

MPLS망에서 멀티캐스트 프로토콜의 시뮬레이션 분석

염태호, 최덕규

아주대학교 정보통신 전문대학원

yth72@madang.ajou.ac.kr, dkchoi@madang.ajou.ac.kr

A Simulation Analysis of a Multicast Protocol in MPLS Networks

T.H. Yeam, D.K. Choi

Graduate School of Information and Communication, Ajou Univ.

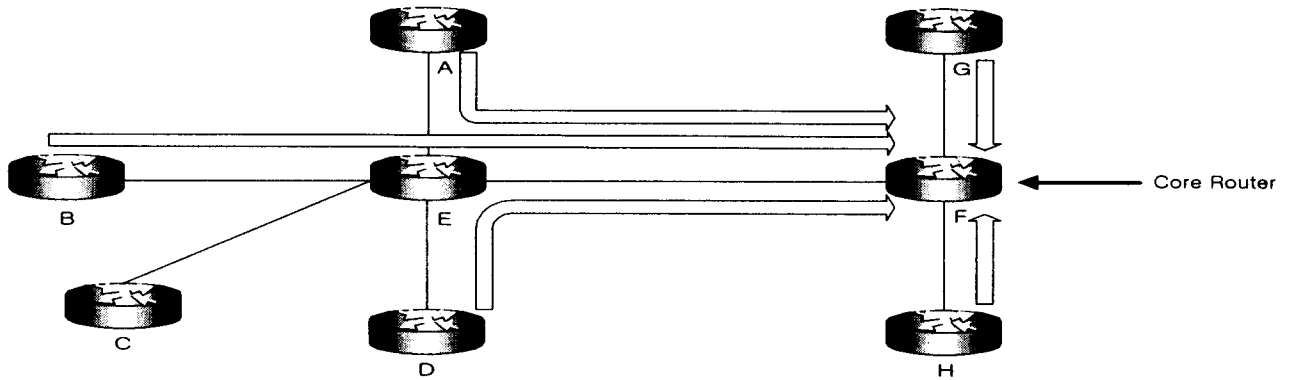
Abstract

MPLS는 현재 인터넷에서 전송지연, QoS, CoS와 같은 문제점을 3계층 스위칭 기법을 통하여 해결하기 위한 차세대 인터넷 프로토콜이다. 한편, 2계층과 3계층의 특성을 동시에 수용하는 MPLS는 CBT 멀티캐스트 프로토콜을 적용할 때 트래픽이 집중하게 된다. 이는 MPLS가 갖는 트래픽 엔지니어링의 장점을 제공하지 못한다. 따라서 본 논문에서는 트래픽의 집중을 분산시키는 알고리즘을 제안하고 시뮬레이션을 통하여 분석한다.

1. 서론

인터넷은 3계층에서 라우팅을 통해 데이터를 전송한다. 각각의 라우터는 데이터를 전송 받으면 데이터 패킷의 헤더에 있는 목적지 주소를 해석하여 최단거리를 계산 한 후 다음 라우터로 전송한다. 따라서 라우팅 테이블 검색이나 최단 경로 산정에 따른 데이터의 지연, 트래픽의 집중에 따른 망의 과부하등, 차별화 된 데이터 전송능력을 지원하는 QoS(Quality of Service), CoS(Class of Service)와 같은 문제점들이 발생한다. 기존의 문제점들을 해결하고자 IP over ATM, MPOA (Multi - Protocol over ATM), Ipsilon, Toshiba의 Cell switching, IBM의 ARIS, Cisco의 Tag

switching등이 제시되었고 현재는 IETF에서 MPLS(Multi-Protocol Label Switching)를 차세대 인터넷망에 적용하고자 표준화 작업중이다.[3],[7] MPLS 망에서 유니캐스트 통신의 경우는 LSP(Label Switching Path)의 설정 혹은 Label의 할당에서 문제점이 발생하지 않는다. 그러나 멀티캐스트 통신에서는 기존의 IP망에서 사용되는 멀티캐스트 프로토콜의 적용 시 몇 가지 문제점이 발생한다. 특히 CBT(Core Based Tree) 프로토콜을 MPLS 망에 적용하게 되면 트래픽이 Core 노드로 집중하게 된다. 따라서 MPLS의 장점인 트래픽의 분산을 통한 효율적인 망 자원의 활용이 불가능하다. 본 논문에서는 위와 같은 문제점을 해결하기 위하여 MPLS망에서 CBT를 이용하여



<그림 1> IP 망에서의 CBT 프로토콜

멀티캐스트 LSP를 성립할 때 모든 트래픽이 Core 노드까지 전달되지 않고도 멀티캐스트를 구현할 수 있는 프로토콜을 제안하고, 이를 시뮬레이션을 통하여 분석한다.

2. IP와 MPLS망에서의 멀티캐스트

2.1. IP망에서의 CBT 프로토콜

하나의 CBT 공유 트리(shared tree)는 하나의 코아(Core) 노드를 가지고 구성된다. 소스로 구성된 트리(Source-based tree)는 각각의 소스(source)노드와 멀티캐스트 대상이 되는 그룹에 해당하는 노드들로 구성되는 반면에 CBT에서는 모든 소스 노드들과 멀티캐스트 그룹 노드들이 하나의 트리를 공유한다[1],[2].

<그림 1>에서는 라우터 "F"를 코아(Core) 노드로 갖는 IP망에서의 CBT의 구성을 보여준다. 화살표는 공유 트리를 구성하기 위한 CBT의 JOIN_REQUEST 메시지 흐름을 나타내며 코아 라우터로부터 JOIN_ACK 메시지를 받음으로써 공유 트리(*, M)는 구성된다. 멀티캐스트 그룹 M은 라우터 {A, B, D, G, H}의 집합이다.

기존의 멀티캐스트 그룹에 참여하고자 하는 라우터는 코아 라우터, 혹은 참여하고자 하는 멀티캐스트 그룹 내의 라우터로부터 JOIN_ACK 메시지를 받음으로써 그룹에 참여한다. 따라서 CBT는 단순성, 확장성이 우수한 프로토콜이다.

그러나 CBT프로토콜은 세 가지 중요한 단점들이 있다. 첫째는, 하나의 라우터에 모든 멀티캐스트 정보가 집중되므로 코아 라우터의 장애 시 복구기가 쉽지 않다. 둘째로, 모든 코아 라우터부터의 멀티캐스트 그룹까지의 경로는 최단거리가 아닐 수도 있다. 마지막 문제점은 코아 라우터로 트래픽의 집중이다.

2.2. MPLS에서의 멀티캐스트

IP망에서 유니캐스트 전송은 최단거리 알고리즘을 사용하여 경로를 산정하기 때문에 트래픽의 집중을 피할 수 없다. 그러나 MPLS에서는 CR-LDP (Constraint - based Routing Label Distribution Protocol)이나 RSVP (ReSerVation Protocol)을 통하여 트래픽을 분산하여 전체 네트워크 자원을 효율적으로 활용할 수 있다.[6]

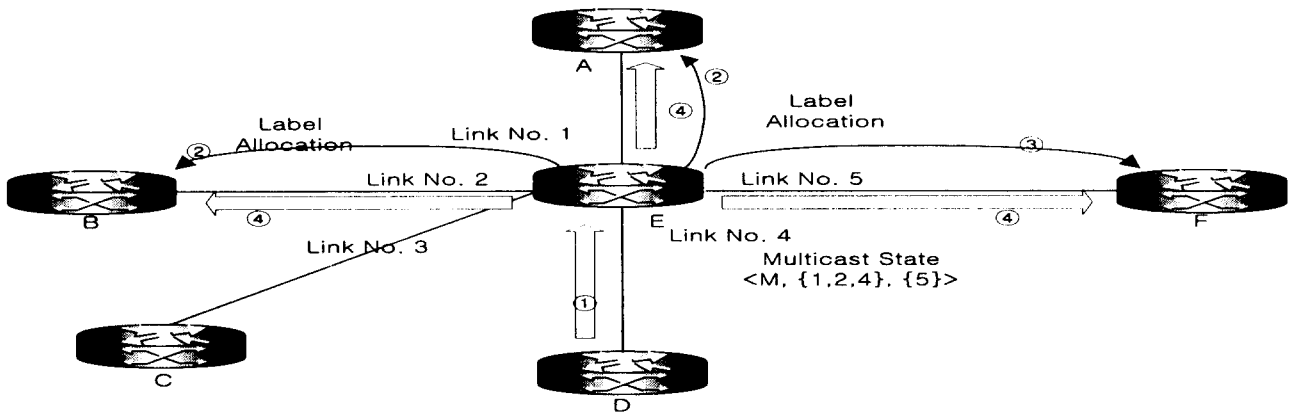
그러나 MPLS에서 멀티캐스트 트리의 구성은 유니캐스트 전송과 달리 IP망에서 사용하는 멀티캐스트 프로토콜을 이용하여 구성된다. IP망에서 멀티캐스트 프로토콜들은 DVMRP (Distance

Vector Multicast Routing Protocol), MOSPF (Multicast Open Shortest Path Fast), PIM-DM(Protocol Independent Multicast-Dense Mode) 와 같은 Dense모드의 프로토콜과, CBT(Core Based Tree), PIM-SM(Protocol Independent Multicast - Sparse Mode)등의 Sparse모드 프로토콜로 구분된다[4]. 이중 CBT 프로토콜을 MPLS 망에 적용 시 가장 큰 문제는 코어 라우터로 트래픽 집중하는 것이다. <그림 1>에서 소스 라우터를 "D"로 갖는 공유 트리가 MPLS로 그대로 적용된다고 가정해 보자. 멀티캐스트 그룹 "M" 중 라우터 "A", "B"로 진행되는 트래픽은 반드시 코어 라우터 "F"로부터 라우터 "E"를 거쳐서 전달된다. 따라서 라우터 "F"와

점으로 보았을 때 Topology driven방식이 아닌 Traffic driven방식이다.[6]

첫째 단계에서는 각각의 라우터는 IGMP(Internet Group Management Protocol) Join 메시지, CBT Join_Request메시지, 혹은 Join_Ack 메시지에 대하여 어떠한 LSP 레이블을 할당하지 않고 멀티캐스트의 천이 상태 <Group, Incoming Interface, Outgoing Interface>를 포워딩 캐쉬에 저장해 놓는다. 둘째 단계에서 공유트리상의 하나의 라우터가 멀티캐스트 그룹에 대하여 데이터를 전송하고자 하면 다음과 같은 순서를 따른다.

① 멀티캐스트 포워딩 캐쉬에 저장된 천이 상태에서 데이터가 전달된 incoming interface 이외의 또 다른 incoming interface의 여부 확인



<그림 2> MPLS 라우터에서의 MCBT 프로토콜 동작 예

"E" 사이의 링크는 최단 경로 설정에서는 전달되지 않아도 될 데이터가 전달된다.

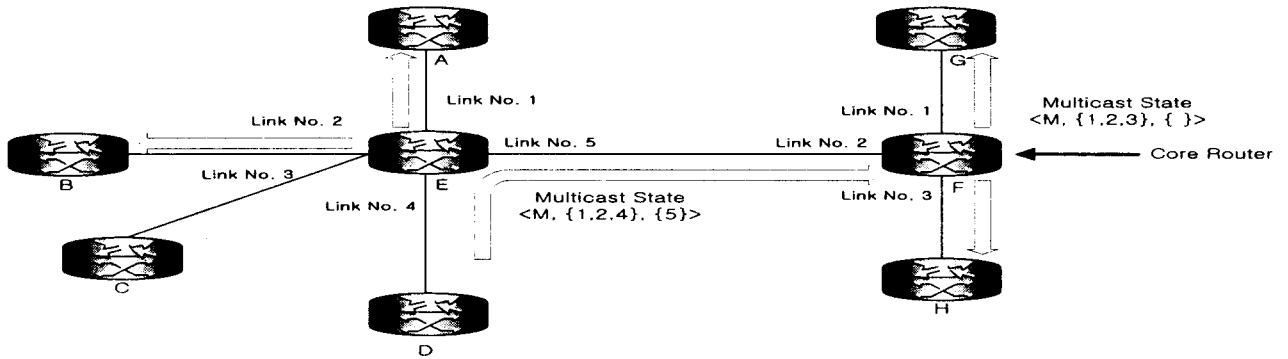
3. MCBT 프로토콜 (Modified CBT)

제안하는 프로토콜은 크게 두 가지 단계로 구분된다. 첫째는 3계층에서 CBT를 이용하여 트리를 구성하는 단계이며, 둘째 단계는 소스 라우터에서 이미 구성된 트리를 통해 전송할 멀티캐스트 데이터가 전송되었을 때 레이블을 할당하여 LSP를 설정하는 단계다. 따라서 이 방법은 LSP성립의 관

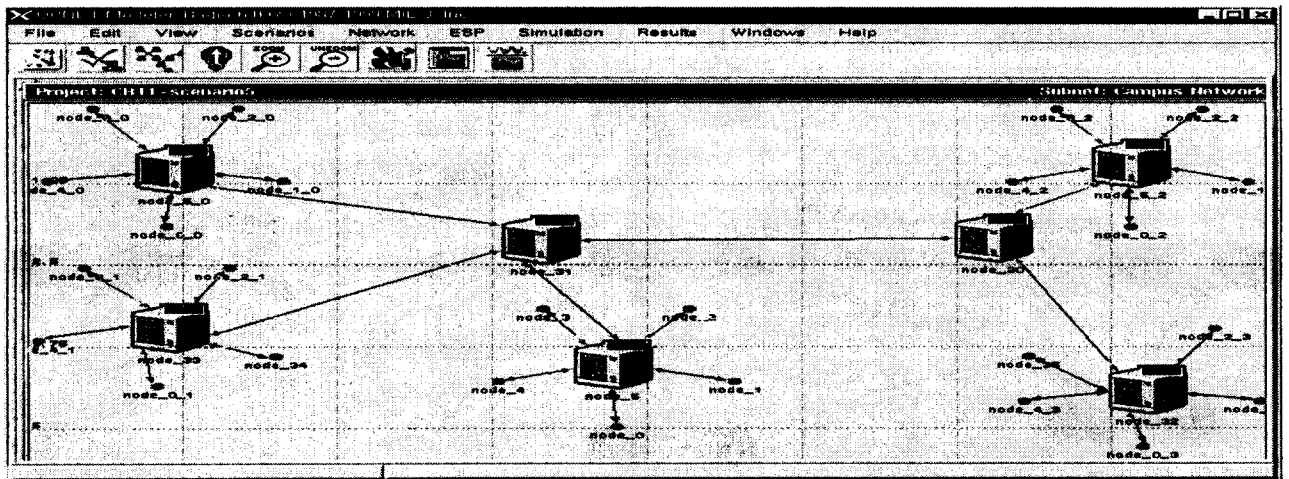
- ② 검색 후 멀티캐스트 데이터가 전달된 incoming interface를 제외한 나머지 incoming interface로 레이블 할당
- ③ 천이 상태에서 outgoing interface로 레이블 할당
- ④ 할당된 레이블을 이용하여 멀티캐스트 데이터 전송
- ⑤ 첫째 멀티캐스트 데이터 이후에 전송되는 데이터는 이미 할당된 레이블을 사용하여 전송한다.

만일, <Group, incoming interface, outgoing interface>의 천이상태에서 incoming interface와 outgoing interface가 하나씩만 존재하는 경우에는 ②를 생략하고 ③,④를 진행한다.

였다. 외각에 위치한 각 라우터들은 5개씩의 종단 워크스테이션들로부터 IGMP(Internet Group Management Protocol)를 이용하여 멀티캐스트 그룹에 조인(Join)하게 된다.



<그림 3> MCBT를 이용한 멀티캐스트 데이터 포워딩



<그림 4> CBT와 MCBT 프로토콜의 시뮬레이션 네트워크

<그림 2>에서는 제안하는 프로토콜 동작 예를 설명하고 있으며 라우터 "D" 가 소스, 라우터 "F" 가 코어 라우터로 가정하였다. 제안하는 방법으로 <그림 1>의 경우를 적용하면 실제의 멀티캐스트 데이터 전송은 <그림 3>과 같이 이루어진다. 따라서 제안하는 방법은 IP망에서 있었던 라우터 "E"와 "F"사이의 트래픽의 집중을 막을 수 있다.

4. 시뮬레이션

시뮬레이션은 <그림 4>의 네트워크에서 실행하

종단에 위치한 워크스테이션들은 멀티캐스트 패킷을 발생하며 하나의 워크스테이션에서 패킷을 발생하는 시간 간격은 지수함수 분포를 따른다.

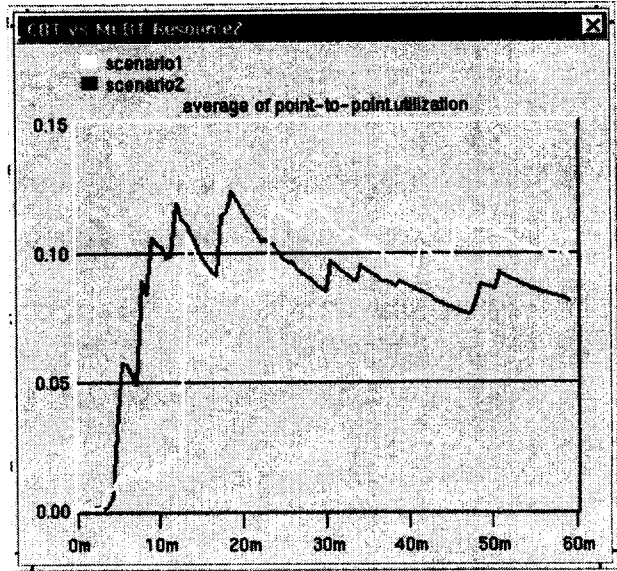
<그림 4>에서 node_33에 연결된 다섯 개의 워크스테이션들은 멀티캐스트에 참여하지 않는 것으로 가정하였다. 따라서 공유트리는 node_5_0, node_31, node_5, node_30, node_5_2, node_32를 포함한다.

시나리오 1에서는 CBT프로토콜을 사용하여 데

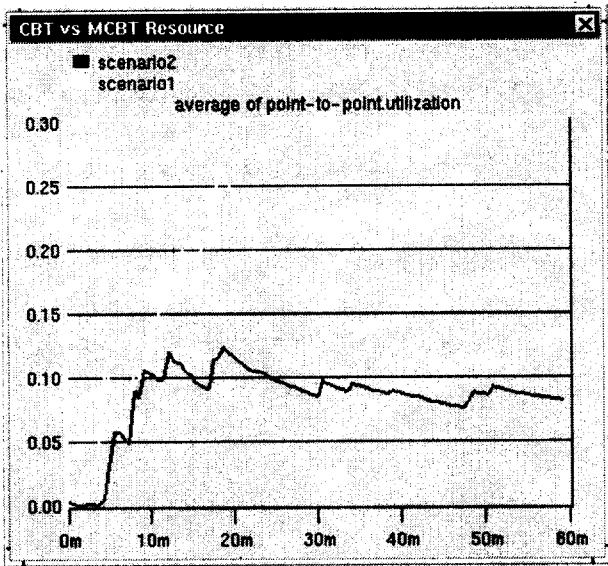
이터를 전송하였고 시나리오 2에서는 MCBT를 사용한다.

각 시나리오에서 시뮬레이션 시간은 60분을 설정하고 모든 워크스테이션에서 생성되는 패킷의 길이는 동일하다고 가정한다. 결과 그래프에서 X축은 시뮬레이션 시간을, Y축은 사용률(Utilization)이나 단위 시간당 수신한 비트수(bit/sec)를 나타낸다.

시뮬레이션의 결과는 <그림 4> 네트워크에서 중앙에 위치한 두 개의 라우터간 트래픽 량이 각 시나리오에서 변화하는 량을 예측한다.

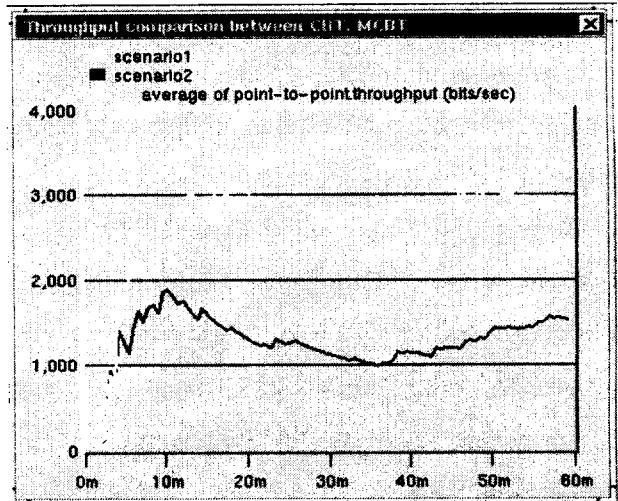


<그림 6> 외각 노드의 링크 이용률 비교



<그림 5> CBT와 MCBT의 링크 이용률 비교

<그림 5>에서는 node_31과 node_30사이의 멀티캐스트 트래픽에 의한 링크 사용률(utilization)이 시나리오 2(MCBT)에서 감소됨을 보여준다. <그림 6>에서는 코아노드가 아닌 다른 방향(node_5_0)의 링크 이용률을 나타낸다. 이때하나의 링크로 집중하는 트래픽을 분산시키지 않고 그중 불필요한 트래픽을 방지하는 방법을 사용하였기 때문에 node_5_0과 node_31사이의 사용률은 크게 변화가 하지 않는다.



<그림 7> CBT와 MCBT의 Throughput 비교

<그림 7>은 트래픽이 집중되는 링크에서 성능(Throughput : bit/sec)을 시나리오별로 비교한 그래프다. 사용률과 마찬가지로 CBT에서 많은 량의 트래픽이 링크상에 자원을 소모함을 나타낸다.

5. 결론

본 연구에서는 CBT 프로토콜을 MPLS멀티캐스트에 적용하였을 때 코아 라우터로의 트래픽 집중 현상을 해결하기 위한 MCBT프로토콜을 제안했

다. 시뮬레이션 결과 MCBT는 CBT에 비하여 트래픽의 집중을 방지하고 멀티캐스트 트래픽에 의한 링크 사용률을 감소한다. 따라서 감소된 만큼의 사용률은 여분의 네트워크 자원으로 사용될 수 있다. 그러나 실시한 시뮬레이션 환경은 네트워크 구조와 트래픽이 너무 간단하였으며, 좀더 정확한 분석을 위해서는 [5]와 같은 여러 가지 종류의 네트워크 구조를 통한 다양한 종류의 트래픽 전송을 시뮬레이션을 하는 것이 필요할 것이다.

<http://www.miredespa.com/canaries/mpls/drafts/index.html>

[7] Marcus Goncalves , Kitty Niles "IP MULTICASTING", McGrawHill, 1999.

6. 참고문헌

- [1] A. Ballardie, "Core Based Trees (CBT version 2) Multicast Routing", RFC-2189, Sept. 1997, available at http://www.secs.oakland.edu/SECS_labs/multimedialab/reference_library/rfc2189.txt
- [2] A. Ballardie, "Core Based Trees(CBT) Multicast Routing Architecture", RFC-2201, Sept. 1997. available at <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2201.html>
- [3] Christopher Y. Metz, "IP Switching", McGrawHill, 1999.
- [4] D. Ooms, W. Livens, "Framework for IP Multicast in MPLS", draft-ietf-mpls-multicast-00.txt, June 1999, available at <http://www.miredespa.com/canaries/mpls/drafts/index.html>
- [5] J. Bibb Cain, Tom Billharz, "Performance and Resource Cost Comparisons for the CBT and PIM Multicast Routing Protocols", IEEE JSAC, Vol 15, No 3, April 1997. pp 304~315.
- [6] Loa Andersson, "LDP Specification", draft-ietf-mpls-ldp-06.txt, Oct. 1999, available at