

TPS를 고려한 광가입자망에서의 QoS 고찰

A QoS policy experimentation and evaluation on Optical subscriber network Test bed for deploying TPS(Triple Play Service)

이 동 열*, 성 민 모*, 김 희 동**

Dong-Yeal Lee, Min-Mo Seung, and Hee-Dong Kim

Abstract

In this paper we propose a QoS policy, which is based on both DSCP and SPQ, appropriate to TPS users on optical subscriber network. Then we experiment and evaluate QoS policy through the test bed which emulates real optical subscriber network. In order to perform effective and real experiment on test bed we make test traffic equivalent to 400 TPS users and give it to test bed. The experimental result shows that no packet loss in real time service traffic such as voice, IPTV occurs during more than 4 hours. We think that our proposed QoS policy is a proper method which guarantees the service quality of real time services on optical subscriber network.

Keywords : TPS, QoS, subscriber network, real time service

I. 서 론

국내에 초창기에 도입된 초고속인터넷서비스는 전화선을 이용한 ADSL방식과 광·동축 혼합 매체(HFC)방식이었으며, 가입자 제공 속도는 하향 2~10Mbps, 상향 수백 Kbps 정도였다. 2000년대 중반에는 아파트지역에 광케이블과 L2, L3이더넷스위치로 구성된 광가입자망 기반의 초고속인터넷 상품이 나왔으며, 가입자에게 최대 100Mbps의 속도를 제공하였다. 이후 ISP간의 속도경쟁으로 전국 대부분의 아파트지역에서는 광가입자망 기반의 초고속인터넷 서비스를 제공한다. [1]에 의하면, 2008년 12월 기준으로 국내 1550만 초고속인터넷가입자 중에 약 500만이 광가입자망기반이며, 이 지역에서는 최대 100Mbps, 최저 40 ~ 50Mbps의 속도를 보장한다.

최근에 ISP들은 초고속인터넷회선에서 기존의 웹기반 데이터서비스뿐만 아니라 전화와 IPTV서비스를 패키지로 제공하는 TPS[2]를 launching함으로써 통신설비의 효율적 사용 및 신규 수익 창출을 기대하고 있다. TPS 트래픽은 데이터와 같은 Best Effort(BE) 유형과 음성(인터넷전화), 영상(IPTV)과 같은 실시간 및 패킷손실에 민감한 프리미엄 유형 트래픽이 혼합되어 있다. 초고속인터넷회선에서 TPS의 품질을 만족시키기 위해서는 망 폭주 시에도 프리미엄 트래픽에 대한 품질을 유지할 필요가 있다. 관련 연구[3]에서는 TPS를 BE서비스와 프리미엄서비스로 분류하고 있으며, [4]에서는 가입자망에서 혼재된 서비스 트래픽을 분류하는 대표적인 수단으로 DSCP(Differentiated

Service Code Point)를, 큐에 저장된 패킷을 처리하는 방식으로 SPQ(Strict Priority Queue)를 기술한다.

이 논문에서는 TPS를 음성, 영상(방송, VOD), 데이터로 분류하고, 광가입자망 테스트베드에서 DSCP와 SPQ 기반으로 서비스를 차등 처리함으로써 망 폭주 상황에서도 프리미엄급 서비스의 품질이 보장될 수 있음을 보여준다. 이후 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 ISP의 광가입자망 현황과 장비에서 제공하는 QoS 기술을 기술하고, III장에서는 테스트베드 구성 및 시험과정을 기술하고, IV장에서는 시험결과를 분석하며 V장에서는 이 시험검증의 시사점 및 의미를 되새겨 본다.

II. 광가입자망과 QoS기술

본 논문에서 다루는 광가입자망은 능동 장치인 L3스위치를 분기노드로 사용하는 AON(Active Optical Network) 방식이다. ISP가 아파트 지역에 적용한 전형적인 광가입자망은 그림 1과 같다. 구성 장비로는 각 동의 지하에 위치하는 L2, 단지관리사무소에 L3스위치 및 ISP 국사에서 가입자 트래픽을 집선하는 집선장비가 있다. 아파트 단지의 L2/L3 스위치는 24개의 가입자포트가 있으나, 실제 사용 포트는 최대 20개로 제한되므로 국사의 집선장비와 광케이블로 연결된 L3스위치는 최대 400가입자를 수용할 수 있다. 가입자 대내의 홈게이트웨이(HGW)는 동 지하에 있는 L2스위치와 UTP로 연결되고 내부와는 인터넷전화, 셋톱박스(STB) 및 PC가 연결되어 TPS 트래픽을 전달한다. 광가입자망의 장비간, 구간별 인터페이스는 1) I국사의 집선장비에서 아파트 L3스위치, 2) 아파트 L3스위치에서 동 지하 L2 스위치, 3) L2 스위치에서 HGW 구간으로 구분되는데 1)은 1Gbps 광케이블, 2)는 100Mbps 광케이블, 3)은

접수일자 : 2009년 7월 03일

최종완료 : 2009년 8월 14일

*LG데이콤 기술연구원

교신저자, E-mail : kimhd@hufs.ac.kr

**한국외국어대학교

100Mbps(FastEthernet) UTP이다. 최근에는 IPTV의 실시간 방송채널 수의 증가를 수용하기 위해 2) 구간을 1Gbps로 증속하는 추세이다.

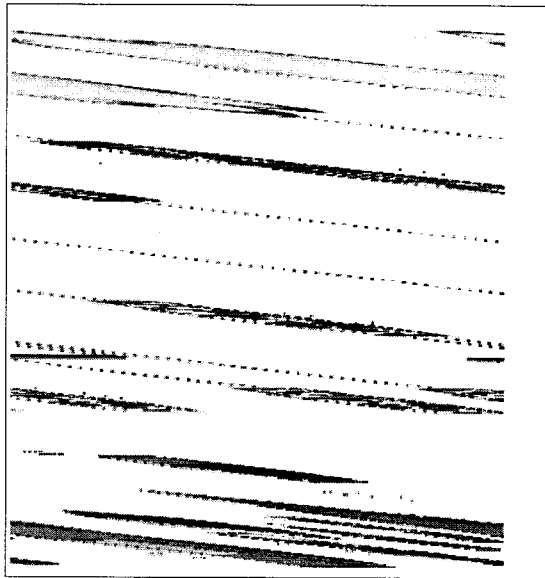


그림 1. 광가입자망 구조

이 논문에서 정의하는 QoS는, 여러 종류(class)의 혼합된 트래픽이 특정 포트로 전달되는 경우에, 트래픽을 종류별로 분류하고 class에 따라 priority를 부여하고 priority에 따라 트래픽을 전달하는 능력이다. 광가입자망 장비가 이러한 QoS를 제공하려면, 혼합된 트래픽을 종류별로 등급을 나누고(classify), 등급 식별자를 부여하고(marking), 등급별로 큐에 저장하며(buffering), 큐에 저장된 패킷을 전송정책(queue scheduling)에 따라 망으로 전달하는 메커니즘이 구현되어야 한다. 이를 위해서는 종류를 식별하기 위한 마킹 능력이 필요하고 동일 종류의 패킷을 임시 저장할 수 있는 큐 공간이 필요하며, 큐 공간에서 대기중인 패킷을 priority에 따라 전송하는 스케줄링 기법이 구현되어야 한다. 광가입자망 장비에 구현된 QoS 관련 기능으로는 IP precedence 혹은 DSCP기반의 classify&marking 능력과, 포트별로 4 개 이상의 큐잉 공간이 준비되어 있으며, 큐 전송정책으로는 FIFO(First Input First Output), SPQ(Strict Priority Queuing) 및 WRR(Weight Round Robin) 등이 있다. 그림 2는 장비에 구현된 QoS 관련 블록 다이어그램을 보여준다.

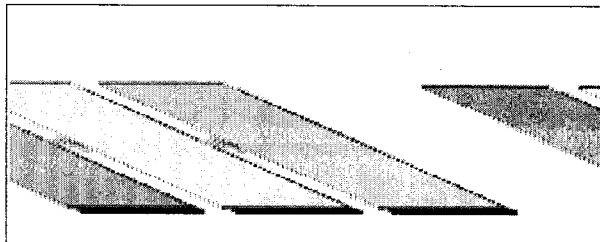


그림 2. 가입자망 QoS 기능 블록도

장비의 입력포트에서 출력포트로 전달되는 트래픽 용량이 출력포트의 전송용량을 초과하게 되는 경우를 congestion이라 하는데 이 경우에 출력포트에 대기 중인

패킷들은 전달지연 혹은 전달손실이 발생한다. 패킷 손실에 민감한 실시간 특성 트래픽의 서비스품질을 보장하기 위해서는 Best Effort 특성 트래픽에 우선하여 전송하는 큐 전송정책이 필요하다. High, Medium, Low의 세 등급의 트래픽을 congestion 상태에서 High>Medium>Low의 순서로 output port로 전송하려고 하는 경우, SPQ 정책을 적용하면 된다. 그림 3은 세 종류의 트래픽이 SPQ정책에 따라 전달되는 개념도를 보여준다. 그림에서 패킷을 저장하는 큐 공간을 Q_H, Q_M, Q_L 이라하면 High는 Q_H , Medium은 Q_M 에, Low는 Q_L 에 저장된다. 여기서 큐의 전송 순서는 $Q_H > Q_M > Q_L$ 이다. 출력 포트의 단위시간당 패킷처리용량을 15개라고 하고, 단위시간에 High, Medium, Low 패킷이 각각 6, 6, 5개가 출력포트로 전달되면 congestion 상태가 되므로 Low 등급의 패킷은 단위시간당 3개만 전달되고 2개는 폐기된다.

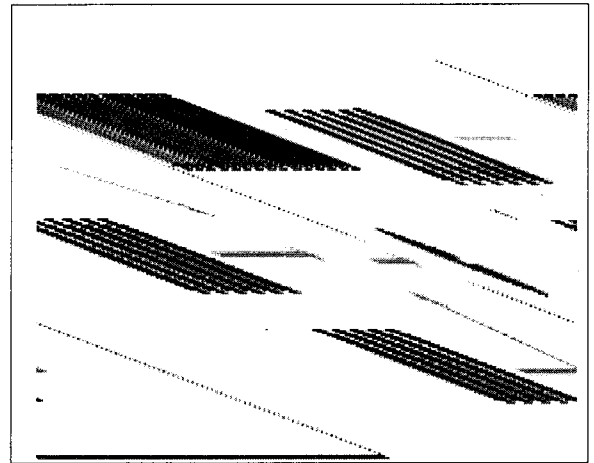


그림 3. 트래픽 congestion시 SPQ정책 적용

III. 트래픽 모델링 및 테스트베드 개요

본 논문에서는 상기 광가입자망의 QoS 기능을 활용하여 TPS의 실시간 트래픽이 congestion 환경에서도 서비스 품질을 유지할 수 있음을 검증한다. 먼저 시험용 트래픽을 생성하기 위하여 광가입자망에 흐르는 트래픽을 모델링하였고, 이를 트래픽 생성 에뮬레이터인 계측기(N2X)에 적용하였다. 다음에 L2/L3스위치를 이용하여 아파트 지역 광가입자망과 유사한 망 구조의 테스트베드를 구성하였다.

1. 트래픽 모델링

ISP 국사에서 아파트 단지의 L3스위치로 연결되는 광케이블 회선은 최대 1Gbps 트래픽이 전달되고 최대 400 가입자를 수용할 수 있다. 따라서 400가입자가 TPS서비스를

표 1. TPS가입자의 트래픽 산정

구분	용량	내용
방송	30채널	370가입자가 30채널 동시 시청
VoD	30 flow	30가입자가 VoD 동시 시청
음성	100 flow	100가입자가 동시에 인터넷전화 이용
데이터	BE	실시간성 트래픽을 제외한 나머지를 Best Effort로

이용한다면 광가입자망에 전달되는 트래픽 유형은 데이터(인터넷), 음성(인터넷전화), 방송 및 VoD이고 광가입자망에 전달될 수 있는 최대 트래픽 기준으로 서비스별 트래픽 용량은 다음과 같이 산정할 수 있다.

상기 표 1의 트래픽 산정은, 400명의 TPS가입자 중에 370명은 방송을, 30명은 VoD를 시청하며 동시에 이중 100명은 인터넷 전화를 사용하고 있음을 전제한다. 서비스별 대역 점유는 방송, VoD인 경우 HD급 영상을 기준으로 8Mbps, 음성은 100kbps이고 서비스별 이더넷패킷 크기는 영상 패킷은 1370바이트, 음성은 268바이트이며 웹 서비스인 데이터는 64바이트에서 1518바이트까지 분포되어 있다. 표 1의 실시간 트래픽 용량과 패킷 크기를 고려하면 400가입자에게 허용되는 데이터 대역은 약 500Mbps 로 산정된다.

2. 테스트베드 개요

광가입자망 테스트베드는 계층기(N2X), L3스위치, L2스위치 및 연결 케이블로 구성한다. 계층기는 트래픽 소스 및 싱크 기능을 수행하고, L3, L2스위치는 각각 관리사무소, 동 지하에 위치하는 스위치 기능을 수행한다. 표준 광가입자망의 스위치 포트 수는 L3, L2 20 포트를 사용하지만 계층기의 가용 포트 수를 감안하여 L3 스위치는 10포트, L2 스위치는 20포트를 사용한다. L3스위치 10 포트 중에 1 포트만 실제 L2스위치를 연결하고 나머지 9개 포트는 N2X 계층기에 연결한다. 계층기에 직접 연결된 9개 포트는 테스트베드에서 가상의 L2스위치 역할을 하는데 시험용 트래픽 배분 시 이를 고려한다. 테스트베드 구성도는 그림 4와 같다.

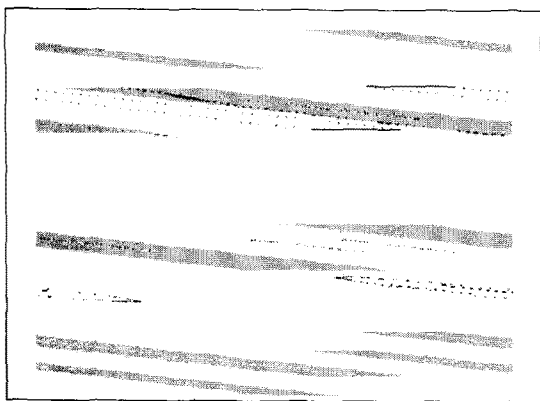


그림 4. 광가입자망 테스트베드 구성도

실시간 방송 트래픽은 멀티캐스트로 전달되며 L3스위치가 RP노드가 된다. 따라서 L2스위치에는 IGMP Proxy, L3스위치에는 PIM-SM, IGMP프로토콜을 인에이블한다. 이 시험에서는 30개의 방송채널 트래픽이 L3스위치까지 전달되고 이하 노드(L2이하)로는 가입자 요청 채널 트래픽만 전달된다. 그림 5는, 같은 동에 속하는, 즉 같은 L2에 연결된 두 가입자가 동시에 같은 방송(CH 1)을 시청하는 경우 멀티캐스트 방식으로 실시간 방송이 가입자에게 전달되는 개념도이다.

테스트베드의 트래픽 source는 네 가지 유형(음성, 방송, VoD 및 데이터)의 패킷을 만들어 전송하는데 이번 시험에서는 실시간 트래픽의 품질 유지를 위하여 DSCP기반의

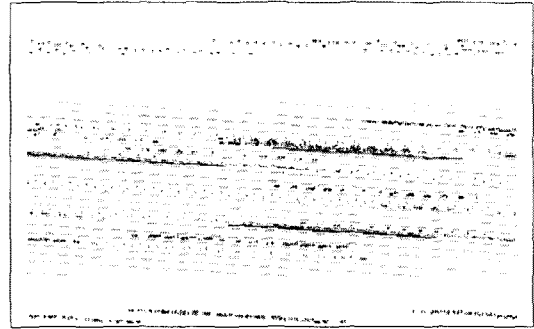


그림 5. 실시간 방송트래픽 전달 개념도

SPQ스케줄링 기법에 의한 서비스 차별화 정책을 실시한다. 트래픽 source인 N2X에서 IP헤더의 DSCP필드 값을 (음성=8, 방송=16, VoD=24, 데이터=32)와 같이 마킹하고 L3, L2 스위치에서는 IP패킷의 마킹된 DSCP값에 따라 전송 순서를 결정한다. 이번 시험에서는 음성이 최상위, 데이터가 최하위 전송 순서를 가진다.

IV. 시험수행 및 결과분석

본 시험에서는 400가구의 TPS가입자에게 전달되는 트래픽에 상응하는 트래픽을 테스트베드에 인가하고, 동시에 특정 TPS 가입자포트에 congestion 상태를 유지할 때, 해당 가입자 포트에 전달되는 실시간성 트래픽이 품질을 유지되는 지를 관찰한다.

1. 시험수행

표 1에 정의한 테스트베드에 인가하는 트래픽 용량을, L3 스위치에 연결된 가상의 L2스위치를 포함한 10대의 L2 스위치에, 다음과 같은 기준으로 할당한다.

표 2. L2 스위치별 트래픽 할당

구분	할당 내용
L2(1)	154 혹은 176Mbps(그림 6 참조)
L2(2)	방송 9채널, 데이터 공유(약28Mbps)
L2(3)	방송 9채널, 데이터 공유(약28Mbps)
L2(4)	방송 9채널, 데이터 공유(약28Mbps)
L2(5)	VoD 8flow, 데이터 공유(약28Mbps)
L2(6)	VoD 8flow, 데이터 공유(약28Mbps)
L2(7)	VoD 8flow, 데이터 공유(약28Mbps)
L2(8)	음성 40 flow, 데이터 90Mbps
L2(9)	음성 40 flow, 데이터 90Mbps
L2(10)	음성 20 flow, 데이터 90Mbps

트래픽 품질을 관찰하는 가입자포트가 있는 L2 스위치에 트래픽 congestion이 발생하도록 L2(1)으로 출력포트에 최대 전송 속도인 100Mbps를 초과하는 트래픽을 할당한다. 또한, congestion 수준에 따른 품질의 변화를 관찰하기 위하여 두 경우의 트래픽 프로파일을 인가한다. 그림 6의 case 1, 2는 L2(1)에 할당하는 두 가지 트래픽 프로파일을 보여준다. TPS 품질을 관찰하는 가입자포트는 L2(1)의 1번, 2번 포트 두 개를 사용한다. 이는 가입자의 TPS 이용 유형에 두 가지 tuple(방송, 음성, 데이터), [VoD, 음성, 데이터]이 있기 때문이다. 그림 6의 case 1을 보면 L2(1) 전체 인가 대역이 154.5Mbps이고 세부대역을 보면

음성(전화) 5 flow, 실시간 방송 6 채널, VoD 4 flow 및 데이터 74Mbps를 20 가입자 포트에 할당한다. 방송은 멀티캐스트로 전달되므로 6 채널이 15 개 가입자 포트에 전달된다. 그림 6의 case 2는 전체 인가 대역이 176.5Mbps이고 세부내역을 보면 음성(전화) 5 flow, 실시간 방송 10 채널, VoD 2 flow 및 데이터 80Mbps를 20 가입자 포트에 할당한다. 방송은 멀티캐스트로 전달되므로 10 채널이 17 개 가입자 포트에 전달된다.

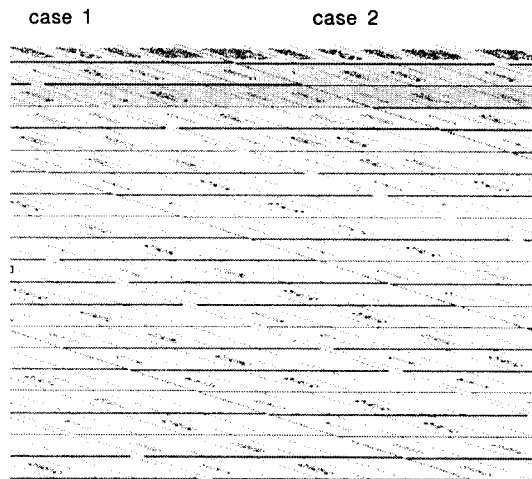


그림 6. L2(1)의 가입자 포트별 TPS 트래픽 할당

TPS 중에서 패킷 손실 및 전달 지연에 가장 민감한 서비스가 영상과 관련된 방송 및 VoD이며 이 중에서 방송은 실시간성이 보다 엄격하다. 이번 테스트베드 시험에서 품질 기준은 ITU-T IPTV Focus Group의 품질 기준을 이용한다. ITU-T에서는 HD급 영상 데이터 전송시에 4시간 동안 1번 이상의 에러를 허용하지 않는다. 따라서 이번 시험은 4시간 동안 congestion 트래픽을 인가하고 가입자 포트에서의 품질 변화를 관찰한다.

계측기(N2X)에서 테스트베드에 인가할 TPS 트래픽을 만들때 실제 서비스 트래픽에 근접하도록 하기 위하여 각 서비스의 패킷 크기를 실제 서비스 패킷 크기와 동등하게 구성한다. VoD와 실시간 방송은 1370 바이트, 음성(전화)은 268 바이트, 데이터는 크기분포의 main peak에 해당하는 64, 500, 1518 바이트를 혼합하여 트래픽을 구성한다.

방송 트래픽은 멀티캐스트로 전달되는데 N2X의 멀티캐스트 에뮬레이션 기능을 이용한다. 테스트베드의 가입자들은 모두 30 채널을 시청하며 채널별로 그룹 주소를 지정되고 N2X의 에뮬레이션 창에서 채널별 방송 수신이 인에이블된다.

2. 결과분석

먼저 그림 6의 case 1 트래픽 프로파일(154.5Mbps 대역 상당)을 4시간 동안 인가한 경우 가입자 포트 1에서 음성과, 방송의 패킷 손실은 없으며, 방송 트래픽의 전송 패킷 수는 10,514,380 이다. 동시에 가입자 포트 2에서 VoD와 음성의 패킷 손실은 없으며 VoD 패킷의 전송 패킷 수는 전자와 동일하다. 평균 전달지연은 방송이 0.3ms, 음성이 0.4ms이고 VoD가 0.7ms이다. case 2 트래픽 프로파일(

176.5Mbps 대역 상당)을 4시간 동안 인가 한 경우에는 가입자 포트 1에서 발생한 패킷 손실은 방송 5개, 음성 1개이며, 가입자 포트 2에서는 VoD 30개, 음성 2개이다. 전달 지연은 방송은 변화가 없으나 음성은 0.3ms에서 0.4ms로 약간 증가하고, VoD는 0.7ms에서 1.1ms로 증가한다. 표3은 case 1 트래픽 프로파일(154.5Mbps 대역 상당)을 4시간 5분간 인가한 경우 가입자포트 1, 2에서 관찰한 성능이다.

표 3. 가입자포트 1, 2 의 TPS서비스별 성능

구분	서비스	송신 패킷수	수신 패킷수	패킷 손실 수	평균지연(ms)
포트 1	방송	10514380	10514380	0	313
	음성	671862	671862	0	412
	데이터(64)	17296710	6672631	10624079	23033
	데이터(500)	17296710	6644862	10651848	22946
포트 2	데이터(1518)	17296710	7125719	10170991	22926
	VoD	10514380	10514380	0	688
	음성	671861	671861	0	404
	데이터(64)	43241775	12695005	30546770	23033
	데이터(500)	43241775	13388819	29852956	23020
	데이터(1518)	43241775	14568743	28673032	23010

광가입자망에서 실제로 발생하는 congestion 상황은 순간적이거나 단시간에 종료된다. 이번 테스트베드에서의 시험결과는 4시간 동안 congestion 상태가 지속된 것이다. case 1의 경우에 장시간 congestion 상태에서도 실시간성 트래픽인 음성, 방송 및 VoD에 대해 패킷 손실이 발생하지 않고 평균 전달지연 시간도 기준값인 100ms 이내이다. case 2는 congestion 수준을 높인 경우인데 소량의 패킷 손실이 발생하였다. 장시간의 congestion 상태가 유지되었음을 고려하면, 본 시험에서 시도한 광가입자망에서의 TPS 서비스 품질 검증은 만족한 수준이라 할 수 있다. 154.5Mbps, 176.5Mbps의 장시간 congestion 상태에서도 Best-Effort 트래픽인 데이터의 전송을 희생시키면서 실시간성 트래픽인 음성, 방송, VoD 트래픽을 품질 저하가 별로 일어나지 않는다.

V. 결 론

본 논문에서는, DSCP와 SPQ에 의한 QoS 정책이 광가입자망에서 TPS의 실시간성 트래픽의 품질을 보장할 수 있음을 테스트베드 시험을 통하여 보여주었다. 시험에서는 최상위 순위를 음성 트래픽에 할당하였으나 실시간 방송 등 영상 서비스가 패킷 손실 발생시 QoE(Quality of Experience) 저하에 보다 큰 영향을 끼침을 감안하면 방송 트래픽 전송 우선권을 주는 것도 고려할 수 있다.

SPQ 정책은 congestion 발생 시에 데이터와 같은 하위 전송 순위 트래픽의 회생을 수반한다. 최근 발생하는 DDoS공격이 음성, 영상과 같은 상위 트래픽에서 발생한다면 가입자에 대한 데이터 SLA제공 서비스를 유지할 수 없게 된다. 이를 해결하기 위해서는 SPQ와 WRR 정책을 혼합하여 망에 적용하는 것이 방안이 될 수 있다.

인터넷접속에 의한 데이터 다운로드가 위주인 기존 초고속인터넷서비스와 달리, TPS환경에서는 기존 인터넷회선에서 IPTV, 인터넷전화를 동시에 제공하므로 ISP는 이들 서비스에 대한 비용 효율적인 엄격한 품질관리가 필요

하다. RACF[3]는 IPTV, 인터넷전화와 같은 개별 서비스 flow에 대한 자원 이용 제어 기능을 정의한다. 따라서 광가입자망에서의 비용 효율적인 TPS 품질 확보는 서비스 등급에 따른 차등 전달 뿐만 아니라 서비스 flow의 자원 요청에 대한 admission control이 병행되어야 한다.

[참고 문헌]

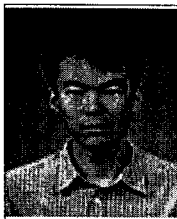
- [1] 정 훈, 나상우, “초고속인터넷서비스와 보편적 서비스,” 정보통신정책 제21권 5호, 2009년 3월
- [2] M. Sif and L. Newell, “Optimizing Broadband Aggregation Networks for Triple Play Services,” Alcatel Telecommunications Review, 4th Quarter 2004.
- [3] 이태준, 이 훈, “초고속인터넷가입자망의 대역설계,” 한국통신학회논문지, Vol.31, No.12B, pp. 1017-1027, 2006년 12월
- [4] 이 훈, 하상용, “Policy-based managed IP QoS 네트워크 구축에 관한 연구,” 2004. 12. 한국전산원 수탁과제
- [5] RACF(resource Admission Control Function), ITU-T Recommendation, Y.2111, 2006



이 동 열

1987년 한양대학교 전자통신과(공학사)
 1991년 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학 석사)
 2008년 충남대학교 전자공학과(공학박사)
 1993년~현재 LG데이콤 기술연구원 수석연구원
 <관심분야> HFC, FTTH, 센서네트워크

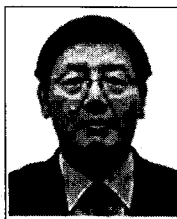
<e-mail> ldy@lgdacom.net



성 민 모

1998년 연세대학교 전기공학과 졸업
 2000년 하나로텔레콤 연구소
 2006년~2007년 한국디지털케이블 연구원
 2007년~현재 LG데이콤 기술연구원 재직중
 <관심분야> HFC, IMS

<e-mail> minmo@lgdacom.net



김 희 동

1981년 서울대학교 전기공학과(공학사)
 1983년 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학 석사)
 1987년 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학 박사)
 1997년~현재 한국외국어대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야> 유무선통신망, 정보통신서비스, VoIP

<e-mail> kimhd@hufs.ac.kr