

제24장 IEEE 802.1w RSTP

IEEE 802.1w RSTP

RSTP는 IEEE 802.1d STP 컨버전스에 비해서 포트 이전이 상당히 빠른 STP를 의미한다. IEEE 802.1d STP 컨버전스는 경우에 따라서 30초, 또는 50초인 반면에 RSTP는 토폴로지가 변경되면, 즉각적으로 반영되어 STP 컨버전스가 신속하게 처리된다. 단, RSTP에서도 루트 브리지 선출과 루트 포트 선정, 지정 포트 선정, 그리고 대체 포트를 결정하는 것은 IEEE 802.1d STP와 동일하다.

RSTP 포트 선정 과정

STP는 대체 포트가 Forwarding으로 이전하기 위해서 30초(Listening, Learning), 또는 50초(Max Age, Listening, Learning)라는 지연이 발생되는데, 이는 대체 포트를 바로 Forwarding으로 이전할 경우, 발생될 수 있는 브리징 루프를 방지하기 위해서이다. 그러나 RSTP는 자신의 BPDU 정보가 다른 스위치보다 선순위 BPDU이면, 자신의 포트를 지정 포트임을 알리는 제안(Proposal) BPDU를 전송한다. 이를 수신한 상대방 스위치 포트는 이를 동의하기 위해서 동의(Agreement) BPDU를 전송하여, 자신의 포트를 루트 포트 선정하여 바로 Forwarding으로 이전한다. 그럼 동의 BPDU를 수신한 지정 포트도 자신의 포트를 Forwarding으로 이전하여 동작한다. 결과적으로 STP에서는 지정 포트와 루트 포트가 30초, 또는 50초 이후에 Forwarding으로 이전했다면, RSTP는 즉각적으로 Forwarding으로 이전된다.

RSTP BPDU 플래그

RSTP가 사용하는 BPDU는 STP와 동일하다. 단, Protocol Version ID에는 '2'가 설정되어 있으며, [표 24-1]과 같이 BPDU 플래그에 RSTP를 위한 몇 가지 정보가 추가되었다.

[표 24-1] RSTP BPDU 플래그

비트번호	기능	내용
0	TC	토폴로지가 변화된 것을 광고할 때 사용한다.
1	제안	BPDU를 전송하는 포트가 지정 포트로 동작하겠다는 것을 광고할 때 사용한다.
2, 3	포트 역할	00(미정), 01(대체 포트), 10(루트 포트), 11(지정 포트)
4	학습	Learning 상태임을 표기한다.
5	전송	Forwarding 상태임을 표기한다.
6	동의	수신한 제안 BPDU에 대해서 동의하여 자신의 포트가 루트 포트로 동작하겠다는 것을 광고할 때 사용한다.
7	TCA	토폴로지 변화를 광고하는 TCN BPDU를 수신했음을 알릴 때 사용한다. RSTP에서는 TCN BPDU와 TCA 비트를 사용하지 않는다. 단, STP와 호환성을 위해서 사용한다.

RSTP에서 사용하는 Cost 값

RSTP에서 사용하는 Cost 값은 [표 24-2]와 같다. 그러나 Cisco Catalyst 스위치에서는 기존의 STP Cost 값을 그대로 사용하고 있다.

[표 24-2] RSTP Cost 값

Bandwidth	Cost
10Mbps	2,000,000
100Mbps	200,000
1Gbps	20,000
10Gbps	2,000
100Gbps	200
1Tb/s	20
10Tb/s	2

RSTP 포트 유형과 포트 상태

RSTP 포트 유형은 [표 24-3]와 루트 포트, 지정 포트, 대체 포트, 백업 포트 및 비활성화 포트로 구분된다.

[표 24-3] RSTP 포트 유형

포트 이름 및 상태	내용
비활성화 포트 (Disabled Port)	스위치 포트가 비활성화된 경우이다. 즉, 'shutdown'되었거나, BPDU Guard, Port-Security로 인하여 'Err-Disable'된 상태를 의미한다.
지정 포트 (Designated Port)	STP의 지정 포트와 동일하다. BPDU를 전송하며, 각 세그먼트마다 지정 포트가 한 개씩 존재해야 하며, 포트는 Forwarding 상태이다.
루트 포트 (Root Port)	STP의 루트 포트와 동일하다. BPDU를 수신하며, 각 세그먼트마다 루트 포트가 한 개씩 존재해야 하며, 포트는 Forwarding 상태이다.
대체 포트 (Alternate Port)	STP의 대체 포트와 동일하다. 브리징 루프를 방지하기 위해서 포트가 차단된 상태이며, 링크 장애가 발생되면, 지정 포트 또는 루트 포트로 전환되어 Forwarding 상태가 된다.
백업 포트 (Backup Port)	자신이 전송한 BPDU를 다른 포트를 통해서 수신할 경우, 포트 우선 순위 값이 높은 포트가 백업 포트로 선정되며, 만약 지정 포트가 다운 되면 백업 포트가 바로 지정 포트로 전환되어 동작한다.
Discarding	STP의 차단(Blocking) 상태와 동일하다. 스위치에서 정보 확인을 실시하면, Discarding 용어 대신, Blocking 용어로 출력된다.
Learning	STP의 학습(Learning) 상태와 동일하다. 대신, STP처럼 Forward-Delay 타이머(15초)를 사용하지 않고, 신속하게 진행된다.
Forwarding	STP의 전송(Forwarding) 상태와 동일하다.

RSTP 링크 유형

RSTP에서 사용하는 링크 유형은 다음과 같다.

[표 24-4] RSTP 링크 유형

링크 유형	내용
P2P	Full-Duplex 모드로 동작하는 포트를 의미한다.
Shared	Half-Duplex 모드로 동작하는 포트를 의미한다.
Link	상대방 스위치도 RSTP로 동작하는 포트를 의미한다.
Edge	PC, 서버, IP Phone과 같이 STP와 관계 없는 장비가 연결된 포트를 의미한다.
Peer	RSTP가 아닌, STP로 동작하는 스위치와 연결된 포트를 의미한다.

RSTP 모드 설정

RSTP를 동작하기 위해서는 먼저 스위치에 IEEE 802.1w RSTP가 지원되는지를 확인해야 한다. 만약, 2대의 스위치 중에 한대가 IEEE 802.1d STP만 지원된다면, IEEE 802.1w RSTP가 동작하는 스위치일지라도 IEEE 802.1d STP만 지원하는 스위치와 연결된 포트는 기본 STP로 동작하게 된다. RSTP 모드 설정은 다음과 같다.

[예제 24-1] SW1~SW3에서 RSTP 모드 설정

```
SW1(config)#spanning-tree mode rapid-pvst

SW2(config)#spanning-tree vlan 1 priority 4096
SW2(config)#spanning-tree mode rapid-pvst

SW3(config)#spanning-tree vlan 1 priority 16384
SW3(config)#spanning-tree mode rapid-pvst
```

설정이 완료되었다면, SW1에서 RSTP 정보 확인을 실시하도록 하자.

[예제 24-2] SW1에서 확인한 RSTP 내용

```
SW1#show spanning-tree vlan 1

VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol rstp
    Root ID    Priority      4097
              Address      0018.ba36.0280
              Cost        19
              Port        26 (FastEthernet0/24)
              Hello Time   2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
```

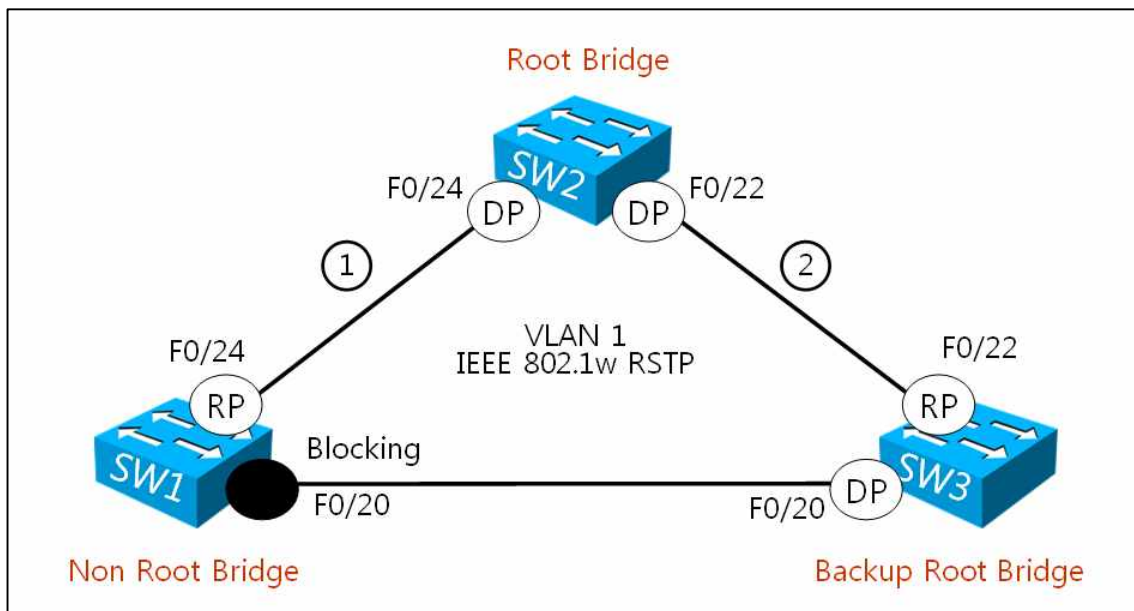
Bridge ID	Priority	32769	(priority 32768 sys-id-ext 1)		
	Address	0019.e791.c280			
	Hello Time	2 sec	Max Age	20 sec	Forward Delay 15 sec
	Aging Time	300			
Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type

Fa0/20	Altn	BLK	19	128.22	P2p
Fa0/24	Root	FWD	19	128.26	P2p

RSTP 컨버전스 확인

RSTP 환경에서 링크 장애가 발생될 경우, Blocking 상태인 대체 포트가 Forwarding으로 이전하는 과정을 알아보도록 하자.

[그림 24-1] RSTP 토폴로지



① 구간에 장애가 발생할 경우

장애가 발생되면, STP 같은 경우 SW1 F0/20 포트는 Listening → Learning → Forwarding 순으로 진행하는 반면에, RSTP는 신속한 컨버전스를 실시하여 즉각적으로 Forwarding으로 이전한다. 다음 예제를 통해서 RSTP 포트 상태 변화를 알아보도록 하자.

[예제 24-3] SW1~SW3에서 RSTP 디버깅 시작

```
SW1#debug spanning-tree events
Spanning Tree event debugging is on

SW2#debug spanning-tree events
Spanning Tree event debugging is on

SW3#debug spanning-tree events
Spanning Tree event debugging is on
```

[예제 24-4] SW2 F0/24 포트 'shutdown' 실시

```
SW2(config)#int fa0/24
SW2(config-if)#shutdown
```

[예제 24-5] SW1에서 확인한 RSTP 디버깅

```
SW1#
21:26:29: RSTP(1): updt roles, root port Fa0/24 going down
21:26:29: RSTP(1): Fa0/20 is now root port ①
SW1#
SW1#show spanning-tree vlan 1

VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol rstp
  ~ 중간 생략 ~

Interface      Role  Sts  Cost    Prio.Nbr Type
-----
Fa0/20 ②      Root FWD 19      128.22  P2p
```

① SW2 F0/24 포트가 'shutdown' 되자마자 루트 포트에 선정되어 즉각 Forwarding으로 이전한다.

② STP 정보 확인 결과, SW1 F0/20 포트가 Forwarding 상태인 것을 알 수 있다.

그럼 다음 RSTP 포트 변화를 알아보기 위해서 SW2 F0/24를 'no shutdown' 하도록 하자.

[예제 24-6] SW2 F0/24 포트 'no shutdown' 실시

```
SW2(config)#int fa0/24
SW2(config-if)#no shutdown
```

[예제 24-7] SW1과 SW2에서 확인한 RSTP 디버깅

```
SW2(config-if)#
21:32:34: RSTP(1): initializing port Fa0/24
```

```
21:32:34: RSTP(1): Fa0/24 is now designated ①
21:32:34: RSTP(1): transmitting a proposal on Fa0/24 ②
21:32:34: RSTP(1): received an agreement on Fa0/24 ③

SW1#
21:32:34: RSTP(1): initializing port Fa0/24
21:32:34: RSTP(1): Fa0/24 is now designated ④
21:32:34: RSTP(1): transmitting a proposal on Fa0/24 ⑤
21:32:34: RSTP(1): updt roles, received superior bpdu on Fa0/24 ⑥
21:32:34: RSTP(1): Fa0/24 is now root port ⑦
21:32:34: RSTP(1): Fa0/20 blocked by re-root ⑧
21:32:34: RSTP(1): synced Fa0/24 ⑨
21:32:34: RSTP(1): Fa0/20 is now alternate ⑩
21:32:34: RSTP(1): transmitting an agreement on Fa0/24 as a response to a proposal ⑪
```

- ① SW2 F0/24 포트가 활성화가 되면, 지정 포트로 간주한다.
- ② SW2 F0/24 포트를 이용하여 제안 BPDU를 전송한다.
- ③ SW2 F0/24 포트는 상대방 스위치(SW1 F0/24)로부터 동의 BPDU를 수신한다.
- ④ SW1 F0/24 포트가 활성화가 되면, 지정 포트로 간주한다.
- ⑤ SW1 F0/24 포트를 이용하여 제안 BPDU를 전송한다.
- ⑥ SW1 F0/24 포트는 상대방 스위치(SW2 : 루트 브리지)로부터 선순위 BPDU를 수신한다.
- ⑦ SW2로부터 선순위 BPDU를 수신했기 때문에 SW1 F0/24 포트를 루트 포트로 선정한다.
- ⑧ 기존의 루트 포트인 SW1 F0/20 포트를 차단한다.
- ⑨ 새로운 루트 포트인 SW1 F0/24 포트도 차단한다.
- ⑩ SW1 F0/20 포트를 대체 포트로 선정한다.
- ⑪ SW1 F0/24 포트를 이용하여 SW2에게 동의 BPDU를 전송하고, Forwarding 상태로 전환한다.

② 구간에 장애가 발생할 경우

장애가 발생되면, STP 같은 경우 SW1 F0/20 포트는 Blocking(Max Age 20초) → Listening → Learning → Forwarding 순으로 진행하는 반면에, RSTP는 신속한 컨버전스를 실시하여 즉각적으로 Forwarding으로 이전한다. 다음 예제를 통해서 RSTP 포트 상태 변화를 알아보도록 하자.

[예제 24-8] SW2 F0/22 포트 'shutdown' 실시

```
SW2(config)#int fa0/22
SW2(config-if)#shutdown
```

[예제 23-9] SW1과 SW3에서 확인한 RSTP 디버깅

```
SW3#
21:32:51: RSTP(1): updt roles, root port Fa0/22 going down ①
```

```

21:32:51: RSTP(1): we become the root bridge ②
21:32:51: RSTP(1): updt roles, received superior bpdu on Fa0/20 ⑤
21:32:51: RSTP(1): Fa0/20 is now root port ⑥
21:32:51: RSTP(1): synced Fa0/20 ⑦
21:32:51: RSTP(1): transmitting an agreement on Fa0/20 as a response to a proposal ⑨

SW1#
21:32:51: RSTP(1): updt roles, received superior bpdu on Fa0/20 ③
21:32:51: RSTP(1): Fa0/20 is now designated ④
21:32:51: RSTP(1): transmitting a proposal on Fa0/20 ⑧
21:32:51: RSTP(1): received an agreement on Fa0/20 ⑩
SW1#
SW1#show spanning-tree vlan 1

VLAN0001
  Spanning tree enabled protocol rstp
~ 중간 생략 ~

Interface      Role  Sts  Cost    Prio.Nbr Type
-----
Fa0/20 ⑪      Desg FWD 19      128.22  P2p
Fa0/24        Root FWD 19      128.26  P2p
    
```

- ① SW2 F0/22 포트를 'shutdown' 했기 때문에, SW3 F0/22 포트(루트 포트)도 다운된다.
- ② SW3은 기존의 루트 브리지인 SW2으로부터 BPDU를 수신하지 못하기 때문에, 자기 자신이 루트 브리지라고 간주하여, 후순위 BPDU를 SW1에게 전송한다.
- ③ SW3으로부터 후순위 BPDU를 수신한 SW1은 SW2과 SW3 구간에 장애가 발생된 것을 알게 된다.
- ④ 토폴로지가 변경되어 SW1 F0/20 포트는 지정 포트가 되며, SW1은 SW3에게 루트 브리지가 SW2로 설정된 선순위 BPDU를 전송한다.
- ⑤ SW3은 SW1이 전송한 선순위 BPDU를 수신한다.
- ⑥ SW3은 선순위 BPDU를 수신한 F0/20 포트를 루트 포트로 선정한다.
- ⑦ SW3 F0/20 포트를 싱크시킨다.
- ⑧ SW1 F0/20 포트를 지정 포트로 선정하겠다는 제안 BPDU를 SW3에게 전송한다.
- ⑨ SW3이 SW1에게 동의 BPDU를 전송한다.
- ⑩ SW1은 SW3으로부터 동의 BPDU를 수신하며, 이제 SW1과 SW3 F0/20 포트는 모두 Forwarding으로 이 전한다.

그럼 다음 RSTP 포트 변화를 알아보기 위해서 SW2 F0/22를 'no shutdown' 하도록 하자.

[예제 24-10] SW2 F0/22 포트 'no shutdown' 실시

```
SW2(config)#int fa0/22
SW2(config-if)#no shutdown
```

[예제 23-11] SW1, SW2, SW3에서 확인한 RSTP 디버깅

```
SW3#
21:33:58: RSTP(1): initializing port Fa0/22
21:33:58: RSTP(1): Fa0/22 is now designated ①
21:33:58: RSTP(1): transmitting a proposal on Fa0/22 ②
21:33:58: RSTP(1): updt roles, received superior bpdu on Fa0/22 ③
21:33:58: RSTP(1): Fa0/22 is now root port ④
21:33:58: RSTP(1): Fa0/20 blocked by re-root ⑤
21:33:58: RSTP(1): synced Fa0/22 ⑥
21:33:58: RSTP(1): Fa0/20 is now designated ⑦
21:33:58: RSTP(1): transmitting an agreement on Fa0/22 as a response to a proposal ⑧
21:33:58: RSTP(1): transmitting a proposal on Fa0/20 ⑨

SW3#
21:34:00: RSTP(1): transmitting a proposal on Fa0/20 ⑫
~ 중간 생략 ~
21:34:28: RSTP(1): Fa0/20 fdwhile Expired ⑬

SW1#
21:33:58: RSTP(1): updt roles, received superior bpdu on Fa0/20 ⑩
21:33:58: RSTP(1): Fa0/20 is now alternate ⑪

SW2(config-if)#
21:33:58: RSTP(1): initializing port Fa0/22
21:33:58: RSTP(1): Fa0/22 is now designated ⑭
21:33:58: RSTP(1): transmitting a proposal on Fa0/22 ⑮
21:33:58: RSTP(1): received an agreement on Fa0/22 ⑮
```

- ① SW3은 F0/24 포트가 활성화가 되면, 지정 포트로 간주한다.
- ② SW3 F0/24 포트를 지정 포트로 선정하겠다는 제안 BPDU를 SW2에게 전송한다.
- ③ SW3은 SW2로부터 선순위 BPDU를 수신한다.
- ④ SW2로부터 선순위 BPDU를 수신했기 때문에 SW3 F0/22 포트를 루트 포트로 선정한다.
- ⑤ 기존의 루트 포트인 SW3 F0/20 포트를 차단한다.
- ⑥ 새로운 루트 포트인 SW3 F0/22 포트도 차단한다.
- ⑦ SW3 F0/20 포트를 지정 포트로 선정한다.
- ⑧ SW2로부터 수신한 제안 BPDU에 대해서 동의 BPDU를 전송하고, 루트 포트인 SW3 F0/22을 Forwarding

으로 이전한다.

- ⑨ SW3 F0/20 포트를 지정 포트로 선정하겠다는 제안 BPDU를 SW1에게 전송한다.
- ⑩ SW1은 SW3이 전송한 제안 BPDU를 수신하며, 이 BPDU가 선순위 BPDU인 것을 알게 된다.
- ⑪ 그렇기 때문에 SW1 F0/20 포트는 대체 포트로 선정되어, 차단 상태로 전환된다.
- ⑫ SW3은 자신이 전송한 제안 BPDU에 대한 응답인 동의 BPDU를 SW1로부터 수신하지 못하기 때문에 15초 동안 동의 BPDU를 재전송한다. 그리고 이 기간 동안에 SW3 F0/20 포트는 차단 상태로 유지된다.
- ⑬ 첫번째 재전송이 만료되면, SW3 F0/20 포트는 차단 상태에서 Learning으로 이전한 이후, 다시 15초 동안 동의 BPDU를 재전송한다. 두번째 재전송 기간이 만료되면, SW3 F0/20을 Forwarding으로 이전한다.
- ⑭ SW2 F0/22 포트가 활성화가 되면, 지정 포트로 간주한다.
- ⑮ SW2 F0/22 포트를 이용하여 SW3에게 제안 BPDU를 전송하고, SW3으로부터 동의 BPDU를 수신한다.

다음 내용을 알아보기 위해서 기본 STP로 전환하도록 하자.

[예제 24-12] SW1~SW3에서 기본 STP 모드 설정

```
SW1(config)#spanning-tree mode pvst
```

```
SW2(config)#spanning-tree mode pvst
```

```
SW3(config)#spanning-tree mode pvst
```