**STP - Spanning Tree Protocol**

In redundanten geswitchten Topologien kann es einige Probleme geben, z.B.: Broadcast-Stürme

Mehrfachkopien von Frames Instabilitäten der MAC-Tabellen

**Broadcast-Stürme:**

Broadcast und Multicasts sind potenzielle Problemquellen in einem geswitchten Netzwerk. Switches behandeln Multicasts genauso wie Broadcasts. Broadcasts und Multicasts Frames werden geflutet: der Frame wird über alle Ports mit Ausnahme desjenigen gesendet, über den er empfangen wurde.

**Mehrfachübertragung von Frames:**

In einem geswitchten Netzwerk kann ein Endgerät mehrere Kopien desselben Frames erhalten. Die meisten Protokolle können mit Doppelübertragungen umgehen bzw. ignorieren diese.

**Instabilitäten der MAC-Tabellen:**

In einem geswitchten Netzwerk werden Switches zudem falsche Informationen erlernen. Ein Switch kann eine MAC-Adresse mit einem Port verknüpfen, die über diesen garnicht erreichbar ist.

**Spanning-Tree-Protocol:**

Das STP-Protokoll (Spanning Tree Protocol) ist ein Schicht-2-Protokoll zur Steuerung von Bridges und Switches mit dem Ziel, ein schleifenloses Netzwerk zu erstellen. STP ist Bestandteil der IEEE 802.1d Spezifikation.

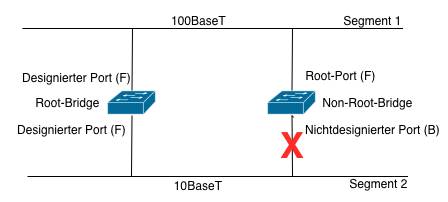
**Spanning-Tree Verfahren:**

Wenn ein Netzwerk sich stabilisiert hat, hat es konvergiert.

* Es ist genau eine Root-Bridge pro Netzwerk vorhanden
* Pro Non-Root-Bridge existiert genau ein Root Port
* Pro Segment ist genau ein designierter Port vorhanden
* Nichtdesignierte Ports werden nicht verwendet.

**Root-Ports** und **designierte Ports** werden zur Weiterleitung (Forwarding „F“) vonDaten eingesetzt, **undesignierte Ports** hingegen verwerfen Daten und sind deswegen Sperrports (Blocking „B“). Der Root-Port einer Bridge ist der Port, der am nächsten an der Root-Bridge liegt.

Jede **Non-Root-Bridge** muss einen Root-Port auswählen.



* **Auswählen der Root-Bridge:**

In jedem unabhängigen Teil des Netzwerkes (Broadcast Domäne) kann nur eine Root-Bridge vorhanden sein. (Highlander-Prinzip) D.h.: In jedem VLAN ist eine Root-Bridge vorhanden.

Alle Ports der Root-Bridge sind designierte Ports (Forwarding)

* **Auswahl der Root-Ports an den Non-Root-Bridges:**

STP richtet auf jeder Non-Root-Bridge einen Root-Port ein. (Es handelt sich dabei um den Pfad der niedrigsten Kosten von der Non-Root-Bridge zur Root-Bridge. Root-Ports haben den Status „Forwarding“.

Die STP-Pfadkosten sind ein Gesamtkostenwert, der basierend auf der Bandbreite berechnet wird.

* **Auswahl des designierten Ports in jedem Segment:**

In jedem Segment benennt STP einen designierten Port. Dieser wird an der Bridge ausgewählt, die die niedrigsten Pfadkosten zur Root-Bridge aufweist. Designierte Ports haben den Status „Forwarding“ und leiten Datenverkehr in jedes Segment weiter.

Nichtdesignierte Ports haben den Status „Blocking“, um Schleifen in der Topologie logisch zu unterbrechen. Hat ein Port diesen Status, dann leitet er Datenverkehr nicht weiter, kann aber immer noch Daten empfangen.

**Erweiterte STP-Funktionen**

STP ernennt einen Stammknoten – die so genannte Root-Bridge – und erstellt eine Topologie, in der jeweils genau ein Pfad zu jedem Netzwerkknoten vorhanden ist. Die so entstehende Baumstruktur verzweigt von der Root-Bridge aus. Redundante Leitungen die nicht Teil des kürzesten Pfades sind, werden blockiert. Daten-Frames die über blockierende Leitungen empfangen werden, werden verworfen.

Die von Switches gesendeten Meldungen welche die Bildung einer schleifenlosen logischen Topologie ermöglichen heissen BPDUs (Bridge Protocol Data Units). BPDU werden auch an blockierte Ports weiterhin empfangen, wodurch gewährleistet ist, dass, wenn ein Pfad ausfällt, eine neue übergreifende Baumstruktur berechnet wird.

Die BPDUs enthalten folgende Informationen:

* Auswahl eines einzelnen Switches in jedem LAN-Segment, der als Root-Bridge dient.
* Berechnung des eigenen kürzesten Pfades zur Root-Bridge
* Ermittlung des Switches in jedem LAN-Segment, der der Root-Bridge am nächsten liegt. Diese Bridge heißt designierter Switch. Der designierte Switch verwaltet die gesamte Kommunikation zwischen diesem LAN-Segment und der Root-Bridge.
* Auswahl eines Root-Ports durch jeden Non-Root-Switch. Dies ist die Schnittstelle, die den besten Pfad zum Root-Switch darstellt.
* Auswahl der Ports, die Teil der Baumstruktur sind (designierte Ports). Nichtdesignierte Ports werden gesperrt.

Wenn STP eine schleifenlose logische Topologie erstellt, wird immer der gleiche, aus vier Schritten bestehende Entscheidungsprozess durchgeführt.

1. Niedrigste BID (Bridge ID, Bridge-Kennung) der Root-Bridge
2. Niedrigste Pfadkosten zur Root-Bridge
3. Niedrigste Absender-BID
4. Niedrigste Port-ID

**Root-Bridge Auswahl:**

Bei STP wird die Bridge zur Root-Bridge, die die kleinste BID aufweist. Die BID setzt sich aus der Priorität der Bridge und ihrer MAC-Adresse zusammen.

Switches und Bridges, auf denen der STP-Algorithmus ausgeführt wird, tauschen über die BPDUs in regelmäßigen Abständen mit anderen Switches und Bridges Konfigurationsmeldungen aus.

Die BID setzt sich aus einem Prioritätswert (2 Byte) und der MAC-Adresse (6 Byte) zusammen. Entsprechend dem 802.1d-Standard beträgt der Standardprioritätswert 32768.

Die Priorität kann für jedes VLAN separat geändert werden, somit kann die Wahl zur Root-Bridge beeinflusst werden. Je kleiner die Priorität ist umso höher die Möglichkeit zur Wahl zur Root-Bridge.

**Portzustände bei STP:**

Wenn STP aktiviert wird, durchläuft jede Bridge im Netzwerk beim Einschalten die Zustände Blocking, Listening und Learning. Ports mit dem Endzustand Forwarding stellen die Kostengünstigsten Pfade zur Root-Bridge dar. Erkennt die Bridge eine Änderung in der Netzwerktopologie, dann werden die beiden Übergangszustände Listening und Learning durchlaufen.

Befindet sich ein Port im Status Listening können BPDU gesendet und empfangen werden, jedoch wird kein Datenverkehr über diese Ports weitergeleitet.

**Konvergenz:**

Die Konvergenzzeit bei STP beträgt 30 bis 50 Sekunden, dies ist die Zeit in der ein Switch die Portstadien Blocking bis Forwarding durchläuft. In dieser Zeit werden keine Daten über das Netzwerk weitergeleitet.

* Blocking: Frames werden nicht weitergeleitet. BPDUs werden erkannt.
* Listening: Frames werden nicht weitergeleitet. Wartet auf Frames.
* Learning: Frames werden nicht weitergeleitet. Adressen werden erlernt.
* Forwarding: Frames werden weitergeleitet. Adressen werden erlernt.
* Disabled: Frames werden nicht weitergeleitet. BPDUs werden nicht erkannt.

**Portfast:**

Ist ein Switch-Port nur mit Endgeräten verbunden, dann sollte die Option „portfast“ für die Endbenutzerports aktiviert werden. Sobald der Betreffende Port aktiviert wird, wechselt er automatisch vom Zustand Blocking in den Status Forwarding.

**Designierte Ports auswählen:**

Jedes Segment in einem Netzwerk mit Bridges hat genau einen designierten Port. Dieser Port funkgiert als einziger Port der Bridge, der Daten sowohl aus dem Segment empfängt und an die Root-Bridge weiterleitet als auch von der Root-Bridge in das Segment sendet.

**Pfadkosten:**

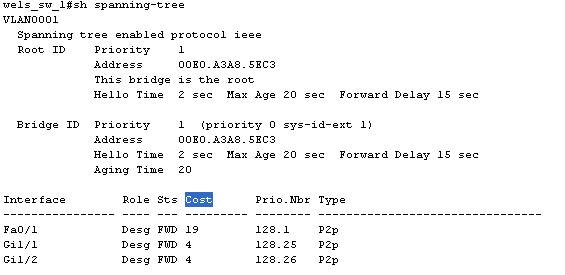
Die STP-Pfadkosten sind ein Summenwert, der auf der Bandbreite aller Verbindungen im Pfad basieren.

Leitungskosten für Ethernet:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Leitungsgeschwindigkeit** | | **Kosten (aktuelle IEEE-Spezifikation)** |
| 10 | Gbit/s | 2 |
| 1 Gbit/s | | 4 |
| 100 Mbit/s | | 19 |
| 10 | Mbit/s | 100 |

**STP-Timer:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Timer** | **Zweck** | **Standardwert** |
| Hello Timer | Zeit zwischen dem Versand von | 2 Sekunden |
|  | Konfigurations-BPDUs durch die Root-Bridge |  |
| Forward Delay | Weiterleitungsverzögerung (Dauer der | 15 Sekunden |
|  | Zustände Listening und Learning) |  |
| Max Age | Speicherdauer der BPDU | 20 Sekunden |



**Neuberechnung der Topologie:**

Tritt in der Netzwerktopologie eine Änderung auf, dann erhält STP die Konnektivität aufrecht, indem einige zuvor gesperrt Ports in den Status Forwarding versetzt werden. Erfolgt die Topologieänderung aufgrund des Ausfalles einer Bridge oder Leitung, dann stellt STP durch diesen Statuswechsel die Topologie um, um die Konnektivität im Netzwerk sicherzustellen.

**RSTP**

RSTP ermöglicht nach dem Ausfall eines Switches, eines Switch-Ports oder eines LAN eine schnelle Wiederherstellung der Konnektivität.

RSTP ist im Standard IEEE 802.1w festgeschrieben und ersetzt STP (802.1d), ist aber abwärtskompatible zu STP. Um die RSTP-Funktion verwenden zu können, muss das EI (Enhanced Image, erweitertes Software-Image) auf dem Switch installiert werden.

**Portdefinitionen von RSTP:**

* Root-Port: Ein Port im Forwarding-Zustand, der für die Baumstruktur ausgewählt wird.
* Designierter Port: Ein Port im Forwarding-Zustand, der für jedes gswitchte LAN-Segment ausgewählt wird.
* Alternativer Port: Ein alternativer Port zur Root-Bridge, der zusätzlich zum aktuellen Root-Port vorhanden ist.
* Backup-Port: Ein Reservepfad, der über einen designierten Port in Richtung der Verästelung der Baumstruktur bereitgestellt wird. Backup Ports können nur dort existieren, wo zwei Ports als Loopback durch eine Point-to-Point-Verbindung oder eine Bridge mit zwei oder mehr Verbindungen zu einem gemeinsamen LAN-Segment verbunden sind.
* Deaktiviert: Ein Port, der keine Betriebsfunktion in der Baumstruktur hat.

**Portzustände bei RSTP:**

Discarding – Learning - Forwarding

**Vergleich Portzustände STP und RSTP:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Betriebszustand** | **STP-Portzustand** | **RSTP-** | **Port Bestandteil** |
|  |  | **Portzustand** | **der aktiven** |
|  |  |  | **Topologie?** |
| Aktiviert | Blocking | Discarding | Nein |
| Aktiviert | Listening | Discarding | Nein |
| Aktiviert | Learning | Learning | Ja |
| Aktiviert | Forwarding | Forwarding | Ja |
| Deaktiviert | Disabled | Discarding | Nein |

In einer stabielen Topologie gewährleistet RSTP, dass sich alle Root-Ports und alle designierten Ports im Zustand Forwarding befinden, alle alternativen und Backup-Ports hingegen im Zustand Discarding.

**Wechsel zum Status Forwarding**

Um die schnelle Konvergenz an einem Port zu ermöglichen, führt das Protokoll zwei neue Variablen ein, den Edge-Port (Port am Rande) und den Leitungstyp. Als Edge-Port werden jene Ports bezeichnet, die direkt an ein einem Endgerät angeschlossen sind.

Zur Erkennung des Leitungstypes wird der Duplexstatus eines Ports verwendet.

Ein Port der im Vollduplexmodus arbeitet ist ein Point-to-Point-Port, während ein Port im Halbduplexmodus standardmäßig als mehrfach genutzter Port betrachtet wird.