

ISM 대역용 원통형 마이크로스트립 안테나에 관한 연구

A Study on the Cylindrical Microstrip Antenna for ISM Band Applications

정돈기*, 최병하**

Don-Ki Jeong* and Byoung-Ha Choi**

요 약

본 논문에서는 수직편파 수평면내 무지향성을 갖는 마이크로스트립 안테나를 연구하기 위하여 마이크로스트립 패치의 안테나 소자 4개를 원통형 표면에 수평으로 배열하였다. 안테나의 중심주파수는 ISM 대역인 2.45GHz를 선택하였다. 이는 무선 LAN의 접속점, 무선 마이크의 기지국 등에서 적용이 가능하기 때문이다. 먼저 기본 계산식에서 기본 패치의 폭과 길이를 계산하고 2.5D와 3D 컴퓨터 시뮬레이션으로 최적화하였다. 제작된 안테나의 특성을 측정한 결과 동축케이블 포트의 임피던스는 $51.915+j3.688 \Omega$ 이며, 반사손실은 -31dB , 전압정재파비는 1.081로 나타났다.

Abstract

In this study, the antenna was proposed for the omni-directional characteristic in horizontal plane. Therefore we proposed 1×4 microstrip patch array on cylindrical surface for studying microstrip patch antennas. This antenna is designed for 2.45GHz ISM band and applications. This antenna can be applied to the base station of wireless microphone and access point of wireless LAN. The length and width of the patch antenna and the width of the feed line were calculated by using the theory of microstrip patch antenna, by using the both the 2.5D and 3D EM simulators the optimized antenna characteristics are obtained. From result of measured, antenna's impedance of coaxial waveguide port was $51.915-j3.688 \Omega$, the return loss was -31dB and VSWR was 1.081.

Key words : Microstrip , Cylindrical Array Antenna , Cylindrical Antenna Cylindrical

I. 서 론

마이크로파대 무선통신에서 사용하는 안테나는 전자나팔을 1차 방사기로 사용하고 여기에 반사판을 부착하는 파라볼라 안테나 계열이 주류를 이루고 있으며, 준 마이크로파대에서는 반파장 다이폴을 여진 소자로 사용하는 안테나가 많이 사용되고 있다[1].

마이크로스트립 패치 안테나가 급전선로와 급전 소자를 하나의 기판 위에 제작할 수 있는 특징을 가지고 있고, 능동소자와의 일체화가 가능하며, 가볍고 대량생산에 유리하다는 등의 특징이 있어서 소형 송신기와 각종 수신기 등에서 매우 유용하게 사용되고 있는 추세이다[2].

마이크로파대 통신에서는 잡음과 간섭을 줄이고

* 에스케이텔레콤(SK Telecom. co. Ltd.)

** 목포해양대학교 해양전자통신공학부(Div. of Marine Electro. & Comm. Eng., Mokpo National Maritime University)

· 제1저자 (First Author) : 정돈기

· 접수일자 : 2006년 9월 27일

소전력으로 원거리 통신이 가능하도록 예민한 지향성의 안테나를 사용하여 큰 이득을 얻는 경우가 대부분이다. 따라서 마이크로스트립 안테나도 일직선상이나 평면상에 패치 소자를 배열하여 필요한 지향특성과 이득을 얻고 있다.

그러나 무선중계기지국, 무선 LAN의 접속점 등에서는 수평면내 지향성이 무지향성을 갖는 안테나가 필요하다. 이때 준 마이크로파대에서는 수직 모노폴 또는 다이폴 안테나와 이를 수직으로 적립한 콜리니어 어레이 안테나를 사용하고 있고, 마이크로파대인 9GHz대 SART 등에서는 도파관을 이용하는 안테나가 사용된다[3].

이 논문에서는 수직편파 수평면내 무지향성을 갖는 마이크로스트립 안테나를 연구하기 위하여 마이크로스트립 패치의 안테나 소자 4개를 원통형 표면에 수평으로 배열하였다. 안테나의 중심주파수는 무선 LAN의 접속점, 무선 마이크의 기지국 등에서 필요한 ISM대역인 2.45GHz를 선택하였다[4],[5].

먼저 기본 계산식에서 기본 패치의 크기를 계산하고 4개를 배열하였다. 이 자료를 토대로 ADS2003C과 Microwave Studio5.0을 사용하여 컴퓨터 시뮬레이션으로 최적화하였으며, 성능이 확인된 설계 자료에 따라 사진 식각법으로 제작하고, 지향특성, 이득, 정재파비 등의 제반 특성을 측정하여 분석하였다.

II. 안테나 설계

ISM 대역에 알맞은 동작특성을 갖는 단일 패치를 설계한 후 이를 원통의 표면에 수평으로 배열함으로써 수직면내 지향성은 예민하고 수평면내 지향성은 무지향성을 얻도록 하였다. 급전은 마이크로스트립 라인을 이용하여 동축케이블과 연결하도록 하였다. 각 패치는 균일한 형태로 설계하고 간격은 $\lambda/4$ 로 하였다.

패치의 폭과 길이는 먼저 기본공식에 의하여 계산하였으며, 회로시뮬레이션 도구인 ADS2003C와 3D 시뮬레이션 도구인 CST Microwave Studio5.0을 이용하여 최적화 하였다. 정합용 마이크로스트립 라인인 $\lambda/4$ 임피던스 변환기를 사용하여 50 Ω 동축

케이블에 접속할 수 있도록 설계하였다.

표 1. 패치안테나의 설계 사양

Table 1. Specification of the Patch Antenna.

중심주파수	2.45GHz
VSWR	≤ 2
입력 임피던스	50 Ω
지향성	수평면내 무지향성
이득	≥ 6 dBi

표 2. 마이크로 스트립 유전체의 제원

Table 2. Information of the Substrate.

품명	로저스사 R04003C
ϵ_r	3.5
h	0.5 mm
T	0.007 mm
Loss Tangent	0.0009

2-1 배열을 위한 기본 패치 안테나의 설계

안테나의 특성을 결정해 주는 파라미터들은 방사 패치의 길이와 폭, 유전율, 스텐드의 길이 등이 있으며, 각각의 파라미터 변화에 따라 안테나의 공진 주파수, 임피던스, 대역폭, 결합크기가 달라진다.

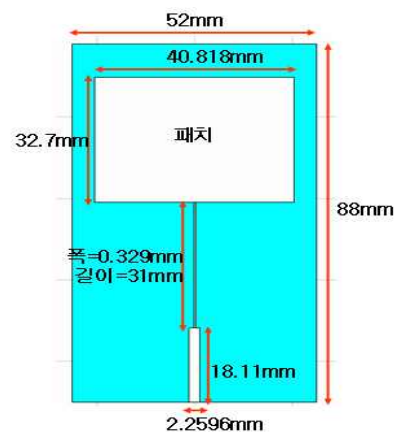


그림 1. 단일 패치안테나

Fig. 1. Single Microstrip Patch Antenna.

그림 1은 단일 패치 안테나를 마이크로스트립 안테나의 기본 공식을 이용하여 설계하였다. 패치의 폭(W)은 40.816mm이고 길이(L)은 32.7mm이다.

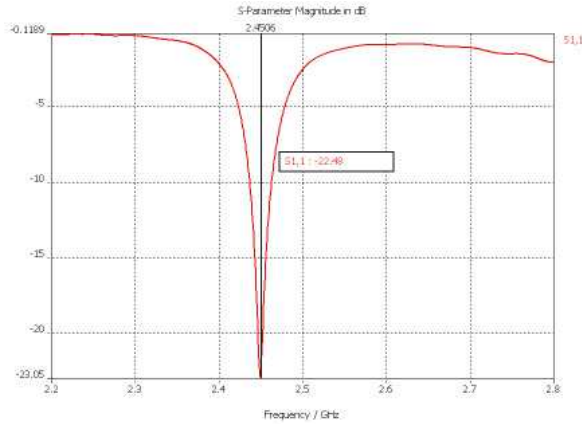


그림 2. 단일 패치안테나의 반사손실
Fig. 2. Return loss of Single Microstrip Patch Antenna.

그림 2는 단일 패치 안테나의 중심 주파수 2.45GHz에서 -22.48dbi를 나타낸다.

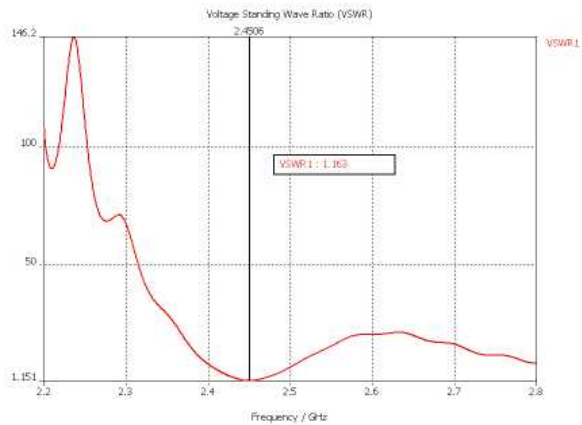


그림 3. 단일 패치안테나의 전압정재파비
Fig. 3. VSWR of Single Microstrip Patch Antenna.

그림 3은 중심 주파수 2.45GHz에서 1.163의 전압 정재파비를 나타낸다.

안테나 기판의 상대 유전율은 안테나의 대역폭과 방사 효율에 영향을 준다. 그림 1에서 보여주는 2.45 GHz의 단일 패치 안테나는 다음의 기본적인 공식에 의해서 결정되며[6],[7], 좋은 특성을 얻기 위하여 모멘트 시뮬레이션을 반복하여 최적화하였다.

계산결과를 기초로 PCAAD 3.0 을 이용하여 폭 W=40.816mm , 길이 L = 32.7mm의 공진패치를 설계 하였고, 시뮬레이션 한 결과 공진 주파수 2.45 GHz에서의 반사손실, 임피던스 정합, 정재파비, 방사특성을 확인하였다.

2-2 원통형 표면상에 안테나 설계

설계된 단일 패치안테나를 그대로 적용하여 직렬로 4개를 원통면 상에 배치하였다.

각 패치안테나의 간격은 90° 위상차를 주기 위하여 λ/4로 간격을 주어 원통형으로 구현을 하여 수평면내 무지향 특성을 얻고자하였다.

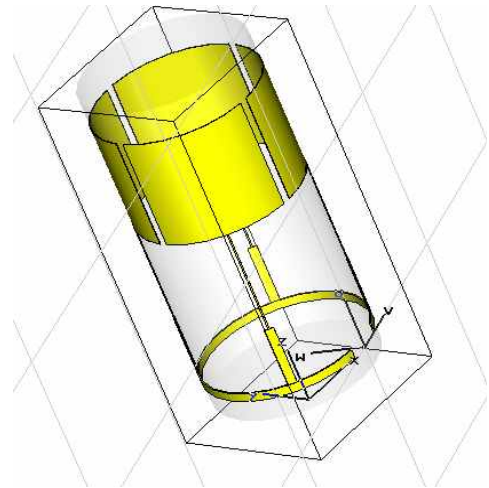


그림 4. 원통형 안테나
Fig. 4. The front site of cylindrical Microstrip Patch array Antenna.

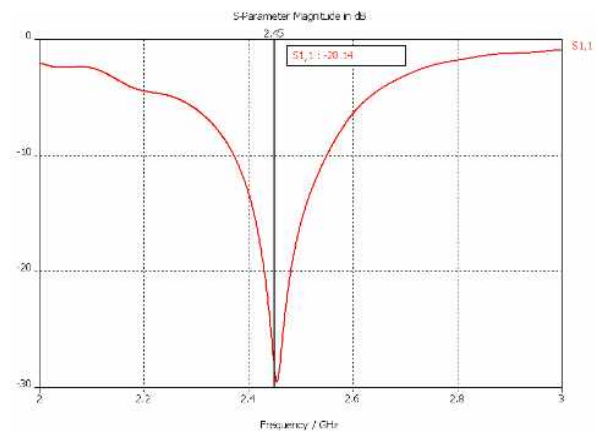


그림 5. 원통형 안테나의 반사손실
Fig. 5. Return loss of cylindrical Microstrip Patch array Antenna.

그림 5는 중심 주파수 2.45GHz에서 -28.14dB의 반사 손실을 나타낸다.

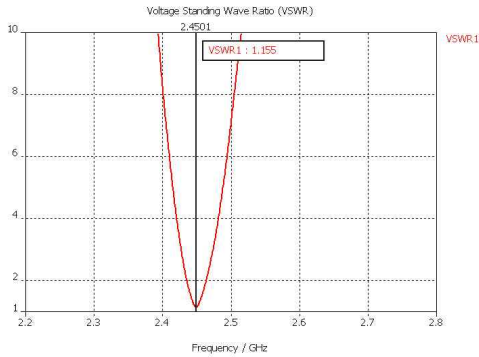


그림 6. 원통형 안테나의 전압정재파비
Fig. 6. VSWR of cylindrical Microstrip Patch Antenna.

그림 6은 원통형 안테나의 중심 주파수 2.45GHz 에서 전압정재파비의 값 1.155를 나타낸다.

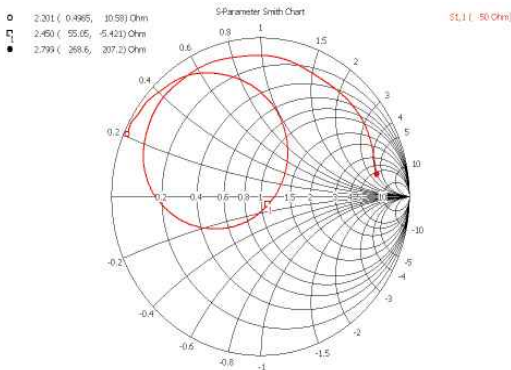


그림 7. 원통형 안테나의 입력 임피던스
Fig. 7. Input impedance of cylindrical Microstrip Patch Antenna.

그림 7은 중심 주파수 2.45GHz에서의 55.05-j5.421 의 입력 임피던스를 나타낸다.

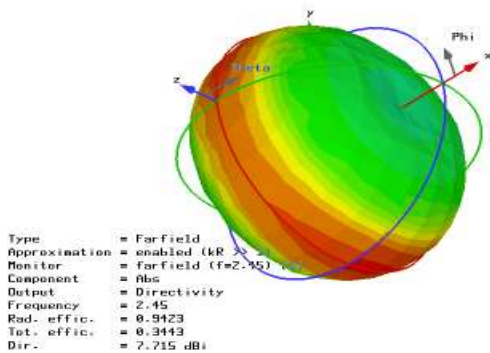


그림 8. 원통형 안테나의 지향특성
Fig. 8. Input impedance of cylindrical Microstrip Patch Antenna.

그림 7은 설계 결과 2.45GHz에서의 방사 패턴은 전체적으로 7.715dBi의 이득 값을 나타내었다. 거의 원형에 가깝게 방사하는 것을 나타낸다.

III. 안테나의 제작 및 측정 결과 분석

시뮬레이션에 의해 최적으로 설계되어진 2.45 GHz 대역 원통형 안테나는 Anritsu 37169A VNA를 사용하여 측정을 하였다. 실제 설계 제작한 ISM대역용 원통형 마이크로스트립 안테나는 유전율 3.5, 기판두께 $h = 0.5\text{mm}$ 인 로저스사 RO4003C 기판 위에 제작하였다.

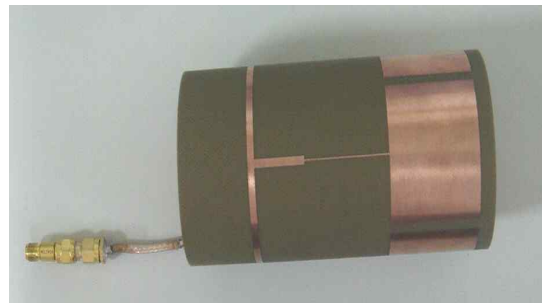


그림 9. 제작된 원통형 안테나
Fig. 9. Fabricated cylindrical Microstrip Patch Antenna.

그림 9는 실제 제작된 원통형 마이크로 스트립 패치 안테나를 나타낸다.

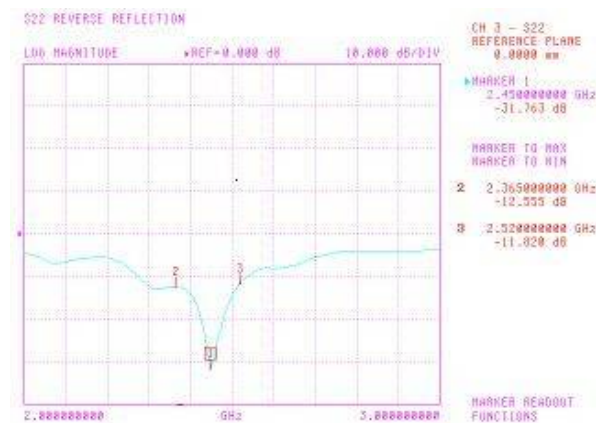


그림 10. 원통형 안테나 반사 손실
Fig. 10. Return loss of the Cylindrical Microstrip Antenna.

그림 10에서 중심 주파수 2.45GHz에서의 반사손실은 -31.763dB이다.

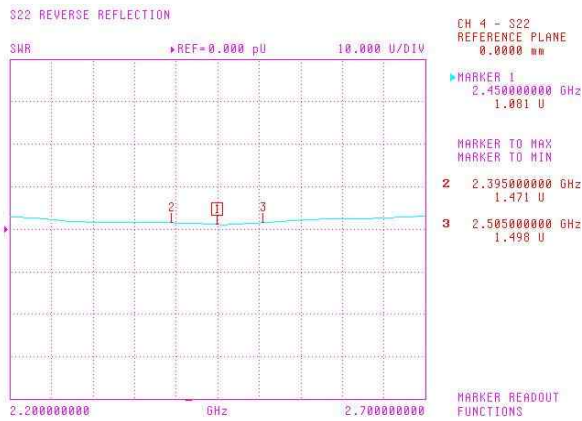


그림 11. 원통형 안테나의 전압정재파비
Fig. 11. VSWR of cylindrical Microstrip Patch Antenna.

그림 11은 제작된 원통형 안테나의 1.081의 전압 정재파비를 나타낸다.

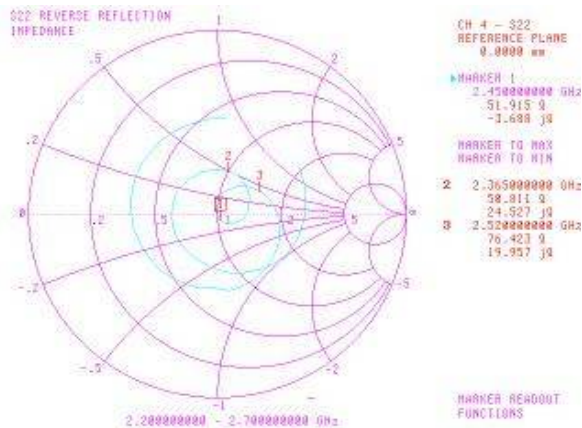


그림 12. 원통형 안테나 임피던스 특성
Fig. 12. Impedance characteristics of the Cylindrical Microstrip Antenna.

실제 제작된 안테나의 입력임피던스는 그림 12에서 51.915+j3.688로 나타났다. 최종적으로 안테나 시뮬레이션 결과와 제작된 안테나의 측정 결과를 비교 분석한 결과를 표 3에서 보여주고 있다.

그림 13은 안테나의 지향특성이 수평면내 무지향성을 나타내고 원하는 지향특성을 유사하게 만들 수 있었고, 이득은 8.3dBi로 나타났다.

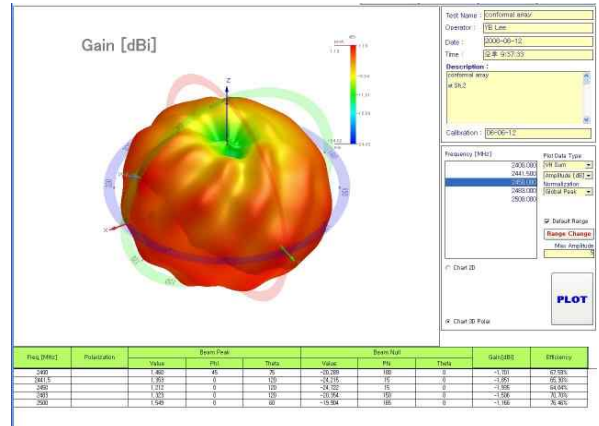


그림 13. 안테나 방사 특성
Fig. 13. Radiation pattern of the Cylindrical Microstrip Antenna.



그림 14. 안테나 측정장치
Fig.14. Photograph of a Test Equipment.

표 3. 측정 결과 비교
Table 3. Comparison of measurement result.

	Simulation Result	Measurement Result
중심 주파수	2.45GHz	2.45GHz
반사 손실	-28.14dB	-31.763dB
VSWR	1.115	1.081
Radiation Pattern	Omni - Directional	Omni - Directional
이득	7.715dBi	8.3dBi

시뮬레이션 결과를 토대로 안테나를 제작하여 측정한 결과 안테나 원하는 중심 주파수 대역에서 유사한 특성을 나타내었지만, 제작된 안테나의 특성이 시뮬레이션 결과 보다 우수한 특성이었다. 이는 제작시에 시뮬레이션 과정과는 다르게 방사 패치와 전송 선로간의 임의 튜닝 과정을 거쳤기 때문이라고 판단된다.

표 4. 무선 LAN 안테나와 비교

Table 4. Comparison of Wireless LAN Antenna.

	상용 무선 LAN 안테나	제작 원통형 안테나
중심 주파수	2.45GHz	2.45GHz
반사 손실	-10dB	-31.763dB
VSWR	1.92	1.081
Radiation Pattern	Omni - Directional	Omni - Directional
이득	5dBi	8.3dBi

표 4는 상용 무선 LAN용 안테나와 제작한 원통형 안테나와의 비교를 나타낸다.

IV. 결 론

ISM 대역인 2.45GHz를 중심주파수로 설계한 직사각형 마이크로스트립 패치 안테나 4개를 원통형 표면에 수평으로 배치함으로써 수직편파 수평면 내 무지향성을 갖는 안테나에 대하여 연구하였다.

안테나는 비유전율이 3.5, 기판의 두께가 0.5mm인 로저스사 RO4003C 기판을 사용하였고, 기본 계산식에서 구한 수치를 기초 자료로 활용하여 회로 시뮬레이션 도구인 ADS2003C를 이용하여 최적화하였다.

최적화된 데이터를 사용하여 안테나 설계 도구인 CST Microwave Studio 5.0에서 안테나의 제반 특성을 예측하였다.

사진식각법으로 제작한 안테나의 특성을 측정한 결과 급전점 임피던스는 중심주파수 2.45GHz에서 $51.915 + j 3.688 \Omega$ 이었고, 반사손실은 -31dB, 전압정

재파비(VSWR)는 2.45GHz에서는 1.081로 설계 사양에 근접한 결과를 나타내었다.

제작한 안테나는 수평면내 무지향성을 목표로 설계한 것이다. 따라서 수평면내 무지향성을 유지하면서 이득이 큰 안테나가 필요한 경우에는 동일한 형태의 패치 안테나를 수직 방향으로 적립하면 될 것이다.

이 연구의 결과는 무선 LAN의 접속점, 무선 마이크의 기지국 등에서 활용될 것이다. 특히 무선 LAN 환경의 무선 라우터, 무선 중계기에 연결하여 무선 중계기와 각 노드간의 안정적인 데이터 송수신을 도와줄 수 있는 연구에 도움을 줄 것으로 판단되며 또한, 마이크로파대에서 수평면내 무지향성을 갖는 각종 마이크로스트립 안테나의 설계에 기본적인 자료를 제공할 것이며, 밀리미터파 대에서 그 활용이 훨씬 다양하게 이루어질 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Constantine A. Balanis *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Song INC., 1998.
- [2] T. Edwards, *Foundation for Microstrip Circuit Design*, John Wiley & Sons, pp. 44-54, 1991.
- [3] K. P. Esselle, "A low-profile rectangular dielectric resonator antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 44, pp. 1296-1297, 1996.
- [4] 김현민, 고희화, "ISM용 주파수 대역의 이용방안 및 기술기준," 한국통신학회, 1997.
- [5] R. E. Collin, *Field Theory of Guided Waves*. New York: McGraw-Hill, 1960.
- [6] K. L. Wong, *Design of Nonplanar Microstrip Antennas and Trans-mission Lines*, John Wiley & Sons., New York, 1999, Chap. 7.
- [7] C. A. Balanis, *Advanced Engineering Electromagnetics*, John Wiley, New York, 1961.

정 돈 기 (洪吉懂)



1990년 2월 : 광주대학교 전산과
 1995년 2월 : 경희대학교 산업정보
 대학원 정보통신과(공학석사)
 2005년 3월 ~ 현재 : 목포해양대학
 교 대학원 해양전자통신학과 박사
 과정
 1989년 ~ 2003년 : (주)SK 텔레콤

network engineering

2004 ~ 현재 : (주)SK 텔레콤 목포지점

관심분야 : CDMA 단말기 Hardware, 안테나

최 병 하 (崔炳夏)



1969년 2월 : 한국항공대학교 항공
 전자공학과(공학사)
 1981년 3월 ~ 1983년 2월 : 건국대
 학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1987 : 통신기술사
 1988년 3월 ~ 1993년 2월 : 한국 항
 공대학교 대학원 전자공학과(공학

박사)

1972년 ~ 현재 : 국립 목포해양대학교 해양전자통신공학
 부 교수

관심분야 : 안테나, 해상이동통신 및 위성통신