

# 안정적 Wi-Fi 방송 서비스를 위한 무선 랜 전송 특성 분석

준회원 정재현\*, 정회원 김동현\*, 종신회원 김종덕\*

## Analysis of IEEE 802.11 Broadcast for Reliable Wi-Fi Broadcast

Jae-Hyoun Jung\* Associate Member, Dong-Hyoun Kim\* Regular Member,  
Jong-Deok Kim\*<sup>o</sup> Lifelong Member

### 요약

무선 랜 기술을 방송 분야에 응용하기 위해서는 IEEE 802.11 방송 패킷에 대한 이해가 필요하다. 현재 IEEE 802.11 방송 패킷 전송 기술은 Unicast 패킷 전송 기술에 비해 콘텐츠 전달의 신뢰성을 보장할 수 없다는 단점이 있다. 이러한 무선 랜 방송 기술의 손실률 제어를 위한 기법으로 FEC가 주로 사용되고 있다. 무선 랜 방송 기술에 FEC 기법을 활용함에 있어서 핵심은 부구를 위한 여분의 패킷 양을 결정하는 것이다. 이에 본 논문은 먼저 다중 무선 랜 전송률(1-54Mbps)이 지원되는 방송 테스트베드를 구성하였다. 그리고 방송 패킷의 길이, 무선 랜 전송률, 주변 환경에 따른 손실률을 구하고 손실률을 최소화 할 수 있는 인자들의 값을 도출 하였다. 나아가 구해진 손실률을 이용하여 FEC 여분 패킷 양을 결정하였다.

**Key Words** : Wi-Fi Broadcasting System, Forward Error Correction

### ABSTRACT

To apply Wi-Fi technique to the Broadcast field, we have to study features of IEEE 802.11 Broadcast packet. IEEE 802.11 Broadcast technique cannot guarantee successful packet delivery than IEEE 802.11 Unicast. A promising solution to this problem is the use of FEC(Forward Error Correction) mechanisms. However, the adjustment of the FEC redundancy rate is not a trivial issue due to the dynamic wireless environment. In order to explore the above issues we conducted an experimental study of the packet loss behavior of the IEEE 802.11g protocol. In order to study, we implemented a broadcast test bed. Based on the experimental results, we provide guidelines on wireless lan parameters(packet size, transmission rate(11g), background traffic). From this experimental study, we provide FEC redundancy rate.

### I. 서론

최근 PDA, 스마트폰, 휴대폰 등의 모바일 무선 임베디드 시스템은 기존 통신 기능 외에 스트리밍 콘텐츠 응용을 수용할 수 있게 되었다. 특히, 무선 랜을 통해 인터넷을 이용할 수 있고, 동영상 스트리밍 서비스를 제공 받을 수 있는 제품들이 많이 출시되고 있다.

우리는 이러한 무선 랜 기술을 방송분야에 응용하고자 한다.

그림 1은 방송 서버와 무선 랜 방송 AP 그리고 무선 랜 단말들을 이용한 무선 랜 방송 시스템을 나타낸 그림이다. 송신부는 방송 패킷을 생성하는 방송 서버와 AP로 구성된다. 서버와 AP의 연결은 신뢰도가 높은 유선망을 사용한다. 수신부는 스마트폰, 노트북,

\* "이 논문은 부산대학교 자유 과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음"

\* 부산대학교 컴퓨터공학과 이동통신연구실 (jungjh@pusan.ac.kr), (°: 교신저자)

논문번호: KICS2010-12-645, 접수일자: 2010년 12월 31일, 최종논문접수일자: 2011년 8월 3일

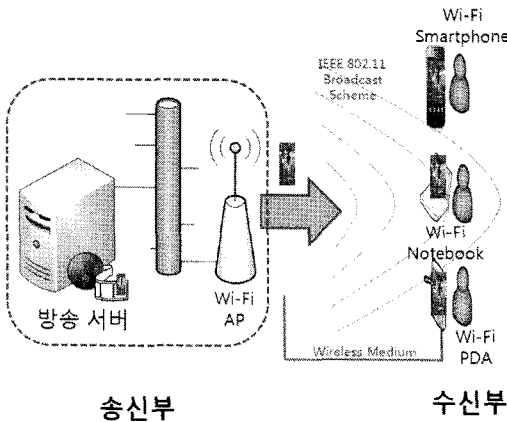


그림 1. 무선 랜 방송 시스템

PDA 등 다양한 무선 랜 단말로 구성된다. 무선 랜 방송 시스템은 다중 단말들에게 동일한 콘텐츠의 동시 전송을 가능하게 한다. 이러한 무선 랜 방송 기술은 무선 랜 Unicast 기술에 비해 네트워크 자원을 절약한다.

하지만, 그림1의 방송 시스템에서 IEEE 802.11 Broadcast<sup>[1]</sup> 표준은 무선 랜 방송에서 손실된 데이터를 위한 재전송 기법 등을 제공하지 않는다. 때문에 무선 랜 환경에서 Unicast 기술에 비해 높은 손실률을 가진다.

무선 랜 방송 시스템에서 무선 랜 환경의 변화와 손실률 변화는 방송 콘텐츠 전송의 신뢰성을 보장할 수 없게 만드는 요인들이다. 따라서 우리는 정확한 무선 채널 상태 평가와 효과적인 방송 패킷의 손실률 처리 기법 등이 필요하다.

FEC(Forward Error Correction)는 그림1과 같은 방송 시스템에서 다중 수신 단말들이 각자 해당 무선 환경에 따른 손실된 방송 패킷을 복구하는데 효과적인 기술이다.

FEC 기술은 손실 패킷 검출과 손실 정정 코드들로 구분된다. 방송 시스템에서 수신 단말의 링크 계층에서는 CRC(Cyclic Redundancy Check) 기법 등을 이용해 손실 패킷을 검출하고 삭제한다. 그리고 상위 계층에서 Erasure Code<sup>[2]</sup>를 이용하여 삭제된 패킷들을 처리한다. 본 논문은 FEC 기술 중 그림 1과 같은 방송 시스템에서 주로 사용하고 있는 Block Erasure Code의 사용을 가정한다<sup>[3]</sup>.

Block Erasure Code는 손실을 정정하기 위해 여분의 정보를 이용한다. 예를 들어,  $(n, k)$  Block Erasure Code에서  $k$ 는 원본 패킷이고,  $n$ 은  $(n-k)$ 개의 여분 패킷과  $k$ 개의 원본 패킷들로 이루어져 있다.  $(n-k)$ 개의

여분 패킷들은 손실된 패킷 각각을 대신해 원본 복구에 사용된다.

그림 1 방송 시스템에서 방송 패킷 전송 성공률은 무선 랜 전송률, 방송 패킷의 크기, 무선 랜 환경, 패킷 생성 속도 등의 인자들에 의해 결정된다.

본 연구는 위 인자들을 달리하여 방송 패킷 손실률을 구할 수 있는 테스트베드를 구성하였다. 그리고 실제 IEEE 802.11g 무선 랜 환경에서 인자들을 고려한 방송 패킷 손실률을 측정하고 분석하였다.

분석을 통해 우리는 실제 방송시스템에서 안정적 방송 서비스를 지원할 수 있는 무선 랜 전송률 범위와 방송 패킷의 크기, 그리고 그에 따른 FEC  $(n, k)$ 인자 도출 방법 등을 제시한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무선 랜 방송 기술 표준인 IEEE 802.11 Broadcast 성능을 분석한 기존 논문과 FEC 성능을 분석한 논문을 살펴본다. 3장에서는 무선 랜 방송 패킷의 전송 특성을 분석하기 위한 테스트베드 구축 방법을 이야기 하고 4장에서는 실험 방법론을 제시한다. 5장에서 실험 결과를 분석하고 6장 결론으로 논문을 마무리 짓는다.

## II. 관련연구

무선 방송 기술의 표준인 IEEE 802.11 Broadcast 패킷의 성능을 분석한 [5-8]은 MAC 프로토콜을 Markov Chain<sup>[4]</sup>을 이용하여 모델링하였다. 그리고 방송 패킷의 성능에 영향을 미치는 인자들을 제시하고 방송 패킷의 특성을 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

[5]는 STA(Station) 수에 따른 Throughput과 패킷 지연, 전송 성공률을 분석했다. [6]은 방송 패킷 생성률에 따른 네트워크 throughput과 전송 성공률을 분석했다. [7]은 STA들이 방송 패킷과 Unicast 패킷을 무한으로 발생시키는 상황을 가정하고 패킷 길이와 STA 수에 따른 망의 Throughput을 분석하였다. [8]은 [7]과 달리 STA들의 방송 패킷 혹은 Unicast 패킷 생성을 Poisson Arrival 기법을 이용해 모델링 하였다. 따라서 불포화 네트워크 상황을 가정한다. [8]은 이러한 환경에서 Unicast와 방송 패킷의 점유율, 생성 패킷의 증가에 따른 패킷들의 전송 성공률을 분석하였다.

이러한 기존 논문들을 통해 우리는 방송 패킷의 생성률, 패킷 길이, 무선 랜 환경 등이 네트워크의 성능 혹은 방송 패킷 전송 성공률 등에 영향을 미친다는 사실을 확인 할 수 있었다.

[5-8]에서의 시뮬레이션은 모든 STA들이 방송 패킷 혹은 Unicast 패킷을 생성할 때 방송 패킷의 성능

을 분석한 연구이다. 반면 우리가 구현하고자 하는 방송 시스템은 방송 AP가 방송 패킷을 발생 한다. 우리는 이러한 방송 시스템에서 무선 랜 방송 인자들에 따른 방송 패킷의 전송 성공률 등을 분석하고자 한다.

[9]는 무선 랜 방송 패킷의 무선 랜 전송률을 Unicast 기법과 같이 RSSI(Received Signal Strength Indication)에 따라 조정했을 때 성능 향상을 시뮬레이션을 통해 보였다.

[10]은 충돌로 인한 무선 랜 방송 패킷의 손실률을 모델링하고 FEC를 적용했을 때 패킷 생성 속도에 따른 손실률을 시뮬레이션을 통해 보였다. [10]에서 우리는 일반적인 무선 랜 환경에서 방송 패킷의 손실률을 확인할 수 있고, FEC를 적용했을 때 생성속도에 따른 손실률을 알 수 있다. 하지만, 실제 무선 랜 환경을 고려하지 않은 한계점이 있다.

본 논문은 실제 IEEE 802.11g 무선 랜에서 FEC를 적용한 방송 패킷의 특성을 연구한다. 먼저 무선 랜 전송률을 1-54Mbps로 변경 할 수 있는 테스트베드를 구성했다. 그리고 무선 랜 전송률, 패킷 길이, 실험 환경에 따른 방송 패킷 손실률을 구했다. 나아가서 도출한 최저 손실률을 이용하여 FEC 기법의 복구를 위한 여분의 패킷 양을 결정하였다.

### III. 테스트베드

그림 2는 방송 패킷의 무선 랜 전송률, 방송 패킷 길이, 실험 환경에 따른 특성을 분석하기 위한 테스트베드 이다.

테스트베드는 방송 서버, 방송 AP, 그리고 방송 수신을 위한 수신 단말들로 구성 된다. 방송 서버는 방송 패킷 관련 인자(무선 랜 전송률, 방송 패킷 길이, 생성 속도)들의 값을 달리하여 CBR(Constant Bit Rate) 방송 패킷을 생성한다.

생성하는 방송 패킷 헤더와 Payload 사이에는 ML(Monitoring Layer)헤더를 삽입하였다. ML 헤더는

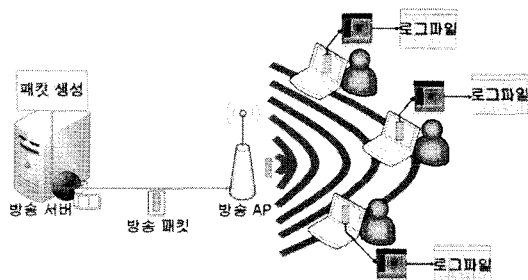


그림 2. 테스트베드

무선 랜 전송률, 순서번호, payload 길이, 패킷 송신 시간, 수신 시간 등으로 구성된다.

무선 랜 방송 AP는 Atheros Chipset 11g랜 카드를 이용한다. 그리고 Open Source 기반 Madwifi 네트워크 디바이스 드라이버를 수정하여 방송 패킷의 무선 랜 전송률을 1-54 Mbps까지 사용할 수 있게 하였다. 서버 측에서 전송한 방송 패킷은 유선 인터페이스를 통해 AP에 들어간다. 그리고 무선 인터페이스를 통해 수신 단말들로 방송된다. 방송 서버는 생성하는 방송 패킷의 TOS 상위 4bit에 서비스 받을 무선 랜 전송률을 표기한다. AP는 표기 된 무선 랜 전송률을 이용해 실제 단말들로 방송 할 패킷의 무선 랜 전송률에 적용한다.

방송 테스트베드에서 수신 단말은 방송된 패킷을 수신하고 삽입 된 ML헤더를 이용하여 로그를 기록한다. 기록되는 로그 파일의 필드는 방송 패킷 순서번호, 송신 시간, 수신 시간, 패킷 길이, 무선 랜 전송률 등이다. 이러한 필드를 이용하여 우리는 무선 랜 방송 패킷의 평균 손실률을 구한다.

### IV. 실험 방법론

#### 4.1 실험인자

표 1은 방송 패킷의 무선 랜 전송 특성을 분석하기 위한 실험 인자들이다.  $R_{phy}$ 는 방송 패킷의 무선 랜 전송률을 의미한다. IEEE 802.11g에서는 1-54Mbps 무선 랜 전송률을 이용할 수 있다.

Youtube, Africa등의 실시간 멀티미디어 방송을 모니터링 한 결과 오디오 패킷들의 크기는 보통 100-300Byte였다. 표 1에서  $S_{psize}$  최소값(payload 크기 250Byte)은 이러한 오디오 패킷을 가정하고 설정하였다.  $S_{psize}$  최대값은 이더넷 MTU(Maximum Transmission Unit) 1500Byte와 밀접한 관련이 있다.

$B_{exist}$  인자는 실험에서 주변 트래픽의 존재 여부를 표기한다. 예를 들어  $B_{exist} = True$ 이면 주변 트래픽이 존재한다는 의미다.

$B_{drate}$  인자는  $B_{exist} = True$ 일 때 주변 트래픽의 생성 속도를 의미한다. 초당 수백에서 수천Kbit의 패킷을 생성한다.  $S_{drate}$  인자는 서버에서 생성하는 CBR 방송 트래픽의 데이터률이다.

$P_{error}$  심볼은 실험을 통해 얻을 수 있는 무선 랜 방송 패킷의 평균 손실률이다.

표 1. 무선 랜 방송 패킷 실험 인자  
Table. 1 Parameter of Broadcast Experiment in the Wireless Lan

인자 이름	인자의 의미	실험 값
$R_{phy}$	방송 패킷의 무선 랜 전송률	1Mbps - 54Mbps
$S_{psize}$	한 패킷에 포함하는 Payload 의 크기	250Byte - 1450Byte
$B_{exist}$	배경 / 경쟁 트래픽의 존재 여부	True or False
$B_{drate}$	배경 트래픽의 생성 속도(payload만 계산, 즉 각종 헤더는 제외)	수백 Kbps - 수천 Kbps
$S_{drate}$	생성할 CBR 방송 트래픽의 평균 데이터률	수백 Kbps - 수천 Kbps
$P_{error}$	실험을 통한 평균 손실률	0% - 100%

#### 4.2 실험방법

$$P_{error} = f(R_{phy}, S_{psize}, B_{exist}, B_{drate}, S_{drate}) \quad (1)$$

수식 (1)은 실험의 평균 손실률에 영향을 미치는 인자들의 조합을 나타내었다. 첫 번째 실험(Exp1)은  $B_{exist} = \text{False}$ ,  $B_{drate} = 0$ ,  $S_{drate} =$  무선 랜 대역폭/2 로 두었을 때  $R_{phy}$ 와  $S_{psize}$  인자에 따른 방송 패킷 손실률( $P_{error}$ )을 구한다.

무선 랜 대역폭은 Iperf<sup>[11]</sup>를 이용하여 구해지는 UDP 대역폭이다. Iperf 서버와 클라이언트를 설정하고 클라이언트에서 서버로 최대 54Mbps 트래픽을 발생 시킨다. 발생된 트래픽을 수신한 서버는 손실률을 기록한다. 기록된 로그에 의해 UDP 대역폭을 구할 수 있다.

$S_{drate}$ 인자를 무선 랜 대역폭의 50%와 같이 설정한 이유는 다음과 같다. 실제 무선 랜 환경은 IEEE 802.11 프로토콜을 위한 관리 프레임이 존재한다. 때문에 STA이 데이터를 전송하고자 할 때 패킷 간 경쟁과 간섭이 있다. 따라서 우리는 무선 랜 대역폭의 절반은 관리 프레임과 가변적인 무선 트래픽에 의해 사용될 수 있게 한다.

첫 번째 실험(Exp1)을 통해 우리는 패킷 전송 성공률 측면에서 우수한  $R_{phy}$  범위와  $S_{psize}$ 를 결정할 수 있다.

두 번째 실험(Exp2)은 앞서 실험에서 도출한  $R_{phy}$  범위와  $S_{psize}$ 인자를 이용한다. 그리고  $B_{exist} = \text{True}$ ,  $B_{drate}$  변화에 따른 무선 랜 방송 패킷의 손실률을 도출한다.

#### 4.3. FEC 인자 결정 및 적용

$P_{error}$ 를 손실률,  $k$ 를 원본 패킷의 수,  $m$ 을 손실 복구를 위한 패킷의 수라고 하자. 먼저 FEC 비율은

무선 랜 방송 패킷의 전송 성공률(전송 성공한 방송 패킷 수 / 복구 패킷이 포함 된 전체 전송 패킷의 수)과 같다.

FEC Block Erasure Code 기법에서는 전송에 성공한 방송 패킷은 최소  $k$ 개 이상이 되어야 한다. 따라서 FEC 비율은  $(k / k+m)$ 로 나타낼 수 있다.

$$\frac{k}{k+m} = 1 - P_{error} \quad (2)$$

수식 (2)는 FEC ( $n,k$ )인자와 전송 성공률의 관계를 정리한 것이다.

$$m = kP_{error} / (1 - P_{error}) \quad (3)$$

수식 (2)로부터 FEC 복구 패킷의 수  $m$ 은 수식 (3)에 의해 결정 된다<sup>[12]</sup>. 수식 (3)을 보면 여분의 복구 패킷의 양은  $P_{error}$ 와 밀접한 관계가 있다. 즉  $P_{error}$ 가 최소 일때,  $m$  또한 최소 이다. 우리는 실험에서  $P_{error}$ 를 최소로 하는  $R_{phy}$ ,  $S_{psize}$  인자들의 조합을 찾았다. 이 때  $S_{drate}$ 과  $B_{drate}$  인자 변화에 따른 FEC 복구 패킷의 양을 결정하였다.

5.4장에서 우리는 Exp1과 Exp2 실험에서 얻어진 손실률을 이용하여 복구 패킷의 양을 결정한다(Exp3).

### V. 실험 및 결과 분석

#### 5.1 실험환경

그림 3은 테스트베드를 이용하여 실내 무선 랜 이용률을 모니터링 한 결과 그래프이다. 수신 노트북은 Atheros Chipset 무선 랜 카드를 이용하였다. 그리고 11g 채널을 60분간 모니터링 하여 매초 무선 랜 이용률을 구했다. 그래프 가로축은 시간을 나타낸다. 그리

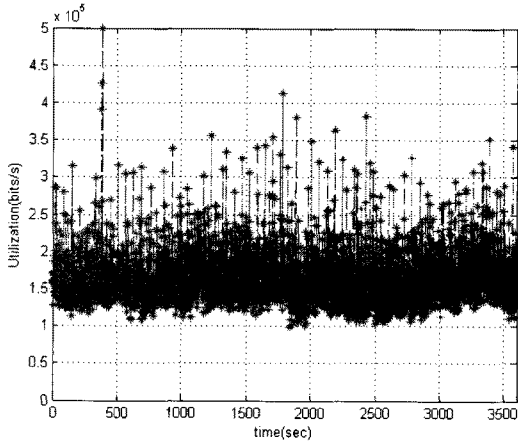


그림 3. 실내 무선 트래픽

고 세로축은 초당 무선 랜 이용률을 나타낸다. 실험 결과 실내 환경에서 무선 랜 이용률은 최소 98Kbps, 최대 497Kbps로 가변적이다. 초당 평균 무선 랜 이용률은 165Kbps이다. 무선 랜 방송 패킷의 전송 특성을 분석하는 실험은 위와 같은 환경에서 수행된다.

5.2 무선 랜 전송률과 패킷 길이에 따른 방송 패킷 손실률 분석(Exp1)

이번 장에서 Exp1 실험은 수식 1에서  $R_{phy}$ 와  $S_{psize}$  인자에 따른 방송 패킷 손실률을 구한다. 먼저  $S_{drate}$ 을 구하기 위해 실내 실험 환경의 무선 랜 대역폭을 구했다.

실험을 위해 그림 2 테스트베드 송신부에 Iperf 클라이언트 프로그램을 동작 시키고 최대 54Mbps UDP 트래픽을 120 초간 발생 시켰다. 그리고 수신 단말에 Iperf 서버 프로그램을 동작 시켰다. Iperf 클라이언트는 서버의 응답 메시지에 의해 전송률을 결정한다. 트래픽이 발생 되는 동안 Iperf 서버는 매초수신한 패킷의 양을 기록한다.

그림 4는 연구실에서 UDP 무선 랜 대역폭을 매초 표시한 그래프이다. 실내 무선 랜 환경의 대역폭 또한 그림에서 보는 바와 같이 가변적이다. 그래프에서 최대 무선 랜 대역폭은 25.8Mbps이고 최소 대역폭은 12.8Mbps이다. 그리고 실험 시간(120초)동안 평균 무선 랜 대역폭은 21.94Mbps 이다. 우리는 위 실험을 통해  $S_{drate}$ 을 10Mbps로 설정 하였다.

무선 랜 전송률과 패킷 길이에 따른 방송 패킷의 손실률을 분석하기 위한 실험 인자는 표 2와 같다.

아래 그림 5는 표 2 실험 인자를 이용한 Exp1의 손실률 그래프이다. 방송 테스트베드 송신부에서  $R_{phy}$  인자와,  $S_{psize}$  인자를 표2와 같이 변경 하면서 매번

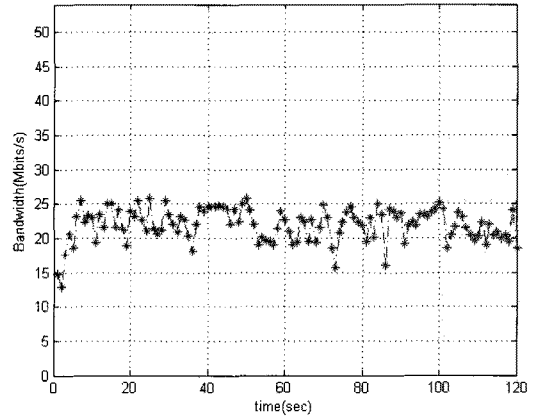


그림 4. 실내 무선 랜 대역폭

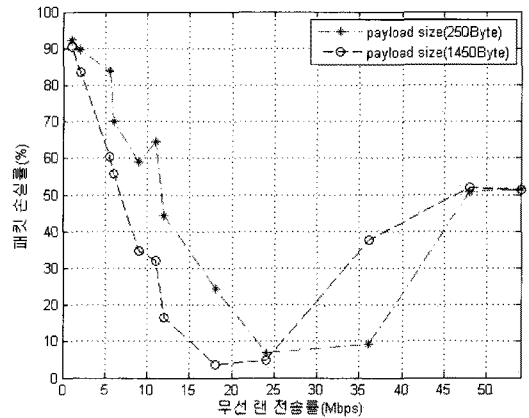


그림 5. 250 / 1450Byte 방송 패킷의 손실률

표 2. Exp1 실험 인자

인자	세부 인자 및 사용 값
$R_{phy}$	1-54Mbps(11g)
$S_{psize}$	250, 1450Byte
$B_{exist}$	False
$B_{drate}$	0
$S_{drate}$	10Mbps

10000개의 방송 패킷을 송신하고 수신부에서 남긴 로그를 이용해 패킷 손실률을 구하였다.

L과 FEC 손실 복구 패킷의 양의 관계는 L이 낮을 때 FEC 손실 복구 패킷의 양 또한 줄어든다. 따라서 우리는 방송 패킷 손실률 20% 이하의  $R_{phy}$ 인자를 정하였다. 패킷 길이가 250Byte일 때는 24, 36Mbps 무선 랜 전송률의 패킷 손실률이 20%이하이다. 그리고 패킷 길이가 1450Byte일 때는 18, 24Mbps 무선 랜 전송률이 효과적이다.

5.3 경쟁 트래픽 발생 시 무선 랜 방송 패킷 손실률 분석(Exp2)

Exp2 실험은 수식 1에서  $B_{exist} = True$  일 때  $B_{drate}$  인자에 따른 방송 패킷 손실률을 구한다. 패킷 길이별  $R_{phy}$ 는 4.2에서 도출한 무선 랜 전송률 범위를 이용한다.

표 3은 경쟁 트래픽 발생 시 방송 패킷의 손실률을 도출하기 위한 인자들이다. 표 3에서  $R_{phy}$ 와  $S_{psize}$ 는 Exp1 실험을 통해 도출한 값들을 사용한다.  $B_{drate}$ 은 실험에서 주변 트래픽의 양을 결정한다.

$B_{drate}$ 의 Upper Bound는 10Mbps로 정했다. 이는  $B_{drate}$  과  $S_{drate}$ 의 합이 실험환경의 대역폭(그림 4 참조)을 넘지 않도록 하였다.

그림 6은 Exp2 손실률 결과 그래프이다. 그래프를 보면 주변 트래픽이 발생할 때  $P_{psize}$ 가 짧은 패킷의 손실률이 크게 증가하였음을 알 수 있다. 실험에서 망이 경쟁 상태가 될 때 길이가 짧은 패킷의 손실률이 크게 증가하는 이유는 단위 시간당 무선 자원에 접근하는 횟수가 많기 때문이다. 예를 들어  $S_{drate}$ 이 10Mbps일 때 250Byte 길이 방송 패킷은 초당 5000번 무선 매체에 접근 한다. 반면 길이가 1450Byte 실험에서는 862번의 접근이 필요하다.

표 3. Exp2 실험 인자

인자	세부 인자 및 사용 값
$R_{phy}$	18-36Mbps(11g)
$S_{psize}$	250, 1450Byte
$B_{exist}$	True
$B_{drate}$	2-10Mbps
$S_{drate}$	10Mbps

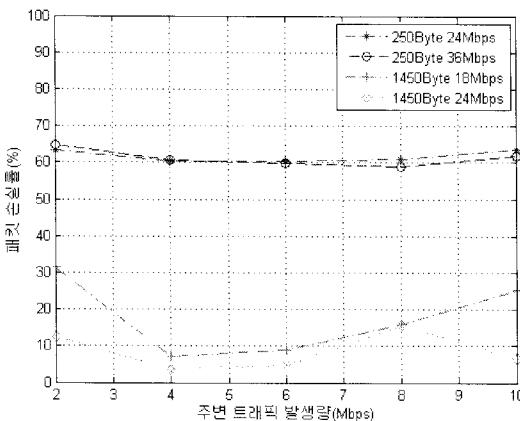


그림 6. Exp2 방송 패킷의 손실률

결론적으로 위 실험을 통해 경쟁 트래픽이 존재하는 상황에서는 무선 매체 접근 횟수를 줄이기 위해 방송 패킷의 크기를 크게 생성하는 것이 패킷 손실률을 줄일 수 있다.

5.4 FEC (n, k)인자 결정

이번 장에서는 먼저 그림 3과 그림 4와 같은 무선 랜 환경에서  $B_{exist}$ 가 False 이고  $S_{drate}$ 이 10Mbps 일 때 복구 패킷의 양을 결정하고  $B_{drate}$ 이 10Mbps 이고  $S_{drate}$ 이 10Mbps일 때 복구 패킷의 양을 결정한다.

앞서 이야기한 것처럼 복구 패킷의 양은  $P_{error}$ 와 밀접한 관계가 있다. 즉  $P_{error}$ 가 가장 낮은 인자의 조합을 찾을 필요가 있다.

우선 본 논문의 테스트베드에 적용할 FEC (n, k)인자에서 k는 15로 두었다.

표 4는  $B_{exist}$ 가 False이고  $S_{drate}$ 이 10Mbps일 때 수식 3로부터 도출 된 FEC 복구 패킷의 양이다.

표를 보면 Exp1 실험에서 방송 패킷의 길이가 250Byte이고 무선 랜 전송률이 24Mbps일 때 m은 1.13개가 필요하다. 이 때 실제 복구 패킷의 양은 1.13보다 큰 2가 되어야 한다.

Exp2 실험에서  $B_{drate}$ 이 10Mbps이고  $S_{drate}$ 이 10Mbps일 때  $P_{error}$ 를 가장 낮게 만드는 인자는  $S_{psize}=1450$ ,  $R_{phy}=24Mbps$ 인자의 조합이다. 해당 인자 조합에서  $P_{error}$ 는 6.68%이다. 따라서 그로부터 얻어지는 복구 패킷의 양은 1.13개이고 실제 적용되어야 할 복구 패킷의 양은 2이다.

표 4. k=15일 때, Exp1 FEC 복구 패킷의 양

무선랜 전송률 패킷길이	무선랜 전송률		
	18Mbps	24Mbps	36Mbps
250 Byte	-	1.13	1.7
1450 Byte	0.625	0.79	-

VI. 결 론

본 논문은 무선 랜 방송 기술의 손실률 제어를 위한 기법으로 사용되는 FEC 복구 패킷의 양을 효과적으로 결정하기 위한 방법론을 제시하였다. 먼저 우리는 실제 테스트베드를 구축하고 무선 랜 전송률, 패킷 길이, 무선 랜 환경 등의 인자에 따른 패킷 손실률을 도출하였다.

그리고 손실률이 낮은 인자들의 조합에서 FEC 복구 패킷의 양을 결정하였다. 이러한 지표들은 실제 방송 시스템에 적용이 가능하다.

우리는 향후 RSSI(Received Signal Strength Indication)와 같은 인자들을 실험에 추가하여 더욱 현실적인 무선 랜 방송 패킷 관련 인자들의 지표를 드러낼 수 있다.

### 참 고 문 헌

[1] IEEE 802.11 Working Group, Part 11: wireless LAN medium access control(MAC) and physical layer(PHY) specifications, ANSI/IEEE Std. 802.11, March 2007.

[2] Luigi Rizzo, "Effective erasure codes for reliable computer communication protocols", ACM SIGCOMM Computer Communication Review Volume 27 Issue 2, Apr. 1997.

[3] Ozgu Alay, Thanasis Korakis, Yao Wang, and Shivendra Panwar, "An experimental Study of Packet Loss and Forward Error Correction in Video Multicast over IEEE 802.11b Network", Consumer Communications and Networking Conference, 2009 CCNC 2009. 6th IEEE

[4] G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function", IEEE JSAC, vol. 18, no. 3, pp.535-547, March 2000.

[5] Xianbo Chen, Hazem H, Xiaomin Ma, "Performance of IEEE 802.11 Broadcast Scheme in Ad hoc Wireless LANs", Vehicular Technology Conference, 2007. VTC-2007 Fall. 2007 IEEE 66th.

[6] Xiaomin Ma, Xianbo Chen, "Unsaturated Performance of IEEE 802.11 Broadcast Service in Vehicle-to-Vehicle Networks, Vehicular Technology Conference, 2007. VTC-2007 Fall. 2007 IEEE 66th.

[7] Rodolfo Oliveira , Luis Bernardo, Paulo Pinto, "PERFORMANCE ANALYSIS OF THE IEEE 802.11 DISTRIBUTED COORDINATION FUNCTION WITH UNICAST AND BROADCAST TRAFFIC", Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2006 IEEE 17th International Symposium.

[8] Jerry Chun-Ping Wang, Daniel R. Franklin, Mehran Abolhasn, "Characterising the Interactions Between Unicast and Broadcast in IEEE 802.11 Ad Hoc Networks", Telecommunication Networks and Applications Conference, 2008. ATNAC 2008. Australasia.

[9] A. Basalamah , H. Sugimoto and T. Sato, "Rate adaptive reliable multicast MAC protocol for WLANs," in Proceedings of IEEE VTC, 2006.

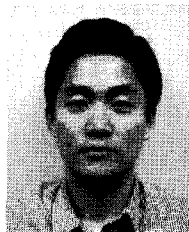
[10] Fujisawa. H , Aoki. K, Yamamoto. M, Fujita, Y, "Estimation of multicast packet loss characteristic due to collision and loss recovery using FEC on distributed infrastructure wireless LANs," Wireless Communications and Networking Conference, 2004. WCNC. 2004 IEEE.

[11] Iperf. www.dast.nlanr.net/Projects/Iperf/.

[12] Alay. O, Korakis. T, Yao Wang, Panwar. S, "An experimental study of packet loss and forward error correction in video multicast over IEEE 802.11b network," Consumer Communications and Networking Conference, 2009. CCNC 2009. 6th IEEE.

정 재 현 (Jae-Hyoung Jung)

준회원



2009년 2월 동아대학교 전자전  
기컴퓨터공학부 졸업  
2011년 2월 부산대학교 컴퓨터  
공학과 석사  
<관심분야> 무선통신

김 동 현 (Dong-Hyoung Kim)

정회원



1998년 2월 동의대학교 공과대  
학 전자통신공학과 졸업  
2004년 2월 동의대학교 대학원  
정보통신공학과 석사  
2008년 2월~현재 부산대학교  
컴퓨터공학과 박사과정  
<관심분야> 무선통신

김 종 덕 (Jong-Deok Kim)

중신회원



1994년 2월 서울대학교 계산통  
계학과 졸업

1996년 2월 서울대학교 전산과  
학과 석사

2003년 2월 서울대학교 컴퓨터  
공학과 박사

2004년 2월~현재 부산대학교  
정보컴퓨터공학부 부교수

<관심분야> 무선통신