

# 3GPP LTE 기술 개발 및 서비스 동향

Trends of 3GPP LTE Service and Development

<p>네트워크 기술의 미래 전망 특집</p>	<p>오돈성 (D.S. Oh)      무선모뎀연구팀 책임연구원          이문식 (M.S. Lee)    무선모뎀연구팀 선임연구원          김일규 (I.G. Kim)    무선모뎀연구팀 팀장          정현규 (H.K. Chung) 무선통신연구부 부장</p>
<p>목 차</p> <p>.....</p> <p>I. 서론</p> <p>II. 표준화 동향</p> <p>III. 시장 및 서비스 동향</p> <p>IV. 3GPP LTE 단말 모뎀 개발</p> <p>V. 결론</p>	

본 고에서는 20MHz 대역에서 다운링크 100Mbps, 업링크 50Mbps의 데이터 전송속도를 지원하는 IP 기반의 셀룰러 기술인 LTE 및 IMT-Advanced 요구사항을 만족하는 최초의 규격이 될 것으로 보이는 LTE-Advanced에 대해서 살펴보았다. LTE 기술의 이론적인 하향링크 최대 성능은 20MHz 대역폭에서 약 326Mbps 정도이다. 최근까지 전 세계 대규모 이동통신사들이 LTE를 차세대 네트워크 표준으로 채택하고 구체적인 상용화 일정 발표 및 시범테스트에 돌입하고, 2010년 현재 5개 이동통신 사업자는 상용서비스를 실시하고 있다. 실질적인 4세대인 LTE-Advanced 기술은 2011년 3월 중에 마무리되고, 빠르면 2012년에 설치되기 시작할 것이다. 차세대 이동통신 표준화 동향 중에서 특히 3GPP LTE 표준화 동향, 시장 및 서비스 동향을 살펴본다. 또한 ETRI가 개발한 3GPP LTE 단말 모뎀 개발 현황을 살펴보았다.

## I. 서론

스마트폰, 태블릿 PC 등 대용량 트래픽을 유발하는 모바일 기기의 보급이 급속하게 확산되고 있으며, 비약적으로 늘어나는 모바일 트래픽을 수용하기 위한 국내외 통신사업자의 투자가 활발하게 이루어지고 있다. 트래픽의 급격한 증가를 수용하기 위해서는 통신 사업자들은 다양한 방법을 이용하여야 할 것으로 보인다. 더 많은 스펙트럼을 사용하여야 할 것이고, 스펙트럼 효율을 높이는 기술을 개발하여야 하고, 단위 가입자 당 제공 성능을 높이기 위해서 더 많은 셀을 채용하여야 하고, 펌토셀과 WiFi 네트워크를 충분히 이용하여야 하며, 피크 시간의 분산도 고려하여야 한다[1],[2].

이동통신 네트워크는 현재 한정된 주파수 자원으로 인해 액세스 네트워크의 효율화와 용량 확대를 위해 HSPA+ 나 LTE로 전환을 서두르고 있다. 이러한 변화 가운데 화상전화, 모바일 웹서핑 등으로 대표되는 3G(3세대) 이동통신서비스가 어느덧 4G(4세대)로의 진화를 위한 노력들이 이루어지면서 현재 표준화 단계를 거쳐 조만간 상용화를 앞두고 있을 정도로 빠르게 진행되고 있다. 현재 3G 방식과 비교해서 50 배 이상의 빠른 전송속도를 제공할 것으로 기대되는 4G 이동통신 기술 도입은 양방향 모바일 서비스인 화상회의, 게임, HDTV, IPTV 등 멀티미디어 시스템 기반의 다양하고 복합적인 서비스 제공이 가능할 것

으로 기대된다[3].

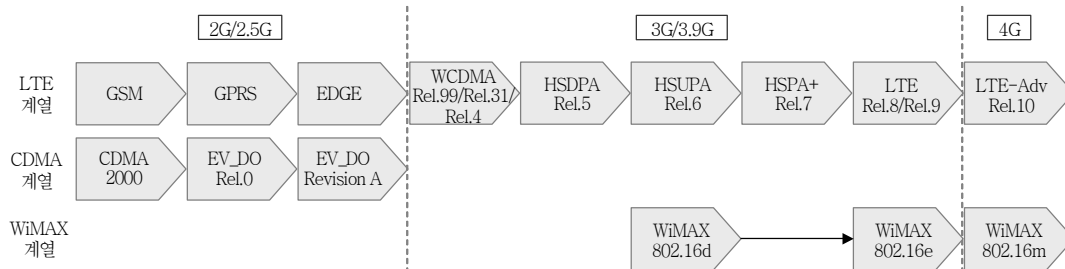
따라서 4G 이동통신 기술은 소비자들에게는 보다 업그레이드된 다양한 서비스와 고속 멀티미디어 기반의 신규 서비스들이 제공될 수 있을 것이고 사업자들에게는 사회전반에 걸친 다양한 분야와 접목된 신규 비즈니스 모델 창출 및 확장된 시장 환경에서의 주도권을 확보할 수 있는 기회가 주어질 것이다.

본 고에서는 차세대 이동통신 표준화 동향 중에서 특히 3GPP LTE 표준화 동향에 대해서 자세히 살펴보고, 시장 및 서비스 동향을 살펴본다. 또한 ETRI가 개발한 3GPP LTE 단말 모뎀 개발 현황을 살펴보고, 결론을 맺는다.

## II. 표준화 동향

### 1. ITU 차세대 이동통신 표준화 동향

국제전기통신연합(ITU)은 지난 2005년 4G 이동통신 기술을 ‘IMT-Advanced’로 명명하며, 4G 이동통신은 고속 이동 시에 100Mbps 이상, 저속 이동 시나 정지 시에 1Gbps 이상의 전송속도가 보장되어야 한다고 규정하였다. 현재 4G 이동통신기술의 글로벌 표준을 선점하기 위해 표준화 그룹은 ITU의 4G 기술로 채택되기 위해 각자의 표준을 제시하였다. 이동통신 진화는 현재 크게 (그림 1)에서 보는 바와 같이 크게 LTE 계열과 WiMAX 계열에서 이루어지고 있다.



(그림 1) 이동통신 진화경로

LTE-Advanced 시스템은 3GPP의 표준 규격인 LTE의 차세대 4G 통신 표준 규격, WiMAX 802.16m (Release 2.0)은 Mobile WiMAX 진영의 IEEE에서 제안하는 4G 표준 규격이다.

ITU의 IMT-Advanced 기술개발 일정이 2011년 상반기에 상제 무선 규격을 마치는 것으로 되어 있어 각 진영은 규격화에 박차를 가하고 있다. 이후 “ITU-R Recommendation for radio interface specifications”으로의 채택은 SG5에 의해서 2011년 11월에 이루어질 예정이고, 2012년 1월 중에 승인될 예정이며, ‘Beyond IMT-Advanced’에 대한 논의도 시작되었다.

## 2. 3GPP LTE 표준화 동향

3GPP는 주요 이동통신 기술 회사들의 파트너십 프로그램으로서, LTE는 2004년 5월 NTT DoCoMo가 제안한 내용에서 처음 논의가 시작되었고 2004년 11월부터 표준화 작업이 시작되었다. LTE에 대한 연구와 표준화 작업은 3GPP 산하 TSG-RAN에서 담당해 왔다. 당시 제시된 새로운 기술에 대한 목표는 서비스 개선, 신규 주파수 대역뿐만이 아닌 기존 대역에서의 유연한 적용, 망 단순화, 개방형 인터페이스, 낮은 단말기 소비전력, 성능개선 및 비용 절감 등이었고 이는 2008년 거의 완성되었으나 2009년에도 계속 수정되었다. LTE-Advanced는 3GPP 진영에서 추진중인 LTE(3.9세대)를 “advanced”시키는 4세대 이동통신 기술이며, 기존 LTE 기술과의 호환성 유지는 물론 ITU-R의 IMT-Advanced 요구사항을 만족시켜야 한다.

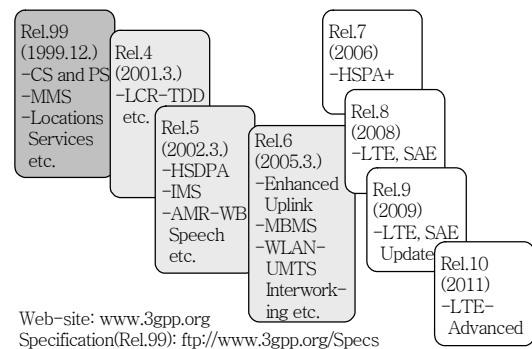
LTE는 20MHz 대역에서 다운링크 100Mbps, 업링크 50Mbps의 데이터 전송속도를 지원하는 IP 기반의 셀룰러 기술이고, LTE-Advanced는 최대 100

MHz 대역에서 다운링크 1Gbps, 업링크 500Mbps의 데이터 전송속도를 지원하는 글로벌-컨버전스형 무선통신 기술이다[4]-[7].

Release 9는 당초 LTE에서 구현하고자 했으나 일정 및 기술적 복잡도 등의 문제로 우선순위에서 밀렸던 기술 위주로, 2009년 동안 1년 정도의 단기간에 완료하는 것을 목표로 추진되었으나, 2010년 현재 펌토셀과 MBMS 확장 기능과 관련해 Rel.9 수정 작업이 진행 중이다. 조만간 구축될 LTE 망에서 큰 하드웨어의 변경 없이 소프트웨어 변경으로 추가될 수 있는 기능이 대부분이다.

LTE-Advanced는 VDSL2와 같은 유선 네트워크보다 빠른 데이터 전송속도와 높은 QoS 제공을 목표로 하고 단말 이동속도와 커버리지, SON 기능 개선이 추진되고 있으며 LTE에 비해 2배 이상의 cell edge user throughput, 3배 이상의 평균 user throughput과 주파수 효율성을 목표로 한다. LTE-Advanced는 광대역 지원, 다중안테나 확장, 네트워크 협업 통신 등의 분야에서 여러 가지 개량이 예상되고 있다. LTE-Advanced 표준은 2007년 7월 물리계층 논의로 시작하여 2011년 상반기에 완성될 것으로 예상되며, 3GPP Release 로드맵은 (그림 2)와 같다.

Release 11에 대한 논의도 2011년 초에 논의를



(그림 2) 3GPP Release 로드맵

시작할 것으로 보이며, 초기에 논의될 기술들은 아래와 같다.

- CoMP
- CA enhancements
- eICIC enhancements(HetNet)
- Advanced receiver
- Relay
- MDT enhancements
- MBMS enhancements
- SON enhancements
- MTC enhancements

### III. 시장 및 서비스 동향

#### 1. 시장 동향

최근 이동통신 산업 동향은 <표 1>에서 보는 것처럼 모바일 광대역 서비스, PC 수준의 모바일 디바이스 등장, 오픈 마켓 활성화, M2M 공공망, 스마트 그리드 등으로 범위가 확산되고 있는 추세이다. 2015년에는 전세계 이동통신 가입자 수는 56억 명, 서비스는 1조 달러에 이를 전망이다. 전세계적으로 휴대폰의 판매대수는 2009년에 11억 대로 시장은 안정 상태에 있다. 향후 5년간 거의 같은 판매 대수를 유지

<표 1> 이동통신 산업 트렌드

산업 최근 트렌드	
네트워크	• 모바일 브로드밴드 네트워크로의 진화를 통한 광대역 서비스 제공
단말	• Emerging Device 등장: PC 성능 + 무선접속 - 모바일 CPU, 모뎀/RF 칩의 고기능화 - UI 개선: 디스플레이, 터치스크린 등
SW/콘텐츠	• 개방형 플랫폼 기반의 오픈마켓 활성화
응용시장	• 모바일 오피스 구축을 통한 생산성 확대 • M2M, 공공망, 스마트그리드 등으로 범위 확산

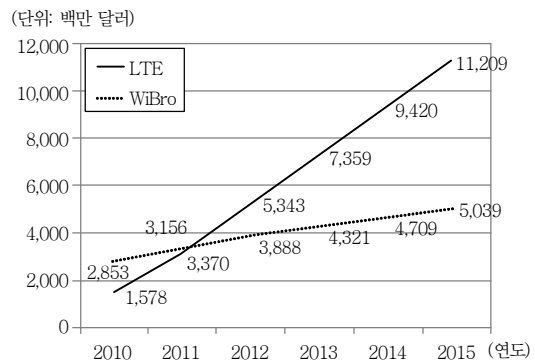
할 것으로 보인다[8].

스마트폰의 매출은 2011년부터 2013년까지 거의 두 자리수 성장이 예상된다. 매년 이동통신 단말은 프리미엄급을 중심으로 판매가 증가하는 추세로, 2014년에 7억 4천만 대로 증가할 전망이고, 전체 휴대폰 판매의 38.2%가 스마트폰이 될 것으로 예측하고 있다. 2014년 미국 내의 새로운 휴대폰의 60%가 스마트폰이 될 것으로 예상하는 보고서도 있다.

2009년에 전세계적으로 4억 5천만 사용자가 모바일 인터넷을 이용하고 있으며, 2013년에는 현재의 두 배 이상의 사용자가 모바일 인터넷을 이용할 것으로 보인다. 2013년에 LTE 휴대폰은 약 5천 6백만 대에 이를 것으로 예측하고, 모바일 데이터 트래픽은 2005년부터 2015년까지 10년간 450배 증가할 것으로 것으로 보인다[8].

시장조사업체 ABI Research에 따르면, 셀룰러 M2M 접속 건수는 2009년 7,500만 건 수준에서 향후 5년간 약 3배 증가하며, M2M용 셀룰러 모뎀은 2012년에 이르면 8,900만 개가 출하될 것으로 예상하였다.

도입시기가 3년 느린 LTE 시스템은 (그림 3)의 자료에 따르면 2012년 이후에는 전체 WiBro 시스템을 넘어서 2015년에는 2배 이상의 시장규모를 형성



<자료> : IDC, 2009. 5.

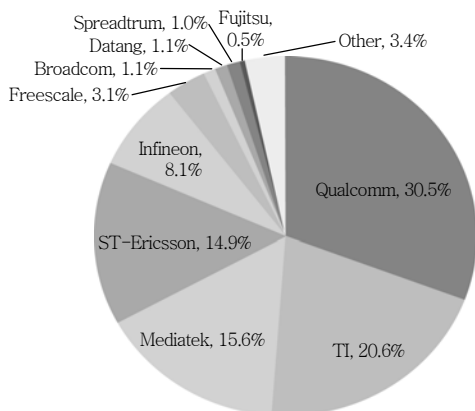
(그림 3) 4세대 이동통신 시스템 매출액 전망

할 것으로 전망하고 있다. 또한 매출액이 2015년까지 연평균 74.6%의 고성장을 이루어 11억 달러에 이를 전망이다.

## 2. 서비스 추진 동향

(그림 4)와 같이 전세계 baseband 모뎀 시장 점유율을 보면 3G에서는 퀄컴, TI 등 2~3개 메이저 업체가 시장을 주도하고 있다. 4세대에서는 다양한 업체로 시장이 분할될 것으로 예측된다. 퀄컴은 2010년에 데이터 카드용 LTE 모뎀을 출시하고, 2011년에 단말기용 모뎀을 출시할 예정이다. 일본의 여러 회사들도 공동으로 LTE 모뎀칩을 개발하고 있으며, 유럽, 대만과 중국 등도 LTE 모뎀의 개발이 진행중이며, 국내에서는 삼성전자, LG전자, ETRI 등이 개발 완료한 상태이다.

최초로 스웨덴과 노르웨이에서 TeliaSonera가 2009년 12월에 LTE 상용서비스를 시작하였고, 우즈베키스탄의 통신사업자들이 2010년 7월에 서비스를 시작하였으며, 미국의 Metro PCS가 2010년 9월에 서비스를 시작하였고, 폴란드의 Aero2사가 2010년 9월에 서비스를 시작하였다. 일본의 NTT DoCoMo사는 2010년 12월에 상용서비스를 시작할 예



<자료> : IDC, 2010.

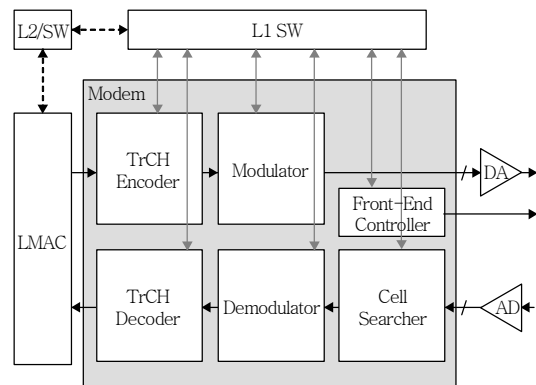
(그림 4) 2009년 휴대폰 반도체 시장 점유

정이고, 오렌지프랑스는 2010년에 시험 서비스를 거쳐서 2011년에 상용서비스를 할 예정이다. 이처럼 세계 각국에서 2011년 중에 상용 서비스를 계획하고 있다. 우리나라에서도 LG 텔레콤이 2010년 중에, KT가 2011년 중에 LTE 방식을 도입할 예정이다 [9],[10].

## IV. 3GPP LTE 단말 모뎀 개발

### 1. 단말 모뎀 상위설계

3GPP LTE의 단말 모뎀에서 (그림 5)에 보인 바와 같이 TrCH encoder와 modulator는 uplink 기능을 담당하고, cell searcher, demodulator, 그리고 TrCH decoder는 downlink 기능을 담당한다. 그리고, analog 부분을 제어할 수 있어야 하기 때문에 front-end controller도 있어야 한다. Uplink로 송신되는 transport block은 TrCH encoder와 modulator를 통해 analog 부분으로 전달된다. Transport block을 제외한 나머지 control channel에 전송되는 데이터는 모두 L1 소프트웨어에서 결정하여 modulator에게 전달하며, 이를 analog 부분에 전달한다. 수신기는 단말기 주변의 기지국들과 동기를 잡기 위해 필요한 cell searcher 블록과 수신데이터를 복조



(그림 5) 3GPP 단말 모뎀 구조도

하는 demodulator, 그리고 복호된 transport block 을 복호하여 LMAC에 전달하는 TrCH decoder로 구성된다. Transport block을 제외한 나머지 데이터의 복조 및 복호는 demodulator에서 이루어지며, 복호가 완료되면 L1 소프트웨어에 전달한다.

그 이외에도 AFC, AGC, 그리고 송신 gain을 조절하는 등의 analog 제어를 위해서 analog 제어 블록도 존재한다.

TrCH encoder는 LMAC으로부터 전달된 uplink transport block을 channel encoding하는 기능을 수행한다. 송신되는 transport block들은 CRC가 추가되어 수신기에서의 error 여부를 확인할 수 있도록 하며, forward error correction을 위해 turbo encoding 된다. 그런 후 물리자원에 그 수를 맞추기 위해 rate matching이 수행된다.

Encoding된 transport block은 modulator에서 일련의 과정을 거쳐 3GPP의 uplink frame 구조에 맞추어 전송된다. 그리고 LMAC으로부터 전달되지 않은 데이터들은 L1 소프트웨어에 의해 관리되며 이는 직접 modulator에서 encoding 및 변조되어 전송된다. 그리고 modulator에서는 PRACH와 sounding reference signal이 생성되어 전송된다.

셀 탐색기에서 기능적으로 초기동기와 neighbor cell 동기로 나누어 질 수 있다. 초기동기는 단말기가 가장 가까운 기지국과의 연결을 위해 기지국에 대한 기본정보와 시간동기를 획득하는 과정이다. Neighbor cell 동기는 어느 한 기지국과 연결되어 있는 상태에서 주변의 기지국의 정보와 시간동기를 찾는 과정이다.

모뎀은 analog 부분과 연결되어 있으므로 analog 부분을 직접 조정할 수 있어야 한다. 주파수 동기를 위한 AFC, ADC 입력 level을 조정하기 위한 AGC, 그리고 송신신호의 크기를 제어하는 부분 등이 있다.

복조기에서 수신신호의 복호 및 각종 측정이 일어난다. 수신된 데이터가 transport block이면 복호한 후 TrCH decoder에 전달하고, 나머지 데이터이면 복조와 복호를 수행한 후 그 결과를 L1 소프트웨어에 보고한다. 그리고 cell specific reference 신호를 이용하여 downlink channel의 상태를 측정하여 L1 소프트웨어에 보고해야 한다.

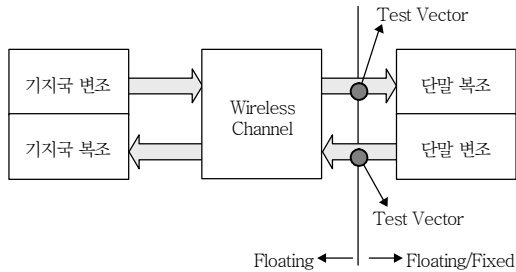
복조기에서 복호된 transport block은 TrCH decoder로 전달된다. TrCH decoder에서는 turbo code에 입력할 수 있도록 입력데이터를 재정렬하고 또 HARQ 기능을 위해 기 수신된 데이터와의 combining 작업을 수행한다. 그런 후 turbo decoding을 거쳐 출력된 데이터를 LMAC에게 전달한다. L1에 의해 SIC를 수행하도록 설정되면 복호된 데이터는 다시 encoding되어 demodulator에 전달된다. 수신된 데이터의 오류 여부를 확인하기 위해 CRC를 확인하고 그 결과를 L1에 보고한다.

LMAC은 3GPP의 LTE L2 layer의 표준을 지원하고, Modem의 L1과 외부 인터페이스인 USB 인터페이스 간의 데이터 전송 및 각 layer의 packet header extraction 등의 기능을 가지며, ARM core와 communication하여 L2 frame을 효과적으로 분석하도록 한다.

## 2. 성능 검증 및 시험 방법

### 가. 시뮬레이터 검증

기지대역 모뎀의 경우 단말 변조기, 복조기, 셀 탐색기, measurement 부 등의 최초 검증은 C-언어를 사용한 시뮬레이터로 검증을 수행한다. (그림 6)에 보인 바와 같이 하향링크 및 상향링크 각각에 대해 wireless channel까지 포함하여 floating point 성능 검증을 수행하여 3GPP LTE 물리계층 규격의 모든



(그림 6) 모뎀 검증을 위한 시뮬레이터 구조도

채널의 변복조가 가능한지를 체크하고 SNR에 따른 성능을 분석한다.

본 분석은 모뎀 상위설계가 제대로 되었는지를 검증하는 단계로서 모뎀설계에 있어서 가장 중요한 부분이다. Floating point 시뮬레이션 검증이 끝난 후에는 단말 변복조 부분을 fixed point로 바꾸어서 성능 검증을 수행한다. 이때 fixed point는 RTL 코드의 test vector로서 사용되며 fixed point 결과와 floating point 결과는 0.3dB 이내로 만족해야 한다.

Fixed point 검증이 완료되면 fixed point 모델을 기초로 각 블록에 대해 RTL 코드를 구현하여 RTL 코드에 대해 function 시뮬레이션을 수행하여 fixed point 결과와 일치하는지를 비교하는 작업을 수행한다.

#### 나. FPGA 플랫폼을 이용한 검증

상위설계 및 floating point/fixed point 검증이 끝나면 fixed point 모델을 기초로 RTL 코드를 생성하고 function 검증을 수행한 후 function 검증이 끝난 RTL 코드를 FPGA 플랫폼에 다운로드하여 타겟 보드 테스트를 수행한다. 이때 fixed point 시뮬레이터의 test vector를 이용하여 일대일 비교하게 되는데 단말 변조부 테스트와 복조부 테스트 모두 FPGA 플랫폼에 있는 DPRAM을 이용하게 된다.

FPGA 레벨에서 로컬 테스트를 충분히 수행하면 기저대역 모뎀 기능의 97% 이상은 충분히 검증할 수

있다. 다만 개발자의 표준 규격의 잘못된 해석으로 인해 발생하는 에러는 상용기지국 혹은 상용기지국 에뮬레이터와의 연동테스트를 하여 검증하여야 한다.

#### 다. 기지국 에뮬레이터와 연동시험

상용기지국 에뮬레이터를 이용하여 Phy-to-Phy 링크 시험 및 L1/L2/L3 연동시험을 수행한다. FPGA 플랫폼을 이용하여 시험을 수행하고, ASIC이 구현된 후에는 ASIC 플랫폼을 이용하여 시험을 수행한다.

L1/L2/L3 연동시험의 경우 FPGA 플랫폼에 모뎀 RTL 코드 및 L1/L2/L3 소프트웨어를 CPU에 로딩하여 규격에서 정의하는 호 처리 시나리오대로 수행하여 상용기지국 에뮬레이터와 연동하여 호처리 시험을 수행한다. 기본호 및 핸드오버호 모두 시험하며, 핸드오버호 시험 시에는 상용기지국 에뮬레이터가 두 개의 기지국 역할을 수행한다.

#### 라. 기지국과의 필드 테스트

최종적으로 모뎀 L1/L2/L3 연동시험의 경우 플랫폼에 모뎀 RTL 코드 및 L1/L2/L3 소프트웨어를 CPU에 로딩하여 규격에서 정의하는 호 처리 시나리오대로 수행하여 상용기지국과 연동하여 호 처리 및 각종 시험을 수행한다.

### 3. 단말 모뎀 개발

상기 검증과정을 거쳐서 충분히 검증한 후에 단말 모뎀을 개발하였다. (그림 7)은 검증하기 위한 플랫폼을 보여주고 있다.

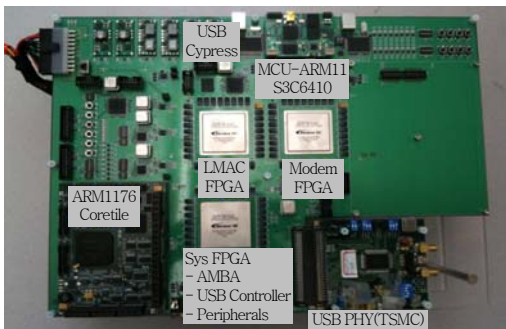
ETRI가 개발한 3GPP LTE 단말 모뎀은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 하향링크 100Mbps, 상향링크 50Mbps@120km/hr
- 1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHz Scalable 대역폭 지원
- 1x2 SIMO, 2x2, 4x2 MIMO(DL), AMC, H-

- ARQ, Power Saving 기능 지원
- Intra/Inter Frequency 핸드오버 지원
- ARM 11 core + LMAC + Baseband SoC (65nm 공정)
- 3GPP LTE Release 8 - 2009년 12월 규격 적용

• LTE Modem SoC 플랫폼 구조도

- SoC 설계 및 검증(ARM Coretile + Modem + LMAC + System)
- Cat III(100/50Mbps) 성능 검증(MCU + Modem + LMAC)



(그림 7) LTE Modem Soc 플랫폼 구조도

## V. 결론

본 고에서 살펴본 바와 같이 LTE는 LTE-Advanced 기술로 발전하여, IMT-Advanced 요구사항을 만족하는 최초의 규격이 될 것으로 보이며, 피크 성능이 1Gbps에 이를 것이다. LTE 기술의 이론적인 하향링크 최대 성능은 20MHz 대역폭에서 약 326Mbps 정도이다. 최근까지 전 세계 대규모 이동통신사들이 LTE를 차세대 네트워크 표준으로 채택하고 구체적인 상용화 일정 발표 및 시범테스트에 돌입하고, 5개 이동통신 사업자는 상용서비스를 실시하고 있다. 실질적인 4세대인 LTE-Advanced 기술은 2011년 3월 중에 마무리되고, 빠르면 2012년에 설치되기 시작할 것이다. 데이터 트래픽의 급격한 증가와 이를 수용하기 위한 통신 사업자 및 시스템 제조사의 4세대 이동통신에 대한 많은 투자가 이루어질 것으로 보인다.

많은 회사들의 지지를 얻고 있는 LTE-Advanced

기술은 IMT-Advanced의 후보기술로 ITU-R의 최소요구사항을 뛰어 넘는 수준이 될 것이다. 과거 10년 동안의 3GPP 표준화 작업이 그랬듯이 지속적으로 발전할 것이며 Ericsson, Nokia, 삼성, LG, Qualcomm, Motorola, NTT DoCoMo 등의 유수 기업들이 IPR 확보 및 기술 개발에 각축을 벌일 것이므로, 우리나라도 관련 표준화 작업에 지속적인 참여와 기술개발에 박차를 가하여 4세대 이동통신시장을 선점하여야 할 것이다.

### ● 용어해설 ●

**4세대 이동통신:** 1Gbps 이상의 속도를 기반으로 하나의 모바일 기기로 멀티미디어 및 다양한 융·복합 서비스를 제공하며, 2013년 이후 Connected 사회 환경변화의 주축 핵심산업

**IMT-Adv 후보기술:** 하나는 LTE-Advanced 시스템으로 3GPP(3rd Generation Partnership Project)의 표준 규격과, 다른 하나는 WIMAX 802.16m(Release 2.0)으로 Mobile WIMAX 표준 규격

## 약어 정리

3GPP	3rd Generation Partnership Project
CoMP	Coordinated Multipoint Transmission
HSPA	High Speed Packet Access(HSDPA with HSUPA)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineering
IMT	International Mobile Telecommunications
ITU	International Telecommunication Union
LMAC	Low Medium Access Control
LTE	Long Term Evolution
M2M	Machine to Machine
MBMS	Multimedia Broadcast/Multicast Service
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MTC	Machine Type Communication
PHY	Physical Layer
RTL	Register Transfer Level
SON	Self-Organising Network
TSG-RAN	Technical Specification Group Radio Access Network



## 참고 문헌

- [1] 오돈성 외, "LTE 관점에서의 차세대 이동통신 기술 동향," 주간기술동향, 통권 1340호, 2009. 4., pp. 25-34.
- [2] 노태균 외, "3GPP LTE 및 LTE-Advanced 표준화," 전자통신동향분석, 제23권 제3호, 통권 111호, 2008. 6., pp.1-9.
- [3] 송평중 외, "LTE-Advanced 표준 기술 동향," 전자공학회지, 제36권 제1호, 통권 296호, 2009. 1., pp.52-63.
- [4] 3GPP TS 36.211 v8.9.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Physical Channels and Modulation," Dec. 2009.
- [5] 3GPP TS 36.212 v8.8.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Multiplexing and Channel Coding," Dec. 2009.
- [6] 3GPP TS 36.213 v8.8.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Physical Layer Procedures," Dec. 2009.
- [7] 3GPP TS 36.300 v8.6.0, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN); Overall Description; Stage 2," Dec. 2009.
- [8] 3G Americas: "3GPP Mobile Broadband Evolution Path to 4G: Release 9, Release 10 and Beyond: HSPA+, SAE/LTE and LTE-Advanced," Feb. 2010.
- [9] 4G Americas: "Global 3G Status UMTS/UMTS-HSPA/HSPA+ /LTE/," Oct. 2010.
- [10] 4G Americas: "3GPP Broadband Evolution to IMT-Advanced," Sep. 2010.