

* التوصية ITU-R M.828-2

تعريف تيسر دارات الاتصالات الراديوية
في الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS)

(المسألة ITU-R 85/8)

(1992-1994-2006)

مجال النطاق

تعرف هذه التوصية التيسر الزمني لدارات الاتصالات الراديوية في الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) لكي يكون دليلاً للمصممين والمخططين، ويوفر قاعدة لمعايير التداخل.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن تيسر دارات الاتصالات الراديوية في الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) يحتاج إلى تعريف كي يكون دليلاً للمصممين والمخططين وكي يوفر قاعدة لمعايير التداخل؛

ب) أن النهج المستخدم لتعريف التيسر في الخدمة الساتلية الثابتة لا يمكن تطبيقه على دارات الاتصالات الراديوية في الخدمة المتنقلة الساتلية لأن دارات الخدمة المتنقلة الساتلية تقام عادة على أساس طلب تخصيص، ضمن أمور أخرى؛

ج) أن تيسر وصلة الخدمة يعتمد ضمن أمور أخرى على موقع المحطة الأرضية المتنقلة (MES)، عند البحث عن دارات اتصالات راديوية وأثناء مدة الاتصال؛

د) أنه أحياناً ما تستخدم مكونات النظام المختلفة لتنفيذ النظام والاتصالات؛

هـ) أن تيسر التجهيزات (بما في ذلك المحطة الفضائية) يتوقف على الاعتمادية والأداء والبقاء؛

و) أن التأثيرات المشتركة لتيسر التجهيزات وقنوات الانتشار، هي التي تحدد مدى تيسر دارات الاتصالات الراديوية،

توصي

1 بأن يعرف التيسر الإجمالي لدارات الاتصالات الراديوية على أساس تيسر النفاذ والاتصالات وذلك بالاستناد إلى مدى تيسر المكونات (انظر الملاحظة 1) والتي تحتوي على قناة النفاذ ودارات الاتصالات الراديوية كما يلي:

- محطة فضائية؛
- مسير راديوي لوصلة التغذية ووصلة الخدمة بشرط أن يكون في خط البصر (انظر الملاحظة 2)؛ و
- محطات أرضية (يجب أن تتضمن المحطات الأرضية المحطات الأرضية البرية (LES) والمحطات الأرضية المتنقلة (MES) والمحطات الأرضية الأخرى المتصلة بها)؛

* يجب أن تُرفع هذه التوصية إلى عناية لجنتي الدراسات 12 و 13 التابعتين لقطاع تقييس الاتصالات.

2 بأن يعرف تيسر دارات الاتصالات الراديوية في الخدمات المتنقلة الساتلية في العبارة التالية:

$$\text{التيسر} = (100 - \text{عدم التيسر}) (\%)$$

حيث يمثل عدم التيسر النسب المئوية التراكمية لمدد انقطاع الاتصال في الدارة بسبب كل المكونات. وتمثل العبارة التالية عدم التيسر تمثيلاً تقريبياً في الأنظمة المتنقلة الساتلية (انظر الملاحظة 3):

$$\begin{aligned} \text{عدم التيسر} &= \text{عدم التيسر (محطة فضائية)} + \\ &+ \text{عدم التيسر (مسير راديوي)} + \\ &+ \text{عدم التيسر (محطة أرضية)} \quad (\text{انظر الملاحظة 4}) \end{aligned}$$

حيث يحتسب عدم تيسر كل من المكونات بموجب الصيغة التالية:

$$\text{عدم التيسر (مكونة)} (\%) = (100 - \text{التيسر (مكونة)}) (\%).$$

ويمثل التيسر (المكونة) تيسر كل مكونة من المكونات ويحتسب بواسطة المعادلة التالية:

$$A = \frac{(\text{مدة التشغيل المجدولة}) - (\text{فترة انقطاع الدارة})}{(\text{مدة التشغيل المجدولة})} \times 100 (\%)$$

حيث تعرف مدة التشغيل المجدولة بأنها المدة الزمنية التي يحتاج أثناءها المستعمل إلى دارة تكون في وضع يسمح لها بأن تؤدي وظيفة ذات سوية محددة من الجودة؛ بينما تعرف مدة انقطاع الدارة بالمدة الزمنية التي تمر أثناءها دارة الاتصال بإحدى الحالات التالية لأكثر من 10 ثوانٍ متتالية. (تبدأ مدة انقطاع الدارة عندما تستمر إحدى الحالات التالية لمدة 10 ثوانٍ متتالية. ويبدأ عدم تيسر الدارة عند بدء فترة مدتها 10 ثوانٍ. وتنتهي مدة انقطاع الدارة عند توقف نفس هذه الحالة لمدة 10 ثوانٍ. ويستأنف تيسر الدارة عند بدء فترة عدم الانقطاع لمدة 10 ثوانٍ):

- تعذر إنشاء دارة الاتصالات الراديوية؛
- تعذر استقبال الإشارة المطلوبة الداخلة في طرف من القناة عند الطرف الآخر؛
- في حالة دارة من نمط تماثلي، تتجاوز قدرة الضوضاء غير المرجحة وذات التقدير الشخصي المكافئ القيمة المحددة وذلك في الدارة الهاتفية الافتراضية المرجعية (HTRC) (التوصية ITU-R M.547)؛
- في حالة دارة من نمط رقمي، تحدث نسبة خطأ للبتات (BER) في المعلومة أعلى من القيمة المحددة وذلك في المسير الرقمي الافتراضي المرجعي (HRDP) (التوصية ITU-R M.827)؛

3 بأنه ينبغي الرجوع إلى الإشارات الواردة في الملحق 1 لهذه التوصية عند تحديد مكونات النظام الملائمة الواجب إدراجها في تعريف التيسر.

4 بأن تُعتبر الملاحظات التالية جزءاً من التوصية.

الملاحظة 1 - تشير المكونة إلى مكونة وحيدة أو مجموعة من المكونات في تشكيلة إطناب.

الملاحظة 2 - يجب أن تحتوي شروط خط البصر الأحداث الأيونوسفيرية والتروبوسفيرية والخبو متعدد المسارات. عادة ما يجب استبعاد ظواهر التعتيم الحاد والمتواصل من المتطلبات بينما يجب مراعاته عند تصميم النظام. وفي حالة الخدمة المتنقلة البرية الساتلية (LMSS) يجب إدراج التعتيم الخفيف الناجم عن الأشجار والأوراق إلخ، في حساب التيسر.

الملاحظة 3 - يفترض أن إحصائيات التيسر للمحطات الفضائية والأرضية والمسير الراديوي مستقلة.

الملاحظة 4 - يجب إدراج المحطات الأرضية المتنقلة والمحطات الأرضية البرية ومحطات أرضية أخرى متصلة بها.

الملاحظة 5 - لا تسري هذه التوصية على الخدمة المتنقلة الساتلية للطيران (R) (AMS(R)S) التي يحتاج مجال تيسر الدارة فيها إلى المزيد من الدراسة.

الملحق 1

تيسر دارات الاتصالات الراديوية في الخدمة المتنقلة الساتلية

1 المقدمة

ينبغي تعريف تيسر الاتصالات الراديوية في الخدمة المتنقلة الساتلية كي يكون دليلاً للمصممين والمخططين وصانعي المعدات، مما يوفر للمستعمل معياراً ملائماً. وفي سياق اشتقاق فلسفة مقترحة لمعايير التيسر، لا بد من تحديد الفوارق بين الخدمة المتنقلة الساتلية والخدمة الثابتة الساتلية. ومع ذلك رُئي أن مفهوم تيسر الخدمة المتنقلة الساتلية ينبغي أن يكون متوافقاً، قدر المستطاع، مع المفاهيم المماثلة التي اعتمدت للخدمة الثابتة الساتلية ولأنظمة المرحلات الراديوية. ويتمثل النهج المتبع في هذه التوصية في دراسة العوامل التي يمكن تطويعها من خلال التخطيط الملائم للأنظمة وتصميم المعدات، وإجراءات الصيانة.

2 التعريفات العامة والفلسفة

1.2 تعريف تيسر الدارة

سيعتمد تيسر دارات الاتصالات الراديوية في الخدمة المتنقلة الساتلية على تيسر الأهداف المحددة لكل جزء من مكونات الدارة. وتتناول هذه التوصية أهداف التيسر للقطاع الفضائي وللمعدات ومحطة الأرض والوظائف الفرعية، وللمسارات الراديوية بين المحطات الساتلية ومحطات الأرض. وهكذا يتسنى تحديد التيسر العام لدارة الاتصالات الراديوية. ويمكن اشتقاق تيسر الدارة (A) في الخدمة المتنقلة الساتلية من مدة ومعدل حدوث الانقطاعات في أجزاء مكونات الدارة، ويمكن تعريفه على النحو التالي:

$$A = \frac{\text{مدة التشغيل الجدولة} - \text{(فترة انقطاع الدارة)}}{\text{مدة التشغيل الجدولة}} \times 100 (\%)$$

حيث تعرف مدة التشغيل الجدولة للمكونات بأنها المدة الزمنية التي يحتاج أثناءها المستعمل إلى دارة تكون في وضع يمكنها من أداء وظيفة مطلوبة وفقاً لمستوى أداء معين؛ وتعرف مدة انقطاع الدارة بأنها المدة الزمنية التي تواجه فيها دارة الاتصالات إحدى الحالات التالية لأكثر من عشر ثوان متتالية (تبدأ مدة انقطاع الدارة عندما تستمر إحدى الحالات التالية لمدة 10 ثوان متتالية. ويبدأ عدم تيسر الدارة عند بدء فترة الثواني العشر التي يحدث فيها الانقطاع. وتنتهي مدة انقطاع الدارة عندما تنتهي هذه الحالة ذاتها طوال عشر ثوان متتالية. ويُستأنف تيسر الدارة عند بداية فترة الثواني العشر التي لا يتخللها انقطاع):

- تعذر إقامة دارة الاتصالات الراديوية؛
 - تعذر استقبال الإشارة المطلوبة الداخلة في طرف من القناة عند الطرف الآخر؛
 - في حالة دارة ذات نمط تماثلي، تتجاوز قدرة الضوضاء غير المرجحة وذات التقدير الشخصي المكافئ الفترة الزمنية المحددة وذلك في الدارة الهاتفية المرجعية الافتراضية (HTRC) (التوصية ITU-R M.547)؛
 - في حالة دارة ذات نمط رقمي، تحدث نسبة خطأ للبتات في المعلومة أعلى من القيمة المحددة وذلك في المسير الرقمي المرجعي الافتراضي (HRDP) (التوصية ITU-R M.827).
- وعندما يطبّق مفهوم التيسر على فرادى مكونات الدارة، لا سيما على المعدات في المحطات البرية للأرض (LES) والمحطات المتنقلة للأرض (MES)، يمكن تعريف التيسر لأجزاء المكوّن (A') على أساس متوسط الوقت بين الانقطاع (MTBF) ومتوسط الوقت حتى الإصلاح (MTTR)، على النحو التالي:

$$A' = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 (\%)$$

وعند النظر في تيسر الدارات الهاتفية، يمكن استخدام المسير الرقمي المرجعي الافتراضي (انظر على سبيل المثال التوصية ITU-R M.827).

وينبغي أن يشمل الوقت الذي لا تيسر فيه دارة الاتصالات الراديوية التأخر في إقامة النداء الناجم عن أعطال في نظام التشوير الساتلي¹ والأعطال في قناة التشوير من LES إلى MES أو قناة النفاذ العشوائي من MES إلى LES أو قناة التشوير من LES إلى MES، حسب الحالة، بسبب ظروف انتشار غير مواتية على المسيرات الراديوية قد تؤدي إلى فشل النداء.

2.2 تعريف الانقطاع

تقدم تعاريف لانقطاع المهاتفة والبرق في الأقسام التالية. وبالنظر إلى اختلاف طبيعة هذه الخدمات، فقد يقتضي الأمر معايير مختلفة بشأن تيسر كل منها، وهي مسألة تحتاج إلى مزيد من الدراسة. وسيرد أدناه دراسة لانقطاعات قنوات المعطيات أيضاً.

1.2.2 المهاتفة

يتمشى التعريف التالي لانقطاع الدارات الهاتفية في الخدمة المتنقلة الساتلية مع التعريف المقترح للخدمة الثابتة الساتلية:

وتعتبر الدارة الهاتفية في الخدمة المتنقلة الساتلية منقطعة إذا حاقت أحد الظروف التالية بقناة لمدة عشر ثوان متتالية:

- الإشارة المطلوبة التي تدخل في طرف من القناة لا تُستقبل في الطرف الآخر؛
- في حالة إرسال تماثلي، تتجاوز في قدرة الضوضاء غير المرجحة وذات التقدير الشخصي المكافئ في الدارة الهاتفية يبلغ 10^{-6} pW0p.
- في حالة إرسال رقمي، حدوث نسبة خطأ في البتات أسوأ من 10^{-2} .

ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات عن تيسر دارات المهاتفة في التوصية ITU-T G.821.

¹ ينبغي تصميم قنوات التشوير لكي تتوافر فيها درجة عالية جداً من الموثوقية بحيث تكون آثار الانقطاع ضئيلة للغاية بالمقارنة بالأسباب الأخرى المحتملة لانقطاعات دارات الاتصالات الراديوية.

2.2.2 البرق

اقترح التعريف التالي لانقطاع دارات البرق:

تُعتبر دائرة توكس في الخدمة المتنقلة الساتلية منقطعة إذا ظهر أخطاء في السمات N في فترة زمنية تقل عن $1,5 N$ s، حيث تتراوح N بين 10 و20.

وهذا التعريف يتيح وقتاً كافياً للقياس والدقة، ومراعاة معدلات أخطاء السمات بمعدل خطأ واحد في عشر سمات.

ويعتبر مشغلو المحطة الأرضية الساحلية الحبو الذي يتراوح بين 5 إلى 6 dB في المسير الراديوي بمثابة انقطاع. واستمرار حدوث هذا الانقطاع سيدفع مشغل LES إلى تحويل الحركة إلى موجة حاملة احتياطية.

3.2.2 المعطيات

سيعتمد تعريف الانقطاع على معدل البتات المعتمد للخدمة، ومعدل الأخطاء المطلوب وتوزيع الأخطاء. ويتطلب تيسر قنوات المعطيات دراسة إضافية.

4.2.2 انقطاع عناصر النظام

ترد فيما يلي تعريف لانقطاعات عناصر النظام التي قد تؤدي إلى توقف الخدمة:

- انقطاع في الجزء الفضائي

وهو أي انقطاع يتجاوز عشر ثوان متتالية يُعزى مباشرة إلى سائل التشغيل.

- انقطاع في محطة مراقبة الشبكة

وهو أي انقطاع في الوظائف الحيوية لمراقبة الشبكة، مثل المقدرة على معالجة فقد النداء، يتجاوز عشر ثوان متتالية ويؤثر على المحطة الأرضية البرية.

- انقطاع في الشبكة

وهو أي انقطاع في الخدمات لفترة تتجاوز عشر ثوان متتالية يؤثر على جميع المحطات الأرضية البرية في منطقة محيطية، وينجم عن ظاهرة انتشار معاكسة أو إشارات مسببة للتداخل في قنوات التحكم الأوتوماتي في التردد (AFC) وقنوات الطلب أو تعدد الإرسال بتقسيم الزمن في المحطة الأرضية البرية أو في التردد المشترك لتعدد الإرسال بتقسيم الزمن.

- انقطاع في المحطة الأرضية الساحلية

وهو أي توقف كامل في جميع القنوات الهاتفية أو جميع قنوات التلكس أو كليهما لمدة تتجاوز عشر ثوان متتالية، أو أي توقف مناظر للمقدرة على معالجة النداءات لمدة تتجاوز دقيقة واحدة يعزى مباشرة إلى المحطة الأرضية الساحلية.

3.2 وقت التشغيل المُجدول

تنطبق معايير التيسر المقترحة للخدمة الثابتة الساتلية على تيسر الدارات العاملة طول الوقت (المهاتف والتلفزيون)، حيث يكون وقت التشغيل الجدول ممانلاً للوقت التقويمي. وفي الخدمة المتنقلة الساتلية البحرية، سيجري تشغيل قنوات التشوير/البرق من سفينة إلى أخرى على أساس الوقت الكامل، بمعنى أن تنشيط الموجات الحاملة سيستمر بصفة دائمة، ولكن تنشيط قنوات الهاتف وقنوات الهاتف/التشوير التي ترسلها الخدمات الأرضية المتنقلة سيستمر أثناء مدة النداء فقط.

ولا يتأثر تيسر التجهيزات في المحطات الأرضية البرية والمحطات الأرضية المتنقلة تأثيراً كبيراً نتيجة لطبيعة الخدمة المتنقلة الساتلية القائمة على الطلب (بالمقارنة بتيسر التجهيزات المتماثلة أساساً العاملة على موجات حاملة يجري تنشيطها بصفة دائمة). ومن ثم فإن وقت التشغيل الجدول معادل للوقت التقويمي بالنسبة إلى جميع التجهيزات.

4.2 العوامل التي تؤثر في التيسر

سيعتمد التيسر العام في دارات الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) على معايير التيسر المعتمدة لما يلي:

- قطاع الفضاء، بما في ذلك التجهيزات الساتلية، وتأثيرات المناورات الساتلية وتوفير السواتل الاحتياطية؛
 - تجهيزات المحطة الأرضية البرية، بما في ذلك تأثيرات الظواهر الطبيعية على أداء التجهيزات (مثل السطح البيئي للشمس والكوارث الطبيعية)، وتأثيرات الخطأ البشري؛
 - تجهيزات المحطة الأرضية المتنقلة، بما في ذلك تأثيرات الظواهر الطبيعية على أداء التجهيزات (مثل تداخل الشمس والظروف البيئية، وتأثيرات الخطأ البشري)؛
 - الوظائف الفرعية، مثل تلك التي تؤديها مراقبة المحطات الأرضية (مثل مراقبة التردد ومراقبة القدرة وتخصيص القنوات)؛
 - وصلات التردد الراديوي نحو الأمام والعودة، لا سيما تأثيرات التوهين والضوضاء الزائدة الناشئة عن الأعطال، وتأثيرات الخبو المتعدد المسيرات، وتأثيرات التداخل الذي قد تسببه خدمات الأرض والخدمات الفضائية.
- وعلى الرغم من ذلك فليس بالإمكان عملياً مراعاة جميع الاحتمالات المذكورة أعلاه عند الإقدام على تحديد واقعي لأهداف التيسر.

5.2 تأثير الظواهر الطبيعية أو الخارجية

لأغراض هذه التوصية، تصنّف الانقطاعات على النحو التالي:

- الانقطاعات المتوقعة: وهي إما توقعات لإصلاح أعطال غير كارثية، قد يكون من المخطط لها أن تحدث في وقت ما والتي يمكن تحملها لفترات قصيرة نسبياً (مثل أعطال التجهيزات وخبو الانتشار)، أو انقطاعات مجدولة من المعروف أنها تحدث في أوقات معينة (مثل أنواع من الصيانة الوقائية للتجهيزات، والتداخل الذي تُحدثه الشمس في المحطات الأرضية الساحلية)؛
 - الانقطاعات غير المتوقعة: وهي الانقطاعات التي لا يمكن التنبؤ بحدوثها أو مدتها، ويمكن أن تسبب أعطالاً لفترات ممتدة (مثل الكوارث الطبيعية من قبيل الزلازل أو الرياح العاتية أو الأحوال البحرية بالغة الشدة، وتأثير العرقلة الطبيعية الناشئة عن الحجب الذي تحدثه الجبال على سبيل المثال).
- وفيما يتعلق بالمحطات الأرضية البرية والمحطات الأرضية المتنقلة، رئي أن الانقطاعات الناجمة عن ظروف غير متوقعة ينبغي استبعادها من اعتبارات التيسر، وينبغي فقط مراعاة الانقطاعات المتوقعة. وعلاوة على ذلك، ينبغي تجاهل الانقطاعات المتوقعة التالية في حالة تجهيزات المحطات الأرضية المتنقلة:

1.5.2 الانقطاعات الناجمة عن تداخل الشمس

في حالة المحطات الأرضية الثابتة، يمكن توقع أعطال ناشئة عن الضوضاء المفرطة على المسير الهابط عندما تعبر أشعة الشمس حزمة الهوائي: وستتوقف مدة الانقطاع على مواقع فرادى المحطات، ولكن الانحطاط سيحدث طوال حوالي 30 دقيقة في فترة تتراوح بين 3 و4 أيام، مرتين سنوياً. ومن ثم فإنه يمكن تقليل الآثار السلبية على الخدمة إلى الحد الأدنى عن طريق وضع الترتيبات لتوجيه الحركة عبر مسيرات بديلة. ينطبق هذا الوضع على المحطات الأرضية المتنقلة. ولنأخذ على سبيل المثال محطة أرضية على متن سفينة، سيتوقف تداخل الشمس على مسار السفينة، والذي يختلف من سفينة إلى أخرى، ومن ثم فإنه يمكن أن تواجه سفن معينة هذه الظاهرة عدة مرات في السنة. وستكون فترة التداخل أطول منها في حالة المحطات الأرضية البرية بسبب اتساع عرض الحزمة نسبياً لهوائي المحطة الأرضية المتنقلة، على الرغم من أن الانحطاط في درجة حرارة ضوء المستقبل ستكون أقل حدة.

2.5.2 الانقطاعات الناجمة عن سوء الأحوال المناخية

في حالة المحطات الأرضية على متن السفن، تصمم التجهيزات بحيث تكون قادرة على تحمّل سوء الأحوال البيئية مثل تقلبات درجة الحرارة والرطوبة والأهطال والرياح وحركات السفن.

وتوفر قبة هوائي الرادار حماية إضافية لتجهيزات السطح العلوي للسفينة، ولكن معظم السفن تواجه في بعض الأحيان ظروفًا مناخية صعبة يتعذر معها تشغيل التجهيزات مثل عدم القدرة على استبقاء اتجاهية الهوائي بالنظر إلى الأحوال الناجمة عن ارتفاع أمواج البحر. ولذ رُئي أن مثل هذه الانقطاعات لا ينبغي إضافتها إلى تقييم التيسر الأقصى للسفينة، على الرغم من أنه ينبغي ألا تثبط عزائم صناع السفن ومخططي الأنظمة فيما يتعلق بتقصي الوسائل الكفيلة باستبقاء الحد الأقصى لتشغيل السفينة في أسوأ الظروف.

3.5.2 الانقطاعات الناجمة عن تأثيرات توقف الهوائي

قد يحدث في بعض الأحيان أن ينسد مسير الانتشار الراديوي بين الخدمة الأرضية المتنقلة والساتل. وقد يعزى ذلك إلى وجود نباتات أو مباني على مقربة من الخدمة الأرضية المتنقلة.

وينبغي بوجه عام استبعاد التظليل الثقيل من الشروط ولكن ينبغي أن يؤخذ في الاعتبار في تصميم النظام. وفي حالة الخدمة المتنقلة ينبغي إدراج التظليل الخفيف الراجع إلى الأشجار وأوراق النبات وما إلى ذلك في حساب التيسر.

وفي حالة المحطات الأرضية على متن السفن، قد ينشأ الانسداد عن بعض أجزاء الهيكل العلوي للسفينة. وعلى الرغم من أنه ينبغي تشجيع أصحاب السفن والصانعين على إقامة محطات أرضية على متن السفن في مواقع من شأنها أن تقلل احتمال انسداد الهوائي إلى أدنى حد، فإن مثل هذه المواقع قد لا تتاح في جميع الأحوال. ويُقترح من ثم استبعاد هذه الأعطال من معايير التيسر.

6.2 قياس تيسر الدارة

وإذا أخذت الاستثناءات المذكورة في الفقرة 5.2 أعلاه بعين الاعتبار، ينبغي استخدام الصيغة التالية لقياس دارة الاتصالات الراديوية في الخدمة المتنقلة الساتلية:

$$A = \frac{T_s - (T_{sat} + T_1 + T_2 + T_{LES} + T_{MES} + T_{aux})}{T_s} \times 100 (\%)$$

حيث:

T_s : وقت التشغيل الجدول؛

T_{sat} : الوقت التراكمي لانقطاعات الدارة الناشئة عن أعطال الساتل؛

T_1 : الوقت التراكمي لانقطاعات الدارة الناشئة عن المسير الراديوي بوصلة صوب الأمام

$$(أي: $T_1 = T_{LES-sat} + T_{sat-MES}$)$$

حيث:

$T_{LES-sat}$ تشير إلى الخدمة الأرضية البرية إلى الوصلة الساتلية،

و $T_{sat-MES}$ تشير إلى الوصلة بين الساتل والخدمة الأرضية المتنقلة؛

T_2 : الوقت التراكمي لانقطاعات الدارات الناشئة عن عوامل على المسير الراديوي لوصلة العودة

$$(أي: $T_2 = T_{MES-sat} + T_{sat-LES}$)$$

حيث:

$T_{MES-sat}$ تشير إلى الوصلة بين MES والساتل،

و $T_{sat-LES}$ تشير إلى الوصلة بين الساتل والمحطة الأرضية البرية؛

T_{LES} : الزمن التراكمي للانقطاعات الناجمة عن أعطال تجهيزات محطة الخدمة الأرضية البرية والمقدرة على الاتصالات؛

T_{MES} : الزمن التراكمي للانقطاعات الناجمة عن أعطال التجهيزات الطرفية للخدمة الأرضية المتنقلة والمقدرة على الاتصالات؛

T_{aux} : الزمن التراكمي لانقطاعات الدارة الناجمة عن أعطال الوظائف الفرعية في محطات التحكم الأرضية المنفصلة.

وفي حالة وقوع حدثين أو أكثر في آن معاً، ينبغي ألا يؤخذ في الاعتبار سوى الانقطاع الأطول زمنياً.
