

---

# PCS 단말기용 내장형 마이크로스트립 패치 안테나 설계

조동기\* · 박경태\*\* · 이호상\*\* · 이문수\*\*\*

Design of Internal Integrated Microstrip Patch Antenna for PCS Handset

Dong Ki Cho\* · Park Kyeng Tea\*\* · Lee Ho Sang\*\* · Mun Soo Lee\*\*

## 요 약

본 논문에서는 PCS 핸드셋의 내부에 장착하여 사용할 수 있는 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 마이크로스트립 패치 안테나의 단점인 좁은 대역폭을 개선하기 위해 기생패치를 다층구조상에 배열하였다. 또한 안테나의 크기를 줄이기 위해 5개의 단락봉을 장착한  $\lambda/4$  단락패치를 기본 방사소자로 하고, 부가된 기생패치도 각각 2개의 단락봉을 장착했다. 더욱이 안테나의 소형화와 무지향성의 방사패턴을 얻기 위해 접지면을 주 방사소자의 크기와 근사하게 하였다.

설계된 안테나는 HFSS(Ansoft Co.)로 최적화 하였고 실제 제작된 안테나와 비교하였다. 제작된 안테나는 반사계수(S11)가 -10dB 이하의 대역폭이 1766MHz~1900MHz로서 134MHz의 대역폭을 얻었다.

## ABSTRACT

In this paper, an internal integrated microstrip patch for PCS handset is designed. To increase the bandwidth of microstrip patch antenna, a configuration of stacked type using parasitic element is used. Furthermore, to reduce the size of microstrip patch antenna, the main radiator in the substrate is shorted to the ground plane using five shorting-posts while three parasitic elements on the superstrate are also shorted to the ground plane using two shorting-posts respectively.

The antenna bandwidth and radiation characteristics are calculated by HFSS 7.0 software, and compared with the experimental results. Experimental results show that the return loss is less than -10dB over the band of 1766MHz to 1900 MHz(134MHz) and the size of the fabricated microstrip patch antenna are 23×20×6.35mm.

## 키워드

내장형 안테나, 마이크로스트립 패치, 안테나 소형화, PCS 단말기

## I. 서 론

지금까지의 대부분의 PCS 단말기용 안테나는 모노폴 안테나와 헬리컬 안테나 그리고 이 두 안테나를 조합한 Retractable 안테나 등이 주로 사용되고 있으나 이러한 안

테나는 전화기 외부로 돌출되어 있어 구부러지거나 파손되기 쉽다[1,2]. 이에 비해 마이크로스트립 패치 안테나는 소형, 경량, 박막구조이며 사진식판기술에 의해 제작이 간단하여 양산성이 있다.

본 연구에서는 이러한 장점을 이용하여 수직 · 수평면

---

\* 한국소니전자(주)

\*\* 경상대학교 전자공학과

\*\*\* 경상대학교 공학원(컴퓨터 정보통신 연구소)

패턴이 무지향성이고 수직·수평 편파 모두 수신 가능하며 PCS 단말기의 내부에 장착 가능한 내장형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계·제작하여 그 특성을 실험적으로 고찰한다.

마이크로스트립 패치 안테나의 단점인 좁은 대역폭을 개선하기 위해 기생패치를 다층 구조상에 배열한다. 안테나 방사소자로  $\lambda/2$ 의 패치를 사용할 경우 안테나의 전체 크기가 커지므로 안테나 소형화 기법의 하나인 단락봉(shorting-post)을 장착한  $\lambda/4$  단락패치( $\lambda/4$  shorted patch)를 기본 방사소자(radiating element)로 하고 부가된 기생패치도 단락봉을 장착한다. 더욱이 안테나의 소형화와 무지향성의 방사패턴을 얻기 위해 접지면을 주 방사소자의 크기와 근사하게 하였다[3,4,5].

설계된 안테나는 유한요소법을 이용한 HFSS (Ansoft Co.) 소프트웨어로 최적화 하였다. 제작한 안테나는 벡터 회로망 분석기와 근계 측정장비를 사용하여 안테나의 반사손실, 임피던스, 전압정재파비(VSWR)와 방사패턴을 측정하였다.

I 장 서론에 이어 II장에서는 안테나의 소형화 기법 및 안테나의 접지면 크기에 대한 안테나방사 패턴을 살펴 보고 III장에서는 설계된 안테나의 시뮬레이션 결과 및 실제 제작된 안테나의 전기적 특성을 분석하며, IV장에서 결론을 맺는다.

## II. 마이크로스트립 안테나의 소형화

### 2.1. 단락봉(shorting-post)

일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 경우 안테나의 방사소자로  $\lambda/2$  패치를 사용하므로 주파수가 낮은 경우 상대적으로 안테나의 크기가 크지는 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하기 위해  $\lambda/2$  마이크로스트립 패치 안테나의 한쪽 측면 전부 또는 일부분을 단락판 또는 단락봉을 사용하여 접지면과 단락시켜 공진 패치의 크기를  $\lambda/4$ 로 축소시켜 안테나의 전체 크기를 줄이기 위한 연구가 있어왔다[3,4].

Rebekka Porath는 마이크로스트립 패치 안테나에 단락봉을 장착하여 안테나의 크기를 줄이는 연구를 하였다 [5].

그의 연구에 따르면 마이크로스트립 패치 안테나에 단락봉을 두면 단락봉이 없는 패치의 공진모드를 나타내는

LC 공진회로에 직렬 인덕턴스 추가한 셈이 되어 공진주파수가 낮아지게 된다.

또한 각 변이 각각 a와 b인 구형 마이크로스트립 패치 안테나에 단면적이  $\Delta^2$ 인 단락봉이  $(x_0, y_0)$ 에 위치한다고 가정하면 단락봉으로 인한 인덕턴스는

$$L = \mu \frac{d}{ab} \sum_{(n,m) \neq (0,0)} \sigma_n \sigma_m \cdot \frac{\cos^2\left(\frac{n\pi}{a}x_0\right) \cos^2\left(\frac{m\pi}{b}y_0\right)}{k_{nm}^2 - k^2} g_{nm}\left(\frac{\Delta}{a}, \frac{\Delta}{b}\right) \quad (1)$$

$$g_{nm}\left(\frac{\Delta}{a}, \frac{\Delta}{b}\right) = \frac{\sin^2\left(n\pi \frac{\Delta}{2a}\right) \sin^2\left(m\pi \frac{\Delta}{2b}\right)}{\left(n\pi \frac{\Delta}{2a}\right)^2 \left(m\pi \frac{\Delta}{2b}\right)^2}$$

이다. 따라서 단락봉의 단면적이 작을수록 인덕턴스는 증가하게 되므로 공진주파수가 낮아지게 된다. 또한 단락봉의 위치가 패치의 가장자리에 위치할 때 인덕턴스가 높아지게 되므로 공진주파수가 낮아진다.

### 2.2. 안테나 접지면 크기의 영향

기존의 마이크로스트립 패치 안테나는 무한 접지면으로 가정하므로 제작된 안테나의 크기가 크다. 또한 방사패턴도 한쪽 방향으로만 반구형태를 가지므로 상대적으로 지향성이 높다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 접지면을 주 방사소자의 크기와 같게 한다. 이 경우 전체 안테나 크기가 상대적으로 작아지고, 공기-유전체 경계에서 표면을 따라 평행하게 전파하는 유한개의 표면파 모드를 가지는 접지된 유전체와 같이 동작한다. 접지면이 패치의 크기와 비슷할 경우 표면파 전자계는 부분적으로 안테나 뒤쪽으로 반사되어 주 방사기처럼 동작한다. 게다가 접지면을 극단적으로 줄이면 접지면의 모서리로부터 회절된 전자계의 분포가 증가하여 방사패턴에 더욱 영향을 미치게 된다[6].

Mohamed Sanad의 실험에 의하면 그림 1(a)와 같은 안테나 구조에서 유전율  $\epsilon_r = 3.5$ , 두께  $t = 1.524mm$ 인 기판에  $L = 8cm$ ,  $W = 4cm$ ,  $A = 10cm$ ,  $B = 10cm$ 로 하면 공진주파수 1.05GHz에서 그림1(b)와 같은 방사패턴을 얻을 수 있지만,  $A = 0cm$ ,  $B = 10cm$ 로 접지면을 줄이면 공진주파수 1.059GHz에서 그림1(c)와 같이  $xz$ 면의 지향성이 줄어들고 각 편파에 대한 종속성이 약간 감소한 방사패턴을

얻을 수 있다. 접지면을  $A=0cm, B=0.1cm$ 로 더욱 줄이면 공진주파수  $1.074GHz$ 에서 그림1(d)와 같이 무지향성과 좋아지고 편파에 대한 종속성이 매우 감소한 방사패턴을 얻을 수 있을 뿐 아니라 안테나 크기가 작아진다. 그러나 마이크로스트립 패치 안테나의 접지면을 줄이면 방사효율이 크게 저하되고 공진주파수가 높아진다[6].

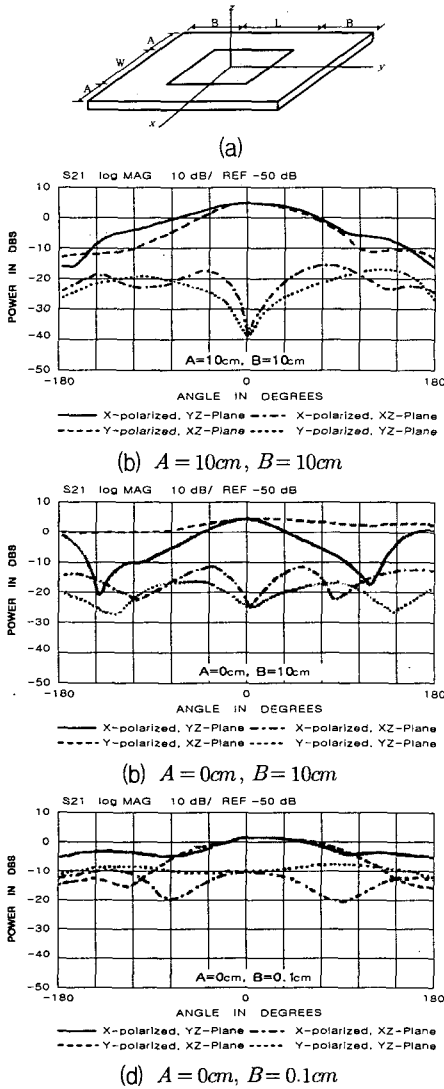


그림 1. 사각 패치 안테나 (a)구조, (b,c,d) A 및 B의 크기에 따른 방사패턴

Fig. 1. Radiation pattern of rectangular patch antenna. (a) Geometry, (b,c,d) radiation pattern for the size of A and B

### III. 설계 및 실험

#### 3.1. 안테나 설계 및 제작

표 1에 주어진 성능을 만족하는 PCS 단말기용 마이크로스트립 패치 안테나를 설계한다. 최적 설계를 위해 유한요소법을 이용한 HFSS(Ansoft co.) 소프트웨어를 사용하였다.

표 1. 안테나 특성  
Table 1. Antenna Specification

항목	Specification	
	Up link	Down link
대역폭	(MHz) 1750-1780	1840-1870
반사손실	-10dB 이하	
VSWR	2.0 이하	
편파	Linear pol.	
방사패턴	Quasi-isotropic Patterns in all principal planes	

마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭을 개선하기 위해서 주 방사소자의 공진주파수에 인접한 주파수에서 공진하는 기생패치를 다층 구조상에 배열하였다. 마이크로스트립 패치 안테나의 크기를 줄이기 위해 단락봉을 사용한  $\lambda/4$  단락패치를 각각의 소자로 사용하였다. 또한 안테나의 소형화와 무지향성의 방사패턴을 얻기 위해 접지면을 주 방사소자의 크기와 근사하게 하였다.

그림 2는 설계된 안테나의 구조를 나타낸 것이다. 안테나의 전체 크기는  $23 \times 20 \times 6.35mm$ 이며, 하층의 방사소자는 하나의 패치로 이루어져 있고 5개의 단락봉으로 접지면과 단락되어 있다. 상층의 기생소자는 3개의 패치로 이루어져 있으며 각각 2개의 단락봉으로 접지면과 단락되어

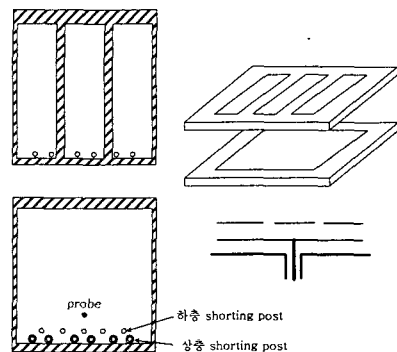
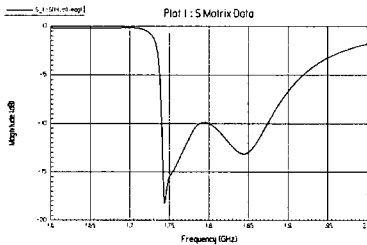


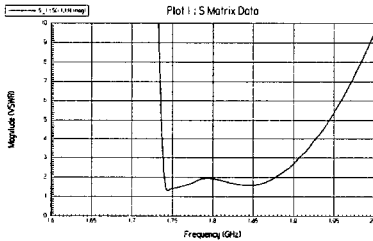
그림 2. 설계된 안테나 구조  
Fig. 2. Structure of the designed antenna.

있다. 각각의 단락봉은  $\phi=0.5$ 인 스테인리스 봉을 이용하였고, 기판은 Rogers사의 TMM4( $t=125\text{mil}$ ,  $\epsilon_r=4.5$ )을 사용하여 제작하였다.

그림 3은 설계된 안테나의 반사손실과 VSWR을 나타낸 것으로 반사계수( $S_{11}$ )가  $-10\text{dB}$ 이하인 대역폭은  $1.74\text{GHz}\sim 1.875\text{GHz}$  ( $135\text{MHz}$ )이다.



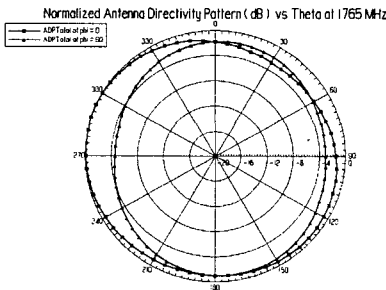
(a) 반사손실



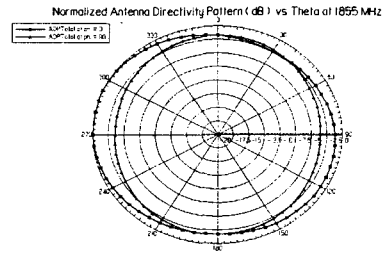
(b) 전압정재파비

그림 3. 모의실험 결과 (a)반사손실 (b) 전압정재파 비  
Fig. 3. Calculated (a)return loss and (b) VSWR of the designed antenna.

그림 4는 송신 중심주파수  $1.785\text{GHz}$  및 수신 중심주파수  $1.855\text{GHz}$ 에서 계산된 안테나의 E면 ( $\phi=0^\circ$ ) 패턴과 H면 ( $\phi=90^\circ$ ) 패턴을 나타낸 것으로, E면, H면에 대해 전반적으로 무지향성의 패턴을 나타내고 있다.



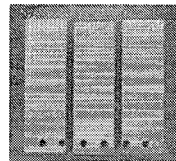
(a) 주파수  $1.785\text{GHz}$



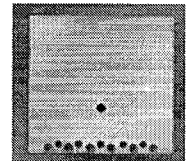
(b) 주파수  $1.855\text{GHz}$

그림 4. 방사패턴 모의 실험결과  
Fig. 4. Calculated radiation pattern of the designed antenna.

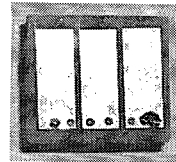
그림 5는 제작된 안테나의 상층 패치와 하층 패치의 사진이다. 안테나의 급전부는 동축 심선의 직경이  $1.2\text{mm}$ 인 SMA 커넥터를 사용하였다. 그림5(a)는 상층기판의 기생소자이고 (b)는 하층기판의 주 방사소자이다. (c)와 (d)는 완성된 안테나의 전면과 측면의 사진이다.



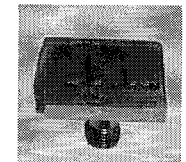
(a) 기생소자



(b) 방사소자



(c) 전면사진

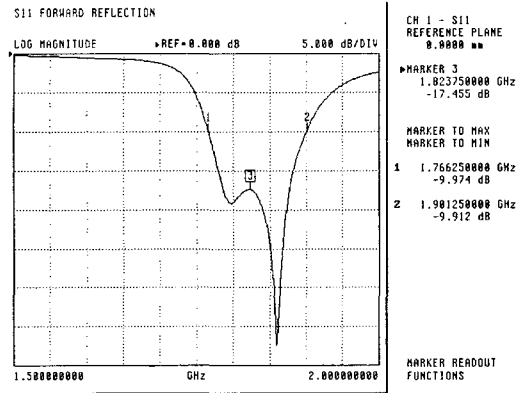


(d) 측면사진

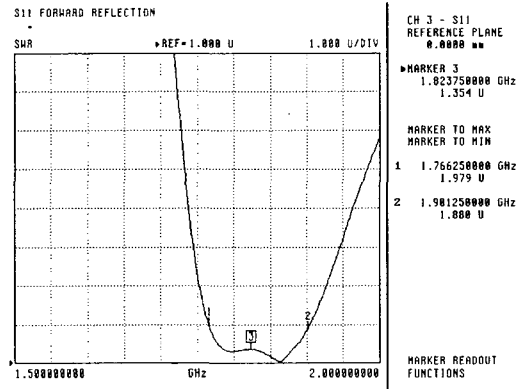
그림 5. 제작된 안테나 사진  
Fig. 5. Pictures of the designed antenna:  
(a) parasitic elements, (b) basic element,  
(c) top view, (d) side view.

### 3.2. 안테나의 특성 측정

그림 6, 7은 회로망 분석기(Anritsu 37369A)를 이용하여 안테나의 반사손실, VSWR, 입력임피던스를 측정할 결과이다. 반사계수( $S_{11}$ )가  $-10\text{dB}$  대역폭은  $1.766\text{MHz}\sim 1.90\text{MHz}$ 까지  $134\text{MHz}$ 이며 설계치에 비해 중심주파수가 약간 높아졌으나 대역폭의 경우에는 모의실험과 동일한 결과를 얻을 수 있었다.



(a) 반사손실



(b) 전압정재파 비

그림 6. 제작된 안테나 측정결과  
Fig. 6. Measured (a) return loss and (b) VSWR of the designed antenna.

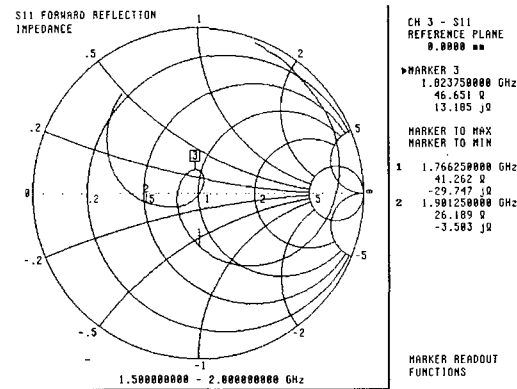


그림 7. 제작된 안테나의 입력 임피던스  
Fig. 7. Measured input impedance of the designed antenna

그림 8, 9는 1.86GHz에서 측정된 E면 ( $\phi = 0^\circ$ )과 H면 ( $\phi = 90^\circ$ )의 방사패턴으로, 모의실험의 결과와 실제 측정치 사이에는 차이를 보이고 있다. 이는 안테나를 제작할 때 기판의 재료 특성으로 인하여 그라운드와 유전체가 각 방향으로 깨끗하게 절삭되지 않아 발생했다고 고려되어진다.

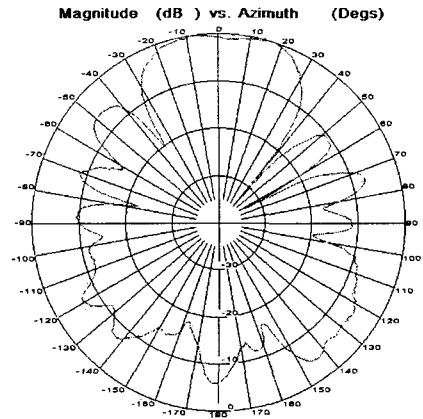


Fig. 8. Measured E-plane radiation pattern at 1.855GHz.

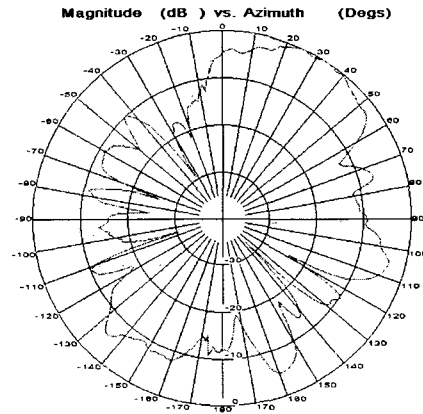


Fig. 9. Measured H-plane radiation pattern at 1.855GHz.

#### IV. 결론

본 연구에서는 PCS 단말기용 내장형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 안테나의 크기를 줄이기 위해 단락봉을 두었고, PCS 사용 주파수 대역폭을 만족하도록

기생 소자를 이용한 다층 패치 구조로 설계하였다. 또한 무지향성의 방사패턴을 얻기 위해 접지면을 패치와 근접한 위치에서 잘랐다. 안테나는 유한요소법을 이용한 HFSS 소프트웨어를 이용하여 최적설계 하였고, Rogers사의 TMM4 ( $t = 125\text{mil}$ ,  $\epsilon_r = 4.5$ ) 기판을 사용하여 제작하였다.

심선의 직경이 1.2mm인 SMA 커넥터를 사용하여 프로브 급전을 하였으며 벡터 회로망 분석기(Anritsu 37639A)를 사용하여 안테나의 반사손실, 임피던스, 전압 정재파비 등을 측정하였다.

모의실험에서 설계된 안테나는 PCS 사용 주파수 대역을 만족하고 수직·수평면에 대해 양호한 무지향성 방사패턴을 얻었다. 제작된 안테나는 측정결과 -10dB 대역폭은 1.766MHz~1.90MHz까지 134MHz이며 설계치에 비해 중심주파수가 약간 높아졌으나 대역폭의 경우에는 설계치와 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 안테나 방사패턴은 모의실험과 상이한 결과를 보이고 있으며 이에 대해서는 원인 분석 및 재측정, 나아가서는 사이즈를 더욱 줄이기 위한 연구와 실험이 필요하다고 생각한다.

### 참고문헌

- [1] Mohamed Sanad, and Noha Hassan Amant. "An internal integrated microstrip antenna for PCS/Cellular telephones and other hand-held portable communication equipment". *Microwave Journal*. : pp64-77, July 1998.
- [2] Mohamed Sanad, and Noha Hassan Amant. "Compact internal multiband microstrip antennas for portable GPS, PCS, Cellular and Sattellite phones". *Microwave Journal*. : pp90-98, August 1999.
- [3] Mohamed Sanad. "A small size microstrip antenna having a partial short circuit". *IEE Antennas and Propagation*. 4(7) : pp282-285. April 1995.
- [4] Mohamed Sanad.. "Effect of the shorting post on short circuit microstrip antennas". *IEEE AP-S Symposium, Seattle, Washington*. June 1994.
- [5] Rebekka Porath. "Theory of miniaturized shorting-post microstrip antennas". *IEEE Antennas and propagation*. 48(1) : pp41-47, January 2000.
- [6] Mohamed Sanad. "Microstrip antennas on very small ground planes for protable communication system".

*IEEE AP-S Symposium, Seattle, Washington*. pp810-813. June 1994.

### 저자소개

#### 조 동 기(Dong-Ki Cho)



1999년 2월 경상대학교 전자공학과 졸업  
2001년 2월 경상대학교 전자공학과 졸업(석사)

2004년 3월 경상대학교 전자공학과 박사 과정  
2000년 8월 ~ 현재 : 한국소니전자  
※관심분야 : 마이크로 스트립 안테나

#### 이 호 상(Ho-Sang Lee)



1994년 2월 경상대학교 전자공학과 졸업  
1997년 8월 경상대학교 전자공학과 졸업(석사)

2005년 3월 경상대학교 전자공학과 박사 과정  
1994년 4월 ~ 현재 : 한국수자원 공사

#### 박 경 태(Kyeng-Tea Park)



1993년 2월 경상대학교 전자공학과 졸업  
1996년 2월 경상대학교 전자공학과 졸업(석사)  
2004년 3월 경상대학교 전자공학과 박사 과정

2000년 8월 ~ 현재 : 대한직업 전문학교

#### 이 문 수(Moon-Su Lee)



1970년 2월 한국항공대학  
1980년 2월 한양대학교 졸업(석사)  
1984년 2월 한양대학교 졸업(박사)  
1981년 ~ 1986년 제주대학교 교수

1986년 ~ 1987년 COMSAT Laboratories in the U.S.A  
1986년 ~ 현재 : 경상대학교 전자공학과 교수  
※관심분야 : 마이크로 스트립 안테나