

# LTE 시스템에서 다중 부대역을 이용한 피드백 기반의 멀티캐스트 서비스를 위한 새로운 프로토콜 설계

손 경 호<sup>°</sup>, 김 영 용<sup>\*</sup>

## Novel Protocol Design for Multi-Subband Feedback-Based Multicast Services in LTE Systems

Kyungho Sohn<sup>°</sup>, Young Yong Kim<sup>\*</sup>

### 요 약

본 논문에서는 LTE 시스템에서 다중 부대역을 이용한 피드백 기반의 멀티캐스트 서비스에 적합한 새로운 프로토콜을 제안한다. 제안한 방법으로 QoS를 보장하면서 기존 연구 대비 피드백 양을 줄일 수 있음을 실험을 통해 확인한다.

**Key Words** : Multicast, CSI, Feedback Reduction, Protocol Design, LTE

### ABSTRACT

In this paper, we propose a novel protocol design for multi-subband feedback-based multicast services in LTE systems, which reduces feedback overheads with guaranteeing QoS. Through the experimental results, it is manifested that the proposed protocol is able to reduce more feedback overheads in comparison with the conventional scheme.

### I. 서 론

최근 다자간 화상회의와 같은 대화형 어플리케이션이나 아프리카 TV 같은 개인방송이 대두되면서 멀티캐스트 서비스에 대한 관심이 커지고 있다<sup>[1]</sup>. 멀티캐

스트 서비스는 해당 정보를 필요로 하는 멀티캐스팅 그룹에만 데이터를 전송하고, 이때 동일한 데이터를 한번만 전송함으로써 중복전송으로 인한 망 자원의 낭비를 막을 수 있다. 전통적인 멀티캐스팅 방식은 데이터 전송의 신뢰성을 보장하기 위해 미리 지정된 낮은 변조 및 코딩 기법을 이용하여 데이터를 전송한다. 따라서 안정적인 송신이 가능하나, 불필요하게 전송과워를 낭비할 수 있어 비효율적이다. 이를 개선하기 위해 채널 상태 정보(Channel Status Information, CSI)를 이용하는 피드백 기반의 멀티캐스팅 기법이 제안되었다. 피드백 기반의 멀티캐스팅 기법은 CSI를 이용하여 적응 변조 및 코딩(Adaptive Modulation and Coding)을 통해 효율적인 데이터 전송이 가능하나, 피드백 오버헤드가 크다는 단점이 있다. LTE(Long Term Evolution) 시스템에서 이런 피드백 기반의 멀티캐스팅 기법의 오버헤드를 줄이는 연구가 선행되었다<sup>[2]</sup>. 그러나 기존 연구에서는 각 부대역(Subband)마다 CSI를 피드백 하는 다중 부대역 시스템에서 멀티캐스트를 서비스하는 방식은 고려하지 않았다. 본 논문에서는 LTE 시스템에서 다중 부대역을 이용한 피드백 기반의 멀티캐스트 서비스에 적합한 새로운 프로토콜을 제안하고, 실험을 통해 목표 패킷 오류율(Packet Error Rate, PER)을 만족하면서 기존 연구 대비 피드백 양을 줄일 수 있음을 확인한다.

### II. 제안하는 멀티캐스트 프로토콜

본 장에서는 먼저 본 기법을 제안하게 된 동기에 대해 설명하고, 다중 부대역을 이용한 피드백 기반의 멀티캐스트 서비스에 적합한 새로운 프로토콜을 제안한다.

#### 2.1 기법을 제안한 동기

각 사용자가 CSI를 피드백 하여 기지국이 사용자의 CSI를 보고 효율적으로 데이터를 전송할 수 있는 피드백 기반의 멀티캐스트 시스템에서는 멀티캐스팅 그룹 내의 사용자 중 가장 채널상태가 나쁜 사용자에게 맞추어 데이터를 전송하는 멀티캐스트 서비스의 특징 때문에, 채널상태가 나쁜 몇몇 사용자의 정보만 피드백 하면 된다. 이와 마찬가지로 다중 부대역을 이용한 피드백 기반의 멀티캐스트 시스템에서는 모든 부대역의 CSI를 피드백하지 않고 채널상태가 나쁜 몇

<sup>°</sup> First and Corresponding Author : Yonsei University School of Electrical and Electronic Engineering, heroson7@gmail.com, 정회원

<sup>\*</sup> Yonsei University School of Electrical and Electronic Engineering, y2k@yonsei.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2016-12-390, Received December 16, 2016; Revised January 9, 2017; Accepted January 9, 2017

몇 부대역의 정보만 피드백 하면 된다. 따라서 다중 부대역을 이용한 피드백 기반의 멀티캐스트 시스템에서는 채널상태가 나쁜 몇몇 사용자 중 몇 개 부대역의 CSI만 피드백 하여도 멀티캐스트 서비스 품질을 유지할 수 있다. 즉 적정량의 CSI를 이용하여 피드백 양을 줄이면서도 QoS(Quality of Service)를 보장하고 효율적 전송이 가능하므로 이를 위한 새로운 프로토콜 설계가 필요하다.

### 2.2 다중 부대역을 이용한 피드백 기반의 멀티캐스트 프로토콜

본 장에서는 LTE 시스템에서 다중 부대역을 이용한 피드백 기반의 멀티캐스트 서비스에 적합한 새로운 프로토콜을 제안한다. 그림 1은 제안하는 프로토콜의 상태천이도이며, 다음과 같이 동작한다.

(1) 멀티캐스트 서비스를 받기 위해 멀티캐스팅 그룹에 가입한 단말은 최초 풀 피드백(Full FB) 상태로 들어온다. 이때 단말은 채널품질을 표시하는 CQI(Channel Quality Indicator)를 보낼 수 있는 CQICH(CQI Channel)를 모든 다중 부대역에 대해서 할당받아 각 부대역에 대해 CQI를 피드백 한다. 이때 CQI 피드백 양은 부대역 별 4 비트이다<sup>3)</sup>.

(2) 멀티캐스트 데이터의 성공적 수신이 이루어지면 단말은 피드백 윈도우(한 번에 몇 개 부대역의 CQI를 피드백 하는지를 나타내는 값)를 하나 감소시키고 부분 피드백(Partial FB) 상태로 천이한다. 즉 단말은 부대역 중 가장 채널상황이 좋은 부대역의 CQI 대신 기지국과 약속된 패딩 비트를 피드백하고, 나머지 CQICH에는 CQI를 피드백 한다.

(3) 약속된 패딩 비트를 받은 기지국은 해당 CQICH를 회수한다.

(4) (2)~(3)의 동작을 반복하면서 단말은 피드백 윈도우를 점차 줄여나가며 CQI 피드백 양을 감소시킨다.

(5) 단말이 일정 수준 이상 멀티캐스트 데이터를 성공적으로 수신하게 되면 목표 QoS를 만족한 것이라

판단하고 플래그(Flag) 상태로 천이한다. 이때 기지국과 미리 약속된 플래그 비트(1 비트)를 전송한다.

(6) 약속된 플래그 비트를 받은 기지국은 해당 단말의 모든 CQICH를 회수한다.

(7) 플래그 상태에 있는 단말이 플래그 비트를 보낸 후, 멀티캐스트 데이터를 성공적으로 수신하게 되면 Non 피드백(NFB) 상태로 천이한다. NFB 상태에서는 단말이 CQI를 피드백 하지 않으므로 CQI 피드백 양이 감소된다.

(8) 이후 단말이 일정 수준이상 멀티캐스트 데이터를 성공적으로 수신하게 되면 멀티캐스트 서비스 품질에 여유가 생기게 되므로 크레딧을 생성한다.

(9) 만약 수신 데이터에 에러가 발생하게 되면 크레딧이 있는지 확인하고, 만약 있다면 아직 서비스 품질에 여유가 있는 것이므로 크레딧을 삭제하고 여전히 NFB 상태에 머무른다. 만약 크레딧이 없다면 즉시 Full FB 상태로 천이한다.

(10) Partial FB 및 플래그 상태에 있을 때 수신 데이터에 에러가 발생하게 되면 목표 QoS를 보장하기 위해 즉시 Full FB 상태로 천이한다.

제안하는 프로토콜은 위와 같은 방식으로 QoS를 보장하면서 피드백 양을 줄일 수 있게 되고, 또한 기지국이 CQI를 이용하여 효율적인 멀티캐스트 데이터를 전송할 수 있게 되므로 멀티캐스트 서비스의 처리율 또한 증가시킬 수 있다. 제안하는 프로토콜의 동작 예시가 그림 2에 나타나 있다.

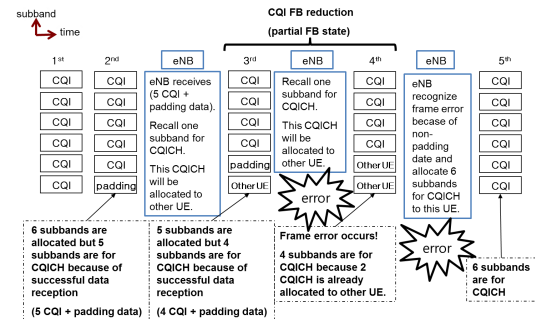
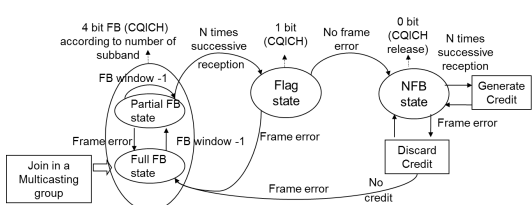


그림 2. 제안하는 프로토콜의 동작 예시  
Fig. 2. Example of Proposed Protocol

### III. 성능 분석 및 결론

본 장에서는 시분할(Time-Division) LTE 시스템에서 RUNE(Rudimentary Network Emulator)<sup>4)</sup> 시뮬레이터를 이용하여 제안하는 프로토콜의 성능을 피드백

그림 1. 제안하는 프로토콜의 상태천이도  
Fig. 1. State Transition Diagram of Proposed Protocol



양 관점에서 확인한다. 참고로 시뮬레이션의 편의를 위해 CQICH는 단말 수 대비 충분하며, 하향링크 및 상향링크 프레임은 번갈아 동작한다고 가정한다. 자세한 시뮬레이션 환경은 표 1에 기재되어 있다.

그림 3은 10대의 멀티캐스팅 단말이 8개의 부대역을 이용했을 때, 기존 연구<sup>[2]</sup>(접선) 대비 제안하는 프로토콜(실선)의 피드백 양 감소를 나타낸 것이다. 그래프에서 x축은 단말의 인덱스이며, 단말의 채널상태는 인덱스가 커질수록 나빠진다. 제안하는 프로토콜은 기존 연구 대비 전체 피드백 양이 38% 정도 감소했고, 또한 모든 단말의 피드백 양이 감소했음을 알 수 있다. 기존 프로토콜은 모든 부대역에 대해 CQI를 피드백 해주지만, 제안하는 기법은 필요한 부대역에 대해서만 CQI를 피드백 하는 Partial FB 상태가 존재하므로 기존 연구 대비 추가적인 피드백 양 감소를 얻을 수 있다. 즉 기존 기법에서는 NFB 상태로 천이할 때까지 모든 부대역에 대해 CQI를 피드백 해야 하고, 제안하는 프로토콜은 NFB 상태로 천이하기 전에 피드백 윈도우를 점차 줄이는 Partial FB 상태로 천이하여 피드백 양을 줄이기 때문에 채널이 가장 좋은 1번 단말에서도 제안하는 프로토콜이 추가적으로 피드백을 줄일 수 있음을 알 수 있다. 더불어 10번 단말의 채널상태가 가장 나쁜데, 이때 10번 단말의 PER은 0.95%로써 목표 PER인 1%를 만족한다.

따라서 본 논문에서는 LTE 시스템에서 다중 부대역을 이용한 피드백 기반의 멀티캐스트 서비스에 적합한 새로운 프로토콜을 제안하고, 시험 결과를 통

표 1. 시험 파라미터  
Table 1. Simulation parameters

Item	Value
User distribution	Uniform
Data generation	Full queue
Cellular layout	Hexagonal grid
Multi-cell model	2-tier (19 cells)
Interference calculation	Only users in center cell are simulated, other cells simply act as static interference sources.
Cell radius	500 m
Number of Transmission Time Interval (TTI)	1000
Required bit for CQI[3]	4 bit
Required bit for flag indicator	1 bit
Target PER	1%

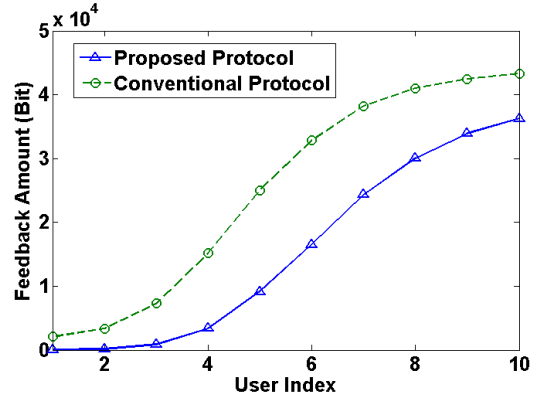


그림 3. 기존 연구 대비 제안하는 프로토콜의 피드백 양  
Fig. 3. Feedback Amount of Proposed Protocol against Conventional Protocol

해 QoS를 만족하면서 기존 연구 대비 피드백 양을 줄일 수 있음을 확인하였다.

### References

- [1] H. Lee, "Benefit of multicast in mobile MBMS," *J. KICS*, vol. 39B, no. 10, pp. 684-690, Oct. 2014.
- [2] K. Sohn, H. S. Kim, and Y. Y. Kim, "A novel multicast scheme for feedback-based multicast services over wireless networks," *EURASIP J. Wirel. Commun. Netw.*, vol. 2013, no. 1, p. 1, Feb. 2013.
- [3] 3GPP Technical Specification, 36.213, *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures*, v14.0.0, 2016.
- [4] J. Zander and S. L. Kim, *Radio Resource Management for Wireless Networks*, Artech House, pp. 347-361, 2001.