

# 저지연 서비스 지원을 위한 3GPP 표준화 동향

정수정, 조승권, 장성철  
한국전자통신연구원

## 요약

새로운 서비스의 실현을 목표로 하는 차세대5G이동통신에 대한 비전, 요구사항 및 주요 요소 기술들에 대한 연구가 다양하게 진행 중이다. 지연 시간에 민감한 새로운 저지연 서비스의 지원을 위해 5G 이동통신 비전의 핵심 성능 지표 중 하나로 무선구간에서 1ms 이내의 사용자 데이터 전송이 제시되었다. 본 고에서는 ITU-R WP 5D의 5G 이동통신 비전 권고 내용들과 권고 내용을 직접적인 반영하는 5G 관련 기술 개발 단계는 아니지만 3GPP 에서 현재 진행 중인 Release-13 표준화 활동 중에서 사용자 데이터 전송에 있어서 지연 감소를 목표로 논의되는 후보 기술들을 살펴보고 이를 바탕으로 3GPP에서의 관련 표준화 동향을 정리한다.

## I. 서론

차세대 이동통신에서는 사용자 단말뿐만 아니라 다양한 사물들에게도 추가적으로 통신 기능이 부여되는 통신환경의 변화로 1000배 이상의 이동통신 시스템 능력(트래픽 속도 증가, 디바이스 수 증가, 지연시간 감소 등)의 향상이 예상된다[1]. 이를 활용한 5G 이동통신 서비스로서 교통, 스포츠, 교육, 의료, 제조 등의 분야에서 증강현실, 가상현실, 실시간 온라인게임 등과 같은 다양한 실시간(real-time) 인터랙티브(interactive) 멀티미디어 서비스들의 증가가 예상된다[2]. 이러한 새로운 서비스들은 전송 지연에 민감한 서비스를 포함하고, 서비스에 대한 사용자들의 체감 만족도 충족을 위해 무선 구간에서의 지연 시간은 전송 속도만큼 중요한 요소로 인식되고 있다. 또한 TCP/IP는 전송률이 종단간(End-to-End, E2E) 패킷 응답시간(Round Trip Time, RTT)에 반비례하여 증가하는 특징이 있으므로, TCP/IP기반 서비스들의 실제 전송률을 향상시키는 관점에서도 무선 전송 구간에서의 지연 감소는 중요하게 고려되어야 한다[3]. 종단간 지연이 수 ms 이내인 저지연 서비스를 이

동통신을 통해 지원하기 위해서는 패킷 전달 경로에 포함되는 무선구간, 코어망을 포함한 유무선네트워크의 모든 구성 요소들에서 지연 요구사항을 만족시키는 것이 필수적이다. 특히, 무선 구간에서의 전송지연이 종단간 전송지연에 미치는 큰 영향을 고려할 때 저지연 서비스 지원을 위한 무선구간에서의 전송 및 접속 기술의 활발한 연구 개발이 필요하다.

2020년 상용화가 예상되는 5G 이동통신에 대한 글로벌 이동통신 사업자 및 제조사, 연구기관들의 관심이 고조되고 있으며, 이에 따라 B4G/5G 이동통신 표준 개발 관련하여 차세대 주파수, 미래 IMT 에 관한 비전/요구사항/후보기술 및 표준화 일정을 다루는 ITU-R WP 5D에서는 5G 이동통신의 비전 권고안이 2015년 6월에 합의되었다. 2020년경에 상용화될 5G 이동통신은 “IMT-2020”이라 명명되었고, 5G 이동통신에 대한 IMT 비전 권고 문서[1]는 미래 서비스 동향, 기술 발전 동향 및 주파수 관련 고려사항을 포함하고, 5G 이동통신의 특징을 제시하는 핵심성능 지표 8개(최대 전송률(peak data rate), 체감 전송률(user experienced data rate), 주파수 효율(spectrum efficiency), 전송 지연(latency), 이동성(mobility), 최대 연결수(connection density), 에너지 효율성(network energy efficiency), 면적당 연결 수(Area Traffic Capacity))를 <그림 1>과 같이 제시한다.

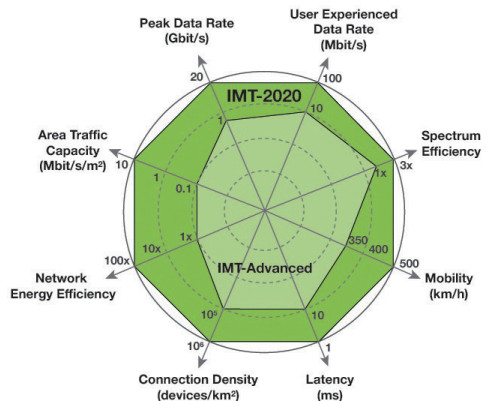


그림 1. 미래 IMT(5G) 주요 성능 지표[1]

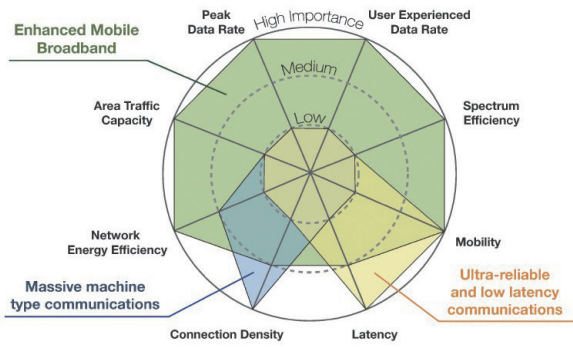


그림 2. 미래 IMT(5G)의 주요 서비스 시나리오[1]

또한, <그림 2>와 같이 제시된 8개 성능지표와 관련하여 향상된 모바일 광대역 시나리오 및 다수 사물 통신 시나리오와 함께 저지연/고신뢰 통신 시나리오를 5G 이동통신(“IMT-2020”)의 주요 서비스 시나리오로 기대하고 있음을 나타낸다. 5G 이동통신에 대한 명칭 및 표준화 절차는 2015년 10월 ITU-R RA-15에서 최종 확정될 예정이다.

## II. 3GPP 저지연 기술 표준화 동향

3GPP RAN에서는 2016년 3월 종료 예정으로 현재 상용 서비스 중인 LTE-Advanced의 성능 개선을 목표로 하는 Release-13관련 표준화가 진행 중이다. 3GPP 표준화 일정 상으로는 Release-14부터 5G에 대한 논의가 시작될 것으로 예상된다[24]. Release-13에서는 전송속도를 향상시키는 규격 개선 표준화활동과 병행하여, Machine Type communication(MTC), Device-to-Device communication(D2D) 등의 새로운 서비스를 도입하기 위한 논의가 진행 중이고, 최대 전송률뿐만 아니라 지연, 신뢰도(reliability) 등이 새로운 사용자 요구사항으로 고려되고 있다. 특히 무선구간 전송지연 감축에 관련된 논의의 경우, 현재 20ms의 LTE 시스템의 종단간 지연으로는 저지연 및 고신뢰 무선전송 기술을 필요로 하는 새로운 서비스(e.g. 교통안전/교통제어(traffic safety/control), 주요 인프라 및 산업공정 제어(control of critical infrastructure and industry process))의 상용화를 지원하는 데에 있어 예상되는 한계점들을 해결하기 위해 관련 논의가 시작되었다. 따라서, 3GPP RAN에서는 향후 예상되는 새로운 서비스들의 지원을 위해 Release-13 뿐만 아니라 Release 들에서 감소된 지연 성능 제공을 위한 실현가능성에 대한 연구 및 관련 표준화 작업이 진행될 것으로 예상된다[6].

3GPP RAN의 경우 이전 Release-10에서도 지연 감소를 위한 관련 표준화 활동이 있었다[7]. Release-10에서는 RAN2 주도로LTE의 지연 감소를 위한 논의가 있었으며, 경쟁기반 상향링크 전송(contention-based uplink transmission), 전용SR의 공유(shared D-SR), 상향링크 사전 할당(Uplink resource pre-allocation) 등의 방안 제시와 제시된 방안들에 대한 확인 등이 이루어졌다. 그러나 관련 방안들의 복잡도(complexity) 및 이득(gain)에 대한 상세 검토 및 특정 방안의 선택 등이 합의 실패로 인해 최종적으로 결정되지 않고 중단되었다[8].

현재 3GPP RAN에서는 지연 감소 방안에 대한 논의가 2015년 5월부터 Feasibility Study - LTE Latency Reduction(FS\_LTE\_LATRED) 명칭의 연구항목(Study Item, SI)로 RAN2에서 먼저 진행 중이며, 추후에 RAN1에서 논의 진행 후에 관련 논의 결과는 TR 36.881로 작성 예정이다[5][18]. 해당 SI는 활성 상태의 단말(active UE) 또는 비활성 상태의 단말(inactive UE)의 패킷 전송의 지연시간 감소를 목표로 한다. 이는 주로 상향링크 지연 감소 방안과 관련되며, 자원할당(UL grant) 획득 시간 및 데이터 전송까지의 시간을 감소시키는 기술들을 의미하는 빠른 상향링크 전송(fast uplink transmission)과 TTI(Transmission Time Interval) 단축 및 처리시간(processing time) 감소 방안들을 논의 범위로 한다. 지난 5월 회의에서는 SI의 일정 및 SI가 참조하는 사용 예(use case) 및 응용(application)에 대한 합의 및 짧은TTI(short TTI)로 인한 지연 감소의 성능 평가 방안에 대한 논의 등이 이루어졌다. SI에서 고려하는 사용 예 및 응용들은 해당 SI의 논의 배경 및 필요성을 제공하는 의미로 현재 5G 관련 저지연 서비스로 논의되고 있는 것들이 모두 논의되었고, 지연 요구사항이 현재 LTE에서 만족 가능하다고 판단되는 웹 기반 응용(web-based application (http/FTP)) 및 실시간 응용(real-time application)이 주요 사용 예로 합의되었다. RAN2 논의 시에는 현재 LTE의 1ms 보다 작은 값으로 TTI값이 설정되는 것으로 가정하고 관련 성능평가를 진행하기로 하였다.

SI에서의 논의 과정은 관련 기술의 필요성, 기존 규격에의 영향, 기술의 아이디어 및 기술 적용 시의 장단점(complexity, energy consumption, signaling overhead and resource efficiency) 등을 논의하여 제안 기술들의 실현가능성(feasibility)를 확인하여 대상 기술의 범위를 좁혀 이후 진행될 작업 항목(work item, WI)에서 상세 기술 논의를 빠르게 진행하기 위한 준비 단계로 볼 수 있다. 따라서 향후 진행될 ‘FS\_LTE\_LATRED’ SI 표준화 과정에서는 RAN2에서 상향링크 지연 감소 효과가 클 것으로 예상되는 기술들의 식별 작업이 우선적으로 이루어질 전망이다. 즉, 각 기술이 해결하고자 하는 세부 문

제점 확인 및 제시된 기술들에 대한 시스템 용량, 배터리 사용 시간 및 제어 채널의 오버헤드 증감 등을 고려한 자원 효율성 관점에서의 이득과 해당 이득을 얻기 위한 대가, 그리고 기존 규격에 미치는 영향에 대한 논의 등을 거쳐 최종적으로 후보 기술들을 결정할 예정이다. 후보 기술들은 2015년 12월 제 70차 RAN 총회에서 결정될 예정이며 결정된 후보 기술들에 대한 내용들이 관련 TR에 반영될 예정이다. RAN2에서 식별된 후보 기술들을 바탕으로 2016년 상반기부터는 RAN1에서 해당 기술들의 성능 평가를 짧은 TTI 적용을 가정하여 수행하고 이를 기반으로 TTI 길이에 대한 논의를 시작할 것으로 예상된다. 따라서, 기존 규격과의 호환성(Backward compatibility) 및 기존 규격에 대한 영향을 고려해서 새로운 TTI 길이를 결정하는 것이 해당 SI 논의의 큰 이슈 중 하나가 될 것으로 예상된다.

### III. 3GPP LTE 지연 감소 후보 기술들

3GPP RAN에서 논의되거나 논의될 예정인 LTE관련 지연 감소 후보 기술들은 주로 RAN2 주도의 MAC 계층에서의 제어 신호 설계 및 시그널링 절차의 최적화를 통한 지연 감소 방안인 빠른 상향링크 전송 방안들과 RAN1 주도의 단축된 TTI 및 처리 시간 감소를 통한 HARQ RTT 및 자원할당 정보 획득 시간, 데이터 전송 및 데이터 처리 시간을 감소시키는 방안들로 크게 구분된다.

#### 1. 빠른 상향링크 전송 지원 방안들

Release-13의 'FS\_LTE\_LATRED' SI 내에서 논의될 빠른 상향링크 전송 지원 기술들은 기지국에 연결되어 있으나, 일정 시간 이상 기지국과의 데이터 송수신이 없어서 비활성(inactive)

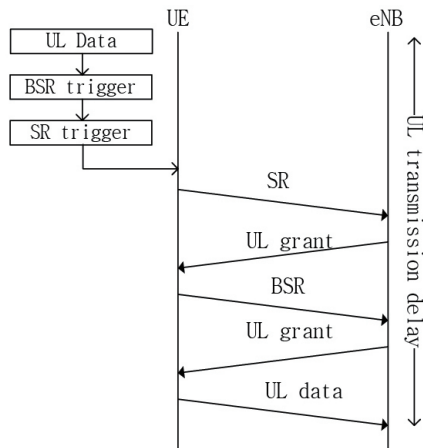


그림 3. SR 이 구성된 경우의 상향링크 전송 지연

상태이던 단말이 필요한 경우 기지국으로의 빠른 데이터 전송이 가능하도록 하는 방안을 제시하기 위한 것이다. 이 방안들은 물리계층(physical layer)의 변경 없이 MAC 계층에서의 자원할당 방식 변경을 통해 단말이 기지국으로 자원 할당 요청 절차 수행한 이후 자원 할당을 받는 기존 방식보다 빠르게 자원 할당이 가능하도록 하는 방식들이다. 이는 직접적으로는 사용자 평면 상의 데이터 전송 지연시간(User plane latency)를 줄이는 것이며, 간접적으로는 제어 시그널링의 전달을 빠르게 해줌으로써 호 설정 및 베어러 설정 시간(call setup/bearer setup time)을 줄일 수 있다[9].

#### 가. 경쟁 기반 상향링크 전송 (contention-based uplink transmission)

LTE/LTE-Advanced의 상향링크 전송은 기본적으로 기지국의 스케줄러에 의해 특정 단말들에게 자원할당이 이루어지고 할당 받은 자원을 통한 특정 단말의 데이터 전송이 이루어지는 비경쟁(Contention-free, CF)방식이다. LTE/LTE-Advanced의 CF 방식에서는 기지국에 연결되고 상향링크 동기화된 단말은 자원할당이 필요한 경우, <그림 3>과 같이 기지국 스케줄러에게 단말 고유의 자원 요청 신호(Scheduling Request, SR)를 전송할 수 있다. 이에 따라 단말의 SR을 수신한 기지국의 스케줄러가 해당 단말을 확인하고 해당 단말에게 자원할당을 해준다. 단말은 버퍼상태정보(Buffer Status Report, BSR)을 먼저 송신하고 단말이 전송한 BSR정보에 따라 기지국이 추가 할당할 자원을 통해 사용자 데이터를 전송한다[22].

상향링크 전송에서 동일한 자원을 다수의 단말이 공유하고 분산적인 전송권한을 획득하는 방식이 경쟁기반(Contention-based, CB) 전송 방식이다. 이 방식에서는 상향링크로 자원을 할당 받기 위해 단말 고유의 SR을 전송하는 대신, <그림 4>와 같이 기지국이 특정 그룹의 단말들에게 경쟁기반 자원할당(CB-grant)을 한다. 그룹에 속한 임의의 단말들은 전

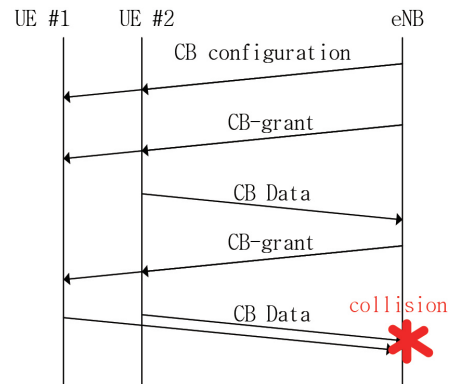


그림 4. 경쟁기반 전송 방식



송할 상향링크 데이터가 있는 경우 해당 자원을 사용하여 데이터 전송을 시도한다. 그룹에 속한 복수의 단말들에 의한 자원의 동시 사용이 이루어진 경우 단말들간의 충돌이 발생할 수 있으나 자원요청(SR) 절차 없이 상향링크 데이터 전송이 이루어질 수 있어 상향링크 데이터 전송의 지연이 감소될 수 있다. 경쟁기반 자원할당을 통해 할당된 자원을 이용해 데이터를 전송하는 경우, 각 단말은 기지국으로부터 할당 받은 자신의 식별자(C-RNTI) 및 버퍼상태정보를 포함하여 데이터를 전송하고 이를 수신한 기지국이 해당 단말을 판별할 수 있도록 하거나 상향링크 스케줄링에 필요한 정보를 스케줄러에 전달할 수 있다. 이 방안은 자원할당을 나타내기 위한 새로운 식별자(CB-RNTI) 도입이 필요하나 기존의 상향링크 데이터채널(PUSCH)은 변경 없이 재사용 할 수 있게 한다. 기지국은 트래픽 종류(traffic type), 지연시간 요구 값(latency requirement)를 고려하여 필요한 자원을 적절하게 할당 가능하다.

CB 전송 방식은 재전송 없는 경우 LTE/LTE-Advanced의 가장 짧은 SR 주기인 1ms 를 고려하더라도 9.5ms 가 걸리는 전송 지연 시간을 5.5ms 로 줄이기 위한 방안으로 제시되었으며, 연속적인 상향링크 전송이 발생하지 않는 작은 사이즈의 상향링크 데이터는 효율적으로 전송할 수 있는 기술로 평가된다. 또한 공유SR (shared D-SR) 전송 방안이나 기지국의 사전 할당(pre-allocation) 방안보다는 효율적인 자원 사용 방안이며 짧은 TTI 적용 및 감소된 처리시간 방안 적용과는 무관하게 적용 가능한 방안이다.

경쟁기반 전송 방안은 Release-10에서도 지연 감소 후보 기술로 검토된 기술이다. 그러나 경쟁기반 자원할당으로 인한 단말간의 충돌 발생 시의 해결 방안 및 충돌 이후의 재전송 제어 방안 등이 해결되어야 할 부분으로 남아있다. Release-10에서 이를 위해 RLC(Radio Link Control) 계층에서의 재전송, 하향링크 피드백 채널(Physical HARQ Indicator Channel, PHICH)를 활용한 MAC계층의 local NACK, 단말 식별자(C-RNTI)를 이용하여 고정된 타이밍에 별도의 자원 할당을 하향링크 제어채널(PDCCH)를 통해 전송하는 dedicated MAC acknowledgement, Adaptive HARQ 적용 등이 제시되었으나 적절한 방안으로 채택되지는 못하였다[25]. Release-13에서는 다수의 사용자 간의 동시 전송으로 인한 충돌을 단말 별로 구분되는 pilot 신호의 cyclic shifting 특성으로 구분하는 방안이 제시되었다[11]. 그러나, SI의 일정 등을 고려할 때 식별된 문제점의 해결까지 많은 논의가 필요할 것으로 예상되어 경쟁기반 전송 기술에 대한 논의에 부정적인 의견도 제시되었다[12]. 이에 따라 Release-13에서의 지연 감소 방안으로는 제외될 가능성이 높다.

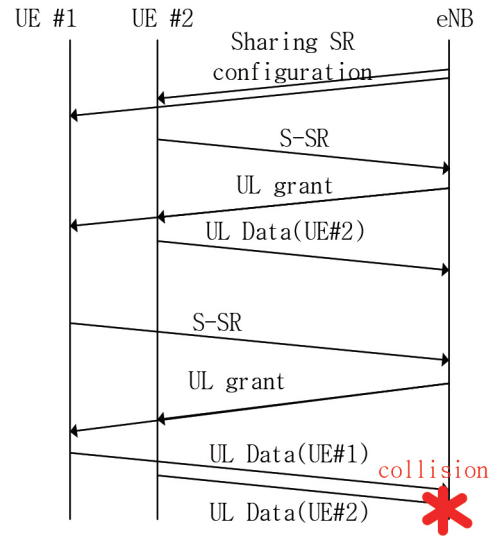


그림 5. Sharing SR 절차

#### 나. 공유 SR(shared D-SR) 전송

단말 별로 할당된 상향링크 자원에서 단말이 SR을 전송하여 <그림 3>에 나타난 절차를 시작하는 방식의 상향링크 SR 자원의 할당 주기는 시스템의 시그널링 오버헤드를 고려해서 결정된다. LTE/LTE-Advanced에서는 상향링크 전송 지연을 감소시키기 위해 1ms의 짧은 SR 자원의 할당 주기가 설정 가능하도록 하고 있다. 공유 SR 방안은 이와 달리 <그림 5>와 같이 동일한 SR 자원을 다수의 단말들이 공유하는 방안으로 짧은 SR 주기 할당으로 인한 제어채널의 오버헤드를 줄이면서도 짧은 주기의 SR 사용으로 인한 전송 지연 시간 감소 이득을 얻기 위해 Release-10 논의의 때에 제안된 방안이다[19].

다수의 단말들에 의해 하나의 SR 자원이 공유되므로 경쟁기반 상향링크 전송 방안과 동일하게 다수 단말들이 동일한 SR 자원을 사용한 경우 이후의 상향링크 데이터 전송에서의 전송 충돌이 발생할 수 있다. 경쟁기반 데이터 전송 방안과 유사하게 단말간의 충돌 발생 시에 이를 해결하기 위해 백오프(backoff) 방안 및 SR을 공유하는 모든 단말들에게 개별적인 자원할당을 하는 방안이 제시되었다. 그러나, 이런 방안들은 충돌 확률과 할당된 MCS 등에 의한 자원 필요량에 따라 효율성이 결정될 수 있다. 앞의 경쟁기반 전송방식과 마찬가지로 전송 데이터의 충돌이 존재하고 데이터 전송까지의 절차는 더 늘어나는 단점이 존재한다. 따라서, 복수 개의 단말에 의한 SR 동시 전송으로 인한 단말간 상향링크 전송 시의 충돌 해결 방안 등이 구체적으로 제시되지 못하는 점과 이후 짧은 TTI 적용이 고려되는 경우에는 작은 제어 오버헤드로 짧은 주기의 SR 사용으로 인한 공유 SR 전송 방안의 장점이 더 이상 크지 않아 Release-13에서

의 지연 감소 방안으로는 제외될 것으로 예상된다[12][19].

#### 다. 상향링크 자원 사전 할당(UL resource pre-allocation)

상향링크 자원 사전 할당 방안은 기지국이 단말의 상향링크 데이터 전송이 예측될 때 기지국이 미리 자원을 할당해 주는 방식이다. 이는 이미 기지국과 동기화되어 있는 단말이라도 단말에 의한 자원할당 요청절차(SR 및 BSR)를 통한 자원 할당 요청 후 전송까지 걸리는 최소10ms 정도의 지연시간을 피할 수 있어 지연시간 감소 방안으로 Release-8 이후 기지국 구현 관련 사항으로 지원되는 방안이다. 따라서, 사전 할당 방안은 인터넷 트래픽을 대상으로 시스템의 부하 정도가 낮은 경우(Unloaded 또는 partially-loaded network)에 간단하고 효율적인 방안으로 평가된다[20]. LTE/LTE-Advanced의 SPS(semi-persistent scheduling)에서는 제어 오버헤드를 줄이기 위해 일정한 전송 주기를 가지는 데이터의 경우 단말에게 제어채널(PD-CCH)를 통한 처음 한번의 자원할당이 수행되고 이후 정해진 주기로 해당 자원 할당이 고정적으로 이루어지는 반면, 사전 할당 방식은 전송 지연시간 감소를 위한 방안이며 제어채널(PD-CCH)를 통한 자원 할당이 이루어지는 차이점이 있다. LTE/LTE-Advanced에서는 단말이 전송할 데이터가 없는 경우에 기지국에 의해 자원할당이 이루어지면 단말은 padding BSR을 전송한다. 이에 따라 주변 셀로의 간섭 증가, 단말 파워 소모 증가, padding BSR에 대한 HARQ 재전송 적용 등으로 인한 자원 사용 효율성 감소 등의 단점이 있다[12].

그러나, 매크로셀(Macro cell) 기지국뿐만 아니라 스몰셀(small cell) 및 펌토셀(Femto cell) 기지국의 도입 등으로 기지국의 부하가 낮은 상황이 실제적으로 많이 발생하게 되어 스몰셀 환경에 적합한 사전 할당 방안에 대한 방안 연구 필요성이 새롭게 제기되어 Release-13의 지연 감소 기술의 후보기술로 기존의 단점을 극복한 사전 할당 방안이 논의될 수 있다[12]. 이를 위해 기존의 SPS 방안의 주기를 줄인 방안을 도입하거나 단말이 전송할 데이터가 없는 경우 기존의 padding BSR 전송 대신 아무 전송을 하지 않는 방안들이 이에 대한 방안으로 제기되었다[13].

## 2. TTI 단축 및 처리시간 감소

### (TTI shortening and reduced processing times)

TTI는 기지국 스케줄러에 의해 자원할당이 이루어지는 단위이며, 할당된 자원을 통해 무선 구간에서의 기지국과 단말의 송수신이 이루어지는 시간 단위이다. 따라서 TTI는 무선구간의 전송 시간과 송신기와 수신기의 데이터 처리 시간에 영향을 미친다. 따라서 TTI를 현재 14 OFDM 심볼 또는 SC-FDMA 심볼로 구성되는 1ms의 서브프레임(subframe)에서 TTI를 구성

하는 심볼 수를 줄이는 방안이 지연시간 감소의 방안으로 제시되고 있다. 즉, 송수신기 처리 시간이 TTI에 비례하여 감소되는데 가정하는 경우TTI를 1ms에서 0.5ms로 줄이는 경우 단말의 하향링크 수신 및 상향링크 송신시간이 1/2로 선형적으로 감소한다[21].

HARQ RTT는 송수신기 처리시간에 따라 영향을 받는다. 즉, 전송하는 심볼 수에 따라 송신기의 송신할 데이터 준비에 필요한 시간이 달라지고, 한 TTI에 전송되는 데이터 내에 포함되는 reference signal(RS)의 위치 또한 수신기의 신호 복조 및 복호(demodulation and decoding)에 필요한 처리시간에 영향을 주게 된다. 채널코딩 방식에 따라서도 수신기의 처리시간은 영향을 받게 된다. 심볼 수를 줄이면서 송수신기의 처리 시간을 줄이면 이에 따라 상향링크 자원할당과 실제 전송 사이의 시간 및 HARQ 피드백까지의 시간이 줄어들 수 있으므로 이에 따라 상향링크 데이터 전송 관련 지연을 줄일 수 있다[14].

줄어든 TTI로 인한 효과는 HARQ RTT 감소뿐만 아니라 TCP window의 크기가 빨리 커지는 효과 등의 지연감소 성능 개선 부분이 있으나, 짧은 TTI로 인해 제어 채널의 오버헤드의 증가로 인한 트래픽 전송의 자원 감소 및 전송 가능한 데이터의 사이즈 감소로 인한 RLC 오버헤드 증가의 단점들이 있을 수 있다.

Release-13의 지연감소 관련 SI에서는 새로운 TTI의 대상을 최대 0.5 ms 길이의 슬롯(slot)부터 최소 1/14 ms 길이의 OFDM 한 심볼 길이까지를 고려 대상으로 하고 있다. TTI의 길이가 크게 줄어들 때 증가하는 오버헤드에 대한 고려 및 기존 규격에 대한 영향 등이 RAN1 논의에서 중요하게 다루어진다면, 0.5 ms 길이의 슬롯(slot) 단위가 우선적으로 논의 대상이 될 수 있을 것으로 예상된다. 0.5 ms TTI를 가정할 때, HARQ RTT를 현재 8 ms에서 최대 25%인 2 ms까지 줄이는 것이 가능하다[16].

## 3. 기타 기술들

### 가. RLC 재전송 개선

현재 LTE/LTE-Advanced의 AM(Acknowledged Mode) 방식의 RLC 에서는 <그림 6>과 같이 RLC status report 에 의해서만 RLC PDU에 대한 재전송이 발생한다[23]. 이는 HARQ 전송 실패율이 낮고, RLC 재전송이 매우 드물게만 나타나기에 전송 지연에 크게 영향을 미치지 않는다. 그러나 나쁜 채널 환경 등에 의해 HARQ 전송 실패가 발생하면 RLC PDU의 재전송까지는 오랜 시간이 걸린다. 이는 RLC status report의 전송이 reordering timer 만료 후에 일어나므로 RLC에서의 재전송까지는 오랜 시간이 걸리고 이는 전체적인 전송 지연의 증가를 의미한다.

## IV. 결론

저지연 서비스를 제공하기 위해 필요한 무선구간 전송지연 감소 기술의 동향으로 3GPP RAN 표준에서 논의되는 빠른 상향 링크 전송 기술과 짧은 TTI 도입 등의 무선구간 전송지연 감소 기술에 대하여 살펴보았다. 현재 진행되고 있는 3GPP Release-13에서는 기존 단말의 무선접속 호환성을 보장하면서 무선구간 지연시간의 감소를 가능하게 하는 후보 기술들에 대한 특징을 검토하고 성능에 근거하여 후보 기술들에 대한 선정이 이루어질 예정이다. 또한 5G 이동통신의 성능 요구사항인 1ms 전송 지연을 지원하는 기술들에 대한 논의는 Release-14에서 진행될 것으로 예상된다.

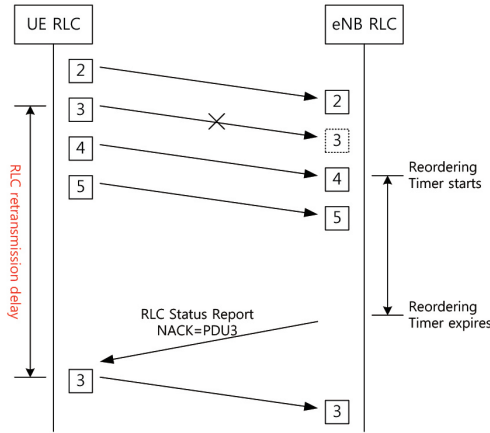


그림 6. RLC 재전송 시의 지연시간 예 [10]

이에 따라 RLC 재전송 지연 시간을 줄이기 위해 HARQ reordering 에 기반한 RLC 재전송 또는 reordering timer 만료 전에 status report 메시지를 전송 하는 방안 등이 전송 지연을 감소할 수 있는 방안이 될 수 있다[10].

### 나. SPS 개선

SPS의 개선 방안은 직접적으로 전송 지연 시간을 감소시키는 방안은 아니지만, SPS를 위한 자원을 최적으로 설정하면 지연 없이 상향링크 데이터 전송이 가능하게 되므로 상향링크 전송 지연에 영향을 미친다. 현재 규격의 SPS 방식은 작은 크기의 VoIP 트래픽을 대상으로 고정된 시간 간격의 고정된 크기의 자원 할당에 의해 이루어진다. 따라서 현재의 SPS로는 가변적인 트래픽 패턴을 지원할 수가 없다. 따라서 가변적인 트래픽 패턴을 지원할 수 있는 새로운 SPS 방식이 가능하면 이 방안도 지연 감소를 위한 방안으로 논의 될 수 있다[10].

## 4. 제안된 후보 기술들 비교

빠른 상향링크 전송 방안들과 짧은 TTI 및 처리 시간 감소 방안들로 구분되는 후보 기술들의 비교는 아래 <표 1>과 같다.

표 1. 후보 기술들의 비교

	빠른 상향링크 전송 방안들	TTI 단축 및 처리시간 감소 방안들
특징	빠른 상향링크 자원 할당 정보 획득	TTI를 구성하는 심볼 수의 감소
장점	단말의 자원 요청 절차의 생략	HARQ RTT 감소
단점	단말간의 충돌 자원 사용의 효율성 감소	제어채널 및 RLC 오버헤드 증가
규격 영향	MAC/Physical layer	Physical layer

## Acknowledgement

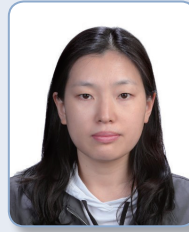
이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R0101-15-244, 초연결 스마트 모바일 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심 기술 개발)

## 참고 문헌

- [1] Draft new Recommendation ITU-R M[IMT.VISION], 2015년 6월, <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx>
- [2] 이호원, 이인호, 최현호, “ 5G 무선통신을 위한 저지연 서비스 시나리오 및 플랫폼”, 한국정보통신학회지 15권 2호, 2014년 12월
- [3] NSN, “Latency - The impact of latency on application performance”, 2009년
- [4] 3GPP TSG RAN #67 RP-150581, “Report of 3GPP TSG RAN meeting #67”, 2015년 3월
- [5] 3GPP TSG RAN #67 RP-150465, “New SI proposal: Study on Latency reduction techniques for LTE”, Ericsson, 2015년 3월
- [6] Ericsson, “LTE release 13-expanding the networked society”, 2015년 4월
- [7] 3GPP TSG RAN #46 RP-091449, “LTE latency improvement WI-core part”, 2009년 11월

- [8] 3GPP TSG RAN #50 RP-101112, “ WI report on Latency reductions for LTE”, 2010년 12월
- [9] 3GPP TSG RAN WG2 #90 R2-152326, “Latency reductions in LTE“, Ericsson, 2015년 5월
- [10] 3GPP TSG RAN WG2 #90 R2-152293, “Potential Improvement Area for Latency Reduction”, LGE, 2015년 5월
- [11] 3GPP TSG RAN WG2 #90 R2-152383, “UL Contention Based Access for Latency Reduction”, MediaTek Inc., 2015년 5월
- [12] 3GPP TSG RAN WG2 #90 R2-152301, “Latency Reduction Rel-10 discussion recaps”, Nokia Networks, 2015년 5월
- [13] 3GPP TSG RAN WG2 #70 R2-103554, “UE battery drain due to blind scheduling”, Samsung, 2010년 7월
- [14] 3GPP TSG RAN WG2 #90 R2-152415, “Areas for reducing latency”, Ericsson, 2015년 5월
- [15] 3GPP TSG RAN WG2 #90 R2-152496, “ Work plan for Study on latency reduction techniques for LTE”, Ericsson, 2015년 5월
- [16] 조승권, 노태균, 정수정, 이안석, 장성철, “짧은 TTI를 고려한 저지연 기술”, 정보통신 합동학술대회(JCCI), 2015년 4월
- [17] 김근영, 이상호, 김영진, “ 5G 통신 동향”, 전자통신동향분석, vol. 30, no.1, 2015년 2월
- [18] Draft 3GPP TR 36.881, “Study on latency reduction techniques for LTE(Relase 13)”, 2015년 5월
- [19] 3GPP TSG RAN WG2 #68bis R2-100207, “ Sharing PUCCH-SR”, Huawei, 2010년 1월
- [20] 3GPP TSG RAN WG2 #66 R2-092894, “UL resource pre-allocation to reduce U-Plane RTT latency“, T-Mobile, 2009년 5월
- [21] 3GPP TSG RAN WG2 #90 R2-152456, “Evaluation on the gains provided by 0.5ms TTI”, Huawei, HiSilicon, 2015년 5월
- [22] 3GPP TS 36.321 v12.0.0:” Medium Access Control (MAC) protocol specification”, 2013년 12월.
- [23] 3GPP TS 36.322 v12.0.0:” Radio Link Control (RLC) protocol specification”2014년 9월.
- [24] [http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1674-timeline\\_5g](http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1674-timeline_5g)
- [25] 3GPP TSG RAN WG2 #68 R2-096759, “Details of latency reduction alternatives”, Ericsson, 2009년 11월

## 약 력



정수정

1998년 고려대학교 공학사  
 2001년 한국과학기술원 공학석사  
 2001년~현재 한국전자통신연구원  
 통신인터넷연구소 선임연구원  
 관심분야: 자원할당, 무선접속 프로토콜



조승권

1999년 부산대학교 공학사  
 2001년 광주과학기술원 공학석사  
 2001년~현재 한국전자통신연구원  
 통신인터넷연구소 선임연구원  
 관심분야: 자원할당, 저지연 접속기술



장성철

1992년 경북대학교 공학사  
 1994년 한국과학기술원 공학석사  
 1999년 한국과학기술원 공학박사  
 1999년~현재 한국전자통신연구원  
 통신인터넷연구소 책임연구원  
 관심분야: 이동통신 무선접속 프로토콜