

효율적인 영상 스트리밍 서비스를 위한 Cross-layer 영상 정보 공유 방법 및 선택적 재전송 기법

정태욱[†], 정철호^{**}, 김재석^{***}

Cross-layered Video Information Sharing Method and Selective Retransmission Technique for The Efficient Video Streaming Services

Taewook Chung[†], Chulho Chung^{**}, Jaeseok Kim^{***}

ABSTRACT

In this paper, we proposed cross-layered approach of video codec and communication system for the efficient video streaming service. Conventional video streaming is served by divided system which consist of video codec layer and communication layer. Its disintegration causes the limitation of the performance of video streaming service. With the cross-layered design, each layer could share the information and the service is able to enhance the performance. And we proposed the selective retransmission method in communication system based on the cross-layered system that reflect the information of encoded video data. Selective retransmission method which consider the characteristics of video data improves the performance of video streaming services. We verified the proposed method with raw format full HD test sequence with H.264/AVC codec and MATLAB simulation. The simulation results show that the proposed method improves about 10% PSNR performance.

Key words: Video Streaming Service, Cross Layer, ARQ, Retransmission

1. 서 론

통신 기술은 수 kbps 급의 텍스트 위주의 전달에
서부터 시작하여 최근에는 대용량 데이터의 전송이
가능할 정도로 전송속도의 빠른 발전을 거듭하였다.
또한 초기에는 유선의 소규모 네트워크를 구성하였
으나 전 세계를 아우를 수 있을 정도로 그 크기가 성
장하였으며 동시에 유선 기반의 통신 기술에서 무선
혹은 이동환경에서도 빠른 데이터 전송속도를 지원
하는 것이 가능해졌다. 이와 동시에 디스플레이 기술

역시 발전하여 큰 무게와 부피를 감수해도 낮은 수준
의 화질만 표현 가능했었지만 최근에는 이동통신 단
말에서도 Full HD(High Definition)급 이상의 고해
상도 디스플레이가 가능해질 수 있을 정도로 발전하
였다. 이러한 통신과 디스플레이 기술의 발전은 사용
자로 하여금 무선 혹은 이동통신 환경에서 고해상도
의 영상 스트리밍 서비스를 요구할 수 있게 되었고
그에 따른 기술의 발전은 지속적으로 연구되고 있다.

고해상도 영상 스트리밍 서비스는 앞서 언급한 통
신 및 영상 기술의 복합적인 발전에 따라 최근 네트

* Corresponding Author : Jaeseok Kim, Address: (120-749) Room 703, Engineering Building 2, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, Korea, TEL : +82-2-2123-3880, FAX : +82-2-312-4584 , E-mail : jae-kim@yonsei.ac.kr

Receipt date : Nov. 28, 2014, Revision date : May 15, 2015
Approval date : June 3, 2015

[†] Dept. of Electrical & Electronic Eng., Yonsei University
(E-mail : cobain@yonsei.ac.kr)

^{**} Dept. of Electrical & Electronic Eng., Yonsei University
(E-mail : chulho729@yonsei.ac.kr)

^{***} Dept. of Electrical & Electronic Eng., Yonsei University
* This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIP) (No. NRF-2015R1A2A2A01004883)

워크 사업자 및 소비자들의 주된 관심을 받고 있으나 각각의 기술 및 연구의 영역은 분리되어 발전해왔다. 이 과정에서 영상은 주로 압축 기술에 주목하여 원본 영상 정보의 손실을 줄임과 동시에 압축 과정에서 소모되는 전력 및 시간을 축소시키는 방향으로 발전하였고 통신 기술은 보다 높은 전송률을 달성하여 전달할 수 있는 데이터의 양을 증가시키는 부분에 초점을 맞추어 발전해왔다. 하나의 영상 스트리밍 서비스를 지원하는 측면에서 이 두 가지 기술은 영역을 맞대는 계층적 요소의 성격을 띠고 있으나 두 계층 간의 협력을 통한 영상 스트리밍 서비스의 질적 향상에 대한 연구는 아직 미비한 수준이다. 영상 스트리밍 서비스는 전달해야 하는 데이터의 절대양도 기타 대용량 데이터 전송에 할애해야 하는 통신 시스템의 로드가 필요함과 동시에 전달과정에서 발생하는 지연에 대한 민감도 역시 다른 데이터 전송보다 중요하다. 이러한 영상 스트리밍 서비스는 계층 간 단절 상황에서의 접근 보다 탈 계층적 접근을 요구하며 최근 들어 이 부분에 대한 연구가 관심을 받고 있는 추세이다[1].

본 논문에서는 효율적인 영상 스트리밍 서비스를 지원하기 위해 압축 영상의 정보를 통신계층에서 활용할 수 있는 계층 간 통합 시스템에 대한 구상을 설명하고 영상의 비트스트림 특성 정보를 활용하여 보다 효율적인 영상 스트리밍 서비스를 지원할 수 있는 선택적 재전송 기법을 제안한다. 또한 제안한 방법의 성능을 사용자의 경험적 성능을 측정할 수 있는 PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)을 기반으로 영상의 화질을 비교함으로써 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 영상 스트리밍 서비스에 있어서 영상 및 통신 시스템이 가지는 특징을 살펴보고 계층 간 통합 시스템의 기본적인 접근 방법을 살펴본다. 3장에서는 영상 계층으로부터 추가적으로 전달받은 영상의 비트스트림 특성 정보를 활용한 선택적 재전송 기법을 제안하며 4장에서 영상 스트리밍 서비스의 성능을 평가하기 위한 시뮬레이션 환경 설명 및 성능 평가 결과를 설명한다. 5장에서는 본 논문의 결론 및 향후 과제에 대해 기술하였다.

2.1 영상 스트리밍 서비스를 위한 기술 및 한계

본 논문에서 다루는 영상 스트리밍 무선 전송 시

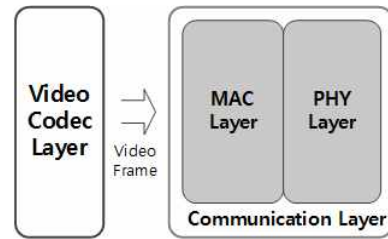


Fig. 1. Video Streaming Service System.

시스템의 구조는 Fig. 1과 같다. 수집한 영상 정보를 효율적인 전송을 위해 영상 코덱 계층에서 압축하여 통신 시스템으로 전달하고 전달받은 영상 데이터는 무선 전송 시스템을 통해 송신된다. 수신 시스템은 패킷 단위로 수신된 통신 데이터를 상위 계층인 영상 코덱 계층으로 전달하고 영상 코덱 계층을 통해 디코딩 된 데이터는 디스플레이 장치를 통해 표현된다. 영상 스트리밍 서비스의 성능을 결정하는 요소는 영상의 화질 및 지연에 따른 영상 끊김이다. 두 가지 요소 가운데 영상 코덱 계층은 보다 손실이 적은 영상 압축에 대해 연구하였는데 가장 보편적으로 사용되는 영상 압축 방법은 MPEG(Moving Picture Experts Group)로 1991년 MPEG-1에 처음 ISO (International Organization for Standardization)에 의해 표준화된 이후 현재 H.264/MPEG-4 AVC가 보편적으로 많이 사용되고 있다. 또한 향후 HEVC (High Efficiency Video Coding)까지 연구가 진행되고 있는 가운데 본 논문에서는 H.264/MPEG-4 AVC로 인코딩된 영상을 기준으로 연구를 진행하였다[2].

영상 코덱 기술의 주목적은 원본 영상 데이터의 손실을 최소화하는 가운데 압축률을 향상시키는 데 있다. 이를 위해 인코딩 과정을 거친 영상은 Fig. 2와 같이 GOP(Group of Picture) 단위의 사진 그룹 형태를 갖는다. 각각의 사진들은 Intra coded picture(I-picture), Predicted picture(P-picture), Bi-direct-

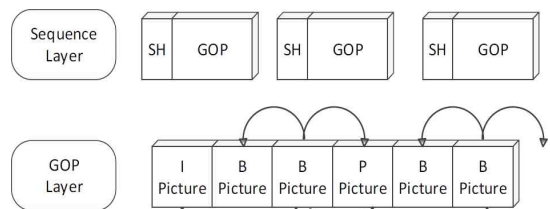


Fig. 2. GOP of encoded video data.

tional predicted picture(P-picture)로 구성되며 하나의 GOP에는 하나의 I-picture를 비롯하여 이를 기반으로 디코딩되는 다수의 B-picture, P-picture로 이루어진다. 이때 I-picture는 다른 사진들과는 다르게 다른 사진을 참조하지 않고 디코딩되며 이를 위해 상대적으로 많은 양의 정보를 가지고 있다[3].

이와 같은 압축 영상 정보의 불균등성은 압축률을 높이는 데 큰 역할을 하지만 각각의 프레임이 완전한 영상의 정보를 가지고 있지 않기 때문에 Fig. 3과 같은 에러의 확산을 유발하게 된다. 에러의 확산은 다른 데이터 통신과는 달리 영상 스트리밍 데이터가 가지는 특징으로 I-picture, P-picture, B-picture에 따른 그 파급력 역시 다르다. GOP단위의 영상 프레임 그룹 내의 모든 사진들은 첫 I-picture를 참조하기 때문에 이 사진이 올바르게 전송되지 않을 경우 GOP 전체가 에러가 있는 상태로 디코딩 될 수밖에 없다[4]. 압축 영상의 에러 확산 부분은 영상 코덱 계층의 주된 관심사는 아니지만 크게 두 가지의 에러 확산 방지 기법을 고려한다. 첫째는 인코딩된 데이터의 배열을 섞어 재배열함으로써 영상 에러의 집중을 분산시키는 것이고 둘째는 일련의 인코딩된 영상 스트리밍 프레임 가운데 에러의 확산을 막기 위한 리던던트

통신 시스템의 경우 지연에 따른 영상의 끊김을 보완하기 위해 QoS(Quality of Service)의 개념이 적용되는데 이는 단순히 전송 속도의 향상을 추구하기 보다는 보다 끊김 없는 데이터의 전달을 통해 사용자의 체감 성능을 보장하기 위한 접근방법이다. 무선 환경에서는 IEEE 802.11e에서 정의된 접근 범주를 기반으로 통신 시스템의 특성에 따라 조금씩 수정되어 적용되거나 이를 근간으로 보다 세분화되어 반영되기도 하였다[6]. Table 1은 IEEE 802.11e에서 정의한 접근 범주를 보여준다. 우선순위는 그 숫자가 높을수록 더 높은 채널 접근 우선권을 할당하게 된다. 음성 서비스가 가장 높은 우선순위를 가지고 영상

Table 1. Access Category of IEEE802.11e

Priority	Access Category	Services
1	AC_BK	Background
2	AC_BE	Best Effort
3	AC_VI	Video
4	AC_VO	Voice

서비스가 2순위이며 기타 다른 데이터 통신들이 그 이후 채널에 접근할 수 있게 설정하였다.

영상 스트리밍 서비스를 구성하는 영상 코덱 계층 및 통신 시스템 계층에서 각각 효율적인 지원을 위한 계층별 연구를 간략히 살펴보았다. 영상 코덱 계층은 영상의 압축 효율을 높이는 데에 그리고 통신 계층은 보다 빠른 데이터 전송이라는 각기 다른 주 개발 목표가 있어 스트리밍 서비스를 고려하는 연구 및 세부적인 특징을 반영하여 전달하는 데에는 한계가 있었다. 또한 각각의 계층은 스트리밍 서비스 과정에서 상호간 데이터를 전달 및 수신하는 과정에서 그 세부적인 내용 및 스트리밍 조건을 반영하고자하는 노력은 미비하였으나 최근 고화질의 멀티미디어 콘텐츠의 수요 증가로 인한 계층 간 협력 기술, 즉 Cross-layer 방식에 대한 연구가 증가하고 있다.

2.2 Cross-layer 관련 연구

앞서 설명한 통신 및 영상 시스템의 영상 스트리밍 서비스의 향상을 위한 노력을 통해 보다 효율적인 서비스가 가능하나 최근 계층 간 정보공유를 통한 협력을 통해 보다 효율적인 서비스를 지원하고자 하는 노력이 주목받고 있다. 계층 간 협력을 통한 성능 향상을 도모하는 대표적인 연구로 TFRC(TCP-Friendly Rate Control) 방식이 있다. TFRC는 UDP 기반의 멀티미디어 트래픽 프로토콜의 단점을 개선한 혼잡제어 기법으로 TCP Reno를 모델링한 전송률 계산을 기반으로 트래픽의 전송률을 조절한다[7]. TFRC는 수신측에서 패킷이 수신할 때마다 손실 이력을 갱신하는 방법을 사용하여 통신 패킷의 손실이 혼잡한 상황 때문에 발생하는지 무선 채널 환경으로 인해 발생하는지에 대해 유동적으로 대응하여 그 성능을 개선한다. TFRC와 관련하여 손실 발생률을 요소를 개선한 TF-WMFC(TCP-Friendly Wireless Multimedia Flow Control), 수신되는 패킷들의 전송

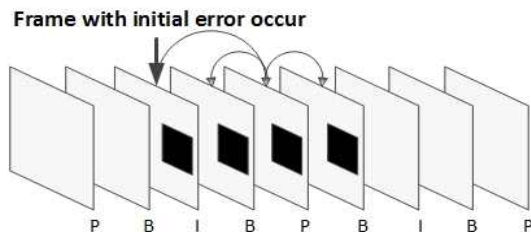


Fig. 3. Error Propagation of Encoded Video.

간격에 따른 원인 분석을 추가한 [8]등 과 같은 연구가 진행되었다.

이와 같은 기존 Cross-layer 접근 방법은 영상 스트리밍 서비스에서 지연 시간 및 에러로 인한 손실 측면에 집중하여 패킷 전송 시간을 효율적으로 제어하는 측면의 접근 방법을 사용한다. 상위 계층인 영상 코덱 계층에서의 역할은 손실된 데이터에 대한 정보를 수신하여 현재 RTT(Round Trip Time)은 반영하는 경우가 있으나 영상 코덱 계층의 경우 GOP 단위로 압축하고 있는 영상의 압축률을 실시간으로 변경하는 데는 한계가 있으며 세부적인 영상 프레임의 특성까지 고려하지는 않는다[9]. 또한 기존 Cross-layer 관련 연구에서는 영상 스트리밍 서비스의 성능 평가 요소로 기존 통신 계층에서 사용되는 데이터 전송률 및 지연 시간의 비교를 통해 성능 향상 정도를 분석하는데 이는 영상 스트리밍 서비스의 최종 성능 목표가 사용자의 체감 성능에 있다는 점을 고려하면 충분한 성능 향상 정도를 파악하는데 한계가 있다. 본 논문에서는 기존 Cross-layer 접근 방법에서 보다 세부적인 데이터 공유를 통해 네트워크 측면의 성능 향상에서 더 나아가 사용자의 체감 성능 향상을 가능케 할 수 있는 방법을 제안한다.

3. 제안하는 Cross-layer 시스템 및 선택적 재전송 기법

3.1 개요

일반적인 무선/이동 통신 시스템은 패킷단위의 통신을 통해 데이터를 주고받는다. 이때 무선 채널 전송 과정에서 패킷에 에러가 발생할 경우 ARQ (Automatic Repeat-reQuest) 기법을 통해 데이터 전송의 신뢰도를 높인다[10]. 대부분의 통신 시스템에서 송신 단말은 데이터를 전송한 후 수신 단말이 올바르게 수신하였다는 Ack 메시지를 전달 받은 후 데이터 전송이 완료 되었다고 판단한다. 데이터 전달 과정에서 에러가 발생하거나 기타 이유로 데이터 전송이 실패하였을 경우 수신 단말이 NACK 메시지를 전달하거나 혹은 아무런 메시지를 응답하지 않는데 이때 송신 단말은 패킷 전달이 실패하였다고 판단하고 다시 재전송하거나 패킷 송신을 포기하는 선택을 한다. Fig. 4는 ACK를 사용하는 패킷 통신의 예를 보여준다.

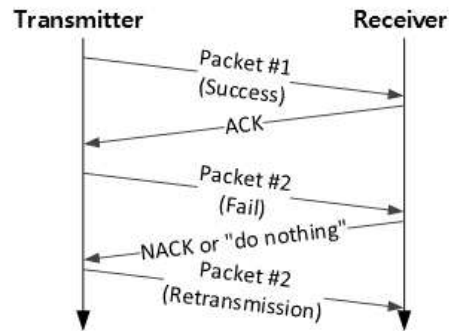


Fig. 4. ARQ Procedure of Communication System.

본 논문은 2장에서 언급한 기존 Cross-layer 접근 방식에서 보다 나아가 통신 계층에서 영상 스트리밍 데이터의 세부 특징을 고려하여 보다 효율적인 서비스를 제공할 수 있는 선택적 재전송 기법을 제안한다. 영상 스트리밍 데이터의 경우 2.1절에서 살펴본 것 같이 압축되는 각각의 영상 프레임의 중요도 및 에러로 인한 성능 열화의 파급력이 다르다. 이를 보완하기 위해 통신 계층에서 영상 데이터를 송신하기 전에 그 중요도에 따라 선택적으로 재전송 하는 방법을 통해 영상 데이터 정보의 불균등성을 해소하는 방법을 제안한다.

3.2 선택적 재전송 기법

3.2.1 최대 재전송 횟수 정보

통신 시스템에서는 상위 계층으로부터 전달받은 데이터를 분할 혹은 접합하여 통신에 적합한 패킷 형태로 전환한다. 고화질의 영상 스트리밍 서비스의 경우 대부분 그 데이터의 크기 때문에 분할 과정을 거쳐 하나의 사진을 여러 개의 패킷으로 나누어 전송하게 된다. 이때 영상 계층으로부터 전달받은 영상 프레임 레이트 정보를 바탕으로 패킷화 되어있는 영상 데이터의 최대 재전송 횟수 정보를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$N_{rmax} \leq \frac{t_f}{t_d} - N_{transmitted} - N_{expectedremaining} \quad (1)$$

수식 (1)에 해당하는 N_{rmax} 는 최대 재전송 가능한 횟수이고 t_d 는 한 번의 패킷 전송에 소요되는 시간 정보이며, $N_{transmitted}$ 는 전달받은 한 장의 영상 프레임에서 현재까지 전송된 패킷들의 시간이다. $N_{remaining}$ 는 이미 전송된 패킷들을 제외하고 남아있는 영상

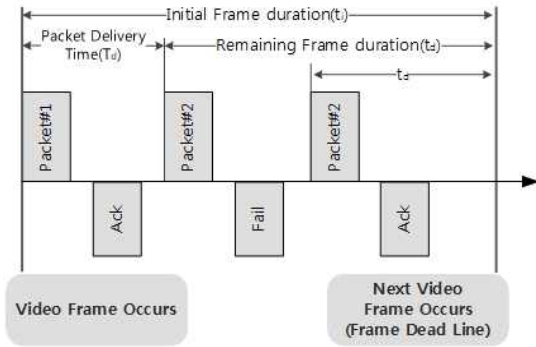


Fig. 5. Timing Values for Frame Transaction.

프레임의 패킷들의 예상 전송 시간이다. Fig. 5는 각각의 값을 그림으로 나타낸 것이고 t_f 값은 인코딩된 영상이 발생하는 시간으로 $t_f = 1/\text{Frame rate}$ 으로 계산되며 주기성을 갖는다. 이 값들을 통해 현재 전달 과정에 있는 영상 스트리밍 패킷의 최대 재전송 가능 횟수를 정확하게 알 수 있으며 이를 기반으로 선택적 재전송을 할 수 있다.

3.2.2 선택적 재전송 기법

일반적인 통신 시스템은 어플리케이션의 특징에 따라 채널 접근에 우선권을 차별화 하는 정도의 지원을 제공하지만 본 논문에서는 영상 스트리밍 패킷의 중요도에 따라 차별적인 재전송 기법을 적용한다. 2장에서 설명하였듯이 인코딩된 영상 사진들은 I, B, P 프레임으로 구분된다. 이 사진들 가운데 에러가 발생하였을 때 미칠 수 있는 영향이 가장 큰 것은 I-프레임이며 그 다음으로 P-프레임, B-프레임 순으로 에러 확산에 영향을 미친다. 일반적인 통신 시스템에서는 이러한 인코딩된 영상의 특징을 반영할 수 없지만 본 논문에서 제안한 계층 간 정보 공유 기법을 통해 우선순위가 높은 I-프레임에 해당하는 패킷의 재전송 횟수를 차별화 하여 영상 스트리밍 서비스의 질을 향상시킬 수 있는데 이때 기준이 되는 w_r 값은 다음과 같다.

$$w_r = \frac{N_{f,k}}{N_{rmax}} \quad (2)$$

$N_{f,k}$ 는 f 번째 영상 프레임의 k 번째 패킷을 의미하며 N_{rmax} 와 w_r 값은 패킷 통신 과정에서 패킷 전송이 성공할 경우 혹은 실패하여 재전송을 해야 되는 경우에 실시간으로 구해져야하며 그 값을 기반으로 매번

Table 2. Selective Retransmission Parameter

w_r	I frame	P frame	B frame
$0 \leq w_r < 0.5$	ACK	ACK	ACK
$0.5 \leq w_r < 0.75$	ACK	ACK	No-ACK
$0.75 \leq w_r \leq 1$	ACK	No-ACK	No-ACK

새로운 ARQ 모드를 선택하여 재전송하게 된다. 이때 재전송의 기준 값은 Table 2와 같이 정의한다.

Fig. 6은 선택적 재전송 방법이 적용된 재전송 순서도를 나타낸다. 재전송 동작은 일반적인 통신 시스템의 네트워크 계층에 구현되는데 이 때 영상 스트리밍의 경우 선택적 재전송 기법이 추가된다. 통신의 상위 계층으로부터 전달받은 데이터를 패킷화 하는 과정에서 처음으로, 값을 초기화 한 후 일반적인 패킷들과 같은 큐잉 과정을 거친다. 전송이 완료된 후 ARQ 기법에 따라 재전송 여부를 판단한 후 앞서 설명한 조건에 따라 재전송 여부를 선택하고 재전송을

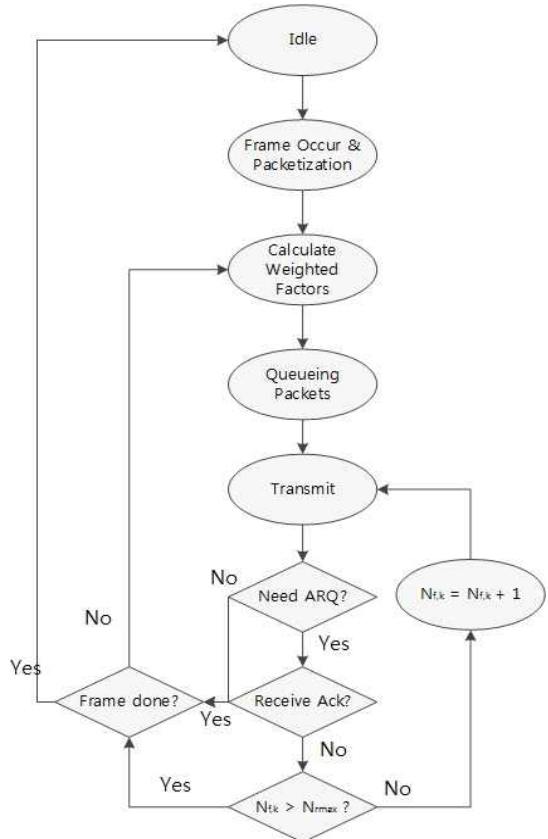


Fig. 6. Procedure of Selective Retransmission method.

할 경우 그에 맞게 패킷을 수정한 후 다시 재전송을 반복한다.

3.3 제안하는 Cross-layer 시스템

제안하는 재전송 기법에서는 크게 세 가지의 영상 스트리밍 데이터의 특징을 반영하는데 첫째는 전달 받은 프레임의 종류 둘째는 영상이 인코딩된 프레임 레이트이다. 압축된 영상 프레임은 I, B, P 세 가지 종류로 나뉘며 그 가운데 I-picture가 가장 중요하고 에러 확산 측면에서도 가장 큰 영향을 미친다. 프레임 레이트는 지연에 민감한 영상 스트리밍 서비스에서 초당 몇 장의 사진을 전송해야 사용자가 끊김 없는 영상 스트리밍 서비스를 보장받을 수 있는지 판단할 수 있는 근거가 된다. Fig. 7은 두 가지 정보가 반영된 영상 스트리밍 Cross-layer 시스템의 구조를 나타낸다. 영상 코덱 계층에서 통신 계층으로 전달되는 프레임 레이트 및 프레임 종류 정보는 비트 스트림 특성정보로 분류되어 한 장의 영상 프레임의 압축이 완료된 후 통신 계층으로 전달되는 과정에 추가적으로 전달된다. 영상 종류의 경우 I, P, B 그리고 영상에 따라 IDR-picture 까지 총 4가지 정보를 전달하기 위해 2비트가 할당되고 프레임 레이트의 경우 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120 fps로 구분할 수 있도록 3비트가 할당된다. 영상 코덱 계층에서 통신 계층으로 전달되는 비트 스트림 특성 정보의 구조는 Table 3과 같다. 비트 스트림 특성 정보는 영상 코덱 계층에서 한 장의 영상 프레임을 압축한 후 통신 계층으로 전달하는 과정에서 프레임 데이터와 함께 전달되며 통신 계층의 선택적 재전송 기법에 사용된다.

제안하는 Cross-layer 영상 스트리밍 시스템은 송신하는 영상 스트리밍 기기의 영상 코덱계층에서 발생하는 추가 데이터를 통신 계층에서 활용하여 선택

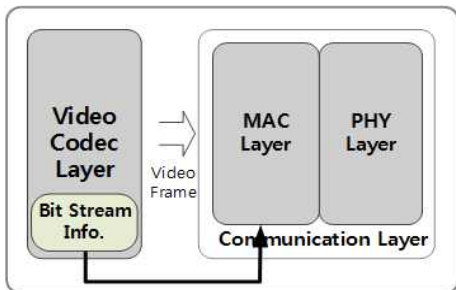


Fig. 7. Cross-layer Video Streaming Service System.

Table 3. Bitstream Specific Information

Frame Type		Frame Rate	
Type	Value (2bits)	Type	Value (3bits)
IDR-picture	0	15 fps	0
		30 fps	1
I-picture	1	45 fps	2
		60 fps	3
P-picture	2	75 fps	4
		90 fps	5
B-picture	3	120 fps	6

적 재전송을 진행하는 구조가 추가된다. 선택적 재전송 기법은 송신하는 영상 스트리밍 서비스의 통신 계층에서 영상 코덱의 추가 데이터를 활용하지만 송신 패킷은 일반적인 통신 패킷에 정보를 추가하거나 구조를 변화시킬 필요가 없다. 따라서 수신 시스템에서 제안한 기법을 적용하기 위해 추가적으로 구현할 필요가 없어 일반적인 통신 시스템과 호환을 유지할 수 있다.

4. 실험 및 결과

4.1 시뮬레이션 환경

제안한 선택적 재전송 기법의 성능평가를 위해 FFMPEG을 활용하여 H.264/AVC 기반의 영상 코덱을 사용하였으며 Fig. 8은 본 논문에서 구상한 영상 스트리밍 서비스 시뮬레이션 환경을 나타낸다[11]. “Cross-Layer Module”은 선택적 재전송 기법을 구현한 모듈이며 무선채널은 AWGN (Additive white Gaussian noise) 환경을 고려하였다. 또한 고화질 영상 스트리밍 서비스에서의 성능 평가를 위해 3개의 1080p(1920×1080) 해상도의 테스트 시퀀스를 사용

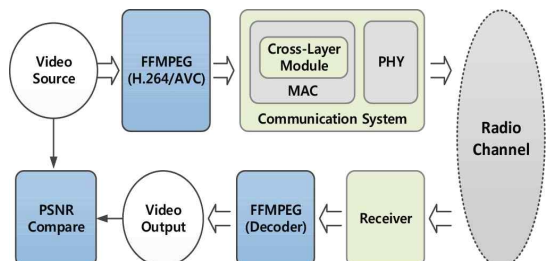


Fig. 8. Simulation Setup for Video Streaming Service.

Table 3. Test Sequences

Test Sequence	riverbed	rush_hour	station2
Resolution	1920X1080	1920X1080	1920X1080
Original Format	YUV420	YUV420	YUV420
Frame Rate	30 fps	30 fps	30 fps
Data Rate	21.964.6 kbps	6460.3 kbps	7331.1 kbps
Compression ratio	3.5314	1.0306	1.1693
Avg. PSNR	39.038	42.443	41.432

하였으며 자세한 내용은 Table 3에 정리하였다.

4.2 프레임 별 전송 신뢰도 평가

본 논문에서 제시한 선택적 재전송 기법에서 중요하게 다루는 부분은 I-프레임의 전송 신뢰도를 향상시키는 것이다. 본 절에서는 영상 스트리밍 서비스에서 제안한 선택적 재전송 기법으로 인한 I-프레임의 전송 실패 확률을 실험하고 그 성능 향상 정도를 분석한다. Table 4는 $BER=10^{-4}$ 일 경우의 테스트 시퀀스 및 프레임 종류 별 전송 실패 확률을 나타내며 Table 5는 $BER=10^{-5}$ 일 경우의 같은 내용을 나타낸다.

Table 4. Frame Fail Rate in $BER=10^{-4}$

Test Sequence		Conventional	Proposed
riverbed	I-frame	17.68%	2.73%
	B-frame	17.72%	9.82%
	P-frame	17.28%	17.35%
rush_hour	I-frame	16.11%	2.97%
	B-frame	16.04%	9.47%
	P-frame	17.49%	15.81%
station2	I-frame	17.74%	3.05%
	B-frame	16.20%	10.97%
	P-frame	16.99%	17.39%

Table 5. Frame Fail Rate in $BER=10^{-5}$

Test Sequence		Conventional	Proposed
riverbed	I-frame	0.05%	0.00%
	B-frame	0.08%	0.00%
	P-frame	0.05%	0.05%
rush_hour	I-frame	0.00%	0.00%
	B-frame	0.04%	0.00%
	P-frame	0.04%	0.02%
station2	I-frame	0.02%	0.00%
	B-frame	0.10%	0.00%
	P-frame	0.02%	0.03%

실험 결과 인 경우 기존 영상 스트리밍 시스템에서는 프레임의 특성을 고려하지 않기 때문에 종류에 상관없이 일관적인 패킷 에러가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 본 논문에서 제안하는 선택적 재전송 방법을 적용하게 되면 I-프레임의 경우 그 에러 발생 확률이 현저하게 줄어든다는 것을 확인할 수 있었으며 P와 B-프레임의 순서대로 전송 실패 확률이 기존 시스템과 유사해진다는 것을 확인할 수 있다.

4.3 영상 스트리밍 서비스 성능 평가

2절에서 본 논문에서 제안한 선택적 재전송 방법의 I-프레임의 전송 신뢰도 증가를 확인하였다. 영상 스트리밍 서비스 전체의 성능 평가를 위해 1절에서 설명한 시뮬레이션 환경에서 영상의 화질을 PSNR 및 MSE 값을 비교함으로써 보다 사용자 측면에서의 영상 스트리밍 서비스를 비교하였다. Fig. 8은 각각의 테스트 시퀀스를 통한 PSNR 성능을 나타낸다. 실험 결과 영상의 화질이 저하되는 구간에서 평균 약 10% 가량의 PSNR 향상이 있다는 것을 확인하였으며 Fig. 9는 station2를 스트리밍 서비스 했을 때 발생하는 화질의 성능 차이를 보여준다.

4.4 영상 스트리밍 패킷 지연 성능 평가

본 절에서는 선택적 재전송 기법으로 인한 통신 패킷의 지연 성능을 평가한다. 선택적 재전송 기법은 기존 통신 계층의 ARQ 기법보다 통신 계층 측면에서 효율성을 목표로 하지는 않으나 제안하는 기법을 통해 전체 네트워크에 미치는 영향을 파악하기 위해 지연 성능 평가를 진행하였다.

선택적 재전송 기법이 적용된 영상 스트리밍 시스템은 영상 데이터의 중요도가 더 높으면 기존 시스템보다 더 많은 재전송을 시도하게 되고 그렇지 않을

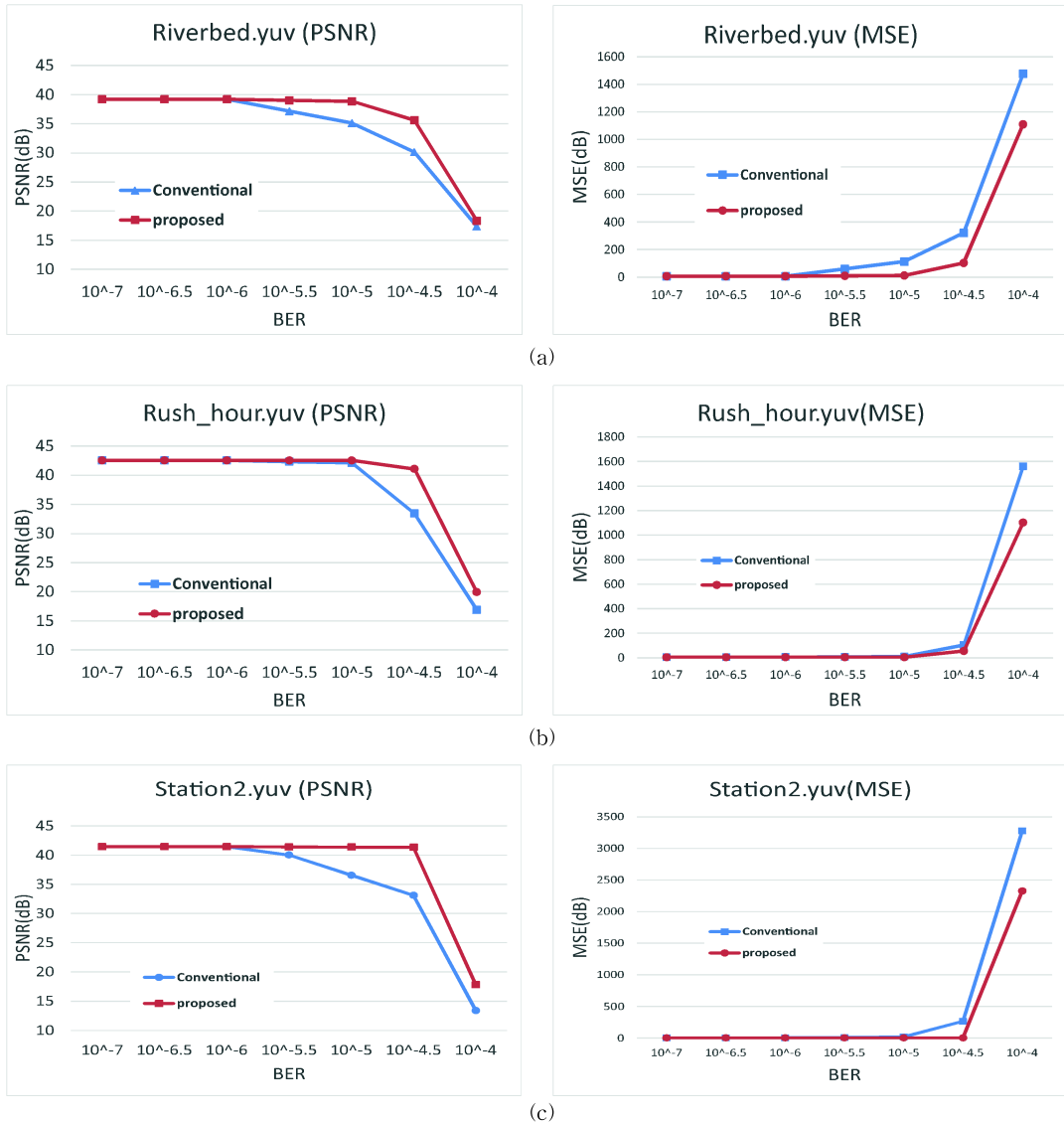


Fig. 9. PSNR and MSE Performance Evaluation (a) riverbed, (b) rush_hour, and (c) station2.

경우 재전송 시도가 줄어든다. I, B, P 프레임의 데이터 사이즈의 편차는 영상의 특성에 따라 변하는데 주로 움직임이 많은 영상의 경우 I-picture 대비 B, P-picture의 크기 차이가 크지 않고 움직임이 적은 영상의 경우 B, P-picture의 압축 효율이 증가하여 프레임별 데이터양의 편차가 심한 특성을 갖는다. Fig. 10은 각 영상별 지연 성능 분석 결과를 보여준다.

전체적으로 I-picture의 경우 지연이 증가하나 P, B-picture의 경우 지연 성능이 향상되는 것을 확인

할 수 있었으며 그 결과 데이터 전체의 지연 성능은 전체 데이터 양 가운데 I-picture 데이터가 차지하는 양에 따른 차이를 보였다. Riverbed와 Rush hour 영상은 영상의 움직임이 많아 전체 영상에서 I-picture가 차지하는 데이터양이 상대적으로 적고 Station2 영상의 경우 화면의 정적인 부분의 비율이 높아 I-picture가 차지하는 양이 상대적으로 많다. 이에 따라 riverbed 및 rush hour의 경우 선택적 재전송 기법을 적용할 경우 전체적인 지연 시간에서 기존 시스템보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있었고 Station2 영상의



Fig. 10. Example of Video Distortion(station2) (a) $BER=10^{-4}$, (b) $BER=10^{-4.5}$ and (c) $BER=10^{-4}$.

경우 기존 시스템에 비해 약 1% 가량 지연이 증가하는 것을 확인하였으나 전체적으로 기존 ARQ 기법과 거의 동일한 수준의 지연이 발생한다고 판단할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 영상 스트리밍을 보다 효율적으로 전달하기 위해 영상 및 통신 시스템의 계층 간 정보 공유기법을 제안함과 동시에 압축된 영상 정보를 활용하여 통신 시스템에서 선택적으로 재전송 할 수 있는 방법을 제안하였다. 기존 영상 스트리밍 서비스에서도 각각의 계층마다 영상 스트리밍 서비스의 효율을 높이기 위한 노력은 진행되었으나 상호 계층

간 유용할 수 있는 정보의 공유의 측면에서의 접근은 미흡하였다. 그러나 본 논문에서는 계층 통합적 접근을 통해 보다 효율적인 영상 스트리밍 서비스가 가능하다는 가능성을 제시하였다. 또한 압축 과정에서 발생하는 영상의 특성을 활용하여 통신 계층에서 영상의 특성 및 우선순위를 반영한 선택적 재전송 기법을 적용하는 방법을 제안하였으며 그 결과 약 10% 가량의 PSNR 향상을 달성할 수 있다는 것을 증명하였다. 본 연구를 통해 통신 계층에서 확보할 수 있는 무선 채널의 상태정보를 활용하여 영상 압축 과정에서 보다 영상 스트리밍에 적합한 기법을 적용할 수 있을 것이라 기대되며 압축 영상의 비트스트림 특성 정보를 활용하여 통신 시스템의 다양한 성능 향상 기법도 연구될 수 있을 것이다.

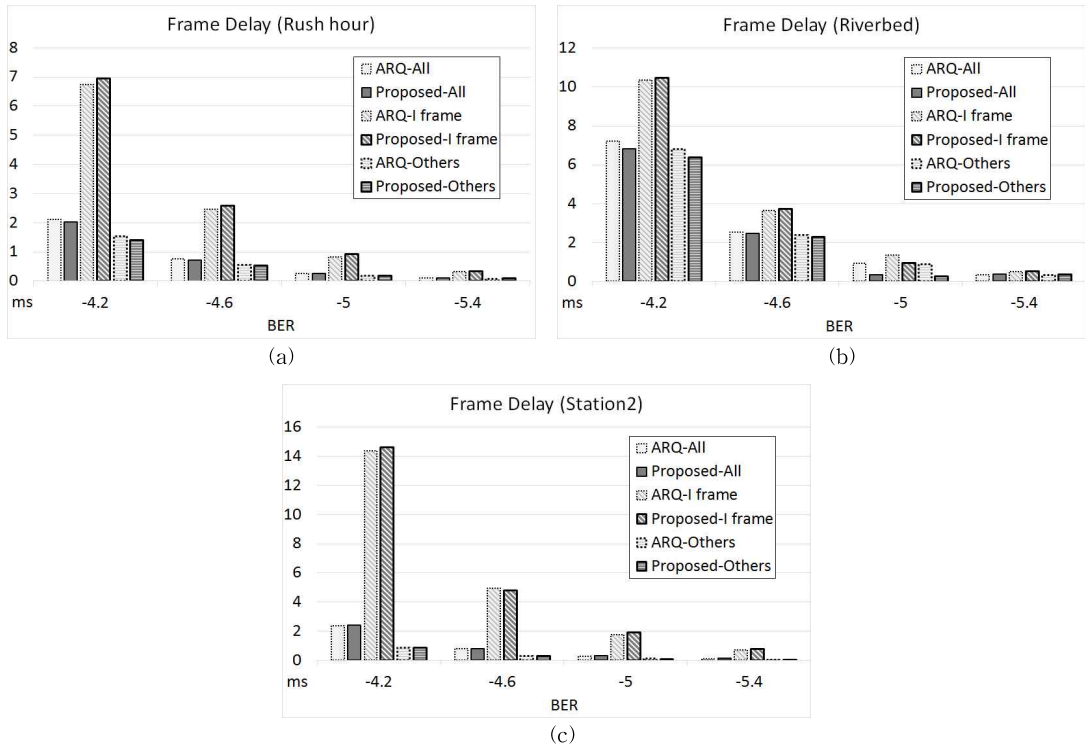


Fig. 11. Frame Delay Analysis (a)Rush hour, (b) Riverbed and (c) Station2.

REFERENCE

[1] H. Lin, T. Wu, and C. Huang, "Cross Layer Adaptation with QoS Guarantees for Wireless Scalable Video Streaming," *IEEE Communications Letters*, Vol. 16, No. 9, pp. 1349-1352, 2012.

[2] T. Stockhammer and M.Hannuksela, "H.264/AVC Video for Wireless Transmission," *IEEE Wireless Communications*, Vol. 12, No. 4, pp. 6-13, 2005.

[3] M. Sun, *Compressed Video Over Networks*, CRC Press, Boca Raton, 2000.

[4] A. Huszak, "Analysing GOP Structure and Packet Loss Effects on Error Propagation in MPEG-4 Video Streams," *Proceeding of 2010 4th International Symposium on Communications, Control and Signal Processing*, pp. 1-5, 2010.

[5] N. Kim, K. Hwang, "Layer Selecting Algor-

ithms of H.264/SVC Streams for Network Congestion Control," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 14, No. 1, pp. 44-53, 2011.

[6] *IEEE Standard for Information Technology -Local and Metropolitan Area Networks - Amendment 8: Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements*, IEEE Std 802.11e-2005, 1999.

[7] S. Floyd, M. Handley, J. Padhye, and J. Widmer, "Equation based Congestion Control for Unicast Applications," *Proceeding of ACM SIGCOMM*, pp. 1-14, 2000.

[8] Biaz, Saad, and N.F. Vaidya, "Discriminating Congestion Losses from Wireless Losses using Inter-arrival Times at the Receiver," *Proceeding of IEEE Symposium on Application-Specific Systems and Software Engineering and Technology*, pp. 10-17, 1999.

[9] S. Kim and K. Chung, "Adaptive Rate control Scheme based on Cross-layer for Improving

the Quality of Streaming Services in the Wireless Networks,” *The Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 17, No. 7, pp. 1609-1617, 2013.

- [10] A. Leon-Garcia, and I. Widjaja, *Communication Networks*, McGraw-Hill, Inc., New York, 2003.
- [11] FFmpeg, <http://www.ffmpeg.org> (accessed Nov., 10, 2014).



정 태 옥

2008년 2월 연세대학교 전기전자공학부 졸업
 2008년 3월~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
 관심분야: WLAN/WPAN/ WBAN MAC, 통신용 SoC



정 철 호

2003년 연세대학교 전기전자공학과 학사
 2003년~2006년 (주)아이앤씨테크 놀로지 연구원
 2009년 연세대학교 전기전자공학과 석사

2009년~현재 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
 관심분야: WLAN/WPAN/WBAN MAC, 통신용 SoC



김 재 석

1977년 연세대학교 전기전자공학과 졸업
 1979년 연세대학교 전기전자공학과 석사
 1988년 Rensselaer Polytechnic Institute, NY. qkrtk

1988년~1993년 AT&T Bell Lab. 연구원
 1993년~1996년 한국전자통신연구원 책임연구원
 1996년~현재 연세대학교 전기전자공학과 교수
 관심분야: 통신SoC설계, 고속멀티미디어IP설계