

PCB 결합 급전구조를 가지는 광대역 이중편파 다이폴 안테나

Broadband Dual Polarization Dipole Antenna with Feeding Structure of PCB Coupling

박 철 근 · 민 경 식

Chul-Keun Park · Kyeong-Sik Min

요 약

본 논문에서는 700 MHz 대역 기지국용 이중편파 다이폴 안테나의 광대역화 방법을 제안하였다. 제안된 안테나는 금속성분의 방사부 중심에 PCB 급전부가 결합되는 구조이다. 제안된 안테나의 방사부와 급전부 설계는 모의실험을 통해 최적화하였다. 제안한 안테나(대역폭 31.6 %)는 기준 안테나(대역폭 19.4 %)와 동일한 크기를 유지하면서도 기존보다 낮은 주파수 대역으로 12.2 % 이상 광대역화 하였다. S-파라미터, 방사패턴, 이득의 측정 결과는 모의실험 결과와 잘 일치하였다.

Abstract

This paper proposed a method of broadband method of dual polarized dipole antenna for 700 MHz band base station. The proposed antenna has a structure that PCB feeder is mounted on the metallic radiator. The design of radiator and feeder is optimized by using 3D EM simulation. The proposed antenna(bandwidth 31.6 %) is broadened over 12.2 % through the lower frequency band than reference antenna(bandwidth 19.4 %), however the size is not increased. Measured results of S-parameters, radiation patterns, and gain have a good agreement with simulation ones.

Key words: Broadband, Base Station, Dual Polarized Dipole Antenna, Coupling PCB Feeder

I. 서 론

LTE(Long Term Evolution)는 급속도로 성장하고 있는 이동통신 기술이며, 무선통신 사업자들에게 폭발적으로 증가하는 데이터 트래픽 처리를 위한 다양한 방안을 제공한다. 우리나라는 2017년을 목표로 PS-LTE(Public Safety LTE)에 기반하여 국가 재난안전통신망 기술방식으로 도입하기로 하였다^[1]. 재난안전통신망은 국가적인 공

공의 안전을 책임지거나, 재해/재난 시 구조 활동을 위한 공공안전 특수임무용 재난통신 핵심 서비스 및 이를 제공하기 위한 기술이다. 이 통신망은 700 MHz 대역 일부를 전용 주파수로 할당하였으며, 건물 내부나 일부 지역은 기존 이동통신업체들의 LTE 망을 사용하기로 한 것이다^[2]. 700 MHz 대역은 다른 이동통신 주파수 대역보다 무선 신호를 더 멀리 전송할 수 있어 사용자들에게 더 좋은 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 저주파수인 700 MHz 대

「본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신방송연구개발사업의 일환으로 수행하였음[B0101-15-1361, 국가 공공안전서비스를 위한 LTE기반 재난통신 시스템단말 개발].」

한국해양대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Korea Maritime and Ocean University)

• Manuscript received September 20, 2016 ; Revised December 9, 2016 ; Accepted December 21, 2016. (ID No. 20160920-101)

• Corresponding Author: Kyeong-Sik Min (e-mail: ksmin@kmou.ac.kr)

역은 자유공간에서의 전파특성이 우수해 기지국 구축비와 운용비를 절감할 수 있어 이동통신 사업자들에게 매력적이다^{[3]~[5]}.

본 논문에서는 700 MHz를 포함한 저주파 대역에서 사용가능한 기지국용 광대역 이중편파 다이폴 안테나에 대해 제안한다. 종래의 안테나(이하 기준 안테나)와 동일한 크기를 가지면서 안테나의 공진 대역폭을 더 낮은 대역으로 확장시키기 위해 금속 재질의 방사체에 PCB 급전부가 비접촉 결합되는 구조로 설계한다.

II. 기존 연구의 분석

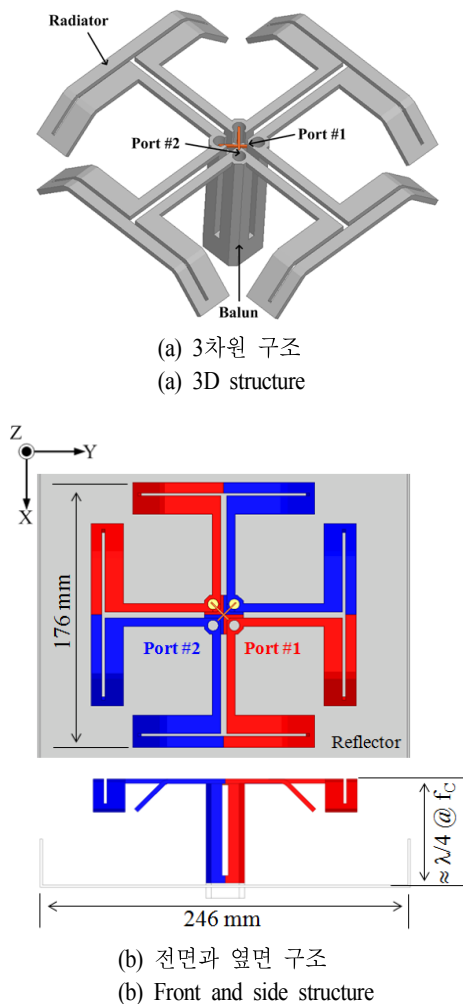


그림 1. 종래 안테나의 구조(기준 안테나)
Fig. 1. Structure of conventional antenna(Reference antenna).

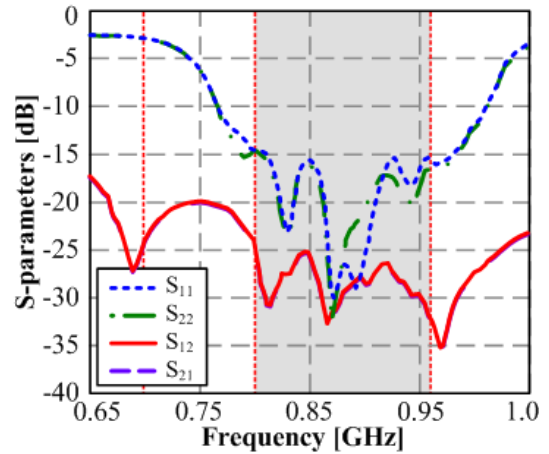


그림 2. 종래 안테나의 S-파라미터
Fig. 2. S-parameters of conventional antenna.

그림 1(a)~(b)는 본 논문에서 제안한 이중편파 다이폴 설계에 참고한 기준 안테나를 보인다^[6]. 기준 안테나는 급전부, 방사부, $\lambda/4$ 길이의 발룬으로 구성된다. 슬릿으로 두 개의 안테나를 분리시켰으며, 두 안테나는 90° 의 위상차를 가진다. 방사부 양 끝이 30° 가량 꺾인 것은 방사부 간 전기적, 물리적 간섭을 회피하기 위해서이다.

그림 2는 광대역 다이폴 안테나의 S-파라미터 특성을 보인다. 동작 주파수 790~960 MHz에서 -14 dB 이하를 만족하며, 두 포트 간 분리도는 -25 dB이다. 안테나의 최대 이득은 960 MHz에서 9.5 dBi이며, HPBW는 $67^\circ \pm 3^\circ$ 의 특성을 가진다. 안테나의 방사면은 중심주파수의 반파장의 거리를 가지며, 절곡면 높이를 포함하는 전체 반사판의 폭은 높은 주파수의 1λ 가 가장 최적의 결과를 가진다. 두 포트에 입력된 신호가 방사부 끝의 중심에서 만나는데, X-축에서는 동일한 전류가 만나 서로 밀어내며, Y-축으로 강한 전류 분포가 형성되고, Y-축에서는 +와 -가 만나 X-축으로 전류분포가 강하게 형성되어 두 전류의 분포가 벡터 합성되어 각각 45° 의 편파를 형성하게 된다^[7].

III. 제안하는 이중편파 다이폴 안테나

그림 3은 본 논문에서 제안하는 기지국용 다이폴 안테나의 구조를 보인다. 방사체는 발룬과 방사부가 절곡으로

구현되는 구조로 설계하고, 급전부는 PCB로 설계하였다. 방사부의 재질은 알루미늄이며, 사용된 PCB는 Rogers사의 RO3730이며, 두께가 1.6 mm이다.

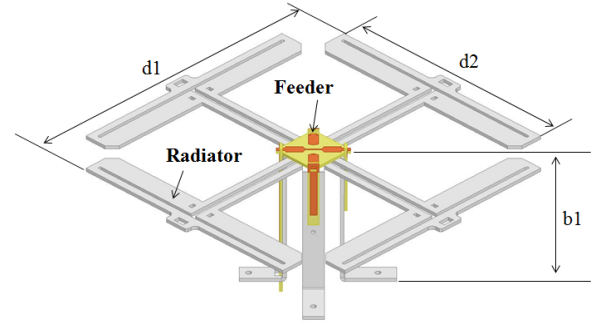
표 1은 그림 3에 보인 파라미터를 정리한 것이다. d_1 , d_2 , b_1 는 방사부의 전체 폭, 방사체의 길이, 발룬의 길이이고, 각각 176 mm, 132 mm, 76 mm의 값을 가진다. 176 mm는 기준 안테나와 동일한 크기인데, 기준 안테나의 중심주파수의 반파장 길이와 유사한 값이다. 발룬은 높은 주파수의 $\lambda/4$ 길이로 설계하였는데, 가장 높은 주파수에 맞춰서 설계한 이유는 주파수에 가장 민감하기 때문이다. 698~960 MHz가 낮은 주파수 대역이긴 하지만, 960 MHz가 698 MHz보다는 높은 주파수이기 때문에 길이에 대한 위상 변화가 더 민감하다. $a \sim c$ 는 다이폴의 특성을 결정짓는 가장 중요한 변수로써, a 는 방사체 내부의 폭, b 는 방사체 외부의 폭, c 는 결합 급전부의 길이이다.

그림 4(a)~(c)는 위에서 언급한 파라미터들의 변화를 분석한 결과이다. 그림 4(a)는 b 를 4 mm, c 를 30 mm로 고정시키고, a 의 값을 12 mm에서 20 mm까지 2 mm씩 변화시킨 결과이다. 시뮬레이션 결과를 보면 a 가 증가할수록 이중 공진 특성이 강하게 나타나고, 16 mm일 때 가장 좋은 특성을 보인다. 그림 4(b)는 a 를 16 mm, c 를 30 mm로 고정시켰을 때 b 의 변화에 대한 결과를 보인다. b 의 값은 2 mm에서 6 mm까지 1 mm 단위로 변화시켰으며, 4 mm 이상일 때 전 대역 반사손실 특성을 모두 만족한다. b 가 증가할수록 안테나 방사체의 전체 폭이 증가하기 때문에 성능을 만족하면서 가장 작은 값인 4 mm를 선택하였다. 그림 4(c)는 결합 급전부 PCB의 길이 변화에 대한 것이다. 이때 a 는 16 mm, b 는 4 mm이다. c 의 길이가 증가할수

표 1. 제안한 안테나의 파라미터

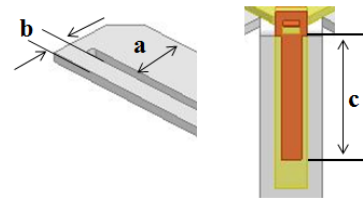
Table 1. Parameters of proposed antenna.

Parameter	Value
a	Variable
b	Variable
c	Variable
b_1	76 mm ($\approx \lambda/4$ @ f_{high})
d_1	176 mm
d_2	132 mm



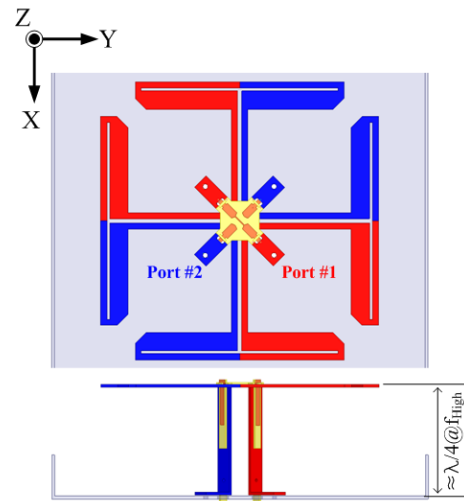
(a) 3차원 구조

(a) 3D structure



(b) 방사부(좌)와 급전부(우)

(b) Radiator(left) and feeder(right)



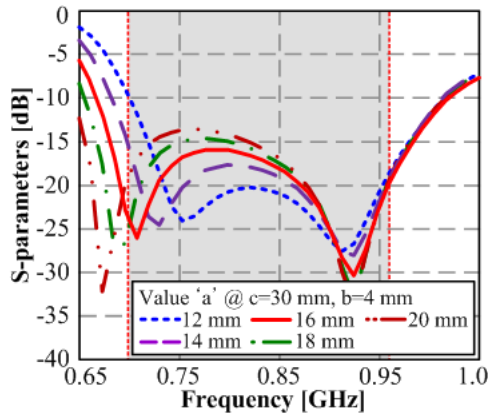
(c) 전면과 옆면 구조

(c) Front and side structure

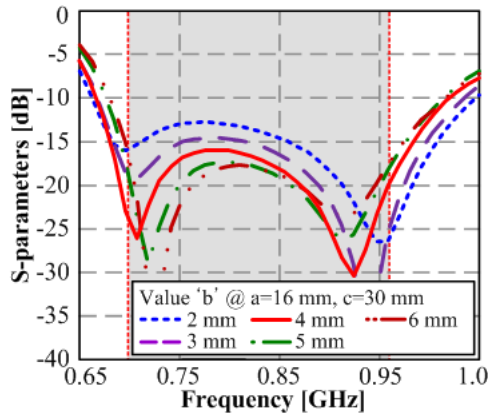
그림 3. 제안 안테나의 구조

Fig. 3. Structure of proposed antenna.

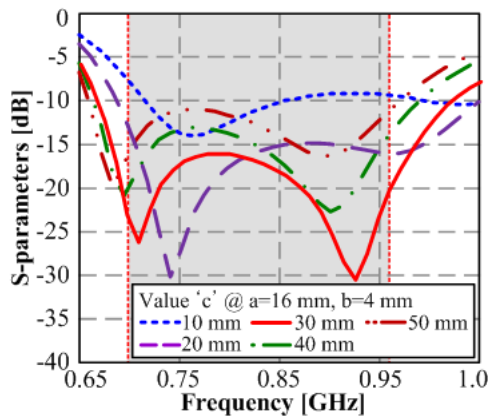
록 높은 주파수 대역의 공진 특성이 나타나면서 광대역 특성이 확보하게 되는데, 이는 결합 PCB가 증가할수록 발룬에 의한 임피던스 정합이 이뤄지기 때문인 것으로 사료된다.



(a) 파라미터 'a'의 변화
(a) Variation of parameter 'a'



(b) 파라미터 'b'의 변화
(b) Variation of parameter 'b'



(c) 파라미터 'c'의 변화
(c) Variation of parameter 'c'

그림 4. 안테나 파라미터 분석결과
Fig. 4. Analysis results of antenna parameters.

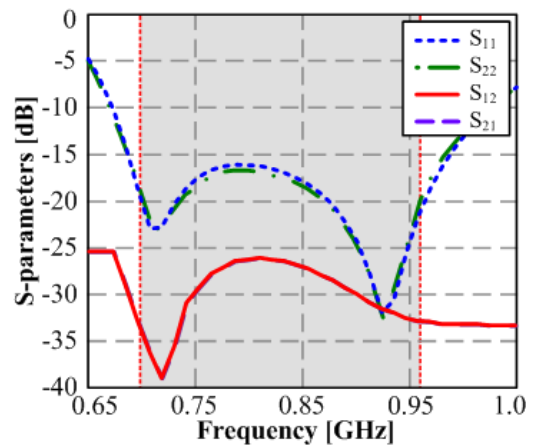


그림 5. 제안한 안테나의 최적화된 S-파라미터
Fig. 5. Optimized S-parameters of proposed antenna.

표 2. 안테나 파라미터 최적값
Table 2. Optimized values of antenna parameters.

Parameter	Value
a	16 mm
b	4 mm
c	30 mm

위의 결과로부터 698~960 MHz 대역에서 공진하는 파라미터 값을 표 2에 정량적으로 나타내었다. 표 2의 값들은 파라미터들의 변화에 따른 안테나 특성으로부터 최적화 수행에 의해 결정된 값이다. 그림 5는 표 2의 파라미터 값을 적용하여 최종 시뮬레이션한 S-파라미터 특성을 나타낸다. 안테나의 반사계수는 698~960 MHz 대역에서 -14 dB 이하를 만족하며, 안테나 간 분리도는 -26 dB의 특성을 보였다. 제안한 안테나는 기준 안테나보다 대역폭을 12.2 % 증가시킨 31.6 % 이상을 확보하였다. 분리도가 -26 dB 이상의 특성을 보인 것은 발룬의 길이가 반사판으로부터 $\lambda/4$ 의 길이이고, 발룬의 끝부분에서 방사체까지의 거리도 $\lambda/4$ 로 설계했기 때문이다.

IV. 제안 안테나의 제작 및 측정

그림 6은 제작된 안테나의 측정된 S-파라미터 특성을 보이며, 제작된 안테나의 사진을 그림 7에 보인다. 측정된 S-파라미터는 698~960 MHz 대역에서 -14 dB 이하

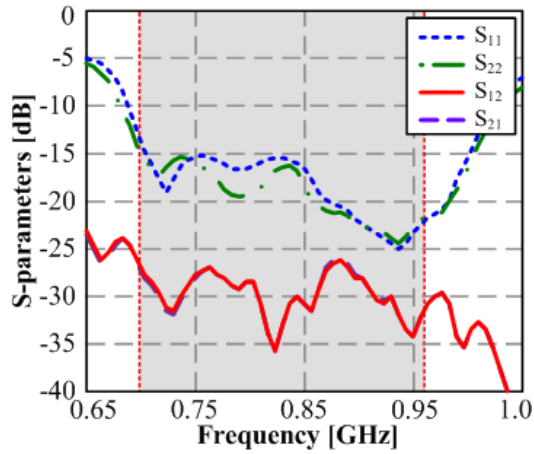


그림 6. 제안한 안테나의 측정된 S-파라미터
Fig. 6. Measured S -parameters of proposed antenna.

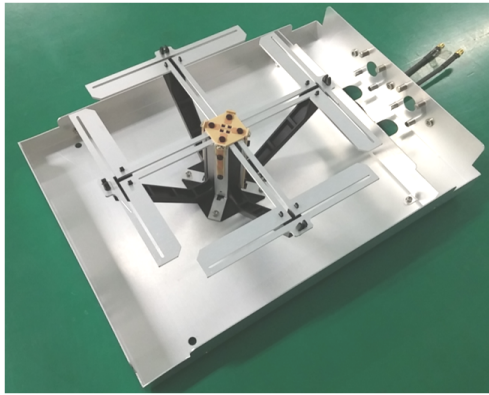


그림 7. 제작된 안테나 사진
Fig. 7. Photograph of fabricated antenna.

를 만족하며, 포트 간 분리도는 -26 dB로 시뮬레이션 결과와 잘 일치하는 것을 알 수 있다. 분리도 특성을 보면 레벨 변화가 조금 불안정하게 보이는데, 이는 다이폴 안테나 구조의 변환부분에 의한 것이다.

패턴의 편파 이해를 돕기 위해 그림 8에 안테나의 형상과 좌표계를 나타내었다. 수직편파는 XZ -plane이며, $+45^\circ$ 편파는 그림에 보인 바와 같이 좌측 상단에서 우측 하단으로 형성되고, -45° 편파는 우측 상단에서 좌측 하단으로 형성된다.

그림 9는 제작된 안테나를 698 MHz와 960 MHz에서 측정한 방사패턴을 나타낸다. 수직 패턴은 배열 합성되는

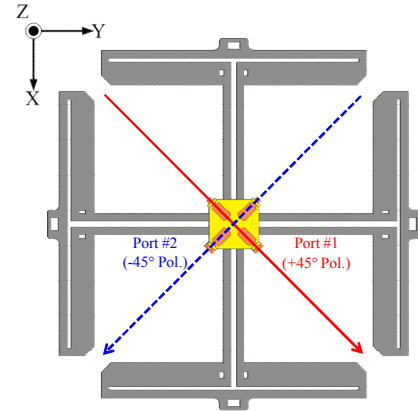


그림 8. 제안한 안테나의 구조 및 좌표계
Fig. 8. Structure and coordination of proposed antenna.

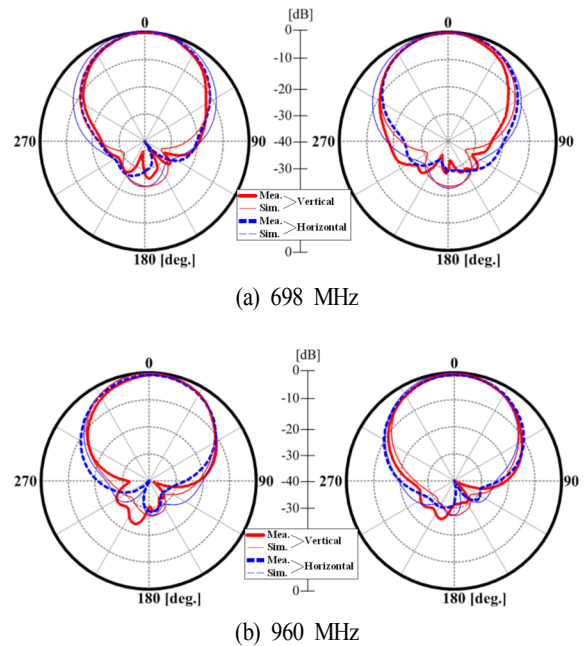


그림 9. 제안한 안테나의 방사패턴
Fig. 9. Radiation patterns of proposed antenna.

성분이기 때문에 단일 안테나의 성능 평가에서 비중이 크지 않지만, 수평 편파의 경우 단일 안테나의 성능이 배열 안테나의 성능에 그대로 반영되기 때문에 패턴 분석이 매우 중요하다. $+45^\circ$ 수평편파와 -45° 수평편파를 분리하여 나타냈으며, 각 주파수별 수직, 수평 패턴을 하나의 그래프로 나타내었다. 가는 선은 시뮬레이션 결과이

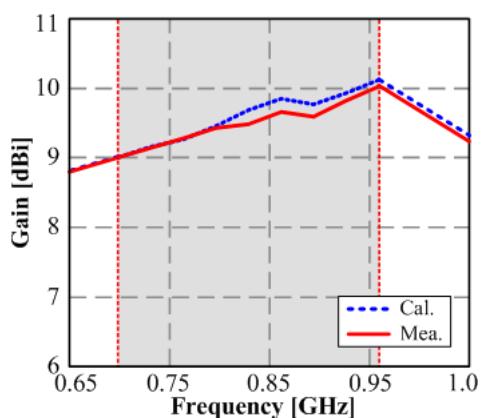


그림 10. 제안한 안테나의 이득

Fig. 10. Gain of proposed antenna.

고, 굵은 선은 측정 결과이다. 또한, 실선은 이 안테나의 수직패턴이며, 점선은 수평패턴이다. 패턴 결과를 보면 시뮬레이션과 측정 결과가 전방 방사 $\pm 60^\circ$ 범위 내에서 최대 3.1 dB의 오차로 수렴함을 보인다.

그림 10은 제안한 안테나의 이득 특성을 보인다. 계산된 이득은 960 MHz에서 10.5 dBi, 측정 이득은 960 MHz에서 10.2 dBi의 결과를 보이며, 다른 주파수 대역의 값 또한 시뮬레이션과 비교해 보면 잘 일치하는 결과를 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 종래의 저주파수 대역 안테나(대역폭 19.4 %)와 동일한 크기를 가지면서 더 낮은 주파수 대역으로 대역폭을 12.2 % 이상 확장할 수 있는 방법을 제시하고, 실험을 통해 안테나의 성능을 입증하였다. 제안한

안테나는 금속 재질의 방사체와 PCB 결합 급전구조를 가진다. 전 대역 -14 dB 이하를 만족하며, 안테나의 포트 간 분리도는 -26 dB로 우수한 특성을 보였으며, 안테나의 이득은 10.2 dBi로 측정되었다. 이러한 결과를 바탕으로 본 논문에서 제안한 광대역 이중편파 다이폴 안테나는 기지국용 배열 안테나에 충분히 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] 연합뉴스, "미래부, 재난안전통신망 기술방식으로 LTE 선정", 2014년 7월.
- [2] 배명산, 신재욱, "재난안전통신을 위한 3GPP 표준화 동향", 전자통신동향분석, 29(6), pp. 82-92, 2014년 12월.
- [3] ZTE cooperation, "LTE APT 700 MHz Device White Paper", <http://www.gsma.com/newsroom>, Jun. 2013.
- [4] Hiroyuki Seki, Morihiko Minowa, "Technological trends in mobile access system", *Fujitsu Sci. Tech. J.*, vol. 49, no. 3, pp. 326-333, Jul. 2013.
- [5] 박덕규, "700 MHz 대역의 국내·외 주파수 수요 분석 및 공공통합망 구축시 고려사항", 한국전자과학회 논문지, 25(10), pp. 1028-1039, 2014년 10월.
- [6] 정필규, 이승철, 임기남, "방사 패턴의 방향을 제어하는 안테나", 대한민국 특허, 10-2007-0100541, 2007년 10월.
- [7] 이승철, 진재선, 김명국, "빔폭 편차를 개선시킨 절곡된 폴디드 다이폴 안테나", 대한민국 특허, 10-2006-0093198, 2006년 9월.

박 철 근



2002년 2월: 동의대학교 전자통신공학과 (공학사)

2004년 2월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학석사)

2016년 8월: 한국해양대학교 전파공학과 (공학박사)

2008년 2월~2014년 2월: (주)에이스테크

놀로지 선임연구원

2014년 3월~2016년 8월: (주)썬웨이브텍 책임연구원

2016년 10월~현재: (주)에이티앤에스 수석연구원

[주 관심분야] MIMO 안테나, 마이크로웨이브 안테나, 이동통신용 안테나 등

민 경 식



1989년 2월: 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학사)

1991년 2월: 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학석사)

1996년 9월: 동경공업대학 전기전자공학과 (공학박사)

1997년 3월~현재: 한국해양대학교 전파

공학과 정교수

[주 관심분야] FDTD 해석법 및 프로그램 개발, RFID, MDM (Magneto-Dielectric Material) 안테나, Pico/Femto Cell용 MIMO 안테나, NLJD/MMTD용 안테나 시스템, 해상 무선 통신 및 이동 통신용 안테나 설계, 전파법규 및 전파정책 기획연구 등