
STP의 성능 향상을 위한 최적의 토폴로지 구성방법

박성한* · 장종욱*

Methods of constructing optimal topology to improve performance of STP

Sung-Han Park* · Jong-Wook Jang*

이 논문은 2005년도 한국산업기술재단 “지역혁신인력양성사업” 연구비를 지원받았음

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 프레임은 같은 도메인 안에 있는 스위치들이 프레임을 수신하는 시간을 수학적 모델로 계산하여 최적의 토폴로지 구성 방법을 도출하였다. 그리고 최적의 토폴로지에서의 루트스위치의 위치에 따른 성능을 분석하였다. 성능 분석 결과 정방형으로 설계된 망에서 루트스위치가 중앙에 위치하게 설계하는 것이 효과적이라는 결론을 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

In STP, network performance differs depending on topology configuration. Therefore, we need to configure right topology for the optimal efficiency of networking. This paper suggest the optimal topology configuration for efficient networking between ethernet switches. It finds out the best topology configuration by calculation mathematical model which uses transmission time between root switch and other switches in the same domain. And it also analysed performance difference on locations of root switch. Through the performance analysis, we could conclude that placing the root switch in the center is the most efficient.

키워드

Spanning Tree Protocol, Topology, Switch Network, Domain

I. 서 론

IEEE 802.1D STP(Spanning Tree Protocol)는 스위치 네트워크에서 이중성(redundancy)을 유지하면서 프레임의 루프를 방지해주는 프로토콜이며, 트랜스페런트 브리징과 더불어 스위치 네트워크를 구성하는 두가지 기술중 하나이다.[1][2] 스위치 네트워크는 일반적으로 이중화 구

성을 한다. 특정 스위치나 링크가 다운되어도 중단 없이 네트워크를 동작시킬 수 있고, 프레임을 분산하여 처리하여 스위치의 부하를 줄일 수 있기 때문이다. 이중화 구성은 많은 장점을 가지고 있지만 이더넷 프레임 루핑(looping)이 발생할 수 있다는 큰 단점이 있다. 루프가 발생하면 브로드캐스트 스톰으로 인해 스위치에 부하가 걸리게 되어 네트워크 전체가 다운될 수도 있다. 이러한 루

프를 방지해주는 것이 STP이다. STP는 이중화로 되어있는 스위치를 논리적으로 루프가 없는 트리 형태로 만든다.[3][4][5]

스패닝 트리는 트리의 형태를 결정짓는 네트워크의 토폴로지 형태, 스위치의 ID 그리고 루트(Root)스위치의 위치에 따라 다양한 모양이 나타날 수 있다. 즉, 스페닝 트리는 어떻게 구성하느냐에 따라서 하나의 스위치에서 다른 스위치로 프레임이 전송 될 때 한번에 갈수도 있고, 몇 개의 스위치를 거쳐 갈수도 있다. 결과적으로 스위치 네트워크에서 토폴로지 형태, 스위치 ID 그리고 루트스위치의 위치에 따라 네트워크의 성능이 달라 질수도 있다는 것을 말한다. 본 연구에서는 앞에서 언급한 스페닝 트리의 형태를 결정짓는 요소들과 스위치 네트워크의 성능관계를 알아보고 이것을 바탕으로 최적의 토폴로지 구성 방법을 찾는 것을 목표로 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 토폴로지 형태와 스위치 ID가 스위치 네트워크의 성능에 미치는 영향을 연구하였고, 3장에서는 루트스위치가 스위치 네트워크에 미치는 영향에 대해서 알아보았다. 4장에서는 2,3장의 이론적 연구 내용을 네트워크의 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션 해보았다.

II. 최적 토폴로지 구성 알고리즘

스위치 네트워크에서 최적성을 가지는 토폴로지 형태를 알아보기 위해서 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.

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.

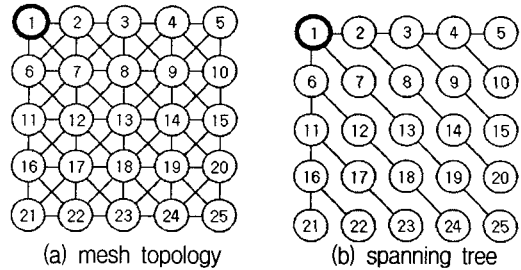


그림 1. 정방형 mesh topology
Fig. 1 Square mesh topology

[그림 1] (a)는 주어진 조건에 의해 하나의 도메인 안의 25개의 스위치가 5x5 정방형 행렬의 Mesh 망으로 구성되어 있음을 보이고 있다. [그림 2] (b)는 스위치의 ID를 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
Table. 1 Maximum path value of Fig.1 tree ranches

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 5x5 정방형 행렬을 가진 토폴로지의 경

로값은 4st로 모두 동일하다. 루트 스위치를 제외한 다른 스위치의 ID가 어떻게 바뀌게 되어도 트리의 가지수는 변화가 있지만 경로값은 4st를 넘어가지 않는다.

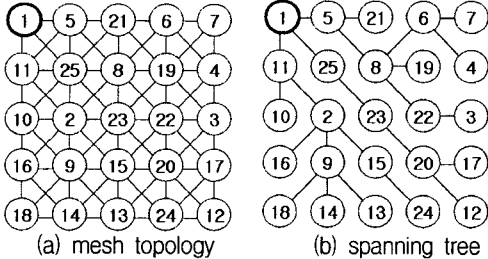


그림 2. 스위치ID가 랜덤한 정방형 mesh topology
Fig 2. Square mesh topology whose switch ID is random

[표 2] [그림 2] (b) 트리 가지들의 최대 경로값
Table. 2 Maximum value Of Fig.2 tree branches

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.

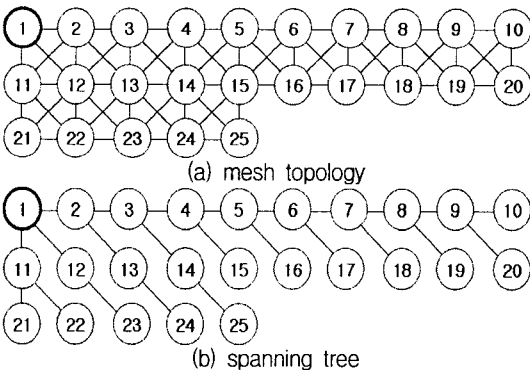
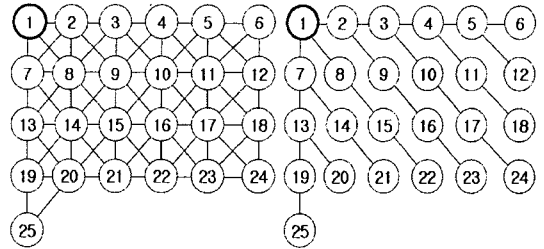


그림 3. 3×10 mesh topology
Fig.3 3x10 mesh topology



(a) mesh topology (b) spanning tree

그림 4. 5×6 mesh topology

Fig. 4 5x6 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 스페닝 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.

$(TPG_A == TPG_B)$ and $(RS_A == RS_B)$ 참이면

$$MAX_ST_A = STA(TPG_A)$$

$$MAX_ST_B = STA(TPG_B)$$

$$MAX_ST_A == MAX_ST_B \text{ 이다}$$

(1)

수식 (1)은 토폴로지A(TPG_A)와 토폴로지B(TPG_B)가 같고 루트스위치A(RS_A)와 루트스위치B(RS_B)가 같은 경우 스페닝 트리 알고리즘에 의해 구성된 토폴로지A, B 트리($STA(TPG_A)$, $STA(TPG_B)$)의 최대 경로값(MAX_ST_A , MAX_ST_B)은 같음을 보이고 있다.

표 3. 토폴로지 형태에 따른 최대 경로값
Table. 3 Maximum path value according to the shape of topology

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

[표 2]는 25개 스위치로 구성되어 있는 4 가지 형태의 Mesh Topology가 스캐닝 트리 알고리즘을 통하여 트리로 구성되었을 경우 최대 경로값을 보여주고 있다.

2. Topology 형태와 최대 경로값

1에서 살펴 보았듯이 토폴로지에 따라서 최대 경로값이 변화 한다는 것을 알 수 있다. 4가지 형태의 토폴로지 중에서 최대 경로값은 5x5 정방형 토폴로지가 가장 낮았다. 그리고 정방형에 가까운 토폴로지 일수록 낮은 최대 경로값을 가지고 있음을 알 수 있다. 또한 [표 3]을 통하여 정방형 토폴로지가 다른 토폴로지 보다 효율적이라는 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 스위치 ID는 MAC주소와 우선 순위 값으로 구성되어 진다. 그리고 여기서 가장 낮은 스위치ID 값을 갖는 스위치가 루트 스위치가 된다. 결국 관리자에 의해서 우선순위 값이 바뀌게 되면 루트스위치가 바뀌게 되고, 트리의 형태도 바뀌게 된다.

앞에서 보였던 4가지 토폴로지들 중 가장 효율적인 성능을 보였던 5x5 정방형 토폴로지에서 루트스위치는 관리자에 의해 25개의 스위치중 하나가 될 수 있다. [그림 5]는 토폴로지 안에서 루트스위치가 위치 할 수 있는 세 곳을 보여 주고 있다. 표 [4]는 각 스위치가 루트스위치가 되었을 경우의 최대 경로값을 보여주고 있다.

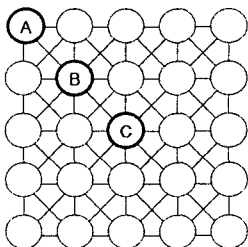


그림 5. 정방형 토폴로지안의 3개의 스위치
Fig.5 3 switches in a square topology

표 4. 3개의 루트스위치의 최대 경로값
Table. 4 Maximum path switch of three root switches

스위치	최대 경로값
A	4st
B	3st
C	2st

[표 4]에서 “C”스위치는 “A”스위치 보다 최대 경로값이 두배로 줄어 들었다. 즉 같은 토폴로지 안에서 루트스위치가 변함으로써 스위치 네트워크의 성능이 2배 좋아졌음을 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
Table. 5 Maximum path switch in case the root switch is located in the center

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

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

$$MAX_ST = ((R_axis > C_axis ? R_axis : C_axis) - 1)$$

$$\text{if } (MAX_ST \% 2) == 0$$

$$MAX_ST = MAX_ST / 2$$

$$\text{else}$$

$$MAX_ST = MAX_ST / 2 + 1 \quad (3)$$

IV. 시뮬레이션

본 논문에서 제시된 여러 가지 형태의 토폴로지의 성능을 분석하기 위하여 Network Simulator(NS2)를 사용하였다.

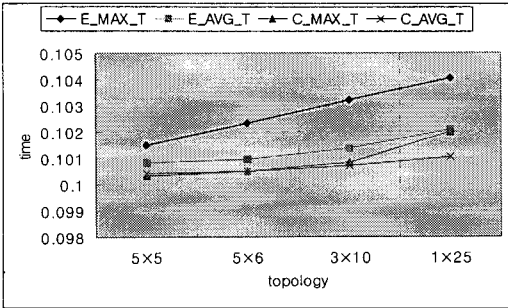


그림 6. 토폴로지에 따른 성능 비교
Fig. 6 Comparison of the performance depending on topology

[그림 6]은 4가지 토폴로지에서 루트 스위치가 가장자리에 위치할 경우와 중앙에 위치할 경우에 대해서 루트스위치로부터 최대 경로값을 가지는 스위치까지의 프레임 전송 시간과 루트 스위치에서 모든 스위치에 프레임이 도달한 평균 시간을 측정하여 결과를 보여주고 있다.

- E_MAX_T: 루트 스위치가 가장자리에 위치할 때 가장 멀리 있는 스위치에 프레임 도달 시간
- E_AVG_T: 루트 스위치가 가장자리에 위치할 때 모든 스위치에 프레임 도달 시간
- C_MAX_T: 루트 스위치가 중앙에 위치할 때 가장 멀리 있는 스위치에 프레임 도달 시간
- C_AVG_T: 루트 스위치가 중앙에 위치할 때 모든 스위치에 프레임 도달 시간

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 루트스위치는 중앙에 가깝게 위치할 경우 스위치 네트워크의 성능이 효율적으로 나타났다. 스위치 네트워크에서는 하나의 도메인을 VLAN을 이용하여 여러개의 도메인으로

나누어 사용될 수도 있다. 그러나 이번 연구에서는 VLAN 개념을 도입하지 않았다. 따라서 향후 연구에서는 VLAN 개념을 추가하여 스위치 네트워크의 성능 분석이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 산업기술재단 “지역혁신인력양성사업” 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] Peter Jeon, Easy & complete LAN Switching, NeverStop, Seoul, 2004
- [2] 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 & Switching, McGaw-Hill, 1999
- [5] Behrouz A. Forouzan, Data Communication & Networking, 3th, McGaw-Hill, 2005

저자소개

장 종 욱(Jong-Wook Jang)



1987 부산대학교 전산통계학과 (학사)
1991 충남대학교 전산학과(석사)
1995 부산대학교 컴퓨터공학과 (박사)

1987~1995 한국전자통신연구소 통신연구단 연구원
1997~1998 한국전자통신연구원 PEC 초빙연구원
1999~2000 미주리주립대 Visiting Scholar(Post.Doc)
1995~ 동의대학교 컴퓨터 공학과 부교수
※ 관심분야: VPLS, AODV,

박 성 한(Sung-Han Park)



2005 동의대학교 컴퓨터공학(학사)
2005~ 동의대학교 석사과정

※ 관심분야: RFID, MAC 프로토콜, MPLS