

主 題

국내외 4G 이동통신 기술 개발 동향

삼성종합기술원 남승훈, 이연우, 김기호

차 례

1. 소 개
2. 유럽의 이동통신 기술 개발 동향
3. 북미의 이동통신 기술 개발 동향
4. 아시아의 이동통신 기술 개발 동향
5. 결 론

요 약

3세대 이동통신 서비스를 앞둔 시점에 벌써 3세대 이후의 이동통신 시스템에 대한 관심이 고조되고 있다. ITU-R에서는 3세대 이후 new radio access 시스템을 이동 시 최대 100Mbps 서비스를 제공하고 정지 시 최대 1Gbps 서비스를 제공하는 것으로 규정하고 있다. 본 논문에서는 소위 4세대 시스템이라고 하는 3세대 이후 시스템에 대한 국내외 기술 연구개발 동향을 정리하였다. 특히 유럽, 북미, 아시아에서 진행되고 있는 주요 프로젝트들을 정리하여 소개 하였다. 유럽은 IST프로젝트와 WWRF, MVCE에 대하여 소개하였고 북미는 IEEE 표준과 개별 기업의 연구 현황을 간략히 소개 하였다. 그리고 아시아는 일본의 mITF 및 NTT DoCoMo 연구현황, 중국의 FuTURE 프로젝트, 한국의 WiBro와 Hmm에 대하여 소개하였다.

1. 소 개

무선 이동통신의 진화는 "세대 (generation)" 명칭을 사용하여 구별되어 왔다. 현재는 3세대로, 사용자에게 2 Mbps까지의 전송 속도를 지원할 수 있다. 무선 접속 시스템은 대표적으로 회선 방식의 셀룰러 시스템과 패킷 중심의 무선 LAN이 있어 왔다. 무선 인터넷 접속에 대한 요구가 증가하면서, 무선 LAN이 광범위하게 확산되었으며, 셀룰러 망도 접속망의 패킷화를 촉진시키고 있다. 셀룰러 망은 넓은 지역에 걸쳐 광역망을 구성하여, 빠른 이동성을 갖는 단말에게 회선 기반의 음성 서비스를 제공하여 왔다. 무선 LAN은 한정된 좁은 지역 내에서 고정 또는 느린 이동성을 갖는 단말에게 고속 데이터 통신을 제공하여 왔다.

차세대 무선 서비스는 멀티미디어 기반 서비스일 것으로 기대되고 있다. 이러한 서비스를 지

원하기 위해서, 셀룰러 시스템은 충분한 광역성, 고속 이동성을 지원하지만 대역폭 확장이 요구되고, 무선 LAN은 넓은 대역폭을 제공하지만 이동성 및 QoS 지원이 요구된다.

최근, 이동성과 광대역성을 제공하는 무선 접속 기술이 활발히 연구되고 있다. 셀룰러 시스템은 새로운 무선 접속 기술을 적용하여 광대역화를 추구하고 있고, 무선 LAN은 이동성을 제공하기 위한 핸드오버 및 셀룰러와의 연동을 추구하고 있다.

이와 같이 4세대 망은 3세대 망과는 달리 다양한 형태로 구성될 수 있다. 4세대 관련 연구 또한 다양하게 수행되고 있다. 유럽의 경우 IST, WWI, MVCE (UK) 등의 프로젝트들이 있고, 미국의 경우 IEEE, 아시아의 경우 FuTURE 프로젝트 (중국), mIFT Forum (일본), NGMC Forum (한국) 등의 활동이 활발하게 진행되고 있다. 이외에도 WWRF, OFDM Forum, UMTS Forum, 4GMF 와 같은 forum들과 ITU-R, 3GPP, ETSI, IEEE, IETF와 같은 표준화 기관들의 활동이 있다.

4G에 대한 정의 역시 다양하게 나타나고 있다. ITU-R [1] 에서는 3G 이후의 시스템을 enhanced 3G 시스템과 new radio access 시스템

으로 구분하고 있다. Enhanced 3G 시스템은 현존 시스템과 진화하는 시스템들이 항상 최적으로 연결된 (optimally always connection) 형태로 패킷 기반 platform 상에서 통합된 형태가 될 것으로 기대한다. New radio access 시스템은 새로운 무선 인터페이스를 갖는 무선 접속 시스템으로, 최대 100 Mbps의 전송 속도를 지원하는 new mobile access와 1 Gbps까지의 전송 속도를 제공하는 new nomadic/local area wireless access 가 개발될 것으로 기대한다. 이는 beyond 3G 또는 4G 시스템으로 불리우기도 한다.

Nokia [2]의 경우는 ITU-R과 유사하다. 3G 진화는 셀룰러와 같은 existing/evolving 기술과 hot-spot용의 무선 LAN의 결합을 기반으로 하고, 4G 는 2010년 이후에 전개될 새로운 무선 인터페이스와 시스템으로 정의하고 있다. Siemens [3]는 4G의 진화방향을 (i) 인터넷이 이동성과 실시간 서비스를 지원해가는 차세대 인터넷 (next generation internet) 방향과 (ii) 셀룰러가 광대역화 되고 패킷화 되는 차세대 이동 패킷망 방향으로 구분하고 있다. 4G 망에서는 패킷 기반 망을 통해 광대역 무선 이동 멀티미디어 서비스를 제공하는 것으로 정의한다.

본 논문에서는 4G 이동통신 시스템에 초점을

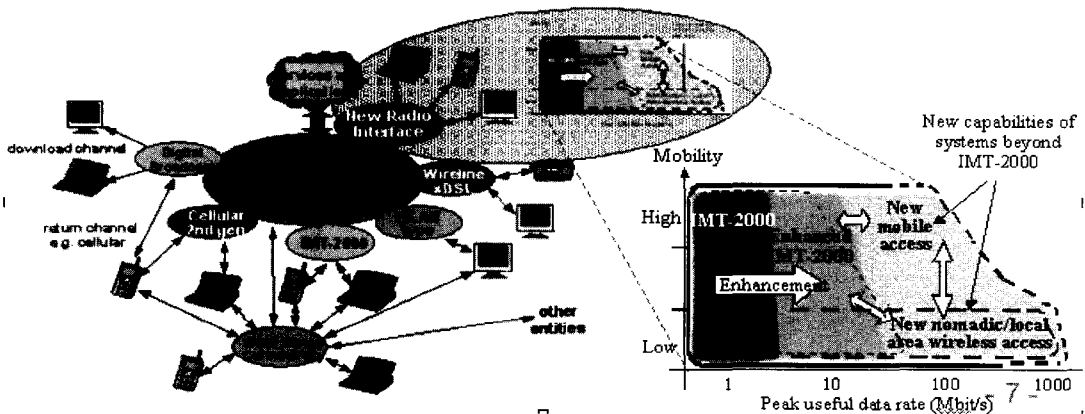


그림 1-1. 3G 시스템과 B3G 시스템의 요구 성능

맞추어 국내외 4G 이동통신 기술 개발 동향을 소개한다. 2절, 3절, 4절에서 각각 유럽, 북미, 아시아의 이동통신 기술 개발 동향을 설명하고, 5절에서 결론을 맺는다.

2. 유럽의 이동통신 기술 개발 동향

현재 유럽에서의 4G 이동통신 시스템은 개념 자체가 불분명한 상태이며, 대학이나, 주요 관련 기업들이 상호 연계하여 전체적으로 윤곽을 잡고 있는 수준이다. 에릭슨이나 노키아가 4G와 관련하여 나름대로 연구를 진행하고 있으며, 각각의 연구소에서 특화 된 기술을 연구하여 궁극적으로는 4G로 통합하는 형태의 시스템을 구상하고 있다. 주요 유럽의 연구형태는 유럽 위원회(European Commission: EC)가 관장하는 IST(Information Society of Technology) 프로그램들과, IST의 WSI(Wireless Strategic Initiative) 프로젝트 결과 설립된 WWRF(Wireless World Research Forum)이 주요 4G 이동통신 핵심기술 교류의 장이고, 여기에는 유럽의 무선 이동통신 시장의 주도자인 노키아, 에릭슨, 지멘스와 알카텔 등이 참여하고 있다. 다음으로, 영국의 대표적인 산학 협동연구 프로그램으로 영국 정부 주관으로 1996년에 설립된 Mobile VCE(Mobile Virtual Centre of Excellence in Mobile and Personal Communication)를 들 수 있다. 이와 같이, 현재 유럽에서는 다양한 접근방법과 형태로 4G에 대해서 준비하고 있다. 각 기업들은 이런 장기적인 거대 규모의 프로젝트에 참여하게 되어 프로젝트의 경과와 결과를 지켜보며 참여하고 방향을 제시하면서 산학간의 consensus를 형성하여 연구를 수행하고 있다.

2.1. 유럽 연합의 IST 프로젝트

유럽의 IST 프로젝트는 1998년 제 5차 프레임워크에 시작되어 2002년에 종료가 되었고, 지금은 제 6차 프레임워크가 시작되었다. IST프로그램은 유럽위원회가 관장하는 것으로 이동통신분야를 포함 EU가 기술 경쟁력 확보 및 정보/지식 사회를 구축하기 위한 목적으로 EU가 fund를 지원하고, 기업과 대학간의 협업을 통한 다양한 기술기반 프로젝트가 진행되고 있다. 구체적인 사업방침(key action)은 다음과 같이 요약할 수 있다 [5].

- 유럽 시민을 위한 시스템과 서비스 개발
- 새로운 업무방식과 전자 상거래방식의 개발
- 멀티미디어 콘텐츠와 톨 개발
- 핵심기술과 인프라

본 논문에서는 이중 핵심기술과 인프라(key action 4)에 속한 하부 과제 중에서 표 2-1와 같은 이동통신, 위성 및 개인휴대통신부문 프로그램에 속한 세부과제를 살펴본다.

이동통신과 위성부문 세부 과제들은 reconfigurability, systems beyond 3G, adaptive antennas, advanced satellite system, location based service와 같이 5가지의 cluster로 구분되는데, 이중에서 본 연구의 관심 분야인 systems beyond 3G 또는 4G 과제들에 대해서 기술 한다. 이에 해당하는 과제들은 ADAMAS, ARROWS, CAUTION, CREDO, FITNESS, EMBRACE, EVOLUTE, FLOWS, FUTURE, IBIS, I-METRA, MATRICE, MIND, MOBILITY, MOBY DICK, ROMANTIK, PRODEMIS, PACWOMAN, MONASIDRE, SATIN, SHAMAN, SUITED, TONIC, VIRTUOUS, WIND-FLEX, WSI 등과 같다. 이중에서 4G 이동통신 핵심기술에 관련된 과제들에 대해서 그 과제들의 목적들과 핵심 이슈 사항들을 정리한다.

- ADAMAS (ADaptive Multicarrier Access System): 적응형 OFDM point-to-multipoint(P-MP) 실외 광대역 고정 무선 시스템에 대한 연구를 수행 하고, 서비스의 대칭성이나, 고주파수대에서의 고속 전송까지도 고려. (10.5GHz의 licensed 대역과 5.8 (5.725~5.825) GHz의 unlicensed 대역을 사용, DTDMA/TDD 방식 적용) [6].
- ARROWS (Advanced Radio Resource Management for Wireless Services): 진보된 무선 자원 관리 (radio resource management: RRM) 및 서비스 품질 (QoS) 관리 솔루션을 제공하는 것이 목표 [7].
- CAUTION++ (Capacity and network management platform for increased utilization of wireless systems of next generation): 3G 이후 시스템에서 요구되는 무선 자원관리 기술과 트래픽 congestion, 실시간 망 모니터링과 같은 기술들을 개발. (분산 실시간 네트워크 모니터링, GSM, GPRS, UMTS 및 WLAN의 계층적(hierarchical) 관리, 이러한 구조에서의 mobile IP 및 All-IP 네트워크로의 이전, 현장 측정) [8].
- ROMANTIK (ResOurce Managment and AdvANced Transceiver algorithMs for multihop networks): 4G 시스템에서 지원될 것으로 예상되는 multi-hop network이나 intelligent relay network을 목표. (UMTS와 HIPERLAN간의 상호연동을 위한 네트워크 설계 기술 개발, MIMO 기술을 이용한 ad-hoc 네트워크에서의 무선자원관리 기술과 MAC, routing 알고리즘 개발, 적응형 변조기술 개발) [9].
- WIND-FLEX (Wireless Indoor Flexible High Bitrate Modem Architecture) : single-hop과 ad-hoc 네트워크에서 무선 실내환경에서 고속 비트 전송률을 제공하는 configurable 모뎀을 설계 목표. (5GHz를 포함하여 17~19GHz 대역에서 64Kbps~100Mbps까지의 속도를 제공, space-time coding, joint equalization, diversity등의 모든 송수신 기술을 도입하여 multicarrier변조방식 기반의 시스템을 개발) [10].

2.2. WWRF(Wireless World Research Forum)

EC의 지원에 의한 IST 프로그램 WSI의 일환으로 "visions of the wireless world"에 관한 작업을 수행하는 WWRF는 2001년 10월에 "The book of visions 2001 - visions of the wireless world"을 발행하고, ITU-R WP8F의 IMT-2000 및 그 이후의 시스템의 비전 작업에 상당한 영향을 발휘하고 있다. WWRF는 open forum으로 3G 이후의 무선통신 세계("wireless world")에 관한 연구를 위해서 UMTS 포럼, ETSI, 3GPP, IETF, ITU 등의 관련 단체들과의 밀접한 협력을 하고 있다. WWRF는 무선통신의 비전에 기여하고, 산업체와 학계가 무선통신에의 지속적인 시각을 개발 및 유지할 수 있도록 하고, 2010년 경에 운영될 수 있는 무선통신세계를 향한 이동, 무선 시스템들을 위한 기술 및 사회적인 동향뿐만 아니라 연구 생성, 정립, 촉진하고 무선통신세계를 위한 새로운 기술 및 동향의 잠재력 정립과 평가 등을 목적으로 활동한다.

창립회원은 알카텔, 에릭슨, 모토로라, 노키아, 지멘스이며, 유럽의 이동통신 제조업체, 사업자, 학교와 미국과 아시아의 제조업체가 소수 참여하고 있다. 지난 2001년에 2010년까지의 10년을 폐

러다임으로 한 미래 이동통신의 비전을 제시한 후 2003년에 다시 2020년까지의 timeline을 보여 주는 6개의 Working Group (WG)과 3개의 Special Interest Group (SIG)을 구성하여 미래 통신에 관한 전략적 연구를 수행 중에 있다. 그 연구 활동에 대하여 간단히 요약하면 다음과 같다.

- WG1: 미래의 무선통신 제품과 서비스를 인간의 구조와 기능에 가장 잘 맞게 설계하여 user를 중심으로 한 통신시스템과 도구들을 모델화 하는 WG이다.
- WG2: 무선통신 서비스의 역할, 개념, 목적, 정책의 정의와 주요 수익 사업들을 확인하고 시장 사업평가 방법을 연구하는 WG이다.
- WG3: 복합 Ad-hoc 통신망은 새로운 통신 환경과 다른 무선통신망에서 신뢰할만한 전송 프로토콜을 설계하고, 인터넷 통합 통신망 platform 등과 시장선점에 관한 사항을 연구하는 WG이다.
- WG4: 새로운 무선통신 인터페이스, 중계기 기반 시스템 및 스마트 안테나(MIMO), 새로운 무선통신 인터페이스 요구조건 및 기술, 광대역 multicarrier 및 복합 OFDM 결합 무선통신 인터페이스 등을 연구하는 WG이다.
- WG5: 소출력 통신 시스템은 UWB, 근거리(short range) 통신, 소출력 광 무선통신, 무선 인터넷과 비용 효율적인 광무선 접속 시스템 기술과 그 필요성 등을 연구하는 WG이다.
- WG6: 무선통신 시스템의 reconfigurability을 위한 요구조건, 시나리오, 통신망 등에 대한 WG이다.

WWRF의 장기 목표는 IMT-2000 이후의 무

선통신 비전 확립, Wireless World에 대한 일반적인 견해의 개발 및 유지, 2010년경에 운영될 beyond IMT-2000의 핵심 기술 및 사회적 동향 연구 등이다.

2.3. 영국의 Mobile VCE (Mobile Virtual Centre of Excellence) 프로젝트

영국의 Mobile VCE 프로젝트는 1996년 11월에 공식적인 회사로 출범한 가상 회사(virtual company)로, 현재 영국 정부와 25개의 통신 관련 기업(industrial member)가 함께 자본을 투자하여 8개의 영국 대학교(Bradford, Bristol, Edinburgh, Strathclyde, Southampton, Surrey 대학교와 King's College London, Royal Holloway College)와 협동연구의 형태로 진행된다. 현재 참여한 통신관련 기업의 연구원들은 대부분 핵심기업체의 주도적인 인물들로 구성되어 있다. 각 기업들은 이런 장기적인 거대 규모의 프로젝트에 참여하게 되어 프로젝트의 경과와 결과를 지켜보며, 참여하고 방향을 제시할 수 있다.

3개년 계획으로 시작된 Core 프로그램은 2000년 초반에 1차 프로그램이 끝이 났고, Core 2 프로그램은 1999년 10월경에 시작되어 100 man/year의 연구인력으로 과제가 2003년 9월에 마무리 되었다. Core 2의 연구 방향은 3G 시스템의 현안 과제 이슈와 3G 이후의 시스템을 바라보는 연구 과제로 구성되며, 추진 관련 영역은 네트워크와 서비스(network and services), 소프트웨어 기반의 통신 시스템 (software based system) 및 무선 액세스(wireless access)로 구분할 수 있다. 최종인 연구종료 시점은 4G 시스템이 2010년으로 규정하고 있으며, 이 때쯤이면, Core 1, Core2와 2002년 4월에 시작된 (2005년 9월 종료예정) Core 3 프로그램 및 그 이후 프로그램들에 의해서 확보된 연구결과와 IPR가 응용

될 수 있는 시점이라고 예측하기 때문이다.

Mobile VCE가 바라보는 4G 비전과 핵심 도전 기술에 대해서 정리해보면, 2010년의 Mobile VCE의 비전은 완전 통합 서비스(fully converged service), 유비쿼터스한 이동 액세스(ubiquitous mobile access), 다양한 형태의 사용자 디바이스(diverse user devices), 자율적인 네트워크(autonomous network) 및 소프트웨어 의존성(software dependency)과 같다. 이러한 5개의 구성 요소를 목표로 Core 3 프로그램에서는 구체적인 기술적인 과제로 Core 2와 연속적으로 구성된 프로그램이 수행 중이다.

3. 북미의 이동통신 기술 개발 동향

3.1. IEEE 표준

북미의 표준화는 IEEE를 중심으로 진행되고 있다. IEEE는 무선 LAN과 광대역 무선 통신으로 나눌 수가 있다. 무선 LAN은 IEEE802.11n을 기반으로 진행되고 있다. 이는 IEEE 802.11a와 호환을 염두에 두고 있으며 최고 전송 속도는 100Mbps를 지원하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 다중안테나 기술과 다중 밴드를 고려하고 있으며, 다양한 QoS를 보장하기 위해 MAC에 대한 표준도 진행중이다. IEEE802.11n에 관련된 표준화는 2004년 여름부터 진행될 예정이다.

이와 더불어 무선 PAN(Personal Area Network)의 표준도 IEEE802.15.3a/4에서 진행 중이며, IEEE802.15.3a에서는 광대역 OFDM방식을 사용하여 1Gbps를 목표로 하고 있으며, IEEE802.15.4는 ZigBee라고 불리며 이보다 상대적으로 낮은 전송률을 가진다.

IEEE802.16과 IEEE802.20을 기반으로 하는 광대역 무선 접속 방식은 이동환경을 고려하면서 점차 무선 이동 통신과 사용상의 격차를 줄이고

있다. IEEE802.20은 IEEE802.16에서 파생되어 최대250km/h의 이동성을 고려한 시스템을 설계하고 있으나 업체간의 이견이 많아 진행이 더딘 편이다. IEEE802.16은 16d에서 WiMax라고 명명된 휴대 인터넷 사용 표준을 2004년 봄에 정하였다. 이 표준의 목표는 10MHz 대역을 사용하여 70Mbps의 전송 속도를 50km/h의 속도까지 제공한다. 여기에서 진보하여 현재 802.16e의 표준을 진행 중이다. 802.16e표준은 아직까지 다중안테나 기술들을 적극적으로 활용하지 않고 있으나 앞으로 이의 개량된 형태의 표준은 적극적으로 활용하려는 방향이다. 상기의 열거된 표준들은 들은 기존 무선 전송 방식에 비해서 광대역임으로 무선 접속 기술로는 OFDM방식을 채용하고 있다.

3.2. 북미 산업체 이동통신 기술 개발 동향

3.2.1. Flarion

Flarion은 당초 Lucent에서 3G를 위해 개발했던 OFDM 기술을 바탕으로 spin-off한 회사로 현재는 beyond 3G 시스템을 위해 Flash-OFDM을 개발하였다 [11],[12]. Flash-OFDM은 Flarion사가 독자적으로 개발한 OFDM을 이용한 초고속 무선통신 시스템이다. Flash-OFDM은 IP 기반의 셀룰러 네트워크를 지향하는 기술로 빠른 주파수 도약에 의한 OFDM 기술을 이용하여 CDMA와 TDMA의 장점을 살려 송신 용량을 극대화하였다. 또한 적은 접속 지연 시간, IP QoS, 높은 주파수 효율, 고속 이동성 제공을 특징으로 한다. Flash-OFDM은 물리 계층에서 fast hopping, LDPC code, opportunistic beamforming 기술 등을 적용하고 있으며, 매체접근제어 계층에서는 efficient resource allocation scheme, fast ARQ, native IP mode, IP QoS API 등의 기술을 적용하고 있

다. 또한 네트워크 계층에서는 data backhaul과 매체접근제어 계층간의 인터페이스를 제공한다. 네트워크 계층은 표준 OS를 사용하여 기지국 네트워크 프로세서 상에서 구현되었다. Flarion의 flash-OFDM 기술은 기본적으로 2.5G나 3G에 비해 상대적으로 많은 수의 사용자를 수용할 수 있으며 IP 계층과의 연동이 용이하게 설계되어 현재의 3G 기술과 차별화를 시도하고 있다.

3.2.2. Lucent

Lucent에서는 4G의 모델로 이중 네트워크 간의 연결을 생각하고 있다. 이러한 네트워크들 간의 끊김 없는 mobility 및 security에 대해 연구하고 있고 '4GPLUS'라는 프로젝트에서 이러한 이중망간의 mobility를 시연할 수 있는 테스트베드를 구축하였다[13]. 4GPLUS에서는 SP(service platform)이라는 계층을 네트워크와 end-user사이에 위치시켜서 end-user가 어떤 네트워크에 접속하는지에 관계 없이 동일한 서비스를 받을 수 있게 하고, 서로 다른 네트워크간의 이동 시 끊김 없는 이동성을 보장해주도록 한다. SP는 mobility이외에도 session control, authentication, user profiles, user localization등을 지원한다. 그 밖에 coverage를 넓히기 위한 기술로써 Lucent에서는 relay based packet transmission 기법을 고려하고 있다. 이를 위해 분산된 형식의 control 및 routing관련 protocol stack을 각각의 단말에 추가적으로 구현하는 것을 고려하고 있다.

3.2.3. Qualcomm

Qualcomm은 무선 랜 시스템과 기지국 기반 이동 통신 시스템과의 연동을 중심으로 하는 통신 서비스에 대한 연구를 진행하고 있다. 이미 GPS 기능을 CDMA와 통합하기 시작했으며 동기식, 비동기식, GSM/GPRS를 동시에 구현하는 칩 또한 개발에 성공했다. Qualcomm은 과거

2.5G에서 proportional fair scheduling을 제안하여 전송 효율과 형평성을 동시에 증대 시키려는 노력을 한 바 있고, 현재 물리 계층의 대역폭 변화가 보다 상위 계층에 미치는 영향을 통해 L1과 L3 간의 전송 효율 관계도 연구하고 있다 [14],[15]. QoS 측면에서는 비 실시간 사용자들의 확산 이득, 송신 전력 등을 조절하여 실시간 사용자의 QoS를 보장 하는 등 음성과 데이터 두 가지 서비스에 대한 QoS를 주로 연구하고 있다. 최근 다중안테나 기술에 대한 관심이 증대되어 다중사용자 다이버시티 scheduling 과 공간 다이버시티를 이용해 QoS를 보장하는 연구도 진행 중이다 [16],[17].

3.2.4. ArrayComm

ArrayComm사에서는 차세대 이동통신 망 기술로써 i-BURST 라는 독자 기술을 발표하였다 [18]. i-BURST 시스템은 IP 기반의 광대역 무선 인터넷 액세스를 위해 개발된 네트워크로써 현재의 상용 셀룰러 회선 교환 방식과는 달리 IP 프로토콜과 적응식 무선 인터페이스를 결합하고 있다. i-BURST 시스템은 625kHz 대역폭을 갖는 다수 개의 반송파로 TDD 채널을 구성하고 있으며 500ksymbols/sec의 고속전송을 지원하고, 1 Mbps 에서 최대 40 Mbps 까지의 전송 속도를 사용자에게 제공할 수 있다. 또한 4bit/sec/Hz/cell의 주파수 효율을 나타낸다. i-BURST 시스템의 가장 큰 특징은 적응 안테나(adaptive antenna)를 기반으로 공간분할 다중화 기술을 도입함으로써 링크의 용량과 시스템의 효율을 증가시킨 것이다. 적응 안테나 기술은 기지국과 단말에 여러 개의 안테나를 사용함으로써 간섭을 없애고 변화하는 무선 채널 상황에 빠르게 적응 처리함으로써 상하향 링크 성능을 개선하는 효과를 얻을 수 있다. 그 밖에 i-BURST 시스템은 주파수 도약 방식의 도입을 통해 간섭

과 페이딩에 대한 다이버시티 이득을 제공하며 주파수 재사용 1의 셀 운용에 따른 간섭에 대한 강인성을 보장한다.

3.2.5. Motorola

Motorola 는 4G 시스템과 관련하여 B3G, 3.5G, 및 4G 등 세 개의 시나리오를 가지고 있다 [19]. B3G에서는 IPv6 백본망을 기반으로 DVB-T, CDMA, GPRS, HiperLAN 등을 통합 서비스하는 구조를 제시하고 있다. 3.5G에서는 WCDMA방식의 Enhanced version을 고려하고 있다. 3.5G 시나리오에서의 주요 기술들은 다중 반송파, 다중 안테나, 적응형 알고리즘 등이다. 또한 Motorola는 유럽 방송기술 방식인 DVB에서도 기여를 하고 있어 이의 셀룰러 망과의 연동을 B3G에서는 고려 중이다. 마지막으로 4G 시나리오는 OFDM 기반의 전송방식을 기본으로 하고 있다. 전송 속도는 20Mbps에서 최대 200Mbps까지를 고려 중이며 RF채널 주파수폭은 20MHz에서 최대 100MHz를 예상하고 있다.

4. 아시아의 이동통신 기술 개발 동향

4.1. 일 본

일본의 차세대 이동통신 연구는 크게 두 축으로 진행되고있다. 하나는 정부 주도하의 연구이고 다른 하나는 통신 사업자가 주축이 된 연구이다. 정부가 주도하는 대표적인 기관에는 총무성(MPHPT), mITF(Mobile IT Forum), SR 연구회가 있으며, 통신사업자로는 NTT DoCoMo, KDDI, J-phone 가 가장 활발한 연구 활동을 보이고 있다. 이중 mITF 와 NTT DoCoMo 의 활동을 눈 여겨 볼 필요가 있다.

mITF 는 2001년 6월 25일 총무성에 의하여 설립된 forum 으로서 Mobile IT Forum 을 의미한다. mITF 는 제 4세대 이동통신시스템과 mobile commerce등의 차세대 이동 통신 서비스의 조기실현을 도모하기 위한 연구개발 및 표준화의 조사연구, 관계기관과의 연락조사, 정보수집, 보급개발 활동 등을 수행하고, 전파이용의 건전한 발전에 기여하는 것을 목적으로 한다. mITF는 그림 4-1과 같은 조직으로 구성되어 있다. 4th Generation Mobile Communications Committee 는 2010년에 상용화될 4세대 이동통신 시스템의 형태와 응용분야를 정의하고 학교와 업체의 연구방향을 이끄는 역할을 수행한다.

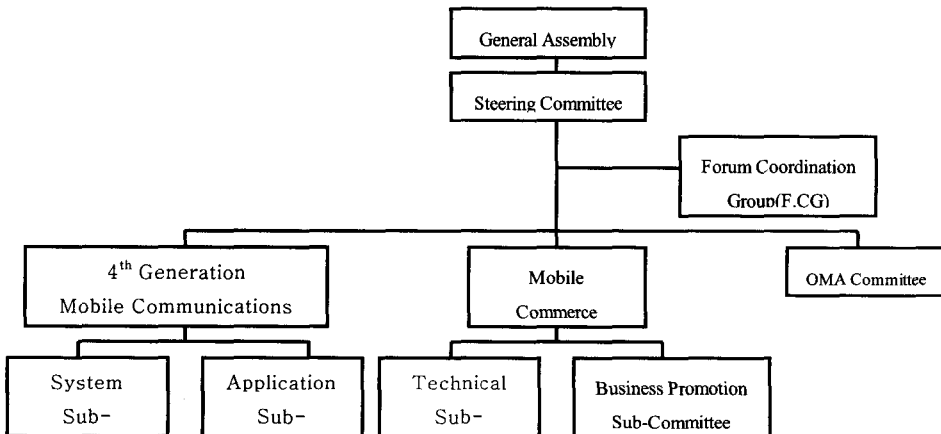


그림 4-1. mITF 의 체제

Mobile Commerce Committee 는 mobile commerce 의 증진과 보급을 목표로 하며 mobile commerce 의 개발과 표준화를 촉진 시키는 역할을 한다. OMA 는 무선 인터넷 표준과 관련된 역할을 수행한다 [20].

NTT DoCoMo에서 구상하는 4G 광대역 무선 접속 시스템은 셀룰러 시스템과 고립된 셀간의 seamless service 에 초점을 맞추고 있다. 이를 위해서 4G 광대역 무선 접속 시스템은 동일한 air-interface 에 radio parameter 의 변화만을 통해서 다중 셀 환경과 local area 환경을 지원하는 유연한 시스템을 골격으로 하고 있다.

시스템의 특징은, 5GHz이하의 중심 주파수를 사용하고, 셀의 반경은 도심지역에서 500-700m, 외곽 지역에서는 2 km를 고려하고 있다는 점이다. 그리고 하향 링크에서는 100MHz 의 광대역을 고려하고 있으며, 상향 링크에서는 40MHz 대역폭을 사용한다. NTT DoCoMo 에서는 서비스 환경에 따라 다른 종류의 다중안테나 기술과 전송 속도를 고려하고 있다. 즉, 셀룰러 시스템에서는 적응형 안테나 beam forming 을 사용하여 100Mbps 의 데이터 전송을 목표로 하며 local area 에서는 다중안테나 기술을 사용하여 1Gbps 의 데이터 전송을 고려하고 있다.

가장 큰 기술적인 특징은 하향 링크용 VSF-OFCDM(Variable Spreading Factor Orthogonal Frequency and Code Division Multiple Access) 과 상향 링크용 VSCRF-CDMA(Variable Spreading and Chip Repetition Factors-CDMA) 이다 [21],[22],[30],[31]. VSF-OFCDM은 기존의 OFDMA 기술과 CDMA 기술의 장점을 이용하는 방식으로서 시간 영역 확산과 주파수 영역 확산을 모두 사용하여 시간 다이버시티와 주파수 다이버시티를 모두 얻을 수 있도록 설계되었다. 전체 확산 이득은 시간 영역 확산 이득과 주파수

영역 확산 이득의 곱으로 설명될 수 있으며, 셀 구조, 채널 부하, 무선 링크 상황에 따라 spreading factor 을 조절함으로써 시스템 성능을 향상시킬 수 있다. 그림 4-2 는 VSF-OFCDM 의 원리를 설명하는 구성도 이다. SF_{freq} 와 SF_{time} 은 각각 주파수 영역 확산 이득과 시간 영역 확산 이득을 의미한다. 다이버시티 이득 외에도 VSF-OFCDM 의 장점으로는 같은 slot안에 기존 OFDM과는 다르게 여러 채널을 만들 수 있으며 각각의 채널은 다른 전송 속도를 가질 수 있다는 점이다. 하지만 단점으로는 이러한 서로 다른 확산 이득을 갖는 다중 부호 채널에서 직교성을 유지하기가 어렵다는 것이다 [21],[22].

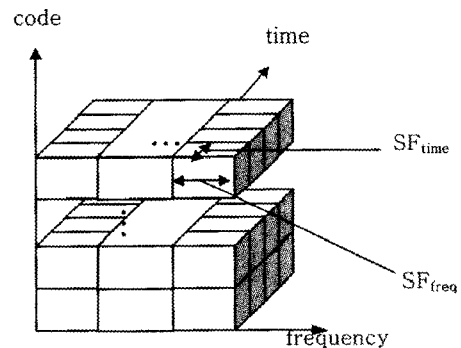


그림 4-2. VSF-OFCDM 의 원리

VSCRF-CDMA 은 확산과 칩 반복을 이용하여 주파수 영역 직교성을 확보하고, ATTC(Adaptive Transmission Timing Control) 을 이용하여 시간 영역 직교성을 유지하는 기술로서 주로 근거리의 상향 링크 기술로 사용된다. 확산 이득과 칩 반복은 셀구조, 접속 사용자의 수, 채널의 특성에 따라 조절되는 유연한 구조를 고려한다. 그림 4-3. 은 VSCRF-CDMA 의 원리를 설명하는 구성도 이다 [30],[31].

현재 DoCoMo는 이러한 4G를 위해 개발된 기술들을 IMT-2000대역에 적용하여 3G에 비해 더 나은 전송속도를 제공할 수 있는 Super3G(3.9G)

를 구상하고 추진하고 있다.

4.2. 중국 FuTURE 프로젝트

중국에서는 네트워크, 광통신, 무선 및 이동통신 등 통신분야의 산업경쟁력 배양을 위해 1992년부터 정부 주도하에 863 Communication High-Tech R&D Program을 진행하고 있다. 863 프로젝트중 하나인 FuTURE (Future Technology for Universal Radio Environment) 프로젝트는 4세대 시스템 연구개발을 위하여 2001년에 탄생되었으며, 2001-2005년 1차 계획과 2005-2010년의 2차 계획 등 2단계로 나뉘어 있다. FuTURE 프로젝트의 목표는 방송망, 셀룰러망과 근거리 무선망의 통합에 의한 4세대 시스템 개발이며, 2005년까지 20Mbps의 패킷 전송이 가능한 시스템 개발을 단기 목표로 하고 있다 [32]. 특히 핵심기술 개발뿐 아니라 데모 시스템 개발, 상용 테스트베드 구축을 궁극적인 목표로 하고 있다.

중국 내 표준기술은 중국의 기술이어야 한다는 것이 중국의 정책이며, 중국은 정부출연 연구

소가 별도로 없기 때문에, 몇 개의 우수 대학이 FuTURE와 같은 국가차원의 대규모 프로젝트 수행을 주도하고 있는 실정이다. 또한, 외국의 연구기관이나 기업들이 중국의 표준에 참여하기 위해서는 중국 기업이나 학교와의 공동 연구를 통하여 표준화를 진행시키는 것이 거의 통례이다. Siemens등이 중국의 대학과 공동연구를 통해 만든 TDS-CDMA가 이러한 공동 표준화의 대표적인 예이다.

4.2.1. FuTURE의 연구 개발 프로젝트

유럽 등 우수기업 및 학계와 연계, 31개의 B3G 연구 개발 프로젝트를 수행 중이며 세부 개발 과제를 각 기술 군으로 분류하여 다음 표 4-1에 정리 하였다. 표 4-1에서 볼 수 있듯이 절반 정도의 과제는 일반적인 무선 통신에 관한 과제로, 동기 기술 등 다양한 통신 이론을 연구하고 있다. 또한 다중안테나 관련 기술을 이용하는 방법을 무선 접속 기술 관련 과제와 다중안테나 관련 과제에서 연구 중이다. 네트워크 분야에서는 ad-hoc network, 등 분산 환경에 대한 연구를 진행 중이다.

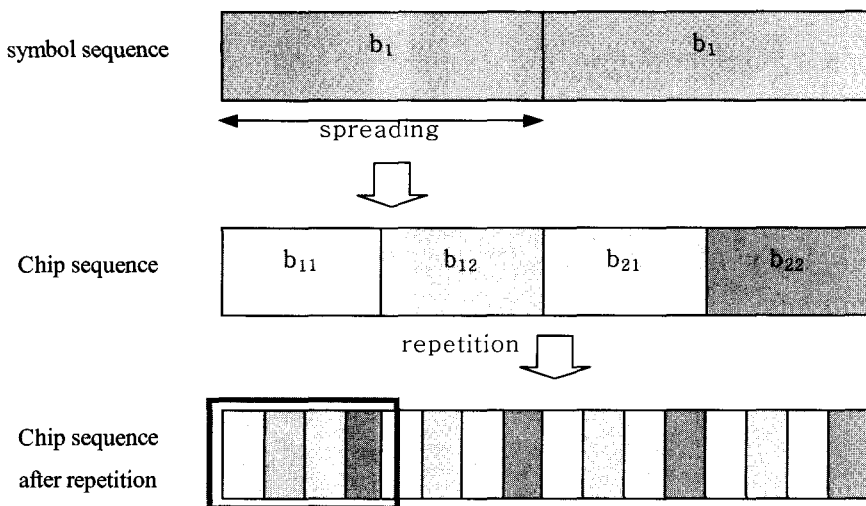


그림 4-3. VSCRF-CDMA 의 원리

- Radio Access Techniques (6)
- Wireless LAN & ad hoc (2)
- MIMO & RF (2)
- 3G-based ad hoc (2)
- IPv6-based Mobile Core Network (2)
- Generic Techniques for Mobile Communications (16)
- System Structure, Requirement & High Layer Application

표 4-1. FuTURE 과제내의 연구 개발 프로젝트 분류
(괄호안의 수는 기술별 연구 개발 프로젝트 개수임)

- Broad Casting Layer (10-30km)
 - Providing downlink services in high data rate(Gbps) based on HAPS
- 셀룰러 Layer (B3G)
 - 2-5bits/Hz (B3G) vs. 0.5bits/Hz(3G), 10dB transmission power lower than 3G
 - Providing symmetrical services in fast moving
- Local Layer (TDD-based WxAN)
 - Supporting AP-WT, WT-WT networking functions
 - Providing low tier service
- QoS
 - Layered end-to-end QoS for real-time services better than PSTN/ISDN
- Network
 - Networking based on IPv6 switched Core Network

표 4-2. Layer 별 서비스 제공기술 및 요구사항

4.2.2. 4G Concept and Requirement

중국은 4G 셀 구조를 Broadcasting 계층, 셀룰러 계층, Wireless xAN 계층의 3단계로 구분지어 각 계층에 적절한 QoS서비스를 제공하는 계층셀 구조를 고려 중이며, 계층셀 간은 IPv6 기반의 Core 망을 통하여 연동 시킨다는 개념을 B3G 또는 4G의 개념으로 발전시키고 있다. 각 계층의 서비스 제공기술 및 요구사항은 다음 표 4-2 와 같다.

4.2.3. Milestone

중국 FuTURE과제는 2001-2005년 1차 계획과 2005-2010년의 2차 계획 등 2단계로 나뉘어 있다. 각 단계별 Milestone은 그림4-4에 정리하였다. 2001년에서 2003년까지는 1차 계획의 전반기로 FuTURE라고 부르며 핵심 기술을 도출하는 것을 목표로 하였다. 이를 통해 ITU 의 비전과 보조를 맞추고, 서비스에 적합한 주파수 대역을 연구 하였다. 이를 통해 FuTURE+에서는 구체적인 요소 기술을 구현하여 시험 시스템을 만들어 후보 기술 중 한가지를 2005년에 선정하도록 계획하고 있다. 표준화는 2006년경 FuTUREII과제 진행 시 동시에 진행할 예정이며 대략 2010년경에 완료할 예정이다. FuTURE II과제에서는 표준화뿐 아니라 시제품을 만들어 field trial을 하는 수준으로 완성도를 올릴 예정이다.

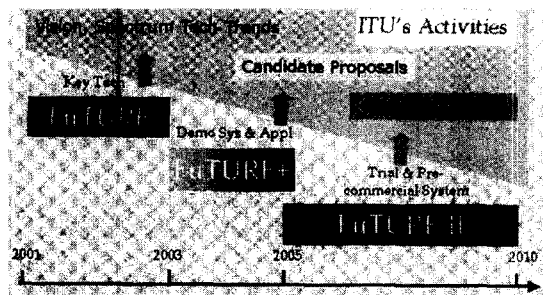


그림 4-4. 중국 4G (FuTURE 프로젝트)의 Milestone

4.3 한 국

4.3.1. IT839 전략

최근 IT산업은 네트워크 광대역화와 컨버전스화로 산업, 제품간 경계가 붕괴되면서 신산업이 탄생하는 제2의 성장 모멘텀이 형성되고 있다. 정통부에서는 IT839 전략을 통해 서비스 창출-인프라 구축-기술 개발을 추진하여 IT 산업의 선순환적 구도를 정착시키고자 한다 [33]. 즉, 가치 사슬(value chain)의 최정점에 있는 8대 신규 서비스를 활성화하고 이를 뒷받침하는 3대 인프라를 선도적으로 구축하며 기기 및 S/W 산업 측면에서는 2003년 수립한 9대 신성장 동력 육성 계획을 차질 없이 추진한다. 그림 4-5 에 IT839 전략의 각 항목을 나타내었다. 이 중 4G이동통신과 가장 관련이 많은 항목인 WiBro 서비스와 차세대 이동통신에 대해 정통부의 추진전략을 살펴본다 [34].

4.3.1.1. WiBro(Wireless Broadband) 서비스

Wireless Broadband 서비스란 정지 및 이동

중에서도 언제, 어디서나 고속으로 무선인터넷 접속이 가능한 휴대인터넷 서비스이다. 정통부에서는 2004년 7월까지 사업자 수, 주파수 할당대가 및 이용기간 등 사업자 선정방안을 확정 발표하고, 2006년 서비스 도입을 통해 2010년까지 가입자 800만명, 3조원의 휴대인터넷 시장 창출이 가능할 것으로 예상하고 있다.

TTA(Telecommunications Technology Association, 한국정보통신기술협회)의 2.3GHz 휴대 인터넷 프로젝트 그룹에서는 지난 2004년 6월 7일 휴대인터넷 표준 phase I의 초안을 승인했다 [35]. 그림 4-6에 phase 1의 주요 parameter와 requirement를 나타냈다 [36]. 산하 실무반인 무선접속 실무반에서는 지난 2004년 5월 31일 무선접속 표준 phase II 추진 일정 및 계획을 수립했다 [37]. Phase II에서는 2005년 상반기까지 50Mbps급의 무선접속 기술 표준을 목표로 하며, 다중안테나, 적응형 안테나 등의 요소 기술 반영, phase I과의 backward compatibility, IEEE 802.16과의 harmonization을 내용으로 한다.

정통부의 전략으로 보나 기술적으로 보나

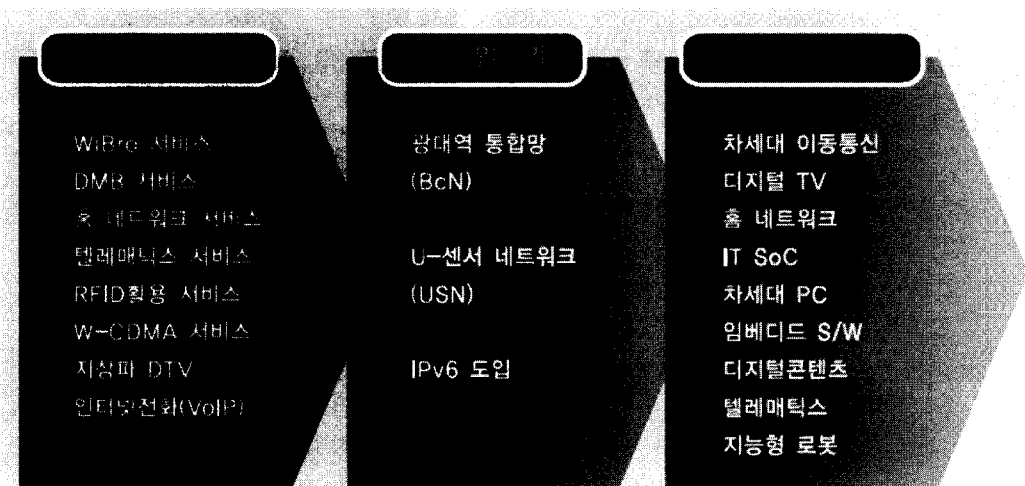


그림 4-5. IT839 전략

WiBro는 4G 이동 통신 기술 개발의 전초전의 성격을 지니고 있다. 따라서 향후 WiBro의 추이를 살피는 것이 4G 이동 통신 기술 동향을 파악하는 주요 방법 중 하나가 될 것이다.

4.3.2. Hmm(High speed mobile multimedia)

ETRI 이동통신연구소는 2002년 1월부터 다양한 사용자 요구 및 그에 따른 트래픽 증가 등 새로운 이동 멀티미디어 서비스 환경에 적극 대처하기 위하여 새로운 방식의 4G 시스템 개발에 착수하였다.

ETRI에서 향후 구현하고자 하는 시스템은 고속 이동 시 최대 100Mbps의 전송 속도를 가지는 SBIMT (system beyond IMT-2000) 시스템으로 고속 대용량 파일 전송에 사용될 100Mbps에서 일반 음성 전화에 사용되는 16kbps에 이르기까지 다양한 전송률을 지원한다. 사용자는 휴대용 단말기에서 바로 인터넷에 접속하여 종래에는 유/무선 LAN에서만 제공되었던 20Mbps 이상의 고속 데이터 서비스 등 다양한 서비스를 제공받을 수 있다. ETRI는 4G 시스템을 "Ubiquitous Broad-band Mobile Access with Optimal Bandwidth and Cost"로 규정하고 있다.

며, 이동 시스템 환경은 마이크로/매크로 셀과 Hot spot 영역으로 규정되며, 기존의 무선 이동 통신 시스템, ADSL, W-LAN, Ad-hoc, 그리고 위성 등을 연결하는 종합 통신망의 구성을 통하여 초고속 이동 멀티미디어 서비스를 제공토록 할 계획이다 [38].

이를 위해 ETRI는 4G Radio Transmission Technology 프로젝트와 Mobile SoftNet Technology 프로젝트를 진행하고 있다.

Hmm은 4G Radio Transmission Technology 프로젝트를 통해 개발하고 있는 4세대 무선전송 시스템 중 high-tier에 해당되는 시스템으로서 2002년부터 2005년까지 4년 동안 진행될 예정이다. 이 시스템의 다중화는 FDD 방식을 사용하고, 60km/h의 이동 환경에서 최대 100Mbps의 전송 속도에 의한 서비스를 제공 받을 수 있도록 할 예정이며 최종규격은 표 4-3 에서 보여주고 있다.

표 4-3. Hmm 시스템의 최종 규격

ETRI의 4G 무선 전송 시스템은 초고속 이동

Duplexing	TDD
Multiple	OFDMA
Channel BW	10MHz
Frequency Reuse	1
Mobility	60 Km/h
Service Coverage	1 Km
Handoff	Between cells, sectors &
Throughput	max. DL / UL = 3 / 1 [Mbps]

그림 4-6. WiBro system (phase I) parameters & requirements

주파수 대역	2GHz 또는 3~5GHz
전송 속도 대 이동성	100Mbps @ 60km/h 20Mbps @ 120km/h 2Mbps @ 250km/h (peak aggregate payload/cell)
다중화/다중 접속방식	FDD/Frequency-Hopping OFDMA
최대 주파수 효율	5 bps/Hz (100Mbps/20MHz)
서비스 형태	패킷-centric high-tier 셀룰러
셀형태	Macro/Micro (Hot spots)
HOM/AMC	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM/Convolutional code, Turbo, LDPC
다중안테나	MIMO/STC
ARQ	QoS-directed H-ARQ

멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 핵심 요소 기술들을 규정하고, 2005년까지 이들에 대한 연구개발을 통하여 시스템을 구현할 방침이다.

5. 결 론

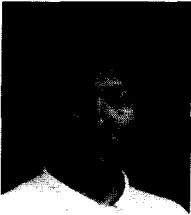
본 논문은 국내외 4세대 이동통신 기술 연구 개발 현황을 정리하여 소개하였다. 지역 및 국가별로 기술 개발 환경이 다른 관계로 인해서 약간씩 다른 특성을 보이고 있다. 유럽의 경우 각 기업과 대학교에서 독자적인 연구도 하겠지만 특히 IST와 같은 대규모 프로젝트를 통한 연구 협력을 가장 큰 특징으로 꼽을 수 있으며, 이에 반해 북미의 경우 개별 기업이 각자 나름대로의 기술을 개발하되 유럽과 같은 대규모 프로젝트나 협력은 없다. 일본은 mITF와 NTT DoCoMo가 주축이 되어 일본의 4G 연구를 주도하고 있고, 중국은 주요 대학교가 참여하는 국가 프로젝트인 FuTURE를 통해 4G 연구를 추진하고 있다. 한국은 정부의 IT839 전략과 WiBro, Hmm이 주요한 4G 연구 현황으로 꼽을 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Recommendation ITU-R M.1645, "Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000"
- [2] Tero Ojanpera and Kari Leppanen, "Pushing the limits: Nokia's 4G Vision", Nokia Research Center, 2003
- [3] "Siemens view on beyond 3G or 4G", Siemens Mobile, 2003
- [4] IST-MIND Project: <http://www.ist-mind.org/>
- [5] IST KA4 Website: <http://www.cordis.lu/ist/ka4/>
- [6] IST ADAMAS Project: <http://adamas.intranet.or>
- [7] IST ARROW Project: <http://www.arrows-ist.upc.es>
- [8] IST CAUTION++ Project: <http://www.telecom.ntua.gr/CautionPlus>
- [9] IST ROMANTIK Project: <http://www.ist-romantik.org/>
- [10] IST WIND-FLEX Project: <http://www.vtt.fi/ele/research/els/projects/windflex.htm>
- [11] Flash-OFDM Technology: Affordable Mobile Broadband Access White Paper, June 2001
- [12] 2.3GHz 무선 초고속인터넷 서비스의 기술, 르네상스 호텔, March 2003 White Paper, June 2001
- [13] <http://www.freeband.nl/projecten/4gplus/>
- [14] Etienne Chaponniere, Sunil Kandukuri, Walid Hamdy, "EFFECT OF PHYSICAL LAYER BANDWIDTH VARIATION ON TCP PERFORMANCE IN CDMA2000",

- IEEE VTC 2003
- [15] Jong-Hun Rhee, Jack M. Holtzman, and Dong-Ku Kim, "Scheduling of Real/Non-real Time Services: Adaptive EXP/PF Algorithm", Mobile Communications Lab., Yonsei University, Shinchondong 134, Seoul, Korea, QUALCOMM Incorporated, IEEE VTC 2003
- [16] Seong-Jun Oh; Danlu Zhang; Wasserman, K.M.; "Optimal resource allocation in multiservice CDMA networks", Wireless Communications, IEEE Transactions on , Volume: 2 Issue: 4 , July 2003, Page(s): 811 -821
- [17] Tao Chen, Yongbin Wei, Edward G. Tiedemann, Jr., Ragulan Sinnarajah, and Jun Wang, "A High-Rate Broadcast Channel Design for CDMA2000", Globecom
- [18] <http://www.arraycomm.com/iburst/iburst.htm>
- [19] David E. Borth, "Mobile Broadband Wireless Systems Mobile Broadband Wireless Systems Beyond 3G", WWRF Plenary Presentation, Sept, 2001
- [20] <http://www.mitf.org>
- [21] Kishiyama, Y.; Maeda, N.; Atarashi, H.; Sawahashi, "M Investigation of optimum pilot channel structure for VSF-OFCDM broadband wireless access in forward link", Conf. Proc. of VTC 2003-Spring. The 57th IEEE Semiannual , Volume: 1 , April 22-25, 2003, pp. 139 -144
- [22] Maeda, N.; Kishiyama, Y.; Atarashi, H.; Sawahashi, M., "Variable spreading factor-OFCDM with two dimensional spreading that prioritizes time domain spreading for forward link broadband wireless access", Conf. Proc. of VTC 2003-Spring. The 57th IEEE Semiannual , Volume: 1 , April 22-25, 2003, pp. 127 -132
- [23] Maeda, N.; Atarashi, H.; Abeta, S.; Sawahashi, M., "Antenna diversity reception appropriate for MMSE combining in frequency domain for forward link OFCDM packet wireless access", Conf. Proc. of Spread Spectrum Techniques and Applications, 2002 IEEE Seventh International Symposium on , Volume: 2 , 2-5 Sept. 2002, pp. 363 -367
- [24] Atarashi, H.; Maeda, N.; Abeta, S.; Sawahashi, M., "Broadband packet wireless access based on VSF-OFCDM and MC/DS-CDMA", Conf. Proc. of Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2002. The 13th IEEE International Symposium on , Volume: 3 , 15-18 Sept. 2002, pp. 992 -997
- [25] Maeda, N.; Atarashi, H.; Abeta, S.; Sawahashi, M., "Throughput comparison between VSF-OFCDM and OFDM considering effect of sectorization in forward link broadband packet wireless access", Conf. Proc. of VTC 2002-Fall. 2002 IEEE 56th , Volume: 1 , 24-28 Sept. 2002, pp. 47 -51
- [26] Morimoto, A.; Abeta, S.; Sawahashi, M., "Cell selection based on shadowing variation for forward link broadband OFCDM packet wireless access", Conf. Proc. of VTC 2002-Fall. 2002 IEEE 56th ,

- Volume: 4 , 24-28 Sept. 2002, pp. 2071-2075
- [27] Tanno, M.; Atarashi, H.; Higuchi, K.; Sawahashi, M., "Three-step fast cell search algorithm utilizing common pilot channel for OFCDM broadband packet wireless access", Conf. Proc. of VTC 2002-Fall. 2002 IEEE 56th , Volume: 3 , 24-28 Sept. 2002, pp. 1575 -1579
- [28] Harada, A.; Abeta, S.; Sawahashi, M., "Adaptive radio parameter control considering QoS for forward link OFCDM wireless access", Conf. Proc. of VTC Spring 2002. IEEE 55th , Volume: 3 , 6-9 May 2002, pp. 1175 -1179
- [29] Maeda, N.; Atarashi, H.; Abeta, S.; Sawahashi, M., "Performance of forward link broadband OFCDM packet wireless access using MMSE combining scheme based on SIR estimation", Conf. Proc. of VTC Spring 2002. IEEE 55th , Volume: 2, 6-9 May 2002, pp. 1045 -1049
- [30] Schnell, M.; De Broeck, I., "Interleaved FDMA: equalization and coded performance in mobile radio applications", Conf. Proc. of ICC '99. 1999 IEEE International Conference on , Volume: 3 , 6-10 June 1999, pp. 1939 -1944
- [31] Schnell, M.; De Broeck, I., "Application of IFDMA to mobile radio transmission", Conf. Proc. of ICUPC '98. IEEE 1998 International Conference on , Volume: 2 , 5-9 Oct. 1998, pp. 1267 -1272
- [32] Proceedings of the International Forum on Future Mobile Telecommunications and China-EU Post Conference on Beyond 3G, November 20~22, 2002, Beijing, China
- [33] 정보통신부, "IT분야 신성장동력, u-Korea 추진전략", 2004. 6.
- [34] 정보통신부, "국민소득 2만불로 가는 길 - IT 839 전략", 2004. 5.
- [35] TTA, "2.3GHz 휴대인터넷 프로젝트 그룹 제6차(2004-3) 정기회의 회의록", 문서번호 2003PG05-046, 2004년 6월 8일.
- [36] TTA 2.3GHz Portable Internet Project Group, "2.3GHz Portable Internet(WiBro) Overview", May 10, 2004.
- [37] TTA, "PG302 무선접속 실무반 제21차 (2004-9) 정기회의 회의록", 문서번호 2004WG0501-127R5, 2004년 6월 4일.
- [38] SeungKu Hwang, "4G Mobile Telecommunications Technology Development in Korea," International Forum on 4th Generation Mobile Communications, London, May 2002.



남 승 훈

2000.2: 서울대학교 학사

2002.2: 서울대학교 석사

2002.2~현재: 삼성종합기술원

Communication & Network

LAB 연구원

<관심분야> 이동통신, 다중 안테나 신호 처리



이 연 우

1992. 2: 고려대학교 전자공학과
학사

1994. 2: 고려대학교 전자공학과
석사

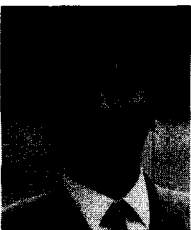
2000. 2: 고려대학교 전자공학과
통신공학 박사

2000. 3~2000. 9: 고려대학교 BK21 연구원

2000. 10 ~ 2003.12: The University of Edinburgh
Research Fellow.

2004.1~현재: 삼성종합기술원 Communication &
Network Lab. 전문연구원

<관심분야> 이동/무선 통신, 무선자원관리



김 기 호

1980. 2: 한양대학교 전자공학과
학사

1982. 2: 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 석사

1991. 8: University of Texas at
Austin, ECE 박사

1982. 8~1987. 7: KBS 기술연구소 연구원

1991. 9~현재: 삼성종합기술원 Communication &
Network Lab 연구위원

<관심분야> 통신신호처리(이동/무선 통신 및 DSL)