

# STP의 성능 향상을 위한 최적의 토폴로지 구성방법

박성한\* · 장종욱\*

\*동의대학교

## Methods of constructing optimal topology to improve performance of STP

Sung-Han Park\* · Jong-Wook Jang\*

Dong-Eui University

E-mail : psh@deu.ac.kr · jwjang@deu.ac.kr

### 요 약

STP는 토폴로지 구성방법에 따라 네트워크의 성능이 달라진다. 따라서 효율적인 네트워크 환경을 위하여 최적의 토폴로지를 구성할 필요가 있다. 본 논문은 이더넷에서 스위치들 사이의 효율적인 네트워크 구축을 위한 최적의 토폴로지 구성방법을 제안하였다. 루트스위치에서 송신한 프레임이 같은 도메인 안에 있는 스위치들이 프레임을 수신하는 시간을 수학적 모델로 계산하여 최적의 토폴로지 구성 방법을 도출하였다. 그리고 최적의 토폴로지에서의 루트 스위치의 위치에 따른 성능을 분석하였다. 성능 분석 결과 정방향으로 설계된 망에서 루트스위치가 중앙에 위치하게 설계하는 것이 효과적이라는 결론을 얻을 수 있었다.

### ABSTRACT

STP gets to have different network performance, depending on the configuration method of topology. Accordingly, for efficient network environment, it is necessary to make the optimum topology. This paper proposed a way to make the optimum topology for construction of efficient network among switches on ethernet: the optimum topology was made by calculating the time the switches in the same domain receive the frame transmitted from the root switch, using a mathematical model. And it analyzed the performance of the topology depending on the location of the root switch. As a result of analyzing the performance, this study came to the conclusion that it would be effective to locate the root switch in the center of the square network.

### 키워드

Spanning Tree Protocol, Topology, Switch Network, Domain

## 1. 서 론

IEEE 802.1D STP(Spanning Tree Protocol)은 스위치 네트워크에서 이중성(redundancy)을 유지하면서 프레임의 루프를 방지해주는 프로토콜이며, 트랜스페런트 브리징과 더불어 스위치 네트워크를 구성하는 두가지 기술중 하나이다. 스위치 네트워크는 이중화 구성을 하는 경우가 많다. 그 이유는 특정 스위치나 링크가 다운되어도 중단 없이 네트워크를 동작시킬 수 있기 때문이다. 이중화 구성이 많은 장점을 가지고 있지만 이더넷 프레임 루핑(looping)이 발생할 수 있다는 큰 단점이 있다. 루프가 발생하면 브로드캐스트 스톱으로 인해 스위치에 부하가 걸리게 되어 네트워크 전체가 다운될 수도 있다. 이러한 루프를 방지해주는 것이 STP이다[1]. STP는 이중화로 되어있는 스위

치를 루프가 없는 트리 형태로 만든다. 트리의 형태는 스위치들의 위치와 어떤 스위치를 중심으로 구성하는가에 따라 다양한 모양이 나타날 수 있다. 트리를 어떻게 구성 하느냐에 따라서 하나의 스위치에서 다른 스위치로 프레임이 전송 될 때 한 번에 갈수도 있고 몇 개의 스위치를 거쳐 갈수도 있다. 즉 스위치 네트워크에서 토폴로지 형태와 루트(root)스위치의 위치에 따라 네트워크의 성능이 달라 질수도 있다. 이러한 이유로 스위치 네트워크에서는 최적의 토폴로지를 구성할 필요가 있다. 또한 최적의 토폴로지에서 루트스위치의 위치가 최적이 될 수 있도록 구성할 필요가 있다.

본 논문에서는 스위치 네트워크에서 하나의 도메인(domain)에서 스위치들의 토폴로지와 루트스위치의

위치가 최적화를 이룰 수 있는 형태를 제시한다.

## II. 최적 토폴로지 구성 알고리즘

스위치 네트워크에서 최적성을 가지는 토폴로지 형태를 알아보기 다음과 같은 조건으로 설계 하였다.

i) 모든 스위치 및 스위치 포트는 하나의 도메인 안에 있다고 가정한다.

ii) 스위치들은 인접한 스위치들과 Mesh망으로 구성되어 있고, 25개의 스위치를 사용하였다.

iii) 스위치ID는 1~25값을 가지고 스위치 경로값(1st)은 모두 동일하다 가정한다.

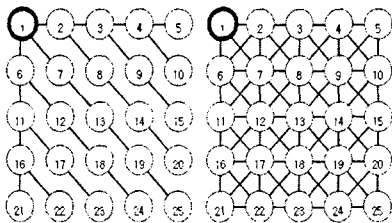
위의 조건 하에서 여러 형태의 토폴로지가 스페닝 트리 알고리즘에 의하여 루프가 없는 트리로 구성할 필요가 있다.

### 2.1 Mesh Topology로 구성된 스위치들의 스페닝 트리 구성

스위치들은 스페닝 트리 알고리즘에 의하여 다음과 같은 과정으로 트리가 구성되어 진다.

- ① 스위치ID가 가장 낮은 스위치를 루트스위치로 선택한다.
- ② 루트스위치가 아닌 모든 스위치에서 루트포트를 하나씩 선택한다.(각 스위치 포트 중에서 루트 스위치와 경로 값이 가장 작은 포트)
- ③ 한 스위치 세그먼트당 지정(designated) 포트를 하나씩 선택한다.
- ④ 루트포트도 지정 포트도 아닌 포트를 대체(alternate) 포트로 선택한다. 대체포트는 논리적으로 차단 상태이다.

[그림 1]과 같이 Mesh망으로 구성되어진 25개의 스위치들은 위의 과정을 걸쳐서 [그림 2]와 같이 1번 스위치를 중심으로 한 트리가 만들어진다.



(a) mesh topology (b) spanning tree  
그림 1. 정방형 mesh topology

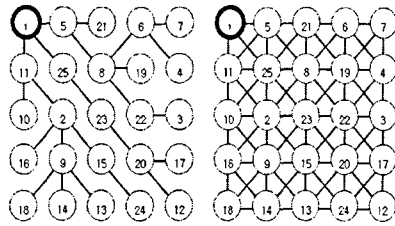
[그림 1] (a)는 주어진 조건에 의해 하나의 도메인 안의 25개의 스위치가 5×5 정방형 행렬의 Mesh 망으로 구성되어 있음을 보이고 있다. [그림 2] (b)는 스위치의 ID는 좌측 상단부터 순서대로 부여하였다. 스위치 ID가 가장 낮은 스위치 1번이 루트 스위치가 되고 1번 스위치를 중심으로 하여 스페닝 트리를 구성한 것이다.

표 1. 트리 가지들의 최대 경로값

경로	경로값	경로	경로값
1-2-3-4-5	4 st	1-6-12-18-24	4 st
1-2-3-4-10	4 st	1-6-11-17-23	4 st
1-2-3-9-10	4 st	1-6-11-16-22	4 st
1-2-8-14-20	4 st	1-6-11-16-21	4 st
1-7-13-19-25	4 st		

[표 1]은 [그림 1] (a)의 트리에서 가지(branch)의 최대 경로값을 나타내고 있다.

위의 과정에서 5×5 정방형 행렬을 가진 토폴로지의 경로값은 4st로 모두 동일하다. 루트 스위치를 제외한 다른 스위치의 ID가 어떻게 바뀌게 되어도 트리의 가지수는 변화가 있지만 경로값은 4st를 넘어가지 않는다.

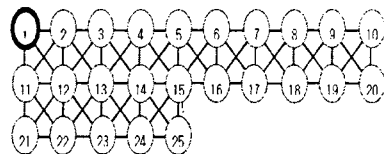


(a) mesh topology (b) spanning tree  
그림 2. 스위치ID가 랜덤한 정방형 mesh topology

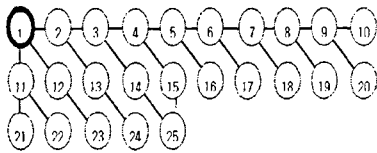
표 2. [그림 2] (b) 트리 가지들의 최대 경로값

경로	경로값	경로	경로값
1-5-21	2 st	1-25-23-20-17	4 st
1-5-8-19	3 st	1-11-2-9-14	4 st
1-11-10	3 st	1-6-11-16-21	4 st
1-5-8-6-7	4 st	1-11-2-15-24	4 st
1-5-8-6-4	4 st	1-11-2-9-18	4 st
1-5-8-22-3	4 st	1-11-2-9-13	4 st
1-25-23-20-12	4 st		

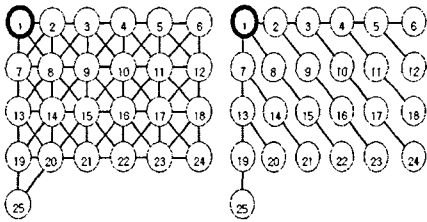
[그림 2] (a)는 [그림 1] (a)와 같은 토폴로지이다. 트리를 구성하는데 중요한 역할을 하는 스위치 ID를 루트 스위치를 제외하고 랜덤하게 설정하여 스페닝 트리를 구성하면 [그림 2] (b)와 같은 트리가 형성된다. [그림 1]과 [그림 2]에서 구성된 트리는 형태와 가지수는 다르지만 최대 경로값은 4st로 같음을 알 수 있다.



(a) mesh topology



(b) spanning tree  
그림 3. 3×10 mesh topology



(a) mesh topology (b) spanning tree  
그림 4. 5×6 mesh topology

[그림 3]과 [그림 4]는 25개의 스위치로 구성된 정방형이 아닌 2가지 형태의 Mesh Topology를 보여주고 있다.

[그림 3] (a)는 25개의 스위치를 3×10 행렬 형태의 Mesh Topology를 구성한 것이고, (b)는 스패닝 트리 알고리즘에 의하여 구성된 트리이다. [그림 3]의 최대 경로값은 9st이다. [그림 4]는 5×6 행렬 형태의 Mesh Topology이고 최대 경로값은 5st를 가진다.

[그림 3]과 [그림 4]의 2가지 형태의 토폴로지에서 루트 스위치를 제외한 다른 스위치의 ID가 바뀌어도 최대 경로값은 각각 9st, 5st와 같다.

위의 4가지 형태의 토폴로지를 통하여 (1)과 같은 공식이 성립함을 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned} & (TPG_A = TPG_B) \text{ and } (RS_A = RS_B) \text{ 참이면} \\ & MAX\_ST_A = STA(TPG_A) \\ & MAX\_ST_B = STA(TPG_B) \\ & MAX\_ST_A = MAX\_ST_B \text{ 이다} \end{aligned} \quad (1)$$

수식 (1)은 토폴로지A(TPG<sub>A</sub>)와 토폴로지B(TPG<sub>B</sub>)가 같고 루트스위치A(RS<sub>A</sub>)와 루트스위치B(RS<sub>B</sub>)가 같을 경우 스패닝 트리 알고리즘에 의해 구성된 토폴로지A, B 트리(STA(TPG<sub>A</sub>), STA(TPG<sub>B</sub>))의 최대 경로값(MAX\_ST<sub>A</sub>, MAX\_ST<sub>B</sub>)은 같음을 보이고 있다.

표 3. 토폴로지 형태에 따른 최대 경로값

토폴로지	최대경로값
1 × 25	24 st
3 × 10 [그림 3]	9 st
5 × 6 [그림 4]	5 st
5 × 5 [그림 1]	4 st

[표 3]는 25개 스위치로 구성되어 있는 4 가지 형태의 Mesh Topology가 스패닝 트리 알고리즘을 통하여 트리로 구성되었을 경우 최대 경로값을 보여주고

있다.

## 2.2 Topology 형태와 최대 경로값

2.1에서 살펴 보았듯이 토폴로지에 따라서 최대 경로값이 변화 한다는 것을 알 수 있다. 4가지 형태의 토폴로지 중에서 최대 경로값은 5×5 정방형 토폴로지가 가장 낮았다. 그리고 정방형에 가까운 토폴로지일수록 낮은 최대 경로값을 가지고 있음을 알수있다. 또한 [표 3]을 통하여 정방형 토폴로지가 다른 토폴로지보다 효율적 이라는 결과 이외에 토폴로지와 최대 경로값 사이에 연관성을 발견 할 수 있다. 4가지 토폴로지에서 최대 경로값은 토폴로지의 행축(row axis)과 열축(column axis) 중에서 큰 값을 가지는 축의 값보다 1이 작음을 볼 수 있다. 이와 같은 결과로 수식(2)를 도출 할 수 있다.

$$MAX\_ST = ((R\_axis > C\_axis ? R\_axis : C\_axis) - 1) \quad (2)$$

## III. 루트스위치의 최적의 위치

하나의 도메인 안에서 루트스위치(가장 낮은 스위치ID 값을 갖는 스위치)와 트리의 형태를 결정하는 스위치 ID는 기본적으로 MAC 주소와 우선순위로 구성되어 있다. 또한 이 값은 관리자에 의해서 변경이 가능하다. 결국 관리자에 생각에 따라서 루트스위치가 바뀔수도 있고 트리가 여러 형태로 구성 될 수도 있다.

앞에서 보였던 4가지 토폴로지를 중 가장 효율적인 성능을 보였던 5×5 정방형 토폴로지에서도 루트스위치는 관리자에 의해 25개의 스위치중 하나가 될수 있다. [그림 5]는 토폴로지 안에서 루트스위치가 위치 할 수 있는 세 곳을 보여주고있다. 표 [4]는 각 스위치가 루트스위치가 되었을 경우의 최대 경로값을 보여주고 있다.

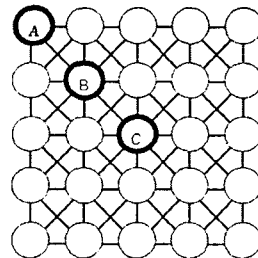


그림 5. 정방형 토폴로지안의 3개의 스위치

표 4. 3개의 루트스위치의 최대 경로값

스위치	최대경로값
A	4st
B	3st
C	2st

[표 4]에서 “C”스위치는 “A”스위치 보다 최대 경로 값이 두배로 줄어 들었다. 즉 같은 토폴로지 안에서 루트스위치가 변함으로써 스위치 네트워크의 성능이 2배 좋아 졌음을 의미한다. 그리고 루트 스위치가 중앙에 가깝게 위치할수록 더 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

[표 5]는 [표 3]에서 실험한 4가지 토폴로지에 루트 스위치를 중앙에 위치하여 최대 경로값을 계산한 결과이다.

표 5. 루트 스위치가 중앙에 위치한 경우의 최대 경로값

토폴로지	최대 경로값
1 × 25	12 st
3 × 10	5 st
5 × 6	3 st
5 × 5	2 st

[표 5]를 통하여 토폴로지에서 루트스위치가 중앙에 위치하고 있을 경우 수식 (3)이 성립함을 알 수 있다.

$$\begin{aligned}
 &MAX\_ST = ((R\_axis > C\_axis ? R\_axis : C\_axis) - 1) \\
 &if (MAX\_ST \% 2) == 0 \\
 &MAX\_ST = MAX\_ST / 2 \\
 &else \\
 &MAX\_ST = MAX\_ST / 2 + 1 \quad (3)
 \end{aligned}$$

#### IV. 시뮬레이션

본 논문에서 제시된 여러 가지 형태의 토폴로지의 성능을 분석하기 위하여 Network Simulator(NS2)를 사용하였으며, 25개의 스위치를 사용하였다. 스위치들은 인접한 스위치와 full duplex 로 연결하고 전송 대역폭은 10Mbps로 동일하게 설정하였다.

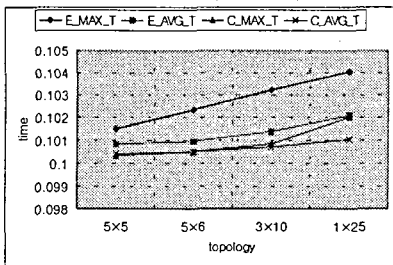


그림 6. 토폴로지에 따른 성능 비교

[그림 6]은 토폴로지를 형태를 나타내는 x축과 전송 시간을 나타내는 y축으로 구성되며, 4가지 형태의 그래프는 다음과 같은 의미를 가진다. E\_MAX\_T와 C\_MAX\_T는 루트스위치가 가장자리 와 중앙에 위치할 때 스페닝 트리에서 최대 경로값을 나타내고, E\_AVG\_T와 C\_AVG\_T는 루트스위치에서 다른 모든 스위치까지의 프레임 전송 시간을 평균값을 측정한다.

결과를 나타낸다.

#### V. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 스위치 네트워크가 효율적인 성능을 가질 수 있는 토폴로지 구성 방법 및 토폴로지 내부에서 루트스위치의 위치에 따른 네트워크 성능에 대하여 연구를 하였다. 하나의 도메인 안에서 최적의 토폴로지를 구성하기 위하여 다양한 모델을 적용하였다. 그리고 각 모델을 통하여 얻은 결과를 토대로 토폴로지 형태에 따른 성능을 분석할 수 있는 몇 가지 수학적 모델을 제시 하였다. 스위치 네트워크에서는 정방형 토폴로지를 이루고 있을 경우 가장 효율적인 성능을 보였다. 또한 토폴로지에서 루트 스위치는 중앙에 가깝게 위치할 경우 스위치 네트워크의 성능이 효율적으로 나타났다. 실제 스위치 네트워크에서는 여러개의 VLAN이 사용된다. 그러나 이번 연구에서는 VLAN 개념을 도입 하지 않았다. 따라서 향후 연구에서는 VLAN 개념을 추가하여 스위치 네트워크의 성능 분석이 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] 피터 전, Easy & complete LAN Switching, (주) 네버스탑, 서울, 2004
- [2] [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk389/tk621/tech\\_white\\_papers\\_list.html](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk389/tk621/tech_white_papers_list.html), Configuring STP
- [3] Rita Puzmanova, Routing & Switching, Addison-Wesley, 2002
- [4] William R.Parkhurst, Cisco Routing & Swi-tching, McGaw-Hill, 1999