

# 무인 경계용 레이더 센서를 위한 의사 야기 안테나

임태빈<sup>1\*</sup>, 김강욱<sup>1</sup>, 조정삼<sup>2</sup>, 강태인<sup>3</sup>, 이노복<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>광주과학기술원 정보기전공학부, <sup>2</sup>삼성 탈레스, <sup>3</sup>국방과학연구소

## Quasi-Yagi Antenna for Surveillance Sensor

Taebin Im<sup>1\*</sup>, Kanwook Kim<sup>1</sup>, Jungsam Cho<sup>2</sup>, Taein Kang<sup>3</sup> and Nobok Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>School of Mechatronics, GIST

<sup>2</sup>Samsung Thales Co., Ltd.

<sup>3</sup>Agency for Defense Development

**요약** 대표적인 지향성 안테나인 야기 안테나를 무인 경계 레이더 센서에 적용 가능하도록 설계, 제작하였다. 본 논문에서 제안된 안테나가 무인 경계 레이더 센서에 적용되기 위해서는 7.2-8.2GHz의 동작주파수, 7dBi 이상의 최대 방사 이득과 60° 이상의 3dB 빔폭을 만족하여야한다. 7dBi 이상의 최대 방사 이득과 60° 이상의 빔폭을 얻기 위해 3개의 디렉터를 가진 야기 안테나를 유전체 기판 위에 설계하였다. 또한 드라이브 단의 밸런스드 급전을 위하여 Microstrip-to-CPS 발룬을 설계하여 제안된 안테나에 적용하였다. 제안된 안테나의 가상 실험 결과와 측정 결과를 비교하여 제안된 안테나의 성능을 검증하였다.

**Abstract** A Yagi antenna, which is a typical directional antenna, has been designed and fabricated as a surveillance sensor. The proposed Yagi antenna satisfies the requirements as a surveillance sensor; impedance bandwidth of 7.2-8.2GHz, maximum gain of 7dBi, and 3dB beamwidth of 60° in the azimuthal plane. The proposed Yagi antenna is designed with 3 directors and one driven element on a dielectric substrate. Also, a microstrip-to-CPS balun is designed and applied to the proposed antenna for balanced feeding of the driven element. The performance of the proposed antenna has been verified by comparing the simulation and measurement results.

**Key Words** : Directional antenna, Yagi antenna, Surveillance sensor, Microstrip-to-cps balun

### 1. 서론

현재 군사용으로 많은 관심을 받고 있는 무인 경계용 레이더 센서는 저비용의 감시 시스템 구축에 사용 가능하다는 장점을 가지고 있다.[1,2] 무인 경계용 레이더 센서는 주로 군사용으로써 사용되므로 적에게 쉽게 발견되지 않아야 한다. 따라서 적에게 발견될 가능성을 최소화하기 위해 무인 경계용 레이더 센서는 소형으로 제작되어야 할 필요가 있다. 또한 거리가 먼 지역을 감시하고 감시 대상의 정확한 위치 파악을 위해 높은 이득과 넓은

대역폭을 가진 안테나가 요구된다.

무인 경계용 레이더 센서의 소형화를 위해서는 안테나 부, 송수신부, 신호처리부 등을 포함한 하드웨어 시스템이 하나의 모듈로 만들어질 필요가 있는데 본 논문에서는 소형화와 모듈화에 적합하도록 접지면이 리플렉터로서 동작하는 야기 안테나를 무인 경계용 레이더 센서에 적용 가능하도록 설계하였다. 또한 제안된 야기 안테나는 접지면을 회로 기판으로 활용할 수 있기 때문에 무인 경계용 레이더 센서용으로 적합하다.

야기 안테나는 1920년대 초에 일본의 우다에 의해서

본 연구는 민군겸용기술사업(Dual Use Technology Program)으로 진행 중인 “감시정찰 센서네트워크 개발” 과제의 지원으로 수행되었음.

\*교신저자 : 김강욱(mkkim@gist.ac.kr)

접수일 10년 10월 28일

수정일 10년 11월 16일

제재확정일 10년 11월 19일

개발되었고 후에 야기가 이에 대한 영문 논문을 써서 해외 학회에 발표하였다. 이 때문에 개발자의 이름인 우다 보다는 야기라는 이름을 인용한 야기 안테나로서 익숙하게 불리고 있다. 현재는 거의 쓰이고 있지 않지만 1990년 대까지 텔레비전 안테나로서 매우 널리 쓰였다.[3]

야기 안테나는 크게 3개의 부분으로 구분된다. 리플렉터 단, 드라이브 단, 그리고 디렉터 단이다. 드라이브 단은 다이폴로서 그 길이에 따라서 동작주파수가 결정되고 리플렉터 단은 전파를 반사하는 역할을 한다. 또한 디렉터는 전파의 방향성을 높여 주는 역할을 한다. 따라서 야기 안테나의 설계에 있어서 가장 중요한 부분이 바로 디렉터를 설계하는 것이다.

본 논문에서 제안된 야기 안테나는 일반적인 야기 안테나와는 다르게 접지면을 리플렉터로서 사용하고, 드라이브단과 디렉터가 2차원 평면구조이다. 또한 유전체 기판에 인쇄되어 일반적인 야기 안테나와는 다르게 동작하므로 의사 야기 안테나라고 할 수 있다.

제안된 안테나는 2차원적인 구조를 가지고 있어서 부피가 작고 무게가 가볍다. 또한 접지면은 리플렉터로서 동작할 뿐 아니라 RF 회로가 실장되는 공간으로 활용될 수 있어서 무인 경계용 시스템의 모듈화에 적합하다는 장점을 가지고 있다.[4]

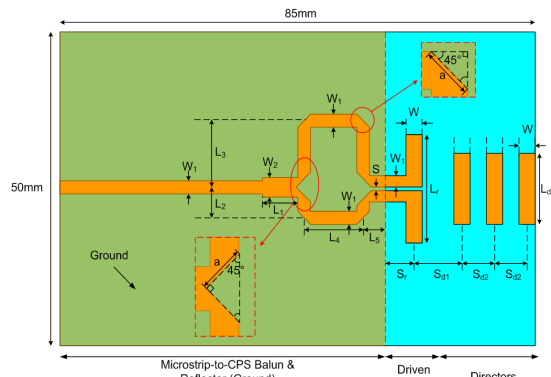
## 2. 야기 안테나의 설계

[표 1] 안테나의 설계 규격

항 목	설계 규격
동작 주파수 대역	7.2~8.2GHz
최대 방사 이득	7dBi 이상
3dB 빔폭	60° 이상
편파	수직 편파
안테나의 넓이	85mm×50mm
급전 임피던스	50Ω
유전체 기판	RO4003C
기판의 유전상수	3.35±0.03

본 논문에서 제안된 안테나는 무인 경계용 레이더 센서용으로 설계되었다. 제안된 안테나가 적용될 무인 경계용 레이더 센서는 시간 축에서 1ns 정도의 매우 좁은 폭을 가지는 펄스를 사용한다. 이러한 펄스를 사용하기 위해서는 안테나의 대역폭이 1GHz 이상이어야 한다. 또한 무인 경계용 레이더 센서는 5~20m 거리에 있는 물체를 탐지할 수 있고 넓은 범위로 물체를 탐지할 수 있도록

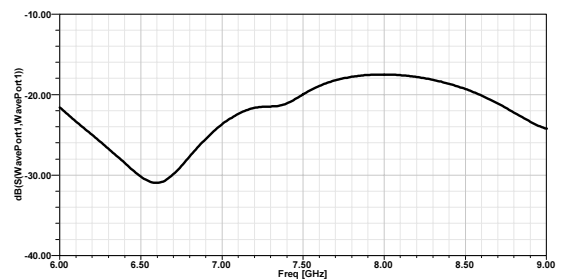
요구된다. 이러한 무인 경계용 레이더 센서 시스템에 적용되기 위한 안테나는 표 1의 설계규격을 만족하여야 한다.



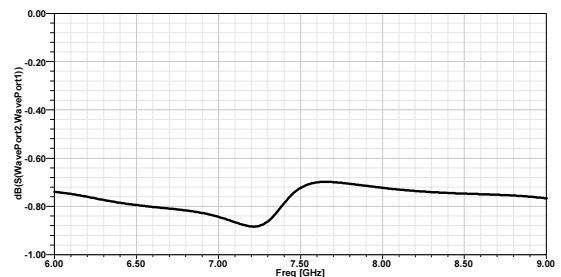
[그림 1] 제안된 야기 안테나의 구조

제안된 안테나는 Ansoft사의 3차원 전자기 해석 프로그램인 HFSS를 사용하여 설계되었다.

그림 1은 제안된 야기 안테나의 구조이다. 일반적으로 야기 안테나의 최대 방사 이득은 디렉터의 수에 따라서 그 한계치가 정해진다. 본 논문에서는 7dBi 이상의 최대 방사 이득과 60° 이상의 3dB 빔폭을 얻기 위하여 3개의 디렉터를 이용하여 설계 하였다. 또한 안테나의 밸런스드 급전을 위하여 Microstrip-to-CPS 발룬을 설계하여 적용하였고 접지면은 리플렉터로서 동작한다.[5,6]

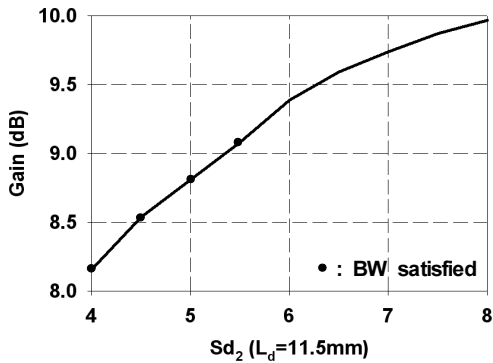


[그림 2] 설계된 발룬의 가상 실험 결과(S<sub>11</sub>)



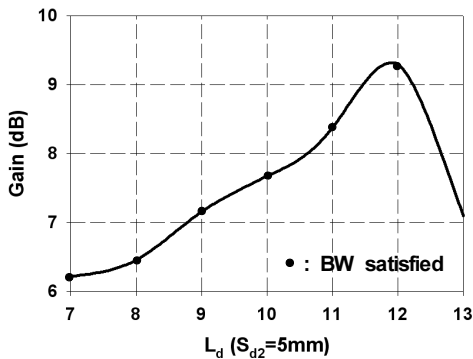
[그림 3] 설계된 발룬의 가상 실험 결과(S<sub>21</sub>)

제안된 안테나의 급전을 위해 7.2~8.2GHz 대역에서 동작하는 발룬을 설계하였다. 그림 2는 설계된 Microstrip-to-CPS 발룬의 반사 손실( $S_{11}$ )에 대한 가상 실험 결과이다. 7.2~8.2GHz 대역에서  $S_{11}$ 의 최대값이 약 -18dB로 전력 손실이 거의 일어나지 않는 것을 알 수 있다. 그림 3은 설계된 Microstrip-to-CPS 발룬의 삽입 손실( $S_{21}$ )에 대한 가상 실험 결과이다. 7.2~8.2GHz 대역에서  $S_{21}$ 의 최소값이 약 -0.9dB로 설계된 발룬의 성능이 제안된 안테나의 급전에 사용되기에 충분하다는 것을 알 수 있다.



[그림 4] 디렉터 간의 거리( $S_{d2}$ )에 따른 최대 방사 이득의 변화

야기 안테나의 디렉터 간 거리에 의한 최대 방사 이득 변화를 조사하기 위해서 가상 실험이 수행되었다. 그림 4는 제안된 야기 안테나의 디렉터 간 거리에 따른 최대 방사 이득 변화의 가상 실험 결과 그래프이다. 디렉터 간의 거리를 4~8mm까지 변화시키면서 가상 실험을 하였고 최대 방사 이득을 관찰하였다. 디렉터 간의 거리가 증가할수록 최대 방사 이득이 증가하는 것을 그래프를 통하여 알 수 있다. 그러나 디렉터 간의 거리가 6mm 이상일 경우 요구 대역폭을 만족하지 못한다.



[그림 5] 디렉터 길이( $L_{d2}$ )에 따른 최대 방사 이득의 변화

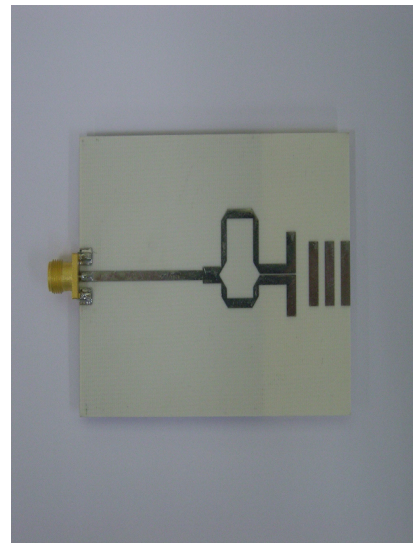
그림 5는 제안된 야기 안테나의 디렉터 길이에 따른 최대 방사 이득 변화의 가상 실험 결과 그래프이다. 디렉터의 길이를 7mm~13mm까지 변화시키면서 가상 실험을 하였고 최대 방사 이득을 관찰하였다. 디렉터의 길이가 12mm에 가까울 때 최대 방사 이득이 가장 큰 것을 볼 수 있다.

제안된 야기 안테나는 높은 최대 방사 이득과 넓은 범폭을 만족하고 또한 주어진 대역폭을 만족하여야 하므로 디렉터간의 거리는 5mm 근처로 그리고 디렉터의 길이는 12mm 근처가 되도록 설계하였다.

### 3. 안테나의 제작 및 측정 결과

[표 2] 제안된 안테나의 설계 파라미터 값

변수	값	변수	값
W	3mm	$L_5$	2mm
$W_1$	1.82mm	$L_r$	15mm
$W_2$	3.04mm	$L_d$	11.5mm
$L_1$	5.8mm	S	0.15mm
$L_2$	10mm	$S_r$	9mm
$L_3$	10.8mm	$S_{d1}$	7mm
$L_4$	10mm	$S_{d2}$	5mm



(a) 윗면

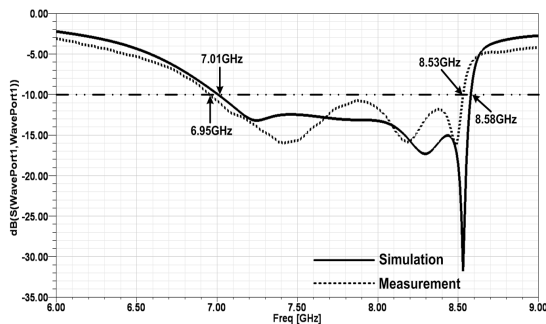


(b) 바닥면

[그림 6] 제작된 안테나

설계 과정을 통해 설계 요구사항을 만족하는 파라미터를 결정하여 표 2에 나타내었다. 표 2의 설계 파라미터 값들을 이용하여 안테나를 제작하였다. 그림 6은 제작된 안테나의 윗면과 아랫면 사진이다. 안테나의 윗면에 3개의 디렉터와 드라이브 단 그리고 Microstrip-to-CPS 발룬이 위치한다. 급전을 위한 50Ω SMA 커넥터가 Microstrip-to-CPS 발룬의 50Ω 전송선로에 연결되어있다. 안테나의 바닥면은 대부분 접지면으로 덮여 있다. 급전을 위해 접지면에 납땀한 50Ω SMA 커넥터를 볼 수 있다.

그림 7은 제안된 안테나의 반사 손실에 대한 가상 실험 결과와 이를 제작하여 측정된 결과를 비교하여 나타낸 그래프이다.



[그림 7] 제작된 안테나

제안된 안테나의 가상 실험 결과에 따른 안테나의 대역폭은 7.01~8.58GHz (1.57GHz)이고 제작된 안테나의 측정 대역폭은 6.95~8.53GHz (1.58GHz)이다. 가상 실험 결과와 측정 결과 그래프를 비교하면 전체적인 모양이 약간 다른데, 첫 번째 원인으로서는 가상 실험에서 설정한 유전체 기판의 유전율과 실제 제작에 사용된 유전체 기판의 유전율의 차이로 생각되고, 두 번째 이유는 가상 실험에서 설정한 안테나의 급전 구조와 실제로 제작된 안테나의 급전 구조가 약간 다르기 때문이라고 생각된다. 가상 실험과 측정 결과의 대역폭 차이는 약 0.01GHz로 중심 주파수를 기준으로 하여 약 0.1%의 차이를 보인다. 센서 시스템에서 요구하는 동작 주파수 대역에서 두 결과가 매우 유사하고 또한 설계 요구 사항을 만족하는 것을 볼 수 있다.

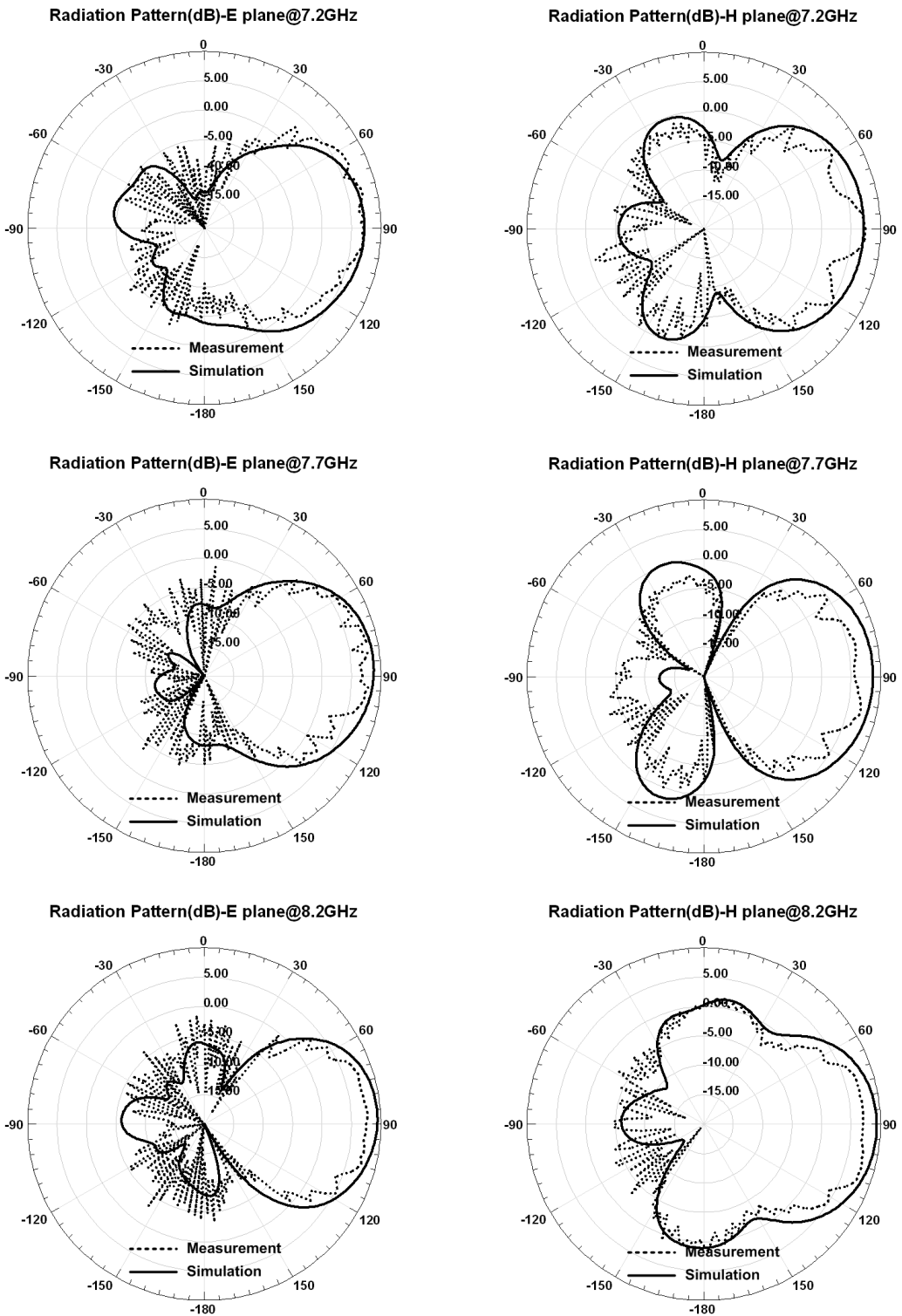
그림 8은 제작된 안테나의 방사 패턴 측정 결과와 가상 실험 결과를 나타낸 그래프이다. E-평면과 H-평면에서의 방사 이득 패턴을 각각 7.2GHz, 7.7GHz, 8.2GHz에서 도시하였다. 제작된 안테나는 7.2GHz에서 최대 방사 이득이 7.48dBi이고 3dB 빔폭은 H-평면에서 24°, E-평면에서 58°이다. 7.7GHz에서 최대 방사 이득은 7.18dBi이고 3dB 빔폭은 H-평면에서 45°, E-평면에서 50°이다. 8.2GHz에서 최대 방사 이득은 7.73dBi이고 3dB 빔폭은 H-평면에서 51°, E-평면에서 48°이다.

제작된 안테나의 방사 패턴을 측정한 결과 제작된 안테나는 대부분의 주파수 대역에서 7dBi 이상의 최대 방사 이득을 만족한다. 7.7GHz 근처의 주파수에서 측정된 최대 방사 이득은 가상 실험 결과와 약 1dB 정도의 차이를 보인다. 또한 8.2GHz 근처의 주파수에서 측정된 최대 방사 이득은 가상 실험 결과와 약 2dB 정도의 차이를 보인다. 3dB 빔폭은 가상 실험 결과와는 다르게 모든 주파수 대역에서 60°에 미치지 못하였다. 하지만 측정된 방사 이득 패턴의 모양은 가상 실험 결과와 비슷한 것을 그림 7을 통하여 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 무인 경계용 레이더 센서용으로서 높은 지향성을 갖는 야기 안테나를 설계하고 제작하였다. 안테나의 밸런스드 급전을 위하여 Microstrip-to-CPS 발룬을 설계하여 제안된 안테나에 적용하였고 7dBi 이상의 최대 방사 이득을 얻기 위하여 3개의 디렉터를 사용하였고 접지면을 리플렉터로 활용하여 제안된 안테나를 설계하였다.

제작된 안테나의 측정 대역폭은 7.08~8.33GHz이다.



[그림 8] 방사 패턴

가상 실험 결과의 대역폭과 비교하였을 때 1% 정도의 차이가 있었지만 제안된 안테나가 동작하여야하는 주파수 대역인 7.2~8.2GHz를 만족하였다.

제안된 안테나는 향후 무인 경계용 센서 시스템에 적용할 시에 우수한 성능을 보일 것으로 예상되고 추후 무인 경계용 센서에 적용하는 후속 연구가 이루어질 예정이다.

### 참고문헌

- [1] R. J. Fontana, L. A. Foster, B. Fair, and D. Wu, "Recent advances in ultra wideband radar and ranging systems," IEEE International Conference on Ultra-Wideband, pp. 19-25, Sept. 2007.
- [2] R. J. Fontana, E. A. Richley, A. J. Marzullo, L. C. Beard, R. W. T. Mulloy, and E. J. Knight, "An ultra wideband radar for micro air vehicle applications," IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies, pp. 187-191, 2002.
- [3] C. A. Balanis, Antenna Theory, 3rd Ed., John Wiley & Sons, Inc., pp. 577-600, 2005.
- [4] Y. Qian, W.R. Deal, N. Kaneda, T. Itoh, "A uniplanar quasi-Yagi antenna with wide bandwidth and low mutual coupling characteristics," IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, vol. 2, pp. 924-927, Aug. 1999.
- [5] Y. Qian, T. Itoh, "A broadband uniplanar microstrip-to-CPS transition," Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings, vol. 2, pp. 609-612, Dec. 1997.
- [6] R. Chadha, K.C. Gupta, "Compensation of Discontinuities in Planar Transmission Lines," IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, pp.308-310, June 1982.
- [7] 우동식, 김영곤, 조영기, 김강욱, "새로운 초광대역 마이크로스트립-CPS 전이 구조를 이용한 Quasi-Yagi 안테나 설계", 한국전자파학회 논문지, 제18권, 제8호, pp. 937-942, 8월, 2007.

### 임 태 빈(Taebin Im)

[준회원]



- 2008년 8월 : 건국대학교 전자공학과 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 광주과학기술원 정보기전공학부 석사과정

<관심분야>

Small antennas, Ultra-wideband systems

### 김 강 욱(Kangwook Kim)

[정회원]



- 1997년 2월 : 아주대학교 전자공학과 (공학사)
- 2001년 8월 : 미국 Georgia Institute of Technology (공학석사)
- 2001년 8월 : 미국 Georgia Institute of Technology (공학박사)
- 2001년 8월 : 미국 Georgia Institute of Technology, Postdoctoral Fellow
- 2005년 ~ 2006년 : 삼성종합기술원 전문연구원
- 2006년 ~ 현재 : 광주과학기술원 정보기전공학부 교수

<관심분야>

Ultra-wideband systems

### 조 정 삼(Jungsam Cho)

[정회원]



- 2004년 3월 : 국민대학교 정보통신공학부 (공학사)
- 2009년 8월 : 광주과학기술원 기전공학부 (공학석사)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 삼성탈레스

<관심분야>

Small antennas, Ultra-wideband systems

---

강 태 인(Taein Kang)

[정회원]



- 1993년 2월 : 홍익대학교 컴퓨터 공학과 (공학사)
- 1995년 2월 : 홍익대학교 전자계산학과 (이학사)
- 1995년 1월 ~ 1998년 12월 : 국방정보체계 연구소 연구원
- 1999년 1월 ~ 현재 : 국방과학 연구소 선임연구원

<관심분야>

Wireless sensor network, Embedded software,  $\mu$ -UWB radar

---

이 노 복(Nobok Lee)

[정회원]



- 1993년 2월 : 중앙대학교 전자계산학과 (이학사)
- 1995년 2월 : 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2005년 8월 : 한국과학기술원 경영공학과 (공학박사)
- 1986년 1월 ~ 1991년 12월 : 한국국방연구원 연구원
- 1992년 1월 ~ 1998년 12월 : 국방정보체계연구소 선임연구원
- 1999년 1월 ~ 현재 : 국방과학연구소 책임연구원, ‘감시정찰센서네트워크 개발’ 과제 PM

<관심분야>

Software Engineering, Wireless sensor network, Sensor signal processing