

광스위칭 기반 차세대 인터넷

Next Generation Internet Based on Optical Switching Technology

함진호(J.H. Hahm)
강신각(S.G. Kang)
박기식(K.S. Park)
박치항(C.H. Park)

통신프로토콜표준연구팀 책임연구원
통신프로토콜표준연구팀 책임연구원, 팀장
표준연구센터 책임연구원, 센터장
정보화기술연구본부 책임연구원, 본부장

본 고에서는 차세대 인터넷 구축을 위한 요소 기술에 대하여 전반적으로 살펴본다. 우리는 현재보다 1,000배 빠른 차세대 인터넷의 구축을 목표로 하고 있다. 따라서 과연 그만큼 빠른 인터넷의 구축이 필요할 것인가를 검증하는 차원에서 향후 5년 정도의 가까운 시일 내에 있을 인터넷 트래픽의 증대에 대한 수요를 서비스 측면에서 살펴본다. 차세대 인터넷은 풍부한 전송대역폭의 제공과 QoS를 기반으로 한 신뢰성 있는 데이터의 전달을 특징으로 하며, 이를 위해서 광스위칭 기반의 전송 하부구조 위에 MPLS 기술이 사용될 것으로 예상된다. 이를 위한 요소기술로 DWDM 전송기술, MEMS 기반의 광스위칭 소자기술과 함께 광스위칭 기술에 지능을 부여하기 위한 표준화 동향에 대하여 살펴본다. 현재의 IP 기반 인터넷에서 제공하지 못하는 QoS 기능은 MPLS에서 가능하게 될 것이다. MPLS에서의 중요한 응용인 트래픽 엔지니어링과 VPN 서비스는 망이 보다 안정적으로 유지될 수 있도록 지원하면서 기업들이 MPLS 망을 이용하여 자신의 망을 구축할 수 있도록 지원할 것이다. MPLS 기술은 IETF에서 표준화가 진행되고 있으며 라우터 개발업체 및 ISP의 큰 지원을 받고 있다. 차세대 인터넷을 위해서는 전달망의 구축도 필요하지만 이와 함께 차세대 인터넷 응용을 위한 컴퓨팅 인프라도 균형있게 개발되어야 한다. 따라서 현재 그 윤곽을 드러내고 있는 차세대 인터넷 응용 인프라 환경에 대하여 그 등장 배경과 관련 기술에 대하여 조망한다. 차세대 인터넷의 개발을 위해서는 광처리 관련 원천 기술, 프로세서 개발 기술, 라우터 설계 기술 및 서버 개발 기술, 어플리케이션 기반 기술 및 사용자 인터페이스 기술들이 전략적으로 이음새 없이 매끄럽게 통합되어야 한다. 이러한 관점에서 필요한 요소기술들을 다수 보유하고 있는 ETRI의 역할은 매우 중요하리라 생각된다.

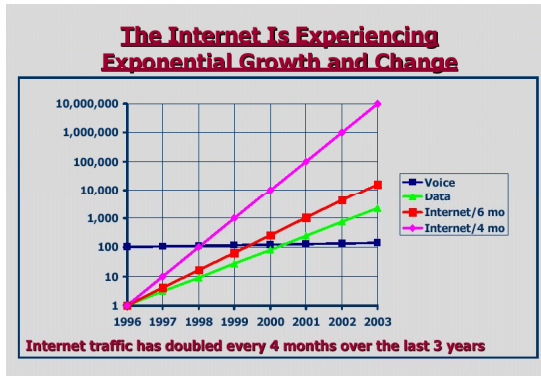
I. 서론

1999년 말은 인터넷에 있어서 매우 중요한 의미를 갖는다. 대부분의 인터넷 분석가들은 이 때를 인터넷 트래픽이 전화망 트래픽의 규모를 넘어선 시점으로 보고 있다. 이 때의 트래픽은 각기 초당 1테라비트 정도 되었으리라 추정하는데, 이러한 규모는 전화망의 경우 회선 당 트래픽을 64kbps로 할 때 약 1,500만 명이 동시에 통화하는 셈이 된다. 전세계의

전화가입자 수를 약 10억대라고 한다면 하루에 대당 22분 30초씩 통화하는 것과 같다(그림 1).

지난 5년간 인터넷 트래픽의 규모는 매년 10배 가량씩 증가하여 왔으며, 대부분의 ISP 사업자들은 이러한 증가 추세가 적어도 향후 5년간 유지될 것으로 전망하고 있다. 그것은 아직 인터넷 트래픽의 증가 추세가 수그러질 조짐이 나타나지 않고 있으며 트래픽의 폭발적인 증가세에 기여할 여러 어플리케이션의 등장을 눈앞에 두고 있기 때문이다. 이와 같

은 성장세가 향후 5년간 꾸준히 이어진다고 할 때 2005년 경이면 지금보다 수만 배에 달하는 백본 네트워크 용량의 증대가 있어야 할 것으로 보고 있다 [1].



(그림 1) 인터넷 트래픽의 증가 추세

그러나 라우터를 대용량화 하기 위하여 단지 핵심 부품을 빠른 소자로 대체하거나 시스템을 대형화 하는 방식만으로는 문제가 해결될 수 없다. 새로운 설계 개념에 입각한 이노베이션이 있어야 하며 이것이 바로 광스위칭 기술을 기반으로 하는 인터넷이다.

스위칭 장치의 고성능화와 함께 진행되어야 할 것이 선로의 증설 문제이다. 이를 위해 이미 지상과 해저에서 매년 엄청난 규모의 광케이블이 포설되고 있다. 1999년과 2000년의 단지 1년 사이에 해저케이블의 전송용량이 얼마나 증가하였는지를 알 수 있다[2]. 전송용량의 증대는 물리적인 광케이블의 포설과 함께 광섬유에 보다 많은 광 신호를 실어보내기 위한 DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing) 기술의 발전에 기인한다. DWDM 방식을 이용하면 조만간 한 가닥의 광섬유에 1,000개의 광 신호를 탑재할 수 있게 된다. 각각의 광 신호는 각기 다른 파장의 램다에 실리게 되는데 램다 하나에 대략 2.5기가비트에서 40기가비트의 신호를 실을 수 있으므로 한 가닥의 광섬유를 통해 보낼 수 있는 데이터의 용량은 10테라 비트가 된다. 산술적인 계산으로만 따진다면 1999년 말 지구상에 존재하였던 인터넷과 전화망의 모든 트래픽을 한 가닥의

광섬유에 수용할 수 있는 셈이 된다.

II. 향후 인터넷 트래픽에 대한 전망

본 장에서는 기술적인 사항들을 살펴보기에 앞서 차세대 인터넷 구축의 필요성에 대하여 점검한다. 차세대 인터넷 기술 개발을 통해서 지금보다 수천 배 이상의 트래픽을 처리할 수 있는 인프라가 구축된다고 할 지라도 과연 그것이 제대로 쓰일 것인가에 대하여는 국가적인 중대 프로젝트를 시작하는 시점에서 다시 되짚어보지 않을 수 없는 문제이다. 따라서, 본 장에서는 향후 트래픽의 증가 추세를 짐작케 하는 몇 가지의 징후들을 살펴보기로 한다. 하지만 연구 개발자 및 사업가들의 비전 및 과감한 모험 정신과 함께 이를 충분히 수용할 수 있는 차세대 인터넷의 인프라가 구축되지 않는다면 이는 단지 산술적인 계산에 머무르게 될 것이다. 차세대 인터넷 인프라는 구축되었으나 이를 이용할 서비스 및 트래픽이 없다면 차세대 인터넷 환경 구축에 투입된 비용은 낭비되는 것일 뿐이며, 차세대 인터넷은 구축되었지만 요구되는 트래픽을 처리하기에 부족한 규모라고 한다면 우리는 선진 정보강국으로 진입할 수 있는 기회비용을 상실하게 될 것이다.

1. 가입자 망의 광대역화 추세

우리나라의 경우 ADSL과 케이블 모뎀을 사용하는 광대역 서비스 가입자들이 꾸준히 증가하여 2000년 말이면 400만을 넘어설 것으로 예상하고 있다. 또한 인터넷 사용자는 1,600만 명을 넘어서고 있다. 현재 모뎀을 사용하던 사용자들이 모두 ADSL로 교체한다면 모뎀의 56kbps 수준의 전송속도와 ADSL의 5Mbps 급의 전송속도(현재는 백본 망 및 서버의 용량 부족으로 인하여 ADSL이 제공할 수 있는 충분한 전송대역폭을 제공하고 있지는 않다)를 산술적으로만 비교하여 볼 때 약 90배 정도로 용량이 증가하게 된다. 또 모뎀의 경우는 하루에 20~30분 정도 사용하는 것이 고작이지만 광대역인

터넷을 통하여 오디오 비디오 정보를 교환한다면 라디오나 TV 만큼의 오랜 시간을 사용하게 될 것이다. 즉 하루 3~4시간 정도를 사용한다고 할 때 사용시간에 있어서 10여 배의 증가가 발생하게 되므로 이러한 인자를 상호 곱해보면 지금 현재의 인터넷 백본 용량에 비하여 1,000배의 단순 증가를 보이게 될 것이다.

하지만 이것은 서비스의 고급화 및 다양화를 고려하지 않은 것이다. 현재의 ADSL로는 HDTV 급의 영상을 전송하는 것은 불가능하다. 고급 영상 정보의 교환을 원한다면 ADSL은 VDSL로 발전되어야만 한다. VDSL의 경우는 downstream으로 22Mbps, upstream으로 3Mbps의 전송속도를 보장하고 약 3,000 feet까지 전송이 가능하다. 이것은 약 19Mbps의 전송속도를 필요로 하는 HDTV를 만족하는 통신속도이다.

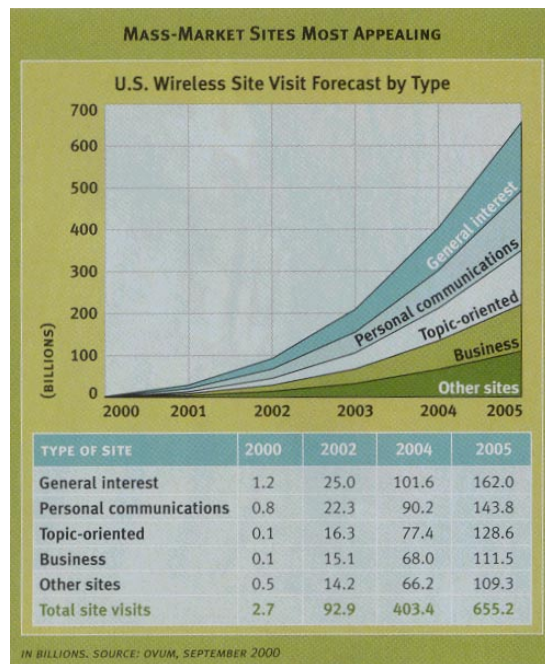
만일 더 이상의 전송속도를 얻고자 한다면 각 가정마다 광섬유가 들어가야 하며, 바로 일본이 그와 같은 계획을 수립하고 있다. Fortune에 실린 바에 의하면 새로 건축되는 가옥에 광섬유를 포설하는 비용은 약 1,500달러 정도로서 케이블 모뎀이나 ADSL 모뎀을 설치하는 데 드는 비용 1,400달러에 비하여 큰 차이가 없다고 한다. 만일 가정에 수백 Mbps의 전송속도를 필요로 하는 어플리케이션들이 등장하게 된다면 광섬유의 포설이 가속화 되리라고 예상된다. 가정에 광섬유가 들어가게 됨으로써 발생하는 가입자 망에서의 용량 증대는 인터넷 백본망의 용량 증대에 다시 반영될 것이다.

2. 무선 인터넷

ADSL이나 케이블 모뎀과 같은 유선 네트워크와 함께 인터넷 트래픽의 증가에 기여하게 될 것은 이제 막 기지개를 켜기 시작한 무선 인터넷이다. 앞으로 IMT 2000 서비스가 시작되면 우리는 최대 2Mbps의 데이터를 이동중에도 교환할 수 있게 될 것이다. 무선 전화를 대체하게 될 IMT 2000 서비스와 함께 지금까지 유선 방식으로 설치되던 근거리

통신망의 경우도 설치 및 이동에 따른 간편함 때문에 무선랜 방식이 보편화되고 있다(그림 2).

OVUM에서 지난 9월에 발표한 자료에 의하면 2005년 경이면 미국의 경우 무선 단말기를 이용하여 연간 6,500억 번의 웹 사이트를 방문하게 될 것이라고 전망하고 있다[3]. 하지만 아직까지는 무선 단말기의 화면이 작고 전송속도가 느리기 때문에 PC를 통한 정보 검색보다 서너 배의 시간이 요구되며 접속 비용도 훨씬 비싸므로 개선할 점이 많다. 앞으로 블루투스 방식의 무선 인터페이스가 보편화 되면서 단말기의 무선화는 더욱 급속도로 진행되리라 예상된다.



(그림 2) 무선 인터넷의 증가 추세

3. 디지털 개지트(gadgat)

우리 주위에 있던 많은 장치들이 디지털화 되고 있으며 새로운 개념의 디지털 장치들도 속속 등장하고 있다. 이들은 유선 또는 무선 네트워크로 인터넷에 연결되면서 많은 트래픽을 발생시키게 될 것이다.

이들 장치들은 휴대성이 무엇보다도 강조되고 있다. 이들 장치들은 집에서는 유선 광대역통신망에 접속되고, 이동중에는 무선 통신을 통하여 데이터를 교환하게 될 것이다. 이러한 장치들이 늘어남에 따라 가정 내에 서버가 필요하게 될 것이다. 가정용 서버는 풍부한 디스크 용량과 빠른 네트워크 속도를 갖고 여러 정보 기기들이 서로 데이터를 교환할 수 있도록 도와 줄 것이다. 어떠한 장치들이 있는가 살펴보기로 하자.

가. 디지털 카메라

이미 3백만 화소급의 디지털 카메라가 500달러 미만의 가격으로 공급되고 있으며, 7백만 화소급의 디지털 카메라까지 등장하고 있다. 머지않아 광학식 카메라에 필적하는 수천만 화소급의 디지털 카메라가 등장하게 될 것이다. 디지털 카메라의 성능은 촬영상자인 CCD(Charge Coupled Device)의 해상도와 메모리의 용량에 달려 있다. 이들 카메라는 현재 32메가 바이트에서 64메가 바이트급의 메모리 카드를 사용하고 있는데, 메모리 카드의 제조사들은 이들 용량을 앞으로 1기가 바이트까지 늘려갈 것을 계획하고 있다. 64메가 바이트의 데이터를 현재의 56K 모뎀으로 전송하기 위해서는 2시간 반이 소요된다. 만일 가입자가 광대역 인터넷에 가입하여 5Mbps로 데이터를 전송할 수 있다 할지라도 1기가 바이트의 메모리 카드에 수록된 사진을 전송하기 위해 26분이 소요된다.

나. 디지털 캠코더

캠코더들도 디지털화 되고 있다. 영상 데이터를 압축하기 위해서 MPEG 2 방식을 사용하기는 하지만 그렇더라도 초당 4~5Mbps의 데이터를 만들어 낸다. 20~30분 분량만 하더라도 기가 바이트에 달한다. 물론 지금은 네트워크를 통해서 영상 데이터를 전송할 꿈도 꾸지 않지만 차세대 인터넷이 구축된다면 고향에 계신 할아버지, 할머니께 손자, 손녀의 모습을 보여드리고 싶어질 것이다. 100메가 바

이트의 데이터 5Mbps의 광대역 인터넷으로 전송하기 위해서 2분 40초가 소요된다.

다. 게임기

소니의 플레이스테이션 1 게임기는 지금까지 세계적으로 8,000만 대 이상이 판매되었다. 지금까지의 게임기는 네트워크에 연결하는 것을 그다지 중요하게 고려하지 않은 stand alone 방식의 게임기였다(56K 모뎀 포트를 가지고 있는 게임기도 있었다). 하지만 인터넷이 보편화되고 게임기의 성능이 향상되면서 네트워크에 연결하는 것을 당연시 하는 게임기들이 나타나고 있다. 지금 전 세계적으로 각광을 받고 있으면서 또한 품귀현상을 보이고 있는 플레이스테이션 2가 바로 그것이다. 플레이스테이션 2의 특징 가운데 하나는 입출력 포트의 확장기능으로 PCMCIA 타입 3의 카드 인터페이스가 장착되어 있어 네트워크카드, 하드드라이브, 그리고 모든 종류의 주변기기들을 장착할 수 있도록 되어 있다. 따라서 플레이스테이션 2를 LAN이나 ADSL, 또는 케이블 모뎀에 연결하여 네트워크 상에서 다른 사람들과 게임을 하는 것도 가능하다. 또한 전면에 두 개의 USB 포트와 한 개의 파이어와이어(Fire Wire, IEEE1394) 인터페이스가 장착되어 있다. USB 포트는 동시에 여러 명이 게임을 할 수 있도록 컨트롤러를 확장하는 기능도 담당하지만, 노트북 등에 사용되는 하드드라이브나 PC 카드들을 쉽게 플레이스테이션 2에 연결하기 위하여도 사용될 수 있다. 파이어와이어나 USB 포트들은 대단히 빠른 인터넷 액세스에 사용될 수 있으며, 이와 동시에 파이어와이어 포트는 새로운 디지털 비디오나 디지털 8 캠코더와도 함께 사용할 수 있다. 또한 플레이스테이션 2는 DVD 플레이 기능을 갖고 있다(그림 3). 따라서 광대역 인터넷 환경만 갖추어진다면 구태여 블록버스터에 새로 출시된 비디오테이프를 빌리러 가지 않고 MGM사의 서버로부터 새로 나온 DVD 타이틀을 다운로드 받아 감상하는 것도 가능하다. 소니는 플레이스테이션 2가 단지 게임기의 역할만을 수행하

는 것이 아니라 가정용 멀티미디어 서버의 역할을 하면서 소니가 만들어내는 모든 멀티미디어 기기를 통합하기 위한 플랫폼으로서의 역할을 부여하려는 전략을 갖고 있다.



(그림 3) 플레이스테이션 2

라. 디지털 라디오

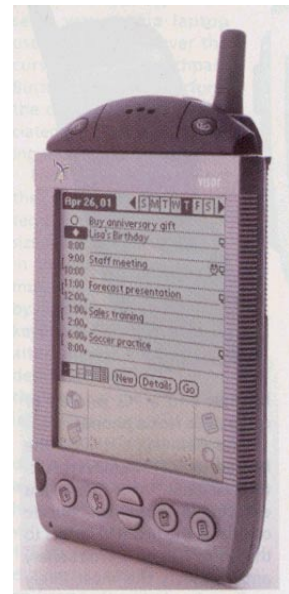
영국의 BBC 방송을 한국에서 듣고, 일본의 NHK 방송을 미국에서 듣고, 한국의 MBC 방송을 인도네시아에서 듣는다. 현재도 가능하기는 하지만 음질이 썩 마음에 들지 않고, 가끔 소리없이 끊어지기도 한다. 이미 전 세계적으로 수많은 인터넷 방송국들이 설립되어 있다. 라디오는 우리가 다른 일을 하면서도 함께 즐길 수 있는 백그라운드 미디어이므로 오랜 시간을 즐기게 된다. 인터넷 방송이 보편화 되면 1950년대의 미국의 컨츄리 음악이나 에디트 피아프의 샹송과 같이 보다 특화된 음악을 즐기게 될 것이다. 기존의 라디오는 브로드캐스트 방식이므로 방송국이 송출하는 동일한 음질의 방송을 모두 청취하게 되지만 디지털 라디오는 서버와 단말기 간의 협상에 의하여 MP3 음질을 즐길 수도 있고, CD 수준의 음악을 감상할 수도 있고, MPEG 2의 4.5채널의 생동감 있는 음악도 즐길 수 있다. 지금은 PC를 통해서 인터넷 방송을 듣고 있지만 우리 가정에 있는 라디오들이 (그림 4)에서 보는 바와 같은 인터넷 라디오로 바뀔 날도 머지않은 것 같다.



(그림 4) 인터넷 라디오

마. PDA

PC가 메일전송, 문서편집, 프리젠테이션, 데이터베이스 검색, 웹 브라우징, 게임과 같은 다양한 일들을 할 수 있지만 휴대성은 떨어진다. 그러나 우리가 하는 일들을 좀더 구체적으로 들여다보면 PC를 사용해서 하는 일들이란 메일전송, 문서편집, 자료정리 정도이다. PDA(Personal Digital Assistant)는 이러한 일들을 소형 휴대단말기를 통해서 할 수 있도록 만든 장치이다(그림 5). PDA는 전력의 소모가 적은 까닭에 수십 시간에서 수주일 까지 사용이 가능하다. 2000년도 히트 상품은 PDA라고 하여도 과언이 아니다. 3Com, 소니, HP, 핸드스프링, 마이크로소프트 등에서 여러 종류의 PDA를 출시하였으며, 부가적인 어댑터를 장치함으로써 카메라, 무선단말기, MP3 플레이어, 무선전화기 등으로 변신할 수 있는 제품들도 있다. 현재는 인터넷에 접속



(그림 5) 무선 PDA

가능한 제품과 stand alone으로 사용하는 제품들이 절반 정도씩 이지만 앞으로는 모두 인터넷에 무선으로 연결될 것이다. 손바닥 만한 제품에 키보드가 붙어 있어 메일 및 문서 작성에 보다 효과적으로 사용할 수 있는 제품도 소개되고 있다.

바. 디지털 영상

하드디스크의 가격은 메모리의 가격에 비하여 더욱 급속하게 떨어지고 있다. 따라서 10시간에서 30시간 정도 TV 프로그램을 수신하여 하드디스크에 보관하고 있다가 보고 싶을 때(광고는 제외하고서) 감상할 수 있는 400달러 수준의 저장형 VTR 셋탑 박스들이 나오고 있다. 현재는 아날로그 영상 신호를 자체적으로 MPEG 부호화하여 저장하지만 앞으로 인터넷 방송이 보편화되면 네트워크가 한가한 시간에 프로그램을 다운로드 받아 원하는 때 시청하기 위한 장치로도 사용될 수 있을 것이다.

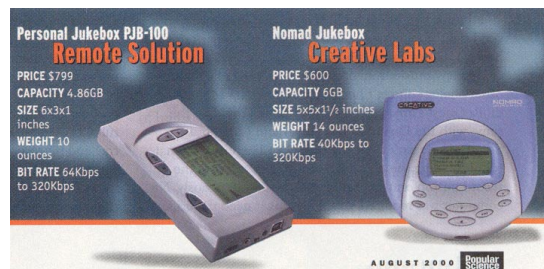
미국에는 현재 36,000개의 영화관 스크린이 있으며 전 세계적으로는 이 숫자는 119,000개에 달한다. 이들 영화관에 플라스틱 필름에 기록된 영상 대신에 디지털 방식의 영상을 제공하고자 하는 실험이 지금 전 세계적으로 이루어지고 있다[4],[5]. 플라스틱 마스터 필름은 그 자체로도 고가이면서 대량 보급의 어려움과 파손의 위험을 안고 있다. 따라서 이를 디지털 방식으로 교체한다면 비용의 절감 및 대량 보급의 장점이 있다. 현재 디지털 시네마를 주도하고 있는 것은 Texas Instrument사의 DLP 시스템과 CDMA로 유명한 Qualcomm사이다. 2001년 1월에 NIST에서 이에 대한 워크샵이 개최될 예정으로 있다. 디지털 시네마가 필요한 마스터 데이터의 초당 용량은 35~45메가 비트 정도가 된다(그림 6). 어느 정도 생활에 여유가 생기면 가정 내에 홈 시어터를 꾸미는 것이 추세이기도 한데 그러기 위해서는 집에서 50Mbps의 인터넷 액세스가 가능하여야 할 것이다.

- Uncompressed Digitized Film "Original"(at HD resolution) - 1.5Gbps
 - Digital Edit Master - 140~270Mbps
 - Archive - 60~80Mbps
 - **Digital Cinema Release Master - 35~45Mbps**
 - HDTV Broadcast* - 15~20Mbps
 - High-Quality SDTV* - 4~10Mbps
 - Average-Quality SDTV* - 2~6Mbps
 - Streaming Video - less than 2Mbps
- *includes consideration for conversion to 30Hz

(그림 6) 디지털 비디오 전송을 위한 압축률

사. MP3 플레이어

CD에 수록된 음악은 대략 1시간 남짓 듣게 된다. 그러나 MP3 포맷으로 음악을 저장하게 되면 훨씬 오랜 시간을 즐길 수 있다. 하드디스크의 가격이 하락함에 따라 아예 플래시 메모리 대신에 하드디스크를 장착한 MP3 플레이어들이 나오고 있다[6]. 이들은 대개 수 기가 바이트의 저장 용량을 가지고 있는데 100시간 이상의 음악을 보관하여 즐길 수 있다(그림 7). 지금은 CD로부터 변환된 MP3 데이터를 이용하지만 향후 초고속 인터넷이 자리를 잡게 되면 원하는 곡들을 직접 다운로드 받아 사용할 수 있을 것이다. 6기가 바이트의 용량을 갖는 MP3 플레이어에 음악을 채우기 위해서는 5Mbps의 광대역 인터넷으로도 2시간 40분이 소요된다.



(그림 7) 오디오 저장을 위한 대용량 디지털 주크 박스

아. 디지털 서적

컴퓨터로 보여지는 책이 종이에 인쇄된 책만 못한 이유는 휴대성에 있다. 또 아무래도 종이만큼 해

상도가 높지 않기 때문에 눈이 쉽게 피로해진다. 또 종이에 인쇄된 책은 전체적인 분량이 손에 느껴지지만 컴퓨터를 통해 보여지는 책들은 그렇지 못하다. 하지만 컴퓨터 책이 갖는 나름대로의 장점이 있다. 중요한 부분을 쉽게 발췌할 수 있고 또 주석을 달 수 있으며 이의 변경도 용이하다.

컴퓨터 책이 갖지 못하였던 휴대의 용이성은 최근 E-book이 출시되면서 개선되고 있다. 아직은 200~300달러 수준으로 가격이 좀 비싸기는 하지만 이것 한 권이면 종이에 인쇄된 책 수십 권에 맞먹는 분량을 저장할 수 있기 때문에 오히려 휴대성에서 뛰어나다고도 할 수 있다. 또 구태여 서점까지 가지 않고도 책을 다운로드 받을 수 있다. 아직은 흑백 화면에 해상도가 높지는 않지만 칼라 화면에 동영상 이 추가될 수 있는 여지도 남겨 놓고 있다. (그림 8)에서 보는 바와 같이 2004년이면 온라인 형태로 판매되는 서적의 13퍼센트가 E-book을 위한 콘텐츠 일 것으로 추산하고 있다[7],[8]. 디지털 카메라가

광학식 카메라를 어떻게 밀어내고 있는지를 생각하여 보라.

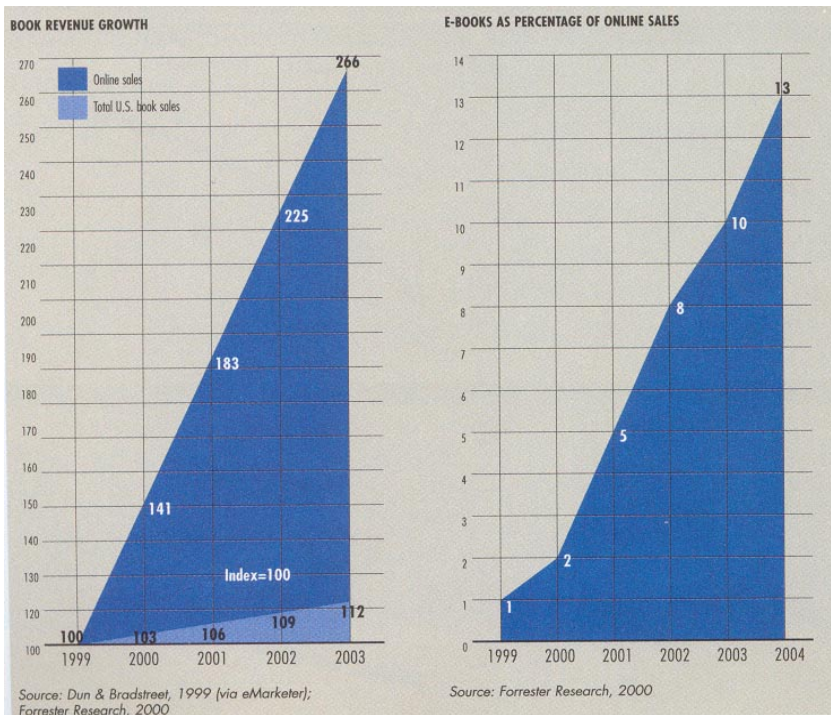
자. 디지털 기기간의 데이터 교환

지금까지 언급한 여러 기기들의 특징은 모두 데이터를 디지털 형태로 저장한다는 점이다. 종래의 아날로그 방식에서는 녹음테이프, 미니디스크, VHS, 8밀리, 6밀리 비디오 테이프, 인화지, 종이 등 저마다의 독특한 저장 매체를 별도로 가지고 있었지만 디지털 데이터들은 미디어 특유의 저장장치를 가지고 있지 않다. 또 아날로그 데이터들에 비하여 복제도 어렵지 않고 네트워크를 통하여 쉽게 교환할 수 있으므로 트래픽의 폭발적인 증대에 기여하게 될 것이다.

4. 네트워크 응용들

네트워크의 전송 능력이 비약적으로 증대됨에 따라 과거에는 stand alone으로 처리되던 많은 어플리케이션이 네트워크 응용화 될 것이다. 우리는 응용

소프트웨어를 CD-ROM 형태로 구입하여 컴퓨터에インストール하여 사용하는 것을 당연하다고 생각하고 있으나 필요할 때마다 네트워크를 통하여 다운로드 받아 사용하는 것이 더 유익할 수 있다. 그 첫번째 이유는 어플리케이션이 수행되기 까지 기다려야 하는 지루함의 해소이다. 대개의 큰 어플리케이션은 프로그램이 하드디스크로부터 메모리로 옮겨져서 수행이 되기 까지 10여 초 이상이 걸리기도 한다. 그것은 하드디스크로부터 수 메가 바이트 이상의 프로그램을 읽어 메모리로 옮기기 까지 하드디스크



(그림 8) E-Book 매출 증가 예상치

액세스라는 기계적인 구동 시간이 소요되기 때문이다. 하지만 어플리케이션 소프트웨어를 네트워크를 통해 다운로드 받으면 서버측의 훨씬 빠른 하드디스크 액세스 타임이 적용되고, 때로는 아예 서버측에서 메모리로부터 다운로드 됨으로써 메모리에 탑재되는 시간을 줄일 수 있다. 또 프로그램 수행에 필요한 모듈들이 상호 대화적으로 사용자측 시스템에 다운로드 됨으로써 사용자가 느끼는 감각적인 대기 시간은 더욱 단축될 수 있다.

또 다른 이유로 어플리케이션이 네트워크화 됨으로써 소프트웨어 메이커 측은 불법복제에 대한 우려를 없앨 수 있고 또 사용시간에 따라 비용을 청구하게 됨으로써 새로운 응용, 고가 응용에 대한 사용자의 거부감을 해소할 수 있다는 것이다. 사용자들도 몇 번만 사용하면 되는 어플리케이션을 굳이 구입할 필요가 없고, 또 다양한 응용 프로그램을 큰 부담없이 상호 비교하여 볼 수 있는 기회가 생기게 된다. 이미 인터넷 액세스만을 단순히 제공하던 ISP(Internet Service Provider)들이 사용자에게 어플리케이션을 제공함으로써 보다 부가가치가 높은 서비스를 제공하려는 ASP(Application Service Provider)의 형태로 옮겨가고 있다. 이와 같은 변화는 인터넷에 새로운 트래픽을 추가하게 될 것이다.

5. 인터넷 광고

미국에서는 매년 수천억 통(1999년도의 경우 하루에 6억4천4백만 통)의 메일이 교환된다. 이러한 메일 중에는 서신 교환이나 청구서의 발송과 같이 꼭 필요한 것도 있지만 상품 카탈로그와 같이 발신자의 필요에 따라 보내지는 것들도 많다. 오히려 이러한 발송물들은 화려한 색상과 많은 페이지로 구성되어 있지만 수신자의 관심을 끌지 못하고 버려지는 경우가 대부분이다. 광고를 위한 이러한 발송물들이 네트워크화 될 수 있는 여지가 충분히 있다. 우편물의 발송 비용(미국의 경우 33센트)과 카탈로그 인쇄에 대한 비용(적어도 수십 센트)을 감안한다고 하면 수신자에게 절약된 비용의 일부를 인센티브로 제공하더라도 오히려 이익일 수 있다.

인터넷 광고는 수신자의 관심을 끌기 위하여 화려한 동영상과 시뮬레이션이 가능한 오피레이셔널한 데이터로 구성될 것이므로 데이터의 분량도 꽤 되리라 생각된다. 예를 들어 블록버스터에서 비디오를 자주 빌려 보는 사람은 새로운 비디오가 나올 때마다 블록버스터로부터 몇분 간의 광고용 영상 파일을 받게 될 지도 모르겠다. 광고는 잠재적 소비자들의 보다 많은 관심을 끌기 위하여 엔터테인먼트와 융합될 여지가 충분히 있다.

III. 인터넷 전송 인프라

앞서 설명한 바와 같이 인터넷 트래픽이 폭발적으로 증가하리라는 예상에 따라 현재 많은 ISP들이 앞 다투어 백본망을 확장하는 데 여념이 없다. 그러나, 문제는 백본망의 증설에 따라 아무리 많은 전송 대역폭이 제공될 수 있다 할지라도 차세대 인터넷 어플리케이션을 처리하기에는 여러 제약이 많다는 점이다. 그것은 현재의 TCP/IP를 기본으로 한 인터넷 프로토콜이 가지고 있는 취약성 및 인터넷 서비스의 특성에 기인한다. 지금의 인터넷은 기본적으로 QoS를 보장하지 못하고 있다. 여건이 좋을 때는 아주 우수한 전송 품질을 제공하지만 네트워크가 붐비기 시작하면 전송 지연이 증가하다가 데이터를 잃어버리게 된다. 이렇게 되면 웹 검색을 위한 기다림은 하염없고 리얼 오디오에서는 소리가 끊어진다. ISP들은 현재 이러한 문제를 over deploy 방식으로 해결하고는 있지만 미봉책에 불과하며 3~4개월마다 두 배씩 증가하는 트래픽에 대하여 항상 풍족한 전송 용량을 준비하기란 어려운 일이다. 더군다나 장기적인 증가에 대하여는 어느 정도 대비할 수 있지만 사용자의 관심사에 따라 갑자기 수십 배로 폭증하는 트래픽에 대하여는 속수무책이다.

현재의 인터넷 프로토콜(IP)이 안고 있는 여러 가지 문제점들을 해결하기 위하여 등장한 차세대 인터넷 프로토콜로서 MPLS(Multi-Protocol Label Switching)가 ISP와 시스템 개발자의 관심을 끌고 있다.

MPLS의 특성을 살펴보기에 앞서 현재 IP가 안고 있는 여러 문제점들을 짚어본다.

1. IP 전송 방식의 문제점

인터넷은 처음 탄생할 당시 외부로부터의 공격으로 망의 일부가 파괴되더라도 망 전체가 붕괴되지 않도록 데이터를 전달하고자 개발되었으며, 이러한 목적이 IP 프로토콜의 설계에 반영되었다. IP 프로토콜은 전화망의 서킷 스위칭 방식과는 달리, 패킷 스위칭 방식을 채택하고 있다. 패킷 스위칭은 들어오는 패킷 데이터의 수신 주소를 보고, 자신의 시스템에 도착한 패킷을 어느 이웃한 라우터로 보내야 할 것인가를 결정하여 전달하는 방식이다. 따라서, 데이터 전달에 있어서 별도의 시그널링이 필요하지 않으므로 외부로부터의 공격에 대하여 굳건하다. 들어온 데이터가 어느 라우터들을 거쳐서 종착점에 도달할지는 라우팅 시점의 IP 네트워크 토폴로지의 구성에 달려 있다. 만일 외부의 공격으로 인하여 인터넷망의 일부가 파손되면 네트워크 토폴로지가 변경되며 이후 변경된 토폴로지에 따라 데이터가 전달된다.

인터넷에서는 토폴로지의 변경을 위하여 OSPF 라우팅 프로토콜을 정의하고 있다. 네트워크가 변경되면 OSPF 프로토콜에 의하여 토폴로지의 변경 상태가 각 라우터에 등록되고 라우터들은 변경된 네트워크 토폴로지에 따라 이후 들어오는 데이터에 대하여 새로이 경로를 계산한다.

이렇게 결정되는 경로는 두 점을 지나는 최단 경로가 된다. 최단 경로란 라우터를 최소한으로 거치는 경로이다. 지금 서비스되고 있는 메일이나 웹, 리얼미디어, 컨퍼런스 등의 서비스들의 데이터가 이와 같이 계산된 경로를 통하여 전달된다. 이 경우 만일 공교롭게도 네트워크의 어느 지점에 데이터가 많이 폭주하여 congestion 상태에 있다 할지라도 서비스에서는 이를 판단할 능력이 없기 때문에 이들 지점을 경유하도록 경로가 결정되고 이들 데이터는 혼잡 상태에 들어가게 된다.

혼잡 상태에 들어가게 되면 데이터가 버퍼에 머무는 시간이 증가하므로 전송 지연이 발생하게 되고,

상황이 더 악화되면 버퍼의 한계를 벗어나게 됨에 따라 데이터는 손실되게 된다. 데이터의 손실이 발생하게 되면 TCP 프로토콜을 사용하는 서비스의 경우 이들 데이터를 다시 재 전송하게 되므로 더 많은 데이터가 발생하게 되어 상황이 더 악화되게 된다. 이러한 IP 프로토콜의 특성은 파일 전송이나 메일 전달과 같은 비실시간적인 응용에는 문제가 없지만 영상회의, 주문형 비디오, 실시간 응용 등에서의 서비스 품질을 완전히 네트워크 상황에 맡겨야 하므로 서비스의 균일성을 유지할 수 없게 된다.

이러한 IP 방식의 문제점을 해결하기 위하여 등장한 것이 RSVP 이다. RSVP에서는 각 링크의 상태를 감안하여 데이터가 전달될 경로를 결정한다. 그러나, RSVP 방식은 각 세션에 대한 상태를 관리하여야 하므로 스케일러빌리티가 적어 대규모의 서비스에 적용하기가 어렵다.

인터넷에서의 혼잡 문제를 해결하는 또 다른 방법은 전달되는 패킷의 등급을 구분하여 우선 순위를 부여함으로써 선택된 일부 서비스에 대하여 QoS를 보장하려는 방식으로 IETF의 DiffServ라는 이름으로 표준화되고 있다. 이것은 패킷에 등급을 나타내는 플래그를 부여함으로써 서비스를 Gold 서비스, Silver 서비스, Bronze 서비스 형태로 구분하고, 각 라우터에서는 등급이 높은 서비스의 데이터들을 우선적으로 처리함으로써 전송 지연이나 데이터의 손실 없이 서비스되도록 대우하는 방식이다. 네트워크가 폭주 상태에 들어갈 때에는 Bronze 서비스나 Silver 서비스에 할당되었던 버퍼나 전송대역폭과 같은 네트워크 자원을 Gold 서비스 사용자에게 양보함으로써 Gold 서비스 사용자는 네트워크의 상태에 구애됨이 없이 항상 고품질의 서비스를 받을 수가 있다.

이는 사용자와 ISP가 모두 이득을 볼 수 있는 방식으로 ISP는 Gold 서비스 사용자(대개 mission critical 어플리케이션을 다루는 비즈니스 사용자)에게 비싼 요금을 징수하고, Bronze 서비스 사용자에게는 싼 비용을 물리는 대신에 네트워크 폭주 상태에서는 사용을 제한할 수 있는 양해를 얻는다.

그러나 이러한 방법들은 QoS 보장을 위한 부분적인 해결 방안은 제시하지만 완벽한 해결 방법은 되지 못한다. 이에 따라 3~4년 전부터 표준화 및 제품 개발이 활발히 진행되고 있는 MPLS가 해결 방안으로 떠오르고 있다. MPLS 기술을 사용하면 QoS를 완벽하게 보장할 수 있는 것은 물론 네트워크에서의 트래픽 편중을 완화하고 정책(policy)에 따라 라우팅을 선택하는 것도 가능하다.

2. 네트워크 하부구조의 새로운 변화

최근 인터넷 전달망의 계층 구조에는 커다란 변화가 일어나고 있다. 지금까지의 인터넷의 전달망은 WDM 위에 SONET, 그 위에 ATM, 그 위에 IP가 탑재되는 네 단계의 구조로 이루어져 있었다. 하지만 이러한 구조는 지능적인 광스위칭 위에 MPLS가 바로 탑재되는 간단한 두 단계의 구조로 바뀌어 나가고 있다. 그것은 지금까지 ATM과 SONET이 담당하였던 나름대로의 역할이 당위성을 잃게 되었을 뿐 아니라 계층을 단순화 함으로써 처리 효율의 향상이라는 부가적인 효과까지 얻을 수 있기 때문이다 (그림 9).

과거 SONET이 제공하던 중요한 기능은 망에 생존성을 부여하는 것이었다. 광케이블이 사고로 인하여 절단되었을 때 SONET은 이를 즉시 감지하여

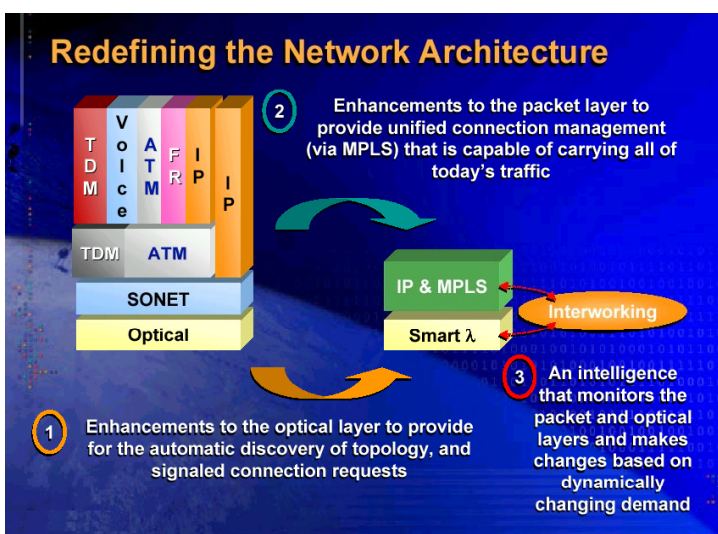
50밀리 초 이내에 우회 경로를 제공한다. 따라서 상위 네트워크는 사고와 무관하게 안정적인 서비스를 운영할 수 있었다. 하지만 SONET에서 제공하던 이러한 기능은 지능적인 광 네트워크의 운용에서 지원하게 될 복구(restoration) 기능으로 인하여 의미가 퇴색되고 있다. 램다스위칭이라고 불리는 광스위칭 방식은 백업에 대비한 자원의 효율적인 운용 및 추가적인 사고 발생에 대하여 보다 유연한 복구 기능을 제공할 수 있다.

ATM 계층이 담당하였던 역할은 QoS를 보장하는 것이었다. 하지만 IP가 해결하지 못했던 QoS 보장의 문제를 MPLS가 해결하게 되면서 ATM의 입지는 좁아지리라고 생각된다. MPLS의 CR-LDP 방식이나 RSVP-TE 방식의 트래픽 공학 기법이 적용되면 QoS의 보장은 물론 망 전체의 트래픽을 균등하게 분배하는 기능까지 제공할 수 있다. 또한 인터넷 포트의 용량이 OC-48(2.5Gbps), OC-192(10Gbps) 등으로 대형화되면서 ATM으로 지원하기에는 버거워졌다.

3. MPLS

IP 프로토콜에서 홉바이홉(hop by hop)으로 경로가 결정되는 것과는 달리 MPLS에서는 MPLS 도메인에 들어올 때 만나게 되는 첫 번째 MPLS 라우터에서 경로가 결정된다. 경로가 결정될 때 IP에서는 경로가 붐비면 붐비지 않던 단지 최단 경로를 선택하는 것과는 달리 MPLS에서는 네트워크의 상황에 대하여 수집된 정보를 바탕으로 여러 가지 여건을 고려함으로써 보다 효과적인 경로를 선택할 수 있다[9],[10].

MPLS에서 경로를 결정하는 여러 가지 방법이 있는데 가장 간단한 것은 IP 라우팅에서 지나가게 되는 경로를 단순히 레이블화 하여 이용하는 방법이 있다. 레이블은 4바이트의 짧



(그림 9) 네트워크 구조의 발전 동향

은 헤더의 일부분으로서 20바이트의 긴 IP 헤더를 처리하지 않고 짧은 레이블을 사용하기 때문에 훨씬 효율적인 전달(forwarding)이 가능하다. 레이블은 인접한 라우터간에 들어오는 입력 데이터를 어느 포트의 출력 데이터로 보낼 것인가를 결정하기 위한 인덱스 값이라고 할 수 있다.

이러한 레이블은 이웃한 두 라우터간의 관계를 설정하지만 이웃한 두 라우터간의 연속적인 연결관계가 결국에는 MPLS 도메인의 첫 라우터부터 마지막 라우터까지의 경로를 결정하게 된다. 따라서 MPLS에서는 도메인에 들어올 때 받게 되는 첫 레이블에 의하여 도메인을 빠져나갈 때까지의 경로가 결정된다고 볼 수 있다.

경로를 만드는 또 다른 방법은 네트워크의 각 링크 상태를 감안하여 경로를 결정하는 방법이다. 이와 같이 네트워크의 상황을 감안하여 경로를 잡는 방식을 constraint-based routing이라고 하는데 MPLS의 경우 CR-LDP라는 이름으로 필요한 만큼의 대역폭을 예약하는 프로토콜이 정의되어 있다 [12],[13]. 이를 위해서는 각 링크의 운용 상태를 파악할 필요가 있다. OSPF를 통하여는 단지 라우터의 연결 상태에 대한 정보만을 수집할 수 있지만 OSPF LSA(Link State Advertisement)나 IS-IS LSA를 사용하면 각 링크에서 사용할 수 있는 전송 용량과 전송 지연에 대한 정보 등을 얻을 수 있다. 이러한 기능을 사용함으로써 MPLS에서는 필요한 만큼의 대역폭을 사용할 수 있기 때문에 멀티미디어 트래픽에 대한 처리가 가능하다. 즉 IP 네트워크에서와는 달리 전송지연이나 데이터의 손실 없이 전송 서비스를 제공 받을 수 있다.

가. Restoration

또 MPLS에서는 필요에 따라 백업 경로를 운용할 수 있다. 따라서, 사용중이던 주 경로에 문제가 발생하면 백업 경로를 이용하여 데이터를 전송함으로써 데이터를 중단 없이 서비스하는 것이 가능하다. 이러한 것을 restoration이라고 한다. 인터넷이 점차 중요한 상업적인 정보를 다루게 되면서 중단 없

는 서비스를 제공하는 것이 매우 중요해지고 있다. 예로 아마존이나 eBay와 같은 전자상거래 사이트의 경우 네트워크가 단 몇 분만 중단되어도 몇 십억 원씩 매출의 감소가 발생한다고 한다. 지난 번에 있었던 DOS(Denial of Service) 방식의 해킹의 경우는 네트워크에서 문제가 발생한 것은 아니고 서버에 데이터가 폭주함으로써 발생한 문제이기는 하지만 온라인 기업의 운영에 큰 지장을 초래하였다고 한다. 온라인 사업자들은 99.999%의 생존성을 갖는 서비스를 원하는데 이것은 일년동안 약 5분 정도의 장애만을 허용하는 수준이다. 우리가 인터넷 서비스를 이용하면서 시도 때도 없이 인터넷이 불통이 되는 것을 생각할 때 이들이 얼마나 고급의 서비스를 원하고 있는지 알 수 있을 것이다.

MPLS 도메인의 첫번째 LSR(Label Switching Router)에서, 들어오는 IP 데이터 패킷에 부여하는 레이블을 변경함으로써 데이터가 흘러가게 될 경로를 교체하는 것이 가능하다. 따라서 기존 경로에서 Congestion이 발생하였거나, 또는 선로의 이상으로 인하여 데이터 전달의 어려움을 겪게 될 때 즉각적으로 레이블을 변경함으로써 새로운 경로를 제공할 수 있다. 이러한 트래픽 공학적인 기능은 QoS를 보장하는 문제 뿐만이 아니라 네트워크를 운용하는 중에 각 링크가 균등하게 사용될 수 있도록 하는 기능도 제공할 수 있다.

네트워크에 부하 분포를 균등하게 하는 것은 매우 중요한데, 부하를 균등하게 배분하면 동일한 네트워크 자원을 가지고 보다 많은 서비스를 수용할 수 있어 네트워크 사업자의 설비 투자의 절약에도 기여하게 된다. 대부분의 사업자들이 트래픽의 폭주에 대처하기 위한 방법으로 over deploy 방법을 사용하고 있는데 이들은 이를 위하여 대개 평균 사용 트래픽의 5배 정도의 설비를 과도하게 투자하고 있다고 한다. 트래픽 공학 기능을 이용하면 이를 상당 부분을 절약할 수 있다.

나. VPN 서비스

MPLS의 장점은 터널링 기법이다. 터널링 기법

을 사용함으로써 기업체는 네트워크 사업자로부터 자신만의 네트워크인 VPN 서비스를 받을 수 있다. VPN 서비스란 여러 지역에 분포하는 각 사업장들을 마치 LAN과 같이 자신만이 사용하는 네트워크로 운용하는 기술이다. 네트워크 사업자는 사업자 입장에서는 기업체에 VPN을 제공함으로써 대용량 소비자로부터 수익을 보장 받을 수 있게 된다. 특히 앞에서 설명한 QoS 보장 기능을 VPN과 연계하여 제공함으로써 사업장은 인터넷 영상회의 등의 고급 서비스를 운용할 수 있게 된다.

현재 우리가 인터넷에서 받을 수 있는 서비스는 소위 best effort 서비스라고 부르는 것이다. 이것은 최선을 다한다는 의미이지만 또 다른 의미에서는 최선을 다하다가 안되면 포기하겠다는 것이다. 즉 보장은 못하겠다는 의미이기도 하다. 이러한 best effort의 개념을 인터넷망에 들어오는 모든 사용자에게 고르게 적용하므로 사용자가 많아지면 결국 자신에게 돌아오는 서비스의 품질은 저하되게 된다.

은행과 같이 통신에 거의 의존하는 사업자와 단순히 웹 서핑을 하는 사용자의 망에 대한 의존도는 같을 수 없다. 그러나 현재의 IP에서는 서비스를 차별화할 수 있는 방법이 없기 때문에 이들에게 동일한 서비스를 제공하고 따라서 동일한 비용을 징수하게 된다. 만일 은행과 같은 사업자에게는 통신의 품질을 보장하고 높은 비용을 징수하는 대신에 낮은 등급의 사용자에게는 조금은 열악한 품질의 서비스를 제공하지만 대신 낮은 비용을 징수한다고 하면 모두에게 이익이 될 것이다. 품질이 열악한 서비스라고 해서 항상 형편 없는 서비스를 받는 것은 아니다. 네트워크의 부하 상태에 보다 민감하게 반응한다고 보면 된다. 네트워크 용량에 여유가 있는 경우에는 고급 서비스와 품질의 차이가 없다. 앞에서 언급한 바와 같이 이와 동일한 시도를 현재 IETF에서는 DiffServ라는 이름으로 표준화를 하고 있다. DiffServ에서 하고 있는 작업은 기존의 IP 패킷에 등급을 나타내는 플래그를 설정함으로써 이와 같은 서비스 효과를 얻고자 하는 것인데 보다 손쉬운 접근 방법이기도 하지만 MPLS에서 얻을 수 있는 다

양한 트래픽 엔지니어링의 기능은 얻을 수 없다.

MPLS에서는 네트워크에서 폭주가 일어나는 경우에 등급이 낮은 경로를 이용하는 데이터는 등급이 높은 경로를 이용하는 데이터에게 길을 양보하도록 운용할 수 있다. 이를 prioritization이라고 한다. 라우터에서 스케줄링이나 큐잉을 할 때 이들의 각 경로에 대한 등급이 어떠한지를 알고 있으므로 이들을 차등적으로 대우할 수 있다.

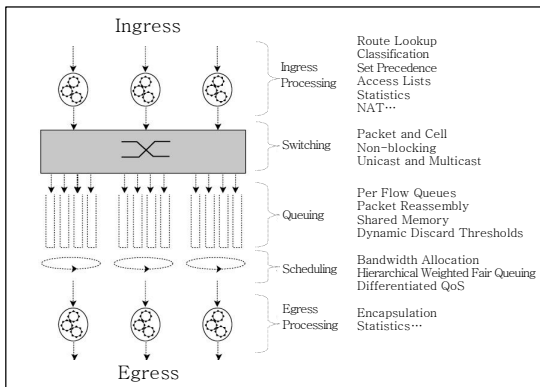
다. MPLS의 deployment

Nortel, CISCO와 같은 장비 업체에서 MPLS 제품 개발에 적극적으로 임하고 있지만 아직 MPLS 네트워크가 충분히 구축된 것은 아니다. MPLS 라우터를 이용하여 처음에 사용될 기능들은 VPN과 같이 단순하면서도 효과가 큰 기능들이 될 것이다. 하지만 ISP로부터의 요구가 높아지고 있으며, 따라서 일단 S 커브를 타게 되면 급속도로 MPLS 망의 구축이 확산되리라 예상된다. 이미 표준화가 완수단계에 이르고 있으며 또한 많은 업체들에서 제품을 내놓고 있어 MPLS 망 구축 준비는 완료된 상황이다. 비록 인터넷 서비스가 global connectivity를 지향하고 있기는 하지만 MPLS의 경우 부분적으로 망을 구축하더라도 충분한 효과를 얻을 수 있다. IP 패킷은 MPLS 도메인에 들어오면서 레이블을 부여 받아 LSP(Label Switched Path)를 통과하고 도메인을 빠져 나가면서 레이블이 삭제되어 IP 패킷으로 전환된다. 따라서, 부분적으로 MPLS 망으로 구축하였을 때도 전체 인터넷망과 연동하는 것은 전혀 문제가 없다. 현재 멀티미디어 서비스의 원활한 제공을 위해서 서버를 분산하여 운영하고 있다는 점을 감안할 때 만일 해당 서버가 MPLS 도메인 내에 있다고 하면 해당 도메인의 모든 가입자들은 MPLS 네트워크의 효과를 누리게 된다.

4. 네트워크 프로세서

과거 모뎀을 만들기 위해서 아날로그 회로를 직접 다루어야 하던 시절이 있었다. 하지만 이제는 칩셋을 선택하는 것이 모뎀 설계에 있어서 가장 중

요한 문제가 되었다. 사실상 모뎀이 가져야 할 기능의 대부분은 어떠한 칩을 선택하는 가에 달려 있으며, 칩세트 간의 성능에도 그다지 큰 차이가 있는 것은 아니다.



(그림 10) 네트워크 프로세서의 주요 기능

과거 모뎀에서 일어났던 변화들이 이제 라우터의 설계에서도 일어나고 있다. 지금까지는 라우터를 설계하기 위해서 범용 칩과 ASIC을 사용하여 보드를 설계하고 프로토콜에 따라 프로그램 코드를 작성하는 방법으로 개발이 진행되었다. 이러한 코드에서 핵심을 이루는 주요한 부분은 사실상 여러 프로토콜 구현에 공통으로 적용되는 부분이며, 또한 작성 기법에 따라 성능의 큰 차이를 보이는 부분이기도 하다. 이제 이러한 부분을 네트워크 프로세서가 담당함으로써 라우터 개발의 큰 짐을 덜 수 있게 되었다 [14]-[16].

(그림 10)에서 보는 바와 같이 네트워크 어드레스의 변환이라든지, 큐잉이나 스케줄링을 담당하는 부분들을 네트워크 프로세서에서 담당하고 있으며, 이런 기능들은 특히 라우터의 성능과 밀접한 관련이 있는 부분으로 네트워크 프로세서를 몇 개를 사용해서 수십 기가 비트 이상의 성능을 갖는 라우터를 개발하는 것이 과거처럼 어려운 일은 아니게 되었다[17]. 따라서, 이제 라우터 개발 경쟁의 핵심은 라우터 자체의 개발보다는 라우터에 어떠한 차별성 있는 응용을 지원할 수 있는 플랫폼으로 제공하는가가 중요해지고 있다.

5. 광스위칭의 등장

MIT에서 발행하는 Technology Review지 2000년 7/8월 통합호의 특집기사에서는 광스위칭 분야에서 일어나고 있는 큰 흐름을 소개하고 있다[18]-[20]. 또한, 이미 1998년도에 개최가 된 McQuillan Venture사 주최의 NGN 1998에서는 네트워크 기술 발전에 대한 거시적인 흐름과 시장 동향을 소개하면서 옵티컬 분야에서 일어나고 있는 큰 변화에 대하여 관심을 갖도록 촉구한 바 있다. 광전송 분야의 큰 마켓쉐어를 가지고 있었던 Ciena는 최근 1년 동안 주식이 열 배 가까이 상승하였다. 이외에도 여러 잡지에서 광전송, 광스위칭에 대한 특집을 통하여 현재 이 분야에서 이루어지고 있는 이노베이션에 대하여 주목할 것을 요구하고 있다.

광스위칭이 갖는 세 가지 큰 혁신은 전송거리의 증대와 높은 다중화율, 그리고 지능적인 광스위칭으로 나눌 수 있다.

가. 광증폭기술

광전송에서 중요한 기술은 EDFA(Erbium-Doped Fiber Amplifier) 기술이다. 이 기술은 광증폭기술로서 광섬유의 외부로부터 광펌핑을 통하여 광신호를 증폭하여 준다. 또한 이 기술은 각각의 램다 신호를 따로따로 증폭하는 것이 아니고(이럴 경우에는 광신호를 각기 램다로 분리하고 이들을 증폭한 후에 다시 섞어 주어야 한다) 다중화된 전체의 광신호를 한꺼번에 증폭하여 주므로 매우 효율적이다. 이렇게 증폭된 광신호는 80km 마다 증폭되고, 6번 정도 증폭을 거쳐서 약 560km는 3R(Retiming, Reshaping, Regeneration)이라고 하는 처리 없이 전송할 수 있다. 따라서 우리나라와 같은 규모의 국가에서는 중간에 별도의 디지털 방식의 신호 증폭기를 추가할 필요가 없다.

나. 광스위칭의 필요성

그런데 우리가 여기에서 눈여겨 보아야 할 점은 인터넷에서 End-to-end 데이터의 전달을 위해서는

10여 개, 많은 경우에는 20~30개의 라우터를 거친다는 점이다. 단위 용량당 광링크의 값이 라우터에 비하여 월등히 싸기 때문에 데이터의 송신단 라우터와 수신단 라우터를 직접 연결하여 놓는다고 하면 필요한 라우터의 설비 비용을 줄일 수 있을 것이다.

예를 들어서 데이터 전달에 필요한 홉 수를 10개에서 2개로 줄일 수 있다면 라우터의 소요는 그만큼 줄어들게 될 것이다. 광섬유를 포설하는 경우에 광섬유의 가격 보다는 공사 비용이 훨씬 높기 때문의 대부분의 경우 필요한 것보다 훨씬 큰 용량의 광섬유를 포설하게 된다. 이와 같이 깔려는 있지만 실제로 데이터 전달에는 사용하지 않는 광섬유를 dark fiber라고 한다. 이것은 사용되지 않아 광섬유 내로 빛이 지나가지 않기 때문에 광섬유가 어둡다는 은유적인 표현이다.

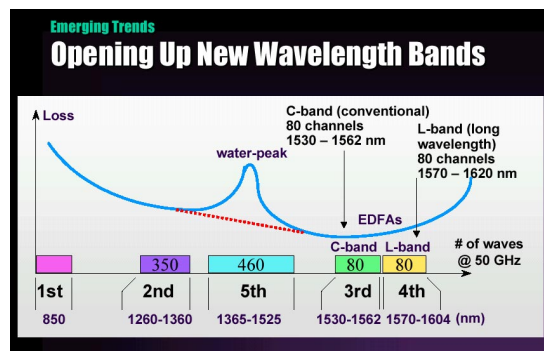
그러나 라우터의 수요가 워낙 많고 이들 라우터간의 필요한 세부적인 용량을 예측하는 것은 전체적으로 필요한 용량을 예측하는 것보다 훨씬 어렵고도 무의미한 일이기 때문에 라우터들을 메시 형태로 연결하지 않는다는 것은 네트워크를 연구하는 사람들의 기초 상식이기도 하다.

그러나 라우터간에 직접적인(direct) 광경로를 가상적으로 연결하는 램다스위칭이 등장함에 따라 최근 인터넷 라우터 시장의 지각 변동을 가져오고 있다. 이들을 가능하게 하는 기술이 튜너블 레이저와 옵티컬 스위치이다. 이러한 기술은 현재 라우터 개발에서는 사용되지 않았던 새로운 기술이기 때문에 Cisco, Nortel, Lucent와 같은 대기업에는 기술이 없고, 기술집약적인 중소기업들이 이들 기술을 가지고 있다. 따라서 최근 1년간 이들 기업을 인수하느라고 북새통을 이루었으며 작년 말과 올해 초 10조 원에 가까운 금액으로 광 관련 핵심 기술을 가지고 있는 3개의 기업을 인수한 Nortel은 이 분야에서의 기술 선점에 대한 가능성을 인정 받아 주식 시장에서 상종가 행진을 계속했었다.

다. 광 다중화

종래에는 한 가닥의 광섬유에 별로 많지 않은 광

신호를 실어보냈다. 다중화를 한다 할 지라도 10개 내외의 신호만을 실어 보낼 뿐이었다. 그러나 최근에 각광을 받기 시작한 DWDM은 한 가닥의 광섬유에 1,000개의 광신호를 다중화하여 전송할 수 있다. 이 각각의 광신호들을 램다라고 부르는데 일반적으로 하나의 광신호는 10기가 비트에서 40기가 비트 정도의 데이터를 전송한다. 따라서 한 가닥의 광섬유는 10테라 비트에서 40테라 비트까지의 디지털 데이터를 전송할 수 있다. 1,000개의 광신호를 다중화하는 것은 아직은 실험실 수준이기는 하지만 128개 정도의 광신호를 다중화하는 시스템은 개발되어 현재 설치되고 있다(그림 11).



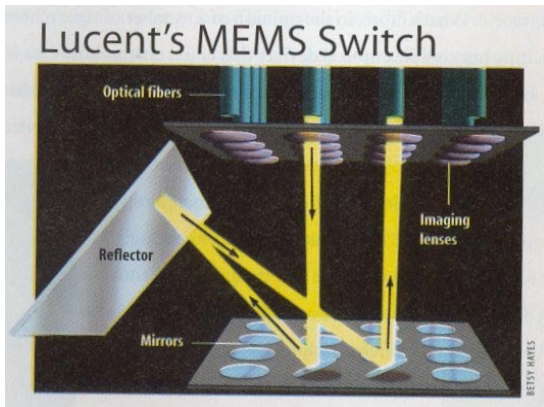
(그림 11) 광 전송을 위한 새로운 광파장 대역

광케이블은 대개 수십 가닥에서 수백 가닥의 광섬유로 구성되어 있다. 따라서 하나의 광 케이블이 보낼 수 있는 용량은 수백 테라 비트에서 수 페타 비트가 된다.

라. 광스위칭 소자

광섬유에 다중화되어 들어온 광신호들은 프리즘과 같은 광학적인 de-multiplexing 기술을 사용하여 각각의 광신호로 다시 분리해 낼 수 있다. 이렇게 분리된 광신호를 램다라고 하며 광스위칭에 있어서 기본 단위가 된다. 광전송기술과 함께 광 인터넷 기술의 견인차 역할을 하는 또 다른 기술은 광스위칭 기술로서 이중 가능성이 가장 높은 기술은 MEMS (Micro Electro Mechanical System) 기술에 기반을 둔 마이크로 미러 방식의 광 스위칭이다[21]-

[23]. MEMS 기술에는 2차원적인 MEMS 기술과 3차원적인 MEMS 기술이 있다. MEMS 기술은 1 밀리미터 미만의 반도체 공정으로 만들어진 작은 거울을 움직여서 광스위치 내로 들어오는 램다를 광스위치 내의 원하는 램다 포트에 반사하여 내보내는 것이다. 2차원적인 MEMS는 거울의 on-off 동작만이 가능하므로 N개 포트의 광스위치를 구성하기 위하여 N^2 개의 광스위칭 소자가 필요하게 되며 따라서 주로 소규모의 광스위치에 사용된다(그림 12).



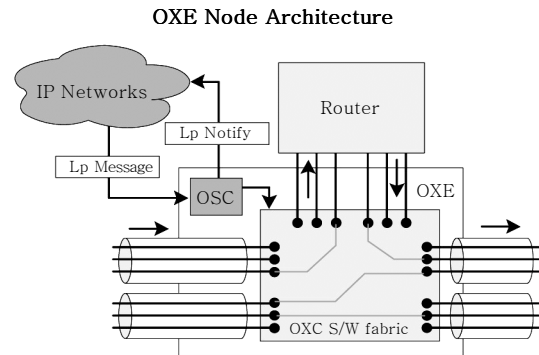
(그림 12) 3차원 MEMS 스위치 동작 구조

3차원 MEMS 기술은 거울이 리니어한 동작을 할 수 있도록 한 것이다. 따라서 2차원적인 MEMS에 비하여 제어가 훨씬 어렵다. 하지만 시스템 구성에 필요한 거울의 규모는 $2 \times N$ 개면 충분하므로 1,000 포트의 광스위치를 구성한다고 할 때 100만 개가 아닌 2,000개면 되므로 대용량의 광스위치 구성에 유리하다.

마. On Demand 방식의 Lightpath Deployment

광스위칭 기술을 사용하여 얻을 수 있는 효과는 on-demand 방식으로 라우터간의 연결을 할 수 있다는 것이다[24]-[27]. 현재 어느 구간에 용량 증설 공사를 하기 위해서는 적어도 수 개월의 시한이 요구된다. 하지만 광스위칭 기술을 이용한다면 송신 라우터와 수신 라우터 측에 여유 라우터 포트만 존재한다고 하면 초 단위 이하에서 전송대역폭의 증설

이 가능하다. 이렇게 실시간적인 용량의 증설이 가능하다는 것은 사용자의 요구에 즉각적으로 대응할 수 있다는 것을 의미하므로 소비자 만족도에서의 우위를 가지는 동시에, 어느 구간의 설비 자원이 그 구간에 한정된 것이 아니라, 네트워크 전체에서 공유하게 되므로 설비의 사용 효율성도 훨씬 높일 수 있다. 바로 이 기술을 이용하면 송신단 라우터와 수신단 라우터를 중간에 라우터를 거치지 않고 직접 연결하는 것과 같은 virtual 광경로를 구성하는 역할을 담당하게 할 수 있다(그림 13).



(그림 13) OXC의 노드 구조

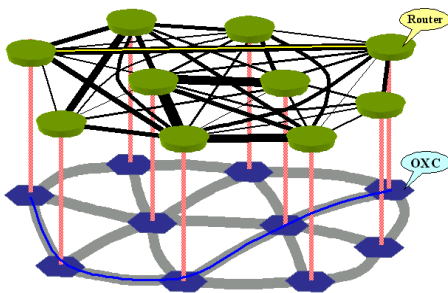
바. 광스위칭에서의 Restoration

광스위칭 기술을 사용하여 얻을 수 있는 또 다른 장점은 MPLS에 비하여 보다 강력한 restoration 기능이다[28]-[30]. 광스위칭의 restoration이란 광링크에 손상이 발생하였을 때(지상 구간은 화재나 포크레인 등의 굴착공사에 의하여, 해저구간은 자연 재해나 트롤어선의 어로 작업으로 인하여 발생할 수 있다) 가능한 한 빠른 시간 내에 대체 경로를 제공하는 기술을 말한다. 현재로서는 SONET 방식의 기술이 사용되고 있는데, 이 기술은 주 경로와 함께 백업 경로를 동시에 운용하면서 주 경로에 문제가 발생하였을 때 백업 경로로 자동적으로 전환되도록 하는 것이다. 이 방식은 별도의 시그널링 없이 운용되므로 구성 및 운용이 용이하지만 주 경로와 동일한 규모의 백업 경로를 유지한다는 점에서 50% 이상으로

자원의 운용률을 높일 수 없으며 2차적인 재해에는 대처하기 어렵다는 단점이 있다.

이에 반하여 광스위칭 방식을 사용하는 restoration의 경우에는 1:N 방식을 사용하는데 이것은 N개의 주 경로가 하나의 백업 경로를 공유하는 방식이다. 이들 경로들은 전문적인 용어로 SRLG(Shared Risk Link Group) 값들을 공유하지 않고 있으므로 특정 사고에 대하여 2개 이상의 경로가 동시에 영향을 받지 않는다(그림 14).

이러한 restoration 방식에서는 사고가 발생하여 어떤 광 경로가 손상을 받았을 경우, 50msec 내에 복구하는 것을 목표로 하고 있다. 또한 이러한 방식의 장점은 일단 백업 경로가 주 경로로 대체되고 난 후에 다시 백업 경로를 생성하면 이후에 발생하는 사고에 대하여도 restoration이 가능하다는 점이다. 또한 M:N 방식의 restoration을 채택하면 동시에 M개 보다 많은 링크의 절단이 동시에 발생하지 않는 한 추가적인 백업 경로의 생성 없이도 이에 대한 restoration이 가능하다. 따라서 기존의 SONET 보다 자원의 활용률을 높이면서도 보다 완벽하게 사고에 대처할 수 있게 된다.

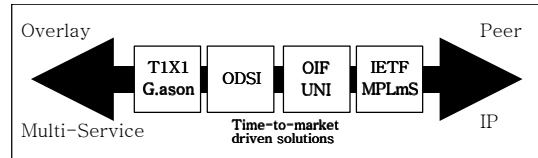


(그림 14) 람다스위칭을 위한 인터넷 라우터간의 상호 연결

사. 표준화 동향

현재 광 네트워크에 대한 표준화를 담당하는 ITU-T, OIF(Optical Internetworking Forum), ODSI(Optical Domain Service Interconnect), IETF의 IPO(IP over Optical Network) 워킹 그룹에서는 광스위치를 제어하기 위한 시그널링의 표준

화에 노력을 기울이고 있으나 아직까지 의견의 일치를 보지 못한 상황이다(그림 15)[31].



(그림 15) 광 인터넷의 표준화 동향

6. 핵심기술의 요약

이상에서 설명한 차세대 인터넷 전송 인프라를 구축하기 위한 기술을 다시 정리하면 다음과 같다.

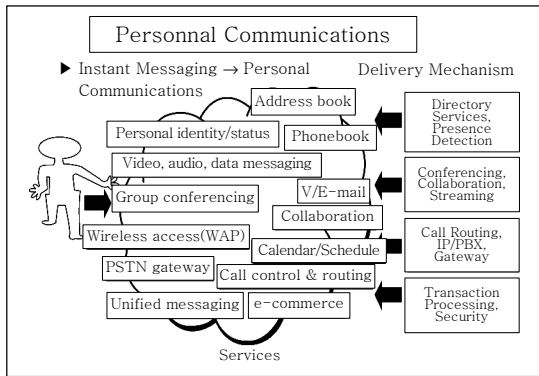
- 광 신호를 원하는 거리까지 전송할 수 있는 EDFA 기술
- MEMS를 기본으로 한 광스위칭 기술
- 원하는 파장으로 유연하게 광 신호를 생성할 수 있는 튜너블 레이저 기술
- 광 스위치를 제어하여 광 경로를 생성하고, restoration을 수행할 수 있는 광 시그널링 기술
- 현재의 IP 기반의 기술과 호환성을 유지하면서 서킷 통신의 기술을 가능케 하는 MPLS 기술
- 라우팅에 필요한 주요 기능들을 전담하여 처리하는 네트워크 프로세서 기술
- 인터넷을 이용한 데이터 전달에서 QoS를 보장하고 네트워크 서비스에 정책(policy)을 적용하는 트래픽 공학 기술

IV. 어플리케이션 기반 기술

초고속 인터넷 통신 인프라가 구축되더라도 이 위에 올라갈 다양한 어플리케이션이 존재하지 않는다면 차세대 인터넷 구축의 정당성을 인정 받지 못할 것이다. 따라서, 앞으로 등장할 다양한 어플리케이션들을 지원하기 위하여 어플리케이션 기반 기술에 대한 균형있는 기술 개발이 필요하다.

현재 중점적으로 각광을 받고 있는 어플리케이션 기반 기술을 보면 VoIP 기술, 그룹 통신을 기반으로 한 공동작업 환경 구축 기술, 멀티미디어 데이터를

처리하기 위한 스트리밍 미디어 기술, 스토리지 관련 기술, 다양한 서버 설계 기술, Content Delivery Networking 기술들이 있다. 또한 이들 기술을 하나로 묶어 매끄럽게 통합하기 위한 미들웨어에 대한 기술개발도 중요하다(그림 16).



(그림 16) 어플리케이션 기반 기술

1. VoIP 기술

VoIP 기술은 현재의 전화망에서 이루어지던 음성 통신을 IP 네트워크 하에서 수행하려는 기술이다. VoIP를 실현하고자 한다면 두 가지 큰 기술적인 문제가 해결되어야 하는데 첫번째는 전송에 있어서의 QoS의 보장이며, 두번째는 전화망과의 연동이다.

이를 위한 지금까지의 최대 장애 요소는 전송지연과 데이터의 손실에 다른 QoS 보장의 어려움이었다. 하지만 이러한 장애 요소는 MPLS의 등장으로 인하여 해소될 전망이다. 또한 MPLS와 광네트워크 간의 공동 방어망 구축으로 인하여 전화망과 같은 높은 생존성 보장에도 문제가 없을 것이다. 오히려 SONET 보다 더 안정적인 네트워크를 유지할 수 있으므로 전화망보다 더 우수한 품질을 보장할 수 있다. 전화망과의 연동을 위해서는 시그널링과 넘버링 문제가 해결하여야 할 우선적인 과제들이다.

음성통신이 IP 망에 실리게 될 경우에는 56kbps나 64kbps와 같이 통화품질을 제한할 필요가 없어 CD 수준의 품질이나 스테레오, 더 나아가서는 3차원적인 실감통신 형태의 음성 통화도 가능하게 될 것이다. 만일 CD 품질의 음성 통신을 하고자 한다

면 지금의 전화망보다 20배 이상의 전송 인프라가 필요하게 된다.

2. 공동작업 환경 구축 기술

현재의 인터넷 기술은 일대일 통신이 대부분을 차지하고 있다. 일대일 통신 기술은 기계와 기계, 사람과 사람, 사람과 기계간의 통신으로 나눌 수 있는데 사람과 기계간의 통신은 웹 서핑이나 MP3 다운로드 등이 있으며, 사람과 사람간의 통신은 인터넷 전화가 대표적인 응용이다. 기계와 기계간의 통신은 B2B 거래나 네트워크 기반의 데이터 백업 등이 있을 수 있다.

하지만 인간 세상은 사람들의 협동작업을 기반으로 하여 이루어진다. 이것이 회사이고 단체이다. 따라서 인터넷에서 이러한 인간 세상의 metaphor를 갖는다는 것은 매우 당연한 일이다.

만일 완벽한 그룹통신 기반의 협동작업 기술이 구축될 수 있다면 우리는 구태여 한자리에 모이지 않고도 사회생활을 영유할 수 있을 것이다. 이미 미국에는 2,000만 명 이상의 텔레커뮤터들이 있다. 이들은 매일매일 출근하지는 않고 집에서 모뎀 또는 고속 네트워크로 연결하여 작업을 진행하면서 가끔 회사에 출근하여 회의 또는 진도확인, 결과 취합 등을 하고 있다.

만일 네트워크 협동작업이 구축된다면 텔레커뮤터들은 더욱 늘어나게 될 것이고, 구태여 도심 가까이 살 필요가 없으므로 주거비용은 낮아지며, 전원이나 쾌적한 휴양지 근처에서 살면서 일을 하게 될 것이다. 이러한 환경은 자동차 주행에 따른 연료 소비, 이에 따른 자연 환경의 피해, 위성 도시의 베드타운화 및 오피스 지역의 주거 공동화 현상 등 사회적인 병리 현상을 해결할 수 있을 것이며, 또 지속적으로 도로를 증축하여야 하는 막대한 비용의 지출도 해결할 수 있게 될 것이다.

네트워크 협동작업이란 단지 IP 멀티캐스트 정도만을 의미하는 것은 아니다. 오히려 정교한 공동작업을 하기 위해서는 물리적인 멀티캐스트가 아니라 다자간 통신 방식의 논리적인 멀티캐스트가 필요하

다.

네트워크 협동작업을 위해서는 우선 미디어의 원활한 운용이 필요하다. 우리가 회의장에서 말하면 모든 사람이 듣는 것처럼 어떤 사람이 말하면 네트워크에 연결된 모든 사람이 들을 수 있어야 한다. 또한 몇 사람이 동시에 이야기 하더라도 이를 모두 들을 수 있어야 할 것(오디오믹싱)이다. 또 회의장에서는 전체 그룹에 참여하면서 몇몇 사람이 소 그룹을 구성하여 토의를 진행(서브컨퍼런스)할 수도 있다. 물리적인 회의에서는 특정 시간에 단지 한 그룹의 회의에만 참여할 수 있지만 네트워크 회의에서는 여러 그룹의 회의에 대하여 어떤 그룹 회의에는 능동적으로, 또 다른 그룹의 회의에는 모니터링 정도만을 하는 소극적인 참여를 할 수 있다.

또 영상의 경우도 마치 회의장에 모인 것처럼 하나의 화면에 여러 사람의 모습을 동시에 표현할 필요가 있다. 이를 위해서는 비디오 믹싱 또는 스플리팅 기술이 필요하다. 물론 사용자 PC에서 복수개의 영상 정보를 받아들일 수 있는 경우도 있겠지만 수용할 수 있는 개수의 한계가 있으며, 또한 대부분의 PC에서는 단지 하나의 영상 신호를 받아들일 수 있게 되어 있는 경우가 대부분일 것이므로 영상정보를 처리해 주는 장치가 필요할 것이다.

현재 ITU-T SG16과 IETF MEGACO 워킹 그룹에서는 이러한 기술적인 문제에 대한 표준화를 진행하고 있다. 사실 영상보다도 중요한 것은 데이터의 공유이다. 회의장에서 하나의 문서를 보며 함께 편집 작업을 하는 것과 같은 환경이 필요하다. 또 참고 자료를 함께 공유하는 것도 네트워크 회의의 시너지를 갖기 위해서 매우 중요한 요소이다. 이에 대한 많은 기술들이 ITU-T SG16에서 이미 개발되어 있다.

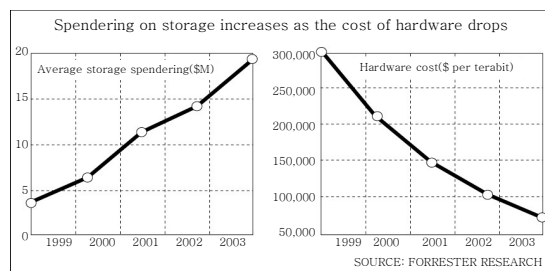
3. 스트리밍 미디어 전송 기술

스트리밍 미디어 기술이란 오디오와 비디오와 같이 실시간적인 데이터를 처리하는 기술이다. 현재 수준은 IP 네트워크가 전송대역폭을 보장하지 못하

고 전송지연을 해결하지 못하므로 이를 해결하고자 하는 데 힘을 기울이고 있다. 현재 추구하고 있는 기본적인 개념은 미리 데이터의 상당 부분을 클라이언트 측에 다운로드 받아 가지고 있으면서 클라이언트 측의 버퍼가 고갈되거나 오버플로우 되지 않도록 서버측과 조정하는 기술이 중심을 이루고 있다. 이러한 기술을 사용하면 AOD나 VOD와 같은 서비스들이 제공될 수 있다. 하지만 현재 수준으로는 가정용 VTR과 같이 빨리 보거나 천천히 보기, 되감기 등의 수준 높은 조작용은 불가능하다. 하지만 초고속 네트워크가 안정적으로 운용되고 미디어 처리기술이 보다 발전한다면 HDTV 급이나 3차원 동영상 수준의 스트리밍 서비스를 요구하게 될 것이다.

4. 스토리지 기반 기술

인터넷이 붐을 이루면서 수많은 정보들이 회사나 가정, 정부에서 디지털 형태로 만들어지고 있다. 이러한 데이터들은 대개 하드디스크, CD-ROM, 백업용 테이프에 저장되고 있다. 하지만 이러한 데이터 저장형태는 시간의 경과에 대하여 대단히 취약하다. 일반적으로 문서 형태의 자료들은 수명이 수백년 내지 천년 이상이 되고, 광학적 사진의 수명도 100년을 넘는데 반하여 CD-ROM은 10년을 넘지 않는다. 따라서 PC의 하드디스크나 CD-ROM에 저장된 데이터는 안전하지 않다(그림 17).



(그림 17) 디지털 저장장치의 가격 및 시설 용량 추세

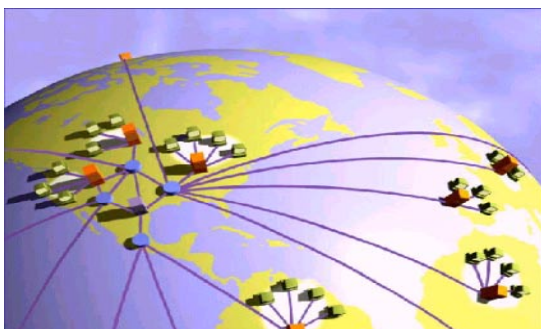
따라서 많은 현금을 집에 두지 않고 은행에 안전하게 맡기는 것처럼 당장 사용하는 자료가 아니면 스토리지 서버에 보관하게 될 것이다. 이러한 데이터들은 항온항습 환경에 무정전 저장장치로 보호된

환경에서 주기적으로 데이터를 새로 rewrite 함으로써 자료를 원하는 기간 만큼 보관하게 될 것이다. 이미 미국에서는 SSP(Storage Service Provider) 들이 등장하고 있다. 스토리지 서비스는 과거 단순한 Data Warehouse 보다는 훨씬 발전된 통합적인 개념이다.

5. Content Delivery 기술

인터넷의 서비스의 특징은 예측이 불가능하다는 데 있다. 따라서, 인터넷 데이터 공급을 위한 서버의 용량을 아무리 넉넉하게 설계한다 할 지라도 갑자기 수천 배로 늘어난 트래픽을 무리 없이 처리하는 것은 불가능하다.

과거 Victoria's Secret 패션쇼를 인터넷으로 제공한 경우와 클린턴과 르윈스크에 대한 재판 기록을 다룬 스타보고서가 공개되었을 때 관련 서버와 주변의 네트워크는 심한 정체현상을 겪었다. 이러한 문제는 단지 해당 서버의 정상적인 운용에만 지장을 주는 것이 아니라 네트워크를 공유하는 다른 시스템에게도 심각한 영향을 주게 된다. 만일 해당 네트워크에 전자상거래 사이트들이 있다고 하면 이를 운용하는 기업에게는 기회비용의 상실이라는 상당한 손해를 초래하게 되므로 이를 해결하려는 기술들이 개발되고 있다.



(그림 18) 글로벌 Content Delivery

2000년 12월에 개최된 IETF 회의에서는 Content Delivery Network BOF를 통하여 이에 대한 기술적인 해결 방안 및 표준화의 필요성에 대하여 논의하였다. 현재 Akamai라는 회사는 전 세계적으로

로 4,000개 이상의 서버를 운용하면서 액세스가 한 지역으로 집중되지 않고 사용자로부터 가장 가까운 서버에 접속되게 함으로써 접속 폭주에 따른 문제를 해결한다. 이 기술은 접속 URL에 대하여 사용자로부터 가장 가까운 서버의 IP 주소를 제공하고, 서버 간에 서로 필요한 데이터를 동적으로 복제하는 기술을 기반으로 하고 있다(그림 18)[32].

6. 미들웨어 기술

미들웨어란 여러 어플리케이션에서 공통적으로 이용되는 기능들을 따로 떼어내어 운영체제 위에서 통합적으로 운용함으로써 어플리케이션들이 효과적으로 운용될 수 있도록 지원하는 기술이다. 미들웨어 기술의 범위에 속하는 것들로는 동기화 기술, QoS 보장 기술, 시큐리티 기술, 공동작업 환경 기술, 분산처리 기술, 미디어 처리 기술 등이 있다. 향후 네트워크 어플리케이션들은 개별적으로 운용되는 것이 아니라 서로 데이터를 공유하고, 서로의 결과를 이용함으로써 시너지를 얻게 되므로 보다 효과적인 통합 환경이 필요하다. DARPA에서는 광스위칭 방식의 인터넷 기반 기술 개발 이후에 극복되어야 할 기술로서 미들웨어 기술에 대해 집중적인 연구를 추진할 계획이다.

7. 사용자 인터페이스 기술

앞에서 언급한 어플리케이션이 사용자에게 얼마나 친숙하여질 수 있는가는 결국 사용자 인터페이스에 달려 있다. 인터넷으로 말미암아 앞으로 헤아릴 수 없이 많은 다양한 정보기와 네트워크 어플리케이션들이 등장하게 될 것이다. 우리가 TV나 오디오 시스템, VTR 등이 가지고 있는 수십 가지의 다양한 기능들 중에서 과연 몇 가지 기능이나 익숙하게 사용하고 있는지를 생각해 본다면 사용자 인터페이스 설계에 얼마만한 노력을 기울여야 할지 가늠할 수 있을 것이다.

PC에서 실행되는 다양한 어플리케이션에 대하여 우리가 구체적인 사용법을 배우지 않고도 쉽게 사용

할 수 있는 것은 윈도 시스템이라는 훌륭한 통합 사용자 인터페이스가 존재하기 때문이다. 하지만 마우스와 아이콘, 키보드로 어우러진 윈도 시스템의 사용자 인터페이스를 정보기기에 그대로 적용하는 것은 무리가 있다. 지금 등장하고 있는 디지털 장치들을 보라. MP3 플레이어, DVD 플레이어, CD 플레이어, 게임기, 디지털 카메라, 디지털 캠코더, 디지털 녹음기, PCS 단말기, GPS 단말기, 무선 웹 단말기, PDA 장치들, 디지털 셋탑 박스, 인터넷 라디오, 웹 TV, 수백 채널을 시청할 수 있는 위성 TV 수신기 등 헤아릴 수도 없는 장치들이 있다. 이들 모두에게 키보드를 부착할 것인가? 이들 모두에게 포인팅 디바이스를 부착할 것인가? 이들 모두에게 큼직한 액정 디스플레이를 부착할 것인가? 이들 장치들은 개별적으로 운용될 때가 아니라 서로 통합적으로 운용될 때 보다 큰 시너지를 갖는다. 어린아이나 할아버지, 할머니들도 자유롭게 이들 장치들을 연결하고 조작할 수 있어야 한다.

V. 결론

흔히 어느 나라의 국력을 가름하고자 할 때 지금까지는 GNP의 규모가 얼마나 되는지, 1인 당 국민소득이 얼마인지, 100인 당 자동차가 몇 대인지, 100인 당 전화 대수가 얼마나 되는지 등의 실물 지표를 중요한 판단 기준으로 삼아 왔다. 하지만 앞으로는 국민 100인 당 PC가 몇 대인지, 전 가구의 광대역 가입자망 설치 비율이 얼마나 되는지, 하루에 몇 시간 PC를 사용하는지, 인터넷 검색 시간은 얼마나 되는지 등의 정보화지수가 국가 경쟁력 판단의 중요한 지표가 될 것이다. 이미 일본에서는 뒤떨어진 정보화 환경을 구축하기 위하여 금년 11월에 개최된 정부 주최의 IT 전략회의에서 2005년까지 일본의 4,000만 전 가구를 대상으로 30~100메가 비트의 속도를 갖는 세계 최첨단 인터넷망을 구축하겠다는 계획을 제시한 바 있다[33].

우리나라는 이제 2000년도 말이 되면 광대역 역

세스망 400만 가입자 시대에 진입할 것으로 전망된다. 이것은 세계적으로도 유래가 없는 일이며 우리나라 초고속 인터넷 인프라 구축의 중요한 부분을 담당하고 있다. 이제 초고속 인터넷을 위한 백본망의 고속화와 함께 응용 서비스 환경의 구축이 이루어진다면 우리나라를 지식 경제 사회로 인도하는 중요한 견인차 역할을 담당하게 될 것이다.

차세대 인터넷의 발전은 가입자망의 고속화, 백본 네트워크의 고속화, 서버 컴퓨터의 대용량화 및 고속화, 콘텐츠 제공의 효율화의 진화 단계를 거친다. 차세대 인터넷의 개발은 어느 한 기술로 이루어지는 것이 아니라 광처리 관련 원천 기술, 프로세서 개발 기술, 라우터 설계 기술 및 서버 개발 기술, 어플리케이션 기반 기술 및 사용자 인터페이스 기술들이 전략적인 관점에서 이음새 없이 매끄럽게 통합될 때만이 가능하다. 이러한 관점에서 차세대 인터넷 구축에 필요한 요소 기술들을 다수 보유하고 있는 ETRI의 역할이 매우 중요하리라 생각된다.

참고 문헌

- [1] John McQuillan, "What the Next for the Net?," NGN 1999, Washington DC, Nov. 1 - 5, 1999.
- [2] David Lake, "Optical Profusion," The Industry Standard, Dec. 25, 2000, p. 112.
- [3] Genia Jones, "Wireless: What to Do?," The Industry Standards, Nov. 27 - Dec. 4, 2000, p. 172.
- [4] Steven A. Morkey, "Making Digital Cinema Actually Happen - What it Takes and Who's Going to Do it," Qualcomm Incorporated, 1998.
- [5] Steven A. Morkey, "Balancing Technology in Digital Cinema Systems," Qualcomm Incorporated, Oct. 19, 2000.
- [6] Michael Antonoff, "Digital Music 24/7," Popular Science, Aug. 2000, pp. 70 - 72.
- [7] Tessa Romita, "Bigger Bite for Online Books," Business2.0, Dec. 26, 2000, p. 130.
- [8] Steve Ditlea, "The Real E-books," *Technology Review*, July-August 2000, pp. 70 - 87.
- [9] "Introduction to MPLS," Release 9.3.0, Part Number 78-10672-01, CISCO, Apr. 2000.

- [10] Robert Adriaanse, "IP and MPLS Network Design Designing IP and MPLS Networks using OPTera Packet Core," Nortel Networks, 2000.
- [11] Eric C. Rosen *et al.*, "Multiprotocol Label Switching Architecture," IETF Internet Draft, Work in Progress, July 2000.
- [12] Daniel O. Awduche *et al.*, "RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels," IETF Internet Draft, Work in Progress, Aug. 2000.
- [13] Bilel Jamoussi *et al.*, "Constraint-Based LSP Setup using LDP," IETF Internet Draft, Work in Progress, July 2000.
- [14] John Kennedy and Robin Melnick, "Network Processing Platforms: Minimizing Total Time-to-Market," An MMC Networks White Paper, 2000.
- [15] "Leading the Network Processor Revolution," MMC Networks, 2000.
- [16] David Husak, "Network Processors: A Definition and Comparison," White Paper, C-Port Corporation(Motorola Company), 2000.
- [17] "AnyFlow 5500 Product Overview," MMC Networks, 1999.
- [18] David Martin, "The Global Infrastructure Goes Optical," NGN 1999, Washington DC, Nov. 1 - 5, 1999.
- [19] Harry V. Quackenboss, "Breakthrough in Optical Switching for the WAN - Is it all done with Mirrors?," NGN 2000, Washington DC, Oct. 30 - Nov. 3, 2000.
- [20] Peter Fairley, "The Microphotonics Revolution," *Technology Review*, July-Aug. 2000, pp. 38 - 44.
- [21] Conrad Burke, "Optical switching: Time to Get Real," White Paper, Optical Micro-Machines, Inc., 2000.
- [22] M. Fernandez and E. Kruglick, "MEMS Brings New Solutions to Photonic Switching," White Paper, Optical Micro-Machines, Inc., 2000.
- [23] "Where CoreTek Fits-in," Applications for CoreTek's Product, 2000.
- [24] Peter Ashwood-Smith *et al.*, "Generalized MPLS Signaling Functional Description," IETF Internet Draft, Work in Progress, Oct. 2000.
- [25] D. Awduche *et al.*, "Requirements for Traffic Engineering Over MPLS," IETF RFC 2702, Sep. 1999.
- [26] Bala Rajagopalan *et al.*, "IP over Optical Networks: A Framework," IETF Internet Draft, Work in Progress, Nov. 2000.
- [27] Daniel O. Awduche, "Multi-Protocol Lambda Switching: Combining MPLS Traffic Engineering Control With Optical Crossconnects," IETF Internet Draft, Work in Progress, July 2000.
- [28] Jin Ho Hahm and Kwang-il Lee, "Control Mechanisms for Traffic Engineering in Optical Networks," IETF Internet Draft, Work in Progress, July 2000.
- [29] Jin Ho Hahm and Kwang-il Lee, "Bandwidth Provisioning and Restoration Mechanisms in Optical Network," IETF Internet Draft, Work in Progress, Dec. 2000.
- [30] Jin Ho Hahm, Kwang-il Lee, David Griffith, Papadimitriou Dimitri and Poppe Fabrice, "Restoration Mechanisms and Signaling in Optical Networks," IETF Internet Draft, Work in Progress, Mar. 2001 예정.
- [31] Don Fedyk *et al.*, "MPLS and ASON - Extending Multi-Protocol Label Switching for Automatically Switched Optical Networking," Nortel Networks, 2000.
- [32] "Content Distribution Technologies," NGN 2000, Washington DC, Oct. 30 - Nov. 3, 2000.
- [33] 하원규, "일본의 야심찬 IP 대국 구상," 조선일보 6면, 2000. 12. 8.