

# 소형화를 위한 무선랜 대역의 마이크로스트립 안테나 설계 및 제작

정회원 이원중\*, 준회원 김용균\*, 정회원 강석엽\*, 이화춘\*\*,  
준회원 윤철\*, 종신회원 박효달\*

## Design and Fabrication of Wireless LAN for Miniaturized Microstrip Antenna

Won-Jong Lee\* *Regular Member*, Yong-Kyun Kim\* *Associate Member*,  
Suk-Youb Kang\*, Hwa-Choon Lee\*\* *Regular Members*,  
Cheul Yoon\* *Associate Member*, Hyo-Dal Park\* *Lifelong Member*

### 요약

본 논문에서는 5.15~5.35GHz 대역의 무선 LAN용 N-슬롯 마이크로스트립 안테나를 설계 제작하였다. 사각형 패치에 사이즈 감소를 위해 N-슬롯 미앤더 주름구조를 갖도록 하였으며, 접지면과 기관 사이에 공기층을 삽입하여 VSWR<2.0에서 적절한 대역을 얻고자 하였다. 설계시 주요 파라미터는 N-슬롯의 길이, 폭, 위치와 공기층의 두께 및 급전위치였으며 최적화된 파라미터를 가지고 실제 제작 및 측정하였다. 제작된 안테나의 측정결과는 다음과 같다. 공진 주파수는 5.25GHz이고, VSWR<2.0에서 약 300MHz의 대역폭과 1.3~2.64dBi의 이득을 얻었다. H-평면과 E-평면에서 각각 80.21°와 103.38°로 나타났다.

**Key Words** : Antenna, WLAN, Microstrip Antenna, 802.11, Miniaturized

### ABSTRACT

In this paper, N-shaped slot antenna for 5.15GHz-5.35GHz is designed, fabricated, and measured. The prototype consist of meander corrugated N-shaped slot. To obtain suitable bandwidth, the form layer is inserted between ground plane and substrate. Important parameters in the design are N-slot length, width, position, air-gap height, and feed point position. From these parameters optimized, a four N-shaped slot antenna is fabricated and measured. The measured results of the antenna are obtained as follows results. The resonant frequency of the fabrication N-shaped slot antenna is 5.25GHz, bandwidth for approximately 300MHz(VSWR<2.0) and the gain is 1.3~2.64dBi. The experimental far-field patterns are stable across the pass band. The 3dB bandwidth in H-Plane and E-Plane are 80.21°and 103.38°, respectively.

### 1. 서론

무선 서비스는 무선 전송 기술을 사용하여 기존의 유선 서비스에 비해 이동성, 휴대성 및 간편성 등의

이점을 갖으며, 이로 인하여 응용 분야가 급속히 확대되고 있다. IEEE 802.11에서는 2.4 GHz 대역과 5 GHz 대역을 지정하여 사용하고 있으나 2.4 GHz 대역은 전자렌지, 가정용 조리기기, 의료용 장비, 기타

\* 인하대학교 전자공학과 (mozillal@korea.com), \*\* 초당대학교 정보통신공학과  
논문번호 : KICS2006-05-224, 접수일자 : 2006년 5월 24일, 최종논문접수일자 : 2006년 9월 8일

무선 기기가 공통으로 사용하는 대역으로 혼신의 가능성이 크기 때문에 5GHz의 무선 LAN등의 무선 접속시스템 대역을 씬이 바람직하다고 할 수 있다.<sup>[1]</sup>

무선 LAN용 장비는 휴대용 소형 장치에 장착되기 때문에 경량화, 소형화가 이루어져야 하며, 따라서 초고주파 집적회로와 함께 구현 할 수 있는 마이크로스트립 패치 안테나가 많이 사용되고 있다.<sup>[2]</sup>

안테나의 소형화를 위하여 미앤더 형태에 주름구조를 결합시켜 그라운드의 short-pin을 이용하여 안테나의 크기를 줄일 수 있었다. 미앤더 형태는 곧게 진행되는 선로를 구부러져 구현하여 회로의 크기를 줄일 수 있는 것을 뜻한다. 이 경우 미앤더 선로와 같은 특성을 갖도록 설계되어야 한다.<sup>[3]</sup>

유전체에 의한 소형화와는 별도로 동일 유전체상에서 마이크로스트립 안테나의 패치 크기를 줄일 수 있는 방법의 한 예로서, 일반적인 평면형 마이크로스트립 안테나의 패치면을 주름구조로 형성하여, 동일한 설계 주파수에 대한 패치면의 크기를 축소시킴으로써 궁극적으로 마이크로스트립 안테나의 크기 자체를 줄이고자 한다.<sup>[4, 5]</sup>

또한 마이크로스트립 안테나에 쇼트핀을 추가함으로써 일반적인 마이크로스트립 안테나의 사이즈가 커지는 문제를 해결할 수 있다.<sup>[6, 7]</sup>

본 논문에서는 802.11a 대역의 무선LAN용 안테나를 설계 제작 하였다. 통신 시스템에서 사이즈의 감소는 매우 중요하기 때문에 목적을 사이즈 감소에 맞추었다.<sup>[8, 9]</sup> 동작 주파수대역에서 좋은 특성과 사이즈 감소를 위해 미앤더 타입에 주름구조를 결합시킨 새로운 구조를 제안한다.

사이즈 감소의 기법구현으로 인해 일반적인 사각 패치 안테나 보다 14.4% 사이즈 감소를 가져왔고 제작의 편의상 동축 급전을 사용하였으며 모든 시뮬레이션은 Ansoft Designer 를 이용하여 수행한다. II장에서는 미앤더 주름구조 마이크로스트립 안테나의 설계 방법을 제시하고 각각 파라미터들의 분석에 대한 설명을 제시할 것이다. III장에서는 미앤더 주름구조 최적화 된 마이크로스트립 안테나의 제작 및 측정결과에 대해 설명한다.

## II. 미앤더 주름구조 마이크로스트립 안테나의 설계

본 논문에서는 실내 무선 LAN용으로 새롭게 추가되어진 5.15GHz~5.35GHz 주파수에서 실용 가능한 소형화를 위한 미앤더 주름구조 마이크로스트립

안테나를 제안하였다. 접지면과 기판 사이에는 대역폭을 개선하기 위해 공기층을 삽입하였으며, 실제 제작시 공기층으로는 유전율이 1인 foam을 사용하였다. 안테나의 방사 패치는 두께 1.6mm, 유전율 4.6인 FR-4 기판을 사용하였으며, 설계된 안테나의 크기는 10X12.2mm<sup>2</sup>이다. 설계된 안테나의 구조는 그림 1에 나타내었다. 모든 시뮬레이션은 무선 LAN 규격에 준하여 선형편파가 되도록 하고 동작 대역에서 정재파비 VSWR<2.0가 되도록 했으며 1.3~2.64dBi의 이득과 Elevation과 Azimuth 모두 빔폭 60° 이상을 갖는 방사패턴이 나오도록 하였다.

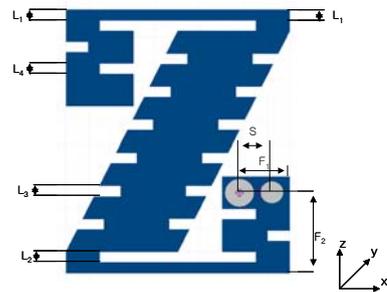


그림 1. (a) 정면도  
Figure 1. (a) Top view

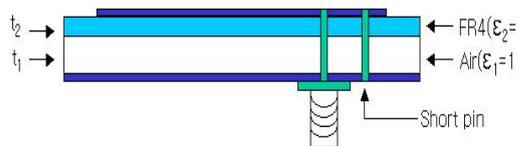


그림 1. (b) 측면도  
Figure 1. (b) Side view

먼저 양호한 방사 효율을 얻기 위해 일반적인 마이크로스트립 패치 크기를 결정하였고 N-슬롯 모양이 삽입되어 적용하였을 때 생기는 오차를 시뮬레이션을 통하여 최적의 패치 크기를 얻었다. N-슬롯의 두께 길이, 위치변화에 따른 반사계수 및 공기층의 두께에 따른 반사계수를 시뮬레이션 데이터를 통하여 최적 조건의 수치를 얻었다.

첫째 N-슬롯 모양의 L1 길이에 따른 반사 계수의 변화를 살펴보았다. L1을 0.5mm에서 2.0mm까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 2에 나타내었다. L1의 길이가 0.5mm에서 2.0mm로 변함에 따라 공진주파수는 왼쪽으로(낮은 주파수쪽으로) 이동되는 것을 관찰할 수 있었다. 공진 주파수 및 반사 계수 특성은 L1=0.5mm에서 가장 좋은 특성을 얻었다.

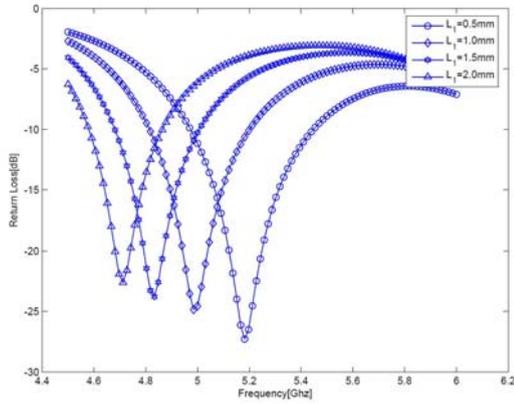


그림 2. N-슬롯 L1 길이 변화에 따른 반사계수  
Figure 2. Influence of L1 width of N-shaped slot

둘째 N-슬롯 모양의 L2 길이에 따른 반사 계수의 변화를 살펴보았다. L2를 0.25mm에서 1.0mm까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 3에 나타내었다. L2의 길이가 0.25mm에서 1.0mm로 변함에 따른 공진 주파수 및 반사 계수 특성은 L2=0.25mm에서 가장 좋은 특성을 보였으나, 목표 공진주파수에서 벗어났으며, L2=0.5mm에서 가장 최적화 특성을 얻었다.

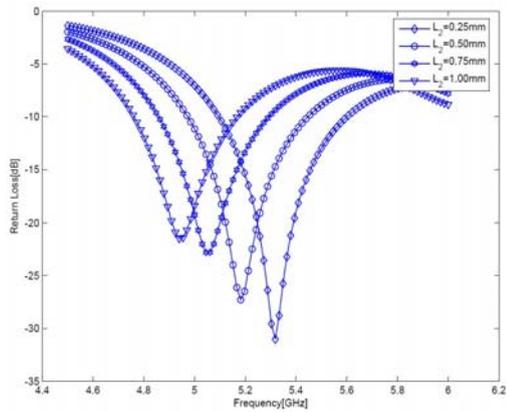


그림 3. N-슬롯 L2 길이 변화에 따른 반사계수  
Figure 3. Influence of L2 width of N-shaped slot

셋째 N-슬롯 모양의 L3 길이에 따른 반사 계수의 변화를 살펴보았다. L3를 0.5mm에서 1.5mm까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 4에 나타내었다. L3의 길이가 0.5mm에서 1.5mm로 변함에 따라 공진 주파수 및 반사 계수 특성은 L3=1.0mm에서 가장 좋은 특성을 얻었으나, 안테나 사이즈를 고려해 볼 때, L3=0.5mm에서 최적화 특성을 얻었다.

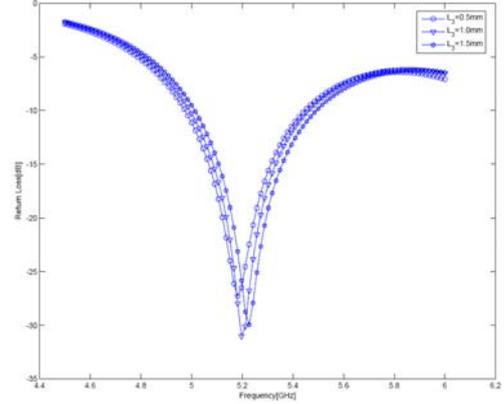


그림 4. N-슬롯 L3 길이 변화에 따른 반사계수  
Figure 4. Influence of L3 width of N-shaped slot

넷째 N-슬롯 모양의 L4 길이에 따른 반사 계수의 변화를 살펴보았다. L4를 0.25mm에서 1.0mm까지 변화시킨 시뮬레이션 결과를 그림 5에 나타내었다. L4의 길이가 0.25mm에서 1.0mm로 변함에 따라 공진 주파수 및 반사 계수 특성은 L4=0.5mm에서 가장 좋은 특성을 얻었다.

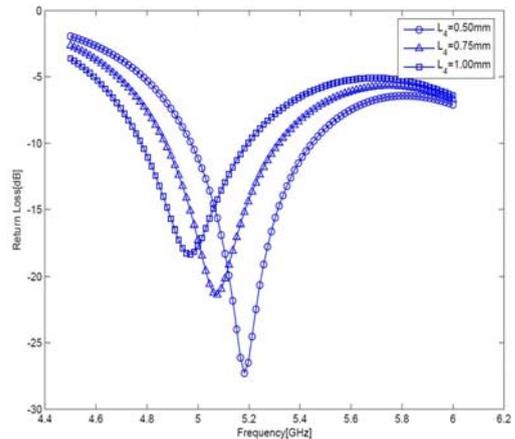


그림 5. N-슬롯 L4 길이 변화에 따른 반사계수  
Figure 5. Influence of L4 width of N-shaped slot

다섯째, 공기층의 두께 변화에 따른 반사계수 특성은 그림 6에 나타내었다. 공기층은 유전율이 1인 foam을 사용하였으며, foam은 작은 변화에도 반사 계수에 많은 영향을 미쳤다. 최적의 두께 4.0mm를 기준으로 얇아지면 공진주파수는 높아짐을 관찰하였다. 공진주파수가 이동함에 따라 반사계수의 특성에도 좋지 않은 결과를 보였다.

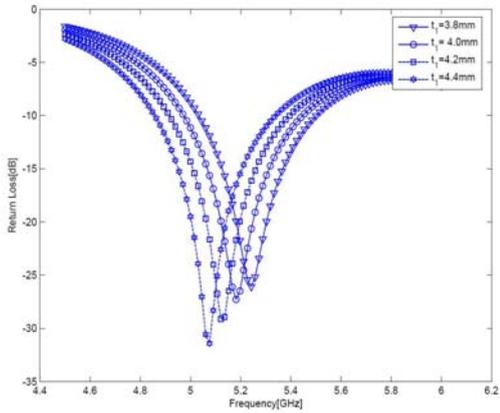


그림 6. 공기층의 두께 t1 변화에 따른 반사계수  
Figure 6. Influence of the thickness of the foam layer on the return loss

이러한 과정을 거쳐 얻어낸 최적의 안테나 파라미터를 <표 1>에 나타내었다. 패치 크기는 L1=0.5 mm, L2=0.5mm, L3=0.5mm, L4=0.5mm, F1=2.27mm, F2=3.7mm, S=1.5mm이다. 공기층은 유전율이 1인 foam을 사용하였으며 최적 두께는 t1=4.0mm이다.

표 2. 최적화된 안테나 파라미터 (단위 mm)  
Table 1. Optimized antenna parameters (unit : mm)

|             |    |      |
|-------------|----|------|
| hair-pin 길이 | y  | 2.0  |
| hair-pin 너비 | x  | 11.0 |
| hair-pin 높이 | h  | 2.0  |
| 공기층 높이      | h1 | 4.0  |
| 단락핀 위치      | t1 | 0    |
| 급전 위치       | fp | 2.0  |

### III. 안테나 제작 및 측정

안테나는 유전율이 4.6, 두께가 1.6mm인 FR-4 기판을 사용하여 제작하였다. 접지면과 시판 사이에는 유전율이 1인 foam을 삽입하였으며, 동축급전 방식으로 제작하였다. 제작된 안테나는 HP8510C network analyzer를 이용하여 측정하였으며, 전문 안테나 회사인 ACE Technology사의 무반사실에서 방사패턴을 측정하였다.

실제 제작한 안테나의 정면도와 측면도는 그림 7(a)와 그림 7(b)와 같다.



그림 7. (a). 안테나 정면도  
Figure 7. (a). Top view

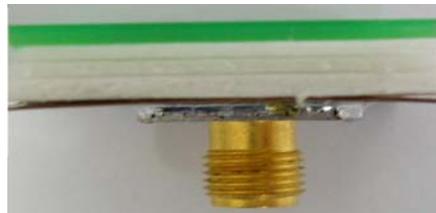


그림 7. (b). 안테나 측면도  
Figure 7. (b). Side View

실제 측정된 반사계수는 그림 8과 같다. 초기값은 5.05GHz, 최종값은 5.35GHz로 하고 100개의 point를 주어 측정한 결과 시뮬레이션에서의 공진주파수는 5.2GHz에서 약 -28dB 공진주파수를 갖는 반면 실제 제작된 안테나의 공진주파수는 5.18GHz였

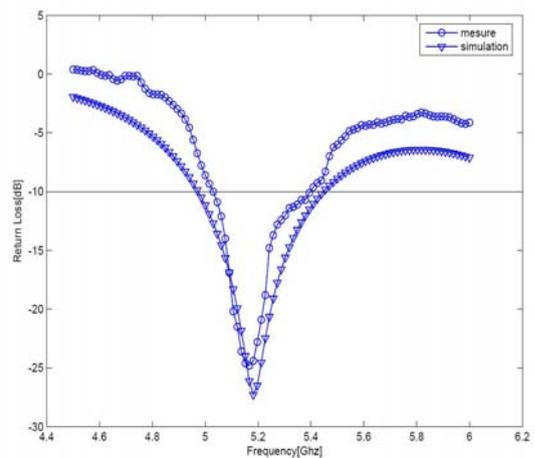


그림 8. 시뮬레이션과 측정 반사계수 비교  
Figure 8. Simulation and Measured return loss against frequency

으며 그 때 반사계수는 -25dB였다. VSWR<2.0에서 대역폭 약 300MHz(5.76%)를 얻었으며, 5.15~5.58 Gz 대역 모두 VSWR<2.0를 만족하였다.

방사패턴은 H-평면과 E-평면에서 각각 5.05GHz에서 5.35GHz 간격으로 5.05, 5.10, 5.15, 5.20, 5.25, 5.30, 5.35GHz에서 측정하였다. 실제 측정된 H-평면과 E-평면의 방사패턴은 그림 9.(a)와 그림 9.(b)와 같다. 5.25GHz에서 H-평면과 E-평면의 3-dB 빔폭은 각각 80.21°와 103.38°로 나타났다.

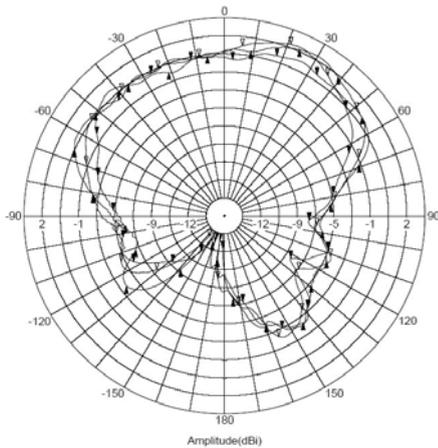


그림 9. (a). E-평면  
Figure 9. (a). E-plane

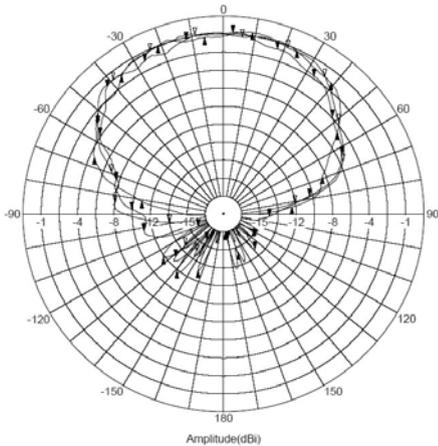


그림 9. (b). H-평면  
Figure 9. (b). H-plane

그림 10은 이득에 대한 시뮬레이션된 결과와 측정된 결과를 함께 나타내었다. 시뮬레이션상의 이득 값은 1.8~4.0dBi로 실내용 무선 LAN 안테나에서 요구하는 이득보다 높게 나왔으며, 실제 제작된 안테

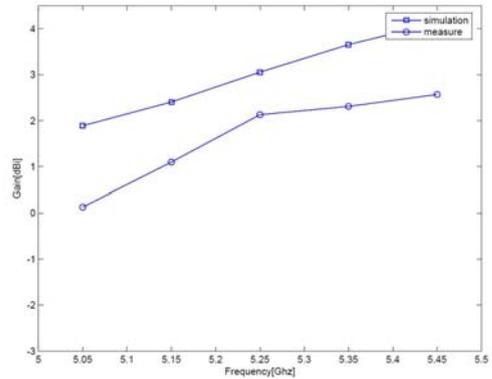


그림 10. 시뮬레이션값과 측정값의 이득 비교  
Figure 10. Simulated and measured of gain comparative analysis

그림 9와 10에서 보여진 방사패턴 측정과 이득의 결과에서 보이는 후엽과 공진주파수의 이동 및 이득의 차이는 다음과 같은 요인에 의해 발생된 것으로 고찰될 수 있다. 첫째, Designer 시뮬레이터상의 안테나 패치는 무한 크기의 접지면과 무한 크기의 기판 위에 존재함을 인식하여 실제 제작상 안테나의 접지면의 크기를 실제 이론치보다 넓혀 이득이 크게 나온 것으로 판단된다. 또한 공진주파수의 천이는 제작시 기판의 식각 과정에서 N-슬롯의 길이를 정확하게 맞추지 못한 점으로 사료된다. 둘째, 접지면과 급전의 정확한 접합이 이루어지지 않아 접지면 밑으로 흘러나가는 누설 전류에 의해 반사계수의 손실 및 방사패턴상의 후엽이 발생한 것으로 판단된다. 셋째, 정밀성이 요구되는 급전점의 위치와 foam의 두께에서 발생한 제작상의 오차에 의해서도 시뮬레이션 결과와 측정결과가 차이가 생겼을 것으로 판단된다.

#### IV. 결론

본 논문은 무선 통신의 수요 증가에 따라 IEEE 802.11에서 무선 LAN의 사용주파수로 논의되는 5.15~5.35GHz까지의 영역을 동작주파수로 하여 N-슬롯에 공기층을 추가한 새로운 구조를 설계하고 제작하였다. 모든 설계는 Ansoft사의 Designer를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 주요 파라미터값을 변화시켜 최적화된 값을 얻었으며, 특히 N-슬롯, 공기층 및 급전 위치변화에 민감한 반응을 보인다는 것을 알 수 있었다. 제작된 안테나는 5.25 GHz의 공진주파수와 1.3~2.65dBi의 이득을 얻었으며 3dB 빔폭은 H-평면과 E-평면에서 각각 80.21°와 103.38°였다.

참 고 문 헌

- [1] 오승권, “국내외 5GHz 대역 주파수 이용 동향”, 한국통신학회지, 제 19권, 제5호, pp646-654, 2000. 5
- [2] C. A. Balanis, “Antenna Theory analysis and design” John Wiley & Sons, INC Chater 14.
- [3] Jung-Min Kim, Jong-Gwan Yook, Woo-Young Song, Young-Joong Yoon, Jae-Yeong Park, Han-Kyu Park, “Compact Meander-Type Slot Antennas”, Antennas and propagation society international symposium, 2001. IEEE Volume 2, 8-13 July 2001, p724-727 vol 2.
- [4] 송무하, 문상만, 우종명, “소형화를 위한 주름형 선형편파 패치안테나”, 한국통신학회 하계 종합학술발표회, 23(1), pp. 803-806, 2001년 7월 6일
- [5] 송무하, 우종명, 이호선, “소형화를 위한 격자구조의 요철형 원편파 마이크로스트립 패치 안테나의 설계”, 한국전자과학회 추계 마이크로파 및 전파학술대회, 24(2), pp. 351-354, 2001년 9월 22일
- [6] Kin-Lu Wong, Chia-Luian Tang, Hong-Twu Chen, “A Compact Meandered Circular Microstrip Antenna with a Shorting Pin”, Microwave and optical Technology Lett, vol.15, No.3 June 20 1997, 147-149
- [7] Luan Xiu-Zhen, Gang Shao-jun, Tan Ke-Jun, “Analysis and Optimization Design of Compact Microstrip Patch Antennas Loaded with Shorting Pins”, Antenna Technology, small antennas and novel metamaterials. 2005 IWAT 2005. IEEE 7~9 march 2005 p.529-533
- [8] S. Reed, L. Desclos, C. Terret, and S. Toutain Patch antenna size reduction Microwave Opt Technol Lett, Vol. 29, 2001, 79-81.
- [9] 이원중, 윤중환, 강석엽, 이화춘, 박효달, “5.25GHz 대역의 무선 LAN을 위한 4개의 L-슬롯모양의 마이크로스트립안테나 설계 및 제작”, 한국통신학회논문지, Vol 29 No.3A march 2004 pp.303~310.

이 원 중 (Won-Jong Lee)

정회원



2002년 2월 : 초당대학교  
정보통신공학과(공학사)  
2004년 2월 : 인하대학교  
전자공학과(공학석사)  
2004년 2월~현재:  
인하대학교 전자공학과 박사과정  
<관심분야> 안테나 설계, 전자장  
이론, 능동소자 설계

김 용 균 (Yong-Kyun Kim)

준회원



2004년 2월 : 금오공과대학교  
전자공학과(공학사)  
2006년 2월 : 인하대학교  
전자공학과(공학석사)  
2006년 8월~현재: 인하대학교  
전자공학과 박사과정  
<관심분야> 항공 전자통신, 안테  
나 설계

강 석 엽 (Suk-Youb Kang)

정회원



1997년 2월 : 인천대학교  
전자공학과(공학사)  
1999년 2월 : 인하대학교  
전자공학과(공학석사)  
2005년 8월 : 인하대학교  
전자공학과(공학박사)  
2001년 5월~현재: (주)아이엔텍

대표이사

2006년 8월 ~ 현재 : 한국해양대학교 전파공학과  
연구교수  
<관심분야> 무선통신 시스템 설계, 안테나 설계,  
초고주파 시스템 설계,

이 화 춘 (Hwa-Choon Lee)

정회원



1985년 2월 : 인하대학교  
전자공학과(공학사)  
1987년 2월 : 인하대학교  
전자공학과(공학석사)  
1995년 2월 : 인하대학교  
정보통신공학과(공학박사)

1995년 2월 ~ 현재 : 초당대학교 정보통신공학과 부교수  
<관심분야> 안테나 및 전파전파, 전자장 이론, 이동통신

윤 철 (Cheul Yoon)

준회원



2006년 2월 : 초당대학교  
정보통신공학과(공학사)  
2006년 2월~현재: 인하대학교  
전자공학과 석사과정  
<관심분야> 전자장 이론, 안테나 설  
계

박 효 달 (Hyo-Dal Park)

중신회원



1978년 2월 : 인하대학교  
전자공학과(공학사)  
1984년: (불)국립항공우주대  
전자공학과(공학석사)  
1987년: (불)국립항공우주대  
전자공학과 (공학박사)  
1992년~현재: 인하대학교 전자공  
학과 정교수  
<관심분야> 항공통신 시스템 설계, 초고주파 공학전자  
장 이론, 안테나공학