

초고속망과 멀티미디어 응용 서비스 시스템

김 인 흥*

초고속망과 멀티미디어 응용서비스 시스템

진정한 멀티미디어 응용서비스 ...

멀티미디어라는 신조 복합어를 두고 많은 사람들은 PC에다가 CD-ROM 드라이브와 사운드카드를 장착하고 미디어 플레이어를 이용하여 언뜻 현란해 보이는 영상과 그에 걸맞는 디지털음향을 출력하는 멀티미디어 PC를 떠올린다. 혼자만의 공간에서 보고 듣는 즐거움을 위해서라면 그 정도로도 괜찮은 멀티미디어 서비스를 만끽하는 것일 게다. 멀티미디어를 운용하기위한 최소한의 환경 즉, 간단한 저장 장치와 입출력 장치를 갖춘 셈이다. 그러나 이정도로는 몇번 재미삼아 설치해보고 한두가지 CD-ROM 타이틀을 실행해 보다가 뭘 좀 알고나면 시들해 질 수 밖에 없다. 이는 멀티미디어 PC가 제공할 수 있는 서비스라는 것이 그 양이나 질에 있어서 국소적이고 제한적인 데에 기인한다.

최근 PC 사용자들은 거의 대부분이 인터넷에 접속하고 있으며 인터넷하면 웹브라우저 몇 가지를 떠올리고 이를 통해 멀티미디어 서비스를 받고 있다고 느낀다. 그러나 인터넷의 실체는 전세계의 수많은 컴퓨터를 연결한 하나의 소프트웨어적인

개념에 지나지 않고 웹브라우저는 이를 사용하기 위한 사용자 인터페이스일 뿐이다. 대용량 데이터의 고대역 실시간 전송이 요구되는 멀티미디어 서비스는 인터넷이 제공하는 것이 아니라 서비스 제공자와 서비스를 전달해주는 하부 계층의 전송 체계가 갖추어질 때에 가능한 것이다.

진정한 멀티미디어 서비스를 위해서는 문자, 그래픽, 영상, 음향 등 다양한 데이터를 그 특성에 맞게 처리하는 처리 기능과 대용량의 저장장치 및 고속(고대역) 입출력, 그리고 멀티미디어에 알맞는 전송 시스템의 체계적인 구축이 필요하게 된다.

그리고 수 없이 다양화되고 제각기 전문화된 서비스 제공자와 서비스 사용자간의 규정된 계약에 의한 수요 공급 환경이 갖추어 졌을 때에 완벽한 멀티미디어 서비스 시스템이 구현될 수 있다. 이러한 멀티미디어 서비스 시스템에서, 멀티미디어 서버는 각기 맡은 바 서비스를 전문적으로 제공하도록 서비스망에서의 역할을 구현해야 하며, 사용자는 필요로 하는 특정 서비스를 요청하고, 망 관리자는 이들 공급자와 사용자가 각각 요구하는 전송 선로를 제공해야 한다.

이때 멀티미디어 데이터를 각각의 데이터 형태에 따라 그 특성에 맞게 생성, 저장, 전송 및 처리할 수 있는 서비스의 수준(Quality of Service, QoS)이 서비스 제공자, 전송망 관리자, 그리고 서비스 사용자간의 계약에 의해 보장되어야 한다.

* 종신회원, 하이컴리서치 대표

예를 들어, 전화 등 음성 전송의 경우 잡음보다는 지연 전송이 가장 중요한 결함으로 간주되며, 문자나 그래픽 이미지의 경우는 그 반대이다.

멀티미디어 데이터의 대부분을 차지하는 동영상, 그 중에서도 화상회의 등에서 응용되는 실시간 양방향 동영상 전송의 경우에는 전송 지연이나 잡음의 발생을 허용하지 않는 높은 QoS 수준이 요구된다. 높은 QoS 수준은 고대역 전송 회선과 서비스의 실시간성 보장을 의미한다.

멀티미디어 서비스의 종류

멀티미디어 서비스 시스템의 기능을 굳이 분류할 필요가 있으랴 싶지만 편의상 나누어 보면 크게 3가지 즉, 주문형 미디어(Media-on-Demand) 서비스, 미디어 멀티캐스팅 서비스, 양방향 멀티미디어 응용 서비스로 구분할 수 있겠다. 주문형 미디어 서비스에는 주문형 비디오(Video-on-Demand), Near Video-on-Demand, 자율 학습(Just-in-Time Training), 전자도서관, 홈쇼핑, 자동 정보 안내(KIOSK), 지연 방송(Delayed Broadcasting) 등의 다양한 응용 서비스가 있다.

미디어 멀티캐스팅을 이용하면 디지털 방송이나 사내 혹은 학내 교육 방송 등을 추구할 수 있다. 그리고 양방향 멀티미디어 서비스를 통해 원격지간 영상 회의, 영상 진료 및 시술, 영상 교육, 나아가 영상을 통한 공동 실험, 생산 관리 등 다양한 원격 협력이 가능하다.

멀티미디어 서버와 전송망

멀티미디어 서버의 개념을 구현하고자 할 때, 전송망을 간과하여 과거의 텍스트기반 데이터 서버

스 체제에서의 클라이언트/서버 모델을 그대로 적용해서는 필요한 서비스를 주고 받을 수가 없다.

멀티미디어 서비스 전송망에서는 텍스트 데이터의 경우와는 달리 단순한 대역폭의 확장만으로 서비스의 질적인 성능 향상을 도모할 수가 없다.

전송 데이터의 특성에 따른 서비스 수준의 차별화 혹은 특성화된 전송 방식 즉, QoS를 보장할 수 있는 전송 방식을 전제로한 서버만이 원하는 기능을 다 할 수 있다. 이는 대단히 중요한 전제 조건이며 최근 멀티미디어 서버의 대표적인 형태라 할 수 있는 VoD 서버의 경우 이를 만족하는 제품은 그리 많지 않다.

기 설치되어 시험 운영되는 VoD 서버들이 SCSI 컨트롤러나 Fiber 채널 등 자체 입출력 장치의 전송 용량을 전송망에 100 퍼센트 실어줄 수 있고 사용자들이 동시에 전송망을 통해 요구하는 영상 스트림(예, 6Mbps MPEG-2 stream)을 각 사용자들에게 자연스럽게(프레임의 손상이 없도록 실시간으로) 전송해 주기를 바랬던 초기 요구 조건을 만족시켜 주지 않는다.

이는 VoD 서버라고 불리워지는 시스템을 사용하는 이들이 RAID 등 시스템 입출력 장치의 성능을 그대로 비디오 전송 성능으로 기대하는 우를 범했기 때문이다. 가까운 장래에 제공되어야 할 멀티미디어 서비스는 단일 시스템이나 컴퓨터실 안에서 요구되는 것이 아니다.

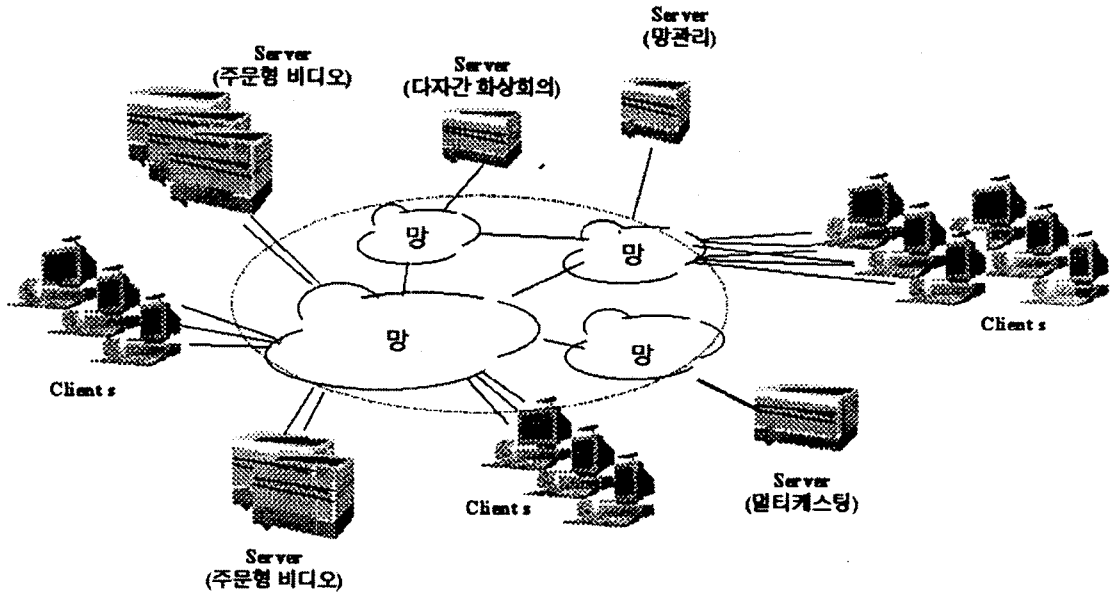
우리가 초고속망을 통해 요구하게 될 멀티미디어 서비스는 수십 수백 킬로미터씩 떨어진 곳에서 멀티미디어 정보를 전송받거나 대화형으로 뛰어난 화질이나 음질을 갖춘 형태로 공유하는 것이다. 따라서 서비스 제공자로서의 서버는 당연히 전송망을 전제로 해서 설계되지 않으면 안된다.

이러한 서버를 구체적으로 실용화하기 위해서

는, 전통적인 생각으로 저장용량이 큰 고성능 컴퓨터 시스템을 가정하고 이를 초고속망에 접속하는 방식의 고정 관념의 틀을 벗어나, 멀티미디어 전용 서비스와 그에 알맞는 시스템 아키텍처를 멀티미디어 전송망을 전제로 새롭게 설계하는 노력

즉, 멀티미디어 데이터의 특성에 맞춰 실시간 전송을 할 수 있는, Bandwidth-Demand 기능이 있어서 초고속 정보 통신망을 가능하게 한 네트워크이다.

통상 155Mbps이상의 전송대역을 갖는 ATM



〈그림 1〉 멀티미디어 서비스 아키텍처

이 따라야 할 것이며, 시스템 개발자는 전송망을 이해하고 전송망이나 스위칭 분야에서는 서버의 역할에 대해 각자의 노력을 공유 분담하여야 할 것이다.

Asynchronous Transfer Mode(ATM)와 Qos

누구나 다 알고 있듯이 ATM은 멀티미디어를 위하여 개발된 통신 방식으로 QoS가 보장되는 유일한 전송 체계이다.

은 WAN, LAN, 워크그룹망 등 특정 영역의 분류가 거의 필요하지 않는 심레스(이음새가 없는) 네트워크이다.

최근 1년여전부터는 25Mbps의 저대역 접속 기술이 데스크탑 ATM 응용 서비스 분야에서 일반화되기 시작했으며, IBM을 필두로 하여 굴지의 ATM 백본 장치 공급 회사들이 각각 25Mbps 솔루션을 공급하기 시작했다.

이는 초기 Frame Relay나 FDDI를 의식하여 설정되었던 100Mbps 접속 기술이 사라져가는 현

상을 볼 때 매우 흥미롭다.

ATM 25 얼라이언스가 성공적으로 그 역할을 완수하여 초기 예상과는 달리 25Mbps 접속 기술이 ATM 포럼 표준으로 채택되었다.

결국 불필요한 고대역폭을 추구하기 보다는 기존의 응용 환경에서 필요로 하는 최적의(현재로는 충분 그 이상인) 대역폭을 염가로 구현하고 ATM 응용 서비스 환경을 데스크탑에서 구현하므로써 응용 서비스를 통해 ATM의 저변 확대를 도모하게 되었다.

ATM 망에서의 클라이언트/서버 체계는 서버의 경우에 155Mbps 혹은 622Mbps, 클라이언트의 경우에 25Mbps로 정형화될 것이라 본다면 선부터 생각만은 아닌 것 같다.

전송망에서의 병목 현상이 일어날 수 있는 계층은 주로 물리 계층과 상위 서비스를 구현하기 위한 transport 계층이라 볼 수 있다.

ATM과 같은 초고속망은 이 중 물리 계층에서 생길 수 있는 병목현상(다른 망에 비해 고대역이라는 점에서) 어느 정도 해결할 수 있다. 그러나 서비스를 구현하기 위한 transport 계층의 성능 감쇠를 보상하기 위해서는 또 다른 노력이 요구된다.

멀티미디어 서비스를 체계화 및 개방화하기 위한 국제 표준 기구들이 설립되고 상위 프로토콜 스택을 정의해 가고 있다. 그리고 ATM 방식은 QoS를 전제로 하는 만큼 멀티미디어 서비스의 구현이 pure ATM 셀 전송에 의해 이루어질 수가 있다.

현재까지 ATM을 기반으로 시장에 선보이고 있는 대부분의 멀티미디어 응용 환경은 IP over

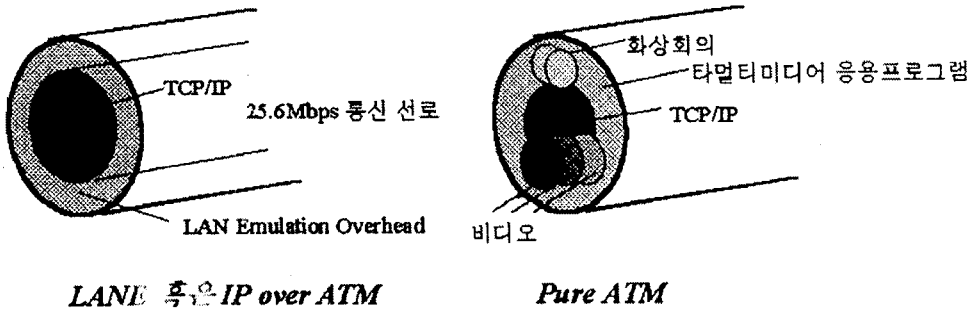
ATM이나 LAN 에멀레이션(LANE) 즉, ATM 회선을 이용하여 TCP/IP Packet을 전송하는 방식을 사용한다.

이를 두고 단순한 회선 대역폭만을 비교하자면 pure ATM 셀을 사용하는 경우와 별반 차이가 없는 것처럼 보일지 모르나, 멀티미디어의 QoS 보장면에서 보면 IP를 이용하여 ATM QoS transport 계층을 구현하고자 하는 시도인 만큼 애초에 비교 대상이 될 수가 없다.

여기서 멀티미디어 전송에서의 실시간성이 대단히 중요하다. 예를 들어 초당 30프레임의 동영상 전송하고자 한다면 정해진 시간(예를 들어, 1/30sec+/-1ms)마다 계속해서 한 프레임씩 클라이언트측에 도달해야 한다. 이대 QoS가 구현되지 않을 경우 전송망 혹은 VoD서버에 과부하가 걸리면 느린 비디오를 보게 되고 반대의 경우 지나치게 빠른 비디오를 보게 된다.

따라서 QoS를 제대로 보장하려면 전송망과 VoD 서버가 약속된 수의 프레임을 정확하게 보내줄 수 있는 한도내에서 클라이언트의 요청을 받고 수락한 요청에 대해서 책임지는 형태로 구현되어야 할 것이다.

제대로된 비디오를 전송하지 못하고도 클라이언트의 갯수만 늘리는 식으로 많은 숫자의 동시 사용자를 명기한 상업적인 규격서를 대하면 사용자 입장에서는 조심스러워질 수 밖에 없다.



<그림 2> LANE과 pure ATM

FVC와 ATM 솔루션

앞서 언급한 멀티미디어 서비스 체계를 가장 구체적이고 합리적으로 실용화하고 있는 솔루션으로서 First Virtual Corporation(FVC)의 ATM 기반 멀티미디어 응용 시스템을 소개하고자 한다.

FVC는 저가형 ATM 25Mbps 전송장치를 통해 데스크탑 PC 사용자들에게 최적의 멀티미디어 응용 서비스를 구현하고 있다.

고화질의 MPEG VoD, MPEG 멀티캐스팅이 가능하고 클라이언트간 MPEG 비디오를 공유할 수 있는 싱크로나이징 기능을 갖추고 있으며 10Mbps이상의 고화질 MPEG-2 비디오 전송에도 완벽한 QoS를 보장하고 있다. 뿐만아니라 오디오와 비디오 데이터가 제어 데이터와 별도로 분리되어 단말기 시스템에 부하를 주지않고 망에서 입출력 장치로 직접 전송되도록 하는 고화질의 화상회의 기능을 갖추고 있으며 영상 전송실행 녹화 기능을 클라이언트에게 제공한다.

FVC 제품에서는 이러한 모든 응용 서비스를 한개의 모니터에 복수개의 응용 프로그램창에서

동시 실시간 실행할 때, 각 응용 프로그램이 요구하는 기본 성능(화질)에 상호영향을 주지 않는다. 그리고 멀티미디어 오퍼레이팅 시스템(MOS)이 있어서 각각의 멀티미디어 응용 프로그램이 동시 수행될 수 있도록 독립적 전송 채널을 설정해주고 pure ATM 셀을 전송시켜 준다.

즉, QoS Transport 계층을 구현하고 있는 것이다. 따라서 pure ATM 셀 전송을 통해 멀티미디어 응용 서비스를 구현한 제품으로서는 유일한 제품이다.

FVC의 VoD 서비스는 독특한 모델을 제시하고 있으며 매우 합리적이고 확장성이 뛰어난 서비스 체계를 갖추고 있다.

디스크 어레이를 ATM 망에 직접 접속하여 디스크어레이의 입출력 성능을 그대로 ATM 망에 실을 수 있게 했으며, ATM 망에 접속된 복수개의 디스크어레이를 멀티미디어 관리 서버를 통해 VoD 서비스를 관리 운영한다.

즉, 멀티미디어 서비스의 스케줄러와 저장 장치들을 각각 ATM 망에 분리 접속시켜 저장 용량과 대역폭을 논리적으로 무한히 확장할 수 있다.

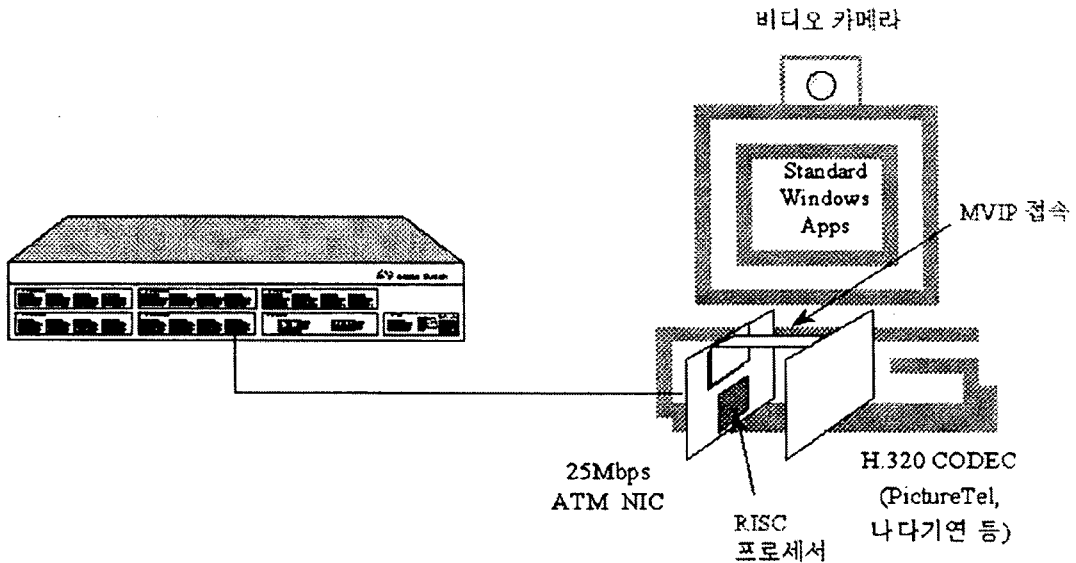
Video Overlay Network

ATM 망을 구성하기 위해 최소한의 전송시스템이며 워크그룹 스위치인 V-Switch와 ATM 25Mbps Adapter인 V-NIC, 그리고 망관리를 위한 V-Manager가 있다.

ATM 워크그룹 스위치는 클라이언트 접속을

어댑터인 V-NIC은 기본적으로 ATM 포럼 표준을 따르는 어느 타제품으로도 접속되나 FVC 자사제품의 경우 MVIP 옵션을 제공하므로 H.320 표준의 고품질 화상회의 시스템을 탑재할 경우 MVIP를 통해 접속하게 된다.

따라서 영상 및 음성 데이터가 제어 데이터와 분리되어 단말기의 시스템에 부하를 주지않고 망



<그림 3> V-Switch와 V-NIC

위한 25Mbps 포트와 ATM 백본스위치나 다른 워크그룹 스위치로 접속하기 위한 155Mbps 포트가 제공된다.

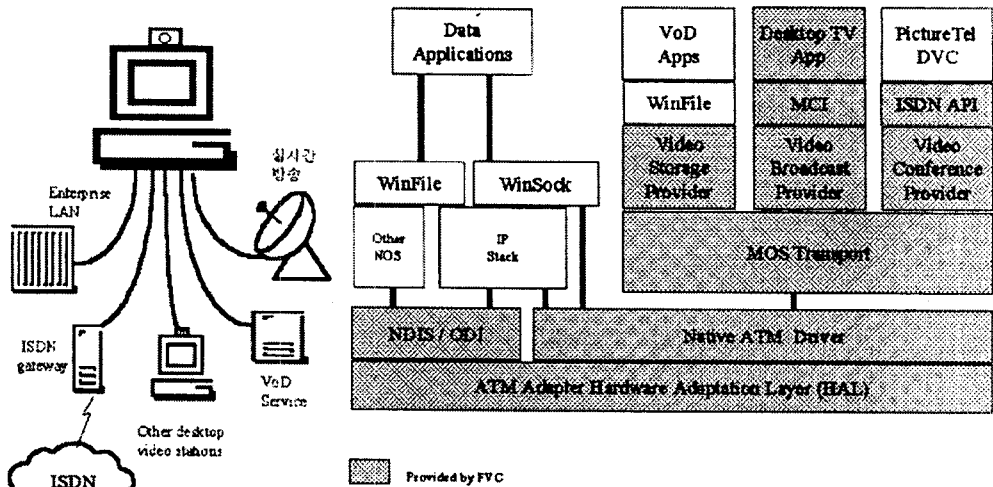
스위치는 보들화되어 있어서 각 모듈은 25Mbps×4, 155Mbps×2, V.35×2, Token Ring, 100Mbps(Ethernet)×2를 선택적으로 장착할 수 있으며, 이중 155Mbps 모듈은 멀티모드와 싱글 모드 접속 방식이 각각 제공된다.

UTP-3를 회선으로 사용하는 ATM 25Mbps

에서 입출력 장치로 직접 전송되므로 화질과 음질이 월등이 우수하다.

이때 사용자의 필요에 따라 384Kbps, 768Kbps 혹은 수 Mbps급의 화상회의 시스템이 탑재 가능하다.

이 ATM adapter에는 RISC 프로세서에 의해 실행되는 클라이언트용 MOS가 탑재되어 ATM cell 전송을 통한 QoS가 보장되는 멀티미디어 응용 서비스를 제공하며 동시에 LANE을 수행한다.



<그림 4> MOS

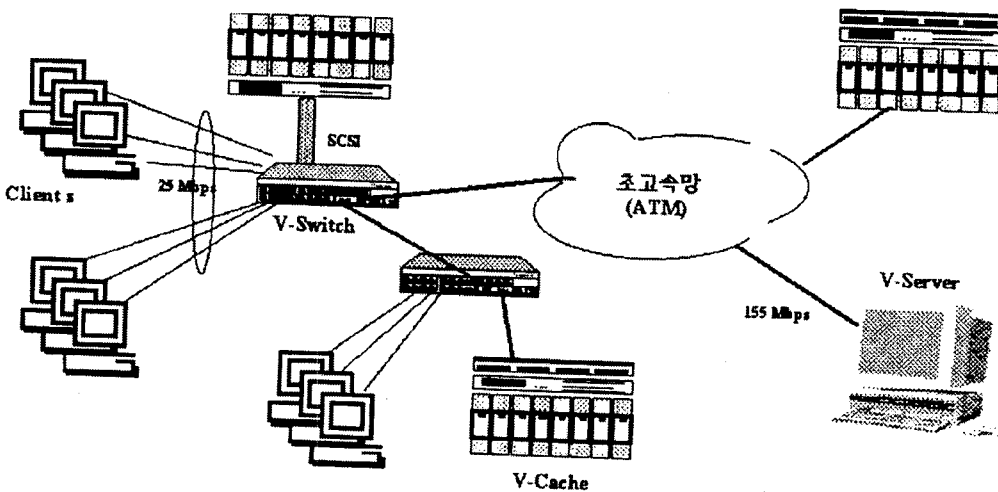
FVC 멀티미디어 응용 서비스

FVC의 대표적인 응용 서비스는 Video Caching, Video Casting, Video Conferencing 을 중심으로 구현되어 있다.

Video Caching은 V-Cache 즉, ATM망에 직접 접속된 RAID 시스템과 이를 운용 관리하는

V-Server로 구성되어 있다. V-Cache는 단위 접속당 스트림 서비스 대역폭이 세계 최대이다.

RAID를 워크그룹스위치나 백본 스위치에 직접 접속하여 그 대역폭을 극대화 하였으며 V-Server를 통해 다수의 V-Cache를 논리적으로 결합하여 비디오 스트림 서비스 대역폭이나 저장용량의 무한 확장이 가능하게 되었다.



<그림 5> V-Cache의 구조와 VoD 서비스 환경

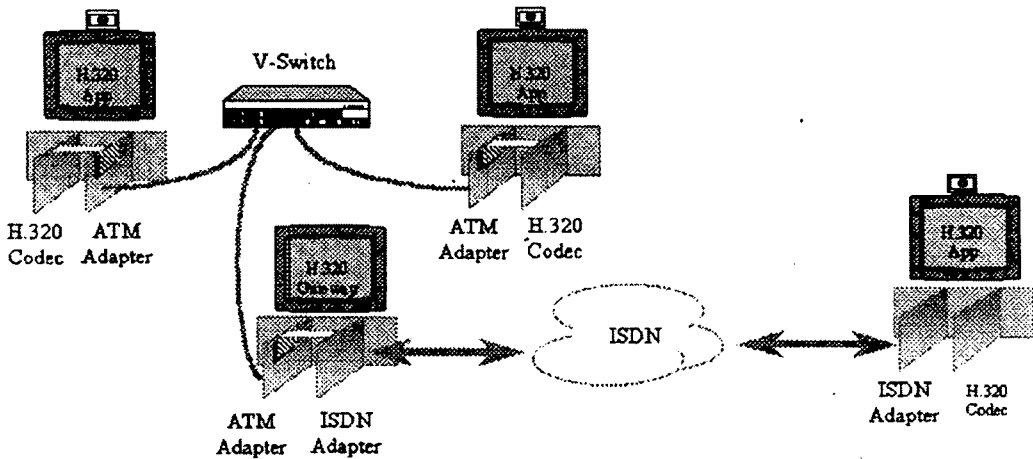
앞의 그림에서 특정 클라이언트는 원하는 비디오 스트림을 V-Server에 요청하고 멀티미디어 데이터베이스 관리자로서의 V-Server는 해당 비디오의 인덱스를 찾아 그 비디오를 저장하고 있는 V-Cache에게 스트림 서비스를 특정 클라이언트에게 제공할 것을 지시한다.

V-Server는 V-Cache의 멀티미디어 스트림 서비스를 관장하는 이외에 전체 멀티캐스팅, 비디오 공유, 화상회의 등 모든 멀티미디어 운영 상황을 전체적으로 제어 관리하는 기능이 있어서 실제로 FVC 멀티미디어 시스템의 중심적인 역할 즉,

하고 있다.

부가적인 서비스로서 멀티미디어 운영 실행을 녹화할 수 있는 V-Record, 두개의 클라이언트간 비디오 공유 기능인 V-Sync, 멀티미디어 자원을 웹을 통해 액세스하게 하는 V-Browse, 그리고 다자간 화상회의를 위해 한 유니트당 최대 20 사이트까지 지원하는 멀티포인트 컨트롤 서버로서 V-MCU, 버추얼 랜을 구현하는 V-LAN이 있다.

이러한 pure ATM 멀티미디어 서비스 망에서



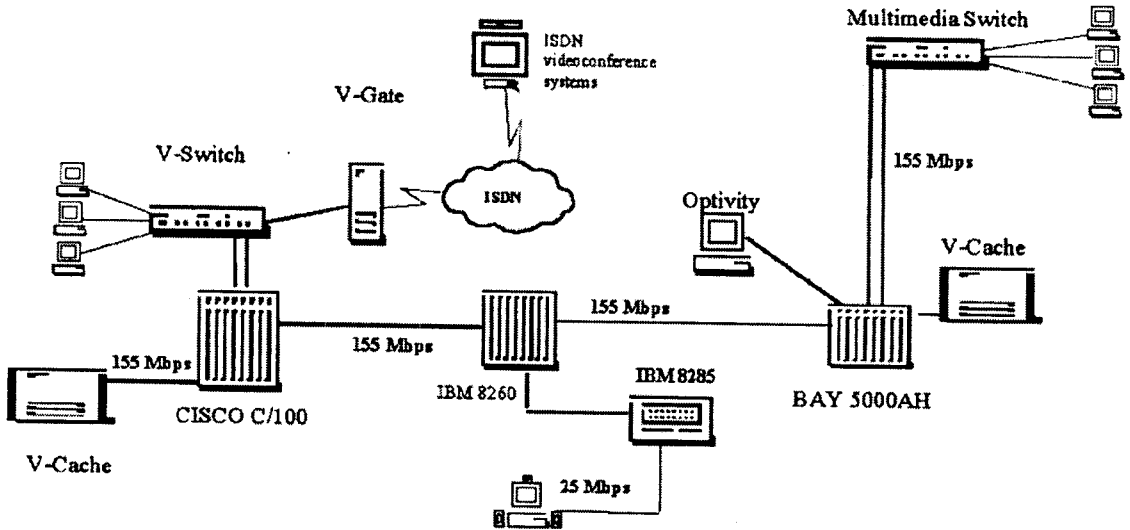
<그림 6> V-Gate를 이용한 ISDN 원격 화상회의

멀티미디어 망관리 시스템이라 할 수 있다.

Video Casting은 V-Caster를 통해 영상을 MPEG 방식으로 실시간 엔코딩하여 ATM망에 접속된 클라이언트들에게 동시에 멀티캐스팅한다.

ATM 백본을 통한 초고속망 인프라가 구축되지 않은 상황에서 원격 화상회의를 구현한 ISDN 게이트웨이 서버로서 V-Gate가 있어서 ISDN/E1/T1등을 이용한 WAN 솔루션을 제공

의 고화질 고음질 응용 서비스를 제공하는 한편, TCP/IP를 기반으로 하는 EtherNet과의 접속성을 유지하며 QoS는 EtherNet의 특성상 보장되지 않겠지만 저성능의 멀티미디어 서비스를 제공한다. V-Ether와 MOS-IP가 이러한 서비스 즉, VoD 및 멀티캐스팅 비디오를 ATM망으로 부터 EtherNet 망에 전송해 준다. 물론 TCP/IP 기반의 H.261 화상회의를 원하면 LANE을 통해 손쉽게 적용할 수 있다.



〈그림 7〉 FORE, CISCO, Bay Networks, IBM 과의 호환망 구성

FVC의 제품과 그 응용 서비스의 특성은 구체적이고 현실적인 데스크탑 멀티미디어 네트워크 환경을 구현하고 있으며 비디오 네트워크 솔루션으로서 저가형 워크그룹 ATM을 채택하여 MOS를 통해 데스크탑 비디오 서비스를 가능하게 했다는 점이다. 아울러 굴지의 네트워크 스위칭 공급 회사들이 공급하는 대용량 백본 ATM 스위치와는 달리 저용량 저가형 워크그룹 솔루션을 추구하여 ATM 포럼 표준을 수용하는 모든 스위치들과 호환성을 갖는다.

· FVC ATM 기반 멀티미디어 응용

FVC 멀티미디어 네트워크 시스템의 주요 기능들을 정리하면 다음과 같다.

- 고화질의 화상회의, 다자간 화상회의 : H.320, V-Gate, V-MCU
- 주문형 비디오 기능 :

V-Cache, V-Sync

- MPEG-1 및 MPEG-2 실시간 방송 : V-Caster
- 멀티미디어 전송 실행 녹화 기능 : V-Record
- 멀티미디어 운영 관리 : V-Server
- 인터/인트라-넷 환경 지원 : V-Browse

이들 주요 기능들을 선택 조합하여 다양한 응용 서비스 환경을 구축할 수 있다. 그 실제활용을 위한 시나리오를 제시한다.

원격 화상회의

- 본사의 회의실과 원격지 각 지사 회의실들을 영상 전송망으로 연결한다.
- 좌장의 지목에 의해 발표자가 안건을 발표하면

모든 회의실에 전송된다.

- 주제발표
- 자료제시(기록자료, 영상자료)
- 발표중 질의 응답이 요구될 시, 1:1 화상 문답 channel을 좌장이 할당한다.
- 질의응답 중 그 내용을 각 지사의 회의실에 전송한다.
- 화상회의 상황을 기록하여 향후에 활용한다.
- 필요하면 화상회의 상황을 멀티미디어 통신망을 통해 전 사내에 중계한다.
- 이러한 모든 utility들을 Inter/Intra-Net의 Web에 의해 접근한다.

통상 원격 화상회의라 하면 대형 모니터 화면을 통해 원격지의 상대방 모습을 보면서 대화하는 모습을 연상하게 된다.

그러나 진정한 화상회의의 의미를 새겨보면, 단순한 대화의 기능을 추구하는 회의는 그 실효를 얻기가 어렵다. 회의 발의자의 발표, 자료 제시 이후에 질의 응답이나 토론이 있게 마련이다.

실제로 회의다운 회의를 하고 회의의 생산성을 추구하려면 업무를 협의하기 위해 다양한 형태의 자료가 제시되어야 하며 이때 제시되는 자료는 멀티미디어의 형태를 띠게 된다.

실제로 활용할 수 있는 화상회의 시스템을 구축하기 위한 면밀한 사전검토가 충분하지 못했던 이유로 결국 비치 전시용이 되어버린 고가의 장비들을 우리는 주변에서 얼마든지 볼 수 있다.

멀티미디어 교육 시스템

(멀티미디어 교실 및 원격 영상교육)

- 학생각자가 VoD 서버에 저장된 교재를 임의로 추출하여 자율 학습한다.

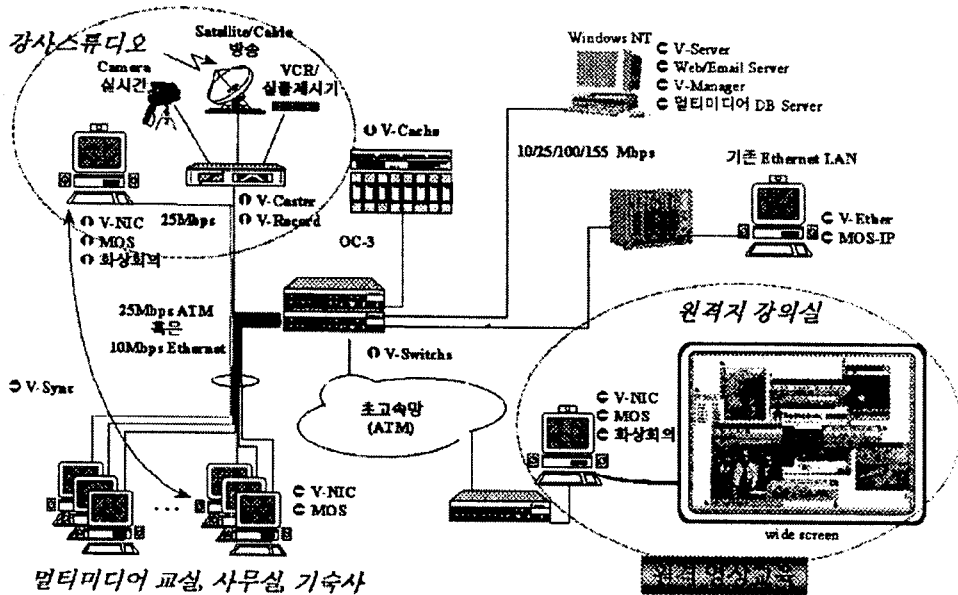
- 교수와 학생간 화상회의를 통해 대화식으로 강의한다.
- 멀티미디어 교재를 교수와 학생간에 공유하여 질의 응답한다.
- 필요에 따라 멀티미디어 교재를 일단의 학생들에게 동시 전달한다.
 - 실물교재제시기/VCR
 - 교육방송
 - 비디오카메라
- 영상교육 및 화상회의의 상황을 기록 저장한다.
 - 실행기록 및 향후 자료
 - 강의 불참 시 주후 VoD 형태 학습
- 강의실 및 교육상황, 학습진도 등을 관리감독한다.
- 모든 utility들을 Inter/Intra-Net의 Web에 의해 접근한다.

이 시스템은 굳이 실내에 구축할 경우에 멀티미디어 교육실이라 하겠으나, ATM, ISDN, EI, TI등 충분한 대역폭을 갖는 회선을 통해 단말기를 접속하면 장소에 구애받지 않는 수강이 가능하므로 원격 강의나 원격 VoD라는 개념으로 확장 활용하고자 할 때에도 별도의 시스템을 구성할 필요가 없다.

FVC 솔루션의 큰 장점중의 하나는 기반이 되는 시스템을 구축하면 사용자의 시나리오에 따라 다양한 응용 서비스환경으로 확장 활용이 가능하다는 것이다.

원격 진료 및 시술, 영상 자료 저장 검색 시스템, 기업 내 혹은 학내 인터/인트라-넷등 요구되는 환경에 적응적으로 적용할 수가 있다.

멀티미디어 교육시스템



<그림 8> FVC ATM 기반의 종합 멀티미디어 교육 시스템



김 인 흥 종신회원

- 학력 : 1983년 경북대학교 공과대학 전자공학과 공학사
1985년 한국과학기술원 전산학 석사
- 경력 : 1984~1989년 한국전자통신연구원 연구원
1989~1990년 삼성종합기술원 선임연구원
1990~1995년 MasPar Computer Corp.(미국) 선임연구원
1995~1997년 Jinnes Technologies, Inc.(미국) 이사
1997~현재 HyComm Research 대표
- 관심분야 : 멀티미디어 전송 및 응용 S/W
ATM Network, 동영상 처리 및 저장 검색