



高精度時間プロトコル

- [PTP について \(1 ページ\)](#)
- [Cisco ACI および PTP \(31 ページ\)](#)

PTP について

高精度時間プロトコル (PTP) は、ネットワークに分散したノード間で時刻同期を行うプロトコルで、IEEE 1588 に定義されています。PTP を使用すると、イーサネット ネットワークを介して 1 マイクロ秒未満の精度で、分散したクロックを同期できます。PTP の正確さは、Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) ファブリック スパインおよびリーフスイッチでの PTP のハードウェア サポートによるものです。ハードウェア サポートにより、プロトコルはメッセージの遅延とネットワーク全体の変動を正確に補正できます。



(注) このドキュメントでは、IEEE1588-2008 標準規格が「スレーブ」と呼称するものに対して「クライアント」という用語を使用しています。例外は、Cisco Application Policy Infrastructure Controller (APIC) CLI コマンドまたは GUI に「スレーブ」という単語が埋め込まれている場合です。

PTP は、システムのリアルタイム PTP クロックが相互に同期する方法を指定する分散プロトコルです。これらのクロックは、グランドマスタークロック (階層の最上部にあるクロック) を持つマスタークライアント同期階層に編成され、システム全体の時間基準を決定します。同期は、タイミング情報を使用して階層のマスターの時刻にクロックを調整するメンバーと、PTP タイミングメッセージを交換することによって実現されます。PTP は、PTP ドメインと呼ばれる論理範囲内で動作します。

PTP プロセスは、マスタークライアント階層の確立とクロックの同期の 2 つのフェーズで構成されます。PTP ドメイン内では、オーディナリクロックまたは境界クロックの各ポートが、次のプロセスを使用してステートを決定します。

1. ベストマスタークロック アルゴリズム (BMCA) を使用してマスタークライアント階層を確立します。

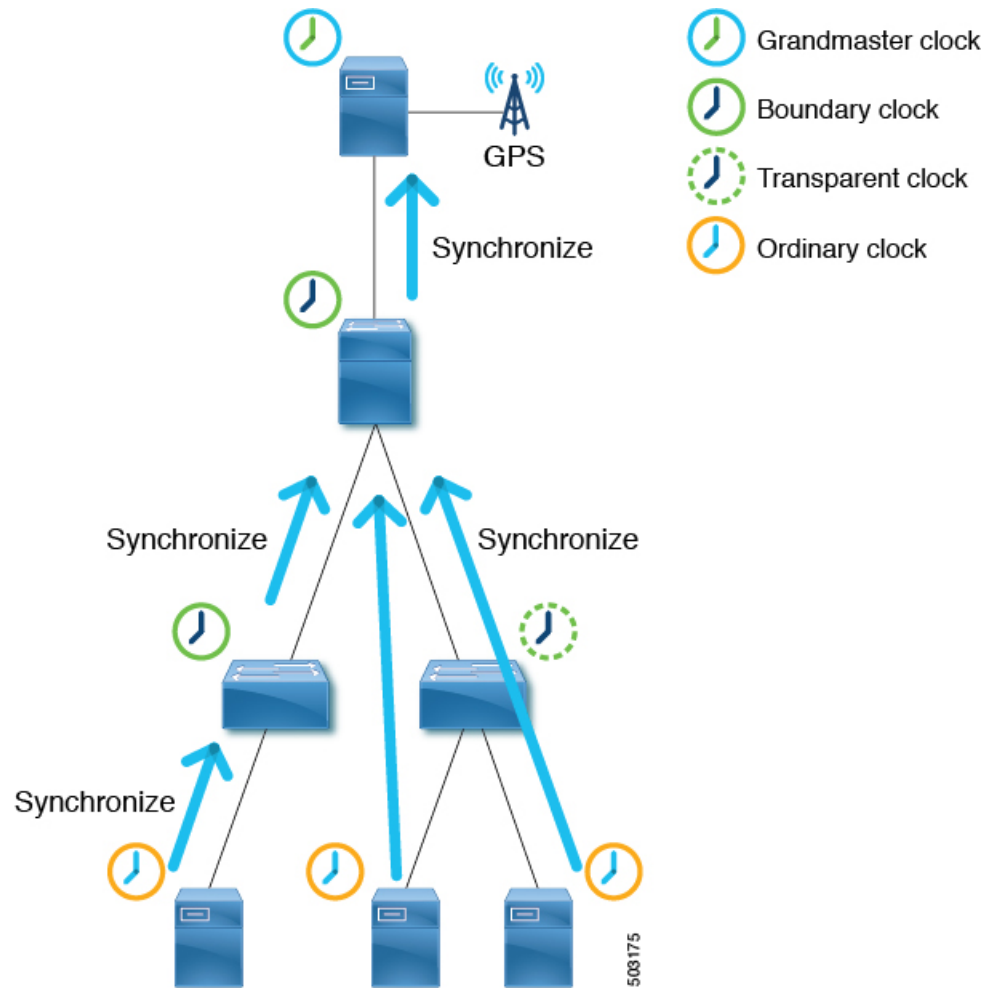
- 受信したすべての（マスター ステートのポートによって発行された）Announce メッセージの内容を検査します。
- 外部マスターのデータセット（Announce メッセージ内）とローカル クロックで、優先順位、クロック クラス、正確度などを比較します。
- 自身のステートがマスターまたはクライアントのいずれであるかを決定します。

2. クロックの同期：

- Sync や Delay_Req などのメッセージを使用して、マスターとクライアント間のクロックを同期します。

PTP クロック タイプ

次の図は、PTP クロック タイプの階層を示しています。

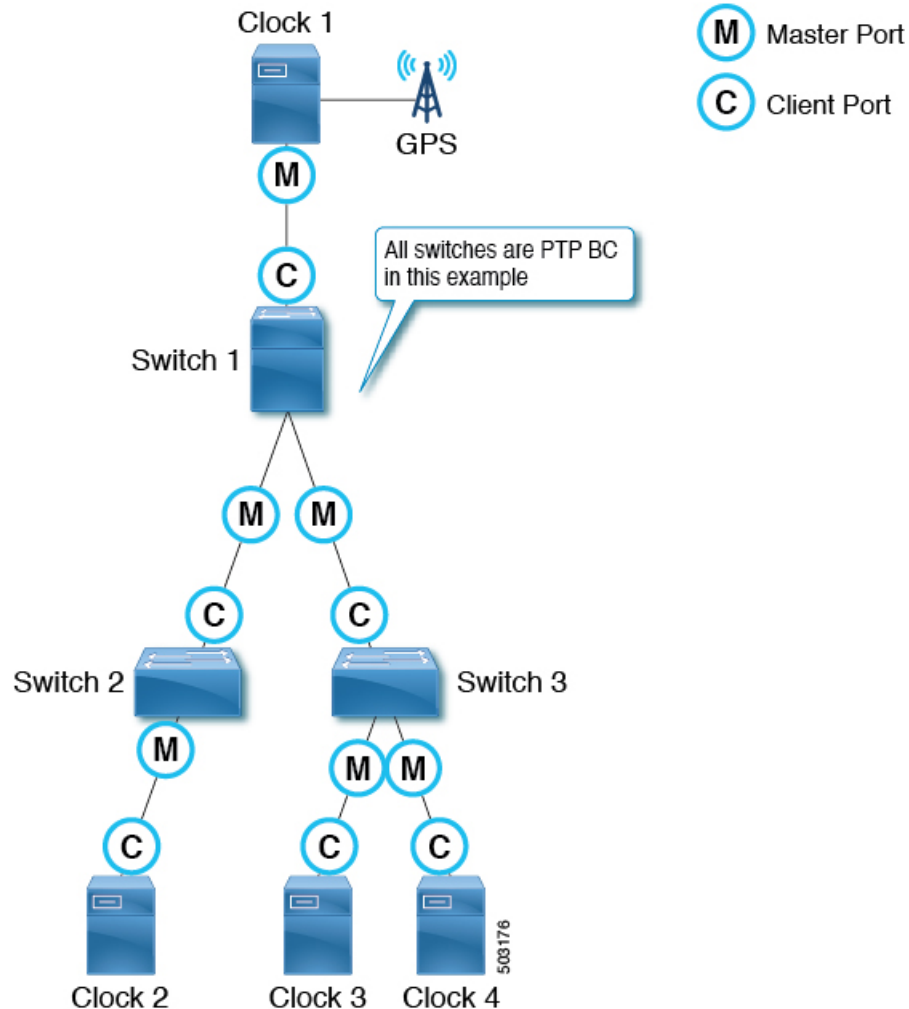


PTP には、次のクロック タイプがあります。

タイプ	説明
グランドマスタークロック (GM、GMC)	PTP トポロジ全体の時間のソース。グランドマスター クロックは、Best Master Clock Algorithm (BMCA) によって選択されます。
境界クロック(BC)	複数の PTP ポートを持つデバイス。PTP 境界クロックは BMCA に参加し、各ポートにはマスターまたはクライアントなどのステータスがあります。境界クロックはその親/マスターと同期するため、それ自体の背後にあるクライアントクロックは PTP 境界クロック自体に同期します。これを確実にするために、境界クロックは PTP メッセージを終了し、メッセージを転送する代わりにそれ自体で応答します。これにより、あるポートから別のポートに PTP メッセージを転送するノードによって引き起こされる遅延がなくなります。
トランスペアレントクロック (TC)	複数の PTP ポートを持つデバイス。PTP トランスペアレント クロックは BMCA に参加しません。このクロック タイプは、マスター クロックとクライアントクロックの間で PTP メッセージを透過的に転送するだけなので、それらが相互に直接同期できません。トランスペアレント クロックは、通過する PTP メッセージに滞留時間を付加するため、クライアントはトランスペアレント クロック デバイス内の転送遅延を考慮することができます。 ピアツーピア遅延メカニズムの場合、PTP トランスペアレント クロックは、メッセージを転送する代わりに PTP Pdelay_xxx メッセージを終了します。 (注) この ACI モードのスイッチは、トランスペアレント クロックにすることはできません。
オーディナリ クロック (OC)	グランドマスター クロックとして時間のソースとして機能するデバイス、またはクライアント (PTP クライアント) としての役割を持つ別のクロック (マスターなど) に同期するデバイス。

PTP トポロジ

マスター ポートとクライアント ポート



マスター ポートとクライアント ポートは次のように機能します。

- 各 PTP ノードは、GPS（図のクロック 1）などの最適な時刻ソースを持つグランドマスタークロックにクロックを直接または間接的に同期します。
- ベストマスタークロックアルゴリズム（BMCA）に基づいて、PTP トポロジ（ドメイン）全体に対して 1 つのグランドマスターが選択されます。BMCA は各 PTP ノードで個別に計算されますが、アルゴリズムにより、同じドメイン内のすべてのノードがグランドマスターと同じクロックを選択するようになります。
- BMCA に基づく PTP ノード間の各パスには、1 つのマスター ポートと少なくとも 1 つのクライアントポートがあります。パスがポイントツーマルチポイントの場合、複数のクライアントポートがありますが、各 PTP ノードは 1 つのクライアントポートしか持つこと

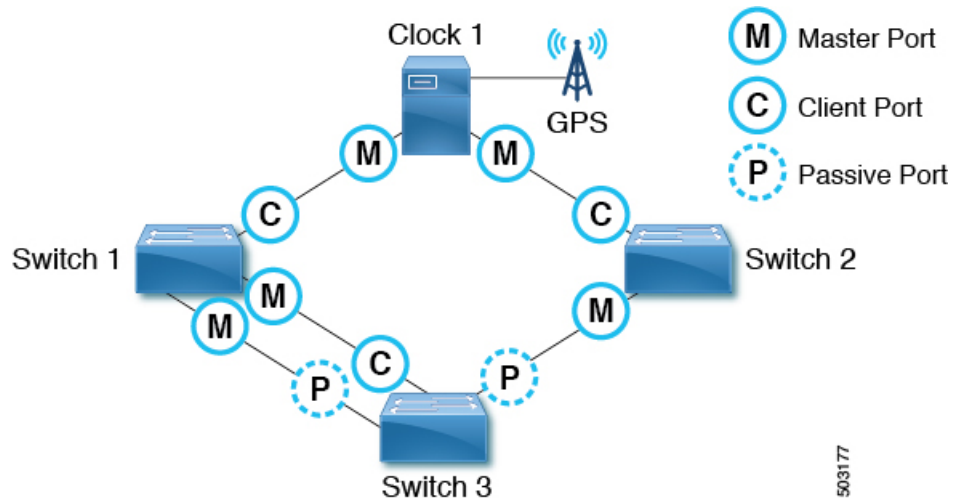
ができません。各 PTP ノードは、クライアントポートを使用して、もう一方の端のマスターポートと同期します。これを繰り返すことにより、すべての PTP ノードは最終的に直接または間接的にグランドマスターに同期します。

- スイッチ 1 から見ると、クロック 1 はマスターであり、グランドマスターです。
- スイッチ 2 から見ると、スイッチ 1 がマスターであり、クロック 1 がグランドマスターです。
- 各 PTP ノードにはクライアントポートが 1 つだけあり、その背後にグランドマスターが存在します。グランドマスターは、数ホップ離れている場合があります。
- 例外は、BMCA に参加しない PTP トランスペアレント クロックです。スイッチ 3 が PTP トランスペアレントクロックの場合、クロックにはマスターやクライアントなどのポートステータスがありません。クロック 3、クロック 4、およびスイッチ 1 は、マスターとクライアントの関係を直接確立します。

パッシブポート

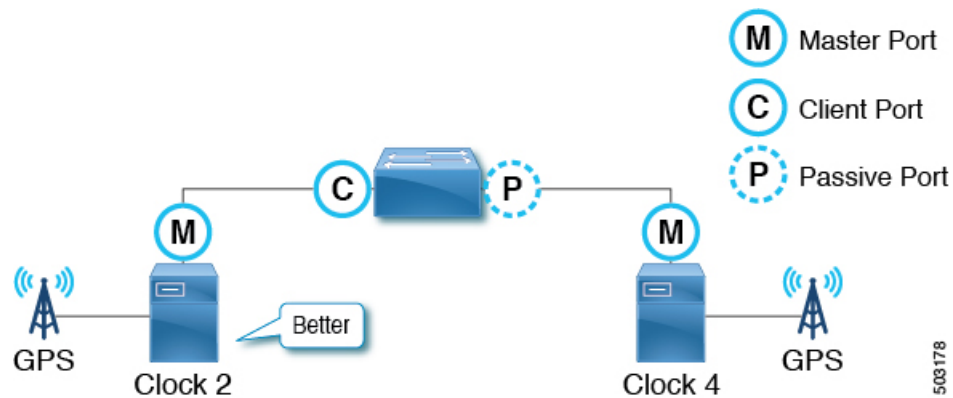
BMCA は、マスターとクライアントの上でパッシブ状態にある別の PTP ポートを選択できます。パッシブポートは、他のノードからの Management メッセージへの応答としての PTP Management メッセージなどのいくつかの例外を除いて、PTP メッセージを生成しません。

例 1



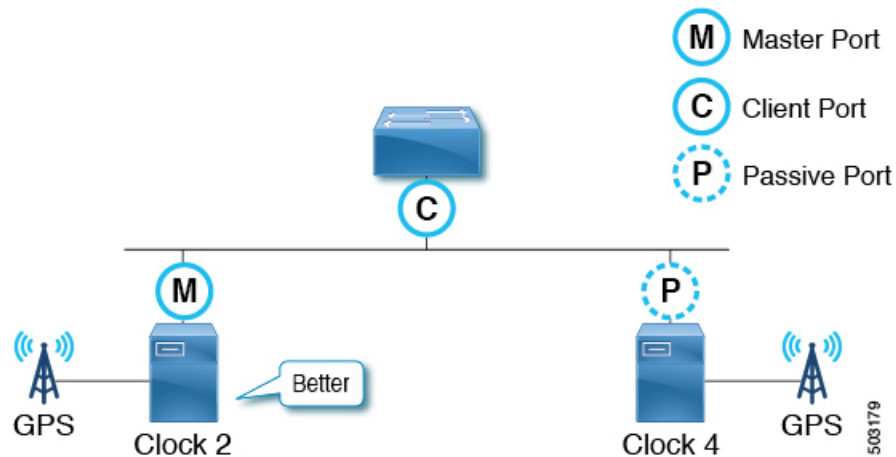
PTP ノードにグランドマスターへの複数のポートがある場合、そのうちの 1 つだけがクライアントポートになります。グランドマスターへの他のポートはパッシブポートになります。

例 2



PTP ノードが2つのマスター専用クロック（グランドマスター候補）を検出した場合、グランドマスターとして選択された候補へのポートはクライアントポートになり、もう一方はパッシブポートになります。他のクロックがクライアントである場合、パッシブではなくマスターとクライアントの関係を形成します。

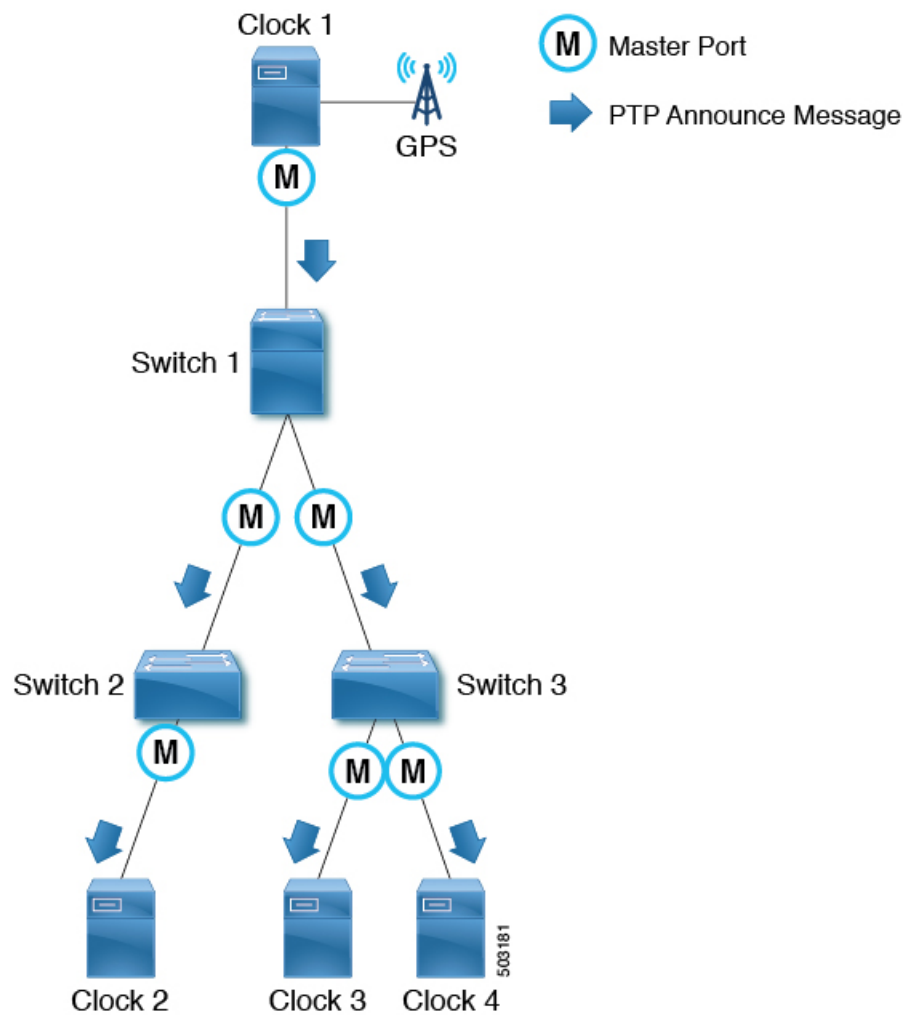
例 3



マスター専用クロック（グランドマスター候補）が、それ自体よりも優れた別のマスター専用クロックを検出すると、そのクロックはそれ自体を受動状態にします。これは、2つのグランドマスター候補が同じ通信パス上にあり、間に PTP 境界クロックがない場合に発生します。

アナウンス メッセージ

Announce メッセージは、ベスト マスター クロック アルゴリズム（BMCA）を計算し、PTP トポロジ（マスター クライアント階層）を確立するために使用されます。



メッセージは次のように機能します。

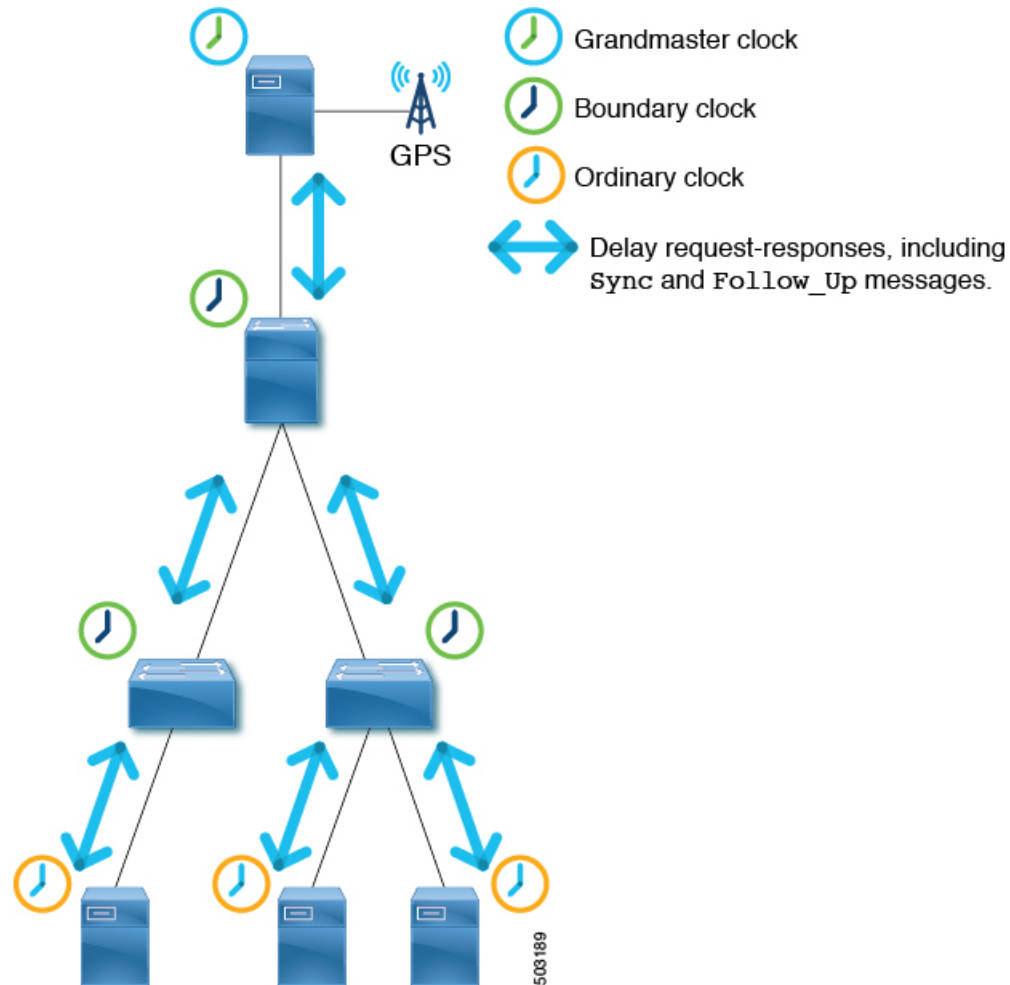
- PTP マスター ポートは、PTP over IPv4 UDP の場合、PTP Announce メッセージを IP アドレス 224.0.1.129 に送信します。
- 各ノードは、PTP Announce メッセージの情報をを使用して、BMCAに基づいて同期階層（マスター/クライアント関係またはパッシブ）を自動的に確立します。
- PTP Announce メッセージに含まれる情報の一部は次のとおりです。
 - グランドマスター優先順位 1
 - グランドマスター クロックの品質（クラス、正確度、バリエーション）
 - グランドマスター優先順位 2
 - グランドマスター アイデンティティ
 - 削除されるステップ

- PTP Announce メッセージは、 $2^{\log \text{AnnounceInterval}}$ 秒に基づく間隔で送信されます。

さまざまな PTP ノード タイプを持つ PTP トポロジ

エンドツーエンド境界クロックのみを持つ PTP トポロジ

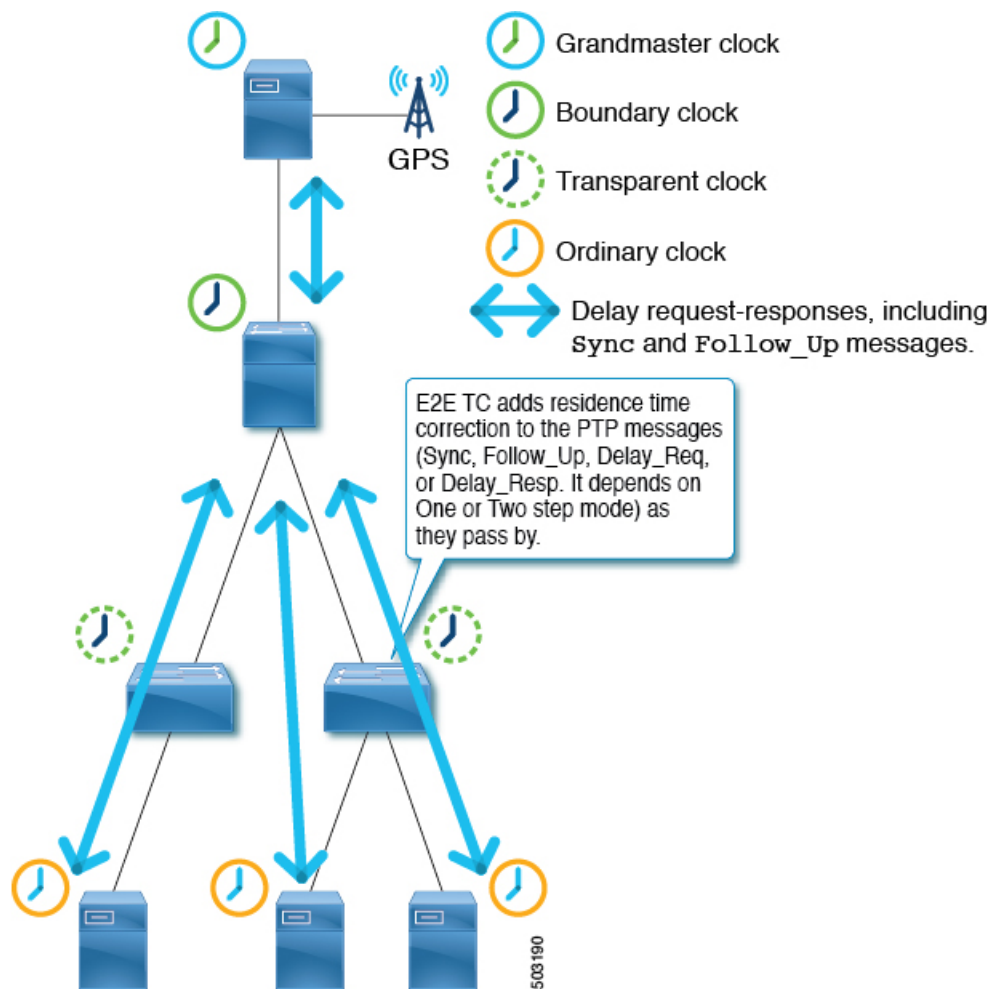
このトポロジでは、境界クロック ノードは、Management メッセージを除き、すべてのマルチキャスト PTP メッセージを終了させます。



これにより、各ノードが最も近い親マスタークロックからの Sync メッセージを処理できるようになり、ノードが高い精度を達成できるようになります。

境界クロックとエンドツーエンドの透過クロックを使用した PTP トポロジ

このトポロジでは、境界クロック ノードは、Management メッセージを除き、すべてのマルチキャスト PTP メッセージを終了させます。



エンドツーエンド（E2E）透過クロックノードはPTPメッセージを終了しませんが、パケットが通過するときに、滞留時間（パケットがノードを通過するのにかった時間）を PTP メッセージ修正フィールドに追加するだけです。それらを使用して、より良い正確度を達成します。ただし、これは、1つの境界クロックノードで処理する必要がある PTP メッセージの数が増えるため、拡張性が低くなります。

PTP BMCA

PTP BMCA パラメータ

各クロックには、ベストマスタークロックアルゴリズム（BMCA）で使用される IEEE 1588-2008 で定義されている次のパラメータがあります。

[順序 (Order)]	パラメータ	使用可能な値	説明
1	優先順位 1	0 ~ 255	ユーザ構成可能な番号。この値は、通常、グランドマスター候補クロック（マスター対応デバイス）の場合は 128 以下、クライアント専用デバイスの場合は 255 です。
2	クロック品質 - クラス	0 ~ 255	クロック デバイスのステータスを表示します。たとえば、6 は GPS などのプライマリ リファレンス時間ソースを持つデバイス用です。7 はプライマリ リファレンス時間ソースを持つように使用されるデバイス用です。127 以下は、マスター専用クロック（グランドマスター候補）用です。255 はクライアント専用デバイス用です。
3	クロック品質 - 正確度	0 ~ 255	クロックの正確度。たとえば、33（0x21）は 100 ns 以下で、35（0x23）は 1 us 以下です。
4	クロック品質 - バリエーション	0 ~ 65535	PTP メッセージ内でのタイムスタンプのカプセル化の精度。
5	優先順位 2	0 ~ 255	ユーザ構成可能な別の番号。同一のクロック品質を持つ 2 つのグランドマスター候補で、そのうち 1 つはスタンバイであるセットアップの場合、このパラメータが通常使用されます。
6	クロック ID	この値は 8 バイトで、通常は MAC アドレスを使用して形成されます。	このパラメータは最終的なタイブレーカーとして機能し、通常は MAC アドレスです。

【順序 (Order)】	パラメータ	使用可能な値	説明
7	削除されるステップ	設定不能	このパラメータは、2つの異なるポートからの同一のグランドマスターのクロックを受信したときのアナウンス済みクロックからのホップ数を表し、最終的なタイブレーカーです。削除されるステップが候補と同一の場合、ポートIDと番号はタイブレーカーとして使用されます。 このパラメータの値を構成することはできません。

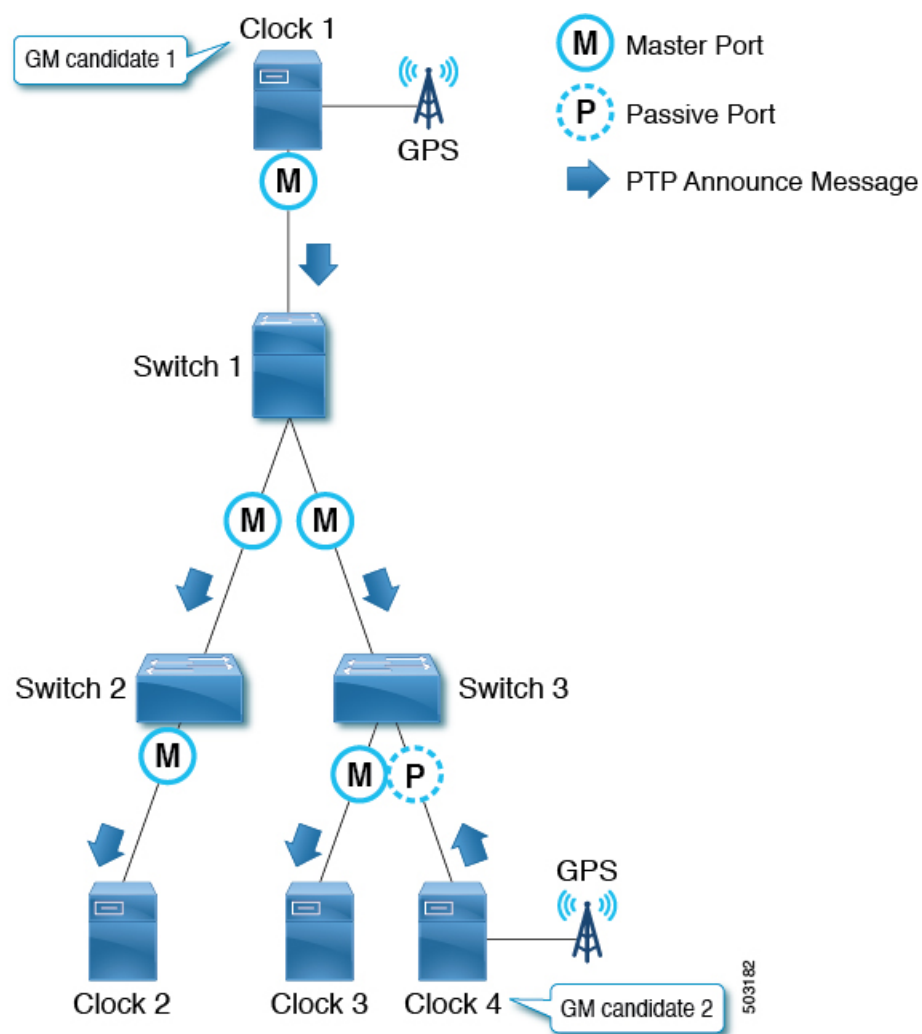
グランドマスタークロックのこれらのパラメータは、PTP Announce メッセージによって運ばれます。各 PTP ノードは、ノードが受信するすべての Announce メッセージから受け取る表にリストされている順番、またそのノード自体の値の順番で、これらの値を比較します。すべてのパラメータで、より低い番号が選択されます。その後、各 PTP ノードはノードが認識するパラメータのうちのベストクロックを持つパラメータを使用して Announce メッセージを作成し、ノードは自身のマスターポートから次のクライアントデバイスにメッセージを送信します。



(注) 各パラメータの詳細については、IEEE 1588-2008 の 7.6 節を参照してください。

PTP BMCA の例

次の例では、クロック 1 とクロック 4 がこの PTP ドメインのグランドマスター候補です。



クロック 1 には、次のパラメータ値があります。

パラメータ	値
優先順位 1	127
クロック品質 - クラス	6
クロック品質 - 正確度	0x21 (< 100ns)
クロック品質 - バリアンス	15652
優先順位 2	128
クロック ID	0000.1111.1111
削除されるステップ	*

クロック 4 には、次のパラメータ値があります。

パラメータ	値
優先順位 1	127
クロック品質 - クラス	6
クロック品質 - 正確度	0x21 (< 100ns)
クロック品質 - バリアンス	15652
優先順位 2	129
クロック ID	0000.1111.2222
削除されるステップ	*

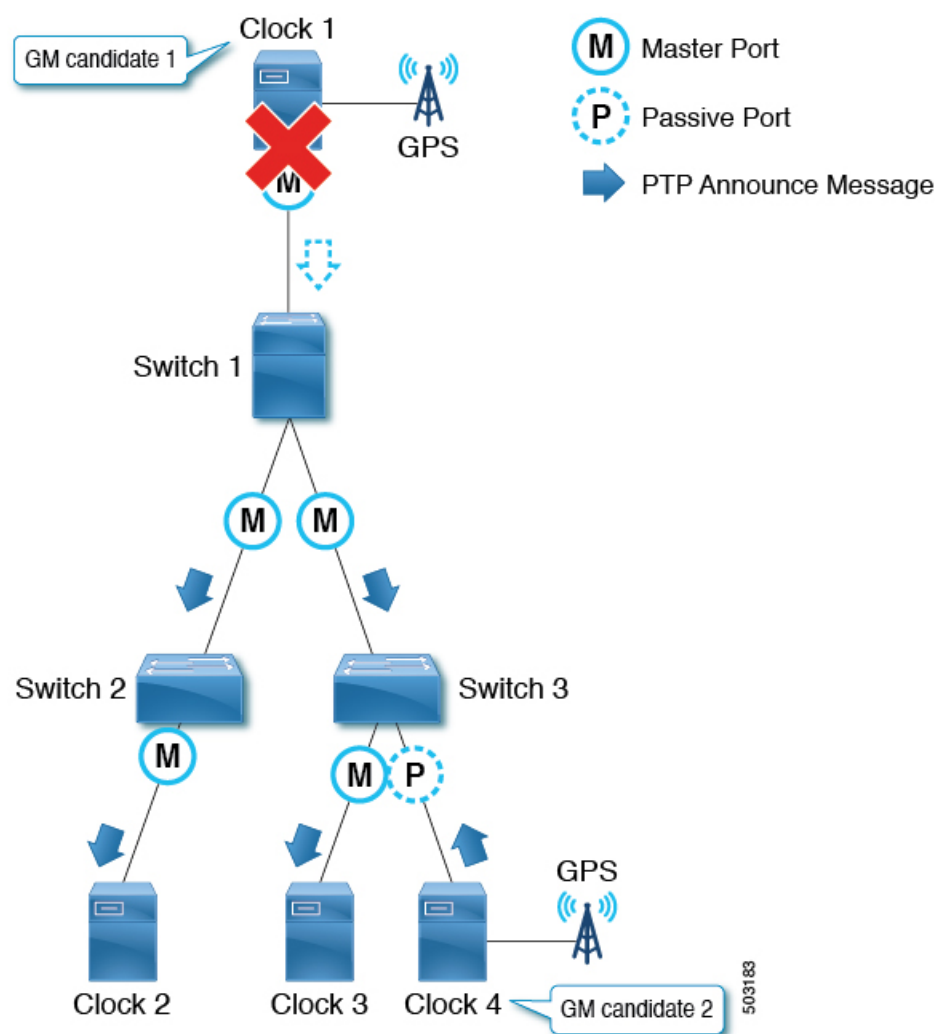
両方のクロックが PTP Announce メッセージを送信し、各 PTP ノードがメッセージ内の値を比較します。この例では、最初の 4 つのパラメータの値が同じであるため、Priority 2 がアクティブなグランドマスター、つまりクロック 1 を決定します。

すべてのスイッチ (1、2、および 3) がクロック 1 が最良のマスタークロック (つまり、クロック 1 がグランドマスター) であることを認識した後、これらのスイッチは、マスターポートからクロック 1 のパラメータを含む PTP Announce メッセージを送信します。スイッチ 3 では、クロック 4 (グランドマスター候補) に接続されたポートがパッシブポートになります。これは、ポートがマスター専用クロック (クラス 6) からの PTP Announce メッセージを受信し、別のポートから受信されている現在のグランドマスターよりも優れていないパラメータを持つためです。

Step Removed パラメータは、グランドマスターからのホップ (PTP 境界クロック ノード) の数を示します。PTP 境界クロック ノードが PTP Announce メッセージを送信すると、メッセージ内の Step Removed 値が 1 ずつ増分します。この例では、スイッチ 2 は、クロック 1 のパラメータで Step Removed 値が 1 のスイッチ 1 から PTP Announce メッセージを受信します。クロック 2 は、Step Removed 値が 2 の PTP Announce メッセージを受信します。この値は、PTP Announce メッセージの他のすべてのパラメータが同じ場合にのみ使用されます。これは、メッセージが同じグランドマスター候補クロックからのものである場合に発生します。

PTP BMCA フェールオーバー

現在アクティブなグランドマスター (クロック 1) が使用できなくなった場合、各 PTP ポートはベストマスタークロックアルゴリズム (BMCA) を再計算します。



可用性は、Announce メッセージを使用してチェックされます。各 PTP ポートは、Announce メッセージが Announce Receipt Timeout 時間を連続して欠落した後に、Announce メッセージのタイムアウトを宣言します。つまり、 $\text{Announce Receipt Timeout} \times 2^{\log \text{AnnounceInterval}}$ 秒の場合です。このタイムアウト期間は、IEEE 1588-2008 の 7.7.3 節で説明されているように、PTP ドメイン全体で均一である必要があります。タイムアウトが検出されると、各スイッチは、新しい最良のマスタークロックデータを含む Announce メッセージを送信することにより、すべての PTP ポートで BMCA の再計算を開始します。ほとんどのスイッチは前のグランドマスターのみを認識しているため、再計算により、スイッチは最初にスイッチ自体が最良のマスタークロックであると判断する可能性があります。

グランドマスターに接続されたクライアントポートがダウンした場合、ノード（またはポート）は、アナウンスタイムアウトを待つ必要がなく、新しい最良のマスタークロックデータを含む Announce メッセージを送信することにより、BMCA の再計算をすぐに開始できます。

トポロジのサイズによっては、収束に数秒以上かかる場合があります。これは、各 PTP ポートが BMCA を最初から個別に再計算して新しい最適なクロックを見つけるためです。アクティ

ブなグランドマスターに障害が発生する前は、スイッチ 3 だけがクロック 4 を認識しており、アクティブなグランドマスターの役割を引き継ぐ必要があります。

また、ポートの状態が非マスターからマスターに変化した場合、ポートは最初に PRE_MASTER の状態に変化します。ポートが実際のマスターになるまでの Qualification Timeout 秒数は、通常は次のようになります。

$(\text{Step Removed} + 1) \times \text{the announce interval}$

これは、他のグランドマスター候補がアクティブなグランドマスターと同じ（または近くに）接続されている場合、ポートステータスの変更が最小限になり、コンバージェンス時間が短くなることを意味します。詳細については、IEEE 1588-2008 の 9.2 節を参照してください。

PTP 代替 BMCA (G.8275.1)

PTP テレコム プロファイル (G.8275.1) は、G.8275.1 で定義された代替のベスト マスター クロック アルゴリズム (BMCA) を使用します。これには、IEEE 1588-2008 で定義された通常の BMCA とは異なるアルゴリズムがあります。最大の違いの 1 つは、同じ品質のグランドマスター候補が 2 つある場合、G.8275.1 の代替 BMCA により、Clock Identity より前に Steps Removed を比較することで、すべての PTP ノードがグランドマスターと同じクロックを選択するのではなく、各 PTP ノードが最も近いグランドマスターを選択できることです。もう 1 つの違いは、新しいパラメータ Local Priority です。これにより、ユーザは、どのポートをクライアント ポートとして優先するかを手動で制御できます。これにより、各ノードの PTP テレコム プロファイルと SyncE の両方の送信元として同じポートを選択することが容易になります。これは、多くの場合、ハイブリッド モードの操作に適しています。

PTP 代替 BMCA パラメータ

各クロックには、PTP テレコム プロファイル (G.8275.1) の代替ベスト マスター クロック アルゴリズム (BMCA) で使用される G.8275.1 で定義された次のパラメータがあります。

【順序 (Order)】	パラメータ	使用可能な値	説明
1	クロック品質 - クラス	0 ～ 255	クロック デバイスのステータスを表示します。たとえば、6 は GPS などのプライマリ リファレンス時間ソースを持つデバイス用です。7 はプライマリ リファレンス時間ソースを持つように使用されるデバイス用です。127 以下は、マスター専用クロック（グランドマスター候補）用です。255 はクライアント専用デバイス用です。
2	クロック品質 - 正確度	0 ～ 255	クロックの正確度。たとえば、33 (0x21) は 100 ns 以下で、35 (0x23) は 1 us 以下です。

[順序 (Order)]	パラメータ	使用可能な値	説明
3	クロック品質 - バリエーション	0 ~ 65535	PTP メッセージ内でのタイムスタンプのカプセル化の精度。
4	優先順位 2	0 ~ 255	ユーザ構成可能な番号。同一のクロック品質を持つ2つのグランドマスター候補で、そのうち1つはスタンバイであるセットアップの場合、このパラメータが通常使用されます。
5	ローカル優先度	1 ~ 255	ノード自体のクロックは、ノードで構成されたクロック ローカル優先順位を使用します。別のノードから受信したクロックには、着信ポートに構成されたローカル優先順位が与えられます。
6	削除されるステップ	設定不能	このパラメータは、通知されたクロックからのホップ数を表します。これを比較することで、アクティブなグランドマスター候補が複数ある場合に、各テレコム境界クロックを、より近くにある別のグランドマスターと同期させることができます。削除されるステップが候補と同一の場合、ポート ID と番号はタイブレーカーとして使用されます。 この比較は、Clock Quality - Class 値が 127 以下の場合にのみ実行されます。これは、クロックがグランドマスター候補であることを示します。
7	クロック ID	この値は 8 バイトで、通常は MAC アドレスを使用して形成されます。	このパラメータは、Clock Quality - Class 値が 127 より大きい場合にタイブレーカーとして機能します。これは、クロックの品質がグランドマスターとして設計されていないことを示します。値は通常、MAC アドレスです。

【順序 (Order)】	パラメータ	使用可能な値	説明
8	削除されるステップ	設定不能	このパラメータは、2つの異なるポートからの同一のグランドマスターのクロックを受信したときのアナウンス済みクロックからのホップ数を表し、最終的なタイブレーカーです。削除されるステップが候補と同一の場合、ポートIDと番号はタイブレーカーとして使用されます。

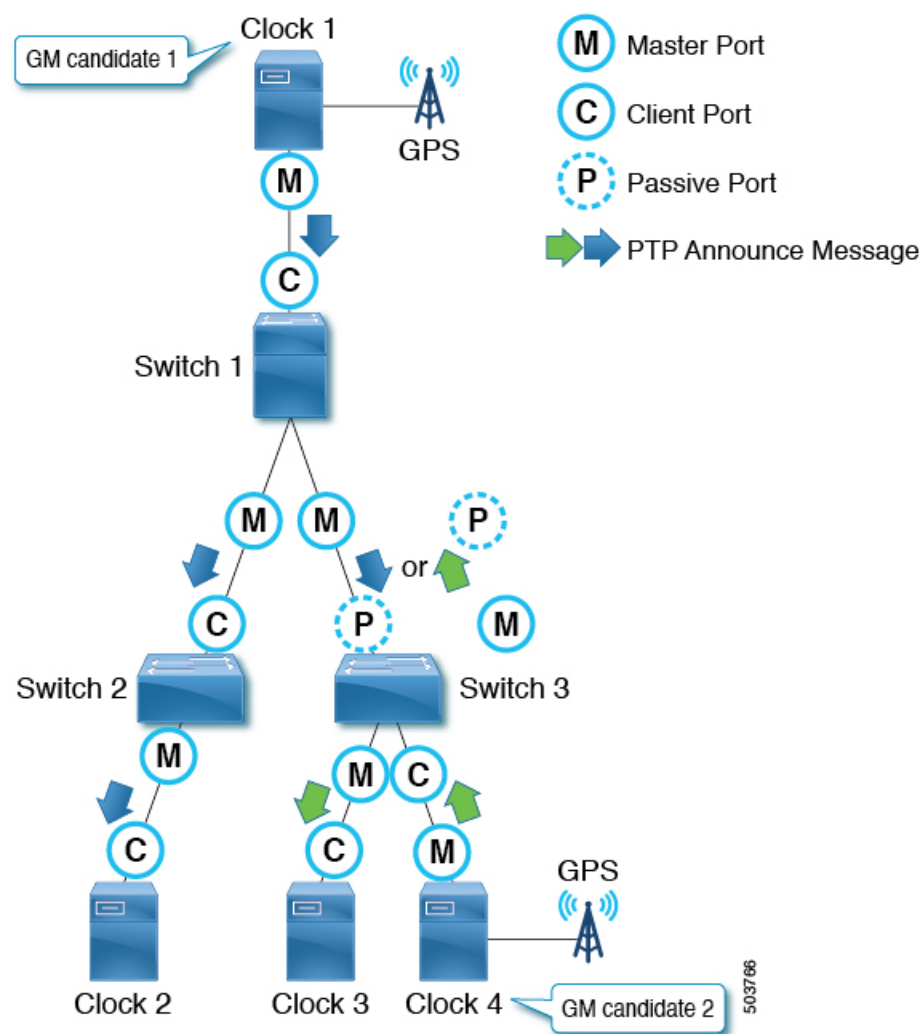
グランドマスタークロックのこれらのパラメータは、Local Priority を除き、PTP Announce メッセージによって運ばれます。各 PTP ノードは、ノードが受信するすべての Announce メッセージから受け取る表にリストされている順番、またそのノード自体の値の順番で、これらの値を比較します。すべてのパラメータで、より低い番号が選択されます。その後、各 PTP ノードはノードが認識するパラメータのうちのベストクロックを持つパラメータを使用して Announce メッセージを作成し、ノードは自身のマスターポートから次のクライアントデバイスにメッセージを送信します。



(注) 各パラメータの詳細については、G.8275.1 の 6.3 節を参照してください。

PTP 代替 BMCA の例

次の例では、クロック 1 とクロック 4 が、同じ品質と優先順位を持つこの PTP ドメインのグランドマスター候補です。



クロック 1 には、次のパラメータ値があります。

パラメータ	値
クロック品質 - クラス	6
クロック品質 - 正確度	0x21 (< 100ns)
クロック品質 - バリアンス	15652
優先順位 2	128
削除されるステップ	*
クロック ID	0000.1111.1111

クロック 4 には、次のパラメータ値があります。

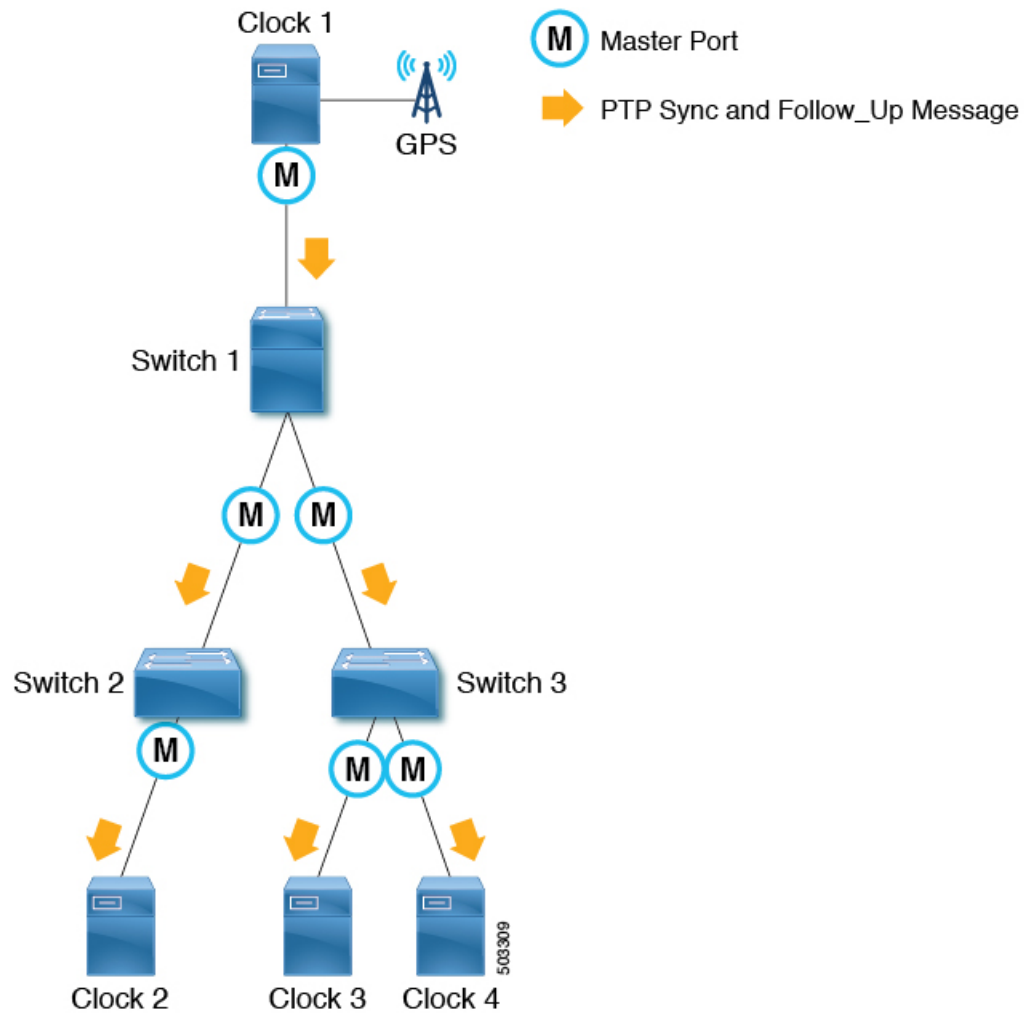
パラメータ	値
クロック品質 - クラス	6
クロック品質 - 正確度	0x21 (< 100ns)
クロック品質 - バリエーション	15652
優先順位 2	128
削除されるステップ	*
クロック ID	0000.1111.2222

クロック 1 とクロック 4 の両方が PTP Announce メッセージを送信し、各 PTP ノードがメッセージ内の値を比較します。Clock Quality - Class から Priority 2 までのパラメータの値は同じであるため、Steps Removed は各 PTP ノードのアクティブなグランドマスターを決定します。

スイッチ 1 および 2 の場合、クロック 1 がグランドマスターです。スイッチ 3 の場合、クロック 4 がグランドマスターです。

PTP クロック同期

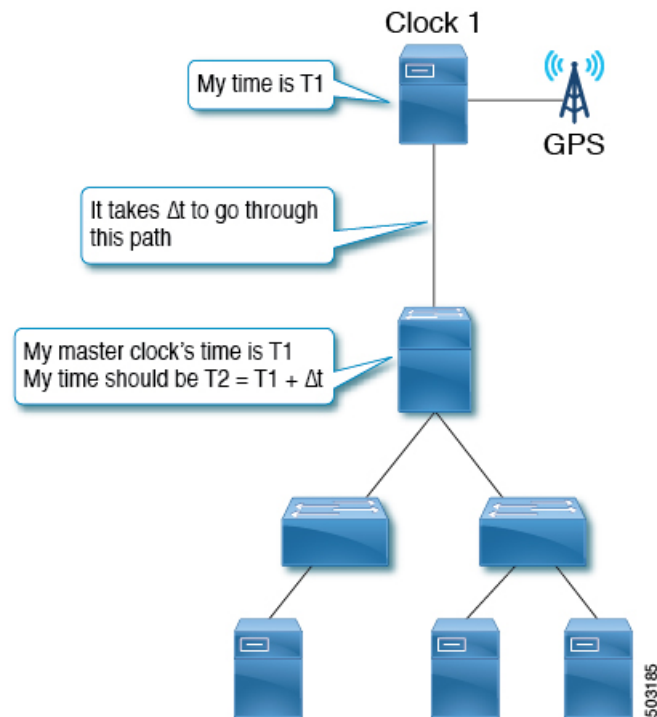
PTP マスター ポートは、PTP over IPv4 UDP の場合、PTP Sync および Follow_Up メッセージを IP アドレス 224.0.1.129 に送信します。



ワンステップモードでは、Sync メッセージには、メッセージが送信されたときのタイムスタンプが含まれます。Follow_Up メッセージは必要ありません。2段階モードでは、Sync メッセージはタイムスタンプなしで送信されます。Follow_Up メッセージは、Sync メッセージが送信されたときのタイムスタンプを使用して、各 Sync メッセージの直後に送信されます。クライアントノードは、Sync または Follow_Up メッセージのタイムスタンプを使用して、meanPathDelay によって計算されたオフセットとともにクロックを同期します。Sync メッセージは、 $2^{\log \text{SyncInterval}}$ 秒に基づく間隔で送信されます。

PTP および meanPathDelay

meanPathDelay は、PTP パケットが PTP パスの一方の端からもう一方の端に到達するまでにかかる平均時間です。E2E 遅延メカニズムの場合、これは PTP マスターポートとクライアントポートの間を移動するのにかかる時間です。PTP は、分散された各デバイスの同期時間を正確に保つために、meanPathDelay (次の図の Δt) を計算する必要があります。



meanPathDelay を計算するメカニズムは 2 つあります。

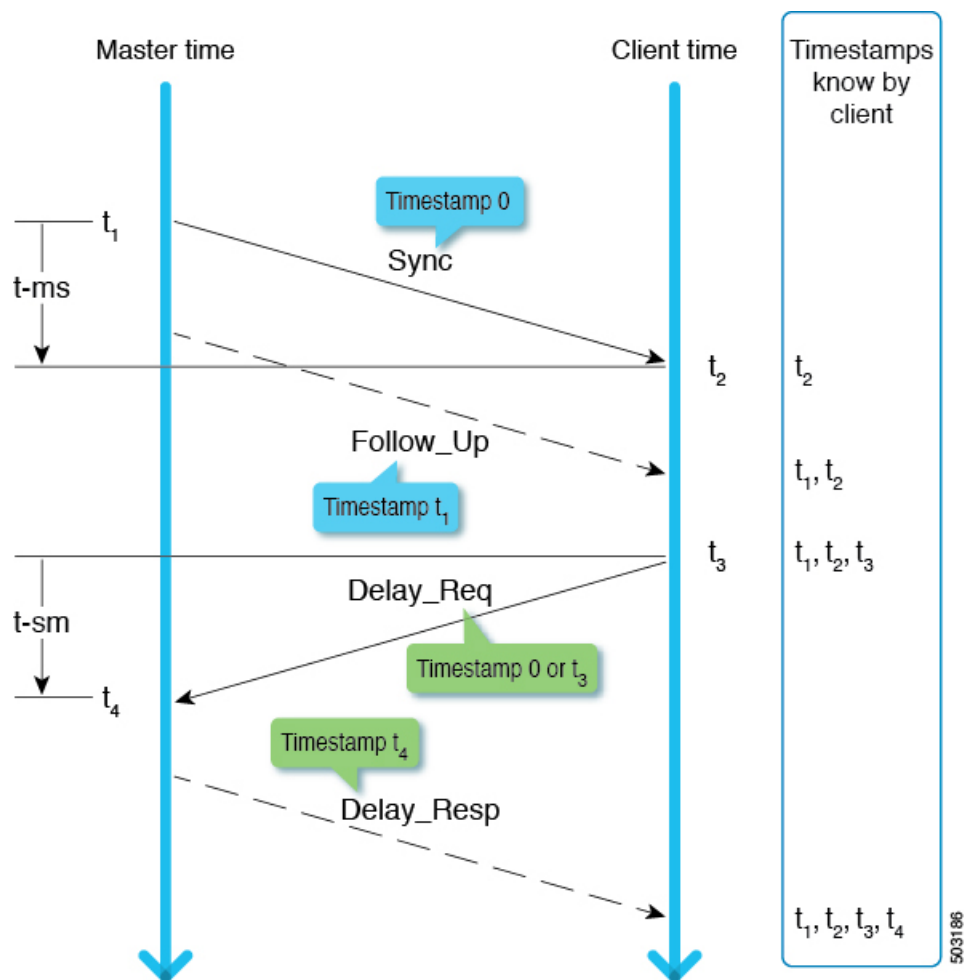
- 遅延要求応答（E2E）：エンドツーエンドの透過クロック ノードは、これのみをサポートできます。
- ピア遅延要求応答（P2P）：ピアツーピアの透過クロック ノードは、これのみをサポートできます。

境界クロック ノードは、定義により両方のメカニズムをサポートできます。IEEE 1588-2008 では、遅延メカニズムは「遅延」または「ピア遅延」と呼ばれます。ただし、遅延要求応答メカニズムは、より一般的に「E2E 遅延メカニズム」と呼ばれ、ピア遅延メカニズムは、より一般的に「P2P 遅延メカニズム」と呼ばれます。

meanPathDelay 測定

遅延要求応答

遅延要求応答（E2E）メカニズムはクライアント ポートによって開始され、meanPathDelay はクライアント ノード側で測定されます。このメカニズムは、E2E 遅延メカニズムに関係なく、マスター ポートから送信される Sync および Follow_Up メッセージを使用します。meanPathDelay 値は、4 つのメッセージからの 4 つのタイムスタンプに基づいて計算されます。



$t\text{-}ms (t_2 - t_1)$ は、マスターからクライアントへ方向の遅延です。 $t\text{-}sm (t_4 - t_3)$ は、クライアントからマスター方向への遅延です。 meanPathDelay は次のように計算されます。

$$(t\text{-}ms + t\text{-}sm) / 2$$

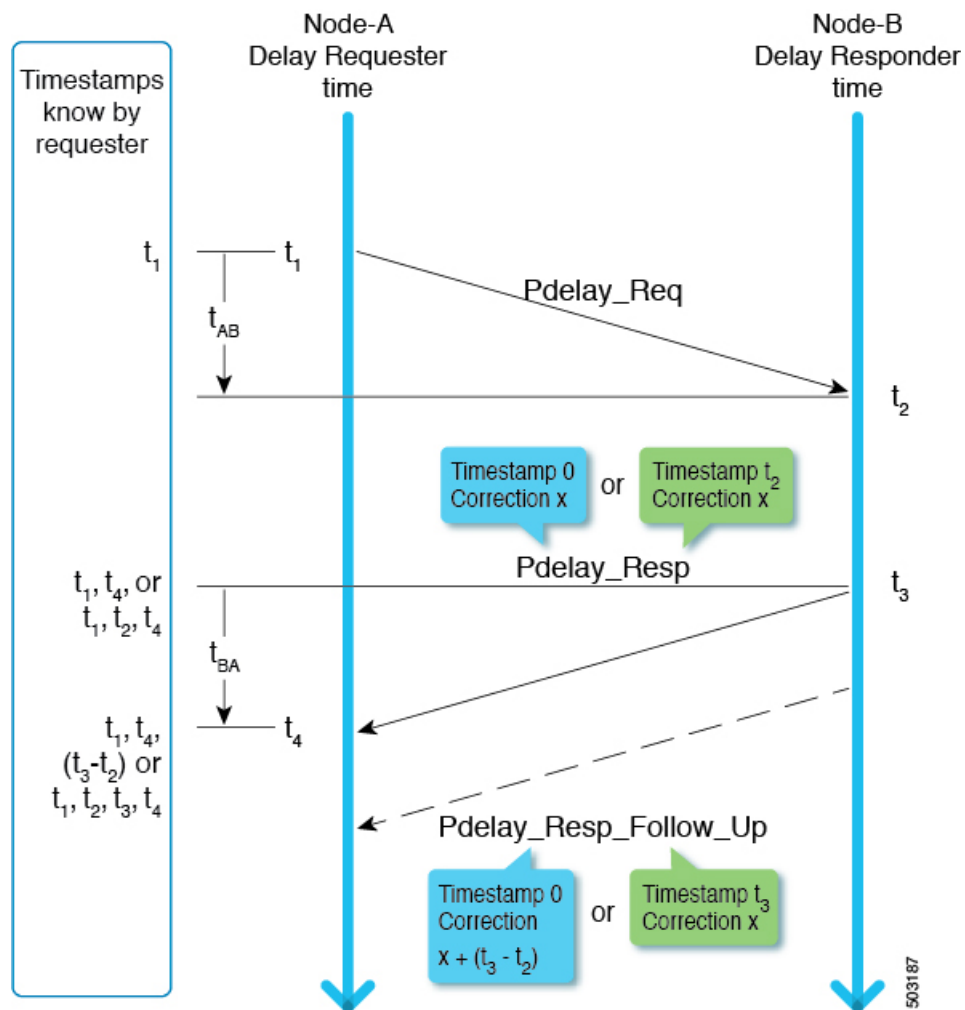
Sync は、 $2^{\log \text{SyncInterval}}$ 秒に基づく間隔で送信されます。 Delay_Req は、 $2^{\log \text{MinDelayReqInterval}}$ 秒に基づく間隔で送信されます。



(注) この例では、2 ステップモードに焦点を当てています。送信タイミングの詳細については、IEEE 1588-2008 の 9.5 節を参照してください。

ピア遅延要求応答

ピア遅延要求応答 (P2P) メカニズムは、マスターポートとクライアントポートの両方によって開始され、 meanPathDelay は要求側ノード側で測定されます。 meanPathDelay は、この遅延メカニズム専用の 3 つのメッセージからの 4 つのタイムスタンプに基づいて計算されます。



2 ステップモードでは、次のいずれかの方法で t_2 と t_3 がリクエスト送信者に配信されます。

- $(t_3 - t_2)$ として `Pdelay_Resp_Follow_Up` を使用
- t_2 として `Pdelay_Resp` を使用し、 t_3 として `Pdelay_Resp_Follow_Up` を使用

`meanPathDelay` は、次のとおり計算されます。

$$(t_4 - t_1) - (t_3 - t_1) / 2$$

`Pdelay_Req` は、 $2^{\log \text{MinPDelayReqInterval}}$ 秒に基づく間隔で送信されます。



(注) Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) スイッチは、ピア遅延要求応答 (P2P) メカニズムをサポートしていません。

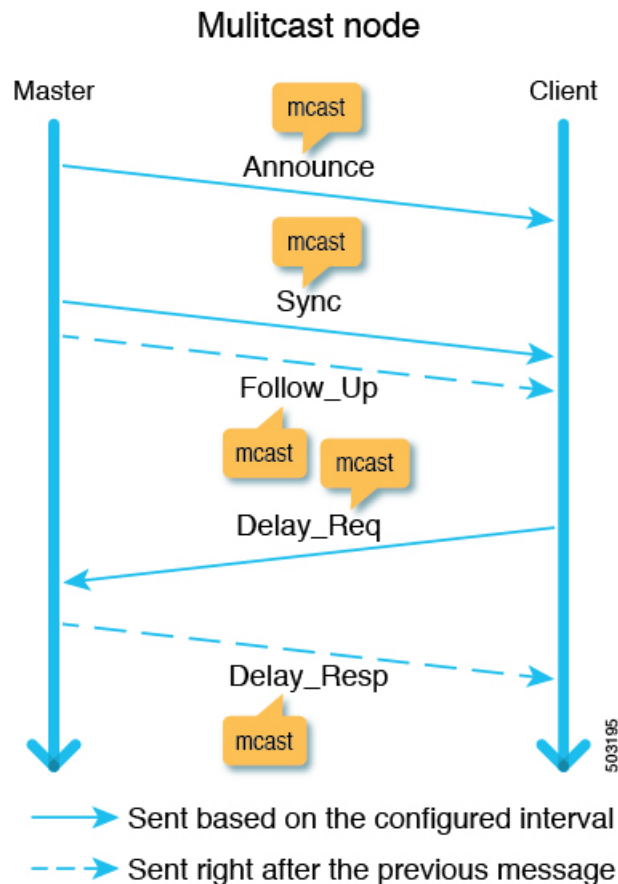
送信タイミングの詳細については、IEEE 1588-2008 の 9.5 節を参照してください。

PTP マルチキャスト、ユニキャスト、および混在モード

次のセクションでは、遅延要求応答（E2E遅延）メカニズムを使用したさまざまなPTPモードについて説明します。

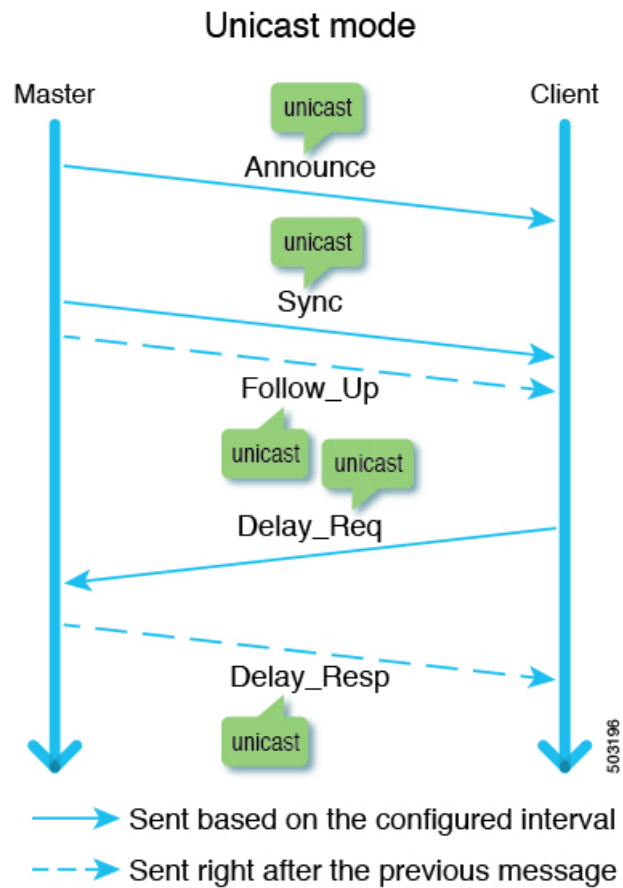
マルチキャスト モード

すべてのPTPメッセージはマルチキャストです。マスターとクライアント間の透過的なクロックまたはPTP非認識ノードは、Delayメッセージの非効率的なフラディングを引き起こします。ただし、これらのメッセージはすべてのクライアントノードに送信する必要があるため、フラッドは、Announce、Sync、およびFollow_Upメッセージに対して効率的です。



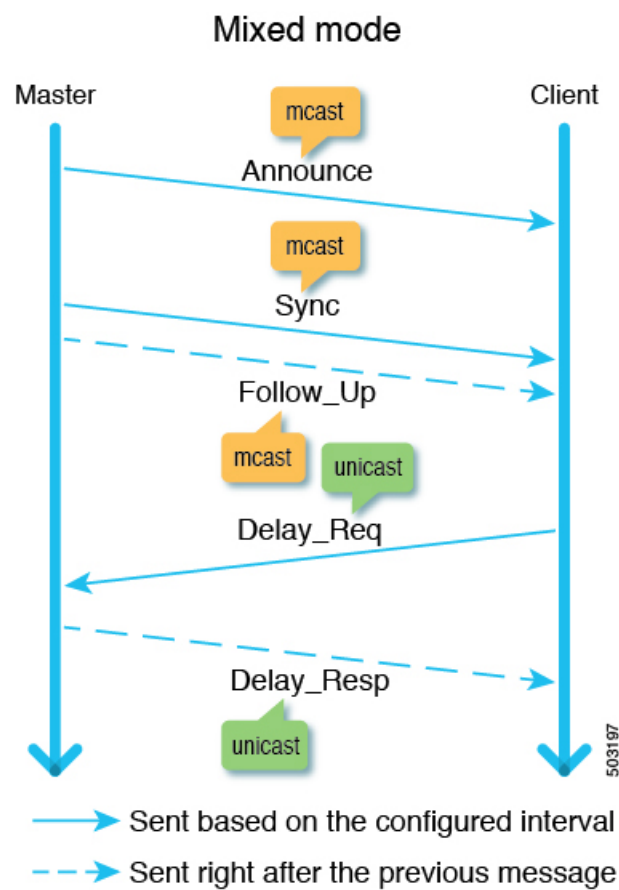
ユニキャスト モード

すべてのPTPメッセージはユニキャストであるため、マスターが生成する必要があるメッセージの数が増えます。したがって、1つのマスターポートの背後にあるクライアントノードの数などの規模が影響を受けます。



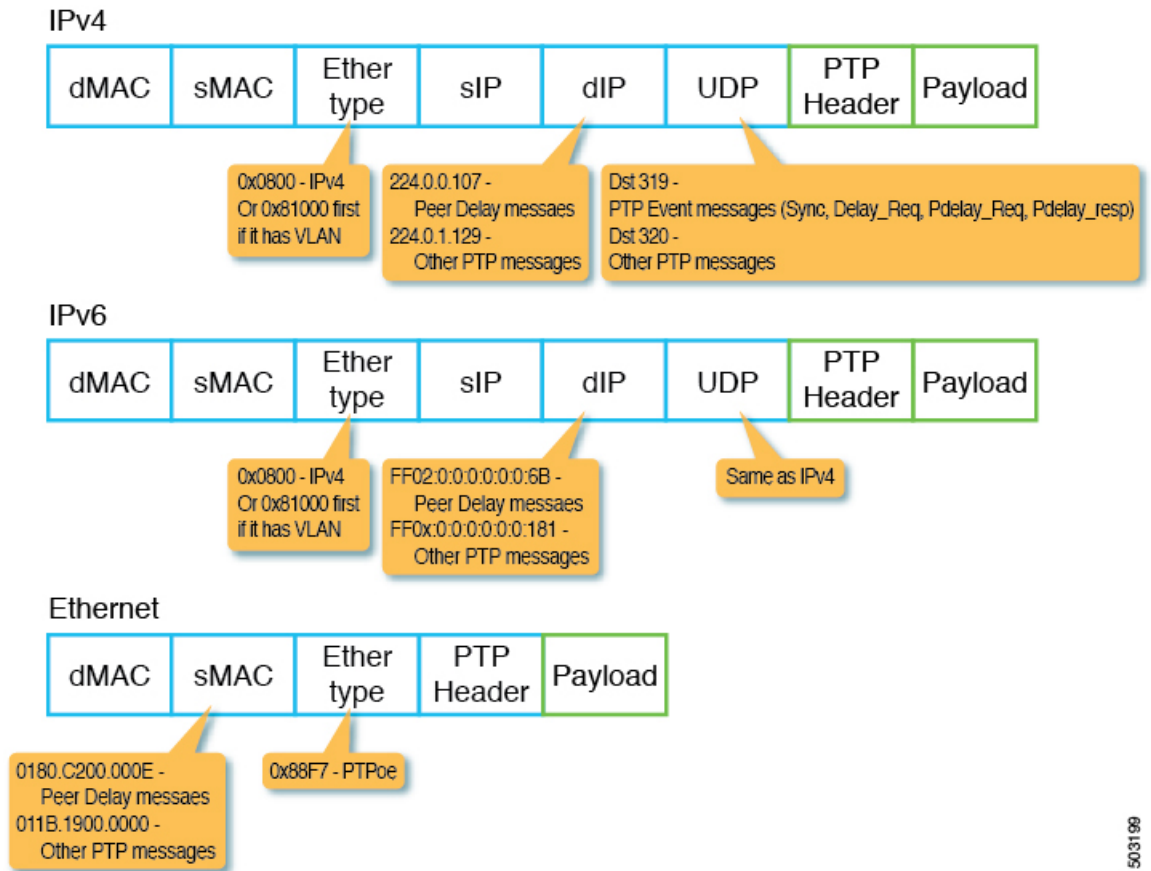
混合モード

Delayメッセージのみがユニキャストであり、マルチキャストモードとユニキャストモードに存在する問題を解決します。



PTP トランスポートプロトコル

次の図は、PTP がサポートする主要なトランスポートプロトコルに関する情報を示しています。



503199



(注) Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) スイッチは、PTP トランスポートプロトコルとして IPv4 とイーサネットのみをサポートします。

PTP シグナリングおよび管理メッセージ

次の図は、IPv4 UDP 上の PTP のヘッダー パケットの signaling および Management メッセージ パラメータを示しています。

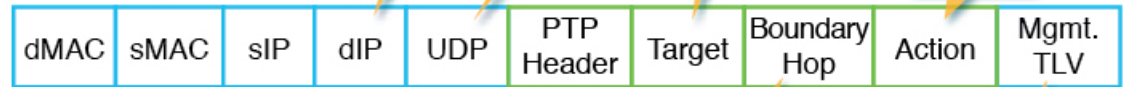
PTP Signaling message

PTP Multicast
(224.0.1.129)

Dst 320

All Clocks Specific Clock
ID Specific Port ID etc.

PTP Management message



GET, SET, etc.

Number of BC nodes
this message can
traverse throughDetails of what
information to
get, set, etc.

500200

Management メッセージは、現在のクロックやマスターからのオフセットなどの PTP パラメータを構成または収集するために使用されます。このメッセージにより、単一の PTP 管理ノードは、アウトオブバンド モニタリング システムに依存することなく、PTP 関連のパラメータを管理およびモニタできます。

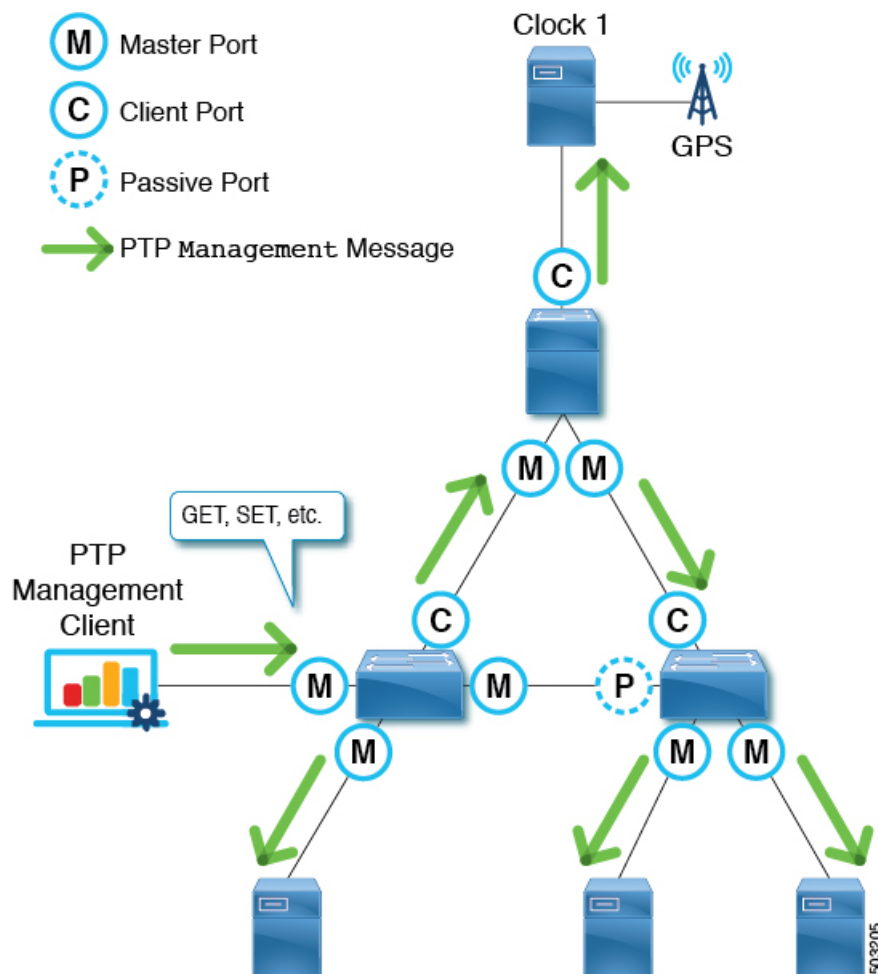
Signaling メッセージは、追加の操作を行うためのさまざまなタイプのタイプ、長さ、および値 (TLV) も提供します。他のメッセージに付加されて使用される他の TLV があります。たとえば、IEEE 1588-2008 の 16.2 節で定義されている PATH_TRACE TLV は、PTP トポロジの各境界クロック ノードのパスを追跡するために、Announce メッセージに追加されます。



(注) Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) スイッチは、管理、シグナル、またはその他のオプションの TLV をサポートしていません。

PTP 管理メッセージ

PTP Management メッセージは、管理タイプ、長さ、および値 (TLV) を一度に複数の PTP ノードに、または特定のノードに転送するために使用されます。



ターゲットは、`targetPortIdentity` (clockID および portNumber) パラメータで指定されます。PTP Management メッセージには、GET、SET、COMMAND などのアクションを指定する `actionField` があり、配信された管理 TLV の処理方法をターゲットに通知します。

PTP Management メッセージは、PTP 境界クロックによって、マスター、クライアント、未調整、または Pre_Master ポートにのみ転送されます。メッセージがこれらのポートに転送されるのは、メッセージがマスター、クライアント、未校正、または Pre_Master ポートのポートで受信された場合のみです。メッセージが転送されると、メッセージ内の `BoundaryHops` が 1 ずつ減ります。

SMTPE ST2059-2 プロファイルは、グランドマスターが、オーディオ/ビデオ信号の同期に必要な同期メタデータ TLV とともにアクション COMMAND を使用して PTP Management メッセージを送信する必要があることを定義します。



(注) Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) スイッチは Management メッセージを処理しません、それらを転送して SMTPE ST2059-2 PTP プロファイルをサポートします。

PTP プロファイル

Precision Time Protocol (PTP) には、*PTP* プロファイルと呼ばれる概念があります。PTP プロファイルは、PTP のさまざまなユースケースに最適化されたさまざまなパラメータを定義するために使用されます。これらのパラメータの一部には、PTP メッセージ間隔の適切な範囲と PTP トランスポートプロトコルが含まれますが、これらに限定されません。PTP プロファイルは、さまざまな業界の多くの組織/標準規格によって定義されています。次に例を示します。

- IEEE 1588-2008 : この標準規格は、デフォルト プロファイル と呼ばれるデフォルトの PTP プロファイルを定義します。
- AES67-2015 : この標準規格は、オーディオ要件の PTP プロファイルを定義します。このプロファイルは、メディア プロファイル とも呼ばれます。
- SMPTE ST2059-2 : この標準規格は、ビデオ要件の PTP プロファイルを定義します。
- ITU-T G.8275.1 : フル タイミング サポート を備えたテレコム プロファイルとしても知られています。この標準規格は、フル タイミング サポート を備えた通信に推奨されます。フル タイミング サポート は、すべてのホップで PTP G.8275.1 プロファイルをデバイスに提供できる電気通信ネットワークを表すために ITU によって定義された用語です。Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) でサポートされていない G.8275.2 は、パスに PTP をサポートしないデバイスが含まれる可能性がある部分的なタイミングサポート用です。

電気通信業界では、周波数と時間/位相の同期の両方が必要です。G.8275.1 は、時間とフェーズを同期するために使用されます。周波数は、Cisco ACI によってサポートされていない別の PTP G.8265.1 プロファイルとバケット ネットワークを介して PTP を使用するか、同期デジタル階層 (SDH) 、同期光ネットワーク (SONET) などの物理層を使用して、専用回路、またはイーサネット経由の同期イーサネット (SyncE) を介して同期できます。SyncE を使用して周波数を同期し、PTP を使用して時間/位相を同期することをハイブリッドモードと呼びます。

他のプロファイルと比較した G.8275.1 の主な違いは次のとおりです。

- G.8275.1 は、他のプロファイルには存在しない追加パラメータ Local Priority を使用して、代替 BMCA を使用します。
- G.8275.1 は、選択可能な同じ接続先 MAC アドレス (転送可能および転送不可) を使用するすべての PTP メッセージで PTP over Ethernet を使用します。
- G.8275.1 は、テレコム境界クロック (T-BC) が G.8273.2 で定義された正確度 (最大時間誤差、 $\max|TE|$) に従うことを期待しています。
 - クラス A : 100 ns
 - クラス B : 70 ns
 - クラス C : 30ns

次の表は、各 PTP プロファイルの各標準規格で定義されているパラメータの一部を示しています。

プロファイル	logAnnounce 間隔	logSync 間隔	logMinDelayReq 間隔	AnnounceReceipt タイムアウト	ドメイン 番号	モード	トラン スポー トプロ トコル
[デフォルト プロファイル (Default Profile)]	0 ~ 4 (1) [= 1 ~ 16 秒]	-1 ~ +1 (0) [= 0.5 ~ 2 秒]	0 ~ 5 (0) [= 1 ~ 32 秒]	2 ~ 10 のアナ ウンス間隔 (3)	0 ~ 255 (0)	マルチ キャス ト/ユニ キャス ト	Any/IPv4
AES67-2015 (メディア プロファイ ル)	0 ~ 4 (1) [= 1 ~ 16 秒]	-4 ~ +1 (-3) [= 1/16 ~ 2 秒]	-3 ~ +5 (0) [= 1/8 ~ 32 秒] または <i>logSyncInterval</i> から <i>logSyncInterval</i> + 5 秒	2 ~ 10 のアナ ウンス間隔 (3)	0 ~ 255 (0)	マルチ キャス ト/ユニ キャス ト	UDP/IPv4
SMTPE ST2059-2-2015	-3 ~ +1 (-2) [= 1/8 ~ 2 秒]	-7 ~ -1 (-3) [= 1/128 ~ 0.5 秒]	<i>logSyncInterval</i> から <i>logSyncInterval</i> + 5 秒	2 ~ 10 のアナ ウンス間隔 (3)	0 ~ 127 (127)	マルチ キャス ト/ユニ キャス ト	UDP/IPv4
ITU-T G.8275.1	-3	-4	-4	2 ~ 4	24~43 (24)	マルチ キャス トのみ	イーサ ネット

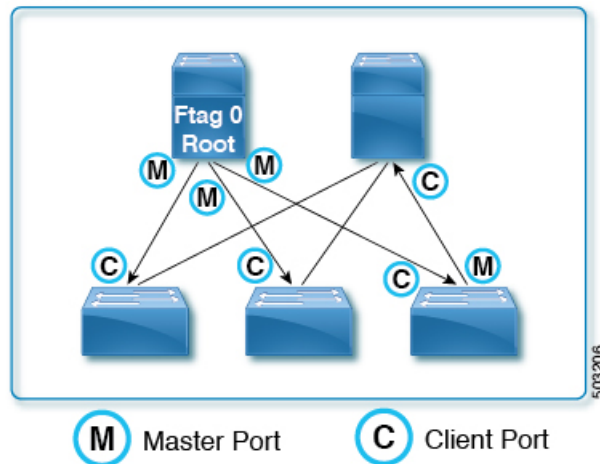
Cisco ACI および PTP

Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) ファブリックでは、Cisco Application Policy Infrastructure Controller (APIC) で PTP 機能がグローバルに有効になっている場合、ソフトウェアは、サポートされているすべてのスパインおよびリーフスイッチの特定のインターフェイスで PTP を自動的に有効にして、ファブリック内に PTP マスター/クライアント トポロジを確立します。Cisco APIC リリース 4.2(5) 以降、リーフスイッチのフロントパネルポートで PTP を有効にして、PTP トポロジをファブリックの外部に拡張できます。外部グランドマスター クロックがない場合、スパインスイッチの 1 つがグランドマスターとして選択されます。マスタースパインスイッチには、他のスパインおよびリーフスイッチよりも 1 低い別の PTP 優先順位が与えられます。

Cisco APIC リリース 3.0(1) での導入

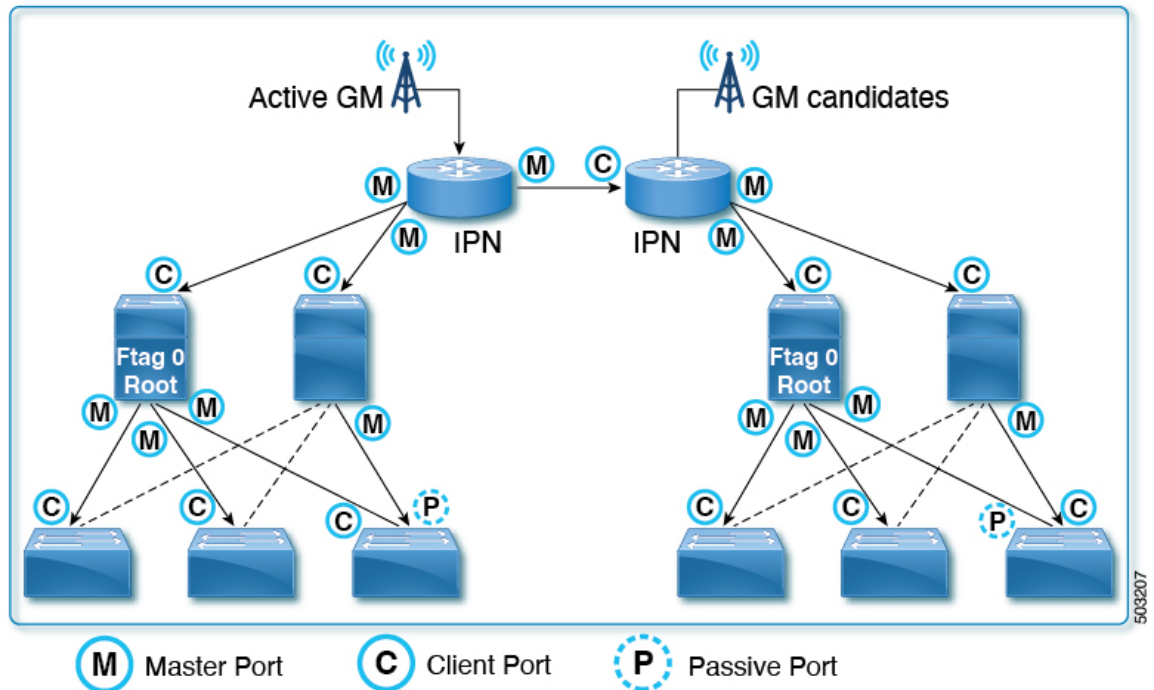
Cisco Application Policy Infrastructure Controller (APIC) リリース 3.0(1) から、Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) ファブリック スイッチ内でのみ時間を同期するために、PTP が部分的に導入されました。PTP は、Cisco APIC リリース 3.0(1) でも導入された遅延測定機能を提供する必要がありました。この目的のために、PTP をグローバルに有効または無効にする単一のオプションが導入されました。PTP がグローバルに有効になっている場合、すべてのリーフスイッチとスパイン スイッチが PTP 境界クロックとして構成されます。PTP は、ID 0 の ftag ツリー (ftag0 ツリー) によって使用されるすべてのファブリック ポートで自動的に有効になります。これは、各ポッドのすべてのリーフスイッチおよびスパイン スイッチ間のループフリーマルチキャスト接続向けに Cisco ACI infra ISIS に基づいて自動的に構築される内部ツリー トポロジの 1 つです。ポッド間ネットワーク (IPN) に外部グランドマスターがない場合、ftag 0 ツリーのルートスパイン スイッチは、グランドマスターになるように PTP priority1 254 で自動的に構成されます。他のスパインおよびリーフスイッチは、PTP priority1 255 で構成されます。

Single Pod



Cisco ACI マルチポッドセットアップで、PTP をグローバルに有効にすると、tn-infra Multi-Pod L3Out の IPN 接続用に構成されたサブインターフェイスで、PTP は自動的に有効になります。Cisco APIC リリース 4.2(5) まで、または 5.1(1) では、これが外部向きのインターフェイスで PTP を有効にする唯一の方法です。これにより、Cisco ACI ファブリックを IPN を介して外部グランドマスターにロックできます。高い精度が必要な場合は、GPS/GNSS などのプライマリ基準時刻ソースを備えた外部グランドマスターを使用することをお勧めします。Cisco ACI マルチポッドセットアップで外部グランドマスターなしで PTP を有効にした場合、IPN で PTP が有効になっていて、IPN の PTP BMCA パラメータ (PTP プライオリティなど) がスパインスイッチのパラメータよりも優れていないとすると、スパインスイッチの 1 台がすべてのポッドのグランドマスターになる可能性があります。スパイン スイッチをグランドマスターとして使用している場合、新しいポッドを追加すると、意図していなくても新しいポッドから新しいグランドマスターが選択され、ファブリック全体の PTP 同期で一時的にチェーンが発生する可能性があります。外部グランドマスターに関係なく、グランドマスターからのホップ数が少ない優れた PTP トポロジを実現するため、ファブリック内のすべてのスパインスイッチを IPN に接続することを推奨します。ユーザーは、各ポッド内で PTP トポロジを決定する ftag0 ツリーの構成方法を制御できないためです。

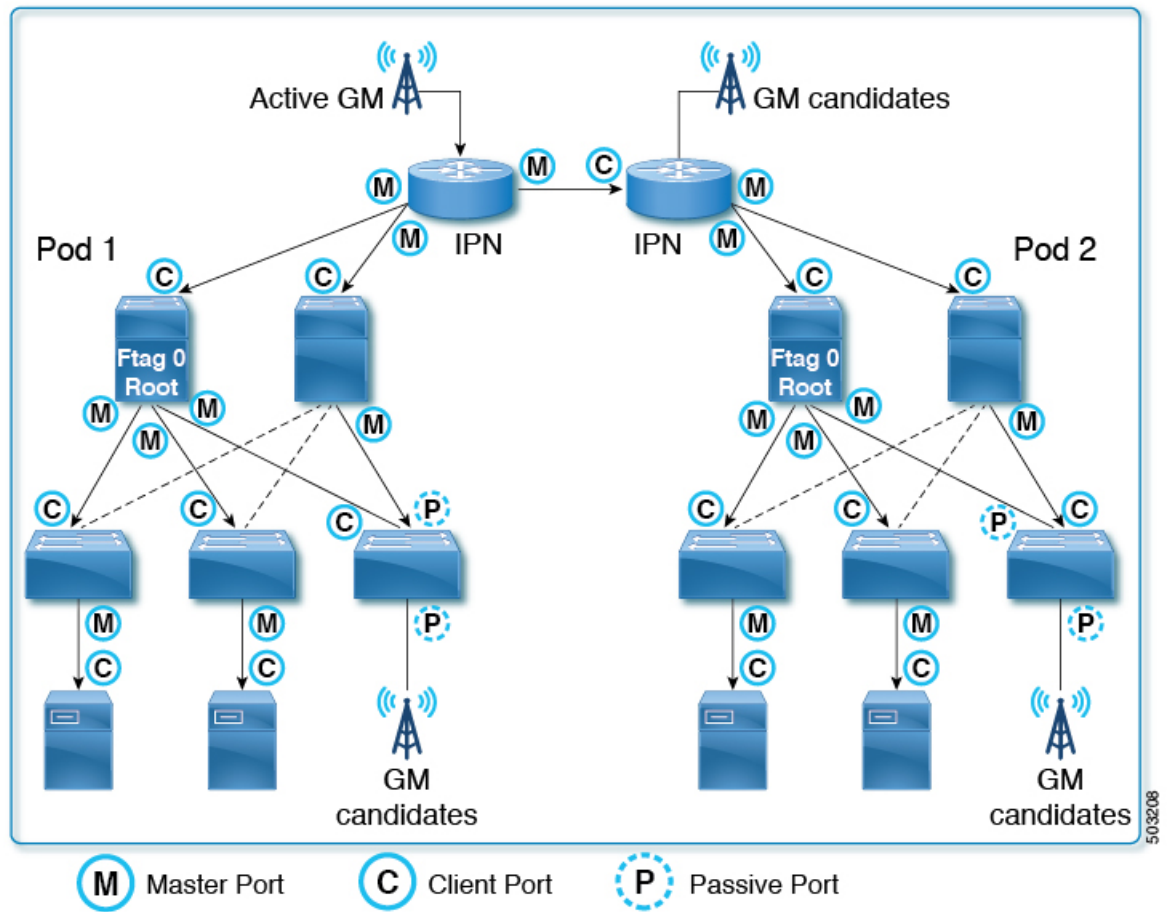
Multi-Pod



Cisco APIC リリース 3.0(1) では、リーフスイッチのダウンリンク（フロントパネルポート）など、他のインターフェイスで PTP をオンデマンドで有効にすることはできません。

Cisco APIC リリース 4.2(5) および 5.1(1) での導入

Cisco APIC リリース 4.2(5) および 5.1(1) 以降、リーフスイッチのフロントパネルポートで PTP を有効にして、PTP ノード、クライアント、またはグランドマスターを接続できます。ファブリックポートの PTP 実装は、ファブリックポートの PTP パラメータを調整できるようになったことを除いて、以前のリリースと同じです。この変更により、Cisco ACI ファブリックを使用して、Cisco ACI スイッチのある PTP を使用した時間同期を、PTP 境界クロックノードとしてで伝搬できます。それ以前は、Cisco ACI は PTP マルチキャストまたはユニキャストメッセージを、あるリーフスイッチから別のリーフスイッチにトンネルとして PTP 非認識スイッチとして透過的に転送するしか方法がありませんでした。



(注) 5.0(x) リリースは、4.2(5) および 5.1(1) リリースで導入された PTP 機能をサポートしていません。

Cisco ACI ソフトウェアおよびハードウェア要件

PTP 向けにサポートされるソフトウェア

次の機能は、Cisco Application Policy Infrastructure Controller (APIC) リリース 3.0(1) からサポートされています。

- 遅延測定機能のファブリック内のみの PTP

次の機能は、Cisco APIC リリース 4.2(5) からサポートされています。

- リーフスイッチによる外部デバイスとの PTP
- リーフスイッチの前面パネル ポートの PTP

- 構成可能な PTP メッセージ間隔
- 構成可能な PTP ドメイン番号
- 構成可能な PTP 優先順位
- PTP マルチキャスト ポート
- リーフスイッチのフロント パネル ポートの PTP ユニキャスト マスター ポート
- IPv4/UDP 上の PTP
- PTP プロファイル（デフォルト、AES67、および SMTPE ST2059-2）

次の機能は、Cisco APIC リリース 5.2(5) からサポートされています。

- PTP マルチキャスト マスター専用ポート
- PTP オーバーイーサネット
- フル タイミング サポートを備えた PTP テレコム プロファイル (ITU-T G.8275.1)

PTP 向けにサポートされるハードウェア

N9K-X9732C-EX や N9K-C93180YC-FX など、製品 ID に -EX 以降が付いているリーフスイッチ、スパインスイッチ、およびラインカードがサポートされています。

PTP テレコム プロファイル (G.8275.1) は、リーフスイッチとして動作するこれらのスイッチでのみサポートされます。

- SyncE とともに使用する場合、クラス B (G.8273.2) の精度で N9K-C93180YC-FX3
- SyncE とともに使用する場合、クラス C (G.8273.2) の精度の N9K-C9332D-H2R
- SyncE とともに使用する場合、クラス C (G.8273.2) の精度の N9K-C93400LD-H1

これらのリーフ スイッチはサポートされていません。

- N9K-C9332PQ
- N9K-C9372PX
- N9K-C9372PX-E
- N9K-C9372TX
- N9K-C9372TX-E
- N9K-C9396PX
- N9K-C9396TX
- N9K-C93120TX
- N9K-C93128TX

N9K-C9408 シャーシでこれらのリーフスイッチラインカードはサポートされていません。

- N9K-X9400-8D
- N9K-X9400-16W (ACI 6.1(3) リリース以降のファブリック リンクでのみサポート)
- N9K-X9400-22L

このスパイン ボックス スイッチはサポートされていません。

- N9K-C9336PQ

N9K-C9504、N9K-C9508、および N9K-C9516 シャーシでこのスパイン スイッチ ライン カードはサポートされていません。

- N9K-X9736PQ

N9K-C9408 シャーシでこれらのスパイン スイッチ ライン カードはサポートされていません。

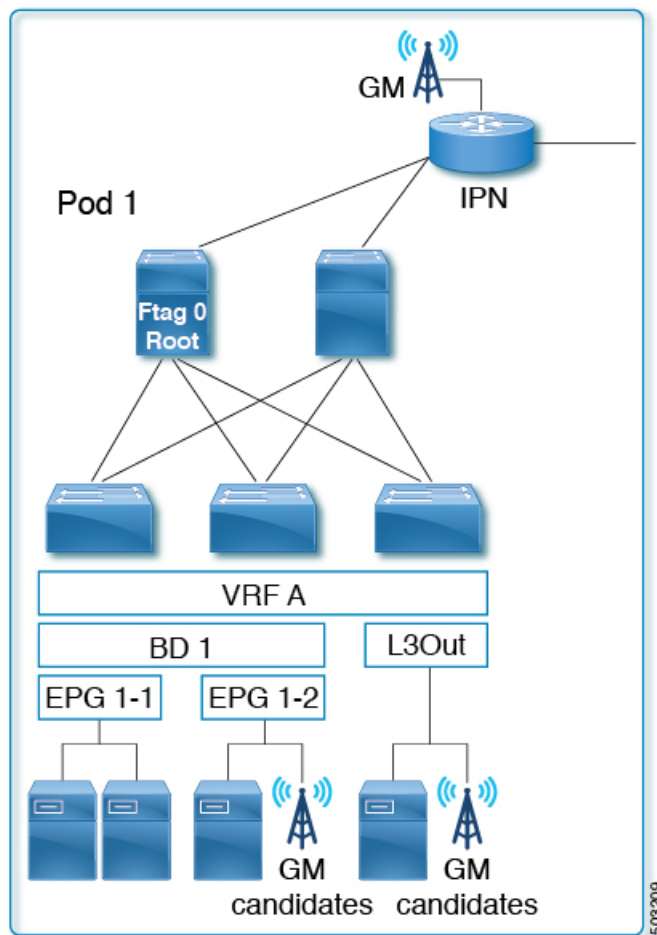
- N9K-X9400-8D
- N9K-X9400-16W (ACI 6.1(3) リリース以降のファブリック リンクでのみサポート)

PTP 接続

サポート対象 PTP ノード接続

外部 PTP ノードは、次の方法を使用して Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) ファブリックに接続できます。

- ポッド間ネットワーク
- EPG (リーフスイッチ上)
- L3Out (リーフスイッチ上)



PTP は、スタンドアロン NX-OS スイッチと同じように VRF に依存しません。すべての PTP メッセージは、各 Cisco ACI スイッチ ノードのインターフェイス レベルで PTP 境界クロックとして終了、処理、および生成されます。VRF、ブリッジドメイン、EPG、または VLAN に関係なく、ベストマスター クロック アルゴリズム (BMCA) は、各 Cisco ACI スイッチのすべてのインターフェイスにわたって計算されます。ファブリック全体に対して PTP ドメインは 1 つだけです。

E2E 遅延メカニズム (delay req-resp) を備えた PTP ノードは、PTP 境界クロックとして実行されている Cisco ACI スイッチに接続できます。



(注) Cisco ACI スイッチは、ピア遅延 (P2P) メカニズムをサポートしていません。したがって、P2P トランスペアレントクロック ノードは Cisco ACI スイッチに接続できません。

サポート対象 PTP インターフェイス接続

Connection Type	インターフェイス タイプ	リーフス イッチタイ プ（リー フ、リモ ートリーフ、 tier-2 リー フ）	サポート/非サ ポート（非テレ コムプロファ イル）	サポート/非サ ポート (G.8275.1)
ファブリック リンク （リーフスイッチとス パイン スイッチ間）	サブインターフェ イス（非PC）	-	サポート対象	サポート対象外
ファブリック リンク （tier-1 と tier-2 リーフス イッチ間）	サブインターフェ イス（非PC）	-	サポート対象	サポート対象外
スパイン（IPN 向き）	サブインターフェ イス（非PC）	-	サポート対象	サポート対象外
リモートリーフ（IPN 向 き）	サブインターフェ イス（非PC）	-	サポート対象	サポート対象
リモートリーフ（ピア リンク、バックツーバ ック リンク）	物理	-	サポート対象	サポート対象
リモートリーフ（ユー ザー l3out、ルーテッド サブ）	サブインターフェ イス（非PC）	リモート リーフ	サポート対象	サポート対象
通常のEPG（トランク、 アクセス、802.1P）	物理、ポートチャ ネル、vPC	すべて	サポート対象	サポート対象
L3Out（ルーテッド、 ルーテッド サブ）	物理、ポートチャ ネル	すべて	サポート対象	サポート対象
L3Out（SVI-トランク、 アクセス、802.1P）	物理、ポートチャ ネル、vPC	すべて	サポート対象外	サポート対象外
L2Out（トランク）	物理、ポートチャ ネル、vPC	すべて	サポート対象外	サポート対象外
tn-mgmt の EPG/L3Out	物理、ポートチャ ネル、vPC	すべて	サポート対象外	サポート対象外
サービス EPG（トラン ク） ¹	物理、ポートチャ ネル、vPC	すべて	サポート対象外	サポート対象外

Connection Type	インターフェイス タイプ	リーフス イッチタイ プ（リー フ、リモ ートリーフ、 tier-2 リー フ）	サポート/非サ ポート（非テレ コムプロファイ ル）	サポート/非サ ポート (G.8275.1)
任意のタイプの FEX イ ンターフェイス	すべて	すべて	サポート対象外	サポート対象外
ブレイクアウトポート ²	すべて	すべて	サポート対象	サポート対象外
アウトオブバンド管理イ ンターフェイス	物理	-	サポート対象外	サポート対象外

¹ サービス EPG は、レイヤ 4 からレイヤ 7 のサービス グラフ用に作成された内部 EPG です。

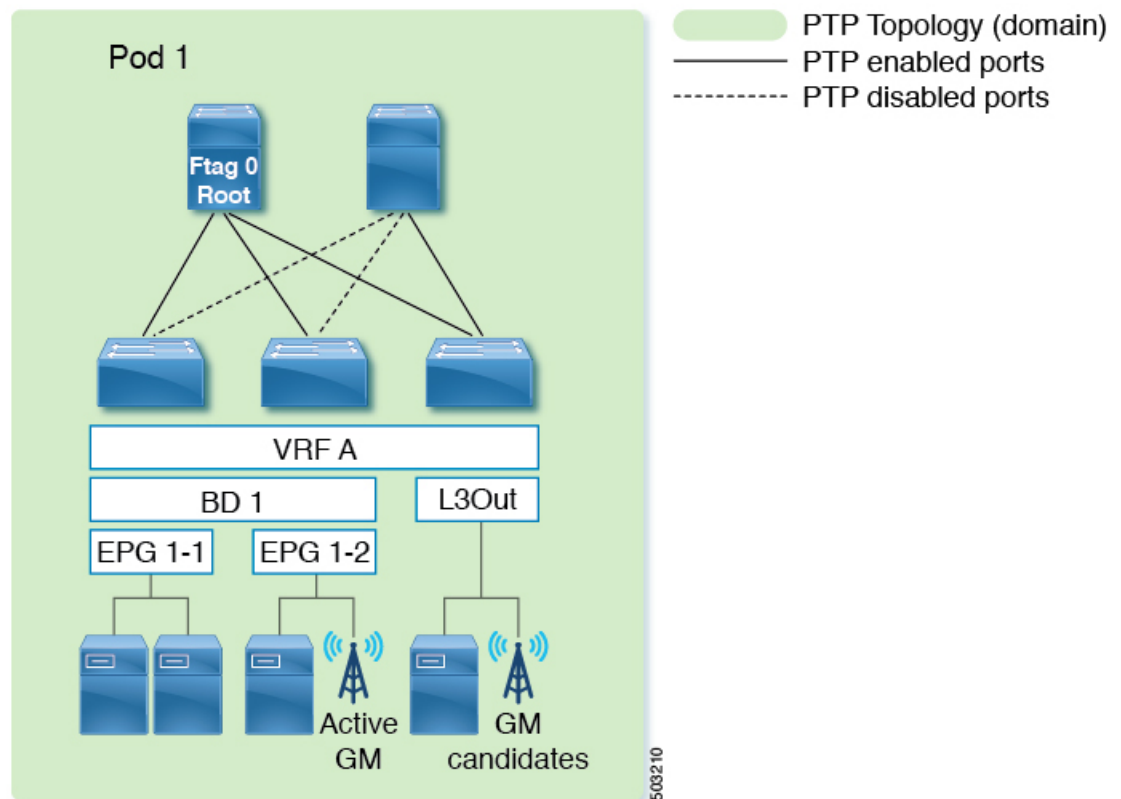
² ファブリック リンクとダウンリンクの両方。

グランドマスターの展開

次のいずれかの方法を使用して、グランドマスター候補を展開できます。

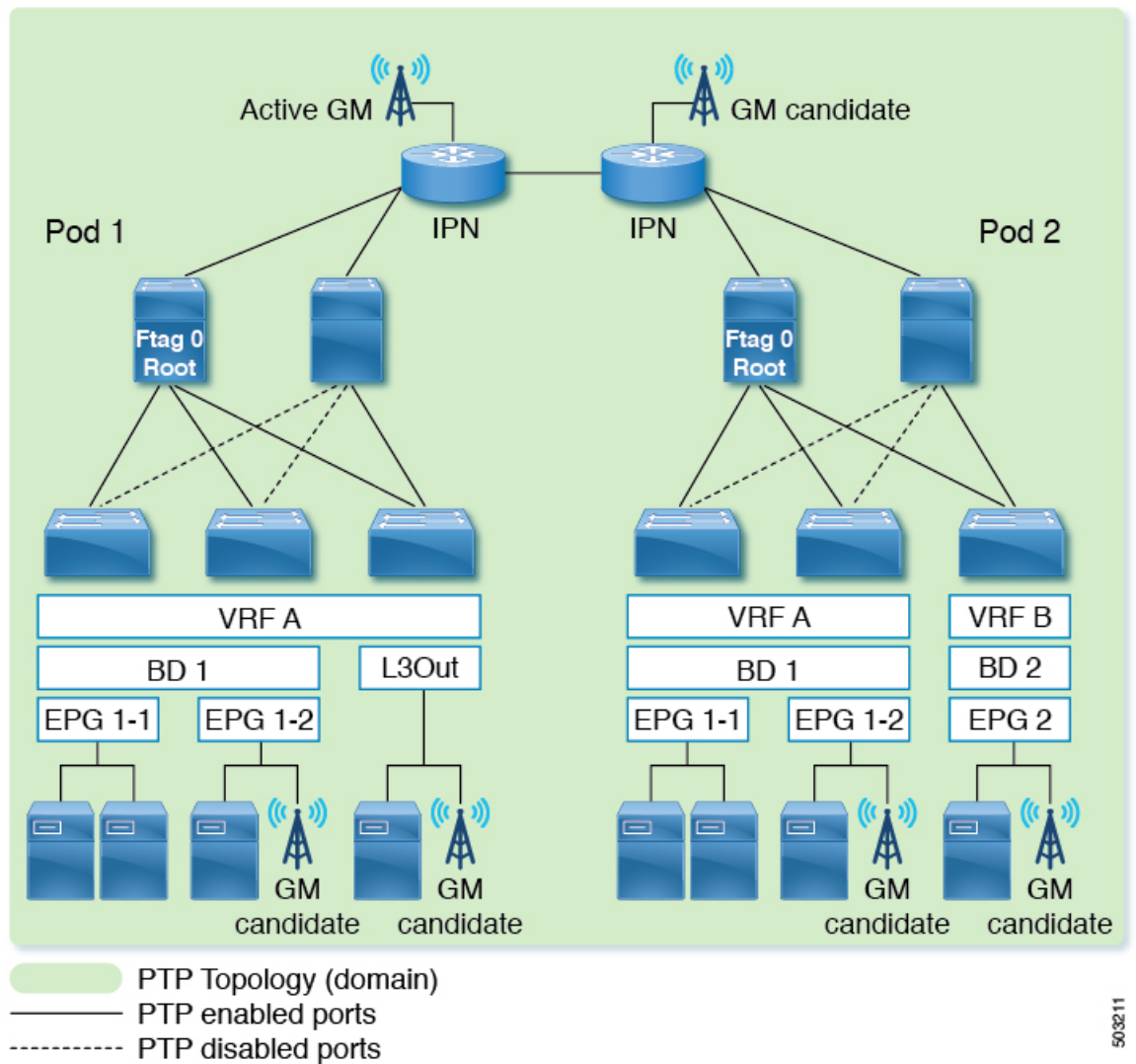
シングル ポッド

単一のポッド展開では、グランドマスター候補をファブリック内のどこにでも展開できます（L3Out、EPG、またはその両方）。ベストマスタークロックアルゴリズム（BMCA）は、それらすべての中からアクティブなグランドマスターを 1 つ選択します。



複数のポッドにまたがる **BMCA** を備えたマルチポッド

グランドマスター候補は、ファブリック内のどこにでも展開できます（ポッド間ネットワーク、L3Out、EPG、またはそれらすべて）。BMCAは、ポッド全体でアクティブなグランドマスターを1人選択します。ポッド内のPTPクライアントがアクティブなグランドマスターに対して同数のホップを持つように、グランドマスターをポッド間ネットワーク（IPN）に配置することが推奨されています。さらに、アクティブなグランドマスターが使用できなくなっても、マスター/クライアント ツリー トポロジが大幅に変更されることはありません。

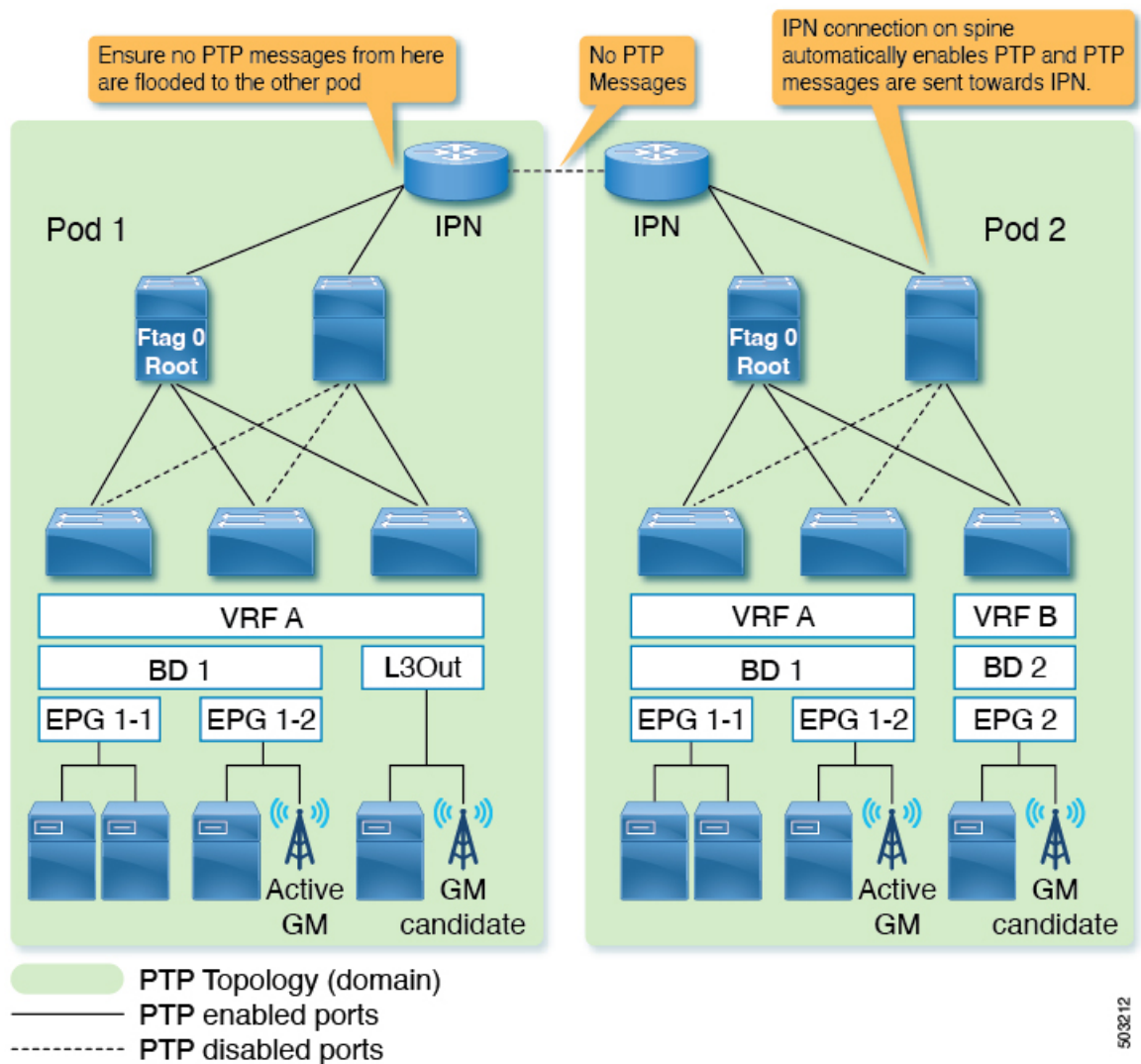


503211

各ポッドにBMCAを備えたマルチポッド

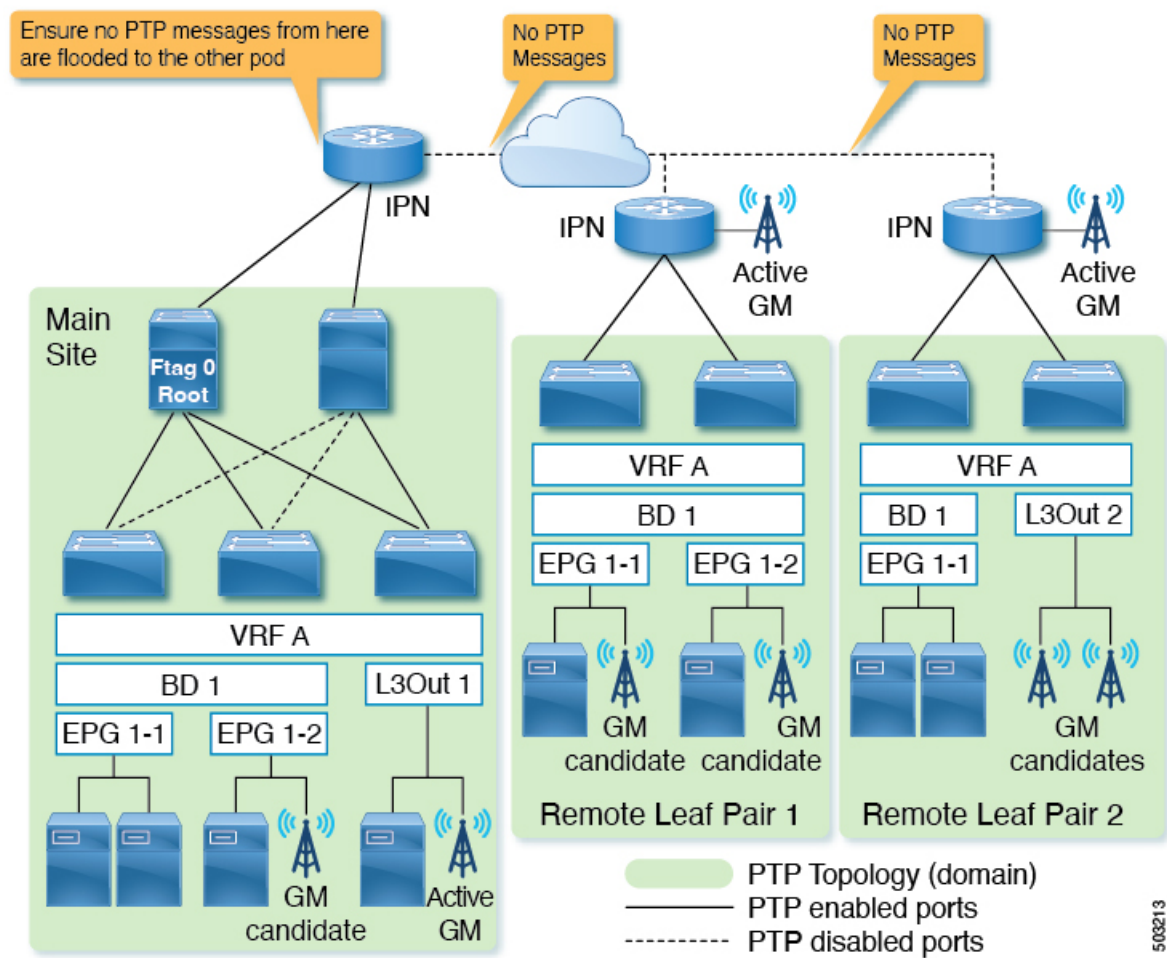
IPN ドメインを介して PTP の正確度が大幅に低下するために各ポッドにアクティブなグランドマスターが必要な場合、PTP メッセージはポッド間で IPN を通過してはなりません。この構成を完成させるには以下のいずれかの方法を実行します。

- オプション 1 : IPN とスパイン スイッチ間でサブインターフェイスが使用されていることを確認し、IPN で PTP を無効にします。
- オプション 2 : PTP グランドマスターが各ポッドの IPN に接続されていても、PTP トポロジを分離する必要がある場合は、ポッド間の IPN インターフェイスで PTP を無効にします。



リモートのリーフスイッチ

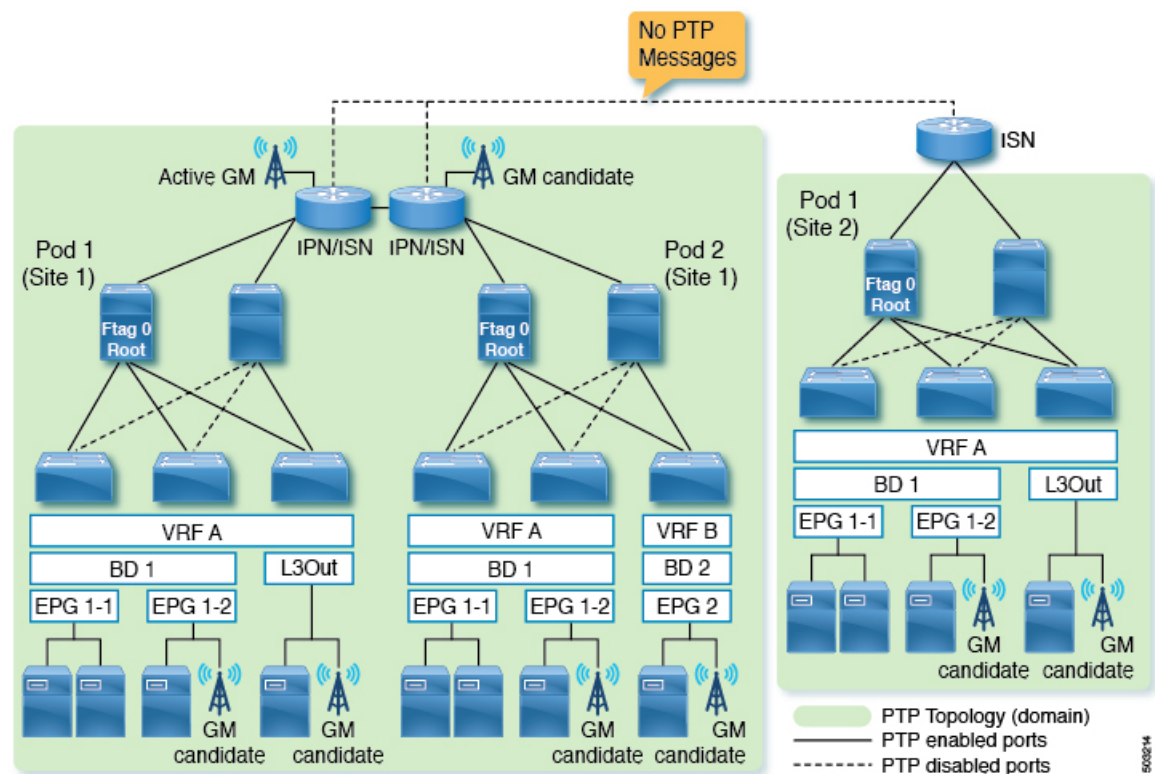
通常、リモートリーフスイッチサイトは、メインデータセンターや相互に近くになく、遅延と修正の正確な測定値を使用して各場所に PTP メッセージを伝播することは困難です。したがって、PTP メッセージが各サイト（場所）を通過しないようにして、各サイト（場所）内で PTP トポロジが確立されるようにすることが推奨されます。一部の遠隔地は、互いに近接している場合があります。このような場合、それらの IPN 間の PTP を有効にして、それらの場所で 1 つの PTP トポロジを形成できます。*Multipod With BMCA in Each Pod* で説明されているのと同じオプションを使用して、PTP メッセージの伝播を防ぐことができます。



503213

Cisco ACI マルチサイト

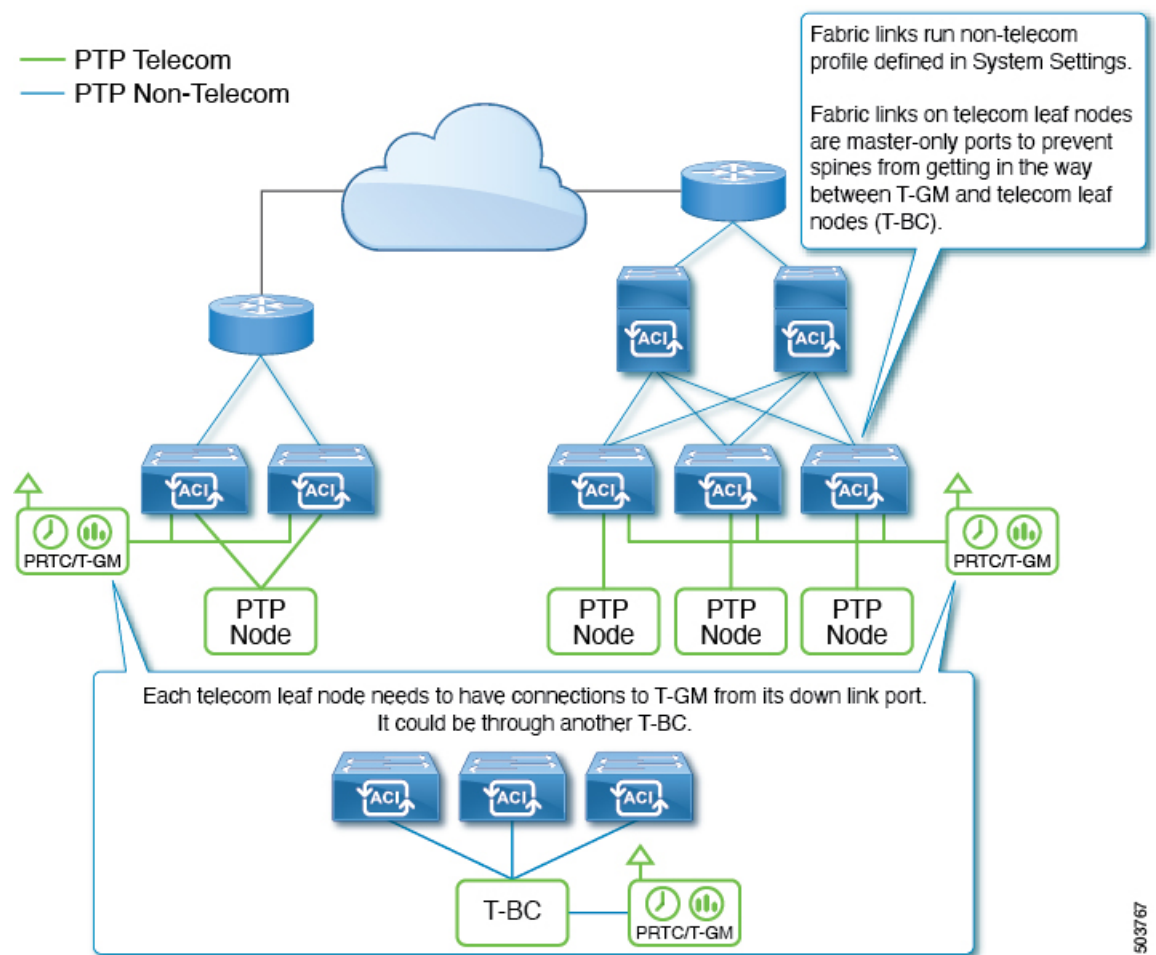
通常、各サイトは互いに近接しておらず、遅延と修正の正確な測定値を使用して各サイトに PTP メッセージを伝播することは困難です。したがって、PTP メッセージが各サイトを通過しないようにして、各サイト内で PTP トポロジが確立されるようにすることが推奨されます。*Multipod With BMCA in Each Pod* で説明されているのと同じオプションを使用して、PTP メッセージの伝播を防ぐことができます。また、Cisco ACI マルチサイトは PTP を構成するための可視性も機能もありません。



Telecom プロファイル (G.8275.1)

Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) の PTP Telecom プロファイル (G.8275.1) では、SyncE がクラス B または、C (G.8273.2) の精度を達成する必要があります。また、PTP Telecom プロファイル (G.8275.1) と SyncE の両方が、特定のスイッチモデルのリーフ ノードでのみサポートされます (「[PTP でサポートされるハードウェア](#)」を参照)。その結果、スパイン ノードを使用して、Telecom プロファイル (G.8275.1) の時間、位相、および周波数の同期を配布することはできません。

このため、テレコム リーフ ノード (G.8275.1 用に構成されたリーフ ノード) のファブリック リンクは、PTP マルチキャスト マスター専用モードで実行されます。これにより、テレコム リーフ ノードがスパイン ノードを介してクロックをロックしないようにします。これは、Cisco ACI の PTP テレコム プロファイル (G.8275.1) のグランドマスター展開では、各テレコム リーフ ノードがノードのそれぞれのダウン リンク ポートからタイミングを受信する必要があることを意味します。



PTP 制限事項

一般的なサポートと実装情報については、[PTP 向けにサポートされるソフトウェア](#)（34 ページ）、[PTP 向けにサポートされるハードウェア](#)（35 ページ）および [PTP 接続](#)（36 ページ）を参照してください。

次の制限が PTP に適用されます。

- Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) リーフおよびスパインスイッチは、PTP 境界クロックとして機能できます。スイッチは PTP トランスペアレントクロックとして機能できません。
- E2E 遅延メカニズム（遅延要求/応答メカニズム）のみがサポートされています。P2P 遅延メカニズムはサポートされていません。
- デフォルト/メディア/SMPTE PTP プロファイル用の PTP over IPv4/UDP と、テレコム (G.8275.1) PTP プロファイル用の PTP over Ethernet がサポートされています。IPv6 を介した PTP はサポートされていません。

- PTPv2 のみがサポートされています。
 - リーフスイッチのフロントパネルポートのいずれかでPTPが有効になっている場合、PTPv1 パケットは引き続き CPU にリダイレクトされますが、パケットは CPU で破棄されます。
- PTP 管理 TLV は Cisco ACI スイッチによって認識されませんが、IEEE1588-2008 で定義されているように SMTPE PTP プロファイルをサポートするために引き続き転送されます。
- Cisco ACI スイッチのシステム クロックとして PTP を使用することはできません。
- PTP は、Cisco Application Policy Infrastructure Controller (APIC) でサポートされません。
- NTP は、ファブリック内のすべてのスイッチに必要です。
- PTP オフロードはサポートされていません。この機能は、拡張性を向上させるために、モジュラスパインスイッチ上の各ラインカード CPU に PTP パケット処理をオフロードすることです。
- ハードウェアの制限により、トラフィック負荷がある場合、1G/100M 速度のインターフェイスは 10G インターフェイスよりも正確度が低くなります。5.2(3) 以降のリリースでは、この制限は 1G 速度の Cisco N9K-C93108TC-FX3P スイッチには適用されません。
- PTP オフセット補正が高いため、PTP は 100M インターフェイスでは完全にはサポートされていません。
- PTP Telecom プロファイル (G.8275.1) は、1G/10G 速度のポートではサポートされていません。
- Sync および Delay_Request メッセージは、最大 -4 間隔 (1/16 秒) をサポートできます。-5 から -7 の間隔値はサポートされていません。

グローバル PTP ポリシーのデフォルトの間隔値は、同期間隔 -3 ($2^{-3} = 1/8$ 秒) および遅延要求間隔 -2 ($2^{-2} = 1/4$ 秒) のメディア プロファイル (AES67-2015) です。これらの間隔はテスト済みであり、サポートされているほとんどのスイッチ モデルで低い PTP 補正を提供することがわかっています。ただし、N9K-C9332D-H2R、N9K-C93400LD-H1、および N9K-X9400-16W (N9K-C9408) は、同期間隔 -3 および遅延要求間隔 -3 の使用率が向上することが知られています。



(注) パフォーマンスは、PTP ピアデバイスの仕様などの外部要因にも依存します。ご使用の環境でテストして、最適な間隔を微調整することをお勧めします。

- リーフスイッチのフロント パネル ポートの場合、PTP はインターフェイスおよび VLAN ごとに有効にできますが、PTP がグローバルに有効化された後に、PTP はすべての適切なファブリック リンク (リーフスイッチとスパイン スイッチ、tier-1 および tier-2 リーフスイッチ間のインターフェイス、および IPN/ISN 向けのインターフェイス) で自動的に有効化されます。適切なファブリック リンクは、flag0 ツリーに属するインターフェイスです。

- Cisco ACI インターフェイス上の IPN/ISN への PTP は、ネイティブ VLAN 1 で有効で、VLAN タグなしで送信されます。ISN/IPN ノードのインターフェイスは、VLAN タグなしで、または VLAN ID 4 を使用して Cisco ACI スパイン スイッチに PTP パケットを送信できます。これは、PTP に関係なく、IPN/ISN 接続で自動的に有効です。
- リーフスイッチのフロントパネルインターフェイスで PTP を使用するには、PTP をグローバルに有効にする必要があります。つまり、ファブリック リンクで PTP を有効にしないと、リーフスイッチのフロントパネル ポートで PTP を有効にすることはできません。
- tn-mgmt および tn-infra を使用した PTP 構成はサポートされていません。
- PTP は、インターフェイスごとに 1 つの VLAN でのみ有効にできます。
- L3Out SVI のインターフェイスおよび VLAN で PTP を有効にすることはできません。EPG を使用して、同じインターフェイス上の別の VLAN で PTP を有効にすることができます。
- ユニキャスト マスター ポートとして構成できるのは、リーフスイッチのフロント パネル インターフェイスだけです。インターフェイスをユニキャスト クライアント ポートとして構成することはできません。ユニキャスト ポートはスパイン スイッチではサポートされていません。
- ユニキャスト ネゴシエーションはサポートされていません。
- PC または vPC が個々のメンバー ポートで PTP を構成する NX-OS などのデバイスに接続されている場合、ユニキャスト モードは PC または vPC では機能しません。
- PTP と MACSec を同じインターフェイスに構成することはできません。
- PTP がグローバルに有効になっている場合、ファブリックを通過するトラフィックの遅延を測定するために、Cisco ACI はある ACI スイッチ ノードから別の ACI スイッチ ノードに移動するトラフィックに Cisco タイムスタンプタグ付け (TTag) を追加します。これにより、このようなトラフィックに 8 バイトが追加されます。通常、パケットが ACI ファブリックの外部に送信されるときに TTag が削除されるため、ユーザはこの導入に関してアクションを実行する必要はありません。ただし、Cisco ACI マルチポッドのセットアップが構成されている場合、ポッド間を通過するユーザー トラフィックは、VXLAN の内部 ヘッダーに TTag を保持します。このような場合、IPN 内のすべての非 ACI デバイスとともに、Inter-Pod Network (IPN) に面する ACI スパイン スイッチ インターフェイスで MTU サイズを 8 バイト増やします。TTag は VXLAN ペイロード内に埋め込まれているため、IPN デバイスは TTag をサポートする必要も、認識する必要もありません。
- PTP がグローバルに有効になっている場合、スパイン ノードを通過して ERSPAN 接続先に到達する ERSPAN トラフィックには、イーサタイプ 0x8988 の Cisco タイムスタンプ タギング (TTag) があります。元のユーザ トラフィックへの影響はありません。
- PTP をサポートしないリーフスイッチが存在する場合は、IPN または PTP をサポートするリーフスイッチを使用して、外部グランドマスターをすべてのスパイン スイッチに接続する必要があります。グランドマスターがスパイン スイッチの 1 つまたはサブセットに接続されている場合、スパインからの PTP メッセージは、flag0 ツリーのステータスに応じて、他のスイッチに到達する前に、サポートされていないリーフスイッチによってブロックされる場合があります。リーフおよびスパイン スイッチ内の PTP は、各ポッド内のすべて

のリーフおよびスパイン スイッチ間のループフリー マルチキャスト接続のために Cisco ACI インフラ ISIS に基づいて自動的に構築される ftag0 ツリーに基づいて有効になります。

- PTP テレコム プロファイルが展開されている場合、T-BC が T-GM とロックするには、テレコム グランドマスター クロック (T-GM) とテレコム境界クロック (T-BC) のタイムスタンプが 2 秒以内である必要があります。
- VMM ドメイン統合を使用してリーフ ノード インターフェイスに展開されている VLAN で PTP を有効にすることはできません。
- ACI リリース 6.1(3)以降、PTP はファブリック リンク (ACI リーフ ノードとスパイン ノード間のリンク) でのみ N9K-C9408 の N9K-X9400-16W でサポートされます。ファブリック リンクの PTP は、ファブリック全体のグローバル設定であることに注意してください。有効にすると、サポートされていないモジュールまたはスイッチを除き、ファブリック内のすべてのファブリック リンクで有効になります。ただし、N9K-C9408 は、サポートされていない場合でも、すべてのモジュールで PTP を有効にします。たとえば、N9K-C9408 に PTP で認定されていない N9K-X9400-8D または N9K-X9400-22L が含まれている場合、N9K-C9408 のすべてのファブリック リンクで PTP が有効になります。ただし、このようなサポートされていないモジュールを介したクロック同期は信頼できません。サポートされていないモジュールを介したクロック同期を使用しないでください。

PTP の設定

PTP 構成の基本フロー

以下のステップで、PTP 構成プロセスの概要を示します。

手順

-
- ステップ 1 PTP をグローバルに有効にし、すべてのファブリック インターフェイスの PTP パラメータを設定します。
 - ステップ 2 PTP テレコム プロファイル (G.8275.1) の場合のみ、PTP ノード ポリシーを作成し、スイッチ ポリシー グループを介してスイッチ プロファイルに適用します。
 - ステップ 3 [ファブリック (Fabric)] > [アクセスポリシー (Access Policies)] > [ポリシー (Policies)] > [グローバル (Global)] の下でリーフ フロント パネル インターフェイスの PTP ユーザープロファイルを作成します。
 - ステップ 4 PTP ユーザープロファイルを使用して、[EPG] > [静的ポート (Static Ports)] で PTP を有効にします。
 - ステップ 5 PTP ユーザープロファイルを使用して、[L3Out] > [論理インターフェイス プロファイル (Logical Interface Profile)] > [ルーテッドまたはサブインターフェイス (Routed or Sub-Interface)] で PTP を有効にします。
-

PTP ポリシーをグローバルに構成し、GUI を使用したファブリック インターフェイス向け PTP ポリシーの構成

この手順では、Cisco Application Policy Infrastructure Controller (APIC) GUI を使用して、高精度時間プロトコル (PTP) をグローバルに、およびファブリック インターフェイスに対して有効にします。PTP がグローバルに有効になっている場合、進行中の TEP から TEP への遅延測定は自動的に有効になります。

手順

ステップ 1 メニュー バーで、[システム (System)] > [システム設定 (System Settings)] の順に選択します。

ステップ 2 ナビゲーションウィンドウで、[PTP と遅延測定 (PTP and Latency Measurement)] を選択します。

ステップ 3 [Work (作業)] ペインで、目的の構成に合わせてインターフェース プロパティを設定します。少なくとも、[高精度時間プロトコル (Precision Time Protocol)] を [有効 (Enabled)] に設定する必要があります。

フィールドの詳細については、オンラインヘルプページを参照してください。指定した間隔値が選択済みの PTP プロファイル標準規格の範囲外である場合、その構成は拒否されます。

PTP プロファイル、間隔、およびタイムアウトフィールドは、ファブリック リンクに適用されます。他のフィールドは、すべてのリーフスイッチとスパイン スwitch に適用されます。

ステップ 4 [送信 (Submit)] をクリックします。

GUI を使用したスイッチ ポリシーを使用して PTP ノードポリシーを構成、およびポリシーをスイッチ プロファイルに適用する

リーフ ノードが PTP テレコム プロファイル (G.8275.1) を実行するには、PTP ノードポリシーが必要です。これは、追加のパラメータで代替 BMCA を使用するためです。また、ドメイン番号、優先度 1、優先度 2 の許容範囲が他の PTP プロファイルと異なります。リーフスイッチ プロファイルとポリシー グループを使用して、PTP ノードポリシーをリーフスイッチに適用できます。



(注) メディア プロファイルの展開では、ノードポリシーを作成する必要はありません。

手順

ステップ 1 メニュー バーで、[ファブリック (FABRIC)] > [アクセス ポリシー (Access Policies)] の順に選択します。

ステップ 2 [ナビゲーション (Navigation)] ウィンドウで、[スイッチ (Switches)] > [リーフ スwitch (Leaf Switches)] > [プロファイル (Profiles)] をクリックします。

- ステップ 3 [プロファイル (Profiles)] を右クリックして [リーフ プロファイルの作成 (Create Leaf Profile)] を選択します。
- ステップ 4 [リーフ プロファイルの作成 (Create Interface Profile)] ダイアログボックスの [名前 (Name)] フィールドに、プロファイルの名前を入力します。
- ステップ 5 [リーフ セレクター (Leaf Selectors)] セクションで、[+] をクリックします。
- ステップ 6 名前を入力し、スイッチを選択して、ポリシー グループの作成を選択します。
- ステップ 7 [アクセス スイッチ ポリシー グループの作成 (Create Access Switch Policy Group)] ダイアログで、ポリシー グループの名前を入力します。
- ステップ 8 [PTP ノード ポリシー (PTP Node Policy)] ドロップダウンリストで、[PTP ノード プロファイルの作成 (Create PTP Node Profile)] を選択します。
- ステップ 9 [PTP ノード プロファイルの作成 (Create PTP Node Profile)] ダイアログで、構成に必要な値を設定します。
- [ノード ドメイン (Node Domain)] : 値は 24 ~ 43 の間である必要があります。同じ PTP トポロジにある必要があるテレコム リーフ ノードは、同じドメイン番号を使用する必要があります。
 - [優先順位 1 (Priority 1)] : 値は 128 にする必要があります。
 - [優先順位 2 (Priority 2)] : 値は 0 ~ 255 (0 と 255 を含む) である必要があります。
- フィールドの詳細については、オンライン ヘルプ ページを参照してください。
- ステップ 10 [送信 (Submit)] をクリックします。
- [PTP ノード プロファイルの作成 (Create PTP Node Profile)] ダイアログボックスが閉じます。
- ステップ 11 [アクセス スイッチ ポリシー グループの作成 (Create Access Switch Policy Group)] ダイアログで、構成に必要な他のポリシーを設定します。
- ステップ 12 [送信 (Submit)] をクリックします。
- [アクセス スイッチ ポリシー グループの作成 (Create Access Switch Policy Group)] ダイアログが閉じます。
- ステップ 13 [リーフ セレクター (Leaf Selectors)] セクションで、[更新 (Update)] をクリックします。
- ステップ 14 [次へ (Next)] をクリックします。
- ステップ 15 [ステップ 2 (STEP 2)] > [関連付け (Associations)] 画面で、必要に応じてインターフェイス プロファイルに関連付けます。
- ステップ 16 [完了 (Finish)] をクリックします。

GUI を使用したリーフスイッチ フロント パネル ポート用 PTP ユーザープロファイルの作成

この手順では、Cisco Application Policy Infrastructure Controller (APIC) GUI を使用してリーフスイッチのフロント パネル ポートの PTP ユーザープロファイルを作成します。PTP ユーザー

プロファイルは EPG または L3Out を使用してリーフスイッチ フロント パネル インターフェイスに適用されます。

始める前に

外部デバイスに面するリーフスイッチのフロント パネル ポートで PTP を使用するには、PTP をグローバルに有効にする必要があります。

手順

- ステップ 1 メニュー バーで、[ファブリック (FABRIC)] > [アクセス ポリシー (Access Policies)] の順に選択します。
- ステップ 2 ナビゲーションウィンドウで、[ポリシー (Policies)] > [グローバル (Global)] > [PTP ユーザープロファイル (PTP User Profile)] を選択します。
- ステップ 3 [PTP ユーザープロファイル (PTP User Profile)] を右クリックし、[PTP ユーザープロファイルの作成 (Create PTP User Profile)] を選択します。
- ステップ 4 [PTP ユーザープロファイルの作成 (Create PTP User Profile)] ダイアログで、構成に必要な値を設定します。
フィールドの詳細については、オンラインヘルプページを参照してください。指定した間隔値が選択済みの PTP プロファイル標準規格の範囲外である場合、その構成は拒否されます。
- ステップ 5 [送信 (Submit)] をクリックします。

GUI を使用して EPG 静的ポートで PTP を有効化する

この手順では、Cisco Application Policy Infrastructure Controller (APIC) GUI を使用して EPG 静的ポートで PTP を有効にします。PTP は、マルチキャスト ダイナミック、マルチキャスト マスター、またはユニキャスト マスター モードで有効にできます。

始める前に

最初にリーフスイッチのフロント パネル ポートの PTP ユーザープロファイルを作成し、PTP をグローバルに有効にする必要があります。

手順

- ステップ 1 メニュー バーで、[テナント (Tenants)] > [すべてのテナント (ALL Tenants)] の順に選択します。 >
- ステップ 2 作業ウィンドウで、テナントの名前をダブルクリックします。
- ステップ 3 ナビゲーションウィンドウで、[テナント (Tenant) *tenant_name*] > [アプリケーション プロファイル (Application Profiles)] > [*app_profile_name*] > [アプリケーション EPG (Application EPGs)] > [*app_epg_name*] > [静的ポート (Static Ports)] > [*static_port_name*] の順に選択します。

ステップ 4 [作業 (Work)] ペインの **[PTP 状態 (PTP State)]** トグルで、**[有効 (Enable)]** を選択します。**[PTP 状態 (PTP State)]** を表示するには、下にスクロールする必要がある場合があります。

PTP 関連のフィールドが表示されます。

ステップ 5 構成に必要な PTP フィールドを構成します。

- **[PTP モード (PTP Mode)]** : 必要に応じて、**[マルチキャスト ダイナミック (multicast dynamic)]**、**[マルチキャスト マスター (multicast master)]**、または **[ユニキャスト マスター (unicast master)]** を選択します。
- **[PTP 送信元アドレス (PTP Source Address)]** : このインターフェイスおよび VLAN からの PTP パケットは、指定された IP アドレスを送信元として送信されます。リーフスイッチの TEP アドレスは、デフォルトで、または値として「0.0.0.0」を入力した場合に使用されます。この値は、マルチキャストモードではオプションです。ユニキャストモードには、ブリッジドメイン SVI または EPG SVI を使用します。送信元 IP アドレスは、ユニキャストモードでは接続済み PTP ノードによって到達可能な必要があります。
- **[PTP ユーザープロファイル (PTP User Profile)]** : リーフスイッチのフロントパネルポート用に作成した PTP ユーザープロファイルを選択して、メッセージ間隔を指定します。

さらにフィールドの詳細については、オンライン ヘルプ ページを参照してください。

ノードレベルの構成は、PTP テレコム プロファイル (G.8275.1) が展開されているノードのファブリックレベルの構成よりも優先されます。

ステップ 6 [送信 (Submit)] をクリックします。

GUI を使用して L3Out インターフェイスで PTP を有効化する

この手順では、Cisco Application Policy Infrastructure Controller (APIC) GUI を使用して L3Out インターフェイスで PTP を有効にします。PTP は、マルチキャストダイナミック、マルチキャストマスター、またはユニキャストマスター モードで有効にできます。

始める前に

最初にリーフスイッチのフロントパネルポートの PTP ユーザープロファイルを作成し、PTP をグローバルに有効にする必要があります。

手順

ステップ 1 メニュー バーで、**[テナント (Tenants)]** > **[すべてのテナント (ALL Tenants)]** の順に選択します。 >

ステップ 2 作業ウィンドウで、テナントの名前をダブルクリックします。

ステップ 3 ナビゲーションウィンドウから、**[テナント (Tenant)]** **[tenant_name]** > **[ネットワーキング (Networking)]** > **[L3Outs]** > **[l3out_name]** > **[論理ノード プロファイル (Logical Node Profiles)]** > **[node_profile_name]** > **[論**

理インターフェイス プロファイル (Logical Interface Profiles)] > [interface_profile_name] の順に移動します。

ステップ 4 [作業 (Work)] ペインで、必要に応じて [Policy (ポリシー)] > [ルーテッドサブインターフェイス (Routed Sub-interfaces)]、または [Policy (ポリシー)] > [ルーテッドインターフェイス (Routed Interfaces)] を選択します。

ステップ 5 既存の L3Out で PTP を有効にする場合は、次のサブステップを実行します。

- a) 目的のインターフェイスをダブルクリックして、そのプロパティを表示します。
- b) 必要に応じて下にスクロールして PTP プロパティを見つけ、[PTP 状態 (PTP State)] を [有効 (Enable)] に設定して、EPG 静的ポートに使用したのと同じ値を入力します。

フィールドの詳細については、オンライン ヘルプ ページを参照してください。

- c) [送信 (Submit)] をクリックします。

ステップ 6 新しい L3Out で PTP を有効にする場合は、次のサブステップを実行します。

- a) 表の右上にある [+] をクリックします。
- b) [ステップ 1 (Step 1)] > [アイデンティティ (Identity)] で、適切な値を入力します。
- c) [ステップ 2 (Step 2)] > [PTP の構成 (Configure PTP)] で、[PTP 状態 (PTP State)] を [有効 (Enable)] に設定し、EPG 静的ポートに使用したのと同じ値を入力します。

フィールドの詳細については、オンライン ヘルプ ページを参照してください。

- d) [完了 (Finish)] をクリックします。

PTP ポリシーをグローバルに構成し、REST API を使用したファブリック インターフェイス向け PTP ポリシーの構成

この手順では、REST API を使用して、ファブリック インターフェイスに対して PTP をグローバルに有効にします。PTP がグローバルに有効になっている場合、進行中の TEP から TEP への遅延測定は自動的に有効になります。

ファブリック インターフェイスに対して PTP ポリシーをグローバルに構成するには、次の例のような REST API POST を送信します。

POST: /api/mo/uni/fabric/ptpmode.xml

```
<latencyPtpMode
  state="enabled"                # PTP admin state
  systemResolution="11"          # Latency Resolution (can be skipped for
  prio1="255"                    # Global Priority1
  prio2="255"                    # Global Priority2
  globalDomain="0"              # Global Domain
  fabProfileTemplate="aes67"     # PTP Profile
  fabAnnounceIntvl="1"          # Announce Interval (2^x sec)
  fabSyncIntvl="-3"              # Sync Interval (2^x sec)
  fabDelayIntvl="-2"             # Delay Request Interval (2^x sec)
  fabAnnounceTimeout="3"        # Announce Timeout
/>
```

REST API を使用したスイッチ ポリシーを使用して PTP ノード ポリシーを構成、およびポリシーをスイッチ プロファイルに適用する

リーフ ノードが PTP テレコム プロファイル (G.8275.1) を実行するには、PTP ノード ポリシーが必要です。これは、追加のパラメータで代替 BMCA を使用するためです。また、ドメイン番号、優先度 1、優先度 2 の許容範囲が他の PTP プロファイルと異なります。リーフスイッチ プロファイルとポリシー グループを使用して、PTP ノード ポリシーをリーフスイッチに適用できます。

POST: /api/mo/uni.xml

```
<infraInfra>
  <!-- Switch Profile -->
  <infraNodeP name="L101_SWP" dn="uni/infra/nprof-L101_SWP">
    <infraRsAccPortP tDn="uni/infra/accportprof-L101_IFP"/>
    <infraLeafS name="L101" type="range">
      <infraNodeBlk name="L101" to="101" from="101"/>
      <!-- Associate Switch Policy Group for node-101 -->
      <infraRsAccNodePGrp tDn="uni/infra/funcprof/accnodepgrp-Telecom_PG_1"/>
    </infraLeafS>
  </infraNodeP>

  <infraFuncP>
    <!-- Switch Policy Group with PTP Node and SyncE Policy -->
    <infraAccNodePGrp name="Telecom_PG_1"
      dn="uni/infra/funcprof/accnodepgrp-Telecom_PG_1">
      <infraRsSyncInstPol tnSyncInstPolName="SyncE_QL1"/>
      <infraRsPtpInstPol tnPtpInstPolName="Telecom_domain24"/>
    </infraAccNodePGrp>
  </infraFuncP>

  <!-- PTP Node policy -->
  <ptpInstPol
    dn="uni/infra/ptpInstP-Telecom_domain24"
    name="Telecom_domain24"
    operatingMode="hybrid"
    nodeProfile="telecom_full_path"
    nodePrio1="128"
    nodePrio2="128"
    nodeDomain="24"/>

  <!-- SyncE Node policy -->
  <syncInstPol
    dn="uni/infra/syncInstP-SyncE_QL1"
    name="SyncE_QL1"
    qloption="op1"
    adminSt="disabled"/>
</infraInfra>
```

REST API を使用したリーフスイッチ フロント パネル ポート用 PTP ユーザープロファイルの作成

PTP ユーザープロファイルは EPG または L3Out を使用してリーフスイッチ フロント パネル インターフェイスに適用されます。また、外部デバイスに面するリーフスイッチのフロントパネル ポートで PTP を使用するには、PTP をグローバルに有効にする必要があります。

PTP ユーザープロファイルを作成するには、次の例のように REST API POST を送信します。

POST: /api/mo/uni/infra/ptpprofile-Ptelecomprofile.xml

```
<ptpProfile
  name="Ptelecomprofile"                # PTP user profile name
  profileTemplate="telecom_full_path"    # PTP profile
  announceIntvl="-3"                    # Announce interval (2^x sec)
  syncIntvl="-4"                        # Sync interval (2^x sec)
  delayIntvl="-4"                      # Delay request interval (2^x sec)
  announceTimeout="3"                  # Announce timeout
  annotation=""                        # Annotation key

  (Only for Telecom ports)
  pt PoeDstMacType="forwardable"        # Destination MAC for PTP messages
  pt PoeDstMacRxNoMatch="replyWithCfgMac" # Packet handling
  localPriority="128"                  # Port local priority

  (Only for non-Telecom ports on a telecom
  leaf)
  nodeProfileOverride="no"             # Node profile override
/>
```

REST API を使用した EPG 静的ポートでの PTP の有効化

EPG 静的ポートで PTP を有効にする前に、最初にリーフスイッチのフロントパネルポートの PTP ユーザープロファイルを作成し、PTP をグローバルに有効にする必要があります。

EPG 静的ポートで PTP を有効にするには、次の例のように REST API POST を送信します。

POST: /api/mo/uni/tn-TK/ap-AP1/epg-EPG1-1.xml

マルチキャスト モード

```
<fvRsPathAtt
  tDn="topology/pod-1/paths-101/pathep-[eth1/1]"
  encap="vlan-2011">
  <ptpEpgCfg
    ptpMode="multicast">                # PTP mode
    <ptpRsProfile                       # PTP user profile
      tDn="uni/infra/ptpprofile-PTP_AES"/>
    </ptpEpgCfg>
  </fvRsPathAtt>
```

ptpMode パラメータに可能な値は次のとおりです。

- multicast : マルチキャスト ダイナミック。
- multicast-master : マルチキャスト マスター。

ユニキャスト モード

```
<fvRsPathAtt
  tDn="topology/pod-1/paths-101/pathep-[eth1/1]"
  encap="vlan-2011">
  <ptpEpgCfg
    srcIp="192.168.1.254"                # PTP source IP address
    ptpMode="unicast-master">           # PTP mode
    <ptpRsProfile                       # PTP user profile
      tDn="uni/infra/ptpprofile-PTP_AES"/> # PTP unicast destination
    <ptpUcastIp dstIp="192.168.1.11"/>  IP address
    </ptpEpgCfg>
  </fvRsPathAtt>
```

ptpEpgCfg が存在する場合は、PTP が有効になっていることを意味します。そのインターフェイスで PTP を無効にする必要がある場合は、ptpEpgCfg を削除します。

REST API を使用して L3Out インターフェイスで PTP を有効化する

この手順では、REST API を使用して L3Out インターフェイスで PTP を有効にします。L3Out インターフェイスで PTP を有効にする前に、最初にリーフスイッチのフロント パネル ポートの PTP ユーザープロファイルを作成し、PTP をグローバルに有効にする必要があります。

L3Out インターフェイスで PTP を有効にするには、次の例のように REST API POST を送信します。

POST: /api/node/mo/uni/tn-TK/out-BGP/lnodep-BGP_nodeProfile/lifp-BGP_IfProfile.xml

マルチキャスト モード

```
<l3extRsPathL3OutAtt
  tDn="topology/pod-1/paths-103/pathep-[eth1/11]"
  addr="11.0.0.1/30" ifInstT="l3-port">
    <ptpRtdEpgCfg
      ptpMode="multicast">                                # PTP mode
      <ptpRsProfile
        tDn="uni/infra/ptpprofile-PTP_AES"/>              # PTP user profile
      </ptpRsProfile>
    </ptpRtdEpgCfg>
  </l3extRsPathL3OutAtt>
```

ptpMode パラメータに可能な値は次のとおりです。

- multicast : マルチキャスト ダイナミック。
- multicast-master : マルチキャスト マスター。

ユニキャスト モード

```
<l3extRsPathL3OutAtt
  tDn="topology/pod-1/paths-103/pathep-[eth1/11]"
  addr="11.0.0.1/30" ifInstT="l3-port">
    <ptpRtdEpgCfg
      srcIp="11.0.0.1"                                     # PTP source IP address
      ptpMode="unicast-master">                           # PTP mode
      <ptpRsProfile
        tDn="uni/infra/ptpprofile-PTP_AES"/>              # PTP user profile
      </ptpRsProfile>
      <ptpUcastIp dstIp="11.0.0.4"/>                       # PTP unicast destination
                                                         IP address
    </ptpRtdEpgCfg>
  </l3extRsPathL3OutAtt>
```

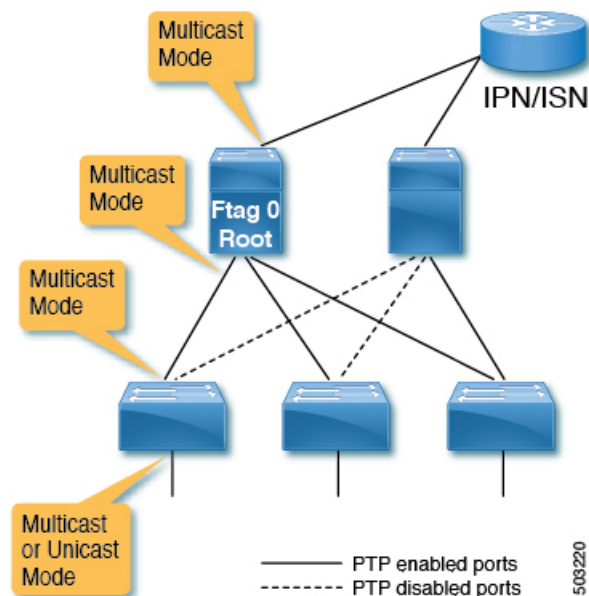
ptpRtdEpgCfg が存在する場合は、PTP が有効になっていることを意味します。そのインターフェイスで PTP を無効にする必要がある場合は、ptpRtdEpgCfg を削除します。

Cisco ACI の PTP ユニキャスト、マルチキャスト、および混合モード

デフォルトでは、すべての PTP インターフェイスはマルチキャスト モードで実行されます。ユニキャスト モードで構成できるのは、リーフスイッチのフロント パネル インターフェイス

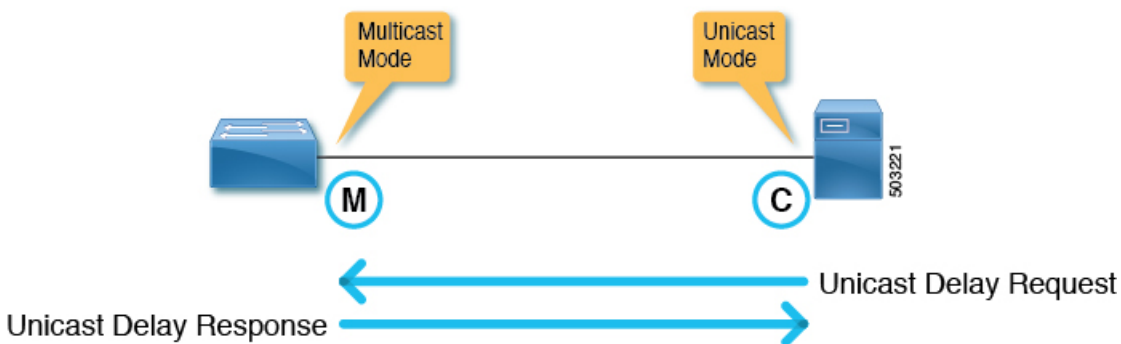
だけです。ユニキャストマスターポートのみがサポートされます。ユニキャストクライアントポートはサポートされていません。

図 1: マルチキャストまたはユニキャストモード



混合モード（ユニキャスト遅延応答で応答する PTP マルチキャストポート）は、ポートがユニキャスト遅延要求を受信すると、マルチキャストモードの PTP マスターポートで自動的にアクティブになります。混合モードは、本質的にマルチキャストマスターとユニキャストクライアントです。

図 2: 混合モード



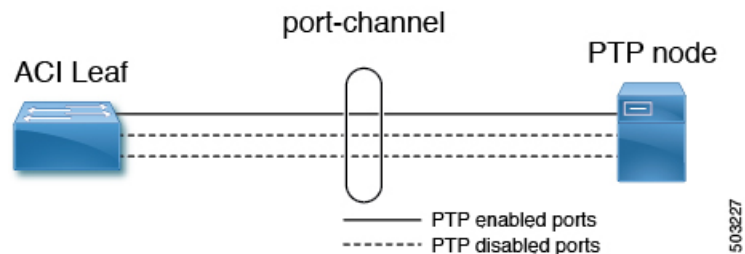
1つのリーフスイッチは、複数の PTP ユニキャストマスターポートを持つことができます。各ユニキャストマスターポートでサポートされるクライアントスイッチ IP アドレスの数は2です。さらに多くの IP アドレスを構成できますが、修飾することはできません。PTPユニキャストマスターポートと PTP マルチキャストポートは、同じスイッチに構成できます。

Cisco ACI での PTP ユニキャスト モードの制限事項

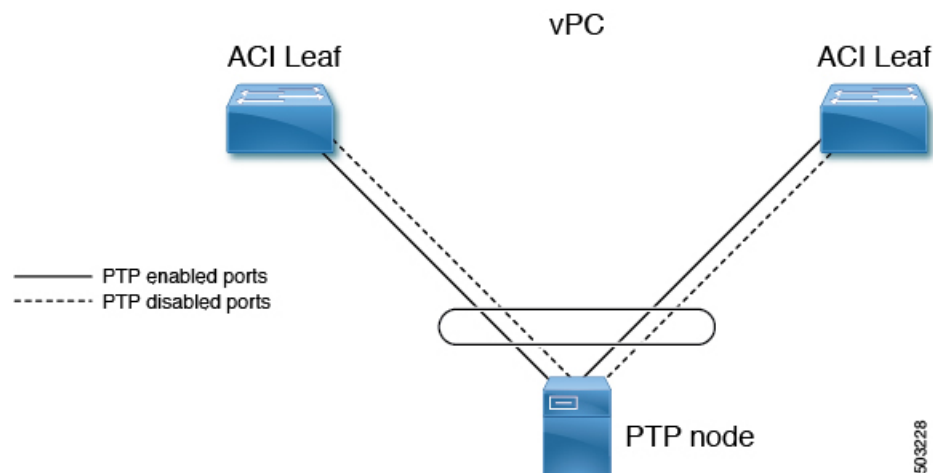
PTP ユニキャスト ネゴシエーションはサポートされていません。Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) には、Cisco ACI が他のノードからの要求を許可する、または要求するメッセージを要求するユニキャスト ネゴシエーションがないため、Cisco ACI PTP ユニキャスト マスター ポートは、クライアント ノードから要求を受信せずに、Cisco Application Policy Infrastructure Controller (APIC) を使用して構成された間隔で、Announce、Sync、および Follow_Up メッセージを送信します。ユニキャスト Delay_Response メッセージは、ユニキャスト クライアント ノードからの Delay_Request メッセージへの応答として送信されます。ユニキャスト マスター ポートはユニキャスト要求をリスンせずに Sync などの PTP メッセージを送信するため、Cisco ACI PTP ユニキャスト ポートではベストマスタークロック アルゴリズム (BMCA) が計算されません。

Cisco ACI での PTP PC および vPC の実装

ポート チャンネル (PC) および仮想ポート チャンネル (vPC) の場合、メンバー ポートごとではなく、PC または vPC ごとに PTP が有効になります。Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) では、親 PC または vPC の各メンバー ポートで個別に PTP を有効にすることはできません。



Cisco ACI PC または vPC で PTP が有効になっている場合、リーフスイッチは PTP が有効になっている PC からメンバー ポートを自動的に選択します。PTP 対応のメンバー ポートに障害が発生すると、リーフスイッチは、まだ稼働している別のメンバー ポートを選択します。PTP ポートのステータスは、以前の PTP 対応メンバー ポートから継承されます。



PTP が Cisco ACI vPC ポートで有効になっている場合、vPC は 2 つのリーフスイッチ上の 2 つのポートチャネルの論理バンドルですが、動作は通常のポートチャネルで有効になっている PTP と同じです。vPC ピア リーフスイッチ間の PTP 情報の同期など、vPC には特定の実装はありません。



(注) PC または vPC が個々のメンバー ポートで PTP を構成する NX-OS などのデバイスに接続されている場合、ユニキャスト モードは PC または vPC では機能しません。

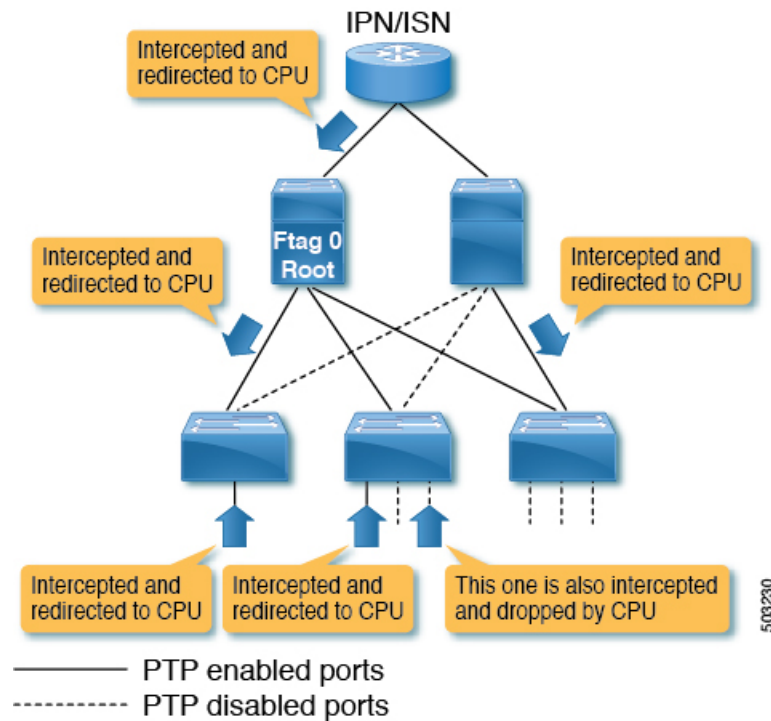
PTP パケット フィルタリングおよびトンネリング

PTP パケット フィルタリング

PTP がファブリック ポートでパケットを処理し、PTP がグローバルに有効になっている場合、すべてのスパインおよびリーフスイッチには、ファブリック ポートからのすべての着信 PTP パケットを CPU にリダイレクトするための内部フィルタがあります。

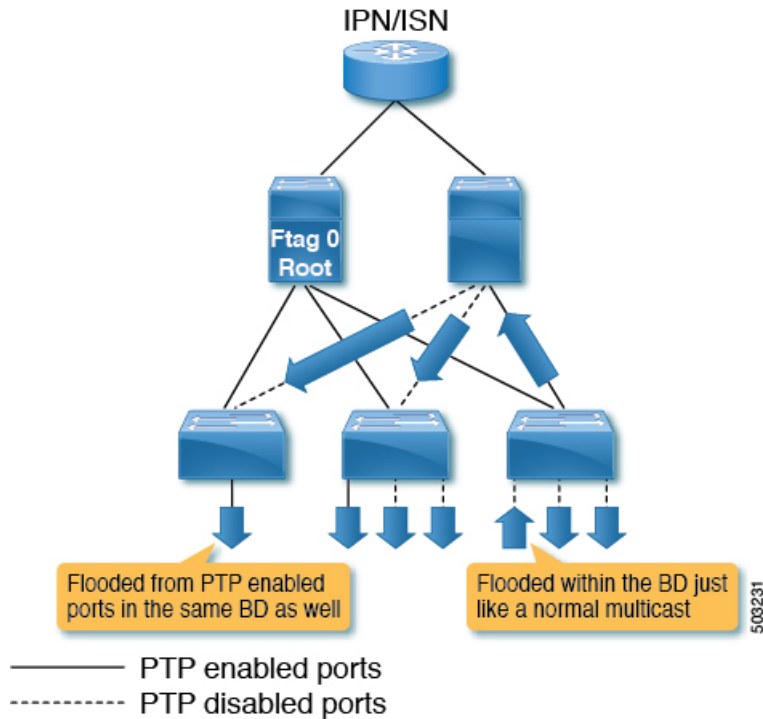
PTP がフロント パネル ポートでパケットを処理し、特定のリーフスイッチの少なくとも 1 つのリーフスイッチフロント パネル ポートで PTP が有効になっている場合、リーフスイッチには、フロント パネル ポートからのすべての着信 PTP パケットをリダイレクトする内部フィルタがあります。PTP が有効になっていないフロント パネル ポートから PTP パケットを受信した場合でも、パケットは引き続き代行受信され、CPU にリダイレクトされた後、破棄されます。

図 3: PTP 対応フロント パネル ポートを備えたリーフスイッチのフロント パネルでのパケット フィルタリング



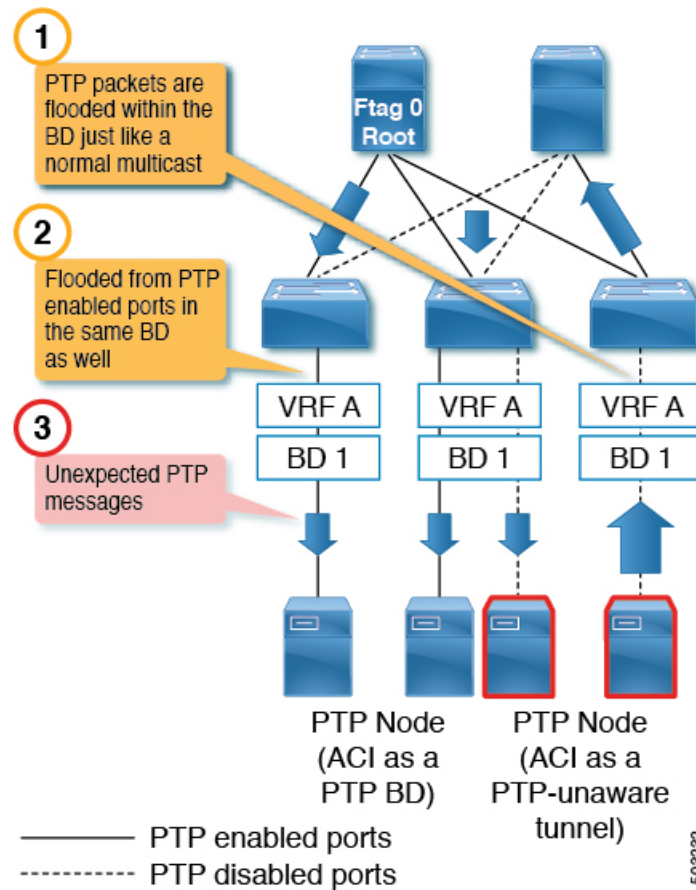
PTP がフロント パネル ポートでパケットを処理し、特定のリーフスイッチのすべてのリーフスイッチフロント パネル ポートで PTP が有効になっていない場合、リーフスイッチには、フロント パネル ポートからの PTP パケットをリダイレクトする内部フィルタがありません。このようなリーフスイッチのフロント パネル ポートで PTP パケットを受信すると、パケットは通常のマルチキャスト パケットとして処理され、VxLAN を使用して他のスイッチに転送またはフラッディングされます。Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) スイッチによって代行受信されることになっている PTP パケットは、リーフスイッチとスパイン スイッチの間でも VxLAN でカプセル化されないため、他のスイッチもこれを通常のマルチキャスト パケットとして処理します。これにより、フロント パネルのポートで PTP が有効になっている他のリーフスイッチで、予期しない PTP 動作が発生する可能性があります。詳細については、[Cisco ACI PTP 境界クロック](#)または [PTP 非認識トンネル](#)として (61 ページ) を参照してください。

図 4: PTP 対応フロントパネルポートを装備しないリーフスイッチのフロントパネルでのパケットフィルタリング

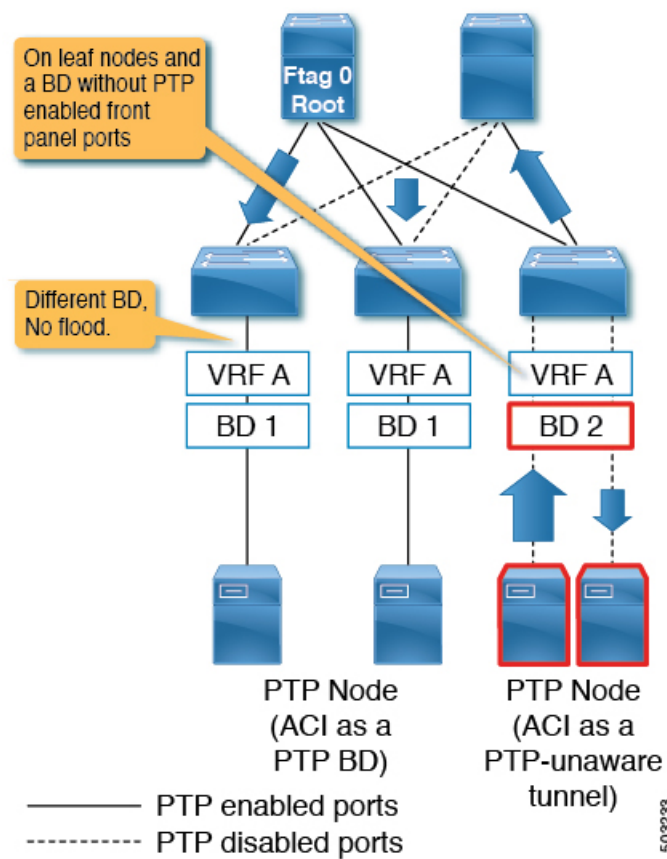


Cisco ACI PTP 境界クロックまたは PTP 非認識トンネルとして

PTP フロントパネルポートのないリーフスイッチからの PTP パケットは、ブリッジドメインでフラッディングされます。次の図に示すように、Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) が PTP メッセージを PTP 境界クロックとして再生成することを期待する同じブリッジドメイン内の PTP ノードに対しても、パケットはフラッディングされます。

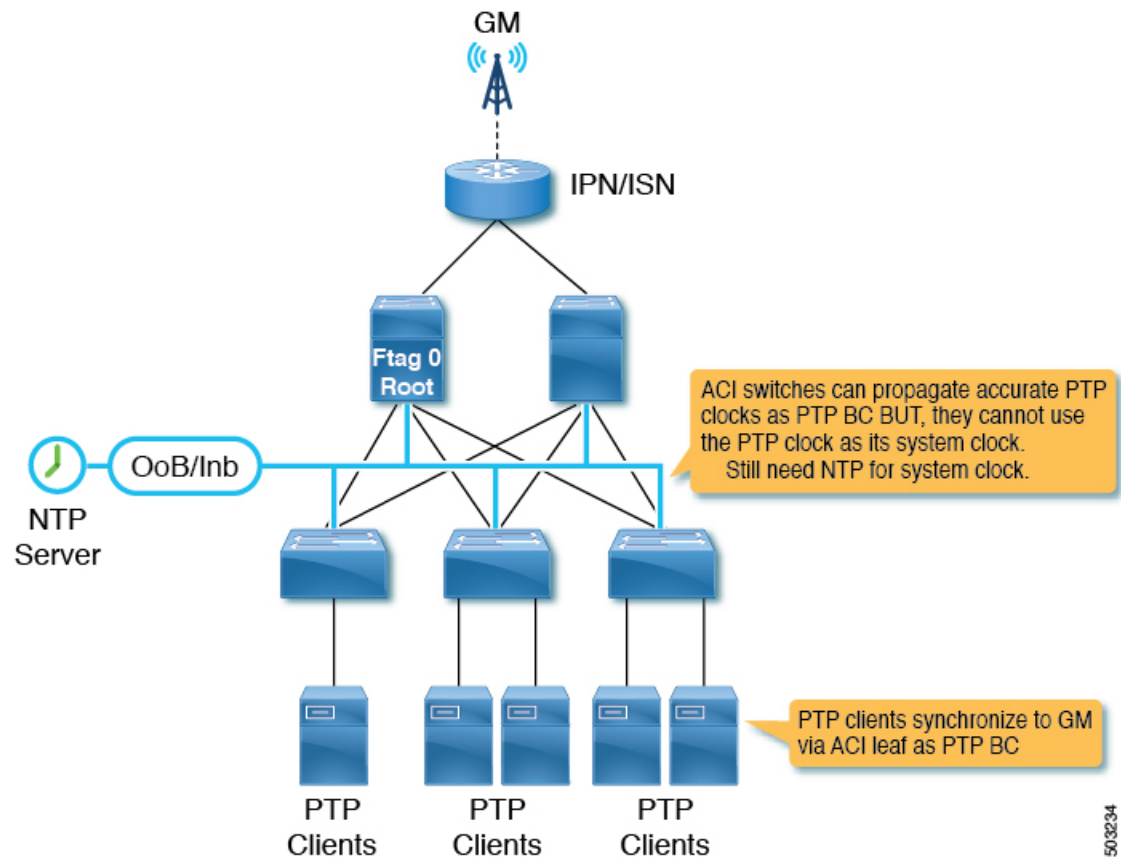


これにより、予期しないPTPパケットが原因で、PTPノードとその時間計算が混乱します。一方、PTP フロント パネル ポートを備えたリーフスイッチからの PTP パケットは常に代行受信され、PTP が有効になっていないポートでパケットが受信された場合でもトンネリングされません。したがって、同じブリッジドメインおよび同じリーフスイッチ上で、Cisco ACI が PTP 境界クロックである必要がある PTP ノードと、Cisco ACI が PTP 非認識トンネルである必要がある PTP ノードを混在させないでください。次の図に示す構成（異なるブリッジドメイン、異なるリーフスイッチ）がサポートされています。



PTP および NTP

Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) スイッチは PTP 境界クロックとして動作し、グラントマスターから PTP クライアントに正確なクロックを提供します。ただし、Cisco ACI スイッチおよび Cisco Application Policy Infrastructure Controller (APIC) は、それらの PTP クロックを独自のシステムクロックとして使用できません。Cisco ACI スイッチと Cisco APIC には、独自のシステムクロックを更新するために NTP サーバーが必要です。



- (注) Cisco ACI で PTP が正確かつ継続的に機能するためには、すべてのスイッチに NTP を構成して、システムクロックを PTP グランドマスターと同じように 100 ミリ秒の順番で正確に保つ必要があります。つまり、システムクロックの差は、PTP グランドマスターと比較して 100 ミリ秒未満でなければなりません。

PTP 検証

PTP 検証 CLI コマンドの概要

リーフスイッチの 1 つにログインし、次のコマンドを使用して PTP 構成を確認できます。

コマンド	目的
<code>show ptp port interface slot/port</code>	特定のインターフェイスの PTP パラメータを表示します。
<code>show ptp brief</code>	PTP のステータスを表示します。

コマンド	目的
show ptp clock	ローカルクロックのプロパティ（クロック ID など）を表示します。
show ptp parent	PTP の親のプロパティを表示します。
show ptp clock foreign-masters record	PTP プロセスが認識している外部マスターの状態を表示します。外部マスターごとに、出力に、クロック ID、基本的なクロックプロパティ、およびクロックがグランドマスターとして使用されているかどうかが表示されます。
show ptp counters [all interface Ethernet slot/port]	すべてのインターフェイスまたは指定したインターフェイスの PTP パケットカウンタを表示します。
show ptp corrections	最後の数個の PTP 修正を表示します。

PTP ポート情報の表示

次の例は、ポート インターフェイス情報を示しています。

```
f2-leaf1# vsh -c 'show ptp port int e1/1'
PTP Port Dataset: Eth1/1
Port identity: clock identity: 00:3a:9c:ff:fe:6f:a4:df
Port identity: port number: 0
PTP version: 2
Port state: Master
VLAN info: 20                                <--- PTP messages are sent on this PI-VLAN
Delay request interval(log mean): -2
Announce receipt time out: 3
Peer mean path delay: 0
Announce interval(log mean): 1
Sync interval(log mean): -3
Delay Mechanism: End to End
Cost: 255
Domain: 0
```

次の例は、指定された VLAN の情報を示しています。

```
f2-leaf1# show vlan id 20 extended
```

VLAN Name	Encap	Ports
20 TK:AP1:EPG1-1	vlan-2011	Eth1/1, Eth1/2, Eth1/3

PTP ポート ステータスの表示

次の例は、ポート ステータスの簡易バージョンを示しています。

```
f2-leaf1# show ptp brief
```

Port	State
Eth1/1	Master

```
Eth1/1           Master
Eth1/51          Passive
Eth1/52          Slave
```

PTP スイッチ情報の表示

次の例は、スイッチ ステータスの簡単なバージョンを示しています。

```
f2-leaf1# show ptp clock
PTP Device Type : boundary-clock
PTP Device Encapsulation : layer-3
PTP Source IP Address : 20.0.32.64

Clock Identity : 00:3a:9c:ff:fe:6f:a4:df

Clock Domain: 0
Slave Clock Operation : Two-step
Master Clock Operation : Two-step
Slave-Only Clock Mode : Disabled
Number of PTP ports: 3
Configured Priority1 : 255
Priority1 : 255
Priority2 : 255
Clock Quality:
  Class : 248
  Accuracy : 254
  Offset (log variance) : 65535
Offset From Master : -8

Mean Path Delay : 344

Steps removed : 2

Correction range : 100000
MPD range : 1000000000
Local clock time : Thu Jul 30 01:26:14 2020
Hardware frequency correction : NA
```

<--- Switch TEP. Like a router-id.
This is not PTP Source Address you configure per port.

<--- PTP clock ID. If this node is the grandmaster, this ID is the grandmaster's ID.

<--- -8 ns. the clock difference from the closest parent (master)

<--- 344 ns. Mean path delay measured by E2E mechanism.

<--- 2 steps. 2 PTP BC nodes between the grandmaster.

グランドマスターと親（マスター）情報の表示

次の例は、PTP グランドマスターと親（マスター）の情報を示しています。

```
f2-leaf1# show ptp parent

PTP PARENT PROPERTIES

Parent Clock:
Parent Clock Identity: 2c:4f:52:ff:fe:e1:7c:1a
Parent Port Number: 30
Observed Parent Offset (log variance): N/A
Observed Parent Clock Phase Change Rate: N/A

Parent IP: 20.0.32.65

Grandmaster Clock:
Grandmaster Clock Identity: 00:78:88:ff:fe:f9:2b:13
Grandmaster Clock Quality:
  Class: 248
  Accuracy: 254
  Offset (log variance): 65535
```

<--- closest parent (master)

<--- closest parent's PTP source IP address

<--- GM

<--- GM's quality

Priority1: 128

Priority2: 255

次の例は、PTP 外部マスター クロック レコードを示しています。

```
f2-leaf1# show ptp clock foreign-masters record
```

P1=Priority1, P2=Priority2, C=Class, A=Accuracy,
OSLV=Offset-Scaled-Log-Variance, SR=Steps-Removed
GM=Is grandmaster

Interface	Clock-ID	P1	P2	C	A	OSLV	SR
Eth1/51	c4:f7:d5:ff:fe:2b:eb:8b	128	255	248	254	65535	1
Eth1/52	2c:4f:52:ff:fe:e1:7c:1a	128	255	248	254	65535	1

出力には、グランドマスター情報をスイッチおよびスイッチの接続インターフェイスに送信するマスタークロックが表示されます。ここでのクロック ID は、最も近いマスターの ID です。ID はグランドマスターの ID ではありません。このスイッチは 2 つの異なるポートからグランドマスターのデータを受信しているため、ポートの 1 つがパッシブになりました。

カウンターの表示

次の例は、マスター ポートのカウンターを示しています。

```
f2-leaf1# show ptp counters int e1/1
```

PTP Packet Counters of Interface Eth1/1:

Packet Type	TX	RX
Announce	4	0
Sync	59	0
FollowUp	59	0
Delay Request	0	30
Delay Response	30	0
PDelay Request	0	0
PDelay Response	0	0
PDelay Followup	0	0
Management	0	0

マスター ポートは次のメッセージを送信する必要があります。

- アナウンス
- 同期
- FollowUp
- 対応遅延

マスター ポートは次のメッセージを受信する必要があります。

- 遅延要求

次の例は、クライアント ポートのカウンターを示しています。

```
f2-leaf1# show ptp counters int e1/52
```

PTP Packet Counters of Interface Eth1/52:

Packet Type	TX	RX
Announce	0	4
Sync	0	59
FollowUp	0	59
Delay Request	30	0
Delay Response	0	30
PDelay Request	0	0
PDelay Response	0	0
PDelay Followup	0	0
Management	0	0

送受信されるメッセージは、マスター ポートの逆です。たとえば、Delay Request の Rx と Delay Response の Tx がマスター ポートでゼロである場合、クライアントは E2E 遅延メカニズムの Delay Request を開始する必要があるため、反対側は構成されていないか、クライアントとして正しく機能していません。

実際には、ポートの状態が過去に変更された可能性があるため、カウンター情報は例示されているほど整っていない場合があります。このような場合は、次のコマンドでカウンターをクリアします。

```
f2-leaf1# clear ptp counters all
```



(注) PDelay_xxx カウンターは P2P メカニズム用で、Cisco Application Centric Infrastructure (ACI) ではサポートされていません。

翻訳について

このドキュメントは、米国シスコ発行ドキュメントの参考和訳です。リンク情報につきましては、日本語版掲載時点で、英語版にアップデートがあり、リンク先のページが移動/変更されている場合がありますことをご了承ください。あくまでも参考和訳となりますので、正式な内容については米国サイトのドキュメントを参照ください。