

# 광대역 무선네트워크에서 스트리밍 서비스의 품질 향상을 위한 차등적 데이터 전송 기법

준회원 김 동 철\*, 정회원 구 자 현\*, 종신회원 정 광 수\*

## A Differentiated Data Transmission Scheme for Improving the Quality of Streaming Service in Broadband Wireless Networks

Dongchil Kim\* Associate Member, Jahon Koo\* Regular Member, Kwangsue Chung\* Lifelong Member

### 요 약

최근 광대역 무선네트워크의 보급으로 인해 모바일 환경에서 다양한 멀티미디어 스트리밍 서비스가 증가하고 있다. 이에 따라 미디어 품질에 대한 사용자 요구 및 관심이 증가하고 있다. 미디어 품질을 향상시키기 위해 이기종 단말 환경 및 다양한 네트워크를 지원하기 위한 SVC (Scalable Video Coding) 부호화 기법에 대한 연구와 불안정한 무선 채널 특성으로 인해 손실되는 프레임을 복구하기 위한 MAC (Media Access Control) 계층의 ARQ (Automatic Repeat reQuest) 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 기존 ARQ 기법은 확장형 비디오 부호화 기술의 본질적인 특성을 고려하지 못하여 미디어의 품질을 보장하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 광대역 무선네트워크에서 미디어의 품질 향상을 위한 차등적 데이터 전송 기법인 PA\_ARQ (Priority-based Adaptive ARQ)를 제안하였다. PA\_ARQ는 무선 채널 상태와 SVC 부호화 기술의 특성을 고려하여 ARQ 재전송 시간을 각 프레임 간 의존성에 따라 차등적으로 조절한다. 이를 통해 높은 비디오 복호화 성공율을 제공함으로써, 멀티미디어 스트리밍 서비스의 품질을 향상시켰다.

**Key Words** : PA\_ARQ (Priority-based Adaptive ARQ), Scalable Video Coding, QoS; ARQ

### ABSTRACT

In recent years, various multimedia streaming services for mobile devices have been increasing. Also, the user demands for the higher quality of media services have been growing. In order to improve the quality of multimedia services, numerous researches on SVC (Scalable Video Coding) scheme, which supports heterogeneous mobile devices and various networks, and ARQ (Automatic Repeat reQuest) scheme, which recovers frame losses due to the unstable wireless channel conditions at MAC layer, have conducted. However, existing ARQ schemes do not guarantee the media qualities because these mechanisms do not consider the characteristics of scalable video coding techniques. In this paper, PA\_ARQ (Priority-based Adaptive ARQ) scheme, a differentiated data transmission scheme to guarantee media quality, is proposed. PA\_ARQ adaptively adjusts ARQ retransmission time based on the frame dependencies. PA\_ARQ improves the quality of multimedia streaming services as it provides successful video decoding.

※ 본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업으로 수행된 결과임.

\* 광운대학교 전자통신공학과 컴퓨터통신 연구실 (dckim@cclab.kw.ac.kr, jhkoo@cclab.kw.ac.kr, kchung@kw.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-10-492, 접수일자 : 2009년 10월 13일, 최종논문접수일자 : 2010년 10월 4일

## I. 서 론

최근 다양한 휴대 단말과 광대역 무선네트워크의 보급으로 인해 모바일 환경에서 다양한 멀티미디어 스트리밍 서비스에 대한 관심과 수요가 증가하고 있다. 이에 따라 멀티미디어 서비스 품질 (QoS)에 대한 사용자 요구 및 관심이 증가하고 있다. 하지만, 무선 네트워크를 통해 멀티미디어 데이터를 전송하는 것은 잡음 (Noise), 페이딩 (Fading), 간섭 (Interference) 등에 의한 높은 비트 에러율로 인해 미디어 품질을 보장하지 못하는 어려움이 있다<sup>1,2</sup>. 이를 해결하기 위해 비디오 부호화 기술과 신뢰적인 데이터 전송을 위한 연구들이 진행되고 있다.

멀티미디어 스트리밍 서비스의 품질 향상과 비디오 부호화의 확장성을 제공하기 위해 H.264/ MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding)를 확장한 SVC (Scalable Video Coding)에 대한 연구 및 표준화가 진행 중에 있다<sup>3</sup>. SVC는 네트워크 상태에 적응적으로 프레임을 선택하여 스트리밍 서비스를 제공하기 위하여 공간적, 시간적, 품질적 측면에서 서비스 품질 및 비트율을 조절 할 수 있는 확장성을 제공한다. 또한, 신뢰적인 데이터 전송을 하기 위해 MAC (Media Access Control) 계층에서 불안정한 무선 채널 특성으로 인해 손실되는 프레임을 재전송을 통해 복구하는 ARQ (Automatic Repeat reQuest) 기법<sup>4</sup>에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 기존 ARQ 기법은 확장형 비디오 인코딩 방법인 SVC와 같이 프레임 간 의존성을 가지는 프레임에 대해 차등적으로 관리 및 서비스하지 못하여 미디어의 품질을 보장하지 못한다. 이는 상호 의존성을 가지는 프레임 정보를 유실시켜 복호화시 전체적인 멀티미디어 스트리밍 서비스의 품질 저하를 야기 시킨다. 즉, 의존성이 높은 패킷의 유실로 자신 이외의 다른 프레임의 복호화 의존성을 제공하는 경우 다른 프레임까지 복호화가 되지 않아 전체적인 복호화 성공률이 저하되는 문제점이 있다.

본 논문에서는 광대역 무선네트워크에서 미디어의 품질을 보장하기 위한 차등적 데이터 전송 기법인 PA\_ARQ (Priority based Adaptive ARQ)를 제안하였다. PA\_ARQ는 CINR (Carrier to Interference and Noise Ratio)를 기반으로 파악한 무선 채널 상태와 NAL (Network Abstract Layer) Unit 헤더 내 TID (Temporal\_ID) 정보를 통해 미디어 특성을 파악하여 ARQ 재전송 시간을 각 프레임 간 의존성에 따라 차등적으로 조절한다. 이를 통해 안정된 비디오 복호화를 제공함으로써, 멀티미디어 스트리밍 서비스의 품질

을 보장하였다.

본 논문의 2장에서는 관련연구로 ARQ와 SVC, 그리고 UEP (Unequal Error Protection)에 대하여 기술하고, 3장에서는 시스템을 분석하였다. 4장에서는 제안한 PA\_ARQ 알고리즘을 상세히 기술하였다. 5장에서는 시험을 통해 제안한 알고리즘의 성능을 검증하였고, 6장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 2.1 자동 재전송 기법 (Automatic Repeat reQuest)

신뢰적인 데이터 전송을 하기 위해 MAC (Media Access Control) 계층에서 불안정한 무선 채널 특성으로 인해 손실되는 프레임을 복구하여 오류 없이 데이터 전송을 하기 위해 ARQ (Automatic Repeat reQuest)를 사용한다. ARQ는 연결 기반으로 동작하며 ARQ 기법의 주요 파라미터들은 연결과정에서 설정된다. 그림 1은 송신측 ARQ의 상태 천이도를 보여준다<sup>4,5</sup>.

ARQ 블록의 전송은 그림 1과 같이 “No sent” 상태에서 시작한다. ARQ 블록이 전송된 후에는 “Outstanding” 상태로 천이되며, ARQ 블록의 재전송까지의 시간을 의미하는 ART (ARQ\_RETRY\_TIMEOUT) 시간동안 수신측으로 부터의 응답을 기다린다. NACK (Negative ACK)를 수신하거나 전송한 ART 시간이 종료될 경우 “Waiting for retransmission” 상태로 천이되고, ARQ 블록을 재전송 한 후 다시 수신측으로 부터의 응답을 기다린다. 하지만, 하나의 ARQ 블록이 재전송이 가능한 상태에 머무는 최대 시간인 ABL (ARQ\_BLOCK\_LIFE TIME)이 경과하면, ARQ 재전송 유무나 횟수에 관계없이 재전송을 포기하고 “Discard” 상태로 천이한다. 재전송 유효 상태를 결정하는 ABL은 ARQ 블록 데이터 전송의 신뢰성, 전송 지연, 그리고 전송율과 밀접한 관계

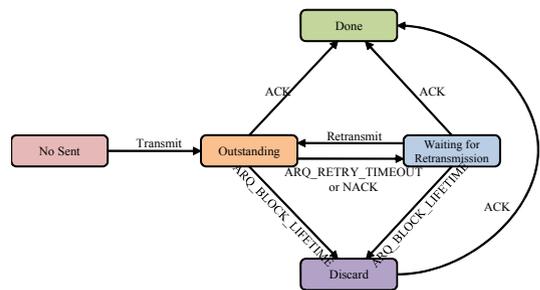


그림 1. ARQ 송신측 상태 천이도

가 있다. ABL을 증가시키면 채널의 신뢰도는 높아지나, 많은 시간 동안 재전송으로 인해 프레임이 겪게 되는 전송 지연은 급속하게 증가한다. 반면에, ABL을 감소시키면 채널의 신뢰도는 떨어지나, 전송 지연과 지연변이는 감소한다. 이러한 특성을 이용하여 데이터의 중요도에 따라 ABL을 차등적으로 적용하여 전송함으로써, 미디어 전송의 효율을 증대시킬 수 있다.

### 2.2 확장형 비디오 부호화 기술 (Scalable Video Coding)

H.264/MPEG4-AVC를 확장한 부호화 기술인 SVC (Scalable Video Coding)는 기존 MPEG-2, MPEG-4등에서 시도한 계층 부호화 기반의 확장성이 갖는 문제점인 낮은 압축효율, 복잡 확장성의 부재, 높은 구현 복잡성의 문제를 해결하기 위해 개발된 새로운 확장 비디오 부호화 기법이다. SVC는 크게 VCL (Video Coding Layer) 계층과 NAL 계층으로 구분된다. 먼저 VCL 계층에서는 기본계층의 부호화 정보와 상위계층의 확장성 부호화 정보를 슬라이스 단위로 생성한다. VCL에서 생성한 각 슬라이스는 네트워크를 통해 전송되기 위해, NAL 계층에서 NAL Unit 단위로 생성되며, NAL Unit 단위로 구성된 SVC 비트스트림은 IP 네트워크등을 통해 전달된다. SVC를 이용하여 한번 부호화된 비트스트림은 두 개 혹은 그 이상의 의존적인 계층으로 구성될 수 있으며, 이와 같은 경우 SVC 비트스트림은 하나의 기본계층과 기본계층 위에 연속적으로 쌓을 수 있는 다수의 상위계층들로 구성된다. 여기서 기본계층에 연속되는 상위계층의 정보를 함께 이용하면, 기본계층의 비트스트림 보다 개선된 화질을 제공하는 비트스트림을 만들 수 있다. 일반적으로 기본계층은 기본 품질을 제공하고, 연속된 상위 계층은 이전 계층들로 만들어진 비디오보다 높은 품질을 갖도록 부호화한다<sup>6,7)</sup>.

NAL Unit은 그림 2와 같이 1바이트의 NAL Unit 헤더를 가지고 있다. 또한, NAL Unit 헤더 생성시 추가적인 정보 필드를 가지고 있다. 기본계층의 NAL Unit은 H.264/AVC의 NAL Unit 헤더 구조와 동일한 필드 3가지인 F (forbidden\_zero bit), NRI (nal\_ref\_idc), Type (nal\_unit\_type)으로 구성되며 총 1바이트 크기를 갖는다. 그림 2에서 TID (Temporal\_ID), DID (Dependency\_ID), QID (Quality\_ID) 필드는 각각 시간적, 공간적 및 SNR 확장성에서 각 계층간의 시공간적 품질관련 체계를 나타낸다. 즉, TID는 시간적 확장성을 위한 Temporal Level간의 체계를 나타내고, DID는 공간적 확장성의 계층간 예측에 있어서 상·하

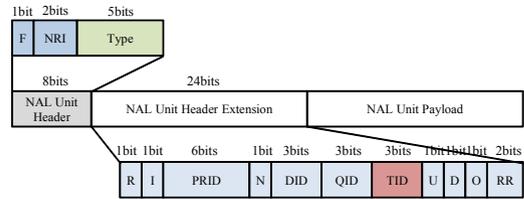


그림 2. SVC의 NAL Unit 헤더 구조

위 계층 간의 종속 체계를 나타낸다. 그리고, QID는 SNR 확장성 지원을 위한 FGS (Fine Granular Scalability)계층간의 계층 체계를 나타낸다. TID, DID, QID 값은 모두 0 이상의 정수이며, 이 값들의 조합으로부터 각 NAL Unit에 대한 시공간적 품질계층 관계를 유도해 낼 수 있다<sup>8)</sup>.

효율적인 미디어 데이터 전송을 하기 위하여 SVC와 같은 확장형 비디오 부호화 기술을 이용한 기법들이 연구되었다. Cross-layer 기반의 데이터 전송 기법<sup>9)</sup>은 MAC의 재전송 기법과 응용 레벨의 FEC (Forward Error Correction)을 이용하여 미디어 데이터를 무선네트워크에 적응적으로 전송한다. 그리고, SVC 부호화 기술의 특성을 파악하여 네트워크 혼잡시에 프레임 간 의존성이 낮은 프레임의 패킷에 대하여 차등적으로 폐기하는 동적 큐 관리 알고리즘인 TS-AQM (Temporal Scalability - Active Queue Management)<sup>10)</sup>이 제안되었다.

### 2.3 차등 데이터 보호 기법 (Unequal Error Protection)

확장형 비디오 부호화 기술 기반의 스트리밍 서비스에서 무선 채널 에러에 효율적으로 미디어 데이터를 전송하기 위해서 미디어 프레임의 우선순위를 고려하여 차등적으로 데이터를 보호하는 기법인 UEP (Unequal Error Protection)를 사용한다. UEP는 우선순위가 높은 데이터의 수신 확률을 높이기 위해 강한 데이터 전송 보호 기능을 부여하고, 반면에 상대적으로 우선순위가 낮은 데이터는 약한 데이터 전송 보호 기능을 부여한다. 이를 통해 우선순위가 높은 데이터의 전송 확률을 높인다. 이러한 특성으로 인하여 UEP를 확장형 비디오 기술에 적용한 많은 연구들이 진행되었다. 네트워크 적응적인 응용 레벨 에러 제어 기법<sup>11)</sup>은 확장형 비디오를 효율적으로 전송하기 위해 UEP와 ARQ를 혼합해서 사용하는 방법을 제안하였다. 또한, 물리계층의 채널 코더가 미디어 프레임의 우선순위와 채널상태를 고려하여 적응적으로 채널 부호화율을 조절하는 기법<sup>12)</sup>이 제안되었다. 그리고

SVC 비트스트림이나 MPEG-4 FGS에 차등적으로 FEC을 적용하는 새로운 차등 데이터 보호 기법인 FGLP (Fine Grained Loss Protection) 기법<sup>[13]</sup>이 연구되었다. 본 논문에서는 SVC 프레임 간 의존성을 고려하여 차등적인 미디어 데이터 전송을 위하여 ARQ 기법 내 데이터의 재전송 간격을 조절해주는 ABL 파라미터를 이용하였다. 이 파라미터 값을 조절하여 차등적인 미디어 데이터 전송기법을 제안하였다.

### III. 시스템 분석

SVC 부호화 기술은 공간적, 시간적, 품질적 확장성을 지원하는 비디오 부호화 기술이다. 이 중에서 시간적 확장성은 Hierarchical B Picture 기법을 이용한다. 이는 매 프레임마다 구별된 시간적 등급을 지정함으로써 다양한 프레임율을 제공하며 GOP (Group of Pictures) 단위로 처리한다. 하나의 GOP에서는 적어도 하나의 주요 Pictures를 가지며 다른 Picture들은 이 주요 Picture의 의존성을 가진다. SVC의 시간적 확장성의 예로 그림 3과 같이 I, P, B0, B1, B2 즉, 0부터 4까지 5개의 Temporal 등급을 가지는 확장형 비디오 비트스트림을 보여주고 있다. 이 비트스트림은 16개의 GOP 사이즈를 가지고 있으며 Hierarchical B-Picture 기법을 이용하여 총 5개의 Temporal 등급을 가지고 있다. Temporal 등급이 높은 B2 프레임의 경우 Temporal 등급이 낮은 I 프레임에 가장 많이 의존한다. 즉, Temporal 등급이 증가할수록 낮은 Temporal 등급에 의존함을 알 수 있다. 따라서, 높은 Temporal 등급을 성공적으로 복호화 하기 위해서는 기초가 되는 낮은 Temporal 등급의 프레임을 성공적으로 복호화 해야 한다<sup>[10]</sup>.

채널 에러가 존재하는 무선네트워크에서 SVC 프레임을 전송할 때 임의의 프레임들이 손실되거나 에러가 발생하여 복호화 성공률이 떨어진다. 특히, 의존

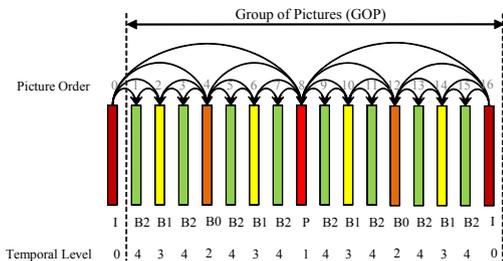


그림 3. Hierarchical B-Picture 기법을 사용한 SVC 비디오 부호화 예시

성이 높은 I 프레임이 손실 될 경우 P, B 프레임과 같은 상위 계층 프레임에 대한 복호화에 영향을 주어 품질 저하를 야기시킨다. 그림 4는 무선 채널 에러에 따른 프레임 별 복호화 성공율을 나타낸다. 그림 4에서 I 프레임에 대한 복호화 성공율 (Decoding Success Rate)이 동일한 경우 프레임 간 의존성에 따라 각 프레임별 복호화 성공율을 나타낸다. 우선, B, P 프레임들이 I 프레임에 대한 의존성을 고려하지 않았을 경우 복호화 성공율은 B, P, I 프레임 순으로 높게 나타난다. 이는 I 프레임의 경우 프레임 큰 사이즈로 인해 단편화를 거쳐서 전송되기 때문에 단편된 특정 프레임의 유실로 전체 I-picture를 복호화 하지 못하여 복호화 성공율이 낮게 나타난다. 반면에 P, B 프레임들은 프레임 사이즈가 작기 때문에 단편화 과정을 거치지 않고 전송되기 때문에 높은 복호화 성공율을 보인다. 하지만, 각 프레임 간 의존성을 고려하여 복호화를 수행했을 경우는 I 프레임의 복호화 성공율에 따라 P, B 프레임의 복호화 성공율에 영향을 미치는 것을 볼 수 있다. 이는 의존성이 높은 I 프레임의 유실은 자신 이외의 다른 프레임까지의 복호화의 영향을 미치기 때문이다. 즉, SVC와 같이 프레임 간 의존성이 있는 확장형 비디오 부호화 기술에서는 높은 의존성을 가지는 I 프레임의 전송을 보장하지 못하고 유실되면 미디어 품질이 저하되고, 최악의 경우 화면에 영상이 출력되지 않는 서비스 붕괴를 야기 시킬 수 있다.

본 논문에서는 프레임 간 복호화 의존성이 높고, 우선순위가 높은 Temporal 등급을 가지는 프레임에 대한 수신 확률을 높여 미디어 품질을 향상하기 위한 채널 적응적인 차등 미디어 전송 기법을 제안하였다. 제안한 기법을 통해 안정적인 비디오 복호화를 제공함

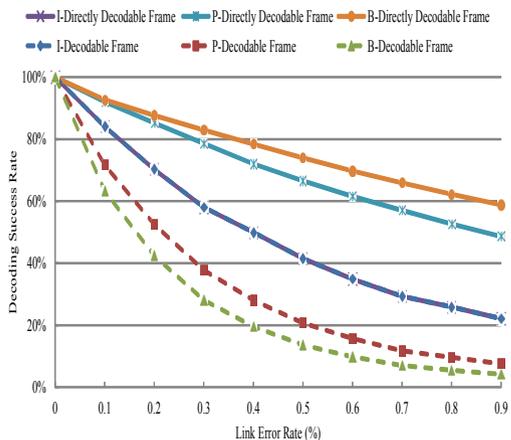


그림 4. 무선 채널 에러에 따른 프레임 별 복호화 성공율

으로써, 멀티미디어 스트리밍 서비스 품질을 향상 시킨다.

#### IV. PA\_ARQ (Priority-based Adaptive ARQ) 기법

본 논문에서는 광대역 무선네트워크에서 미디어의 품질을 보장하기 위한 차등적 데이터 전송 기법인 PA\_ARQ (Priority-based Adaptive ARQ)를 제안하였다. 제안한 PA\_ARQ는 추가적인 지연 없이 SVC 프레임 간 의존성을 고려하여 ARQ 재전송 시간인 ABL 값을 비율적으로 조절하여, 의존성이 높은 프레임의 수신 확률을 높였다. PA\_ARQ 기법을 서비스하기 위한 시스템 처리 구조는 그림 5와 같다.

PA\_ARQ는 기존 ARQ 기법의 처리구조에 채널 모니터링 모듈인 CMM (Channel Monitoring Module)와 ABL 재계산 모듈인 ARM (ARQ\_BLOCK\_LIFETIME Recalculation Module)을 추가하였다. 제안한 PA\_ARQ 시스템은 다음과 같은 동작을 수행한다. 상위 계층에서 전달받은 MAC SDU를 패킷 분류 모듈 (Packet Classification)에서 프레임의 우선순위에 따라 패킷을 분류 한다. 분류된 각 프레임들은 ARM에서 사용자의 채널 상태를 판단하기 위해 CMM에서 측정된 CINR (Carrier to Interference and Noise Ratio) 정보를 기반으로 각 SVC 프레임별 우선순위에 따라 ABL를 차등적으로 재계산하고 이를 PA\_ARQ 모듈로 전달한다. PA\_ARQ 모듈은 각 SVC의 우선순위에 따라 차등적으로 ABL값을 적용한다.

ABL을 데이터의 중요도에 따라 차등적으로 적용하기 위해서 ARM에서는 측정된 CINR 기반으로 식 (1)을 이용하여 무선 채널 상태를 판단한다. 식 (1)은 현재 채널의 CINR 값인  $CINR_{cur}$ 를 채널의 최대 CINR 값인  $CINR_{max}$ 로 나눈 값을 이용하여 현재 무선 채널의 품질인 WCQ (Wireless Channel Quality)를 결정하였다. 그리고, 무선 채널 상태를 기반으로 그림 6와

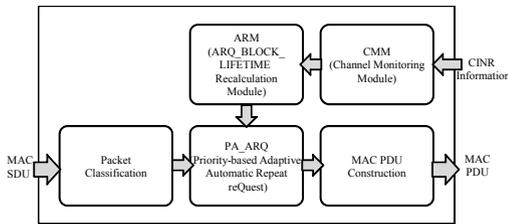


그림 5. PA\_ARQ 알고리즘의 처리 구조

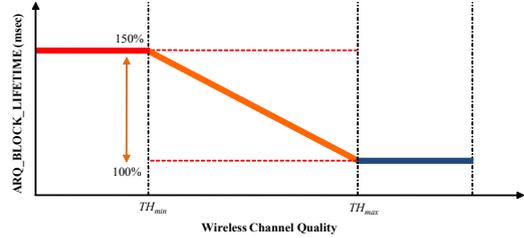


그림 6. ABL (ARQ\_BLOCK\_LIFETIME) 재설정

같이 ABL을 비율적으로 재계산하여 설정한다.

$$WCQ(\%) = \frac{CINR_{cur}}{CINR_{max}} \quad (1)$$

무선 채널 품질이 상위 임계값인  $TH_{max}$  이상일 경우에는 기존 ARQ 기법의 ABL를 사용한다. 반면에, 무선 채널 품질이 하위 임계값인  $TH_{min}$ 와  $TH_{max}$  사이에 위치하고 있을 경우는 ABL을 100%에서 150%까지 비율적으로 조절하고,  $TH_{min}$  이하 일 경우 150%로 조절한다. 이를 통해 채널 상태가 좋지 못한 경우 ABL을 증가시켜 재전송을 수행함으로써, 미디어 프레임의 전송 성공 확률을 높인다. 현재 채널 상태를 결정하는 임계값은 각 MCS (Modulation and Coding Scheme)등급에 해당하는 CINR 값에 의해 결정된다<sup>[4]</sup>. 그림 7은 MCS 등급에 따른 CINR 값을 나타낸다. 상위 임계값은 최대 MCS 등급의 바로 이전 등급인 16QAM-1/2의 CINR값을 최대 MCS 등급의 CINR 값으로 나눈 값의 비율로 결정한다. 하위 임계값은 가장 작은 MCS 등급의 CINR 값을 최대 MCS 등급의 CINR 값으로 나눈 값의 비율로 결정한다.

또한, 그림 8과 같이 무선 채널 품질에 따라 차등적으로 ARQ 재전송 파라미터인 ABL 재계산하여 새로운 ARQ 재전송 시간인  $ARQ_{new}$ 을 얻고, PA\_ARQ 공식에 따라 재계산된 ARQ 재전송 시간을 각 SVC 프레임의 Temporal 등급을 고려하여 차등적으로 적용한다. 각 프레임의 Temporal 등급은 SVC 부호화의 NAL Unit 헤더 내 TID 정보를 이용하였다.  $TID_{max}$ 는 3이며,  $TID_{min}$ 는 0으로 TID가 낮을수록 우선순위가

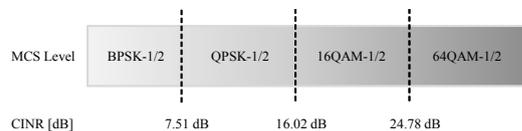


그림 7. MCS 등급에 따른 CINR 값

```

#ABL recalculation according to the CINR variation
if (WCQcur > THmax)
    ARQcur
else if (THmin ≤ WCQcur ≤ THmax)
    ARQnew = ARQcur × [ (50% × (THmax - WCQcur) / (THmax - THmin)) + 100% ]
else if (WCQcur < THmin)
    ARQnew = ARQcur × 150%
#ABL recalculation according to the SVC Temporal Level variation
PA_ARQ = ARQnew × (TIDmax + 1 - TIDcur) / (TIDmax + 1)
    
```

그림 8. PA\_ARQ 알고리즘

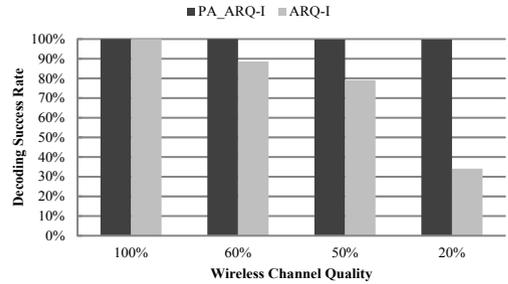
높은 프레임은 의미한다. PA\_ARQ 값이 큰 값을 가질 경우, 무선 채널 상태가 좋지 못한 상황에서 재전송 시간이 길어지므로 미디어 패킷의 수신 확률이 높아진다. 반면에, PA\_ARQ 값이 작은 값을 가지는 경우는 재전송 시간이 짧아져 미디어 패킷의 수신 확률이 감소된다. 이에 따라 PA\_ARQ 알고리즘은 SVC 프레임 간의 의존성이 높은 프레임을 의존성이 낮은 프레임에 비해 PA\_ARQ 값을 상대적으로 높은 비율로 할당함으로써, 의존성이 높은 프레임의 수신 확률을 높였다. 그리고, 전체적인 지연의 변화를 주지 않기 위하여 데이터의 재전송 최대 허용치 범위 안에서 PA\_ARQ를 비례적으로 적용하였다. 즉, 우선순위가 높은 프레임에 재전송 시간을 증가하면, 증가한 비율만큼 우선순위가 낮은 프레임에 재전송 시간을 감소하여 전체적인 지연의 증가가 발생하지 않는다. 그림 8에서 WCQ<sub>cur</sub>는 현재 채널 상태를 의미하고, ARQ<sub>cur</sub>는 기존 ARQ 기법에서 사용되는 ABL이며, ARQ<sub>new</sub>는 ABL를 무선 채널 상태에 따라 재설정된 값이다. 그리고 PA\_ARQ는 각 SVC 프레임의 Temporal 등급에 따라 ARQ<sub>new</sub>를 재설정된 값을 의미한다.

PA\_ARQ는 무선 채널 상태와 SVC 프레임 간의 의존성을 기반으로 ARQ 재전송 시간을 차등적으로 적용한다. PA\_ARQ는 사용자 체감 품질 측면에서 복호화 실패 프레임 수를 줄여 시간에 따라 화질의 변화를 최소화 시켜 품질을 향상시킬 수 있다. 또한, 수신패킷의 프레임들에 대하여 전반적인 복호화 성공율을 높일 수 있다. 이를 통해 서비스 사용자에게 미디어 재생 시 좋은 품질을 제공한다.

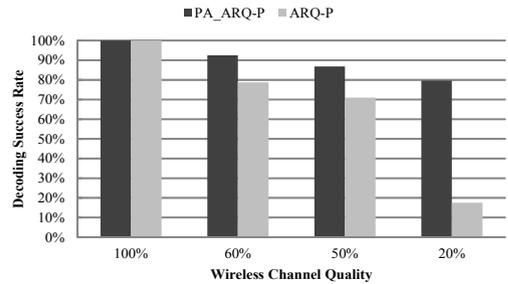
### V. 성능 평가

본 장에서는 제안한 PA\_ARQ 기법의 프레임 복호화 성공율에 대한 성능 평가를 하기 위해 ns-2 (Network Simulator)<sup>[15]</sup>를 이용하여 시험을 진행하였

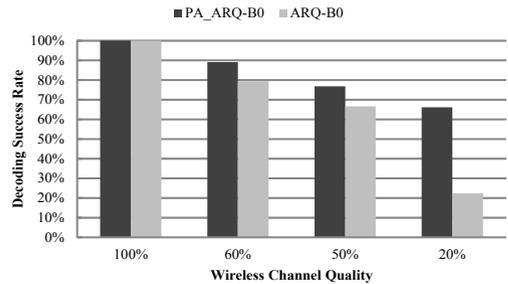
다. 또한, 패킷 손실에 따른 복호화 성공율을 계산하기 위해 의존성을 고려한 복호화 성공율 계산 수식<sup>[10]</sup>을 이용하였다. 시험 환경은 대표적인 광대역 무선네트워크인 모바일 와이맥스 (Mobile WiMAX)에서 하



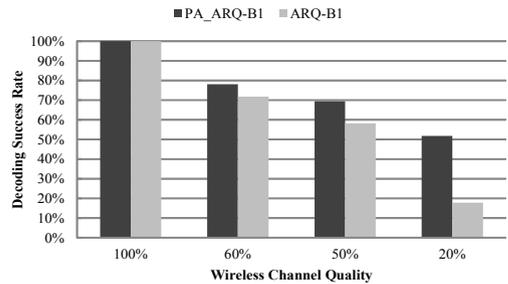
(a) I 프레임의 복호화율



(b) P 프레임의 복호화율



(c) B0 프레임의 복호화율



(d) B1 프레임의 복호화율

그림 9. 채널 상태에 따른 각 프레임 별 복호화 성공률

였으며, 현재 무선 채널의 상태의 임계값인  $TH_{min}$ 와  $TH_{max}$  는 각 30%, 65%으로 설정하여 시험하였다.

그림 9는 무선 채널 상태에 따른 각 프레임 별 복호화 성공율을 나타낸다. 기존 ARQ 기법은 무선 채널 상태가 좋지 않을 경우 의존성이 높은 I 프레임의 전송을 보장하지 못하여 그림 9의 (a)와 같이 복호화 성공율의 저하가 심각해짐을 알 수 있다. 또한, 그림 9의 (d)와 같이 의존성이 높은 I 프레임의 수신을 보장하지 못하면 SVC 기반의 스트리밍 서비스에서 비디오 영상의 품질을 심각하게 저하 시킬 수 있다.

PA\_ARQ 기법은 그림 9의 (a)와 같이 SVC 프레임 간 의존성이 높은 프레임에 ABL를 비율적으로 증가시켜 I 프레임의 수신 성공율을 높임으로써, I 프레임에 대한 복호화 성공율이 높아짐을 알 수 있다. 또한, 그림 9의 (d)와 같이 상위 프레임의 복호화 실패 프레임 수를 줄여 복호화율을 향상시켰다. 이로 인해 전체적인 복호화 성공율이 증가함으로써, 사용자에게 미디어 재생 시 서비스 품질을 향상 시켰다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 광대역 무선네트워크에서 미디어의 품질 향상을 위한 차등적 데이터 전송 기법인 PA\_ARQ (Priority-based Adaptive ARQ)를 제안하였다. PA\_ARQ는 CINR (Carrier to Interference and Noise Ratio)를 기반으로 파악한 무선 채널 상태와 NAL (Network Abstract Layer) Unit 헤더 내 TID (Temporal\_ID) 정보를 통해 미디어 프레임의 특성을 파악하여 ARQ 재전송 시간을 각 프레임 간 의존성에 따라 차등적으로 조절한다. 시험을 통해 SVC 부호화 기술을 이용하는 스트리밍 서비스에 대하여 안정적인 프레임 복호화를 제공하고 이를 통해 멀티미디어 스트리밍 서비스 품질을 보장하는 것을 확인하였다.

향후 연구 과제로는 PA\_ARQ 알고리즘을 기반으로 다양한 멀티미디어 서비스의 체감 품질을 만족시키는 연구와 PA\_ARQ 알고리즘을 적용한 다양한 광대역 무선네트워크 환경에서 시험 및 성능을 평가해야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

[1] Y. Cho, C. Jay Kuo, R. Huang, and C. Lima "Cross-Layer Design for Wireless Video Streaming," in *Proc. IEEE Global Telecommunications Conference*, pp.1-5, December

2009.

[2] M. Chatterjee, S. Sengupta, and S. Ganguly, "Feedback-Based Real-Time Streaming over WiMAX," *IEEE Wireless Communications Magazine*, pp.64-71, February 2007.

[3] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand, "Overview of the Scalable H.264/MPEG4-AVC Extension," in *Proc. IEEE International Conference on Image Processing*, pp.161-164, October 2006.

[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*, pp.29-40, March 2008.

[5] IEEE 802.16e-2005, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1," pp. 175-179, February 2005.

[6] J. Reichel, H. Schwarz, and M. Wien, "Working Draft 3 of ISO/IEC 14496-10: 2005/AMD1 Scalable Video Coding", *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q.6 Document N7310*, July 2005.

[7] J. Ohm, "Introduction to SVC Extension of Advanced Video Coding", *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N7315*, July 2005.

[8] D. Singer, M. Visharam, and Y. Wang, "Information Technology-Coding of Audio-visual Objects-Part 15: AVC File Format, Amendment 2: File Format Support for Scalable Video Coding," *ISO/IEC14496- 15/FPDAM 2 (SVC File Format)*, July 2007.

[9] M. Schaar, S. Krishnamachari, S. Choi, and X. Xu "Adaptive Cross-Layer Protection Strategies for Robust Scalable Video Transmission Over 802.11 WLANs," *IEEE Selected Areas in Communications*, pp.1752-1763, December 2003.

[10] J. Koo and K. Chung, "An Active Queue Management Algorithm Based on the Temporal Level for SVC Streaming," *Journal of KIISE:*

*Information Networking*, pp.425-436, October 2009.

- [11] G. Wang, Q. Zhang, W. Zhu, and Y. Zhang, "Channel-Adaptive Unequal Error Protection for Scalable Video Transmission over Wireless Channel," in *Proc. Visual Communications and Image Processing*, pp.648-655, January 2001.
- [12] Y. Pei and J. Modestino, "Multilatered Video Transmission over Wireless Channels Using an Adaptive Modulation and Coding Scheme," in *Proc. IEEE Interenational Conference on Image Processing*, pp.1009-1012, October 2001.
- [13] M. Schaar and H. Radha, "Unequal Packet Loss Resilience for Fine-Granular-Scalability Video," *IEEE Transactions on Multimedia*, pp.381-394, December 2001.
- [14] H. Juan, H. Huang, C. Huang, and T. Chiang, "Cross-Layer System Designs for Scalable Video Streaming over Mobile WiMAX," in *Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, pp.1860-1864, March 2007.
- [15] The Network Simulator ns-2, <http://www.isi.edu/nanam/ns/>

구 자 현 (Jahon Koo)

정회원



1999년 2월 광운대학교 전자통신공학과  
2001년 2월 광운대학교 전자통신공학과 석사  
2003년 3월~2008년 12월 (주) 이노와이어리스 정보통신 연구소 과장

2001년 3월~현재 광운대학교 전자통신공학과 박사과정

<관심분야> 인터넷 QoS, 유·무선 비디오 스트리밍, 광대역 무선 네트워크

정 광 수 (Kwangsue Chung)

종신회원



1981년 2월 한양대학교 전자공학과  
1983년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사  
1991년 2월 미국 University of Florida 전기공학과 박사  
1983년 3월~1993년 2월 한국

전자통신연구원 선임연구원

1993년 3월~현재 광운대학교 전자통신공학과 교수

<관심분야> 인터넷 QoS, 유·무선 비디오 스트리밍, 센서 네트워크

김 동 철 (Dongchil Kim)

준회원



2009년 2월 광운대학교 전자통신공학과

2009년 2월~현재 광운대학교 전자통신공학과 석사과정

<관심분야> 인터넷 QoS, 멀티미디어 스트리밍, 광대역 무선 네트워크