

균일 화질 보장을 위한 스트리밍 비디오 시스템 설계에 관한 연구

박영환*, 박찬곤*

A Study on the Design of Uniform Quality Guaranteed Streaming Video System

Young-Hwan Park *, Chan-Khon Park *

요 약

스트리밍 비디오 시스템(SVS)의 QoS에 관한 기존 연구는 네트워크 관점에서 전송되는 비디오 스트림을 조절하여 데이터의 손실과 지연을 방지하는데 중점을 두고 있다. 반면 비디오 스트림의 화질이 변화되면 균일 화질을 원하는 사용자 입장에서의 QoS는 보장 받지 못하는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 Encoder에서 프레임 당 발생 비트량이 일정하게 유지되는 CBR 스트리밍 비디오의 장점과 균일한 화질을 보장하는 VBR 스트리밍 비디오의 장점을 적용한 VBR to CBR Encoder와 CBR to VBR Decoder, 비디오 스트림에 대한 재생 제어를 설계하였다. 그리고 이를 기반으로 사용자에게 균일한 화질의 제공을 보장하는 균일 화질 보장 SVS를 설계하고 구현하였다. 본 논문에서 제안한 균일 화질 보장 SVS의 우수성을 입증하기 위하여 여러 특성의 샘플 비디오에 대한 PSNR을 평가하였다. 평가결과 균일 화질 보장 SVS의 성능이 CBW가 ABR 100%부터 85%까지의 환경에서 균일한 화질을 보장하여 우수성을 입증하였다.

▶ Keywords : 스트리밍 비디오 시스템, QoS, 균일 화질

Abstract

The existing research on the QoS of the Streaming video system(SVS) adjust the video stream being sent from the network perspective, the focus is to prevent data loss and delay. The other hand, changing the quality of the video stream will not receive the guaranteed QoS from the perspective of the users who want uniform quality. In order to solve these problems, this paper applied to ensure that the benefits in the amount of bits per frame occurs Encoder CBR streaming video is kept constant and uniform picture quality advantages of VBR streaming video VBR to CBR Encoder and CBR to VBR Decoder, Video was designed to control the playback stream for And to

•제1저자 : 박영환 •교신저자 : 박찬곤

•투고일 : 2013. 6. 4, 심사일 : 2013. 7. 7, 게재확정일 : 2013. 8. 6.

* 청주대학교 컴퓨터정보공학과(Dept.of Computer & Information Engineering, Chongju University)

ensure a uniform quality of the user based on the design and implementation of uniform quality guaranteed SVS. PSNR evaluated for several characteristics of the sample video to demonstrate the superiority of the SVS ensure uniform quality, the proposed Performance evaluation of the SVS ensure uniform quality CBW the ABR from 100% to ensure uniform image quality from 85% to environmental excellence is proved.

▶ Keywords : Streaming video system, QoS, Uniform quality

I. 서론

현재 멀티미디어 스트리밍 환경은 유선망과 무선망을 이용하여 서비스되고 있으며, 스트리밍 시스템의 멀티미디어 데이터 스트림은 압축된 형태로 저장되어 서비스된다. 멀티미디어 데이터 스트림의 압축형태는 CBR(constant bit rate)과 VBR(variable bit rate)기술이 사용된다. CBR 스트리밍 비디오는 입력 영상의 특성에 상관없이 엔코더에서의 프레임 당 발생 비트량을 일정하게 유지시킬 수 있으나 재생 화질이 일정하지 않으며, 장면 전환 프레임의 경우 화질이 나빠지는 문제 등 균일한 화질 보장이 어렵다는 단점이 있고, VBR 스트리밍 비디오는 CBR 스트리밍 비디오에 비해 장면 전환 여부에 상관없이 균일한 화질을 보장하고 압축률이 높은 장점이 있으나, 엔코더에서의 프레임 당 발생 비트량에 큰 폭의 변동이 있기 때문에 한정된 대역폭을 가지는 네트워크로 데이터 전송 시 서비스 품질(QoS : Quality of Service) 보장이 어렵다는 단점이 있다[1-2].

기존 스트리밍 비디오 시스템의 QoS에 관한 연구들에서는 서비스 제공자의 입장에서 TCP 친화적인 전송률 조절 기법과 네트워크의 변화에 따라 적응적으로 QoS를 조절하는 기법들을 제시하여 왔다. 네트워크 관점에서의 비디오 전송 기법들은 실제 서비스되는 비디오 스트림의 품질 향상을 보장하지 않는다는 한계가 있다[3-4].

본 연구는 VBR 스트리밍 비디오의 장점인 균일한 화질 보장과 프레임 당 발생 비트량이 일정하게 유지된다는 CBR 스트리밍 비디오의 장점을 취한 VBR to CBR Encoder와 CBR to VBR Decoder를 설계하고, 비디오 스트림에 대한 재생 제어 방법을 설계한다. 이를 기반으로 한 균일 화질 보장 스트리밍 비디오 시스템(SVS : Streaming Video System)을 통하여 사용자가 균일한 화질을 제공받는 것을 목적으로 한다.

II. 관련 연구

1. TCP 친화적 전송률 조절 기법

TCP 친화적 전송률 조절 기법은 TCP와 유사한 혼잡제어 메커니즘을 적용하여 네트워크의 혼잡 상황을 예방하고 패킷 손실을 감소시키기 위한 전송률 조절 기법이다.

1.1 RAP(Rate Adaptation Protocol)

RAP는 TCP와 유사한 혼잡제어 메커니즘을 사용하지만 ACK 기반의 윈도우 조절방식이 아닌 전송률 조절방식을 사용하여 전송률의 변화를 감소시킨다[5].

1.2 TEAR(TCP Emulation at Receivers)

TEAR은 TCP의 혼잡제어 메커니즘을 수신단에서 수행하여 네트워크 상태에 적합한 전송률을 송신단에 알려줌으로써 TCP 친화적으로 전송률을 조절하는 것으로 윈도우기반 방식과 전송률기반 방식이 혼합된 형태의 전송 기법이다[6].

1.3 SQRT

SQRT는 TCP의 AIMD(Additive Increase and Multiplicative Decrease)기법의 파라미터 값 변경을 통해 비디오 전송에 적합하도록 전송률의 변화를 줄인다[7].

1.4 TFRC(TCP Friendly Rate Control)

TFRC는 유선망에서 널리 사용되는 전송률 조절 기법으로 수신단에서 송신단으로 피드백되는 패킷 손실률, 종단간 지연, 재전송 타임아웃을 이용하여 TCP 커넥션의 평균 전송률을 비교적 정확하게 추정할 수 있다. TFRC는 TCP에 비해서 시간에 따른 성능의 변화량이 적어 상대적으로 안정적인 데이터 전송률을 요구하는 멀티미디어 스트리밍 서비스 지원에 있어서 TCP보다 비교우위에 있다[8].

1.5 VTFRC(Video TFRC)

VTFRC는 프레임의 복잡성과 레이트 차이에 따라 증가하는 서비스 품질 요구 사항을 충족하기 위하여 TFRC와 이상적인 TCP 레이트 사이의 레이트 차이를 계산한 다음 TRFC 레이트를 더 높은 비트 레이트로 엔코딩한다[9].

2. 네트워크 적응적 QoS 조절 기법

네트워크 적응적 QoS 조절 기법은 멀티미디어 스트리밍 서비스에서 네트워크의 안정성을 향상시키면서 사용자에게 제공되는 서비스 품질을 향상시키기 위한 전송률 조절 기법이다.

2.1 MVBA(Minimum Variability Bandwidth Allocation)

MVBA는 대역폭이 변화될 경우 전송률 변화량을 최소화하는 알고리즘으로 대역폭이 증가 또는 감소되는 경우 완만한 변화를 통해 비디오 화질에 변화가 발생하는 지연을 최소화하는 알고리즘이다. 대역폭의 변화가 적은 비디오 스트림에서 우수한 특징을 보인다[10].

2.2 OI DC(Optimal Inter-layer Distribution Condition)

OI DC는 클라이언트의 버퍼링된 데이터의 양을 기반으로 각 레이어별로 대역폭을 할당하는 방법으로, 클라이언트의 버퍼링된 데이터의 양이 네트워크 혼잡에 의한 전송률 감소 이후에도 현재의 비디오 품질을 계속 서비스 할 수 있을 정도로 충분하고, 동시에 네트워크의 가용대역폭이 충분히 여유가 있다면 전송 비디오의 품질 등급을 증가시킨다. 반대로, 클라이언트의 버퍼링된 데이터의 양이 충분치 않고, 가용대역폭이 스트리밍 서비스를 지속하기에 부족하다면 비디오의 품질 등급을 감소시킨다[11].

2.3 MVBA G(Minimum Variability bandwidth Allocation with GOP of Pictures)

MCBAG는 MVBA를 바탕으로 GOP 단위로 전송률 변화를 조절하여 CPU 오버헤드를 줄이며, 비디오 스트림의 최대 전송률을 제한하는 알고리즘이다. GOP 단위로 전송률을 계산하므로 버퍼의 크기가 상대적으로 크다[12].

2.4 SRC(Scalable Rate Control)

SRC는 네트워크의 가용대역폭을 측정하여 수시로 변화하는 가용대역폭에 적합하도록 서비스 되는 비디오의 품질 등급을 결정한다. SRC는 가용대역폭이 급변할 경우에 비디오 품질 등급이 큰 폭으로 변화한다[13].

2.5 ARC(Application-level Rate Control)

ARC는 측정된 네트워크 가용대역폭을 기반으로 전송률 증가와 감소 동작 이후에는 프로빙 간격 시간과 혼잡 대기 시간 동안 전송률 조절을 제한하여 잦은 전송률 변화를 방지하였다. ARC는 지속적인 네트워크 혼잡 상황에서 비디오의 품질이 급격히 저하된다[14].

III. 균일 화질 보장 스트리밍 비디오 시스템 설계

1. 균일 화질 보장 SVS

1.1 SVS 구조

본 논문에서 제안한 균일 화질 보장 SVS의 구조는 그림 1과 같다.

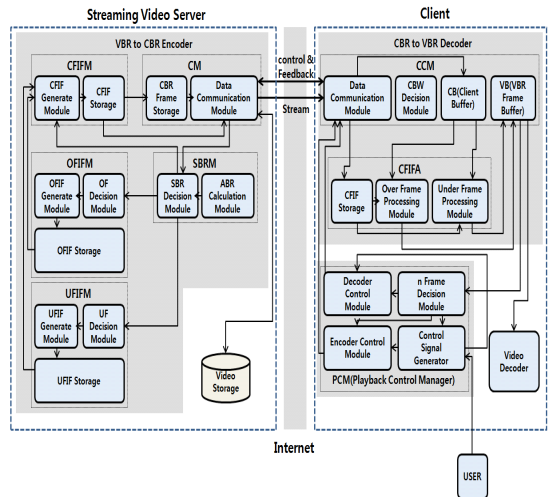


그림 1. 균일 화질 보장 SVS 구조
Fig. 1. Uniform Quality Guaranteed SVS architecture

균일 화질 보장 SVS의 스트리밍 서비스 형태는 유니캐스트 방식이며, 스트리밍 프로토콜은 RTSP와 RTP를 사용하였다.

균일 화질 보장 SVS는 클라이언트의 대역폭 변화에도 사용자에게 균일한 화질을 제공하기 위하여 균일한 화질을 보장하는 VBR 스트리밍 비디오의 장점과 프레임 당 발생 비트량이 일정하게 유지된다는 CBR 스트리밍 비디오의 장점을 취한 VBR to CBR Encoder와 CBR to VBR Decoder를 적

용하였고, 비디오 재생 제어를 위하여 재생 제어 관리자를 적용하였다.

1.2 SVS 기능

균일한 화질을 보장하는 SVS의 기능은 그림 2와 같다.

Streaming Video Server는 Video Storage와 VBR to CBR Encoder로 구성되며 주요 기능은 다음과 같다.

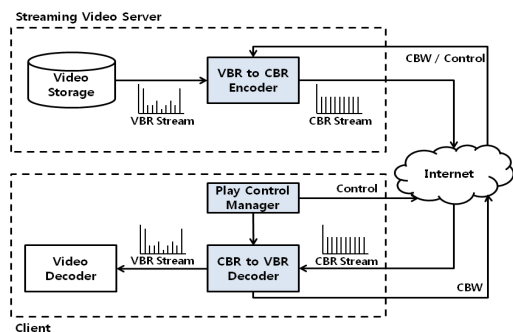


그림 2. 균일 화질 보장 SVS의 기능
Fig. 2. The Function of Uniform Quality Guaranteed SVS

Video Storage는 VBR로 Encoding된 비디오를 저장하고 VBR to CBR Encoder의 요구에 따라 비디오를 VBR to CBR Encoder로 전송한다. VBR to CBR Encoder는 Video Storage에서 전송된 VBR 스트림을 CBR화하여 Client로 전송한다[15].

Client는 CBR to VBR Decoder와 재생 제어 관리자, Video Decoder로 구성되며 주요 기능은 다음과 같다.

CBR to VBR Decoder는 스트리밍 비디오 서버에서 전송된 CBR화된 스트림을 VBR 스트림으로 디코딩한다[16]. 재생 제어 관리자(Play Control Manager)는 재생, 일시정지, 정지, 앞으로 건너뛰기, 뒤로 건너뛰기, 종료 등 재생 제어 명령을 전송한다[17]. Video Decoder는 디코딩된 VBR 스트림을 재생한다.

2. VBR to CBR Encoder 설계

2.1 VBR to CBR Encoder 구조

VBR 스트리밍 비디오를 CBR화하기 위한 VBR to CBR 알고리즘을 적용한 VBR to CBR Encoder의 구조는 그림 3과 같다.

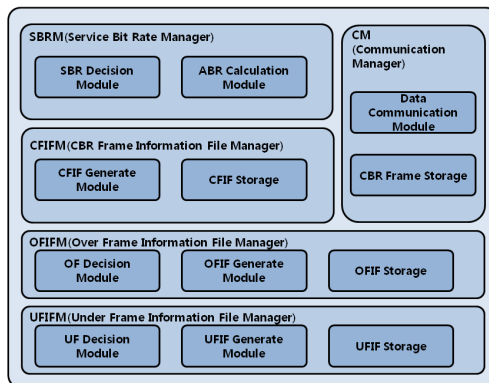


그림 3. VBR to CBR Encoder의 구조
Fig. 3. The structure of the VBR to CBR Encoder

SBRM(Service Bit Rate Manager)은 스트리밍 비디오를 클라이언트에게 제공하기 위한 준비로 클라이언트의 대역폭을 CM(Communication Manager)으로부터 전달받아 서비스 비트 레이트를 결정한다. SBR(Service Bit Rate) Decision Module은 클라이언트의 대역폭과 서비스하려는 VBR 스트리밍 비디오의 평균 비트 레이트를 비교하여 작은 값을 서비스 비트 레이트를 결정한다. ABR(Average Bit Rate) Calculation Module은 VBR 스트리밍 비디오의 평균 비트 레이트를 계산한다.

CM(Communication Manager)은 Encoder의 각 모듈과 클라이언트와의 통신을 담당한다. Data Communication Module은 CBR Frame Storage에 저장된 CBR화된 프레임과 CFIF Storage에 저장된 CFIF를 클라이언트로 전송하고, 클라이언트로부터 전송받은 CBW(Client Bandwidth)를 SBRM에 전송한다. RTP/RTSP 프로토콜을 수행하기 위하여 Data Communication Module 내부에 프로토콜 스택을 구성한다. Data Communication Module의 구조는 그림 4와 같다. CBR Frame Storage는 CBR화된 프레임을 저장한다.

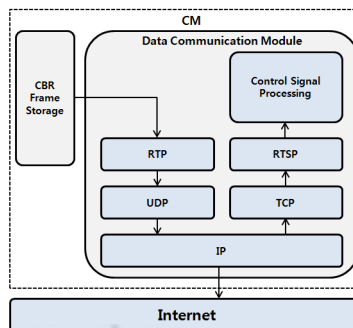


그림 4. Data Communication Module의 구조
Fig. 4. The structure of Data Communication Module

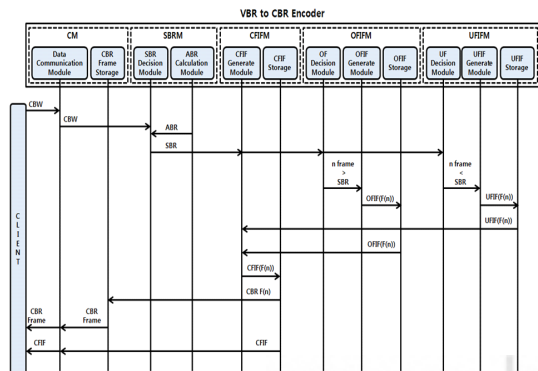
CFIFM(CBR Frame Information File Manager)CFIF를 생성하고 생성된 CFIF를 저장한다. CFIF Generate Module은 OFIF(Over Frame Information File) Storage와 UFIF(Under Frame Information File) Storage 저장된 정보를 이용하여 CFIF를 생성한다. CFIF는 프레임 번호, 프레임 크기, 오버/언더 프레임 플래그, 오버 프레임인 경우 SBR을 초과하는 n번 프레임의 정보가 추가된 m번 프레임의 번호, m번 프레임에 추가된 정보의 크기 그리고 언더 프레임인 경우 n번 프레임에 추가된 SBR을 초과하는 m번 프레임의 정보, 추가된 정보의 크기를 갖는다. CFIF Storage는 CFIF Generate Module에서 생성된 정보를 저장한다.

OFIFM(Over Frame Information File Manager)의 Over Frame Decision Module은 서비스 비트 레이트를 초과하는 프레임을 결정한다. OFIF(Over Frame Information File) Generate Module은 서비스 비트 레이트를 초과하는 프레임에 대한 정보와 초과되는 정보를 생성한다. OFIF는 오버 프레임 번호, 크기 그리고 초과되는 정보를 갖는다. OFIF Storage는 OFIF Generate Module에서 생성된 정보를 저장한다.

UFIFM(Under Frame Information File Manager)의 Under Frame Decision Module은 서비스 비트 레이트 미만 프레임을 결정한다. UFIF(Under Frame Information File) Generate Module은 서비스 비트 레이트 미만의 프레임에 대한 정보를 생성한다. UFIF는 언더 프레임 번호, 크기를 갖는다. UFIF Storage는 UFIF Generate Module에서 생성된 정보를 저장한다.

2.2 VBR to CBR Encoder 처리과정

VBR 스트리밍 비디오를 CBR화하기 위한 VBR to CBR Encoder의 처리과정은 그림 5와 같다.



(범례)

ABR	평균 비트 레이트	OFIF (F(n))	n번 프레임의 OFIF
CBW	클라이언트 대역폭	OFIF	오버 프레임 정보 파일
SBR	서비스 비트 레이트	CFIF	CBR화된 프레임 정보 파일
n Frame	n번 프레임의 비트열	UFIF (F(n))	n번 프레임의 UFIF
CFIF (F(n))	n번 프레임의 CFIF	UFIF	언더 프레임 정보 파일
CBR F(n)	CBR화된 n번 프레임의 비트열	CBR Frame	CBR화된 프레임

그림 5. VBR to CBR Encoder의 처리과정
Fig. 5. Processing of VBR to CBR Encoder

VBR to CBR Encoder의 각 모듈은 처리과정에서 다음과 같은 동작을 수행한다.

- ① Data Communication Module : CBW 수신, CBW 송신
- ② SBR Decision Module : CBW 수신
- ③ ABR Calculation Module : ABR 송신
- ④ SBR Decision Module : ABR 수신, SBR 결정, SBR 송신
- ⑤ CFIF Generate Module : SBR 수신
- ⑥ OF Decision Module : SBR 수신
- ⑦ UF Decision Module : SBR 수신
- ⑧ n frame OF 또는 UF 결정
if n frame > SBR then
{ ⑨ OF Decision Module : n 송신 -> OFIF Generate Module
- ⑩ OFIF Generate Module : n 수신, OFIF(F(n)) 생성, OFIF(F(n)) 송신 -> OFIF Storage
- ⑪ OFIF Storage : OFIF(F(n)) 수신, OFIF(F(n)) 송신 -> CFIF Generate Module }
- else
{ ⑨ UF Decision Module : n 송신 -> UFIF Generate Module
- ⑩ UFIF Generate Module : n 수신, UFIF(F(n)) 생성, UFIF(F(n)) 송신 -> UFIF Storage
- ⑪ UFIF Storage : UFIF(F(n)) 수신, UFIF(F(n)) 송신 -> CFIF Generate Module }

- ⑫ CFIF Generate Module : CFIF(F(n)) 생성, CFIF(F(n)) 송신 → CFIF Storage
- ⑬ CFIF Storage : CFIF(F(n)) 수신, CBR F(n) 생성, CBR F(n) 송신 → CBR Frame Storage
- ⑭ CFIF Storage : CFIF 송신 → Data Communication Module
- ⑮ CBR Frame Storage : CBR F(n) 수신, CBR Frame 송신 → Data Communication Module
- ⑯ Data Communication Module : CFIF 수신, CFIF 송신 → Client

3. CBR to VBR Decoder 설계

3.1 CBR to VBR Decoder 구조

CBR화된 스트리밍 비디오를 VBR화하기 위한 CBR to VBR 알고리즘을 적용한 CBR to VBR Decoder의 구조는 그림 6과 같다.

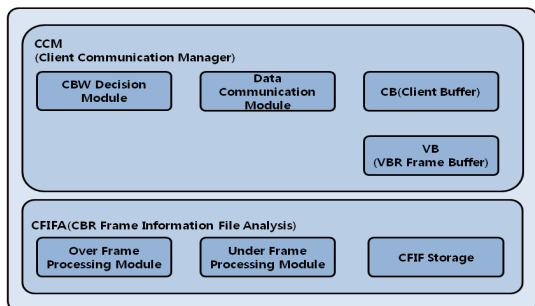


그림 6. CBR to VBR Decoder의 구조
Fig. 6. The structure of the CBR to VBR Decoder

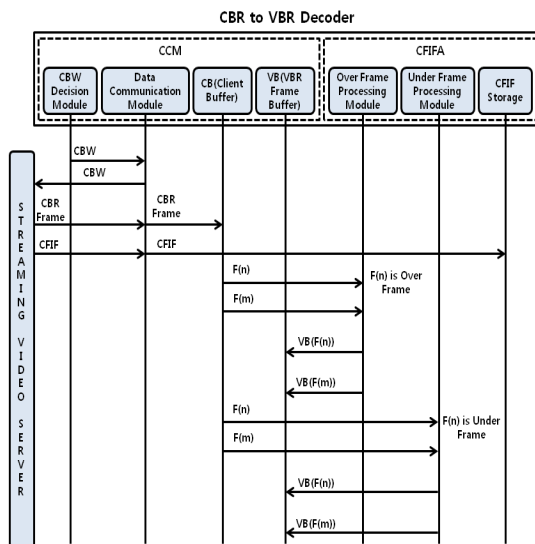
CCM(Client Communication Manager)은 Decoder의 각 모듈과 스트리밍 비디오 서버와의 통신을 담당한다. CBW Decision Module은 사용자의 네트워크 상황에 따라 클라이언트의 대역폭을 결정한다. CBW 측정은 두 종단 사이에 네트워크 대역폭을 측정하는 Iperf-The TCP/UDP bandwidth measurement tool을 사용한다[18]. Data Communication Module은 CBW Decision Module이 결정 한 클라이언트 대역폭을 RTP/RSTP 프로토콜을 이용하여 스트리밍 비디오 서버의 CM으로 전송한다. 스트리밍 비디오 서버로부터 전송된 CBR화된 프레임을 CB에 전송하고, CFIF를 CFIF Storage에 전송한다. CB는 Data Communication Module이 스트리밍 비디오 서버로부터 전송 받은 CBR화된 프레임을 저장한다. VB는 CFIFA(CBR Frame Information File Analysis)로부터 처리된 VBR

프레임을 저장한다.

CFIFA(CBR Frame Information File Analysis)는 CBR화된 프레임 정보 파일을 분석하여 VBR 프레임을 생성한다. Over Frame Processing Module은 CB에 저장된 n번 프레임이 오버 프레임인 경우 CB에서 n번 프레임 정보에 m번 프레임에 추가된 n번 프레임의 정보를 더하여 VB에 저장한다. CB의 m번 프레임에서 추가된 n번 프레임의 정보를 빼고 남은 정보를 VB에 m번 프레임의 정보로 저장한다. Under Frame Processing Module은 CB에 저장된 n번 프레임이 언더 프레임인 경우 CB에서 n번 프레임 정보에서 m번 프레임의 추가된 정보를 빼고 VB에 n번 프레임의 정보로 저장한다. CB의 m번 프레임에 n번 프레임의 정보에 추가된 m번 프레임의 정보를 더하여 VB에 m번 프레임의 정보로 저장한다. CFIF Storage는 CCM의 Data Communication Module이 스트리밍 비디오 서버에서 수신한 CFIF를 저장한다.

3.2 CBR to VBR Decoder 처리과정

CBR화된 스트리밍 비디오를 VBR화하기 위한 CBR to VBR Decoder의 처리과정은 그림 7과 같다.



(범례)

CBW	클라이언트 대역폭	F(n)	n번 프레임 정보
CBR Frame	CBR화된 프레임	F(m)	m번 프레임 정보
CFIF	CBR화된 프레임 정보 파일	VB(F(n))	n번 VBR 프레임
CFIFA	CFIF Analysis	VB(F(m))	m번 VBR 프레임

그림 7. CBR to VBR Decoder의 처리과정
Fig. 7. Processing of the CBR to VBR Decoder

CBR to VBR Decoder를 구성하는 모듈은 처리과정에서 다음과 같은 동작을 수행한다.

- ① CBW Decision Module : CBW 결정, CBW 송신 -> Data Communication Module
 - ② Data Communication Module : CBW 수신, CBW 송신 -> CM
 - ③ Data Communication Module : CBR Frame 수신, CBR Frame 송신 -> CB
 - ④ Data Communication Module : CFIF 수신, CFIF 송신 -> CFIF Storage
- if n frame = Over Frame then // Use CFIF
- { ⑤ CB : F(n), F(m) 송신 -> Over Frame Processing Module
 - ⑥ Over Frame Processing Module : F(n), F(m) 수신, VB(F(n)), VB(F(m)) 생성, 송신 -> VB }
- else // n frame = Under Frame
- { ⑤ CB : F(n), F(m) 송신 -> Under Frame Processing Module
 - ⑥ Under Frame Processing Module : F(n), F(m) 수신, VB(F(n)), VB(F(m)) 생성, 송신 -> VB }
- ⑩ VB : VB(F(n)), VB(F(m)) 수신

4. 비디오 재생 제어 설계

4.1 PCM 구조

비디오 스트림의 Play, Stop, Pause, Resume 그리고 특정 프레임 이동 등의 제어를 수행하는 클라이언트의 재생 제어 관리자(PCM : Playback Control Manager)의 구조는 그림 8과 같다.

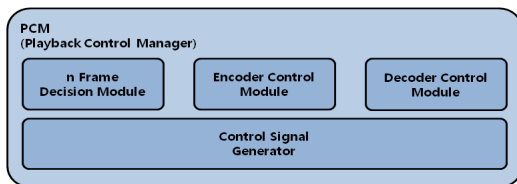


그림 8. 재생 제어 관리자 구조

Fig. 8. Playback Control Manager architecture

Control Signal Generator는 Play, Stop, Pause, Resume, 특정 프레임 이동(SF : Specific Frame) 등의 사용자 인터페이스를 제공하고 제어 신호를 생성한다. n

Frame Decision Module은 Control Signal Generator의 제어 신호에 따라 재생 위치 n번 프레임을 결정한다. Encoder Control Module은 스트리밍 비디오 서버의 VBR to CBR Encoder에 결정된 재생 위치 n번 프레임 번호와 재생 제어 신호를 전송한다. Decoder Control Module은 클라이언트의 CBR to VBR Decoder에 결정된 재생 위치 n번 프레임 번호와 재생 제어 신호를 전송한다.

4.2 PCM 처리과정

사용자의 사용자 인터페이스 선택에 따른 PCM의 처리과정은 그림 9와 같다. PCM의 각 모듈은 다음과 같은 동작을 수행한다.

Play는 사용자가 재생하려는 비디오 스트림을 선택했을 경우이다.

- ① Control Signal Generator : 재생 제어 신호 C_Play 생성, 송신 -> n Frame Decision Module, Encoder Control Module, Decoder Control Module
- ② n Frame Decision Module : C_Play 수신, n=1, n 송신 -> Encoder Control Module, Decoder Control Module
- ③ Encoder Control Module : C_Play, n 수신, C_Play, n 송신 -> VBR to CBR Encoder
- ④ Decoder Control Module : C_Play, n 수신, C_Play, n 송신 -> CBR to VBR Decoder

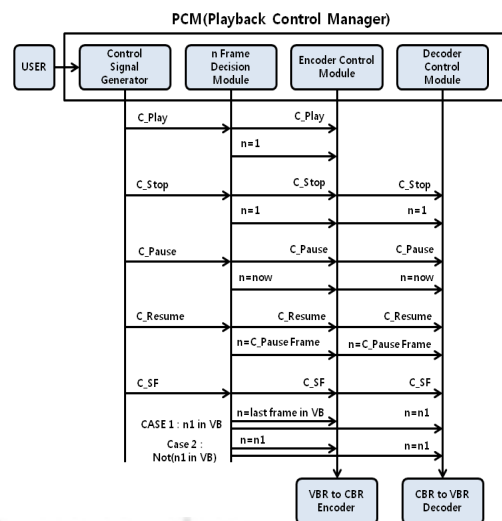


그림 9. 재생 제어 관리자 처리과정

Fig. 9. Playback Control Manager Processing

Stop은 사용자가 비디오 스트림의 재생을 정지한 경우이며 선택한 비디오 스트림의 연결은 유지한다.

- ① Control Signal Generator : 재생 제어 신호 C_Stop 생성, 송신 → n Frame Decision Module, Encoder Control Module, Decoder Control Module
- ② n Frame Decision Module : C_Stop 수신, n=1, n 송신 → Encoder Control Module, Decoder Control Module
- ③ Encoder Control Module : C_Stop , n 수신, C_Stop , n 송신 → VBR to CBR Encoder
- ④ Decoder Control Module : C_Stop, n 수신, C_Stop, n 송신 → CBR to VBR Decoder

Pause는 사용자가 비디오 스트림의 재생을 일시 정지한 경우이다.

- ① Control Signal Generator : 재생 제어 신호 C_Pause 생성, 송신 → n Frame Decision Module, Encoder Control Module, Decoder Control Module
- ② n Frame Decision Module : C_Pause 수신, n=현재 재생 프레임 번호(now), n 송신 → Encoder Control Module, Decoder Control Module
- ③ Encoder Control Module : C_Pause , n 수신, C_Pause , n 송신 → VBR to CBR Encoder
- ④ Decoder Control Module : C_Pause, n 수신, C_Pause, n 송신 → CBR to VBR Decoder

Resume은 사용자가 일시 정지한 비디오 스트림의 재생을 재개한 경우이다. Pause와 전환되어 발생한다.

- ① Control Signal Generator : 재생 제어 신호 C_Resume 생성, 송신 → n Frame Decision Module, Encoder Control Module, Decoder Control Module
- ② n Frame Decision Module : C_Resume 수신, n=C_Pause 신호 생성시의 재생 프레임 번호 (C_PauseFrame), n 송신 → Encoder Control Module, Decoder Control Module
- ③ Encoder Control Module : C_Resume , n 수신, C_Resume , n 송신 → VBR to CBR Encoder
- ④ Decoder Control Module : C_Pause, n 수신,

C_Resume, n 송신 → CBR to VBR Decoder

SF는 사용자가 비디오 스트림의 특정 프레임으로 재생 위치를 변경한 경우이다.

- ① Control Signal Generator : 재생 제어 신호 C_SF 생성, 송신 → n Frame Decision Module, Encoder Control Module, Decoder Control Module
- ② n Frame Decision Module : C_SF 수신, n=C_SF 신호 생성시의 변경된 재생 위치의 프레임 번호 (C_SFframe),

if n frame in VB then

- { ③ n Frame Decision Module : n 송신 → Decoder Control Module
- ④ Decoder Control Module : C_SF, n 수신, C_SF, n 송신 → CBR to VBR Decoder
- ⑤ n Frame Decision Module : n=VB의 마지막 프레임 번호(VB_LFrame), n 송신 → Encoder Control Module
- ⑥ Encoder Control Module : C_SF, n 수신, C_SF, n 송신 → VBR to CBR Encoder }

else

- { ③ n Frame Decision Module : n 송신 → Decoder Control Module
- ④ Decoder Control Module : C_SF, n 수신, C_SF, n 송신 → CBR to VBR Decoder
- ⑤ Encoder Control Module : C_SF, n 수신, C_SF, n 송신 → VBR to CBR Encoder }

Encoder Control Module에서 스트리밍 비디오 서버의 VBR to CBR Encoder로 전송하는 제어 신호와 Decoder Control Module에서 CBR to VBR Decoder로 전송하는 제어 신호의 구조는 표 1과 같다.

표 1. 제어 신호 구조
Table 1. Control Signal architecture

Control Signal	n
Control Signal : 재생 제어 신호	
C_Play(재생)	
C_Stop(정지)	
C_Pause(일시 정지)	
C_Resume(재생 재개)	
C_SF(특정 프레임 재생)	
n : 프레임 번호	

IV. 균일 화질 보장 SVS 구현 및 평가

1. SVS 구현

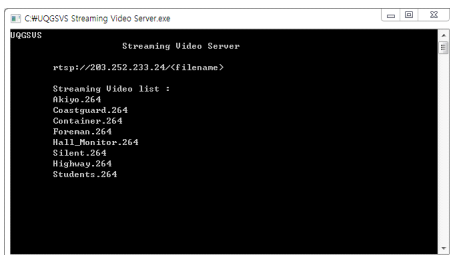
이 절에서는 앞 장에서 제안한 균일 화질 보장 SVS 설계를 이용하여 사용자 입장에서 균일한 화질을 보장하는 균일 화질 보장 SVS를 구현하였다.

1.1 구현 환경

본 논문에서 설계한 균일 화질 보장 SVS의 스트리밍 비디오 서버는 Live Networks사에서 Open Source로 배포중인 Live555 Streaming Media Source Code Library를 이용하여 C++ Language로 구현 하였다. Live555 Streaming Media Source Code Library는 RTSP, RTP 등의 프로토콜을 지원할 수 있는 API와 그 외 데이터들의 전송 및 스트리밍에 관련된 API를 제공하며, C++ Language로 구현이 가능하다[19]. 클라이언트는 Open Source인 VideoLAN Organization의 VLC media player SDK를 이용하여 구현하였다[20].

1.2 구현

균일 화질 보장 SVS는 그림 10과 같이 스트리밍 비디오 서버와 클라이언트로 구현되었다.



① 균일 화질 보장 SVS - Streaming Video Server



② 균일 화질 보장 SVS - Client

그림 10. 균일 화질 보장 SVS 구현 결과
Fig. 10. Uniform Quality Guaranteed SVS implementation results

스트리밍 비디오 서버는 설치된 컴퓨터의 IP주소를 확인하여 화면에 URL을 출력한다. 비디오는 서버 프로그램과 동일한 폴더에 위치한다. 클라이언트는 스트리밍 비디오 서버에 출력된 URL로 접속하여 비디오를 재생한다.

2. SVS 평가

2.1 평가 환경

일반적으로 동영상의 화질을 평가하는 대표적인 기준인 최대 신호 대 잡음비(PSNR : Peak Signal-to-noise ratio)를 사용하여 평가를 수행하였다. PSNR은 신호가 가질 수 있는 최대 전력에 대한 잡음의 전력을 나타낸 것이다. 무손실 영상의 경우에는 MSE가 0이기 때문에 PSNR은 정의되지 않는다. PSNR은 식 (4-1)을 이용하여 구한다[21].

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \| I(i,j) - K(i,j) \|^2$$

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (4-1)$$

I(i,j)는 원영상, K(i,j)는 복원된 영상, m, n는 각각 영상의 세로, 가로 크기이다. 여기에서 MAX_I는 I 영상의 최대 화소 값으로, 최대값에서 최소값을 빼서 구할 수 있다. 단위는 dB이며 복원한 영상이 원 영상과 비슷한 픽셀 값을 가질수록 더 높은 PSNR 수치를 얻을 수 있다. PSNR은 수치가 높을수록 노이즈에 대한 저항력이 크다는 것을 의미하며 동영상의 화질이 더 좋다는 것을 나타낸다. 통상적으로 30dB 이상의 영상은 인간의 시각 특성상 화질 저하로 판단하기 쉽지 않은 영상이다[22-25].

클라이언트 대역폭의 변화에 따른 PSNR을 측정하기 위하여 CBW를 샘플 비디오의 평균 비트 레이트 이하로 제한하고, 서버에서 스트리밍되는 비디오 이미지와 클라이언트에서 수신한 비디오를 복원했을 때의 이미지와의 PSNR을 프레임 별로 측정한다. 그리고 샘플 비디오에 대하여 평균 PSNR과 표준 편차를 구한다. 평균 PSNR이 높고 표준 편차가 작다는 것은 미디어 품질 변화의 폭이 적다는 것을 의미한다.

2.2 화질 평가

화질 평가에 사용된 샘플 비디오의 속성은 다음 표 2와 같다.

표 2. 샘플 비디오 속성
Table 2. Sample video properties

비디오	해상도	프레임 수	재생 시간	특징
Akiyo	352 × 288	300	10초	배경과 객체의 움직임이 거의 없음
Coastguard	352 × 288	300	10초	두개의 객체가 서로 다른 속도로 수평 이동하고 물결로 인한 움직임이 많음
Container	352 × 288	300	10초	배경이 고정되어 있고 수평 방향으로 움직이는 객체를 포함하고 있음
Foreman	352 × 288	300	10초	빠른 움직임과 카메라의 좌우 이동
Hall Monitor	352 × 288	300	10초	배경이 고정되어 있고 두 사람이 앞뒤로 이동
Silent	352 × 288	300	10초	배경이 고정되어 있고 한 사람이 수화로 대화
Highway	352 × 288	500	16.7초	카메라가 앞으로 이동하며 배경이 점진적으로 확대됨
Students	352 × 288	500	16.7초	배경이 고정되어 있고 두 사람이 앉아서 대화하고 있음

평가에 사용한 샘플 비디오에 대하여 CBW가 ABR 85% 이상의 범위에서 모든 샘플 비디오의 평균 PSNR이 30dB 이상으로 서버에서 스트리밍된 비디오가 클라이언트에서 화질 저하 없이 재생됨을 확인하였다. 샘플 비디오의 CBW 변화에 따른 평균 PSNR의 그래프는 그림 11과 같다.

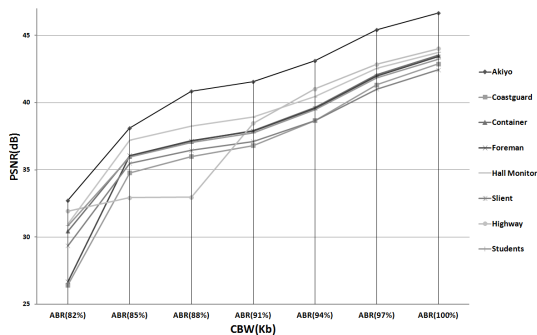


그림 11. 샘플 비디오의 평균 PSNR
Fig. 11. Average PSNR of Sample video

모든 샘플 비디오가 CBW가 ABR 100%인 경우는 PSNR 42.448dB 이상, ABR 97%인 경우는 PSNR 41.003dB 이상, ABR 94%인 경우는 PSNR 38.679dB 이상 그리고 ABR 91%인 경우는 PSNR 36.807dB 이상으로 측정되었다. ABR 88%인 경우는 Highway가 PSNR 32.970dB, 나머지 샘플 비디오가 PSNR 35.990dB 이상, ABR 85%인 경우 Highway가 PSNR 32.934dB, 나머지 샘플 비디오가 PSNR 34.779dB 이상으로 측정되었다. ABR 82%인 경우 PSNR 30dB이하의 화질 저하가 나타나

는 샘플 비디오가 발생했다.

PSNR 평가결과 본 논문에서 제안한 균일 화질 보장 SVS의 성능이 CBW가 ABR 100%부터 85%까지의 환경에서 균일한 화질을 보장함을 검증하였다.

3. 비교 및 검토

3.1 TFRC와의 비교

기존의 전송률 조절 기법인 TFRC와 본 논문에서 제안한 균일 화질 보장 SVS와의 샘플 비디오에 대한 평균 PSNR을 비교하면 다음 표 3과 같다.

표 3. TFRC와 균일 화질 보장 SVS의 평균 PSNR
Table 3. Average PSNR of TFRC and Uniform Quality Guaranteed SVS

Video	TFRC	균일 화질 보장 SVS	PSNR Gain
Akiyo	44.054	46.684	2.630
Coastguard	10.937	42.891	31.954
Container	28.528	43.533	15.005
Foreman	20.962	43.431	22.469
Hall Monitor	24.885	43.756	18.871
Silent	26.621	42.448	15.827
Highway	21.407	44.025	22.618

단위(dB)

TFRC의 샘플 비디오에 대한 평균 PSNR은 Mohammad A. Talaat의 "PSNR Evaluation for Media Traffic over TFRC"에서 인용하였다[26].

TFRC와 균일 화질 보장 SVS의 샘플 비디오에 대한 평균 PSNR을 비교한 결과 균일 화질 보장 SVS가 TFRC에 비하여 평균 PSNR이 2.630 ~ 31.954dB로 높게 측정되어 우수한 성능을 보였다.

3.2 VTFRC와의 비교

기존의 전송률 조절 기법인 VTFRC와 본 논문에서 제안한 균일 화질 보장 SVS와의 샘플 비디오에 대한 평균 PSNR을 비교하면 다음 표 4와 같다.

표 4. VTFRC와 균일 화질 보장 SVS의 평균 PSNR
Table 4. Average PSNR of VTFRC and Uniform Quality Guaranteed SVS

Video	Video TFRC	균일 화질 보장 SVS	PSNR Gain
Container	43.370	43.533	0.163
Foreman	35.380	43.431	8.051

단위(dB)

VTFRC의 샘플 비디오에 대한 평균 PSNR은 E. Tan의 "Video TFRC"에서 인용하였다(9).

VTFRC와 균일 화질 보장 SVS의 샘플 비디오에 대한 평균 PSNR을 비교한 결과 균일 화질 보장 SVS가 VTFRC에 비하여 평균 PSNR이 0.163 ~ 8.051dB로 높게 측정되어 우수한 성능을 보였다.

IV. 결 론

SVS의 QoS에 관한 기존 연구는 네트워크 관점에서 전송 되는 비디오 스트림을 조절하여 데이터의 손실과 지연을 방지 하는데 중점을 두고 있다. 반면 비디오 스트림의 화질이 변화 되면 균일 화질을 원하는 사용자 입장에서의 QoS는 보장 받 지 못하는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 Encoder에서 프레임 당 발생 비트량이 일정하게 유지 되는 CBR 스트리밍 비디오의 장점과 균일한 화질을 보장하는 VBR 스트리밍 비디오의 장점을 적용한 VBR to CBR Encoder와 CBR to VBR Decoder, 비디오 스트림에 대한 재생 제어를 설계하였다. 그리고 이를 기반으로 사용자에게 균일한 화질의 제공을 보장하는 균일 화질 보장 SVS를 설계 하고 구현하였다.

본 논문에서 제안한 균일 화질 보장 SVS의 우수성을 입증 하기 위하여 여러 특성의 샘플 비디오에 대한 PSNR을 평가 하였다. 평가결과 균일 화질 보장 SVS의 성능이 CBW가 ABR 100%부터 85%까지의 환경에서 인간의 시각 특성상 화질 저하로 판단하는 기준인 30dB를 상회하는 평균 35.818dB, 최대값 38.096dB(Akiyo) 그리고 최소값 32.934dB(Highway)로 균일한 화질을 보장하여 우수성을 입증하였다.

본 논문의 균일 화질 보장 SVS는 VOD, IPTV, UCC, 대 화형 홈쇼핑, 화상회의, 원격 교육, 원격 의료, 가상 대학 분야 등 멀티미디어 콘텐츠를 제공하는 다양한 서비스에서 사용자 에게 균일한 화질을 제공하기 위한 목적으로 적용할 수 있다.

향후 연구로는 균일 화질 보장 SVS를 확장하여, 다수의 클라이언트 접속 시의 효율성 확보에 관한 연구와 다양한 코 텍을 지원하기 위한 연구, 균일 화질 보장 실시간 SVS에 대 한 연구, 모바일 환경에서의 균일 화질 보장 SVS에 관한 연 구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Yun Q. Shi, Huifang Sun, "Image and Video Compression for Multimedia Engineering: Fundamentals, Algorithms, and Standards Second Edition", CRC Press, 2008.
- [2] T. V. Lakshman, Antonio Ortega, Amy. R. Reibman, "VBR Video: Tradeoffs and potentials", Proc. IEEE, Vol. 86, No. 5, May 1998.
- [3] T. Kim, M. H. Ammar, "Optimal quality adaptation for MPEG-4 fine-grained scalable video", IEEE INFOCOM, 2003.
- [4] B. Wang, W. Wei, Z. Guo, and D. Towsley, "Multipath live streaming via TCP: scheme, performance and benefits", Proc. ACM CoNEXT conference, pp. 1-12, 2007.
- [5] R. Rejaie, M. Handley, D. Estrin, "RAP: An end-to-end rate based congestion control mechanism for real-time streams in the internet", IEEE INFOCOMM, 1999.
- [6] I. Rhee, V. Ozdemir, Y. Yi, "TEAR: TCP emulation at receivers - flow control for multimedia streaming", Technical Report, NCSU, 2000.
- [7] D. Bansal, H. Balakrishnan, "Binomial congestion control algorithms", IEEE INFOCOM, 2001.
- [8] M. Handley, S. Floyd, J. Pahlke, and J. Widmer, "TCP Friendly Rate Control (TFRC): Protocol Specification", IETF, Request For Comments 5348, September 2008.
- [9] E. Tan, J. Chen, S. Ardon, E. Lochin, "Video TFRC", IEEE International Conference on Communications 2008, May 2008.
- [10] J. D. Salehi, "Supporting stored video: Reducing rate variability and end-to-end resource requirements through optimal smoothing", Proc. ACM SIGMETRICS, pp. 222-231, May 1996.
- [11] R. Rejaie, M. Handley, D. Estrin, "Layered quality adaptation for Internet video streaming", IEEE Journal of Selected Areas in Communications, vol. 18, no. 12, pp.

- 2530-2543, December 2000.
- [12] M. Lee, J. Kwak, H. Song, D. Park, "An Efficient Transmission Rate Control Algorithm for MPEG VOD Service", Journal of KCIES, Vol 3, No 8, pp. 1027-1038, 2002.
- [13] D. Nguyen, J. Ostermann, "Congestion control for scalable video streaming using the scalability extension of H.264/AVC", IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, vol. 1, no. 2, pp. 246-253, August 2007.
- [14] B. Libaek, O. Kure, "Generic application level rate control for scalable video using shadow probing", Proc. of the International Conference on Systems and Networks Communications, pp. 131-137, Sep. 2009.
- [15] Y. Park, C. Park, "VBR to CBR algorithm for QoS Guarantee in Streaming Video System", Conf. KMMS, vol. 14, no. 1, pp. 107, 2011.
- [16] Y. Park, C. Park, "Design of Video CODEC for Maintain Uniform Quality in Streaming Video System", Conf. KMMS, vol. 15, no. 1, pp. 162, 2012.
- [17] Y. Park, C. Park, "A Study on the Playback Controls in Uniform Quality Guarantee Streaming Video System", J. Ind. Sci., Cheongju Univ., vol. 30, no. 1, pp. 141-146, 2012.
- [18] A. Tirumala, F. Qin, J. Dugan, J. Ferguson, and K. Gibbs, Iperf-The TCP/UDP bandwidth measurement tool, <http://iperf.fr>, 2004.
- [19] Live Networks, Inc, LIVE555 Streaming Media, <http://www.live555.com/liveMedia>
- [20] VideoLan Organization, VLC media player SDK, <http://www.videolan.org/developers>
- [21] K. Kanjanawanishkul, B. Uyyanonvara, "Fast Adaptive Algorithm for Time-Critical Color Quantization Application", Proc. VIIth Digital Image Computing: Techniques and Applications, pp. 781-791, December 2003.
- [22] Akram M. Zeki and Azizah A. Manaf, "A Novel Digital Watermarking Technique Based on ISB (Intermediate Significant Bit)", World Academy of Science, Engineering and Technology 50, 2009.
- [23] R Zhao, J Zhao, F Dai, F Zhao, "A new image secret sharing scheme to identify cheaters", Computer Standards & Interfaces Volume 31, Issue 1, pp. 252-257, January 2009.
- [24] Y. Hashimoto, S. Sampei, and N. Morinaga, "Channel Monitor-Based Unequal Error Protection with Dynamic OFDM Subcarrier Assignment for Video Transmission", Vehicular Technology Conference, Proceedings. VTC 2002-Fall, pp. 913-917, September 2002.
- [25] J. Lee, K. Han, "Multimedia Contents Streaming Service using the Section Information Retrieval on P2P Network", Journal of KMMS, vol. 10, no. 10, pp. 1328-1337, 2007.
- [26] Mohammad A. Talaat, Magdi A. Koutb, Hoda S. Sorour, "PSNR Evaluation for Media Traffic over TFRC", International Journal of Computer Networks and Communications, vol. 1, no. 3, pp. 71-76, October 2009.

저 자 소 개



박 영 환

1997: 청주대학교 전자공학과 공학사.

1999: 청주대학교 산업대학원
전자계산학과 공학석사.

2013: 청주대학교 대학원
전산정보공학과 공학박사.

현 재: 청주대학교 컴퓨터정보공학과 강사
관심분야: 멀티미디어, 인공지능

Email : cabin@cju.ac.kr



박 찬 곤

1973: 인하대학교 전자공학과 공학사.

1975: 인하대학교 대학원
전자공학과 공학석사.

1989: 인하대학교 대학원
전자공학과 공학박사.

현 재: 청주대학교 컴퓨터정보공학과 교수
청주대학교 기획처장

관심분야: 자연어처리, 인공지능,
멀티미디어

Email : parkck@cju.ac.kr