

높은 격리도를 갖는 Low Profile 이중급전 마이크로스트립 안테나

Low Profile Dual Feeding Microstrip Antenna with High Isolation

김형락 · 권종훈 · 윤영중 · 윤재승* · 전순익*

Hyung-Rak Kim · Jong-Hun Kwon · Young-Joong Yoon · Jae-Seung Yoon* · Soon-Ik Jeon*

요 약

본 연구에서는 직접적인 급전방식인 마이크로스트립 급전과 H-shaped 개구 결합 급전을 이용해 마이크로스트립 안테나에서 최대 송수신간 전력간섭을 억제하여 송수신 분리 구현이 가능한 높은 격리도 특성을 가지면서도 최소의 기판 층 사용 및 쉬운 급전을 할 수 있는 새로운 구조의 이중급전 이중편파 안테나를 제시하고 실험을 통한 타당성을 보였다. 제안된 단일 안테나와 1×4 배열 안테나의 측정된 격리도는 -49 dB와 -48 dB 이하의 특성을 가졌고, 측정된 임피던스 대역폭(VSWR<1.5)은 중심 주파수 12.5 GHz에서 4 %, 중심 주파수 14.25 GHz에서 2.1 %를 보였으며, 최대 이득은 8.25 dBi와 14.2 dBi로 측정되었다.

Abstract

In this paper, a novel low profile dual feeding microstrip antennas with microstrip and H-shaped aperture feeding are proposed to achieve high isolation and easy feeding, and the validity of the proposed antennas is demonstrated experimentally. In the proposed single and 1×4 array antenna, the measured isolations are less than -49 dB and -48 dB, impedance bandwidths are 4 % at 12.5 GHz and 2.1 % at 14.25 GHz for the VSWR<1.5 in both antennas and maximum gains are 8.25 dBi and 14.2 dBi.

Key words : Low Profile, Dual Feeding, Isolation

I. 서 론

인간의 활동범위가 넓어지면서 위성 서비스용 안테나 기술은 기존의 반사형 안테나에서 소형, 경량, 박형이면서도 배열에 적합하고 용도에 따라 다양한 형태로 설계가 가능한 마이크로스트립 안테나 구조로의 기술적인 발전을 가져왔다. 하지만 이러한 기술적인 진전에도 불구하고 현재의 통신용 무궁화 위성 안테나는 상향 링크(14.0 GHz~14.5 GHz)와 하향 링크(12.25 GHz~12.75 GHz)의 대역폭과 두 대역에서 수직/수평 편파를 갖도록 설계되어졌기

때문에 송신용 안테나와 수신용 안테나를 각각 사용해왔다. 이를 개선하고자 단일 안테나로 송수신 신호를 달리 사용할 수 있는 단일 급전 이중공진 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 그 예로 기존에 연구되었던 이중공진 안테나는 2개의 패치를 접합하여 사용하는 접합형 이중공진 안테나^{[1][2]}, 단락편을 이용한 단일형 이중 공진 안테나^[3], 리액턴스성 부하를 이용한 단일형 이중공진 안테나^[4] 등이 있었으나 단일 급전 방식을 사용하기 때문에 송신 또는 수신 신호를 분리하기 위한 소자를 필요로 한다. 또한 송수신 편파가 동일하여 위성 통신과 같이

연세대학교 전기전자공학과(Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University)

*한국전자통신연구원(Electronics and Telecommunication Research Institute)

· 논문 번호 : 20020429-050

· 수정완료일자 : 2002년 6월 4일

서로의 편파가 다른 곳에는 적합하지 못하였다. 이런 문제를 해결하고자 단일 소자만을 이용한 이중 급전 이중편파 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

이중급전 이중편파 안테나는 송수신 신호를 분리하기 위한 diplexer와 같은 소자 없이도 하나의 안테나로 송수신이 가능하므로 그만큼 안테나의 소형, 경량, 박형의 특성과 더불어 편파 다이버시티로의 응용까지도 가능하다^[5]. 송수신 신호를 분리하는 외부소자 없이 충분히 분리하기 위해서는 안테나 자체에서 각 포트간의 전력간섭을 억제할 수 있어야 한다. 그에 따라 송수신간의 전력간섭을 의미하는 격리도의 개념이 대두되었으며, 또한 이를 개선하기 위한 여러 가지 방법들이 제안되었다. 대표적으로 방사패치와 급전선들 각각을 분리한 안테나^{[6],[7]} 구조들이 있는데 높은 격리도를 얻기 위해 여러 장의 기판과 공기층 이용에 따른 안테나 high profile 특성을 가져오게 되는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 높은 격리도 특성을 가지면서도 최소의 기판 층 사용과 쉬운 급전을 할 수 있도록 마이크로스트립 급전과 H-shaped 개구 결합 급전을 이용한 이중급전, 이중편파 마이크로스트립 안테나를 제안하였으며, 이에 대한 비교 및 분석 또한 제시하였다.

II. 안테나 설계

그림 1에서 볼 수 있듯이 제안된 단일 안테나는 2장의 기판으로 구성되었다. 이는 기존의 높은 격리도 특성을 얻기 위해 제안된 안테나^{[6],[7]}보다 low profile 설계가 가능한 구조이다. 여기서 마이크로스트립 급전과 H-shaped 개구 결합 급전은 위 기판과 아래 기판에 각각 분리되어 결합되어 있다. 위 기판에서는 마이크로스트립 선로의 임피던스를 $\lambda_g/4$ 변환기를 사용해 마이크로스트립 패치에 정합시켰으며, 아래 기판의 위 면에는 접지면이 존재하고, 접지면의 중간에 H-shaped 개구를 위치시켜 아래 기판의 아래 면에 위치한 급전선으로부터의 전자기 에너지 결합을 유도하였다. 마이크로스트립 급전과 H-shaped 개구 결합 급전은 방사 패치에 서로 직교하는 각각의 선형편파를 만든다.

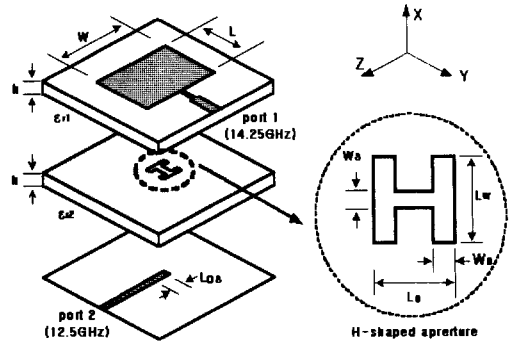


그림 1. 마이크로스트립과 H-shaped 개구결합 급전 마이크로스트립 안테나

Fig. 1. Microstrip antenna with microstrip and H-shaped coupled feeding.

그림 1에서 보인 안테나의 구조를 분석하기 위해 공동(cavity) 모델로의 접근을 위한 벡터 포텐셜 A_x 는 다음과 같은 시조화계 파동방정식을 만족한다^[8].

$$\nabla^2 A_x + k^2 A_x = 0 \quad (1)$$

여기서의 최종 해는 다음과 같다.

$$A_x = A_{mnp} \cos(k_x x') \cos(k_y y') \cos(k_z z') \quad (2)$$

여기서 x', y', z' 는 공동 내에서의 각 축상의 길이를 나타내며, A_{mnp} 는 각각의 mnp 모드의 진폭계수를 의미한다. k_x, k_y, k_z 는 각각 x, y, z 방향으로의 파수를 의미하며 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$\begin{aligned} k_x &= \left(\frac{m\pi}{h} \right) & m &= 0, 1, 2, \dots \\ k_y &= \left(\frac{n\pi}{L} \right) & n &= 0, 1, 2, \dots \\ k_z &= \left(\frac{p\pi}{W} \right) & p &= 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 m, n, p 는 각각 x, y, z 축으로의 반주기씩 변하는 필드의 변화 수를 의미한다.

그림 1에서의 최종적인 x 성분의 전계를 표현하면 다음과 같다.

$$E_x = -j \frac{(k^2 - k_x^2)}{\omega \mu \epsilon} A_{mnp} \cos(k_x x') \cos(k_y y') \cos(k_z z') \quad (4)$$

여기서 전계가 가장 약한 부분은 마이크로스트립 급전 방향에서 공동의 길이가 $L/2$ 이 되었을 때이다. 즉 식 (3)에서의 k_y 가 π/L 일 때 x 성분의 전계는 패치의 길이 중심에서 0이 된다. 이때 공동에서 생성되는 기본모드는 TM_{010}^c 이다. 같은 방식으로 개구결합 급전 방향에서의 기본모드 TM_{001}^c 에서는 공동내의 x 성분의 전계가 패치의 폭 중심에서 0이 된다. 따라서 공동내에서 생성되는 기본모드 TM_{010}^c 과 TM_{001}^c 의 전계분포들로부터 두 모드는 서로 직교한다. 이를 바탕으로 높은 격리도를 얻기 위해서는 원하지 않는 고차모드가 억제된 모드 순수성을 각 동작주파수에서 유지해야 한다⁹⁾. 즉, 높은 격리도를 얻기 위해서는 포트에서 급전된 신호들간의 직교성분을 최대한으로 유지하고 영향을 최소화하는 것이 중요하다. 제안된 구조에서는 포트간의 영향을 최소화하기 위해 H-shaped 개구를 사용하였다. H-shaped 개구는 임피던스 정합을 위해 일반적인 구형 개구보다 짧은 길이의 개구 길이를 필요로 한다. 이는 결국 각 포트 사이의 낮은 전력간섭을 유도한다. 따라서 H-shaped 개구를 사용함으로써 격리도 향상을 가져올 수 있다. 여기서 H-shaped 개구를 사용한 이유는 격리도 특성 이외에도 일반적인 구형 개구에 비해 패치와 급전선간의 커플링 증가, 임피던스 매칭으로부터 짧아진 개구의 길이로 인한 낮은 후방사 레벨 및 그에 따른 이득증가, 그리고 개구 내에서의 필드 변화량의 완만함으로 인한 급전의 용이함과 같은 많은 장점들을 가지고 있기 때문이다¹⁰⁾.

시뮬레이션을 통한 제안된 구조에서의 H-shaped 개구와 일반적인 rectangular 개구를 각각 사용한 경우의 격리도 특성을 비교해 보았을 때, H-shaped 개구를 사용한 경우 일반적인 rectangular 개구를 사용했을 때보다 약 20 dB 정도 개선된 격리도 특성을 가짐을 그림 2를 통해 확인할 수 있다.

이와 같이 설계된 단일 안테나의 설계 파라미터를 표 1에 나타내었으며, 단일 안테나를 바탕으로 1 × 4 배열의 구조와 시뮬레이션 결과를 그림 3에 보였다. 본 논문에서 사용된 위 기관과 아래 기관은 같은 유전율을 가지며 TLC-30(유전율 3, 높이 20 mil) 기관을 이용하였으며, 시뮬레이션 툴(tool)은 Ansoft

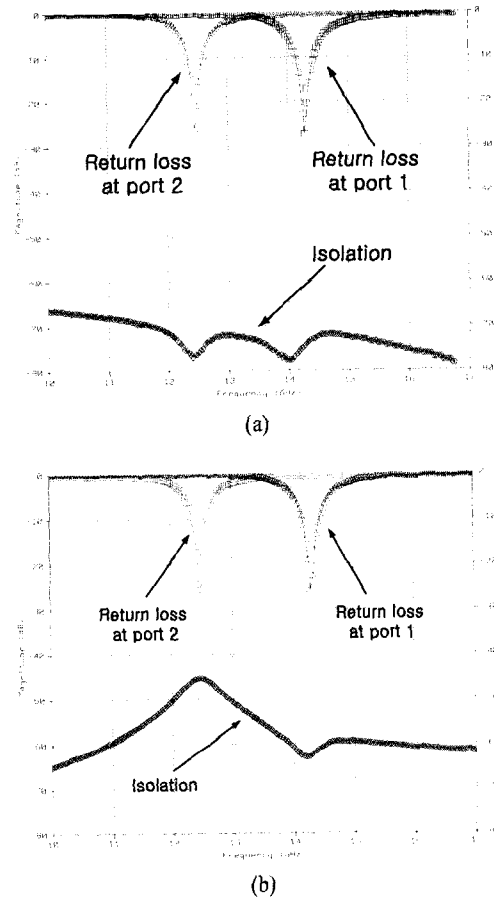


그림 2. H-shaped 개구(a)와 rectangular 개구(b)를 사용한 안테나들의 시뮬레이션된 격리도와 반사손실

Fig. 2. Simulated isolation and return loss of the antennas using H-shaped aperture(a) and rectangular aperture(b).

표 1. 제안된 단일 안테나의 설계 파라미터

Table 1. Designed parameter values of the proposed single antenna. (단위: mm)

파라미터	값	파라미터	값
W	6.151	L	5.76
$50 \Omega(W)$	1.279	ϵ_{r1}	3
ϵ_{r2}	3	h	0.508
L_D	2.3	L_{OS}	1.904
L_W	1	W_D	0.2
W_S	0.5		

의 Ensemble 5.1을 이용하였다.

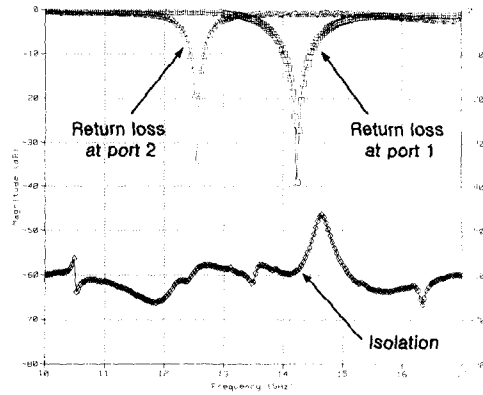
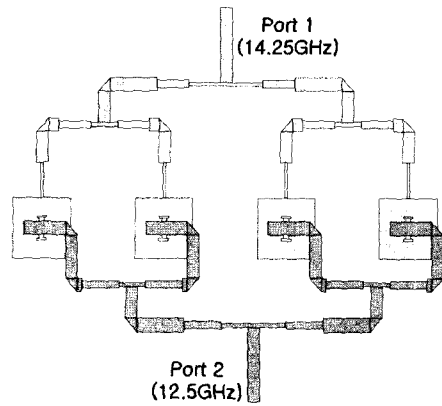


그림 3. 제안된 1×4 배열의 후면과 시뮬레이션 결과

Fig. 3. Bottom view of the proposed 1×4 array antenna and simulated results.

Ⅲ. 측정결과 고찰

시뮬레이션에서 볼 수 있듯이 제안된 단일 안테나의 격리도 특성이 1×4 배열 안테나의 격리도 특성에 비해 약 12 dB 정도 개선되는 것을 볼 수 있다. 이는 배열에 따른 방사 소자의 증가로 인한 포트간 전력간섭이 증가되기 때문이다. 하지만 이는 일반적인 마이크로스트립 급전 배열에 따른 전력간섭 증가량과 비교해 볼 때 상당히 낮은 수치를 가진다.

그림 4, 5, 6에서 제안된 단일 안테나와 1×4 배열 안테나의 측정된 격리도, 반사손실, 그리고 각 동작 주파수에서의 방사패턴을 각각 나타내었으며, 표 2에 제안된 단일 안테나와 1×4 배열 안테나의 측정결과를 각각 정리하였다.

제안된 단일 안테나와 1×4 배열 안테나의 특성들을 비교해보면 다음과 같다. 측정된 격리도 특성에서는 단일과 배열시 약 -49 dB 이하의 특성을 보여주었고, 임피던스 대역폭에서는 단일과 배열시의 경우 동일하게 4 % (@12.5 GHz), 2.1 % (@14.25 GHz)를 가졌고, 최대이득에서는 단일과 배열시의 경우 약 8.2 dBi와 14.2 dBi의 특성을 나타내었으며 교차편파 특성에서는 단일 안테나의 경우 12.5 GHz에서 -20 dB 이하 14.25 GHz에서 -25 dB 이하의 특성을 보였으며, 배열시 약 -20 dB 이하의 특성을 가졌다. 측정된 반사손실의 대역폭이 시뮬레이션에서의 특성보다 개선되었고, 측정된 격리도는 대략

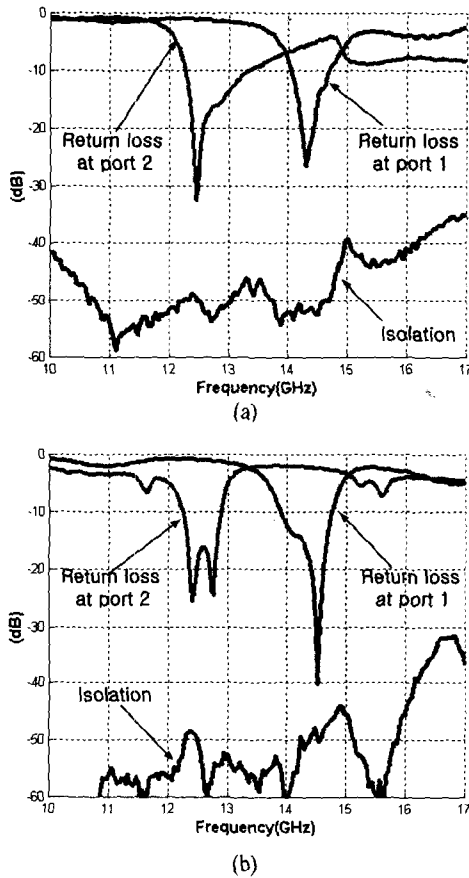


그림 4. 제안된 단일 안테나(a)와 1×4 배열 안테나 (b)의 측정된 격리도와 반사손실

Fig. 4. Measured isolation and return loss of the proposed single(a) and 1×4 array antenna.

높은 격리도를 갖는 Low Profile 이중급전 마이크로스트립 안테나

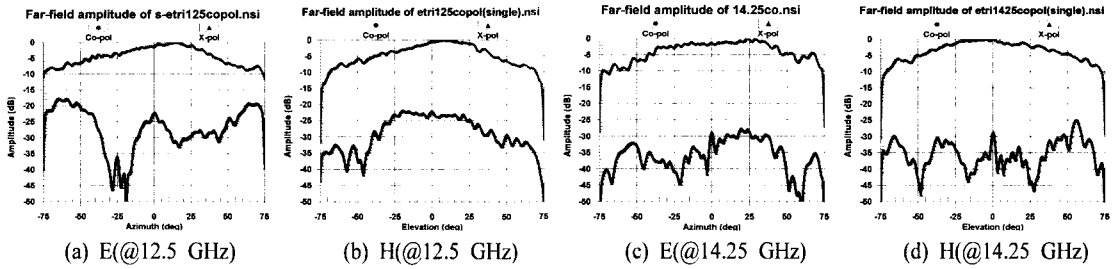


그림 5. 제안된 단일 안테나의 주파수별 측정 방사패턴

Fig. 5. Measured radiation patterns of the proposed single antenna.

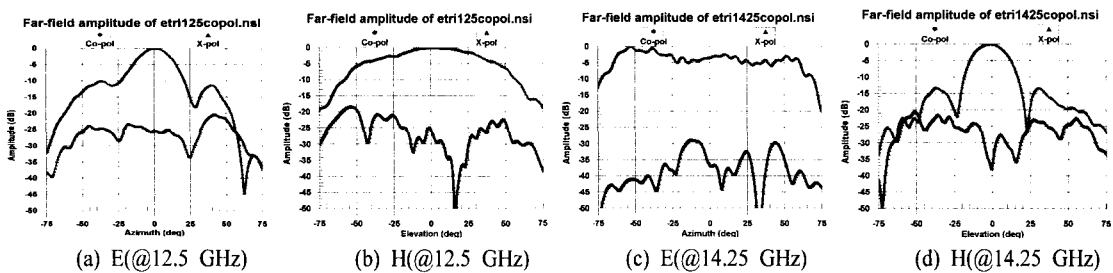


그림 6. 제안된 1×4 배열 안테나의 주파수별 측정 방사패턴

Fig. 6. Measured radiation patterns of the proposed 1×4 array antenna.

표 2. 제안된 단일 안테나와 1×4 배열 안테나의 측정결과

Table 2. Measured results of the proposed single and 1×4 array antenna.

	단일 안테나	1×4 배열 안테나
격리도	< -49 dB	< -48 dB
임피던스 대역폭 (VSWR<1.5)	4 % (@12.5 GHz) 2.1 % (@14.25 GHz)	4 % (@12.5 GHz) 2.1 % (@14.25 GHz)
최대이득	8.25 dBi (@12.5 GHz) 8.2 dBi (@14.25 GHz)	14.2 dBi (@12.5 GHz) 14.1 dBi (@14.25 GHz)
교차편파	< -20 dB (@12.5 GHz) < -25 dB (@14.25 GHz)	< -20 dB

-48 dB 이하의 특성을 보여 시뮬레이션 수치와는 20 dB 정도의 차이를 보였다. 이는 Ku 대역과 같은 높은 주파수 대역에서 기판들 사이의 정렬문제와 제작시 약간의 공기층이 삽입되어 발생한 것으로 생각된다. 특히 격리도 특성에서 시뮬레이션 수치와의 차이는 미소 전력 차이에 불과하기 때문에 제작시의 오차를 생각해 볼 때 좋은 결과라 생각할 수 있으며, 여러 장의 기판을 사용한 기준에 제안된 안테나와 비교해 볼 때도 더 우수한 특성을 보인다.

IV. 결 론

본 연구에서는 높은 격리도 특성을 가지면서도 low profile 특성을 갖는 새로운 구조의 이중 급전 마이크로스트립 안테나를 제안하고 실험을 통한 타당성을 제시하였다. 제안된 안테나의 구조는 직접적인 급전방식인 마이크로스트립 급전과 H-shaped 개구 결합 급전을 이용해 마이크로스트립 안테나에서 최대 송수신간 전력간섭을 억제하여 송수신 분리 구현이 가능한 높은 격리도 특성을 가지면서도 최소의 기판 층 사용 및 쉬운 급전을 할 수 있도록 하였다. 제안된 단일 안테나와 1×4 배열 안테나의 측정된 격리도는 -49 dB와 -48 dB 이하의 특성을

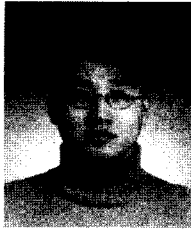
가졌고, 측정된 임피던스 대역폭(VSWR<1.5)은 중심 주파수 12.5 GHz에서 4 %, 중심 주파수 14.25 GHz에서 2.1 %를 보였으며, 최대 이득은 8.2 dBi와 14.2 dBi로 측정되었다.

따라서 제안된 안테나는 최소의 기판 수를 이용하면서도 높은 격리도 특성과 쉬운 이중급전을 할 수 있는 송수신 겸용 이중편파 안테나로 실용화 기술 측면에서도 효과적으로 이용될 수 있을 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] S. A. Long and W. D. Walton, "A dual frequency stacked circular disc antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 27, pp. 270-273, 1979.
- [2] J. S. Dahele, K. F. Lee and D. P. Wong, "Dual frequency stacked annular-ring microstrip antenna", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 35, no. 11, pp. 1281-1285, Nov. 1987.
- [3] S. S. Zhong and Y. T. Lo, "Single-element rectangular microstrip antenna for dual-frequency operation", *Electron. Lett.*, vol. 19, pp. 298-300, 1983.
- [4] S. E. Davidson, S. A. Long and W. F. Richards, "Dual-band microstrip antennas with monolithic reactive loading", *Electron. Lett.*, vol. 21, pp. 936-937, 1985.
- [5] D. M. Pozar and D. H. Schaubert, *The analysis and design of microstrip antennas and arrays*, IEEE press, 1995.
- [6] K. Nakayama and H. Nakano, "Dual-polarized slot antennas with stacked and coplanar feed systems", *AP-S*, vol. 2, pp. 990-993, 1995.
- [7] Wan Suk Yun, Se Woong Kwon, Young Joong Yoon, Myung Nam Jung and Chan Eui Yun, "Wideband Microstrip Antennas for PCS/IMT-2000 Services", *The 2000 IEEE symposium on Antennas and Propagation*, Salt Lake City, Utah, vol. 3, pp. 1398-1401, 2000. 7.
- [8] C. A. Balanis, *Antenna theory : analysis and design*, Wiley, 1997.
- [9] J. Huang, "Microstrip antenna developments at JPL", *IEEE AP-Magazine*, vol. 33, no 3, June 1991.
- [10] D. M. Pozar and S. D. Targonsk, "Improved coupling for aperture coupled microstrip antennas", *Electronics Letters*, vol. 27, no. 13, July 1991.

김 형 락



2000년 2월: 순천향대학교 정보통신공학과 (공학사)
2000년 3월~2002년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학석사)
2002년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
[주 관심분야] 마이크로파 능동소

자 및 안테나

윤 재 승



1999년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)
2001년 2월: 포항공과대학교 전자컴퓨터공학과 (공학석사)
2001년 2월~현재: 한국전자통신연구원 연구원
[주 관심분야] 안테나 설계, 위상

변위기 설계

권 중 훈



2000년 2월: 명지대학교 전자공학과 (공학사)
2000년 9월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 마이크로파 소자 및 안테나

전 순 익



1984년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
1996년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
1990년 9월~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원
[주 관심분야] 초고주파 수동/능

동 부품 설계, 위성통신 RF 시스템 설계, 위상 배열 안테나 시스템 설계

윤 영 중



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1991년 12월: Georgia Inst. of Tech. 전기공학 (공학박사)
1992년 3월~1993년 2월: 한국전

자통신연구소 선임연구원

1993년~현재: 연세대학교 전기전자공학과 교수

2002년 3월~현재: 연세대학교 전파통신연구소 소장

[주 관심분야] 마이크로파 소자, 안테나, 전파전파, 고온 초전도, EMI/EMC 등