

무선 네트워크 자원 효율 향상을 위한 비디오 픽처 기반 오류 제어 기법

A Video Pictures-based Error Control Method for Improving Resources Efficiency over Wireless Networks

손예진¹ · 이용재¹ · 백종호^{2*}

¹서울여자대학교 콘텐츠디자인학과

²서울여자대학교 멀티미디어학과

Yejin Sohn¹ · Woong-Jae Lee¹ · Jong-Ho Paik^{2*}

¹Department of Contents Design, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea

²Department of Multimedia, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea

[요 약]

통신 기술의 발달과 고성능 무선 단말기들의 출시로 무선 환경에서 비디오 스트리밍 서비스 사용자 수는 빠른 속도로 증가하고 있다. 제한된 네트워크 환경에서 많은 사용자에게 UHD급 화질의 비디오 스트리밍 서비스를 제공하기 위해서는 오류 제어 기술은 필수적이다. 이전에 지연에 민감한 비디오 서비스의 오류 제어를 위해서 packet-level FEC(Forward Error Control) 기법이 사용되었지만, 이 기술은 중복 데이터에 의한 네트워크 자원 점유가 크다는 단점이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 제한된 대역폭을 가진 네트워크 환경에서 기존 FEC 기법들이 제공하는 비디오 서비스 품질은 유지하면서 FEC 데이터에 의한 네트워크 점유를 줄이는 packet-level FEC 알고리즘을 제안한다. 제안 알고리즘은 비디오 압축 기술의 전송 특성을 이용하여 FEC 중복비율을 조정하며, 실험 결과 이전 기법과 비교하여 약 33% 정도의 전송량을 줄임으로써 네트워크 자원 효율을 향상시킬 수 있다.

[Abstract]

Due to the development of the communication technology and the high-performance mobile device, the number of video streaming service user has been increasing. Video streaming services in the restricted network environments need error control to support users for the Ultra High Definition(UHD) video delivery. Packet-level FEC method was used to control the error for delay-sensitive video service, but it has a defect in huge occupation of network resources by redundant packets. In this paper, we proposed a packet-level FEC algorithm which maintains the video quality by previous FEC methods and also reduces the occupation of network resource in the restricted network environments. The proposed algorithm controls the redundant rate with using the delivery characteristic of the video coding technology, and improves the efficiency of network resources by reducing the traffic by around 33% in comparison with the previous FEC methods.

Key words : Video streaming, Packet-level FEC, H.264/AVC, HEVC, Wireless network

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2014.18.1.67>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 23 January 2014; Revised 22 February 2014

Accepted 17 February 2014

*Corresponding Author; Jong-Ho Paik

Tel: +82-02-970-5606

E-mail: paikjh@swu.ac.kr

I. 서론

무선 네트워크 인프라 확장, 디지털 방송의 정착 그리고 고성능 무선 단말기 출시 등 다양한 분야의 기술적 발전으로 인해 비디오 스트리밍 서비스 시장이 급격하게 확장되고 있다. 그리고 이전 비디오 스트리밍 서비스는 웹서버 또는 스트리밍 서버 등 유·무선 네트워크를 통해 제공되어 방송 서비스와 구분되었지만, 디지털 방송이 정착되고 HBB(Hybrid Broadcasting Broadband)와 같은 기술이 개발되면서 방송 콘텐츠 또한 통신망으로 제공되는 비디오 스트리밍 서비스 중 하나가 되었다[1], [2]. 때문에 비디오 서비스를 위한 트래픽의 비중이 전체의 50%를 차지하고 있다[3]. 또한 HD급 이상 고화질 영상에 대한 사용자의 요구가 점차 늘어남에 따라, 비디오 트래픽의 비중은 더 높아질 것으로 예상된다. 하지만 제한된 네트워크 환경에서 비디오 서비스는 여러 가지 문제를 가지고 있다. 특히 많은 사용자들이 선호하는 무선 네트워크 환경에서는 사용자 증가, 신호 간섭 그리고 신호 감쇄로 인한 서비스 중지 및 연결 해제 등 오류 상황이 빈번히 발생할 수 있다. 따라서 제한된 자원을 가진 네트워크 환경에서 비디오 스트리밍 서비스를 위해서 오류 제어는 필수적이다.

지금까지 비디오 서비스 오류 제어 매커니즘으로는 비디오 서비스가 지연에 민감하다는 특성 때문에 FEC 기법을 주로 사용하였다. FEC는 기존 데이터와 중복 데이터를 함께 전송하는 기법으로 패킷 손실을 예측하여 미리 중복 데이터를 전송하기 때문에 손실된 패킷 복구를 위한 추가적인 재전송 시간을 필요로 하지 않아 비디오 서비스에 더 적합한 기법이다. 하지만 중복된 패킷 전송은 네트워크 자원을 추가로 사용하기 때문에 네트워크 자원 효율을 낮추는 단점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 기존 FEC 기법들이 오류 제어를 하면서 제공하는 비디오 품질을 유지하면서 네트워크 자원 효율을 높일 수 있는 FEC 기법을 제안한다. 이를 위해 제안 기법은 HD급 이상의 해상도를 지원하는 H.264/MPEG4-AVC (Advanced Video Coding)와 H.265로 불리는 HEVC(High Efficiency Video Coding) 비디오 코딩 기술을 이용하여 중복 비율을 결정한다. 또한 다양한 특성을 가진 영상들에 기존 FEC 기법과 제안 기법을 적용하여 각 기법들이 생산하는 데이터 전송량으로 제안 기법의 성능을 평가한다.

II. 관련연구

2-1 기존 packet-level FEC 알고리즘

FEC는 기존 데이터에 추가적인 데이터를 함께 전송함으로써 전송 시 발생하는 오류를 탐지하고 정정하는 기법이다. 이를 통해 무선 네트워크에서 신뢰성 있는 데이터 전송이 가능하다. 특히 패킷 손실에 민감한 비디오 스트리밍을 위한 FEC

는 무선 네트워크 환경에서 서비스의 질을 향상시키기에 적합한 기법이다. FEC는 byte-level FEC와 packet-level FEC로 구현될 수 있으며, 본 논문은 IP를 기반으로 하는 통신 및 방송 시스템을 기반으로 하는 서비스에 한정하기 때문에 제안 기법은 packet-level FEC 기법을 기반으로 한다. 이 기법은 패킷 손실에 대비하여 한 블록(k) 당 h개의 FEC 패킷을 생성하여 총 n(=k+h)개의 패킷을 전송한다. 때문에 중복된 트래픽으로 인해 네트워크 자원을 추가적으로 사용하기 때문에 이를 최소화하기 위한 연구들이 진행되었다.

기존의 packet-level FEC 기법으로는 RED-FEC과 AC-FEC(Adaptive Cross-Layer FEC)가 대표적이다[4], [5]. RED-FEC 매커니즘은 기반구조 네트워크 환경에서 AP(Access Point)의 큐의 길이를 통해 현재 무선 네트워크의 트래픽 정도를 판단하여 k와 h를 결정한다. 이 방법은 FEC 패킷의 복구 효율을 높일 수 있었지만, 비디오 서비스의 QoS 향상은 판단할 수 없었다. AC-FEC(Adaptive Cross-Layer FEC) 매커니즘은 MAC 계층의 정보를 이용하여 현재 네트워크 상태를 파악한 후, 이를 통해 적절한 k와 h를 결정한다. 이 기법은 FEC의 효율성 향상뿐만 아니라 비디오 QoS도 향상시켰지만 패킷 손실률이 높은 환경에서 FEC의 효율성이 급격하게 떨어지는 단점을 가지고 있다.

2-2 비디오 코딩 기술

ITU-T VCEG(Video Coding Experts Group)와 ISO/IEC MPEG(Moving Picture Experts Group)은 비디오 압축 표준을 제정하는 기관들로 두 기관이 JVT(Joint Video Team)을 구성하여 2003년에 H.264/MPEG4-AVC(이하 H.264)을 발표한 이후로 10년 후인 2013년 1월에 JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)에 의해 H.264/HEVC(이하 H.265)가 발표되었다. H.264는 HD급 영상에 최적화 되었으며, H.265는 Full-HD와 UHD급 영상에 최적화된 비디오 코딩 기술이다. H.265는 HD, UHD급 이상에서 H.264에 비해 약 2배 정도의 높은 압축률을 가진다[6], [7]. 두 표준은 Intra 또는 Inter coding, 변환 및 양자화 그리고 Entropy coding 등 많은 부분에서 개념적으로 비슷하지만 처리하는 데이터 단위 및 예측 방법 등 많은 부분에서 기능이 추가됨에 따라 코딩 효율이 좋아졌다. 그리고 영상의 요소가 되는 픽처 타입(picture type)의 개념은 동일하게 적용되어 확장되었다.

픽처 타입은 압축률을 높이기 위한 예측 기법을 위한 요소로써 시간적 또는 공간적으로 비슷한 위치에 있는 픽처는 비슷한 픽셀값을 가진다는 전제 하에 다른 픽처에 의해 참조되는 픽처냐 또는 다른 픽처를 참조하는 픽처냐에 따라 그 종류가 결정된다. I(Intra)는 다른 픽처에 의해 참조가 되는 픽처로 다른 픽처를 참조하지 않아 독립적인 복원이 가능하다. P(Predictive)는 부호화하려는 P 픽처보다 과거에 존재하는 I 또는 P 픽처를 참조하여 부호화하는 픽처이다. 즉 시간상으로 순방향 예측만 가능하다. B(Bi-predictive prediction)는 과

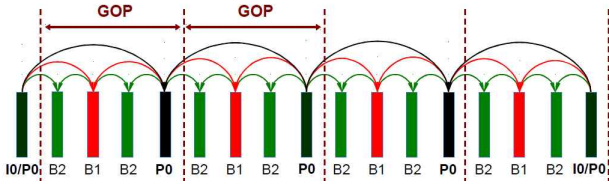


그림 1. 계층적 B 픽처를 가진 GoP 구조
 Fig 1. The Structure of GoP with Hierarchical B picture

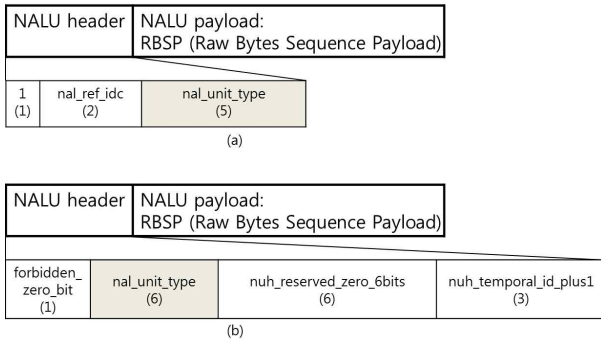


그림 2. (a) H.264의 NALU 형식 (b) H.265의 NALU 형식
 Fig 2. (a) The format of NALU in H.264 (b) The format of NALU in H.265

거와 미래, 즉 양방향으로부터 예측하여 얻어지는 픽처로 미래의 픽처를 예측했을 경우 이 픽처가 디코딩되는 시간을 기다려야 하기 때문에 시간적 지연이 발생하는 단점이 있다. 그림 1은 GoP(Group of Picture)가 ‘4’로, IBBBrBP 구조를 가지며 B 픽처도 참조가 되는 계층적인 B 픽처를 가진 픽처 구조이다.

픽처 개념과 같이 네트워크 적응 계층 또한 두 표준에서 동일하게 적용된다. 네트워크 적응 계층(이하 NAL: Network Adaptation Layer)은 다양한 네트워크에서 압축된 비디오 전송을 가능하게 하며, 이 계층을 통해 인코딩 된 비디오 비트 스트림은 NALUs(NAL Units)로 나뉜다. NALUs는 크게 NAL header, RBSP(Raw Byte Sequence Payload) 로 구성된다. 그림 2(a)는 H.264의 NALUs으로 1byte 크기의 NAL 헤더를 가지며, 그림 2(b)는 H.265의 NALUs으로 2byte 크기의 NAL 헤더를 가진다. 헤더는 해당 NALU이 어떤 정보를 담고 있는지 알려주는 nal_unit_type 필드를 가지는데, 이 필드를 통해 픽처 타입을 알 수 있다. H.265가 H.264 보다 1bit 더 큰 nal_unit_type 필드를 가지고 있는데, 이는 H.265가 이전 버전에 비해 더 다양한 픽처 종류를 지원하며 또한 현재 픽처의 참조 지원 여부 정보를 함께 담고 있기 때문이다.

III. 비디오 픽처 기반 오류 제어 기법

기존의 packet-level FEC 알고리즘은 네트워크 상태 정보를 이용하여 복구를 위한 FEC 패킷의 개수를 결정하였다. 이런

방법은 비디오 서비스의 품질을 어느 정도 향상시킬 수 있었지만, 생성된 FEC 패킷으로 인해 네트워크 자원의 효율이 떨어졌다. 따라서 본 논문에서 제안하는 비디오 전송 오류 제어 기법은 인코딩된 비디오 종류를 고려하여 FEC 패킷을 생성함으로써 기존 FEC 기법들이 제공하는 비디오 품질은 유지하면서 네트워크 점유를 줄일 수 있다.

제안 기법은 cross-layer 구조를 사용한다. 비디오 적응형 FEC 기법은 응용 계층에서 여러 변수들을 가지고 FEC 패킷 개수를 결정하는데, 이 때 다른 계층에서 계산되는 값도 포함된다. 제안하는 FEC 기법은 데이터링크 계층 프로토콜로써 무선 신호로 연결된 하나의 홉 간의 접근 제어를 담당하는 MAC(Media Access Control) 프로토콜의 ARQ 매커니즘의 변수를 사용한다. ARQ 매커니즘은 MAC 계층에서 오류 제어를 위한 재전송 기법으로써 다음 홉에 데이터를 한 개 수신하고 그것을 저장한 후, 만약 수신측에서 보낸 데이터를 잘 받아 ACK 메시지를 송신측에 보내면 저장된 데이터는 삭제된다. 하지만 수신측이 데이터를 수신하지 못하여 NAK 메시지를 송신측에 전송하거나 송신측의 타이머가 종료되면, 송신측은 저장된 데이터를 재전송된다. 제안 기법은 MAC 계층에서 데이터를 수신한 횟수와 NAK 메시지를 받은 횟수를 카운트하여 패킷 실패율(pf)을 계산하고, 그 값을 가지고 식 1, 2에 따라 현재 무선 네트워크의 패킷 수신율(pr)을 계산한다.

$$p_f = \frac{\text{the vumber of retransmission}}{\text{the total vumber of transmission packet}} \quad (1)$$

$$p_r = 1 - p_f \quad (2)$$

$$h = \frac{N_{loss}}{p_r} \quad (3)$$

계산된 현재 패킷 수신율을 통해 FEC 패킷 개수 즉, h값이 결정된다. 현재 블록(k)을 위한 h값은 식 3으로 계산된다. 현재 블록을 위한 h값을 계산하기 위해서는 이전 블록 생성 시간부터 현재 블록을 생성하는 시간까지 손실된 패킷 개수(Nloss)가 필요하다. 식 3은 현재 pr을 기반으로 손실된 패킷을 복구하기 위한 h값을 계산한다. 만약 수신율이 낮아진다면, 생성하는 FEC 패킷이 증가하여 네트워크 혼잡을 유발할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 전송 큐 길이를 확인한다.

$$\min_threshold \leq queue_length < \max_threshold:$$

$$\sum_{b=0}^n \frac{N_{b-1}}{1-p_f} \cdot w \begin{cases} w = \alpha & \text{for important NALU} \\ w = 0 & \text{for other NALU} \end{cases} \quad (4)$$

표 1. 식 4를 위한 변수

Table 1. Variables for expression 4

변수	변수의 의미
n	전체 영상의 총 블록 개수
b	영상의 b 번째 블록
Nb	현재 블록에서 손실된 패킷 개수
pf	패킷손실률
w	가중치

본 기법에서는 트래픽 증가를 피하기 위해 전송 큐를 위한 최대 임계치와 최소 임계치를 정한다. 만약, 현재 큐 길이가 최대 임계치 이상이라면 네트워크 혼잡임을 예측하여 FEC 패킷이 생성되었다고 할지라도 전송하지 않는다. 왜냐하면 생성된 FEC 패킷 또한 전송을 위해 AP의 큐에 저장되고, 이에 따라 트래픽 혼잡으로 인한 패킷 손실 가능성이 높아지므로 원래 패킷의 손실 확률이 높아지기 때문이다. 반대로 현재 큐 길이가 최소 임계치 이하라면 네트워크 상태가 한산하다고 판단하여 최대 생성할 수 있는 h_{max} 개까지 FEC 패킷을 생성한다. 식 4는 식 3을 기반으로 현재 큐 길이가 최저 임계치와 최고 임계치 사이에 존재할 때, 제안하는 두 가지 모드에서 h 값을 결정하는 식이다. 표 1은 식 4의 변수들의 의미를 나타낸다.

제안 FEC 기법은 비균등오류보호(UEP: Unequal Error Protection) 기술에 기반으로 한다. 이 방법은 데이터의 중요도에 따라 다른 가중치를 적용하여 오류를 제어하는 기법으로 오류가 존재하는 환경에서 단말 사용자의 서비스 품질을 향상시킬 수 있는 강력한 기술이다. 본 논문에서는 네트워크를 통해 전송되는 비디오 패킷을 파싱하여 2장에서 언급한 NALU의 nal_unit_type 필드를 확인하여 해당 패킷의 중요도를 부여한다. 이에 따라 최대 FEC 패킷 개수를 차등적으로 결정하여 중복량을 분산시키기 때문에 전체적으로 중복 비율은 낮아지고, 이로써 중복 데이터에 대한 전송량이 줄어들기 때문에 네트워크 자원 점유율이 줄어들 수 있다.

IV. 모의실험 및 결과

4-1 실험환경

제안 기법의 성능 평가를 위해 본 논문은 NS-2 시뮬레이터를 사용하였다. 본 실험은 유선보다는 오류율이 높은 무선 환경을 대상으로 실행하였으며, 제안 기법의 적용 위치는 AP(Access Point)로 결정하였다. 스트리밍 서버에서 생성된 비디오 패킷들은 안정적인 유선 네트워크를 통해 AP에 도착한 후, 다시 AP에서 오류가 존재하는 무선 네트워크를 통해

무선 단말기에 전송되기 때문에 AP는 FEC 기법을 적용하기에 적합한 위치이다. 본 모의실험에서 AP 이전 연결은 유선 네트워크로, 오류 상황과는 무관하다고 가정한다. 즉, 미디어 서버에서 전송되는 비디오 서비스는 오류 없이 AP에 도착하고 이곳에서 FEC 인코딩이 되어 모바일 단말기로 전송된다. 무선 네트워크의 혼잡도를 조절하기 위해서 TCP와 UDP 서버를 추가 생성하여 백트래픽을 발생하였다.

표 2는 시뮬레이터의 파라미터들이다. 시뮬레이터는 NS-2는 송신 노드, AP 노드, 수신 노드 총 세 부분으로 구성된다. 물리계층의 특성은 표 2와 같으며, 오류 상황을 재현하기 위해 낮은 대역폭을 설정하였다.

본 실험에서는 I 픽처를 포함 여부에 따라 패킷의 중요도를 부여하였다. I 픽처를 포함하는 패킷을 위해서는 0.125, 0.25 두 가지 중복 비율을 적용하여 그 성능을 확인하였으며 그 외의 패킷은 FEC 패킷을 생성하지 않았다.

본 논문에서는 제안 기법을 평가하기 위해 네 가지의 yuv 포맷 영상인 silent, city, crew 그리고 soccer 을 사용하였다. 앞에서 언급했듯이 H.265는 nal_unit_type 필드가 확장되었으나 H.264와 비슷한 NAL 개념을 사용하기 때문에 제안 기법을 적용할 경우 절차는 동일하다. 따라서 이번 모의실험에서는 H.264로 인코딩한 영상만 실험하였다. 또한 H.264와 H.265는 UD급 이상의 해상도를 지원하지만, 모의실험이라는 제한적인 환경 때문에 cif(352*288)의 해상도로 실험하였다. 해상도가 높아지면 낮은 해상도보다 전송 패킷의 개수만 많아질 뿐 제안 논문의 성능에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 예상된다. 표 3는 *.yuv 영상들을 H.264로 인코딩하기 위해 필요한 몇 가지 옵션들이다.

표 2. NS-2 모의실험 파라미터

Table 2. The parameters for the simulation

무선 채널 모델	Two-way ground	
패킷 손실 모델	uniform distribution	
무선 대역폭	11MB	
AP 큐	길이	100
	임계치	20(최소) / 80(최대)
비교 FEC 기법	ACFEC	
k	8	
중요도에 따른 r_{max}	I 픽처	0.125, 0.25
	그 외	0

표 3. 인코딩 옵션

Table 3. The options for encoding

코덱	JM 18.4
프로파일	baseline
프레임 해상도	352*288
IntraPeiod	30fame/sec
ME 모드	full search
ME search range	16
RDO	On
Hadamard SAD	On
QP	25
엔트로피 코딩	CAVLC

4-2 실험 결과 및 분석

제안 기법의 목표는 비디오 전송 시 오류 제어 기법으로 paket-level FEC를 적용할 경우, 불가피하게 사용되는 네트워크 자원의 점유를 줄여서 이를 통해 네트워크 자원 효율을 높이는 것이다. 이를 확인 할 수 있는 지표는 각 FEC 기법을 통해 생성되는 중복 패킷(FEC 패킷)의 개수이다. 그림 3 ~ 그림 6은 각 영상의 전체 패킷대비 FEC 패킷 개수를 비율로 제안 기법의 성능을 살펴볼 수 있다. 그래프의 세로축은 해당 PER을 가진 네트워크 환경에서 같은 PSNR을 유지하기 위해 생성된 FEC 패킷 비율을 나타낸 것이다. 위 그래프들을 분석해보면 기존 FEC 기법 보다 제안 기법이 모든 영상에 걸쳐 적은 비율을 FEC 패킷을 생성하는 것을 확인할 수 있다. 하지만 silent와 city 영상의 경우 오류율이 낮은 환경에서 제안 기법이 기존 기법과 비슷하거나 약간 많은 FEC 패킷을 생성하는 것을 알 수 있다. 왜냐하면 이 두 영상은 soccer와 crew에 비해 움직임이 적은 영상으로 I 픽처의 영향을 많이 받는 영상이기 때문이다. 따라서 제안 기법은 영상의 특성에 따라 그 성능에 차이가 있는 것을 확인 할 수 있다. 하지만 오류율이 높은 환경에서는 실험 영상 모두에서 제안 기법의 성능이 높은 것을 확인 할 수 있다.

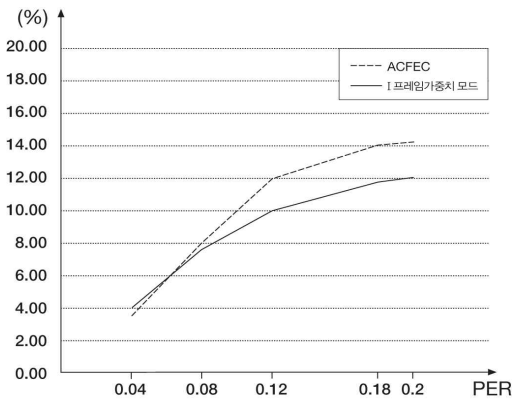


그림 3. silent 영상의 FEC 패킷 생성 비율
Fig. 3. The rate of FEC packets of the silent sequence

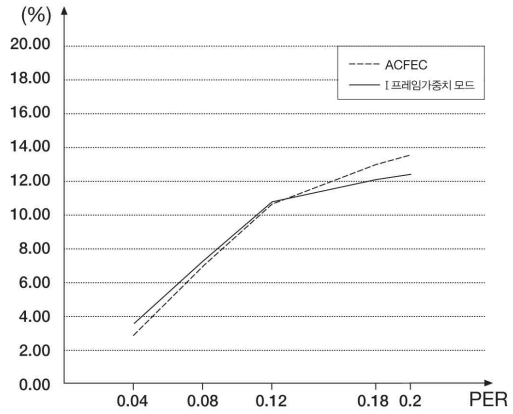


그림 4. city 영상의 FEC 패킷 생성 비율
Fig. 4. The rate of FEC packets of the city sequence

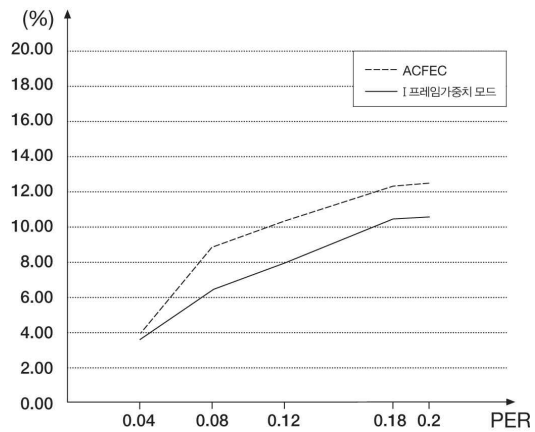


그림 5. soccer 영상의 FEC 패킷 생성 비율
Fig. 5. The rate of FEC packets of the soccer sequence

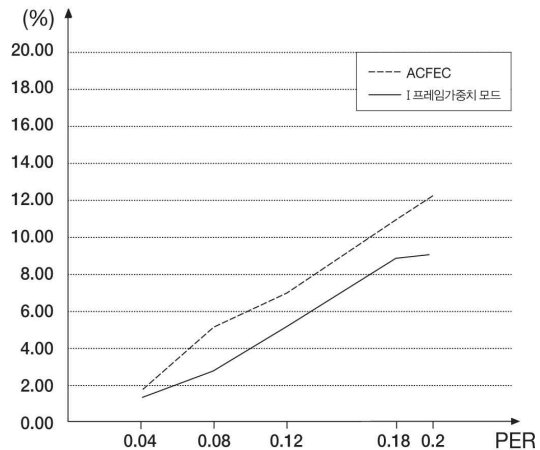


그림 6. crew 영상의 FEC 패킷 생성 비율
Fig. 6. The rate of FEC packets of the crew sequence

V. 결 론

디지털 방송의 정착과 고성능 무선 단말기의 다양화에 따라 비디오 스트리밍 서비스 사용자는 기하급수적으로 증가하고 있다. 하지만 사용자 증가와 무선 신호 특성에 의한 오류 상황은 영상 품질에 직접적으로 영향을 주기 때문에 사용자의 만족을 저하시키는 요인이 된다. 이를 해결하기 위한 방법 중 하나인 FEC 기법은 그 특성상 추가적인 데이터 생성으로 네트워크 자원의 효율을 저하시키는 문제를 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 특히 무선 환경에서 비디오 전송 시 발생하는 오류 상황을 제어하면서 한정적인 네트워크 자원의 효율을 높이기 위한 FEC 기법을 제안하였다. 이전 FEC 기법은 네트워크 정보만을 이용하여 FEC 패킷을 생성하였지만, 제안 기법은 전송되는 비디오 패킷의 중요도를 확인하여 이에 따른 중복률을 적용함으로써 네트워크 자원을 더 점유하면서 기존 기법과 동일한 비디오 품질을 제공할 수 있었다.

향후에는 HEVC에서 추가된 nal_unit_type을 적용하여 제안 기법의 기능을 확장할 것이다. 또한 HD급 이상 영상을 추가하여 제안 기법이 비슷한 성능을 가질 것이라는 가설에 대해 확인할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 2013학년도 서울여자대학교 교내학술특별연구비의 지원을 받았다.

참고문헌

- [1] J. P. Kim, "Hybrid Broadcast and Broadband TV Standardization Trend", *TTA Journal*, No.128, pp.94-100, Mar. 2010.
- [2] H. T. Son, "HBB TV", *Korea Society Broadcast Engineers Magazine*, Vol.16, No.1, pp. 30-39, Mar. 2011.
- [3] Global Internet Phenomena Report[Internet], Available: <http://sandvine.com/>
- [4] C. Lin, C. Shieh, N. Chilamkurti, C. Ke, and W. Hwang, "A RED-FEC Mechanism for Video Transmission Over WLANs", *IEEE Transactions on Broadcasting*, Vol. 54, No. 3, pp. 517-523, Sep. 2008.
- [5] L. Han, S. Park, S. Kang, and H. In, "An adaptive FEC Mechanism Using Cross-layer Approach to Enhance Quality of Video Transmission over 802.11 WLANs", *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, Vol. 4, No. 3, pp. 341-356, Jun. 2010.
- [6] T. Wiegand, G. Sullivan, et al., "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard", *IEEE Transactions on CSVT*, Vol. 13, No. 7, pp. 560-576, Jul. 2003.
- [7] G. J. Sullivan, et al., "Overview of the High Efficiency Video Coding(HEVC) Standard", *IEEE Transactions on CSVT*, Vol. 22, No. 12, Dec. 2012.



손 예 진 (Yejin Sohn)

2005년 2월 : 서울여자대학교 멀티미디어통신공학과(공학사)
 2007년 3월 : 서울여자대학교 대학원 컴퓨터학과(이학석사)
 2013년 8월 : 서울여자대학교 대학원 컴퓨터학과(이학박사)
 ※ 관심분야 : 무선 네트워크, 차세대 방송 시스템, 비디오 전송, 비디오 오류 제어, 비디오 코딩



이 응 재 (Woong-Jae Lee)

1981년 2월 : 연세대학교 전기공학과(공학사)
 1985년 9월 : University of Illinois at Chicago 전산학과(이학석사)
 1991년 9월 : Illinois Institute of Technology 전산학과(이학박사)
 1993년 3월 ~ 현재 : 서울여자대학교 콘텐츠디자인학과 교수
 ※ 관심분야 : WSN, 인공지능, 자연어처리, 멀티미디어



백종호 (Jong-Ho Paik)

약력

1994년 2월 : 중앙대학교 전기공학과(공학사)

1997년 2월 : 중앙대학교 전기공학과(공학석사)

2007년 8월 : 중앙대학교 전자전기공학부(공학박사)

1997년 1월 ~ 2011년 8월 : 전자부품연구원 모바일단말연구센터 센터장

2011년 9월 ~ 현재 : 서울여자대학교 멀티미디어학과 조교수

※ 관심분야 : 차세대방송통신시스템, 차세대 영상시스템, 소프트웨어 테스트