الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R SM.1392-2

(2011/01)

المتطلبات الأساسية لنظام مراقبة الطيف للبلدان النامية

السلسلة SM

إدارة الطيف

تمهيـــد

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	العنـــوان
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**
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، 2011

© ITU 2011

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).

التوصيـــة ITU-R SM.1392-2

المتطلبات الأساسية لنظام مراقبة الطيف للبلدان النامية

(2010-2000-1999)

مجال التطبيق

يقتضي الوضع الخاص في البلدان النامية لاسيما قيود الميزانية تخطيطاً دقيقاً للأنظمة الوطنية لمراقبة الطيف. وتوفر هذه التوصية بعض الإرشادات بخصوص هذا الموضوع.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن زيادة استعمال الخدمات الراديوية في البلدان النامية يتطلب استخداماً أكثر فعالية لطيف التردد الراديوي؛

ب) أن مراقبة الطيف أداة هامة لإدارة الطيف بصورة عامة وللتحقق من كفاءة استخدام طيف التردد الراديوي بوجه خاص؛

ج) أن أنظمة مراقبة الطيف غالباً ما تمثل الجزء الأكثر تكلفة في نظام إدارة الطيف الوطني الذي يكون لتنفيذه على النحو الأمثل، بما في ذلك إقامة الشبكات، تأثير اقتصادي كبير؛

د) أن أجهزة مراقبة الطيف أصبحت أكثر تطوراً وتعقيداً، بما يوفر المزيد من الوظائف الجديدة، وأن تشغيلها بشكل مناسب يتطلب توفر موظفين على درجة عالية من المهنية ومدربين تدريباً جيداً، فضلاً عن توفر البنية التحتية اللازمة لاختبار الأجهزة ومعايرتها وصيانتها بما في ذلك الهوائيات؛

هـ) أن التوصية ITU-R SM.1050 تحدد مهام خدمة مراقبة الطيف؛

و) أن من الضروري تحديد المتطلبات الدنيا لأنظمة المراقبة في البلدان النامية بحيث يمكن لهذه الأنظمة الوفاء بمهامها لإدارة الطيف الوطني وتكون جزءاً من نظام المراقبة الدولي،

إذ تلاحظ

مراجعة كتيب الاتحاد بشأن مراقبة الطيف الموافق عليها في 2010.

توصي

1 بأن تُصمم أنظمة مراقبة الطيف في البلدان النامية بحيث تفي بالمتطلبات الواردة في الملحق 1 لكي تتمكن من أداء المهام المحددة في التوصية ITU-R SM.1050 على أن تكيف بحيث تتواءم مع الاحتياجات الوطنية.

الملحق 1

1 المقدمة

مبدئياً، تؤدي محطات المراقبة الراديوية في البلدان النامية والبلدان المتقدمة نفس المهام ومن ثم يكون لها نفس المتطلبات. بيد أن الاختلاف من حيث الميزانية والقوى العاملة المتاحة ربما يكون كبيراً. ولذلك، يعتبر التخطيط الشامل والتصميم الدقيق ضروريين لتقليل هذا الاختلاف.

والهدف من هذه التوصية تقديم بعض الإرشادات بشأن كيفية إقامة نظام لمراقبة الطيف في حالات شح الموارد المتاحة.

2 المهام

1.2 المهام العامة

هناك أربع مهام رئيسية لخدمة مراقبة البث الراديوي التي يمكن استخلاصها من لوائح الراديو:

- مراقبة مدى امتثال الإرسالات لأحكام تخصيص الترددات؛
- عمليات رصد لنطاق التردد وقياسات لمدى شغل القنوات؛
- تحري حالات التداخل الضار؛
- تحديد الإرسالات غير القانونية وإزالتها.

وترد هذه المهام بمزيد من التفصيل في التوصية ITU-R SM.1050.

وترد مهام أخرى في الملحقين 1 و2 من كتيب الاتحاد بشأن مراقبة الطيف الموافق عليه في 2010 (يسمى فيما يلي "الكتيب") يذكر منها التفتيش في الموقع للمحطات الراديوية الذي يكن إسناده إلى خدمة مراقبة راديوية.

2.2 مهام القياس

يسمح الفحص الدقيق لهذه المهام العامة بتحديد مهام قياس محددة يمكن الاطلاع عليها في التوصية ITU-R SM.1050 وفي الملحق 2 من الكتيب، ومن أمثلتها:

- قياس الترددات؛
- قياس شدة المجال وكثافة تدفق القدرة؛
- قياس عرض النطاق؛
- قياس التشكيل؛
- قياسات شغل الطيف؛
- تحليل الإشارات وتعرّف المرسِل؛
- تحديد الاتجاه والموقع.

ويقدم الفصل 4 من الكتيب معلومات تفصيلية بشأن قياس هذه المعلمات الأساسية. ويصف الفصل 5 من الكتيب أنظمة وإجراءات للمراقبة أكثر تحديداً.

3 مجال تطبيق نظام المراقبة الراديوية

أخذاً بعين الاعتبار الميزانيات المحدودة وبعض المتطلبات الخاصة، يجب أن يكون مجال تطبيق نظام المراقبة الراديوية مقيداً. ولهذا الغرض، يجب بداية الإجابة على بعض الأسئلة التي على شاكلة ما يلي:

- ما ذا يُتوقع تفصيلاً من خدمة المراقبة الراديوية؟
- ما هي مجالات الأنشطة التي تكتسي أهمية كبيرة لدى الجمهور أو أهمية كبيرة سياسية أو تجارية؟
- ما هو مدى التردد المعني؟
- ما هي خدمات الاتصالات الراديوية التي يجب أن تخضع للمراقبة؟
- ما هي مناطق البلد التي يجب أن تخضع للمراقبة في ظل المرحلة الحالية من نمو اقتصادات البلاد وإلى أي مدى ينبغي مراقبتها؟
- ما هي النتائج المتوقعة في حال عدم مراقبة مدى تردد أو خدمة اتصالات راديوية أو مهمة أو منطقة من أراضي البلاد؟
- هل يمكن إتاحة ما يكفي من الموظفين ذوي الكفاءات المهنية العالية وأطقم التشغيل المدربة بشكل جيد؟
- هل يمكن توفير البنية التحتية اللازمة لاختبار الأجهزة ومعايرتها وصيانتها، بما فيها الهوائيات؟
- هل هناك حاجة إلى تبادل البيانات بين محطات المراقبة ومراكز المراقبة، وإذا كان الأمر كذلك، هل البنية التحتية اللازمة متيسرة؟
- هل هناك أي مؤسسة أخرى يمكنها أن تنجز بعض هذه المهام؟

ونظراً لأن هذه الأسئلة مترابطة ولا يمكن الإجابة عنها بشكل منفصل، يجب دراستها إزاء المسائل التشغيلية. ويمكن أن تكون الأسئلة الناجمة عن ذلك على شاكلة ما يلي:

- هل هناك حاجة إلى مراقبة الشبكات الهاتفية المتنقلة العمومية وقياس تغطيتها الراديوية أو يمكن إسناد هذه المهمة إلى مشغل الشبكة؟
- هل عدد التراخيص الممنوحة للوصلات الثابتة يبرر حيازة أجهزة خاصة لإجراء قياسات تصل إلى 40 GHz أو حتى أعلى من ذلك؟
- ما هي خدمات الاتصالات الراديوية التي تتأثر أكثر بالتداخل أو بالتشغيل غير القانوني وما هي المناطق التي تقع فيها داخل أراضي البلاد؟

4 تخطيط نظام المراقبة الراديوية

بعد الرد على الأسئلة المذكورة أعلاه، يمكن تحديد أنظمة المراقبة المطلوبة والبنية التحتية اللازمة بناءً على الموارد المالية المتاحة. وفي هذا الصدد، ينبغي إيلاء اهتمام خاص إلى العدد المطلوب من محطات المراقبة وتحديد مواقعها والتحكم فيها عن بعد.

وتقدم الفقرة 8.6 من الكتيب إرشادات بشأن تخطيط واستمثال شبكات مراقبة الطيف في سياق تغطية المراقبة.

وتقدم الفقرة 6.2 من الكتيب المتطلبات المتعلقة بتحديد الموقع والحماية البيئية لمحطات المراقبة. ويجب إدراك أن موقع محطة المراقبة خطوة مهمة للغاية علماً أنه ليس من السهل دائماً العثور على مواقع متاحة ومناسبة.

وتورد الفقرة 5.2 من الكتيب بالتفصيل عملية التحكم عن بعد في محطات المراقبة. ويجب النظر بعناية في وسائل التوصيل بين مختلف مواقع محطات التحكم وكذلك بين هذه المواقع ومركز التحكم الرئيسي.

ويقدم الملحق 1 بالكتيب توجيهات حول تخطيط نظام المراقبة فيما يتعلق بالأجهزة وعملية المناقصة ذات الصلة.

5 المعدات

تتكون جميع محطات المراقبة في الأساس، من هوائيات أو مستقبلات أو محللات، ومعدات تحديد الاتجاه ومحللات الإشارات و/أو أجهزة التسجيل. وتتميز المعدات الحديثة بمستوى عالٍ من حيث التشغيل الآلي ويمكنها استيعاب العديد من الوظائف في وحدة واحدة. فعلى سبيل المثال، يمكن لجهاز استقبال أن يشمل وظيفة تحديد الاتجاه. كما أنه يمكن أحياناً رفع مستوى هذه الوظائف فيما بعد.

ومع ذلك، يجب توفر حاسوب شخصي خارجي أو حاسوب محمول من أجل التحكم الأوتوماتي أو عن بعد في الأجهزة وتوثيق النتائج.

1.5 الهوائيات

يتعين توفر هوائيات مناسبة لجميع مديات التردد التي يتعين مراقبتها. ويمكن تصنيف الهوائيات بأساليب مختلفة، كالتالي:

- هوائيات منفعلة/نشيطة؛
- هوائيات منخفضة/عالية الكسب؛
- هوائيات مناسبة للاستعمال الثابت/المتنقل/القابل للنقل؛
- هوائيات اتجاهية/شاملة الاتجاهات/لتحديد الاتجاه.

وتتسم أنماط الهوائيات المختلفة بمزايا وعيوب متأصلة اعتماداً على التطبيق الفردي. وبالنسبة إلى قياسات شدة المجال، يجب أن يكون عامل الهوائي الذي يعتمد على التردد معروفاً (عامل-k).

ويمكن الحصول على معلومات وافية بشأن الهوائيات في الفصل 3 من الكتيب. وتتناول الفقرة 6.2 من الكتيب المعايير المتعلقة بالموقع وقياسات حماية الهوائي.

2.5 المستقبلات والمحللات

تعد المستقبلات والمحللات أدوات لا غنى عنها في خدمة المراقبة الراديوية. ويتمثل الاختلاف الأساسي بين هذه الأدوات في أن المستقبلات تؤمن في العادة الانتقاء المسبق في مدخل التردد الراديوي وتكون مصممة لأغراض إزالة التشكيل، في حين أن محللات الطيف تُصمم لعرض الخصائص الطيفية لطيف التردد الراديوي.

ويجب إجراء قياسات خدمات الاتصالات الراديوية التماثلية بما في ذلك قياس انحراف التردد وقدرة تعدد الإرسال، لإشارة إذاعة بتشكيل التردد، مثلاً، بواسطة جهاز استقبال. وتجري قياسات شدة المجال أيضاً باستعمال مستقبلات. ويمكن أيضاً قياس بعض المعلمات مثل التردد وعرض النطاق باستعمال محلل الطيف. وقد تستعمل هذه الأجهزة أيضاً لقياس إشارات مشكلة رقمياً أو لكشف مصادر تداخل مجهولة.

ويمكن أن تؤدي المستقبلات الحديثة بعض الوظائف التي يكون من المتوقع أن يؤديها محلل الطيف. وعلى العكس من ذلك، قد يؤدي محلل الطيف الذي يعمل بأسلوب الانحراف صفر بعض وظائف أجهزة الاستقبال.

وفي الوقت نفسه، أصبح تحليل محول فورييه السريع (FFT) سواء في المستقبلات أو في محللات الطيف ميسوراً وينبغي أن يحظى بالأفضلية. وهذا التحليل ليس بالضرورة أكثر كلفة من التحليل بأسلوب الكنس التقليدي. وبالنسبة إلى مواصفات المستقبِل، يمكن الاطلاع على الفصل 3 من الكتيب والتوصيات ITU-R SM.1836 وITU-R SM.1837 وITU-R SM.1838 وITU-R SM.1839 وITU-R SM.1840 والتقرير ITU-R SM.2125.

ويرد وصف قياس التردد وعرض النطاق بالتفصيل في التوصيتين ITU-R SM.377 وITU-R SM.443 والفقرتين 2.4 و5.4 من الكتيب.

ويمكن الحصول على تفاصيل بشأن قياسات شدة المجال وكثافة تدفق القدرة في التوصية ITU-R SM.378 وفي الفقرة 4.4 من الكتيب. وترد في التوصية ITU-R SM.1875 قياسات شدة المجال على طول المسير مع تسجيل الإحداثيات الجغرافية والتي تعد مهمة لتحديد منطقة التغطية للاتصالات الراديوية، وترد في الفقرة 11.4 من الكتيب اعتبارات أخرى تتعلق بقياسات التغطية. وتقدم التوصية ITU-R SM.1708 تفاصيل عن قياسات التغطية التي تنطبق على الإذاعة التلفزيونية الرقمية.

3.5 تحديد الاتجاه وتحديد الموقع

أجهزة تحديد الاتجاه (DF) هي على الأرجح أكثر الأدوات فعالية لتحديد مصدر التداخلات الضارة والعثور على أجهزة الإرسال غير المرخصة. وفي الوقت نفسه، غالباً ما تكون واحدة من أكثر الأدوات كلفة في خدمة المراقبة الراديوية.

ويتطلب ترشيد الميزانية التخطيط الدقيق لمواقع ثابتة للأجهزة (DF) الثابتة من أجل تقليل عددها إلى أدنى حد مع توفير التغطية اللازمة للمواقع والدقة المطلوبة. وتقدم الفقرة 8.6 من الكتيب توجيهات مفيدة بشأن هذا الموضوع. ويمكن النظر أيضاً في النشر المؤقت لمحطات DF القابلة للتنقل لتوسيع التغطية.

ويتطلب تخطيط الأجهزة DF الثابتة والمتنقلة والمحمولة (القابلة للتنقل)، النظر مسبقاً في الغرض المنشود. ويكون لذلك تأثير كبير على المواصفات مثل مدى التردد المطلوب ومدة الإشارة الدنيا. وجدير بالملاحظة أيضاً أن أجهزة DF المتنقلة مفيدة بشكل خاص للتوجيه الراديوي، نظراً إلى أن تحديد موقع المرسلات يتم بواسطة المحطات DF الثابتة أو المحمولة. ولتحديد موقع جهاز إرسال مسبب للتداخل أو غير قانوني، تكون محطة مراقبة. ويمكن أيضاً النظر فيما إذا كانت مستقبلات التوجيه الراديوي مفيدة لبعض التطبيقات. ولتعزيز الموثوقية بشأن مواقع هذه الأجهزة بالنسبة إلى ترددات أعلى من 30 MHz، يجب عادة توفر عدة محطات DF من أجل عملية التَثْلِيث. وبالنسبة للترددات دون 30 MHz، يمكن توفير محطة تحديد موقع واحد (SSL) على الأقل.

ومن بين الأمثلة عن الاعتبارات المتعلقة بحدود الأجهزة DF ما يلي: وحدوث وصلات ثابتة عند 26 GHz وظهور تطبيقات البيانات عالية السرعة لا يبرر في حد ذاته حيازة الأجهزة DF لهذا النطاق الترددي أو لتحديد مدة دنيا قصيرة جداً للإشارة.

وينبغي دراسة الفقرة 7.4 من الكتيب بعناية قبل اتخاذ أي قرارات بهذا الشأن.

4.5 أجهزة قياس الانشغال وأجهزة التسجيل

إن شغل القناة واستعمال النطاق بصورة عامة من المعلومات المفيدة لإدارة الطيف. وتيسّر مسجلات الطيف المتخصصة إجراء قياسات متزامنة لعدة نطاقات، ولكنها تتطلب سعة تخزين هائلة. ويمكن أحياناً تخفيض عدد الأجهزة اللازمة مثلاً من خلال تخفيض وقت التسجيل والفترة التي يجب التقيد بها أو من خلال زيادة الوقت اللازم بين زيارتين للتردد أثناء عملية القياس. وفي هذه الحالات، ينبغي النظر في استعمال مستقبل FFT حديث يسمح بتسهيل الحصول على صور طيفية وإجراء قياسات الانشغال دون استعمال أجهزة إضافية. ويمكن أيضاً في العديد من الحالات، استعمال مستقبلات مراقبة أو محللات طيف قياسية بالاقتران مع جهاز حاسوب مجهز ببرمجية تتحكم في الأجهزة وتخزّن البيانات. وتشكل الفقرة 10.4 من الكتيب الأساسي للقياسات ذات الصلة.

5.5 أجهزة لإجراء قياسات التشكيل

توفر مستقبلات المراقبة القياسية بالفعل بعض قدرات التشكيل التماثلي و/أو الرقمي وخرج IF للمزيد من التحليلات. ووفقاً للفقرة 2 أعلاه، إن ضرورة توفر محللات تشكيل خاصة تعتمد على التحليل إلى حد كبير. ويرد في الفقرة 6.4 من الكتيب معلومات مفصلة حول قياسات التشكيل.

6.5 التعرف ومعدات فك التشفير

يمثل تعرّف الإشارة الراديوية إحدى أكثر المهام صعوبة في خدمة المراقبة الراديوية. وتقدم التوصية ITU-R SM.1052 بعض المتطلبات المتعلقة بالتعرف الأوتوماتي للمحطات الراديوية في نطاق الموجات الديكامترية (HF). ويمكن الاطلاع على مناقشة أكثر استفاضة بشأن تحليل الإشارة وتعرّف المرسِل في الفقرة 8.4 من الكتيب.

6 المقارنة بين محطات مراقبة البث الثابتة والمتنقلة والمحمولة

لا غنى عن محطات المراقبة المتنقلة لمهام المراقبة في الميدان، لا سيما من أجل تحديد مصادر التداخل الضار والمرسلات غير المرخصة. وقد يكون عدد المركبات محدوداً نتيجة لعوامل مختلفة. وفي العادة تمثل الميزانية أهم هذه العوامل. وهذا الأمر يتطلب بدوره تصميم وحيازة مركبات مراقبة متعددة الأغراض إن أمكن بدلاً من المركبات الخاصة. ومع ذلك يتعين التوفيق بين القيود المرتبطة بحجم المركبات وحمولتها.

ومن الصعب مراقبة الإرسالات باستعمال هوائيات يزيد ارتفاعها على 10 أمتار في المحطات المتنقلة، لا سيما أنه غالباً ما تستعمل محطات ثابتة أو محمولة في مثل هذه الحالات. وتحتاج أي خدمة من خدمات مراقبة البث الراديوي إلى مبنى يحتوي على مكاتب وغرفة تخزين وورشة إصلاح. وفي بعض الأحيان يمكن تركيب بعض الهوائيات على السطح. ولكن في معظم الحالات، يكون من الأنسب استعمال هوائيات منفصلة في شكل أبراج.

ويتناول الفصل 2 من الكتيب أنماطاً مختلفة من محطات المراقبة بما في ذلك المحطات المتنقلة.

7 البرمجيات والسطوح البينية

إلى جانب البرمجيات المكتبية العادية التي تشمل برامج معالجة النصوص والجداول، يجب أن تتضمن خدمة مراقبة البث الراديوي برمجيات إضافية مصممة خصيصاً لأجهزة القياس. وتسمح هذه البرمجيات بأتمتة عمليات القياس الروتينية والمتكررة، ويمكنها أن تُعلم المشغل أو تنبهه عند استيفاء بعض المعايير المحددة، وتشمل توفر وظائف أخرى مكرسة لمساعدة المشغل على أن يفهم بشكل أفضل طبيعة الإشارات والتداخلات التي تخضع للمراقبة (ترد أمثلة بهذا الشأن في الفقرة 2.6.3 من الكتيب). وإضافة إلى ذلك من الأهمية بمكان أن تتمتع خدمة المراقبة الراديوية بالنفاذ إلى قاعدة البيانات الكاملة المتعلقة بالتراخيص للسماح بإجراء مقارنة مع نتائج المراقبة وتحديد انتهاكات الترخيص المحتملة والمرسلات العاملة بدون ترخيص.

ويسمح هذا النفاذ بأتمتة أنظمة مراقبة الطيف وتكاملها مع الإدارة المأتمتة للطيف (انظر التوصية ITU-R SM.1537).

8 التنظيم

تقترن قيود الميزانية عادة بنقص في الموظفين، مما يدعو إلى تدريب الموظفين على نطاق واسع وتسلسل هرمي مسطح. ويتعين على الموظفين المكلفين بمراقبة الطيف في بعض الإدارات، الاضطلاع بمهام إدارة الطيف والتفتيش أيضاً. وتتناول عدة فقرات من الفصل 2 والملحق 1 من الكتيب هيكل وتنظيم خدمة المراقبة الراديوية وتدريب الموظفين، نظراً لأنها تشكل عناصر أساسية تؤثر على كفاءة النظام بأكمله. ويصدق هذا الأمر على البنية التحتية اللازمة لإصلاح الأجهزة وضبطها ومعايرتها واختبارها وصيانتها بما في ذلك الهوائيات.