

광대역 CDMA 시스템에서 다경로 페이딩현상의 영향

正會員 柳 尙 進* 正會員 金 煥 圭** 正會員 金 澈 成*

On the Effects of Multi Path Fading in B-CDMA Systems

Sang Jin Ryoo*, Heul Gyu Kim*, Cheol Sung Kim* *Regular Members*

要 約

이 논문에서는 광대역 CDMA 방식이 이동통신 시스템의 성능을 떨어뜨리는 다경로 페이딩현상의 영향을 근본적으로 줄일 수 있다는 것을 보였다. 광대역 CDMA 시스템은 높은 chip rate(약 10Mbps 이상)를 갖는 PN 코드를 사용하여 신호를 대역확산하고, 수신단에서 신호를 복조할 때에 이와 똑같은 코드로 자기 상관관계를 얻어 수신신호를 역확산한다. 이것은 수신단에서 확산코드를 동기화할 때 처음으로 도달하는 신호에 비해 한 칩 간격이상의 지연시간을 가지고 수신되는 다경로 신호는 상관관계가 없으므로 제거할 수 있어서 다경로파에 의한 페이딩현상의 영향을 원천적으로 줄일 수 있다는 것이다.

여기서 사용되는 광대역 페이딩 채널은 UHF대역에서 실측데이터와 비슷하게 모델한 채널모델을 참고하여 적절한 선형필터라고 가정하고, 신호의 송·수신을 컴퓨터 모의실험으로 행하였다. 그리고 성능확인을 위하여 협대역 시스템과 광대역 시스템에서의 수신신호에 대한 눈패턴을 도식적으로 비교·검토하였다.

ABSTRACT

In this paper, it is shown that B-CDMA systems inherently reduce the effects of Multi Path fading phenomena which causes to degrade the performance of mobile communication systems. B-CDMA systems use PN codes of high chip rates (>10 Mbps) and evaluate autocorrelation with the same code in the receiver. Therefore, it is possible that multipath signals, whose delay time is longer than one chip duration compared to the first signal, are removed.

We model the wideband fading channel as a suitable linear filter, and perform computer simulation of signal transmission and reception. Graphic comparison of eye diagrams between the narrowband and wideband systems is shown.

I. 서 론

현재 이동통신 시스템은 가입자의 수용용량을 늘

이기 위하여 아날로그 통신방식에서 디지털 통신방식으로 전환되고 있는데, 이는 가입자 수용용량의 증대에 필수적이다. 디지털 방식에서는 에러제어 부호화, 비화통신을 위한 암호화가 가능하고, 하드웨어의 유연성 등 여러가지 장점을 활용할 수가 있다. 최근

*全南大學校 電子工學科
Dept. of Electronics Eng., Chonnam Nat'l Univ.
論文番號 : 93-107

미국등지에서는 이러한 디지털통신방식 중에서도 광대역 부호분할 다원접속기법(B-CDMA)의 응용에 관한 연구실험결과가 발표되어 흥미를 끌고 있다.

광대역 CDMA기법의 응용은 가입자 수용용량을 늘이고, 채널배치가 용이한 일반 CDMA의 장점을 이용함과 동시에, 광대역 신호가 갖는 다이버시티 효과로써 이동통신채널의 문제점인 다경로에 의한 페이딩현상의 영향을 줄일 수가 있다⁽¹⁾. 그리고 신호를 광대역으로 확산시키면서 신호의 전력스펙트럼밀도가 작아져서 같은 주파수를 사용하는 다른 이용자와 간섭현상이 거의 없이 주파수를 공유할 수 있다.⁽²⁾

이 논문에서는 PN 코드를 이용한 Direct Sequence/대역확산(DS/SS) 방식을 이용하여 다경로 파에 의한 페이딩현상의 영향을 모의실험하였는데, 채널모델은 UHF채널에서 야외실험을 통해 실측한 데이터와 매우 비슷하게 모델화한 문헌을 참고하여 PC를 이용해서 모델링하였고, 그에 대한 성능평가는 1차통계량으로 확인하였다.

이 논문에서 제안한 채널모델을 이용하여 광대역 대역확산신호의 송·수신과정을 컴퓨터 모의실험을 통해 확인하였는데, 협대역 확산의 경우와 광대역 확산의 경우를 수신단에서 눈패턴으로 나타냄으로써 수신신호에 대한 페이딩의 영향을 비교·관찰하고 그에 따른 문제점을 논의하였다.

II. 다경로 페이딩 채널의 컴퓨터 모델화

1. 모의실험 모델

도심지역 다경로(multipath) 채널을 모의실험하기 위한 수학적인 모델이 그림 1에 나타나 있다. 이 논문

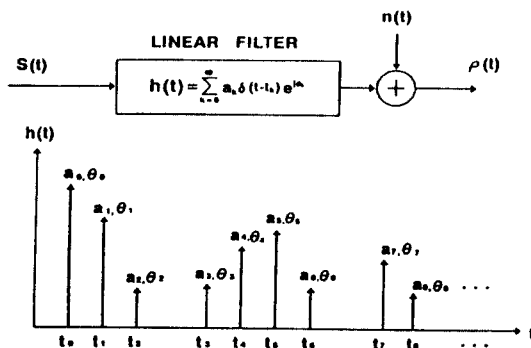


그림 1. 다경로 모델
Fig. 1. Multipath model

에서는 다경로 페이딩환경을 나타내기 위하여 UHF 채널에서 실측데이터와 상당히 비슷하게 모델화한 문헌을 참고하여 채널모형을 모의실험 하였다.⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

이 채널모델에서는 이미 발표된 10MHz 대역의 광대역 신호전송채널을 선형필터로 가정하여 채택하였다. 여기서 신호는 $\text{Re}\{s(t) e^{j\omega_0 t}\}$ 가 전송되고, $\text{Re}\{\rho(t) e^{j\omega_0 t}\}$ 가 수신된다.

$$\rho(t) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k s(t-t_k) e^{j\theta_k} + n(t) \quad (1)$$

$s(\cdot)$: 복소값을 갖는 저주파 파형

$n(\cdot)$: 가산성 백색 정규잡음

ω_0 : 반송파 주파수

이 모델을 이용한 전송매체는 경로 크기 $\{a_k\}_0^{\infty}$, 경로 도착시간 $\{t_k\}_0^{\infty}$ 과 경로 위상 $\{\theta\}_0^{\infty}$ 으로 특성화할 수 있는데, 식(1)로부터 총격응답 $h(t)$ 를

$$h(t) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k \delta(t-t_k) e^{j\theta_k} \quad (2)$$

$\delta(\cdot)$: Dirac delta function

로 갖는 동일한 기저대역에서의 송신기와 수신기사이의 다경로 채널로 모델화 할 수 있다.⁽⁹⁾

2. 다경로 채널의 컴퓨터 모의실험과 그에 대한 성능 확인

1) 경로 크기의 모의실험

실제로 다경로파는 주로 도심에서의 고층 건물들에 의한 신호의 반사나 산란 등을 통해 수신되며 특정한 지연시간을 갖는 경로의 크기는 같은 지연시간을 가지면서 서로 다른 경로를 통해 들어오는 신호들의 합으로 정의된다. 이 경로 크기의 분포는 네 가지 정도로 구분되지만 대부분 좁은 지역의 경우에는 경로 크기 값에 대수(對數)를 취했을때 그 값들이 정규분포를 이루는 log-normal 분포를 따른다. 이 분포는 페이딩을 겪지 않고 수신되는 직접파가 없을 때 좀더 잘 들어맞는 분포이고 일반적으로 보통 도시에 잘 적용되는 모델이라 할 수 있다. 경로 크기를 모의실험하는데 이용한 log-normal 분포의 확률밀도함수는 식(3)과 같고 이 식에 대한 평균과 표준편차는 실측 데이터를 나타낸 그림 2를 이용하여 모의실험하였다.

$$p(a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma a} \exp\left\{-\frac{(\ln a - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\}, \quad (a \geq 0) \quad (3)$$

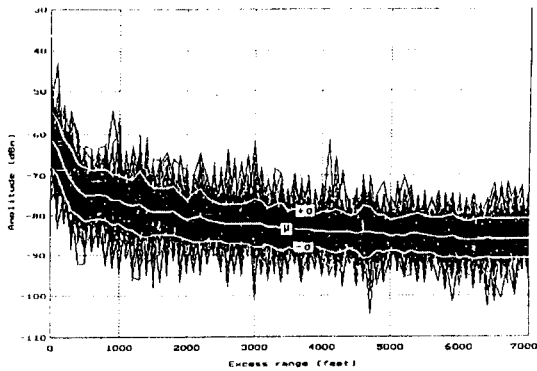


그림 2. 경로 크기의 평균과 표준편차
Fig. 2. Mean and standard deviation of path strength

이에 대한 성능확인으로는 정해진 각각의 bin구간에서의 크기를 누적분포 함수로서 표현한 경로 분포를 그림 3에 나타내었다.

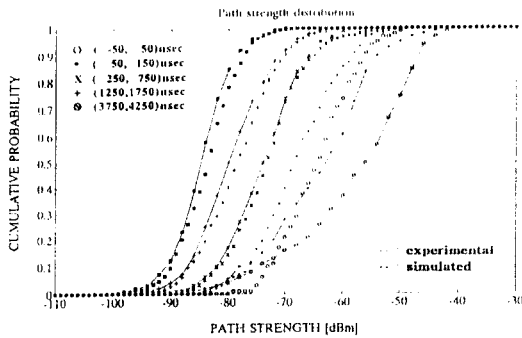


그림 3. 경로 크기 분포
Fig. 3. Path-strength distribution

2) 경로 도착시간의 모의실험

간단하고도 타당성있는 경로의 도착시간에 대한 통계적 분포는 도착시간 $\{t_k\}_0^\infty$ 가 포아송 분포(Poisson distribution)를 이루는 것인데, 정확히 말하자면 지연시간에서 수신신호의 최소 지연시간(t_0)을 빼준 과도지연시간 $\{t_k - t_0\}_0^\infty$ 가 포아송 분포를 이룬다. 이에 대한 근거로는 다경로파를 일으키는 물체들이 불규칙하게 분포해 있기 때문이고, 또 각 경로들의 시간간격은 실제 측정에 의해 얻어진 데이터에 의하면 대도시에서 약 66nsec~333nsec 정도의 시간 간격을 갖는다고 한다. 즉 어떠한 경로를 통해서 수신된 신

호와 가장 차이가 작은 지연시간을 갖고 수신된 신호와의 시간간격은 최소한 66nsec라는 것이다.⁽²⁾

이 논문에서는 경로 지연시간은 실측데이터를 이용하였는데 이것은 그림 4에 나타내었고, 그에 대한 성능확인으로는 N개 bin에 n개의 경로가 관찰될 확률인 경로 수 분포를 그림 5에 나타내었다.

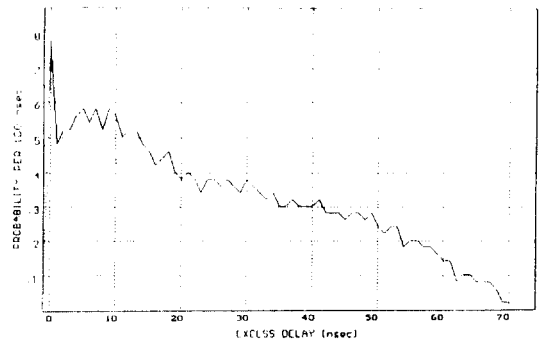


그림 4. 경로 점유 확률 곡선
Fig. 4. Probability-of-occupancy curve

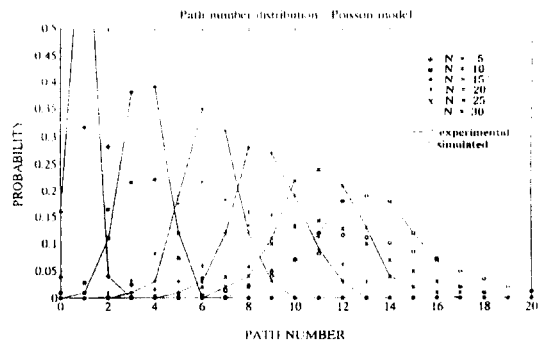


그림 5. 경로 수 분포
Fig. 5. Path-number distribution

3) 경로 위상의 모의실험

송신된 전파는 반사, 산란, 굴절 등의 현상을 겪으면서 여러 경로를 통하여 수신점에 도달하게 되는데 각각의 경로 위상은 산란체에 의해 아주 불규칙하게 수신되기 때문에 균일분포로 가정하여 모의실험하였다. 이에 따른 발생된 경로 위상의 확률밀도함수가 그림 6에 나타나 있고, 이들 경로변수들을 이용하여 변조된 신호를 채널에 통과시킨 출력의 포락선을 그림 7에 나타내었다.⁽⁶⁾

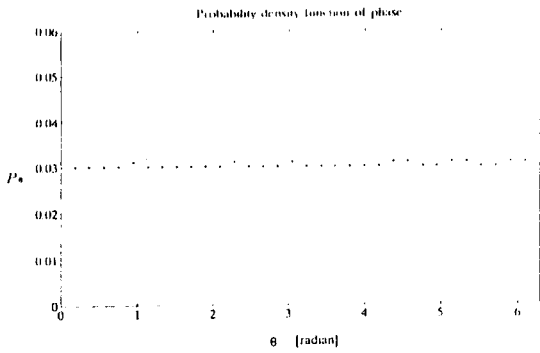


그림 6. 경로 위상의 확률밀도함수
Fig. 6. Probability density function of path phase

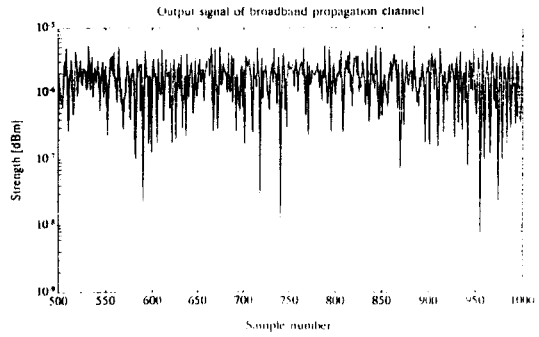
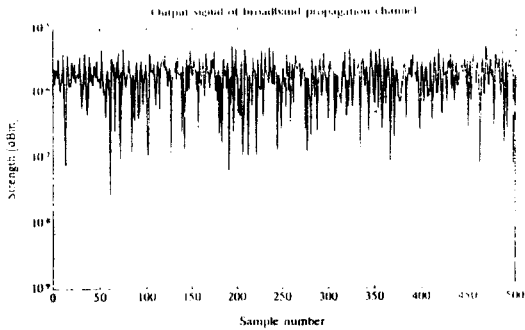


그림 7. 채널에 통과시킨 신호의 출력
Fig. 7. Output signal through the channel



III. 채널모델을 기초로한 B-CDMA 시스템에서의 송·수신과정

1. 변·복조과정

이 논문에서 채택한 B-CDMA의 송·수신 과정을 그림 8에, 그에 대한 규격을 표 1에 나타내었다.⁽⁷⁾⁽⁸⁾ 여기서 광대역 CDMA와 협대역 CDMA의 구분은 명확하지는 않지만 야외실험에서의 실험데이터들로부터 유추할 수 있는 사실은 페이딩이 있을 경우 페

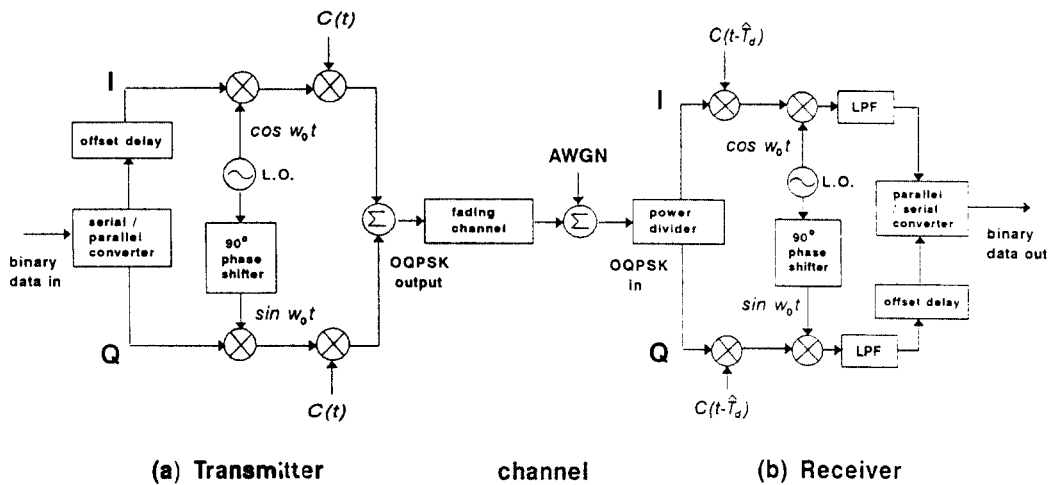


그림 8. 송·수신 과정의 블럭도
Fig. 8. Block diagram of MODEM

표 1. 송수신과정의 규격

Table 1. Specification of MODEM

spec.	type	Broadband	Narrowband
carrier freq. (RF)		1,850 MHz	1,850 MHz
IF frequency		100 MHz	4 MHz
data rate		32 Kbps	32 Kbps
chip rate		32 Mbps	0.8 Mbps
sampling freq.		256 MHz	10 MHz
samples/chip		8 samples	12.5 samples
samples/symbol		8,000 samples	25 samples
PN code degree		15	15
symbol number		10	10
processing gain		1000	25

이당 대역폭이 약 3MHz로부터 15MHz의 주파수 대역에 걸쳐 발생하므로 15MHz보다 좁은 대역폭을 가지는 신호는 경우에 따라 심각한 flat fading(Rayleigh or Rician fading) 현상을 겪을 것이라는 것을 예측할 수 있어 확산대역폭이 15MHz정도 이상인 신호를 광대역 대역확산 CDMA 신호로 간주하면 타당하리라 여겨진다. 그리고 이 논문에서 협대역 CDMA라 함은 상대적으로 작은 확산대역폭을 갖기 때문에 명명한 것이다.

2. 광대역 다경로 채널상에서의 신호 복원

표 1과 같은 조건으로 모의실험한 결과 각 채널에 대한 눈패턴을 SNR에 따라 그림 9와 그림 10에 나타내었다.

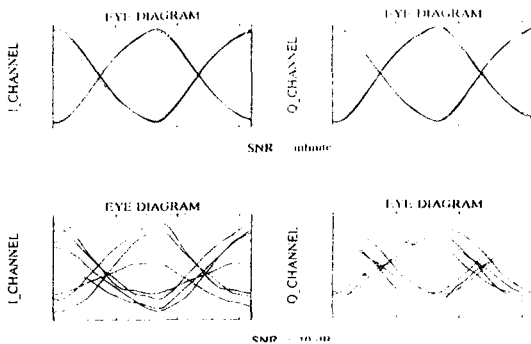


그림 9. 복조신호의 눈패턴 (광대역 부호분할 다원접속)
Fig. 9. Eye-diagram of demodulated signal (B-CDMA)

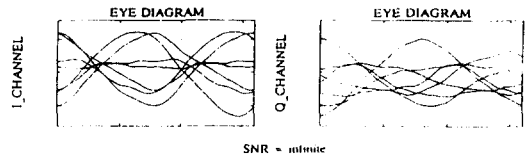


그림 10. 복조신호의 눈패턴 (협대역 부호분할 다원접속)
Fig. 10. Eye-diagram of demodulated signal (N-CDMA)

위의 그림에서 광대역 대역확산의 경우를 살펴보면 한 칩 기간안에 들어오는 다경로파 신호가 없기 때문에 페이딩의 영향이 감소되었고, 다만 SNR에 따라 눈패턴이 달라짐을 알 수 있다. 협대역 대역확산인 경우에는 한 칩내에 다른 반사파가 존재하기 때문에 페이딩의 영향만으로도 파형이 심하게 왜곡됨을 볼 수 있다. 그래서 이 경우에는 잡음의 영향을 고려하지 않았다.

IV. 결론 및 문제점

이 논문에서는 현재 이동통신시스템의 다원접속방식으로 연구가 활발히 진행되고 있는 광대역 부호분할 다원접속방식을 이용할 경우, 무선전송 채널에서 단기페이딩현상의 영향을 줄여서 성능을 개선할 수 있다는 것을 살펴보았다. 즉, 광대역 CDMA방식은 보통 수십 Mbps의 높은 chip rate를 갖는 대역확산 코드를 사용하므로, 수신단에서 확산코드를 동기화할 때 처음으로 수신되는 신호에 비해 한 칩 간격이상의 지연시간을 갖는 다경로파 신호의 영향은 제거할 수 있었다.⁽¹⁰⁾ 그리고 chip rate가 높은 광대역 CDMA 방식을 채택했을 때 다경로 페이딩 채널도 가산성 백색 정규잡음 채널로 근사화 할 수 있음을 보였다. 따라서 일반 CDMA와 비교해 볼 때 높은 chip rate가 페이딩의 영향을 줄일 수 있다.

채널환경에서 서술했던 바와 같이 경로변수, 즉 경로 크기, 경로 지연시간, 경로 위상 등의 통계적분포는 실측데이터로부터 얻어지는데 첫째, 도시의 고층화현상과 반사체(이동체)등의 증가를 고려할 때 현 상황에서 이 채널모델은 약간의 수정이 필요할 것으로 여겨진다. 둘째로 100nsec시간보다 짧은 지연시간을 가지고 수신되는 신호는 구분할 수 없다는 문제점을 안고 있다.⁽³⁾ 이렇듯 채널 환경을 정확히 고려한 이동통신 채널을 모델링하는 데에는 한계가 있었지만, 광대역 확산통신방식에서의 페이딩영향에 대한

채널 모델은 본 논문에서 제안한 모델을 어느정도 적용할 수 있다고 본다. 앞으로 광대역 CDMA 방식에 관한 연구가 진행되려면 이러한 영향을 고려한 좀더 적절한 채널모델이 설정되어야하고, 또한 그 효과를 확인할 수 있어야 하겠다.

본 논문은 1992년도 통신학술단체 육성지원금에 의하여 이루어진 연구결과입니다.

참 고 문 헌

1. W. C. Y. Lee, "Overview of Cellular CDMA," IEEE Trans. Veh. Tech., vol. VT-40, pp.291-302, May 1991.
2. D. L. Schilling, *et al.*, "Broadband CDMA for Personal Communications Systems," IEEE Commun. Mag., vol.29, pp.86-93, November 1991.
3. G. L. Turin, *et al.*, "A Statistical Model of Urban Multipath Propagation," IEEE Trans. Veh. Tech., vol. VT-21, pp.1-9, February 1972.
4. H. Suzuki, "A Statistical Model for Urban Radio Propagation," IEEE Trans. Commun., vol. COM-25, pp.673-680, July 1977.
5. H. Hashemi, "Simulation of the Urban Radio Propagation Channel," IEEE Trans. Veh. Tech., vol. VT-28, pp.213-225, August 1979.
6. 류귀태, 오동진, 류상진, 김철성, "이동통신 채널에서 단기 페이딩현상의 컴퓨터 모델화에 관한 연구," JCCI-'92, pp.130-135, 전북 정주시 내장산 관광호텔, 1992. 4.
7. R. E. Ziener and R. L. Peterson, Digital Communications and Spread Spectrum Systems, Macmillan, pp.332-344, 1985.
8. B. Sklar, Digital Communications-Fundamentals & Applications, Prentice-Hall, pp.399-403, 1988.
9. C. C. Huang, "Computer Simulation of a Direct Sequence Spread Spectrum Cellular Radio Architecture," IEEE Trans. Veh. Tech., vol. VT-41, pp.544-550, November 1992.
10. R. L. Pickholtz, D. L. Schilling and L. B. Milstein, "Theory of Spread Spectrum Communications-A Tutorial," IEEE Trans. Commun., vol. COM-30, pp.855-884, May 1982.



柳 尚 進(Sang Jin Ryoo) 準會員
1965年 3月 26日生
1991年 2月 : 전남대학교 전자공학과(학사)
1992年 3月 ~ 현재 : 전남대 대학원 전자공학과(석사과정)
※주관심분야 : 이동통신, 위성통신, 디지털 통신공학 등



金 澈 成(Cheol Sung Kim) 正會員
1953年 12月 28日生
1977年 2月 : 서울대학교 전자공학과(학사)
1979年 2月 : 서울대 대학원 전자공학과(석사)
1987年 12月 : Univ. of Arizona(박사)

1979年 2月 ~ 1983年 3月 : 국방과학연구소 근무
1983年 3月 ~ 1984年 2月 : 대우중공업 기술연구소 근무
1985年 1月 ~ 1987年 11月 : Univ. of Arizona(Research Associate)
1987年 11월 ~ 1989年 3월 : 한국전자통신연구소(이동통신 연구실장 역임)
1989年 3월 ~ 현재 : 전남대학교 전자공학과 교수
※주관심분야 : 디지털 통신시스템공학, 이동통신, 위성통신, 통신신호처리, 영상처리 등



金 熿 圭(Heui Gyu Kim) 準會員
1969年 1月 16日生
1993年 2월 : 전남대학교 전자공학과(학사)
1993年 3월 ~ 현재 : 전남대 대학원 전자공학과(석사과정)
※주관심분야 : 디지털 통신공학, 이동통신, 위성통신 등