

이더넷을 통한 VoD 시스템 구현에 관한 연구

김양호, 김은석, 오승준

광운대학교 전자공학과 (멀티미디어연구실)

(email) sjoh@daisy.kwangwoon.ac.kr

요 약

본 고에서는 IEEE 802.3 이더넷 LAN에서 TCP /IP를 이용한 VoD서비스를 구현하고, VoD 서비스에서 고려해야 할 사항들을 제시한다. VHS 품질의 비디오를 제공하기 위하여 MPEG-1 을 준수한 복호기를 구현하여 사용하고, 대화형 서비스를 제공하기 위해 서버의 정보를 화일 형태로 클라이언트 시스템에 제공하는 방법을 사용한다. 응용물은 윈도우3.1에서 동작한다. Backbone으로 FDDI를 사용하며 Router와 이더넷을 사용하는 광운대학교 LAN에 연결하여 실험을 한다. 제작한 프로토타입 시스템은 실시간으로 VHS 수준의 품질을 제공한다.

I. 서론

향후 구축될 초고속 정보통신망에 대한 관심이 고조되면서, 초고속망을 이용한 멀티미디어 서비스에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-3]. 기술이 개발되는 형태를 보면 시장 주도형과 기술 주도형으로 나누어 볼 수 있는데 초고속 통신망은 기술 주도형으로 개발되고 있다. 다시말해서 이동통신의 CDMA와 같이 수요자의 요구에 의해 그에 대한 서비스가 추진되는 것이 아니라, 기술의 발전이 새로운 시장을 만들어 가는 형태로 개발되어 진다는 것이다. 기술 발전만을 고려하여 서비스를 고

려하지 않는다면 특히 서비스와 밀접한 초고속망 서비스용 단말기를 구현하지 않으면 개발한 초고속망의 활용성에 문제가 발생할 것이다. 즉, 서비스 측면을 고려하지 않은 정보통신 사업은 성공할 수 없을 것이다. 예를 들면 국내에서 N-ISDN이 개발되었을 때, 그 망을 이용한 서비스가 전혀 이루어지지 않아서 사업자체에 대한 비난이 심하다. 그러므로 현재 추진되고 있는 초고속망 사업에서는 기반 정보처리 기술뿐만 아니라 서비스의 개발에도 많은 연구가 진행되어야한다. 초고속망의 특성을 가장 잘 활용할 수 있는 서비스는 멀티미디어 서비스이다. 그중에서도 VoD (Video

on Demand) 서비스가 정보통신분야 시장을 주도할 대표적인 서비스로 여겨지고 있다.

초고속 통신망은 FTTH (Fiber to the Home)를 목표로 하지만 사업 초기에는 FDDI (Fiber Distributed Data Interface)처럼 기존 네트워크를 연결하는 Backbone으로 사용될 가능성이 크기 때문에 기존 자원의 재사용을 위해서도 고속의 이더넷(Ethernet)을 통한 서비스 개발이 필요하다. 더구나 100Base-T, 100VG-AnyLan과 같은 고속의 이더넷 접속 카드가 많이 개발되는 상황이므로 이더넷을 이용한 멀티미디어 서비스에 대한 연구가 필요하다. 또 향후 MPEG over ATM에 의한 VoD가 실현되었을 때 고려해야 하는 여러 요소에 대한 조사를 위해서도 우선 이미 널리 사용되고 있는 자원인 이더넷 상에서 VoD 서비스를 구현할 필요가 있다.

본 논문에서는 IEEE 802.3 이더넷 랜에서 TCP/IP를 이용한 VoD서비스를 구현해 보고, VoD 서비스에서 고려해야 할 사항들을 제시하려 한다 [4, 5]. 제공되는 비디오 정보는 VHS 품질을 가질 수 있도록 하기 위해 MPEG-1 stream을 사용하였고 대화형 서비스를 제공하기 위해 서버의 정보를 화일 형태로 클라이언트 시스템에 제공하는 방법을 사용하였다. 어플리케이션은 윈도우3.1에서 동작하도록 하였다. Backbone으로 FDDI를 사용하고 Router와 이더넷을 사용하고 있는 광운대학교 LAN에 연결하여 실험을 해 보았을 때 완벽한 실시간

서비스가 가능했다.

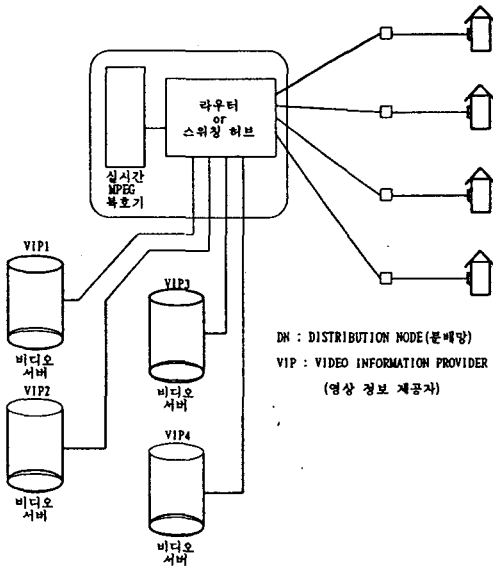
제 2장에서는 이더넷을 통한 VoD 서비스의 가능성을 타진해 보고, 제 3장에서는 본 논문에서 설계한 비디오 정보 화일을 소개하며, 제 4장에서는 구현된 시스템의 구성에 대하여 살펴본다. 그리고 마지막으로 VoD 시스템을 구현할 때 고려할 사항을 제시한다.

II. 이더넷을 통한 VoD

2.1 이더넷 대역폭

본 논문에서는 MPEG-1 stream을 가지고 IEEE 802-3 이더넷 LAN을 통하여 VoD서비스를 제공하는 시스템을 개발하였다. VoD 서비스를 위한 전송 매체를 이더넷 랜으로 사용할 경우 가장 중요하게 작용되는 요인은 전송율이다. 텍스트나 정지화상과는 다르게 동화상을 압축하는 방법인 MPEG-1은 약 1.5Mbps이상의 전송율을 필요로 하기 때문에 충분한 대역폭의 확보가 무엇보다 중요하다. 10Base-T를 물리층으로 사용하는 이더넷인 경우 데이터 전송율은 10Mbps정도이다. 그러나 IEEE 802-3의 MAC (Medium Access Control) 프로토콜이 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)을 사용하기 때문에 실제 사용할 수 있는 전송율은 4Mbps정도이다. 이 정도의 전송율인 경우 두개의 클라이언트에 비디오 서비스 제공이 가능하다. 또 CSMA/CD의 throughput은 스위칭 허브와 full-duplex transfer 기술로서 향상될 수 있고,

현재 개발된 100Base-T를 사용하면 서비스를 제공하기에 충분한 대역폭을 확보할 수 있다. 그리고 클라이언트와 서버가 멀리 떨어져 있는 경우 ATM을 사용하는 B-ISDN이나 FDDI와 같은 backbone으로 두 LAN을 연결하면 이 문제는 해결될 수 있다. 제안된 VoD 시나리오를 실현한 망 환경을 보면 그림 1과 같다.



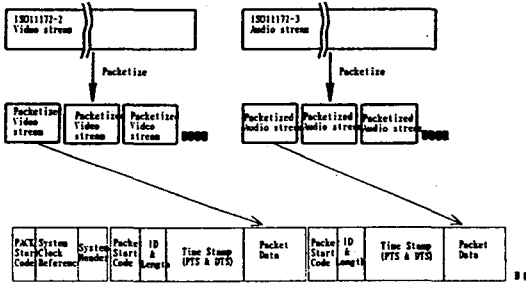
(그림 1) 구현한 VoD 서비스를 위한 망 환경

2.2 AV (Audio-Visual) 서비스의 동기화

MPEG-1으로 비디오 영상을 압축하였을 경우 VHS정도의 화질을 얻을 수 있고 비트율은 1.5Mbps정도이다. MPEG-1은 오디오와 비디오를 처리하는 압축 알고리즘이 각각 존재하는데 이렇게 압축된 데이터는 패킷화하여 멀티플렉싱되어있다. 멀티플렉싱시 고려해야 할 것중에서 가장 중요한 것은 동기화인데 이를

위해 각각의 팩과 패킷에는 SCR (System Clock Reference)과 PTS (Presentation Time Stamp), DTS (Decoding Time Stamp)가 기록되어 있다. MPEG-1에서는 타이밍 정보를 얻기 위해 90KHz 시스템 클럭 주파수를 사용하는데 SCR은 복호기의 시스템 클럭을 조절하는데 사용되고 있다. 단말기는 시스템 클럭을 참조하여 수신된 오디오, 비디오 프레임이 언제 디스플레이될 것인가를 판정한다. PTS와 DTS는 복호기에서 오디오와 비디오를 출력할 때 두 신호사이의 동기를 맞추기 위해 사용된다. DTS는 언제 복호화 과정을 시작할 것인가를 결정하고 PTS는 디스플레이를 언제할 것인가에 대한 참조 데이터이다. 따라서 복호기에서는 오디오와 비디오 패킷의 PTS와 DTS로서 두 미디어의 동기를 맞출 수 있으며 이러한 동기화 과정은 0.7초 이내에 한번이상 수행된다. 만약 둘 사이의 PTS가 정해진 임계치 이상 차이가 나게 되면 마스터(master)의 PTS와 같은 슬레이브(slave) PTS를 가진 패킷을 출력한다. 일반적으로 오디오를 마스터로 사용하는데, 그 이유는 사람에게 오디오의 지연과 끊김이 비디오보다 민감하기 때문이다. 따라서 동화상 서비스로 MPEG-1을 사용할 경우 클라이언트-서버 환경의 동화상 전송시 매우 어려운 점인 동기화문제를 피할 수 있다. 다시 말해서 서버는 저장된 스트림을 클라이언트의 요구에 따라 전송하고 클라이언트는 수신된 MPEG 데이터의 PTS와 DTS를 참조하여 오디오

와 비디오의 동기를 맞출 수 있다. MPEG-1의 오디오, 비디오 신호의 멀티플렉싱 과정을 그림 2에 나타내었다.



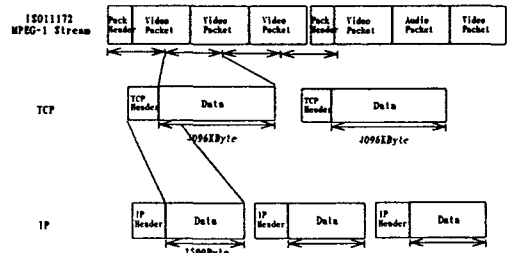
(그림 2) MPEG-1 시스템계층 비트스트림 포맷

2.3 VoD 서버에 대한 고려

본 고에서는 서버에 관련된 부분을 고려하지 않았는데 그 이유는 첫째 VoD서버의 서비스에 대한 표준안이 아직 준비중이며 둘째로 아직 기술적으로 서버를 고려할 만한 여건이 조성되지 않았기 때문이다. VoD서버 분야는 아직 우리나라에서 미개척 분야이고 전자, 컴퓨터 공학에 관련된 거의 전 부분이 적용되어야 할 만큼 어려운 분야이기 때문에 우선 기존에 많이 사용하고 있는 FTP 서버를 비디오 서버로서 사용하였다. 따라서 서버의 정보를 전달하는 프로토콜을 화일 형태로 제공하였고 구성된 서버 정보 구성은 현재 표준화가 진행중인 DAVIC이나 MHEG과는 다르게 설계되었다. 서버 정보 구성은 제 3장에서 살펴보기로 한다.

2.4 MPEG over TCP/IP

서버는 클라이언트가 요구하는 정보를 전송한다. 비디오 정보도 다른 정보와 마찬가지로 방법으로 전송하는데 이때 전송 프로토콜로는 TCP/IP를 사용한다. 비디오 정보는 크기가 매우 크므로 전송시 각각의 프로토콜에 맞는 크기로 세그멘테이션 시켜 주어야 하는데 그림 3에서는 세그멘테이션 과정을 보여 주고 있다. 일반적으로 TCP와 IP의 최대 데이터 크기는 각각 4KByte, 1500Byte인데 전송의 효율을 위해 가능한한 최대 데이터 크기로 세그멘테이션하도록 설치하였다. 이때 팩들은 연속적인 데이터 스트림처럼 취급하여 세그멘테이션을 한다.



(그림 3) MPEG-1 스트림 세그멘테이션

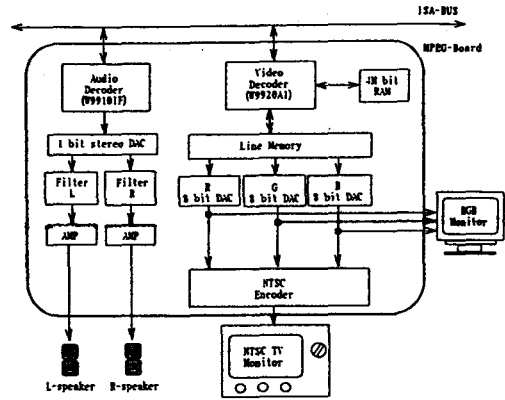
III. MPEG-1 복호기의 구현

3.1 하드웨어

클라이언트의 TCP/IP층에서는 수신된 데이터를 다시 재결합(Reassembly)하고 윗단의 MPEG-1 시스템 파싱층(parsing layer)으로 데이터를 전달한다. 시스템 파싱층에서는 각각의 패킷의 스트림 ID(stream identifier)를 참조하여 비디오 스트림(Video element

stream)과 오디오 스트림(Audio Element stream)으로 나누어 각각 비디오 버퍼와 오디오 버퍼로 저장한다. 이때 패킷 헤더의 PTS와 DTS로서 두 스트림간의 동기를 맞춘다.

비디오와 오디오 버퍼로 저장된 기본 스트림(element stream)은 메인 CPU의 부하를 줄이고 실시간적으로 복호화를 수행하기 위해 하드웨어에 의해 다시 복호화된다. 본 구현에서는 비디오 복호화를 위해 Winbond사의 W9920A1프로세서를 사용하였고 오디오 복호화를 위해 W9910IF프로세서를 사용하였다 [6, 7]. 비디오 프로세서로 사용된 W9920A1은 MPEG-1 비디오 데이터를 실시간적으로 복호화할 수 있는 칩으로 비디오 회의, 비디오 저작도구, CD-ROM 재생기 등에서 비디오 구현을 위해 설계되었다. 이 프로세서는 복원된 화면을 출력하기 위해 24비트의 비디오 출력 인터페이스를 제공하는데 이 비디오 인터페이스는 RGB포맷과 YCrCb포맷을 지원한다. 본 구현에서는 비디오 출력을 PC 모니터와 NTSC 모니터로 동시에 출력할 수 있게끔 설계하였다. 그리고 오디오 복호화 프로세서인 W9910IF는 MPEG-1에서 제안한 레이어-1, 2를 복호화 할 수 있도록 설계되었다. 출력된 PCM 데이터는 DAC(Digital-Analog Converter)를 통하여 출력된다. 구현한 MPEG-1 전용 복호기의 시스템 블록도는 그림 4와 같다.



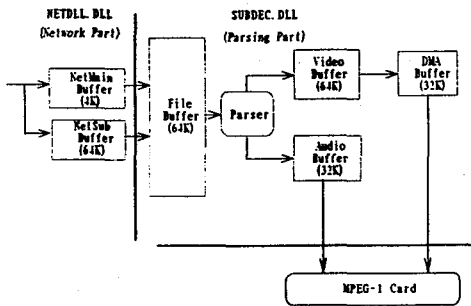
(그림 4) MPEG-1 복호기 블록도

3.2 소프트웨어

본 연구에서는 윈도우 3.1 환경에서 동작하는 어플리케이션을 목표로 하였기 때문에 TCP/IP의 구현을 위해 윈소켓(Winsocket)을 사용하였다. 윈소켓은 윈도우 환경에서 어플리케이션에 TCP/IP를 구현할 수 있도록 하는 범용의 API를 제공한다. 따라서 TCP/IP는 윈소켓이 담당을 하고 윈소켓층 위에 시스템 파싱층과 사용자 인터페이스 층(User Interface Layer)이 놓이도록 설계했다. 본 구현을 위해 2개의 DLL(Dynamic Link Library)을 만들었는데 각각의 기능은 다음과 같다.

- 1) NETDLL.DLL : 네트워크의 접속과 화일 수신과 같은 네트워크에 관련된 일을 수행하며, 네트워크 GUI(Network Graphic User Interface)를 위한 API를 제공하는 DLL
- 2) SUBDEC.DLL : 수신된 MPEG 데이터를 받아 시스템 층을 복호화한 후에 하드웨어에 넘겨주는 일과 MPEG에 관련된 콘트롤 명령에 관련된 API를 제공하는 DLL

두개의 DLL은 서로간에 통신을 하면서 데이터를 주고 받는다. 그림 5는 두 DLL간에 데이터의 흐름을 보여 주고 있다. 먼저 NETDLL을 살펴보면 두개의 버퍼가 존재하는데 NetMain버퍼는 MPEG-1데이터와 GUI에 관련된 데이터가 주로 저장되는 버퍼이다. 버퍼의 크기는 4KByte정도이고 MPEG 데이터일 경우 약 21ms 정도의 데이터를 가질수 있는 크기이다. NetSub버퍼는 MPEG-1데이터 수신시에만 사용되는데 복호화 과정 초기에 화면 크기나 수신된 스트림의 구성 정보와 같은 중요한 정보를 얻기 위해 사용된다. MPEG-1일 경우 수신된 정보는 SUBDEC.DLL의 File Buffer로 옮겨지게 되는데 File Buffer의 크기는 64KByte의 크기로 듀얼 버퍼로 사용될 경우 약 170ms분량의 데이터를 저장하게 된다. 다시 소프트웨어적으로 복호화된 오디오와 비디오 정보는 버퍼로 저장되고 비디오는 DMA(Direct Memory Access)를 통하여, 오디오인 경우 인터럽트를 통하여 MPEG 복호기로 넘겨지고 하드웨어를 통하여 복호화가 수행된다.



(그림 5) DLL 간의 데이터 흐름

IV. VoD 서버의 구성정보 화일의 설계

4.1 VoD 서비스에서의 GUI 환경

실제로 VoD 서비스가 실현될 경우에는 많은 정보 제공자들이 생길 것이고 제공되는 비디오 서비스의 종류도 많을 것이다. 하지만 이처럼 서비스의 종류가 많아질수록 사용자가 자신이 원하는 비디오 서비스를 검색하기가 점점 어려워진다. 이러한 경우 사용자들은 특정한 서버의 서비스만을 원하게 되고 값비싼 정보의 낭비를 가져오게 된다. 일례로 미국의 케이블 TV 가입자의 시청 패턴을 보면 서비스를 받는 채널이 수적으로 늘어나더라도 실제로 시청하는 채널 수는 일정 수준이상 늘어나지 않는다는 것이 조사된 적도 있다. 따라서 저장비용이 매우 큰 비디오 데이터들의 효율을 높이고 필요한 비디오 정보의 검색을 쉽게 하는 편리한 사용자 인터페이스를 제공해 주어야 할 필요가 있는데, GUI(Graphic User Interface)는 이러한 문제를 해결할 수 있는 좋은 해답이 된다. 그러나 이러한 GUI를 위한 정보가 클라이언트 시스템에 존재하면 안되고 반드시 해당 서버로부터 필요한 GUI정보를 얻어와야 한다.

본 논문에서는 이러한 GUI환경을 서버에서 제공하도록 하기 위하여, 서비스에 맞는 GUI 관련 정보를 서버에 저장하는 방식을 사용하였다. GUI정보로는 배경화면이나, 대화형 서비스를 위한 버튼의 모양과 위치, 여러 대화형 서비스 단계에 맞는 배경 음악, 그리고 해

당하는 서비스의 내용 정보가 이에 해당된다. 이 장에서는 본 구현에서 사용된, 서버의 구성 정보 화일에 관하여 기술하고자 한다.

4.2 서버 정보 화일의 구성

서버에서 GUI환경을 제공하기 위한 정보의 종류를 살펴보면, 먼저 화면을 구성할 그래픽 정보가 있어야 하고, 그래픽의 위치에 관한 정보, 그리고 제공되는 인터페이스에 대한 기능에 대한 정보가 있어야 된다고 생각된다. 이를 근거로 하여 만들어진 서버의 구성 정보 화일의 내용은 다음과 같다.

1) 서버 정보 화일

해당 서버의 서비스에 관련된 정보를 전달하기 위한 화일이다. 구성 정보를 로 표시하면 다음과 같다.

```
struct SERVERINFO {
    서버의 ID
    서비스 영화의 정보 화일
    서비스 제공되는 영화의 갯수
    초기화면을 위한 배경음악
    초기 윈도우의 크기와 위치
    초기 배경화면 화일
}

struct PROGRAMINFO {
    제공되는 영화의 이름
    버튼 그림 화일
    버튼의 크기 위치 정보
    선택 되었을 경우의 배경음악
```

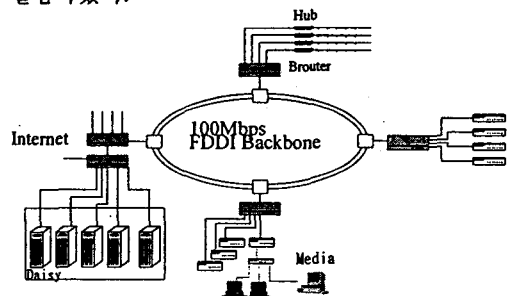
- preview를 위한 MPEG 화일
- MPEG 화일
- 서비스 영화의 정보 화일
- 다이얼로그 박스의 정보 화일

}

이와 같은 정보를 이용하여 클라이언트는 서버에서 원하는 서비스의 종류를 선택할 수 있다. 따라서 서버의 정보화일만 구성하면 다른 형태의 화면을 구성할 수 있다.

V. 구현 및 실험

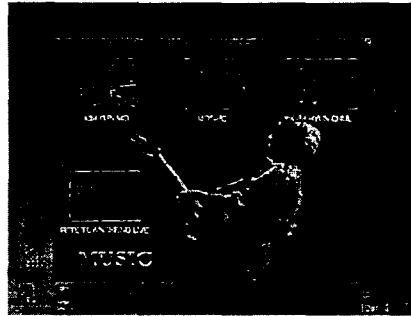
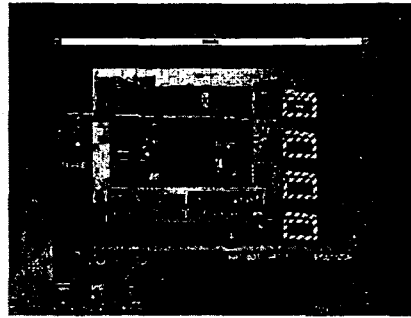
VoD 서비스 테스트는 두가지 방법으로 시행하였다. 첫번째로 하나의 허브(Hub) 통한 LAN으로, 두번째로 FDDI Backbone을 통한 LAN을 사용하여 실험하였다. 테스트를 위한 네트워크 환경을 보면 그림 6 같다. 먼저 100Mbps FDDI Backbone을 통하여 네 건물이 연결되어 있고 라우터를 통하여 건물내의 LAN과 연결되어 있다. 서버로는 SunSpac20 워크스테이션을 사용하였고 클라이언트로는 펜티엄 PC를 사용하여 실험하였다.



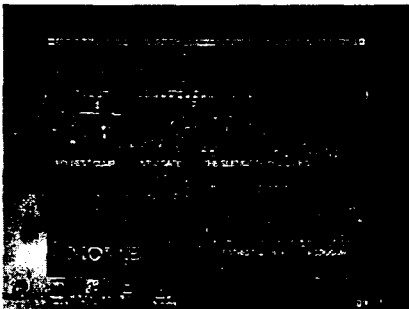
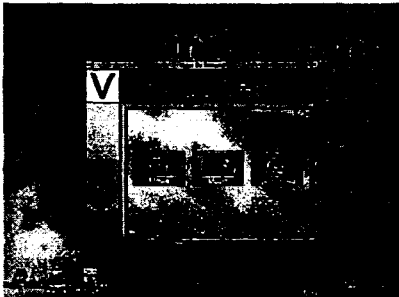
(그림 6) VoD 시험환경

시험을 위한 서비스는 영화, 음악, 그리고 스

포츠와 광고로 구성되어 있는데, 이러한 서비스는 세가지의 서버에 분산시켜 저장함으로써 사용자가 검색을 쉽게 할 수 있게 하였다. 그림 7에 서비스가 되고 있는 모습을 보이고 있다. 초기 화면에는 서버 선택을 위한 인터페이스를 제공하는 윈도우가 나타나 있다. 여기서 영화를 선택한 경우가 두번째 그림에 나타나 있다. 네번째 그림은 음악을 선택한 경우인데, 두번째 그림과 비교하여 보면 영화 선택 버튼의 위치가 다를 수 있다. 이것은 각각의 서비스에 대한 구성 정보 화일을 바꿈으로서 서버의 서비스 패턴을 바꿀 수 있음을 보여주고 있다



(그림 7) 구현한 VoD 서비스 화면 모습



VI. 결과

본 논문에서는 10Base-T를 물리층으로 사용하는 이더넷을 통하여 MPEG-1으로 부호화된 비디오 정보를 서비스 하여 줄 수 있는 VoD 단말기를 구현하여 보았다. 가장 많이 사용되는 프로토콜인 TCP/IP를 사용하여 화일을 전송 받았으며 서버로는 FTP 서버를 사용하였다.

전송 매체로서 이더넷을 사용하였기 때문에 구현상 가장 큰 문제점은 충분한 대역폭을 확보할 수 있는가에 관한 것이다. 이론적으로 4Mbps이상의 전송율을 얻어낼 수 있다고 하더라도 실제로 TCP/IP의 병목이나 CDMA/CD에 의

한 네트워크 지터와 같은 문제가 여러 곳에 많기 때문이다.

실제로 실험을 해 보았을 때 플레이시 전송율은 충분한 것으로 나타났다. 하지만 서비스 도중에서 오디오칩의 FIFO에서 약간의 empty가 발생함을 발견할 수 있었다. 오디오 처리 버퍼는 약 0.1초 정도의 데이터밖에 저장하고 있지 않기 때문에 수신시 약간의 전송 지연은 오디오칩의 FIFO가 empty가 발생할 수 밖에 없고 이런 empty가 발생할 때 약간씩 오디오가 튀는 현상이 생긴다. 이는 CSMA/CD에 의한 지터에 의한 현상이라고 생각되는데 버퍼의 양을 늘리거나 데이터 흐름을 조절함으로써 개선될 수 있을 것이라 생각된다.

실제 실험을 통해 조사된 문제점이나 고려해야 할 사항을 보면 다음과 같다.

첫째, 네트워크에 관련해서 보면 이더넷으로 전송을 할 경우 MPEG-1을 이용한 서비스인 경우 문제가 발생하지 않으나, 향후 MPEG-2로 VoD 서비스를 수행할 경우 충분한 전송율을 확보하는데 많은 문제점이 발생할 수 있다. 따라서, 앞으로 개발되어지는 B-ISDN에서는 반드시 ALL5와 같은 적응층(adaptation layer)을 사용하여 바로 ATM에 연결되는 것이 바람직할 것이라 생각된다.

둘째로, 아키텍처측면을 살펴보면 MPEG-2인 경우 큰 대역폭을 필요로 하고 처리되어질 데이터의 양도 많으므로 지금과 같은 방법으로 MPEG 시스템 층에 대한 해석을 소프트웨어

적으로 수행할 경우 CPU 부하와 버스의 대역폭이 병목(bottle-neck)으로 작용할 것이기 때문에 ATM보드와 MPEG-2를 하나의 보드 형태로 제작하는 것이 바람직하며 시스템의 복호화도 하드웨어적으로 수행되어야 할 것이다.

세째로 사용자 인터페이스 측면을 살펴보면 앞으로의 서비스는 단순히 VoD뿐만 아니라 NoD(News on Demand), 원격 쇼핑, 원격 게임, 주문형 가라오케등과 같이 개발할 수 있는 분야가 상당히 넓으므로 여러 서비스를 모두 수용할 수 있도록 서비스에 대한 표준안이 반드시 필요하며, 이와 같은 서비스를 제공할 때 인터페이스를 수행하는 자원까지 전송을 함으로서 앞으로 개발되어 질 여러 서비스에 대비할 수 있는 구조로 개발이 이루어져야 할 것이다.

VII. 결론

본 논문에서는 이더넷을 통한 VoD 서비스가 가능하다는 사실을 입증하기 위해 MPEG-1복호기를 제작하고 이를 이용하여 간단한 형태의 VoD 단말기를 구현하였다. 프로토콜로는 TCP/IP를 사용였고, 이것을 이용하기 위해 MPEG-1의 시스템 층을 세그멘테이션 할 수 있는지를 보였다. 그 결과 지금 범용으로 사용되고 있는 서버와 프로토콜로도 VoD 서비스가 실시간적으로 가능하였다.

또, VoD 서비스 구현시 사용자 인터페이스를 GUI 환경에서 서비스를 하는 방법에 대해

여 제안하였다. 하지만 이 분야는 많은 개선이 있어야 한다고 생각하고, 조속한 시일내에 표준안이 마련되어야 한다.

앞으로 MPEG over ATM을 구현하기 위한 많은 자료를 얻을 수 있었으며, 위의 모든 문제점들이 개선되어 실현된다면 실시간으로 다수의 가입자가 안정된 서비스를 받을 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] R. Handel and M. Huber, 'Integrated Broadband Networks: An Introduction to ATM Based Networks', Addison-Wesley, 1991
- [2] L. Crutcher and J. Grinham, 'The Networked Video Jukebox', IEEE Tr. on Circuits and Systems for video technology, Vol. 4. No. 2, April 1994
- [3] D. Minoly, 'Video Dialtone Technology-Digital video over ADSL, HFC, FTTC, & ATM', McGraw-Hill, 1995
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 CD11172-1,2,3, 'Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at up to 1.5Mbit/s, PART1-3', ISO, Nov. 1992
- [5] W. Stevens, 'TCP/IP Illustrated, Vol. 1, The Protocols', Addison-Wesley Pub. Co. 1994
- [6] Winbond Electronics Co., 'W9920A1 MPEG Video Decoder Manual', Winbond Electronics

Corp., Mar, 1994

- [6] Winbond Electronics Co., 'W9910IF MPEG Audio Decoder Manual', Winbond Electronics Corp., June, 1994