

# 高速スパニング ツリー プロトコル ( 802.1w ) について

## 目次

### [概要](#)

[Catalyst スイッチのRSTP サポート](#)

[新しいポートの状態とポートの役割](#)

[ポートの状態](#)

[ポートの役割](#)

[新しい BPDU フォーマット](#)

[Cisco BPDU、IEEE BPDU、および BPDU ダイアグラムの外形図](#)

[新しい BPDU の処理](#)

[BPDU はハロータイムごとに送信される](#)

[情報エージングの高速化](#)

[不良 BPDU の受け入れ](#)

[forwarding ステートへの高速移行](#)

[エッジ ポート](#)

[リンク タイプ](#)

[802.1d での収束](#)

[802.1w での収束](#)

[プロポーザルおよびアグリーメントの手順](#)

[UplinkFast](#)

[新しいトポロジ変更メカニズム](#)

[トポロジ変化の検出](#)

[トポロジ変化の伝搬](#)

[802.1d との互換性](#)

[結論](#)

[関連情報](#)

## 概要

このドキュメントでは、以前の 802.1D 標準から RSTP で強化された点に関して説明します。802.1D Spanning-Tree Protocol ( STP; スパニングツリー プロトコル ) 標準は、接続が切れた後 1 分ほどで接続を回復すれば、十分な性能を持つと思われた時代に設計されました。LAN 環境でレイヤ 3 スイッチングが普及するとともに、現在、ブリッジングは、短時間で代替パスの提供が可能な Open Shortest Path First ( OSPF ) や Enhanced Interior Gateway Routing Protocol ( EIGRP ) のようなプロトコルによるルーテッド ソリューションと競合しています。

シスコは、元の 802.1d の仕様を、アップリンク ファースト、バックボーン ファースト、ポート ファーストなどの機能で拡張して、ブリッジされたネットワークの収束時間を高速化しました。 難点は、これらのメカニズムはシスコ独自の開発であり、コンフィギュレーションの追加が必要になることです。

Rapid Spanning-Tree Protocol ( RSTP; IEEE 802.1w は 802.1D 規格の関連として ) 回転より多

く見られる場合があります。802.1D の用語はほとんど元のまま残っています。パラメータはほとんど変化していないので、802.1D に慣れているユーザならすぐに新しいプロトコルを設定できるようになります。大半のケースで、追加設定をしなくても、RSTP はシスコ社製の拡張機能よりすぐれたパフォーマンスを示します。また、ポートごとにレガシーブリッジと併用できるように、802.1w を 802.1D に戻すことも可能です。ただし、新しく導入された利点は利用できません。

802.1D 標準の新しい版である IEEE 802.1D-2004 は、IEEE 802.1t-2001 標準と IEEE 802.1w 標準を包含しています。

## Catalyst スイッチのRSTP サポート

次の表に、Catalyst スイッチにおける RSTP のサポートと、サポートに必要な最低限のソフトウェアを示します。

Catalyst プラットフォーム	RSTP を実装した MST	RPVST+ ( 別名 PVRST+ )
Catalyst 2900XL/3500XL	該当なし	該当なし
Catalyst 2940	12.1(20)EA2	12.1(20)EA2
Catalyst 2950/2955/3550	12.1(9)EA1	12.1(13)EA1
Catalyst 2970/3750	12.1(14)EA1	12.1(14)EA1
Catalyst 3560	12.1(19)EA1	12.1(19)EA1
Catalyst 3750 Metro	12.1(14)AX	12.1(14)AX
Catalyst 2948G-L3/4908G-L3	該当なし	該当なし
Catalyst 4000/2948G/2980G ( CatOS )	7.1	7.5
Catalyst 4000/4500 ( IOS )	12.1(12c)EW	12.1(19)EW
Catalyst 5000/5500	該当なし	該当なし
Catalyst 6000/6500	7.1	7.5
Catalyst 6000/6500 ( IOS )	12.1(11b)EX、12.1(13)E、12.2(14)SX	12.1(13)E
Catalyst 8500	該当なし	該当なし

## 新しいポートの状態とポートの役割

802.1D はこの 5 つの異なるポート状態で定義されます:

- disabled
- リスニング
- ラーニング
- ブロッキング
- フォワーディング

詳細については、このドキュメントの「[ポートの状態](#)」のセクションを参照してください。

これは、トラフィックをブロックするか転送するかというポートの状態と、アクティブなポートでポートが果たす役割 ( ルートポート、指定ポートなど ) を区別していないため、やや混乱を招きます。たとえば、動作の観点からは blocking 状態にあるポートと listening 状態にあるポートに違いはありません。どちらもフレームを廃棄し、MAC アドレスを学習することはありません。実際の違いは、スパンニングツリーがポートに割り当てる役割にあるのです。listening ステートにあるポートは、指名かルートポートのいずれかで、forwarding ステートへの途上にあると推論してほぼ間違いありません。FORWARDING これはこの状態ベース用語の失敗を示すために貢献します。RSTP は、ポートの役割と状態を区別することでこの問題に対処しています。

## ポートの状態

RSTP では、考えられる動作上の状態に合わせて、ポートの状態は 3 つだけになっています。802.1D での disabled、blocking、listening の各状態は、802.1w 独自の discarding 状態に統合されています。

### STP ( 802.1D ) のポート状態 RSTP ( 802.1w ) のポートの状態

Disabled	Discarding	なし
Blocking ( ブロッキング )	Discarding	なし
リスニング	Discarding	○
ラーニング	ラーニング	○
フォワーディング	フォワーディング	○

## ポートの役割

今回から役割は任意のポートに割り当てられる変数になりました。ルート ポートおよび指定ポートの役割は変わりませんが、ブロッキング ポートの役割はバックアップと代替ポートの役割に分割されています。 Spanning-Tree Algorithm ( STA; スパニングツリー アルゴリズム ) が、Bridge Protocol Data Unit ( BPDU; ブリッジ プロトコル データ ユニット ) に基づいてポートの役割を決定します。簡単に言うと、BPDU に関しては、任意の 2 つを比較して、どちらの方が有用かを決定する方法が常に存在することを覚えておいてください。BPDU に保存された値、および BPDU を受け取るポートが基準になる場合もあります。これを踏まえて、次のセクションでは、実用的なアプローチでポートの役割を説明しています。

### ルート ポートの役割

- ブリッジ上で最良の BPDU を受け取るポートがルート ポートになります。つまり、パスコストの点からルートブリッジに最も近いポートです。STA では、ブリッジ型ネットワーク全体から ( VLAN ごとに ) 1 つのルートブリッジが選出されます。ルートブリッジが送信する BPDU は、他のブリッジが送信するものより有用です。ルートブリッジは、ネットワーク内でルートポートを持たない唯一のブリッジです。他のすべてのブリッジは、少なくとも 1 つのポートで BPDU を受信します。

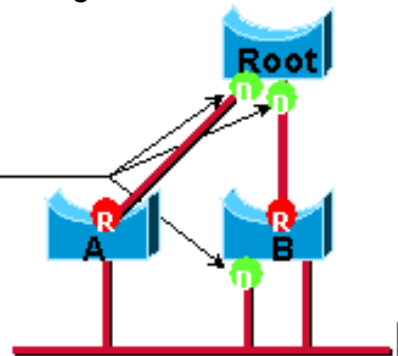


### 指定ポートの役割

- 接続されたセグメントに最高の BPDU を送信できるポートは、指定ポートになります。802.1D のブリッジでは、別々のセグメント ( イーサネット セグメントなど ) をリンクすることで、ブリッジドメインが作成されます。いずれのセグメント上でも、ルートブリッジに向かうパスは 1 つしか置けません。2 つある場合は、ネットワークにブリッジループがで

きています。任意のセグメントに接続しているブリッジはすべて相互に BPDU をリスニングし、最良の BPDU を送信しているブリッジをそのセグメントの指定ブリッジとして認識します。対応するそのブリッジのポートはそのセグメントのための Designated Port です。

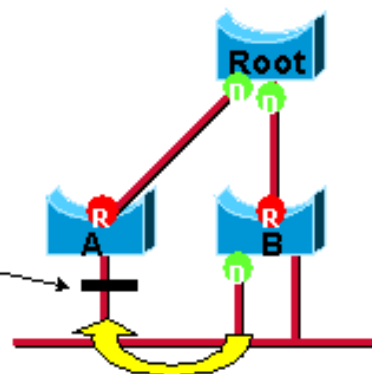
## ③ Designated Port



### 代替ポートとバックアップポートの役割

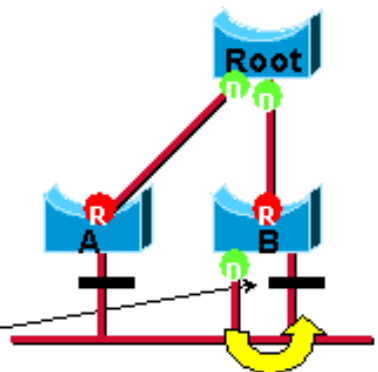
- これら 2 つのポートの役割は、802.1D の blocking 状態に対応します。ブロックされたポートとは、指定ポートでもルートポートでもないとして定義されます。ブロッキングポートは、セグメント上で、そのポートから送信される BPDU よりも有用な BPDU を受信しています。ポートがブロックされた状態を維持するには、BPDU の受信が必須であることに注意してください。RSTP では、この目的のために、次の 2 つの役割が追加されています。
- 代替ポートとは、他のブリッジよりも有用な BPDU を受信していて、さらに、ブロックされているポートです。次の図に例を示します。

## — Alternate Port



- バックアップポートとは、自ブリッジからさらに有用度の高い BPDU を受信していて、さらに、ブロックされているポートです。次の図に例を示します。

## — Backup Port



802.1D では内部的にすでにこの区別はされていました。基本的に、それがシスコの UplinkFast 機能の仕組みです。代替ポートはルートブリッジに代替パスを提供することにより、ルートポートに障害が発生した場合、代替できるという論理です。もちろん、バックアップポートは同じセグメントに冗長接続を提供するので、ルートブリッジへの代替接続は保証できません。そのため、アップリンクグループからは除外されています。

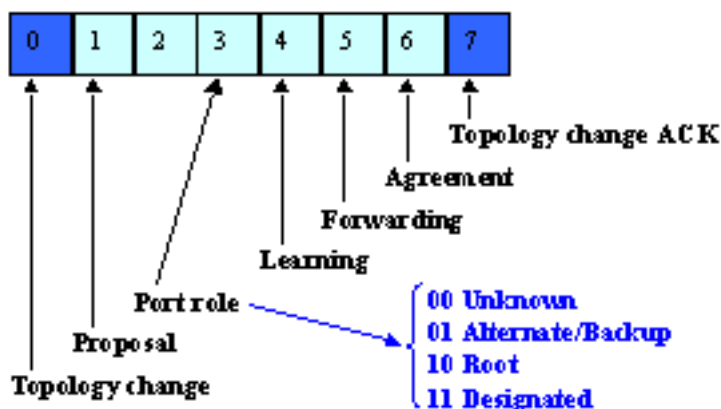
その結果、RSTP は、802.1D と同じ基準でスパニングツリーの最終トポロジを計算します。別

なブリッジやポートの優先順位が使用される方法には一切変更がありません。blocking という名前は、シスコの実装では discarding 状態を示すために使用されています。CatOS リリース 7.1 以降では、listening 状態と learning 状態が引き続き表示されます。そのため、ポートに関して、IEEE 標準で義務付けられている以上の情報が得られるようになっていきます。しかし、新しい機能では、プロトコルがポートに割り当てた役割と現在の状態は別なものになっています。たとえば、ポートが指定ポートになるのと同時に blocking 状態になることが今では完全に有効です。通常このようなことが起きるのはごく短時間の間で、このポートが指定 forwarding 状態に移行段階にあることを意味していることとなります。

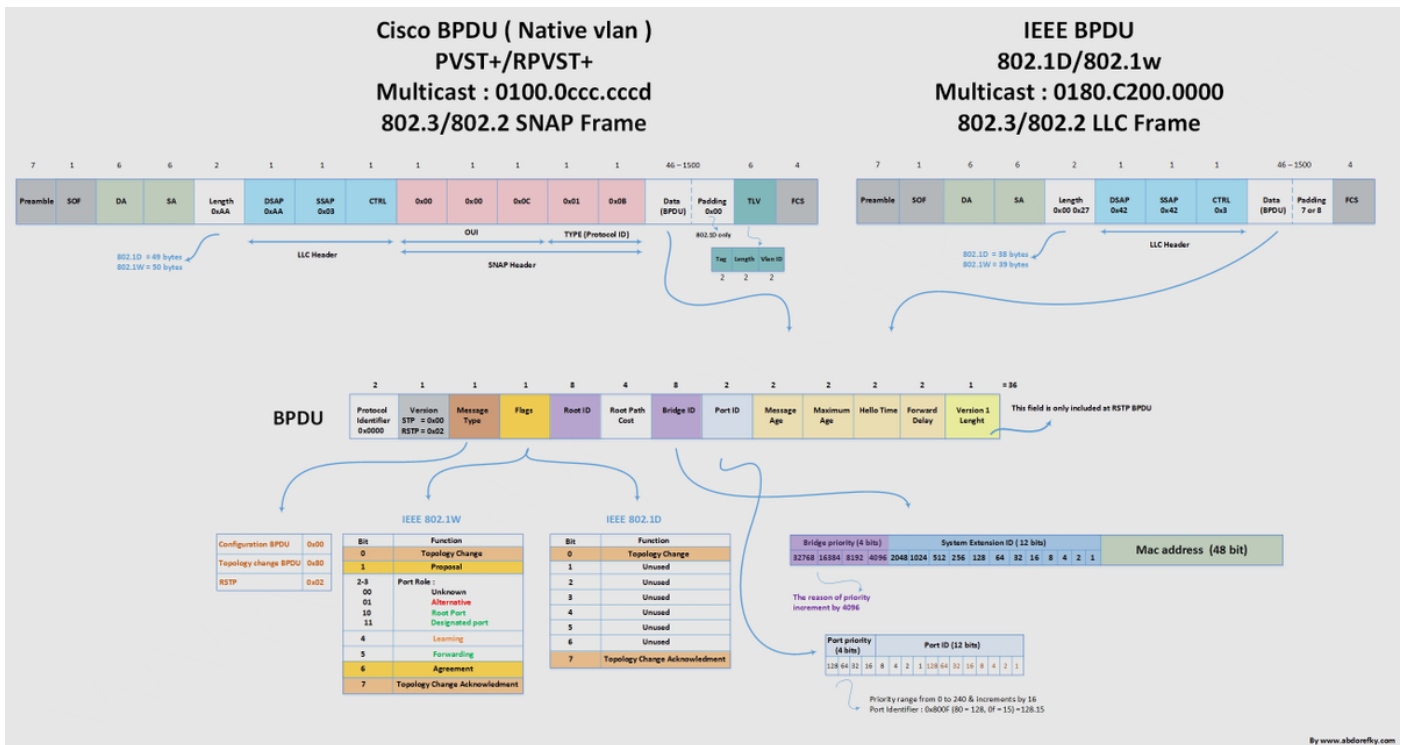
## 新しい BPDU フォーマット

RSTP により BPDU フォーマットにいくつかの変更が行われました。2 つのフラグ、Topology Change ( TC ) および TC Acknowledgment だけ ( TCA ) 802.1D で、定義されます。ただし、RSTP は実行するために残るフラグ バイトの 6 ビットをすべて使用するようになります:

- BPDU 発信ポートの役割と状態のエンコード
- プロポーザルおよびアグリーメント メカニズムの処理



## Cisco BPDU、IEEE BPDU、および BPDU ダイアグラムの外形図



高リゾリューション イメージに関しては、[Cisco BPDUs](#)、[IEEE BPDUs](#)、および [BPDU ダイアグラム](#)を参照して下さい。

注: ビット 0 (トポロジーの変更) は最下位ビットです。

もう一つの重要な変更は、RSTP BPDU が現在タイプ 2、バージョン 2 になっていることです。つまり、レガシーブリッジではこの新しい BPDU は必ず破棄されることになります。この特性によって、802.1w ブリッジは、接続されたレガシーブリッジを容易に検出できます。

## 新しい BPDUs の処理

### BPDU はハロータイムごとに送信される

BPDU は (単にリレーされるのではなく) ハロータイムごとに送信されます。802.1D では、ルートポート上で BPDU を受信すると、ノンルートブリッジでは BPDU の作成だけが行われます。実際には、ブリッジでは、BPDU を生成しているというよりも、リレーしていることとなります。802.1w では、これは当てはまりません。ブリッジは、ルートブリッジから BPDU を受信しなくても、<ハロータイム>にかかる秒数ごとに (デフォルトでは 2 秒) 現在の情報が入っている BPDU を送信します。

### 情報エージングの高速化

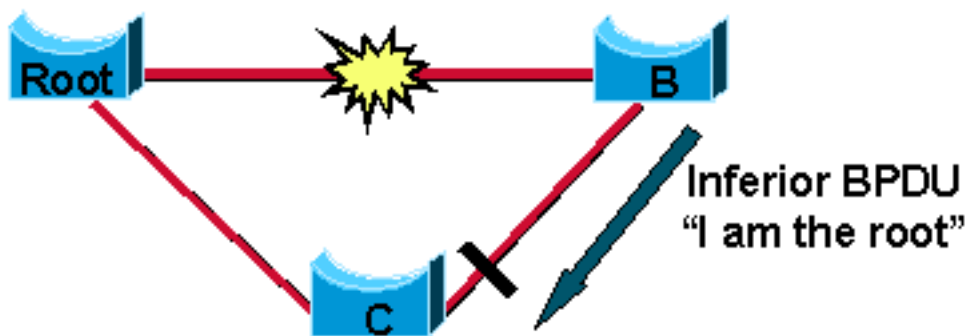
どのポートでも、ハローメッセージが 3 回続けて受信されないと (または、max\_age が時間切れになった場合)、プロトコル情報はただちに期限切れとなります。前述のプロトコル変更により、BPDU はブリッジ間でキープアライブメカニズムとして使用されます。ブリッジは、3 回連続で BPDU を受信ミスすると、直接隣接しているルートまたは指定ブリッジへの接続が失われたものとみなします。このように情報が急速にエージングすることで、障害が速やかに検出されま

す。ブリッジがネイバーから BPDU (ブリッジ・プロトコル・データ・ユニット) を受け取らない場合そのネイバーへの接続が失われることは確実です。これは問題がルートにパスでどこでもあるかもしれない 802.1D に反対されます。

注: 物理的なリンク障害の場合はさらにすばやく障害が検出されます。

## 不良 BPDU の受け入れ

バックボーン ファースト エンジンのコアとなるのは何か、というのがこのコンセプトです。IEEE 802.1w 委員会は、RSTP に同様のメカニズムを取り入れることを決定しました。ブリッジが、指定ブリッジやルートブリッジから下位情報を受信すると、ただちに受け入れ、それ以前に記憶した情報と入れ替えます。



ブリッジ C は、ルートが問題なく動作していることがわかっているので、ただちにブリッジ B にルートブリッジに関する情報を収めた BPDU を送信します。その結果、ブリッジ B は自身の BPDU を送信せず、ブリッジ C につながるポートを新しいルートポートとして受け入れます。

## forwarding ステートへの高速移行

802.1w が導入したもっとも重要な機能は高速移行です。レガシー STA では、ネットワークのコンバージェンスを何もせず待ってから、ポートを forwarding 状態にしていました。コンバージェンスを速めるには、控えめに設定されたデフォルトのパラメータ (転送遅延および max\_age タイマー) をチューニングするしかなく、ネットワークの安定性が脅かされる場合もありました。新しい高速 STP では、ポートが forwarding 状態に安全に遷移できることをアクティブに確認でき、タイマーの設定にはまったく依存していません。これは、RSTP 準拠ブリッジ間で作用する実際のフィードバックメカニズムです。ポート上で迅速な収束を実現するために、プロトコルは2つの新しい変数を利用します。エッジポートとリンクタイプ

## エッジポート

エッジポートのコンセプトは、基本的にポートファースト機能に対応しているので、シスコのスパンニングツリーユーザにはすでにおなじみです。直接エンドステーションと接続しているすべてのポートで、ネットワーク内にブリッジングループが形成される可能性はありません。そのため、エッジポートは listening 状態と learning 状態を飛ばして、直接 forwarding 状態に遷移します。エッジポートでも、PortFast 対応のポートでも、リンクが切り替わった際にトポロジの変更は生成されません。BPDU をすぐに受け取るエッジポートはエッジポートステータスを失い

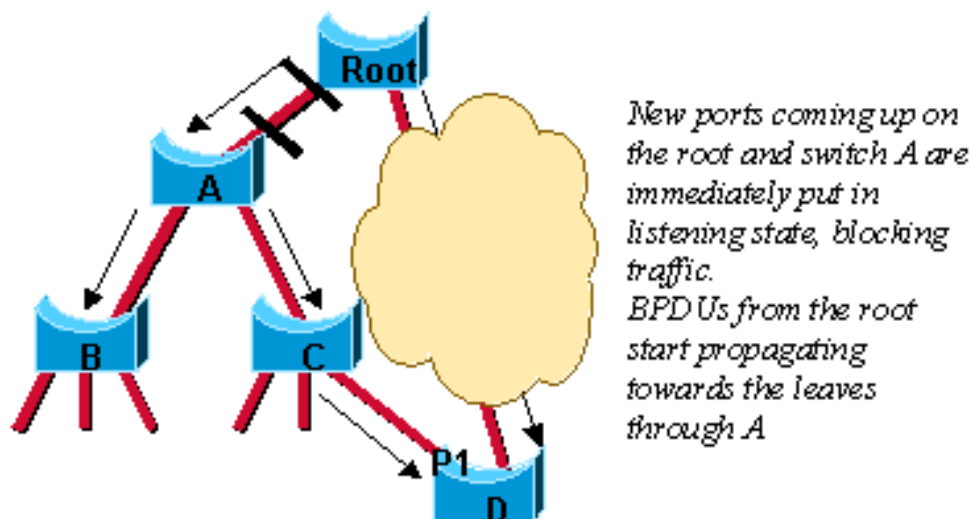
、正常なスパニングツリーポートになります。この時点では、ユーザ設定の値とエッジポート状態の操作値が存在します。Ciscoインプリメンテーションは *PortFast* キーワードがエッジポート設定用に使用されることを主張します。これは RSTP への遷移を簡単にします。

## リンク タイプ

RSTP が、forwarding 状態への迅速な遷移を実現できるのは、エッジポート上かポイントツーポイントリンク上に限られます。リンクタイプはポートのデュプレックスモードから自動的に取得されます。デフォルトでは、全二重で動作しているポートはポイントツーポイントと見なされ、半二重のポートは共有ポートと見なされます。この自動リンクタイプ設定は、明示的な設定で無効にできます。今日のスイッチドネットワークでは、ほぼすべてのリンクは全二重モードで動作しているため、RSTP ではポイントツーポイントとして扱われます。そのため、forwarding 状態へ急速に遷移する可能性が高くなっています。

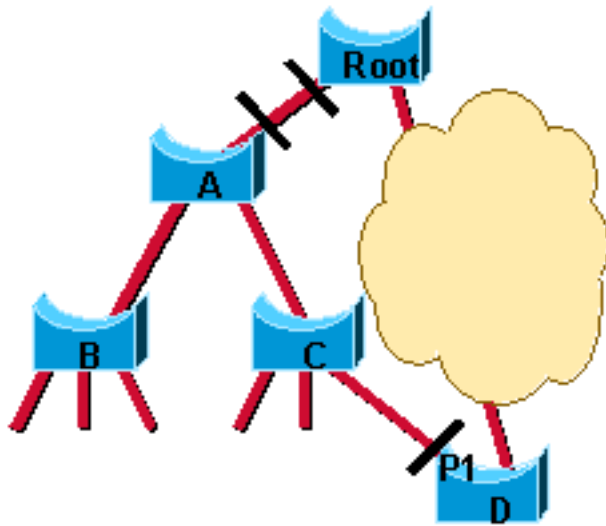
## 802.1d での収束

次の図は、ブリッジ型ネットワークに追加された新しいリンクを 802.1D が処理する方法を示しています。



この例では、ルートブリッジとブリッジ A 間のリンクが追加されています。ブリッジ A とルートブリッジの間には、すでに間接的な接続 ( 図中の C-D 経路 ) が存在すると仮定します。STA は、ポートをブロックしてブリッジングループを無効にします。まず、発生と同時に、ルートとブリッジ A の間のリンク上にあるポートは両方が listening 状態になります。A をルートを直接聞けず現在繋いで下さい。それはツリーのリーフの方にすぐに指定ポートの BPDU ( ブリッジ・プロトコル・データ・ユニット ) を、伝搬させます。ブリッジ B および C は、A からこの新しい上位情報を受信すると、リーフに向けてリレーします。ほんの数秒で、ブリッジ D がルートから BPDU を受信して、即座にポート P1 をブロックします。





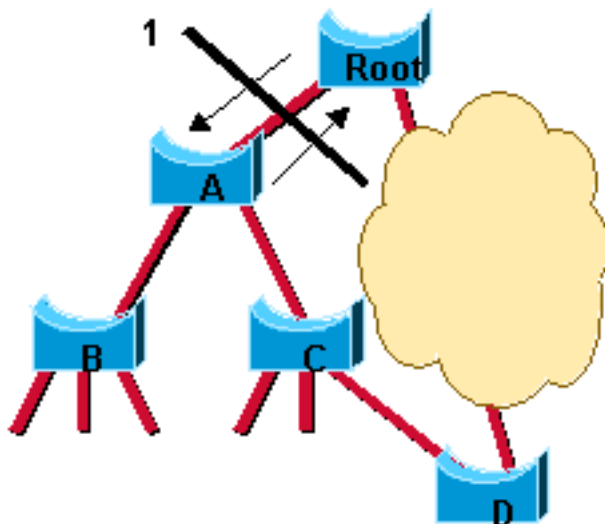
Very quickly, the BPDUs from the root reach D that immediately blocks its port P1. The topology has now converged, though, the network is disrupted for twice forward\_delay.

スパニングツリーでは、非常に効率よくネットワークの新しいトポロジを算定できます。唯一の問題は、ルートとブリッジ A の間のリンクが forwarding 状態になるまでに、転送遅延の 2 倍の時間がかかることです。つまり、802.1D のアルゴリズムにはネットワークでのファースト コンバージェンスを秒単位で明確にアダプタイズするフィードバック メカニズムがないため、トラフィックが 30 秒間途絶えてしまう ( ネットワークの A、B、C の全体が孤立する ) こととなります。

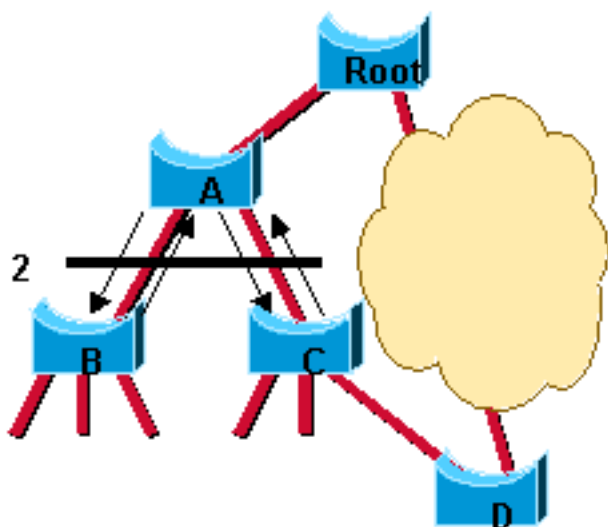
## 802.1w での収束

今度は、RSTP が同様の状況をどう処理するかを見て行きます。最終的なトポロジは、802.1D が算定するものとまったく同じであることに注意してください。(つまり、以前と同一の場所にブロックされたポートが 1 つあります)。このトポロジに到達するステップが変化しただけです。

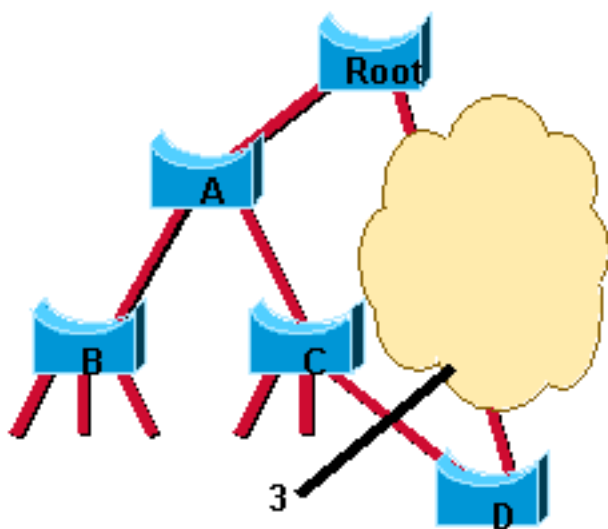
ブリッジ A とルート間にあるリンク上のポートは、発生後ただちに指定ブロッキングに置かれます。ここまでは、すべての動作が純粋な 802.1D 環境と同じです。しかし、この段階では、スイッチ A とルート間でネゴシエーションが行われます。A がルートの BPDU を受信すると、即座に、非エッジ指定ポートをブロックします。この操作は同期と呼びます。この操作終了後、ブリッジ A はルートブリッジがポートを forwarding 状態にするよう、明示的に権限を与えます。下の図は、ネットワーク上でこのプロセスがどのような結果になるかを示しています。スイッチ A とルートブリッジ間のリンクはブロックされ、両方のブリッジが BPDU を交換します。



スイッチ A が非エッジ指定ポートをブロックしてしまうと、スイッチ A とルート間のリンクは forwarding 状態になり、次のような状況になります。



まだループの発生はありません。スイッチ A の上のブロッキングの代り、スイッチ A の下の今ネットワークブロック。ただし、潜在的なブリッジ ループは別の位置で切られます。この切り取りはツリー スイッチ A を通してルートによってこの段階で起きる新しい BPDU (ブリッジ・プロトコル・データ・ユニット) と共に移動しますスイッチ A の新しく ブロックされた ポートはまたスイッチ B の隣接ポートと FORWARDING 状態への速い遷移をネゴシエートし、スイッチ C はその両方同期化オペレーションを開始します。A に対するルート ポート以外には、スイッチ B にはエッジ指定ポートしかありません。そのため、スイッチ A に forwarding 状態に移行する権限を与えるためにブロックできるポートがありません。同様に、D に対する指定ポートをブロックする必要があるのはスイッチ C だけです。この時点で、次の図に示す状態になります。

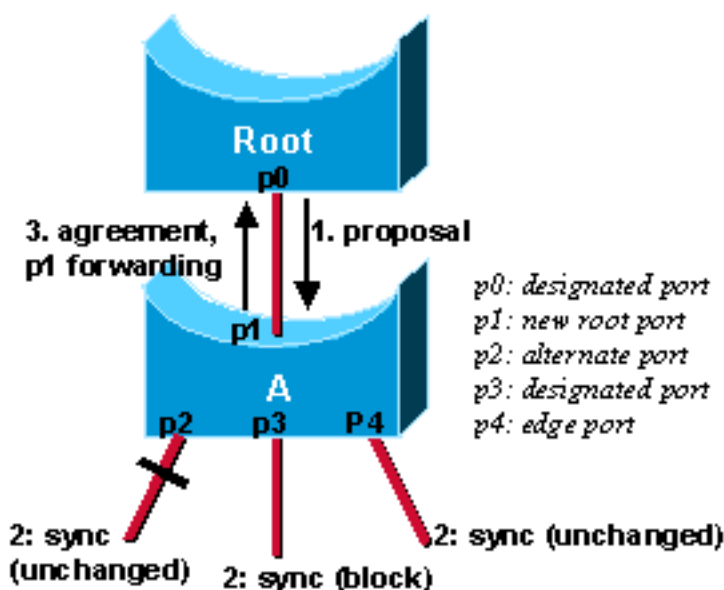


最終的なトポロジは、802.1D の例とまったく同じであり、D 上のポート P1 は、最後にはブロッキング状態になることに注意してください。つまり、新しい BPDU がツリー内を移動するのに必要なだけの時間で、最終的なネットワーク トポロジに到達したということになります。この迅速なコンバージェンスにはタイマーはまったく関与していません。RSTP によって導入された唯一の新しいメカニズムは、forwarding 状態への即時の遷移の権限を与えるために、スイッチが新しいルート ポート上で送信できる確認応答だけです。これにより、転送遅延の 2 倍の時間がかかる listening および learning のステージが回避されています。ファースト コンバージェンスの利点を活用するには、管理者は次の点にだけ留意が必要です。

- ブリッジ間のネゴシエーションは、ポイントツーポイント リンクで接続したブリッジ間だけで可能です (つまり、明示的なポート コンフィギュレーションでなければ全二重リンク)。
- 802.1D のポート上で、PortFast が有効にされているので、エッジ ポートの役割がさらに重要になっています。ネットワーク管理者が B 上のエッジ ポートを正しく設定していない場合、A とルート間にリンクが発生することで接続に影響が出ます。

## プロポーザルおよびアグリーメントの手順

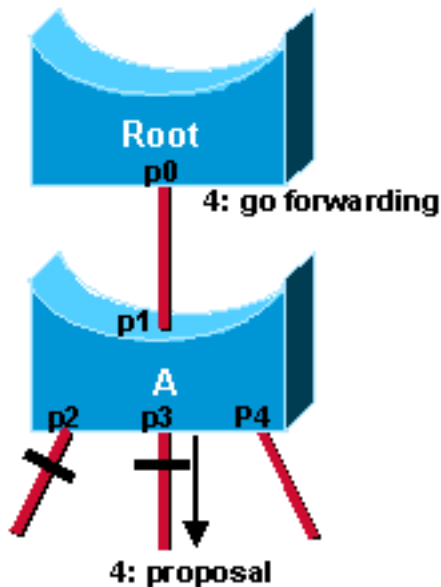
ポートが STA によって Designated Port になるために選択されるとき 802.1D はまだ FORWARDING 状態にそれを移行した前に <forward delay> 秒 (2x15 デフォルトで) を二度待っています。RSTP では、この状態は指定ポートの役割を与えられたポートが blocking ステートにある場合に相当します。次の図は、迅速な遷移がどのように実現されるかを順を追って説明したものです。ルートとスイッチ A との間に新しいリンクが作成されていると仮定しています。リンク上のポートはどちらも、相手から BPDU を受信するまで指定 blocking ステートにあります。



指定ポートが、discarding または learning ステートにある場合 (そしてこの場合だけ)、送信する BPDU 上にプロポーザル ビットを設定します。前の図のステップ 1 で示されているように、ルートブリッジのポート p0 はこのような状態になっています。スイッチ A は上位情報を受信しますから、p1 が新しいルートポートであることはすぐに分かります。するとスイッチ A は同期を開始して、スイッチ A 上のポートすべてがこの新しい情報と同期が取れていることを確認します。次の基準のいずれかが当てはまれば、ポートは同期が取れています。

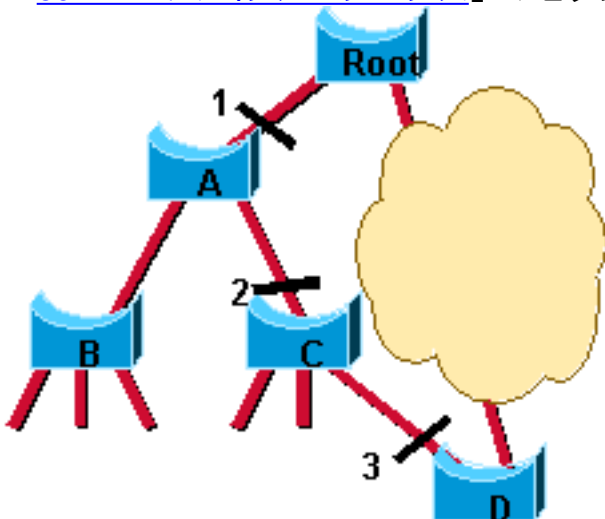
- blocking 状態にあること (つまり、安定したトポロジでは、discarding 状態)。
- エッジポートであること。

別種のポート上での同期メカニズムの効果を明らかにするため、スイッチ A 上に、代替ポート p2、指定転送ポート p3、エッジポート p4 が存在すると仮定します。p2 と p4 は、すでに基準の 1 つを満たしていることに注意してください。同期が取れた状態 (前の図のステップ 2) になるには、スイッチ A はポート p3 をブロックして、discarding 状態を割り当てる必要があります。この時点ですべてのポートの同期が取れたので、スイッチ A は、新しく選択したルートポート p1 のブロックを解除し、アグリーメント メッセージを送信してルートに応答します。(ステップ 3 を参照。) このメッセージは、プロポーザル BPDU のコピーで、プロポーザル ビットの代わりにアグリーメント ビットが設定されています。これにより、ポート p0 は、受信したアグリーメントが、どのプロポーザルに対応するものが、確実に判別できます。



p0 がこのアグリーメントを受信したら、ただちに forwarding 状態に遷移できます。これが、前の図のステップ 4 です。ポート p3 は、同期後も指定 discarding 状態のままであることを注意してください。ステップ 4 では、このポートは、ステップ 1 の間のポート p0 とまったく同じ状況です。その後で、隣接ポートへのプロポーザルを開始して、forwarding 状態に迅速に遷移しようとしています。

- プロポーザルおよびアグリーメント メカニズムは、タイマーにまったく依存しないため、非常に高速です。このハンドシェイクの波は即座にネットワーク末端にまで伝搬し、トポロジが変化した後すぐに接続を回復します。
- 指定 discarding ポートがプロポーザルを送信してもアグリーメントを受信しない場合、徐々に forwarding 状態へと遷移し、従来の 802.1D listening-learning シーケンスへと戻っていきます。リモート ブリッジで RSTP BPDUs が認識されない場合や、リモート ブリッジのポートがブロッキング状態にある場合に、このような状態が発生します。
- シスコは、同期を取る際に、ブリッジが以前のルート ポートしか discarding 状態にできないように同期メカニズムを強化しました。このメカニズムの仕組みを詳述するのは、このドキュメントの範囲ではありません。しかし、ごく普通の再コンバージェンスのケースでは、ほとんどの場合この機能が呼び出されると考えて間違いありません。最後にブロックされたポートへのパス上にあるポートだけが一時的に混乱するだけなので、このドキュメントの「[802.1w でのコンバージェンス](#)」のセクションで説明した例が非常に有効です。



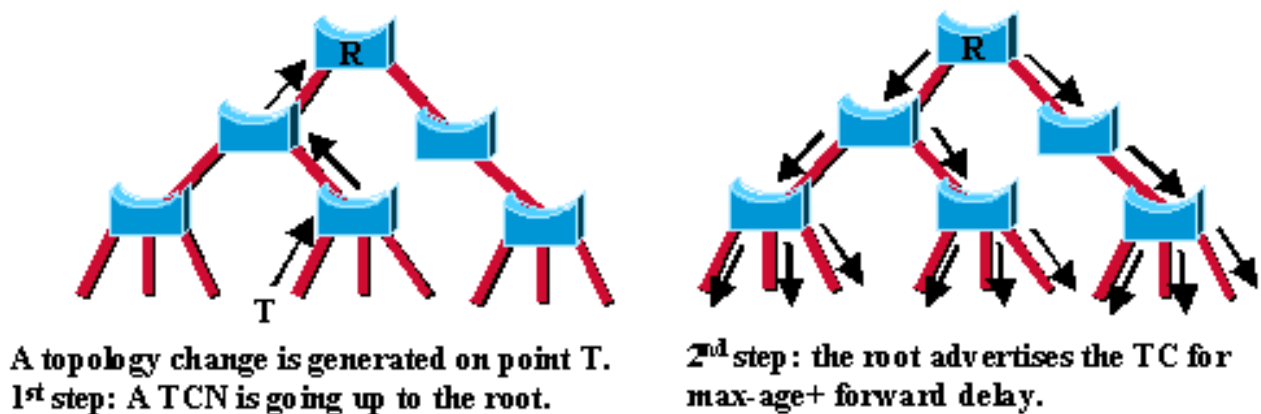
## UplinkFast

RSTP に含まれている、即座に forwarding 状態へ遷移するための別な形式は、シスコ独自の UplinkFast スパニングツリー拡張機能と同じです。基本的に、ブリッジがルートポートを失う場合、最良の代替ポートを直接 forwarding モードにすることが可能です (新しいルートポートの出現も RSTP が処理します)。代替ポートを新しいルートポートに選択すると、トポロジの変化が生じます。802.1w のトポロジ変更メカニズムによって、アップストリームのブリッジにある Content Addressable Memory (CAM) テーブル中の該当するエントリがクリアされます。この処理により、UplinkFast のダミーマルチキャスト生成プロセスは不要になっています。

このメカニズムは RSTP に元々含まれていて自動的に有効になるので、UplinkFast をそれ以上設定する必要はありません。

## 新しいトポロジ変更メカニズム

802.1D のブリッジがトポロジ変更を検出すると、信頼できるメカニズムを使用して、まずルートブリッジに通知します。次の図に例を示します。



ルートブリッジがネットワークのトポロジに変化があったことを認識すると、送信する BPDU 上に TC フラグを設定し、ネットワーク中の全ブリッジにリレーします。TC フラグビットが設定された BPDU をブリッジが受信すると、ブリッジングテーブルのエイジングタイムが転送遅延の秒数に減らされます。この処置により、古くなった情報が比較的迅速に、確実にフラッシュされるようになります。[このプロセスの詳細については、「スパニングツリープロトコルでのトポロジ変化」を参照してください。](#) このトポロジ変更メカニズムは、RSTP では大幅に改造されています。トポロジ変更の検出も、ネットワークを介した伝搬も、ともに進化しています。

## トポロジ変化の検出

RSTP では、トポロジ変更が発生するのは、非エッジポートの forwarding 状態への移行だけです。RSTP では、802.1D とは異なり、接続を失うことはもはやトポロジ変更とはみなされないということです (つまり、ブロッキング状態に移行するポートでは TC を生成しないようになっています)。RSTP ブリッジでトポロジ変更が検出されると、次のようになります。

- 必要に応じて、すべての非エッジ指定ポートおよびルートポートに対してハロータイムの 2 倍に等しい値で TC While タイマーが開始されます。
- これらのポートすべてに関連した MAC アドレスを消去します。

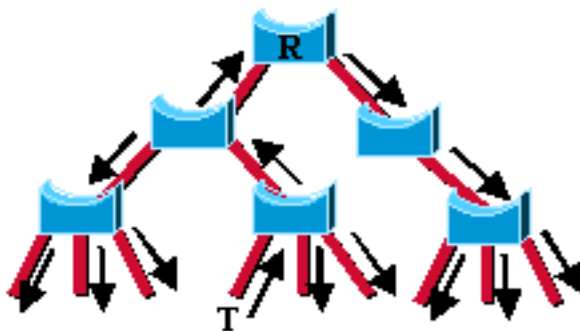
注: TC While タイマーがポート上で作動している間は、そのポートから送信される BPDU には TC ビットが設定されています。BPDU は、タイマーがアクティブな間、ルート ポート上でも送信されます。

## トポロジ変化の伝搬

ブリッジが近隣から TC ビットが設定された BPDU を受信すると、次のようになります。

- トポロジ変更を受信したポートを除き、すべてのポート上で学習した MAC アドレスがクリアされます。
- TC While タイマーを開始し、すべての指定ポートおよびルート ポート上で TC を設定した BPDU を送信します (レガシーブリッジに通知が必要な場合を除き、RSTP はもう特定の TCN BPDU を使用しません)。

このようにして、TCN は即座にネットワーク全体でフラッディングされます。TC 伝搬はこれでワンステップのプロセスになりました。実際には、ルートだけがフラッディングを起こしていた 802.1D とは異なり、トポロジ変更を起こした場所が、ネットワーク全体にこの情報をフラッディングしています。このメカニズムは、802.1d の同等機能よりもはるかに高速です。ルートブリッジが通知を受けて、ネットワーク全体がトポロジ変化状態を  $\langle \text{max\_age} + \text{転送遅延} \rangle$  の秒数の間待つ必要がありません。



**The originator of the TC directly floods this information through the network**

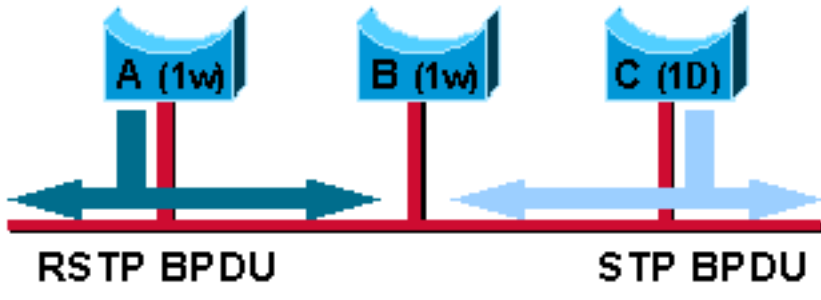
わずか数秒 (ハロータイムの数倍の時間) で、ネットワーク (VLAN) 全体で CAM テーブルのエントリはほとんどフラッシュされます。このアプローチでは、一時的にフラッディングが増える可能性があります。一方では速やかな接続回復を妨げる陳腐化する可能性のある情報をクリアします。

## 802.1d との互換性

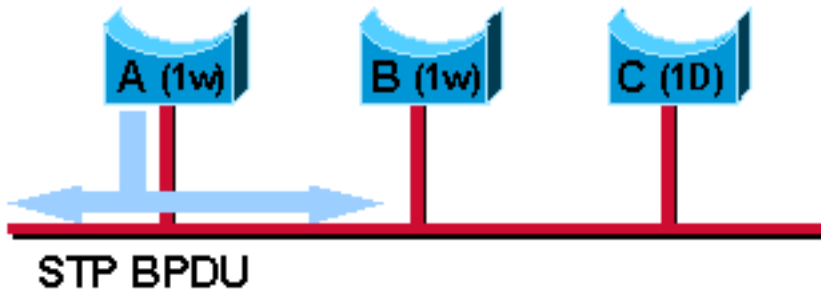
RSTP は、レガシー STP プロトコルと相互運用が可能です。しかし、レガシーブリッジと双方向で通信すると、802.1w に備わるファースト コンバージェンスの利点が失われることに注意することは大切です。

各ポートは、対応するセグメント上でプロトコルが動作するように定義した変数を維持しています。ポートがアップ状態になると、3 秒の移行遅延タイマーも開始します。このタイマーが作動している間、ポートと関連した現在の STP または RSTP モードはロックされます。移行遅延の時間が終了すると、ポートは次に受信する BPDU に対応するモードに適応します。ポートが BPDU を受信した結果、動作モードを変更する場合は、移行遅延が再起動されます。この動作に

より、モード変更の頻度が制限されます。



たとえば、前の図のブリッジ A および B が両方とも RSTP を実行していて、スイッチ A がセグメントに指定されていると仮定します。レガシー STP ブリッジ C がこのリンクに導入されます。802.1D ブリッジは RSTP BPDUs を無視して破棄するので、C はセグメント上に他にブリッジはないと見なし、不良 802.1D フォーマットの BPDUs を送信し始めます。スイッチ A はこれらの BPDUs を受信し、最大ハロータイムの 2 倍が経過した後、該当ポート上でだけモードを 802.1D に変更します。その結果、C はスイッチ A の BPDUs を理解できるようになり、セグメントの指定ブリッジとして A を受け入れます。



この特定のケースでは、ブリッジ C が削除されると、ブリッジ A は、唯一の隣接ブリッジ B とさらに効率の高い RSTP で動作可能であるにもかかわらず、そのポート上で STP モードを実行します。これは、セグメントからブリッジ C が削除されたことを A が認識していないからです。この特定の (まれな) ケースでは、ポートのプロトコル検出を手動で再開するために、ユーザーの操作が必要になります。

ポートが 802.1d と互換性を持つモードのときは、トポロジの変化を通知する、TC または TCA ビットが設定された (TCN) BPDUs および BPDUs も処理できます。

## 結論

RSTP (IEEE 802.1w) は、シスコが独自に 802.1D スパニングツリーに加えた、BackboneFast、UplinkFast、PortFast などの強化機能のほとんどをデフォルトで備えています。RSTP は、適切に設定されたネットワークなら、ときには数百ミリ秒の精度で、高速に収束を実現します。転送遅延や max\_age など 802.1D の定番タイマーは、バックアップとして使用するだけで、ポイントツーポイント リンクおよびエッジ ポートを管理者が適切に識別して設定している場合は必要ありません。また、レガシーブリッジとのやり取りがない場合にもタイマーは必要ありません。

## 関連情報

- [CatOS を実行したCatalyst シリーズスイッチ MST\(802.1s\)/RSTP \(802.1w\) 設定](#)
- [Cisco アップリンク ファースト機能の説明と設定](#)
- [LAN スイッチングに関するサポート ページ](#)
- [LAN 製品に関するサポート ページ](#)
- [ツールとリソース](#)
- [テクニカル サポートとドキュメント – Cisco Systems](#)