



LTE-Advanced 기술 동향 및 발전 방향

장재득* 김대호**

LTE의 표준화를 진행하고 있는 3GPP는 IMT-Advanced의 제안을 LTE의 확장 기술인 LTE-Advanced로 보고 있다. LTE-Advanced 이동통신 기술은 고속 이동 환경하에서 최대 100Mbps, 고정 또는 저속 이동 환경하에서 최대 1Gbps의 데이터 전송속도로 비대칭/대칭 패킷 서비스 및 방송 서비스를 포함한 다양한 서비스를 IP 기반으로 통합 제공하는 기술을 의미한다. 본 고에서는 LTE-Advanced의 기술적 특징, 국내의 기술 동향, 향후 발전 방향, 그리고 LTE-Advanced가 4G 이동통신 표준으로 채택 될 경우 국내 이동통신사들의 대응 전략에 대하여 기술 한다. ☐

목	차
---	---

- I. 서론
- II. LTE-Advanced 기술적 특징
- III. LTE-Advanced 기술 현황
- IV. 향후 발전 방향
- V. 결론

I. 서론

이동통신 서비스의 전세계 표준화는 UN 산하 국제 표준화 기구인 ITU(International Telecommunication Union)가 주도하고 있다. ITU는 4G 이동통신 기술을 IMT-Advanced로 명명하며, 4G 이동통신은 고속 이동시에 100Mbps 이상, 저속 이동시나 정지시에 1Gbps 이상의 전송속도가 보장되어야 한다고 규정하고 있다. 특히, 4G 시스템을 Ubiquitous & Seamless Connection, High Data Rate, Openness, Network Convergence 등의 특징으로 정의하며[1], 이러한 요건을 충족시키는 기술로는 현재 LTE(Long Term Evolution) 기술이 있다. LTE는 현재 3.9G로 보고 있으며 LTE-Advanced가 정의될 때 4G 기술에 가장 가까운 규격이 될 것으로 예상된다 [2]. HSDPA(High Speed Data Packet Access)에

* ETRI 초고속모뎀연구팀/책임기술원
** ETRI 초고속모뎀연구팀/팀장

서 진화한 기술인 LTE 는 EU 이동통신사들의 연합체인 GSM 협회, 영국 보다폰, 미국 이동통신사 버라이즌 와이어리스, AT&T 모빌리티, 일본의 NTT 도코모, KDDI, 국내의 LG 텔레콤 등이 지지를 선언하고 있다[3]. 그러나 구현 시기는 사업자마다 다른 전략을 보이고 있다. 일본의 NTT DoCoMo 는 이동통신 사업자 중에서 가장 먼저 LTE 서비스를 Super 3G 라는 이름으로 시작하여 이를 기반으로 4G 로 진화한다는 계획이다[4]. 한편 다른 대부분의 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access) 사업자들은 2012 년 이후에 LTE 서비스를 개시할 예정으로 알려지고 있다. 이는 LTE 로의 진화에 앞서 기존의 HSPA(High Speed Packet Access), HSPA+ 등을 통하여 네트워크 상에서 서비스가 가능할 것으로 예상한다[5-6]. 따라서 WCDMA 사업자들은 통신 시장 경쟁 상황에 따라 LTE 도입 시기를 관망할 것으로 예상된다.

CDMA(Code Division Multiple Access) 사업자들은 CDMA 계열의 차세대 기술인 UMB(Ultra Mobile Broadband)가 사장될 것으로 예상되어 LTE 도입이 네트워크 업그레이드를 위한 최적의 대안으로 생각할 것으로 예견한다. 특히 CDMA 사업자 대표주자인 버라이즌 와이어리스(Verizon Wireless)는 LTE 를 조기 도입하여 확보한 700MHz 주파수를 활용하여 2010 년 선도적으로 LTE 를 시작한다는 계획이다. 이 밖에 유선사업자나 케이블 사업자의 행보도 주목할 필요가 있다.

LTE 의 표준화를 진행하고 있는 3GPP 는 IMT-Advanced 의 제안을 LTE 의 확장 기술인 LTE-Advanced 로 보고 있다. 3GPP 는 2009 년 상반기까지 LTE-Advanced 의 내용을 확정하여 각 나라 및 지역 등으로 채택을 촉구해 나갈 방침이다. 이와 같이 4G 요구사항을 충족시키는 후보 기술로는 LTE 확장 기술이 채택되는 것은 거의 확실하다고 할 수 있다. 앞으로 가장 넓은 주파수 대역폭을 LTE 로 이용하기 위한 시도가 진전되고 있어, LTE-Advanced 는 향후 100Mbps~1Gbps 로 전송속도를 더욱 고속화하는 방향으로 진화할 것으로 예단 한다[7].

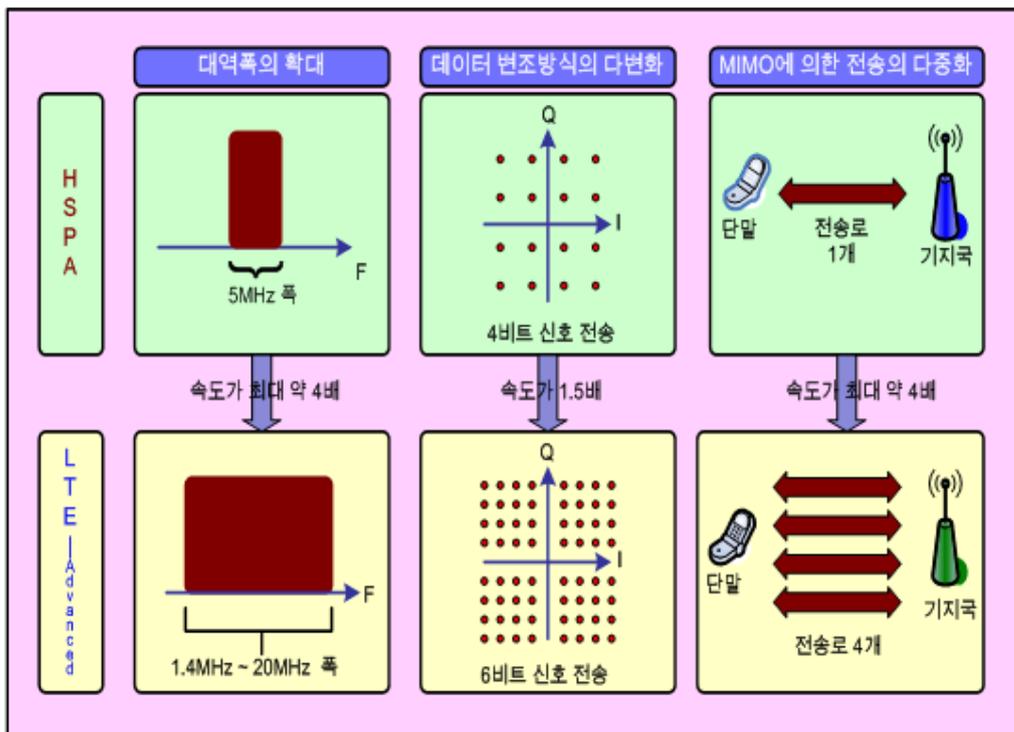
II. LTE-Advanced 기술적 특징

LTE-Advanced 의 속도 향상을 위한 기술적 특성은 (그림 1)과 같이 첫째, 이용하는 대역폭이 최대 20MHz 폭까지 지원되어 현행 WCDMA 방식의 5MHz 대역폭보다 4 배로 대역폭이 넓어지면 넓어질수록 전송속도는 거의 비례하여 향상하기 때문에 LTE-Advanced 는 대역폭의 확대에 의해서 최대 약 4 배의 고속화가 가능하다. 최근에는 20MHz 대역폭을 2 개에서 5 개까지 묶어서 전송할 수 있는 Bandwidth Aggregation 기술 방식이 채택되면[8], 최대 20 배의 고속화가 가능해진다. 둘째, 데이터 변조 방식을 보면 LTE-Advanced 는 4 비트의 신호를 한번에

전송할 수 있는 16 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 변조 방식에 더해 한번에 6 비트의 신호를 보낼 수 있는 64 QAM 이라는 변조방식을 지원함에 따라 4 비트에서 6 비트로 확대하였기 때문에 1.5 배의 고속화를 실현하였다. 셋째, LTE-Advanced에서는 송수신 안테나를 최대 4 개씩 이용하는 4×4 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 방식을 지원한다. 따라서 MIMO는 복수의 안테나가 동시에 복수의 데이터를 송수신 하기 때문에 안테나가 한 개의 경우와 비교 할 때 4 배의 전송속도를 낼 수 있다. 넷째, LTE-Advanced에서는 RNC(Radio Network

<표 1> LTE-Advanced 와 HSPA 의 기술 비교

구분	LTE-Advanced	HSPA
하향최대전송속도	326.4 Mbps	14.4 Mbps
상향최대전송속도	86.4 Mbps	5.8 Mbps
전송 대역폭	1.4 MHz ~ 20MHz	5 MHz
확산 변조방식	하향 : OFDM, 상향 : SC-FDMA	CDMA
데이터 변조방식	~ 64 QAM	~ 16 QAM
MIMO	4×4	없음



(그림 1) LTE-Advanced의 속도 향상을 위한 3 가지 기술

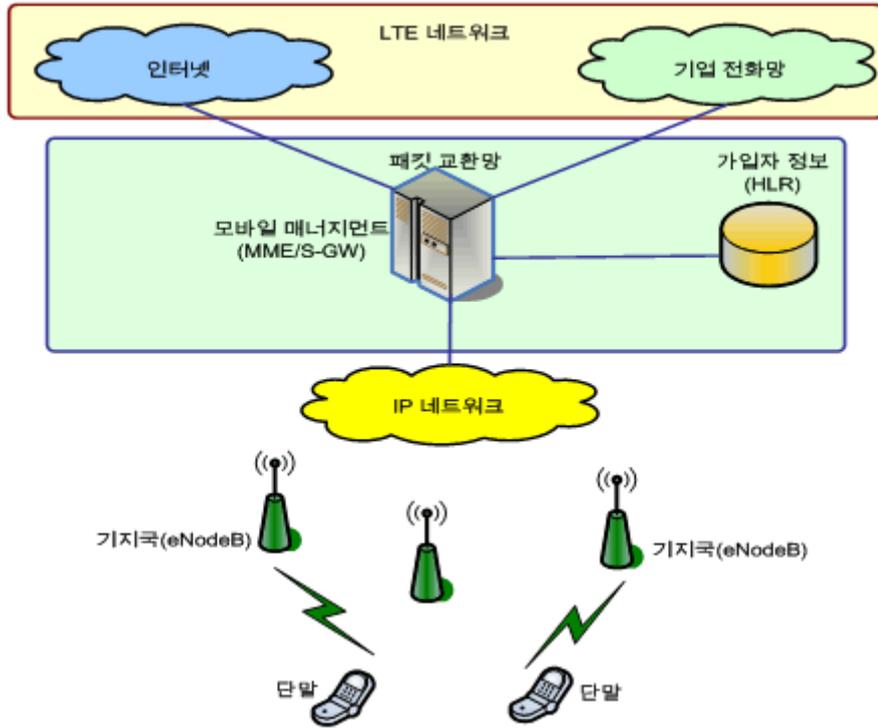
Controller)의 기능을 LTE 용 기지국 내부에 포함시켜 접속을 확립하기까지의 시간은 현행 서비스의 몇 초가 100ms 이하로, 무선 액세스 구간의 편도 패킷 전송시간은 현행 수십 ms 에서 5ms 로 모두 1 단위 단축 하였다. 다섯째, LTE-Advanced 에서는 단말에서 기지국의 업로드 회선은 SC(Single Carrier)-FDMA(Frequency Division Multiple Access) 방식의 단일 반송파를 사용하여 단말 송신 회로의 소비 전력을 낮춤으로써 단말의 저소비 전력화를 이루었다[9].

<표 1>와 같이 HSPA 의 이론상 최대 하향속도가 14.4Mbps 인데 비해 LTE-Advanced 는 최대 하향속도가 326.4Mbps 로 전송속도가 크게 고속화 되었다. LTE-Advanced 와 HSPA 의 기술 사양을 비교해 보면 첫째, 이용하는 대역폭, 둘째, 데이터 변조방식, 셋째, 복수의 안테나를 사용해 동시에 복수의 데이터를 송수신하는 MIMO 의 지원 유무 등 3 가지 차이점이 있다.

III. LTE-Advanced 기술 현황

IMT-Advanced 의 후보기술인 3GPP(3rd Generation Partnership Project) LTE-Advanced 기술은 정지시 1Gbps, 고속 이동시 100Mbps 의 데이터 전송속도의 실현을 목표로 2009 년 2 월부터 기술 제안을 접수하여 2011 년 초에 확정될 예정이다. LTE-Advanced 는 대용량 데이터를 다운로드할 때 기다리는 시간이 길고 접속 시간이 오래 걸린다는 기존 방식의 문제점을 해결하기 위하여 (그림 2)와 같이 핵심망 구조는 SAE(System Architecture Evolution)로 불리는 All-IP 패킷 교환망으로 구성되며, 음성도 VoIP(Voice over Internet Protocol)로 전송한다. 그리고 eNodeB 라고 하는 기지국으로부터 IP 네트워크를 경유하여 모바일 매니지먼트 장치(Mobile Management Equipment: MME)와 패킷 교환기(Switch-Gate Way: S-GW)에 접속되는 단층 구조로 되어 있다[10]. 이와 같이 LTE-Advanced 에서는 RNC 의 기능을 LTE-Advanced 기지국 내부에 포함시켜 패킷 전송 시간을 단축하였으며, 기기간 접속 수준도 간략화 하였기 때문에 기존의 HSPA 네트워크에 비해 큰 폭으로 지연을 줄일 수 있다. LTE-Advanced 가 만족시키는 요구 조건은 무선 액세스 구간의 편도 패킷 전송지연은 현행 수십 ms 에서 5ms 이내, 접속을 확립하기까지의 제어지연은 현행 서비스의 몇 초가 100ms 이내로 모두 1 단위 짧아진다. 따라서 LTE-Advanced 는 단순한 구성에 의하여 설비 비용의 절감 효과를 기대 할 수 있다.

LTE-Advanced 는 최대 100Mbps 가 넘는 데이터 전송속도와 상시 접속 수준으로 짧은 접속 지연 시간을 실현하는 기술로 2012 년경에 상용화가 될 전망이다. LTE-Advanced 가 이동통신 시장의 판도를 바꾸는 3 가지 임팩트는 첫째, 유선 회선 수준의 통신 성능을 가져온다는 점,



(그림 2) LTE-Advanced 핵심망(Core Network) 구성

둘째, 구현 비용이 내려 간다는 점, 셋째, 핸드셋 형 이외의 단말도 고려하고 있다는 점이다.

LTE-Advanced의 표준화를 진행하고 있는 3GPP는 IMT-Advanced에의 제안을 노린 LTE의 확장 기술을 검토하고 있다. 명칭은 LTE-Advanced다. 3GPP는 2009년까지 LTE-Advanced의 내용을 확정하여 각국 및 지역 등 ITU-R(International Telecommunication Union-Radio)의 제안권을 가지고 있는 조직에 대하여 채용을 촉구하고 있다. IMT-Advanced

<표 2> LTE-Advanced 요구 사양

구분	전송 규격
최대 전송속도	DL: 1Gbps, UL: 500Mbps
전송 대역폭	DL: 70MHz, UL: 40MHz
변조 방식	FDD, TDD 지원
최대 주파수 이용효율	DL: 30bps/Hz, UL: 15bps/Hz
지연시간	제어지연: 50ms 이하, 전송지연: 5ms 이하
이동속도	정지~350Km/h

의 기술 제안을 목표로 하는 방식인 LTE-Advanced 요구 사양은 3GPP TR36.913 의 TSG-RAN #40 에서 승인되었으며[11], 자세한 기술 요구 사양은 <표 2>와 같다.

1. 국내 기술 현황

국내에서는 정부, 산업체, 국책 연구소 등을 대상으로 TTA 산하 3GPP 실무반을 구성하여 3GPP 에서 논의되는 핵심 기술들에 대하여 제조 업체 및 연구소 의견을 수렴하고 TTA 에서 채택된 표준 기술이 3GPP 표준 규격으로 채택되도록 하고 있다[12]. 또한 ETRI, 삼성, LG 등의 국내 기업에서는 LTE-Advanced 시스템을 개발하여 핵심 요소 기술을 발굴 및 검증하고 해당 기술의 국제 표준화 추진을 위해 3GPP 에 활발한 기고 활동을 하고 있다.

국내 이동사들은 LTE-Advanced 가 4G 통합 표준이 되어 통합 플랫폼 장비가 상용화되면 EV-DO, HSPA, WiBro 등 다양한 액세스 망을 가지고 있는 KT 와 SKT 는 새로운 망 투자 없이 IP 핵심망을 기반으로 다양한 액세스 망을 통합 할 수 있다.

LTE-Advanced 로의 표준 통합은 LG 전자가 최근 LTE 기반 4 세대 모바일 칩을 세계 최초로 개발하여 이목을 집중시키고 있다. 국내에서 유일하게 CDMA 로드맵을 가고 있는 LGT 역시 UMB 채택의 부담이 있었으나, 퀄컴이 EV-DO/Rev.B/UMB/LTE 멀티모드 칩셋을 공개하였고, 모토로라가 CDMA-LTE 간 핸드오버에 성공하여 4G 에서 LTE-Advanced 로 갈 수 있는 길이 열려 있다[13].

삼성전자의 경우 LTE-Advanced 가 4G 통합 표준이 될 경우 WiBro 기술 개발 과정에서 축적한 노하우와 기술력과 IPR 을 바탕으로 보다 큰 LTE-Advanced 장비 시장에서 재도전 할 기회가 있다[14]. 이와 같이 시기와 형태가 문제일 뿐, 기술간 통합이 대세라는 점은 부인 할 수 없다. 기술간 통합은 더 이상 기술이 경쟁 우위의 결정적 요소가 될 수 없으며, 이제부터 국내 이동통신 업계도 벤치마킹과 서비스를 중심으로 하는 새로운 경쟁시대를 준비해 나가야 할 것이다.

2. 국외 기술 현황

3GPP 는 현재 비동기식 이동통신 표준의 진화 기술인 LTE-Advanced 표준 기술을 4 세대 이동통신 국제 표준으로 추진 중인 협력 프로젝트로서 2009 년 4 월 27 일부터 28 일 까지 일본 교토에서 개최된 3GPP 조정위원회에서 주파수 분할 다중(Frequency Division Duplex: FDD) 방식과 시간 분할 다중(Time Division Duplex: TDD) 방식을 각 3GPP 회원사가 3GPP 에서 개발된 무선 접속 기술을 각 표준화 기구 해당 국가의 절차에 따라 2009 년 6 월 및 10 월에

ITU-R로 제안 할 예정이다[15].

현재 국외 이동통신 사업자의 4G 계획을 종합해보면 WCDMA 사업자와 CDMA 사업자 모두 LTE 계열을 지지하고 있어, 향후 LTE가 4G를 주도할 가능성이 높아 보인다. <표 3>와 같이 WCDMA 사업자인 보다폰, NTT 도코모, T-모바일 등은 LTE를 지지하고 있다. 그러나 구현 시기 측면에서는 사업자마다 다른 전략을 보이고 있다. NTT 도코모는 이동통신사 중에서 가장 먼저 급년말 LTE 서비스를 Super 3G라는 명명으로 시작, 이를 기반으로 선도적으로 4G로 진화한다는 계획이다. 한편 다른 WCDMA 사업자들은 2012년 이후에 LTE 서비스를 개시할 예정으로 알려지고 있다.

CDMA 사업자의 경우 CDMA 계열의 차세대 기술인 UMB(Ultra Mobile Broadband)가 사장될 것으로 예상되어 기술 진화에 한계를 느껴 LTE 도입이 네트워크 업그레이드를 위한 최적의 대안이 될 가능성이 높아 대표적인 CDMA 사업자인 버라이즌 와이어리스는 LTE를 조기에 도입한다는 전략이다.

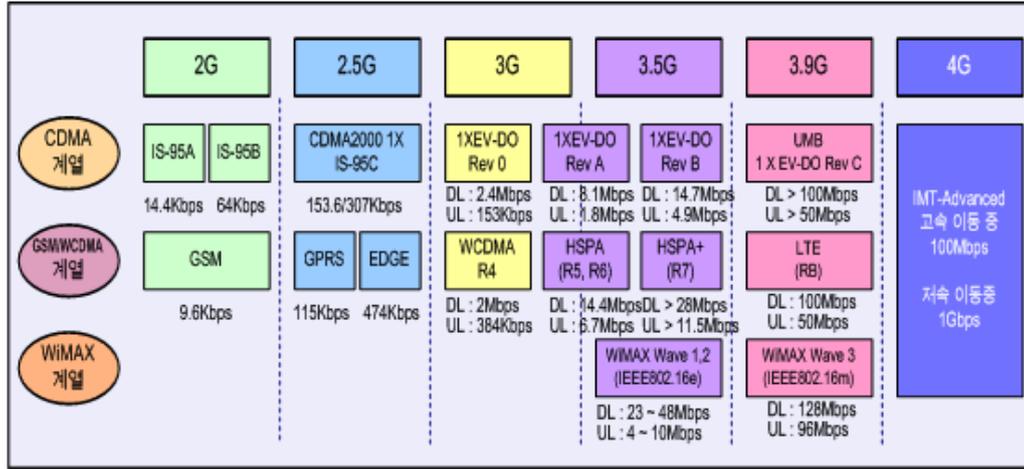
<표 3> 이동통신 사업자별 4G 구현 기술 동향

구분	사업자	4G 구현 기술 동향
CDMA 사업자	Verizon	2010년 700MHz 대역에서 LTE 상용화 예정
	KDDI	WiMAX 사업자에 지분 참여중, 향후 LTE 도입 예정
	Sprint Nextel	WiMAX 채택, 2008년 9월 Xohm(쥘) 서비스 시작
WCDMA 사업자	NTT DoCoMo	2009년 말 LTE 서비스인 'Super 3G' 상용화 예정
	SoftBank	HSPA+ 도입 후 LTE로 진화 계획
	Vodafone, Orange, T-Mobile	유럽 이동통신사들은 LTE를 지지하며, 2012년 경 상용화 예정이나 HSPA+ 업그레이드에 따라 상용화 시기는 가변적임
비무선 사업자	유선/케이블 사업자	WiMAX를 통해 이동통신 시장 진입 모색 중
	Intel	2008년 9월 유럽 최초로 WiMAX 서비스 개시

IV. 향후 발전 방향

LTE-Advanced는 향후 100Mbps~1Gbps로 전송속도를 고속화하는 방향으로 진화될 것으로 예측한다(그림 3) 참조). 이를 위해 가장 큰 효과는 넓은 주파수 대역폭의 이용이다.

WRC(World Radio communication Conference)-07에서 IMT-Advanced가 이용하는 세계 공통의 주파수대를 3.4~3.6GHz의 200MHz 대역폭, 2.3~2.4GHz의 100MHz 대역폭 등이 명기되어 있다. 여기서 100MHz 대역폭이 이용 가능해지면[16], 현재의 5배 정도 속도를 높이는 것이 가능해져 최대 전송속도 1Gbps가 가능해진다. 이와 같이 LTE-Advanced 시스템



(그림 3) 이동통신 기술 진화

에 3.4~3.6GHz 와 같은 넓은 주파수대를 적용하는 것도 불가능한 일은 아니라고 생각한다. 또 한가지 진화의 방향성은 현재의 이동통신 시스템에서 대규모 오피스나 지하철 역사 내에서 마이크로 셀용 기지국이 이용되고 있다. 이에 반해 소규모 오피스나 가정에 반경 수십 미터 정도의 근거리용 펌토셀용 기지국을 다수 배치하여 가입자당 실효적인 처리율을 향상시켜 전송 특성이 크게 개선될 가능성이 있다. 그러나 펌토셀이 마이크로 셀과 비슷한 주파수대를 사용하면 전파 간섭에 의해 처리율이 저하될 가능성이 있다. 이것을 해결하기 위해서는 펌토셀 전용 주파수의 할당 등 주파수 규제 변경이나 마이크로 셀과 펌토셀 사이에 동기 신호 같은 어떤 정보를 주고 받도록 하여 시간 분할로 동일 주파수를 이용하는 방법도 있다. 그 외에 기지국 장치가 전파 간섭 상황을 인지, 변조 방식 및 송신 전력을 변경하는 최적의 통신 자원을 선택하는 자율 적응형 무선 네트워크 시스템 등에도 기대를 하고 있다. 종래의 싱글 유저 MIMO 기술과 다르게 복수의 단말과 동일 주파수를 동일 시간에 이용 할 수 있는 기지국과 단말의 공간적인 위치의 상이를 이용하여 신호를 분리하는 공간 분할 다중 액세스(Space Division Multiple Access: SDMA) 기술인 멀티유저 MIMO 를 사용하면 동일 주파수를 같은 셀 내에서 이용할 수 있기 때문에 주파수 이용 효율을 큰 폭으로 높일 수 있다.

V. 결론

전세계적으로 차세대 이동통신 시장은 와이브로(Mobile WiMax)와 LTE 기술간 4G 이동통신 표준 경쟁을 하고 있다. 삼성전자, KT, 인텔 등이 와이브로 진영이고, LTE 진영에는 LG 전

자, NTT 도코모, 에릭슨, 노키아 등 유럽 국가들이 대다수 집결해 있다. 국내와는 다르게 LTE 진영으로 무게 중심이 옮겨가고 있는 양상이다. 물론 현재까지는 기술적인 측면이나 상용화에 앞선 와이브로가 좀 더 나은 위치에 있지만 4G 이동통신 시장이 개방되면 와이브로나 LTE 가 기술 표준에 등극하여 각각 공존하면서 발전할 것으로 예상된다. 이러한 세계 추세에 비추어 볼 때 국내 이동통신 사업자인 SK 텔레콤, KTF 는 LTE 에 대한 대응이 다소 미흡하다. 일본의 이동통신 사업자들은 LTE 가 4G 의 표준이 될 것을 기정 사실화하고 사업자와 휴대 단말기 제조 업체들 모두 글로벌 시장을 선도하기 위한 발빠른 행보를 보이고 있다. 이러한 측면에서 볼 때 국내 이동통신 사업자와 단말기 제조업체들이 와이브로 기술을 주도하고 있지만 LTE 에 대한 대응 전략도 사전에 수립해 둘 필요성이 있다. 아울러 국내 이동통신 시장의 발전을 위하여 어떤 기술이 적합한지 면밀히 검토한 후 통신 사업자의 노력과 정책 당국의 의지에 따라 4G 의 성공 여부가 결정 될 것으로 예측된다[17].

LTE-Advanced 는 4G 이동통신 시스템 IMT-Advanced 의 가장 유력한 기술 후보이다. 이와 같이 4G 에서 가장 큰 변화는 데이터 전송 성능의 획기적인 개선으로 데이터 전송속도가 빨라진다는 장점이 있다. 따라서 4G 서비스가 본격화 되면 첫째, 이동통신 서비스의 수익 기반이 음성 전화 위주에서 데이터 서비스 위주로 급속히 전환될 가능성이 높다. 둘째, 유무선 컨버전스 확산으로 다양한 유무선 융합 서비스의 등장이 예상된다. 셋째, 대용량의 데이터 통신이 제공됨에 따라 통신 사업자의 사업 범위가 타 산업으로까지 확대될 전망이다.

<참 고 문 헌>

- [1] “EU 3.5 세대 이동통신 현황”, 전자부품연구원 전자정보센터, 2009. 3.
- [2] 한승진, “이동통신 서비스, 4G 시대가 온다”, LG Business Insight, 2008. 11. 26.
- [3] “3G LTE/모바일 와이맥스(WiMAX) 최신 동향”, IT/Wireless & Mobile Research & Consulting, 전자정보센터, 2008. 7.
- [4] IT 수출 정보 데이터 베이스, “일본의 LTE 대응 방향 및 사업자 동향”, iNFIDES Research & Consulting, 2009. 1.
- [5] Rohde & Schwarz, “UMTS Long Term Evolution(LTE) Technology Introduction,” January 2008.
- [6] Erik Dahlman, Anders Furuskar, “Key features of the LTE Radio Interface,” Ericsson Review, No.2. 2008.
- [7] In-Depth Analysis, “The Road to 4G: LTE and WiMAX Lead the Way Worldwide,” In-Stat, 2008, 8.
- [8] Eiko Seidel, “Progress on LTE Advanced the new 4g Standard,” nomor Research, 2008. 7. 24.

- [9] “해외 LTE(Long Term Evolution) 시장동향”, IT/Wireless & Mobile Research & Consulting, 전자정보센터, 2008. 12.
- [10] Ericsson, “Long Term Evolution(LTE): an Introduction”, White Paper, October 2007.
- [11] Ralf Irmer, “Multisite Field Trial for LTE and Advanced Concepts”, IEEE Communications Magazine, February 2009, pp.92-98.
- [12] 정보통신 중점 기술 표준화 로드맵, “ICT Standardization Roadmap 2008: 이동통신 분야 IMT-Advanced”, TTA, 2008. 7.
- [13] ATLAS Trends in Brief, “모토로라, WiMAX 플랫폼 기반으로 한 LTE 장비 공개…CDMA-LTE 핸드오프 시연”, ATLAS Research & Consulting, 2008. 5. 6.
- [14] ATLAS Trends in Brief, “4G 진화 로드맵에 이상기류, 급물살 타는 WiMAX 와 LTE 통합 … 최신 동향과 시사점”, ATLAS Research & Consulting, 2008. 5. 6.
- [15] IT 정보마당, “3GPP 4 세대 이동통신 국제 표준화 추진 계획 확정”, 데이터넷, 2009. 5. 21.
- [16] 최혜진, 김대중, “제 4 차 ITU-R WP5D 회의”, TTA Journal No. 122, April 2009.
- [17] “최근 4G 와 모바일 와이맥스 트렌드”, 전자부품연구원 전자정보센터, 2009. 1.

* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITA 의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.