

# Waveform and Multiple Access Techniques for Low-Latency Ultra-Reliable Communications

김종현<sup>o</sup>, 이진녕, 이광훈, 최경준, 김광순  
연세대학교 전기전자공학과

{jhkim, jnlee, ghl1016, kjchoi}@dcl.yonsei.ac.kr, ks.kim@yonsei.ac.kr

## 1. 서론

5G(IMT-2020)는 예상되는 사용 시나리오에 따라 향상된 광대역 무선통신 (eMMB), 대규모 사물인터넷 (mMTC) 그리고 초저지연 고신뢰 통신 (UR/LL)으로 나뉜다. 초저지연 고신뢰 통신에 대해서는 1ms 이내 무선 구간 지연시간과 시속 500km의 고이동성 지원의 핵심 성과 지표 (key performance indicators, KPI)가 요구되는데 이에 해당되는 서비스를 데이터 용량에 따라 다시 나누면 10Mbps 급의 초저지연 고신뢰 저용량 서비스 (Ultra-Reliable Low-Latency Low-Throughput, UR/LL/LT)와 100Mbps 급의 초저지연 고신뢰 대용량 서비스 (Ultra-Reliable Low-Latency High-Throughput, UR/LL/HT)의 두 가지 서비스 카테고리를 도출 할 수 있다 [1][2].

초저지연 고신뢰 조건을 만족하면서도 데이터 전송을 효율적으로 하기 위해서는 웨이브폼과 다중접속방식 관점에서 다음 [표 1]과 같은 기술요구사항을 만족시켜야 한다.

	웨이브폼	다중접속방식
UR / LL / LT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 준동기 상황에서 좋은 수신 특성</li> <li>• 낮은 침투 전력 대 평균전력비</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산발적인 접속 시에도 사운딩 및 피드백 딜레이 없이 저지연 고신뢰 특성 만족</li> </ul>
UR / LL / HT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 채널환경 및 이동성에 맞는 서로 다른 웨이브폼 공존</li> <li>• 필터 지연시간 최소화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지속적, 대칭적 접속 상황에서 사운딩 오버헤드 없이 공간 분할을 통한 주파수 효율 향상</li> <li>• 저지연 고신뢰 특성 만족하기 위한 무선 자원 관리 필요</li> </ul>

[표 1] 초저지연 고신뢰 서비스에 따른 웨이브폼과 다중접속방식의 기술요구사항

## 2. 본론

초저지연 고신뢰 저용량 서비스의 경우에는 주로 센서를 통한 저용량의 정보가 상향링크를 통해 산발적으로 전송되는 것이 주 트래픽이 된다. 이러한 경우에 하향링크는 동기가 맞추어져 있지만 상향링크는 전파 전달 지연과 도플러 효과에 의한 준동기 상황이 발생한다. 준동기 상황과 웨이브폼의 비직교성을 극복하여 서비스에서 요구되는 초저지연 고신뢰 특성을 만족시키기 위해서는 저복잡도에서도 좋은 성능을 낼 수 있는 압축센싱 (Compressive Sensing) 기반의 동기화 및 동시수신 방식이 필요하다. 또한 LTE (IMT-Advanced)의 SC-FDMA (Single-Carrier Frequency Division Multiple Access)와 비교하여 주파수 효율이 비슷하면서도 침투 전력 대 평균전력비 특성이 더 뛰어난 웨이브폼 기술로 단말에서

발생하는 비선형성에 의한 전력 손실을 줄여야 한다. 다중접속방식에서는 초저지연 고신뢰 저용량 서비스의 트래픽 특성에 따라 산발적, 간헐적인 접속 시에도 고성능의 공간분할 및 다이버시티 제공을 채널 사운딩이나 피드백 지연 없이 제공할 수 있어야 하고 요구되는 저지연 고신뢰 특성을 만족하면서 연결성을 최대화 할 수 있는 무선자원 관리 및 할당 최적화 알고리즘의 개발이 필요하다.

초저지연 고신뢰 대용량 서비스에서는 지속적이고 대칭적인 접속 환경에서 각 단말이 분산 제어 및 최적화를 수행한다. 이러한 서비스 환경에서 주파수 효율을 극대화하기 위해서는 각 사용자마다 채널 환경 및 이동성에 알맞은 웨이브폼을 사용해야 한다. 서로 다른 각각의 웨이브폼들이 간섭의 영향 없이 공존할 수 있기 위해 필터가 필수적이며 저지연 특성을 만족하기 위해서 필터 지연시간은 최소화되어야 한다. 이를 위해서는 시간, 주파수, 공간의 3 차원 웨이브폼을 제공해야 하고, 추가적인 채널 사운딩 오버헤드 없이 이동성을 지원해야 한다. 그리고 저지연 고신뢰 특성을 만족하면서 주파수 효율을 최적화 하기 위해서 무선자원 관리 및 할당 최적화 알고리즘 개발이 필요하다.

## 3. 결론

앞서 본 것처럼 저지연 고신뢰 통신을 위한 웨이브폼 기술과 다중접속기술의 요구사항은 이제까지의 이동통신 시스템에서의 요구사항과 다르며, 이러한 특성을 만족할 수 있는 새로운 원천기술 개발이 필요하다.

## ACKNOWLEDGMENT

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

## 4. 참고 문헌

- [1] 5G-PPP White Paper on eHealth, Factories-of-the-Future, Automotive Vertical Sector, The 5G Infrastructure Public Private Partnership, October 2015
- [2] 김종현, 이진녕, 전기준, 최경준, 김광순, “초저지연 고신뢰 서비스를 위한 무선 접속 기술 요구사항”, 한국통신학회 동계종합학술발표회, 2016년 1월.