ويمكن استعمال برمجية لمراقبة الجهاز لالتقاط القياسات المقيَّسة والمتكررة أثناء التفتيش. ويمكن أن تكون البرمجية أداة مفيدة للتأكد من أنه ستتم مراعاة كل الاعتبارات الخاصة بقيم التسامح في القياسات. وتساعد البرمجية التي يتم تشغيلها في حاسوب محمول أو حاسوب محمول باليد القائم بالتفتيش أثناء عملية القياس. وباستخدام السطح البيني لحاسوب محمول يمكن الاتصال بجهاز القياس وجمع كل البيانات المطلوبة ثم مقارنة النتائج أوتوماتياً بالبيانات المرخصة وإعداد تقرير.

وحسب تنظيم خدمة التفتيش في الإدارة، يمكن أيضاً فحص البنود التقنية والإدارية الأخرى (مثل الأمان الكهربائي، والشروط الخاصة بمخاطر إشعاعات الترددات الراديوية وسلامة البرج وبنود أخرى).

ويلخص الجدول 1 متمم بالأجهزة والمعلمات المقيسة كما تم تناولها أعلاه.

الجدول 1

ملخص للأجهزة والمعلمات المقاسة

الجهاز	المعلمة المقاسة
محلل طيف/مستقبل قياس، هوائي	التردد، عرض النطاق وشدة المجال، التوافقيات، نواتج التشكيل البيني والإرسالات الهامشية
محلل إشارة، هوائي	التردد، عرض النطاق، القدرة، التوافقيات، نواتج التشكيل البيني والإرسالات الهامشية، معلمات التشكيل
مقياس تردد، هوائي	التردد وتخالفه
مقياس قدرة، مقرن اتجاهي، حمل مقاوم	قدرة خرج المرسل (مباشرة ومنعكسة)
مقياس شدة مجال مع هوائي/كبل معاير	شدة المجال
مقياس كثافة تدفق القدرة	شدة المجال الكهربي والمغنطيسي والكهرمغنطيسي
محلل تشكيل	معلمات التشكيل لأنماط محددة من الإشارات ووجود إشارات إضافية
مقياس للمسافة أو المدى	المسافات، بما في ذلك ارتفاع الهوائي
أشرطة قياس	
بوصلة	سمت الهوائي
ميلان	ميلان الهوائي
جهاز النظام العالمي لتحديد الموقع	مكان الموقع

6 السجلات التي يتم مراجعتها

يُعتبر ترخيص المحطة وشروط التشغيل من بين السجلات الإدارية الرئيسية التي يتم مراجعتها عند التفتيش على المحطات. وتحتاج هذه النصوص إلى دراستها قبل إجراء التفتيش لأن أجهزة القياس المطلوبة تعتمد على المعلمات التقنية. وبعض المعلمات التقنية يتعذر استخلاصها من وثائق التراخيص، مثل نوع الموصلات المستعملة في مرسل عالي القدرة ومن ثم يتعين تحديدها من خلال إجراءات إضافية.

وهناك هدف هام للتفتيش يتمثل في التحقق من أن المحطة تعمل طبقاً للمعلمات المخصصة لها من جانب الإدارة بشأن استعمال الطيف الترددي. وتقارن المعلمات المقاسة أو الملاحظة بالمعلمات المرخصة لتحديد مدى امتثال المحطة. وتشمل السجلات الأخرى

التي تخضع للمراجعة: الشهادات/الموافقات على الأجهزة المركبة والسجلات المتعلقة بالتشغيل اليومي (مثل سجلات تشغيل المرسِل وسجلات البرمجة) والسجلات الخاصة الأخرى التي قد يتعين وجودها في أنماط معينة من المحطات.

وتؤخذ نتائج التفتيش عادة في استمارة مناسبة أو قائمة مرجعية (مدونة على الورق أو على جهاز يدوي أو حاسوب محمول) تصمم لجمع المعلومات حسب الأهمية التي تحددها الإدارة. ويشمل ذلك عادة التحقق من معلمات الترخيص المشار إليها آنفاً ورموز تتعلق بأي عدم امتثال أو انحراف عن المعلمات المرخصة ووصف لموقع المرسِل (مع صور إذا استدعى الأمر)، والأفراد الموجودون أثناء التفتيش والأجهزة المستعملة وتعليقات المفتش مع وصف للإجراءات الأخرى المطلوبة. وتُحاط المحطة علماً بمجالات عدم الامتثال لتلافيها على أن تسجل في تقرير التفتيش وفي أماكن أخرى مثل سجلات تفتيش الإدارة أو قاعدة البيانات الخاصة بالامتثال. ويمكن استعمال هذه المعلومات (مستويات الامتثال أو نتائج التفتيش الأخرى) لتعديل خطط التفتيش في المستقبل.

كما تستفيد بعض الإدارات من نتائج التفتيش في التحقق من دقة قواعد المعلومات القائمة الخاصة بالتراخيص أو تحسينها. ويمكن لهذا العمل أن يفيد عندما تفتقر قاعدة البيانات لمعلومات معينة أو تحتوي على معلومات تختلف عما يتم ملاحظته في التفتيش وبالتالي يكون هناك خطأ في قاعدة البيانات.

7 مراقبة الطيف مقابل التفتيش بالموقع

إن بعض المعلمات الرئيسية مثل التردد وانحراف التردد وعرض النطاق والتجاوز الكبير في القدرة ومن ثم مدى امتثال معلمات المحطة لترخيصها فضلاً عن النظام التشغيلي للمشغل، يمكن فحصها بكفاءة باستعمال محطات مراقبة ثابتة أو متنقلة. ومزايا هذه الطريقة هي إمكانية فحص العديد من المحطات من موقع واحد إذا كان مستوى الإشارة كافياً وأنه لا يلزم الاتصال بمشغلي المحطات أو إشراكهم.

ويمكن بوجه خاص قياس المرسلات الإذاعية على الموجات المترية والديسيمترية بفعالية عن بعد. ويمكن مقارنة شدة المجال أو فولطية دخل المستقبل المقاستين بنتائج أداة تخطيط أو حتى مقارنتها بشكل أفضل بالنتائج السابقة المخزنة بالفعل بقاعدة البيانات. ويتم الإعلان عن أي اختلافات على الفور. وتجدر الإشارة إلى أنه لا ينبغي إغفال ظروف الانتشار المختلفة، لا سيما على الترددات المنخفضة.

وتجدر الإشارة إلى أن نتائج مراقبة الطيف لا يمكن اعتبارها صالحة دائماً من المنظور القانوني، بل يمكن التحقق من هذه النتائج بإجراء عمليات تفتيش تكميلية بالموقع.

لبعض أنماط المحطات مرشحات معقدة وشبكات مدمجة وهو ما يجعل من التوصيلات المباشرة للأجهزة أمراً صعباً، وبالتالي تكون نتائج القياسات في بعض الأوقات غير مؤكدة. وعلاوة على ذلك، لا يشمل توصيل الأجهزة مباشرة بخرج المرسل المخطط الإشعاعي للهوائي وبالتالي لا يكشف ذلك عن أي اختلافات من جراء اختلاف أنظمة الهوائيات. وقياس الانحراف الأقصى للتردد أو قدرة تعدد الإرسال لمحطات إذاعية بتشكيل التردد يحتاج إلى انعكاسات منخفضة وتوهين كاف للإشارات الإذاعية الأخرى. ولأسباب بديهية، تُجرى هذه القياسات عن طريق مراقبة الطيف دون مشاركة المشغل.

كما سبق بحثه في الفقرة 2، هناك انتقال سلس بين وظيفة المراقبة الراديوية ووظيفة التفتيش في الموقع، وكثيراً ما يعتمد تعيين مهمة القياس على الهياكل القديمة.

8 الخلاصة

يقدم هذا التقرير معلومات يتعين على الإدارات النظر فيها عند التخطيط لعمليات تفتيش المحطات الراديوية. وينبغي إدراك أن من المحال وضع خطة تفتيش مفصلة ومعرفة بالتحديد بحيث تناسب جميع الإدارات للتفتيش على جميع الخدمات الراديوية وفي كل الظروف. بل على النقيض من ذلك، يهدف هذا التقرير إلى تقديم مبادئ توجيهية عامة للتخطيط وأمثلة لحالات محددة وإجراء لتخطيط التفتيش يمكن للإدارات استعماله ومواءمته طبقاً لحاجاتها المحددة.

ويحتوي الملحق على أوصاف أكثر تفصيلاً لإجراءات التفتيش التي يمكن أن تكون مفيدة أيضاً للإدارات من أجل فهم وتنظيم أنشطتها.

الملحق 1

معايير تحديد حجم العينة لتخطيط عمليات التفتيش

1 مقدمة

من الواضح تعذر تفحص كل التجهيزات الراديوية لدى المستعملين جميعهم في سنة واحدة. فعند إيلاء الاعتبار الواجب للجوانب الاقتصادية (الاستثمار من حيث التكاليف والوقت) ولأجل الحصول على نتائج حاسمة، يُعد استعمال الاعتيان من أجل التحقق من تواتر الاستعمال وافياً بالغرض. وتستعمل وكالة الشبكة الفيدرالية الألمانية الطريقة الموصوفة أدناه. فهي تتيح استخلاص استنتاجات بشأن المجموعة بأكملها من نتائج فحص جزئي (عينة). والسؤال الذي يطرح نفسه هنا يتعلق بحجم العينة وكيفية اختيار الأشياء المزمع فحصها.

2 طريقة تحديد حجم العينة

يقوم تحديد حجم العينة وانتقاء الأشياء المزمع اختبارها على طريقة إحصائية معروفة تعطي معلومات بصورة منتظمة ودقيقة عن الالتزام بشروط التخصيص داخل تطبيق راديوي معين. ويمكن من حيث المبدأ استعمال طريقة كهذه مع جميع التطبيقات الراديوية. أما طريقة الاعتيان فهي طريقة اختبار اقتصادية لتحديد الوضع الراهن. يتمثل الشرط المسبق لتطبيق الطريقة في توصيف الشروط الحدية التالية:

التقسيم المتساوي للعينات:

لضمان انتقاء تمثيلي، لا بد من انتقاء كل عنصر (تخصيص) من مجمل المجموعة (عدد التخصيصات) بنفس الاحتمال.

الجوانب الزمنية:

يجب تحديد المدة التي ستُختبر العينة خلالها وتيرة الاستقصاء. ولذلك تأثير حاسم على نفقات العاملين.

المعايير المكانية:

تختلف النتيجة المتعلقة بكامل البلد عن تلك المتعلقة بأقاليم فردية. وتزداد كمية الاعتيان كثيراً إذا أريدَ للنتيجة أن تبيّن الفوارق الإقليمية.

المعايير الإحصائية:

تفرز نتيجة التحليل النسبة المئوية، P، للشبكات الراديوية/التخصيصات ذات النواقص. ويعتمد الحد الأدنى المطلوب لحجم العينة بدرجة كبيرة على الاحتمال الموصّف لليقين، S، وقيمة الخطأ الذي يمكن التغاضي عنه، e. ويبين الاحتمال التكميلي Q = 1-P النسبة المئوية للتخصيصات الخالية من عيوب.

الخطأ المتغاضى عنه

يعني الخطأ بنسبة 5%، فرضاً، أن كل قيمة عينة (30% مثلاً) يمكن أن تنحرف بنسبة 5% زيادة أو نقصاناً عن القيمة الفعلية لليقين الأساسي، أي أن القيمة الفعلية تكمن في مكان ما بين 25% و35%.

ويبيّن يقين العيّنة عدد الحالات التي تنتج فيها طريقة الاعتيان نتائج "صحيحة" ودقيقة. فعلى سبيل المثال، يفيد يقين 90% أن تطبيق الطريقة لمائة مرة سيفضي إلى نتائج "غير صحيحة" في عشرة تطبيقات فقط، على الرغم من أن هذه النتائج تكاد تكون "صحيحة"، ±5% مثلاً.

3 عدد العينات اللازمة

يُحسب عدد العينات اللازمة لتحقيق مستوى اليقين المرغوب بالمعادلة التالية:

$$n \geq \frac{N}{1+\frac{(N-1)\cdot e^2}{z^2 \cdot P \cdot Q}}$$

حيث:

n: الحجم الأدنى اللازم للعينة

N: العدد الإجمالي للتخصيصات

e: الخطأ المتغاضى عنه المنتقى

z: قيمة الاحتمال الموصّف لليقين، S، محسوبةً من الاحتمال المركزي للتوزيع النظامي المعياري

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{z} e^{-t^2/2} \, dt$$

$$S(z) = 2 \cdot \Phi(z) - 1$$

P: النسبة المئوية للتخصيصات التي لم تتحقق (أخفقت) فيها شروط التخصيص

Q: $P - 1 = Q$، عدد التخصيصات التي تحققت (نجحت) فيها شروط التخصيص.

وفي عدد كبير من التخصيصات (*لا يقل عن 30*)، تُختصر المعادلة إلى:

$$n \geq \frac{z^2 \cdot P \cdot Q}{e^2}$$

ويظهر من الصيغة أن الحجم الأدنى اللازم للعينة يعتمد بدرجة كبيرة على ناتج الضرب $P \cdot Q$، ومن أجل $P = 50\%$ و$Q = 50\%$ يتخذ ناتج الضرب $P \cdot Q$ قيمته القصوى. وتُفترض القيم التالية لدى وكالة الشبكة الفيدرالية الألمانية:

احتمال اليقين: 90%

الخطأ المتغاضى عنه: 5%

مثال:

هناك 8 000 شبكة راديوية لتطبيق راديوي محدد داخل منطقة معينة. ويُعرف من التحقيقات السابقة أن نحو 30% من الشبكات الراديوية لا تلتزم بالمتطلبات. فكم من الشبكات الراديوية يجب التفتيش عليها للتمكن من تحديد نسبة الشبكات غير الملتزمة بين الثمانية آلاف شبكة هذه باحتمال 90%؟ على ألا تتجاوز نسبة الخطأ في النتيجة ±5%.

$S(z)=90\%$ يعطي. $\Phi(z)=0.95$. وفي هذه الحالة، يمكن أخذ القيمة $z=1.645$ من الجدول الرياضي ذي الصلة أو يمكن حسابها بواسطة برنامج جدول بيانات. فإذا كانت $N=8\,000$ و$e=5\%$ و$P=30\%$ و$Q=70\%$، فإن n = 221 عينة أو شبكة على التوالي.

4 عدد العينات داخل شبكة راديوية

إذا ما طُبقت الأفكار الواردة أعلاه على عدد المنشآت الراديوية داخل الشبكات الفردية، سيفضي ذلك إلى أعداد غير منطقية من الاختبارات. ففي حالة شبكة فيها 20 منشأة راديوية، سيتعيّن اختبار 19 شبكة، وحتى في حالة شبكة فيها 100 منشأة راديوية، سيظل يتعين اختبار 73 وحدة منها.

لذلك من الأصوب، في حالة خدمة محطات اتصالات راديوية متنقلة لأغراض خاصة (PMR) مثلاً، أن تُختبر جميع المنشآت الراديوية الثابتة وعدد محدود فقط من المعدات الراديوية المتنقلة. فإذا تبيّن أن عدد المحطات المخالفة يتعدى متوسط القيمة بصورة ملحوظة، يمكن زيادة عدد المعدات الراديوية المفحوصة ضمن الشبكة.

5 انتقاء الأشياء المعتَزم اختبارها

رغم أن كل عينة ينبغي أن تُنتقى عشوائياً دون تعديل من مجموعة متناهية أو غير متناهية من الأشياء، يتعذر في التطبيق العملي انتقاء الأشياء المقرر اختبارها بصورة عشوائية بالكامل. لذا تُستعمل طريقة الانتقاء المنهجي. فإذا كانت N هي الكمية الإجمالية للتخصيصات وn هو عدد الشبكات المقرر تحرّيها، فإن كل عنصر ذي ترتيب k ينتقى من قاعدة البيانات وفق العلاقة $k = N/n$. وتقضي هذه الطريقة بترتيب العناصر في قاعدة البيانات بحيث تستقيم مع معيار معيّن، مثلاً: وفق اسم صاحب تخصيص.

مثال: تُفرز التخصيصات في قاعدة البيانات وفق المكتب الإقليمي والرمز البريدي والاسم. وتنتقى التخصيصات المزمع اختبارها بواسطة مولد عشوائي. وتُستبعد التخصيصات التي سبق فحصها في السنتين الماضيتين.

وقد بيّنت التجربة أنه لا يمكن اختبار جميع الشبكات المنتقاة ضمن فترة الاختبار. وفي حين أن بعض تخصيصات الترددات قد أعيدت إلى الوكالة، فإن من الشبكات الراديوية ما أُخرج من الخدمة دون إعادة تخصيصاتها الترددية. فلتحقيق الدقة الإحصائية المطلوبة رغم ذلك، من الضروري في مثل هذه الحالات اختيار عناصر أخرى خلاف تلك لاختبارها. وسبق أن حدث في الممارسة العملية أن تحتم انتقاء ضعف عدد الشبكات قبل التمكن من تحقيق العدد اللازم n الذي يتسنى التحقق منه.

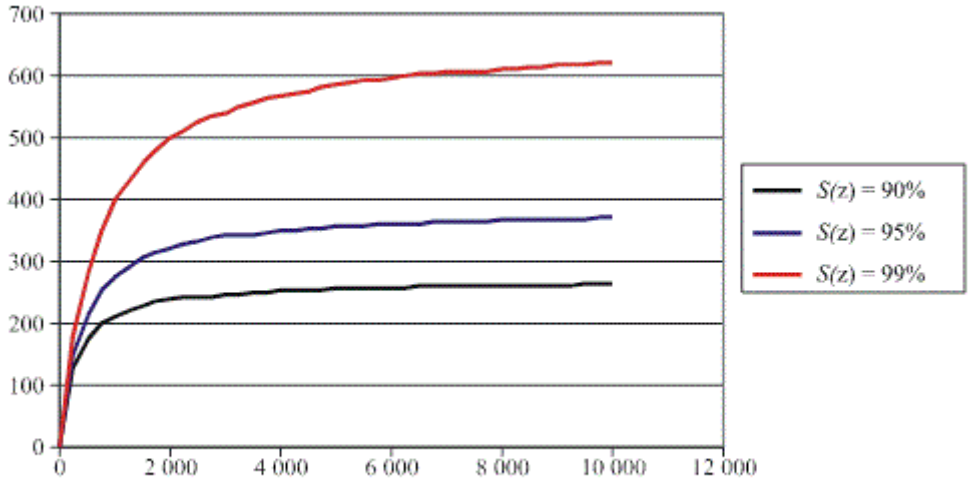
وكقاعدة عامة، يتم إخطار صاحب تخصيص التردد في مرحلة مبكرة من القياسات بحيث يسهل النفاذ فعلاً إلى التجهيزات الراديوية.

6 تأثير المعلمات في حجم الاختبار

يبيّن الشكل 1 أن العدد n من العينات اللازمة لا يكاد يتغيّر في المدى الذي يزيد عن N=000 2. وعلى النقيض من ذلك، فإن احتمال اليقين اللازم يؤثراً تأثيراً كبيراً في حجم الاختبار.

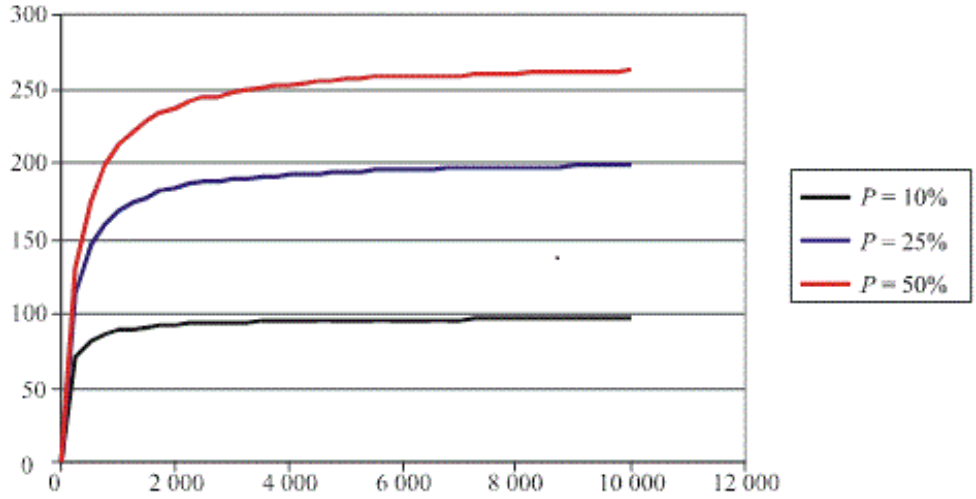
ويبيّن الشكل 1 عدد ما يلزم من العيّنات مقابل عدد التخصيصات الترددية باختلاف قيم P. واحتمال اليقين S بالنسبة المئوية P = 50% من التخصيصات التي لم تستوف شروط التخصيص (الفشل).

الشكل 1



ويبيّن الشكل 2 عدد ما يلزم من العيّنات مقابل عدد التخصيصات الترددية باختلاف قيم *P*. *واحتمال اليقين P بالنسبة المئوية* *S = 90%*.

الشكل 2



7 الاستراتيجية

يستفاد من الطريقة الموصوفة أعلاه بالدرجة الأولى لتحديد الوضع الراهن. فمن المهم لذلك ألا يقتصر الأمر على تضمين النتائج في حساب حجم الاختبار لفترة الاختبار التالية، بل أن يشمل كذلك الخروج باستنتاجات أخرى.

فالسؤال الذي يتحتم طرحه أولاً: هل النتيجة مرضية أم لا؟ وهل يلتزم السواد الأعظم بشروط التخصيص؟ أم هل أن معدل الشبكات المقصّرة من الارتفاع بحيث يجب اتخاذ تدابير تصحيحية؟ فمعدل تقصير بواقع 30% في محطات اتصالات راديوية متنقلة لأغراض خاصة (PMR) يُعد واقعياً إلى حد كبير. ولكن إذا ما بدا قصورٌ في شبكة من بين كل ثلاث شبكات راديوية، فإن النتيجة تعتبر غير مرضية.

والتدابير التصحيحية الآتية ليست إلا أمثلة عن الإجراءات الممكنة:

- التفتيش على المزيد من الشبكات؛
- تفتيش جميع الشبكات الراديوية الجديدة خلال سنة؛
- معاودة تفتيش الشبكات التي حُدد قصور فيها في أقرب وقت ممكن من العام التالي؛
- توزيع نشرات معلومات لمستعملي الترددات وتجار التجهيزات الراديوية.

وعند تقييم أوجه القصور لمختلف الأقاليم، قد يتبيّن مثلاً أن موظفي المراقبة أو الإنفاذ في مكاتب إقليمية مختلفة يستعملون طرائق عمل مختلفة أو يقيّمون الانحرافات على نحو مختلف. غير أنه من الوارد أيضاً أن تصرف مستعملي الترددات يختلف من منطقة إلى أخرى. ففي الأقاليم الجبلية، مثلاً، يمكن أن يستعملوا قدرات إرسال أعلى أو يبالغون في رفع هوائياتهم ليزيدوا من المدى. فينبغي تفحص طريقة تخصيص التردد إثر نتيجة كهذه. وهل تلبى متطلبات مقدم الطلب على نحو وافٍ أم هل ينبغي إدخال تغييرات؟

وكقاعدة عامة، يتم إخطار صاحب تخصيص التردد في مرحلة مبكرة من القياسات بحيث يسهل النفاذ فعلاً إلى التجهيزات الراديوية.

8 خلاصة

يتيح الأسلوب الموضح أعلاه تحديد أدنى مقاس مطلوب للعينة من أجل تقييم امتثال الشبكات الراديوية للمعلمات المخصصة لها بناءً على أسلوب إحصائي معترف به. ولكن لا معنى لهذا الأسلوب إلا إذا استُخلصت العبر من النتائج.