이중 대역 GPS 배열 안테나 설계

Design of a Dual-Band GPS Array Antenna

김희영 · 변강일 · 손석보 · 추호성

Heeyoung Kim · Gangil Byun · Seok Bo Son · Hosung Choo

요 약

본 논문에서는 하이브리드 급전 구조를 가지는 이중 대역 GPS 패치 안테나를 설계하였다. 설계된 개별 안테나는 GPS 배열 안테나로 사용되며, 배열에서 개별 안테나의 방향을 조절하여 패턴 왜곡 및 간섭을 최소화하였다. 제안된 안테나는 GPS L_1 (1.5754 GHz), L_2 (1.2276 GHz) 대역에서 각각 공진하는 2개의 방사 패치를 가지고 있으며, 광대역 및 원형 편파 특성을 구현하기 위해 칩 커플러를 이용한 2-포트 급전 방법을 사용하였다. 설계된 개별 안테나를 각각의 장착 위치에서 네 방향($\phi=0^\circ$, $\phi=90^\circ$, $\phi=180^\circ$, $\phi=270^\circ$)으로 돌려가며 중앙 안테나와 가장 적은 패턴 왜곡과 간섭을 가지는 방향으로 안테나를 장착하였다. 배열 안테나 측정 결과, 중앙 안테나의 전면 방향 이득은 L_1 과 L_2 대역에서 0.3 dBic, -1.0 dBic, 측면 안테나의 전면 방향 이득은 L_1 과 L_2 대역에서 1.6 dBic, 1.0 dBic를 가지며, 이를 통해 제안된 배열 안테나가 이중 대역 GPS 배열 안테나로 사용 가능함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose a design of dual-band patch antennas for Global Positioning System(GPS) applications, and the designed antenna is used as an individual element of GPS arrays. A low distortion and a high isolation of the array are achieved by adjusting rotating angles of each array element. The antenna consists of two radiating patches that operate in the GPS L_1 and L_2 bands, and the two ports feeding network with a hybrid chip coupler is adopted to achieve a broad circular polarization(CP) bandwidth. The rotating angles of each antenna element are varied with four directions($\phi=0^\circ$, $\phi=90^\circ$, $\phi=180^\circ$, $\phi=270^\circ$) in order to minimize the pattern distortion and maximize the isolation among array elements. The measurement shows bore-sight gains of 0.3 dBic(L_1) and -1.0 dBic(L_2) for the center element. Bore-sight gains of 1.6 dBic(L_1) and 1.0 dBic(L_2) are observed for the edge element. This results demonstrate that the proposed antenna is suitable for GPS array applications.

Key words : GPS Antenna, Array Antenna, Feed Structure

I. 서 론

움직이는 물체에 대한 정확한 위치 정보를 제공하는 위성 위치 확인 시스템(GPS)은 차량, 선박, 항공 등 이동 물체의 정확한 위치 탐색을 위해 많이 사용

되고 있다. GPS 수신 기술의 발전과 더불어, 고성능 다기능의 GPS 수신 안테나에 대한 연구도 활발히 진행되고 있는데, 특히 최근에는 여러 개의 GPS 안테나를 배열하여 다중경로 채널 환경이나 재밍에 의한 간섭을 최소화할 수 있는 기술에 대한 관심이 증

「본 연구는 넵코어스(주)와 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업의 연구 결과로 수행되었음(NIPA-2013-H0301-12-2007).」

홍익대학교 전자전기공학부(School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University)

· Manuscript received April 2, 2013 ; Revised June 10, 2013 ; Accepted June 19, 2013. (ID No. 20130402-042)

· Corresponding Author : Hosung Choo (e-mail : hschoo@hongik.ac.kr)

대되고 있다. GPS 배열의 개별 안테나는 이중 대역 (L_1/L_2)에서 수신에 가능하여야 하며, 최대한 많은 수의 위성으로부터 신호를 수신하기 위해 넓은 빔 폭의 우선 회원 편파(RHCP: Right-Handed Circular Polarization) 복사 특성을 가져야 한다^{[1]~[8]}. GPS 개별 안테나로는 패치 형태의 안테나가 많이 사용되고 있으나, 배열 안테나가 파장에 비해 아주 작은 공간에 장착될 경우 안테나 간 낮은 격리도로 인해 이득 저감 및 패턴 왜곡이 발생한다^{[9],[10]}. 이를 개선하기 위해 고유전율의 기판을 사용하여 개별 안테나를 소형화하거나^[11], 배열 안테나 사이에 추가 구조물을 삽입하여 격리도를 증대하는 연구가 진행되고 있다^{[12],[13]}. 하지만 현재 진행되고 있는 연구는 단일 대역 안테나 이득 개선에 집중되어 있으며, 아직 소형 배열안테나의 이중 대역 격리도 및 이득 특성을 개선하는 연구가 미흡한 실정이다^[14].

본 논문에서는 낮은 유전율을 가지는 기판과 하이브리드 칩커플러 급전 구조를 이용하여 높은 격리도 및 광대역 원형 편파 특성을 가지는 이중 대역 GPS 배열 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 두 개의 패치를 적층한 구조를 가지며, 상층 패치는 직접 급전되고, 하층 패치는 상층 패치와의 결합에 의해 급전되는 구조를 가진다. 개별 안테나 급전에 사용된 칩 커플러는 Anaren사에서 제공하는 XC14-00P-03S 모델로 가로 6.5 mm, 세로 5.5 mm, 높이 3 mm의 크기를 가지며, 하나의 입력 포트와 두 개의 출력 포트를 가진다. 입력 포트에 인가된 신호는 90°의 위상차와 3 dB 감쇄된 전력을 가지고 두 개의 출력 포트에 전달된다. 안테나가 광대역 정합 특성을 갖도록 하기 위해 안테나 기판은 $\epsilon_r=10$ 이하의 낮은 유전율을 가지도록 하였으며, 8 mm 이상의 높은 기판 두께를 사용하여 낮은 Q를 유지하도록 하였다. 또한, 단일 안테나의 성능만을 고려한 안테나 설계가 아닌, 장착 구조물이 매우 작은 어레이에 사용될 때 최적의 성능을 보이는 안테나 설계 및 배열 방법을 제한함으로써 안테나 간 격리도를 높이고 배열 안테나 간 패턴 왜곡을 최소화하였다. 제작된 GPS 배열 안테나는 중앙 안테나와 측면 안테나의 전면 방향 이득이 모두 약 -1.1 dBic 이상으로 이중 대역 GPS 배열 안테나로 적합함을 확인하였다.

II. GPS 개별 안테나 형상 및 배열

2-1 GPS 개별 안테나 설계

그림 1은 GPS 배열 안테나에 사용되는 개별 안테나의 정면도 및 측면도 형상을 보여준다. 180 mm × 180 mm의 공간에 5개의 개별 안테나를 장착하기 위해서 개별 안테나의 크기는 50 mm × 50 mm로 제한하였으며, 주어진 크기의 개별 안테나의 설계를 위해 안테나 기판으로는 고유전율의 세라믹($\epsilon_r=8.0$, $\tan \delta=0.0035$) 기판을 사용하였다. 세라믹 기판 상층에 L_1 대역에서 공진하는 패치가 위치하며, L_1 대역 패치와 그라운드 사이에 L_2 대역에서 공진하는 패치를 삽입하였다. L_1 대역 패치는 칩 커플러를 이용하여 90° 위상차 급전되며, L_2 대역 패치는 L_1 대역 패치와의 결합에 의해 급전되는 하이브리드 급전 구조를 가진다. 칩 커플러의 회로 기판으로는 FR4($\epsilon_r=4.5$, $\tan \delta=0.002$, $h_3=1$ mm) 기판이 사용되었으며, 칩 커플러에서 연장된 2개의 급전 포트의 위치는 각각 (x_1, y_1) 과 (x_2, y_2) 이다. L_1 대역 패치의 크기는 $(w_1 \times w_1)$ 이고, L_2 대역 패치의 크기는 $(w_2 \times w_2)$ 이다. L_1 대역 패치와 L_2 대역 패치사이의 기판 높이는 h_1 이고, 그라운드와 L_2 대역 패치 사이의 기판 높이는 h_2 이다. 안테나 방사 패치 한 변의 길이(w_1, w_2)는 GPS L_1/L_2 대역의 관내 파장을 고려하여 각각의 주파수

그림 1. GPS 개별 안테나 형상
Fig. 1. Geometry of the GPS antenna.

표 1. 안테나의 설계 변수

Table 1. Design parameters of the GPS antenna.

x_1 (mm)	x_2 (mm)	y_1 (mm)	y_2 (mm)	w_1 (mm)
-8.3	3.4	6.3	8.0	31.3
w_2 (mm)	w_3 (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)
38.7	50.0	4.71	4.71	4.71

그림 2. GPS 개별 안테나의 반사 계수 특성

Fig. 2. Reflection coefficient of the GPS antenna.

그림 3. GPS 개별 안테나의 전면 방향 이득 특성

Fig. 3. Bore-sight gain of the GPS antenna.

대역에서 약 반파장 크기를 가지도록 설계하였으며, 안테나의 높이는 그라운드와 L_2 패치, L_2 패치와 L_1 패치 사이의 결합을 고려하여 설계하였다. 안테나의 자세한 설계 변수는 FEKO EM 시뮬레이터^[15]와 유전자 알고리즘을 연동하여 최적화하였으며^[16], 최적화 한 개별 안테나의 설계 변수를 표 1에 정리하여 나타내었다. 최적화된 개별 안테나를 제작한 후, 180

mm $\times$ 180 mm의 크기를 가지는 배열 플랫폼의 중앙에 장착하여 안테나의 개별 성능을 측정하였다. 그림 2, 그림 3은 안테나의 정합 특성 및 전면 방향 이득을 보여준다. 설계된 안테나는 반사 계수가 GPS L_1 (1.5754 GHz)에서 -13.4 dB, L_2 (1.2276 GHz)에서 -11.2 dB로 두 대역 모두 -10 dB 이하의 정합 특성을 가지며, 안테나의 전면 방향 이득은 GPS L_1 대역에서 4.1 dBic, L_2 대역에서 3.6 dBic를 가진다. 또한, 설계된 안테나는 GPS L_1 (1.5754 GHz)에서 -4.22 dB, GPS L_2 (1.2276 GHz)에서 -1.82 dB의 축비 특성을 가진다. 실제 사용하고 있는 GPS 안테나의 정합 특성과 전면 방향 이득, 축비 특성을 고려하였을 때, 제안된 안테나는 GPS 배열 안테나에 사용되는 개별 안테나로 사용이 적합함을 확인하였다.

2.2 안테나 배열 방법

주어진 배열 플랫폼에서 중앙 안테나와 측면 안테나간 거리는 2.82 mm (0.0158 파장)로 파장에 비해 매우 작다. 이렇게 배열 소자간 거리가 파장에 대해 작을 경우, 낮은 격리도에 의해 이득 저감과 패턴 왜곡의 성능 열화가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 개별 안테나의 장착 회전각을 조절하여 격리도를 높이는 배열 설계 방법을 사용하였다^[17]. 측면 안테나의 장착 회전각을 조절할 경우, 회전 각도에 따라 중앙 안테나와 측면 안테나의 급전 위치간 거리가 변하므로 안테나간 격리도가 달라진다. 그림 4는 제안된 개별 GPS 안테나의 배열 방법을 보여준다. 먼저 중앙 안테나(Ant.1)를 플랫폼의 가운데 장착한 후, 측면 안테나(Ant.2)의 장착 회전각을 총 4개의 방향(Case 1: $\phi=0^\circ$, Case 2: $\phi=90^\circ$, Case 3: $\phi=180^\circ$, Case 4: $\phi=270^\circ$)으로 변화시키며, 중앙 안테나의 전면 방향 이득을 관찰한다. 이 때 중앙 안테나의 전면 방향 이득이 최대가 되는 장착 회전각으로 Ant.2를 고정한다. 이와 같은 절차를 Ant.3, Ant.4, Ant.5에 차례로 적용하여, 각 안테나를 최적 장착 회전각으로 배열한다.

그림 5는 그림 4에 표시된 네 가지 case의 중앙 안테나와 측면 안테나(Ant.2) 간의 격리도 변화를 보여준다. 장착 회전각이 변함에 따라 중앙 안테나와 측면 안테나의 급전 위치간 거리가 변하므로 안테나간 격리도가 달라지고 따라서 중앙 안테나의 전면

그림 4. GPS 안테나 배열 방법

Fig. 4. Method of the GPS array configuration.

그림 5. GPS 안테나 배열 방법에 따른 격리도 변화

Fig. 5. Variation of isolation according to the GPS antenna arrangement.

방향 이득 성능이 크게 변한다. 이러한 영향을 고려하여 Ant.2, Ant.3, Ant.4, Ant.5의 장착 회전각을 각각 $\phi=0^\circ$, $\phi=90^\circ$, $\phi=180^\circ$, $\phi=270^\circ$ 로 결정하였다.

그림 6은 본 논문에서 제시하는 안테나 배열 방법을 바탕으로 도출된 최적 안테나 배열 형상을 보여준다. 180 mm×180 mm의 사각 평면구조물의 가운데에 중앙 안테나가 위치하며, 우측 상단에 Ant.2, 좌측 상단에 Ant.3, 좌측 하단에서 Ant.4, 우측 하단에 Ant.5가 장착된다.

그림 6. GPS 배열 안테나 형상

Fig. 6. Geometry of the GPS antenna array.

Ⅲ. 측정 및 분석

그림 7(a)는 이중 대역 GPS 배열 안테나의 EM 시뮬레이션 형상을 보여준다. MOM 해석 기법을 기반으로 하는 FEKO EM 시뮬레이터의 경우, 분할된 메쉬의 크기 및 개수에 따라 해석시간과 정확도가 결정된다. 최소한의 시간으로 정확한 성능을 도출하기 위해 정확한 해석이 요구되는 안테나 부분은 한 변이 파장(λ)/50의 길이를 가지도록 조밀하게 메쉬를 나누었으며, 상대적으로 안테나 성능에 영향을 덜 미치는 배열 장착 구조물의 경우에는 파장(λ)/7의 길이를 가지도록 크게 메쉬를 설정하였다. 제안된 배열 안테나는 총 8,800개의 메쉬를 가지며, 한 주파수 당 약 61분의 시뮬레이션 시간이 소요된다. 그림 7(b)는 제작된 배열안테나의 형상을 보여주며, 제작된 안테나는 가로 5.0 m, 세로 5.0 m, 높이 5.5 m의 무반사 챔버에서 반사 계수 및 전면 방향 이득, 방사 패턴을 측정하였다.

그림 8(a)와 (b)는 각각 중앙 안테나(Ant.1)와 측면 안테나(Ant.2)의 전면 방향 이득을 보여준다. 중앙 안테나(Ant.1)의 경우 GPS L_1 대역에서 -0.3 dBic, GPS L_2 대역에서는 -1.1 dBic의 전면 방향 이득을 가지고, 측면 안테나(Ant.2)의 경우 1.6 dBic, 1.0 dBic

(a) EM 시뮬레이션 형상
(a) Geometry of EM simulation

(b) 제작 형상
(b) Fabricated antennas

그림 7. GPS 배열 안테나의 EM 시뮬레이션 및 제작 형상

Fig. 7. EM simulation and fabricated antenna of a GPS array antenna.

의 전면 방향 이득을 가지며, 이는 시뮬레이션 결과와 유사함을 확인하였다.

그림 9는 중앙 안테나(Ant.1)의 방사 패턴 시뮬레이션 결과와 측정 결과를 비교하였다. 그림 9(a)와 그림 9(b)는 GPS L_1 (1.5754 GHz) 대역의 zx-평면과 zy-평면 방사 패턴을 보여주며, 그림 9(c)와 그림 9(d)는 GPS L_2 (1.2276 GHz)대역에서 zx-평면과 zy-평면의 방사 패턴을 보여준다. 측정 결과, 중앙 안테나는 GPS L_1 대역과 L_2 대역에서 각각 116.8° 와 118.2° 의 넓은 반전력 빔 폭(HPBW)을 가지며, 이는 좁은 빔 폭을 가지는 안테나에 비해 더 많은 수의 위성으로부터 GPS 신호를 수신할 수 있도록 한다.

그림 10은 측면 안테나(Ant.2)의 방사 패턴 시뮬레이션 및 측정 결과를 보여준다. 그림 10(a)와 그림 10(b)는 GPS L_1 대역의 zx-평면과 zy-평면의 방사 패턴을 보여주며, 그림 10(c)와 그림 10(d)는 GPS L_2 대

(a) 중앙 안테나의 전면 방향 이득(Ant.1)
(a) Bore-sight gain of the center antenna(Ant.1)

(a) 측면 안테나의 전면 방향 이득(Ant.2)
(a) Bore-sight gain of the edge antenna(Ant.2)

그림 8. GPS 배열 안테나 전면 방향 이득

Fig. 8. Bore-sight gain of the GPS antenna array.

역의 zx-평면과 zy-평면의 방사 패턴을 보여준다. 측정 결과, 측면 안테나의 HPBW는 GPS L_1 대역에서 118.4° , GPS L_2 대역에서 120.8° 를 가지며, 시뮬레이션과 측정 결과가 유사함을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 하이브리드 급전 구조를 이용하여 높은 격리도를 가지는 이중 대역 GPS 배열 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 두 개의 패치를 적층한 구조를 가지며, 상층 패치는 칩 커플러를 이용하여 90° 위상차 급전을 하였고, 하층 패치는 상층 패치와의 결합에 의해 급전되어 L_1 대역과 L_2 대역에

(a) L_1 대역에서의 zx-평면
(a) zx-plane in the L_1 band

(b) L_1 대역에서의 zy-평면
(b) zy-plane in the L_1 band

(c) L_2 대역에서의 zx-평면
(c) zx-plane in the L_2 band

(d) L_2 대역에서의 zy-평면
(d) zy-plane in the L_2 band

그림 9. 중앙 안테나 방사 패턴(Ant.1)

Fig. 9. Radiation patterns of the center antenna(Ant.1).

(a) L_1 대역에서의 zx-평면
(a) zx-plane in the L_1 band

(b) L_1 대역에서의 zy-평면
(b) zy-plane in the L_1 band

(c) L_2 대역에서의 zx-평면
(c) zx-plane in the L_2 band

(d) L_2 대역에서의 zy-평면
(d) zy-plane in the L_2 band

그림 10. 측면 안테나 방사 패턴(Ant.2)

Fig. 10. Radiation patterns of Ant.2.

서 광대역 원형 편파 특성을 가지도록 하였다. 개별 안테나의 크기를 소형화하고, 격리도를 높이기 위해 안테나 기판은 고유전율을 가지는 세라믹 기판을 사용하였으며, 커플러 칩의 회로 기판으로는 FR4 기판을 사용하였다. 설계된 개별 안테나를 각각의 장착 위치에서 네 방향($\phi=0^\circ$, $\phi=90^\circ$, $\phi=180^\circ$, $\phi=270^\circ$)으로 돌려가며 중앙 안테나와 가장 적은 패턴 왜곡과 간섭을 가지는 방향으로 안테나를 장착하였다. 배열 안테나 성능 측정 결과, 제작된 GPS 배열 안테나는 중앙 안테나와 측면 안테나의 전면 방향 이득이 모두 약 -1.1 dBi 이상이며, Ant.1과 Ant.2 사이의 격리도는 각각 GPS L_1 에서 -19.25 dB, GPS L_2 에서 -19.98 dB, Ant.1과 Ant.3 사이의 격리도는 각각 27.05 dB, -21.17 dB, Ant.1과 Ant.4 사이의 격리도는 -23.51 dB, -19.15 dB, 마지막으로 Ant.1과 Ant.5는 -20.03 dB, -19.04 dB의 측정된 격리도 특성을 가지므로, 이중 대역 GPS 배열 안테나로 적합함을 확인하였다.

References

- [1] D. M. Pozar, S. M. Duffy, "A dual band circularly polarized aperture coupled stacked microstrip antenna for global positioning satellite", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 45, no. 11, pp. 1618-1625, Nov. 1997.
- [2] A. K. Shackelford, K. F. Lee, and K. M. Luk, "Design of small-size wide-bandwidth microstrip antennas", *IEEE Antennas Propag. Mag.*, vol. 45, no.1, pp. 75-83, Feb. 2003.
- [3] S. D. Targonskj, D. M. Pozar, "Design of wide-band circularly polarized aperture coupled microstrip antennas", *IEEE Trans. Antennas. Propag.*, vol. 41, no. 2, pp. 214-220, Feb. 1993.
- [4] K. P. Yang, K. L. Wong, "Dual-band circularly polarized square microstrip antenna", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 49, no. 2, pp. 377-382, Mar. 2001.
- [5] J. M. Tranquilla, S. R. Beest, "A study of the quadrifilar helix antenna for global positioning system (GPS) applications", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 38, no. 10, pp. 1545-1550, Oct. 1990.
- [6] C. Shichai, L. Guangcong, L. Tingfen, L. Xiangguo, and D. Zhiqi, "Compact dual-band gps microstrip antenna using multilayer LTCC substrate", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 9, no. 1, pp. 421-423, Jan. 2010.
- [7] 김지혜, 김미숙, 김종성, 손석보, 김영백, "GPS L_1/L_2 , GLONASS 수신기용 다중 대역 단일 패치 안테나", *한국전자과학회논문지*, 22(10), pp. 990-998, 2010년 10월.
- [8] 공기현, 이학용, 강기조, "GPS 및 위성 라디오용 이중 대역 안테나", *한국전자과학회논문지*, 14 (4), pp. 343-350, 2003년 4월.
- [9] 윤기석, 김혁진, 양운근 "GPS/DMB 수신용 단일 급전 이중 대역 원형 편파 사각 패치 안테나 설계 및 구현", *한국전자과학회논문지*, 19(2), pp. 138-144, 2008년 2월.
- [10] L. I. Basilio, R. L. Chen, J. T. Williams, and D. R. Jackson, "A new planar dual band GPS antenna designed for reduced susceptibility to low-angle multipath", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 55, no. 8, pp. 2358-2366, Aug. 2007.
- [11] Y. Zhou, C. C. Chen, and J. L. Volakis, "Dual band proximity-fed stacked patch antenna for tri-band gps applications", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 55, no. 1, pp. 220-223, Jan. 2007.
- [12] Y. Zhou, C. C. Chen, and J. L. Volakis, "Single-fed circularly polarized antenna element with reduced coupling for GPS arrays", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 5, pp. 1469-1472, May 2008.
- [13] R. Lambert, C. A. Balanis, and D. decarlo, "Spherical cap adaptive antennas for GPS", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 57, no. 2, pp. 406-413, Feb. 2009.
- [14] Lu Guo, Pen-Khiang Tan, and Tan-Huat Chio, "A compact 8-element antenna array for GPS digital beamforming", *IEEE Trans. Antennas Propag. Symposium*, pp. 850-583, Oct. 2012.

- [15] EM software & systems, FEKO Suite 6.6 [Online]. Available: <http://www.feko.info>
- [16] G. Byun, C. Seo, and H. Choo, "Design of aircraft on-glass antennas using a coupled feed structure", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 4,

Apr. 2012.

- [17] P. S. Hall, J. S. Dahele, and J. R. James, "Design principles of sequentially fed, wide bandwidth, circularly polarised microstrip antennas", *IEEE Proc.*, vol. 136, Pt. H, no. 5, pp. 381-389, Oct. 1989.

김 희 영

2011년 8월: 홍익대학교 전자전기 공학과 (공학사)
2011년 9월~현재: 홍익대학교 전자 전기공학부 석사과정
[주 관심분야] 차량 안테나, GPS 안테나

손 석 보

1996년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
1998년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
2002년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)
1998년 3월~현재: 넵코어스(주) 수석연구원

2006년 9월~현재: 충북대학교 전자공학부 제어로봇공학과 겸임부교수

[주 관심분야] 재밍대응 시스템 설계, 의사위성 시스템 설계, 배열 안테나 설계, 암호화 장비 설계

변 강 일

2010년 2월: 홍익대학교 전자전기 공학과 (공학사)
2012년 2월: 홍익대학교 전자전기 공학부 (공학석사)
2012년 9월~현재: 한양대학교 전자 컴퓨터통신공학과 박사과정

[주 관심분야] 안테나설계 및 위치 최적화, 차량 및 항공기용 안테나, 방향 탐지 및 항재밍 배열 안테나

추 호 성

1998년 2월: 한양대학교 전파공학과 (공학사)
2000년 8월: 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학석사)
2003년 5월: 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학박사)
2003년 6월~2003년 8월: 미국 University of Texas at Austin 전자전기공학부 (Post Doctor)

2003년 8월~현재: 홍익대학교 전자전기공학부 부교수
[주 관심분야] 초소형 안테나, 최적화 알고리즘을 이용한 안테나 설계, RFID용 태그 및 리더 안테나