

主題

ETRI의 4세대 무선전송시스템 연구개발

이동통신연구소, 한국전자통신연구원 이석규, 장경희, 황승구, 한기철

차 례

- I. 서론
- II. 4세대 무선이동통신의 비전
- III. 4G 무선전송 기술
- VI. ETRI 무선전송 시스템 개발
- V. 결론

요 약

사용자 요구의 다양화와 그에 따른 트래픽 증가 등 현재의 IMT-2000 기반에서 수용할 수 없는 보다 복잡한 이동 멀티미디어 환경이 도래하고 있다. 이러한 이동 멀티미디어 서비스를 원활히 제공하기 위해 ITU-R을 중심으로 한 전세계 이동통신 업계는 이미 4G 시스템 규격 및 개발에 상당한 진전을 보이고 있다. 이에 따라 ETRI도 지난 2002년 1월부터 4세대 동통신 초고속 패킷 무선전송 기술 연구 개발에 착수하였다. 이 연구 개발은 크게 전송 시스템과 네트워크 분야로 나뉘어 진행되고 있는데, 본 고에서는 Low-tier 서비스를 위한 HMI 시스템과 High-tier 서비스를 위한 HMM 시스템을 중심으로 ETRI의 4세대 무선 전송시스템 개발 계획, 전개 방향 및 목표 등을 간략하게 소개하고자 한다.

I. 서론

최근 ITU-R은 IMT-2000 시스템이 2010년까지 진화를 계속하고 2020년경까지 서비스가 지속될 것이며, IMT-2000 진화 시스템은 하향 링크에서 최대 30Mbps의 전송속도를 제공할 수 있을 것으로 전망하고 있다^[2].

그러나, IT 산업의 급속한 성장세와 다양화로 사용자들의 요구도 다양한 서비스를 필요로 함에 따라, 30Mbps의 전송 속도 만으로는 향후 생성될 이동 멀티미디어 서비스 환경에 적절하게 대응할 수 없다는 우려의 소리가 나오고 있다. 이에 따라 전세계 이동통신 업계는 IMT-2000 시스템 개발 및 서비스가 완료되기도 전에 이미 4세대 이동통신 시스템 개발에 착수하고 있다.

ETRI 이동통신연구소는 지난 2002년 1월부터 4세대 이동통신 초고속 패킷 무선전송 기술 연구 사업을 시작하면서, 4세대 무선전송 시스템 개발에 역점을 두고 Low-tier 서비스를 위한 HMI (High Speed Mobile Internet) 시스템과 High-tier 서비스를 위한 HMM (High Speed Mobile

Multimedia) 시스템 개발을 진행하고 있다^{[1][3]}. 이들 시스템은 2005년까지 각각 외국의 유사 시스템들과의 경쟁력에서 우위를 점하고 핵심 요소 기술들을 조기에 확보하여, 국제 표준화는 물론 향후의 4세대 이동통신 시장을 주도할 목적으로 연구 개발되고 있다. 본 고에서는 ETRI의 4세대 무선전송 시스템 개발을 중심으로 논하고자 한다.

II. 4세대 무선이동통신의 비전

1. ITU-R 비전

ITU-R에서는 앞으로의 무선 통신 시스템 개발 방향을 현재 IMT-2000의 연장선상에 있는 Future Development of IMT-2000 (FDIMT)와 새로운 System Beyond IMT-2000 (SBIMT: 본 고에서 이를 4G로 명명한다)로 분류하여 제시하고 있다. 시스템 개발의 목적은 SBIMT를 목표로 하여 무선전송 기술 및 무선 통신 시스템을 개발하는 것이나, FDIMT의 진화를 고려한 시스템을 개발하는 것을 원칙으로 한다.

ITU-R의 비전은 크게 IMT-2000의 진화 IMT-2000과 여타 시스템과의 통합, 그리고 IMT 2000 이후의 시스템 개발 등 3단계로 진행되고 있다. IMT-2000의 진화는 FDIMT라 불리며, 이는 현 진행중인 IMT-2000 서비스를 지속적으로 진화 시켜 동기식인 1xEV-DV와 비동기식인 HSDPA를 중심으로 향후 2005년까지 최대 30Mbps의 전송 속도를 제공하는 서비스를 제공할 계획으로 있다. 한편, IMT-2000 서비스가 2010년을 전후하여 다양한 사용자 서비스 요구에 부응하기에 벅차다고 판단, 새로운 시스템 개발에 착수하였는데, 이를 SBIMT라 한다. SBIMT 2010년까지 고속 이동 사용자의 경우 셀 당 최대 100Mbps를 전송하고, 저속 이동 사용자의 경우에는 셀 당 최대 1Gbps의 전송 속도를 제공할 수 있도록 시스템 요구사항을 규정하고 있다^[2].

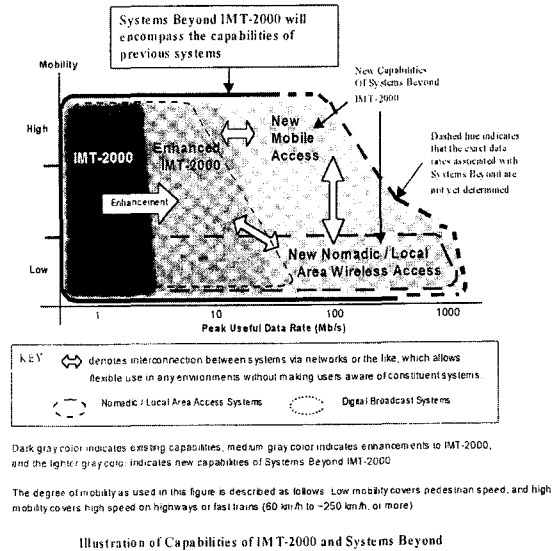
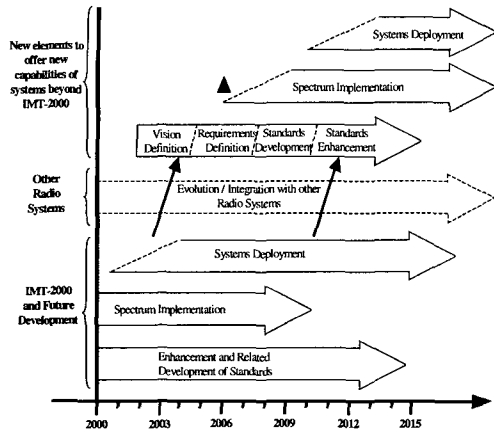


그림 1. FDIMT와 SBIMT를 규정한 다이어그램

그림 1은 FDIMT로부터 SBIMT로의 진화 과정 보여주고 있는데, 현재의 IMT-2000에서부터 SBIMT에 이르기까지의 이동성 대비 전송률을 보여주고 있다. 2002년 5월 캐나다 오타와에서 개최된 ITU-WP 8F 회의 결과에 따르면, New Nomadic/Local area wireless access 시스템을 저속 이동 환경으로 한정하고 New Mobile Access는 최대 용량을 명확하게 규명하지 않고 있다. 이는 향후 전개될 서비스 및 요소 기술들의 진행 속도와 새로이 발생될 수 있는 다양한 환경들에 능동적으로 대처하기 위한 것으로 보인다. FDIMT는 기존의 IMT-2000 대역을 유지하며 시스템 성능을 더욱 확장한 형태이며, SBIMT는 IMT-2000과는 완전히 다른, 새로운 시스템으로 보다 고속의 전송률로 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다. FDIMT가 기존의 음성 서비스를 계속 지원하며 유/무선 LAN 또는 다른 플랫폼과 상호 연동/보완적인 서비스를 제공하는 반면, SBIMT는 고속의 실시간 패킷 서비스를 우선 망과 대등한 QoS로 지원하며, 보다 다양한 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다^{[2][9]}.



The dotted lines indicate that the exact starting point of the particular subject can not yet be fixed.
 ▲ : Spectrum identification assuming that WRC03 approves WRC06 agenda and WRC06 identifies the spectrum

그림 2. ITU-R의 FDIMT와 SBIMT의 Timeline

한편, ITU-R은 기존의 Vision Timeline을 새로이 수정하였는데, 이는 그림 2에서 보여주고 있다. 그림 2에서는 2015년까지의 연구개발 일정을 제시하고 있으며, 2006년에 Spectrum Implementation을 개시하여 주파수를 할당할 예정이다. 그림에서 보는 바와 같이, 4G 시스템에 대한 비전은 2004년까지 규정하고 시스템 요구조건은 2007년까지, 그리고 표준화는 2010년 경에 완료한다는 계획을 설정하고 있다. 따라서, SBIMT 표준에 근거한 시스템의 전개는 2010년 이후로 전망된다. 그러나 그림 1에서 본 바와 같이, 2010년에 SBIMT 시스템 구현이 시작된다 할지라도, FDIMT의 서비스는 약 2020년경까지 지속될 것으로 보여진다.

2. ETRI 비전

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

표 1. SBIMT에서 예상되는 서비스 종류 및 해당 전송률

서비스 종류	전송률 (bps)
대용량 파일 전송	100M
디지털 TV, 영상회의, VOD	20M
화상전화, 게임, 원격진료, 데이터 통신	2M
고품질 음성전화, 위치정보, 전자메일	384k
단문 메시지, 음성사서함, 무선폭출, FAX	64k
일반 음성전화	16k

ETRI는 4G 시스템 개발을 통하여 새로이 생성될 환경을 수용할 뿐만 아니라 선도 기술을 확보함으로써, 전세계의 표준화 및 이동통신 시장을 주도하려는 목표를 가지고 연구 개발하고 있다. ETRI에서 향후 구현하고자 하는 시스템은 고속 이동 시 최대 100Mbps의 전송률을 가지는 SBIMT시스템으로, 상기의 표 1과 같은 서비스 대비 전송률을 제공하는 것을 목표로 한다. 이 시스템은 고속 대용량 파일 전송에 사용될 100 Mbps에서 일반 음성전화에 사용되는 16 kbps에 이르기까지 다양한 전송률을 지원한다. 표 1에서 알 수 있듯이, 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 20 Mbps이상의 고속 데이터 서비스 등 다양한 서비스를 제공받을 수 있다. 전송률이 2Mbps인 디지털 오디오 방송 및 전송률 23Mbps인 디지털 비디오 방송도 서비스될 것으로 예측된다^[10]. 이러한 서비스를 제공하기 위해서는 유선 망에서처럼 휴대용 단말기에도 인터넷 주소를 할당하고 인터넷 프로토콜 (IP)을 기반으로 서비스가 구현되는 All IP 환경이 구축되어야 하며, 따라서, 회선 방식의 음성 서비스는 VoIP를 이용한 패킷 방식으로 대체될 것이다. 이러한 시스템의 휴대용 단말기는 음성, 게임, 디지털 방송 및 인터넷 접속까지 가능한 종합 무선 정보기기로서 PC를 대체하게 될 것이며, 또한 이동 중에서도

고속의 멀티미디어 통신을 할 수 있다는 점을 이용하여, 우리가 상상하지 못했던 새로운 서비스와 콘텐츠들이 지속적으로 출현하게 될 것으로 예상된다^[1].

ETRI는 4G 시스템을 "Ubiquitous Broad- b Mobile Access with Optimal Bandwidth an 로 규정하고 있으며, 이러한 서비스를 제공하기 위하여 다음과 같은 사항들이 요구된다.

- 현재와 동일한 수준의 요금 (KRW/bps) 체계로서는 사용자가 요구하는 가격대비 전송률을 만족시킬 수 있는 서비스의 제공이 어려워지므로, 주파수 효율성 (frequency efficiency)의 향 cell coverage의 증대, QoS와 서비스 등급의 별화 등에 의한 가격대비 전송률을 대폭 낮출 수 있는 무선전송 기술이 요구된다.
- 다양한 표준을 갖는 여러 가지 서비스를 효율적으로 지원하기 위하여 단말기 하드웨어의 재구성 기능이 필요하다.

- All IP환경을 위하여 패킷 전용 시스템을 구현한다. 기존의 회선 방식 음성 서비스는 VoIP로 대체한다.
- 3G 시스템, 근거리 무선통신 시스템 그리고 방송 시스템 등과 같은 기존 시스템과의 harmonization 또는 convergence가 어떠한 형식든 고려되어야 하며, 이는 물리 계층에서 보다는 상위 계층으로부터의 접근 방식에 의하여 해결되어야 한다.

그림 3에 ETRI의 4G 무선전송 기술 시스템 블록도를 보인다. 이동 시스템 환경은 마이크로/매크로 셀과 핫스팟 영역으로 규정되며, 기존의 무선 이동통신 시스템, ADSL, W-LAN, Ad-hoc, 그리고 위성 등을 연결하는 종합 통신망의 구성을 통하여 초고속 이동 멀티미디어 서비스를 제공토록 할 계획이다^[3]. 여기서 그림 3 하단부의 점선 부분은 4G 무선전

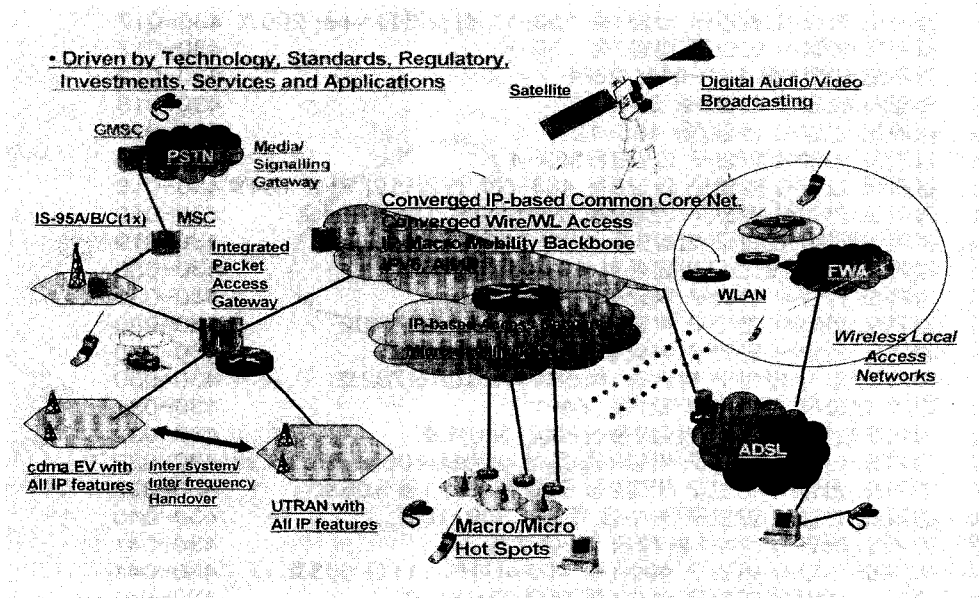


그림 3. ETRI의 4G 무선전송기술 시스템 블록도

송 기술의 high-tier에 해당되는 HMM (High speed Mobile Multimedia)으로, 우측 중앙부의 실 선으로 된 부분은 4G 무선전송 기술의 low-tier에 해당되는 HMI (High speed Mobile Internet)로 명칭 된다. ETRI의 HMM과 HMI에 대한 개발 전략은 이후의 VI 장에서 자세히 논한다.

III. 4G 무선전송 기술

1. ITU-R의 4G 무선전송 기술

일반적으로 4G 무선 전송 기술은 ITU-R에서 제시하고 있는 접근방식을 근간으로 이해할 수 있으며, ITU-R에 의하면, 4G 무선 전송 기술은 FDIMT를 고려하여 다음과 같은 다양한 요구사항을 제시하고 있다.

IMT-2000 서비스보다 다양한 비대칭 서비스 구조를 갖고 다양한 QoS를 요구하는 패킷 서비스와 방송 서비스를 제공할 SBIMT 시스템은 새로운 접속 방식 등 새로운 기술을 도입하여 다중 사용자, 다중 셀 그리고 이동 환경에서 셀 당 최대 전송률 등이 고려되었다. ITU-R WP8F 6차 회의까지의 결과를 참조하면, SBIMT 시스템에 대하여 고려하고 있는 이동성에 따른 셀당 최대전송률은 대역폭이 20 MHz이고 주파수 재사용 계수가 1일 때 다음과 같다.

- 100 Mbps @ 3 km/h (보행자 속도)
- 20 Mbps @ 60 km/h (중 저속 차량 속도)
- 2 Mbps @ 250 km/h (고속 차량 속도)
- x Mbps @ 500 km/h

최근 ITU-R 비전 그룹에서는 약 2010년에 SBIMT 시스템이 제공할 셀 당 최대전송률을 무어의 법칙 (Moire's Law)을 적용하여 고속 이동 환경에 최대 100Mbps, 저속 이동 환경에서 최대 1Gbps로 향 조정 하였다.

2. ETRI의 4G 무선전송 기술

2.1 이동성 및 전송률

ETRI는 ITU-R에서 정한 요구사항을 근거로 다음과 같은 단계적인 접근 방식에 의한 이동성 및 전송률의 목표를 설정하였다^[1].

• 1단계 요구 사항 : 셀룰러 환경에서 5MHz 주파수 대역폭을 사용했을 때 요구되는 이동성에 따른 셀 당 최대전송률 (Aggregate Payload per Cell) 음과 같다.

- 20 Mbps @ 3 km/h
- 2 Mbps @ 60 km/h
- 384 kbps @ 250 km/h

• 2단계 요구 사항 : 셀룰러 환경에서 20 MHz의 주파수 대역폭을 사용했을 때 요구되는 이동성에 따른 셀 당 최대 전송률은 다음과 같다.

- 100 Mbps @ 3 km/h
- 20 Mbps @ 60 km/h
- 2 Mbps @ 250 km/h

• 3단계 요구 사항 : 셀룰러 환경에서 20 MHz의 주파수 대역폭을 사용했을 때 요구되는 이동성에 따른 셀 당 최대 전송률은 다음과 같다.

- 100 Mbps @ (30 km/h 60 km/h)
- 20 Mbps @ (60km/h 120 km/h)
- 2 Mbps @ 250 km/h

상기의 요구 사항은 셀룰러 환경에서 ETRI SBIMT 시스템이 만족해야 할 성능을 단계별로 제시한 것이다. 최종 목표인 3 단계는 중속 이동 환경에서 현재의 유선 환경과 비슷한 전송률을 제공하고 고속철과 같은 고속 이동 환경에서 고품질의 영상 서비스를 제공할 수 있는 요구 사항으로, ITU-R에서 제시하고 있는 SBIMT 시스템의 중고속 환경에서의 최대 전송률과 부합되는 것이다. 최종 목표를 이루기 위해 일단계에서는 5MHz 대역에서 최대 20 Mbps를 제공하는 시스템을 고려한다. 이는 현재 연구 개발 중인 5MHz 대역에서의 HSDPA가 제공하는 전

송률의 2배에 해당되는 전송률이며, 최대 주파수 효율이 4 bps/Hz로 최종 목표 시스템의 주파수 효율(5 bps/Hz)에 가깝고, OFDMA를 적용할 경우 대역이 넓어지면 부반송파 수를 증가시켜 쉽게 확장할 수 있기 때문에 20 MHz 대역을 사용하는 SBIMT 시스템을 연구하기 위한 초석이 될 것이다. 2단계는 최종 목표인 3단계 요구 사항을 만족시키기 위한 중간 단계로써, 일단계의 5MHz 대역 시스템을 20MHz 대역 시스템으로 확장하고 저속 이동 환경에서 최대 전송률을 100Mbps로 증가시켜 주파수 효율을 향상시킴으로써 무선 환경에서 유선 환경과 비슷한 전송률의 서비스를 제공함을 목표로 한다. 3 단계에서는 100Mbps 데이터 전송에 대한 이동성을 먼저 30km/h로 향상시킨 후 최종적으로 60km/h 까지 지원하도록 전체적인 이동성을 향상시킴으로써, 최종적으로 ITU-R에서 제시하고 있는 SBIMT 시스템의 중고속 이동 환경에서의 최대 전송률을 만족시키도록 한다.

2.2 셀 배치

ETRI가 설정한 셀 배치 안은 다음과 같다.

- 셀 형태

매크로 셀 및 마이크로 셀 구성이 가능하여야 한다.

- 주파수 재사용

스펙트럼 효율성 증가를 위하여 주파수 재사용률 1을 목표로 한다.

- 트래픽 GOS

단위 셀이 수용하는 이동 가입자의 호 블록킹 확률이 Erlang B 적용기준으로 3G의 호 블록킹 확률 같거나 작도록 셀이 구성되어야 한다.

- 핸드오버

IP 기반의 패킷 프레임에 대한 무손실 (lossless) 핸드오버 제어가 가능한 범위 내에서 셀이 구성되어야 한다.

- 셀 재구성

지리학적 관할 영역 변경에 따른 커버리지 기준의

셀 분할 (coverage-oriented splitting)과 통계학적 이동단말 사용자 수 변경에 따른 용량 기준의 셀 분할 (capacity-oriented splitting)이 가능하여야 하며, 온-라인상에서 자동적으로 지원되어야 한다.

- 섹터화

C/I를 위한 셀의 섹터화가 가능하여야 하며, 전방향 및 다중 섹터 셀 구성이 지원되어야 한다.

2.3 상위 계층 관련

셀 스위칭, 패킷 스케줄러, H-ARQ, AMC 등의 위계층 관련 요구사항을 기능적인 측면에서 고려한다. 패킷 전송을 위한 셀 스위칭은 음성 서비스 시스템의 핸드오버를 대신하는 개념으로 단말기, 서빙 기지국, 그리고 새로운 타겟 기지국간의 정보 공유를 통하여 셀 스위칭이 이루어진다. 일반적인 절차는 핸드오버와 유사하여 단말기는 수신하고 있는 하향링크의 패킷 전송 채널 및 인접 기지국의 파일럿 채널 품질을 추정하여 이 정보를 주기적 또는 필요에 따라 서빙 기지국에 보고하며, 서빙 기지국은 보고된 채널 정보, 서빙 기지국 및 인접 기지국 로딩 상태 등의 종합적인 정보에 근거하여 셀 스위칭 과정을 수행한다. 셀 스위칭을 위하여, 단말기는 서빙 기지국으로부터 다음과 같은 상위계층 정보를 전달 받는다.

- 인접기지국 정보 (Set관리 정보, 프레임 동기 정보, 탐색창 크기 등)
- Set 관리를 위한 임계값 정보 (예: T_ADD, T_DROP, T_COMP, T_TDROD 등)
- 셀 스위칭 지시 파라미터 (예: USE_TIM, ACTION_TIME 등)
- 셀 스위칭 전후의 전력 설정 정보
- 새로운 기지국의 패킷 채널 설정 정보
- H-ARQ 및 스케줄링 관련 정보
- 셀 스위칭 종료 메시지

패킷 스케줄러는 고속 및 대용량의 패킷 전송을 효율적으로 관리하기 위하여 기존의 MAC, LAC 계층

보다 낮은 위치에서 물리 계층을 직접 제어하는 무선 제어 계층에 존재하게 된다. 이 계층은 상위계층으로부터 채널 용량, 채널 전력, 코드 용량 등의 자원 관리를 위한 정보를 전달 받는다. 패킷 스케줄러는 패킷의 QoS를 지원하기 위하여 상위계층으로부터 기존의 패킷 정보와 함께 다음의 정보를 전달 받는다:

- 패킷의 시간 정보
- 패킷의 우선 순위 정보
- 패킷의 서비스 타입 정보.

H-ARQ는 패킷을 효율적으로 전송하기 위한 오류 제어 기능을 수행하며, 오류검출, 오류복구, 오류 데이터 폐기의 기능을 갖는다. 패킷 데이터 (PDU)의 순서를 검사하거나 CRC 검사 등의 방법으로 오류를 검출하며, SR (Selective Repeat), SAW (Stop Wait) 등의 재전송 프로토콜을 이용하여 오류를 복구한다. 데이터의 특성에 따라 오류가 복구되지 않는 경우, 또는 오류를 복구시킬 수 없는 경우 오류가 있는 패킷 데이터를 폐기시키며, 재전송 알고리즘은 요구되는 처리율 (through-put)과 지연 (delay)을 다 고려하여 만족시켜야 한다.

- 스케줄러로부터의 재전송 시간 정보
- 재전송 중에 변조/코딩방식이 변화되는 경우, 변화된 변조/코딩방식에 대한 정보.

AMC는 무선환경에서 최소 수십 Mbps 이상의 전송률을 제공하기 위하여 요구된다. 무선 채널 정보를 이용하는 적응형 변복조 기법은 정확한 채널 특성 추정을 요구한다. 즉, 수집된 무선 채널 정보를 적응형 변복조 기법 알고리즘에 사용하기 위하여 상위계층에 전달하여야 한다. 또한, 무선 자원을 관리하는 상위계층으로부터 현재 사용자가 사용할 수 있는 송신 전력의 값을 전달 받아 사용하며, 사용자가 요구하는 QoS에 의해 결정되는 전송률에 대한 정보를 이용한다. 시간에 따라 변하는 송신단에서의 변조 방식을 수신단에서 알기 위해 전송되어지는 패킷 데이터 안에 어떤 방식으로 복조할 지에 대한 정보를 포함하여야 한다. 적응 변복조 기법의 구현을 위한 상위계층 관련 요구

사항은 다음과 같다:

- 무선 채널 상태 정보
- 사용 가능한 송신 신호의 전력 할당 정보
- 사용자 전송률
- 수신 단에서의 복조 방식에 대한 정보.

VI. ETRI 무선전송 시스템 개발

1. 무선전송기술 개발 개요

ETRI의 4G 무선전송 기술 개발 개요를 그림 4에 나타낸다^[4].

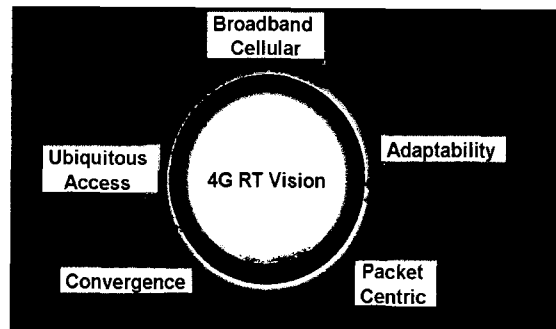


그림 4. ETRI 4G 무선전송기술 개발 개요

- 4G 무선전송 시스템 고려사항
 - 주파수 효율 향상
 - 주파수 재사용 계수를 1로 하는 자원할당
 - 무선채널의 상황변화에 동적으로 대응하는 네트워크 프로토콜
 - 연속적인 서비스 로밍과 전환 및 이중 네트워크와의 접속
- IMT-2000 과 SBIMT의 연결성
 - Cell 구성 관점
 - 대도시를 근간으로 한 SBIMT서비스
 - 전국 망 개념의 IMT-2000 서비스
 - 두 서비스 간의 Connectivity 제공

- 서비스 연속성
- 이종 시스템 간의 연속성 지원
 - 동종 시스템 간의 연속성 지원 (Cellular/ Hot Spots)
 - Horizontal, Vertical 핸드오버를 통한 시스템 간 핸드오버
 - HW Engine의 효율적인 공유 가능성 타진에 의한 다중모드 단말기의 사용

2. ETRI 4G 연구개발 프로젝트

ETRI는 현재 SBIMT 시스템 개발을 위하여 2가지 프로젝트를 진행하고 있는데, 그림 5에서 보는 바와 같이 그 중 하나는 4G Radio Transmiss Technology (RTT) 프로젝트이고, 다른 하나 Mobile SoftNet Technology (MST) 프로젝트는 크게 2단계로 진행되는데, 1단계는 2002년부터 2005년에 걸쳐, 4G 시스템의 비전, 서스 및 기술 로드맵등을 제시하고, 100Mbps 이하의 무선전송을 위한 IP-based 기지국 및 단말과 연동될 RAN (Radio Access network)과 CN (Core network)을 개발하며, 3G 셀룰러 시스템, WLAN, 4G 크로/마이크로/핫스팟 및 ad-hoc 망 등을 총 망라하여 이를 통합하는 네트워크를 구축할 계획이다. 또한, 2단계는 2006년부터 2007년까지 진행될 예정으로,

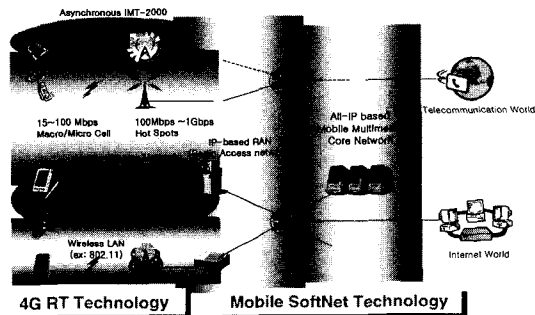


그림 5. ETRI의 4G 연구개발 프로젝트

100Mbps 이상의 전송 속도를 갖는 IP-based 기지국/단말과 연동될 RAN과 CN으로 구성될 예정이다^[3].

4G RT Technology 프로젝트는 4G 무선전송기술 자체의 연구개발 프로젝트로서, 이에 대하여는 다음 절에서 자세히 논의한다.

3. HMM (High-speed Mobile Multimedia)

HMM은 ETRI의 4세대 무선전송 시스템 중 High-tier에 해당되는 무선 전송의 근간이 되는 시스템으로써, III.2절에서 논의된 요구사항을 만족하는 시스템이다.

3.1 연구 개발 목적

기술 개발 필요성

4G 셀룰러 시스템에 대한 표준화 작업은 ITU-R의 일정에서 알 수 있듯이, 2006년 이후에야 구체화되기 시작할 것으로 예상된다. 따라서, 4G 시스템의 표준화 과정은 시스템 개발 및 상용화를 먼저 수행하고 이를 바탕으로 표준화에 주도권을 잡는 'De Facto Standard'의 방식이 될 것으로 보인다. 예를 들면, 제 3GPP나 3GPP2와 같은 국지적인 표준화 기구 4G의 경우에도 생성되어, FDIMT의 경우에서 예상되는 것과 마찬가지로 표준화 자체는 국지적인 표준화 기구에 의하여 수행되고, ITU-R은 이들 국지적 표준화 기구의 안을 승인하는 형태로 전세계 표준화 과정이 진행될 수도 있다. 고속 패킷 데이터 서비스 시장에서 IMT-2000 시스템과 공존, 또는 IMT-2000 시스템을 일부 대체할 수 있도록 하고, 장기적으로는 4G 시스템 개발 및 표준화에 주도권을 가질 수 있도록 하기 위하여, ETRI는 지난 2002년 1월부터 4G 시스템을 위한 기술의 연구 개발에 착수하였다.

기술 개발 목적

비 IMT-2000 용 2 GHz 대역이나 3~5 GHz 대역에서 20 MHz의 주파수 대역폭과 최대 100 Mbps급 데이터 전송률을 갖는 시스템 기술 개발을 통하여 다음과 같은 결과를 얻고자 한다.

- 원천 IPR 확보
- 시스템 기술 확보
- 단계적 표준화 참여

3.2 시스템 개발 목표

표 2는 ETRI의 무선전송 시스템 개발을 위한 요구 사항을 보여주고 있는데, 2002년부터 2005년까지의 년 동안 진행될 예정이다. 여기에서 다중화는 FDD 방식을 사용하고, 60km/h의 이동 환경에서 최대 100Mbps의 전송 속도에 의한 서비스를 제공받을 수 있도록 할 예정이다^[6].

표 2. 20MHz 대역 무선전송 시스템의 요구사항

Issues	Target
Freq. Band	2 GHz 3 ~ 5 GHz
Spectrum BW	Asymmetric Band / Carrier - 5 ~ 20 MHz (DL) - 5 MHz (UL)
Multiplexing Multiple Access	FDD/Frequency-Hopping OFDM-FDMA
Service Type	Packet - Centric
Cell Type	Macro / Micro (Hot Spots)
Data Rate vs. Mobility	100 Mbps (Peak Aggregate Payload / Cell) at 60 km/h

한편, ETRI가 개발하려는 HMM 시스템의 최종 규격은 표 3에서 보여주고 있다^[4].

3.3 핵심 요소기술 연구 개발 내용

ETRI의 4G 무선 전송 시스템은 초고속 이동 멀티 미디어 서비스를 제공하기 위하여 핵심 요소 기술들을 규정하고, 2005년까지 이들에 대한 연구개발을 통하여 시스템을 구현할 방침이다. 각 핵심요소 기술들에 대한 시스템 개발 요구 사항 및 구현목표는 다음과 같다^{[6][7]}.

표 3. HMM 시스템의 최종 규격

구분	HMM
다중접속방식	주파수 도약 OFDMA
전송속도 vs. 이동속도	100 Mbps @ 60 km/h 20 Mbps @ 120 km/h 2 Mbps @ 250 km/h
최대주파수효율	5 bps/Hz (100 Mbps / 20 MHz)
서비스형태	Packet-Centric High-Tier Cellular
HOM/AMC	QPSK, 16 QAM, 64 QAM, 256 QAM/ Convolutional, Turbo, LDPC
다중안테나	MIMO / STC
ARQ	QoS-directed H-ARQ

무선 다중접속 및 다중화

- 무선 다중 접속: 주파수 도약 OFDMA
 - 패킷 전송에 알맞은 OFDMA 기반 프레임 구조 설계
 - 우수한 주파수 자원 할당 및 도약 패턴 설계
- 다중화: FDD

MIMO/STC

- MIMO/STC 결합 기술
- MIMO
 - x100Mbps 전송을 위한 V-BLAST
 - 다이버시티 이득을 얻기 위한 STC
- 무선 채널 상황에 따라 MIMO와 STC가 Adaptive하게 적용함을 목표

HOM/AMC

- 고차 QAM 변조 방식의 복잡도를 축소 시킬 수 있는 구현 기술
- 고차 QAM의 경우 심볼간 간섭 (ISI)을 줄이는 방법에 관한 연구
- 각 비트의 에러확률에 따라 정보 비트를 할당해 최적으로 전송하는 방법
- 높은 PAPR (Peak to Average Power R

- 문제 해결에 관한 연구
- AMC를 위한 정확한 채널 특성 추정 방법 및 적합한 변조방식 선정 기술

H-ARQ

- Turbo code/ LDPC code를 사용하는 H-ARQ 구현 기술
 - 다이버시티 이득을 이용하는 chase combining기술
 - 코딩 이득을 이용하는 Increment redundancy 기술

Packet Scheduling

- QoS를 지원하는 패킷 스케줄러 개발 기술
 - 무선 채널 상태 정보를 이용한 성능향상 기술
 - 패킷의 서비스 특성을 고려한 스케줄링
 - AMC, H-ARQ기술과 융화되는 스케줄링

Handover/Power control

- 패킷 데이터 서비스를 위한 핸드오버 구현기술
 - Fast Cell Selection
 - Cell Switching
- 패킷 데이터 서비스를 위한 전력할당 기술
 - 적응변조 방식과 연계된 전력할당 기술
 - 패킷 스케줄링 방법과 연계된 전력할당 기술

고속 동기 획득 기술

- 주파수 오프셋 등의 열악한 조건하에서 최적의 훈련 심볼 시퀀스 선정
- 고속 및 고성능의 심볼/프레임 및 주파수 동기 알고리즘의 개발
- 고속동기 획득 구현 기술

단말기 Zero-IF

- 단말기의 전력 및 휴대성 향상 위한 구현 기술
- 단말기의 SoC (System on Chip) 구현을 위한 선도 기술
- Zero-IF 구현상의 DC Offset 문제 해결 기술

- 누화 전류 방지 위한 LNA 및 Mixer 설계기술
- MOS Tr.로 구현함으로써 인한 Flicker Noise 제거 기술

기지국 Digital IF

- 다양한 규격을 만족하기 위한 디지털 필터뱅크의 구현 기술
- Wide band, high resolution의 ADC 구현
- High data rate의 Digital IF 신호 처리 기
- 효율적인 Decimation/Interpolation 필터 기술
- Multi-band, Multi-FA를 처리하기 위한 Channelizer/ Dechannelizer 구현 기술

3.4 OFDMA

이동통신시스템에서의 자원은 주파수 채널, 즉 주파수 대역이며, 유한한 주파수 대역을 여하히 사용자에게 효율적으로 할당하여 사용할 것인가 하는 방법론이 다중접속 (Multiple Access) 이고, 양방향 통신에서 UL (Up Link)과 DL (Down Link) 의 연 구분하는 연결방법론이 다중화 (Duplexing) 이다. 무선다중접속 및 다중화 방식은 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위한 무선전송기술의 가장 기본이 되는 플랫폼 기술이라고 할 수 있으며, 이는 할당된 주파수 대역, 사용자 수, 전송률, 이동성, 셀 구조, 무선환경 등을 면밀히 검토하여 결정되어야 한다. 따라서, 무선다중접속 및 다중화를 어떠한 방식으로 정하느냐에 따라 무선전송기술의 세부 구현사안이 전적으로 달라질 수 있다.

무선 다중접속 방식에는 FDMA, TDMA, CDM 등이 있는데, 본 고에서는 ETRI의 차세대 이동통신 시스템 규격으로 제안되고 있는 OFDM 기반 다중 접속에 대하여 논하고자 한다.

OFDM 기반 다중 접속

OFDM은 여러 개의 반송파를 사용하는 다수반송

과 전송/변조 (MCM: Multi-Carrier Transmission/Modulation) 방식의 일종으로 입력 데이터를 사용 반송파의 수만큼 병렬화하고 데이터를 각 반송파에 실어 전송하는 방식이다. 이 방식은 기본적으로 주파수 분할 다중화 (FDM) 방식에 속하는데, 이 경우 반송파의 수 만큼 각 채널에서의 전송주기가 증가하게 되어 광대역 전송 시에 나타나는 주파수 선택적 페이딩이 심볼 간 간섭이 없는 주파수 비선택적 페이딩으로 근사화 된다. 이와 관련하여 다채널을 통하여 대역 제한된 신호를 심볼 간 간섭 (ISI) 및 채널간 간섭 (ICI: Inter Channel Interference) 없이 동시에 전송할 수 있는 원리가 제시되었고, 채널간 간섭을 방지하기 위한 기저대역 필터와 다수의 발전기 बैं크를 함께 사용하는 직교 다중화 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 이 제안되었다. OFDM 방식은 상호 직교성 있는 부반송파를 사용하므로 주파수 이용효율이 높아지고, 다중 경로 채널을 하나의 탭을 갖는 간단한 주파수영역 등화기로 쉽게 극복할 수 있으며, FFT 를 사용하여 고속으로 구현할 수 있으므로 최근의 고속 디지털 통신 시스템 전송방식으로 널리 사용되고 있다. 예를 들어, DAB (Digital Audio Broadcasting), DVB (Digital Video Broadcasting), IEEE 802.11a, HIPERLAN/2 등의 무선 통신시스템에서 OFDM 방식이 사용되고, ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), VDSL (Very-high bit rate Digital Subscriber Line) 등과 같은 유선 통신시스템에서 OFDM 과 유사한 DMT (Discrete Multi-Tone) 방식이 사용되고 있다⁽⁸⁾.

대표적인 OFDM 기반 다중 접속 방식으로는 OFDM-TDMA, OFDM-FDMA (OFDMA), OFDM-CDMA 가 있다. OFDM-TDMA 의 경우에는 N 개의 부반송파로 구성된 전체 대역에서 각 사용자가 할당된 시간동안 N 개의 부반송파 모두를 사용한다. OFDMA는 각 사용자가 전체 부반송파중에서 일부의 부반송파를 시간에 제한 받지 않고 사용

하는데, 부반송파의 할당은 사용자의 요구에 따라 동적으로 변할 수 있다. OFDM-CDMA 는 각 사용자가 고유의 확산부호를 사용하여 모든 시간과 부반송파를 이용하는 확산 방식이다.

OFDMA 방식은 각 사용자가 요구하는 전송률에 따라 부반송파의 개수를 다르게 할당함으로써 자원분배를 효율적으로 할 수 있으며, OFDM-TDMA 와 같이 각 사용자마다 데이터를 수신하기 전에 프리앰블을 사용하여 초기화할 필요가 없기 때문에 전송효율이 증가하게 된다. 특히, OFDMA 방식은 많은 수의 부반송파를 사용할 경우 (즉, FFT 크기가 큰 경우)에 적합하기 때문에 시간지연확산 (Time Delay Spread) 이 비교적 큰 넓은 영역의 셀 커버리지를 갖는 무선 통신시스템에 효율적으로 적용된다. 또한, frequency-hopping OFDMA 방식은 무선 채널에서 깊은 페이딩에 빠진 부반송파가 존재하는 경우나 다른 사용자에 의한 부반송파 간섭이 존재하는 경우에, 이를 극복하여 주파수 다이버시티 효과를 높이고 간섭평균효과를 얻는데 사용된다. 다음의 그림 6 에 주파수영역에서 할당 받은 격자가 시간슬롯에 따라 frequency-hopping하는 OFDMA 방식을 나타낸다.

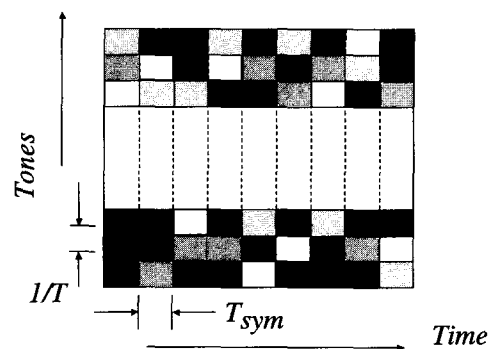


그림 6. Frequency-hopping OFDMA

여기에서 주파수영역에서 여러 개의 격자가 연결되어 주파수 영역에서의 연속된 부반송파들의 집합을

나타낼 수 있으며, 이 경우 격자의 가로길이는 심볼 주기를 나타내고 격자의 세로길이는 클러스터 (Cluster) 의 주파수 간격 (격자내 부반송파수 * 부반송파 주파수간격)을 나타낸다. 이러한 frequency hopping OFDMA 방식에서는 각 사용자에게 부반송파를 할당할 때 전체 사용 가능한 부반송파에서 인접한 일정 수의 부반송파를 함께 그룹으로 묶어 클러스터를 만들고, 이를 기본 단위로 하여 클러스터를 시간 슬롯에 따라 주파수 도약을 수행함으로써 주파수 다이버시티 효과를 준다. 일반적으로 주파수 다이버시티란 전송되는 정보를 하나의 반송파로 전송하지 않고 여러 반송파로 전송하여 다이버시티를 주는 것을 말하는데, 여기에서는 클러스터를 시간 슬롯에 따라 주파수 도약시킴으로써 클러스터에 속하는 부반송파들을 시간슬롯에 따라 바꾸어 주어 한 클러스터가 주파수 널에 빠졌을 경우 이 클러스터가 지속적으로 널에 빠지는 것을 막아주는 효과를 의미한다.

OFDM-FDMA

OFDM-FDMA와 OFDM-CDMA는 차세대 이

동통신 시스템의 강력한 무선 접속 방식 후보 기술들로서, ETRI의 HMM 시스템은 OFDM-FDMA 방식을 택하고 있으나, 최근 일본 NTT-DoCoMo는 OFDM-CDMA 방식에 집중하는 모습을 보이고 있는 것으로 알려지고 있다. 표 4에서는 OFDM-FDMA와 OFDM-CDMA의 장단점을 비교하여 보여주고 있는데, OFDM-FDMA의 경우 주파수 다양성이 고속 주파수 도약, 채널 부호화, 다중 안테나 및 적응 변조 방식 등에 의하여 향상될 수 있는 반면, OFDM-CDMA의 경우에는 접속방식에 기인하여 원천적으로 얻어지는 장점이 있다. OFDM-CDMA의 경우는 Inter/Intra-cell Interference가 Interference limit에 의해 제한되는 특성이 있으나, OFDM-FDMA는 Intra-cell Interference는 직교성에 의해 간섭이 없으며, Inter-cell Interference는 주파수 도약을 활용하여 평균함으로써 CDMA의 Interference limit에 근접시킬 수 있다. OFDM-FDMA는 Multiuser Detection과 같은 복잡한 수신 구조를 사용하지 않고 단일

표 4. OFDM-FDMA와 OFDM-CDMA 비교

	OFDM - FDMA	OFDM - CDMA
특 성	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Freq. Diversity 를 Fast Freq. Hopping / Channel Coding / Multiple Antenna / (Carrierwise) Adaptive Modulation 에 의하여 얻을 수 있다. ✓ Coding Requirement 가 높다. ✓ Single-User Receiver 만으로 충분하여, 단말에의 적용이 용이하다. ✓ Intra-Cell Interference 를 Zero 로 만들 수 있다. ✓ Freq.-Hopping 에 의하여 Inter-Cell Interference 를 Averaging 할 수 있으며, 최상의 경우 CDMA 의 Interference Limit 에 근접시킬 수 있다. DCA 에 의한 Interference Avoidance 도 가능하다. ✓ Non-Linearity 에 대한 Sensitivity 가 높다. ✓ 이론적인 Optimal Subcarrier Loading 의 경우, OFDM-CDMA 에 비하여 월등히 성능이 나아진다. ✓ 4G RTT 에서 요구되는 Adaptive Loading / Modulation 등의 적용이 용이하다. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Freq. Diversity 가 Inherent 하게 주어진다. ✓ Coding Requirement 가 높지 않다. ✓ Receiver Complexity 를 증가시키는 Multi-User Receiver 에 의하여, 단말에의 적용이 쉽지 않다. ✓ Intra-Cell Interference 가 CDMA 의 Interference Limit 에 의하여 제한된다. ✓ Inter-Cell Interference 가 CDMA 의 Interference Limit 에 의하여 제한된다. 즉, 위의 CDMA Interference Limit 에 의하여 전송 용량이 제한된다. ✓ Non-Linearity 에 대한 Sensitivity 가 높지 않다. ✓ 이론적으로 PTS (Partial Transmit Sequence) 등을 적용하여 PAR 특성을 좋게 할 수 있으나, Walsh Code 사용의 경우, PAR 특성이 좋지 않다.

사용자 수신 시스템만으로도 다수 사용자 검출이 가능하지만, OFDM-CDMA 방식은 직교성이 보장되지 않으므로 다수 사용자 검출 방식을 사용하여야 하는 단점이 있다. OFDM-FDMA는 이론적인 optimal sub-carrier loading의 경우, 개별적인 적응 변조가 용이하여, OFDM-CDMA에 비하여 보다 우수한 성능을 얻을 수 있다. 바로 이점이 ITU-R의 4G RTT 규격에서 요구되는 초고속 전송률을 지원하기 위한 근간이 될 수 있다^[5].

한편, OFDM-FDMA와 OFDM-TDMA의 경우 기본적으로 FDMA와 TDMA간의 장단점을 비교하였을 경우와 매우 유사하지만, OFDM-FDMA는 용자에게 채널 할당 시, 동적 채널 기법 (interference avoidance) 이나 주파수 도약 (frequency hopping) 적용하여 주파수 재사용 계수를 1로 할 수 있으나, OFDM-TDMA는 사용자의 요구에 따라 동적인 시간 슬롯을 할당할 수 있는 적응성을 갖는 장점이 있다. 기본적으로 OFDM-FDD/FDMA는 셀 커버리지가 크고 vehicular의 이동성을 갖는 무선 환경에 적합 반면, OFDM-TDD/TDMA는 셀 커버리지가 작고 채널 환경이 stationary한 비교적 저속의 이동성을 갖는 무선 환경에 보다 적합하다. 즉, TDD를 적용한 경우의 셀 커버리지 영역은 FDD의 경우와 비교하여 약 30% 정도의 셀 영역이 감소되는 단점이 있으나 TDD의 경우에는 DL (Down-Link)과 UL (Link)의 무선 환경이 동일하여 스마트 안테나의 적용이 용이하고, FDD에서와 같이 DL과 UL를 위한 별의 스펙트럼을 필요로 하지 않는다. 하지만, TDD의 이러한 주파수 스펙트럼 사용의 효율성은 주파수 재사용 계수를 1로 하는 셀 구성을 하는 경우, 셀 간 간섭이 매우 크게 되어, 일반적으로 큰 값의 주파수 재사용 계수를 갖도록 하는 주파수 배치 계획에 의하여 주파수 스펙트럼 사용의 효율성이 제고되기도 한다. 이동성 측면에서 TDD는 채널 변화가 빠른 경우 동기화 정보 등을 신속하게 양방향으로 전송해야 하는 어려움이 있어, 고속의 이동성을 지원하기가 쉽지 않다.

따라서, OFDM-FDD/FDMA는 High-tier 시스템에 OFDM-TDD/TDMA는 Low-tier 시스템인 HMI에 적합한 다중화/무선접속 방식임을 알 수 있다.

상기에서 논한 바와 같이 모든 접속 방식들은 나름대로의 장점과 단점들을 가지고 있어, 어떠한 방식이 상대적으로 비교 우위에 있다고 볼 수 없으나, 개발하려는 시스템의 요구 사항이 무엇이나에 따라 선택적으로 채택할 수 있다.

4. HMI (High-Speed Mobile Internet)

초고속 무선 인터넷 서비스에 바탕을 두고 있는 HMI는 이동 가입자가 밀집한, 특히 초고속 데이터 서비스 요구가 많은 지역에서의 서비스를 목표로 하고 있다. 따라서, 셀 반경은 ITU-R에서 규정하고 있는 Hot-spot 지역을 대상으로 하며, 일반적으로 피코나 마이크로 셀 이하의 영역을 서비스 영역으로 간주한다. HMI는 기존의 IEEE802.11b의 W-LAN이 하는 11Mbps의 전송 속도보다 높은 전송률을 보장하며, 중저속에서 AP간, 그리고 셀룰러 망간의 충분한 이동성을 제공할 예정이다. 특히 HMI는 기존의 비면허 대역에서 제공되는 W-LAN 시스템과는 달리 셀룰러 시스템에 근간을 둔 시스템으로서, 셀룰러 망과의 로밍과 핸드오버가 자연스러워야 한다. ETRI의 HMI 시스템 구성도를 그림 8에 보인다.

4.1 ETRI의 HMI 시스템 요구 사항

ETRI가 제안하는 HMI 시스템은 100Mbps 이상 전송 속도를 바탕으로 W-LAN 보다 고속의 데이터 서비스를 제공할 방침이다. 60km/h보다 낮은

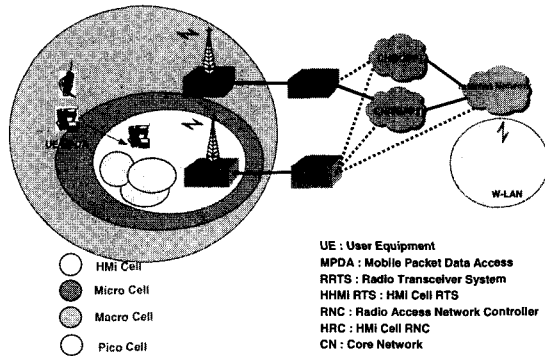


그림 8. ETRI의 HMI 시스템 구성도

중속 이하의 이동체에서도 고속의 데이터 서비스를 보장할 뿐만 아니라, 다양한 멀티미디어 서비스에 대한 QoS도 보장한다. 망의 개념에서 보면, ETRI의 HMI 시스템은 기존 셀룰러 망과의 연동을 통해 매크로/마이크로/피코 셀과의 핸드오프를 자연스럽게 유지하고자 한다. 한편, 이동 인터넷 서비스를 보다 원활하게 제공하기 위하여, 시스템 용량을 늘이고 전송 속도를 높일 수 있는 다음과 같은 다양한 요소 기술들을 HMI 시스템에 채택할 예정이다.

- 무선 채널 용량 증대 기술
- 무선 자원 관리 기술
- 고속 패킷 전송 기술
- 고 효율 채널 코딩

4.2 ETRI의 HMI 시스템 개발 방향

ETRI는 앞서 설명한 시스템 요구 사항을 바탕으로 Low-tier 서비스 제공을 목표로 하는 개발 계획을 마련하고, 시스템 규격 및 구현을 진행할 예정이다. ETRI가 제시하고 있는 개발 목표는 크게 두가지 방향으로 진행되고 있는데, 하나는 ITU-R의 4G Vision에서 제시하고 있는 “New Nomadic/Local Area Wireless Access”에 근거한 HMI I이고 다른 하나 저속의 “New Metropolitan Area Mobile Access”를 둔 HMI II이다⁽³⁾⁽¹¹⁾.

ETRI의 두 시스템은 기본적으로 IMT-2000 보

경제성을 갖고 W-LAN보다는 고품질인 100Mbps 급의 초고속 전송 속도를 제공할 방침이다. 이러한 기준을 바탕으로 2005년에는 2GHz 주파수 대역에서 상용화를 목표로 개발을 진행하고 있다.

ETRI의 HMI I은 인터넷 액세스 전용 서비스를 제공하는 시스템으로서, 기본적으로 프로토콜과 구조는 W-LAN과 유사하게 규정되고 무선 접속 규격은 OFDM-TDD를 지향하고 있다. 한편, HMI II는 인터넷 액세스는 물론 이동 망과의 연동을 기반으로 하며, 프로토콜 개념 및 구조는 셀룰러 방식을 지향하고 있다. 무선 접속 규격은 마찬가지로 OFDM-TDD 방식을 사용하려 하며 특이할 만한 것은 고용량 및 고속 데이터 서비스 제공을 위해 스마트 안테나를 HMI II 시스템에 채택할 예정이라는 점이다.

V. 결론

현재 ITU-R을 비롯한 전세계의 이동 및 무선 통신 관련 기구 및 기관들은 향후 발생할 다양한 서비스와 그에 따른 트래픽 등을 예측하여 4세대 이동통신 시스템을 위한 요구 사항을 제시하고 있지만, 현재로서는 4세대 시스템의 실체를 정확히 규명하지 못하고 있는 실정이며, 다만 그 요구 사항을 만족시킬 핵심요소 기술들을 근간으로 하여 접근하고 있는 양상이다. ETRI 이동통신연구소는 지난 2002년 1월부터 4세대 이동통신 초고속 패킷 무선전송 기술 연구 사업을 시작하면서, 4세대 무선전송 시스템 개발에 역점을 두고 HMI 시스템과 HMM 시스템 개발을 각기 진행하고 있다. 이들 시스템은 2005년까지 각각 외국의 유사 시스템들과의 경쟁력에서 우위를 점하고 핵심요소 기술들을 조기에 확보하여, 국제 표준화는 물론 4세대 이동통신 시장을 주도할 목적으로 연구 개발이 진행 중에 있다.

참고문헌

- [1] RTWG (Radio Transmission Working Group). "Vision Report v.1.0.0". ETRI, 2002. 5.
- [2] ITU-R, Doc. 8F/Temp 316 "ITU-R PDNR M. (IMT-VIS)- Preliminary draft new Recommendation (PDNR): Vision framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and of systems beyond IMT-2000"
- [3] SeungKu Hwang. "4G Mobile Telecommunications Technology Development Korea." International Forum on Generation Mobile Communications, London, May 2002.
- [4] 무선전송기술연구부, "4세대 이동통신 시스템 개발 계획서," ETRI, 2002. 5.
- [5] KyungHi Chang. "Multi-Carrier Mod Technologies," Seminar at M.I.C., May
- [6] 장경희, "무선전송방식연구팀 상반기 실적," ETRI, 2002. 6.
- [7] Insoo Shon, KyungHi Chang, SeungKu "4G Research and Development at ETR 차 한-베트남 기술 교류 세미나, ETRI, 대전 2002. 6.
- [8] 강창연 등, 셀룰러 이동통신 공학. 복두출판사 1997.
- [9] ITU-R, Doc. 8F/Temp 237 "ITU-R PDN (IMT-SERV)- Preliminary draft Recommendation (PDNR): Vision fram and overall objectives of the f development of IMT-2000 and of sys beyond "
- [10] Wolfgang Hoeg and Thomas Laute Digital Audio Broadcasting. John W

Sons, LTD, 2000.

- [11] 근거리이동통신연구부, "HMI 시스템 개발계획서," ETRI, 2002. 5.



이석규

1986년 학사 광운대학교 전자공학과, 1991년-1994년 국전자통신연구원 기술정보센터, 1994년-1996년 석 Polytechnic Univ. at NY, 1997년-2000년 박 NJIT(New Jersey Institute

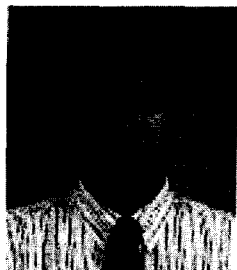
Technology), EE, 2000년-현재 한국전자통신연구원, 통신연구소, 무선전송방식연구팀, 선임연구원



장경희

1985년 학사 연세대학교 전자공학과, 1985년-1987년 석사 연세대학교 전자공학과, 1990년-1992년 박사 Texas A&M Univ. EE, 1992년-현재 한국전자통신연구원, 이동통신연구소, 무선전송방

식연구팀장, 책임연구원



황승구

1979년 학사 서울대학교 전기공학과, 1981년 석사 서울대학교 전기공학과, 1983년-1986년 박사 Univ. of Florida, EE, 1982년-2000년 한국전자통신연구원, 인터넷정보가전 연구부장,

2000년-2001년 (주)사람과기술, 부사장/연구소장, 2001년-현재 한국전자통신연구원, 이동통신연구소, 무선전송기술연구부장



한 기 철

1974년 학사 고려대학교 재
료공학과, 1977년 석사 고려
대학교 재료공학과, 1995년
박사 고려대학교 재료공학과,
1977년-1977년 KIST 연구
원, 1977년-1987년 한국전
자통신연구소 책임연구원

1987년-1988년 AT&T Bell Labs 초빙연구원
1993년-1999년 한국전자통신연구원, 무선방송기술연
구소, 시스템연구부장, 2000년-2001년 차세대이동통
신개발협의회, 사업관리단 기획팀장, 2002년-현재 한국
전자통신연구원, 이동통신연구소장