

PCS 기지국의 통합 RF 모듈 개발에 관한 연구

정회원 황 선 호*, 박 준 현*

A Research on Development of Unified RF Module for PCS Base Station

Seon-ho Hwang*, Jun-hyun Park* *Regular Members*

요 약

본 연구에서는 PCS 사업자 기지국의 RF부와 안테나를 통합한 하나의 통합 기지국으로 PCS 3사의 서비스를 제공할 수 있는 PCS 통합 기지국 시스템의 구현방안을 제안하였다. 본 연구에서 PCS 통합 기지국을 구현하기 위해 다중 채널 결합기(multi-channel combiner), 듀플렉서, LNA, 전력 분배기(power divider), 전송라인(feeder line), 통합 안테나 등으로 이루어진 기지국 통합 모듈을 설계·제작하여 PCS 사업자 기지국에 적용하였다. 통합 모듈은 최대 300W의 입력을 처리할 수 있도록 설계하였고 광대역용임에도 불구하고 삽입손실, isolation 등 전기적 특성을 크게 개선하였다. PCS 통합 기지국의 성능 평가를 위한 실험에서, 통합모듈을 설치했을 때 각 PCS 3사의 커버리지 및 신호 품질이 설치할 하지 않았을 때의 PCS 3사 기지국의 커버리지 및 신호 품질과 동등하다는 것을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper presents an implementation methodology of unified PCS base station system which, is capable of providing PCS services for 3 PCS carriers concurrently. We have built up an unified PCS BTS using a unification module, which is consisted of a multi-channel combiner, duplexer, LNA, power divider, feeder line, and a common set of antennas. PCS unification module is featured with wide-band and high power handling capability and electrical characteristics like insertion loss, isolation have been greatly improved. It was shown that performance of the system in terms of Ec/Io and mobile receive power within the total 30MHz PCS frequency range is uniformly acceptable and measured signal quality and coverage are equivalent to that of the individual PCS base station.

I. 서 론

PCS 사업자들은 PCS 3사에 각각 할당된 10MHz의 주파수 대역 내에서 무선망을 구축·운영하고 있다. 이로 인해 3-섹터 셀 사이트의 경우 PCS 3사가 개별적으로 안테나를 설치할 경우 하나의 타워에 총 27개의 안테나가 탑재된다. 본 논문에서는 PCS 서비스 제공을 위한 30MHz의 전체 주파수 대역을 활용하는 통합 무선 송수신 방식의 PCS 기지

국 시스템의 구현방안에 대하여 국내·외에서 최초로 연구하였으며 이 시스템을 활용하면 PCS 3사가 안테나를 공용하게 되므로 안테나의 수가 1/3로 줄어드는 효과가 발생하게 된다.

본 논문에서는 PCS 사업자 기지국의 RF 부와 안테나를 통합한 기지국 통합 모듈을 제작하여 하나의 기지국으로 PCS 3사의 서비스를 제공할 수 있는 PCS 통합 기지국 시스템의 구현방안과 무선 성능 평가 데이터를 제시하였다. PCS 기지국은 Baseband

* 한국전파기지국주식회사 기술연구소(hsh4@krtn.co.kr)

논문번호 : 010226-0827, 접수일자 : 2001년 8월 27일

※ 이 연구는 정보통신부 정보통신연구진흥원이 주관하는 정보통신산업기술개발사업의 연구비 지원에 의한 것입니다.

부, MODEM 부, RF/IF 부, 안테나 등으로 이루어져 있다^[1]. 통합 기지국이란 PCS 3사 기지국의 RF 및 안테나 부를 통합한 기지국 통합 모듈을 일반 기지국에 적용한 시스템이며, 제작된 통합 모듈은 다중 채널 결합기(multi-channel combiner), 듀플렉서, LNA, 전력 분배기(power divider), 전송라인(feeder line), 공용 안테나 등으로 이루어져 있다.

무선 성능 평가는 2 단계의 측정 실험을 통해 진행하였다. 첫 번째 단계는 통합 모듈을 기지국 시뮬레이터에 적용하여 구성된 실험용 통합 기지국에 대한 실험이고 두 번째 단계는 통합 모듈을 실제 기지국에 적용했을 경우에 대한 실험이다. 1 단계의 실험을 위해서 CDMA 신호의 생성, Baseband processing 및 변·복조 기능을 담당하는 PCS 기지국 시뮬레이터를 제작하여 실제 기지국 대용으로 사용하였고 이 시뮬레이터에 HPA와 통합 모듈을 연결하여 실험 통합 기지국을 구성하였다. 본 논문에서는 실험의 두 번째 단계로 PCS 기지국 통합 모듈을 실제 운용 중인 기지국인 site에 설치하여 통합 모듈이 설치된 통합 기지국과 설치되지 않은 사업자 개별 기지국의 성능을 순방향 링크 상에서 PCS 3사의 Ec/Io와 단말기 수신전력을 기준으로 평가하였다.

II. PCS 통합 기지국 시스템의 구현

1. 기지국 통합 모듈의 제작

PCS 통합 기지국 시스템의 구성도가 그림 1에 나타나 있다. 통합 모듈은 다중 채널 결합기, 듀플렉서, LNA, 전력 분배기, 전송라인, 통합 안테나 등으로 이루어지는데 PCS 3사가 동등한 신호품질 을 유지하도록 하기 위해 사업자 주파수 대역별 이득특성을 동일하게 설계하였다^{[2][3]}. 통합 모듈 중에서 통합 기지국의 성능을 좌우하는 구성요소는 채널 결합기인데 이것은 PCS 3사의 각 기지국 내부에 있는 고출력 증폭기에 의해 채널별로 증폭된 CDMA 신호를 결합하는 장치로서 다수의 채널을 결합하여 안테나를 통해 송신한다.

본 논문에서는 사업자 3 FA 씩, 총 9개의 FA를 결합할 수 있는 표준 기지국에 적용 가능한 광대역, 고출력용 combiner를 제작하였다. 3 개의 FA를 결합할 수 있는 channel combiner는 국내의 PCS 소형 기지국에 적용된 바가 있으나 이는 10MHz 저출력 장치이다. 다음은 제작된 다중 채널 결합기의 주요 특징이다.

- 공진도가 높은 유전체 필터를 사용하여 채널간 간섭 최소화
- 최대 isolation으로 사업자 주파수 대역 간 간섭 최소화
- 삽입손실 최소화
- 광대역 결합 (1840 - 1970MHz)
- 고출력 결합 (20W/FA × 9FA)

그림 2와 표 1에 제작된 다중 채널 결합기의 구성도와 규격이 나타나 있다. 그림에서 보는 바와 같이 채널 결합기는 주파수 채널을 band-pass filtering 하기 위한 9 개의 channel filter가 결합된 구조로 이루어져 있다. 이 때, 채널 결합기의 입력으로는 HPA를 거쳐 증폭된 CDMA 신호가 가해진다. 통합 모듈 중에서 듀플렉서는 일반 사업자 기지국과는 달리 PCS 3사를 모두 커버하기 위해 30MHz의 대역폭을 가진다.

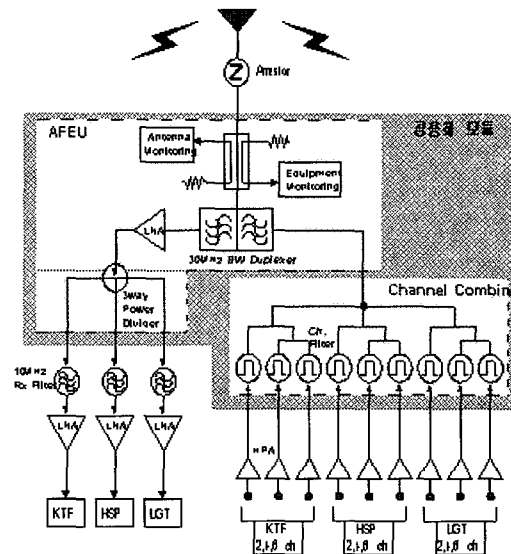


그림 1. PCS 통합 기지국 시스템 구성도

9 개의 FA를 동시에 전송하기 위해 최대 300W의 전력을 처리할 수 있게 설계하였다. 또한, 기존의 일반 기지국의 10MHz 듀플렉서의 삽입손실이 약 0.6dB인데 반해 듀플렉서 내부에 있는 D-R 소자의 주파수 선택도를 높게 설계하여 0.2dB 만큼의 삽입손실을 개선하였다. 표 2에 듀플렉서의 규격이 나타나 있다. LNA, 전력 분배기, 전송라인, 공용 안테나 등의 기타 구성요소는 일반 기지국의 특성과 별다른 차이가 없다. 그림 3은 제작된 통합 모듈의 형상이다.

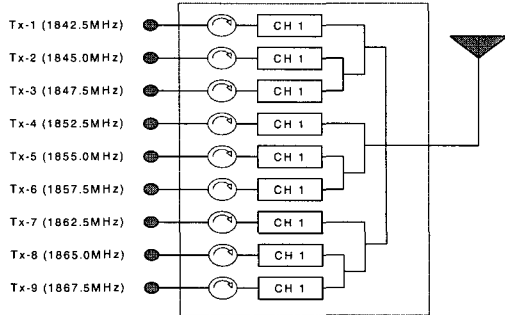


그림 2. PCS 다중 채널 결합기 구성도

표 1. PCS multi-channel combiner 규격

항 목	단 위	규 격	
사용주파수범위	MHz	1840~1870	
입력주파수		사업자별 1,3,5 FA 또는 2,4,6 FA	
동작온도	℃	-20~+60	
Bandwidth	MHz	1.23/Channel	
Insertion Loss	dB	1.4	
Band Pass Ripple	dB	0.4 max.	
채널간격	MHz	2.5MHz min.	
Channel Filter		유전체 공진 필터	
In/Out Impedance	Ω	50	
In/Out Connector		N-Type Female	
VSWR	Tx-In	1.2:1	
	Tx-Out	1.2:1	
Power Rating	Tx-In	Watt	30 average
	Tx-Out	Watt	300 average
Isolation	Tx-Tx	dB	110 min
Attenuation	@F ₀ +1.25MHz	dB	3 min
	@F ₀ +2.25MHz		15 min
	@F ₀ +10MHz		45 min
	@F ₀ +60MHz		50 min
	@2F ₀		30 min
	@Rx Band		70 min

2. 기지국 시뮬레이터의 제작

본 논문에서는 제작된 통합 모듈의 성능을 일차적으로 검증하기 위해 실제 기지국을 대신하는 기지국 시뮬레이터를 IS-95A 설계 규격에 근거, 제작하여 구성된 실험용 기지국 시스템에 대해 성능 평가를 실시하였다^[4]. 기지국 시뮬레이터는 그림 4와 같이 RF/IF 블록, 베이스밴드/아날로그 블록, 모뎀 블록, CDMA 시스템 제어 및 사용자 인터페이스 부분으로 구성되어 있고 실제 PCS 기지국의 기능, 즉, CDMA 신호의 송수신, 호 처리, 전력 제어, 핸드오프 등 주요 기능이 모두 구현된 간이 기지국 시스템이다^[5].

이 시뮬레이터의 CDMA 출력신호가 그림 1의 송신 path에 나타나 있는 HPA에의 입력으로 가해져서 multi-channel combiner에 의해 결합되어 진다.

표 2. PCS 30MHz duplexer 규격

항 목	단 위	규 격	
사용주파수범위	Forward	MHz	1840~1870
	Reverse		1750~1780
송신 및 수신대역폭		MHz	30
동작온도		℃	-20~+60
Insertion Loss	Forward	dB	0.4
	Reverse		0.4
In/Out Impedance		Ω	50
In/Out Connector			N-Type Female
VSWR	In/Out		1.3:1
	Antenna		1.3:1
Power Rating		Watt	300 average
Isolation	TX-RX	dB	70 min
	RX-TX		70 min



그림 3. PCS 기지국 통합 모듈

II. 무선 성능 평가 실험

1. 기지국 시뮬레이터에 의한 실험

통합 모듈의 무선 성능을 검증하기 위한 첫 번째 단계로 기지국 시뮬레이터를 사용하여 무선 망 실험을 실시하였다. 구성된 PCS 통합 기지국 시스템은 그림 1과 같다. 시스템 구성은 크게 CDMA 신호의 생성과 처리를 담당하는 기지국 시뮬레이터, HPA, 채널 결합기, 30MHz 듀플렉서, LNA, 전력 분배기, 전송라인 및 안테나 등으로 이루어진다.

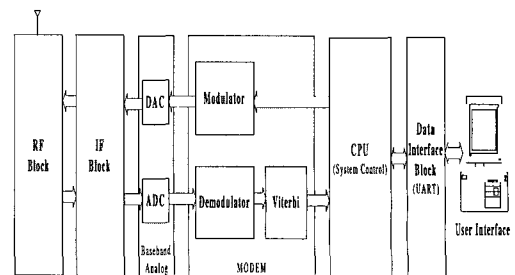


그림 4. PCS 기지국 시뮬레이터 구성도

무선 망 시험은 드라이브 테스트를 통해 주요 순방향 시스템 파라미터인 Ec/Io와 단말기 수신전력을 대상으로 실시하였다. 실험 환경 조건은 다음과 같다.

- 시스템 위치 : 동국대학교 공과대학 옥상
- FA 수 : 9 개(사업자 당 3 개씩)
- FA당 출력 : 20W
- 안테나 종류 : 옴니안테나(9dBd)

시험 결과 각 FA당 최대 20W의 송신 출력에 대해 통합 모듈의 삽입손실과 혼변조 특성이 시스템의 무선망 성능에 별다른 영향을 미치지 않음을 확인하였다. 성능 평가 파라미터 중 PCS 3사 단말기의 Ec/Io와 수신 전력을 기준으로 실험용 통합 기지국과 접속된 PCS 3사의 단말기가 유사한 수치를 나타냄을 확인하였다. 표 3에 구성된 실험용 PCS 통합기지국에 대한 무선 성능 평가 데이터가 나타나 있다.

표 3. 실험용 PCS 통합기지국의 성능 평가

송신 출력	주파수 CH.	단말기 RX Level	Ec/Io	비고
10 W /FA	100	-65 ~ -55dBm	-6 ~ -4 dB	FER : 1% 이하
	275	-65 ~ -55dBm		
	550	-65 ~ -55dBm		
20 W /FA	100	-60 ~ -50dBm	-4 ~ -3 dB	
	275	-60 ~ -50dBm		
	550	-60 ~ -50dBm		

2. PCS 사업자 기지국 적용 실험

통합 모듈의 무선 성능을 검증하기 위한 두 번째 실험에서는 통합 모듈을 실제 운용 중인 기지국 사이트에 설치하여 통합 모듈이 설치된 통합 기지국과 일반 개별 기지국의 성능을 순방향 링크 상에서 PCS 3사의 Ec/Io와 단말기 수신전력을 측정하여 평가하였으며 통합 기지국의 성능이 통합 모듈의 설치로 인한 삽입손실에도 불구하고 개별 기지국과 동등함을 증명하였다. 이때 통합 모듈의 설치로 인한 삽입손실을 보상하기 위해 통합 기지국의 송신 출력을 일반 기지국에 비해 약 1.6 W 높게 조정하였다. 실험 환경 조건은 다음과 같다.

- 사이트 위치 : 남한산성 검단 기지국
- 송신 출력 : 5 ~7 W/FA
- 안테나 종류 : 옴니안테나(9dBd)
- 수신 위치 : 기지국에서 약 0.8Km 지점

그림 5 ~ 그림 16은 통합 모듈을 설치하기 전의 PCS 3사 기지국에 대한 단말기 Ec/Io 및 수신 전력과 통합 모듈을 사업자 기지국에 설치한 후의 파라미터를 비교한 것이다.

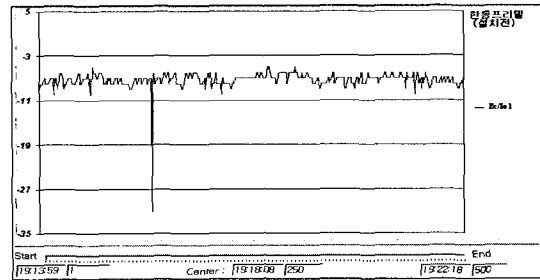


그림 5. 한통프리텔 단말기의 Ec/Io(설치 전)

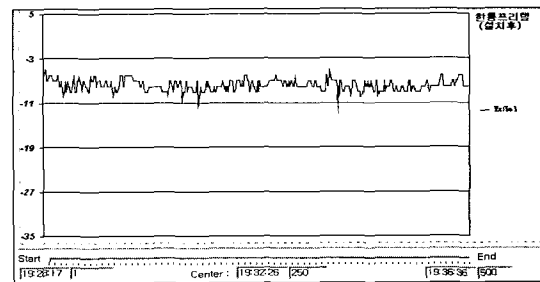


그림 6. 한통프리텔 단말기의 Ec/Io(설치 후)

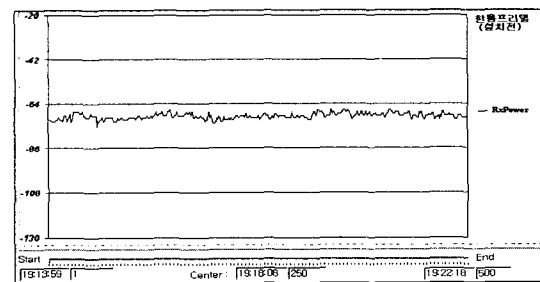


그림 7. 한통프리텔 단말기 수신전력(설치 전)

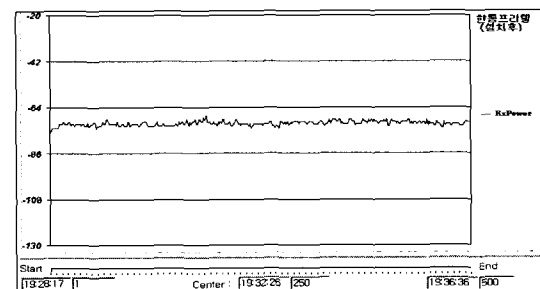


그림 8. 한통프리텔 단말기 수신전력(설치 후)

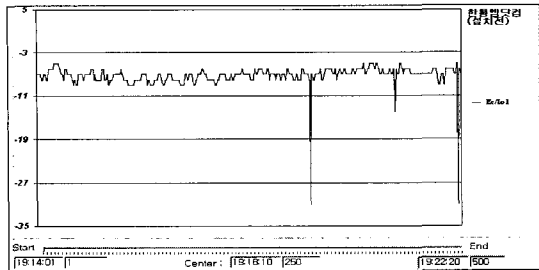


그림 9. 한통엠닷컴 단말기의 Ec/Io(설치 전)

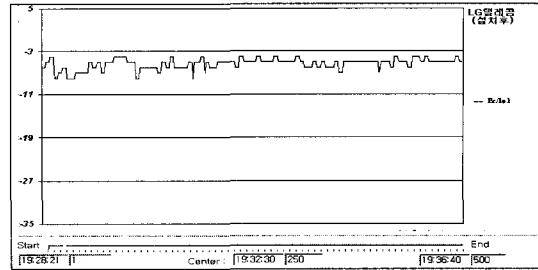


그림 14. LG 텔레콤 단말기의 Ec/Io(설치 후)

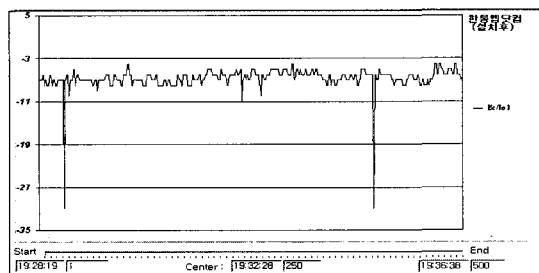


그림 10. 한통엠닷컴 단말기의 Ec/Io(설치 후)

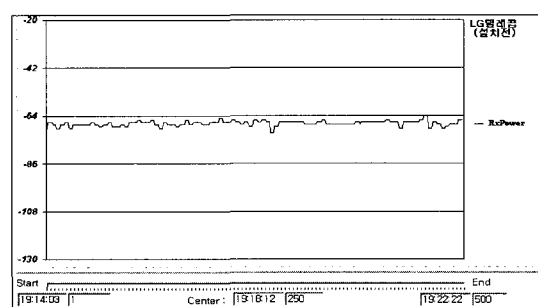


그림 15. LG 텔레콤 단말기 수신전력(설치 전)

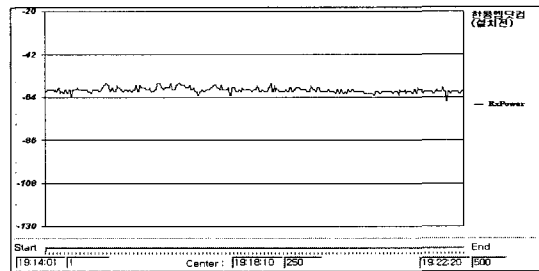


그림 11. 한통엠닷컴 단말기 수신전력(설치 전)

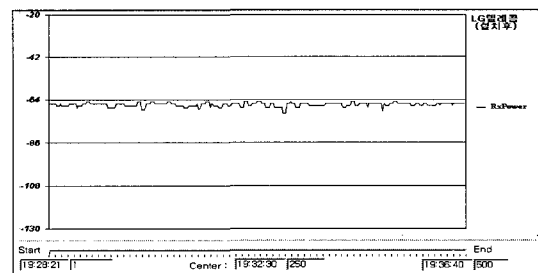


그림 16. LG 텔레콤 단말기 수신전력(설치 후)

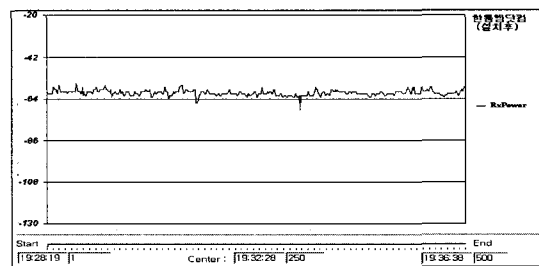


그림 12. 한통엠닷컴 단말기 수신전력(설치 후)

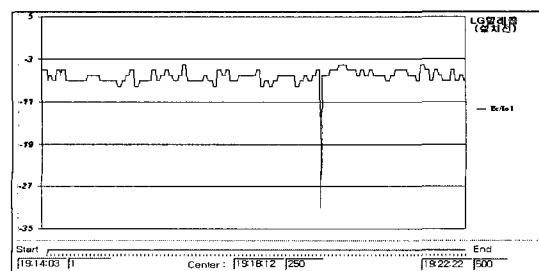


그림 13. LG 텔레콤 단말기의 Ec/Io(설치 전)

V. 결론

본 논문에서는 국·내외 최초로 PCS 사업자 기지국의 RF 부와 안테나를 통합한 기지국 통합 모듈을 제작하여 하나의 기지국으로 3사의 서비스를 제공할 수 있는 PCS 통합 기지국의 구현방안과 무선 성능 평가 데이터를 제시하였다. 통합 기지국을 구성하기 위해 PCS 전체 대역인 30MHz를 커버하는 다중 채널 결합기, 듀플렉서, LNA, 전력 분배기, 전송라인, 공용 안테나 등으로 이루어진 통합 모듈을 제작하였다. Combiner의 경우, 현재, 소형 기지국에만 적용되고 있는데 이를 최대 9 FA 까지 수용 가능한 9 : 1 multi-channel combiner를 개발하여 표준 기지국에 적용하였다. PCS 통합모듈은 최대 300W의 입력을 처리할 수 있도록 설계·제작하였고 고전력·광대역 용임에도 불구하고 삽입손실,

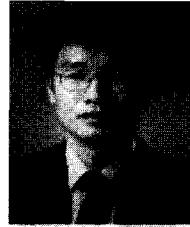
ripple, VSWR, isolation, 감쇄특성 등 전기적 특성을 개선하여 10 MHz의 대역폭을 가지는 일반 기지국의 이득특성과 동등하게 하였다. 특히, isolation 특성은 사업자 주파수 대역간의 간섭을 최소화하기 위해 110 dB 이상으로 설계하였다. 또한, 제작된 통합 모듈을 실제 운용 중인 기지국 site에 설치하여 통합 모듈이 설치된 통합기지국과 설치되지 않은 사업자 개별 기지국의 성능을 순방향 링크 상에서 PCS 3사 기지국의 Ec/Io와 단말기 수신전력을 기준으로 무선 성능 평가 시험을 실시하였다. 그 결과, PCS 통합 기지국과 접속된 PCS 3사 기지국의 Ec/Io와 단말기 수신전력이 사업자 기지국의 경우와 거의 동등하다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 구성된 PCS 통합기지국의 성능이 RF 통합모듈의 설치에 따른 삽입손실에도 불구하고 사업자 기지국의 성능과 큰 차이가 없다는 결론에 도달하였다. PCS 사업자는 통합 기지국의 설치를 통해 설치비 및 운용비를 줄일 수 있을 것이다. 본 논문은 효율적이고 경제적인 IMT-2000 서비스 망 구축을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] TTA.KO-006.0013, Air Interface between Personal Station-Base Station Radio Interface Standard for 1.7 to 1.9GHz CDMA PCS, July 1997.
- [2] Testing and Troubleshooting Digital RF Communications Transmitter Designs, Agilent Application Note-1313.
- [3] Testing and Troubleshooting Digital RF Communications Receiver Designs, Agilent Application Note-1314.
- [4] TIA/EIA/IS-95-A, Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum System, May 1995.
- [5] Qualcomm, CDMA Cell Site Modem ASIC Technical Manual.

황 선 호(Seon-ho Hwang)

정회원



1982년 2월 : 경북대학교

전자공학과 졸업(공학사)

1985년 9월 : 연세대학교 대학원

전자공학과 졸업

(공학석사)

1997년 8월 : 연세대학교 대학원

전자공학과 졸업

(공학박사)

1984년 3월~1998년 8월 : 한국전자통신연구원

(ETRI) 책임연구원

1998년 9월~현재 : 한국전파기지국주식회사 연구소장

<주관심 분야> 디지털 이동통신, 이동통신 무선 망 설계 및 최적화, 핸드오프, 전력제어

박 준 현(Jun-hyun Park)

정회원

1989년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업

1991년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업

1994년 2월~1998년 12월 : 삼성전자 전임연구원

1999년 1월~현재 : 한국전파기지국주식회사 선임연구원

<주관심 분야> 디지털 이동 통신 시스템 설계