

IEEE 802.11 무선랜에서의 멀티미디어 전송을 위한 스케일러블 비디오 코딩 인지형 재전송 기법

김나명*, 송태원*, 김원중*, 백상현^o

A Scalable Video Coding (SVC)-Aware Retransmission Scheme for Multimedia Streaming in IEEE 802.11 WLANs

Namyong Kim*, Taewon Song*, Wonjung Kim*, Sangheon Pack^o

요 약

멀티미디어 스트리밍을 위해 널리 사용되고 있는 스케일러블 비디오 코딩 (Scalable Video Coding: SVC)의 경우 가변적인 네트워크 상황에 적응적으로 대처하기 위해 기본 계층과 향상 계층으로 나누어 데이터를 인코딩하여 전송하게 된다. 특히 향상 계층의 디코딩은 기본 계층의 데이터가 수신되었을 때 가능하다는 특성을 가지고 있다. 이러한 특성에도 불구하고 IEEE 802.11 무선랜에서의 재전송 기법은 기본/향상 계층의 특성을 고려하지 않고 설계되어 있다. 본 논문에서는 스케일러블 비디오 코딩의 특성을 고려한 새로운 재전송 기법을 제안한다. 제안한 재전송 기법은 기본 계층과 향상 계층을 나누어서 채널상태에 따라 디코딩에 필요한 수 만큼의 데이터를 재전송하여 불필요한 재전송을 방지하고 총 전송시간을 감소시킨다. 시뮬레이션 결과는 제안한 재전송 기법이 기존의 재전송 기법보다 불필요한 데이터 전송을 12.6% 감소시키며 이로 인해 전송 시간도 6.6~19.1% 만큼 감소됨을 보여준다.

Key Words : SVC, Retransmission, Cross-layer, Block ACK

ABSTRACT

Scalable video coding (SVC) encodes multimedia data into a base layer and enhancement layers to cope with variable network conditions in an adaptive manner. In SVC, enhancement layers can be decoded only when the base layer is successively received. However, existing works on SVC transmissions in IEEE 802.11 WLANs do not fully investigate this characteristic and thus their performance can be degraded. In this paper, we propose a SVC-aware retransmission (SAR) scheme in IEEE 802.11 WLANs. The SAR scheme applies different retransmission policies for base and enhancement layers by obtaining the optimal number of frames to be retransmitted. As a result, the SAR scheme can reduce unnecessary retransmissions and minimize the transmission latency. Simulation results demonstrate that the SAR scheme can reduce unnecessary data transmission by 12.6% and the transmission latency by 6.6~19.1% compared to conventional retransmission schemes.

* 본 연구결과의 일부는 International Conference on ICT Convergence (ICTC) 2013 국제학술회의에서 발표되었습니다 [1].

※ 본 연구는 중소기업청이 지원한 산학연공동연구개발사업 (과제번호: C0002920) 및 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과 (과제번호: NIPA-2013-H0301-13-1002)로 수행되었습니다.

• First Author : 고려대학교 전기전자공학과, lime3624@korea.ac.kr, 학생회원

◦ Corresponding Author : 고려대학교 전기전자공학과, shpack@korea.ac.kr, 종신회원

* 고려대학교 전기전자공학과, {crazytb, abcxxx}@korea.ac.kr

논문번호: KICS2013-12-527, 접수일자: 2013년 12월 10일, 심사일자: 2013년 12월 23일, 최종논문접수일자: 2014년 2월 7일

I. 서 론

멀티미디어 기반의 다양한 서비스가 활성화되면서 이를 무선 환경에서 지원하기 위한 기술이 주목받고 있다. 특히 IEEE 802.11은 대표적인 무선랜 기술로 다양한 네트워크 환경에 적용 가능한 프로토콜을 제공한다^[2]. 멀티미디어 전송을 위한 효과적인 코딩 기술에 대한 연구도 계속되어 왔는데 하나의 멀티미디어 데이터를 기본 계층과 향상 계층으로 분할하여 인코딩하는 스케일러블 비디오 코딩 (Scalable Video Coding: SVC)은 다양한 채널 환경에 적응적으로 동작할 수 있기 때문에 채널 상태 변화가 심한 무선 환경에서 효과적으로 사용 할 수 있다^[3].

한편, 무선랜에서는 프레임 손실을 복구하기 위해 다양한 재전송 기법을 표준에서 정의하고 있으며 이를 개선하기 위한 연구도 다방면에서 진행되어 왔다. IEEE 802.11에서는 다수의 데이터 프레임을 전송한 뒤 이들에 대한 전송 결과를 하나의 응답 프레임 (Block Acknowledgement: Block ACK)으로 통보하는 Delay ACK 방식이 사용되고 있으며 이를 통해 응답 프레임을 보내는데 발생하는 오버헤드를 줄일 수 있다. 하지만 이러한 Delay ACK 기법의 경우 응용 계층에서 사용되는 코딩 기법 (예를 들어, 스케일러블 비디오 코딩)과는 무관하게 MAC 계층에서 동작하기 때문에 경우에 따라서 불필요한 재전송이 발생할 수 있다^[4]. 예를 들어, 응용 계층에서 스케일러블 비디오 코딩을 통해 기본 계층과 향상 계층을 전송한 경우 향상 계층을 수신하였다고 하더라도 기본 계층을 수신하지 못하는 경우 전체 데이터를 디코딩할 수 없는 상황이 발생한다. 따라서 Delay ACK을 적용시키는 과정에서 응용 계층에서 사용된 코딩의 정보를 활용할 수 있다면 보다 효과적인 재전송 기법 설계가 가능하다.

본 논문에서는 이러한 교차 계층 최적화 (Cross-layer optimization)^[5] 개념에 기반하여 스케일러블 비디오 코딩 기반의 새로운 재전송 기법을 제안한다. 제안 기법에서는 무선 채널 상태를 고려하여 원하는 수준의 디코딩 확률을 보장할 수 있는 최소의 재전송 프레임 개수를 기본 계층과 향상 계층으로 나누어 계산함으로써 각 계층에서 발생하는 재전송 프레임의 수를 최소화하게 된다. 이를 통해 전체 프레임을 전송하는데 걸리는 전송시간을 감소시킬 수 있게 된다.

서론에 이어서 II장에서는 관련연구를 통해서 기존에 나온 기법들에 대해서 분석하고, III장에서는 제안 기법에 사용된 배경기술을 소개하였다. IV장에서는 제안하는 기법을 식과 예시를 통해서 자세히 설명 하였

으며, V장에서 실제적인 파라미터를 사용하여 시뮬레이션을 통해 이를 검증하였다. 그리고 최종적으로 VI장에 결론을 도출하였다.

II. 관련 연구

다양한 채널/디바이스의 종류에 따라서 요구하는 송신효율과 디코딩 성공률을 보장하기 위하여 다양한 무선 환경에서 적용 가능한 SVC 스트리밍 기법과 관련한 많은 논문들이 제안되었다. 기존연구에서는 수신측에서 측정된 채널 정보를 바탕으로 기본/향상 계층에 따라 다른 전송속도를 제공함으로써 추가적인 트래픽 양 없이 다양한 네트워크 환경에서 적용 가능한 링크 적응 (Link Adaptation) 기법을 제안하였고^[6], 계층에 따라서 차별적 서비스를 제공하는 SVC 인지형 모듈레이션 기법을 교차 계층 최적화 문제로 나타내어 비디오 서비스의 효율을 증가시켰다^[7]. 그러나 이러한 기존연구들은 재전송 과정에 대한 고려가 되지 않았다.

채널환경이 불안정하여 빈번하게 오류가 발생할 수 있는 무선 환경의 경우 추가적으로 재전송과정에 대한 연구가 필요하다. 재전송에 관한 기존연구는 멀티캐스트 전송 환경에서 계층적 네트워크 코딩 (Hierarchical Network Coding)을 실행하여 패킷전송에 확장성을 제공함으로써 기본 계층 디코딩 성공률을 증가시키고 많은 수신자가 요구하는 패킷을 선택적으로 재전송하여 총 전송시간을 감소시켰으며^[8], Delay ACK에 추가적으로 응용계층에서 Erasure coding 기법을 사용하여 코딩된 프레임을 블록 단위로 전송 후 수신측에서 본래의 데이터를 복구 가능한 경우 별도의 재전송을 요청하지 않기 때문에 상위코딩계층에서 복구가 안 되는 경우에만 재전송을 요청하여 총 전송시간을 감소시켰다^[9]. 하지만 이러한 연구는 SVC 기법을 사용할 경우 MAC계층을 고려하지 않아 향상 계층만 전송되는 불필요한 재전송이 발생 할 수 있다.

이와 같이 기존의 연구들은 응용계층에 대하여 SVC의 특성을 반영함으로써 데이터 전송과정에서 발생할 수 있는 트래픽 양을 감소시켰다. 하지만 제안하는 기법은 응용계층과 MAC 계층을 동시에 고려함으로써 재전송 과정에서 발생할 수 있는 오버헤드를 추가적으로 줄여 전송효율을 높일 수 있다.

III. 배경 기술

3.1 스케일러블 비디오 코딩

스케일러블 비디오 코딩은 H.265/AVC 표준에서 확장된 표준으로, 하나의 인코딩된 비트스트림으로부터 다양한 해상도와 프레임률로 디코딩할 수 있도록 입력 영상을 계층적으로 인코딩한다. 다양한 해상도와 다양한 화질을 지원하기 위하여 하나의 멀티미디어 스트리밍 데이터를 여러 계층으로 나누어 전송한다. 하나의 멀티미디어 콘텐츠는 하나의 기본 계층과 다수의 향상 계층으로 구성된다. 수신기에서 전송받은 데이터 프레임을 이용하여 디코딩 할 경우, 기본 계층 프레임은 필수적인 기초 비디오 화질을 제공하고, 향상 계층 프레임은 추가적인 데이터를 제공하여 화질을 향상시킨다.

3.2 Delay ACK

일반적으로 프레임 손실이 빈번하게 발생할 수 있는 무선 네트워크 환경에서는 신뢰성을 보장하기 위해 ACK 프레임을 사용한다. 수신측에서 데이터를 성공적으로 수신한 경우 ACK를 송신측에 보내줌으로써 추가적인 자원 없이도 데이터 전달 유무를 확인 하여 다음 데이터를 전송할 수 있다. 그러나 패킷 하나 당 하나의 ACK를 전달 할 경우 ACK 전송 시 발생하는 오버헤드가 크다. 그러므로 수신측에서 일정한 수의 패킷들이 ACK를 모아서 한번의 Block ACK으로 전송할 경우 ACK 전송시간을 줄일 수 있다. 즉, Delay ACK는 블록 단위로 ACK를 전송하여 ACK 전송시간을 줄임으로써 총 전송시간을 감소시킨다.

IV. SVC 인지형 재전송 기법

본 논문에서는 비디오 데이터가 SVC를 통해 하나의 기본 계층과 하나의 향상 계층으로 인코딩된 후, Reed-Solomon(N,K) 기법을 통해 확장되어 버스트 단위로 전송된다고 가정한다. SVC 인지형 재전송 기법 (SVC-Aware Retransmission Scheme: SAR)의 시스템 모델은 그림 1과 같다. Reed-Solomon(N,K) 기법은 대표적인 Erasure coding 기법으로 K개의 프레임을 N개의 프레임으로 확장시킨다. 확장된 데이터 프레임을 과정 (1)과 같이 버스트 단위로 송신할 경우 채널 환경에 따라 프레임 손실이 발생할 수 있다. 이 경우 과정 (2)를 통해 수신한 프레임에 대한 Block ACK를 통해 채널 상태 및 오류 정보를 전송받아 과정 (3)에서 재전송 기법을 통하여 손실된 프레임을 재전송 받아 데이터를 복구한다. 이러한 과정은 두 계층에 대하여 각각

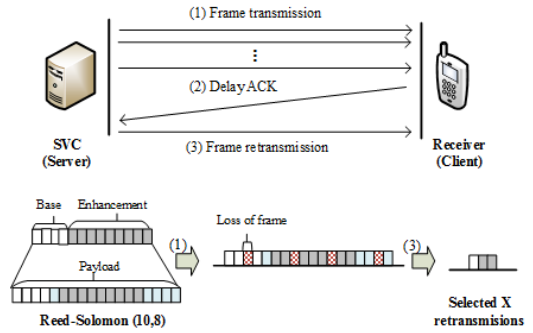


그림 1. 시스템 모델
Fig. 1. System model

적용되는데 각 계층은 변수 $i \in \{B, E\}$ 로, B는 기본 계층, E는 향상 계층을 의미한다. 이 때, 수신기에서 디코딩에 필요한 최소한의 프레임 개수가 N_i 이고 한 번에 전송되는 버스트 크기가 D_i 이다. 만약 N_i 보다 수신 받은 프레임 개수 R_i 가 더 작을 경우, 디코딩을 위하여 추가적인 재전송 개수 x_i 를 요구한다.

SAR은 각 계층의 송신결과에 따라 프레임 전송 손실률 (Frame Error Rate) p 를 반영한 식을 이용하여 디코딩 성공률 $S_{(i,x_i)}$ 을 구한다. $S_{(i,x_i)}$ 는 식 (1)과 같이 정의된다.

$$S_{(i,x_i)} = \sum_{k=N_i-R_i}^{x_i} \binom{x_i}{k} (1-p)^k p^{x_i-k}. \quad (1)$$

$S_{(i,x_i)}$ 를 기반으로 $N_i - R_i \leq x_i \leq D_i - R_i$ 의 범위에서 디코딩 임계값 θ_i 을 만족하는 최소값을 최적의 재전송 개수 X_i 로 결정한다. 즉, X_i 는 $S_{(i,x_i)} \geq \theta_i$ 에서 복구할 수 있는 데이터 개수 $N_i - R_i$ 보다는 크거나 같아야 하고, 손실된 모든 프레임 개수 $D_i - R_i$ 보다는 작거나 같아야 한다. 이 때, θ_i 는 응용 서비스에서 요구하는 최소의 디코딩 성공률 또는 화질 수치를 나타내는 값이기 때문에 대상으로 하는 응용 서비스 제공업자의 정책에 의해서 결정된다. 다만 θ_i 가 높을수록 높은 디코딩 성공률을 가지지만 전송해야 하는 프레임 개수가 증가할 수 있으므로 이를 모두 고려하여 그 값이 결정되어야 한다.

SAR은 각 계층의 데이터 전송 결과에 따라 다음과 같이 총 네 가지의 재전송 경우를 가진다.

첫 번째, 기본 계층과 향상 계층 모두 디코딩에 필요한 데이터를 수신한 경우이다. (즉, $R_B \geq N_B$ 와

$R_E \geq N_E$). 이 경우, 별도의 재전송을 필요로 하지 않는다.

두 번째, 기본 계층만 디코딩에 필요한 데이터를 수신한 경우이다. (즉, $R_B \geq N_B$ 와 $R_E < N_E$). 이 경우 디코딩은 가능하지만 요구되는 화질을 만족시키지 못한다. 즉, QoS를 보장하기 위하여 추가적인 향상 계층의 재전송이 필요하다. 식 (2)와 같이 $S_{(E,x_E)}$ 가 향상 계층의 임계값 θ_E 를 만족하는 최소값 x_E 를 향상 계층의 재전송 개수 X_E 로 선택한다. θ_E 는 전송 비디오의 화질을 향상시키기 위한 추가적인 데이터의 최소 디코딩 성공률이다.

$$X_E = \operatorname{argmin}_{x_E} S_{(E,x_E)} \quad (2)$$

$$\text{subject to } S_{(E,x_E)} \geq \theta_E.$$

세 번째, 향상 계층만 디코딩에 필요한 데이터를 수신한 경우이다. (즉, $R_E \geq N_E$ 와 $R_B < N_B$). 이 경우 디코딩을 위한 기본 계층 데이터의 재전송이 필수적이다. 식 (3)과 같이 $S_{(B,x_B)}$ 가 기본 계층의 임계값 θ_B 를 만족하는 최소값 x_B 를 기본 계층의 재전송 개수 X_B 로 선택한다. θ_B 는 전송 비디오의 최소 요구 화질을 만족시키기 위한 최소 디코딩 성공률이다.

$$X_B = \operatorname{argmin}_{x_B} S_{(B,x_B)} \quad (3)$$

$$\text{subject to } S_{(B,x_B)} \geq \theta_B.$$

네 번째, 두 계층 모두 디코딩에 필요한 데이터를 충분히 수신하지 못한 경우이다. (즉, $R_B < N_B$ 와 $R_E < N_E$). 이 경우 재전송 개수를 선택하기 위한 알고리즘이 두 계층에 대하여 동시에 적용되어 X_B 와 X_E 가 연관되어 결정된다. 우선 식 (3)을 이용하여 제약조건 (즉, $S_{(B,x_B)} \geq \theta_B$)을 만족하는 X_B 와 그에 해당하는 $S_{(B,X_B)}$ 를 계산한다. 향상 계층의 경우 기본 계층이 디코딩에 성공한 경우 (즉, 두 계층 모두 디코딩에 성공한 경우)에만 디코딩이 가능하기 때문에 $S_{(B,X_B)}$ 와 $S_{(E,x_E)}$ 의 곱이 θ_E 보다 크게 되는 X_E 를 구하게 된다. 이와 같이 X_E 를 구할 때 기본 계층의 디코딩 확률도 함께 고려함으로써 두 계층의 디코딩을 동시에 만족시킬 수 있는 최소 재전송 개수를 구할 수 있게 되는 것이다. 만약 X_E 가 최대값 (즉, $D_E - R_E$)임에도 불구하고 θ_E 이상의 디코딩 확률을 만족시키지 못할 경우 식

(3)의 X_B 를 하나씩 증가시키면서 θ_E 를 만족시키는 X_E 가 있는지를 찾게 된다.

이와 같이 최적의 재전송 개수를 선택할 때 디코딩 성공률을 반영할 경우, 원하는 디코딩 성공률을 만족시키는 범위에서 최소의 재전송 개수를 선택할 수 있다. 특히, 수신한 데이터 프레임 유형에 따라 다른 재전송 기법을 선택적으로 적용함으로써 SVC의 코딩 특성을 재전송 과정에 반영하여 불필요한 재전송을 제거할 수 있다.

아래부터 ECAD와 SAR의 간단한 동작예시를 통하여 기법의 특성을 비교할 것이다. 그림 2는 기본 계층과 향상 계층 모두 재전송을 요청하는 경우를 가정한다. 기본 계층 프레임 4개 (N_B : 3개), 향상 계층 프레임 7개 (N_E : 5개)를 전송할 경우 R_B 와 R_E 는 각각 2개, 4개이다. 이 경우 디코딩을 위하여 추가적인 x_B 는 1개, x_E 는 2개가 필요하다. 이 때, 재전송 기법을 적용하여 최적의 재전송 개수를 선택할 수 있다. ECAD의 경우 채널 환경을 고려하여 X_B 는 1개, X_E 는 4개를 선택하여 전송한 결과, 1개의 X_B 와 2개의 X_E 가 손실되었다. 이 경우 $R_B < N_B$ 와 $R_E \geq N_E$ 이다. 즉, 향상 계층 프레임만 성공적으로 수신하였기 때문에 최종적으로 수신기에서 데이터 복구를 할 수 없다. SAR의 경우 데이터 프레임의 계층적 특성을 추가적으로 고려하여 X_B 는 2개, X_E 는 4개를 선택하여 전송한 결과, 1개의 X_B 와 2개의 X_E 가 손실되었다. 이 경우 $R_B \geq N_B$ 와 $R_E \geq N_E$ 이므로 두 계층 프레임 모두 데이터 복구가 가능하다. SAR은 채널환경이 좋지 않을 경우 $S_{(B,x_B)} \geq \theta_B$ 와 $S_{(E,x_E)} \geq \theta_E$ 를 모두 만족시키기 위하여 X_B 개수를 증가시키면서 두 계층을 모두 만족시키는 X_E 를 선택하였다, 즉, SAR은 각 계층의 디코딩 성공률을 모두 반영하여 재전송 개수를 선택함으로써 향

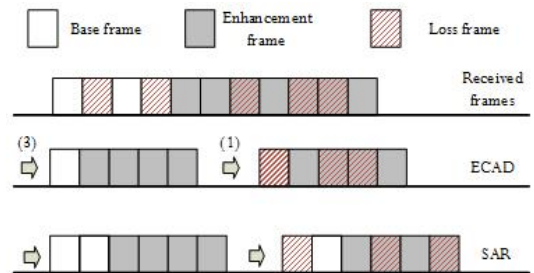


그림 2. 기법 예시
Fig. 2. Example of SAR

상 계층만 전송되는 불필요한 경우를 제거하여 전송과정에서 발생하는 총 전송시간을 줄이고, 요구하는 데이터 디코딩 성공률을 만족하여 QoS를 보장한다.

V. 시뮬레이션 결과

우리는 SAR의 전송 효율성을 증명하기 위해 C++을 이용하여 데이터 전송과정을 구현하였다. 송신측은 수신측의 FER 값을 ACK 등을 통해 통보받는다 것을 가정하였다⁶⁾. SAR을 이용하여 비디오 데이터를 전송할 경우 발생하는 불필요한 재전송 개수와 이에 따른 총 전송시간 그리고 최종 비디오 디코딩 성공률을 FER에 따라 그림으로 나타내었다. 기존 기법과의 비교를 위해서 Delay ACK, ECAD에 대해서도 각각 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션은 멀티기가 비트 전송이 가능한 IEEE 802.11ad¹⁰⁾ 기준으로 진행하였으며 사용된 파라미터는 표 1에 요약하였다. 재전송 횟수는 총 3회로 제한하였다.

그림 3은 불필요한 재전송 개수를 보여준다. Delay ACK의 경우 수신기에서 Erasure coding 기법에 대한 고려 없이 하나의 버스트에서 발생한 오류 개수만큼 재전송 해주기 때문에 불필요한 재전송 개수가 매우 많다. 그러나 ECAD를 이용하면 FER을 고려하여 최적의 재전송 개수를 선택해 전송하므로 불필요한 재전송 개수를 효과적으로 줄일 수 있다. 추가적으로 멀티미디어 콘텐츠 특성까지 고려한 SAR을 사용할 경우 항상 계층만 재전송되는 경우를 제거함으로써 불필요한 재전송을 추가적으로 줄일 수 있다. 예를 들어 FER이 0.3일 때, Delay ACK, ECAD에 비해 각각 93.1%, 82.0% 감소한다.

일반적으로 재전송 개수는 전송과정에서 추가적인 오버헤드를 가지므로, 이에 따라 불필요한 재전송의 감소는 총 전송시간에도 영향을 미친다. 이는 그림 4에

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameter

Parameter	Value	Parameter	Value
Payload size	512 bytes	MIFS/SIFS /RIFS	0.5/3/1 us
MAC header	10 bytes	PHY header	10 bytes
Data rate	6.756 Gb/s	Erasure coding	(10,8)
Base rate	25.8 Mb/s	Burst size	10
θ_B	0.9	θ_E	0.8

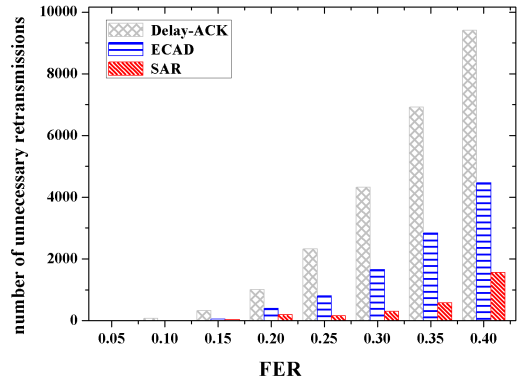


그림 3. 불필요한 재전송 횟수
Fig. 3. Number of unnecessary retransmissions

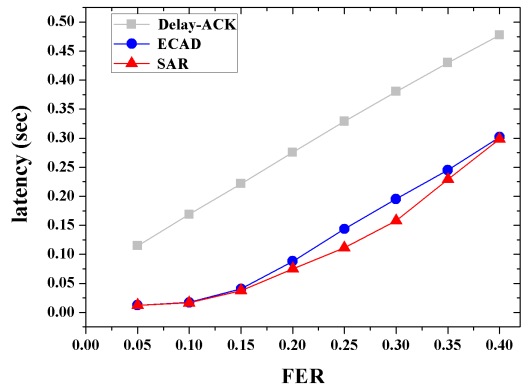


그림 4. 총 전송시간
Fig. 4. Total transmission latency

나타나왔다. 채널 환경이 나빠질수록 SAR은 기존 Delay ACK에 비해서 총 전송 시간이 감소한 것을 확인할 수 있다. ECAD의 경우 마찬가지로 총 전송시간이 점차 감소한다. 예를 들어 FER이 0.3일 때, Delay ACK, ECAD에 비해 각각 58.4%, 19.1% 감소한다. 그러나 FER이 0.35보다 커질수록 그 차이가 작아진다. 이는 채널 상태가 매우 나쁠 경우, 전송과정에서 대부분의 데이터가 재전송을 요구하기 때문에 빈번하게 두 계층의 재전송 개수가 최대값으로 선택되기 때문이다. 즉, 채널 상태가 매우 나쁠 경우, ECAD와 SAR 모두 재오류를 방지하기 위해서 최대 재전송 개수를 선택하기 때문에 채널 상태가 나빠질수록 전송시간이 점차 비슷해진다.

하지만 제안하는 기법은 두 계층 모두 전송을 실패한 경우 항상 계층의 재전송 개수를 구할 때 기본 계층의 디코딩 성공률을 반영함으로써 항상 계층만 전송되

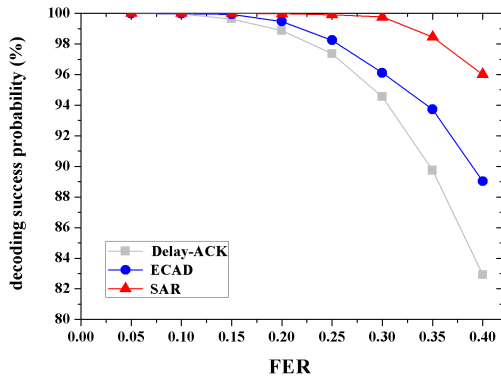


그림 5. 최종 디코딩 성공률
Fig. 5. Decoding success probability

는 불필요한 경우를 방지하였기 때문에 기존의 기법들에 비해 높은 디코딩 성공률을 보장한다. 이는 그림 5를 통해 확인 할 수 있다. 그림 5은 각 기법에 따른 최종 디코딩 성공률을 나타낸다. Delay ACK와 ECAD의 경우 채널 상태가 나빠질수록 최종 디코딩 성공률이 급격하게 감소하여, FER이 0.3일 경우 95% 이하로 떨어지는 것을 확인 할 수 있다. 하지만 SAR의 경우 100%에 가까운 성공률을 가진다. 이와 같이, SAR을 이용할 경우 최종 비디오 디코딩 성공률이 항상 95% 이상을 유지하므로 채널 환경과 관계없이 항상 높은 QoS를 보장해준다.

VI. 결 론

본 논문에서 우리는 무선망 네트워크에서 멀티미디어 스트리밍 어플리케이션 전송을 위한 SVC 인지형 재전송 기법을 제안하였다. 기존의 기법에 비해 불필요한 재전송을 제거함으로써 총 전송시간이 줄어들고, 항상 높은 디코딩 성공률을 유지하는 것을 시뮬레이션 결과를 통해 확인하였다. 좀 더 나아가 우리는 실제적인 환경에서 평가가 필요하다.

References

[1] N. Kim, W. Kim, and S. Pack, "SVC-aware retransmission scheme in multi-gigabit wireless local area networks," in *Proc. ICT Convergence (ICTC) 2013*, pp. 96-97, Jeju Island, Korea, Oct. 2013.

[2] IEEE Std 802.11, Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC)

and Physical Layer (PHY) Specifications, Mar. 2012.

[3] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand, "Overview of the scalable video coding extension of the H.264/AVC standard," *IEEE Trans. Circuits and Syst. for Video Technol.*, vol. 17, no. 9, pp. 1103-1120, Sept. 2007.

[4] K. Go, H. Lee, J. Kim, and S. Choo, "QoS guarantee for service classes based on performance analysis of cross-layer retransmission scheme," *J. KICS*, vol. 35, no. 2, pp. 95-104, Feb. 2010.

[5] W. Lim, D. Kim, and Y. Suh, "Design of efficient multicast protocol for IEEE 802.11n WLANs and cross-layer optimization for scalable video streaming," *IEEE Trans. Mobile Computing*, vol. 11, no. 5, pp. 780-792, May 2012.

[6] Y. P. Fallah, H. Mansour, S. Khan, P. Nasiopoulos, and H. M. Alnuweiri, "A link adaptation scheme for efficient transmission of H.264 scalable video over multirate WLANs," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 18, pp. 875-887, Jul. 2008.

[7] L. Cai, S. Xiang, Y. Luo, and J. Pan, "Scalable modulation for video transmission in wireless networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 60, no. 9, pp. 4314-4323, Nov. 2011.

[8] S. Wang, C. Gong, X. Wang, and M. Liang, "An efficient retransmission strategy for wireless scalable video multicast," *IEEE Wireless Commun. Lett.*, vol. 1, no. 6, pp. 581-584, Dec. 2012.

[9] T. Song, W. Kim, and S. Pack, "A channel-adaptive retransmission mechanism in erasure coding based wireless multimedia systems," in *Proc. JCCI 2011*, Busan, Korea, May 2011.

[10] IEEE P802.11ad-2010, IEEE 802 Part 11: Wireless LAN Medium Access Control 5 (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications - Amendment 6: Enhancements for Very High Throughput in the 60GHz Band, Jun. 2010.

김 나 명 (Namyong Kim)



2013년 2월 : 이화여자대학교 전
자공학과 졸업
2013년 3월~현재 : 고려대학 전
기전자공학과 석사과정
<관심분야> 미래인터넷, 무선
이동 네트워크

김 원 중 (Wonjung Kim)



2010년 2월 : 고려대학교 전기전
자전파공학부 졸업
2012년 2월 : 고려대학교 전기전
자전파공학과 석사졸업
2012년 3월~현재 : 고려대학교
전기전자전파공학과 박사과정
<관심분야> 무선 이동 네트워
크, 지향성 MAC

송 태 원 (Taewon Song)



2010년 2월 : 고려대학교 전기
전자전파공학부 졸업
2010년 3월~현재 : 고려대학교
전기전자공학과 석박사 통합
과정
<관심분야> 무선인터넷, 지향성
MAC

백 상 현 (Sangheon Pack)



2000년 2월 : 서울대학교 컴퓨터
공학부 졸업
2005년 2월 : 서울대학교 전기컴
퓨터공학부 박사졸업
2007년 3월~현재 : 고려대학교
전기전자전파공학부 부교수
<관심분야> 미래인터넷, 무선
이동 네트워크