

논문 2009-46CI-5-4

모바일 와이맥스망에서 채널 적응적인 모바일 스트리밍 비디오 제어

(Channel-Adaptive Mobile Streaming Video Control
over Mobile WiMAX Network)

변재영*

(Jae-Young Pyun)

요약

광대역 무선 및 이동 통신망에서의 스트리밍 비디오 서비스는 최근 학계와 산업계로부터 많은 주목을 받고 있다. 특히, 모바일 와이맥스 (IEEE 802.16e) 네트워크 환경은 높은 전송율과 유연성있는 서비스 품질을 제공할 수 있기 때문에 이러한 스트리밍 서비스가 특히 매력적이다. 그러나 압축 비디오 시퀀스가 갖는 무선 및 이동망 오류 채널에 대한 민감성을 고려할 경우에, OFDMA 부반송파 물리 채널에서의 오류 발생으로 인해 화면 내의 매크로블록 또는 슬라이스 일부가 손상을 받을 수 있음에 주목할 필요가 있다. 본 논문에서는 교차 계층 설계를 기반으로하여 OFDMA 부반송파 채널 특성에 적응적인 모바일 스트리밍 서버를 소개한다. 이 스트리밍 서버 시스템은 기지국의 기존 스케줄러, 패킷 배열/재조립, 부반송파 할당 전략 등의 변경없이 낮은 신호 세기를 갖는 부반송파에서도 스트리밍 비디오의 품질 악화를 줄이는데 효과적이다.

Abstract

Streaming video service over wireless and mobile communication networks has received significant interests from both academia and industry recently. Specifically, mobile WiMAX (IEEE 802.16e) is capable of providing high data rate and flexible Quality of Service (QoS) mechanisms, supporting mobile streaming very attractive. However, we need to note that streaming videos can be partially deteriorated in their macroblocks and/or slices owing to errors on OFDMA subcarriers, as we consider that compressed video sequence is generally sensitive to the error-prone channel status of the wireless and mobile network. In this paper, we introduce an OFDMA subcarrier-adaptive mobile streaming server based on cross-layer design. This streaming server system is substantially efficient to reduce the deterioration of streaming video transferred on the subcarriers of low power strength without any modifications of the existing schedulers, packet ordering/reassembly, and subcarrier allocation strategies in the base station.

Keywords : OFDMA, Mobile WiMAX, Streaming video service, CINR, QoS

I. 서론

최근 국내외에서 광대역 접속망의 형태로 상용화가 진행되고 있는 IEEE 802.16e의 모바일 와이맥스 기술은

많은 관심과 주목을 받고 있다. 이 기술은 모바일 유저들에게 기존의 WLAN과 CDMA망이 제공하던 전송 대역보다 더 넓은 무선 광대역 전송 기술을 제공한다. IEEE 802.16e의 물리층에서는 다중경로에서 강인한 특성을 갖으며 높은 주파수 효율성을 갖는 계위적 OFDMA가 사용된다. 이러한 OFDMA는 광대역 주파수 선택성 페이딩 (frequency selective fading) 채널 환경을 다중 협대역 평면 페이딩 (flat fading) 채널 환경으로 제공하여 빠른 전송 속도를 얻을 수 있다. 이러한 물리 채널에서는 carrier to interference and noise ratio

* 평생회원, 조선대학교 정보통신공학과
(Department of information & communication
engineering, Chosun university)

※ 이 논문은 2007년 정부(교육과학기술부)의 재원으로
한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(KRF-2007-331-D00285)

접수일자: 2009년3월17일, 수정완료일:2009년9월4일

(CINR)을 측정하고, 이에 따른 적절한 변조와 채널 코딩 조합을 갖는 버스트 프로파일 (burst profile)을 결정함으로써 채널 적응적인 변조/채널/전송속도를 제공할 수 있다. 따라서, OFDMA는 고속 데이터 전송 속도를 요구하는 스트리밍 비디오 서비스를 운용하는데 적합하다고 할 수 있다^[1-6]. 그러나 압축 동영상 시퀀스는 무선 및 이동망이 갖는 오류 환경에 매우 취약하다는 단점을 지니고 있다. 따라서, 모바일 와이맥스망에서도 안정적인 스트리밍 비디오 전송을 위한 노력이 필요하다^[3-4, 7-8, 10-11, 15].

이를 위한 기존의 일부 연구에서는 물리층 채널의 링크 상태와 전송 데이터의 중요도를 조합하여 unequal error protection (UEP) 기반의 부채널 분할 기능을 제공하고 있다^[7-8, 10-11]. 즉, 다중 부채널 환경에서 스트리밍 비디오 서버는 우선 순위가 높은 데이터를 전송하기 위하여 강한 무선 신호를 갖는 부반송파에 데이터를 할당하거나, MAC 재전송과 같이 강한 전송 보호 기능을 부여한 특정 부반송파를 통해서 전송한다. 이를 위해서는 응용 계층의 데이터 상태 정보를 물리계층이나 MAC계층 전송 효율성 향상에 적용하는 교차 계층 설계를 기반으로 하게 된다. 본 논문에서는 위와같이 응용 계층의 상태정보를 1, 2계층에 적용하는 제어를 하향 교차 계층 제어 기술이라 명명하겠다. 이러한 하향 교차 계층 제어 기술은 모바일 와이맥스 기지국의 기존 스케줄링 방법이나 스트리밍 비디오 데이터의 패킷화 방법들의 수정 및 지속적인 제어를 통해서만 이루어질 수 있다.

또 다른 연구로서는 카메라가 달린 원격 무선 제어 로봇에서 무선 채널에 따라 인트라 코딩된 I 화면의 주기를 제어하는 화면군 (group of picture, GOP) 크기 조절 방법이 있다^[9]. 이때 무선 스트리밍 서버의 서비스 품질 향상 기능은 스트리밍 클라이언트로부터 전송되어 오는 패킷 손실율에 따라 제어된다. 따라서 중단 대 중단간의 전송 지연 시간만큼의 지연시간을 감수해야하는 문제점을 갖게 된다.

본 논문에서는 모바일 와이맥스에서 기지국의 스케줄러나 패킷 재조립, 부반송파 할당 전략 등의 기존 제어기법을 수정하거나 지속적인 제어를 필요하지 않는 그리고 중단 대 중단간의 지연시간에 종속되지 않는 비디오 서비스 품질 향상 기법을 제안한다. 즉, 물리 계층이나 MAC 계층의 상태에 따라 응용 계층의 코딩 특성을 제어할 수 있는 상향 교차 계층 설계 기반의 비디오 서비스 품질 향상 기술을 보인다.

본 논문의 II장에서는 스트리밍 비디오 서비스 품질 제어를 위한 모바일 와이맥스 채널 할당 특성과 비디오 코딩의 오류 강인성 (error resilience) 기능을 설명하고, III장에서는 제안하는 OFDMA 부반송파에 적응적인 스트리밍 비디오 서비스 제어 기술을 보인다. IV장과 V장에서는 제안하는 비디오 제어 기술의 비디오 시퀀스 품질 개선 실험 결과와 결론을 각각 맺는다.

II. 모바일 와이맥스 스트리밍 비디오 서비스

1. 기존 모바일 와이맥스의 OFDMA 부채널 할당

모바일 와이맥스의 OFDMA 장점중의 하나는 광대역 사용자의 데이터를 다수의 부반송파를 통해 인터리빙하여 무선 채널에 분산하여 전송한다는 것이다. 따라서, 어떤 부반송파는 페이딩에 빠져있지만 다른 부반송파는 매우 좋은 채널 상태를 가질 수 있고 이 특성을 이용하여 데이터 무선 채널 주파수 다이버시티 효과를 얻을 수 있다. 이러한 OFDMA 부반송파의 묶음인 부채널 활용 방법에 따라 다음의 두가지 방법으로 구분할 수 있다.

• 분산 부채널화 (distributed subchannelization)

이 부채널 운영방식에는 full usage of subchannel (FUSC)와 partial usage of subchannel (PUSC)가 있으며, 전체 부반송파중 전체 또는 일부를 사용자에게 띄엄띄엄 떨어져서 할당함으로써 주파수 다이버시티 효과를 누릴 수 있다.

• 인접 부채널화 (adjacent subchannelization)

서로 인접한 부반송파들끼리 묶어서 사용자에게 할당하는 방식이다. 모바일 와이맥스 시스템에서는 이러한 부반송파 운영방식으로 adaptive modulation and coding (AMC) 부채널화가 있다. 이는 기지국에서 각 사용자에게 적합한 신호 크기를 갖는 임의의 부반송파들을 할당함으로써, 전송 효율성을 크게할 수 있는 방법이다. AMC 부채널화를 활용하기 위해서는 기지국이 무선 채널 특성을 매우 정확히 알고 있어야 하며, 그 채널 특성이 시간에 따라 변하지 않아야 한다. 만약 기지국이 알고 있던 채널이 실제 전송시에는 다르게 바뀌게 되면, 사용자에게 송수신되는 데이터가 모두 페이딩을 경험하게되는 결과를 낳을 수 있다.

이러한 OFDMA 분산 및 인접 부채널화 기술은 이동

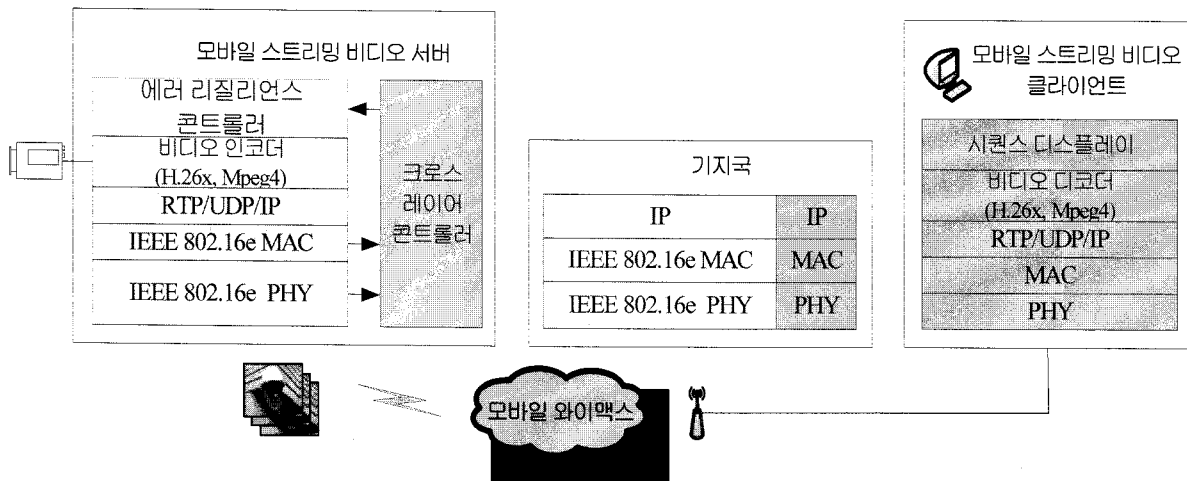


그림 1. 모바일 와이맥스망에서 제안하는 OFDMA 부반송파에 적응적인 이동 오류 강인성을 갖춘 스트리밍 서버의 시스템 블록

Fig. 1. System blocks of the proposed OFDMA subcarrier-adaptive mobile error resilient streaming server over mobile WiMAX.

단말이 위치하는 장소의 채널 상태와 서비스 종류에 따라 달라질 수 있으며, 부채널내의 부반송파 할당을 위한 스케줄러의 성능에 따라 전송 효율성이 결정된다.

I 장에서 언급하였던 기존 [7], [8], [10], 그리고 [12]의 연구에서는 부반송파의 신호세기에 따라 스케줄러가 비디오 스트림 데이터를 매번 달리 할당하는 UEP 전송기술을 이용한다. 따라서 각 부반송파별 데이터 전송후 패킷 재조립과정이 매번 달라지며, 응용 계층의 데이터 우선 순위에 적합한 부반송파 할당 전략이 필요하다. 또한 부채널화 방법에 상관없이 할당된 부반송파의 링크 상태가 모두 열악할 경우 UEP 기능이 제대로 수행될 수 없는 단점까지 갖고 있다. 본 논문에서는 이러한 기존의 부채널화 기법과 스케줄링 방법을 수정하지 않는 모바일 스트리밍 서비스 제어 기술을 소개하고자 한다.

2. 스트리밍 비디오 서비스의 품질 제어 기술

스트리밍 비디오 서비스에서는 열악한 채널 환경에서 압축 영상 시퀀스를 원격지의 클라이언트에게 효율적으로 전송하기 위해서 품질 제어 기술들을 고려하고 있다. 가장 대표적인 오류 제어 기법으로는 오류 은닉(error concealment)와 오류 강인성이 있다. 오류 은닉이란 채널에서 발생된 데이터 손실에 의해 손상된 영상 시퀀스의 매크로블록 또는 전체 화면을 클라이언트에서 추정하여 복원하는 기술로서 temporal replacement (TR), 블록 정합 방법 (block matching algorithm, BMA), bidirectional motion vector tracking (BMVT)

등이 있다^[13]. 가장 간단한 방법으로는 TR로서 가장 최근에 정상적으로 수신한 이전 영상 화면에서 같은 위치의 매크로블록 또는 화면을 복사하여 사용한다. 오류 강인성 기술로는 resynchronization mark, 역방향 가변 길이 코딩 (reversible variable length coding, RVLC), multiple description coding (MDC), 인트라 매크로블록 갱신, 인트라 I 화면 갱신, 참조 화면 선택 (reference picture selection, RPS) 등이 있으며, 인트라 매크로블록 갱신, 인트라 I 화면 갱신이 구현상의 편의로 많이 이용되고 있다^[14, 16]. 본 논문에서 제안하는 부반송파 적응성을 갖춘 스트리밍 품질 제어를 위해서 매크로블록/슬라이스 단위의 인트라 코딩 제어인 매크로블록 갱신을 활용한다.

III. 모바일 와이맥스 기반의 모바일 스트리밍 서버

1. 모바일 스트리밍 비디오 서버를 위한 교차 계층 설계

그림 1은 본 논문에서 제안하는 모바일 와이맥스 채널 적응특성을 갖춘 모바일 스트리밍 비디오 서버의 시스템 블록을 보이고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 모바일 스트리밍 비디오 서버는 크게 비디오 인코더, 오류 강인성 제어기, 모바일 와이맥스 물리 및 MAC 계층, 교차 계층 컨트롤러로 구성된다. 물리계층에서는 각 부반송파별 링크 신호 크기와 데이터 손실율을 측정하

표 1. 제안하는 OFDMA 부반송파 적응적인 모바일 스트리밍 서버의 동작 과정

Table 1. Operation process of the proposed OFDMA subcarrier-adaptive mobile streaming video server.

<p>1. 물리 채널에서 CINR, RSSI, 손실율과 같은 부채널 상태정보를 측정한다.</p> <p>2. 교차 계층 제어에 OFDMA 부채널 상태를 보고한다.</p> <p>3. 비디오 인코딩과정에서 오류 강인성 사용을 결정한다.</p> <p><i>if</i> (측정한 CINR 신호세기 < 양호신호 CINR 기준치)</p> <p>신호세기가 약한 부채널에 할당된 매크로블록/슬라이스를 검색하고, 해당 매크로블록을 높은 비율의 인트라코딩으로 갱신한다.</p> <p><i>else</i></p> <p>매크로블록 갱신이 원상태로 되돌려 비디오 인코딩한다.</p> <p><i>end</i></p>
--

고 이를 교차 계층 제어 (cross-layer controller)에 보고한다. 이때의 부반송파별 링크 신호 세기는 CINR이나 received signal strength indication (RSSI)를 이용하여 측정할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 모바일 스트리밍 서비스 제어 기술은 물리층에서 보고된 부반송파와 신호 링크의 세기에 따라 응용 계층의 비디오 시퀀스 오류 강인성 특성을 제어하는 상향 교차 계층 설계를 기반으로 한다.

이러한 모바일 스트리밍 서버의 교차 계층 설계는 종단대 종단간의 통신경로에서 전송품질에 가장 취약한 구간이 될 수 있는 무선구간의 물리층 상태정보를 기반으로 서버의 응용계층에서 서비스 품질 제어를 바로 반영하기 때문에 빠른 응답특성의 장점을 갖는다.

2. 모바일 스트리밍 비디오 서버의 동작과정

표 1은 교차 계층 컨트롤러에 의해 제어되는 오류 강인성의 동작과정을 설명하고 있다. 이때 교차 계층 제어는 전송한 영상 슬라이스/매크로블록이 할당된 부반송파를 정확히 알고 있어야한다. 이는 데이터 손실이 예상되는 신호세기가 약한 부반송파에 할당되었던 슬라이스/매크로블록을 인트라 코딩으로 갱신하기 위해서 이다.

인트라 코딩으로 인한 매크로블록의 오류 강인성은 부반송파들의 신호 약화로 인해 매크로블록들이 손실될 때 효과적으로 작용할 수 있으나, 데이터 손실이 없는 경우에서의 높은 인트라 매크로블록 갱신 비율은 인트라 코딩된 매크로블록보다 영상 품질이 다소 떨어지게 된다. 따라서 부반송파에서 매크로블록 손실을 예측할 수 있는 적절한 부반송파 링크 신호 세기 기준치 설정이 중요하다. 본 논문에서는 물리층에서 보고된 가장 최근

의 데이터 손실때의 CINR을 오류 강인성을 시작하기 위한 비교 CINR 기준으로 사용한다.

IV. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 제안하는 모바일 와이맥스의 OFDMA 부반송파 적응적인 모바일 스트리밍 서버의 서비스 품질 제어 성능을 측정하기 위해서 “Foreman”, “Tabletennis”, “Container”와 같은 여러개의 비디오 시퀀스를 모바일 와이맥스 부반송파를 모델링한 컴퓨터 시뮬레이션 환경에서 테스트하였다. 즉, 신호세기가 약한 OFDMA 부반송파 환경에서의 비디오 시퀀스 영향을 테스트하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션에서는 모든 테스트 시퀀스의 51번째부터 70번째 화면까지 모두 20개의 화면에서 60개의 매크로블록 (6개 슬라이스)가 연속적으로 손실되도록 하였다. 또한 교차 계층 제어에 의한 오류 강인성 기능 부여는 1번째 화면부터 적용함으로써 낮은 신호 세기임에도 매크로블록 손실이 없는 무선 링크상태에서의 매크로블록 갱신에 의한 비디오 품질 차이를 관찰할 수 있도록 하였다.

이때 각각의 테스트 시퀀스는 H.263+ (TMN8) 비디오 코덱을 이용하여 300Kbps로 constant bit rate (CBR) 인코딩되었으며, 모바일 단말의 특성을 고려하여 2 화면마다 1 화면씩 제거하고 QCIF로 제작되었다^[12]. 또한 해당 부채널의 CINR 신호세기의 약화이후 신호세기 원상태 복귀로 더 이상 데이터 손실을 야기하지 않을 때, 대략 1초 (30화면)이내의 오류 복원과 최적의 인코딩 효율성을 목표로 인트라 매크로블록 갱신 비율을 0%, 10%, 25%를 각각 사용하였다. 이러한 3개의 매크로블록 갱신 비율은 본 시스템에 적합한 매크로블록 갱신 비율을 추정해보고자 임의로 선정하였다.

위와 같은 실험 환경을 기반으로 하여 제안하는 스트리밍 서버 시스템은 상향 교차 계층 설계 기반의 제어 기능을 제공한다. 그림 2(a), 그림 2(b), 그림 2(c)는 각각의 테스트 시퀀스가 시뮬레이션 환경에서 격계된 비디오 품질 열화 현상과 부반송파 적응적인 인트라 매크로블록 갱신에 의한 품질 개선 현상을 보이고 있다. 먼저, 그림 2에서는 부반송파에 발생한 낮은 CINR 신호세기로 인한 테스트 비디오 시퀀스의 품질 악화를 확인할 수 있다. 반면에, 스트리밍 서버에서 10%와 25%의 매크로블록 갱신의 오류 강인성 제어를 제공할 경우, 품질 악화 현상을 개선할 수 있음을 알 수 있다. 특히, 그림 2(a)와 그림 2(b)의 “Foreman”과 “Tabletennis”

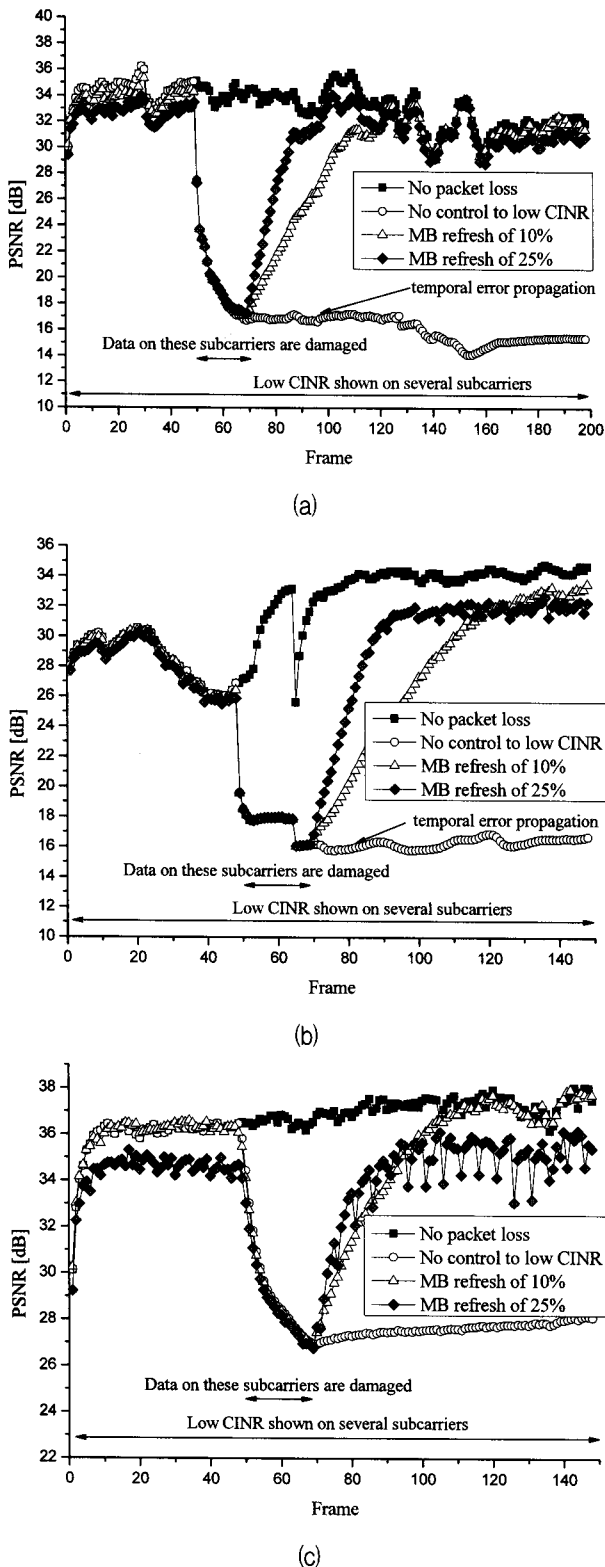


그림 2. 낮은 신호세기를 갖는 부반송파를 갖는 모바일 와이맥스상에서의 테스트 시퀀스들의 PSNR 결과
 Fig. 2. PSNR result of the test sequences over mobile WiMAX environment with low signal strength on subcarriers.
 (a) "Foreman" sequence, (b) "Tabletennis" sequence, (c) "Container" sequence

경우 낮은 신호 세기의 CINR로 인해 교차 계층 제어에서 25% 정도의 인트라 매크로블록 갱신을 할당한 경우가 가장 나은 품질 개선을 보이고 있다. 그러나 그림 2 (c)의 "Container" 경우 부반송파의 낮은 신호세기로 인한 매크로블록 손실이 발생하기 전과 후에 25%와 10% 매크로블록 갱신을 각각 비교해보면 10% 매크로블록 갱신이 더 적절함을 알 수 있다. 이는 그림 2 (c)의 "Container" 시퀀스가 그림 2 (a)와 그림 2 (b)의 시퀀스에 비해 시퀀스내의 움직임 객체 이동성이 매우 작고 비디오 클라이언트의 TR에 의한 오류 은닉기능 수행으로 인해 CBR 인코딩하에서 인터 코딩에 의한 비디오 품질보장이 우수하기 때문이다. 결과적으로, 인트라 매크로블록 갱신 비율을 미리 고정하여 사용하기 보다는 시퀀스의 움직임 객체 활성화도에 따라서 달라져야함을 알 수 있다.

표 2는 3개의 테스트 시퀀스가 갖는 인코딩 비트율과 PSNR 결과를 보이고 있다. 앞서 논의한 바와 같이 상향 교차 계층 설계 기반의 매크로블록 갱신 제어를 제공할 경우, 3개의 테스트 시퀀스에서 평균 7 [dB] 정도의 품질 향상이 발생함을 알 수 있다. 단, 이때의 3개 테스트 시퀀스 모두 300Kbps의 CBR 인코딩으로 인해 비트 발생율은 모두 일정하며, 오류 강인성 제어 유무에는 관계없다.

그림 3은 그림 2 (a)의 시퀀스가 낮은 CINR 상태에서 갖는 품질 열화 현상을 직접 보이고 있다. 그림 3 (b), 그림 3 (c), 그림 3 (d)의 마지막 5번째 영상화면에서 보는 바와 같이 낮은 신호세기를 갖는 부반송파에 대해 25%정도의 높은 인트라 매크로블록 갱신 제어를 한 경우 가장 나은 영상 품질을 보이고 있음을 알 수 있다.

본 실험을 통해 모바일 와이맥스의 OFDMA 부채널에 따른 비디오 시퀀스의 매크로블록 갱신 제어는 부채널의 신호세기가 약할 경우 매우 효과적으로 빠른 대처를 할 수 있음을 알 수 있다. 이러한 상향 교차 계층 설계 기반의 모바일 스트리밍 서비스의 품질제어에서는 적절한 오류 강인성 기법 선택과 매크로블록 갱신 비율과 같은 파라미터 설정이 중요하다. 특히, 인트라 매크로블록 갱신 비율은 클라이언트의 오류 은닉기능과 전송되는 비디오 시퀀스의 객체 움직임 특성에 의해 결정되어야 한다. 즉, 영상내에 객체 움직임이 큰 경우의 인트라 매크로블록 갱신 비율은 객체 움직임이 작은 경우의 인트라 매크로블록 갱신 비율보다 다소 높게 설정하는 것이 제안하는 모바일 와이맥스 부반송파 적응적인

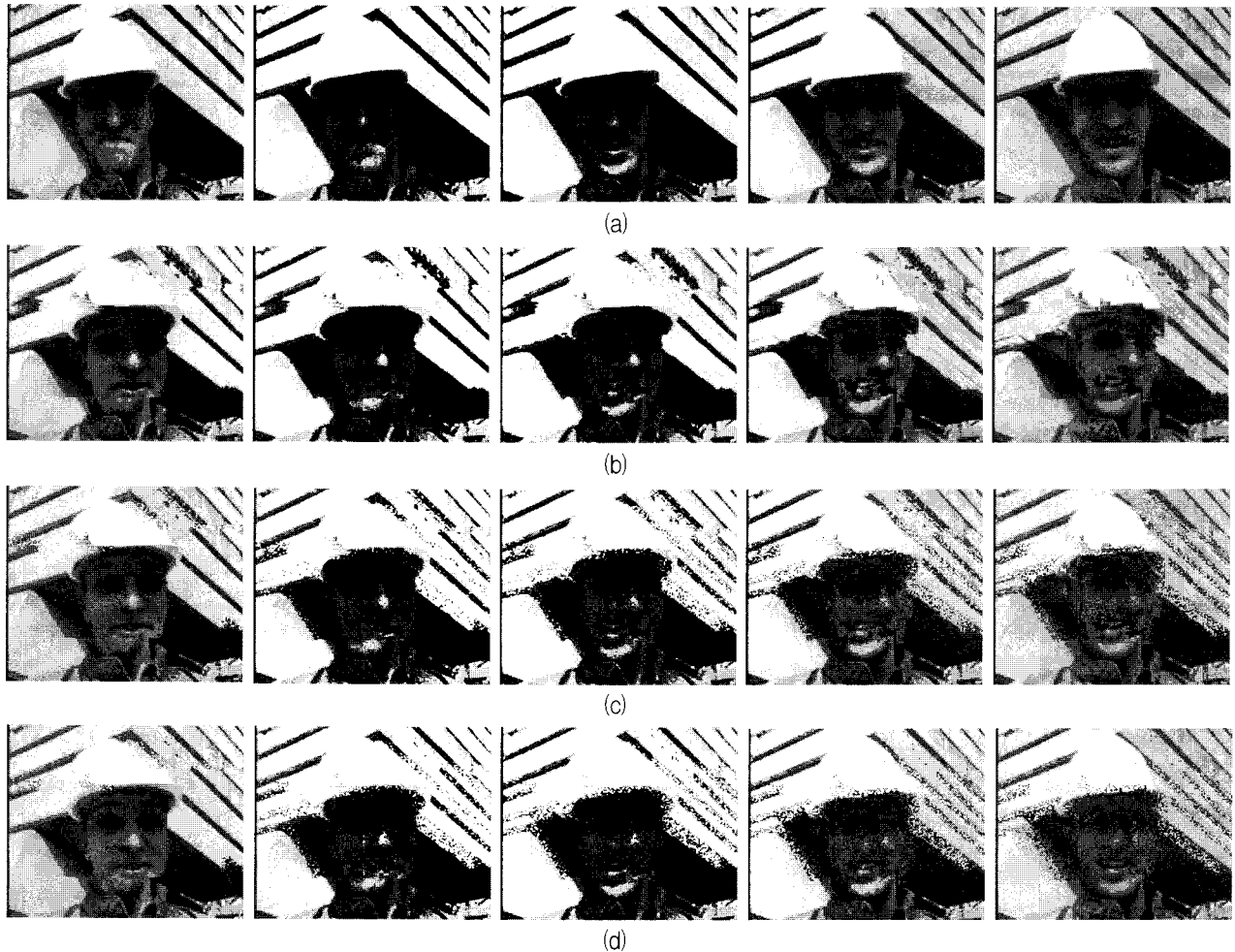


그림 3. 20개의 화면에서 60개의 매크로블록 (6개의 슬라이스)가 연속적으로 손실될 때, 복원된 QCIF “Foreman” 화면 영상 (70번째부터 74번째 화면), (a) 오류가 없는 경우, (b) 작은 CINR을 갖는 부반송파에 대하여 서비스 품질 제어가 없는 경우, (c) 낮은 CINR을 갖는 부반송파에 대하여 10%의 인트라 매크로블록 코딩을 한 경우, (d) 낮은 CINR을 갖는 부반송파에 대하여 25%의 인트라 매크로블록 코딩을 한 경우.

Fig. 3. Recovered “Foreman” QCIF frames (from 70 to 74), when 60 MBs (6 slices) in 20 frames consecutively damaged (a) case of no error, (b) Case of no QoS control to subcarriers with low CINR, (c) case of 10% intra MB refresh to subcarriers with low CINR, (d) case of 25% intra MB refresh to subcarriers with low CINR.

표 2. 제안하는 OFDMA 부반송파 적응적인 오류 강인성있는 스트리밍 비디오 서비스의 성능 평가 및 비교

Table 2. Performance evaluation and comparison of the proposed OFDMA subcarrier-adaptive error resilient streaming video service.

테스트 시퀀스	Foreman			Tabletennis			Container		
	no control	10%	25%	no control	10%	25%	no control	10%	25%
인트라 MB 리프레쉬 [%]									
평균 PSNR [dB]	20.9	29.5	30.0	20.4	26.6	27.6	30.6	34.7	33.6
비트 발생률 [Kbps]	300.1	300.1	300.1	300.0	299.9	299.9	309.6	309.6	309.6

모바일 스트리밍 서버의 성능 향상에 도움이 됨을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 모바일 와이맥스망에서 부반송파 적응적인 모바일 스트리밍 서버의 교차 계층 구성과 특성

에 대해 소개하였다. 기존에 소개되었던 모바일 와이맥스 스트리밍 서비스 품질 보장기술과는 달리 기지국에서의 패킷 재조립이나 부반송파의 동적 할당 등의 추가적인 제어가 필요없도록 채널 정보를 응용 계층에 적용한 상위 교차 계층 설계 기반의 제어 방식 사례를 보였다. 실험 결과, 본 논문에서 사용한 3개의 테스트 비디오 시퀀스에서 매크로블록 갱신 제어를 하지 않는 경우

와 비교하여 평균 7 [dB] 이상의 품질 향상을 얻을 수 있었다. 향후에는 인프라 메크로블록 갱신 비율과 CINR 비교 기준치와 같은 세부 파라미터 설정에 대한 연구가 지속되어질 필요가 있다. 또한 제안하는 OFDMA 환경에서의 오류 강인성을 갖는 스트리밍 서비스 제어가 기지국의 스케줄러의 부반송파 할당 기법에 따라 영향을 받으므로, 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] S.-Q. Lee, N. Park, C. Cho, H. Lee, and S. Ryu, "The Wireless Broadband (WiBro) System for Broadband Wireless Internet Services," IEEE Comm. Magazine, Vol. 44, no. 7, pp. 106-112, Jul. 2006.
- [2] 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. 43, no. 1, Feb. 2008.
- [3] D.-K. Triantafy Ilopoulou, N. Passas, and A. Kalokylos, "A Cross-Layer Optimization Mechanism for Multimedia Traffic over IEEE 802.16 Networks," in Proc. of European Wireless, Apr. 2007.
- [4] D.-K. Triantafy Ilopoulou, N. Passas, and A. Kalokylos, "A heuristic cross-layer mechanism for real-time traffic over IEEE 802.16 networks," International Journal of Network Management, Vol. 17, no. 5, pp. 347-361, Sep. 2007.
- [5] J. Wang, M. Ventkatachalam, and Y. Fang, "System Architecture and Cross-Layer Optimization of Video Broadcast over WiMAX," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 25, no. 4, pp. 712-721, May 2007.
- [6] T. Kwon et al., "Design and Implementation of a Simulator Based on a Cross-Layer Protocol between MAC and PHY Layers in a WiBro Compatible IEEE 802.16e OFDMA System," IEEE Communications Magazine, Vol. 43, no. 12, pp. 136-146, Dec. 2005.
- [7] H.-H. Juan, H.-C. Huang, C. Y. Huang, and T. Chiang, "Cross-layer System Designs for Scalable Video Streaming over Mobile WiMAX," in Proc. of IEEE WCNC, pp. 1860-1864, Mar. 2007.
- [8] H.-H. Juan, H.-C. Huang, C. Y. Huang, and T. Chiang, "Scalable Video Streaming over Mobile WiMAX," in Proc. of IEEE ISCAS, pp. 3463-3466, May 2007.
- [9] C. Jang, J. Kim, W. Choil, and C. Lee, "A Development of H.264 Encoder Adapted to the WiBro Communication Environment for the Real-Time Tele-operation of Robots," in Proc. of Convergence Information Technology, pp. 125-128, Nov. 2007.
- [10] G.-H. Yang, D. Shen, and V. O.K. Li, "UEP for Video Transmission in Space-Time Coded OFDM Systems," in Proc. of INFOCOM, vol. 2, pp. 1200-1210, Mar. 2004.
- [11] G.-H. Yang, D. Shen, and V. O.K. Li, "Adaptive Sub-Channel Allocation Based UEP for Video Transmission in Space-Time coded OFDM Systems," in Proc. of IEEE personal, indoor and mobile radio communications, Vol. 4, pp. 3054-3058, Sep. 2004.
- [12] ITU-T/SG-15 Video Coding Experts Group, Video codec test model, TMN8, 1997.
- [13] J. -Y. Pyun, J. -S. Lee, J. -W. Jeong, J. -H. Jeong, and S. -J. Ko, "Robust Error Concealment for Visual Communications in Burst-Packet-Loss Networks," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 49, no. 4, pp. 1013-1019, 2003.
- [14] Y. Wang and Q. F. Zhu, "Error control and concealment for video communication: a review," in Proc. IEEE, Vol. 86, pp. 974-997, May 1998.
- [15] 김형석, "IEEE 802.16 표준화 및 기술 동향," 전자공학회지, 제34권, 제3호, 54-62쪽, 2007년
- [16] 변재영 "무선 패킷 네트워크에서의 채널 적응형 양방향 움직임 벡터 추적 기술," 전자공학회 논문지, 제44권, 제1호, 94-101쪽, 2007년 1월

저자 소개



변재영(평생회원)

1997년 조선대학교 전자공학과
학사 졸업

1999년 전남대학교 전자공학과
석사 졸업

2003년 고려대학교 전자공학과
박사 졸업

2003년~2004년 (주) 삼성전자 무선사업부
선임연구원

2004년~현재 조선대학교 정보통신공학부 조교수
<주관심분야 : Mobile QoS, IP QoS, Video communication, Video compression, Wireless communication, Sensor network>