



放送業者はヒットレス技術を見逃すことはできません

ヒットレス保護スイッチングは、2つの別々の伝送パスを使用して、同一の PACKET・ストリームをソースからデスティネーションに配信します。到着時に、一方のパスから他方のパスへの瞬時の透過的な切り替えにより、一方のパスのエラーを完全に除去することができます。ヒットレススイッチングをサポートする機器が増え、ネットワークコストが低下していることと相まって、この技術が主流になりつつあります。

はじめに

ヒットレスであることは、野球の打者(あるいはロックスター志望者)にとって成功への道ではありませんが、ヒットレス信号は全く別物です。滑らかで途切れることのないビデオとオーディオのストリームは、可能な限り最高の視聴体験を提供します。信号の脱落、グリッチ、その他の障害は、視聴者の集中力を大きく失わせる可能性があるため、放送局は長い間、信号の途絶の数や強度を減少させたり、排除したりできる技術に関心を寄せてきました。特に広域ネットワーク(WAN)では、グリッチを防止することが困難な場合があります。これは、リソースの競合によるものもあれば、毎秒数百万のソースとデスティネーションの間を流れる多くの種類の信号によるものもあります。ヒットレス保護スイッチングは、多くの異なるネットワーク・トポロジにわたって確実に信号を配信する、現場で実証された方法を提供します。

ネットワークエラーと放送

テレビの生放送は、信号伝送にとって非常に厳しい環境です。映像信号は、圧縮されたものであっても、高速データフローを使用しており、途切れないストリームで配信する必要があります。放送局が使用する通信経路の多くは一方通行です(衛星リンクや空中放送など)。また、ネットワークの遅延は、物理的に異なる2つの場所に居る人々の間で行われるライブインタビューなど、一部の放送アプリケーションで問題を引き起こす可能性があります。

すべてのネットワークで、ビットエラーやパケットの損失が発生することがあります。電波や宇宙空間を介して送信される信号は、雷のバーストや宇宙線など、多くのソースからの干渉を受ける可能性があります。銅線を介してローカルに送信された信号や、長距離の光ファイバーリンクを介して送信された信号は、一般にエラー率をはるかに

低くなりますが、時折データの損失が発生することがあります。パブリックネットワークやプライベートネットワーク上の共有リソースを流れデータパケットは、時折輻輳が発生してパケットがドロップされる



こともあります。パブリックネットワークを使用する接続では、通常、パケットロス率は1000分の1(0.1%)のオーダーになると予想されます。プライベートネットワークの方がパフォーマンスは格段に優れていますが、ランダムまたはバーストパケットロスの影響を受けることがあります。これらのレートは低いように見えるかもしれませんが、コントリビューションフィードで使用されるビデオ信号は、1秒間に数千パケットを占有することがよくあります。プライベートネットワークでも、これらの信号は数分ごとにパケットロスが発生することが予想されます。

テレビ放送局は長い間、少数の信号劣化を克服するための技術を使用してきました。人気のある選択肢の1つは、衛星リンクで広く展開されている前方誤り訂正(FEC)です。FECは、送信された信号に余分なデータを追加することで動作し、受信機が文字化けしたビットやバイトを修正するために使用することができます。データの各ブロックで修正できるエラーの数は、追加されるFEC情報の量によって決まります。例えば、一般的に使用されている

リード・ソロモンFECアルゴリズムは、バイトのブロックに追加されたFECデータの2バイトごとに1つの不良バイトを適切に修正することができます。エラーの数がFECシステムの補正能力を超える場合には、データブロック全体が失われます。

ARQ(Automatic Repeat re Quest)と呼ばれるもう一つの一般的なエラー訂正システムは、受信機から送信機に戻る通信経路を使用して、データブロックが欠落しているか、またはエラーで受信された場合に信号を送ります。送信機が紛失パケットの表示を受信すると、送信機は不良/紛失パケットを再送信します。このシステムは、ソフトウェアファイルや、ビット毎に完全である必要がある他のデータに適しています。しかし、エラーの検出、再送要求の送信、および不良パケットの再送信に関連する遅延は、高速ビデオ信号の速度を低下させるか、あるいは混乱させる可能性があります。

FECとARQ技術は、時折発生するデータの欠落や破損からデータを保護することができますが、どちらのソリューションも、連続して何十、何百ものパケットが失われるような

長期的な停止に耐えることはできません。FECの場合、欠落値を計算するのに十分なデータが存在しません。ARQの場合、長時間の停止はバッファをオーバーフローさせ、パケットの再送信を妨げる可能性があります。特に生放送の場合は、別の解決策が必要でした。

特に生放送の場合は、別の解決策が必要でした。

ヒットレス保護スイッチング

ヒットレス保護は、広域ネットワークで発生する短期および長期の停電に対処するために開発されました。最も基本的な形態では、ヒットレス送信者は、2つの別々のネットワークパス上で2つの同一のパケットストリームを送信します。受信機では、2つのストリームは適応バッファを使用して再調整され、一方のパスまたは他方のパスから受信した良好なパケットを使用して1つの出力が作成されます。各パケットの少なくとも1つのコピーが、受信機に入ってくる2つの信号経路のうちの一つから受信される限り、エラーのない出力を生成することができます。

この技術は、世界中の何十億人もライブ視聴者に配信される注目度の高い国際的なスポーツイベントを含む、長い歴史を持つアプリケーションの成功例となっています。ある大手放送局は、「ヒットレス技術により、数日間のイベント中継の間、

ライブビデオ伝送中にパケットを1つも失うことなく、南米から北米へストリームを配信することができました」と述べています。別の上級放送局幹部は、同社が現在ハイブリッドIP/ビデオネットワークを展開し、将来的に全IPベースのスタジオシステムに移行する際に、ヒットレススイッチングは、信頼性の高いローカルおよび長距離の信号伝送を可能にする重要な技術であると指摘しています。

SMPTE ST 2022-7 "SMPTE ST2022 IP データグラムのシームレスな保護スイッチング" は、ヒットレス保護スイッチングを実装するための業界標準を提供しています。この規格の発行は、異なるメーカーが製造したヒットレス機器が相互に完全に相互運用できるようにするという意味で、重要な一歩となりました。ヒットレス技術の相互運用性テストは、ビデオサービスフォーラムの業界コンソーシアムが主催する年次 VidTrans 会議で数社のメーカー間で実施され、最近の放送業界のトレードショーで行われたいくつかのIPメディアシステムアライアンス

(AIMS アライアンス) の相互運用性のデモンストレーションでも紹介されました。IP ネットワーク上のプロフェッショナルメディアのために新たに開発された SMPTE ST 2110 規格で定義されたパケットフォーマットは、SMPTE ST 2022-7 との互換性を確保するために慎重に作成されています。

図1に示すように、ヒットレス保護の送信者は、同一のリアルタイムプロトコル(RTP - IETF RFC 3550 で定義)のタイムスタンプ、シーケンス番号、およびペイロードを持つ2つ(またはそれ以上)のパケットストリームを作成します。2つのストリームに異なるUDP、IP、およびイーサネットのパケットヘッダを使用して、異なるネットワークセグメントを介してルーティングできるようにすることができます。ストリームが受信機に到達すると、受信パケットは最初にバッファに供給され、時間的な整合が取れるようになります。これは、2つのバッファ内のデータ読み取りポイントを調整して、両方とも同じ RTP タイムスタンプとシーケンス番号を持つ

パケットを指すようにすることで達成されます。一致したデータパケットの各セットは、2つのバッファから同時に取得され、エラーがあるかどうかを判断するために分析されます。パケットが見つからない場合には、いつでもバッファ内のそれらの位置はスキップされます。2つのストリームを組み合わせ、シーケンスの各ポイントで利用可能な最良のパケットを選択することで、1つの出力ストリームが作成されます。

ヒットレス保護スイッチングの最大の利点を得るためには、2つのストリームを完全に別々のネットワーク上でルーティングする必要があります。言い換えれば、送信者から受信者へのパスに沿って、共通のネットワークデバイスやリンクがどこにもあってはなりません。この制限は、単一の障害点が両方のストリームを同時に中断させ、システム出力でのビデオの損失につながることはないようにするために重要です。実際には、これはネットワーク施設内の冗長機器(メイン/バックアップIPコアなど)を使用するか、または2つのパスが同じ物理的な場所やネッ

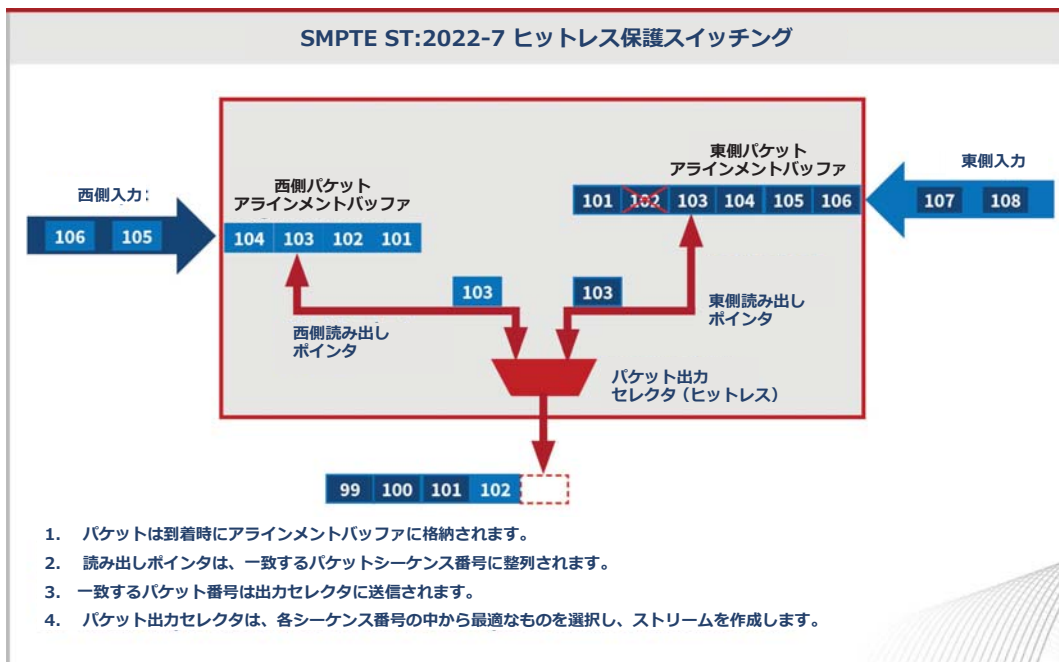


図 1.

トワークセグメントを経由してルーティングされないことを保証するために、WAN サービスプロバイダと慎重に作業することによって達成することができます。

どのようなヒットレスアプリケーションにおいても、2つのストリーム間の到着時間の差に対応するために使用されるバッファのサイズには限界があります。標準ではスキューと呼ばれるこの差は、受信機のパケットバッファのサイズに直接影響を与えます。より大きなスキューに対応できる受信機は、特に3Gbpsの1080Pビデオ信号のような高速で非圧縮の信号には、高価な高性能メモリをより多く必要とします。さらに、必要のないときに大きなバッファが使用されると、信号の全体的なエンドツーエンド遅延が不必要に増大する可能性がある。SMPTE ST 2022-7では、3つの受信機クラスが定義されており、4つ目の受信機クラスは近日中の改訂で計画されています。以下の表は、定義されている様々な受信機クラスをまとめたものです。

応用分野

ヒットレス保護スイッチングの伝統的なアプリケーションは、長距離のコントリビューションリンクをサポートすることです。これは、この技術が最初に適用された分野であり、仕様が最初に開発された時の多

くの背景を形成しました。長距離リンクは通常、複数のネットワークセグメントを含み、複数のキャリア境界を横断することができるため、短時間と長時間の停電から信号を保護することは大切な機能です。

RTPベースのプロトコルがIPスタジオ内の相互接続業務を引き継ぎ、ヒットレス保護スイッチングはプロダクション・スタジオの壁の中でも意味のあるものとなります。イーサネットリンクは、10e-12のワーストケースBERを満たすように設計されており、10 Gbpsリンクで100秒に1回エラーが発生しても仕様内に収まることを意味します。イーサネット・リンクで1ビットのエラーが発生すると、IPトラフィックのパケット全体がドロップされ、数百ピクセル分のデータが失われることとなります。ヒットレス保護スイッチングは、これらのエラーを簡単に処理することができ、1対1の冗長性を提供するように構築された制作設備に機器を追加する必要がないかもしれません。

より多くの放送局が、マルチチャンネル・ディストリビューター(MVPD)やOTT番組配信システムなどの主要なパートナーにコンテンツを配信するために、衛星リンクの代わりに地上波光ファイバー接続を使用しています。この傾向は、MVPDのヘッドエンドが少数のナショナルセンターに統合されたこと、圧縮ステップの削減による信号

品質の向上が求められていること、そしてファイバーベースのシステムが提供する信頼性の高さによって推進されてきました。OTTサービスプロバイダは、オリジンサーバへの信頼性の高いコンテンツフィードに非常に依存しています。オリジンサーバに到達しないコンテンツは、OTT視聴者は利用できません。ヒットレス保護スイッチングは、MVPDとOTTプロバイダの両方への重要なファースト・リンクのシステム信頼性と信号の可用性を向上させるために使用することができます。これらのレベルでは、一瞬の停電でさえ数百万人の視聴者に同時に影響を与える可能性があるため、システムの信頼性を確保することは良い習慣となります。

ヒットレスの優位性

他のエラー訂正技術と比較して、ヒットレス保護スイッチングは、以下のようないくつかの利点を提供します。

- ・非圧縮HD/UHDビデオや10Gbpsデータフローなどの高速信号を扱う能力。シンプルなパケット・バイパケット決定システムにより多くのFEC方式の計算複雑性を回避できます。
- ・長期間にわたってネットワークの

受信機クラスのスキュー				
クラス	名称	低ビットレートの最大スキュー (1270 Mbps未満)	高ビットレートの最大スキュー (270 Mbps以上)	アプリケーション
A	低スキュー	10 msec	10 msec	キャンパス/地区
B	中程度のスキュー	50 msec	50 msec	Regional
C	ハイスキュー	150 msec	450 msec	Global

片方の経路が完全に失われるなどの長期的な停止を補償することができます。信頼性の高いヒットレス動作の唯一の要件は、両方の経路が同時に障害を経験しないことです。このため、送信側と受信側の両方のパスに影響を与える共通の障害点がないことを確認することが重要です。

- パケット比較メカニズムは2つのストリームで同時に動作するため、取るに足らない遅延が発生します。必要なバッファリングは、一方のパスで最初に到着したパケットが、もう一方のパスのパケットが到着するまでに十分な時間バッファリングされることです。従って、このバッファは、2つのパス上の送信者と受信者の間の最悪の遅延よりも悪くなく、これはどのようなタイプのプライマリ/バックアップアーキテクチャにも必要です。
- ヒットレス保護スイッチングは、放送局で一般的に使用されている完全冗長構成で非常にうまく機能します。実際、「バックアップ」リンクは常にオンになっており、継続的に監視されているため、これは改善されていると考えられます。ヒットレス・プロテクションは、完全冗長ネットワークの長期的な信頼性を高める方法と考えられます。
- ビデオ、オーディオ、または大容量のデータ転送を含むかどうかに関わらず、あらゆる RTP パケットストリームをサポートすることができます。2つのストリームが同一の RTP タイムスタンプとパケットシーケンス番号で送信される限り、スキューが制限内であれば、ヒットレスレシーバは1つの出力ストリームを再構築することができます。

結論

高品質レベルでの高帯域幅信号の伝送に対する要求がますます高まる中、ヒットレス保護スイッチングは、放送事業者にとって貴重なツールとなっています。複数の機器やサービスプロバイダが、SMPTE ST 2022-7 をサポートする機器間の相互運用性を実証しています。数秒に及ぶネットワークの部分的な停電に耐えられる唯一の技術として、非圧縮 UHD ビデオと 10 Gbps データフローをサポートする柔軟性と相まって、ヒットレス保護スイッチングは、高信頼性ネットワークにおいて「見逃せない」将来性を持っています。

Artel の SMART Media Delivery Platform™ は、高信頼性ネットワークのための SMPTE ST 2022-7 Seamless Protection Switching をサポートしています。

データのためのヒットレスリンクの使用

あらゆる種類のデータファイルは、長距離伝送ネットワークの課題となっています。事実上すべてのアプリケーションにおいて、これらのファイルは、パケットを1つも紛失することなく、完全に無傷で伝送されなければなりません。コンピュータコードのシングルバイトエラーの影響は壊滅的なものであり、圧縮メディアファイルもまた、シングルビットエラーから複数のフレームのアーティファクトに悩まされることがあります。

ファイル転送の問題を防ぐために、多くのシステムでは、受信機に正しく到着しないデータパケットを再送信するために、ARQ または他の形式のプロトコルを使用しています。ARQ 機能はTCP に組み込まれていますが、UDP をベースにしたさまざまな独自のファイル転送高速化プロトコルでも使用されています。ARQ のパフォーマンスに影響を与える主な要因は2つあります：回路のラウンドトリップ遅延とパケット損失率です。ラウンドトリップ遅延は、紛失 / 破損したパケットメッセージが受信機から送信機に戻るまでの時間、およびパケットが再送信されるまでの時間に影響するため重要です。パケットロスとは、これらのメッセージをいくつ送信する必要があるかに影響します。

ヒットレス保護技術は、パケット損失率を数桁向上させることができ、伝送の片方のレグでの長時間の損失からも保護することができます。これは、リンクの両端にあるバッファの必要性を減らし、失われたパケットを再送信する必要性を劇的に減少させる（そして潜在的には排除する）ことで、ファイル転送速度を大幅に向上させ



関連製品

SMART Media Delivery Platform™は、4チャンネルの自動検知SD-SDI/HD-SDI/3G over IP マルチファンクションゲートウェイで、ノンブロッキングのレイヤ2/3スイッチを内蔵しています。IABM Design & Innovation Award 2017のコンテンツ・通信インフラ部門を受賞したSMARTプラットフォームは、SMPTE ST 2022-7をサポートし、外部ネットワーク要素を必要とせずにIPネットワークにシームレスに接続できるように設計されています。プラットフォームの機能は、ソフトウェアのダウンロードを介して追加またはアップグレードすることができます。機能の柔軟性とポート密度の向上により、消費電力を大幅に削減し、サイズとコストを削減し、エンドユーザーのネットワークの進化に合わせてシームレスな移行を可能にします。SMART Media Delivery Platformの詳細については、www.artel.com/SMART をご覧ください。

Artel について

Artel Video Systems は、世界市場にサービスを提供する革新的でリアルタイムなマルチメディア配信ソリューションを提供する世界クラスのプロバイダーです。今日、米国のライブイベントの大半は、ミッションクリティカルなワークフローをサポートするためにArtel製品を横断しています。ArtelのIPおよびファイバベースの技術に関する専門知識は30年以上にわたり、信頼性の高い標準ベースのIPインフラストラクチャの開発において信頼できるパートナーとしてArtelを確立しています。Artelの統合ソリューションには、ファイバとIPベースのマルチメディア配信、データネットワーキング、IPストリーミング、高精度タイミングなどがあります。Artelは従業員所有のビジネスです。詳細については、www.artel.com を参照してください。

お問い合わせ



Artel Video Systems Corp.
5B Lyberty Way Westford, MA 01886,
USA
Tel : 978-263-5775
Email : customer@artel.com
Website : www.artel.com

株式会社デジタルクエスト
(アーテルビデオシステムズ日本事務所)
〒176-0001 東京都練馬区練馬1-6-3
Tel 03-5946-3121 Fax 03-5946-3122
Email : info@commspecial.jp