

브리지 망에서 지원능력을 고려한 스페닝 트리 생성 알고리즘의 성능 분석

학생회원 구도정*, 종신회원 윤종호*, 준회원 임재명**

Performance of Capability Aware Spanning Tree Algorithm for Bridged Networks

Do-Jung Koo* *Student Member*, Chong-Ho Yoon* *Lifelong Member*,
Jae-Myung Lim** *Associate Member*

요 약

본 논문에서는 기존의 이더넷 브리지와 새로운 동기식 이더넷 포트가 장착된 브리지가 함께 구성된 망에서 각 브리지의 지원능력 별로 다중 트리를 구성하는 알고리즘을 소개하고 성능을 분석하였다. 기존 IEEE 802.1D 규격의 스페닝 트리 알고리즘은 브리지의 지원능력을 고려하지 않고 단순히 브리지 식별자를 바탕으로 루트브리지를 선출하여 이를 중심으로 트리를 구성한다. 이는 기존의 이더넷 브리지와 동기식 이더넷 브리지가 함께 구성된 망에서 동기식 이더넷 브리지가 루트브리지로 선출될 경우, 한 수퍼 프레임 내에서 비동기 프레임 전송 구간의 길이가 최소 25%로 규정되어 있는 동기식 이더넷 브리지의 특성상, 비동기 트래픽에 대한 대역 제한으로 인해 루트 브리지에서의 큰 지연이 발생한다. 본 논문에서는 단순히 브리지 식별자로 단일 트리를 형성하는 기존 스페닝 트리 알고리즘과는 달리, 브리지의 지원능력 별로 구분되는 2 개의 트리를 구성하도록 하여 각 트래픽별 별개의 전송 경로를 제공함으로써 이와 같은 문제를 해결하는 CAST 알고리즘을 제안하고 성능을 분석하였다. 모의실험 결과, 제안된 CAST 알고리즘의 경우, 높은 트래픽 부하와 경유 브리지 수가 많을수록, 비동기 트래픽의 종단간지연시간이 짧아짐을 확인하였다.

Key Words : Synchronous Ethernet, CAST, Spanning Tree, Capability Aware Spanning Tree, Bridge

ABSTRACT

In this paper, we suggest a new capability aware spanning tree(CAST) algorithm for Ethernet bridged network which consists of both legacy Ethernet bridges and synchronous Ethernet ones. The legacy spanning tree algorithm specified in IEEE 802.1D standard select root bridge and construct tree based on each bridge's identifier without consideration of each bridge's capability. Thus we note that if the legacy STP may assign a synchronous bridge as a root bridge, the bridge may become a bottleneck for asynchronous traffic because of bandwidth limitation for asynchronous traffic. In this paper, the CAST algorithm constructs multiple spanning tree by using of bridge capability and makes different transmission path for each traffics, can removes this kind of defect. From the simulation results, we can see that the proposed CAST algorithm has better end-to-end delay performance than legacy spanning tree algorithm in high traffic load and multiple hops environment.

※ 본 논문은 한국항공대학교 인터넷정보검색연구센터(IRC) 및 한국 정보 통신 대학원 BcN 엔지니어링 연구센터의 지원에 의하여 수행되었습니다.

* 한국항공대학교 정보통신공학과 대학원 ({yooneh, dojungi}@hau.ac.kr), ** 한국정보보호진흥원 스팸대응팀
논문번호 : KICS2005-04-178, 접수일자 : 2005년 4월 26일, 최종논문접수일자 : 2006년 5월 2일

I. 서론

현재 이더넷은 기존의 CSMA/CD방식이 아닌, 점대점 연결로의 대표적인 전달수단으로 간주되고 있기 때문에, 충돌에 따른 예측 가능하지 않은 지연 시간 문제점은 발생하지 않는다. 따라서, IEEE802.1p 방식을 사용한 스위치를 활용하여, 실시간 전송이 필요한 트래픽에 대해서는 다른 데이터 트래픽에 비하여 우선적으로 처리될 수 있도록 함으로써, 어느 정도의 QoS를 제공할 수도 있을 것이다. 하지만, 이러한 802.1p 방식은 대역예약 기능이 없기 때문에, 과도하게 유입되는 실시간 프레임들간의 스케줄링에 의해 예측 가능하지 않은 지터가 발생하는 문제점이 있으며, 다만 스위치로 연결되는 경우, 이러한 지터는 더욱 증가한다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여, 그 동안 여러 가지의 시도가 있었다. 예를 들면, 이더넷 상에서의 TDMA기능을 제공하는 RTnet, Virtual Token을 사용하여 전송순서와 전송시간을 예약해서 사용하는 VTnet, 그리고 10여년전에 ISDN를 지원하기 위한 IsoEthernet 등의 기술이 있다. 또한, 100Mbps급 이더넷을 사용하여 실시간 장치들을 연결하는 MAGIC 기술에 기반한 동기식 이더넷(Sync-E)기술에 대한 표준화가 IEEE802.3에서 시도되고 있다.^[1]

뿐만 아니라 기존의 이더넷 브리지 망에서는 프레임의 전송시 발생할 수 있는 전송 루프를 방지하기 위해 스페닝 트리 알고리즘을 사용하는데, 이러한 기존의 스페닝 트리 알고리즘은 동기 프레임 전송구간과 비동기 프레임 전송구간의 슈퍼프레임 구조가 주기적으로 반복 수행되는 동기식 이더넷 환경에서는 불필요한 프레임의 전송 지연을 초래할 수 있다. 기존의 스페닝 트리 알고리즘은 브리지 식별자의 우선순위가 가장 높은 브리지를 루트브리지로 선출한다.^[2] 그렇기 때문에 기존 방식에 의하면 동기식 이더넷 브리지가 루트브리지로 선출하는 상황이 발생할 수 있다. 트리 형태의 망은 그 특성상 많은 트래픽이 루트브리지로 집중되기 때문에, 동기식 이더넷 브리지가 루트브리지로 선출될 경우, 이러한 동기식 이더넷 루트브리지에 동기 트래픽과 비 동기 트래픽이 함께 집중될 것이다. 이는 결국 동기식 이더넷의 비동기 트래픽에 대한 대역 제한 특성으로 인해 비동기 트래픽에 대한 지연을 크게 증가시키게 된다.

본 논문에서는 이러한 동기식 이더넷 망에 적합한 새로운 스페닝 트리 알고리즘을 제안하고, 이를

모의 실험을 통해 동기식 이더넷 망에서 제안된 새로운 스페닝 트리 알고리즘의 경우, 프레임의보다 신속한 전송이 가능함을 검증한다.

본 서론에 이어 II장에서는 현재 IEEE802.3에서 표준화가 진행중인 동기식 이더넷에 대한 간략한 소개를 하고, III장에서는 기존의 스페닝 트리 알고리즘의 동작을 설명하고, IV장에서는 본 논문에서 제안하는 새로운 스페닝 트리 알고리즘을 설명하고 V장에서는 모의 실험을 통한 성능평가 결과를 설명하고 마지막 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 동기식 이더넷의 개요

동기식 이더넷은 100Mbps 및 1 Gbps급 전이중 이더넷 상에서 125usec 또는 이것의 n배의 주기를 가지는 한 사이클 내에서 이더넷 프레임에 수납된 동기 트래픽을 전송한다. 그리고 이러한 동기 프레임 전송이 사이클 내에서 완료되면, 남은 기간 동안에 비동기 프레임들을 전송할 수 있다. 이러한 동기 트래픽과 비동기 트래픽이 전송되는 하나의 사이클을 슈퍼프레임이라고 부른다.^[1] <그림 1>은 동기식 이더넷의 슈퍼프레임의 구성을 도시한 것이다.

동기식 이더넷의 프레임 구조는 기존의 이더넷 프레임과는 다른 구조를 가진다. 기존의 이더넷 프레임에는 없었던 사이클 정보라든가 동기 프레임과 비 동기 프레임을 구분하기 위한 필드가 존재한다. 그러나 이러한 동기식 이더넷 프레임 구조에 관한 규정은 아직 정해진 바 없고, 현재 IEEE802.1에서 논의중인 상태이다.

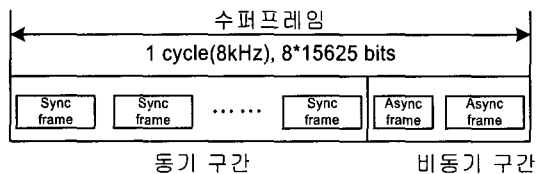


그림 1. 동기식 이더넷의 슈퍼프레임구성

III. 기존의 스페닝 트리 알고리즘의 동작

3.1 기존 스페닝 트리의 동작

이더넷 브리지는 브리지로 연결된 전체 망구성을 간단하고 폐쇄루프가 없는 트리 형태의 망으로 간략화하여 프레임을 전송한다. 이때, 스페닝 트리의 구성과 관리를 위해 각 브리지는 BPD(Bridge Protocol Data Units)라는 특별한 형태의 메시지를

서로 교환한다.

사용되는 BPDU는 구성(configuration BPDU)와 망구성 변화통지(Topology Change Notification) BPDU의 두 가지가 있으며, 각각 초기의 사용망 구성과 재구성에 사용된다. 브리지로 연결된 망에서 각 브리지는 이러한 BPDU를 주기적으로 주고 받으면서 현재 연결되어 있는 브리지들의 위치를 서로 파악하여 단일한 스페닝 트리를 구성하며, 그러한 연결상황에 변화가 생기면 변화를 인식한 브리지가 망 구성 변화통지 BPDU를 사용하여 즉시 그 변화를 다른 브리지들에게 알려주어 새로운 스페닝 트리를 구성하도록 한다.

이러한 BPDU안에는 루트가 되리라고 여겨지는 브리지에 대한 정보(Root ID)와 루트브리지가 얼마나 멀리 있는지에 대한 정보(루트 경로비용), BPDU를 보내는 브리지의 ID와 포트 ID 그리고 BPDU가 전송된 지 얼마나 오래 되었는지를 나타내는 정보(message age)등이 포함되어 있으며, 루트브리지는 'hello time'(보통 1~4초)마다 한번씩 이러한 BPDU를 전송하고, 지정 브리지는 매번 루트 포트에서 받은 BPDU를 몇몇 영역을 갱신하여 각각의 지정 브리지 포트에 전송한다. 이러한 BPDU는 루트브리지에서부터 트리를 따라가면서 모든 브리지가 BPDU를 수신할 때까지 전파된다.^[2]

스패닝 트리를 구성하는 기준은 전체 망에서 브리지 우선순위가 가장 높은 브리지 즉, 가장 낮은 식별자를 가진 브리지가 되며, 이 루트브리지(root bridge)를 중심으로 각 브리지마다 루트포트(root port)와 지정포트(designated port)를 선택함으로써 스페닝 트리가 이루어지게 된다.

루트 포트의 결정은 경로비용에 따라 지정되며, 이후 각 LAN에 대한 지정 브리지를 그 LAN에서 루트브리지로 가는데 가장 적은 경로 비용을 제공하는 브리지로 선택하고 이 브리지와 LAN을 연결하는 포트를 지정포트로 정하게 된다.

3.2 동기식 이더넷 망에서의 기존 스페닝 트리 알고리즘의 적용 한계

기존의 스페닝 트리의 경우, 루트브리지를 선정하는 기준은 브리지 id이다. 즉, 브리지id가 가장 작은 브리지가 루트브리지가 되어 이렇게 선출된 루트브리지를 중심으로 트리가 형성된다. 이러한 기존의 스페닝 트리 알고리즘은 기존의 이더넷 브리지와 동기식 이더넷 브리지가 서로 혼용 구성된 망의 경우 적용하는데 한계가 있다. 동기식 이더넷은 동

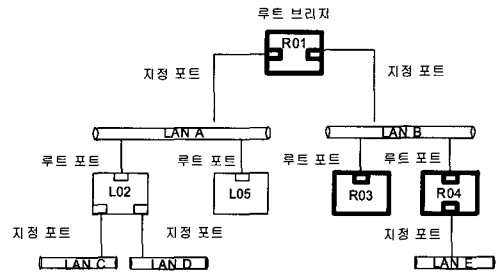


그림 2. 동기식 이더넷 브리지가 루트브리지가 된 트리 구조 망

기 구간과 비동기 구간으로 구성된 수퍼프레임이 주기적으로 반복되기 때문에, 동기식 이더넷 브리지가 루트브리지로 선출될 경우 비동기 트래픽에 대한 큰 지연이 발생할 수 있다. IEEE802.3 Residential Ethernet 규정에 의하면 비동기 구간은 최소 한 수퍼프레임의 25%이다. 이는 루트브리지가 비동기 트래픽을 중계할 때는 해당 링크 대역의 25%만 사용하게 된다는 의미이다. <그림 2>는 동기식 이더넷 브리지가 루트브리지로 선출될 경우의 스페닝 트리를 도시한 것이다.

그림에서 LAN C에서 LAN E로의 비동기 프레임 전송을 가정할 경우, LAN C에서 전송된 모든 프레임은 루트브리지인 01번 브리지를 거쳐 LAN B를 거쳐 04번 브리지를 지난 뒤에 LAN E에 도달하게 된다. 이때 루트브리지가 동기식 이더넷 브리지이기 때문에, LAN C에서 전송된 비동기 트래픽은 루트브리지의 동기 구간만큼 지연된 뒤, 동일 수퍼프레임의 비동기 구간이 시작될 때 비동기 프레임 전송을 전달할 수 있다. 이러한 전송 지연은 결국 중단된 프레임 전송 지연시간을 크게 증가시킨다. 이러한 문제가 생기게 된 원인은 기존의 스페닝 트리 알고리즘이 브리지의 지원능력을 고려하지 않고 단순히 브리지 식별자로 하나의 트리를 생성하는데 있다.

그러므로 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 브리지의 지원능력 정보를 서로 교환하여 브리지 지원능력 별로 서로 다른 트리를 생성할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

IV. 제안하는 CAST(Capability Aware Spanning Tree) 알고리즘

동기식 이더넷에서는 한 사이클 내에서 이더넷 프레임에 수납된 동기 트래픽이 전송된다. 그리고 이러한 동기 프레임 전송이 사이클 내에서 완료되

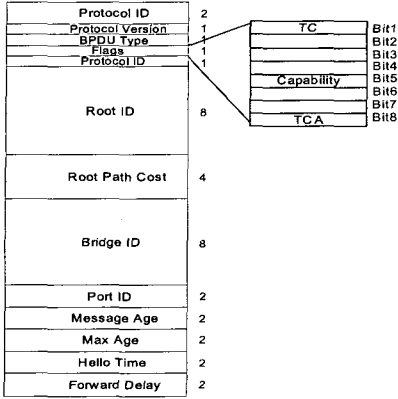


그림 3. 제안하는 BPDU 구조

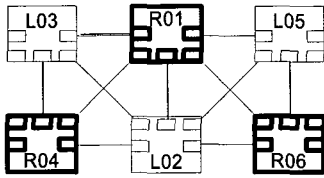


그림 4. 지원능력이 서로 다른 브리지로 구성된 망

면, 남은 기간 동안에 비동기 프레임들을 전송할 수 있다. 표준에서는 동기 프레임 전송구간을 한 수퍼 프레임 기간의 최대 75%로 규정하고 있다. 그러므로 동기식 이더넷 브리지가 루트브리지로 선출될 경우, 이러한 비동기 트래픽에 대한 대역제한으로 인해, 루트브리지에서의 큰 지연이 발생한다.

본 논문에서는 이와 같이 동기식 이더넷 브리지가 단일 루트브리지로 선출되는 일이 없도록 하기 위하여, 기존의 BPDU에 브리지 지원능력 정보를 추가하여 전송하여 브리지 지원능력별로 별개의 트리를 생성할 수 있는 방안을 제안한다. 이를 위해서는 기존의 BPDU에 브리지의 지원능력을 표기할 수 있는 영역이 추가 정의되어야 한다. <그림 3>은 제안된 새로운 BPDU 형식이다. 이렇게 수정된 BPDU를 수신하는 기존의 이더넷 브리지는 새로 추가된 영역에 대한 정보를 알 수 없기 때문에, 이를 무시하고 기존의 BPDU 중계 방식으로 다음 브리지로 전달한다. 반면, 동기식 이더넷 브리지는 브리지 지원능력 표기용으로 새로 추가된 영역을 참고하여, 논문에서 제안하는 새로운 BPDU 중계방식을 사용한다.

<그림 3>과 같이, 제안하는 CAST 알고리즘은 기존의 BPDU 구조에 브리지 지원능력을 표시할 수 있도록, Flags 영역의 한 비트를 지원능력 정보 표기 용으로 사용한다. Flags 영역은 토폴로지 변화

통보용으로 사용되었는데, 그 중 한 비트를 브리지 지원능력 영역으로 대체하여, 동기식 이더넷 브리지의 경우, 해당 비트를 1로 설정하여 전송하고, 기존의 이더넷 브리지는 해당 비트를 0으로 설정하여 전송하도록 한다.

<그림 4>의 브리지 망을 예로 들면, 초기에 루트 브리지를 선출하는 과정에서, 우선 모든 브리지는 자신이 루트임을 표기한 BPDU를 망에 전송한다. 기존의 스페닝 트리 알고리즘으로 스페닝 트리를 구성하면, 브리지 식별자의 우선순위가 가장 높은 브리지 01번이 루트브리지로 선출될 것이다. 하지만 01번 브리지는 동기식 이더넷 브리지이기 때문에, 망에 동기 트래픽이 많을 경우 동기식 이더넷의 비동기 트래픽에 대한 대역제한으로 인해 큰 지연을 겪게 된다. 이러한 현상은 지원능력이 서로 다른 브리지가 하나의 트리를 공유하기 때문에 발생한다. 때문에 이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 방안인 CAST 알고리즘에서는 이러한 IEEE802.1d에 규정된 BPDU 중계 방식을 다음과 같이 수정하였다.

<그림 5>은 브리지 지원능력에 따른 BPDU 중계방식의 차이를 도시한 것이며, L02브리지가 전송한 BPDU가 L02자신에게 되돌아 오는 과정을 하나의 예로 들었다. 지원능력이 서로 다른 브리지의 경우, 수신한 BPDU의 RootID가 자신의 브리지 ID보다 우선순위가 높더라도, Root ID 영역을 수정하지 않고 전달한다. 이는 브리지 지원능력별로 별개의 트리를 구성하기 위함이다. 그림에서 02번 브리지가 전송한 BPDU를 수신한 브리지 01번은 자신의 브리지 ID와 BPDU의RootID를 비교한 결과 자신이 루트브리지가 될 수는 있지만 플래그 영역의 지원능력 정보가 서로 다르기 때문에 BPDU의Root ID 영역의 수정 없이 이웃 노드로 중계한다. 또한 브리지 01번이 중계한 BPDU를 수신한 브리지 04번은 수신한 BPDU의 flags 영역은 참고하여 해당 BPDU를 최초로 전송한 브리지가 기존 이더넷 브리지임을 확인하고, 역시 BPDU의 Root ID 영역의 수정 없이 중계한다. 이러한 전달과정이 지속되면, legacy 루트브리지가 선출된다. 동기식 이더넷 루트 브리지 역시 이와 같은 방법으로 선출된다. 이렇게 두 개의 루트브리지가 선출되어 형성된 스페닝 트리는 <그림 6>과 같다. 그림에서 legacy 루트브리지는 기존의 이더넷 브리지이고, ResE 루트브리지는 동기식 이더넷 브리지이다. 또한 ResE 루트브리지는 그 자신이 legacy 루트브리지의 종속 브리지로서 동작하며, 동기식 이더넷 브리지들로 구성된 동

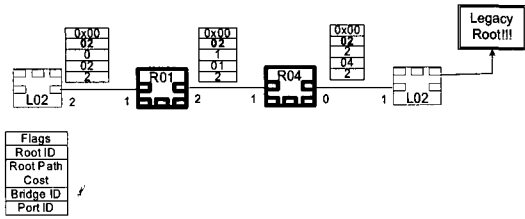


그림 5. CAST 알고리즘에서의 BPDU 중계 방식 예

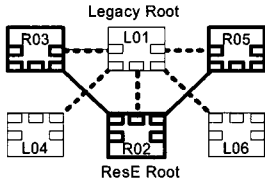


그림 6. CAST 알고리즘에 의해 형성된 트리 구조

기 스페닝 트리는 동기 트래픽 전송용으로 사용되며, 이는 수퍼프레임의 동기구간 동안에만 연결된다. 마찬가지로 비 동기 구간일 때에는 비동기 트리가 연결된다.

뿐만 아니라 루트 포트 및 지정 포트 선택 방식도 기존의 스페닝 트리 알고리즘과 차이가 있다. 기존 이더넷 브리지의 루트 포트 및 지정 포트 선택 방식은 기존 스페닝 트리 알고리즘과 동일하나 동기식 이더넷 브리지의 경우는 약간 차이가 있다. ResE 루트브리지는 Legacy 루트브리지를 향하는 루트 포트를 가지며, 나머지 다른 포트는 지정 포트 (designated port)이다. 또한 일반 동기식 이더넷 브리지는 비동기 루트 포트와 동기 루트포트를 각각 하나씩 가지며, 지정 포트의 선택 방식은 기존 스페닝 트리 알고리즘과 동일하다.

이렇게 트리가 완성된 상황에서의 트래픽의 흐름을 <그림 7>에서 예로 들면, 단말 A에서 단말 C를 향하는 동기 트래픽은 ResE 루트브리지인 브리지 02번과 브리지 05번을 거쳐 단말 B로 전달되고, 단말 B에서 단말 D로 향하는 비동기 트래픽은 legacy 루트브리지인 01번브리지와 브리지 06번을 거쳐 단말 D로 전달된다. 이로 인해, 동기 트래픽은 동기 트래픽 전용 트리를 따라 전달되고, 비 동기 트래픽은 비동기 트래픽 전용 트리를 따라 전달된다. 그리하여, 동기식 이더넷에서 비동기 트래픽이 겪는 지연시간이 크게 단축된다. 그림에서 마치 루프가 형성된 것처럼 보이나, 동기식 이더넷 스위치의 동기 트래픽 전용 트리는 동기구간에만 유지되고, 비동기 트래픽 전용 트리는 비동기 구간에서만 유지되기 때문에, 루프는 발생하지 않는다.

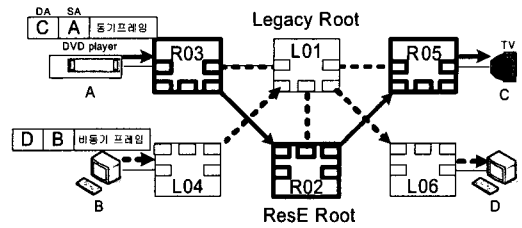


그림 7. 동기 트래픽과 비동기 트래픽의 전달 경로

V. 모의실험 및 성능 평가

기존의 이더넷 브리지와 동기식 이더넷 브리지로 구성된 망에서 기존의 스페닝 트리가 생성되면, 동기식 이더넷의 비동기 트래픽에 대한 대역 제한 특성에 의해, 비동기 트래픽의 전송 효율이 떨어진다. 하지만 제안된 CAST 알고리즘은 기존의 스페닝 트리 알고리즘을 보완하여 비동기 트래픽의 전송 효율을 증가시킨다. 이에 대한 성능 평가를 위하여, 두 가지의 시나리오를 구성하여 기존 방식과의 성능을 모의 실험용 프로그램인 SIMULA로 비교 분석하였다.^[4]

5.1 시나리오 I

시나리오 I에서는 브리지 망을 <그림 8>과 같이 구성한 상태에서 기존의 스페닝 트리 알고리즘에 의해 구성된 트리과 CAST에 의해 구성된 트리에서의 각 트래픽 별 종단간 지연시간을 비교한다.

<그림 8>과 같은 브리지 망에서 단말 C가 단말 A로 비동기 트래픽을 전송하고 단말 D가 단말 B로 동기 트래픽을 전송할 때, 기존의 스페닝 트리로 구성된 망과 CAST에 의한 망에서의 트래픽의 흐름은 각각 <그림 9>, <그림 10>과 같다.

기존의 스페닝 트리에서의 트래픽 전달 경로는 트래픽의 종류에 상관없이 동일한 브리지들을 경유하는 것이 특징이며, CAST 망의 경우 브리지 지원 능력별로 구성된 별개의 트리를 따라 트래픽이 전달된다. 이는 결국 특성이 서로 다른 트래픽으로 인

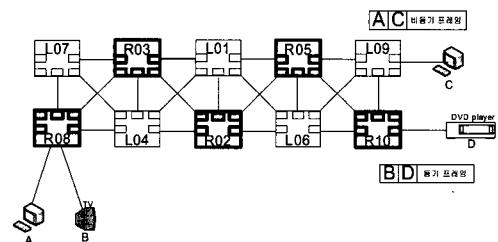


그림 8. 모의 실험 시나리오 I

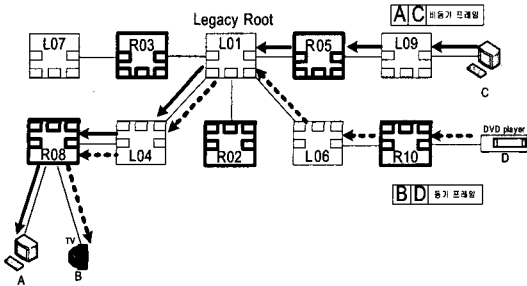


그림 9. 기존의 스페닝 트리에서의 트래픽 전달 경로

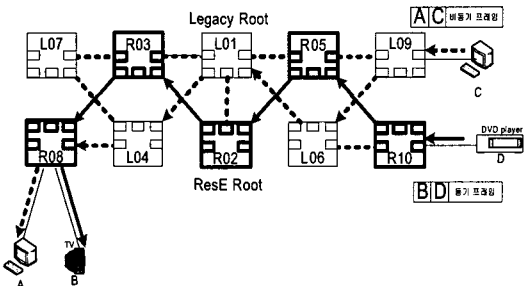


그림 10. CAST 망에서의 트래픽 전달 경로

한 영향을 받지 않게 되어, 때문에 기존 방식에 비해 신속한 전송이 가능해진다.

기존의 스페닝 트리에서는 비동기 트래픽과 동기 트래픽이 하나의 루트브리지(브리지 01)로 전달되어 비동기 트래픽에 의해 동기 트래픽의 전송이 영향을 받게 된다. 하지만, CAST 망에서는 브리지 지원능력별로 별개의 트리를 구성하여, 각각의 트래픽이 별개의 경로로 전송하기 때문에 기존 방식에 비해 트래픽 전송 효율이 높다. <그림 11>은 <표 1>과 같은 파라미터 환경일 때, 측정된 각 트래픽 별 중단간 지연시간 비교 그래프이다. 동기 트래픽의 지연시간 곡선은 비동기 트래픽 부하를 0.1로 고정시킨 상태에서 동기 트래픽 부하를 증가시켰을 때 얻어진 결과이다.

동기 트래픽의 경우, 기존의 스페닝 트리와 CAST 트리망의 트래픽 전달 경로는 다르지만, 경유하는

표 1. 모의 실험 파라미터 값

노드 수	10개
링크 속도	1Gbps
평균 프레임 길이	700바이트
한 슈퍼프레임 구간 길이	125usec
동기 구간 길이	87.5usec(슈퍼프레임의 70%)
비동기 구간 길이	37.5usec(슈퍼프레임의 30%)
비동기 트래픽	VBR 트래픽
동기 트래픽	CBR 트래픽

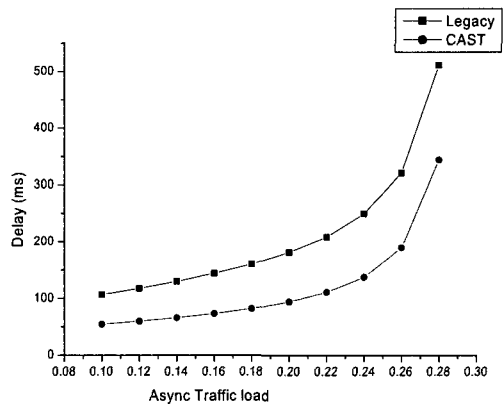
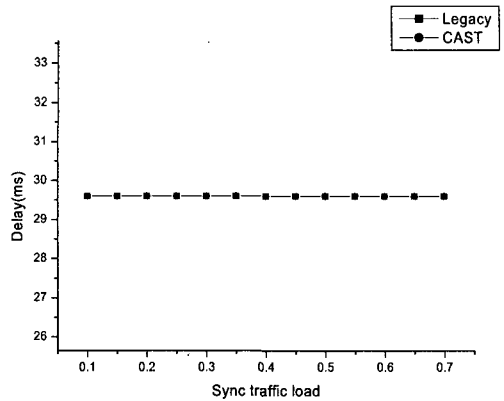


그림 11. 트래픽 부하에 따른 각 트래픽별 중단간 지연시간 비교

홉 수는 동일하다. 비동기 트래픽의 부하가 적은 환경에서는 802.1p와 동기식 이더넷의 성능 차가 거의 없기 때문에 이와 같은 결과가 나온다.

반면에 비동기 트래픽의 지연시간 곡선은 동기 트래픽 부하를 0.1로 고정시키고, 비동기 트래픽 부하를 점차 증가시켰을 때 얻어진 것이다. 이러한 경우 기존 방식에 비해 제안방식의 경우 비동기 트래픽의 중단간 지연시간이 단축됨을 확인 할 수 있다. 이는 비동기 트래픽의 전송 경로가 비동기 트리로 국한되어 동기 트래픽의 영향을 받지 않기 때문이다.

고정된 노드 수의 경우, 트래픽이 증가할 때 CAST 알고리즘이 기존 스페닝 트리에 비해 성능이 우수함을 알 수 있다. 추가로 고정된 트래픽 부하의 경우, 노드 수가 증가시켰을 때의 결과는 다음 <그림 12>와 같다. <표 2>는 노드 수를 고정시켰을 때의 모의 실험 파라미터 값의 목록이다.

새로운 노드를 추가할 경우, 역시 비동기 트래픽의 성능을 비교한 결과 기존방식에 비해 CAST가 우수함을 알 수 있다. 비동기 트래픽의 지연시간 분

표 2. 모의 실험 파라미터 값

노드 수	가변
링크 속도	1Gbps
평균 프레임 길이	700바이트
한 슈퍼프레임 구간 길이	125usec
동기 구간 길이	87.5usec(슈퍼프레임의 70%)
비동기 구간 길이	37.5usec(슈퍼프레임의 30%)
비동기 트래픽	VBR 트래픽
동기 트래픽	CBR 트래픽
동기 트래픽 부하	0.3
비동기 트래픽 부하	0.1

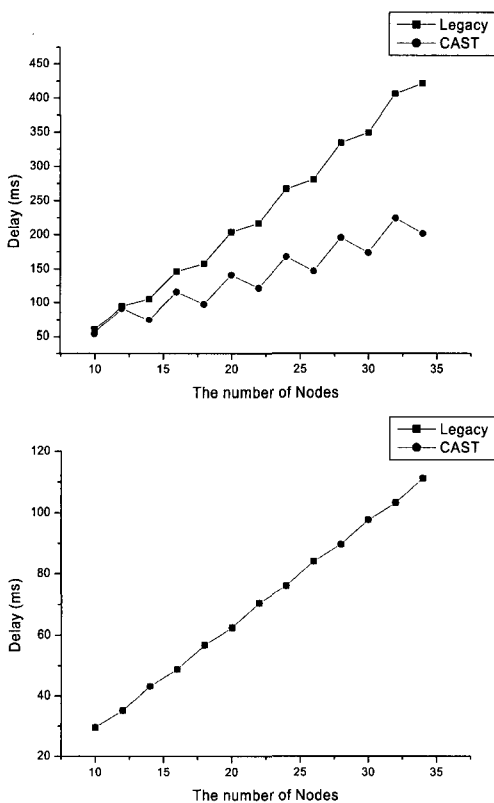


그림 12. 노드 수 증가에 따른 각 트래픽별 중단간 지연시간 분포(상-비동기 트래픽, 하-동기 트래픽)

포 곡선이 그림과 같은 이유는 노드수를 늘릴 때, 브리지를 규칙적으로 분포시켰기 때문이다. 각 횡별로 동기식 이더넷 브리지와 기존 이더넷 브리지를 하나씩 추가하였다. 즉, <그림 8>에서 노드수를 늘릴 때, 각 줄마다 L-R-L-R... 순서로 배치하였다. 이때, 노드수를 2씩 증가시킬 경우, 비동기 패킷이 처음 거치는 브리지의 종류가 교대로 변하게된다. <그림 9>에서는 기존 이더넷 브리지(L09)가 그것이고, 노드 수를 2개 증가할 경우에는 동기식 이더넷 브

리지가 된다. 이때, 동기식 이더넷 브리지에서의 비동기 트래픽은 전체 125usec의 슈퍼프레임 중 마지막 37.5usec동안 전송되므로, 87.5usec동안 지연을 겪게된다.

여기서도 마찬가지로 같은 환경에서 동기 트래픽의 중단간 지연시간 분포 곡선은 기존의 스페닝 트리와 CAST 트리망의 트래픽 전달 경로는 다르지만, 경유하는 홉수는 동일하기 때문에, 비동기 트래픽의 부하가 적은 환경에서는 802.1P와 동기식 이더넷의 성능 차가 거의 없다.

5.2 시나리오 II

시나리오 II에서는 각각의 트래픽이 논리적으로 가장 먼 경로를 통해 전달되도록 망을 구성하여 동기 트래픽의 전송 지연시간을 비교하였다. <그림 13>은 시나리오 II의 망을 도시한 것이다. 그림에서 A와 B는 실제로 매우 인접한 위치에 있음에도 불구하고 실제 전송되는 트래픽의 경로는 가장 먼 거리가 된다. 기존의 스페닝 트리에 의해 생성된 트리망은 <그림 14>와 같다. 기존의 스페닝 트리 알고리즘에서는 브리지 ID가 가장 작은 L01이 루트 브리지가 되어 트리를 구성하기 때문에, R09와 R04는 물리적으로 가장 인접한 위치에 있으나, 논리적으로는 가장 먼 위치에 놓이게 된다. 그러므로, 단말 B에서 단말 A로 향하는 트래픽은 브리지 01를 지나야만 한다.

하지만 CAST는 브리지 동기 트리와 비동기 트리를 각각 생성하여, 단말 B가 전송하는 동기 트래픽은 브리지 03과 브리지 09를 거쳐 단말 A로 전달된다. 그리하여, 기존의 스페닝 트리에서는 논리

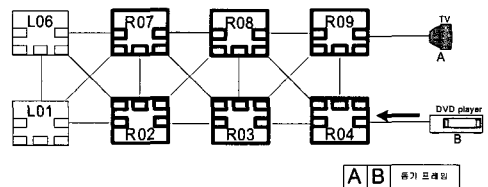


그림 13. 모의 실험 시나리오II

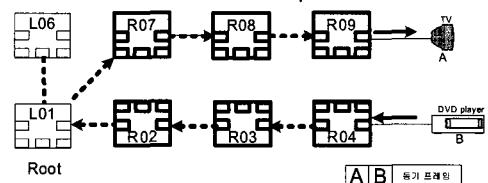


그림 14. 802.1D 스페닝 트리에서의 트래픽 전달 경로

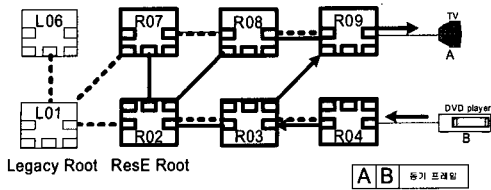


그림 15. CAST 망에서의 트래픽 전달경로

표 3. 모의 실험 파라미터 값

노드 수	8
링크 속도	1Gbps
평균 프레임 길이	700바이트
한 슈퍼프레임 구간 길이	125usec
동기 구간 길이	87.5usec(슈퍼프레임의 70%)
비동기 구간 길이	37.5usec(슈퍼프레임의 30%)
비동기 트래픽	VBR 트래픽
동기 트래픽	CBR 트래픽
동기 트래픽 부하	가변
비동기 트래픽 부하	0.1

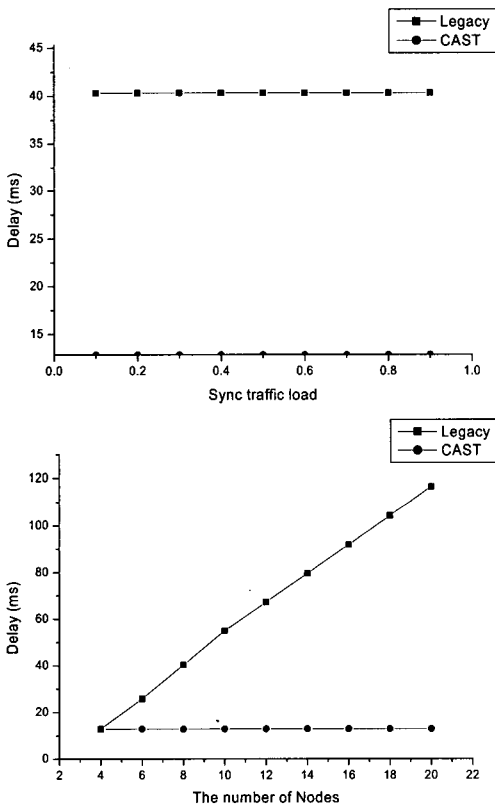


그림 16. 트래픽 부하 증가와 노드 수 증가에 따른 동기 트래픽의 중단간 지연시간 분포

적으로 가장 먼 거리에 위치한 단말 A와 단말 B가 CAST 망에서는 기존의 스페닝 트리에 비해 논리적

으로 매우 가까운 위치에 존재하게 된다.

<그림 16>은 <표 3>과 같은 모의 실험 환경에서, 측정된 동기 트래픽의 중단간 지연시간 분포 곡선을 도기한 것이다.

고정된 비동기 트래픽 부하 환경에서, 동기 트래픽을 증가시킬 경우 기존 방식의 경우 경유하는 브리지의 수가 많으므로, CAST에 비해 큰 지연을 겪게 된다. 또한 고정된 트래픽 부하에 노드수를 증가시킬 경우 역시, CAST에서 보다우수한 성능을 보인다. 이 시나리오에서는 오른쪽으로 동기식 이더넷 브리지만 증가시켰다. 시나리오 II에서 비동기 트래픽에 대한 지연시간 분포는 기존의 스페닝 트리 알고리즘과 CAST에서 각각 동일한 특성을 가진다. 이는 시나리오에서 비동기 트래픽의 경우, 동일한 경로로 전송되기 때문이다.

VI. 결론

IEEE 802.1D 프로토콜에 규정된 스페닝 트리 알고리즘은 브리지의 ID로 루트브리지를 선출하고 이를 중심으로 트리가 형성된다. 이는 브리지의 지원능력을 고려하지 않고 구성된 망이므로 기존의 이더넷 브리지와 동기식 이더넷 브리지가 혼용된 망의 경우, 비동기 트래픽의 심각한 성능 저하를 초래한다.

하지만 802.1D 스페닝 트리 알고리즘을 수정한 CAST에서는 브리지 지원능력별로 서로 다른 루트브리지를 선출하여, 두 개의 트리를 구성하기 때문에 각각의 트래픽이 최적의 경로로 전달될 수 있다. 즉, 동기 트래픽은 동기 트리를 거쳐 전달되도록 하고, 비동기 트래픽은 기존의 비동기 트리를 거쳐 전달되도록 함으로써, 동기 트래픽의 경우는 대해 대역을 보장받으면서 전달될 수 있도록 하고, 비동기 트래픽은 동기 트래픽의 영향을 받지 않고 전달될 수 있다. 이는 높은 트래픽 부하나 다수의 브리지로 구성된 망일 때, 기존 방식에 비해 향상된 성능을 보인다.

또한 이러한 CAST 알고리즘은 BPDU 전송 주기가 동일하고, 기존의 BPDU의 flag 옵션을 일부 수정하여 사용하기 때문에 IEEE 802.1w와 같은 Rapid spanning tree protocol(RSTP)에서도 적용가능하다.

참고 문헌

[1] IEEE 802.3 Residential Ethernet Study Group, http://www.ieee802.org/3/re_study/.

- [2] IEEE 802.1D, Standard for local and metropolitan area networks: media access control (MAC) bridges, 1998.
- [3] Elias Keshishoglou, Nathan Yeakel, Alexei Beliaev, Shri Arora, "Synchronous Ethernet Specification Draft v0.39", Nov. 2003.
- [4] SIMULA, available at <http://www.volny.cz/petrmovak/cim>.
- [5] 장유정, 이성태, 윤종호, "트랜스페어런트 브리지에서의 스패닝 트리 알고리즘의 분석", 한국통신학회논문지, 제 13권 1호, 1994년 2월.
- [6] Sylvain Dahan, "Distributed Spanning Tree Algorithm for Large Scale Traversals," *Proceeding of the 11th International Conference*, vol 1, July.2005.
- [7] Marc Lee, Vincent W.S.Wong, "An energy-Aware Spanning Tree Algorithm for Data Aggregation in Wireless Sensor Networks," *PACRIM IEEE Pacific Rim Conference, Communications, Computers and signal Processing*, Aug. 2005.
- [8] O. W. W. Yang, "Two-centre tree topologies for metropolitan area networks," *IEEE Proc. Commun.*, vol. 141, Aug. 1994.

윤 종 호 (Chong-Ho Yoon)

중신회원



1984년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1986년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)

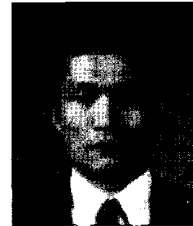
1990년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사)

1991년 9월~현재 한국항공대학교 항공전자정보통신공학부 교수

<관심분야> 유무선통신망 설계 및 성능분석

임 재 명 (Jae-Myung Lim)

준회원



1981년 2월 한양대학교 전자공학 학사

1983년 9월 한양대학교 전자공학과 공학석사

2001년 3월 항공대학교 통신정보공학과 박사과정

2000년 11월~현재 한국정보보

호진흥원 스팸대응팀 팀장

<관심분야> 정보회역기능 (해킹, 바이러스, 스팸)

구 도 정 (Do-jung Koo)

학생회원



2002년 2월 한국항공대학교 항공전자공학과 공학사

2003년 8월 한국항공대학교 통신정보공학과 공학석사

2003년 8월~현재 한국항공대학교 통신정보공학과 박사과정

<관심분야> Wireless LAN, Wibro,

Metro Ethernet, Real-time-Multimedia Service.