

초저지연 고신뢰 서비스를 위한 무선 접속 기술 요구사항

김종현, 이진녕, 전기준, 최경준, 김광순
연세대학교 전기전자공학과

{jhkim, jnlee, puco201, kjchoi}@dcl.yonsei.ac.kr, ks.kim@yonsei.ac.kr

Radio Access Technology Requirements For the Ultra-Reliability and Low Latency Services

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

요 약

본 논문은 5G (IMT-2020)에서 전망되는 사용 사례를 기반으로 초저지연 고신뢰 서비스를 저용량 서비스와 고용량 서비스 카테고리로 분류하였으며 각 서비스에 필요한 지연시간, 신뢰도, 데이터 전송 용량 요구사항을 정의하였다. 분류된 서비스 카테고리에 맞게 서비스 지원 기술 환경을 구별하였고 이로부터 요구사항을 만족시킬 수 있는 무선 접속 기술들의 특징들을 웨이브폼, 다중접속방식, 프로토콜 관점에서 나누어 정리하였다.

I. 서론

5G의 정식 명칭으로 결정된 IMT-2020에서는 다양한 핵심 성과 지표 (key performance indicators, KPI)에 대하여 4G (IMT-advanced)를 넘어서는 것을 목표로 하고 있다. 핵심 성과 지표들은 5G에서 중점적으로 대상화하고 있는 서비스들을 중심으로 다시 분류 되는데, 현재까지 논의된 주요 서비스는 향상된 광대역 무선통신 (enhanced mobile broadband, eMBB)과 대규모 사물인터넷 (massive machine type communication, mMTC) 그리고 초저지연 고신뢰 통신 (ultra-reliability low latency, UR/LL)의 세 가지 카테고리로 분류된다.

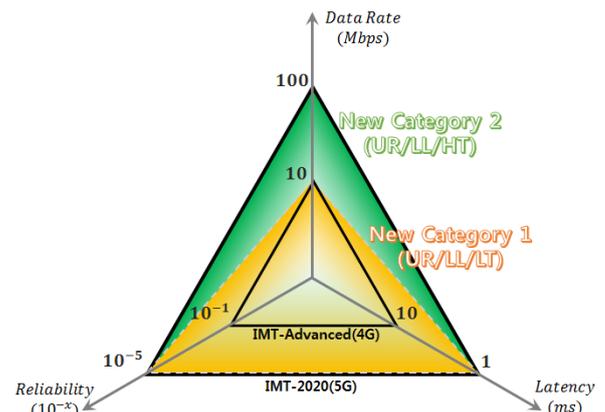
초저지연 고신뢰 통신에 대한 IMT-2020에서의 핵심 성과 지표 요구사항은 1ms 이내 무선 구간 지연시간과 5ms 이내의 종단간 지연시간 (end-to-end delay) 그리고 시속 500km의 고이동성 지원이다. 하지만 5G PPP 등의 5G 관련 연구기관에서 전망하고 있는 5G 사용 사례 (5G Use Case)들로부터 요구되는 성능 수치들을 분류하여 이보다 구체화할 수 있다.

연구기관들과 통신사업자, 제조사에서 전망하는 사용 사례들을 초저지연 고신뢰 서비스 관점에서 정리하였을 때 필요한 핵심 성능 지표는 신뢰도 (reliability), 지연시간 (latency), 데이터 전송 용량 (throughput)이다. 이로부터 초저지연 고신뢰 서비스를 데이터 전송 용량에 따라 [그림 1] 과 같이 초저지연 고신뢰 저용량 서비스와 초저지연 고신뢰 고용량 서비스의 두 가지 5G 서비스 카테고리로 나눌 수 있다.

초저지연 고신뢰 저용량 서비스는 자율주행 자동차 (automated driving), 드론 (drones) 간 무선 연결성, 긴급 재난 통신 (lifeline communications), 협업 로봇 (collaborative robots)에 해당하는 서비스를 포함하고 요구되는 성능지표는 99.999% 이상의 신뢰도와 1ms

이하 지연시간과 10Mbps 데이터 전송 용량 조건을 필요로 한다 [1][2]. 또한, 초저지연 고신뢰 고용량 서비스에는 원격 의료수술 (tele-surgery), 실시간 폐쇄 루프 기기간 통신 (real-time closed loop machine-type communication), 3차원 증강현실 어플리케이션 (3D reality augmented applications)과 3차원 영상 기반 상호작용 (3D video-driven interaction)과 같은 사용 사례가 해당되며 초저지연 고신뢰 저용량 서비스와 같은 신뢰도, 지연시간 조건에서 최대 100Mbps 급의 데이터 전송 용량이 요구된다 [2][3].

본 논문에서는 이와 같이 분류되는 두 가지 5G 초저지연 고신뢰 서비스 카테고리에 대하여 해당되는 서비스 지원 기술 환경을 구별하고 트래픽 특성과 용량에 적합한 무선 접속 기술 요구사항을 웨이브폼, 다중접속방식, 프로토콜 관점에서 논의하고자 한다.

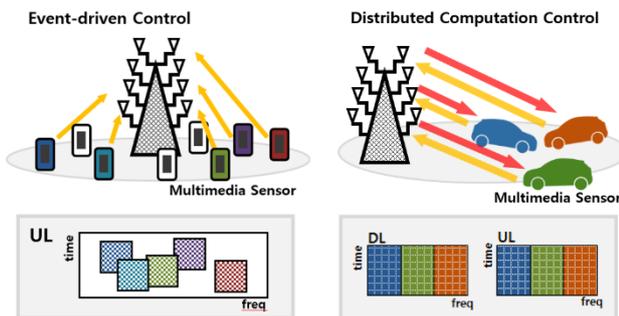


[그림 1] 초저지연 고신뢰 서비스 카테고리 및 요구 성능

II. 본론

초저지연 고신뢰 저용량 서비스의 하나의 사용 사례에서는 카메라, GPS, 또는 레이저 레이다 등의 멀티미디어 센서가 사건 발생을 감지함으로써 트래픽이 발생하고, 이를 전달하기 위한 정보 전송이 일어나게 된다. 산발적으로 발생하는 저용량의 영상정보나 기기간 위치 정보가 상향링크로 전송되는 것이 주 트래픽이 되며 이때 초저지연 고신뢰 요구사항을 만족시켜야 한다. [그림 2]의 왼쪽 모형과 같이 멀티미디어 센서로부터 산발적으로 저용량 데이터를 업로드 하는 상향링크는 전파 지연시간에 의한 비동기와 도플러 효과에 의한 주파수 비동기에 의한 비직교성 랜덤 액세스 채널 환경 특성을 갖는다. 이러한 시스템에서 최적화 하고자 하는 목표 성능은 요구되는 지연시간과 신뢰도를 만족시키면서 얻을 수 있는 시스템 평균 주파수 효율 또는 최대 연결성(connectivity)으로 정의할 수 있다.

웨이브폼 관점에서 주어진 요구조건을 만족시키면서 효율적인 성능을 목표로 하기 위해서는 저지연성을 만족시키면서도 낮은 첨두 전력 대 평균전력비(peak to average power ratio, PAPR)를 가져야 하고, 비동기 상황에 강인한 웨이브폼이 필요하다. 다중접속방식에서 연결성 효율을 극대화하기 위해서는 다중 안테나를 사용하는 수신 방식을 사용하여야 하며 비직교 중첩채널을 지원할 수 있어야 한다. 이러한 비직교 채널환경에서 다중 사용자들을 식별하기 위해서는 각 사용자들의 시간 및 주파수 동기 오차를 보상할 수 있으며 빠른 검출 속도를 가지는 동기화 기술 및 다중검출 기술이 필요하다. 프로토콜에서는 링크 형성을 위한 핸드셰이킹 수행으로 발생하는 프로세싱 지연시간과, 상향 링크 데이터 발생 시 자원을 요청해서 할당 받고 전송하는 시점까지 발생하는 지연시간을 최소화해야 한다. 이 때 프레임 간의 충돌을 방지하면서 서비스 요구 성능을 만족하는 신뢰성을 보장할 수 있어야 한다.



[그림 2] 초저지연 고신뢰 서비스 지원 기술 환경 구분

초저지연 고신뢰 고용량 서비스의 기술 지원 환경은 [그림 2]의 오른쪽 모형과 같다. 이 서비스에 해당하는 사용 사례에서는 셀 안에 존재하는 각 단말에서 분산 정보처리 및 제어, 그리고 분산 최적화가 이루어진다. 여기서 멀티미디어 센서는 주로 3 차원 영상정보를 처리하며 각 단말에서 분산 제어 및 최적화를 위한 데이터가 추가되어 셀 안에서 지속적으로 공유된다. 이러한 시스템에서는 각 단말의 상향링크와 하향링크의 데이터 전송이 지속적 (persistent), 대칭적으로 이루어지는 경우가 많고, 이에 맞추어 각 사용자 단말에 대해 통신자원을 할당하게 된다. 이 시스템에서 요구되는 지연시간과 신뢰도를 만족시키면서 목표로 하는 성능은 단말 당 주파수 효율로 설정할 수 있다.

웨이브폼 관점에서는 각 사용자 별로 이동성과 채널환경 그리고 지연시간 조건이 서로 다르기 때문에 이를 만족시키는 다양한 웨이브폼들이 효율적으로 공존할 수 있어야 한다. 그리고 지속적, 대칭적인 트래픽 특성과 채널 상호성 (reciprocity)을 이용하여 시스템의 송수신단에서 다수의 안테나를 활용함으로써 각 사용자 특성에 맞는 시간, 주파수, 공간의 3 차원 웨이브폼 구성이 가능하다. 이를 통해 서로 간의 간섭을 낮추고 다이버시티를 높여 요구되는 신뢰성을 제공할 수 있다. 다중접속방식에서는 사용자의 다양한 요구사항에 따라 할당된 자원을 사용하는 여러 웨이브폼들의 공존 효율성을 지원해야 한다. 시간, 주파수, 공간으로 나뉘어진 자원들에 대하여 비직교 다중접속방식이 사용될 수도 있으며 시간에 따라 또는 채널 환경에 따라 비직교성이 변화할 수도 있다. 프로토콜 계층에서의 목표는 서비스에서 요구되는 저지연 지원을 더 효율적으로 하는 프레임구조를 개발하는 것과 주파수 효율을 증가시키는 것이다. 이를 위해서는 전이중 통신을 포함하는 듀플렉스 기술과 비직교 다중접속방식을 지원할 수 있어야 한다.

III. 결론

본 논문은 5G 의 사용 사례로부터 초저지연 고신뢰 서비스의 새로운 카테고리를 제시하였으며 각 카테고리 별로 웨이브폼, 다중접속방식, 프로토콜 기술의 최상위 요구사항(top-level requirement)을 도출하였다. 추후 보다 자세한 요구사항의 도출이 필요하며 이를 통해 세 가지 기술의 통합적인 개발이 이루어져야 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신 방송연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [B0126-15-1012. IoT 환경에서 촉감통신 서비스 실현을 위한 차세대 초저지연/고효율 무선접속기술 연구]

참 고 문 헌

[1] 5G Use Cases, Deployment Scenarios and Framework of Requirements, RAN 5G Workshop - The Start of Something, Phoenix, AZ, USA, September 19, 2015

[2] 5G-PPP White Paper on eHealth, Factories-of-the-Future, Automotive Vertical Sector, The 5G Infrastructure Public Private Partnership, October 2015

[3] Nadia Brahma, Osman N. C. Yilmaz, Ke Wang Helmersson, Shehzad A. Ashraf, Johan Torsner, Ericsson Research, "Deployment Strategies for Ultra-Reliable and Low-Latency Communication in Factory Automation", IEEE Globecom 2015, San Diego, CA, USA, December 2015