

## ST2110 導入における PTP

Renaud Lavoie, Sithideth Viengkhou, Francois Gagnon, Joel Martel 著

### はじめに

「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・クロック (PTP) [Transparent vs. Boundary Clocks (PTP) in Broadcast Environments]」と題した前回のホワイトペーパーでは、放送エンジニア、技術者、システム・インテグレーターなど、PTP に関心のある方々に PTP のコンセプトを紹介するため、放送 IP 環境における PTP を概説しました。

Riedel は世界中で ST2110 システムを導入しており、ST2110 導入時には常に共通の課題が存在することを見出しました。そのため、私たちはさまざまな経験から得られた教訓について、新しいホワイトペーパーを作成しました。

その前に、前回の PTP ホワイトペーパーに簡単に戻りましょう: SMPTE は IP 経由のビデオ、オーディオ、メタデータの同期機構として PTP を用い、AES は AES67 の同期に PTP を使っています。下図 (図 1) は PTP を用いたネットワークの典型的な構成を示しています。

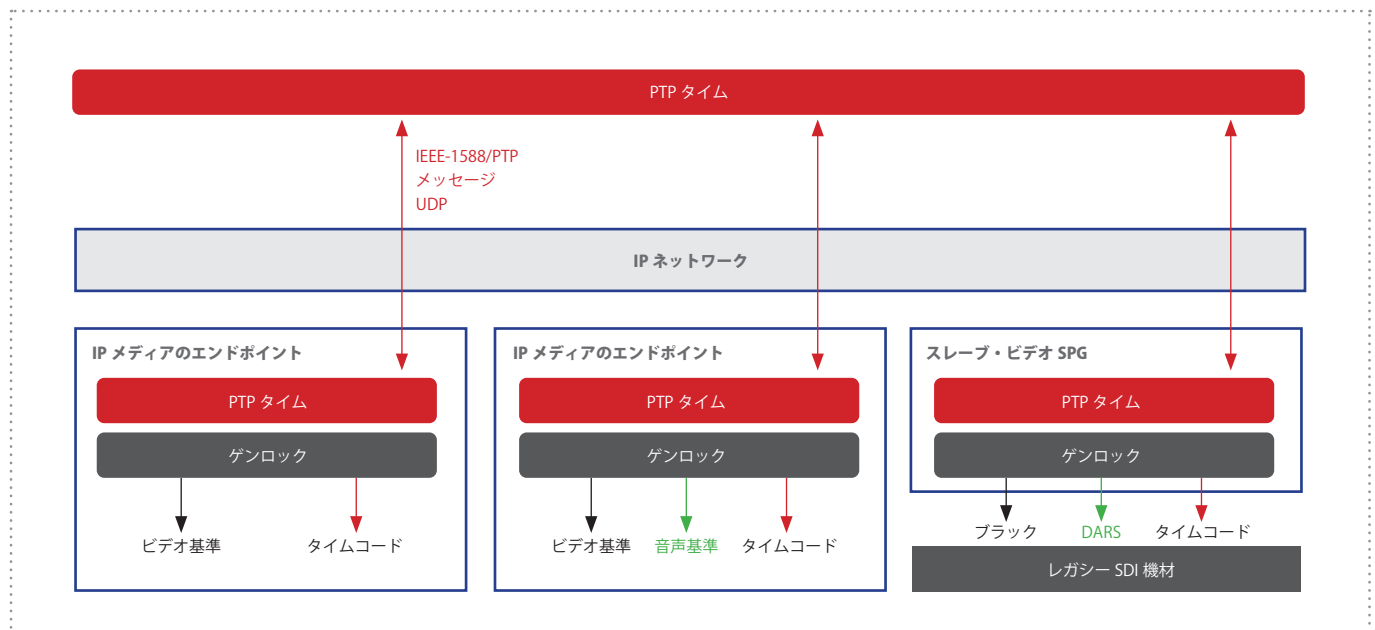


図 1 IP メディア設備におけるビデオと時間基準 (ミシェル・プルー Michel Proulx 提供)

### 導入から得られたもの

以下の節では世界中の様々な導入事例から得られた重要な結論を概説します。本資料の目的は Riedel チームがさまざまなシステムに導入した際に見出したキーポイントを強調することです。私たちのチームは ST2110 仕様が今後さらにキーポイントを追加していくと理解しており、それらも本資料で取り上げたものと同様に重要であると考えています。お客様が障害や落とし穴を避けることができるよう、私たちは本資料を最新の状態に保つよう最善の努力をしております。

## PTP：ST2110 導入のバックボーン

安定している PTP がなければ、ST2110 システムは動作しないか、映像のグリッチや音声のポップを伴う部分的な動作にとどまることになる、というのが私たちのチームが得た最も重要な結論の 1 つです。ST2110 仕様で同期しているとみなされるには、システムに PTP グランドマスターが少なくとも 1 つあることが望まれます。Riedel チームは、SDI 設備ではブラックバーストやトライレベル・シンクが必須であるのと同様に、ST2110 設備では PTP グランドマスターが必須であると考えています。

SDI スタジオや設備にとって重要な方策は、垂直ブランキングを確実に揃えるために、すべての受信フィードをスタジオのブラックバースト基準と同期させることです。ST2110 では、垂直ブランキングはありませんが、すべての「0」ピクセルを揃える必要があります。このことは PTP とタイムスタンプによって達成されます。

PTP はブラックバースト基準信号と同じように動作します。PTP を用いる場合のレガシー基準信号との大きな違いは、SMPTE エポックとして定義される絶対的な時間の原点の定義（1970-01-01T00:00:00TAI）にあります。PTP タイムはエポックにおいてゼロであり、その後、現在までのカウントを開始します。同様に、PTP に同期したビデオ信号は、SMPTE エポックにおいて VSYNC を発生させ、その後、現在までの各フレーム・レートにてインクリメントさせます。

ST2110 システムでは、ビデオ・ソースと PTP 基準との間のアライメントは、タイムスタンプ機構によって行われます。映像の各フィールド/フレームは、その VSYNC（以下、アライメント・ポイントとして定義されます）が生じるときの PTP タイムの値を用いてタイムスタンプされます。

複数ビデオ・ストリームの場合、レシーバーがすべての同期フィードを受信し、次いで必要な処理を行うためには、パケット内のタイムスタンプがすべて同期している必要があります。

### 結論：

ST2110 の導入には PTP グランドマスターが 1 つ必須です。Riedel は PTP グランドマスターの選択をお手伝いすることができます。

## PTP 対 SDI 同期

システム内に PTP があることは必須ですが、SDI システムから ST2110 への移行時には、PTP とブラックバーストの同期（SDI 同期）も重要です。もちろん、フレーム・シンクロナイザーはフリーランの SDI 受信フィードを修正できます。

ST2110 はスタジオ環境内で広く使われていますので、レイテンシーは非常に重要です。遅延を最小にするには、ゲートウェイよりも前で SDI 入力をスタジオや施設の基準と同期させるのが良い方法です。そうしないと、入力信号を PTP でフレーム同期させる必要があり、遅延が 1 フレーム追加されることとなります（図 2）。

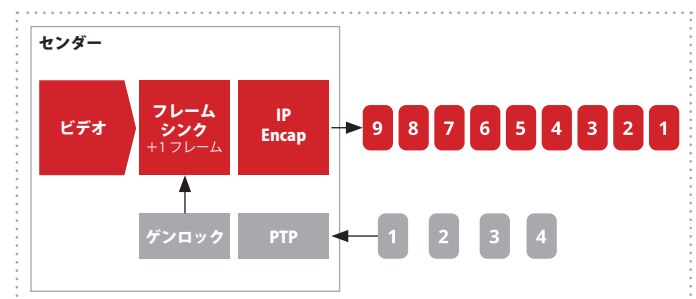


図 2 PTP 上のフレーム・シンク付きセNDER

SMPTE 規格 ST2059-1 は、フィードは PTP アライメント・ポイント (AP) にロックされるべきであると定義しています。さらに、ST2110-10 規格はシンクロナス・セNDERを、PTP にアライメントされたセNDERと定義しています。同仕様では PTP に同期しないアシンクロナス・セNDER・タイプも定義しており、それは 2110 エンカプスレーターよりも前または内部にフレーム・シンクを必要とします。導入されているシステムの大半はシンクロナス・セNDERを使用しています。

## 非エポック・アウェア・ シグナル・ジェネレーター対 エポック・アウェア PTP ジェネレーター

SDI と IP 間のブリッジングでは、非エポック・アウェア [Epoch-Aware : エポックを認識する] 機器とエポック・アウェアなジェネレーターとの間には課題がいくつかあります。レガシーなシグナル・ジェネレーターは必ずしもエポック・アウェアではありません。そのようなジェネレーターは周波数にロックするために使われましたが、位相や定義されたエポックにロックするとは限りませんでした。現在では、シグナル・ジェネレーターと PTP ジェネレーターはエポック・アウェア (ST2059-1) であり、位相と周波数の両方でロックします。下図 (図3) はスタジオのレガシー・ブラックバーストが SMPTE エポックと位相が合っていない場合に発生するオフセット (AP と VSYNC の間) を示します。

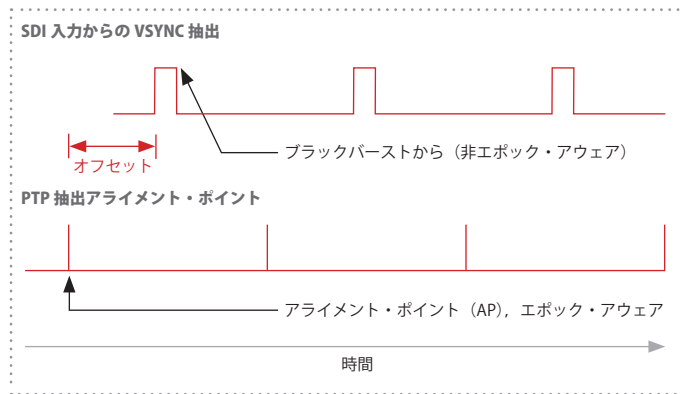


図3 非エポック・アウェア VSYNC と PTP アライメント・ポイント間のオフセット

### 結論：

ST2110 レシーバーには補正オフセットを調整する機能はありません。Riedel 製品は非エポック・アウェアなシグナル・ジェネレーターを使用できるように、補正オフセット・エンジンを備えています。

## PTP 対マルチ・エッセンス・ ストリーム同期

ST2110 システムを用いて作業する場合、SDI エッセンス (ビデオ、オーディオ、アンシラリー) はすべて別々に IP 伝送されます。そのため、要求されたときにこれらの分離されたストリームをリンクバックする方法が必要です。これはパケットのタイムスタンプを用いることで実現されます。PTP グランドマスターの時刻は、システム内のすべてのストリームに対する固有の共通参照点ですので、ST2110 タイムスタンプの生成に用いられます。

セNDERでタイムスタンプが正しく設定されていれば、レシーバーは、ネットワーク内のパス間の遅延差に関係なく、受信する全マルチエッセンス・ストリームを常に再調整できます。ソース間のクリーンで静かなスイッチングを保証するには、PTP タイムに基づく再調整が極めて重要です。ソースで正しくタイムスタンプされたパケットを持つことの無視できない利点は、リップ・シンク・エラーを回避しやすくなることです。

下図 (図4) は、ビデオおよびオーディオ・エッセンスを持つ、またはビデオ・エッセンスのみを持つ異なるセNDERが、異なるネットワーク・パスを介してタイムスタンプ付きパケットを送信し、すべてが1つのレシーバー・デバイスに到達する様子を示しています。

このレシーバーは、入力されたビデオとオーディオをそれぞれのバッファー・スペースに配置し、その出力ですべてを再アラインし、正しいパケット (すなわち、PTP 時間値に従ってバッファーから読み取られるタイムスタンプを持つもの) を読み取ります。

### 結論：

ST2110 システムでは、複数のマルチエッセンス・ストリームを正しく再アラインメントするために、同期ソースとともに PTP グランドマスターが重要です。Riedel のレシーバーには、出力されるエッセンスが PTP 基準に正しくアラインメントされていることを確認するための再アラインメント・エンジンがあります。

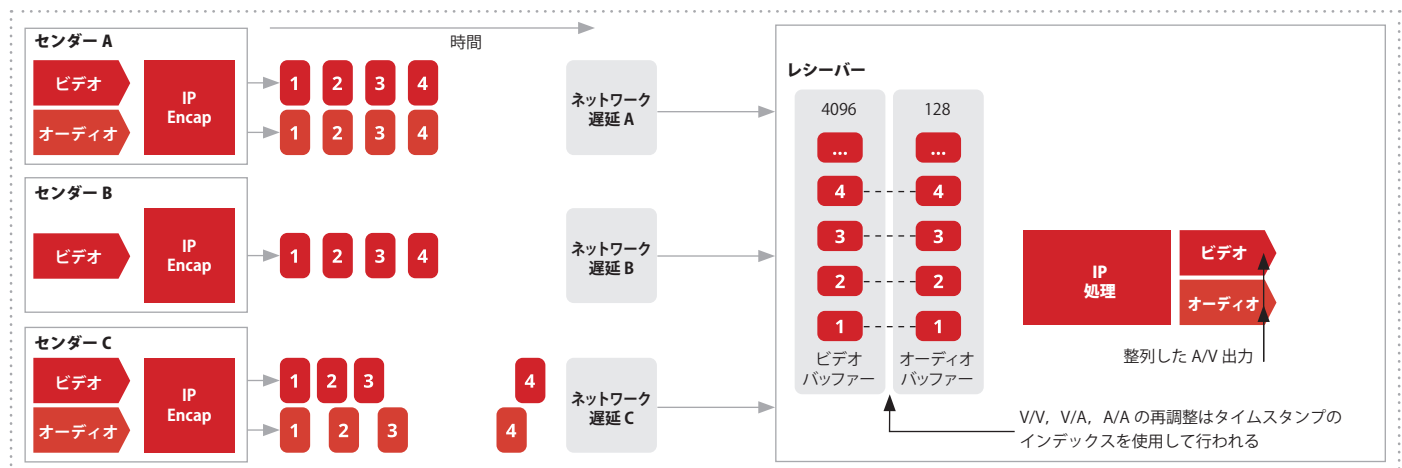


図4 再調整におけるパケット・タイムスタンプの重要性

## グランドマスター、バウンダリー・クロック、スレーブ・ロード

各クロック・タイプの役割を理解することが重要です。このテーマについては Riedel のホワイトペーパー「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クロック (PTP) [英文] [Transparent vs. Boundary Clocks (PTP) in Broadcast Environments]」 ([https://www.riedel.net/fileadmin/user\\_upload/800-downloads/07-Guides/Transparent\\_versus\\_Boundary\\_Clocks.pdf](https://www.riedel.net/fileadmin/user_upload/800-downloads/07-Guides/Transparent_versus_Boundary_Clocks.pdf)) を参照してください。

## ネットワーク・クロック・ツリーを理解する

クロック・ツリーの選択はネットワークを回る PTP トラフィックの量に影響します。理想的なネットワークでは、グランドマスターは、それ自身がそれぞれのダウンストリームのスレーブ・デバイスのマスターになるバウンダリー・クロックしか見ません。これによって、拡張が容易になり、グランドマスターへのトラフィックが減少し、トラフィック・ポリシング [事前に設定したトラフィック量の最大値を超過したパケットについてはバッファへ蓄積せずに破棄する手法] が非常に容易になります。

図 5 では PTP グランドマスターは 2 つのスレーブ・クロックしか見えていません。グループ A またはグループ B にスレーブ・クロックを追加してもグランドマスターに影響はありません。これらのグループは必要に応じて増やしたり変更したりできます。

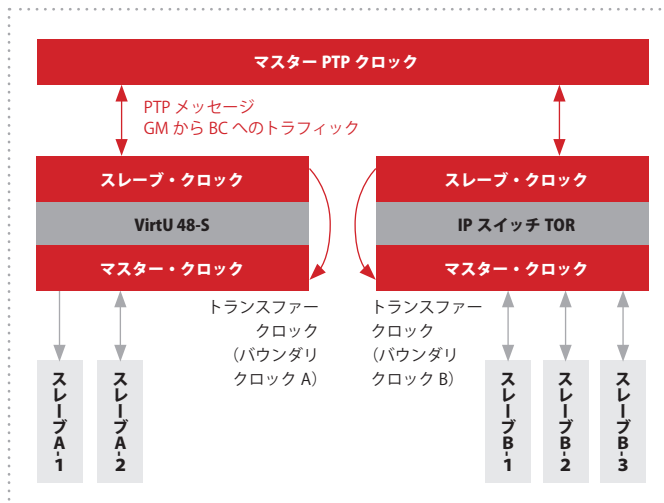


図 5 バウンダリー・クロックの詳細

スレーブ・クロックをグランドマスターに直接接続することのマイナス面には、作業負荷の増加、システムの拡張性の制限、トラフィック・ポリシングへの課題などがあります (一部のスレーブ・デバイスは特定の種類の PTP メッセージ・モードをサポートしていない可能性があるためです。例: スレーブ A-2 はマルチキャスト・メッセージのみをサポートし、スレーブ B-1 はハイブリッド・モードのみをサポート)。

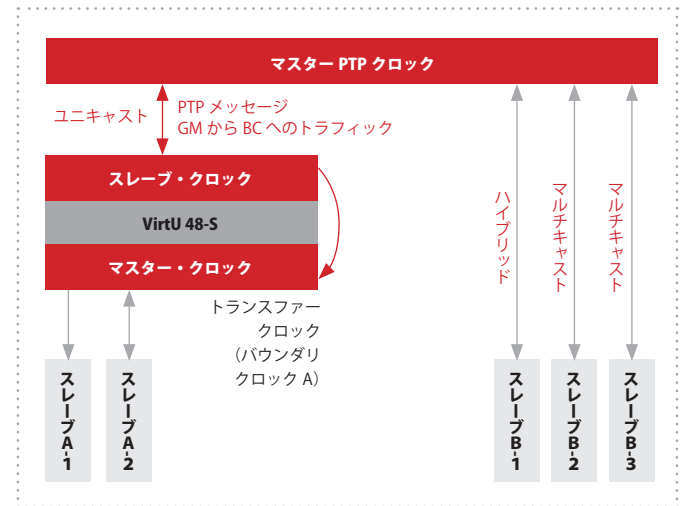


図 6 グランドマスターへの制御されないスレーブ・クロック接続

### PTP メッセージ・タイプの概要

ユニキャスト：スレーブとマスター間の全メッセージはユニキャスト。

マルチキャスト：スレーブとマスター間の全メッセージはマルチキャスト。

ハイブリッド：ユニキャストである遅延要求メッセージと遅延応答メッセージを除いて、全メッセージがマルチキャスト。

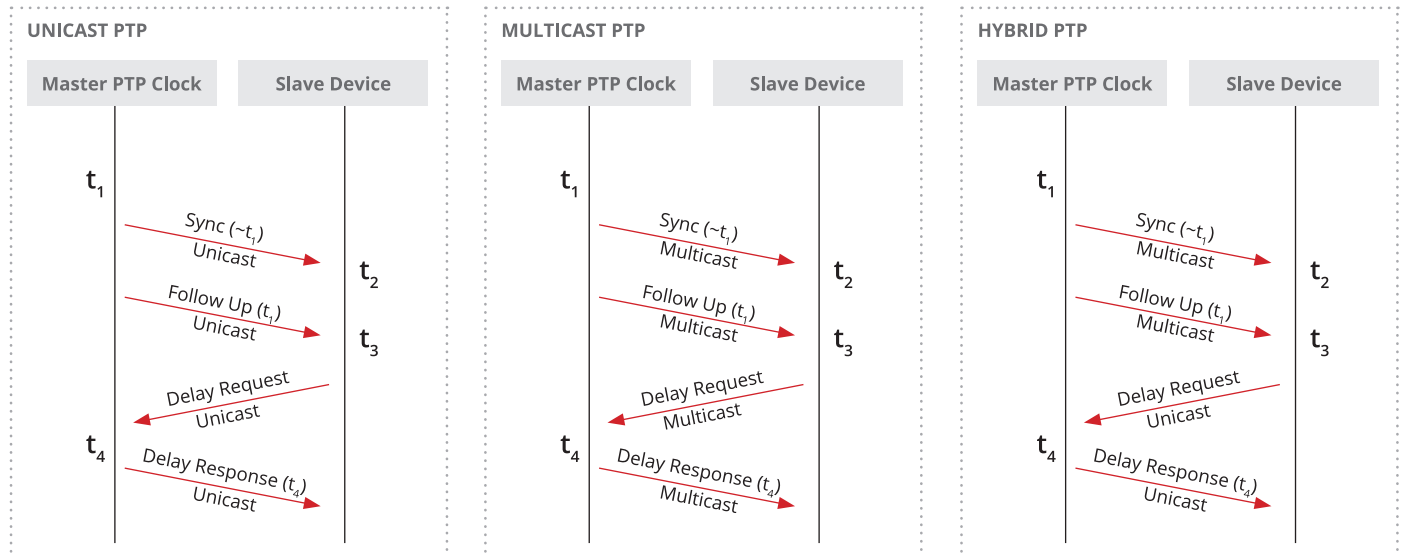


図7 PTP IP パケット通信の種類：ユニキャスト、マルチキャスト、ハイブリッド

### 結論：

Riedel は拡張を容易にし、グランドマスターへのトラフィックを減らし、トラフィック・ポリシングをより簡単にするために、グランドマスター・トゥ・バウンダリ・クロックのアーキテクチャを推奨しています。

## PTP 対 SDI エッセンスおよび管理トラフィックの QOS の重要性

PTP トラフィックが ST2110 エッセンスと同じ物理的伝送媒体を共有する場合、トラフィックの種類による優先順位を確立することが重要です。PTP パケットはエッセンス・フローと比較して小さいです (-20, -30, -40 のいずれか)。PTP パケット間の時間間隔はどのエッセンス・パケットよりも長くなります。伝送媒体の帯域幅に達した場合、最もドロップされやすいパケットは PTP パケットであり、タイミングの基準は失われるか、影響を受けます (図8 および 9 参照)。

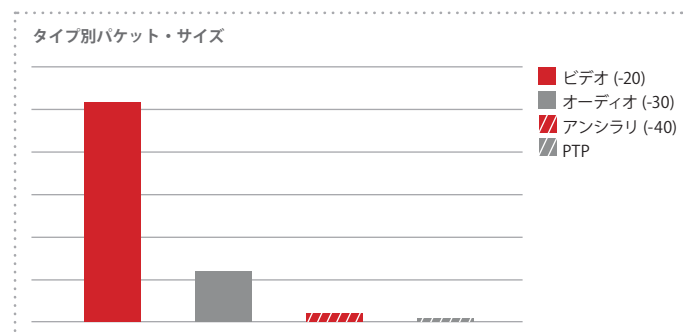


図8 タイプ別パケット・サイズの比較

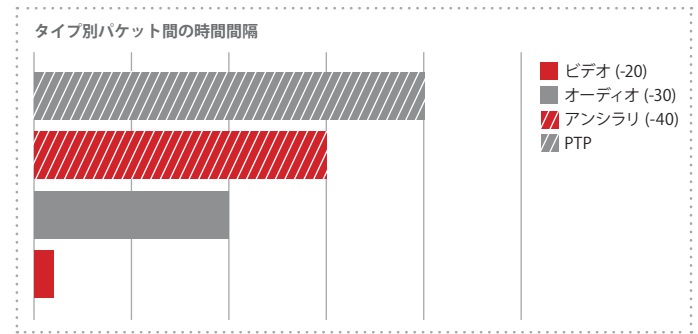


図9 タイプ別パケット時間間隔の比較

### 結論：

Riedel は高帯域幅使用に関するポリシーを採用して PTP パケットを優先することを推奨しています。Riedel はポリシーのガイドラインについてお手伝い致します。

## むすび

PTP は ST2110 導入のバックボーンです。

ST2110 導入に際しては、ST2110 仕様に同期しているとみなされるために、必須のものとして PTP グランドマスター 1 つを推奨します。同期ソースとともに、PTP グランドマスターは、複数マルチエッセンス・ストリームを正しく再アライメントできるようにするために重要です。グランドマスター・トゥ・バウンダリ・クロックのアーキテクチャは、拡張を容易にし、グランドマスターへのトラフィックを削減し、トラフィック・ポリシングをより簡単にします。

ST2110 システムにおいて、レシーバーは、出力のエッセンスが互いに、また PTP 基準と良好にアライメントされていることを確認するために、Riedel が提供するような再アライメント・エンジンを持つ必要があります。ST2110 レシーバーは補正オフセットを調整できませんので、非エポック・アウェアなシグナル・ジェネレーターを使えるようにする補正オフセット・エンジンを含む Riedel からのもののような製品ソリューションを統合することが重要です。最後に、Riedel は高帯域幅の使用に関するポリシーを採用することによって、PTP パケットに優先順位を付けることを推奨します。

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