

〈主 題〉

Low tier 서비스를 위한 광대역 CDMA 시스템

구준모 · 유재황 · 김영일 · 정성화 · 정기모 · 박종문 · 최근돈 · 김영섭
이진익* · 이동학* · 이현창* · 이정혁* · 김 정*

(한국이동통신 중앙연구원 FPLMTS group)

(한국이동통신 중앙연구원 요소 기술센터*)

□ 차 례 □

- | | |
|------------------|--------------|
| I. 서 론 | IV. ASIC의 구조 |
| II. 시스템의 구성 | V. 시스템 구성 요소 |
| III. 무선접속 규격의 특징 | VI. 결 론 |

요 약

본 논문에서는 한국이동통신에서 개발한 low-tier 서비스를 위한 광대역 CDMA 시스템에 관하여 기술하였다. 시스템에 적용된 무선접속 규격의 특징을 기술한 후 이를 구현한 ASIC의 구조에 관하여 논하였다. 전체 시스템을 구성하는 요소인 이동국, 기지국, 기지국 제어기의 사양과 구조, 기능도 살펴 보았다. 현재 운용중인 이 시스템은 WPABX나 WLL등의 low-tier 서비스에 적용할 수 있다.

I. 서 론

국내외의 이동전화 시스템과 서비스 시장은 커다란 전환기를 맞고 있다. 그 동안 아날로그 방식의 시스템으로 음성위주의 이동전화 서비스를 제공하여 왔으나 무선 통신에 대한 수요가 폭발적으로 증가함에 따라서 주어진 주파수 대역에서 많은 수의 사용자를 수용하기 위한 통신 방식에 관한 연구가 필요하게 되었다. 이에 따라 주파수 효율성을 높이기 위한 방편으로 디지털 방식에 관한 연구가 이루어져 여러 종류의 시스템이 제안되어 현재 사용되고 있거나 사용예정이다. 대표적인 예가 유럽의 GSM, 미국의 IS-136나 PACS, 일본의 PDC등의 TDMA 방식 시스템, 한국, 미국의 일부에서 사용중인 CDMA 시스템으로 IS-95가 있다. 이밖에 TDMA, CDMA, FDMA의 hybrid 형

태인 미국의 Omnipoint사의 IS-661 시스템이 있으나 주목받지 못하고 있다[1]. 이러한 방식들이 도입되어 디지털 방식의 무선통신 서비스가 제공됨에 따라서 양질의 음성 및 저속의 data 서비스가 가능하게 되었으며 기본적인 무선 통신 수요도 충족시킬 수 있게 되었다. 따라서 향후 예상되는 무선 수요는 현재의 무선 통신 서비스 보다는 고급의 서비스를 요구하게 될 것이 분명하다.

한편, ITU를 중심으로 논의 중인 차세대 이동통신 서비스인 FPLMTS/IMT-2000은 고음질의 음성, 고속의 data, image, 동 영상의 전송, 전세계적인 통화권의 구현, internet 접속, multimedia 등의 고급 서비스 수요를 만족시킬 것이다. FPLMTS의 논의 과정중에 초점이 되고 있는 것 중의 하나는 무선접속 규격이며 고급 서비스를 수용하기 위한 규격으로서 여러가지 방안이 제안되고 이를 평가한 후 세계 공통의 규격을 제정할 예정으로 있으며 국내에서도 통신사업자, 연구소, 학계를 중심으로 이에 관한 연구가 수행되고 있다. 국내에서는 여러 가지 무선 접속 방식 중 광대역 CDMA 방식이 FPLMTS의 무선 접속 방식으로 매우 유력하다. 이는 여러가지 이유가 있겠지만, 광대역 CDMA 방식이 수용 용량의 최대화와 고급의 서비스를 동시에 제공할 수 있는 특성을 지니고 있기 때문이다. 용량에 있어서 CDMA가 다른 어떤 방식보다 유리함은 97년초 현재 약 100만명 이상의 서비스

를 제공하고 있는 우리나라에서 실증되었다. 광대역 CDMA의 특징인 넓은 대역과 높은 chip rate는 IS-95 같은 좁은 대역폭을 갖는 CDMA보다 구현은 어렵지만 indoor 환경이나 보행자 환경에서 fading에 강하고 multi-path에 의한 time diversity를 충분히 이용할 수

있는 등의 특징이 있다[2]. 표 1에 광대역 CDMA의 특징을 좁은 대역을 사용하는 CDMA와 비교하여 작성하였다.

광대역 CDMA
협대역 CDMA

표 1. 광대역 CDMA와 협대역 CDMA의 특징

항 목	광대역 CDMA	협대역 CDMA
multipath 분해능	종 다	나 빠 다
필요한 복조기의 수	많 다	적 다
구현	어 렵 다	쉽 다
처리이득	크 다	적 다
fading에 대한 대응	강 하 다	약 하 다
통신품질(저밀도지역)	종 다	보 통
통신품질(고밀도지역, 건물내)	종 다	나 빠 다
적용서비스	음성, 고속 data,	영상음성, 저속 data

이러한 점에 주목하여 한국이동통신은 94년 부터 광대역 CDMA 시스템을 개발하여 왔으며 우선 일차적인 목표로 low-tier service에 적용가능한 시스템을 개발하여 왔다. 이 시스템은 한국이동통신에서 제정한 무선 접속 규격에 근거하여 개발되었으며 개발의 핵심인 기저대역 CDMA modem chip set을 포함하여 시스템의 핵심요소를 직접 설계, 구현하였다. 따라서 광대역 CDMA 방식을 이용하는 low-tier system인 무선 PABX, Wireless Local Loop(WLL)등에 이용 가능하며 향후에는 이를 FPLMTS 시스템으로 발전시켜 나갈 예정이다. 본 논문에서는 서론에 이어 2절에서는 시스템의 구성, 3절에서는 무선 접속 규격의 특징, 4절에서는 ASIC의 구조, 5절에서는 이동국, 기지국, 기지국 제어기의 구조에 관하여 논의하고 마지막으로 6절에서 결론을 맺는다.

Ⅰ. 시스템의 구성

광대역 CDMA 시스템은 이동국, 기지국, 기지국 제어기, PSTN 접속 module등으로 구성되어 있으며 전체 시스템의 구성은 그림1과 같다. 전체 시스템은 세대의 기지국 제어기로 망을 구성하고 있으며 한 대의 기지국 제어기는 PSTN interface module을 통하여 일반 PSTN과 접속되어 있다. 각각의 기지국 제어

기는 소용량의 기지국과 대용량의 기지국과 접속할 수 있으며 소용량 기지국은 4채널, 대용량 기지국은 최대 60 채널의 용량을 수용할 수 있도록 설계되었다. 이동국은 음성 서비스가 가능한 휴대형으로 제작 되었으나 32Kbps의 data 전송도 가능하도록 data port를 갖고 있다.

각 시스템 사이의 연동을 살펴보면 이동국과 기지국은 광대역 CDMA 방식의 무선접속 규격을 따르며, 기지국과 기지국 제어기, 기지국 제어기와 기지국 제어기, 기지국 제어기와 PSTN interface module 사이는 E1 전송로를 이용하여 ATM 방식의 통신을 이용하였으며 PSTN interface module 과 PSTN은 R2 신호방식의 E1 전송로를 이용하였다. 이와 같은 구성은 현재의 통신망을 최대한 활용하면서 자체 시스템간에는 통신의 효율성을 최대화 할 수 있는 구조이며 PSTN 망과의 접속도 제공하므로써 WPABX, WLL 등에 이용할 수 있도록 하였다.

Ⅲ. 무선접속 규격의 특징

본 논문에서 기술하는 시스템에서 사용된 무선접속 규격[3]은 5MHz의 대역폭으로 최대 36Kbps의 data를 전송하기 위한 것으로 규격 중 물리계층의 특징을 정리하면 다음과 같다.

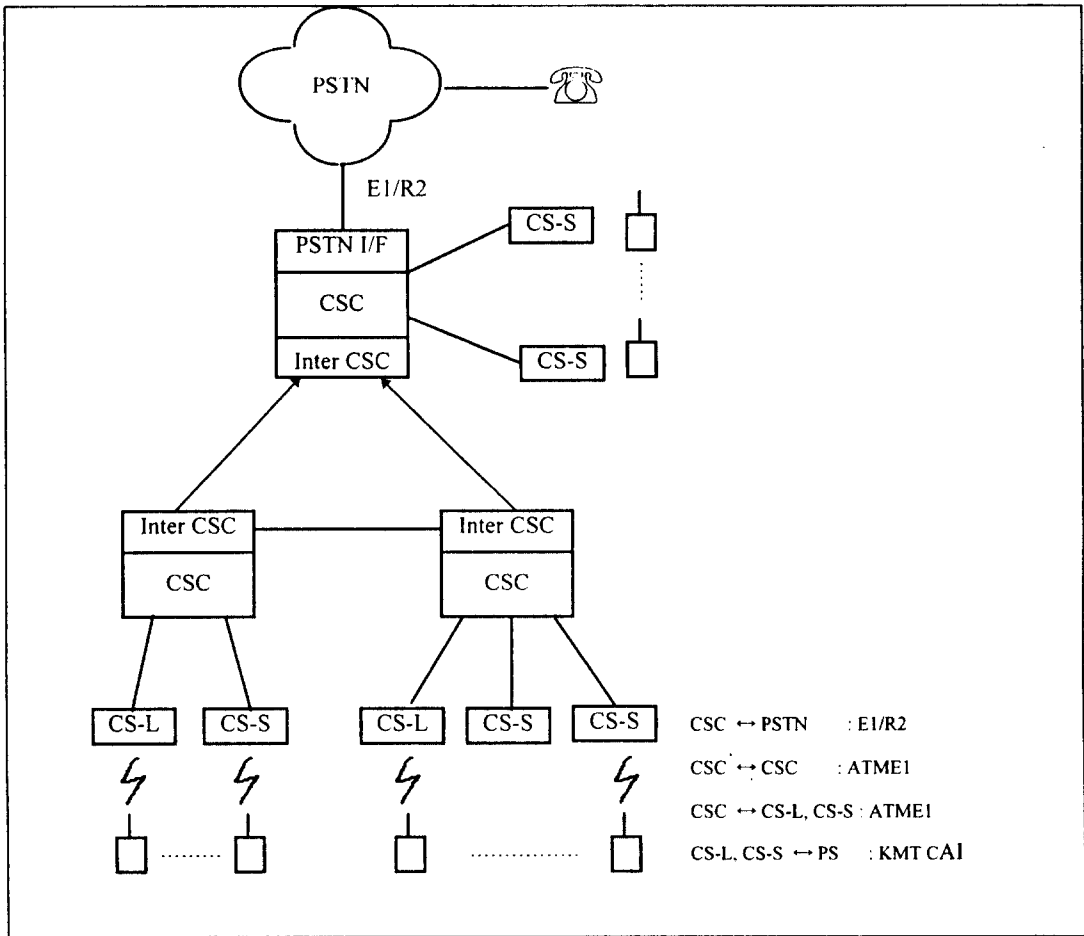


그림 1. 상용기능확인시스템의 망구성도

표 2. 무선 접속 규격의 특징

항 목	내 용
대역폭	5MHz
chip rate	4.608Mcps
처리이득	128
traffic data rate	36Kbps
Modulation/spreading	QPSK/Quadriphase

Data packet Length		12ms
Speech coding		32Kbps ADPCM
Signaling		4Kbps inband signaling
Timing between cell site		Asynchronous
Reverse link synchronization		Synchronous
Channel coding		Convolutional coding ($r=1/2$, $K=9$)
Channel structure	Forward	(Cluster pilot, Cell pilot, Sync, Paging, Traffics)
	Reverse	(Pilot, Access)or(Pilot, Traffic)for each user

이 표에서 기술한 특징 중 기지국간 비동기 방식을 채택한 이유는 현재의 IS-95에 근거한 시스템이 기지국간에 동기가 되어 있으며 이 동기가 GPS를 이용하여 유지되고 있는 단점을 피하고자 하는 것이다. 이는 GPS가 미국의 국방성에 의하여 유지된 시스템으로 현재는 세계 어디서나 무료로 기준시간과 위치정보를 제공하고 있으나 추후에 고장이나 유료화, 고의적인 동작중지등이 발생하는 경우 중요한 국가통신망이 동작하지않는 경우가 발생할 수 있기 때문이다. 이를 위하여 각 기지국은 서로 다른 PN code로 구분되며 이 경우 필연적으로 발생하는 초기동기 및 hand-off시의 시간지연을 막기 위하여 두 단계로 기지국을 탐색하는 방법을 제안하였다. 현재의 IS-95와 다른 또한 가지는 역방향 link를 동기화시키는 방법을 채택한 것이다. 이는 마치 모든 이동국이 기지국으로부터 일정 거리에서 신호를 송출하며 각 기지국이 서로 직교성을 갖고 있어서 서로 다른 기지국에 의한 interference가 직교성에 의하여 제거되도록 한 것이다. 이를 구현하기 위해서는 기지국이 이동국의 PN code위상을 감지하고 이를 조절하는 신호를 순방향 data에 삽입하는 closed loop timing control 방법을 사용하고 있다[4]. 본 절에서 언급한 CAI는 low-tier 서비스에 적합하도록 설계되었으며 향후 FPLMTS로의 발전 방향에 맞추어 현재 개정 작업이 진행되고 있다.

IV. ASIC의 구조

광대역 CDMA 모뎀 ASIC 은 개인국 (Personal Station : PS) 용과 기지국 (Cell Site : CS) 용으로

나누어지며, 36 Kbps 의 데이터 전송 속도를 갖는 CDMA용 기저 대역 (baseband) 디지털 모뎀이다. 이 중 CS 의 구조를 블럭다이어 그램으로 그림 2에 나타내었다. 각 칩은 크게 변조부와 복조부로 나누어진 다[5].

4.1 변조부

CDMA 모뎀의 변조부는 역방향 링크, 순방향 링크, 그리고 각 채널별로 데이터 전송률이 다르고, 이들을 데이터 변조하는 과정에 약간의 차이는 있으나, 송신할 데이터를 할당된 직교 부호로 일차 변조, 이를 확산 부호로 확산한다. 확산된 신호는 필요한 이득을 곱한 다음, 대역 제한을 위한 spectral shaping 용 FIR 필터를 거치게 된다. 순방향에서는 pilot 채널이 독립적으로 존재하지만 역방향에서는 pilot 신호는 traffic 또는 access 채널과 항상 함께 존재한다. Pilot 채널은 데이터 대신 모두 0 인 무변조 신호를 사용한다. 대역 제한을 위한 FIR 필터는 하드웨어 복잡도를 줄이기 위해 필터 탭 수가 가능한 작은 값이어야 하며, 각 탭당 해상도도 중요하다. FIR 필터의 계수는 pass band 와 stop band 에서 equiripple 성을 보이는 Parks-McClellan 방법을 사용하여 구하였다. 이 FIR 필터는 84 차의 LPF (low pass filter) 로서 필터링은 확산된 신호를 4 배로 interpolation 하여 필터의 계수와 곱하여 얻는다. 이와 같이 변조부에서는 입력 데이터에 직교 부호를 곱하고, 확산, 변조하여 LPF 를 통과하는 과정을 거치면 그림 2에 나타낸 것과 같이 변조부에서 I 채널 데이터와 Q 채널 데이터가 만들어진다.

4.2 복조부

CDMA 모델에서 변조부의 구조는 비교적 간단하나 복조부는 매우 복잡하다. 이동통신 환경에서 반송파 동기를 취하는 것이 어려우므로 복조부에서는 반송파에 대해 비동기 복조를 수행한다. 즉, 반송파 비동기 방식으로 복조부를 구성하고, AFC (adaptive frequency control) 루프를 이용하여 입력 신호와 국부 발진기 사이의 주파수 편차를 작게 하여 에러 특

성을 개선한다. 복조기의 입력 신호는 반송파 성분이 없고, 데이터가 PN 부호에 의해 단순히 확산된 것이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 기지국 복조기는 Rx data controller, Rx register, 3 개의 modified finger, ATC (adaptive threshold control), AGC (adaptive gain control), Eb/No estimator[6], R-sync controller, Data combiner 로 구성된다.

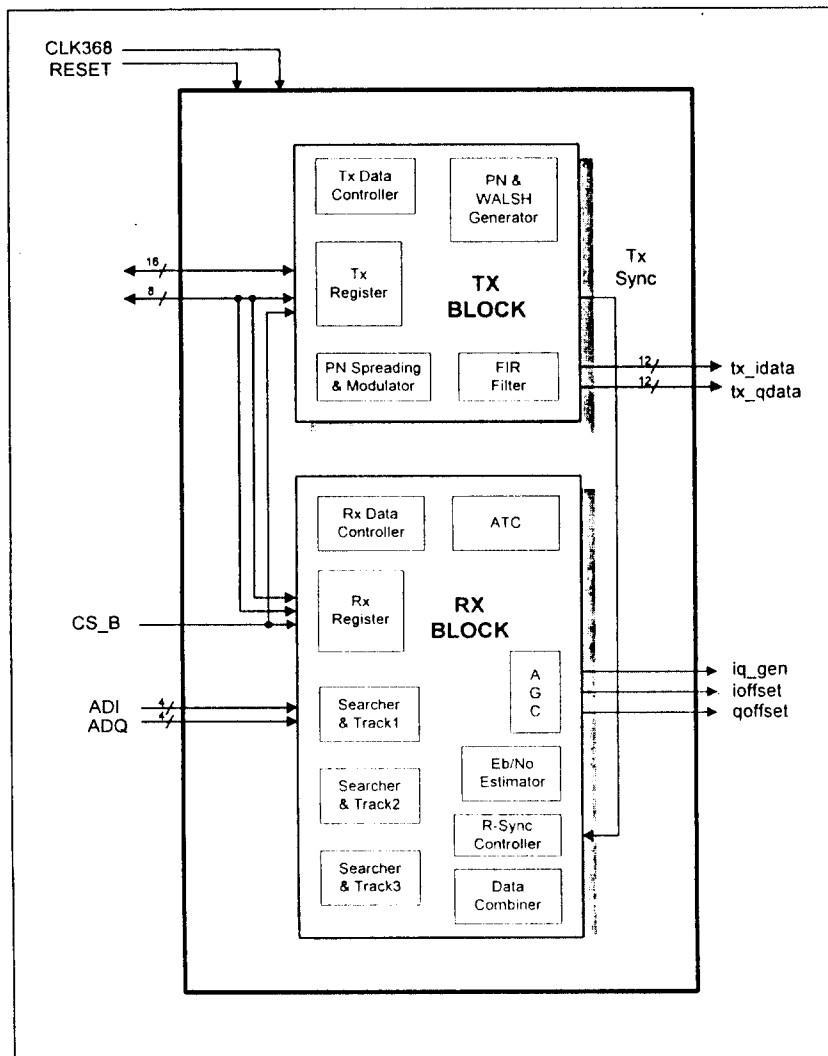


그림 2. 기지국(CS)용 ASIC의 블록도

V. 시스템 구성 요소

5.1 이동국

이동국의 사양은 다음과 같다.

- o 사용 주파수
 - 송신주파수 : 1920 - 1935MHz
 - 수신주파수 : 2095 - 2110MHz
- o 듀플렉스 방식 : FDD
- o 듀플렉스 간격 : 175MHz
- o 안테나 : 송·수신공용
- o 채널 대역폭 : 5MHz
- o 채널 간격 : 5MHz
- o 주파수허용오차 : $\pm 0.5\text{ppm}$
- o 수신감도 : -80dBm 이하 (@BER=10-3)
- o 송신출력 : 최대 100mW(20dBm)
- o 다중접속방식 : CDMA
- o 불요파방사
 - 송신대역내 : -45dBc 이하
 - 수신대역내 : -80dBm 이하
- o 변·복조방식 : QPSK

이동국의 구조는 그림 3과 같다. 이동국은 크게 무선신호를 수신하여 기저대역 신호로 변환하거나 역으로 기저대역 신호를 무선신호로 변환하여 송신하는 RF 및 analog부와 기저대역 CDMA 신호를 처리하여

데이터를 송수신하는 CDMA ASIC, 채널 부호화를 수행하는 DSP, ADPCM codec, MMI와 data port 접속 및 호처리를 담당하는 CPU part등으로 구성되어 있다. 이동국은 휴대가 가능한 크기로 제작되었으며 이 이동국이 갖는 기능은 다음과 같다.

- RF 신호 송,수신 기능
- 변,복조 및 기저대역 신호처리 기능
- 잠금기능
- 전화번호 저장기능
- 재발신 기능
- 수신감도 표시기능
- 사용자 인터페이스 기능
- 착,발신 기능
- 위치등록 기능
- 핸드오프 요구(신호세기 측정) 기능
- 전력제어 기능
- 개회로 전력제어 기능
- 폐회로 전력제어 기능
- 기지국과의 무선접속 기능
- 저전력 소모기능(Power Saving 기능)
- RS-232C 접속기능
- 볼륨조절기능
- Low battery 경고기능
- 전원 on/off 기능

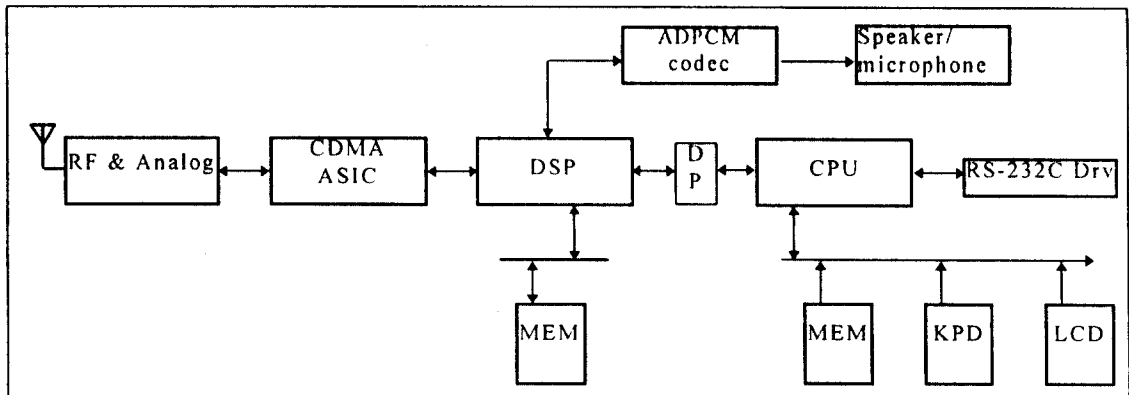


그림 3. 개인국의 구조

4.2 기지국

기지국 중 소용량 기지국의 사양은 다음과 같다.

- o 사용 주파수
 - 송신 주파수 : 2095 - 2110MHz
 - 수신 주파수 : 1920 - 1935MHz
- o 듀플렉스 방식 : FDD
- o 듀플렉스 간격 : 175MHz
- o 안테나 : 송·수신 공용
- o 섹터 수 : 1(Omni)
- o 주파수 허용오차 : $\pm 0.1\text{ppm}$
- o 수신감도 : -80dBm 이하(@BER=10⁻³)
- o 송신출력 : 최대 100mW/CH
- o 다중접속 방식 : CDMA
- o 채널 대역폭 : 5MHz
- o 채널간격 : 5MHz
- o 불요파방사
 - 송신대역내 : -45dBc 이하
 - 수신대역내 : -80dBm 이하

4채널기지국은 동시에 접속할 수 있는 통화채널의 수가 4개로서 소용량을 갖는다. 또한, 안테나 다이버스티를 수행할 수 있도록 듀플렉스를 통하여 송수신이 이루어지고, 별도의 수신용 안테나를 갖는 구조로

되어있다. 기지국과 제어기간 인터럽트 처리는 실시간으로 이루어지고 있으며 각 시스템은 중앙제어처리 구조로 되어 있다. 그리고 PC와 접속하여 시스템의 상황을 모니터 할 수 있는 구조이다. 옥내·외 겸용으로 사용하는 것이 목적이다. 따라서, 상용전원을 그대로 사용할 수 있으며, 옥외 설치를 위하여 방수가 되어 있다. 기능은 다음과 같고 구조는 그림4에 있다.

- RF 신호 송,수신 기능
- 운용자 정합기능
- 자체 디스플레이 기능
- 상태보고 기능
- 프로그램 다운로드 기능
- RF 신호 송수신 기능
- RF 채널 품질 측정기능
- 변.복조 및 기저대역 신호처리 기능
- 개인국과의 무선접속 기능
- 기지국 제어기(CSC)와의 접속기능
- 기지국 자원의 관리 및 제어 기능
- 전력제어 기능
- 개인국간 timing 제어
- 방수, 방열 기능
- 전원공급기능

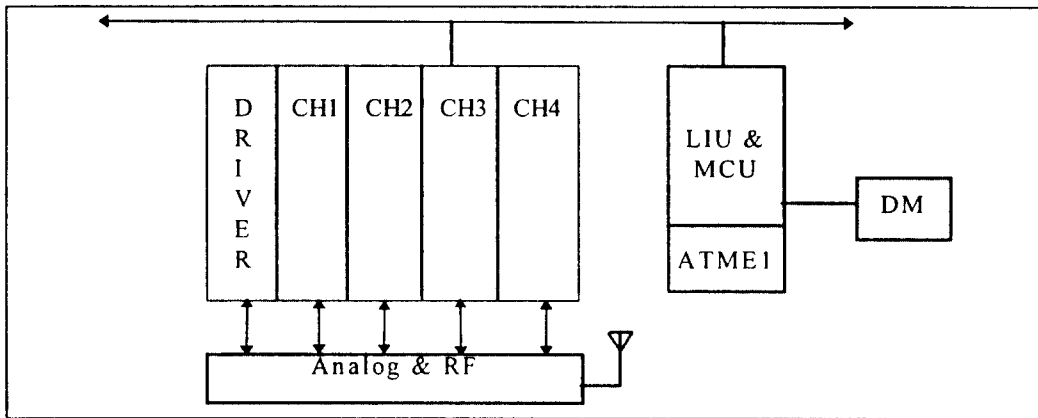


그림 4. 4채널 기지국의 구조

5.3 기지국 제어기

기지국 제어기는 기본적으로 버스 방식의 분산 스위칭 기능을 가지고 있으며, 기지국 및 기지국 제어기간의 물리 계층 접속 방식은 ATM 물리계층 규격을 따르며 속도는 E1급이다. 기지국 제어기는 PSTN과 접속되며, PSTN과의 접속은 E1급으로써, 신호 방식은 R2 MFC로 되어 있다. 운용자 접속 방식은 RS-232 규격의 직렬 통신 방식을 이용하였으며, 기지국 제어기는 자체에 독립된 동기 클럭을 가지고 있어서 기지국에 동기신호를 제공 한다. 기지국 제어기는 하드웨어 변경없이 소프트웨어 변경만으로 기지국 제어기나 ATM 교환기에 접속할 수 있으며, 시스템 Rack은 최대 3개의 Shelf를 수용할 수 있는 구조로 되어 있다. 개인국과의 호접속 절차는 Q.2931 규격을 따르며, 개인국의 이동성 관리 절차는 KMT-PCS 시험용 시스템 무선 접속 규격(안)을 따르고 있다. 기지국 제어기간의 Routing 알고리즘은 Flooding 알고리즘을 이용하였으며, 반향 제거는 채널별 또는 중계선 전체로 수행할 수 있도록 하였다. 기능을 요약하면 다음과 같다.

- 다수 기지국(CS)과 망과의 프로토콜 변환 기능
- 다중화/역 다중화/스위칭
- 트랜스코딩
- 위치 등록 기능
- 핸드오프 제어 기능
- 호 처리 기능
- 반향 제거 기능
- 주파수 할당 제어 기능
- 성능 감시 기능
- CDMA 트래픽 정보 및 제어 정보 라우팅 기능
- 자체 진단 및 시험 기능
- 기지국 운용, 유지 보수 관리 기능
- 기지국 자원 관리 및 제어 기능
- 망 운용 시스템(OMC)과의 접속 기능
- 기지국 제어 및 접속 기능
- CSC간 인터페이스 기능
- 기지국 인터페이스 동기(외부 종속 동기, 수신 종속 동기, 내부동기 중) 신호 공급기능
- 망동기 신호 제공 기능
- 프로그램 다운로드 기능
- VLR 기능

VI. 결 론

본 논문에서는 한국이동통신에서 개발한 low-tier 서비스용 광대역 CDMA 시스템에 관하여 기술하였다. 시스템에 적용된 무선접속 규격의 특징을 기술한 후 이를 구현한 ASIC의 구조에 관하여 논하였다. 전체 시스템을 구성하는 요소인 이동국, 기지국, 기지국 제어기의 사양과 구조, 기능에 관하여서도 살펴 보았다. 이 시스템은 현재 설치되어 운용중이며 운용의 결과와 시스템 성능에 관한 고찰은 현재 진행중에 있다. 이 시스템은 WPABX나 WLL등으로 적용 가능하며, 이 시스템을 개발하면서 습득한 광대역 CDMA modem 설계기술, RF 설계기술, ATM 전송 및 protocol 변환 기술등과 시스템 구축기술등을 활용하여 FPLMTS시스템과 서비스를 개발할 예정이다.

〈참고문헌〉

- [1] T. Rappaport, Wireless Communications, Prentice Hall, 1996
- [2] L. Milstein, Wideband CDMA system overview, proceedings of the 1st CDMA international conference, 1996
- [3] KMT-PCS 시험용 시스템 무선접속 규격안, 한국이동통신 PCS 추진본부, 1995
- [4] J.M. Koo et al, Wideband CDMA technology for FPLMTS, proceedings of the 1st CDMA international conference, 1996
- [5] 기준모 외, WCDMA 모뎀 설계 기술, pp.489-529, 차세대이동통신 회로부품설계 및 디지털방송기술 workshop, 1996
- [6] 기준모 외, DS/CDMA 시스템의 Eb/N0 추정에 관한 연구, pp.37-49, KMT Technology, 96년 10월호

구 준 모

최 군 돈

- 1985년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업
- 1987년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사과정 졸업
- 1991년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 졸업
- 1987년 7월~95년 4월 : (주) 디지콤 정보통신 연구소 선임연구원
- 1995년 5월~현재 : 한국이동통신 중앙연구원 FPLMTS그룹 책임연구원
- 관심분야 : digital signal processing, speech signal processing, CDMA communication system, FPLMTS

- 1990년 2월 : 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업
- 1993년 2월 : 경북대학교 공과대학 전자공학과 석사과정 졸업
- 1995년 3월~95년 1월 : 국방과학연구소 연구원
- 1995년 1월~현재 : 한국이동통신 중앙연구원 FPLMTS 그룹 전임연구원

이 진 익

유 재 황

- 1981년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업
- 1983년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사과정 졸업
- 1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 졸업
- 1983년 3월~94년 10월 : 엘지정밀 책임연구원
- 1994년 10월~현재 : 한국이동통신 중앙연구원 요소기술 센터 대우이사

- 1984년 2월 : 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업
- 1986년 2월 : 연세대학교 본대학원 전자공학과 석사과정 졸업
- 1988년 5월~93년 11월 : (주)국제상사 전자사업본부 부설 전자기술연구소 근무
- 1993년 11월~현재 : 한국이동통신(주) 중앙연구원 FPLMTS 그룹 선임연구원