

# 인터넷에서의 이질적 QoS 보장 기법

김인경\*, 이준화\*, 차미리\*\*, 김상하\*  
\*충남대학교 컴퓨터학과  
\*\*대덕대학교 컴퓨터·정보통신계열  
e-mail : [shkim@cclab.cnu.ac.kr](mailto:shkim@cclab.cnu.ac.kr)

## Heterogeneous QoS Guaranteeing Mechanism in the Internet

In-Kyoung Kim\*, Jun-Hwa Lee\*, Mi-Lee Cha\*\*, Sang-Ha Kim\*  
\*Dept. of Computer Science, Chung-Nam National University  
\*\*Dept. of Computer & Information Communication, Dea-Duk College

### 요 약

인터넷에서 이질적인 QoS(Quality of Service)를 보장하기 위한 현재까지의 연구는 크게 망 차원에서 자원 예약방법과 계층적 멀티캐스트를 이용한 적용 방법으로 구분된다. 첫번째 방법의 경우 RSVP(resource ReSerVation Protocol) 시그널링을 사용하므로 정량적인 QoS 보장은 가능하나 각 라우터에서 각 세션 플로우 상태 정보를 유지해야 하는 확장성 문제점이 있다. 두번째 방법의 경우 계층적 인코딩을 사용하여 응용 플로우를 여러 계층의 서브스트림으로 분리하고 각각을 멀티캐스트 채널을 통하여 전송한다. 그러나 이 메커니즘은 라우터가 각 계층간의 중요도를 인식할 수 없을 뿐만 아니라 멀티 캐스트 그룹 관리와 주소 할당 문제에 있어서 복잡성을 가진다. 본 논문에서는 제안된 메커니즘들의 문제점을 해결하고자 계층적 인코딩에 의해 생성된 스트림들간의 차별화를 통해 라우터에서 대역폭이 부족한 수신자에게는 기본적인 품질의 스트림만을 제공하는 반면에 대역폭이 충분한 수신자에게는 최상의 품질을 제공할 수 있는 이질적 QoS 방안을 제안한다.

### 1. 서론

기존의 동질적 QoS 제공 메커니즘은 사용자의 개별적인 통신환경은 고려되지 않은 채 모든 수신자에게 동일한 수준의 서비스를 제공하므로 가변적인 네트워크의 환경변화에 품질 수준을 지속적으로 유지하는데 적합하지 않다. 또한 자원의 효율적 사용을 위해 멀티캐스트 방식이 확대되면서 동질적 QoS의 제공은 불가능해 지고 있다. 이에 따라, 인터넷의 내재적 특성인 이질성과 사용자의 서로 다른 QoS 요구를 수용하기 위한 이질적 QoS 보장의 방안이 제안되고 있다.

현재 제안되고 있는 이질적 QoS 제공 방안은 크게 RSVP를 이용한 자원 예약 방법과 계층적 멀티캐스팅을 이용한 적용 방법으로 분류된다[4][5]. 첫번째 방법은 서비스 품질 보증의 장점은 있으나, RSVP 적용을 위해 모든 라우터에 RSVP 프로토콜을 탑재하여야 하며, 각 라우터는 각 세션 플로우 상태를 유지해야

하므로 확장성 문제를 가지고 있다. 두번째 방법은 계층적 인코딩을 사용하여 응용 플로우를 여러 계층의 서브스트림으로 분리하고 각각의 멀티캐스트 채널을 통하여 전송하는 방법이다. 수신자는 IGMP(Internet Group Management Protocol)를 이용하여 수신하는 서비스의 품질을 조절하여 네트워크의 상태 변화에 능동적으로 적응한다. 그러나, 이 방법은 라우터가 각 계층간 중요도를 인식할 수 없고, 멀티캐스트 그룹관리와 주소할당에 있어 복잡성을 갖는다.

본 논문에서는 이질적 QoS 보장 방안으로 AH-LMS(Adaptation Architecture to Heterogeneous QoS with Layered Encoding)를 제안한다. AH-LMS는 계층 정보가 패킷간의 상대적 중요성을 ToS(Type of Service) 필드에 반영하도록 하여 데이터 우선순위를 정의한다. 또한, 계층에 상관없이 하나의 멀티캐스트 그룹만을 지정함으로써 그룹 관리와 멀티캐스트 주소

할당의 문제점을 해결하는 동시에 큐잉 시스템을 이용한 간단한 적응적 동작을 수행한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 기존의 연구 방안들을 기반으로 네트워크 내부에서 이질적 서비스 품질을 보장하기 위한 새로운 방법인 AH-LMS를 제안한다. 3장에서는 NS(Network Simulator)를 이용하여 성능을 분석한다. 4장에서는 결론과 향후 연구방향에 대해 살펴본다.

## 2. 이질적 QoS 보장을 위한 AH-LMS 구조

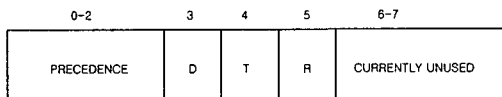
본 장에서는 인터넷에서 여러 서비스들에 대해서 이질적인 QoS를 보장하기 위한 알고리즘으로 AH-LMS 구조를 제안한다. AH-LMS는 크게 송신자, 수신자, 그리고 적응의 주체가 되는 라우터로 이루어져 있다.

### 2.1 송신자

송신자는 계층적 멀티캐스트 방법처럼 입력으로 들어온 스트림을 계층적 압축 방법을 이용해서 3계층의 서브스트림으로 생성하는 계층적 인코더를 이용한다. 계층적 인코더에 의해 비디오 스트림은 기본계층 프레임, 1차 보충계층 프레임, 2차 보충계층 프레임으로 분할·압축된다. 각 프레임 별로 상대적 중요성은 기본계층 프레임, 1차 보충계층 프레임, 2차 보충계층 프레임 순으로 부여한다.

인코딩 과정을 거쳐 생성된 각 계층별 프레임들을 송신자측에서 하나의 스트림으로 통합하고 프레임 시퀀스를 만든다. 송신자는 각 IP 패킷의 헤더의 ToS 필드에 멀티캐스트 그룹 주소와 계층을 인식할 수 있게 마킹한다.

[그림 1]은 RFC 791에서의 ToS 필드를 나타낸다. ToS 필드는 3비트의 우선순위 서브필드와 서비스 타입을 밝히는 서브필드 외에 나머지 2비트는 정의되어 있지 않다. 본 논문에서는 구현의 용이성을 위해 현재 정의되어 있지 않는 2비트를 계층 구분을 위한 마킹 필드로 사용한다.



[그림 1] ToS 필드를 이용한 계층 마킹 필드

패킷 전송 방식은 계층적 멀티캐스트에서 각 계층에 IP멀티캐스트 주소를 할당하는 것[2]과는 달리, 계층에 상관없이 하나의 멀티캐스트 그룹만을 지정함으로써 그룹 주소나 관리의 문제가 없는 간단하고 확장성 있는 전송방법을 사용한다.

### 2.2 라우터

AH-LMS는 수신자의 이질적인 QoS를 보장하기 위해 네트워크의 구성 요소인 라우터가 현재 주어진 가용 대역폭 범위에서 응용의 특성을 고려한 적응의 주체가 되어 수신자에게 가능한 최상의 QoS를 보장하는 구조이다. 라우터가 이질적 서비스 품질에 적응하는 방법은 수신자 중심으로 서비스 품질이 조절되는 계층적 멀티캐스트 방법에 비해 다음과 같은 장점을 갖는다. 수신자 중심의 적응에서는 수신자의 QoS 요구가 실제 망에 반영되는데 어느 정도의 시간이 소요되는데 반해, 라우터는 자신의 가용 자원 상태 변동에 즉시 적응할 수 있다. 또한 수신자의 참여 정보에 대한 정보공유의 오버헤드가 적다.

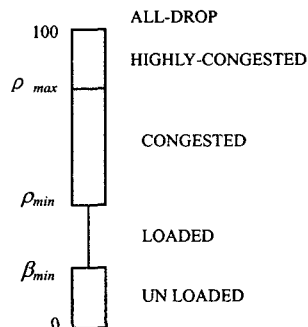
#### (1) 평균 큐 길이에 의한 네트워크 상태

AH-LMS에서는 네트워크 상태의 객관적 측정기준으로서 평균 큐 길이를 사용한다. 따라서, AH-LMS를 적용하기 위해 라우터는 네트워크의 상태에 따라 동적으로 계층을 조절하기 위한 평균 큐 길이에 대한 모니터링 기능을 수행해야 한다. 또한 라우터는 평균 큐 길이에 의해 네트워크의 혼잡상태를 판단하고 혼잡도에 따라서 차별적으로 패킷 드롭을 수행한다.

본 논문에서 사용되는 평균 큐 길이는 RED(Random Early Detection)에서 정의된 평균 큐 길이의 개념을 사용한다[6].

$$avg_{new} \leftarrow (1 - \omega_q)avg_{old} + \omega_q q \quad \text{식(1)}$$

샘플링 간의 통계치를 고르게 하고 서비스 품질의 순간적인 변동을 피하기 위해 low-pass 필터를 사용하는 식(1)을 통해 평균 큐 길이를 측정한다. 식(1)에서 정의된 평균 큐 길이  $avg$ 는 패킷이 도착하는 순간의 큐 길이를 나타내는  $q$ 의 지수적(exponential)평균으로 AH-LMS에서 패킷 드롭 확률의 기준으로 사용된다. 식(1)에서 가중치  $\omega_q$ 는 low-pass 필터의 시간 상수를 결정한다.

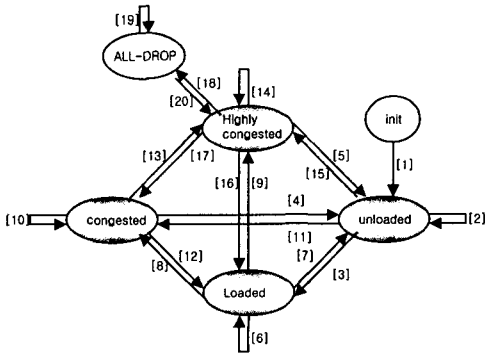


[그림 2] 평균 큐 길이에 의한 네트워크 상태 분류

본 논문에서는 네트워크 상태를 결정하기 위해 [그림 2]와 같이 3개의 임계치  $\beta_{min}$ ,  $\rho_{min}$ (혹은  $\beta_{max}$ ),  $\rho_{max}$ 를 사용한다.  $\beta_{min}$ 는 UNLOADED 상태의 종료,  $\rho_{min}$ 은 LOADED 상태의 종료,  $\rho_{max}$ 는 CONGESTED 상태의 종료를 나타내는 평균 큐 길이 임계치이다. [그림 2]는 평균 큐 길이와 임계치에 따른 네트워크 상태간의 관계를 보여준다. 이 때,  $\beta_{min}$ 는 서비스 품질의 변동을 피할 만큼 충분히 낮게 설정하며,  $\rho_{min}$ 은 패킷 손실을 겪기는 하지만 수용할 수 있을 정도의 평균 큐 길이를 나타내도록 설정되어야 한다.

(2)알고리즘

AH-LMS에서는 현재 사용 가능한 대역폭에서 이질적 QoS를 보장할 수 있도록 RIO(RED with IN/OUT) 알고리즘을 변경하고, 이 알고리즘을 계층별 차등적 드롭에 적용한다. AH-LMS에서 이질적 QoS에 대한 적용은 계층의 추가와 감소로 구현되며, 이는 네트워크 상태에 따른 패킷 드롭으로써 수행된다. 본 논문에서는 QoS에 결정적인 영향을 미치는 기본계층의 패킷들을 다른 계층의 패킷들로부터 차별화하여 최대한 보호함으로써 전체적인 QoS 보장을 유도한다. [그림 3]은 AH-LMS의 상태전이도를 보여주며, 각 상태에 대한 설명은 다음과 같다.



[그림 3] AH-LMS의 상태전이도

- ◆ INIT 상태 : 라우터가 패킷을 처리하기 시작하는 단계이다.
- ◆ UNLOADED 상태 : 평균 큐 길이  $\lambda$  가  $\beta_{min}$  임계치 이하인 상태이다. 이 상태에서는 기본계층 1차 보충계층 2차 보충계층 모두 패킷 드롭률이 0이다.
- ◆ LOADED 상태 : 평균 큐 길이  $\lambda$  가  $\beta_{min}$  임계치와  $\rho_{min}$  임계치 사이에 있는 상태이다. 이 상태에서는 2차 보충계층의 드롭이 시작되며, 기본계층 1차 보충계층은 패킷 드롭률이 0이다.
- ◆ CONGESTED 상태 : 평균 큐 길이  $\lambda$  가  $\rho_{min}$  임계치와  $\rho_{max}$  임계치 사이에 있는 상태이다. 이 상태에서는 2차 보충계층의 드롭률이 1이고, 1차 보충계층은 패킷 드롭이 시작된다. 기본계층은 패킷 드롭률이 0이다.

◆ HIGHLY-CONGESTED 상태 : 큐의 오버플로우가 발생하기 직전의 상태로 1차 보충계층 2차 보충계층의 패킷 드롭률은 1이다.

◆ ALL-DROP 상태 : 큐 오버플로우가 발생한 상태로 모든 패킷이 드롭된다.

2.3 수신자

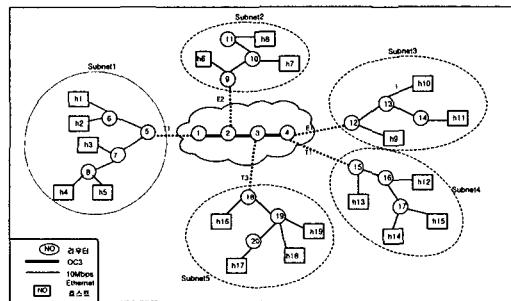
수신자는 IGMP를 이용하여 멀티캐스트 그룹에 참가(join)와 탈퇴(leave)를 한다. 수신자가 그룹에 참가 후, 수신된 데이터에 대해서 디코딩을 수행한다.

3. 성능분석

본 장에서는 NS를 이용하여 2장에 제안된 이질적 서비스 품질 보장 구조의 성능을 분석한다. 실험의 분석 대상은 비디오 서비스의 계층적으로 인코딩된 패킷의 손실률이다.

3.1 실험모델

실험에서 이용될 네트워크 토폴로지는 크게 Mbone(Internet Multicast Backbone)으로 구성된 코어 네트워크와 5개의 서브네트워크로 구성되며, 코어 네트워크의 대역폭은 OC3의 155Mbps이고, 각 서브네트워크 내부의 대역폭은 10Mbps이다. 또한 코어네트워크와 서브네트워크의 연결은 T1(1.544Mbps), T3(44.74Mbps), E1(2.048Mbps), E2(8.448) 등의 다른 대역폭으로 구성함으로써 인터넷의 이질적인 환경이 되도록 구성하였다.



[그림 4] 실험 환경

실험에서 VBR(Variable Bit Rate), CBR(Constant Bit Rate) 트래픽을 멀티캐스트 방식으로 각 서브망에 있는 멀티캐스트 그룹의 수신자들에게 전송하기 위해 DVMRP(Distant Vector Multicast Routing Protocol)을 사용한다. 이때 FTP, Pareto 분포를 갖는 응용 프로그램의 트래픽은 유니캐스트로 전송한다. 이때, 각 서브망마다 수신하는 트래픽의 개수를 달리 하여, 결과적으로 멀티캐스트 수신자가 병목링크에서 사용 가능한 대역폭이 이질적이 되도록 구성하였다.

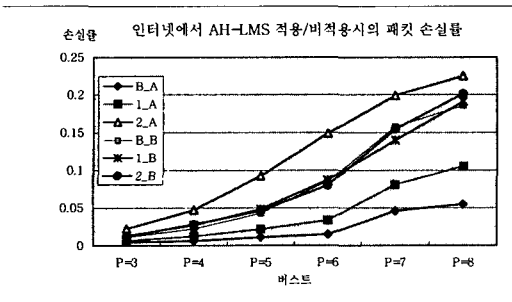
본 논문에서 주 분석 대상은 MPEG-2로 인코딩된 비디오를 가정한 VBR 트래픽이다. 논문에서 사용하는 VBR 트래픽은 지원되는 계층 수는 기본계층, 1차 보충계층과 2차 보충계층으로 총 3개의 계층으로 구성하였다. 본 실험에서는 제어 패킷의 수는 적기 때문에 전체 성능에 영향을 미치지 않는다고 가정한다. 또한 기본계층, 1차 보충계층, 2차 보충계층을 1:2:4의 비율로 구성한다. 라우터에서 스케줄링은 FIFO를 사용하고 큐 관리는 AH-LMS를 사용한다.

3.2 결과 분석

본 논문에서는 서비스 품질에 직접적인 영향을 주는 패킷 손실을 분석 대상으로 한다. 패킷 손실률은 다음과 같이 정의한다.

$$\text{패킷 손실률} = \frac{\text{큐에서 손실된 패킷 수}}{\text{큐에 도착한 패킷 수}}$$

[그림 5]는 AH-LMS를 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 패킷 손실률을 보여준다. [그림 5]에서 B\_A, 1\_A, 2\_A는 AH-LMS를 적용한 경우의 기본계층, 1차 보충계층, 2차 보충계층의 패킷 드롭률을 나타내고, B\_B, 1\_B, 2\_B는 AH-LMS를 적용하지 않은 경우의 기본계층, 1차 보충계층, 2차 보충계층의 패킷 드롭률을 나타낸다.



[그림 5] 패킷 손실률

버스트의 크기에 상관없이 AH-LMS 적용시 패킷 손실률이 감소하였다. 그러나, 버스트의 크기가 작은 경우는 적용시와 비적용시에 차이가 적었다. 반면, 버스트의 크기가 큰 경우에는 적용과 비적용시의 차이가 컸으며, 적용시 기본계층의 패킷 손실률이 10% 이상 감소하였다. AH-LMS의 적용 효과는 버스트의 크기가 크고 혼잡이 발생하기 쉬운 경우에 더욱 분명하게 나타나고 있다. 그러나, 이와 같은 경향은 기본계층 뿐만 아니라 1차 보충계층의 패킷에도 유사하게 나타났다. 이러한 실험결과로부터 AH-LMS가 서비스 품질에 크게 영향을 미치는 기본계층, 1차 보충계층의 패킷 손실을 감소시킴으로써 비디오 서비스에 대한 QoS를 보장해주고 있음을 알 수 있다. 반면, 2차 보충계층의 패킷 손실률은 AH-LMS 적용시에 증가추세

를 보인다. 그 이유는 2차 보충계층의 패킷 손실이 QoS에 가장 적은 영향을 미치고 있음을 감안하여 AH-LMS의 적응 알고리즘이 2차 보충계층의 패킷에 대해 상대적으로 높은 드롭률을 적용하였기 때문이다.

4. 결론

본 논문에서는 계층적 인코딩에 의한 스트림을 가지고 이질적인 QoS의 적응 기법인 AH-LMS를 제안하였고, NS를 이용하여 AH-LMS의 성능을 분석하였다. 분석 결과, AH-LMS가 라우터에서의 큐 관리 메커니즘을 통해 이질적 QoS를 보장함을 알 수 있었다. 그러나, 큐 길이의 최적치나 멀티캐스트 그룹의 수와 규모는 분석에서 고려되지 않았다. 따라서, 이와 같은 파라미터를 고려한 이질적 QoS적용 방안이 차후에 연구될 것이다.

참고문헌

- [1] D. Clark et al., "Explicit Allocation of Best Effort Packet Delivery Service," IEEE/ACM Trans. Networking, August 1998, pp. 262-273.
- [2] D. Kosiur, "IP Multicasting: The Complete Guide To Interactive Corporate Networks," Wiley Computer Publishing, 1998.
- [3] J. Gecsei, "Adaptation in Distributed Multimedia Systems, IEEE Multimedia, 1997, pp.58-66.
- [4] R. Wittmann et al., "Towards support for heterogeneous Multimedia Communications," Fifth IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems (FTDCS'97), October 1997, pp. 29-31.
- [5] S. McCanne et al., "Scalable compression and transmission of Internet multicast video," Ph.D dissertation, university of California, Berkeley, CA, December 1996.
- [6] S. Floyd et al., "Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance," IEEE/ACM Transaction on Networking, August 1993, pp. 397-413.
- [7] S. Shenker, et al., "Specification of Guaranteed Quality of Service," RFC 2212, September 1997.
- [8] V. Bharghvan et al., "The Timely Adaptive Resources Management Architecture," IEEE Personal Communication, August 1998, pp29-31.