

# 실시간 멀티미디어 응용을 위한 IP 멀티캐스트 기반의 QoS 보장 분산 멀티미디어 시스템

(A QoS Guaranteed Distributed Multimedia System using IP  
Multicast for Real-Time Multimedia Applications)

강 필 용<sup>†</sup> 신 용 태<sup>\*\*</sup>  
(Pilyong Kang) (Yongtae Shin)

**요 약** 본 논문은 인터넷상에서 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 분산 멀티미디어 시스템의 설계 및 구현 방안을 제안한다. 제안하는 시스템은 데이터와 제어 채널의 분리를 통하여 다양한 멀티미디어의 효율적인 전송과 서비스 품질의 효과적인 관리를 모색한다. 이를 위해, 데이터 채널은 IP 멀티캐스트와 RTP 패킷 포맷을 기반으로 구성되며, 멀티미디어의 효율적인 실시간 전송을 지원한다. 제어 채널은 TCP와 RTCP 패킷 포맷을 기반으로 구성되며, 서버와 클라이언트간의 정보교환을 지원함으로써 서비스 환경에 대한 지속적인 모니터링 및 효과적인 관리를 지원한다.

특히, 제안하는 서비스 품질관리 모델은 전송률에 기반하며, 전송률을 협상된 서비스 품질이 보장되는 최대치와 최소치 사이에서 유지함으로써 안정된 서비스 품질을 보장한다. 즉, 서비스 환경의 동적인 변화에 대응하여 적절한 전송률과 누락된 패킷에 대한 재전송 등을 결정한다. 성능분석 결과, 제안하는 모델은 환경변화에 대한 적응성 측면에서 우수성을 나타냈으며, 서비스 품질보장이 중요한 서비스에 적합함을 알 수 있었다.

**Abstract** In this paper, we present a design and implementation approach of distributed multimedia system for real-time multimedia service over Internet. The system provides efficient delivery of various real-time multimedia and effective management of QoS by segregation of data and control channel. The Data channel is composed with IP Multicast and RTP packet format for efficient and real-time transport. The Control channel which supports information exchange is composed with TCP and RTCP packet format for continuous monitoring and effective management of service environment.

Especially, the our QoS management model which based on rate-based control, preserves current transmit rate within minimum and maximum rate which guarantee negotiated QoS for stable service. That is, the system makes a decision an appropriate transmit rate and retransmission for lost data packets. The performance evaluation shows that proposed model well adapts in a dynamic situation and suitable for QoS initiated services.

## 1. 서 론

최근 컴퓨터 성능의 급속한 발전과 마이크, 스피커, 디지털 카메라 등과 같은 주변기기의 보급으로 개인용 컴퓨터에서도 다양한 멀티미디어를 처리할 수 있게 되었다.

또한, 컴퓨터 네트워크의 보급 및 고속화와 병행해서 분산 멀티미디어 서비스에 대한 수요 및 중요성이 폭발적으로 증가하고 있다. 특히, 네트워크를 통한 멀티미디어 서비스의 제공은 방대한 정보 서비스를 가정에서도 편리하게 접근할 수 있는 장점을 제공하며, 이러한 서비스의 적용 분야는 교육, 오락, 정보 서비스 분야 등 그 대상이 무한하다.

그러나, 현재의 인터넷상에서 멀티미디어 서비스를 실시간으로 제공하기 위해서는 해결해야할 많은 과제가 놓여 있으며[11-13], 이의 해결을 위해서는 멀티미디어 처리기술, 고속의 네트워크 구성기술, 실시간 전송기술

· 본 논문은 한국과학재단 특정기초(과제번호:98-0101-06-01-3) 연구비 지원에 의해 일부 수행되었음.

† 학생회원 : 송실대학교 컴퓨터학과  
kangpy@it.soongsil.ac.kr

\*\* 종신회원 : 송실대학교 컴퓨터학부 교수  
shin@computing.soongsil.ac.kr

논문접수 : 2000년 6월 14일

심사완료 : 2000년 10월 30일

등 다양한 기술들이 통합적으로 적용되어야 한다.

특히, 인터넷 생방송, 화상회의 등과 같은 실시간 멀티미디어 서비스는 특성상 다수의 클라이언트들에게 동일한 데이터를 동시에 전송하므로, 한정된 대역폭을 효과적으로 활용하기 위해서는 일대일 통신보다는 멀티캐스트 등의 다자간 통신을 적용하는 것이 효과적이다. 그러나, 인터넷상의 대부분의 멀티미디어 서비스들은 아직까지 일대일 환경에 편중되어 있으며, 특히 인터넷 기반의 IP 멀티캐스트[1]는 실시간 전송 및 서비스 품질을 보장하지 않는다.

최근 멀티캐스트에 기반한 다양한 연구들[2, 15-17]이 제안되고 있지만, 미흡한 혼잡제어 및 전송기능으로 네트워크의 동적인 환경변화에 대한 적응성이 낮아 서비스 품질의 보장이 어렵다. 이는 일대일 환경에 비해 서비스 품질관리가 까다롭기 때문인데, 다자간 환경에서는 무엇보다도 모든 클라이언트들의 수신상태에 대한 즉각적인 모니터링이 어렵다. 또한, 하나의 전송률로 데이터를 전송하므로 클라이언트들의 수신환경에 편차가 심하면, 효과적인 전송이 어렵다. 보다 효과적인 실시간 멀티미디어 서비스를 위해서는 전송효율과 서비스 품질 모두를 고려해야 한다.

이를 위해, 본 논문에서는 데이터 채널과 제어 채널이 분리된 분산 멀티미디어 시스템을 제안한다. 즉, 미디어의 전송을 담당하는 데이터 채널은 IP 멀티캐스트를 적용해 네트워크 대역폭의 이용을 최소화하고, 서비스 품질관리를 위한 제어 채널은 TCP와 같은 유니캐스트를 적용하여 수신 환경에 대해 지속적으로 감시함으로써 네트워크 및 세션의 변화에 신속하게 대응한다.

즉, 제안하는 모델은 데이터 채널과 분리된 제어 채널을 통해 모든 클라이언트들의 수신 환경을 수집하고, 이를 바탕으로 멀티캐스트 전송률을 조절함으로써 대역폭과 서비스 품질을 관리한다. 한편, 이러한 접근은 일대일의 서비스 품질관리를 보장함으로써 기존의 연구보다 적응성은 우수하지만, 연결관리에 대한 오버헤드로 인해 단순히 멀티캐스트만 적용하거나 UDP를 이용해 제어 채널을 구현한 경우보다는 확장성이 떨어지는 단점이 있다[2, 3]. 즉, 제안하는 모델은 수신 그룹이 소규모이거나 서비스 품질보장이 필수적인 서비스에 적합하다. 본 논문에서는 제안하는 모델을 평가하기 위해, 전송효율과 환경 적응성, 네트워크 및 시스템 비용을 분석하고 관련 연구와의 비교를 제시한다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 2장에서는 분산 멀티미디어 시스템의 구현과 관련된 기반 기술 및 연구들을 기술하고, 3장에서 시스템 모델과 데이터 및 제어 채널의

구성을 제안한다. 4장에서는 서비스 품질관리 모델을 제안하고, 5장에서는 제안한 시스템의 구현과 실험 및 분석을 통해 적용 가능성을 평가한다. 마지막으로 6장에서 결론과 향후 연구과제를 제시한다.

## 2. 관련연구

실시간 분산 멀티미디어 시스템의 구축과 관련된 연구 분야는 (1)네트워크의 고속화를 통하여 대역폭을 증대시키는 연구와 (2)데이터 압축 기법을 이용하여 전송할 데이터의 양을 줄이는 연구[18-20], (3)멀티캐스트 등을 이용하여 전송의 효율을 높이는 연구[1, 9, 10], (4)실시간 전송 및 제어 프로토콜의 개발과 관련된 연구[2-8] 등으로 구분할 수 있다.

멀티미디어 데이터는 특성상 대용량의 데이터로 구성되므로, 이를 네트워크를 통해 실시간으로 서비스하기 위해서는 무엇보다도 고속의 네트워크 대역폭이 요구된다. 이에 최근 세계의 각국은 초고속 네트워크의 구축을 정책적으로 추진하고 있지만, 이는 많은 비용과 시간이 소요된다.

한편, 네트워크의 한정된 대역폭을 통해 대용량의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 기초 연구로서 데이터 압축을 통해 전송할 데이터의 크기를 줄이기 위한 연구가 주목을 받고있다. 데이터 압축 기법은 크게 엔트로피 압축과 소스 압축으로 구분되는데, 멀티미디어의 경우엔 복원된 데이터가 일부 손실되어도 사람이 인식하는데 지장이 없는 특성을 이용해 높은 효율을 얻을 수 있다. 최근에는 전화망과 같은 저속의 통신망을 통해서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 고효율의 압축 기법들이 제안되고 있다[18, 19]. 네트워크의 한정된 대역폭을 이용해 최적의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 적절한 압축 기술의 활용이 필수적이지만, 멀티미디어의 구동 및 압축 기술에 관한 세부적인 내용은 본 논문의 범위를 벗어난다. 본 논문에서는 기존의 압축 기술로 생성된 멀티미디어를 효과적으로 전송하면서 서비스 품질을 보장하는 방안에 대해 기술한다.

일반적인 멀티미디어 서비스(예를 들면, 인터넷 방송)는 특성상 다수의 사용자들에게 동일한 데이터를 전송한다. 이러한 특성으로 인해 멀티미디어를 전송할 때, 기존의 일대일 통신보다는 멀티캐스트를 이용하면 네트워크 대역폭 측면에서 높은 효율을 얻을 수 있다. 멀티캐스트와 관련되어서는 1992년 3월에 실시된 최초의 멀티캐스트 시연 이후로, IETF의 여러 워킹 그룹에서 보다 향상된 멀티캐스트 알고리즘 및 프로토콜을 개발하기 위해 활발한 연구를 진행하고 있다. 특히, 최근의 연

구는 급속도로 확산되고 있는 실시간 멀티미디어 응용들의 QoS 요구사항을 지원하고 네트워크 자원을 효율적으로 사용하면서 대규모의 네트워크에서도 확장성을 갖는 것을 목표로 진행되고 있다[9, 10].

멀티미디어 데이터의 실시간 전송은 데이터의 전송 오류보다는 전송 지연에 민감한 서비스가 요구된다. 인터넷상에서의 실시간 통신과 관련된 연구로는 데이터를 실시간으로 전송하기 위한 RTP(Realtime Transport Protocol)[2], RTCP(Realtime Transport Control Protocol)[3], RTSP(Realtime Transport Streaming Protocol)[7]와 QoS 보장을 위해 대역폭을 미리 예약하는 RSVP(Resource Reservation Protocol)[8] 등이 있다. RTP가 음성과 영상을 포함한 멀티미디어의 전송을 위한 프로토콜이라면, RTCP와 RTSP는 전송 제어를 담당한다.

결국, 최적의 멀티미디어 시스템을 구축하기 위해서는 이러한 연구들의 개별적인 적용보다는 통합적인 적용이 요구된다. 예를 들면, RSVP로 네트워크 대역폭을 예약한 후, 고효율로 압축된 데이터를 멀티캐스트에 기반한 RTP 페이로드(payload) 포맷[4-6]으로 전송하면서, RTCP 및 RTSP를 이용한 제어 및 서비스 품질관리를 수행할 수 있다.

최근 개발되고 있는 많은 멀티캐스트 응용[14-18]들은 이러한 접근방식을 취하고 있지만, 다자간 환경에서는 일대일 환경에 비해 서비스 품질관리가 어려운 이유로 아직까지는 제한적인 서비스에만 적용되고 있으며 서비스 품질보장이 미흡하다. 또한, 기존의 응용들은 클라이언트의 수신환경을 고려하지 않고 최소한의 서비스 품질을 만족하도록 멀티미디어를 전송하거나, 서비스 초기에만 고려함으로써 환경변화에 적응력이 낮으며, 아직까지는 단순한 멀티캐스트 전송에만 초점이 맞추어져 있다. 그러므로, 인터넷상에서의 실시간 서비스를 지원하고 네트워크 및 클라이언트의 수신환경 변화에 적응력이 높은 시스템을 개발하기 위해서는 보다 효과적인 서비스 품질관리 모델의 개발이 요구된다.

이에 본 연구에서는 멀티미디어 통신과 관련된 기술들을 통합적으로 적용하고 효과적인 서비스 품질관리를 지원함으로써, 보다 효율적인 서비스를 제공하는 시스템의 설계 및 구현 방안을 제안한다.

### 3. 품질보장 분산 멀티미디어 시스템

#### 3.1 시스템 모델

제안하는 시스템은 데이터 채널과 제어 채널을 분리하고, 수신 환경에 따른 전송률의 조절을 통해 최적의

서비스를 제공한다. 멀티미디어의 전송을 담당하는 데이터 채널은 다수의 수신자 환경에서 네트워크의 한정된 대역폭을 효율적으로 이용하기 위해 IP 멀티캐스트를 적용해서 구성한다. 멀티캐스트는 하나의 데이터를 여러 수신자들에게 병렬적으로 전송하므로, 서버나 네트워크의 전송 오버헤드를 크게 줄일 수 있는 장점을 제공한다. 한편, IP 멀티캐스트는 최선형(best-effort) 서비스를 제공하므로 신뢰성을 보장하지는 못하지만, 실시간 멀티미디어 서비스는 전송 오류보다는 전송 지연에 보다 민감하므로 실시간 응용에 보다 적합하다.

제어 채널은 동적인 세션과 QoS 관리를 위한 제어 정보의 전송을 담당하며, TCP와 같은 신뢰적인 유니캐스트를 적용해서 구성한다. 제어 채널을 데이터 채널과 분리하고 TCP를 적용하여 구성하는 이유는 데이터 채널에 비해 상대적으로 네트워크 대역폭의 이용률이 매우 낮으며, 신뢰적인 전송을 보장하므로 멀티캐스트나 UDP를 적용했을 때보다 제어 및 관리가 용이하기 때문이다. 이외에도 제어 정보는 서버와 각각의 클라이언트 사이에서만 양방향으로 교환되므로, 멀티캐스트를 적용해도 효율의 향상이 미미하기 때문이다. 즉, 멀티캐스트의 적용을 통한 효율의 향상보다는 제어의 용이성과 신뢰성이 더 중요하기 때문이다.

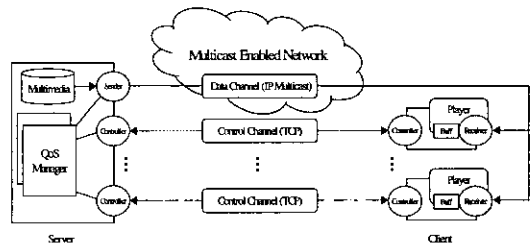


그림 1 제안하는 분산 멀티미디어 시스템 모델

그림 1은 제안하는 시스템 모델을 나타낸 것이다. 서버가 IP 멀티캐스트를 지원하는 데이터 채널을 통해 라이프 및 하드에 저장된 멀티미디어를 클라이언트들에게 송신하면, 클라이언트들은 이를 수신하면서 플레이를 수행한다. 동시에 서버는 제어 채널을 통해 네트워크 및 클라이언트의 상태를 감시하고 변화에 대응하여 전송률을 조절함으로써, 최적의 실시간 멀티미디어 서비스를 클라이언트에게 제공한다.

제안하는 시스템 모델은 버퍼를 이용한 스트리밍 서비스를 제공하는데, 클라이언트들은 서버에게 주기적으로 수신 품질과 상태를 서버에게 보고한다. 한편, 클라

이언트들은 수신된 멀티미디어를 하단에 저장해둬으로써, 수신된 구간에 대한 플레이 및 일시정지를 비롯하여 되감기, 빨리가기 등과 같은 VCR과 동일한 서비스를 제공할 수 있다. 이를 통해 사용자는 마치 서버로부터 일대일 서비스를 받는 것처럼 느낄 수 있다.

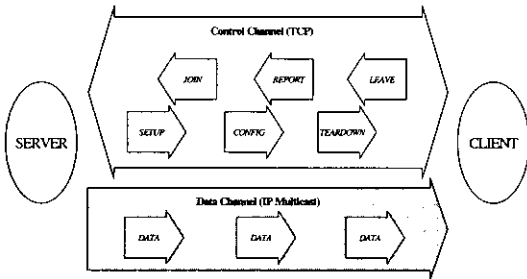


그림 2 서버와 클라이언트간에 교환되는 패킷

그림 2는 데이터 채널과 제어 채널을 통해 서버와 클라이언트가 주고받는 패킷들을 나타낸 것이다. 데이터 패킷의 구성은 RTP의 패킷 및 페이로드 포맷에 기반해서 구성되며, 제어 패킷의 구성은 RTCP의 패킷 포맷에 기반해서 구성된다. 이처럼 서버는 제어 채널을 통해 클라이언트들의 수신환경을 모니터링하고 데이터 패킷의 전송률을 조절함으로써 최적의 실시간 멀티미디어 서비스를 제공하게 된다.

### 3.2 동작 시나리오

그림 3은 제안하는 시스템의 동작 시나리오를 나타낸 것이다. 우선 클라이언트가 서버에게 세션으로의 참여를 요청(JOIN)하면, 서버는 클라이언트의 수신환경을 바탕으로 QoS를 협상하고 연결을 설정(SETUP)하게 된다. 이후 서버는 세션에 참여한 클라이언트들의 수신환경 변화(REPORT)에 대응하여 전송률을 적절히 조절(CONFIG)함으로써 안정된 멀티미디어 서비스를 보장한다. 보다 안정된 서비스를 보장하기 위해서는 동적인 세션 관리 기능과 흐름 및 혼잡 제어 기능의 제공이 요구된다.

제안하는 서비스 모델에서 주목할 사항은 서버는 참여를 요청하는 모든 클라이언트들에게 서비스를 제공하는 것이 아니라, 최소의 요구사항(즉, 플레이를 위한 최소한의 QoS를 지원)을 보장할 수 있는 클라이언트들에

게만 서비스를 제공한다는 점이다. 예를 들어, 어떤 미디어를 플레이하기 위해서 최소한 64Kbps가 요구된다면, 그 이하의 대역폭을 갖는 클라이언트가 참여를 요청하거나 수신환경이 갑자기 기준 이하로 나빠진 클라이언트는 세션으로의 참여가 거절된다.

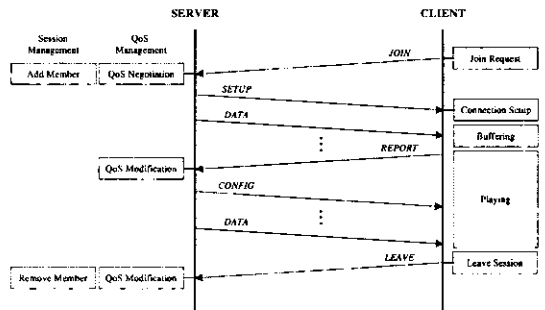


그림 3 시스템 동작 시나리오

### 3.3 데이터 채널과 데이터 패킷

데이터 채널은 IP 멀티캐스트 프로토콜로 구현되므로 최선형의 전송 서비스를 제공한다. 즉, IP 멀티캐스트는 UDP 패킷을 전송하는데, UDP 패킷은 전송 중간에 누락되거나 순서가 바뀌어서 목적지에 도착할 수 있는 등, TCP와 같은 신뢰성을 보장하지는 못한다. 그러나, 실시간 멀티미디어 서비스는 특성상 전송 오류보다는 지연에 민감하므로, IP 멀티캐스트를 이용해 전송 효율을 향상시키는 것이 유니캐스트를 이용하여 전송 신뢰성을 높이는 것보다 효과적이다.

데이터 패킷의 구성은 RTP 패킷 포맷[2]에 기반해서 구성된다. 미디어를 구성하는 데이터 부분은 서비스되는 멀티미디어의 특성에 따라 그 구성이 다르며, 최근 미디어의 유형에 따른 다양한 데이터 패킷의 구성방안에 관한 연구가 제안되고 있다[5, 6].

### 3.4 제어 채널과 제어 패킷

제안하는 시스템이 제공하는 제어 기능을 기술하면, (1)서버를 중심으로 중앙 집중형의 세션 관리를 수행하고, (2)네트워크와 클라이언트들에 대한 지속적인 모니터링을 통해 (3)전송률에 기반한 QoS 관리를 수행한다. 즉, 서버는 제어 채널을 통해 클라이언트들의 상태 정보를 수집하고, 이를 바탕으로 데이터의 전송률을 적절히 조절함으로써 서비스 품질을 최적으로 유지 및 관리한다.

제어 채널은 TCP로 구현되므로, 전송된 패킷은 데이터 채널과는 달리 누락되거나 내용이 변경되지 않으며

1) 미디어를 플레이하기 위해 전체 파일을 다운로드하지 않고 부분씩 수신하면서 플레이하는 서비스. 즉, 미디어를 플레이하는 동안 클라이언트는 플레이될 다음 부분을 네트워크를 통해 수신하고 버퍼에 저장한다.

항상 순서적으로 전달된다. 그러나, 수신 그룹의 크기가 증가하면, 네트워크 대역폭과 서버의 오버헤드 및 집중 현상으로 연결될 수 있는 클라이언트의 수에 제약이 따른다. 제안하는 시스템에서는 서비스할 수 있는 클라이언트의 수를 늘리기 위해 제어 패킷의 구성을 단순화함으로써 처리 시간을 줄이고, 그룹의 크기에 따라 보고주기(report interval)를 조절하여 패킷의 집중을 피한다. 즉, 수신 그룹의 크기가 크면 보고주기를 늘리고 임의로 분산시켜 서버 및 네트워크의 집중으로 인한 혼잡을 피한다.

표 1은 이전의 그림 2에서 살펴본 제어 패킷의 유형을 나타낸 것으로, RTCP 패킷 포맷[3]에 기반해서 구성된다. 서버는 이렇게 수집된 클라이언트들의 수신환경에 대한 정보와 미디어에 의존적인 정책에 따라 세션 및 QoS 관리와 흐름 및 혼잡제어를 수행하게 된다.

표 1 제어 패킷의 유형

유형	기능	정보
JOIN	멀티미디어 세션으로의 참여를 요청	클라이언트의 환경
SETUP	서비스로의 연결을 수용	연결 및 미디어 정보
REPORT	서비스 수신 상태를 서버에게 보고	서비스 수신 상태
CONFIG	수신 환경의 변경을 지시	변경 내용
LEAVE	멀티미디어 세션으로부터의 탈퇴를 요청	-
TEARDOWN	서비스로의 연결을 해지	해지 사유

## 4. 서비스 품질관리

### 4.1 서비스 품질관리 모델

본 논문에서 제안하는 서비스 품질관리 모델은 시스템이 허용하는 범위 안에서 최대한 많은 참여 클라이언트들에게 안정된 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있도록, QoS를 협상하고 전송률에 기반해서 서비스 품질을 조절한다. 즉, 참여 클라이언트들의 수신 환경이 좋으면 전송률을 높이고, 반대로 수신 환경이 나쁘면 전송률을 낮춘다. 이때 어떤 클라이언트의 수신 상태가 기준 이하(즉, 최소한의 서비스 품질 이하)로 나빠지게 되면, 해당 클라이언트로의 서비스를 해지(TEARDOWN)함으로써 수신 상태가 불량한 클라이언트로 인해 전체 서비스 품질이 낮아지는 문제를 방지한다.

또한, 누락된 데이터 패킷에 대한 제한적인 재전송 서비스를 지원함으로써, 멀티미디어 플레이 품질을 향상시킨다. 즉, 네트워크 대역폭 및 수신환경을 참고하여 누락된 패킷에 대한 재전송 여부를 결정한다.

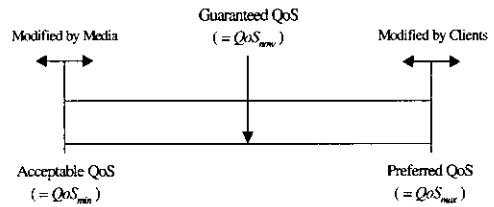


그림 4 서비스 품질 스펙트럼

그림 4는 서비스 품질 스펙트럼을 나타낸 것이다. 시스템이 제공하는 서비스 품질(=QoS<sub>new</sub>)이 스펙트럼 사이에서 보장될 때 서비스 품질이 만족될 수 있다. 스펙트럼의 최소치(=QoS<sub>min</sub>)는 최소한의 서비스 품질로서, 이 이하로 제공되면 멀티미디어의 플레이 품질이 기준 이하로 떨어진다. 반면에 최대치(=QoS<sub>max</sub>)는 제공할 수 있는 최대의 서비스 품질로서, 이 이상으로 제공되면 네트워크의 혼잡이나 수신측 버퍼의 오버플로우 등으로 몇몇 클라이언트들은 제대로 미디어를 플레이할 수 없게 된다. 최소치는 멀티미디어 서비스의 유형(즉, 미디어 파일의 유형)에 따라 결정되며, 최대치는 현재의 네트워크와 서버 및 클라이언트 시스템의 상태에 따라 결정된다.

요컨대, 제안하는 서비스 품질관리 모델이 안정된 서비스를 보장하기 위해선 몇가지 제약사항을 만족해야 한다. 즉, 서비스 품질은 멀티미디어 서비스가 제공되는 동안에 최소치와 최대치 사이에 항상 위치되어야 하며, 이를 보장하지 못하는 클라이언트로의 연결은 해지된다.

한편, 분산 멀티미디어 서비스의 서비스 품질은 네트워크와 서버 및 클라이언트의 환경에 따라 동적으로 변화하는데, 이러한 변화가 발생하는 경우는 새로운 수신 노드가 세션에 참여하거나 탈퇴하는 경우와 네트워크 및 참여 클라이언트의 수신환경에 변동이 발생한 경우이다. 제안하는 서비스 품질관리 모델은 서비스되는 미디어의 특성과 네트워크 및 참여 클라이언트들의 수신 환경에 적절히 대응하여 전송률을 조절하고 서비스 품질을 보장함으로써 안정된 서비스를 제공한다.

그림 5는 제안하는 QoS 협상 알고리즘을 나타낸 것이다. 알고리즘을 살펴보면, 세션에 새로운 멤버가 가입하거나 탈퇴하는 경우, QoS<sub>max</sub>를 다시 계산한 후에 QoS<sub>new</sub>를 조절한다. 또한, 서비스 환경이 좋거나(= good) 나쁠 경우(= bad)에는 현재의 전송률을 QoS<sub>max</sub>와 QoS<sub>min</sub> 사이의 적당한 값을 선택하게 된다. 이러한 QoS 협상 및 전송률의 조절을 통하여, 제안하는 시스템은 네트워크 및 수신환경의 동적인 변화에 보다 적응성이 높은 서비스를 제공할 수 있다.

```

proc QoS_negotiate
  case membership changed : /* join or leave */
    compute QoS_max;
    QoS_new = QoS_max;

  case state_rev == bad :
    if QoS_new > QoS_min then
      QoS_new = select (QoS_min, QoS_new);

  case state_rev == good :
    if QoS_new < QoS_max then
      QoS_new = select (QoS_new, QoS_max);
  
```

그림 5 QoS 협상 알고리즘

### 5. 구현 및 분석

#### 5.1 시스템의 구현 및 실험

본 논문에서는 제안하는 시스템의 가능성을 평가하고 확인하기 위해, 객체지향 언어인 자바를 이용해서 플랫폼에 독립적인 분산 멀티미디어 서버 및 클라이언트를 구현하고 실험했다<sup>2)</sup>. 시스템의 멀티미디어 송·수신 모듈과 제어 모듈은 자바 패키지가 제공하는 유니캐스트 및 멀티캐스트 소켓을 이용해서 구현했으며, 멀티미디어의 플레이어는 기존의 미디어 프로그램을 활용했다. 그림 6은 구현된 시스템의 실험 환경을 나타낸 것으로, 멀티캐스트 라우터로 연결된 다수의 서브네트워크들로 구성하였다.

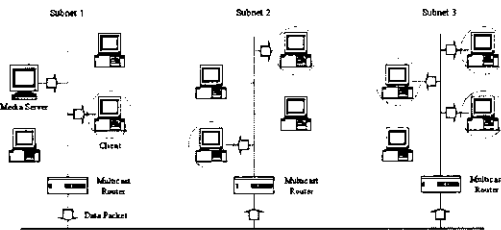
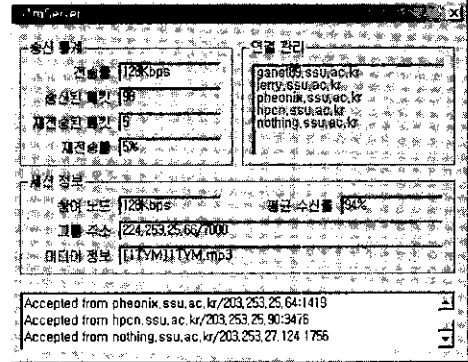


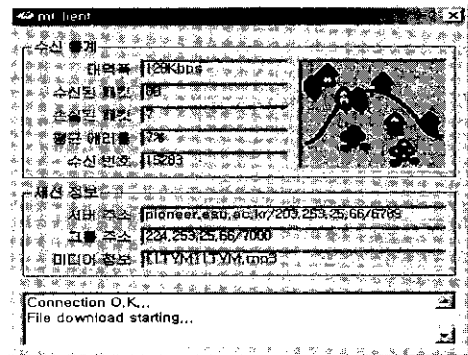
그림 6 시스템 실험 환경

실험은 MP3 포맷의 오디오 파일을 실시간으로 전송하면서, 클라이언트별로 수신 및 플레이 품질을 확인했다. 또한, 수신 환경의 변화에 대처하는 서비스 품질관리 기능의 확인 및 평가를 위해, 클라이언트들의 수신율(또는 에러율)과 수신상태를 임의로 변화시키면서 서버의 전송률 및 클라이언트의 플레이 품질을 확인했다. 그림 7은 서버와 클라이언트의 실행 및 통계 윈도우를 나타낸 것으로, 클라이언트는 플레이를 위한 최소한의 패킷을 수신하면 미디어를 플레이할 수 있으며, 서버에게

수신 상태를 주기적으로 피드백한다. 서버는 클라이언트들로부터 보고된 피드백을 참조하여, 서비스 품질관리 및 세션관리를 수행한다.



(a) 서버 실행 윈도우



(b) 클라이언트 실행 윈도우

그림 7 시스템 실행 윈도우

실험결과, 멀티미디어를 전송함에 있어 멀티캐스트를 이용할 경우, 유니캐스트에 비해 확연한 전송효율을 보였으며, MP3 파일의 특성상 일부 패킷이 누락되어도 클라이언트의 플레이 품질에는 큰 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다. 특히, 제안하는 시스템은 수신환경의 동적인 변화에 대응하여 재전송 및 전송률을 조절함으로써, 네트워크 전송여가 빈번한 경우에도 좋은 서비스 품질을 나타내는 등 기존의 연구들보다 환경 변화에 대해 우수한 적응성을 나타냈다.

#### 5.2 분석 및 평가

본 절에서는 제안하는 모델을 평가하기 위해, 유니캐스트에 대한 멀티캐스트 전송의 상대적 전송효율과 서비스 환경변화에 대한 적응성, 네트워크 및 시스템 비용을 분석하고 기존 연구와 비교한다.

2) 본 연구에서는 Visual J++ 6.0 환경에서 구현되었음.

가. 전송효율

다음의 수식 1에서 나타내는 상대적 전송효율( $U$ )은 멀티캐스트 전송효율( $U_m$ )을 유니캐스트 전송효율( $U_u$ )로 나눈 값이다. 전송효율  $U_m$ 과  $U_u$ 은 평균전송횟수의 역수인데, 평균전송횟수는 모든 수신 노드들이 패킷을 수신하기까지의 전송횟수를 의미한다.  $P_m(i)$ 와  $P_u(i)$ 는 멀티캐스트 및 유니캐스트 전송에서  $i$ 번째에 전송을 마칠 확률을 나타내며, 이는 수신 그룹의 크기( $n$ ) 및 전송오류( $r$ )와 관련이 깊다.

$$U = \frac{U_m}{U_u} = \frac{\frac{1}{\sum_{i=1}^n i P_m(i)}}{\frac{1}{n \sum_{i=1}^n i P_u(i)}} = \frac{n \sum_{i=1}^n (1-r)^i - (1-r^{i-1})^n}{\sum_{i=1}^n (1-r)^i - (1-r^{i-1})} \quad (1)$$

그림 8은 그룹의 크기와 전송오류에 따른 상대적 전송효율을 그래프로 나타낸 것이다. 그래프를 살펴보면, 멀티캐스트 전송효율이 유니캐스트에 비해 월등하며 그룹의 크기가 커지거나 전송오류가 낮을수록 상대적 효율이 좋다는 것을 알 수 있다.

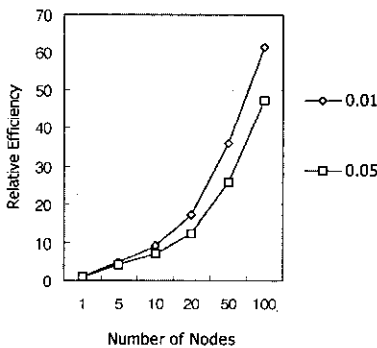


그림 8 멀티캐스트의 상대적 전송효율

나. 환경 적응성

제안하는 모델의 환경 적응성을 평가하기 위해, 환경 변화에 대한 서버의 대응지연을 중심으로 UDP 기반 모델과 비교했다. 대응지연은 수신 환경에 변화가 발생한 후, 서버가 이를 탐지해서 대응하기까지의 소요시간으로 수신 노드의 피드백이 서버에 전달되기까지의 전송시간과 서버의 처리시간으로 구성된다. 따라서, 대응지연은 피드백의 전달지연에 민감하며 전송오류가 높을수록 증가하게 된다.

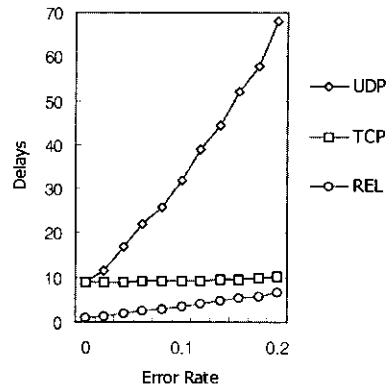


그림 9 대응지연의 비교

그림 9는 그룹의 크기가 10이고 보고주기가 5초인 경우, 전송에러에 따른 평균적인 대응지연을 실험한 결과를 그래프로 나타낸 것이다. 제안하는 모델은 전송에러가 높을수록 UDP에 비해 좋은 상대적 효율(REL)을 나타냄을 알 수 있다. 이는 양 모델 모두 서버가 수신 노드로부터의 피드백에 의존해서 서비스 품질을 관리하기 때문인데, UDP의 경우엔 피드백이 누락되면 다음 보고주기까지 기다려야한다. 즉, UDP는 전송의 신뢰성을 보장하지 않으므로, TCP에 비해 피드백이 서버에게 제대로 전달되지 못해 환경 적응성이 떨어진다.

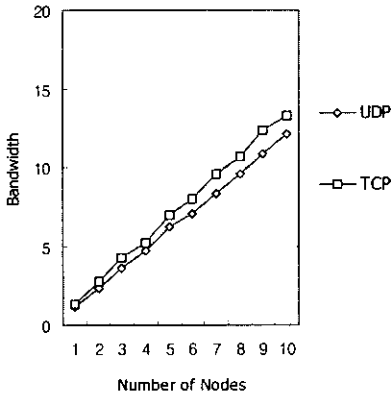
다. 네트워크 및 시스템 자원

UDP와 TCP 모델 모두 동일한 피드백 정보를 가지므로, 실험결과 대역폭 측면에서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 단지, TCP의 경우엔 연결 및 흐름제어를 수행하므로 추가의 대역폭이 요구된다. 두 모델 모두 대역폭은 수신 그룹의 크기에 비례하고 보고주기에 반비례한다. 보고주기를 늘리면 소요되는 대역폭을 낮출 수 있지만, 반면에 환경 적응성은 감소한다.

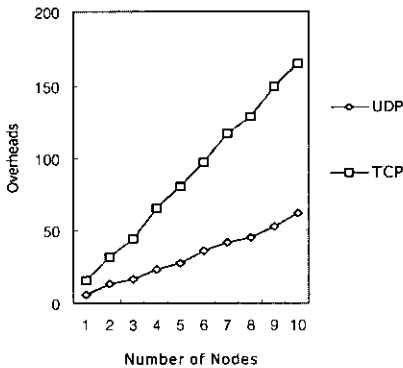
한편, 수신 노드로부터의 피드백 처리를 중심으로 시스템 오버헤드를 평가하면, 실험결과 제안하는 TCP 기반 모델은 UDP에 높은 비용을 나타냈다. 이는 TCP의 경우, 피드백 처리에 추가하여 수신 노드로의 연결을 유지하고 관리하기 위한 오버헤드가 추가되기 때문이다.

그림 10은 그룹의 크기에 따른 네트워크 및 시스템 자원의 비용을 나타낸 것으로, 실험환경에서 보고주기는 2초로 고정하고 실험한 결과이다. 네트워크 대역폭은 두 모델이 큰 차이를 나타내지 않지만, 시스템 오버헤드 측면에서는 UDP가 우수성을 나타낸다. 그러나, 양 모델 모두 그룹 크기에 선형적으로 비례하므로, 수신 그룹의

크기엔 제한이 따른다. 따라서, 비교적 소규모 그룹이고 서비스 품질의 보장이 중요한 서비스인 경우, 환경변화에 대한 적응성을 위해 TCP를 적용해서 피드백을 전송하는 것이 효과적이다.



(가) 네트워크 대역폭



(나) 시스템 오버헤드

그림 10 네트워크 및 시스템 자원

6. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 인터넷상에서의 실시간 멀티미디어 서비스를 지원하기 위한 분산 멀티미디어 시스템의 설계 및 구현방안을 제안하였다. 제안하는 시스템은 전송효율과 서비스 품질관리를 모두 고려하기 위해 데이터와 제어 채널을 분리해서 구성했다. 즉, 데이터 채널은 한정된 네트워크 대역폭의 이용을 최적화하기 위해 IP 멀티캐스트를 적용하고, 제어 채널은 수신환경의 변화에 대한 적응성을 높이기 위해 TCP를 적용했다.

인터넷 방송과 같은 서비스는 멀티캐스트를 적용하면, 유니캐스트를 적용한 경우보다 그룹의 크기가 클수록 월등한 효율을 나타낼수 시제품의 구현과 분석을 통해 확인할 수 있었다. 한편, 제안하는 모델은 관련 연구보다 서비스 환경에 대한 적응성 측면에서 효과적인데, 제어 채널이 신뢰적인 전송을 보장하므로 전송오류가 높을수록 비신뢰적으로 구성된 경우보다 상대적으로 우수성을 보인다. 반면에 서비스 품질관리를 위한 비용은 시스템 오버헤드 측면에서 더 요구되지만, 모두 그룹 크기에 선형적이며 보고주기의 조절을 통해 부분적으로 해결할 수 있다. 따라서, 제안하는 모델은 수신 그룹이 소규모이거나 확장성보다는 서비스 품질보장이 중요한 서비스에 적합하며, 최근 주목받고 있는 인터넷 생방송, 인터넷 주크박스, 원격 강의, 원격 감시, 원격 진료, 원격 회의의 시스템 등에 적용될 수 있다.

한편, 제안하는 모델은 수신 노드들의 수신환경에 편차가 심한 경우, 가장 성능이 나쁜 수신 노드를 기준으로 전송률이 결정되므로 효과적이지 못할 수 있다. 이의 극복을 위해서는 전체 수신 그룹을 수신환경에 따라 부그룹으로 나누어 그룹별로 서비스를 제공하는 것이 효율적이다. 또한, 제안하는 모델은 TCP에 기반해서 서비스 품질을 관리하므로, 세션에 참여할 수 있는 그룹의 크기에 제한이 따른다. 이 경우에도 서비스 품질을 보장하는 부그룹(즉, 제어 채널이 설정된 그룹)과 그렇지 않은 부그룹(즉, 데이터 채널만 설정된 그룹)으로 구분하거나 대표 수신 노드를 설정함으로써 부분적으로 해결할 수 있다. 따라서, 향후 연구과제로는 수신 그룹의 효율적인 분할 및 관리에 관한 연구가 요구되며, 본 연구 결과의 일부를 수정하면 즉시 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] S. Deering, Host Extensions for IP Multicasting, *Internet RFC 1112*, 1989.
- [2] S. Casner, R. Frederick and V. Jacobson, RTP: A transport Protocol for Real-Time Applications, *Internet RFC 1889*, 1996.
- [3] H. Schulzrinne, RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control, *Internet RFC 1890*, 1996.
- [4] T. Turletti and C. Huitema, RTP payload format for H.261 video streams, *Internet RFC 2032*, 1996.
- [5] C. Zhu, RTP payload format for H.263 video streams, *Internet RFC 2190*, 1997.
- [6] D. Hoffman, G. Fernando and V. Goyal, RTP payload format for MPEG1/MPEG2 Video,



*Internet RFC 2250*, 1998.

- [7] H. Schulzrinne, A. Rao and R. Lanphier, Real Time Streaming Protocol(RTSP), *Internet RFC 2326*, 1998.
- [8] R. Braden, Ed., L. Zhang, S. Berson, S. Herzog and S. Jamin, Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification, *Internet RFC 2205*, 1997.
- [9] K. Obraczka, "Multicast Transport Protocols: A Survey and Taxonomy," *IEEE Communications Magazine*, pp.94-102, Jan. 1998.
- [10] K. Almeroth, "The Evolution of Multicast: From the Mbone to Interdomain Multicast to Internet2 Deployment," *IEEE Network*, pp.10-20, Jan. 2000.
- [11] S. Li, M. Ammar and S. Paul, "Video Multicast over the Internet," *IEEE Network*, pp.46-60, Mar. 1999.
- [12] N. Jayant, B. D. Ackland, V. B. Lawrence, and L. R. Rabiner, "Multimedia: Technology Dimensions and Challenges," *AT&T Technical Journal* 74(5): 14-3, Sept./Oct. 1995.
- [13] R. Steinmetz and K. Nahrstedt, *Multimedia: Computing, Communications and Applications*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1995.
- [14] S. McCann, Scalable Compression and Transmission of Internet Multicast Video, Ph. D. dissertation, University of California, Berkeley, 1996.
- [15] C. Partridge and S. Pink, "An Implementation of the Revised Internet Stream Protocol (ST-2)," *Internetworking: Research and Experience* 3(1): 27-54, 1992.
- [16] A. Banerjee, D. Ferrari, B. Mah, M. Moran, D. Verma, and H. Zhang, "The Tenet Real-Time Protocol Suite: Design, Implementation, and Experience," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Feb. 1996, 1-10.
- [17] T. Turletti and C. Huitema, "Videoconferencing on the Internet," *IEEE/ACM Transactions on Networking* 4(3): 340-351, June 1996.
- [18] I. Corset, S. Jeannin, and L. Bouchard, "MPEG-4: Very Low Bit Rate Coding for Multimedia Applications," *SPIE/VCIP*, Vol. 2308, pp.1065-1073, Chicago, Sept. 1994.
- [19] T. Wiegand et al., "A Rate-Constrained Encoding Strategy for H.263 Video Compression," *Symp. on Multimedia Commun. and Video Coding*, NY, Oct. 1995.
- [20] J. Watkinson, *Compression in Video and Audio*, Boston, MA: Focal Press, UK/Butterworth-Heinemann, 1995.



강 필 용

1996년 숭실대학교 소프트웨어공학과 학사. 1998년 숭실대학교 컴퓨터학과 석사. 1998년 ~ 현재 숭실대학교 컴퓨터학과 박사과정 재학. 관심분야는 멀티캐스팅, 멀티미디어 통신, 컴퓨터 네트워크, 이동 컴퓨팅 등



신 용 태

1985년 한양대학교 산업공학과 학사. 1990년 Univ. of Iowa 전산학과 석사. 1994년 Univ. of Iowa 전산학과 박사. 1994년 ~ 1995년 Michigan State Univ. 전산학과 객원교수. 1995년 ~ 현재 숭실대학교 컴퓨터학부 조교수. 관심

분야는 멀티캐스팅, 실시간통신, 이동인터넷 통신, 전자상거래 등