

대규모 안테나 시스템에서 고신뢰 저지연 통신을 위한 상향링크 무허가 스케줄링

김중현, 이광훈, 김광순* (연세대학교)

{jtkim, ghl1016}@dcl.yonsei.ac.kr, ks.kim@yonsei.ac.kr*

Grant-free Uplink Scheduling for Ultra-reliable Low-latency Communications in a Large-Scale Antenna System

Jong Hyun Kim, Kwanghoon Lee, and Kwang Soon Kim (Yonsei University)

요약

본 논문에서는 5세대 이동통신의 고신뢰 저지연 서비스를 대규모 안테나 시스템에서 효율적으로 제공하기 위한 상향링크 무허가 스케줄링 방식을 제안한다. 제안하는 방식은 산발적으로 랜덤하게 발생하는 상향링크 트래픽을 무허가 다중접속 환경에서 지연시간 최적의 스케줄링을 통해 지원한다. 비교 시뮬레이션에서는 LTE-A 기반의 대규모 안테나 시스템을 가정하여 제안하는 방식의 기존 시스템 대비 성능 향상을 보였다.

I. 서론

고신뢰 저지연 통신(ultra-reliable low-latency communications, URLLC)은 빠른 시간 안에 정보전송을 반드시 처리해야 하는 (mission-critical) 사용 시나리오를 지원하기 위한 5세대 이동통신의 새로운 서비스 카테고리 중 가장 현실, 공장 자동화, 자율주행 자동차, 촉각 인터넷과 같이 실시간으로 사람과 기계 사이의 상호작용을 가능하게 하는 미래 서비스들을 포함하고 있다 [1]. 지금의 4세대 이동통신인 LTE-A에서는 주파수 효율성을 증가시키기 위하여 스케줄링 사용자 선택과 데이터 전송 용량 설정 및 채널 정보 피드백 단계를 포함하는 허가 기반 (grant-based)의 다중 접속 방식을 사용하고 있으며 하이브리드 자동 재전송 요구(hybrid automatic repeat request, H-ARQ)를 사용하여 신뢰도를 확보하고 있다. 하지만 고신뢰 저지연 통신의 저지연 요구조건을 만족시켜야 하는 상황에서는 이러한 방식이 더 이상 효율적이지 않으며, 무허가 방식의 상향링크 다중접속 스케줄링 방식이 요구된다. 또한 대규모 안테나 시스템(large-scale antenna system, LSAS)에서는 기지국에서 다수의 안테나를 활용함으로써 고신뢰 저지연 통신의 요구조건을 만족시키기 위한 다이버시티와 주파수효율성을 동시에 얻는 것이 가능하다 [2]. 본 논문에서는 대규모 안테나 시스템에서 산발적인 (sporadic) 트래픽 특성을 가지는 상향링크 랜덤 액세스에 대해 통계적으로 지연시간 최적인 자원 할당 및 스케줄링 방식을 제안한다.

II. 본론

본 논문에서는 다수의 안테나를 사용하는 기지국과 하나의 안테나를 사용하는 다수의 사용자가 존재하는 셀의 상향링크를 가정한다. 사용자들은 산발적인 트래픽에 대해 고신뢰 저지연의 서비스 품질(QoS) 요구조건을 가지고 있으며, 산발적인 트래픽은 독립 푸아송 (Poisson) 분포를 따른다. 주어진 프레임 시간과 주파수 대역폭의 통신자원에 대해 OFDMA (orthogonal frequency division multiple access)나 SC-FDMA (single-carrier frequency division multiple access) 등의 직교 분할 다중 접속 방식을 사용하여 자원을 나누며 프레임 구조는 파일럿을 보내는 훈련 단계(training phase)와 데이터 전송 단계(data transmission phase)의 두 단계로 나뉜다. 훈련 단계에서는 파일럿을 보내 기지국에서 상향링크 채널을 추정하며, 데이터 전송 단계에서는 활성 사용자가 데이터 트래픽을 공간 분할 다중 접속 방식(space division multiple access, SDMA)으로 기지국에 전송한다.

제안하는 최적 스케줄링 방식은 이와 같은 시스템 모형에서 공간 분할 다중 접속을 하는 스케줄링 그룹을 설정하는 것과 그룹 당 할당되는 통신 자원의 비율, 해당 그룹에서 훈련 단계와 데이터 전송 단계가 전체 프레임에서 차지하는 비율, 그리고 사용자 단말 별 에너지 제한 조건 하에서 훈련 단계와 데이터 전송 단계의 전력 분배를 최적화함으로써 상향링크 페

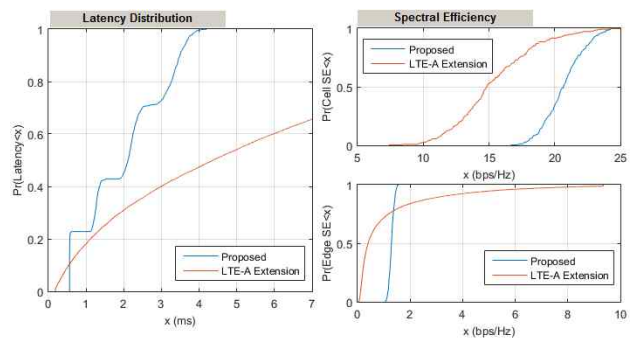


그림 1. 제안하는 무허가 스케줄링과 LTE-A와의 비교 시뮬레이션

킷의 데이터 용량을 최대화하고 동시에 네트워크 지연시간을 최소화한다.

[그림 1]은 제안하는 무허가 스케줄링과 LTE-A를 대규모 안테나 시스템에서 사용하는 것을 가정하여 그 성능을 비교한 것이다. 제안하는 방식은 [그림 1]의 왼쪽 그래프와 같이 모든 사용자가 5ms의 지연시간 내에서 요구되는 기준 데이터 전송을 완료하고, 오른쪽 상단과 하단의 그래프와 같이 평균 주파수 효율과 하위 사용자 주파수 효율에서 기존 시스템 보다 높은 성능을 갖는다.

III. 결론

본 논문에서는 고신뢰 저지연 통신의 서비스 조건이 존재하는 상황에서 무허가 상향링크 방식을 사용함으로써 기존의 허가 기반 방식에서는 어려운 요구조건을 만족시키고 동시에 더 높은 주파수 효율을 가질 수 있음을 보였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송연구개발사업 [B0126-16-1012, IoT환경에서 촉각통신 서비스 실현을 위한 차세대 초저지연/고효율 무선접속기술 연구]과 2014년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 (NRF-2014R1A2A2A01007254)의 일환으로 수행하였음.

참고 문헌

- [1] NGMN, "5G use cases, deployment scenarios and framework of requirements," *RAN 5G Workshop - the Start of Something*, Phoenix, AZ, U.S.A., September 19, 2015.
- [2] T. L. Marzetta, "Noncooperative cellular wireless with unlimited numbers of base station antennas," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 9, no. 11, pp. 35903600, November 2010.