

지하 매설물 원격 관리를 위한 2.4 GHz 대역의 인쇄형 야기 안테나

A Printed Yagi Antenna Available at 2.4 GHz for Remote Management of Underground Facility

박동국 · 조익현 · 서흥은 · 윤나라 · 김진영

Dong-Kook Park · Ik-Hyun Cho · Hong-Eun Seo · Na-Ra Yun · Jin-Young Kim

요 약

본 논문에서 지하 매설물의 원격 관리에 적용이 가능한 2.45 GHz의 지표면 매입형 인쇄형 야기 안테나를 제안하였다. 안테나의 방수 및 견고성을 위해 백크라이트로 안테나를 감싸는 구조로 제작하였다. 제작된 안테나는 2.15~2.52 GHz 대역에서 이득 10 dBi로 동작하며, 시뮬레이션 결과와 유사한 결과를 나타내었다. 개발된 안테나는 지하 매설물 원격 관리를 위해 활용이 될 것으로 기대된다.

Abstract

This paper proposes a printed yagi-antenna available at 2.45 GHz, for the remote-management system of the underground equipment. To improve the solidity and waterproof property, the proposed antenna is coated with bakelite. The manufactured antenna is operated at 2.15~2.52 GHz, whose gain measures 10 dBi. These results are a little different from those of the simulated antenna, but the trend is totally similar. Developed antenna is expected to be useful in the underground facility.

Key words : Subsurface Antenna, Underground, Remote, Printed Yagi, Bakelite

I. 서 론

최근 지하 매설된 상수도, 하수도, 가스 등의 관로의 부식 및 상태에 대한 체계적이고 신속한 관리에 대한 중요성이 부각되고 있다. 이러한 지하 매설물의 체계적이고 신속한 관리를 위해 도입된 시스템이 지하 매설물의 원격 관리 시스템이다^[1].

본 논문에서는 이러한 지하 매설물 원격 관리 시스템에 적용이 가능한 지표면 매입형 2.4 GHz 대역의 안테나를 개발하고자 한다. 안테나 설계 및 시뮬레이션과 측정 결과에 대해 아래에서 자세히 기술하였다.

II. 안테나의 설계

지표면 매입형 안테나의 구조로는 지표면과 나란한 형태인 평판형이 적합하며, 지상의 중계기용 안테나 및 또 다른 지표면 안테나와 통신을 하기 위해서는 고 이득의 안테나가 요구된다. 또한, 지표면에 매입이 되므로 인해 지표면의 습기 등 여러 가지 요인에 의한 안테나를 보호하기 위해 방수 처리 및 견고성을 가질 수 있는 형태로 설계하여야 한다. 본 논문에서 개발하고자 하는 지표면 매입형 2.4 GHz 대역 안테나의 사양을 표 1에 제시하였다.

이러한 사양을 만족하는 안테나를 설계하기 위해

한국해양대학교 컴퓨터·제어·전자통신공학부(Div. of Computer, Control and Electronic Communication Eng., Korea Maritime University)

· 논문 번호 : 20080821-111

· 수정완료일자 : 2008년 11월 5일

표 1. 개발하고자 하는 안테나 설계 사양
Table 1. Specification of the developing antenna.

항목	사양
주파수	2.45 GHz(반사 손실 10 dB 이하)
안테나 이득	10 dB 이상
안테나 모양	평판형
안테나 보호	방수 처리, 견고성 확보

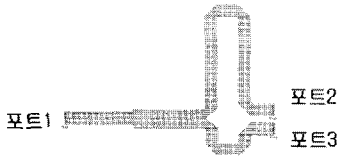


그림 1. 설계된 급전 선로
Fig. 1. Designed feedline.

안테나의 모양을 평판 인쇄형 야기 안테나를 선택하였다. 평판형 야기 안테나는 많은 연구 결과가 발표되었으나^{[2],[3]}, 본 논문에서는 시뮬레이션 툴을 사용하여 설계를 하였다. 시뮬레이션 툴로는 Ansoft사의 HFSS와 designer를 이용하였으며, 설계 과정은 먼저 인쇄형 야기 안테나의 급전 선로를 설계한 후에, 야기 안테나의 여진기(driver)에 해당하는 인쇄형 다이폴 안테나를 설계하고, 도파기(director)를 설계하였다^[2]. 그림 1에 인쇄형 다이폴 안테나의 급전을 위해 설계된 마이크로스트립 급전 선로의 모양을 나타내었다.

입력 신호가 포트 1에 인가될 때 다이폴 안테나를 효과적으로 급전을 하기 위해서는 포트 2와 포트 3에서 각각의 위상차가 180°이면서 동일한 세기의 전력이 나타나야 한다. 시뮬레이션을 통해 그림 1 구조의 급전 선로를 설계하여 2.45 GHz에서 위상차 및 신호의 세기가 모두 근소한 차이로 원하는 값으로 설계가 되도록 하였다.

설계된 급전 선로를 이용하여 야기 안테나의 여기부로 사용될 인쇄형 다이폴을 설계하였고, 그 모양을 그림 2에 나타내었다^[4]. 그림 3은 다이폴 안테나의 반사 손실과 이득의 시뮬레이션 결과이다. 2.45 GHz 대역에서 반사 손실이 10 dB 이하이며, 안테나 이득은 3.6 dB를 나타내었다. 이상적인 반파장 다이폴의 안테나 이득 2.15 dBi보다 큰 이득을 갖는 것은

인쇄형 다이폴 구조의 특성상 접지면이 안테나의 반사기 역할을 하기 때문이다.

설계된 다이폴을 기본으로 야기 안테나 설계 이

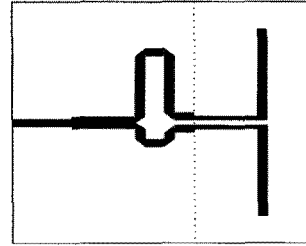
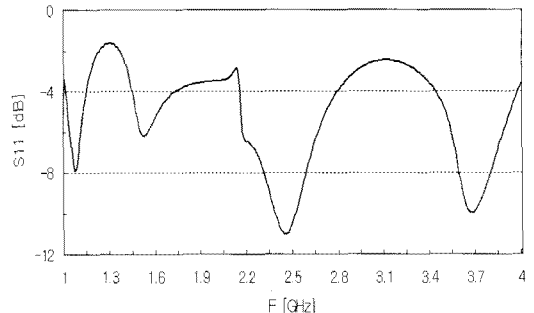
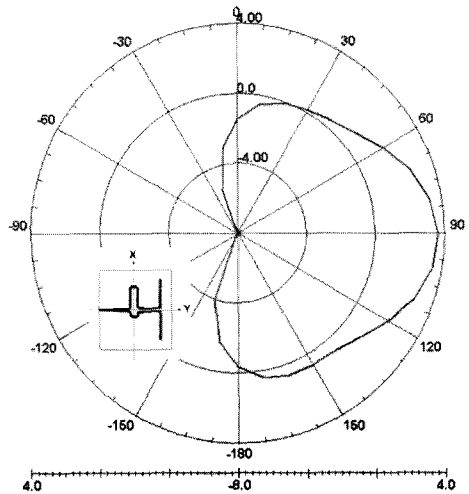


그림 2. 설계된 인쇄형 다이폴 안테나
Fig. 2. Designed printed dipole antenna.



(a) 반사 손실
(a) Return loss



(b) y-z면 방사 패턴과 이득
(b) Antenna gain and radiation pattern on y-z plane

그림 3. 인쇄형 다이폴의 시뮬레이션 결과
Fig. 3. Simulated results of printed dipole.

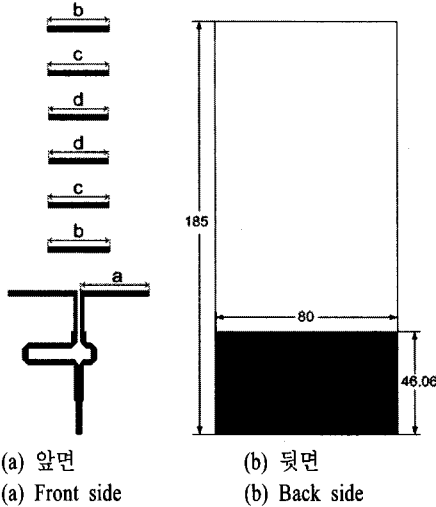


그림 4. 설계된 인쇄형 야기 안테나
Fig. 4. Designed printed yagi antenna.

론을 이용해 인쇄형 야기 안테나를 설계하였다. 이러한 야기 안테나의 설계를 위해 Viezbicke의 실험치를 초기값으로 이용하여 시뮬레이션을 통해 각각의 기생 소자들의 값을 결정하였다^{[4]~[6]}. 그림 4에 나타난 6개의 기생 소자를 갖는 인쇄형 야기 안테나의 경우 유전율이 3.5이고, 높이가 1.016 mm인 기판을 사용할 때, 시뮬레이션을 통해 최적화된 설계된 값은 $a=30.25$ mm, $b=27.38$ mm, $c=26.88$ mm, $d=26.25$ mm이다. 또한, 각 소자의 폭은 모두 동일하게 50 Ω 선폭으로 설계를 하였고, 각 소자간의 간격은 0.15 λ로 일정하게 설계를 하였다.

그림 5와 그림 6에서는 설계된 인쇄형 야기 안테나의 시뮬레이션 반사 손실과 이득을 나타내었다.

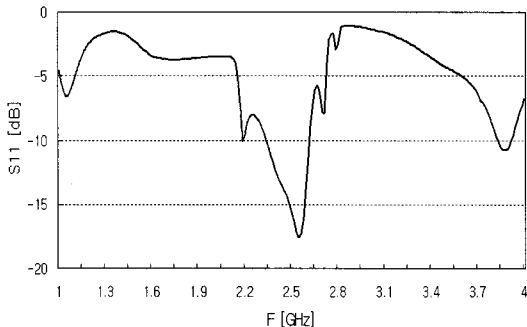


그림 5. 시뮬레이션한 야기 안테나 반사 손실
Fig. 5. Simulated return loss of the yagi antenna.

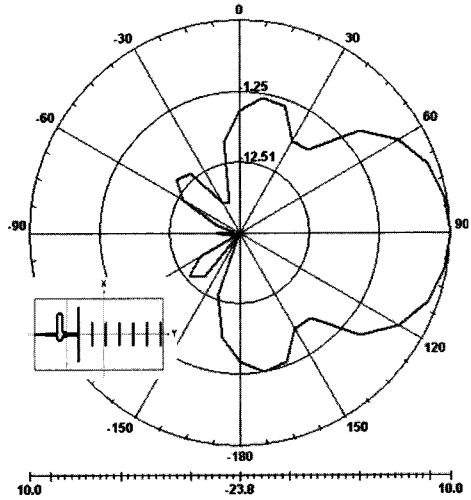


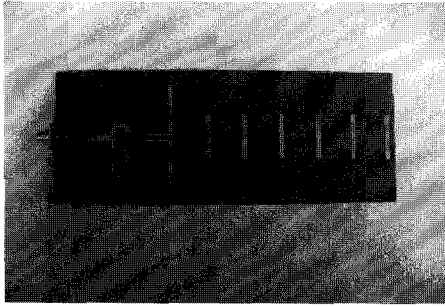
그림 6. 시뮬레이션 야기 안테나의 y-z면 방사 패턴
Fig. 6. Simulated y-z plane radiation pattern of the yagi antenna.

대역폭은 2.35~2.6 GHz의 대역폭을 가지며, 이득은 9.9 dB이다. 이는 2.4 GHz 대역을 충분히 만족하여 이득 역시 설계 사양을 만족하고 있다.

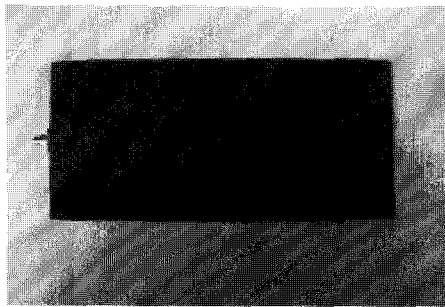
III. 실험 및 분석

설계된 안테나를 제작하기 위해 유전율이 3.5이고 높이가 1.016 mm인 Taconic사의 RF-35 기판을 사용하였다. 그리고 최종적인 안테나는 방수 처리 및 견고성을 높이기 위해서 백크라이트를 이용하여 차폐 처리하였다. 사용된 백크라이트의 유전율은 4.6이며, 높이 2 mm인 것을 이용하여 차폐하였다. 그림 7에 제작한 안테나의 모양을 나타내었다. 제작된 안테나를 측정된 결과, 백크라이트가 인쇄형 야기 안테나를 감싸는 구조로 인해 안테나의 주파수 특성이 변화가 약 600 MHz 낮아지는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 이것을 감안하여 차폐 전 야기 안테나의 설계를 II장에서 설명한 방식으로 시뮬레이션을 통해 수정하여 재설계를 하였다.

제작된 안테나의 측정 결과를 시뮬레이션 값과 비교하여 그림 8에 나타내었다. 먼저, 안테나의 중심 주파수가 백크라이트 차폐에 의해 주파수가 약 600 MHz 낮아지는 것을 볼 수 있다. 그리고 차폐 후의 안테나 대역폭이 측정 결과 2.13~2.52 GHz로서 약



(a) 차폐 전 안테나
(a) Antenna without coating



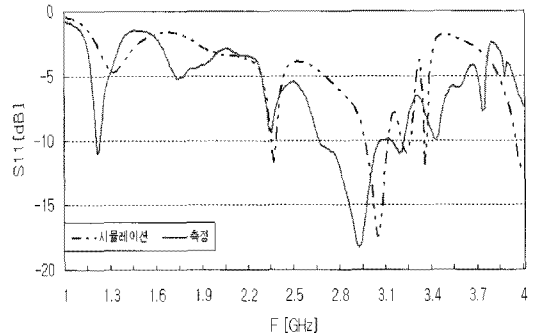
(b) 차폐 후 안테나
(b) Antenna with bakelite coating

그림 7. 제작된 안테나
Fig. 7. Fabricated antenna.

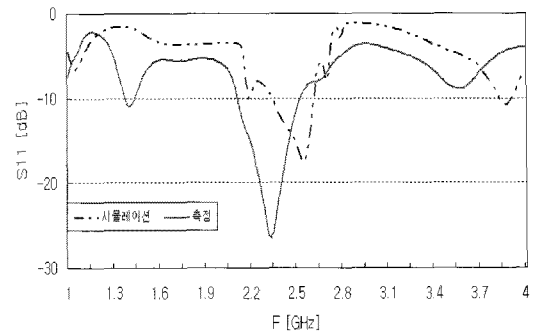
390 MHz 대역폭을 가지고 있는 것을 알 수 있었다. 시뮬레이션과 측정 값 사이에 약간의 오차가 생기는 것은 제작 공정상에서 인쇄형 야기 안테나 기판과 백크라이트 간의 공극 등 제작상의 요인으로 생각되어진다. 그러나 전체적인 추세는 거의 유사하게 동작을 한다는 것을 알 수가 있다.

제작된 안테나의 이득을 측정하기 위해 2.45 GHz 에서 동작하는 다이폴 안테나를 제작하여 원 거리 장 영역에서 수신 세기 비교를 통해 간접적으로 확인하는 방법을 사용하였다. 그림 9에 10 dBm의 송신 전력에 대해 원거리 장에서 측정한 다이폴과 제작된 야기 안테나의 수신 세기를 나타내었다. 제작된 다이폴에 비해서 약 8 dB 정도의 수신율이 좋은 것으로 측정이 되었다. 제작한 다이폴의 이득을 약 2 dBi 라 가정을 하면 제안된 야기 안테나의 이득은 시뮬레이션 이득과 유사한 약 10 dBi 정도 되는 것을 알 수 있다.

또한, 제작된 평판형 야기 안테나는 지하 매설물



(a) 차폐 전 안테나
(a) Antenna without coating



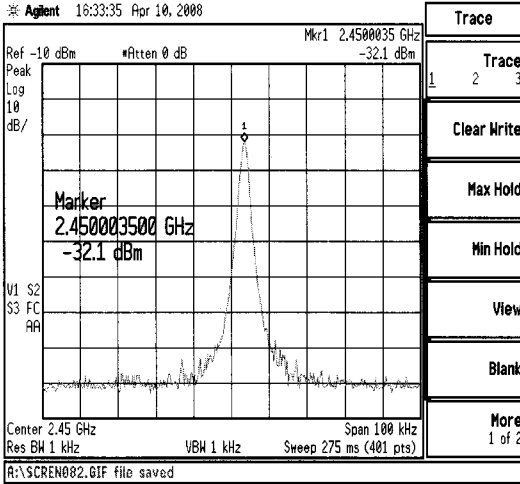
(b) 차폐 후 안테나
(b) Antenna with bakelite coating

그림 8. 안테나의 반사 손실 비교 값
Fig. 8. Return loss of the antenna.

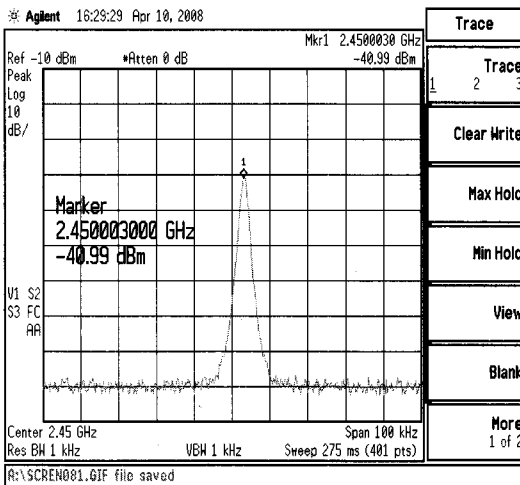
관리 시스템에 사용하기 위한 것이므로, 야외에서 실제 매설된 이후의 수신 상태를 확인해 보기 위한 실험을 수행하였다.

학교 운동장에서 송수신 안테나 사이의 거리를 약 80 m 떨어뜨리고, 지표면에 두께 28 mm의 스티로폼 놓고 그 위에 송신 안테나를 두고, 10 dBm의 송신 전력을 인가하였다. 그리고 수신 안테나는 운동장을 파서 안테나의 표면이 지표면과 동일한 높이에 그림 10(a)와 같이 매설하여 송수신 측정을 하였다. 이 때, 실제 매설되는 경우, 센서 등 기구물이 들어가는 공간을 고려하여 두께 28 mm의 스티로폼을 안테나의 아래에 놓고 실험을 하였고 측정 결과를 그림 11에 나타내었다.

그러나 실제로 안테나가 매설될 경우, 지표면의 습도 등의 영향에 따라 안테나의 특성에 변화가 생길 것이지만, 본 논문에서는 단지 비교적 특성 변화가 적은 구조물인 보드 블록이 안테나 위에 설치되



(a) 지표면 야기 안테나
(a) Subsurface yagi antenna



(b) 다이폴 안테나
(b) Dipole antenna

그림 9. 지표면 야기 안테나와 다이폴의 수신 신호 세기

Fig. 9. Received power level of the subsurface yagi antenna and dipole.

는 경우만을 가정하여 실험을 하였다. 즉, 그림 10 (b)의 구조와 같이 두께 60 mm의 보드 블록을 수신 안테나 위에 올려 보드 블록의 윗면이 지표면과 동일한 높이가 되도록 매설하여 송수신 테스트를 한 결과를 그림 12에 나타내었다. 보드 블록 아래에 매설하므로 인해서 약 -4 dB의 수신을 감쇄를 보이고 있는 것을 확인할 수 있었다.

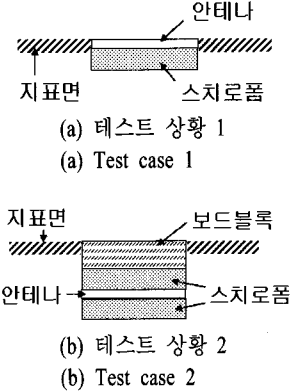


그림 10. 매설된 안테나 모양
Fig. 10. Configuration of subsurface antenna.

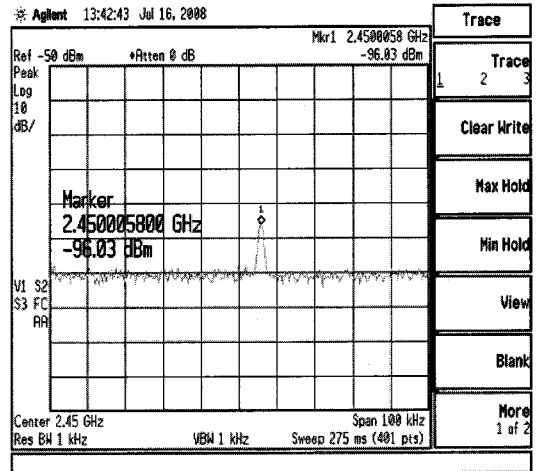


그림 11. 매설된 안테나의 수신 신호 레벨
Fig. 11. Received power level of the subsurface antenna.

IV. 결 론

본 논문에서는 지하 매설물의 원격 관리를 위한 지표면 매입형 안테나로서 2.45 GHz의 인쇄형 야기 안테나를 제안하였다. 제안한 안테나의 구조는 6개의 기생 소자로 구성된 평판 인쇄형 야기 안테나를 두께 2 mm의 백크라이트가 감싸는 형태로 되어 있다.

제안된 안테나를 시뮬레이션과 실험을 통해 안테나의 특성을 비교 분석하였으며, 제작된 안테나는 평판형 안테나로서 2.45 GHz 대역에서 이득 약 10

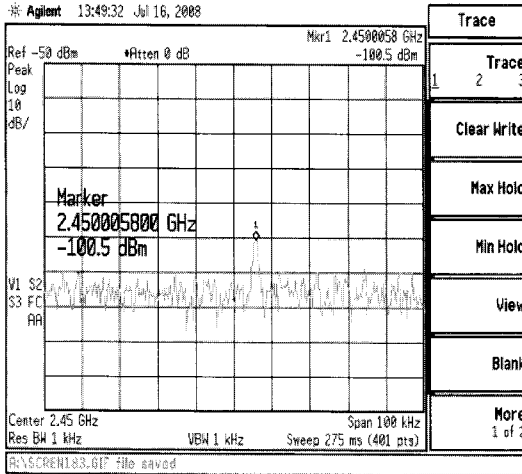


그림 12. 보드 블록 아래에 매설된 안테나의 수신 신호 세기

Fig. 12. Received power level of the subsurface antenna under board-block.

dB로 동작하는 것을 확인하였다. 실제 지표면에서 테스트한 결과, 제작된 인쇄형 야기 안테나는 지하 매설물의 원격 관리 시스템에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 김계호, 이종수, 나방현, 이상화, 김지성, 성병문, 홍의택, 조효섭, 유니세크, 현대정보기술, "지하 매설물 관리 시스템 개발 연구(최종(연장))", 건설교통부 학술 정보, 1996년 10월.
- [2] N. Kaneda, W. R. Deal, Y. Qian, R. Waterhouse, and T. Itoh, "A broad-band planar quasi-yagi antenna", *IEEE Transactions on Antenna and Propagation*, vol. 50, no. 8, pp. 1158-1160, Aug. 2002.
- [3] C. Ha, Y. Qian, and T. Itoh, "A modified quasi-yagi antenna with wideband characteristics in C-band", in *Proc. IEEE Antenna and Propagation Society Int. Symp. Digest*, vol. 3, pp. 154-157, Jul. 2001.
- [4] P. P. Vezbicke, "Yagi antenna design", NBS Tech. Note 688, National Bureau of Standards, Washington, DC., Dec. 1968.
- [5] 윤영중, 홍의석, 전계석, 김민준, 임영석, 정백호, 안테나 이론과 설계, 교보문고, 2000년 3월.
- [6] John D. Kraus, Ronald J. Marhefka, *Antenna : for All Applications*, Third Edition, McGraw-Hill, 2002.

박 동 국



1987년 2월: 부산대학교 전자공학과 (공학사)
 1989년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
 1994년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
 1994년 8월~1996년 3월: LG전자

선임연구원

1996년 4월~현재: 한국해양대학교 교수

2000년 1월~2001년 1월: 미국 UCLA 전기공학과 방문교수

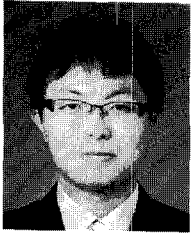
[주 관심분야] 안테나, 이동 통신 부품

조 익 현



2007년 2월: 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학사)
 2007년 3월~현재: 한국해양대학교 전자통신공학과 석사과정
 [주 관심분야] 안테나, RF

서 홍 은



2007년 2월: 한국해양대학교 전자
통신공학과 (공학사)
2007년 3월~현재: 한국해양대학교
전자통신공학과 석사과정
[주 관심분야] 무선 전력 전송, 안
테나

김 진 영

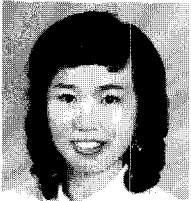


1990년 2월: 부산대학교 전기공학
과 (공학사)
2007년 2월: 한국해양대학교 전자
통신공학과 (공학석사)
1999년 2월~2007년 12월: (주)파나
시아 부설연구소 실장
2008년 1월~현재: (주)파나시아 환

경사업부 부장

[주 관심분야] 안테나, 무선 전력 전송

윤 나 라



2007년 2월: 한국해양대학교 전자
통신공학과 (공학사)
2007년 3월~현재: 한국해양대학교
전자통신공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나, 오실레이터