

IPTV 사용자를 위한 빠른 채널 변경 기법

송영호[†], 권택근^{**}

요 약

최근 통신 산업의 융합을 통한 네트워크 미디어의 발달은 지금까지의 방송의 개념을 넘어서 시청자와 방송사를 상호 연결하여 방송서비스와 연계된 양방향 데이터 서비스를 제공하는 방식으로 변화하고 있다. 이는 기존 네트워크 기술과 멀티미디어 기술의 결합을 통해 쉽게 이룩될 수 있으나 현실적으로 IPTV를 실제 구현하고자 할 경우에 인터넷 망의 대역폭과 시스템상의 문제점으로 인하여 사용자에게 만족스러운 수준의 서비스를 제공하는데 많은 어려움을 겪고 있다. 특히, IPTV 서비스의 필수 요소인 QoS/QoE를 지원하는 우수한 네트워크 품질과 사용자가 원하는 채널을 빠르게 전환하는 기술은 IPTV가 성공하기 위한 필수 조건이 되었다. 본 논문은 IP Set-Top이 인터넷 패킷을 하드웨어 디코더로 퍼드하여 플레이하는데 실제 높지 않은 CPU 사용률을 보이는 것에 착안하여 서버 쪽 로드의 일부를 클라이언트가 캐시하여 정보를 공유하고 채널 체인지 시 교환된 정보를 기반으로 빠르게 채널을 변경할 수 있는 기법을 제안한다.

Fast Channel Changing Technique to Deliver Enhanced IPTV User Experience

Young-Ho Song[†], Taek-Geun Kwon^{**}

ABSTRACT

Recently, the convergence of the telecommunications industry through the development of network media has brought along interactive data services in addition to the traditional broadcast services by providing direct connections between the users and the broadcasters. This can be easily achieved by the combination of existing network technology and multimedia technology, but in reality, as seen in the actual implementation of IPTV, it's difficult to provide satisfactory levels of service to users due to issues of network bandwidth and problems of streaming system. In particular, a network which is able to fully support QoS/QoE, and also a fast enough channel changing technology that is satisfactory to the user, are prerequisites for IPTV success. Therefore this thesis proposes a fast channel changing technique to deliver enhanced IPTV user experience. Recent IP set-top-boxes use only a small portion of the CPU to feed Ethernet packets to the hardware decoder and play them. Thus, by making IP set-top-boxes share cached channel information and content with each other, reducing the load on the server and enhancing the channel changing time is made possible.

Key words: IPTV(아이피티비), Fast Channel Changing(빠른채널변경), IP Set-Top Box(IPSTB)(아이피셋톱박스)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 송영호, 주소 : 서울특별시 동작구 대방동 우정아파트 101동 304호(156-020), 전화 : 017)421-2573, FAX : 02)6294-9158, E-mail : yhsong@nds.com
접수일 : 2009년 2월 23일, 수정일 : 2009년 4월 12일

완료일 : 2009년 6월 10일

[†] 정회원, 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정

^{**} 정회원, 충남대학교 전기정보통신공학부 교수
(E-mail : tgkwon@cnu.ac.kr)

1. 서 론

통신과 결합된 멀티미디어의 발달은 방송 서비스와 사용자가 직접 연결되어 상호 작용을 가능하게 하는 양방향 데이터 서비스를 제공하는 방식으로 기존의 네트워크 기술과 멀티미디어 기술의 결합을 통해 쉽게 이룩될 수 있으나 현실적으로 IPTV를 실제 구현하고자 할 경우에 인터넷 망의 대역폭과 시스템상의 문제점으로 인하여 사용자에게 만족스러운 수준의 서비스를 제공하는데 많은 어려움을 겪고 있다.

특히, IPTV 서비스를 위한 요구사항인 무한한 채널 수용능력, 개인화/맞춤형 미디어 서비스, 우수한 전송방식, 유연한 미디어 확장성, 다양한 비즈니스 모델, Walled Garden 서비스 등을 위한 필수 요소인 QoS/QoE를 지원하는 우수한 네트워크 품질과 고도의 플랫폼 (IP Set-Top-Box) 기술은 IPTV 서비스 제공의 성공적 기반이 된다. 이러한 요구를 충족하는 환경에서도 사용자가 원하는 채널을 빠르게 전환하는 기술은 IPTV가 성공하기 위한 필수 조건이 되었다. 하지만 지금까지의 연구는 이러한 문제의 해결을 위해 망의 대역폭에 대한 연구, 스트림 파일에 대한 압축 기법, 그리고 스트림 서버의 성능향상 기법 등이 근간을 이루고 있다.

이에 본 논문은 IP Set-Top이 이더넷 패킷을 하드웨어 디코더로 피드하여 플레이하는 데 실제 25-30%의 CPU가 사용되고 있다는 것에[1] 착안하여 서버 쪽 Load의 일부를 클라이언트가 공유하고 채널 정보 등을 캐시하여 채널 체인지 시 교환된 정보를 기반으로 빠르게 채널을 변경할 수 있는 기법을 제안한다. FTTN (Fiber to the Node) 망에서의 P2P IPTV 플랫폼에 대한 연구에서 볼 수 있는 것처럼 서버의 로드 분산은 IPTV 서비스 제공자에게 충분한 저장장치와 와 대역폭 등 많은 이득을 제공한다[2]. 본 논문의 2장에서는 IPTV 기술과 IPTV와 관련하여 활발히 이루어지고 있는 망의 대역폭에 대한 연구와 streaming 서버 기술 등 다양한 기법들을 살펴보고, 3장에서는 빠른 채널 변경 관련 기술들에 대해 논의 한다. 4장에서는 제안된 시스템 모델을 구현하고 구현된 시스템 모델의 장단점에 대해 알아본다. 5장에서는 제안된 시스템을 실험하고 결과를 측정한다. 끝으로 성능평가 결과를 바탕으로 6장에서는 결론과 제안된 시스템의 활용방안 그리고 앞으로의 연

구계획에 대해 논의 한다.

2. IPTV 관련 기술

IPTV 기술은 영상/음성 압축 기술(Codec), 방송 신호 인터페이스 규격, AV 전송 방식, 서비스 정보(SI)/EPG, 보안 방식, 미들웨어/부가 서비스 형식, IP 네트워크 전송기술 등으로 구분 된다.

압축 기술 분야는 H.264(MPEG4 part10/AVC), VC1, MPEG2 의 영상 압축 기술과 AAC, AC-3, MP3 와 같은 음성 압축기술이 있으며, 방송 신호 관련 하여 SDI/ASI, AES/EBU, SMPTE 305M, SMPTE 310M, Composite, Component, HDMI/DVI 인터페이스 규격이 사용된다. AV 전송방식에는 MPEG2-TS over UDP, MPEG2-TS over RTP over UDP, RTPS/RTP over UDP 과 같은 다양한 채널(Channel) 과 RTPS/RTP over UDP, FTP (Download & Play) 방식의 VoD 기술이 있고, 서비스 정보(SI)/EPG 기술 분야 에는DVB-SI, PSIP, SD&S, BCG 등이 주요 기술이다. 특히 서비스를 위해 중요한 보안 분야에는 CAS(Condition Access System) 와 DRM(Digital Right Management) 그리고 DCAS(Downloadable CAS) 가 있다. 미들웨어/부가서비스 방식의 주요기술에는 ACAP, OCAP, MHP, GEM, WEB, Flash 등 기반기술이, IP 네트워크 전송 기술에는 IGMP v2/v3, PIM-SM/SSM 이 주로 사용된다.

그림 1은 헤드엔드(Head End)라고 불리는 Baseband System (PP 및 지상파 등의 방송 수신, 분배, 모니터링), 압축다중화, VoD, 보안(CAS/

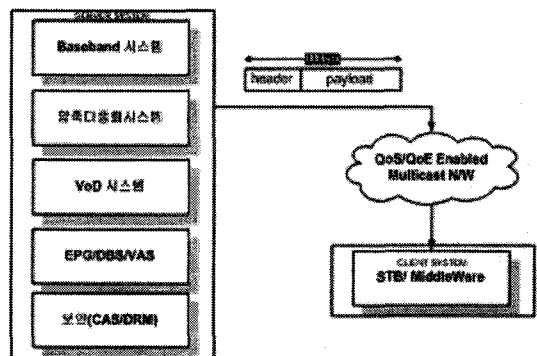


그림 1. IPTV 구조

표 1. IPTV 기술을 위한 대역폭 요구 사항

| Technology | Bandwidth (Mbps) | |
|---------------------|-------------------------|------------|
| | MPEG-2 | MPEG-4 AVC |
| SDTV | 3-4 | 1-2 |
| HDTV | 20-25 | 10-16 |
| DVD Video On Demand | 6 Mbps and up (unicast) | |

DRM/DCAS), EPG/DEB/VAS (방송 편성정보 제공, 지상파 데이터 방송, 부가서비스제공), 운영관리 시스템(편성/콘텐츠/계약/상품/가입자 관리 등) 을 서버시스템으로, STB(Set-Top Box) 와 단말 미들웨어를 스트리밍 클라이언트로 간략히 추상화하여 IPTV 구조를 설명하고 있다.

표 1은, 오늘날 IPTV 서비스를 위해 사용되는 프로토콜을 지원하기 위해 필요한 전형적인 대역폭 요구사항을 보여주고 있다[1].

2.1 스트리밍 서버와 클라이언트

스트리밍 서버와 클라이언트는 IP(Internet Protocol)망을 통해 연결되며 UDP/RTP를 이용한 멀티캐스트(Multicast), 또는 유니캐스트(Unicast) 전송방식을 이용하며 RTPS, HTTP, HTTPS, FTP, MMS 등의 프로토콜을 이용하여 스트림을 전송한다.

그림 2에서 처럼, 클라이언트로의 입력 비디오 형식은 다수의 ES(Elementary Stream)를 가진 MPEG-2 TS (Transmit Stream) 형식으로 다중화되어있어 188 바이트의 고정 크기 TS 패킷이 연속적으로 클라이언트로 전송된다. 이때 TS는 RTP 헤더가 없는 UDP 패킷으로 7개의 TS가 하나의 UDP로 캡슐화 되어(Encapsulation) 전체 1316 바이트가 클라이언트로 전송된다. TS의 PID (Packet Identifier) 필드는 다양한 오디오와 비디오 엘리먼트리 스트림 (Elementary Stream)을 구분하는데 사용된다. PCR (Program Clock Reference) 필드는 인코더에 의해

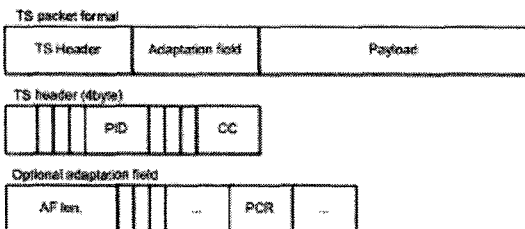


그림 2. IPTV 패킷 구성

90Khz 단위로 생성되는 시간정보(Time-stamp)로 매 100ms 마다 전송 되어진다[3].

2.2 스트리밍 서버 관련 기술

스트리밍 서버는 네트워크와 시스템의 상태를 측정하고 분석하는 기술과 MPEG-2 TS 다중화, ES(Elementary Stream) 인코더 기술 등 기능적 기술과 전송에러를 낮추기 위한 기법, 대역폭과 압축률을 높이기 위한 기법, 미디어 동기화 기법, 패킷의 우선순위 기법 등 성능향상을 위한 다양한 연구가 진행되고 있다[1,2,4,5]. 특히 신뢰성이 보장되지 않는 망에서 MPEG-2를 전송할 때 효과적으로 시그널 로스 (Signal Loss)를 줄이기 위한 방법으로, 그림 3처럼, 우선순위 인코딩 전송(Priority Encoding Transmission), 불균등 패킷로스 방지(Unequal Packet loss Protection), 그리고 우선순위 드롭(Priority Dropping) 기술들에 대한 많은 연구가 있어 왔다[4].

또한, 계층적 비디오 코딩(Layered video coding)은 가장 잘 알려진 우선순위 패킷 스케줄링의 하나로 높은 대역폭을 요구하는 실시간 어플리케이션의 서비스를 향상시킬 수 있는 기술로 많은 연구가 있어 왔다[4]. 샌더는 각 패킷의 시작부분에 SN(Sequence Number)을 넣고 리시버가 도착하는 패킷을 비-결정적순서(Non-Deterministic Order)로 처리할 수 있도록 한다. 샌더는 비디오 데이터를 UDP/IP를 이용함으로 4바이트 오버헤드와 8바이트 UDP 헤더와 20바이트 IP헤더로 구성된다(그림 4).

스트리밍 서버 기술의 중요 분야중 하나로 대역폭 사용률을 높이기 위한 최근 연구 중 SFCS

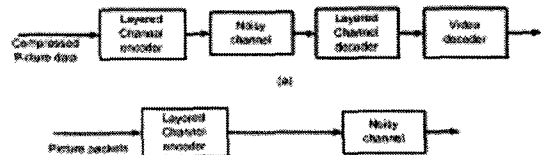


그림 3. (a) PET(Priority Encoding Transmission) or PLP(Unequal Packet Loss Protection), (b) PD(Priority Dropping)

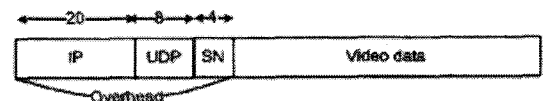


그림 4. Layered video coding packet layout

(Synchronization Frame For Channel Switching) 기법은 스트림 재동기점(Stream Re-synchronization Points)를 제공하기 위해 고정된 주파수(fixed frequency)에 내부 부호화 프레임(Intra coded frame)을 전달하는 기술로 S-프레임이라 불리는 재동기점(Re-synchronization Points)을 P-프레임과 따로 전달한다.

SFCS의 평균 대역폭 요구사항은 다음과 같다[5].

$$B_{sc} = \left\{ fps + \left\{ \frac{f_{ps}}{d} \right\} \right\} P$$

fps: number of frames per second
d: average duration in seconds between channel changes for a client
P: average P-frame size in bits
f_{ps}: size ratio, S-frame size/P-frame size

2.3 스트리밍 클라이언트 관련 기술

일반적으로 스트리밍 클라이언트로 불리는 셋톱 박스는 MPEG-2 TS 역-다중화기 (de-multiplexer), ES 복호기(decoder), 렌더링(Rendering), 재생 제어 (corresponding payout control), EPG(Electronic Program Guide), CA(Conditional Access) 관련 기능 등을 포함한다.

서버로부터 전달된 음성과 영상을 포함하는 미디어를 재생하는데 필요한 재생 제어 기능에서는 미디어의 동기를 맞추는 미디어 동기화(Media Synchronization)와 관련된 문제를 제어한다. 이를 위해 재생 미디어 유닛들에 대한 관련 타임스탬프들을 조절 한다. 일반적인 셋톱박스의 블록 다이어그램은 그림 5와 같다.

특히 IPTV 단말 (셋톱박스)의 보안 관련기술에는 DRM (Digital Rights Management) 과 CAS (Conditional Access System), CP(Copy Protection), 그리고 DCAS (Downloadable CAS) 등이 있다.

최근, HDTV급 고화질의 비디오를 스트리밍 하려는 시도는 최선형 서비스(Best-Effort Service)를 기반으로 하기 때문에 인터넷 망에서 안정적으로 스트리밍을 하기 위해 네트워크 상황에 적응할 수 있는 전송기법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 네트워크 적응형 HD MPEG2 스트리밍을 위해 MPEG 프레임(I, P, B) 기반의 패킷 우선순위를 적용한 연구에서 볼 수 있듯이[6], 스트리밍 클라이언트는 네트워크의 상태 측정과 피드백 기능을 하기도 한다. 이때 네트워크 상태 측정을 위해 스트리밍 클라이언트는 RTP 패킷의 헤더를 파싱하고, RTP 헤더의 시

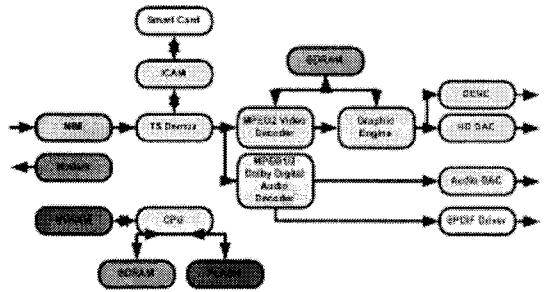


그림 5. Generic STB Block Diagram

퀀스 번호(Sequence Number)와 타임스탬프(Time-stamp) 필드를 이용해 패킷 손실율과 평균 지터 등을 계산하고 주기적으로 측정값을 서버로 피드백 하여 망에 쉽게 적응 할 수 있도록 하는 연구 등이 활발히 이루어지고 있다[6].

3. 빠른 채널변경 관련 기술

빠른 채널 변경은 스크린에 보이는 채널에서 새로운 채널로의 변경에 걸리는 시간을 최소화 하는데 그 목적이 있다. 지금까지의 연구들은 대부분 대역폭 소비를 줄이거나 스트림 정보를 활용하는 기술에 많은 관심을 가지고 있다.

IPTV 시스템 구현을 위해 GOP 구조를 활용하여 전달되는 스트림을 효율적으로 동기화 하고, 미리 정의된 GOP 구조를 이용해 정보손실을 복구 하는 것은 쉽고 효율적인 방안으로 인식되고 있다.

그림 6은 일반적인 GOP 기반의 IPTV 시스템에서 클라이언트의 채널 변경을 보여주고 있다. 클라이언트는 Channel A와 동기화를 이루고 있고, 특정 시간에 (a)에 채널 변경 명령을 Channel B에 전달한다.

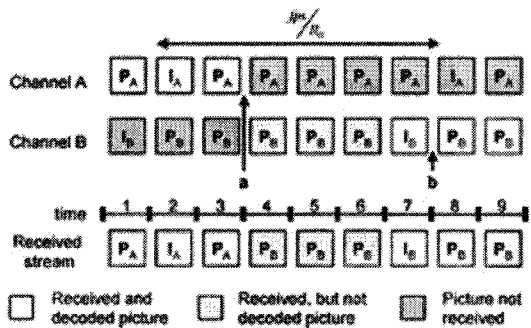


그림 6. GOP channel switching

클라이언트 스트림 A 그룹을 떠나기 위해 IGMP를 보내고 스트림 B 그룹에 '조인' 한다. 이때부터 클라이언트는 B로 부터 스트림을 받기 시작한다. 클라이언트 디코더는 스트림 동기 점으로 사용되는 I-Frame을 받을 때까지 프레임 버린다.

I-Frame이 완전히 받아지고 디코딩 완료되면 클라이언트는 (b)로 표시된 시점에 새로운 스트림과 동기화 된다. 최근 발표된, 채널 변경을 위해 스트리밍 재동기점 전송을 지원하는 SFCS 기법은 별도의 동기 프레임을 전송하기 때문에 대역폭 사용이 증가하는 이유로 그림 7과 같이 SFCS-GOP 하이브리드를 제안하기도 한다[7].

일반적으로 사용자가 불편을 느끼지 않고 채널을 변경할 수 있게 허용되어지는 채널 변경 딜레이는 2초 미만이다. 세계 광대역 포럼에서 JUNGO™는 IPTV 서비스의 성공을 좌우하는 중요한 요소로 화질의 변화 없이 사용자에게 빠르고 신뢰할 수 있는 채널변경 기술을 소개하기도 했다. JUNGO의 OpenRG™ 시스템은 일반 IGMP의 Leave와 Fast Leave(Aggressive Leave) 기능 강화와 대역폭 그리고 VCs(Virtual Circuits) 같은 가용한 리소스의 모니터링 기술과 지능적인 대역폭사용 예측 기술 등을 채용하여 채널 변경 오버헤드를 줄일 수 있도록 하였다[8].

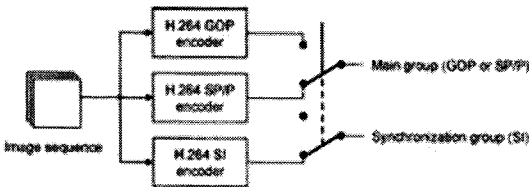


그림 7. 한 채널을 위한 SFCS-GOP 하이브리드

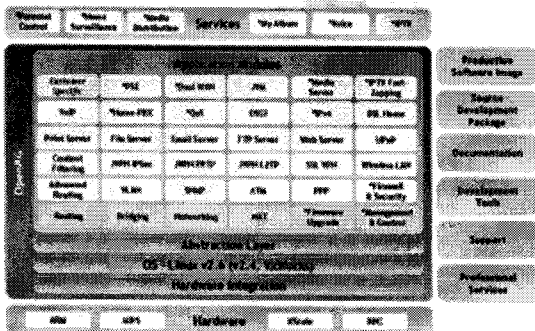


그림 8. OpenRG System Architecture

4. 제안된 IPTV 시스템 모델

양질의 IPTV 서비스를 위해 네트워크는 최소 다음과 같은 조건들을 만족시켜야 한다. 첫째, 시청자 홈까지의 다운로드 대역폭은 스트림 플레이를 위한 대역폭 보다 커야한다 ($HB_{OD} \geq u$). 둘째, 로컬 스트림 서버는 동시 접속 시청자 k 를 지원해야 한다. 로컬 서버의 최대 동시 접속지원자는 nk 이다[9]. 그리고 2.4에서 논의된 것처럼 채널 체인지를 위해 2초미만의 시간 $T_c \leq 2sec$ 이어야 한다.

스트림 서버의 트래픽은 IPTV 서비스 제공자의 비디오 분산 정책에 따라 많이 좌우 된다. 메인 서버의 로드를 줄이기 위해 서비스 제공자는 사용자가 많이 찾는 비디오를 피크타임(off-peak hours)에 로컬 스트림 서버로 원하는 분산 정책에 따라 분산시켜 병목현상을 방지 할 수 있다. 하지만 이러한 분산 정책도 로컬 서버의 로드와 병목을 줄이지는 못하고 결국 T_c 를 줄이는데 한계를 가지고 있다. 이러한 로컬 서버의 로드를 줄이기 위한 방법으로 본 논문은 사용자 셋톱박스의 유휴 자원을 이용하여 로컬 서버의 로드를 줄이고 시청자 비디오를 VOD와 Live-TV로 구분하여 빠른 채널변경을 지원하는 기술을 제안한다.

그림 9는 본 논문에서 제안하는 IPTV 시스템 모델로, 각 시청자의 로컬 셋톱박스는 로컬버퍼, 로컬 서버 리스트, 플레이어 버퍼, 하드디스크 등을 가지고 있다. 제안된 IPTV 시스템 모델에서 IPSTB-PVR1이 주라기공원(VOD) 시청을 원할 경우 자신의 로컬 서버리스트를 확인하여 스트림 서버로부터 주라기공원을 시청하게 된다. 시청이 완료된 경우 로컬하드디스크에 주라기공원이 저장되고 로컬서버의 서버리스트에 IPSTB-PVR1이 주라기공원(VOD)에 대해 서비스가 가능하다는 정보를 갱신하게 되고 주변의 IPSTB-PVRs와 서버리스트 정보를 전달한다. 이후 다른 IPSTB-PVR이 주라기공원 시청을 원할 경우 자신의 로컬 서버리스트를 확인하고 IPSTB-PVR1이 주라기공원을 서비스 할 수 있다는 사실을 알게 되고 직접로컬 링크로 접속하여 서비스를 받게 된다. 일반적인 Live-TV의 경우 대부분의 스트림이 로컬서버까지와 있는 상태임으로 로컬 서버에 직접 서비스를 요청하게 되지만 채널이 다양해지고 많은 사용자가 접속을 요구할 경우, 주변의 같은 채널을

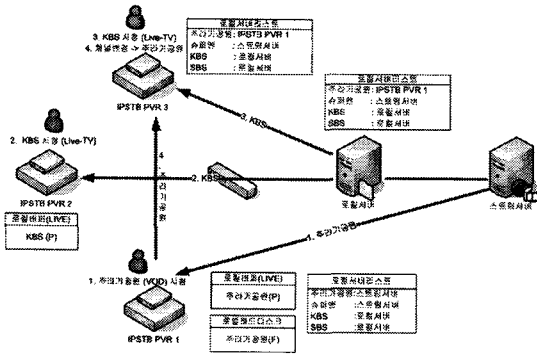


그림 9. 제안된 IPTV 시스템 모델

시청 중인 IPSTB-PVR 의 부분정보(P)를 이용한 서비스 요청이 가능하게 된다.

표 2, 3은 사용자가 주라기공원(Jurassic Park)을 시청 할 때의 IPSTB-PVR1 과 로컬서버의 리소스 관리 테이블 정보를 나타낸다.

로컬 서버는 IPSTB-PVR1이 주라기공원을 시청 완료하면 로컬 서버의 서버리스트와 사용 플래그(Used Flag)를 갱신하고 갱신된 정보를 하위 모든 노드에 전달한다. 이후 IPSTB-PVR2 와 IPSTB-PVR3는 갱신된 정보를 기반으로 주라기공원으로 채널을 변경 시 로컬 서버가 아닌 IPSTB-PVR로 채널 정보를 요청한다.

표 2. IPSTB-PVR1 리소스 관리 테이블

| Local Cache | | Server List | |
|--------------------|------------------|-------------|--------------------|
| Jurassicpark (VOD) | SS(StreamServer) | NONE | |
| Superman (VOD) | SS(StreamServer) | NONE | |
| KBS (Live-TV) | SS(StreamServer) | NONE | |
| SBS (Live-TV) | SS(StreamServer) | NONE | |
| Play Buffer (Live) | | Flag | Hard Drive |
| Jurassicpark (VOD) | Partial | | Jurassicpark (VOD) |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

표 3. 로컬서버리스트 관리 테이블

| Local Cache (Server List) | | Used Flag |
|---------------------------|------------------|-----------|
| Jurassicpark (VOD) | IPSTB-PVR1 | X |
| Superman (VOD) | SS(StreamServer) | X |
| KBS (Live-TV) | SS(StreamServer) | X |
| SBS (Live-TV) | SS(StreamServer) | X |

표 4. IPSTB-PVR3 리소스 관리 테이블

| Local Cache | | Server List | |
|--------------------|------------------|-------------|--------------------|
| Jurassicpark (VOD) | IPSTB-PVR1 | IPSTB-PVR1 | |
| Superman (VOD) | SS(StreamServer) | NONE | |
| KBS (Live-TV) | SS(StreamServer) | IPSTB-PVR2 | |
| SBS (Live-TV) | SS(StreamServer) | NONE | |
| Play Buffer (Live) | | Flag | Hard Drive |
| KBS (Live-TV) | Partial | | Jurassicpark (VOD) |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

표 5. 로컬서버리스트 관리 테이블

| Local Cache (Server List) | | Used Flag |
|---------------------------|------------------|-----------|
| Jurassicpark (VOD) | IPSTB-PVR1 | O |
| Superman (VOD) | SS(StreamServer) | X |
| KBS (Live-TV) | IPSTB-PVR2 | D (down) |
| SBS (Live-TV) | SS(StreamServer) | X |

표 4와 5는 IPSTB-PVR 2가 KBS (Live-TV)를 시청하고 있는 도중 IPSTB-PVR3가 KBS를 시청하기 위해 채널 변경을 시도 할 경우의 리소스 관리 테이블을 나타낸다. 이때 IPSTB-PVR3는 갱신된 정보를 이용해 IPSTB-PVR2로 직접 채널 정보를 요청한다. 이후 IPSTB-PVR2가 다운 될 경우 로컬 서버로 채널 정보를 요청한다. 로컬 서버는 주기적으로 인접한 노드들을 찾아 노드의 서버 리스트를 업데이트 하기 위해 LQSR(Link Quality Source Routing)을 사용할 수 있다[10].

LSQR은 수정된 DSR(Dynamic Source Routing)로 비디오 파일 내임과 디스크립션 등을 통해 패킷 라우팅이 결정된다. 이를 위해 스트림 서버는 노드들이 최신의 정보를 유지 할 수 있도록 각 노드의 상태와 빠른 패스를 관리한다.

5. 실험 및 성능 평가

제안된 시스템의 성능을 평가하기 위해 여러 시뮬레이션을 진행하였고, 그 시뮬레이션을 통해 제안된 IPTV 시스템이 빠른 채널 변경에 얼마만큼의 도움이 되는지 확인 할 수 있었다. 실제 IPTV 서비스에서 사용되는 IPSTB-PVR 과 헤드앤드 시스템을 통한 실험은 망의 접속과 인증 등 다소 복잡한 과정을 통

해서 이루어진다. 실험에는 3대의 IPSTB-PVR과 스트림 서버 1대 그리고 스위치 1대를 준비하여 진행하였다. Live-TV에 대한 실험은 VOD 실험과 비슷하게 MPEG TS 스트림을 녹화하여 진행 하였다. 기존 IPTV 시스템의 채널 변경 시간 측정은 이미 여러 차례 이루어졌다. 현재 KT IPTV 채널 켈핑(Zapping) 시간은 대략 3초로 여의도 KT 미디어 센터 안에서의 시험 환경에서는 채널 전환 속도가 빨랐지만, 실제 일반 가구에서 실시간이나 다름없는 지상파 방송을 실으면서 3초를 넘는 것으로 알려져 있고, KBS가 참여하고 있는 Daum의 IPTV 시범 서비스에서 지상파 방송 프로그램은 채널변경 시간이 3~4초 정도 걸리는 것으로 알려져 있다.

제한된 시스템에서 서버의 역할을 일부 담당하는 IPSTB-PVR이 n 개일 경우 기존 P2P 모델에서의 실험 결과 에서 알 수 있는 것처럼 상당한 로드가 서버로부터 분산 되어 질 수 있고[10], 가장 가까운 노드로부터 스트림을 받을 수 있게 되어 빠른 채널 변경이 가능 하다. 로컬 서버의 동시 접속 사용자 수를 $N(nk)$ 이라고 가정 할 경우 N 은 n 과 k 에 의해 계속 증가 될 것이다. 기존 시스템은 n 증가 시 서버 쪽에 새로운 서비스 계획과 비용을 계속 투입해야 하는 반면 제안된 시스템은 그림 10의 P2P 실험을 통해서 알 수 있는 것처럼, 노드 n 의 증가에 따라 서버의 역할을 할 수 있는 pn 도 함께 증가 하게 되고 서버로부터 가 아닌 pn 노드로 부터 서비스 받을 수 있는 기회도 함께 증가 하게 된다, 이 후 n 이 일정 수에 도달 하면 서버로부터 직접 서비스 받는 동시

접속자 수가 더 이상 증가하지 않게 된다[10]. 즉 서버의 로드가 n 의 증가에 따라 영향을 받지 않으므로 채널 변경 시간은 pn 에 의해 더 영향을 받게 된다.

이때 T_0, T_1, T_2 는 각 노드의 필요 홉을 나타낸다. 서버로부터의 스트림서비스는 최소 2홉, 피어로 부터의 서비스는 로컬 링크로 최소 0홉, 최대 1홉이라고 가정하면,

$$T_{2cs} = T_{ncw} + T_1(SB_{2U}) + T_1(HB_{0D}),$$

$$T_{1cp} = T_{1c}(HB_{0U}) + T_{0c}(HB_{0D}), (T_{0c}(HB_{0U}) \geq T_{0c}(HB_{0D})),$$

즉 $T_{1cp} \leq T_{2cs}$ 를 위한 조건은 $T_{ncw} + T_1(SB_{2U}) \geq T_{1c}(HB_{0U})$ 이다.

HB_{0U} 가 양질의 IPTV 서비스를위한 조건인 HD 스트림의 인코딩률 보다 크다면, n 개의 스위치 w 를 지나 오는 시간(T_{nw})이 절약 됨으로 좀더 빠른 채널 전환이 가능 하다고 가정 할 수 있게 된다. 또한 NFS 등을 이용하여 스트림이 있는 서버의 하드 디스크를 마운트하여 스트림을 플레이 할 경우 마운트 오버헤드가 충분지 크지 않다면 더 빠른 채널 변경이 가능 하게 된다.

그림 11은 실험 환경에 대해 간략히 도식화 하여 나타내고 있다. 헤드엔드 스트림 서버는 두개의 HD 스트림(MPEG TS)을 전송하고 IPSTB-PVR1에서 스트림을 교대로 시청 중 채널을 변경할 때 채널변경 시간을 100회 측정하였다. 이때의 평균 채널 변경시간은 2.032sec 로, 실제 많은 서비스를 요구하는 여러 IPTV 시범 서비스 보다는 다소 빠른 채널변경이 이루어 졌다. 실험에 사용된 스트림에는 헤드엔드의 각종AC(Access Criteria), SS(Signature and Signing)

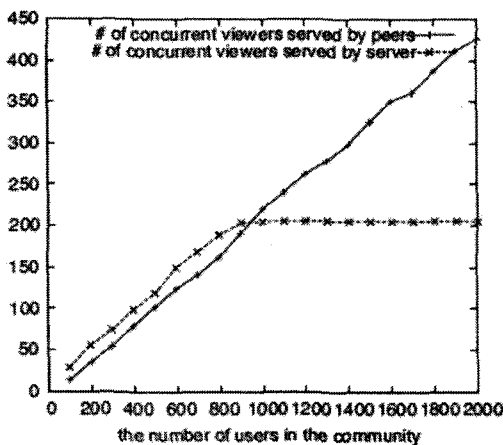


그림 10. 서버/피어 노드의 동시 접속 수

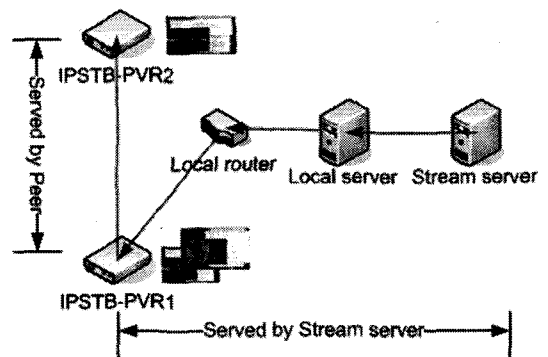


그림 11. 실험환경

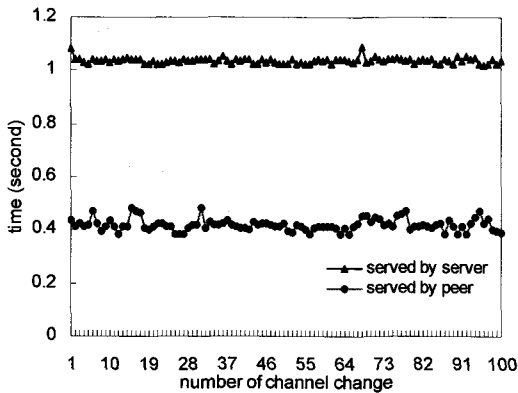


그림 12. 채널변경 시간 비교 그래프

등 부가 정보를 포함 하고 있고, IPSTB-PVR도 EPG 등을 지원하기 위한 부가 시간을 포함하고 있음으로 기본 스트림을 이용하여 다시 채널변경 시간만을 고려하여 100회 측정하여 그림 12와 같이, 평균 1.037sec 의 채널 변경시간을 얻을 수 있었다.

비교를 위해, IPSTB-PVR1의 로컬 하드에 저장 중인 두개의 HD 스트림을 IPSTB-PVR2가 요청하여 교대로 채널을 변경할 때의 채널 변경시간을 측정하였다. 이때 IPSTB-PVR1의 입력 스트리밍은 평균 29,091kb/s, 출력 스트리밍은 평균 20,031Kb/s을 보였고 IPSTB-PVR2는 IPSTB-PVR1의 로컬 HD 스트림을 자신의 로컬 하드에 있는 것처럼 파일을 읽어 디코딩 하고 플레이 할 수 있게 되어 채널 변경 시간이 평균 0.4192sec로 현저히 줄어드는 것을 확일 할 수 있었다. 네트워크 파일 시스템 마운트를 위해 추가되는 평균 오버헤드는 0.0166sec로 총 0.4352sec의 채널변경 시간이 소비 되었다.

KT 나 Daum이 현재 실제 망에서 시범 서비스 하고 있는 IPTV의 채널 변경 시간이 3초 이상인 것을 고려해 볼 때, EPG, CAS 등 기타 부가 기능을 위해 소비되는 시간을 더 추가해야 정확한 채널 변경 시간을 측정할 수 있지만, 구성된 실험환경에서의 단순 채널변경 시, 일반적인 Live-TV 경우 서비스 제공자가 미리 로컬 서버까지 스트림이 도착할 수 있게 하기 때문에 IPSTB-PVR2에서 IPSTB-PVR1이 시청 중인 Live-TV를 실시간으로 채널 변경할 경우와 채널 변경시간에는 큰 차이가 없었다. 하지만 VOD와 동일한 방법으로 Live-TV 채널 변경 시 IPSTB-PVR1의 플레이 버퍼의 일부(P) 내용에 대한 서비스를 요청할 경우 서버의 로드를 줄일 수 있다.

6. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서 제안하고 있는 IPTV 시스템은 채널 변경 시 중앙 스트림 서버로부터 모든 스트림 서비스를 받는 대신 가장 가까운 로컬의 IPTV로부터 빠른 서비스 지원이 가능함으로 중앙의 스트림 서버의 부하 분산과 빠른 채널의 변경을 가능하게 한다. 스트림 서비스 제공자는 수백 수천만의 사용자를 관리해야 하므로 관리의 효율성은 스트림 서비스에서 중요한 요인이 된다. 제안된 시스템은 기존 IPTV를 지원하는 중앙 형 스트림 서버의 제약을 크게 향상시키고 네트워크의 혼잡을 회피할 수 방식을 제안하고 있다. 또한 여러 로컬 클라이언트가 상호 연결된 방식으로 서비스를 제공하여 장애 발생 시 그 범위가 최소화될 수 있다.

특히, 제안하고 있는 IPTV시스템은 기존 시스템의 가장 큰 제약사항 중의 하나인 채널 변경시간을 서버의 고성능화, 대용화 없이 여러 클라이언트의 효율적 활용을 통해 극적으로 감소시킬 수 있는 방안을 제시하고 있다.

현재 여러 인터넷 서비스의 유료화는 서비스 구축 비용의 증가에 그 요인이 있다. 따라서 서비스 구축 비용을 최소화하는 경우에 현재의 각종 인터넷 서비스를 지속적으로 유지할 수 있고, 새로운 서비스의 도입이 용이해진다. 따라서 새로 확장되는 IPTV시스템을 본 논문을 바탕으로 구축하는 경우에 비용절감을 꾀할 수 있다. 하지만 본 논문을 활용한 상용화에는 실제 트래픽에 대한 성능 분석과 시스템의 안정화 그리고 사용자 IPSTB-PVR의 스트림 재전송에 대한 보안, 소유권 그리고 비용 청구 등을 고려해야 하며, 스트림을 로컬 파일로 관리하여 운용상의 편리함을 가지고 있으나 스트림을 공유하는 문제에서 기인 할 수 있는 여러 운용상의 문제점을 찾고 해결해야 한다.

참 고 문 헌

- [1] D K Károly, T Szemethy, Á Bakay, "System and Signal Monitoring for IPTV Set-Top-Box Systems," (<https://mazzola.iit.uni-miskolc.hu>).
- [2] Y Huang, YF Chen, R Jana, H Jiang, M

Rabinovich, "Capacity Analysis of MeidaGrid: A P2P IPTV Platform for Fiber to the Node (FTTN) Networks," *IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS*, 2007.

[3] T Zhang, U Jennehag, Y Xu, "Numerical modeling of transmission errors and video quality of MPEG-2," *Signal Processing Image Communication*, 2001.

[4] Daniel Forsgren, Ulf Jennehag, Patrik Osterberg, "Objective End-to-End QoS Gain from Packet Prioritization and Layering in MPEG-2 Streaming," *Proceedings of Packet Video Workshop, April*, 2002.

[5] Ulf Jennehag, Tingting Zhang, "Increasing bandwidth utilization in next generation IPTV networks," *Image Processing, ICIP, Oct*, 2004.

[6] Ulf Jennehag, Stefan Pettersson, "On Synchronization Frames for Channel Switching in a GOP-based IPTV Environment," *Proceeding of the fifth IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2008), Las Vegas NV, USA*, Jan. 2008.

[7] Ulf Jennehag, Tingting Zhang, and Stefan Patterson, "Improving Transmission Efficiency in H.264 Based IPVT Systems," *IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 53, Issue 1, Pages 69-78*, Mar. 2007.

[8] Jungo Ltd, "OpenRGTM residential gateway software," *Broadband World Forum Europe, Brussel Expo, USA, Oct. 2, 2008. (http://www.jungo.com/openrg/pr_openrg.html)*.

[9] Y. Huang, Y. Chen, R. Jana, H. Jiang, M.

Rabinovich, A. Reibman, B. Wei, and Z. Xiao, Capacity Analysis of MediaGrid: a P2P IPTV Platform for Fiber to the Node Networks, in *IEEE Journal on Selected Areas in Communications special issue on Peer-to-Peer Communications and Applications*, Jan. 2007.

[10] Draves, R., Padhye, J., Zill, B., "The Architecture of the Link Quality Source Routing Protocol," *Technical Report MSR-TR-2004-57*, Microsoft Research, 2004.



송 영 호

1996년 국립한밭대학교 컴퓨터공학과 학사
 2002년 충남대학교 컴퓨터공학과 공학석사
 2003년~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 관심분야 : 임베디드 시스템, 통신 시스템, 멀티미디어 시스템, 인터넷 보안 등



권택근

1988년 서울대학교 컴퓨터공학과 공학사
 1990년 서울대학교 컴퓨터공학과 공학석사
 1996년 서울대학교 컴퓨터공학과 공학박사
 1992년 LG 전자정보통신소 연구원
 1998년~현재 충남대학교 전기 정보통신공학부 컴퓨터 전공 교수
 관심분야 : 네트워크 프로세서, 초고속 인터넷, 통신시스템, 인터넷 보안 등