
분산 멀티미디어 환경에서 효율적인 교재 제시 시스템에 관한 연구

서정희* · 박홍복*

A Study on Effective Lecture Presentation System in Distributed Multimedia Environments

Jung-Hee Seo* · Hung-Bog Park*

이 논문은 2004년도 부경대학교발전기금재단의 지원에 의하여 연구되었음

요 약

분산 멀티미디어 환경에서 교재 제시를 위한 미디어내·미디어간 동기화는 전송 데이터의 지연과 손실 및 미디어별 전송 특성 등과 같이 비동기 오차로 인해 미디어들간의 정확한 시간 관계성을 보장하기가 매우 어렵다. 미디어내 동기화는 표현률에 영향을 받기 때문에 네트워크 지연으로 인한 미디어 도착률이 비정상적일 때 지터 현상이 발생한다. 그리고 각각의 미디어 스트림에서 지터의 누적된 결과로 미디어간 스큐가 발생한다. 이런 현상은 원격 교육에서 네트워크 지연으로 인해 학습자의 내용 인식에 혼란을 야기시키고, 송·수신측의 효율적인 상호 작용을 제공하지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 미디어 또는 하나 이상의 미디어 사이에서 시간 관계성의 요구 사항을 유지함으로써 네트워크 지연으로 인한 문제점을 해결할 수 있다. 또한 표현률에 영향을 받는 미디어내 동기화 방법을 제안하고, 원격 교육을 위한 교재 제시 시스템을 구현하였다.

ABSTRACT

Synchronizations of intra·inter media for the lecture presentation in distributed multimedia environments are difficult to guarantee accurate temporal relationship between media, due to the asynchronous errors such as the delay or loss of transferred data or the transmission characteristics of each media. The jitter phenomenon occurs when the network delay has the media arrival rate abnormal because the intra-media synchronization reflects the presentation rate. And the cumulative effective of jitters on a per media stream basis results in a skew. This phenomenon cause confusion to contents recognition of learners due to network delay and can not provide effective interaction of sender and receiver in the distance education. Therefore, this paper can be solution to problems due to network delay by maintaining the requirements of temporal relationship between more than one media. And this paper enables to suggest the inter-media synchronization method that is subject to be influenced by presentation rate, and to implement lecture presentation system for distance education.

키워드

Distributed Multimedia, Jitter, Lecture Presentation, Distance Education, Media Synchronizations, RTP, RTCP

1. 서 론

분산 멀티미디어 환경에서 개발되는 실시간 원격 교육, 영상 회의, 주문형 미디어들은 대용량 오디오·비디오 데이터에 대해 실시간 서비스를 요

구하고 있으나 대부분 컴퓨터 네트워크의 대역폭은 미디어 데이터의 동기화에 많은 문제점을 가지고 있다. 또한 사용자들의 다양한 요구와 네트워크 트래픽(Traffic)의 변화는 비디오 인코딩, 저장, 비디오 화질, 데이터를 등을 주어진 시간 내에 사용

* 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

접수일자 : 2004.10. 8

자들에게 제공하기 위한 프레임의 예측으로 인해 비디오 서버의 부하를 야기시킨다. 원격 교육, 영상 회의와 같은 분산 멀티미디어 환경에서의 응용은 QoS(Quality of Service) 파라메타의 특징인 미디어내 지터(Intra-Medium Jitter), 미디어간 스큐(Inter-Media Skew), 종단간 지연(End-to-End Delay : EED) 등 멀티미디어 동기화에 대한 제약 요소들이 발생한다[4, 6]. 미디어내 지터는 네트워크를 통해서 전송되는 멀티미디어 세션의 연속적인 두 패킷에서의 다양한 지연을 나타내고, 미디어간 스큐는 오디오, 비디오와 같이 두 미디어의 동기화된 멀티미디어 스트림 사이에서 서로 다른 도착률을 발생시키므로 표현 미디어에 대한 표현 시간의 편차를 나타낸다. EED는 서버측에서 메시지를 전송해서 수신측에 메시지가 도착하는 시간의 차이를 나타낸다. 인터넷과 같이 이질적이고 비동기적 환경에서의 멀티미디어 세션은 예측할 수 없는 네트워크의 트래픽, 한계를 벗어난 지연, 패킷 손실, 정체 등에 의해서 QoS 파라메타에 영향을 미친다.

분산 멀티미디어 환경의 응용 예로 현재 웹 기반의 원격지 동기적인 학습 시스템[6, 9, 10]은 교수와 학습자간에 다양한 통신 수단을 이용해 학습이 이루어지고 시간과 공간의 제약을 극복할 수 있다는 큰 장점에도 불구하고 전형적인 일반 교육과는 달리 학습자와의 상호 작용, 학습 상태 및 참여 현황 파악이 어렵기 때문에 교수는 학습 과정에만 치중한 반면 학습자에 대한 효율적인 관리 기능을 제공하지 못하고 있다. 또한 원격지 멀티미디어 학습은 영상·음성뿐만 아니라 교재 제시 또한 중요한 요소로 작용하고 있다. 그러므로 전형적인 강의에서 사용되는 흑판 등을 촬영하여 영상 전송 기능을 그대로 이용하는 교재 제시 기법은 고해상도의 영상 기술과 촬영 기술의 기능까지 요구되므로 원격 강의의 큰 장애 요인이 된다[12, 13]. 기존의 시스템 구축 현황은 위성 통신, 전용 ATM 망, 고속 네트워크를 이용하여 음성과 영상을 전송하고 있지만 스크린의 해상도와 스크린 업데이트 지연으로 인한 동기화 문제가 남아 있다. 또한 국내에서 개발한 스쿨캡[14]은 중등 컴퓨터 교육에서 활용되고 있지만 발표자의 동영상 데이터를 실시간으로 전송하지 못하고, 각 클라이언트측에서는 스쿨캡 소프트웨어를 사용하기 위해 프로그램을 클라이언트 수에 비례하는 설치 작업이 요구된다. 또한 플로리다 대학의 웹에 기반한 Course Management Package은 WebCT란 이름으로 비동기적인 학습 네트워크를 지원하며 비디오 영상을 초당 1~5 프레임으로 전송하므로 영상이 부자연스럽다[1]. UNH 대학의 Far View Program은 학습 소프트웨어로서

표준 브라우저 또는 화이트보드의 슬라이드 형태로 데이터를 전달하고 화면 갱신에 많은 시간을 요구한다[3]. 일본의 PC-SEMI는 전용 회선을 이용한 기술 등을 사용하고 있다[13]. 따라서 현재에 개발된 시스템들은 주로 비동기적인 방식을 채택하고 송·수신측 사이의 상호 작용이 결여되어 있다.

분산 멀티미디어 환경에서는 전송 데이터의 지연과 손실 및 미디어별 전송 특성 등과 같이 비동기 오차로 인해 미디어들간의 정확한 시간 관계성을 보장하기가 매우 어렵다. 따라서 다양한 미디어의 성질과 특징을 분석하여 멀티미디어 스트림의 시간 관계를 복원시켜야 한다. 그러므로 상호 독립적인 연속 매체와 비연속 매체를 컴퓨터로 제어하도록 통합하고 이들 사이의 동기화, 즉 교재 제시 시스템에 대한 전자적인 매체의 슬라이드와 오디오·비디오 스트림과의 동기화가 제공되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 네트워크의 지연으로 인한 수신측의 내용 인식의 혼동 문제를 최소화하고, 송·수신측의 효율적인 상호 작용을 제공하기 위해서 RTP timestamp, RTCP SR, RR 정보를 송신측과 수신측 상에서 캡처하여 네트워크 상태를 파악하고, 웹 서버의 QoSParameter를 통해서 멀티미디어 세션의 QoS 파라메타를 제어한다. QoSParameter는 캡처된 제어 정보를 기반으로 동기화를 위한 전송 데이터를 예측하여 네트워크에 적응적으로 적용함으로써 네트워크 상태에 따른 다양한 전송률을 보장한다. 목표로 하는 전송 데이터들은 SAMCoW 알고리즘과 움직임 보상 기법[8]을 사용하여 웨이브릿 기반의 스케일러빌리티를 구현함으로써 표현률에 영향을 받는 미디어내 동기화 제어 방법을 제안하고 교재 제시 시스템에 구현한다.

II. 교재 제시 시스템

2.1 교재 제시 시스템의 구성

본 논문의 원격 교육을 위한 교재 제시 시스템의 구성도는 그림 1과 같다. 송·수신측은 웹 서버와 멀티미디어 서버로 구성된다. 미디어 데이터는 멀티미디어 서버로부터 전송받고, 제어 데이터는 웹 서버로부터 RTP·RTCP 프로토콜을 사용하여 전송받는다. 웹 서버의 QoSParameter는 선택된 IP 멀티캐스트/유니캐스트 주소로부터 미디어의 도착 시간과 제어 데이터 정보의 체크를 통하여 송신측과 수신측 사이의 RTP timestamp·RTCP SR, RR의 정보를 캡처하며 클라이언트측의 전송할 데이터를 예측한다. 여기서 QoSParameter는 단지 송

신측과 수신측 사이의 제어 데이터를 체크하여 전송 데이터를 예측하고, 예측된 정보를 멀티미디어 서버로 전송한다. 멀티미디어 서버는 슬라이드와 오디오, 비디오의 동기화를 제공하기 위해서 QoSParameter에서 예측된 전송 데이터를 기반으로 SAMCoW(Sc-

alable Adaptive Motion Compression Wavelet) 알고리즘을 이용한 웨이블릿 기반의 부호화를 수행한다. 수신측은 웹 서버를 통한 어플리케이션 연결을 시도하고 서버측은 클라이언트측으로 인증서를 전송하고, 클라이언트는 응용프로그램 다운로드, 캐쉬 및 실행한다. 또한 수신측은 JNLP(Java Network Launching Protocol)를 통한 JMF Player를 통해서 미디어를 표현하고, 비디오와 오디오의 재생은 QoSParameter의 제어 정보를 바탕으로 재생률을 조절하기 위해서 버퍼링을 기반으로 한다. 전체 버퍼링 용량은 임계치에 의해 지정된 EED에 의해 제어된다.

본 논문의 QoSParameter는 미디어내 지터와 미디어간 스큐를 주어진 임계치보다 작은 EED의 허용 범위 내에서 제어한다. 일반적으로 임계치는 멀티미디어 세션의 종류에 따라 다르게 나타난다. 예를 들면, 실시간 영상 회의는 500ms, 주문형 비디오는 5s보다 높게 지정한다.

2.2 교재 제시 시스템의 미디어내 동기화

미디어내 동기화는 표현률에 영향을 받기 때문에 네트워크 지연으로 인한 미디어 도착률이 비정상적일 때 지터 현상이 발생한다. 그리고 각각의 미디어에서 지터의 누적된 결과로 인해 미디어간 스큐가 발생한다. 따라서 미디어간 동기화는 미디어내 동기화를 향상시키고 미디어 사이에서 시간-관계성의 요구 사항을 유지함으로써 네트워크 지연의 문제점을 해결할 수 있다.

그러므로 멀티미디어 시스템은 시간·의존적, 시간·독립적 미디어를 컴퓨터 제어 하에서 통합적으로 저장 및 표시하는 특징을 가지고 있고, 다양한 통합을 제공하기 위한 여러 종류의 기반 기술이 요구된다. 특히 원격 교육 시스템의 송신측과 수신측와의 상호 작용에서 현재 송신측의 전자적인 슬라이드의 특정한 데이터를 수정하면 수신측의 화면이 수정된 데이터로 업데이트될 때까지의 네트워크 트래픽에 따라 다양한 지연 시간이 발생하고, 이런 지연 시간은 수신측의 혼란을 야기시킬 수 있다.

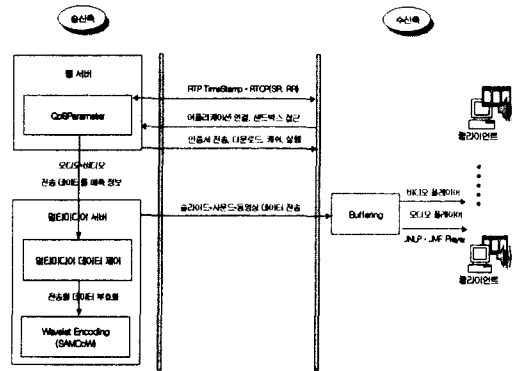


그림 1. 교재 제시 시스템의 구성도
Fig. 1 Block Diagram of Lecture Presentation System

예를 들어, 송신측에서 전자적인 슬라이드의 특정 부분을 지정하고 이 부분에 대해 설명할 때 수신측은 송신측의 오디오 신호를 먼저 수신받은 후 전자적인 슬라이드의 수정된 정보를 전송받는다. 따라서 수신측은 송신자가 업데이트하기 전에 나타난 슬라이드의 데이터에 대해 언급하고 있다고 생각한다. 즉 수신자는 업데이트된 프리젠테이션 데이터를 수신받지 못하고 수신자측 화면이 갱신되지 않은 상태에서 오디오가 먼저 전송되므로 내용 인식에 혼란을 야기시킨다. 이런 현상은 서버에 접속하는 클라이언트 단위가 클수록 더 심각하게 나타난다. 이런 문제점을 보완하기 위해, 본 논문에서는 여러 미디어 매체들을 통합할 때 이들 사이의 동기화, 즉 전자적인 슬라이드와 오디오 샘플과의 동기화, 오디오와 비디오 데이터와의 동기화를 미디어내 동기화를 제어하여 향상시킴으로써 성취할 수 있다. 따라서 네트워크 상태에 적응적인 전송 데이터를 전송하여 미디어내 시간 관계성을 유지시키고, 이로 인한 미디어간 동기화에 기여할 수 있다.

III. 멀티미디어 제어

3.1 멀티미디어 세션의 QoS 파라메타 제어

실시간 멀티미디어 기술과 웹 환경을 통합하기 위한 방법으로 먼저 단순히 웹을 실시간 멀티미디어 응용의 사용자 환경으로 구축하는 방식이 있으며 인터넷 실시간 기술인 RTP, RTCP 및 UDP로 전송받은 데이터를 플러그·인을 통해 웹 상에서 재생만을 수행한다. 이러한 방식은 인터넷 폰이나 비디오 브로드캐스팅, 온·디맨드용으로 현재 많

이 사용되고 있다.

스트림의 실시간 전송 및 제어를 위한 RTP(Real Time Transmit Protocol)는 실시간 미디어 영상과 같은 멀티미디어 데이터를 실시간으로 전송하는 프로토콜로서 멀티캐스트, 브로드캐스트, 유니캐스트 네트워크를 이용해서 실시간 미디어 데이터를 전송한다. 그리고 실시간 전송 데이터에 대한 일련 번호를 제공하여 데이터를 순차적으로 처리할 수 있고, 데이터가 생성된 시간 정보(Timestamp)를 제공하여 데이터가 처리되어야 하는 시간 정보를 알려 준다[2, 4, 6].

또한 RTCP(Real Time Control Protocol)는 제어 프로토콜로서 세션에 참가하는 모든 참가자들에게 피드백을 주기적으로 전송하는 RTP와는 독립적으로 세션과 관련있는 제어 패킷을 송·수신한다. RTCP 제어 메시지를 이용할 경우 세션에 관한 정보는 물론이고, 오류 복구 및 흐름 제어까지도 할 수 있다. RTCP의 SR과 RR에 포함되어 있는 지터 정보, 송신 및 수신한 패킷에 대한 정보를 이용하여 서버에서 네트워크의 상태에 따른 적절한 대응이 가능하다.

그림 2와 그림 3은 미디어에 대한 동기화의 개념도를 나타낸다. 그림 2와 같이 비디오 패킷은 오디오 패킷 보다 지연되거나 먼저 도착할 수 있다. 만일 적절한 간격 내에 재생 시간이 빠르거나 늦어 진다면 미디어 데이터는 기다리거나 제거되어야 한다. 그러므로 그림 3과 같이 미디어의 재생 시간을 설정할 수 있다. 앞에서 언급한 오디오와 비디오의 시간 정보를 바탕으로 미디어의 시작과 종료 시간을 일치시키고, 다음 시작할 재생 시간 전까지 비디오 프레임을 DataRate가 될 때까지 점진적으로 전송한다.

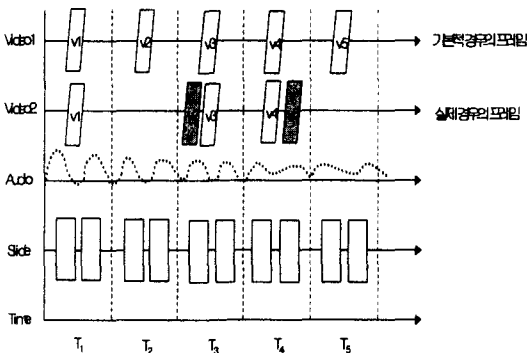


그림 2. 미디어의 동기화 개념도(a)
Fig. 2 Synchronization Concepts of Media(a)

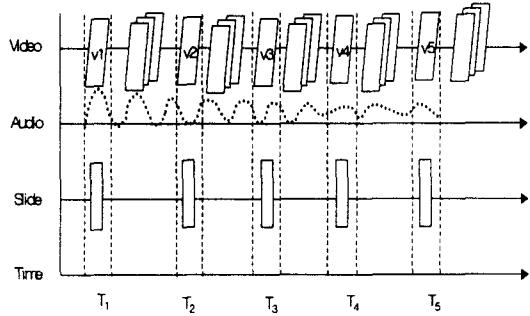


그림 3. 제안된 미디어의 동기화 개념도(b)
Fig. 3 Synchronization Concepts of Proposed Media(b)

본 논문에서 멀티미디어 세션의 실시간 QoS 파라메타를 제어하기 위한 방법은 다음의 그림 4, 그림 5와 같이 QoSParameter를 웹 서버에 추가한다. QoSParameter는 RTP·RTCP의 포함되어 있는 지터 정보와 송신(SR), 수신(RR) 패킷에 대한 정보를 이용하여 통신 상태 정보를 예측한다. 예측된 정보를 통해서 서버는 클라이언트측에 전송할 데이터를 결정한다. 따라서 서버측은 멀티미디어 세션에서 네트워크 상황에 따른 적응적인 데이터를 부호화하고 수신측에 전송하기 때문에 미디어내 동기화에 기여할 수 있다.

QoSParameter의 제어 정보는 표 1과 같다.

표 1. QoSParameter의 제어 정보
Table. 1 Control Informations of QoSParameter

jitter _i	i 번째 미디어 단위에 대한 시작 위치
δ_i	송신측과 수신측의 시간 차
DataRate	전송 데이터율
SR	송신측의 시간
RR	수신측의 시간
TimeStamp _i	i 번째 미디어 단위의 RTP Timestamp
SN	한 스트림에서의 연속적인 패킷들
PlayOut _i	i 번째 미디어 단위의 Playout time
sys_time _i	i 번째 미디어 단위가 도착한 시스템 시간

QoSParameter에 의한 네트워크 시간에 대한 감시 및 제어는 식(1)과 같다. 전송 시간에 대한 지터가 임계치 보다 낮으면 미디어에 대한 데이터를 증가시키고, 임계치보다 높으면 데이터를 감소시킨다. 여기서 Threshold는 평균 지연 시간의 하

한값이고 jitter_i의 일반화는 식(2)와 같다. 이때, δ_i는 수신측과 송신측과의 시간 차를 나타내고 식(3)과 같다.

$$\begin{cases} \text{if } jitter_i < Threshold \text{ then } DataRate \text{ increment} \\ \text{otherwise,} & DataRate \text{ decrement} \end{cases} \quad \text{식(1)}$$

$$jitter_i = jitter_{i-1} + (\delta_i - jitter_{i-1})/16 \quad \text{식(2)}$$

$$\delta_i = receiver_time - send_time \quad \text{식(3)}$$

송신측의 시간은 가장 최근에 도착한 RTCP SR packet에 의해 RTP packet timestamp과 소스의 실시간 정보를 통해서 재구성된다. RTP 패킷은 지터를 계산하기 위해서 검사하고, RTCP SR 패킷은 송신측의 실제 시간과 RTP timestamp 사이의 관계성을 업데이트하기 위해 사용된다. DataRate는 송신측에서 수신측으로 전송할 데이터량을 나타낸다.

미디어 데이터의 송신·수신 과정은 그림 4, 그림 5와 같다. 먼저, 미디어 데이터를 송신하기 위해서는 캡처 디바이스를 통한 오디오·비디오 미디어 데이터와 파일 데이터를 데이터 소스(Data Source)에 전송하고 데이터 소스를 통해서 프로세서(Processor)를 생성한다.

프로세서에서 스케일러블한 웨이브릿 부호화를 수행하여 새로운 데이터 소스를 생성한다.

가공된 데이터 소스를 세션 매니저(Session Manager)를 통해 네트워크로 전송하거나 데이터 싱크(Data Sink)를 통해 파일 형태로 저장한다.

오디오·비디오 수신은 네트워크로 전송받은 데이터를 세션 매니저를 통해 데이터 소스로 분리하

고, 스트림을 수신하여 데이터 소스를 획득한다. 획득한 데이터 소스를 통해서 프로세서 또는 플레이어(Player)로 넘겨서 데이터 소스를 클라이언트 화면 상에 출력하거나 파일로 저장한다. 따라서 송신측의 장치 디바이스를 캡처한 데이터 소스를 세션 매니저를 통해 인터넷으로 전송한다. 이때 RTP 기반 하에서 데이터를 전송하고 수신측은 네트워크의 세션 매니저를 통해 전송받은 데이터 소스를 플레이한다.

3.2 멀티미디어 데이터 제어

멀티미디어 데이터 및 제어 정보는 RTP·RTCP 프로토콜에 대한 정보를 사용하고, QoSParameter를 통해서 서버측으로부터 제어 정보를 전송받는다. 서버는 다중 접속을 허용하기 위해 다중 스레드 구조로 구현하여 클라이언트가 접속을 하면 새로운 스레드를 할당한 후 생성된 스레드가 클라이언트와의 모든 작업을 수행한다. 클라이언트와의 접속이 해제되면 생성된 스레드는 자동으로 지워진다. 클라이언트는 다중 접속이 필요하지 않기 때문에 서버와 접속하는 소켓 부분은 단일 스레드 형식을 가진다.

서버와 클라이언트는 스트리밍 데이터의 전송 및 서비스 제어 정보의 교환을 위한 TCP/IP 프로토콜, 스트리밍 데이터의 실시간 전송을 위한 RTP 프로토콜, 실시간 전송되는 스트리밍 데이터의 제어 정보 교환을 위한 RTCP 프로토콜 및 이들의 전송을 위한 UDP/IP 프로토콜을 이용하여 구현한다. 멀티미디어 제어에서 스트리밍 기술의 데이터 흐름 제어는 인터넷 환경에서 실시간 스트리밍 시스템을 구현하는데 있어서 지터(Jitter)가 발생하는

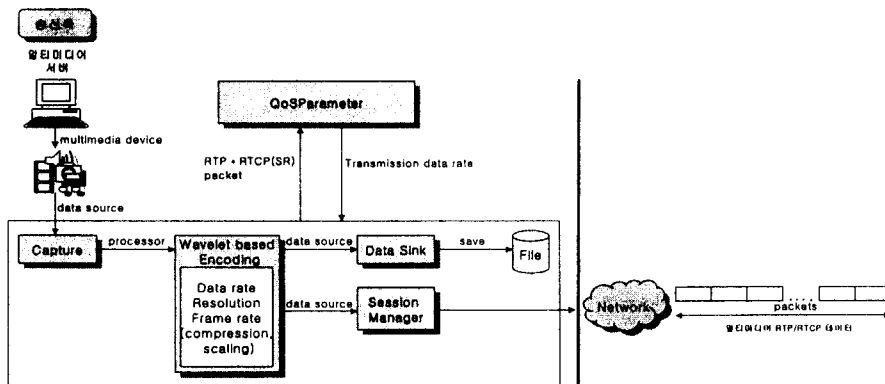


그림 4. 송신측 멀티미디어 세션 구조
Fig. 4 The Architecture of Sender Multimedia Session

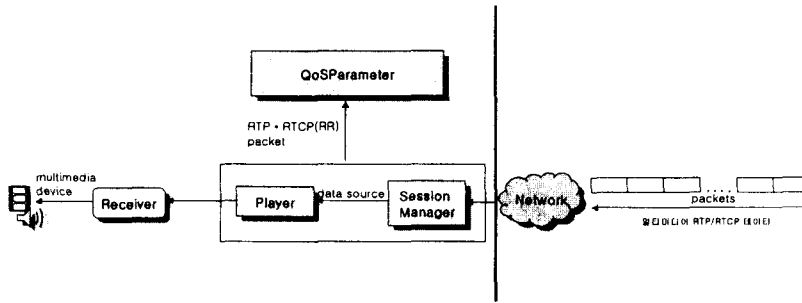


그림 5. 수신측 멀티미디어 세션 구조
Fig. 5 The Architecture of Receiver Multimedia Session

문제점이 있다. 서버에서 일정하게 전송하더라도 네트워크의 상황에 따라 클라이언트에 전달되는 데이터들의 지연이 발생하므로 이를 해결하기 위해 수신측의 버퍼링을 통해서 미디어간 지연을 보완한다.

IV. 동영상 부호화 기법

일반적으로 스트리밍 기술의 데이터 흐름을 제어하는 경우 인터넷 환경에서 실시간 스트리밍 시스템을 구현하는데 있어서 지터와 스쿠가 발생한다. 미디어내 지터를 감소시키기 위해서는 QoS-Parameter에서 예측된 정보를 기반으로 스케일러블 웨이브릿의 부호화를 수행한다. 따라서 본 논문의 분산 멀티미디어 환경에서 동영상 데이터는 향상된 인코딩 기술과 스케일러빌리티를 지원하는 웨이브릿의 다중 해상도와 동영상 부호화를 위해서 SAMCoW 알고리즘을 이용한다[7, 8]. 즉 서버측의 QoSParameter에 의해서 네트워크 상태 정보를 바탕으로 원하는 비트율로 부호화한다. 기존의 웨이브릿 기반의 동영상 부호화 기법인 SAMCoW 알고리즘은 EZW(Embedded Zerotree Wavelet) 부호화 방법과 움직임 보상으로 이루어져 있다. SAMCoW는 화면내 부호화를 수행하고, EZW 부호화는 움직임 보상 후 예측 오차 프레임의 부호화를 수행한다. EZW 부호화는 원영상의 신호를 점진적으로 근사해 가는 방식으로 부호화가 진행됨에 따라 영상 복원에 중요한 정보가 전송되어 화질이 조금씩 향상되는 방식이다. 이러한 화질은 목표로 한 비트율에 도달할 때까지 반복된다[2, 6].

웨이브릿 변환을 $c = T(p)$ 이라 하고, 여기서 p 는 영상 픽셀의 집합, c 는 웨이브릿 변환 계수의 집합을 나타낸다. 영상을 재구성하는 $p' = T^{-1}(c')$ 이다. 여기서 c' 는 양자화된 웨이브릿 변환 계수이다. C

를 c 에서 가장 큰 광도(magnitude)라고 하자. 첫번째 단계에서 $\frac{1}{2}C$ 보다 큰 광도에 대한 계수들을 유효 계수로 고려하고, $\frac{3}{4}C$ 의 값으로 양자화된다. 나머지는 0으로 양자화된다. 두번째 단계에서 $\frac{1}{4}C$ 와 $\frac{1}{2}C$ 사이에 있는 광도를 유효 계수로 고려하고 $\frac{3}{8}C$ 로 양자화되고 나머지는 0으로 양자화된다. 또한 이런 유효 계수는 다음 단계에서 $\frac{5}{8}C$, $\frac{7}{8}C$ 와 같은 수준으로 정의된다[7].

본 논문에서는 영상의 압축 효율을 높이기 위해 저주파수 대역을 반복적으로 분해하는 옥타브(Octave) 분해 방식을 이용한 직교 웨이브릿(Forward Orthogonal Wavelet)을 기반으로 하고, 시간적인 중복성을 제거하는데 매우 효과적인 움직임 보상 기법을 사용한다.

일반적인 움직임 보상은 블록 기반으로 현재의 영상을 블록으로 나누고 각 블록은 참조 프레임과 매칭된다. 참조 프레임으로부터 가장 잘 매칭된 픽셀의 블록은 현재의 블록으로 사용된다. 그리고 예측 오차 프레임은 현재 프레임과 움직임 예측 프레임의 차에 의해서 얻어지고 웨이브릿 변환과 같이 비블록(Non-Block) 기반의 부호화를 사용한다. 여기서 웨이브릿 변환은 움직임 예측 오차 프레임의 압축을 위한 비디오 부호화에 사용되지만 스케일러블은 아니다. I-frame과 예측 오차 프레임을 압축하는 웨이브릿 기반의 Rate Scalable Video Coding 알고리즘[5, 7]을 사용하여 스케일러블한 미디어 압축을 달성할 수 있다.

V. 구현 및 결과 분석

본 논문의 교재 제시 시스템의 서버측은 Windows 2000 Server, MS-SQL, JAVA를 사용하여 시스템을 구현하였다. 시스템 접근 방법은 브라우저 기반의 Client-Side로 JNLP에 의해서 어플리케이션을 수행한다. 기존의 원격 교육 시스템은 웹 기반인 Client-Server에 비해 본 논문의 Client-Side 환경은 하나의 서버에 모든 응용 프로그램을 저장함으로써 클라이언트의 소프트웨어 유지·보수 및 업그레이드가 간편하다. 그리고 실시간 스트리밍 기술의 사용은 HTTP의 경우 데이터 양이 큰 오디오나 비디오 검색을 위해서 긴 지연 응답 시간 때문에 사용되지 않고, HTTP 대신 UDP 기반의 프로토콜을 사용한다. 이러한 스트리밍 프로토콜의 목적은 가능한 클라이언트측의 출력을 빠르게 하는데 있다. 클라이언트측에서는 웹 브라우저와 Helper Application이 동작하며, JMF(Java Media Framework)을 사용하여 멀티미디어 데이터를 재생한다. 그리고 서버측에서는 웹 서버와 멀티미디어 서버가 각각 독립적으로 동작한다.

교재 제시 시스템에 미디어내 동기화 기법을 적용한 결과로서 송신측과 수신측의 화면 구성은 그림 6과 같이 드로잉을 위한 아이콘들과 메뉴로 구성되어 있다. 그리고 드로잉 이외의 텍스트를 입력하기 위한 컨트롤과 프리젠테이션 자료를 디스플레이하고 드로잉하기 위한 캔버스 컨트롤로 구성되어 있다. Audio·Video 창은 송신측의 비디오와 오디오 데이터를 프리젠테이션한다. 여기서 미디어내의 지터, 미디어간의 스큐, EED를 최소화하여 슬라이드와 오디오·비디오의 동기화를 향상함으로써 수신측의 내용 인식에 대한 혼란 문제를 최소화하고, 송·수신간의 효율적인 상호 작용을 제공할 수 있다. 적용 결과인 그림 6의 환경과 기존 시스템의 각 항목에 대한 비교 분석은 표 2와 같고, 기존 시스템으로는 미국 코넬 대학에서 개발된 CU-SeeME와 휴즈 네트워크 시스템즈사의 DirecPC, 플로리다 대학의 웹에 기반한 Course Management Package, UNH 대학의 Far View program, Mbone 틀에 의한 음성, 영상 제어 기술(일본), PC-SEMI와 같은 전용 회선을 이용한 기술(일본)등이 있다.

본 논문에서 적용한 원격 교육의 교재 제시 시스템의 슬라이드는 JPEG와 벡터 데이터를 표시하고, 슬라이드 화면을 갱신할 경우 오디오 데이터와 동기화함으로써 수신측의 내용 인식에 대한 혼란 문제를 최소화하고, 송·수신간의 효율적인 상호 작용을 제공한다. 그리고 비디오와 오디오의 동기

화 결과 lip-sync 및 영상의 멈춤 현상을 줄일 수 있다. 따라서 네트워크 지연의 모의 실험을 위해서 서버측의 shuffer를 통해서 패킷의 무순서와 전송 지연을 무작위로 발생시킨다.

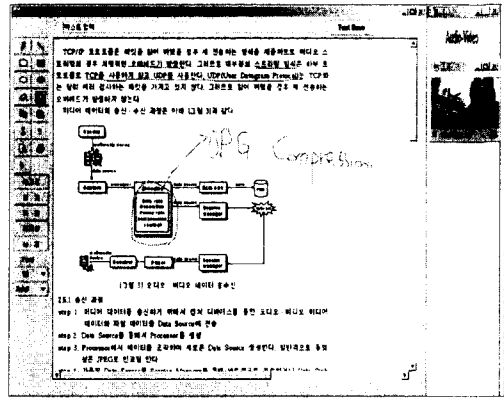


그림 6. 전자적인 슬라이드와 오디오·비디오 동기화 구현

Fig. 6 The Implementation for Electronic Slide and Audio·Video Synchronization

표 2. 기존 시스템과 제안된 시스템의 비교 분석
Table 2. The Comparative Analysis of Existing System and Proposed System

시스템 개발 환경	웹 기반의 client-server	웹 기반의 client-side
사용자 인터페이스 응답 시간	네트워크에 의존적 처음 접속에 second가 소요되고, 그 이후 수행시 second 소요	네트워크에 독립적 처음 접속에 minute 소요되고, 그 이후 수행시 second 소요
대역폭	고정됨	유연함
상호 작용	브라우저에 제한적	브라우저에 의존하지 않음
사용자 인터페이스 설계	간단함	확장이 용이

그림 7은 동기화 없이 비디오 스트림에 대한 지터를 실험한 결과이고, 그림 8은 QoSParameter에 의해 네트워크에 전송할 데이터를 결정하고 SAMCoW를 적용한 비디오 스트림에 대한 지터의 결과이다.

논문 [6]에서는 영역 지향 프로그래밍 기반(Aspect Oriented Programming)의 동기화로 QoSFilter

에 의한 비디오 패킷의 지터를 -25 ~ 80(ms)에서 -0.5 ~ 0.7(ms)로 향상시킨 반면, 본 논문에서는 QoSParameter를 적용하지 않은 스트림 지터의 분포는 -20 ~ +30(ms)에 집중되어 있는 반면 QoSParameter를 적용한 경우 지터의 평균 분포는 -0.2 ~ +0.2(ms)에 집중되어 있으므로 비디오 스트림에 대한 미디어내, 미디어간 동기화가 향상되었다.

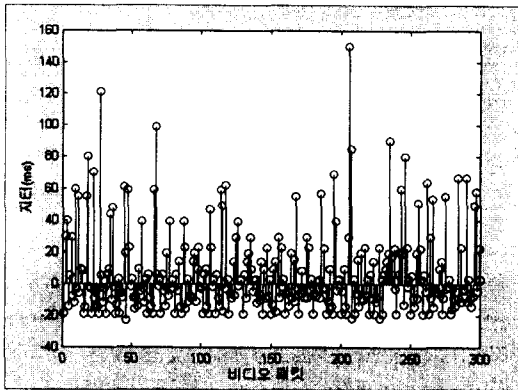


그림 7. QoSParameter의 데이터률 제어를 적용하지 않은 비디오 스트림의 지터
Fig. 7 Jitter of Video Stream does not apply to Data-Rate Control of QoSParameter

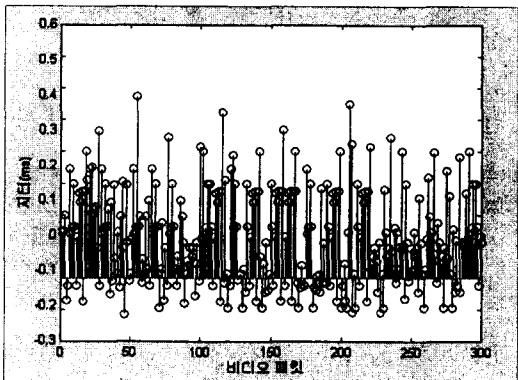


그림 8. QoSParameter의 데이터률 제어를 적용한 비디오 스트림의 지터
Fig. 8 Jitter of Video Stream does applied to Data-Rate Control of QoSParameter

그림 9는 분산 환경하에서 QoSParameter에 의한 데이터 전송률을 제어한 경우와 그렇지 않은 경우의 결과로써 제안된 기법을 적용한 후 전송 데이터률이 감소할 수록 평균 제공 오차가 작게 나타나 는 반면 제안된 기법의 적용 전은 전송 데이터 를

에 상관없이 높은 평균 제공 오차를 나타낸다. 따라서 데이터 전송률에 대한 MSE(Mean Square Error)는 미디어 간의 스큐에 따른 두 미디어의 동기화된 멀티미디어 스트림 사이의 도착률을 항상 시켰다.

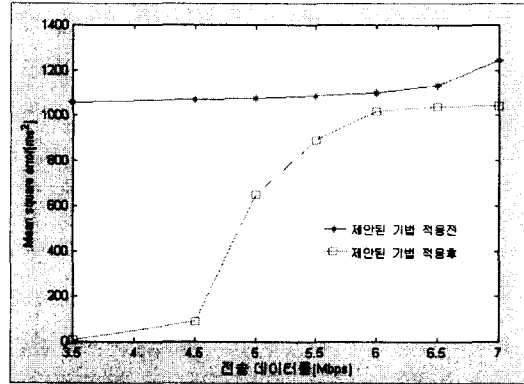


그림 9. 미디어 데이터간의 전송 데이터률에 대한 미디어간 스트림 동기화의 MSE(Mean Square Error)

Fig. 9 MSE of Inter-Media Stream Synchronization for Transmission Data-Rate of between Media Data

VI. 결론

본 논문에서 제안한 효율적인 교재 제시 시스템은 네트워크의 지연으로 인한 수신측의 내용 인식의 혼동 문제를 최소화하고, 송·수신측의 효율적인 상호 작용을 제공하기 위해서 RTP timestamp, RTCP SR, RR 정보를 송신측과 수신측 상에서 캡처하여 네트워크 상태를 파악하고, 웹 서버의 QoS-Parameter를 통해서 멀티미디어 세션의 QoS 파라메타를 제어한다.

QoSParameter는 캡처된 제어 정보를 기반으로 동기화를 위한 전송 데이터률을 예측한다. 목표로 하는 전송 데이터률은 SAMCoW 알고리즘과 움직임 보상 기법을 사용하여 웨이브릿 기반의 스케일러빌리티를 구현함으로써 표현률에 영향을 받는 미디어내 지터를 최소화시키고, 미디어간 동기화에도 기여할 수 있다.

제안된 알고리즘은 서버에서 일정하게 전송하더라도 네트워크의 상태에 따라 클라이언트에 전달되는 데이터들의 지연이 발생하므로 이를 해결하기 위해 수신측의 버퍼를 통해서 미디어간 시간 관계성을 유지한다.

그리고 인터넷 프로토콜 RTP·RTCP를 기반으

로 동영상 데이터를 실시간 전송하고, 미디어 디스플레이는 JMF(Java Media Framework)를 사용하였다. 이 교재 시스템은 원격지의 학생들에 대한 교육, 세미나 등에 도움을 줄 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] H. A. Latchman, "Bringing the Classroom to Students Everywhere," *Journal of Engineering Education*, Oct. 2000.

[2] W. Hurst, R.Muller, "A Synchronization model for recorded presentations and its relevance for information retrieval," *Proceeding of the seventh ACM international conference on Multimedia(Part 1)*, pp.333-342, October 1999.

[3] Christopher Williamson, Jennifer T. Bernhard, Kent Chamberlin, "Perspectives on an Internet-Based Synchronous Distance learning Experience," *Journal of Engineering Education*, vol.89, No.1, pp.53-61, January 2000.

[4] Rainer Lienhart, Igor Kozintsev, Stefan Wehr, Reception and posters: "Universal synchronization scheme for distributed audio-video capture on heterogeneous platforms," *Proceeding of the eleventh ACM international conference on Multimedia*, pp. 263-266, November 2003.

[5] Milton Chen, "A Low-Latency Lip-Synchronized Videoconferencing System," *Proceedings of the conference on Human factors in computing systems*, vol.5, pp.465-471, April, 2003.

[6] Angelo Furfaro, Libero Nigro, "Multimedia synchronization based on aspect oriented programming," *Micorprocessor and Microsystems 28* pp.47-56, 2004.

[7] K.Shen, E. J. Delp, "Wavelet Based Rate Scalable Video Compression," *IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 9, No. 1, pp. 109-122, February 1999.

[8] E. Asbun, P. Salama, E. J. Delp, "A Rate-Distortion Approach to Wavelet-Based Encoding of Predictive," *Proceeding of the IEEE International Conference on Image Processing*, September 10-13, 2000.

[9] Man-piu Hui, Sheung-Lun Hung, " Using Distributed Hypermedia Educational System for Distance Education," *IEEE International Conference on Multimedia Engineering Education*, pp.135-140, 1996.

[10] W. Timothy Holman, "Creating Simple and Effective Prerecorded Web-Based Lectures," *Journal of Engineering Education*, vol.88, No.3, pp.261-264, July 1999.

[11] Kaori Maeda, Reiji Aibara and Setsuko Otsuki, "Multimedia Presentation System for Interactive Distance Learning," *情報處理學會論文誌*, vol.40, No.1, January 1999.

[12] 前田番織, 相原玲二, "遠隔講義のためのマルチメディア教材提示システム," *情報處理學會論文誌*, vol.40, No.1, January 1999.

[13] 平原貴行, 山之上卓, 有田 五次郎, "TCP を利用した分散ネットワーク環境のための電子黒板システム," *情報處理學會論文誌*, vol.43, No.1, January 2002.

[14] <http://www.schoolcap.co.kr>. 태양정보기술(주)

저자 소개

서정희(Jung-Hee Seo)



1994년 신라대학교 자연과학대학 전자계산학과(이학사)
 1997년 경성대학교 대학원 전산통계학과(이학석사)
 2005년 부경대학교 대학원 전자상거래협동과정(박사수료)

※관심분야 : 원격교육, 멀티미디어, 영상처리, 정보보안

박흥복(Hung-Bog Park)



1982년 경북대학교 공과대학 컴퓨터공학과(공학사)
 1984년 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
 1995년 인하대학교 대학원 전자계산학전공(이학박사)

1984년~1995년 동명대학 전자계산과 부교수
 2001. 2~2002. 2 The University of Arizona 객원교수
 1996년~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

※관심분야 : 실시간 시스템, 멀티미디어 응용, 산업자동화, 원격교육, 프로그래밍 언어 및 컴파일러