

고신뢰/저지연 통신 서비스를 위한 LTE 기반 대규모 안테나 시스템

이광훈, 김종현, 이진녕, 최경준, 김광순
연세대학교 전기전자공학부

(ghl1016, jhkim, jnlee, kjchoi)dcl.yonsei.ac.kr, ks.kim@yonsei.ac.kr

LTE-based Large-Scale Antenna Systems for Ultra-Reliable/Low-Latency Communication Services

Lee Gwanghun, Kim Jong Hyun, Lee Jinnyeong, Choi Kyung Jun, Kim Kwang Soon
Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei Univ.

요 약

본 논문에서는 5G 의 새로운 서비스 카테고리 가운데 하나인 저지연 고신뢰 서비스를 제공하기 위해서, 기존 LTE 기반의 시스템을 기지국 안테나가 충분히 많은 상황에 적용할 때의 성능을 알아본다. 저지연 고신뢰 서비스를 효율적으로 제공하기 위한 LTE 기반의 대규모 안테나 시스템에서의 프레임 구조와 자원할당 요구사항을 도출하고, 서비스 요구조건을 맞추면서도 주파수 효율을 더욱 높이기 위한 앞으로의 연구 방향에 대해 제시한다.

I. 서론

현재 연구개발중인 5G 이동통신 시스템에서는 이전 시스템인 4G 보다 더 다양한 서비스를 제공할 수 있으며, 이를 enhanced mobile broadband (eMBB), massive machine-type communications (mMTC), ultra-reliable/low latency communications (URLLC)의 세 가지 카테고리로 나누고 있으며 서비스에 따라 매우 다양한 서비스 요구조건을 가진다[1]. 이 가운데 초고신뢰/저지연 통신 (URLLC) 서비스는 매우 짧은 지연시간 이내에 매우 높은 신뢰성으로 전송에 성공해야 하기 때문에 이제까지의 이동통신 전송기술로는 주파수 효율적으로 지원하기가 매우 어렵고, 이를 위한 새로운 기술을 필요로 한다.

빠른 시간 안에 정확한 정보전송을 해야 하는 특징을 가지고 있는 저지연 고신뢰 통신 서비스는 자율주행 자동차, 드론 간 무선 연결, 가상현실, 원격의료수술, 협업 로봇 등의 경우를 포함하며, 이러한 서비스를 제공하기 위해서는 단말당 최대 10Mbps~100Mbps 의 데이터 전송 용량을 지연시간은 1ms 이하, 신뢰도는 99.999% 이상으로 제공할 수 있어야 한다 [2]. 서비스의 저지연성을 제공하기 위해서는 정보 전송을 위한 프로토콜에서 피드백이나 액세스 그랜트를 전달하기 위한 케환루프 없이도 효율적으로 액세스를 제공할 수 있으면서도, 높은 수준의 신뢰성을 제공할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 높은 차수의 다이버시티를 제공할 수 있어야 하며, 주파수 효율적으로 높은 수준의 다이버

시티를 제공할 수 있는 방식 가운데 하나가 기지국에서 다수의 안테나를 사용하는 대규모 안테나 시스템을 사용하는 것이다. 이론적으로는 안테나 수가 사용자 수에 비해 충분히 많은 경우 저지연과 고신뢰성을 동시에 달성할 수 있지만 실제 상황에서 주파수 고효율성을 동시에 얻기 위해서는 대규모 안테나 시스템의 프로토콜, 프레임 구조 및 자원관리 방식도 서비스에 적합하게 설계해야 한다. 이 논문에서는 LTE 기반의 대규모 안테나 시스템에서 고신뢰/저지연 통신 서비스를 제공하기 위한 프레임 구조와 자원할당 면에서의 요구사항을 모의실험을 통해 도출하고 고신뢰/저지연 서비스를 주파수 효율적으로 제공하기 위한 앞으로의 연구 방향에 대해 제시한다.

II. 본론

LTE 기반의 대규모 안테나 시스템에서 많은 수의 안테나를 효율적으로 활용하여 고신뢰/저지연 서비스를 주파수효율적으로 제공하기 위해서는 LTE 의 프레임구조를 우선적으로 많은 수의 안테나를 활용하기 적당한 형태로 수정해야 하고 저지연 서비스 제공을 위해 액세스 그랜트 전달 위한 케환루프가 없는 형태로 자원할당 및 프로토콜 방식을 변경해야 한다.

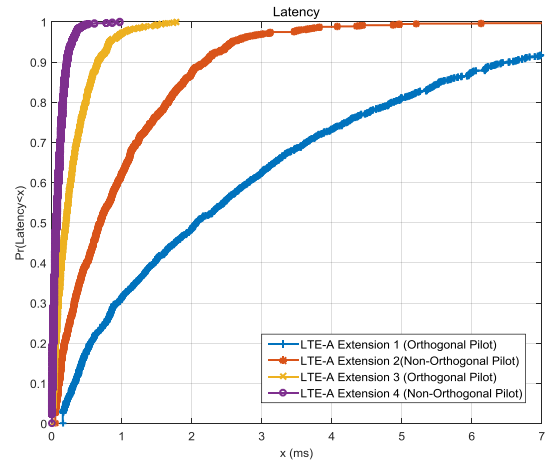
LTE 시스템에서는 각 사용자가 전송할 데이터가 있는 경우 자원 할당 요청을 하게 되고, 기지국은 받은 요청에 대해서 스케줄링을 통해 선택된 사용

자에게 자원할당을 하고 이에 따른 액세스 그랜트를 보내고, 이를 받은 단말이 데이터를 전송하는 프로토콜 및 자원할당 방식을 사용한다. 하지만, 고신뢰/저지연 통신 서비스를 위해 필요한 1ms 지연 시간 안에 데이터를 전달하기 위해서는 보다 효율적인 프로토콜 및 자원할당 방식이 필요하다. 이 논문에서는 주기적 트래픽 특성을 가지는 고신뢰/저지연 통신 서비스의 경우에 대해 모든 사용자의 전송용량 요구사항을 만족할 수 있는 자원할당을 미리 하고 사용자는 할당된 자원을 이용하여 별도의 액세스 그랜트 없이 데이터를 전송하는 상황을 고려한다. 다수의 수신 안테나를 사용하기 때문에 높은 차수의 다이버시티 제공을 통해 페이딩 채널에서도 별도의 채널 품질 정보를 전송하지 않더라도 높은 신뢰성으로 데이터를 전송하는 것이 가능하다. 또한, 기지국에서 다수의 안테나를 이용하여 동시 접속 사용자의 수를 최대화하여 주파수 효율을 높이기 위해서는 사용자 전송 신호에 채널을 추정할 수 있는 파일럿 신호를 전송해야 한다. LTE 시스템과 같이 직교 파일럿을 사용한다면 동시 접속 사용자 수가 늘어날 때 필요한 파일럿 자원에 의한 오버헤드가 너무 커져서 주파수 효율이 매우 떨어지게 되며, 이를 개선하기 위해서는 제한된 파일럿 자원 안에서 비직교 파일럿을 사용하는 것을 허용하도록 프레임 구조를 수정해야 한다.

모의 실험을 통해 LTE 기반의 대규모 안테나 시스템에서 고신뢰/저지연 통신 서비스를 제공하기 위한 프레임 구조와 자원할당 면에서의 요구사항을 도출하기 위해 다음과 같이 설정한 두 가지 시스템의 성능을 비교한다. 기지국 송신 안테나를 64 개 사용하는 대규모 안테나시스템에서 하나는 LTE 시스템처럼 직교파일럿을 사용하여 동시접속 사용자가 최대 4 명인 프레임 구조를 사용하고 데이터 전송을 원하는 사용자에게 기지국이 허가를 내리는 케환루프가 존재하는 방식이고, 다른 하나는 비직교 파일럿을 허용하여 최대 동시 접속 사용자 수를 30 명으로 하고, 목표 서비스의 전송용량을 만족할 수 있는 자원할당을 미리 수행하고, 그 이후에는 별도의 액세스 그랜트 없이 전송하는 방식을 사용하였다. 목표 서비스는 협업로봇 서비스로 [3] 가정하여 셀 크기는 공장의 규모를 고려하여 반경을 500m 로 설정하고 동작과 제어를 위해 최대 2Mbps 의 데이터를 요구한다고 설정하였다. 또한, 90 개의 협업 로봇이 동시에 서비스를 받는 상황을 고려하여 주파수 대역폭이 20MHz 상황에서 9bps/Hz 를 목표 주파수 효율로 정하였다. 각 로봇은 셀 커버리지 안에 균일하게 분포한다고 가정하였고

[그림 1]에서 LTE-Extension 1 은 프로토콜 방식만 변형하고 프레임 구조는 기존의 LTE 와 같은 방식을 사용한 것이고, LTE-Extension 2 는 프로토콜 방식과 프레임 구조를 모두 변경한 것이다. LTE-Extension3 과 LTE-Extension 4 는 LTE-Extension 1 과 LTE-Extension 2 의 환경에서 유저 수를 10 명으로 줄여, 목표 주파수 효율을 1bps/Hz 로 변경했을 때의 결과이다. LTE-Extension1 과 LTE-Extension2 를 비교했을 때, 비직교 파일럿을 사용하면 직교 파일럿

을 사용 할 때 보다 자원을 효율적으로 사용할 수 있으므로, 지연시간 이득을 볼 수 있다. 사용자 수를 줄여 목표 주파수 효율을 낮췄을 때, LTE-Extension3 과 LTE-Extension 4 처럼 지연시간이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.



[그림. 1] 지연속도 결과

III. 결론

목표 지연시간을 달성하기 위해서는 현재 LTE 에서 주기적인 트래픽 특성을 가지는 서비스에 대하여 자원 할당을 미리 하여 기지국과 단말 사이의 케환 루프를 없애도록 하였다. 또한 기지국의 안테나 숫자를 충분히 사용하도록 시스템을 변경하였다. 하지만 기존의 LTE 방식으로는 모든 사용자에게 저지연 고신뢰 통신 서비스를 제공하기 어렵다는 것을 확인하였다. 모든 사용자에게 주어진 요구조건을 맞춰주기 위해서는 다중접속, 프로토콜 및 자원 관리를 서비스에 맞추어 최적화한 새로운 방식의 연구가 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구원 홍센터의 정보통신 방송연구개발사업[B0126-15-1012, IoT 환경에서 촉감통신 서비스 실현을 위한 차세대 초저지연/고효율 무선접속기술 연구]과 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 (NRF-2014R1A2A2A01007254) 일환으로 수행하였음.

참고 문헌

[1] 5G Use cases, Deployment Scenarios and Framework of Requirement, RAN 5G Workshop – The Start of Something, Phoenix, AZ, USA, September 19, 2015.
 [2] 김종현, 이진녕, 전기준, 최경준, 김광순, “초저지연 고신뢰 서비스를 위한 무선 접속 기술 요구사항”, 한국통신학회 동계종합학술발표회
 [3] 5G-PPP, 5G-PPP White Paper on Factories-of-the-Future Vertical Sector, October, 2015.