

## メディア & エンターテインメント、および 放送センターの PTP のベスト・プラクティス

一貫性のある時刻同期は、メディアおよび放送設備においてきわめて重要なものです。機器が同じタイミング・ソースにロックされていないと、フレーム先頭の同期やスイッチングができないだけでなく、リップ・シンクの問題が発生します。例えば、映像が視聴装置上でずれたり、映像と音声とが同期しない可能性があり、どちらも視聴者のエクスペリエンスを損なう結果となります。ベースバンドの世界では、デバイスは(数ある中で)リファレンス信号にロック、すなわちゲンロックされます。IP、より具体的には SMPTE-2110(または SMPTE-2022-6 と AES67)の採用に伴い、タイミングを提供する別のメカニズムが必要になりました。これが Precision Time Protocol (PTP) であり、IEEE 1588 (PTP V2) とも呼ばれています。SMPTE 2059-2 や AES67 など、PTP にはさまざまなプロファイルがあります。設備全体でデバイスを同期する従来の手法とは異なり、PTP は完全ネットワーク・ベースなので、本質的なフローの送受信に既に使用されているのと同じデータ・ネットワーク接続、または並列ネットワーク経由で搬送することができます。

さまざまな送信機/受信機(スレーブ・デバイス)にタイミングを提供するために、1 つ(または複数)の設備全体に PTP を配信する方法は多岐にわたります。PTP は、マルチキャストでマスター・クロック(グランドマスター)から伝送されます。このマルチキャスト・グループが、ネットワーク全体にわたり、PTP を要求しているすべてのエンドポイントに伝播します。マスター・クロックとスレーブ間で交換されるメッセージにはさまざまなタイプがあり、それぞれが実際の時間を計算するのに必要なタイミング値と、デバイスが参照するオフセットの計算を提供します。

PTP 配信ネットワークには、他よりスケラブルなものもあれば、設定がより複雑なものもあります。最終的な目標は、すべてのスレーブ・デバイスが PTP にロックされ、その状態の継続を保證することです。このようなスレーブには、SDI-to-IP または IP-to-SDI ゲートウェイ、マルチビューワ、キーヤ(Keyers)などのエンドポイント・デバイスが含まれます。

PTP の複雑さについて詳述しているアリストアの Web サイトでは、他の資料も入手できます。本ホワイトペーパーは、考えられる設定とメディア・ネットワークに関する推奨事項について詳述したドキュメントです。

## ベスト・マスター・クロック・アルゴリズム(BMCA)の属性

ベスト・マスター・クロック・アルゴリズム(BMCA)は、PTP配信のグランドマスター(GM)を選ぶために使用されます。GMは、システムのタイミング基準を提供するクロックです。

グランドマスターに設定され、BMCAに関与する属性は、次の順序で評価されます。

Priority 1(最も小さい数字の優先度が高い)

Clock Class(GPS、自走/Free-Run など)

Clock Accuracy(UTC に対する精度)

Clock Variance(ジッタとワンダ)

Priority 2(最も小さい数字の優先度が高い)

GMID(MAC アドレスと同じ)

これらのメッセージは、以下に説明するアナウンス・メッセージでアドバタイズされます。

## PTP メッセージ・タイプ

GM や、スイッチを含むスレーブ・デバイスでのタイミング・オフセットの決定に使用するメッセージには、次のものがあります。

**アナウンス・メッセージ(Announce Message):** グランドマスターになるマスターを決定するために、PTP 属性(上述)をアドバタイズするメッセージ。グランドマスターは、BMCA(ベスト・マスター・クロック・アルゴリズム)を使用して決定されます。SMPTE-2110 環境の場合、この値は 1 メッセージ/秒を意味する 0(ゼロ)に設定してください。(2<sup>0</sup>=1)

**同期メッセージ(Sync Message):** パケットがマスターからスレーブに送信された時刻を格納したメッセージ。2 ステップ・モードでは、対になる同期パケットがマスターから送信された時刻がフォローアップ・メッセージに格納されます。SMPTE-2110 環境の場合、同期間隔は 8 メッセージ/秒を意味する-3 に設定します。(2<sup>-3</sup> = 0.125)

**遅延要求/遅延応答(Delay Request/Response Message):** PTP の片道の遅延の計算に使用されるメッセージ。遅延要求メッセージと遅延応答メッセージは、同期間隔と同じ頻度です。

**管理メッセージ(Management Message):** このメッセージは、PTP ネットワークの保守、監視、設定に使用されます。

**アナウンス・タイムアウト(Announce Timeout):** 新しいGMを見つけるために新しいBMCAをトリガーするまでに、デバイスが見過ごすことができるアナウンス・メッセージの数。一般的に、この値は 3 に設定されます(アリストアのデフォルト)。

以下の表に、AES67 および 2059-2 のプロファイルや、その重複部分に基づいた、メッセージ・タイプまたはドメインごとのさまざまな値の範囲を示します。ただし、これらのメッセージ・タイプの最も一般的な値は次のとおりです。

アナウンス間隔(Announce Interval) = 0

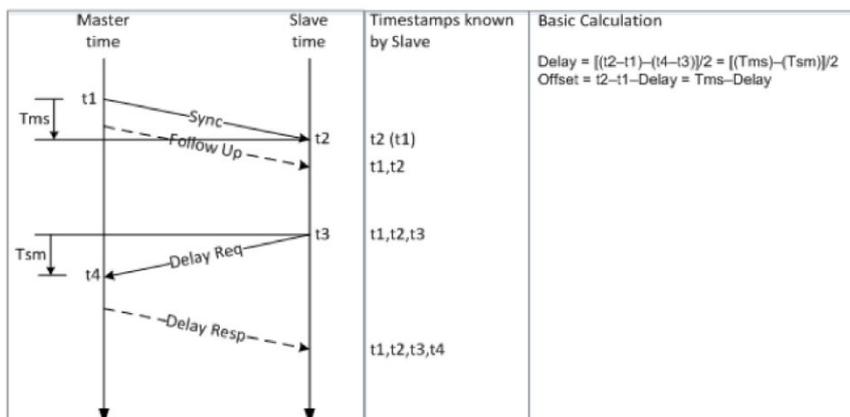
同期間隔(Sync Interval) = -3

遅延要求間隔(Delay Request Interval) = -3

| 属性            | AES67   | SMPTE2059-2   | 共通設定   |               |
|---------------|---|---------------|--------|---------------|
| ドメイン          | 0~255   | 0~127         | 限定される  | 0~127         |
| アナウンス間隔       | 0~4   | -3~1          | 限定される  | 0~1           |
| 同期間隔          | -4~1  | -7~-1         | 限定される  | -4~-1         |
| 最小遅延間隔        | 設定可能範囲は-3~5、<br>または同期間隔(Sync Interval) ~ 同期間隔(Sync Interval) + 5 のどちらか範囲が狭いほう | 同期間隔~同期間隔 + 5 | 限定される  | 同期間隔~同期間隔 + 5 |
| 最小ピア遅延要求間隔    | 0~5   | 同期間隔~同期間隔 + 5 | 限定される  | 0~4           |
| アナウンス受信タイムアウト | 2~10  | 2~10          | 限定されない | 2~10          |

上記の PTP メッセージはすべて、宛先アドレスが 224.0.1.129 ですが、イベント・メッセージは UDP ポート 319 を利用し、一般メッセージは UDP ポート 320 を利用します。上記のメッセージのうち、同期メッセージと遅延要求メッセージはイベント・メッセージですが、アナウンス・メッセージ、遅延応答メッセージ、管理メッセージは一般メッセージです。

マスター・デバイスとスレーブ・デバイス間のメッセージ交換は、以下のようになります。



スレーブが4つの時刻値(t1、t2、t3、t4)をすべて取得すると、スレーブとマスター・クロック間のオフセットや、両者間の伝播遅延を正確に計算できます。したがって、スレーブがマスターに同期するために同期(およびフォローアップ)メッセージ、遅延要求メッセージ、遅延応答メッセージを使用することは明らかです。

### バウンダリ・クロックとは

PTP 内部で、バウンダリ・クロック(BC)は、複数のサブネットにまたがる複数デバイスの同期を可能にすると同時に、各スレーブ間でメッセージが行ったり来たりするのを防ぐデバイスです。PTP のバウンダリ・モードをサポートしているスイッチはグランドマスターと同期し、上流および下流のデバイスにタイミングとドリフト情報を提供します。

グランドマスターはスイッチに接続され、そのスイッチ・インターフェイスはグランドマスターに対してスレーブになります。PTP が有効になっているスイッチのその他すべてのインターフェイスは、接続しているエンドポイント・デバイスのマスターになります。送信機、受信機、または別のスイッチも、このエンドポイント・デバイスになることができます。下流のスイッチは上述した同じパターンに従い、(GM スイッチ上で)2つのスイッチを結合するインターフェイスは下流のスイッチのスレーブに対してマスターになります。

割当については、下図をご覧ください。



このトポロジーのキー・ポイントは次のとおりです。

- すべてのスイッチをバウンダリ・クロック・モードにしてください。また、グランドマスターA はグランドマスターB よりも P1 の値を小さくします。
- スレーブ・デバイスにのみ接続しているすべてのインターフェイスは、マスター・モード専用を設定してください。コマンドは 'ptp role master' です。
- PTP A と PTP B はネットワークのそれぞれの側に 1 つだけ接続しています。デュアル・インターフェイスが装備されている PTP グランドマスターもありますが、デュアル・インターフェイスを使用するアーキテクチャは完全にはテストされていないので、避けてください。
- スイッチから GM、およびスイッチからスイッチの接続はダイナミック・モードです(すなわちマスター専用ではなく、インターフェイスは BMCA の選択に応じて、マスター、スレーブ、またはパッシブとして選択されます)。2 つのスイッチ (SMPTE-2022-7) を接続する理由は、PTP A が GM で、エンドポイント上のプライマリ・リンクが失われている場合、デバイスのセカンダリ接続が PTP A のタイミング情報を獲得するからです。どの接続が PTP を受信するかにかかわらず、すべてのデバイスは同じクロックにロックされます。(バウンダリ・クロック・モード、または以下に説明する透過モードの) では、PTP メッセージは MLAG ドメインのピアリンクを経由しないということが重要です。この機能は現在サポートされていません。そのような場合は、ピアリンクに加えて、PTP の伝送専用の特別な接続をスイッチ間に 1 つ (または 2 つ) 追加することをお勧めします。もう 1 つの重要な点は、デフォルトでは、CPU によって生成される PTP メッセージはすべてタグ付けされていないので、トラフィックがトランクを経由する必要がある場合、ネイティブな VLAN をトランク・インターフェイス上に設定する必要があるということです。**透過クロックとは何でしょうか。**

透過クロッキング・デバイスは、PTP メッセージのジッタ(固有のキューの結果)を異なる方法で除去します。マルチキャストまたはユニキャストの PTP メッセージは、まったく普通のユニキャストまたはマルチキャスト転送を使用して伝送されますが、各パケットがスイッチを通過するのに要する正確な時間が記録され、目的の受信機に伝送される際に PTP メッセージにこの時間(補正要素)が含まれます。エンドポイントは、補正要素を使用して、スイッチ(または複数の透過クロックのスイッチ・ホップ)の通過による遅延を補正できるようになります。

TC モードでの PTP 配信ネットワークの作成には、デュアル・スーパーバイザを備えたモジュール型スイッチや、GM とデータ・ネットワークの両方に直接接続されたフロントエンド・スイッチ(7020TR のようなスイッチ)といったさまざまなユースケースがあります。

#### 推奨事項: バウンダリ・クロック

以下の理由から、可能な限りバウンダリ・クロック・モードを利用して、PTP 配信ネットワークを構成することをお勧めします。

**セキュリティ:** アリスタのスイッチの各インターフェイスには、"ptp role master" という設定オプションがあります。これは、BMCA の Priority 1 に誤って大きい値が設定された場合でも、そのインターフェイスに接続しているデバイスがネットワーク全体の GM に決してならない(またはそのインターフェイスをスレーブ・モードに設定できない)ようにするものです。不正なデバイスが GM より小さい P1 の値でネットワークに誤って接続すると、システムに多大な損害が生じるおそれがあります。PTP Role Master は、システムをこのようなシナリオから保護します。

**メッセージ圧縮:** 各インターフェイスは接続しているデバイスに対してのみマスターとなるので、(スレーブからマスターに送信される)遅延要求メッセージは、ローカルまたは接続しているスイッチの他のスイッチ・インターフェイスにリークしません。すべての PTP メッセージは、バウンダリ・クロックで終了します。これが重要なのは、すべての PTP メッセージが同じマルチキャスト・アドレス 224.0.1.129 を持つからです。したがって、すべてのデバイスが 1 秒間に約 8 回、224.0.1.129宛にメッセージを送信する場合、これらのメッセージはすべて、同様に PTP を認識している他のすべてのデバイスで受信されます。PTP 認識デバイスがネットワークに追加されればされるほど、メッセージ数は飛躍的に増大します。これにより、一部のデバイスが過負荷になるおそれがあります。バウンダリ・クロックはこれを制限します。

**スケーラビリティ:** グランドマスターを含め、PT aware のデバイスには、1 秒あたりの受信可能メッセージ数に限界があります。1 秒あたり何千ものメッセージは、デバイスがロックアップする原因となる場合があります。バウンダリ・クロックは、これらのメッセージの多くを吸収するので、ネットワークを経由するメッセージ数の増加を心配することなく、PTP 配信ネットワーク全体を拡大できます。バウンダリ・モードは、BC をサポートしているスイッチに時刻同期のワークロードを分散することによって、ブロードキャスト・ネットワークのキャパシティを拡張するのに役立ちます。

**設定の簡単さ:** バウンダリ・クロックは PTP エージェントによって動作するので、ルーティング・プロトコルから独立して動作します。したがって、PTP 配信ネットワークを拡張するために、ルーティングに関する記述を操作する必要はありません。

透過クロックを選択することもできます。透過クロックでも問題はなく、エンドポイント・デバイスに正確なタイミングを提供できます。透過クロックは、7500R などのスイッチに接続されているスレーブ・デバイスが、スーパーバイザがバウンダリ・クロックで処理できない数に増えた場合に役立ちます。この数は約 400 です。GM がすべてのスレーブ・デバイスからすべての PTP メッセージを受信しないよう、PTP の動作モードがハイブリッド・モードであることを確認してください。

**クロックの復旧:** バウンダリ・スイッチは、マスター・クロックが正常に機能できなくなった場合でも、タイミング・データを提供し続けます。マスター・クロックが復旧するか、バックアップが引き継ぐと、ネットワークは 1 ステップも失うことなく再調整され、放送業務の一貫性と信頼性を保証します。透過モードのデバイスはエンド・ステーションとやり取りしないので、マスター・クロックの障害時にタイミング・サポートを提供できません。また、スイッチ上のローカルな Priority 1 と Priority 2 の値を手動で調整することによって、すべての GM が機能しない場合に、特定のスイッチの役割をシステム全体の基準クロックと見なす PTP 階層を作成できます。これは、より適切な Priority 1 または Clock Class を持つ GM が BMCA に参加するまで有効なままです。

### (バウンダリ・クロックの)PTP の設定方法とステータス・コマンド

#### グローバル構成:

```
localhost(config)#ptp mode boundary
localhost(config)#ptp domain 127(または他の値、GM のドメインと一致している必要がある)
localhost(config)#ptp source ip <ip address>(ループバック・アドレスを作成し、ソース IP として定義することによって、システムの一貫の IP アドレスが PTP ソース IP と一致する)
localhost(config)#ptp ttl 32(または他の値、デフォルトは 1)
```

備考: PTP ソース IP は、スイッチからエンドポイントへの PTP メッセージのタイムスタンプを更新するためにスイッチが使用するものです。スイッチ・デバイスごとに PTP ドメインは 1 つだけで、それに加えて、設備内のすべてのデバイスが同じ PTP クロックにロックされる必要があります。

以下のインターフェイス値は SMPTE-ST-2059-2 に固有です。

#### スレーブ以外のデバイスに接続しているインターフェイスごと

インターフェイス・レベル L2 または L3、またはポートチャネルに対して、

```
localhost(config-if-Et1)#ptp enable
localhost(config-if-Et1)#ptp announce interval 0
localhost(config-if-Et1)#ptp sync interval -3
localhost(config-if-Et1)#ptp delay-req interval -3
```

## スレーブ・デバイスに接続しているインターフェイスごと

```
localhost(config-if-Et1)#ptp enable
localhost(config-if-Et1)#ptp announce interval 0
localhost(config-if-Et1)#ptp sync interval -3
localhost(config-if-Et1)#ptp delay-req interval -3
localhost(config-if-Et1)#ptp role master
```

(上記のコマンド 'ptp role master' は、インターフェイスに接続されているデバイスが PTP ドメインの GM に決してならないことを保証します。これは PTP セキュリティのベスト・プラクティスと考えられます)

## 役に立つステータス・コマンドと出力

**show ptp** (インターフェイスのモード: Master, Slave, Passive, Disabled、グランドマスターID、GM からのステップ数などを表示する)

```
PTP Mode: Boundary Clock
Clock Identity: 0x28:99:3a:ff:ff:61:dc:ed
Grandmaster Clock Identity: 0x08:00:11:ff:fe:22:f8:1f
Number of slave ports: 1
Number of master ports: 4
Mean Path Delay (nanoseconds): 17683
Steps Removed: 1
Skew (estimated local-to-master clock frequency ratio): 0.99999967997
Last Sync Time: 16:04:00 UTC Feb 13 2019
Interface  State  Transport Delay
          Mechanism
-----
Et3/1/1    Master  ipv4     e2e
Et4/1/1    Master  ipv4     e2e
Et4/1/4    Slave  ipv4     e2e
Et4/3/1    Master  ipv4     e2e
Et4/3/2    Master  ipv4     e2e
```

注意すべきキー・ポイントは次のとおりです。

1. ネットワーク内のどのデバイスにも、Grandmaster Clock Identity の読み取り専用ステータスが必要です。この ID は、すべてのスイッチおよびエンドポイントで同じでなければなりません。
2. Clock Identity は、このコマンドが実行される特定のスイッチの ID です。
3. スレーブ・ポートは 2 か所で識別されます。これは、このスイッチに PTP を提供しているインターフェイスです。
4. Steps Removed は、グランドマスターからスイッチまでのホップ数を示します。上記のケースでは、GM はスイッチに直接接続されているので、この値は 1 です。

**show ptp parent** (PTP ペアレントの ID とパラメーターを表示する)

```
Parent Clock:
Parent Clock Identity: 0x08:00:11:ff:fe:22:f8:1f
Parent Port Number: 3
Parent IP Address: 192.168.100.100
Observed Parent Offset (log variance): N/A
Observed Parent Clock Phase Change Rate: N/A

Grandmaster Clock:
Grandmaster Clock Identity: 0x08:00:11:ff:fe:22:f8:1f
Grandmaster Clock Quality:
  Class: 248
  Accuracy: 0x31
  OffsetScaledLogVariance: 0x3d24
  Priority1: 120
  Priority2: 121
```

注意すべきキー・ポイントは次のとおりです。

1. Parent Clock Identity は、このスイッチのソースとなっているクロックの ID です。この場合はグランドマスターです。このコマンドをこのスイッチに接続されているスイッチ上で実行すると、ID は 'show ptp' の出力に表示される Clock Identity になります。
2. この場合、GM がスイッチに直接接続されているので、Parent IP Address は GM 自身の IP です。スイッチがこのスイッチに接続されている場合、Parent IP Address はスイッチのグローバル構成に入力されたソース IP になります。
3. Grandmaster Clock Quality は、BMCA の属性に基づきます。クラスが 248 なので、この GM は自走です。

**show ptp clock** ('show ptp' と類似)

```
PTP Mode: Boundary Clock
Clock Identity: 0x28:99:3a:ff:ff:61:dc:ed
Clock Domain: 101
Number of PTP ports: 258
Priority1: 128
Priority2: 128
Clock Quality:
  Class: 248
  Accuracy: 0x30
  OffsetScaledLogVariance: 0xffff
Offset From Master: -92
Mean Path Delay: 17859 nanoseconds
Steps Removed: 1
Skew: 0.999999935993
Last Sync Time: 16:04:32 UTC Feb 13 2019
Current PTP System Time: 16:04:32 UTC Feb 13 2019
```

**show ptp interface ethernet # counters** (送受信された同期メッセージ数、送受信された遅延要求など、必要な PTP メッセージのカウンタを表示する)

```
Interface Ethernet3/1/1
PTP: Enabled
Port state: Master
Sync interval: 0.125 seconds
Announce interval: 1.0 seconds
Announce interval timeout multiplier: 3
Delay mechanism: end to end
Delay request message interval: 0.125 seconds
Transport mode: ipv4
Announce messages sent: 1271273
Announce messages received: 0
Sync messages sent: 10170176
Sync messages received: 0
Follow up messages sent: 10170176
Follow up messages received: 0
Delay request messages sent: 6874020
Delay request messages received: 0
Delay response messages sent: 0
Delay response messages received: 0
Peer delay request messages sent: 0
Peer delay request messages received: 0
Peer delay response messages sent: 0
Peer delay response messages received: 0
Peer delay response follow up messages sent: 0
Peer delay response follow up messages received: 0
Management messages sent: 1271254
Management messages received: 0
Signaling messages sent: 0
Signaling messages received: 0
```

**show ptp monitor** (Master からのオフセット(offset)、平均パス遅延(Mean Path Delay)、スキュー(Skew) を最大 100 エントリ表示する)

このコマンドは、EOS 4.21.1F 以降でのみ使用できます。設定可能なしきい値について詳しくは、EOS のマニュアルをご覧ください。

```
PTP Mode: Boundary Clock
Ptp monitoring: enabled
Number of entries: 100
Offset from master threshold: not configured
Mean path delay threshold: not configured
Skew threshold: not configured
```

| Interface | Time                         | Offset from Master (ns) | Mean Path Delay (ns) | Skew        | Seq Id |
|-----------|------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------|--------|
| Et5       | 21:24:51.534 UTC Mar 09 2019 | 19313                   | 0                    | 1.000013127 | 293    |
| Et5       | 21:24:50.534 UTC Mar 09 2019 | -11335                  | 0                    | 1.000013096 | 292    |
| Et5       | 21:24:49.534 UTC Mar 09 2019 | 18859                   | 0                    | 1.000013098 | 291    |

## PTP パケットの解析

Linux ベースのアリスタのスイッチはオンボード tcpdump キャプチャが可能で、Wireshark などのパケット解析ツールで書き出したり、読み込んだりすることができます。Wireshark は、安定したシステム・タイミング・ロックを保証するのに適切なデータが PTP パケットにあることを確認できる素晴らしいツールです。

インターフェイスの PTP 解析を実行するには、次のコマンドを発行します。

```
localhost(config)#monitor session test source eth1
localhost(config)#monitor session test destination cpu
localhost(config)#show mon session test
```

セッション名の横のミラー番号をメモしてください。これは次のステップで使用します。

```
localhost(config)#bash
[admin@localhost] tcpdump -i mirror1 host 224.0.1.129 | more
```

(上記のコマンドは、端末に出力を表示します。-v、-n、-XX などや、以下のようなその他の Linux 表記を使用できます。

```
[admin@localhost] tcpdump -i mirror1 host 224.0.1.129 -w <filename>
```

これによってファイルが作成され、Wireshark で開いて PTP パケットを調べることができます。このファイルは、デフォルトでは/home/admin に作成され、USB または SCP を使って取得できます。

**備考:** キャプチャ完了後は、bash を終了して config terminal に戻り、'no mon session test' と入力してください。

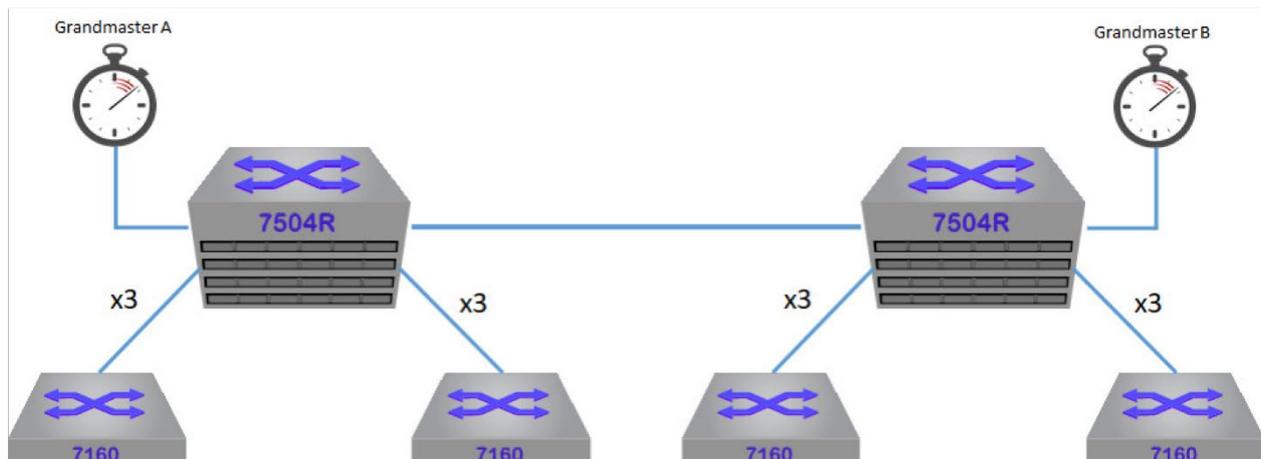
## PTP 配信のトラブルシューティングに関するヒント

- すべてのデバイス(Slave と GM の候補)が同じアナウンス・レートとタイムアウトを共有していることを確認してください。そうならない場合、BMCA プロセスによって複数の GM がアクティブになる(または次々と変わる)可能性があります。
- アリスタの BC は 224.0.1.129 で IGMP Join を実行しないことに注意してください。BC が別の BC、または GM に直接接続していない場合、PTP トラフィックを受信するには静的 IGMP 結合が必要になります。
- 同期メッセージ(Sync Message)および遅延要求メッセージ(Delay Request Message)が受信/送信されているかどうかを解決するには、PTP カウンタを使用します。ハイブリッド・モード(同期(Sync)はマルチキャスト、遅延要求/応答(Delay Request/Rsponse はユニキャスト)では、グローバル構成に“ptp source ip <ip>”コマンドが含まれていることを確認してください。
- ポート・ミラーリングは非常に有効な場合がありますが、パイプライン内のさまざまな場所でさまざまなプラットフォームがミラーリングを行うので、誤解を招くおそれがあることに注意してください。
- BC または TC の PTP メッセージの伝送にトランクが使用されている場合、必ずトランク・インターフェイスにネイティブ VLAN を割り当ててください。

## Non PTP aware プラットフォームを使用した PTP の設定

バウンダリ・クロックなしで PTP トラフィックを伝送するようにスイッチを設定することは、通常のマルチキャスト・データ送信用のスイッチの設定に似ていますが、1 つ大きな違いがあります。GM がどのエンドポイントとも異なるサブネット内にあり、エンドポイントではないスイッチ上にある場合は、ランデブー・ポイント(RP)を使用した PIM が必要です。これは、(任意の時点で何が GM かわからないので)デバイスが PTP 用にソース固有の IGMP Join を送信できないからです。したがって、マルチキャスト・トラフィックのルーティングには本質的に RP が必要です。そして、Non PTP aware スイッチでは、PTP は宛先アドレスが 224.0.1.129 の標準マルチキャストにすぎません。

## ケース 1: ECMP とハッシュを使用するスパイン (PTP aware) とリーフ (non PTP aware) の L3LS



スパイン (Arista 7504R) はバウンダリ・クロックをサポートしていますが、リーフ・スイッチ (7160) はサポートしていないので、このような構成には注意が必要です。7504 側にある 7504-7160 インターフェイスごとに必要な本来の設定では、PTP を有効にし、PTP ロール・マスターも設定します。7160 はバウンダリ・クロック・モードをサポートしておらず、このリーフ・スイッチはすべて、他のリーフ・スイッチからのサブネットと 7504 からのサブネットが別になるように設定されているので、7504 から 7160 に PTP トラフィックをルーティングするには RP が必要でした。

上図のトポロジと設定では、次の問題が生じます。

- リーフ・スイッチに接続されているエンドポイントからの遅延要求メッセージ (Delay Request Message) が他のリーフ・スイッチにリークし、その結果として他のデバイスにリークする
- 各リーフ・スイッチ上にローカル RP を作成することによって解決されるのは 224.0.1.129 のみ
- リーフとスパイン間の L3 接続では、PTP マスター・インターフェイスがリーフの 224.0.1.129 のマルチキャスト・ルーティング・テーブルと一致なくなる可能性がある。例えば、スパイン上のリンクはマスターになります。リーフ上のリンク 3 は 224.0.1.129 の出力インターフェイスとしてリストされます。これによって、そのリーフ上のすべてのデバイスがロックされなくなります。これを解決するには、次の手順を実行します。
  - スパインからリーフへのグルーピングごとに、リンク 1 でのみ PTP を有効にする
  - リンク 1 の接続が失われるとイベント・ハンドラーによってトリガーされるスクリプトをスパインに作成する (リーフごとに 1 つ)
  - リンク 1 が切断されたら、リンク 2 で PTP を有効にする
  - PTP ソース IP を宛先とする 2 つの静的マルチキャスト・ルーティング・テーブルをリーフ・スイッチ上に作成し、リンク 1 の優先度を高くする。224.0.1.129 に対する静的 IGMP 結合も作成する

バウンダリ・クロックをスパインがサポートし、リーフ・スイッチがサポートしていない L3LS ネットワーク・トポロジ上で適切な PTP ロックを保証するには、これらの手順がすべて必要です。バウンダリ・クロックをサポートしている適切なプラットフォームを選択すると、ネットワーク設定の複雑さが軽減され、トラブルシューティング・プロセスも簡素化されます。

## ケース 2: デュアル・スーパーバイザ・モジュールを搭載した 1 台の 7500R

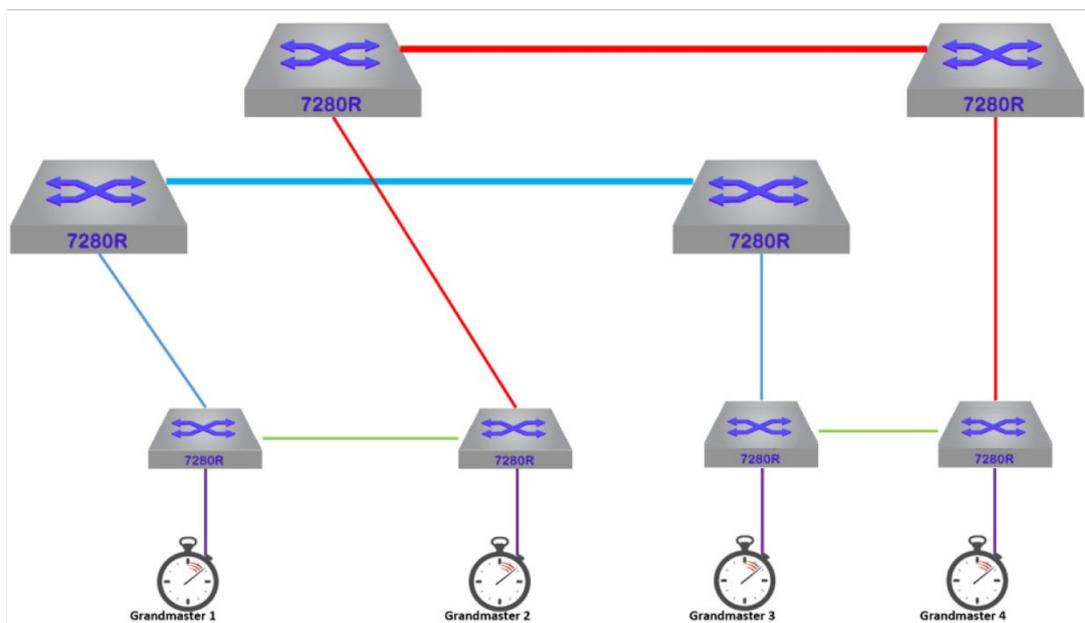
バウンダリ・クロックはほとんどの SMPTE-2110 環境に推奨されますが、ハイブリッド・メッセージングを使用しつつ、透過クロック(TC)を選択するユースケースもあります。スイッチの PTP が透過モードの場合、スイッチ内のパケット遅延を計算し、調整します。このモードに加え、エンドポイントをハイブリッド・モードに設定して、GM からのアナウンス・メッセージ(Announce Message)と同期メッセージ(Sync Message)はマルチキャストのままにし、遅延要求メッセージはユニキャスト・パケットとして送信することができます。これにより、各スレーブは他のすべてのスレーブ・デバイスのメッセージを見ることができなくなるので、ネットワーク上の PTP メッセージの量が減少します。

7500R スイッチを TC モードで設定する理由は、BC の実装に使用される PTP エージェントがスーパーバイザにホスティングされているからです。そのため、1 つのスーパーバイザがフェイルオーバーしたり、削除されたりすると、PTP エージェントは強制的に再起動され、その PTP エージェントにロックされているすべてのエンド・デバイスに悪影響を及ぼします。TC モードはこの PTP エージェントを使用しないので、スーパーバイザの障害がシステム全体のタイミングにダメージを与えることはありません。上述のハイブリッド・モードによってメッセージ圧縮は引き続きアクティブであり、オフセットの計算の精度を向上させる補正要素もあります。

冗長性を高めるため、TC モードのスイッチには必ず 2 つの GM を接続してください。

重要: 必ずしもすべてのプラットフォームが透過クロックをサポートしているわけではありません。この点を確認する必要があります。

### PTP 環境の考案



上図は、アリスタとパートナーによるプロジェクトの提案を反映したものです。条件は、2 つの建物間の通信途絶と、GM1 または 2 の障害がない場合、GM1 および 3 が「メインの PTP GM」になるということでした。

上述の条件を実装することはできるでしょうか。可能です。

以下の太字は同等であると考え、

#### Priority 1

**Clock Class**

**Clock Accuracy**

**Clock Variance**

Priority 2

## GMID

上述の要件にもとづいて、どの GM をグランドマスターに選ぶかに関しては、タイブレイクのための重要な属性として Priority 2 を使用します。

したがって、次のようになります。

GM 1: Priority 1 = 1 ; Priority 2 = 2

GM 2: Priority 1 = 1 ; Priority 2 = 3

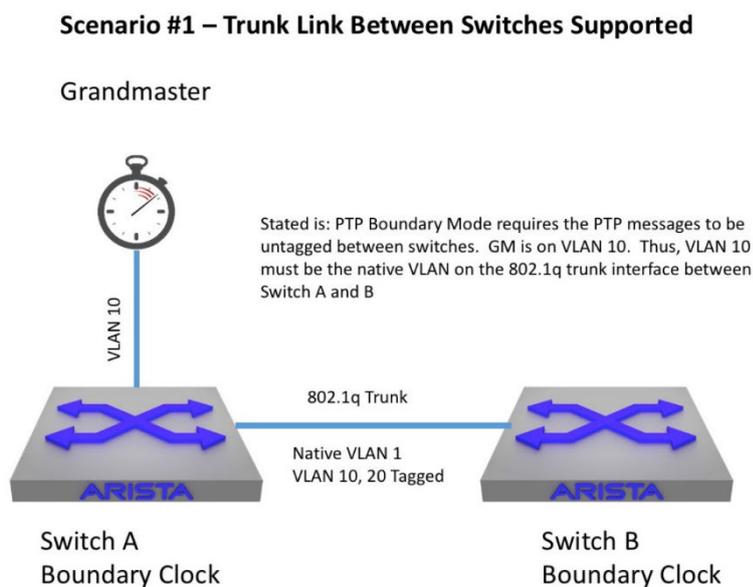
GM 3: Priority 1 = 1 ; Priority 2 = 4

GM 4: Priority 1 = 1 ; Priority 2 = 5

上記の属性設定により、GM 1 が GM に選ばれるための優先度が最も高く、GM 2、3、4 の順に続きます。すべての GM 候補は同じアナウンス間隔(Announce Interval)で設定することが不可欠です。そうしないと、ある GM が他の GM より速くアナウンス・メッセージ(Announce Message)を作成した場合に、間違っでシステムの GM に選ばれる可能性があります。

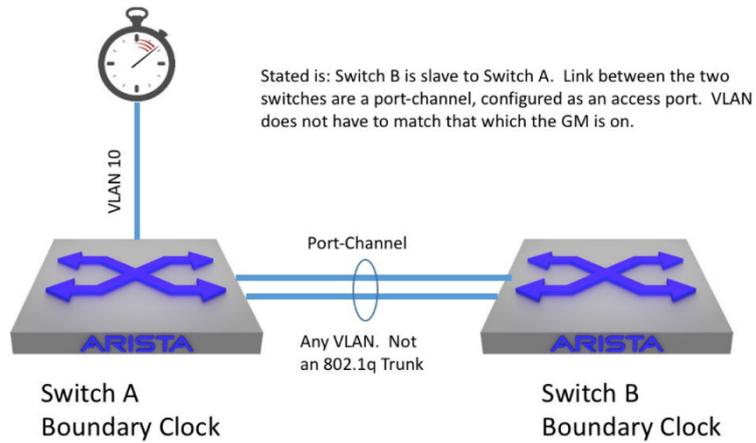
### サポートされる、およびサポートされない PTP 配信ネットワーク

以下のシナリオでは、メディア & エンターテインメント分野で一般的な、さまざまなネットワーク・デザインについて説明します。PTP 配信(バウンダリ・クロック)の観点から、図には「サポートされる」または「サポートされない」と明示しています。



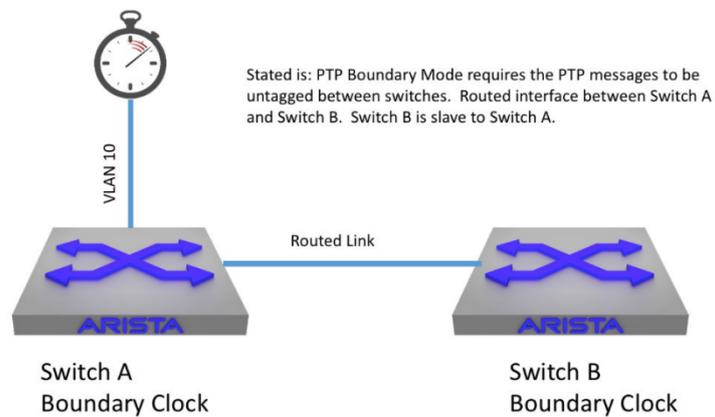
### Scenario #2 – Port Channel Between Switches (Non Trunk) Supported

Grandmaster



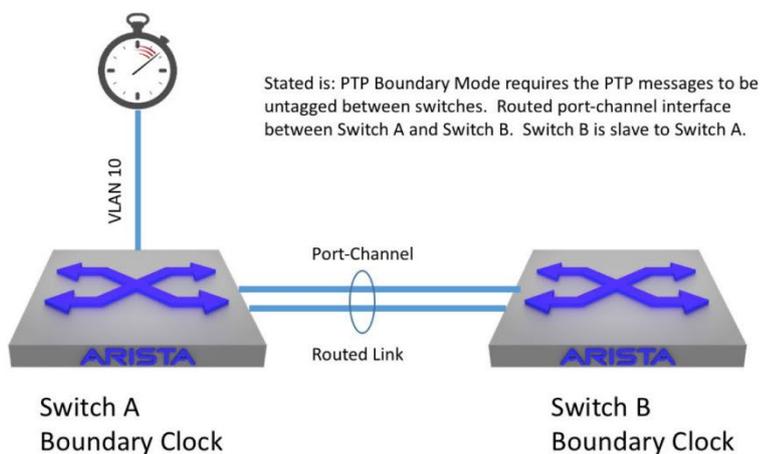
### Scenario #3 – Routed Link Between Switches Supported

Grandmaster



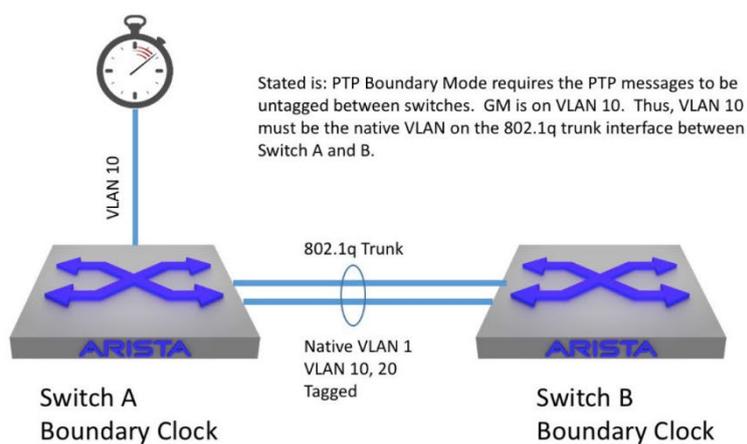
### Scenario #4 – Routed Port Channel Between Switches (Non Trunk) Supported

Grandmaster



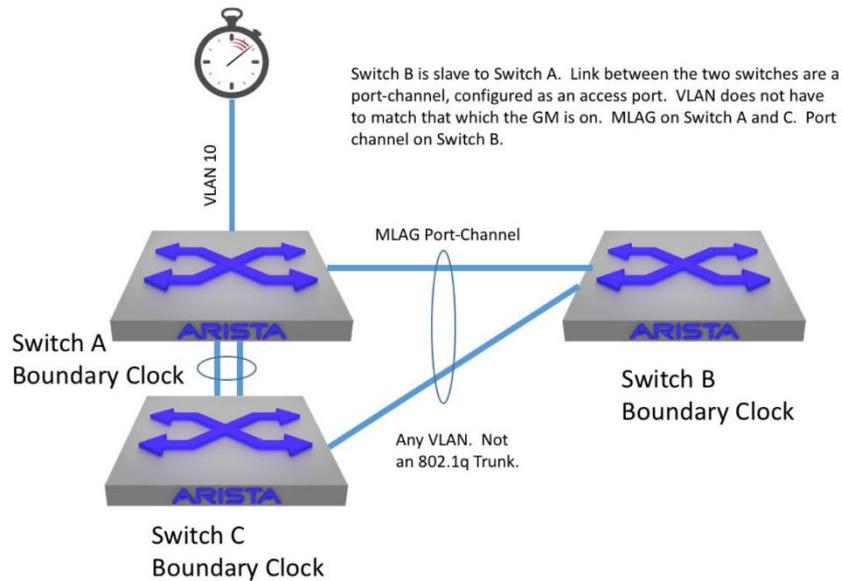
### Scenario #5 – Port Channel Trunk Between Switches Supported

Grandmaster



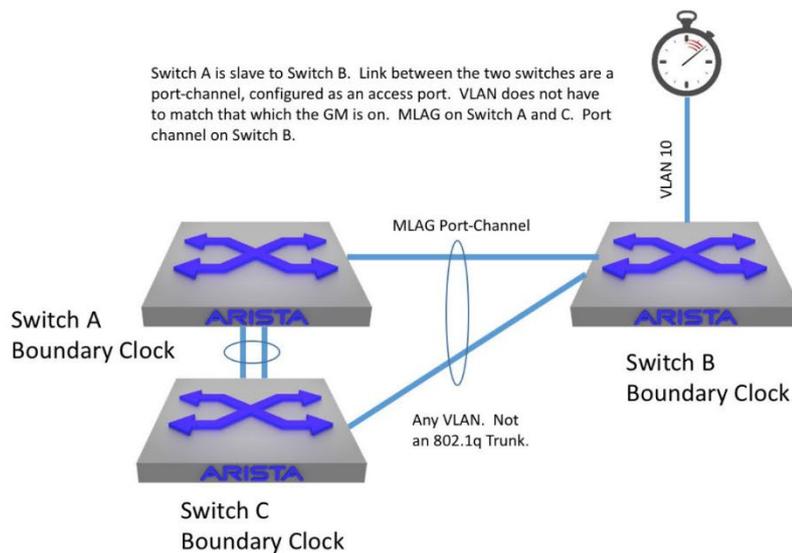
**Scenario #6 – MLAG Port Channel Between Switches (Non Trunk) (Not Supported)**

Grandmaster



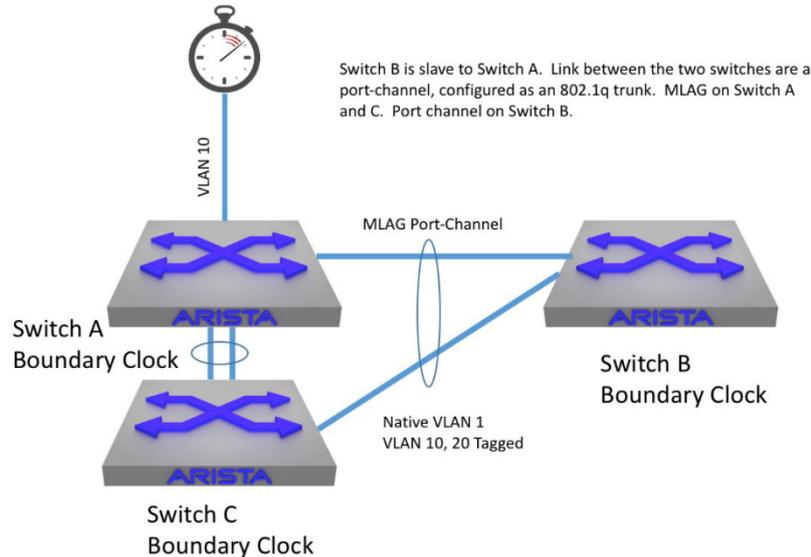
**Scenario #7 – MLAG Port Channel Between Switches (Non Trunk) Not Supported**

Grandmaster



## Scenario #8 – MLAG Port Channel Between Switches (Trunk) Not Supported

Grandmaster



### まとめ

機能する PTP 配信ネットワークには、多くのバリエーションが考えられます。しかし、これらのタイプのネットワークを設計する際、何百ものスレーブ・デバイスが設備全体に分散している可能性がある M&E 分野では特に、エンドポイントのスケールビリティと CPU 利用率を考慮する必要があります。M&E 分野、より具体的には SMPTE-2110 向けに選択するプラットフォームがバウンダリ・クロックをサポートしていることと、この機能を有効にすることをお勧めします。これらの理由に加え、最初のケース・スタディで示したように、設定とトラブルシューティングの両方でバウンダリ・クロックを利用する、単純化されたアプローチがあります。バウンダリ・クロックのないルーティング環境では、RP が必要になります。これは、必然的に Anycast Router または Bootstrap Router が必要になるということの意味するので、複雑さが増大します。また、ネットワーク・デザインがバウンダリ・クロックをサポートしていると保証することは不可欠であり、PTP 配信ネットワークの設計時に最初に議論すべきトピックです。

### アリスタネットワークスジャパン合同会社

〒100-0004 東京都千代田区大手町 1-7-2 東京サンケイビル 27F

Tel:03-3242-6401

〒530-0001 大阪市北区梅田 2-2-2 ヒルトンプラザウエスト 19F

Tel:06-6133-5681

お問い合わせ先

[Japan-sales@arista.com](mailto:Japan-sales@arista.com)

Copyright © 2019 Arista Networks, Inc. 本書に記載されている情報は予告なく変更される場合があります。Arista、Arista のロゴ、および EOS は Arista Networks の登録商標です。その他の製品またはサービス名は、他社の商標またはサービス商標である可能性があります。

[www.arista.com/jp](http://www.arista.com/jp)

**ARISTA**

2019 年 2 月