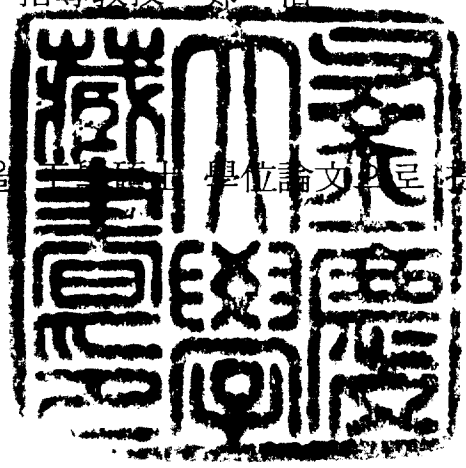
工學碩士 學位論文

인터넷 가입자망 성능 개선을 위한 메트로 이더넷 적용 방안에 관한 연구

指導敎授 鄭 信 一



이 論文을 [illegible] 學位論文으로 提出함

2002年 2月

釜慶大學校 産業大學院

情報通信工學科

李 東 國

이 논문을 李東國의 工學碩士
學位論文으로 認准함

2001年 12月 15日

主 審 工學博士 河 德 鎬 (印)

委 員 工學博士 金 成 簣

委 員 工學博士 鄭 信 一

목 차

Abstract

I. 서 론 4

II. 인터넷 가입자망의 구조 6

1. SONET 6
가. SONET 6
나. SONET 망의 문제점 7
2. METRO ETHERNET 9
가. Metro Ethernet 9
나. Metro Ethernet 장단점 및 특징 10
다. Metro Fiber Ethernet 기술 12
3. METRO ETHERNET 적용시 문제점 15
가. 통신국사 부족 문제 해결 15
나. 광케이블 확보 문제 15
다. 아파트 ,빌딩 구내 속도 문제 16
라. 기존 장비 문제 16

III. 가입자망 발전방안 및 Metro Ethernet 적용방안 17

1. 가입자망 발전 방안 17
가. 전기적 솔루션과 광 솔루션을 복합적으로 사용 17
나. All Optical Ethernet(전광 패킷 스위칭) 18
2. 가입자망의 차별화된 환경 적용의 필요성 19
가. 기술적 19
나. 서비스 20
다. 제도적 21
3. 가입자망의 적용 방안 제시 22
가. OFFICE 밀집지역 22

나. 아파트 밀집지역 24
다. PC방 밀집 지역 26
라. 학내망 28
마. 지역 유선 방송사 29

IV. 시험환경 구성과 성능분석 및 고찰 31

1. 시험환경구성 31
가. Network 모델 구성 31
나. Network 특성 32
다. 시험항목 34
2. 시뮬레이션 결과 분석 및 성능평가 35
가. Core Switch와 Edge 장비의 연동 시험 35
나. xDSL을 통한 가입자망 성능 평가 37
다. 근거리지역 UTP 및 광컨버터로 구성 성능 비교 40
라. Full/Half Duplex 방식에 의한 속도의 변화 42
마. 단말기 사양에 따른 성능 비교 42
바. 운영체제에 따른 성능 비교 42
사. 성능 평가 43

V. 결 론 45

참고문헌 47

감사의 글 49

A Study on Strategy for Metro Ethernet to improve the Internet Subscriber Network Performance

Dong-Kook Lee

Department of Telematics Engineering
Graduate School of Industry
Pukyong National University

Abstract

Increasing multimedia service caused the internet explosion and infamous traffic bottle-neck. Metro Ethernet, which is suitable to low-cost information service providers, is introduced to supply the answer to the bandwidth demand of customers and is becoming a popular way to reach LAN speeds across a city campus and beyond.

This paper proposes the scheme of building metro Ethernet network which supplies customer's need and later analyses and evaluates its performance. The simulation shows that metro Ethernet infrastructure is adequate for hub site which has more than 10 customers within 3Km radius and that at close quarters within 200m we can get high performance with only UTP installation. As for operating system, windows 2000 beats windows 98 in transmission speed by 2Mbits/second and it is more stable than windows 98 without regard to PC's CPU performance. This paper also proposes a metro ring which consists of 5 to 6 metro Ethernet hub site with VDSL line or UTP cable. This structure is superior to present SONET/SDH MAN infrastructure in performance by at least 50 percent.

Ⅰ. 서 론

인터넷 사용자가 급증하면서 음성 트래픽 전송을 위해 설계되어진 기존망의 구조로는 폭증하는 인터넷 데이터 트래픽을 수용하지 못하게 되었었고, 이러한 인터넷 트래픽으로 인한 병목 현상으로 인해 인터넷 가입자는 만족할 만한 서비스를 제공 받지 못하고 있다. 이러한 병목 현상은 기존의 SONET/SDH 기반의 MAN의 네트워크 구성에서 그 문제점을 찾을 수 있다.

SONET/SDH 기반의 MAN 기술의 문제점을 해결하고 인터넷 가입자 망 성능을 개선하는 방안으로 최근에 새로운 MAN 구조와 이 구조를 구현해주는 기술이 제시되고 있으며, 대표적인 기술로는 기가비트 이더넷과 Metro DWDM 기반의 Metro Ethernet 기술이다. 이러한 Metro Ethernet기술은 기존의 SONET/SDH 기반의 네트워크 구성보다 망 구축 비용이 저렴하며, 서비스 요금도 기존의 전용회선 구성 비용의 1/4 수준이므로 망을 구축하는데 훨씬 경제적이다. 또한 Metro Ethernet은 저렴한 가격과 함께 고품질과 보안성을 제공하고 있다. 또한 다양한 대역을 사용에 요구에 따라 제공 함으로써 기존의 전용선 네트워크에 비해 여러 가지 장점이 있다.

본 논문은 인터넷 가입자 망의 성능 개선을 위해 Metro Ethernet을 적용하여 아파트 밀집 지역, 학내망, 유선 방송사, PC 방 밀집 지역 등 지역 환경에 따른 최적의 Metro Ethernet 구성 방안을 제안하고 그에 따른 성능 평가를 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 현 SONET망의 문제점을 분석하고 이러한 SONET의 문제점을 대체할 수 있는 기술인 Metro Ethernet

기술과 Metro Ethernet를 적용에 따른 현실적인 문제점에 대해서 분석한다. 3장에서는 실제 Metro Ethernet의 적용 방안에 대해 기존망과 비교하여 분석한 후 아파트 밀집 지역, 학내망 등 가입자 망의 개선 방안에 대해 각각 제안한다. 4장에서는 3장에서 제안한 Metro Ethernet의 적용 방안에 대해 성능 평가를 위해 망 구성과 함께 각 환경에 대한 성능 평가를 하고 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 인터넷 가입자망의 구조

1. SONET

가. SONET

SONET(Synchronous Optical NETwork)은 물리적 계층인 광 전송 망에 있어서의 노드와 망간 접속에 관한 표준이다. 1984년 ICCF(Industry-exchange Carriers Compatibility Forum)는 그 당시 여러 업체들이 생산하는 광 전송장비에 대한 호환성을 목적으로 제정하였고, 그 후 여러 가지 제안들이 추가 및 수정되었다.

SONET은 OC(Optical Carrier)-1이라는 51.84Mbps의 전송속도를 기본으로 여러 개의 표준적인 광 신호속도를 규정하고 있고, 이러한 광 신호에 대응하는 전기적인 신호부문은 STS-N(Synchronous Transport Signal at level - N)으로 규정하고 있으며, STS-N 신호는 한 프레임의 주기를 125 μ s로 표준화하였다. SONET의 기본 정보 전송 단위인 STS-1은 90X9바이트의 프레임으로 125μ s만에 전송된다. 따라서 STS-1신호는 초당 8000 프레임이므로 51.84Mbps가 된다. STS-1보다 상위 전송계층은 STS-1을 다중화 함으로써 유도되는데, 특히 OC-3와 OC-12 계위는 일반적으로 B-ISDN (Broadband-Integrated Services Digital Network) 망에서의 사용자 접속을 위하여 제안된 전송 속도이다.[1]

나. SONET 망의 문제점

SONET망은 TDM 기반의 회선 교환망이므로 버스티한 데이터 전송에 적합하지 않고 ADM(ADD Drop Multiplex)와 DCS(Digital Cross Connect)가 별도로 필요한 단점이 있다.(그림 2.1 참조)

SONET망을 Upgrade하기 위해서는 SONET Ring에 연결된 모든 ADM를 교체하거나 또는Fiber Ring을 새로이 포설하거나 DWDM을 도입해야 하는데 이 모두가 매우 비싼 솔루션이므로 경제적인 문제점을 가진다.[2]

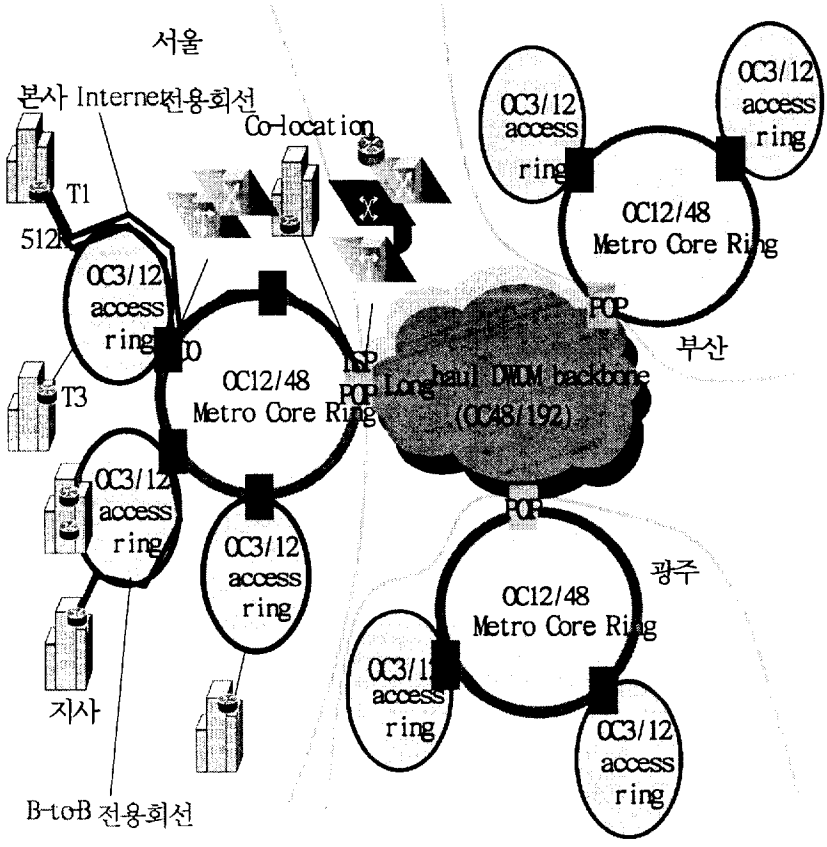


그림 2.1 현 Network 의 구조

SONET의 신호 계위는 DS0,T1/E1,T3,155M,622M,2.5G로 병목 현상이 발생하므로 인해 대역폭 낭비가 심하고, (그림 2.2 참조) 접속장비와 정합을 위한 ADM,DCS등의 추가 장비 투입으로 유지보수에 어려움이 많은 문제점을 가진다.[3]

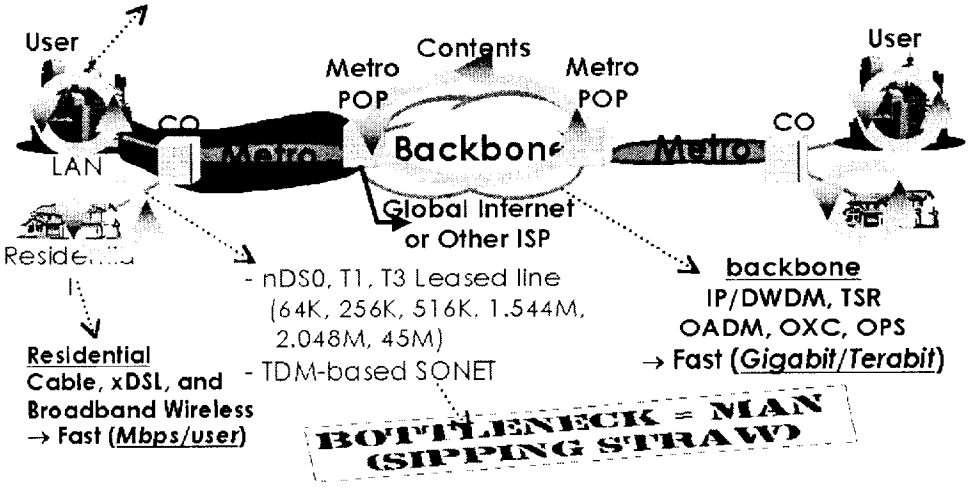


그림 2.2 인터넷 가입자 망 구조

2. Metro Ethernet

가. Metro Ethernet

Metro Ethernet 서비스는 기존의 라우터나 광 전송장비를 거치지 않고 기가비트 이더넷으로 구성된 망을 이용해 스위치만으로 LAN과 같이 연결하는 서비스이다.[4-5] SONET은 애초에 음성 통신량 전송을 위주로 설계된 것으로 폭발적으로 증가하는 데이터 통신량의 속도를 유연하게 맞추기가 어렵다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 Metro Ethernet은 SONET과는 달리 패킷 교환 방식이므로 링크 대역폭을 공유를 통해 효율적으로 사용할 수 있고, 기존의 SONET과 ATM을 사용하지 않고 이더넷 스위치(L2/L3)를 Dark Fiber를 통해 직접 연결하여 네트워크를 구축한다 Metro Ethernet은 이더넷의 기술을 그대로 사용한다.

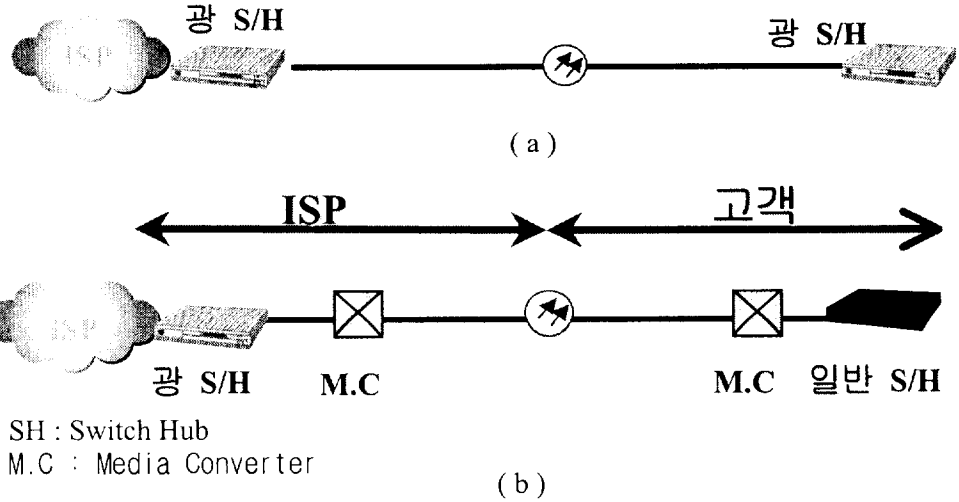


그림 2.3 인터넷 가입자 망 구성방법, (a) 고객 Metro Ethernet 장비 구비시, (b) 현재의 고객 환경 변화없이 구성시

이더넷은 LAN 시장에서 대단히 성공한 기술로 이미 대량 생산으로 관련 칩과 장비의 가격이 싸다. 또한 이더넷은 관리 및 운용이 용이하며 오랫동안 LAN영역에서 사용되어 오면서 망 운영자 및 관리자에게 매우 익숙해져 있다. SONET/SDH망은 TDM기반의 회선 교환망으로 사용자는 N×64K, T1(1.544Mbps), E1(2.048Mbps), T3(45Mbps) 등의 미리 정해진 대역폭만 할당 받을 수 있지만 이더넷은 패킷 교환 방식이므로 사용자가 원하는 다양한 대역폭을 요구 및 할당 받을 수 있다.[6-7] 이미 LAN의 95%가 이더넷이므로 MAN, WAN을 이더넷 기반으로 구축하면 프로토콜 변환 등의 네트워크 오버헤드가 제거되는 장점을 가진다.[8]

Metro Ethernet이 사용되기 위해서는 먼저 동적인 서비스가 필요하다. 이러한 동적인 서비스는 용량이나 트래픽의 라우팅 요구에 따라 변경이 가능해야 하고, 구축 비용이 낮아야 하고, 또한 현재 서비스를 유지하면서도 용량을 확장할 수 있는 확장성과 함께 에러 복구에 대한 안정성이 요구된다. IP 데이터 전송에 최적화된 인프라로 구성되어야 하고 서비스 관리와 장거리 네트워크와 호환성이 있는 인터페이스 구성이 가능해야 한다.

나. Metro Ethernet 장단점 및 특징

Metro Ethernet은 기존의 라우터나 광 전송장비가 필요 없으므로 중간 장비의 수와 장비사이의 연결이 줄어 오류발생의 원인을 줄일 수 있으며 장비 도입가격이 저렴하다. 또한 파격적인 대역폭 대비 사용료와 실시간 웹 기반의 Provision 기능을 제공 가능한 장점을 가진다.

하지만, 데이터 지향적인 망에서 음성 트래픽을 지원하는데 한계가 있

고, 기존의 SONET 장비에 비해 품질이 떨어진다..

또한 ATM 등에 비해 뒤떨어지는 QOS기능과 보안문제와 함께 가입자망(건물구내배선), 가입자 액세스구간과 매트로 코어구간 모두 광케이블을 요구한다는 단점이 있다. 현재 기기비트 이더넷 표준은 지원거리가 5Km에 불과하고 70Km이상의 거리를 지원하기 위해서는 업체가 독자적으로 만든 기술이 적용되어 각 장비사이에 호환성이 문제가 있다.

Metro Ethernet은 가지는 특징으로는 최소 1Mbps에서 최대 1Gbps까지 서비스가 가능하고 1Mbps나 512kbps 단위로 대역폭을 할당할 수 있어 사용자가 원하는 최적의 대역폭을 선택 가능하다. 또한 각 포트별로 원하는 대역폭을 따로 지정할 수 있게 하는 기능이 있다.

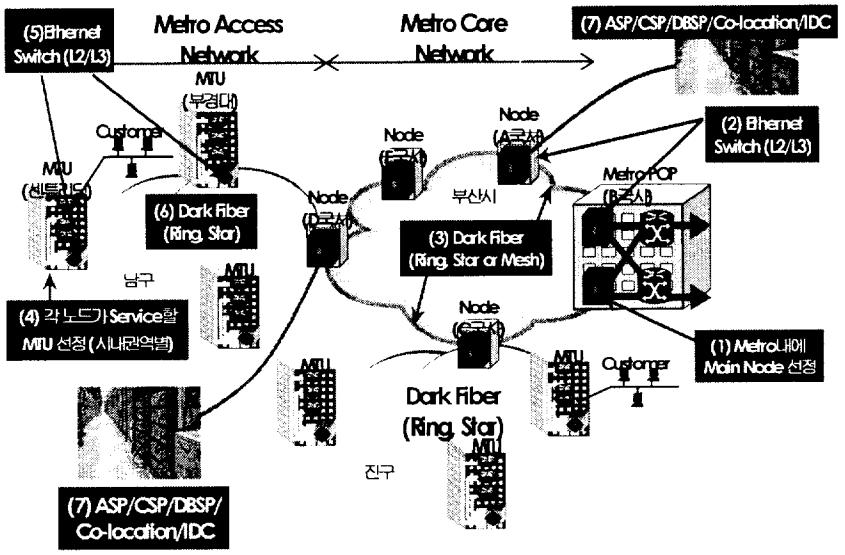


그림 2-4 Metro Ethernet 의 구성도

다. Metro Fiber Ethernet 기술

이더넷이 LAN에서 사용될 때는 그다지 중요하지 않았던 다양한 기술들이 Metro Ethernet 서비스에서는 요구되게 되는데, 대표적인 기술로 패킷 분류화, 포트 유입율 제어, 서비스 품질 (QOS) 보장, 이더넷 VPN, 망 복구 능력, 트래픽 엔지니어링, 웹 기반 실시간 대역폭, 광 전송능력, 확장성, 보안, 과금 문제 그리고 망 관리 기술 등을 들 수 있다.[9-10]

이더넷 망은 비연결형 망이므로 도착하는 패킷이 어느 사용자의 무슨 응용의 패킷인지를 미리 알 수 없으며 망으로 유입되는 모든 패킷마다 이더넷 헤더, IP 헤더, 포트넘버 등을 읽어보고 그 패킷의 중요도를 판단해 내야 한다. 이를 패킷 분류화(Packet classification)이라고 하며, 이더넷 망이 IEEE 802.1p나 IETF Diff-Serv 또는 MPLS를 지원하는 경우에는 이더넷 망으로 트래픽이 유입되는 지점에서 수행되어야 하며 그렇지 않은 경우에는 이더넷 망내의 모든 스위치나 라우터에서 수행되어야 한다. 패킷 분류화의 결과는 포트 전송율 제어, 서비스 품질 보장 그리고 과금에 이용된다.[11]

기존의 스위치는 각 포트간에 공정하게 스위치의 자원과 출력포트를 이용할 수 있으면 되지만 메트로 서비스 환경에서는 이더넷 망 사업자의 액세스 단에 있는 이더넷 스위치의 각 포트는 서로 다른 사용자(기업)에게 할당되며, 각 사용자는 서로 다른 대역폭을 요구한다. 따라서, 물리적으로는 각 사용자에게 100Mbps 패스트 이더넷 포트(UTP cat.5)가 주어지지만 각 사용자가 실제로 트래픽을 유입 시킬 수 있는 전송율은 서비스 가입 협상시 결정된 값에 따라 제한하는 기능이 필요하게 되었으며 이를 포트 전송율 제어라고 한다.

ATM에서 QoS가 보장되는 이유는 먼저, 연결지향성, 서비스 클래스 구분, 하드웨어기반의 정교한 큐잉 구조와 스케쥴링 기능 등이 제공된다. 이더넷에서 서비스 클래스를 지원할 수 있는 방법은 이더넷 프레임헤더에 IEEE 802.1p 태그를 부착하여 태그내의 우선순위필드(3비트)에 이 프레임의 중요도를 세팅하여 이더넷 망내에서 이 값을 참조하여 차별화된 서비스를 제공하는 것이다. 또한 Diff-serv, MPLS와 연계하여 보다 다양한 서비스 클래스를 정의할 수도 있다. 현재 출시되는 이더넷 스위치는 ATM 스위치와 같이 하드웨어 기반의 룩업 (패킷 분류화와 주소참조), 스위칭, 큐잉 그리고 스케쥴링 구조를 가지며 스위치 내에서는 구조 및 성능상 차이가 없다. 그러나 이더넷이 비연결형이라는 문제는 여전히 존재하며 이더넷 기술만으로는 한 노드에서 종단간에 안정적인 서비스 품질 보장은 어렵다. 최근에는 MPLS가 이더넷 망에 적용되면서 이러한 QoS 보장을 가능하게 한다.

이더넷의 VLAN기술은 원래 2계층 네트워크상에서 broadcasting domain을 나누어주는 기술인데, 이 기술이 Metro Ethernet 영역에서는 이더넷 VPN을 구축하는 기술로 적용된다. 즉, 802.1q VLAN 태그(VLAN ID: 12비트)와 목적지 MAC주소를 참조하여 프레임을 포워딩 함으로써 마치 ATM에서 VPI/VCI값을 할당하거나 또는 MPLS에서 레이블의 기능과 동일해진 것이다. 따라서, ATM망에서 VCC을 설정해주어 전용회선을 구축해주고 또 MPLS망에서 LSP를 설정해주어 전용회선이 가능한 것처럼 이더넷 망에서도 VLAN ID와 목적지 MAC주소가 동일한 효과를 주는 것이다. VLAN은 서로 다른 VLAN간에는 트래픽이 라우터를 거치지 않는 이상은 전달되지 않으므로 Metro Ethernet 서비스에서 보안 문제 해소에도 큰 역할을 한다.

VLAN을 적용하여 전용회선 서비스를 제공하는 경우에 802.1p VLAN ID

가 12비트로 이더넷 망을 통해 설정해줄 수 있는 VLAN의 수가 총 4096개로 제한된다. 이는 최대 212 = 4096개의 기업만 수용 가능하다는 것이다. 따라서 장비 벤더별로 독자적으로 VLAN ID를 24비트(16.7 million VLAN 정의 가능)로 확장하는 솔루션을 개발하고 있으나 타사 장비간에는 호환이 안 되는 문제가 있어 표준화하려는 노력이 진행되고 있다. 이 방법이외에도 Metro Ethernet 망을 적절히 분할하고 그 사이에 라우터를 두는 방법도 고려할 수 있으며 또한 최근에는 MPLS를 이더넷 스위치에 올려 확장성 문제를 해소하며 더불어 트래픽 엔지니어링, QoS, VPN등의 문제를 해소하려는 움직임이 구체화되고 있다.[12]

SONET 전송망을 이용하지 않고 이더넷 기반으로 네트워크을 구축하게 될 때 걱정이 우려가 되는 부분이 바로 망 복구 능력의 상실이다. 기본적으로 이더넷은 SONET과 같은 망 복구능력 (50msec이내 대체경로로 스위칭)이 없으며 STP(Spanning Tree Protocol)의 수렴시간은 30초에 이른다. 이러한 문제를 해결하기 위해 이더넷 벤더들은 이더넷 망에서 링 기반의 신속한 망 복구 능력을 도입하기 RPR(Resilient Packet Ring) 기술이 연구 중이며 현재 표준화 작업이 진행중이다.

RPR은 크게 두 가지 의미를 갖는데 링 접근시에 패킷 단위로 ADD/DROP을 함으로써 링 용량을 각 노드가 통계적으로 다중화하여 공유할 수 있으므로 링 용량을 SONET과 달리 효과적으로 사용할 수 있고 대체 경로를 위해 SONET처럼 2-fiber 링을 구축하나 두 링 모두 유효 데이터가 전송할 수 있다.

3. Metro Ethernet 적용시 문제점

Metro Ethernet은 근본적으로 모든 구간을 광으로 서비스를 한다. 그러나 한국통신을 제외한 일반 ISP는 현재 도심지역의 중심에 센터를 두고 End-To-End 케이블 자가 포설 혹은 임차로 서비스를 하고 있는 형태에서 아래와 같은 여러 가지 문제가 산재해 있다.

가. 통신국사 부족 문제 해결

한국통신을 제외한 ISP들은 Head Center를 중심으로 서비스를 하므로 광케이블을 End-To-End 광케이블 구성해야 하는 Metro Ethernet 서비스의 환경에 적합하지 않다

또한 통신국사 부족문제로 인한 임차 거리 과다로 경제성 문제가 대두되고, 또한 회선임차가 아닌 코아 형태의 임차로 인해 시내 집중 지역의 인프라 구성에 어려움이 있다.

나. 광케이블 확보 문제

1Km당 800~1000만원 상당의 비용 지불로 경제성 문제와 함께 공동선로가 미비하다. 지상 케이블 포설의 경우 ISP 사업자 난립으로 인한 전주 케이블 포설은 이미 포화 상태이고 지하 케이블 포설에는 저가의 가입자 요금에 비하여 고가의 원가 부담과 함께 포설 시간이 많이 요구되는 문제점이 있다.

다. 아파트 ,빌딩 구내 속도 문제

기존의 SONET망 구조의 아파트, 빌딩 등은 E1 1회선에 다수의 고객 사용과 인터넷의 다양한 컨텐츠 상품의 사용으로 병목 현상의 문제점이 발생한다. 또한 ADSL 상품도 초기와는 달리 급격한 이용자의 증가로 인해 병목 현상으로 인해1.5Mbps 정도로 사용자는 고속의 서비스를 제공 받지 못한다.

기존의 가입자측 정합 장치는 대부분 E1 이하의 SDSL 등 2M 이하의 가입자정합 장치를 사용하고 있으므로 Metro Ethernet 적용시에도 구내의 가입자 정합장치를 변경하지 않고는 속도의 변화를 느끼지 못한다

라. 기존 장비 문제

Metro Ethernet 서비스는 기존에 사용중인 라우터, 스위치, 전송장비 등 고가의 장비를 사용하지 않게 되므로 인한 기존 장비의 잉여에 관한 문제점이 발생한다.

III. 가입자망 발전방안 및 Metro Ethernet 적용방안

데이터 트래픽과 최종 사용자의 대역폭에 대한 수요가 급증하면서 캐리어들은 데이터에 최적화된 인프라를 필수적으로 제공해야 한다. 이에 포화 상태의 백본과 액세스 망에서의 병목 현상을 해결하기 위한 방안으로 광 네트워크가 주목을 받고 있다.

아래 그림3.1에서 나타난 바와 같이 메트로 구간의 병목 현상을 해결하기 위한 최종적인 방안으로 All Optical Ethernet이 제안되고 있다.

메트로 네트워크는 기업과 일반 사용자 등의 최종 사용자를 연결해야 하고 이들 사용자의 데이터 트래픽과 어플리케이션이 요구하는 사항을 만족시켜야 함으로 메트로 네트워크는 기술보다는 사용자와 이들의 요구사항에 의해 각각 다르게 구성되어야 한다.

1. 가입자망 발전 방안

가. 전기적 솔루션과 광 솔루션을 복합적으로 사용

현 상태에서 가장 쉽게 꾸밀 수 있는 방법으로 SONET을 이용해 전기적 솔루션과 광 솔루션을 복합적으로 사용하는 것이다. 이 접근법에 있어 광 신호는 장거리 네트워크를 가로질러 메트로 영역에서는 전기적인 신호로 변환된다. 하지만 데이터 중심의 IP와 TDM 서비스가 전기/광이라는 서로 다른 계층의 네트워크 상에서 운용되기 위해서 부가적인 프로토콜 계층을 필요로 하는 문제가 있다.[13]

나. All Optical Ethernet(전광 패킷 스위칭)

다소 이상적이기는 하지만 현재 부상하고 있는 것으로 완전 광 MAN이다. 이런 시나리오에 있어서 IP나 TDM 또는 다른 데이터 중심의 서비스는 직접 광 파장을 통해 전달되며, 전기적인 신호로의 변환도 없다.(그림2.2) 아직은 정확한 방안이 정해진 것은 없지만 장기적으로 메트로는 정보통신 인프라에 결정적인 성공 요소가 될 것이다. 왜냐하면 뛰어난 MAN 솔루션 없이는 장거리 전송이나 원거리 상호 연결, 액세스 분야의 발전을 이끌어낼 수 없기 때문이다.[14-16]

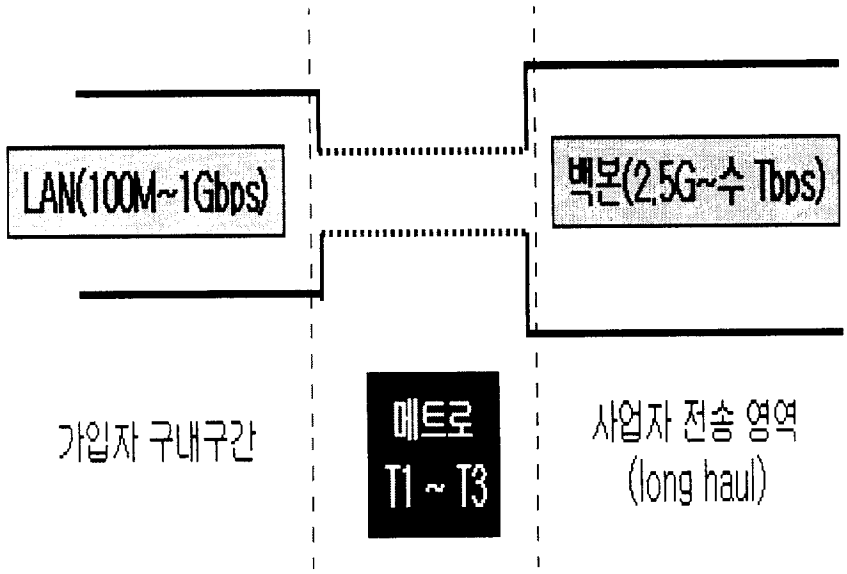


그림 3.1 인터넷 구조와 병목 구간

2. 가입자망의 차별화된 환경 적용의 필요성

가. 기술적

Gigabit Ethernet은 100m 이내의 거리에서 카테고리 5급의 UTP 케이블에서도 작동이 가능하다. 광 컨버터 기술의 발전으로 다양한 서비스 제공이 가능하고 기존의 SONET 구조에서는 45Mbps 서비스를 받기 위해서는 고객의 댁내에 최소한 155Mbps 급 이상의 광단국을 설치한 후 45Mbps 제공을 위한 모듈에서 45Mbps를 동축 케이블로 제공하고 고객은 45Mbps를 제공받기 위한 고속의 프로세서가 장착된 라우터 및 장비가 있어야 서비스가 가능하였으나 지금은 간단하게 광 컨버터의 장착만으로 모든 것이 해결 가능하다.

우리나라에서는 1999년 4월에 제2시내통신 사업자인 하나로통신이 xDLS 서비스를 개시한 후 제1통신 사업자인 한국통신에서도 이어서 서비스를 개시하여 인터넷 접속인구의 통신속도의 고속화 욕구가 맞물려 ADSL 보급 속도가 폭발적인 증가 추세에 있다.

표 3.1 xDSL Access Technologies Summary

Technology	Coding	Media	Maximum Rate		Distance Limit	Application
			Downstream	Upstream		
HDSL	CAP/2B1Q	Copper (4w)	1.544/2.048Mbps		3 to 5Km	T1/E1 Service WAN/LAN Access Server Access
SDSL	CAP/2B1Q	Copper (2w)	1.544/2.048Mbps		3Km	Same as HDSL plus premises access for symmetric service
ADSL	CAP/DMT	Copper (2w)	1.5 to 9Mbps	16 to 640Kbps	2 to 4Km	Internet Access Video on Demand Simplex Video LAN Access
VDSL	CAP/DMT DWMT/SLC	Copper (2w)	13 to 52Mbps	1.5 to 2.3Mbps	1Km	Same as ADSL plus HDTV

나. 서비스

국내 ISP의 가장 큰 문제는 한국통신을 제외한 타 사업자는 Metro Ethernet을 서비스하기 위한 통신국사가 가입자의 인근에 없다는 사실과 모두 광케이블로 서비스할 수 있는 국가적인 통신 기반이 취약하다는 점이다. 이는 시장규모에 비해 지나치게 사업자가 많기 때문에 무분별한 덤핑공세에다 경쟁사 고객을 무차별하게 가로채는 일까지 심심찮게 일어나고 있고 최근에는 가입자 수요가 상대적으로 정해져 있는 전용선 시장에서도 가격 파괴현상이 심해져 현재의 원가 구조로는 ISP 사업자 기반이 위태로우므로 사업자별 독자적 수익모델 개발 필요하다.

독자적 수익 모델을 개발하기 위해서는 고객의 밀집분포도에 따른 케이블 포설 방법이 필요하고 고객의 클라이언트 규모에 따른 구성방법이

필요하다. 또한 도시 규모에 따른 구성방법의 필요와 기존 사업자의 서비스 형태에 따른 구성 방법이 필요하다. 기존의 속도에 따른 분류별로 서비스 차별화 가능해야 하고 거리에 따른 구성 방법이 필요하다.

각 지역의 트래픽에 따른 구성 방법이 달라야 하고 업체의 과다 경쟁으로 인한 가격 급속하기 하락으로 원가의 구조 개선이 이루어 져야 한다. 이러한 문제는 네트워크 구조를 간단하게 함으로써 개선이 가능하다.

다. 제도적

가입자 선로는 기존의 CPEV, 동축 선로를 활용하여 고속, 고품질의 데이터통신이 가능하도록 xDSL , HFC 기술을 활용해야 한다. 또한 유선으로 데이터 통신이 어려운 지역을 대상으로는 WLL 등 유무선 복합을 통한 적절한 서비스 제공 필요하고, 가입자의 수요, 서비스 질의 고도화 및 통신량을 감안하여 광케이블 화를 확대 추진해야 한다.

기존의 인프라로 데이터 통신 서비스를 제공할 경우, 가입자의 수요가 늘어나거나 고속의 서비스를 제공하기 위해서는 고속의 트렁크가 필요하다. 이 경우 망 연동 및 추가 서비스 제공 계획에 따라 전반적인 측면에서 망의 진화방안이 결정되어야 한다. 초고속망 시대의 중추적인 정보통신망으로 발전되기 위해서는 기존 인프라의 중복 투자를 최소화하면서 바람직한 인프라를 기존 서비스 및 신규 서비스가 안정적으로 제공될 수 있도록 유지보수 및 운영이 가능한 모델을 선정하여 구축되어야 한다.

이와 같은 인프라는 기술발전 및 사용자의 요구 환경에 능률적으로 대처할 수 있도록 유연성이 있는 구조를 채택하고, 이들 인프라는 지속적인 기술의 발달과 함께 다양한 장비의 개발 및 출시 동향을 점진적으로

개선되어야 하나 현재의 법, 제도적인 측면에서는 문제가 많이 산재해 있다 이런 제도적인 측면은 생존 경쟁이 치열한 ISP 입장에서 법, 제도 개선 후 망 구축은 어려운 현실이나 향후 현실성 있는 요금으로 공 동 활용할 수 있도록 관련 사업자 및 정부가 신속히 해결해야 할 과제이다.

무분별한 지상 광케이블 포설로 인한 도시미관 손상 및 케이블 포설의 한계를 해결하기 위해 공동관로 및 체계적인 통신 인프라 구축을 위한 제도적인 뒷받침 및 정비 필요하다

3. 가입자망의 적용 방안 제시

가. OFFICE 밀집지역

Office밀집 지역에서 기존망은 대부분 고가의 서비스 요금으로 인해 폭주하는 트래픽에도 불구하고 N*64 ~ E1까지만 서비스 받고 있다.

Metro Ethernet 망은 원가 부담을 줄이기 위하여 Office빌딩 MDF실을 Hub Site로 구축하여 Metro Ethernet 서비스를 제공함으로써 폭증하는 인터넷 트래픽을 저가로 서비스 제공이 가능하다. 가입자는 기존의 E1이하의 가입자 정합장치를 사용하고 있어 VDSL혹은 UTP로 직접 구성을 통한 가입자 수용으로 고속 서비스를 제공 할 수 있고, 인근 100노드의 비교적 중대형 고객은 광컨버터를 통해 서비스 제공이 가능하고 광케이블 포설이 불가능 지역에서의 가시거리 확보 고객은 무선 브리지를 통하여 4~5Mbps로 고속 서비스를 제공 할 수 있다.

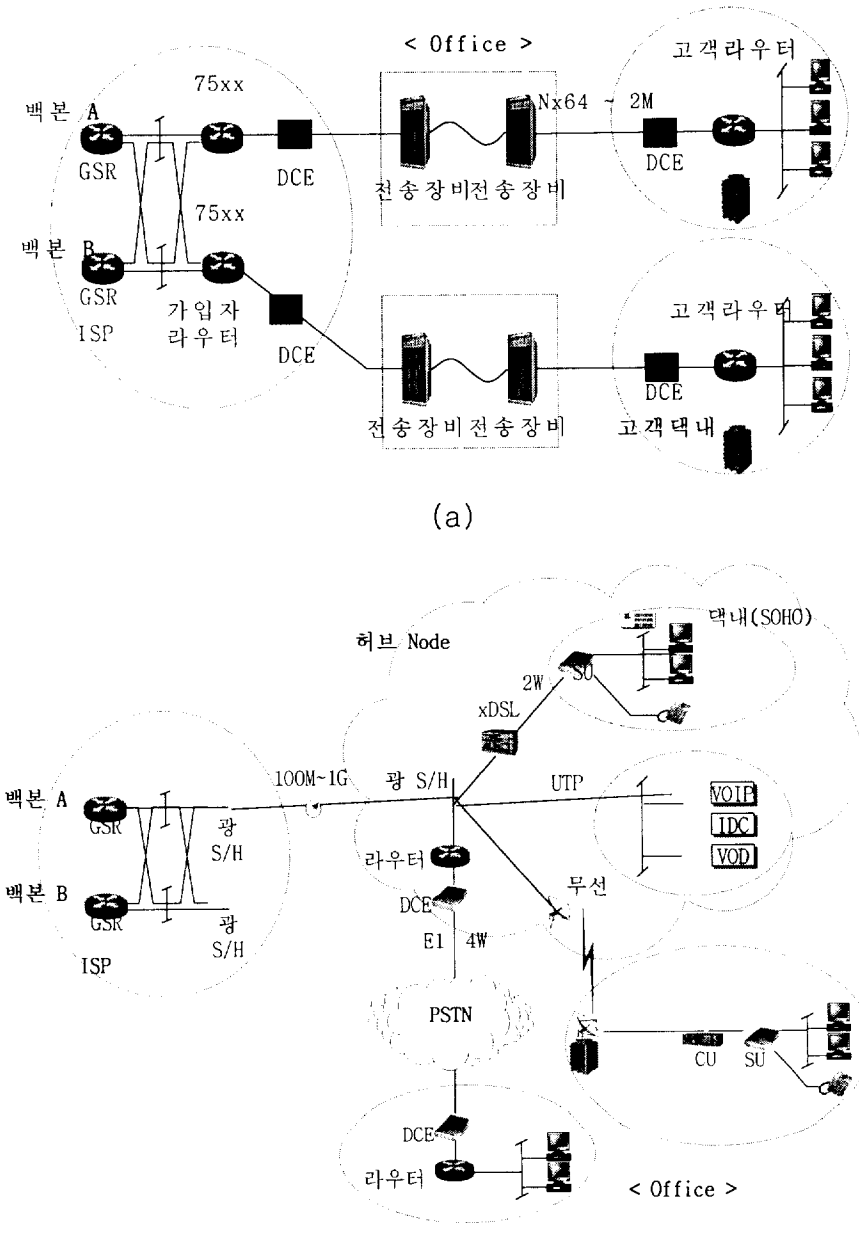


그림 3.2 OFFICE 밀집지역, (a) 기존망, (b) 변경후

또한, 대형 빌딩 밀집 지역은 5~6개 Site를 링 방식으로 Metro Ethernet로 안정적인 망 구현이 가능하다.

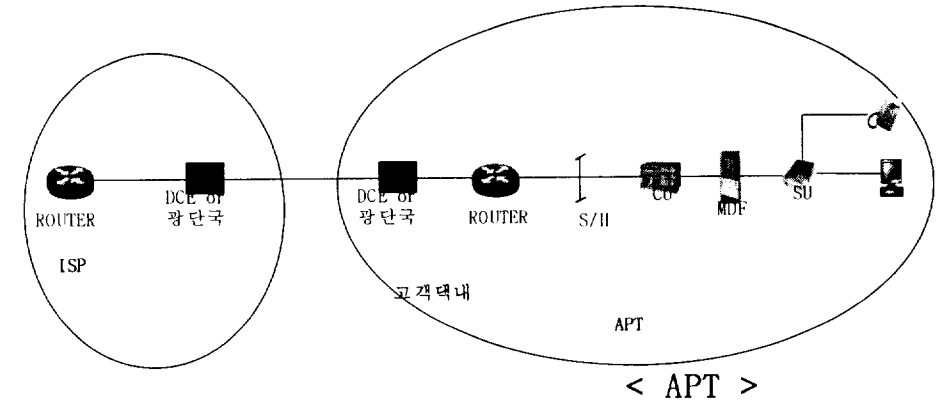
기존의 중 저속 가입자는 망측에 사용중인 라우터가 Metro Ethernet망으로 변환됨에 따라 기존 라우터를 그림3.2와 같이 Switch 뒷단에 억세스 라우터를 설치하여 저가로 서비스를 제공 할 수 있다.

나. 아파트 밀집지역

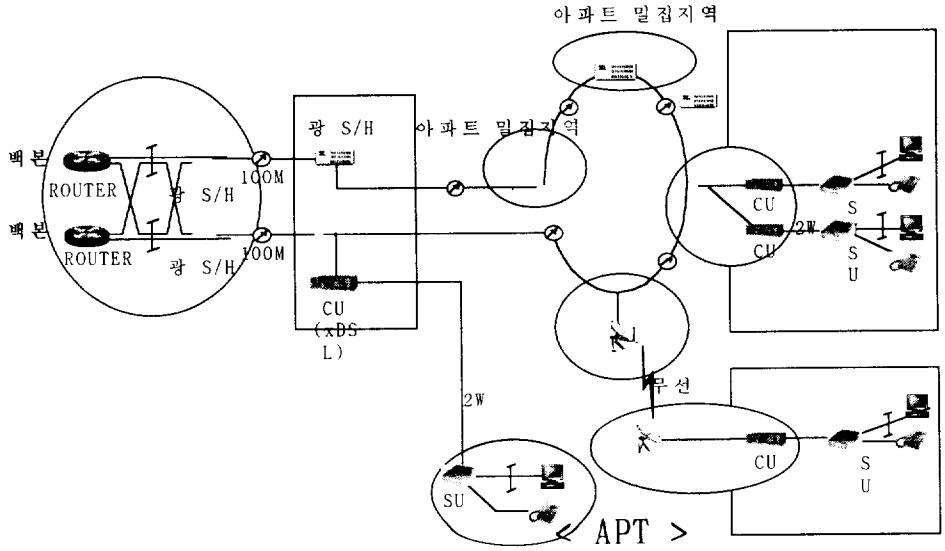
아파트 밀접지역에서의 기존망은 고가의 회선 임차에 대한 부담으로 일정 세대 이상인 300세대이상 다세대 주택을 기준으로 E1회선을 제공하여 xDSL 등의 2M이하의 저가의 서비스를 제공한다.

E1 1회선에 다수의 고객 사용과 인터넷의 다양한 컨텐츠 상품의 사용으로 병목 현상의 문제점이 발생한다. 또한 ADSL 상품도 초기와는 달리 급격한 이용자의 증가로 인해 병목 현상으로 인해1.5Mbps 정도로 사용자는 고속의 서비스를 제공 받지 못한다.

Metro Ethernet 망에서는 그림 3.3와 같이 아파트 5~6개 단지를 링 형태로 구성하여 안정적인 망 구성이 가능하다. 변경 망에서는 아파트를 링으로 구성하므로 광케이블 포설에 대한 경제적 손실이 감소하는 장점이 있다. 기존의 가입자측 정합 장치는 SDSL등 2M이하의 가입자정합 장치를 사용하고 있으므로 VDSL로 전환함으로 인해 최고 1Km 범위 내에서 최고 13~52Mbps까지의 서비스를 받을 수 있다. 인근 아파트의 환경의 열악 및 광케이블 포설이 불가능 할 경우에는 무선 브리지를 이용해, 막강한 Back Plane 공유하여 사용이 가능함으로 인해 고속의 서비스를 제공할 수 있다.



(a)



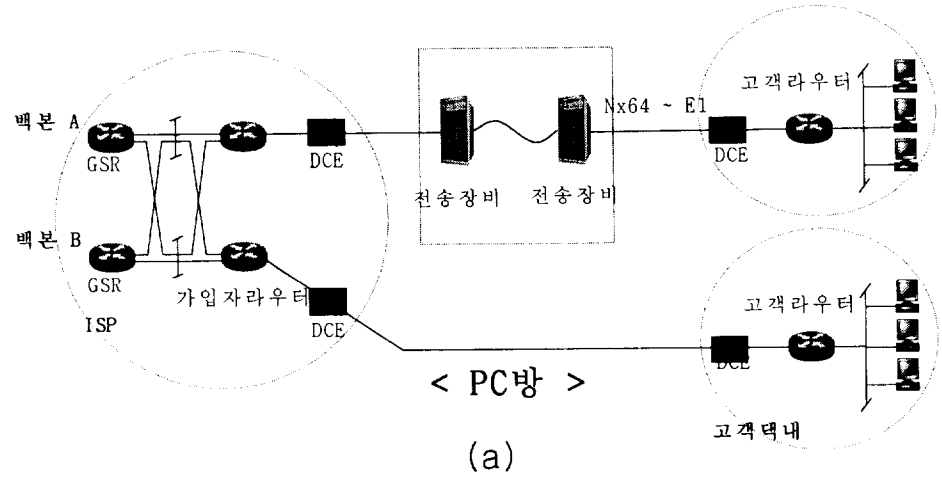
(b)

그림 3.3 아파트 밀집지역, (a) 기존망, (b) 변경후

다. PC방 밀집 지역

PC 방 밀접지역의 기존 망에서 클라이언트의 수에 따라 128K ~ E1까지 서비스 제공하다. 2D,3D 신작 게임의 개발 및 급격 인터넷 수요의 증가로 통신병목 현상이 발생한다. PC방의 밀집으로 인한 치열한 경쟁 체제로 대형화 추세이지만 회선 요금 고가로 기존 저속의 서비스 계속 사용되고 있다.

PC방은 서비스 특성상 중심상권에 위치해 있어 ISP의 가장 경쟁이 치열한 곳으로 통신국사가 적은 ISP는 Hub Site를 구축 후 Point-To-Point 망의 구현으로 인해 장기적인 시장 확보가 가능해 진다. Hub Site 인근 반경은 3Km이내 최소 10가입자를 기준으로 산정하는 것이 가장 바람직하다. Hub Site와 인근 100M까지는 지역은 옥외용 UTP로 직접 구성하는 것이 성능 면이나 경제성에서 뛰어났으며 기본적으로 광컨버터당 1db의 손실 및 광컨버터당 560ns의 Delay 발생으로 UTP로 구성한다. 기존의 중저속 가입자는 망측에 사용중인 라우터가 Metro Ethernet망으로 변환에 따른 기존 라우터는 최적의 솔루션을 제공하기 위하여Switch 뒷단에 억세스 라우터를 설치하여 기존의 방식대로 저가로 가입자 수용 가능하다.



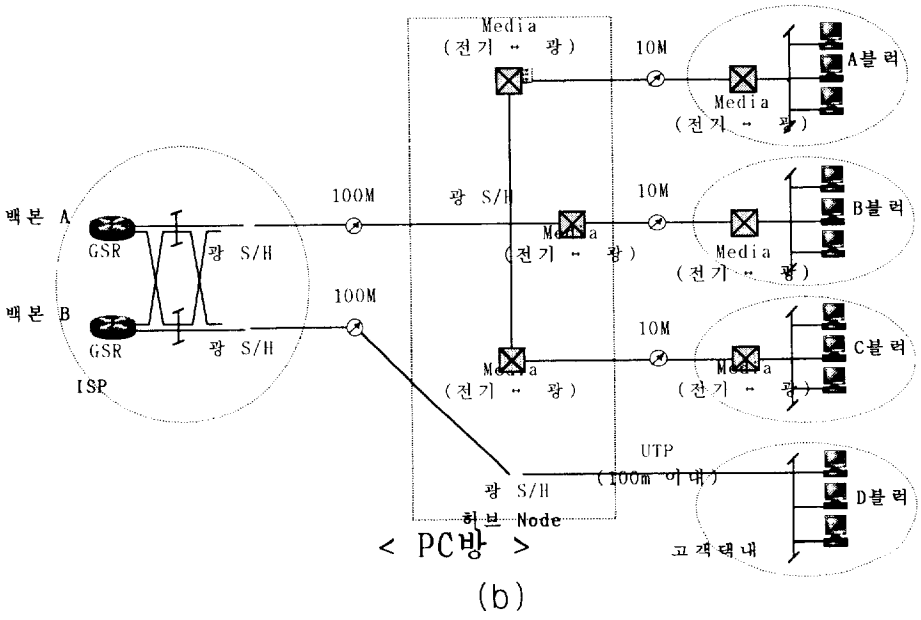


그림 3.3 PC 방 밀집지역, (a) 기존망, (b) 변경망

라. 학내망

학내의 기존망에서는 사용자가 많기 때문에 항상 트래픽이 많이 생기므로 병목 현상이 발생한다. 또한 열악한 기존의 학내망은 최근 무선 트래픽은 증가하고 있지만 서비스는 원활히 제공되지 않고 있다. Metro Ethernet 망은 그림 3.4와 같이 저가로 광대역폭의 이원화된 망 구현이 가능하며. 각 층간은 광케이블을 통한 링 형태로 망을 구현하고 층 내부에는 10/100M UTP로 환경 구현한다, 노트북과 이동전화기와 결합된 PDA 사용자의 증가로 무선랜 망 구현으로 학사관리, 도서대출, 사이버 수업 등, 전자, 모바일 캠퍼스의 이미지에 맞는 네트워크 구축이 시급하다.

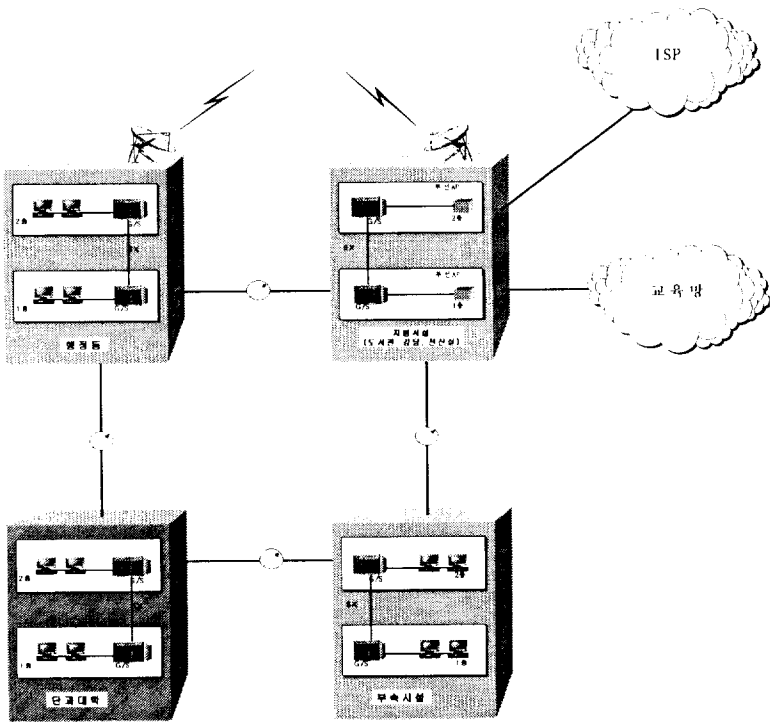


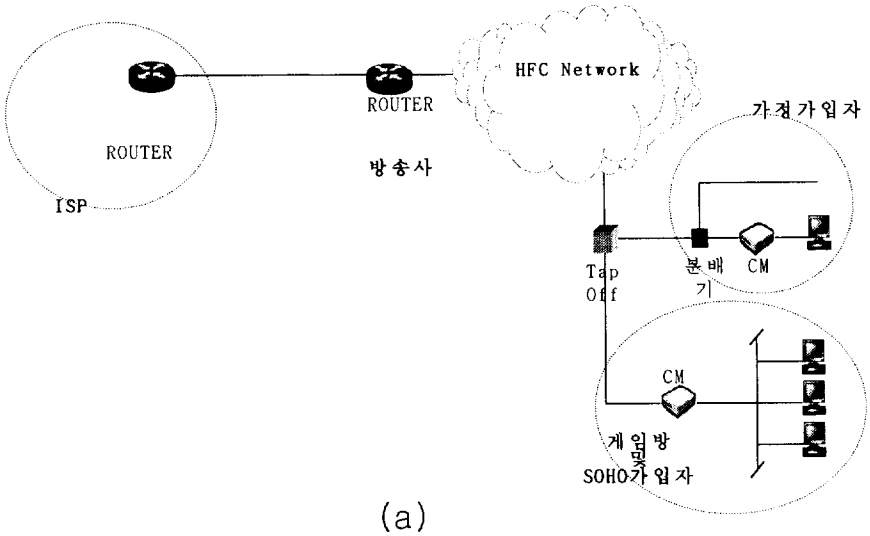
그림 3.4 학내망

최근 영남대학교가 국내 대학에서는 처음으로 한국통신에서 설치한 기가비트 이더넷 백본에 학내망을 직접 연결하는 메트로 이더넷(MAN) 방식으로 캠퍼스 네트워크 구축을 완료했다.

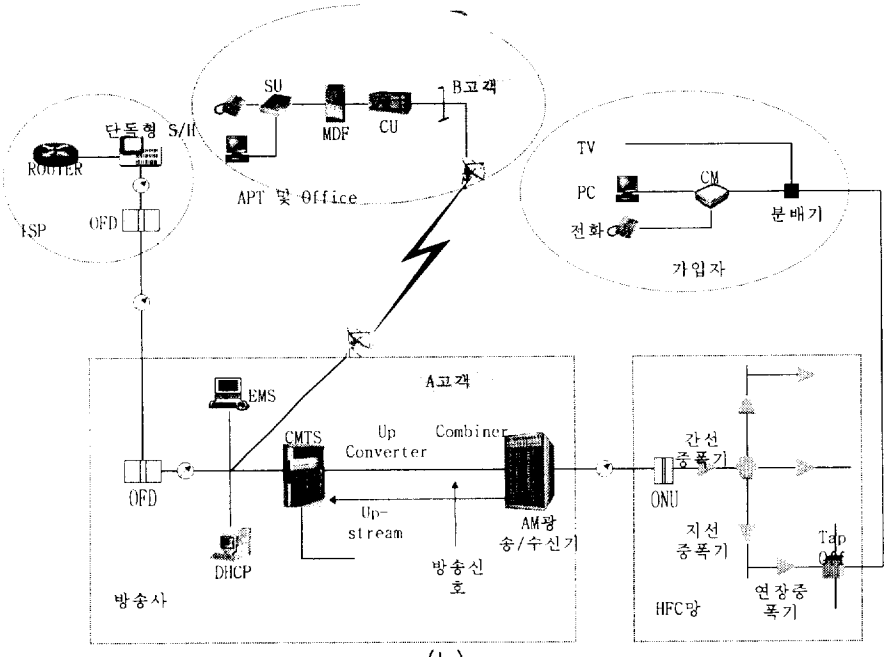
마. 지역 유선 방송사

최근 ISP의 가장 무서운 경쟁 상대로 등장한 지역 유선 방송사는 가장 고객과 밀착한 가입자 망 회선을 구성할 수 있으나 고가의 인터넷 요금 및 장비, 인력부족으로 체계적인 서비스를 제공하지 못하고 있다. 이러한 문제점으로 인해 고속 서비스에는 한계를 가진다.

Metro Ethernet 환경에서 지역 유선 방송사는 특별한 망의 구조 변경 없이 바로 NMS로 1M ~ 수G까지 변환 할 수 있다. CMTS를 이용한 Cell 분배로 효율적인 서비스가 가능하고 대량의 데이터를 사용하는 아파트, PC방, OFFICE 등은 Switch에 직접 광컨버터를 통해서 구현이 가능하고, 무선 브리지를 사용하여 인근 환경 열악한 지역에서도 구현 가능하고, 넓은 대역의 Back Plane으로, 다양한 멀티미디어의 수용이 가능하다.



(a)



(b)

그림 3.5 지역 유선 방송사, (a) 기존망, (b) 변경망

IV. 시험환경 구성과 성능분석 및 고찰

본 장에서는 Metro Ethernet 환경을 구현하면서 성능을 평가하기 위해 Test Bed 환경을 구축하고, 각각의 상황에 따른 특징을 평가한다.

1. 시험환경구성

ISP 사업자는 기존의 SONET기반의 인터넷 환경과 기존의 장비 및 시설을 당분간 유지하면서 안정된 고속의 서비스를 제공하기 위하여 기존의 통신환경을 기준으로 고객의 최단구간에 Hub Site를 설치하여 Metro Ethernet으로 10Mbos Full Duplex로 구성하여 고객까지의 구성 방법 및 특성에 대해 분석한다

가. Network 모델 구성

성능시험 및 평가를 수행하기 위한 구성형태는 그림 4.1과 같다. 그림 4.1의 A고객은 광케이블 포설 불가지역을 위한 구성 형태이다. 그림 4.1의 B고객은 인근지역의 고객을 수용하기 위하여 UTP로 직접수용 했을 때와 광으로 수용 했을 때와의 성능의 문제점을 보기 위한 구성 형태이다. 그림 4.1의 C고객은 Hub Node주변의 고객을 수용하기 위하여 UTP로 수용하기 어려운 지역을 광컨버터를 사용하여 구성한 형태이다. 그림 4.1의 D고객은 인근 아파트를 링으로 구성하기위한 형태이고, 그림 4.1의 E고객은 광케이블 포설이 불가한 가시거리가 확보되는 취약 지역 환경을 구성하기 위한 모델이다.

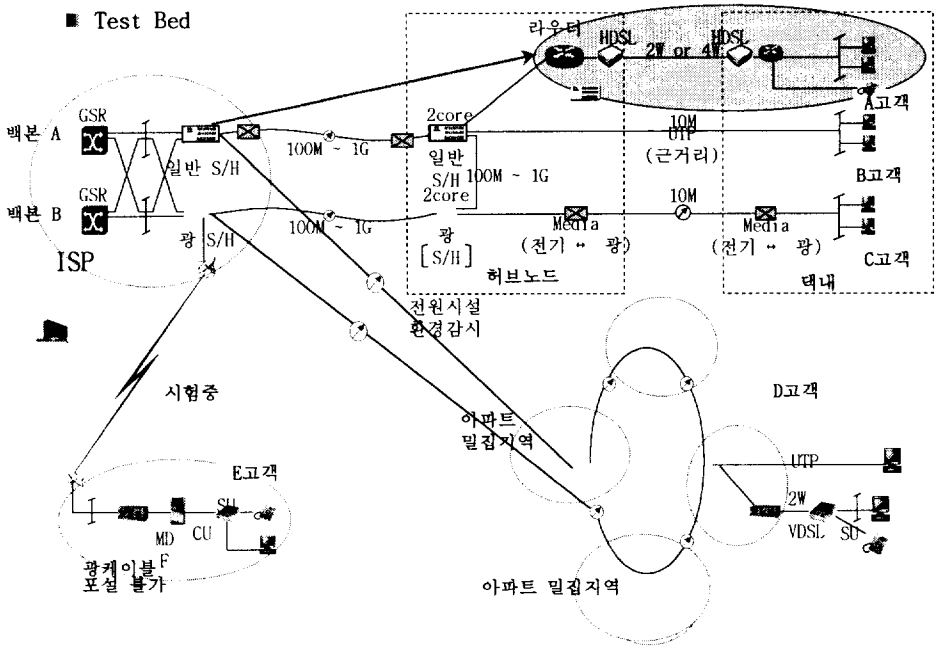


그림 4.1 Metro Ethernet 성능 시험을 위한 구성도

상기 시험 구성에 사용된 Test 매체 및 장비 사용현황은 표 4.1과 같다.

나. Network 특성

TestBed로 사용된 Metro Ethernet망의 특성을 살펴보면 다음과 같다. Metro Ethernet망의 호환성 문제를 검정하기 위한 시험 항목은 표 4.1과 같으며 Core Switch 및 Hub Site의 Switch를 Layer를 달리하여 시험하였고 Layer 2간의 IP Block 구분을 확인하기 위하여 그림 4.2과 같이 L2 Switch Flow를 기준으로VLAN ID를 사용하여 검증하였다.

표 4.1 Test Bed 매체 및 장비 사용현황

<table>
<tr><td>구분</td><td colspan="2">현황</td></tr>
<tr><td rowspan="2">매체기준</td><td>광 + Media Converter</td><td rowspan="2">PC방 중심 100m 지점에서
광케이블로 구성하여 Media Converter를 이용한 구성과 UTP로 직접 구성하여 측정함</td></tr>
<tr><td>UTP</td></tr>
<tr><td>측정 S/W</td><td>Benchebee</td><td>인성정보통신 제공</td></tr>
<tr><td rowspan="3">장비 기준</td><td>기존 xDSL</td><td rowspan="3">아파트 MDF실에서 기존의 Xdsl 환경과
Metro Ethernet 적용후 VDSL 및 UTP로 구성 후 측정함</td></tr>
<tr><td>Metro Ethernet + VDSL</td></tr>
<tr><td>Metro Ethernet + UTP</td></tr>
</table>

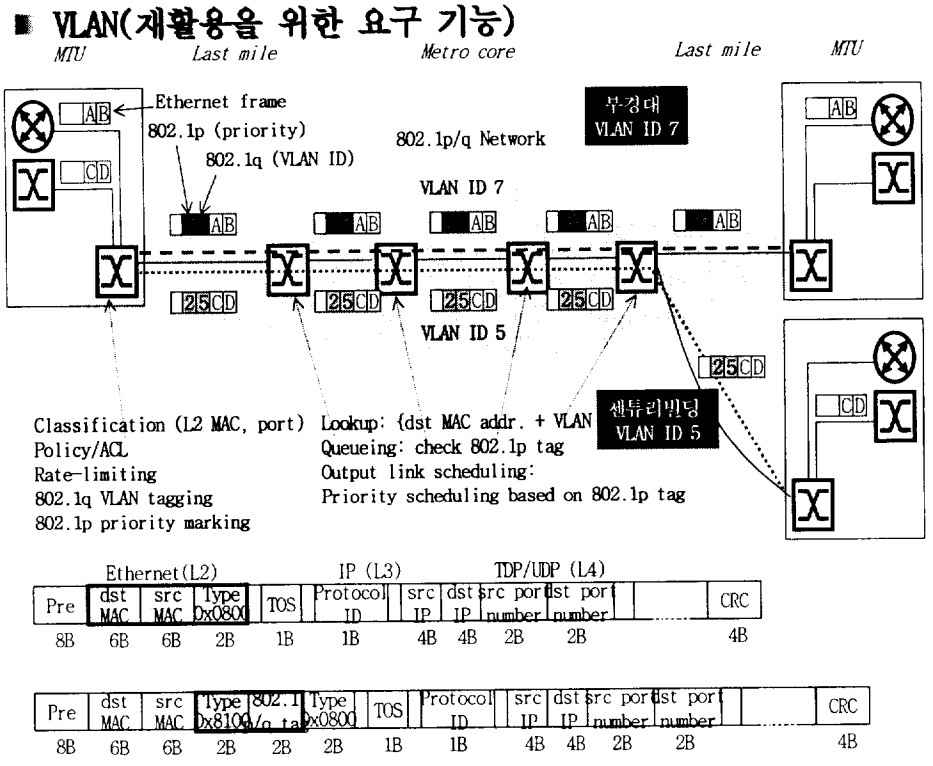


그림 4.2 L2 Switch Qos Flow

다. 시험항목

Metro Ethernet의 경우 Core 장비와 Hub Site의 Edge 장비사이의 망 연동 구간 광 모듈에 따른 안정성과 호환성문제와 Hub Site 구성시에 기존장비를 이용한 최적의 솔루션을 제시하는데 필요한 타사 장비의 연동 시험에 중점을 두었으며 가입자 망 구간은 케이블 매체와 서비스 솔루션 별 거리와 속도를 중심으로 실내환경과 가입자 환경으로 변화를 시켜가며 시험을 하였다. 아래는 성능평가를 위한 항목이다.

1) Core Switch와 Edge 장비의 연동 및 성능 시험

2) xDSL을 통한 기존 ADSL, Cable Modem 등과의 성능비교 및 실내 외 환경에서 통달거리 시험

3) 근거리 가입자 기존의 가입자 환경 변경 없이 UTP 환경 및 광케이블을 통한 광컨버터로 구성했을 때 성능 차이

4) Full/Half Duplex 방식에서의 가입자 성능 비교

5) 단말기 사양에 따른 성능 비교

6) 운영체제에 따른 가입자 단말의 성능 비교

2. 시뮬레이션 결과 분석 및 성능평가

가. Core Switch 와 Edge 장비의 연동 시험

표4.2는 Core Switch와 Edge Switch 사이의 안정성을 평가하기 위한 자료이며, 실제 시험을 수행하기에 앞서 시험의 체계성 및 효율성을 높이기 위하여 각 시험 분야에 대한 시험 항목 및 결과를 작성한 것이다.

이 시험의 목적은 Metro 스위치와 일반 스위치사이의 연동, 일반 스위치간의 망 연동 및 Gigabit모듈의 안정성, 일반 스위치와 연동시 광컨버터의 안정성을 분석하기 위한 것이다.

표 4.2 Metro Ethernet Switch 성능 평가 항목

분류	시험항목	결과
하드웨어 시험	표준랙(19 인치)에 장비고정장착, 모듈장착	O
	전원부 이중화 시험	O
	시스템 OS(갠) Upgrade 수행(tftp & flash)	O
성능시험	L2 Forwarding mode 별 포트 성능시험	O
	L2 Forwarding mode 별 포트 성능시험(flow 증가시)	O
	L3 Forwarding mode 별 포트 성능시험	O
	L3 Forwarding mode 별 포트 성능시험(flow 증가시)	O
	L2/L3 혼용시의 모듈별 성능 시험	O
	L2/L3 혼용시의 모듈별 성능 시험(flow 증가시)	O
	L3 Routing Flapping 시의 모듈별 성능시험(flow 증가시)	O
	ACL 적용시의 모듈별 성능 시험	O
	Media Converter 성능 시험	O
	Gigabit 모듈 성능 시험	O
속도조절	Rate limiting 적용시험	O
연동시험	Metro S/H 와 일반 S/H 와 연동 시험	O
	일반 S/H 와 일반 S/H 의 Metro Ethernet 적용 시험	O

나. xDSL 을 통한 가입자망 성능 평가

기존환경에서 xDSL, Cable Modem 사용시에는 1.5Mbps 전후의 성능(그림4.3)을 보였으나 Metro Ethernet 적용후 6~7Mbps 전후의 속도(그림 4.4)가 지원되었으며 xDSL로 실내환경 적용시 3Km까지는 성능 저하가 없었으나 실외환경 적용시 Noise등 외부의 영향으로 가입자 서비스에는 보장된 속도의 서비스가 어려웠으며, Metro Ethernet 환경으로 변환시에는 기존 라우터를 xDSL의 C.U(Central Unit) 장비의 위치에 병행하여 HDSL을 사용하여 E1까지 보장된 속도로 3~4Km까지는 가입자 장비의 변환 없이 사용 가능하므로, 모든 가입자 환경이 광으로 변환 되기 전까지는 광케이블 포설이 불가능한 지역에 활용하면 E1속도의 보장으로 당분간은 상당한 효과가 있을 것으로 기대된다.

사용장비 현황에 따른 결과 분석(변경전)

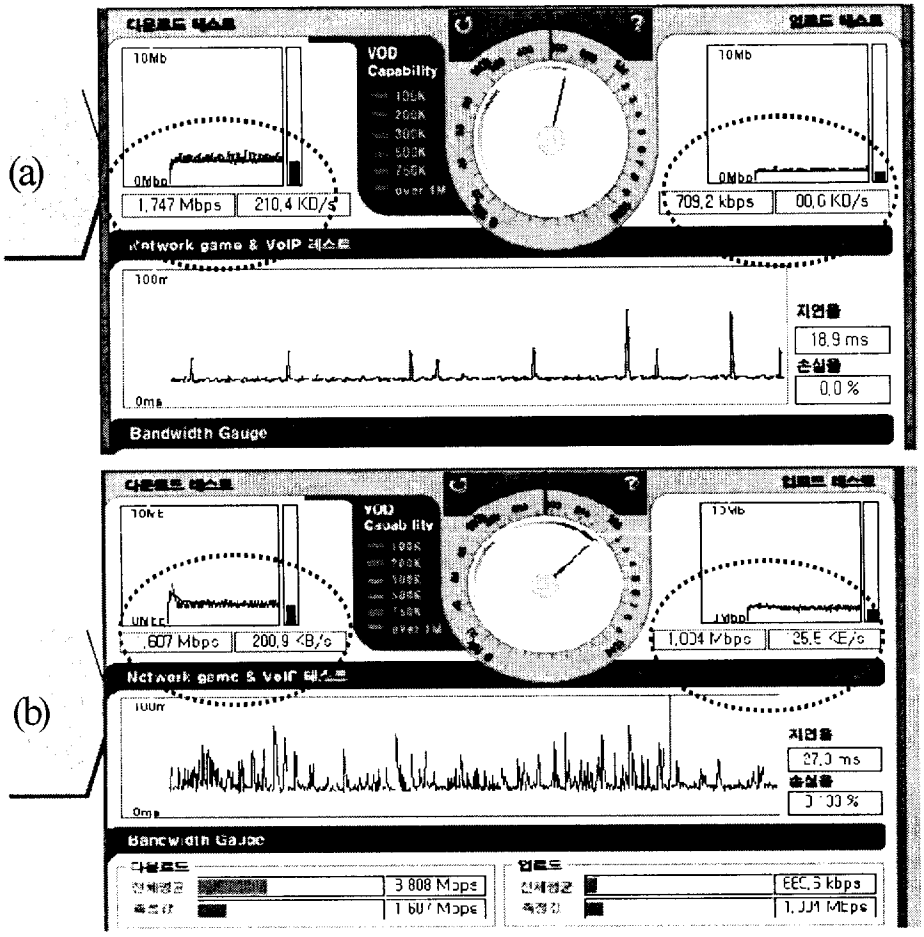


그림 4.3 사용장비 현황에 따른 결과 분석(변경전), (a) 기존 xDSL의 경우, (b) 기존 CM의 경우

사용장비 현황에 따른 결과 분석(변경후)

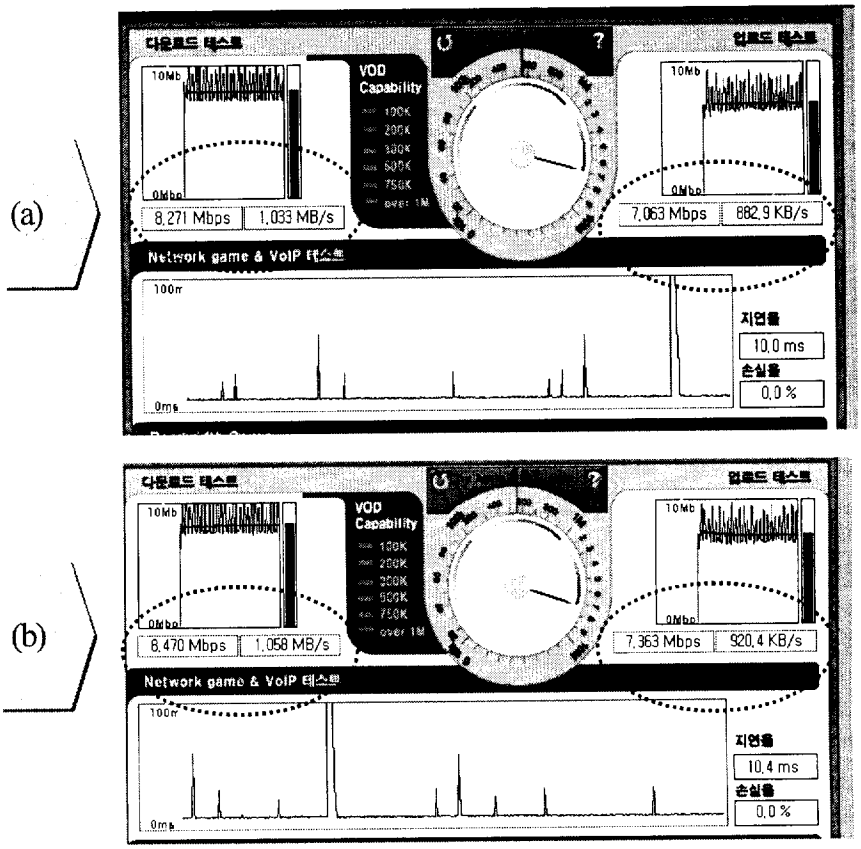


그림 4.4 사용장비 현황에 따른 결과 분석(변경후), (a) VDS 의 경우, (b) UTP 의 경우

다. 근거리지역 UTP 및 광컨버터로 구성 성능 비교

Hub Site인근은 UTP로 직접구현과 광컨버터(Media Converter)를 통한 구현을 비교한 결과 광컨버터의 사용은 양측의 광,전기신호의 변환에 560ns의 Delay 및 접속점 과다로 인한 손실로 근거리는 UTP로 10Mbps로 200M, 100Mbps로는 100M까지는 성능 면에서 더 뛰어난 것으로 나타 났으며 그 결과는 그림 4.5은 100M 지점에서 상단은 광컨버터를 사용하여 측정한 값이며 다운로드 속도가 5.632Mbps, 업로드 속도가 3.568Mbps이며 하단은 UTP로 직접 구성하여 다운로드 속도가 6.488Mbps, 업로드 속도가 5.453Mbps가 측정되었으며 근거리지역에서는 UTP로 직접구성하는 것이 성능이 튀어남을 알 수 있다.

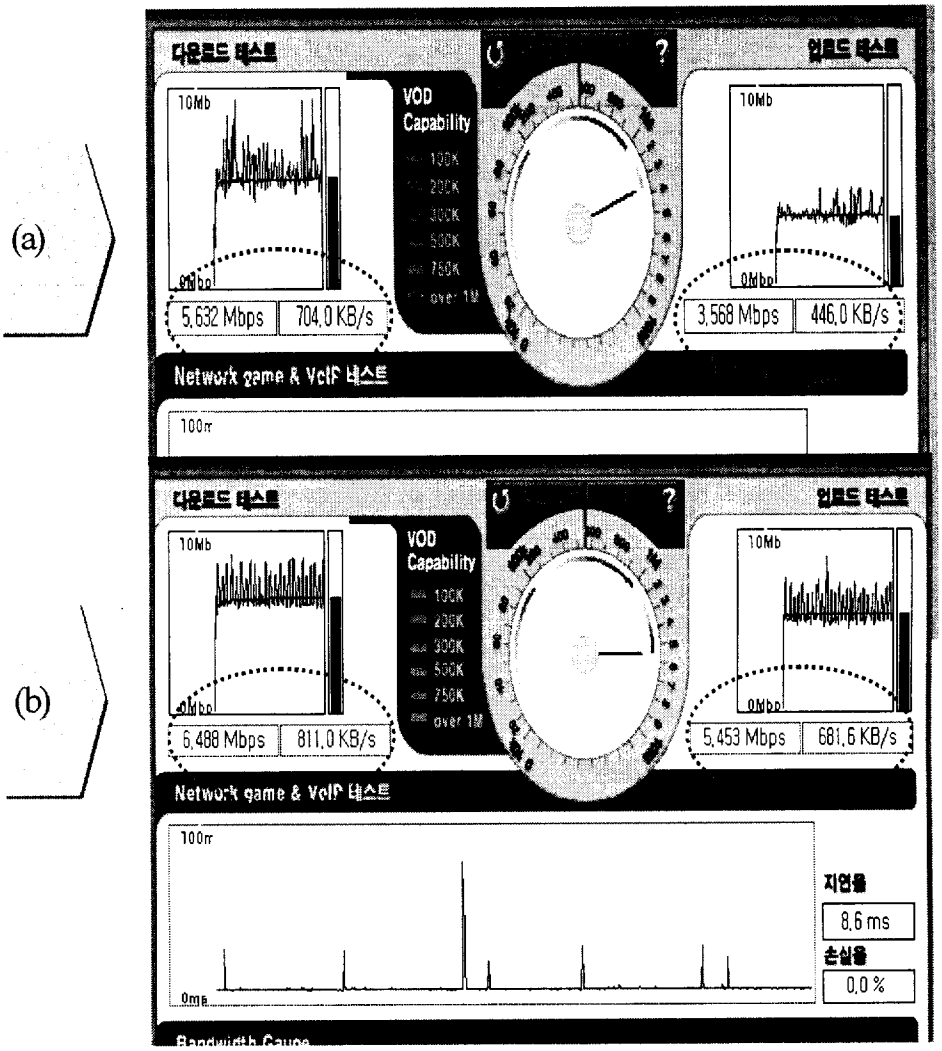


그림 4.5 매체 현황에 따른 결과 분석, (a) 광 MC 의 경우, (b) UTP 의 경우

라. Full/Half Duplex 방식에 의한 속도의 변화

Half Duplex 방식보다는 Full Duplex방식이 동시에 In-Out가능하며, 이더넷에서 Half Duplex로 사용 시 33%정도의 Loss가 발생하므로 기본적으로 2~3Mbps 이상의 속도 향상이 있었으며, 광컨버터, 스위치, LAN CARD의 매뉴얼상 Spec방식과는 상당한 차이가 있었으며, 특히 가입자측에 사용된 스위치는 기존은 E1이하의 저속급의 서비스이기 때문에 문제가 없었으나 메트로 이더넷 서비스는 가격이 저가이지만 고속의 서비스가 가능하므로 가입자 In-Service시 충분히 검증 후 제품 구매가 필요하다.

마. 단말기 사양에 따른 성능 비교

Pentium III 500MHz이상 메모리 128M의 PC에서는 CPU와는 무관하게 동작하였으며 최근 멀티미디어의 발전으로 프로그램 사이즈가 증가하여 메인 메모리를 증가함에 따라 성능이 개선되었으며 512M 이상은 거의 동일한 현상을 보였으므로 단말기 사양은 PIII 5000Mhz이상 메인 메모리 512M정도에서 최적의 성능인 것으로 나타남

바. 운영체제에 따른 성능 비교

일반적으로 User는 대부분 Win 98을 사용하고 있었으며 Win 2000과의 성능 차이를 알아보기 위하여 노트북, 데스크탑PC 모두를 평가 했는데 Win 98보다 Win 2000사용시에는 공유메모리 제어방식 및 커널구조의 개선으로 상당히 빠른 속도는 나타내었다.

사. 성능 평가

위와 같은 환경에서 기존장비와의 연동 및 성능은 표 4.2와 같이 양호한 것으로 나타났으며, VLAN을 통한 IP Block 구분 문제도 없었으며 기존 기존환경에서 사용하는 것보다는 Metro Ethernet 환경에서 구내 속도를 개선하기 위해서는 그림 4.3의 기존환경 보다는 그림 4.4와 같이 뛰어난 것으로 판명되었으며, 근거리에서는 그림 4.5에서와 같이 광컨버터를 통한 광보다는 단일의 UTP가 성능이 뛰어난 것으로 판명되었으며 , 단말기는 Win98보다는 Win 2000을 사용하여 CPU 보다는 메인 메모리 사이즈를 높였을 때 성능이 뛰어난 것으로 분석되었으며 표4.3은 메트로 이더넷망을 가입자망으로 적용한 결과 분석이다.

표 4.3 Metro Ethernet 망을 가입자 망으로 적용한 결과 분석

Metro Ethernet망을 가입자 망으로 적용한 결과 분석(경제성 & 성능개선)

구분	기존	Metro Ethernet 가입자망
통신국사	Head Center중심(E-T-E)	밀집지역 반경 3~5Km 내 분리 가입자망 설치 요구됨
근거리	무조건 광	100 M 이내는 UTP로 적용 사용이 유리
구내	ADSL, E1 이하의 가입자 정합 장치	VDSL, UTP로 개선 요청됨
IP 분리	Layer 3	VLAN으로 Layer2에서 제약점 해결
기존장비 활용 가능성	-	VLAN 기능이 지원되면 기존 장비 M.E 사용 가능함
광케이블 포설 불가능 가입자 서비스 제공	-	기존 국사의 라우터를 Hub Site로 전진 배치해서 E1 회선 제공 가능
운영체제	Win 98	Win 2000이 기존 98보다 25%의 성능 향상이 있음(커널구조, 공유메모리)

V. 결 론

본 논문에서는, 인터넷 사용자의 증가와 멀티미디어 서비스가 증가함에 따라 통신 인프라 기반이 약한 ISP 사업자의 안정적인 서비스를 제공하기 위하여 수요자별 네트워크 구성방법을 제시하였고, 제안된 네트워크 구성을 Test bed을 통하여 성능을 분석하고 평가하였다.

Metro Ethernet을 가입자 망으로 적용시 통신 인프라 기반이 약한 ISP는 오늘날과 같은 경쟁 체제 하에서는 End-To-End 광케이블 포설은 경제성이 없으며 Hub Site 선정을 통한 반경 3Km이내의 10가입자 이상 확보한 상태에서 Metro Ethernet 인프라 구축이 타당해 보이며, 시험결과 근거리 100m 이내는 현재의 가입자 장비 변경 없이는 UTP로 직접 구성하는 것이 600Kbps이상 성능이 뛰어난 것으로 나타남, 그리고 단말기 성능은 Win98보다는 Win2000이 2Mbps 뛰어 났으며, Win98은 PC의 성능에 속도의 변화가 민감한 반면 Win2000은 커널구조 및 공유메모리 제어 기술의 변화로 PC성능의 변화에 안정적인 속도를 유지하였으며, 멀티미디어의 발전으로 프로그램 사이즈의 증가로 CPU보다는 메인 메모리 사이즈에 따라 성능에 차이가 났으며, 그리고 아직까지는 xDSL은 Hub Node 외부를 벗어난 외부 인근빌딩 가입자까지 시맨틱한 2M의 이상의 데이터를 안정적으로 제공하지 못하는 것으로 평가되었다. 그리고 기존의 APT, 대형 office빌딩은 5~6개 Site를 Metro Ethernet 링으로 구성후 구내를 VDSL 혹은 UTP로 직접 구성시 기존 SONET/SDH보다 최소 50%이상의 성능이 향상되었다. 향후 해결해야 할 과제로는 기술발전의 추이를 볼 때 트래픽의 증가는 불을 보듯 자명한 상황이므로 기존의 동선 인프라로는 멀티미디어를 수용하기 어려움으로 지금부터 아파트, 대형 빌딩 등은 구내 배

선시 Fiber로 구성이 바람직하며, 기존의 FTTO(C)+xDSL은 FTTH의 형태로 빠른 전환이 이루어져야 한다. ISP는 과당 경쟁으로 인해 수입기반 취약 상태에서 향후 2~3연내 10M, 10만원의 시대에 대비한 수익기반을 마련해야 하다. 통신사업자의 망 구축과정에서 가장 경제적 부담으로 작용하는 것이 가입자 망의 구성이다. 더 이상의 과도한 경쟁으로 국가의 손실을 막기 위해서는 가입자망 공동활용 방안을 폭 넓은 논의가 이루어 져야 한다. 즉 가입자동선, 지중관로, 지상전주 및 광케이블을 포함한 제도적인 정비 및 현실성 있는 대안이 제시되었을 때 End-User는 최상의 서비스를 저렴한 가격에 제공받을 것이다.

참고문헌

[1] 곽치영, "광전송기술실무", 데이콤사내광전송교재 pp.128-142, 1998 년 4 월

[2] Davis passmore, "Ethernet :Not Just for 2000 LANs any more", BCR J 2000 년 8 월

[3] 손장우, "Metro Optical Ethernet : MPLS-based TLS service", 2000 년 5 월

[4] IEEE 802.3.ae Public Area, http://grouper.ieee.org/groups/802/3/10G_study/public

[5] 10Gigabit Ethernet Alliance(10GEA), http://www.10gea.org

[6] 10Gigabit Ethernet Resource Site, http://www.10gigabit-ethernet.com

[7] Rich Seifert, Gigabit Ethernet, Technology and Application for High Speed LANs, Addison-Wesley, 1998.

[8] 이찬구, 김대영, "10 기가비트 이더넷 기술동향," 한국통신학회논문지 16 권 12 호 pp. 59-69, 1999 년 12 월.

[9] IEEE Draft P802.3ae/D1.0, Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layer, and Management Parameters for 10Gb/s Operation, Sept., 2000.

[10] 강태규외 3 인, "10 기가비트 이더넷을 위한 새로운 선로부호 MB810," 한국통신학회하계종합학술대회, Vol. 21, No.1, pp.699-702, 2000 년 7 월.

[11] 손장우, "메트로 옵티칼 이더넷 기술의 이해", on the Net , 2001 년 3 월.

[12] A. X. Widmer and P. A. Franaszek, "A DC-Balanced, Partitioned-Block, 8B/10B Transmission Code," IBM J. Res. Develop., Vol. 27, No. 5, pp. 440-451, Sept. , 1983.

[13] 10Gigabit Ethernet Forum, http://www.10gigabit-ethernet.or.kr

[14] 월간산업정보, 1(10) 기가비트 이더넷 특집 기사, pp. 100-102, 2000 년 7 월.

[15] 김학용, "메트로 네트웍을 위한 전광 패켓 스위칭:기회와 도전", 2000 년 3 월

[16] S. Yao et al., "All-Optical Packet-Switched Networks : A Study of Contentions-Resolution Schemes in an Irregular Mesh Network with Variable-Sized Packets," Proc. OptiComm 2000, Richardson, TX, Nov. 2000.

감사의 글

이 한편의 작품을 위해 밤을 벗삼아 보냈던 지난 시간이 주마등처럼 스쳐 지나가며 아쉬움과 가슴한구석에 뿌듯한 자부심을 느낍니다.

본 논문이 완성되기까지 아낌없는 지도와 가르침을 주시고 어려울 때마다 격려해주신 정신일 지도 교수님께 먼저 진심으로 감사 드립니다. 그리고 많은 조언과 충고로 보다 나은 논문이 되도록 심사해 주신 김성운교수님께 깊이 감사드립니다. 또한 대학원 2 년 과정 동안 많은 배움을 주신 정보통신공학과 하덕호교수님,김석태교수님,윤종락교수님,장주석교수님께 감사의 말씀 드립니다.

이 논문을 작성하기 위해 서면 길바닥에 앉아 같이 고생한 박종만 대리, 파워포인트로 열심히 그림을 그려준 옥음사의 이승주 대리 자료 등 여러모로 도움을 준 박두진, 양준영선생님, 노동섭씨에게 고마움을 전합니다. 그리고 이 논문을 마칠 수 있도록 항상 많은 격려와 편의를 제공해주신 최기영팀장, 김현을 과장, 한동훈 대리 및 운용팀 동료들에게도 진심으로 감사를 드립니다.

끝으로 이 논문이 완성되기까지 가장 큰 힘이 되어준, 제 사랑하는 아내 조영민, 논문으로 지쳐 놀러 한번 못 데려가도 불만 없이 아빠를 걱정해주는 큰 공주 이미령,작은 공주 이자형, 그리고 항상 가까이서 격려를 아끼지 않은 장인어른, 처형,처제네 가족들 언제나 많이 자고 살찌라고 말씀하시는 부모님, 형제들과 이 기쁨을 함께하고 싶으며 서울에서 혼자 고생하고 있는 처남의 빠른 쾌유를 빌며, 힘들고 어려울 때 포기하지 않도록 아울러 주위에서 도움과 격려를 해주신 모든 분들에게 감사를 드립니다.

2001 년 12 월

이 동 국