

All-IP 네트워크에서 IPTV 트래픽 수용을 위한 최적의 설계 방안 연구

A Study on the Optimal All-IP Network Design for Adopting IPTV Traffic

김형수*, 조성수*, 설순욱*, 전윤철*

Hyoung-Soo Kim, Sung-Soo Cho, Soon-Uk Seol, and Yun-Chul Jun

Abstract

All-IP network requires change of the existing IP network engineering methods as the convergence service market between communication and broadcasting industries using IP network is growing rapidly. Especially the video services like IPTV require more strict transmission quality and higher bandwidth than the existing data services. So it is difficult to design All-IP network by the over-provisioning method which used to be used for the existing IP network design. It also requires a heavy investment which becomes one of big obstacles to the IPTV service expansion. In order to reduce the investment costs, it is required to design an optimized network by maximizing the utilization of the network resources and at the same time maintaining the customer satisfaction in terms of service quality. In this paper, we first analyze the effects of IPTV traffic on the existing internet. Then we compare two traffic engineering technologies, which are dimensioning without admission control and dimensioning with admission control, on the All-IP network design by simulation. Finally, we suggest cost effectiveness of traffic engineering technologies for designing the All-IP network.

Keywords : All-IP, IPTV, Dimensioning, Admission Control

I. 서 론

차세대 네트워크는 단일 네트워크 위에 TV, 전화, 데이터 서비스를 모두 수용해야 하는 매우 도전적인 목표를 갖고 있다. 단일 네트워크에서 다양한 서비스를 수용한다는 것은 네트워크 구축 및 운용비용의 절감을 기대할 수 있을 뿐만 아니라 이종 산업간 컨버전스 서비스 개발을 촉진하는 장점을 가지고 있다. ITU-T에서는 NGN(Next Generation Network)을 패킷 기반의 네트워크로 정의하였으며[1] 인터넷이 NGN으로 발전할 것이라는 데에 대해 현재로서는 이견이 없는 상태이다. 현재 국내에서 IPTV와 VoIP 서비스는 인큐베이션 단계를 넘어서 대중화가 빠르게 진전되고 있다. All-IP 네트워크 기반 위에서 제공되는 통방융합서비스의 대중화가 확산되면 기존 데이터 서비스 위주로 설계된 인터넷망에도 설계 방법 상에 근본적인 변화가 요구된다. 특히 IPTV 서비스와 같은 영상미디어 서비스는 기존 데이터 서비스에 비하여 훨씬 많은 대역폭을 필요로 할 뿐만 아니라 매우 높은 전달 품질을 세션 지속 시간(TV 또는 VoD 시청 시간) 동안 균질하게 유지시켜야 하는 특성을 갖고 있기 때문에 기존 인터넷망에서 주로 사용하던 설계 방법인 over-provisioning 방법으로는 해결하기 어렵거나 과도한 망 투자비가 소요되어 서비스 활성화

에 걸림돌이 될 수 있다. 따라서 IPTV 서비스가 보편화되기 위해서는 엄격한 서비스 품질 만족과 더불어 망 자원의 활용도(utilization)를 극대화할 수 있도록 최적의 망 설계를 통한 투자비 절감이 필요하다. 본 논문에서는 IPTV 서비스의 본격 도입이 인터넷망 트래픽에 미치는 영향을 사례를 통해 분석하고, dimensioning 이나 admission control 과 같은 트래픽 엔지니어링 기술들을 사용하였을 때 인터넷망 설계에 미치는 영향을 멀티서비스 손실모델을 이용한 시뮬레이션을 통해 비교 분석함으로써 경제적인 All-IP 네트워크 설계 방안을 제시한다.

II. 본 론

1. 트래픽 엔지니어링 기술 개요

트래픽 엔지니어링이란 고객의 서비스품질을 만족시키면서 망 자원의 활용도(utilization)를 극대화하여 경제적인 망 설계를 하기 위한 기술이다. 기존 데이터 서비스 위주의 인터넷망에서는 데이터 트래픽의 증가에 비하여 망 장비의 성능이 빠르게 증가하여 정교한 트래픽 엔지니어링 기술에 대한 요구가 많지 않은 편이었다. 그러나 인터넷망에 IPTV와 같이 품질에 민감하면서 고대역폭을 필요로 하는 서비스가 대규모로 수용되면서 서비스품질 만족과 망 자원의 활용도 극대화를 동시에 달성하기 위한 트래픽 엔지니어링 기술 확보 필요성이 높아지고 있다. 그림 1에서 트래픽 엔지니어링 기술을 통한 망 설계 최적화 과정을 표시하였다.

접수일자 : 2009년 7월 15일
최종완료 : 2009년 8월 07일
*KT 중앙연구소
교신저자, E-mail : kimhsoo@kt.com

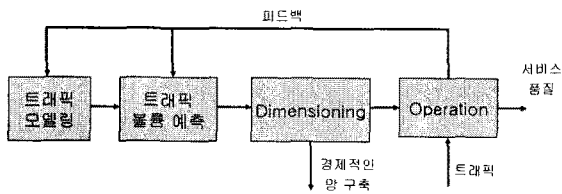


그림 1. 트래픽 엔지니어링을 통한 망 설계 최적화 과정

트래픽 엔지니어링에는 다양한 기술들이 활용될 수 있지만 본 논문에서는 대표적인 설계 방법으로 non-blocking, over-provisioning, dimensioning, 그리고 admission control 방법에 대해 고찰하고자 한다. Non-blocking 설계 방법은 어떠한 입력 트래픽 상황에서도 서비스품질 저하(예를 들어, 패킷손실이나 호손실 등)가 발생하지 않도록 설계하는 방법인데 전통적으로 네트워크 설계 보다는 스위치나 라우터 같은 시스템 설계에 주로 사용되어 왔다. Over-provisioning 설계 방법은 과거의 트래픽 통계(보통 평균값과 분산)를 근거로 미래의 트래픽을 예측하고 충분한 마진을 두어 설계하는 방법으로 기존 인터넷망에서는 회선별 트래픽 측정 만으로 손쉽게 설계 가능하였으나 정확한 트래픽 통계나 서비스 품질 조건을 기반으로 하지 않기 때문에 상당한 마진 설계가 필요하다. Dimensioning은 입력 트래픽에 대한 예측과 모델링을 통해 서비스품질 요구조건을 만족시키는 최소한의 용량을 결정하는 설계 방법이며 admission control 기법을 같이 사용하거나 사용하지 않을 수 있다. Admission control 기법은 설계 목표치 이상 들어오는 트래픽은 망에 유입되지 못하도록 사전에 차단함으로써 이미 서비스 중인 고객의 트래픽 품질을 보호하기 위한 설계 방법이다. Admission control 없이 dimensioning 만 사용하는 경우에는 예측을 벗어난 트래픽 발생 시 인터넷망의 특성상 서비스 중인 전체 가입자가 동시에 품질 저하되는 현상이 발생할 수 있기 때문에 정확한 트래픽 예측이 필요하다. 그러나 admission control을 같이 사용하게 되면 예측을 벗어난 트래픽 발생 시에도 신규 트래픽을 차단함으로써 서비스 중인 가입자에게는 영향이 없도록 할 수 있는 장점이 있기 때문에 over-provisioning 이나 admission control이 없는 dimensioning 설계에 비해 적은 투자비로도 고객의 서비스 품질을 만족시킬 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 여러 가지 트래픽 엔지니어링 기술을 적용하였을 때 IPTV 트래픽을 수용하기 위한 초고속인터넷망의 소요 자원을 비교 분석하였다.

2. 초고속인터넷망 구조 및 IPTV트래픽 모델링

IPTV 트래픽이 인터넷망 설계에 미치는 영향을 알아보기 위하여 초고속인터넷망의 구조를 먼저 살펴본다. 그림 2에서는 VDSL/FES(Fast Ethernet Switch) 기반의 KT 초고속인터넷망 구조를 나타내었다. 가입자에서 가장 가까운 네트워크 장비로는 L2 switch(DSLAM/FES)가 있으며 가입자와 L2 switch 사이는 10 ~ 100 Mbps 전송속도를 갖는 인터페이스로 연결되어 있다. 다수의 L2 switch들이 L3 switch에 집선 되어 있으며 L2 switch와 L3 switch 사이는 100 Mbps 인터페이스로 연결되어 있다. L3 switch는 가입자 데이터가 최초로 IP 레벨에서 중단되는 장비이다.

L2 switch와 L3 switch는 가입자와 근거리 지역에 위치하며 아파트 단지내 통신실 같은 곳에 위치한다. 여러 개의 L3 switch들은 다시 ntopia switch라는 장비로 집선 되고 ntopia switch는 SER(Service Edge Router) 이라는 장비로 집선 되며 SER은 다시 edge router로 집선된다. Ntopia switch와 그 상단의 장비부터는 지사 내에 위치한다. 일반적인 인터넷 트래픽은 SER 장비를 거쳐서 전달되지만 주로 down stream 형태인 IPTV 트래픽은 media server에 저장하였다가 media switch를 거쳐 ntopia switch와 L3 switch 그리고 L2 switch를 통해 가입자에게 전달되는 구조로 이루어져 있다.

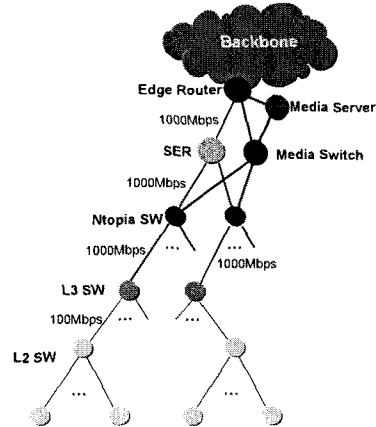


그림 2. VDSL/FES 기반 초고속인터넷망 구조

IPTV 콘텐츠는 현재 SD급과 HD급이 지원되고 있는데 SD급은 4 Mbps 대역폭을 사용하고 HD급은 10 Mbps 대역폭을 사용한다. 트래픽 엔지니어링 기술에서 가장 중요한 요소 중 하나는 트래픽 모델을 정의하는 것이다. 트래픽 모델에는 패킷레벨 트래픽 모델과 호레벨 트래픽 모델이 있는데 IPTV는 서비스 특성상 패킷레벨과 호레벨 트래픽 모델을 모두 고려하여야만 정확한 트래픽 모델링이 가능하다. 그러나 현재의 기술 수준에서는 패킷레벨과 호레벨 트래픽 모델을 동시에 고려하는 것이 매우 복잡해서 실용적인 결과를 도출하기 어렵기 때문에 본 논문에서는 호레벨 트래픽 모델 만을 사용하여 성능을 분석하였다. 본 논문에서는 호레벨 성능 분석의 대표적인 방법인 멀티서비스 손실모델[2]을 이용하여 IPTV 트래픽에 대한 호레벨 성능을 분석하였다. 멀티서비스 손실모델은 Erlang 손실모델을 멀티서비스에 대해 적용할 수 있도록 확장한 것이다. Erlang 손실모델에서 입력 트래픽은 포아송분포로 가정하고 holding time은 지수분포로 가정하는데 멀티서비스 손실모델에서도 각각의 서비스에 대한 입력 트래픽은 포아송분포로 가정하고 holding time은 지수분포로 가정한다. IPTV 서비스는 전화처럼 세션이 시작되면 종료될 때까지 연결이 유지되어야 하는 연결형서비스 특성을 가지고 있기 때문에 멀티서비스 손실모델에 의한 성능 분석이 유효하다.

3. 시뮬레이션 결과 분석

멀티서비스 손실모델은 수학적 분석이 가능하나 링크용량이 크거나 서비스 클래스가 많아지면 계산량이 기하급수적으로 증가하여 실제적으로 활용되기가 어렵다. 또한 다양한 환경 변수들이 미치는 영향을 고려하기 어려워서 실망

설계에 필요한 결과를 도출하기 어렵다. 이에 따라 본 논문에서는 IPTV 트래픽이 초고속인터넷망 설계에 미치는 영향을 다양하게 분석하기 위하여 시뮬레이션 방법을 사용하였다. 시뮬레이션을 적용하기 위해 다음과 같은 가정을 사용하였다. IPTV 가입자는 KT 초고속인터넷 가입자의 25% 수준인 150 만명으로 가정하였고 IPTV 서비스는 유니캐스트 서비스인 VoD 서비스에 대해서만 분석하였다. IPTV 실시간 방송서비스인 멀티캐스트 서비스의 경우 만일 L3 switch에서 static join을 한다면 media server에서 L3 switch까지는 고정 대역폭을 할당하면 되고 L3 switch에서 가입자 단말까지는 VoD처럼 유니캐스트 대역폭을 할당하면 되기 때문에 멀티캐스트 서비스도 쉽게 적용할 수 있다. 링크 운용율은 최대 80%(100 Mbps 링크에서는 80 Mbps, 1Gbps 링크에서는 800 Mbps)로 가정하였으며, 일반 인터넷 트래픽의 가입자 당 평균 트래픽은 120 Kbps로 가정하였다. Ntopia 이상의 상위 장비에 대해서는 일정한 가입자수에 대해 필요한 소요 회선수를 산출하였으며 L3 switch와 L2 switch에 대해서는 장비 당 업링크 대역폭이 정해져 있기 때문에 장비 당 수용 가능한 가입자 수를 산출하였다. 멀티서비스 손실모델을 적용하기 위해 중요한 파라미터인 입력 트래픽의 평균 도착율은 평균 시청율을 적용하였으며 평균 holding time은 60분으로 가정하였다. Admission control을 사용하지 않는 dimensioning을 위한 서비스품질의 호레벨 성능 허용치는 10^{-6} 을 기준으로 하였다.

그림 3은 평균 시청율이 30%이고 SD와 HD 비율이 정규분포를 갖는다고 가정하였을 때 admission control을 사용하지 않는 dimensioning 방법과 admission control을 사용하는 dimensioning 방법으로 설계한 경우 각각에 대해 media switch와 media server 간 소요회선 수를 산출하여 비교하였는데, 1% 블로킹율을 허용하는 admission control을 사용하였을 때 dimensioning only 방법에 비하여 15~20% 정도 소요 회선이 절감될 수 있음을 보여준다.

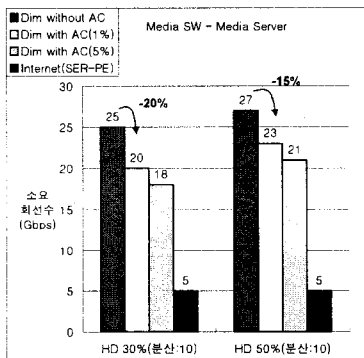


그림 3. Media SW - Media Server 간 소요 회선 비교

그림 4에서는 평균 시청율이 30%이고 SD와 HD 비율이 정규분포를 갖는다고 가정하였을 때 admission control을 사용하지 않는 dimensioning 방법과 admission control을 사용하는 dimensioning 방법으로 설계한 경우 각각에 대해 ntopia switch와 media switch 간 소요회선 수를 산출하여 비교하였는데, 1% 블로킹율을 허용하는 admission control을 사용하였을 때 dimensioning only 방법에 비하여 17% 정도 소요 회선이 절감될 수 있음을 보여준다.

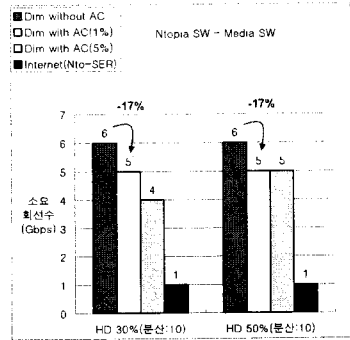


그림 4. Ntopia SW - Media SW 간 소요 회선 비교

L3 switch와 L2 switch는 업링크 회선수가 일정하기 때문에 소요 회선수를 산출하기 보다는 장비 당 가입자 수용량을 산출하는 것이 더 중요하다. 그림 5에서는 평균 시청율이 30% 이고 SD와 HD 비율이 정규분포를 갖는다고 가정하고 L3 switch와 ntopia switch 사이에 IPTV 대역폭을 500 Mbps 사용한다고 가정하였을 때 각각의 설계 방식에 따른 L3 switch의 수용 가능한 가입자 수를 산출하였는데, 해당 조건에서 admission control을 사용하지 않는 dimensioning 방식에 비해 1% 블로킹율을 허용하는 admission control을 사용한 경우 L3 switch 당 50 ~ 60% 정도 가입자 수용량을 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.

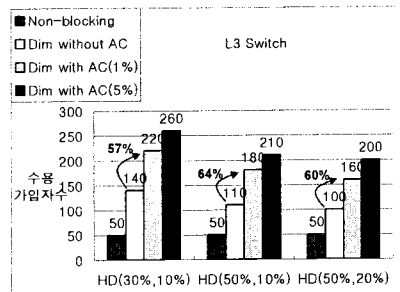


그림 5. L3 Switch 가입자 수용량 비교

그림 6에서는 평균 시청율이 30% 이고 SD와 HD 비율이 정규분포를 갖는다고 가정하고 L2 switch(DSLAM)와 L3 switch 사이에 IPTV 대역폭을 50 Mbps 사용한다고 가정하였을 때 각각의 설계 방식에 따른 L2 switch의 수용 가능한 가입자 수를 산출하였는데, 해당 조건에서 admission control을 사용하지 않는 dimensioning 방식에 비해 1% 블로킹율을 허용하는 admission control을 사용한 경우 L2 switch 당 80 ~ 100% 정도 가입자 수용량을 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.

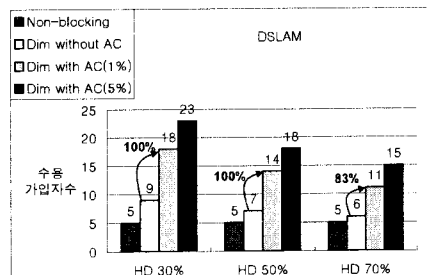


그림 6. DSLAM 가입자 수용량 비교

III. 결 론

본 논문에서는 IPTV 트래픽이 인터넷망 설계에 미치는 영향을 파악하기 위하여 여러 가지 트래픽 엔지니어링 기술들을 사용하였을 때 네트워크 장비 별로 IPTV 트래픽을 수용하기 위해 필요한 링크 회선 수와 가입자 수용량을 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 시뮬레이션 결과를 통해서 IPTV 서비스가 대중화 되었을 때 기존 인터넷망에 비하여 훨씬 많은 망 자원이 투자되어야 됨을 알 수 있었으며 이에 따른 막대한 네트워크 투자비를 절감하기 위해서는 보다 정교한 트래픽 엔지니어링 기술들을 사용하여 최적의 망 설계가 필요함을 예시하였다. 차세대 통방음합서비스의 기반이 되는 All-IP 네트워크로의 진화는 아직 초기 단계이지만 IPTV와 VoIP 서비스의 수요 확산과 함께 본격적인 성장 단계로 넘어가고 있는 추세이다. All-IP 네트워크는 기존 인터넷망에서 수용하던 서비스들보다 훨씬 많은 대역폭과 엄격한 품질 요구조건을 필요로 하는 서비스들을 모두 수용할 수 있어야 하기 때문에 전통적인 인터넷망 설계 방식인 over-provisioning에 의한 방식 보다는 admission control을 포함한 dimensioning 방법 등 보다 정교한 트래픽 엔지니어링 기법을 통한 자원 활용의 최적화가 필요하다.

[참고 문헌]

- [1] "Definition of Next Generation Network", ITU-T, SG13, NGN working definition, 2004.
- [2] K. W. Ross, *Multiservice Loss Models for Broadband Telecommunication Networks*, Springer-Verlag, London, 1995.



김형수

1985년 연세대학교 전자공학과 졸업
 1987년 KAIST 전기및전자공학과(공학석사)
 1997년 KAIST 전기및전자공학과(박사)
 1987년~현재 (주)KT 중앙연구소 수석연구원
 <관심분야> Mobile VoIP/IPTV, QoS,
 Resource Management, Traffic Engineering

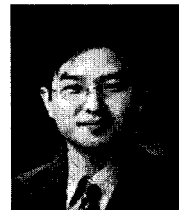
<e-mail> kimhsoo@kt.com



조성수

2004년 경북대학교 전자전기공학부 졸업
 2006년 KAIST 전자공학과(공학석사)
 2006년~현재 (주)KT 중앙연구소 전임연구원
 <관심분야> 차세대이동통신망, Resource
 Management, QoS

<e-mail> nicecho@kt.com



설순욱

1998년 한국기술교육대학교 정보통신공학과 졸업
 2000년 한국정보통신대학교 공학부(공학석사)
 2004년 한국정보통신대학교 공학부(박사)
 1998년~1999년 ETRI 표준연구소 위촉연구원
 2004년~현재 (주)KT 중앙연구소 책임연구원

<관심분야> Mobile VoIP/IPTV, QoS, 프로토콜 공학

<e-mail> suseol@kt.com



전운철

1982년 서울대학교 산업공학과 졸업
 1984년 서울대학교 산업공학과(공학석사)
 1984년~현재 (주)KT 중앙연구소 상무보
 <관심분야> Service/Network Platform, AAA,
 Policy Control, Resource Management

<e-mail> ycjun@kt.com