

자유기고문

4세대 이동 통신(IMT-Advanced) 기술개발 동향

장대석·박종규
한국과학기술정보연구원
ReSEAT사업팀

I. 서론

이동 통신 기술은 1세대 AMPS 방식으로 시작하여 GSM 등 음성 위주의 디지털 방식인 2세대 이동 통신 기술을 거쳐, HSPA(High Speed Packet Access) 등 패킷 통신에 적합한 3세대 이동 통신 기술로 눈부시게 발전해왔다. 그러나 3세대 이동 통신 기술은 새로운 시장 수요를 창출하는데 있어서 한계를 나타내고 있음에 따라 4세대 이동 통신(IMT-Advanced)의 새로운 표준 기술에 대한 요구와 논의가 ITU-R에서 시작되었다^[1].

2007년 11월 WRC 07(World Radio-communication Conference 2007)에서는 추가적인 IMT(International Mobile Telecommunication) 주파수 스펙트럼을 할당하였으며, 2008년에는 ITU-R의 WP5D에서 4세대 이동 통신(IMT-Advanced) 기술의 표준화를 위한 주요 일정과 요구 조건을 확정하게 되었다. 이러한 동향에 맞춰 IEEE와 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 진영에서는 각각 Mobile WiMAX 기술과 LTE(Long Term Evolution) 기술을 더욱 발전시켜 IMT-Advanced 표준으로 채택시키려는 활동이 진행되었다^[2].

ITU-R WP8F의 2005년 10월 회의에서 2011년에 상용 서비스를 제공하게 될 4세대 이동 통신을 IMT-Advanced로 정의하였다. IMT-Advanced의 새로운 모

바일 액세스는 고속 이동 환경에서 100 Mbps급 전송속도 제공을 목표로 정하고, 이를 위한 무선 전송 방식의 원천 기술을 개발하고 있다^[3].

4세대 이동 통신 서비스의 기본적 개념은 현재의 음성, 패킷 데이터 통신 위주에서 고속 이동 중에 최대 100 Mbps, 정지 및 저속 이동 중에 1 Gbps까지의 데이터 전송 속도를 기반으로 하여 유무선 통합에 의한 진정한 멀티미디어 통신이 가능한 것을 목표로 하고 있다. 궁극적인 목표는 유비쿼터스 사회에서의 서비스 제공을 위한 플랫폼의 실현에 두고 있다. 본고에서는 4세대 이동 통신(IMT-Advanced) 기술에 관하여 기술 개발 및 표준화 동향, 문헌 정보 분석 등을 중심으로 4세대 이동 통신(IMT-Advanced) 기술 개발 동향을 고찰한다.

II. 기술 개발 및 표준화 동향

2-1 기술 개발 동향

IMT-Advanced 시스템의 주요 기술로는 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access), MIMO (Multiple Input Multiple Output), HD(Hybrid Duplex), 다중 홉 릴레이(Multi-hop Relay), 자동 설정(Self Configuration) 등이 고려되고 있다. 또한, 최근 주목을 받고 있는 기술로 다중 대역과 다중 모드를 소프트웨어

본고는 과학기술진흥기금 및 복권기금의 지원으로 이뤄졌습니다. 감사의 뜻을 표합니다.

어적으로 재설정할 수 있는 SDR(Software Defined Radio) 기술, 기존 시스템에 간섭을 주지 않고 일부 대역을 시한적으로 대여하여 주파수 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 CR(Cognitive Radio) 기술 등이 있다.

3세대 이동 통신(IMT-2000) 기술은 CDMA(Code Division Multiple Access) 기술의 진화형에 기반을 둔 기술이라면, 4세대 이동 통신(IMT-Advanced) 기술은 OFDMA 기술과 MIMO기술의 결합에 기반을 둔 기술이라 할 수 있다¹¹⁾.

우리나라에서는 2000년대 초부터 4세대 이동 통신(IMT-Advanced) 기술에 대한 로드맵과 비전을 수립하였다. 로드맵에 따라 연구 개발을 진행하여 대용량 패킷 데이터 통신에 적합한 OFDM 변복조 방식, 다양한 다중 안테나 전송 방식, 다중 이용자 다이버시티 지원 방식, 간섭 제거 기술, 다양한 저복잡도 구현 기술, 다양한 단말기와 시스템을 지원하는 HD 기술 등의 연구 개발을 추진하였다.

한국전자통신연구원, 삼성전자, LG전자 등이 중심이 되어 수년 전부터 4세대 이동 통신(IMT-Advanced) 기술 개발 및 표준화 작업을 추진해 왔다. 우리나라에서는 4세대 이동 통신 기술로 확실시되고 있는 IEEE 802.16m 기술과 LTE-Advanced 기술의 개발 및 표준화를 추진하고 있는 것이다¹⁴⁾. 그 중에서도 LTE-Advanced 기술에 무게 중심을 두고 있다.

2010년 4월 방송통신위원회는 800 MHz 및 900 MHz 대역에 대해 LGU+와 KT를, 2.1 GHz 대역에 대해 SK텔레콤을 할당 대상 사업자로 각각 선정했다¹⁶⁾. 통신 사업자들은 새로 할당받은 주파수 활용을 위해 향후 5년간 3조 7,000억 원을 투자하여 새로운 전국 통신망을 구축하게 된다.

미국, 일본, 유럽 국가, 중국 등에서도 최근 LTE-Advanced 기술에 무게 중심을 두고 있다. 대표적인 와이맥스(WiMax) 주자였던 인텔의 무게 중심이 LTE-Advanced로 이동하고, 세계 주요 와이맥스 계열 이동 통신 사업자가 LTE-Advanced로 옮기는 경향이다. 세

계에서 가장 빠르게 성장하는 이동 통신 시장(인도)의 선발 주자가 LTE-Advanced를 선호하고 있는 것이다.

2-2 표준화 동향

4세대 이동 통신(IMT-Advanced) 기술의 후보로는 IEEE 802.16m과 LTE-Advanced 기술이 확실시되고 있다. 제안된 기술에 대한 제안자 자체 평가 및 외부의 성능 평가, 최소 요구사항 만족 여부 확인 과정 등을 통과하였으며, 2011년 2월경 IMT-Advanced 기술의 표준화가 완료될 계획이다.

IEEE 802.16m 기술은 IEEE 802.16 WG에서 IEEE 802.16e 기술에 기반한 IEEE 802.16m 기술의 표준 개발이 2007년부터 본격적으로 시작되었다. LTE-Advanced 기술은 3GPP에서 LTE 기술의 후속 기술로 개발 중인 기술이다.

IEEE에서는 2009년 초에 문서 개발을 완료하였으며, 2009년 10월 ITU-R에 IMT-Advanced 기술로 IEEE 802.16m 제안서를 제출하였다. 제안서에 포함된 IEEE 802.16m 성능은 ITU-R에서 제시한 요구 조건을 모두 만족시키고 있다. 3GPP에서는 2008년 3월 LTE-Advanced 스터디 아이টে임을 생성하여 이에 관한 연구를 본격적으로 진행하고 있다. 3GPP에서는 2009년 10월 LTE-Advanced 표준안을 최종적으로 정리하여 ITU-R에 제출하였다¹⁵⁾.

한·중·일 표준 기관이 IMT-Advanced 기술의 후보 기술 평가를 위해 협력하고 있다. 한국정보통신기술협회(TTA)는 2010년 4월 경주에서 '제10차 한중일 IT 표준협력회의'를 개최하였다. 이 회의는 3국간의 협력 체계 기반을 마련하고, 한중일 우호 증진 및 국제 표준화에 기여하기 위해 지난 2002년 TTA 주도로 결성됐다¹⁶⁾.

2009년 10월 제6차 WP5D 회의에서 한국정보통신기술협회(TTA)가 4세대 이동 통신 후보 기술로 IEEE 802.16m과 LTE-Advanced를 ITU-R에 공식적으로 제

안했다. IEEE802.16m은 IEEE를 중심으로 한국, 미국, 일본 등의 51개 업체 지지를 받아 제안되었으며, LTE-Advanced는 WCDMA, HSDPA 등의 규격을 제정한 3GPP에 참여하고 있는 39개 업체와 TTA를 포함한 6개 표준화 단체의 공동 명의로 제안되었다^[8].

ITU-R에서의 IMT-Advanced 표준화 동향을 보면, 2000~2003년 시스템 개념의 개요, 2003~2007년 IMT-Advanced용 주파수 대역의 검토, 2007~2011년 상해 규격의 검토 등 3개 분야로 분류된다^[5].

시스템 개념의 개요: 3세대 이동 통신(IMT-2000)의 표준화 작업이 일단락된 2000년부터 차세대 이동 통신 시스템 개념을 검토하기 시작하였다. 2003년에는 IMT-Advanced의 프레임워크를 결정한 권고(ITU-R 권고 M.1645)가 책정되고, 고속 이동시 100 Mbps, 저속 이동시 또는 정지시에는 1 Gbps의 전송 속도를 실현하는 IMT-Advanced의 연구 목표가 결정되었다.

IMT-Advanced용 주파수 대역의 검토: WRC03(World Radio-communication Conference 2003)에서 세계 공통적으로 사용할 수 있는 새로운 이동 통신용 주파수 대역의 검토 의안이 책정되었다. ITU-R에서의 검토 내용과 각국 각 지역의 제안을 기반으로 하여 2007년 11월 개최된 WRC07에서 새로운 이동 통신용 주파수로 모두 428 MHz 대역폭을 확보하도록 합의하였다. 즉, (1) 3,400~3,600 MHz(200 MHz 폭), (2) 2,300~2,400 MHz(100 MHz 폭), (3) 698~806 MHz(108 MHz 폭), (4) 450~470 MHz(20 MHz 폭) 등을 확보하게 된 것이다.

IMT-Advanced 상해 규격의 검토: IMT-Advanced의 검토는 ITU-R의 하부 조직인 WP5D(Working Party 5D)에서 추진되고 있다. ITU-R에서는 3세대 이동 통신(IMT-2000)과 4세대 이동 통신(IMT-Advanced)을 "IMT(International Mobile Telecommunication)"라 부르기 로 의결하였다.

WP5D에서는 이 의결 사항을 기반으로 IMT-Advanced의 표준화 작업을 진행하여 2009년 10월까지

후보 기술의 제안을 모집하였고 제안된 기술의 평가 절차를 거쳤으며, 2011년 2월경 권고안을 완성할 계획이다. 2009년 10월 제6차 WP5D 회의에서 IMT-Advanced의 후보 기술로 LTE-Advanced 기술과 IEEE 802.16m 기술이 공식적으로 제안되었다^[1].

2010년 6월 개최된 WP5D 회의에서 LTE-Advanced 기술과 IEEE 802.16m(WiBro-Evolution) 기술이 모두 4세대 이동 통신 국제 표준 평가 과정을 통과하였다. 따라서 국제 표준화 절차가 사실상 마무리된 것이다. WP5D에서는 IMT-Advanced 이후의 신기술 및 주파수에 관한 연구를 수행할 것이며, 제9차 WP5D 회의(2010. 10, 중국)에서 신기술 및 주파수의 방향성 정립을 위해 본격적인 논의가 시작될 것이다.

우리나라에서는 TTA PG707이 중심이 되어 세계적으로 유일하게 성능 평가 결과를 제출하여 평가 활동을 주도하는 역할을 수행했으며, 2개의 후보 기술이 모두 IMT-Advanced를 위한 충분한 후보 기술임을 견지함으로써 IMT-Advanced 표준 제정 과정에서 능동적이고 적극적인 역할을 수행하였다.

III. 문헌정보 분석

3-1 문헌정보 분석 개요

인터넷 상에서 문헌정보를 제공하는 'Web of Science'를 이용하여 IMT-Advanced, LTE-Advanced, WiBro-Evolution, IEEE 802.16m, 4G, fourth generation, Beyond 3G, B3G, Beyond IMT-2000, mobile WiMAX Rel* 2.0 등과 관련된 논문을 조사하였다.^[7]

이 데이터베이스는 일관되고 엄격한 선정 기준에 따라 수록된 저널을 선정하므로 여기서 조사된 논문의 피인용 수는 연구 평가, 실적 평가 등 객관적 자료로 이용되고 있는 데이터베이스이다. 'Web of Science'는 ISI Web of Knowledge 플랫폼을 통하여 제공되며, 전 세계에서 발행되는 자연과학, 사회과학, 예술 및 인문학 분야의 우수 저널에 게재된 우수 연구 논문

을 포함하는 ISI 인용 색인(citation index)을 웹 환경에서 제공하는 데이터베이스이다.

3-2 IMT-Advanced, LTE-Advanced, WiBro-Evolution, IEEE 802.16m, 4G, Fourth Generation, Beyond 3G, B3G, Beyond IMT-2000, mobile WiMAX Rel* 2.0 등과 관련된 연구 논문 검색

실제로 IMT-Advanced, LTE-Advanced, WiBro-Evolution, IEEE 802.16m, 4G, fourth generation, Beyond 3G, B3G, Beyond IMT-2000, Mobile WiMAX Rel* 2.0 등과 관련된 연구가 본격적으로 시작된 것은 2000년 이후이므로 2000년 이후의 연구 논문을 검색하여 분석한다.

Web of Science에서 논문을 검색하기 위한 필드 태그는 토픽(topic, TS), 논문 제목(title, TI), 저자, 저널명, 발표 기관의 소속 국가 등으로 구성되어 있으므로 IMT-Advanced 등과 같은 특정한 분야의 논문을 검색하기 위해서는 논문 제목에 포함된 단어 또는 구절을 합리적으로 사용하여 검색식을 만든다. <표 1>은 본고에서 사용된 최종 검색 히스토리를 나타내고 있다. 문헌 조사 기간은 2000~2010년 8월로 하였다.

2000년 이후 IMT-Advanced, LTE-Advanced, WiBro-Evolution, IEEE 802.16m, 4G, fourth generation, Beyond 3G, B3G, Beyond IMT-2000, mobile WiMAX Rel* 2.0 등과 관련된 연구 논문은 총 1,511건 검색되었다.

3-3 IMT-Advanced 등 관련 연구 개발 동향 분석

2000~2010년 8월까지 발표된 논문 1,511건을 국·내외로 발표된 논문의 랭킹 순위를 조사하였다. 미국

이 294건(19.5%)으로 가장 많으며, 독일 113건(7.5%), 한국 101건(6.7%), 중국 100건(6.6%), 영국 97건(6.4%), 일본 94건(6.2%), 이탈리아 76건(5.0%), 프랑스 74건(4.9%), 그리스 71건(4.7%), 캐나다 68건(4.5%) 등으로 나타났다. 우리나라는 101건으로 3위를 차지하고 있다.

연도별 발표 건수를 살펴보면, 2006년 167건(11.0%), 2009년 161건(10.7%), 2005년 160건(10.6%), 2007년 157건(10.4%), 2008년 156건(10.3%), 2002년 139건(9.2%), 2004년 138건(9.1%), 2003년 138건(9.1%), 2001년 128건(8.5%), 2000년 88건(5.8%) 등으로 나타났다.

Document type별 상위 랭킹 순위를 살펴보면, Article 1,003건(66.4%), Proceeding Paper 168건(11.1%), Meeting Abstract 126건(8.3%), Editorial Material 78건(5.2%), News Item 78건(5.2%), Letter 29건(1.9%), Review 19건(1.3%), Correction 8건(0.5%) 등으로 나타났다.

Source title별 상위 랭킹 순위를 살펴보면, IEEE Communications Magazine 76건(5.0%), Lecture Notes in Computer Science 55건(3.6%), IEEE Wireless Communications 48건(3.2%), Wireless Personal Communications 41건(2.7%), Microwave Journal 40건(2.6%), IEICE Transactions on Communications 27건(1.8%), Wireless Communications & Mobile Computing 24건(1.6%), Physical Review D 21건(1.4%) 등으로 나타났다.

SuBject area별 상위 랭킹 순위를 살펴보면, Engineering, Electrical & Electronic 623건(41.2%), Telecommunications 569건(37.7%), Computer Science, Informa-

<표 1> IMT-Advanced 등과 관련된 논문 검색 히스토리^[7]

검색식	검색 건수
TS=((IMT-Advanced) or (LTE-Advanced) or (WiBro-Evolution) or (IEEE 802.16m) or (4G) or (fourth generation) or (Beyond 3G) or (B3G) or (Beyond IMT-2000) or (mobile WiMAX Rel* 2.0))	7,535
TI=((IMT-Advanced) or (LTE-Advanced) or (WiBro-Evolution) or (IEEE 802.16m) or (4G) or (fourth generation) or (Beyond 3G) or (B3G) or (Beyond IMT-2000) or (mobile WiMAX Rel* 2.0))	1,511

tion Systems 208건(13.8 %), Computer Science, Hardware & Architecture 106건(7.0 %), Computer Science, Theory & Methods 67건(6.5 %) 등으로 나타났다.

언어별 상위 랭킹 순위를 살펴보면, 영어 1,494건 (98.9 %), 중국어 5건(0.3 %), 스페인어 5건(0.3 %), 프랑스어 3건(0.2 %), 독일어 2건(0.1 %), 일본어 2건 (0.1 %) 등으로 나타났다.

IV. 결 론

IEEE와 3GPP에서는 IMT-Advanced 표준 제정일정과 요구 조건에 따라 2009년 10월 ITU-R에 표준 최종안을 제출하였다. IEEE 802.16m과 LTE-Advanced 기술은 ITU-R에서의 평가 및 합의 과정을 거쳤으며, 2011년 2월경 4세대 이동 통신(IMT-Advanced) 표준으로 제정될 것으로 확실시된다.

우리나라에서는 IEEE 802.16m 기술과 LTE-Advanced 기술을 4세대 이동 통신(IMT-Advanced) 표준으로 ITU-R에 제출하였다. 2개의 후보 기술이 모두 4세대 이동 통신(IMT-Advanced) 기술을 위한 충분한 후보 기술임을 견지한 것이다.

4세대 이동 통신(IMT-Advanced)은 새로운 서비스와 비즈니스의 견인차가 될 것이다. 앞으로 기술 개발에 따라 전자 화폐, 모바일 전자 상거래, 인텔리전트 가전, 음악, 영상 콘텐츠의 배포, 로봇 제어 등 새

로운 서비스, 비즈니스 등을 창출하여 편리하고 유효한 라이프스타일을 실현할 것이다.

4세대 이동 통신에 의한 새로운 정보 통신 환경을 실현함으로써 21세기 산업 구조에도 막대한 영향을 주어 대변혁을 가져올 것이다. 4세대 이동 통신의 실현을 통해 정보 통신 환경의 광대역화, 유비쿼터스화, 모바일화, 무선화 등을 더욱 향상시키고, 주요 산업으로 크게 확대되며, 융합, 발전되기를 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] 윤영우, "LTE-Advanced 주요 표준화 동향", 한국통신학회지, 26(12), pp. 3-18, 2009년.
- [2] 김태영 외 4인, "IEEE 802.16m 표준동향 및 기술 동향", 한국통신학회지, 26(12), pp. 19-27, 2009년.
- [3] 황승구 외 2인, "차세대 이동 통신 기술 및 표준화 동향", 전자통신동향분석, 21(3), pp. 1-10, 2006년.
- [4] 임은택, 외 2인, "ITU-R IMT-Advanced 표준 동향", 한국전자파학회지 전자파기술, 21(2), pp. 3-8, 2010년 3월.
- [5] <http://www.itu.int/itu-r/go/rsg5-imt-advanced>
- [6] <http://www.etnews.co.kr>
- [7] <http://apps.isiknowledge.com>
- [8] <http://www.ndsl.kr>

≡ 필자소개 ≡

장 대 석



1961년: 한양대학교 전기공학과 (공학사)
1983년: 한양대학교 전자공학 (공학석사)
1988년: 한양대학교 전자통신공학 (공학 박사)
1961년~1965년: 공군 통신장교 (중위)
1966년~1983년: LG전선(주) 기술연구소 책임연구원

1988년~2002년: 군산대학교 전자정보공학부 교수
1996년~2001년: 한국통신학회, 한국전자과학회 이사
2001년~2009년: 한국정보통신기술인협회 이사, 부회장
2004년~현재: 한국과학기술정보연구원 전문연구위원
[주 관심분야] 이동 통신, 초고주파, 문헌정보분석

박 종 규



1984년: 중앙대학교 전자공학과 (공학사)
1990년: 중앙대학교 전자공학과 (공학석사)
1990년 2월~1991년 4월: LG전자 가전 연구소 연구원
1991년 4월~현재: 한국과학기술정보연구원 선임연구원
[주 관심분야] 이동 통신, 반도체, 문헌

정보분석