

主 題

IMT-2000 무선 접속 규격 및 테스트 베드 개발

한국전자통신연구원(ETRI) 임 덕 빈, 류 득 수, 박 용 직

차 례

1. 서론
2. 국내 표준 규격안(Global CDMA I)의 특징
3. Global CDMA I 규격의 무선 접속 기능
4. 무선 접속 검증용 테스트 베드 구조 및 기능
5. 결 론

요 약

이 글은 IMT-2000 무선 접속 규격 후보로서 ITU-R에 제출된 다중 대역 DS-SS-CDMA 시스템인 Global CDMA I에 관하여 설명하고, 그 규격에 따라 기저 대역 5MHz에 대하여 8Kbps 음성과 128Kbps 영상 서비스를 구현한 테스트 베드와 향후 개발 방향에 관한 내용이다.

1. 서 론

ITU-R (International Telecommunication Union-Radio)은 세계 표준 규격으로서 IMT-2000 (International Mobile Telecommunication-2000) 시스템이 갖추어야 할 여러 특징들을 권고하고 있다. 그러한 특징들을 수용하는 규격들이 여러 나라에 의하여 제안되었다⁽¹⁾.

한국의 통신기술협회(TTA: Telecommunications Technology Association)는 동기식 CDMA 기술인 Global CDMA I (이전의 명칭은 TTA Proposal

I), 비동기식 CDMA 기술인 Global CDMA II (이전의 명칭은 TTA Proposal II)을 ITU-R에 제안하였다. 상기 무선 접속 규격들은 ETRI 컨소시엄이 TTA에 제안하여 제정되었고, ETRI는 Global CDMA I을 근간으로 한 무선 접속 구현 규격을 제정하고⁽²⁾, 이 규격을 검증하기 위하여 테스트 베드를 제작하고 기능을 시험하였다.

제2장에서는 국내 동기식 표준 규격안(Global CDMA I)의 특징을 서술하고, 제3장에서는 무선 접속 규격중 물리층에 대하여 설명하고, 계층2, 3에 해당하는 무선 프로토콜 구조와 기능을 설명하였다. 이어서 제4장에서는 Global CDMA I을 근간으로 구현된 테스트 베드의 구조 및 기능에 대하여 설명하고, 제5장에서 결론과 더불어 향후 계획을 언급하였다.

2. 국내 표준 규격안(Global CDMA I)의 특징

ITU-R과 ITU-T(Telecommunications Union Telecommunication Standardization Sector)이

추진하고 있는 전세계적인 이동통신 시스템 및 서비스의 표준화를 위한 작업중의 하나로, 무선접속 방식에 대한 다양한 연구가 지난 수년간 진행되어 왔다. 그 결과 최근 여러 국가 또는 지역적으로 단일화된 표준으로서 IMT-2000을 위하여 여러 가지의 무선접속 방식이 제안되었으며, 이를 위하여 TTA에서도 국내 표준의 무선접속 방식을 마련하기 위하여 많은 노력을 기울인 결과, 직접시퀀스 확산대역 방식(Direct Sequence)을 적용한 광대역 CDMA 방식의 동기식(Global CDMA I) 및 비동기식(Global CDMA II) 무선접속 방식을 육상에서의 무선접속 방식으로 제안하였고, 또한 위성을 이용한 무선접속 방식으로서 Satellite RTT(Radio Transmission Technology) 표준 안을 각각 확정하여 ITU-R에 제안하였다.

국내에서 제안된 무선접속 방식은, IMT-2000에 대한 ITU-R의 요구사항을 만족시키기 위해서 기존 셀룰라 이동통신 또는 PCS(Personal Communication Service) 등과의 차별화 된 IMT-2000 시스템 및 서비스 개발을 전제로한 규격 개발을 추진하였다. 따라서 Global CDMA I 및 II 규격에서는 개선된 음성 통화 품질을 보장하고, 패킷 및 멀티미디어 서비스를 포함하여 다양한 음성 및 비음성 서비스를 제공하며, 단말기에 있어서의 전력 소모를 감소시킬 수 있는 변복조 및 전송 방식을 채택하였다. 아울러 기존의 이동통신 시스템 보다 고속의 채널이 구성되고도 스펙트럼 및 전력 이용효율이 개선되고, 확장의 용이성과 수용 용량의 증대 및 옥내외를 포함하는 광범위한 서비스 영역의 구축을 위한 기술을 개발하였다.

이러한 관점에서 국내에서 제안된 Global CDMA I 규격은, 기본적으로 ITU-R에 제시하는 음성 및 비음성 서비스를 포함한 다양한 멀티미디어 서비스의 제공과 고속, 대용량의 정보 전송 능력을 보유할 수 있도록 물리 계층을 구성하였다. 물리 계층의 특징을 살펴보면, 특히 동기 방식을 도입할 때의 장점인 시스템의 복잡성을 경감시키는 구조를 이루었으며, 통화 품질을 개선하는 소프트 핸드오프 제공, 스펙트럼 효율을 개선하기 위한 다중 셀 구조와 멀티밴드 방식 등이 있

다. 또한 DTX(Discontinuous Transmission) 및 가변전송이 가능하도록 파일럿 채널이 연속적으로 제공되는 코히어런트 방식과 윌쉬 코드의 제약을 해소하기 위한 순방향에서의 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) Data/QPSK Spreading 및 역방향에서의 전력 소모를 개선하는 BPSK(Binary Phase Shift Keying) Data/OCQPSK(Orthogonal Complex QPSK) Spreading 및 QPSK Data/OCQPSK Spreading 방식을 적용했으며, 고속채널구성을 위하여 가변 확산(Variable spreading) 및 멀티코드 방식을 채택했다. 아울러 멀티 채널 구성이 용이한 대역내 신호 전송 방식과 가변 전송률 방식을 위하여 1/4/8 Kbps CS-ACELP(Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction) 부호화 알고리즘을 적용하였다. 국내에서 제안된 Global CDMA I 규격의 보다 더 세부적인 특징은 아래와 같다.

2.1 OCQPSK (Orthogonal Complex QPSK) ^[4]

역방향 링크에 있어서 전력 소모를 감소시키고 간섭 신호의 발생을 억제할 수 있는 기술로 개발된 변조 방식으로, 역방향 저전력소모 변조 방법에 관한 내용으로 이루어져 있으며 ETRI에 의해서 제안되었다. 이러한 변조 방식을 사용할 경우, 기존의 PN complex QPSK 변조 방식보다 약 1~2 dB 단말기 Power amplifier backoff 이득을 증가 시키고, 단말기의 건전지 사용 시간을 연장할 수 있으며 비교적 간단하게 구현이 가능할 것으로 예상된다.

Global CDMA I의 역방향 링크에서 주목할 만한 특징인 OCQPSK 변조 방식은, 유럽 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)의 UMTS(Universal Mobile Telecommunication System)표준인 W-CDMA 방식에 필수 기술로 채택(98.7.)되었으며, 미국 IMT-2000 표준인 cdma2000 방식과 미국 상용화 표준으로 제정중인 IS-95C 규격에 필수 기술로 채택(98.8.)되는 것과 동시에 일본 ARIB(Association of Radio Industries and Businesses) 상용화 표준인 W-

CDMA규격에도 필수 기술로 채택(98.8.)되었다.

2.2 TSTD (Time Switched Transmission Diversity)

삼성전자에 의해서 제안된 기술로, 순방향에서 Scramble 처리된 Bit들을 일정한 길이로 분할하여 여러 개의 안테나로 전달하고, 각 안테나를 순차적으로 전환하여 데이터를 전송하는 방법에 관한 내용이다. 이러한 전송 방식을 적용할 경우, 각각의 안테나가 전송한 데이터 신호는 서로 다른 무선 채널의 경로를 이용함으로써, 독립적인 페이딩 환경이 적용되는 무선 채널 환경을 이용하여 순방향 링크의 성능을 개선하는 효과가 있다. 또한 기존 OTD(Orthogonal Transmission Diversity) 방식보다 수신기 구현이 간편하며 OTD 방식에 비해 안테나 개수에 제한이 없어지는 장점이 있다.

순방향 링크의 성능을 개선시킬 수 있는 TSTD 전송 방식은, ETSI 표준에 선택사항으로 채택되었고, 일본 ARIB 상용화 표준인 W-CDMA규격에 필수 기술로 채택(98.8.)되었다.

2.3 Transmission Limitation for Inter-Frequency Handoff

핸드오프를 처리하기 위하여 순방향 링크의 트래픽 또는 시그널링 채널에서 가변 전송 방식을 적용함으로써, 프레임 전송시간(전송률)을 1/2로 감소(예, full rate → half rate)시켜 핸드오프 처리에 활용하는 방안을 제시하는 내용으로 LG정보통신에 의해서 제안되었다. 즉, 나머지 1/2 시간을 단말기가 핸드오프를 위하여 신규로 접속할 주파수를 탐색하는 시간으로 활용한다. 이러한 방법을 역방향 링크에도 적용하여, 역방향 트래픽 채널 또는 시그널링 채널의 전송길이(전송률)를 1/2로 감소하고 나머지 1/2 시간 동안 단말기는 핸드오프 상태에서 추가로 접속될 기지의 동기 획득을 보조하기 위하여 Preamble 정보를 전송한다. 제시된 방안은, 서비스 품질을 유지시키면서 정보 전송시간을 감소시킴으로써 핸드오프용 신규 주파수를 탐색할 수 있는 시간을 확보하는

기능을 제공하며, 유사한 방법인 Compressed mode와 비교할 때 개선된 융통성이 확보되는 것으로 평가되고 있다.

기존 EIA(Electronic Industries Association)/TIA(Telecommunication Industries Association)-95 계열의 무선접속 방식이 가지고 있는 가장 큰 단점중의 하나로서, 하드 핸드오프 처리 과정 중 야기되는 통화 품질의 저하를 해소할 수 있는 하나의 방법으로 제안된 Transmission Limitation for Inter-Frequency Handoff 방식은, 미국 IMT-2000 표준인 cdma2000 규격에서는 이미 표준으로 채택되었고, 현재 Qualcomm과 표준화를 위한 협력이 진행 중에 있으며, TTA-TIA JSG(Joint Study Group) 회의(98.6.23.-24.)에서도 승인되었다.

2.4 Synchronous Reverse Link

SK Telecom에 의해서 제안된 내용으로, 역방향 링크로 정보를 전송하는 경우, 각 단말기의 Channelization code에 서로 다른 Walsh code들을 할당하고 동기를 맞추어 전송함으로써 각 단말기 사이의 Orthogonality 특성을 보완하여 역방향 링크의 성능을 개선할 것으로 예상되는 방법이다. 이러한 방안은 일본의 ARIB 표준에 선택적으로 채택되었고, 현재 ETSI 표준화 회의에 제안되어 있다.

2.5 Quasi-Orthogonal Code Spreading

삼성전자에 의해서 제안된 내용으로, 현재 정의된 Walsh function 코드 수의 제한성을 극복하기 위한 방법이다. 여기서는 Walsh function에 특별한 Masking function을 곱하여 새로운 Quasi-Orthogonal function을 생성함으로써 직교코드가 부족할 경우, 직교코드의 추가 사용이 가능하도록 새로운 코드를 제공하는 방안을 제시한다. 이 방안에 대해서 국제적인 표준화를 추진하여 현재 미국 IMT-2000 표준인 cdma2000 규격에 선택사항으로 채택되어 있다.

2.6 Fast Forward Power Control

전력 제어에 관한 내용을 다루고 있으며 ETR1에 의해서 제안되었다. 단말기는 자신이 수신한 전력 레벨을 기준값과 비교하여 기지국의 송신 전력의 증감을 명령(1600 bps의 속도)하고, 기지국은 단말기가 전송한 전력 제어 명령에 따라서 송신 전력을 증감하게 된다. 즉, 순방향으로 전달되는 역방향 전력 제어 비트를 이용한 순방향 전력 제어 예측 방법을 제안하고 있다. 이러한 방법은 순방향 링크의 트래픽 및 시그널링 채널의 용량을 증가시킬 것으로 예상된다. 제안된 내용은 미국 IMT-2000 표준인 cdma2000 규격에 유사한 형태로 포함되어 있다.

2.7 Selectable FEC (Forward Error Correction)

삼성전자에 의해서 제안된 내용으로, 통신 채널 상황을 고려한 단말기의 요청에 의해서 기지국이 Convolutional code 및 Walsh function의 Rate를 가변 시키는 방법을 제안하고 있다. 이 방법을 적용함으로써 무선 자원의 이용 효율을 개선할 수 있을 것으로 예상된다. 한편 이러한 방법과 유사한 내용이 현재 미국 IMT-2000 표준인 cdma2000 규격에 포함되어 있다.

2.8 AISMA

(Acquisition Indication Sense Multiple Access)

역방향 패킷 통신 모드에서 기지국이 단말기로 패킷의 동기 획득 정보를 통보함으로써 단말기가 기지국의 동기 획득 여부를 파악하여 패킷의 재전송을 방지하는 장점을 가질 수 있는 제안으로, ETR1에 의해서 제안되었다. 이 방법을 적용할 경우, 무선 채널에 있어서 불필요한 패킷 부하를 경감시키고 또한, Throughput을 개선하는 효과를 기대할 수 있다. 제안된 내용에 대해서 현재 TTA-ARIB JSG에서 논의 중이며 또한 TTA-TIA 제3차 JSG 회의에서도 논의될 예정이다.

2.9 STD (Selectable Transmission Diversity)

순방향 링크에서의 전송 방식을 다룬 TSTD 내용과 유사한 방법으로 DACOM이 제안하였다. 차이점은 송신될 데이터를 위한 안테나 선택 단계에서 채널의 상태가 좋은 안테나를 선택하며, 이때 채널의 상태 판단은 단말기가 제공하는 정보를 이용하여 결정한다. 따라서 다이버시티 효과가 증가하고 성능이 개선될 것으로 예상된다. 이러한 방법에 대한 국제적 표준화를 추진하기 위하여 TTA-ARIB JSG회의에서 TSTD방식과 함께 논의 중에 있다.

2.10 Asynchronous Base Station with two or I/Q Pilot

SK Telecom 및 KT가 제안하였으며, Mixed mode 형태(Asynch & Synch)에서의 셀 탐색 방법을 다루고 있다. 즉, Synch mode에서는 I/Q Pilot을 사용하여 셀을 탐색하며, Asynch mode에서는 두개의 Pilot PN(Cluster Pilot PN(Pseudo-random Noise), Cell Pilot PN)을 이용하여 셀을 탐색한다. 따라서, GPS(Global Positioning System) 사용이 제한되는 상황에서는 Asynch mode를 사용함으로써 시스템운용의 유연성을 증대 시키고, Synch mode에서는 2개의 pilot PN 방법을 이용하므로 셀 탐색 시간을 단축시킬 수 있다. 이러한 방안이 표준화를 위하여 현재 TTA-TIA JSG 회의에서 논의 중이다.

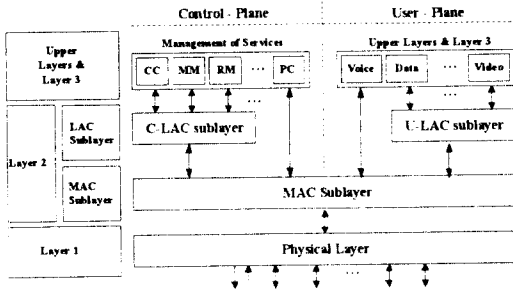
3. Global CDMA I 규격의 무선접속기능

3.1 계층적 구조(Layered Modular Architecture)

국내에서 제안된 Global CDMA I 무선접속 규격의 계층적 구조는 (그림 1)과 같다. ITU-R의 요구 사항 중 하나인 Modular 구조를 채택하여 계층 및 기능별로 세부적인 독립된 기능 단위로 구별함으로써 Regularity 및 Orthogonality 특성을 유지하여 시스템의 설계와 개발의 용이함을 추구하였다.

계층 3 즉, 네트워크 계층 및 그 이상의 응용 계층에서는 Control Plane 및 User Plane으로 구분하여 신호와 트래픽을 별도로 처리하였으며, 트래픽의 경우 음성 및 비음성, 영상 정보를 처리하는 독립된 기능으로 구성되었다. 아울러 신호 처리에 있어서는, 일반적인 호 제어 기능과 이동성 관리를 위한 기능, 무선 자원의 관리 및 패킷 서비스를 위한 신호 처리 기능 등으로 각각 구분하였으며, 필요시 서비스에 따라 추가가 가능하도록 설계되었다.

(그림 1) 제안된 Global CDMA I 무선접속 규격의 구조



물리 계층의 채널 구조는 아래와 같고, 이들 채널은 일반적으로 기지국과 단말기 사이에서 공통적으로 사용되는 Common 채널과, 특정 호 즉 서비스 또는 단말기 단위로 종속되어 독립적으로 사용되는 Dedicated 채널로 구분된다. 세부적인 물리계층의 채널 구조는 아래와 같다.

- f/r-dtch (forward/reverse dedicated traffic channel)
- f/r-sgch (forward/reverse signaling channel)
- r-adch (reverse asymmetric dedicated channel)
- f-cpch w/acb (forward common power control channel with access control bit)
- f/r-pich (forward/reverse pilot channel)
- f-sych (forward synchronize channel)
- f-pgch (forward paging channel)

- r-axch (reverse access channel)
- f/r-ctch (forward/reverse common traffic channel) - under consideration
- f-csch (forward common signaling channel) - under consideration

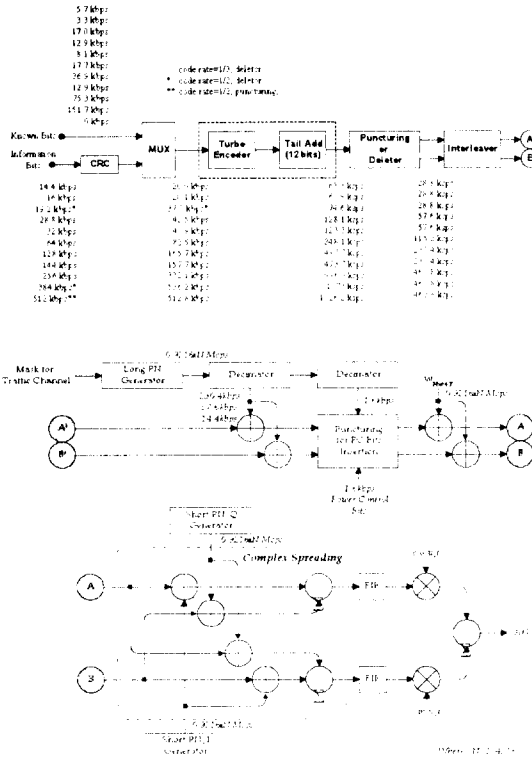
3.2 순방향 링크의 채널 구조

순방향 링크의 경우, 시간 및 위상, 신호 세기 정보의 추출이 가능하여 고속 동기 획득 및 추적, 전파의 다중 경로 및 채널 예측에 사용되는 파일릿 채널과, 초기에 시간 동기를 획득하기 위한 2.4 Kbps 속도의 동기 채널, 그리고 시스템의 제반 정보와 단말기에 독립적으로 전달되는 정보를 전송하기 위한 9.6 Kbps의 페이징 채널로 구성된다.

이외에 Walsh 코드의 부족을 해결하기 위하여 Quasi-Orthogonal 코드를 사용하는 신호 채널은, 각종 제어 신호와 전력 제어 정보를 0, 4, 8 Kbps 속도로 단말기에 전달한다. 한편 트래픽 채널은 회선 모드 및 패킷 모드의 서비스를 제공하며 회선 모드에서는 음성 및 데이터를 전달하고, 패킷 모드에서는 데이터만을 전송한다. 이때 역방향 링크의 전력 제어를 위한 전력제어 비트를 포함한다. 트래픽 채널의 전송 속도는 0 Rate의 DTX 모드를 포함하여 다양한 전송 Rate를 제공한다. 대표적인 트래픽 채널의 채널 코딩 및 변조 구조를 (그림 2)에 나타냈다.

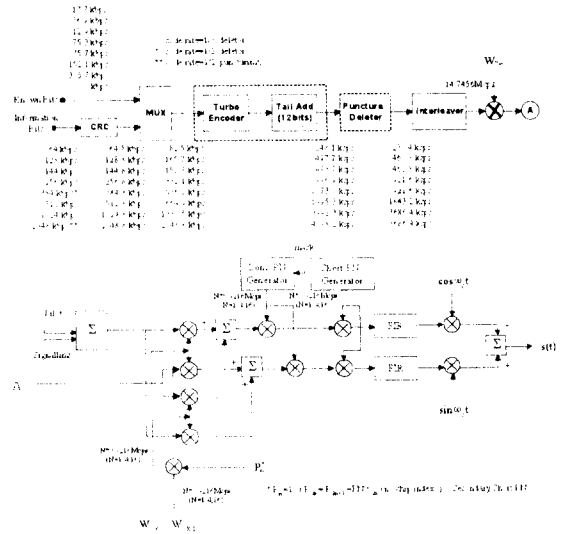
고속, 대용량 채널을 구성하기 위하여 단말기에 할당된 다수개의 트래픽 채널은, Walsh 코드를 사용하여 식별한다. 트래픽 채널은 가변 전송률 방식을 적용하며 따라서 음성 및 Low Rate의 정보를 처리하기 위하여 Rate 검출 기능이 수신부에 필요하다. High Rate의 정보 전송에는 여러 개의 트래픽 채널이 사용되며 이와 관련된 정보가 신호 채널을 이용하여 전달된다. 그리고 트래픽 채널에서의 FER은 서비스의 종류에 따라서 변경될 수 있다.

(그림 2) 순방향에서의 고속 채널용 채널 코딩 및 변조 구조



코딩과 변조 기능을 (그림 3)에 나타냈다.

(그림 3) 역방향에서의 고속 채널용 채널 코딩 및 변조 구조



3.3 역방향 링크의 채널 구조

역방향 링크는 공통으로 사용하는 Access 채널과 독립적으로 사용하는 파일럿, 신호, 트래픽 채널 등으로 구성된다. 그리고 패킷 모드용으로 Asymmetric Dedicated 채널이 포함된다. Access 채널은 순방향의 페이징 채널에 대응되는 기능을 수행하여 각종 응답 신호를 전송하며 아울러 단말기와 기지국의 채널 설정 즉, 호 설정시 이용된다. 파일럿 채널에는 TDM (Time Division Multiplexing) 방식에 의해서 전력 제어 정보가 포함되며 수신부에서의 시간 및 위상 정보 추출이 용이하게 이루어지도록 보조적 기능을 수행한다. 신호 채널과 트래픽 채널은 서비스와 관련된 신호 정보 및 트래픽 정보를 각각 전송한다. 파일럿 채널이 포함된 역방향에서의 고속 트래픽 채널용 채널

역방향에서의 전송 Rate는, 1.25 MHz 대역폭의 0.9216 Mcps, 5MHz 대역폭에서의 3.6864Mcps, 20 MHz 대역폭에 적용되는 14.7476 Mcps 등의 시스템의 Chip Rate와 관련된다. 즉, 1.25 MHz 대역폭으로 운영될 경우 2.4, 4.8, 9.6, 14.4, 19.2, 28.8, 32 Kbps 속도의 채널을 구성하고 5 MHz 대역폭에서는 64, 128, 384Kbps 속도가 추가되며, 20MHz 대역폭의 경우 0.512, 1, 2Mbps 속도의 채널이 각각 추가로 구성된다.

3.4 OCQPSK 변조 방식

직접시퀀스 확산대역 CDMA 방식을 적용하면서 셀룰라, PCS, WLL 등의 응용 범위에 활용하기 위하여 지속적으로 연구되어온 분야가 효율적인 전력 증폭기의 활용에 의한 저전력 소모와 스펙트럼의 효율적 이용 등에 관한 것이다. 즉, 기존의 변조 방식들은 변조 신호의 포락선 변동(Envelope variation) 범위가 매우 커서 인접 채널에 야기하는 간섭잡음이 많고 전력 증폭기의 비선형 출력에 의한 시스템의 성능 및 스펙

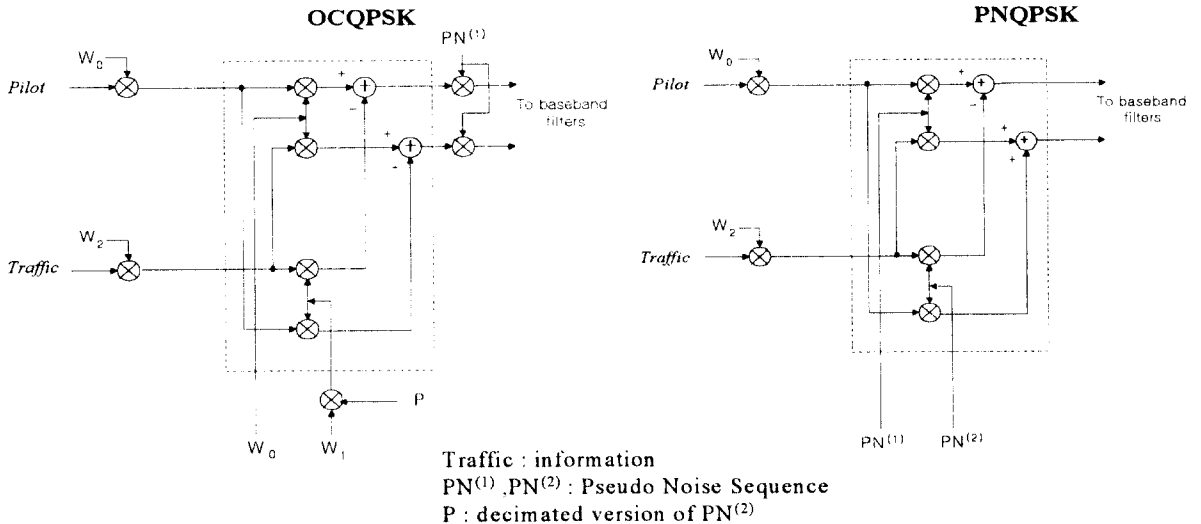
트럼 특성이 나빠지게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 많은 연구가 수행되어, Quadrature 성분의 데이터를 1/2 Chip 지연시켜 변조를 수행하는 Non-Coherent OQPSK (Offset QPSK) PN 변조 및 파일럿 신호를 포함시켜 코히어런트 방식으로 변조를 수행하는 Coherent QPSK PN 변조 방식 등이 제안되었다. 그러나 이들 방식 또한 인접 채널에 대한 간섭신호의 유발과 광범위한 변조 신호의 포락선 변화 및 위상 변화 문제점이 크게 개선하지 못하고 있다. 따라서 보다 근본적으로 이러한 문제를 해결하고자 변조신호의 포락선 변화가 기존 방식보다 감소하고 적은 범위의 위상 변화를 일으키는 QPSK PN 변조 방식을 변형한 Walsh-QPSK 변조 방식이 연구되었다³⁾. Walsh-QPSK 변조 방식은 Coherent 및 Non-Coherent 방식용으로 구분되어 CWQPSK (Coherent Direct Sequence Spread Spectrum Walsh-QPSK) 및 NWQPSK (Non-coherent Direct Sequence Spread Spectrum Walsh-QPSK) 방식으로 제안되었으며 일반적인 QPSK 또는 OCQPSK 방식보다 NWQPSK 방식의 경우, DR (Dynamic Range of Envelope Power) 변동이 약 30 dB, CWQPSK 방식은 약 40dB 감소

되는 것으로 나타났다.

한편 국내 이동통신 시스템에 적용되고 있는 기존 EIA/TIA-95 계열의 무선접속 방식에서는, 역방향 링크의 확산 및 변조에 파일럿 신호를 사용하지 않는 Non-coherent M-ary 직교 신호에 의한 변조 방식을 적용하고 있다. 따라서 I/Q 채널의 전력이 상호 균형을 이루기 때문에 비교적 전력 소모가 감소하는 특성을 나타내고 있으나, 반면에 IMT-2000 무선접속 규격으로 제안된 Global CDMA I 및 II 방식을 포함하여 다른 제안된 규격들은 파일럿 신호가 포함된 Coherent 변조 방식을 사용하므로 다중 채널을 구성하는 경우 트래픽 채널과 파일럿 채널 사이의 전력 차이가 크게 나타나므로 I/Q 채널에서의 전력 불균형 현상이 발생한다 즉, 단말기의 전력 소모가 증가하고 간섭잡음이 증가하는 단점을 지니게 된다. 이러한 단점을 해소하기 위하여 복소 PN에 의한 복소 확산 방식(PNQPSK)을 적용하는 연구가 진행되기도 하였다. 그러나 이 경우, 전력 불균형 문제는 해결되나 각 Chip 사이의 위상 천이가 180도 범위로 발생하기 때문에 전력의 편차가 광범위하게 형성되고, 따라서 최대전력 대 평균전력의 비가 증가하여 출력 신호의 진폭 변화가 큰 단점이 있다. 즉, 단말

(그림 4) OCQPSK 및 PNQPSK 변조 방식의 구조

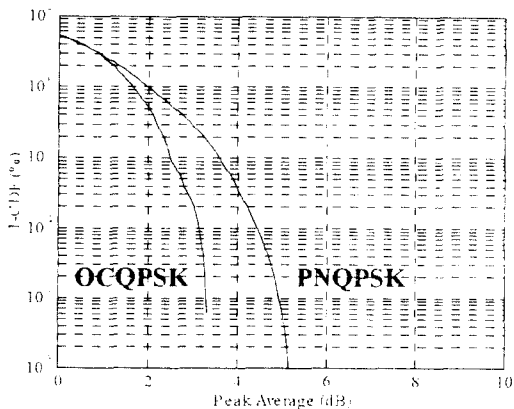


기의 전력 소모가 역시 증가하게 된다.

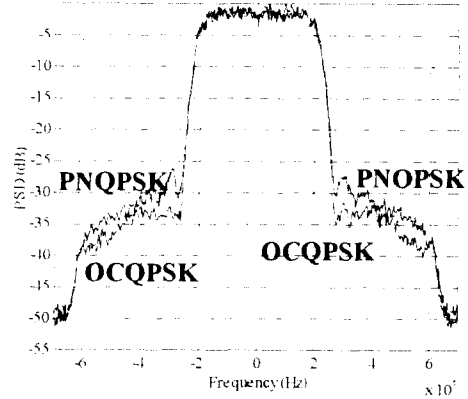
따라서 이러한 제반 문제를 해결하고자 Walsh-QPSK 변조 방식으로부터 시작되어 새롭게 제안된 OCQPSK 변조 방식은, 복소 확산을 위하여 Walsh 함수 및 복소 PN을 함께 사용함으로써, 각 Chip 사이의 위상 천이를 90도 범위로 제한하고, 그러므로 최대전력 대 평균전력의 비를 감소시켜 단말기의 전력 소모를 경감시키게 된다⁽⁴⁾. PNQPSK 방식과 OCQPSK 방식에 의한 확산 및 변조 방식의 구조를 (그림 4)에 나타냈다.

OCQPSK 변조 방식을 사용할 때 예상되는 성능 개선 효과는, 단말기 소모 전력 감소 측면에서 약 1 dB의 Out-of-band emission 억제 효과가 있고, 이러한 PAR(Peak to Average Power Ratio) 1 dB 감소는 전력 증폭기 효율을 약 3% 증가 시키는 것으로 나타났다. 따라서 단말기의 전전지 사용 시간을 PN 복소 확산 방법보다 연장시킬 수 있게 된다. 아울러 작은 Spectral Regrowth 특성을 가지게 됨에 따라서 인접 신호에 야기하는 간섭잡음을 감소시키게 된다. (그림 5)와 (그림 6)에서 OCQPSK 방식의 출력 전력의 변동 특성과 잡음 특성을 살펴볼 수 있다.

(그림 5) PN 복소 방식과 OCQPSK 방식의 최대전력 대 평균전력의 비(PAR) 비교



(그림 6) 채널 전력 증폭기 스펙트럼 응답 (3 dB back-off for both case)



이러한 우수한 성능의 OCQPSK 변조 방식은, 현재 유럽 UMTS(Universal Mobile Telecommunication System) 표준인 W-CDMA에 필수기술로 채택('98.7.)되었으며 미국 IMT-2000 표준인 cdma2000 방식과 상용화 표준인 IS-95C에 필수기술로 채택('98.8.)됨과 아울러 일본 ARIB 상용화 표준인 W-CDMA에도 필수기술로 채택('98.8.)되었다.

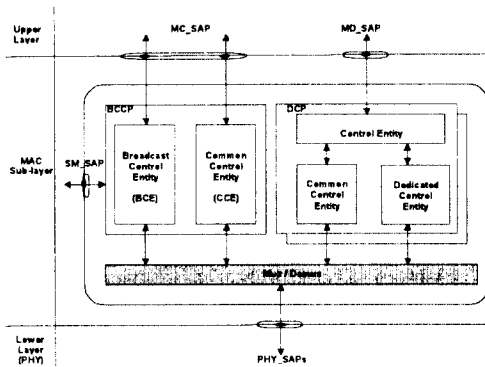
3.5. 무선 프로토콜 구조 및 기능

물리 계층을 제외한 무선접속 방식에서의 프로토콜 구조는, 응용 계층과 물리 계층을 연계하는 링크(Link) 계층을 중심으로 살펴볼 수 있다. 링크 계층은 LAC(Link Access Control) 및 MAC(Mediaum Access Control) 부 계층으로 구분되며, LAC 부 계층은 종단간 신호 및 트래픽 정보의 전달과 관련된 제어 및 프로토콜 기능 즉, 재전송에 의한 오류제어, 흐름제어, 순서제어, 동시전송 및 이중전송 검출, 응답 제어 등의 기능 수행을 지원한다. 그리고 User-LAC 또는 Control-LAC으로 분리되어 구성되며 이용되는 서비스 종류별로 상이한 기능을 수행한다.

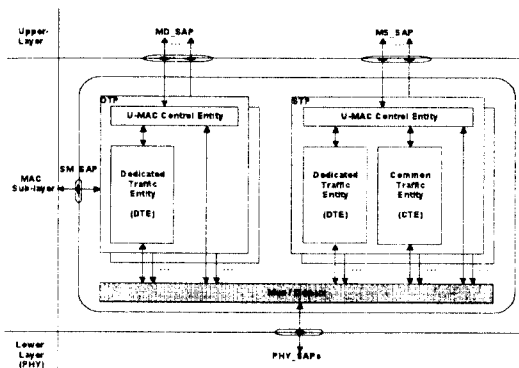
C(control)-Plane 관점에서 MAC 계층은, 물리 계층이 제공하는 각종 무선 자원에 대한 관리 기능을

수행한다. 즉, LAN에서의 MAC 계층 기능이 무선 관련 기능이 부가되어 확장된 것으로 간주할 수 있다. MAC 계층은 무선접속과 밀접하게 관련된 Random access 및 응답, 무선채널의 감시 및 상태 보고, 핸드오프 처리, CRC(Cyclic Redundancy Check) 처리, LAC 부 계층 정보의 전송, 물리적 채널과 논리적 채널의 상호 연계 등의 기능을 제공한다. 따라서 MAC 계층은 상위 계층과 물리 계층을 분리할 수 있도록 구성되며 동시에 이들 계층으로부터 독립적인 기능으로 이루어진다. 그리고 LAC 또는 응용 계층이 제한된 범위에서의 무선 관련 기능을 처리하는 것보다 달리 보다 많은 기능을 제공할 수 있다. (그림 7)에 C-Plane의 MAC 부 계층 구조를 나타냈다.

(그림 7) C-Plane의 MAC 부 계층 구조



(그림 8) U-Plane의 MAC 부 계층 구조



한편 정보 전달 기능을 수행하는 U-Plane은, 종단간의 통신에 필요한 서비스별 기능을 각각 갖추고 있다. (그림 8)에 U(User)-Plane의 MAC 부 계층 구조를 나타냈다. 따라서 MAC 부 계층은 트래픽 정보의 종류에 따라서 Dedicated Traffic Part (DTP) 및 Shared Traffic Part (STP)로 구분된다. 그리고 MAC 부 계층의 U-Plane 및 C-Plane과 관련된 채널 구조를 살펴보면, 상위 계층의 신호를 전달하는 신호 채널과 Broadcasting 채널을 C-Plane이 관장하며, MAC 제어 정보를 전송하는 MAC 채널 및 종단간 정보를 전달하는 트래픽 채널은 U-Plane에 포함된다. 논리적인 채널의 구성은 아래와 같다.

- a) Broadcasting Channel
 - f-bch (forward broadcasting channel)
- b) Signaling Channels
 - f/r-csch (forward/reverse common signaling channel)
 - f/r-dsch (forward/reverse dedicated signaling channel)
 - r-adsch (reverse asymmetric dedicated signaling channel)
- c) MAC Channels
 - f/r-dmch (forward/reverse dedicated MAC channel)
 - f/r-cmch (forward/reverse common MAC channel)
 - r-admch (reverse asymmetric dedicated MAC channel)
- d) Traffic Channels
 - f/r-dtch (forward/reverse dedicated traffic channel)
 - f/r-ctch (forward/reverse common traffic channel)
 - f/r-adtch (reverse asymmetric dedicated traffic channel)

4. 무선접속 검증용 테스트 베드 구조 및 기능

IMT-2000 무선 접속 검증용 테스트 베드(ATP; Air-interface Test Plant)는 차세대 이동통신 무선 접속 규격을 검증하고, 무선망 설계를 위한 각종 파라미터의 최적치를 도출하며, ASIC, 무선 기능 모듈 등의 시험 환경을 제공하기 위하여 ETRI에서 개발하였다.

4.1 무선 접속 규격

ATP에 적용된 무선접속 규격²⁾은 <표 1>에서 보듯이, 5MHz광대역 DS-SSMA (Direct Spreading - Code Division Multiple Access) 기술이다. IMT-2000의 국제적 표준안에 채택된 OCQPSK를 적용하였고, 음성에는 ITU-T G.729 규격인 8 Kbps CS-ACELP 알고리즘을 적용하였고, 영상에는 128 Kbps H.261 규격을 적용하였다.

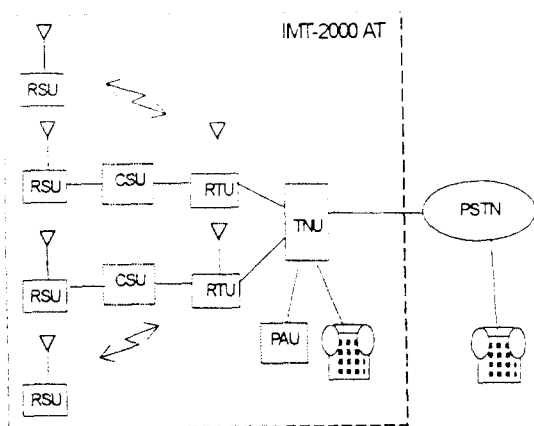
<표 1> IMT-2000 ATP 무선 접속 규격

항 목	IMT-2000 ATP
Multiple access scheme	Wideband DS-SSMA
Duplex scheme	FDD
Channel Spacing (MHz)	5
Chip Rate (Mcps)	3.6864
Frame Length (ms)	10
Inter BS Synchronization	Synchronous
Modulation FL / RL	QPSK / BPSK
Spreading FL / RL	QPSK / OCQPSK
Spreading Code FL	Two pairs of Short (Symbol Length) and Long
Spreading Code RL	Short and Long (Scrambling)
Channel Structure of FL	Pilot / Synch / Paging / Traffic / Signaling Code multiplexed
Channel Structure of RL	Pilot / Traffic / Signaling (Access) Code multiplexed
Signaling Transmission method	Parallel signaling channel
Detection	Coherent with Pilot Channel
Power Control of RL	Open Loop and Closed loop SIR-based (1.6 Kbps)
Power Control of FL	Closed Loop SIR-based (1.6 Kbps)
Multi-rate	Variable spreading factor and Multi-code
Rate Detection	Voice: Fixed Data: Fixed
Rate Matching	Symbol repetition puncturing DTX (Burst Transmission)
Channel Coding	- Voice (28.8 Kbps): $r=1/3$, $K=7$ 길쌈부호 - Data (> $28.8\text{ Kbps}</math>): r=1/3, K=7 Concatenated(길쌈부호 + (47, 41, 8) RS)$
Outer interleaver span (ms)	20
Inner interleaver span (ms)	10
Pulse shaping filter	48 tap
Packet mode	없음
Vocoder	8 Kbps CS-ACELP (G.729)
영상	128 Kbps H.261

4.2 ATP 의 구조 및 기능

ATP는 (그림 9)에서 보듯이 3개의 주요 기능부 (RSU, RTU, TNU)와 2개의 시험 환경부(CSU, PAU)로 구성되어 있다. 주요 기능부 중 RSU (Radio Subscriber Unit)는 RTU(Radio Transceiver Unit)와 무선 접속되는 이동 단말기이며, RTU는 유선 링크의 종단이면서 RSU와 무선 접속되는 기지국이고, TNU(Transcoding and Network Interface Unit)는 다수의 RTU를 정합/제어하면서 PSTN(Public Switched Telephone Network)과 같은 기존 공중망에 정합하는 기지국 제어국이다. 시험 환경부 중 CSU(Channel Simulator Unit)는 다양한 무선 채널 환경을 발생시켜 그 조건에서 무선 신호를 전송 시킴으로써 실제 무선 채널을 시뮬레이션하는 기능을 수행하고, PAU(Performance Analysis Unit)는 RF(Radio Frequency) 신호 정보, 임의의 지정된 시험 대상 호에 대한 순/역방향 데이터와 시스템 운용 및 관리 데이터를 RSU, RTU, TNU 로부터 수신하여 무선 링크 성능 분석과 시스템의 메시지 분석을 수행한다.

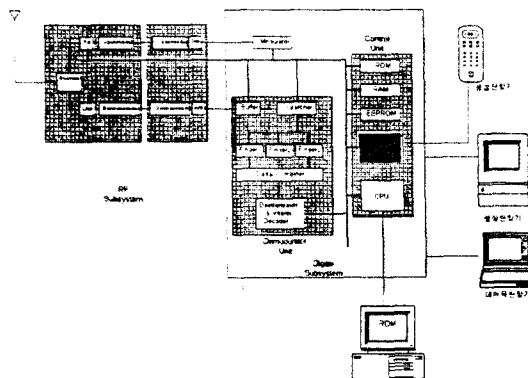
(그림 9) IMT-2000 ATP 구성



4.2.1 RSU 서브 시스템

〈표 1〉에서와 같은 무선 접속 규격을 구현하기 위하여 RSU 서브시스템의 구성은 (그림 10)에서 보듯이, 주요 기능은 RF 송수신부, IF up/down 변환부, 기저대역 변복조부, 제어장치부로 구성되어 있다. 제어장치는 음성 단말기, 영상 단말기, 데이터 단말기, RDM(RSU Diagnostic Monitor)과 정합하면서 RSU 전체를 총괄 제어한다.

(그림 10) RSU HW 구조



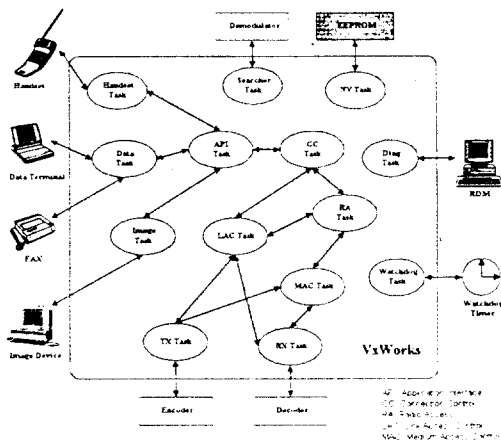
단말기 구현의 대표적인 특징은 다음과 같다.

- Convolutional encoding : FPGA 구현 (K=7, r=1/3)
- Viterbi decoding : 상용칩 사용
- RS encoding/decoding : FPGA 구현 (47, 41, 8)
- Interleaving/Deinterleaving : FPGA 구현

RSU SW는 (그림 11)에서 보듯이 서로 독립적이고 동시에 수행되는 다수 개의 소프트웨어 태스크에 의하여 동작된다. Watchdog 태스크는 주기적으로 각 태스크들의 실행을 감독한다. 진단 태스크는 진단 장치로부터의 요구 (SW디버깅, 데이터 로깅, peak/poke, 초기화면 관련 패킷 관리)들을 서비스한다. 비휘발성 태스크는 비휘발성 데이터베이스의 접속 및 관리를 제어한다. 서처태스크는 수신과정을 최적화 (초기 PN 동기, 핑거할당, 소프트 핸드오프)한다. 핸

드셋/데이터/영상 타스크는 핸드셋/데이터/영상 단말기 사용자와의 통신을 제공한다. API(Application Interface) 타스크는 핸드셋/데이터/영상 타스크를 제어한다. 송신 타스크는 기지국으로 전송(액세스 메시지 전송, 통화 중 시그널링 메시지 전송, 무선 및 아날로그서브시스템 제어, 통화채널 메시지 전송, 보코더 동기, 음성부호화 비트 전송)을 제어한다. 수신 타스크는 기지국으로부터 오는 정보(동기, 호출 채널 메시지 수신)를 수집한다. LAC / MAC 과 같은 계층2 타스크들은 호처리에서 계층2의 메시지를 처리(동기, 호출 채널 메시지 파싱)한다. RA(Radio Access) 타스크는 LAC/MAC 타스크를 관리한다. CC (Connection Control) 타스크는 다른 모든 타스크 생성 및 실행을 총괄하고, 호 처리를 제공한다.

(그림 11) RSU SW 타스크 구조



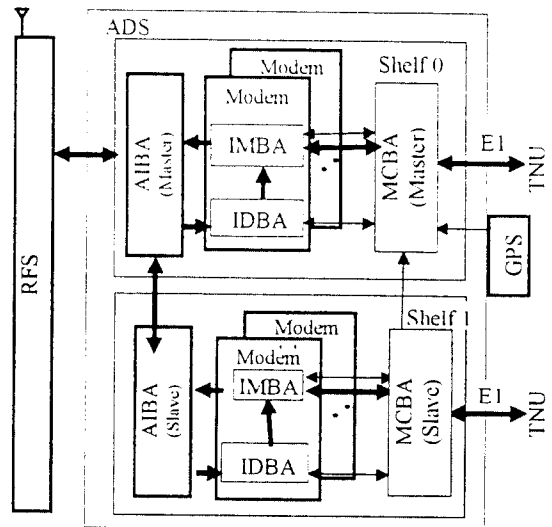
4.2.2 RTU 서브 시스템

RTU 구조는 (그림 12)에서 보듯이 크게 RFS (Radio Frequency Subsystem)과 ADS(IMT-2000 ATP Digital System)로 나뉜다. RFS는 복사 전파 신호의 송신 및 수신, RF 신호의 저잡음/대전력 신호의 증폭, RF 신호의 대역 여파, RF 신호의 중간주파수 하향 및 상향 변환 기능을 수행한다. ADS는 RTU 제어 보드, 기저대역 변조 및 채널 디코딩 보

드, 기저대역 복조 보드, 애널로그 신호 변복조 보드 등으로 구성된다. RTU 제어 보드는 TNU 와 E1 트링크 정합, BSC 와 제어 메시지를 송수신 및 처리, 무선 자원 관리 지원, CDMA 시스템 동기 클럭 생성/분배 기능을 수행한다.

기저대역 변조 및 채널 디코딩 보드는 기저대역 CDMA 변조, Convolutional encoding, Viterbi decoding, RS encoding/decoding, Interleaving/Deinterleaving, 디지털-애널로그 변환, 순/역방향 전력 제어, 계층 2,3 메시지 처리, 로깅 데이터 수집/송신 기능을 수행한다. 기저대역 복조 보드는 안테나 당 4 조의 서처(초기 동기 획득기) 와 4조의 핑거(미세동기 추적기) 로 구성되어 총 8 개의 경로를 탐색하고, 초기 동기 및 다중경로를 탐색하며, 전력 제어 데이터를 생성하여 기저대역 변조 및 채널 디코딩 보드에 송신한다. 애널로그 신호 변복조 보드는 기저대역 애널로그 신호를 제2차 중간 주파수 신호로 상향 변환하거나 역으로 하향 변환하고, 애널로그 신호를 디지털 신호로 변환한다.

(그림 12) RTU 구조



- AIBA : Analog Interface Board Assembly
- IDBA : IMT-2000 Demodulator Board Assembly
- GPS : Global Positioning System
- IMBA : IMT-2000 Modulator Board Assembly
- MCBA : Modem Control Board Assembly

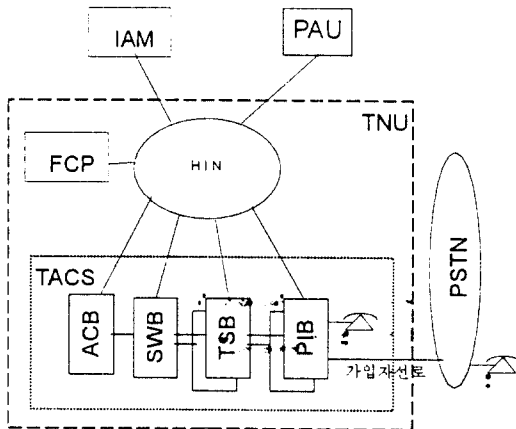
RTU구현의 대표적인 특징은 다음과 같다.

- Convolutional encoding: DSP(Digital Signal Processor)구현 ($K=7, r=1/3$)
- Viterbi decoding: 상용칩 사용
- RS encoding/decoding: DSP 구현 (47,41,8)
- Interleaving / Deinterleaving: DSP 구현
- 로깅 데이터 수집/송신
- 안테나 당 4 조의 서치(초기 동기 획득기) 구현
- 총 8 경로 탐색(이중 안테나)
- 4 조의 핑거(미세동기 추적기) 구현

4.2.3 TNU 서브시스템

TNU 는 (그림 13)에서 보듯이 하위 기능부로서 FCP(Feature Control Processor), HIN(High performance Inter-processor communication Network Subsystem), TACS(Transcoding & Access Control Subsystem) 등으로 구성된다.

(그림 13) TNU의 구성도



FCP는 기본 호 제어, 핸드 오프 호 제어, 무선 자원 관리 등의 기능을 수행하고, HIN은 각 프로세서 간 통신을 위한 통신망을 제공한다. TACS 의 기능은 하위 기능부로서 ACB(Access Control Block),

SWB(Switch Block), TCB(Transcoding Block), PIB(PSTN Interface Block) 등의 기능으로 구성되어 있다. SWB는 타임 스위치이고, TCB는 음성 부호화 변환부(PCM - CS-ACELP)이며, ACB는 RTU 와 E1 트렁크 정합을 하고, 트래픽/시그널링 프레임 처리를 수행하고, 소프트 핸드오프를 위한 선택 기능을 수행한다. PIB는 PSTN(Public Switched Telephone Network)과의 정합, 시험용 PSTN 고정 가입자 와의 정합 기능을 수행한다.

4.2.4 호 처리 절차

(그림 14)는 IMT-2000 ATP의 이동 단말기 발신 호의 신호 흐름 절차를 나타낸다. 먼저 이동 단말기의 호 접속 요구가 액세스 채널을 통하여 RTU 및 TNU의 ACB를 거쳐서 FCS의 CCB에 전달되면, 시그널링 채널과 트래픽 채널을 할당하여 RTU 및 이동 단말기에게 페이징 채널을 통하여 알려준다. 이때 망 접속에 필요한 트랜스코더를 할당하고 트래픽 채널과 트랜스코더 간의 경로 접속을 SWB에 요구한다. 신호 채널을 통해서 데이터 링크를 설정하고 통화로 접속 후에 PIB를 통해서 Hook-off 루프 신호를 전달하고, 착신 가입자 번호를 송출한다.

(그림 15)는 IMT-2000 ATP의 이동 단말기 착신 신호 흐름 절차를 나타낸다. 망측으로부터의 착신 요구가 PIB를 거쳐 FCS의 CCB에 전달되면, CCB는 ACB와 RTU를 통해 페이징 채널로 해당 이동 단말기를 호출한다. 해당 이동 단말기로부터 페이징 응답이 오면 그 이후의 호 처리 절차는 이동 단말기 발신의 경우와 마찬가지로 처리된다.

4.3 시험 환경 시스템

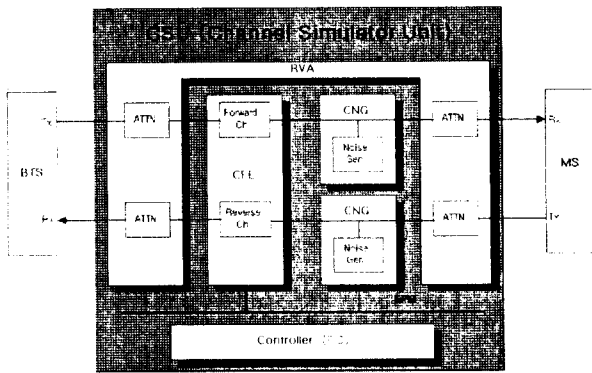
무선 접속 규격을 검증하기 위한 시험 장치로서, 무선 채널 시험 조건을 제공하는 CSU(Channel Simulator Unit), 무선 링크의 성능을 분석하는 PAU(Performance Analysis Unit), 모델 기능을 분석하는 MAT (Modem Analysis Tools) 등이 있다.

4.3.1 CSU

CSU 는 (그림 16)과 같은 구조를 갖고 있으며, 구현된 RSU와 RTU의 무선채널 성능시험을 분석할 수 있도록 실제와 유사한 무선환경을 조성하여 주기 위하여 다음과 같은 기능을 수행한다.

- RTU와 RSU간 경로손실을 모의조성(에뮬레이션)
- 무선상의 다양한 페이딩 및 다중경로 환경 조성
- 타 사용자 및 인접 기지국으로부터의 간섭을 모의조성

(그림 16) CSU의 구조



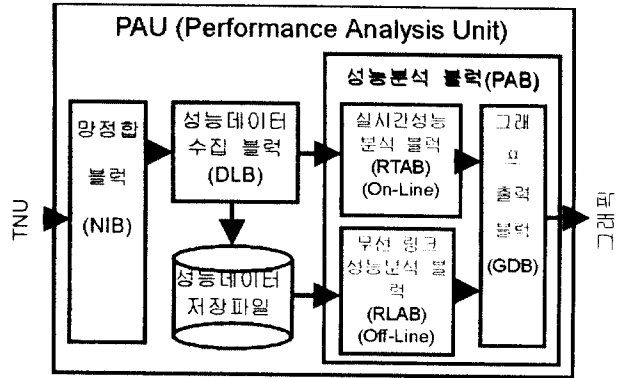
High Precision Channel Simulator
 Non-Linear Filter
 IIR Channel Filter Emulator
 IIR Filter for Wave Generator
 IIR Filter Variable Attenuator

4.3.2 PAU

무선 링크 성능을 분석하는 PAU의 구조는 (그림 17)과 같으며 그 기능은 다음과 같다.

- 무선 링크 성능 관련 데이터 수집 기능
- 수집 데이터를 이용한 무선 링크 관련 성능분석 기능
- 실시간 무선 링크 관련 성능 분석 및 모니터링 기능
- 워크스테이션 기반의 망 정합 기능 제공

(그림17) PAU기능 블록 구조도

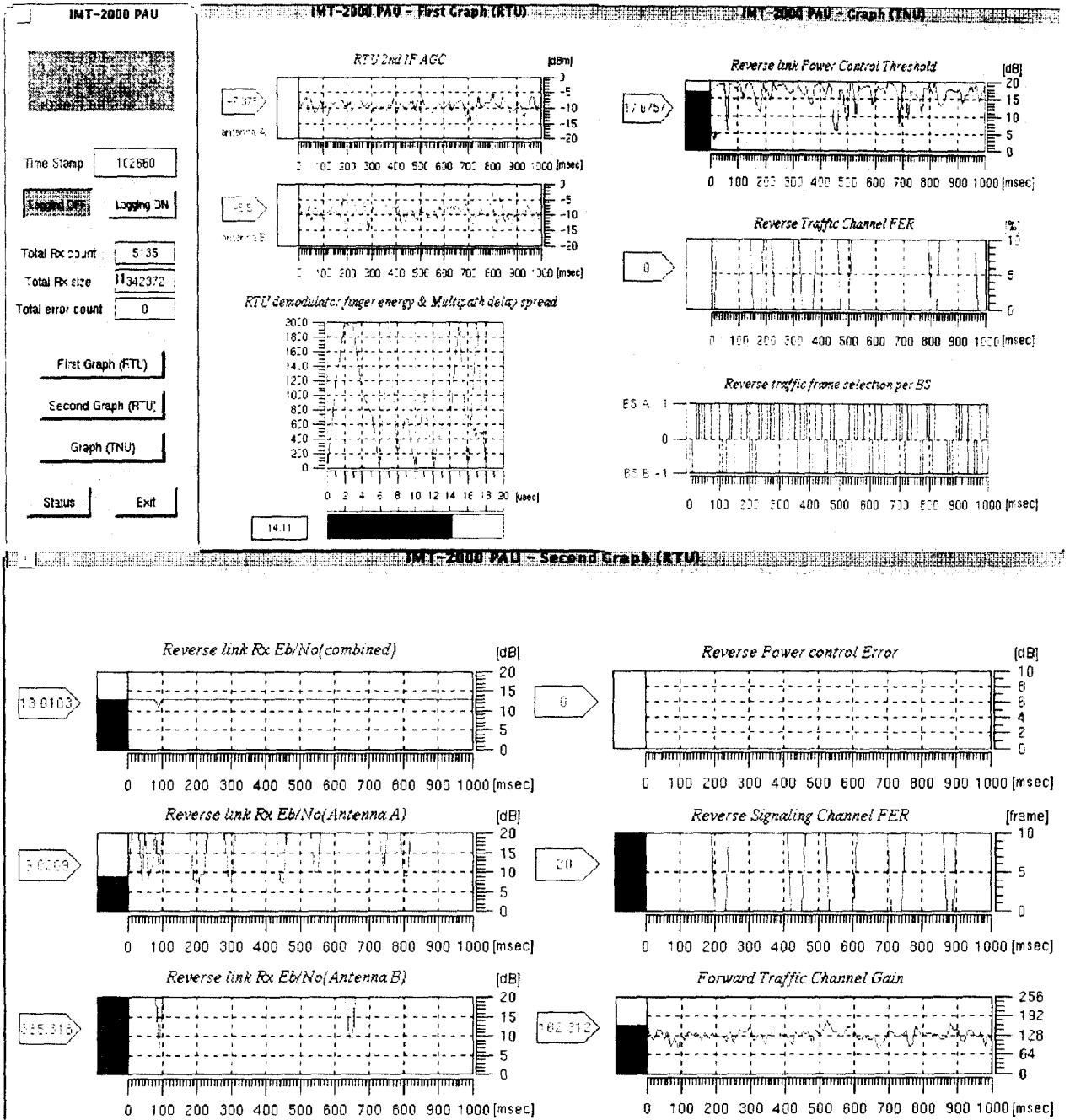


PAU 에서 분석되는 주요항목은 <표2>와 같다. PAU의 실시간 무선링크 성능분석화면은 (그림18)과 같고 모니터에 보이는 주메뉴는 (그림19)와 같다.

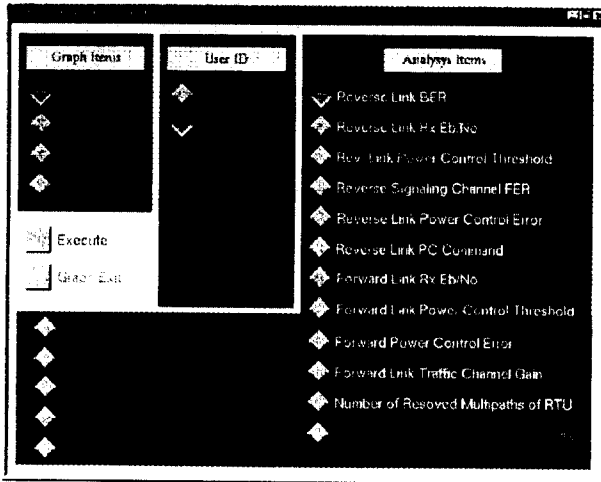
<표2> 무선링크 성능 관련 주요 분석 항목

분석 목적	성능 분석 항목
다중경로 전파환경 특성분석	수신기가 분해한 다중경로 수
	레이크 수신기의 평균별 에너지
	다중경로 지연확산 시간
기지국 수신 성능 및 트래픽 품질 분석	역방향 링크 수신 Eb/No
	역방향 트래픽 채널 FER(Fram Error Rate)
역방향링크 전력제어 성능분석	역방향 신호채널 FER
	역방향 링크 전력제어 명령
	역방향 링크 전력제어 임계치 변화
순방향링크 전력제어 성능분석	역방향 링크 전력제어 에러
	순방향링크 트래픽채널 전력 (이득) 변화
다이버시티 특성 분석	역방향링크 연속에러길이 (시간 다이버시티)
	안테나별 수신 Eb/No
	소프트 핸드오프 동안 프레임 선택 특성 (선택성 다이버시티)
기지국 송수신 전력 특성 분석	기지국 송신전력
	기지국 수신전력
트래픽 부하 특성 분석	현재 통화중인 단말기 수

(그림 18) PAU 실시간 동작 화면



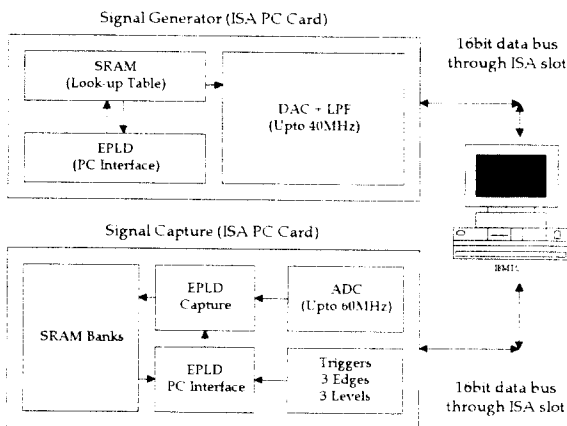
(그림 19) PAU 메뉴 화면



4.3.3 MAT

MAT는 개발된 모뎀의 성능 및 문제점을 분석하는 장치로서, 애널로그 경로 분석을 위하여 송신과 수신 로컬 오실레이터 사이의 주파수 편차를 측정하고, 애널로그 경로의 진폭 및 위상 특성을 분석하고, 기저대역 성능 분석을 위하여 수신 Eb/No 값 분석, 기저대역 변복조기의 오류 검출, 프레임 특성 분석 등의 기능을 수행한다.

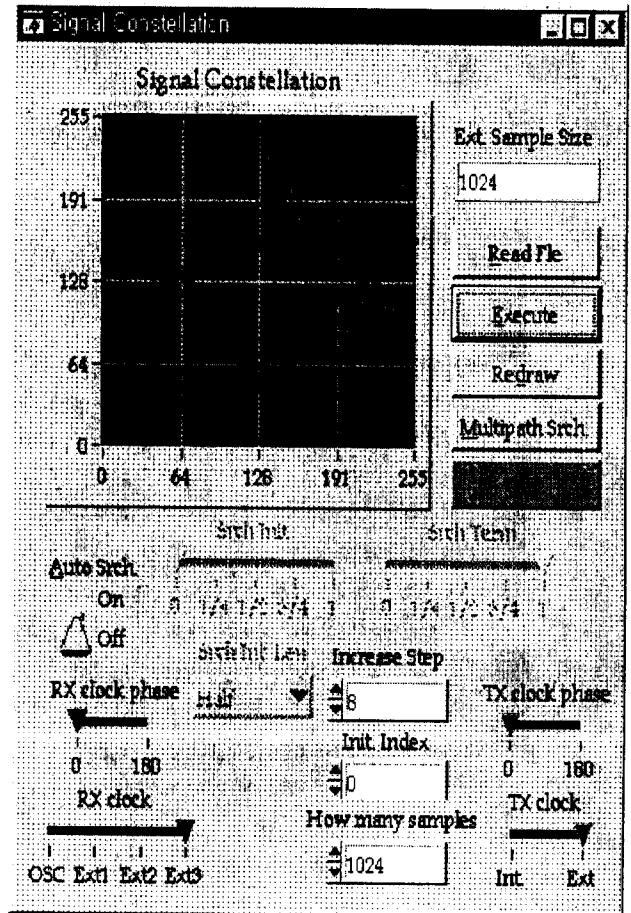
(그림 20) MAT의 구조



MAT의 구조는 (그림 20)과 같이 신호 발생장치와 신호 저장장치 및 개인용 컴퓨터(PC:Personal Computer)로 구성된다. 신호 발생장치는 14bit DAC(Digital-to-Analog Converter)를 내장한 2채널 임의의 신호 발생 장치이다.

신호저장장치는 64MByte의 내장 메모리에 최대 속도 60M sample/sec로 2개의 외부신호를 각각 8bit resolution으로 저장하는 역할을 한다. PC의 기능은 임의의 신호 발생장치에 원하는 test signal을 download하는 기능과 신호 저장 장치에 기록된 신호를 분석하는 역할을 한다. (그림 21)에서 이를 이용한 신호 정상 분석 예를 볼 수 있다.

(그림 21) 신호 정상 분석 예



5. 결 론

이제까지 IMT-2000 무선 접속규격으로서 ITU-R 에 제안한 Global CDMA I의 특징과 물리 층 및 무선 프로토콜에 대하여 살펴 보았으며, 이 규격을 근간으로 구현된 무선 접속 규격 검증용 테스트 베드에 대하여 기술하였다. 8Kbps CS-ACELP 음성과 128Kbps 영상 서비스에 대하여 시험한 결과 양호한 품질을 제공할 수 있음이 확인되었다.

Global CDMA I의 특징적인 요소 기술 중 몇 가지는 다른 경쟁 되는 표준화 기관의 제안 규격에 포함되어 있다. 예를 들면, OCQPSK 기술은 cdma2000에 수용되고, 일본의 ARIB, ETSI 기관들이 제안한 무선 접속 규격에 채택되었다.

ETRI는 현재 ATP 개발에 이어서, 미국 TTA의 cdma2000 무선 접속 규격을 근간으로 하고, IMT-2000 무선 프로토콜을 적용하는 동기식 표준 모델을 '99년까지 개발할 예정이며, 비동기식 CDMA 수요에 대비하여 향후 ETSI의 비동기식 W-CDMA 규격 및 프로토콜을 검증하기 위한 비동기식 표준 모델도 2000년까지 개발할 예정이다. 또, 기지국 용량을 증대시킬 수 있는 기술로서 간섭 잡음 제거 기술과 스마트 안테나 기술을 동기식 표준 모델에 적용시켜 상용화 가능성을 검증할 예정이다.

※ 참고문헌

1. 한국정보통신기술협회, ITU-R 제안 국,내외 IMT-2000 무선전송기술규격(1~3), 1998. 7.
2. 한국전자통신연구원, Multiband (1.25/5/20 MHz) CDMA IMT-2000 무선 접속 규격서 (Version 1.2), 1998. 2.
3. D. Lee, H. Lee and L. B. Milstein, "Direct Sequence Spread Spectrum Walsh-QPSK

Modulation," IEEE Trans. Comm., Vol. 46, No.9, pp.1227-1232, Sept. 1998.

4. 방승찬 외 4인, "A Spectrally Efficient Modulation and Spreading Scheme using Orthogonal Channelization and Rotator," 제3차 CIC (CDMA International Conference and Exhibition) 논문집, pp.101-105, 1998. 10. 27. -10. 30.

임 덕 빈

1975년 2월 항공대학교 통신공학과 졸업(학사)
 1991년 8월 전북대학교 전자공학과 졸업(석사)
 1996년 9월~현재 : 전북대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 1980년 8월~현재 : 한국전자통신연구원 근무,
 현 이동통신연구부장, 책임연구원
 주관심분야 : CDMA 이동통신시스템, 무선멀티미디어 시스템

류 득 수

1983년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1985년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사)
 1985년 8월~현재 : 한국전자통신연구원 근무,
 현 기지국연구팀 선임연구원
 주관심분야 : 이동 멀티미디어 통신(IMT-2000 등), 이동통신 시스템 설계, 디지털 변복조기 설계

박 용 직

1982년 2월 광운대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1985년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업(석사)
 1984년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 근무,
 현 비동기시스템 연구팀장, 선임연구원
 주관심분야 : 이동 멀티미디어 통신(IMT-2000 등), 이동통신 시스템 설계, Wireless ATM