

# IMT-Advanced 무선전송시스템 단말모뎀 플랫폼 기술

Technology of an User Equipment Modem Platform for IMT-Advanced New  
Mobile Access Systems

New ICT 방송통신융합기술 특집

## 목 차

- I. 서론
- II. 단말모뎀 플랫폼 요구사항
- III. 단말모뎀 플랫폼 하드웨어 구조
- IV. 기능 블록 설계
- V. 결론

장재득 (J.D. Jang)	초고속모뎀연구팀 책임기술원
박형준 (H.J. Park)	WiBro융합기술연구팀 책임연구원
김대호 (D.H. Kim)	초고속모뎀연구팀 팀장

IMT-Advanced 무선전송 시스템 단말모뎀 플랫폼은 다중 반송파 변조 기술, 채널 부호화 기술, 셀 탐색/동기 기술 등 핵심이 되는 요소 기술인 고속 무선 전송 기술을 구현할 수 있는 하드웨어 구조, 기능 및 인터페이스를 설계 제작하였다. 상기 단말모뎀 플랫폼에서는 기저대역 모뎀 물리계층 기능인 변조, 복조, 부호, 복호, 동기를 위한 각각의 FPGA가 실장되는 Daughter Board 형태로 구성되어 L1 기저대역 모뎀 장치에 실장된다. 그리고 PHY 계층(L1)부터 MAC 계층(L2), RRC 계층(L3)까지의 하드웨어 및 소프트웨어 수행을 지원한다. 4G용 단말모뎀을 개발하기 위하여 상용화 이전에 LTE-Advanced 테스트 베드용 단말모뎀 플랫폼을 개발하여 20 MHz 대역폭을 적용 3 km/h의 저속 이동속도에서는 최대 110 Mbps를 수신하고, 최대 55 Mbps를 송신한다. 그리고 120 km/h의 고속 이동속도에서는 최대 55 Mbps를 수신하고, 최대 28 Mbps를 송신한다. 상기 성능을 만족하는 단말모뎀 플랫폼이 개발되면 IMT-Advanced 단말모뎀 플랫폼 기술을 확보하게 된다. 따라서 이동통신 분야에서 기술적인 우위와 시장 선점을 위하여 요소기술 IPR을 확보하고, IMT-Advanced의 표준화 과정에서 이를 국제 표준으로 반영하여 로열티 창출 효과 및 기술 경쟁력을 확보하게 될 것이다. 아울러, LTE 사용자들은 대용량의 고속, 멀티미디어 송·수신을 가능하게 하는 기술로 2010년 이후 가상 현실 서비스, 3D 게임, 센싱 등 사물과 사물이 통신하는 유비쿼터스 서비스로 발전할 것으로 전망한다.

## I. 서론

이동통신 서비스 구현을 위하여 UN 산하 국제 표준화 기구인 ITU는 4G 개념 정의, 주파수 대역 설정, 기술 방식 승인, 기술 요구사항 정의 및 평가 등의 업무를 수행하며, 4G라고 불리는 서비스의 ITU의 공식 명칭을 IMT-Advanced라고 명명하였다. ITU의 IMT-Advanced 구현 계획은 2010년 기술 표준화가 완료되고, 2012년에는 서비스가 시작될 전망이다[1]. ITU에서 정의한 4G 기술 요구사항을 충족시키는 기술은 LTE 후속 버전인 LTE-Advanced와 와이맥스(WiMAX)가 될 전망이다. 그런데 현재 국내외 이동통신 사업자의 4G 계획을 살펴 보면 NTT DoCoMo와 일본 Ericsson, Nokia-Siemens Networks, Vodafone, Orange, T-Mobile 등 WCDMA 사업자와 Verizon, KDDI, LG텔레콤 등 CDMA 사업자 모두 LTE 계열을 지지하고 있기 때문에 향후 LTE 계열이 4G를 주도할 가능성이 높아 보인다[2].

최근 이동통신 사업자와 단말 제작사는 대용량 데이터를 다운로드 할 때 기다리는 시간이 길고 접속 시간이 오래 걸린다는 기존 방식의 문제점을 해결하기 위하여 LTE로의 이행을 발표함에 따라 LTE가 상용화되면, 사용하는 대역폭은 20 MHz, 데이터 변조 방식은 64QAM, 복수의 안테나를 사용하는 4x4 MIMO의 채용 등으로 HSPA에 비해 최대 6배의 주파수 이용 효율을 가진다. 또한 HSPA의 5

MHz 대역폭의 확대에 의해 약 4배의 고속화를 상정하고 있어 이론상 최대 전송속도는 HSPA의 24배인 326.4 Mbps(전송 오버헤드 포함)로 LTE 가입자는 저렴한 요금으로 빠르고 상시접속 수준으로 무선 인터넷을 이용할 수 있게 된다[3].

따라서 지금까지 단말에 저장해서 사용할 수 밖에 없었던 기능이나 데이터를 네트워크를 통하여 이용할 수 있고, 서버상의 기능이나 데이터를 단말 내에 존재하는 것과 같이 사용할 수 있도록 4G용 단말모뎀을 개발하기 위하여 상용화 이전에 LTE-Advanced 테스트 베드용 단말모뎀 플랫폼을 개발하여 20 MHz 대역폭을 적용 3 km/h의 저속 이동속도에서는 최대 110 Mbps를 수신하고, 최대 55 Mbps를 송신한다. 그리고 120 km/h의 고속 이동속도에서는 최대 55 Mbps를 수신하고, 최대 28 Mbps를 송신한다. 이와 같은 전송속도 성능을 충족시키기 위해서는 단말모뎀 플랫폼의 성능과 구조에서 물리계층(L1), MAC 계층(L2), RRC 계층(L3), 그리고 TE 간 데이터 트래픽 처리율과 제어신호 처리 능력을 최대화 할 수 있도록 설계하여야 한다. 또한 L1 기저대역 모뎀 장치와 RF 장치간 인터페이스는 Gbps급 전송속도를 지원하는 MGT/GTP 인터페이스 통신이 가능하여야 한다.

본 논문에서는 기존 방식의 문제점을 해결하기 위하여 단말모뎀 플랫폼의 구조적 및 성능적 측면에서의 요구사항, 단말모뎀 플랫폼 요구사항을 만족시키기 위한 단말모뎀 플랫폼의 하드웨어 구조, 그리고 단말모뎀 플랫폼의 기능 및 인터페이스에 관한 내용을 기술하고, 마지막으로 결론을 맺었다.

## II. 단말모뎀 플랫폼 요구사항

IMT-Advanced 무선전송시스템에서 단말모뎀 플랫폼은 20 MHz 대역폭을 적용하여 다음과 같은 전송속도 성능을 제공하여야 한다. 저속이라 함은 3 km/h의 이동속도를, 고속이라 함은 120 km/h의 이동속도를 나타낸다. 단말모뎀 플랫폼 최대 유효 전송속도는 저속에서 하향링크의 경우 최대 110 Mbps를

### ● 용어해설 ●

**IMT-Advanced:** 3G 서비스인 IMT-2000의 차세대 서비스라는 의미로 명명된 것으로 4G라고 불리는 서비스의 ITU 공식 명칭이다. 기존의 3G 이동통신과 구분되는 새로운 서비스 전달 능력을 가지는 이동통신 특성 및 성능을 제공한다. 고속 이동시 100 Mbps, 정지시 1 Gbps 전송속도 지원을 위해 새로운 이동 접속(NeMA: New Mobile Access) 및 노매딕 무선 접속(NoLA: New Nomadic/Local Area Wireless Access) 기술로 구분된다. ITU의 IMT-Advanced 구현 계획은 2010년 기술 표준화가 완료되고, 2012년에는 서비스가 시작될 전망이다.

〈표 1〉 단말모뎀 플랫폼 성능 및 규격

Items	Performance/Specifications			
Link	Downlink(DL)		Uplink(UL)	
Rate	110 Mbps/55 Mbps		55 Mbps/28 Mbps	
System Bus	Interface	Mode	Throughput	
	L1⇔L2⇔L3	HPI32	1.6 Gbps	
	L1⇔L2	Async. DPRAM	1.96608 Gbps	
	L1⇔L2	Sync. DPRAM	1.96608 Gbps	
RF Interface	L1⇔RF	MGT/GTP	≤ 3.75 Gbps	
Clock 규격	System CLK	Frame Sync.	TTI	FNO
	61.44 MHz	10 ms	1 ms	12 bit

수신하고, 최대 55 Mbps를 송신한다. 고속에서 하향링크의 경우 최대 55 Mbps를 수신하고, 최대 28 Mbps를 송신한다. LTE-Advanced 표준이 요구하는 조건은 무선 액세스 구간의 편도 패킷 전송 지연이 5 ms 이내, 단말과 네트워크와의 접속 시간 제어 지연은 100 ms 이내로 되어 있다[4].

단말모뎀 플랫폼의 시스템 버스 성능에서는 <표 1>과 같이 L1 물리계층과 L2 MAC 계층 간은 HPI 32 버스 통신으로 1.6 Gbps의 처리율, L1 제어와 L2 제어 간 제어 신호는 Async. 버스로 L1과 L2 간 트래픽 데이터는 Sync. 버스로 각각 1.96608 Gbps의 처리율을 가진다. 클럭 요구사항은 시스템 클럭은 61.44 MHz, 프레임 동기는 10 ms, TTI는 1 ms, 프레임 번호는 12 비트이며, RF 정합 요구사항은 Rocket IO MGT/GTP 통신으로 100 Mbps에서 3.75 Gbps까지 가능하다.

IMT-Advanced 이동통신 기술은 기존의 3G 이동통신과 구분되는 새로운 서비스 전달 능력을 가지는 이동통신 특성 및 성능을 제공하여 향상된 서비스를 지원하기 위해서는 LTE-Advanced 단말모뎀 플랫폼의 구조에 다음과 같은 고속 무선 전송 기술이 반영되어야 한다[5].

### 1. 다중 반송파 변조 기술

- 효율적인 물리 채널 구조
- 고속 이동시 채널 추정을 위한 Reference Signal 구조 기술
- 자원 분할이 용이하여 피크 시의 전력과 평균전

력의 비율(PAPR)이 적은 상향링크 변조 기술

- 효율적인 제어 물리 채널 전송 기술
- 제어 물리 채널 다중 접속 기술
- VOIP, 방송 등 다양한 서비스에 최적인 변조 기술

### 2. 채널 부호화 기술

- 저복잡도, 고이득의 FEC 부·복호화 기술
- 고성능 H-ARQ 기술
- 대용량 전송을 위한 채널 부·복호 기술

### 3. 셀 탐색/동기 기술

- 다양한 대역폭에 대한 동기 채널 구조
- 고속 이동시 효율적이면서 빠른 셀 탐색 기술
- 동기 획득 및 추적 기술

LTE-Advanced 단말모뎀 플랫폼 고속 무선 전송 기술 규격에서는 사용하는 대역폭은 최대 20 MHz 폭까지 지원한다. 데이터 변조방식은 64QAM을 지원한다[6]. 그리고 복수의 안테나를 사용하여 동시에 복수의 데이터를 송·수신하는 4x4 MIMO를 지원한다[7]. 특히, 무선전송시스템 단말모뎀 플랫폼은 현재의 채널 상황에 적합한 채널 품질 정보를 단말에서 기지국으로 전송하면 기지국은 그에 알맞은 변조 방식과 전송 데이터 량을 정해서 단말로 데이터를 전송하는 방식인 UL-AMC 기능을 제공한다. 아울러 MAC 계층의 ARQ와 물리계층의 채널 코딩을 결합한 오류 제어 기법인 H-ARQ 기술을 사용하여 전송 효율을 증대한다[8]. 그리고

단말모뎀 목표 성능을 만족하기 위한 제반 기능을 제공하여야 한다.

### Ⅲ. 단말모뎀 플랫폼 하드웨어 구조

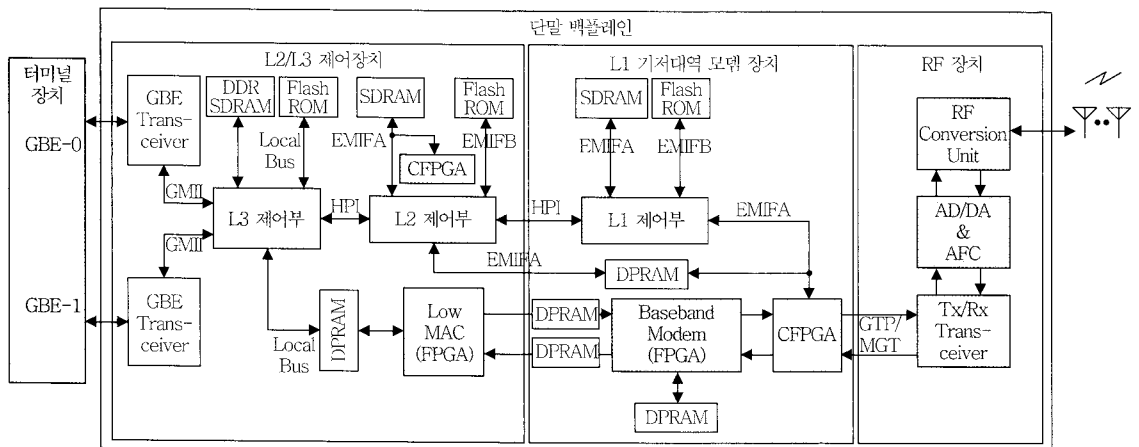
IMT-Advanced 무선전송시스템 단말모뎀 플랫폼 하드웨어 구조는 (그림 1)과 같이 구성된다. 단말모뎀 플랫폼은 L2/L3 제어장치, L1 기저대역 모뎀 장치, RF 장치, 전원공급장치, 단말 백플레인 등 5개의 유닛으로 구성되어 무선전송시스템의 단말모뎀 플랫폼으로서 역할을 한다. L2/L3 제어장치는 터미널 장치와 GBE으로 2 Port가 연결되어 통신을 수행한다. 그리고 L3 제어부와 MAC 처리용 하드웨어 Low MAC FPGA 간에는 DPRAM을 통해서 데이터를 송수신한다. MAC 계층 처리 부분인 L2 제어부는 제어 데이터를 L3 제어부와 32 bit 버스폭 정합으로 제어 데이터를 송수신한다.

L2/L3 제어장치와 L1 기저대역 모뎀 장치 상호 연결에서는 첫째, L1-L2-L3 간은 32 bit 버스폭을 가지는 HPI32 통신을 한다. 둘째, L1 제어부와 L2 제어부 간의 CDPRAM은 128K×36 Async. DPRAM 통신을 한다. 셋째, Low MAC FPGA와 채널 부호/복호부 간의 DDRAM은 각각 1024K×36 Sync. DPRAM 데이터 통신을 한다. L1 기저대역 모뎀 장치내 기저대역 모뎀 기능을 수행하는 FPGA 모듈

간의 연결은 1.27 mm Pitch 5 mm Stack Height 500 Pin 커넥터 2개 및 160 Pin 커넥터 2개로 연결된다. 그리고 FPGA 모듈에 실장되는 Mictor-38 커넥터는 단말모뎀 기저대역 FPGA 테스트 및 디버깅용으로 사용된다. L1 제어부에서 구현되는 물리계층 제어를 위한 버스는 DSP의 자체 버스를 이용한다. 이것은 L1 기저대역 모뎀 장치의 FPGA 모듈 내의 특정 FPGA 7개에 모두 접속되어 물리 계층 하드웨어가 소프트웨어의 제어를 받도록 하였다. L1 기저대역 모뎀 장치 내의 CFPGA는 L1 제어부와 기저대역 모뎀 장치 간의 제어 신호는 EMIFA 버스 정합 방식으로 한다. 그리고 RF 장치와의 데이터 신호 정합은 GTP/MGT 방식으로 하고, 기타 제어 신호는 디지털 및 아날로그 신호로 정합되어 Mictor-76 케이블을 통하여 연결된다. 상기 정합에서는 무선 링크의 스펙트럼 효율을 향상시키기 위하여 하향 링크에서는 4x4 MIMO, 상향 링크에서는 2x4 MIMO 기능이 지원된다.

### IV. 기능 블록 설계

IMT-Advanced 무선전송시스템 단말모뎀 플랫폼은 (그림 3)과 같은 블록도로 구성되며 각 장치별 기능은 다음과 같다.



(그림 1) 무선전송시스템 단말모뎀 플랫폼 하드웨어 구조도

## 1. L1 기저대역 모뎀 장치

L1 기저대역 모뎀 장치는 기저대역 모뎀 물리계층 기능인 변조, 복조, 부호, 복호, 동기를 위한 각각의 FPGA가 실장되는 daughter board 형태로 구성되어, 기저 대역 모뎀과 통신 제어 프로세서 장치 및 L1 제어부, 그리고 제어 소프트웨어가 탑재되어 통합이 이루어지는 기능을 수행하며, 그 기능은 다음과 같다.

- 단말모뎀 물리계층 기능 FPGA 모듈 제어 기능
- FPGA 모듈 정합 기능
- 단말 클럭 생성 및 분배 기능
- DSP 모듈 정합 기능
- MAC 계층(L2)/RRC 계층(L3) 정합 기능
- RF 정합 기능
- MAT/DM 정합 기능
- 전원 공급부: 입력 12 V, 출력 1 V, 2.5 V, 3.3 V

### 가. 규격 및 구조적 특징

- 채널 부호부 + 변조부
- 채널 복호부
- 터보 복호부
- MIMO 검출부
- OFDM 복조부
- 동기부
- L1 제어부
- CFPGA(Control FPGA)
- 기타(전원부, MAT-TX, MAT-RX, DM, 클럭 발생/분배부)

### 나. PBA 사진

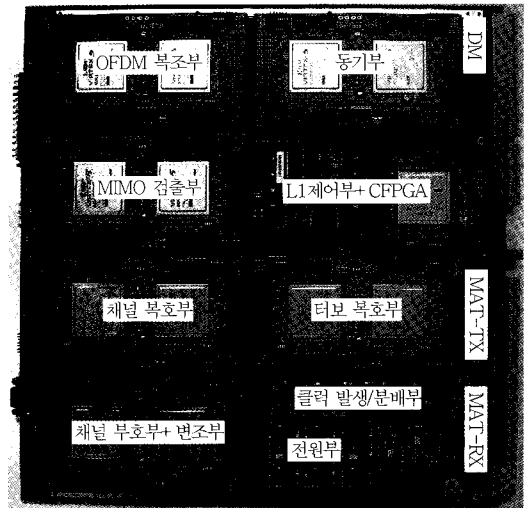
단말모뎀 보드 사진을 (그림 2)에 나타내었다.

## 2. FPGA 모듈 장치

기저 대역 모뎀 물리계층 기능인 변조, 복조, 부호, 복호, 동기를 위한 각각의 FPGA가 실장되는

daughter board((그림 2) 참조)이며, 그 기능은 다음과 같다.

- 단말모뎀 물리계층 기능 FPGA(Virtex-5; XC5VSX240T×2 EA) 내장
- 16 Port LVDS Clock Distribution 내장
- GTP 전원 공급 Linear Regulator 내장
- 447 Pin User I/O 커넥터 + 53 Pin VCC, GND×2 수용
- 160 Pin GTP 커넥터×2 수용
- Mictor-38 커넥터×2 수용
- J-TAG 단자×2 수용
- TP 12 Pin, LED 6 Pin, Dip SW 6 Pin 수용



(그림 2) 단말모뎀 보드

## 3. DSP 모듈 장치

실시간 물리 계층(L1) 제어와 상위 계층(L2/L3) 소프트웨어 간의 연동 정합 기능을 수행하며, 그 기능은 다음과 같다.

- TI사의 TMS320C6416-1000 DSP Chip 사용
- Flash ROM(1 MB) 1개 제공
- SDRAM(8 MB×2) Memory 제공
- 2개의 EMIFs: 64 Bit EMIFA, 16 Bit EMIFB
- 100 Pin 커넥터×2 수용

### 4. L2/L3 제어 장치

MPC8560 PowerPC Processor Core를 내장한 단말모뎀 L3 소프트웨어 처리, Low MAC 기능 및 L2 제어 기능을 수행하며, 그 기능은 다음과 같다.

- 단말모뎀 Layer 3 소프트웨어(RRC) 처리 프로세서
- MPC8560 PowerPC Processor Core
- Low MAC 기능 및 MAC 계층(L2) 제어 기능
- GBE 2 Port 제공
- PCI-Express, J-TAG Port, Serial Port 등 Peripheral 제공

### 5. 전원 공급 장치

전원 공급 장치는 이동성 시험을 위해서 차량 탑재 등이 가능해야 하므로 전원은 상용 전원을 공급 받는 것으로 설계하였다.

교류 상전 전원 220 V를 Rectifier(AC/DC Converter) 입력으로 공급하여 직류 300 V/1500 W 출력을 발생한다. 상기 직류 300 V/1500 W 전원을 DC/DC Converter 입력 전원으로 사용하여 출력 직류 전원 12 V, 5 V, 8 V를 발생하며, 그 기능은 다음과 같다.

#### 가. 12 V

- 공급 부분: L2/L3 제어 장치, L1 기저대역 모뎀 장치, 팬 유닛
- 출력 전압: 1 V, 2.5 V, 3.3 V
- 전력 용량: 12 VDC/500 W

#### 나. 5 V

- 공급 부분: AD/DA 변환 장치
- 출력 전압: 5 V/25 A
- 전력 용량: 5 VDC/200 W

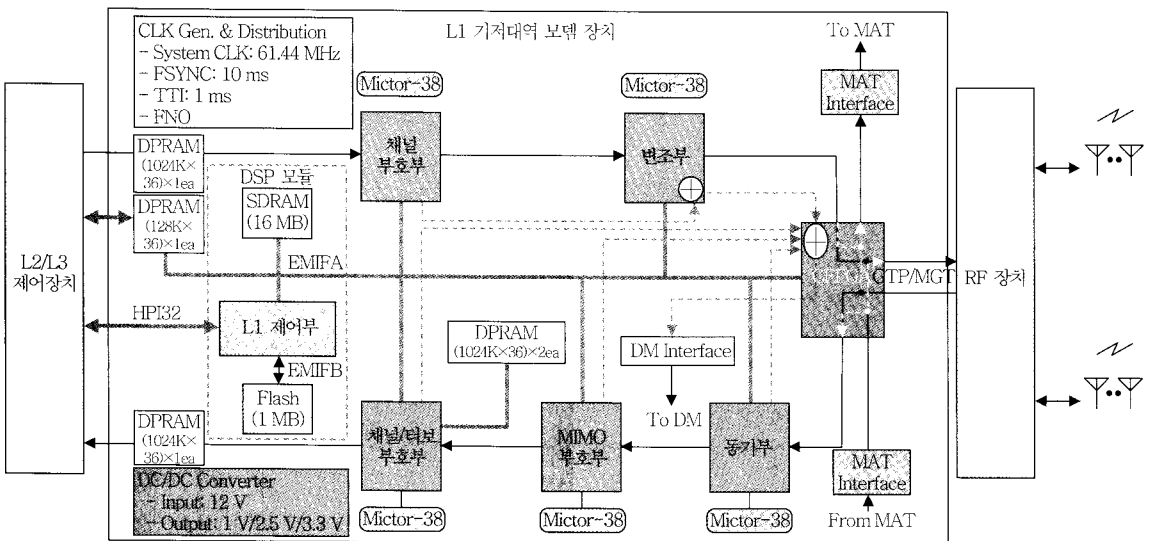
#### 다. 8 V

- 공급 부분: RF 변환 장치
- 출력 전압: 8 V/20 A
- 전력 용량: 8 VDC/200 W

### 6. 단말 백플레인

각종 회로팩 및 케이블 커넥터가 실장되는 백플레인이며, 그 기능은 다음과 같다.

- 전원 공급 장치, L2/L3 제어 장치
- L1 기저대역 모뎀 장치, RF 장치 등을 통합 수용



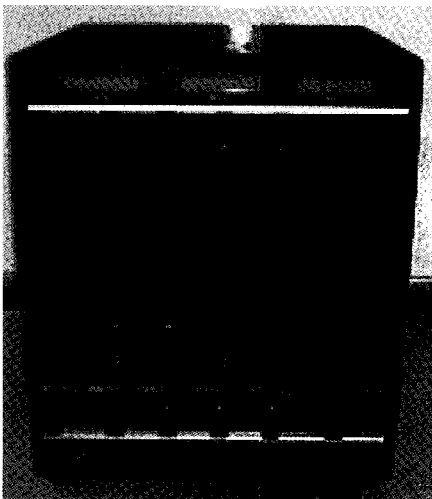
(그림 3) 단말모뎀 플랫폼 블록도

- 각종 버스 및 주변 장치와 정합 기능 제공
- Z-Pack 2 mm HM 에지 커넥터, Mictor 커넥터 수용
- MAT/DM, RF, LCD 정합용 케이블 수용

## 7. 단말모뎀 플랫폼 기구 장치

단말모뎀 플랫폼의 기구 장치는 (그림 4)와 같이 일반 회로팩이 실장되는 서브랙 형태와 합체형으로 구성되고, 냉각 팬이 장착되는 유닛으로 구성되며, 그 기능은 다음과 같다.

- 사이즈: 350 mm(W) × 580 mm(H) × 506 mm(D)
- 회로팩이 실장되는 서브랙 형태의 합체형
- 냉각 팬이 장착되는 유닛으로 구성
- 백플레인과 플러그-인 유닛이 실장되는 기구물
- Daughter board와 연결 보드가 add-on 된 형태로 입·출력용 각종 커넥터 실장
- 내부 회로를 보호할 수 있도록 EMI/EMC를 적용 차폐시킬 수 있는 구조
- 고발열 칩의 냉각을 고려한 최적의 방열 설계
- 합체 내부는 차폐와 강제 냉각 방식을 고려한 구조
- 서브랙 후면부에 케이블 결선용 공간 확보 및 백플레인 설치·제거가 용이한 구조
- 합체에 내장되어 있는 보드는 시험하기 편리한 구조



(그림 4) 단말모뎀 플랫폼 기구 장치

## V. 결론

현재 개발중인 IMT-Advanced 무선전송시스템 단말모뎀 플랫폼은 사용하는 대역폭이 HSPA의 5 MHz 대역폭의 4배인 최대 20 MHz까지 지원한다. 데이터 변조 방식은 기존의 HSPA의 16QAM 변조 방식에 더해 64QAM 변조 방식을 지원한다. 따라서 4 비트에서 6 비트로 확대했기 때문에 1.5배의 고속화를 실현했다. 그리고 LTE에서는 최대 송수신 안테나를 4개까지 이용하는 4x4 MIMO 복수의 안테나에 대해 동시에 복수의 데이터를 송수신한다. 안테나가 하나인 경우에 비해 4배의 전송속도가 된다. 이들 3가지 기술을 합하여 LTE-Advanced는 HSPA의 약 24배의 최대 전송속도를 실현할 수 있다. 이와 같이 20 MHz 대역폭을 적용하여 3 km/h의 저속 이동 속도에서는 최대 110 Mbps를 수신하고, 최대 55 Mbps를 송신한다. 그리고 120 km/h의 고속 이동 속도에서는 최대 55 Mbps를 수신하고, 최대 28 Mbps를 송신한다. 상기 성능을 만족하는 단말모뎀 플랫폼이 개발되면 IMT-Advanced 단말모뎀 플랫폼 기술을 확보하게 된다. 따라서 이동통신 분야에서 기술적인 우위와 시장 선점을 위하여 요소 기술 IPR을 확보하고, IMT-Advanced의 표준화 과정에서 이를 국제 표준으로 반영하여 로열티 창출 효과 및 기술 경쟁력을 확보하게 될 것이다. 아울러, LTE 사용자들은 실내외에서 언제 어디서나 사용하던 인터넷 서비스, 웹 서비스, 동영상, 방송 서비스, IP 기반의 전화 서비스, 파일 다운로드 및 업로드 등의 모든 패킷 서비스를 자유자재로 사용할 수 있게 된다.

향후 LTE는 100 MHz 대역폭이 이용 가능해지면 현재의 5배 정도 속도를 높이는 것이 가능해져 최대 전송속도 1 Gbps가 가능해진다. 앞으로의 진화 방향은 반경 수십 미터 정도와 같은 근거리용 펌토셀용 기지국을 다면 배치하여 전송 특성이 큰 폭으로 개선될 것이다. 그리고 종래의 싱글 유저 MIMO에서는 어느 시간에는 특정 단말로 밖에 통신할 수 없었다. 그러나 기지국과 단말의 공간적인 위치의 상이를 이용하여 신호를 분리하는 공간 분할 다중 액세스

(SDMA) 기술인 멀티유저 MIMO를 사용하면 동일 주파수를 같은 셀 내에서 이용할 수 있기 때문에 주파수 이용 효율을 큰 폭으로 높일 수 있다. LTE-Advanced는 4G 이동통신 시스템 IMT-Advanced의 가장 유력한 기술 후보이기도 하다. 따라서 현재 IMT-Advanced 단말모뎀 플랫폼에 적용된 고속 무선 전송 기술 항목에서 다중 반송파 변조 기술, 채널 부호화 기술, 셀 탐색/동기 기술, UL-AMC, H-ARQ 기술 등 핵심이 되는 요소 기술 IPR을 선도적으로 확보해 나가면서, 외국과의 경쟁과 협조를 통한 기술 개발의 추진이 필요할 것으로 예상된다.

## 약어 정리

AMC	Adaptive Modulation and Coding
ARQ	Automatic Repeat reQuest
CDPRAM	Control Dual Ported Random Access Memory
DDPRAM	Data Dual Ported Random Access Memory
DM	Diagnostic Monitor
DPRAM	Dual Ported Random Access Memory
DSP	Digital Signal Processor
FEC	Forward Error Correction
EMI/EMC	Electro Magnetic Interference/ Electro Magnetic Compatibility
EMIFA	External Memory Interface-A
EMIFB	External Memory Interface-B
FPGA	Field Programmable Gate Array
GBE	Giga Bit Ethernet
GTP	Gigabit Transceiver Protocol
H-ARQ	Hybrid-Automatic Repeat reQuest
HM	Hard Material
HPI	Host Port Interface
HSPA	High Speed Packet Access
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
J-TAG	Joint Test Action Group
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
LTE	Long Term Evolution
LVDS	Low Voltage Differential Signaling

MAC	Medium Access Control
MAT	Modem Analysis Tool
MGT	Multi-Gigabit Transceiver
MIMO	Multiple Input Multiple Output
NeMA	New Mobile Access
NOLA	New Nomadic/Local Area Wireless Access
PAPR	Peak to Average Power Ratio
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RF	Radio Frequency
ROM	Read Only Memory
SDMA	Space Division Multiple Access
SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory
TP	Test Point
TTI	Transmission Time Interval
UE	User Equipment
UL	Up Link

## 참고 문헌

- [1] 한승진, "이동통신 서비스, 4G 시대가 온다," LG Business Insight, 2008. 11. 26.
- [2] IT 수출 정보 데이터 베이스, "일본의 LTE 대응 방향 및 사업자 동향," iNFIDES Research & Consulting, 2009. 1.
- [3] 전자정보센터, "3G LTE/모바일 와이맥스(WiMAX) 최신 동향," IT/Wireless & Mobile Research & Consulting, 2008. 7.
- [4] 전자정보센터, "해외 LTE(Long Term Evolution) 시장동향," IT/Wireless & Mobile Research & Consulting, 2008. 12.
- [5] 정보통신 중점 기술 표준화 로드맵, "ICT Standardization Roadmap 2008: 이동통신분야 IMT-Advanced," TTA, 2008. 7.
- [6] Ericsson, "Long Term Evolution(LTE): an Introduction," White Paper, Oct. 2007.
- [7] Rohde and Schwarz, "UMTS Long Term Evolution(LTE) Technology Introduction," Jan. 2008.
- [8] Erik Dahlman and Anders Furuskar, "Key Features of the LTE Radio Interface," *Ericsson Review*, No.2, 2008.