

SMPTE ST 2110-21 におけるワイド・レシーバのテスト方法

Francois Gagnon、Daniel Tremblay、Renaud Lavoie 著

はじめに

本資料は SMPTE ST 2110-21 仕様が定義するワイド・レシーバの試験方法について説明します。この仕様は非圧縮ビデオのトラフィック・シェーピングを記述・定義するものです。言い換えますと、非圧縮ビデオ・センダーがネットワーク上でどのようにビデオ・パケットを送信すべきかを定義しています。当然のことのように聞こえるかもしれませんが、2つの異なるセンダー・タイプがあることをまず述べておくべきでしょう。ナロー・タイプはアイソクロナス・タイプのセンダーです。これは予測可能で（通常はハードウェア専用のエンジンがパケット送信を担当します）、一定のペースでパケットを送信します。第二のタイプがワイド・センダーです。このタイプのセンダーはパケットを順番に送信しますが、予測可能な方法ではありません。下図（図1）はセンダーの2つのタイプを示します。

ここでは、スイッチがパケットをバッファーし、遅延を追加し、パケットをワイド・センダー方式で送出できるネットワークを考えます。しかし、RiedelのIP製品はST 2110-21をベースにしていますので、ネットワークによって生じるいかなる影響も受け入れることができます。

ライブ・ネットワークには常にいくつかの課題があります。パケットは遅延したり、破損したり、間違った順序で到着したり、途中で完全に失われたりするかもしれません。回線が完全にダウンすることもあります。また、トラフィックのバーストやネットワークの過負荷が発生することもあります。このようなライブのネットワーク状況を再現して堅牢性をテストするために、IP 減損 [IP impairment] というものを実施します。

上記の課題に加え、ST 2110-21 センダーはリニア・センダーでもギャップド・センダーでもあり得ます。では、これらのセンダーの違いとは何でしょうか？「ギャップド gapped」という用語は、通常、ブランキング付きのSDIまたはHDMI信号を受けるセンダーのことを指します。ブランキング中、センダーはパケットの送信を停止するか（ギャップド）、パケットをリニアに広げることができます（リニア）。下図（図2）は、ギャップド・センダーとリニア・センダーを示しています。

ここでは簡単のため、ナローおよびワイド・センダーは、ギャップドとリニアの両方のタイプになりうると仮定します。では、当社のST 2110-21製品をワイド・センダーに対してどのようにテストしたかを見てみましょう。多くのお客様から、ワイド・レシーバが動作することをどのように保証するのか、というご質問をいただきました。このホワイトペーパーではこの点を探っていきます。

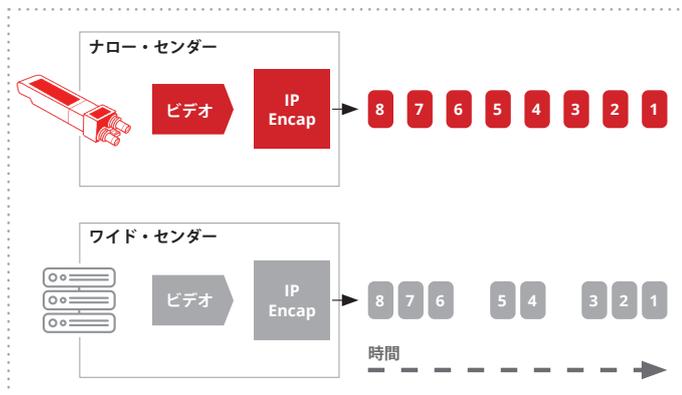


図1 ナロー・センダー対ワイド・センダー

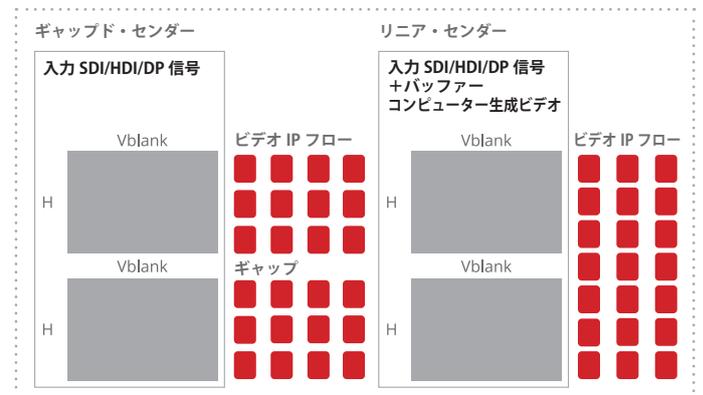


図2 ギャップド・センダーとリニア・センダーの比較（ナロー・センダーの例）

1 定義

手始めにセNDERとレシーバーのタイプを定義しましょう。

1.1 ナロー・セNDER

ナロー・セNDERはアイソクロナス・タイプのセNDERであり、予測可能で、パケットからパケットまで（HD信号の場合）通常約7µsの一定間隔でパケットを送信します。このプロセスはUSBのパケット伝送に似ています。つまり、これは一定の間隔でパケットを送信するセNDERです。

1.2 ワイド・セNDER

ワイド・セNDERはパケットを順番に送りますが、予測可能な方法ではありません。パケットは、それらの間に大きなギャップがあったり、グループ化されたり、バースト的であったりします。実際、ワイド・セNDERはPTP認識 [PTP-aware] である必要があります。フレーム・レートを尊重する必要があります。このシナリオは少し混沌としているように見えるかもしれませんが、ST 2110-21は、これらすべてが機能することを保証するために、限界をいくつか設定しました。特にST 2110-21は、パケット間のギャップが管理可能であり、制作環境で許容できないほど大きな遅延を追加しないことを保証します。ここでもその理由から、ST 2110-21はワイド・レシーバーで推奨されるバッファの最小値720パケットなど、限界を規定しています。このため、RiedelのIP製品は設定可能なバッファ・サイズを備えています——HDおよびフルHDストリームの場合、数パケットから最大4,096パケットです。UHDバッファ・サイズは1UHDフレームのサイズです。

1.3 遅延

ネットワークには、直列遅延、伝搬遅延、ネットワーク・デバイス（ソースやスイッチ）内のキューイング遅延など、遅延を発生させるブロックが複数存在します。ご存知のように、ビデオでは遅延はリアルタイム用途にとって厄介なものとなります。また、ネットワークに低速リンクが含まれる場合も遅延が発生します。遅延の影響を適切に評価するためにテスト機器を作成しましたが、これについては後ほど詳しく説明します。

1.4 減損

遅延と同様に、フィジカル・レイヤーにおける減損も、新しいネットワークや用途や技術を展開する際に評価する必要があるストレス要因の一つです。ビット・レベルがパケット破損を生じさせたり、スイッチがパケットをドロップする場合、ビデオ・レシーバーはこういった問題に対処できなければなりません。TCPベースのアプリを使う場合、再伝送がアプリのスループットを低下させます。UDPベースのシステムでは完全性が失われた場合の最も明らかな影響はビデオ、オーディオ、またはメタデータの損失です。この減損を改善するために、ST 2022-7をST 2110と組み合わせて使用して、常に有効なデータの経路を確保します。

1.5 ナロー・レシーバー

ナロー・レシーバーはバッファ・サイズが制限されているレシーバーです。これはナロー・セNDERと組み合わせて使う必要があります。そうしないと、IP伝送後に映像が読めなくなります。ナロー・レシーバーは制作環境において有用ですが、用途と環境に応じて、お客様がRiedelのコア・レシーバーを、非常に深いバッファを持つナローまたはワイド・レシーバーに設定できるようにするのが私たちのアプローチ方法です。

1.6 ワイド・レシーバー

ワイド・レシーバーはワイドおよびナロー・セNDER（トランスミッター）と共に動作するレシーバーです。これはアイソクロナス・セNDERと非アイソクロナス・セNDERを扱うためのバッファを備えます。前述のように、制作環境で使われる際の余分な遅延を避けるため、Riedelのワイド・レシーバーには設定可能なバッファ深度があります（図3）。

1.7 Riedel コア・レシーバー

当社のMuon, FusioN, VirtUソリューションすべてで使われているRiedel IP コア・レシーバーは、SD, HD, 3Gではチャンネル毎4,096パケット、UHDではチャンネル毎16,384パケットの大容量バッファを備えて構築されています。下図はシングルHDMI 2.0（図4）とデュアルSDI出力（図5）を備えた25GモードにあるMediorNet FusioN 3Bです。Fusion 6BはデュアルHDMI 2.0とクアッドSDI出力を提供できます。

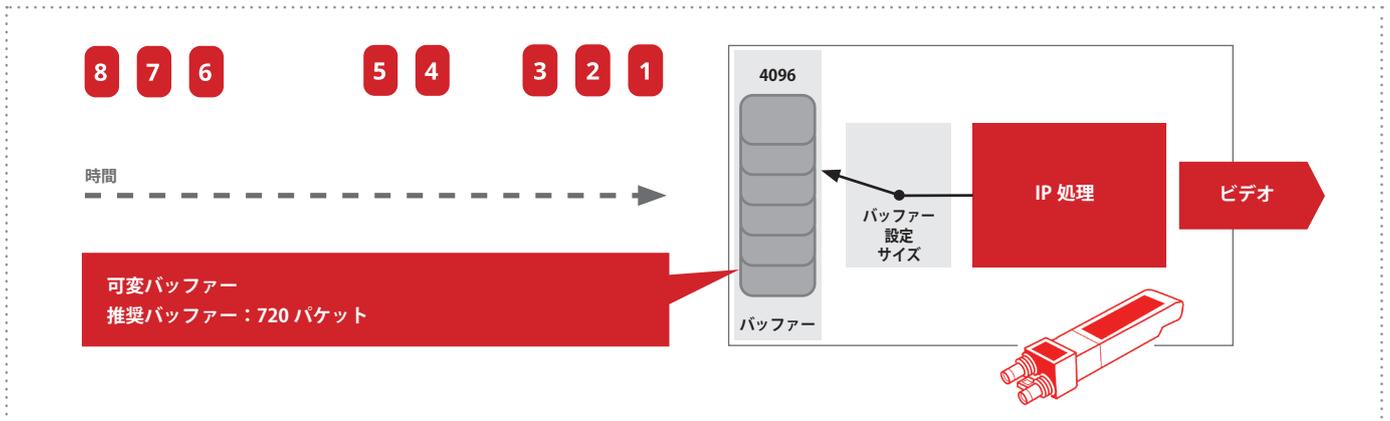


図3 バッファ・サイズが設定可能なワイド・レーザ

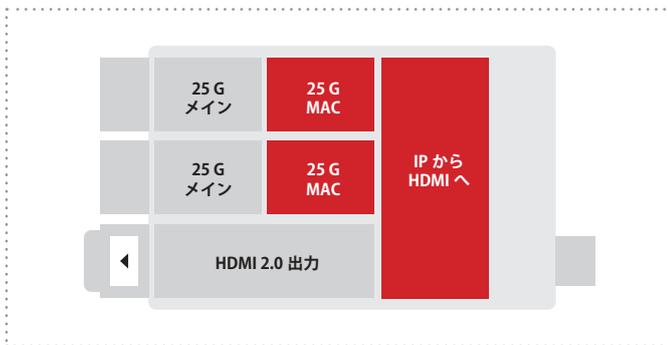


図4 FusioN 3B HDMI の詳細

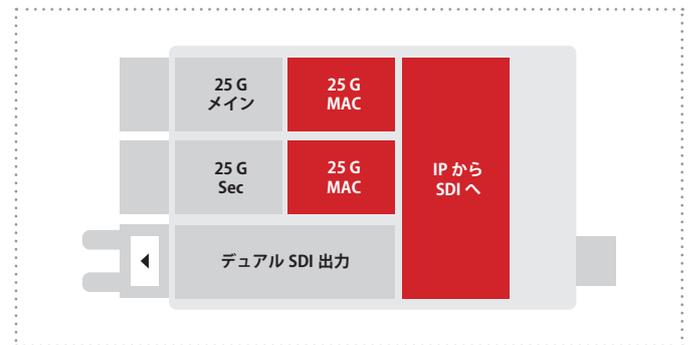


図5 FusioN 3B SDI の詳細

2 テスト手法

イーサネットとIPは、最近の私たちがそれなしで生活することを想像できないほど普及している技術です。イーサネットとIP技術の難しいところは、これらが時に予測不可能であることにあります。ネットワークは、パケットの遅延やパケット・ロス、順序のずれたパケット、重複したパケット、破損したパケットを持ち込んで、フローを劣化させる可能性があります。こういった問題は通常、スイッチやルーターが行うバッファリングによって生じます。その他の一般的な問題としては、遅延やパケットのドロップの原因となるネットワークの輻輳があります。さらに、マルチパス・ネットワークによってパケットの順序が入れ替わることもあり得ます。

エンジニアはシステムやデバイスをテストするために、実世界のシナリオをエミュレートするさまざまなネットワーク減損方法を用います。そのようなツールはネットワーク遅延やジッターを導入でき、ユーザーはシステムがどのような状況下でも動作することを検証できます。ジッターはパケット間の遅延差であり、リアルタイム用途では大きな懸念事項です。ナロー・センダーの信号にジッターを導入すると、それがワイド・センダーであるかのように同じ効果が生じます。つまり、フローはバースト的になります。

ビデオやメディアがIPに移行するにつれて、上述のネットワーク減損方法は制作やプロのネットワークでのテストに役立つようになるでしょう。

2.1 ネットワーク遅延と減損の検証方法

注：Riedel はこれが ST 2110-21 のワイド・レシーバーを検証する唯一の方法であると主張しているわけではありませんが、私たちにとってはうまく機能する方法です。

下図は実際の試験機器構成を示します。1 つまたは複数のセnderが TOR (Top of Rack) スイッチに挿入されています。TOR スイッチをコアに直接接続する代わりに、遅延とジッターと前述の他の減損を導入するのに役立つ装置を追加します。次にコアはデエンカプスレーターを収容するもう 1 つの TOR スイッチに接続されます。デエンカプスレーターはスイッチの影響を受けるフローを見ることになりますが、最も重要なのは減損エミュレーターです。次に、SDI 出力をアナライザーに接続し、テスト全体の出力を検証します (図 6 参照)。

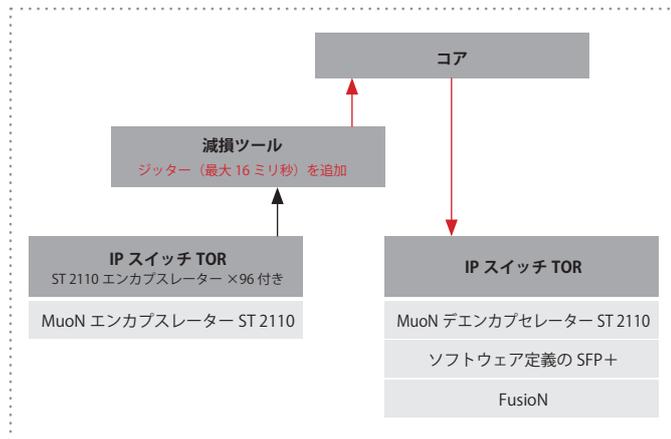


図 6 テストの機器構成

減損は特定の RTP フローまたは全トラフィックに適用できます。特定のフローに適用するために、VLAN やデスティネーション IP などのパラメーターに基づいてルールが作成されます。異なるエッセンスを個別にテストすることは有益であり、冗長性 (ST 2022-7) を検証することはさらに実践的です。Riedel チームは非ヒットレスな経路とヒットレスな経路 (ST 2022-7) の両方を検証しました。

デエンカプスレーターでバッファリングが正しく機能することをテストするために、装置が受け付ける最小値から、テスト対象装置の設定されたバッファ・サイズまでのジッターを導入します。一般的に最小値は 10 マイクロ秒の範囲ですが、これは装置によって異なります。私たちの場合、このツールを使えば、非常に小さなジッター変動から大きなジッター変動まで、すべてを行うことができます。

実行可能な別のテストは、減損装置のバッファにパケットを蓄積させ、それをバーストさせることです。このテストでもバッファがテストされますが、遅延を制御する代わりに、フレーム数を直接制御します。この方法を使うことで、バッファ・サイズと、デバイスが大きなバーストに対処する能力の両方をテストできます。

バッファが期待される値を満たしていることが証明されたら、今度は順序のずれたパケットをデバイスが処理できるかどうかをテストします。これを設定するには、通常、1 つのシーケンスで何個のパケットをどのくらいの頻度で並び替えたいかを指定します。パケット数は、ジッターのテストと同じように、レシーバーの設定されたバッファに基づいて選ぶ必要があります。また、デバイスが重複パケットを処理できるかを検証するのも良いアイデアです。これは順番ずれパケットのテストと同じように設定します。ここでの唯一の違いは、パケットを複製するときに中帯域幅を超える必要がないことです。

最終テストは、レシーバーが揺るぎないものであることを検証するために、上記のすべてのテストをミックスしたものとなります。ここではバッファリング容量を超えないように値を調整する必要があります。

レシーバーが仕様に準拠していることを確認したら、デバイスが例外的なシナリオから回復できるかどうかを確認します。これらのテストでは、レシーバーがバッファ・オーバーフローやアンダーフロー、パケット・ロスや破損から正常に回復できることを検証します。

バッファ・オーバーフローをテストするには、レシーバーのバッファを超える多数のパケットをバーストするようにツールを設定します。バッファを超えた後、障害を取り除き、レシーバーが正しく回復するかどうかを見ます。バッファ・アンダーフローのテストは、長い遅延を設定し、レシーバーをしばらくの間、飢餓状態にした後、遅延を取り除き、回復したものを解析して行われます。

最後に、パケット・ロスや破損パケットによって大きな影響を受けないことを確認します。このテストの目的は、パケット・ロスが発生しても、ユーザー・エクスペリエンスに大きな影響を与えることなく、出力が再生され続けることを確認することです。ここでも、障害が取り除かれれば、レシーバーはすぐに立ち直るはずですが、破損したパケットはスイッチによってドロップされ、テスト対象のデバイスには全く届かないかもしれないことに注意してください。使用するデエンカプスレーターの種類にもよりますが、減損ツールの出力を直接デバイスに接続するか、可能な限りデバイスに近い場所に接続することが望まれます。

Riedel の全 IP 製品は上記のすべてでテストされ、すべての減損に対応することに成功しています。

2.2 減損の種類

ジッター



累積とバースト



順番ずれパケット



パケットの重複



パケットのドロップ



パケットの損傷



3 むすび

結論として、ST 2110 レシーバーはワイド・セNDER (ST 2110-21) をサポートするように慎重に設計する必要があります。レシーバーはまた、ワイド・セNDER によってもたらされる問題や、ネットワークの影響（減損や遅延）に起因する問題を排除すべく、注意深くテストされなければなりません。制作環境では、バッファー・サイズを最小限に抑えるため、できる限りナロー・セNDER に頼ることをお勧めします。

Riedel, MediorNet および Riedel ロゴは Riedel Communications GmbH & Co KG の商標です。ここに記載されている他のすべての製品またはサービスはそれぞれの所有者に帰属します。 Copyright Riedel Communications GmbH & Co KG, 2020.

Riedel Communications Japan 株式会社
〒150-0036 東京都渋谷区南平台町 7-9
DEN FLAT 南平台 101・204
Phone: 03-6233-7674

Japanese Translation © 2024 Riedel Communications Japan