

التوصية ITU-R F.1705

التحليل والاستغلال الأمثل لخصائص أداء الأخطاء في الأنظمة الثابتة الرقمية اللاسلكية لأغراض التشغيل والصيانة

(المسألة ITU-R 235/9)

(2005)

النطاق

توفر هذه التوصية تحليلاً للاستغلال الأمثل لخصائص الأخطاء في الأنظمة الثابتة اللاسلكية (FWS) الرقمية لأغراض أعمال الصيانة العملية قبل التشغيل. ويقدم الملحق 1 الإرشادات التي يتعين اتباعها والطرائق النظامية التي يتعين تطبيقها لصيانة أنظمة تشغيل من نقطة إلى نقطة (P-P) ومن نقطة إلى نقاط متعددة (P-MP) على حد سواء.

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن عوامل عديدة بما في ذلك الخبو الناجم عن تأثيرات مسيرات متعددة يمكن أن تشوه وتوهن الإشارات المستلمة في خط البصر ومن ثم تعوق نوعية أداء الأنظمة الثابتة اللاسلكية (FWS)؛
- ب) أن هناك تدابير مضادة مثل الاستقبال بالتنوع والتسوية التكميلية متيسرة لتقليل آثار الخبو الناجم عن تعدد المسيرات على نوعية تشغيل الأنظمة؛
- ج) أن وجود طرائق لتحليل وإلغاء الحطاط خصائص أداء الأخطاء في الأنظمة الثابتة الرقمية اللاسلكية ضروري لتشغيل الأنظمة الثابتة الرقمية اللاسلكية و/أو صيانتها وكذلك من أجل تطوير التجهيزات الراديوية؛
- د) أن حدود نوعية التشغيل والخصائص التقنية المتصلة بتشغيل أو صيانة الأنظمة الثابتة اللاسلكية متيسرة في التوصية ITU-R F.1330 (حدود الأداء في تشغيل أجزاء من مسيرات وأقسام دولية ذات تراتب رقمي متقارب التزامن وتراتب رقمي متقارب تنظمها مرحلات راديوية رقمية) وفي التوصية ITU-R F.1566 (حدود الأداء في صيانة الأنظمة الثابتة الرقمية اللاسلكية العاملة في مسيرات وأقسام ذات تراتب رقمي متقارب التزامن وتراتب رقمي متقارب) على التوالي؛
- هـ) أن كثيراً ما يكون من الضروري تحقيق الاستغلال الأمثل لنوعية تشغيل الأنظمة الثابتة اللاسلكية بعد تركيبها، وخاصة خلال أعمال الصيانة وقبل التشغيل،

توصي

- 1 بأن تطبق الإرشادات والطرائق النظامية لتحليل تحقيق الاستغلال الأمثل لخصائص أداء الأخطاء في الأنظمة الثابتة الرقمية اللاسلكية الواردة في الملحق 1 في حالات الأداء غير المكتمل.

الملحق 1

التحليل والاستغلال الأمثل لخصائص أداء الأخطاء في الأنظمة الثابتة الرقمية اللاسلكية لأغراض التشغيل والصيانة

1 مقدمة

الغرض من هذا الملحق هو توفير إرشادات حول مدى تيسر طرائق لتحليل الأعطال وتحقيق الاستغلال الأمثل لنوعية تشغيل الأنظمة الثابتة الرقمية اللاسلكية. وترد معلومات تفصيلية حول جوانب انتشار الأنظمة اللاسلكية الثابتة في التوصية ITU-R P.530 (معطيات الانتشار وطرائق التنبؤ المطلوبة لتصميم أنظمة خط البصر الأرضية).

وتحدد توصيات أداء الأخطاء ITU-R (أي التوصية ITU-R F.1668 أهداف أداء الأخطاء من أجل الوصلات اللاسلكية الحقيقية الرقمية الثابتة المستعملة في التوصيلات والمسيرات الافتراضية الرقمية المرجعية التي يبلغ طولها 27 500 km) متطلبات تصميم وتشغيل الأنظمة الثابتة الرقمية اللاسلكية لتحقيق أهداف الأداء الواردة في هذه التوصية. وفي ضوء هذه المتطلبات، تسعى هذه التوصية إلى توفير إرشادات لوضع الأنظمة الثابتة اللاسلكية في الخدمة وتشغيلها في الحالات التي تواجه فيها صعوبات تنجم عن خصائص الأخطاء. وترد إرشادات حول حدود نوعية التشغيل التي يتعين التقييد بها في التوصية ITU-R F.1330. كما يمكن أن تفيد هذه التوصية في تيسير صيانة نقاط القدرح في أنظمة التشغيل. وعلاوة على ذلك، من الملاحظ أن تقييم أسباب الخطأ يمكن أن تدفعه حدود نوعية التشغيل الواردة في التوصية ITU-R F.1566.

وقد حدث قدر كبير من التطورات في سوية الأنظمة والتقنيات لتوفير نوعية عالية من الأنظمة الثابتة اللاسلكية. وهناك تكنولوجيا قياس وبرامجيات متيسرة الآن لتحليل الأنظمة الثابتة الرقمية اللاسلكية في المعامل وميدانياً.

وبالنظر إلى هذه التطورات، يوصى في الحالات التي يكون فيها تحليل الأنظمة من أجل التصويب أو الاستغلال الأمثل لخصائص أداء الأخطاء لأغراض تلبية متطلبات أهداف الأداء ضرورياً، بتطبيق آليات القياس والبرامجيات لتحقيق الأغراض المذكورة أعلاه.

ويمكن الحصول على المزيد من المعلومات التفصيلية حول تشغيل الأنظمة اللاسلكية الرقمية الثابتة في الكتيب بشأن "أنظمة الترحيل الراديوي الرقمية".

2 تحليل الوصلة

هناك أسباب عديدة محتملة للخطأ في مجال الأنظمة الثابتة اللاسلكية. ولذلك، فإن تحليل خصائص أداء الأخطاء يعتبر معقداً ومن المحتمل أن تستغرق وقتاً طويلاً. ولتحقيق تقدم في التحليل والاستغلال الأمثل للأنظمة فإن من الضروري اعتماد منهج نظامي لفهم طبيعة الأخطاء وعلاقتها بالبيئة التي تعمل فيها الأنظمة الثابتة اللاسلكية.

وفي غيبة منهج نظامي لتحليل الأخطاء، من السهل بالنسبة لمشغل النظام أن يعزو جميع الأخطاء إلى "الخبو" وألا يفعل شيئاً لمعالجة المشكلة. والهدف من هذا الدليل هو تبسيط عملية تحليل وتحقيق الاستغلال الأمثل للنظام وذلك بتقديم إرشادات تساعد على تحسين نوعية الأداء. وأدوات القياس والتحليل متيسرة لمساعدة هذه العملية حتى في حالة مواجهة مشاكل عسيرة في خصائص أداء الأخطاء.

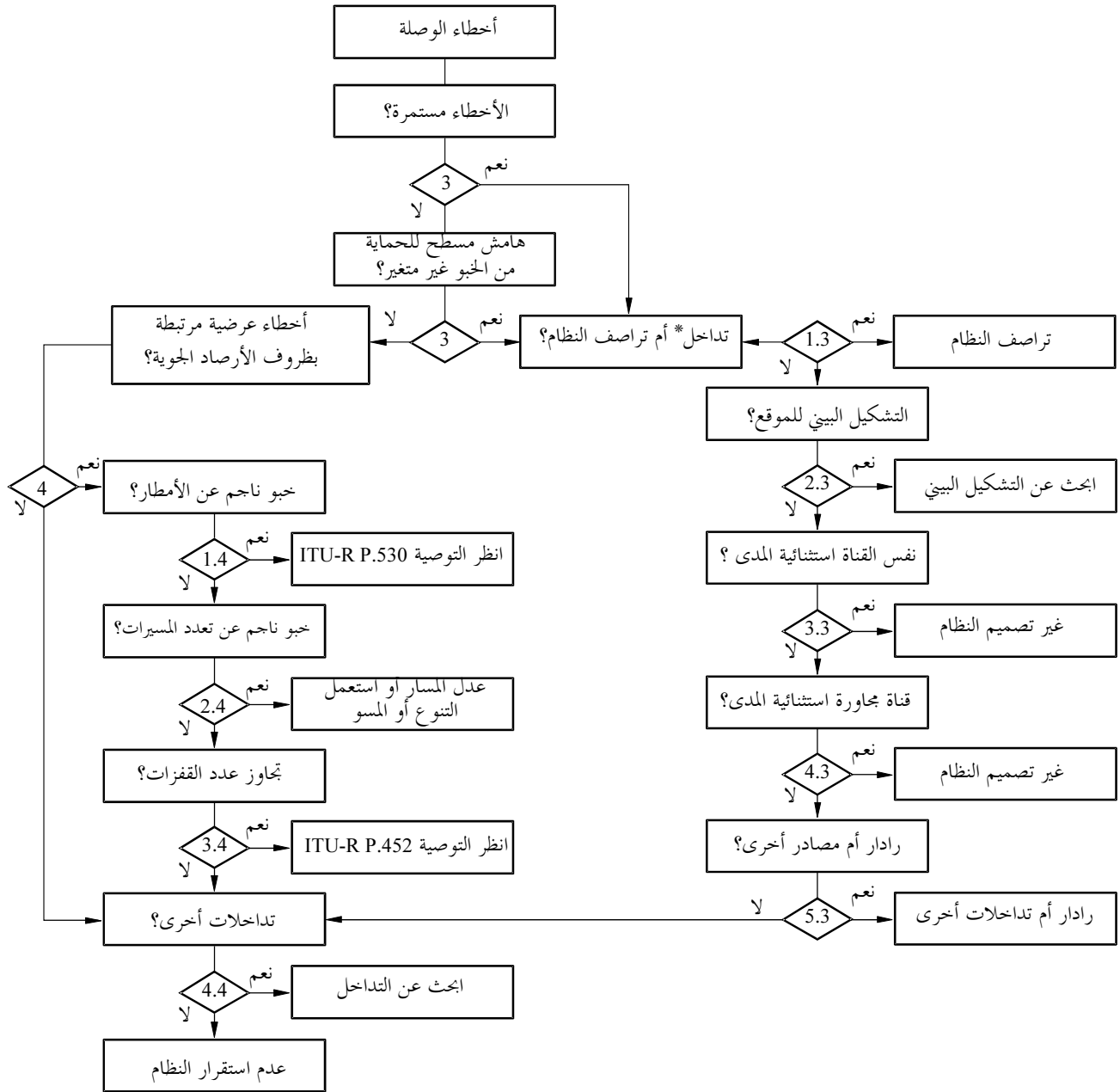
ويرد في الشكل 1 رسم بياني أساسي لتحليل الأسباب المحتملة لنظام الأخطاء الملحوظة في الأنظمة الثابتة اللاسلكية من نقطة إلى نقطة ذات توصيلات متعددة القفزات. وهناك فروع كثيرة في هذا الرسم البياني يتطلب كل منها معرفة خاصة بالنظام والبيئة التي يعمل فيها. ولاكتساب المعرفة اللازمة، يتطلب الأمر إجراء قياسات وتحليلات محددة لكل فرع في الشكل 1. وفي حالة اتباع هذه القياسات، يجوز أن يقتضي الأمر تطبيق برامجيات أخرى لتسهيل تقييم القياسات واستخلاص الحل الأمثل.

وبالنسبة للأنظمة الثابتة اللاسلكية المستعملة في جزء النفاذ، ولا سيما الأنظمة الثابتة اللاسلكية من نقطة إلى نقاط متعددة المشغلة في بيئات انتشار مختلفة، يمكن استعمال الرسم البياني الآخر الوارد في الشكل 2.

تعرض الأقسام التالية إرشادات لكل نقطة يتخذ مقرر بشأنها، وترقيم كل قسم مقابل المقرر في الرسوم البيانية الواردة في الشكلين 1 و 2.

الشكل 1

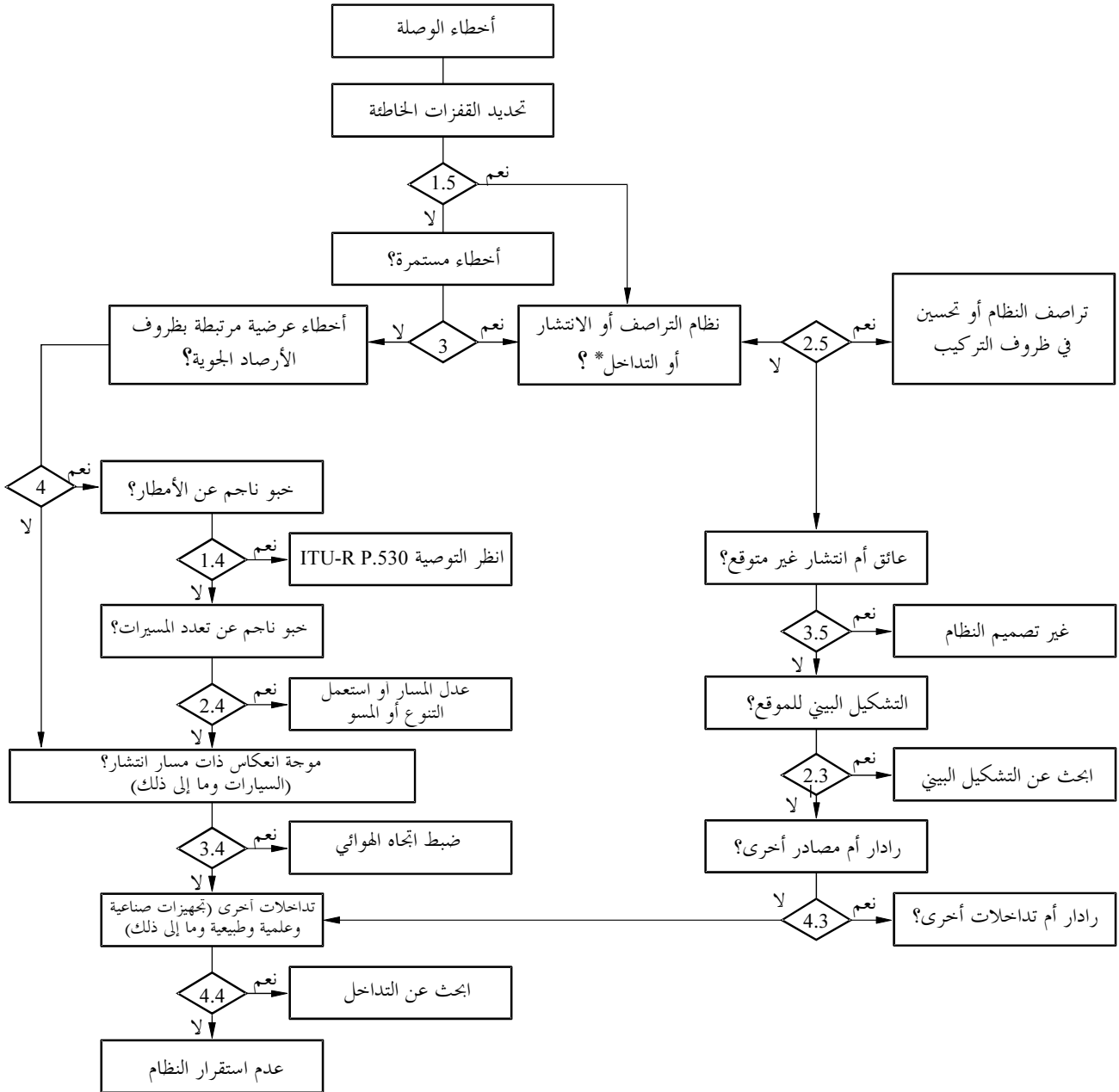
رسم بياني لتحليل أسباب أخطاء الوصلة الملحوظة في الأنظمة الثابتة اللاسلكية من نقطة إلى نقطة ذات التوصيلات متعددة القفزات



* قد يحدث التداخل من خدمات تتقاسم نفس النطاق وكذلك من بث غير مرغوب من نطاقات أخرى.

الشكل 2

رسم بياني لتحليل أسباب أخطاء الوصلة الملحوظة في الأنظمة الثابتة اللاسلكية من نقطة إلى نقاط متعددة



* قد يحدث التداخل من خدمات تتقاسم نفس النطاق وكذلك من بث غير مرغوب من نطاقات أخرى.

1705-02

3 تحليل خطأ الوصلة من أجل الأنظمة الثابتة اللاسلكية من نقطة إلى نقطة في الوصلة متعددة القفزات

العملية الأولى هي تحديد معدل حدوث الأخطاء. ويجوز لهذه الأخطاء أن تكون على سوية منخفضة ولكنها دائماً موجودة؛ قد يحسب لنظام ما معدل خطأ يبلغ 100 ثانية (ES) كل شهر، يمكن تسميتها "أخطاء متواصلة". في حين إذا كان النظام يحسب أقل من 50 ثانية مثلاً في معظم الأشهر، حتى إذا حسبت ثوان تنطوي على أخطاء عديدة، فيمكن تسميتها "أخطاء عرضية".

وفي حالة الأخطاء العرضية، فقد تكون هناك أخطاء ناجمة عن انخفاض معين في هامش الخبو المسطح نتيجة سوء تشغيل التجهيزات أو نظام التغذية. وإذا خفض هامش الخبو الإجمالي بعدة dB (أو أكثر)، يمكن لتأثير متواضع للخبو بسبب تعدد المسيرات، التي عادة ما لا تسفر عن أي خطأ في البتة، أن يؤدي إلى ظهور "أخطاء عرضية". ولذلك فإذا جرى التفتيش على هامش الخبو الإجمالي، يمكن ملاحظة أن الأخطاء العرضية تكمن في نظام التراصف أو موقع التشكيل البيئي وهلم جرى، والتي تعتبر بشكل عام عوامل متصلة بالأخطاء المتواصلة.

1.3 تداخل أم تراصف النظام

لاتخاذ مقرر في هذا الشأن، يلزم تحديد ما إذا كانت الأخطاء ناتجة عن التداخل، القادم عن طريق الهوائي، حيثما كان هناك عطب داخلي في النظام. وتتطوي الطريقة الفعالة لمعرفة ما إذا كان التداخل موجوداً على ربط محلل الطيف بخرج مرشاح التفرغ وفحص الطيف بدقة. ويعمل هذا المنهج بيسر بالنسبة للتداخلات عالية السوية ولكنه لا يعمل بيسر مع التداخلات عريضة النطاق منخفضة السوية التي تكون تحت أدنى خط ضوضاء مرشاح الطيف (انظر الفقرة التالية للاطلاع على منهج بديل). ولكي يكون هذا القياس أكثر ما يكون فعالية، ينبغي إطفاء مرسل الطرف البعيد. وإذا لم يكن التداخل واضحاً فالأرجح أن تكون الأخطاء ناجمة عن تراصف النظام. وهذا يفترض أن الأخطاء مستمرة وأن قياس الطيف المستقبل سيبين المرسل المتسبب في التداخل.

ويمكن أيضاً قياس الطيف الوارد عند خرج مكبر المستقبل IF حيث يتميز نظام المستقبل بكسب كاف ومستوى ضوضاء ممتاز يكفل أن يكون أي تداخل واضحاً. وهذا يقلل من الحاجة إلى تحليل طيف الموجات الصغيرة وينتج عنه حساسية أكبر بكثير لقياس التداخل منخفض السوية.

وبشكل عام، يمكن تجنب التداخل عن طريق تخطيط حذر للترددات. وفي الممارسة، لا تحدث تداخلات من مصادر مجهولة. ويمكن أن تتفاقم التداخلات عن طريق ظروف انتشار غير عادية ولا ينبغي استبعادها كمصدر للخطأ دون إجراء التحقيق الملائم في سوية النظام.

وقضايا نظام التراصف معقدة ومتنوعة. وتشمل القضايا الرئيسية تراصف الهوائي، والهامش الناجم عن الخبو، وخسارة الدليل الموجي وخسارة مرشاح التفرغ، وتأخر الزمرة وتشوه الإشعاع، وتسوية التنوع، وتردد القناة، ونوعية التكيلل والواصل وبالطبع أعطال التجهيزات الأساسية. ويتطلب كل بند تحقق تفصيلي لكفالة تراصف النظام وتقليل مصادر الخطأ المحتملة إلى أدنى حد.

2.3 التشكيل البيئي للموقع

يمكن أن تنشأ نواتج التشكيل البيئي للموقع المحلي من النواتج المختلطة لأجهزة إرسال تتقاسم نفس القناة. ويمكن أن تنتج هذه النواتج المختلطة من توصيلات ميكانيكية سيئة؛ وعلى سبيل المثال، يمكن أن تعمل عناصر برج الهوائي كمخلاط "ثنائي المسار" غير خطي لتوليد نواتج تداخل في النطاق.

والحل المحتمل لهذه المشاكل هو تعديل تردد المرسل المتسبب في التداخل وتصويب الهيكل الميكانيكي/الكهربائي الذي يولد الخلط. وينبغي إجراء تحليل لطيف الإشارة المستقبلية عندما يقطع التيار عن الطرف البعيد للمرسل. ويمكن تسهيل تحليل الطيف المستقبل بسهولة عند خرج مكبر المستقبل IF ويمكن تقييم النواتج المختلطة حسابياً.

3.3 التداخل استثنائي المدى في نفس القناة

في ظروف الانتشار العادية، سينتشر التداخل استثنائي المدى في نفس القناة في ثلاث قفزات عادة، أو في قفزين إضافيتين عن الإشارة المطلوبة، بالنسبة لترتيبات الترددات العادية. ومن الطبيعي في التصميم ضمان أن تكون المسيرات متوازنة بدقة بحيث تقلل إلى أدنى حد تمييز الهوائي استثنائي المدى. وإذا اشبه في التداخل استثنائي المدى، فيمكن الكشف عنه بالتحليل الطيفي للإشارة الواردة، على أن يكون مرسل الإشارة مطفأً. ومن الممكن أيضاً أن يكون السبب في التداخل على نفس القناة هو

إشارة القفزة التالية بالنسبة للمرسل المتأثر. ويمكن أن يحدث ذلك إذا كان معدل القفزة التالية من الأمام إلى الخلف في الهوائي سيئاً أو إذا كانت زاوية القفزة التالية قد بلغت حداً بحيث يوجه الفص الجانبي للهوائي بالنسبة للمسار التالي في نفس القناة إشارة كافية تسبب التداخل (انظر التوصية ITU-R F.1096 (طرائق حساب التداخلات في حد البصر في أنظمة المرحلات الراديوية لحساب انتشار التضاريس الأرضية) والتوصية ITU-R F.1095 (إجراء لتحديد مجالات التنسيق بين محطات المرحلات الراديوية في الأنظمة الثابتة).

4.3 التداخل استثنائي المدى في القنوات المجاورة

يثير وجود التداخل استثنائي المدى في القنوات المجاورة مسائل مماثلة للمسائل المذكورة بشأن وجود التداخل في نفس القناة. ولتحديد مقدار التداخل (انظر التوصية ITU-R F.1191 (عرض النطاقات والبث غير المرغوب لأنظمة الخدمة الثابتة الرقمية) والتوصية ITU-R SM.328 (الطيف وعرض نطاق الإرسال) يلزم إجراء تحليل للطيف RF أو IF، على أن يكون مصدر الإشارة مطلقاً.

5.3 تداخل الرادارات أم تداخلات أخرى

يمكن أن ينشأ التداخل النبضي عن مجموعة متنوعة من المصادر مثل الرادار، والأقواس الكهربائية، وأنظمة إشعال محركات المركبات. ويمكن تحديد توقيت الرادار عن طريق تحليل رشقات الأخطاء. وكتقدير كمي، عادة ما يكون موقع الرادار المتسبب في التداخل المستمر ضمن خط بصر المستقبل المتأثر. أو يمكن أن يكون قريباً من اتجاه تسديد الهوائي ما لم يكن الرادار قريباً جداً (انظر التوصيتين ITU-R F.1097 (خيارات تخفيف التداخل لتعزيز الاتساق بين أنظمة الرادار والأنظمة الرقمية للترحيل الراديوي) وITU-R F.1190 (معايير حماية الأنظمة الرقمية للترحيل الراديوي لضمان الاتساق مع أنظمة الرادار في خدمة التحديد الراديوي) للحصول على مزيد من الإشارات بشأن تداخل الرادارات). ويمكن أن يحدث التداخل النبضي من مصادر أخرى قريبة من المستقبل المتأثر. وتلزم أدوات شاملة لتحليل الخطأ لتقييم آثار التداخل النبضي.

وترد المعلومات والإرشادات بشأن التداخل الناجم عن استخدام خدمات أخرى لنفس نطاقات التردد في العديد من توصيات السلسلة F والكتيب الخاص بأنظمة المرحلات الراديوية الرقمية.

4 الأخطاء العرضية المرتبطة بظروف الأرصاد الجوية

يمكن لظروف الأرصاد الجوية أن تؤدي دوراً ملموساً في التسبب في أخطاء للأنظمة الثابتة اللاسلكية. وفي العديد من الحالات، يمكن أن ترتبط الأخطاء بالهواء المستقر في أنظمة الضغط المرتفع، على الجبهات الباردة والحارة بل في ظروف الرياح. وقد يستلزم تحديد ظروف الأرصاد الجوية المرتبطة بارتفاع معدل الخطأ بذل بعض الجهود في مراقبة الأرصاد الجوية. وبعد تحديد أن الأخطاء مرتبطة بظروف أرصاد جوية خاصة يلزم بذل مزيد من الجهود لعزل المشكلة الخاصة الملحوظة. وإذا لم تكن الأخطاء العرضية مرتبطة بظروف الأرصاد الجوية حينئذ يمكن عزو الأخطاء إلى مصادر تداخل أخرى (انظر الفقرة 4.4).

1.4 التوهين الناجم عن الأمطار

وترتبط خسارة الإشارة الناجمة عن التوهين الناجم عن الأمطار بمعدلات أعلى لهطول الأمطار، وستحبو الأنظمة سيئة التصميم في حالة معدلات الأمطار الأدنى. وفي مثل هذه الحالات، ينبغي الرجوع إلى التوصية ITU-R P.530 لتحديد الهامش بالنسبة للأمطار النظام ومقارنته بالهامش النظري. وإذا كان الهامش ضعيفاً، يمكن أن يكون السبب هو قدرة إرسال غير كافية، أو تراصف سيئ للهوائي أو اختيار غير سليم للهوائي، والتردد بالنسبة لطول مسير معين.

2.4 الخبو الناجم عن تعدد المسيرات

يمكن أن تتسبب ظروف الأرصاد الجوية في الخبو الناجم عن تعدد المسيرات وكذلك من انعكاسات ناتجة عن أجسام أو أسطح أو تشكيلة منهما (انظر التوصية ITU-R P.530). ويتطلب تحديد ما إذا كان الخبو الناجم عن تعدد المسيرات هو السبب في أخطاء النظام، ينبغي إجراء قياسات تفصيلية لمعلومات أنظمة متعددة. ويمكن الحصول على أفضل النتائج بربط سوية الإشارة بالقياسات المرتبطة، واتساع التشتت وخصائص الخطأ أثناء الخبو. ويمكن لأنظمة التنوع، لقياس ارتباط سوية الإشارة والتشتت عند خرج المضمم أن تيسر معلومات كافية تسمح بالاستغلال الأمثل للتشغيل المتنوع.

وقد يكون إجراء المزيد من القياسات باستعمال برامجيات و/أو محاكاة الآثار المقاسة عاملاً مساعداً في تحديد طبيعة الخبو. وفور التوصل إلى فهم لطبيعة الخبو، يمكن إجراء تعديلات على الأنظمة فرادى لتحسين خصائص أداء الخطأ.

وإن لم يكن الخبو الناجم عن تعدد المسيرات هو السبب في الأخطاء، ستبين القياسات المرتبطة بسوية الإشارة واتساع التشتت والأخطاء، سويات إشارة عادية دون خبو. وفي مثل هذه الحالات، ينبغي استبعاد الخبو متعدد المسيرات.

يمكن، لتحسين الإشارة متعددة المسيرات، أن يؤدي إلى زيادة ملموسة في سوية الإشارة المستقبلية. وفي هذه الحالات، يمكن أن تحدث حمولة زائدة على المستقبل بحيث تتسبب في أخطاء.

والآليات التي تنتج خبو متعدد المسيرات والحلول المتيسرة لفرادى المسيرات معقدة ولكنها مفهومة إلى حد ما. وإذا اعتبر الخبو بسبب تعدد المسيرات السبب في الأخطاء حينئذ، ينبغي إعادة النظر في الوصلات. ومن الطرائق الفعالة للتغلب على ظاهرة الخبو متعدد المسيرات، تركيب مسو تكييفي في المستقبل. ويوجد اليوم العديد من المسويات التي تنقيد بأحكام الكتيب الصادر عن قطاع الاتصالات الراديوية الخاص بأنظمة الرحلات الراديوية الرقمية أو التوصية ITU-R F.1101 (خصائص الأنظمة الثابتة الرقمية اللاسلكية تحت نحو 17 GHz). والطريقة الأخرى هي الاستخدام الأمثل لمسير الانتشار الراديوي. وقد يلزم إجراء تحليل تفصيلي لكل مسير باستعمال القياس والمحاكاة قبل التوصل إلى استنتاجات موضوعية بشأن الحلول الممكنة. ولا يوصى بإجراء تعديلات على فرادى المسيرات وذلك بتغيير موقع الهوائي، أو نقل الأبراج، أو فلق المسيرات أو تكييفها مع الحياة النباتية على طول المسار دون هذا التحليل.

3.4 التداخل استثنائي المدى بقفزات N

بالإضافة إلى الأخطاء المتواصلة الناتجة عن التداخل استثنائي المدى في نفس القناة أو في القنوات المجاورة (التي جرت مناقشتها في الفقرتين 3.3 و4.3 أعلاه)، يمكن أن ينشأ تداخل استثنائي المدى من تداخلات في نفس القناة أو تداخلات من القنوات المجاورة في ظروف جوية مستقرة مرتبطة بوجه خاص بأنظمة الضغط المرتفع. وفي هذه الظروف، يمكن للتداخلات أن تنتشر على مدى مئات الكيلومترات. وهذا التداخل بعيد المدى قد يكون عموماً نتيجة تراصف الهوائيات البعيدة عن بعضها بعضاً. ويمكن للتداخلات أن تعبر صفراً متوالياً من التلال التي عادة ما تشكل فدرة أمام معظم التداخلات. ويمكن حساب احتمالات التداخل من جميع المصادر الممكنة المرخصة باستعمال نموذج تداخل الخدمة الثابتة الوارد في التوصية ITU-R P.452 (إجراءات التنبؤ لتقييم تداخلات الموجات الصغرية بين الموجات على سطح الأرض تحت نحو 0,7 GHz).

يمكن أيضاً للظروف المؤدية إلى إنتاج تداخلات استثنائية المدى أن تنتج أيضاً أثر على الخبو لتعدد المسيرات المذكور في الفقرة 2.4. وهكذا، قد يكون أحياناً من الصعب للغاية الفصل بين فرادى الآثار. ويمكن الفصل بين آثار الخبو استثنائي المدى والخبو الناجم عن تعدد المسيرات بإجراء قياسات لترابط سوية الإشارة، وخصائص الانتشار والخطأ. كما سيساعد تحليل طيف الترددات المتوسطة المستقبلية خلال الفترات التي يكون فيها معدل الخطأ مرتفعاً.

4.4 التداخلات الأخرى

ويمكن أن تحدث تداخلات عبر مسافات طويلة من مصادر متنوعة وذلك في ظروف الانتشار غير العادية. وعادة ما سترتبط هذه التداخلات مع ظروف الضغط العالي المستقرة. ويمكن أن ترتبط الأخطاء أيضاً بخبو الإشارة الذي يمكن أن يحدث في نفس

الوقت. وفي هذه الحالات يلزم إجراء ترابط لسوية الإشارة، والانتشار وخصائص الخطأ لتحديد ما إذا كانت قدرة النظام قد تعرضت للخطر نتيجة التداخل.

وقد يحدث التداخل أحياناً من التجهيزات المؤقتة بل حتى من الاختبارات التي تجري من حين لآخر لمرسلات عالية القدرة. وقد لا يرتبط هذا النوع من التداخل بأي ظروف معينة للأرصاء الجوية. وقد يكون من الصعب للغاية تحديد موقع التداخلات من التجهيزات المؤقتة. وفي جميع الحالات يمكن الحصول على أفضل النتائج من تحليل تفصيلي للأخطاء باستعمال أنظمة قياس لسوية الإشارة بمعدل معاينة مرتفع و/أو أخطاء بمعدل معاينة مرتفع (انظر الفقرة 5.3 كمرجع للتداخلات الرادارية).

ويمكن أن تنشأ أيضاً أخطاء عرضية من أحداث عشوائية لتداخلات ومن الصعب للغاية تحديد مواقعها. ويوصي في هذه الحالة بإجراء قياسات مترابطة لسويات الإشارة والانتشار والخطأ للمساعدة على إزالة الأسباب الأخرى المحتملة للأخطاء. وقد يأتي التداخل من توافقيات متنوعة من المرسلات المتنقلة أو الثابتة بل حتى من تداخل الموصلات الكهربائية.

ويمكن أن تتسبب الموصلات السيئة، والتأريض السيئ، والتسليك المكسور/المتآكل أو الاهتزازات أو الضوضاء الكهربائية الناشئة عن مبدل التوصيل في عدم استقرار عشوائي للنظام. ومن جديد من الصعب للغاية عزل هذه الآثار ويلزم اتباع منهج نظامي لإزالة جميع الأسباب الأخرى المسببة للتداخل.

والتداخلات من مصادر أخرى مثل أنظمة المرحلات الراديوية عبر الأفق والأنظمة الراديوية المتنقلة ممكن أيضاً (انظر التوصية ITU-R F.302 (قيود على التداخل من أنظمة المرحلات الراديوية عبر الأفق) والتوصية ITU-R F.1334 (معايير حماية الأنظمة في الخدمة الثابتة التي تتقاسم نطاقات التردد نفسها مع الخدمة المتنقلة البرية في المدى 1 إلى 3 GHz)).

ويمكن أن تتسبب الرياح أو الطقس الحار أو البارد بل والأمطار في عدم استقرار نظام ما. وقد تكون هناك مجموعة متنوعة من الأسباب وعلى سبيل المثال عدم استقرار المذبذب، وعدم استقرار المكونات الخارجية مثل الأبراج أو الهوائيات أو أدلة الموجات بل حتى من تداخلات كهربائية ناشئة عن أجهزة تكييف الهواء في فترات الطقس الحار.

5 تحليل الأخطاء على الوصلات في الأنظمة الثابتة اللاسلكية المستعملة في شبكات النفاذ

يمكن أن تنطبق أيضاً الإرشادات التشغيلية والتقنية الواردة في الفقرتين 3 و4 بشكل عام على تحليل أخطاء الوصلة حتى في حالة الأنظمة الثابتة اللاسلكية المستعملة في جزء النفاذ أو على وصلات العودة إلى الشبكة الرئيسية. ويجدر ملاحظة أن عدد القفزات الراديوية للأنظمة الثابتة اللاسلكية محدود، وفي حالات كثيرة قد يقتصر على قفزة واحدة أو بضعة قفزات. ولهذا السبب، يمكن استبعاد التداخلات استثنائية المدى الواردة في الفقرات 3.3 و4.3 و3.4 من التحليل. غير أن هناك عدة قضايا يتعين بحثها في هذه الأنظمة كما سنرى فيما يلي.

1.5 تحديد الحطة أو القفزة المتسببة في أخطاء الوصلة

من الضروري في المقام الأول التحقق من الحطة أو القفزة الراديوية المتسببة في خطأ الوصلة. وإذا لوحظ الخطأ في جميع الوصلات اللاسلكية بمحطات المستعمل المشغلة من نقطة إلى نقاط متعددة، من المحتمل أن تكمن المشكلة في التجهيزات الراديوية للمحطة المحورية. وخلاف ذلك، قد تتأثر قفزة راديوية معينة أو أجهزة مطراف المستعمل المقابلة بسبب خطأ معين، أي من عدم ترانصف أو انتشار غير مؤات أو تداخل في النظام.

2.5 حالة التجهيزات

قد يحدث في عدد من محطات المستعمل، خاصة في حالة القفزة القصيرة للغاية، أن يكون الهوائي موجه تماماً صوب الحطة المحورية. وهذا الضبط غير الكافي يمكن أن يعرض هوائي المستقبل لموجات انعكاسية غير مرغوبة أو لمصادر تداخل أخرى. ومن المهم من ناحية أخرى لأغراض المسافة التحقق من جميع التوصيلات المادية في التجهيزات الراديوية أو حماية سطح الهوائي من تغطيته بالثلوج.

وخلال عملية تحليل الأخطاء ينبغي التحقق بدقة من العوامل المذكورة آنفاً التي تساهم في تراصف النظام.

3.5 معوقات الانتشار غير المتوقعة

في حالة توصيلات الأنظمة الثابتة اللاسلكية المبنية في المناطق الحضرية، تتركب التجهيزات الراديوية (الهوائي فضلاً عن تجهيزات الإرسال والاستقبال) عادة على سطح المبنى. وفي هذا الظروف، يحدث مراراً أن يعوق مسار الانتشار الراديوي بعد التركيب الأولي بعوامل غير متوقعة، أي المباني الجديدة أو الأشجار. ويؤدي ذلك إلى انخفاض معين في هامش الحماية من الخبو، ونلاحظ تقلبات مرتبطة بقدرة المستقبل مع أخطاء مستمرة أكثر تكراراً. ويمكن تحسين هذا الوضع وذلك برفع الهوائي إلى مكان أعلى. غير أنه إذا تعذر ذلك عملياً، يجب تغيير موقع الهوائي.

4.5 موجة الانعكاس على مسار الانتشار

لا تحدث التقلبات في ظروف الانتشار المسببة للأخطاء العرضية، في وصلات النفاذ اللاسلكية الثابتة بسبب خبو المسيرات أو الخبو الناجم عن هطول الأمطار فحسب، بل أيضاً بسبب عوامل أخرى، مثل تحرك المركبات أو القطارات أو السفن. ومن الصعب بشكل عام التوصل إلى مثل هذا النوع من الأخطاء العرضية أو تحديدها. وقد يلزم إعادة النظر في موقع الهوائي لحل المشكلة.

6 ملخص

يلقى الاستعمال المتواصل وتطوير الأنظمة الثابتة اللاسلكية مقروناً بتطور متطلبات أداء الأنظمة عبئاً هائلاً على تصميم وتشغيل الأنظمة اللاسلكية لضمان أن توفر الأنظمة خدمة متسقة عالية النوعية. وتشمل أسباب الخطأ في الأنظمة الثابتة اللاسلكية، قضايا الانتشار والتداخل وتصميم التجهيزات والتوصيلات والتركيبات وصيانتها. وللتوصل إلى حل المشاكل المتعلقة بسوء التشغيل، يجب إيلاء اعتبار دقيق إلى قياس سويات الإشارة ومعلومات أداء الخطأ.

ويتطلب التحليل والاستغلال الأمثل لخصائص أداء الأخطاء في الأنظمة الثابتة الرقمية اللاسلكية الذي تدرسه هذه التوصية منهج نظامي يراعي حدود الأداء المحددة في توصيات أخرى (وعلى سبيل المثال، من أجل الصيانة في التوصية ITU-R F.1566 ومن أجل التشغيل في التوصية ITU-R F.1330 وكذلك معرفة أساسية يهيكل الأنظمة ذات الصلة. وبناء على ذلك، تيسر هذه التوصية الإرشادات اللازمة لضمان استمرار تطوير الأنظمة الثابتة اللاسلكية ونشرها لتلبية متطلبات أداء قطاع الاتصالات الراديوية.