



최신 모뎀 칩 개발 동향 및 향후 전망

I. 서론

모든 개인이 적극적으로 구성원이 되어 데이터를 생산하고 공유하고 데이터가 세상을 지배하는 시대가 도래하였다. 이것은 이동통신과 Wireless Connectivity를 장착한 스마트폰 (Smartphone: 휴대전화에 범용 OS를 설치하여 인터넷 통신과 정보검색 등이 가능하고 사용자가 원하는 애플리케이션 설치 가능)이 중심이 되어 쉽게 정보를 공유할 수 있게 됨으로써 가능해진 것이라 할 수 있다. 이동통신의 데이터 용량은 매년 60~70%씩 급격히 증가하는 고성장을 거듭하고 있다¹⁻²⁾. 이러한 속도로 발전한다면 현재의 1000배의 용량을 갖는 5세대 이동통신이 상용화 되어야 할 것이다. 이동통신과 Wireless Connectivity 기술은 더 나은 미래 데이터 기반 사회에 기여하는 방향으로 진화하고 있다. LTE 시대가 도래한 이후 데이터 증가 속도에 따른 이동통신 단말기 모뎀 칩의 복잡도는 Moore의 법칙에 의해 집적도가 높아지는 반도체 기술보다 빠르다고 할 수 있다. 이동통신 기술은 계속 진화하고 있으며, 그 진화는 멈추지 않을 것이므로 이동통신 기술의 발전을 뒷받침하고 현실화하기 위해서는 반도체 구현 기술의 진화도 함께 진행되어야 할 것이다.

본 기고에서는 이러한 시대에 이동통신 단말기 모뎀 칩의 개발 동향과 향후 발전 방향에 대하여 고찰하고자 한다. 2장에서는 이동통신 시스템 동향에 대하여 알아 보고 3장에서는 단말기 모뎀 칩의 개발 동향 관련하여 고찰하고 4장에서는 바람직한 R&D 방향에 대하여 언급하고자 한다.



이 재 학
삼성전자 System LSI
사업부 마스터

II. 이동통신 시스템 동향

2.1. 이동통신 시스템의 진화

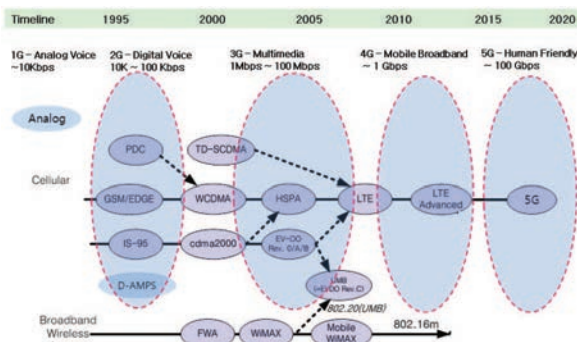
이동통신 사업은 통신사업자가 정부로부터 무선 주파수를 임대하여 이동통신망을 구축하고 가입자를 유치하여 각종 서비스를 제공하여 수익을 창출하는 사업이다. 무선 주파수 자원은 국가의 자산이라고 정의되어 각 나라의 정부는 이동통신 사업권을 사업자에 부여할 때 주파수 대역과 대역폭을 지정해 준다. 이 경우에 사업자는 정부에 임대료를 지불하게 되는데 임대료는 주파수 대역, 대역폭 그리고 그 당시 사업 환경에 따라 결정된다. 사업권을 부여 받은 통신 사업자는 대규모의 이동통신망을 구축하고 각종 서비스를 준비하여 가입자를 최대한 많이 유치하여 이익을 창출하도록 노력을 한다. 이동통신 사업자의 입장에서 가입자를 유치하기 위한 방법 중 가장 중요한 것은 좋은 단말기를 확보하는 것이다. 단말기의 경쟁력은 이를 구성하고 있는 AP (Application Processor), 모뎀, 그리고 디스플레이 등의 하드웨어 사양과 각종 사용과 서비스의 편의성을 제공하는 단말기 Platform을 특징으로 결정된다. AP, 모뎀, 디스플레이 세 가지로 함축되는 하드웨어 사양은 반도체 기술에 좌우되므로 통신사업에서 반도체 기술은 매우 밀접하고 중요한 위치를 차지한다고 할 수 있다.

이동통신 시스템의 진화를 <그림 1>에 보인다. 이동통신 시스템은 출발은 국가별로 다른 방식이었으나 현재는 LTE로 통합되는 모습이다. 아날로그 방식의 1세대에서 디지털 방식의 2세대로 접어들면서 미국 중심

의 CDMA방식과 유럽 중심의 GSM 방식이 공존하게 되었다. 음성 통신 위주의 2세대에서 데이터 통신을 강화한 3세대로 변화하면서는 동기식 cdma2000와 비동기식 WCDMA의 각기 다른 길로 진화를 계속했다. FWA (Fixed Wireless Access)에서 출발하여 이동통신으로 진화하려고 한 WiMAX는 한국을 비롯한 일부 국가에서 상용화 되었지만 이동통신의 주역이 되지는 못하고 틈새 시장 용도로 그 이름을 유지하고 있는데 결국에는 LTE에 통합될 것이다. 3세대를 거치면서 데이터 전송속도가 가속화되기 시작하였는데, 4세대에서는 LTE/LTE_Advanced로 통합되고 있다. 5세대 기술에 대한 논의가 시작되었지만 아직까지 구체적인 모습을 갖추고 있지는 않은 상태이다. 당분간 LTE_Advanced 서비스가 지속될 것으로 예상된다. 이동통신에서 단말기는 backward compatibility를 지원해야 한다. 2014년 현재 시점에서 단말기 모뎀은 GSM/EDGE, WCDMA/HSPA, TD-SCDMA, LTE (FDD/TDD)를 mandatory로 지원해야 한다. TD-SCDMA는 전세계 수백 개의 사업자 중에 유일하게 중국의 CMCC (China Mobile Communications Corporation: 中國移動通信集團公司)만 채택한 방식이지만 CMCC가 가입자 8억 명의 세계 1위 사업자이기 때문에 현 시점에서 지원해야 한다^[3].

2.2. Wireless Connectivity

다른 형태의 무선통신으로 WLAN (Wireless Local Network), WPAN (Wireless Personal Network)등이 있다. 이동통신은 보통 기지국 반경이 수백m~수십Km에 달하는 넓은 지역을 커버한다. 100m이내를 무선으로 커버하는 방식을 WLAN이라 한다. WiFi 기술도 IEEE802.11 표준화 단체를 통하여 11a/b/g/n을 거쳐 11ac/ad로 계속 진화하고 있다^[4]. 11ac는 MIMO 기능을 지원하고 11ad는 60GHz대역의 mmW 기술을 지원한다. LAN보다 더 좁은 지역을 커버하는 방식을 PAN의 대표적인 방식으로는 Bluetooth, Zigbee 등이 있다. 스마트폰에서는 데이터 통신은 이동통신과 WiFi가 담당하고 스마트폰의 각종 액세서리는



<그림 1> 이동통신 시스템의 진화

Bluetooth를 통하여 연결한다. 그러므로 WiFi와 Bluetooth는 스마트폰에서 빼놓을 수 없는 주요 기능이다. 802.11ac는 이미 스마트폰에 상용화되었다. 차세대 표준인 HEW (High Efficiency WLAN) 802.11ax는 5세대 이동통신에 발 맞추어 Heterogeneous Network 연동 기술과 간섭제어 기술을 발전시키고 있다. 3GPP에서는 이미 이동통신과 WiFi의 interworking에 대한 노력을 들여 왔다. 이동통신과 WiFi의 경계가 기술과 모뎀 칩 관점에서 모호해지고 있으므로 모뎀 칩에서 Wireless Connectivity를 지원해야 한다는 것이다.

2.3. LTE Release 12 와 향후

LTE 기술은 계속 진화를 진행 중이며 해마다 새로운 기능을 추가하고 있다^[5]. LTE 단말기는 max data rate 송수신 역량을 나타내는 UE (User Equipment: 단말기) Category가 규정하고 Release 10까지 Cat. 8까지 정의되었다. 그 후로 몇 개 더 추가되어 Release 13에서는 Cat. 13까지 정의되었다. LTE UE Category를 <표 1>에 보인다.

특이한 것은 Category는 계속 max rate를 증가시키는 방향으로 진화하였는데 Release 12에서 작은 max data rate를 전송하는 Cat. 0가 새로 만들어졌다. 이것은 machine type communication에 사용하기 위한 것이다.

<표 1> LTE UE Categories

(a) Up to Release 10

	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Cat. 5	Cat. 6	Cat. 7	Cat. 8
Peakrate DL/UL	10/5 Mbps	50/25 Mbps	100/50 Mbps	150/50 Mbps	300/75 Mbps	300/50 Mbps	300/100 Mbps	3000/1500Mbps
RF Bandwidth	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz	40 MHz	40 MHz	100 MHz
Modulation DL	64 QAM	64 QAM	64 QAM	64 QAM	64 QAM	64 QAM	64 QAM	64 QAM
Modulation UL	16 QAM	16 QAM	16 QAM	16 QAM	64 QAM	16 QAM	16 QAM	64 QAM
MIMO DL	optional	2 x 2	2 x 2	2 x 2	4 x 4	2 x 2 or 4 x 4	2 x 2 or 4 x 4	8 x 8
MIMO UL	no	no	no	no	no	no	2 x 2	4 x 4

(b) Up to Release 13

		Peakrate DL/UL	MIMO DL	
Cat. 9	Release 11	450/50 Mbps	2 or 4	
Cat. 10	Release 11	450/100 Mbps	2 or 4	
Cat. 0	Release 12	1M/1M	1	1.4MHz RF
Cat. 11	Release 13	600M/50M	2 or 4	256QAM
Cat. 12	Release 13	600M/100M	2 or 4	256QAM
Cat. 13	Release 13	4000M/1500M	8	256QAM

① CA (Carrier Aggregation)

LTE의 경우 3G와는 달리 주파수 대역폭을 자유롭게 운영할 수 있다. 1개의 주파수로 1.4MHz부터 20MHz까지 대역폭에 관계없이 LTE는 작동한다. 그런데 RF 주파수 대역을 확보하는 것이 현실적으로 어렵다. 복수의 주파수 대역을 한 사용자가 동시에 사용할 수 있도록 해 주는 기술을 CA (Carrier Aggregation)이라 한다. 동시에 여러 주파수 대역 신호를 수신하는 것이다. 주파수 대역폭이 같을 필요도 없고 FDD 대역과 TDD 대역을 동시에 수신할 수도 있다. Release 12까지는 다섯 개 대역을 갖는 5CA까지 표준화 되었는데 Release 13에서는 16CA 또는 32CA까지 검토하고 있다^[6].

② Small Cell

이동 통신 시스템에서 근시일 내에 예견되는 데이터 사용량 폭증을 효과적으로 지원할 수 있는 중요한 방법으로 Small Cell의 활용이 대두되고 있으며 3GPP에서는 효과적인 Small Cell 지원을 위한 Small Cell 진화를 위한 연구가 진행되고 있다. Small Cell은 일반적인 Macro Cell에 비해 작은 전력으로 운영되는 작은 Coverage의 Cell을 의미한다. Small Cell 진화의 주요 목적으로 Macro Cell에 집중되는 데이터를 많은 Small Cell들에 분산하여 전체 네트워크에서의 대폭적인 데이터 용량 향상을 꾀하고 네트워크와 단말기의 에너지 소비를 최대한 줄임으로써 통신 비용을 낮추는 것을 꼽을 수 있다. 또한 이제까지 이동통신 통신에 사용되지 않던 고주파/초고주파 대역(3.5GHz 또는 그 이상)에서 주파수 자원을 활용하는 데에는 고주파 대역에서의 상대적으로 불리한 전파 특성상 작은 Coverage로 동작하는 Small Cell이 적합한 것으로 예견된다.

3GPP에서는 Small Cell 진화를 위한 시나리오로서 실내/실외에 위치한 Small Cell들이 Macro Cell과 분리된 주파수 대역 혹은 동일 주파수 대역에서 공존하는 경우와 Macro Cell 없이 Small Cell들만으로 Coverage를 형성하는 경우를 모두 고려하고 있으며, 특징적으로 다수의 Small Cell 들이 밀집한 경우 및

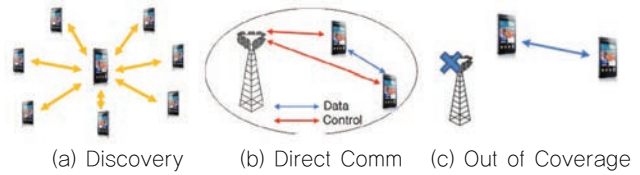
Small Cell들이 긴밀한 Cell planning을 통하지 않고 상대적으로 임의의 방식으로 설치되는 경우를 네트워크 성능 향상이 필요한 중요한 시나리오로 보고 있다^[7].

③ D2D (Device to Device)

D2D란 기지국, 무선접속 공유기의 인프라를 거치지 않고 단말기 간에 직접 통신하는 기술을 의미한다^[8]. 기존의 이동통신 네트워크 인프라를 통해서 통신하는 방식에 비해 D2D 통신은 많은 장점을 가지고 있다. 단말기 간에 직접 통신을 통해서 이동통신 네트워크의 부하를 줄일 수 있다. 또한, D2D 통신에서는 이동통신 네트워크와 같은 무선 주파수 자원을 재활용하므로 Cell 내에 동시에 여러 개의 D2D 통신링크를 생성해서 이동통신 시스템의 사용률과 주파수 효율을 높일 수 있다. 더불어 단말기 간의 근거리 통신으로 통신 시 발생하는 지연과 전력을 줄일 수 있으며 단말기 간의 Relay 통신을 통해서 Cell Coverage를 확장 할 수 있다.

D2D는 크게 Discovery와 Communication으로 나뉘어지는데 <그림 2>에서 (a)는 Discovery, (b)와 (c)는 Communication에 관한 것이다. D2D Discovery는 주변 단말기 탐색으로 근처의 다른 사용자를 발견하는 데 사용된다. LTE 신호를 보내는 단말을 탐지하는 것이다. 기존의 기기간 직접 통신 기술로는 Bluetooth나 Wi-Fi 등이 있었는데 둘 모두 확장성과 범위의 문제가 있다. WiFi의 경우는 탐색할 수 있는 단말이 매우 적고(10개 미만), 범위 또한 최대 100m 미만이며, Bluetooth의 경우는 범위가 수십 미터 수준이다. 하지만 LTE D2D는 훨씬 넓은 범위에서 최대 수천 대의 기기를 탐색할 수 있기 때문에 사용자 탐색에서 큰 우위를 가지게 되고 Bluetooth나 WiFi에 비해서 탐색 속도 역시 월등히 빠르다.

이러한 탐색 기능은 주로 상업적으로 이용할 수 있다. 같은 취미를 가진 사람이 근처에 나타났을 때 알림을 보내는 친구 찾기 앱을 만들 수도 있고, 또는 주변의 상점에 접근했을 때 세일이나 이벤트 알림 등을 보낼 수도 있다. 특정 지역에 접근할 경우 자동으로 체크인을 하거나 아이টে를 주는 등으로 활용할 수도 있고,



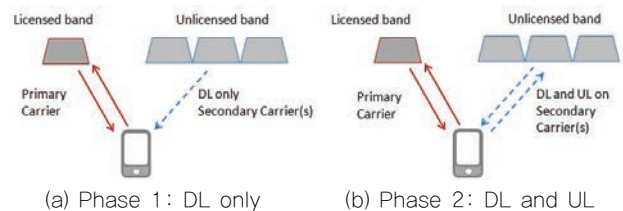
<그림 2> D2D - Discovery and Communication

아이기 특정 지역을 벗어날 경우 부모에게 알림을 보내는 것 등 용도는 무궁무진하다.

D2D를 활용하는 방법의 두 번째는 물론 기기간에 직접 서로 통신하는 것이다. 기지국 Coverage 안에서 기지국의 제어를 받으면서 통신할 수도 있고, Coverage 밖에서 오로지 단말기만으로 통신할 수도 있습니다. 1% 미만의 아주 적은 네트워크 용량을 점유하는 D2D Discovery와 달리 D2D Communication은 네트워크의 상당 부분을 점유하게 된다. Release 12에서 D2D Communication은 Coverage 밖에서의 Broadcast에 집중되었다. D2D Discovery과 D2D Communication을 위하여 Sidelink 채널을 새롭게 정의하였다.

④ LAA (Licensed Assisted Access)

비면허 대역에 LTE 방식을 사용하는 것을 추진하고 있다. 초기에는 LTE-U (LTE over Unlicensed band)라는 이름으로 시작하여 5GHz 대역에 LTE 방식을 서비스하는 것을 표준화하고 있다^[9]. 기존에 5GHz 비면허 대역을 사용하고 있는 WiFi 업체들의 반발이 있는데 기존의 제품과 서비스 등과의 공정성을 확보하는 것에 중점을 두고 있다. 기술의 이름을 LTE-U에서 LAA로 바꾼 것도 WiFi 업체들의 반발을 고려한 것이다. 기본적으로 CA framework에서 5GHz 대역을



<그림 3> Licensed Assisted Access (LTE over Unlicensed)

secondary carrier로 사용한다. LAA 동작 방식을 <그림 3>에 보인다. 우선 제 1단계로 secondary carrier DL로만 5GHz를 사용하고 제2단계에서 secondary carrier로 DL와 UL를 모두 지원하기로 한다.

⑤ NAICS (Network Assisted Interference Cancellation and Suppression)

폭증하는 무선 데이터 요구량 대응을 위한 시스템의 성능 향상에 있어 가장 큰 문제가 되는 간섭을 제어하기 위해 Cell 내 혹은 Cell 간 간섭을 제거할 수 있는 기술이다. 이와 관련 표준을 정의함으로써 단말 수신 성능의 향상을 통한 시스템 용량 증대를 목적으로 한다^[10].

Release 12에서 제기된 NAICS 수신기의 경우, 심볼단위의 간섭 제거 기술이다. 간섭 제거에 필요한 모든 정보는 기지국의 Signaling의 도움으로 단말기에 제공된다. 그런데 너무 많은 RRC (Radio Resource Control, Layer 3) signaling은 네트워크에 부하를 주고 인접 기지국의 scheduling flexibility를 제한한다. 그래서 정적 간섭 parameter는 RRC signaling으로 제공되고 RI (rank indicator), PMI (pre-coding matrix indicator), MOD (modulation level) 등의 동적 parameter들은 수신기에서 스스로 검출해야 한다. 수신기 구현 기술에 따라 우열이 갈라지게 된다.

⑥ FD-MIMO (Full Dimension MIMO)

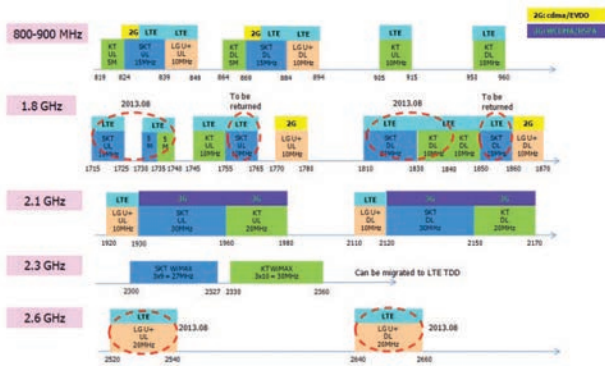
현재까지 상용화된 MIMO 기술은 주로 2차원 수평면에서 특정한 방향으로 안테나 이득이 갖게 하여 성능의 향상을 가져왔다. 최근에는 실제 무선 환경인 3차원 공간상에서 수직과 수평면을 모두 활용하여, 3차원의 특정한 방향으로 안테나 이득이 모이는 3차원 Beam 형성 기술이 대두되고 있다^[11]. 공간상에서 사용자의 수직축 위치를 추가적으로 고려함으로써, 더 높은 처리용량 이득을 기대하고 있다. 이렇게 공간상에서 수직축을 이용한 Beam 형성 기술은 2차원 AAS (Active Antenna System) 를 기반으로 발전되어 왔다. 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 2차원 AAS를 통해, 안테나의 일부를 그룹을 지어 수직방향으로도 안테나의 main beam을 조절함이 가능하게 되었다. 또한, 2차원 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. FD-MIMO 기법은 이렇게 2차원 AAS를 이용한 3차원 Beam 형성 기술 측면과, 늘어난 안테나를 이용한 massive MIMO 기술 측면으로 크게 나누어 바라볼 수 있다.

2.4. 한국에서의 LTE 상용화 사례

다른 형태의 이동통신인 WiMAX까지 고려하면 한국에서는 이동통신이 5개 주파수 밴드에서 서비스 되고 있다. 이동통신 사업은 국가로부터 주파수를 빌려서 하는 사업이고 사업자는 일정 기간이 지나면 반납하게 되어 있다. 2013년 8월 현재 한국의 Spectrum MAP을 <그림 4>에 보인다. 3개 사업자가 모두 3개 이상의 주파수 밴드에 걸쳐서 주파수를 확보하고 있다. 기술적으로 2.3GHz 대역에서 LTE TDD 서비스를 시도하는 것은 아무 문제가 없다. 주파수 정책의 문제일 뿐이다.

2010년 하반기부터 LTE가 상용화되기 시작했다. 아주 초기에는 Single mode LTE용 별도 칩을 사용하기도 하였다. 2011년에는 100Mbps급 서비스를 개시했다고 사업자들이 광고했다. 2011년에 상용화된 LTE 모뎀은 20MHz RF 대역까지 처리하여 100Mbps를 달성할 수 있는 Cat. 3 모뎀이었다. 여러 주파수 밴드 신호를 동시에 처리하는 CA 기능은 없었다. 그런데 2011년 현재 한국의 3개 사업자는 LTE에 할당된 가장 넓은 주파수 대역폭은 10MHz였다. 그러므로 2011년에 출시된 스마트폰의 peak max data rate은 50Mbps이다. 사업자들이 거짓말을 하지는 않았다. 단지 고객들에게 정확한 정보를 제공하지 않았을



〈그림 4〉 한국 Spectrum MAP

뿐이다. Cat. 3 서비스를 제공한다고 했고 Cat. 3는 주파수 대역폭이 20MHz이면 100Mbps를 제공할 수 있기 때문이다. 이 단말기로 “한국에서는 50Mbps가 max data 입니다”라고 친절하게 설명하지 않았을 뿐이다. 그리고 40nm 반도체 공정을 사용하여 비교적 비싼 가격의 모뎀을 제공할 수 밖에 없었다. 2012년에도 Cat. 3 서비스이지만 28nm 반도체 공정을 사용하고 1칩 solution도 시장에 존재하였다. 2013년에는 10MHz + 10MHz CA가 가능한 LTE 모뎀이 공급되고 Cat. 4 서비스가 제공되어 사용자는 150Mbps를 경험할 수 있게 되었다. 2014년에는 2013년에 새로 받은 주파수를 이용하여 20MHz + 10MHz CA를 통하여 225Mbps 서비스가 가능하게 되었다. 2014년 현재 시장에서 팔리고 있는 LTE 모뎀은 20MHz + 20MHz CA를 통하여 300Mbps까지 지원 가능한데 한국에서는 이러한 주파수 조합을 갖는 사업자가 없기 때문에 불가능하다. 2013년 9월에 KT는 TV 광고를 통하여 “지금 바로 되는 광대역 서비스”라는 광고 문구를 사용하였다. KT 기지국은 1.8GHz 대역에서 미리 인접한 10MHz 대역을 할당 받을 것을 염두에 두고 처음에 기지국을 설치할 때 RF 주파수 대역이 20MHz가 되도록 설치하였다고 한다. 그래서 2013년 8월에 주파수를 할당 받자마자 기존에 가지고 있던 인접 10MHz와 새로 받은 10MHz를 묶어서 20MHz 대역을 함께 사용하여 20MHz 서비스를 제공할 수 있었고 20MHz가 기존의 10MHz보다 2배이므로 廣帶域(광대역)이라는 용어를 사용하였다. 이 말이 무엇을 의미

하는지 정확하게 알아듣는 일반인은 거의 없을 것이다. 하지만 사업자는 이러한 광고를 아주 빠른 시간에 내보냈다. LG U+는 LTE8이라는 광고를 내보내고 있다. LG U+가 가지고 있는 모든 LTE 주파수 대역을 DL과 UL도 함께 합하면 80MHz가 된다. 사용자가 경험하는 최대 주파수 대역은 40MHz이므로 과장된 표현이다. 하지만 사업자들의 적극적인 마케팅은 매우 인상적이었다. 2015년부터는 3CA 서비스가 시작된다. 20MHz + 10MHz + 10MHz 주파수 대역을 한 명의 사용자가 동시에 쓸 수 있다는 것이다. 이 경우 최대 300Mbps 서비스를 받을 수 있다. 정부 계획에 따르면 2015년 2.6GHz 대역 20MHz를 추가 경매할 예정이므로 SKT/KT가 주파수 확보時 2016년에는 4CA 서비스를 추진할 것으로 예상된다.

Ⅲ. 이동통신 단말기 모뎀 칩 개발 동향

이동통신 단말기 모뎀 칩 baseband 시장규모는 LTE가 상용화 되기 시작한 2011년부터 빠르게 성장하여 올해는 \$21B (약 22조원)에 이르렀다¹²⁾. 최근 4년간 단말기 baseband 모뎀 칩의 시장 규모를 〈표 2〉에 보인다. 최근 4년간 CAGR (compound annual growth rate: 연평균 성장률) 12%의 고성장을 해오고 있고 이러한 추세는 당분간 지속될 것으로 예상된다. 단말기 모뎀 칩은 피쳐폰(Feature Phone: 전용 OS를 사용하고 구동할 수 있는 프로그램이 제한적인 스마트폰 이전의 초기 휴대폰)과 스마트폰에 모두 사용되는데 본 기고에서는 스마트폰을 기준으로 설명하기로 한다.

2007년 Apple의 iPhone이 출시된 이래로 급성장하고 있는 스마트폰의 구성도를 〈그림 5〉에 보인다. 〈그림 5〉는 개념도이므로 실제 구현에서 부품들 사이의 Interface는 물론이고 구성조합도 달라질 수 있다. 스마트폰은 baseband 모뎀뿐만 아니라 각종 multimedia의 기능을 수행하는 AP (Application Processor), RFIC, PM(Power Management) IC, Memory, Wireless Connectivity (WiFi, Bluetooth, GNSS), Display등 여러 가지 부품들로 구성되어 있다.

피쳐폰 시대에는 휴대폰의 핵심 부품은 baseband였다. 그러나 스마트폰 시대가 도래하면서 스마트폰의 중심은 AP로 옮겨 갔다.

3.1. 신규 모뎀 적기 개발

이동통신 환경은 위성통신 환경보다 훨씬 더 열악한 것으로 알려져 있다. 많은 환경에서 기지국과 단말기 사이에 line of sight가 확보가 되지 않아서 Rayleigh fading을 겪고 이동통신의 기본 개념인 타사용자의 간섭을 겪게 된다. 이러한 열악한 채널환경을 단말기가 고속으로 이동하는 경우에도 고품질의 서비스를 제공해야 한다. 그러므로 단말기 모뎀 경쟁력의 첫 번째는 모뎀 성능이라 할 수 있다. 주요 성능 지표로는 Call Drop Probability, Voice Quality, Data Throughput 등의 통신 성능과 사용자에게 중요한 Low Power 성능이 있다. 이러한 성능지표는 3GPP에서 문서로 minimum requirement라는 것을 만들어 놓았지만 사실상 표준에서 정한 성능지표는 의미가 없다. Industry Standard는 언제나 그 시점에 가장 우수한 성능을 보이는 제품이 기준이 된다. 그러므로 성능은 지속적으로 좋아지고 경쟁업체끼리는 무한경쟁을 할 수밖에 없다. 오늘의 우수한 성능이 내일이 되면 그렇지 못한 제품으로 떨어지곤 한다. 개념적으로는 오늘의 1등이 내일에 1등을 하라는 법이 없지만 실질적으로 1등 업체를 2등 업체가 따라가는 것은 매우 어려운 일이고 산업계에서 외부적 요인 없이 1등과 2등이 바뀐 사례는 거의 없다. 두 번째로 고려되는 경쟁력은 가격이다. 시장이 성숙될수록 가격 경쟁력은 점점 더 중요한 요인이 된다. 세 번째로 고려되는 경쟁력은 Time to Market이다. 특히 신규 기술이 등장하는 시기에는 성능과 가격에 우선하는 경우가 허다하다. 성능, 가격,

Time to Market 세가지 요인은 상호 유기적으로 영향을 미쳐 제품 경쟁력으로 발휘된다. 매순간 상황이 변화되고 중요도도 변화한다. 이동통신이 세계적으로 앞서 있는 한국의 경우에는 Time to Market이 가장 중요한 경쟁력이다. 2011년 LTE가 상용화된 이래 매년 새로운 주요 기능이 추가되었고 고객들은 스마트폰을 선택하는데 이러한 기능이 가장 중요한 기준이었다. 2013년까지는 스마트폰은 Premium급이 주류를 이루었다. 그런데 2014년부터 중저가 스마트폰에 대한 고객이 선호도가 증가되기 시작하였고 앞으로는 중저가 시장이 주류가 될 것으로 예상된다. 이 경우에는 가격이 가장 중요한 요인이 될 것이다.

이동통신에서 단말기는 backward compatibility를 지원해야 한다. 2014년 현재 시점에서 단말기 모뎀은 GSM/EDGE, WCDMA/HSPA, TD-SCDMA, LTE (FDD/TDD)를 mandatory로 지원해야 한다. 그런데 각각의 RAT (Radio Access Technology: 각 세대 기술)가 기술의 유사성이 거의 없다. 사실상 다른 기술이다. 게다가 InterRAT Handover 기능을 제공해야 한다. 세대가 진화할수록 단말기 모뎀 칩의 복잡도는 지속적으로 증가하게 된다. 여기에 LTE 기술은 2장에서 기술하였듯이 계속 진화하고 있다. 그러므로 당분간 모뎀 칩의 개발에 있어서 복잡도가 높은 신규 기능의 구

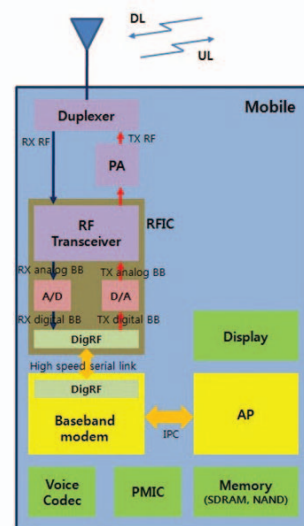
〈표 2〉 단말기 baseband 모뎀 칩 시장규모

(US M\$)

2011년	2012년	2013년	2014년
\$15,034	\$17,437	\$19,415	\$21,116

CAGR=1.2%

(2014년도는 추정치, Source: SA^[12])



〈그림 5〉 스마트폰 구성도

현을 계속 진행될 것이다. 새로운 기능을 제때에 대응하지 못하면 시장에서 낙오하게 된다.

3.2. Integration

반도체 부품의 가격 경쟁력을 확보하는 방법은 같은 설계라는 조건하에서 첨단 공정으로 Migration하는 것이다. 또 하나의 방법은 여러 개의 칩을 하나의 칩으로 만드는 Integration이다. 본 기고에서는 반도체 공정 경쟁을 통한 가격 경쟁력 확보라는 주제는 다루지 않고 Integration을 통한 장단점을 논의하기로 한다. <그림 5>에서 보인 스마트폰의 주요 부품들 AP, Baseband, RF, Wireless Connectivity을 하나의 칩으로 만들 수 있다. 공통으로 사용되는 부분을 줄일 수 있고 I/O 를 줄일 수 있어 효율적이다. 당연히 Package 가격도 낮출 수 있다. 그리고 스마트폰 업체 입장에서 보면 PCB Board의 면적을 1-칩이 multi-칩 보다 적게 차지하기 때문에 이것도 큰 장점 중에 하나로 작용한다.

특별한 조건 하에서는 Integration이 가격 경쟁력을 없앨 수도 있다는 주장도 있다^[13]. 반도체 공정기술의 특징에 의하여 GD (Gross Die: Wafer 한 장에서 얻을 수 있는 Good 칩 수)는 특정 지점을 경계로 급격히 감소한다. 다른 말로 하면 Wafer에서 특정 위치에서 칩이 불량일 확률은 일정하다. 그러므로 칩의 다이 사이즈가 너무 크면 칩이 불량일 확률은 증가하게 된다. AP와 모뎀이 별도 칩인 경우에 GD가 큰 값을 유지하는데 Integration을 통하여 칩이 커져서 GD가 급격히 나빠지는 영역으로 변화되면 Yield가 급격히 떨어지게 된다. 이 경우에는 Integration으로 인하여 가격 경쟁력이 떨어질 수도 있다는 주장이다.

또한 AP와 모뎀의 속성이 다른 점도 Integration에 대한 부정적 시각으로 작용한다. 모뎀은 주어진 성능을 만족하면 그 이상의 성능을 향상시키는 노력을 들일 필요가 없다. 그러나 많은 경우 AP는 성능이 우수하면 할수록 좋은 평가를 받는다. 예를 들어 AP의 동작 가능한 최대 속도는 높으면 높을수록 고급 제품이 된다. 그리고 시장에서 요구하는 기능 사양의 변화속도도 AP가 빠르다. 그러므로 flexible하게 시장에 대응하기 위

해서는 AP와 모뎀을 별도의 칩으로 개발하는 것이 Time to Market 관점에서 유리하다는 것이다. 이러한 현상은 스마트폰 초기에 실제로 나타났고 AP와 모뎀은 별도의 칩으로 존재하였다. 이것은 향후의 Premium급 스마트폰에서는 그러한 경향을 유지할 것이다.

그러나 Premium급 스마트폰 시장은 성장하지 않는 시장이다. 향후의 스마트폰 시장은 모두 Mid-Low 시장을 통하여 성장하게 된다. Mid-Low 시장은 기능 사양보다 가격 경쟁력에 좌우된다. 기능 사양이 높지 않으므로 칩 사이즈가 아주 커지지 않아서 Integration으로 인한 가격경쟁력 확보가 가능해지고 급하게 변화하는 시장이 아니므로 1칩이 우세해 질 수 있다. 그리고 대부분의 경우에는 Integration을 통하여 가격 경쟁력을 갖게 된다. 스마트폰 시장이 성숙되고 중저가 시장이 대세가 되는 현 시점에서 AP-모뎀 Integration은 가속화되고 있다.

3.3. 스마트폰 단위에서 고려할 점

Baseband와 RFIC Integration은 스마트폰 단위에서 고려해 볼 필요가 있다. 이동통신이나 Wireless Connectivity 모두 안테나를 필요로 한다. 안테나는 물리적으로 공간을 필요로 한다. 스마트폰에서 안테나를 장착할 수 있는 위치는 정해져 있다. 이러한 스마트폰에서 이동통신 baseband/RF, Wireless Connectivity baseband/RF, AP 를 모두 Integration하는 경우에는 스마트폰 단위에서 추가적인 부담을 줄 수 있다. 멀티모드 단말기 칩과 RFIC, 그리고 PA (Power Amplifier) 단위의 Integration도 고려해야 한다. LTE 멀티모드 스마트폰이 가능하게 한 주요 원인으로 MMB PA (Multimode Multiband PA)가 언급되기도 한다^[14]. 최근에는 integrated FEM (Front End Module) 소개되기도 했다^[15].

Integration 기술이 우수해서 하나의 칩에 AP, 이동통신 Baseband/RF, Wireless Connectivity baseband/RF, GNSS RF 모두 포함시켰을 경우를 생각해 보자. 현재의 스마트폰은 직육면체인데 두께는 매우 얇으므로 직사각형 형태이다. 이동통신의 경우는 기



본이 MIMO를 적용하는 것이므로 두개의 안테나가 필요하다. WiFi쪽에도 1개 이상 안테나가 필요하고 GNSS 안테나도 필요하다. 하나의 방법으로 네 변에 안테나 하나씩 놓게 되고 칩을 한가운데 놓으면 된다. 그런데 이것은 매우 좋지 않은 방법이다. 스마트폰 보드의 한 가운데 있는 칩에서 나오는 RF 신호는 감쇄를 받고 안테나를 만나게 된다. 이동통신, WiFi, GNSS 모두 영향을 받는다. 두 번째 방법으로 칩은 한쪽 변에 가깝게 놓는다. 이 경우에 이 변에 위치한 안테나까지 가는 신호는 감쇄를 받지 않고 반대로 멀리 있는 변에 있는 안테나로 가는 RF 신호는 많은 감쇄를 받는다. 이 경우에 1-칩은 좋지 않은 방법이다. Baseband와 RF를 분리하는 것이 더욱 효율적이다. 디지털 또는 아날로그 Baseband 신호로 보드를 움직이는 것이 RF 신호로 움직이는 것보다 감쇄가 적기 때문이다. 칩은 스마트폰 보드의 어느 위치에 놓느냐에 따라 Integration 정도를 결정해야 한다. 부품의 Integration을 준비할 때도 스마트폰 단위의 성능을 고려해야 함을 보여주는 사례이다. Integration인 대세이기는 하지만 case by case에 따라서 다른 조합의 부품을 준비해야 한다. 이것은 간단히 결정되는 문제가 아니다. 생각해야 하는 부품이 AP, 이동통신 Baseband/RF, Wireless connectivity Baseband/RF, GNSS RF 등이 있고 LNA (low noise amplifier), PA (power amplifier) 등 외부 소자도 고려해야 하고, 각 부품들을 어떠한 반도체 공정을 사용하는 지도 고려해야 하고, 스마트폰 업체에 따라 보드를 설계하는 방법이 다른데 이런 점도 고려해야 한다.

지금까지는 주로 하드웨어의 부품들에 대한 설명이었다. 개개의 부품보다 실제로 스마트폰을 만들 수 있는 전체 하드웨어 Solution을 준비해야 한다. Reference Design 또는 Turn-Key Solution 이라 하는데 특히 작은 규모의 스마트폰 업체가 선호하는 방식이다. 스마트폰을 개발하는데 하드웨어보다 소프트웨어 플랫폼이 훨씬 더 복잡하다. 소프트웨어 플랫폼도 함께 준비해야 한다. Turn-Key Solution의 중요도는 점점 중요해지고 모뎀 칩 사업의 성패를 좌우할 것이다.

3.4. 회사별 동향

이동통신 단말기 모뎀 업체의 2012년과 2014년 3Q의 매출 순위를 <표 3>에 보인다^[12].

몇 가지 특징을 관찰할 수 있다. Qualcomm의 독점화가 두드러지고 있다. 그리고 전통의 통신업체들이 사업을 포기했다는 것이다. GSM의 강자였던 TI는 이미 사업을 포기했고 구 Nokia 모뎀 업체인 Renesas Mobile는 Broadcom에 매각되었고 Broadcom은 Renesas Mobile를 인수한 뒤 1년 만에 모뎀 사업을 포기했다. 그리고 통신의 종주라고 주장하는 Ericsson도 LTE 시장에서 뚜렷한 성적을 내지 못하고 2014년에 사업을 접었다. 또 다른 현상은 대만을 포함한 중국 업체의 발전이다. 중국 OEM 업체에 Turn-key solution을 제공하는 것으로 MediaTek은 꾸준히 시장 점유율을 늘려가고 있다. 중국 정부가 최대주주인 Spreadtrum은 2012년 6위에서 2014년 3위로도 약했다. 2012년 2위였던 Intel은 GSM 시장을 중국 업체들에게 잃고 LTE 시장에서 뚜렷한 성적을 내지 못해 시장점유율이 감소하고 있다. 스마트폰 시장에서도 중국의 샤오미, 레노버, 쿼베드, 화웨이, ZTE 등 중국의 신흥 스마트폰 5인방의 약진으로 중국내의 시장을 장악하고 한국을 비롯한 세계로 진출하기 시작했다^[16].

<표 3> 이동통신 단말기 모뎀 업체 매출 순위 (2012년과 2014년 3Q, Source: SA ^[12])

	2012	3Q2014
Qualcomm	52.60%	67.90%
MediaTek	12.00%	15.90%
Intel	12.80%	2.90%
Spreadtrum	3.70%	5.20%
ST-Ericsson	5.10%	0.10%
Broadcom	5.10%	0.80%
Texas Instruments	1.70%	-
Marvell	2.00%	3.50%
Renesas Mobile	0.30%	-
RDA	1.40%	0.30%
Samsung	0.60%	0.90%
HiSilicon	0.30%	1.10%
Others	2.40%	1.40%
	100.00%	100.00%

중국의 단말기 모뎀 업체들은 최대 시장과 사업자, 스마트폰 업체의 약진 등 중국의 상황에 힘입어 지속적인 성장을 할 것으로 예상된다.

IV. 바람직한 R&D방향

단말기 모뎀 칩 개발 동향으로 지속적인 신규 기능의 구현과 시장대응이 지속될 것이고 모뎀, AP (Application Processor), Wireless Connectivity 부품들의 Integration이 진행 중이며, Turn-key Solution이 점점 더 중요해 질 것임을 설명하였다. 부가적으로 모뎀 업체의 독과점화, 중국의 영향 등을 기술하였다. 단말기 모뎀, AP, Wireless Connectivity 모두 계속 진화하고 있다. 각각의 부품의 복잡도는 반도체 기술보다 더 빠르게 진화하고 있다. 이러한 환경에서 한국의 대학과 연구기관에서 모뎀 기술의 발전을 위해서 어떠한 연구를 진행하는 것이 바람직한 것인지 살펴보기로 한다.

다른 분야보다 통신 분야에서 중국의 발전이 눈부시다. 이웃 나라로서 두려울 정도로 중국이 발전하고 있다. 어떠한 일이든지 경쟁력 강화를 위해서는 기본에 충실한 것이 가장 바람직하다. 통신 분야 논문은 중국이 한국에 비해 10배가 넘는다고 한다. 이렇게 된 것만은 오래되었다고 한다. 특별한 전략이나 시류에 편승하는 연구가 아닌 기본에 충실한 인력을 배출하는 것이 학교가 기업에게 가장 크게 기여하는 것이라 생각한다. 단말기 모뎀 칩을 개발하기 위해서는 매우 넓은 스펙트럼의 기술이 필요하다. Random Process, 통신 시스템의 이해, 디지털 신호 처리, 디지털 회로 설계 기술, SOC 기술, 아날로그 기술, RF 기술, 소프트웨어 기술 등등 넓은 분야의 기술이 필요하다. 한 명의 엔지니어가 이처럼 다양한 기술을 이해하는 것은 매우 어려운 일이다. 그러나 이러한 환경에 적응하는 노력과 훈련은 필요하다. Prototype을 개발하는 연구가 아닌 완성도 높은 연구를 진행하는 것이 바람직하다. 한국의 연구소와 대학 교수님들이 새로운 기술에 대한 소개 및 선행 과제는 훌륭히 수행하고 있다. 하지만 과제를 완료했다

는 연구 내용을 활용하여 상용화 되는 사례는 드물다. 시간이 흐른 후에 한국에서 이미 개발했다는 유사 기술로 상용화하여 성공하는 외국업체들이 등장한다. 이것은 무엇을 의미하는가는 생각해 볼 문제이다. 실패가 없는 연구실적, 단편적인 면에서 세계 최초, 세계 1위 실적들보다는 상용화 될 수 있는 기본에 충실한 깊이 있는 연구가 산업 발전에 실질적인 도움이 될 것이다.

V. 맺음말

이동통신은 4세대로 진화하며 LTE 기술로 통합되어 가고 있다. LTE 기술은 계속 진화를 진행 중이며 해마다 새로운 기능을 추가하고 있다. CA, Small Cell, D2D, LAA, NAICS, FD-MIMO등을 도입하였다. LTE는 진화를 멈추지 않고 새로운 기능을 도입하고 있고 Small Cell, D2D, LAA 등의 기능은WiFi 기술로써 Wireless Connectivity 기능을 대체하고자 한다고 할 수 있다. 이러한 상황에서 이동통신 단말기 모뎀 칩의 개발에 있어서 신규 기능을 적기에 구현하여 시장에 대응하는 것은 계속 지속될 것이다. 스마트폰의 대중화를 확대되고 있는 중저가 시장을 위하여 AP, Baseband, RF, PMIC, Wireless Connectivity 등의 주요 부품들의 Integration은 다양한 형태로 진행되고 있다. 또한 하드웨어와 소프트웨어 Turn-Key Solution을 제공하는 것이 중요하다. 단말기 모뎀 칩을 개발하기 위해서는 Random Process, 통신 시스템의 이해, 디지털 신호 처리, 디지털 회로 설계 기술, SOC 기술, 아날로그 기술, RF 기술, 소프트웨어 기술 등등 넓은 분야의 기술이 필요한데 경우에 따라서는 한 명이 여러 분야의 기술을 복합적으로 알고 있어야 한다. 기초가 튼튼하고 다양한 분야에 적응하고자 노력하는 인재양성이 중요하고 Prototype으로 끝나지 않고 상용화로 발전할 수 있는 완성도가 높은 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] Cisco, "Cisco visual network index: Global mobile traffic forecast update," 2014.



[2] Ericsson, "Traffic and market data report," 2012.

[3] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_mobile_network_operators.

[4] Hiertz, Guido R., et al. "The IEEE 802.11 universe," IEEE Communications Magazine, vol. 48, No. 1, pp. 62–70, Jan. 2010.

[5] 3GPP RP-120838, Summary of the 3GPP Workshop on Rel-12 and onward, RAN chairman (NTT DOCOMO).

[6] 3GPP, New WI proposal: LTE Carrier Aggregation Enhancement Beyond 5 Carriers, NTT DoCoMo, Dec. 2014.

[7] 3GPP TR 36.872 Small cell enhancements for E-UTRA and E-UTRAN – Physical layer aspects, V12.1.0, Dec. 2013.

[8] 3GPP TR 36.843 Study on LTE device to device proximity services: Radio aspects, V12.0.1, Feb. 2014.

[9] 3GPP TR 36.889 Feasibility Study on Licensed-Assisted Access to Unlicensed Spectrum, v0.1.1, Dec. 2014.

[10] 3GPP TR 36.866 Study on Network-Assisted Interference Cancellation and Suppression (NAICS) for LTE, v12.0.1, March 2014.

[11] 3GPP TR 36 897 Study on Elevation Beamforming /Full-Dimension (FD) MIMO for LTE, v0.1.1, Dec. 2014.

[12] Strategy Analytics, Baseband Market Share Tracker Q2 2014, September 2014.

[13] H. Kim, et al, Competitive Analysis: AP, Modem 1-chip vs. 2-chip. http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/minisite/Exynos/w/mediacenter.html?v=blog_A_Competitive_Analysis_AP_Modem_Single-Chip_vs_Dual-Chip_Solutions_for_Mobile_Applications

[14] John Blyler, "RF Front-End Integration Driven By Low Power," RF & Microwave Systems, pp. 26–29,

May–June 2012.

[15] Qualcomm, Qualcomm[®] RF360™ Front End Solution, 2014,

[16] <http://economy.hankooki.com/lpage/it/201408/e20140805173940117700.htm>



이재학

- 1989년 2월 서울대학교 전자공학과 공학사
- 1991년 2월 서울대학교 전자공학과 공학석사
- 1996년 2월 서울대학교 전자공학과 공학박사
- 1993년9월~현재 삼성전자 System LSI 사업부 마스터

〈관심분야〉

이동통신 시스템, 채널 부호화, 셀룰라 단말기 모뎀, Wireless Connectivity, SDR (Software-Defined Radio) Processor