4G 이동통신 국내외 연구 및 표준화 현황

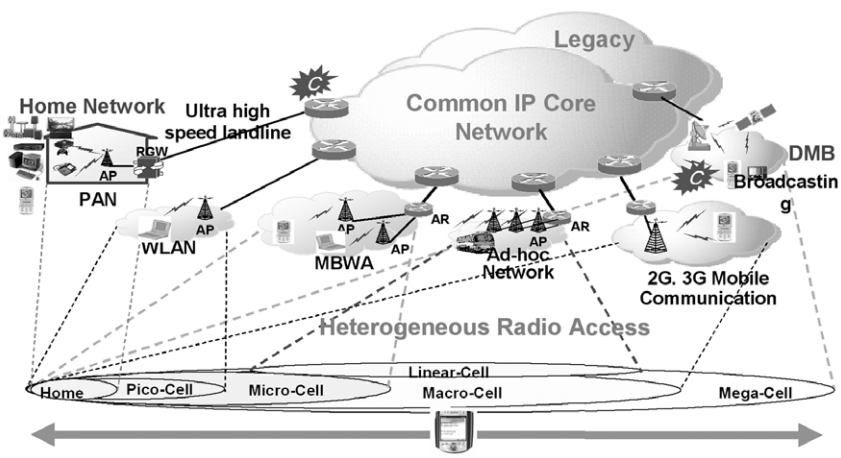
최진성 | TTA 차세대이동통신 PG 의장, LG전자 이동통신기술연구소
오민석, 임빈철, 육영수 | LG전자 이동통신기술연구소

ITU-R WP8F에서는 3G 시스템보다 한차원 향상된 무선 전송 방식의 기술과 WLAN 또는 WMAN 및 휴대인터넷, 디지털 방송 그리고 위성통신의 기능을 모두 포함하는 것으로 4G 이동통신의 정의를 내리고 이동 속도와 데이터 전송 속도에 대한 비전을 고속에서 100Mbps 이상으로 제시함으로써 국내외 기업, 연구소, 학계의 4G 연구 개발 방향에 뚜렷한 목표를 주었다. WP8F에서 보여준 4G의 비전을 달성하기 위한 기술의 국제 표준화 과정은 4G 주파수가 할당될 즈음인 2007년쯤에 시작될 전망이어서 3G 이후의 이동통신 시장을 미리 선점하기 위한 통신 기업들의 경쟁은 현재 치열하게 전개되고 있다. 본글에서는 이러한 4G 이동통신의 연구개발 현황 및 국내외 표준화 동향에 대해 알아보고자 한다.

1. 4G 이동통신 시스템 정의와 핵심기술

1.1 주요 특징

ITU에서 제시하는 4G 시스템은 저속 이동 사용자에게 1Gbps 이상, 고속 이동 사용자에게 100Mbps이



〈그림 1〉 차세대 이동통신 망 구성도

상의 데이터 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 2G, 3G 셀룰러 시스템, WLAN, WMAN, WPAN 등 다양한 무선망을 하나의 IP Core Network으로 연결하는 Network Convergence, 이종망간 Interworking과 Seamless connection, High data rate 지원, Multi-mode multi-band의 지원을 4G 시스템의 주요 특징으로 꼽을 수 있다. 〈그림 1〉 참조

1.2 핵심 무선 접속망 기술

ITU-R WP8F에서 제시한 4G의 비전과 목표를 바탕으로 4G 시스템은 크게 Ubiquitous & Seamless connection, High data rate, Openness, Network convergence의 특징을 갖는다. 무선망과 핵심망 모두 위의 특징을 갖추어야 4G 시스템의 완전한 구성을 이룰 수 있으며 무선망은 특히 high data rate에 초점을 맞추어 전파를 이용한 무선 접속 구간에서의 대용량 데이터 전송이 가능하도록 하는 기술 개발을 요한다.

4G 시스템의 무선접속망 기술은 크게 다중 접속 기술, 안테나 기술, 코딩 및 변조 기술, 무선 자원 관리 기술, link adaptation으로 분류할 수 있으며, 각각에 대한 설명은 아래와 같다.

1.2.1 다중 접속(Multiple access) 기술

다중 접속은 시간, 주파수, 부호 등의 한정된 무선 자원을 여러 사용자나 시스템이 공유/분할하여 사용하는 것을 뜻한다. 다중 접속 기술이 고려해야 할 사항으로 Duplexing 방법, MAC 계층과 물리 계층이 있다. Duplexing 방식으로는 TDD와 FDD 방식이 있는데, 기존의 이동통신 시스템에서는 상하향 링크에서 동일한 음성 통화 서비스를 제공하기 위해서 대칭적인 FDD 방식을 사용해 왔지만, 휴대인터넷 및 4G 시스템에서는 상하향의 비대칭적 데이터 전송을 위하여 유연한 구조의 TDD 방식을 선호하고 있다. TDD와 FDD간의 기술적 비교는 〈표1〉 과 같다.

〈표 1〉 TDD와 FDD 비교

	TDD	FDD
상-하향 간섭 제거	보호 시간	보호 대역
비대칭적 트래픽 적응성	유연한 할당 가능	유연한 할당 불가능
Cell Coverage	Hotspot, Micro cell	~Macro cell
Link budget	FDD 대비 3dB 감소	TDD 대비 3dB 증가
채널 가역성	상하향 채널 동일 채널 추정 및 Link adaptation에 유리	상하향 채널 상이 Link adaptation을 위해 채널 정보를 피드백 해야 함
심볼 동기	정확한 심볼 동기 요함	CDMA방식 적용시 심볼 동기에 robust함
핸드오프 지원	복잡	간단
유리한 다중 접속 방식	TDMA, OFDMA	CDMA
적용 시스템	TD-SCDMA, WLAN/WMAN	2G cellular, WCDMA, cdma2000

MAC 계층과 물리 계층이 고려해야 할 사항은 다음 표와 같이 정리할 수 있다.

물리계층	MAC 계층
주파수 재사용 효율증대 채널 단위의 세분화 및 제어의 효율성 간섭에 강한 다중 접속 Multi-user diversity의 지원 효율적인 이동성 및 핸드오프 지원 낮은 Latency 고속의 데이터 전송 지원	트래픽에 따른 효율적인 자원 할당 방식 IP 및 QoS 지원 공정하고 효율적인 스케줄링 기법 통신 환경의 모니터링 및 보고 기법

3G 시스템에서는 CDMA, TDMA 방식이 다중 접속 기술로 사용되었으나 4G 시스템의 고속 데이터 전송을 위한 광대역 시스템을 위해서는 주파수를 분할하여 사용하는 OFDMA, MC-CDMA, OFCDM 등의 방식이 연구되고 있으며 많은 시스템이 실험적으로 구현되고 있다. 이들간의 기술적 비교는 〈표2〉와 같다.

1.2.2 안테나 기술

4G 시스템에서는 높은 주파수 효율성을 위하여 다중 안테나 기술이 필수적으로 사용될 전망이다. 3G 시스템에서 사용되던 전송 다이버시티와 빔포밍 기술은 4G에서도 발전된 형태로 구현될 것이고 시스템의 대용량화를 위해 MIMO 기술이 도입된다. 다중 안테나를 사용하면 어레이 이득, 간섭제거 이득, 다이버시티 이득, 다중화 이득을 얻을 수 있으며 이는 모두 고속

〈표 2〉 다중 접속 기술간 상호 비교

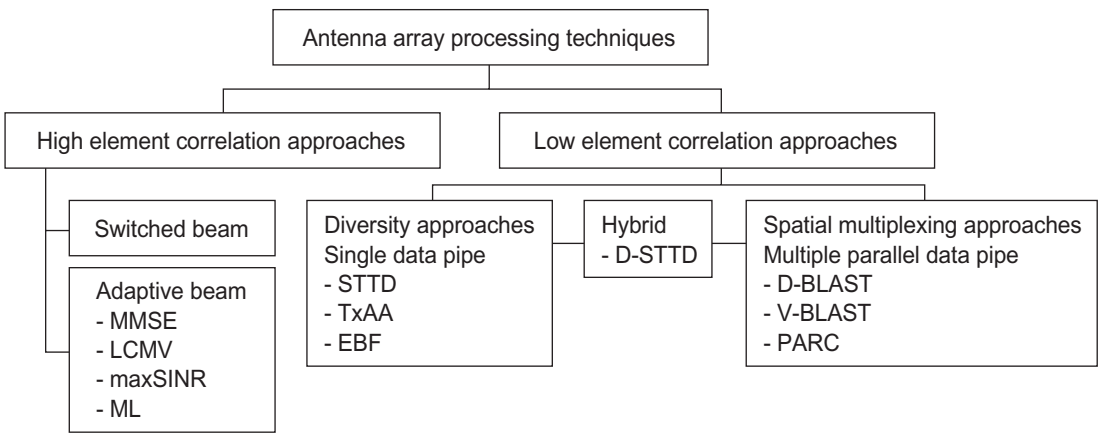
	MC-CDMA	OFCDM	OFDMA
주파수 재사용	1	1	1~3
할당 자원	주파수 축 직교코드	시간-주파수 직교 코드	시간-부반송파 Unit
채널 Granularity	낮음	보통	높음
최대 동시 사용자 수	적음	보통	높음
채널 제어 방법	주파수 SF(spreading factor)로 조절	시간-주파수 SF로 조절	시간-부반송파의 Unit 할당수로 조절
채널 제어의 유연성	낮음	보통	높음
Soft hanoff	간단	보통	복잡
고속 이동에 의한 영향	도플러 현상에 강함	시간축 확산 코드의 직교성 파괴로 인한 간섭 발생	부반송파간 직교성 파괴로 간섭 발생
셀간 간섭의 영향	적음	적음	발생(전력제어 및 섹터당 부반송파 분할로 제어)
다양한 QoS 지원	유연하지 않음 SF 및 전송률로 조정	보통 시간-주파수 SF와 전송률로 조정	유연함 시간-부반송파 채널 할당 방법 및 전송률로 조정

데이터 전송을 위한 장점이 된다. 다중 안테나 기술은 안테나간의 상관성에 따라 다음 〈그림 2〉와 같이 분류할 수 있다. 다중 안테나 기술 간의 장단점은 다음 〈표 3〉과 같다.

1.2.3 코딩 및 변조 기술

일반적으로 많은 디지털 무선 전송 시스템에서 PSK와 같은 일정한 진폭을 갖는 변조 방식은 전력 효율이 높고 비선형 증폭기를 사용할 수 있어서 많이 이용되어 왔다. 반면 PSK보다 주파수 효율이 높은 QAM 변조 방식은 선형 증폭기가 필요하며 위상과 진폭에 왜곡을 가져오는 다중 경로 페이딩 채널에서 신호 처리가 복잡해지는 단점을 갖기 때문에 3G 셀룰러 시스템까지는 사용이 기피되었다. 그러나 회로 성능의 발전에 따른 저렴화와 RF transceiver의 소형화, 고속 데이터 전송의 요구로 인해 주파수 효율이 높은 QAM 방식이 근거리 무선망이나 4G 이동통신 시스템의 하나의 변조 방식으로 사용될 전망이다.

고차원 변조 방식은 k 비트의 디지털 정보를 한번에 $M=2^k$개의 파형으로 변환하여 주파수 효율면에서 많



〈그림 2〉 다중 안테나 기술의 분류

〈표 3〉 다중 안테나 기술간 비교

	Smart antenna	Diversity	Spatial multiplexing
스펙트럼 효율성	안테나 개수에 로그 함수적으로 증가	안테나 개수에 로그 함수적으로 증가	안테나 개수에 비례
전력 효율	안테나 개수에 비례하게 전력 소모 감소	안테나 개수에 비례하게 전력 소모 감소	관계없다
이동성 지원	60km/h이상에서 BER 1%을 만족하기 어려움	폐루프 방식은 고속 이동 사용자에게 적용하기 어려움	폐루프 방식은 고속 이동 사용자에게 적용하기 어려움
셀 커버리지 증대	안테나 개수에 로그 함수적으로 증가	안테나 개수에 로그 함수적으로 증가	관계없다

은 이득을 제공하지만 간섭, 다중경로 페이딩, 열잡음에 민감한 단점을 가진다. M-ary QAM은 적당한 추가적인 전력 하에서 PSK 방식보다 더 좋은 주파수 효율을 가지나 16QAM 이상의 고차원 변조 방식은 다음과 같은 이유로 무선 전송 시스템에서 사용이 되지 않았다.

- 다중 경로 페이딩을 통해 수신된 신호는 그 대역 내에서 흩어지게 되어 다이버시티, 적응형 등화기를 사용하더라도 제대로 동작하지 않는다.
- 간섭에 매우 취약하여 이중 극성을 사용하는 것이 어렵다.
- 수신단에서 40dB 이상의 반송파 복구와 위상 오류를 처리하기가 어렵다.

그러나 Pico cell과 Micro cell 시나리오를 중요하게 고려하는 4G 시스템에서는 고차원 QAM의 문제인 확산과 송신 전력 문제 보다는 주파수 효율이 더 중요한 파라미터기 때문에 고차의 QAM 방식이 사용될 것이며 이를 위해 다음과 같은 문제가 해결되어야 한다.

- Carrier recovery phase detector, AGC와 symbol decision회로의 향상
- FEC(Forward Error Correction)를 통한 인접 심볼 간의 오류를 줄이는 방법

4G 시스템에서 고려하고 있는 채널 코딩은 터보 코드와 LDPC, Trellis coded modulation, Space-time coding 등이 있다. 터보 코드는 3G 시스템에 이미 상용화되어 고속 전송을 위한 도구로 사용되고 있다. 반면 최근에는 터보 코드와 성능, 복잡도, 적용성 관점에서 기존의 다른 기술에 비해 많은 장점을 가진 LDPC(Low density parity check)가 유력한 기술로 대두되고 있다. 〈표 4〉 참조

LDPC code는 Tanner graph 위에서 decoding되며 병렬 처리가 가능하므로 병렬 하드웨어 구현에 매우 적합하다. 최근에는 Non-binary irregular LDPC 부호를 적용하여 터보 부호의 성능을 능가할 뿐 아니라 이론적 한계치에 거의 도달하는 수준에 이르렀다.

〈표 4〉 터보코드와 LDPC 코드 비교

	터보코드	LDPC
Undetected error	Low weight로 인해 발생	거의 없음
Encoder complexity	낮음	상대적으로 높음
Decoding complexity	높음	낮음
Key factors for performance improvement	인터리버 크기와 성능	H-matrix의 구조, Cycle distribution
Parallel processing decoder design	불가능	가능
High rate code generation	Puncturing을 이용하여 제한된 rate를 생성	임의의 rate와 code size를 간단히 생성 가능
High dimension modulation	별도의 mapping방법이 필요	Non-binary LDPC code를 이용하여 자연스럽게 mapping 가능

1.2.4 무선 자원 관리 기술

무선 시스템에서 QoS를 지원하기 위해서는 QoS의 정의를 통해 다양한 데이터들을 QoS Class로 분류하는 작업이 필요하며, 네트워크 측면에서는 QoS를 보장하기 위한 자원관리가 효과적으로 이루어져야 한다. Radio Resource Management(RRM)의 목적은 시스템 측면에서 주파수 효율과 시스템 용량을 증가시키고, 사용자 측면에서 원하는 서비스를 최적의 상태로 받도록 하는 것이다. 한정된 자원을 효율적으로 운영하면서 사용자 QoS의 보장을 위해서 RRM은 트래픽의 종류나 사용자 프로필 및 현재의 트래픽/움직임 등의 환경에 효과적으로 적응해야 한다. 최근 QoS에 대한 정의가 세분화되고 IEEE802.11e와 같은 WLAN 등에서 QoS를 지원하기 위한 여러 연구가 진행되면서 보다 많은 관심과 연구가 이루어지고 있다. RRM은 크게 무선 채널 할당, 무선 접속 제어, 전력 제어, 핸드오프 자원 관리, 다중 접속 방식의 5가지로 분류할 수 있다. 이와 같은 RRM 기능 측면에서 4G 시스템의 요구조건을 만족시키기 위해 다음과 같은 기법들이 연구되고 있다.

- Adaptive Resource Allocation Technique

무선 통신 시스템에서 자원의 할당은 크게 주파수 자원, 전송 채널, 전송 파워 등으로 분류된다. 자원을 효율적으로 관리하기 위해서는 데이터의 종류, 전송 환경 등에 따라 적응하여 자원을 할당하는 기법이 요구된다. Adaptive Resource Allocation 기법에는 다음과 같은 기법들이 있다.

- Dynamic Channel Allocation
- Traffic-based RCA
- Hierarchical multi-cell structure에서 coverage에 따른 DCA
- Mobility Prediction-based RCA
- Mobility-based Power Control
- Traffic type 및 network condition에 따른 access network selection/assignment

- QoS guarantee Technique

Radio Access Control(RAC) 기법과 Handoff Resource Management 기법은 사용자에 대한 QoS의 보장을 위해 중요한 기술이다. RAC는 사용자의 QoS 파라미터와 프로필 등의 값을 이를 위해 소요되는 자원의 양과 우선순위 정보로 변환한 후 이 Call 또는 access를 수용할 지의 여부를 결정하는 것이다. RAC는 서비스의 종류에 따라서 Call Admission Control(CAC)과 Packet Access Control(PAC)로 나뉜다. CAC는 실시간 데이터에 대해서 PAC 는 비실시간 데이터에 대해 적용된다.

장소에 관계없이 사용자의 QoS를 지원하기 위해 핸드오프는 핵심적인 기술이지만, 잦은 핸드오프는 자원의 소모가 심하므로 이에 대한 관리는 매우 중요하다. 4G 시스템의 경우 단일망 내에서의 핸드오프 뿐만 아니라 이종망간의 핸드오프를 지원할 것으로 예상되므로 보다 효율적인 관리와 핸드오프 정책 및 이를 위한 자원의 효율적인 예약이 매우 중요하다. 핸드오프는 실제로 사용자의 움직임에 기초하여 이루어지기 때문에 이동성 예측을 통한 자원 관리 기법에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

1.2.5 Link adaptation

Link adaptation은 채널 상태의 변화에 적합하게 전송 파라미터를 변화시키는 기술로 전송률과 주파수 효율을 증가시키는 것을 목적으로 한다. 전송 파라미터는 MCS level(Modulation & Coding Selection Level), 전송 전력, Spreading Factor 등이 있다.

무한히 좋은 PER(Packet Error Rate)을 위해 시

스템을 설계하는 것 보다는 정해진 PER 을 만족하도록 시스템을 설계한 후 이후에 발생된 패킷 에러를 정정하기 위한 장치를 두는 것이 효율적이며, 대표적인 기술로는 AMC(Adaptive Modulation and Coding), H-ARQ(Hybrid Automatic ReQuest), Power Control 기법 등이 있으며 이들간의 비교는 〈표 5〉와 같다.

〈표 5〉 Link Adaptation 기술 비교

	AMC	H-ARQ	Power Control/ Dynamic Power Allocation
목적	채널에 따라 변복조 및 채널코딩 방식을 변화하여 전송효율 증대	채널 코딩과 ARQ를 결합하여 오류 발생 시 재전송을 통해 전송효율 증대	채널 특성에 따라 전송전력을 변화하여 간섭을 제어하고 전송효율 증대
적용채널	Long term fading 이용	Short term fading 극복	Short-term fading 극복 (Open-loop power control) Long-term fading 극복 Closed-loop power control)
이동성 지원	속도에 따른 MCS 레벨 변화 가능	속도에 따라 정책 변화가 고려되어야 함	고속 이동시 효율적인 power control 방법에 대한 연구가 필요함
Single carrier 시스템	Time varying 특성만을 이용 함	Time varying 특성 및 Code version의 차이 이용	Time varying 특성 이용
Multi-carrier 시스템	Time/frequency varying 특성 이용	Time/frequency varying 특성 및 Code version의 차이 이용	Time varying 특성 이용 주파수 특성 이용(Water-filling) User 채널 차 이용(OFDMA)
Multiple Antenna	Spatial Channel 차이 이용	재전송 시 Spatial Channel차이 이용 가능	Spatial Diversity system

2. 해외 연구 개발 현황

WWRF, mITF, SDR Forum, OFDM Forum, 4G Forum, M-VCE와 같은 포럼, 컨소시엄이나 DRiVE 등의 공동 프로젝트를 결성하여 4G 표준화 단체가 정식으로 생기기 전에 자신들의 기술을 미리 선표준화하려는 움직임이 활발하다. 4G에 대한 해외의 움직임은 유럽과 북미, 동아시아가 활발하여 Nokia, Ericsson, NTT-DoCoMo 등의 기업이 여러 단체와 프로젝트에서 적극적인 활동을 하고 있다. 이 외에도 수 많은 기업들이 MMDS, WLL, Cellular, WLAN, Fixed Wireless, DVB 등의 시장을 목표로 OFDM과 CDMA를 이용한 상용 시스템을 개발하여 시장에 내놓고 4G 시스템의 후보로 자처하고 있다. 이들 선진사들의 기술 개발은 아래와 같이 〈표 6〉과 〈표 7〉과 같이 요약된다.

〈표 6〉 해외 선진사 기술 비교

회사명 /기술(제품)명	Wi-LAN/ WOFDM	NextNet Wireless/Expedience	Flarion/ Flash-OFDM	Broadstorm/ Broad@ir
주파수 대역 (GHz)	3.5	2.5~2.7	0.22~3.5	0.7~3.4
다중화/다중접속	OFDM-TDMA /TDD	OFDM-TDMA /TDD	FH-OFDMA /FDD	OFDMA /TDD
변복조	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK(16QAM, 64QAM)	QPSK, 16QAM	QPSK, 8PSK, 16QAM, 64QAM
안테나	Single antenna	Directional antenna	Opportunistic Beamforming	Tx Diversity
오류정정부호	RS	RS-CC	Vector-LDPC	CC (Turbo, LDPC)
목적대상/시장	MMDS	MMDS	Cellular	MMDS, Fixed Wireless, Cellular

〈표 7〉 해외 선진사 기술 비교

회사명 /기술(제품)명	NTT-DoCoMo/ VSF-OFCDM	Navini Networks/ Ripwave	IPWireless/ IPWireless
주파수 대역 (GHz)	5	2.596~2.686	1.9, 2, 2.5~2.7, 3.4
다중화/다중접속	OFDM-CDMA/FDD	SCDMA/TDD	TC-CDMA/TDD
변복조	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 8PSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 8PSK, 16QAM
안테나	Adaptive antenna, MIMO	Adaptive phase array antenna	Tx Diversity
오류정정부호	Turbo	RS	CC, Turbo
목적대상/시장	Cellular	Fixed Wireless	MMDS, Fixed Wireless

2.1 유럽 및 북미

2.1.1 Nokia

Nokia는 3G 시스템보다 훨씬 향상된 미래 이동통신 환경을 예상하여 Infrastructure system, Service enabler, Security solution과 통신 사업자에게 최소한의 투자로 사업 전개가 가능한 기능에 초점을 맞춰 연구를 진행하고 있다. 4G 시스템을 위한 Nokia의 비전은 유무선 접속 통합, 고속 전송을 위한 새로운 무선 접속 기술, All-IP망 구성으로 볼 수 있다. 이러한 비전을 완성하기 위한 핵심 기술로 다차원 무선 접속 기술과 IPv6에 기반한 네트워크간의 연동

기술 그리고 사용자 위치를 이용한 다양한 서비스 제공을 제안하고 있다.

2.1.2 Ericsson

Ericsson은 기존의 셀룰러, WLAN, WPAN 등 다양한 무선 접속 시스템간의 통합과 언제 어디서나 사용자에게 최고의 접속 환경을 제공하는 것(ABC : Always Best Connected)을 4G 시스템의 첫 단계로 설정하고 있다. Ericsson이 예상하는 4G 시스템은 IPv6 기반의 공통 Core network을 통해 다양한 무선 접속 시스템이 연결되고 공통의 IP access control plane과 IP core bearer control plane에 의해 관리되는 체계를 갖추고 있다. 높은 주파수 효율을 갖기 위한 무선 접속 기술을 연구 중에 있으며 그 솔루션으로 다양한 무선 접속 시스템(3G, WLAN, New access system 등) 중에서 사용자에게 가장 효과적인 시스템을 선택하는 기술과 진보된 안테나 기술(스마트 안테나, MIMO 기술 등) 그리고 OFDM과 Multi-carrier 기술을 확보해 가고 있다. 네트워크의 관점에서는 무선 접속 시스템간의 사용자 이동을 지원하기 위한 Profiling handling, 다양한 단말기 형태와 규격에 적합하도록 서비스 되는 콘텐츠를 변환하는 Content adaptation, 통합 AAA, 이종망간의 핸드오버 및 IP 관리를 위한 Mobility management 기술 등을 개발하고 있다. 또한 Ericsson은 Sony Ericsson을 통해 Handset에서의 역량을 키워나가고 있다. 가상 현실을 지원하는 단말 장치를 개발하고 있으며 Sony로부터 S/W를 지원받아 홍채인식, 음성인식, Virtual personal assistance의 기능을 갖춘 Virtual Glasses를 개발 중이다.

2.1.3 Motorola

Motorola는 유선 시장에서의 동향을 바탕으로 향후 이동통신 및 B3G에 대한 패러다임을 도출하였다. 유선 상의 단순한 음성통화가 무선화 되고, 더 나아가 무선 데이터 통신 서비스로 진화되었고 유선상의 수많은 콘텐츠가 무선 상에도 등장하게 되는 시장 흐름을 따라 하나의 커다란 IPv6 Infrastructure와 다양한 무선 접속 시스템 그리고 하나의 Control domain으로 구성된 4G 비전을 제시하고 있다. 이러한 비전에는 여러 무선 접속 시스템간의 Seamless한 연결과 최적의 주파수 효율성을 위한 유무선의 다양한 접속 경로를 공통의 유연하고 확장 가능한 플랫폼으로 통합하는 것이 포함된다. 3G 시스템까지의 기술 표준은 QoS, Mobility, Billing에 있어서 Telecommunication에 기반하여 설계되었으나, 4G는 유무선 등 모든 통신 방식의 통합 시스템이 되어야 한다는 시각을 가지고 새로운 패러다임을 위하여 통신 시스템의 거의 모든 측면에 집중하여 Wireless system design, Multimedia technology, User centered design, Wireless applications, IP networking, Agent technology, WLAN, Speech technology, S/W productivity tools, Wireless H/W technology 및 IC design에 관한 연구를 추진하고 있다.

2.1.4 Lucent

Lucent는 information hot-spot architecture라는 개념으로, 이동통신과 WLAN 시스템의 결합을 미래 통신 환경으로 예상하고, 4G 이동통신은 3G 이동통신에서 점진적으로 발전하는 것으로 보고 있으며 이 경우에 사용될 수 있는 네트워크 장비들을 개발하고 있다. 4G 시나리오는 단일 인프라, 다양한 기술 규격 공존, 연결 장치에 관계없이 가입자가 네트워크에 접속되는 것으로 요약할 수 있다. 이러한 비전을 달성하기 위한 핵심 기술로 All-IP 시스템, Intelligent

antennas, Network self-organization을 연구하고 있으며 이를 뒷받침하기 위한 다음과 같은 소자 기술 개발을 병행하고 있다.

- 전자 – higher speed ballistic devices, lowe voltage, higher power & breakdown voltage, massive integration
- 광학 – reduced nonliearity and optical dispersion filter, broadband amplifier, integrated photonic circuits, optical buffers, wavelength changes
- 무선 – lightweight, meta-materials for tailored EM properties, ultrahigh dielectric for micro antenna, wavelength conversion
- 데이터 저장 – nano structured magnetics, tailored magnetoresistive materials
- 디스플레이 – Lighter weight, paper-like

Lucent는 다음과 같은 기술을 3G 이후에 성장할 기술로 지목하고 많은 노력을 기울이고 있다.

- Adaptive antenna array technology
- Advanced SDR with wideband multi-channel & multi-mode operation
- IP in everything and everything adaptable
- IP network optimized for air interface
- Ad hoc self configuring high performance adaptive systems
- S/W agents and user applets
- Cost effective, high capacity IP-based backhaul
- Dynamically asymmetric forward/reverse link

2.2 아시아

2.2.1 일본

ARIB의 주도 하에 2001년에 결성된 mITF를 중심으로 많은 과제가 수행되고 있다. mITF의 주요 목표는 3G 이후의 이동통신 시스템의 구조 정립, 4G 시스템의 핵심 기술 분석 및 연구, 기술적 요구사항 및 성능 검증 방법론이다. 이를 바탕으로 일본의 기업들이 연구를 수행하고 있으며 NTT DoCoMo가 가장 활발한 활동을 보여주고 있다.

NTT DoCoMo의 4G 시스템 연구는 크게 IP^2(IP-based IMT platform)와 VSF(variable spreading factor)-OFCDM 방식의 무선 접속 기법으로 나눌 수 있다. 4G 시스템의 주요 목표는 대용량 멀티미디어 시스템 구축, 이동성 지원 시스템, 다양한 무선 접속 시스템의 지원, 끊김이 없는 서비스의 연속성이 있으며 핵심 기술로는 크게 4가지를 꼽고 있다.

- 유연하고 확장이 쉬운 네트워크
  - Separation of network control functions from transport network
  - Common radio resource management
  - Plug-in type adaptation
- 위치 확인과 라우팅 관리에 기반한 이동성 관리
  - Adaptive location control, concatenated location register control
  - Anchor relocation handover control, mobile multicast technology
  - Buffering/multi-path handover control
- 끊김없는 서비스 지원
  - Service state description method
- 새로운 무선 접속 기술
  - Multi-carrier CDMA
  - Multiple antenna 기술

- MIMO
- Adaptive beamforming
- Software defined radio
- Dynamic link adaptation

2.2.2 중국

4G 이동통신 시스템 연구개발을 위하여 2001년에 FuTURE라는 프로젝트를 발족하여 2005년까지의 1단계와 2010년까지의 2단계 연구계획을 수립하였다. 이 프로젝트의 목표는 방송망, 셀룰러망, 근거리 무선망의 통합이며 2005년까지 20Mbps의 패킷 전송이 가능한 시스템 개발을 단기 목표로 하고 있다.

이상 해외 사례를 통하여 공통적으로 발견할 수 있는 비전은 통합된 네트워크, 다양한 무선 접속 시스템의 공존과 Interworking, 그리고 자원의 효율성 극대화로 요약할 수 있으며 이를 이루기 위해 제안된 공통적인 핵심 기술은 크게 IP-based core network, Seamless handover, Integrated radio resource management, Advanced antenna system, Multi-dimensional multiple access scheme, Link adaptation이 있다.

3. 국내 연구 개발 현황

국내에서는 정부와 산/학/연 공동체로 구성된 4G Vision Committee를 중심으로 4G 시스템의 비전 정립과 핵심 기술 도출위한 논의를 수행하였고 현재는 NGMC(Next generation mobile communication) Forum을 구성하여 4G 시스템에 대한 연구를 수행하고 있다. 아울러 정부 주도의 차세대 신성장 동력 품목으로 지정된 4G 이동통신 시스템의 추진 계획에 따라 광대역 이동통신 시스템과 휴대 인터넷 시스템, 지능형 융합 휴대 단말, 멀티미디어 휴대 단말용 핵심 부품, 휴대 단말용 초저전력 RF/HW/SW 모듈의 개발에 국가적인 노력을 기울이고 있다.

정통부가 중장기 발전계획을 수립하고 2007년까지 1단계로 4G 이동통신의 핵심기술 확보에 적극 나서고 있다. 이 계획의 일환으로 ETRI 이동통신 연구소를 중심으로 지난 2002년 1월부터 4G 이동통신 기술 개발 사업이 시작되었다. 4G 이동통신 기술 개발 사업은 2005년까지는 외국의 유사 시스템들과의 경쟁력에서 우위를 점할 수 있는 핵심 요소 기술들을 조기에 확보하고 2007년까지는 시험 시스템 개발을 완료하여 국제 표준화는 물론 향후의 4G 이동통신 시장을 주도할 목적으로 추진되고 있다.

ETRI에서 구현하는 시스템은 최대 100Mbps의 전송률을 목표로 한다. 이 시스템에서는 IMT-2000에서 제공하는 동일 서비스에 비해 높은 전송률을 사용하여 보다 양질의 서비스를 제공할 수 있다. 사용자는 휴대용 단말기에서 바로 인터넷에 접속하여 종래에는 유/무선 LAN에서만 제공되었던 20Mbps 이상의 고속 데이터 서비스 등 다양한 서비스를 제공받을 수 있다. 전송률이 2Mbps인 디지털 오디오 방송 및 전송률 23Mbps인 디지털 비디오 방송도 서비스될 것으로 예측된다. 이러한 서비스를 제공하기 위해서는 유선 망에서처럼 휴대용 단말기에도 인터넷 주소를 할당하고 IP를 기반으로 하는 서비스가 구현되는 All IP 환경이 구축되어야 하며 회선 방식의 음성 서비스는 VoIP를 이용한 패킷방식으로 대체될 전망이다.

3.1 SKT

SKT의 4G에 대한 전략은 SDR기반의 유비쿼터스 네트워크, 3G보다 5배 정도 높은 주파수 효율성, All IP를 기반으로 하는 저가의 서비스 제공이다. 유비쿼

터스 네트워크 환경은 단말 장치의 종류, 장소/위치, 네트워크의 종류에 관계없이 사용자가 원하는 모든 서비스에 접속하여 사용할 수 있는 환경을 의미한다. SKT에서 바라보는 네트워크의 진화 방향은 IP기반의 광 네트워크로 유무선이 통합되어 사용자가 원하는 모든 정보 및 서비스에 접속하는 것이다. 유무선 통합 환경에서의 광대역 무선 멀티미디어 서비스의 지원을 위한 솔루션으로 네트워크 진화에 있어서는 NGcN, 무선 데이터 서비스 지원을 위한 무선 지원 규격으로 휴대 인터넷 시스템, 3G에서 진화된 형태의 브로드캐스팅 서비스를 들고 있다. 네트워크 분야에서 소프트 스위치, 개방형 API 게이트웨이, QoS/Security 관리 서버, MPLS 관련 장비를 연구개발 중이며 광대역 무선 멀티미디어 기술 지원이 가능한 DBDM(Dual band dual mode) 단말 장치에서 점차 SDR 기반의 Wearable 장치로의 진화를 연구하고 있다.

3.2 KT/KTF

KT는 2010년까지 3단계의 4G 시스템 개발 계획을 수립하였다. 1단계에서는 4G 시스템의 서비스, 통신 환경 예측, 비전 및 목표 설정을 수행하고 2단계에서는 SDR, Smart antenna, All-IP network등의 핵심 기술을 연구 개발하여 3단계에서 4G 시스템의 상용화를 위한 다양한 무선망의 통합을 계획하고 있다.

3.3 삼성

유비쿼터스 환경 구축을 위한 기술 확립을 위하여 새로운 무선 접속 기술, All-IP 네트워크로의 진화, 디바이스의 발전을 비전으로 삼아 OFDMA & MC-CDMA, Mobility control, MIMO, Smart antenna, Network protocol, Signaling processing의 핵심 기술을 연구 개발하고 있고 WWRF, IEEE802.16, IEEE802.20에 활발히 참여하고 있다.

3.4 ETRI

ETRI의 4G 비전은 Ubiquitous broadband mobile access with optimal bandwidth and cost로써 주파수 효율성을 위주로 한 무선 접속 기술에 초점을 맞추고 있다. 이를 위한 기술로 OFDMA, MIMO, LDPC, QAM을 들고 있다. 산 · 학 · 연 공동 프로젝트의 중심 역할을 하며 정부 주도의 4G 시스템 개발에 앞장서고 있다.

3.5 LG 전자

LG 전자 유비쿼터스 & Seamless, Convergence, High efficiency, Openness, Broadband wireless 시스템을 목표로 Advanced antenna, Multiple access scheme, Mobility management, SDR, Ad-hoc network의 핵심 기술을 연구 개발하고 있으며 WWRF, M-VCE, IEEE802.16, IEEE802.20에 적극적으로 참여하고 있다.

국내의 연구 개발 현황에서 보듯이, 4G에 대한 국내의 비전은 공통적으로 유비쿼터스를 대전제로 하고 있으며 연구 개발의 초점이 새로운 무선 접속 기술과 유무선 네트워크의 통합에 집중되고 있다.

4. 4G 이동통신 국내외 표준화 현황

본 장에서는 ITU-R WP8F와 ITU-T SSG를 중심으로 4세대 무선통신 시스템의 개념 등에 대한 표준화

동향을 살펴보고, IEEE와 3GPP 및 최근 활발한 활동을 진행 중인 WWRF, mITF, Mobie VCE 등의 여러 단체들의 표준화 과정을 기술한다.

4.1 국제 표준화 동향

4.1.1 ITU의 Systems beyond IMT-2000

ITU의 B3G 표준화는 크게 ITU-R의 WP8F와 ITU-T의 SSG를 중심으로 이루어지고 있으며, ITU-R WP8F는 WRC-07에서 B3G 주파수 할당을 목표로 매우 활발한 표준화 활동을 진행 중이다. 또한, 네트워크 측면에서 ITU-T의 SSG가 비전을 발간한 이후 활발한 연구 활동을 진행 중이다.

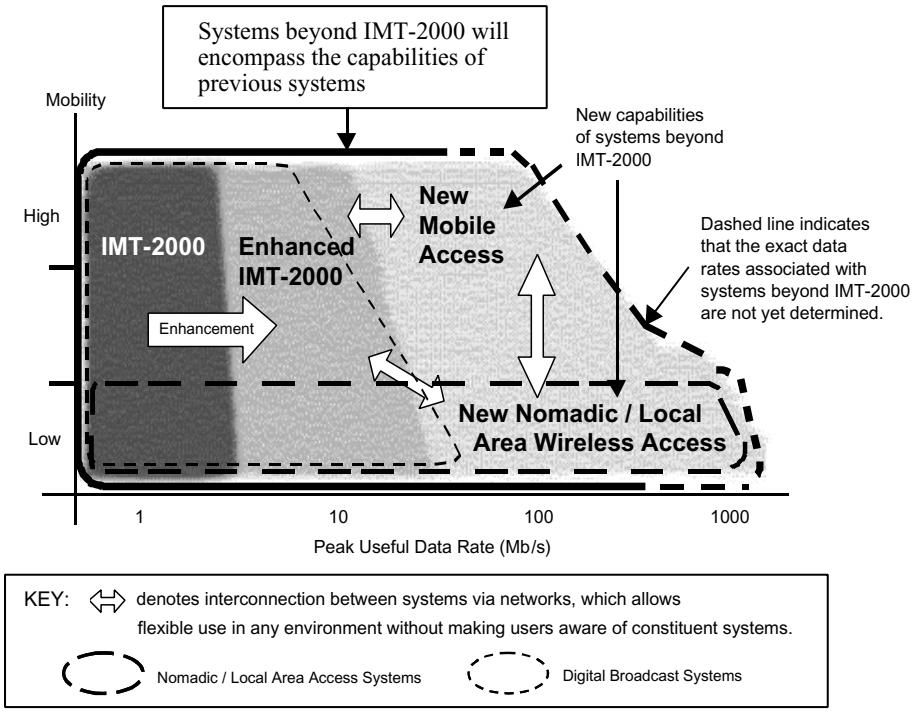
- ITU-R WP8F

99년 말 핀란드 헬싱키에서 열린 제 18차 ITU-R TG8/1회의에서는 그 동안의 IMT-2000 무선 인터페이스 표준화 활동의 결실인 IMT.RSPC를 제정하며 ITU-R TG8/1의 14년간의 활동을 마감했다. 이로서 ITU-R은 그 동안의 IMT-2000을 위한 표준화 활동을 실질적으로 마무리 하였다. 그리고 헬싱키 회의에서는 차후 IMT-2000관련 작업과 제4세대 이동통신 시스템 관한 활동을 주관한 WP8F을 신설하였다. ITU-R WP8F는 IMT-2000 권고의 개정, 추가 주파수 이용, IMT-2000 진화 시스템, Beyond IMT-2000 시스템의 작업 등을 수행하기 위하여 2000년 3월 새롭게 결성되었다.

WP8F에서는 IMT-2000 진화 시스템 및 Beyond IMT-2000의 비전 및 요구사항을 규정하기 위해 2002년 말 Vision WG(Working Group)을 통해

〈표 8〉 ITU-WP 8F의 각 WG 별 활동 영역

Group	Scope
WG SERV Future Service & Market Aspects	- 시장 수요 예측 조사, - 서비스, 시장, 주파수 요구 측정 방법 연구, - WRC-07을 위한 주파수 요구량 조사, - B3G 시스템의 가능한 서비스와 응용 방법에 대한 예제 제시
WG DEV Developing Country	- 개발도상국의 관점이 WP8F에 반영되도록 요구사항 정의 - WRC-07을 대비하여 주파수 관련 연구 수행 - IMT-2000 handbook의 개정을 연구
WG TECH Technology	- WRC-07을 대비하여, 무선 접속 기술에 대한 잠재적인 능력과 동향을 제안 - 외부의 연구기관 및 표준화 포럼과의 교섭을 수행 - 연구 주제 web site를 관리하고 찾아냄 - 관련된 IMT-2000 무선 접속 권고문을 개정
WG SPEC Spectrum	- WRC-07에서 추가적인 주파수 할당의 필요성을 확인하기 위해, IMT-2000, B3G 및 다른 시스템들 간의 시스템 공존에 대한 연구 및 주파수 분할에 대한 연구를 수행 - 추가 주파수 할당이 고려되는 시스템을 위한 후보 주파수 대역에 대한 연구 - 2.5GHz의 자세한 주파수 조정을 ITU-R M.1036에 추가하는 업무
WG WRC WRC Preparations	- WRC-07을 Darft CPM 보고서를 준비 - 예상되는 WRC-07 논의 주제를 만족시키는 방법 연구



Dark shading indicates exisiting capabilities, medium shading indicates enhancements to IMT-2000, and the lighter shading indicates new capabilities of systems beyond IMT- 2000.

The degree of mobility as used in this figure is described as follows: Low mobility covers pedestrian speed, and high mobility covers high speed on highways or fast trains (60 km/h to ~250 km/h, or more).

〈그림 3〉 ITU-R WP8F의 B3G의 기능 영역

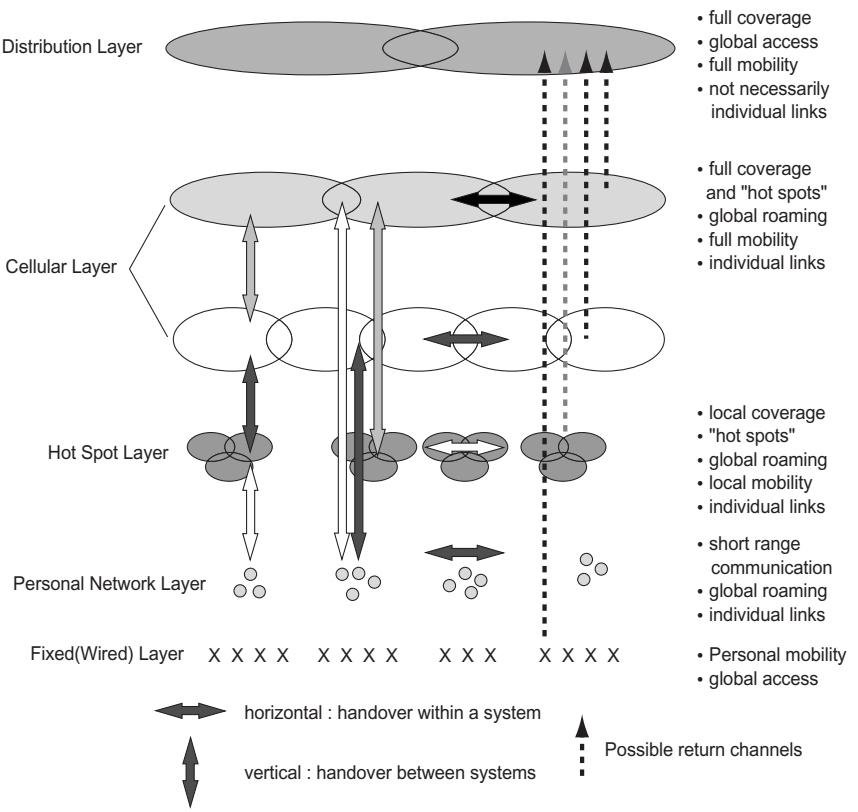
PDNR(Preliminary draft new Recommendation)을 작성하였다. 최근에는 이 Vision WG의 뒤를 이어 5개의 주요 WG과 2개의 Ad-Hoc 그룹 및 위성과 관련된 1개의 그룹이 활동 중이다.

〈그림 3〉은 ITU-R WP8F에서 정의하고 있는 Systems beyond IMT-2000의 기능영역을 보여주고 있다. 이 영역은 크게 다음의 3가지 영역으로 나눌 수 있다.

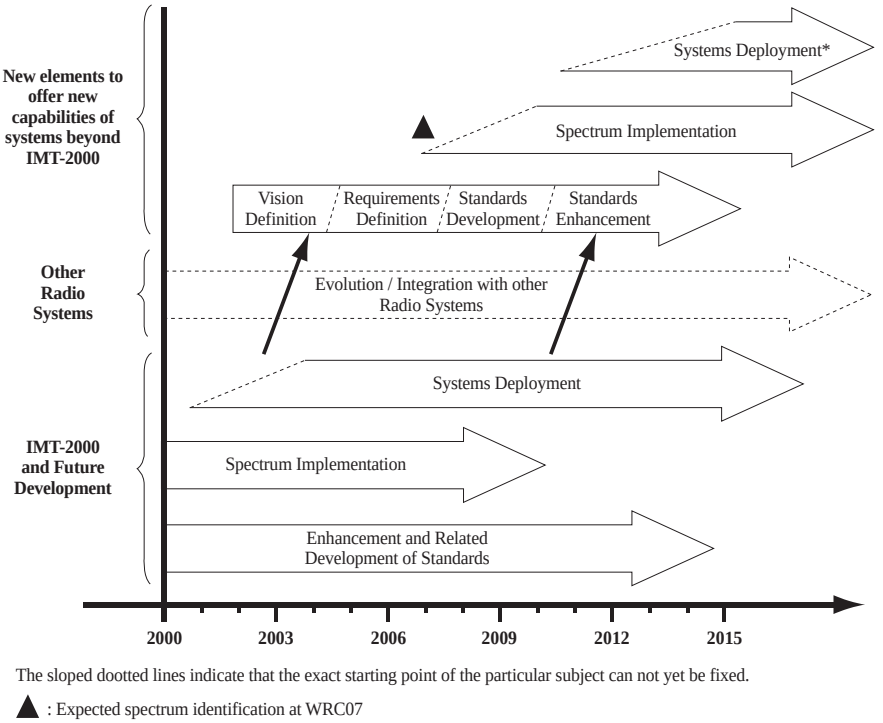
- Future Development of IMT-2000 :
  이 영역은 기존의 IMT-2000이 발전하는 영역으로 그림3의 왼쪽 영역을 의미한다. 현재의 IMT-2000은 대략 10Mbps까지 그 전송 능력이 확장되었으며, 2005년 까지는 최대 30Mbps의 전송 속도를 지원할 것으로 전망하고 있다.
- New Capabilities of systems beyond IMT-2000 :
  2010년 경을 전후로해서 새로운 무선 접속 기술이 요구되어 질 것으로 보이며, 이 기술은 기존의 enhanced IMT-2000의 영역을 보완하는 다른 무선 시스템이 될 것이다. ITU-R WP8F에서 요구하는 이 시스템의 전송 능력은 고속 이동 시스템에 대해서 100Mbps, 저속 및 고정 시스템에 대해 1Gbps 정도가 될 것으로 보고 있다. 이 영역은 그림3의 오른쪽 위 부분(고속 이동 시스템),

오른쪽 아래(저속/고정 시스템)에 해당한다.

- Relationship of IMT-2000, systems beyond IMT-2000, and other access systems :
  또한, 앞서 언급한 두 시스템 영역 외에 WPAN, WLAN, 디지털 방송, 고정 무선 접속 등의 다양한 무선 접속 시스템이 지속적으로 발전하면서 systems beyond IMT-2000과 관계를 지속할 것이며, 이 시스템들과의 유기적인 연동이 요구되어 질 것이다. 특히, 각 시스템들은 그림4와 같이 유기적인 수평, 수직 핸드오버를 통해 seamless한 서비스를 지원하게 될 것이다.



〈그림 4〉 상보적인 무선접속 시스템 개념도



〈그림 5〉 ITU-R의 표준화 추진 계획

ITU-R WP8F의 표준화 일정은 〈그림 5〉에 나타나 있다. 2002년 Vision 문서의 발간을 마무리한 후 현재 요구사항(Requirement)에 대한 표준화가 진행 중이다. 또한, B3G의 표준 개발은 약 2007년 WRC-07을 전후로 시작될 것으로 보이며, 시스템의 구현은 2010년 경부터 일어날 것으로 예측하고 있다.

- ITU-T SSG

2002년 6월 ITU-R 과 더불어 ITU-T에서도 Systems beyond IMT-2000에 대한 Vision 문서를 발간하였다. 이 문서는 Systems beyond IMT-2000의 네트워크 측면의 장기 비전에 대해 설명하고 있다. 이 문서에서는 2010년 경의 네트워크 분야의 시장 상황과 기술 동향을 예측하고, 장기적 관점에서 9개의 네트워크 설계 목적을 설명하고, 마지막으로 네트워크 구조에 대한 개념을 정리하였다.

ITU-T에서 정의한 9가지 네트워크 설계 목적은 다음과 같다.

- Broadband and multiple bearer service capability
- Service expandability and application service support
- Security support
- User platform support
- High performance and system efficiency
- System flexibility
- System scalability
- System interoperability

• System robustness

이와 함께 B3G 네트워크는 다음과 같은 일반 원칙에 따라 실현될 것으로 보고 있다.

• IP 기술 기반 네트워크 구조
• 확장 가능한 요소들을 이용한 모듈 단위의 구축
• 다양한 시스템 간의 개방형 인터페이스

ITU-T내의 SSG(Special Study Group for "IMT-2000 and Beyond")에서는 이러한 비전을 바탕으로 총 7개의 그룹으로 나누어 Systems beyond IMT-2000에 대한 연구를 진행 중이다. 〈표 9〉는 각 그룹별 연구 영역을 보여준다.

〈표 9〉 List of sub-groups and Questions for ITU-T SSG

Sub-group	Question/Scope
Q.1/SSG	Service and network capability requirements and network architecture
Q.2/SSG	NNI mobility management protocol (Stage 3)
Q.3/SSG	Identification of existing and evolving IMT-2000 systems
Q.4/SSG	Interworking functions to be used with existing and evolving IMT-2000 systems
Q.5/SSG	To participate in the preparation of a Handbook on IMT-2000
Q.6/SSG	Harmonization of evolving IMT-2000 systems
Q.7/SSG	Convergence of fixed and existing IMT-2000 systems

ITU-T SSG에서는 2001~2002년에 세미나를 개최하였으며, 2003년에는 Workshop을 개최하는 등 활발한 활동을 벌이고 있다.

4.1.2 IEEE

IEEE내의 802 LMSC(LAN/MAN Standard Committee)는 ITU의 B3G 비전의 한 축을 담당하는 표준화 단체이다. IEEE802는 WLAN과 WMAN, WPAN 등에 대한 광범위한 표준화를 진행 중이며, Systems beyond IMT-2000의 New Capabilities 측면에서 두 가지 시스템으로 나누어 살펴볼 수 있다.

첫째로, 〈그림 3〉의 오른쪽 아래 영역에 해당하는 저속 및 고정 이동 시스템에 대한 표준으로는 WLAN의 표준화가 진행 중이다. 이는 IEEE802.11 WG을 중심으로 이루어지고 있으며, 802.11의 경우 현재 54Mbps의 전송속도를 지원하는 802.11a와 802.11g의 표준이 완성되었으며, 최근 전송속도를 수백 Mbps까지 확장하기 위한 표준으로 802.11n에 대한 표준화가 시작되어 진행 중이다. 또한, 개인 영역의 근거리 통신 시스템인 WPAN 표준화를 위해 현재 802.15 WG을 중심으로 표준화가 진행 중인데, 특히 802.15의 TG3a의 경우 UWB(Ultra Wide Band) 기술을 적용하여 4m 이내의 거리에서 최대 220Mbps의 전송률을 보이는 시스템의 표준화를 진행 중이다.

두 번째로는 〈그림 3〉의 오른쪽 위에 해당하는 이동 통신 영역의 표준으로 802.16e와 802.20의 표준화가 있다. 이 두 표준은 비슷한 목적을 이루기 위해 조직되었으나 그 배경이 다른 시스템이다. 802.16e는 기존의 WMAN 시스템인 802.16a를 기반으로 한 시스템으로 고정통신용 시스템에 고속의 이동성을 지원하기 위한 기술을 추가하는 표준이다. IEEE 802.16은 1999년 6월에 표준화 활동을 시작하였으며 무선 MAN (Metropolitan Area Network)관련 표준을 진행 중이다. 10~66GHz 주파수 대역을 사용하는 802.16표

준이 2001년 12월에 완성 되었으며 2~11GHz 주파수 대역을 사용하는 802.16a표준이 2002년 12월에 완성되었다. 최근에 802.16a에 저속의 이동성을 도입하고 70Mbps 전송속도가 가능한 초고속 패킷 데이터 서비스용 802.16e 표준 연구가 시작되었다.

반면, 802.20의 경우 기본적으로 고속 이동(250km/h) 셀룰라 시스템을 기반으로 높은 전송률 지원하는 시스템 설계를 위한 표준이다. 802.20은 Flarion, Arraycom 등의 회사에 의해 표준 진행을 목표로 진행되었으나, 현재 기존 3G 관련 회사들에 의해 표준화가 지연되고 있다. 이런 이유로 현재 만들어지고 있는 요구 사항은 보다 B3G에 가까운 형태로 정해질 것으로 보인다.

4.1.3 기타 관련 단체

IMT-2000의 표준화 과정에서 ITU의 역할은 3GPP, 3GPP2 등의 개별 표준화 단체에서 완성된 표준을 승인하는 것이었으며, 3GPP와 같은 단체는 이전에 존재하던 ACT 등의 프로젝트 그룹에 의해 시작되었다. B3G에서도 이러한 방향으로 표준화가 진행될 것으로 보이며, 이러한 역할을 담당하는 B3G 표준화의 초기 단계 표준화 단체로 다양한 단체들이 존재한다. 이러한 표준화는 크게 유럽과 아시아를 중심으로 이루어지고 있으며, WWRF, Mobile VCE, mITF, FuTURE, CJK 등의 단체 또는 포럼들이 대표적이다.

- WWRF(Wireless World Research Forum)

WWRF는 2001년 8월 14일에 무선 통신 비전에 대한 기여를 목적으로 Alcatel, Ericsson, Motorola, Nokia, Siemens 등의 유럽 회사들을 중심으로 설립되었으며, 그 규모가 확장되어 현재 LG전자, 삼성 등 국내 기업을 비롯하여 30여 생산 업체와 16개 사업자들이 회원으로 참여하고 있다. WWRF는 이전에 초기 활동을 진행한 WSI(Wireless Strategy Initiative)의 결과를 이어받아 진행되는 포럼으로, 미래에 대한 비전을 제시하고, 세계적인 연구 방향을 조화롭게 하며, 상업화를 위한 선도적인 활동을 하는 목적을 가지고 있으며, 핵심 목표는 크게 다음의 5가지로 요약된다.

- Wireless world의 비전에 기여
- Wireless world의 비전 발전 및 일관성 유지
- Wireless world를 향한 무선 시스템 기술, 사회적 동향 및 연구 방향에 대한 분석 및 제시
- Wireless world를 향한 새로운 기술 및 동향에 대한 가능성 평가
- 국제적인 연구 프로그램의 방향 설립에 기여

이러한 핵심 목표를 바탕으로 WWRF는 7개의 WG와 3개의 SIG(Special Interesting Group)을 중심으로 활동을 진행중이다.

WWRF는 매년 3-4회 정도의 포럼을 개최하여 활발한 활동을 하고 있으며, EU(Europe Union)에서 추진중인 FP 6로 2003년부터 추진할 B3G 기술개발을 목적으로 하는 WWIP(Wireless World Integration Project)를 계획하고 있다. 또한, 연구 결과에 대한 백서인 "Book of Visions"을 매년 발간하여 배포하고 있다.

- Mobile VCE

Mobile VCE(Virtual Centre of true Excellence)는 1996년 비영리 추구 단체로 영국에서 설립되어 현재 다수의 통신 관련 업체와 7개의 대학을 주축으로 구성되어 있다. EH한, BBC와 같은 방송과 미디어 관련 업체들이 참여하는 등 그 규모가 커지고 있다. Mobile VCE는 영국 정부의 자금 지원을 통해 운영되고 있으며, 산업체 중심의 장기적 관점의 연구를 수행하고 있다.

Mobile VCE의 핵심 목표는 무선 개인 통신과 관련

된 모든 분야에 있어서 산업체 중심의 비용 효과가 높은 중장기 전략을 수립하는 것이다. 최고 수준의 연구 기술 및 연구원들의 참여를 통해 시기적절한 산업체 주도의 선도 기술 도입 및 상용화를 위한 매커니즘 구축을 목표로 하고 있다. 1997년부터 3년간 Core 1이 수행되었으며, 2003년까지 Core 2, 그리고 2002년부터 Core 3가 시작되어 2005년 9월까지 진행될 예정이다.

- mITF(Mobile IT Forum)

mITF는 일본을 중심으로 구성된 B3G 표준화 단체로 2001년 구성되었으며, 기술 및 표준화와 관련된 활발한 연구 활동을 수행하고 있다. mITF는 크게 3개의 위원회로 구성되어 있으며, 그 중 4세대 이동통신 위원회가 중심이 되어 B3G 연구를 주도하고 있다.

4세대 이동통신 위원회의 핵심 목표는 4세대 시스템의 구성 및 관련 애플리케이션 들에 대한 명확한 정의를 내리고, 2010년 경으로 목표하고 있는 상용화를 위한 구체적인 활동을 수행하는 것이다. mITF에서 2003년 발간한 Flying Carpet에서는 이러한 비전을 잘 정리하고 있다. 이 문서에서는 향후 10년 내로 도래할 것으로 예상되는 새로운 시장을 겨냥한 R&D 표준화 프레임 워크를 위해 4세대 시스템의 비전, 서비스 시나리오, 어플리케이션, 관련 기술 등에 대한 정의를 정리해 놓았다.

mITF의 시스템 개발 목표는 ITU-R의 목표와 동일하게 2005년 경의 Enhanced IMT-2000 시스템, 2010년 경의 Beyond IMT-2000 시스템의 개발을 목표로 하고 있다.

- FuTURE(Future Technologies for Universal Radio Environment)

FuTURE는 중국 무선통신 분야의 10차 5개년 계획(2001-2005)의 863 프로그램 중의 하나로 출발하였다. FuTURE의 목표는 미래의 어플리케이션 수요를 만족시킬 수 있는 통합된 무선 시험 환경을 조성하고, 2005-2010년의 시장 발전을 선도 할 수 있는 선두적인 위치에 서며, 선진국들과 어깨를 나란히 하는 무선 R&D를 구축하는 것이다.

FuTURE의 주요 연구 분야는 다음과 같다.

- B3G 무선 접속 기술
- WLAN & Ad hoc Network
- Multiple Antenna Environment(MIMO) & RF
- 3G-Based Ad hoc Network
- IPv6 기반 Mobile Core Network
- Generic Techniques for Mobile Communications
- System Structure, Requirement & High Layer Applications

FuTURE는 3단계에 걸친 발전 계획을 구상하고 있다. 우선 1단계(2001-2003)에서는 핵심 기술들에 대한 전반적인 동향 분석을 통해 비전을 수립하고, 2단계(2003-2005)에서는 실험 시스템 구축을 통해 시스템 전반에 대한 초안을 마련할 계획이다. 그리고, FuTUREII인 2005년 부터는 시범 사업 및 초기 형태의 상용화를 통한 표준화 작업을 진행할 계획에 있다.

4.2 국내 4G 표준화 동향

국내에서는 정부와 산·학·연 공동체로 4G Vision 위원회를 구성하여 전반적인 4세대 이동통신의 비전 정립과 이정표를 설정하고 있으며, 2002년부터 ETRI를 중심으로 4세대 이동통신 초고속 패킷 무선전송 기술연구 사업을 진행 중에 있다. 그리고 2003년에 4세대 이동통신을 포함한 차세대 이동통신을 10

대 신성장 동력의 하나로 채택하여 범국가적 차원에서 기술개발 및 표준화가 추진되고 있다. 특히, 4세대 이동통신 비전 연구회에서는 2003년 12월 "한국의 4세대 이동통신 비전" 이라는 보고서를 발간하였으며, 이를 바탕으로 NGMC(Next Generation Mobile Communication) 포럼을 구성하여 장기적인 연구 과제의 수행을 준비 중에 있다. 이 비전 보고서에서는 4세대 이동통신에 대해서 핵심망, 무선 엑세스망 및 서비스 관점에서 상위 개념의 비전을 제시하고 설명하였다. 산업체에서도 여러 국제 표준화 단체에서 활발한 활동을 벌이고 있으며, 각각의 비전을 가지고 연구에 몰두하고 있다.

국내의 4세대 이동통신의 한 축으로 언급되고 있는 휴대 인터넷은 현재 TTA를 중심으로 표준화가 진행 중이며, ETRI 와 삼성을 중심으로 독자적 무선 접속 규격을 작성하여 국내외 표준화를 진행 중이다. 특히, 휴대 인터넷은 4세대 이동통신의 장기 비전의 관점에서 Hot spot 영역의 저속 이동성/고속 데이터 전송을 지원하는 시스템으로 고려되고 있다.

5. 맺음말

B3G 시스템은 범세계적 대응이 필요한 분야이다. 장기적인 관점에서의 비전과 개념을 설정하고 핵심이 되는 요소기술을 선도적으로 확보해 나가면서, 세계와의 경쟁과 협조를 통한 기술개발의 추진이 필요하다. 또한, 산업의 경쟁력을 확보하기 위해서는 IPR(지적소유권)의 조기 발굴이 필요하다. B3G 시스템은 IPR이 매우 집약된 시스템이며, 표준화의 주도권을 확보하기 위해 이러한 IPR의 조기 확보 전략이 매우 요구되고 있다. 한편, 4세대 이동통신은 새로운 서비스와 비즈니스의 견인차가 될 것이다. 4세대 이동통신은 향후 기술 진전에 따라 전자화폐, 모바일EC, intelligent 가전, 음악, 영상콘텐츠의 배포, 로봇제어 등 새로운 서비스, 비즈니스를 창출하여 편리하고 윤택한 라이프스타일을 실현할 것이다.

이제 4세대 이동통신의 경쟁이 이미 시작되고 있다. 우리는 2세대, 3세대 이동통신 시스템의 노하우를 충분히 가지고 있다. 이러한 강점을 바탕으로 보다 혁신적이고 장기적 비전을 제시할 수 있는 4세대 이동통신 시스템을 개발하고 핵심기술을 조기에 확보함과 동시에 국제 표준화를 선도하여 세계 최고의 IT강국을 만들어 나가야 할 것이다.