

# 스트리밍 서비스의 지연한계 보장을 위한 적응적 전송률 제어기법

## (Adaptive Rate Control for Guaranteeing the Delay Bounds of Streaming Service)

구 자 현<sup>†</sup>                      정 광 수<sup>\*\*</sup>  
(Jahon Koo)                      (Kwang-sue Chung)

**요 약** 모바일 기기와 네트워크 기술의 발달로 다양한 멀티미디어 응용 서비스가 빠르게 발전 및 보급되고 있다. 그리고, 사용자의 참여형 방송 서비스가 가능하며 이를 이용한 실시간 뉴스 등 다양한 정보 전달의 수단으로 이용되고 있다. 이러한 라이브 멀티미디어 스트리밍 서비스 사용자의 체감 품질을 만족시키기 위해서는 영상품질 이외에도 재생연속성과 재생지연한계를 고려해야 한다.

본 논문에서는 모바일 기기에서 실시간 스트리밍시 비디오 재생연속성과 재생지연한계를 보장하는 DeBuG (Delay Bounds Guaranteed) 전송률 조절 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 실시간 비디오처리 시스템의 특성을 고려하여 송신 버퍼의 상태와 네트워크 상태를 인지하여 서비스 연속성과 지연한계를 보장하는 품질 적응 기능을 가지고 있으며, 비디오 영상의 품질을 보장하며 전달의 지연한계를 보장하기 위해 미디어의 프레임을 선택적으로 폐기하는 기능을 가지고 있다. 제안한 DeBuG 전송률 조절 기법의 주요 성능은 시뮬레이션을 통하여 보였다.

키워드 : 재생지연한계, 실시간 스트리밍 서비스, 전송률 조절

*Abstract* Due to the prevalence of various mobile devices and wireless broadband networks, there has been a significant increase in interest and demand for multimedia streaming services. Moreover, the user can service the participatory video broadcasting service in the mobile device and it can be used to deliver the real-time news and more variety information in the user side. Live multimedia service of user participation should consider not only the video quality but also the delay bounds and continuity of video playback for improving the user perceived QoS (Quality of Service) of streaming service.

In this paper, we propose an adaptive rate control scheme, called DeBuG (Delay Bounds Guaranteed), to guarantee the delay bounds and continuity of video playback for the real-time streaming in mobile devices. In order to provide those, the proposed scheme has a quality adaptation function based on the transmission buffer status and network status awareness. It also has a selective frame dropper, which is based on the media priority, before the transmission video frames. The simulation results demonstrate the effectiveness of our proposed scheme.

Key words : Delay Bounds, Real-Time Streaming Service, Rate Control

· 본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업의 스케일러블 데이터 기반 Edutainment 핵심기술 개발 연구결과로 수행되었음(10035486)

† 학생회원 : 광운대학교 전자통신공학과  
jhkoo@cclab.kw.ac.kr

\*\* 종신회원 : 광운대학교 전자통신공학과 교수  
kchung@kw.ac.kr

논문접수 : 2010년 7월 21일

심사완료 : 2010년 8월 18일

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제37권 제6호(2010.12)

## 1. 서론

모바일 기기와 네트워크 기술의 발달로 다양한 멀티미디어 응용 서비스가 빠르게 발전 및 보급되고 있다. 이를 통해 생방송 중 모바일 기기를 통한 사용자의 방송 참여가 가능하며 이를 이용한 실시간 뉴스 등 다양한 정보 전달의 수단으로 확대가 가능하다. 이러한 실시간 멀티미디어 데이터의 스트리밍 서비스 경우 사용자의 품질을 보장하기 위해서는 재생연속성과 재생지연한계를 보장하는 연구가 필요하다[1-4].

이를 위해 다양한 멀티미디어 스트리밍 프로토콜과

기업에 대한 연구가 진행 중에 있다. 이 연구들은 멀티미디어 스트림의 전송률을 네트워크의 가용 대역폭에 적합하도록 조절함으로써 혼잡 발생을 감소시켜 비디오 품질 저하를 방지하여 사용자 품질을 보장한다. 하지만, 최선형(Best-Effort)의 서비스를 제공하는 인터넷 환경에서 네트워크 정보를 미리 알 수 없으며, 여전히 전송률의 변화가 크게 발생할 수 있다는 문제점을 가지고 있다. 무엇보다 실제 서비스되는 비디오 스트림의 품질 향상을 보장하지 않는다는 한계를 가진다[3,4].

이를 보완하기 위해 스트리밍 서비스의 품질 향상을 위한 다른 연구로 인터넷을 통한 비디오 스트리밍에서 네트워크의 안정성을 향상시키면서 사용자에게 제공되는 서비스 품질의 향상을 위해 품질 적응 기법이 제안 및 연구되었다[5]. 품질 적응 기법은 혼잡제어 메커니즘에 의해 수시로 변화하는 네트워크의 가용 대역폭에 적합하도록, 서비스되는 비디오 스트림의 품질을 결정하는 동시에 높은 품질의 서비스를 가능한 오랫동안 제공하는 것을 목적으로 가진다. 하지만, 이러한 방법들도 재생의 연속성과 같은 콘텐츠 재생 특성을 고려하지 않아 사용자의 체감품질인 QoE를 제공하지 못하는 문제점을 가지고 있으며 실시간 특성을 가지는 라이브 비디오 스트리밍 서비스에 대한 고려가 부족하다.

본 논문에서는 모바일 기기에서 라이브 비디오 스트리밍시 비디오 데이터의 연속성과 재생 지연한계를 보장하는 DeBuG(Delay Bounds Guaranteed) 전송률 조절 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 실시간 영상처리 시스템의 특성을 분석하여 송신 버퍼의 상태와 네트워크 상태를 인지하여 서비스 연속성과 재생지연한계를 보장하는 품질 적응 기능을 가지고 있으며, 비디오 영상의 품질을 보장하며 전달의 지연한계를 보장하기 위해 선택적 미디어 프레임 폐기 기능을 가지고 있다.

본 논문의 2장에서는 라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템을 분석하였고, 3장에서는 제안하는 DeBuG 기법의 알고리즘에 대해 상세히 기술하였다. 4장에서는 시뮬

레이터를 이용하여 제안하는 알고리즘의 성능을 검증하고, 기존 스트리밍 전송기법들과의 성능을 비교 하였으며, 마지막으로 5장에서 결론을 맺었다.

## 2. 라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템

일반적으로 네트워크를 통해 라이브 비디오를 전송하는 스트리밍 전송 시스템은 그림 1과 같이 서버와 클라이언트로 구분할 수 있다. 서버는 라이브로 전송되는 비트스트림을 부호화하여  $R(t)$ 의 부호화 전송률로 송신 버퍼로 전달하고 스트리밍 서버는 전송 데이터를 네트워크에 적절히 전송하기 위해 피드백 메시지로 수신한 네트워크 상황에 따라 서버의 데이터 전송률  $X(t)$ 를 조절한다. 네트워크를 통과한 비디오 스트리밍 데이터는 전송률  $Y(t)$ 로 클라이언트에 수신되며, 클라이언트에서 비디오 재생을 위해  $R(t-D)$ 로 복호화된다. 여기서, 재생 지연시간  $D$ 는 부호화부터 복호화까지의 총 지연 시간을 의미한다.

부호화 후 수신 측 화면에 복호화 되기까지의 라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템의 총 재생 지연 시간  $D$ 는 식 (1)과 같이 표기가 가능하다.

$$D = D_{NET} + D_{TX} + D_{RX} + D_{Init} \quad (1)$$

여기서,  $D_{NET}$ 는 네트워크 지연시간이고,  $D_{TX}$ 는 송신 버퍼내 지연시간,  $D_{RX}$ 는 수신 버퍼내 지연시간, 그리고,  $D_{Init}$ 는 초기 버퍼링 시간이다.

라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템의  $D_{TX}$ 는 현재 시간  $t_0$ 에서 송신 버퍼의 크기  $qlen_{TX}(t_0)$ 와 서버의 전송 속도  $X(t_0)$ 로 식 (2)와 같이 표기가 가능하다.

$$D_{TX}(t_0) = \frac{qlen_{TX}(t_0)}{X(t_0)} \quad (2)$$

여기서,  $qlen_{TX}(t_0)$ 는 식 (3)과 같이 표기가 가능하며  $X(t)$ 가  $R(t)$ 보다 작을 때 유효하며, 반대의 경우 라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템에서는 0으로 수렴한다.

$$qlen_{TX}(t_0) = \int_0^{t_0} (R(t) - X(t)) dt \quad (3)$$

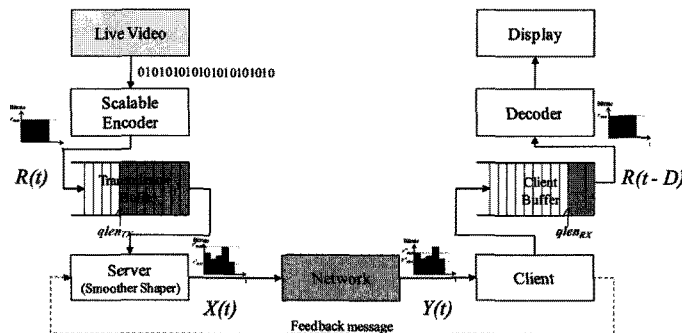


그림 1 라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템

따라서, 라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템에서는 부호화 속도  $R(t)$  보다 전송속도  $X(t)$  가 작을 경우  $D_{TX}$  는 그차에 비례하여 증가한다. 따라서, 전송 지연한계를 보장하기 위해서는  $X(t_0)$  를 높이거나  $R(t)$  를 낮추어 차를 줄여야 한다.

클라이언트 측면에서 라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템의  $D_{RX}$  는  $t_0$  에서 수신 버퍼의 크기  $qlen_{RX}(t_0)$  와 클라이언트 복호화 속도  $R(t_0 - D)$  로 식 (4)와 같이 표기가 가능하다.  $qlen_{RX}(t_0)$  는 식 (5)와 같다.

$$D_{RX}(t_0) = \frac{qlen_{RX}(t_0)}{R(t_0 - D)} \quad (4)$$

$$qlen_{RX}(t_0) = \int_0^{t_0} (Y(t) - R(t - D)) dt \quad (5)$$

네트워크 상태가 좋지 않은  $Y(t) \leq R(t - D)$  경우  $qlen_{RX}(t_0)$  는 0으로 수렴한다. 반대로  $Y(t) > R(t - D)$  인 경우 라이브 비디오의 경우  $Y(t) \cong R(t)$  을 만족하기 때문에  $qlen_{RX}(t_0)$  는 식 (6)과 같이 표기가 가능하다.

$$qlen_{RX}(t_0) = \int_0^{t_0} (R(t) - R(t - D)) dt \quad (6)$$

수신 버퍼 지연시간  $D_{RX}$  는 식 (7)과 같이 표기가 가능하며,  $D_{RX}$  는 복호화 시간  $t_0 - D$  와 현재 시간  $t_0$  에 수신된 비디오의 품질 차  $\Delta q = Q(R(t_0) - R(t_0 - D))$  와 상수  $C$  에 비례한다.

$$\therefore D_{RX}(t_0) \propto C \cdot \Delta q \quad (7)$$

라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템에서 수신 버퍼로 발생하는 지연시간  $D_{RX}$  는 전체 재생 지연시간  $D$  에 낮은 영향을 주고 있다. 따라서, 라이브 비디오의 경우 재생지연시간의 보장을 위해서는 송신 버퍼 변화에 대한 고려가 필요하다.

본 논문에서는 라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템의 재생지연시간 보장을 위해 송신 버퍼의 변화를 인지하여 부호화를  $R(t)$  를 적응적으로 조절하는 DeBuG (Delay Bounds Guaranteed) 전송률 조절 기법을 제안하였다.

### 3. 지연한계 보장 전송률 제어

본 논문에서는 라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템의 재생지연시간과 서비스 연속성을 보장하기 위해 그림 2와 같이 DeBuG(Delay Bounds Guaranteed) 전송률 조절 기법을 제안하였다. 제안한 DeBuG 기법은 네트워크 상태를 인지하여 스트리밍 서버의 전송 속도를 조절하는 혼잡제어 모듈과 송신 버퍼의 상태를 인지하여 전송 비디오의 품질을 조절하는 흐름제어 모듈, 그리고, 지연 한계를 보장하기 위한 프레임 폐기 모듈로 구성되어 있다.

혼잡제어 모듈은 [4]에서 제안한 NCAR(Network and Client Aware Rate Control) 기법의 AIHD(Additive Increase Heuristic Decrease) 알고리즘을 기반으로 동작하며 TCP 전송률 모델링 공식을 이용하여 가용대역폭  $Rate_{ABW}$  를 계산하고 현재 스트리밍 서버가 전송하는  $Rate_{current}$  를 비교하여 혼잡여부를 판단한 후 그림 3과 같이 전송률을 조절한다.

$R_c$  는 현재 서버가 전송하는 전송률,  $R_n$  는 증가와 감소 동작을 통해 결정되는 새로운 전송률,  $R_t$  는 Padhye 가 제안한 TCP model을 기반으로 현재 시점에서 피드백 정보를 통해 예측되는 가용대역폭,  $\beta$  는 AIHD 알고리즘의 파라미터, 피드백 정보의 간격에 따른 업데이트 가중치  $U_f = \Delta T / RTT$  이다. 혼잡제어 모듈은 네트워크

```

Congestion Control()
{
    Calculating RateABW
    if (RateABW > RateCurrent) {
        Slow Start : Increase (I)
        I : Rn = Rc + (Packet Size / RTT) · Uf
    } else if (RateABW < RateCurrent) {
        Congestion Control : Decrease (D)
        D : Rn = β × Rt + (1 - β) × Rc}; 0 < β < 1
    } else
        Steady State
}
    
```

그림 3 혼잡제어 모듈 의사코드

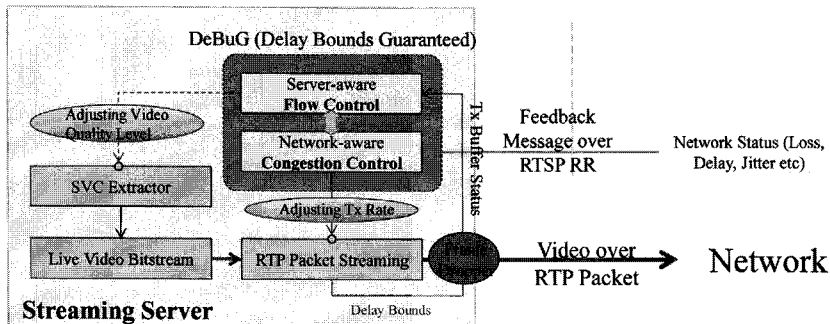


그림 2 지연한계 보장 전송률 제어 시스템

```

Flow Control()
{
    if (qlenTX ≥ maxth)
        Max {Qualitysvc(Levelmin), Qualitysvc(Level - 1)};
    else if (UNDERFLOW)
        min {Qualitysvc(LevelMax), Qualitysvc(Level + 1)};
}
    
```

그림 4 흐름제어 모듈의 의사코드

의 안정성 및 혼잡제어를 위한 중요한 기능을 수행한다. 이를 통해 패킷 손실율을 줄이고 TCP 플로우와 같은 다른 트래픽들과 공정하게 대역폭을 공유할 수 있다.

흐름제어 모듈은 송신 버퍼의 상태를 인지하여 부호화 비디오의 품질을 조절하여 서비스 연속성 및 지연시간 한계를 보장한다. 흐름제어 모듈은 그림 4와 같이 송신 버퍼의 크기( $qlen_{TX}$ )와 최대임계값( $max_{th}$ ), 언더플로우(UNDERFLOW) 이벤트에 따라 부호화 비디오의 품질을 조절한다.  $max_{th}$ 는 식 (8)과 같이 정의하며  $Delay\ Bounds_{Time}$ 은 시스템에서 보장하는 지연한계 값이고  $\alpha$ 는 DeBuG 기법의 파라메타이다.

$$max_{th} = R(t) \cdot Delay\ Bounds_{Time} \cdot \alpha \quad (8)$$

먼저 지연한계 시간을 초과하기 전 부호화 영상의 품질을 조절하기 위해 지연한계 시간 이내에 송신 버퍼의 크기에 따라 품질을 조절하는 조건을 충족하기 위한 식 (9) 조건을 만족하기 위해 최대임계값의  $\alpha$ 는  $1 > \alpha$  조건을 가진다.

$$Delay\ Bounds_{Time} > \frac{R(t_o) \cdot Delay\ Bounds_{Time} \cdot \alpha}{X(t_o)} + \frac{\int_{t_o}^{(1-\alpha) \cdot Delay\ Bounds_{Time}} R(t) dt}{X(t_o)} \quad (9)$$

흐름제어 모듈은 설정한 지연한계 시간으로 계산되는 최대임계값을 초과할 경우 부호화 비디오의 품질 등급을 낮춰 현재 영상부호화 전송률인  $R(t)$  값을 낮춘다. 이를 통해 송신 버퍼 내 지연시간  $D_{TX}$ 를 감소시킨다. 반대로, 송신 버퍼의 언더플로우 이벤트가 발생할 경우 영상부호화의 품질 등급을 높여 영상의 서비스 품질을 보장한다.

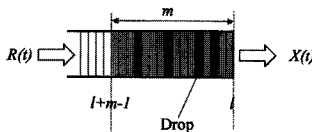


그림 5 프레임 폐기 모듈 동작

네트워크 혼잡상황 시 라이브 비디오 스트리밍 전송 시스템의 재생지연시간을 보장하기 위해 프레임 폐기 모듈은  $qlen_{TX}$ 가  $max_{th}$ 을 초과하는 경우 그림 5와 같이 버퍼 내 프레임을 폐기한다.

프레임 폐기모듈은 식 (10)을 만족하도록 프레임내 우선순위가 낮은 비디오의 프레임부터 폐기하여 왜곡이 최소화되도록 동작한다.

$$min \sum_{k \in \theta} d_k \text{ subject } \frac{\sum_{k=l, k \in \theta}^{l+m-1} b_k}{D_{TX}} \leq X(t) \quad (10)$$

여기서, 송신 버퍼내 전체 프레임은  $\theta \subseteq \{l, l+1, \dots, l+m-1\}$ 이며  $m$ 은 총 프레임 수,  $b_k$ 는 프레임  $k$ 의 비트량,  $d_k$ 는 프레임  $k$ 의 비디오 왜곡률이다. 프레임 폐기모듈은 지연한계 시간을 보장하기 위해 송신 버퍼에 저장된 비디오 프레임 중 화면의 왜곡을 최소화하는 프레임에 대해서 현재 서버의 데이터 전송률  $X(t)$ 를 초과하지 않도록 프레임을 폐기한다. 이를 통해 최대임계값을 초과하는 구간 이후 송신 버퍼의 증가를 방지하여 지연한계 시간을 보장한다.

#### 4. 실험 및 평가

제안한 DeBuG 기법의 성능을 평가하기 위해 LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory)의 NS2 (Network Simulator)를 이용하여 시험 및 평가하였다. 그리고, 시험을 위해 "SOCCER\_352x288\_30\_orig\_02.yuv" 영상을 JSVM(Joint Scalable Video Model)을 이용하여 표 1과 같이 4개의 Quality Layer를 가지는 확장형 부호화 비디오 비트스트림을 구성하였다.

표 1 확장형 부호화 비디오 스트림

JSVM Layer	Resolution	Frame Rate	Bitrate (kbps)	Quality level	Y-PSNR
Layer 20	352x288	30	594.8	0	31.0413
Layer 33	352x288	30	813.5	1	32.4077
Layer 34	352x288	30	955.3	2	33.4442
Layer 35	352x288	30	1083.4	3	34.7454

시험을 위해 그림 6과 같은 시뮬레이션 네트워크를 구성하여 1개의 비디오 플로우와 2개의 TCP 플로우를 전송하였다. 3개의 플로우의 혼잡 구간인 R0와 R1의 대역폭을 조정하여 혼잡의 정도를 변경하여 시험하였다. 시뮬레이션 시간은 총 200초를 수행하였으며 비디오 플로는 1초부터 200초까지 스트리밍 데이터를 전송하고, TCP0 플로는 50초부터 100초까지, TCP1 플로는 150초부터 200초까지 트래픽을 전송하였다.

본 논문에서 제안한 DeBuG 기법의 성능을 평가하기 위해 다른 전송률 조절 기법인 RAP, NCAR, SVC RC(SRC)를 비디오 서버에 각각 설정하여 시험하였다. 각 전송률 조절 기법의 성능을 평가하기 위해 R0와 R1의 링크 대역폭을 1.3Mbps에서 2Mbps로 변경하여 혼잡상황의 정도를 조절하였다. 혼잡상황에 따라 네트워크

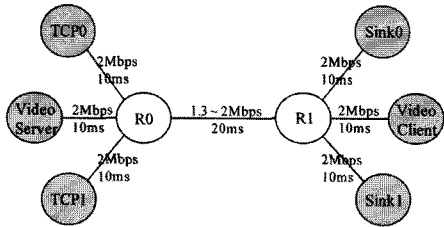


그림 6 시뮬레이션 네트워크 구성

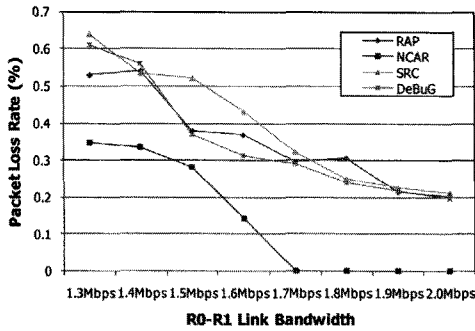


그림 7 패킷 손실을 성능 비교

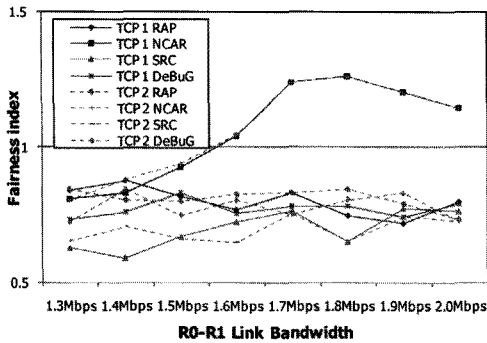


그림 8 플로우간 공정성 비교

친화적으로 혼잡제어를 수행하여 비디오 플로우의 패킷 손실을 개선하는 성능을 평가하였다. 그림 7과 같이 제안한 DeBuG 방법은 네트워크 혼잡상황에 대해서 기존 전송률 조절 기법과 유사한 성능을 보임을 확인하였다.

전송률 조절 기법이 가지는 플로우간의 공정성을 평가하기 위해 2개의 TCP 플로우의 공정성을 평가하였다. DeBuG 기법은 다른 전송률 기법과 유사한 공정성을 보였다.

품질 적응방법을 사용하는 전송률 조절 방법은 영상 품질의 조절 횟수와 조절 크기에 따라 비디오 재생시 사용자에게 다양한 영상의 품질을 제공한다. 영상 품질 조절의 변화를 평가하기 위해 Weight Average Quality Transition(WAQT)를 이용하여 품질을 평가하였다.

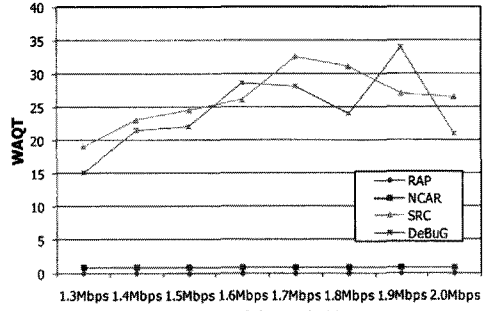


그림 9 WAQT 성능 비교

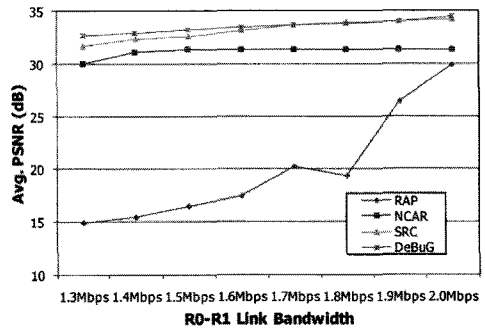


그림 10 평균 PSNR 성능 비교

제안한 DeBuG 방법은 그림 9와 같이 네트워크 혼잡 상태에 따라 영상의 품질 등급을 조절하는 SRC 기법보다 전체적으로 낮은 WAQT 값을 보였다. 이는 동일 네트워크 환경에서 품질의 변화의 빈도와 폭을 줄여 사용자에게 좋은 영상 품질을 제공하기 때문이다. 그리고, 품질 조절 기능을 가지고 있는 NCAR이 경우 라이브 비디오 특성으로 수신 버퍼의 크기를 이용한 흐름제어를 원활히 수행하지 못해 영상의 품질 조절이 원활히 동작하지 않았다. 따라서, NCAR는 전구간 가장 낮은 품질 등급인 Layer 20으로 서비스가 되어 품질 조절을 가지는 다른 전송률 조절 기법과 공정한 성능평가가 되지 않았다.

객관적인 영상의 품질을 표시하는 평균 PSNR의 경우 그림 10과 같이 DeBuG 기법이 네트워크 혼잡 상황에 적응적으로 영상의 품질을 조절하여 다른 방법보다 우수한 영상 품질을 제공함을 확인하였다. 반대로, RAP 기법의 경우 혼잡상황이 가중되는 네트워크 환경에서 영상의 품질을 조절하지 않아 원활한 비디오 재생을 보장하지 못해 전체적으로 낮은 평균 PSNR을 보였다.

멀티미디어 스트리밍 서비스의 주요 사용자 체감품질인 서비스 연속성을 평가하기 위해 라이브 비디오를 수신하는 수신단에서의 비디오 재생에 대한 연속성을 평가하였다. 그림 11과 같이 제안한 DeBuG 기법의 경우 다른 기법보다 우수한 서비스 연속성을 제공하였다. 이

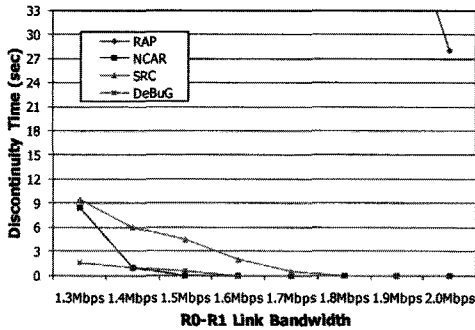


그림 11 서비스 연속성 성능 비교

는 네트워크 혼잡이 발생하는 환경에서도 사용자에게 끊김 없는 영상의 재생을 보장하는 것이다. 반면, 영상의 품질 조절 없이 전송률을 조절하는 RAP의 경우 네트워크 혼잡상황에 적응적인 처리를 하지 못해 매우 낮은 서비스 연속성을 보였다.

마지막으로 라이브 비디오의 재생지연한계 성능을 표 2와 같이 평가하였다. 표 2에서 보는 것과 같이 설정한 재생지연한계 1초를 제안한 DeBuG 기법의 경우 원활히 보장함을 알 수 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 모바일 기기에서 실시간 스트리밍시 비디오 재생연속성과 재생지연한계를 보장하는 DeBuG (Delay Bounds Guaranteed) 전송률 조절 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 실시간 비디오처리 시스템의 특성을 고려하여 송신 버퍼의 상태와 네트워크 상태를 인지하여 실시간 비디오의 서비스 연속성과 지연한계를 보장하는 품질 적응 기능을 가지고 있으며, 비디오 영상의 품질을 보장하며 비디오 재생지연한계를 보장하기 위해 선택적 프레임 폐기 기능을 가지고 있다. 다양한 네트워크 혼잡환경에 대한 시뮬레이션을 통하여 제안한

DeBuG 기법의 주요 성능 항목들이 다른 전송률 조절 기법보다 전반적으로 우수함을 확인하였다. 향후 연구 과제로는 다양한 사용자 요구를 충족하기 위해 사용자 선호도와 콘텐츠 특성에 따라 사용자 체감 품질을 고려하는 전송률 조절 기법에 대한 연구가 필요하다.

### 참고 문헌

- [1] S. Park and S. Jeong, "Mobile IPTV: Approaches, Challenges, Standards, and QoS Support," *IEEE Internet Computing Mag.*, 2009.
- [2] S. Lee, J. Koo and K. Chung, "Content-Aware Rate Control Scheme to Improve the Energy Efficiency for Mobile IPTV," in *Proc. IEEE ICCE*, 2010.
- [3] J. Koo and K. Chung, "Adaptive Rate Control for Improving the QoE of Streaming Service in Broadband Wireless Network," *Journal of KICS: Networks and Convergence Services*, vol.35, no.2, pp.334-344, 2010. (in Korean)
- [4] J. Koo and K. Chung, "A Novel Rate Control for Improving the QoE of Multimedia Streaming Service in the Internet Congestion," *Journal of KIISE : Information Networking*, vol.36, no.6, pp.492-504, 2009. (in Korean)
- [5] DT. Nguyen and J. Ostermann, "Congestion Control for Scalable Video Streaming Using the Scalability Extension of H.264/AVC," *IEEE Journal of Selected Topic in Signal Processing*, 2007.

구 자 현

정보과학회논문지 : 정보통신  
제 37 권 제 5 호 참조

정 광 수

정보과학회논문지 : 정보통신  
제 37 권 제 1 호 참조

표 2 재생지연한계 성능 비교

Scheme	Value	1.4Mbps	1.5Mbps	1.6Mbps	1.7Mbps	1.8Mbps	1.9Mbps	2.0Mbps
DeBuG	Max	0.866667	0.869496	0.873454	0.867206	0.866667	0.871534	0.870862
	min	0.151764	0.165086	0.402988	0.144946	0.333202	0.31896	0.362838
	Avg.	0.579601	0.651242	0.647047	0.59406	0.615584	0.598337	0.653513
NCAR	Max	1.256678	0.866667	0.866667	0.866667	0.866667	0.866667	0.866667
	min	0.136634	0.251768	0.404154	0.845656	0.846462	0.846506	0.846584
	Avg.	0.882843	0.600472	0.692921	0.850628	0.850971	0.851187	0.851008
RAP	Max	4.108757	4.337877	5.129688	6.862718	5.601152	8.378475	4.534496
	min	0.105511	0.103201	0.102629	0.103985	0.103368	0.101798	0.10563
	Avg.	0.582733	0.665742	0.798646	1.16864	0.86923	1.874318	1.284666
SRC	Max	0.866667	0.866667	0.866667	0.866667	0.866667	0.866667	0.866667
	min	0.163632	0.149596	0.153251	0.19132	0.376701	0.460602	0.448897
	Avg.	0.44888	0.45942	0.482622	0.558216	0.643747	0.697234	0.690607