

# 고품질 실시간 영상회의 시스템을 위한 프레임율 제어 버퍼관리 기법

김상형\*, 유우중\*\*, 유관중\*

\*충남대학교 컴퓨터공학과

\*\*대전보건대학교 컴퓨터정보과

e-mail:kims@cnu.ac.kr

## A Scheme of Frame-rate Control Buffer Management for High-Quality Real-time Video Conference

Sang-Hyong Kim\*, Woo-Jong Yoo\*\*, Kwan-Jong Yoo\*

\*Dept of Computer Science & Engineering, ChungNam National University

\*\*Dept of Computer Information & Communication, Daejeon Health Science College

### 요 약

실시간 영상회의 시스템은 네트워크 및 버퍼링의 지연으로 사용자 정보의 전달이 시스템 간에 효율적으로 이루어지지 않고 있어 실시간성이 완벽하게 보장되지 않고 있는 것이 현실이다. 하지만, 네트워크 인프라의 보강과 지터 지연에 대한 연구는 활발하지만, 버퍼링에 대한 연구는 미흡한 상태이다. 본 논문에서는 버퍼링 지연에 따른 문제 해결을 위한 FRCB(Frame-Rate Control Buffer) 관리 기법을 제안하고자 한다. FRCB는 버퍼의 Overflow와 Underflow를 방지하기 위한 FTH(Fist-play THreshold)와 STH(Slow-play THreshold)로 구성되며, CPU 부하가 높은 상황에서도 좋은 성능을 보여 고품질의 실시간 영상회의에 적합함을 보였다.

### 1. 서론

최근 스마트 폰 등의 모바일 디바이스의 확산과 유·무선 네트워크 기술의 꾸준한 발달로 인하여 실시간 다자간 영상회의(Real-time multi-user video conference)를 이용할 수 있는 분야로의 확산이 빠르게 진행되고 있다.[1]

영상회의 시스템에 사용되는 버퍼 관리 기법은 재생되는 영상의 실시간성을 보장해 주어야 하므로 자연스런 영상의 재생과 실시간성의 보장은 버퍼 크기와 밀접한 관계가 있다. 네트워크 지연 전송으로 CPU 자원을 최대한 사용할 수 없는 상황에서도 실시간성을 보장할 수 있는 적절한 버퍼 관리 기법이 필요하게 되었다. 또한, 주문형 비디오(Video on Demand) 서비스와는 달리 지연에 민감하여 양단간 지연(End-to-End delay)이 성능에 큰 영향을 미친다[2-3].

본 논문에서는 영상과 음성의 압축에 MPEG-4와 MP3 코덱을 사용하는 고품질 영상회의 과정에서 과도한 CPU 폭주나 타이밍 손실 등의 원인으로 수신측 버퍼에 정해진 시간에 재생되지 못한 데이터가 쌓이게 되고 이러한 높은 버퍼 수위(buffer level)가 지연에 영향을 미치는 점을 고려하여 영상의 재생 속도 제어를 통한 버퍼 수위를 조절하고 버퍼 지연을 줄이는 버퍼 관리 기법을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 제2장에서는 고품질 영상회의 시스템의 개요 및 구성, 제3장에서는 제안된 버퍼 관리 기법에

대해 알아보고, 제4장에서 제안한 버퍼 관리 기법을 이용한 실험 환경 및 결과에 대해서 언급하며, 마지막으로 제5장에서는 결론을 맺는다.

### 2. 고품질 실시간 영상회의 시스템

#### 2.1 영상회의 시스템 개요

본 논문의 영상회의 시스템은 인코딩/디코딩 관리 부분과 네트워크 관리 부분으로 구성되어 있다.

인코딩 관리부에서의 영상은 Microsoft MPEG-4 비디오 코덱, 음성은 MPEG layer-3 코덱으로 각각 압축되어 A/V MUX(Audio/Video Multiplexer)로 전달되며, 비디오/오디오 스트림을 하나의 스트림으로 만들어 네트워크 관리부로 전송하는 역할을 수행한다.

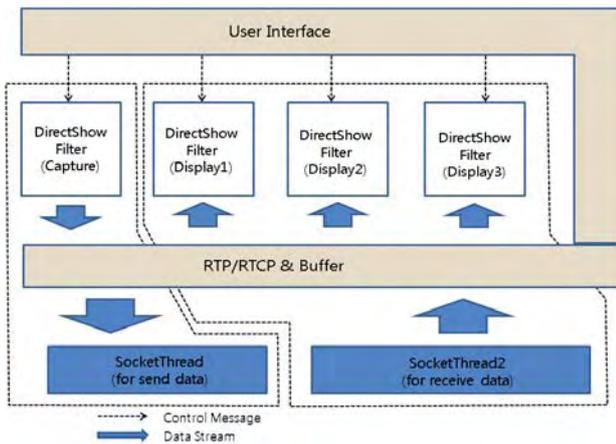
네트워크 관리부에서는 A/V MUX로부터 전달된 데이터에 RTP 헤더를 추가하여 전송하는 역할과 네트워크를 통해 들어온 RTP 패킷에서 데이터만 분리하여 디코딩 관리부로 넘겨주는 역할을 수행한다.

디코딩 관리부에서는 전송받은 하나의 스트림을 A/V DEMUX(Audio/Video Demultiplexer)에서 비디오/오디오 스트림으로 분리하여 디코딩된 영상은 Video Renderer를 통해 재생되며, 음성은 사운드 카드를 통해 스피커로 재생된다.

#### 2.2 영상회의 시스템의 구성

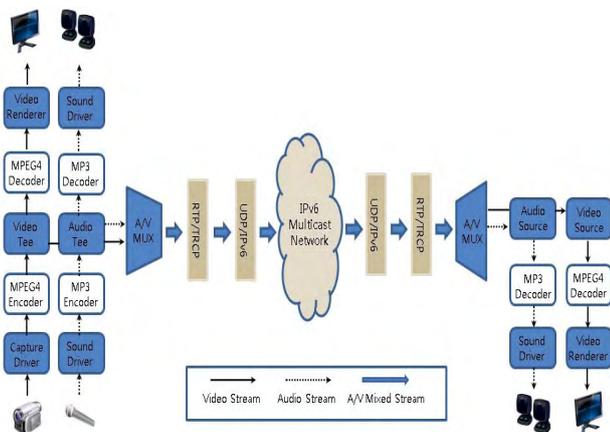
RTP 데이터의 송·수신에 사용되는 소켓은 별개의 스

레드로 동작하며, DirectShow의 필터로 구현된 캡처와 재생 모듈 간에 공유 버퍼를 사용한다. 전체적인 제어는 사용자 인터페이스에서 담당하게 되며, 영상회의 시스템의 컨테이너 역할을 한다. 현재 회의에 참여하고 있는 사람의 영상을 보여주며 영상과 음성의 개별적인 재생/중지와 볼륨 제어를 제공한다. RTCP는 현재 사용하고 있는 대역폭과 오류 횟수 등의 네트워크 관련 정보를 보여주는 역할을 한다. 구현된 영상회의 시스템은 (그림 2)와 같은 구조를 가진다.[4]



(그림 2) 영상회의 시스템의 구성 요소

영상회의 시스템의 송·수신부에서는 영상과 음성을 캡처하여 네트워크로 전송하는 필터 그래프로 구성되어 있으며 (그림 3)과 같다.



(그림 3) 영상회의 시스템의 송·수신부 필터 그래프

송신부에서는 영상의 경우 320×240 픽셀의 해상도로 초당 30프레임으로 캡처되며, 음성의 경우 56Kbps로 인코딩된다. 영상 카메라 또는 사운드카드 드라이버와 코덱들은 DirectShow 기술에 의해 필터로서 제공되고 있으며, 필터들 사이의 버퍼 협상이나 스트림 제어를 위한 인터페이스도 제공해준다. Video/Audio Tee에서 분리된 데이터 스트림에 RTP 헤더가 덧붙여지고 IPv6 소켓에 의해 네트워크로 전송된다[4].

수신부에서는 네트워크를 통해 전송된 RTP 패킷들은 응

용 계층에서 각 소스별로 구분되고 하나의 소스마다 필터 그래프가 생성되어 영상과 음성을 재생하게 된다. 필터 그래프가 제공하는 미디어 컨트롤 인터페이스를 사용해서 각각의 사용자의 화면과 음성에 대한 제어가 가능하다.

### 3. 프레임율 제어 기반의 버퍼관리 기법

고품질의 실시간 영상회의에서는 버퍼의 용량과 실시간성과의 상관관계를 고려하여 영상의 재생 속도를 조절하여 실시간성을 보장하는 FRCB(Frame-Rate Control Buffer)가 필요하다. 이러한 재생 속도 제어 기능을 적용하여 실시간 영상회의 시스템에 적합한 버퍼 관리 기법을 고안하였다.

#### 3.1 제안된 버퍼 관리 기법의 원리

고정된 크기의 큰 버퍼를 이용하여 버퍼의 오버플로우를 방지한다. CPU 자원을 최대한 사용하여 프레임들을 처리하지 못할 경우에는 너무 많은 프레임들이 버퍼에 쌓이게 되고 이를 순차적으로 재생할 경우에는 실시간성을 보장할 수 없으므로 재생 프레임율을 변경하거나 프레임을 skip하는 방법으로 해결할 수 있다. 이러한 방법은 영상 패킷의 타입 특성에 따라 선택하게 되며, MPEG-4의 경우에 프레임을 skip하는 방법을 사용하면 I-frame이 skip된 경우에는 영상의 복원에 큰 영향을 미쳐 영상이 깨지는 현상이 발생하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 프레임 재생 시간을 조절하는 방법으로 실시간성을 보장하고자 한다.

#### 3.2 프레임율 제어 버퍼관리 알고리즘

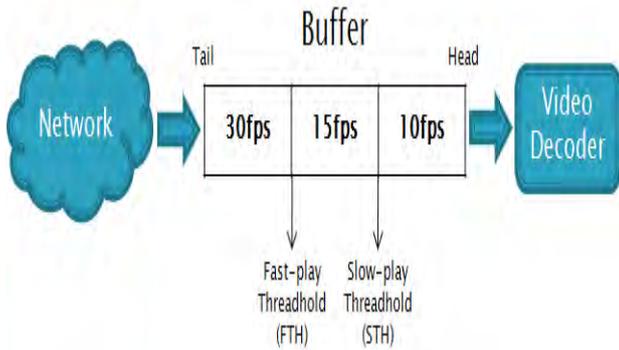
프레임율 제어 기반의 버퍼관리 기법은 FTH(Fast-play THreshold)와 STH(Slow-play THreshold)의 두 단계를 적용한다.

만약, 500ms 이상의 영상 데이터가 버퍼에 쌓이면 FTH를 넘어서게 되고 이 시점에서 영상의 재생 속도를 빠르게 하여 버퍼의 수준을 FTH까지 낮추어 재생 속도를 다시 원래의 속도로 설정한다. 이러한 버퍼 관리 기법을 적용한 영상회의 시스템은 CPU에 과중한 부하가 걸려 있을 때에도 평균 500ms의 지연을 가지도록 하여 버퍼 오버플로우가 발생하는 상황도 미연에 방지할 수 있다.

STH는 네트워크의 지연 또는 데이터의 손실이 지속되어 버퍼 언더플로우가 발생하는 현상을 방지하기 위해 사용되며 버퍼의 수준이 STH 이하로 떨어지게 되면 영상의 재생 속도를 느리게 하여 버퍼 언더플로우로 인한 영상의 끊김 현상을 미연에 방지하는 역할을 한다.

네트워크로부터 전달되는 영상의 프레임들은 버퍼에 쌓이게 되고 이 때 버퍼의 수준에 따라 그 프레임이 재생되는 속도가 각각 다르게 적용하여 영상 디코더로 넘겨지게 되는 것이다. 버퍼의 수준에 따라 각각 적용된 프레임의 재생 속도는 재생 속도가 변경되었을 상황에도 가장 자연스러운 영상을 재생하는 속도로 채택하였다.

(그림 4)는 본 논문에서 제안하는 버퍼관리 알고리즘을 도식화한 것이다.

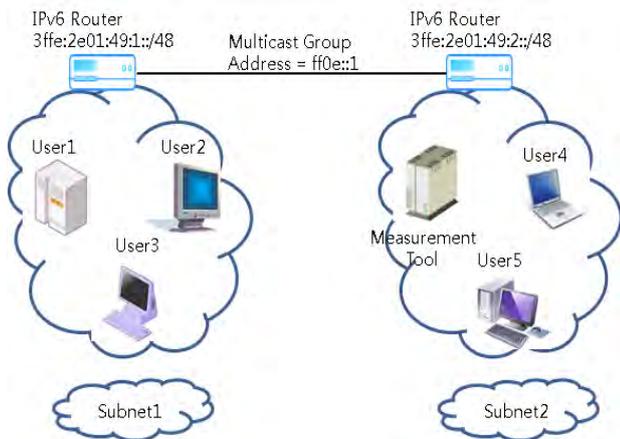


(그림 4) FRCB 버퍼 구조

#### 4. 실험 환경 및 결과 분석

##### 4.1 실험 환경 구성

본 논문의 영상회의 시스템은 (그림 5)와 같은 환경으로 구성되어진다. 실험에는 사용자 5명의 영상 데이터를 멀티캐스트를 통해 송·수신이 가능하도록 구성하였으며, 사용자 수에 따른 시스템 자원의 사용량과 제안된 영상회의 시스템의 구조 및 버퍼 관리 기법의 성능이 우수함을 보인다.



(그림 5) 영상회의 시스템 실험 환경

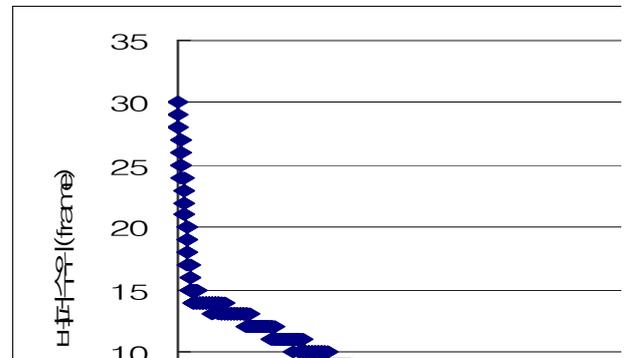
##### 4.2 실험 결과 분석

하나의 수신 모듈에 대해 시간에 따른 버퍼 수준의 변화에 대하여 알아보고자 한다. 각각 FTH만 설정했을 경우와 STH만 설정했을 경우를 나타낸 것이다.

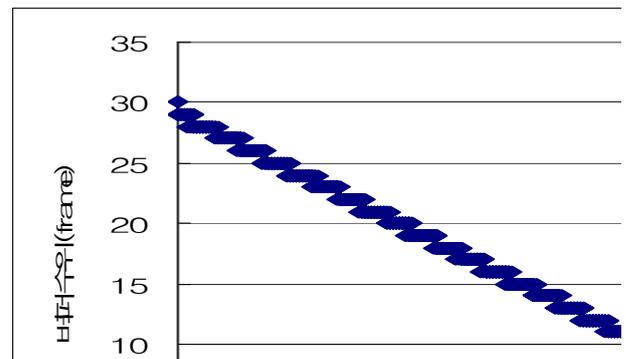
(그림 6)은 FTH만을 버퍼의 15프레임 위치에 설정한 경우의 시간에 따른 버퍼 수위의 변화를 나타낸 결과이다. 버퍼의 수위가 15프레임 이상일 경우 재생 속도를 빠르게 하여 평균 버퍼의 수위를 낮추고 있음을 알 수 있다. 그러나 네트워크의 지연 또는 데이터의 손실로 인해 버퍼의 수위는 자연스럽게 조금씩 낮아지다 일정 주기로 버퍼 언더플로우가 발생하는 것을 확인할 수 있다.

(그림 7)은 STH만을 수신측 버퍼의 5프레임 위치에 설

정한 경우의 시간에 따른 버퍼 수위의 변화를 나타낸 결과이다. 위에서 언급한 FTH만을 설정한 결과와는 달리 STH 아래로 버퍼의 수위가 떨어지지 않아 언더플로우가 발생하지 않는다는 것을 확인할 수 있다. 그러나 버퍼의 수위가 최고 수치에서 STH까지 떨어지는데 오랜 시간이 걸리고 이는 평균 버퍼 수위를 높게 만들어 양단간 지연을 증가시키는 효과가 있다.



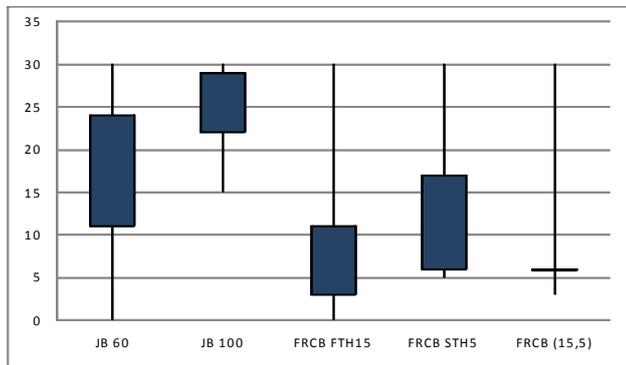
(그림 6) 버퍼 수준 변화량-FTH



(그림 7) 버퍼 수준 변화량-STH

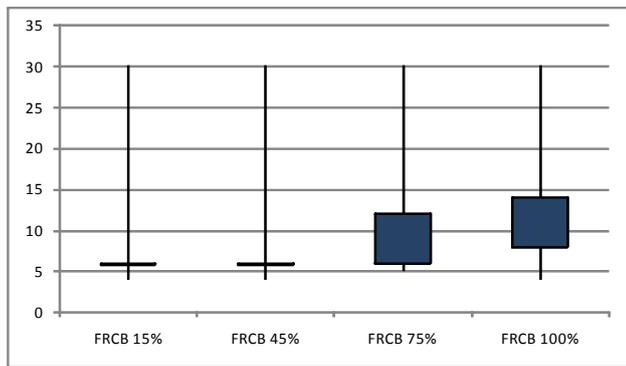
(그림 8)은 본 논문에서 제안한 FRCB의 성능 평가를 위하여 지터 버퍼, FRCB-FTH, FRCB-STH, FRCB를 적용했을 경우에 CPU 점유율 60%에서 버퍼 수위의 분포를 나타낸 것이다. 버퍼 수준의 최대치(max), 75%, 25%, 최소치(min)를 표현하는데 최대치와 최소치는 수직선으로, 75%와 25% 구간의 버퍼 수위는 막대그래프로 표현하였다. 또한, 막대의 길이는 버퍼 수준의 분산(variance)을 나타낸다. 첫 번째로 지터 버퍼에 대한 두 개의 그래프 JB 60, JB 100은 각각 CPU 점유율 60%와 100%에서 측정된 것으로, JB 60은 막대의 위치가 12~24프레임으로 가장 넓은 분포를 나타내며 평균 버퍼 수위도 높았다. JB 100에서는 막대의 위치가 22~29프레임으로 상당히 높은 분포를 보임을 알 수 있다. 따라서, 지터 버퍼에 대한 그래프는 지연 지터값이 크고 평균 버퍼 수준도 높아 실시간성에 적합하지 않음을 보여 준다. 다음으로 FRCB-FTH에 대한 결과를 보여 주는 그래프들에서는 버퍼 수준이 3~11프레임으로 비교적 낮은 분포를 보이지만 언더플로우가 발생할 수 있는 단점이 있다. 반면에 FRCB-STH만 적용하면 언더플로우는 발생하지 않지만 분포가 6~17프레임으로 비교적

높고 CPU가 과부하되어 오버플로우가 발생할 수 있다. 마지막으로 FRCB FTH STH에서는 버퍼 언더플로우와 오버플로우가 발생하지 않고 막대의 위치가 6프레임으로 고른 버퍼 수준을 보였다.



(그림 8) 버퍼 수준 분포 비교

(그림 9)는 CPU의 부하에 따른 FRCB의 버퍼 수준을 비교한 그래프이다. CPU의 부하가 각각 15%, 45%, 75%, 100%일 경우에 실험 결과를 보여준다. FRCB가 CPU 15%와 45%일 경우에는 버퍼 수준의 분포가 6프레임 수준에서 분포를 이루지만, CPU 75%와 100%에서는 버퍼 수준이 6~14프레임 정도까지 변동폭이 커지고 평균 버퍼 수준도 높아졌음을 알 수 있다. 하지만 기존의 지터 버퍼에 비해서는 상당히 낮은 버퍼 수준을 나타내며, 이러한 결과를 바탕으로 평균 버퍼 수위가 낮아 실시간성에 유리하고 또한 CPU의 부하가 높은 상황에서도 비교적 양호한 버퍼 수위를 보이는 FRCB가 가장 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있다.



(그림 9) FRCB 버퍼 수준 분포 비교

## 5. 결론

일반적인 영상회의 시스템은 실시간성을 요구하기 때문에 지연에 민감하고 양단간 지연이 시스템의 성능에 큰 영향을 미칠 수 있다. 이러한 지연 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 FRCB를 제안하여 가능한 재생되는 화면의 끊어짐을 방지하면서 버퍼 지연을 극복하고 실시간성을 유지할 수 있음을 보이고자 하였다.

FRCB FTH STH를 적용하여 버퍼의 오버플로우와 언더플로우를 방지하기 위한 threshold로 각각 사용된다. 실험

를 통하여 낮은 버퍼 수준이 유지되고 버퍼 오버플로우와 언더플로우가 발생하지 않도록 하는 최적의 FTH, STH 값을 찾아내고자 하였다.

실험 결과를 통해 알아 본 바와 같이 FRCB를 적용하면 다자간 고품질 영상회의 시스템과 같이 높은 CPU 성능을 요구하는 분야에서도 버퍼 지연을 극복하고 실시간성을 유지할 수 있다는 것을 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] 신명기, 김용진, "IPv6 도입을 위한 기술 개발 동향," IPv6 포럼 코리아 기술 문서 2000-002, <http://www.ipv6.or.kr>.
- [2] Jean-Chrysostome Bolot, End-to-End Packet Delay and Loss Behavior in the Internet, ACM SIGCOMM Conference 1993, Vol. 23(4), pp. 289~298, 1993.
- [3] J.W.Park, S.Han, J.W.Kim, End-to-end monitoring service for multicast-based high-quality real-time media delivery, Proc. of 3rd IEEE/IFIP Workshop on End-to-End Monitoring Techniques and Services, pp. 142~151, 2005.
- [4] K.Ueda, H.Ohsaki, S.Shimojo, H.Miyahara, Design and implementation of real-time digital video streaming system over IPv6 network using feedback control, Proc. of Symposium on Applications and the Internet, pp. 111~119, 2003.