

放送環境におけるトランスペアレントクロックとバウンダリークロック(PTP)の比較

作者:レノー・ラボイエ

はじめに

このドキュメントでは、トランスペアレントクロックとバウンダリークロックの違いを説明し、バウンダリークロックの方がトランスペアレントクロックよりもスケージングが良い理由を説明します。最初のセクションでは、Precision Time Protocol(PTP)の動作についての説明、PTPのプロファイルとしてST2059-1、ST2059-2、そしてトランスペアレントクロックおよびバウンダリークロック等の主要な用語を定義します。次のセクションでは、放送局のIPシステムにおけるクロックの考え方、また関連するPTPの規格について説明いたします。

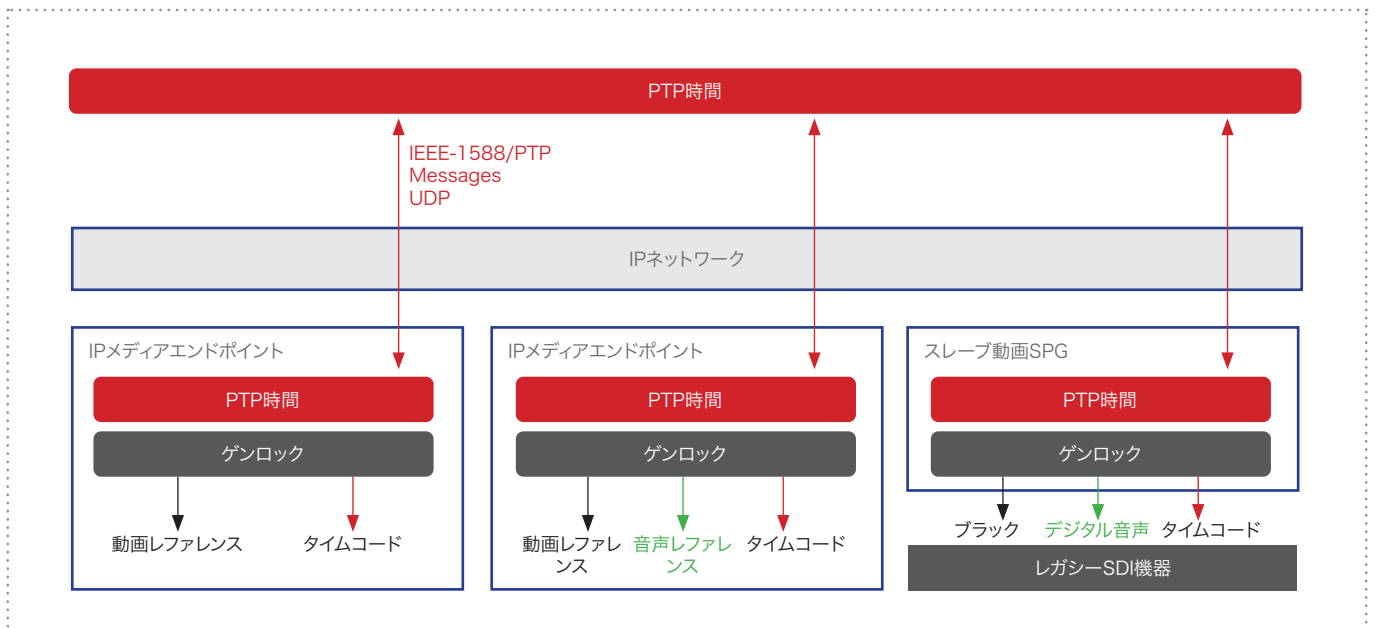


図1: IPメディアファシリティにおけるビデオと時間の例 (提供: Michel Proulx)

1. 定義

1.1 PTP機能

PTPはIEEE-1588という仕様で定義されています。これは、ネットワーク上の周辺機器の共通時間を基準に同期させるアルゴリズムです。PTPが規格化されるより以前は、ネットワークタイムプロトコル(NTP)があり、システムを協定世界時間(UTC)の数ミリ秒以内に同期させることができました。提供される精度は、一日の時間情報の基本的な転送には十分でしたが、音声や映像のようなリアルタイムのアプリケーションには十分ではありません。精度を向上させ、リアルタイムアプリケーションがイーサネットネットワークを利用できるようにするために、IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers: 電気電子学会)はPTPを定義しました。

方法はシンプルです。マスターである高精度時計が、UDP(ユーザー・データグラム・プロトコル)を使ってPTPシンクメッセージを送信します。その後、スレーブはマスターの時刻(t1)でシンクメッセージを受信します。ハードウェア・タイムスタンプがマスターによって提供されない場合、最初の同期メッセージが送出された時刻(t1)を提供するために、フォローアップ(Follow_

Up)メッセージが送出されます。スレーブはシンクメッセージ(sync message)を受信した時刻を保存します(t2)。スレーブはシンクメッセージを受信した後、マスタークロックに遅延リクエスト(Delay_Request)を送信します(t3)。マスターは最終的に遅延レスポンス(Delay_Response)メッセージ(t4)で応答します。

これら4つのタイムスタンプを持つことで、スレーブデバイスは伝送遅延を推定し、マスターからの自身のオフセットを計算することができます。スレーブでは、マスターにおける時間を確立するために以下の式が使用されます。

式 1: PTP 遅延とオフセットの計算

$$\begin{aligned} \text{遅延} &= [(t_2 - t_1) + (t_4 - t_3)] / 2 \\ \text{オフセット} &= (t_2 - t_1) - \text{遅延} \end{aligned}$$

次の画像は、PTP アルゴリズムを示しています。

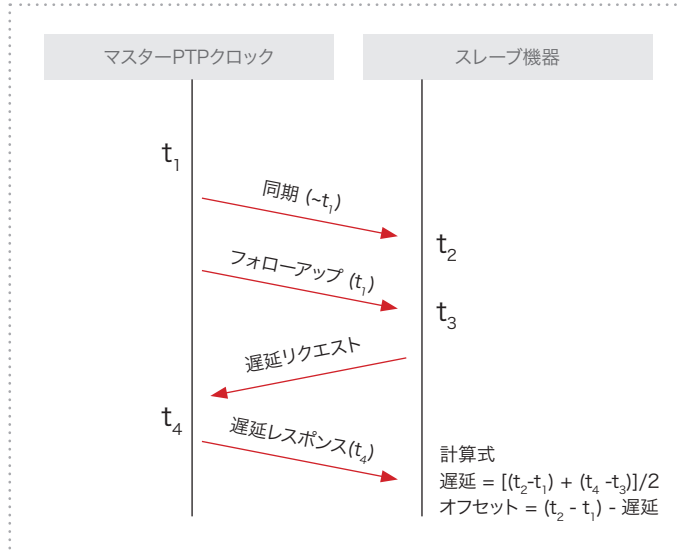


図2: PTP アルゴリズム

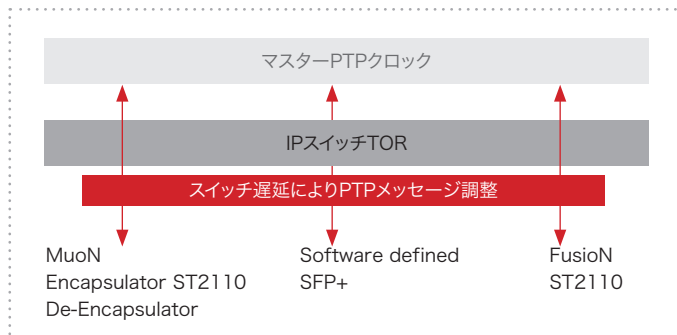
1.2 トランスペアレント クロック

トランスペアレント・クロックは、マスターのPTP 同期、フォローアップ、遅延レスポンスメッセージをすべてのRiedelのIP SFPに中継し、すべてのSFPからマスターにPTP リクエスト遅延メッセージを転送します。PTPマスターが応答できるメッセージ数には制限があります。スレーブからマスターへのメッセージの数が大きくなりすぎると、マスターからのメッセージの応答は処理能力をオーバーします。

ネットワークはより混雑し、ネットワーク全体のパケットスケジューリングは遅延を追加し、その結果、時間同期の不正確さの原因となります (PTPメッセージは補填されない異なる遅延を持っています)。トランスペアレントクロックは、自身のパケット処理の遅延を除去するようにPTPメッセージを調整し、その結果、PTPメッセージの遅延を埋め合わせします。

スパインリーフ・アーキテクチャでは、ラックスイッチの上部は (PTPメッセージに補正フィールドを追加することで) PTPパケット内の遅延を調整し、可能な限り透過的に表示することができます。

図3:トランスペアレント・クロック・システム



1.3 バウンドリークック

バウンドリークック対応のスイッチには、PTPマスタークロックが内蔵されています。このスイッチは、そのスイッチに接続されたエンドポイントデバイスのマスターとなります。安定性のために、スイッチは別のPTPマスタークロックのスレーブとなります。このシナリオでは、スイッチのPTPマスターは限られた数のスレーブと通信します。このようにバウンドリークック方式では、PTPマスターのメッセージ処理能力をオーバーする事がないためPTP時間の精度は大幅に向上し、またシステムのスケラビリティも向上します。次の図は、バウンドリークック方式を示しています。

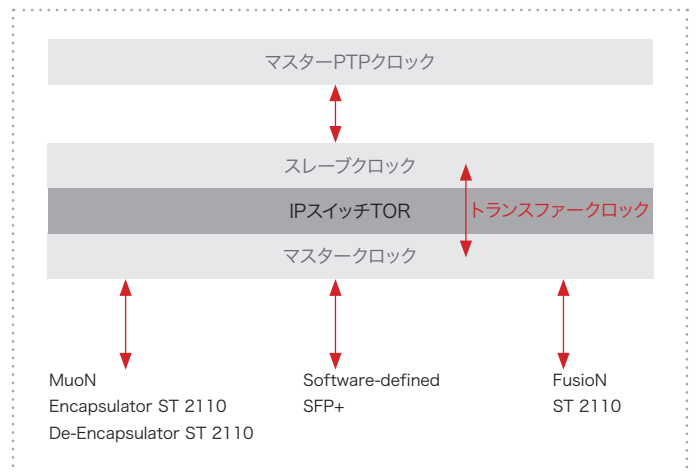


図4: バウンドリークックシステム

1.4 IPメディアにおけるタイミング信号の生成

スレーブがマスターとの時差を反復的に計算すると、UTCのサブマイクロ秒以内の精度で同期されます。しかし、時間の同期化は第一段階に過ぎません。第2のステップは、ST 2110音声/映像機器が必要とするタイミング基準信号を導出するために正確な時間を使用することです。

Society of Motion Picture and Television Engineers; 映画テレビ技術者協会 (SMPTE)は、ST 2059-1とST 2059-2の規格を作成することを決定しました。ST 2059-1では、PTPから位相整合された音声と映像の同期を導出する方法を定義しました。ST 2059-2では、音声と映像の要件に適したIEEE-1588のプロファイルを定義しました。

PTPの刻み数から、スレーブは正確に垂直と水平のパルスを見つけ、その映像を映像リファレンスに合わせます。また、必要に応じてオーディオクロックを抽出し、最終的にデジタル音声リファレンス (DARS) を生成することも可能です。次の図は、信号の同期のためにクロックを再作成するプロセスを示しています。

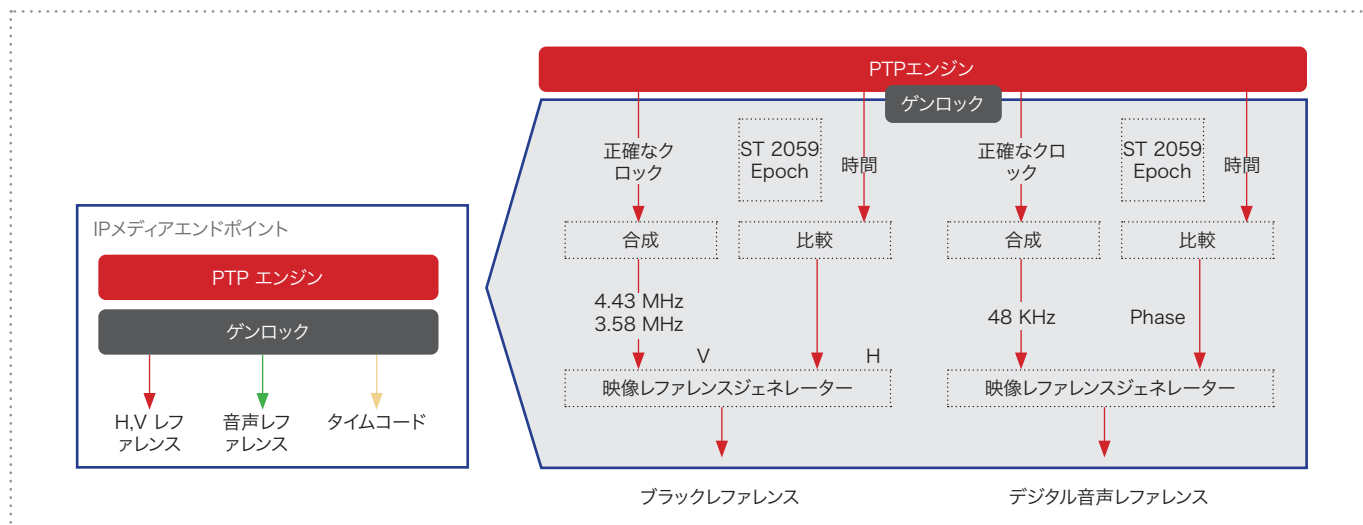


図5: IPメディアデバイスにおけるタイミング信号の生成 (提供: Michel Proulx)

2. IP放送環境

SDI 放送環境では、タイミングが重要です。これはIPブロードキャスト環境でも同じで、エンドポイントを同期させるためにはタイミングが重要となります。PTPはすでに様々な業界で使用されていたので、ブロードキャストにおいても再び利用することは当然の選択でした。

我々の業界の観点からみてPTPは必須であり、それゆえに音声や映像、メタデータの伝送はST 2110-10規格で定義されています。準拠するためには、ST 2110エンドポイント(デバイス)はPTP / ST 2059-1およびST 2059-2に準拠している必要があります。

3.最後に

最後に、MuonやFusioNゲートウェイのようなエンドポイントは、トランスペアレントクロックとバウンダリークロックの両方のシステムで動作します。しかし、スケーラビリティと精度のために、バウンダリークロックシステムはトランスペアレントクロックの上に実装される必要があります。

製品の詳細については info@riedel.net または sales@riedel.net までお問合せください。

Riedel, MediorNet, MuoN, FusioNおよびVirtUは、Riedel Communications GmbH & Co KGの商標です。ここに記載されているその他の製品やサービスは、それぞれの所有者に帰属します。