

# 와이브로 환경에서 랩터 FEC 기반의 채널 적응형 비디오 전송 기법

## Raptor FEC Based Channel-Adaptive Video Transmission Scheme over WiBro Network

Hye-Soo Kim\*, Jae-Yun Jeong\*\*, Keun-Yung Byun\*\*, Hyeong-Min Nam\*\*,  
Sung-Jea Ko\*\*\*

김혜수\*, 정재윤\*\*, 변근영\*\*, 남형민\*\*, 고성제\*\*\*

### Abstract

The packet loss and the disconnection during handoff are the most critical problems which degrade the video quality in wireless video streaming. To cope with these problems, we propose an efficient video streaming method in this paper, which does not only dynamically adjust the video transmission rate based on the raptor forward error correction (FEC) level, but also minimize the error propagation during handoff. Firstly, the channel bandwidth of the wireless broadband internet, called WiBro, is estimated by analyzing channel parameters including the carrier to interference and noise ratio (CINR) and the handoff. Secondly, the streaming server adjusts the next transmission rate according to the estimated channel bandwidth and the raptor FEC level to avoid packet error. Also, the encoder performs the intra refresh method that inserts an intra frame (I-frame) right after handoff to reduce the error propagation effectively. Experimental results indicate that the proposed method can improve the performance of the video streaming over WiBro network.

### 요약

와이브로 네트워크의 경우 무선 환경에서 높은 데이터 레이트를 제공하고 있다. 하지만 이러한 무선 환경에서 비디오를 전송할 때 패킷 손실과 핸드오프 등에 의해 화질이 저하되는 문제가 발생하게 된다. 특히, 비디오 데이터는 패킷 손실에 의해서는 슬라이스 단위로 손실되고, 핸드오프에 의해서는 프레임 전체가 손실되는 현상이 발생한다. 이렇게 비디오 데이터가 손실이 되면 클라이언트에서는 에러가 지속적으로 확산되는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 랩터 FEC 기반의 채널 적응형 비디오 전송 방법을 제안 한다. 무선 채널의 패킷 손실에 의해 비디오의 화질 열화가 발생할 경우 서버는 채널 상황에 따라 FEC 레벨을 조절하여 비디오를 인코딩 한다. 또한, 단말의 이동 중 핸드오프에 의해 프레임이 손실될 경우 서버에서는 새로운 인트라 프레임을 만들어 에러가 확산되는 것을 방지하는 방법을 제안한다. 알고리즘의 성능평가는 실험을 통하여 보여주도록 한다

Key words : Video transmission, Raptor FEC, Handoff, WiBro network, Intra refresh

### 1. 서론

최근 인터넷의 발달로 영상전화, 주문형 비디오 등과 같은 다양한 멀티미디어 서비스 제공에 대한 요구가 날로 증대되고 있다. 특히 기존 이동전화 기반의 무선인터넷(CDMA 2000 1x, EVDO, WCDMA) 서비스는 이동성을 지원하고는 있으나 고가의 서비스 요

\* The School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology

\*\* 高麗大學校 電氣電子工學科, ★ 교신저자

※ 본 연구는 서울시 산학연협력사업으로 구축된 서울 미래형콘텐츠컨버전스 클러스터 지원으로 수행되었습니다.

※ 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2009-0080547).

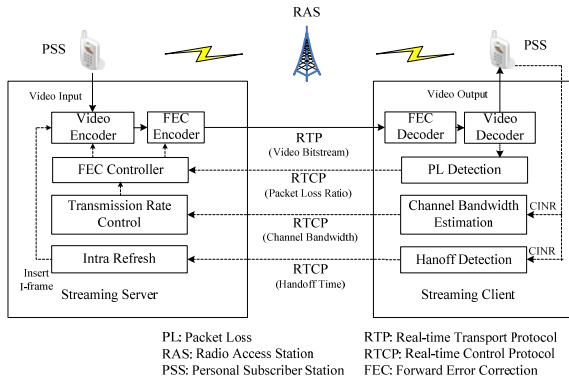


Fig. 1. Concept of the proposed channel-adaptive video transmission

그림 1. 제안하는 채널 적응형 비디오 전송 기법의 개념

급과 느린 전송속도가 문제이다. 무선 LAN 서비스는 고속의 전송속도를 제공하고 가격은 저렴하나 낮은 전송 품질과 전과간섭 등의 취약점이 있다. 두 가지 모두 무선 인터넷 서비스 측면에서 소비자의 욕구를 충족시키기 어려운 점들이 존재하고 있다. 이에 반해 와이브로(WiBro: Wireless Broadband, 휴대인터넷) 서비스는[1] 이러한 이동전화망 및 무선 LAN 인프라의 한계를 극복하고 이용자가 저렴하게 초고속 무선 인터넷 서비스를 이동 중에도 사용 가능하도록 기반을 마련해 준다. 그리고 이러한 와이브로가 잘 서비스 되기 위해서는 대용량의 오디오/비디오 정보의 효과적인 전송 방법에 대해 연구들이 필요하다[2],[3].

특히 비디오 데이터를 무선 채널 상황에서 전송을 하면 화질 저하, 프레임의 손실, 지연 발생등의 수신 화면의 품질 변화가 일어난다. 이러한 문제를 해결하기 위해 여러 알고리즘이 소개 되어 왔다[4]-[6].

특히, J.-W. Kim et. al.[4] 알고리즘에서는 packet pair probing 방법을 사용하여 3G 네트워크의 가용 대역폭을 알아 낸 다음 가용 대역폭에 맞는 전송 레이트로 비디오를 전송하는 방법을 제안 하였다. 이 방법은 네트워크의 인터페이스 상관없이 사용하기에는 간편하지만 긴 분석 시간이 필요하므로 실시간 영상 통신에 적용하기에는 불충분하다. Q. Chen et. al.[5]이 제안한 방법은 관심영역을 인트라 모드로 인코딩 하여 에러의 확산을 막아주는 방법이다. 관심영역을 벗어나게 될 경우 에러가 지속된다는 단점이 있다. M. Sayit et. al. [6]이 제안한 방법은 여분의 패킷을 함께 전송하여 에러를 복구 하는 FEC기반의 비디오 전송 방법을 제안하였다. 이러한 FEC 기반의 비디오 전송방법은 채널이 좋을 때 는 오버헤드 때문에 네트워크의 리소스가 낭비되는 문제점이 있다.

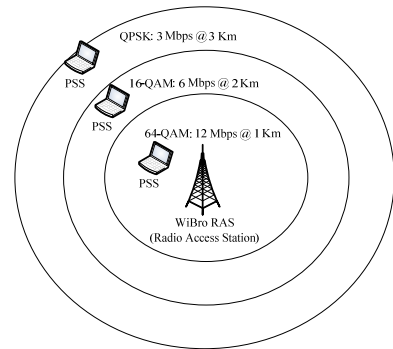


Fig. 2. Adaptive modulation and coding scheme in WiBro network

그림 2. 와이브로에서의 AMC 방법

이에 본 논문에서는 와이브로 환경에서 사용자들에게 보다 좋은 화질을 제공하기 위하여 래터 FEC 기반의 채널 적응적 비디오 전송기법을 제안한다.

본 논문에서는 제안하는 기법은 크게 두 가지로 구성된다. 첫째는, 매체 접근 제어 계층으로부터 측정되는 신호품질 레벨 (CINR) 정보를 이용하여 주어진 채널의 상태를 분석하여 이에 알맞은 전송을 구한다[7]. 둘째는, 채널 상황에 따라 래터 FEC를 적응적으로 실행하고 핸드오프가 발생할 경우 핸드오프 직후 인트라 프레임을 삽입하여 화질 열화를 최소화 시키는 방법이다. 그림 1은 이러한 개념에 대한 전체적 개념을 보여준다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 다음 장에서는 제안하는 채널 적응형 비디오 전송 기법에 대해 소개한다. III장에서 실험 및 결과를 기술하며, IV장에서 결론을 맺는다.

## II. 채널 적응형 비디오 전송 방법

### 1. 채널 적응형 레이트 컨트롤 기법

이번 절에서는 단말의 이동에 따른 대역폭의 변화를 예측하는 방법을 소개 하도록 한다. 대역폭에 맞추어 비디오 전송해야 충돌로 인한 패킷 손실을 막을 수 있기 때문에 대역폭을 예측하는 것은 가장 중요하다.

그림 2 에서는 보는 것처럼 와이브로에서는 수신 신호의 품질에 따라 자동적 모듈레이션 방법을 바꾸는 Adaptive Modulation and Coding (AMC) 방식을 사용한다. 즉, 기지국 (RAS)내에서 단말이 기지국에서 멀어질 때 모듈레이션 방식을 64-Quadrature Amplitude Modulation (QAM), 16-QAM, Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) 등으로 바꾸게 되고 모

플레이션 방식에 따라서 다양한 data-rate를 제공받게 된다. 와이브로의 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)/Time Division Duplex (TDD)의 물리계층 대역폭은 모뮬레이션 방식, sub-carrier 수, 그리고 coding rate에 따라 (1)과 같은 수식으로 얻어진다.

$$R_{PHY} = \frac{N_{sub}}{T_{dur}} \cdot b_{mod} \cdot c_{rate} \quad (1)$$

여기서  $N_{sub}$ 는 사용된 subcarrier의 숫자 이고,  $b_{mod}$ 는 modulation당 bit의 수를 나타내고,  $c_{rate}$ 는 coding rate를 의미하며,  $T_{dur}$ 는 OFDM의 symbol의 시간을 의미한다. 망 사업자에 따라  $N_{sub}$ 와  $T_{dur}$ 는 정해진 값 이고  $b_{mod}$ 와  $c_{rate}$ 는 AMC 방식에 따라 변하는 값이다. 따라서 물리 채널 용량을 얻기 위해서는 시간에 따라 변하는  $b_{mod}$ 와  $c_{rate}$ 를 알아야 한다.  $b_{mod}$ 와  $c_{rate}$ 를 예측하기 위해서 제안하는 논문에서는 채널 파라미터를 측정을 통하여 예측한다. 단말은 CINR과 PER 등을 측정함으로써 Channel Quality Indicator (CQI)를 선택한다. RAS는 CQI를 받아서 MCS를 결정하게 되고 MCS에 따라 data-rate가 결정된다. 따라서 CINR은 data-rate를 결정짓는 중요한 파라미터이며 제안하는 방법에서는 CINR 측정을 통하여  $b_{mod} \cdot c_{rate}$ 값을 예측한다. 표 1에서는 사용된 와이브로 시스템의 파라미터를 나타내었다.

제안하는 방법에서는 실험을 통하여 측정된 CINR 값과 MCS를 이용하여 CINR값에 따른 값을 식 (1)에 대입하여 예측할 수 있다. 예측된 물리 채널 용량으로부터 어플리케이션의 가용 대역폭을 구하기 위해서는 어플리케이션의 오버헤드, 사용자수, 그리고 path loss를 고려해야 한다. 어플리케이션에서 생성된 비디오 비트스트림의 길이에 IP layer, MAC layer, PHY layer에서 각각 헤더가 붙음에 따른 오버헤드를 고려하였을 때 오버헤드는 대략적으로 35% (DL:UL=2:1)까지 만들어 질 수 있도록 규정되었다 [1].

또한 한 섹터 안에서 허용할 수 있는 사용자의 수는 회사마다 방침이 다를 수 있지만, 본 논문에서는 한국에서 상용화된 와이브로를 기준으로 사용자에게 다른 어플리케이션의 가용 대역폭의 변화를 측정 반영한다. 현재 할당된 물리 채널용량이 같더라도 단말의 지형적 상황에 따라 실제 가용 대역폭은 변하게 된다.

지형적 상황은 크게 line of sight (LOS)와 non-line of sight (N-LOS)로 구분될 수 있다. 제안

Table 1. System parameter in WiBro network

표 1. 와이브로 시스템 파라미터

System Parameters	Value
Frequency band	2.3 GHz
Channel bandwidth	9 MHz
Duplex	TDD / 5msec
DL and UP ratio	2:1
Multiple access	OFDMA
Cell coverage	1 Km

하는 방법에서는 received signal strength indicator (RSSI)와 transmission power (TxPwr)를 이용하여 LOS와 N-LOS를 구분하여 각 상황에 따라 가중치를 주어 가용 대역폭의 값을 구한다. 실험을 통하여 LOS에서는 낮은 TxPwr와 높은 RSSI 값을 나타내고 N-LOS에서는 높은 TxPwr와 낮은 RSSI값을 갖게 됨을 알 수 있다.

이러한 인자를 고려하여 각 채널의 사용가능한 대역폭은 (R) 다음과 정의 할 수 있다.

$$R = \frac{(1 - P_{overhead}) \cdot (1 - C_{overhead}) \cdot W_{env}}{N_{user}} \cdot R_{PHY}, \quad (2)$$

여기서,  $P_{overhead}$ 는 패킷 오버헤드를 나타내고,  $N_{user}$ 는 하나의 RAS에서 주어지는 사용자의 수를 나타낸다. 본 논문에서 2명의 사용자를 가정하였다. 그리고  $W_{env}$ 는 단말이 기지국과 연결되는 지형적 특성을 반영한 것이다. 본 논문에서 사용한 실험값은 LOS에 대해서는 0.7, NLOS에 대해서는 0.4의 값을 적용하였다.  $C_{overhead}$ 는 와이브로에 한 프레임에서 발생하는 채널 오버헤드를 의미한다. 이값은 다른 논문[6]에서 제시하고 있는 값을 사용하였다. 와이브로의 업링크에 대해서는 0.3067, 다운링크에 대해서는 0.2394의 값을 적용하였다. 결국, 본 논문에서 비디오 전송에 사용가능한 레이트 (R)는 각 업링크와 다운링크들중 두 값중에서 최소값을 가지고 비디오 인코딩에 사용을 한다. 이것을 식으로 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R = \min(R_{DL}, R_{UL}), \quad (3)$$

여기서  $R_{DL}$ 은 다운링크의 사용가능한 대역폭을 의미하고  $R_{UL}$ 은 업링크에서 사용가능한 대역폭을 의미한다. 위의 식 (3)에서 작은 값이 정해지면 비디오 인코딩에서 인코딩 할 수 있는 비트가 정해지고 이것은 레이트 컨트롤 알고리즘을 통해 인코딩 비트가 제어된다. 그림 3에서는 본 논문에서 제안하는 채널 적

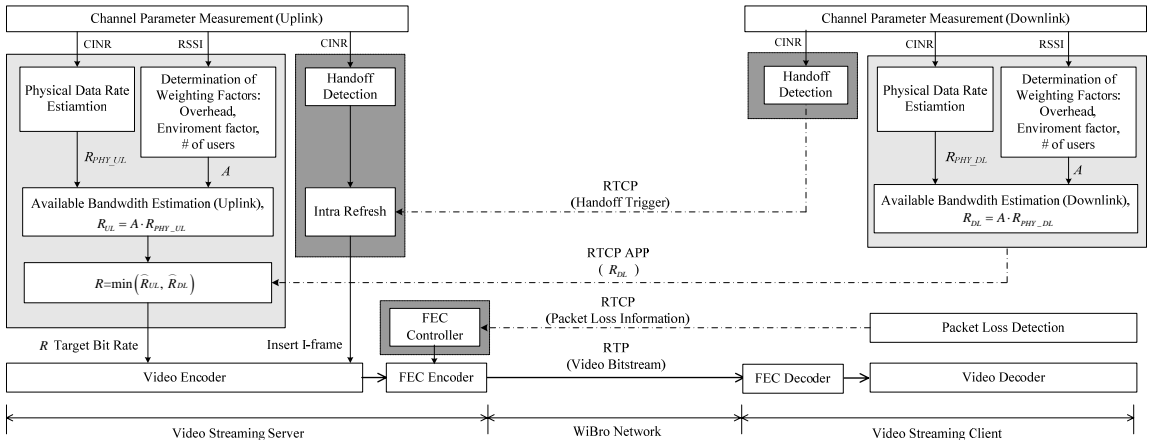


Fig. 3. Proposed channel-adaptive video transmission method  
 그림 3. 제안하는 채널 적응형 비디오 전송 방법의 구조

응형 비디오 전송 방법의 전체적인 구조를 나타내었다. 제안하는 방법으로는 단말의 이동에 따라 변화하는 각 채널의 대역폭뿐 아니라 패킷손실상황을 예측하고 핸드오프 시점과 지연시간을 예측한다.

**2. 채널 적응형 FEC**

Raptor 부호는 2003년 Shokrollahi에 의해 개발되었다[8]. 파운틴 코드의 일종으로 기존의 Luby Transform (LT)[9] 부호보다 복호화 과정의 연산량 측면에서 더 좋은 성능을 보인다. LT 부호는 원래의 소스 심벌을 복원하는 데 필요한 연산량이 선형적이지 못한 단점을 지니고 있다. Raptor 부호는 이러한 단점을 보완하여 부호화 연산량을 선형 시간 이내로 유지하면서 선형 시간의 복호화 연산량을 얻을 수 있다. 이 방법은 최근 IPTV의 표준에 적용되면서 많은 인기를 얻고 있다[10].

본 논문에서는 채널 품질에 따라 적응적으로 적용시킬 수 있는 방법을 제안한다. 일반적인 랩터 FEC는 멀티캐스트용 방송에 적용되었는데, 본 논문에서는 채널 상황이 좋을 때는 할당되는 비트를 높여서 화질을 최대한 좋게 보내고 채널 상황이 좋지 않게 되면 FEC 레벨을 높여 절대 화질은 조금 낮아지더라도 패킷 에러에서 오는 화질열화를 차단하여 전체적으로 좋은 화질을 보장하는 방법을 제안한다. 랩터 코드는 주어진 정보를 표현하는 s개의 소스 심벌이 있을 때 인코딩 된 심벌 m개를 무한히 생성할 수 있다. 그리고 패킷 전송 중 손실이 일어나더라도 s개 이상의 심벌을 수신할 때 모두 복원이 가능하다. 복원 실패 확률(P<sub>f</sub>) [11]은 다음과 같다.

$$P_f(m, s) = \begin{cases} 1 & \text{if } m < s, \\ 0.85 \times 0.567^{m-s} & \text{if } m \geq s, \end{cases} \quad (4)$$

여기서 m은 수신된 심벌의 수이고 s는 소스 심벌의 수를 나타낸다.

본 논문에서는 채널 정보를 모니터링 하면서 임의의 손실율 (PLR=10%)이 발생할 때만 적응적으로 랩터 FEC를 적용한다.

**3. 채널 적응형 Intra Refresh**

본 절에서는 와이브로에서 핸드오프 예측하여 핸드오프 직후 인트라 프레임을 삽입하는 방법을 제안한다. 일반적인 와이브로에서 핸드오프가 일어나는 상황은 기존에 연결되어 있던 기지국에서 멀어지고 새로운 기지국과는 가까워지는 상황에서 새로운 기지국의 신호가 보다 좋게 검출 될 때 일어난다. 이러한 상황을 측정하고 예측하기 위해서는 기지국과 단말 사이에 거리가 멀어지고 있는지 가까워지고 있는지를 판단할 수 있는 파라미터가 필요하다.

와이브로의 경우 CINR을 활용할 수 있다. CINR이 0보다 작게 되면 핸드오프가 발생한다. 제안하는 방법에서는 CINR의 변화추이를 이용하여 핸드오프를 예측하는 방법을 사용하였다. 핸드오프를 예측하기 위해서 측정된 CINR 신호를 미디언 필터를 이용하여 impulse noise를 제거하도록 한다. 먼저, 우리는 필터

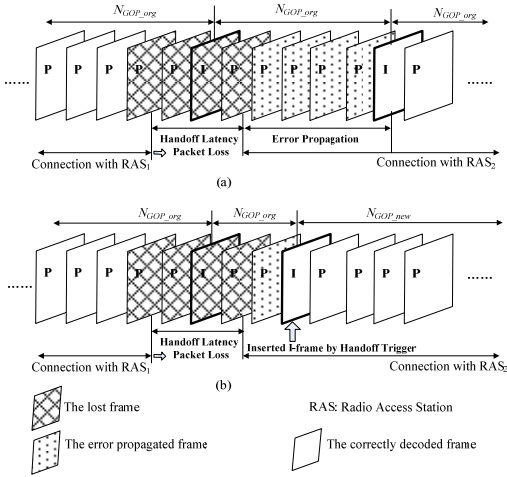


Fig. 4. GOP Structure, (a) Conventional method, (b) Proposed method

그림 4. GOP의 구조, (a) 기존의 방법, (b) 제안하는 방법

의 길이를  $2k+1$ 로 정의하고 다음과 같이 정의하기로 한다.

$$Z(x) = med(S(x-k), \dots, S(x), \dots, S(x+k)) \quad (5)$$

여기서  $(x)$ 는 이동단말의 측정시간을 나타내고,  $S(x)$ 는 기지국으로부터 받는 CINR값을 의미한다. 만약  $Z(x)$ 의 값이 증가하게 되면 기지국으로부터 단말이 가까워 지고 있는 것을 의미하고, 값이 감소하게 되면 기지국으로부터 단말이 멀어지게 되는 것을 의미한다. 그리고 핸드오프결정 파라미터로는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$H(x) = Z(x) - Z(x-1) \quad (6)$$

와이브로에서 핸드오프 과정은 CINR이 감소하다가 임의의 ( $Th_{handoff}$ )값 이하로 떨어질 때 수행된다. 즉  $H(x) < 0$ 고  $S(x) < Th_{handoff}$ 일때 핸드오프 트리거 ( $Th_{handoff}$ )가 발생한다. 이러한 방법을 통하여 핸드오프가 발생하게 되면 새로운 group of picture (GOP)를 시작하게 하고, 패킷손실이 예측되면 FEC를 가동시켜 에러확산에 대응하도록 한다.

채널에서 핸드오프가 발생하게 되면 그림 4에서 보는 바와 같이 핸드오프 지연시간 (handoff latency)동안에 여러 장의 프레임이 잃어버리게 된다. 이렇게 손실된 프레임으로 인하여 영상에서 에러가 확산되는 현상들이 나타나게 된다.

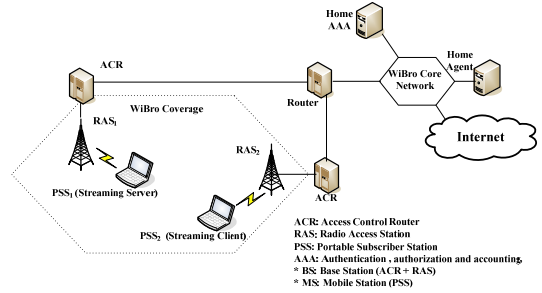


Fig. 5. Testbed for evaluation of the proposed video transmission method in the WiBro network

그림 5. 와이브로 네트워크에서 제안한 비디오 전송방법을 평가를 위한 테스트 베드

본 논문에서는 이러한 것을 방지하기 위해서 그림 4 (b)에서 처럼 핸드오프 후 새로운 참조 프레임 (I-frame)을 바탕으로 새로운 GOP가 시작될 수 있도록 한다.

### III 실험 및 결과

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서 와이브로망에서 실험을 하였다. 실험에서 사용된 영상은 H.264/AVC로 인코딩/디코딩 되었으며 이미지 크기는 CIF(352x288)크기와 25 프레임 레이트의 FOREMAN 사용되었다. GOP의 사이즈는 300 frame 이고 I-frame과 P-frame만 구성되어 있다. 그림 5는 실험을 위한 테스트 베드를 나타내었다. 그림 5에서 보는것처럼 서버 와 클라이언트는 각각, 다른 RAS에 연결되어있고, 양방향 통신을 위한 형태로 연결되어있다. 이러한 테스트 환경을 가지고 사용 가능한 대역폭을 예측하며, 채널에 적응적인 비디오 전송 테스트를 하였다.

그림 6은 제안한 알고리즘의 성능비교를 나타내었다. 그림 5에서 보여지는 것처럼 테스트 플랫폼에서 클라이언트가 이동하면서 CINR을 측정하였다. 이것을 그림 6의 (a)에서는 측정되는 CINR과 예측 되는 채널 레이트로 나타내었다. 그림 6의 (b)에서는 영상을 보냈을 때 측정되는 PSNR을 나타내었다. 그림 6의 (b)에서 볼 수 있듯이 PLR가 10%, 20%, 5%가 되는 구간에서는 적응적으로 FEC를 적용시켰다. 그 결과 다른 기존의 제안한 방법보다 좋은 PSNR이 나타남을 알 수 있었다. 그리고 핸드오프가 발생했을 때 기존의 방법에서 I-frame을 놓쳤을 경우 그 뒤로부터 에러가 확산되는 것을 알 수 있었다. 이에 본 논문에서는 새로운 I-frame을 인코더에서 만들어 보내어 에러가 확산되는 것을 효과적으로 막아 낼 수 있었다.

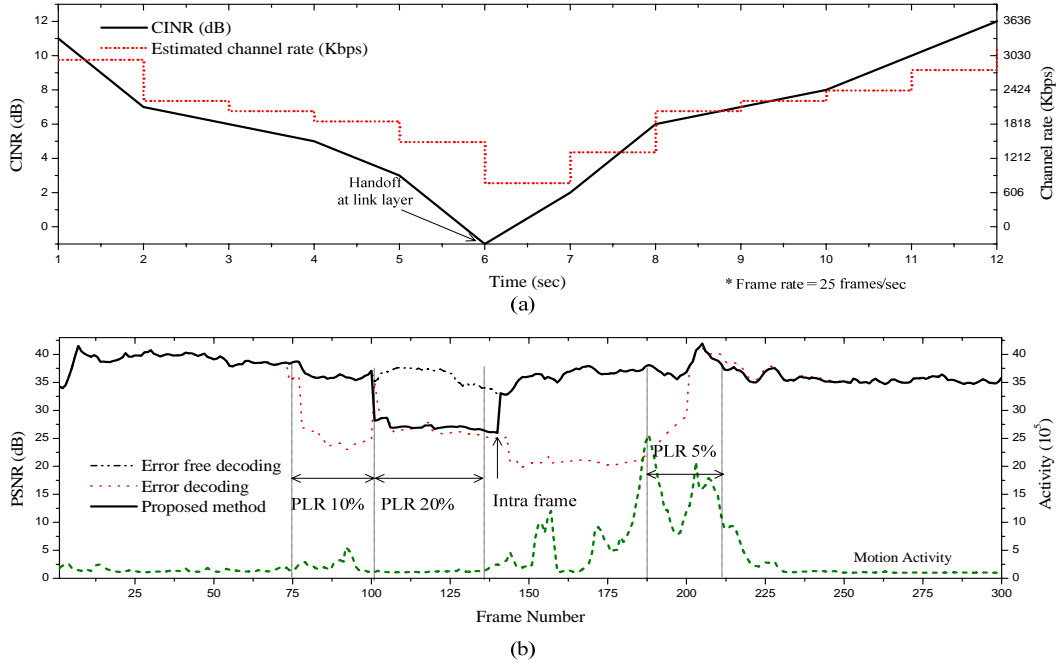


Fig. 6. Performance comparison, (a) Channel scenario in WiBro network, (b) PSNR comparison of *Foreman* sequence  
 그림 6. 성능비교, (a) 와이브로 채널 시나리오, (b) *Foreman* 시퀀스에 대한 PSNR비교

이렇듯, 본 논문에서 제안한 방법인 채널 상황에 따라 적응적으로 FEC를 사용하였을 때 보다 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있다.

#### IV 결론

본 논문에서는 와이브로 환경에서 사용자들에게 보다 좋은 화질을 제공하기 위하여 래터 FEC기반의 채널 적응형 비디오 전송 기법을 제안하였다. 본 논문에서는 제안하는 기법은 크게 두 가지로 구성된다. 첫째는, 매체 접근 제어 계층으로부터 측정되는 신호 품질 레벨 정보를 이용하여 주어진 채널의 상태를 분석하여 이에 알맞은 전송을 구했다. 둘째는, 채널 상황에 따라 래터 FEC를 패킷손실상황에 따라 적응적으로 실행하고 핸드오프가 발생할 경우 핸드오프 직후 인트라 프레임을 삽입하여 화질 열화를 최소화하였다.

#### 참고문헌

- [1] 정보통신 단체 표준, “2.3GHz 휴대인터넷 표준 - 물리 계층 및 매체접근제어 계층,” 한국정보통신기술협회, Dec., 2005.
- [2] 정재윤, 단병규, 김혜수, 고성제, “수신 신호 세기 기반의 적응형 인트라 리프레시 방법을 이용한 비디오 전송 시스템에 대한 연구,” 신호처리합동학술대회 논문집, 제19권 제1호, 51-54쪽, Sept., 2006.
- [3] 김수형, 김혜수, 정재윤, 신경석, 고성제, “와이브로 환경에서 효과적인 비디오 전송방법,” 신호처리합동학술대회 논문집, 제20권 제1호, 201-204쪽, Oct., 2007.
- [4] J.-W. Kim, H.-M. Nam, S.-J. Lee, J.-Y. Lee, and S.-J. Ko, “Probing-Based Channel Adaptive Video Streaming for Wireless 3G Network,” IEICE Trans. Communications, Vol. E89-B, no. 2, pp. 357-363, Feb., 2006.
- [5] Q. Chen, Z. Chen, X. Gu, and C. Wang, “Attention-based adaptive intra refresh for

error-prone video transmission," IEEE Trans. on Commun, Mag., Vol. 45, pp. 52-60, Jan., 2007.

[6] M. Sayit and G. Seckin, "Scalable video with raptor for wireless multicast networks," IEEE Packet Video 2007, pp. 336-341, Nov., 2007.

[7] H.-S. Kim, H.-M. Nam, J.-Y. Jeong, S.-H. Kim, and S.-J. Ko, "Measurement Based Channel-Adaptive Video Streaming for Mobile Devices over Mobile WiMAX," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 54, no. 1, pp. 171-178, Feb., 2008.

[8] A. Shokrollahi, "Raptor codes," Digital Fountain, Tech.Rep. DR2003-001, Jun., 2007.

[9] M. Luby, "LT Codes," IEEE Symp. Foundations of Computer Science (FOCS), pp. 271-280, Nov., 2003.

[10] 김성원, "Raptor 부호의 효율적인 복호 알고리즘 및 IPTV 시스템에서 FEC 기법 성능 비교," 건국대학교 대학원 석사학위 논문, Feb., 2008.

[11] M. Luby, T. Gasiba, T. Stockhammer, and M. Watson, "Reliable Multimedia Download Delivery in Cellular Broadcast Networks," IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 53, no. 1, pp. 235-246, Mar., 2007.

저 자 소 개

김 혜 수 (학생회원)



2002년 : 고려대학교 전자전기전  
과공학부 졸업 (공학사)  
2004년 : 고려대학교 대학원 메카  
트로닉스학과 (공학석사)  
2009년 : 고려대학교 대학원 전자  
컴퓨터공학과 (공학박사)  
2009년 4월~현재 : Georgia  
Institute of Technology,  
Postdoctoral Fellow

<주관심분야> 영상신호처리, 멀티미디어 압축 및  
통신, IEEE 802.16, IEEE 802.11

정 재 윤 (비회원)



2005년 : 고려대학교 전자전기전과  
공학부 졸업 (공학사)  
2005년 3월~현재 : 고려대학교 대  
학원 메카트로닉스학과 석.박사 통  
합과정  
<주관심분야> 영상신호처리,  
멀티미디어 압축 및 통신, 화질개선

변 근 영 (비회원)



2004년 : 고려대학교 전자전기전과  
공학부 졸업 (공학사)  
2007년 3월~현재 : 고려대학교 대  
학원 메카트로닉스학과 석.박사통합  
과정  
<주관심분야> 영상신호처리,  
멀티미디어 압축 및 통신, 컴퓨터 비전

남 형 민 (비회원)



2005년 : 고려대학교 전자전기전  
과공학부 졸업 (공학사)  
2005년 3월~현재 : 고려대학교  
대학원 전자컴퓨터공학과 석.박사  
통합과정  
<주관심분야> 영상신호처리,  
멀티미디어 압축 및 통신, Quality  
of service

**고 성 제** (비회원)

1980년 : 고려대학교 전자공학과 학사  
졸업 (공학사)

1985년 : State Univ. of New York  
at Buffalo 전기 및 컴퓨터공학과  
(공학 석사)

1988년 : State Univ. of New  
York at Buffalo 전기 및 컴퓨터  
공학과 (공학 박사)

1988년~1992년 : The Univ. of Michigan,  
Dearborn 전기 및 컴퓨터공학과 조교수

1996년 11월 : IEEE APCCAS best paper award

1997년 12월 : 대한전자공학회 해동논문상 수상

1999년 11월 : 한국통신학회 LG 학술상

1997년 IEEE Senior member

2000년 IET Fellow

2004년 3월 : 고려대학교 훌륭한 공대  
교수상(학술부문)

1992년 ~ 현재 : 고려대학교 전기전자공학부 정교수

2008년 ~ 현재 : 대한전자공학회 부회장

<주관심분야> 영상처리 및 압축, 멀티미디어 통신