

홈 게이트웨이에서 멀티미디어 서비스의 QoS 보장 방법

신혜민, 이호찬, 김형욱, 박홍성
 강원대학교 통신 및 멀티미디어 공학과

QoS Guarantees of Multimedia Service in Home Network

Hye Min Shin, Ho Chan Lee, Hyung Yuk Kim, Hong Seong Park
 Dept of Communication and Multimedia Engineering, Kangwon National University

Abstract - 본 논문에서는 네트워크 및 시스템 측면에서 incoming traffic의 QoS 보장하기 위한 방법을 제안한다. 네트워크 측면에서는 outgoing traffic을 위한 처리율이 현재 incoming traffic의 처리율에 따라 동적으로 수정되도록 하였으며 시스템 측면에서는 incoming traffic중 홈 게이트웨이를 최종 목적지로 하는 트래픽을 처리하는 프로세스의 우선순위 및 CPU 사용량을 수정하도록 하였다. 테스트 베드 상에서 실험 결과를 통하여 제안한 방법이 incoming traffic의 QoS를 보장함을 확인하였다.

traffic은 간단한 멀티미디어 데이터나 파일 전송등과 같은 실시간과 비실시간 트래픽을 모두 포함하며 incoming traffic에 비해 상대적으로 낮은 우선순위를 부여할 수 있다. 홈 네트워크에 QoS를 제공하기 위하여 홈 게이트웨이는 트래픽이 어느 분류에 속하는지를 구분하여 서비스해야 한다.

1. 서론

홈 네트워크는 가정 내의 다양한 정보기기들 사이 및 가정 내의 정보기기와 외부 인터넷 서비스 망 사이에 데이터 통신이 가능한 환경을 의미한다. 홈 게이트웨이는 홈 네트워크에서 가장 중요한 장치로 홈 네트워크와 외부 인터넷 사이에 위치하여 PC, 디지털 TV, PDA 등의 태내의 장치를 외부 서비스 망에 연결하는 기능을 수행한다. 홈 게이트웨이를 통하여 각 가정의 주인은 홈 내부뿐만 아니라 홈 외부 어디에서라도 태내 장치를 조작하거나 정보의 흐름을 제어할 수 있다[1]. 이러한 홈 게이트웨이는 단순한 게이트웨이의 형태에서 태내 기기에 다양한 종류의 서비스를 제공하고 그들 간의 대역폭을 중재하는 등의 기능을 수행하는 지능형 게이트웨이로 진화해오고 있다.

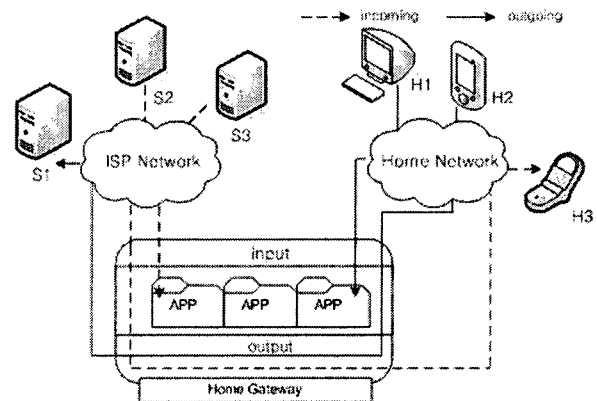


그림 1. 홈 게이트웨이를 통과하는 트래픽 종류

그림 1에서 보여 지는 바와 같이 홈 게이트웨이에서 처리되는 트래픽은 다음의 두 가지로 분류될 수 있다 incoming traffic, outgoing traffic. Incoming traffic은 외부 서비스 망에서 홈 네트워크로 유입되는 트래픽 집합을 outgoing traffic은 홈 내부에서 외부 서비스 망으로 유출되는 트래픽의 집합을 의미한다. 즉, 전자의 경우 트래픽의 최종 목적지는 홈 게이트웨이거나 홈 내부 기기가 되며 후자의 최종 목적지는 외부 서비스 망의 서버나 망에 연결되어 있는 특정 노드가 될 수 있다. 최근의 멀티미디어 트래픽의 급속한 증가와 여러 사업체에서 오디오나 비디오 미디어를 위해 홈 서버로 동작하는 홈 게이트웨이를 소개함에 따라 홈 게이트웨이를 향하는 대부분의 incoming traffic은 대역폭과 지연 시간 같은 QoS보장을 요구하는 멀티미디어 트래픽일 가능성이 높아졌다. 게다가 외부에서 홈 게이트웨이 자체로 유입되는 트래픽은 전체 트래픽을 위한 제어 신호를 포함하기 때문에 만약 이 incoming traffic이 보장되지 않는다면 사용자가 요구한 데이터 서비스의 QoS를 만족시키지 못하게 된다. 따라서 멀티미디어 데이터나 제어 신호 데이터를 포함하는 incoming traffic은 다른 트래픽보다 우선적으로 서비스되어야 한다. Outgoing

홈 네트워크에 QoS를 제공하기 위하여 홈 게이트웨이에 기존의 큐잉 정책을 사용하는 방법이 제안되고 있으며, 기존의 단점을 보완하고 더 효율적인 트래픽 서비스를 위한 여러 큐잉 정책들이 연구되어 오고 있다[2-5]. 가장 단순한 형태의 First-In First-Out(FIFO) 큐 스케줄러 정책에서 차별화 된 서비스를 제공하기 위해 Priority Queuing(PQ) 방법이 제안되었으며 PQ의 기아현상을 방지하고 플로우별 공정한 서비스를 제공하기 위해 Weighted Fair Queuing(WFQ)[2]이나 Weighted Round Robin(WRR)과 같은 Fair Queuing(FQ)[3]방법이 제안되었다. 현재 가장 많이 사용하는 것은 PQ와 FQ의 특성을 결합한 Class Based Queuing(CBQ)[4]이며, 비록 아직 상용화되지는 않았지만, CBQ의 가장 큰 단점인 부정확한 대역폭 값을 극복하기 위하여 HTB[5]가 연구되었다.

그러나 기존의 큐잉 정책은 라우터에 설치되는 것을 가정하여 연구되었기 때문에 출력 링크를 통해 서비스되는 트래픽을 어떻게 제어할 것인가에만 초점을 맞추고 있으며, 실제로 모든 큐잉 정책이 출력 링크만 제어할 수 있다는 한계를 가진다[6]. 다시 말하자면, 이것은 큐잉 정책이 전송률을 제어할 수 있지만 수신율을 제어할 수 없음을 의미하며 결국 큐잉 정책이 홈 게이트웨이에 적용될 경우 outgoing traffic에 대한 QoS는 보장할 수 있지만 incoming traffic에 대해서는 어떠한 QoS도 보장할 수 없다. 그러나 홈 네트워

크의 특성상 incoming traffic이 outgoing traffic보다 우선시되기 때문에 incoming traffic을 보장하기 위한 방안이 반드시 마련되어야 한다.

본 논문에서는 네트워크 및 시스템 측면에서 incoming traffic의 QoS 보장하기 위한 방법을 제안한다. 네트워크 측면에서는 outgoing traffic을 위한 처리율이 현재 incoming traffic의 처리율에 따라 동적으로 수정되도록 하였으며 시스템 측면에서는 incoming traffic중 홈 게이트웨이를 최종 목적지로 하는 트래픽을 처리하는 프로세스의 우선순위 및 CPU 사용량을 수정하도록 하였다. 우리는 테스트 베드 상에서 실험을 통하여 제안한 방법이 incoming traffic의 QoS를 보장함을 확인하였다.

본 논문은 다음과 같은 구성을 따른다. 2절에서는 홈 게이트웨이를 간략히 설명한다. 홈 게이트웨이에서 Incoming traffic의 QoS를 보장하기 위한 방법은 3절에서 소개되며 4절에서는 일련의 테스트를 통하여 제안한 방법의 실험적 결과와 결과에 대한 토론이 이루어진다. 마지막으로 5절에서는 결론을 맺도록 한다.

2. 홈 게이트웨이

홈 게이트웨이는 태내의 정보 기기와 PC를 연결하고 관리하는 허브의 기능과 홈 네트워크와 외부 네트워크를 연결하여 서로 통신이 가능하게 하는 게이트웨이의 기능을 수행한다.

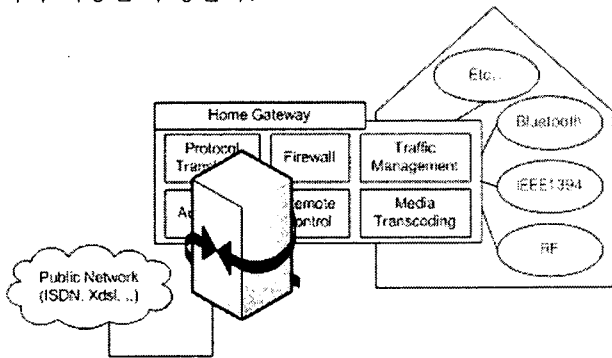


그림 2. 홈 게이트웨이 위치 및 기능

그림 2는 홈 게이트웨이의 위치와 기능을 보여준다. 일반적인 홈 게이트웨이는 기본적으로 다음과 같은 두 가지 기능을 제공한다. 먼저, 홈 게이트웨이는 케이블 모뎀, ISDN, xDSL과 같은 외부 네트워크와 블루투스, RF, IEEE1394와 같은 홈 네트워크 사이에 데이터 서비스를 위하여 서로간의 인터페이스를 제공해야 한다. 이것은 홈 게이트웨이의 기본적인 기능으로 이를 위해 여러 단체에서는 게이트웨이 표준화를 위해 노력하고 있다. TIA RR-41.5와 WG1은 외부 네트워크와 홈 네트워크간의 물리적 전송 표준에 초점을 맞추고 있으며 미들웨어 분야에서는 UPnP, Jini, HAVi가 연구되어오고 있다. 특히, OSGi는 외부 네트워크로부터 홈으로의 서비스 API와 프레임워크를 제공한다. 홈 게이트웨이 구성의 복잡성과 기능 정의의 어려움 때문에 다른 여러 종류의 홈 게이트웨이 표준이 공존하고 있다(7). 어떻게 트래픽을 관리하고 서비스별 적절한 QoS를 제공할 것인가는 홈 게이트웨이의 두번째 주된 기능이다. 그림 2에서 알 수 있듯이 홈 네트워크로 유입, 유출되는 모든 트래픽은 반드시 홈 게이트웨이를 거쳐야 하기 때문에 트래픽 특성에

따른 QoS를 제공하기 위한 최적의 위치는 홈 게이트웨이가 된다. 트래픽이 속한 서비스의 특성이나 트래픽의 진행 방향에 따라 서비스를 차별화함으로써 홈 게이트웨이는 사용자에게 효율적인 데이터 서비스를 제공할 수 있다. 본 논문에서는 멀티미디어 서비스의 QoS 보장 방법에 초점을 맞추고 있으며 이는 다음 절에서 다룬다.

3. Incoming traffic의 QoS 보장 방법

홈 게이트웨이에서 incoming traffic의 QoS보장을 위해 제안한 방법은 다음의 세 개의 모듈로 구성된다. 그림 3은 각 모듈별 연동 관계를 보인다.

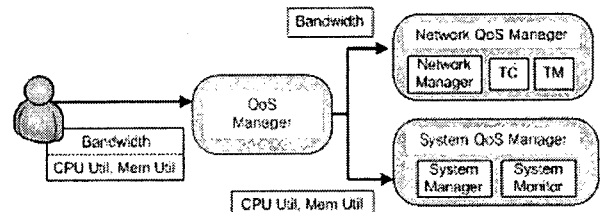


그림 3. 모듈별 연동 관계

3.1 QoS Manager

QoS Manager는 서버가 멀티미디어 데이터를 전송하기에 앞서 요청받기 원하는 네트워크와 시스템 QoS를 보장받을 수 있도록 Network QoS Manager와 System QoS Manager를 구동시키는 기능을 한다. 서버로부터 보장받기 원하는 QoS metric을 얻어 와서 네트워크에 관련된 부분은 Network QoS Manager에게, System에 관련된 부분은 System QoS Manager에게 전송하여 그 결과 값을 주기적으로 서버에게 알린다. 이 때 사용되는 QoS Metric은 대역폭, CPU 사용률, 메모리 사용률이다.

3.2 Network QoS Manager

Network QoS Manager는 세 개의 모듈로 분류된다. Network Manager, Traffic Controller, Traffic Monitor. 그림 4는 Network QoS Manager의 세부 구조 및 모듈별 연동 관계를 보인다. Network QoS Manager 동작 방법에 앞서 우리는 Incoming traffic과 outgoing traffic이 차지하는 대역폭을 각각 PBI, PBO로, 전체 대역폭을 BWT, 사용가능한 대역폭을 BWA, incoming traffic이 할당받기 원하는 대역폭을 BWR로 가정한다. Network Manager는 만약 요청된 incoming traffic의 대역폭이 보다 BWA작거나 같다면 연결 개 설을 수락한다. BWA는 식(1)과 같이 얻어진다.

$$BWA = BWT - PBI \quad (1)$$

여기서 주목할 것은 incoming traffic의 대역폭 보장을 위해 outgoing traffic의 대역폭을 제안한다는 것이다. Incoming traffic에 기존처럼 높은 우선순위를 할당하거나 일정량의 대역폭을 할당하는 것은 QoS 보장에 어떠한 영향도 줄 수 없기 때문이다. 식(1)로부터 얻어진 BWA는 PBO에 할당되고 Network Manager는 이 값을 traffic controller에게 전달한다. Traffic controller는 Network Manager로부터 얻어진 각 traffic별 대역폭 값을 이용하여 실제로 traffic shaping을 수행한다. 그 후 Network

Manager는 주기적으로 traffic monitor에게 현재 incoming traffic의 서비스 상태를 요청한다. Traffic monitor는 홈 네트워크상에 교환되는 패킷을 수집하여 각 플로우별 대역폭, 지연시간, 신뢰성을 계산하고 이 QoS 메트릭을 flow DB에 저장한다. 동시에 플로우가 속한 incoming traffic과 outgoing traffic의 정보도 갱신한다. Network Manager로부터 incoming traffic의 현재 서비스 상태를 요청받았을 때 traffic monitor는 flow DB를 검색하여 QoS Metric값을 반환한다.

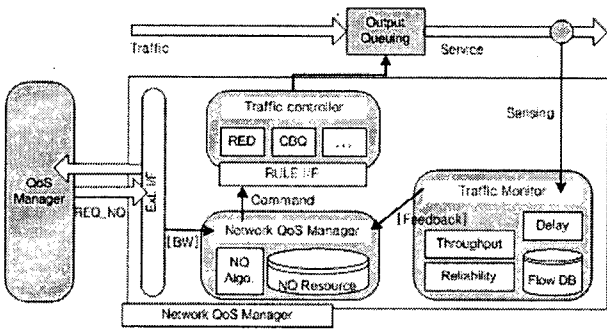


그림 4. Network QoS Manager의 모듈별 연동 관계

CBQ는 가장 널리 사용하는 Queuing discipline으로 본 논문에서도 traffic controller로 CBQ를 사용하였다. 그러나 CBQ의 가장 큰 단점을 부정확한 대역폭 보장이기 때문에 Queuing Discipline으로 CBQ를 사용하였다면 아무리 정교한 traffic control system이라도 대역폭 정확성을 보장할 수 없다[8]. 따라서 본 논문에서는 트래픽 제어의 정확성을 높이기 위하여 PID controller를 이용한 피드백 제어 알고리즘을 사용하였다. 이러한 피드백 제어 방법은 할당된 대역폭 값과 실제 서비스되는 대역폭 값의 차이를 보상하도록 하였다. 그림 5는 피드백을 사용한 Network Manager의 대역폭 제어 알고리즘을 보인다.

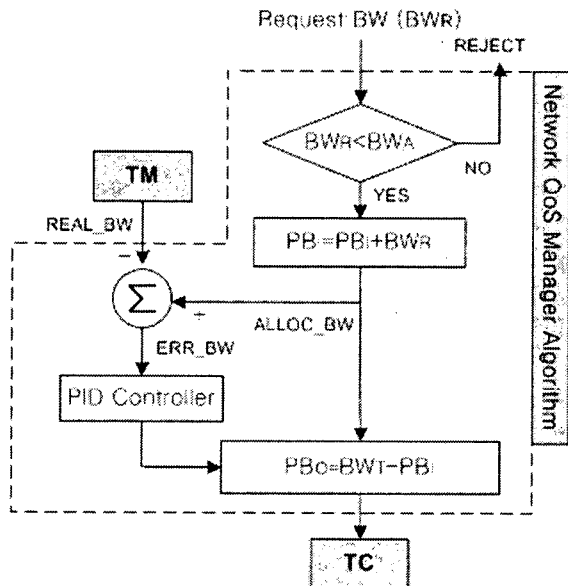


그림 5. 피드백을 이용한 Network Manager

3.3 System QoS Manager

System QoS Manager는 두개의 모듈로 분류된

다. System Manager, System Monitor. 그림 6은 System QoS Manager의 세부 구조 및 모듈별 연동 관계를 보인다. System Manager는 QoS Manager로부터 수신한 incoming traffic의 System QoS를 보장하기 위하여 System Monitor에게 incoming traffic이 현재 사용하고 있는 CPU 이용률, 메모리 이용률, 각 프로세스의 우선순위를 요청한다. System Monitor로부터 요청한 값을 얻어와 이 값과 사용자가 요청한 값과의 차이를 줄이기 위하여 프로세스의 동적 우선순위 할당을 수행하여 멀티미디어 데이터 트래픽을 수신하는데 시스템 자원을 우선 사용할 수 있도록 시스템 환경을 제어한다.

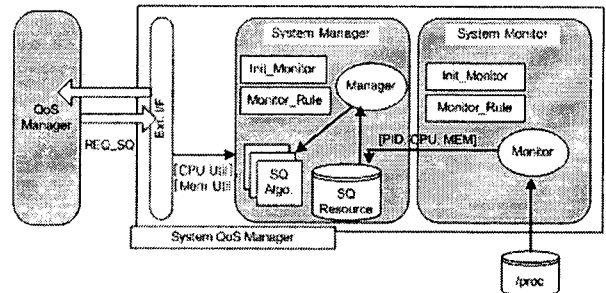


그림 6. System QoS Manager의 모듈별 연동 관계

4. 실험 및 결과

Incoming traffic의 QoS를 보장하기 위해 제안된 방법의 성능을 테스트하기 위해 그림 7의 환경을 가정한다. S1에서 H1로 서비스되는 플로는 incoming traffic으로 50Mbps로 고정시켰다. S2에서 홈 게이트웨이 자체로 서비스되는 플로는 incoming traffic이며 QoS 보장 여부를 살펴보기 위해 테스트 시작 후 20초 간격으로 20Mbps, 40Mbps, 50Mbps의 대역폭을 요구하도록 설정한다. H2에서 S3으로 서비스되는 플로는 outgoing traffic으로 50Mbps로 고정시켰다. S2에서 게이트웨이, S1에서 H1, H2에서 S3로 순서로 높은 우선순위를 가지며 제안된 방법을 적용하였을 경우와 적용하지 않았을 경우, incoming traffic이 차지하는 대역폭의 크기를 측정한다.

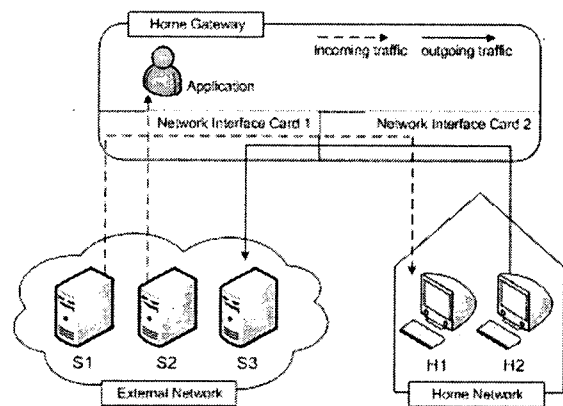


그림 7. 테스트 환경

그림 8과 그림 9는 incoming traffic의 QoS를 보장하기 위해 제안된 방법을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때, 각각 incoming traffic과 outgoing traffic이 서비스된 대역폭 값을 보인다. 그림 8에서

outgoing traffic은 50Mbps를 계속 유지하는 반면 incoming traffic은 요청한 값을 보장받지 못하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 그림 9에서 볼 수 있듯이 제안한 방법을 적용하였을 경우 incoming traffic이 요청한 대역폭 값을 보장받는 것을 확인할 수 있다. 0초에서 20초 사이에는 한 개의 incoming traffic과 한 개의 outgoing traffic이 서비스되고 있다. 약 3초 후에 요청한 대역폭과 실제 서비스되고 있는 대역폭 값의 차이를 인지한 Network QoS Manager는 outgoing traffic을 제한하여 incoming traffic의 사용 대역폭을 증가시켰다. 20초에서 40초 사이에는 홈 게이트웨이를 목적지로 하는 incoming traffic이 20Mbps로 서비스되고 있다. 약 3초 후에 이 서비스의 개설로 기존의 incoming traffic의 대역폭이 감소됨을 인지한 Network QoS Manager는 outgoing traffic의 대역폭을 더 작은 값으로 제한함으로써 두 개의 incoming traffic이 모두 요청한 값을 만족시키도록 하였다. 40초와 60초, 60초와 80초 사이에는 outgoing traffic이 거의 서비스 받지 못함에도 불구하고 포화상태가 된 incoming traffic들 간의 경쟁으로 요청한 대역폭이 보장받지 못하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 System QoS Manager는 incoming

traffic내에서 중요도에 따라 incoming traffic의 우선순위를 조정함으로써 이 트래픽이 시스템 자원을 선점할 수 있도록 하여 요청된 대역폭을 만족시킨다. 그림 9를 통하여 제안한 방법이 incoming traffic의 QoS를 보장할 수 있으며 incoming traffic내에서도 서비스의 중요도에 따라 차별화된 QoS를 제공할 수 있음을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 홈 게이트웨이에서 incoming traffic, 특히 그 중에서 멀티미디어 트래픽의 QoS보장에 관한 방법에 대해 연구하였다. 제안된 방법은 네트워크 측면과 시스템 측면은 모두 고려하였다. 네트워크 관점에서는 홈 게이트웨이의 최대 outgoing traffic 즉, 최대 송신률이 incoming traffic의 수신율에 따라 동적으로 변경되도록 하여 outgoing traffic에 비해 상대적으로 높은 우선순위를 가지고 처리되어야 하는 incoming traffic의 대역폭을 보장하도록 하였다. 시스템 관점에서는 관심 있는 플로우의 우선순위 및 CPU 사용량을 제어 하도록 하여 incoming traffic에 여러 flow가 존재할 경우 관심 있는 플로우만 요청한 QoS를 보장하도록 하였다. 테스트 베스 상의 일련의 실험을 통해 우리는 제안한 방법이 트래픽의 QoS보장에 효율적임을 확인할 수 있었다. 더 정확한 대역폭 보장을 위하여 CBQ의 단점을 보완한 큐잉 정책 및 제안한 방법의 경량화는 앞으로 연구되어야 할 과제이다.

(참 고 문 헌)

- [1] B. Rose, "Home networks: a standards perspective" IEEE Communications Magazine, vol. 39, no. 12., pp.28-85, 2001.
- [2] A. Demers, S. Keshav, and S. Shenker, "Analysis and Simulation of A Fair Queuing Algorithm", ACM Computer Communication Review (SIGCOMM'89), pp.3-12, 1989.
- [3] J. Nagle, "On packet switches with infinite storage", IEEE Transactions on Communications, vol.34, no.4., pp.435-438, April, 1987.
- [4] S. Floyd and V. Jacobson, "Link Sharing and Resource Management Models for Packet Networks", IEEE/ACM Transaction on Networking, vol. 3, no. 4., pp. 365-386, 1995.
- [5] M. D. devik, "HTB Linux queuing discipline manual-user guide", 2002. <http://luxik.cdi.cz/~devik/qos/htb/manual/userg.htm>
- [6] BV. Netherlabs, "Linux Advanced Routing & Traffic Control HOWTO", Oct. 10, 2002.
- [7] 김은호, "홈게이트웨이 기술 표준 및 발전 방향", vol. 21, 2005. http://webzine.kt.co.kr/s-trends/200405/f_0103.html
- [8] B. Lei, A.L. Ananda, T. S. tan, "QoS-aware residential gateway", Proc. the 27th Local Computer Network Conference on, Nov.6-8, pp.518-524, 2002.

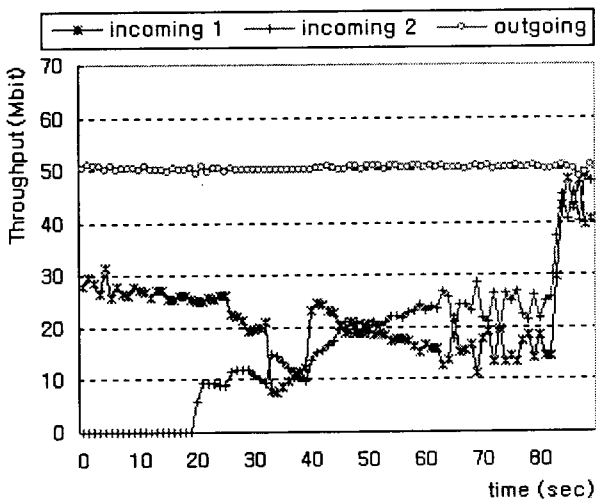


그림 8. 대역폭 제어를 하지 않았을 경우

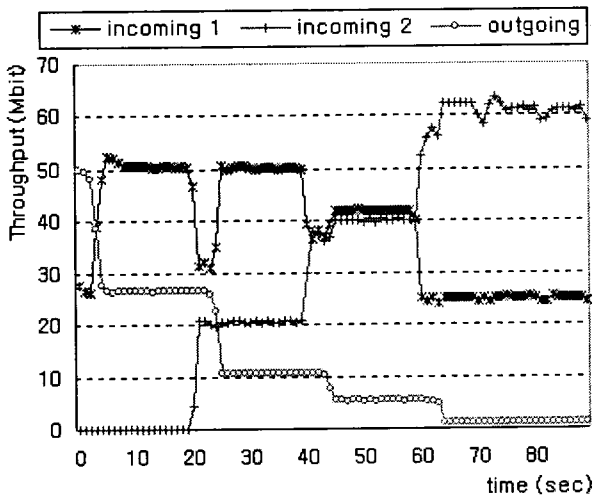


그림 9. 대역폭을 제어한 경우