

# MPLS 기반 Carrier Ethernet 백본 망에서의 IPTV 서비스 제공을 위한 IP Multicast 서비스 제공 기법

서종철\* · 이봉균\*\* · 김영탁\*\*\*

## 1. 서 론

현재 정부에서 주도하고 있는 광대역 유무선 통합 망(BcN : Broadband Convergence Network) 사업의 궁극적인 목적은 방송, 통신, 인터넷이 융합된 품질보장형 광대역 멀티미디어 서비스를 시간과 장소에 구애받지 않고 사용할 수 있는 통합 망 환경을 구축하는 것이다[1].

유무선 통합 망 환경에서는 VoIP(인터넷 전화), IPTV(인터넷 TV 방송), WiBro 및 각종 멀티미디어 인터넷 서비스 등과 같은 광대역 멀티미디어 서비스들이 다양하게 생겨나게 된다. 다양한 멀티미디어서비스들을 수용하기 위해서는 각 계층별 전달망에서 point-to-point 서비스 외에도 multipoint 서비스와 point-to-cloud 서비스에 대한 요구를 만족시킬 수 있어야한다.

최근 급속도로 증가하고 있는 Ethernet의 전송 용량으로 인해 제한된 대역폭과 유연성의 결여로

문제가 되는 WAN 서비스를 대체하여 순수 Ethernet으로만 WAN 전달 망을 구축하는 Carrier Ethernet이 차세대 전달 망 기술로 많은 관심을 받고 있다[8]. Carrier Ethernet은 기존의 WAN 서비스에 비해 상대적으로 구축 및 운영비용이 저렴하고, 단순하며 스케일에 대한 확장성이 우수하다는 장점이 있다. 하지만 기존 WAN 전달 서비스에 비해 엄격한 QoS 를 보장하기가 어렵다는 점은 해결되어야 할 문제점으로 지적되고 있으며 이에 대한 다양한 해결방안들이 제안되고 있는 상황이다. 또한 기존의 네트워크 인프라를 순차적으로 Carrier Ethernet 환경으로 전환시키기 위한 방안도 앞으로의 연구과제로 남아있다.

Carrier Ethernet의 개념을 정의하고 표준화를 선도하고 있는 MEF(Metro Ethernet Forum)[12]에서는 Carrier Ethernet의 속성을 Standardized Services, Scalability, Service Management, Reliability, Quality of Service 로 정의하고 있으며, Standardized Services 를 point-to-point 방식의 E-Line 서비스와 multipoint 방식인 E-LAN 서비스로 구분하여 정의하고 있다. 이러한 서비스들을 제공하기 위한 SLA 계약 기준 규격 또한 MEF에 의하여 정의가 되어있다. Carrier Ethernet 시스템의 요구사항으로는 안정적인 서비스를 위한 높은 신뢰성, 고도의 OAM, 보호 복구 기능

\* 교신저자(Corresponding Author) : 김영탁, 주소 : 경북 경산시 대동 영남대학교 소재관 214호(712-749), 전화 : 053) 810-2497, FAX : 053)810-4742, E-mail : ytkim@yu.ac.kr

\* 영남대학교 대학원 정보통신공학과 (E-mail : sjc2305@paran.com)

\*\* 영남대학교 대학원 정보통신공학과 (E-mail : zakare@hanmail.net)

\*\*\* 영남대학교 전자정보공학부 교수

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2006-(C1090-0603-0002)).

및 장애관리, 통계 측정관리 기능 등을 들 수 있다. Carrier Ethernet 서비스를 제공하기 위한 전송 장비 솔루션으로는 계층 2 스위치 구조를 백본에 맞게 확장하는 방법과 MPLS 와 같은 백본용 라우터에서 발달해온 기술을 Ethernet 전송에 적합하도록 적용시키는 기술로 나누어 볼 수 있다[6].

멀티캐스트는 다수의 수신자에게 동일한 정보를 대역폭의 낭비 없이 지연을 최소화하여 전송할 수 있는 기술로 IPTV와 같은 방송 서비스에 적합한 통신 방식이다. 특히 IPTV 서비스는 기존 공중파 및 케이블 방송과 경쟁을 해야 하며 실시간에 다수의 사용자에게 서비스를 제공해야 한다는 제약사항이 있어 단방향 멀티캐스트 서비스 중에서 가장 까다로운 요구조건을 가진다.

본 논문에서는 MPLS 기반의 Carrier Ethernet 백본 망에서 IPTV 서비스를 제공하기 위한 multicast MPLS 서비스 제공 기술 및 OAM 기술 동향에 대해서 분석한다. 2절에서는 Carrier Ethernet 기술에 대하여 소개하고, 3절에서는 MPLS 기반의 Carrier Ethernet backbone 망 구축 기술에서 대해서 소개한다. 4절에서는 IPTV 서비스 제공을 위한 기본적인 요구사항들을 분석한다. 5절에서는 fault-tolerant 한 multicast MPLS 서비스 제공 기법들에 대해서 간단히 소개하고, OAM 기법 및 기술 동향에 대해 분석한 후, 6절에서 결론을 맺는다.

## 2. Carrier Ethernet 기술

Carrier Ethernet은 기존의 LAN 기반의 ethernet으로부터 구분하기 위한 다섯가지 속성으로 정의된 유비쿼터스환경을 고려한 표준화된 carrier 급 서비스로 현재 MEF (Metro Ethernet Forum)에서 표준화 작업이 진행중이다[12]. MEF의 목

표는 carrier급의 Ethernet 네트워크와 서비스의 채택을 전 세계적으로 가속화하는 것이다. MEF는 Carrier Ethernet의 호환성을 증진하기 위한 기술 사양과 구현 협정을 개발하여 Carrier Ethernet의 채택을 전 세계로 확대한다. 그림 1은 Carrier Ethernet의 적용 영역에 대해 보여주고 있다. Carrier Ethernet은 현재 access, metro, transport를 포함하는 Ethernet total망을 고려하여 표준화 기술을 정의하고 있다.

기존 LAN 기반의 Ethernet과 차별화하기 위하여 Standardized Services, Scalability, Reliability, Service Management, Quality of Service의 5가지 속성이 정의되어 있으며 구체적인 내용은 아래에 설명한다.

### 2.1 Standardized Services

MEF에서는 서비스 사업자가 제공할 수 있는 다양한 Ethernet 기반 서비스들을 그림 2에서 보느냐와 같이 point-to-point 방식의 E-Line 서비스와 multipoint 방식의 E-LAN 서비스로 구분하고있다. 예를 들어 E-Line 서비스는 사용자에게 Ethernet 라인을 통해 사설망 사이트간 가상 전용선(VPN) 서비스를 제공하거나, 고품질, 저가형 인터넷 접속 서비스를 제공하는 것을 의미한다. E-LAN서비스란

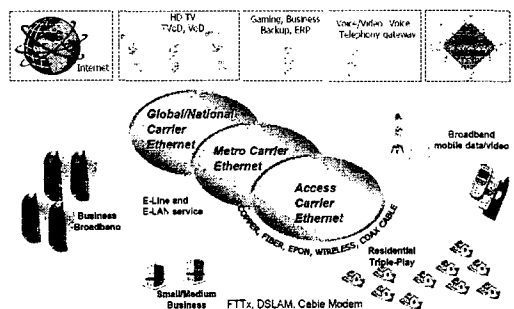


그림 1. Carrier Ethernet의 적용 영역[12]

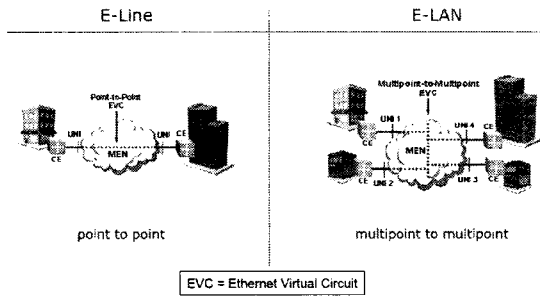


그림 2. 2가지 유형의 Ethernet 연결 서비스

도시 규모의 지역에 흩어져 있는 여러 지점간에 투명한 Ethernet LAN 서비스를 제공하는 것을 의미하며, 사용자 간에 Ethernet 스페닝 트리 프로토콜(STP) 및 VLAN등이 자유롭게 정의되어 사용될 수 있도록 계층 2 수준의 서비스를 제공한다[6].

### 2.2 Scalability

Carrier Ethernet은 음성, 영상, 데이터 전송을 위한 엔터테이먼트 어플리케이션과 비즈니스, 정보통신등 다양하고 넓은 분야에서 이상적인 네트워크 서비스를 다수의 사용자에게 제공할 수 있다. 또한, 서비스 공급자의 다양한 범위에 의해 Span Access & Metro to National & Global Service를 넘어 광대하고 다양한 물리적 인프라 구조를 구축할 수 있다. 대역폭의 확장성은 1Mbps에서부터 10Gbps 또는, 그 이상까지 증가할 수도 있다.

### 2.3 Resiliency

기존의 전달망에서는 서비스 기술 또는 장비 선택에 있어서 장애 없이 얼마나 오랫동안 서비스를 안정적으로 제공할 수 있는가는 중요하게 고려되는 사항이다. 따라서, 장애 발생 빈도가 매우 낮으며 장애 발생시에는 빠른 복구가 가능해야 한

다. Carrier Ethernet이 기존 전달망에서 사용되는 SONET/SDH 와 같은 기술을 대체하기 위해서는 장애 복구 시간을 50ms 이내로 제공할 수 있어야 하며 관리자가 없이도 자동화된 장애처리 및 복구기능을 지원할 수 있어야 한다.

### 2.4 QoS (Quality of Service)

Carrier Ethernet에서 제공하는 QoS 등급은 MEF에서 서비스 중심으로 넓고 다양한 선택 기준을 두어 정의하고있다. 서비스는 CIR, BS, EIR 및 EBS, 서비스 클래스 등을 사용하여 표현 가능하다[9].

SLA는 음성, 영상 그리고 데이터 전달에 대한 요구사항과 일치되어 종단간의 성능을 감시하고 관리한다. 또한, SLA를 통한 서비스 제공은 CIR, frame loss, delay와 jitter를 기반으로 종단간의 성능을 보장 및 관리한다.

### 2.5 Service Management

Ethernet의 취약한 OAM 구조를 보완하여 표준 기반의 특정 장비 제조업체에 구애받지않는 구현을 통하여 네트워크를 관리할 수 있다. 또한, 전달망에서 널리 사용되고 있는 SONET, ATM 과 같은 다수 계층의 기술들을 인식할 수 있어야 하고, 그들의 관리방식과 공존할 수 있는 캐리어 급 OAM기술이 요구된다. Ethernet OAM에 관해서는 EFM OAM 메커니즘으로 IEEE 802.3ah가 표준화 작업이 완료된 상태이고, CFM OAM은 IEEE 802.1ag에서 표준화 작업이 진행 중이다. 그 밖에도 IEEE의 802.1ab, 802.1ap, MEF의 MEF 7, MEF 15, ITU의 Y.1730, Y.1731, G.8031, Y.16ethqos, Y.ethperf 등의 표준화 작업들이 진행 중이다.

### 3. MPLS 기반의 Carrier Ethernet Backbone 네트워크 구축기술

서비스 사업자 입장에서 Ethernet 기반의 backbone 네트워크를 구축하여 투자에 대한 수익을 창출하기 위해서는 SLA 성능을 반드시 고려해야 한다. SLA는 서비스 사업자와 고객간의 계약으로서 일정한 수준의 서비스를 보장하는 내용을 명시한다. 그러므로, 서비스 사업자 입장에서 SLA를 제공한다는 것은 잠재고객의 범위를 설정하고 네트워크를 통하여 실질적인 수익을 창출할 수 있음을 의미한다.

Ethernet은 계층 2 기반의 기술이기 때문에 point-to-point와 LAN 브로드캐스트를 처리하는데 적합한 기술이지만 순수 Ethernet이나 802.1Q 기반에서 SLA 제공에 있어서 예비 대역폭 결여, 네트워크 장애로부터의 느린 복구 속도, 확장성의 한계라는 문제점을 가지고 있다. 장애 복구 시간을 예로 들면, SONET은 광섬유 절단으로부터의 회복 시간을 최대 50ms으로 정하고 있지만 스페닝트리 기술에 의존하는 Ethernet의 경우 장애 회복을 위해 빨라도 1초 이상이 소요된다. 그림 3은 MPLS 기반의 Ethernet 백본망에서의 투명 LAN 서비스 제공 방법에 대한 예를 보여준다.

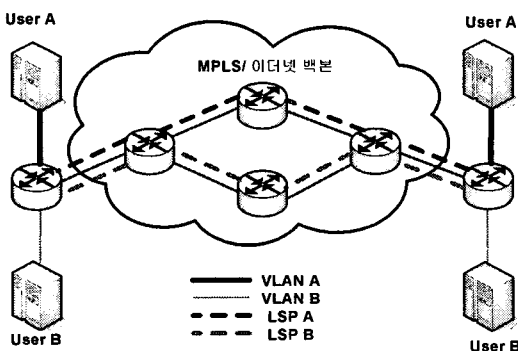


그림 3. MPLS/Ethernet Backbone 망에서의 투명 LAN 서비스 구성

MPLS는 기존의 IP와 ATM 네트워크간의 통합, IP 라우터의 오버헤드 감소, route propagation 등 다양한 backbone 네트워크 문제의 해결책으로서 도입되었으며 Ethernet과 이상적으로 결합될 수 있다. MPLS는 Ethernet의 장점을 그대로 살리는 대신 고수준의 계층 기술을 추가함으로써 SLA와 같은 접속 지향적 서비스를 효율적으로 제공할 수 있게 된다. MPLS기능을 투명 LAN 서비스모델에 추가함으로써 서비스 제공자는 대역폭 보장, 고속 복구 시간 등 최고 수준의 서비스를 제공할 수 있다. 또한, MPLS는 서비스 사업자가 훨씬 넓은 범위의 네트워크에 걸쳐 SLA를 제공할 수 있도록 허용한다. 마지막으로, TLS 제공에 있어서 MPLS는 802.1Q의 4096 제한에 적용되지 않아, VLAN 소비에 대한 걱정 없이 SLA를 제공할 수 있다.

IETF에서는 GMPLS를 이용한 이더넷 기반 백본망 기술에 대해 표준화가 진행 중이고, ITU-T SG15에서는 캐리어급 이더넷을 위한 T-MPLS 기술에 관한 표준화를 추진 중에 있다. T-MPLS는 기존의 MPLS를 단순화하고 코어망에서 사용할 수 있는 Ethernet transport를 실현하기 위한 하나의 방안이다. 이 외에 이더넷 백본 네트워크 구축 기술로 MPLS/VPLS, RSTP, Q-in-Q, MAC-in-MAC와 같은 이더넷 백본 확장 기능들이 가능한 옵션으로 제안되고 있다.

### 4. IPTV 서비스 제공을 위한 멀티미디어 전송기술

IPTV는 IP 네트워크를 기반으로 통신서비스와 방송서비스가 융합된 새로운 형태의 멀티미디어 서비스이다[5]. IPTV 서비스가 제공되기 위해서는 다양한 IP 망 관련 기술, 멀티미디어 방송 기술, 서비스제어 및 보안 기술 등이 복합적으로

요구된다. 표 1은 IPTV 기술 분야별로 해당 표준화 단체를 정리하여 보여준다[5].

최근에는 통일된 IPTV 서비스를 제공하기 위한 통합 표준화 활동이 활발하게 진행되고 있는데 관련 단체로는 유럽의 DVB-IPI, 미국의 ATIS/IIF, ITU-T의 IPTV FG 등이 있으며 국내에서는 ITU-T 표준화를 위하여 TTA 산하에 IPTV Ad-hoc 그룹을 설립하고 IPTV 서비스 요구사항 및 구조 표준화 등 서비스 상호 운용성 증진을 위한 표준을 진행하고 있다[5].

#### 4.1 멀티미디어 압축

고품질의 IPTV 서비스 제공을 위하여 가입자 망 범위의 광대역화가 빠르게 진행되고 있지만 압축되지 않은 고화질의 영상 트래픽을 처리한다는 것은 사실상 불가능하다고 말할 수 있다. 일반적으로 SD급의 경우 270Mbps, HD급은 1.5Gbps 정도의 대역폭을 요구하기 때문에 동영상 압축기술이 필요하게 된다. 표 1에서 보여주듯 대표적인

표준 동영상 압축기술에는 MPEG-2, MPEG-4, H.264, VCI, SVC 등이 있지만 200:1 이상의 압축률을 보여주는 MPEG-4, H.264가 주로 사용되어진다. 이러한 압축기술을 적용하였을 때 SD급은 2~3Mbps, HD급은 8~10Mbps 정도로 압축이 가능하여 일반 통신망을 통하여 전송이 가능해지게 된다. 하지만 동영상을 압축하게되면 각 화면별 연관성으로 인하여 화면의 손상 및 누락에 민감해지는 단점이 존재한다.

#### 4.2 멀티캐스팅

IPTV는 기존의 IP 망에서 대규모의 멀티캐스트로 처리되는 형태의 서비스가 될 것으로 예상된다. 멀티캐스트는 효율적으로 망 자원을 관리할 수 있다는 장점이 있으며 IPTV 서비스 제공을 위한 멀티캐스팅은 크게 액세스망과 코어망으로 구분하여 생각해볼 수 있다. 액세스망에서 멀티캐스트 서비스를 제공하기 위해서는 효율적인 자원 관리가 필요하며 코어망에서의 장애는 다수의 서비스 사용자에게 영향을 줄 수 있기 때문에 무엇보다도 망의 신뢰도와 안정성을 높이는 데 중점을 두어야 한다. 코어망의 신뢰도와 안정성을 높이기 위해서는 장애 발생을 감지하고 서비스를 보호할 수 있는 신뢰성있는 OAM 기술이 필요하게 된다.

표 1. IPTV 기술분야별 표준화 단체[5]

분야	기술	표준화단체
액세스	xDSL, FTTH	IEEE, ITU-T, DSL Forum
코덱	MPEG-2, MPEG-4, H.264, VCI, SVC	MPEG, ITU-T
전송	MPEG-2 TS, ISMA, Multicast(IGMP, PIM, QoS)	MPEG, ISMA, IETF, ITU-T
미들웨어	ACAP, OCAP, MHP	ATSC, Cable Labs, DVB
컨텐츠보호	CAS, DRM	Open Cable, ATSC, MPEG, TV-Anytime, ISMA, OMA

### 5. IP 멀티캐스트 서비스 제공 기술

#### 5.1 멀티캐스트 서비스 제공을 위한 Fault-Tolerant Scheme

Fault-tolerant 한 multicast 통신을 위해 제안되었던 기술들은 크게 Pre-planned 방식과 On-demand 방식으로 분류를 할 수 있다. On-demand 방식은 backup route를 사전에 계산할 필요가 없으며, 따라서 computational cost 와

maintenance cost 가 비교적 저렴한 편이다. On-demand 방식은 일반적으로 pre-planned 방식에 비해 긴 recovery latency를 가진다. 이와는 반대로, pre-planned 방식에서는 fault 복구용 backup route 들을 사전에 정의할 한다. 그래서 같은 네트워크 내에 많은 수의 활성화 된 multi-cast group 이 동시에 존재 할 경우 computational cost 와 maintenance cost 가 증가하게 된다. Pre-planned 방식의 가장 큰 장점은 신속한 recovery latency 를 갖는다는 점이다. 이는 많은 real-time communications 와 특정 time-critical 한 어플리케이션들에 적합한 방식이다. Pre-planned 방식은 link protection, path protection, redundant tree 또는 dual tree 등의 기술을 사용한다.

그림 4는 pre-planned 방식에서 주로 사용되는 fault-tolerance scheme 들을 보여주고 있다. 그림에서 S 는 source node 를 나타낸다. 진한 색깔의 노드들은 destination node 들이다. 굵은 실선 화살표는 primary tree 를 나타내고, 점선 화살표는 backup path 를 나타낸다. 그림 4 (a)는 link protection 을 보여주고, 그림 4 (b)는 path protection 을 보여주고 있다. Link protection 의 경우 각 link 별로 backup route 가 설정이 되고 path protection 의 경우는 source node 로부터 각 destination node 까지 path 별로 node 가 중복되지 않도록 backup path 를 설정하게 된다. 그림 4 (a)의 경우는 1->4 번 링크의 fault 를 protect 하기 위해 1->3->6->4 경로의 backup path 가 설정되는 것을 보여주고 있다. 그림 4 (b)의 경우는 1->4 번 링크가 down 되었을 때 primary path (S->1->4->6) broken 된 상태이기 때문에 S->9->6 의 backup path 가 활성화 되는 것을 보여주고 있다. 위의 link protection 의 경우 각

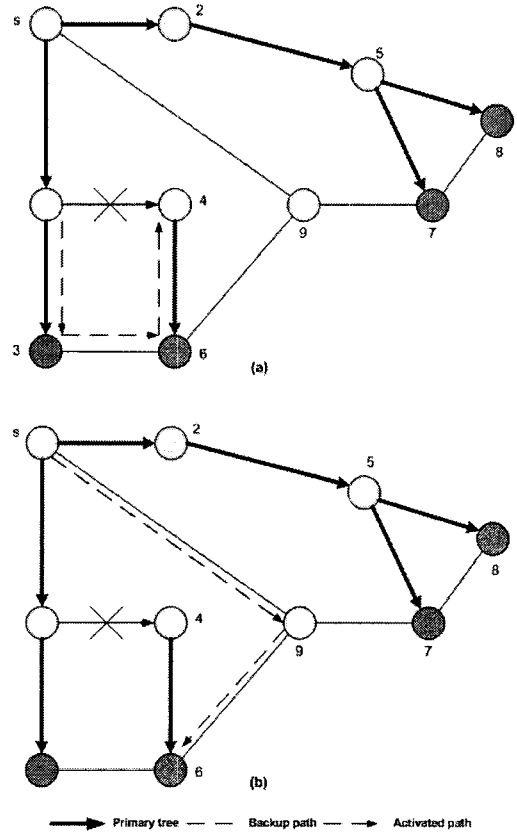


그림 4. Link protection 과 Path protection

링크별로 backup path 를 설정하고 관리해야하고 path protection 역시 소스노드로부터 각 destination node 까지의 path 별로 노드가 중복되지 않도록 backup path 를 설정하고 관리하여야 하므로 overhead cost 와 maintenance cost 가 클 수밖에 없다. 이를 보완하기 위해서 제안된 protection 방법으로 dual tree 와 redundant tree 가 있다[2].

그림 5 (a)와 (b)는 각각 dual tree 와 redundant tree protection 을 보여준다. 이들은 multicast tree 내의 각각의 멤버들과 링크별로 protection 을 하는 대신에 secondary tree 를 multicast 멤버들 간에 새로 생성 시킴으로써 fault-tolerance 한 환경을 구축하게 된다[2].

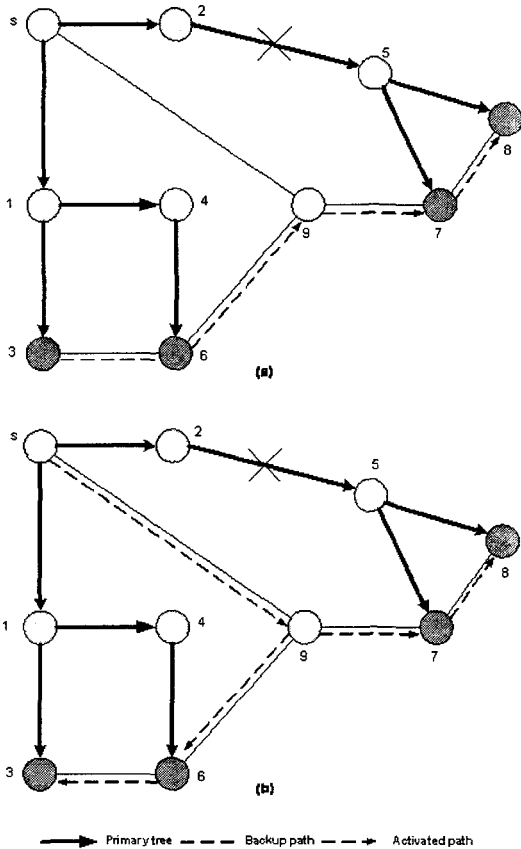


그림 5. Dual tree 와 Redundant tree protection

Dual tree scheme 의 경우 기본이 되는 네트워크, 토폴로지 자체가 bi-connected graph 형태여야 하며, 적어도 두 개 이상의 어떠한 노드들 간에도 vertex-disjoint path 들이 있어야 한다. Link disjoint dual tree 와 node disjoint dual tree 로 구분할 수 있다.

그림 5 (a) 는 node disjoint dual tree 에 대한 예를 보여주고 있다. 2->5 링크가 down 되었다고 가정했을 때, 이에 영향을 받는 primary leaf 들(node 7, node 8)은 failure 에 영향을 받지 않는 node 6 으로 연결되어야 한다. Node 5 에서 전송한 reconfiguration message 가 node 6 에 전달 되면 node 6 는 자신이 속한 dual tree 의 backup

path 를 활성화 시키고 전달받은 packet 들을 fault 에 영향을 받고 있는 node 7, 8 로 전달을 하게 된다. 그림 5 (b)는 redundant tree protection 의 간단한 예를 보여주고 있다. Redundant tree protection scheme 은 한 개 이상의 fault 를 protection 할 수 있지만 dual tree, link/path protection 방식에 비해 더 많은 network graph connectivity 를 필요로 한다. 표 2는 위에서 설명한 네 가지 protection scheme 들에 대한 비교 결과를 보여준다[3].

Per-link 또는 per-path protection 의 경우 높은 overhead 를 발생시키고 많은 multicast group 들이 존재하는 규모가 큰 네트워크에 적용시키기에 문제점이 있다. 표 2에서 보여주는 바와 같이 모든 pre-planned protection scheme 들은 공통적으로 per-group 을 기본으로 하고 있다. 즉 각 group 별로 backup path 를 계산하고 설정한다는 뜻이다. 그러므로 하나의 동일 네트워크 내에 아주 많은 활성화 된 group 들이 동시에 존재한다면 장애복구를 위한 cost 가 높아지게 된다. 이러한 이유로 pre-planned 방식에서의 scalability 문제

표 2. Pre-planned multicast fault tolerance 기법의 비교

Scheme name	Number of failures to protect	Network connectivity requirement	Fault tolerance management
Link protection	Single link failure	No strong requirement	Per link per group
Path protection	Single link failure	No strong requirement	Per path per group
Dual tree protection	Single link/node failure	Bi-connected graph	Per group
Redundant tree protection	Multiple link/node failures	Vertex/edge-redundant graph	Per group

점이 심각하게 고려되고 있는 상황이다. 이에 대한 해결 방안으로 aggregated multicast 방식이 제안되었으며 5.2절에서 이에 대한 자세한 설명을 할 것이다.

On-demand 방식에서는 사전에 fault recovery 를 위한 대체 tree 를 생성하지 않는다. 하지만 child, child 에 대한 father, 그리고 grandfather 간의 관계는 미리 계산되어야 한다. 만약 어떤 노드나 링크에 fault 가 발생을 한다면, failed node 의 child node 와 child node 의 grandfather node 는 그들의 agent 를 활성화 시킨다. Grandfather node 에 존재하는 agent 는 packet 들을 encapsulation 시켜서 child node 에 있는 agent 로 전송을 한다. Packet 들을 전달 받은 child 노드들은 decapsulation 과정을 거쳐서 나머지 multicast tree 들에게 전달하게 된다. 즉 agent 들이 failed node 를 우회하는 방식이다. Pre-planned 방식은 fault-management 를 위해 하나의 노드가 모든 네트워크를 모니터링하는 방식이라 delay 가 발생할 가능성이 크고 모니터링을 위한 packet 들이 주기적으로 네트워크 내에서 전달이 되어야 하기 때문에 많은 bandwidth 를 소비하게 된다. On-demand 방식은 많은 량의 packet 들을 encapsulate/decapsulate 시켜야 하기 때문에 processing delay 가 발생할 가능성이 크다.

## 5.2 Aggregated MPLS-Based Fault-Tolerant Multicast (AMFM)

5.1절에서는 현존하는 몇 가지의 fault-tolerant 한 multicast communication scheme 들에 대해서 살펴보았다. 제안된 scheme 들은 공통적으로 효율적인 fault-tolerant multicast communication 을 지향하고 있지만 여러 조건들을 완벽하게 만족시키는 scheme 을 찾기가 힘들었다. 효율적

인 fault-tolerant multicast scheme 의 조건으로는 빠른 장애 복구가 가능할 것, state scalability 와 communication overhead 문제를 만족시킬 수 있어야 하고, 네트워크 관리가 쉽고 네트워크 관리자가 쉽게 제어할 수 있어야 한다. 추가적으로 guaranteed service 를 제공할 수 있는 기능과 잘 통합을 할 수가 있어야 한다. 이러한 모든 조건들을 잘 수용할 수 있도록 새롭게 제안된 scheme 으로 Aggregated MPLS-Based Fault-Tolerant Multicast (AMFM)가 있다[3]. AMFM 은 pre-planned 방식에 속하며 새롭게 제안된 aggregated multicast 방식을 사용함으로써 protection cost 를 현저하게 줄일 수 있고 많은 수의 multicast group 이 동시에 존재하는 규모가 큰 네트워크에 적합하다. 또한 신속한 fault recovery 가 가능하다는 장점이 있다. 그림 6은 전반적인 AMFM의 동작원리에 대해서 보여준다. 그림 6 (a)는 membership collection 과정을 보여주고, 그림 6 (b)는 group-tree matching entry distribution을 보여준다. 그림 6 (c)는 하나의 aggregate tree에서의 multicast 패킷 전송을 보여주고 그림 6 (d)는 failure recovery 방법을 보여준다.

Aggregated multicast 는 원래 state reduction scheme 으로 초기에 설계되었지만 AMFM 방식에서는 fault tolerance 를 용이하게 하는 강력한 tool로 사용된다. Aggregated multicast 방식은 인트라 도메인 네트워크에서의 multicast provisioning 을 위한 기술이며, 여러 개의 multicast group 들이 하나의 distribution tree 를 공유하도록 하는 방법이다. 다른 multicast 그룹으로 부터 전송된 data packet 들은 같은 distribution tree 에 다중화된다. 이러한 트리를 aggregated tree 라고 부른다. 이런 결과로 네트워크 내부에 존재



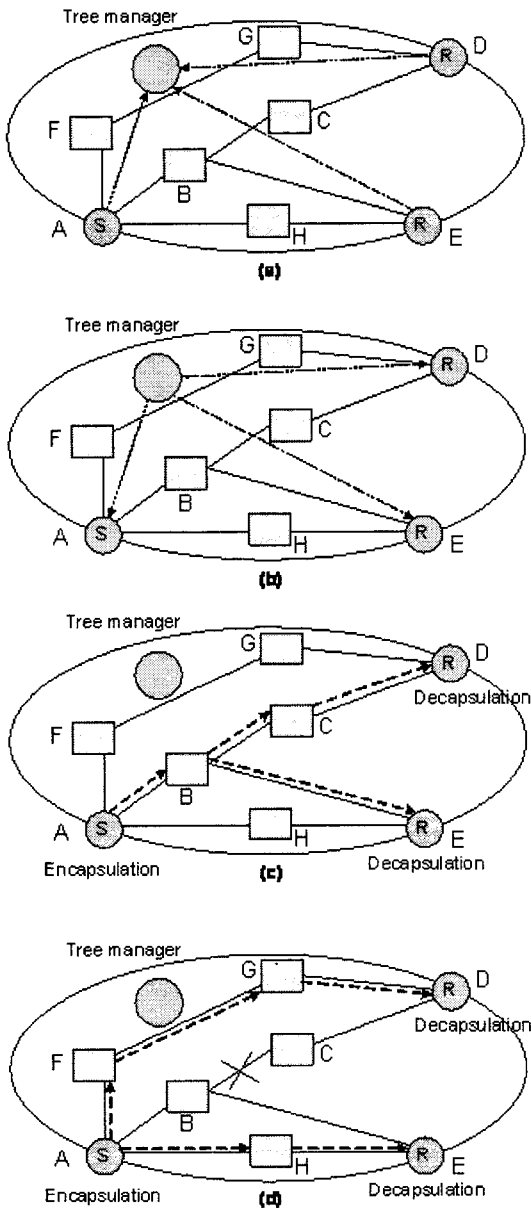


그림 6. 전반적인 AMFM의 동작원리

하는 core router들은 오직 aggregated tree 단의 state 정보만 저장을 하면 된다. 따라서 core network 내에서 관리 해야 할 tree의 수가 적어지게 된다. Multicast group들과 tree들 간의 mapping은 ingress 와 egress router에서 일어난다.

각 group의 data packet들은 같은 tree를 통해 전송될 수 있도록 label이 할당 되거나 encapsulate 된다. 이러한 mapping 문제를 적절하게 처리할 수 있도록 하기 위해서 AMFM에서는 MPLS 기능을 도입하였다. MPLS 에서 label switching 기능은 기본적으로 제공된다.

Network내의 edge router들은 multicast group 들과 aggregated tree 간에 mapping (multiplex/demultiplex)을 위한 충분한 정보를 유지 관리하여야 한다. 특정 multicast group 을 하나의 aggregated tree 에 mapping 을 할 때, group 내의 모든 node 가 tree 의 node 들과 정확히 일치할 경우 perfect match 라고 하고, group에 속한 모든 node 가 tree 의 node 에 포함은 되지만 tree의 모든 노드가 group 의 node 와 일치하지 않을 경우 leaky match 라고 한다. Leaky match 의 경우 특정 group 에 속하지 않는 tree 상의 node 에게도 data packet 이 전송되므로 bandwidth 를 낭비하게 되지만 aggregation 의 강도를 높일 수 있다는 장점이 되기도 한다. 그래서 bandwidth 낭비와 aggregation 강도간의 trade-off 관계를 bandwidth 낭비에 대한 threshold로 정의하여 적절하게 조절해야 한다.

다음으로 어떻게 aggregated multicast 방식이 fault-tolerance 를 용이하게 하는지 에 대해서 알아본다. aggregated multicast 방식은 core network 내부에서 설정 및 유지 관리되는 tree의 개수를 줄여준다. 즉 multicast group 은 많이 존재 하더라도 상대적으로 aggregated tree의 개수는 적다. 따라서 backup tree를 구성/관리하기 위한 computational cost 와 maintenance cost를 크게 줄일 수 있으며 communication overhead 역시 상대적으로 적게 발생하게 된다. 또한 core router의 routing state 정보의 요구량도 줄일 수 있고

packet lookup 속도도 빨라진다. 또 다른 장점 중의 하나는 multicast group들과 tree간의 mapping을 network의 ingress/egress point에서 temporary basis 하고 explicit하게 맵핑할 수 있다는 점이다. Network에서 장애가 발생했을 때 backup tree remapping 을 위해서 edge router에서 mapping entry만 수정을 하면 되기 때문에 신속하고 효율적인 fault recovery 가 가능하다. AMFM은 single MPLS-enabled domain network 특히 backbone domain 에서의 multicast provisioning 을 목표로 제안되었으며, MPLS 는 서로 다른 여러 개의 multicast group 들을 같은 aggregated tree 로 다중화 시키는 기능을 담당한다. 간단히 말해서 AMFM 은 MPLS aggregated tree 를 유지 관리 하고 각 aggregated tree 에 해당하는 backup tree 들을 유지 관리한다. AMFM 에서 주요 기능을 담당하는 logical entity 로 tree manager 가 존재하며 multicast group들과 aggregated tree 들 간의 mapping, aggregated tree 들과 각 tree에 해당하는 backup tree들에 대한 관리, network topology/ group membership/ aggregated trees/ backup trees/ group-tree matching table/ backup mapping table 등의 정보들을 저장 및 관리하는 기능을 담당한다.

### 5.3 IPTV over Multicast MPLS 와 OAM

IPTV 서비스를 포함한 멀티캐스트 서비스들은 통합된 형태의 IP/MPLS 코어망을 통해 전달 될 것으로 예상된다. 현재의 IP/MPLS 망들은 이미 멀티캐스트 트래픽 전달 기능을 지원하고 있다. 멀티캐스트 데이터그램 역시 일반적인 IP 데이터그램이며 단지 특별한 목적지 주소를 가진다는 점이 다를뿐이다. 하지만 현재의 IP/MPLS 망들은 IP 멀티캐스트 트래픽을 위해 최적화 되어

있지 못한 상태이다. IPTV 서비스 제공을 위한 멀티캐스트 MPLS 기술의 상용화를 위해서는 먼저 서로 다른 제조업체에서 생산된 장비들 간의 호환성(Interoperability), 수천명의 서비스 사용자들에 대한 트래픽 스트림에 대한 시스템의 확장성(Scalability), 그리고 고화질의 멀티미디어 서비스 제공과 채널변경시간등의 서비스 컨트롤에 대한 End-to-end performance 를 제공할 수 있어야 한다[5]. IPTV서비스 제공을 위한 MPLS 망 설계시 고려사항으로는 수천의 IPTV 서비스 이용자와 비디오 스트림을 적절하게 수용하기 위한 확장성 문제와 graceful restart, fast reroute, backup LSP, make-before-break 등의 고 가용성을 제공하기 위한 기술들이 패킷전달 성능에 미치는 영향과 sub-LSP pruning 과 multicast distribution tree(MDT) 의 최적화가 패킷전달에 미치는 영향등에 대해서 충분히 고려해야한다.

Cisco에서는 P2MP-TE, Multicast LSP Ping, Multicast LDP(mLDP), MPLS Multicast BFD 등을 이용한 point-to-multipoint OAM 기능 구조를 제안하고 있다. 이렇게 멀티캐스트 LSP OAM 기능은 기존의 MPLS OAM 툴셋들을 확장하여 구현을 할 수 있게 된다.

### 5.4 MPLS Backbone 및 Carrier Ethernet 기반 IP Multicasting Network 의 분산 망 운용관리 체제

Carrier Ethernet 기반 망 환경에서는 단순한 데이터 전송 기술로서의 Ethernet이 아닌 end-to-end 간의 서비스 관리차원에서 Ethernet 의 적용여부를 고려하여야 한다. 전통적인 LAN 중심의 Ethernet에서는 제공되는 OAM 기능이 없기 때문에 carrier급 망에 적용하기에 적절하지 않으며, OAM기능이 추가로 구현될 필요가 있다.

Ethernet OAM에서는 데이터 평면의 고장발견, 고장발견 시 상위 계층 및 NMS에 알림, 고장 검증 및 격리, 사용자 트래픽의 안전한 전송 및 서비스 성능 측정등의 기능 요소들이 구현되어야 한다.

다수 도메인 환경에서 end-to-end 간 품질보장형 서비스 제공 및 서비스 관리를 위해서는 각 도메인별 망 운용관리 기능을 바탕으로 확장된 관리영역을 구성하는 방식으로 operator domain 에서 provider domain 을 거쳐 customer domain 영역까지 관리할 수 있도록 분산된 망 운용관리 환경을 구축하여야 한다. 기존에 CORBA, Web Service 등의 분산망 운용관리 체제가 사용되고 있지만 표준화된 관리정보 표현 기술의 부재로 인하여 다양한 장비들 및 기술들로 구성된 다수 망 환경에 대한 관리가 어려운것이 현실이다. 이러한 문제점들을 보완하기 위하여 DMTF[14]의 표준 기술인 WBEM/CIM을 이용한 분산망 운용관리 구조를 제안한다 [13]. WBEM은 분산 컴퓨팅 환경에서 다양한 형태의 플랫폼이나, 동일 플랫폼상의 여러 시스템 자원들을 통합 관리하기 위해 개발된 인터넷 표준 기술들과 관리 기능의 집합으로 DMTF를 통해 표준화 되고 있는 기술이며 서로 다른 운영체제와 장비들을 사용하는 기기종의 시스템 간에 데이터 교환을 용이하게 하기위한 잘 통합된 표준 기반의 관리기능을 제공한다. SNMP 와 CMIP 와 같은 기존 관리 표준 모델들을 하나의 표준으로 통합하는 것이 주목적이며 DMTF 를 통해 정의된 CIM (Common Information Model) 을 관리 정보를 표현하는 표준 기술로 정의하고 있다[13].

그림 7은 multicast에 최적화 된 MPLS 기반 backbone으로 구성된 Carrier Ethernet 망 환경 대한 WBEM 기반의 분산망 운용관리 구조를 보

여준다. 각 도메인을 관리하는 WBEM 기반의 NMS들이 존재를 하며 NMS들의 서비스 및 위치 정보를 관리하는 SLP(Service Location Protocol) DA(Directory Agent)를 통하여 NMS들 간의 상호작용이 가능하게 된다. NMS들은 CIM으로 정의된 표준 관리정보를 공통적으로 사용하게 된다.

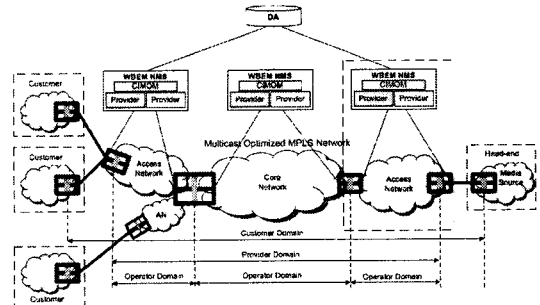


그림 7. WBEM 기반의 분산망 운용관리 구조

## 6. 결 론

본 논문에서는 MPLS 기반의 Carrier Ethernet 백본망에서 IPTV 방송 서비스 제공을 위한 효율적인 IP 멀티캐스트 서비스 제공 기술들에 대하여 소개하였다. 기존의 전달망 서비스를 대체하기 위한 캐리어 이더넷의 대두와 순수 Ethernet 환경에서의 트리플 플레이 서비스와 같은 차세대 멀티미디어 서비스 제공을 위해서는 Ethernet 기반의 안정적이고 강력한 OAM 기술이 요구된다. Ethernet 기반에서 SLA를 기반으로하는 종단간 품질보장형 서비스제공을 위해서는 기존의 IP/MPLS망을 활용하는 방안이 고려되고 있으며 IPTV와 같은 point-to-multipoint 서비스 제공을 위한 P2MP TE 도 기존 MPLS를 확장하는 방향으로 고려되고 있다. MPLS 기반의 멀티캐스트 기능구조에서는 기존의 MPLS OAM 기술을 확장하여 멀티캐스트 MPLS OAM기술을 구현하는 방향으로 업체들에서 연구개발이 진행중에 있으며 순수 이더

넷 기반의 강력한 OAM 기술 역시 캐리어 이더넷 기반의 차세대 네트워크 인프라 구축을 위한 필수적인 연구분야라 할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] 신상철 외, "BcN 동향 2004," 한국전산원, 2004. 12
- [2] Bista, B.B., "A Fault-Tolerant Scheme for Multicast Communication Protocols," 2005 Asia-Pacific Conference on Communications, Perth, Western Australia, 3-5 October 2005.
- [3] Jun-Hong Cui, Faloutsos, M., Gerla, M., "An architecture for scalable, efficient, and fast fault-tolerant multicast provisioning," IEEE Network, March/April 2004.
- [4] Weijia Jia, Wei Zhao, Dong Xuan, Gaochao Xu, "An efficient fault-tolerant multicast routing protocol with core-based tree techniques," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Volume 10, Issue 10, Oct. 1999.
- [5] 이병탁, 오승훈, 심재찬, 송호영, "FTTH 기반 IPTV 서비스 및 기술동향," 한국전자통신연구원 전자통신동향분석 제 21권 제6호 2006년 12월.
- [6] 주성순, 안계현, 이유경, "차세대 네트워크 인프라를 위한 캐리어 이더넷 기술," 한국전자통신연구원 전자통신동향분석 제21권 제6호, 2006년 12월.
- [7] 박혁, 송종태, 전경규, 이순석, "BcN 멀티캐스트 기능 구조," 한국전자통신연구원 전자통신동향분석 제21권 제6호, 2006년 12월.
- [8] 정영식, 이유경, "캐리어급 이더넷 OAM 기술 분석," 한국전자통신연구원 전자통신동향분석 제20권 제6호, 2005년 12월.
- [9] Metro Ethernet Forum, "Technical Specification Requirement and Framework for Ethernet Service Protection in Metro Ethernet networks," Feb. 2004.
- [10] Metro Ethernet Forum, "Ethernet service OAM," 2004.
- [11] Metro Ethernet Forum, "OAM Requirements and Framework," 2004.
- [12] Metro Ethernet Forum, <http://www.metroethernetforum.org/>.
- [13] Web-based Enterprise Management(WBEM), <http://www.dmtf.org/standards/bem/>.
- [14] DMTF, <http://www.dmtf.org/>.
- [15] OpenSLP, <http://www.openslp.org/>.



서 종 철

- 2000년 2월 대구대학교 자연자원대학(농학사)
  - 2007년 2월 영남대학교 대학원 정보통신공학과 공학석사
  - 관심분야 : WBEM, Web-based network management, Inter-AS traffic engineering, Policy-based networking
- 
-



이 봉 군

- 2007년 2월 영남대학교 전자정보공학부(공학사)
- 2007년 3월 영남대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정
- 관심분야 : WBEM, 분산 망 운용관리, Inter-AS traffic engineering, End-to-end QoS Provisioning



김 영 탁

- 1984년 2월 영남대학교 공과대학 전자공학과 학사
- 1986년 2월 한국과학기술원(KAIST) 전기및전자공학과 공학석사
- 1990년 2월 한국과학기술원(KAIST) 전기및전자공학과 공학박사
- 1990년 3월 ~ 1994년 2월 KT (한국통신) 통신망연구소 선임연구원/실장
- 1994년 9월 ~ 현재 영남대학교 전자정보공학부 교수
- 2001년 2월 ~ 2002년 1월 미국 국립표준기술연구소(NIST) 차세대 네트워킹 연구부 초빙연구원
- 관심 분야 : 광대역 통합망 (BeN) 트래픽 엔지니어링, QoS 보장형 차별화 서비스, 통신망 운용 관리