

3GPP LTE Rel-12 & Onwards 주요 요소 기술 및 표준 동향

I. 서론

LTE 이동통신 기술은 3GPP (3rd Generation Partnership Project)의 Rel-8 표준으로 2008년 최초 발간되었으며, 초기 Rel-8 표준에 비해 약간의 기술 업그레이드를 거친 Rel-9 표준에 근거한 상용 단말이 개발되고 있다. LTE의 초기 표준 규격에 대한 개발이 막바지에 이르고 있던 2008년 초부터 ITU-R을 중심으로 기존의 IMT-2000 통신 표준을 대체하는 IMT-Advanced라는 새로운 국제 이동통신 표준의 제정을 위한 움직임이 시작되었으며, IMT-2000 과는 차별화되는 도전적인 표준 요구 사항을 선정하여 이를 만족시키는 표준 기술들을 IMT-Advanced 표준으로 선정하기로 하였다. 3GPP에서는 LTE의 진화 기술인 LTE-Advanced라고 불리는 표준 기술을 IMT-Advanced 표준으로 개발하여 LTE Rel-10 표준으로 발간하였으며, 이 표준은 2012년 초 IMT-Advanced 표준으로 최종 인준되어 M.2012 표준에 포함되었다. LTE Rel-10 표준 기술은 주파수 병합기술 (Carrier Aggregation), 하향링크 MIMO 진화기술, 상향 링크 MIMO 기술, 향상된 셀간 간섭 제어 기술, 중계기 기술 등을 포함한 LTE Rel-8 표준 이후의 major 업그레이드 표준 기술이다. 이후, Rel-10 초기 표준에 포함되지 않았던 다른 중요한 요소 기술들인 CoMP (Cooperative Multi-Point Tx and Rx) 기법, 향상된 주파수 결합 기법 등을 포함한 Rel-11 표준이 2012년 말 발간되었다. Rel-8부터 현재까지의 LTE 표준 진화 상황을 돌아해보면 대략적으로 두 개의 표준 Release들을 한 쌍으로 하여 표준이 진화되고 있음을 관찰할 수 있다. 즉, Rel-8에서 LTE 표준 기초 기술들이 정의되었으며, Rel-9 표준은 서비스 차원에서 기초 기술들을 좀 더 업그레이드 시키는 형태로 개발되었다. 이와



윤 영우
LG전자

비슷하게 Rel-10 표준에서는 LTE-Advanced로 불리는 주요 요소 기술들이 처음으로 정의되었으며, Rel-11 표준에서는 이들을 보완하고 완성하여 실제 통신 시스템 운영에 도움을 줄 수 있는 형태로 표준 개발이 진행되었다.

이에 따라 LTE Rel-11 표준 이후의 기술 진화 방향에 대한 새로운 고민이 필요하게 되었다. 특히, 스마트폰 사용의 급증 등으로 급변한 시장 상황과 더욱 증가된 사용자 기대 사항 등에 대응할 수 있는 진화된 표준 기술에 대한 요구 사항들을 정의하고 이러한 요구 사항들을 만족시킬 수 있는 통신 기술들을 파악하기 위한 필요성이 증대되었으며, 이를 목표로 하여 3GPP Rel-12 & Onwards workshop이 2012년 6월 11, 12일 양일에 걸쳐 Slovenia Ljubljana에서 개최되었다^[1]. 이 workshop에서는 주요 이동통신 사업자, 단말 벤더, 네트워크 벤더를 망라하여 총 43개의 3GPP 회원사들이 각자 자신들이 생각하는 Rel-12 이후의 표준 진화 방향에 대한 의견을 제시하였으며, 이러한 회원사들의 의견은 현재 진행되고 있는 Rel-12 WI (Work Item)들과 SI (Study Item) 들의 선택 기준으로 사용되고 있다.

본 논문에서는 Rel-12 & Onwards workshop에서 제시되었던 사용자 요구사항 및 이들을 만족시키기 위한 다양한 통신 기법들에 대해 간략히 알아보고, 이들과 가운데 Rel-12 표준을 특정 지을 수 있는 몇 가지 핵심 요소 기술들에 대해 상세히 기술한다.

II. LTE Rel-12 & Onwards 사용자 기대 사항 및 기술 요구 사항

현재 스마트폰 사용자들의 스마트폰 사용 형태를 관찰해보면, 사용자 관점에서의 진화 기술에 대한 요구 사항을 크게 다음의 3가지 키워드로 정리해볼 수 있을 것이다^[2].

- UHD (Ultra High Definition) everywhere: 현재 Full HD (1920×1080p)를 지원하는 단말기

Rel-12 & Onwards workshop에서 제시되었던 사용자 요구사항 및 이들을 만족시키기 위한 다양한 통신 기법

들이 시중에 등장하고 있으며, 또한 태블릿 형태의 기기는 이미 Full HD 이상의 해상도를 지원하고 있다. 이에 따라 앞으로는 Full HD를 넘어서서 UHD 급의 비디오 스트리밍에 대한 요구 사항이 존재하게 될 것이다. 이때, 사용자들은 자신이 처한 상황에 관계 없이 항상 고품질의 비디오 스트리밍을 요구할 것이다.

이때, 사용자들은 자신이 처한 상황에 관계 없이 항상 고품질의 비디오 스트리밍을 요구할 것이다.

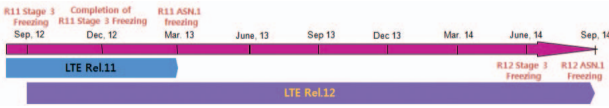
- Smart agent: 스마트폰의 등장으로 인해 과거에는 생각하지 못했던 여러 가지 스마트한 서비스들이 등장하고 있지만 여전히 서비스의 사용을 위해서는 사용자의 반복된 입력 및 검색 등이 요구되고 있다. 향후에는 단말들이 보다 더 스마트해져서 궁극적으로는 개인 비서들이 제공할 수 있는 정도의 서비스를 proactive하게 제공해주기를 기대하게 될 것이다.
- Low cost & green: 사용자들은 항상 보다 고품질의 서비스를 보다 저렴한 가격으로 사용하길 원한다. 또한, 환경오염을 줄이기 위한 'green environment'에 대한 산업계 전반의 사회적 책임과 관련된 일반적인 요구 사항이 존재한다.

위에서 설명한 사용자 기대 사항들을 충족시키기 위한 기술들을 고민해보면 향후 LTE Rel-12 이후 표준에서 다루게 될 기술 요구 사항들을 도출할 수 있으며, 크게 다음 6가지 항목으로 정리할 수 있다.

- (1) 트래픽 폭증 대처를 위한 채널 용량 향상
- (2) 향상된 사용자 경험을 위한 데이터 레이트 증가
- (3) 비트 당 비용 감소
- (4) 백홀 (backhaul) 성능 향상
- (5) 에너지 절약(energy saving) 통신 기술
- (6) 다양한 디바이스와 어플리케이션 지원

III. Rel-12 표준 일정

<그림 1>은 Rel-12 표준 일정을 나타내고 있다. 우



〈그림 1〉 Rel-12 표준 일정

선 지난 2월말 제 59차 RAN 총회를 통해 표준 규격 완료의 최종 단계인 ASN.1 (Abstract Syntax Notation 1) freezing을 Rel-11 LTE 표준에 대해 완료하였다.

Rel-12에 대해서는 2012년 9월 57차 RAN 총회를 통해 일부 WI 및 SI들을 생성하여 제한된 논의를 시작했으나 여전히 3GPP 논의의 중심은 Rel-11 완료에 관한 것이었다. Rel-11 표준이 어느 정도 완성된 2012년 12월 58차 RAN 총회에서 다수의 WI 및 SI들을 승인한 후, 본격적인 Rel-12 논의에 착수하였다. 현재의 Rel-12 일정에 의하면, 주요 core requirement 등에 대한 결정을 완료하는 stage 3 freezing을 2014년 6월까지 마무리하고, ASN.1 freezing을 2014년 9월까지 완료하는 것으로 예정하고 있다.

IV. LTE Rel-12 & onward 요소 기술

2절에서 설명한 기술 요구 사항을 만족시킬 수 있는 요소 기술들은 여러 가지가 있겠지만, 3GPP workshop에 제출된 각 회사들의 의견을 반영해 보면, Rel-12 이후 LTE 표준은 다음과 같은 무선접속 요소 기술들을 고려하게 될 것으로 전망된다.

(1) 트래픽 폭증에 대처하기 위한 채널 용량 향상 기법

- 소형 셀 진화 기술: 채널 용량에 대한 수요가 있는 영역에 집중적으로 소형 셀들을 배치하고 셀 분할 이득을 통해 채널 용량을 향상시키는 방법이다.^{[3][4]}
- 진화된 수신기 사용을 통한 간섭 제거 기술: 간섭 제거 수신기에 대해서는 꾸준히 논의가 진행되어 왔으나 아직까지 데이터 채널에 대한 간섭 제

거 수신기에 대한 논의는 이루어지지 않았다. Rel-12에서는 데이터 채널에 대한 간섭 제거를 용이하게 할 수 있도록 네트워크가 보조 정보를 제공하는 협력 간섭 제거 기법에 대한 연구를 진행 중에 있다^[5].

- eIMTA (Enhanced Interference Management and Traffic Adapatation) for TDD: Rel- 11까지의 LTE TDD 표준에서는 상하향 링크 트래픽의 상황에 관계없이 고정된 UL/DL configuration을 사용하도록 규정되어 있으나, Rel-12 표준에서는 트래픽의 상황에 따라 UL/DL configuration을 가변적으로 유연하게 변경하여 자원 활용을 최적화하며, 이를 통해 채널 용량을 더욱 향상시키는 방법, 그리고 가변 configuration과 관련된 여러 운용 이슈, 간섭 제어 이슈 등을 정의하기 위한 논의가 진행 중에 있다.
- Enhanced CoMP 기술: Rel-11 CoMP에서 주로 표준화가 되었던 CoMP 기술은 전송점 (transmission node)간의 백홀이 optical fiber와 같은 이상적인 상황을 고려한 것에 반해 Rel-12 혹은 그 이후에서는 보다 실제적인 상황을 감안하여 백홀이 비이상적인 경우, 좀 더 확장하면 사이트가 서로 다른 eNB (Evolved NodeB) 사이에서 적용할 수 있는 CoMP 기법에 대한 연구가 진행될 예정이다.

(2) 향상된 사용자 경험을 위한 데이터 레이트 증가

- 3D 빔형성 (beamforming)/FD (Full Dimension) MIMO 기술: AAS (Active Antenna System)라고 불리는 새로운 안테나 구현 기술이 보편화됨에 따라, 각각의 안테나 요소들을 PA를 포함하는 능동 트랜시버와 직접 결합된 형태로 구현할 수 있다. 이러한 안테나 요소들을 2차원 어레이 형태로 배열시키면 비교적 좁은 공간에 다수 개 (e.g., 64 개)의 안테나를 배치하는 것이 가능하며, 능동 트랜시버의 성질을 이용하여 각 안테나 요소들의 기울기와 위상을 유연하게 조정할 수 있게 되어 보다 세밀한 빔 형성, 혹은 수평/수직 방향의 셀 형

성 등을 가능하게 하는 기술을 적용할 수 있다. 2차원 어레이 AAS 기술은 단기적으로는 주로 세밀 빔 형성 등에 응용될 것으로 보이지만, 궁극적으로 단말에도 2차원 어레이 안테나를 구현하는 것을 생각하면 단일 사용자 MIMO 기법을 통해 데이터 레이트 자체를 획기적으로 높일 수 있는 방법으로 확장할 수도 있다^{[6][7]}.

- 더욱 향상된 주파수 결합 기술 (e.g. FDD+TDD, licensed+unlicensed): 기존의 주파수 결합 기술들이 FDD간 혹은 TDD 간 주파수 결합에 한정되어 사용되었던 것에 반해, FDD 대역과 TDD 대역을 동시에 보유하고 있는 사업자들 중심으로 FDD와 TDD 대역을 결합하는 기술에 대한 강한 요구 사항이 존재하고 있으며, 이를 정의하기 위한 WI가 Rel-12 혹은 Rel-13에서 진행될 것으로 보인다.

(3) 비트 당 비용 감소

- 디바이스 간 통신 기술 (D2D: Device to Device): 비용 감소를 위해 핵심망 (core network) 혹은 기지국과 단말 사이의 통신 자원에 대한 사용을 최소화할 수 있도록 서로 근접해 있는 디바이스 들간에 직접 통신을 할 수 있게 하는 방식이다^[8].
- 향상된 오프로딩 기술 (LTE-WLAN interworking): 기존 오프로딩을 위한 WLAN 연동 기술은 핵심망 레벨에서 다루어졌으나, 보다 효율적이고 향상된 WLAN 연동 제어를 위해서는 무선접속 레벨에서의 연구가 필요하다.

(4) 백홀 성능 향상

- 이동 중계기 (Mobile relay) 기술: Rel-10에서 표준으로 제정된 중계기는 이동성을 고려하지 않은 고정 위치 중계기였던 것에 반해 Rel-12에서는 달리는 기차 위나 버스 위 등에 중계기를 설치하고, 이 중계기들이 다수의 단말 그룹을 서비스 하는 그룹 이동성 (group mobility) 형태의 중계

기법에 대한 연구를 진행 중에 있다.

- 중계기 성능 향상 기술: 이외에도 중계기의 성능을 향상시키는 여러 가지 방법들 (예를 들어 주파수 결합기술을 지원하는 중계기 등)에 대한 연구가 이루어질 가능성이 있다. 이는 셀 소형화/셀 밀집화에 수반되는 백홀 설치 비용 감소를 위해 무선 백홀이 유용하게 사용될 수 있도록 하기 위해서는 향후 요구되는 고속의 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 무선 백홀 용량 증대 기법에 대한 요구가 있을 것이라는 예측에 근거한다.

(5) 에너지 절약 통신 기술

- 공통 기준 신호 (CRS: Common Reference Signal)를 없앤 새로운 캐리어 형태의 도입 (NCT: New Carrier Type): LTE의 모든 캐리어는 CRS를 매 서브프레임마다 전송해야 하며, 이로 인한 오버헤드가 2Tx 안테나 시스템의 경우 9.5%, 4Tx 안테나 시스템의 경우 14.3%에 이른다. 따라서 CRS를 전송하지 않을 수 있는 새로운 캐리어 유형을 정의하여 에너지 효율을 극대화시킬 수 있는 방법을 생각할 수 있는데 이를 3GPP에서는 NCT라고 명명하고 있다. NCT는 CRS를 전송하지 않기 때문에, 기본적으로 하위 호환성이 없는 캐리어이며 주파수 결합 기술과 함께 사용하여 보조 캐리어로 정의하는 방식과 stand-alone으로 사용하는 방식으로 구별할 수 있다.
- Inter-RAT/Inter-eNB on-off 기술: 가장 적극적인 에너지 절약 기법은 셀의 상황에 따라 셀을 온/오프 하는 방식이다. Rel-10부터 이러한 방식들에 대한 제한적인 연구가 진행되어 왔으나, 서로 중첩되지 않는 커버리지를 가지는 eNB간 셀 스위칭 온/오프 방식에 대한 연구는 제대로 수행되지 않았다. Rel-12에서는 이러한 상황에서 효율적인 셀 스위칭 온/오프 동작을 위한 eNB들간의 신호 교환 방식 등에 대한 논의가 진행 중에 있다.

(6) 다양한 디바이스와 어플리케이션 지원

- MTC (Machine Type Communication)에 최적화된 데이터 통신 기법: 3GPP에서는 M2M 통신을 MTC로 명명하고 있으며, MTC를 위한 다양한 통신 기법들에 대한 연구가 Rel-10부터 현재까지 진행되고 있다. 현재까지 연구의 초점은 다수의 MTC 디바이스들로 인해 발생하는 핵심망과 무선접속망의 오버로드를 막기 위한 방법들에 치중되어 있었다면, Rel-12에서는 MTC에서 주로 사용되는 트래픽의 특성을 고려하여 작은 양의 데이터 통신에 최적화된 시그널링 및 통신 기법 그리고 단말의 배터리 수명 연장 기법 등을 연구하고 있다.
 - Low cost MTC (Machine Type Communication): 이외에도, MTC 디바이스들의 단말 모뎀 비용을 절감하기 위해 물리 계층을 간소화시키는 연구, MTC 디바이스의 일반적인 설치 형태를 고려하여 기존의 단말에 비해 커버리지를 최대 20dB까지 향상시킬 수 있는 방법 등에 대한 연구가 진행되고 있다.
- 위의 기술들 이외에도 이전 표준 Release로부터 자연스럽게 논의가 연장된 다음과 같은 WI들이 진행 중이다.
- Further enhancement of DL MIMO: 4Tx 코덱 향상 기법, 채널 상태 피드백 향상 기법 등에 대한 연구가 진행 중이다.
 - Next generation SON: AAS 형태의 기지국 동작의 자동 최적화를 위한 SON 기법, 그리고 소형 셀을 위한 새로운 SON 기법 등의 연구가 진행 중이다.
 - HeNB mobility enhancements: HeNB의 이동성 향상을 위한 연구는 Rel-8부터 현재까지 계속 연구되고 있는 주제이다.

본 논문에서는 위에서 간략히 소개한 Rel-12 &

소형 셀은 일반적인 매크로 노드에 비해 작은 전력으로 동작하는 스몰 노드(ex. Pico, Femto eNB)에 의해 운영되는 작은 커버리지의 셀을 의미한다.

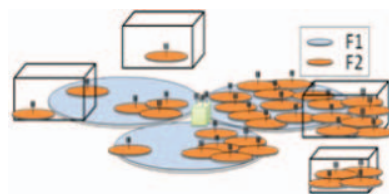
Onwards 요소 기술들 가운데, LTE Rel-12 표준을 특정 지을 수 있는 가장 핵심적이고, 중요한 기술로 생각되고 있는 소형 셀 진화, 3D 빔 형성/FD MIMO, 디바이스간 통신 기술, 진화된 간섭 제거 수신기 기술 등에 대해 상술하고자 한다.

V. LTE Rel-12 핵심 요소기술

1. 소형 셀 진화 (Small cell enhancements)

셀룰러 통신 시스템에서 근시일 내에 예견되는 데이터 트래픽 폭증을 효과적으로 지원할 수 있는 중요한 방법으로 소형 셀 네트워크의 활용이 대두되고 있으며 3GPP에서는 효과적인 소형 셀 네트워크 지원을 위하여 LTE Rel-12 표준에서 소형 셀 진화를 위한 연구가 진행되고 있다^{[3][4][9]}.

소형 셀은 일반적인 매크로 노드에 비해 작은 전력으로 동작하는 스몰 노드(ex. Pico, Femto eNB)에 의해 운영되는 작은 커버리지의 셀을 의미한다. 소형 셀 진화의 주요 목적으로 매크로 셀에 집중되는 트래픽을 많은 소형 셀들에 분산하여 전체 네트워크에서의 대폭적인 트래픽 용량 향상을 꾀하고 네트워크와 단말기의 에너지 소비를 최대한 줄임으로써 통신 비용을 낮추는 것을 꼽을 수 있다. 또한 이제까지 셀룰러 통신에 사용되지 않던 고주파/초고주파 대역(3.5GHz 또는 그 이상)에서 광대역 주파수 자원을 활용하는 데에는 고주파 대역에서의 상대적으로 불리한 전파 특성상 작은 커버리지로 동작하는 소형 셀이 적합한 것으로 예견된다.



〈그림 2〉 LTE에서의 소형 셀 진화 시나리오^[9]



3GPP에서는 소형 셀 진화를 위한 시나리오로서 <그림 2>에서와 같이 실내/실외에 위치한 소형 셀들이 매크로 셀과 분리된 주파수 대역 혹은 동일 주파수 대역에서 공존하는 경우와 매크로 셀 없이 소형 셀들만으로 커버리지를 형성하는 경우를 모두 고려하고 있으며, 특징적으로 다수의 소형 셀들이 밀집한 경우 및 소형 셀들이 긴밀한 셀 planning을 통하지 않고 상대적으로 임의의 방식으로 설치되는 경우를 네트워크 성능 향상이 필요한 중요한 시나리오로 보고 있다.

소형 셀 네트워크의 성능 향상을 위하여 현재 LTE 표준화에서 논의되고 있는 대표적인 기술들은 다음과 같다.

- Dual connectivity: 동일 커버리지 영역에 매크로 셀과 소형 셀이 공존하는 경우, 상대적으로 작은 커버리지를 구성하는 소형 셀들 사이에서 이동하는 단말기의 네트워크에 대한 connectivity를 유지하기 위해서 단말기가 매크로 셀과 소형 셀에 동시에 connection을 유지하는 방식이다. 특징적으로 단말기와 네트워크의 connection을 유지하는 기본적인 프로토콜은 매크로 셀이 관리하고 소형 셀은 데이터 트래픽 송수신 프로토콜만 관리하는 C-plane/U-plane split 방식 등이 연구되고 있다.
- Mobility enhancements: 커버리지가 작은 소형 셀들 사이에서 단말기의 이동성을 보장하기 위하여 핸드오버 알고리즘을 경량화 하거나 단말기를 중심으로 인접한 소형 셀들 사이의 협력을 통하여 단말기의 핸드오버 오버헤드를 줄이는 방식 등이 연구되고 있다.
- Interference handling: 소형 셀들이 밀집한 지역에서 소형 셀들 사이의 간섭은 기존 매크로 셀들로 구성된 네트워크에서와 다른 양상으로 크게 나타나게 된다. 또한 매크로 셀과 다수의 소형 셀들이 동일 주파수 대역에 공존하는 경우에 매크로 셀과 소형 셀 사이의 간섭 또한 해

결해야 할 문제이다. 특히 소형 셀들 간의 간섭을 해결하기 위한 방식으로 트래픽 양을 고려한 소형 셀 전송 전력 관리, 광대역을 이용한 주파수 도메인에서의 소형 셀간 간섭 제어 협력 등의 기술이 연구되고 있다.

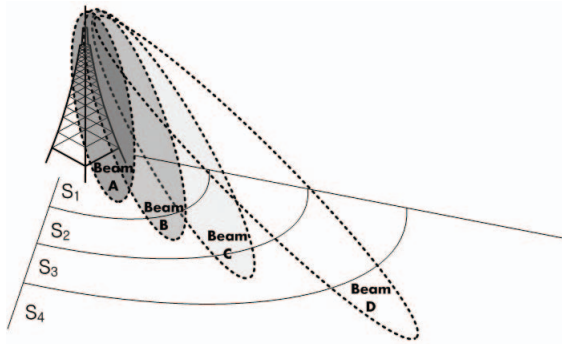
- Cell discovery: 소형 셀들이 밀집한 네트워크에서 단말기는 많은 소형 셀들에 대한 검색을 수행하고 서비스에 적합한 소형 셀과 접속해야 한다. 또한 소형 셀들 간의 간섭이 큰 상황에서는 기존의 셀 검색 방식이 충분히 효율적이지 않을 수 있다. 따라서 소형 셀 네트워크에서 단말기의 셀 검색 방식 향상에 대한 연구가 진행 중이다. 또한 계획적인 셀 planning을 보장할 수 없는 소형 셀 네트워크에서는 네트워크 협력을 위하여 소형 셀 간의 효율적인 검색 방식이 필요할 수 있다.
- Improved spectral efficiency: 실내에 설치된 소형 셀 환경에서 고정되거나 저속으로 이동하는 단말기는 상대적으로 좋은 전파 환경을 겪게 되므로 256QAM과 같이 기존의 LTE 시스템에서 채용하지 않던 고차 변조 기법을 도입하거나 RS (Reference Signal) 오버헤드를 줄임으로써 스펙트럼 효율을 증대시킬 수 있는 방식들이 논의되고 있다.

2. 3D 빔 형성/FD-MIMO

기존의 MIMO 기술은 주로 공간의 수평면에서 특정한 방향으로 안테나 이득이 모이는 빔 형성을 하는데 주력하였다. 최근에는 실제 무선 환경인 3D 공간상에서 수직과 수평면을 모두 활용하여, 3차원의 특정한 방향으로 안테나 이득이 모이는 3D 빔형성 (또는 elevation 빔형성) 기술이 대두되고 있다^[6-7]. 공간상에서 사용자의 수직축 위치를 추가적으로 고려함으로써, 더 높은 처리용량 이득을 기대하고 있다.

이렇게 공간상에서 수직축을 이용한 빔 형성 기술은 2D AAS를

실제 무선 환경인 3D 공간상에서 수직과 수평면을 모두 활용하여, 3차원의 특정한 방향으로 안테나 이득이 모이는 3D 빔형성 (또는 elevation 빔형성) 기술



〈그림 3〉 2D-AAS를 이용한 3D beamforming

기반으로 발전되어 왔다^[10]. 기존의 안테나 시스템은 일반적으로 수평방향으로만 송신단의 안테나 포트를 배치하는 구조였으나, 안테나의 개수가 늘어나면서 안테나 설치시 공간 제약의 문제를 해결하기 위해 수직 방향으로도 안테나를 설치하게 되었다. 2차원 panel 안테나 구조를 대표로 하는 이러한 2D AAS를 통해, 안테나의 일부를 그룹을 지어 수직방향으로도 안테나의 main beam을 조절함이 가능하게 되었다. 또한, 2D AAS를 통해 안테나의 개수를 크게 증대시킬 수 있어 massive MIMO 시스템과 같이 많은 수의 송수신 안테나를 활용하는 시스템이 구현 가능하게 된다. 또한 이를 바탕으로 많은 수의 다중 사용자를 허용하여, 채널 용량의 증대를 꾀할 수 있다. 3D-MIMO 기법은 이렇게 2D AAS를 이용한 3D 빔 형성 기술 측면과, 늘어난 안테나를 이용한 massive MIMO 기술 측면으로 크게 나누어 바라볼 수 있다.

3D 빔 형성 기술은 기본적으로 〈그림 3〉과 같이 다양한 수직방향을 가진 main beam을 여러 개 만드는 기술을 의미한다. 각각의 안테나 빔은 여러 개의 안테나 소자에서 생성되는 신호에 phase와 amplitude를 변화시켜 생성할 수 있다. 이러한 빔들은 다양한 환경에서 서로 다른 용도로 사용할 수 있다. 가장 간단한 예시로는 〈그림 3〉의 A, B, C, D beam을 서로 다른 사용자를 위해 사용하여 다중 사용자 환경을 구성하는 것이다. 이 때, 수직축의 angular spread(AS)가 좁게 형성된다면, 사용자 간 간섭이 매우 작아지는 효과를 얻어 다중 사용자 시스템 환경에 적합할 것으로 예상된다.

다. 이러한 빔들은 같은 건물 내의 서로 다른 층에 있는 사용자를 지원할 수도 있을 것이며, 기차역, 지하철, 박물관, 콘서트/스포츠/전시홀 등과 같은 공간에서 〈그림 3〉과 같은 형태로 송신기에서 멀어지는 방향으로 링 형태의 섹터(S1,S2,S3,...)를 추가 형성함으로써 많은 수의 사용자를 지원하기 위해 활용될 수 있다. 이와 유사하게 〈그림 3〉의 빔들을 송신과 수신을 나누어서 사용하거나, 서로 다른 시스템(GSM, WCDMA, LTE)을 위해 사용할 수도 있다. 각각의 요구에 맞추어 빔을 나누어서 사용하되, 빔 간의 낮은 간섭 효과를 기대할 수 있다.

3D 빔 형성 기술은 수직방향에서 간섭이 적은 빔을 생성할 때, main beam의 beamwidth와 빔의 개수는 많은 관계가 있다. 좀 더 많은 빔을 생성하기 위해서는, beamwidth가 얇게 형성되어야 할 것이다. 일반적으로, beamwidth를 얇게 생성하기 위해서는 빔을 형성하는 안테나의 개수가 많아지거나, 안테나 간격이 늘어나야 한다. 그러나 안테나 수를 늘리기에는 비용 부담을 안고 있고, 이를 회피하고자 안테나 간격만을 늘리면, 빔 폭은 좁아지나 이에 따라 side beam도 함께 늘어나 빔을 제한적으로 생성할 수 밖에 없다는 문제점을 갖고 있다. 이러한 측면에서 적절한 beamwidth와 빔의 개수에 대하여 연구할 필요가 있으며, 간섭효과는 AS와도 많은 관계가 있으므로 함께 고려되어야 한다.

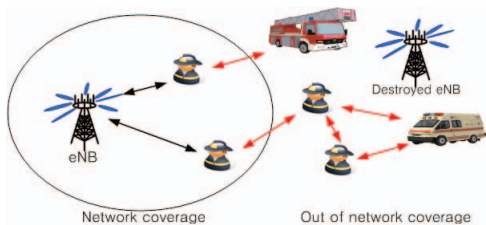
한편, 2D AAS를 기반으로 늘어난 안테나는 massive MIMO를 형성하게 된다. 안테나 수가 크게 증가함으로써 다중 사용자 기술의 성능 향상이 기대되지만, 현재의 RS 설계 방식과 피드백 시스템을 유사하게 확장하는 형태로는, 매우 많은 RS와 피드백 량이 요구되어 현실적으로 적용이 어려운 측면이 있다. 예를 들어, 64개의 안테나를 가진 시스템에서는 64개의 RS를 모두 설정하고 이에 대한 피드백 방식을 적용하기에는 현실적으로 문제점이 있다. 이를 극복하기 위한 대표적인 방안으로, RS 자체에 특정 빔 형성 방법을 적용하여 전송함으로써 총 안테나 개수보다 적은 수의 RS만을 사용하는 것을 생각할 수 있다. 또 다른 방안으로는, 단말의 상향링크 전송 신호를 통해 해당 단말

로부터 기지국으로의 3D 방향의 빔 계수를 기지국이 추정하는 방식이 가능하다. 그러나, 이러한 상향링크-하향링크간 채널의 reciprocity가 항상 이용되는 것은 아니므로, massive MIMO를 위한 효율적인 RS 설계, 피드백 방법 및 새로운 코드북 설계 등이 수반되어야 할 것으로 전망된다.

이러한 3D-MIMO 기술검증을 위해서는 현재의 2D-SCM 채널 모델이 아닌 3D-SCM 채널 모델이 필요하다^[11]. 현재의 채널 모델은 높은 기지국 측면에서 사용자들은 모두 상대적으로 낮은 위치에 있다고 가정하여, 전파의 수직방향의 각도를 '0'으로 고정된 채, 수평 방향의 각도만을 고려하여 채널을 생성하였다. 그러나, 3D-MIMO 기술은 기지국과 건물의 높이에 따라, 빔 형성과 공간 다중화 이득이 달라지므로, 현재의 채널 모델로는 성능검증에 한계가 있다. 3D-SCM 채널 모델은 WINNER II^[12] 와 WINNER+^[13] 프로젝트에서 다루어졌으나, elevation spread와 azimuth spread가 아직 완전한 모델은 아니다. 현재, 3GPP에서는 이러한 과도기적 채널 모델을 어떻게 시뮬레이션에 사용할지 논의하고 있다.

〈표 1〉 The objectives of D2D proximity services^[8]

3GPP D2D initial focus	Within network coverage	Outside network coverage
Discovery	Non public safety & public safety requirement	Public safety only
Direct Communication	At least public safety requirement	Public safety only



〈그림 4〉 PS를 위한 D2D Prose 시나리오

D2D에서는 UE와 UE 사이의 직접 통신을 지원하는 기술이 개발되어야 한다.

3. D2D (Device to Device) 통신

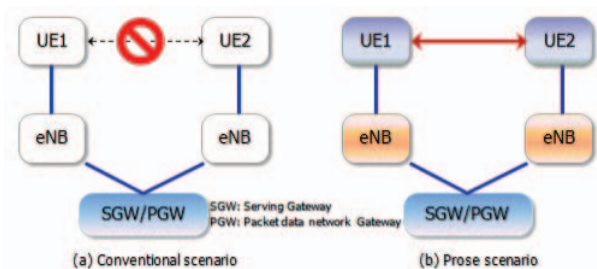
지난 3GPP RAN WG1 72차 회의에서는 “study on LTE device to device proximity services” (이하 D2D Prose)라는

SI 하에서 D2D 통신에 대한 논의가 시작되었다^[8]. 이번 D2D Prose SI에서는 단말의 발견과 단말간 직접 통신에 대해서 논의될 예정이며, 네트워크 커버리지 내에서는 public safety (PS)와 non public safety (NPS)를 모두 지원하는 기술이 그리고 커버리지 밖에서는 PS 지원 기술만 연구대상이다 (표 1 및 그림 4 참조). PS의 사용 예는, 주로 도심에서의 사고(화재, 테러, 전쟁 등) 현장이나, 네트워크가 파괴된 재난(쓰나미, 지진)현장 등이 있고, NPS의 사용 예는 소셜 네트워킹, 모바일 광고, 트래픽 적응 분산, 단말 중계 등이 있다.

LTE/LTE-Advanced 시스템에서는 eNB와 UE (User Equipment) 사이의 통신이 주요 개발 과제였다면, D2D에서는 UE와 UE 사이의 직접 통신을 지원하는 기술이 개발되어야 한다(그림 5). D2D Prose SI에서는 기존의 LTE/LTE-Advanced에서 사용된 기법을 최대한 재사용할 수 있는 방향의 기술개발을 목표로 하고 있다. 향후 D2D Prose SI에서는 다음과 같은 기술들이 논의 및 개발될 것으로 예상된다.

- D2D Prose를 위한 UE에서의 기술 개발

(1) UE 발견(discovery): 에너지 효율적인 방식으로 특정 UE를 발견할 수 있어야 한다. UE의 발견



〈그림 5〉 UE-to-UE 링크^[14]

을 위해서는 UE사이에 사전에 정해진 발견 신호의 송·수신이 일어나는데, 특정 UE의 발견 신호 송·수신 자원 및 포맷을 eNB가 직접 지정해 줄 수도 있고, eNB는 발견 신호의 송·수신 영역만 지정해주고 UE들이 분산적으로 발견신호를 송수신할 수 있다.

- (2) UE사이의 무선 링크 동기화와 신호 측정 및 보고: 기존의 LTE/LTE-Advanced 시스템에서 동기화 과정은 eNB와 UE사이에서의 시간/주파수 동기를 맞추기 위한 것이었다. 하지만 D2D Prose를 위해서는 UE들 사이의 동기화 과정이 필요하다. 또한 D2D 링크 설정과 유지를 위해서 UE사이의 신호 측정 및 보고방법이 개발 되어야 한다.
- (3) 상향링크 자원에서 신호 수신 또는 하향링크 자원에서 신호 송신: 기존의 UE는 상향링크 자원에서 신호 송신과, 하향링크 자원에서 신호 수신 회로만 가지고 있었으나, D2D Prose를 위해서는 UE가 상향링크 자원에서 신호를 수신하거나, 하향링크 자원에서 신호를 송신할 수 있어야 한다.
- (4) eNB와 UE 링크의 공존: UE가 다른 특정 UE와 D2D 통신 중에도 eNB와의 링크를 유지할 수 있어야 한다. 특히 eNB의 제어 하에 D2D 링크가 설정될 경우, eNB로부터의 제어 신호 및 핸드오버(handover), HARQ 동작 등을 지원하기 위하여 eNB와 UE사이의 링크는 유지되어야 한다.
- (5) 네트워크 커버리지 밖에서 단말의 발견과 직접 통신: PS를 위해서 네트워크 커버리지 밖의 시나리오도 고려되고 있다. 일례로, 네트워크 커버리지 내의 기술과의 적정 수준의 호환성 또는 재사용을 높이기 위해서 특정 UE가 eNB의 역할(e.g. 동기 신호 송신 및 스케줄링)을 일부 수행할 수 있다.

- D2D Prose를 위한 eNB에
서의 기술 개발

**가장 큰 문제가 되는 간섭을
제어하기 위해 셀 내 혹은 셀 간
간섭을 제거할 수 있는 수신기 관련
표준을 정의함으로써 단말 수신 성능을
향상을 통한 시스템 용량 증대를
목적으로 한다.**

- (1) D2D 링크의 제어: D2D 송·수신을 eNB가 직접 제어할 수도 있다. 이때 eNB는 D2D 링크를 위한 자원할당, HARQ 동작, D2D UE 송신 전력을 직접 제어할 수 있다. 혹은 eNB는 D2D 링크를 일부만 제어 (e.g. eNB가 D2D링크의 시간/주파수 자원영역 설정)하고, 나머지 동작(전력제어, link adaptation 등)은 D2D UE사이에서 자체적으로 결정하여 수행될 수 있다. eNB의 제어 수준에 따라 D2D 통신 링크의 지연(latency) 수준이 결정된다.

- (2) 간섭 제어: D2D 통신이 무분별하게 일어날 경우 eNB와 통신하고 있는 특정 UE는 심각한 간섭으로 인하여 성능이 크게 감소될 수 있다. 따라서 eNB는 기존의 셀룰러 통신 링크를 보호하면서 효과적으로 D2D 통신을 수행해야 한다. eNB와 UE사이의 하향 링크 수신을 보호하기 위하여 D2D링크는 셀룰러 네트워크의 상향링크 자원을 사용하는 것이 고려되고 있으며, 상향링크 자원으로 D2D 통신이 일어날 때에도 효과적인 전력 제어 기법이 도입되어야 한다.

D2D Prose SI를 통하여 시간/주파수 무선 자원의 공간적 재사용, 트래픽 분산 및 단말간 직접 통신을 통한 지연의 감소 등을 기대할 수 있다. 따라서, D2D를 응용한 새로운 서비스 및 비즈니스 모델도 등장할 것으로 예측되며, 통신의 패러다임이 바뀔 것으로 예상된다. 또한 근시일 내에 네트워크 커버리지 안과 밖에서 LTE 대역을 이용한 PS 서비스가 효과적으로 지원될 수 있을 것으로 예상된다.

4. NA-ICS (Network Assisted Interference Cancellation and Suppression)

2013년 2월에 있었던 59차 RAN 총회에서 LTE 를 위한 NA-ICS를 Rel-12 SI으로 승인한 바 있다^[5]

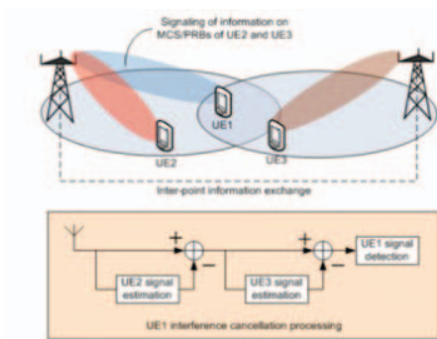


이는 폭증하는 무선 데이터 요구량 대응을 위한 시스템의 성능 향상에 있어 가장 큰 문제가 되는 간섭을 제어하기 위해 셀 내 혹은 셀 간 간섭을 제거할 수 있는 수신기 관련 표준을 정의함으로써 단말 수신 성능의 향상을 통한 시스템 용량 증대를 목적으로 한다. 지금까지 3GPP 표준에서 정의된 간섭 제거 수신기는 크게 3가지로 볼 수 있다. 첫째는, UMTS HSDPA에서 선형 등화기(linear equalizer)를 통해 셀간 간섭을 제거할 수 있는 Type 3i IRC (Interference Rejection Combining) 수신기가 있다^[15]. 두 번째로는, UMTS에서의 CDMA용 간섭 제어 수신기를 LTE에서 OFDM-MIMO 수신기에 확장 적용하여, 거의 동일한 개념을 적용한 IRC 수신기가 있다^[16]. 이와 같은 IRC 수신기는 셀 경계 단말의 인접 셀 간섭 제어를 목적으로 하고 있으며, 간섭원의 데이터(data) 영역과 제어(control) 영역을 구분하지 않고, 수신 빔 형성에 의해 간섭이 들어오는 방향으로 Null을 형성하고 원하는 신호 방향으로 빔을 형성함으로써 수신 SINR을 최대화시키는 방향으로 간섭 제어를 수행한다. 세 번째로는, 비선형 IC (Interference cancellation) 수신기로서, Rel-11 FeICIC(Further enhanced Inter-Cell Interference Coordination) WI에서 표준화 된 바 있다. IC 수신기는 강한 간섭 신호 하에서 간섭 셀의 동기신호(Synch Signal), 방송채널(Broadcasting CH) 및 RS를 제거하는 수신기이다. IC 수신기의 도움으로 네트워크 뿐만 아니라 단말에서도 셀간 간섭 제어에 동

참하여 eICIC를 효율적으로 운용할 수 있다.

이와 같은 단말 수신기 진화의 일환으로써, Rel-12에서 제기된 NA-ICS 수신기의 경우, 기존의 IC 혹은 IRC 수신기에 추가적으로, 간섭원의 알려지지 않은 데이터/제어 채널에 대한 간섭제거 요구를 표준화 진행에 반영한 것으로 볼 수 있다. 좀 더 구체적으로, <그림 6>에서 보듯이 NA-ICS는 수신기가 셀 내 혹은 셀 간의 데이터/제어 채널 간섭 신호를 제거하기 위해서 네트워크를 통해 전송되는 간섭 신호에 대한 정보를 이용한다^[17].

예를 들어, UE 1의 수신에 셀 내 간섭원인 UE2 신호와 셀 간 간섭원인 UE3의 신호가 섞여 있을 경우, UE1 수신부에서 UE2/UE3 간섭신호를 네트워크 정보를 이용해서 사전에 제거해 줌으로써 SIR이 향상된 UE1 신호를 효과적으로 수신할 수 있고, 결과적으로 셀 내 혹은 셀 경계에서 수신율 향상을 도모할 수 있다. 네트워크가 알려주는 간섭 신호 정보의 간단한 예로는 간섭원의 존재 여부, 자원 할당 정보, 채널 추정을 위한 RS 위치 정보, 그리고 변조 및 코딩 정보 등이 있을 수 있으나 확정된 것은 아니다. 또한 네트워크에서 간섭 신호에 대한 정보가 없을 경우에는 단말기가 간섭 신호에 대한 정보를 검출(blind detection)하여 사용할 수도 있다. 구체적인 수신기 구조와 간섭 신호 정보는 수신기 구조 및 복잡도, 시그널링 오버헤드, 수신 성능 이득 등의 상관관계를 분석하여 결정될 것이다. 현재 고려되는 reference IC/IS 수신기는 MMSE IRC, SIC (Successive Interference Cancellation), MLD (Maximal Likelihood Detection)등이 있고, 각 수신기에 대하여 성능 및 복잡도, 네트워크 시그널링 오버헤드 등을 분석한 후, 구현 가능한 레퍼런스 수신기와 해당 수신기 동작을 위해 네트워크에서 전송되어야 할 필요한 간섭 신호에 대한 정보를 도출한다. 이러한 논의를 바탕으로 성능 이득과 시그널링 오버헤드 및 복잡도의 tradeoff에 대한 분석을 통해 NA-ICS에 대한 표준화 작업이 진행될 예정이다.



<그림 4> Network assisted interference cancellation의 개념도^[17]

IV. 결론

본 논문에서는 3GPP LTE Rel-12 & Onwards workshop 을 통해 도출된 표준 진화 기술 요구 사항들과 이러한 요구 사항들을 만족시키기 위해 어떤 요소 기술들이 연구되고 있는지 혹은 향후 연구 진행 예정인지에 대해 살펴보았다. 특히 이들 가운데 LTE Rel-12 표준을 특정 지을 수 있는 몇 가지 핵심 요소 기술들에 대해서는 상세히 설명하였다.

현재 3GPP에서는 Rel-11 LTE 표준 규격을 최종적으로 완성하고, 새로운 진화 규격으로서의 의미를 부여할 수 있는 Rel-12 표준 규격에 대한 논의를 본격적으로 진행하고 있다. 이 표준화 과정에는 Ericsson, Qualcomm, Nokia, Huawei, Alcatel-Lucent, DoCoMo 등 세계 유수의 기업들이 매우 적극적으로 참여하고 있으며, 국내에서도 LG 전자와 삼성 전자, ETRI, Ericsson-LG, 팬택 등의 주요 벤더들 그리고 SKT, KT, LGU+ 등 이동통신 3사가 모두 활발하게 표준 논의 과정에 참여하여 표준 과정을 주도하고 있다. 이는 과거 수 년간 진행되었던 LTE 표준화 과정과 LTE에 대한 국내 상용화 과정을 겪으면서 높아진 국내의 기술 경쟁력에 기반하고 있는 것으로 생각되며, 표준 주도권의 획득을 통해 보다 원천적인 독자 표준 기술들을 확보할 수 있는 많은 기회를 가지게 될 것으로 기대된다.

3GPP의 LTE 이동통신 기술과 이에 대한 진화 기술은 전 세계 이동통신 시장에서 확실한 주도권을 획득한 것으로 생각되며, 따라서 LTE 기술 진화에 대한 요구 사항과 고려되고 있는 진화 기술들을 살펴보는 것은 향후 진행될 5세대 이동통신 기술에 대한 논의 진행 방향을 어느 정도 예측해볼 수 있는 단초를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

**LTE 기술 진화에 대한 요구사항과
고려되고 있는 진화 기술들을
살펴보는 것은 향후 진행될 5세대
이동통신 기술에 대한 논의 진행
방향을 어느 정도 예측해볼 수 있는
단초를 제공**

참고 문헌

- [1] 3GPP RP-120838, Summary of the 3GPP Workshop on Rel-12 and onward, RAN chairman (NTT DOCOMO)
- [2] 3GPP RWS-12050, LG's View on Evolution of LTE in Rel-12 and beyond, LG Electronics, 3GPP RAN Workshop on Rel-12, Ljubljana, Slovenia, 11-12 June, 2012
- [3] 3GPP RP-122032, New SI proposal: Small Cell Enhancements for E-UTRA and E-UTRAN-Physical-layer Aspects, Huawei
- [4] 3GPP RP-122033, New Study Item Description: Small Cell Enhancements for E-UTRA and E-UTRAN-Higher-layer aspects, NTT DOCOMO
- [5] 3GPP RP-130404, New SI: Study on Network-Assisted Interference Cancellation and Suppression for LTE, MediaTek Inc.
- [6] 3GPP RP-121994, Study on Downlink Enhancements for Elevation Beamforming for LTE, Nokia Siemens Network
- [7] 3GPP RP-122015, New SID Proposal: Study on Full Dimension MIMO for LTE, Samsung
- [8] 3GPP RP-122009, Proposed new SI: Study on LTE Device to Device Proximity Services, Qualcomm
- [9] 3GPP TR36.931 v12.0.0, Scenarios and Requirements for Small Cell Enhancements for E-UTRA and E-UTRAN
- [10] 3GPP TR 37.840 v12.0.0, Study of AAS Base Station
- [11] 3GPP RP-122034, Study on 3D-channel model for Elevation Beamforming and FD-MIMO studies for LTE, Nokia Siemens Networks
- [12] D1.1.2 V1.1: WINNER II Channel Models
- [13] D5.3: WINNER+ Final Channel Models
- [14] 3GPP TR 22.803 V12.1.0, Feasibility study for



Proximity Services (ProSe)

- [15] 3GPP TR 25.963 v11.0.0, Feasibility study on interference cancellation for UTRA FDD UE
- [16] 3GPP TR 36.829 v11.1.0, Enhanced performance requirement for LTE UE
- [17] 3GPP RWS-120005, Views on Rel-12, Orange, 3GPP RAN Workshop on Rel-12, Ljubljana, Slovenia, 11-12 June, 2012



윤 영우

1992년 2월 연세대학교 전자공학과 학사
1994년 2월 연세대학교 전자공학과 공학석사
1998년 2월 연세대학교 전자공학과 공학박사
1998년 3월 LG전자 입사
~현재 LG전자 차세대통신 연구소 연구위원

〈관심분야〉

4세대 LTE/LTE-Advanced 통신 시스템, 차세대 이동통신 시스템