creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000264577
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2015년 2월

박사학위논문

MPLS 기반 IPTV 전송 고성능화를 위한 멀티캐스트 프로토콜 연구

A Study on Multicast Protocols for Achieving High Performance in MPLS Based IPTV Transmission

조선대학교 대학원

정보통신공학과

황 성 규

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

MPLS 기반 IPTV 전송 고성능화를 위한 멀티캐스트 프로토콜 연구

A Study on Multicast Protocols for Achieving High Performance in MPLS Based IPTV Transmission

2015년 2월 25일

조선대학교 대학원

정보통신공학과

황 성 규

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

MPLS 기반 IPTV 전송 고성능화를 위한 멀티캐스트 프로토콜 연구

지도교수 한 승 조

이 논문을 공학박사학위신청 논문으로 제출함

2014년 10월

조선대학교 대학원

정보통신공학과

황 성 규

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

황성규의 박사학위논문을 인준함

위원장	목포대학교	교 수	서 재 현 印
위 원	조선대학교	교 수	김 영 식 印
위 원	조선대학교	교 수	권 구 락 印
위 원	조선대학교	교 수	변 재 영 印
위 원	조선대학교	교 수	한 승 조 印

2014년 12월

조선대학교 대학원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

ABSTRACT ····· ix

제 1 장 서 론 ····· 1

제 2 장 관련연구 ····· 3

제 1 절 MPLS ····· 3

1. MPLS Architecture ····· 4
2. MPLS 구성 ····· 8
3. 라벨 위치 ····· 10
4. MPLS 전송과정 ····· 11

제 2 절 전송 고성능화 QoS ····· 12

1. QoS 배경 ····· 12
2. QoS 품질요소 ····· 13
3. QoS 보장방안 ····· 18
4. QoS 보장기술 ····· 21

제 3 장 MPLS 기반 IPTV 전송 고성능화를 위한 멀티캐스트 프로토콜 ····· 24

제 1 절 MPLS 전송 정책 설정 ····· 24

1. MPLS 헤더 구조 ····· 24

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. MPLS 패킷 전송시 헤더 구조 ····· 25
3. MPLS QoS ····· 26
4. MPLS 전송 정책 설정 ····· 28
제 2 절 MPLS 전송 정책 설정 고성능화 분석 ····· 31
1. 전송 정책 설정 고성능화 시뮬레이션 ····· 31
2. 전송 정책 설정 고성능화 시뮬레이션 분석 ····· 37
제 3 절 멀티캐스트 분석과 설계 ····· 42
1. 멀티캐스트 프로토콜 분류 ····· 42
2. 주요 멀티캐스트 프로토콜 분석 ····· 48
3. IPTV 전송 고성능화를 위한 멀티캐스트 설계 ····· 57
제 4 절 기존 연구 IPTV 전송 멀티캐스트 분석 ····· 59
1. 전송방식 개선을 통한 품질 보장 연구 ····· 59
2. 멀티캐스트 알고리즘 개선으로 전송지연시간 정량화 연구 60
3. 채널 전환시간 라우팅 기술 개선으로 지연시간 제거 연구 61
4. 멀티캐스팅 그룹 병합 방식 개선으로 대역폭 확보 연구 ·· 62
제 5 절 멀티캐스트 실험 분석 ····· 63
1. L3 - L3 구간 링크 환경에서 실험 분석 ····· 63
2. L3 - L2 구간 링크 환경에서 실험 분석 ····· 75
3. PIM-SM 선정 기법 ····· 98

제 4 장 멀티캐스트 프로토콜의 선택적 운용으로 개선된 사례 ····· 100

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 1 절 L3 - L2 환경에서 발생되는 문제점 현장사례 ·· 100
1. 현장사례 ····· 100
제 2 절 PIM-SM 선정기법으로 문제점 해결 ····· 102

제 5 장 결 론 ····· 104

참 고 문 헌 ····· 106

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

표 2-1. 지연과 관련된 Codec 표준 ····· 15
표 2-2. 인터넷전화 QoS 기준요소 ····· 17
표 2-3. IntServ 모델과 DiffServ 모델의 비교 ····· 20
표 3-1. EXP 3Bit Value ····· 27
표 3-2. 주요 멀티캐스팅 프로토콜 비교 ····· 56
표 3-3. 멀티캐스트 측정값 ····· 65
표 3-4. 송신자기반 트리방식 비교 ····· 72
표 3-5. 그룹공유기반 트리방식 비교 ····· 73
표 3-6. L3 - L3 구간 네트워크 환경에 따른 선택프로토콜 비교 74
표 3-7. 멀티캐스트 측정값 ····· 77
표 3-8. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 비교 ····· 84
표 3-9. L3 - L2 구간 네트워크 환경에 따른 선택프로토콜 비교 85
표 3-10. 멀티캐스트 측정값 ····· 88
표 3-11. 송신자기반 트리방식 비교 ····· 95
표 3-12. 그룹공유기반 트리방식 비교 ····· 96
표 3-13. L3-L2 구간 네트워크 환경에 따른 선택프로토콜 비교 · 97

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

도 목 차

그림 2-1. MPLS 라벨링 정보교환 ····· 4
그림 2-2. MPLS 구성 ····· 7
그림 2-3. 라벨 헤더 포멧 ····· 9
그림 2-4. 복수개의 라벨 헤더 포멧 ····· 9
그림 2-5. 라벨 위치 ····· 10
그림 2-6. ATM 라벨 위치 ····· 10
그림 2-7. 라벨을 이용한 IP 패킷 전송 ····· 11
그림 2-8. IntServ 서비스 분류 ····· 18
그림 2-9. DiffServ 서비스 ····· 19
그림 3-1. MPLS 헤더 구조 ····· 24
그림 3-2. MPLS 패킷 전송시 헤더 구조 ····· 25
그림 3-3. 3-클래스 Re-marking 다이어그램 ····· 28
그림 3-4. 패킷별 MPLS 5-class 정책 다이어그램 ····· 29
그림 3-5. MPLS 헤더 포멧 ····· 29
그림 3-6. OpenFlow v.11의 플로우 테이블 내용과 헤더정보 ····· 30
그림 3-7. GNS3를 통한 MPLS의 논리적 구현 ····· 31
그림 3-8. 멀티미디어 전송과정 ····· 32
그림 3-9. R9, 5 전송 패킷 MPLS EXP값 5 확인 ····· 33
그림 3-10. R3, 1, 6 전송 패킷 MPLS EXP값 5 확인 ····· 34
그림 3-11. R9, 5 전송 패킷 MPLS EXP값 0 확인 ····· 35
그림 3-12. R3, 1, 6 전송 패킷 MPLS EXP값 0 확인 ····· 36

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 3-13. EXP=0, 5의 트래픽 전송결과(처리율) ····· 37
그림 3-14. EXP=5의 응답 시간결과(지연, 성능) ····· 38
그림 3-15. EXP=0의 응답 시간결과(지연, 성능) ····· 38
그림 3-16. WFQ Queuing 지연 평균시간 ····· 40
그림 3-17. WFQ Buffer 사용율의 평균값 ····· 40
그림 3-18. 멀티캐스트 동작 ····· 43
그림 3-19. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 트리 분류 ····· 45
그림 3-20. 송신자기반 트리 ····· 46
그림 3-21. 그룹공유기반 트리 ····· 47
그림 3-22. DVMRP 동작과정 ····· 48
그림 3-23. MOSPF 동작과정 ····· 49
그림 3-24. PIM-DM 동작과정 ····· 51
그림 3-25. PIM-SM 동작과정 ····· 53
그림 3-26. CBT 동작과정 ····· 55
그림 3-27. 전송방식 개선을 통한 품질보장 ····· 59
그림 3-28. Flood & 프룬 동작 ····· 60
그림 3-29. IGMP (Multicast 멤버쉽 정보 송수신) ····· 62
그림 3-30. L3-L3 구간 링크 멀티캐스트 실험 구성도 ····· 63
그림 3-31. L3 구간 링크 멀티캐스트 지연분석(Bc환경) ····· 64
그림 3-32. L3 구간 링크 멀티캐스트 지연분석(Be환경) ····· 66
그림 3-33. L3 구간 링크 멀티캐스트 처리율분석(Bc환경) ····· 67
그림 3-34. L3 구간 링크 멀티캐스트 처리율분석(Be환경) ····· 68
그림 3-35. L3 구간 링크 멀티캐스트 네트워크 부하분석(Bc환경)69

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 3-36. L3 구간 링크 멀티캐스트 네트워크 부하분석(Be환경)70
그림 3-37. L3 구간 링크 멀티캐스트 지터분석 ····· 71
그림 3-38. L3-L2 구간 링크 환경 멀티캐스트 실험 구성도 ····· 75
그림 3-39. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 지연 비교분석(Bc환경) 76
그림 3-40. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 지연 비교분석(Be환경) 78
그림 3-41. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 처리율분석(Bc환경) ····· 79
그림 3-42. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 처리율분석(Be환경) ····· 80
그림 3-43. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 네트워크부하(Bc환경) ·· 81
그림 3-44. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 네트워크부하(Be환경) ·· 82
그림 3-45. L3 구간과 L2 링크 멀티캐스트 지터 분석 ····· 83
그림 3-46. 멀티캐스트 프로토콜+IGMP의 지연분석(Bc환경) ····· 87
그림 3-47. 멀티캐스트 프로토콜+IGMP의 지연분석(Be환경) ····· 89
그림 3-48. 멀티캐스트 프로토콜+IGMP의 처리율(Bc환경) ····· 90
그림 3-49. 멀티캐스트 프로토콜+IGMP의 처리율(Be환경) ····· 91
그림 3-50. 멀티캐스트 프로토콜+IGMP의 네트워크부하(Bc환경) 92
그림 3-51. 멀티캐스트 프로토콜+IGMP의 네트워크부하(Be환경) 93
그림 3-52. 멀티캐스트 프로토콜+IGMP의 지터분석 ····· 94
그림 3-53. RP Diagram ····· 98
그림 4-1. Multicast 사용으로 발생되는 사례 ····· 101
그림 4-2. PIM-SM으로 문제점 해결 사례 ····· 102

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

A Study on Multicast Protocols for Achieving High Performance in MPLS Based IPTV Transmission

Hwang, Seong-Kyu
Advisor : Prof. Han, Seung-Jo Ph.D
Department of Info. & Comm. Engineering,
Graduate School of Chosun University

Unlike the Broadcast Method, IP multicasting is a very useful technology for the processing of large amounts of data on the network; such as the image data used for a particular group, because it reduces the load of the entire traffic and minimizes the influences on other networks and data transmissions when the network is formed by transmitting to a specific group using the same application.

The existing research on multicasting mainly consists of studies of: bandwidth efficiency and the guarantee of real time video quality by improving the transmission method, the multicast algorism supplement and adding functions to supplement the shortcomings of each multicast protocol, improving the shortcomings such as the tree formation of the flooding and prune method, and channel diversion routing technology for solving the problems of the

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

channel diversion time when the channel is diverted for guaranteeing the maximum service quality.

The multicast protocol is largely divided into the transmitter based tree method and the group share based tree method, and they are used differently according to each situation, thus different multicast protocols have diverse advantages and disadvantages and usages at the L3 section. However, when real-time data is transmitted to the LAN environment of the L2 formation, problems occur where all the unwanted devices with VLAN information at the given bandwidth receive the real-time data. In the case of this occurring at the STP loop at the given VLAN, problems which have fatal influences on the entire network will occur.

To solve the problems facing diverse multicast protocols, the PIM-SM method was the optimal protocol, which is the very RP selection method.

This method consists of setting the RP at the core router of the router and the IGMP snooping function at the L2 section of the router. By setting it in this way, it is able to prevent the problem of all devices receiving the real-time data unnecessarily.

With the selective operation of the multicast protocol at the L3-L2 section, the real-time server can transmit the wanted real-time data to the wanted terminal or group address through the LAN of the existing L2 section and reduce the load when transmitting to the router. The network load is reduced with maximum efficiency, because only the related group can be managed and transmitted and the whole network load can be minimized. Also, the investment cost reduction was achieved by using fewer circuits due to the reduction of bandwidth use.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 1 장 서 론

최근 통신시장의 기술 발전으로 M2M, IoT (internet of things) 그리고 기가급 무선전송 5G 기술 등이 등장하고 있다. 향후 모바일 인터넷과 정보가전에 대한 수요는 증가 될 것으로 전망되어, IP기술과 다양한 QoS (Quality of Service) 기술로 인터넷 사용자들의 새로운 욕구를 충족시키는 기술로 발전하고 있다.

인터넷을 통한 실시간 통신과 멀티미디어 대용량 데이터의 응용서비스 다양화로 접속속도의 고속화를 요구하고, 실시간 고속 접속 서비스 증가에 따른 인터넷 트래픽이 급격하게 증가하고 있는 반면 인터넷 서비스품질이 보장되지 않고 있다. ISP (internet service provider)는 사용자의 요구에 망 확장과 품질을 향상시켜야 하는 상황이다. 이러한 요구는 단순히 대역폭 확장과 더불어 라우터 증가와 라우팅 테이블 수의 증가에 중점을 둔 망의 확장성에는 문제가 포함 된다 [1].

스마트폰을 비롯하여 다양한 정보통신기기와 멀티미디어 애플리케이션 사용 증가로 대역폭 등 자원효율화를 이루는 기술과 전송품질을 필요로 한다. IPTV전송 방법에는 동일 내용을 수신자 수만큼 프레임을 복사하고 목적지 주소를 바꾼 후 적용되는 라우터 기법에 따라 목적지로 전송하는 IP helper 방식과 라우터가 이미 알고 있는 목적지 인터페이스로 수신자 수만큼 프레임을 복사하여 각각 포워딩하는 멀티캐스트 방식이 있다. 멀티캐스트 방식은 IP helper 방식에 비해 프레임 재구성 및 최적의 라우터 결정과정이 없으므로 라우터의 프로세싱 부하를 줄일 수 있다 [2].

멀티캐스트 프로토콜의 종류는 크게 송신자기반 트리방식과 그룹 공유방식이 있다. 멀티캐스트 자체만으로 대역폭 및 자원을 효율적으로 이용할 있으나 멀티캐스트 프로토콜을 망의 특성과 프로토콜 특성에 따라 IPTV 전송에 적용하여 고성능화를 이룰 수 있도록 멀티캐스트를 분류하고 분류별 문제점을 분석한다.

전통적인 IP 라우팅은 layer 3 라우팅 정보를 교환하여 전달할 때 목적지 주소만을 참조하며 목적지 기반 경로 검색 과정이 모든 홉에서 필요하다. 따라서 모든 라우터는 전체 인터넷 라우팅 정보인 약 12만 여개의 경로 정보를 필요로 할 수 있

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다. 따라서 라우터는 이러한 폭주에 따라 트래픽 부하를 분산 할 수 있는 환경 구성이 필요하다. 대용량 멀티미디어 전송의 QoS 보장과 하드웨어적 고속 스위칭을 위해 라벨 패킷 전달방식인 MPLS 환경 구성이 필요하다 [3].

MPLS 환경의 네트워크 토폴로지를 L3-L3구간의 환경과 L3-L2구간의 환경으로 나누어 실험한다. L3구간 환경에서 QoS가 우수한 멀티캐스트 프로토콜을 선택하여 적용 하더라도 L3 - L2의 LAN구간과 링크를 이루면 QoS 변화가 일어난다. L2의 LAN 구간에서 멀티캐스트 데이터를 요구하지 않는 단말에 멀티캐스트 데이터가 전송됨으로 대역폭 점유와 혼잡이 발생된다.

본 논문의 2장에서는 MPLS와 전송 고성능화 QoS에 대한 논의하고, 3장에서는 MPLS 기반 IPTV 전송 고성능화를 멀티캐스트 프로토콜 적용으로 구현하기 위해 기존 연구 방식을 분석하고 멀티캐스트 프로토콜을 실험 분석 한다. 4장에서는 멀티캐스트 프로토콜의 선택적 운용으로 개선된 현장 사례를 알아보고 5장에서 결론을 제시한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 장 관련연구

제 1 절 MPLS

MPLS는 한정된 망 자원을 이용하여 동적으로 바뀌는 IP 트래픽을 효과적으로 처리할 수 있고 가입자에게 QoS를 차별적으로 지원할 수 있는 IP 트래픽 엔지니어링 기술이다 [4].

비연결형으로 동작하는 IP망에서 논리적 채널 LSP (label swtiching path)로 구성하여 연결형으로 동작할 수 있게 하는 것이 MPLS이며, 가입자망에서 들어오는 트래픽들을 LER (label edge router)장비에서 라벨을 부착하고 MPLS망에서 전송하여 egress LER에서 라벨을 제거하여 패킷을 전달한다. LER장비는 LSR (label switch router)장비로 패킷 스위칭을 수행하고 패킷의 목적지 레이블을 등재하며 인터페이스에 고속 스위칭을 수행한다. MPLS는 새로운 라벨기반 패킷 전달 기술로 라벨은 IP 목적지 네트워크에 상응될 수 있으며 QoS, 송신자 주소등 다른 파라미터에 상응할 수 있다. 라벨 스위칭은 layer 3 프로토콜에 상관없이 작동하며 ethernet, frame relay, ATM, SONET 등 모든 layer 2 프로토콜에 적용 가능하다. MPLS 원리를 보면 layer 2 스위칭 기술인 패킷 전달과 layer 3 기술인 라우팅을 융합하여 라벨을 이용한 layer 2 프로토콜에 적용이 가능하다. MPLS을 기존의 패킷 전달과 비교하면 패킷 전달방식에서는 패킷의 목적지 IP 주소를 기준으로 전송되어진다. 반면에 MPLS에서는 라벨을 이용하여 패킷을 전달하기 때문에 하드웨어적 고속 스위칭이 가능해 진다 [5].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. MPLS Architecture

가. 구성요소

(1) LER (label edge router)

LER은 MPLS 망에서 사용자 경계부분에서 연결된 장비로서 MPLS 망에서 라벨 encapsulation과 decapsulation을 수행하고 망내에서 가장 빠른 경로로 스위칭 하는 역할을 한다. 사용자단에서 데이터가 MPLS 망내로 진입하기 전 LER 장비에서 라벨을 할당 받아 헤더에 추가 하여 망내로 진입한다. LER 장비는 customer 네트워크에 연결되어 있다 [6].

(2) LSR (label switch router)

LSR은 MPLS 망에서 LER 장비의 라벨을 할당하고 LER 장비의 상황을 실시간으로 파악하여 MPLS 스위칭 테이블을 유지관리 하는 역할을 한다. LSR 내에서는 라벨로 전달된다 [7].

(3) 라벨

라벨은 스트림이나 트래픽 플로우에 라벨을 분배되는 고정길이의 식별자로 FEC (forwarding equivalence class)를 구분하여 이웃하는 두 노드 사이에서만 의미가 있다.

FEC는 특정한 LSR에서 동일한 전달 처리과정을 하는 패킷의 그룹을 나타내는 목적지 주소로 서비스 클래스로 분류한다. 라벨은 인접한 두 LSR 사이에만 유효한 값으로 특정 FEC를 표현하며, 라벨 헤더는 한 개 뿐만 아니라 복수 개로 존재 할 수 있다 [8].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(4) LSP (label switched path)

LSP는 데이터가 전송되기 전에 설정되며 MPLS 도메인으로 구성된 MPLS장비들이 도메인에서 특정 FEC로 지정된 패킷은 LSP를 가진다. LSP는 데이터가 전송되기 전에 설정된다. MPLS는 hop-by-hop 라우팅과 explicit 라우팅 두가지 LSP 설정옵션을 제공한다. MPLS는 IP 패킷 플로우를 MPLS 네트워크 상에 미리 정해진 경로를 따라 전달하는 역할을 담당하며 이 경로를 LSP라 한다 [9].

나. MPLS Architecture

MPLS는 두 개의 주요 구성요소로 이루어진다. 먼저 컨트롤 플랜에서는 layer 3 라우팅 정보와 라벨을 교환하며 라벨 스위칭 테이블의 내용을 유지한다. 컨트롤 플랜의 정보교환을 통해 OSPF (open shortest path first), EIGRP (enhanced interior gateway routing protocol), IS-IS (intermediate system-to-intermediate system), BGP (border gateway protocol)등의 라우팅 정보교환이 이루어진다. 컨트롤 플랜의 라벨 교환은 TDP (tag distribution protocol), LDP (label distribution protocol), BGP, RSVP (resource reservation protocol)의 라벨 교환도 발생 한다. 두 번째의 데이터 플랜은 라벨에 근거하여 패킷을 전달한다 [10].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

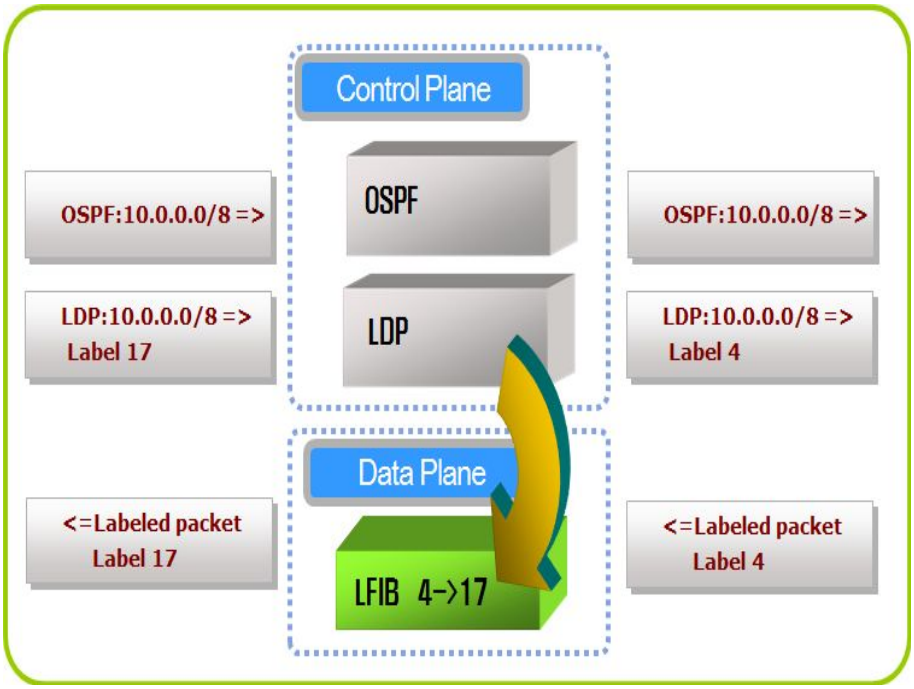

그림 2-1. MPLS 라벨링 정보교환

그림 2-1은 컨트롤 플랜에서 라우팅 정보인 OSPF의 정보교환이 이루어지는 절차를 예를 들어 설명하고 있다. 라벨 교환이 라벨 17에서 라벨 4로 이루어지고 있으며, 데이터 플랜에서는 라벨을 근거하여 패킷을 전달한다. MPLS는 layer 1의 매체와 layer 2 프로토콜과 무관하게 사용할 수 있으며 frame-mode 일 때 MPLS는 layer 2와 layer 3 헤더에 32bit 라벨 필드를 사용 한다 [11].

다. LSP Tunnel

LSP는 MPLS ingress LSR (또는 LER)과 egress LSR (또는 LER)간에 설정되며 MPLS 도메인 내에서 특정 FEC (forwarding equivalent class)에 지정된 패킷은 정해진 경로를 가진다. 이 LSP는 데이터가 전송되기 전에 설정되며 MPLS는 두 가지 LSP 설정 옵션을 제공 한다 [12].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(1) Hop-by-hop 라우팅

Hop-by-hop 라우팅에서 각 LSR은 주어진 FEC에 대한 다음 홉을 각자 독립적으로 선택하여 IP 라우팅과 유사하며, LSR은 OSPF와 같은 라우팅 프로토콜을 사용 한다 [13].

(2) Explicit 라우팅

Explicit 라우팅은 ingress LSR이 경로상의 노드 를 지정하며 송신자 라우팅과 유사하며 경로는 최적경로가 아닐 수 있지만 QoS 보장을 위해 자원을 예약할 수 있다. 특정 FEC에 대한 LSP 설정은 기본적으로 단방향이며 return 트래픽은 다른 LSP를 경유한다. 따라서 LSP tunnel은 양방향이 아니라 단방향이다. 네트워크 트래픽은 경로 방향에 따라 부하가 다르기 때문에 단방향 이어야한다 [14].

(3) LSP tunnel에서 IP aggregation의 효과

cell-mode MPLS에서는 ATM 스위치가 IP를 인식하며 이 경우 ATM 스위치는 IP 라우팅 프로토콜, LDP, TDP가 동작하는 IP 라우터라 할 수 있다. ATM 스위치의 ATM LSR은 IP 패킷을 전달하지 못하고 cell을 전달하기 때문에 종단간 LSP tunnel을 필요로 하며 이런 경우에는 IP 패킷을 전달해서는 안 된다. MPLS VPN (virual private networks), MPLS가 활성화된 ATM 네트워크의 경우 종단간 LSP tunnel을 필요로 한다 [15].

(4) explicit LSP tunnel

IP 라우팅에서 최적의 라우팅으로 트래픽 기술이 어렵기 때문에 망 내의 policy based 라우팅이 필요하며 MPLS에서는 explicit 라우팅을 이용한 LSP 설정이 가능하므로 트래픽 기술 구현이 용이하다 [15].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

트래픽 기술 조건은 enhance IGP에서 IS-IS 또는 OSPF-TE가 필요하며 RSVP-TE 또는 CR-LDP가 요구된다. 라우팅은 LDP에 hop-by-hop과 RSVP-TE에 explicit를 적용한다. RSVP-TE와 OSPF-TE에서 IGP는 네트워크 토폴로지만 제공하며 OSPF-TE의 정보제공은 링크 대역폭, 사용된 대역폭, 예약 가능한 대역폭등과 ingress LSR의 설정된 경로를 계산할 때 사용 한다 [16].

2. MPLS 구성

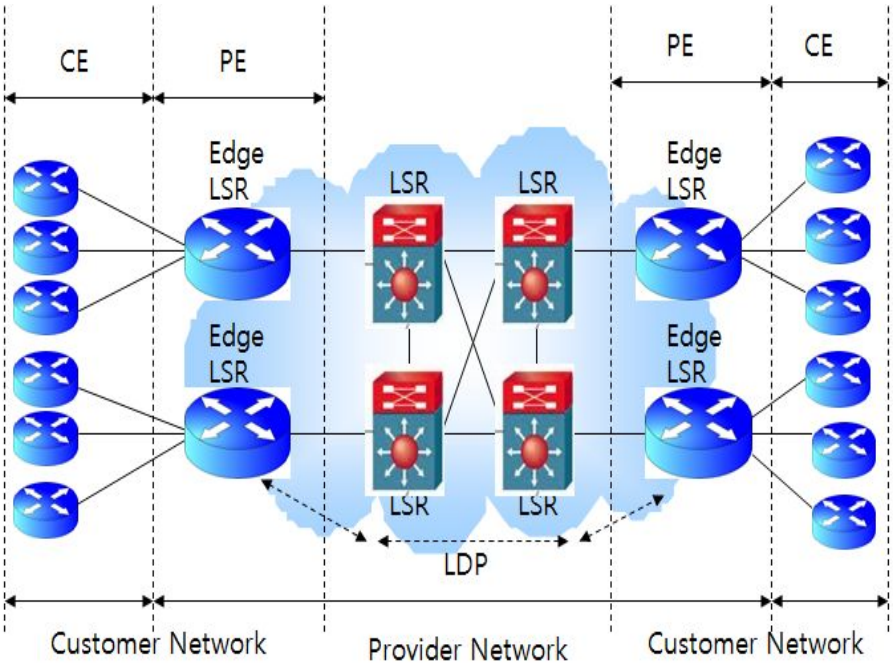

그림 2-2. MPLS 구성

MPLS에서 라우팅 lookup은 edge 라우터에서만 수행하며 코아 라우터는 간단한 라벨 lookup과 라벨 swapping을 통하여 패킷을 스위칭 하는 것으로 L2 프레임 또는 IPv4/IPv6 패킷에 라벨을 부착하여 전송하는 기술이다.

그림 2-2의 MPLS 구성에서 MPLS가 동작하는 라우터나 스위치를 LSR이라 하

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

며 PE라우터와 P라우터는 MPLS VPN 서비스를 제공하는 ISP의 라우터이고 CE 라우터는 고객사의 라우터이다 [17].

MPLS 트래픽 기술은 트래픽을 네트워크상에 구성된 장비 및 경로에 대해 골고루 분산시키도록 경로를 제어해 주는 기술을 말한다. 여기에서 트래픽은 QoS와 RSVP등의 파라미터에 따라 경로가 결정된다.

나. 라벨 헤더 포멧

그림 2-3. 라벨 헤더 포멧

MPLS는 layer 1 매체와 layer 2 프로토콜과 무관하게 사용할 수 있으며 layer 2와 layer 3 헤더에 32bit 라벨 필드를 사용한다. 그림 2-3의 라벨 헤더 포멧은 32 bit 라벨 필드와 라벨을 20bit로 구성되고 3 bit Exp는 experimental 필드라 하며 3 bit로 구성된다. 이는 QoS에서 사용되며 IP precedence 3 bit를 그대로 수용한다. 그림 2-3의 BoS (bottom of stack indicator)는 1 bit로 BoS bit가 0 이면 또 다른 라벨 스택이 존재함을 의미하며, BoS가 1이면 더 이상의 라벨 스택이 없음을 즉 마지막 라벨임을 의미한다. TTL (time to live)은 8 bit TTL 필드로 구성되어 있다 [18].

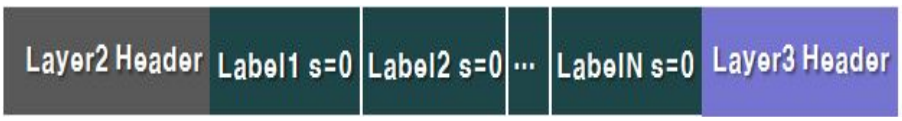

그림 2-4. 복수개의 라벨 헤더 포멧

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 라벨 위치

라벨은 그림 2-5와 같이 PPP 헤더, 이더넷 헤더 또는 프레임 릴레이 헤더 뒤에 위치한다.

그림 2-5. 라벨 위치

그림 2-6. ATM 라벨 위치

그러나 ATM은 위의 방식과는 달리 그림 2-6과 같이 라벨 위치에 VPI (virtual path identifier), VCI (virtual circuit identifier)가 라벨로 위치해 있다 [19].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. MPLS 전송 과정

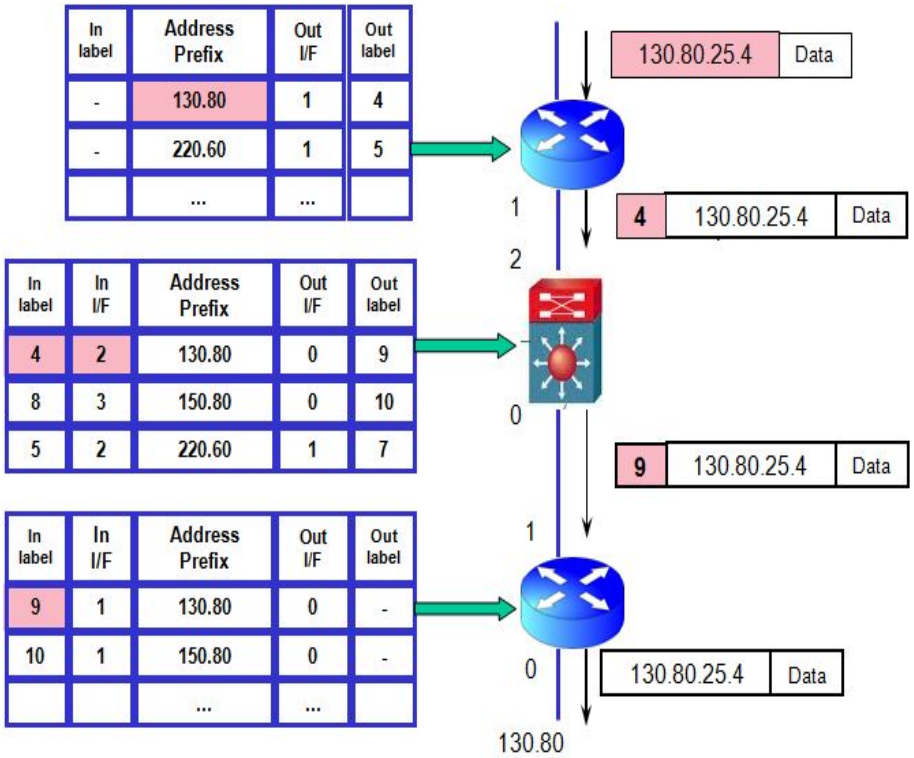

그림 2-7. 라벨을 이용한 IP 패킷 전송

MPLS 라벨을 이용하여 IP 패킷을 전송한다. 먼저 top 라벨을 분석하여 이 라벨에 해당하는 적절한 다음 홉 전달 entry을 찾고 그 정보에 따라 처리한다. 라벨 되지 않는 패킷인 경우 IP 헤더를 분석하여 적절한 FEC를 결정하고 적절한 entry를 찾아 처리 한다 [20].

그림 2-7은 LER 라우터로 Prefix부분에 130.80으로 들어온 IP에 대해서는 라벨을 4로 할당하고 220.60으로 들어오는 IP에 대해서는 라벨을 5로 할당하여 구분한다. LSR은 라벨 4로 들어온 130.80을 9로 라벨을 하여 보내면 가입자단 LER은 라벨을 제거하고 보내는 IP 패킷 전송 과정이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 전송 고성능화 QoS

1. QoS 배경

가. QoS 배경

다양한 트래픽의 원활한 서비스를 전달하기 위한 QoS가 필요하다. 멀티미디어, 동영상등 각각의 성격에 따라 최종사용자에게 일정한 품질을 보장해 주어야 한다.

차세대 통신망의 유무선 방송통신의 컨버전스에 따라 실시간 전송이 필요한 음성, 영상 트래픽이 공존하기 때문에 QoS 등장 배경은 더욱 중요하다. 모바일 활성화를 거치면서 다양한 어플리케이션이 생성 되었다. 새로 만들어진 모바일 및 멀티미디어 어플리케이션의 대부분의 특징은 여러 트래픽 유형을 동시에 사용하는 멀티미디어 서비스나 실시간 처리를 필요로 하는 인터 액티브성 트래픽이 대부분이다. 이런 모바일이나 멀티미디어 트래픽은 고속 처리와 많은 대역폭을 필요로 한다. 실시간 및 대용량 데이터로 네트워크 자원은 한정되어 있어 트래픽 유형에 따라 다른 방식으로 처리 되어야한다 [21, 22].

QoS를 보장하기 위한 방법으로 네트워크 대역폭 조정과 QoS기술을 적용하는 단계로 나눌 수 있다. 네트워크 대역폭을 조정하여 QoS를 보장하기 위한 것은 고속의 장비나 비용으로 해결 할 수 있지만 궁극적 해결 방법은 아니다. QoS기술을 사용하는 방법을 대역폭 조정 방법이라 하며 이 기술은 다양한 QoS기술을 사용하여 적응적 수준의 대역폭을 제공하는 것과 트래픽을 조절하여 병행하는 기술이다. 구체적으로 DiffServ, IntServ, MPLS와 같은 다양한 QoS 구현 기술을 사용해야 한다 [23].

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

나. QoS 특성

트래픽의 QoS 특성을 표현하는데 이를 QoS 파라미터라 하며 대역폭, 지연, 지터 패킷손실 등이 있다. QoS 품질 요소는 어플리케이션에 따라 QoS 파라미터 비중이 다르며 비 실시간의 데이터인 텍스트 부류의 서비스는 지연이나 지터가 QoS에 영향을 주지 않지만 전달의 정확성인 패킷손실이 없어야 한다. 실시간 제공 서비스는 지연이나 지터에 크게 좌우되므로 실시간과 비실시간의 서비스에 따라 QoS 품질 요소를 적용해야 한다.

2. QoS 품질 요소

가. 대역폭 (bandwidth)

대역폭은 해당 어플리케이션 플로우에 배정된 보장된 속도를 제공해준다는 의미이며 단위는 bps (bit per second)이다. 대역폭의 QoS 파라미터는 SDR (subtained data rate), PDR (peak data rate), Min/MaxDR (minimum/maximum data rate)이 있다. 가용대역폭은 bps단위로 표시되며 물리적인 링크 속도와 같지만, 전송되는 구간의 대역폭이 각각 다른 경우 가장 낮은 구간의 대역폭에 의해 결정된다. 최대 가용 대역폭을 증가시키는 방법도 있지만 정확하게 표현하면 대역폭을 증가시키는 것은 아니다. 이는 자원을 효율적으로 분류하거나 할당하여 대역폭이 증가된 것과 같은 효과를 내는 것이다. 이런 방법에는 헤더압축, 페이로드압축 등을 사용하여 더 많은 패킷을 전송하는 방법과 큐잉을 사용하여 중요한 패킷을 먼저 전송해 대역폭이 증가된 것 갖은 효과를 낼 수 있는 방법이 있다. 이 두가지 방법 모두 CPU의 부하와 지연을 증가시키는 등 또 다른 문제를 유발하기 때문에 신중하게 사용해야 한다. SDR은 항상 QoS를 보장되어야 하는 뜻이며 MinDR은 최소한 보장되어야 하는 속도이며 MaxDR은 보장해 줄 수 있는 최고 속도를 말한다. PDR은 트래픽을 보장하는 허용 가능 속도를 의미한다 [24].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. 지연 (delay)

지연은 VoIP (voice over internet protocol)나 멀티미디어 통신에서 중요한 사항이다. QoS 관점에서 지연은 종단간 이다. 전달지연은 해당 매체의 링크를 통해 한 비트를 전송하는데 소요되는 시간으로 이때는 매체의 특징에 영향을 받고 송수신간 링크 길이에 비례한다. 양방향 통화는 지연이 매우 민감하며 ITU-T G.114 권고에는 단방향 지연 150ms 이하로 규정하고 있다.

지연은 전달지연, 연속지연, 큐잉지연, 포워딩지연, 세이핑지연, 네트워크 지연 등이 있다. 요즘 VoIP 활성화로 인한 처리지연은 음성 정보를 처리하는 장치들에 의해 발생하는 codec 지연이다. 연속지연은 패킷을 링크상에서 시리얼화 하는데 걸리는 시간이다. 패킷을 라우터에서 전송로로 보내는데 걸리는 시간이다. 전달지연은 특정 매체로 구성된 링크를 통해 한 비트를 전달하는데 걸리는 시간으로 네트워크에서 빛 또는 전파의 속도에 의해 발생한다. 전달지연의 특징은 동일한 물리적인 링크상에 대역폭과 패킷의 길이와는 상관없이 동일한 지연 시간을 갖는다는 점이다. 표 2-1은 지연과 관련된 codec 표준을 나타낸다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 2-1. 지연과 관련된 Codec 표준

Codec (표준) \ 항목	코딩타입	압축율	MOS (mean option score)	복잡도	지연 (ms)
G.711	PCM	64K	4.1	1	0.125
G.726	ADPCM	32K	4.0	10	0.125
G.728	LD-CELP	16K	4.0	50	0.625
GSM	RPE-LTP	13K	3.7	5	20
G.729	CS-ACELP	8K	3.92	30	10
G.723	ACELP	6.3K	3.9	25	30

일반적으로 네트워크상에서의 전달지연은 매우 적게 발생하기 때문에 큰 문제가 되지 않는다. 큐잉지연은 패킷이 전송되기 전 라우터의 큐에 패킷이 대기하는 시간이다. 큐는 위치에 따라 들어오는 큐와 나가는 큐로 구분되지만 들어오는 큐에서 걸리는 지연은 극히 적기 때문에 나가는 큐만 생각한다. 포워딩 지연은 패킷이 라우터나 스위치로 들어오는 인터페이스로 들어와서 라우팅과 스위칭 프로세서에 의해 경로가 결정된 후, 나가는 인터페이스의 나가는 큐에 놓이기까지 걸리는 시간이다. 따라서 라우팅과 스위칭 프로세스에 따라 차이가 있으며 일반적으로는 라우터보다는 스위칭의 포워딩 지연이 적게 발생 한다 [25].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다. 지터 (jitter)

지터는 어떤 신호가 네트워크를 통해 전달되면서 원래의 신호로부터 왜곡되는 정도를 나타내는데 사용되는 값으로 지연의 편차라고 할 수 있다. 네트워크 전송에서 패킷에 대한 어느 정도의 지연은 필연적으로 발생한다. VoIP에서는 일정한 범위내의 동일한 지연은 큰 문제를 일으키지 않는다. 하지만 지연 값이 각각 다르다면 VoIP 같은 양방향 애플리케이션 서비스를 제공하는데 큰 문제가 된다. 인터넷 전화의 경우 데이터 전송 시 송신 장비의 패킷이 네트워크의 영향으로 비정기적인 간격으로 수신 장비에 도착되는 현상이다. 패킷이 네트워크의 영향으로 비정기적인 간격으로 수신 게이트웨이로 도착되는 현상이며 수신측 디코더는 패킷 간 고정된 간격을 요구한다. 보통 지터는 수신단 게이트웨이에 지터 버퍼를 두어 수신 패킷들을 고정 간격으로 디코더에 전송 한다 [26].

라. 패킷손실 (packet loss)

패킷손실은 패킷을 전달하는 과정에서 여러 원인으로 패킷의 손실 현상을 나타내는 것이다. 하드웨어적인 불량으로도 패킷손실은 발생할 수 있지만 일단 하드웨어적인 불량은 없다고 가정하며 보통 혼잡에 의한 버퍼 오버플로우 시 발생하거나, 흐름 제어 알고리즘에 의해 임의적으로 패킷을 버리는 현상에 의해 발생한다.

패킷 손실은 네트워크상에서의 일반적인 현상이며 많은 요소가 있다. 패킷손실에 대한 대책은 충분한 대역폭을 확보한 안정된 네트워크를 사용하여 패킷손실을 예방하는 것이다. 표 2-2는 인터넷 전화의 QoS를 결정짓는 기준요소로 접속품질, 통화품질, 망 품질로 분류한다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 2-2. 인터넷전화 QoS 기준요소

항 목		내 역	비 고
접속품질	호 성공율	호 연결시 성공	95% 이상
	PDD (post dialing 지연)	다이얼 완료후 통화 연결음 수신시까지의 시간	기준(PSTN) 시내(4.5초내), 시외(7.0초내)
통화품질	MOS	통화품질을 1~5로 계량화 1(peer)~5(excellent)	PSTN에선 MOS 4.0이상 기준 3.6이상
	voice 지연	End to End 구간을 특정 음성신호를 보내 지연을 측정	기준 150ms이내 End to End 기준
	에코	본인의 음성이 다시 돌아와 본인에게 들리는 정도	30ms이하, 95% 이하
	신호 손실	보낸 신호세기와 받은 신호세기의 차이	10dB이하
망품질	패킷 손실	IP망에서의 패킷 손실율	1%이하
	지터	IP망에서의 패킷도달(송/수) 시간간격의 차이	30ms이하

자료: 인터넷 QoS와 정보보호 연계방안 연구(2009)의 내용 추가

이는 사용자 관점의 성능을 나타내는 QoE (quality of experience)와 연관 되며 망 품질에서 패킷 손실은 IP망에서의 패킷 손실율이며 1%이하 수준을 보장해 주어야 인터넷전화의 QoS를 보장 한다 [27].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. QoS 보장방안

가. IntServ

IntServ 모델은 경로상의 라우터의 자원을 미리 예약함으로 종단간의 QoS 보장을 확보하는 기술이다. IntServ 모델분류는 그림 2-8과 같이 실시간 서비스와 탄력적 서비스로 분류하여 QoS를 제공하고 실시간 서비스에 대해서는 흐름을 대상단위로 하여 보장된 QoS를 제공받는다. 자원을 확보하기 위해 IntServ모델에서는 자원예약 프로토콜인 RSVP를 사용하여 전송 경로상의 자원을 확보한다. RSVP는 대규모의 ISP나 기간망에서는 거의 사용하지 않고 소규모의 access 네트워크에서만 부분적으로 사용 한다 [28].

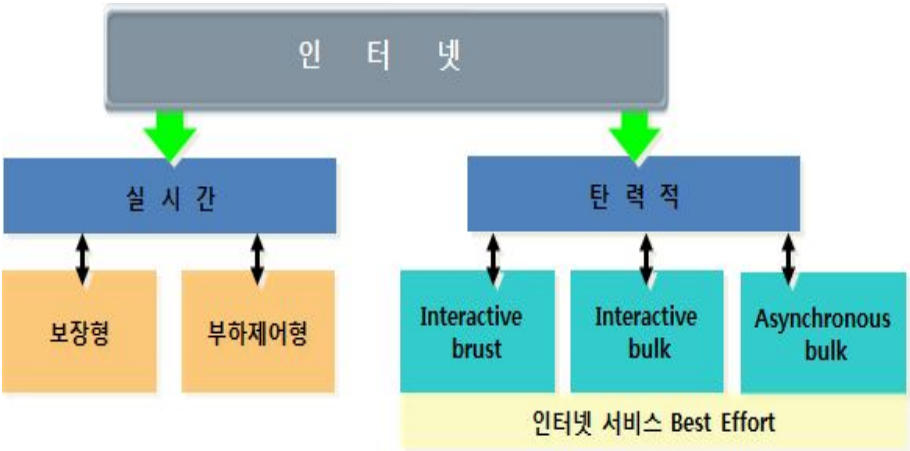

그림 2-8. IntServ 서비스 분류

(1) 보장형 서비스

보장형 서비스는 인터넷에서 실시간 전송 중에 QoS를 보장해주는 서비스로 서킷 에뮬레이션 형태에 대한 서비스이며 큐잉 손실이 발생하지 않도록 플로우에 할당해 주는 방식이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(2) 부하 제어형 서비스

부하 제어형 서비스는 인터넷의 실시간 서비스에서 네트워크 상황이 overflow상황이 아닐 때의 best effort 서비스와 유사한 서비스이며 보장형과 best effort 형의 중간 형태라 할 수 있다.

나. DiffServ

DiffServ 모델은 IntServ 모델의 현실적 한계를 극복하기 위해 등장하였으며 IntServ는 흐름을 대상단위로 하여 보장된 QoS를 제공받지만 DiffServ는 흐름들의 집합을 대상 단위로 하여 서비스 수준을 차별화 한다. 또한 IntServ보다 간단하게 구현 할 수 있어 대규모망에도 적용 가능하다. 그림 2-9는 DiffServ 서비스를 나타내며 요구하는 QoS 수준별로 유용한 종단간 서비스의 집합을 미리 정의하여 흐름별로 상태나 정보를 유지할 필요가 없는 것이 특징이다 [28].

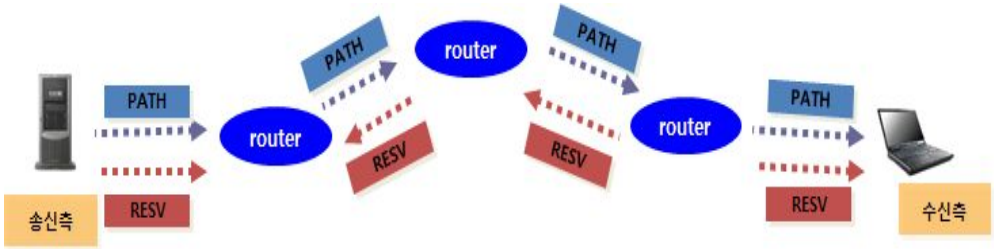

그림 2-9. DiffServ 서비스

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 2-3. IntServ 모델과 DiffServ 모델의 비교

구 분 / 비교항목	IntServ	DiffServ
플로우 처리 단위	End to End QoS	Hop by Hop QoS
QoS 단위	플로우 단위	Class
QoS 기반	예약처리 기반	우선순위 기반
QoS 기법	RSVP	PQ, LLQ, WFQ
확장성	낮음	높음
QoS 적용 네트워크	소규모 가입자망	대규모 기간망

표 2-3은 IntServ 모델과 DiffServ 모델을 비교한 것으로 근본적 차이는 IntServ의 단점을 보안한 것이 DiffServ이며 IntServ는 소규모망에 적용하며 DiffServ는 대규모망에 적용된다. 그러나 이 두가지 기법을 따로 적용하는 것이 아니고 가입자망에는 IntServ 기법을 적용하며 코아망에서는 DiffServ를 적용하며 edge망은 가입자망과 코아망을 연결시켜주기 위해 구성되며 QoS 적용하기 위해 IntServ와 DiffServ 기법을 혼합 적용하여 사용 한다 [28].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. QoS 보장기술

가. 수락제어 (call admission control)

송신자는 전송할 트래픽의 형태에 대한 정보를 제공해주며 송신자의 정보에 따라 새로운 플로우 수용 여부를 결정한다. 플로우를 수용한다 하여 기존의 플로우의 QoS에 변화가 있어서는 안 된다 [28].

(1) 결정적 수락제어

결정적 수락제어 기술은 보장형 서비스에 적합한 방식이며 QoS를 보장하는 범위에서의 기술이다. 기존 플로우와 신규 플로우를 포함하여 트래픽 패턴을 먼저 계산하여 결정적 수락제어를 실행한다. 버스티 트래픽의 경우는 이용률이 낮아진다.

(2) 통계적 수락제어

통계적 수락제어 기술은 절대적 QoS보장을 하지 못하나 인터넷의 best effort 와 같이 네트워크 이용률이 좋으며 확률적 서비스에 이용된다.

(3) 측정기반 수락제어

측정기반 수락제어 기술은 일정 시간 이상 전송된 플로우들에 대해서 수락제어를 수행하는 기술이다. 예측 가능한 서비스에 이용된다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

나. 패킷분류 (packet classification)

패킷분류는 기준에 의해 여러 개의 class로 분류하는 개념이며 동일하거나 유사한 패킷들을 같이 처리하여 QoS 형태를 단순하게 한다.

classifier의 MF (multi field)는 패킷의 여러 필드를 QoS 서비스 등급으로 설정하는데 사용하며 BA (behavior aggregate)는 QoS 서비스 등급이 표시된 패킷들을 인식하여 분류 한다 [29].

다. 트래픽 폴리싱 (traffic policing) & 쉐이핑 (shaping)

트래픽 폴리싱과 쉐이핑은 트래픽 송수신간의 트래픽 속도를 조절하는 메카니즘이다. 트래픽 흐름을 구분하여 플로우별 쉐이핑 기능을 하며, 버퍼링 사용 여부에 따라 트래픽 폴리싱과 쉐이핑을 구분한다 [29].

(1) Leaky-Bucket 방식

트래픽의 흐름이 일정하지 않을 때 일정한 수준으로 유지 하여 네트워크에 전송시키는 기법이며 OSI 7 layer의 3 layer에서 사용된다. leaky-bucket 방식은 다양한 트래픽 속도를 지원해주는 방식 보다는 어느 정도 일정한 트래픽을 가지고 있을 경우 사용된다.

(2) Token-Bucket 방식

token-bucket 방식은 트래픽을 제어하기 위한 제어용 토큰을 관리할 때 사용한다. 토큰이 있을 경우 트래픽이 통과된다. 버스티 트래픽일 경우 한도 범위 내에서 가능하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(3) Hybrid 방식

hybrid 방식은 leaky-bucket 방식과 token-bucket 방식의 장점을 복합한 방식이며 token-bucket 방식으로 트래픽의 버스트를 받아들이면서 조절 한 다음, leaky-bucket 방식으로 특정 한계값 만큼 일정하게 트래픽을 전송하는 방식이다.

라. 큐잉과 스케줄링 (queueing & scheduling)

큐잉은 처리능력 이상의 패킷을 수신하거나 동시에 같은 수신지의 트래픽이 존재 할 때 발생한다.

스케줄링은 버퍼에 저장된 트래픽을 처리하는 방식의 의미한다. 알고리즘은 간단하고 효율적이며 공정해야 한다. 패킷의 전송 순서를 제어하며 지연 및 대역폭을 할당 한다 [29].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 장 MPLS 기반 IPTV 전송 고성능화를 위한 멀티캐스트 프로토콜

제 1 절 MPLS 전송 정책 설정

MPLS는 IPv4와 IPv6 패킷이나 L2 프레임에 라벨을 부착하고 고속으로 스위칭하여 전송하는 기술이다. MPLS가 동작하는 라우터나 스위치를 LSR이라고 한다. 각 LSR들은 MPLS 패킷의 라벨을 보고 해당 패킷을 스위칭 한다. MPLS의 장점은 MPLS 내부와 외부 트래픽을 완전히 분리하여 안전한 망을 구성할 수 있고, MPLS TE (traffic engineering)를 사용하면 IGP를 사용하지 않는다 [30].

1. MPLS 헤더 구조

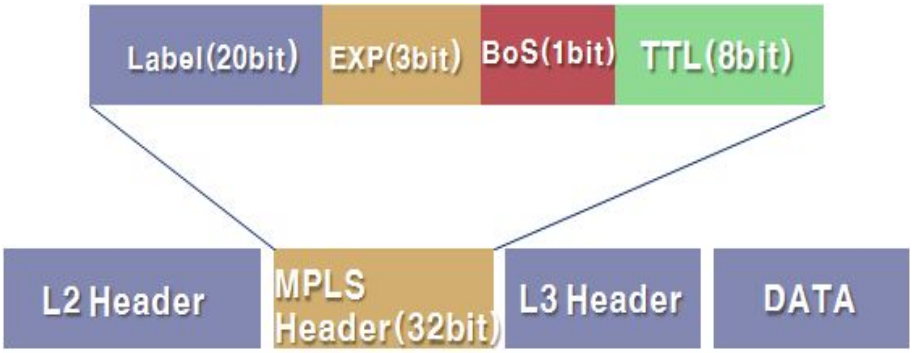

그림 3-1. MPLS 헤더 구조

MPLS 헤더 구조의 필드 포맷은 그림 3-1과 같다. L2 헤더와 L3 헤더 사이에 4Byte 길이의 MPLS 헤더를 추가한다. 라벨 필드의 값은 0~1,048,757 사이의 값을 가질 수 있으며 이중 0~15 사이의 값은 특별한 용도로 사용되고 실제 사용되는

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

값은 16이상이다. 기본적으로 16~100,000 사이의 값을 사용한다. EXP 비트는 QoS 값을 표시할 때 사용하며 0~7 사이의 값을 가진다. BoS (bottom of stack)bit 값이 1이면 마지막 라벨임을 나타낸다. 0이면 현재의 라벨 다음에 또 다른 라벨 이 있음을 의미 한다 [31].

2. MPLS 패킷 전송시 헤더 구조

MPLS가 전송되면 각 LSR들은 자신의 라우팅 테이블에 있는 네트워크에 대한 라벨값을 부여한 다음 인접 LSR들에게 전송되며 최종 목적지가 자신인 네트워크에서는 라벨값을 부여하지 않는다.

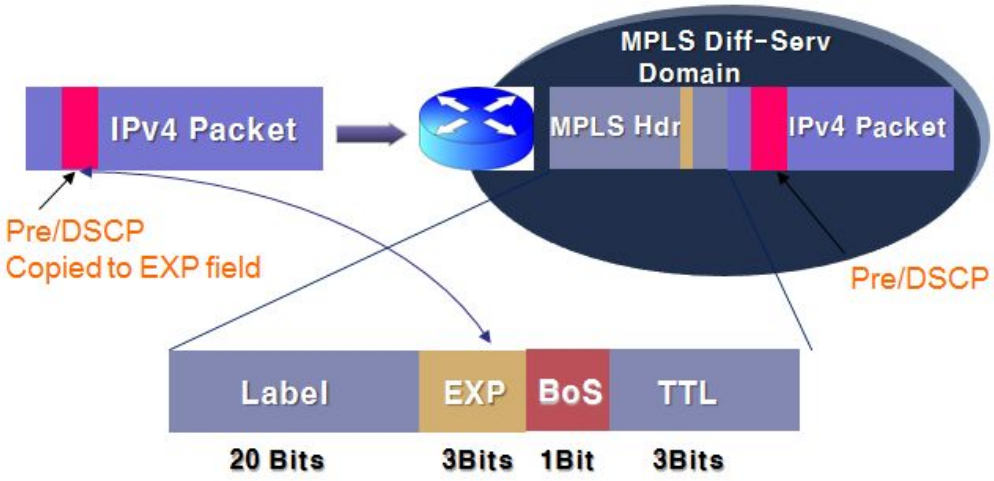

그림 3-2. MPLS 패킷 전송시 헤더 구조

그림 3-2는 MPLS 패킷 전송시 헤더 구조를 나타낸다. MPLS망에서 패킷 전송시 라벨과 관련하여 초기 가입자라우터는 프레임에 LER 라우터가 요청한 라벨 값을 부여한 다음 LER에게 전송한다. 처음 라벨을 부여하는 과정을 push 또는 imposition이라고 한다. 라벨을 수신한 LER은 라벨 값을 확인하고 인접 LSR은 다음 LSR에서 요구한 라벨 값으로 변경한 다음 전송한다. 라벨값을 변경하는 동작을

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

swap이라고 한다. 인접 LSR은 가입자 라우터가 요청한 것처럼 라벨을 제거한 다음 전송하고 라벨을 제거하는 과정을 POP 또는 disposition 이라한다. MPLS와 가입자를 연결한 최종 LSR은 라벨로 라우팅을 하지 않고 라우팅 테이블을 참고하여 가입자 데이터를 전달한다 [31].

3. MPLS QoS

가. 기본적인 IP QoS와 MPLS EXP의 관계

IP 패킷에 MPLS 라벨을 push 할 때 IP 헤더의 QoS 필드(IP Pre/DSCP)의 첫 3bit를 MPLS 라벨의 EXP 필드로 복사하면 새로운 라벨이 추가되고 기존 라벨의 EXP 값이 새로 추가된 라벨에 그대로 복사된다. 다른 라벨로 swap할 때도 기존 라벨의 EXP값이 새로 변경된 라벨에 그대로 복사된다. MPLS 라벨의 EXP 값 변경시 내부의 IP 헤더로는 전달되지 않는다. 따라서 고객 IP 패킷 내부에 설정된 QoS 값들은 변함없이 전달된다. 경우에 따라 MPLS EXP 값과 IP 헤더의 QoS 값을 변경시킬 수 있다 [31].

표 3-1은 EXP 3bit 값으로 PHB definitions 의미는 3과정으로 해석되며 EF값은 낮은 지연/ 낮은 지터/낮은 손실을 의미하고 AF값은 낮은 손실을 의미하며 BE는 보장 받지 못하는 전형적인 인터넷 QoS의 best effort를 의미 한다 [32].

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

표 3-1. EXP 3bit Value

PHB definitions	DSCP Value(6Bits)			EXP Value (3bits)
Expedited Forwarding		EF	101110	101
Assured Forwarding	class 1	AF1	001010 001100 001110	001
	class 2	AF2	010010 010100 010110	010
	class 3	AF3	011010 011100 011110	011
	class 4	AF4	100010 100100 100110	100
Best Effort			000000	000

나. 패킷 분류 및 EXP marking

고객별로 QoS 설정을 하기위해 A고객에게는 EXP 값을 5로 설정하고 100Mbps의 대역폭을 할당하여 최우선 queueing을 적용하고 B고객에 대해서는 EXP 값을 0으로 설정하고 100Mbps의 대역폭을 할당하여 실험해보면 가입자 장비와 연결된 PE 라우터의 인터페이스로 전송하는 패킷 중 MPLS 값이 5인 데이터는 100Mbps 만큼 최우선 큐잉을 하고 (priority: 100,000 kbps) EXP 값이 0인 패킷은 100Mbps의 대역폭을 할당함을 알 수 있다. QoS 설정에서 *match ip precedence*에 따라서 *weighted random early detection*을 적용하여 혼잡이 발생되면 IP precedence 값이 낮은 패킷부터 먼저 폐기 한다 [32].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. MPLS 전송 정책 설정

MPLS EXP bit 필드로 real-time, Critical 데이터, 비디오와 기타 best-effort등의 가입자 패킷을 분류하여 MPLS EXP bit 정책을 적용할 수 있다.

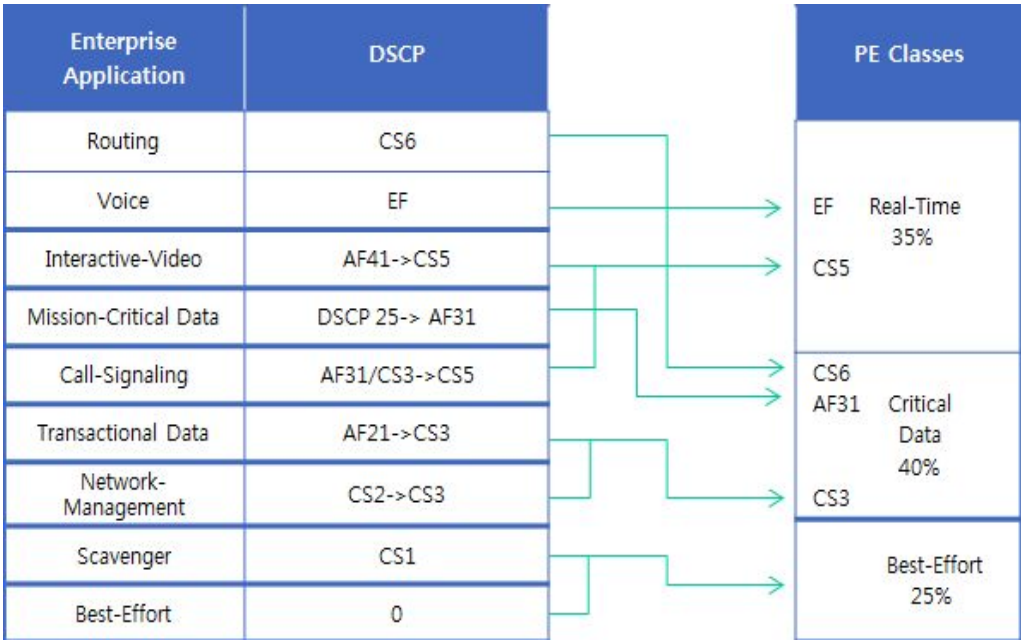

그림 3-3. 3-클래스 Re-marking 다이어그램

그림 3-3에서는 가입자 응용 패킷을 3단계로 구분하여 PE classes를 나누어 음성이나 인터액티브 비디오를 EF PE classes로 적용하여 우선순위를 두었으며 나머지 패킷들은 AF나 BE EXP bit의 정책을 설정하여 전송한다. 또한 4단계 클래스로 한 단계 더욱 세분화 하여 스트리밍 비디오 패킷을 전송하기위해 PE classes를 1단계는 real-time을 35% critical 데이터를 25% 비디오를 15% best-effort를 25%의 class로 분류하여 정책을 설정할 수 있다. 이런 방식은 다양한 패킷들이 있는 망에서는 효율적이다. 그러나 IPTV망에서 대부분의 패킷들은 인터액티브 비디오로 구

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

성되어 있다. 그 외 패킷들은 불과 수 %의 데이터로 구성되어 있는 망에서는 여러 단계로 나누어 정책을 세워 분류하는 것도 지연시간이 발생하므로 그림 3-4의 패킷별로 5단계의 클래스로 정책을 분류하며 본 논문에서 다룰 IPTV 방송 전송을

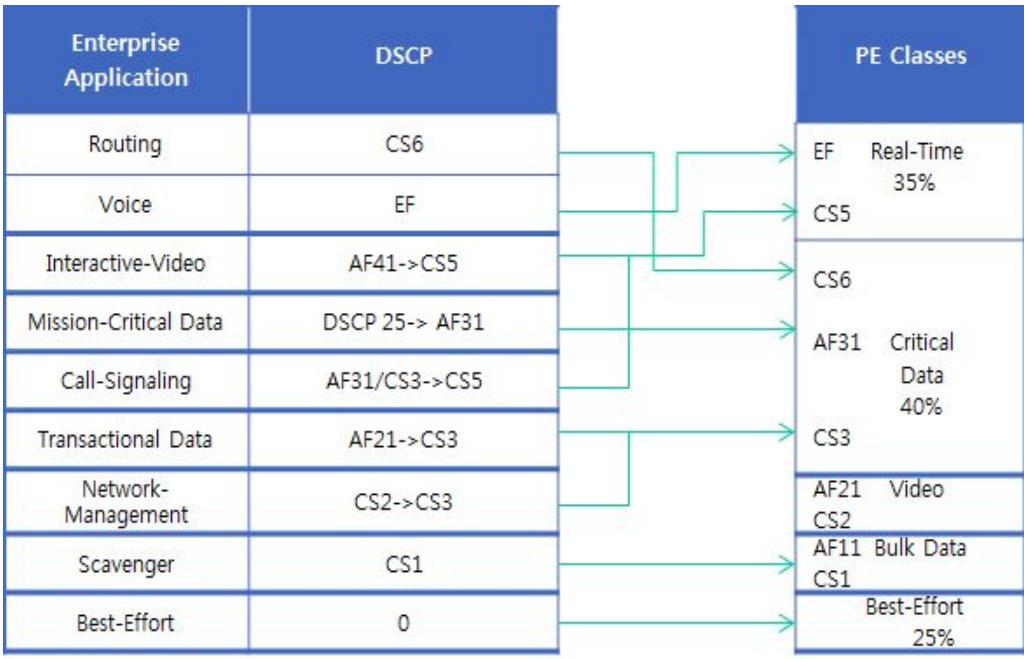

그림 3-4. 패킷별 MPLS 5-class 정책 다이어그램

그림 3-5. MPLS 헤더 포멧

고성능화하기 위해서 그림 3-5와 같이 EXP bit를 EF로 PHB definitions 하여 MPLS 정책을 수립한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가. 플로우 테이블

Openflow 라우터는 다수의 플로우 테이블을 가질 수 있으나 본 논문에서는 하나의 플로우 테이블을 가진다.

플로우 테이블은 그림 3-6과 같이 플로우 엔트리 (flow entry)로 구성되며 플로우 엔트리는 조건 (match fields)과 통계 (counters)와 처리 (action)의 정보로 구성된다.

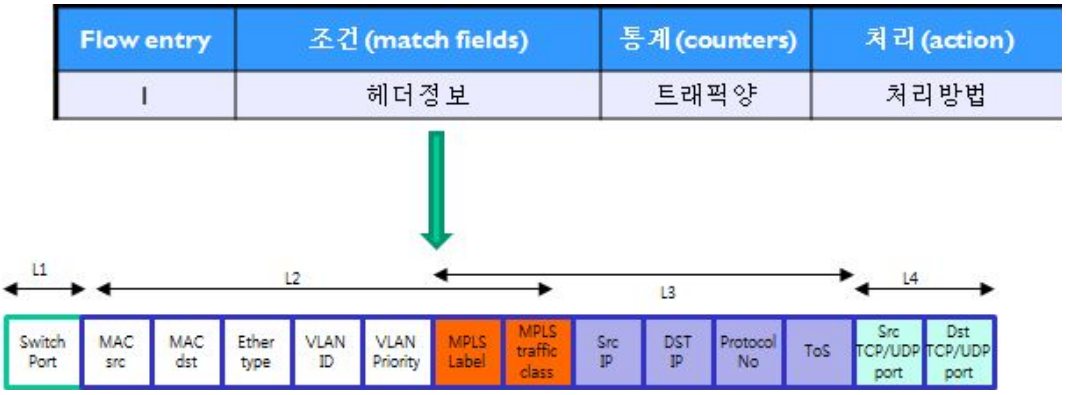

그림 3-6. OpenFlow v.1.1의 플로우 테이블 내용과 헤더 정보

헤더정보는 계층 1의 물리적 포트 번호와 계층 4의 TCP/UDP 포트 번호로 구성된다 [32]. 헤더처리에 실제 지정할 때에는 갱신 필드의 값을 구체적으로 적으며 패킷을 송출할 포트 번호와 MPLS EXP bit도 함께 지정할 수 있다. 통계는 트래픽의 양을 패킷의 수와 바이트 수로 나타낸다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 MPLS 전송 정책 설정 고성능화 분석

1. 전송 정책 설정 고성능화 시뮬레이션

IPTV 전송 고성능화 구현을 위한 MPLS 전송 정책 설정을 분석을 하기 위해 앞 절에서 구성하였던 것을 실제 망에서는 구현하기 어려움이 있어 가상화 툴인 GNS3로 구현 하였으며 물리적, 논리적인 차이점 외에 큰 차이점이 없다. 우선 앞 장의 구성을 EXP=0과 5로 나누어 구성하여 성능을 평가한다.

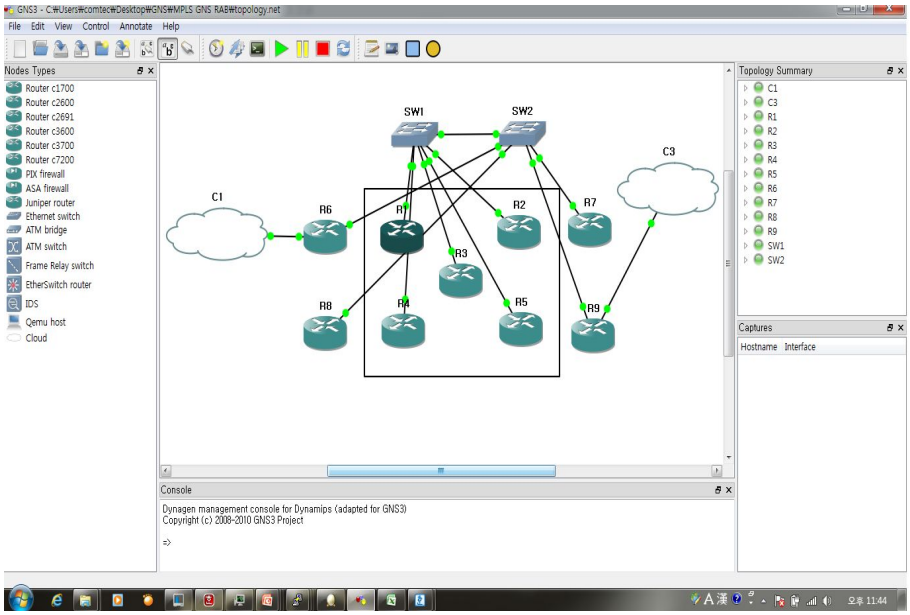

그림 3-7. GNS3를 통한 MPLS의 논리적 구현

그림 3-7에서의 GNS3로 구현한 MPLS망 C1은 멀티미디어 수신국 가입자단이며 C3는 멀티미디어 송신국으로 윈도우 2003 서버로 미디어 서비스를 구성했고 네모 안에 라우터 6, 7, 8, 9는 MPLS망 라우터인 CE 라우터들로 구성한다. C3서버에서

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

멀티미디어 방송 스트림으로 사용할 동계 소치 올림픽 경기를 방송하여 C1 멀티미디어 수신국에서 수신하는 구조로 구성한다. MPLS에서 QoS를 담당하는 EXP bit 값을 5와 0으로 설정하여 차이를 분석하고 고성능 전송의 조건으로 구현한다.

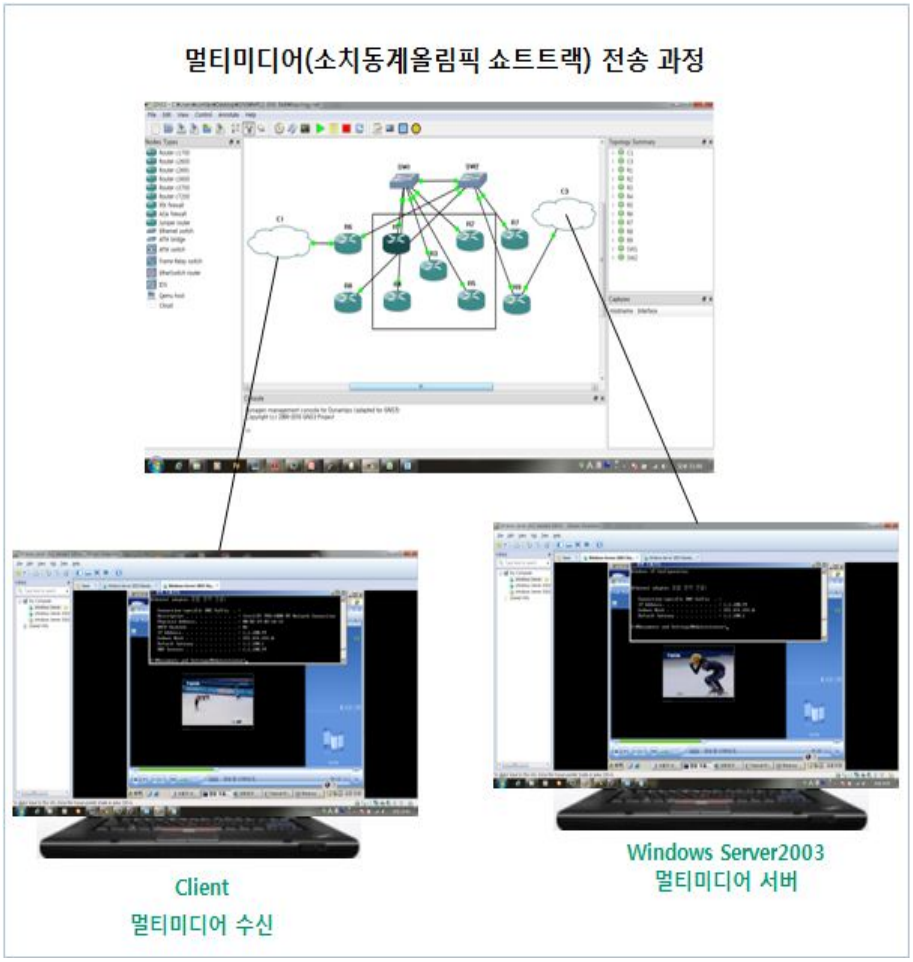

그림 3-8. 멀티미디어 전송과정

그림 3-8은 멀티미디어 방송데이터로 준비된 스트림 데이터를 윈도우 2003 서버에 준비하여 MPLS망을 통하여 전송하면 멀티캐스트 가입자단에서 멀티미디어를 수신하여 고성능화를 구현한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가. MPLS 전송 정책 설정 고성능화 구현 (EXP 5)

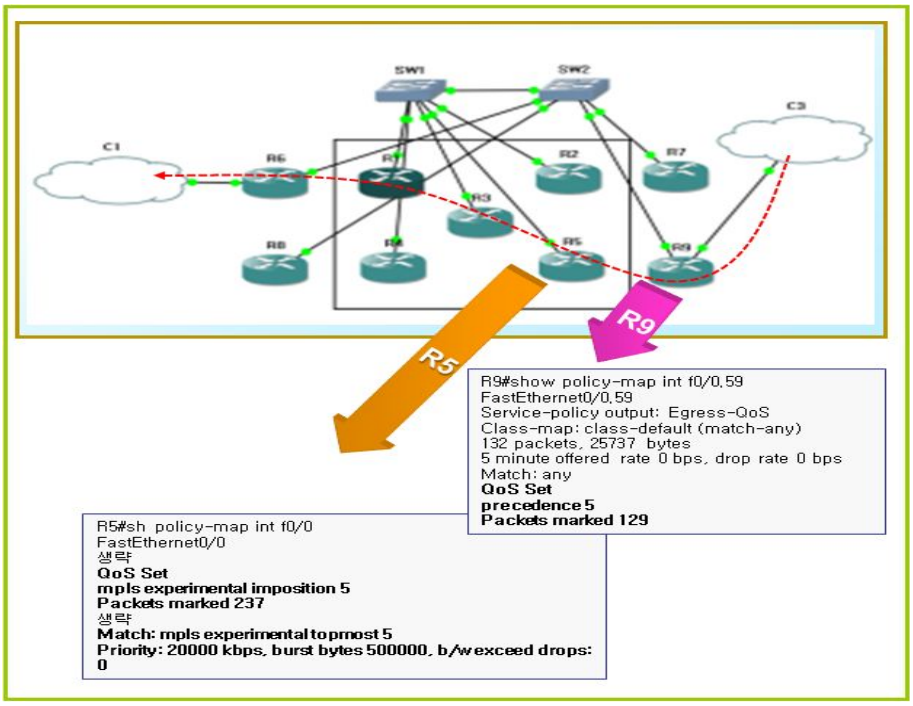

그림 3-9. R9, 5 전송 패킷 MPLS EXP값 5확인

MPLS 전송 정책 설정 중에서 EXP bit 5가 고성능화를 구현 할 수 있는지 확인하기 위해 먼저 멀티미디어 송신국 라우터 9를 시작으로 서버에서 멀티미디어 방송을 전송한다. R9번과 R5, 3, 1, 6을 통해 멀티미디어 수신국 가입자에게 멀티미디어를 전송하며 MPLS의 QoS의 EXP 값이 5임을 *show policy-map* 명령어를 통해 확인한다. 그림 3-9는 MPLS EXP 값이 5임을 확인하는 것을 나타낸다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

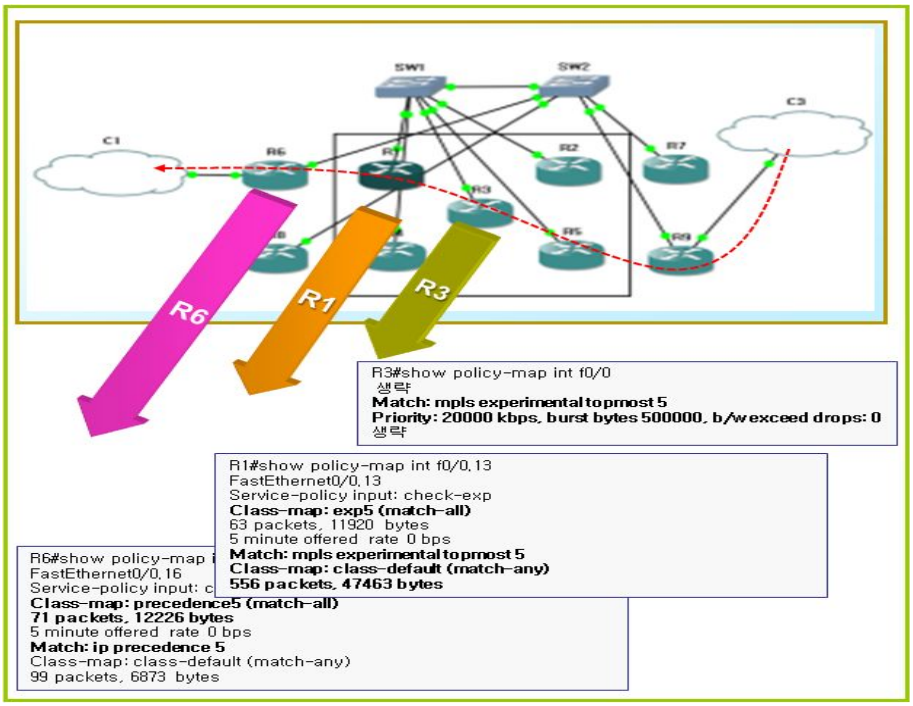

그림 3-10. R3, 1, 6전송 패킷 MPLS EXP값 5확인

그림 3-10은 R3, 1, 6을 통하여 MPLS의 QoS의 EXP bit가 5임을 확인하는 것을 나타낸다. R3에서 policy map을 적용한 인터페이스의 상태를 보기 위해 *show* 명령어로 EXP가 5임을 확인한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. MPLS 전송 정책 설정 고성능화 구현 (EXP 0)

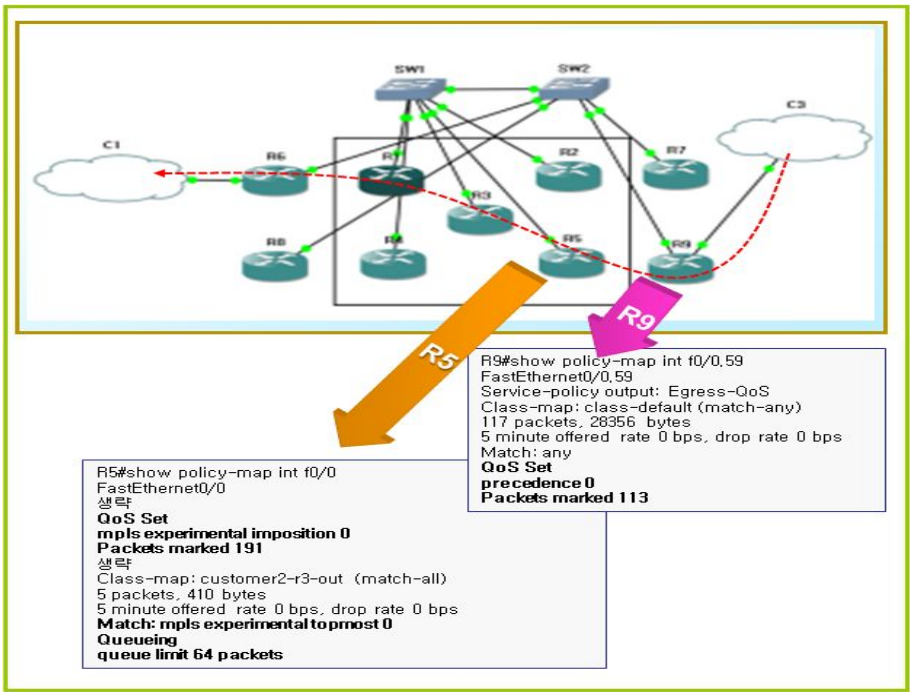

그림 3-11. R9, 5 전송 패킷 MPLS EXP값 0 확인

MPLS 전송 정책 설정 중에서 EXP bit 0이 고성능화를 구현 할 수 있는지 확인하기 위해 MPLS EXP bit를 5에서 0으로 변경하여 EXP값이 0임을 그림 3-11을 통해 확인한다. 멀티미디어 전송은 C3 서버에서 이루어지며 R9, 5, 3, 1, 6 순서로 C1 클라이언트에게 전송하는 과정이다. MPLS QoS EXP값을 0으로 하여 멀티미디어를 전송하는 과정을 확인 할 수 있으며 *show policy-map int* 명령어를 통해 EXP bit가 0인 것을 확인한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

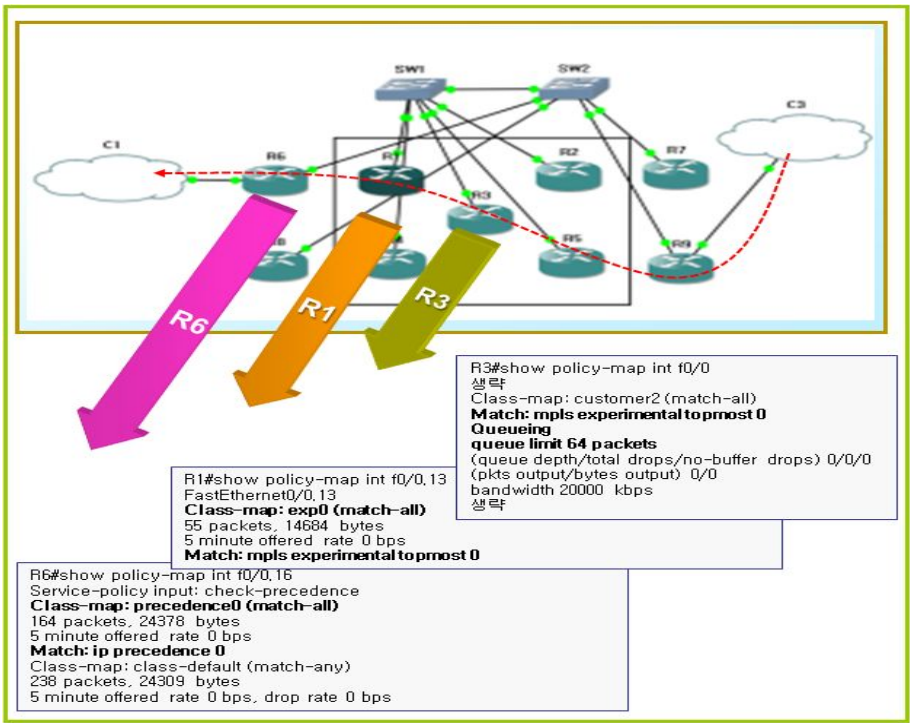

그림 3-12. R3, 1, 6 전송 패킷 MPLS EXP값 0 확인

그림 3-12에서 라우터3, 1, 6번을 통하여 전송하는 멀티미디어가 EXP bit 0으로 조정되어 전송되는 것을 *show* 명령어를 통해 확인한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 전송 정책 설정 고성능화 시뮬레이션 분석

가. OPNET 환경 설정

OPNET 모듈러에서 제공하는 시나리오를 통해 MPLS기반의 여러 시나리오를 설정하였으며 MPLS configuration의 edit attributes를 통해 EXP가 0~5 일 때의 상황을 설정한다.

EXP와 PHB definitions을 설정할 수 있으며 PHB 값의 AF (assured forwarding)는 낮은 손실을 의미하며 EF (expedited forwarding)는 낮은 지연/낮은 지터/낮은 손실을 의미한다. OPNET에서는 제공하지 않지만 PHB의 BE (best effort)는 QoS를 보장하지 않는 전형적인 인터넷 PHB도 있다.

나. 처리율 (트래픽 전송 결과)

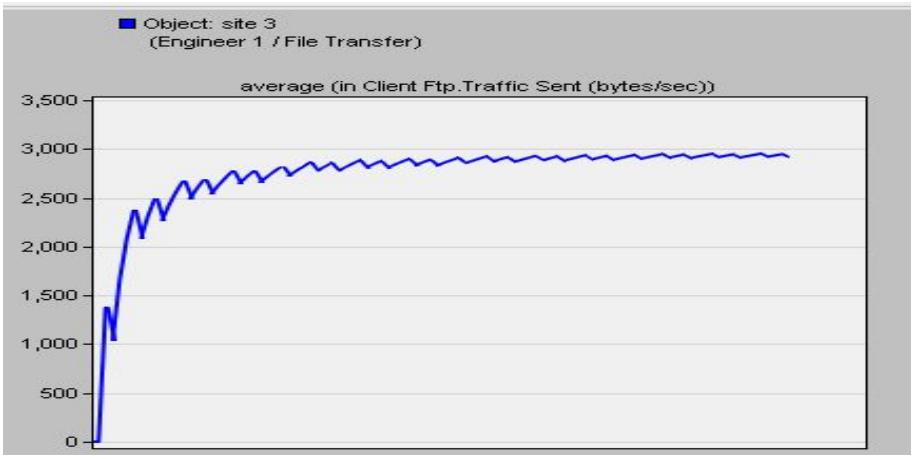

그림 3-13. EXP=0, 5의 트래픽 전송 결과 (처리율)

그림 3-13은 트래픽 전송 결과를 나타내며 사용율과 처리율의 테스트를 위해 트

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

래픽을 전송하는 그래프이다. EXP 0과 5의 경우 시간대별 같은 크기의 데이터를 전송한다.

다. 지연, 성능 (응답 시간결과)

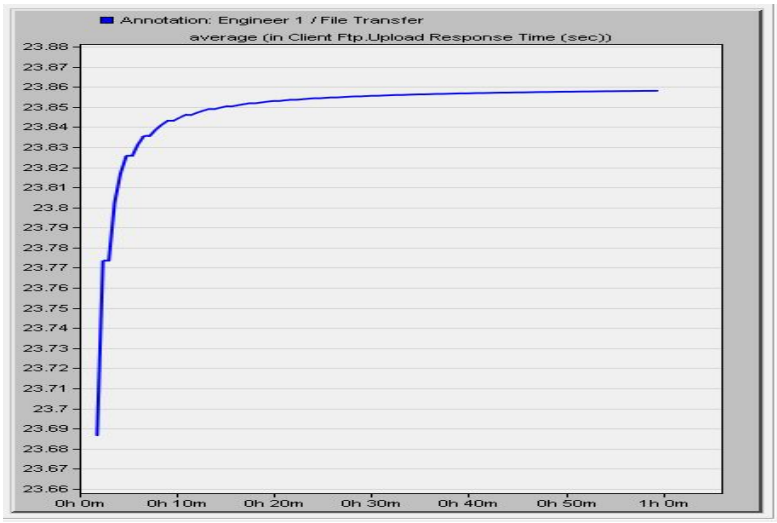

그림 3-14. EXP=5의 응답 시간결과 (지연, 성능)

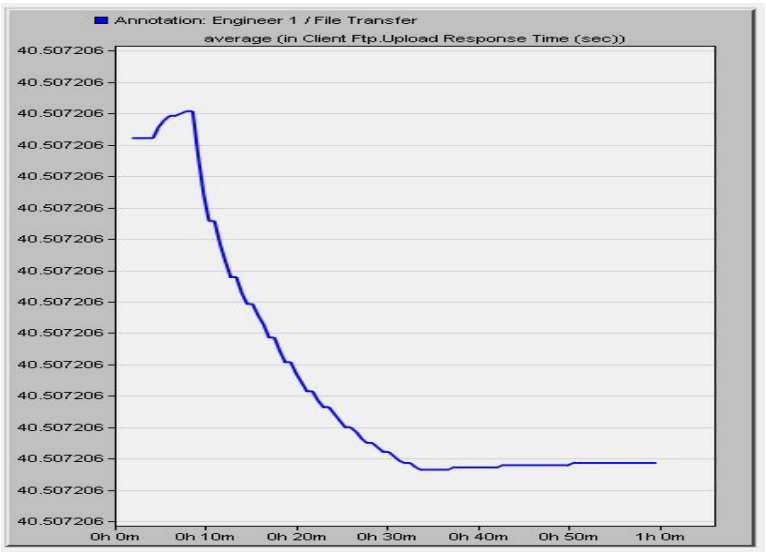

그림 3-15. EXP=0의 응답 시간결과 (지연, 성능)

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

그림 3-14와 그림 3-15는 클라이언트 FTP의 upload 응답 시간 결과 값의 지연과 성능을 나타내고 있다. 멀티미디어 수신단의 클라이언트에서 송신단의 서버로 FTP 업로드 한 응답시간은 EXP=0 일 때 40.507206(sec)로 그림 3-14와 같으며, EXP=5 일 때 20.85(sec)로 그림 3-15와 같다. 그래프와 표를 통해 EXP=5 일 때 응답시간이 19.65(sec) 빠르다는 것을 알 수 있으며, 중요한 부분인 QoS에 관련된 사항을 발견할 수 있었다.

그림 3-14와 그림 3-15에서 측정 시간은 60분이며 EXP=5 일 때 그래프는 라우터의 메모리나 큐의 데이터 버퍼등 라우터자원을 4분 안에 확보하여 성능을 안정적으로 유지하며 전송하고 있는 반면 EXP=0 일 때는 라우터 자원을 확보하는데 30분이라는 많은 시간이 소요 되었으며 30분 이후부터 40.50(sec)를 유지하고 있다. 그래프 결과 메모리나 큐 등의 성능자원을 수 분 안에 안정적으로 EXP=5 일 때 운영되었으며 QoS의 성능이 상승됨을 알 수 있고 상대적으로 EXP=0 일 때 성능이 떨어지고 있다.

결론적으로 적절한 EXP의 설정으로 망의 성능을 좌우할 수 있음을 관찰할 수 있다.

라. WFQ (weighted fair queuing)

WFQ는 4096개의 클래스가 존재하는데 각 클래스 마다 IP precedence로 가중치를 주어 실제 패킷 크기를 줄여 우선순위를 높여 처리하는 방식이다. WFQ는 PQ (priority queuing)의 우선순위가 높은 트래픽에 의해 우선순위가 낮은 트래픽 서비스가 불가능해 진다는 단점과 CQ (custom queue)의 클래스 별로 차등화된 서비스를 받지 못한다는 단점을 해결하기 위해 만들어졌다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

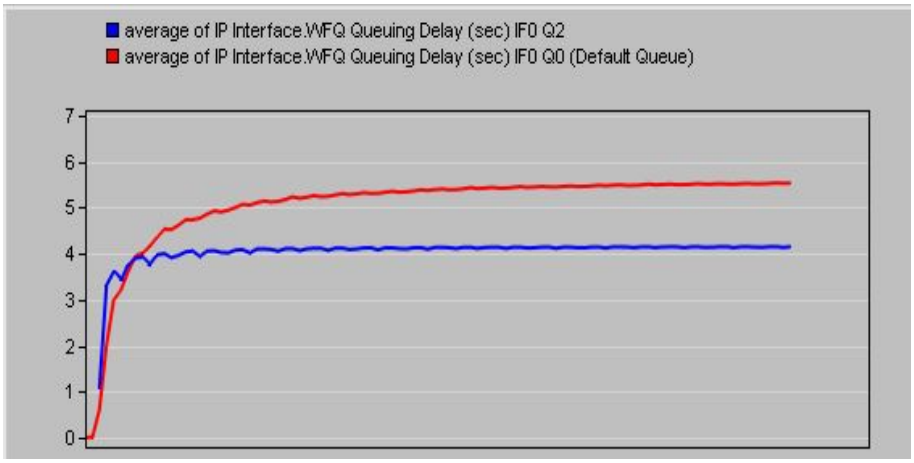

그림 3-16. WFQ Queuing 지연 평균시간

그림 3-16은 WFQ의 queuing 지연 평균시간을 의미하며 인터페이스의 큐 처리로 인한 지연시간을 초로 나타내고 있다. 아래의 파란색은 EXP=5 일 때의 WFQ queuing 처리 지연 평균시간인데 EXP=0 일 때보다 queuing처리로 인한 지연이 작음을 알 수 있다.

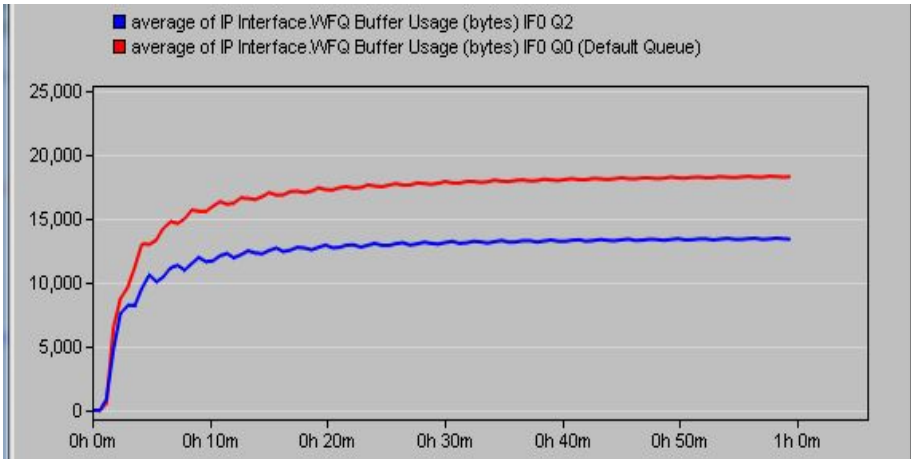

그림 3-17. WFQ Buffer 사용율의 평균값

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 3-17은 WFQ buffer를 사용하여 데이터를 인터페이스에 보내기까지의 평균 사용율을 나타낸다. 아래 그래프 파란색 선이 EXP=5 일 때 WFQ의 buffer 사용을 바이트단위로 나타내고 있다. EXP=0 일 때보다 buffer 사용이 적고 QoS 처리로 라우터의 자원의 효율화가 가능하다는 결과를 의미이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 절 멀티캐스트 분석과 설계

멀티캐스트는 기존에 주로 사용하던 유니캐스트나 브로드캐스트 방식과는 달리 동일한 응용서비스를 사용하는 특정 그룹에 대해서만 전송하게 함으로써, 네트워크 구성 시 전체 트래픽의 부하를 감소시키고 다른 네트워크의 데이터 전송에 영향을 최소화 해 주기 때문에 특정 그룹을 위해 사용하는 데이터를 네트워크에서 처리하는데 아주 유용한 기술이다 [33, 34].

멀티캐스트는 하나의 발신지와 하나의 목적지에 그룹을 가지고 한 번의 전송으로 그룹 내 모두에게 전송하는 방식이며 224.0.0.0에서 239.255.255.255의 IP 대역을 사용한다. 그룹 내 전체에 한 번의 패킷 전달만으로 1:N 형태의 전송이 가능하여 중복전송으로 인한 네트워크 부하를 최소화하는 프로토콜이다.

멀티캐스트와 유니캐스트를 비교하면 유니캐스트는 각각의 수신자별로 하나의 패킷 데이터를 다수의 패킷으로 전송하며 3개의 호스트일 경우 3개의 데이터를 전송하고 네트워크는 이를 3개의 수신자별로 전송한다. 즉 호스트는 한 번에 하나의 수신자로만 전송 가능하다. 이에 비해 멀티캐스트는 다수의 수신자에 대해 하나의 데이터만을 전송하며 호스트는 1개의 데이터를 전송하고 수신자가 존재하는 경로만 전송되며 호스트는 동시에 다수의 수신자로 전송 가능하다 [35].

1. 멀티캐스트 프로토콜 분류

가. 멀티캐스트 프로토콜

멀티캐스트는 다수의 수신자에 대해 하나의 데이터만을 전송함으로 대역폭과 자원의 효율화를 가져오는 방식이다. 멀티미디어와 모바일의 증가로 멀티캐스트의 개념을 도입한 IPTV 등 적용서비스는 증가하고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(1) 멀티캐스트의 필요성

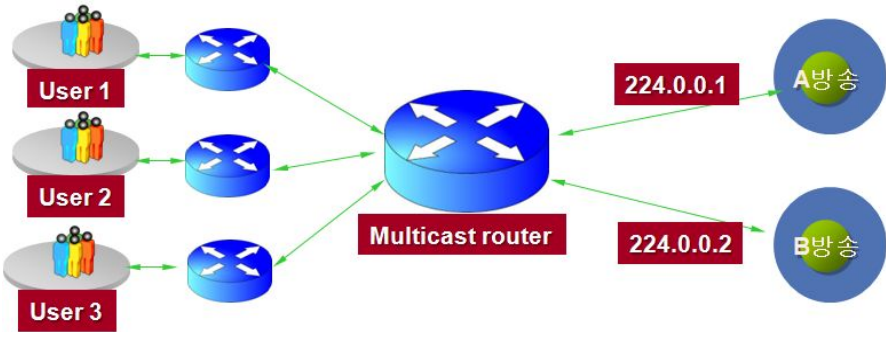

그림 3-18. 멀티캐스트 동작

그림 3-18에서의 멀티캐스트 동작과정에서 IGMP (internet group management protocol)는 멀티캐스트라우터의 네트워크에 연결된 호스트나 라우터의 소속 상태에 대한 정보를 제공하며 멤버쉽, query, report, leave report 패킷들을 이용하여 그룹관리를 한다. 멀티캐스팅 라우팅 프로토콜은 멀티캐스트 특성상 최단경로로 N개가 포함된 그룹에 동시에 전송해야 하므로 N개의 최단경로를 확보해야 한다 [36].

멀티캐스트의 필요성은 동일한 데이터를 다수의 수신자에게 전송할 때 이용하며 대역폭 사용량이 감소 (브로드캐스트 사용에 비해)하며 호스트/라우터 processing 감소로 자원 효율화 및 수신자 주소 지정이 불필요하다.

(2) IP 멀티캐스트 서비스 모델

IP 멀티캐스트 서비스 모델은 몇 가지로 나눌 수 있는데 첫 번째로 IGMP 이다. IGMP는 멀티캐스트 패킷을 수신할 수 있는 호스트 그룹을 지정하고 멀티캐스트 어플리케이션을 통해 사용자들의 동적인 등록 지원이 가능하다. 두 번째로 addressing은 D class IP 주소를 통해 각각의 멀티캐스트 그룹을 정의한다. class D IP 주소 (224.0.0.0~239.255.255.255) 범위에서 동적으로 할당되어 사용되는 멀티

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

캐스트 IP 주소는 각각의 수신자를 지정하는 것이 아니라 수신자 그룹을 지정하여 사용한다. 그룹 멤버쉽은 인터넷상에서 수신자들이 밀집되어 있거나 분산되어 있을 수 있기 때문에 수신자들은 라우터들 사이에서 그룹 멤버쉽 관리를 위해 사용되는 IGMP를 통해 자유롭게 특정 멀티캐스트 세션에 가입하거나 탈퇴할 수 있다. 송신자는 자신이 전송하고자 하는 멀티캐스트 그룹에 가입할 필요가 없다. 멀티캐스트 라우팅은 네트워크상의 멀티캐스트가 활성화된 라우터들 간 멀티캐스트 트래픽의 효율적인 전송을 위해 사용되는 라우팅 프로토콜이다. 멀티캐스트 라우팅은 패킷 분산 트리를 생성하여 다수의 수신자에게 멀티캐스트 데이터를 효율적으로 전송한다 [37, 38].

나. 멀티캐스트 프로토콜 방식 분류

멀티캐스트 분산 트리는 송신자에서부터 수신자로의 하위 트래픽 경로로 정의한다. 유니캐스트 전송은 목적지 주소를 통해 전송 경로를 결정하는데 비해 멀티캐스트 전송은 송신지 주소를 통해 전송경로를 결정한다. 멀티캐스트 트리는 멀티캐스트에 사용되는 트리 구조를 말하여 송신자기반 분산트리와 그룹공유 분산 트리의 두 가지로 구분된다.

송신자기반 분산트리에는 DVMRP (distance vector multicast routing protocol), MOSPF (multicast open shortest path first), PIM-DM (protocol independent multicast -dense mode)이 해당되며 그룹공유 분산트리에는 CBT (core-based tree)가 이에 해당된다. 특히 PIM-SM(protocol independent multicast sparse mode)은 그룹공유 분산트리 방식에서 사용 가능하므로 복합트리 방식으로 분류 될 수 있다. 그림 3-19는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 트리 구분을 나타낸다 [39].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

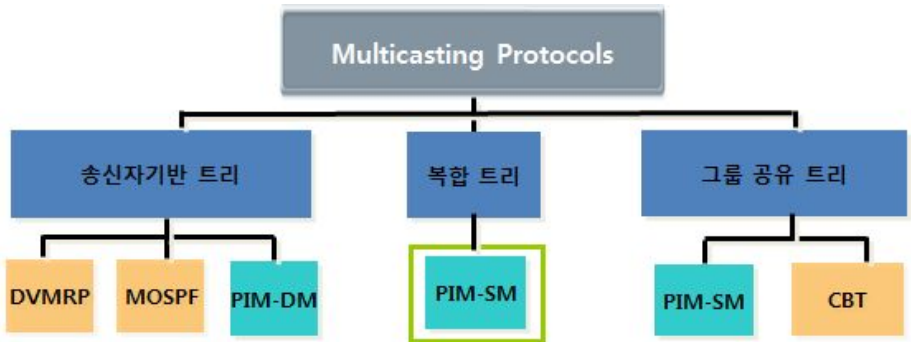

그림 3-19. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 트리 분류

(1) 송신자 기반 트리

송신자 기반 트리는 특정 멀티캐스트 그룹으로 멀티캐스트 데이터그램을 전송하는 소스마다 최소 비용 경로 트리를 하나씩 설정하며 멀티캐스트 그룹 마다 서로 다른 다음 홉 라우터들에 대한 정보를 유지한다. 그림 3-20에서 소스 1과 소스 2의 각 소스에 대한 별도의 최단 경로 트리 가지고 있으며 이로 인해 효율적인 트리 방식으로 낮은 지연이 발생되어 밀집된 환경에 멀티캐스트 하기에 적합하다. 트리의 최대수와 상관없이 각 그룹은 하나의 라우터 RP (rendezvous point)에서 선택된다. 송신자 또는 최단 경로 트리라 하며 많은 메모리를 필요로 하지만 송신자로부터 모든 수신자로의 최적 경로를 얻을 수 있기 때문에 전송 지연시간을 최소화 시킬 수 있다. 송신자 기반 트리는 push model을 사용하며 초기에 멀티캐스트 데이터들이 전체 네트워크상으로 전송된다. 수신자가 존재하지 않는 경로는 프룬을 수행하며 단일 송신자 기반에 적합하다 [40].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

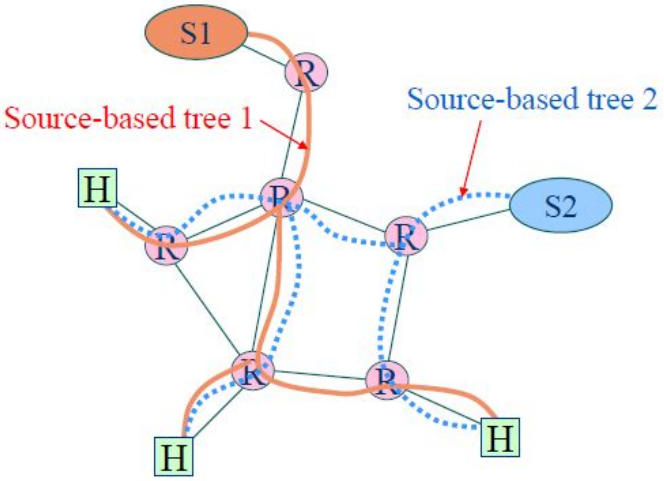

그림 3-20. 송신자 기반 트리

(2) 그룹 공유 트리

그룹 공유 트리는 하나의 멀티캐스트 그룹에 대해 그룹의 멤버가 연결된 모든 목적지 라우터로의 최소 비용의 경로로 구성되는 하나의 트리를 설정하며 모든 멀티캐스트 데이터그램 송신자들이 설정된 최소 비용 경로 트리를 공유한다. 각 출발지 호스트는 멀티캐스트 데이터그램을 유니캐스트 데이터그램으로 캡슐화하여 중앙의 RP 라우터에게 전달된다. RP 라우터는 미리 설정된 멀티캐스트 공유트리의 경로로 해당 멀티캐스트 데이터그램을 전송한다. 그림 3-21에서 각 그룹은 모든 소스인 S1과 S2가 RP와 공유 되어 있는 공유 트리방식으로 모든 소스를 공유한다. 트리의 최대 수와 상관없이 각 그룹은 하나의 라우터 RP에서 선택된다. 송신자 기반 트리에 비해 적은 메모리를 사용하지만 송신자로부터 모든 수신자의 절충된 경로를 생성하기 때문에 전송 지연 시간이 발생할 수 있다. 그룹 공유 트리 방식은 pull model을 사용하며 패킷을 요청하기 전까지는 패킷 수신을 요청하는 수신자가 없다고 가정한다. 송신자와 모든 수신자는 RP로 접속한다. 그룹공유 트리 방식은

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다중 송신자에 적합하다 [41].

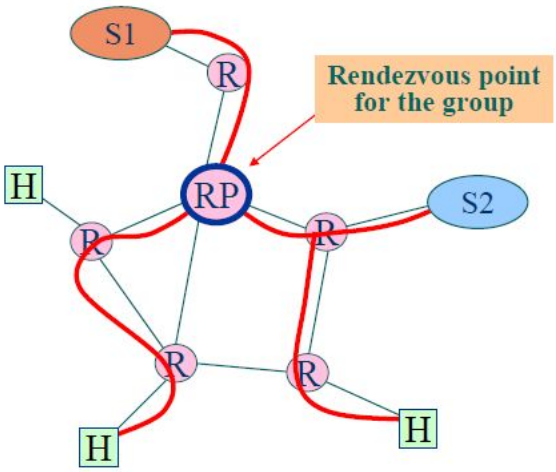

그림 3-21. 그룹공유 기반 트리

그림 3-21의 그룹 공유 기반 트리는 송신자와 수신자를 위해 연결하는 RP가 있으며 송신자와 수신자는 RP에 접속하며 이로 인해 최대 전송지연이 송신자기반 트리방식 보다 길다 [42].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 주요 멀티캐스트 프로토콜 분석

(1) DVMRP

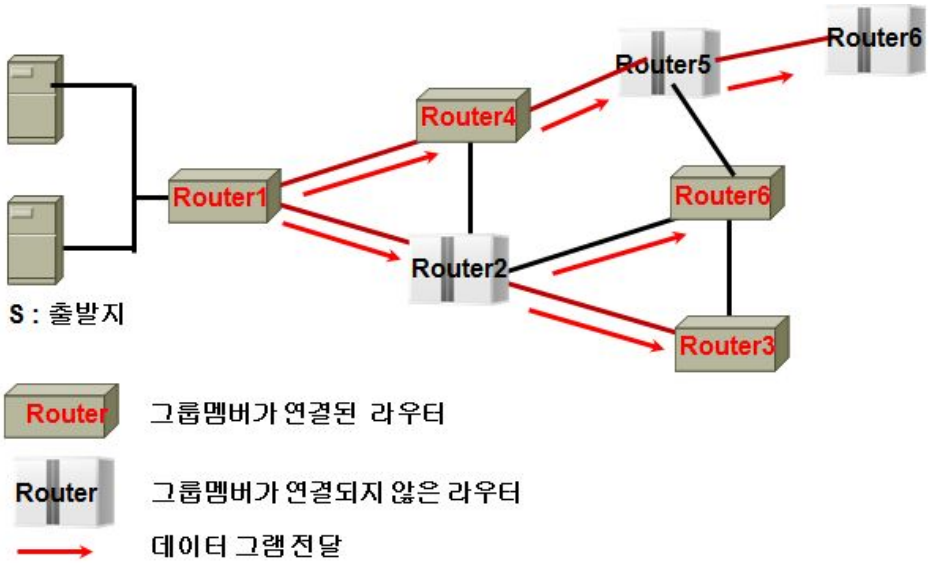

그림 3-22. DVMRP 동작과정

DVMRP는 역경로 전달 (RPF-reverse path forwarding) 기법과 프루닝 (pruning) 기법에 기초를 두고 멀티캐스트 데이터그램을 수신 포트를 제외한 다른 모든 포트로 전달되며 이는 최소 비용 경로를 통해 전달된 멀티캐스트 데이터그램만을 전달한다. 동작과정은 그림 3-22에서 송신자인 출발지에서 멀티캐스트 그룹 전체에 멀티캐스트 데이터그램을 전달한다. 그림 3-22에서 평면 라우터 (Router 1, 3, 4, 6)는 그룹멤버가 연결된 라우터이며 블록 라우터 (Router 2, 5, 6)는 그룹멤버가 연결되지 않은 라우터인데 멤버가 존재하지 않는 방향으로도 멀티캐스트 데이터그램을 불필요하게 전달된다. 프루닝 기법으로 RPF에서 원하지 않는 멀티캐스트 데이터그램의 전달을 차단한다. 멀티캐스트 그룹의 멤버가 존재하지 않는 라우터가 멀티캐스트 데이터그램을 수신하면 라우터는 데이터그램을 전달한 라우터에게 프

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

룬 메시지를 보내 멀티캐스트 데이터그램 전달 중지를 요구한다. 멀티캐스트 호스트를 갖지 않은 라우터가 하위의 모든 라우터로부터 프룬 메시지를 받으면 상위 라우터에게 프룬 메시지 전달하고 수신자가 멀티캐스트 그룹에 가입하면 라우터는 그랩트 메시지 (graft message)를 상위 라우터로 보내면서 멀티캐스트 메시지 수신 재개 가능하다.

DVMRP는 거리벡터 기반의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이며 동작은 RIP (routing information protocol)과 유사하게 동작 한다 [41]. 유니캐스트 라우팅에서 사용하는 거리벡터 알고리즘의 확장 프로토콜이며 주기적으로 동작한다. 첫 데이터그램은 전체 네트워크로 flooding 하고 종단 서브네트워크에 연결되어 있는 그룹 멤버가 없으면 프룬 메시지를 송신지로 향해 역방향으로 전송하는 소스기반 최단 경로 트리를 구성한다 [43].

DVMRP는 네트워크 확장성 측면에서 문제점을 내포하고 있으며 RIP와 동일하게 동작하여 slow convergence가 발생한다. 공유 트리가 지원되지 않고 32 홉 이내만을 지원된다. 또한 flood & 프룬 동작의 특성 및 확장성 부족 등의 문제로 큰 규모의 네트워크에서 이용하기에 적당하지 않다 [44].

(2) MOSPF

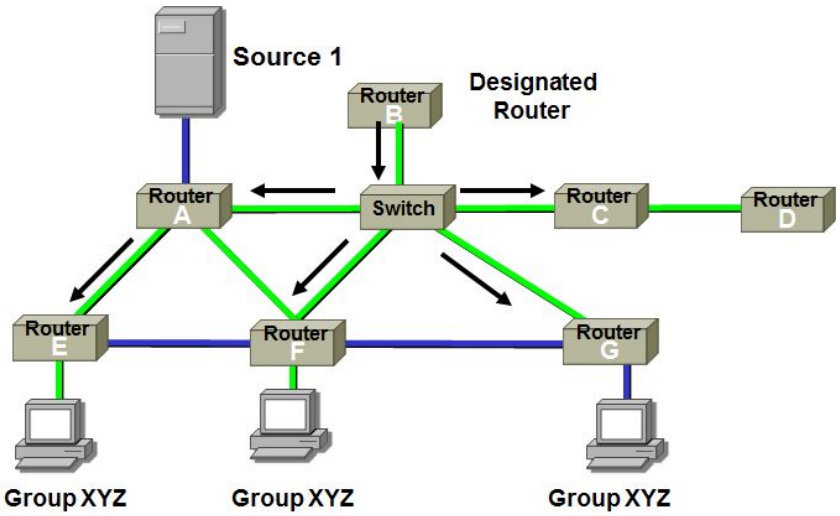

그림 3-23. MOSPF 동작과정

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

MOSPF는 distribution 트리를 구성하기 위해서 OSPF LSA (link state advertisement)에 멀티캐스트 정보를 포함하여 전송하며 링크 상태에 변화가 생기면 해당 링크의 라우터가 LSA를 flooding 하고 변화를 반영하여 distribution 트리는 재계산 된다. 그림 3-23에서처럼 다중접속 환경에서는 오직 DR만이 IGMP 호스트 멤버쉽 query를 보낼 수 있다. DR은 OSPF area내의 모든 라우터에게 그룹 LSAs (membership link-state advertisements)를 flooding한다. OSPF를 멀티캐스트 라우팅 프로토콜로 확장한 프로토콜이며 LSP (link state packet) 방송함으로 멀티캐스트 그룹의 토폴로지 정보를 공유하며 라우터는 Dijkstra 알고리즘을 사용하여 멀티캐스트그룹의 멤버가 연결된 모든 라우터로의 최소 비용 경로트리를 계산한다. 그룹의 개수가 많아질 때 라우터는 n개의 그룹 토폴로지 정보를 유지하고 각 그룹에 대한 최소 비용 경로 트리를 계산하는 부담이 있고 멀티캐스트 데이터그램이 도착할 때 최소 비용 경로 트리를 계산한다. 계산 결과를 캐시 메모리에 유지함으로써 불필요한 최소 비용 경로 트리를 계산 부담을 최소화하는 장점도 있다.

그림 3-23와 같이 스텝 순으로 비용 메트릭 링크 상태로 표현하며 최저 비용경로와 매개변수의 홉과 밸런싱 정보를 포함하고 있다. 그리고 라우터는 인접한 라우터로부터 받은 정보를 기반으로 내부 링크 상태 정보를 업데이트 한다. MOSPF 장점중 하나는 최단 경로 트리를 계산하는 Dijkstra 알고리즘을 사용한다 [45, 46].

MOSPF는 OSPF 유니캐스트 라우팅 프로토콜의 확장 버전이다. OSPF의 라우터들은 네트워크상의 모든 사용 가능한 링크를 파악하기 위해 링크 상태 advertisement를 사용하는 반면 MOSPF는 멀티캐스트 분산 트리 생성을 위해 OSPF 링크 상태 advertisement에 멀티캐스팅 정보를 포함한다. 또한 그룹 멤버쉽 LSA들이 OSPF 라우팅 도메인을 통해 전송되므로 MOSPF 라우터가 outgoing 인터페이스 리스트들을 생성할 수 있다. 최단경로 트리 생성을 위해 Dijkstra 알고리즘을 사용하고 각각의 (송신자, 그룹) 쌍에 대해 분리된 연산이 필요하다 [47].

MOSPF는 LSA 및 링크상태 데이터베이스를 이용하기 때문에 생성 상태에 있는 모든 곳에 멀티캐스트 트래픽을 전송하지 않고 특정 프로토콜에 제한되어 사용되는 특징이 있다. 또한 OSPF 기반의 네트워크에서만 운용가능하며 각각의 멀티캐스트 (송신자, 그룹) 쌍 별로 Dijkstra 알고리즘 수행이 필요하다. 공유 트리를 지원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

하지 않기 때문에 확장성이 부족하며 송신자 수가 많은 멀티캐스트 환경에서는 사용하기에 적합하지 않는 단점이 있다 [48].

(3) PIM-DM

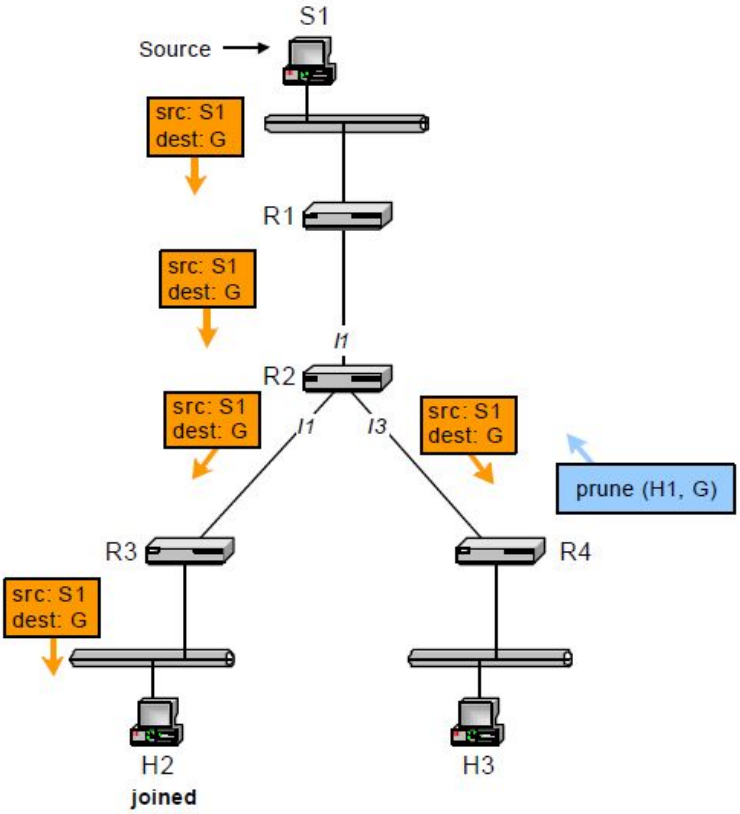

그림 3-24. PIM-DM 동작과정

PIM-DM은 한 인터페이스로부터 받은 멀티캐스트 트래픽을 그 인터페이스를 제외한 모든 인터페이스로 전달한다. PIM-DM 라우터들은 IGMP를 사용하여 멀티캐스트 그룹을 파악한다. 해당 멀티캐스트 패킷을 전달받을 필요가 없는 라우터는 해당 프룬 메시지를 인접 PIM 라우터에게 보내어 특정 멀티캐스트 패킷의 전달을

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

막을 수 있다 [49].

PIM-DM의 그림 3-24 s1은 멀티캐스트 소스인 송신자이며 그룹 G와 수신자 H2 그룹 멤버로 구성되어 있다. 동작과정은 소스 S1은 IP 데이터그램을 그룹 G의 모든 라우터에 플러드 한다. R4라우터는 R2라우터에 연결되지 않은 수신자를 R2의 라우터 RPF 인터페이스에 프룬 메시지를 보낸다. 이때 멀티캐스트 주소 G와 프룬 소스 S 주소를 R2에게 전송하며 이처럼 프룬 처리된 인터페이스에 멀티캐스트 패킷을 전달하지 않는다. 만료시간이 종료되면 데이터그램을 다시 보낸다. 모든 하부 유니캐스트 라우팅 프로토콜인 static, RIP, IGRP, EIGRP, IS-IS, BGP, OSPF 등을 지원하고 이런 프로토콜에 무관하게 동작한다. reverse path 전달을 사용하고 멀티캐스트 그룹 멤버쉽을 기반으로 flood & 프룬을 수행한다. PIM-DM은 소규모의 멀티캐스트 네트워크 또는 파일롯 네트워크에서 사용하기에 알맞은 프로토콜이다. PIM-DM의 특징은 적은 규모의 파일롯 네트워크에 적합하고 라우터 커멘드 설정이 쉽고 flood & 프룬이라는 단순한 메커니즘을 이용하기 때문에 동작 구조가 단순하다. DVMRP와 연동 가능하지만 flood & 프룬 동작은 비효율적이다. 프룬은 3분마다 만료되기 때문에 flooding이 빈번하게 일어나야 한다는 문제점이 있으며 공유 트리 구조는 지원되지 않는다 [50, 51].

그림 3-24의 동작과정은 모든 라우터는 초기 멀티캐스트로 모든 그룹에 트래픽을 보내고 수신하지 않는 클라이언트는 라우터에서 프룬 메시지를 요청한다. 프룬 과정은 3분단위로 반복하여 이루어진다.

(4) PIM-SM

PIM-SM은 송신자 및 공유 트리를 모두 지원한다. 특히 모든 수신자가 특별하게 요청하기 전까지는 멀티캐스트 트래픽을 수신하지 않는다는 가정 하에 설계되었고 RP를 사용한다. 송신자와 수신자는 RP에서 서로 만나 서로의 존재를 인식하게 되고 송신자는 자신의 첫 번째 홉 라우터를 통해 RP에 등록된다. 수신자는 자신의 해당 DR (designated router)을 통해 RP에 뿌리를 두고 있는 공유 트리에 참가한다. 적용 대상은 수신자 그룹이 밀집되어 있거나 분산되어 있는 대규모 네트워크에

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

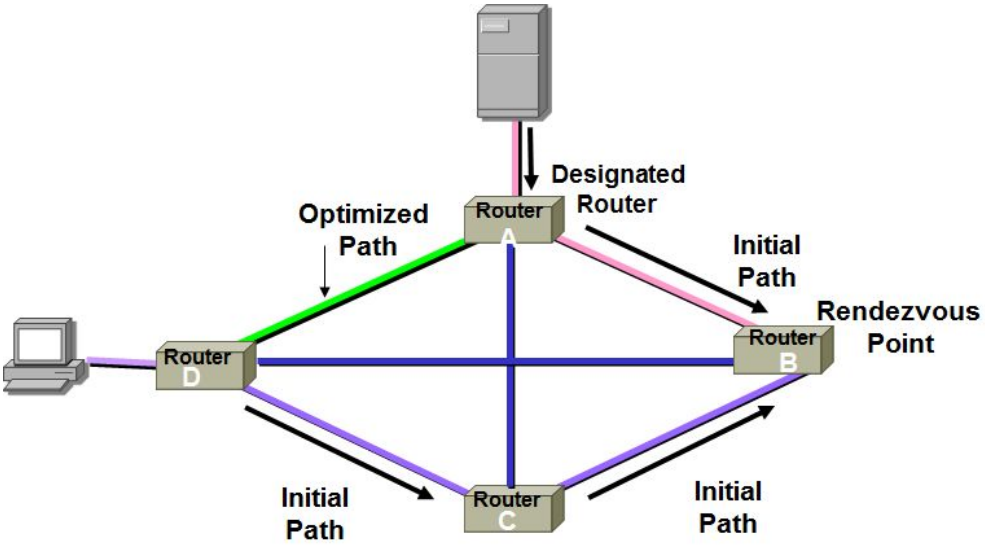

그림 3-25. PIM-SM 동작과정

적용이 용이하고 네트워크 규모나 그룹 멤버쉽 밀집도에 상관없이 구현할 수 있는 최적의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이다 [52].

그림 3-25의 PIM-SM 동작과정은 각각의 멀티캐스트 라우터들이 RP에 등록하면 모든 멀티캐스트 패킷은 멀티캐스트 라우터-RP-멀티캐스트 라우터로 전송되는데 이것이 멀티캐스트 라우터와 RP간에 최적의 경로를 초기 경로 (initial path)로 설정하게 된다. 멀티캐스트 라우터 간에 초기 경로보다 최적의 경로가 있을 수 있는데 이 경우는 RP를 경유하는 경로를 설정하지 않고 멀티캐스트 라우터 간에 빠른 경로를 최적 경로 (optimized path)로 설정되는 메카니즘을 갖고 있다. 이를 RP를 경유하는 공유트리에 대비하여 SPT (short path tree)라 한다 [53].

PIM-DM과 주요 차이점은 특정 그룹에서 멀티캐스트 메시지를 수신 할 모든 라우터는 RP에 조인 메시지를 보낸다. 소스가 특정 그룹에 메시지를 보낼 때 DR은 메시지를 캡슐화하고 유니캐스트 메시지로 그룹의 RP로 보내며 RP는 DR에 PIM 가입 메시지를 회신한다. 그림 3-25의 모든 중간 라우터는 새로운 (소스, 그룹) 쌍에 대한 자신의 멀티캐스트 전달 테이블에 새 항목을 추가한다. PIM-SM은 공유트

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

리와 송신자 기반트리 구조의 두 트리 구조를 가지고 있다 [54].

PIM-SM는 멀티캐스트 수신자들이 밀집되어 있거나 분산되어 있거나 상관없이 효율적으로 동작 가능하고, 멀티캐스트 그룹에 참가한 수신자가 존재하는 경로로만 트래픽이 전송되는 특징이 있다. 또한 많은 용량을 전송하는 송신자에 대해 최적의 송신자 트리로의 동적 전환기능이 제공되고 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 독립적으로 인터도메인 멀티캐스트 라우팅 기반으로 MBGP (multiprotocol boarder gateway protocol) 및 MSDP (multicast source discovery protocol)와 함께 동작 시 제공 된다 [55].

(5) CBT

CBT는 멀티캐스트 그룹 멤버들에 대한 단일 공유 전송 트리를 작성한다. 송신자에 상관없이 동일한 트리 상에서 트래픽이 송·수신된다. 라우터 상에 저장되는 멀티캐스트 상태 정보의 크기를 줄일 수 있으며 공유 트리를 작성하기 위해 코아 라우터가 이용된다. 라우터는 조인메시지를 코아에 보내고 트리를 생성하여 하향 조인메시지들을 제한한다. 하향 라우터들은 트리상의 라우터를 통해 공유 트리에 연결하고 송신자는 코아로 데이터를 유니캐스팅 하고, 그룹 ID를 이용하여 멀티캐스팅 한다 [56].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

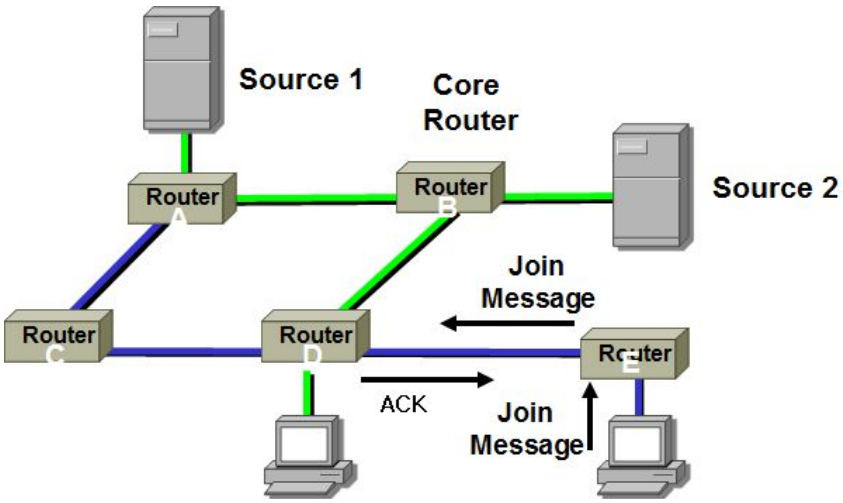

그림 3-26. CBT 동작과정

그림 3-26은 송신자1, 2에 상관없이 하나의 distribution 트리를 구성하며 하나의 코아 라우터를 갖는다. distribution 트리에 조인하려는 라우터는 코아 라우터에 조인 메시지를 보내고 코아 라우터가 ack를 보내어 트리의 branch를 구성한다. 조인 메시지가 코아 라우터에 이르기 전에 코아 라우터에 조인된 라우터를 만나면 그 라우터가 ack를 대신한다. 코아 라우터를 중심으로 CBT는 각 멀티캐스트 그룹에 대해 하나의 전송트리를 구성하며 다른 라우팅 알고리즘에 비해 적은 정보를 요구한다. 이로 인해 네트워크의 대역폭을 절감할 수 있다. 반면에 각 그룹에 단일 트리를 사용하는 것은 코아 라우터 주변의 트래픽에 병목 현상이 나타날 수 있다 [57].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 3-2. 주요 멀티캐스팅 프로토콜 비교

	장점	단점
DVMRP	▪ 수신자가 밀집된 환경에 적합 ▪ 멀티캐스트전송 알고리즘의 효율성 제공 ▪ PIM과의 호환성 제공	▪ 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 대한 의존성이 높음 ▪ 네트워크 확장에 대한 한계성 ▪ Cisco장비에서 지원하지 않음 (PIM과의 연동은 지원)
MOSPF	▪ 수신자가 밀집된 환경에 적합	▪ 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 대한 의존성이 높음 ▪ 멀티캐스트전송 알고리즘의 효율성 미비 ▪ 네트워크 확장에 대한 한계성 ▪ Cisco 장비에서 지원하지 않음
PIM DM&SM	▪ 수신자가 밀집되거나 분산된 환경에 모두 적합 ▪ 멀티캐스트전송 알고리즘의 효율성 제공 ▪ 네트워크 확장성 제공 ▪ 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 대해 독립적으로 동작	▪ PIM-DM은 초기에 모든 그룹에 멀티캐스트 트래픽 전송 후 3분마다 프룬 반복.
CBT	▪ 수신자가 분산된 환경에 적합 ▪ 멀티캐스트전송 알고리즘의 효율성 제공 ▪ 네트워크 확장성 제공	▪ 실제 구현된 제품이 없음

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. IPTV 전송 고성능화를 위한 멀티캐스트 설계

가. 분류별 멀티캐스트 프로토콜 문제점과 대책

멀티캐스트 자체만으로 대역폭 및 자원을 효율적으로 이용한다. 그러나 멀티캐스트를 IPTV에 적용하기 위하여 멀티캐스트 분류별 문제점을 분석한다.

(1) 송신자기반 트리 방식의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

송신자기반 트리 방식의 DVMRP와 PIM-DM의 멀티캐스트는 먼저 기본적으로 라우팅 프로토콜을 최적화하기 위해 주기적인 flooding과 프룬 방식으로 멀티캐스트 트리를 구성하여 라우팅 테이블을 간결하게 구성하려 한다. 송신자기반 트리 방식은 최초 flooding된 데이터를 보고 멀티캐스트 경로상에 테이블로 할당한다. 그리고 최초 flooding 할 때 프룬을 받은 인터페이스는 경로상에서 제외된다. 이런 문제점은 프룬 타이머가 끝난 이후에 라우팅 테이블에 리스트 되지 않은 인터페이스에도 flooding 되어야 해야 하는데 프룬 되어 전송되지 않아 라우팅 테이블에 리스트 되지 않는 문제점을 가지게 된다 [58].

송신자기반 트리 방식 문제점의 대책 중 DVMRP는 프로토콜의 최초 flooding 할 때 프룬을 받은 인터페이스는 경로상에서 제외되는 문제점이 있다. 프룬 타이머가 끝난 이후에 라우팅 테이블에 리스트 되지 않은 인터페이스에도 flooding 되어야 해야 하는데 프룬 되어 전송되지 않아 라우팅 테이블에 리스트 되지 않는 문제점이다. 이에 대한 대책은 일정 시간이 경과된 후 프룬 타이머가 종료되면 다시 해당 flooding을 통한 절차를 반복하여 해결한다. 프룬 타이머가 종료되지 않았지만 프룬을 받았던 인터페이스로부터 그룹에 가입하겠다는 graft 메시지를 받은 경우는 테이블에 리스트가 이루어진다 [59].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(2) 그룹공유기반 트리 방식의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

그룹공유기반 트리 방식인 CBT와 PIM-SM에 문제점에 알아본다. 먼저 CBT의 동작은 그룹의 각 멤버들이 코아 라우터로 조인메시지를 통하여 그룹에 참여하며 라우터의 컨트롤 메시지에 따라 양방향성 멀티캐스트 경로를 설정한다. 문제점은 그룹 참여한 ID의 융합 문제점이다. PIM-SM은 그룹공유기반과 송신자기반을 동시에 공유하는 복합트리 방식인데 최초 트리 구성시 그룹공유기반 트리 방식을 사용하다가 일정 데이터율을 넘게 되면 송신자기반 트리 방식으로 전환을 일으킨다 [60].

그룹공유기반 트리 방식의 문제점의 대책은 각 그룹의 경로를 통해 패킷의 단위로 나누어져 들어온 여러개의 패킷들이 하나의 출력경로를 통해 융합되어 나가게 될 때 각 패킷들이 뒤섞여 다시 조합이 힘들어 지는 CIP (cell interleaving problem) 문제가 있는데 이를 해결하기 위해 패킷 단위로 RM 태크를 붙여 블록단위로 구분지어 전송한다 [61].

PIM-SM의 문제점인 최초 트리 구성시 그룹공유기반 트리 방식을 사용하다가 일정 데이터율을 넘게 되면 송신자기반 트리 방식으로 전환을 일으키지만 L2와 L3 전달의 환경에서는 적용되지 않기 때문에 이런 환경만 유의하면 된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 절 기존 연구 IPTV 전송 멀티캐스트 분석

IPTV의 성공적인 서비스 제공을 바탕으로 서비스의 품질을 최대한 보장하기 위해서 멀티캐스트 프로토콜의 개선과 연구가 이루어졌다. 기존에 연구가 되었던 멀티캐스트 개선안을 고찰하여 IPTV 전송에 사용될 멀티캐스트 프로토콜을 선택적으로 사용함으로 고품질의 QoS에 근접하고 효율적인 프로토콜을 선정하도록 한다.

1. 전송방식 개선을 통한 품질 보장 연구

전송방식 개선으로 대역폭 효율화와 실시간 동영상 품질 보장안의 내용은 VOD (video-on-demand)와 IPTV 방송의 전송과 접속방식의 특징을 비교하여 대역폭 효율화를 제시하고 있다. VOD 방식으로 서비스되는 방송서비스는 유니캐스팅 방식으로 1:1의 스트리밍이 생성되어 데이터 패킷이 전송되므로 웹페이지를 통해 동영상을 시청하는 기술과 큰 차이는 없는 것이다. 그러나 멀티캐스팅은 동시에 특정 그룹에 패킷을 전송하는 방식으로 동일한 데이터가 멀티캐스트 그룹에 속하는 수신자에 동시에 전달되므로 송신해야 할 대역폭은 수신자수와 무관하다 [62].

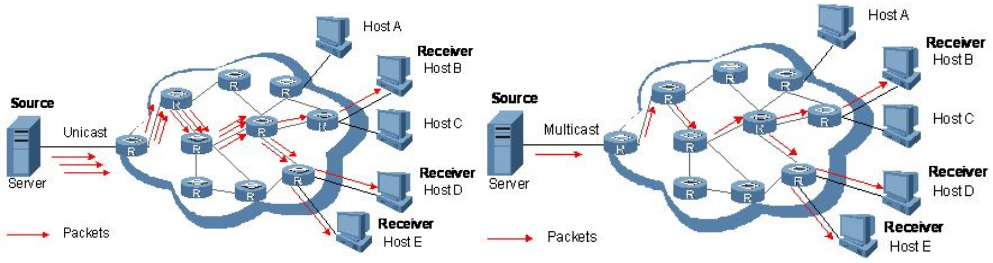

그림 3-27. 전송방식 개선을 통한 품질보장

그림 3-27 첫 번째 그림에서 유니캐스팅은 하나의 데이터를 다수의 데이터 카피로 수신자별로 전송하는 방식이며 한번에 하나의 수신자로만 전송이 가능하다. 멀티캐스팅 전송방식은 다수의 수신자에게 하나의 데이터 카피만을 전송하여 동시에

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다수의 수신자에게 전송함으로 동시 접속자수의 제한과 실시간 동영상 품질에 대해 보장된다. 채널당 3Mbps 인 경우 10개의 수신자가 존재시 대역폭은 30Mbps가 필요하고 멀티캐스트는 3Mbps대역폭이 필요함으로 방송 패킷 전송을 위해서는 접속자수와 관계없이 특정 대역폭만 필요하여 비교적 적은 대역폭으로 QoS 보장을 활용 할 수 있다 [63].

2. 멀티캐스트 알고리즘 개선으로 전송지연시간 정량화 연구

멀티캐스트 알고리즘의 개선을 통해 전송지연 시간을 단축하기 위해 멀티캐스트 네트워크에 실험 파라미터를 적용하여 종단간 지연 시간을 성능평가의 지표로 하

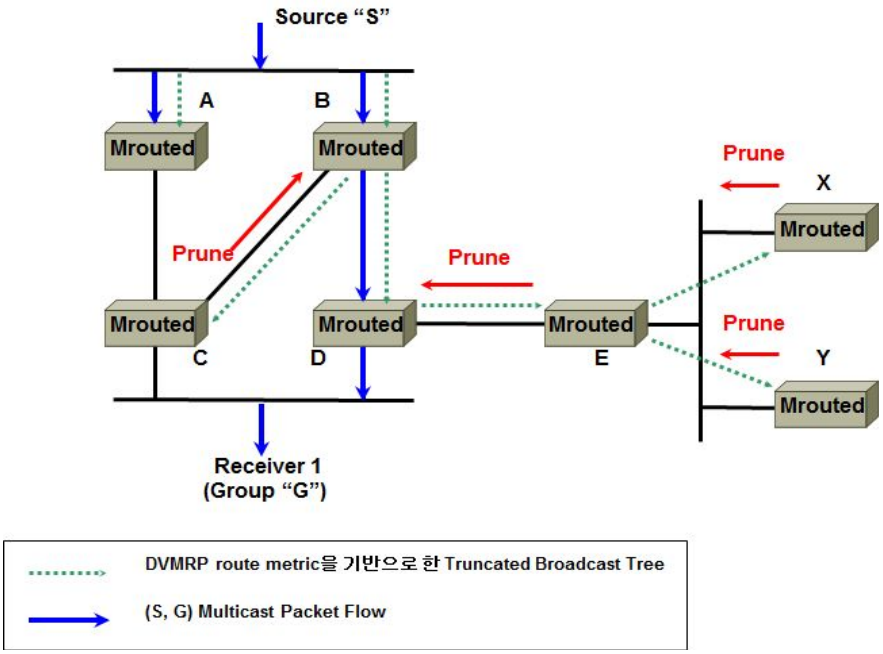

그림 3-28. Flood & 프룬 동작

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

여 각 멀티캐스트 프로토콜의 단점들을 보완하기 위해 알고리즘 보완과 기능을 추가 한다. 단방향성, 트리 링크, flooding, 프룬 방식의 트리 구성등의 단점들을 추가 개선안이다 [64].

그림 3-28의 flooding과 프룬과정을 통해 멀티캐스트 그룹에 가입되어 있으나 멀티캐스트를 이용하지 않은 불필요한 전송을 하지 않기 위한 관리기법이나 이로 인해 전송이 되지 않는 경우가 발생한다. 이를 개선하여 전송지연을 개선하는 방법이다. 그리고 그룹공유 트리방식의 멀티캐스트 라우팅프로토콜은 그룹에 참여하기 위해 각 멤버들은 코아 라우터에 조인 메시지를 통하여 참여하는데 블록기반 멀티캐스트 전송기법을 도입 해결하여 멀티캐스트 프로토콜을 전송측면에 주안점을 두고 전송지연 시간을 개선하는 방법이다 [65].

3. 채널 전환시간 라우팅 기술 개선으로 지연시간 제거 연구

제한된 대역폭 제어기능과 채널 전환시간 라우팅 기술의 연구는 서비스 품질을 최대한 보장하기 위해 채널 변경시 채널 전환시간의 문제점을 채널 전환 라우팅 기술을 통해 제거하는 방법을 제시한다.

기존의 IGMP 방식을 통해 채널 전환시 시그널을 받은 셋톱박스는 현재 시청중인 채널의 트래픽에 대한 디코딩 작업을 중단하고 새로운 채널이 포함된 멀티캐스트 그룹에 가입하기 위하여 IGMP 조인 메시지를 상위 네트워크로 전송한다. 조인 메시지를 상위로 전송하여 새로운 채널에 해당하는 멀티캐스트 그룹에 가입한다. 수신 여부를 확인하기 위해 IGMP query 메시지를 보내어 응답시간 안에 IGMP report 메시지를 수신하지 못하면 leave 메시지를 전송함으로 해당 멀티캐스트 그룹에서 탈퇴 된다. 해당 채널을 지원하는 멀티캐스트 그룹에 가입하게 되면 해당 채널에 대한 비디오 신호가 지터 버퍼를 통하여 전달되며 나타날 수 있는 패킷간 지연편차를 제거 된다 [66].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

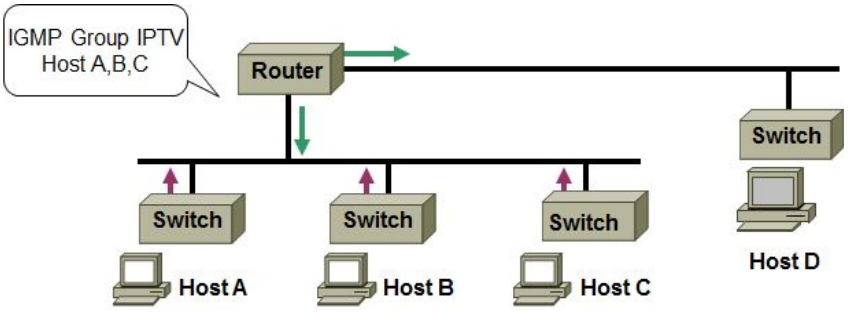

그림 3-29. IGMP (Multicast 멤버쉽 정보 송수신)

그림 3-29의 IGMP 기능을 이용하여 IPTV 채널 전환 시간을 줄이기 위한 연구는 사용자가 채널을 전환시 인접 멀티캐스트 그룹에서 사용 중인 채널들에 대한 시청율을 수집하여 상위 rating 채널을 구별하고 셋톱박스를 통해 시청율이 높은 순위로 전환하는 채널 데이터 정보와 같이 전송할 수 있다. 이로 인한 한정된 대역폭으로 발생할 수 있는 오버헤드 트래픽을 제어 한다 [67].

4. 멀티캐스팅 그룹 병합 방식 개선으로 대역폭 확보 연구

효율적 멀티캐스팅 그룹을 병합하는 방식으로 대역폭 개선안의 연구는 네트워크의 서비스가 경과되면 서비스를 위한 멀티캐스트 그룹 및 운영 메시지 전송이 증가하여 네트워크 성능이 점차 저하된다. 그룹간 멤버의 수에서 편차가 적을 경우에는 그룹간 서비스 시간 간격이 적은순으로 병합하는데 시간 중심병합 방법과 최소의 시간 거리를 갖는 두 개의 그룹을 병합할 경우 병합 방향은 그룹의 개체수가 작은 그룹이 큰 그룹으로 병합하는 개체 중심 병합을 제시하여 대역폭을 개선하는 연구이다. 개선안을 멀티캐스트 패킷 트래픽 부하, 호스트 증가에 따른 멀티캐스트 링크의 복잡도등을 검증 하였다 [68].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 5 절 멀티캐스트 실험 분석

IPTV 전송 고성능화에 적용할 멀티캐스트 프로토콜을 분석하기 위한 네트워크 토폴로지 환경은 크게 첫 번째 L3 - L3 링크에서와 두 번째 L2 - L3 구간 링크로 구성한다. QoS 항목 중 지연과 처리율, 네트워크 부하, 지터 항목을 평가한다. 그리고 IPTV전송의 고성능화에 선택적 운용을 위해 멀티캐스트 프로토콜을 실험하여 알아본다. 토폴로지를 두 가지로 나눈 목적은 L3 구간 환경에서 QoS가 우수하더라도 L3 - L2의 LAN 구간과 링크를 이루면 QoS 변화가 일어 날 수 있다. 즉 L2의 LAN 구간에서 멀티캐스트 데이터를 요구하지 않은 단말에 멀티캐스트 데이터가 전송됨으로 대역폭 점유와 혼잡이 발생될 수 있다. 분석하기 위한 실험환경은 다음과 같다. 서비스 망은 MPLS이며 서비스타입은 비디오 트래픽과 데이터이며 트래픽 타입은 MCBR (multicast constant bit rate)이며 또한 지연, 처리율, 네트워크 부하, 지터로서 대상 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 DVMRP, MOSPF, PIM-SM, PIM-DM, CBT를 평가한다.

1. L3 - L3 구간 링크 환경에서 실험 분석

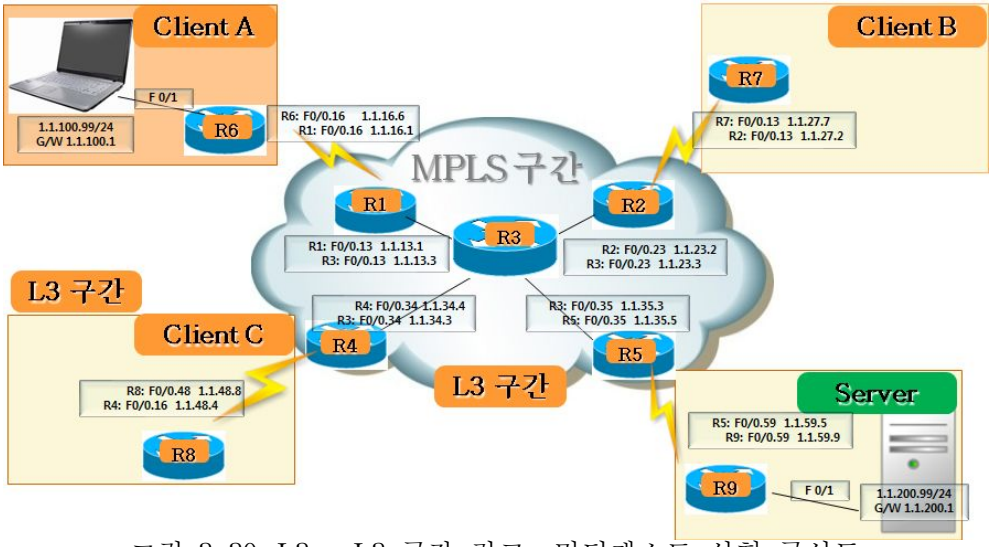

그림 3-30. L3 - L3 구간 링크 멀티캐스트 실험 구성도

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

L3 - L3 링크의 멀티캐스트 네트워크 환경 구성도는 그림 3-30과 같이 MPLS 구간, 가입자 구간, 멀티미디어 제공자 구간으로 구분하고 라우터는 총 9대를 사용한다. 라우팅 프로토콜은 MPLS 망 내에서는 OSPF로 설정하였으며 CE-PE 구간 통신을 위해 라우팅은 BGP로 설정하였다. MPLS에서 가입자 네트워크의 멀티캐스트를 지원하기 위해 백본망 자체, 즉 MPLS구간에서 멀티캐스트를 설정하고, 가입자망 내부에서도 멀티캐스트를 설정한다.

가. L3 - L3 구간 링크 환경에서 실험

(1) 비교 실험

① 지연 실험 분석

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험에서 먼저 지연을 측정한다.

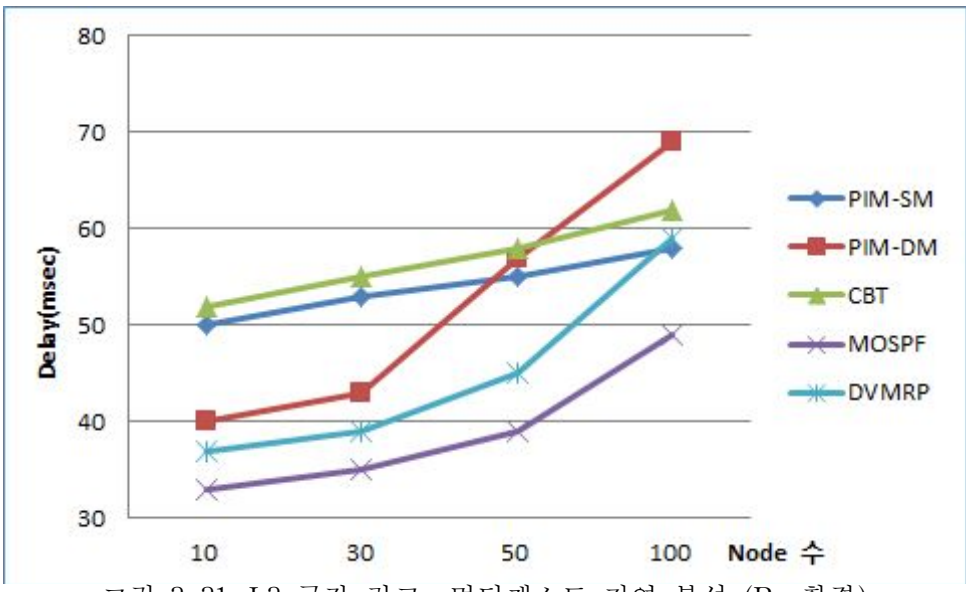

그림 3-31. L3 구간 링크 멀티캐스트 지연 분석 (Bc 환경)

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

그림 3-31의 멀티캐스트 분석을 하기 위한 실험 환경 설정 값으로 허용버스트 크기 (Bc: committed burst size)의 조건에서 표 3-3의 멀티캐스트 측정값으로 분석한다.

표 3-3. 멀티캐스트 측정값

실험항목 : L3 구간 링크 멀티캐스트 지연 측정	
조 건	Parameter
라우터 처리능력[bps]	100Mbps
라우터 처리 지연시간[msec]	0.5msec
simulated packet loss rate	0
maximum queue size	20
패킷 발생율[packets/sec]	1000 packets/sec

표 3-3의 측정값으로 멀티캐스트 지연 반응을 알아보기 위해 노드수를 10, 30, 50, 100 노드 의 다양한 조건의 환경으로 변화를 주어 측정한다. 그래프는 지연이 낮은 순으로 열거하면 MOSPF > DVMRP > PIM-DM > PIM-SM > CBT 순으로 측정되었다. 중요한 분석 내용은 송신자기반 트리 방식이 그룹공유 트리 방식보다 1.4배 이상 지연이 낮았다. 송신자기반 트리 방식 중 MOSPF가 지연 측정에서 우수했으며 이유는 MOSPF가 OSPF 알고리즘 기반의 프로토콜이라 지연이 낮았으며 (10 노드 73msec) 그룹공유 트리 방식인 PIM-SM과 CBT는 지연(10 노드 109msec)이 높게 측정되었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

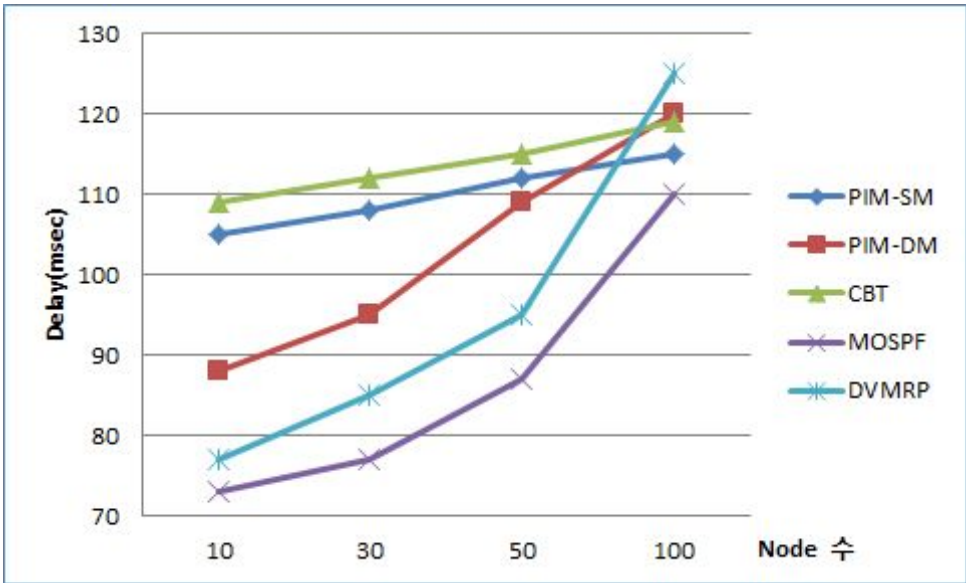

그림 3-32. L3 구간 링크 멀티캐스트 지연 분석 (Be 환경)

망 혼잡이란 주어진 통신망에서 트래픽의 전송 지연이나 패킷 손실과 새로운 접속 연결 수용곤란 등으로 통신망의 QoS 저하 또는 망 장애 등을 유발하거나 유발시킬 가능성이 있는 상황으로 정의 할 수 있으며 그림 3-32에서는 초과 버스트 크기(Be: excess burst size)의 환경에서 지연을 측정한다. 그러기 위해 우선 폴리싱이 일어나도록 비트 발생기로 인위적 데이터를 전송하여야 하는데 *ping 1.1.6.6 repeat 10000000 timeout 0 size 1000*의 옵션으로 라우터 7번에서 폴리싱을 만들어 낸다. 라우터2에서 *show policy-map interface* 명령어를 사용하여 폴리싱을 일어나 Bc값을 초과함을 확인하고 측정한다. 그림 3-32에서 PIM-SM과 CBT는 노드수가 증가 하더라도 지연에 변화가 일정하다. 그러나 DVMRP나 MOSPF는 지연이 낮으나 노드수가 증가하면 변화가 심함을 알 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

② 처리율 실험 분석

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험에서 처리율을 측정한다.

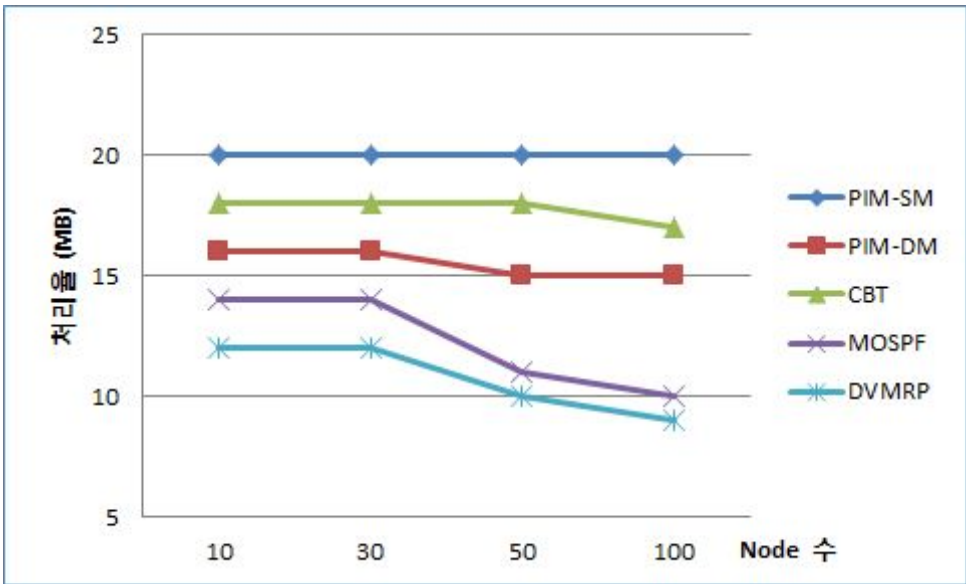

그림 3-33. L3 구간 링크 멀티캐스트 처리율 분석 (Bc 환경)

처리율은 10분 안에 보낼 수 있는 전송량을 측정한다. IPTV에서 HD 화질로 시청하기 위해서는 평균 60분에 880MB을 전송할 수 있어야 하며 다시보기등과 같은 주문형 비디오는 15~20Mbps 속도 처리율이 되어야 한다.

멀티캐스트 처리율 분석결과는 그림 3-33에서 처리율이 제일 높은 순으로 나열하면 PIM-SM > CBT > PIM-DM > MOSPF > DVMRP 순이다. 그래프를 통하여 지연과는 상반되게 그룹공유 트리 방식이 송신자 기반 트리방식보다 처리율이 높았다. 송신자 기반 방식 중에서 PIM-SM 처리율이 우수했다. 반면 지연이 낮았던 송신자 기반 트리방식의 MOSPF는 처리율에서 저조한 결과를 볼 수 있다. 노드 수가 증가하면 그룹공유 트리 방식들은 처리양이 줄어듬을 알 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

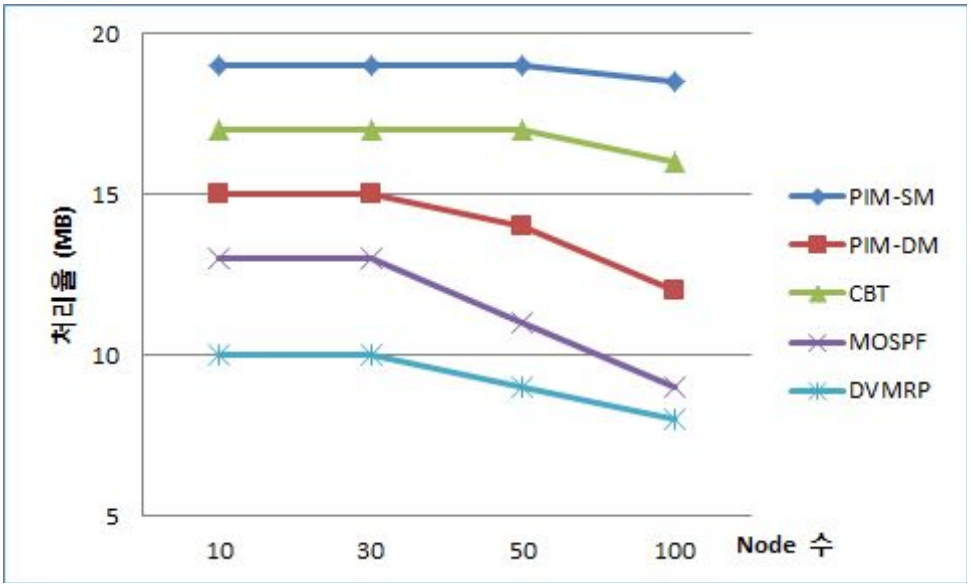

그림 3-34. L3 구간 링크 멀티캐스트 처리율 분석 (Be 환경)

그림 3-34는 Bc값을 초과하여 폴리싱이 일어나는 Be 환경에서 측정한다. Bc 환경과 비교 되는 것은 노드 수가 증가함에 MOSPF의 처리양의 변화가 제일 큼을 알 수 있다. PIM-SM은 노드수가 증가 하더라도 처리양의 변화는 일정함을 알 수 있다.

③ 네트워크 부하 실험 분석

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험에서 네트워크 부하를 측정한다.

네트워크 부하는 WFQ buffer 사용율과 WFQ queuing 지연 평균시간을 바탕으로 값을 측정한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

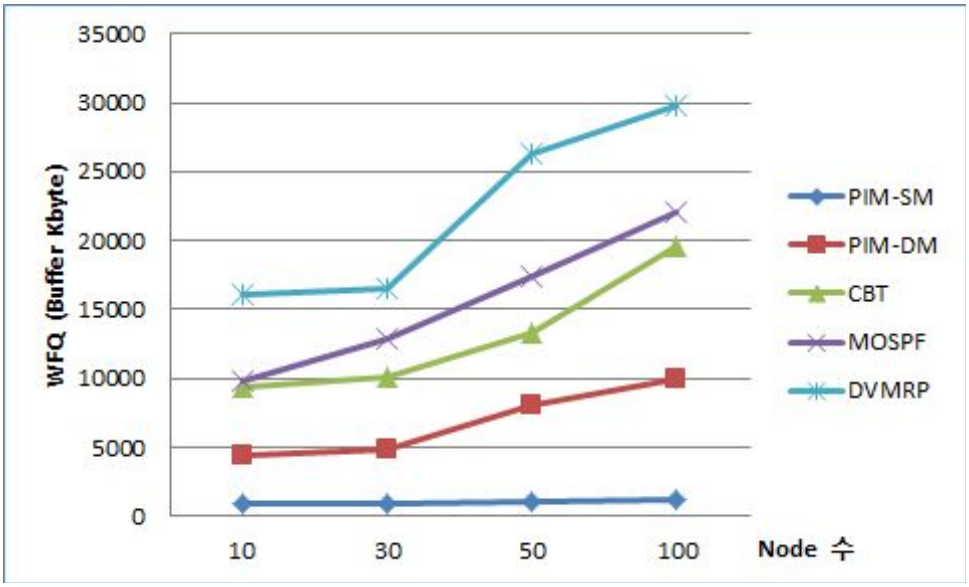

그림 3-35. L3 구간 링크 멀티캐스트 네트워크 부하 분석 (Bc 환경)

그림 3-35 멀티캐스트 네트워크 부하 분석 그래프에서 공통적인 결과로 어느 일정시간 경과 후 네트워크 부하가 전반적으로 많이 걸림을 알 수 있다. 그 이유는 네트워크 서비스가 경과되고 멀티캐스트 그룹과 네트워크 운영을 위한 메시지 전송량이 증가되어 네트워크 부하가 걸림을 알 수 있다.

네트워크 부하가 적은 순으로 나열하면 PIM-SM > MOSPF > PIM-DM > CBT 순으로 나타난다. PIM-SM은 대역폭이 제한되어 있는 환경에 적합함을 네트워크 부하 분석을 통하여 알 수 있다. 송신자 기반 트리방식 중에서 MOSPF가 PIM-SM 다음으로 좋은 결과가 나온 것은 OSPF기반 높은 계산량으로 네트워크 부하를 처리하기 때문이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

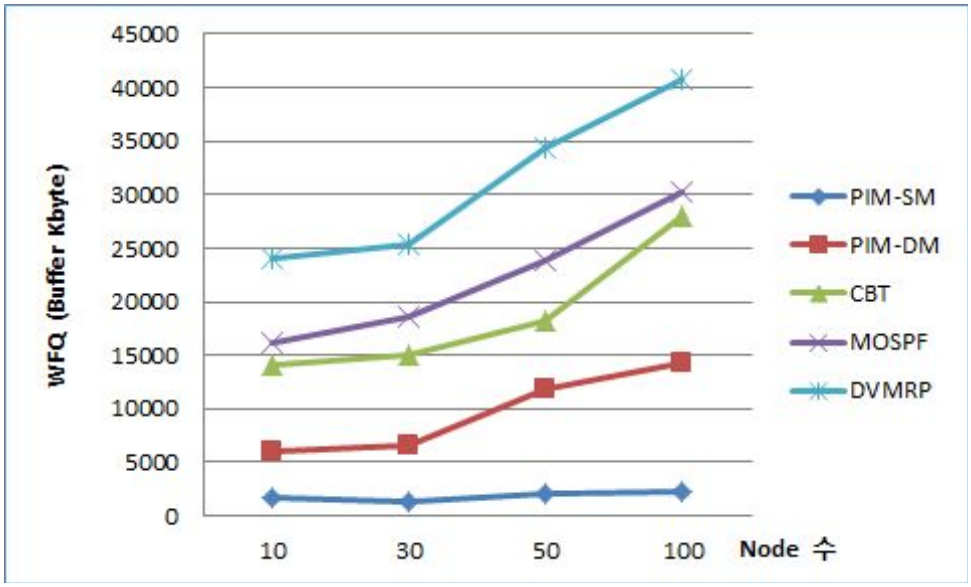

그림 3-36. L3 구간 링크 멀티캐스트 네트워크 부하 분석 (Be 환경)

그림 3-36 Be 환경에서 네트워크 부하를 분석하였는데 Bc 환경과 구분되는 것은 네트워크 부하값의 변화는 10노드와 50노드에서 밀집되어 있었으나 Be 환경에서는 각 프로토콜의 10노드부터 차이가 많이 남을 알 수 있다. 특히 PIM-SM에서 노드수가 증가하더라도 변화율이 일정함을 알 수 있고 PIM-SM 순으로 네트워크 부하 성능이 우수 하다.

④ 지터 실험 분석

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험에서 지터를 측정한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

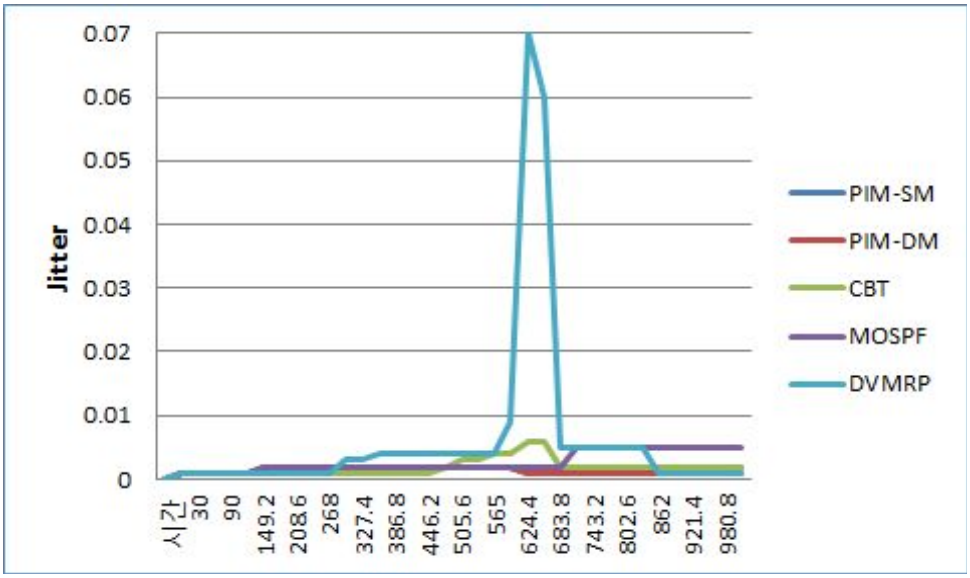

그림 3-37. L3 구간 링크 멀티캐스트 지터 분석

그림 3-37의 멀티캐스트 지터 분석은 DVMRP의 중간 시점에서 지터 발생한 것 외에는 전반적으로 지터 발생율은 낮았다. 지터 발생이 낮은 순으로 나열하면 PIM-SM > PIM-DM > CBT > MOSFP > DVMRP 순으로 나타났는데 DVMRP의 지터 발생한 것 외에는 거의 지터 측정에서는 전반적으로 우수했다.

나. L3 - L3 구간 링크 환경에서 실험 분석

L3-L3 구간 링크 환경에서 IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험하기 위한 QoS 항목 중 지연과 처리율과 네트워크 부하, 지터항목을 실험 분석을 통하여 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 DVMRP, MOSPF, PIM-SM, PIM-DM, CBT를 분석하여 결과를 도출한다.

멀티캐스트 프로토콜을 송신자 기반 트리 방식과 그룹 공유 트리 방식으로 분류하여 결과는 표 3-4와 표 3-5와 같다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 3-4. 송신자기반 트리 방식 비교

멀티캐스트 프로토콜	분석 결과
DVMRP, MOSPF, PIM-DM (공통 사항)	▪ 지연이 그룹공유트리방식 보다 짧다 ▪ 멤버 수가 증가함에 따라 불필요한 데이터 전송이 증가
DVMRP	▪ 지연이 짧으나 처리율은 성능이 떨어짐 ▪ 거리기반 벡터 프로토콜 기반인 RIP을 모델로 한 프로토콜이며 주기적으로 동작
MOSPF	▪ 지연이 제일 짧고 네트워크 부하도 우수 ▪ OSPF기반의 프로토콜임으로 높은 계산량을 필요로 하나 링크 효율이 높음

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 3-5. 그룹공유기반 트리 방식 비교

멀티캐스트 프로토콜	분석 결과
PIM-SM, CBT (공통 사항)	▪ 지연이 송신자 기반 방식보다 1.4배 이상 발생 ▪ 처리율은 송신자 기반 방식보다 그룹공유기반 트리 방식이 우수
PIM-SM	▪ 지연을 제외한 처리율 네트워크 부하와 지터 부분에서 우수 ▪ 대역폭 제한될 경우 사용하는 방식 ▪ 그룹 멤버가 여러 네트워크에 걸쳐 산재할 경우 유리한 방식
CBT	▪ 처리율이 우수 ▪ 대학/연구기관을 중심으로 연구가 진행중인 프로토콜로서 비 상업적임

분석결과 송신자 기반 트리 방식 중 PIM-DM과 MOSPF가 비슷하나 MOSPF 방식은 지연실험에서 제일 우수하였으나 처리율실험이 제일 낮아 적용 분야는 대용량이 아닌 실시간 데이터전송에 적합하다. PIM-DM 방식은 지터실험에서 우수하여 전송로가 좋지 않는 환경에 적합하다. MOSPF, PIM-DM > DVMRP 순으로 나타났다.

그룹공유 기반 트리 방식에서는 PIM-SM이 지연을 제외한 전체 실험 결과에서 우수하였다. CBT도 처리율이 우수하였으나 현재 비 상업적으로 사용 된다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

다. 분석 결론

L3 구간으로 구성된 MPLS 환경에서 멀티캐스트 실험으로 지연, 처리율 부하, 지터의 각 항목 분석 결과, 표3-6에서 네트워크 환경과 서비스 분야 및 특성과 실험 결과와 이를 바탕으로 선택된 멀티캐스트 프로토콜 알아본다.

표 3-6. L3 - L3 구간 네트워크 환경에 따른 선택프로토콜 비교

네트워크 환경	서비스분야 및 특성	결과	선택 프로토콜
지연	QoS와 상관없이 빠른 전송과 UDP분야, 지연이 짧다.	Bc 환경의100노드 기준49msec/59msec	MOSPF /DVMRP
처리율	HD 화질의 고품질 서비스 분야, 대역폭 제한된 경우 사용시 효율적	Bc환경의 100노드 기준 20MB/17MB	PIM-SM /CBT
지터율	전송로 환경이 우수하지 않아도 되는 서비스 분야	15분 관측시 0.001/ 0.0016	PIM-SM /PIM-DM
복합도	네트워크 자원 사용율이 높은 서비스 분야	WFQ의buffer 1248.33	PIM-SM

각각의 특징을 갖는 멀티캐스트 프로토콜을 L3 구간 환경에서 분석한 종합적 결론으로 지연, 처리율, 지터율, 복합도를 실험한 결과 PIM-SM이 우수함을 알 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. L3 - L2 구간 링크 환경에서 실험 분석

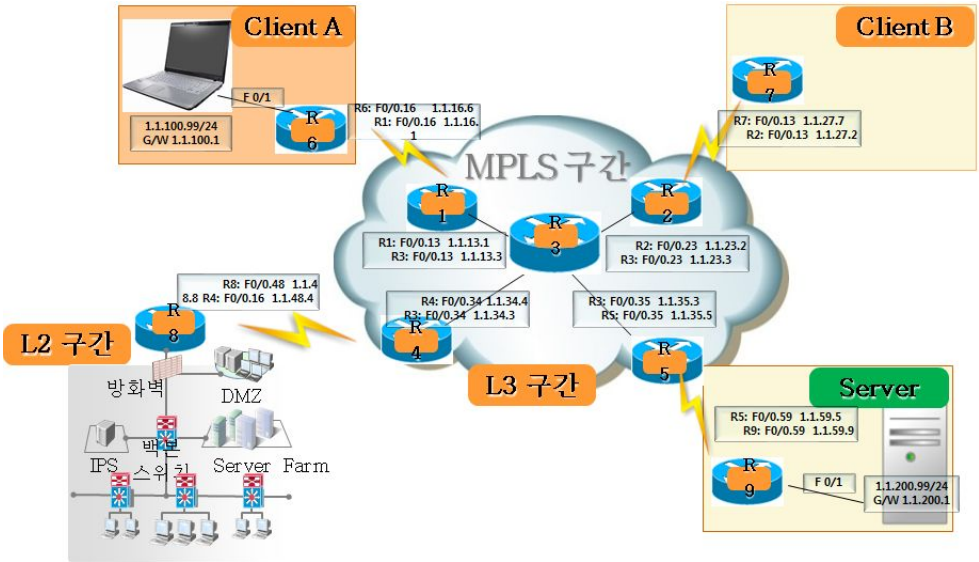

그림 3-38. L3 -L2 구간 링크 환경 멀티캐스트 실험 구성도

그림 3-38의 실험 목적은 L3구간에서 고성능화를 위한 선택된 프로토콜이더라도 L2구간으로 전송될 때 LAN 환경에서 멀티미디어 데이터가 모든 단말에게 전송되는 상황이 발생 되어 대역폭과 전송로에 혼잡상황이 발생된다. 먼저 실험을 통하여 알아보기 위해 PIM-SM과 PIM-SM+IGMP를 비교 실험하고 두 번째로 기타 멀티캐스트 프로토콜+IGMP 실험 환경을 통해 멀티캐스트 프로토콜 성능을 분석한다. PIM-SM환경은 L3와 L2구간에 PIM-SM으로 설정하며 PIM-SM+IGMP 환경은 L3구간에는 PIM-SM으로 L2구간 이하단에는 IGMP로 설정하여 실험한다.

실험 분석할 세부 구성도는 그림 3-38과 같이 MPLS 구간, 가입자 구간, 멀티미디어 제공자 구간으로 구분하고 라우터는 총 9대를 사용한다. 라우팅 프로토콜은 MPLS 망 내에서는 OSPF로 설정하였으며 CE-PE 구간 통신을 위해 라우팅은 BGP로 설정하였다. MPLS에서 가입자 네트워크의 멀티캐스트를 지원하기 위해 백본망 자체, 즉 MPLS구간에서 멀티캐스트를 설정하고, 가입자망 내부에서도 멀티캐

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

스트를 설정한다.

가. PIM-SM 환경과 PIM-SM + IGMP 환경 비교 실험

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 L3 구간과 L2 링크 환경에서 멀티캐스트 분석 실험으로 먼저 지연을 측정한다. 멀티캐스트 프로토콜을 모두 PIM-SM으로 설정할 경우와 PIM-SM+IGMP의 설정 환경에서 비교 실험을 한다.

(1) 비교 실험

① 지연 실험 분석

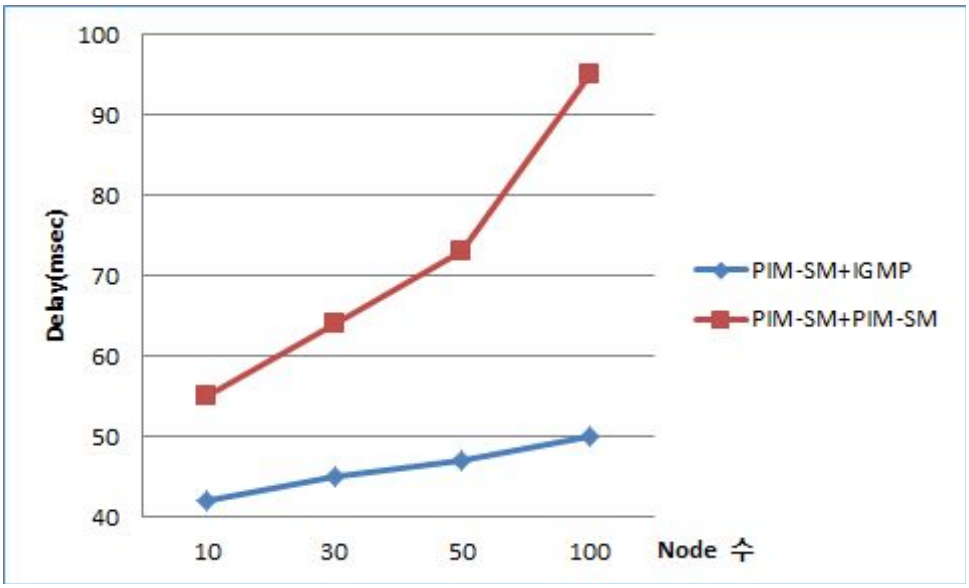

그림 3-39. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 지연 비교 분석 (Bc 환경)

그림 3-39의 멀티캐스트 지연 분석하기 위한 실험 환경 설정으로 허용버스트 크

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

기(Bc)의 조건으로 L3 - L2 구간 링크 환경에서 표 3-7의 멀티캐스트 측정값으로 분석한다.

표 3-7. 멀티캐스트 측정값

실험항목 : L3 - L2 구간 링크 환경 멀티캐스트 지연 측정	
조 건	Parameter
라우터 처리능력[bps]	100Mbps
라우터 처리 지연시간[msec]	0.5msec
simulated packet loss rate	0
maximum queue size	20
패킷 발생율[packets/sec]	1000 packets/sec

표 3-7의 측정값으로 멀티캐스트 지연 반응을 알아보기 위해 노드수를 10, 30, 50, 100 노드 의 다양한 조건의 환경으로 변화를 주어 측정한다. 비교 실험대상은 첫째 L3, L2구간에 PIM-SM설정한 경우와 둘째 L3구간에는 PIM-SM과 L2구간에는 IGMP로 설정하여 비교한다. 그래프에서 PIM-SM과 IGMP측정의 지연 항목에서 노드수가 증가 하더라도 큰 변화가 없이 일정하게 나타났으며 그러나 L2와 L3 구간에 PIM-SM으로 설정한 경우는 L2의 LAN환경에 있는 모든 단말에게 멀티캐스트 데이터가 전달되어 불필요하게 대역폭 및 자원을 할당 받아 이로 인한 LAN 환경의 패킷 충돌이 발생되어 지연이 PIM-SM+IGMP 환경보다 변화가 컸으며 노드수가 증가함으로 패킷 충돌이 많이 발생되어 지연 또한 더욱 차이가 많이 남을 알 수 있었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

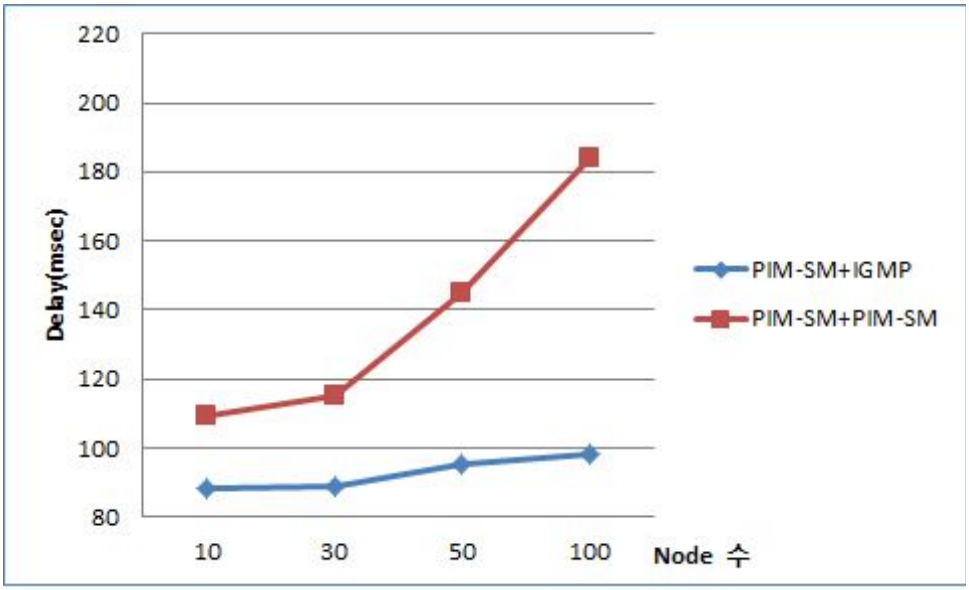

그림 3-40. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 지연 비교 분석 (Be 환경)

그림 3-40에서는 초과 버스트 크기 (Be)의 환경에서 지연을 측정한다. 그러기 위해 우선 폴리싱이 일어나도록 비트 발생기로 인위적 데이터를 전송하여야 하는데 *ping 1.1.6.6 repeat 10000000 timeout 0 size 1000*의 옵션으로 라우터 7번에서 폴리싱을 만들어 낸다. 라우터2에서 *show policy-map interface* 명령어를 사용하여 폴리싱이 일어나 Bc값을 초과함을 확인하고 측정한다. 그림 3-40의 PIM-SM+PIM-SM은 L2, L3 구간의 PIM-SM설정과 Be환경의 상황에서 L2 구간 LAN환경에 PIM-SM은 멀티캐스트 대역폭 사용이 유니캐스트와 같은 상황이 발생한다. 특히 30노드부터는 Be 환경이기 때문에 더 많은 패킷 충돌이 발생하여 그래프가 더욱 커짐을 확인 하였다.

② 처리율 실험 분석

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험에서 처리율을

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

측정한다.

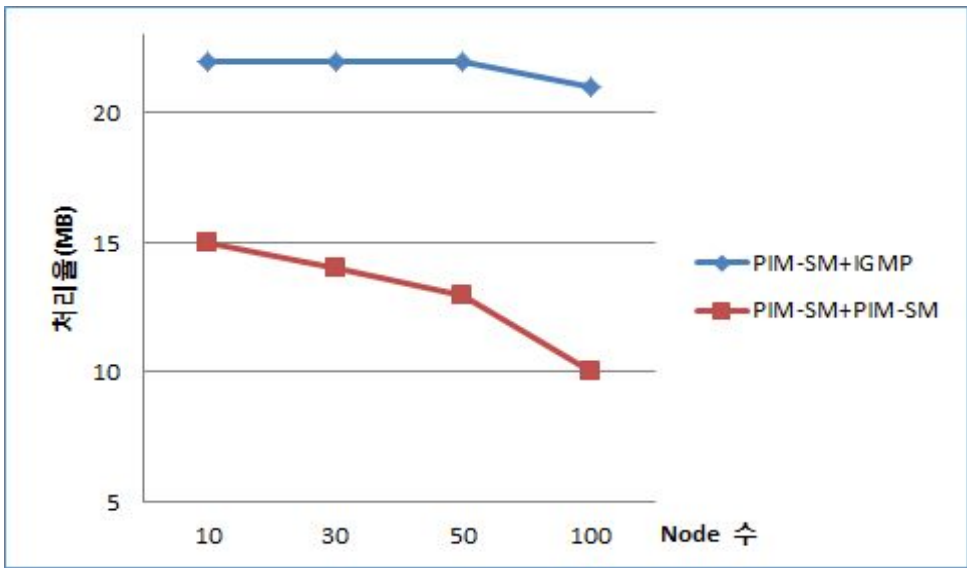

그림 3-41. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP의 처리율 분석 (Bc 환경)

멀티캐스트 처리율 분석결과는 그림 3-41에서 처리율을 10분 안에 보낼 수 있는 전송량을 측정한다. IPTV에서 HD 화질로 시청하기 위해서는 평균 60분에 880MB을 전송할 수 있어야 하며 다시보기등과 같은 주문형 비디오는 15~20Mbps 속도 처리율이 되어야 한다. 그림 3-41의 PIM-SM+IGMP는 노드수가 증가 하더라도 20MB이상의 처리를 보이며 오히려 100노드에서는 그래프가 약간의 하향함을 볼 수 있다. L2 환경에서 IGMP가 단말의 그룹관리로 멀티캐스트 고유의 장점을 볼 수 있고 PIM-SM은 L3 구간에서 고효율을 보이더라도 L2 구간의 환경에서 오히려 멀티캐스트 장점인 대역폭 절감을 못하는 결과를 알 수 있었다. PIM-SM이 L2와 L3가 결합 할 때 노드수가 증가함으로 처리율은 현저히 떨어짐을 알 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

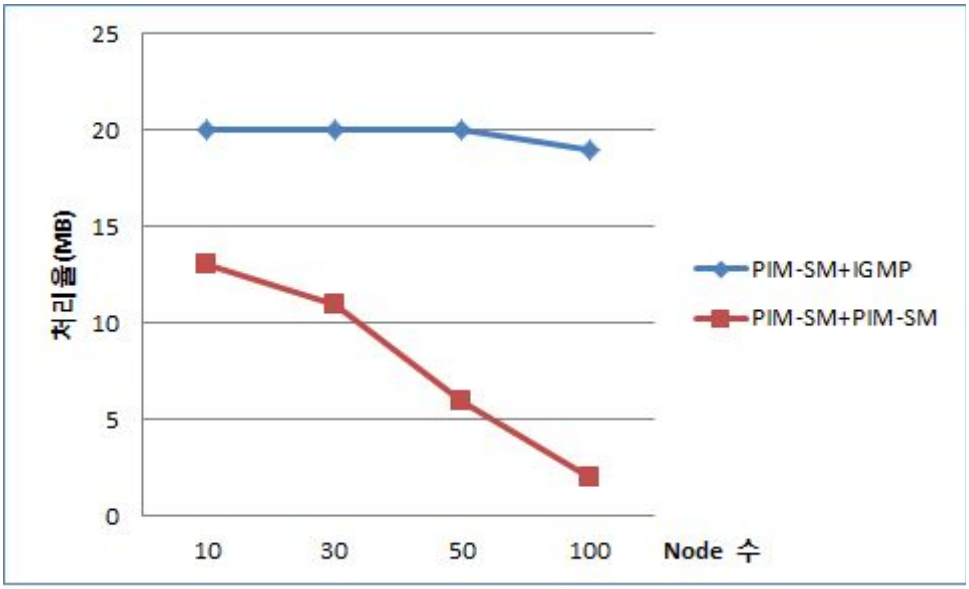

그림 3-42. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP의 처리율 분석 (Be 환경)

그림 3-42는 Bc값을 초과하여 폴리싱이 일어나는 Be 환경에서 측정한다. Bc 환경과 비교 되는 것은 노드 수가 증가함에 PIM-SM의 처리양의 변화는 급격히 떨어진다. 그 이유는 L2의 LAN 환경에서 원하지 않는 단말까지 멀티캐스트 데이터가 전달되고 LAN의 고유특징인 패킷 충돌이 발생되어 IPTV HD로 전송하기에 적합하지 않았다. PIM-SM+IGMP 환경은 노드수가 증가 하더라도 처리양의 변화는 일정함 을 알 수 있고 IPTV HD 품질까지 보장함을 알 수 있다.

③ 네트워크 부하 실험 분석

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험에서 네트워크 부하를 측정한다.

네트워크 부하는 WFQ buffer 사용율과 WFQ queuing 지연 평균시간을 바탕으로 값을 측정한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

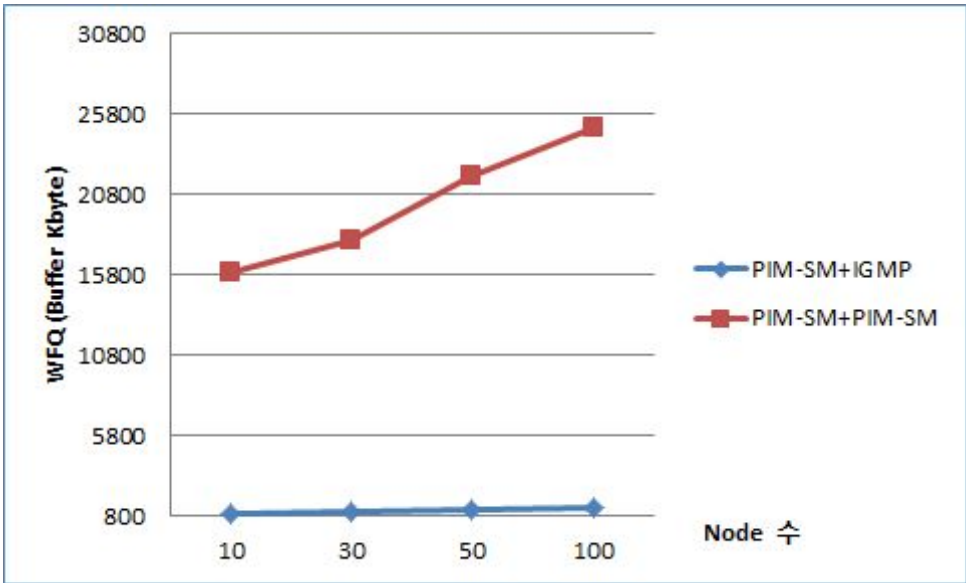

그림 3-43. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP의 네트워크 부하 분석 (Bc 환경)

그림 3-43에서 멀티캐스트 네트워크 부하 그래프에서 공통적 사항으로 어느 일정시간 경과 후는 네트워크 부하가 전반적으로 많이 걸림을 알 수 있다. 그 이유는 네트워크 서비스가 경과되고 멀티캐스트 그룹과 네트워크 운영을 위한 메시지 전송량이 증가되어 네트워크 부하가 걸림을 알 수 있다.

네트워크 부하가 적은 순으로 나열하면 PIM-SM+IGMP > PIM-SM+PIM-SM 순으로 나타난다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

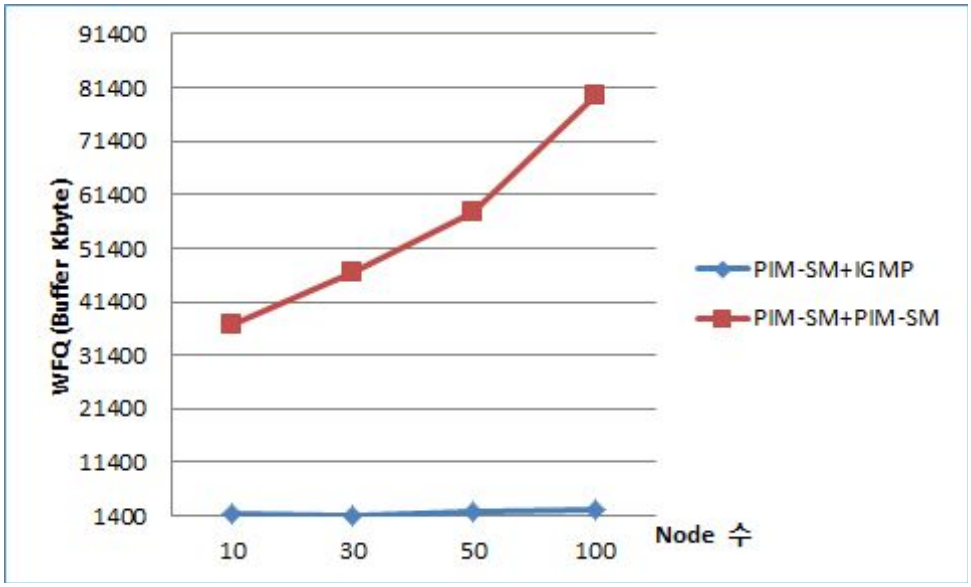

그림 3-44. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP의 네트워크 부하 분석 (Be 환경)

그림 3-44는 Be 환경에서 네트워크 부하를 분석하였는데 Bc 환경과 구분 되는 것은 Be 환경에서 네트워크 부하값이 노드수가 증가함에 따라 PIM-SM+PIM-SM의 변화는 더욱 급격히 증가하였다. 특히 PIM-SM+IGMP에서는 노드수가 증가하더라도 변화율이 일정함을 볼 수 있다.

④ 지터 실험 분석

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험에서 지터를 측정한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

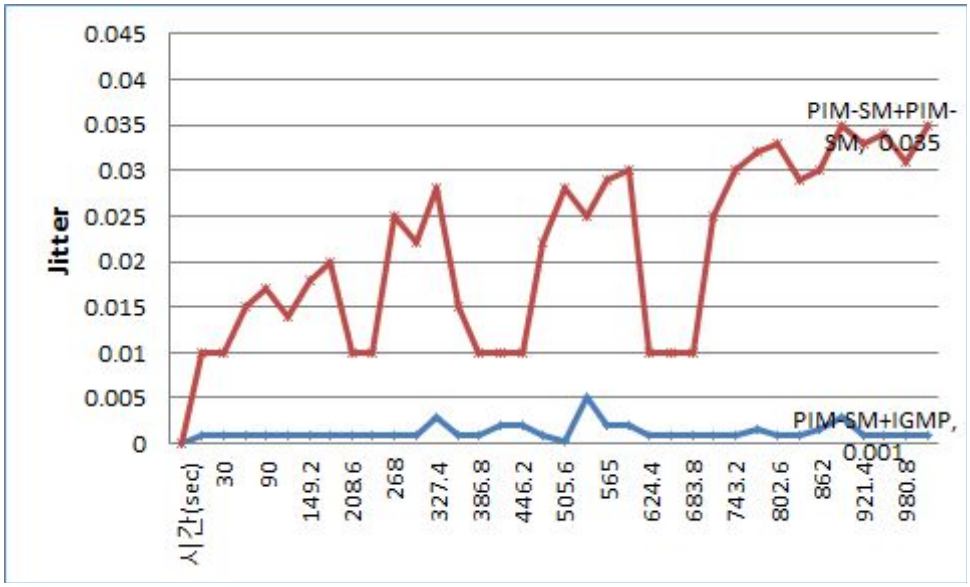

그림 3-45. L3 구간과 L2 링크 멀티캐스트 지터 분석

그림 3-45 멀티캐스트 지터 분석은 PIM-SM+PIM-SM 환경과 PIM-SM+IGMP와 많은 차이가 발생한다. 그 이유는 LAN 환경의 L2 구간에서 CSMA/CD 방식으로 패킷 충돌 발생이 잦음을 알 수 있으며 L2구간에서는 적응적으로 IGMP를 사용하여 그룹관리를 통한 멀티캐스트 데이터를 전송하여 대역폭을 효율적으로 사용이 되어 지터 발생이 낮았고 L2구간에서 PIM-SM으로 설정시 전체 단말에 전달되어 대역폭의 부하로 많은 대역폭이 필요하고 더불어 지터발생도 빈도수와 크기가 있음을 분석하였다.

(2) PIM-SM 환경과 PIM-SM + IGMP 환경 비교 실험 분석

L3 - L2 구간 링크 환경의 PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 환경에서 IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위하여 멀티캐스트 분석 실험을 QoS 항목 중 지연과 처리율과 네트워크 부하, 지터 항목을 실험 분석을 통하여 L3구간에서 고성능을 나타내

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

는 PIM-SM을 L2구간에서도 설정하였을 경우와 L2환경에서 PIM-SM 대신 IGMP를 설정할 경우 결과를 도출하였다.

L3 구간과 L2 링크 환경의 PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 결과는 표 3-8에 비교하였다.

표 3-8. PIM-SM과 PIM-SM+IGMP 비교

조 건	분석 결과
PIM-SM+PIM-SM	▪ L2 링크에서 PIM-SM으로 지연 발생이 컸으며 Be 환경의 노드가 30노드 이상증가 상황에서는 L2구간의 콜리전으로 지연 발생이 제일 컸다. ▪ 처리율은 Be환경에서는 IPTV HD 품질이 전혀 보장이 되지 않는 2MB의 품질이었다. ▪ 지터 발생도 멀티캐스트 효과가 나타나지 않았고 모든 단말에 멀티캐스트 데이터가 전달이 되어 지터 발생도 많았다.
PIM-SM+IGMP	▪ L3 구간과 L2 링크 환경에서도 지연이 Be 환경 에서도 PIM-SM 보다 고성능화 구현할 수 있도록 짧았다. ▪ 처리율도 Be환경에서 IPTV HD 품질을 보장할 수 있는 20MB이상의 전송품질이다. ▪ 지터 발생도 L2 구간에서 IGMP 설정으로 고유의 멀티캐스트 전송이 이루어졌으며 이로 인한 지터 발생도 미미 했다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

(3) 분석 결론

L3 - L2 구간에서 PIM-SM+PIM-SM과 PIM-SM+IGMP로 구성된 MPLS 환경에서 멀티캐스트 실험을 통하여 지연, 처리율 부하, 지터의 각 항목 분석 결과에 대하여 표 3-9 네트워크 환경과 서비스 분야 및 특성과 실험결과와 이를 바탕으로 선택된 멀티캐스트 프로토콜 알아본다.

표 3-9. L3 - L2 구간 네트워크 환경에 따른 선택프로토콜 비교

네트워크 환경	서비스분야 및 특성	결과	선택 프로토콜
지연	노드 수가 증가함에 따라 PIM-SM+PIM-SM에서는 지연이 증가	Bc 환경의100노드 기준50msec/95msec	PIM-SM+IGMP
처리율	PIM-SM+PIM-SM에서 HD 화질의 고품질 서비스 분야 불가능, Be환경에서는 2MB까지 떨어짐	Bc환경의 100노드 기준 10MB/21MB	PIM-SM+IGMP
지터율	PIM-SM+IGMP은 지터 발생이 거의 일어나지 않은이유는 IGMP로 그룹관리가 이루어지는 특징	15분 관측시 0.022/ 0.001	PIM-SM+IGMP
복합도	PIM-SM+IGMP은 네트워크 자원 사용율이 높은 서비스 분야 활용	WFQ의Buffer 25000/1320	PIM-SM+IGMP

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

분석 결과 선택 프로토콜은 PIM-SM+IGMP로 구성시 LAN을 통하여 라우터에 전송 시 보내고자 하는 단말이나 그룹 주소를 목적지로 전송하여 네트워크 부하가 감소되며 해당 그룹에 대해서만 관리하고 전송하면 되기 때문에 전체 네트워크의 부담을 최소화함으로써 효율을 극대화 할 수 있어 네트워크 부하를 감소시켰으며 대역폭 사용을 줄여주기 때문에 WAN 전송 구간에 적은 회선 대역폭 사용으로 투자비용의 절감의 효과를 얻어냈다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. 멀티캐스트 프로토콜 + IGMP 실험

(1) 비교 실험

① 지연 실험 분석

앞 절의 실험을 통해 PIM-SM+IGMP로 구성시 전체 네트워크의 부담을 최소화하고 네트워크 부하를 감소시켰으며 대역폭 사용을 줄여주기 때문에 WAN 전송 구간에 적은 회선 대역폭을 사용하여 투자비용의 절감 효과를 얻어냈다. L2구간에서는 멀티캐스트 프로토콜보다 IGMP 프로토콜이 효과적임을 알았다. 그 결과를 토대로 L3 구간에서는 멀티캐스트 프로토콜과 L2구간에서는 IGMP로 구성하여 실험한다.

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 L3 구간과 L2 링크 멀티캐스트 분석 실험에서 먼저 지연을 측정한다.

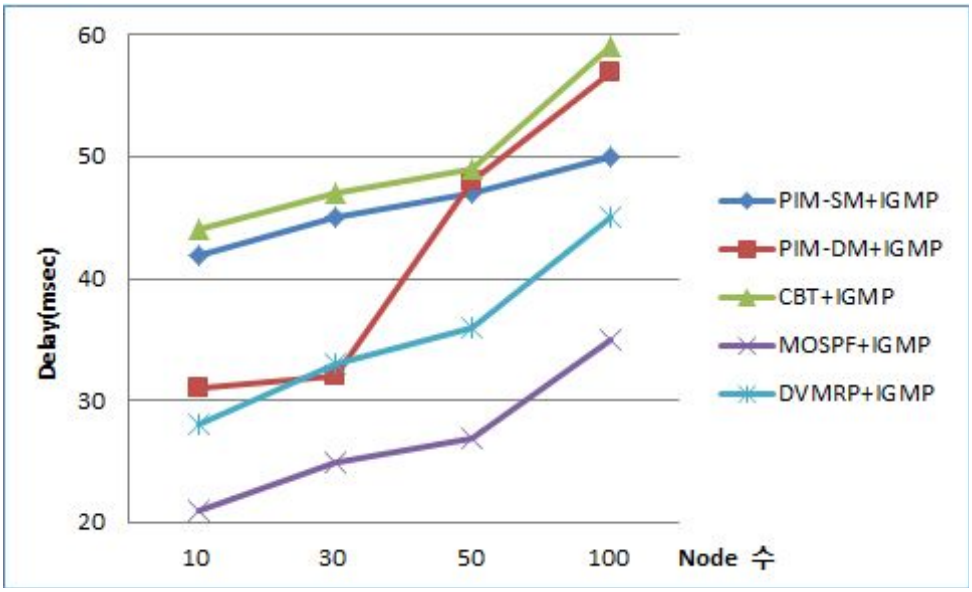

그림 3-46. 멀티캐스트 프로토콜 + IGMP의 지연 분석 (BC 환경)

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

그림 3-46의 멀티캐스트 프로토콜 + IGMP를 분석하기 위한 실험 환경 설정을 한다. 허용버스트 크기 (BC)의 조건에서 L3 - L2 구간 링크 환경과 표 3-10의 멀티캐스트 측정값으로 분석한다.

표 3-10. 멀티캐스트 측정값

실험항목 : L3 - L2 구간 링크 환경 멀티캐스트 지연 측정	
조 건	Parameter
라우터 처리능력[bps]	100Mbps
라우터 처리 지연시간[msec]	0.5msec
simulated packet loss rate	0
maximum queue size	20
패킷 발생율[packets/sec]	1000 packets/sec

표 3-10의 측정값으로 멀티캐스트 지연 반응을 알아보기 위해 노드수를 10, 30, 50, 100 노드 의 다양한 조건의 환경으로 변화를 주어 측정한다. 그리고 각 멀티캐스트 프로토콜은 L3구간에 설정하고 L2구간에는 IGMP로 설정한다. 그래프는 지연이 낮은 순으로 열거하면 MOSPF+IGMP > DVMRP+IGMP > PIM-DM+IGMP > PIM-SM+IGMP > CBT+IGMP 순으로 측정되었다. 분석 내용은 송신자기반 트리 방식이 그룹공유 트리 방식보다 1.4배 이상 지연이 낮았다. 송신자기반 트리 방식 중 MOSPF+IGMP의 지연 측정에서 우수했고 그룹공유 트리 방식인 PIM-SM+IGMP와 CBT+IGMP는 지연이 높게 측정되었으며 L3 - L3 구간 상황과 차이는 전체적으로 지연이 짧아졌으며 그 이유는 LAN 구간이 고속이고 L2구간에서 IGMP로 설정되어 지연이 L3 구간 경우보다 짧았다. PIM-DM이 IGMP와 설정한 경우 30노드 일 때 변화가 제일 컸다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

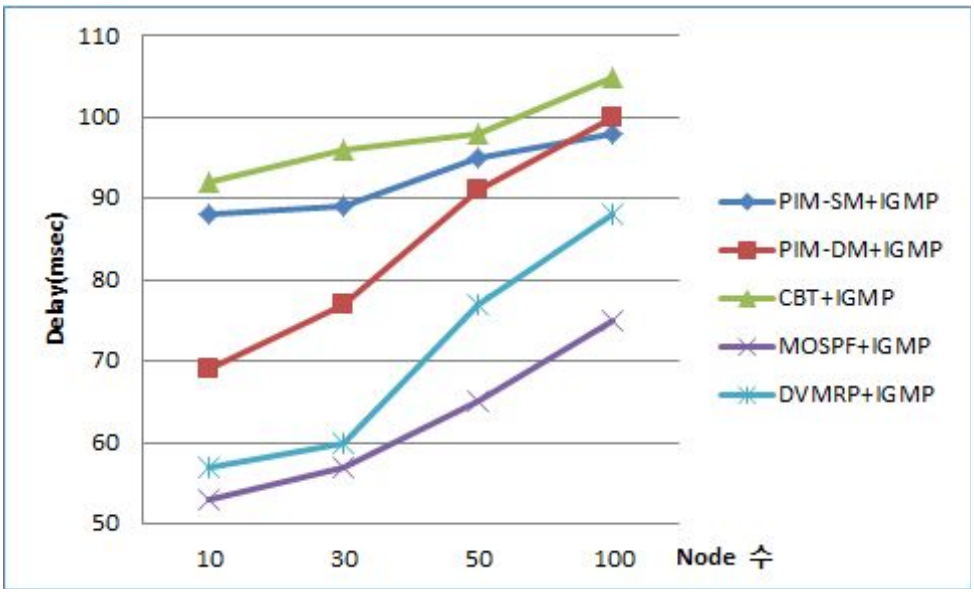

그림 3-47. 멀티캐스트 프로토콜 + IGMP의 지연 분석 (Be 환경)

그림 3-47에서는 초과 버스트 크기 (Be)의 환경에서 지연을 측정한다. 그러기 위해 우선 폴리싱이 일어나도록 비트 발생기로 인위적 데이터를 전송하여야 하는데 *ping 1.1.6.6 repeat 10000000 timeout 0 size 1000*의 옵션으로 라우터 7번에서 폴리싱을 만들어 낸다. 라우터2에서 *show policy-map interface* 명령어를 사용하여 폴리싱이 일어나 Bc값을 초과함을 확인하고 측정한다. 그림 3-47에서 PIM-SM+IGMP와 CBT+IGMP는 노드수가 증가 하더라도 지연에 변화가 다른 프로토콜에 비해 일정하다. 그러나 DVMRP+IGMP나 MOSPF+IGMP는 지연이 낮으나 노드수가 증가하면 변화가 심함을 알 수 있다. Be 환경에서도 Bc 환경처럼 L3 구간과 L2 링크 설정시 지연이 낮음을 확인 할 수 있었다.

② 처리율 실험 분석

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험에서 처리율을

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

측정한다.

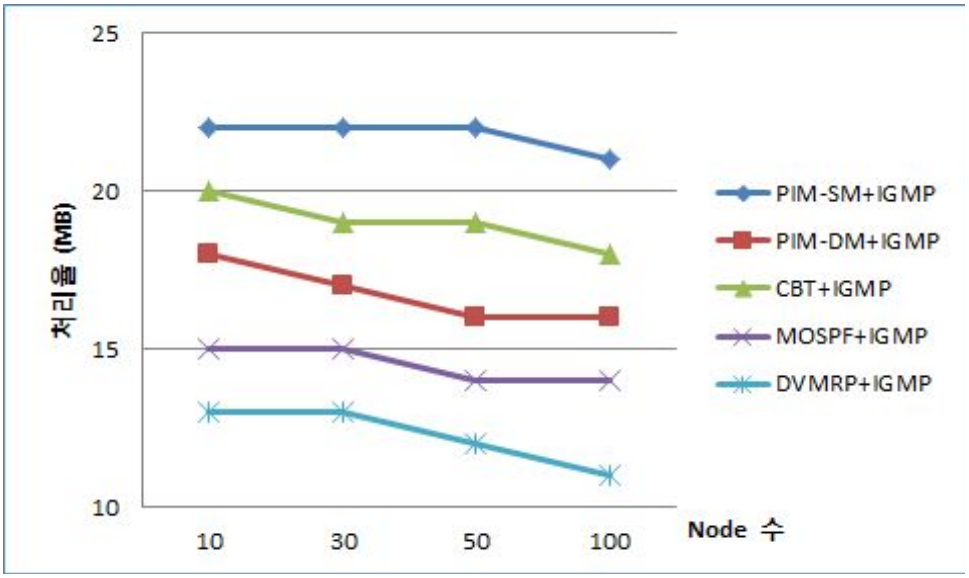

그림 3-48. 멀티캐스트 프로토콜 + IGMP의 처리율 분석 (Bc 환경)

멀티캐스트 처리율 분석결과는 그림 3-48에서 처리율이 제일 높은 순으로 나열하면 PIM-SM+IGMP > CBT+IGMP > PIM-DM+IGMP > MOSPF+IGMP > DVMRP+IGMP 순이다. 그래프를 통하여 지연과는 상반되게 그룹공유 트리 방식이 송신자 기반 트리방식보다 처리율이 높았다. 송신자 기반 방식 중 PIM-SM+IGMP의 처리율이 우수했다. 반면 지연이 낮았던 송신자 기반 트리방식의 MOSPF+IGMP는 처리율에서 저조한 결과를 볼 수 있다. 노드수가 증가하면 그룹공유 트리 방식들은 처리양이 즐어듬을 알 수 있다. L3 구간의 환경보다 PIM-SM을 비교시 2 MB 높은 처리율을 확인 하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

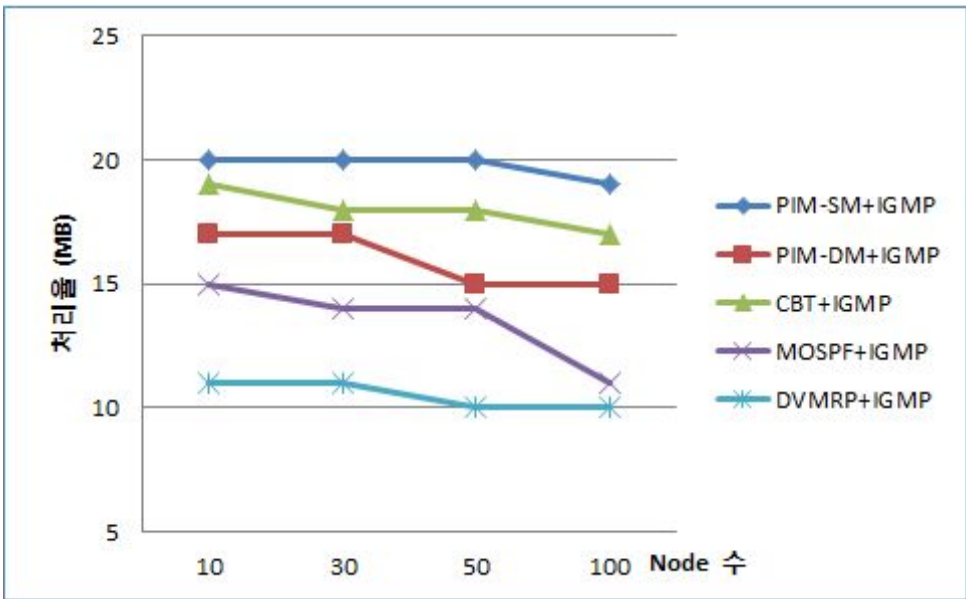

그림 3-49. 멀티캐스트 프로토콜 + IGMP의 처리율 분석 (Be 환경)

그림 3-49는 Bc값을 초과하여 폴리싱이 일어나는 Be 환경에서 측정한다. Bc 환경과 비교 되는 것은 노드 수가 증가함에 MOSPF+IGMP 처리양의 변화가 제일 큼을 알 수 있다. PIM-SM은 노드수가 증가 하더라도 처리양의 변화는 일정함을 알 수 있다. L3 환경보다 전체적으로 처리율이 2MB이상 높음을 알 수 있다.

③ 네트워크 부하 실험 분석

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험에서 네트워크 부하를 측정한다.

네트워크 부하는 WFQ buffer 사용율과 WFQ queuing 지연 평균시간을 바탕으로 값을 측정한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

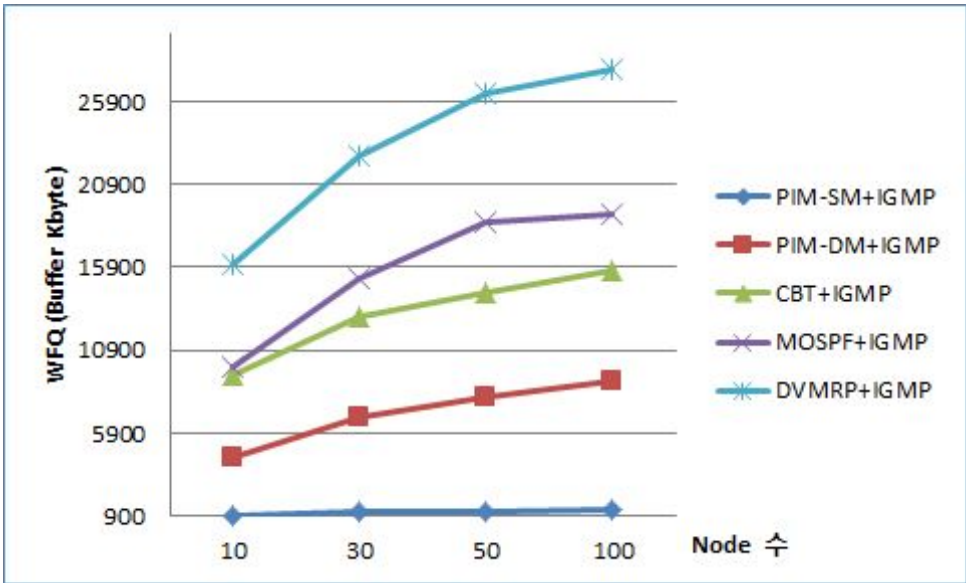

그림 3-50. 멀티캐스트 프로토콜 + IGMP의 네트워크 부하 분석 (Bc 환경)

그림 3-50에서 멀티캐스트 네트워크 부하 그래프에서 공통적으로 어느 일정시간 경과 후는 네트워크 부하가 전반적으로 많이 걸림을 알 수 있다. 그 이유는 네트워크 서비스가 경과되고 멀티캐스트 그룹과 네트워크 운영을 위한 메시지 전송량이 증가되어 네트워크 부하가 걸림을 알 수 있다.

네트워크 부하가 적은 순으로 나열하면 PIM-SM+IGMP > PIM-DM+IGMP > CBT+IGMP > MOSPF+IGMP > DVMRP+IGMP 순으로 나타난다. PIM-SM+IGMP는 대역폭이 제한되어 있는 환경에 적합함을 네트워크 부하를 통하여 알 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

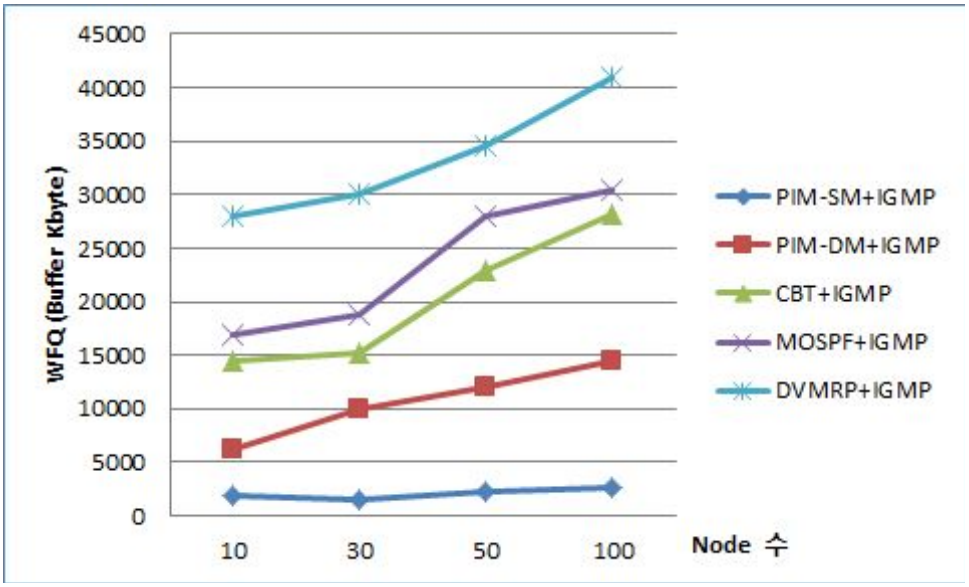

그림 3-51. 멀티캐스트 프로토콜 + IGMP의 네트워크 부하 분석 (Be 환경)

그림 3-51은 Be 환경에서 네트워크 부하를 분석하였는데 Bc 환경과 구분 되는 것은 Be 환경에서는 네트워크 부하값이 노드수 30에서 CBT+IGMP, MOSPF+IGMP, DVMRP+IGMP가 급격히 상승 곡선을 그리고 있다. 반면 PIM-SM+IGMP와 PIM-DM+IGMP의 30노드에서 변화는 크지 않았다. PIM-SM+IGMP는 노드수가 증가하더라도 변화율이 일정함을 볼 수 있고 PIM-DM+IGMP 순으로 네트워크 부하 성능이 우수 하다. 네트워크 부하 분석에서 PIM-DM+IGMP가 노드수의 증가에 영향 없이 우수함을 분석하였다.

④ 지터 실험 분석

IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험에서 지터를 측정한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

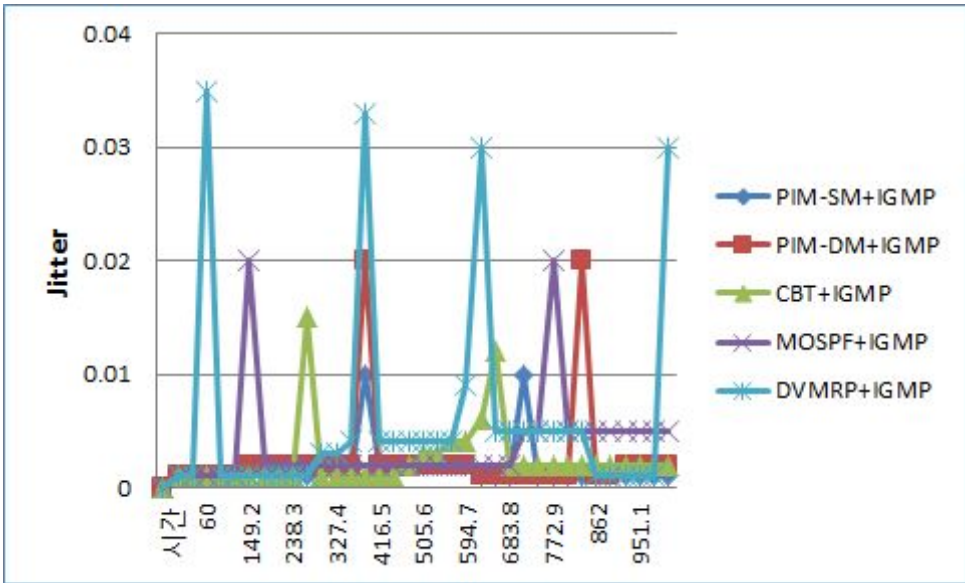

그림 3-52. 멀티캐스트 프로토콜 + IGMP의 지터 분석

그림 3-52의 멀티캐스트 지터 분석은 L3환경과 많은 차이가 발생한다. 그 이유는 LAN 환경의 L2 구간에서 CSMA/CD 방식으로 패킷 충돌 발생이 잦음을 알 수 있으며 지터 발생이 낮은 순으로 나열하면 PIM-SM+IGMP > PIM-DM+IGMP > CBT+IGMP > MOSFP+IGMP > DVMRP+IGMP 순으로 나타났다.

(2) 멀티캐스트 프로토콜 + IGMP 실험 분석

L3 - L2 구간 링크 환경에서 IPTV 전송의 고성능 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 분석 실험 QoS 항목 중 지연과 처리율과 네트워크 부하, 지터 항목을 실험 분석을 통하여 DVMRP+IGMP, MOSPF+IGMP, PIM-SM+IGMP, PIM-DM+IGMP, CBT+IGMP를 분석하여 결과를 도출한다.

L3 구간과 L2 링크 환경의 멀티캐스트 프로토콜을 송신자 기반 트리 방식과 그

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

룹 공유 트리 방식으로 분류하여 결과는 표 3-11, 표 3-12와 같다.

표 3-11. 송신자기반 트리 방식 비교

멀티캐스트 프로토콜	분석 결과
DVMRP+IGMP, MOSPF+IGMP, PIM-DM+IGMP (공통사항)	▪ L3 구간과 L2 링크에서도 지연이 그룹공유 트리방식 보다 짧다 ▪ Bc, Be 조건에서 MOSPF가 가장 우수 ▪ 멤버 수가 증가함에 따라 불필요한 데이터 전송이 증가
DVMRP+IGMP	▪ L3 구간과 L2 링크 환경에서 지연이 짧으나 처리율등 성능이 떨어짐 ▪ 거리기반 벡터 프로토콜 기반인 RIP을 모델로 한 프로토콜이며 주기적으로 동작 ▪ MOSPF 다음으로 지연이 짧다.
MOSPF+IGMP	▪ L3 구간과 L2 링크 환경에서도 지연이 제일 짧고 네트워크 부하도 우수 ▪ OSPF기반의 프로토콜임으로 높은 계산량을 필요로 하나 링크 효율이 높음

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 3-12. 그룹공유기반 트리 방식 비교

멀티캐스트 프로토콜	분석 결과
PIM-SM+IGMP, CBT+IGMP (공통사항)	▪ L3 구간과 L2 링크 환경에서도 지연이 송신자 기반 방식보다 1.4배 이상 발생 ▪ 처리율은 송신자 기반 방식보다 그룹공유 기반 트리 방식이 우수
PIM-SM+IGMP	▪ L3 구간과 L2 링크 환경에서도 지연을 제외한 처리율 네트워크 부하와 지터 부분에서 우수 ▪ 대역폭 제한될 경우 사용하는 방식 ▪ 그룹 멤버가 여러 네트워크에 걸쳐 산재할 경우 유리한 방식
CBT+IGMP	▪ L3 구간과 L2 링크 환경에 처리율이 우수

분석결과 송신자 기반 트리 방식에서 MOSPF+IGMP 방식이 지연부분에서 제일 우수하나 처리율이 제일 낮아 대용량이 아닌 실시간데이터 전송 분야에 적합하다. PIM-DM+IGMP 방식은 지터부분에서 우수하여 전송로가 좋지 않는 환경에서 적합하다.

그룹공유 기반 트리 방식에서는 PIM-SM+IGMP 방식이 지연을 제외한 전체 실험 결과에서 우수하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(3) 분석 결론

L3 - L2 구간으로 구성된 MPLS 환경에서 멀티캐스트+IGMP 실험을 통하여 지연, 처리율 부하, 지터의 각 항목 분석 결과에 대하여 표 3-13 네트워크 환경과 서비스 분야 및 특성과 실험결과와 이를 바탕으로 선택된 멀티캐스트 프로토콜 알아본다.

표 3-13. L3 - L2 구간 네트워크 환경에 따른 선택프로토콜 비교

네트워크 환경	서비스분야 및 특성	결과	선택 프로토콜
지연	빠른 전송 분야중 UDP사용 분야, 지연이 짧다.	Bc 환경의100노드 기준35msec/45msec	MOSPF+IGMP /DVMRP+IGMP
처리율	HD 화질의 고품질 서비스 분야, 대역폭 제한된 분야	Bc환경의 100노드 기준 19MB/17MB	PIM-SM+IGMP /CBT+IGMP
지터율	LAN 환경에서는 전체적으로 충돌횟수가 전반적으로 여러 차례 발생한다.	15분 관측시 0.002/ 0.0026	PIM-SM+IGMP /PIM-DM+IGMP
복합도	네트워크 자원 사용율이 높은 서비스 분야	WFQ의Buffer 1320	PIM-SM+IGMP

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. PIM-SM 선정 기법

특수한 조건의 상황의 분석 실험을 통하여 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 중 PIM-SM이 실험 환경의 조건에 우수함의 결과를 도출하였다. IPTV 전송을 고성능화하기 위해 선정된 PIM-SM 프로토콜의 선정 기법을 알아보기로 한다.

RP 선정기법인 PIM-SM은 RP를 트리의 송신자로 하는 그룹공유 기반 라우팅 프로토콜이다. 최단경로 트리와 공유트리의 두 개의 트리를 갖는 복합 방식이며 멀티캐스트 데이터 전송량이 커지면 멀티캐스트 소스를 모든 호스트에 직접 연결하는 SPT인 경우는 트리를 재구축하기 위해 SPT로 변환한다. RP 선정기법은 소스의 수에 상관없이 멀티캐스트 그룹 당 하나의 트리가 만들어져 라우터들은 그룹에 등록한 호스트에게 정확하게 패킷을 포워딩 한다 [70].

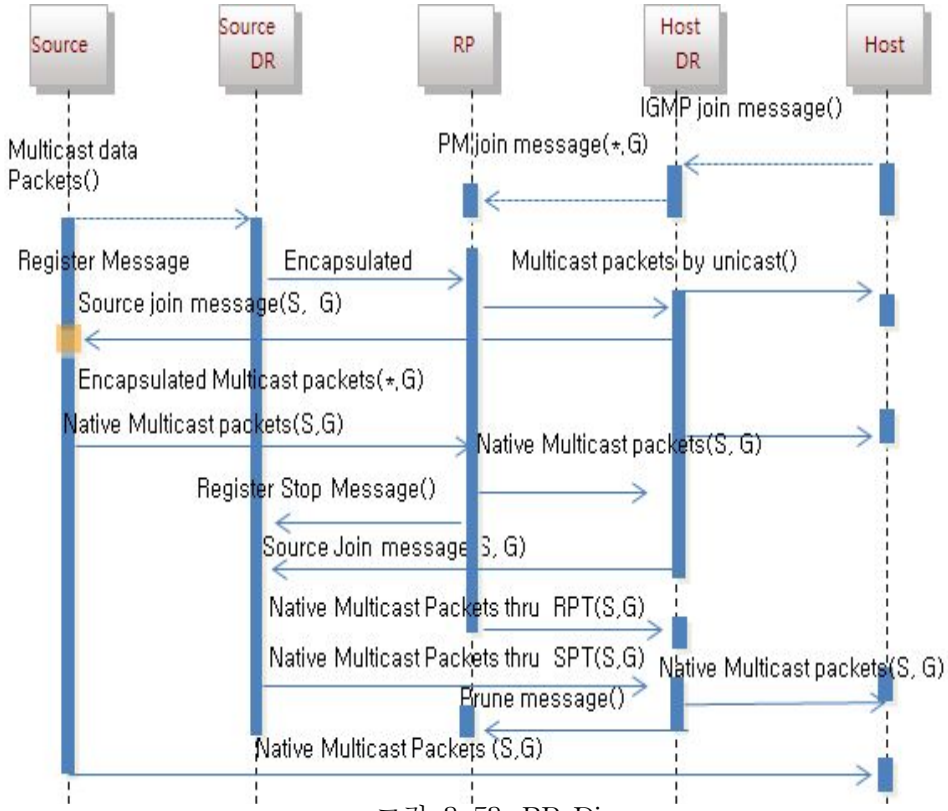

그림 3-53. RP Diagram

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 3-53과 같은 절차로 PIM-SM은 멤버 조인과 공유트리 생성, 멤버 등록과 등록 정지, RPT (rendezvous point tree)에서 SPT로 전환하는 5단계의 특성을 가지며 이는 멀티캐스팅 서비스를 하기 위함이다 [70].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 장 멀티캐스트 프로토콜의 선택적 운용으로 개선된 사례

제 1 절 L3 - L2 환경에서 발생되는 문제점 현장사례

IP 멀티캐스팅은 기존의 주로 사용하던 유니캐스트, 브로드캐스트 방식과는 달리 동일한 어플리케이션을 사용하는 특정 그룹에 대해서만 전송하게 함으로써 네트워크 구성시 전체 트래픽의 부하를 감소시키고 다른 네트워크와 데이터 전송에 영향을 최소화 하기 때문에 특정 그룹을 위해 사용하는 데이터를 처리하는데 아주 유용한 기술이다.

1. 현장사례

그림 4-1의 현장사례는 real-time 서버에서 수신 서버까지 L2 구성으로 real-time 데이터가 필요 없는 해당 대역에 VLAN 정보를 가지는 모든 장비에서 real-time 데이터를 수신하는 문제점이 발생하였고, 해당 VLAN에 STP loop가 발생하는 경우에 전체 네트워크에 치명적인 영향을 주는 사례이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

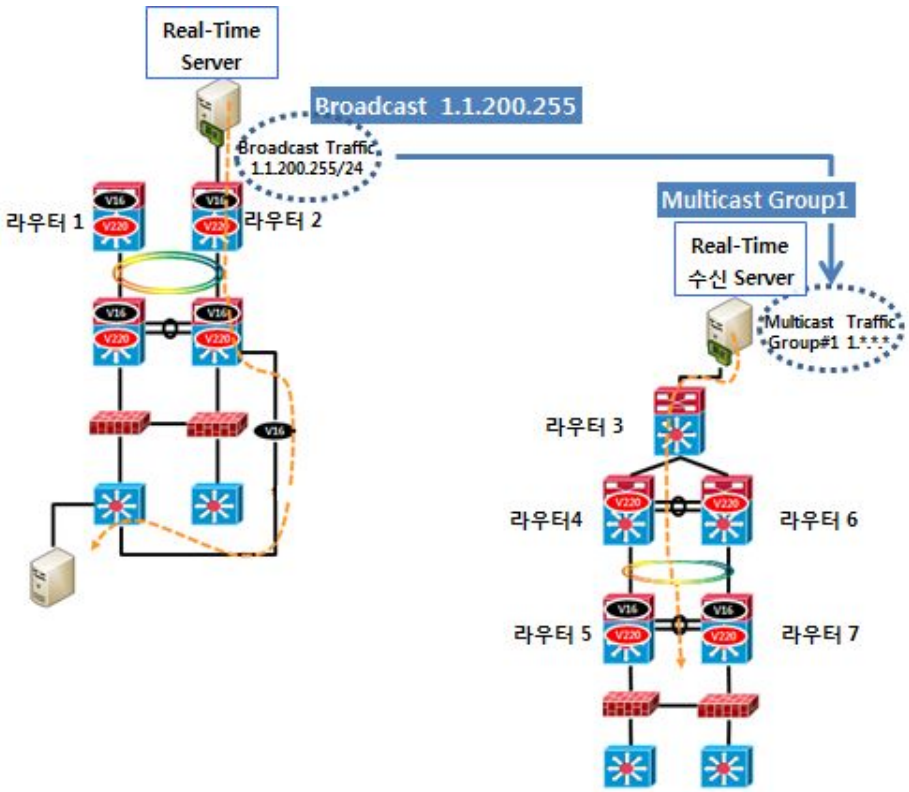

그림 4-1. Multicast 사용으로 발생되는 사례

그림 4-1의 real-time server에서 오른쪽 real-time 수신 server까지 L2 구성으로 인하여 real-time 데이터가 필요 없는 해당 대역에 VLAN 정보를 가지는 모든 장비에서 real-time 데이터를 수신하는 문제점이 발생되며 해당 VLAN에 STP loop가 발생하는 경우에 전체 네트워크에 치명적인 영향을 주는 문제가 발생되었다.

real-time server에서 데이터를 전송하기 위해서는 멀티캐스트 프로토콜을 사용해야 하며 브로드캐스트를 사용하면 이 또한 전체 네트워크에 데이터를 브로드캐스트로 전송하기 때문에 네트워크 부하 증가 및 트렁크 대역폭의 증가가 된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 PIM-SM 선정기법으로 문제점 해결

기존 구성의 real-time 서버에서 real-time 데이터를 해당 NIC 네트워크 대역으로 브로드캐스트로 전송된다. 즉 1.1.200.255 대역으로 브로드캐스트 전송된다.

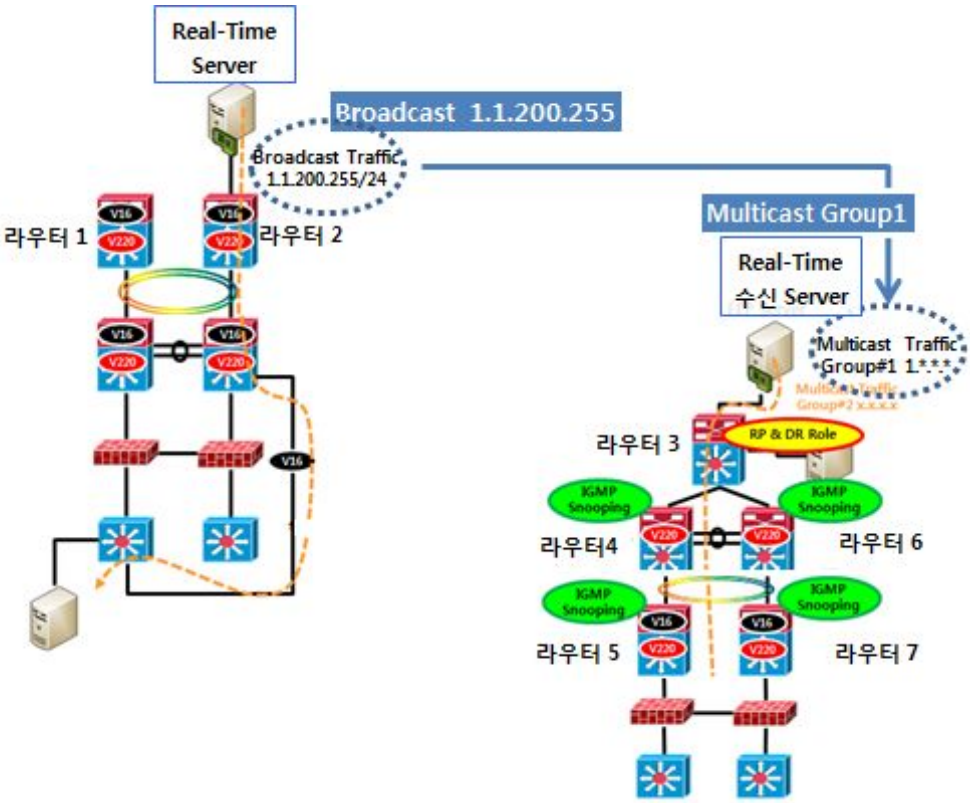

그림 4-2. PIM-SM으로 문제점 해결 사례

그림 4-2의 라우터3, 4, 5, 6, 7과 real-time 수신 server까지 L2 구간으로 구성되어 있는데 각각의 라우터에서 real-time 데이터를 수신하기 위해서는 각각의 라우터에서 멀티캐스트 프로토콜을 적용하여야 하며 이로 인한 문제점이 발생되었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

문제점을 해결하기 위해 여러 멀티캐스트 프로토콜이 있으나 PIM-SM 기법외에는 해결되는 프로토콜은 없으며 그 방법은 바로 RP 선정기법 때문이다. 그림 4-2 라우터 3에 RP로 설정한다(*ip pim sparse-mode*). 그리고 나머지 L2 구간의 라우터에서는 IGMP snooping 기능으로 구성한다. 이렇게 설정함으로 전체 네트워크로 real-time 데이터가 필요 없는 해당 대역의 VLAN 정보를 가진 모든 장비에서 데이터를 수신하는 것을 방지할 수 있다. 네트워크 구성 시 real-time 서버와 해당 단말은 자신이 속한 라우터에 지정된 해당 그룹에 대한 정보를 상호 교환한다. real-time 서버는 전송하고자 하는 각종 real-time 데이터를 기 구성된 LAN을 통하여 라우터에 전송 시 보내고자 하는 단말이나 그룹 주소를 목적지로 하여 전송한다. L3 스위치는 IP 멀티캐스트 그룹 정보를 찾아서 해당 목적지의 그룹이나 단말과 예하단 실시간 라우터로 전송한다. 이때 주소 체계는 real-time 서버와 단말에서 제공하는 IP 멀티캐스트 기능을 통한 D class 주소 체계로 하고 그룹화 하여 그룹 주소를 부여한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 5 장 결 론

실시간 멀티미디어 방송 전송과 고속 전송 서비스 증가에 따라 인터넷 트래픽이 급격하게 증가하고 있지만 인터넷 서비스 품질이 보장되지 않고 있다.

멀티캐스트는 기존의 주로 사용하던 유니캐스트나 브로드캐스트 방식과는 달리 동일한 어플리케이션을 사용하는 특정 그룹에 대해서만 전송한다. 네트워크 구성시 전체 트래픽의 부하를 감소시키고 다른 네트워크의 데이터 전송에 영향을 최소화 한다. 때문에 멀티캐스트 프로토콜은 영상 자료와 같은 많은 양의 특정 그룹을 위해 사용하는 데이터를 네트워크에서 처리하는데 아주 유용한 기술이다.

본 논문에서 다룬 IPTV 전송 고성능화 하기위한 전송망은 MPLS 기반으로 구성하였다. MPLS망은 대량의 실시간데이터 전송에 적합한 망이며 네트워크 토폴로지 환경은 첫 번째 L3 - L3 링크에서와 두 번째 L2 - L3 구간 링크의 토폴로지 환경을 만들어 QoS 항목 중 지연과 처리율과 네트워크 부하, 지터항목으로 실험 분석을 통하여 IPTV 전송의 고성능화에 선택적 운용을 하기위해 멀티캐스트 프로토콜을 실험하였다. 토폴로지를 두 가지로 나눈 목적은 L3구간 환경에서 QoS가 우수한 멀티캐스트 프로토콜을 선택하여 적용 하더라도 L3 - L2의 LAN구간과 링크를 이루면 QoS 변화가 큼을 알 수 있었다. 즉 L2의 LAN 구간에서 멀티캐스트 데이터를 요구하지 않는 단말에 멀티캐스트 데이터가 전송됨으로 대역폭 점유와 혼잡이 발생되었다.

MPLS망에서는 데이터의 중요도에 따라 여러 정책으로 나눌 수 있는데 IPTV 방송전송을 고성능화하기 위해서 여러 단계의 정책보다는 거의 대부분의 real-time 패킷들임으로 EF로 PHB definitions MPLS 정책을 수립하여 단순하면서 QoS에 효과적인 정책을 적용하는 방법을 적용 하였다. 지연, 사용율, 처리율은 일정시간이 경과 후 라우터의 자원이 어느 정도 사용되면 라우터가 처리할 수 있는 메모리나 큐등의 사용으로 성능이 떨어진다. 그러나 이와 상관없이 EF로 PHB definitions 설정하여 QoS가 적용되면 4분 안에 라우터자원을 효율성 있게 확보하여 최적의 응답시간과 자원을 효율적으로 사용하여 전송되고 있어 지연과 사용율과 처리율 부

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

분에서 QoS의 성능을 상승시켰다.

멀티캐스트의 분류별 장단점은 첫 번째 송신자 기반 트리는 송신자 또는 최단 경로 트리라 하며 많은 메모리를 필요로 하지만 송신자로부터 모든 수신자로의 최적 경로를 얻을 수 있기 때문에 전송 지연시간을 최소할 시킬 수 있었다. 수신자가 존재하지 않는 경로는 프룬을 수행하며 단일 송신자 기반에 적합하였다. 두 번째 그룹 공유트리는 송신자 기반 트리에 비해 적은 메모리를 사용하지만 송신자로부터 모든 수신자의 절충된 경로를 생성하기 때문에 전송 지연시간이 발생할 수 있으며 다중 송신자에 적합하였다.

따라서 본 논문은 멀티캐스트 자체만으로도 대역폭 및 자원을 효율적으로 이용할 수 있으나 멀티캐스트 프로토콜을 IPTV 전송에 적용하여 고성능화하기 위해 멀티캐스트의 분류별 문제점분석을 통해 적응적 선택기법으로 사용할 멀티캐스트 프로토콜을 선별하였다. 노드수를 10, 30, 50, 100 노드 의 다양한 조건의 환경으로 변화를 주어 분석하였다. 그 중 RP 선정기법인 PIM-SM 프로토콜은 소스인 송신자의 수에 상관없이 멀티캐스트 그룹 당 하나의 트리가 만들어져 라우터들은 그룹에 등록한 호스트에게 정확하게 패킷을 포워딩하는 장점도 있었다.

네트워크 환경에 따른 멀티캐스트 프로토콜의 비교 분석결과 L3 - L3 구간 환경에서 지연 민감도 부분의 선택프로토콜은 Bc와 100노드 조건에서 49msec의 MOSPF와 59msec의 DVMRP가 우수했고 처리율 민감도 부분의 선택프로토콜은 Bc와 100노드 조건에서 PIM-SM이 20MB와 CBT 17MB로 우수했다. 지터율은 PIM-SM과 PIM-DM이 우수하며 복합적 민감도는 PIM-SM 프로토콜이 선택 결과 유출하였다. 전체적으로 데이터의 손실이 있더라도 지연 민감도 분야에 활용할 멀티캐스트는 MOSPF와 DVMRP가 적합하였으며 전반적으로 PIM-SM의 선택적 활용도가 높았다. L3- L2 구간의 환경에서도 L3 - L3 환경의 결과값과 비슷하였으나 지터율에서 큰 변화가 있었는데 L2 LAN환경으로 패킷 충돌이 발생되었다.

실험 분석을 통해 특정한 환경에서 멀티캐스트 프로토콜을 적응형 선택적으로 운용하여 MPLS 기반의 환경에서 QoS를 구현하여 고성능화로 대역폭과 자원의 효율화를 이루어 IPTV 방송 전송 고성능화를 구현 하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참 고 문 헌

[1] 황성규, 한승조, “MPLS와 멀티캐스트 융합을 통한 Video Stream 방송 전송 최적화”, 한국정보통신학회 18권, 6호, 2014.6.

[2] 황성규, 한승조, “무선랜 환경에서 보안을 고려한 효율적 전송성능 향상에 관한 연구”, 한국정보통신학회 17권, 4호, 2013.4.

[3] Jui-Hung Yeh, Jyh-Cheng Chen, Prathima Agrawal, “Fast Intra-Network and Cross-Layer Handover (FINCH) for WiMAX and Mobile Internet,” IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, Vol. 8, pp.558-574, Apr. 2009.

[4] M. J. Yu, J. M. Lee, T. M. Um, W. Ryu, B. S. Lee and S. G. Choi, “A New Mechanism for Seamless Mobility based on MPLS LSP in BcN,” IEICE TRANS. COMMUN., Vol. E91-B, pp.593-596, Feb. 2008.

[5] Satoshi Uda, et al., “IPv6 support on MPLS networks: Experiences with 6PE approach,” 2003 Symposium on Applications and the Internet Workshops (SAINT'03 Workshops), Orlando, Florida, pp.27-31. Jan. 2003

[6] N. Kang, S. Yoo, Y. Kim, S. Jung and K. Hong, “Heterogeneous routing protocol coordinator for mobile adhoc networks,” Ubiquitous Computing *Systems,* vol.4239, pp.384~397, Oct. 2006.

[7] T. M. Rasheed, L. Reynaud and K. Al Agha. “C luster-quality based hybrid routing in large scale mobile multi-hop networks,” *IEEE WCNC 2007,* pp.3052~3057, Mar. 2007.

[8] P. Sinha, S. V. Krishnamurthy and S. Dao, “Scalable unidirectional routing with zone routing protocol (ZRP) extensions for mobile ad-hoc networks,” *IEEE WCNC 2000,* vol.3, pp.1329~1339, Sep. 2000.

[9] R. Draves, J. Padhye and B. Zill, “Routing in multi-radio, multi-hop wireless mesh networks,” *ACM Mobicom,* pp.114~128. Sep. 2004.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[10] R. Draves, J. Padhye, and B. Zill, “Comparison of routing metrics for static multi-hop wireless networks,” *ACM SIGCOMM Computer Communication Review,* vol.34, no.4, pp.133~144, Oct. 2004.

[11] B. Zhang and H. T. Mouftah, “QoS routing forwireless ad hoc networks: problems, algorithms, and protocols,” *IEEE Communications Magazine,* vol.43, no.10, pp.110~117, Oct. 2005.

[12] Daniel W. Hong Choon Seon Hog, Dongsink Yun “A Flow-through Workflow Control Scheme for BGP/MPLS VPN Service Provision,” in Proceeding of the 3rd Europea Conference on Universal Multiservice Networks, Published in Lecture Notes in Computer Science, Vol.3262, pp.397-406, Oct. 2004.

[13] Alan T. Sherman and David A. McGrew, “Key Establishment in Large Dynamic Groups using One Way Function Trees,” IEEE Trans. on Software Engineering, Vol.29, No.5, pp. 444-458, Oct. 2003.

[14] Y.-J. Suh, H.-S. Shin, and D.-H. Kwon, “An Efficient Multicast Routing Protocol in Wireless Mobile Networks,” Wireless Networks, Vol.7, pp.443-453, Feb. 2001.

[15] T. Campbell and J. Gomez, “IP Micro-Mobility Protocols,” ACM SIGMOBILE Mobile Computer and Communication Review (MC2R), vol. 4, no. 4, pp. 45-54, Oct. 2001.

[16] T. Campbell, “Comparison of IP Micro-Mobility Protocols,” IEEE Wireless Communications Magazine, vol. 9, no. 1, pp. 2-12, Feb. 2002.

[17] Striegel and G. Manimaran, "A Survey of QoS Multicasting Issues," IEEE Communications, vol. 40, no. 6, pp. 82-87, Jun. 2002.

[18] Y. Wang and W. Chen, “Supporting IP Multicast for Mobile Hosts,” Mobile Networks and Applications, Kluwer Academic Publishers, vol. 6, no. 1, pp.57-66, Jan. 2001.

[16] Y-J Suh, H-S Shin and D-H Kwon, “An Efficient Multicast Routing

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Protocol in Wireless Mobile Networks," Wireless Networks, Kluwer Academic Publishers, vol.7, no.5, pp. 443-453, Sep. 2001.

[17] B-S Kim, K-J Han, "Multicast Handoff Agent Mechanism for All IP Mobile Networks," Mobile Network and Applications, Kluwer Academic Publishers, vol. 9, no.3, PP. 185-1 91, June. 2004.

[18] Y. Chu, et al., "A Case for End System Multicast," IEEE Journal on Selected Areas in Communication (JSAC), vol. 20, no. 8, pp. 1456-1471, Oct. 2002.

[19] J. Montavont, N. Montavont and T. Noel, "Enhanced schemes for L2 handover in IEEE 802.11 networks and their evaluations," *Proc. 16th IEEE Int. Symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC '05),* Berlin, Germany, vol.3, pp.429~1433, Sept. 2005.

[20] A. Kankkunen, "VoIP over MPLS Framework," draft-ietf-kannkkunen-vompls-fw-01.txt, July. 2000.

[21] C. C. Tseng, K. H. Chi, M. D. Hsieh and H. H. Chang, "Location-based fast handoff for 802.11 networks," *IEEE Communications Letters,* vol.9, pp.304~306. Apr. 2005.

[22] E. Paik and Y. Choi, "Prediction-based fast handoff for mobile WLANs," *Proc. 10th IEEE Int. Conf. on Telecommunications (ICT '03),* Tahiti. vol.1, pp.748~753, Feb. 2003.

[23] K. Claffy and T. Monk, "What's Next for Internet Data Analysis? Status and Challenges Facing the Community," Proc. Of IEEE, Vol.85, No.10, Oct. 1997.

[24] S. Banerjee, D. Tipper, and B.H. Martin Weiss, "Traffic Experiments on the vBNS Wide Area ATM Network," *IEEE Communications Magazine*, Vol,35, No.8, Oct.1997.

[25] Q. Liu, S. Zhou, and G. B. Giannakis, "Cross-layer combining of adaptive modulation and coding with truncated ARQ over wireless links," IEEE

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Transactions on wireless communications, Vol.3, No.5, pp.1746-1755, Sep. 2004.

[26] Y. Xiao, X. Du, J. Zhang, F. Hu, and S. Guizani, "Internet Protocol Television (IPTV): The Killer Application for the Next-Generation Internet", IEEE

[27] V. Paxson, "Framework for IP Performance Metrics," *RFC 2330*, May. 1998.Comm. Mag., Vol.45, No.11, pp.126-134, Nov. 2007.

[28] M. Volk, J. Guna, A. Kos, and J. Bester, "Quality-Assured Provisioning of IPTV Services within the NGN Environment", IEEE Comm. Mag., Vol.46, No.5, pp.118-126, May. 2008.

[29] G. Kramer and G. Pasavento, "Ethernet Passive Optical Network (EPON): Building a Next Generation Optical Access Network", IEEE Comm. Mag., Vol.40, pp.66-73, Feb. 2002

[30] H. Park, T.-J. Lee, and H. Choo, "Optimized Path Registration with Prefix Delegation in Nested Mobile Networks," Springer-Verlag Lecture Notes in Computer Science, vol. 3794, pp. 327-336, May. 2005.

[31] H.-Y. Kim and C.-S. Hwang, "An Efficient Location Management Scheme for the Same Mobility Nodes Group in Network Mobility," Journal of Research and Practice in Information Technology, vol. 37, no. 4, pp. 381-398, Nov. 2005.

[32] A. Helmy, M. Jaseemuddin, and G. Bhaskara, "Multicast-based Mobility: A Novel Architecture for Efficient Micro-Mobility," IEEE J-SAC, vol. 22, no. 4, pp. 677-690, May. 2004.

[33] H.-J. Lim, et. al, "A Model and Evaluation of Route Optimization in Nested NEMO Environment," IEICE Transactions on Communications, vol. E88-B, no. 7, pp. 2765-2776, July. 2005.

[34] Heiko Schwarz, Detlev Marpe and Thomas Wiegand, "Overview of the Scalable H.264/MPEG-AVC Extension," IEEE Trans. on Circuits and

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Systems for Video Technology, Vol.17, No.9, pp.1103-1120, Sep. 2007.

[35] Cheon-Seog Kim, Dongjun-Suh, Tae-Meon Bae and Yong-Man Ro, "Quality Metric for H.264/AVC Scalable Video Coding with Full Scalability," Proc. of the SPIE, Vol.6492, pp.64921P, Mar. 2007.

[36] E. Park, S. Han, S. Ahn, H. Park and S. Shin, "Scalable and Reliable Overlay Multicast Network for Live Media Streaming," Lecture Notes in Computer Science of Springer (LNCS3768), Vol.2, pp.48-58, Nov. 2005.

[37] IEEE 802.1DTM-2004, "Media Access Control (MAC) Bridges," IEEE Computer Society, 2004.

[38] T. Gebarowski, "A Hybrid Extension for IP Multicasting in Push-to-talk over Cellular Systems," International Journal of Electronics and Telecommunications, Vol. 58, No. 1, pp. 77 - .83, Sep. 2012.

[39] D. Ma, W. Huang, Q. Sun, W. Li, C. Yin, Z. Shao, "Design and Realization of The PoC System with Short Session-Setup-Delay," in Proceeding of International Conference on Computer Science and Service System, pp. 1075 - 1078, Aug. 2012.

[40] D. Wu, Y. Hou, W. Zhu, Y. Zhang, and J. Peha, "Streaming Video Over the Internet: Approaches and Directions," Journal of IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.11. No. 3, pp. 1-20, Mar. 2001.

[41] Salahuddin A. Azad, Manzur Murshed, "An Efficient Transmission Scheme for Minimizing User Waiting Time in Video-On-Demand Systems", IEEE Communications Letters, vol. 11, no. 3, Mar. 2007.

[42] Y. Chu, S. G. Rao, H. Zhang, "A Case for End System Multicast," in proc. *IEEE JOURNAL Comm,* 20(8), pp.1456-1471, Oct. 2002.

[43] C.K.YEO, B.S.Lee, M.H.Er "A survey of application level multicast techniques", in proc. *ELSEVIER, Comp Com,* 27, pp.1547-1568, May. 2004.

[44] X. Zhang, J. Liu, B. Li, T-S, P. Yum, "CoolStreaming/DONet: A

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

Data-driven Overlay Network for Peer-to-Peer Live Media Streaming", in proc. *IEEE INFOCOM*, 3, pp.2102-2111, Mar. 2005.

[45] Al Hamra A. and Felber P.A., "Design Choices for content Distributuion in P2P Networks," in proc. *ACK SIGCOMM Computer Commnication Review*, 35(5), pp.29-40, Oct. 2005.

[46] EL-Sayed A., Roca V. and Mathy L., "A Survey of Proposals for and Alternative Group Communication Service," *IEEE Network*, 17(1), pp.46-51, Jan./Feb. 2003.

[47] Ganjam A. and Zhang H., "Internet Multicast. Video Delivery," in proc. *IEEE*, 93(1), pp.159-170, Jan. 2005.

[48] D.M. Moen, J.M. Pullen, and F. Zhao, "Implementation of Host-Based Overlay Multicast to Support of Web Based Services for RT-DVS", in proc. *8th IEEE International Symposium on Distributed Simulation and Real-Time Applications(DS-RT 2004)*, pp.4-11, Oct. 2004.

[49] Wang J., Yurcik W., Yang Y. and Hester J., "Multi-Ring Techniques for Scalable Battlespace Group Communications",*IEEE Communications Magazine*, 43(11), pp.124-133, Nov. 2005.

[50] L.Mathy, R. Canonico, and D. Hutchison, "An Overlay Tree Building Control Protocol", *Springer Lecture Notes in Com, Scie* 2223(2001), pp.76-87, Nov. 2001.

[60] Heiko Schwarz, Detlev Marpe and Thomas Wiegand, "Overview of the Scalable H.264/MPEG-AVC Extension," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.17, No.9, pp.1103-1120, Sep. 2007.

[61] H. Sandick and B. Cain, "PIM-SM Rules for Support of Single-Source Multicast,"draft-sandickpimsm-ssmrules-00.txt, Mar. 2000.

[62] D. Kosiur, *IP Multicasting* , John Wiley & Sons, Inc. Carol Long, 1998.

[63] D. Waitzman, "Distance Vector Multicast Routing Protocol," *RFC 1075*, Nov. 1988.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[64] Cheon-Seog Kim, Dongjun-Suh, Tae-Meon Bae and Yong-Man Ro, "Quality Metric for H.264/AVC Scalable Video Coding with Full Scalability," Proc. of the SPIE, Vol.6492, pp.64921P, Mar. 2007.

[65] E. Park, S. Han, S. Ahn, H. Park and S. Shin, "Scalable and Reliable Overlay Multicast Network for Live Media Streaming," Lecture Notes in Computer Science of Springer (LNCS3768), Vol.2, pp.48-58, Nov. 2005.

[66] A.J. Ballardie, "Core Based Trees Multicast Routing Architecture,"*RFC 2201*, Sept. 1997.

[67] J. Seok. Koh, "Non-Core Based Shared Tree Architecture for IP Multicasting," *IEE Electronics Letters*, Vol. 35, No. 11, May. 1999.

[68] J. She, "IPTV over WiMAX: Key Success Factors, Challenges, and Solutions," IEEE Comm. Mag., Vol.45, Aug. 2007.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

부 록

1. MPLS 라우터 네트워크 설정

먼저 구성 세부 설정하기 위해 네트워크 부분을 설정하며 MPLS VPN에서 가입자의 멀티캐스트 트래픽을 최적화하여 지원하기 위한 설정을 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가. 각각의 라우터 인터페이스 설정

1	각 라우터의 인터페이스에 IP 주소 부여 활성화
2	모든 라우터에 Loopback interface 만든다
3	Step2의 과정에 IP Address 는 1.1.x.x /32활성화
4	저장
5	확인

그림 부록-1. 라우터1, 라우터2 인터페이스 설정

그림 부록-2. 라우터3, 4, 5 인터페이스 설정

그림 부록-1과 부록-2는 각 라우터의 상태를 확인하기 위해 loopback 인터페이스를 Lo 0번으로 설정하여 IP 주소워크 부하를 부여하고 MPLS망에 연결시킬 시

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R3(config)#int lo0
R3(config-if)#ip address 1.1.3.3 255.255.255.255
R3(config-if)#int f0/0.13
R3(config-subif)#enc dot 13
R3(config-subif)#ip address 1.1.13.13 255.255.255.0
R3(config-subif)#exit
R3(config)#int f0/0.23
R3(config-subif)#enc dot 23
R3(config-subif)#ip address 1.1.23.3 255.255.255.0
R3(config-subif)#exit
R3(config)#int f0/0.35
R3(config-subif)#enc dot 35
R3(config-subif)#ip address 1.1.35.3 255.255.255.0
```

```
R4(config)#int lo0
R4(config-if)#ip address 1.1.4.4 255.255.255.255
R4(config-if)#int f0/0.48
R4(config-subif)#enc dot 48
R4(config-subif)#ip address 1.1.48.4 255.255.255.0
R4(config-subif)#exit
R4(config)#int f0/0.48
R4(config-subif)#enc dot 48
R4(config-subif)#ip address 1.1.34.4 255.255.255.0
```

```
R5(config)#int lo0
R5(config-if)#ip address 1.1.5.5 255.255.255.255
R5(config-if)#int f0/0.35
R5(config-subif)#enc dot 35
R5(config-subif)#ip address 1.1.35.5 255.255.255.0
R5(config-subif)#exit
R5(config)#int f0/0.59
R5(config-subif)#enc dot 59
R5(config-subif)#ip address 1.1.59.5 255.255.255.0
```

리얼 인터페이스를 설정한다.

그림 부록-3. 라우터6, 7, 8, 9 인터페이스 설정

그림 부록-3 에서도 전 단계 과정인 loopback 인터페이스 및 직렬 인터페이스에

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R6(config)#int lo0
R6(config-if)#ip address 1.1.6.6 255.255.255.255
R6(config-if)#int f0/0.16
R6(config-subif)#enc dot 16
R6(config-subif)#ip address 1.1.16.6 255.255.255.0
```

```
R7(config)#int lo0
R7(config-if)#ip address 1.1.7.7 255.255.255.255
R7(config-if)#int f0/0.27
R7(config-subif)#enc dot 27
R7(config-subif)#ip address 1.127.7 255.255.255.0
```

```
R8(config)#int lo0
R8(config-if)#ip address 1.1.8.8 255.255.255.255
R8(config-if)#int f0/0.48
R8(config-subif)#enc dot 48
R8(config-subif)#ip address 1.1.48.8 255.255.255.0
```

```
R9(config)#int lo0
R9(config-if)#ip address 1.1.9.9 255.255.255.255
R9(config-if)#int f0/0.59
R9(config-subif)#enc dot 59
R9(config-subif)#ip address 1.1.59.9 255.255.255.0
```

IP 주소워크 부하를 부여하고 설정한다. 라우터의 인터페이스 설정을 하고 라우터의 라우팅 테이블을 확인하며 next 홉 IP까지 통신을 ping으로 확인한다. loopback ip address는 LDP, IGP 및 BGP의 라우터 ID로 사용한다. LDP 라우터 ID는 반드시 라우팅에 포함시켜야 하며 라우터의 loopback IP 주소를 설정해야 한다. MPLS 망 내부의 IP 주소는 모두 1.1.0.0 네트워크를 사용하고 서브넷은 255.255.255.0 24비트를 사용한다. MPLS망을 이용하는 가입자 네트워크는 모두 사설 IP 주소인 10.0.0.0 네트워크를 사용하며 서브넷은 255.255.255.0 24비트를 사용한다.

나. MPLS망 OSPF 설정

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1	OSPF를 설정하기 위해 router command로 설정
2	router ospf 다음 process ID을 설정하는데 1로 설정
3	network number 설정
4	OSPF wild card bits 설정
5	OSPF area ID 설정 0으로 설정

```
R1(config)#router  ospf 1
R1(config-router)#network  1.1.1.1  0.0.0.0  area 0
R1(config-router)#network  1.1.13.1  0.0.0.0  area 0

R2(config)#router  ospf 1
R2(config-router)#network  1.1.2.2  0.0.0.0  area 0
R2(config-router)#network  1.1.23.2  0.0.0.0  area 0

R3(config)#router  ospf 1
R3(config-router)#network  1.1.3.3  0.0.0.0  area 0
R3(config-router)#network  1.1.13.3  0.0.0.0  area 0
R3(config-router)#network  1.1.23.3  0.0.0.0  area 0
R3(config-router)#network  1.1.34.3  0.0.0.0  area 0
R3(config-router)#network  1.1.35.3  0.0.0.0  area 0

R4(config)#router  ospf 1
R4(config-router)#network  1.1.4.4  0.0.0.0  area 0
R4(config-router)#network  1.1.34.4  0.0.0.0  area 0
```

그림 부록-4. OSPF 설정

그림 부록-4에서는 MPLS망에서 OSPF 설정을 나타낸 것으로 OSPF process ID를 부여하고 OSPF area ID를 설정하는 과정이다. 세부적으로 MPLS 라우터간에는 IGP 및 LDP를 동작시킨다. MPLS TE에서는 IGP를 OSPF 또는 IS-IS를 사용한다. LDP는 MPLS 라벨 바인딩 정보를 전송한다. PE 라우터간에는 MBPG (multiprotocol BGP)를 사용하여 가입자 정보를 교환한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

LDP 라우터 ID는 라우팅 테이블에 존재해야 하며 LDP 라우터 ID로 사용될 각 라우터의 loopback 인터페이스를 반드시 OSPF에 포함시켜야 한다. MPLS VPN 망으로 사용할 라우터 1,2,3,4,5에서 OSPF area 0으로 설정한다. 설정 후 각 라우터에서 라우팅 table을 확인하고 각 라우터 간 ping으로 통신을 확인한다.

OSPF 구성 후 각 라우터에서 *show ip route*로 라우팅 테이블을 확인하고 ping으로 통신을 확인한다.

다. LDP 설정

1	Label properties 하기 위해 mpls label commands 설정
2	Range 범위는 16 – 1048575 안에서 설정
3	LDP를 설정하기 위해 mpls label protocol 입력
4	LDP를 식별할 address의 인터페이스 지정 router-id lo0
5	Tunnel interface 설정과 동적 mpls forwarding할 IP 설정

그림 부록-5. LDP 1/2 설정

```
R4(config)#mpls label range 400 499
R4(config)#mpls label protocol ldp
R4(config)#mpls ldp router-id lo0
R4(config)#int fo/0.34
R4(config-subif)#mpls ip

R5(config)#mpls label range 500 599
R5(config)#mpls label protocol ldp
R5(config)#mpls ldp router-id lo0
R5(config)#int fo/0.35
R5(config-subif)#mpls ip
```


Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R1(config)#mpls label range 100 199
R1(config)#mpls label protocol ldp
R1(config)#mpls  ldp router-id lo0
R1(config)#int fo/0.13
R1(config-subif)#mpls ip

R2(config)#mpls label range 200 299
R2(config)#mpls label protocol ldp
R2(config)#mpls  ldp router-id lo0
R2(config)#int fo/0.23
R2(config-subif)#mpls ip

R3(config)#mpls label range 300 399
R3(config)#mpls label protocol ldp
R3(config)#mpls  ldp router-id lo0
R3(config)#int fo/0.13
R3(config-subif)#mpls ip
R3(config-subif)#int f0/0.23
R3(config-subif)#mpls ip
R3(config-subif)#int f0/0.34
R3(config-subif)#mpls ip
R3(config-subif)#int f0/0.35
R3(config-subif)#mpls ip
```

그림 부록-6. LDP 2/2 설정

그림 부록-5와 부록-6은 라우터 1번부터 5번까지 즉 LER구간에 MPLS 라벨을 하기위해서 LDP 설정하는 과정이다. MPLS 라벨 프로토콜을 LDP를 사용하여 LDP 라우터의 인터페이스를 loopback 인터페이스 0으로 설정하는 과정이다.

세부적으로 MPLS 라벨 바인딩 정보 전송을 위한 LDP를 설정하였으며 LDP 라우터의 ID로 사용할 IP 주소가 설정되어 있는 인터페이스로 설정한다. MPLS가 동작할 인터페이스 설정모드로 진입하여 MPLS IP 명령어를 이용한다. LDP 구성 완료되면 LDP 동작하는지 그림 부록-7 에서 확인한다. MPLS LDP의 인접한 장비간에 UDP 멀티캐스트 hello 패킷을 전송하여 Neighbor를 찾는다. 인접장비가 hello패킷을 응답하여 neighbor를 맺는다. 그림 부록-7은 *show mpls ldp discovery* 명령어를 통해 LDP ID가 1.1.1.1의 neighbor를 비롯하여 4개의 LDP ID로 neighbor가 연결되어 있음을 확인한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
Connected to Dynamips VM "R3" (ID 7, type c7200) - Console port
R3>enble
R3#show mpls ldp discovery
 Local LDP Identifier:
    1.1.3.3:0
    Discovery Sources:
    Interfaces:
        FastEthernet0/0.13 (ldp): xmit/recv
            LDP Id: 1.1.1.1:0
        FastEthernet0/0.23 (ldp): xmit/recv
            LDP Id: 1.1.2.2:0
        FastEthernet0/0.34 (ldp): xmit/recv
            LDP Id: 1.1.4.4:0
        FastEthernet0/0.35 (ldp): xmit/recv
            LDP Id: 1.1.5.5:0
```

그림 부록-7. LDP 동작 상태 확인

LDP 라우터 ID는 6byte이며 앞의 4 byte는 앞서 LDP 설정 시 지정한 loopback 주소워크 부하를 사용하며 뒤의 2byte 값이 0이면 장비별 라벨 번호를 사용하고 0이 아니면 인터페이스별 라벨 번호를 사용하는 것을 의미한다.

라. MBGP (multiprotocol BGP) 설정

MPLS라우터 간에는 IGP 및 LDP를 동작시키고 MPLS TE에서는 IGP를 OSPF 또는 IS-IS를 사용한다. MPLS의 라벨 바인딩 정보 전송을 위해서 LDP를 사용하고 PE 라우터간에는 MBGP를 사용하여 사용자 정보를 교환한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1	Router bgp 다음 AS number 설정 1-65535 이며 여기선 1설정
2	bgp router ID 재설정
3	Neighbor 설정/ source 라우팅 업데이트 인터페이스 지정
4	Address-famaily 설정
5	Send Extended Community attribute 설정

```
R1(config)#router bgp 1
R1(config-router)#bgp router-id 1.1.1.1
R1(config-router)#neighbor 1.1.3.3 remote-as 1
R1(config-router)#neighbor 1.1.3.3 update-source lo0
R1(config-router)#address-family vpnv4
R1(config-router-af)#neighbor 1.1.3.3 activate
R1(config-router-af)#neighbor 1.1.3.3 send-community extended

R2(config)#router bgp 1
R2(config-router)#bgp router-id 1.1.2.2
R2(config-router)#neighbor 1.1.3.3 remote-as 1
R2(config-router)#neighbor 1.1.3.3 update-source lo0
R2(config-router)#address-family vpnv4
R2(config-router)#neighbor 1.1.3.3 activate
R2(config-router)#neighbor 1.1.3.3 send-community extended
```

그림 부록-8. MBGP 라우터1, 2 설정

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R3(config)#router bgp 1
R3(config-router)#bgp router-id 1.1.3.3
R3(config-router)#neighbor internal peer-group
R3(config-router)#neighbor internal remote-as 1
R3(config-router)#neighbor internal update-reflector-client
R3(config-router)#neighbor 1.1.1.1 peer-group internal
R3(config-router)#neighbor 1.1.2.2 peer-group internal
R3(config-router)#neighbor 1.1.4.4. peer-group internal
R3(config-router)#neighbor 1.1.5.5 peer-group internal
R3(config-router)#address-family vpnv4
R3(config-router-af)#neighbor internal route-reflector-client
R3(config-router-af)#neighbor internal send-community extended
R3(config-router-af)#neighbor 1.1.1.1 activate
R3(config-router-af)#neighbor 1.1.2.2 activate
R3(config-router-af)#neighbor 1.1.4.4 activate
R3(config-router-af)#neighbor 1.1.5.5 activate
R3(config-router-af)#exit

R4(config)#router bgp 1
R4(config-router)#bgp router-id 1.1.4.4
R4(config-router)#neighbor 1.1.3.3 remote-as 1
R4(config-router)#neighbor 1.1.3.3 update-source lo0
R4(config-router)#address-family vpnv4
R4(config-router)#neighbor 1.1.3.3 activate
R4(config-router)#neighbor 1.1.3.3 send-community extended

R5(config)#router bgp 1
R5(config-router)#bgp router-id 1.1.5.5
R5(config-router)#neighbor 1.1.3.3 remote-as 1
R5(config-router)#neighbor 1.1.3.3 update-source lo0
R5(config-router)#address-family vpnv4
R5(config-router)#neighbor 1.1.3.3 activate
R5(config-router)#neighbor 1.1.3.3 send-community extended
```

그림 부록-9. MBGP 라우터3, 4, 5 설정

MBGP 설정하기 위해 그림 부록-8과 부록-9에서 AS number와 라우터 업데이트 인터페이스인 loopback 인터페이스를 지정하고 address-family 설정을 한다. 세부적으로 MBGP는 PE 라우터 간에 설정하고 AS number를 기록한다. 또한 address-family 명령어를 이용하여 MBGP 설정모드로 들어가고 MPLS VPN을 설정을 위해 vpnv4 옵션을 사용한다. 그 다음 neighbor를 활성화한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R3#show ip bgp vpnv4 all summary
BGP router identifier 1.1.3.3, local AS number 1
BGP table version is 11, main routing table version 11
10 network entries using 1560 bytes of memory
10 path entries using 680 bytes of memory
10/8 BGP path/bestpath attribute entries using 1480 bytes of memory
1 BGP AS-PATH entries using 24 bytes of memory
1 BGP extended community entries using 24 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
Bitfield cache entries: current 1 (at peak 1) using 32 bytes of memory
BGP using 3800 total bytes of memory
BGP activity 14/0 prefixes, 14/0 paths, scan interval 15 secs

Neighbor        V    AS MsgRcvd MsgSent   TblVer  InQ OutQ Up/Down
State/PfxRcd
1.1.1.1         4     1     104     112       11    0    0 01:41:18        3
1.1.2.2         4     1     104     112       11    0    0 01:40:41        2
1.1.4.4         4     1     105     112       11    0    0 01:41:11        2
1.1.5.5         4     1     105     111       11    0    0 01:40:39        3
R3#
```

그림 부록-10. MBGP 동작 상태 확인

그림 부록-10은 MBGP 구성 완료 되어 확인을 위해 *show ip bgp vpnv4 all summary*을 통하여 vpnv4 네트워크를 확인한다. MPLS VPN 백본망이 기본적으로 완료 되었다.

마. CE-PE 라우터 설정

CE-PE 라우터 설정은 기본적으로 설정할 VRF 이름을 customer1로 하고 RD 1:100, RT를 전부 1:100으로 하며 BGP AS 65000을 설정한다. 먼저 VRF (VPN 라우팅/forwarding instance)설정부터 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1	VRF instance name 설정 여기서는 customer1이라 설정
2	Rd(Route Distinguisher)설정 여기서는 1:100으로 설정
3	Route-target 설정 import and export target-vpn 설정
4	CE-PE 연결된 인터페이스 지정 및 IP 지정
5	Address-family 설정과 BGP AS 65000으로 설정

```
R1(config)#ip  vrf customer1
R1(config-vrf)#rd  1:100
R1(config-vrf)#route-target  both 1:100
R1(config-vfr)#exit
R4(config)#int  f0/0.16
R4(config-subif)#ip  vrf forwarding  customer1
R4(config-subif)#ip  address 1.1.16.1  255.255.255.0
R4(config-subif)#exit
R4(config)#router  bgp  1
R4(config-router)#address-family  ipv4 vrf customer1
R4(config-router-af)#neighbor  1.1.16.6  remote-as  65000
R4(config-router-af)#neighbor  1.1.16.6  as-override
R4(config-router-af)#exit
```

그림 부록-11. VRF 라우터 1 설정

RF라우터에 VRF 관련 설정을 하기 위해 그림 부록-11에서 VRF name을 설정한다. 구체적으로 IP VRF customer1 이라는 VRF 설정모드 진입하여 RD를 지정한다. 해당 VRF에 소속된 네트워크의 RT 값을 1:100로 부여한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R2(config)#ip  vrf customer1
R2(config-vrf)#rd  1:100
R2(config-vrf)#route-target  both 1:100
R2(config-vfr)#exit
R2(config)#int  f0/0.27
R2(config-subif)#ip  vrf forwarding  customer1
R2(config-subif)#ip  address 1.1.27.2  255.255.255.0
R2(config-subif)#exit
R2(config)#router  bgp 1
R2(config-router)#address-family  ipv4 vrf customer1
R2(config-router-af)#neighbor  1.1.27.7  remote-as  65000
R2(config-router-af)#neighbor  1.1.27.7  as-override
R2(config-router-af)#exit
```

```
R4(config)#ip  vrf customer1
R4(config-vrf)#rd  1:100
R4(config-vrf)#route-target  both 1:100
R4(config-vfr)#exit
R4(config)#int  f0/0.48
R4(config-subif)#ip  vrf forwarding  customer1
R4(config-subif)#ip  address 1.1.48.4  255.255.255.0
R4(config-subif)#exit
R4(config)#router  bgp 1
R4(config-router)#address-family  ipv4 vrf customer1
R4(config-router-af)#neighbor  1.1.48.8  remote-as  65000
R4(config-router-af)#neighbor  1.1.48.8  as-override
R4(config-router-af)#exit
```

그림 부록-12. VRF 라우터2, 4 설정

그림 부록-12는 VRF 라우터2, 4 설정으로 customer1 이라는 VRF 설정모드에서 RD를 부여하고 CE-PE 간의 라우팅을 BGP로 할 때 IPv4 어드레스 패밀리 설정모드로 들어가서 CE 라우터와 EBGP neighbor를 설정하여 neighbor를 활성화시킨다. AS-override는 PE 라우터가 CE라우터에게 BGP를 통하여 네트워크를 광고할 때 상대 AS 번호와 동일한 것이 AS 경로에 있을 때 모두 MPLS VPN 서비스망의 AS 번호로 변경해서 보내게 하는 명령어이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R5(config)#ip  vrf customer1
R5(config-vrf)#rd  1:100
R5(config-vrf)#route-target  both 1:100
R5(config-vfr)#exit
R5(config)#int  f0/0.59
R5(config-subif)#ip  vrf forwarding  customer1
R5(config-subif)#ip  address 1.1.59.5  255.255.255.0
R5(config-subif)#exit
R5(config)#router  bgp  1
R5(config-router)#address-family  ipv4 vrf customer1
R5(config-router-af)#neighbor  1.1.59.9 remote-as  65000
R5(config-router-af)#neighbor  1.1.59.9 as-override
R5(config-router-af)#exit
```

그림 부록-13. VRF 라우터 5 설정

그림 부록-13은 라우터 5의 VRF 설정을 하는 것으로 VRF 모드에 진입하여 RD를 부여하고 neighbor를 활성화 시키고 네트워크 광고를 위해 AS번호와 관련 설정을 한다.

바. CE 라우터 설정

1	Router bgp as nubmer 지정 여기서는 AS 65000 설정
2	Bgp router-id ip 설정
3	Network 와 mask 설정
4	Redistribute connected 설정
5	Neighbor ip 와 remote-as 설정

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R6(config)#router bgp 65000
R6(config-router)#bgp router-id 1.1.6.6
R6(config-router)#network 1.1.6.6 mask 255.255.255.255
R6(config-router)#neighbor 1.1.16.1 remote-as 1
R6(config-router)#redistribute connected
R6(config-router)#exit

R7(config)#router bgp 65000
R7(config-router)#bgp router-id 1.1.7.7
R7(config-router)#network 1.1.7.7 mask 255.255.255.255
R7(config-router)#neighbor 1.1.27.2 remote-as 1
R7(config-router)#redistribute connected
R7(config-router)#exit

R8(config)#router bgp 65000
R8(config-router)#bgp router-id 1.1.8.8
R8(config-router)#network 1.1.8.8 mask 255.255.255.255
R8(config-router)#neighbor 1.1.48.4 remote-as 1
R8(config-router)#redistribute connected
R8(config-router)#exit

R9(config)#router bgp 65000
R9(config-router)#bgp router-id 1.1.9.9
R9(config-router)#network 1.1.9.9 mask 255.255.255.255
R9(config-router)#neighbor 1.1.59.5 remote-as 1
R9(config-router)#redistribute connected
R9(config-router)#exit
```

그림 부록-14. CE 라우터6, 7, 8, 9 설정

그림 부록-14는 CE 라우터6, 7, 8, 9를 설정하는 것으로 CE 라우터를 설정하기 위해 CE라우터의 BGP AS number를 65000으로 설정하고 BGP router ID IP와 neighbor IP를 설정한다. 구성 후 CE 라우터의 라우팅 테이블 확인하고 remote CE 라우터까지 통신을 확인한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R6#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

     1.0.0.0/8 is variably subnetted, 10 subnets, 2 masks
B       1.1.9.9/32 [20/0] via 1.1.16.1, 03:12:48
B       1.1.8.8/32 [20/0] via 1.1.16.1, 03:12:48
B       1.1.7.7/32 [20/0] via 1.1.16.1, 03:12:48
C       1.1.6.6/32 is directly connected, Loopback0
C       1.1.16.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.16
B       1.1.27.0/24 [20/0] via 1.1.16.1, 03:12:48
B       1.1.48.0/24 [20/0] via 1.1.16.1, 03:12:48
B       1.1.59.0/24 [20/0] via 1.1.16.1, 03:12:48
C       1.1.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
B       1.1.200.0/24 [20/0] via 1.1.16.1, 03:12:48
R6# ping 1.1.7.7
R6# ping 1.1.8.8
R6# ping 1.1.9.9
```

그림 부록-15. 라우팅 테이블 설정 확인

그림 부록-15는 라우팅 테이블 설정을 확인하는 것으로 *show ip route* 명령어를 이용하여 라우팅을 위한 글로벌 라우팅 테이블을 볼 수 있으며 특정 VRF용 라우팅 테이블을 확인하려면 *show ip route vrf customer1*와 같이 VRF이름을 명시하여 볼 수 있다. MPLS VPN 백본망과 가입자망을 구성을 했다.

Collection @ chosun

조선대학교 CHOSUN UNIVERSITY

2. 멀티캐스트 설정

가. MPLS Backbone망 멀티캐스트 PIM-SM 설정

MPLS VPN 백본망을 위한 멀티캐스트 설정은 PIM-SM을 이용해 구성하고 백본망 멀티캐스트는 일반 멀티캐스트와 설정이 동일하다. PE 라우터와 백본망을 연결하는 모든 인터페이스 및 BGP 피어링이나 RP 주소에 사용되는 loopback 인터페이스에 sparse-mode를 설정한다.

1	Enable ip multicast forwarding
2	Interface 설정한다. Loopback 0
3	pim interface commands
4	Intereface 설정
5	pim interface commands

```
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#int lo0
R1(config-if)#ip pim sparse-mode
R1(config-if)#int f0/0.13
R1(config-subif)#ip pim sparse-mode

R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#int lo0
R1(config-if)#ip pim sparse-mode
R1(config-if)#int f0/0.23
R1(config-subif)#ip pim sparse-mode
```

그림 부록-16. PIM-SM 라우터1, 2 설정

멀티캐스트를 설정하기 위해 그림 부록-16과 같이 라우터1과 2에 인터페이스 loopback 0에 PIM sparse-mode를 설정한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R3(config)#ip multicast-routing
R3(config)#int lo0
R3(config-if)#ip pim sparse-mode
R3(config-if)#int f0/0.13
R3(config-subif)#ip pim sparse-mode
R3(config-subif)#int f0/0.23
R3(config-subif)#ip pim sparse-mode
R3(config-subif)#int f0/0.34
R3(config-subif)#ip pim sparse-mode
R3(config-subif)#int f0/0.35
R3(config-subif)#ip pim sparse-mode
R3(config-subif)#exit
R1(config)#ip pim rp-candidate lo0
R1(config)#ip pim bsr-candidate lo0
R1(config)#exit

R4(config)#ip multicast-routing
R4(config)#int lo0
R4(config-if)#ip pim sparse-mode
R4(config-if)#int f0/0.34
R4(config-subif)#ip pim sparse-mode

R5(config)#ip multicast-routing
R5(config)#int lo0
R5(config-if)#ip pim sparse-mode
R5(config-if)#int f0/0.35
R5(config-subif)#ip pim sparse-mode
```

그림 부록-17. PIM-SM 라우터3, 4, 5 설정

그림 부록-17에서도 라우터3에서 5까지 PIM spare mode를 설정하기 위한 멀티캐스트를 설정하기 위해 *ip multicast-routing*을 선언하고 loopback 인터페이스를 RP 주소로 사용한다. loopback 인터페이스에 sparse-mode를 설정하면 된다. 구성 후 백본망 내부에서 PIM neighbor가 성립되어 동작하는지 확인한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
Connected to Dynamips VM "R3" (ID 7, type c7200) - Console port

R3>en
R3#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR
Priority,
     S - State Refresh Capable
Neighbor          Interface              Uptime/Expires    Ver   DR
Address                                                   Prio/Mode
1.1.13.1          FastEthernet0/0.13     00:29:57/00:01:19 v2    1 / S
P
1.1.23.2          FastEthernet0/0.23     00:29:32/00:01:16 v2    1 / S
P
1.1.34.4          FastEthernet0/0.34     00:29:53/00:01:22 v2    1 /
DR S P
1.1.35.5          FastEthernet0/0.35     00:29:34/00:01:43 v2    1 /
DR S P
R3#
```

그림 부록-18. PIM neighbor 확인

구성 후에 PIM neighbor를 확인하기 위해 그림 부록-18에서 *show ip pim neighbor*의 명령어를 통해 neighbor가 확립된 것을 확인한다.

```
R1>en
R1#show ip pim rp mapping
PIM Group-to-RP Mappings

Group(s) 224.0.0.0/4
  RP 1.1.3.3 (?), v2
    Info source: 1.1.3.3 (?), via bootstrap, priority 0, holdtime 150
         Uptime: 00:31:33, expires: 00:02:05
```

그림 부록-19. RP 확인

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 부록-19는 PIM RP mapping을 확인하는 과정이다. MPLS VPN 멀티캐스트 서비스를 위한 백본망 설정이 완료되었다.

나. MPLS VPN 가입자를 위한 멀티캐스트 PIM-SM 설정

1	customer1이라는 VRF에 대해 멀티캐스트 동작 설정
2	default MDT용 멀티캐스트 그룹번호 지정
3	data MDT를 위한 Group Number와 와일드카드 마스크 지정
4	CE 라우터와 연결되는 인터페이스 PIM 활성화
5	MDT 어드레스 패밀리는 소스 PE주소와 MDT그룹주소를 BGP를 이용하여 PIM 네이버에게 광고하기 위한것

```
R1(config)#ip multicast-routing vrf customer1
R1(config)#ip vrf customer1
R1(config-vrf)#mdt default 239.1.1.101
R1(config-vrf)#mdt data 239.1.1.102 0.0.0.1
R1(config-vrf)#exit
R1(config)#int f0/0.16
R1(config-subif)#ip pim sparse-dense-mode
R1(config-subif)#exit
R1(config)#router bgp 1
R1(config-router)#address-family ipv4 mdt
R1(config-router-af)#neighbor 1.1.3.3 activate
R1(config-router-af)#neighbor 1.1.3.3 send-community extended
R1(config-router-af)#exit
```

그림 부록-20. 멀티캐스트 라우터 1 설정

VRF의 세부 설정을 위해 그림 부록-20에서는 customer1이라는 VRF에 대하여 멀티캐스트를 동작시킨다는 것을 선언하고, default MDT용 멀티캐스트 그룹번호를 지정한다. default MDT 멀티캐스트 그룹을 239.1.1.101로 지정하고 CE라우터와 연결된 인터페이스에 PIM을 활성화한다. PIM neighbor에게 광고하기 위해 MDT 어드레스 패밀리를 이용하는 설정을 라우터 1에 설정한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R2(config)#ip multicast-routing vrf customer1
R2(config)#ip vrf customer1
R2(config-vrf)#mdt default 239.1.1.101
R2(config-vrf)#mdt data 239.1.1.102 0.0.0.1
R2(config-vrf)#exit
R2(config)#int f0/0.27
R2(config-subif)#ip pim sparse-dense-mode
R2(config-subif)#exit
R2(config)#router bgp 1
R2(config-router)#address-family ipv4 mdt
R2(config-router-af)#neighbor 1.1.3.3 activate
R2(config-router-af)#neighbor 1.1.3.3 send-community extended
R2(config-router-af)#exit

R4(config)#ip multicast-routing vrf customer1
R4(config)#ip vrf customer1
R4(config-vrf)#mdt default 239.1.1.101
R4(config-vrf)#mdt data 239.1.1.102 0.0.0.1
R4(config-vrf)#exit
R4(config)#int f0/0.34
R4(config-subif)#ip pim sparse-dense-mode
R4(config-subif)#exit
R4(config)#router bgp 1
R4(config-router)#address-family ipv4 mdt
R4(config-router-af)#neighbor 1.1.3.3 activate
R4(config-router-af)#neighbor 1.1.3.3 send-community extended
R4(config-router-af)#exit
```

그림 부록-21 멀티캐스트 라우터2, 4 설정

그림 부록-21에서도 customer1의 VRF에 멀티캐스트를 동작시키기 위해 선언하고 default MDT용 멀티캐스트 그룹번호를 지정하며 data MDT를 위해 group number를 지정한다. 라우터 2,4에서도 PIM neighbor에게 광고하기 위해 라우터 1의 loopback 인터페이스 0의 1.1.3.3에 설정한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R5(config)#ip multicast-routing vrf customer1
R5(config)#ip vrf customer1
R5(config-vrf)#mdt default 239.1.1.101
R5(config-vrf)#mdt data 239.1.1.102 0.0.0.1
R5(config-vrf)#exit
R5(config)#int f0/0.59
R5(config-subif)#ip pim sparse-dense-mode
R5(config-subif)#exit
R5(config)#router bgp 1
R5(config-router)#address-family ipv4 mdt
R5(config-router-af)#neighbor 1.1.3.3 activate
R5(config-router-af)#neighbor 1.1.3.3 send-community extended
R5(config-router-af)#exit

R3(config)#router bgp 1
R3(config-router)#address-family ipv4 mdt
R3(config-router-af)#neighbor internal route-reflector-client
R3(config-router-af)#neighbor internal send-community extended
R3(config-router-af)#neighbor 1.1.1.1 activate
R3(config-router-af)#neighbor 1.1.2.2 activate
R3(config-router-af)#neighbor 1.1.4.4 activate
R3(config-router-af)#neighbor 1.1.5.5 activate
R3(config-router-af)#exit
```

그림 부록-22. 멀티캐스트 라우터5, 3 설정

그림 부록-22는 라우터 5와 3에서도 VRF을 설정하기 위해 default MDT용 멀티캐스트 그룹번호를 지정하고 그룹 number와 와일드카드 마스크를 지정한다. CE라우터 연결된 인터페이스에 PIM을 활성화 시키고 PIM neighbor에게 광고하기 위해 MDT 어드레스 패밀리를 선언한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R5#show ip pim vrf customer1 neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR
Priority,
     S - State Refresh Capable
Neighbor          Interface              Uptime/Expires    Ver   DR
Address                                                   Prio/Mode
1.1.59.9          FastEthernet0/0.59     01:10:06/00:01:29 v2    1 /
DR S P
1.1.1.1           Tunnel0                01:07:59/00:01:39 v2    1 / S P
1.1.4.4           Tunnel0                01:07:59/00:01:38 v2    1 / S P
1.1.2.2           Tunnel0                01:08:27/00:01:39 v2    1 / S P


R1#show ip pim vrf customer1 neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR
Priority,
     S - State Refresh Capable
Neighbor          Interface              Uptime/Expires    Ver   DR
Address                                                   Prio/Mode
1.1.16.6          FastEthernet0/0.16     01:11:19/00:01:15 v2    1 /
DR S P
1.1.5.5           Tunnel0                01:09:14/00:01:22 v2    1 / DR S
P
1.1.2.2           Tunnel0                01:09:15/00:01:23 v2    1 / S P
1.1.4.4           Tunnel0                01:10:11/00:01:21 v2    1 / S P
```

그림 부록-23. PIM neighbor 확인

VRF 멀티캐스트 동작설정 후 그림 부록-23에서는 PIM neighbor 확인을 한다. 구성 완료 후 PE 라우터인 R5, R1에서 터널 인터페이스를 통하여 다른 PE 라우터와 customer1을 위해 PIM neighbor가 확립되었는지 확인한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

다. CE 라우터에서 멀티캐스트 설정

1	멀티캐스트 선언 ip multicast-routing
2	Interface 지정
3	지정한 인터페이스에 ip pim sparse-dense-mode 선언

```
R9(config)#ip multicast-routing
R9(config)#int lo0
R9(config-if)#ip pim sparse-dense-mode
R9(config-if)#exit
R9(config)#int f0/0.59
R9(config-subif)#ip pim sparse-dense-mode
R9(config-subif)#exit
R9(config)#exit
R9(config)#ip pim send-rp-announce lo0 scope 59
R9(config)#ip pim send-rp-discovery lo0 scope 59

R7(config)#ip multicast-routing
R7(config)#int f0/0.27
R7(config-if)#ip pim sparse-dense-mode
R7(config-if)#exit

R8(config)#ip multicast-routing
R8(config)#int f0/0.48
R8(config-if)#ip pim sparse-dense-mode
R8(config-if)#exit

R6(config)#ip multicast-routing
R6(config)#int f0/0.16
R6(config-if)#ip pim sparse-dense-mode
R6(config-if)#exit
```

그림 부록-24. CE 라우터에서 멀티캐스트 설정 R9, 7, 8, 6

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

멀티캐스트 라우팅을 사용함을 명시하고 라우팅 할 인터페이스를 지정한다. 지정한 인터페이스에 PIM sparse dense mode를 인식시킨다. 그림 부록-24는 라우터9, 7, 8, 6번 멀티캐스트 라우팅을 사용할 인터페이스 등을 설정한다.

```
R6#show ip pim rp mapping
PIM Group-to-RP Mappings

Group(s) 224.0.0.0/4
  RP 1.1.9.9 (?), v2v1
    Info source: 1.1.9.9 (?), elected via Auto-RP
         Uptime: 02:03:55, expires: 00:02:25


R5#show ip pim vrf customer1 rp mapping
PIM Group-to-RP Mappings

Group(s) 224.0.0.0/4
  RP 1.1.9.9 (?), v2v1
    Info source: 1.1.9.9 (?), elected via Auto-RP
         Uptime: 02:06:45, expires: 00:02:30
```

그림 부록-25. R6, 5에서 RP 확인

그림 부록-25에서는 라우터6, 5에서 RP로 동작하는 것을 확인하고 test를 위해 라우터6의 loopback 인터페이스에서 239.1.1.1 그룹에 조인 한다. 설정을 하면 라우터6의 loopback 인터페이스에 239.1.1.1 그룹의 트래픽을 수신하는 장비가 있는 것처럼 동작한다.

```
R6(config)#int lo0
R6(config-if)#ip pim sparse-dense-mode
R6(config-if)#ip igmp join-group 239.1.1.1
```

그림 부록-26. R6에서 loopback 인터페이스 239.1.1.1 그룹에 조인

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

라우터6번의 인터페이스 loopback 0에 PIM 모드 sparse dense mode로 239.1.1.1의 IGMP를 그룹화 하는 것을 그림 부록-26에서 6번의 라우터에 설정한다.

라. 멀티캐스트 방송 테스트

```
R9#ping 239.1.1.1 re 5

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 239.1.1.1, timeout is 2 seconds:

Reply to request 0 from 1.1.16.6, 572 ms
Reply to request 0 from 1.1.16.6, 572 ms
Reply to request 1 from 1.1.16.6, 496 ms
Reply to request 1 from 1.1.16.6, 588 ms
Reply to request 2 from 1.1.16.6, 964 ms
Reply to request 2 from 1.1.16.6, 968 ms
Reply to request 3 from 1.1.16.6, 416 ms
Reply to request 3 from 1.1.16.6, 632 ms
Reply to request 3 from 1.1.16.6, 632 ms
Reply to request 4 from 1.1.16.6, 436 ms
Reply to request 4 from 1.1.16.6, 496 ms
```

그림 부록-27. R9에서 멀티캐스트 방송 테스트

그림 부록-27은 R9에서 멀티캐스트 방송 테스트를 하는 것으로 멀티캐스트 동영상 전송확인을 위해 멀티캐스트 ping으로 확인한다. R9에서 멀티캐스트 방송 서비스를 수신할 가입자측 라우터(1.1.16.6)에서 멀티캐스트 방송 확인응답 reply로 멀티캐스트 방송테스트가 정상적으로 이루어짐을 알 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

마. 239.1.1.1 그룹에 대한 멀티캐스트 라우팅 테이블

```
R6#show ip mroute 239.1.1.1
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C -
Connected,
      L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
      T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
      X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP
Advertisement,
      U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
      Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
      Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
      V - RD & Vector, v - Vector
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
 Timers: Uptime/Expires
 Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.1.1.1), 02:25:50/stopped, RP 1.1.9.9, flags: SJCL
  Incoming interface: FastEthernet0/0.16, RPF nbr 1.1.16.1
  Outgoing interface list:
    Loopback0, Forward/Sparse-Dense, 02:25:50/00:02:59

(1.1.9.9, 239.1.1.1), 00:00:17/00:02:47, flags: LJT
  Incoming interface: FastEthernet0/0.16, RPF nbr 1.1.16.1
  Outgoing interface list:
    Loopback0, Forward/Sparse-Dense, 00:00:17/00:02:59
```

그림 부록-28. R6에서 멀티캐스트 라우팅 테이블 확인

그림 부록-28은 LER 가입자단의 멀티캐스트 설정 확인을 위해 라우터 6번에서 라우터 9가 보낸 데이터로 *IP Multicast Routing Table*을 통해 확인한다. 라우팅 테이블 하단에 239.1.1.1 멀티캐스트 그룹에서 LSR단의 라우터와 연결된 인터페이스를 통하여 전달됨을 확인된다. PIM sparse-dense 모드로 동작함을 table을 통해 볼 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R1#show ip mroute vrf customer1 239.1.1.1
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C -
Connected,
      L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
      T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
      X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP
Advertisement,
      U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
      Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
      Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
      V - RD & Vector, v - Vector
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
 Timers: Uptime/Expires
 Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.1.1.1), 02:30:52/00:03:27, RP 1.1.9.9, flags: S
  Incoming interface: Tunnel0, RPF nbr 1.1.5.5
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0.16, Forward/Sparse-Dense, 02:30:52/00:03:27

(1.1.9.9, 239.1.1.1), 00:00:06/00:03:26, flags: TY
  Incoming interface: Tunnel0, RPF nbr 1.1.5.5,
MDT:239.1.1.102/00:02:59
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0.16, Forward/Sparse-Dense, 00:00:06/00:03:27
```

그림 부록-29. R1의 멀티캐스트 라우팅 테이블

그림 부록-29는 R1의 멀티캐스트 라우팅 테이블로 tunnel 0 인터페이스를 통하여 R5에서 데이터 MDT 239.1.1.102와 239.1.1.103의 트래픽을 수신하고, R6과 연결된 인터페이스 F0/0.16으로 전송한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
R5#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C -
Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP
Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
       V - RD & Vector, v - Vector
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
 Timers: Uptime/Expires
 Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.1.1.102), 00:06:25/00:00:57, RP 1.1.3.3, flags: SPF
  Incoming interface: FastEthernet0/0.35, RPF nbr 1.1.35.3
  Outgoing interface list: Null

(*, 239.1.1.101), 02:38:20/stopped, RP 1.1.3.3, flags: SJCFZ
  Incoming interface: FastEthernet0/0.35, RPF nbr 1.1.35.3
  Outgoing interface list:
    MVRF customer1, Forward/Sparse, 02:38:20/00:00:58

(1.1.2.2, 239.1.1.101), 02:38:19/00:02:38, flags: JTZ
  Incoming interface: FastEthernet0/0.35, RPF nbr 1.1.35.3
  Outgoing interface list:
    MVRF customer1, Forward/Sparse, 02:38:19/00:00:58

(1.1.1.1, 239.1.1.101), 02:38:19/00:02:38, flags: JTZ
  Incoming interface: FastEthernet0/0.35, RPF nbr 1.1.35.3
  Outgoing interface list:
    MVRF customer1, Forward/Sparse, 02:38:19/00:00:58

(1.1.4.4, 239.1.1.101), 02:38:20/00:02:46, flags: JTZ
  Incoming interface: FastEthernet0/0.35, RPF nbr 1.1.35.3
  Outgoing interface list:
    MVRF customer1, Forward/Sparse, 02:38:20/00:00:57

(1.1.5.5, 239.1.1.101), 02:38:21/00:03:16, flags: FT
  Incoming interface: Loopback0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0.35, Forward/Sparse, 02:38:21/00:03:07, A

(*, 224.0.1.40), 02:40:34/00:02:18, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    Loopback0, Forward/Sparse, 02:40:34/00:02:18
```

그림 부록-30. R5 글로벌 멀티캐스트 라우팅 테이블

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 부록-30에서는 flags가 Z인 것은 default MDT 그룹주소 239.1.1.101을 통하여 동일 가입자와 연결되는 PE 라우터들인 라우터1, 2, 4와 PIM 제어 트래픽과 데이터 전송을 위한 트리를 구성하고 있음을 의미한다.

Collection @ chosun