

التوصية ITU-R S.1427-1

منهجية ومعيار لتقييم التداخل من المرسلات في أنظمة النفاذ اللاسلكي الأرضية/
شبكات المنطقة المحلية الراديوية (WAS/RLAN) إلى وصلات التغذية
في مدار الخدمة المتنقلة الساتلية غير المستقر بالنسبة إلى الأرض
في النطاق 5 150-5 250 MHz**

(المسألة ITU-R 248/4)

(2006-2000)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية منهجية ومعياراً يسمح بتقييم التداخل من المرسلات في أنظمة النفاذ اللاسلكي الأرضية/شبكات المنطقة المحلية الراديوية إلى وصلات التغذية في مدار الخدمة المتنقلة الساتلية غير المستقر بالنسبة إلى الأرض (أرض - فضاء) في النطاق الترددي 5 150-5 250 MHz كما تبرز نتائج المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2003 فيما يتعلق بهذه القضية.

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن الانتشار الواسع المحتمل لمرسلات أنظمة النفاذ اللاسلكي/شبكات المنطقة المحلية الراديوية (WAS/RLAN) العاملة في النطاق 5 150-5 250 MHz يمكن أن يسبب تداخلات على أنظمة الخدمة المتنقلة الساتلية في المدار غير المستقر بالنسبة إلى الأرض التي تعمل وصلات تغذيتها الصاعدة في هذا النطاق؛

ب) أن الانتشار الواسع المحتمل لمرسلات أنظمة النفاذ اللاسلكي/شبكات المنطقة المحلية الراديوية العاملة في النطاق 5250-5150 MHz يمكن أن يسبب انخفاضاً ملحوظاً في ساعات أجهزة المرسل المستجيب الساتلية في مدار الخدمة المتنقلة الساتلية؛

ج) أن مرسلات أنظمة النفاذ اللاسلكي/شبكات المنطقة المحلية الراديوية في النطاق 5 150-5 250 MHz تعمل في كثير من البلدان على أساس الإعفاء من الترخيص أو مرخصة طبقاً للفتة؛

د) أن تغطية حزمة وصلات التغذية في مدار الخدمة المتنقلة الساتلية غير المستقر بالنسبة إلى الأرض ذات طبيعة إقليمية و/أو عالمية؛

هـ) أن تداخلات WAS/RLAN يمكن أن تفسر فقط على أنها زيادة إجمالية وثابتة في الضوضاء الخلفية لوصلات التغذية في مدار الخدمة المتنقلة الساتلية غير المستقر بالنسبة إلى الأرض وتبعاتها المتمثلة في خفض سعة الساتل؛

و) أن الفقرة 3 من القرار (WRC-03) 229 تنص على أن الإدارات يمكنها رصد ما إذا كانت سويات كثافة تدفق القدرة الإجمالية الواردة في التوصية ITU-R S.1426 قد تم تجاوزها، أم سيتم تجاوزها مستقبلاً لتمكين المؤتمر المختص المقبل من اتخاذ الإجراء المناسب؛

* المقصود بـ WAS/RLAN في هذه التوصية هو أنظمة النفاذ اللاسلكي/شبكات المنطقة المحلية الراديوية أو أي أجهزة منقولة أو ثابتة تقدم توصيلية شبكية محلية (مثل شبكات RLAN عالية الأداء، (HIPERLANs)، U-NII، وشبكات المنطقة المحلية اللاسلكية (WLAN)، أو غيرها؛ انظر التوصيتين (ITU-R F.1244) و (ITU-R M.1450).

** يجب إحاطة لجنتي الدراسات 8 و9 لقطاع الاتصالات الراديوية علماً بهذه التوصية.

ز) أن هناك حاجة إلى منهجية لتقييم التداخلات من إرسالات WAS/RLAN إلى مستقبلات وصلات تغذية non-GSO MSS علاوة على منهجية لمعالجة القياسات؛

ح) أن تقييم WAS/RLAN في الأسواق سيتم بصورة مستقلة على أساس وطني أو إقليمي؛

ط) أن هناك حاجة إلى حماية وصلات التغذية خاصة non-GSO MSS من تداخلات WAS/RLAN،

وإذ تلاحظ

أ) أن النطاق MHz 5250-5150 عرضة لمصادر تداخلات أخرى (بما في ذلك الإرسالات غير المرغوبة من المرسلات العاملة في النطاقات الترددية القريبة) لوصلات تغذية non-GSO MSS علاوة على تلك التداخلات من مرسلات WAS/RLAN؛

ب) أن المنهجيات الواردة في الملحقات 1، 2، 3 مطبقة فقط على كوكبات من المدارات غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض المتضمنة لعدد ضخم من السواتل المتباعدة عن بعضها بشكل مناسب،

وإذ تقر

أ) بأن النطاق MHz 5 250 - 5 150 قد تم توزيعه للخدمة الثابتة الساتلية (أرض - فضاء) في العالم كله للاستخدام بواسطة وصلات التغذية خاصة non-GSO MSS على أساس أولي مشترك دون أي قيود زمنية طبقاً للرقم 447A.5 من لوائح الراديو؛

ب) بأن النطاق MHz 5 250 - 5 150 موزع أيضاً على أساس أولي في العالم كله لخدمة الملاحة الراديوية للطيران (ARNS)؛

ج) بأن النطاق MHz 5 250 - 5 150 موزع أيضاً لوصلات التغذية خاصة الخدمة الساتلية للاتصالات الراديوية (فضاء أرض) طبقاً للرقم 446.5 من لوائح الراديو؛

د) بأن النطاق MHz 5 250 - 5 150 موزع أيضاً طبقاً للرقم 447B.5 وأحكام الرقم 11A.9 من لوائح الراديو للخدمة الثابتة الساتلية (FSS) (فضاء - أرض) لاستخدامه بواسطة وصلات التغذية خاصة non-GSO MSS على أساس أولي في العالم كله؛

هـ) بأن النطاق MHz 5 250 - 5 150 قد تم توزيعه للخدمة المتنقلة طبقاً للرقمين 446A.5 و 446B.5 من لوائح الراديو والقرار (WRC-03) 299؛

و) بأن النطاق MHz 5 250 - 5 150 موزع من خلال الرقم 447.5 من لوائح الراديو للخدمة المتنقلة في عدد من البلدان على أن يتم التنسيق طبقاً للرقم 21.9 من لوائح الراديو؛

ز) بأن القرار 229 للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2003 يقصر إرسالات WAS/RLAN على الإرسالات داخل الأماكن المغلقة،

توصي

1 بأنه يجب أن يستند تقييم التداخل من إرسالات WAS/RLAN على مستقبلات وصلات التغذية الساتلية خاصة non-GSO MSS العاملة في نطاق التردد MHz 5250-5150 إلى الزيادة ($\Delta T_{satellite}$) في درجة حرارة ضوضاء الساتل ($T_{satellite}$)؛

2 أنه من أجل ضمان حماية كافية لوصلات التغذية خاصة non-GSO MSS في النطاق MHz 5250-5150، فإنه يجب ألا يزيد المجموع $\Delta T_{satellite}/T_{satellite}$ من إرسالات WAS/RLAN عن 3%؛

3 أنه إذا تم إجراء قياس للتداخل من إرسالات WAS/RLAN على مستقبل وصلة تغذية لساتل في non-GSO MSS، فإنه يمكن استخدام المنهجية الموضحة في أي من الملحقين 2 أو 3 لهذه التوصية لهذا الغرض بواسطة نظام وصلة التغذية خاصة non-GSO MSS المتأثر بالتداخل. ويمكن الحصول على معلومات أساسية بشأن هذه المنهجيات في الملحق 1؛

4 أن الملاحظات التالية تعتبر جزءاً من هذه التوصية.

الملاحظة 1 - ينبغي أيضاً النظر في تأثير التداخل الإجمالي طويل الأجل من WAS/RLAN على وصلات التغذية خاصة non-GSO MSS فيما يتعلق بخفض سعة ساتل non-GSO MSS بالاقتران بالمنهجية المقترحة في توصي أعلاه. وذلك لضمان أن قدرة التداخل التي تستوعبها السواتل non-GSO MSS تؤول إلى انخفاض في السعة المتاحة للساتل قدره 1% أو أقل. وقد تحتاج هذه القيمة إلى مزيد من الدراسة.

الملاحظة 2 - يقصد بالمصطلح "الإجمالية" أنه يجب أن يحسب التداخل على الحزمة المستقبلية للساتل من جميع أجهزة WAS/RLAN داخل مجال الرؤية الخاص بالحزمة المستقبلية لوصلة تغذية الساتل non-GSO.

الملاحظة 3 - يصف الملحقان 2 و3 لهذه التوصية طريقتين بديلتين لقياس الحمولة النافعة على ظهر ساتل لتحديد الضوضاء والتداخل الإجماليين المستقبلين عند ساتل تشغيلي من نفس نوع السواتل الأخرى التي تضمها الكوكبة. وإضافة إلى ذلك، يصف الملحقان أيضاً المنهجيات الخاصة للمعالجة على الأرض للقياسات التي تمت على الساتل.

الملاحظة 4 - يمكن استخدام المنهجيات الموضحة في الملحقين 2 و3 لقياس التداخل الإجمالي على مستقبل محطة فضائية لوصلة التغذية لأي نظام ساتلي non-GSO MSS ولتقديم نتائج محددة، تستخدم المعلومات التقنية الخاصة بكوكبة في المدار الأرضي المنخفض LEO-D على النحو الوارد في التوصية ITU-R M.1184. وقد يحتاج الأمر إلى مزيد من الدراسة لتحديد أي جزء من التداخل الإجمالي قادم من مرسلات WAS/RLAN ويمكن تنفيذ هذه الدراسة بصورة أفضل عندما تتوافر نتائج القياسات المنفذة باستخدام واحدة من المنهجيات الموضحة في الملحقين 2 و3.

الملحق 1

قياس الضوضاء والتداخل الإجماليين على مستقبل محطة فضائية (فضاء - أرض) في النطاق 5 GHz لوصلة تغذية (أرض - فضاء) لنظام ساتلي منخفض المدار بالنسبة إلى الأرض LEO-D

1 المقدمة

يصف هذا الملحق كيفية قياس التداخل الإجمالي على هوائي استقبال لمستقبل محطة فضائية لوصلة تغذية (أرض - فضاء) في النطاق 5 GHz لنظام ساتلي non-GSO MSS. ولما كان الهدف الشامل للملحقين 2 و3 هو أن تكون لدينا القدرة على تقدير مقدار التداخل الإجمالي من RLAN بدقة عالية، فإن هذا الملحق يصف بشكل عام كيف يمكن قياس إجمالي القدرة المستقبلية عند هوائي الساتل بجذر متوسط تربيع خطأ قدره 0,03% من الضوضاء الحرارية والخلفية في الوصلة الصاعدة.

2 مستقبل مقياس إشعاع دايك

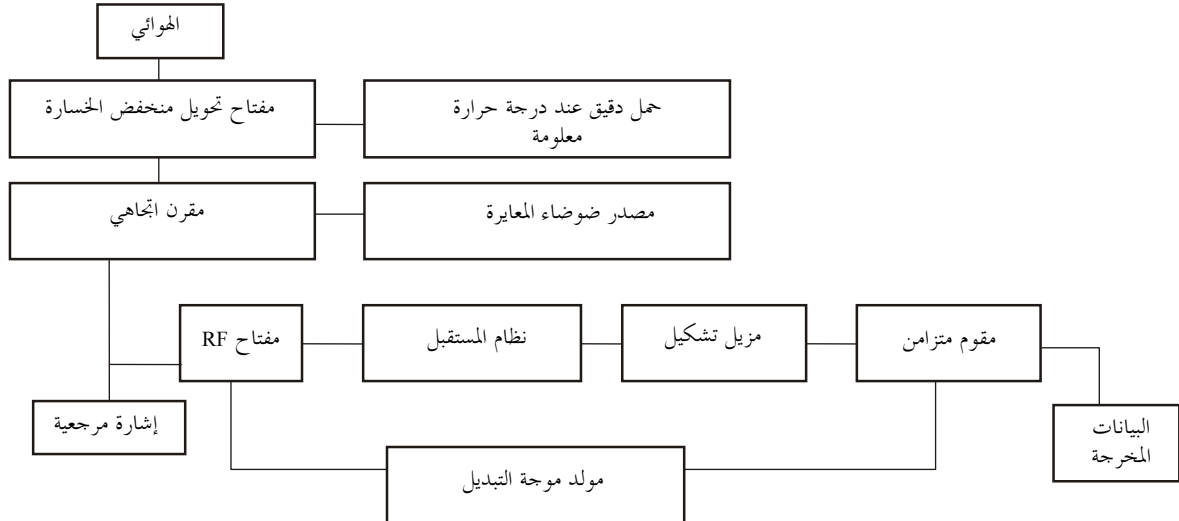
استخدم مستقبل مقياس إشعاع دايك لعشرات السنين بواسطة مجتمع الفلك الراديوي وآخرين لقياس السويات المنخفضة جداً للضوضاء الغوسية في بيئة ذات سويات أعلى من الضوضاء الغوسية في المستقبل ذاته. والتطبيق الخاضع للدراسة هنا يكاد يكون متطابقاً من حيث إن إشارة التداخل الإجمالي من عدد ضخم من أجهزة إرسال RLAN سيكون لها خواص عشوائية غوسية لا تعتمد على الخواص التفصيلية لعملية إرسال مفردة. وبالمثل، تكون الخواص العشوائية لضوضاء المستقبل الخلفية غوسية في تطبيقات سواتل استكشاف الأرض (منفصلة)، تطبيقات البحوث الفضائية (منفصلة)، تطبيقات الفلك الراديوي وقياس التداخل الخاص بتطبيق تداخل WAS/RLAN الموضح في هذه التوصية.

ويبين الشكل 1 مخططاً إجمالياً لمقياس إشعاع دايك عام. وفي العادة يتم بناء مقياس إشعاع دايك حول "نظام المستقبل" الذي هو مستقبل وصلة تغذية الخدمة المتنقلة الساتلية في التردد 5 GHz الفعلي قبل إضافة أجزاء مقياس إشعاع دايك. وقد تم إضافة الأجزاء الإضافية إلى المخطط لكي يتمكن المستقبل من:

- إجراء تكامل للغلاف المكتشف للإشارة الغوسية عريضة النطاق في مرحلتي RF و IF لمستقبل الساتل ذاته بالنسبة لزمناً قياس τ ؛
- معايرة قياساته بحيث لا تؤثر التغيرات في كسب المستقبل مع الوقت على دقة القياسات وبحيث لا يدخل في تقديرات سوية الضوضاء المقاسة الضوضاء الداخلية للمستقبل. ولإنجاز هذه المهام يستخدم مصدران للضوضاء المرجعية ويتم مقارنتهما بالإشارة الغوسية المستقبلية المطلوب قياسها. وتساوي إحدى هاتين الإشارتين المرجعيتين الضوضاء الداخلية للمستقبل وتساوي الأخرى الإشارة الخارجية المقاسة.

الشكل 1

مقياس إشعاع دايك عام



1427-01

3 طريقة عمل مقياس إشعاع دايك

تم تصميم مقياس إشعاع دايك بحيث ينتقل سريعاً بين الهوائي والحمل المرجعي أو مصدر الضوضاء، بسرعة أكبر من أكثر تغيرات الكسب سرعة. وبشكل نموذجي، يكون لتغيرات الكسب طيف ترددي يمتد إلى 5 Hz على الأقل، لذا فإن مفتاح RF يجب أن ينتقل بين الهوائي والإشارة المرجعية بسرعة تساوي 30 Hz على الأقل. ومن ثم فإن التغيرات في الكسب تعمل فقط

على الفرق بين الإشارات المدخلة. وبالتالي يجب أن تكون درجة الحرارة للإشارة المرجعية قريبة من درجة حرارة الهوائي كلما أمكن. وعادة يكون للهوائي الموجه إلى الأرض درجة حرارة 150 K على الأقل (إذا كانت حزمة إشعاع الهوائي غير مشغولة بالكامل بالأرض - فإن الأكثر احتمالاً أن تصل درجة الحرارة إلى حوالي 250 K). ويمكن اعتبار حمل متوائم أو أي مصدر للضوضاء إشارة مرجعية عملية. وفي الواقع، يمكن استخدام ثنائي توهين PIN لمواءمة المدخلات إلى المستقبل بحيث يظل المستقبل دائماً في وضع اتزان.

ويضيف مصدر ضوضاء المعايرة كمية معلومة من الضوضاء للمستقبل، وبالتالي زيادة المدخلات بكمية معلومة. ويعتبر الانتقال إلى حمل متوائم إضافة مفيدة لعملية المعايرة بحيث يمكن معايرة سوية الضوضاء الأساسية. وبالتالي عندما يتم توصيل الحمل المتوائم، لا يتم توصيل الهوائي، لذا فإن سوية ضوضاء خط الأساس تتغير.

وخرج مقياس إشعاع دايك عبارة عن قياس غير متحيز لسوية قدرة الإشارة المستقبلية بواسطة هوائي الساتل 5 GHz عبر عرض نطاق قدره B للمستقبل. ويكون جذر متوسط تربيع الخطأ في هذا القياس:

$$(1) \quad \Delta T_{error} = T_{sys}/(B\tau)^{0.5}$$

حيث:

ΔT_{error} : جذر متوسط تربيع الخطأ في قياس حرارة الضوضاء لإشارة عشوائية عند خرج الهوائي

T_{sys} : درجة حرارة الضوضاء للضوضاء الكلية في المستقبل، وهي مجموع درجة حرارة ضوضاء مستقبل الساتل ودرجة حرارة ضوضاء الإشارة المستقبلية، على النحو الموضح في التوصية ITU-R SA-515

B : عرض نطاق المستقبل (Hz)

τ : زمن تكامل المستقبل (ثانية).

إذا كانت سوية الضوضاء الجاري قياسها 3% من الضوضاء الكلية للمستقبل وإذا كان جذر متوسط تربيع الخطأ في قياس هذه الكمية يجب أن يكون في حدود 1% من القياس، فإن الكمية $(B\tau)^{-0.5}$ يجب أن تكون في حدود 3×10^{-4} .

4 أجهزة قياس الإشعاع المناسبة للاستخدام في نظام منخفض المدار بالنسبة إلى الأرض (LEO-D)

يمكن تبسيط تصميم أجهزة قياس الإشعاع المستخدمة في نظام LEO-D إذا أمكن استخدام القياس كقياس قناة مرجعية للضوضاء في طيف نطاق مرجعي قريب دون التردد 5 150 MHz مباشرة، واستخدام هذه القياسات في تقدير التداخل فوق التردد 5 150 MHz. ويتيح تطبيق هذه الإمكانيات تبسيط مقياس الإشعاع داخل المدار المطلوب للقياس الدقيق للتداخلات الإجمالية على مستقبل الساتل في النطاق 5 150 - 5 250 MHz، مقارنة بمقياس إشعاع دايك للأغراض العامة الموضح في الشكل 1. كما أن هذا التعديل في القياسات التي يجريها مقياس الإشعاع يعدل ما هو ضروري من معالجة البيانات على الأرض للقياسات داخل المدار لإجراء تلك القياسات للضوضاء الإجمالية.

ويستند هذا التبسيط لمقياس الإشعاع المستخدم في ساتل LEO-D إلى الملاحظات الخمس التالية:

- لا تضع التوصية ITU-R S.1427 حداً على التداخلات الإجمالية I من أجهزة WAS/RLAN في هذه الحالة. ولكنها تحد من نسبة هذه التداخلات لتكون في حدود سوية ضوضاء خط الأساس N أو بالنسبة I/N ، بحيث تعادل النسبة $\Delta T/T$ عند مستقبل الساتل والتي يجب ألا تتجاوز 3%.
- في نظام LEO-D يعمل بتردد من 5 091 MHz إلى 5 250 MHz، هناك 8 قنوات RF عرض كل منها 16,5 MHz. وتعمل القنوات 1 و2 بشكل كامل دون التردد 5 150 MHz، وتعمل القنوات من 4 إلى 8 فوق التردد 5 150 MHz في بيئة يمكن أن يحدث فيها تداخلات من WAS/RLAN.

- لا تتغير الضوضاء الأساسية N بشكل ملموس خلال مدى تردد من MHz 5091 إلى MHz 5250 على الرغم من احتمال حدوث تغير طفيف.
 - جميع التغيرات ذات التغير الزمني البطيء في N تكون مشتركة بين الضوضاء الأساسية N في القناتين السفليتين RF والقنوات الخمس العلوية. وقد لا يكون معلوماً سبب هذا التغير الزمني في N ولكن هذه التغيرات تدخل ضمن التغيرات في الضوضاء في قناتي RF السفليتين.
 - قد يكون هناك تغيرات أسرع في كسب أجزاء الساتل بمعدلات تصل إلى 10 Hz حيث يجب مراعاتها عند وضع ملاحظات تؤدي إلى تقديرات بشأن التداخلات I .
- وعند تحديد كيفية الاستخدام الفعال للإشارات المرجعية في القناتين 1 و 2 لتقدير النسبة I/N في القنوات 4، 5، 6، 7، 8، يلاحظ أنه يمكن عمل "معايرة" لمقياس الإشعاع عن طريق إجراء قياسات في القناتين 1 و 2. وهناك ميزة إضافية لهذا النهج وهي أن كل التغيرات الزمنية في سويات الضوضاء الأساسية في القنوات المختلفة ذات العرض MHz 16,5 نتيجة للموقع المتغير للساتل واختلاف وقت إجراء القياسات، تدخل ضمن القياسات المتزامنة لسوية الضوضاء في القناتين 1 و 2 مع تغيرات طفيفة في سوية الضوضاء الأساسية عبر النطاق الترددي MHz 5091 إلى MHz 5250.
- ويراعى في جهازي قياس الإشعاع المشروحين في الملحقين 2 و 3 على التوالي الملاحظات المذكورة أعلاه. ويمكن في كل من هذين الجهازين اعتبار إشارات "المعايرة" سويات الضوضاء في القناتين 1 و 2 وذلك لأن التغيرات في سويات الضوضاء في القنوات من 4 إلى 8 تدخل بالكامل ضمن سويات الضوضاء في القناتين 1 و 2. ولهذا السبب، فإن مصدر ضوضاء المعايرة K 550 والحمل الدقيق K 16,5 في الشكل 1 يعتبران زائدين ويمكن إزالتها من المخططات الإجمالية في كل من مقياسي الإشعاع الساتليين الموضحين في الملحق 2 والملحق 3.

الملحق 2

مقياس إشعاع ذو مفتاح خطي لقياس الضوضاء والتداخلات الإجمالية على مستقبل محطة فضائية لوصلة تغذية (أرض - فضاء) 5 GHz لنظام ساتلي LEO-D MSS

1 المقدمة

يرد في هذا الملحق شرح لإحدى طريقتي تنفيذ مقياس إشعاع للاستخدام في محطة فضائية LEO-D لقياس الضوضاء والتداخلات الإجمالية في قنواته من 4 إلى 8 حصرياً. كما يرد أيضاً في هذا الملحق شرح لمعالجة هذه القياسات على الأرض لتقدير النسبة I/N نتيجة لتداخلات RLAN.

2 مقياس إشعاع محمول في الفضاء ذو مفتاح خطي

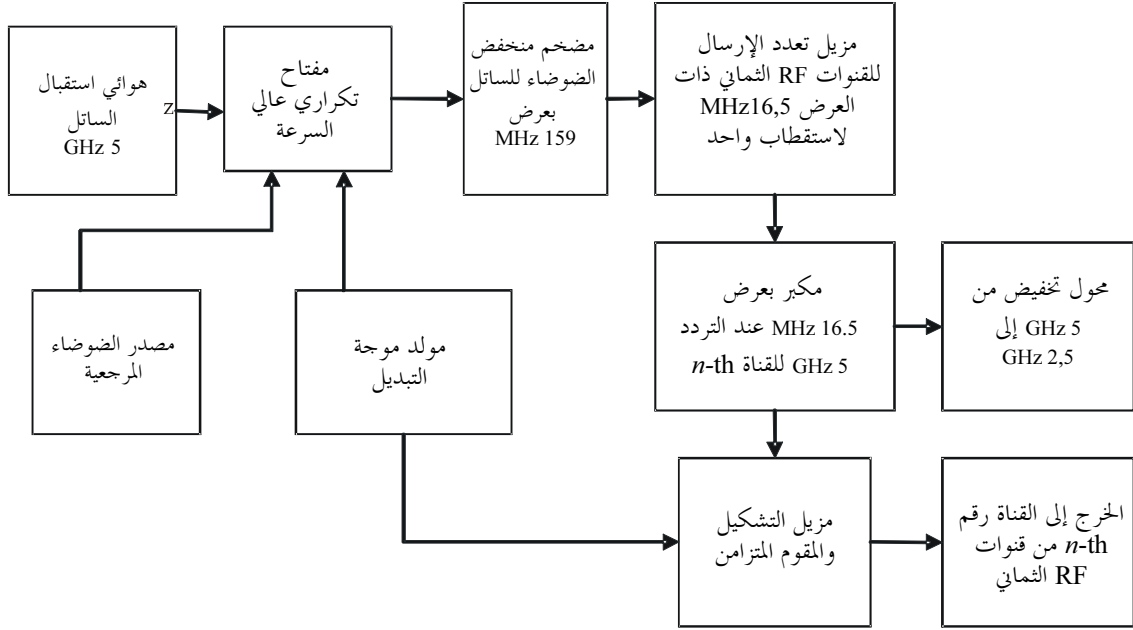
يستخدم مقياس الإشعاع المشروح هنا قياسات الضوضاء الحرارية في القناتين 1 و 2 بدلاً من قياسات مصدري ضوضاء المعايرة الداخلين المستخدمين في مقياس إشعاع دايك العام الموضح في الشكل 1. ويعتبر هذا ممكناً لأن القناتين 1 و 2 للشبكة LEO-DL تعملان بتردد دون 5150 MHz وبالتالي لا تعانين من تداخلات من إرسالات RLAN في النطاق 5150-5250 MHz.

ويختلف مقياس الإشعاع هذا عن الموضح في الشكل 1 في أنه:

- لا يوجد به مصدر لضوضاء المعايرة ولا الحمل الدقيق ولا المقرن الاتجاهي ولا مفتاح التحويل منخفض الخسارة المبينة في الشكل 1؛
- يحتوي على مزيل تشكيل وكاشف متزامن في كل قنوات الثماني ذات العرض MHz 16,5 عند التردد 5 GHz. ويتم تحويل مخرجات الكاشفات المتزامنة الثمانية إلى تمثيل رقمي لهذه المخرجات على أن ترسل إلى محطة أرضية كل η من ميلي ثانية. والقيمة الاسمية للرمز η تساوي 25 ميلي ثانية ولكنه يمكن تقليلها للحد من تأثير التغيرات العشوائية في النتائج المقيسة نتيجة لتحويل القياسات التماثلية في الساتل إلى تشكيل رقمي قبل إرسالها إلى الأرض.
- وبين الشكل 2 مخططاً لهذا المقياس الإشعاعي. وتتضمن الحمولة النافعة للساتل 5 GHz إضافة إلى المستقبل 5 GHz للشبكة التشغيلية LEO-D الآتي:
- مفتاح تكراري عالي السرعة خطي لتغيير الوضع بين هوائي الساتل ومصدر ضوضاء مرجعية كل η ميلي ثانية.
- مصدر ضوضاء مرجعية مستقر 200 K.
- مزيل تشكيل ومقوم متزامن لكل قناة من القنوات الثماني ذات العرض MHz 16,5 لاستقطاب واحد للنظام LEP-D.
- محول من تماثلي/رقمي لكل خرج من المخرجات الثمانية للكاشفات المتزامنة لتحويل كل قياس لتمثيل رقمي بعدد η من الثبات. والقيمة الاسمية η تساوي 12 ولكنها قد تختلف أثناء التصميم التفصيلي لمقياس الإشعاع.
- مولد موجة تبديل للتحكم في توقيت الكاشفات المتزامنة والمفتاح التكراري.
- وسيلة لإرسال الإشارات الرقمية الثماني إلى الأرض سواء عبر الوصلة فضاء - أرض 2,5 GHz أو 7 GHz للشبكة الساتلية LEO-D.
- ويقوم مقياس الإشعاع بقياس المخرجات الثمانية للمقومات بشكل متزامن $\{S_8, S_7, \dots, S_2, S_1\}$ في فترة زمنية قدرها η ميلي ثانية يقوم خلالها المفتاح الخطي بتوصيل مستقبل الساتل 5 GHz بهوائي الاستقبال خاصته باستقطاب دائري ميامن أو استقطاب دائري في الاتجاه الأيسر. وفي الفترة الزمنية η التالية يقوم مقياس الإشعاع بقياس المخرجات الثمانية للمقومات بشكل متزامن $\{R_8, R_7, \dots, R_2, R_1\}$ بينما يقوم المفتاح الخطي بتوصيل مستقبل الساتل 5 GHz بمصدر الضوضاء المرجعية. ويتم تحويل القياسات الستة عشر الناتجة إلى تشكيل رقمي وترسل إلى الأرض لمزيد من المعالجة. وتكرر هذه العملية كل 2 η ميلي ثانية. ويتحكم في توقيت وعمل كل جزء من أجزاء مقياس الإشعاع مولد إشارة التحكم في التبديل.

الشكل 2

مقياس إشعاع بمصدر ضوضاء مرجعية يتبدل تكرارياً



1427-02

3 المعالجة على الأرض لخرج مقياس إشعاع بمفتاح خطي

يتم هنا شرح حسابات الوقت الفعلي على الأرض لتحويل مجموعات القياس $\{S_8, S_7, \dots, S_2, S_1\}$ و $\{R_8, R_7, \dots, R_2, R_1\}$ المرسل من الساتل كل 2 ميلي ثانية إلى نسبة التداخل إلى الضوضاء الحرارية لكل من القنوات 4، 5، 6، 7، 8. يلاحظ أن الحدود $\{S_i\}$ ، $\{R_i\}$ و $\{(I/N)_i\}$ عبارة عن سويات قدرة ونسب، وقياسات dB غير مدرجة في المعادلات التالية. كما يمكن تخزين 16 قيمة $\{S_i\}$ و $\{R_i\}$ وخمس نتائج $\{(I/N)_i\}$ التي تنتج كل 2 ميلي ثانية لمزيد من معالجة البيانات. وتجري هذه المعالجة على الأرجح لإدراج عملية توسيط في مرشاح رقمي للنتائج $\{S_i\}$ و $\{R_i\}$ لفترة ممتدة لدقيقة أو أكثر، يحدها فقط التغير في التداخل الملاحظ الفعلي بالتغير في منطقة خدمة الساتل. وإدراج عملية التوسيط هذه من شأنه أن يقلل من الخطأ العشوائي في $\{S_i\}$ و $\{R_i\}$ الناتجة، بما في ذلك التقدير الكمي للضوضاء المتولدة بواسطة المحول من تماثلي/رقمي في الساتل. بما يساوي الجذر التربيعي لعدد الفترات الزمنية 2 ميلي التي يدرج فيها هذا المعدل.

والخطوة الأولى في عملية الحساب على الأرض تلك هي تحديد عينات إشارات "مقيسة" $\{S_i\}$ بقسمة الإشارات على الإشارة المرجعية المقابلة من المجموعة $\{R_i\}$ لاستنتاج المجموعة $\{X_i\}$ ، حيث

$$(2) \quad X_i = S_i / R_i$$

وتتضمن عملية معالجة قياسات مقياس الإشعاع قسمة قيمة الإشارة المستقبلية على الإشارة المرجعية بدلاً من طرح قيمة الإشارة المرجعية من الإشارة المستقبلية. بيد أنه تم إزالة التغيرات في الكسب في مستقبل الساتل والاختلافات في الكسب بين كل قناة وأخرى في المعادلة (2). وينتج مقياس الإشعاع تقديرات غير متحيزة للقيم الصحيحة لكل من $\{S_i\}$ و $\{R_i\}$. والجزء العشوائي أو التباير في X_i يساوي مجموع التباير في S_i والتباير في R_i لأنه وكما تبين آنفاً فإن الأجزاء العشوائية للثنتين مستقلة إحصائياً.

وخطوة المعالجة التالية للبيانات تكون بتقدير الضوضاء الحرارية، أو بشكل أدق الضوضاء الحرارية "المقيسة" في كل قناة من القنوات الثماني. ويفترض أن X_1 و X_2 عبارة عن تقديرات مقيسة للضوضاء الحرارية فقط، ولكنه يجب أيضاً افتراض أنه قد يكون هناك اعتماد على التردد بالنسبة لسويات الضوضاء الحرارية في القنوات المختلفة. ويتوقع أن يكون هذا الاختلاف صغيراً ومن ثم يمكن نمذجته كتغير خطي على أن تكون معلمة التغير هي تردد الموجة الحاملة. وفي هذه الحالة، يحدد الجزء المتغير من الضوضاء الحرارية Δ كالتالي:

$$(3) \quad \Delta = X_2 - X_1$$

ويمكن استخدام معدل التغير هذا المعتمد على التردد لضوضاء الوقت الفعلي بالنسبة للضوضاء الحرارية في القنوات المختلفة في تقدير أجزاء الضوضاء الحرارية المقيسة $\{X_8, X_7, X_6, X_5, X_4\}$ على النحو التالي:

$$(4) \quad N_i = X_1 + (i - 1) \Delta$$

وتفترض المعادلة (4) أن معدل التغير في Δ في جزء الضوضاء الحرارية يكون واحداً لجميع القنوات المتجاورة بالنسبة للقنوات من 4 إلى 8. وبمجرد تقدير الضوضاء N_i في القنوات من 4 إلى 8، فإنه يمكن تقدير التداخل I_i في القناة رقم i -th كالتالي:

$$(5) \quad I_i = X_i - N_i, \quad \text{for } i = 4, 5, 6, 7, \text{ or } 8$$

ويمكن إزالة الوصف "مقيسة" المقسمة به كل من $\{X_i\}$ و $\{N_i\}$ عند تقدير النسب تداخل إلى ضوضاء $\{(I/N)_i; i = 4, 5, 6, 7, \text{ and } 8\}$ لأن التقييس نفسه موجود في كل من $\{X_i\}$ و $\{N_i\}$ مع هذا التوضيح:

$$(6) \quad (I/N)_i = I_i / N_i, \quad \text{for } i = 4, 5, 6, 7, \text{ or } 8$$

ويلاحظ ثانية أن الحدود $\{(I/N)_i; i = 4, 5, 6, 7, \text{ and } 8\}$ عبارة عن نسب للقدرة وليست مقاسة بوحدات dBs.

ويمكن تجميع هذه المعادلات الخمس في معادلة واحدة تعبر عن النسبة $(I/N)_i$ بدلالة الحدود $\{S_i\}$ و $\{R_i\}$ من خلال المعادلة التالية:

$$(7) \quad \begin{aligned} (I/N)_i &= \{(S_i/R_i) / \{(i-1)S_2 / R_2 - (i-2)S_1/R_1\}\} - 1 \\ &= \{X_i / \{(i-1)X_2 - (i-2)X_1\}\} - 1 \end{aligned}$$

وهذه المعادلات الست هي المعادلات التي يتم حلها على الأرض كل فترة زمنية قدرها 2 ٪ ميلي ثانية لتقدير سويات التداخلات الإجمالية في القنوات من 4 إلى 8 في مستقبل الساتل LEO-D 5 GHz.

4 الخطأ في قياسات $\{S_i\}$ و $\{R_i\}$

يقوم مقياس الإشعاع بعمل تقديرات غير متحيزة لسويات القدرة $\{S_i\}$ و $\{R_i\}$ للضوضاء الغوسية عند مخرجات المستقبل الثمانية. وتناسب سويات القدرة تلك مع درجات حرارة الضوضاء الخاصة بها T_x ويمكن التعبير عنها بدلالة T_x أيضاً. وكما أشير في المعادلة (1) فإن جذر متوسط تربيع الخطأ ΔT_{error} في هذه القياسات T_x نسبة إلى زمن تكامل محدد للخروج العشوائي لمقياس الإشعاع يكون:

$$(8) \quad \Delta T_{error} = T_x / (B \xi)^{0.5}$$

كما أن التقدير غير المتحيز للمقدار T_x يعاني من خطأ مضاعف نتيجة لتقديره كميّاً في محول A/D في الشكل تشكييل رقمي بحيث يمكن إرساله إلى الأرض لمزيد من المعالجة. فإذا كان المحول A/D يعبر عن الكمية التماثلية T_x في الشكل رقم ثنائي بعدد η من الخانات، فإن جذر متوسط تربيع الخطأ في التمثيل الرقمي للكمية T_x يكون

$$(9) \quad T_x / 2^{(\eta-0.5)}$$

حيث تكون القيمة المتوقعة لـ T_x نصف القيمة القصوى لدخل المحول A/D وجذر متوسط تربيع الخطأ لعملية التقدير الكمي يساوي 0,707 لأقل سوية كمية للمحول تماثلي/رقمي (A/D) .

وعند تقدير جذر متوسط تربيع الخطأ في النتائج $\{(I/N)i, i = 4, 5, 6, 7, 8\}$ على النحو الوارد في المعادلة (7)، هناك أماكن يمكن فيها إضافة كميتين عشوائيتين معاً، وأماكن يمكن فيها ضرب كميتين عشوائيتين في بعضهما وتوجد أماكن يمكن فيها قسمة كمية عشوائية على كمية أخرى. فإذا كان الحدان مستقلين إحصائياً وكانت التغيرات في الجزء العشوائي من الحدين صغيرة بالنسبة للقيمة المتوقعة، فإن التغيرات في النتائج يساوي تقريباً مجموع التغيرات في الكميتين المدخلتين. حيث إن التغيرات في الحد $A * X$ على اعتبار أن A مقدار ثابت و X متغير عشوائي يساوي A^2 مضروبة في التغيرات في X .

وسيكون التعبير عن الحدود $\{(I/N)i, i = 4, 5, 6, 7, 8\}$ بالغ التعقيد إذا ظلت قيمة المعلمة ξ والمعلمة η متغيرات وسيطية في التحليل. ولتحاشي هذا التعقيد، تستخدم قيمة افتراضية قدرها 25 ميلي ثانية للمتغير ξ و 12 للمتغير η في التحليل التالي لجذر متوسط تربيع الخطأ في الحدود $\{(I/N)i, i = 4, 5, 6, 7, 8\}$. وعلاوة على ذلك فإنه يفترض هنا، فقط لهذا التقدير لجذر متوسط تربيع الخطأ، أن الضوضاء الغوسية الأساسية من حرارة الأرض تساوي 200 K، نفس درجة حرارة مصدر الضوضاء المرجعية، لذا فإن درجة حرارة الضوضاء عند مدخل مستقبل الساتل تساوي نحو 550 K سواء عند توصيل الهوائي بالمستقبل أو عند توصيل مصدر الضوضاء المرجعية.

وعلى هذا الأساس، فإن جذر متوسط تربيع الخطأ لكل من الحدين $\{Si\}$ و $\{Ri\}$ طبقاً للمعادلة (8) تكون القيمة المتوقعة لهذا الحد مقسومة على $(\xi B)^{0.5}$ أو $(25 \times 10^{-3} \times 16,5 \times 10^6)^{0.5}$ أو 642. والتقدير الكمي لجذر متوسط تربيع الخطأ لكل من الحدين $\{Si\}$ و $\{Ri\}$ ، طبقاً للمعادلة (8) يكون القيمة المتوقعة لهذا الحد مقسومة على $2^{(12-0.5)}$ أو 2,896. وجذر متوسط تربيع الخطأ هو جذر مجموع مربعات هذين الحدين، والقيمة المتوقعة عبارة عن مضاعفات الرقم 0,00159. وحيث إن القيم المتوقعة للحدين $\{Si\}$ و $\{Ri\}$ حوالي 550 k، وقيمة جذر متوسط تربيع الخطأ في هذين الحدين عند استخدام زمن تكامل قدرة 25 ميلي ثانية ومحور A/D بعدد 12 بته تساوي 0,87 K، أي 5,8% من 15 K حيث إن 15 K عبارة عن 3% من الضوضاء الحرارية عند مدخل المستقبل.

ويزيد جذر متوسط تربيع الخطأ هذا بتنفيذ عمليات الحساب الموضحة في المعادلة (7). ويساوي جذر متوسط تربيع الخطأ في $\{Xi\}$ $2^{1/2}$ من الخطأ في $\{Si\}$ أو $\{Ri\}$ أو القيم المتوقعة لهما مضروباً في الرقم 0,00226. ويعتمد جذر متوسط تربيع الخطأ في $\{(I/N)i, i = 4, 5, 6, 7, 8\}$ على قيمة "i" كما هو واضح في المعادلة (7). ويمكن تحديد قيم جذر متوسط تربيع الخطأ تلك بدلالة القيم المتوقعة للحدود $\{(I/N)i\}$ استناداً إلى العلاقة التالية:

$$\begin{aligned} \text{Var } \{(I/N)i\} &= \text{Var } (Xi) + (i-1)^2 * \text{Var } (X_2) + (i-2)^2 * \text{Var } (X_1) \\ (10) \quad &= \text{Var } (Xi) * \{1 + (i-1)^2 + (i-2)^2\} \end{aligned}$$

وذلك لأن التغيرات الخاصة بجميع قيم $\{Xi, i = 1 \text{ to } 8\}$ تساوي $2(0,00226)$ مضروباً في القيم المتوقعة، حيث إن $\text{Var } (Z)$ "التغيرات في" كمية عشوائية Z . ويرد في الجدول 1 التغيرات وجذر متوسط تربيع الخطأ في $\{(I/N)i\}$ استناداً إلى المعادلة (10).

الجدول 1

قيم جذر متوسط تربيع تقديرات قيم I/N في القنوات من 4 إلى 8

النسبة المئوية لجذر متوسط تربيع الخطأ في $(I/N)i$	جذر متوسط تربيع الخطأ في $(I/N)i$	التغيرات في $(I/N)i$	الترجيح	القناة
0,8456	0,008456	0,0000715	14	4
1,1523	0,011524	0,000133	26	5
1,46647	0,014646	0,000215	42	6
1,7795	0,017795	0,000317	62	7
2,0958	0,020958	0,000439	86	8

وهذه القيم لجذر متوسط تربيع الخطأ في $\{(I/N)_i, i = 4, \dots, 8\}$ تمثل جزءاً كبيراً من النسبة المئوية القصوى للتداخل البالغة 3% والمحددة بالتوصية. إلا أنه يلاحظ أن التقديرات المحددة من خلال تطبيق المعادلات من (1) إلى (6) أعلاه تقدم تقديرات غير متحيزة للقيم الفعلية $\{(I/N)_i, i = 4, \dots, 8\}$. وقيم جذر متوسط تربيع الخطأ في الجدول 1 عبارة عن نتيجة لعملية تكامل للإشارات لمدة 50 ميلي ثانية فقط، وهو ضعف زمن التكامل المستخدم في تقدير المعادلة (8). وبإجراء تكامل آخر على الأرض سواء لتقديرات $(I/N)_i$ بعد تطبيق المعادلات من (2) إلى (7) أو للقياسات $\{S_i\}$ و $\{R_i\}$ من شأنه أن يقلل من جذر متوسط تربيع الخطأ الوارد في الجدول 1 بما يعادل الجذر التربيعي لعدد العينات التي تدخل في عملية التوسيط. فمثلاً، إذا تم توسيط نتائج التقديرات الأولية لمدة 10 ثوانٍ، منتجة متوسط لعدد 200 عينة، فإن جذر متوسط تربيع الخطأ في الجدول 1 يقل بمعامل قدره 14. ويرد في الجدول 2 نتائج عملية التوسيط التي تتم على الأرض.

الجدول 2

تأثير توسيط التقديرات الأولية للنسبة $(I/N)_i$ لمدة 10 ثوانٍ

القناة	النسبة المئوية لجذر متوسط تربيع الخطأ في $(I/N)_i$ قبل إجراء عملية التوسيط على الأرض	النسبة المئوية لجذر متوسط تربيع الخطأ في $(I/N)_i$ بعد إجراء عملية التوسيط على الأرض
4	0,8456	0,060
5	1,1523	0,082
6	1,46647	0,1047
7	1,7795	0,1271
8	2,0958	0,1497

إن إجراء مزيد من التوسيط على الأرض لمدة 10 ثوانٍ للتقديرات الأولية للنسبة $(I/N)_i$ التي تستند إلى زمن توسيط قدره 50 ميلي ثانية في الساتل، يؤدي إلى خفض جذر متوسط تربيع الخطأ في التقديرات في جميع القنوات إلى مستويات أقل بكثير من قيمة 3% من النسبة الإجمالية $\Delta T_{satellite}/T_{satellite}$ المحددة في الفقرة توصي 2 من هذه التوصية. وهناك حد لكمية التوسيط التي تتم على الأرض وذلك لأن الساتل يتحرك بشكل ملموس أثناء فترة الثواني العشر التي يتم خلالها التوسيط في المثال أعلاه، حيث إنه خلال فترة زمنية قدرها 10 ثوانٍ يتحرك الساتل الواقع على ارتفاع دائري قدره 1414 كم وزمن قدرة دورة 114 دقيقة مسافة تبلغ نحو 72 كم. ومع مراعاة القيمة الإجمالية لتداخلات WAS/RLAN المرئية من الساتل، فإن بيئة التداخلات لن تتغير بشكل ملموس إذا ما تحرك الساتل هذه المسافة البالغة 72 كم، ولكن يجب وقتها استخدام أزمنة تكامل أكبر إلى حد ما على الأرض مع توخي الحذر.

الملحق 3

مقياس إشعاع بمقرن اتجاهي خطي لقياس الضوضاء والتداخلات الإجمالية
على مستقبل محطة فضائية لوصلة التغذية أرض – فضاء 5 GHz
لنظام ساتلي LEO-D MSS

1 المقدمة

يرد في هذا الملحق شرح لطريقة التنفيذ الثانية لمقياس إشعاع لاستخدامه في محطة فضائية LEO-D لقياس الضوضاء والتداخلات الإجمالية في قنواتها من 4 إلى 8. ويرد إضافة إلى ذلك شرح للمعالجة التي تتم على الأرض لهذه القياسات لتقدير النسبة I/N نتيجة لتداخلات RLAN.

2 مقياس الإشعاع المحمول في الفضاء

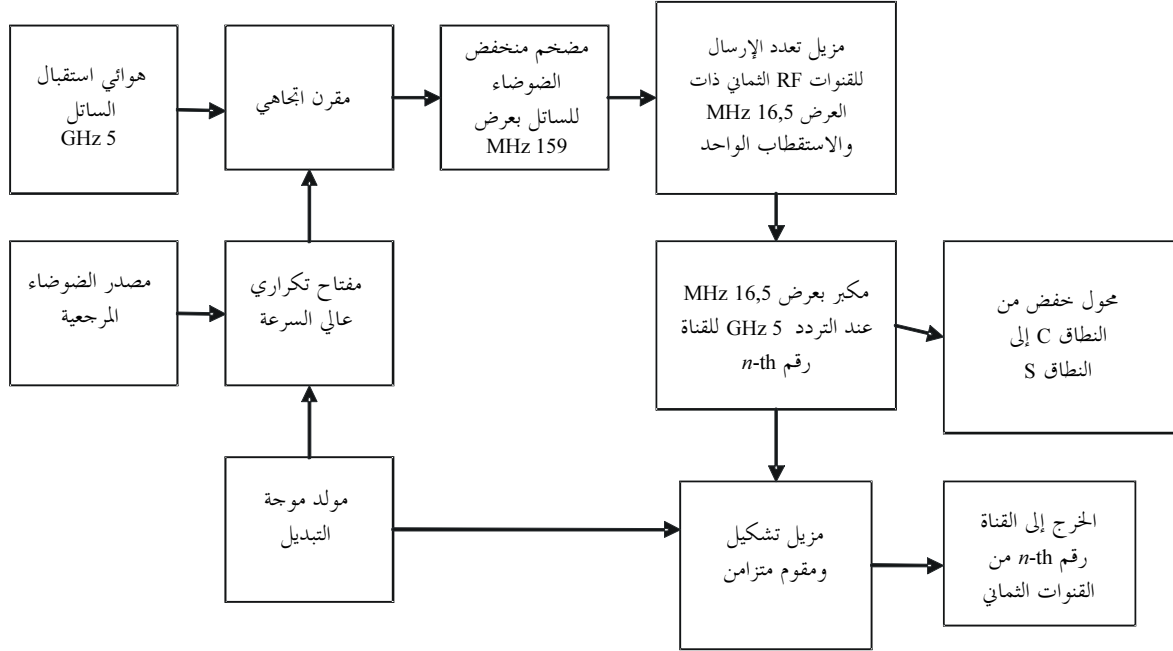
يشبه مقياس الإشعاع الخاضع للدراسة في هذا الملحق مقياس الإشعاع المشروح في الملحق 2 أعلاه فيما عدا أنه لا يوجد به مفتاح خطي ومن ثم لا يوجد به نقطة خلل وحيدة بالنسبة للحمولة النافعة لوصلة تغذية ساتل 5 GHz في خدمة ثابتة ساتلية. ولكن بدلاً من ذلك يتم تغذية إشارة الضوضاء المرجعية لسلسلة المستقبلات 5 GHz خاصة LEO-D من خلال مقرن اتجاهي منفعل. ويزيد ذلك من اعتمادية الحمولة النافعة لوصلة تغذية الخدمة الثابتة الساتلية.

ويبين الشكل 3 هذا المقياس. والإضافات الزائدة على المستقبل 5 GHz لوصلة تغذية الخدمة الثابتة الساتلية لشبكة LEO-D في هذه الحالة هي كالتالي:

- مقرن اتجاهي بعد هوائي الساتل 5 GHz مباشرة وقبل المستقبل 5 GHz لإحدى الإشارتين المستقطبتين دائرياً؛
 - مصدر ضوضاء للمعايرة بقيمة K 200 يفتح كل 2 ميلي ثانية لفترة زمنية قدرها 2 ميلي ثانية إلى المستقبل 5 GHz ذي العرض البالغ 159 MHz من خلال المقرن الاتجاهي. وتبلغ درجة الحرارة الفعلية للضوضاء الخاصة بالإشارة الخارجة من مصدر الضوضاء K 200 وذلك بعد مرورها خلال المقرن الاتجاهي إلى المستقبل 5 GHz؛
 - مزيل تشكيل ومقوم متزامن لكل قناة من قنوات معدد الإرسال الترددي الثمان ذات العرض البالغ 16,5 MHz في المستقبل ذي العرض 159 MHz. وكل إشارة من الإشارات الثمان بعد إزالة تشكيلها وتقويمها ومكاملتها يتم عمل اعتيان لها كل فترة مقدارها 2 ميلي ثانية؛
 - مولد موجة التبديل للتحكم في كل من المفتاح RF 5 GHz ومزيلات التشكيل/المكاملات الثمان.
- وإجمالاً يتم قياس مقدار الست عشرة إشارة التي عرض كل منها 16,5 MHz كل 2 ميلي ثانية وترسل إلى محطة أرضية من خلال الوصلات الموجودة فضاء – أرض للشبكات الساتلية LEO-D في التردد 7 GHz أو 2,5 GHz.

الشكل 3

مقياس إشعاع بمصدر ضوضاء معايرة مزدوج



1427-03

ويشبه مقياس الإشعاع الجاري بحثه هنا المقياس الذي تم بحثه في الملحق 2 من حيث إن مولد موجة التبديل، والثمان مزيلات التشكيل/المقومات/مكاملات وكذلك مسار النقل للستة عشر قياساً رقمياً إلى الأرض كل 2 ميلي ثانية متماثلة في كل من المستقبلين. والاختلاف بين المقياسين يكمن في المنهجية التي تغذى بها الضوضاء المرجعية: ففي هذه الحالة تتم من خلال مقرن اتجاهي خطي بينما في الحالة المشروحة في الملحق 2 تغذى من خلال مفتاح خطي يغير الوضع بين الإشارة المدخلة والمصدر المرجعي كل 2 ميلي ثانية.

ويقوم مقياس الإشعاع بقياس الثمانية مخرجات من المقومات بصورة متزامنة $\{S_1, S_2, \dots, S_7, S_8\}$ في فترة 2 ميلي ثانية لا يتم خلالها إدخال مصدر الضوضاء المرجعية من خلال المفتاح والمقرن الاتجاهي. وفي فترة زمنية قدرها 2 ميلي ثانية التالية، يتم إضافة خرج مصدر الضوضاء المرجعية إلى دخل المستقبل 5 GHz من خلال وضع التوصيل للمفتاح ووجود المقرن الاتجاهي في الوصلة. وفي هذه الفترة الزمنية يقوم مقياس الإشعاع بقياس الثمانية مخرجات من المقومات $\{Y_1, Y_2, \dots, Y_7, Y_8\}$. ويتم تحويل الستة عشر قياساً الناتجين إلى تشكيل رقمي وإرساله للأرض لمزيد من المعالجة. وتكرر هذه العملية كل 2 ميلي ثانية. ويتم التحكم في توقيت وعمل كل جزء من أجزاء مقياس الإشعاع عن طريق مولد موجة التبديل.

3 معالجة خرج مقياس الإشعاع ذو المقرن الاتجاهي الخطي

يتم مع هذا المقياس إجراء مجموعة الثمانية قياسات المتزامنة $\{S_1, S_2, \dots, S_7, S_8\}$ في نفس الفترة الزمنية 2 ميلي ثانية التي تجرى فيها نفس القياسات في مقياس الإشعاع ذي المفتاح الخطي (انظر الملحق 2). وخلال فترة 2 ميلي ثانية التالية يكون المفتاح في وضع توصيل وتضاف ضوضاء المعايرة إلى الضوضاء الحرارية للوصلة الصاعدة والتداخل من RLAN. وفي هذه الفترة الزمنية الثانية، يتم إجراء الثمانية قياسات المتزامنة $\{Y_1, Y_2, \dots, Y_7, Y_8\}$. ويتم كل 50 ميلي ثانية تحويل الستة عشر قياساً هذه إلى تشكيل رقمي ويتم إرسالهم إلى الأرض على نحو ما تم بالنسبة لقياسات $\{S_1, S_2, \dots, S_7, S_8\}$ و $\{R_1, R_2, \dots, R_7, R_8\}$ كما هو موضح في الملحق 2. بيد أن الستة عشر رقماً $\{S_1, S_2, \dots, S_7, S_8\}$ و $\{R_1, R_2, \dots, R_7, R_8\}$ تتم معالجتها بصورة مختلفة.

ومرة ثانية يجب أن يظل زمن قياس مجموعة الستة عشر قياساً صغيراً كلاً ما أمكن، حوالي 2 ميلي ثانية بحيث لا يتغير كسب المكبر في الساتل بشكل ملموس. والخطوة الأولى في عملية معالجة البيانات على الأرض تكون بتحديد مقدار إشارات المعايرة في كل قناة من القنوات الثماني، باستخدام الصيغة الحسابية البسيطة التالية

$$(11) \quad C_i = Y_i - S_i, \quad \text{for } i = 4, 5, 6, 7, \text{ or } 8$$

حيث $\{C_i\}$ هي سويات إشارة المعايرة في موضع إجراء القياسات. ويمكننا تحديد سوية إشارة المعايرة C_0 عند نقطة إدخالها إلى المقرن الاتجاهي (انظر الشكل 3) من القياسات المتخذة قبل إطلاق الساتل، بحيث يمكن تحديد قيم الكسب G_i في كل قناة من القنوات الثماني خلال الفترة الزمنية 2 ميلي ثانية وقيم الكسب هذه كالتالي:

$$(12) \quad G_i = C_i / C_0, \quad \text{for } i = 4, 5, 6, 7, \text{ or } 8$$

ويمكن تحديد قيم الضوضاء الحرارية للقناتين 1 و 2، أو الضوضاء الحرارية زائد التداخلات في القنوات 4 و 5 و 6 و 7 و 8 بالرجوع إلى خرج هوائي الساتل 5 GHz مع إجراء الحسابات البسيطة التالية؛

$$(13) \quad Q_i = S_i / G_i, \quad \text{for } i = 1, 2, 4, 5, 6, 7, \text{ and } 8$$

ومتلما هو الحال في الحسابات الخاصة بمقياس الإشعاع المشروح في الملحق 2، يتم تحديد سويات الضوضاء الحرارية $\{M_i\}$ فقط في القناتين 1 و 2 بدلالة Q_1 و Q_2 في المعادلة (13). ويفترض ثانية أن سويات الضوضاء فقط في القنوات من 4 إلى 8 هي:

$$(14) \quad M_i = Q_1 + (i - 1) * \Delta$$

حيث إنه في هذه الحالة تكون:

$$(15) \quad \Delta = Q_2 - Q_1$$

ويمكن الآن تحديد التداخلات الإجمالية I_i على القنوات من 4 إلى 8 بالحسابات البسيطة التالية:

$$(16) \quad I_i = Q_i - M_i, \quad \text{for } i = 4, 5, 6, 7, \text{ and } 8$$

وهذه القيم عبارة عن سويات التداخل المشار إليها في الفقرة يقرر 3 من القرار 229 للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2003. ويمكن بسهولة تحديد النسب تداخل إلى ضوضاء المشار إليها في التوصية ITU-R S.1427 من الحسابات التالية:

$$(17) \quad (I/N)_i = I_i / M_i, \quad \text{for } i = 4, 5, 6, 7, \text{ and } 8$$

ويمكن التعبير عن $\{(I/N)_i, i = 4, 5, 6, 7, 8\}$ بدلالة القياسات $\{S_i\}$ و $\{Y_i\}$ بواسطة المعادلة:

$$(18) \quad (I/N)_i = \{(S_i/C_i) / \{(i - 1)(S_2 / C_2) - (i - 2)(S_1 / C_1)\}\} - 1$$

حيث إن الحدود $\{C_i\}$ يتم تحديدها بالمعادلة (11) بدلالة القيم المقاسة $\{S_i\}$ و $\{Y_i\}$. ويلاحظ أن الحد C_0 في المعادلة (12) لا يظهر في المعادلة الإجمالية (18) أو في المعادلة (11) مما يشير إلى أن التقديرات الخاصة بالنسب $\{(I/N)_i, i = 4, 5, 6, 7, 8\}$ لا تعتمد على قيمة C_0 .

ومرة ثانية يمكن إجراء هذه الحسابات البسيطة في المعادلات من (11) إلى (18) في الزمن الفعلي على الأرض بحاسوب سريع عند موضع استقبال إشارة الوصلة الهابطة في التردد 2,5 GHz أو 7 GHz. ويمكن بشكل تبادلي تخزين هذه القياسات لتوسيطها وإمكانية معالجتها ثانية في وقت لاحق. وميزة تخزين القياسات أنه يمكن إجراء حسابات مقارنة فيما بعد على القياسات المتكررة.

وتعتبر فترات القياس التي تبلغ كل منها 2 ميلي ثانية قصيرة جداً للحصول على كسب معالجة كاف $(B_T)^{0.5}$ لعمل تقديرات دقيقة للنسب تداخل إلى ضوضاء المحددة في المعادلة (17) أو بواسطة المعادلة (18). لذا فإن القيم المتحصل عليها من الحسابات أعلاه تعد تقديرات غير متحيزة للقيم المطلوبة، لذا فإنه يمكن إجراء مزيد من التوسيط على الأرض لتحقيق كسب كبير بما فيه الكفاية $(B_T)^{0.5}$ ومن ثم تقديم تقديرات ذات جزء عشوائي صغير بما فيه الكفاية. وثانية فإنه الحد الوحيد لعملية التكامل هذه أن المعلومات التي يجري قياسها تتغير كلما تحرك الساتل في مساره ومن ثم تتغير كل من الضوضاء القادمة من الأرض والتداخلات الإجمالية من RLAN.

4 الخطأ في القياسات $\{Si\}$ و $\{Yi\}$

لتحديد جذر متوسط تربيع الخطأ في التقديرات تتبع عملية مشابهة إلى حد كبير لتلك الموضحة في الفقرة 4 من الملحق 2. ولهذا لن يتم تكرار التفاصيل الأساسية المشتركة في كل من التحليلين. ويلاحظ أن:

- نصح القياس يقدم تقديرات غير متحيزة لكل من $\{Si\}$ و $\{Yi\}$ والنسبة $\{(I/N)i\}$ ومن ثم يجد التوسيط من أي أخطاء عشوائية أو نظامية في النسبة $\{(I/N)i\}$ ؛
 - درجة حرارة الضوضاء للحد $\{Si\}$ حوالي 550 K ولكن عند إضافة مصدر الضوضاء المرجعية عند مدخل المستقبل تكون درجة حرارة الضوضاء للحد $\{Yi\}$ حوالي 750 K. وتؤخذ هذه الحقيقة في الاعتبار عند تحديد تقديرات النسبة $\{(I/N)i\}$ من خلال المعادلة (11)، ولكنها تؤخذ في الاعتبار أيضاً هنا عند تحديد قيم جذر متوسط تربيع الخطأ في $\{(I/N)i\}$.
- ومتلما هو الحال في الفقرة 4 من الملحق 2، يتم تحديد جذر متوسط تربيع الخطأ في الحدود $\{(I/N)i\}$ في الحالة التي يكون فيها زمن التكامل ξ في الساتل 25 مليلي ثانية وعدد البتات η عند خرج المحول A/D يساوي 12. ويمكن الحصول على جذر متوسط تربيع الخطأ نتيجة للتقويم والتكامل للمتغيرات العشوائية $\{Si\}$ و $\{Yi\}$ بواسطة المعادلة (8) أعلاه وجذر متوسط تربيع الخطأ نتيجة للتقدير الكمي يتم تحديدها بواسطة المعادلة (9).

وبنفس طريقة اشتقاق جذر متوسط تربيع الخطأ للحدود $\{Si\}$ و $\{Yi\}$ في الملحق 2، يتم هنا تحديد جذر متوسط تربيع الخطأ في $\{Si\}$ و $\{Yi\}$ بواسطة المعادلتين (8) و (9). وجذر متوسط تربيع الخطأ نتيجة للتقويم والتكامل يساوي القيمة المتوقعة لهذه الحدود مقسومة على $(B \xi)^{0.5}$ ، أو $(16.5 \times 10^6 \times 25 \times 10^{-3})^{0.5}$ أو 642. والتقدير الكمي لجذر متوسط تربيع الخطأ للحدود $\{Si\}$ و $\{Yi\}$ يساوي القيمة المتوقعة لهذه الحدود مقسومة على $2^{(12 - 0.5)}$ أو 2896. وجذر متوسط تربيع الخطأ في $\{Si\}$ و $\{Yi\}$ يساوي جذر مجموع مربعات هذين الحدين، والقيمة المتوقعة في حدود مضاعفات المقدار 0,00159. والقيمة المتوقعة للحدود $\{Si\}$ تساوي نحو 550 K وبالتالي فإن جذر متوسط تربيع الخطأ في هذه الحدود عند استخدام زمن تكامل قدره 25 ميلي ثانية ومحول A/D بعدد بتات قدرها 12 بته يساوي 0,87 K. والقيمة المتوقعة للحدود $\{Yi\}$ تساوي نحو 750 K ومن ثم يكون جذر متوسط تربيع الخطأ في هذه الحدود يساوي 1,19 K.

وجذر متوسط تربيع الخطأ في الحدود $\{Ci\}$ عبارة عن جذر مجموع مربعات قيم جذر متوسط تربيع الخطأ للقيم Si و Yi المناسبة على النحو المحدد في المعادلة (11). وتكون هذه القيم لجذر متوسط تربيع الخطأ للحدود $\{Ci\}$ بعد التكامل والتقدير الكمي في الساتل 1,74 K أو 0,00737 من قيمها المتوقعة البالغة 200 K. وقيم جذر متوسط تربيع الخطأ للحدود $\{Si/Ci\}$ أو $\{1/\{(Yi/Si)-1\}\}^{-1}$ في المعادلة (18) هي نفسها حيث تساوي 0,00737 من قيمها المتوقعة.

ويعتمد جذر متوسط تربيع الخطأ في $\{(I/N)i, i = 4, 5, 6, 7, 8\}$ على القيمة "i" على النحو المشار إليه في المعادلة (18). ويمكن تحديد هذه القيم لجذر متوسط تربيع الخطأ كدالة في القيم المتوقعة للحدود $\{(I/N)i\}$ استناداً إلى العلاقة:

$$\begin{aligned} \text{Var } \{(I/N)i\} &= \text{Var } (Zi) + (i-1)^2 * \text{Var } (Z_2) + (i-2)^2 * \text{Var } (Z_1) \\ &= \text{Var } (Zi) * \{1 + (i-1)^2 + (i-2)^2\} \end{aligned} \quad (19)$$

حيث Zi تعرف بأنها مساوية للحد $\{Si/Ci\}$ في المعادلة (18). (الحدان Z_1 و Z_2 عبارة عن Zi مع افتراض $i = 1$ و 2 على التوالي). ويلاحظ أن المعادلة (19) لها نفس الشكل المعادلة (10) على الرغم من أن القيمة 0,00737 مضروبة في جذر متوسط تربيع الخطأ في الحدود $\{Zi\}$ في المعادلة (19) أكبر إلى حد ما من المقدار 0,00226 مضروباً في جذر متوسط تربيع الخطأ في الحدود $\{Xi\}$ للمعادلة (10). وترجع هذه الزيادة إلى أن الضوضاء من مصدر الضوضاء المرجعية تضاف عند تصميم مقياس الإشعاع هذا بدلاً من إلغاء الضوضاء من هوائي الدخل في مقياس الإشعاع المشروح في الملحق 2 وما يترتب على ذلك من حسابات تالية ضرورية لتنفيذ هذا المقياس.

وكما تم مناقشته في الملحق 2، فإن التباير في (I/N) يكون دالة في رقم القناة i ونتيجة لتقدير Ni بواسطة المعادلتين (14) و (15)

الجدول 3

قيم جذر متوسط تربيع تقديرات قيم I/N في القنوات من 4 إلى 8

النسبة المئوية لجذر متوسط تربيع الخطأ في $(I/N)i$	جذر متوسط تربيع الخطأ في $(I/N)i$	التغير في $(I/N)I$	الترجيح	القناة
2,75	0,02758	0,00076	14	4
3,75	0,03758	0,00141	26	5
4,78	0,04776	0,00228	42	6
5,80	0,05803	0,00337	62	7
6,83	0,06835	0,00467	86	8

وقيم جذر متوسط تربيع الخطأ في تقديرات $\{(I/N)i, i = 4, \dots, 8\}$ باستخدام مقياس الإشعاع المشروح في هذا الملحق على نفس الدرجة بالنسبة للحد 3% في I/N ، لذا فإن الأمر يحتاج إلى مزيد من التوسيط على الأرض. وكما ورد في الفقرة 4 من الملحق 2، فإن توسيط النتائج على الأرض من شأنه أن يقلل جذر متوسط تربيع الخطأ في النتائج بجوالي الجذر التربيعي لعدد العينات الخاضعة للتوسيط. فإذا كانت تتابعات التقديرات الأولية يتم توسيطها لمدة 10 ثوانٍ على نحو ما تم مناقشته في الملحق 2، مما ينتج عنه متوسط لعدد 200 عينة، وقيم جذر متوسط تربيع الخطأ الواردة في الجدول 3 سيتم خفضها بمعامل قدره 14. ويبين الجدول 4 عملية التوسيط على الأرض هذه. كما يرد في الجدول 4 عملية توسيط لمدة 30 ثانية مع استخدام 600 عينة لتقليل جذر متوسط تربيع الخطأ بمعامل قدره 25.

الجدول 4

تأثير توسيط التقديرات الأولية للنسبة $(I/N)i$ لمدة 10 ثوانٍ و30 ثانية

النسبة المئوية لجذر متوسط تربيع الخطأ في $(I/N)i$ بعد إجراء عملية التوسيط على الأرض لمدة 30 ثانية	النسبة المئوية لجذر متوسط تربيع الخطأ في $(I/N)i$ بعد إجراء التوسيط على الأرض لمدة 10 ثوانٍ	النسبة المئوية لجذر متوسط تربيع الخطأ في $(I/N)i$ قبل إجراء عملية التوسيط على الأرض	القناة
0,110	0,197	2,75	4
0,150	0,268	3,75	5
0,191	0,341	4,78	6
0,232	0,414	5,80	7
0,273	0,488	6,83	8

وكما يتبين من الجدول 4، يمكن خفض جذر متوسط تربيع الخطأ في القياسات غير المتحيزة لقيم $\{(I/N)i, i = 4, \dots, 8\}$ بشكل كبير عن طريق التوسيط على الأرض للتقديرات الأولية المستندة إلى توسيط القياسات في الساتل لمدة 25 ثانية ويلاحظ أن الساتل يتحرك في فترة 10 ثوانٍ مسافة 72 كم وفي فترة 30 ثانية مسافة 616 كم؛ وهناك حد لمدى التوسيط للنتائج مع مرور الوقت وذلك لأن التداخل الفعلي الذي يلمسه الساتل يتغير كلما تحرك الساتل تحركاً ملموساً. ونظراً لخصائص الكسب الشامل لهوائي LEO-D، فإن التوسيط على الأرض خلال فترة 30 ثانية يعتبر مجدياً حيث ينتج عنه نتائج لها جذر متوسط تربيع خطأ أصغر كثيراً من قيمة 3% من إجمالي النسبة $\Delta T_{satellite}/T_{satellite}$ المحددة في الفقرة توصي 2 من هذه التوصية.