

# 공진 주파수 전압 제어 마이크로스트립 안테나 설계

## Design of Microstrip Antenna to Tune Resonant Frequency with Voltage Control

김 영 로 · 우 종 명

Young-Ro Kim · Jong-Myung Woo

### 요 약

본 논문에서는 UHF ISM 대역의 일정 범위 내에서 공진 주파수를 연속적으로 제어할 수 있는 반 파장 마이크로스트립 안테나를 설계, 제작하였다. 반 파장 안테나에서 전계가 가장 강한 양끝 부분과 접지면 사이에 바랙터 다이오드를 장착하고 인가되는 전압을 변화시켜 안테나의 전기적 공진 길이를 연속 조정함으로써 주변 환경에 의하여 변화된 공진 주파수와 입력 임피던스의 능동 복원을 가능하게 할 수 있도록 하였다. 제안된 안테나(중심 공진 주파수: 425 MHz)를 제작 시험한 결과, 각각의 제어 전압을 DC 0.6 에서 3.0 volt 까지 인가시켰을 시 반사 손실 20 dB 이하의 공진 주파수를 385 MHz에서 465 MHz까지 가변할 수 있었다. 최대 이득(peak gain)은 -0.2 dBd이었으며, 반사 손실 -10 dB 대역폭(bandwidth)는 3.3 MHz(0.8 %)를 나타내었다.

### Abstract

In this paper, a half wave-length microstrip antenna was proposed to be able to continuously tune the resonant frequency in the stated area of UHF ISM band. By loading varactor diodes at both edges of the half wavelength antenna, where the electric field is the strongest, and varying the voltage in order to tune the electrical resonance length continuously, it is possible to automatically recover the resonant frequency and input impedance shifted by surrounding environment. When the microstrip antenna(center resonant frequency: 425 MHz) was tested, by adjusting the each voltages of varactor diodes from DC 0.6 to DC 3.0 volts, the resonant frequency under 20 dB return loss was varied 385 to 465 MHz. The peak gain was -0.2 dBd and return loss -10 dB bandwidth was 3.3 MHz(0.8 %).

Key words : Tuneable Antenna, Folded Microstrip Antenna, Capacitor Loading, Miniaturization, Varactor Diode

### I. 서 론

지금까지 UHF ISM 대역 무선 통신 시스템에는 주로 1/4 파장 모노폴 안테나를 소형화 시킨 헤리컬 구조의 안테나를 사용하였다. 왜냐하면 특정 소출력 무선 시스템<sup>[1]</sup>의 경우 사용 주파수가 400 MHz 대역이므로 파장이 길어서 마이크로스트립 안테나와 같은 평면형 안테나의 사용이 어렵기 때문이다. 그러나 만일 마이크로스트립 안테나의 사용이 가능

할 경우 공진 주파수, 편파, 방사 패턴 및 임피던스 조절 특성이 우수하여 소출력 무선 통신 시스템이라 하더라도 상당한 장거리 통신이 가능하다.

한편, 최근에는 마이크로스트립 안테나의 소형화 연구가 활발해짐<sup>[2]~[8]</sup>에 따라 400 MHz 대역 소출력 무선 통신 시스템에서도 소형화된 마이크로스트립 안테나를 적용시킴으로써 허용 송신 출력 10 dBm으로도 수 km 이상의 통신이 가능해졌다<sup>[9]</sup>. 그러나 이와 같이 소형화된 마이크로스트립 안테나는 섭동(per-

「본 연구는 지식경제부의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구 결과로 수행되었음(IITA-2009-(C1090-0902-0034)).」

충남대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Chungnam National University)

· 논문 번호 : 20090529-03S

· 수정완료일자 : 2009년 8월 25일

turbation) 효과<sup>[10]</sup>가 매우 크기 때문에 온도 변화에 의한 기구적 구조의 작은 변형에도 공진 주파수 및 입력 임피던스가 크게 변하게 된다. 또한, 안테나로부터의 방사 특성상 안테나 설치 주변 환경에 따라서도 제 특성이 쉽게 변하게 된다<sup>[11]</sup>. 이에 헤리컬 안테나와 같이 넓은 대역 특성을 가진 안테나의 경우는 문제가 없으나 소형화된 마이크로스트립 안테나는 그 대역폭이 상당히 좁아지기 때문에 이러한 변화에 따라 안테나의 성능이 나빠지게 된다. 반면 헤리컬 안테나는 대역폭이 넓어, 주위 환경에 의한 주파수 변화에는 내성이 크나 이득이 낮아 충분한 S/N 확보에 불리한 점이 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 비교적 이득이 높고 정합이 쉬운 반 파장 마이크로스트립 안테나에서 전계가 강한 양 끝과 접지면 사이에 바랙터 다이오드를 부착<sup>[12]</sup>하고 인가 전압을 연속적으로 변화시켜 안테나의 전기적 공진 길이를 조정함으로써 원하는 공진 주파수에 정확하게 정합할 수 있도록 전자적 제어를 가능하게 하는 소형화된 마이크로스트립 안테나를 연구 제작하였다.

## II. 본 론

본 논문에서 제안된 안테나는 기본 공진 주파수가 425 MHz인 소출력 무선 통신 시스템용 안테나로써 적용 조건상 접지면의 크기는 폭 134 mm×길이 184 mm×높이 1.6 mm로 FR4 양면 PCB를 사용하였고, 마이크로스트립 방사 소자는 절곡 가공이 용이한 0.6 mm 두께의 황동판을 채택하였다. 접지와 의 높이도 적용 조건에 맞추어 20 mm로 설계하였다<sup>[13]</sup>.

먼저 기존 플리드 마이크로스트립 안테나의 소형화 방법<sup>[2]~[8]</sup>을 적용시켜, 그림 1에 나타난 바와 같은 마이크로스트립 안테나의 구조를 기본으로 하여 설계하였다.

그림 1에서 나타난 바와 같이 반 파장 마이크로스

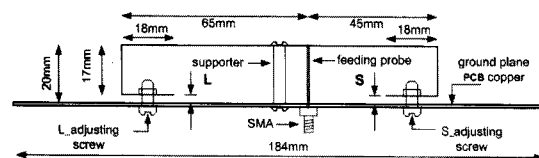


그림 1. 플레이트 장하 튜너블 마이크로스트립 안테나  
Fig. 1. Tuneable microstrip antenna with plate loading.

트립 안테나의 양 끝을 "ㄷ" 모양으로 절곡(folding)하여 접지면에 가까이 함으로써 마이크로스트립 방사 소자의 크기를 약 1/3로 축소할 수 있으며, 각각의 폴더와 접지면과의 간격 "L"과 "S"를 조절하여 공진 주파수를 변화시킬 수 있다<sup>[13]</sup>. 그러나 이러한 방법으로 소형화 및 공진 주파수 미세 조정은 가능하나 온도 변화 또는 주변 환경 변화에 따른 공진점, 정합점 이탈에 대한 능동적 대응은 불가능하다.

따라서 이러한 기본 구조를 바탕으로 본 논문에서는 주변 환경 변화에 능동적으로 대응하여 공진 주파수 및 입력 임피던스를 자동 복원할 수 있는 안테나를 설계, 제작하고 그 특성에 대하여 기술하고자 한다.

### 2-1 회로 설계

그림 1의 기구적 구조의 튜너블 안테나를 제작하여 425 MHz의 공진 특성을 갖도록 L과 S를 조절한 결과 각각 1.5 mm의 간격이 되었다. 접지면에 인접한 L과 S의 플레이트의 면적이 각각 18×50 mm이므로 접지면과의 캐패시턴스가 각각 5.31 pF이다. 이를 근거로 하여 설계된 안테나 회로도도 그림 2에 나타내었다.

그림 1의 구조에서와 같이 L과 S를 각각 3 mm로 할 경우 접지면과의 캐패시턴스가 각각 2.66 pF이다. 따라서 L과 S가 각각 1.5 mm의 간격일 때의 캐패시턴스인 5.31 pF에 근접하려면 2.31 pF의 캐패시턴스가 마이크로스트립 안테나 양단에 부착되어야 한다.

그림 3에서는 제안된 안테나의 가변 장하로 사용하는 바랙터 다이오드의 가변 용량 특성을 나타내었으며, 역전압 0.5~3.0 volt에서의 캐패시턴스는 8.0~2.5 pF이다. 그림 2에서 나타난 바와 같이 바랙터 다이오드  $VD_1$ ,  $VD_2$ 와 5 pF의 칩 캐패시터  $C_3$ ,  $C_4$ 를 각각 직렬 접속하면 캐패시턴스가 각각 3.08~1.67 pF로 가변되므로 요구되는 용량에 적합하다고 할 수 있다. 또한, 제어 전압 CVL과 CVS는 3 volt 배터리로부터 반 고정 저항  $R_{R1}$ 과  $R_{R2}$ 를 이용하여 DC 0~3 volt까지 가변할 수 있다. 이 전압은 칩 인덕터  $L_1$ ,  $L_2$ 를 통하여 바랙터 다이오드  $VD_1$ 과  $VD_2$ 의 캐소드에 인가된다. 각 바랙터 다이오드의 양극(anode)은 마이크로

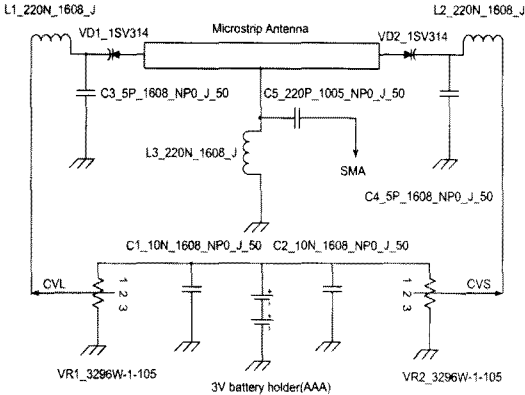


그림 2. 제안된 안테나 회로도  
Fig. 2. Schematic of proposed antenna.

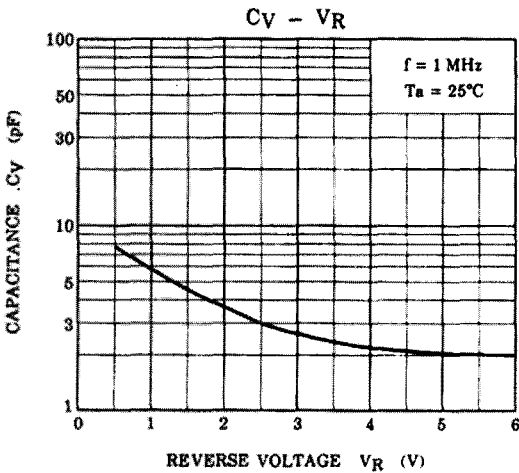


그림 3. 바랙터 다이오드 1SV314 특성<sup>[14]</sup>  
Fig. 3. Characteristic of varactor diode 1SV314<sup>[14]</sup>.

스트립 안테나와 칩 인덕터  $L_3$ 을 통하여 접지되므로 DC 바이어스 루프를 형성한다.

### 2-2 제작 및 측정

그림 1의 기구 구조에 그림 2의 회로를 추가하여 PCB 접지면 상에 설계하였다.

그림 4(a)에 나타난 바와 같이 폴디드 마이크로스트립 방사체의 양단에 가늘고 유연한 리드선을 통하여 바랙터 다이오드  $V_{D1}$ ,  $V_{D2}$ 의 양극과 연결시켜 필요에 따라서 마이크로스트립 방사체의 폴디드된 부분과 접지면과의 간격을 기구적으로 조정함으로써 전체 중심주파수를 변화시킬 수 있도록 하였다.

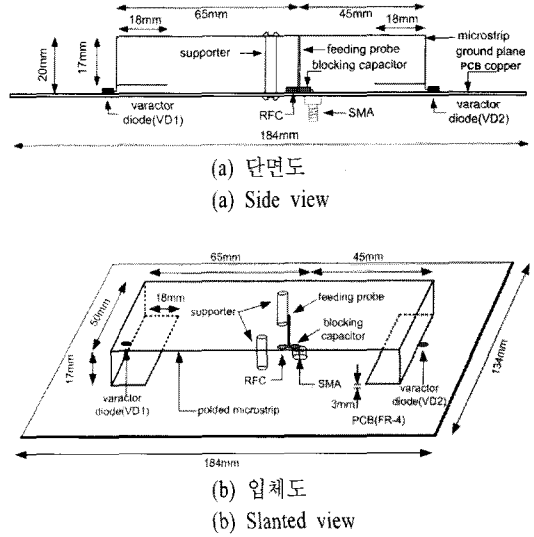


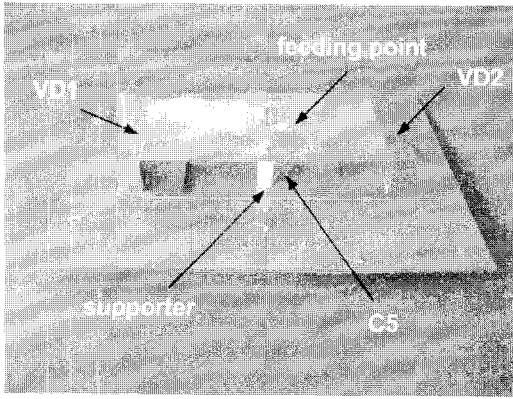
그림 4. 제안된 안테나의 구조도  
Fig. 4. Structure of the proposed antenna.

그림 1의 기구적 구조에 그림 2의 회로를 내장하여 설계 제작한 안테나의 외관을 그림 5에 나타내었다. 이와 같이 제작된 안테나의 주파수 가변 특성은 그림 6에 나타난 바와 같이 385~465 MHz까지 연속적으로 조정됨을 알 수 있다.

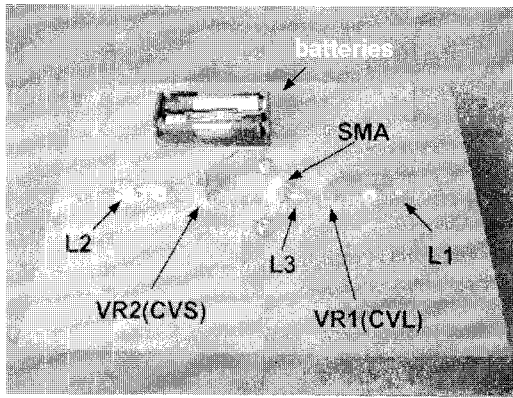
각 주파수에 대한 방사 특성 측정 결과는 그림 7과 같다. 중심주파수(425 MHz)에서의 이득은 0.1 dBd로 양호하나, 상위 공진 주파수(465 MHz) 및 하위 공진 주파수(385 MHz)에서는 각각 -0.7 dBd와 -2 dBd로 다소 저하된다. 특히 하위 공진 주파수의 경우 장하 캐패시턴스가 증가하여 에너지가 집중됨으로 상위의 경우보다 방사 이득이 저하되며, 또한 접지면의 크기가 상대적으로 작게 되어 브로드사이드의 지향성 저하로 인해 이득이 낮게 된다. 주파수 대역 역시 하위 공진 주파수 쪽이 상위에 비하여 다소 협소한데 원인은 마찬가지이다.

제어 전압에 의하여 변화하는 각각의 공진 주파수에 대한 최대 이득 그리고 대역폭 특성을 표 1에 정리하였다.

제안된 안테나의 응용 예를 그림 8에 나타내었다. 마이크로컨트롤러가 발진기(OSC)와 출력 증폭기(PA)를 구동하여 테스트 주파수를 출력하고 안테나로부터 반사된 신호가 서큘레이터를 통하여 저잡음 증폭기(LNA)로 들어온다. 이 신호가 검파/증폭되고 A/D



(a) 윗면  
(a) Top view



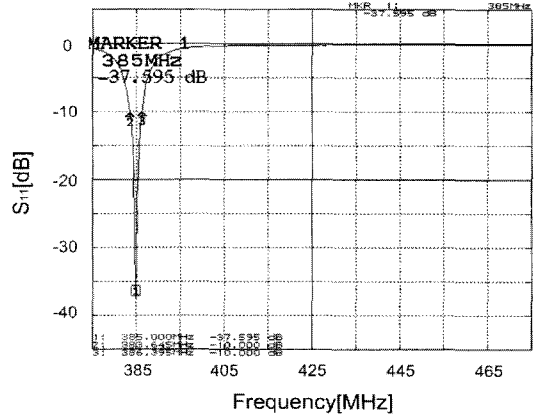
(b) 뒷면  
(b) Reverse view

그림 5. 제안된 안테나의 제작 외관  
Fig. 5. Fabricated antenna.

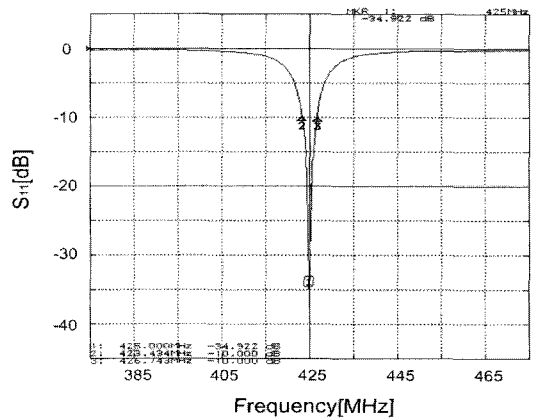
변환기를 거쳐 마이크로컨트롤러로 입력되면 마이크로컨트롤러는 D/A 변환기를 통하여 제안된 안테나의 제어 전압 CVL과 CVS를 자동 능동 조정하여 최소 반사가 되도록 하므로 소기의 목적을 달성할 수 있다.

표 1. 제어전압에 따른 안테나 특성  
Table 1. Antenna properties due to voltage control.

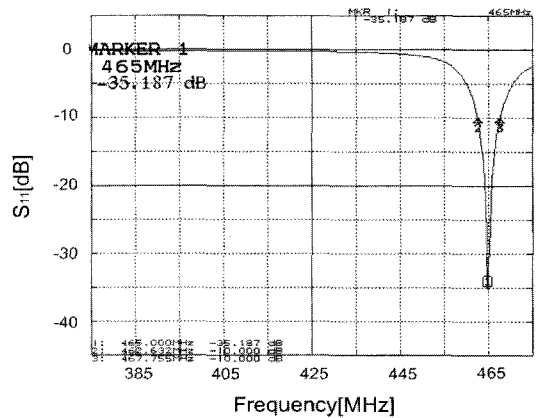
제어전압[volt]		공진 주파수 [MHz]	최대이득 [dBd]	대역폭 [%]
CVL	CVS			
0.00	0.91	385	-2.0	0.7
0.31	1.27	425	+0.1	1.0
1.96	3.19	465	-0.7	1.1



(a) 하위 공진 주파수(385 MHz) 반사 손실  
(a) Return loss at lower resonant frequency(385 MHz)

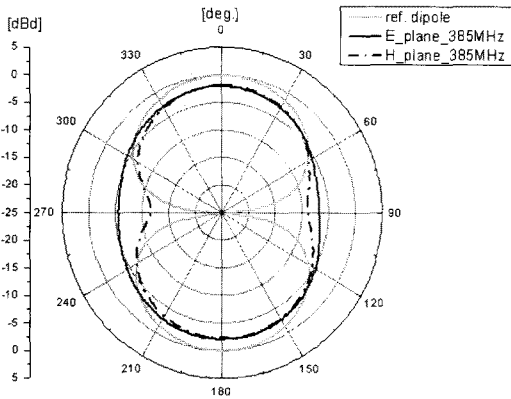


(b) 중심 공진 주파수(425 MHz) 반사 손실  
(b) Return loss at center resonant frequency(425 MHz)

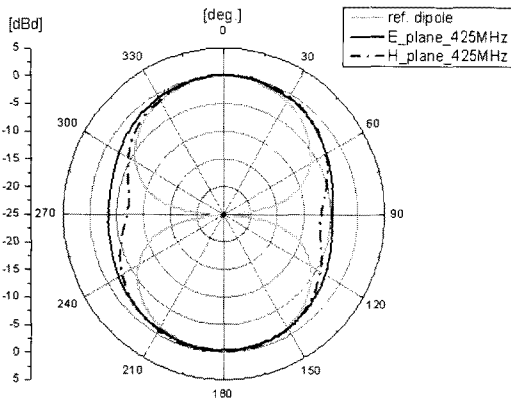


(c) 상위 공진 주파수(465 MHz) 반사 손실  
(c) Return loss at upper resonant frequency(465 MHz)

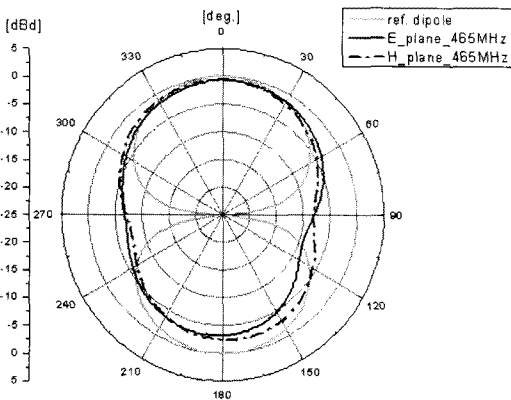
그림 6. 제안된 안테나의 공진 주파수 가변 특성  
Fig. 6. Resonant frequency tuning characteristics of the proposed antenna.



(a) 하위 공진 주파수(385 MHz)  
(a) Lower resonant frequency(385 MHz)



(b) 중심 공진 주파수(425 MHz)  
(b) Center resonant frequency(425 MHz)



(c) 상위 공진 주파수(465 MHz)  
(c) Upper resonant frequency(465 MHz)

그림 7. 제안된 안테나 방사 특성 측정 결과  
Fig. 7. Measured radiation pattern of the proposed antenna.

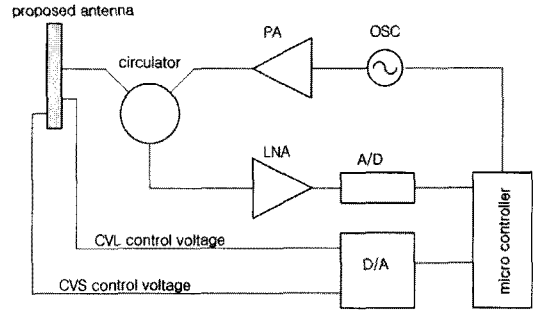


그림 8. 제안된 안테나의 적용 예  
Fig. 8. Example for the proposed antenna.

### III. 결론

본 논문에서는 마이크로스트립 안테나를 UHF ISM 대역의 소출력 무선 통신 시스템에 적용함에 있어서 사용 환경에 의한 공진 주파수 이탈과 임피던스 부정합 문제를 해결하고자 하였다. 그 방법으로 마이크로스트립 방사체의 양쪽 끝단을 폴딩하여 소형화 한 다음 바랙터 다이오드에 의한 캐패시터를 장착하고 전압 제어로 그 용량을 변화시킴으로써 온도 변화에 의한 기구적 구조 변형이나 주변 환경에 따라 이탈된 공진 주파수와 입력 임피던스 부정합을 능동적으로 복원하기 위한 마이크로스트립 안테나를 제안하였다.

제작 시험 결과, 각 제어 단자의 전압을 DC 0.0 volt 에서 3.2 volt까지 변화시키므로 공진 주파수를 385 MHz에서 465 MHz까지 가변할 수 있었다. 따라서 본 제안의 안테나는 중심주파수가 425 MHz일 때  $\pm 40$  MHz의 공진 주파수 이탈에 대한 복원이 가능하다. 이때 최대 이득은  $-0.2 \sim +0.1$  dBd이고, 반사 손실  $-10$  dB, 대역폭은  $0.7 \sim 1.1$  %이다.

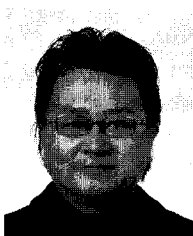
따라서 본 논문에서는 안테나 설치 환경에 따라서 열화되는 안테나 성능을 전압으로 능동 보정할 수 있는 방법을 제시하였고, 그 가능성을 확인하였다.

### 참고 문헌

[1] 정보통신부고시 제1999-46호, 특정소 출력무선 국용 무선설비의 기기, 1999년.  
[2] K. L. Wong, J. Y. Sie, "Dual-frequency slotted rec-

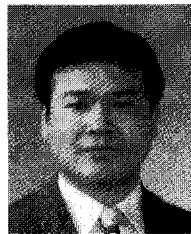
- tangular microstrip antenna", *Electron. Lett.*, vol. 34, pp. 1368-1370, Jul. 1998.
- [3] 장연정, 우종명, 김영로, "소형화된 plate 부차 1/4 파장 마이크로스트립 안테나", 한국전자과학회 춘계 마이크로파 및 전파전파 학술대회논문집, 28(1), pp. 357-360, 2005년.
- [4] 송무하, 문상만, 우종명, "소형화를 위한 주름형 선형 편파 패치안테나", 한국통신학회 하계종합 학술발표회논문집, 23(1), pp. 803-806, 2001년.
- [5] 이성민, 신현철, 류미라, 우종명, "소형화를 위한 주름형 선형편파 원형 패치 마이크로스트립 안테나", 한국전자과학회 추계 마이크로파 및 전파 학술대회논문집, 24(2), pp. 367-370, 2001년.
- [6] S. Lee, J. Woo, M. Ryu, and H. Shin, "Corrugated circular microstrip patch antennas for miniaturisation", *IEE Electronics Letter*, vol. 38, no. 6, pp. 262-263, 2002.
- [7] 송무하, 우종명, "소형화를 위한 3차원 구조 마이크로스트립 패치 안테나", 한국전자과학회논문지, 14(2), pp. 157-167, 2003년.
- [8] Moo-Ha Song, Jong-Myung Woo, "Miniaturisation of microstrip patch antenna using perturbation of radiating slot", *IEE Electronics Letter*, vol. 39, no. 5, pp. 417-419, 2003.
- [9] 소출력 주파수를 이용한 저압가정 원격검침 시범적용 결과, 1, 2차 회의 발표자료, 한국전력, 2005년.
- [10] W. F. Richard, *Antenna Engineering Handbook Applications and Design*, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1988.
- [11] 김영로, 함형석, 박정용, 우종명, "설치환경 적응을 위한 공진 주파수 및 급전 임피던스 임의조정 마이크로스트립 안테나", 한국전자과학회 춘계 마이크로파 및 전파전파학술대회, 30(1), pp. 457-460, 2007년.
- [12] James T. Aberle, Sung-Hoon Oh, David T. Auckland, and Shawn D. Rogers, "Reconfigurable antennas for portable wireless device", *IEEE Antenna and Propagation Magazine*, vol. 45, no. 6, pp. 148-154, Dec. 2003.
- [13] 김영로, 박정용, 우종명, "캐패시터 장하 공진 주파수 및 급전임피던스 임의조정 마이크로스트립 안테나", 한국전자과학회 종합학술대회 논문집, 17(1), pp. 323-327, 2007년.
- [14] <http://www.semicon.toshiba.co.jp/>, 1SV314 data sheet.

### 김 영 로



1980년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)  
 2008년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2008년 3월~현재: 충남대학교 전파공학과 박사과정  
 [주 관심분야] 안테나

### 우 종 명



1985년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학사)  
 1990년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1993년 3월: 일본 니혼대학 전자공학과 (공학석사)  
 1996년 3월: 일본 니혼대학 전자공학과 (공학박사)  
 1996년 9월~현재: 충남대학교 전자공학과 교수  
 [주 관심분야] 안테나