التوصيـــة ITU-R BT.1789

طريقة لإعادة بناء تتابع فيديوي مستقبَل باستخدام معلومات أخطاء البث في إرسال فيديوي بالرزم

(المسألتان ITU-R 44/6 وITU-R 109/6)

(2007)

مجال التطبيق

تحدد هذه التوصية طريقة تتيح لمزوّد الخدمة إعادة بناء تتابع فيديوي مستقبَل من أجل مراقبة نوعية البث الفيديوي في مستقبِل يستخدم معلومات عن أخطاء البث لأغراض الإرسال الفيديوي بالرزم. وتنطبق هذه التوصية على الخدمات الفيديوية التي توفر اتصالات رقمية في اتجاهين.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن التقييم التقليدي للنوعية الفيديوية يضطلع به عدد من المقيِّمين على أساس شخصي؛

ب) أن الاختبار الشخصي على الرغم من اعتباره الطريقة الأكثر دقة له مساوئ كثيرة من حيث طول الوقت وارتفاع التكاليف؛

ج) أن من المستحسن أن يراقب مزود الخدمة نوعية الإرسال الفيديوي في المستقبِل؛

د) أن بعض الطرائق الموضوعية لقياس النوعية الفيديوية تتطلب عرض نطاق إضافي لمعلمات الإرسال؛

هـ) أن عرض النطاق مورد ثمين مرتفع التكلفة في العديد من خدمات الوسائط المتعددة؛

و) أن مسيرات الاتصالات في معظم تطبيقات الوسائط المتعددة ستصبح رقمية بالكامل؛

ز) أن أخطاء الإرسال وآثارها على التتابع الفيديوي المستقبَل سهلة التحديد عندما ترسل البيانات الفيديوية في رزم؛

ح) أن أحد أنماط المستقبلات قادر على كشف حدوث أخطاء الإرسال؛

ط) أن المستقبِل قادر على إرسال معلومات أخطاء الإرسال هذه إلى رأس الشبكة[1] في بعض التطبيقات متعددة الوسائط المزودة بقناة عودة،

وإذ تلاحظ

أ) أنه بإمكان رأس الشبكة أن تراقب النوعية الفيديوية المستقبلة مراقبة فعالة من خلال التتابع الفيديوي المعاد بناؤه والمعلومات الأخرى المتوفرة بما فيها التتابع الأصلي للإرسال الفيديوي بالرزم،

توصـــي

1 بضرورة استعمال الطريقة التي يرد وصفها في الملحق 1 كي يتمكن رأس الشبكة من إعادة بناء التتابع الفيديوي في أي مستقبِل كان من أجل مراقبة النوعية الفيديوية في ذلك المستقبِل.

[1] يشتمل رأس الشبكة على مرسل ووحدة تقدير التتابع الفيديوي المستقبَل ووحدة تقدير النوعية الفيديوية وفقاً للتوصية ITU-R BT.1683. وقد تضم أيضاً مشفراً.

الملحـــق 1

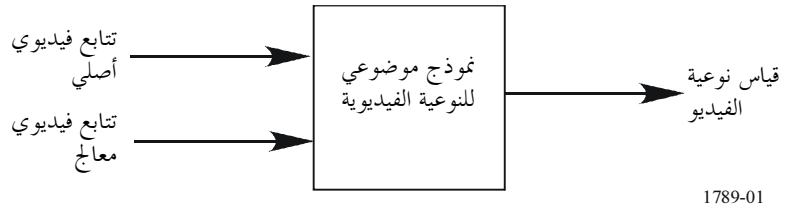
1 مقدمة

تُصنَّف طرائق القياس الموضوعي للنوعية الفيديوية في ثلاث فئات: نماذج المرجع الكامل (FR) ونماذج المرجع المصغّر (RR) ونماذج دون مرجع. ودقة النماذج دون مرجع عادة أقل من نماذج المرجع الكامل (FR) أو نماذج المرجع المصغر (RR). ويبين الشكل 1 المخطط الوظيفي للنماذج FR والشكل 2 المخطط الوظيفي للنماذج RR. ويُنتِج نموذج المرجع الكامل الذي يستعمل تتابعين فيديويين داخلين (تتابع فيديوي أصلي وتتابع فيديوي معالَج) قياس النوعية الفيديوية (VQM) للتتابع الفيديوي المعالج.

وكما هو مبين يحتاج كل من النموذجين FR وRR على حد سواء إلى تتابعات فيديوية أصلية ومعالَجة، وذلك من أجل تقييم النوعية الفيديوية. كما أن مراقبة النوعية الفيديوية المستقبَلة أمر هام بالنسبة لبعض خدمات البث. وفي حال استخدام نموذج FR، ينبغي إتاحة التتابع الفيديوي الأصلي في المستقبِل (الشكل 3) أو إتاحة التتابع الفيديوي المعالج في رأس الشبكة (تتابع فيديوي متدني النوعية) (الشكل 4). ووفقاً لهذه التوصية يمكن تقييم النوعية الفيديوية المستقبَلة التي تظهر في المستقبِل عند رأس الشبكة. وذلك يستدعي وجود التتابع الفيديوي الأصلي أو عناصر مستخلصة منه عند رأس الشبكة. أما في حال استخدام نموذج RR فمن الضروري توفر العناصر المستخلصة من التتابع الفيديوي الأصلي في المستقبِل (الشكل 5) أو العناصر المستخلصة من التتابع الفيديوي المعالج (متدني النوعية) في رأس الشبكة (الشكل 6). ونظراً لأن عرض النطاق ثمين ومرتفع التكلفة في تطبيقات متعددة الوسائط عديدة يستحسن تجنب إرسال هذه البيانات الإضافية.

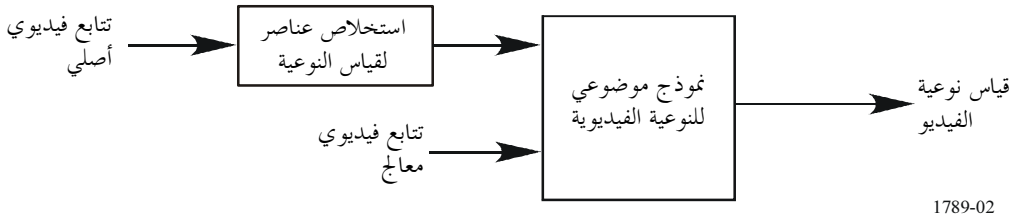
الشكل 1

نموذج المرجع الكامل



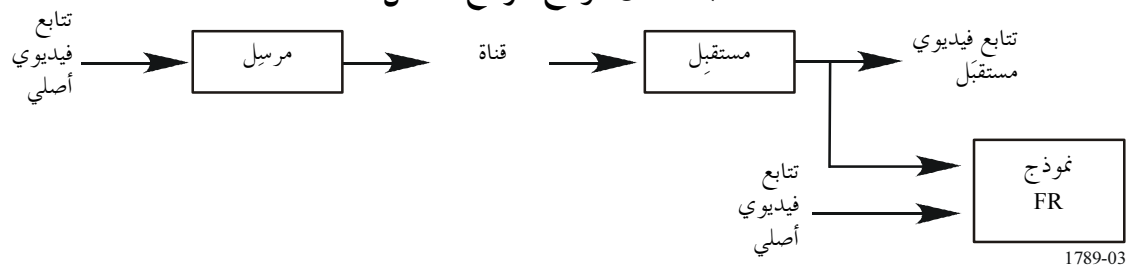
الشكل 2

نموذج المرجع المصغَّر



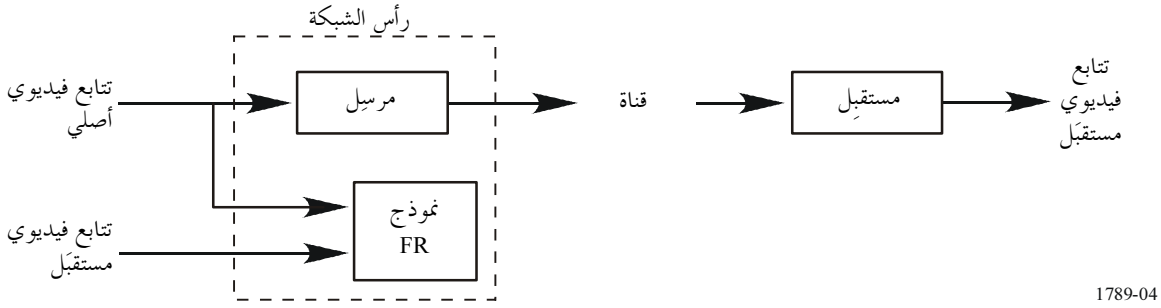
الشكل 3

مخطط وظيفي للمستقبِل الذي يقيس النوعية الفيديوية للتتابع الفيديوي المستقبَل باستعمال نموذج المرجع الكامل



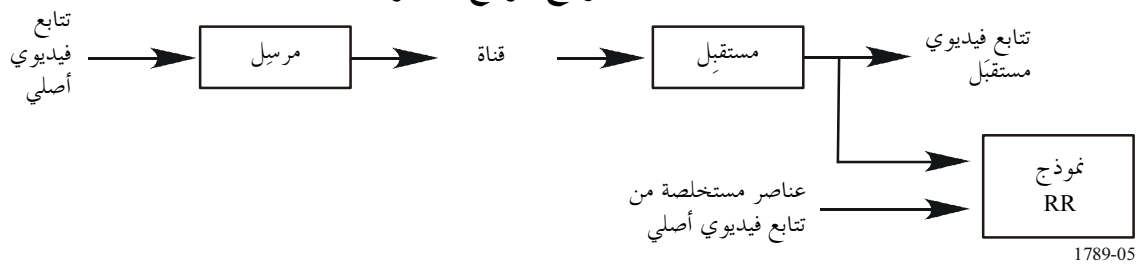
الشكل 4

مخطط وظيفي لرأس الشبكة الذي يقيس النوعية الفيديوية للتتابع الفيديوي المستقبَل باستعمال نموذج المرجع الكامل



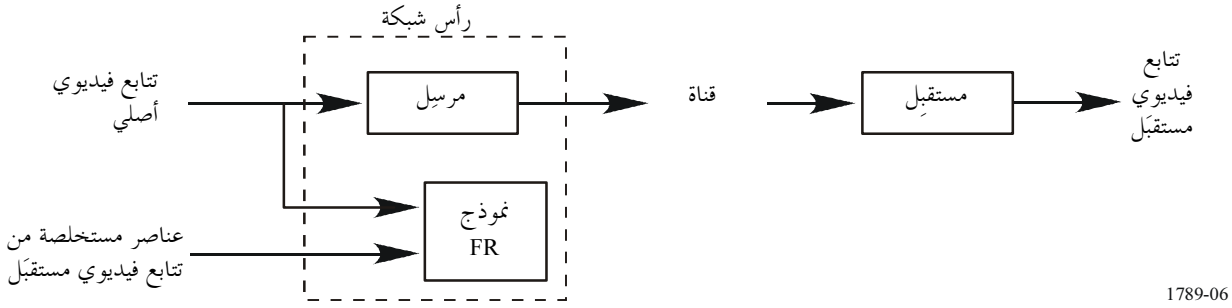
الشكل 5

مخطط وظيفي للمستقبِل الذي يقيس النوعية الفيديوية للتتابع الفيديوي المستقبَل باستعمال نموذج المرجع المصغر



الشكل 6

مخطط وظيفي لرأس الشبكة الذي يقيس النوعية الفيديوية للتتابع الفيديوي المستقبَل باستعمال نموذج المرجع المصغر



غير أن البيانات الفيديوية ترسل بالرزم في بعض التطبيقات متعددة الوسائط. وقد تحدث أثناء الإرسال أخطاء مختلفة ومنها فقدان الرزم أو زيادة/نقصان تدفقها أو تأخرها. وقد تسبب هذه الأخطاء تجمد الأرتال أو تخطيها أو تداخل المربعات فيها والارتعاش والتأخير وغيرها في التتابع الفيديوي المستقبَل. وفي الاتصالات الرقمية يمكن تحديد جميع أخطاء الإرسال هذه وآثارها بدقة عندما ترسل البيانات الفيديوية في الرزم. وعلاوة على ذلك، إذا لم يحدث أي خطأ في الإرسال الفيديوي الرقمي تكون النوعية الفيديوية المستقبَلة مماثلة للنوعية الفيديوية المرسَلة.

وبالتالي إذا أعاد المستقبِل معلومات أخطاء الإرسال التي تضم معلومات عن فقدان الرزم وتأخير في الإرسال الفيديوي إلى رأس الشبكة فإن رأس الشبكة يستطيع تماماً إعادة بناء الفيديو المستقبَل كما يظهر في المستقبِل.

ولا بد من تضافر عمل مزود الخدمة والمستقبِل من أجل أن يزود المستقبِل مزود الخدمة بجميع المعلومات الضرورية. وبعبارة أخرى يجب إتاحة جميع المعلومات عن مفكك التشفير وتقنيات المعالجة اللاحقة المستخدمة في المستقبِل أمام مزود الخدمة كيما يتسنى له إعادة إنتاج نفس التتابع الفيديوي تماماً في المستقبِل. وبالإمكان استعمال الطريقة عند توفر هذه المعلومات مع أي كودك أو قناة اتصالات بما في ذلك الإنترنت والاتصالات اللاسلكية. وبما أن تقييم النوعية الفيديوية يتم عند مزود الخدمة حيث يتوفر المصدر الفيديوي فمن الممكن استعمال أي نموذج يشتمل على نموذجي المرجع الكامل والمرجع المصغر.

1.1 التطبيق

تقدم هذه التوصية طريقة لإعادة بناء تتابع فيديوي مستقبَل بهدف مراقبة النوعية الفيديوية للخدمات الفيديوية حيث تتوفر قنوات العودة عند إرسال البيانات الفيديوية بالرزم. وتشمل تطبيقات الطريقة الوارد وصفها في هذه التوصية النقطتين التاليتين دون أن تقتصر عليهما:

- مراقبة النوعية الفيديوية المستقبَلة كما تظهر في المستقبِل باستهلاك أدنى حد من عرض نطاق إضافي؛
- مراقبة النوعية الفيديوية المستقبَلة في الوقت الفعلي في رأس الشبكة.

2.1 التقييدات

تصف الطريقة الواردة في هذه التوصية إجراءً لإعادة بناء التتابعات الفيديوية كما تظهر في المستقبِل باستعمال معلومات أخطاء الإرسال والبيانات الفيديوية المرسلة بالرزم. وتتطلب الطريقة في هذه التوصية إمكانية تتبع كل رزمة وتحديدها. وبعض بروتوكولات نقل الرزم مثل بروتوكول النقل بالوقت الفعلي (RTP) وأسلوب النقل اللامتزامن (ATM)/طبقة التكييف ATM تتمتع بهذه الخاصية. وتتطلب الطريقة أيضاً قناة عودة تتيح للمستقبِل أن يرسل معلومات خطأ الإرسال إلى مزود الخدمة. وتحتاج الطريقة، كيما يتسنى تقييم النوعية الفيديوية في المستقبِل، إلى استخدامها مع نموذج موضوعي لقياس النوعية الفيديوية. ويقترح استعمال نموذج موضوعي معياري لقياس النوعية الفيديوية.

2 الطريقة

يوضح الشكل 7 الإجراء المتبع. فرأس الشبكة يرسل بيانات فيديوية بالرزم إلى المستقبِل. ويلاحظ أن التتابع الفيديوي الأصلي يشفر أولاً ثم تُرتب البيانات الفيديوية المنضغطة في رزم. والمستقبِل مزوَّد بوحدة لكشف حدوث أخطاء الإرسال. فعند وقوع أخطاء إرسال، ترسل وحدة كشف أخطاء الإرسال معلومات خطأ الإرسال التي تشمل فقدان الرزم وتأخيرها وآثار ذلك، مثل تجمُّد الأرتال وتخطي الأرتال وتداخل المربعات والارتعاش وغير ذلك، إلى رأس الشبكة. ويبين الجدول 1 معلومات خطأ إرسال نمطية. ثم تحاكي وحدة تقدير التتابعات الفيديوية المستقبَلة في رأس الشبكة المستقبِل وتقدّر التتابع الفيديوي المستقبَل كما يظهر في المستقبِل باستعمال معلومات خطأ الإرسال وبيانات الرزم الفيديوية التي ينتجها المشفر. وأخيراً تحسب وحدة تقييم النوعية الفيديوية نتائج قياس النوعية الفيديوية في المستقبِل باستخدام التتابع الفيديوي الأصلي والتتابع الفيديوي المستقبَل الذي جرى تقديره. ويبيّن الشكل 8 مثالاً للطريقة عند استعمال نموذج المرجع الكامل (FR). وينتج التتابع الفيديوي المستقبَل، الوارد في الشكل 8 والذي تم تقديره في وحدة تقدير التتابعات الفيديوية المستقبَلة (الشكل 7). وفي الحالات التي

لا تتاح فيها التتابعات الفيديوية الأصلية في رأس الشبكة (مزود الخدمة)، بإمكان رأس الشبكة أيضاً أن يستعمل نموذج مرجع مصغّر شريطة توفر معلمات الخصائص لذلك.

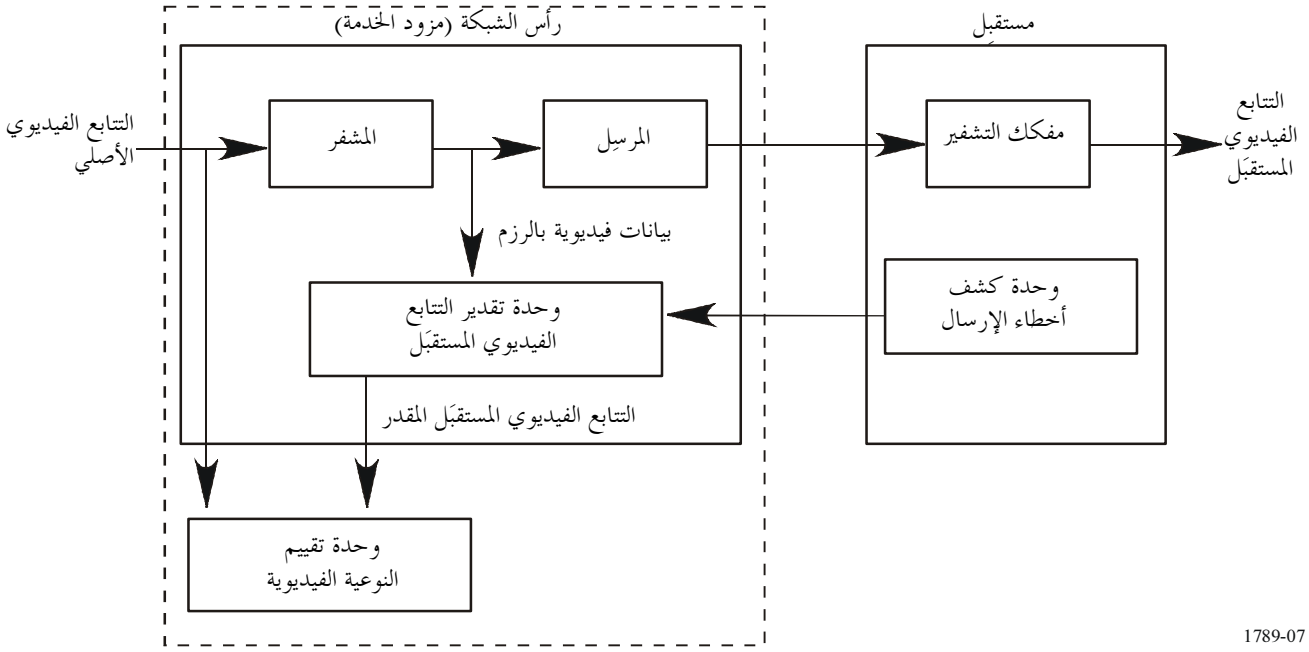
ويمكن وصف آثار أخطاء الإرسال في الإرسال الفيديوي بالرزم على النحو التالي:

- تدني النوعية الفيديوية بسبب فقدان الرزم؛
- فقدان أرتال مرده فقدان الرزم أو تأخيرها أو زيادة أو نقصان تدفقها؛
- أرتال متأخرة نتيجة أخطاء في الإرسال.

وبالتالي إذا أرسل المستقبِل معلومات عن الرزم المفقودة أو المعتلة وعن الأرتال المفقودة أو المتخطاة أو المتأخرة إلى رأس الشبكة يستطيع رأس الشبكَة إعادة بناء الفيديو المستقبَل كما يظهر في المستقبِل.

الشكل 7

طريقة تتيح لرأس الشبكة مراقبة النوعية الفيديوية في المستقبِل باستعمال معلومات خطأ الإرسال



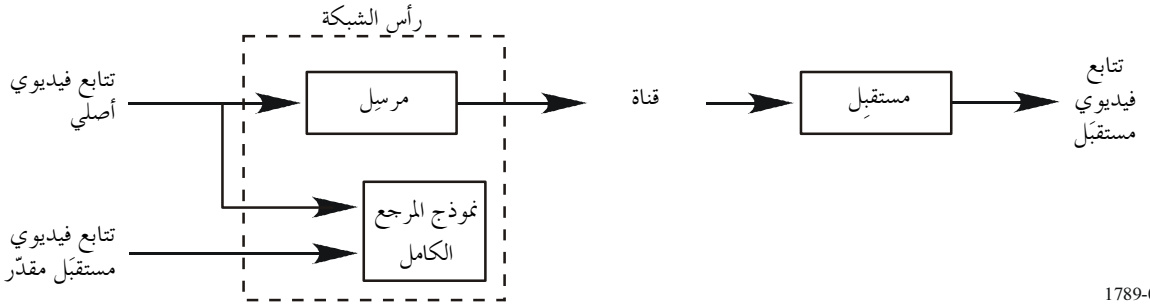
الجدول 1

معلومات أخطاء الإرسال

نوع أخطاء الإرسال	محتوى معلومات الإرسال
معلومات عن الرزم المفقودة أو المعتلة	أدلة الرزم المعنية
معلومات عن الأرتال المتأخرة	مقدار التأخر وأدلة الأرتال المتأخرة
معلومات عن الأرتال المتخطاة أو المفقودة	أدلة الأرتال المتخطاة أو المفقودة

الشكل 8

مخطط وظيفي يتيح لرأس الشبكة (مزود الخدمة) قياس النوعية الفيديوية لتتابع فيديوي مستقبَل باستعمال التتابع الفيديوي المستقبَل المقدّر (نموذج المرجع الكامل)



3 رسائل خاصة بإرسال معلومات أخطاء الإرسال

يعمل رأس الشبكة (مزود الخدمة) والمستقبِل معاً في هذه الطريقة من أجل ضمان توفير المستقبِل للمعلومات الضرورية عن أخطاء الإرسال إلى مزود الخدمة. ومن الجدير بالذكر أنه يتعين توفير جميع المعلومات عن مفكك التشفير وتقنيات المعالجة اللاحقة المستخدمة في المستقبِل من أجل تمكين مزود الخدمة من أن يقدِّر التتابع الفيديوي في المستقبِل تقديراً دقيقاً.

ويلخص الجدول 1 المعلومات المطلوبة عن أخطاء الإرسال من أجل تقدير التتابع الفيديوي المستقبَل في رأس الشبكة. وترسل رسالة معينة لكل نوع من أخطاء الإرسال. وتتألف هذه الرسائل من حقلين أو ثلاثة: نوع الخطأ وأرقام بالنظام الاثنيني. ويجوز جمع عدة رسائل قبل إرسالها.

1.3 رسائل خاصة بالمعلومات عن مفكك التشفير (معلومات عن نموذج المستقبِل)

يحتاج رأس الشبكة من أجل تقدير التتابع الفيديوي المستقبَل تقديراً دقيقاً إلى معلومات عن مفكك التشفير وتقنيات المعالجة اللاحقة المستخدمة في المستقبِل. ولهذا الغرض لا بد للمستقبِل، في بداية الإرسال، من إرسال رسالة تحديد النموذج. ومن المفروض أن يكون لدى رأس الشبكة قاعدة بيانات وإمكانية الحصول على المعلومات اللازمة عن مفكك التشفير وتقنيات المعالجة اللاحقة في المستقبِل استناداً إلى رسالة تحديد النموذج.

2.3 معرّف هوية المصدر

من الضروري في بيئات الإذاعة والتوزيع المتعدد تحديد مصدر التتابع الفيديوي المقابل لرسائل خطأ الإرسال عندما يتلقى رأس الشبكة هذه الرسائل. ولهذا الغرض لا بد للمستقبِل من إرسال رسالة تحديد المصدر. وتتوفر معلومات المصدر في الرزم.

3.3 رسائل خاصة بالرزم المفقودة

يتعين إرسال دليل الرزمة المفقودة في حال فقدان أي رزمة.

وعند حدوث رشقة أخطاء ينتج فقدان عدد من الرزم. وفي هذه الحالة من الضروري إرسال دليل بداية رزمة ودليل رزمة نهاية للرزم المفقودة.

4.3 رسائل خاصة بالأرتال المتأخرة

يتعين إرسال دليل الرتل المتأخر ومدة التأخير في حالة الأرتال المتأخرة.

5.3 رسائل خاصة بالأرتال المتخطاة

يتعين إرسال دليل الرتل المتخطى في حالة تخطي (فقدان) رتل ما.

وعند حدوث رشقة أخطاء قد ينتج فقدان عدد من الأرتال. وفي هذه الحالة ينبغي إرسال دليل رتل البداية ودليل رتل النهاية للأرتال المتخطاة.

6.3 بداية الاتصال ومعالجة الأخطاء

قد تفقد هذه الرسائل أو تتحول من جراء أخطاء الإرسال. ومن ناحية أخرى، تستخدم غالبية أنظمة الاتصالات ثنائية الاتجاه بعض آليات كشف الأخطاء ومعالجتها والتي يمكن استخدامها بهدف ضمان تسليم الرسائل. ويمكن إرسال رسائل الأخطاء في الوقت الفعلي أو بأسلوب الدفعات.

ويلخص الجدول 2 أوصاف رسائل الأخطاء. ويبيِّن الشكل 9 وحدة تقدير التتابع الفيديوي المستقبَل. ويضم التذييل 1 أمثلة لأنساق رسائل الأخطاء.

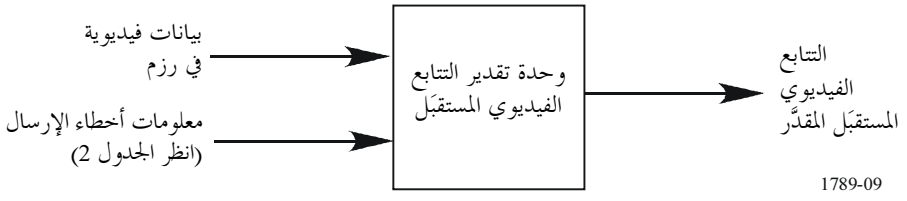
الجدول 2

وصف الرسائل

نوع أخطاء الإرسال	أوصاف الرسائل
معلومات عن المستقبِل	رسالة تحديد النموذج
معرف المصدر	رسالة تحديد المصدر
معلومات عن رزمة مفقودة	دليل رزمة مفقودة
معلومات عن رزم مفقودة	دليل رزمة البداية ودليل رزمة النهاية للرزم المفقودة
معلومات عن رتل متأخر	دليل الرتل المتأخر ومدة التأخير
معلومات عن رتل متخطى	دليل الرتل المتخطى
معلومات عن أرتال متخطاة	دليل رتل البداية ودليل رتل النهاية للأرتال المتخطاة

الشكل 9

دخل وخرج وحدة تقدير التتابع الفيديوي المستقبَل



التذييـــل 1

يرد في هذا التذييل وصف أمثلة لأنساق رسائل المعلومات عن أخطاء الإرسال.

1 رسائل معلومات مفكك التشفير (معلومات نموذج المستقبِل)

يمكن إرسال رسالة تحديد النموذج باستعمال رسالة من 32 أثمونًا. الأثمون الأول فيها هو شفرة ASCII للسمة "m" (6D في النظام الست عشري) تمثل تحديد النموذج. والأثمونات (31) التالية هي سلسلة سمات تنتهي بسمة صفر. مثال: إذا كان رقم النموذج للمطراف "ABC-1234"، ترسل الرسالة التالية:

6D 41 42 43 2D 31 32 33 34 ("mABC-1234") تليها 23 سمة صفر.

2 معرف المصدر

يمكن إرسال رسالة تحديد المصدر باستعمال خمسة أثمونات من بيانات اثنينية في بداية الإرسال. الأثمون الأول هو شفرة ASCII للسمة "i" (69 في النظام الست عشري) تمثل معرف المصدر. وتستعمل الأثمونات الأربعة المتبقية لتحديد المصدر:

69 XX XX XX XX (نظام ست عشري).

3 رسائل بشأن الرزم المفقودة

يمكن إرسال دليل رزمة مفقودة باستعمال خمسة أثمونات من بيانات اثنينية. الأثمون الأول هو شفرة ASCII لسمة "l" (6C في النظام الست عشري) تمثل رزمة مفقودة. والأثمونات الأربعة المتبقية هي عدد صحيح طويل (أربعة أثمونات) يمثل دليل الرزمة المفقودة. فإذا فقدت الرزمة رقم 100 مثلاً، ترسل الرسالة التالية:

6C 64 00 00 00 (نظام ست عشري).

حيث الأثمون الأول هو الأثمون الأقل دلالة في عدد صحيح طويل من أربع أثمونات (دون علامة).

وعند وقوع رشقة أخطاء ينتج فقدان عدد من الرزم التالية. وفي هذه الحالة يمكن إرسال دليل رزمة البداية ودليل رزمة النهاية باستعمال تسعة أثمونات من بيانات اثنينية. ويكون الأثمون الأول شفرة ASCII للسمة "L" (4C في النظام الست عشري). أما الأثمونات الأربعة التالية فهي عدد صحيح طويل (أربعة أثمونات) يمثل دليل بداية الرزم المفقودة. والأثمونات الأربعة الأخيرة هي عدد صحيح طويل يمثل دليل نهاية الرزم المفقودة. فإذا فقدت الرزم ما بين الرزمة 60 والرزمة 90 مثلاً، ترسل الرسالة التالية:

4C 3C 00 00 00 5A 00 00 00 (نظام ست عشري).

حيث الأثمون الأول هو الأثمون الأقل دلالة في عدد صحيح طويل من أربع أثمونات (دون علامة).

4 رسائل بشأن الأرتال المتأخرة

يمكن إرسال دليل رتل متأخر ومدة تأخيره باستعمال سبعة أثمونات من بيانات اثنينية. ويكون الأثمون الأول شفرة ASCII للسمة "d" (64 في النظام الست عشري) تمثل رتلاً متأخراً. أما الأثمونات الأربعة التالية فهي عدد صحيح طويل. (أربعة أثمونات) يمثل دليل الرتل المتأخر. والأثمونان الأخيران منها عدد صحيح قصير (أثمونان) يمثل مدة التأخير بالمليثانية. فإذا كان الرتل الستون مثلاً متأخراً لمدة 300 ms، ترسل الرسالة التالية:

64 3C 00 00 00 2C 01 (نظام ست عشري).

حيث الأثمون الأول من كل من العدد الصحيح الطويل دون علامة والعدد الصحيح القصير دون علامة هو الأثمون الأقل دلالة.

5 رسائل بشأن الأرتال المتخطاة

يمكن إرسال دليل رتل متخطى باستعمال خمسة أثمونات من بيانات اثنينية. الأثمون الأول هو شفرة ASCII للسمة "s" (73 في النظام الست عشري) تمثل رتلاً متخطىً. والأثمونات الأربعة الأخرى هي عدد صحيح طويل (أربعة أثمونات) يمثل دليل الرتل المتخطى. فإذا كان الرتل الستون مثلاً هو الرتل المفقود، ترسل الرسالة التالية:

73 3C 00 00 00 (نظام ست عشري).

حيث الأثمون الأول هو الأثمون الأقل دلالة في عدد صحيح طويل من أربع أثمونات (دون علامة).

وعند وقوع رشقة أخطاء قد يُتخطى عدد من الأرتال التالية. وفي هذه الحالة يمكن إرسال دليل رتل البداية ودليل رتل النهاية من الأرتال المتخطاة باستعمال تسعة أثمونات من بيانات اثنينية. ويكون الأثمون الأول فيها هو شفرة ASCII للسمة "S" (53 في النظام الست عشري). والأثمونات الأربعة التالية هي عدد صحيح طويل (أربعة أثمونات) يمثل دليل بداية الأرتال المتخطاة. أما الأثمونات الأربعة الأخيرة فهي عدد صحيح طويل يمثل دليل نهاية الأرتال المتخطاة. فإذا كانت الأرتال ما بين الرتل 60 والرتل 90 هي الأرتال المتخطاة مثلاً، ترسل الرسالة التالية:

53 3C 00 00 00 5A 00 00 00 (نظام ست عشري).

حيث الأثمون الأول من كل من العدد الصحيح الطويل دون علامة والعدد الصحيح القصير دون علامة هو الأثمون الأقل دلالة.

ويلخص الجدول 3 أنساق رسائل الأخطاء.

الجدول 3

أنساق رسائل الأخطاء

نوع خطأ الإرسال	رسائل خطأ الإرسال بالنظام الست عشري	الوصف
معلومات عن رزمة مفقودة (5 أثمونات)	6C XX XX XX XX	"l" + دليل رزمة في عدد صحيح طويل
معلومات عن رزم مفقودة (9 أثمونات)	4C XX XX XX XX XX XX XX XX	"L" + دليل رزمة البداية في عدد صحيح طويل + دليل رزمة النهاية في عدد صحيح طويل
معلومات عن رتل متأخر (7 أثمونات)	64 XX XX XX XX XX XX	"d" + دليل رتل في عدد صحيح طويل + مدة التأخير في عدد صحيح قصير
معلومات عن رتل متخطى (5 أثمونات)	73 XX XX XX XX	"s" + دليل رتل في عدد صحيح طويل
معلومات عن أرتال متخطاة (9 أثمونات)	53 XX XX XX XX XX XX XX XX	"S" + دليل رتل البداية في عدد صحيح طويل + دليل رتل النهاية في عدد صحيح طويل
معلومات عن المستقبِل (32 أثموناً)	6D + سلسلة من 31 أثموناً	"m" + سلسلة من 31 أثموناً
معرف المصدر (5 أثمونات)	69 XX XX XX XX	"i" + 4 أثمونات (32 بتة)