

GPS, GLONASS 저지대역을 갖는 위성통신용 원편파 패치안테나

김주석* · 김규철**

Circular Polarization Patch Antenna with GPS and GLONASS Stopband for Satellite Communication

Joo-Suk Kim* · Gue-Chol Kim**

요약

본 논문에서는 CSRR구조의 대역제거특성을 이용하여 정지위성용 이중대역 원편파안테나를 설계하였다. 정지위성의 송신(1525~1559MHz)과 수신주파수(1626.5~1660.5MHz)사이 대역저지 특성을 갖기위하여 사각 CSRR (Complementary split ring resonator)을 안테나의 그라운드면에 식각하였으며 패치안테나의 모서리 부분을 절삭하여 원편파 특성을 얻었다. 패치안테나의 공진주파수는 CSRR의 크기와 위치에 의해 달라지며 시뮬레이션과 측정을 통하여 원편파 특성을 확인하였다. 측정결과 송신과 수신 주파수대역에서 약 0.2dB와 1.5dB의 이득을 얻었다.

ABSTRACT

In this paper, the dual band circular polarization patch antenna was designed by using band rejection characteristics of CSRR structure for geostationary satellites. A quadrangular CSRR structure was etched on the ground at the rear of the patch antenna's feed to obtain band rejection characteristics in between the receiving frequency band(1525~1559MHz) and transmission band(1626.5~1660.5MHz), and the corner of the patch antenna was truncated to enable circular polarization. It was confirmed that the resonant frequency of the patch antenna differs according to the size and location of the CSRR and circular polarization characteristics with simulation and measurement results. Measurement results shows the gain of about 0.2dB and 1.5dB in the TX and RX band

키워드

Antenna, Microstrip Line, Resonator, Dual-Band
안테나, 마이크로 스트립 라인, 공진기, 이중 대역

1. 서론

최근 초고속 정보통신망의 시대가 도래하고 다양한 무선 통신 서비스가 제공됨에 따라 기존의 통신기기는

보다 개선된 특성이 요구되고 이에 따른 연구 개발도 활발히 이루어지고 있다. 또한 음성서비스 위주의 협대역 통신에서 인터넷 및 멀티미디어 서비스의 광대역 통신으로 발전하여 단말기 하나로 여러 서비스를 받을

* 목포해양대학교 해양전자-통신-컴퓨터공학과
(kimjoosuk@chol.com)

** 교신저자 : 목포해양대학교 해양메카트로닉스학부
• 접수일 : 2017. 12. 25
• 수정완료일 : 2018. 01. 20
• 게재확정일 : 2018. 02. 15

• Received : Dec. 25, 2017, Revised : Jan. 20, 2018, Accepted : Feb. 15, 2018

• Corresponding Author : Gue-Chol Kim

Dept. Marine mechatronics, Mokp National Maritime University,
Email : gckim@mmu.ac.kr

수 있는 통합기기로의 개발이 이어지고 있다. 하지만 해상에서는 통신망이 제대로 갖추어 지고 있지 않기 때문에 장시간 운행해야 하는 선박에서는 해상위성을 통해 음성통신이나 팩스전송을 하고 있으며 최근 급변하는 통신 시장환경에 적응하기 위한 용도로 데이터 통신을 지원하고 있다[1]. 해상위성에 사용되는 인마셋은 안전과 재난구조, 항공 및 해상교통에서 효율적인 운송관리를 위해 1979년에 설립되었으며 4개의 인마셋 정지위성을 경유해 위성통신서비스를 제공한다. 인마셋의 구성요소 중 안테나는 통신품질을 좌우하는 중요한 역할을 수행하며 최근 경량, 소형으로 제작할 수 있는 패치안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 패치 안테나는 유효전력의 한계가 있고 대역폭이 좁기 때문에 인마셋의 송신주파수(1626.5~1660.5MHz)와 수신주파수(1525~1559MHz)를 모두 커버할 수 없다. 따라서 광대역 기법을 사용하여 안테나 하나로 송수신을 겸용할 수 있는 안테나가 이용된다[2-3]. 하지만 이 주파수 대역 내에서는 해상위성통신용 주파수뿐 아니라 전파항법시스템인 GPS의 L1주파수(1575MHz)와 GLONASS주파수도 존재하며 최근에는 위성항법시스템의 다원화로 GPS와 GLONASS의 신호를 동시에 수신할 수 있는 시스템이 많이 개발되고 있다[4-5]. GPS L1대역(1575.42MHz)과 GLONASS의 L1대역(1602MHz)은 해상 위성통신의 송신대역과 수신대역 사이에 존재하며 이 두 주파수는 불필요한 간섭을 일으키고 있으므로 L대역중계기는 항행신호와 GPS/GLONASS신호와의 간섭을 차단하기 위해 전력을 제한하는 방법을 사용한다. 또한 최근 전파항법시스템의 재밍공격이 빈번하게 벌어지는 요즈음 이 두 주파수의 간섭을 억제할 수 있는 안테나의 개발이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 일반적인 원형편파 패치안테나에 CSRR형태의 공진기[6-10]를 적용하여 GPS와 GLONASS대역을 저지하는 위성통신용 원형편파 패치안테나를 설계한다.

II. 본 론

2.1 CSRR의 구성

제안한 안테나는 인마셋 안테나의 송신주파수와 수신주파수 사이에 존재하는 GPS와 GLONASS대역을

을 저지하기 위해 광대역특성이 아닌 송신주파수와 수신주파수대역에서 사용되는 이중대역 안테나를 먼저 설계한다. 또한 위성통신에 사용하기 위해 우선형 원형 편파(RHCP: Right-Hand Circularly Polarization) 안테나를 만족하는 안테나를 설계한다.

먼저 인마셋의 송신과 수신대역을 만족하는 이중대역안테나를 설계하기 위해 SRR(Split Ring Resonator)의 음각형태인 CSRR(Complementary Split Ring Resonator)을 이용하였다. CSRR구조는 높은 Q를 갖고 선로의 폭과 간격을 조절하여 공진주파수를 가변시킬 수 있는 공진기의 일종으로 이중대역의 특성을 나타낼 수 있으며 안테나가 갖는 물리적인 크기보다 소형으로 설계하는 것이 가능하다[6], [10].

그림 1은 CSRR의 주파수특성을 시뮬레이션 하기 위한 모델을 나타낸다.

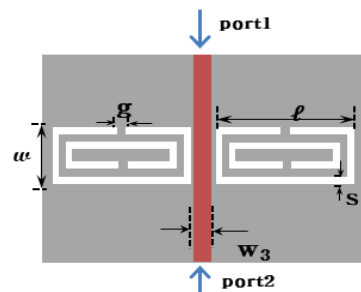
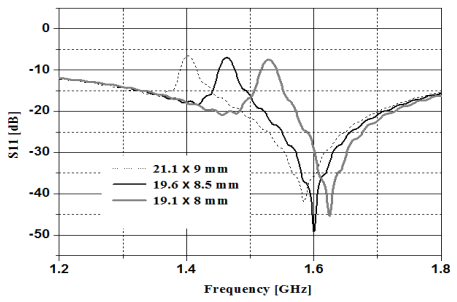


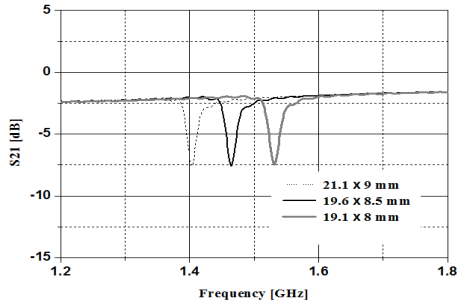
그림 1. CSRR의 시뮬레이션 모델
Fig. 1 Simulation model of CSRR

w_3 는 전송선로의 폭을 나타내며, g 는 CSRR 링사이의 간격, w 는 CSRR의 세로길이, l 은 CSRR의 가로길이, s 는 CSRR의 선로폭을 각각 나타낸다. 또한 기판은 유전율이 4.5 두께가 3mm인 FR-4를 사용하였다. 기판의 윗면에는 1.6GHz에서 50Ω의 임피던스를 갖도록 전송선로의 폭을 조정하였고 기판의 뒷면인 그라운드면에는 두 개의 직사각형 CSRR을 식각하였다.

그림 2는 CSRR의 전달특성을 나타낸다. CSRR의 가로길이(l)를 21.1~19.1까지 5mm씩, 세로길이(w)를 9~8까지 5mm씩 가변시키며 주파수특성을 확인하였다. 시뮬레이션결과 CSRR의 크기가 작아질수록 공진주파수가 점점 커지는 것을 확인하였으며 전송선로 아래 그라운드면에 CSRR을 식각하였을 때 대역저지 특성을 나타내고 있음을 확인하였다.



(a)



(b)

그림 2. CSRR의 S-파라미터
Fig. 2 S-parameters of CSRR
(a)S11 (b)S21

2.2 안테나의 설계

그림 3은 본 논문에서 제안한 안테나의 구조이다. 원형편파특성을 갖기 위해 패치안테나의 모서리부분을 식각하였으며 안테나의 급전선 뒷부분에 CSRR을 식각하였다. CSRR의 크기에 따라 CSRR의 등가적인 캐패시터 및 인덕턴스성분이 달라지기 때문에 공진주파수가 변하고 CSRR이 식각되는 위치에 따라서도 공진주파수가 변한다.

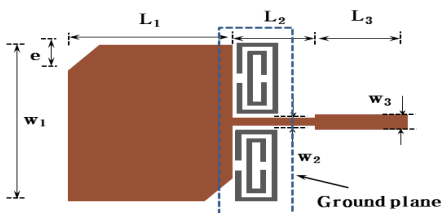
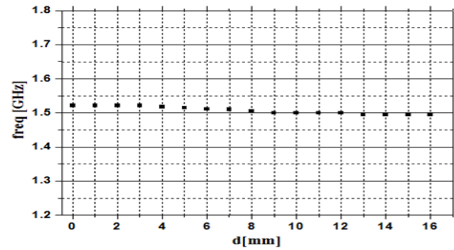
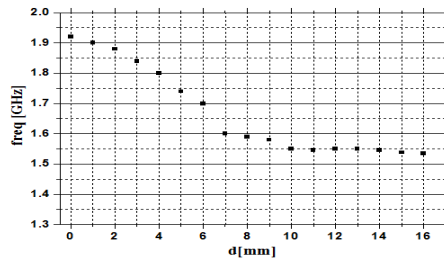


그림 3. 제안한 안테나의 구조
Fig. 3 Construction of proposed antenna

그림 4는 CSRR의 패치의 뒷면에 위치변화에 따라 공진주파수가 변하는 것을 나타낸다. 그림4 (a)는 패치의 왼쪽끝 모서리를 0mm로 설정하고 사각 CSRR 한 개의 위치가 0 ~ 16mm까지 변화했을 때 공진주파수의 변화를 확인하였다.



(a)



(b)

그림 4. CSRR위치에 따른 공진주파수 변화
(a)가로 (b) 세로

Fig. 4 Resonant freq. variation of CSRR situation (a) horizontal (b) vertical

그림 4(a)와 같이 가로측 위치 변화에 의해서는 공진주파수가 거의 변화하지 않았으나, 그림 4(b)와 같이 세로측은 CSRR의 위치변화에 따라 공진주파수가 많이 변화하였다. 여기서 세로측 길이는 패치안테나의 공진주파수를 좌우하는 안테나의 길이(L)를 나타낸다. 패치안테나는 길이에 따라서 임피던스가 달라지기 때문에 CSRR의 위치에 따라 임피던스가 변하고 CSRR과의 커플링에도 영향을 주기 때문이다. 본 논문에서는 CSRR을 패치안테나의 뒷면이 아닌 전송선로의 뒷면에 배치하였다. CSRR의 위치가 패치안테나의 뒷면에 위치하면 패치와 CSRR의 커플링에 의하여 다수의 공진주파수가 존재하기 때문에 원하는 주파수에 매칭 시키기가 어렵고 설계가 어렵기 때문이다.

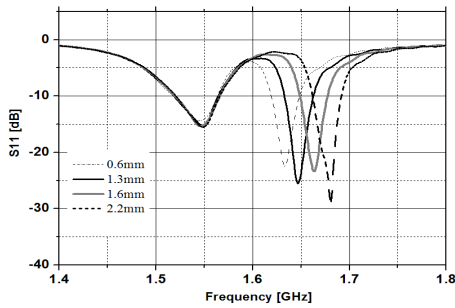
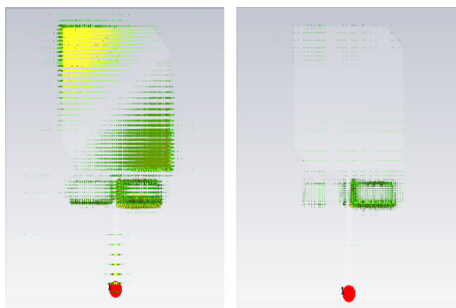


그림 5. g의 길이 변화에 따른 반사손실
Fig. 5 The return loss variation of g

그림 5는 CSRR을 구성하는 두 개의 링사이의 간격 g의 길이 변화에 따른 반사손실의 변화를 나타낸다. g의 길이를 0.6mm부터 2.2mm까지 변화시켜가며 반사손실의 변화를 확인하였다. g는 CSRR의 등가적인 직렬 캐패시턴스의 값을 변화시키는 값이므로 g의 길이에 따라 공진주파수가 변화하는 것을 알 수 있었다. 또한 송신주파수인 1.6GHz대역의 공진주파수는 패치가 아닌 CSRR의 크기에 따라 변화하기 때문에 송신주파수대역의 공진주파수만 변하고 수신주파수대역인 1.5GHz대역의 공진주파수는 거의 변화하지 않는다. 위의 결과로 CSRR에 의해 패치의 공진주파수 변화가 적어 용이하게 두 개의 공진주파수를 설계할 수 있음을 알 수 있다. 또한 제안한 안테나는 RHCP로 설계하기 위해 패치안테나의 오른쪽 대각선의 양쪽 모서리를 절삭하였다. 양쪽 모서리의 절삭정도에 따라 안테나가 RHCP특성을 나타내게 된다.



(a) 1.56GHz, (b) 1.64GHz

그림 6. 안테나의 전류밀도
Fig. 6 Current density of the antenna

그림 6은 모서리를 절삭한 후의 전류밀도를 나타낸다. 모서리를 절삭한 경우 1.54GHz와 1.64GHz 모두 45도 각도로 전류밀도의 변화가 나타남에 따라 원형편파로 동작함을 알 수 있다. 모서리를 절삭한 경우 원형편파특성을 나타내지만 결국 패치안테나의 물리적인 길이가 늘어나게 된다.

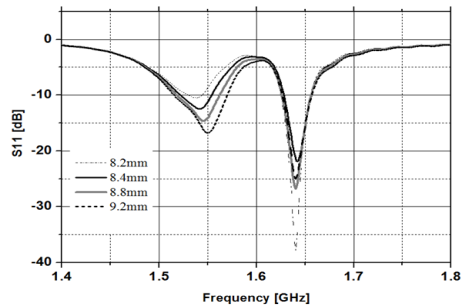
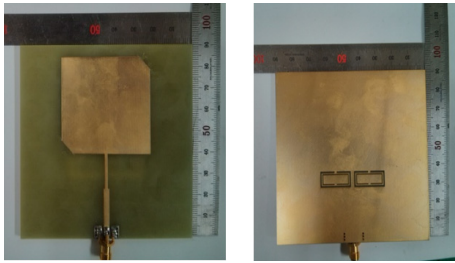


그림 7. e의 길이 변화에 따른 반사손실
Fig. 7 The return loss variation of e

그림 7은 모서리 절삭길이(e)에 따른 반사손실의 변화를 나타낸다. 절삭길이가 8.2mm ~ 9.2mm 변화함에 따라 1.54GHz대역의 공진주파수는 약 14MHz 변화하였고 1.64MHz의 공진주파수는 거의 변화하지 않았다. 수신주파수대역에서 정재파비 2이하의 특성을 얻을 수 있었으며 간섭주파수인 GPS L1대역(1575.42MHz)에서 -6.1dB GLONASS의 L1대역(1602MHz)에서 -3.5dB의 반사계수를 얻었다. 위의 결과를 통해 제안한 안테나는 간섭신호인 GPS/ GLONASS 주파수대역을 저지할 수 있음을 알 수 있다.

2.3 제작 및 측정

마이크로스트립 패치안테나 구현시 원하는 특성을 얻기 위해서는 적절한 기판을 선정하여야 한다. 본 논문에서는 유전율이 4.5 두께가 3mm인 FR-4를 사용하였다. 그림 8(a)와 (b)는 제작된 안테나의 앞면과 뒷면을 나타낸다. 안테나전체의 크기는 90× 90mm로 제작 되었고 안테나의 전체 파라미터는 표1과 같다.



(a) (b)

그림 8. 제작된 안테나의 사진
(a) 앞면 (b) 뒷면

Fig. 8 Photograph of the fabricated antenna
(a) front (b) rear

표 1 안테나 파라미터
Table 1. The parameters of antenna

Dimension	Value[mm]	Dimension	Value[mm]
g	0.9	W ₂	1.1
s	1	W ₃	2.2
l	21.2	L ₁	44.1
w	9.1	L ₂	16
e	8.8	L ₃	22
w ₁	44.7		

그림 9는 회로망 분석기 Anritsu MS2034를 이용하여 제작된 안테나의 입력반사계수를 측정된 결과이다.

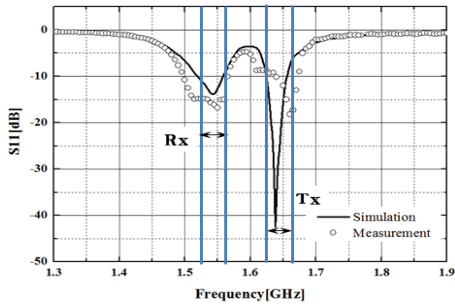
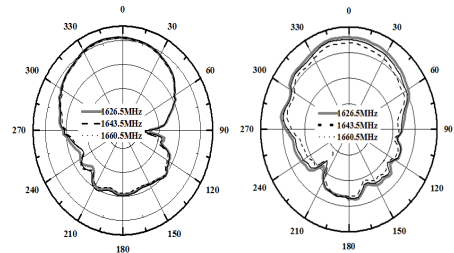


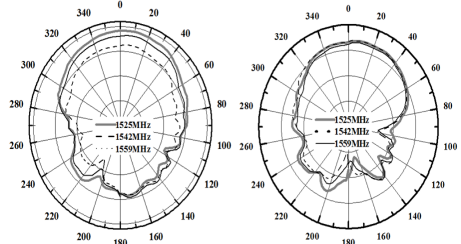
그림 9. 계산치와 측정치의 비교
Fig. 9 Comparison of the simulated and measured return loss.

수신주파수인 1.5GHz대역내에서 모두 VSWR이 2 이하의 결과를 얻을 수 있었고 송신주파수인 1.6GHz 대역에서는 공진주파수가 다소 높아졌지만 시뮬레이

션과 거의 유사한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 또한 주파수의 변화에 따른 입력임피던스의 변화도 시뮬레이션과 유사한 궤적을 그리고 있음을 알 수 있다.



(a) (b)

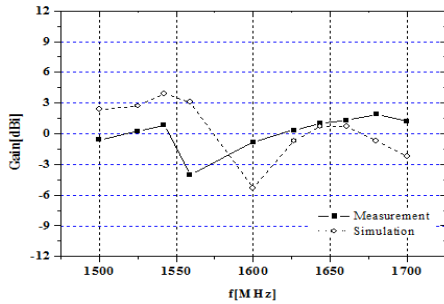


(c) (d)

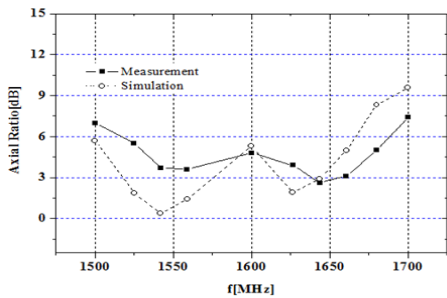
그림 10. 측정된 안테나의 방사패턴 (a) E면(Tx) (b) H면(Tx) (C)E면(Rx) (d) H면(Rx)

Fig. 10 Radiation pattern of fabricated antenna (a) E-plane(Tx) (b) H-plane(Tx) (C)E-plane(Rx) (d) H-plane(Rx)

그림 10은 전자파 무반사실에서 측정된 패치안테나의 방사패턴이며 송신주파수와 수신주파수 모두 무지향성을 나타내고 있다. 송신주파수대역에서는 E면과 H면 방사패턴이 유사했지만 수신주파수대역에서는 1559MHz에서 이득이 적게 나왔다. 하지만 대체적으로 유사한 방사패턴을 나타내고 있다. 그림 11은 측정된 안테나의 이득과 축비를 시뮬레이션과 비교한 결과이다. 이득은 1559MHz에서는 -4dB로 낮게 나왔으나 송신주파수대역에서는 약 0.2dB 수신주파수대역에서는 약 1.5dB의 이득을 얻을 수 있었다. 또한 축비는 송신주파수대역에서 약 3.6dB 수신주파수대역에서는 약 3.1dB의 값을 얻어 시뮬레이션과 비슷한 패턴의 값을 얻게 되어 원형편파로 동작함을 확인할 수 있었다.



(a)



(b)

그림 11. 측정안테나의 (a)이득과 (b)축비
 Fig. 11 (a) Gain and (b) Axial ratio of fabricated antenna

III. 결론

본 논문에서는 GPS와 GLONASS대역을 저지하는 위성통신용 원편파 패치안테나를 제안하였다. 사각형의 CSRR구조를 패치안테나의 접지면에 식각하여 위성통신용 송신용 주파수와 수신용 주파수의 이중대역에서 사용할 수 있도록 설계하였으며 CSRR의 크기 및 위치, 링간의 간격에 따라 공진주파수가 달라짐을 확인하였다. 또한 원편파를 만들기 위해 패치의 모서리부분을 절삭하였으며 시뮬레이션을 통해 원편파로 동작함을 확인하였다. 측정결과 송신주파수대역에서 약 0.2dB의 이득과 3.6dB의 축비를 얻었고 수신주파수대역에서 약 1.5dB의 이득과 3.1dB의 축비를 얻었다. 또한송신과 수신주파수대역에서 정제파비 2이하의 결과를 얻었으며 GPS L1대역과 GLONASS의 L1대역을 저지하는 효과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과를

토대로 CSRR을 통해 저지대역을 갖는 원편파 패치안테나를 설계할 수 있음을 확인하였고 위성통신용 안테나 뿐 아니라 본 논문에서 얻은 결과를 활용하여 방송중계나 무선통신용 안테나 등 다양한 분야에서의 활용가치가 높아 질 수 있음을 보여주고 있다.

References

- [1] S. Mishara, J. Smithson, P. Charron, "Characterization of Aeronautical Earth Station Antennas for Communication using INMARSAT satellites," 2nd European conference on Antenna Propagation(EuCAP2007), Edinburgh, UK, Nov 2007, pp. 1-4.
- [2] Y. Daqun, Z. Ruiping, and H. Bingfa, "Design of INMARSAT Ground Terminal Antenna," Electrical Design of Advanced Packaging and Systems Symposium(EDAPS 2011), Hanzhou, China, June 2011, pp. 1-3.
- [3] N. Takanori and K. Yasuhiro, "A Novel Wideband Circular Polarization Microstrip Antenna- combination of different shaped antenna element," Int. symposium on Antennas and Propagation Society., washington DC, Jul 2005, pp. 467-470.
- [4] L. Jianxing, S. Hongyu, and Z. Anxue, "Quad-Band Probe-Fed Stacked Annular Patch Antenna for GNSS Application," IEEE Antennas and Wireless Propagation letters, vol. 13, no. 1, Feb. 2014 pp. 372-375.
- [5] N. Pham and J. Chung, "Design of a Vehicle-Mounted GPS Antenna for Accurate Positioning," I. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 11, no. 2, Feb. 2016, pp. 145-150.
- [6] G. Kim, "Optimum Desing of a Dual-Band Microstrip Patch Antenna using the Square CSRR Construction," I. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 12, no. 1, Feb. 2017, pp. 25-30.
- [7] J. Kim and T. Jeon, " Patch Antenna with Band

Rejection Characteristic for Satellite Communications," *Int. Information Institute. Information*, vol. 17. Iss 12(B), Tokyo, Dec 2014, pp. 6461-6466.

- [8] S. Mun, G. Kim, J. Yoon, and Y. Choi "Equivalent Circuit Modeling Analysis of Square Split Ring Resonator with Defected Ground Structure," *I. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, Feb. 2017, pp. 653-658.
- [9] G. Kim, "Desing of Voltate controlled Oscillator for X-band Radar Using CSRR loaded microstrip line," *I. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no.9, Sep. 2013, pp. 1277-1283.
- [10] F. Falcone, T. Lopeetegi, J. Daena, R. Marques, F. Martin, and M. Sorolla " Effective negative-epsilon stopband microstrip lines based on complementary split ring resonators," *IEEE Microw. Wireless Compon. Lett*, vol. 14, no.14, Jun. 2006, pp. 280-282.

김규철(Gue-Chol Kim)



2000년 2월: 목포해양대학교 해양 전자통신공학과(공학사)

2003년 8월: 목포해양대학교 해양 전자통신공학과(공학석사)

2007년 3월: 오사카대학 전자정보 에너지공학과(공학박사)

2006년 11월 ~ 2008년 2월: Matushita Electric Works 중앙연구소 연구원

2008년 3월 ~ 현재: 목포해양대학교 해양메카트로닉스학부 부교수

※관심분야 : 고주파 소자 모델링, 고주파회로설계, 안테나설계

저자 소개



김주석(Joo-Suk Kim)

2008년 2월: 서울과학기술대학교 전기공학과(공학사)

2010년 8월: 서울과학기술대학교 전기공학과(공학석사)

2015년 9월 목포해양대학교 해양전자·통신·컴퓨터 공학과 박사과정

2011년 3월 ~ 2012년 2월: 서울과학기술대학교 전기공학과 겸임교수

2012년 3월 ~ 2016년 6월: 명지전문대학교 전기과 겸임교수

2013년 1월 ~ 현재: 화용엔지니어링 대표이사

※ 관심분야 : 안테나설계, 레이더, 위성통신시스템

