

광대역 가입자 망에서의 IPTV 트래픽 측정 연구

원영준¹, 최미정¹, 박병철¹, 홍원기¹, 이희원², 황찬규², 유재형²

¹포항공과대학교 컴퓨터공학과

²KT 네트워크 기술 연구소

¹{yjwon, mjchoi, fates, jwkhong}@postech.ac.kr, ²{hotwing, ckhwang, styoo}@kt.co.kr,

요 약

광대역 가입자 IPTV 서비스는 국내외 통신 사업자들에게 새로운 수익 모델로 주목 받고 있다. 그러나 실제 상용화된 IPTV 서비스의 트래픽 영향도에 대한 포괄적인 연구는 많이 수행되지 않았다. 본 연구에서는 xDSL, Cable, FTTB, FTTH의 4 가지 종류의 광대역 가입자 망에서의 상용 IPTV 서비스 트래픽을 측정하고, 분석을 통해 가입자 망 측면에서의 IPTV 트래픽의 특성과 네트워크에 대한 영향을 알아본다. 더불어 IPTV VoD 서비스 환경에서 요구되는 대역폭과 트래픽의 특성을 설명하기 위한 모델을 수립하고 검증하였다.

1. 개요

세계의 많은 통신 사업자는 치열한 경쟁 속에서 새로운 수익모델의 창출을 목적으로 고속 인터넷 망을 이용한 번들 서비스[6]의 제공을 시작하고 있다. IPTV 서비스는 그 중에서도 IP 컨버전스 환경에서 중요한 애플리케이션으로 주목 받고 있다. 관련 연구 기관이나 산업체들은 대부분 IPTV 서비스를 제공하는데 필요한 기술적 문제들을 기존의 인프라를 활용하거나 기존 인프라를 다시 설계하는 방식으로 극복하고 있다. 그러나 IPTV 트래픽이 기존 네트워크에 미치는 영향에 관한 연구는 현재까지 많이 진행되지 않고 있다. 본 연구에서는 국내에서 제공되고 있는 IPTV 서비스의 트래픽을 다양한 가입자 망 환경에서 측정하고 비교한다. 비교 대상으로 선정한 가입자 망은 xDSL, Cable, FTTB(Fiber to the Building), FTTH(Fiber to the Home) 이다. 현재 서비스 중인 IPTV는 STB(Set-top box)를 통한 VoD(Videon on Demand) 서비스가 주를 이루고 있으며, 크게 Streaming 방식과 D&P(Download & Play) 방식의 두 가지 전송 형태로 나뉘어 진다.

본 연구에서는 D&P 방식의 IPTV 서비스를 중점적으로 다루고 있으며, 이러한 방식은 실시간 멀티캐스트 환경의 채널 변경 및 전송 모델과 정확히 일치하지는 않기 때문에 IPTV 트래픽의 특성과 IPTV 트래픽이 고속 가입자 망 환경에 미치는 영향을 알아본다. 또한 트래픽 발생 패턴 분석과 더불어 bottom-up 형태의 대역폭 요구사항 도출 방법에 대하여 살펴보고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다.

2장에서는 실제 IPTV 트래픽 측정 모델과 분석에 관한 기존 연구를 서술한다. 3장에서는 본 연구에서의 IPTV 측정 환경과 트래픽 특성을 기술하고, 4장에서는 IPTV VoD 환경의 대역폭 도출 모델을 제시하고 시뮬레이션 결과를 서술한다. 마지막으로 5장에서 결론과 향후 연구에 대하여 논의한다.

2. 관련 연구

실제 환경의 IPTV STB 서비스의 트래픽 측정에 관한 기존 연구는 제한적으로 실시되었다. 유사한 형태의 IPTV 서비스 트래픽 연구 자료를 바탕으로 하여, 본 연구에서 목표로 하는 IPTV 트래픽 특징을 유추해 볼 수 있다. 이는 IPTV의 기본적인 형태가 많은 양의 비디오 streaming 데이터의 전송을 바탕으로 하고 있기 때문이다. ITU-T의 IPTV 에 대한 정의는 적정 수준의 QoS를 보장하는 IP 네트워크 상의 멀티미디어 streaming을 가리킨다[7]. P2P IPTV 서비스는 최근에 각광받고 있는 서비스이며, 일반적으로 특정 채널을 시청하기 어려운 지역의 사용자들이 많이 이용하는 서비스이다. P2P IPTV 네트워크의 사용자 패턴 분석 연구 결과[2]는 일반적인 P2P overlay 네트워크 환경에서의 패턴과 많은 유사점을 보이고 있다. 이들 연구에서 나타난 대표적인 분석 결과로는 인기가 많은 채널에는 일정한 수의 유저가 꾸준히 존재한다는 사실과 상당부분의 트래픽이 유저의 업로드 트래픽이라는 것이다. 앞으로 다룰 IPTV STB 환경에서는 유저의 채널 이동 비율과 피어 노드의 분산 여부의 중요도에는 차이가 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 KT, 두뇌한국 21, 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITA-2008-C1090-0801-0045)

표 I. 가입자 망 링크 성능 측정치

	xDSL	Cable	FTTB	FTTH
Upload	415 Kbps	2.5 Mbps	93.5 Mbps	94 Mbps
Download	6.8 Mbps	59.7 Mbps	91.9 Mbps	78.8 Mbps
Ratio - up:down	1:16	1:23	1.01:1	1.2 : 1
Avg. RTT (range)	16.41 ms (15.27~18.93ms)	9.70 ms (5.73~22.25ms)	7.24 ms (6.68~50 ms)	1.35 ms (1.10~2.40 ms)

표 II. 패킷 데이터 정리

Transmission Type	via	Trace Volume (Mbytes)	# of Packets (K)	TCP (%)	# of Flows	Running Time (mins)	Transmission Time (mins)
D&P	xDSL	792	877	99.9	324	46	20
	Cable	1,931	1,277	99.9	85	89 (2 episodes)	43
	FTTB	810	878	99.9	48	42	14
	FTTH	833	885	99.9	140	42	13
Streaming	xDSL	531	573	99.0	393	46	46

Silverston et al. [1, 3, 4]의 연구에서는 유명 P2P IPTV 서비스의 실제 트래픽을 수집하여 트래픽 특징을 분석하였다. 이 연구들에서는 P2P IPTV의 서비스 트래픽이 heavy와 light 트래픽 그룹, 즉 signaling 패킷과 비디오 패킷으로 나누는 특징을 보여주고 있다. 또한 측정 시간대의 네트워크 로드의 QoE(Quality of Experience)에 대한 영향도는 미미하다는 특징을 서술하고 있다.

IPTV의 필요 대역폭 추측 모델에 관한 기존 연구들도 활발히 진행되어 왔다[5, 8]. 이들 모델은 기본적으로 가입자 망에 상관없이 SD(Standard Density) 또는 HD(High Density) 급의 라이브 멀티캐스트 트래픽의 제공이 가능함을 가정하고 있다. 이와 같은 대역폭 유추 모델은 비교적 안정적인 전송 환경과 채널 선택에 따라 순간적으로 트래픽이 증가하는 특징을 보인다. 그러나 이러한 기존 모델들은 채널을 탐색하는 동안에 트래픽이 급격히 증가하는 특징을 보이지 않는 IPTV VoD 서비스를 정확히 표현할 수 없는 문제점이 있다.

3. 측정 분석

본 장에서는 측정 환경과 트래픽 특성을 요약하여 제시한다. 수집된 IPTV 트래픽의 분석 결과는 throughput, 패킷 크기 분포도, reordering 분석으로 나누어 제시한다.

3.1 측정 환경

본 연구는 국내의 두 가지 IPTV 서비스인 MegaTV[9]와 HanaTV[10]의 서비스 트래픽을 측정하였다. 각각은 약 150,000명과 500,000명의 가입자를 확보하고 있다. 하나의 프로그램 콘텐츠는 하나의 채널로 구성되어 있으며, 두 가지 서비스 모두 수 만개 이상의 채널로 이루어져 있다.

SD 품질 또는 그 이상의 화질을 보장하기 위하여, 두 가지 서비스 모두 버퍼를 미리 채워 플레이 시간을 늦추는 D&P 방식을 적용하고 있다. 추가로 일부 MegaTV 서비스는 상대적으로 낮은 품질의 화질을 제공하는 streaming 방식을 적용하고 있다.

확보한 STB는 가입자 망에 관계없이 설치 가능한 것으로 본 측정에서 접근 가능한 광대역 가입자 망은 xDSL, Cable, FTTB, FTTH이다. 표 1은 패킷 수집 이전에 테스트 서버에 대해 한국정보사회진흥원의 초고속 인터넷 속도 측정 사이트(<http://speed.nia.or.kr>)를 통해 얻은 연결 성능 측정 결과이다.

그림 1은 클라이언트 영역, 네트워크 영역, 콘텐츠 제공자 영역으로 구분되어 있는 IPTV VoD의 배치 구성도(deployment topology) 정보를 보여주고 있다[13]. 네트워크 영역의 백본 네트워크는 QoS를 보장하도록 되어있으며 가입자 망 쪽(aggregation switch 뒤쪽)은 best-effort 망으로 구성되어 있다. 실제로는 지역 PoP으로부터 가입자 영역까지 유니캐스트 방식으로 전송된다.

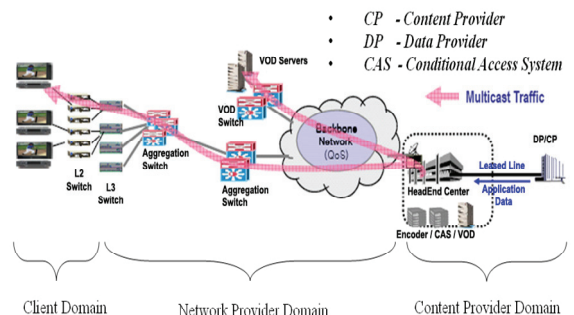


그림 1. IPTV VoD deployment topology

3.2 광대역 IPTV 가입자 망의 Throughput 측정

실험에서 사용한 패킷들은 인기 TV 시리즈인 CSI Miami를 한 편 또는 그 이상의 에피소드를 시청하는 동안 수집하였다. STB에서 발생하는 패킷 수집을 위하여 100Mbps용 탭을 inline 형태로 이용하였으며 두 개의 인터페이스(full-duplex)를 장착한 PC에서 tcpdump를 이용하여 패킷의 첫 96 바이트를 수집하였다. 표 II는 수집된 트래픽의 세부 내역을 보여주는 것으로 수집된 트래픽의 크기는 전송되는 비디오 클립의 크기를 반영한다. 모든 채널은 TCP를 기반으로 전송이 이루어짐을 알 수 있다. 비디오 전송시 플래시 백 현상 또는 정지 영상 등은 트래픽 측정 시간 동안 발생하지 않았으며, 이는 적절한 수준의 QoE를 만족시키는 것을 의미한다. D&P 방식의 트래픽 전송에서 실제 패킷 전송은 채널의 전체 방영 시간의 초기에 모두 발생한다. 이는 채널 시청을 위한 전송 시간은 전체 방영 시간과는 일치하지 않음을 의미한다. 가입자 망의 종류에 따라, 40분 정도의 방영 시간을 가지는 채널에서 가입자의 STB까지 콘텐츠를 전송하는데 걸리는 총 시간은 약 13~15분 정도가 소요된다.

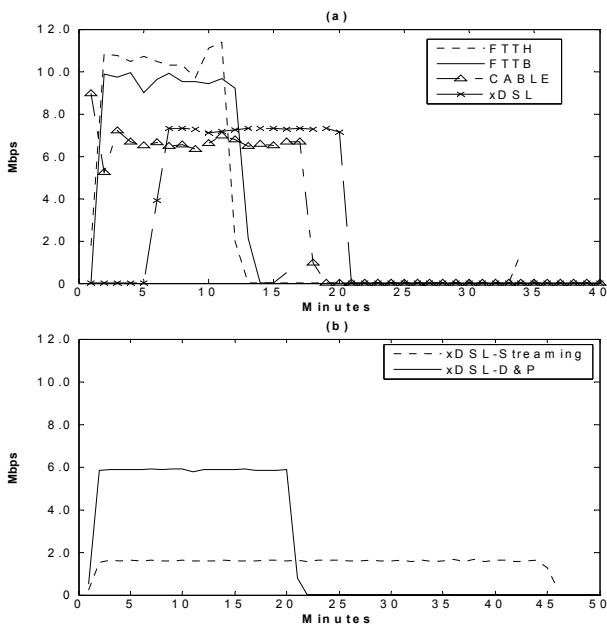


그림 2. Throughput 변화량 - (a) D&P; (b) D&P vs. Streaming via xDSL

그림 2는 각각의 측정 시도 중에 발생한 트래픽 증가 구간을 보여 주고 있다. 그래프 (a)는 FTTH와 FTTB 환경에서의 throughput 변화량을 보여주며, 최초 13분 동안 약 10~11Mbps의 속도로 트래픽이 전송되었음을 알 수 있다. Cable과 xDSL의 경우에는 FTTH에서 측정되었던 최대 전송 속도의 약 2/3 수준으로 측정되었으며 xDSL은 최대 6.8Mbps 속도를 보여준다. 비디오 파일 크기가 고정되어 있기 때문에 전송 시간은 최대 throughput에 반비례 한다.

Streaming 방식의 IPTV 서비스는 상대적으로

안정적인(steady-state) 트래픽 전송 현상을 나타낸다. 그림 2 (b)는 xDSL 환경에서의 D&P와 streaming 방식의 비교를 보여준다. D&P 방식은 초기에 트래픽의 급격한 증가를 보이는 반면 streaming 방식은 전체 재생 시간 동안 상대적으로 낮은 대역폭을 소모한다. 콘텐츠를 오랜 시간에 걸쳐 전달하기 때문에 streaming 품질은 웹 서핑, P2P 파일 공유, VoIP 트래픽등과 같은 기존 트래픽과의 영향도에 취약할 가능성이 존재한다. 이와 같이 D&P와 streaming의 두 가지 트래픽 패턴은 대역폭 소요량 계획과 트래픽 간의 영향도 분석시에 고려되어야 한다.

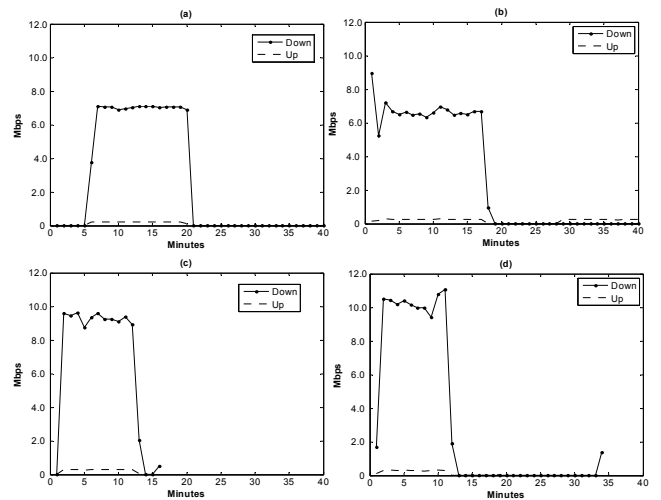


그림 3. D&P 환경에서의 업/다운로드 Throughput - (a) xDSL; (b) Cable; (c) FTTB; (d) FTTH

그림 3은 가입자의 STB에서의 총 업로드 전송량과 총 다운로드 전송량 간의 큰 차이를 보여준다. 모든 경우에 양방향의 전송량은 채널 선택 후에는 일정하지만 업로드 전송량은 다운로드 전송량에 비해 작다. 업로드 트래픽은 60~90 바이트 크기의 작은 패킷으로 구성되어 있으며, 이는 전송 받은 패킷에 대한 acknowledgement를 목적으로 한다. P2P IPTV와는 달리 가입자 망의 업로드 성능은 IPTV STB 서비스의 전체적인 성능에 영향을 미치지 않는다. IPTV 서비스 제공자들은 VoD 서버를 제한함으로써 다운로드 throughput을 가장 낮은 대역폭을 갖는 가입자가 얻을 수 있는 최대 throughput 보다 낮게 유지하는 것이 중요하다. 추가로, 그림 3 (a)의 초반 5분은 실험을 위해 지정된 채널을 선택하기 위한 시간이므로 재생 delay와는 무관하다.

3.3 패킷 크기 분포도 측정

P2P IPTV 트래픽에서 패킷 크기의 분포는 2개의 그룹을 형성한다[3, 5]. 본 연구에서 측정한 IPTV STB 서비스에서도 유사한 분포 패턴이 존재함을 알 수 있다. 그림 4는 수집한 트래픽 trace에서 패킷 크기의 분포를 백분위로 나타낸 것이다. 모든

그래프에서 전체 패킷의 60%는 크기가 1500 바이트고 나머지의 크기는 60과 90바이트였다. 이러한 패킷 크기의 분포는 패킷의 사용 목적과 관련된 것으로, signaling과 video의 두 가지 타입으로 나눌 수 있다. Signaling은 수신한 패킷에 대한 acknowledgement와 순서 제어의 역할을 한다. 그림 5는 패킷 도착 순서에 따른 패킷 크기 분포를 나타낸 것으로 y축의 1500바이트와 60바이트의 밀집한 부분이 그룹을 형성하고 있다. 이와 같은 명확한 패턴은 인터넷에서의 Mice & Elephant 트래픽[14]에서도 확인 가능하다. 또한 streaming 방식의 패킷 크기 분포도 D&P 서비스의 패킷 크기 분포와 유사함을 알 수 있다.

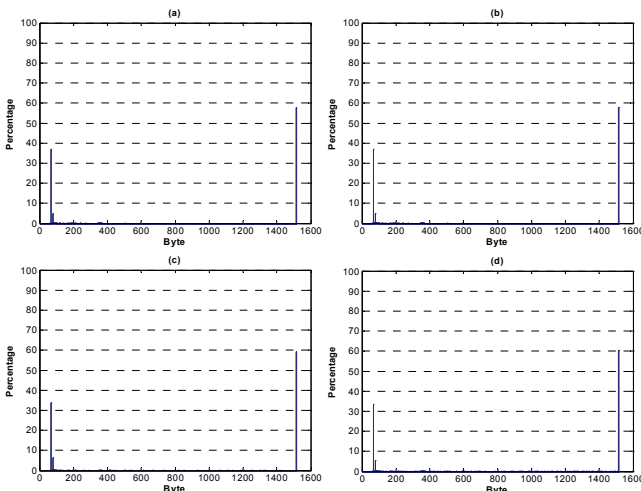


그림 4. 패킷 크기 분포 (D&P) – (a) xDSL; (b) Cable; (c) FTTB; (d) FTTH

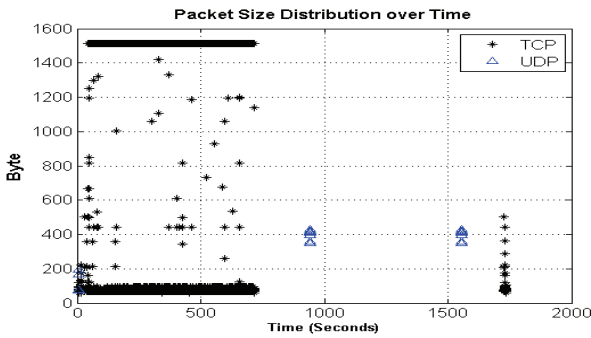


그림 5. IPTV에서 패킷 도착 순서에 따른 패킷 크기 분포

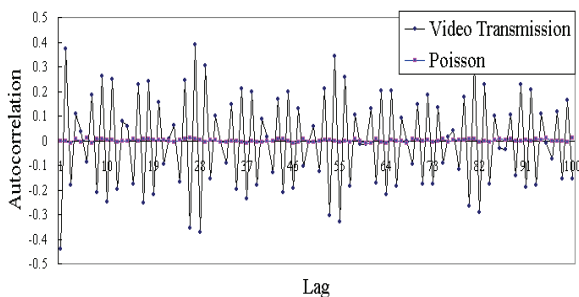


그림 6. 비디오 트래픽과 Poisson 분포값의 Autocorrelation

Self-similarity를 측정하기 위한 비디오 전송 트래픽의 패킷 크기 도착 sequence의 Hurst parameter[12]는 0.55로 나타났다. 이는 비디오 트래픽이 self-similar 형태를 나타내지 않는 것을 의미한다. 그림 6의 autocorrelation 그래프 역시 분포가 매우 임의적이라는 것을 보인다. 사실상 Poisson 분포는 IPTV 트래픽의 급격한 증가 구간을 모델링하는데 적합하지 않음을 알 수 있다.

3.4 트래픽 사이클 및 패킷 Reordering 측정

IPTV의 기본 기능은 채널 탐색(channel surfing)과 채널 시청(channel viewing)으로 구분된다. Streaming 혹은 D&P 방식에 상관없이 본 논문에서 다루는 IPTV VoD 서비스는 채널을 탐색하고 채널을 갑자기 변경할 때 급격한 트래픽 증가를 보이지 않았다. 이는 급격한 트래픽의 증가가 채널의 탐색보다는 채널 선택(channel selection)과 연관성이 있음을 의미한다. 그림 7은 Cable 가입자 망에서 2개의 연속적인 에피소드를 시청하는 동안의 트래픽 대역폭 변화를 나타낸다. 변화 주기는 정기적으로 두 번의 채널 선택 후에 7Mbps의 급격한 트래픽 증가를 보였다. 그래프의 음영 부분(수직선)은 채널 선택시의 낮은 트래픽량을 나타낸다. 멀티캐스트 라이브 TV와는 달리 채널 선택 과정 중에 소량의 트래픽(2 Kbps)만이 발생했음을 알 수 있다.

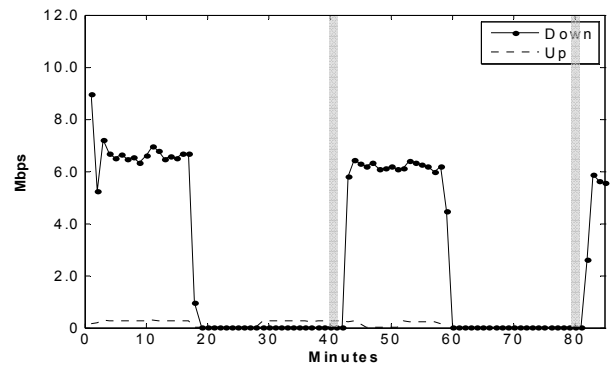


그림 7. 두 개의 이어진 에피소드를 볼 때 throughput 패턴

표 III은 측정된 IPTV 세션에서 재전송된 패킷 비율과 순서가 바뀌어 전송된 패킷 비율을 보여준다. 클라이언트 측의 패킷 재배치(reordering)에도 불구하고 비디오 품질은 저하되지 않았으며, 측정된 reordering 비율은 비디오 품질에 영향을 끼치지 않는 TCP 통신에서 허용 가능한 수준임을 알 수 있다. Cable 가입자 망을 통해 제공되는 IPTV의 경우는 다른 경우보다 많은 out-of-order 패킷 비율(8%)을 보이고 있다. 이는 Cable 망을 이용해 타 ISP의 IPTV 서비스를 이용하는 경우에는 추가로 Cable 망을 경유하기 때문으로 추측된다. 흥미롭게도 SD보다 낮은 품질을 제공하는 VoD streaming 서비스는 전체 측정 시간

동안 전혀 reordering을 보이지 않았다. 이와 같이 광대역 가입자망 종류는 패킷 reordering 현상과 특별한 영향을 미치지 않는 것을 볼 수 있다.

표 III. 패킷 데이터 정리

	Reordering Packets		
	Retransmission	Out of order	Total
xDSL (D&P)	2289 (0.2%)	36,891(4%)	885,349
Cable	381 (0%)	126,564 (8%)	1,495,370
FTTB	2224 (0.2%)	34,939 (4%)	880,208
FTTH	1604 (0.1%)	36,467 (4%)	893,163
xDSL (streaming)	20 (0%)	0	581,393

4. IPTV VoD에 특화된 필요 대역폭 유추식

이 장에서는 3장의 측정 결과를 바탕으로 IPTV VoD 서비스의 대역폭 요구량을 수식화한다. 접근 방식은 대다수의 광대역 가입자들이 아직도 낮은 대역폭의 xDSL 기술에 의존하고 있다는 점에 근거하고 있다. 제시된 식은 다음과 같은 측면에서 기존의 IPTV 대역폭 추정 모델[5, 8]과는 차이점을 보이고 있다.

- 클라이언트 측의 대역폭은 요청된 SD 혹은 HD 전송 비율과는 무관하다. IPTV를 위해 할당된 대역폭은 광대역 가입자 망의 종류, VoD 서버 설정, 그리고 네트워크의 상태에 따라 달라진다.
- 제시된 식은 기존 연구에서 제시되지 않은 D&P 전달 방식에 의한 IPTV VoD 서비스를 기술한다.
- VoD 전달 방식에서 채널 탐색에 의한 트래픽의 급격한 증가는 존재하지 않는다고 가정한다.
- 각 채널의 전체 재생 시간은 일정하게 고정되어 있고 사전에 알려져 있다. VoD 트래픽은 연속적이지 않고 시청자의 채널 선택에 따라 독립적인 별개의 이벤트 형태로 발생한다.
- 채널 시청 시간과 서버와 STB 사이의 패킷 전송 시간은 반드시 일치하지는 않는다.

4.1 채널 선택 프로세스

일반적으로 Zipf's law[11]는 IPTV 시청자의 채널 선호도를 기술하는데 이용되며, $i-1$ 번째 선호되는 채널보다 i 번째 선호되는 채널에 2배 더 많은 시청자가 참여하고 있다고 가정한다. VoD 대역폭의 관점에서 볼 때, 채널 선호도는 비디오 파일의 크기를 기준으로 채널을 그룹화(f_k)하여 표현한다. 여기에서 k 는 그룹 인덱스를 의미한다. 다시 말하면 채널 선택에 대한 의미를 어떤 시청자가 채널 i 를 고정된 대역폭으로 시청하고 있는가가 아닌, 파일 크기 f_k 를 선택했는가로 해석할 수 있다. 따라서 파일 크기를 Zipf 채널 선택 과정에서 추가적인

제약 사항으로 이용한다. 파일 크기 f_k 를 갖는 채널 k 를 선택할 확률은 $p(k, f_k)$ 이다.

k	Channel file size groups
f_k	Video file size of group k , where $k = 1, 2, 3, \dots$
z_i	Probability of choosing i^{th} popular file size group k
p_k	Popularity of channel file size group k

$$\sum_k p(i, f_k) = z_i \quad \text{and} \quad (1)$$

$$\sum_i \sum_k p(i, f_k) = p_k$$

본 연구의 측정 환경에서 사용된 40분의 에피소드는 SD 품질로 약 850Mbytes 이다. 채널 파일의 크기 분포에 해당되는 값은 채널 선택 확률에 관한 식 (1)을 적용하는데 사용된다. 따라서 HD 품질의 VoD 채널은 더 큰 파일 사이즈로 대체함으로써 쉽게 표현할 수 있다.

4.2 필요 대역폭 유추식

실제 IPTV 네트워크의 throughput 비율을 광대역 접속망의 종류에 따라 표본화했다. 측정 환경에서 표본화된 값은 FTTH, FTTB, Cable, xDSL에 대하여 각각 11, 10, 7, 7 Mbps이다. $D_j(t)$ 는 시간 t 에 하나의 STB(시청자 j)가 요구하는 대역폭을 나타내는 랜덤 변수로서 채널 선택 후 특정 시간 t 에 영화 콘텐츠의 다운로드가 끝났는지를 나타내는 값이다. 이 값이 0이라면 콘텐츠가 이미 STB에 전송되었기 때문에 아직 재생되지 않은 부분을 보기 위해 더 이상 전송 대역폭이 필요치 않다. 위의 측정 결과, 시청이 시작된 후 평균적으로 채널 재생 시간의 절반 시간 이내에 파일 전송이 완료된다. 이것을 다음과 같이 정의한다.

j	A single viewer j
r_l	Throughput rate between VoD server and client via media l , where $l \in \{xDSL, Cable, FTTB, FTTH\}$
T_{jk}	Time that viewer j started to download channel file size k
τ_{kl}	Duration of downing program file k by medium l
C_{jk}	Time that viewer j stopped to play channel file size k (a new arrival of channel selection)

$$D_j(t) = \begin{cases} r_l & \text{if } T_{jk} \leq t \leq T_{jk} + \tau_{kl} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{where } \tau_{jk} = \frac{f_k}{r_l}$$

시간 t 에서 VoD를 위한 대역폭 요구량 $B_v(t)$ 는 모든 시청자의 실제 다운로드 기간 동안의 대역폭에 대한 추정치이다. $I_j(t)$ 는 시청자가 어떤 채널을 선택한 후 시간 t 에 같은 채널에 남아있는가를 나타내는 함수이다. 따라서 $B_v(t)$ 는 다음과 같이 정의된다.

h	Active household STBs
$I_j(t)$	A indicator function of t , which is 1 if viewer j is on at time t , otherwise 0.

$$B_v(t) = \sum_{j=1}^h D_j(t) I_j(t) \quad (3)$$

4.3 시뮬레이션 결과

200명의 시청자를 수용할 수 있는 IPTV 서버를 가진 전용 회선에 대해 제시한 모델의 시뮬레이션을 수행하였다. IPTV VoD에 가입한 시청자의 행동을 단순화하기 위해 모든 시청자는 선택한 채널의 프로그램이 끝날 때까지 채널 변경을 하지 않는다고 가정하였다. 단위 시간당 채널 선택 요청은 Poisson 분포를 따른다. 아래 공식 (4)와 같이 채널 선택 요청과 예측 값을 기술한다.

$m_{t,\phi}$	Number of channel selection requests by the viewers during the time period ($t, t+\phi$)
λ	Mean number of requests by viewers per unit time

$$P(m_{t,\phi}) = \frac{e^{-\lambda(\phi)} \lambda^{m_{t,\phi}}}{m_{t,\phi}!} \quad \text{and} \quad E[m_{t,\phi}] = \lambda\phi \quad (4)$$

표 IV는 시뮬레이션에서 사용된 채널의 선호도와 상응하는 파일 크기를 나타낸다. 본 논문에서 다루고 있는 IPTV 서비스는 TV 프로그램의 재방송이기 때문에 대부분 1시간 길이의 채널이다. 이는 1,000 MB안팎의 파일로, 제공되는 전체 프로그램의 약 34.1%를 차지한다. 또한 시뮬레이션은 SD 품질로 인코딩된 콘텐츠만을 사용한다는 가정을 포함하고 있다. 표 V는 각 접속망의 표본 throughput 비율과 점유율을 나타내는 것으로, IPTV 가입자의 60%는 xDSL 환경을 사용하고 있다.

표 IV. 채널 인기도

파일크기 (MBytes)	2000	1500	1000	500	250	200
재생시간 (분)	120	80	60	30	15	10
인기도	11.38%	17%	34.1%	8.53%	6.82%	5.7%

표 V. 가정에서 사용 가능한 광대역 접속망

접속망	xDSL	Cable	FTTB	FTTH
표본 throughput 비율(Mbps)	6	7	10	11
점유율	60%	10%	20%	10%



그림 8. IPTV D&P 서비스의 평균 대역폭 요구량 예상치

위의 조건에 기반하여 추정된 대역폭 시뮬레이션의 평균치를 측정하였다. 그림 8은 3시간 동안에 걸친 대역폭 요구량을 나타낸다. 초기 최대값은 700 Mbps에 이르며 점차 평균인 500 Mbps로 감소한다. [5]는 멀티캐스트 라이브 TV에서 200명의 시청자를 지원하려면 평균 1,000 Mbps가 필요하다는 연구 결과를 제시하였다. 비록 본 연구의 시뮬레이션 결과와 직접적으로 비교는 불가능하나, 동일한 서비스를 제공하는 환경을 고려할 때에 재생하는 동안 일정하고 고정된 throughput 비율을 요구하지 않는 IPTV VoD 서비스에서는 추가적으로 유용 가능한 대역폭이 확보가 가능하다 (예, SD=3.75 Mbps, HD=15Mbps)

5. 결론

일반 가정까지 광통신망으로 연결하는 FTTH 방식의 보급이 보편화되지 않았으므로 D&P 접근 방식에 의한 IPTV 서비스가 통신 사업자가 선택할 수 있는 현실적인 대안으로 판단된다. 본 논문에서는 다양한 가정용 광대역 접속망을 통한 상용 IPTV 트래픽의 특성을 분석하여 제시하였다. 채널 시청 초반에 높은 비율의 트래픽 증가가 나타났으며 동일한 IPTV 서비스 환경에서의 throughput 비율도 가입자의 접속망에 따라 달랐다. 즉, 트래픽량은 각 네트워크의 환경에 따라 다른 패턴을 보인다. STB를 이용한 IPTV에서 패킷 크기의 분포는 P2P IPTV 트래픽 패턴과 거의 동일한 특징을 보인다. 또한 수용 가능한 비디오 품질 환경에서의 IPTV 트래픽 패킷 reordering 비율을 분석했다.

실제 IPTV 트래픽의 측정을 기반으로 IPTV VoD 서비스의 다양한 광대역 접속망을 통한 다수 사용자의 대역폭 요구량을 나타내는 수학적 공식을 제안했다. 제안된 대역폭 요구량 모델은 멀티캐스트 라이브 TV와는 다른 D&P 방식의 트래픽 특성 때문에 이전의 다른 IPTV 모델링에 비하여 비교적 단순하다.

향후 연구로 변들 서비스 환경에서 기존의 트래픽에 IPTV 트래픽이 미치는 영향도 분석을

예정하고 있다. 또한 번들 서비스 트래픽을 위한 정확한 트래픽 모델링과 분석 기법을 조사할 것이다.

참고 문헌

- [1] T. Silverston and O. Fourmaux. "P2P IPTV Measurement: A Case Study of TVants," CONEXT'06, Lisbonne, Portugal, December 2006.
- [2] X. Hei, C. Liang, Chao Lian, Jain Liang, Yong Liu, and Keith W. Ross. "A Measurement Study of a Large-Scale P2P IPTV System," 15th International World Wide Web Conference 2006 (WWW2006), Edinburgh, Scotland, May 2006.
- [3] T. Silverston and O. Fourmaux. "P2P IPTV Measurement: A Comparison Study," in Proc. of IPTV Workshop, November 2006.
- [4] T. Silverston, O. Fourmaux, and Kave Salamatian. "Characterization of P2P IPTV Traffic: Scaling Analysis", Univ. Pierre et Marie Curie, Technical Report, April 2007.
- [5] Donald E. Smith. "IPTV Bandwidth Demand: Multicast and Channel Surfing," INFOCOM 2007, pp. 2546-2550, Anchorage, Alaska, USA, May 6-12, 2007.
- [6] Jose M. Caballero. "TriplePlay Services & Protocols," Trend Communication, Presentation Talk, 2006.
- [7] ITU-T IPTV Focus Group, [http:// www.itu.int/ITU-T/IPTV/](http://www.itu.int/ITU-T/IPTV/).
- [8] Dakshi Agrawal, Mandis S. Beigi, Chatschik Bisdikian, and Kang-Won Lee. "Planning and Managing the IPTV Service Deployment," 10th IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management, pp. 353-362, Munich, Germany, May 2007.
- [9] MegaTV. <http://www.mymegatv.com/>.
- [10] HanaTV. <http://www.hanatv.co.kr/>.
- [11] D. T. vanVeen, M. K. Weldon, C. C. Bahr, and E. E. Harstead, "An analysis of the technical and economic essentials for providing video over fiber-to-the-premises networks," Bell Labs Tech J., vol. 10, no. 1, pp. 181-200, 2005.
- [12] Richard G. Clegg. "A Practical Guide to Measuring the Hurst Parameter," UK Performance Engineering Workshop, New Castle, UK, July 2005.
- [13] Joohee Kim, Bongki Kim, and Jaehyoung Yoo. "Real-time Multicast Network Monitoring," Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2007), LNCS 4773, pp. 185-194, Sapporo, Japan, Oct 10-12, 2007.
- [14] J. S. Marron, F. Hernandez-Campos, and F.D. Smith. "Mice and Elephants Visualization of Internet Traffic," <http://www.cs.unc.edu/Research/dirt/proj/marron/MiceElephants/>.