

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2018.18.6.69>

IIBC 2018-6-8

그물망 접지의 그물망 구조의 변화가 MCAA에 미치는 영향

Effects of Mesh Structure Variations of Meshed Ground on Microstrip Comb Array Antenna

기현철*

Hyeon-Cheol Ki*

요약 본 논문에서는 그물망 접지를 갖는 MCAA(Microstrip Comb Array Antenna)에서 그물망 구조의 변화가 MCAA에 미치는 영향을 조사하였다. 우선, 24GHz ISM 밴드에서 MCAA를 설계한 후 접지의 그물망 구조를 변화시키며 MCAA의 이득과 SLL(Side Lobe Level)의 변화를 조사하였다. 이 조사를 위해 그물망의 크기와 그물망 면적에 대한 도체를 제외한 공백의 면적 비인 공백율의 두 변수를 변화시켰다. MCAA는 방사체가 플랫폼 MCAA와 방사체가 테이퍼된 MCAA의 두 가지 구조로 조사하였다. 공백율이 증가함에 따라 플랫폼 MCAA와 테이퍼된 MCAA 모두에서 이득이 감소했다. 한편, 그물망 크기의 증가는 공백율 증가보다 안테나 이득을 더욱 극적으로 감소시켰다. 이러한 경향은 안테나 SLL에 대해서도 유사했으나 테이퍼된 MCAA가 플랫폼 MCAA보다 그물망 크기 변화에 대한 영향을 좀 더 심하게 받았다.

Abstract In this paper, We investigated the effects of mesh structure variations of meshed ground on MCAA(Microstrip Comb Array Antenna). First, we designed MCAA in 24GHz ISM band and we investigated the variations of the gain and the SLL(Side Lobe Level) of the MCAA as we varied the mesh structure of the meshed ground. We varied two variables, mesh size and unfilled ratio, which is defined as no metal area ratio in mesh for the investigation. We investigated two types of MCAA. Those are flat MCAA composed of flat radiator and tapered MCAA composed of tapered radiator. Both the antenna gains of flat MCAA and tapered MCAA are decreased as the unfilled ratio increased. However, increase of mesh size made more dramatic decrease in antenna gain than increase of unfilled ratio. The antenna SLL showed similar trend. But tapered MCAA affected more severely by variation of mesh size than flat MCAA.

Key Words : meshed conductor, meshed GND, MCAA, array antenna, side lobe

1. 서론

최근 보이지 않는(invisible) 안테나 혹은, 투명(transparent)안테나에 대한 관심이 증가하고 있다. 투명 안테나는 유리창과 같은 투명한 물체를 기관으로 하여

구현될 수도 있고 태양전지 패널에 함께 집적하여 되어 별도의 안테나 면적 없이 구현될 수도 있는 등 다양한 분야에서 유용하게 응용될 수 있다. 투명성을 확보하는 방법은 투명도체를 이용하는 방법과 도체를 그물망 형태로 구현하는 방법이 있다. 투명도체가 빛 투과율을 높이기

*정회원, 가천대학교 전자공학과
접수일자 : 2018년 10월 12일, 수정완료: 2018년 11월 12일
게재확정일자: 2018년 12월 7일

Received: 12 October, 2018 / Revised: 12 November, 2018 /
Accepted: 7 December, 2018

*Corresponding Author: hcki@gachon.ac.kr

Dept. of Electronic Engineering, Gachon University, Korea

위해서는 도체 막의 두께가 얇아져야하며 70% 이상의 빛 투과율을 얻기 위해서는 1-2 [ohm/square] 이상의 면저항을 감수해야한다. 1-2 [ohm/square]의 면저항을 갖는 도체 막으로는 효율적인 안테나를 구현하기에는 한계가 있다. 이러한 문제점은 투명도체 방법이 널리 사용되기 어렵게 하는 주된 장애 요소가 되고 있다. 그물망 도체 방법은 파장이 짧은 가시광선은 그물 구멍을 통과하고 상대적으로 파장이 긴 마이크로파 신호는 그물 구멍을 통과하지 못하여 그물망이 도체 면으로 작용하므로 투명한 도체가 구현된다. 그물망 도체는 그물망의 도체 폭을 좁게 할수록 투명도는 높아지나 도체 면으로서 특성은 저하된다. 따라서 100% 투명하게 만들 수는 없으나 그물망의 도체 폭을 조절하여 전체 면적에 대한 도체 면적의 비율을 최적화함으로써 적합한 안테나의 특성과 투명도를 얻을 수 있다.

한편, 도체 면을 그물망으로 할 경우 가볍고 유연해지므로 웨어러블 디바이스(wearable device)에도 적합한 특성을 띠게 된다. 휴대용 송수신기의 경우 대부분 안테나는 인간의 머리 부분에 위치하게 된다. 이 경우 많은 양의 RF 에너지가 뇌의 섬유소에 흡수되어 인체에 해를 미칠 수 있다. 따라서 안테나를 머리로부터 적정거리를 둘 것을 권고하고 있으나 상황에 따라서는 이러한 권고를 지키는 것이 어려운 경우가 많다. 이 경우 안테나를 가슴 등의 몸에 부착하는 웨어러블 안테나를 이용함으로써 안전성을 향상시킬 수 있다. 그물망 도체(meshed conductor)로 만들어진 안테나는 면 도체(solid conductor)로 만들어진 안테나에 비해 이득이 저하되고 공진주파수가 낮아지는 경향이 있다. 이러한 경향은 도체 면적의 비율을 적절히 조절함으로써 최소화시킬 수 있으며 이에 대한 연구가 진행되고 있다.^[1-2]

본 논문에서는 자동차용 충돌방지 레이더나 물체 감지 및 거리 측정 레이더에 이용되는 MCAA(Microstrip Comb Array Antenna)를 24GHz ISM 밴드에서 설계한 후 접지 면을 그물망 접지(meshed ground)로 변환하여 그물망 구조에 따른 안테나 특성을 분석하고자한다. 접지 면을 그물망으로 구성할 경우 보이지 않는(invisible) 안테나 구현에 적합해지고, 가볍고 유연해지므로 웨어러블 디바이스에도 적합해진다. PCB에서 접지 면을 그물망 구조로 할 경우 PCB를 가볍고 유연하게 해주고 다층의 기관 간의 접착력을 증가시켜 강인성을 향상시키며 제작 중 건조가 용이해지므로 제조성을 향상시킨다. 신

호 무결성(signal integrity) 입장에서는 누화잡음(crosstalk noise)를 줄여주고 신호전행 특성을 향상시킨다.^[3-6] 본 논문에서는 접지 그물망의 구조변화에 따른 MCAA의 이득, 공진주파수, 사이드 로브(side lobe) 등 안테나의 특성 변화에 집중하여 그 특성을 분석하고자한다.

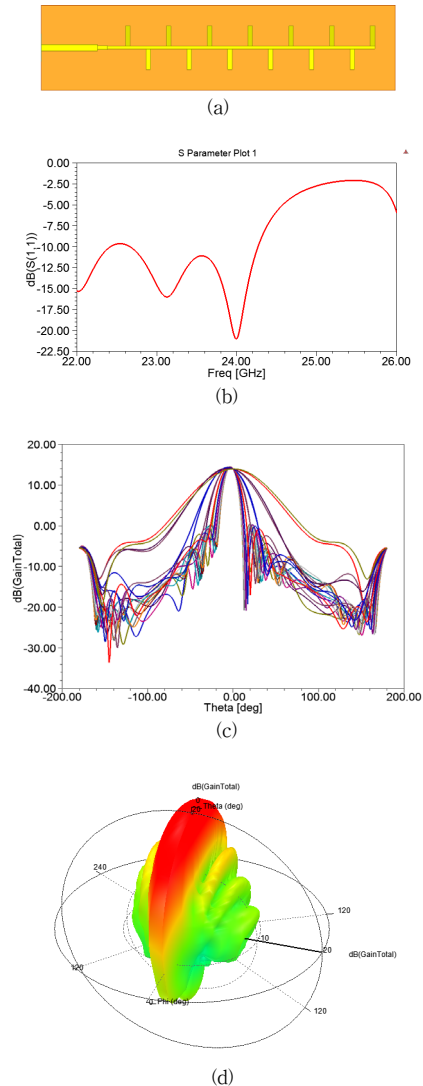


그림 1. 설계된 MCAA

(a) MCAA구조 (b) 반사계수 (c)안테나 이득
(d) 방사 패턴

Fig. 1. Designed MCAA

(a) Structure of the MCAA

(b) Reflection coefficient

(c) Antenna gain (d) Radiation pattern

II. 24GHz ISM밴드의 MCAA설계

접지 그물망의 구조변화에 따른 MCAA의 특성 변화를 분석하기 위해 유효 비유전율이 3.48이고 두께가 20mil인 Rogers사의 Ro4350 기판에 24GHz ISM 밴드에서 작동하는 MCAA를 설계하였다. 그림 1(a)는 설계된 MCAA의 구조를 보여준다. 13개의 균일한 크기의 방사체로 구성된 플랫폼(flat)한 구조의 MCAA이다. 입력단에 인가된 신호는 10mm의 50Ω 마이크로스트립선을 통해 안테나로 인가되도록 하였다. 그림 1(b)는 안테나의 방사 계수로서 24GHz 근처에서 -10dB이하가 되도록 설계되었다. 그림 1(c)는 24GHz에서의 이득 특성으로 이득(gain)이 14.41dB이고 SLL(Side Lobe Level)은 14.17dB이다. 그림 1(d)는 방사 패턴을 3차원으로 보여주고 있다.

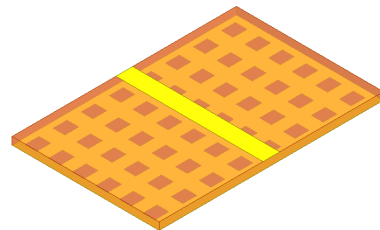
III. 접지그물망 구조에 따른 전송특성

접지그물망 구조에 따른 MCAA의 특성을 분석하기 위해 그물망 구조를 다음의 방식으로 변화시킨다. 우선 그물망의 구조의 변화는 그물의 크기와 그물 내의 도체가 없는 공백면적의 비율의 두 가지 변수로 변화시킨다. 그물의 크기는 파장의 상대적인 크기가 의미가 있으므로 파장의 배율로 나타내어 0.11λ, 0.25λ, 0.50λ, 0.70λ로 변화시켜가며 그 특성을 분석하였다. 그물 내의 도체가 없는 공백면적의 비인 공백율을 식(1)과 같이 단위 그물의 면적에 대한 도체가 없는 공백의 비율로 정의하여 그 값을 %로 나타내며 5%-95%까지 변화시키며 그 특성을 분석하였다.

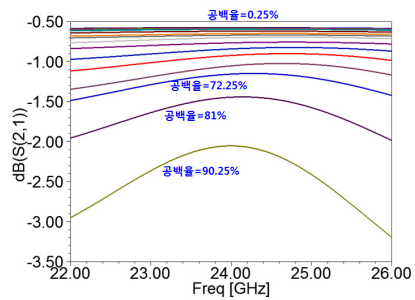
$$\text{공백율} = \frac{\text{공백 면적}}{\text{그물망 면적}} \times 100 [\%] \quad (1)$$

접지 그물망의 구조 변화에 따른 안테나의 영향을 연구하기 전에 전체 특성에서 입력단에 연결된 10mm의 50Ω 마이크로스트립선에 의한 영향을 가늠하기 위해 접지 그물망 구조의 변화에 따른 스트립선의 영향을 먼저 분석하였다. 그림 2(a)는 MCAA에서 마이크로스트립선만을 따로 떼어낸 구조로서 그물망의 크기는 0.25λ인 경우이다. 공백율을 0.25%에서 90.25%까지 변화시켰을 때 삽입손실(S₂₁)의 변화 특성을 그림 2(b)에 보였다. 삽입손실은 설계된 주파수인 24GHz에서 최소인 특성을 보이고 있으며 공백율이 증가함에 따라 삽입손실도 증가하는 특

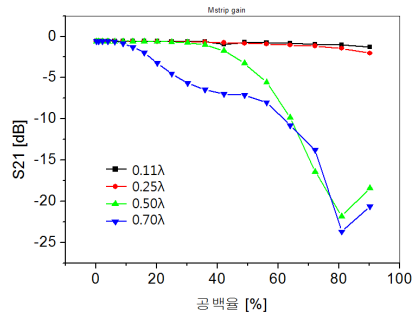
성을 보이고 있다. 그림 2(c)는 그물망의 크기가 0.11λ, 0.25λ, 0.50λ, 0.70λ일 때의 공백율 변화에 따른 삽입손실 특성을 보여준다. 공백율 증가에 따른 삽입손실의 증가는 그물망의 크기가 커질수록 심해지는 것을 볼 수 있다. 그물망의 크기가 0.25λ이하에서는 공백율 변화에 따른 삽입손실의 변화가 미미하나 그물망의 크기가 증가함에 따라 그 영향을 받는 정도가 급격하게 증가하고 있음을 알 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 2. 50Ω 마이크로스트립선에 의한 영향
 (a) 마이크로스트립선 구조 (b) 삽입손실(S₂₁)
 (c) 그물망의 구조에 따른 삽입손실

Fig. 2. Effect of 50Ω microstripline
 (a) Structure of the microstripline
 (b) Insertion loss(S₂₁)
 (c) Insertion loss depend on structures of mesh.

IV. 그물망 구조에 따른 MCAA특성

그림 1의 플랫폼한 방사체(radator)로 설계된 MCAA의 접지면을 사각 그물망으로 교체하고 그물망의 구조를 변화시키며 24GHz에서 MCAA의 안테나 이득과 SLL 특성을 분석하였다.

그림 3(a)는 그물망의 크기를 0.11λ 에서 0.70λ 까지 변화시키고, 공백율을 1%에서 81%까지 변화시켰을 때 플랫폼한 방사체 MCAA의 안테나 이득 특성을 보여준다. 공백율이 증가함에 따라 안테나 이득도 전반적으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 그물망의 크기가 0.25λ 이하일 경우 공백율 변화에 따른 안테나 이득 손실의 변화는 미미하나 그물망의 크기가 증가함에 따라 그 영향을 받는 정도가 급격하게 증가하고 있음을 보여준다. 그림 3(a)의 이득 특성을 볼 때 그물망의 크기가 0.5λ 이상일 경우 공백율을 30%이상 증가시키는 것은 현실적으로 어려움을 알 수 있다.

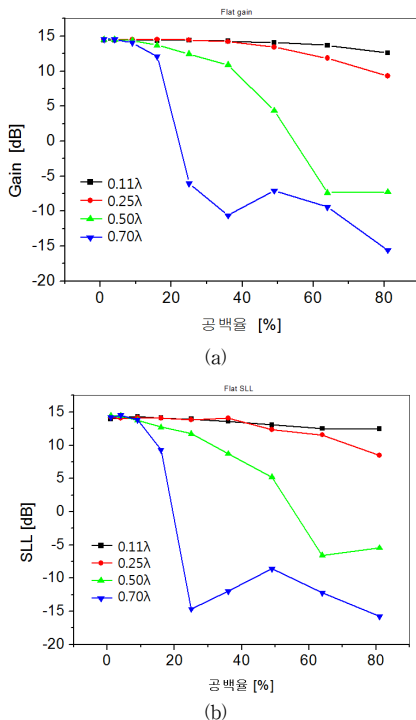


그림 3. 물망의 구조에 따른 플랫폼한 MCAA의 특성 (a)플랫폼한 MCAA의 이득 특성 (b)플랫폼한 MCAA의 SLL 특성
Fig. 3. Characteristics of flat MCAA depend on structures of mesh (a)Gain characteristics of flat MCAA (b)SLL characteristics of flat MCAA

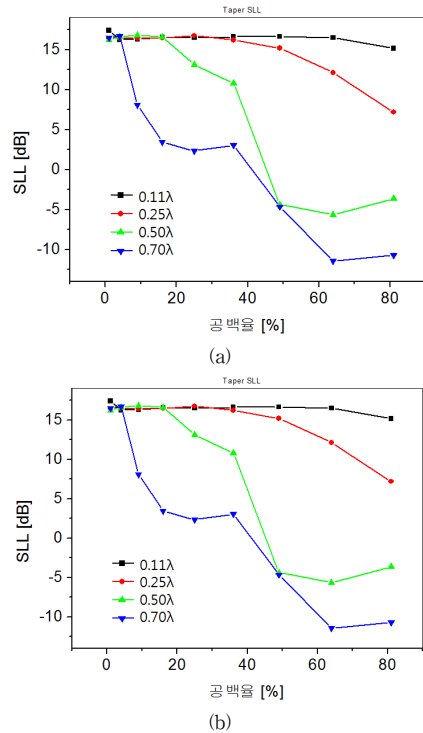


그림 4. 물망의 구조에 따른 테이퍼된 MCAA의 특성 (a)테이퍼된 MCAA의 이득 특성 (b)테이퍼된 MCAA의 SLL 특성

Fig. 4. Characteristics of tapered MCAA depend on structures of mesh (a)Gain characteristics of tapered MCAA (b)SLL characteristics of tapered MCAA

그림 3(b)는 그물망의 크기를 0.11λ 에서 0.70λ 까지 변화시키고, 공백율을 1%에서 81%까지 변화시켰을 때 플랫폼한 방사체 MCAA의 SLL 특성을 보여준다. 공백율이 증가함에 따라 안테나의 SLL 특성도 전반적으로 나빠지고 있음을 볼 수 있다. 공백율 증가에 따른 안테나의 SLL도 그물망의 크기가 커질수록 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다. 그물망의 크기가 0.7λ 인 경우 공백율이 20% 이상만 증해도 SLL이 음수가 되어 안테나 작동이 정상적으로 이루어지지 못하고 있음을 알 수 있다.

이제까지는 방사체의 크기와 모양이 일정한 플랫폼한 MCAA의 특성을 살펴보았다. 그러나 일반적으로 SLL 특성을 향상시키기 위해 폭이 테이퍼(taper)된 방사체로 설계한 테이퍼된 MCAA를 흔히 사용한다. 그림 4는 테이퍼된 방사체가 그물망 구조 변화에 따라 어떤 영향을 받는지를 테이퍼된 MCAA를 이용하여 얻은 결과이다. 그림 4(a)는 테이퍼된 MCAA 이득의 공백율 변화에 따른

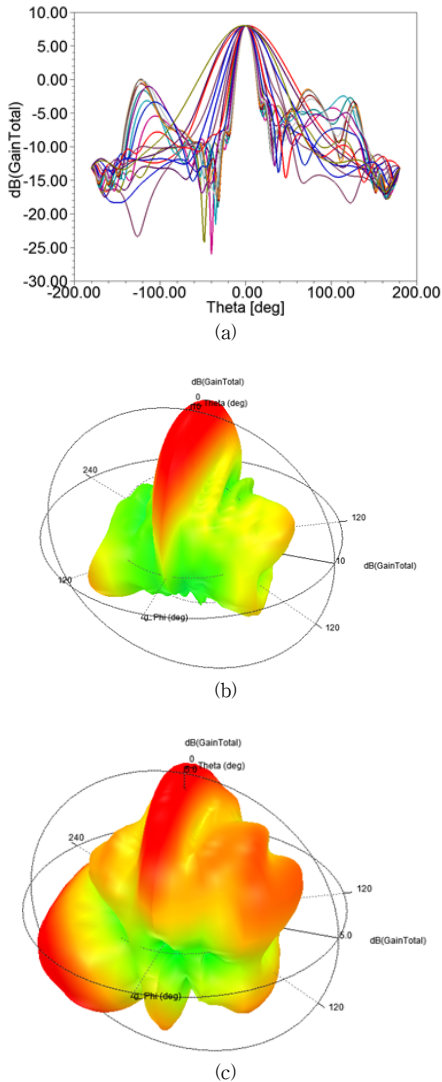


그림 5. MCAA의 이득과 방사 특성
 (a) 이득 특성 (b) 3차원 방사 패턴(0.7λ , 9%)
 (c) 3차원 방사 패턴(0.7λ , 36%)

Fig. 5. Gain and radiation pattern
 (a) Characteristics of gain
 (b) 3-dimensional radiation pattern(0.7λ , 9%)
 (c) 3-dimensional radiation pattern(0.7λ , 36%)

특성변화를 보여준다. 플랫폼 MCAA와 비슷하게 공백율이 증가함에 따라 이득이 저하되며 그 정도가 그물망의 크기가 증가함에 따라 더 급격해 짐을 보여준다. 상이한 점은 플랫폼 MCAA에 비해 테이퍼된 MCAA가 그물망 크기의 영향을 더욱 심하게 받는다는 점이다. 플랫폼 MCAA와 달리 테이퍼된 MCAA는 그물망의 크기가 0.7λ

인 경우 공백율이 4%일 때 이미 이득이 상당량 감소하고 있으며 공백율이 9%일 때 이득이 급격히 감소하여 안테나 작동이 이미 정상적이지 못함을 짐작할 수 있다. 그림 4(b)는 테이퍼된 MCAA SLL의 공백율 변화에 따른 특성변화를 보여준다. 방사체를 적절히 테이퍼(taper)함으로써 SLL이 2.5dB 정도 향상된 것을 볼 수 있다. 플랫폼 MCAA와 마찬가지로 테이퍼된 MCAA도 공백율이 증가함에 따라 SLL이 감소하며 그 정도가 그물망의 크기가 증가함에 따라 더 급격해 짐을 보여준다. 상이한 점은 플랫폼 MCAA에 비해 테이퍼된 MCAA의 SLL이 그물망 크기의 영향을 더욱 심하게 받는다는 점이다. 플랫폼 MCAA와 달리 테이퍼된 MCAA는 그물망의 크기가 0.7λ 인 경우 공백율이 4%일 때 이미 이득이 상당량 감소하고 있으며 공백율이 9%일 때 이득이 급격히 감소하여 안테나 작동이 이미 많이 왜곡되고 있음을 짐작할 수 있다. 그림 5(a)는 그물망의 크기가 0.7λ 이고 공백율이 9%일 때 테이퍼된 MCAA의 이득 특성을 보여준다. 그림 1(c)와 비교해보면 고도각 0° 근처에서 이득이 5dB 이상 감소했으며 고도각 100° 근처에서 이득이 증가하여 새로운 방향으로의 방사가 발생하고 있음을 볼 수 있다. 그림 5(b)는 이 경우 안테나 방사형태를 3차원으로 보여주고 있으며 메인 빔 좌우로 사이드 로브가 상당량 증가해 있는 것을 볼 수 있다. 공백율이 36%로 증가한 경우 안테나 방사형태가 그림 5(c)와 같이 변하여 안테나의 정상적인 작동이 이루어지지 못하고 있음을 볼 수 있다.

V. 결론

그물망 접지를 갖는 MCAA(Microstrip Comb Array Antenna)에서 그물망 구조의 변화가 MCAA에 미치는 영향을 연구하였다. 이를 위해 24GHz ISM 밴드에서 MCAA를 설계한 후 접지의 그물망 구조를 변화시키며 MCAA의 이득과 SLL(Side Lobe Level)의 변화를 조사하였다. 그물망의 크기와 그물망 면적에 대한 도체를 제외한 공백의 면적 비인 공백율의 두 변수를 변화시켜가며 조사를 진행하였다. MCAA는 방사체가 플랫폼 MCAA와 방사체가 테이퍼된 MCAA의 두 가지 구조로 조사하였다. 공백율이 증가함에 따라 플랫폼 MCAA와 테이퍼된 MCAA 모두에서 이득이 감소했으나 그물망 크기의 증가는 공백율 증가보다 안테나 이득을 더욱 심하게 감소시켰다. 안테나 SLL에 대해서도 유사한 경향을

보였으나 테이퍼된 MCAA가 플랫한 MCAA보다 그물망 크기 변화에 대한 영향을 좀 더 심하게 받았다. 이상의 결과로 볼 때 그물망 접지에 의한 안테나 특성 저하는 공백율보다는 그물망 크기에 더 크게 영향을 받았으며 그물망 크기를 0.25λ 이하로 설계하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다. 이 경우 공백율을 80% 정도로 높여도 안테나 동작에 심각한 영향은 미치지 않을 것으로 생각된다.

References

- [1] H.C. Ki, "A Study on the effects of CSRR-metamaterial on Microstrip Comb-line Array Antennas", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 17, No. 5, pp.187-192, Oct. 31, 2017. http://www.iibc.kr/bbs/board.php?bo_table=notice&wr_id=141
- [2] H.C. Ki, "A Study on Waveguide to Microstrip Antipodal Transition for 5G cellular systems", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, VOL. 15 No. 4, pp.185-190, Aug. 31. 2015. http://www.iibc.kr/bbs/board.php?bo_table=notice&wr_id=141
- [3] M. Goc, S. Taylor, S. Izadi and C. Keskin. "A Low-cost Transparent Electric Field Sensor for 3D Interaction on Mobile Devices", Proceedings of the 2014 Annual Conference on Human Factors in Computing Systems, Toronto, Canada. Apr. 2014. <https://hal.inria.fr/hal-00973234>
- [4] O. Atamonovsw and G. Balodis "DMeshed Patch Antenna for Portable UHF Band Radio Communication Devices", Elektronika IR Elektrotechnika, VOL. 21, NO. 4, pp. 31-34, 2015.
- [5] H.C. Ki, "A Study on the effects of CSRR-metamaterial on Microstrip Comb-line Array Antennas", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol. 17, No. 5, pp.187-192, Oct. 31, 2017.
- [6] K. Kobayashi, "Advanced Flexible Printed Circuits", Fujikura Technical Review, pp.44-47, 2013.

저자 소개

기 현 철(정회원)



- 1984년 2월 : 한양대학교 전자공학과 졸업.(공학사)
 - 1986년 8월 : 한양 대학교 대학원 전자공학과 졸업.(공학석사)
 - 1992년 2월 : 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업.(공학박사)
 - 1986년 - 1989년 : 한국 전자통신연구원 연구원.
 - 1996년-1997년 : 미국 조지아공대 post.doc
 - 2010년-2012년 : 미국 UCLA 객원교수
 - 1992년 3월 - 현재 : 가천대학교 전자공학과 교수.
- <주관심분야> : RF회로설계, RF 및 mmW 부품 설계, Meta-material 응용 및 안테나설계