

# 3GPP 표준 로드맵 및 LTE 기술 개요

이현우 | 지형주  
삼성전자

## 요약

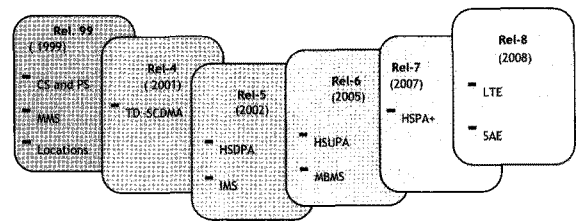
본고에서는 1998년 말부터 시작된 3GPP의 표준인 WCDMA, HSPA 및 LTE로의 진화 로드맵을 알아보고, 특히 최근의 중점 이슈인 LTE에 대한 추진 배경, 일반적 요구사항 및 기술적 요구사항의 개요에 대해 알아 본다.

LTE는 2004년 말에 필요성이 제기되어 2005년부터 본격 추진되었고 2008년 말이면 무선접속 분야는 표준이 거의 완료될 전망이다. 과거 WCDMA에서 HSPA로 진화 시 호환성을 고려해서 조심스럽게 접근했던 것과는 달리 LTE에서는 호환성의 제약을 받지 않는 완전히 새로운 표준을 지향하여, 단순하면서도 효율적이고 유연한 기술표준을 목표로 작업이 수행되어 왔다.

무선통신 분야의 주류 기술이 되고 있는 OFDM, MIMO 기술을 바탕으로 LTE기술은 Vodafone, Verizon, NTT DoCoMo등 많은 대형사업자로부터 차세대 기술로 선택되고 있으며 2010년경부터 상용화가 예상되고 있다.

나 점차 3세대 기술인 WCDMA/HSPA 비중이 늘어나고 있다. 단일 기술 표준이 세계화 됨으로써 규모의 경제의 실현이 가능해지고 염가의 단말기 공급이 가능해지는 선순환 구조를 갖게 되었다고 볼 수 있다. 비록 비중이 줄고는 있지만 CDMA2000 1x/DO등 동기식 기술도 미국, 한국, 일본 및 개도국 등에서 활용되어 12% 정도의 점유율을 보이고 있으며 특히 저개발국을 대상으로 하는 CDMA450 기술은 나름대로의 고유 영역을 구축하고 있다.

기존 기술과 별개로, WiMAX와 같은 신기술도 빠르게 전개되어 가고 있으며 비록 지금은 비중이 적지만 4세대에서는 동기식 기술을 제치고 비동기식과 대항할 수 있게 될 것으로 보인다.



(그림 1) 3GPP 진화 로드맵

## 1. 서론

2008년 초 기준으로 전세계 인구 66억 명 중 약 34억 명이 이동통신에 가입되어 있는데 이중 86%는 GSM/WCDMA/HSPA 등 소위 비동기 기술을 사용하고 있고 그 비율은 점차 증가하고 있다. 아직까지는 비동기 기술 중 2세대 기술인 GSM 계열이 전체 이동통신 가입자의 80% 수준으로 다수이

(그림 1)에서 보듯이 3GPP에서 작업되어온 비동기식 표준은 release 단위로 진화되고 있으며 각 release당 평균 2년 정도 소요된다. 현재 국내외시장에서 많이 적용되고 있는 표준은 Rel. 5인 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access) 기술이며 Rel. 6 기술인 HSUPA(High Speed Uplink

Packet Access) 도 점차 보급이 진행되고 있다. HSDPA에서는 순방향 최대 14.4 Mbps, HSUPA에서는 역방향 최대 5.6 Mbps까지 지원이 가능하므로 많이 보급된 가정용 ADSL 수준에 거의 근접했다고 볼 수 있다. 이정도 속도이면 휴대폰, PDA, MID(Mobile Internet Device) 등의 소형 휴대단말에서는 거의 불편함이 없이 인터넷을 사용할 수 있는 수준으로 볼 수 있으며 이 분야에서는 한국이 가장 앞선 시장이라고 자부해도 좋을 정도이다.

추가적인 Rel. 6 기술로는 WCDMA 망에서 방송 서비스를 지원하기 위한 기술인 멀티미디어 방송 서비스 기술(MBMS: Multimedia Broadcast and Multicast Service)과, 이동통신망과 무선랜을 연계하는 UMTS-WLAN Inter-working 기술 등이 있다. 후속으로 HSPA+시스템인 Rel. 7 단계에서는 HSPA시스템의 성능을 향상시키는 다중안테나 기술과 고효율 변복조 기술을 적용하여 용량을 늘리는 기술 및 패킷 효율을 개선하고 단말의 전력 소비를 줄이는 CPC(Continuous Packet Connectivity) 기능 등이 추가되었다. 그러나 이전 단계에 비해서 획기적으로 기술이 도약하는 것은 Rel. 8 에서 도입된 LTE 기술이다.

종래 기술이 CDMA방식인데 비해 LTE에서는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술을 채택하였고, 기존 5MHz로 한정되었던 대역폭을 1.4MHz부터 20MHz까지 변화 가능하도록 사용하면서 순방향으로 최대 300Mbps 전송률과 역방향으로 최대 75Mbps 전송률을 지원하는 것이 가능하게 됨으로써 거의 가정용 VDSL 또는 FTTH와 버금가는 성능을 제공할 수 있게 되었다.

이 표준은 2008년 중 완료될 예정이며 상용 서비스는 일부 국가에서 이르면 2010년 쯤 개시될 예정이다. 추가로 전송 지연을 현저하게 줄이는 기술과 Core Network의 All IP화 및 단순화 등과 결합하여 획기적인 효율성 증대와 투자비/유지비 감소가 가능한 차세대 이동통신망의 실현이 가능할 것으로 보인다.

그 이후의 기술로는 LTE-Advance 표준이 2011년 표준완료를 목표로 진행되고 있으며, 100 MHz 대역폭을 사용할 때 최대 1 Gbps를 전송할 수 있는 꿈의 기술을 목표로 하고 있다. 과거 경험으로 볼 때 유선 기술과 무선기술의 전송 속도는 약 10년의 차이를 두고 일치하는 경향을 보여 왔으며 이 경향은 당분간 더 지속될 수 있을 것으로 본다.

## II. 본 론

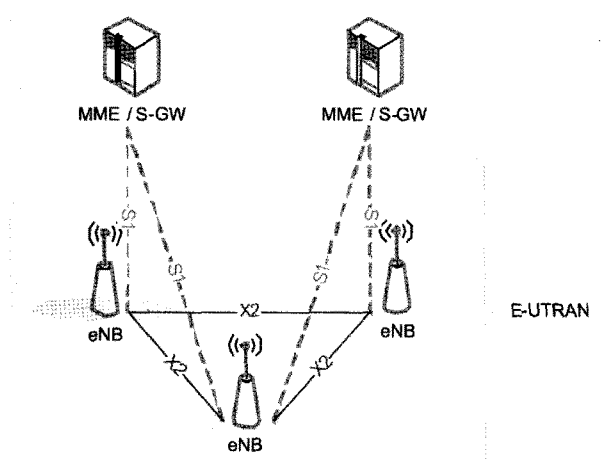
### 1. LTE 의 추진 배경 및 타당성 연구

LTE에 대한 추진은 2004년 11월에 캐나다 토론토에서 개최된 3GPP RAN evolution workshop에서 처음으로 공론화되었다. 당시 제기된 새로운 기술에 대한 목표는 비트당 비용의 절감, 개선된 서비스, 기존 및 신규 주파수 대역에서의 유연한 적용, 단순화된 망구조 및 개방형 인터페이스, 적절한 단말기 소비전력 등이었다. 또한 대폭적인 성능의 개선과 불필요한 option의 최소화 등도 언급되었고, 무선망(RAN: radio access network)에서의 개선 작업과 아울러 핵심망(CN: core network)에서의 개선도 병행이 필요함이 제기되었다. 본 workshop에서 대부분의 회사의 지지를 바탕으로 UTRA & UTRAN Long Term Evolution 에 관한 타당성 연구과제가 2004년 12월부터 착수 되었다. 최종 목표는 고속, 저지연성을 갖는 패킷망에 최적화된 무선접속망 기술의 개발이며 다음과 같은 구체적인 연구 범위를 설정하였다. 무선 물리계층에서는 최대 20MHz까지 수용하는 새로운 전송 기술 및 다중 안테나 기술을 규정하고 무선 L2/3에서는 signalling 최적화를, UTRAN 망구조에서는 최적의 망구조 및 노드간 기능 분배 정의와 관련 RF 항목을 규정하기로 하였다. LTE 요구조건은 기술보고서 TR25.913에 정리되어 있으며 주요 항목은 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> LTE 요구 조건의 주요 내용

항 목	설 명
Peak data rate	20 MHz 대역에서 하향 링크에서 최대 100Mbps (5 bps/Hz), 상향링크 50 Mbps (2.5 bps/Hz)
Control plane latency	Idle ↔ Dormant latency: 100 ms 이하, Dormant ↔ Active latency: 50ms 이하
Control plane capacity	5MHz 대역에서 cell 당 active user 200 명 수용
User plane latency	무부하 상태에서 5ms 이하
User throughput	하향링크 평균값: HSDPA의 3-4배, 상향링크 평균값: HSUPA의 2-3배
Spectrum efficiency/cell	하향링크 평균값: HSDPA의 3-4배, 상향링크 평균값: HSUPA의 2-3배
Mobility	15 Km/h 이하에서 최적화, 120 km/h 까지는 고성능 유지, 350km/h 까지는 연결 지원 (주파수 대역에 따라서는 500km/h 까지 지원)
Coverage	반경 5km까지 성능 만족, 30 km 까지는 다소 저하, 100km까지 수용

항 목	설 명
MBMS (방송기능)	Unicast 와 유사방식 활용, 음성과 방송 동시제공, FDD/TDD에서 기능
주파수 유연성	상향/하향 모두 1.25/1.6/2.5/5/10/15/20 MHz 지원, FDD/TDD 지원
공존성 및 Interworking	동일지역에서 인접대역간에 EUTRAN과 UTRAN, GERAN의 공존, EUTRAN 과 UTRAN, GERAN 간에 측정 및 handover 지원, 실시간 서비스 handover 시 단절시간 300 ms 이내
망구조 및 진화	단일 망구조, 실시간 서비스용 패킷망, 고장 감내력, QoS, Backhaul 최적화
무선자원 관리	단대단 QoS, 상위 레이어 효율적 전송, 다른 무선방식간 부하 분담 능력
복잡도	Option 의 최소화, 불필요한 필수기능 배제



(그림 2) 전체 망 구조

1년 반 이상의 타당성 연구결과는 종래의 HSPA에 비해 획기적인 개선이 가능함을 보여 주었고 특히 다중안테나 기술과 광대역 사용이 여기에 기여하였다. 또한 L1/2/3의 핵심 기능들이 FDD/TDD 공통적으로 사용될 수 있음을 보여 주었다.

2. 상세규격화

1) 망구조

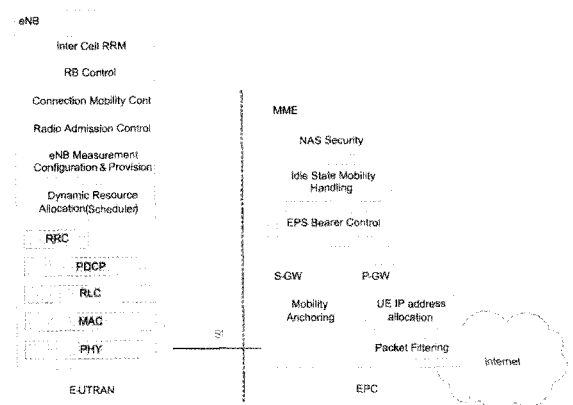
E-UTRAN (Evolved UTRAN)의 전반적인 망구조는 (그림 2)와 같이 기술보고서 TS36.300과 TS36.401에 기술되어 있다. E-UTRAN은 상호간에 X2 interface로 연결되는 eNB(Evolved Node B)들과 S1 interface로 연결되는 새로운 핵심망인 Evolved Packet Core(EPC)로 구성되어 있다. User

Plane 에서 S1 interface 는 Serving Gateway (S-GW)에서 중단되고, Signalling Plane에서 S1 interface는 Mobility Management Entity(MME) 에서 중단된다. eNB는 단말기 (UE: User Equipment)에 대해서는 Control plane과 User Plane의 종단이 된다.

2) eNB 의 기능

eNB 는 다음의 기능을 가진다.

- 무선자원 관리: Radio Bearer Control, Radio Admission Control, Connection Mobility Control, 상하향에서 단말에 대한 동적 자원 할당(scheduling)
- IP header 압축 및 user data stream 암호화
- Attach 되는 UE로부터의 정보가 불충분할 때 특정 MME의 자체적 선택하는 기능



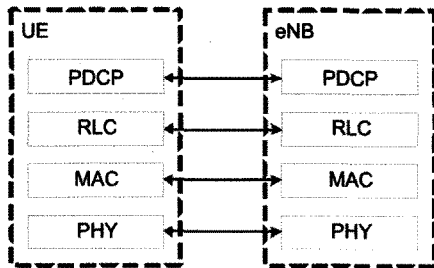
(그림 3) E-UTRAN 과 EPC 간의 기능 분배

- Serving Gateway로 가는 user plane data 의 routing 기능
- MME로부터 오는 Paging messages 의 Scheduling 기능
- MME 또는 O&M으로부터 오는 방송정보의 Scheduling 및 전송 기능
- Mobility와 scheduling을 위한 measurement 및 measurement report configuration 기능

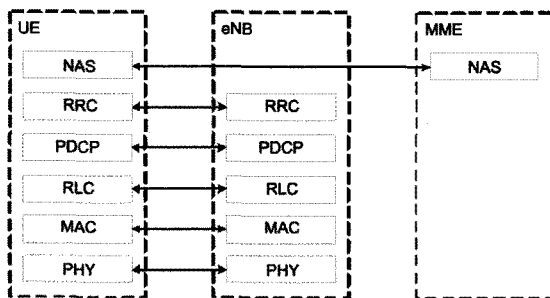
3) E-UTRAN 구조에 관한 일반 원칙 (TS 36.401 참조)

E-UTRAN 구조와 Interface에 관한 일반적 원칙은 다음과 같다.

- Signalling과 data transport network의 논리적 구분
- E-UTRAN과 EPC 기능은 transport functions으로부터 완전히 구분. E-UTRAN 과 EPC 의 Addressing 방식은 transport functions 의 addressing 방식과 연계 불가. 동일 장치 내에 일부 E-UTRAN 또는 EPC 기능이 transport 기능과 같이 존재한다는 것만으로 transport 기능이 E-UTRAN 또는 EPC의 일부라고 볼 수는 없음
- RRC connection을 위한 mobility는 완전히 E-UTRAN 에 의해 제어
- E-UTRAN interfaces를 정의할 때 interface에서의 기능 분할 시 option은 가능한 적을수록 좋음



(a) User-plane protocol stack



(b) Control-plane protocol stack

(그림 4) Protocol stack

- Interface는 제어되는 entity의 논리적 모델에 따름
- 하나의 물리적 network element는 복수의 논리적 노드를 구현함

#### 4) Radio Interface

(그림4(a))은 user-plane의 protocol stack을 보여준다. PDCP, RLC 및 MAC sublayers (eNB 에서 종단)는 header

compression, ciphering, scheduling, ARQ 및 HARQ를 수행한다. (그림4(b))는 control-plane의 protocol stack을 보여준다. NAS(Non Access Stratum) control protocol은 정보차원에서 도시했으며 UE-EPC간 통신의 일부이다.

PDCP sublayer는 ciphering과 integrity protection을 수행하고, RLC 및 MAC sublayers는 user-plane과 동일한 기능을 수행한다. RRC는 broadcast, paging, RRC connection management, Radio Bearer control, Mobility functions, UE measurement reporting 제어를 수행한다.

#### 5) Band Arrangement

E-UTRA는 다양한 주파수 대역에서 운영될 수 있으며 다양한 대역폭 (1.4, 3, 5, 10, 15 및 20MHz) 과 대역폭에 따른 resource blocks 개수를 (6, 15, 25, 50, 75 and 100 RB) 지원한다. (그림 5)는 total channel bandwidth 와 transmission bandwidth configuration, 즉 resource blocks 개수와의 관계를 보여준다. Channel raster 는 100KHz 이며 중심주파수는 100KHz의 정수배 이어야 하며 FDD/TDD 또 Full duplex/Half duplex 가 지원된다.

#### 6) Layer 1

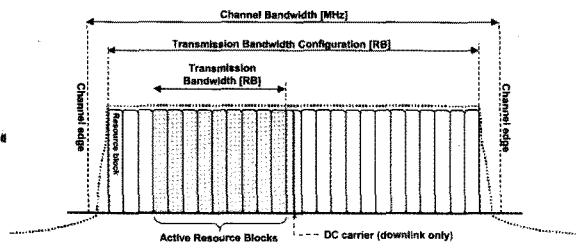
Layer 1은 다양한 주파수 할당에 대응하기 위하여 resource block 에 근거하되 그 크기는 대역폭과는 무관하게 정의된다. Resource block은 0.5ms 길이의 15 kHz 대역폭을 갖는 12개의 sub-carriers 또는 7.5 kHz 대역폭의 24개의 sub-carriers로 구성된다. Radio frame type 1은 FDD 에 사용되며 0.5ms길이 slot 20개로 10ms를 차지한다. 이때 두 개의 인접한 slot 이 모여 1ms 의 subframe 을 이룬다.

Radio frame type 2 는 TDD에 사용되며 두 개의 5ms길이의 half frame으로 구성되고 각각은 0.5ms길이의 slot 8개와 3개의 special fields (DwPTS, GP and UpPTS)로 구성되는데 이 special field는 전체 길이는 1ms이나 각각의 길이는 구성 가능하다. Sub-frame은 두 개의 인접한 slot으로 구성되지만 예외적으로 sub-frames 1과 6은 DwPTS, GP, 및 UpPTS를 이룬다. 또한 5ms 또는 10ms switch-point 주기가 지원된다.

방송기능인 MBMS (Multimedia Broadcast and Multicast Service)를 지원하기 위해서, LTE 는 MBMS를 Single Frequency Network (MBSFN)으로 제공할 수 있으며 시간

동기화된 같은 파형이 특정 시간구간에 여러 개의 기지국으로부터 동시에 전송된다. MBSFN은 효율적인 MBMS를 가능하게 해주며 단말에서는 여러 기지국에서 오는 신호를 결합할 수 있다.

Cyclic prefix는 여러 기지국간의 전파지연 문제를 해결해 주므로 단말기에서는 하나의 large cell로부터 오는 단일 정보처럼 간주된다.



(그림 5) Channel bandwidth 와 transmission bandwidth configuration 의 관계

MBSFN의 구성은 Sub-carrier 간격이 7.5kHz 이고 긴 cyclic prefix를 가진 전용의 carrier로 구성할 수도 있고 unicast와 multicast 가 TDM 형태로 혼재될 수도 있다.

하향링크에서는 2개 또는 4개 안테나가 사용되는 다중안테나 전송을 할 수 있다. Single-User MIMO 상황에서 기지국은 특정 사용자에게 한 개 또는 두 개의 코드워드를 보낼 수 있으며, Multi-User MIMO 상황에서는 서로 다른 stream을 서로 다른 사용자에게 할당 할 수 있다. MU-MIMO는 상하향 모두 사용될 수 있다.

Channel coding으로는 UTRA와 마찬가지로 Turbo code R=1/3, two 8-state constituent encoders가 사용되며 contention-free quadratic permutation polynomial (QPP) turbo code internal interleaver 와 trellis termination 이 사용된다. Turbo code 화하기 이전에 최대 6144 bit 크기의 byte aligned segment 로 절분 된다. 오류 검출을 위해서는 24 bit CRC 가 사용된다.

Cell search, Power control, Uplink synchronization, Uplink timing control, Random access, HARQ와 같은 물리계층 절차가 사용되며 주파수 및 시간 영역에서의 자원을 제어함으로써 간섭관리를 할 수 있다. 자세한 정보는 규격집

TS36.201 및 TS36.21x 시리즈에서 찾을 수 있다.

### 7) Mobility and Radio Resource Management

단말과 기지국은 radio 특성을 측정하여 상위 레이어에 제공하며 Intra-and inter-frequency handover, inter RAT handover, timing measurements and measurements for RRM 등의 기능을 위해 사용할 수 있다.

Inter-RAT handover를 위한 측정은 GSM, UTRA FDD 및 UTRA TDD hand over를 위하여 수행된다. 이동성을 위한 단말의 측정은 적어도 아래의 세가지 형태가 있다.

- Intra-frequency E-UTRAN measurements
- Inter-frequency E-UTRAN measurements
- Inter-RAT measurements for UTRAN and GERAN

E-UTRAN RRC\_CONNECTED 상태에서는, network-controlled UE-assisted handovers 가 수행되며 다양한 DRX cycles 이 지원된다. 또한 E-UTRAN nodes와 EPC nodes 간의 복수 대 복수 관계에 근거하여 (S1-flex) E-UTRAN 은 무선망을 공유할 수 있고 GERAN/UTRAN 및 E-UTRAN 간 Service-based redirection이 양방향으로 지원된다. 또한 E-UTRAN과 cdma2000 HRPD 또는 1XRTT간에 idle 또는 active 상태에서의 mobility 가 지원된다.

### 8) Support for self configuration and optimization

Self-configuration process 는 새로 설치되는 노드가 시스템 동작을 위한 기본적 configuration 을 갖기 위해 자동적으로 설치 절차를 통해 구성되는 기능으로 정의된다.

이 절차는 pre-operational 상태에서 동작한다. Pre-operational 상태는 RF 송신기가 작동하기 전으로 eNB에 전원이 투입되고 backbone이 연결된 상태를 의미한다.

Self-optimization process는 망에 동조하기 위해 UE와 eNB 측정과 성능 측정이 사용되는 절차를 말한다. 이 절차는 operation 상태에서 동작하며 operation 상태는 추가적으로 RF interface가 동작하는 상태를 말한다.

### III. 결 론

지금까지 3GPP의 표준 로드맵과 LTE의 배경 및 기술개요를 알아보았다. E-UTRAN 기본 규격은 2007년 9월과 12월에 승인되었으며 layer 1 규격은 2008년 3월에 확정되었고 핵심 규격의 남은 일은 2008년 9월과 12월쯤에 완료될 전망이다. 단말기 정합성 규격은 2009년에 완료될 예정이다. LTE 기술의 최초의 상용 서비스는 2010년 전후가 될 것으로 보이며 GSM, UMTS, LTE가 혼재하는 상황은 2020년경이면 LTE 단 일망으로 통합될 것으로 예상된다. 한편 다음 단계의 기술인 LTE-Advanced는 2011년 표준완료를 목표로 현재 타당성 연구 단계의 초기에 있으며 3GPP family 표준은 지속적으로 진화 및 확장을 통해 사실상의 세계 단일 표준을 지향하고 있다.

참고로 이 글의 본문 부분은 3GPP의 LTE highlight 문서의 요약 및 번역본임을 밝혀 둔다[1].



- [1] 3GPP, <http://www.3gpp.org/highlights/LTE/LTE.htm>
- [2] 전파진흥원 : 격월간 “전파, 2008. 05. 06,” 손안의 인터넷을 완성할 꿈의 기술들”, pp. 8-9, 이현우

### 약 력



이 현 우

1985년 서울대학교 공학사  
 1989년 서강대학교 경영학석사  
 1994년 KAIST 전자공학석사  
 2003년 KAIST 전기전자공학박사  
 1984년 ~ 현재 삼성전자 통신연구소 수석 연구원  
 2005년 ~ 현재 3GPP TSG-RAN 부의장  
 2008년 ~ 현재 TTA IMT-Adv. PG의장  
 관심분야: 3GPP LTE, IEEE WIMAX, IMT-Adv. 국제 표준화



지 형 주

2005년 서강대학교 전자공학사  
 2007년 서강대학교 전자공학석사  
 2007년 ~ 현재 삼성전자 통신연구소 연구원  
 2008년 ~ 현재 TTA IMT-Adv. PG의사  
 관심분야: 3GPP LTE, LTE-Adv. 국제 표준화

