

論文99-36S-1-2

# 종합 서비스 패킷망에서의 멀티캐스트의 성능 평가

## (Performance evaluation of Multicast in an Integrated Services Packet Network)

李 王 鋒 \* , 金 永 翰 \*\*

(Wangbong Lee and Younghan Kim)

## 요 약

인터넷은 화상회의, 원격진료, 원격 세미나 등과 같은 실시간용 어플리케이션의 증가와 접속 호스트의 증가로 인해 확장이 요구된다. 현재의 인터넷은 실시간 트래픽 처리에 대해서 여러 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 종합 서비스 모델을 정의하고 이를 수용하는 종합 서비스 패킷망을 정의한 새로운 인터넷 아키텍처가 등장하였다. 현재의 인터넷 환경에서의 멀티캐스트에 관한 연구에서는 QoS구간과 best-effort구간을 독립된 네트워크 환경으로 분리하여 고려하였으나 종합 서비스 패킷망은 이러한 환경이 복합된 망이므로 QoS구간과 best-effort구간을 함께 고려해야한다. 본 논문에서는 복합된 환경을 고려한 종합 서비스 패킷망에서의 멀티캐스트 프로토콜을 제시하였으며 혼합형 멀티캐스트를 모의 실험하여 성능을 분석하였다. 그 결과 멀티캐스트 구간의 대역폭이 충분할 경우에는 혼합 멀티캐스트와 best-effort 멀티캐스트와 성능의 차이가 없었지만 멀티캐스트 구간에 여러 트래픽이 동시에 존재할 경우에는 혼합 멀티캐스트 통신의 패킷 손실이 best-effort 멀티캐스트 통신을 하는 경우보다 적음을 확인할 수 있었다.

## Abstract

An increase of the number of the real time applications and the Internet hosts make the Internet architecture changed. Current Internet architecture has some problems to process the real time traffics. To solve these problems, a new Internet architecture is proposed as the Integrated Service model. In the current Internet, as multicast protocols, the QoS multicast and the best-effort multicast have been studied in their separate network environments. But, the Integrated Service Packet Network is a heterogeneous network composed of the QoS delivery domain and the best-effort delivery domain. Thus, those separated multicast protocols have limitations in an ISPN. In this paper, we propose a multicast protocol for the ISPN with the QoS and the best-effort multicasting, and analyze the performance of this protocol. As a result, we find that the packet losses are same for hybrid multicast and best-effort multicast when the bandwidth is sufficient. But, if there exist some background traffics, the hybrid multicast has less packet loss than that of the best-effort multicast.

\* 正會員, 現代情報技術(株)

(Hyundai Information Technology CO., LTD.)

\*\* 正會員, 崇實大學校 情報通信電子工學部

(Dept of School of Electronic Engineering  
Soongsil University)※ 본 논문은 97년도 승실대 교내 연구비 지원에 의  
해 이루어졌음.

接受日字: 1998年5月22日, 수정완료일: 1998年11月23日

## I. 서 론

인터넷은 사용자의 증가와 함께 단순 데이터 정보뿐만 아니라 음성과 영상이 복합된 멀티미디어 정보에 대한 서비스도 더욱 요구되고 있다. 이에 대해 인터넷에서는 멀티미디어 트래픽을 수용하도록 새로운 종합 서비스 패킷망(Integrated Service Packet Net-

work) 구조를 정의하였다<sup>[11][2]</sup>. 종합 서비스 패킷망에서는 QoS(quality of service)를 요구하는 트래픽 처리를 위해서 자원예약 프로토콜과 해당 패킷을 처리하기 위한 새로운 구성요소가 요구된다<sup>[11]</sup>.

본 논문에서는 멀티미디어 서비스에 중요한 통신방법인 멀티캐스트 프로토콜을 종합 서비스 패킷망 환경을 고려하여 제시하였다. 현재의 인터넷 환경을 고려한 멀티캐스트로서 송신단 적응기법을 이용하는 IVS(Inria videoconferencing system)<sup>[3]</sup>, SLM(sender-driven layered multicast)<sup>[4]</sup> 그리고 수신단 적응기법을 이용하는 RLM(receiver driven layered multicast)<sup>[5]</sup>은 best-effort 멀티캐스트로서 QoS배달이 가능한 종합 서비스 패킷망 환경에서는 적합하지 못하며 Hoffman 이 제안한 QoS 멀티캐스트<sup>[4]</sup>는 다양한 네트워크 환경이 존재하는 종합 서비스 패킷망의 best-effort 구간에 적용하지 못하는 제약점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이를 보완하여 다양한 네트워크 환경이 존재하는 종합 서비스 패킷망에 적합한 멀티캐스트 프로토콜을 제시하였고 컴퓨터 모의 실험을 통해 QoS 멀티캐스트와 best-effort 멀티캐스트 및 혼합환경에서의 멀티캐스트를 분석하였다.

본 장에 이어 II절에서는 종합 서비스 인터넷 구조와 종합 서비스 패킷망에서의 멀티캐스트 통신에 대해 설명한다. III절에서는 모의실험을 통해 멀티캐스트 프로토콜을 분석하고 이어 IV절에서 결론을 맺는다.

## II. 종합 서비스 패킷망에서의 멀티캐스트 통신

### 1. 종합 서비스 인터넷 구조

영상 데이터 서비스 음성 데이터 서비스 그리고 단순 데이터 서비스 등 다양한 서비스를 사용자가 요구한 대로 제공해 주기 위해서는 먼저 서비스에 대한 분류가 필요하다. 이에 대해 인터넷은 여러 다양한 서비스 종류들을 지연 경계치(delay bound) 보장 여부에 따라 실시간 서비스와 비실시간 서비스로 분류하였다<sup>[1]</sup>.

실시간 서비스는 지연 경계치가 매우 엄격하게 제한되는 guaranteed 서비스와 지연 경계치가 망의 환경에 따라 지연 경계치를 조절할 수 있는 controlled load 서비스로 분류된다. 그림 1은 종합 서비스 패킷망에서 수용하는 서비스를 나타낸다.

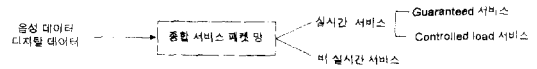


그림 1. 종합 서비스 패킷망  
Fig. 1. Integrated Service Packet Network(ISPN).

종합 서비스 패킷망은 이러한 종합 서비스 모델을 지원하는 망으로 실시간용 데이터와 함께 비실시간용 데이터를 통합하여 서비스한다<sup>[2]</sup>. 또한 종합 서비스 모델을 제공하기 위해서는 자원을 예약하는데 사용하는 자원 예약 프로토콜과 요청한 QoS를 처리할 수 있는지 판단하는 패킷 제어기 그리고 서비스 클래스와 해당 패킷을 맵핑해주는 패킷 분류기, 해당 서비스 클래스에 따라 패킷을 처리하는 패킷 스케줄러가 필요하다. 패킷 스케줄링에는 토큰 버킷에 사용되는 토큰 발생률,  $r$  [bytes/s] 과 패킷을 저장할 수 있는 버퍼의 크기,  $b$  [bytes] 그리고 요청한 트래픽의 대역폭과 특성을 파라미터로 이용한다<sup>[1][7][14]</sup>. 그림 2는 종합 서비스 모델을 제공하기 위해 필요한 구성요소를 나타낸다.

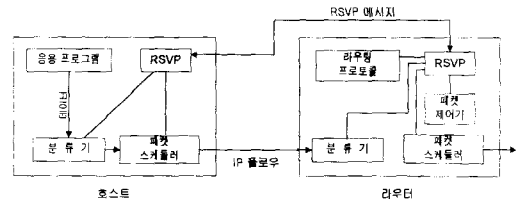


그림 2. 종합 서비스 모델을 위한 구성요소  
Fig. 2. Components for Integrated Service Model(IS Model).

### 2. 기존 멀티캐스트 프로토콜

멀티미디어 서비스의 영상데이터는 일반적인 데이터에 비해 매우 큰 대역폭을 요구한다. 그러나 실제 망의 대역폭은 제한적이기 때문에 모든 링크가 요구하는 대역폭을 수용하기가 어려우며 특히 이러한 데이터를 멀티캐스트를 할 경우에는 제한이 따른다<sup>[8]</sup>. 이러한 제한점을 극복하여 멀티미디어 데이터를 멀티캐스트하려는 연구가 진행되고 있으며 그러한 연구중의 하나로 네트워크의 정체 지 수신단, 송신단 또는 네트워크 내에서 멀티미디어 데이터(영상/음성)의 데이터율을 효과적으로 조절하는 적응(adaptation)기법이 제안되었다. 적응기법은 적응(adaptation)이 발생하는 곳에 따라 송신단 적응(sender-initiated adaptation), 수신단 적응(receiver-initiated adaptation) 그리고 네트

워크 적응(network-initiated adaptation)으로 나눌 수 있다.

송신단 적응 기법은 네트워크의 상태에 따라 송신측에서 데이터율을 조절하게 된다. 네트워크의 상태는 네트워크나 수신측에서의 메시지를 이용하여 알 수 있으며 인터넷과 같은 망에서는 패킷손실이나 왕복지연 시간을 이용할 수 있다. 송신단 적응 기법을 사용한 비디오 회의용 어플리케이션으로 INRIA에서 개발한 IVS(INRIA Videoconferencing System)가 있다<sup>[3]</sup>. IVS는 수신측에서 RTP 일련번호를 이용하여 패킷 손실을 감지하고 NACK 메시지를 이용하여 패킷 손실을 송신측에 알린다. 수신측의 패킷 손실을 보고 받은 송신측은 패킷 손실의 정도에 따라 데이터의 송신율을 조절하게 된다. 송신단 적응 기법을 이용한 IVS은 수신단의 수가 많은 경우 네트워크의 정체를 더욱 악화시킬 수 있으며 수신단의 특성이 무시될 수 있으므로 이종 멀티캐스트환경에는 적합하지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 계층구조의 데이터 코딩을 이용한 송신단 적응 기법으로 SLM(sender-driven layered multicast)이 있다<sup>[4]</sup>. SLM은 수신단으로부터의 제어메시지를 수신 받아 각 계층데이터의 TTL 범위를 제어하는 방법을 이용한다.

네트워크 적응 기법은 필터링(filtering)이라고도 하며 적응(adaptation)의 결정과 실행이 네트워크 내에서 이루어진다. 필터의 종류로는 선택 필터(selective filter), 변환 필터(transforming filter) 그리고 혼합 필터(mixing filter)가 있다<sup>[9]</sup>. 선택 필터(selective filter)는 계층의 일부분을 선택적으로 전송하는 방법으로 네트워크 상황에 맞추어 중요한 계층을 우선적으로 전송한다. 변환 필터(transforming filter)는 코딩 기법 등의 변환으로 전송률을 조절하는 방법으로 PCM 코딩된 스트림을 ADPCM 스트림으로 변환하거나 MPEG 스트림을 H.261 스트림으로 변환할 수 있다. 혼합 필터(mixing filter)는 여러 개의 입력 스트림을 처리하여 하나의 새로운 스트림을 생성하는 방법이며 한 예로써 두 개의 스테레오 오디오 스트림을 하나의 모노 오디오 스트림으로 변경하는 것이 있다. 필터링은 여러 유형의 스트림을 모두 처리하는 것이 어려운 점과 필터구현의 복잡함으로 널리 사용하기 어려운 문제점을 가지고 있다.

RLM(receiver-driven layered multicast)은 수신단 적응 방법을 이용하여 멀티미디어 데이터를 이종의

네트워크에 멀티캐스트한다<sup>[5]</sup>. RLM의 송신단은 데이터를 계층구조로 나누어 전송하며 수신단은 계층별 멀티캐스트 그룹에 가입/탈퇴함으로써 적응(adaptation)을 수행한다. 수신단이 멀티캐스트 그룹에 가입 또는 탈퇴의 결정은 네트워크의 혼잡 발생 여부에 따른다. 혼잡 발생 시는 최상위 계층 그룹에서 탈퇴하며 일정 시간이 지나도 혼잡이 발생하지 않은 경우는 새로운 계층 그룹에 가입할 수 있게 된다<sup>[5]</sup>. Hoffman은 자원예약 프로토콜인 RSVP(Resource reservation Protocol)을 이용한 수신단 적응기법을 제안하였다<sup>[6]</sup>. 이 방법은 먼저 수신단에서 RSVP를 이용하여 해당 대역폭을 예약하여 자신이 수신할 수 있는 계층을 결정하고 난 후 계층화된 데이터를 수신 받게 된다.

RLM 그리고 Hoffman이 제안한 멀티캐스트는 이종 네트워크환경을 수용하기 위해 여러 논문에서 제시한 바 있는 계층구조로 코딩된 데이터를 이용하는 멀티캐스트 방법을 고려하였다<sup>[5] [6] [10] [11]</sup>. 이들 프로토콜 중 RLM은 현재 인터넷망과 같은 best-effort 서비스만을 고려하여 종합 서비스 패킷망에서 제공하는 QoS 서비스를 수용할 수 없는 문제점을 가지고 있으며 Hoffman의 멀티캐스트는 QoS 서비스만을 고려하여 best-effort 서비스만 가능한 네트워크 환경에서는 사용이 불가능한 문제점을 지니고 있다. 따라서 이러한 멀티캐스트는 종합 서비스 패킷망과 같이 best-effort 서비스뿐 아니라 QoS 서비스도 가능한 네트워크 환경에 적용하기는 부적합하다. 이에 본 논문에서는 계층적 구조의 데이터를 이용하여 종합 서비스 패킷망과 같이 다양한 환경이 복합적으로 존재하는 네트워크환경에 적용할 수 있는 멀티캐스트 방법을 제안하였으며 QoS 멀티캐스트와 best-effort 멀티캐스트를 비교하는 모의시험과 QoS 멀티캐스트와 best-effort 멀티캐스트가 혼합된 환경에서의 멀티캐스트를 모의 실험하였다.

### 3. 혼합망에서의 멀티캐스트 프로토콜

종합 서비스 모델을 지원하는 종합 서비스 패킷망에서 데이터가 전달되는 구간으로 QoS 서비스가 가능한 구간과 함께 best-effort 서비스만을 지원하는 구간을 고려해야 한다. 따라서 본 논문에서는 종합 서비스 패킷망에서의 멀티캐스트 통신을 위해 네트워크 모델을 QoS가 제공 가능한 구간과 best-effort 서비스가 제

공되는 구간 그리고 이 두 서비스가 함께 존재하는 구간으로 나누어 고려하였다. QoS 배달이 가능한 구간에서는 자원예약 프로토콜을 이용한 QoS 멀티캐스트를 하며 best-effort 서비스만 가능한 구간에서는 RLM 프로토콜 방식의 best-effort 멀티캐스트를 하게 된다. 그리고 두 서비스 구간이 동시에 멀티캐스트 구간에 존재하는 경우는 본 논문에서 제안하는 QoS 멀티캐스트와 best-effort 멀티캐스트 혼합형 멀티캐스트 통신을 하게된다.

1) QoS 멀티캐스트

QoS 멀티캐스트는 RSVP와 같은 자원 예약 프로토콜을 이용하여 해당 자원을 예약한 후 데이터를 전송하는 방법으로서<sup>[6]</sup> 종합 서비스 패킷망에서는 송신노드와 수신노드 구간이 QoS 서비스 구간 (RSVP 구간)인 경우 또는 송신노드와 수신노드 구간 사이에 터널링 존재 (Non-RSVP 구간 존재)하는 경우 QoS 멀티캐스트를 하게된다. 그림 3은 QoS 멀티캐스트 예를 나타내었다. 여기서 S는 멀티캐스트 송신노드를 나타내며 r1, r2, r3는 수신노드를, R1, R2, R3, R4는 RSVP를 지원하는 라우터를 의미한다.

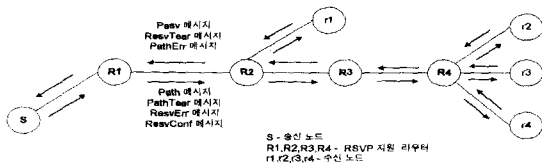


그림 3. QoS 멀티캐스트  
Fig. 3. QoS multicast.

QoS 멀티캐스트는 자원예약 프로토콜인 RSVP 메시지를 이용하여 대역폭을 예약한 후 해당 계층의 데이터를 전송한다. 먼저 수신노드는 IGMP 메시지를 이용하여 해당 계층 그룹에 참여한다. 그룹에 참여한 노드는 해당 계층에 대한 Path 메시지를 수신하게 되며 Resv 메시지를 라우터에 전송하여 해당 대역폭을 예약한다. 이 때, 예약하고자 하는 대역폭의 정도는 Path 메시지에 포함되어 있는 Tspec과 Rspec 파라미터에 나타낸다. Tspec은 송신노드가 전송하는 트래픽의 성질, Rspec은 예약하고자 하는 트래픽의 성질을 표현한다. 라우터는 자신의 내부 버퍼용량과 링크의 속도, 기존에 할당된 자원등을 종합하여 수락여부를 결정하게 된다<sup>[14]</sup>. 이때 수락된 속도를 WFQ에 따라 스케줄링 서비스를 하는 경우 해당 플로우의

weight변수를 설정하게 된다<sup>[12]</sup>. 예약에 성공하면 해당 계층의 데이터를 수신하게 되며 라우터에서 QoS 요구사항에 해당하는 대역폭을 할당할 수 없을 경우에는 ResvErr 메시지를 수신노드에 전달한다.

그림 4의 경우는 QoS 배달구간에 터널링 구간이 존재하는 경우로 터널의 종류로는 ATM과 같이 다른 신호 프로토콜이 사용되는 환경의 네트워크인 경우와 단순히 best-effort 링크인 경우가 있으며 터널링 구간에 QoS 서비스가 불가능할 경우는 혼합형의 멀티캐스트 방법을 이용하게 된다.

Best-effort 링크 구간을 망구성시 파악하여 라우터를 설정할 경우에는 터널링을 사용하게 되나 만일 사전에 터널 설정이 없을 때에는 RSVP의 Path 메시지가 그대로 best-effort 구간의 기존 라우터로 전달된다. 이때 라우터는 IP 또는 UDP 패킷안에 포함된 Path 메시지를 해석할 수 없고 IP 헤더내의 목적지 주소에 따라 이를 단순히 다음 라우터로 전달한다. 다음 라우터가 RSVP 라우터인 경우 RSVP 라우터는 Path 메시지내의 hop count(RSVP 라우터간의 hop count)와 IP 헤더내의 TTL(Time To Live)값의 차이로 이러한 사실을 알게 되며 이를 Path 메시지의 다음으로 전달시에 메시지내에 표시하게 된다<sup>[15]</sup>. 이때는 RSVP 라우터의 판단에 따라 이 구간에서의 QoS 또는 best-effort 전달이 이루어진다.

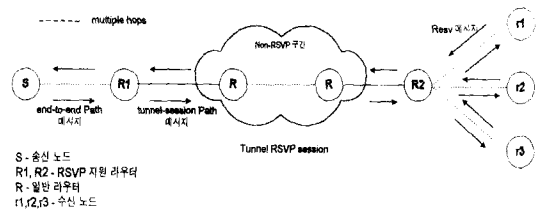


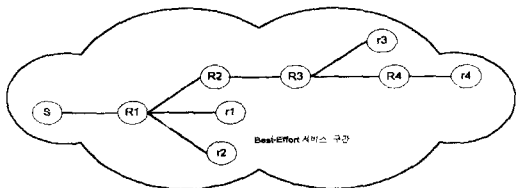
그림 4. 터널링 존재하는 QoS 멀티캐스트 (Non-RSVP 구간 존재)  
Fig. 4. QoS multicast with Tunneling (Non-RSVP path exists).

송신노드와 수신노드간에서는 종단간 RSVP 세션을 유지하며 터널구간에서는 터널 RSVP 세션을 유지하게 된다. 송신노드는 먼저 종단간 RSVP 세션을 위해 해당 Path 메시지를 R1에 전송한다. Path 메시지를 수신한 R1은 기존의 터널세션이 존재하는지를 확인하며 존재할 경우에는 기존의 터널 세션 Path 메시지를 캡슐화하여 이용하여 R2에 전송한다. 기존의 터널세션

이 존재하지 않을 경우에는 새로운 터널 세션을 구성하기 위해 터널 오버헤드를 포함시킨 Path 메시지를 생성하여 R2에 전송한다. 터널 세션 Path 메시지를 수신한 R2는 터널 세션과 종단간 세션을 상호 유지할 수 있도록 맵핑한 후 Path 메시지를 수신노드에 전송한다. Path 메시지를 수신한 노드는 해당하는 Resv 메시지를 R2에 전송하며 이를 수신한 R2는 터널 RSVP 세션이 사용 가능한지 검사한다. 이때 터널 구간이 best-effort 링크로서 터널 RSVP 세션이 불가능할 경우는 혼합형의 멀티캐스트 방법을 이용하게 된다. 터널 RSVP 세션이 사용 가능할 경우에는 Resv 메시지의 요구사항이 기존의 터널 세션으로 수용이 가능한지 검사를 하며 가능할 경우는 기존의 터널 세션 상태를 갱신하여 Resv 메시지를 전송하며 그렇지 않을 경우는 새로운 터널 세션을 위해 Resv 메시지를 생성하여 터널 세션을 예약한다. 터널 세션의 예약이 실패할 경우 R2는 ResvErr 메시지를 수신노드에 전송한다.

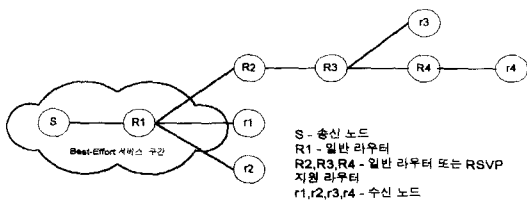
2) best-effort 멀티캐스트

best-effort 멀티캐스트는 송신노드와 수신노드 구간이 best-effort 서비스 구간인 경우와 송신노드가 best-effort 서비스 구간에 속한 경우에 사용되는 방법으로 best-effort 서비스를 이용한 RLM 방식의 멀티캐스트를 이용한다<sup>[5]</sup>. RLM 프로토콜은 best-effort IP-멀티캐스트 네트워크 환경에서 다양한 링크 대역폭을 가진 노드과의 멀티캐스트 통신을 위해 제안되었다.



S - 송신 노드  
R1, R2, R3, R4 - 일반 라우터  
r1, r2, r3, r4 - 수신 노드

(a) 멀티캐스트 구간이 best-effort 서비스 구간인 경우



S - 송신 노드  
R1 - 일반 라우터  
R2, R3, R4 - 일반 라우터 또는 RSVP 지원 라우터  
r1, r2, r3, r4 - 수신 노드

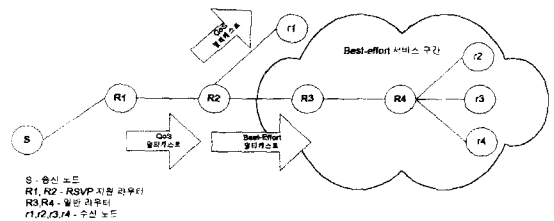
(b) 송신노드가 best-effort 서비스 구간에 속한 경우

그림 5. best-effort 멀티캐스트 환경  
Fig. 5. best-effort Multicast Configuration.

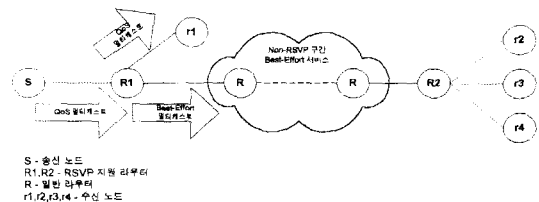
그림 5는 RLM 프로토콜을 이용하는 best-effort 멀티캐스트의 환경 예를 나타낸다. 그림(a)는 멀티캐스트 전 구간이 best-effort 서비스 구간인 경우이며 그림(b)는 송신노드가 best-effort 서비스 구간에 속해 멀티캐스트를 하는 경우이다.

3) 혼합형 멀티캐스트

종합 서비스 패킷망은 사용자가 요구하는 품질을 제공할 수 있도록 QoS를 보장하는 네트워크 환경과 best-effort 서비스 환경이 동시에 존재하는 복합된 망이다. 따라서 이러한 환경에서의 멀티캐스트 통신은 QoS와 best-effort를 동시에 수용할 수 있는 혼합형 멀티캐스트가 필요하다.



(a) 수신노드가 best-effort 서비스 구간에 속한 경우



(b) 터널링 구간이 best-effort 서비스 구간인 경우

그림 6. 혼합형 멀티캐스트 환경  
Fig. 6. Hybrid Multicast Configuration.

멀티캐스트 구간이 QoS 서비스 구간과 수신 노드가 best-effort 서비스 구간에 속한 경우와 멀티캐스트 구간이 best-effort 서비스 터널링 구간이 존재하는 경우에는 QoS와 best-effort 멀티캐스트가 혼합된 멀티캐스트를 이용한다. 그림 6은 혼합형 멀티캐스트의 환경 예를 나타낸다. (a)의 경우는 라우터 R2와 수신노드 r2, r3, r4 구간이 best-effort 서비스 구간으로 best-effort 멀티캐스트를 하게 된다. 라우터 R2는 best-effort 멀티캐스트를 위한 r2, r3, r4의 논리적인 송신노드가 된다. (b)의 경우는 멀티캐스트 구간이 best-effort 서비스 터널링 구간이 존재하는 경우이다. 라우터 R1과 수신노드 r2, r3, r4 구간은 best-effort 멀티캐스트를 이용하며 따라서 라우터 R1은 best-

effort 멀티캐스트를 위한 r2, r3, r4의 논리적인 송신 노드가 된다.

그림(a)의 수신노드 r1은 QoS 멀티캐스트의 과정을 통해 데이터를 수신 받게 된다. 먼저 해당하는 계층 그룹의 대역폭 예약 메시지를 R2에 전송하여 대역폭을 예약하고 S1 으로부터 해당 계층 데이터를 수신한다. r2는 해당 계층 그룹에 가입하기 위해 가입 메시지를 전송하게 된다. R4, R3을 통해 r2의 가입 메시지를 수신한 R2는 해당 멀티캐스트 그룹에 가입시키고 해당 대역폭을 예약하는 과정을 수행한다. 이 때 기존의 가입노드를 통해 대역폭이 할당되어 있는 경우는 기존의 할당된 대역폭을 이용하여 멀티캐스트한다. 따라서 S와 R2구간은 QoS 멀티캐스트를 이용하고 R2와 r2구간은 best-effort 멀티캐스트를 이용하게 된다.

그림(b)는 R1과 R2 사이에 best-effort 서비스 터널링 구간이 존재하여 R1과 r2구간이 best-effort 멀티캐스트를 이용하는 경우로 그림(a)의 R2의 기능을 R1이 수행하게 된다. 이상의 멀티캐스트 프로토콜을 여러 네트워크 환경을 기반으로 모의실험을 수행하여 성능을 분석하였다.

### III. 모의 실험

#### 1. 터널링 구간에서의 멀티캐스트

터널링 구간에 백그라운드 트래픽이 존재하는 환경에서의 QoS 멀티캐스트와 best-effort 멀티캐스트를 비교하기 위해 각각의 멀티캐스트에 대해 패킷 지연 시간과 품질의 변화를 측정하였다. 모의실험을 위해 Tcl을 통해 제어되는 이벤트 구동 방식의 시뮬레이터인 ns (network simulator)을 사용하였다<sup>[13]</sup>. 터널링 구간이 존재하는 네트워크 환경에서 멀티캐스트를 시뮬레이션하기 위해 구성한 네트워크 모델을 그림 7에 나타내었다

터널링 구간의 대역폭은 2.2MB이며 1msec의 링크 지연시간을 가진다. 백그라운드 트래픽은 CBR (constant bit rate) 트래픽을 이용하였으며 on-off 기간을 설정하여 버스트 성질을 추가하였다. 모의 실험에 사용한 각 계층 트래픽은 CBR 성질을 가졌으며 QoS 멀티캐스트를 위해 라우터에서의 스케줄링 알고리즘으로 SCFQ(Self-Clocked Fair Queueing)<sup>[12]</sup>를 사용하였다.

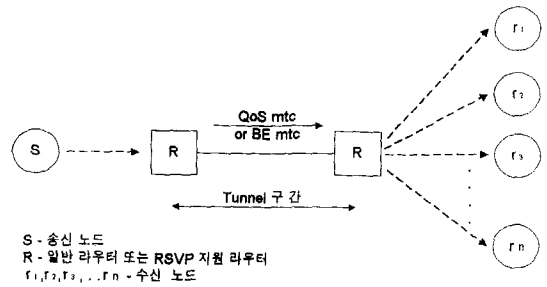


그림 7. 시뮬레이션 네트워크 구성  
Fig. 7. Simulation Network Model.

표 1. 각 계층 트래픽이 다른 전송속도를 가질 경우의 패킷 지연 시간 [단위:초]

Table 1. Packet Delay time with the each layer traffic rate [sec]

종류	BG 소스	1 layer	2 layer	3 layer	4 layer	5 layer	6 layer
BE mtc	0.04562	0.021775	0.023472	0.024653	0.025636	0.026984	0.028208
QoS mtc	1.001839	0.069721	0.036334	0.021932	0.011618	0.005352	0.001774

표 1은 계층 트래픽이 다른 전송속도를 가질 경우의 패킷 지연 시간을 나타낸다. n 번째계층 트래픽 소스의 전송속도는  $32 \times 2^n$  Kbps(n=0,1,...,5)이며 QoS 멀티캐스트는 각 계층의 전송속도에 따라 대역폭을 예약한다. best-effort 멀티캐스트는 모든 트래픽이 동일한 서비스를 제공받기 때문에 패킷 지연 시간이 0.045 ~ 0.021 초 정도로 백그라운드 트래픽과 모든 계층에 대해 거의 비슷하게 나타난다. 반면에 QoS 멀티캐스트는 트래픽이 우선순위에 따라 서비스를 하기 때문에 각 트래픽의 패킷 지연속도가 다양하게 나타난다. QoS 멀티캐스트의 백그라운드 트래픽은 가장 낮은 우선순위를 갖게 되기 때문에 계층 트래픽이 백그라운드 트래픽의 영향을 적게 받게됨을 알 수 있다. 그리고 백그라운드 트래픽의 지연 시간이 길게 유지되므로써 다른 계층 트래픽의 지연 시간이 감소되는 것을 알 수 있다. 이때 각 계층 트래픽의 전송속도가 다르기 때문에 QoS 멀티캐스트시 다른 우선순위를 갖게 되어 각 계층 트래픽의 지연 시간이 다양하게 나타남을 알 수 있다.

표 2는 계층 트래픽이 33.6Kbps로 동일한 전송속도를 가질 경우의 패킷 지연 시간을 나타낸다. 표 1의 QoS 멀티캐스트 경우는 각 계층의 속도에 따라 우선순위가 정해지므로 각 계층의 패킷 지연속도가 다르게 나타났지만 동일한 전송속도를 가질 경우는 표 2와 같이 각 계층의 패킷 지연속도가 거의 동일하게 나타남

을 알 수 있다.

표 2. 각 계층 트래픽이 동일한 전송속도를 가질 경우의 패킷 지연 시간 [단위 : 초]

Table 2. Packet Delay time with the same layer traffic rate.

종류	BG 소스	1 layer	2 layer	3 layer	4 layer	5 layer	6 layer
BE mtc	0.044526	0.020930	0.021646	0.025362	0.029099	0.032008	0.032944
QoS mtc	1.001839	0.014180	0.016470	0.017150	0.014477	0.01463	0.016024

백그라운드 트래픽에 의한 멀티캐스트의 영향을 살펴보기 위해 멀티캐스트 수신노드에 제공받는 데이터의 품질의 변화를 분석하였다. 그림 8은 best-effort 멀티캐스트시의 수신 계층 변화를 나타내었다. best-effort 멀티캐스트는 네트워크의 혼잡에 따라 계층 트래픽의 수신 여부를 결정하므로 백그라운드 트래픽의 영향을 받아 데이터의 품질이 수시로 변화함을 알 수 있다.

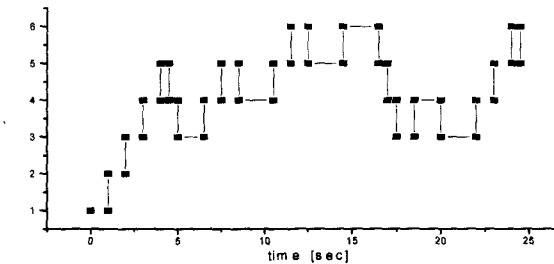


그림 8. best-effort 멀티캐스트시의 수신 계층 변화  
Fig. 8. Varying receive layer in best-effort Multicast.

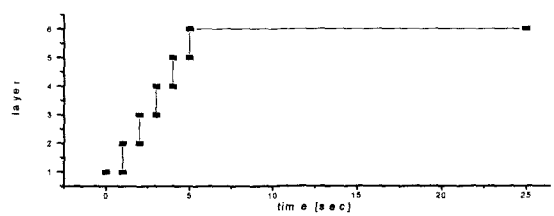


그림 9. QoS 멀티캐스트시의 수신 계층 변화  
Fig. 9. Varying receive layer in QoS Multicast.

그림 9는 QoS 멀티캐스트시의 수신 계층 변화를 나타낸다. QoS 멀티캐스트는 백그라운드 트래픽을 가장 낮은 우선순위로 서비스하기 때문에 백그라운드

트래픽의 영향을 받지 않게 되며 따라서 수신노드에서 제공 받는 데이터 품질이 일정하게 변화하여 유지된다.

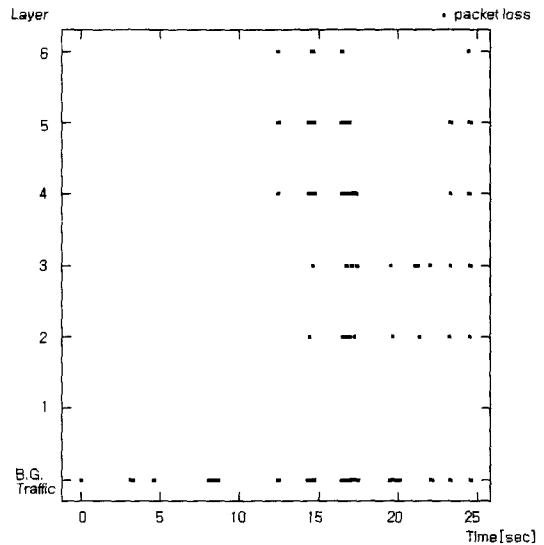


그림 10. best-effort 멀티캐스트 경우의 패킷 손실  
Fig. 10. Packet Loss for best-effort multicast.

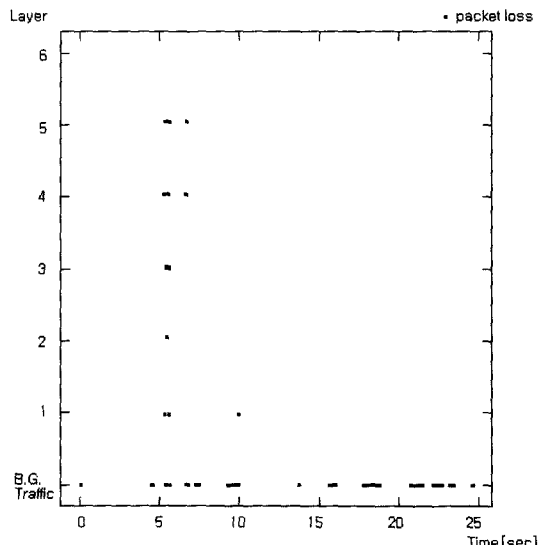


그림 11. QoS 멀티캐스트 경우의 패킷 손실  
Fig. 11. Packet Loss for QoS multicast.

다음은 패킷의 손실을 측정하여 QoS 멀티캐스트와 best-effort 멀티캐스트를 비교하였다. 그림 10은 10242Kbps의 백그라운드 트래픽이 있을 때, best-effort 멀티캐스트의 패킷 손실을 나타낸 것이며 그림 11는 동일한 백그라운드 트래픽을 설정하여 QoS 멀티캐스트의 패킷의 손실을 측정한 그림이다. 그림을 비교해 보면 best-effort 멀티캐스팅의 경우 계층 데

이더가 백그라운드 트래픽의 영향을 받아 패킷 손실이 발생하게 됨을 알 수 있으며 QoS 멀티캐스트는 계층 데이터가 백그라운드 트래픽에 비해 높은 우선순위를 가지고 전송되므로 대부분의 손실이 백그라운드 트래픽에서 발생하고 계층데이터의 패킷 손실은 적음을 알 수 있다. 이는 앞서의 패킷 지연 결과에서와 같이 QoS 멀티캐스트가 백그라운드 트래픽의 영향을 적게 받음을 보여준다.

2. 혼합형 멀티캐스트

멀티캐스트 수신노드가 best-effort 구간에 속한 경우와 터널링 구간이 best-effort 환경인 경우에는 QoS 멀티캐스트와 best-effort 멀티캐스트가 혼합된 멀티캐스트를 사용해야 한다. 이러한 혼합 환경에서의 혼합 멀티캐스트와 기존에 best-effort 멀티캐스트만을 이용한 방법과의 성능분석을 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 12은 혼합 멀티캐스트 환경의 시뮬레이션 모델이다.

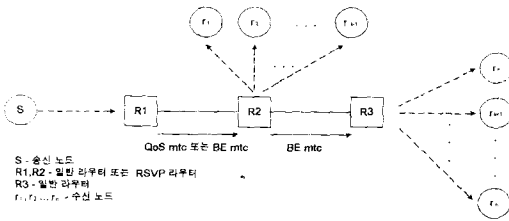


그림 12. 혼합 환경의 간단한 모델  
Fig. 12. Simple Model for Hybrid Network.

시뮬레이션에 이용한 계층 구조 데이터는 앞선 실험과 동일한 성질의 6 계층 데이터 트래픽을 이용하였다. 각 계층이 다른 속도를 갖는 경우는  $32\text{Kbps} \times 2^n$  ( $n = 0, 1, 2, \dots, 5$ )이며 동일한 속도를 갖는 경우는  $33.6\text{Kbps}$ 로 데이터율을 설정하였다. R1-R2, R2-R3 구간의 대역폭은  $2.4\text{Mbps}$ , 링크 지연시간은  $1\text{ms}$ 로 설정하였으며 혼합 멀티캐스트를 시뮬레이션하기 위해 R1-R2 구간은 QoS 멀티캐스트를 적용하고 R2-R3는 Best-Effort 멀티캐스트를 적용하였다. 그리고 best-effort 멀티캐스트의 경우는 R1-R2-R3 구간에 best-effort를 적용하였다. 또한 멀티캐스트시 패킷의 손실을 관찰하기 위해 해당 구간에 백그라운드 트래픽을 발생시켰다. 6개의 계층 구조 트래픽의 총 데이터율은  $2016\text{Kbps}$ 로 해당 구간에 백그라운드 트래픽이 없을 경우에는 패킷의 손실이 없이 모든 패킷

이 전송되므로 멀티캐스트의 성능을 비교할 수가 없다. 따라서 해당 구간에  $512\text{Kbps}$  또는  $1024\text{Kbps}$ 의 백그라운드 트래픽을 발생시킴으로써 패킷의 손실을 측정하여 멀티캐스트의 성능을 측정할 수 있었다.

첫 번째 실험에서는 R1-R3 구간과 R2-R3 구간에 백그라운드 트래픽을 발생시켜 멀티캐스트 종단간의 패킷 손실을 측정하였다. 표 3은 혼합 멀티캐스트와 best-effort 멀티캐스트 경우 각 계층 데이터의 패킷 손실을 측정된 결과를 나타낸다. 결과를 살펴보면 혼합 멀티캐스트의 경우가 best-effort 멀티캐스트보다 패킷 손실이 적음을 알 수 있다. 이것은 혼합 멀티캐스트의 경우 R1-R2 구간에서는 QoS 멀티캐스트로 인해 패킷 손실이 거의 발생하지 않고 대부분의 패킷 손실은 R2-R3 구간에서 발생하며 그 패킷 손실이 best-effort 멀티캐스트의 전 구간에서 발생하는 패킷 손실보다 적기 때문이다. R2-R3 구간에 발생하는 패킷 손실은 혼합 멀티캐스트의 경우가 전 구간을 best-effort 멀티캐스트로 하는 경우보다 더 많게 되며 그 이유는 혼합 멀티캐스트의 경우 패킷 손실이 없이 계층 데이터가 R2-R3 구간으로 전송되기 때문이다.

표 3. 멀티캐스트 종단 간의 각 계층 데이터의 패킷 손실 1

Table 3. Each layer Packet loss between end to end multicast 1.(각 계층 트래픽이 다른 전송속도를 가질 경우)

종류	1계층	2계층	3계층	4계층	5계층	6계층
혼합mtc	3	4	8	21	33	85
BE mtc	1	6	17	33	62	157

표 4. 멀티캐스트 종단 간의 각 계층 데이터의 패킷 손실 2

Table 4. Each layer Packet loss between end to end multicast 2.(각 계층 트래픽이 동일한 전송속도를 가질 경우)

종류	1계층	2계층	3계층	4계층	5계층	6계층
혼합mtc	28	22	28	24	28	27
BE mtc	42	40	57	58	51	45

표 4는 각 계층 트래픽이 동일한 전송속도를 가질 경우이며 표 3과 유사한 결과를 보이며 다른 점은 각 계층 데이터가 동일한 전송속도를 갖기 때문에 패킷의 손실이 모든 계층에서 균등하게 나타남을 알 수 있다.



그림 13은 best-effort 멀티캐스트시 패킷 손실을 나타낸 그림이다. 그림에서 볼 수 있듯이 계층 데이터의 패킷 손실이 전 구간에서 나타난다. 그림 14는 혼합 멀티캐스트시 패킷 손실을 나타내며 계층 데이터의 패킷 손실이 R2-R3 구간에서만 나타나고 있음을 알 수 있다. 그림 15과 그림 16은 각 계층 데이터가 동일한 속도를 가진 경우의 best-effort 멀티캐스트시 패킷 손실과 혼합 멀티캐스트시 패킷 손실을 나타낸다.

표 6. 멀티캐스트 중단 간의 각 계층 데이터의 패킷 손실 4

Table 6. Each layer Packet loss between end to end multicast 4.(각 계층 트래픽이 동일한 전송속도를 가질 경우)

종류	1계층	2계층	3계층	4계층	5계층	6계층
혼합mtc	0	0	0	0	0	0
BE mtc	22	13	34	35	24	16

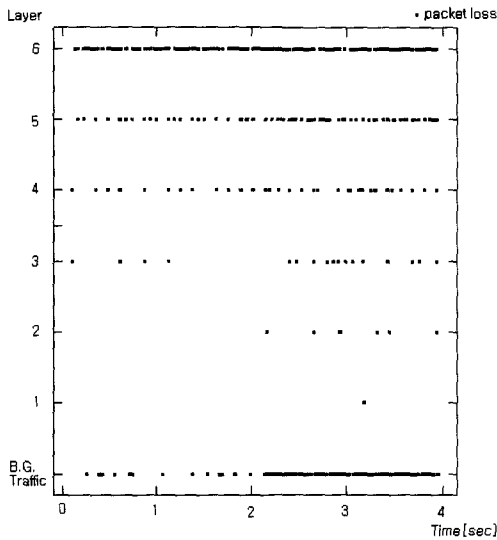


그림 13. best-effort 멀티캐스팅 경우 전체 패킷 손실 1

Fig. 13. Total Packet Loss for bet-effort multicast 1.

표 5. 멀티캐스트 중단 간의 각 계층 데이터의 패킷 손실 3

Table 5. Each layer Packet loss between end to end multicast 3.(각 계층 트래픽이 다른 전송속도를 가질 경우)

종류	1계층	2계층	3계층	4계층	5계층	6계층
혼합mtc	0	0	0	0	0	0
BE mtc	0	3	11	23	46	107

두 번째 실험에서는 R1-R3 구간에만 백그라운드 트래픽을 발생시키고 R2-R3 구간의 백그라운드 트래픽은 발생시키지 않음으로써 계층 데이터가 R2-R3 구간의 대역폭을 충분히 사용하여 멀티캐스트하도록 하였다. R2-R3 구간의 대역폭이 충분하여 멀티캐스트시 패킷 손실이 발생하지 않음을 표 5를 통해 알 수 있다. 그러나 best-effort 멀티캐스트의 경우 R1-R2 구간에서 패킷 손실이 발생하게 된다.

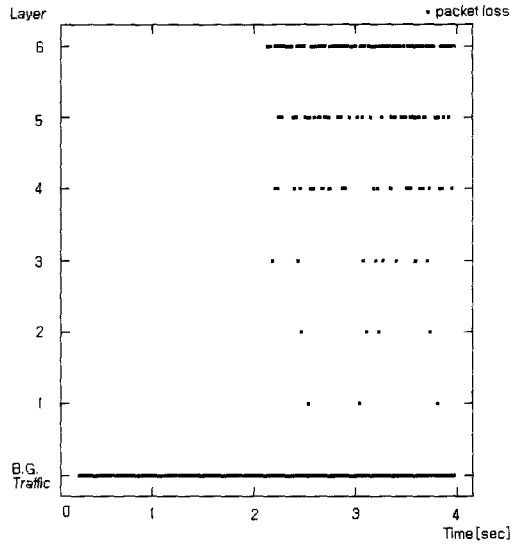


그림 14. 혼합 멀티캐스팅 경우 전체 패킷 손실 1

Fig. 14. Total Packet Loss for Hybrid multicast 1.

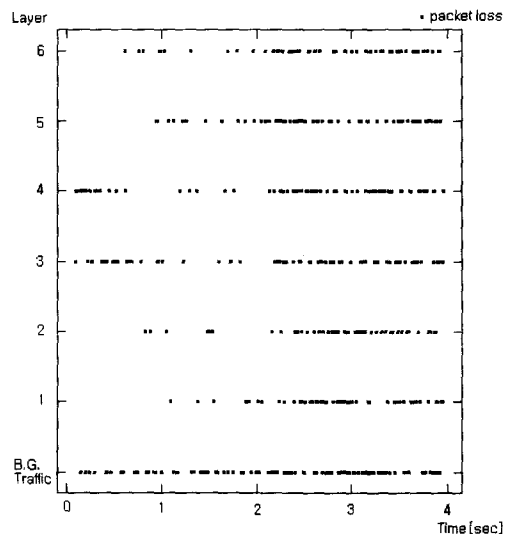


그림 15. best-effort 멀티캐스팅 경우 전체 패킷 손실 2

Fig. 15. Total Packet Loss for bet-effort multicast 2.

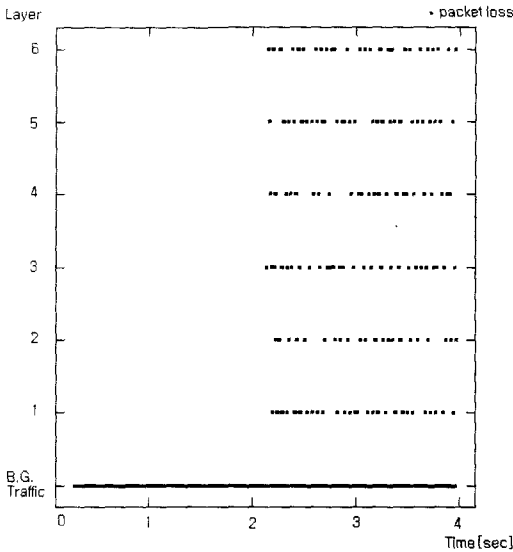


그림 16. 혼합 멀티캐스팅 경우 전체 패킷 손실 2  
Fig. 16. Total Packet Loss for Hybrid multicast 2.

표 6의 실험에서는 모든 구간에서 백그라운드 트래픽을 발생시키지 않고 멀티캐스트를 실험하였으며 그 결과 혼합 멀티캐스트와 best-effort 멀티캐스트 경우 패킷 손실은 발생하지 않았다. 따라서 멀티캐스트 구간의 대역폭이 충분한 경우는 혼합 멀티캐스트를 사용하는 통신과 전 구간을 best-effort 멀티캐스트로 통신하는 것과 차이가 없음을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 멀티미디어 서비스에 중요한 통신방법인 멀티캐스트 프로토콜을 종합 서비스 패킷망 환경을 고려하여 best-effort 멀티캐스트와 QoS 멀티캐스트가 혼합된 멀티캐스트 프로토콜을 제시하였으며 컴퓨터 모의 실험을 통해 성능을 비교 분석하였다. 실험 결과 터널링 구간에서 QoS 멀티캐스트가 best-effort 멀티캐스트에 비해 백그라운드 트래픽에 의한 영향이 적음을 확인하였으며 QoS 멀티캐스트의 경우에는 계층구조 데이터의 전송속도가 서비스의 우선순위를 설정하는데 중요한 파라미터로 사용되기 때문에 각 계층구조 데이터의 지연시간에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이와 함께 혼합 환경에서의 멀티캐스트를 모의 실험하여 제안한 혼합 멀티캐스트와 기존의 방법인 best-effort 멀티캐스트를 비교 분석하였다. 그 결과

멀티캐스트 구간의 대역폭이 충분할 경우에는 혼합 멀티캐스트와 best-effort 멀티캐스트와 성능의 차이가 없었지만 멀티캐스트 구간에 여러 트래픽이 동시에 존재할 경우에는 혼합 멀티캐스트 통신의 패킷 손실이 best-effort 멀티캐스트 통신을 하는 경우보다 적음을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 고려한 best-effort 및 RSVP 방식이외에 인터넷 QoS를 위해 새로이 differentiated service가 논의되고 있다<sup>[16]</sup>. 차세대 인터넷망에서의 멀티캐스트의 완성을 위해서는 이를 함께 고려한 환경에서의 멀티캐스트에 대한 연구가 계속되어야한다.

#### 참 고 문 헌

- [1] R. Braden, D. Clark, S. Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture," RFC 1633, July 1992.
- [2] David D. Clark, Scott Shenker, Lixia Zhang, "Supporting Real-Time Applications in an Integrated Services Packet Network: Architecture and Mechanism," Proc. SIGCOMM 92, Baltimore, MD, August, 1992.
- [3] <http://www.inria.fr/rodeo/ivs.html>.
- [4] Bae, Kwangyeon, "Sender-driven Layered Multicast," MS Thesis, KAIST, 1997.
- [5] S. McCanne, V. Jacobson, M. Vetterli, "Receiver-driven Layered Multicast," ACM SIGCOMM 1996.
- [6] D. Hoffman, M. Speer, "Hierarchical video distribution over Internet-style networks," In Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, Lausanne, Switzerland, September 1996.
- [7] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource reSerVation Protocol(RSVP) -- version1 functional specification," RFC 2205, September 1997.
- [8] R. Braides, S. Zabele, "Requirements for Multicast Protocols," RFC-1458, May, 1993.
- [9] J. Pasquale, G. Polyzos, E. Anderson, and V. Kompella, "Filter propagation in

- dissemination trees: trading off bandwidth and processing in continuous media networks," Proc. NOSSDAV'93, pp. 269-278, Lancaster, UK, Nov. 1993.
- [10] Shacham, N. "Multipoint communication by hierarchically encoded data," In Proceedings of the IEEE Infocom '92 (1992), pp. 2107-2114.
- [11] Nachum Shacham, "Multicast routing of hierarchical data," In Proceedings of International Conference on Computer Communications IEEE, 1992.
- [12] S. Golestani, "A Self-clocked fair queueing scheme for broadband applications," In Proceedings of IEEE INFOCOM94, p 636-646, June 1994.
- [13] S. McCanne, S. Floyd, "The LBNL Network Simulator. Lawrence Berkeley Laboratory," <http://www-nrg.ee.lbl.gov/ns/>
- [14] Paul P. White, "RSVP and Integrated Services in the Internet : A Tutorial," IEEE Communication Magazine, p100-106, May 1997.
- [15] S. Shenker, J. Wroclawski, "General Characterization Parameters for Integrated Service Network Elements", RFC 2215, September 1997.
- [16] <http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html>.

---

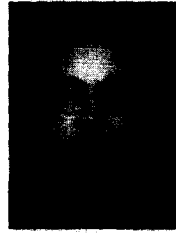
 저 자 소 개
 

---



李王鋒(正會員)

1970년 12월 16일생. 1996년 2월 숭실대학교 정보통신과 졸업(학사). 1998년 2월 숭실대학교 전기공학과 공학석사. 1998년 3월 ~ 현재 현대 정보기술 SI 팀. 주관심분야는 차세대 인터넷 기술, ATM



金永翰(正會員)

1984년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1986년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 1990년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사). 1987년 1월 ~ 1994년 8월 디지콤정보통신연구소 데이터통신연구부장. 1994년 9월 ~ 현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 조교수. 주관심분야는 컴퓨터네트워크, 인터넷 네트워킹, ATM, 이동 데이터 통신망 등임