
급전구조를 변형한 S-Band용 INSET-FED 마이크로스트립 패치 안테나

정동근* · 이석문* · 하천수*

An Inset-Fed Microstrip Patch Antenna Having Modified Feeding Structure
in the S-Band

Dong-keun Jung* · Seok-moon Lee* · Cheun-soo Ha*

이 논문은 2001년도 금오공과대학교 교내학술연구비의 지원에 의해 연구되었음

요 약

본 논문에서는 Inset-fed 안테나의 급전구조를 변형하여 기존의 Inset-fed 안테나 보다 그 성능을 향상 시킨 안테나를 설계 및 제작하였다. Patch 안테나에서 gap 결합에 의한 급전 방식을 기초로 하여 변형된 급전 방식을 Inset-fed 안테나에 적용하였다. 설계된 안테나는 FDTD에 의한 simulation을 수행하여 최적치를 얻었으며 제작된 안테나는 공진 주파수에서 S11은 -14dB이고 cross polarization level은 -20dB의 특성을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, a modified feeding structure for microstrip patch antenna is suggested for improving the performances. The proposed antenna has a gap between the transmission line and the recessed part of the radiating patch which makes a capacitive coupling. It shows higher S11(-14dB) and lower cross polarization level(-20dB) compare with the conventional inset fed patch antenna while having a similar characteristics in another evaluating items. Experimental results are examined and considered to apply to the S-Band application, and the effectiveness has been confirmed by FDTD simulation and measurement simultaneously.

키워드

patch antenna, inset fed antenna, gap coupling, feeding structure

I. 서론

최근 고도 정보화 사회를 실현하기 위하여 컴퓨터를 이용한 통신이 급격히 발전되어 왔으며 이와 더불어 무선통신에 의한 단거리통신 부문에도 많은 연구가 수행되고 있다. Blue Tooth와 Home LAN등이 대표적인 경우이며 가정 및 사무실에서 모든 정보 기기에 무선 네트워크가 가능하게 되었다.

이러한 시스템에 사용되는 송수신용 안테나의 지향성 특성은 주로 무 지향성 방사특성을 갖는다. 그러나 단거리 통신의 응용분야 중에서 이동 또는 고정된 차량과 특정 위치에 설치되어 있는 노변 장치간의 통신으로 요금정산, 교통제어 및 데이터 전송 등과 같은 경우에는 지향성을 갖는 안테나가 필요하며 마이크로스트립 안테나로 구현할 수 있다.

본 논문에서는 지향성을 가지며 여러 장점이 있는 기존의 마이크로스트립 안테나의 급전방식을 개선한 새로운 형태의 급전 방식을 제안하였다. 새로운 급전 방식은 Inset-fed 마이크로스트립 패치 안테나의 구조에 gap 결합에 의한 급전 방식을 응용한 것으로 ISM band인 2.40~2.50GHz 대역에서 설계 및 제작되었다. 제안된 gap 결합 급전방식은 넓은 범위에서 임피던스 매칭이 가능하며 gap의 크기와 급전선의 Inset된 길이를 적절히 선택하면 기존의 Inset-fed 안테나 보다 효율이 증대된다. 또한 gap 결합 급전 방식은 복사소자와 급전선이 격리되므로 DC 성분을 차단해 주는 이점을 가진다.

Inset-fed patch 안테나의 기본이론을 토대로 gap 결합 Inset-fed 패치 안테나를 설계 및 제작하였고, FDTD 시뮬레이션 결과와 측정결과를 서로 비교하였다. 측정된 결과는 FDTD 시뮬레이션으로 얻어진 결과와 거의 일치함을 알 수 있었다.

II. Gap-Coupled Inset-Fed 안테나

II.1 Inset-Fed 패치 안테나

마이크로스트립 안테나 설계를 하는데 있어 또 다른 기본적인 요소는 급전 구조이며 적절한 급전방식에 의하여 원하는 안테나 성능을 얻을 수 있게 된다. 급전방식에 의하여 삽입손실이 주파수가 증가함에

따라 급격히 증가하기 때문이다. 고주파에서 안테나 시스템의 전반적인 효율은 급전할 때 삽입손실에 의하여 영향을 받는다[1]. 그리고 마이크로스트립 급전 선로에서의 불연속은 표면파 손실과 spurious 방사의 원인이 된다. 일반적으로 제어하기가 어려운 spurious 방사는 여러 방향으로 co-polarization side lobe 레벨과 cross polarization 방사패턴의 에너지를 증가시킴으로 해서 안테나 이득을 감소시킨다. 위의 조건들을 고려하여 안테나 시스템의 효율을 증가시키는 급전구조를 설계할 때 근본적으로 고려해야 할 사항들은 적은 삽입손실, 작은 공간차지, 급전과정에서 불연속 개수의 최소화 등이다. 마이크로스트립 안테나의 급전방법은 여러 가지가 있으며[2],[3], 본 논문에서는 방사소자의 중심부 쪽으로 슬롯을 만들어 급전을 용이하게 한 Inset 급전 방법을 고려한다. 그러나 기판 두께가 증가함에 따라 표면파와 기생방사가 증가하여 실제 설계에서는 제한을 받는다.

그림 1에서와 같이 patch의 가장자리에서 거리 do 만큼 안쪽으로 들어간 Inset 급전을 이용하여 공진 입력저항을 변화시킬 수 있다. 이 방법은 마이크로스트립 선로를 통하여 직접 급전하는 경우이며 마이크로 스트립 선로의 특성 임피던스와 patch 안테나를 정합시키는 데 효과적으로 이용될 수 있다. 모드 전개법을 이용하여 Inset 급전에 대한 입력 저항을 구한 결과는 식 (1)과 같으며 이 식에 $G1/Yc \ll 1$ 이고, $B1/Yc \ll 1$ 인 조건을 대입하여 식(2)와 같이 간단히 나타낼 수 있다[4].

$$R_{in}(d=do) = \frac{1}{2(G_{1\pm} \pm G_{12})} \left[\cos^2\left(-\frac{\pi}{L} d_o\right) + \frac{G_1^2 + B_1^2}{Y_c^2 \sin^2\left(-\frac{\pi}{L} d_o\right)} - \frac{B_1}{Y_c \sin\left(\frac{2\pi}{L} d_o\right)} \right] \quad (1)$$

$$R_{in}(d=do) = \frac{1}{2(G_{1\pm} \pm G_{12})} \cos^2\left(-\frac{\pi}{L} d_o\right) = R_{in}(d=0) \cos^2\left(-\frac{\pi}{L} d_o\right) \quad (2)$$

식 (2)의 정규화된 값의 궤적을 그림 2에 도시하였다. 식 (1)을 이용하여 구한 값은 실험 데이터와 비교적 잘 일치한다. 그러나 Inset 급전은 구조적인 notch가 생겨 접합용량이 발생하며 공진 주파수에 약간의 영향을 준다. 입력저항의 최대치는 전압이 최

대이고 전류가 최소인 patch의 가장자리($d_0=0$)에서 나타나게 됨을 식(2)와 그림 (2)로부터 알 수 있으며 대표적인 값은 수백 Ω 정도이다.

최소 임피던스 값인 0은 patch의 중앙($d_0=L/2$)에서 발생하고 이 경우에 전압은 0이고 전류는 최대이다. Inset 급전점을 patch의 중심으로 이동함에 따라 입력 임피던스는 감소하며 중앙에서는 영이 된다. Inset된 급전 점을 patch의 가장자리에서 중앙으로 접근할 때 $\cos^2(\pi d_0/L)$ 함수는 매우 급격하게 변화하므로 입력 저항도 급전 점의 위치에 따라서 빠르게 변화한다.

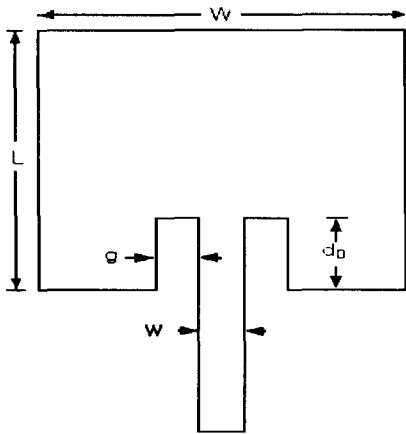


그림 1. Inset fed patch 안테나의 형태
Fig. 1 Configuration of Inset fed patch antenna

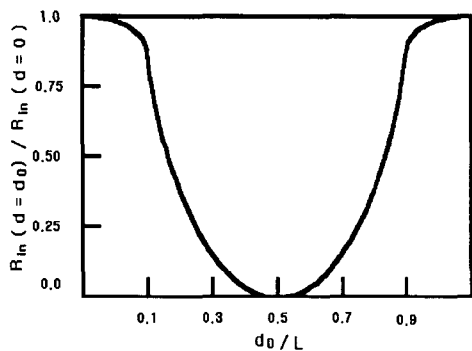


그림 2. Inset fed 형태로 급전된 경우 정규화된 입력 임피던스의 변화
Fig. 2 Normalized input impedance variation when fed by inset structure

II. 2 Gap-Coupled Inset-Fed 패치 안테나

제안된 Gap Coupled Inset Fed 급전방식은 gap g와 급전선의 inset된 길이 d_0 를 적절히 선택하여 마이크로스트립 선로를 통하여 직접 급전된다. 그림 3에서 Inset fed patch antenna의 형태를 보였으며 마이크로스트립 patch에 coupling을 통하여 급전한다는 것은 급전선과 패치 사이에 약간의 gap을 줌으로써 구현할 수 있다. 적절한 gap의 크기를 구하기 위하여 FDTD에 의한 Simulation을 수행하였고 적절한 값을 구할 수 있었다.

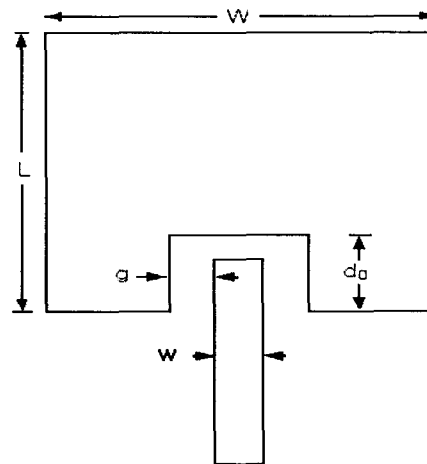


그림 3. Gap coupled Inset fed patch 안테나의 형태
Fig. 3 Configuration of gap coupled inset fed patch antenna

III. Gap-Coupled Inset-Fed Patch 안테나 설계 및 제작

III.1 Patch의 크기

본 논문에서는 공진 주파수를 2.45GHz로 하였고 급전점에서 50Ω 입력 임피던스를 갖도록 설계하였다. 여기에 사용된 기판은 $\epsilon_r=10.2$, 두께 50mil의 특성을 갖는 Duroid 기판을 사용하였다. 안테나의 길이는 안테나의 공진 주파수와 관련되며 안테나의 폭은 입력 임피던스에 관련된다. patch의 길이 L과 폭 W를 원하는 공진 주파수에서 공진이 발생하는 반 파

장 정도의 길이로 하고 정확한 임피던스 매칭을 이루는 급전 점의 위치를 갖도록 설계되어야 한다. 이와 같은 단일 공진 사각형 patch 안테나의 설계에는 기존의 방법들을 이용하였다.

1) 양호한 방사 효율을 얻기 위한 실제 폭은 다음 식 (3)에 의한다.

$$W = \frac{c}{2fr} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (3)$$

2) 식 (3)에 의하여 W를 구하고 확장길이 ΔL을 식 (4)에 의해 구한다.

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{reff} + 3)(\frac{W}{h} + 0.264)}{(\epsilon_{reff} - 0.258)(\frac{W}{h} + 0.8)} \quad (4)$$

3) 기본 mode에 관한 공진 주파수 길이 L을 구하고 식 (5)에서 실제 길이를 구할 수 있다.

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (5)$$

위의 설계순서로 얻은 패치 폭 W와 길이 L의 값은 각각 25.872mm, 16.156mm이다.

III.2 급전 점의 위치

Inset 급전 점을 patch의 가장자리에서 가운데로 이동함에 따라 입력 임피던스는 감소하여 중앙에서 영이 됨을 기술하였다. 이러한 과정으로 Inset의 길이 d를 패치 길이의 1/3지점을 시작점으로 하여 최적의 급전점을 구한다. 이렇게 구한 do의 길이는 6.35mm이다.

III.3 안테나의 제작

본 논문에서는 제안된 Gap Coupled Inset Fed Patch Antenna를 제작하기 위해 계산에 의해 설계된 Inset fed 패치 안테나의 치수를 기본으로 FDTD 시뮬레이터에 의한 최적값을 구하였다. 원하는 공진 주파수, 급전점 임피던스 및 반사손실 등을 만족하는 최적화된 Inset Fed Patch Antenna의 폭 W와 길이

L은 각각 15.6mm, 13.2mm가 되고 매칭을 위한 inset 길이는 do=6.0mm가 된다. 계산치와 simulation 결과에서 patch의 폭 W의 차이는 두께와 높은 유전율의 기판에 기인하는 것으로 여겨진다.

최종적으로 제안된 Gap-Coupled Inset Fed 패치 안테나를 제작하기 위해 앞에서 설계된 Inset Fed 패치 안테나의 패치와 급전선 사이에 gap 크기 g=0.6mm로 설정하고 다시 최적의 값을 구한 결과는 폭 W=13.2mm, L=18.6mm, d=6.6mm, g=0.6mm이었다. 실제 제작된 안테나를 아래 그림 4에 보였다.

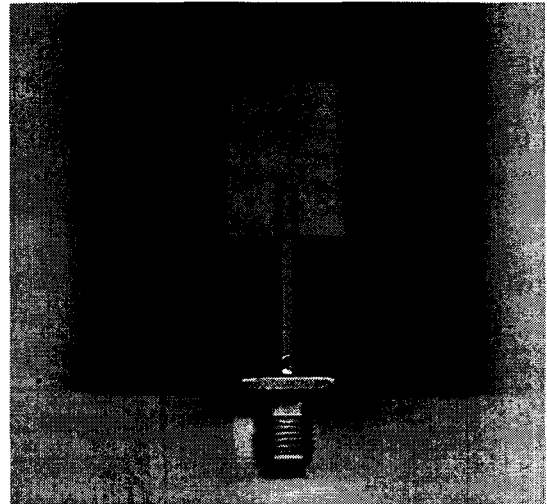


그림 4. 제작된 Gap-Coupled Inset Fed Patch Antenna
Fig. 4 Fabricated gap coupled inset fed patch antenna

IV. Gap Coupled Inset Fed Patch Antenna의 Simulation 및 측정결과

제안된 Gap-Coupled Inset-Fed 패치 안테나의 시뮬레이션에 의한 전계 분포의 크기 |E|와 전류 분포의 크기 |J|를 그림 4와 그림 5에 보였다. 그림에서 보는 바와 같이 입력저항의 최대치는 전압이 최대이고 전류가 최소인 슬롯의 가장자리(d=0)에서 나타나게 되고 최소 값(0)은 패치의 중앙(d=L/2)에서 발생하고 이 경우에 전압은 0이고 전류는 최대임을 확인할 수 있다. 패치 가장자리가 radiating edge임도 확인할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 microstrip patch 안테나의 급전 방법을 변형한 새로운 급전형태를 가지는 gap coupled inset-fed patch antenna를 설계 및 제작하였다. 제작된 안테나에서 측정된 공진 주파수가 다소 어긋난 점과 E-cross polarization과 front-to-back ratio의 측정치들이 설계치에 비해 다소 차이가 나는 것은 추후 개선될 수 있을 것으로 여겨진다.

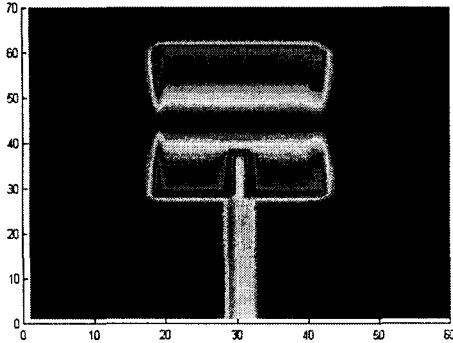


그림 5 Simulation에 의한 $|E|$ intensity
Fig. 5 $|E|$ intensity by simulation

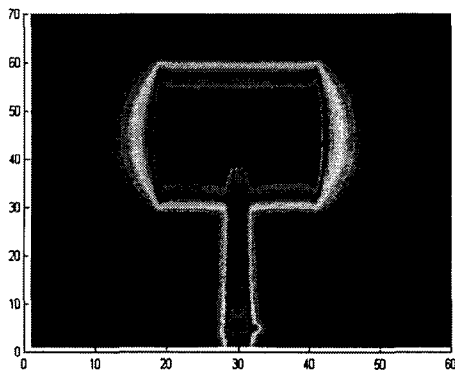


그림 6 Simulation에 의한 $|J|$ intensity
Fig. 6 $|J|$ intensity by simulation

FDTD Simulation에 의한 설계 방사패턴 및 제작 후 측정된 안테나의 방사패턴을 그림 7, 8, 9, 10에 서로 비교하여 도시하였고, 주파수 변화에 따른 Input Return Loss에 대한 설계 및 측정 다이어그램은 그림 11에 나타내었다. 측정결과를 살펴보면 공진 주파수의 경우 설계치 2.42GHz보다 70MHz 높은 2.49GHz에서 나타났고, 이때 S_{11} 은 -14dB, cross polarization level은 -20dB로 양호함을 볼 수 있다.

참고문헌

- [1] P. BHARTIA, K.V.S. RAO and R.S. TOMAR, "Millimeter-wave microstrip and printed circuit antennas", pp, 125-130, Artech House, Inc, 1991
- [2] P.B. Katehi and N.G. Alexopoulos, "On the Modeling of Electromagnetically coupled Microstrip Antennas-The Printed Strip Dipole," IEEE Trans. Antenna Propagat., Vol. AP-32, No. 11, pp. 1179-1186, Nov. 1984.
- [3] H.G. Oltman and D.A. Huebner, "Electromagnetically Coupled Microstrip Dipoles," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-29, No.1, pp. 151-157, Jan. 1981.
- [4] K.R. Carver, "Microstrip Antenna Technology," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-29, No. 1, pp. 2-24, Jan. 1981.

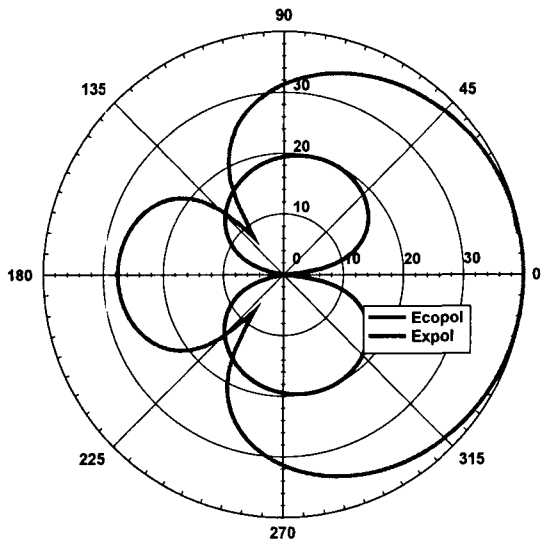


그림 7. Simulation에 의한 E co-,x-polarization의 방사특성
 Fig. 7 Radiation characteristic of E co-, x-polarization by simulation

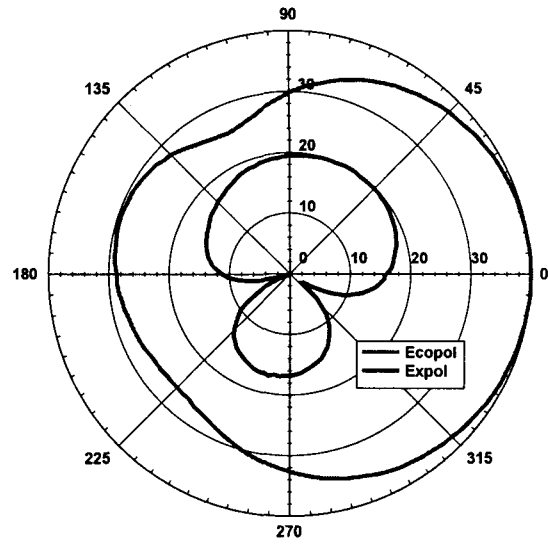


그림 9. 측정에 의한 E co-,x- polarization의 방사특성
 Fig. 9 Radiation characteristic of E co-, x- polarization by measurement

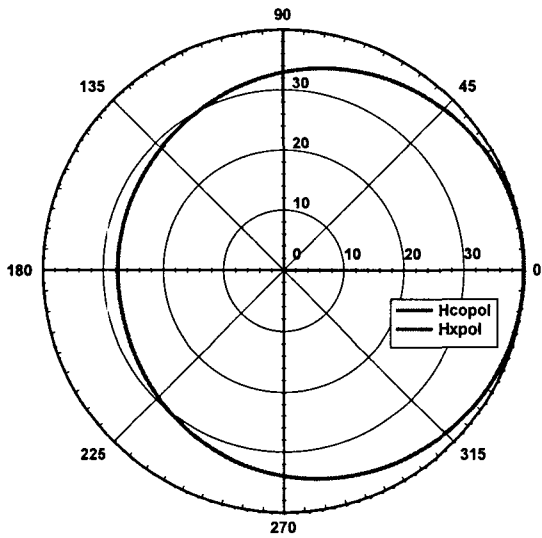


그림 8. Simulation에 의한 H co-,x- polarization의 방사특성
 Fig. 8 Radiation characteristic of H co-, x- polarization by simulation

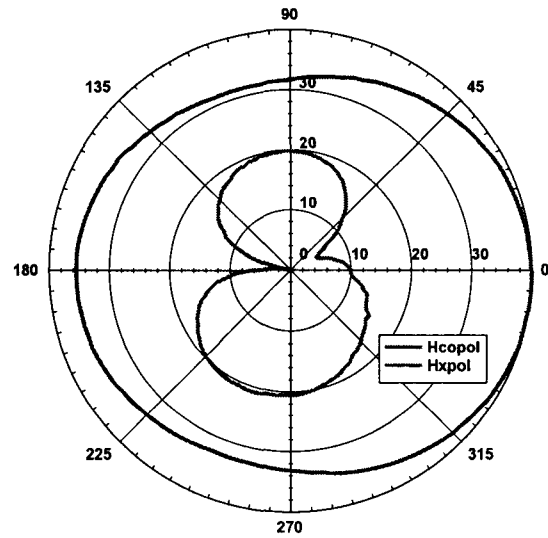


그림 10. 측정에 의한 H co-,x- polarization의 방사특성
 Fig. 10 Radiation characteristic of H co-, x- polarization by measurement

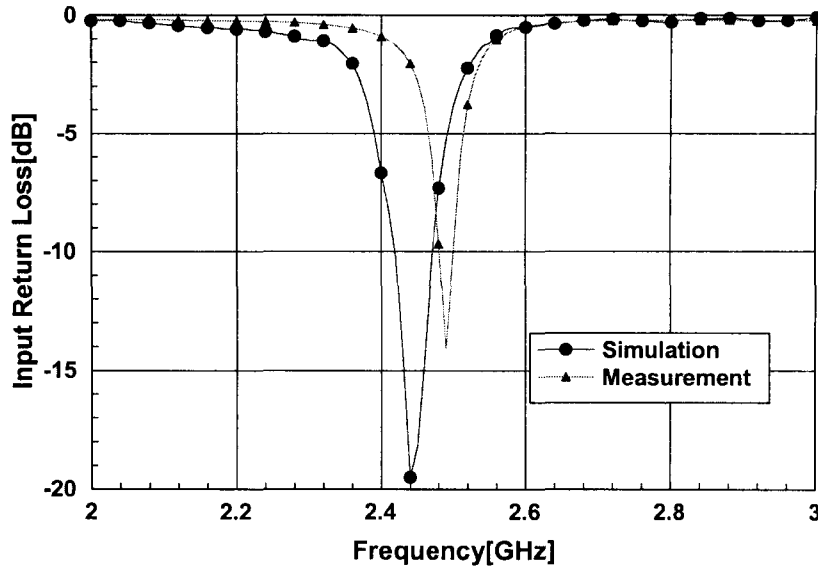


그림11. FDTD 시뮬레이션과 측정에 의한 Input Return Loss
Fig. 11 Input return loss by FDTD simulation and measurement

저자소개



정동근(Dong-Keun Jung)
1988년 2월 금오공과대학교 전자공학과(공학사)
1990년 8월 금오공과대학교 전자공학과(공학석사)
2001년 2월 금오공과대학교 전자공학과(박사과정 수료)

1988년 1월~1996년 2월 오리온전기(주) 선임연구원
1996년 2월~현재 구미기능대학 전자과 부교수
※관심분야: 광대역안테나, 통신시스템



하천수(Cheun-Soo Ha)
1974년 2월 홍익대학교 전자공학과(공학사)
1979년 2월 고려대학교 전자공학과(공학석사)
1984년 2월 고려대학교 전자공학과(공학박사)

1984년 3월~현재 금오공과대학교 전자공학부 교수
1989년 4월~현재 LG전자 Digital Display 사업본부 디지털영상제품연구소 기술교문
2000년 2월~2001년 2월 UCLA 전기전자공학부 교환교수
※관심분야: 안테나, 위성통신, 통신시스템



이석문(Seok-Moon Lee)
1989년 2월 금오공과대학교 전자공학과(공학사)
1991년 2월 금오공과대학교 전자공학과(공학석사)
2001년 3월~현재 금오공과대학교 전자통신공학과 박사과정

1991년 1월~현재 LG.Philips Display 선임연구원
※관심분야: 필스안테나, 통신시스템