

# 차세대 이동통신 표준화 및 기술개발 동향

## Status of Standardization and Technology Development toward Next Generation Mobile Communications

안재영(J.Y. Ahn)

무선전송방식연구팀 책임연구원, 팀장

황승구(S.K. Hwang)

무선전송기술연구그룹 책임연구원, 그룹장

한기철(K.C. Han)

이동통신연구단 책임연구원, 단장

본 고에서는 차세대 이동통신 중 특히 무선전송과 관련한 표준화 및 국내외 기술개발 동향을 살펴보고자 한다. 이를 위해 IMT-2000 규격 표준화를 위해 설립된 3GPP와 3GPP2의 동향을 먼저 살펴보고, 다음으로 북미의 LAN/MAN 표준화 단체인 IEEE 802와, IMT-2000 진화 시스템 및 B3G 시스템 연구를 진행중인 ITU-R WP8F의 활동을 소개한다. 또한 차세대 이동통신 관련 기술에 대한 연구와 표준화 준비를 위해 설립된 포럼들, 즉 유럽 중심의 WWRF, 일본의 mITF, 한국의 NGMC 포럼 등의 현황을 살펴보고, 마지막으로 북미, 유럽, 일본 및 중국 등 외국과 국내의 차세대 이동통신 기술개발 동향을 소개한다.

## I. 개요

1990년대 후반부터 이용자가 폭발적으로 증가한 이동통신은 이제 양적 팽창을 넘어 질적 전환 단계에 있으며, 이러한 질적 전환의 중심에는 인터넷이 놓여 있다. 인터넷은 이제 우리 생활에서 없어서는 안될 필수적인 요소가 되었으며, 이동 환경에서도 인터넷 접속 요구가 크게 증가하는 추세이다. 이에 따라 향후 유선은 물론 무선/이동통신망도 인터넷 프로토콜을 기반으로 하여 진화할 것으로 예상되며, 이는 무선전송의 관점에서 볼 때는 회선 중심에서 패킷 중심의 기술로 이동해야 함을 의미한다. 또한 급증하는 인터넷 트래픽 양과 실시간 및 비실시간 멀티미디어 데이터의 증가 추세를 고려할 때 전송속도 및 용량의 대폭적인 증가와 QoS 지원이 차세대 이동통신 무선전송에 대한 필수적인 요구사항이 될 것이다.

본 고에서는 차세대 이동통신 중 특히 무선전송과 관련한 표준화 및 국내외 기술개발 동향을 살펴보고자 한다. 이를 위해 IMT-2000 규격 표준화를 위해 설립된 3GPP와 3GPP2의 동향을 먼저 살펴보고, 다음으로 북미의 LAN/MAN 표준화 단체인 IEEE 802

와, IMT-2000 진화 시스템 및 Beyond 3G(B3G) 시스템 연구를 진행하고 있는 ITU-R WP8F의 활동을 소개할 것이다. 또한 표준화 단체는 아니지만 차세대 이동통신 관련 기술에 대한 연구 및 논의와 표준화 준비를 위해서 설립된 포럼들, 즉 유럽 중심의 WWRF(Wireless World Research Forum), 일본의 mITF(mobile IT Forum), 그리고 한국의 NGMC(Next Generation Mobile Communications) 포럼 등의 현황을 살펴보고, 마지막으로 차세대 이동통신과 관련한 북미, 유럽, 일본 및 중국의 기술개발 동향과 국내의 기술개발 동향을 소개할 것이다.

## II. 표준화 동향

### 1. 3GPP

3GPP는 3세대 GSM 네트워크 및 W-CDMA 무선접속 기술 등에 관한 세부규격 작성을 위해 ETSI, ARIB/TTC, T1, TTA가 결성한 협의체이다. 현재 Rel6 규격을 작성중에 있으며, 3GPP Rel5에서 제안이 된 최대 10Mbps의 하향 전송 속도를 갖는

HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)에 대한 연구가 물리계층을 중심으로 Rel6에서도 계속 진행되고 있다.

3GPP에서 논의되는 기술 중 차세대 이동통신 관점에서 관심을 가질 만한 것으로는 MIMO(Multi-Input Multi-Output)와 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 들 수 있다. MIMO는 현재 3GPP RAN WG1에서 work item으로 논의가 진행되고 있는데[1], 그 주 목적은 기존의 5MHz 대역 하향링크에서 데이터 스트루트를 증대시킴으로써 시스템 용량과 스펙트럼 효율을 개선하기 위한 것이다. 현재 3GPP에서 제안된 MIMO 후보기술들은 다음과 같으며, 이 외에도 많은 기술방식들이 논의 및 제안되고 있다.

- Per-Antenna Rate Control(PARC)
- Rate-Control Multi-Paths Diversity(RC MPD)
- Double Space Time Transmit Diversity with Sub-Group Rate Control(DSTTD-SGRC)

또한, SCM(Spatial Channel Model)[2]을 이용해 각 MIMO 후보기술의 성능비교가 진행되고 있다.

OFDM은 3GPP RAN WG1의 study item이며, Nortel, France Telecom 및 Wavecom 등이 연구를 주도하였다[3]. 이 study item은 이동 환경의 3GPP UTRAN 기반 시스템에서 OFDM의 가능성을 살펴보고, 장기적으로는 OFDM을 3GPP에 도입함으로써 얻을 수 있는 장점의 부각을 통해 이 기술을 3GPP 표준에 반영시키는 것을 목적으로 하였다. 그러나 현 단계까지의 주안점은 feasibility study이며, 기존의 WCDMA 기반의 HSDPA 시스템의 변화를 최소화하는 방향으로 진행되어야 하므로 하향링크의 물리계층 중심으로 논의가 이루어졌다.

현재, 보고서 작성이 완료된 상태이며 OFDM 관련 후속 활동 여부가 2004년 6월의 RAN plenary 회의에서 결정될 것이다.

## 2. 3GPP2

3GPP2는 제3세대 ANSI-41 네트워크 및 이를

기초로 한 cdma2000 무선접속 기술 및 단말기 등 세부 규격 작성을 위해 TIA, ARIB, TTC, TTA가 결성한 협의체이다. 3GPP2는 고속 패킷 데이터 전송용 cdma2000 1x EV-DO 규격과 고속 패킷 데이터와 음성데이터 서비스 제공이 모두 가능한 1x EV-DV 규격 작성을 완료하였고, 현재는 1x EV-DV의 개정 작업을 진행하고 있다.

지난 2월 17일 서울에서 폐막된 회의에서는 300kbps의 역방향 전송 속도를 갖는 cdma2000 1x EV-DV C 규격에 대해 속도를 2Mbps 이상으로 향상시킨 EV-DV revision D 규격을 최종 승인하였다. 개정된 D 버전을 사용할 경우 무선 인터넷의 상, 하향 속도가 모두 2Mbps가 된다[4].

## 3. IEEE 802.20

IEEE 802는 IEEE 산하의 유무선 LAN 및 MAN(Metropolitan Area Network) 표준 위원회이다. IEEE 802 산하의 무선통신 관련 표준 그룹으로는 802.11, 802.15, 802.16, 802.20 등이 있으며, 이들은 각각 무선 LAN, 무선 PAN(Personal Area Network), 광대역 고정 무선 액세스, 광대역 이동 액세스(Mobile Broadband Wireless Access: MBWA)의 표준화를 담당하고 있다.

특히 IEEE 802.20은 고속 이동성 및 로밍 기능을 제공하고 IP 중심의 데이터 서비스에 최적화된 MBWA의 표준화를 수행하는 그룹으로 2003년 초 반부터 활동을 시작하였다. MBWA는 3.5GHz 이하의 허가 주파수대역을 사용하여, 사용자 당 1Mbps 이상의 고속의 전송속도 제공을 목표로 하고 있다[5]. MBWA가 추구하는 성능의 최소 요구조건은 PAR(Project Authorization Request)에 명시되어 있으며 그 내용은 <표 1>과 같다.

IEEE 802.20은 IEEE 802.16에서 태동되었다. IEEE 802.16은 고정 무선 액세스 시스템을 표준화 하는 그룹으로 2002년 밀리미터파 대역과 2~11GHz 대역을 각각 이용하는 고정 무선 액세스 규격인 802.16과 802.16a의 표준화를 완료하였다. 802.16a

&lt;표 1&gt; MBWA 시스템 최소 요구사항

Characteristic	Target Value
Mobility	Vehicular mobility classes up to 250km/hr(as defined in ITU-R M.1034-1)
Sustained spectral efficiency	>1b/s/Hz/cell
Peak user data rate (Downlink(DL))	>1Mbps*
Peak user data rate (Uplink(UL))	>300kbps*
Peak aggregate data rate per cell(DL)	>4Mbps*
Peak aggregate data rate per cell(UL)	>800kbps*
Airlink MAC frame RTT	<10ms
Bandwidth	e.g., 1.25MHz, 5MHz
Cell sizes	Appropriate for ubiquitous metropolitan area networks and capable of reusing existing infrastructure.
Spectrum(Maximum operating frequency)	<3.5GHz
Spectrum(Frequency arrangements)	Supports FDD(Frequency Division Duplexing) and TDD(Time Division Duplexing) frequency arrangements
Spectrum allocations	Licensed spectrum allocated to the mobile service
Security support	AES(Advanced Encryption Standard)

주) 1.25MHz 채널 대역폭 기준

표준이 완성될 즈음 IEEE 802.16 내에서는 단말의 이동성을 부여하기 위한 새로운 표준에 대한 논의가 시작되었으며, 이러한 논의 과정에서 두 가지 견해가 대립하게 되었는데, 하나는 기존의 802.16a의 규격과 호환성을 유지하면서 이동성을 부여해야 한다는 것이고, 또 다른 하나는 기존 규격에 제한을 받지 않고 완전히 새로운 최적화된 규격을 만들자는 것이었다.

이러한 두 견해는 끝내 합의점을 찾지 못했으며, 결과적으로 802.16a 규격과 호환성을 가지면서 단말의 이동성을 부여하는 표준 개발은 IEEE 802.16 그룹 내의 802.16e TG(Task Group)에서, 그리고 완전히 새로운 고속 이동성(최대 250km/h)을 지원하는 표준 개발은 이의 표준화를 위해 새롭게 만든 IEEE 802.20 그룹에서 각각 추진하게 되었다.

현재 IEEE 802.20은 표준안을 만들기 위한 전 단계로 MBWA 시스템이 갖추어야 할 요구사항, 제안된 기술들에 대한 비교 평가 방법론 등을 정립하는 단계이다. 이를 효율적으로 추진하기 위하여 IEEE 802.20 내에 세 개의 Correspondence Group(CG), 즉 MBWA 시스템의 요구사항을 정의하는 requirements CG, 제안된 기술을 비교 평가하는 방법론을 정의하는 evaluation criteria CG, 기술을 비교평가하기 위한 시뮬레이션에서 사용될 채널 및 트래픽 모델을 정의하는 channel & traffic model CG를 만들어 활동하고 있다.

가장 먼저 선행되어야 할 요구사항 정의 작업은 2003년 5월부터 수행되어 왔으나 참여 업체들간의 첨예한 대립으로 진전이 무척 더딘 상태이며, 2004년 5월 현재까지도 아직 완성이 되지 않은 상태이나 곧 마무리 될 것으로 보인다. 이후에는 evaluation criteria 정의 작업을 본격적으로 수행할 것으로 보이며, MBWA 후보 기술 제안은 2004년 말에 시작하는 것을 목표로 하고 있다.

#### 4. ITU-R WP8F

ITU-R WP8F는 IMT-2000 권고의 개정과 추가 주파수 이용, IMT-2000 진화 시스템, B3G 시스템에 대한 연구를 수행하기 위해 2000년 3월 ITU-R의 SG8 내에 신설되었다.

ITU-R WP8F는 IMT-2000 진화 시스템 및 B3G 시스템 개발의 비전과 프레임워크에 대한 PDNR(Preliminary Draft New Recommendation) 문서 작성을 완료하였다. WP8F는 이 문서를 통해 B3G 시스템의 최대 데이터 전송속도는 고속이동 환경에서 100Mbps, 저속이동 및 정지상태에서 1Gbpsfh, 이는 새로운 이동 액세스와 새로운 nomadic/local 영역 무선 액세스 기술에 의해 제공되는 것으로 정의하였다.

WP8F는 또한 이 문서에서 2007년에 있을 WRC-07에서 이들 시스템을 위한 주파수가 할당되고, 그 이후 B3G 시스템의 표준화가 이루어질 것이며, 개발된 표준을 만족하는 시스템 개발을 거쳐

<표 2> WP8F의 주요 WG별 업무 범위

WG	업무 범위
Future Services & Market Aspects <b>WG SERV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 잠재적인 스펙트럼 요구 측면에서 WRC-07 준비 지원을 위한 서비스, 시장 및 스펙트럼 계산 방법론 관련 연구</li> <li>- IMT-2000 진화 시스템과 B3G 시스템에 의해 제공될 수 있는 잠재적 서비스 및 응용 분야의 예 제시</li> <li>- 이러한 미래 서비스 및 시장 관련 작업은 WP8F의 전체적인 방향을 견인</li> </ul>
Technology <b>WG TECH</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선 액세스 기술의 잠재적인 능력과 트렌드에 대한 가정 측면에서 WRC-07 준비를 위한 기술적인 입력을 제공</li> <li>- 외부 연구 및 표준화 포럼과의 연락</li> <li>- IMT-2000 무선 인터페이스 관련 권고 개정</li> </ul>
Spectrum <b>WG SPEC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IMT-2000 진화 시스템과 B3G 시스템의 소요 스펙트럼을 충족시킬 수 있는 후보 주파수 대역의 평가</li> <li>- 다른 무선 서비스/시스템들과 IMT-2000 진화 시스템 또는 B3G 시스템과의 주파수 공존 및 공유문제 연구</li> </ul>

2011년 이후 새로운 시스템이 전개될 것이라는 예상 일정을 제시하였다.

현재 WP8F는 WRC-07에 대비하여 이들 시스템을 위한 소요 스펙트럼과 후보 주파수 대역에 대한 연구에 주로 집중하고 있으며, 이를 위해 WG SERV, WG TECH, WG SPEC 등의 WG을 운영하고 있다. <표 2>는 WP8F의 주요 WG의 업무 범위를 정리한 것이다.

### III. 4세대 이동통신 관련 포럼 동향

#### 1. WWRF

WWRF는 유럽의 IST(Information Society Technologies) 프로그램 내의 WSI(Wireless Strategic Initiative) 프로젝트에서 출발하였으며, Alcatel, Ericsson, Nokia, Siemens, Motorola 등에 의해 2001년 공식적으로 창립되었다. 현재는 유럽, 아시아, 북미, 오스트레일리아 등의 제조업체, 서비스 업체, 연구개발센터 및 학교 등 약 150 단체가 가입하여 활동하고 있다.

WWRF는 무선 세계(wireless world)에 대한 일관성 있는 비전 개발 및 유지, 이동 및 무선 시스템을 위한 연구 분야와 기술 및 사회적 추세(trends)의 생성, 확인 및 증진, 새로운 기술에 대한 잠재력 확인 및 평가, 국내외 연구 프로그램의 생성 등을 주요 목적으로 하고 있다. WWRF의 목표는 무선 시장을 좀더 활발하게 성장하는 시장으로 만들어 서로 다른 영역의 참여자들이 성공할 수 있는 기회를 주고자 하는 것이며, 장기 전략은 미래의 표준화를 용이하게 하여 전세계적인 제품과 서비스 시장을 창출토록 하는 것이다[6].

2003년 9차 회의까지는 WWRF에 4개의 WG이 있었으나, 현재는 7개의 WG와 3개의 SIG(Special Interest Group)으로 구성되어 있다.

WG1은 인간 관점에서 사용 시나리오와 사용자 기준 모델에 대해 연구하는 그룹으로 사용 시나리오 분석, 사용자 기준 모델, 사용자 인터페이스 기술, 사용자 중심 설계(user centered design) 프로세스에 대한 백서를 완성하였고, 향후 WG1의 이름을 "Human perspective & Future service"로 바꾸어 사용자 기준 모델에 따른 시나리오에 입각한 다양한 서비스 발굴과 요구사항을 정립할 예정이다. WG2는 서비스 구조를 연구하는 그룹으로 현재 서비스 시맨틱에 대한 개념은 정립된 상태로, 모든 계층을 위한 일반적인 서비스 요소들에 대한 작업을 진행하고 있다. WG3은 cooperative 네트워크와 ad-hoc 네트워크에 대해 논의를 진행하고 있다. WG4는 새로운 무선접속 방식과 릴레이 기반 시스템에 대해 연구하는 그룹으로 현재 새로운 무선접속 방식의 요구사항 및 해결책, 광대역 다중반송과 무선접속 방식, 스마트 안테나 등에 대한 백서가 완성되었다. 현재 작성중인 백서는 없으며, 세계 각국의 학교, 산업체, 연구소에서 진행중이거나 완료된 다양한 연구결과들이 WG4 회의에서 활발히 발표되고 있다. WG5와 WG6는 각각 WG4와 WG3에서 분리되어 2003년 10월 뉴욕 회의에서 새로 구성된 연구그룹으로 근거리 무선통신 시스템과 재구성 시스템을 다루고 있다.

SIG1, SIG2, SIG3도 역시 2003년 10월 뉴욕 회의에서 결성되어, 차세대 이동통신 시스템을 위한 주파수 대역, 보안 방식, 자기 조직화 시스템(self-organized system)에 대한 토론의 장을 제공하며 WG의 모든 참여자의 참여를 유도하고 있다[7].

WWRF는 유럽에서 시작된 유럽 중심의 포럼이었으나 현재는 유럽뿐만 아니라 전세계 국가의 참여를 유도하고 영향권을 확대하고자 노력 중이다. 이를 위해 아시아 지부와 북미 지부를 두고 있으며, 유럽의 UMTS, 일본의 mITF, 미국의 IEEE ComSoc 등과의 교류를 확대하고 있다.

## 2. mITF

일본의 mITF[8]는 미래 이동통신 시스템 및 서비스의 실현을 목표로 2001년 6월 설립되었으며 그 주요 활동은 다음과 같다.

- 미래 이동통신 시스템과 서비스(4세대 이동통신 시스템 및 상업 서비스를 포함)에 관한 R&D 및 표준화 연구
- 미래 이동통신 시스템 및 서비스에 관한 정보 수집, 교류 및 제공
- 미래 이동통신 시스템 및 서비스에 관련된 단체들간의 조화 및 조율
- 미래 이동통신 시스템 및 서비스를 위한 진흥 및 교육 활동

mITF 포럼의 주요 위원회로는 4th Generation Mobile Communication Committee와 Mobile Commerce Committee가 있으며, 각 위원회의 역할은 다음과 같다.

○ 4th Generation Mobile Communication Committee  
4세대 이동통신 시스템의 구성 및 응용을 명확히 하고, 또한 2010년경 이의 상업적 도입을 예상하여 확실한 단기 활동들(short-term activities)을 제안함으로써 산업체와 대학의 관련 R&D 및 표준화 활동을 위한 토대를 제공하는 것을 목적으로 한다. 단기 활동들은 다음과 같다.

- 4세대 이동통신 시스템 R&D 및 표준화를 위한

프레임워크 확립

- 4세대 이동통신 시스템을 위한 구조 및 개발 시나리오 연구
- 국내외 기관(ITU, 표준화 포럼, 연구소, 표준화 단체 등)과의 협력
- 타 시스템과의 연동에 대한 연구

- 새로운 요소기술에 대한 연구 테마 선정, 연구 및 평가

○ Mobile Commerce Committee

필요한 산업표준을 조기에 제정함으로써 이동 상거래(mobile commerce)의 진흥 및 보급에 공헌하는 것을 목적으로 한다.

4th Generation Mobile Communication Committee는 2004년 4월 이동통신 시스템에 대한 비전, 미래의 이동통신 서비스의 이미지와 수용성(acceptability), 사업 모델과 사용자 관점에서의 요구사항, 그리고 이를 위한 주요 요소기술 등을 정리한 문서의 개정(Ver.2.00) 작업을 완료하였다[9].

## 3. NGMC 포럼

NGMC 포럼은 기존의 '4세대 이동통신 비전 연구위원회'를 확대 개편하여 설립된 것으로, 국내외 주요 통신사업자, 국내외 제조업체, MIC, 연구기관, 그리고 대학의 전문가들을 회원으로 하여 2003년 11월에 설립되었으며, 관련기술 동향 분석과 비전 확립, WWRF, mITF, FuTURE 등 외국 포럼과의 표준화 및 국제 협력, R&D 전략 조정, 스펙트럼 할당계획 수립 등을 목적으로 하고 있다.

NGMC 포럼은 운영위원회(Steering Committee)와 3개의 분과위원회(WG), 그리고 사무국으로 구성되어 있다.

운영위원회는 포럼의 최상위조직으로, WG 위원장들과 차세대 이동통신과 관련된 산·학·연 각 분야의 대표자들을 중심으로 구성되며, 이동통신 분야의 미래에 대한 방향 제시와 각 WG에서 연구되고 결정된 사항들에 대해 최종적으로 검증·승인하는 역할을 수행한다.

또한 총회 내에 국제적 협력을 위한 전담반을 두어 이를 통해 WWRF, mITF, FuTURE, Mobile VCE 등과 같은 관련 해외 포럼 또는 프로젝트와의 상호협력 관계 증진에도 힘쓰도록 하였다.

WG으로는 Market & Service WG, System & Technology WG, Spectrum WG 등이 있으며, 각 WG의 업무는 다음과 같다.

○ Market & Service WG

- 이동통신 시장 및 서비스 발전 동향 분석
- 무선 인터넷 시장 활성화를 위한 정책적 제안
- 유, 무선 통합 환경에서의 새로운 서비스 개발 현황 분석
- 광대역 서비스 발전 추세 및 무선 환경에서의 적용 가능성 분석
- 무선 인터넷 시장 및 3G 시장에 대한 수요 조사를 통한 4G 시장의 수요 예측

○ System & Technology WG

- 차세대 이동통신 구성 기술들에 대한 명확한 정의 및 적용 기술 선정
- 차세대 이동통신 핵심 기술에 대한 평가, 연구 및 기술적 목표 설정
- 차세대 이동통신 관련 기술 및 서비스에 대한 정책 및 표준안 제시
- 차세대 이동통신 관련 해외 포럼과 기술개발 협력 및 공조

○ Spectrum WG

- 이동통신 주파수 이용 동향 분석
- 이동통신서비스 활성화를 위한 주파수 이용에 관한 계획안 제안
- 4G 이동통신 스펙트럼에 대한 논의

## IV. 국외 기술개발 동향

### 1. 북미

북미 지역에서는 차세대 이동통신 시스템 개발과 관련한 범국가적인 연구 프로젝트나 활동은 두드러지지 않으며 각 업체 단위로 연구개발을 진행하고

있다. 이와 관련하여 대형 이동통신 시스템 제조업체는 요소기술 및 테스트베드 개발 형태로 차세대 이동통신 기술 개발을 수행하고 있으며, 중소형 통신 업체들은 단기적으로 현재 시스템을 대체할 수 있는 향상된 성능의 시스템 개발에 주력하고 있다.

Lucent Bell Labs에서는 차세대 이동통신 시스템에서 All-IP 개념 및 MIMO가 중심적인 역할을 수행할 것으로 보고 있다. Bell Labs은 자체 특허인 BLAST(Bell Labs Layered Space-Time) 기술을 중심으로 한 다양한 MIMO 기술과 테스트베드 개발을 수행해 왔으며, 이와 함께 자체 MIMO 기술을 IMT-2000 진화 시스템과 IEEE 802.20 등에 적용하기 위한 활동을 수행하고 있다.

Motorola에서는 광대역 통신을 위한 실험시스템을 구축하는 한편, 셀룰러 관점에서의 광대역 무선 접속방식 연구와 광대역 적응 안테나 전송방식 연구를 중점적으로 수행하고 있다. Motorola에서 구축한 실험시스템은 2x2 MIMO-OFDM 시스템으로 3.675GHz(시험 주파수 대역)에서 20MHz 대역폭을 이용하며, 듀플렉싱은 TDD, 채널 부호는 길쌈 부호와 터보 부호, 다중안테나 방식은 STBC(Space Time Block Code)와 공간 다중화 기법을 적용하였으며, 시카고의 연구소에 설치된 6섹터 셀을 이용하여 시험 데이터를 수집하고 있다.

Motorola는 또한 OFDM 또는 확산 OFDM 등의 변조방식 연구, 터보부호와 LDPC(Low Density Parity Check) 부호와 같은 채널부호 연구, IP 중심의 MAC을 기반으로 한 링크 적응방식 연구 등을 수행하고 있으며, 이러한 기술을 셀룰러 환경에 적용할 때 셀 구성에 따른 성능 향상 잠재력을 조사하고 있다. 또한 광대역 적응 안테나 전송방식과 관련해서는 송수신 안테나를 사용하여 송수신 다이버시티 기법의 적용 및 채널 추정방식 연구, 빔형성 기법, 공간 다중화, 시공간 부호 등의 여러 기법에 대한 연구를 수행하면서 최적방식을 모색하고 있다[10].

캐나다 Nortel Networks는 3세대 시스템의 진화 및 4세대 이동통신 시스템을 위하여 5MHz 대역에서 OFDM을 기반으로 다중 빔과 MIMO를 함께 사용하는 패킷 기반 실험시스템을 개발하였다. 다중

빔과 MIMO를 동시에 적용하기 위하여 3섹터 셀에서 섹터 당 3개의 빔을 형성하고 각 빔에 대해 이중 편광(dual polarization) 안테나를 이용한 MIMO 기법을 사용하였다. 다중접속 방식으로 하향링크는 OFDM/TDMA, 상향링크에는 OFDMA를 사용하고 있으며, 무선 채널 변화에 대한 MIMO/변조/채널 부호화의 빠른 적응 송신기법과 패킷 스케줄링을 적용하였다[11].

요소기술 개발 위주의 대형 제조업체와 달리 중소기업들은 이동 인터넷 서비스를 제공하는 IP 기반의 무선 통신 시스템들을 개발하였으며, ArrayComm사의 i-Burst, Flarion Technologies사의 flash-OFDM, Navini Networks사의 Ripwave 등이 그들이다.

ArrayComm사의 i-Burst는 스마트 안테나 기술을 중심으로 한 TDMA/TDD 시스템으로, 채널 당 625kHz 대역폭으로 20Mbps/5MHz를 제공하는 시험시스템을 개발하여 상용화를 준비하고 있다. Flarion Technologies사의 flash-OFDM은 2, 3세대 셀룰러 시스템을 대체할 목적으로 개발되었으며, 주파수 도약 OFDMA/FDD 기술을 기반으로 하고 LDPC 부호와 기회적 빔형성(opportunistic beam-forming) 기술을 적용한 시스템으로, 3.2Mbps/1.25MHz의 시험시스템을 개발하였으며, 이 역시 상용화를 눈앞에 두고 있다. Navini Networks사의 Ripwave는 고정 광대역 접속을 위한 시스템으로 TDD 기반의 다중 반송파 동기 CDMA 방식과 스마트 안테나, 그리고 간섭 완화 기법을 채택하고 있다.

## 2. 유럽

유럽의 연구 활동은 'Framework Programme'으로 불리는 4년 단위의 프로그램을 기반으로 수행되고 있으며, 현재 2003년에서 2006년 동안의 연구 및 기술개발을 위한 6차 Framework Programme(FP6)를 진행중에 있다. FP6에서 이동 및 무선 시스템에 관련된 프로젝트를 위해 약 111M€이 할당되어 있으며, 산·학·연의 통합 프로젝트를 장려하고 있다[12].

이동통신 시스템과 관련된 FP6 내의 프로젝트로는 'WINNER', 'E2R', 'Ambient Networks'가 있으며, 또한 현재 협상을 진행중인 MobiLife가 있다.<sup>1)</sup> 이들은 모두 Alcatel, Ericsson, Siemens, Nokia, Motorola에 의해 주도되는 일종의 공동연구 협력체인 'Wireless World Initiative(WWI)'에 속해 있다. 'WINNER' 프로젝트는 Siemens의 주도 하에 근거리에서부터 넓은 영역까지의 차세대 무선/이동통신 시스템을 위한 새로운 무선접속 방식을 연구하며, 'E2R' 프로젝트는 Motorola 주도 하에 재구성 시스템을 위한 'end-to-end re-configurability'에 대한 연구를 수행하고 있다, 또한 'Ambient Networks' 프로젝트는 Ericsson의 주도 하에 차세대 무선 서비스를 위한 네트워크에 대해 주로 연구하며, 아직 승인되지 않은 'MobiLife' 프로젝트는 Nokia를 중심으로 사용자 관점에서의 편리성 및 보안, context-awareness 등 사용자 관점의 서비스 제공에 대한 연구를 수행할 계획이다[13].

그 밖에도 차세대 이동통신 시스템을 구성하는 한 부분으로 이동 위성통신 시스템에 대한 연구를 수행하는 'MAESTRO', 초광대역 통신 시스템을 연구하는 'PULSERS', 무선 PAN 시스템을 연구하는 'MAGNET', 최종단 사이의 서비스 제공을 위한 'DAIDALOS' 등의 프로젝트를 승인 또는 논의 중에 있다.

한편, 유럽에서도 송수신 다이버시티, 빔 형성, MIMO, 시간/주파수/공간 등의 다차원 적응 전송방식, 부호/시간/주파수/공간 등의 다차원 자원 할당방법 및 오류정정 부호가 중요한 연구 주제이며, 다중 접속 방식으로 OFDM/CDMA에 대한 연구가 특히 활발하고, 셀 환경에 따른 CDMA와 OFDM의 혼합 방식, 상향링크에서의 GMC-xDMA(Generalized multicarrier FDMA/CDMA/TDMA)<sup>2)</sup> 등도 연구되고 있다.

이렇게 유럽은 차세대 이동통신 시스템에 대하여 구체적인 시스템 개발보다는 여러 회사들의 협력을 통해 미래에서 주도될 서비스 및 시나리오, 요소기

1) 2004년 2월 28일 기준

2) Siemens가 중국의 동남대와 함께 수행하는 FuTURE 프로젝트에서 고려하는 방식임

술 개발에 더 중심을 두고 있다. 유럽에서 논의되고 있는 차세대 이동통신 시스템을 위한 주파수 대역은 2~6GHz 대역으로 아직까지 구체적인 대역이나 대역폭은 미정이며 WWRF와 ITU-R을 통한 논의를 통해 의견을 수렴할 예정이다.

### 3. 일본

일본 총무성(舊우정성)은 2001년 6월 '차세대 이동통신 시스템의 비전보고서'를 통해 정부 차원의 차세대 이동통신 기술개발 계획을 확정하였다. 이 계획은 차세대 시스템의 개념 및 새로운 시스템의 요소기술과 실현 방법, 연구개발 및 표준화 활동을 포함하고 있다.

일본은 1990년대 말에 개발한 PDC(Personal Digital Cellular)와 cdma2000 1x 시스템 상용 서비스(KDDI)를 하고 있고, 2G 기반의 i-mode 서비스 및 3G W-CDMA 기반의 FOMA 서비스가 제공 중이다. 그러나 3G 망은 선명한 동영상을 주고 받기에는 일부 미흡한 점이 있고, WCDMA와 cdma2000 등 서로 다른 기술을 사용하는 가입자들 간에 음성 및 데이터 통신 연결이 원활하지 않으므로, 일부 서비스 및 장비 업체들은 3G보다 한 단계 더 진화한 4G 기술을 개발하는 데 주력하고 있다.

일본에서 가장 주도적으로 차세대 연구를 수행중인 NTT DoCoMo는 차세대 이동통신기술의 조기 상용화를 위해 OFDM 기반의 고속전송기술을 집중 연구하고 있다. NTT DoCoMo의 차세대 광대역 무선 접속은 단일 셀과 다중 셀 환경에서 모두 동일한 무선 인터페이스의 사용을 목표로 하고 있다[14]. 데이터율은 100MHz 대역의 하향링크에 대해 셀룰러 시스템에서는 100Mbps 이상(16QAM, 적응 안테나 기술), 전파특성이 좋은 일부 환경에서는 1Gbps 이상(64QAM, 다중 안테나 기술)까지를 목표로 하며, 40MHz 대역 상향링크에 대해서는 각각 30Mbps, 300Mbps 이상을 목표로 하고 있다. 또한 다양한 QoS를 요구하는 여러 종류의 데이터를 지원하는 유연한 패킷 접속과 넓은 셀 서비스 구역, 높은 주파수 효율을 예상하고 있다.

NTT DoCoMo의 VSF-OFCDM(Variable Spreading Factor-Orthogonal Frequency and Code Division Multiplexing) 기술은 하향링크 무선접속 방식으로 OFDM의 높은 전송률과 확산을 통한 CDMA의 주파수 재사용 효율을 동시에 얻고자 하는 방식으로, 셀 구조, 채널 부하, 무선링크 상황 등에 따라 적응적으로 확산계수를 변화시켜 다양한 무선 환경에서 높은 시스템 용량을 얻고자 한다. 확산은 시간축과 주파수축의 이차원에서 이루어지며, 정보비트율, 도플러 주파수, 지연 확산, 변조 기법 등에 따라 시간 확산계수와 주파수 확산계수를 조절하여 전체 확산계수를 얻는다. 상향 링크에서는 VSCRF(Variable Spreading and Chip Repetition Factors)-CDMA 기술을 사용하는데, 이는 셀 구조, 채널 전파 환경, 접속 사용자 수 등에 따라 확산계수와 칩 반복계수를 적응적으로 조절한다.

NTT DoCoMo는 테스트베드를 구성해 실험실에서 시험을 수행하였으며, 셀룰러 환경에서 하향과 상향링크 각각 100Mbps 및 20Mbps 이상의 최대 성능을 얻은 것으로 발표하였다. 이 테스트베드에서 하향과 상향 반송파 주파수는 4.635GHz 및 4.9GHz, 하향과 상향 대역폭은 100MHz 및 40MHz, 프레임 길이는 0.5ms, 변조 방식은 QPSK/16QAM/64QAM, 채널 부호는 터보 부호, 하향과 상향 무선접속은 각각 VSF-OFCDM과 VSCRF-CDMA 방식을 이용하였다.

### 4. 중국

중국은 863 과제의 일환인 FuTURE(Future Technologies Universal Radio Environment) 프로젝트를 중심으로 4세대 무선통신에 대한 연구개발을 수행하고 있다. FuTURE 프로젝트는 2001년부터 시작되어 2010년까지 진행될 예정이다. 중국은 자국 시장의 규모 및 성장 잠재력을 강점으로 삼아 독자적인 기술표준을 수립한다는 전략으로 유럽, 미국 등의 이동통신 선진업체들을 자국 표준화에 합류시키는 전략을 구사하고 있다.

따라서 중국 자체 표준과의 연계가 향후 중국 시



장확보의 최소 요구사항이라는 점을 감안할 때 글로벌 표준화 대응만큼이나 중국 이동통신 표준에 대한 적극적인 참여가 필요하며, 이에 대응하기 위해서는 중국과 공동연구를 수행하는 형태가 가장 합리적인 방법일 것이다. 국내 연구소/기업의 동향으로는 삼성전자가 최근 FuTURE 프로젝트에 참여하였으며, ETRI도 현재 FuTURE 참여를 추진 중이다. FuTURE 프로젝트의 범위 및 주요 진행현황은 다음과 같다.

#### 가. FuTURE 프로젝트의 주요 기술

FuTURE 프로젝트에서는 B3G 또는 4G에 적합한 다중 접속 기술로서 고효율의 OFDM, GMC (Generalized Multi-Carrier) 및 TDMA/FDMA CDMA 혼합방식을 고려하고 있으며, 이러한 기본 기술에 바탕하여 성능을 증대하기 위한 여러 기술들을 연구하고 있다. 현재 활발히 진행 중인 성능 증대 기술들은 아래와 같다.

- MIMO: Spatial Time Coding and Signal Processing
- Adaptive Modulation and Coding
- Turbo Receiver
- LDPC Coding

이와 같은 기본 기술 및 성능 증대를 위한 기술들에 대해 여러 세부 과제들이 진행되고 있는데 이를 기술별 범주로 분류하여 보면 다음과 같다.

- Radio Access Techniques
- Wireless LAN & ad-hoc
- MIMO & RF
- 3G-based ad-hoc
- IPv6-based Mobile Core Network
- Generic Techniques for Mobile Communications System Structure, Requirement & High Layer Applications

#### 나. FuTURE 프로젝트 기관별 연구현황

다음은 FuTURE 프로젝트에서 각 연구기관별 연구현황이다. 위에서 언급한 기본 기술 및 성능 증대

를 위한 기술 연구개발이 각 연구기관별로 진행되고 있는데, 아래에서 볼 수 있듯이 대부분의 프로젝트가 중국 내의 대학과 세계의 선진업체들이 파트너가 되어 공동연구를 진행하고 있다.

- SEU & Siemens AG
  - GMC-TDD-xDMA 및 시험시스템 개발
  - 1단계는 2002년 5월~2004년 6월로써 시험시스템을 개발하고 검증을 실시하며, 2단계는 2004년 7월부터 시작되며 1단계에서 개발된 시험시스템의 성능 개선이 목표
- BUPT WRI Lab & Samsung
  - 다중 접속: TD-MC-CDMA
  - 이중화: TDD
  - 상향링크 주요기술: OFDM with joint detection
  - 하향링크 주요기술: OFDM with joint transmission
- UESTC & ZTE
  - OFDMA(or SC-FDE)/MC-CDMA/FDMA/TDMA
  - Adaptive multi-carrier modulation
- Tsinghua Univ.
  - 하향링크: OFDM with joint transmission
    - Flexible Slot/Freq. Allocation
    - 10MHz 대역폭, 1024 FFT size, 10kHz 부대역폭
  - 상향링크: MC-DS-SS with joint detection, FDMA/CDMA
    - 10MHz 대역폭, 8 sub-carriers, 1.25MHz 부대역폭
- USTC & Huawei
  - GCD-OFDM 기반 시스템
  - 파일럿 설계에 비중을 많이 둠
  - 무선 자원 관리
  - 테스트베드 구현 예정

## V. 국내 기술개발 동향

국내에서도 차세대 이동통신 기술에 대한 관심이 크게 증가하고 있으며, 특히 현 정부가 의욕적으로

추진중인 신성장 동력 연구 중에서도 매우 중요한 분야로 간주되고 있다. 국내에서 차세대 이동통신 기술 연구를 현재 가장 적극적으로 수행하고 있는 곳으로는 ETRI와 삼성전자가 있으며, LG 전자 등도 차세대 이동통신에 대한 연구를 보다 확대할 계획이다. 여기서는 이중 ETRI와 삼성전자의 기술개발 동향만 간략히 소개하고자 한다.

## 1. ETRI

ETRI는 2001년 IMT-2000 비동기 시스템을 개발을 완료하였으며, 이후 2002년부터 2007년까지 6년 계획으로 4세대 이동통신 기술개발 사업을 수행하고 있다. 이 사업은 크게 차세대 셀룰러 시스템의 물리계층과 MAC 계층, 그리고 무선 LAN의 핵심 기술을 개발하는 초고속 패킷 무선전송 기술개발과, 4세대 이동통신 망 구조와 관련 기술, 그리고 기지국과 단말 기술을 개발하는 소프트 네트워크 기술개발로 구성된다.

초고속 패킷 무선전송 기술개발은 ITU-R WP8F에서 정의한 고속 이동 환경에서 100Mbps, 고정/노매딕 환경에서 1Gbps를 제공하는 무선전송 기술개발을 궁극적인 목표로 하고 있다.

고속 이동 환경에서의 차세대 셀룰러 시스템 기술의 경우 HMm(High speed Mobile multimedia)이라는 코드명을 사용하고 있으며, OFDM 기반의 물리계층과 MAC 규격 개발을 완료하고, 현재는 이 규격의 검증용을 위한 선도개발을 수행중이다. 또한 이와 병행하여 시스템 성능과 용량을 증대시키기 위한 다양한 요소기술 개발을 수행하고 있으며, 이와 같이 개발된 요소기술을 적용하여 기존 규격을 개정해 나갈 계획이다. 이러한 기술개발 노력과 더불어 ETRI는 MBWA를 위한 규격 제정을 목표로 하는 IEEE 802.20에 적극적으로 참여하고 있으며, ITU-R WP8F, WWRF 등 차세대 이동통신 관련 단체의 활동에도 참여하고 있다.

무선 LAN 기술과 관련해서는 IEEE 802.11a 규격의 모델과 MAC 프로세서 개발을 완료하였으며, 현재는 IEEE 802.11a 등 기존 무선 LAN 보다 3~4

배 높은 스펙트를 제공하는 표준 개발을 목표로 하는 IEEE 802.11n TG 활동과 연계하여 차세대 무선 LAN 기술개발을 수행하고 있다.

이와 같은 연구개발의 수행을 위해 국내외 우수 대학과 공동연구를 수행하고 있으며 이를 보다 체계적이고 효율적인 모습으로 확대해 나갈 계획이다. 또한 현재 중국의 4개 대학과도 공동연구를 수행하고 있으며, 중국측과 FuTure 프로젝트 참여를 합의하고 계약 추진중이다. 또한 Motorola, Nortel, Siemens 등 외국 장비업체와의 교류와 협력을 확대해 오고 있으며, 이제 포괄적인 협력단계를 넘어 보다 구체적인 협력방안을 협의하고 있는 중이다.

## 2. 삼성전자

삼성전자는 2세대 및 3세대에서의 사업성공을 발판으로 삼아 차세대에서는 원천/핵심기술의 확보를 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 삼성전자는 차세대 이동통신 분야를 단기적인 것과 중장기적인 것으로 분류하고 있다. 단기적인 연구개발은 IMT-2000 진화 시스템과 ETRI, SK Telecom 등과 공동으로 개발하고 있는 HPI 등을 들 수 있다. 중장기적인 연구개발은 4세대 이동통신에서의 원천/핵심 기술의 확보를 목표로 하여 삼성전자 및 삼성종합기술원에서 여러 국내외 우수 학교, 연구기관 등과 공동연구를 진행하고 있다.

4G의 경우 IPR 선형확보를 위해, 가능한 주요 기술군들에 대한 연구를 자체 또는 위탁연구를 통해 진행하고 있다. 대표적인 연구개발 분야로는 OFDMA, MC-CDMA 및 OFDM 등에 기반한 복합 다중접속 방식 시스템 규격 개발과 MIMO, AMC, 고성능 수신, 오류정정 부호 등의 핵심요소기술이다. 이러한 연구개발은 국내의 우수 대학의 여러 연구진들에 의해 동시에 여러 가지 방식들에 대해 연구가 진행되고 있다. 또한 해외의 우수대학과도 핵심 요소기술개발을 위한 프로젝트가 상당수 진행되고 있다. 표준화에서의 입지를 강화하기 위해 ITU-R WP8F 및 WWRF 등의 차세대 지향적인 이슈가 많이 논의되는 단체에도 적극 참여하고 있다. 또한 앞에서 언급한 바와 같이

향후 중국에서의 차세대 이동통신 표준을 대비하기 위한 일환으로 중국 FuTURE 프로젝트에도 참여하고 있다.

## VI. 결론

3GPP에서는 B3G 또는 4G에서도 핵심기술이 될 MIMO와 OFDM이 RAN WG1의 work item과 study item으로 정해져 연구중이며, 3GPP2는 차세대 이동통신 기술이라는 관점에서 주목할 만한 움직임은 눈에 띄지 않는다. 현재 차세대 이동통신 분야와 관련하여 가장 활발한 움직임을 보이는 곳은 전통적인 셀룰러 이동통신 분야와 별 관계가 없던 IEEE 802이다.

ITU-R WP8F에서는 IMT-2000의 추가 주파수 대역 및 B3G를 위한 소요 주파수 대역을 산출하고 후보 주파수 대역을 탐색하는 등의 연구를 진행중이며, 2007년 WRC-07에서 B3G용 주파수가 할당되는 것을 전후로 본격적인 표준화가 진행될 것으로 전망된다. 이러한 예측을 바탕으로 유럽 중심의 WWRF, 일본의 mITF, 국내의 NGMC 포럼 등 차세대 이동통신에서의 주도권 확보를 위한 포럼들이 결성되어 활발히 활동중이며, 이들간의 협력도 모색되고 있다.

이와 함께 차세대 이동통신 분야에서의 기술경쟁력 및 표준화 주도권 확보, 그리고 단기적으로 3세대 이동통신을 대체하는 기술개발이 활발히 진행되고 있으며, 기술 관점에서의 대체적인 흐름은 OFDM이 광대역 이동통신을 위한 기반기술로 자리매김 되었고, 다중접속 방식의 경우 CDMA와 FDMA의 두 기술에 대한 연구가 주로 이루어지고 있다. 또한 MIMO와 빔 형성을 포함한 다중안테나 기술, AMC 기술, 오류정정 부호 기술, 자원 할당 및 관리 기술 등 시스템의 성능과 용량을 증대시키기 위한 다양한 기술의 개발이 진행중이다.

국내의 경우 3세대 이동통신까지는 규격 개발을 주도하거나 핵심기술을 보유하는 수준에 이르지 못하고 시스템 개발에 보다 치중했던 것이 사실이

다. 그러나 한국은 이러한 시스템 개발 등을 통해 기술과 경험을 축적해 왔으며, 이에 따라 현재는 이 분야에서 세계의 주요 선진국과의 경쟁이 가능한 정도로 발전했다고 판단된다. 따라서 이동통신과 관련한 R&D 전략도 이렇게 바뀐 환경과 우리의 자체 역량을 고려하여 수립되고 시행되어야 할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] 3GPP TR 25.876(V1.5.0): "Multiple-Input Multiple-Output in UTRA," 2004.
- [2] 3GPP TR 25.996(V6.0.0): "Spatial Channel Model for Multiple Input Multiple Output(MIMO) Simulations," 2004.
- [3] 3GPP TR 25.892(V1.2.0): "Feasibility Study for OFDM for UTRAN Enhancement," 2003.
- [4] TTA 저널, 국제표준화회의 참가보고 - 3GPP2 서울회의, 제92호, 2004, pp.166-169.
- [5] IEEE 802.20-PD-02: "Mobile Broadband Wireless Access Systems: Approved PAR," 2002.
- [6] <http://www.wireless-world-research.org>.
- [7] [http://wireless-world-research.org/general-info/Documents/WWRF\\_GeneralPresentation\\_March2004.pdf](http://wireless-world-research.org/general-info/Documents/WWRF_GeneralPresentation_March2004.pdf).
- [8] [http://www.mitf.org/public\\_e/about](http://www.mitf.org/public_e/about).
- [9] Mobile IT Forum: "Flying Carpet - Towards the 4th Generation Mobile Communication Systems - Ver. 2.0," Apr. 2004.
- [10] T.A. Thomas, "4G Research in Motorola." Presented at ETRI, Apr. 28, 2004.
- [11] W. Tong and A. Jefferies, "A High Spectral-Efficiency Broadband Mobile Radio Access System and Performance," WWRF#10 Meeting, WG4, New York, USA, Oct. 27-28, 2003.
- [12] J. Schwarz da Silva, "Remodeling the Wireless Landscape-Technologies of Massive Disruption," WWRF#10 Meeting, Plenary Session, New York, USA, Oct. 27-28, 2003.
- [13] N. Jefferies, "The Wireless World Initiative," WWRF# 8bis Meeting, Beijing, China, Feb. 26-27, 2004.
- [14] M. Sawahashi, "Future Broadband Packet Wireless Access and Its Experiments," *Proceedings of CIC 2003*, Seoul, Korea, Oct. 2003.