

휴대폰 내장 안테나의 대역폭과 이득 향상을 위한 수직 방사체를 가진 안테나 설계

Antenna Design with Vertically Structured Radiator for Increasing Bandwidth and Gain of the Mobile Phone Internal Antenna

이 재 호 · 이 경 섭 · 최 득 수

Jae-Ho Lee · Kyung-Sub Lee · Deuk-Su Choi

요 약

본 논문에서는 안테나의 인접하는 방사체 부분 사이의 신호 간섭에 따른 커플링 현상을 이용하여 대역 특성에 대응되는 수직 방사체를 가진 안테나를 제안하였다. 전류 상쇄를 최소화시키기 위해 수직형 도전성 방사체를 이용하였고, 기존 메탈 프레스 내장형 안테나에 대비하여 방사 효율을 높이고, 큰 대역폭을 갖는 안테나를 설계하였다. 제안한 안테나는 GSM850/900, DCS1800, PCS1900 대역을 만족하였으며, 측정된 반사 손실에 의한 대역폭은 기존 메탈 프레스 내장형 안테나에 비해 저주파수 대역에서는 28 % 주파수 대역폭이 향상된 91 MHz, 고주파수 대역에서는 14 % 향상된 222 MHz의 대역폭을 가지는 것을 확인하였다. 또한, 제안한 안테나의 측정된 방사 이득과 효율은 전 대역에서 $-4.956 \sim -0.617$ dBi, 31.80 ~ 86.36 %로 소형 안테나임에도 불구하고 매우 양호한 특성을 보였다. 이를 통해 수직 방사체로 구현함으로써 대역폭의 개선과 함께 방사 이득 향상에도 도움이 되는 것을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we proposed vertically structured radiator for increasing bandwidth and gain of mobile phone internal antenna. The proposed antenna has vertically structured radiator instead of planar structured radiator to improve the antenna characteristics for GSM850/900 and DCS1800/PCS1900 bands. The antenna improve bandwidth of low band with 28 % than planar structured radiator. and also, improve bandwidth of high band with 14 %, efficiency 31.80 ~ 86.36 %, average gain $-4.956 \sim -0.617$ dBi on the GSM850/900 and DCS1800/PCS1900 bands. These results are good performance among the small antenna with vertically structured radiator for increasing bandwidth and gain.

Key words : PIFA, IFA, V-LADE, Internal Antenna, Vertical structure

I. 서 론

휴대폰 단말기의 안테나를 소형화하면서 안테나의 방사 효율이 저하되고, 대역폭이 좁아지며, 안테나 이득이 작아진다. 그러나 이러한 전기적 성능 저하에도 불구하고 이동 통신 단말기는 소형화, 다

능화, 고성능화가 끊임없이 요구되고 있다. 따라서 이동 통신 시스템에 사용되는 휴대용 단말기용 안테나 역시 소형화 및 고성능화가 요구된다. 휴대 단말기에 사용되는 내장형 안테나는 휴대 단말기가 소형화, 슬림화 및 다기능 고성능화에 따라 소형이면서 높은 효율과 이득 특성이 요구되고 있다. 그러나 내

(주)네오펄스 부설연구소(Department of Research and Development, NEOPULSE)

· 논문 번호 : 20110721-01S

· 교신저자 : 이재호(e-mail : jeff.lee@neopulse.co.kr)

· 수정완료일자 : 2011년 9월 8일

장형 안테나는 단말기의 좁은 공간에 장착하기 위해 그 크기가 제약될 수밖에 없다. 또한, 소형화됨에 따라 입력 임피던스는 낮은 저항에 큰 용량성 리액턴스가 되고 매칭 회로를 이용하여 리액턴스를 소거하면 협대역 특성이 나오게 된다. 이 뿐 아니라 낮은 저항 특성 때문에 안테나의 방사 효율은 현저히 낮아진다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 내장형 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

소형화 및 내장화가 되어가면서 PIFA(Planar Inverted F Antenna), IFA(Inverted F Antenna)에 관한 연구가 가장 활발히 진행되고 있고, PIFA나 IFA는 Meander Line 구조를 이용하여 안테나의 공진 길이를 확보하고, 안테나 방사체면의 여러 개의 방사체 가지로 나누는 구조로 다중 대역 특성을 갖도록 한 구조이다. 하지만, 안테나의 다중 절곡은 전류의 방향을 바꾸기 때문에 전류 상쇄 작용을 일으킨다. 이러한 현상은 방사 전자계의 약화에 의해 안테나의 효율 및 이득을 감소하게 만들게 된다.

본 논문에서는 위에서 언급한 문제점을 해결하기 위해 휴대폰 내장형 PIFA 및 IFA 형태를 기본으로 하여 안테나의 방사체면을 세워서 넓은 대역폭과 높은 이득을 갖는 수직 방사체를 가진 안테나(Vertical Blade Antenna, V-LADE Antenna)를 제안하였다. 수직 방사체 구조를 가진 안테나는 안테나의 방사체면을 세워서 구현을 함으로써 유효 면적이 넓어져 넓은 대역폭을 얻을 수 있게 된다. 또한, 인접 안테나의 방사체 가지와의 간격이 확보되기 때문에 전류의 방향이 바뀔 때 발생하는 전류 상쇄 작용을 최소화 하기 때문에 안테나 효율과 이득이 증가하게 된다. 1차적으로 기본적인 IFA 타입으로 안테나를 설계하여 특성을 확인하였으며, 안테나의 대역폭과 이득이 향상된 수직 방사체를 가진 안테나(Vertical Blade Antenna, V-LADE Antenna)를 최종 제안하였다.

II. 안테나 설계

그림 1은 본 연구에서 나타내는 수직 방사체를 가진 내장형 안테나의 형상이다. 그림 1(a)와 같이 기존 메탈 프레스 내장형 안테나는 유전체 상부에 안테나 패턴을 형성하여 구성되므로, 안테나의 방사체

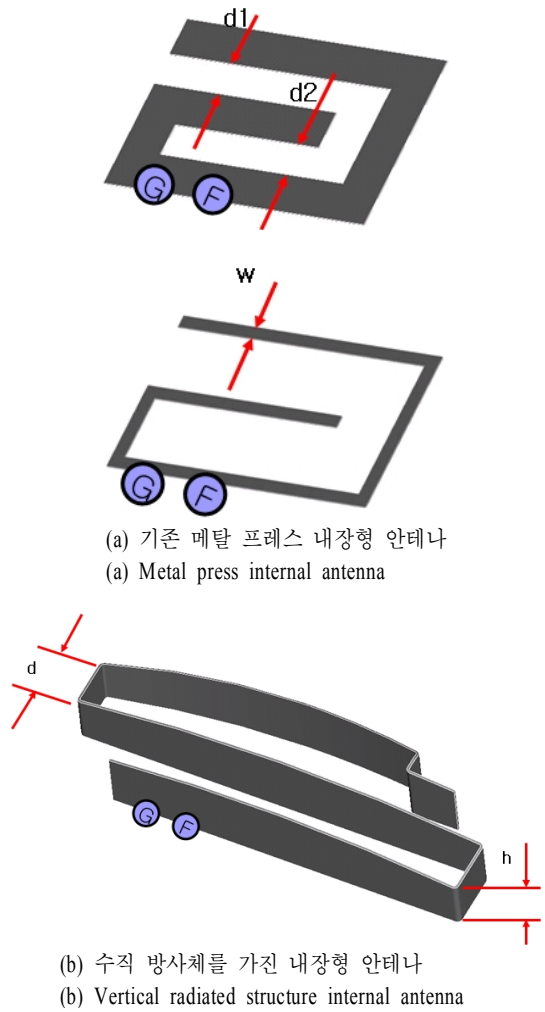


그림 1. 안테나 형태
Fig. 1. Antenna shape.

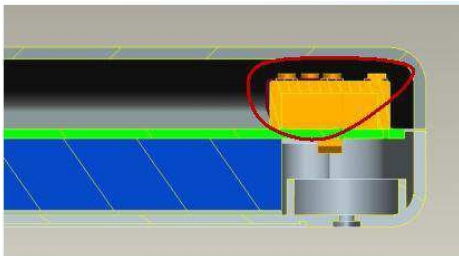
면 간에 과도한 커플링 현상이 발생한다. 따라서 이와 같은 과도한 커플링 현상은 전류 상호 간에 상쇄를 일으켜 이득 및 효율을 저하시키며, 특히 저주파 대역에 대한 이득이 상당히 떨어지는 문제점이 있다. 즉, 알려진 바와 같이 그림 1(a)의 안테나 패턴의 경우 안테나 선로간 거리(d_1, d_2)가 가까울수록, 안테나 선로의 폭(w)이 좁을수록 안테나 이득과 대역폭은 낮아지게 되므로, 단말기 내부의 제한된 공간에 내장되는 기존 안테나 구성으로는 이득과 대역폭 모두를 만족하는 안테나 설계가 어렵다.

반면, 그림 1(b)에 따른 수직 방사체를 가진 내장형 안테나는 도전 금속인 방사체만으로 구성될 수

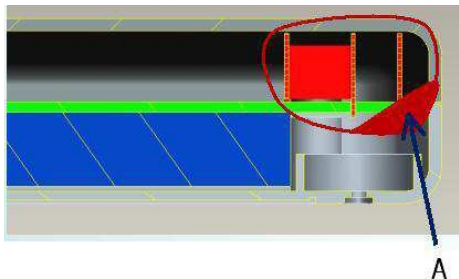
있으며, 방사체를 수신하고자 하는 대역 특성에 따라 절곡하여 수직 방사체를 가진 내장형 안테나를 구성할 수 있다. 즉, 그림 1(b)에 나타난 수직 방사체를 가진 내장형 안테나는 안테나 방사체를 수직으로 배치함에 따라 방사체의 높이(h)를 여유 있게 구성할 수 있을 뿐만 아니라 안테나 간 거리(d)를 넓게 구성할 수 있다. 즉, 그림 1(a)에 비해 안테나 선로의 폭과 간격을 모두 증가시킬 수 있게 되므로 동일한 공간을 이용하더라도 더 높은 안테나 이득과 더 넓은 대역폭을 얻을 수 있게 된다.

또한 본 연구는 그림 1(b)의 두께 및 너비 구성과 절곡 구성에 따라 인접하는 방사체 부분 사이의 상호 간섭에 따른 커플링 현상을 이용하여 대역 특성에 대응되는 안테나를 자유롭게 설계할 수 있는 효과가 있다.

그림 2는 종래의 내장형 안테나와 본 연구에 따른 수직 방사체를 가진 내장형 안테나의 방사체 부분의 개구면을 비교한 도면으로서, 그림 2(a)에 도시된 종래의 메탈 프레스 내장형 안테나보다 그림 2(b)의 수직 방사체를 가진 내장형 안테나의 방사체 부분의



(a) 기존 메탈 프레스 내장형 안테나
(a) Metal press internal antenna



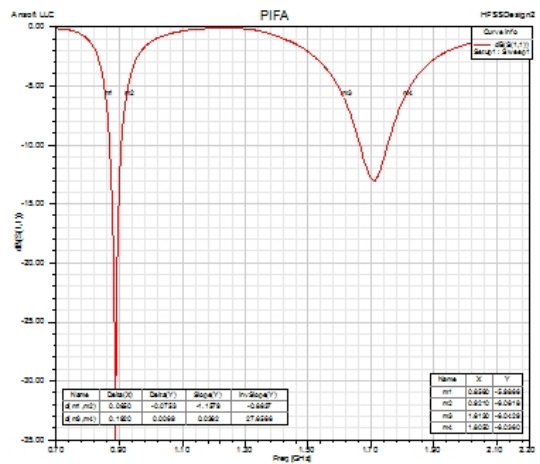
(b) 수직 방사체를 가진 내장형 안테나
(b) Vertical radiated structure internal antenna

그림 2. 방사체 개구도
Fig. 2. Radiation aperture.

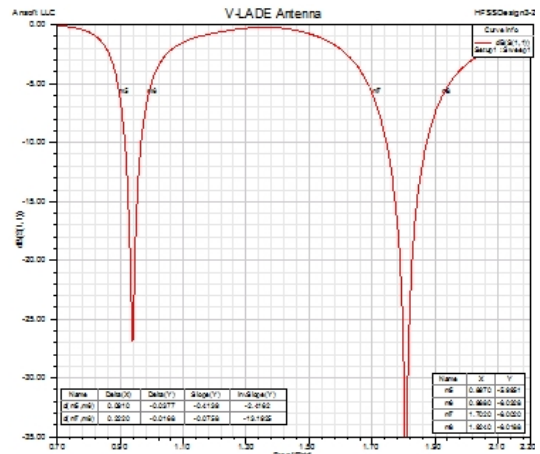
개구면이 A부분만큼 증가하는 것을 나타낸다. 이를 통해, 본 연구의 수직 방사체를 가진 내장형 안테나는 방사체의 방사 효율 및 이득을 증가시킬 수 있다.

그림 3은 그림 1에서 설계한 안테나의 모의 실험 결과이다. 안테나의 길이×폭×높이가 36×9×5 mm로 설계하였고, 모의 실험은 Ansoft사의 HFSS를 사용하였다.

그림 3(b)의 결과에서 볼 수 있듯이 수직 방사체를 가진 내장 안테나는 저주파 대역에서의 대역 특성이 91 MHz, 고주파 대역에서의 대역 특성이 222 MHz를 가지는 것을 확인하였다. 이는 그림 3(a)에서



(a) 기존 메탈 프레스 내장형 안테나
(a) Metal press internal antenna



(b) 수직 방사체를 가진 내장형 안테나
(b) Vertical radiated structure internal antenna

그림 3. 방사체의 형상에 따른 반사 손실 특성
Fig. 3. Simulation results of return loss.

나타내고 있는 기존 내장 안테나에서는 저주파 대역은 대역 특성이 65 MHz, 고주파 대역에서는 대역 특성이 192 MHz로써 그림 3에 도시된 기존 메탈 프레스 내장형 안테나의 대역 특성과 수직 방사체를 가진 내장형 안테나의 대역 특성을 비교해볼 때, 기존 메탈 프레스 내장형 안테나보다 본 연구에 따른 수직 방사체를 가진 내장형 안테나가 저주파수 대역에서는 약 28 %, 고주파수 대역에서는 약 14 % 더 넓은 대역폭을 제공하고 있으며, 이를 통해 본 연구에 따른 수직 방사체를 가진 내장형 안테나는 방사 효율을 증가시키고, 높은 이득을 제공하는 것을 알 수 있다.

즉, 동일한 체적 안에서 방사체가 이격 거리를 늘림으로써 인접하는 방사체 부분 사이의 신호 간섭에 따른 커플링 현상을 이용하여 넓은 대역 특성 확보가 가능하다.

III. 안테나 제작 및 측정 결과

그림 1과 같은 형상을 갖는 동일한 체적의 안테나는 그림 4와 같다. 내장 안테나의 경우에는 상용화를 위해서 휴대폰 케이스를 썩은 경우에 원하는 안테나 특성을 만족해야 하나, 앞에서 언급한 바와 같이 제작된 그림 4의 안테나는 실제 휴대폰에 적용되기 위한 것이 아니라, 사전 시험용으로 휴대폰과 같은 크기인 베어(bare) 보드에 적용되기 위해 제작되었다.

공진점은 저주파 대역과 고주파 대역을 모두 맞춰 GSM850/900 대역과 DCS1800/PCS1900 대역을 모두 만족하도록 설계하였다. 안테나 전체의 크기인 36×9×5 mm를 유지한 상태로 소형화하기 위해 각 방사체의 길이를 안테나의 안쪽으로 접어 방사체의 두께 및 너비 구성과 절곡 구성에 따라 인접하는 부분 사이를 최적화하였다. 최적화된 안테나의 구조를 그림 4(c)에 나타내었다. 프레스는 두께 0.15 mm를 갖는 SUS301 3/4H를 적용하였다.

그림 4와 같이 제작된 수직 방사체를 가진 내장 안테나에 대한 반사 손실 측정 결과는 그림 5와 같다.

그림 5에서 보듯이 저주파 및 고주파 대역에서 반사 손실을 6 dB 기준에서 봤을 때, GSM850/900 대역에서 105 MHz의 대역 특성을 DCS1800/PCS1900 대

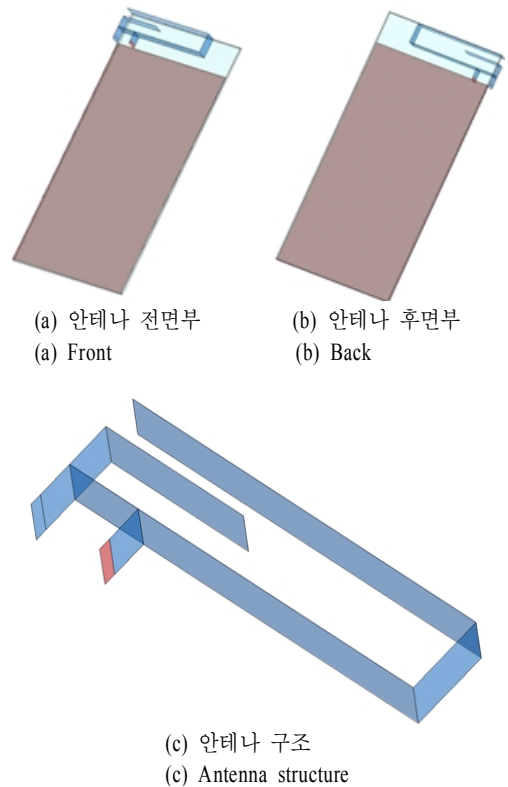


그림 4. 최적화된 안테나 구조
Fig. 4. Optimized antenna structure.

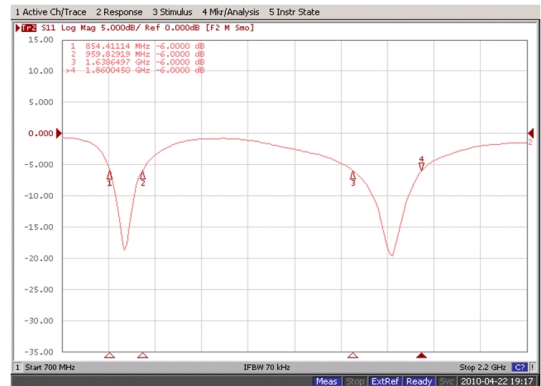


그림 5. 수직 방사체를 가진 내장 안테나의 반사 손실
Fig. 5. Return loss of the proposed antenna.

역에서 220 MHz의 대역 특성을 보이고 있다.

제작된 수직 방사체를 가진 내장 안테나의 3차원 방사 특성은 그림 5와 같다. 측정을 위해 사용된 무반사실은 KTM사 챔버이다.

그림 5에서 (a)는 GSM850/900 대역의 중심 주파

표 1. 안테나 반사 손실에 대한 계산치와 측정치에 대한 비교

Table 1. Comparison of return loss of antennas.

No.	계산치	측정치	비교
저주파수	91 MHz	105 MHz	
고주파수	222 MHz	220 MHz	

수, (b)는 DCS1800/PCS1900 대역의 중심 주파수에서 측정된 것이다.

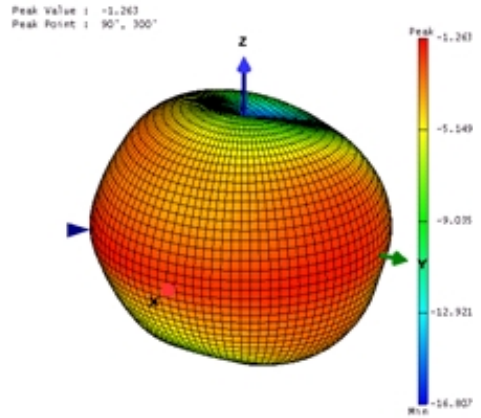
표 1은 수직 방사체를 가진 내장 안테나의 반사 손실에 대한 계산치와 측정치를 비교한 것이다. 고주파수에서는 실험치와 측정치가 유사한 특성을 나타내고 있지만, 저주파수 대역에서는 실험치에서 91 MHz, 측정치에서는 105 MHz로 약 14 MHz 정도의 차이를 확인할 수 있었다. 이는 시뮬레이션을 할 때의 환경 조건 및 실제로 구현할 때 기생소자로 인한 편차로 판단할 수 있다.

그림 6에서 보듯이 H 패턴이 GSM850/900, DCS-1800/PCS1900 공히 거의 무지향 특성을 보이고 있다. GSM850/900 대역에서 최대 +2.2 dBi 및 DCS-1800/PCS1900 대역에서 최대 +2.6 dBi 특성을 보여 양호한 이득 특성이 나타나고 있다.

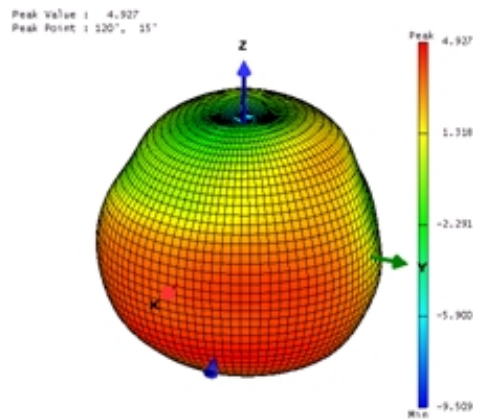
측정된 방사 패턴의 세부적인 데이터 값을 나타낸 표는 표 2와 같다.

표 2. 수직 방사체를 가진 내장 안테나의 이득과 효율
Table 2. Efficiency and gain of the proposed antenna.

Frequency [MHz]	Peak value [dBi]	Avg. gain [dBi]	Efficiency [%]
824	-1.263	-4.457	35.67
849	-0.194	-3.604	43.41
869	1.151	-2.324	58.29
880	2.035	-1.329	73.30
915	1.862	-1.239	74.83
925	2.274	-0.844	81.95
960	-0.561	-3.853	40.99
1,710	2.662	-0.617	86.36
1,850	1.626	-1.722	66.96
1,880	1.23	-2.082	61.63
1,910	-0.421	-3.503	44.44
1,920	-0.144	-3.305	46.51
1,960	-1.543	-4.956	31.80



(a) GSM850/900



(b) DCS1800/PCS1900

그림 6. 수직 방사체를 가진 내장 안테나의 측정 방사 패턴

Fig. 6. Radiation pattern of the proposed antenna.

그림 4의 안테나는 수직 방사체를 최적의 상태인 위치에 설정하였기 때문에 내장형 안테나 입에도 불구하고 외장형 스테리와 동등 수준의 안테나 성능을 얻을 수가 있었다. 또한 기구 설계자와 함께 캐리어의 재료에 따른 모양을 안테나가 최대 성능을 갖도록 설계를 하여야 할 것이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 안테나의 인접하는 방사체 부분 사이의 신호 간섭에 따른 커플링 현상을 이용하여 대역 특성에 대응되는 수직 방사체를 가진 안테나 (V-LADE antenna)를 구현하였다. 전류 상쇄를 최소화시키기 위해 수직형 도전성 방사체를 이용하였고,

기존 메탈 프레스 내장형 안테나에 대비하여 방사 효율을 높이고 큰 대역폭을 갖는 안테나를 설계하였다.

제안한 안테나는 GSM850/900, DCS1800, PCS1900 대역을 만족하였으며, 측정된 방사 손실에 의한 대역폭은 기존 메탈 프레스 내장형 안테나에 비해 저주파수 대역에서는 28 % 주파수 대역폭이 향상된 91 MHz, 고주파수 대역에서는 14 % 향상된 222 MHz의 대역폭을 가지는 것을 확인하였다. 또한, 제안한 안테나의 측정된 방사 이득과 효율은 전 대역에서 $-4.956 \sim -0.617$ dBi, 31.80~86.36 %로 소형 안테나임에도 불구하고 매우 양호한 특성을 보였다. 이를 통해 수직 방사체로 구현함으로써 대역폭의 개선과 함께 방사 이득 향상에도 도움이 되는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 복잡한 생산 방식(LDS: 이중사출)이 아닌 일반적인 프레스를 이용하여 기존과 동등한 신뢰성을 확보할 수 있으며, 커플링량을 조절하여 동일 체적에서의 최대한 성능 향상을 함으로 이와 같은 안테나는 휴대폰용 소형 내장형 안테나의 연구 및 개발뿐만 아니라 다양한 분야에 적용이 가능할 것이

라 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] The InTenna Group(www.intenna.com)
- [2] S. Fujio, T. Asano, "Dual band coupled floating element PCB antenna, *IEEE AP-S Int. Symp. Dig.*, vol. 3, pp. 2599-2602, Jun. 2004.
- [3] K. Fujimoto, A. Henderson, K. Hirasawa, and J. R. James, *Small Antennas*, Research Studies Press Ltd., London and John Wiley & Sons Inc., New York, 1987.
- [4] J. O. Mattsson, J. L. Tracy, "Surface mounted PIFA", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 2, pp. 379-382, Jul. 2005
- [5] M. Shinji, "Small or low profile antennas and radio communication system", *IEICE*, vol. J71B, no. 11. pp. 1198-1205, Nov. 1988.
- [6] K. Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, John Wiley & Sons, 2003.
- [7] Lal Chand Godara, *Handbook of Antennas in Wireless Communications*, CRC Press, 2002.

이 재 호



1998년 2월: 호서대학교 정보통신 공학과 (공학사)
 2003년 2월: 호서대학교 전기전자 정보통신공학과 (공학석사)
 1997년 12월~2003년 8월: (주)텔웨이브 부설연구소 연구원
 2003년 9월~2009년 8월: (주)암페놀 KAE 책임연구원

2009년 8월~현재: (주)네오필스 부설연구소 수석연구원 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 마이크로파 소자

이 경 섭



2007년 2월: 남서울대학교 전자공학과 (공학사)
 2006년 7월~2009년 4월: 스카이크로스 코리아 연구원
 2010년 4월~현재: (주)네오필스 부설연구소 주임연구원
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석

최 득 수



2005년 2월: 순천향대학교 전자공
학과 (공학사)

2004년 7월~2006년 4월: 에스비텔
레콤 주임연구원

2006년 6월~2010년 4월: 스카이크
로스 코리아 선임연구원

2010년 5월~현재: (주)네오필스 부

설연구소 선임연구원

[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석