

3GPP의 LTE-A Pro(Pre 5G Toward 5G) 관련 최신 기술 동향

안승진 LG전자 MC연구소 책임연구원
이주희 LG전자 MC연구소 연구위원
김우성 가천대학교 IT대학 교수



1. 머리말

2020년 5세대 통신(5G) 상용화를 앞두고 있는 시점에 3GPP는 2015년 LTE-Advanced Pro라는 새로운 이름의 기술을 정의한 상태이다. 3GPP는 많은 기술 관련 회의가 평균 한 달에 한 번씩 열리는데 구체적인 기술 관련 논의와는 별도로 운영이나 마케팅에 관련된 PCG(Project Coordination Group) 회의도 6개월에 한 번씩 열리는 것으로 되어 있다. 작년 마지막 PCG 회의에서 LTE-A 다음 기술로 Release13과 Release14에 적용되는 주요 Features들을 LTE-Advanced Pro라고 시장에서 부르기로 각국의 대표단들이 의견 일치를 보았다. 아마도 2020년 5세대 통신(5G)이 전 세계적으로 시작하기 전까지는 LTE-Advanced Pro가 4G 관련 서비스들 중에서 가장 발전된 기술의 상징으로 2017년부터 점차 시장에서 자리를 잡아 갈 것으로 예상된다. 지금 LTE와 LTE-A가 이미 많은 사람에게 알려진 상황에서 LTE-A Pro라는 것이 무엇인지에 대해 사람들이 궁금증을 가지기 시작하였고 5G와 LTE-A 사이에 어떤 차이점이 있는지에 대해서도 관심이 늘어나는 추세이다. 본고에서는 2017년 한국에서

세계 최초 상용화가 예상되는 LTE-Advanced Pro가 어떤 기술이며 3GPP에서 정의한 이와 관련된 Features들이 무엇인지에 대해서 알아보려고 한다.

2. LTE-Advanced Pro의 중요 기술

3GPP의 Release13부터는 이전 Release들과는 다른 기술들이 들어오고 있는데 Release12까지는 대표적으로 속도를 향상시키는 캐리어 애그리게이션(Carrier Aggregation) 같은 기술들이나 성능 향상을 위한 MIMO와 Interference(간섭) 제거 기법들이 주로 다루어졌다면 Release13부터는 이런 속도를 향상시키는 High Performance(고성능) 기술들 이외에 다른 형태의 저성능(Low Performance)과 파워 효율이 좋은 저가(Low Cost)의 제품(Device)들에 중점을 둔 기술들이 동시에 다루어지고 있다. 앞으로의 통신 제품들의 형태는 주로 2가지로 분류가 될 수 있을 것으로 보이는데 하나는 스마트폰 같은 최고의 성능을 요구하는 디바이스들과 사물인터넷(IoT)과 웨어러블(Wearable)처럼 성능



[그림 1] LTE 에서 LTE-Advanced Pro(To 5G: NR)까지의 3GPP Logo

보다는 저전력이나 낮은 가격에 주안점을 더 맞춘 디바이스들로 구분이 될 수 있을 것으로 보인다¹⁾.

2.1 LTE-A Pro의 High Performance 관련 주요 기술

LTE-Advanced의 많은 Features 중에서 가장 중요한 것이 캐리어 애그리게이션(Carrier Aggregation)이라고 한다면, LTE-Advanced Pro의 가장 중요한 기술은 LAA(Licensed Assisted Access)와 LWA(LTE+WiFi Radio Level Aggregation)라고 할 수 있을 것이다. LTE-Advanced Pro에서는 기존의 캐리어 애그리게이션과는 다른 새로운 형태의 병합 기술(Aggregation)이 소개되고 있다. WLAN(WiFi)이나 블루투스에서 주로 사용했던 비 면허 대역(Unlicensed Band)을 캐리어 애그리게이션에서도 사용하는 기술과 WLAN(WiFi)의 AP(엑세스 포인트)를 직접 기지국에 연결해서 LTE와 WLAN(WiFi)을 바로 병합을 하는 기술들이다. 전자를 3GPP에서는 LAA라고 부르고 후자를 LWA라고 한다. LAA와 달리 북미의 버라이존(Verizon)과 같은 일부 사업자들은 LTE-U라는 것도 고려하는데 LTE-U는 3GPP에서 만든 기술이 아닌 LTE-U Forum이라는 버라이존과 퀄컴이 주도를 하는 단체(Forum)의 기술이다. LAA는 Pcell을 Licensed Spectrum(면허 대역: 돈을 내고 독점적으로 일정 기간 사용하는 주파수 대역)으로 하고 Scell들은 Unlicensed Spectrum(비 면허 대역: 기본적으로 누구나 사용이 가능한 주파수 대역

으로 WiFi에서 대체적으로 현재 사용하고 있는 상황)으로 해서 서로 주파수를 병합하는 방식으로 기존 캐리어 애그리게이션 기술에 WLAN(WiFi)과의 Co-existence(공존)를 위해서 LBT(Listen-Before-Talk)라는 기술이 새로 추가가 되었다. LBT는 일종의 송신을 하기 전에 기지국이나 단말이 먼저 Carrier Sensing을 해서 해당 채널이 비어 있는지를 확인을 한 후에 전송하는 것으로 WLAN(WiFi)에서도 있었던 기술과 거의 비슷한 방식으로 동작을 한다. LAA에서 하향링크(Downlink)의 경우는 Discovery Reference Signal(DRS)이라는 일종의 WLAN의 Beacon 같은 신호 전송을 위한 25us의 Carrier Sensing을 하는 방식과 일반적인 사용자 데이터 전송을 위해서 9us의 Carrier Sensing을 여러 번 해당 채널이 비어 있는지를 반복 확인 후에 전송하도록 하는 방식으로 2개의 LBT 운영과정이 존재한다. 일반적으로 채널이 비어 있는지를 확인 한 후에는 보낼 데이터의 최대 전송 횟수의 경우도 <표 1>에서 정의된 우선 순위(Priority)에 따라 달라지는 MCOT(maximum channel occupation time) 값으로 제한이 된다. 따라서, CWmin(CW, Contention Window)과 CWmax 사이에 랜덤하게 한 개의 수를 뽑아서 결국 9us의 Carrier Sensing에서의 비워 있는 회수가 랜덤하게 뽑은 수와 같으면 사용자의 데이터를 전송을 할 수 있는 것이다²⁾.

LWA는 앞에서 설명한 LAA와 달리 현재 많이 상용화가 되어 있는 WLAN(WiFi)을 LTE 기지국에 직

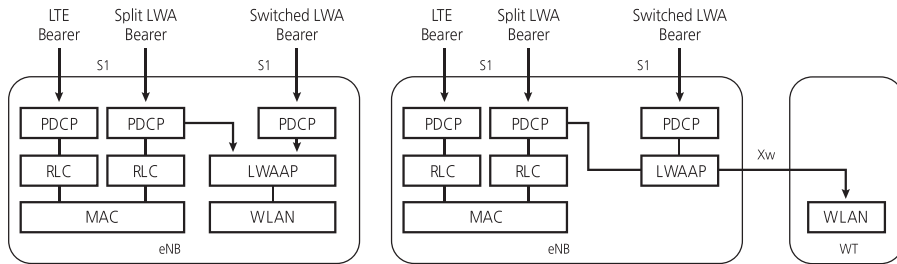
1) LTE-Advanced Pro에서는 2가지 분류 이외에 V2X(자동차 통신) 같은 Very Reliable 제품들도 있지만 본고에서는 V2X 관련 내용은 생략하도록 한다.

2) Release13의 LAA에서는 하향링크(Downlink)만 있고 Release14의 LAA는 enhanced LAA라고 불리며 상향링크(Uplink)도 있다.

<표 1> LAA의 LBT(Listen-Before-Talk) Priority Class Table

LBT Priority Class	CW min	CW max	n	MCOT	Set of CW sizes
1	3	7	1	2ms	{3, 7}
2	7	15	1	3ms	{7, 15}
3	15	63	3	10 or 8ms	{15, 31, 63}
4	15	1023	7	10 or 8ms	{15, 31, 63, 127, 255, 511, 1023}

※ 출처: 3GPP TS36.213 V13.1.1



※ 출처: TS36.306 V13.2.0

[그림 2] LWA Architecture for the Collocated and the non-Collocated Scenario

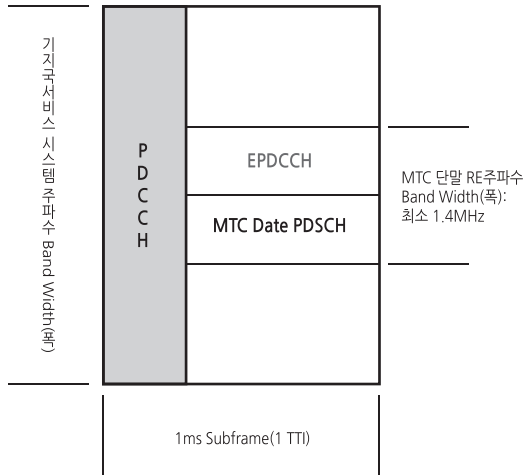
접 연결을 해서 속도를 높이는 또 다른 형태의 병합(Aggregation) 기술이다. [그림 2]에서 LWA의 구조가 잘 묘사가 되어 있는데 왼쪽은 펌토셀 형태로 LTE와 WiFi가 하나의 Small Cell로 다 들어간 형태이고 오른쪽은 기존의 LTE 외부(Macro) 기지국에 WiFi AP(엑세스 포인트)가 연결이 된 형태이다.

LTE 기지국 관점에서 LWA가 도입되면서 가장 큰 변화는 게이트웨이의 IP Data가 바로 WLAN으로 가는 대신 [그림 2]처럼 PDCP를 거치게 되어 WLAN(WiFi) AP가 이것을 해독하는데 문제가 생길 수 있다. 그래서 LWA Adaptation Protocol(LWAAP)이라는 모듈이 PDCP에서 WLAN으로 데이터를 보내기 전에 WLAN이 이해할 수 있는 형태로 데이터 포맷의 헤더를 변경하는 기능이 LTE 기지국에 추가되었다. Release13 LWA에서는 현재 하향 링크(Downlink)만 있고 Release14에서는 상향 링크(Uplink)까지 LWA에

포함될 예정이다. 특히 Release14의 LWA의 경우 Release13의 IEEE 80211ac 5GHz 대역만 사용할 수 있는 기존의 LWA와 달리 IEEE 802.11ad(최대 속도 약 6Gbps 이상)와 IEEE 802.11ay(최대 속도 약 20Gbps 이상)의 소위 mmwave라고 불리는 60GHz 대역까지 WLAN의 Aggregation 영역을 확장할 수 있는 장점이 있어서 5G 이동통신 전신의 Pre 5G와 Phase1 5G 서비스에서 약 5Gbp부터 20Gbps 이상의 서비스가 가능할 수 있을 것으로 예상된다.

2.2 Low Performance 관련 사물 인터넷(IoT) 주요 기술

지금부터는 LTE-Advanced에서부터 많이 소개된 속도 향상의 High Performance의 병합(Aggregation)기술 이외에 Low Performance 관련 저가 및 저전력(Low Power) 사물인터넷(IoT) 관련된 LTE-Advanced Pro 기술들에 대해서 소개하



[그림 3] Release13 M2M Device의 Scheduling

고자 한다. LTE에서 IoT 관련 기술들은 이미 LTE-Advanced에서도 어느 정도 소개가 되었던 사항이다. Release10이나 Release11에서 소개된 사물인터넷(IoT) 관련 기술들은 대체로 IoT나 웨어러블(Wearable) 제품 관점에서 요구하는 기능이라기 보다는 기지국에 단말의 수용 능력(Capacity) 이상으로 접속들이 되어 있는 상태에서 추가적으로 어떤 단말이 접속을 시도하는 경우나, 접속이 이미 된 IoT 단말 중에서 접속 우선순위가 낮은 단말의 접속을 끊으면서 나중에 복잡한 상황이 어느 정도 종료가 될 때 그 IoT 단말(Device)들의 접속 시도를 다시 유도하는 기능들이었다. 그러나 Release12부터 UE Category 0(하향 링크 1Mbps와 상향 링크 1Mbps) 속도와 Half Duplex³⁾ 그리고 One Antenna 같은 것을 도입하면서 어느 정도 저전력 저가의 IoT 단말의 제작이 가능해졌고, Release13부터는 eMTC(Enhanced Machine Type Communication)라는 기술을 통해 LTE에서 지원하는 최소 주파수 대역 폭인 1.08MHz에서만 동작하

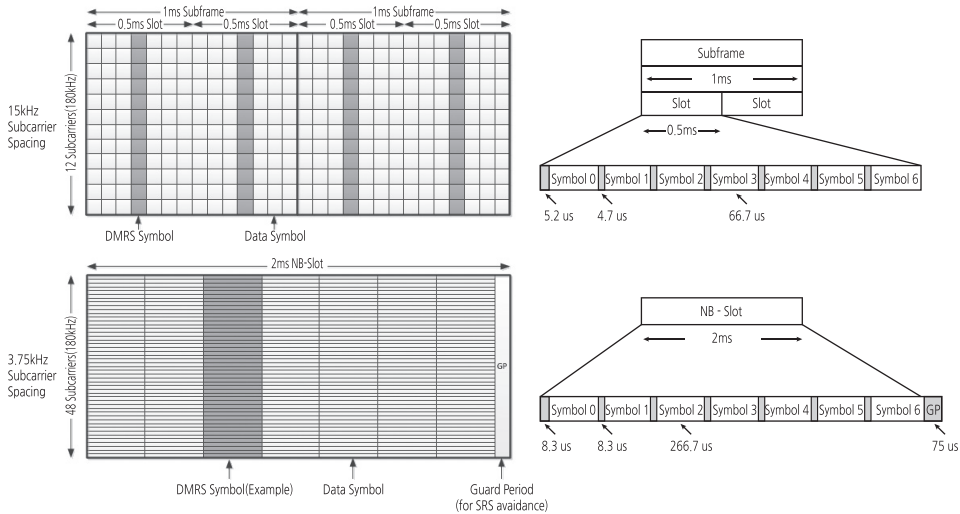
도록 하여 Release12의 기술들보다 훨씬 더 가격이 낮고 전력 소모를 낮출 수 있는 제품 개발을 할 수 있는 길이 열리게 되었다.

일반적인 기존의 LTE는 기지국의 서비스 주파수 밴드 폭이 10MHz이면 단말도 무조건 10MHz 주파수 밴드 폭으로 동작을 해야 서로 통신을 할 수 있고, 기지국의 주파수 밴드 폭(Bandwidth)이 20MHz이면 단말도 그에 따라 20MHz로 동작해야 기지국과 단말이 무리 없이 통신할 수 있다⁴⁾. 하지만 LTE-Advanced Pro의 IoT(M2M) 단말들은 최소한의 LTE 시스템 주파수 밴드 폭인 1.08MHz 정도 로도 기지국의 주파수 밴드 폭이 얼마든지 상관없이 동작할 수 있게 하였다. 이론적으로 주파수의 밴드 폭이 크면 클수록 RF 칩과 모뎀 칩의 전력 소모(Power Consumption)가 많을 수밖에 없다. 그래서 현재 LTE에서 지원을 하는 가장 작은 밴드 폭으로도 Release13 IoT 단말이 기지국과 정보를 주고 받는데 문제가 없도록 한 것이다. 이 경우 PDCCH 정보의 Scheduling이 기지국과의 주파수 밴드 폭이 동일하지 않으면 기존의 LTE의 규격으로는 문제가 될 수 있을 것이라고 생각을 할 수도 있을 것인데 이것의 간단한 해결 방법은 기존의 LTE 표준 규격을 많이 변경하지 않는 범위 내에서 Release11에서 이미 도입한 [그림 3]의 EPDCCH(Enhanced PDCCH) 개념을 차용을 하는 것이다. 이렇게 동작을 하면 전력 소모의 효율성뿐만 아니라 해당 제품을 만들 때 들어가는 모뎀과 RF 부품들도 대폭 가격을 낮추어서 단가 경쟁력을 갖춘 IoT 제품들이 쉽게 시장에 나올 수가 있다.

단말의 출력 파워의 경우, 지금은 주로 23dBm인데 전력 절감 목적으로 약 절반인 20dBm으로 줄일 수 있게 하였고 출력 파워가 떨어져서 생기

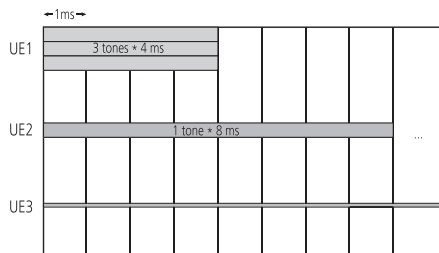
3) FDD처럼 하향링크와 상향링크의 주파수가 분리되어 있으면서도 TDD처럼 같은 시간에 TX와 RX를 동시에 사용을 할 수 없는 방식

4) 대체적으로 PDCCH의 Scheduling이 서비스 주파수 밴드 폭에 영향을 준다고 할 수 있다.



※ 출처: Narrowband IoT, Samsung Electronics Co. Ltd, Peng Xue.

[그림 4] NB-IoT의 Uplink(상향 링크) Structure



※ 출처: Narrowband IoT, Samsung Electronics Co. Ltd, Peng Xue.

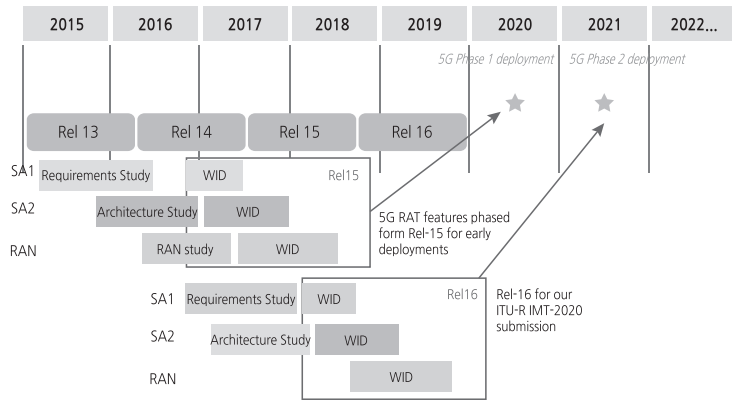
[그림 5] NB-IoT의 Uplink(상향 링크) Subcarrier 전송의 예

는 성능(Performance)관점의 저하 문제는 반복 전송(Repetition) 같은 기법이나 이미 VoLTE(Voice of LTE: LTE 음성 통화 서비스)에서 사용했던 TTI Bundling 같은 기술로 해결하였다.

추가적으로 Low Performance 기술 관점에서 앞선 eMTC 외에도 초저가 초저력 IoT 디바이스를 위한 NB-IoT(Narrow Band IoT)라는 기술도 Release13에서 처음으로 소개되고 있다. 원래 NB-IoT는 LoRa나 SIGFOX 같은 비 3GPP 계열의 시장 확장의 대응으로 3GPP에서 나온 것인데 eMTC의 1.08MHz보다 더 작은 주파수 밴드 폭인 180KHz

기준으로 해서 약 100kbps 미만의 Data의 송수신에 필요한 디바이스를 만들기 위한 기술이다.

하향 링크(Downlink)는 180KHz로 LTE에서 흔히 말하는 무선 자원의 최소 단위를 사용한다. 하지만 상향 링크(Uplink)는 단말의 생산 비용을 더욱더 줄이기 위해서 [그림 4]에서처럼 15KHz SubCarrier Spacing 한 개 혹은 몇 개를 사용해서 전송할 수 있고 기존의 LTE에서의 SubCarrier Spacing 1/4로 줄인 3.75KHz를 한 개 혹은 몇 개를 사용해서도 단말이 기지국에 전송할 수 있다. 3.75KHz의 SubCarrier Spacing의 도입은 [그림 5]를 통해 알 수 있듯이 일종의 주파수 대역에서 여러 디바이스를 좀 더 효율적으로 운영을 하기 위한 목적이다. 일반적인 LTE 단말의 상향 전송의 경우 15KHz의 12개 SubCarrier Spacing을 모두 다 사용을 하는 것이 일반적이지만 NB-IoT의 경우 대체로 단말 전송 Data가 평균 수 십Kbps 정도라서 많은 자원을 LTE 일반 단말처럼 사용할 필요가 없다. 이렇게 하면 앞선 eMTC의 1.08MHz보다 상향 링크 관점에서는 가장 최소의 3.75KHz의 주파수 크기만 가져도 되기



※ 출처: 3GPP Homepage

[그림 6] 3GPP route to 5G Roadmap (LTE-A Pro → 5G)

때문에 RF 소자나 기타 관련 부품의 제작에 훨씬 더 값싼 소자 개발이 가능해질 수 있어서 NB-IoT 단말 가격을 eMTC 제품들보다도 더 획기적으로 낮출 수 있게 된다.

3. LTE-Advanced Pro에서 5G로의 발전 방향


앞서 설명한 바와 같이 LTE-Advanced Pro는 5G로 가는 길목의 바로 직전 기술이라고 할 수 있다. [그림 6]에서 보는 바와 같이 현재는 3GPP의 Release15부터 5G가 시작을 하는 것으로 알려져 있고 2단계(Phase)에 걸쳐 Phase1은 Release15로 Phase2는 Release16의 기술로 상용화가 계획이 되어 있다. 3GPP에서는 4G의 LTE와 같은 마케팅 용어를 5세대 통신(5G)에 대해서도 만들려고 진행 중인데 임시적으로 코드 네임(Code Name)이라 하여 NR(New Radio of 5G)이라는 약칭으로 사용하고 있는 중이다. NR이 LTE처럼 공식 용어로 등장을 할 지는 2016년 말에나 알 수 있을 것으로 보이며 다른 이름도 추가로 공모 중이다. NR의 초기 형태는 기존의 LTE가 Evolution 된 기지국에 5G 형태의 기지국이 Small Cell로서 Dual Connectivity 연

결을 하는 방식으로 기지국만 먼저 적용을 하는 것으로 생각하고 있고 차후에 Core Network Access 망까지 모든 형태를 갖출 것으로 보여진다. 2020년의 5G Phase1은 예상컨대 5G 기지국이 주로 기존의 LTE에서 LTE-Advanced Pro까지 지원하는 외부(Marco)기지국의 보조적인 스몰 셀 형태가 될 가능성이 높아 보이며 Release16의 5G Phase2 이후에는 LTE 기지국과의 직접적인 연동이 거의 없는 독립적인(Independent) 형태가 가능할 것으로 예상된다. 이런 이유로 LTE-Advanced Pro 기지국은 5G의 초창기에서도 계속해서 5G 스몰 셀 기지국을 통제하는 주요 역할이 기대가 된다.

4. 맺음말

지금까지 3GPP의 4세대 LTE 관련 가장 최신 소개가 된 기술이라고 할 수 있는 LTE-Advanced Pro의 주요 특징들에 대해서 살펴보았다. 실제로 3GPP Release13부터 LTE-Advanced Pro라고 부르는 주요 Features들에는 앞에서 설명한 High Performance(고성능) 관련 기술들과 Low Performance(저기능) 관련 기술들 이외

에 추가적으로 SC-PTM(Single-Cell Point-To-MultiPoint)⁵⁾, Indoor Positioning, MUST(Multi-User Superposition Transmission)⁶⁾, 주파수 병합을 최대 32개까지 가능하게 하는 Enhanced 캐리어 애그리게이션, 3D-MIMO(FD-MIMO, Elevation Beamforming)⁷⁾ 같은 다양한 기술들도 있지만 본고에서는 주로 사용자 관점에서 많은 영향을 줄 가능성이 높고 상업적으로도 마케팅적인 접근을 쉽게 할 수 있는 기술을 위주로 정리하였다. 이 기술들은 실제 4G의 LTE에서뿐만이 아니라 몇 년 후에는 5G에서도 계속해서 활용도가 높아서 차후에도 여전히 중요한 Features들로 자리를 잡을 것이 확실하다. LTE-Advanced Pro는 어쩌면 우리가 예상하는 5G 이동통신의 Pre Commercial 형태일 수 있을 것이다. 내년부터 많은 사업자가 UE Category 16(1Gbps의 속도)의 스마트폰 확대와 eMTC 그리고 NB-IoT 같은 IoT(Internet of Things) 디바이스

들의 보급 확장을 통해서 4.5G(4.5세대 통신)나 Pre 5G라는 이름으로 마케팅을 많이 할 것으로 예상된다. 이런 다가오는 변화에 우리나라의 사업자들과 제조사들이 초기 4G LTE(VoLTE, HD Voice 포함)부터 LTE-Advanced 상용화까지 최근 몇 년 동안 보여준 선도적인 활동을 LTE-Advanced Pro와 5세대 이동 통신에서도 여전히 잘 보여 줄 있을 지가 지켜볼 대목이다. 

[참고 문헌]

- [1] Narrowband IoT, Samsung Electronics Co. Ltd, Peng Xue.
- [2] 3GPP의 Enhanced MTC(M2M, IoT, Wearable) 기술 동향, LG전자, 안승진
- [3] 3GPP TS36.306 v13.2.0
- [4] 3GPP TS36.213. v13.1.1
- [5] LTE-Academy MTC, LG전자 차세대 표준 연구소

5) SC-PTM은 eMBMS(LTE 방송)에서 단말이 기지국에 신호의 상태와 같은 정보를 알려주는 기능이 추가된 형태라고 이해를 하면 되고 IoT Device의 제어 등에 활용이 높을 것으로 예상된다.

6) MUST는 Beamforming의 MU-MIMO(Multi-User MIMO)에서 동일 방향의 사용자들은 서로 구분을 못하지만 같은 방향일지라도 서로 거리가 기지국을 중심으로 멀리 있는 사용자와 가까이 있는 사용자 간에 Multiplexing Access를 하는 기술이다.

7) 3D-MIMO는 Beamforming에서 기존의 수평(Horizontal) 방향성 뿐만 아니라 수직(Vertical) 방향성도 고려를 해서 Beamforming을 하는 기술로서 Full Dimension MIMO(FD-MIMO)라고도 한다.