RTP 기반 멀티미디어 데이터 전송을 위한 동적 QoS 제공방안의 설계 및 성능 분석

문 영 준[†]·유 인 태[††]·박 광 훈[†††]

요 약

본 논문에서는 멀티미디어 데이터와 실시간 특성을 가진 데이터의 end-to-end 전달기능과 QoS 감시기능 등을 지원하기 위해 개발된 RTP를 분석하고 개선방안을 제시한다. 기존의 RTP 구현 모듈은 실시간 전달기능은 지원하나, 상세한 QoS 파라미터 보장측면에서는 해결해야 할 사항이 존재한다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 서버에서 보낸 데이터에 대한 전송 정보를 클라이언트로부터 제공 받아, 이를 토대로 네트워크의 상태를 3단계로 분류하여 네트워크에서의 QoS를 보장할 수 있는 새로운 SRARC(Selective Repeat Adaptive Rate Control) 멀티미디어 데이터 전송기법을 제안하였다. SRARC는 서버와 클라이언트에서 데이터의 송수신과정에서 계산되는 정보인 대역폭, 손실률 그리고 전송지연을 파라미터로하여 선택적 재전송과 전송율 동적 제어를 수행하는 기법이다. 제안한 SRARC 기법의 성능을 검증하기 위하여 LAN 상에서 이를 구현하여 선택적 재전송 기법 및 RTP 기법의 QoS 파라미터들과 비교하였다. 실험 결과, 대역폭 이용률과 패킷 손실률 그리고 지연 시간 등의 다양한 QoS 파라미터 측면에서 기존의 RTP 기법들에 비해 우수한 결과를 나타냄을 확인하였다.

Design and Performance Analysis of Dynamic QoS Control for RTP-based Multimedia Data Transmission

Young-Jun Moon[†]·Intae Ryoo[††]·Gwang-Hoon Park[†††]

ABSTRACT

This paper analyzes and proposes a scheme that improves the performance of the RTP that is developed to support the end-to-end transmission function and QoS monitor function for real-time multimedia data transmission. Altough the existing RTP module supports real-time transmission, it has some problems in guaranteeing QoS parameters. To solve this problem, we propose a new Selective Repeat Adaptive Rate Control (SRARC). The SRARC can support QoS by referring to the data transmission status from the client and then classifying the network status into three levels. It selectively transmits multimedia data and dynamically controls transmission rates based on such information as bandwidth, packet loss rate, and latency that can be calculated in data transfer phase. To verify the SRARC, we implement it in real local area networks and compare the QoS parameters of the SRARC with those of the SR and RTP. By the experimental results, the SRARC shows better performance in the aspects of bandwidth usage rate, packet loss rates, and transmission delays than the existing RTP schemes.

키워드 : 실시간 전송 프로토콜(RTP), 실시간 전송 제어 프로토콜(RTCP), 선택적 재전송(Selective Repeat), 동적 QoS 제어(Dynamic QoS Control), 멀티미디어 데이터 전송(Multimedia Data Transmision)

1. 서 론

인터넷을 포함한 기존의 통신 프로토콜은 그 배경에서 동영상 전송과 같은 실시간 멀티미디어 애플리케이션을 지원하도록 설계되어 있지 않고, 메시지 또는 파일 단위의 비-실시간 특성을 갖는 데이터 전송을 위해 설계되어 있다. 그러나 최근 인터넷의 트래픽은 대부분 실시간 멀티미디어 애플리케이션의 특성을 갖는다. 현재 인터넷 망에서는 이러한 실시간 멀티미디어 애플리케이션의 일례로서 영상회의나 VOD 서비스 같은 분산 환경에서의 실시간 데이터 전송의 경우, 유니캐스트나 멀티캐스트 전송이 요구되기 때문에 UDP를 이용한다. 이는 대역폭, 패킷 손실 그리고 전송 지연을 위한 어떠한 성능도 보장받지 못한다. 또한 사용자들이 지역적으로 넓게 분포하기 때문에 많은 대역폭이 요구되는 실시간 통신은 중계기들의 트래픽 폭주현상에 의해 손실될 가능성이 높다. 이러한 실시간 전송 시 발생하는 성능의 문제를 해결하기 위해서 일반적으로 두 가지 관점에서 접근하고 있다. 첫째, 멀티미디어 서비스가 요구하는 성능을 보장하기 위해 기존의 전송계층의 프로토콜을 확장하거나 수정하는 것이다. 둘째, 기존의 네트워크에서 제공되는 서비스에 부합되도록 애플리케이션 서비스를 조정하는

† 준 회 원 : 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과
†† 종신회원 : 경희대학교 전자정보대학 교수
††† 정 회 원 : 경희대학교 전자정보대학 교수
논문접수 : 2003년 3월 5일, 심사완료 : 2003년 10월 15일

방법이다. 기존의 네트워크 서비스에 적합하도록 멀티미디어 애플리케이션 서비스를 위한 연구의 하나로 Realtime Transport Protocol/RTP Control Protocol(RTP/RTCP)을 이용하여 네트워크의 여러 QoS 특성들을 동적으로 관찰하고, 관련 정보를 애플리케이션에 통보함으로써, 애플리케이션은 이를 기반으로 멀티미디어 디바이스를 제어하거나 오디오/비디오 디바이스로부터 받은 스트림 데이터를 임의의 제어 메커니즘으로 변형하여 네트워크 QoS 범위 안에서 서비스의 품질을 향상 시킬 수 있다. RTP/RTCP를 이용한 동영상 서비스는 RTCP를 통해서 패킷 손실에 대한 피드백 정보를 받으며, 송신측은 코덱 파라미터를 제어하여 스트림 데이터 발생량을 조절하게 되고, 이는 네트워크 대역폭을 조절하는 효과를 갖게되어 결과적으로, 네트워크 QoS를 향상시킨다[1-3].

본 논문에서는 새로운 네트워크를 구성하지 않고, 다양한 통신 방식을 수용할 수 있는 기존에 구축된 네트워크 인프라 구조를 사용하기 위해, RTP/RTCP를 이용하여 멀티미디어 데이터의 QoS를 제공하기 위한 방안으로 QoS 관리 모듈과 전송률 동적제어 모듈을 추가하였다. QoS 관리모듈은 데이터의 송신자와 수신자의 부가 정보를 분석하여 테이블을 작성하고, 전송률 동적제어 모듈에서는 QoS 관리 모듈에서 수집한 정보를 기반으로 각 사용자별로 차별화된 서비스를 제공한다. 이런 기능들을 기반으로 네트워크 상에서 보다 좋은 멀티미디어 데이터 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문의 구성은 2장에서는 RTP/RTCP의 개요와 RTP와 RTCP 프로토콜에 대한 특징 및 장단점을 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 SRARC의 각 기능별 특징을 분석하고, 4장에서는 결론 및 향후 연구과제에 관한 내용을 기술한다.

2. 멀티미디어 데이터 전송 프로토콜

현재의 인터넷은 멀티미디어 데이터 전송과 실시간성 같은 특징을 충분히 지원해 주지 못하기 때문에, 각 데이터의 특징에 맞는 전송을 지원해 줄 수 있는 RTP/RTCP와 같은 프로토콜이 필요하다. 그러나 RTP는 실시간 특성을 지원해 주고 있으나, 전송에 관한 QoS는 지원하지 못한다. 이에 관련하여 실시간 데이터를 전송는데 있어서 QoS를 제공할 수 있는 여러 가지 방안이 연구중이다.

2.1 RTP/RTCP

RTP는 네트워크 종단에 오디오, 비디오 및 시뮬레이션 데이터와 같이 실시간 특성을 갖는 데이터를 전달하는 역할을 수행한다. RTP는 기본적으로 다자간 멀티미디어 회의의 필요에 의해 설계되기는 하였지만, 특정 애플리케이션에 제한을 두기보다는 스트림 데이터의 저장, 대화식 분산 멀티미디어 데이터, 그리고 제어 및 측정 프로그램등 다양한 애플리케이션에 적용될 수 있다. RTP의 특징은 옵션 메커니즘을 첨가함으로써 부가적인 기능을 확장할 수 있게 하는 전통적인 프로토콜과는 달리 필요한 만큼 RTP 패킷의 헤더를 수정 또는 첨가함으로써 특정 애플리케이션에 유연하게 적응할 수 있게 한다. 그리고 전형적으로 RTP는 멀티플렉싱, 체크섬 그리고 멀티캐스팅과 같은 서비스를 제공하기 위해 UDP 위에서 동작한다. 또한 RTP는 버전 확인, 패킷의 순서 번호화, 타임 스탬핑 등의 기능을 제공한다. 그러나 RTP 그 자체로는 시간에 따르는 순서화 배달, 패킷의 실시간 서비스, 기타 QoS 보장을 위한 어떠한 메커니즘도 제공하지 않는다. 따라서 세션의 QoS를 모니터 하거나 세션에 참가 중인 참가자들에 대한 식별 정보와 같은 여러 가지 정보들을 전달하는 실시간 트랜스포트 제어 프로토콜인 RTCP가 부가적 확장 프로토콜로 사용된다. RTCP는 분실된 패킷 수, 지터, 직전 패킷과의 지연 시간등의 QoS 정보를 교환하도록 하여, 애플리케이션이 적절한 QoS를 설정할 수 있게 해 준다. RTP 패킷과 RTCP패킷은 하위 망의 지원 여부에 따라 유니캐스트 또는 멀티캐스트 환경에서 모두 사용될 수 있다. RTP는 RTP 패킷의 탑재 유형을 변환시켜 전달하는 중계방식인 변환기 사용과 다중 RTP 패킷들의 탑재 유형들을 유지하면서 하나의 패킷으로 조합하는 혼합기 사용을 지원한다[4-6].

2.2 부가 전송

멀티미디어 데이터 전송 시 수신측에서의 패킷 손실을 미리 생각하고 오류를 복구할 수 있는 정보를 데이터에 추가하여 전송한다. 단점으로는 앞에서 보낸 패킷에 대한 부가 정보를 후속 패킷에 추가함에 따라 시스템의 추가적인 처리시간과 중복 데이터 전송에 따른 대역폭의 낭비를 초래한다[7].

2.3 피드백 제어

수신측의 피드백 정보에 의해 송식측에서 인코딩 방법과 전송률을 제어하는 방법이다. 수신측의 주기적인 피드백 정보에 의해 송신측의 전송상태를 조절하며, 단점으로는 피드백 정보의 손실이나 지연으로 인해 즉각적인 대응이 어렵다[8].

2.4 Go-Back-N

Go-Back-N은 여러 개의 프레임을 순서번호를 붙여서 송신하고, 수신측은 이 번호에 따라 ACK 또는 NAK를 보내게 된다. NAK일 경우 해당 번호의 프레임부터 재전송하게 된다. Go-Back-N은 여러 개의 프레임을 연속적으로 전송하고, 수신측에서 에러가 검출된 경우 해당 프레임에 대한 NAK를 보내며 송신측에서 해당 프레임을 포함하여 이후에

전송된 모든 프레임에 대하여 재전송을 수행하게 된다. Go-Back-N의 특징은 다음과 같다.

- 프레임의 수신은 순차적이어야 한다.
- 프레임에 순서번호를 삽입한다.
- 포괄적 수신확인을 사용하여 여러 개의 프레임에 대한 수신확인을 하나로 수행할 수 있다.
- 재전송시에 불필요한 재전송 프레임들이 많다.

2.5 선택적 재전송

인터넷 상에서 신뢰성 있는 전송을 보장하는 TCP에서 사용하는 재전송 방법이며, 손실된 패킷을 재전송하는데 있어 가장 적은 비용이 드는 것으로 나타나 있다[9]. 그러나 패킷이 손실된 경우 손실된 패킷이 재전송되어 도착되기를 기다려야 하는 단점이 있다. 선택적 재전송의 가장 큰 특징은 Go-Back-N과 달리 순서에 영향을 받지 않는 위도우 관리에 있다. 선택적 재전송의 특징은 다음과 같다.

- 송신측과 수신측이 동일한 크기의 슬라이딩 윈도우 (Sliding-window)를 갖고 있다.
- 수신측은 순서에 상관없이 프레임들을 받아들인다.
- 각각의 프레임에 대한 수신확인을 수행해야 한다.
- 버퍼사용으로 구현이 까다롭다.

2.6 TLFC(TCP-Like Flow Control)

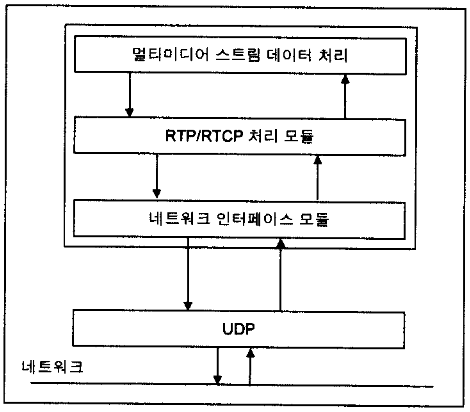
보이스나 비디오 데이터와 같은 멀티미디어 데이터를 인터넷을 통해 UDP로 전송하면 패킷의 손실이 많이 생긴다. 이런 손실을 줄이기 위해 TCP를 사용하면 패킷의 재전송에 의해 실시간 데이터의 특성을 잃게 된다. 이에 대한 대안으로 RTP를 컨트롤하는데 있어 TCP에서 사용되는 기법을 적용하는 것이다. 즉 RTP/UDP를 이용하되 패킷 손실이나 RTT등의 파라미터를 가지고 플로우 컨트롤을 하는 것이다. 이데 대한 단점으로는 수신측으로부터 전송되는 과다한 ACK 패킷을 처리하는 것이 문제이다[10-13].

3. 동적 QoS 제공방안과 설계기법

3.1 RTP 통신 모듈 구조

(그림 1)에 RTP 통신 모듈, 상위 애플리케이션 그리고 전송 프로토콜로 구성되어 있는 구조를 도시하였다.

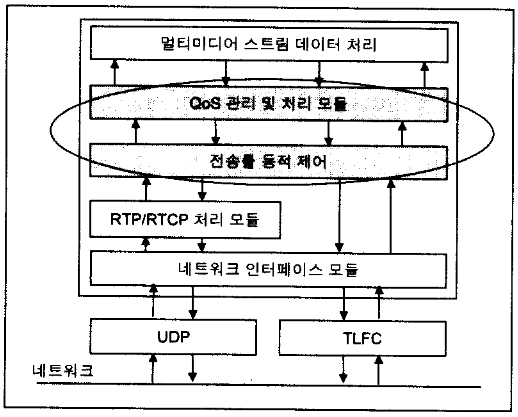
멀티미디어 스트림 데이터 처리모듈은 멀티미디어 데이터의 인코딩 및 디코딩을 담당하는 모듈로서, 영상기능을 담당한다. RTP/RTCP 처리모듈은 RTP/RTCP 패킷을 생성하여 네트워크 인터페이스 모듈에 전달하거나 네트워크 인터페이스 블록으로부터 RTP/RTCP 패킷을 전달받아 필요한 정보를 추출하는 기능을 담당한다. 한편, 네트워크 인터페이스 모듈은 RTP/RTCP 처리 모듈에서 생성된 패킷을 네트워크를 통하여 송신하거나, 다른 애플리케이션으로부터의 패킷의 수신을 담당한다[14].



(그림 1) RTP 통신 모듈 구조

3.2 RTP/RTCP 모델의 개선 방안

(그림 2)는 본 논문에서 제안한 개선된 RTP/RTCP 모듈 구조이다.



(그림 2) 개선된 RTP/RTCP 모듈 구조

QoS관리 및 처리 모듈은 수신자로부터 받은 피드백 정보에서 시간적, 순서적 특성을 파악하여 네트워크의 QoS 값을 검출하는 역할을 담당하는데, 이를 통해 QoS 관리 및 처리 모듈은 RTP 패킷의 순서번호 필드를 이용하여 각 송신자 별로 패킷의 손실이나 지연 특징을 수집하여 파라미터 테이블을 구성한다. 이렇게 관리되는 QoS 정보들을 통해 애플리케이션은 서비스의 질을 만족시킬수 있는 QoS 정책을 수행한다.

QoS 관리 및 처리 모듈에서 관리하는 QoS 파라미터들은 패킷 분실율, 세션 참가자에 대한 정보, 각 참가자들에 대한 데이터 전달 상황과 같은 세션에 관련된 정보들이다.

전송률 동적제어 모듈은 작성된 QoS 파라미터 테이블을 참조하여, 패킷들의 우선순위를 결정하는 역할을 한다. 각 수신자 별로 구성되어 있는 QoS 파라미터 테이블을 참조

하여 송신자는 적절하게 상태를 조절하여, 수신자에게 한층 높은 품질의 서비스를 제공할 수 있도록 큐의 상태를 조절한다.

3.3 동적 QoS 제공방안

동적 QoS는 서버와 클라이언트의 상태 정보와 네트워크의 상태 정보를 이용하여 QoS를 조절하는 것이다. 동적 QoS를 제공하기 위하여 네트워크, 서버 그리고 클라이언트의 상태에 관한 자료를 수집하고, 수집된 자료에 서 패킷 손실률, 지연시간, 대역폭등을 계산하여 QoS 파라미터 테이블을 만들게 된다. 이렇게 작성된 파라미터 테이블의 정보를 기준으로 데이터 서비스를 진행하게 되는 것이다.

본 논문에서 제안하는 동적 QoS 제공방안은 다음과 같이 세가지 기능적 특징을 가지고 있다. 첫째, QoS 정보 관리에 의한 전송률 동적 제어, 둘째 선택적 재전송, 셋째 클라이언트의 동적 버퍼 관리 등이다.

3.3.1 전송율 동적 제어

전송율 동적 제어는 클라이언트로부터 받은 QoS 파라미터 테이블을 기준으로 데이터의 전송율을 결정하게 된다. 전송율은 QoS 파라미터 의 항목인 손실율, 지연시간 그리고 대역폭등을 고려하여 패킷의 크기, 전송 간격등을 결정한다. 네트워크나 서버, 클라이언트의 상태를 고려하여 패킷을 구성하기 때문에 효율적으로 데이터를 전송할 수 있다.

3.3.2 선택적 재전송

선택적 재전송은 서버로부터 받은 RTP 헤더의 항목 중 순서번호를 확인하여 손실된 부분만 재전송을 요구하는 것이다. 서버는 패킷을 전송하고 클라이언트로부터 ACK나 NAK를 기다리지 않는다. 패킷에 대한 응답을 기다리게 되면 지연시간이 길어지고, 사용자에게 실시간 데이터를 전송할 수 없기 때문이다. 서버는 계속해서 데이터를 보내며, 손실된 패킷은 클라이언트에서 NAK를 보낼경우 서버에서 재구성하여 우선순위를 높여서 보내게 된다. 패킷을 재전송할 경우 네 가지 고려할 사항이 있는데, 그것은 다음과 같다.

- 재전송을 요구하는 시점을 정확히 판단
- 재전송이 요구된 패킷을 구성
- 수신측에서는 손실된 부분의 크기만큼 더미 데이터를 만들어 버퍼에 저장
- 패킷이 도착하면 순서번호를 참조하여 버퍼의 정확한 위치에 저장

3.3.3 동적 버퍼 관리

인터넷에서 전송되는 데이터는 송신측에서는 일정한 간격으로 패킷을 전송하지만 수신측에서는 가변적으로 패킷을 수신하게 된다. 수신측에서 가변적으로 도착하는 패킷의 단점을 해결하기 위해서 버퍼를 두어야 한다. 네트워크의 상태에 따라서 버퍼의 크기를 조절함으로서 사용자에게 보다 안정적으로 서비스를 할 수 있다.

본 논문에서 사용된 동적 버퍼는 데이터를 보내기 전에 패킷을 송수신 함으로써 네트워크의 상태를 파악한다. 클라이언트의 초기 버퍼 크기는 클라이언트에서 서버로 패킷을 보내고 패킷의 왕복 시간을 측정하여 계산한다[15].

3.4 스트리밍 서버의 기능 모듈

3.4.1 순차 제어 모듈

기존의 네트워크 구조 하에서는 UDP 프로토콜을 이용하여 데이터를 전송할 경우 패킷이 목적지까지의 도착을 보장하지 못한다. 또한 데이터의 순서를 보장하지 못한다. 그래서 RTP 패킷의 헤더에 시퀀스 넘버가 필요하다. 시퀀스 넘버가 있기 때문에 서버측으로부터 클라이언트에게 보내는 패킷의 순서를 파악할 수 있고 또한 손실된 패킷을 알 수있다.

3.4.2 시간 기록 모듈

RTP 패킷의 헤더에는 데이터가 샘플링 된 시간을 표시해 주는 부분이 있다. 도착지에서는 이 시간을 참조하여 각 데이터마다 도착한 시간과 보낸 시간을 계산하여 패킷의 지연시간을 계산할 수 있으며, 서버측에서의 데이터 처리 시간을 계산할 수 있다. 서버측에서는 데이터를 읽어 들이는 순간을 타임스탬프 필드에 기록한다.

3.4.3 패킷 처리 모듈

전송하고자 하는 데이터가 있을 때 RTP 헤더를 만들고 데이터를 넣어 주는 역할을 한다. 또한 클라이언트로부터 데이터의 재전송 요구를 받았을 경우 요청한 데이터를 패킷으로 재구성하여 클라이언트에게 전송하여야 한다.

데이터를 클라이언트로부터 받았을 경우 RTCP 데이터의 형식에 맞는지 검사를 해야 하고, 데이터를 추출해서 상황에 맞게 처리하는 역할을 한다.

3.4.4 세션 멤버 관리 모듈

세션에 참가한 사용자를 관리하기 위해서 RTCP 패킷을 이용하여 참가자의 부가 정보를 받게 된다. 부가 정보에는 이름, email, 전화번호 등이 있다. 또한 참가자가 서비스를 받기 원할 때, 참가자의 접속여부, 탈퇴 여부 등을 정보로 알려주며, 이를 테이블로 만들어 관리하게 된다. 이 정보는

〈표 1〉 사용자 정보 테이블

형 태	길 이	값
CNAME	30	lachen@mic.khu.ac.kr
NAME	30	문영준
EMAIL	30	lachen@mic.khu.ac.kr
PHONE	20	01x-xxxx-xxxx
ADDRESS	15	경희대학교
CLASS	5	높 음

클라이언트로부터 보내져온 RTCP 패킷을 구별하는데 사용된다. <표 1>은 사용자 정보 테이블의 예이다.

3.4.5 QoS 파라미터 테이블

스트리밍 서버는 기본적으로 많은 사용자가 사용하게 된다. 이에 클라이언트로부터 RTCP를 통해서 받은 정보들을 사용자별로 분류해서 관리를 해야 한다. 이렇게 만들어지는 파라미터 테이블의 값을 참조해서 사용자의 환경에 맞게 패킷을 구성하여 사용자에게 전송하게 된다. QoS파라미터 테이블에 들어가는 값은 <표 2>와 같다.

〈표 2〉 QoS 파라미터 테이블

QoS 파라미터테이블	최 근 값	평 균 값	최 대 값	최 소 값
패킷 손실율	%	%	%	%
패킷 지연율	%	%	%	%
대역폭 사용량	kbps	kbps	kbps	kbps
받은 패킷 수				
마지막 패킷 수				

3.5 스트리밍 클라이언트의 기능 모듈

3.5.1 패킷 손실 감시 모듈

기존 네트워크에서의 패킷 손실은 네트워크의 혼잡이나 전송에러로 인해 발생한다. 또한 RTP 패킷도 UDP를 기반으로 했기 때문에 손실이 발생한다. 멀티미디어 데이터의 QoS 보장 문제는 패킷의 손실을 모니터하고 패킷을 재전송 함으로써 해결할 수 있다.

패킷의 손실율은 RTP패킷의 시퀀스 넘버를 이용하여 계산할 수 있다. 클라이언트에서 받은 각 RTP 패킷의 손실량(N_{loss})을 서버에서 보낸 전체 패킷의 수($N_{transfer}$)로 나누어서 얻을 수 있다. 전체 패킷의 손실율(P_{loss})은 식 (1)과 같다.

$$0 \le P_{loss} = \frac{N_{loss}}{N_{transfer}}, \quad N_{transfer} \ge N_{loss} \qquad (1)$$

P_{loss} = 패킷 손실 확율
$N_{transfer}$ = 패킷의 총 전송량
N_{loss} = 패킷의 손실량

3.5.2 지연 감시 모듈

패킷은 네트워크에서 전송되는 도중에 수많은 네트워크 장치를 거치게 된다. 네트워크 장치를 통과할 때의 처리 속도나 서버에서 패킷을 전송할 때의 처리 속도, 그리고 클라이언트에서 패킷을 수신 후 데이터의 처리 속도 등이 지연에 포함된다. 이 지연시간은 RTP 헤더의 타임스탬프 필드와 클라이언트에서 패킷을 수신한 시간을 이용하여 계산한다. 전체 지연시간은 이전 패킷이 도착할 때 소요된 시간과 현재 패킷이 도착한 시간과의 차이를 이용하여 구할 수 있다. 즉, 전송 패킷의 지연시간은 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$D_{total} = (S_j - R_j) - (S_i - R_i) \quad i = 0, 1, 2, \cdots \quad j = i+1 \qquad (2)$$

D_{total} = 전체 전송패킷의 지연
S = 전송패킷
R = 수신패킷
i, j = 전송순서

3.5.3 대역폭 감시 모듈

네트워크 미디어를 통해서 전송되는 데이터의 측정하기 위한 것으로, 클라이언트에서 수신한 전체 데이터의 크기를 더한 값을 총 대역폭으로 한다. 총 대역폭을 단위 시간으로 나누어서 시간별 대역폭을 구할 수 있으며, 이 데이터를 참조해서 데이터의 크기를 결정할 수 있다. 대역폭을 구하는 식은 식 (3)과 같다.

$$B_{total} = \frac{\sum_{i=0}^{n} R_i}{t} \quad i = 0, 1, 2, \cdots, n \qquad (3)$$

B_{total} = 총 대역폭
R_i = 받은 패킷의 수
i = 패킷의 순서

3.5.4 QoS 정보 관리 모듈

멀티미디어 데이터 전송의 QoS를 보장하기 위해서는 정확한 QoS 정보가 필요하다. 정확한 QoS 정보를 수집하기 위해 클라이언트에서는 도착되는 RTP 패킷들을 분석하여 값을 얻을 수 있다. 패킷으로부터 얻을 수 있는 값에는 패킷 손실율, 지연시간, 대역폭, 도착한 총 패킷의 수 그리고 마지막으로 도착한 패킷 등이 있다.

3.5.5 RTCP 패킷 처리 모듈

RTCP 패킷은 데이터 요구, 사용자 정보전달, QoS 정보전달 등 여러 가지 목적으로 사용된다. 패킷의 사용용도에 맞게 패킷을 구성하고 서버에게 패킷을 전달하게 된다. 또한 서버로부터 수신된 RTCP 패킷을 해석하고, 클라이언트에게 정보를 전달하는 역할을 한다.

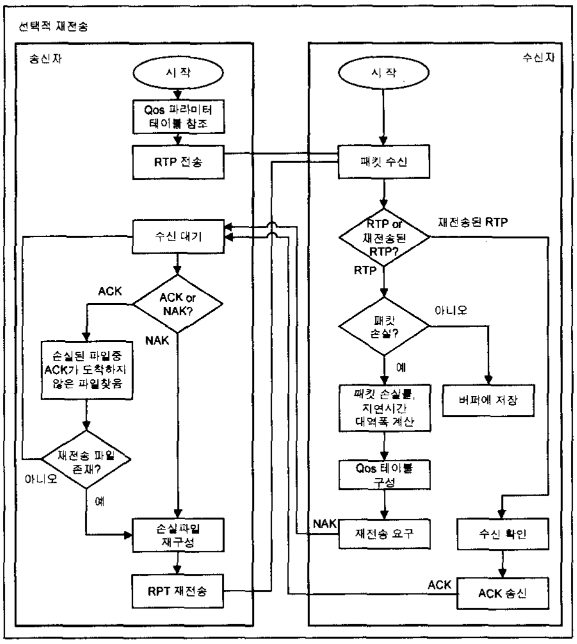
3.6 동작 시나리오

본 논문에서 제안한 SRARC 모듈 구조의 데이터 송수신 시에 따른 동작 상태를 (그림 3)에 정의하였다.

송신자는 RTP를 통해서 멀티미디어 데이터를 전송하게 되는데, 이때 송신자에서 제공하는 기능은 인코더 제어, 손실 패킷의 재구성, 각 수신자 별 패킷 손실 상태 분류 등을 포함한다.

한편, RTP를 통한 멀티미디어 데이터 전송 중에 송신자는 수신자로부터 RTCP 패킷을 통해 피드백 정보를 제공받게 된다. 그러나 이러한 피드백 정보는 멀티캐스트 통신의 특성상 수신자의 회선상태, 거리, 전송기술 등에 따라 다양한 값을 갖게 된다. 그러므로 제공받은 피드백 정보를 조합

하여 다음 RTP 패킷의 전송에 대한 파라미터 정보로 사용된다.



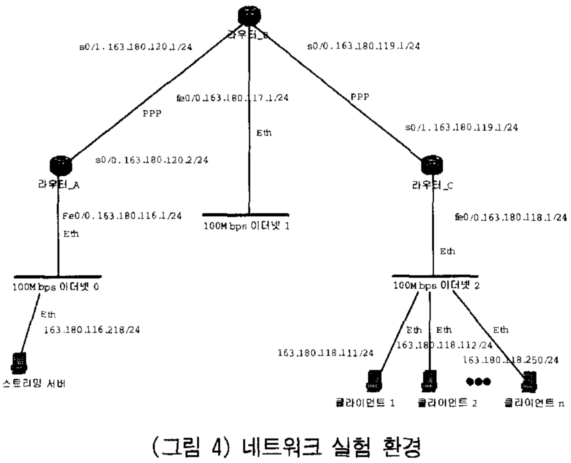
(그림 3) SRARC 동작 시나리오

수신자는 RTP 패킷을 송신자로부터 받으며, 받은 정보를 분석하여 패킷 손실, 지연여부를 계산하여, 이를 바탕으로 QoS 테이블을 작성한다. 작성된 QoS 테이블은 RTCP를 이용하여 송신측에 전달한다.

4. 동적 QoS 제공방안의 성능 평가

4.1 실험 환경

실험에 사용된 네트워크 환경은 (그림 4)와 같다. 라우터_A, 라우터_B 그리고 라우터_C를 사용하였으며, 이더넷은 100 Mbps를 사용하였고, 라우터 간의 시리얼 연결은 115.2 Kbps를 사용하였다.



(그림 4) 네트워크 실험 환경

실험에 사용된 파일은 약 3Mbytes의 MP3 파일을 사용하였다. 이 MP3 파일은 128kbps의 비트율을 가지며, 44khz의 샘플링 주파수를 가지고 있다. 재생시간은 약 4분이다.

4.2 기존의 RTP를 개선하기 위한 방법

현재의 IP 기반의 네트워크에서 QoS를 보장하기 위해서 여러가지 기법이 제안되었다. 대표적인 방식으로 SR과 Go-Back-N 방식이 있다[16]. SR과 Go-Back-N 방식은 TCP/IP 같은 네트워크에서 데이터의 신뢰성을 제공하기 위하여 사용하는 방식이다. 데이터의 신뢰성을 보장하기 위해 송신측에서는 수신측으로 데이터를 보내고, 그에 대한 응답을 받아 제어하는 방식이다. 그러나 데이터의 신뢰성을 보장하는 대신 데이터의 지연과 대역폭이 증가한다.

한편, 현재 사용되고 있는 대표적인 스트리밍 기법으로는 Microsoft사의 MMS(Microsoft Media Server)와 Real Video 서버 등이 있다. 이러한 상용의 서버는 프로토콜의 구조나 전송 방식을 공개 하지 않기 때문에 비교에 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 스트리밍의 기반이 되는 프로토콜인 RTP와 선택적 재전송을 추가한 RTP를 구현하여 SRARC의 성능을 검증하였다.

4.3.1 RTP 실험

RTP를 사용하여 재전송 없이 서버에서 클라이언트로 보내는 실험을 하였다. 패킷의 데이터 크기는 1024bytes로 하였으며, 3000개의 패킷을 보내 사용된 대역폭과 손실율, 그리고 지연시간을 측정하였다.

4.3.2 선택적 재전송 실험

RTP를 기반으로 하는 IP 네트워크에서 선택적 재전송 기법을 사용하여 패킷을 전송하는 실험을 수행하였다. 패킷의 데이터 크기는 1024bytes로 하였고, 3000개의 패킷을 보내 네트워크의 대역폭과, 패킷의 손실율, 지연시간을 계산하였다. 서버에서 클라이언트로 데이터를 전송하고 클라이언트에서 순서 번호를 확인하여 손실된 데이터를 서버에게 요청하여 재전송한다.

4.3.3 SRARC 실험

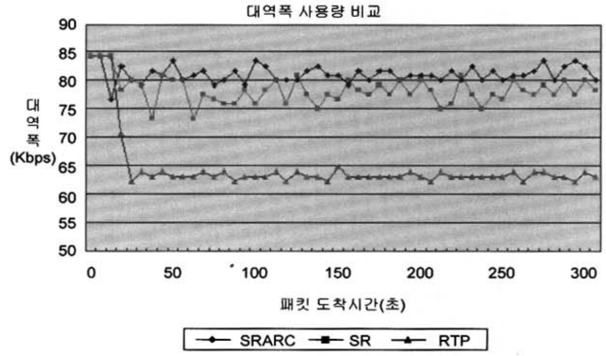
SRARC 실험에서는 선택적 재전송과 마찬가지로 RTP를 기반으로 하였으며, 패킷의 데이터 크기는 1024bytes로 하였고, 3000개의 패킷을 서버에서 클라이언트로 보내 네트워크의 대역폭과, 패킷의 손실율, 지연시간을 계산하였다. 클라이언트에서는 순서번호를 확인하여 재전송을 요구하였으며, 재전송을 요구할 때 대역폭과, 손실율 그리고 지연시간의 정보를 함께 전송한다. 서버에서는 이러한 정보를 이용하여 패킷의 전송 시간을 결정하며, 네트워크의 혼잡이 심한경우 패킷의 지연을 늘이고, 혼잡이 없는 경우 지연시간을 줄이게 된다.

4.3 실험 결과

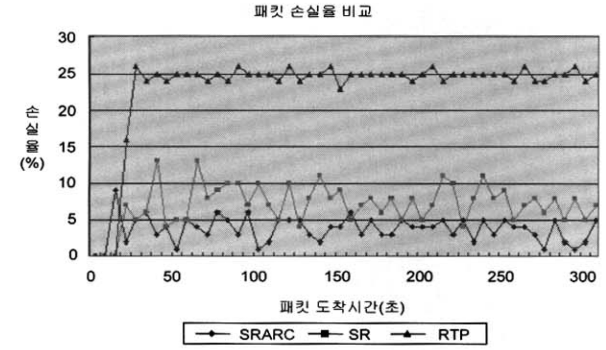
(그림 5)는 기존 방식과 SRARC의 대역폭 이용률에 대한 실험 결과이다. RTP를 사용한 방식은 대역폭을 약 64Kbps 정도 사용하고 있다. 또한 SR은 약 76Kbps를 사용하고 있다. SR의 경우 손실된 패킷을 재전송하여 받기 때문에 대역폭의 사용량이 증가한 것이다. 제안된 방식인 SRARC는 SR보다 더 많은 대역폭을 사용하고 있다. SRARC는 재전송의 빈도와 데이터 패킷이 더 많이 도착하고 있음을 보여주는 것이다.

(그림 6)은 패킷 손실율에 대한 실험 결과이다. RTP 방식의 경우 약 25%의 패킷 손실을 보였으며, SR은 5~12% 정도의 패킷이 손실 되었다. 이러한 결과는 네트워크의 상태를 고려하지 않고 재전송 하기 때문에, 네트워크에서 지연이 많이 발생할 경우 적절하게 대처하지 못하기 때문이다. 반면, SRARC는 평균적으로 약 5% 미만의 패킷 손실을 보이고 있다. 네트워크의 상태에 따라서 패킷의 전달 시간을 조절하기 때문에 패킷이 손실될 확률이 적어진다는 것을 확인할 수 있다.

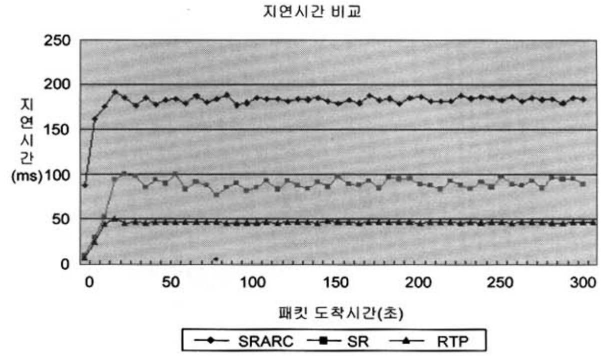
마지막으로 (그림 7)은 지연 시간에 대한 실험결과이다. RTP의 경우 재전송 없이 데이터를 보내므로, 패킷의 도달 시간은 약 50ms 정도이며, SR은 손실된 패킷에 대해서 재전송 하기 때문에 약 90ms 정도의 지연이 발생하였다. 한편, SRARC는 기존의 SR 기법이나 RTP 기법보다 더 많은



(그림 5) 제안된 SRARC 기법의 대역폭 이용률 비교



(그림 6) 제안된 SRARC 기법의 패킷 손실률 비교



(그림 7) 제안된 SRARC 기법의 지연시간 비교

약 175ms 정도의 전송 지연이 발생하였다. 이러한 지연 시간 측면에서의 성능 저하는 SRARC의 재전송과 데이터 전송율 제어에 소요되는 처리 시간의 증가에 기인한다. 지연시간의 증가는 SRARC의 특성 상 피할 수 없는 결과이다. 그러나 175ms의 지연 시간은 클라이언트의 버퍼에 저장되어 있는 데이터가 모두 플레이되기 전에 도착한 패킷에 대해서는 유효한 패킷으로 처리하는 스트리밍 서비스의 특성상 허용 지연 시간 범위 내에 포함되는 수치이다.

결국, 본 논문에서 제안한 SRARC는 기존의 방법에 비해 지연 시간은 증가하지만 패킷 손실은 약 5% 정도 감소하였고, 대역폭 또한 더 효율적으로 사용하고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 SRARC 기법이 멀티미디어 데이터 전송에 있어서 기존의 SR 및 RTP 기법에 비하여 훨씬 더 좋은 서비스 품질을 제공할 수 있다는 사실을 입증한다.

5. 결 론

네트워크를 통한 서비스가 다양해짐에 따라 멀티미디어 데이터를 송·수신하는 애플리케이션의 수요 및 개발이 증가하였다. 멀티미디어 데이터의 특성을 고려하여 만들어진 RTP 프로토콜은 인터넷에서 매우 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 RTP는 안정적인 멀티미디어 서비스 제공을 위해 꼭 필요한 QoS 제공에서는 많은 취약점을 드러내고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여, 본 논문에서는 실시간 전송기능을 지원하고, 멀티미디어 데이터 전송 시에 발생하는 관리 정보를 통해 QoS를 제공할 수 있는 개선된 SRARC를 제안하였다. RTP를 이용하여 멀티미디어 데이터를 전송하는데 있어, QoS를 제공하기 위해 전송율을 동적으로 제어하는 모듈과 문제가 되는 패킷을 선택적으로 재전송하는 모듈을 추가하는 방안을 제안하였으며, 이를 이용하여 네트워크에서 데이터의 손실율이 낮아지는 것을 실험을 통하여 검증하였다. SRARC 기법의 적용을 통하여 멀티미디어 서비스의 품질을 높일 수 있고, 현재의 네트워크에서 안정적인 멀티미디어 데이터 전송을 기대할 수 있다.

향후 본 논문에서 제안한 SRARC를 WAN 구간을 포함

한 인터넷 망에 적용하여 QoS 제공에 대한 품질 평가를 실험할 계획이며, 나아가 고품질의 멀티미디어 데이터를 여러 사용자에게 송수신할 수 있는 서비스에 대한 연구를 지속할 예정에 있다.

참 고 문 헌

[1] H. Schulzrinne, "Realtime Streaming Protocol," IETF RFC 2326, 1998.

[2] I. B. Busse, B. Deffner, H. schulzrinne, "Dynamic QoS Control of Multimedia Applications based on RTP," R2116 TOMQAT, 1995.

[3] ITU-T Draft Recommendation H.323, "Visual Telephone Systems and Equipment for Local Area Networks which Provide a Non-Guaranteed Quality of Service," May, 1996.

[4] H. Schulzrinne , "RTP : A Transport Protocol for Realtime Application," RFC 1889, 1996.

[5] H. Schulzrinne, "RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control," RFC 1890, 1996.

[6] A. Basso, G. L. Cash, M. R. Civanlar, "Real-time MPEG-2 delivery based on RTP," IEEE, 1999.

[7] 강민규, 궁상환, 김동규, "RTP/RTCP를 이용한 영상회의시스템에서 오디오 패킷 손실 보상을 위한 동적 부가 전송 매커니즘 개발 및 성능 분석", 한국정보처리학회, 1998.

[8] 모수정, 안종석, "RTP/RTCP를 위한 확장성 있는 피드백 제어 기법", 한국정보과학회, 1998./

[9] James F. Kuros, Keith W., "Computer Networking : A Top-Down Approach Featuring the Internet," addison Wesley Press, 2001.

[10] Seung-Gu Na and Jong-Suk Ahn, "TCP-Like Flow Control Algorithm for RealTime Application," IEEE, 2000.

[11] Yeali S. Sun, F-M Tsou, Meng Chang Chen, Zsehong Tsai, "A TCP-Friendly Congestion Control Scheme for Real-time Packet Video Using Prediction," IEEE, 1999.

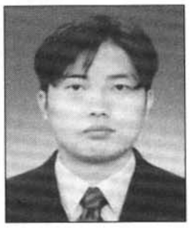
[12] Dorham Sisalem, adam Wolisz, "Towards TCP-Friendly Adaptive Multimedia Application Based on RTP," IEEE, 1999.

[13] Yeali S.Sun, Fu-Ming Tsou, Meng Chang Chen, "Predictive flow control for TCP-friendly end-to-end real-time video on the Internet," IEEE, 2002.

[14] RTP Working Group, http://www.cs.columbia.edu/~hgs/rtp/.

[15] 박완규, 박규석, "VOD 시스템에서 클라이언트 버퍼를 위한 전송율 제어 알고리즘 설계 및 분석," 멀티미디어학회, 1998.

[16] David McDysan, "QoS & Traffic Management in IP & ATM Networks," 2000.



문 영 준

e-mail : lachen@khu.ac.kr

2001년 경희대학교 전자계산공학과(공학사)

2003년 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)

2003년~현재 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정

관심분야 : 인터넷 QoS, 멀티미디어 통신, 무선 통신

유 인 태

e-mail : itryoo@khu.ac.kr

1987년 연세대학교 전자공학과(공학사)

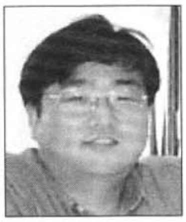
1989년 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

1994년 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

1997년 The University of Tokyo (Ph.D)

1999년~현재 경희대학교 전자정보대학 부교수

관심분야 : 인터넷, 네트워크 보안, 무선 LAN



박 광 훈

e-mail : ghpark@khu.ac.kr

1985년 연세대학교 전자공학과(공학사)

1987년 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

1990년 Department of Electrical Engineering and Applied Physics, Case Western Reserve University(M.S.)

1994년 Department of Electrical Engineering and Applied Physics, Case Western Reserve University(Ph.D)

1997년~2001년 연세대학교 전산학전공 부교수

2001년~현재 경희대학교 전자정보대학 부교수

관심분야 : 패턴인식, 연산지능, 영상처리, 동영상 데이터 압축처리, 신호처리