

모바일 와이맥스에서 채널 적응적인 미디어 품질 보장 기법

(Channel-Adaptive Streaming Scheme to Guarantee Media Quality in Mobile WiMAX)

김 동 칠 * 정 광 수 **
(Dongchil Kim) (Kwangsue Chung)

요약 모바일 와이맥스(Mobile WiMAX)는 계층적인 인코딩 기법을 사용하는 비디오 부호화 기술의 본질적인 특성을 고려하지 못하여 미디어의 품질을 보장하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 미디어 우선순위 기반의 채널 적응적인 스트리밍 기법인 PC-MCA(Priority-based Combining adaptive Modulation and Coding with ARQ)를 제안하였다. PC-MCA는 미디어 프레임의 우선순위에 따라 스케줄링을 하며, 무선 채널 상태와 미디어 프레임의 우선순위를 고려하여 변조 방식 및 부호화를, 그리고 ARQ 재전송 시간을 차등적으로 조절한다. 이를 통해 안정된 프레임 복호화를 제공함으로써, 멀티미디어 서비스 품질을 보장하였다.

키워드 : 모바일 와이맥스, 서비스 품질, 스트리밍 서비스, ARQ, AMC

Abstract Mobile WiMAX does not guarantee the media qualities because it does not consider the characteristics of video coding techniques. In this paper, PC-MCA(Priority-based Combining adaptive Modulation and Coding with ARQ), a priority based channel-adaptive

· 본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업으로 수행된 결과임

· 이 논문은 2010 한국컴퓨터종합학술대회에서 '모바일 와이맥스에서 채널 적응적인 미디어 품질 보장 기법'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

* 학생회원 : 광운대학교 전자통신공학과
dckim@cclab.kw.ac.kr

** 종신회원 : 광운대학교 전자통신공학과 교수
kchung@kw.ac.kr

논문접수 : 2010년 7월 30일

실사완료 : 2010년 9월 4일

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 컴퓨팅의 실제 및 레터 제16권 제10호(2010.10)

streaming scheme, is proposed to guarantee media qualities. PC-MCA uses QoS scheduler by scheduling priority of the media and differentially controls modulation and coding schemes according to wireless channel condition and frame priorities. It also guarantees multi-media service quality through video decoding reliability.

Key words : Mobile WiMAX, Quality of Service, Streaming Service, ARQ, AMC

1. 서론

최근 광대역 무선네트워크의 기술 발달로 인해 모바일 환경에서 시간과 장소에 관계없이 끊김 없는 고속의 무선 통신 서비스들이 가능하다. 특히, IPTV 서비스와 같은 멀티미디어 스트리밍 서비스에 대한 관심과 수요가 증가하고 있다. 모바일 와이맥스는 높은 데이터 전송률과 QoS 스케줄러를 통해 서비스 별 차등화된 서비스 품질을 제공하여 스트리밍 서비스에 효율적이다[1,2]. 또한, 신뢰적인 데이터 전송을 하기 위한 기술로 물리계층에서 단말 위치 및 무선 채널 상태에 따라 차등적인 MCS(Modulation and Coding Scheme) 등급을 부여하는 AMC(Adaptive Modulation and Coding Scheme) 기법[3]과 MAC(Media Access Control)계층에서 불안정한 무선 채널 특성으로 인해 손실되는 프레임의 재전송을 통해 복구하여 신뢰성 있는 데이터 전송을 제공하는 자동 재전송 기법인 ARQ(Automatic Repeat reQuest)가 있다[4]. 그러나, 모바일 와이맥스는 계층적인 인코딩 기법을 사용하는 비디오 부호화 기술에서 미디어 프레임간 우선순위를 가지는 프레임에 대하여 차등적으로 관리 및 서비스를 하지 못하여 미디어의 품질을 보장하지 못하는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 모바일 와이맥스에서 사용자의 서비스 품질을 보장하기 위한 미디어 우선순위 기반의 채널 적응적인 스트리밍 기법인 PC-MCA(Priority-based Combining adaptive Modulation and Coding with ARQ)를 제안하였다. PC-MCA는 QoS 스케줄러를 통해 미디어 프레임의 우선 순위에 따라 스케줄링 한다. 또한, 무선 채널 상태와 미디어 프레임간 우선순위를 고려하여 각 프레임마다 서로 다른 변조 방식 및 부호화를 적용하고, ARQ 재전송 시간을 차등적으로 재설정 한다. 이를 통해 계층적인 인코딩 기법을 이용하는 스트리밍 서비스에 대하여 안정적인 프레임 복호화를 제공함으로써, 멀티미디어 서비스 품질을 보장하였다.

본 논문의 2장에서는 관련 연구로 모바일 와이맥스의 주요 품질 보장기술에 대해 기술하고, 3장에서는 제안한 PC-MCA 알고리즘을 상세히 기술하였다. 4장에서는 시험을 통해 제안한 알고리즘의 성능을 검증하였다. 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 QoS 스케줄링

서비스 종류에 따라 차등적으로 서비스 품질을 제공하기 위해 모바일 와이맥스는 다른 서비스 품질을 지원하는 5가지의 서비스 플로우 타입을 정의한다[2].

- UGS(Unsolicited Grant Service): VoIP 및 T1/E1처럼 주기적으로 일정 크기의 데이터 패킷을 발생시키는 서비스 플로우를 지원하도록 설계된다.
- rtPS(Real Time Polling Service): MPEG 비디오처럼 가변크기의 데이터 패킷들을 주기적으로 발생시키는 실시간 서비스 플로우 기능을 지원하도록 설계된다.
- ertPS(Extended Real Time Polling Service): UGS 클래스와 동일하게 일정 주기로 동일한 양의 패킷이 생성 되지만, 침묵 주기에 할당 되는 대역폭 양의 조절을 기지국에게 요청함으로써 대역폭의 낭비를 줄일 수 있다.
- nrtPS(Non-Real Time Polling Service): 단방향 Poll 기능을 주기적으로 제공하며 통신망 폭주상태에서도 상향링크 서비스 플로우가 요청 기회를 수신할 수 있도록 보장한다.
- BE(Best-Effort Service): HTTP와 같은 Best Effort 트래픽을 위한 효율적인 서비스를 제공한다.

2.2 적응적 변조 방식 및 부호화 기법(Adaptive Modulation and Coding Scheme)

효율적인 무선 자원 활용을 위해 단말기의 CQI(Channel Quality Indicator)정보 등을 통해 얻은 채널

품질에 따라 기지국에서 MCS(Modulation and Coding Scheme) 등급을 선택적으로 조절하는 AMC 기법이 사용되고 있다. AMC 기법은 무선네트워크의 채널 환경에 따라 미리 정의된 MCS 등급 중 가장 적합한 전송 방식을 결정하는 링크 적응 기법이다. AMC 기법을 통해 무선 채널 상태가 변화하는 경우 적응적으로 변조 방식 및 부호화율을 조절함으로써, 무선 채널환경에서 동일한 패킷 에러율을 만족시키면서 데이터율을 극대화할 수 있다[2,3]. 하지만, 이러한 적응적 변조 방식 및 부호화율 기법은 데이터의 우선순위를 고려하지 않는다. 이는 높은 우선순위를 가지는 데이터의 수신을 보장하지 못하여 시스템 효율이 낮아진다. 따라서, 데이터의 우선순위에 따라 차등적으로 변조 방식 및 부호화율을 적용하여 전체적인 시스템의 효율을 증대시켜야 한다.

2.3 자동 재전송 기법(Automatic Repeat reQuest)

신뢰적인 데이터 전송을 하기 위해 MAC(Media Access Control)계층에서 불안정한 무선 채널 특성으로 인해 손실되는 프레임을 복구하여 오류없이 데이터 전송을 제공하는 자동 재전송 기법인 ARQ를 사용한다[2,4]. ARQ가 동작하도록 설정된 경우, 그림 1와 같이 MAC 계층에서는 MAC SDU(Service Data Unit)를 ABS(ARQ_BLOCK_SIZE)에 따라 ARQ 블록으로 나눈다. 하나 이상의 ARQ 블록들은 MAC 스케줄링에 의해 모아지고, MAC 헤더를 붙여 하나의 MAC PDU(Protocol Data Unit)를 구성하여 전송한다. 하지만, 무선 채널 에러로 인해 전송에 실패했을 경우는 그림 1과 같이 재전송을 하게 된다. PDU #2가 전송에 실패하여

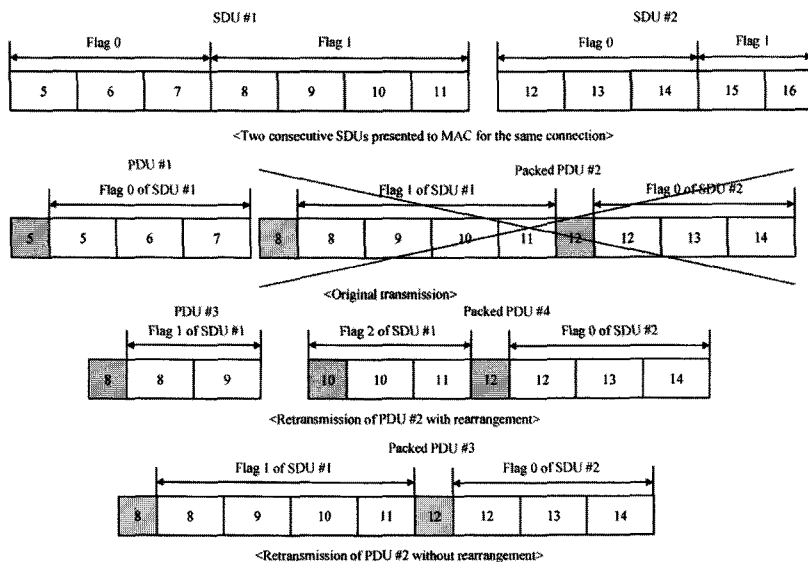


그림 1 ARQ 블록 전송 및 재전송

재전송할 경우, ARQ 블록들을 재배치해서 PDU #3나 Packed PDU #4로 전송하거나 재배치 없이 Packed PDU #3으로 재전송한다. ARQ 블록을 재전송 시 ABL (ARQ_BLOCK_LIFETIME)인 재전송 시간 파라미터가 종료되면, ARQ 재전송 유무나 횟수에 관계없이 재전송을 포기한다. ABL은 데이터 전송의 신뢰성, 지연, 그리고 전송률과도 밀접한 관련이 있다. 이러한 특성을 이용하여 ABL을 데이터의 우선순위에 따라 차등적으로 재계산하여 적용함으로써, 데이터 전송의 효율성을 증대시킬 수 있다.

3. PC-MCA 기법

3.1 PC-MCA의 시스템 구조

모바일 와이맥스에서 멀티미디어 스트리밍 서비스의 품질을 보장하기 위해 본 논문에서 제안한 PA-MCA (Priority-based Combining adaptive Modulation and Coding with ARQ)기법을 서비스하기 위한 시스템 처리 구조는 그림 2와 같다. PC-MCA는 미디어 프레임의 우선순위 기반으로 분류하여 스케줄링 하는 QoS 스케줄러, 무선 채널 상태에 따라 MCS 등급을 조절하는 P-AMC(Priority-based Adaptive Modulation and Coding), 그리고 미디어의 프레임간 우선순위에 따라 차등적으로 ABL값을 조절하는 PA-ARQ(Priority-based Adaptive Automatic Repeat reQuest)으로 구성되어 있다.

PC-MCA는 상위 계층에서 전달받은 미디어 프레임의 MAC-CS(Convergence Sublayer)에서 프레임의 우선순위를 기반으로 각 스케줄링 버퍼로 분류하고, 미디어

프레임들은 QoS 스케줄러에 의해 서비스 우선순위에 따라 rtPS, nrtPS, BE 순으로 스케줄링 된다. 이때, UGS, ertPS는 연결 초기에 대역폭 할당을 하기 때문에 별도로 스케줄링을 하지 않는다. 스케줄링에 의해 미디어 프레임들은 MAC-CPS(Common Part Sublayer)의 PA-ARQ 모듈로 전달되고, 중요 프레임의 재전송 요구가 없으면 각 미디어 프레임에 기존 ARQ 기법에서 사용한 ABL을 적용하여 물리계층으로 전달한다.

물리계층에서는 CINR(Carrier to Interference and Noise Ratio)값을 전달받아 우선순위 기반의 적응적 변조 방식 및 부호화 제어 모듈인 P-AMC에서 CINR을 기반으로 미디어 프레임의 우선순위에 따라 변조 방식 및 부호화율을 조절한다. 하지만, 중요 미디어 프레임에 대한 재전송 요구가 ARQ Status 모듈에서 인지되면, ABL 재계산 모듈인 ARM(ARQ_BLOCK_LIFETIME Recalculation Module)는 채널 모니터링 모듈인 CMM(Channel Monitoring Module)에서 측정된 CINR값과 각 미디어 프레임의 우선순위에 따라 ABL을 차등적으로 재계산하여 설정한다. 재설정된 ABL은 PA-ARQ 모듈로 전달하여 각 미디어 프레임의 우선순위에 따라 차등적으로 적용한다.

3.2 우선순위 기반의 적응적 변조 방식 및 부호화 기법

AMC 기법은 무선 채널 상태에 적응적으로 변조 방식 및 부호화율을 적용하여 전송하는 기법이다. 하지만, 기존 AMC 기법은 데이터 전송 시 우선순위를 고려하지 못하여 계층적인 인코딩 기법을 이용하는 스트리밍 서비스의 품질 저하를 야기시킨다. 이를 해결하기 위해

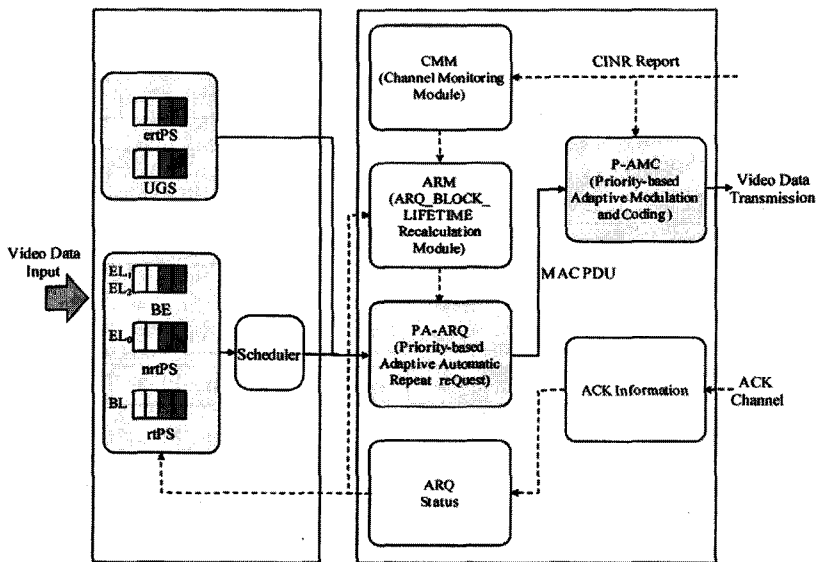


그림 2 PC-MCA 알고리즘의 처리 구조

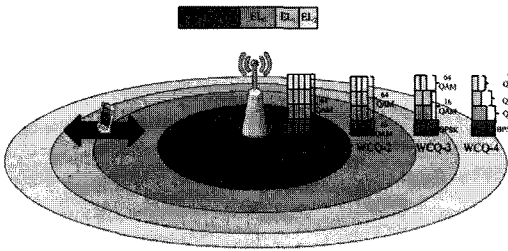


그림 3 P-AMC 기법의 동작 도시

우선 순위가 높은 프레임들 무선 채널에 강인하게 변조 방식 및 부호화 기법을 사용하여 수신 확률을 높임으로써, 전체적인 시스템의 효율을 증대시킬 필요가 있다. 그림 3은 우선 순위 기반의 적응적 변조 방식 및 부호화 기법인 P-AMC의 동작 방법을 설명한 것이다.

무선 채널 상태가 가장 좋은 채널 영역은 모든 미디어 프레임에 64QAM-2/3의 고율의 변조 방식 및 부호화를 적용한다. 반면에, 채널 상태가 좋지 못한 경우는 높은 우선순위를 가지는 미디어 프레임에 BPSK-1/2의 강인한 변조 방식 및 부호화를 적용하여 데이터 전송 효율은 낮지만, 수신 확률을 높였다. 이를 통해 미디어 프레임간 우선순위가 높은 프레임의 데이터 수신 확률을 높여 미디어 품질을 보장하였다.

3.3 우선순위 기반의 ARQ기법

우선순위 기반의 ARQ기법인 PA-ARQ는 우선순위가 높은 미디어 프레임의 손실이나 에러로 인해 재전송 요구 시 동작되고, ABL 재계산 모듈인 ARM에 의해 수행된다. ABL을 데이터의 우선순위에 따라 차등적으로 적용하기 위해서 ARM에서는 측정된 CINR을 식 (1)과 같이 현재 채널의 CINR 값인 $CINR_{cur}$ 를 채널의 최대 CINR값인 $CINR_{max}$ 로 나눈 값을 이용하여 무선 채널 상태인 WCQ(Wireless Channel Quality)를 판단한다. 그리고, 무선 채널 상태를 기반으로 그림 4와 같이 ABL을 비율적으로 재계산하여 설정한다.

$$WCQ \text{ (Wireless Channel Quality) (\%)} = \frac{CINR_{cur}}{CINR_{max}} \quad (1)$$

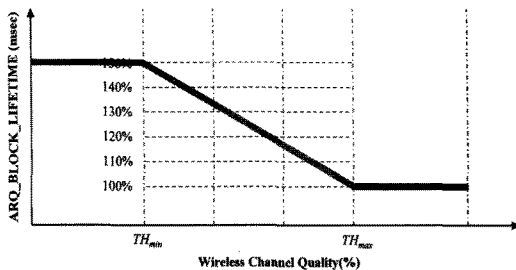


그림 4 ABL(ARQ_BLOCK_LIFETIME) 재설정

무선 채널 상태가 최대 임계값인 TH_{max} 이상일 경우에는 기존 ARQ기법에서 사용하는 파라미터인 ABL을 사용한다. 반면에, 최소 임계값인 TH_{min} 과 TH_{max} 사이에 위치하고 있을 경우는 식 (2)를 통해 PA-ARQ기법이 적용된다. 이때, ABL을 100%에서 150%까지 비율적으로 조절하고, TH_{min} 이하일 경우 150%으로 조절하여, 식 (3)을 통해 각 미디어 프레임의 우선순위에 따라 차등적으로 적용한다. 이를 통해 무선 채널 상태가 좋지 못한 경우, 우선순위가 높은 프레임의 ABL을 상대적인 우선순위가 낮은 프레임보다 증가시켜 재전송함으로써, 높은 우선순위를 가지는 미디어 프레임의 전송 확률을 높인다.

$$ARQ_{new} = ARQ_{cur} \times$$

$$\left[\left(50\% \times \frac{WCQ_{TH_{max}} - WCQ_{cur}}{WCQ_{TH_{max}} - WCQ_{TH_{min}}} \right) + 100\% \right] \quad (2)$$

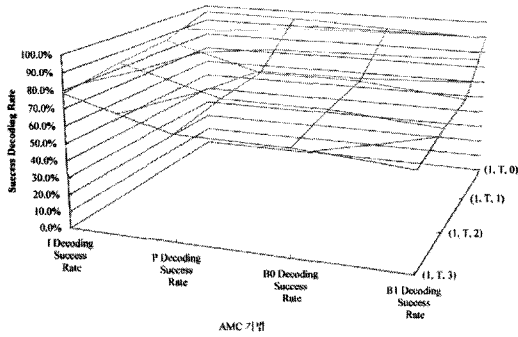
$$PA-ARQ = ARQ_{new} \times \left(\frac{Layer_{max} + 1 - Layer_{cur}}{Layer_{max} + 1} \right) \quad (3)$$

식 (2)와 (3)에서 ARQ_{cur} 는 기존 ARQ 기법에서 사용되는 ABL이며, ARQ_{new} 는 ABL을 무선 채널 상태에 따라 재설정된 값이다. 그리고 PA-ARQ는 미디어 프레임의 우선순위에 따라 ARQ_{new} 를 재설정된 값이며, $Layer_{max}$ 는 Layer의 최대 등급을 의미하고 $Layer_{cur}$ 는 현재 Layer 등급을 의미한다.

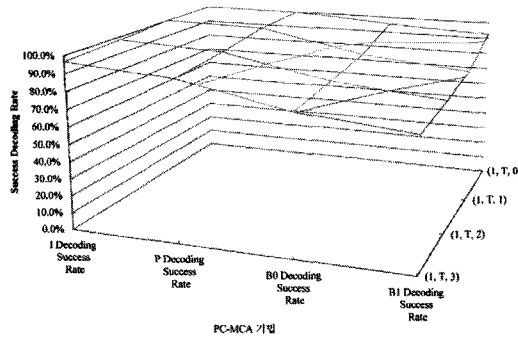
4. 시험 및 성능 평가

본 논문에서 제안한 PC-MCA 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 ns-2(Network Simulator)를 이용하여 시험을 하였다. 시험 환경은 모바일 와이맥스에서 하였으며, 대표적인 확장형 비디오 부호화 기술인 SVC(Scalable Video Coding)기법을 사용하였다[5]. 또한, CINR로 판단한 무선 채널 상태에 따라 총 4개의 채널 영역으로 구분하여, 총 200 초 동안 시험하였다.

첫 번째 시험은 4개의 다른 Quality Layer를 가지는 영상에 대해 무선네트워크의 채널 상태에 따른 복호화 성공율을 계산하였다. 영상은 "SOCCER_352x288_orig_02_yuv" 영상을 JSVM을 이용하여 Layer 20(595kbps), Layer 33(814kbps), Layer 34(956kbps), Layer 35(1084kbps)로 Quality Layer를 가지는 SVC 부호화 영상을 구성하였다[6]. 그리고 프레임 복호화 성공율에 대한 성능 평가를 하기 위해 [7]의 수식을 이용하였다. 그림 5는 AMC와 PC-MCA 기법을 사용하였을 경우 각 프레임별 복호화 성공율을 나타낸다. AMC 기법을 사용할 경우 그림 5의 (a)와 같이 무선 네트워크의 채널 상태가 좋지 못할 경우 SVC 프레임간 우선순위가 높은 I 프레임의 손실로 인하여, 전체적인 복호화 성공율이 나



(a) AMC 기법



(b) PC-MCA 기법

그림 5 Quality Layer별 각 프레임 복호화 성공율

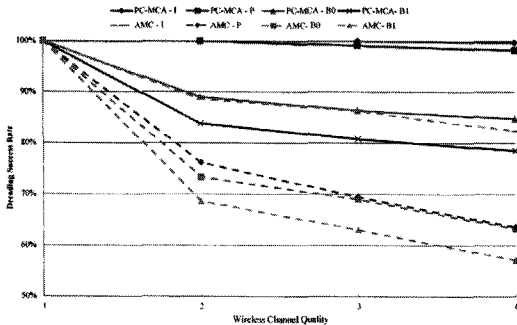


그림 6 무선 채널 품질에 따른 프레임별 복호화율

빠진다. 반면에, PC-MCA의 경우 무선네트워크의 채널 상태에 따라 변조 방식 및 부호화율을 차등적으로 적용하는 P-AMC 기법과 ARQ의 재전송 시간을 차등적으로 재설정하는 PA-ARQ 기법을 통해 I 프레임에 대한 전송 확률을 높여 전체적인 복호화 성공율이 우수하다. 그리고 AMC와 다르게 고품질의 SVC 부호화 영상에 대해서도 극심한 저하를 보이지 않는다.

두 번째 시험은 무선 네트워크의 채널 품질의 변화에 따른 AMC와 PC-MCA 기법에 대한 복호화 성공율을

계산하였다. 그림 6과 같이 AMC 기법은 무선 채널 상태를 인지하여 변조 및 부호화율을 조절하기 때문에 I 프레임의 전송을 보장하지 않아 상위 프레임에 대한 복호화 성공율의 저하가 되는 것을 알 수 있다.

PC-MCA는 무선 채널 상태와 SVC 프레임간 우선순위에 따라 적응적인 변조 방식 및 부호화율을 적용하여 높은 우선순위를 가지는 I 프레임의 수신 확률을 높였다. 이를 통해 상위 프레임의 성공적인 복호화율을 향상시켜 서비스 품질을 보장하였다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 모바일 와이맥스에서 사용자의 서비스 품질을 보장하기 위한 미디어 우선순위 기반의 채널 적응적인 스트리밍 기법인 PC-MCA(Priority-based Combining adaptive Modulation and Coding with ARQ)를 제안하였다. PC-MCA는 QoS 스케줄러를 통해 미디어 프레임의 우선 순위에 따라 스케줄링한다. 또한, CINR값 기반의 무선 채널 상태 정보와 미디어 프레임간 우선순위를 고려하여 각 프레임간 변조 방식 및 부호화율, 그리고 ARQ 재전송 시간을 차등적으로 조절함으로써 미디어 품질을 보장하였다. 향후 연구과제로는 PC-MCA 알고리즘을 적용한 다양한 광대역 무선네트워크에서 시험 및 성능을 평가해야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] M. Alasti, B. Neekzad, C. Hui, and R. Vannithamby, "Quality of Service in WiMAX and LTE Networks," *IEEE Communications Magazine*, May 2010.
- [2] IEEE Standard 802.16e-2005, "Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems," February 2006.
- [3] C. Tarhini and T. Chahed, "AMC-aware QoS Proposal for OFDMA-based IEEE802.16 WiMAX Systems," in *Proc. IEEE Global Communications Conference*, November 2007.
- [4] V. Tykhomyrov, A. Sayenko, H. Martikainen, and O. Alanen, "Analysis and Performance Evaluation of the IEEE 802.16 ARQ Mechanism," *Journal of Communications Software and Systems*, March 2008.
- [5] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand, "Overview of the Scalable H.264/MPEG4-AVC Extension," in *Proc. IEEE International Conference on Image Processing*, October 2006.
- [6] Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG, ITU-T VCEG, "Joint Scalable Video Model JSVM-9," *JVT-V202*, January 2007.
- [7] J. Koo and K. Chung, "An Active Queue Management Algorithm Based on the Temporal Level for SVC Streaming," *Journal of KIISE: Information Networking*, October 2009. (in Korean)