

# GSM/GPS/DCS/US-PCS 대역 이동 단말기용 저자세 내장형 안테나

## A Low-profile Internal Antenna for GSM/GPS/DCS/US-PCS Mobile Handsets

정우재\*  
(Woo-Jae Jung)

정범운\*\*  
(Byung-Woon Jung)

이학용\*\*  
(Hak-Yong Lee)

이병재\*\*\*  
(Byungje Lee)

### 요약

본 논문에서는 GSM/GPS/DCS/US-PCS 핸드 셋을 위한 4중 대역 안테나를 제안한다. 제안되어진 안테나는 핸드 셋의 제한된 내부 공간에 집적하기 위하여 저자세로 설계되어 지고, 다중대역을 위해  $\lambda/4$  길이를 갖는 세 개의 방사점으로 구성된다. 또한 안테나의 크기 변화 없이 넓은 대역폭을 얻기 위하여 방사체 아래의 접지면을 제거하였고, GPS/DCS/US-PCS 대역의 편리한 임피던스 매칭을 위하여 방사체 중앙에 슬롯을 추가하였다. 제안되어진 안테나는 전 대역에서 VSWR 3:1 대역폭을 만족하고, anechoic chamber (10m×6m×4m)내의 측정 결과 전 대역에서 최대 이득은 -2.19 dB에서 2.09 dB이다.

### Abstract

In this paper, a quad-band antenna for GSM/GPS/DCS/US-PCS handsets is proposed. The proposed antenna is low-profile for mounting in limited inner space of a handset. It consists of three open points with quarter wave length for multi-band operation. The ground plane below the patch is removed for wide-bandwidth without the variation of antenna size and the slot is added at the center of the patch for convenient matching in high frequency band. It provides a enough bandwidth within VSWR 3:1 at all bands. In addition, the measured peak gains are between -2.19 and 2.09 in anechoic chamber (10m×6m×4m).

**Key Words** : Low-profile, Internal Antenna, Wide-bandwidth, Multi-band

## I. 서론

최근 이동통신 서비스는 기술적인 급성장과 함께 서비스가 급속히 확대되고 국가 간의 이동 또한 활발해지고 있다. 따라서 하나의 시스템만을 지원하는 휴대용 단말기 보다는 다중대역 단말기의 필요성이 증가하고 있다. 특히 유럽이나 중국, 미

국 등과 같은 국가에서는 지역적 특성상 단일 대역 보다는 다중 대역을 지원하는 단말기의 수요가 늘어나고 있다. 또한 최근의 이동통신 단말기는 기본적인 통화 기능은 물론 TV, 인터넷, 게임기, 카메라/캠코더 등등의 다양한 기능이 추가 되어 가고 있는 실정이다. 이제 사용자들에게 있어서 이동통신 단말기는 더 이상 단순한 무선 전화가 아닌

\* 주저자 : 광운대학교 전파공학과 대학원 석사과정(회원)  
\*\* 공저자 : 광운대학교 전파공학과 대학원 박사과정(비회원)  
\*\*\* 공저자 : 광운대학교 전파공학과 교수(회원)  
† 논문접수일 : 2005년 2월 19일

생활의 필수품으로 인식되고 있다.

제한된 크기의 단말기에 이러한 여러 기능을 추가함에 따라 안테나가 차지하는 부피는 줄어들게 된다. 따라서 안테나의 소형화에 대한 요구가 높아지고 있다. 그러나 안테나를 소형화 시키면 안테나의 이득은 낮아질 뿐 아니라 안테나의 입력저항은 매우 작아지고 리액턴스 성분은 매우 커지게 되므로 안테나의 대역폭이 좁아지고 효율이 낮아지는 단점을 가진다[1,3].

본 논문에서는 이러한 소형 안테나의 단점을 해결하고 협소한 내부 공간에 집적하기 위해 다음과 같은 안테나 설계를 제안한다.

첫째, 단말기의 제한된 내부 공간에 쉽게 집적하기 위해서 제안된 안테나는 기존의 내장형 안테나에 비해 최대한 낮은 높이를 가지도록 설계한다.

( $H = 3.7 \text{ mm}$ )

둘째,  $\lambda/4$ 의 길이를 갖는 세 개의 방사점을 이

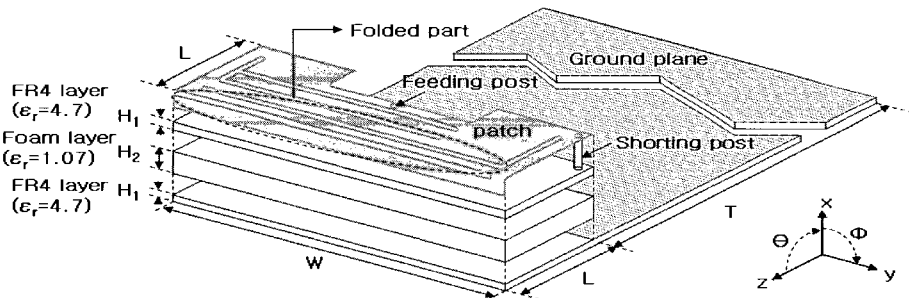
용하여 GSM/GPS/DCS/US-PCS 대역에서 공진특성을 갖도록 설계한다.

마지막으로 안테나의 크기 변화 없이 넓은 대역폭을 얻기 위하여 방사체 아래의 접지면은 제거하고 방사체의 중앙에 slot을 추가하여 GPS/DCS/ US- PCS 대역의 매칭에 이용되도록 설계한다.

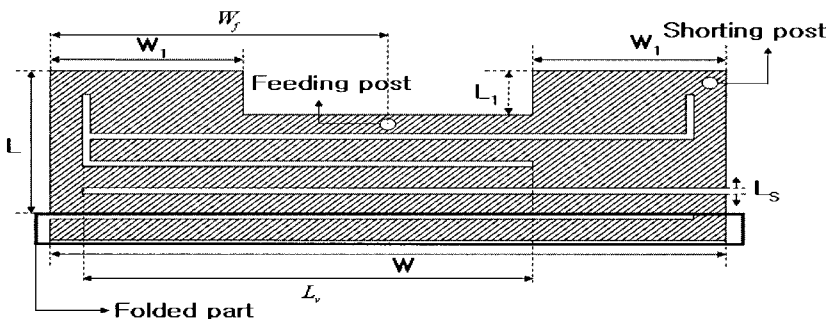
안테나의 설계는 Agilent 사의 HFSS ver. 5.4와 Zeland 사의 IE3D ver. 10.0을 동시에 사용하여 확인하였으며, 시뮬레이션 결과를 토대로 제작된 안테나는 Agilent 사의 E5071B와 Orbit 사의 far-field measurement system ver. 3.6을 사용하여 측정하여 시뮬레이션과 비교 및 분석하였다.

## II. 내장형 안테나 설계

<그림 1>은 본 논문에서 제안한 안테나 구조를 나타내었다. 안테나는 판형의 방사체와 급전부, 단락



(a) 삼차원 구조 (3-D structure) ( $W=42, L=12, T=66, H1=1, H2=2.7$ , 단위 : mm)



(b) 방사체 (Radiator) ( $W=42, L=12, Wf=21, W1=12, Lv=29, L1=4, Ls=0.5$ , 단위 : mm)

<그림 1> 안테나 구조

<Fig. 1> Proposed Antenna Structure

부로 구성되어 있다. 방사체는  $\lambda_g/4$  길이에서 동작하는 세 개의 개방점과 slot으로 구성되어 있다.

안테나의 대역폭, 효율 및 이득과 대역폭에 대한 관계는 다음과 같은 두 식으로 정의된다.

$$\frac{\Delta f}{f} \cdot \eta < 13 \frac{V}{\lambda^3} \quad (1)$$

여기에서  $f$  는 주파수,  $\eta$  는 효율,  $V$  는 안테나의 부피,  $\lambda$  는 파장이다.

$$G \times B \propto V \quad (2)$$

여기에서  $G$  는 안테나의 이득,  $B$  는 대역폭, 그리고,  $V$  는 안테나의 부피이다.

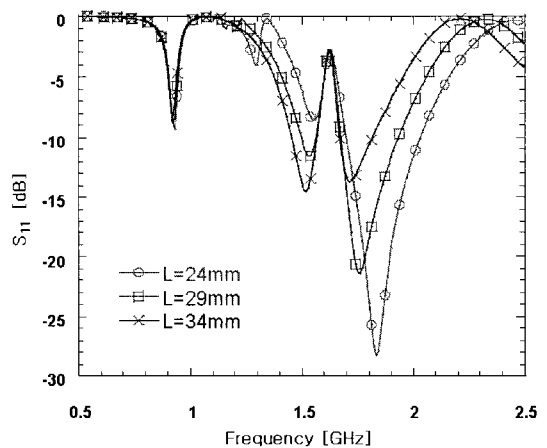
식 (1)과 식 (2)는 안테나가 넓은 대역폭을 가지려면 안테나의 부피를 증가시켜야 함을 나타낸다. 안테나의 부피는 강한 전계 필드의 영역으로 정의할 수 있다. 따라서 방사체 아래에 접지면을 제거하면 전계 필드의 영역이 방사체 아래에 접지면을 제거하는 경우보다 넓어지게 되므로 효과적으로 안테나의 부피를 증가시킬 수 있고 안테나의 대역폭은 증가하게 된다[4,5]. 따라서 방사체 아래의 접지면은 넓은 대역폭을 얻기 위하여 제거하였다. 접지면의 크기는  $W \times T = 42 \times 66 \text{ mm}^2$  이고  $H_1 = 1 \text{ mm}$  인 FR4 기판을 이용하였다. 방사체의 아랫부분에는 유전율  $\epsilon_r = 4.7$  이고  $H_1 = 1 \text{ mm}$  인 FR4를 사용하였고, FR4 기판 아래에는 유전율  $\epsilon_r = 1.07$  이고  $H_2=2.7\text{mm}$  인 foam으로 방사체의 높이를 확보하였다. GSM/GPS/DCS/US-PCS 대역의 공진 길이는 유효 유전율값을 이용하여 계산하였다. 또한 방사체의 중앙 아랫부분에 홈을 만들어 실제 단말기 내부에 집적되었을 때 추가적인 공간을 확보할 수 있도록 제작하였다.

<그림 1>의 folded part는 안테나의 추가적인 공간의 확보 없이 공진 길이를 효과적으로 늘릴 수 있다. 제안되어진 안테나는 최대한 낮은 높이를 갖도록 설계되었기 때문에 ( $H = 3.7 \text{ mm}$ ) 단말기의 제한된 내부공간에 쉽게 집적시킬 수 있다.

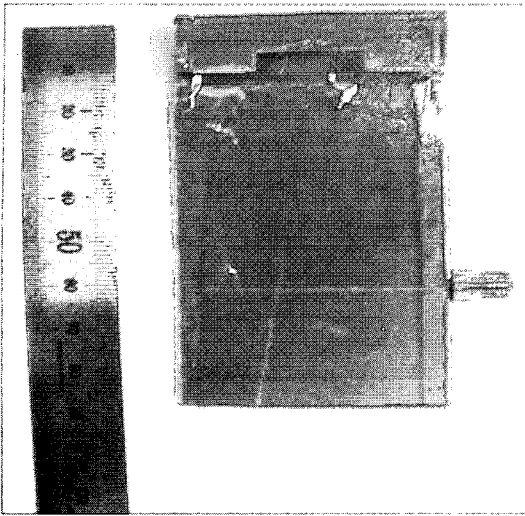
GSM 대역의 PIFA 구조는 meander line 구조를 이용하여 공진 길이를 갖도록 설계하였고, GPS 대역의 PIFA 구조는 방사체의 중앙에 slot을 추가하여 개방점을 가지도록 설계하였다. DCS/US-PCS 대역은 GSM 대역의 방사체에 이용되는 meander line 이 개방 스텔브로 동작하도록 하여 대역폭을 증가시키도록 설계하였다. 방사체 중앙의 slot의 길이  $L_s$  는 GPS/DCS/US-PCS 대역의 임피던스 매칭을 조절하는 파라미터로 설계하였다.

<그림 2>는 Agilent 사의 HFSS ver. 5.4 를 이용한 시뮬레이션 결과이고 slot의 길이  $L_s$  에 따라 공진 주파수와 GPS/DCS/US-PCS 대역의 매칭 상태의 변화를 나타내었다. 최적의 slot의 길이는 <그림 2>에서 알 수 있듯이 29 mm이고 이때 GSM, GPS, DCS, US-PCS의 전 대역에서 VSWR 3:1 이하의 대역폭을 만족한다. 일반적으로 내장형 안테나는 active 소자와 안테나 사이의 거리가 짧고 단말기에서 요구하는 Tx power 편차는 약 1 ~ 2 dB 이므로 VSWR 3:1이하의 대역폭으로 설계한다.

<그림 3>은 시뮬레이션을 통해 얻은 결과를 바탕으로 만들어진 안테나의 실제 사진이며, <그림 4>는 Zeland 사의 IE3D ver. 10.0 시뮬레이션을 통해 제



<그림 2> 슬롯 길이  $L_s$ 에 따른 공진 주파수의 변화  
 <Fig. 2> Variation of Resonant frequency for several slot length of  $L_s$

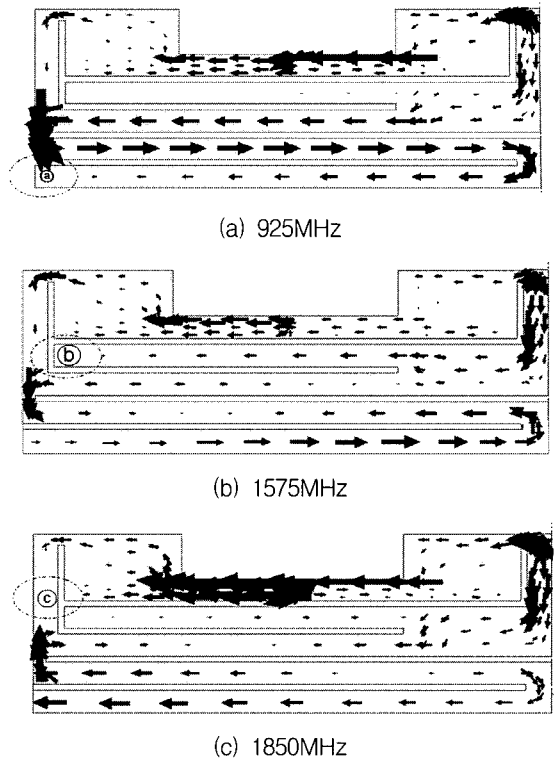


<그림 3> 내장형 안테나 실물도  
 <Fig. 3> Photograph for the Internal Antenna

안된 안테나의 전류분포를 나타내었다. <그림 4> (a)는 GSM 대역에서의 전류분포이다. GSM 대역의 공진 길이의  $\lambda/4$ 인 ㉑ 지점에서 전류의 세기가 약해진다. 이는 meander line의 끝 부분인 ㉑ 지점에서 주요 방사가 발생하는 것을 의미하고 PIFA 구조로 동작하고 있음을 보여준다. <그림 4>(b)는 GPS 대역에서의 전류 분포이다. GPS 대역의 공진 길이의  $\lambda/4$ 인 ㉒ 지점에서 전류의 세기가 약해진다. 이는 slot에 의해 추가되어진 ㉒ 지점에서 주요 방사가 발생하는 것을 의미하고, PIFA 구조로 동작하고 있음을 보여준다. <그림 4>(c)는 DCS와 US-PCS 대역에서의 전류 분포이다. 이 대역에서 주요방사는 ㉓ 지점에서 발생한다. 이는 PIFA 구조로 동작하는 것을 의미하고 GSM 대역의 공진 길이에 이용되어진 meander line이 개방 스티브로 동작하는 것을 보여준다.

### III. 내장형 안테나의 제작 및 측정

<그림 5>는 시험 제작된 안테나를 Agilent사의 E5 071B를 이용하여 반사 손실을 측정하고 이를 시뮬레이션 데이터와 비교하였다. 측정되어진 결과를 기준으로 GSM, 대역에서의 경우는 중심 주파



<그림 4> 내장형 안테나에서의 전류분포  
 <Fig. 4> Current Distribution within the Internal Antenna

수가 925 MHz이고 정재파비 3:1 이하의 주파수 대역이 880 MHz ~ 980 MHz 로서 10.81 %의 대역폭 얻었고 GPS 대역은 정재파비 3:1 이하의 주파수 대역이 1520 MHz ~ 1620 MHz 로서 6.34 %의 대역폭을 얻었다. 또한 DCS, US-PCS 대역에서는 정재파비 3:1 이하의 주파수 대역이 1690 MHz ~ 2030 MHz로써 18.88 %의 대역폭을 얻었다.

<그림 6>은 Orbit사의 far-field measurement system ver. 3.6에서 측정된 GSM/GPS/DCS/US-PCS 대역에서  $\theta$  방향으로의 E-Plane 방사패턴과  $\phi$  방향으로의 H-Plane 방사 패턴을 나타내었다. 안테나는 수평면 방사패턴을 기준으로 거의 전방향성 특성을 가진다. 그러나 일반적으로 주파수가 높아질수록 접지면과 방사체에서의 전류 분포가 바뀌게 되어 편파의 방향이 바뀌고 이로 인해 높은 주파수 대역에서의 수평면 방사패턴에 null이 발생하는 것을 알 수 있다. 수평면 방사패턴을 기준으로 HPBW

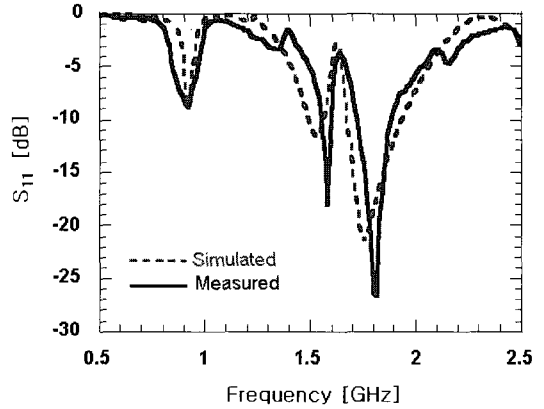
는 GSM, GPS대역에서는 전 방향으로 측정되었다. 또한 DCS 대역에서는 76.57° ~ 82.20° 로 측정되었고, US-PCS 대역에서는 164.41° ~ 188.69° 로 측정되었다.

<표 1>은 안테나의 수직면 방사패턴과 수평면 방사패턴의 최고 이득과 평균이득을 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이 각각의 대역에서 제안된 안테나의 이득의 편차는 약 1 dB 이고 이는 VSWR 3:1 이하의 대역폭에서 단말기가 요구하는 1 ~ 2 dB의 Tx power 편차를 만족 시킨다.

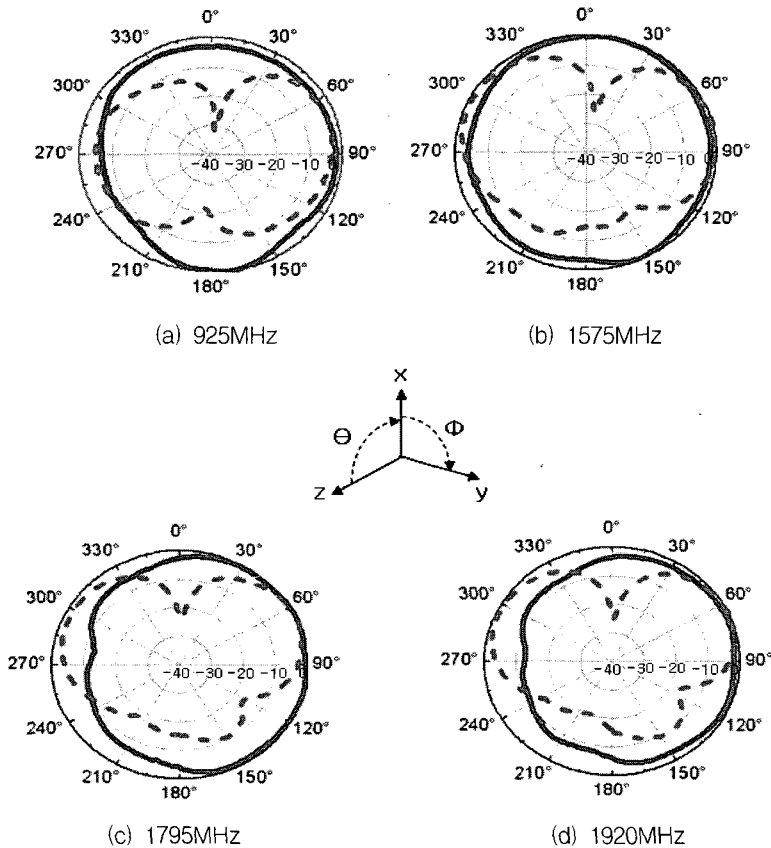
#### IV. 결 론

본 논문에서 제안되어진 안테나는  $\lambda/4$  공진 길이에서 동작하는 세 개의 방사점과 방사체 중앙의

slot을 이용하여 GSM/GPS/DCS/US-PCS 대역에서 정재파비 3:1 이하의 대역폭을 갖도록 설계하였다.



<그림 5> 내장형 안테나의 반사 손실  
<Fig. 5> Return Loss of the Internal Antenna



<그림 6> 내장형 안테나의 방사패턴 ( - - - - : E-Plane, ——— : H-Plane)  
<Fig. 6> Radiation Patterns for the Internal Antenna ( - - - - : E-Plane, ——— : H-Plane)

<표 1> 각 대역의 최대이득과 평균이득  
 <Table 1> Maximum Gain and Average Gain for Each Band

	주파수 (MHz)	H-Plane		E-Plane	
		최대이득 (dBi)	평균이득 (dBi)	최대이득 (dBi)	평균이득 (dBi)
GSM	890	1.41	-1.63	-1.04	-5.20
	925	2.09	-0.98	-0.13	-4.54
	960	1.36	-1.36	-0.41	-4.88
GPS	1565	-0.38	-2.11	1.81	-2.76
	1575	-0.24	-2.06	1.76	-2.67
	1585	-0.11	-2.08	1.38	-3.05
DCS	1710	0.11	-2.27	1.73	-3.20
	1795	0.06	-2.62	2.39	-3.29
	1880	-0.20	-3.30	1.70	-3.11
US-PCS	1850	-1.12	-3.20	1.70	-3.08
	1920	-1.69	-4.14	1.30	-3.83
	1990	-2.19	-4.84	0.98	-4.22

제안된 안테나는 제한된 단말기의 내부 공간에 쉽게 집적하기 위해서 최대한 낮은 높이를 가지도록 설계하였고 안테나의 대역폭을 넓히기 위해 방사체 아래 부분의 접지면을 제거하였다. 따라서 안

테나의 성능에 크게 영향을 주지 않고 안테나의 부피를 효과적으로 줄일 수 있었다. 또한 높은 주파수 대역의 편리한 매칭과 GPS 대역의 공진을 위해 방사체 중앙에 slot을 이용하였다. 측정 결과 전 대역에서 거의 전 방향 특성을 가지고 전 대역에서 -2.19 ~ 2.09 dB의 최고이득과 각각의 대역에서 1 dB 이내의 이득 편차가 측정되었다.

## 참 고 문 헌

- [1] H. Wheeler "Small Antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, vol 23, pp. 462-469, July 1975.
- [2] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, 2001.
- [3] K. L. Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, John Wiley & Sons, 2003.
- [4] T. Sugiyama, H. Horita, Y. Shirakawa, M. Ikegaya, S. Takaba, and H. Tate, "Triple-band Internal Antenna for Clamshell Type Mobilephone," *Hita-chi Cable Review*, no. 22, 2003
- [5] O Edvardsson, "Wheeler Size Limitation as Applied to Small Mobile Phone Antennas," *Proc. Int. Symp. Ant. Propagation*, vol. 1, pp. 57-60, 2000.

〈저자소개〉



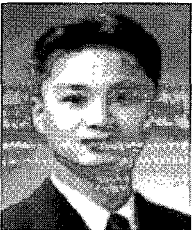
정 우 재 (Woo Jae Jung)

2004년 3월 ~ 광운대학교 전파공학과 석사과정  
2004년 2월 ~ 광운대학교 전자공학부 (공학사)



정 병 운 (Byung Woon Jung)

2005년 광운대학교 박사과정 수료(안테나공학전공)  
2003년 3월 ~ 현재: 광운대학교 전파공학과 박사과정  
2003년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학석사)  
2001년 2월: 광운대학교 전자공학부 (공학사)



이 학 용 (Hak Yong Lee)

2003년 광운대학교 박사과정 수료(안테나 공학전공)  
2001년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 박사과정  
2001년 2월 : 광운대학교 전파공학과 (공학석사)  
1999년 2월: 광운대학교 전파공학과 (공학사)



이 병 재 (Byung je Lee)

1998년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 부교수  
1997년 2월 : 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학박사)  
1993년 12월 : 미국 Southern Illinois University 전자공학과 (공학석사)  
1988년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)  
1997년 5월 ~ 1998년 2월 : 삼성전자 정보통신연구소 선임연구원  
1998년 3월 ~ 2000년 3월 : 광운대학교 전자공학부 전임강사  
2000년 4월 ~ 2004년 2월 : 광운대학교 전자공학부 조교수  
1998년 8월 ~ 현재 : 광운대학교 RFIC 운영위원  
2004년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 부교수