

CPW급전 광대역 파이형 안테나

강영만* · 정희택* · 이승엽**

CPW-Fed π -Shaped Antenna for Wideband

Young-Man Kang* · Hyi-Thaek Ceong* · Seung-Yeop Rhee**

요약

본 논문에서는 역 F형 안테나 구조를 변형시키고 CPW급전 방법을 적용함으로써 역 F형 안테나의 단점인 협대역 특성을 개선하고, 소형 그리고 저자세의 구조적인 장점을 살리는 안테나를 제안하고자 한다. 실험 결과 중심주파수 3GHz에서 약 40%의 광대역 특성이 있음을 보여, 기존 역 F형 안테나의 단점인 협대역 특성을 개선할 수 있음을 알 수 있었다. 방사패턴은 거의 전방향 특성을 보였고 최대 이득은 약 2.0dBi이다.

ABSTRACT

In this paper, we propose an antenna that improves narrow band characteristics which is a disadvantage of inverted-F type antenna and utilizes the structural advantages of small size and low profile by modifying the inverted-F type antenna structure and applying CPW feeding method. Experimental results show that the broadband characteristic of about 40% at the center frequency of 3 GHz is seen, and it is found that the narrow band characteristic which is a disadvantage of the conventional inverted F antenna can be improved. The radiation pattern showed almost omnidirectional characteristics and the maximum gain was about 2.0dBi.

키워드

Coplanar Waveguide, Inverted F Antenna, Wideband Antenna, Wire Antenna
동일 평면 도파관, 역 F형 안테나, 광대역 안테나, 와이어 안테나

1. 서론

무선통신의 급격한 발전에 따라 마이크로파 및 밀리미터파 대역에서 동일평면 도파관(Coplanar Waveguide) 전송선로에 대한 관심이 최근 날로 증가하고 있다. 왜냐하면 동일평면 도파관 전송선로는 마이크로스트립 선로에 비해 여러 장점을 갖고 있기 때문이다. 마이크로스트립 선로는 가용 주파수 대역이 넓은 장점을 가지고 있기 때문에 널리 사용되고 있는 선로지만, 구현 가능한 임피던스 범위에 한계가 있어

선로 설계 시 제한이 있으며, 주파수가 높아질수록 선로의 상대적 크기를 줄이기 위해 기판의 두께가 얇아져야 하고, 협대역 특성을 갖는다는 단점을 가지고 있다. 반면에 동일평면 도파관 전송선로는 집적화 과정에서 소자의 집적화에 필요한 비아홀(via hole)과 같은 후면처리 과정이 필요 없다. 또한 동일평면 도파관 전송선로의 장점은 광대역 특성, 임피던스 정합이 쉽다는 점, 반도체 부품과 쉽게 집적화 할 수 있고, 적은 방사 손실을 가지고 있는 것 등이다. 이러한 장점과 무선기기의 M(M)IC화로 자연스럽게 동일평면 도

* 전남대학교 멀티미디어전공(ymkang@jnu.ac.kr, htceong@jnu.ac.kr) · Received : Feb. 12, 2018, Revised : Mar. 15, 2018, Accepted : Apr. 15, 2018
** 교신저자 : 전남대학교 전자통신전공 · Corresponding Author : Seung-Yeop Rhee
· Dept. of Electronic Comm., Chonnam National University,
· 접수일 : 2018. 02. 12
· 수정완료일 : 2018. 03. 15
· 게재확정일 : 2018. 04. 15
Email : yrsy@jnu.ac.kr

파판 전송선로 급전 구조를 갖는 프린트된 평면 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-2].

또한, 근거리 무선 통신 시스템의 다기능화로 인하여 소형 및 저자세(low profile) 안테나에 대한 요구와 함께, 광대역 안테나의 필요성이 크게 대두 되고 있다. 단일 안테나가 여러 애플리케이션을 동시에 커버할 수 있는 넓은 대역에서 작동 할 수 있는 경우 여러 개의 안테나가 필요 없기 때문이다. 즉 광대역 안테나를 사용한다면 서로 다른 주파수를 필요로 하는 애플리케이션을 단 하나의 광대역 안테나로 동시에 작동시킬 수 있으므로 회로 크기가 현저히 줄어드는 장점이 있다[3-6].

근거리 무선기기에 주로 사용되고 있는 안테나 중 프린트된 다이폴 안테나 형태인 역 F형 안테나는 무지향성 방사패턴을 갖고 있어 건물 내의 전파 수신 및 송신 시 매우 유용한 수직 및 수평 편파 성질을 동시에 갖는 장점을 가지고 있지만, 상대적으로 다른 소형 안테나처럼 대역폭이 좁다는 단점을 지니고 있으며, 다양화된 무선기기에 사용에 적합한 필터나 상호 결합도를 낮추는 기능을 부가하기에는 어려움이 있어 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[7-9].

본 논문에서는 역 F형 안테나 구조를 변형시키고 동일평면 도파관 전송선로 급전 방법을 적용함으로써 역 F형 안테나의 단점인 협대역 특성을 개선하고 장점인 소형 그리고 저자세의 구조적인 장점을 살리는 안테나를 연구하고자 한다. 따라서 본 논문에서는 동일평면 도파관 전송선로 급전 역 F형 안테나 특성을 연구한 후, 이들 특성을 바탕으로 대역폭이 개선되도록 구조가 변형된 안테나를 설계, 제작하고자 한다. 제안된 안테나는 개방 및 단락 스테브를 각각 1개씩 가지고 있다.

II. 안테나 구조

그림 1은 기존 역 F형 안테나의 단점인 협대역 특성을 개선하기 위해 제안된 구조로 기존 안테나의 양쪽에 개방된 스테브 형태의 안테나 부분을 추가하였으며, 급전은 마이크로스트립 선로 보다 분산효과가 적은 동일평면 도파관 전송선로를 사용하였다.

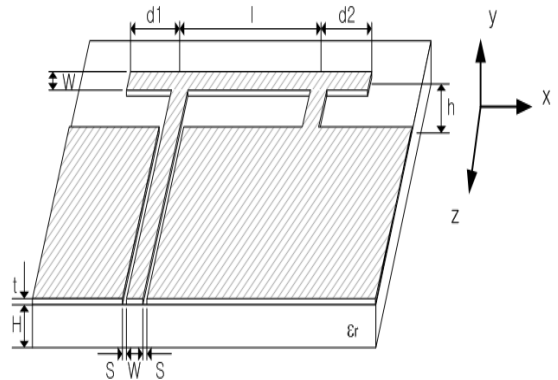
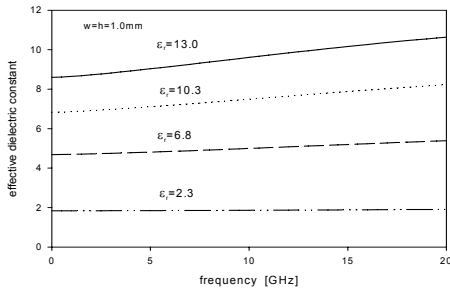


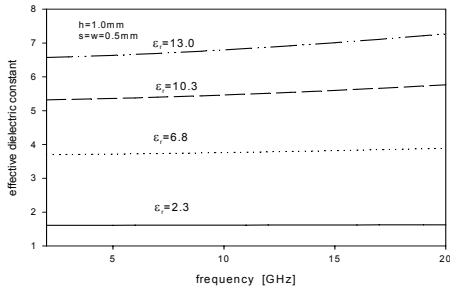
그림 1. 제안된 동일평면 도파관 급전 안테나 구조
Fig. 1 Structure of the proposed CPW-Fed antenna

안테나 급전 선로로 사용된 동일평면 도파관은 마이크로스트립 선로 분야와 더불어 1960년대 부터 꾸준히 현재까지 연구되고 사용되고 있는 선로이다. 마이크로파용 집적회로를 제작할 때 IC 집적회로에 전송선을 직접 쉽게 연결할 수 있으며, 중앙 스트립 선로(w)와 슬롯(s)의 폭을 변화시켜 원하는 다양한 임피던스를 쉽게 구현할 수 있는 선로 구조이다. 따라서, 설계 시 사용할 수 있는 파라미터가 더 많아서 집적회로의 제작에 유리하다[10].

그림 2는 주파수 영역에서 모멘트법인 Full-wave 방법을 이용하여 구한 유효유전율의 변화를 표현한 것이다. 기판의 유전율이 커짐에 따라 유효유전율의 변화는 점점 커지지만 마이크로스트립 선로의 경우와 비교하면 매우 작음을 알 수 있다. 즉 마이크로스트립 선로인 경우 유전율 6.8일 때 최대 17.9% 변화하였고, 동일평면 도파관 전송선로인 경우는 기판 유전율이 13.0일 때 최대 5.4% 변화함을 알 수 있다. 이것은 주파수에 따라 선로의 전반적인 특성이 변화하지 않아 광대역 안테나의 급전 선로로 사용 가능함을 나타내는 것이다.



(a) 마이크로스트립 선로의 유효유전율
(a) Effective dielectric constant of microstripline

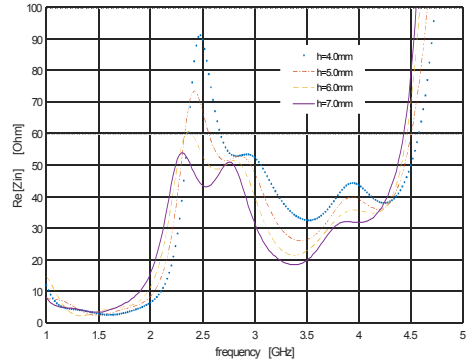


(b) 동일평면 도파관 전송선로의 선로의 유효유전율
(b) Effective dielectric constant of CPW

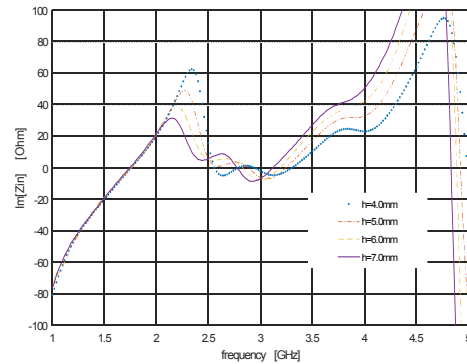
그림 2. 주파수에 따른 유효유전율 변화
Fig. 2 Variation of effective dielectric constant according to frequency ($w=h=1.0\text{mm}$)

제안된 동일평면 도파관 급전 파이형 안테나 파라미터 중에서 안테나의 특성에 결정적인 역할을 하는 파라미터들은 그림 1에서 높이(h), 스테브 길이(d_1, d_2), 그리고 안테나의 길이(l)이다. 주요 설계파라미터에 대한 안테나의 특성을 알아보기 위해 각각의 파라미터를 변화 시켜보았다.

그림 3은 접지판과 안테나 간의 거리인 h 를 4.0~7.0mm까지 증가함에 따라 안테나의 임피던스 변화를 구한 결과이다. 안테나의 실수 부분이 낮아짐을 보여주고 있다. 또한, 수직 스테브의 인덕턴스 성분이 증가함에 따라 안테나 양쪽에 병렬 연결된 개방 스테브와 정합이 이루어져 허수 부분은 거의 영에 가까워짐을 알 수 있어, 안테나를 정합하기 위한 별도의 회로를 부착하지 않아도 됨을 알 수 있다.



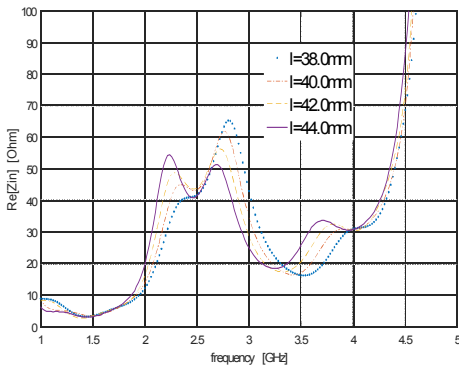
(a) h 변화에 따른 입력임피던스의 실수부
(a) Real part of input impedance with respect to h



(b) h 변화에 따른 입력임피던스의 허수부
(b) Imaginary part of input impedance with respect to h

그림 3. h 변화에 따른 입력임피던스 변화
Fig. 3 Input impedance variation with respect to h

그림 4는 안테나의 공진 주파수에 크게 영향을 주는 l 의 길이를 38.0mm에서 44.0mm까지 변화할 시킬 때 안테나의 임피던스를 계산한 결과이다. l 을 38.0~44.0mm까지 증가하면 입력임피던스의 실수부인 저항 성분은 2.0~3.0GHz 범위내외에서 50.0Ω을 기준으로 약 $\pm 10.0\Omega$ 범위내로 변화하여 넓은 대역폭에서 정합이 이루어짐을 알 수 있다. 또한 결과에는 나타내지 않았지만 이 범위 내에서의 허수 성분은 거의 영에 가까움을 보여주고 있다. 그리고 l 은 안테나의 전체 길이이므로 길이가 길어질수록 공진 주파수는 낮아진다. 반대로 l 이 짧아질수록 공진 주파수는 높아진다.



(a) l 변화에 따른 입력임피던스의 실수부
 (a) Real part of input impedance with respect to l

(b) l 변화에 따른 입력임피던스의 허수부
 (b) Imaginary part of input impedance with respect to l

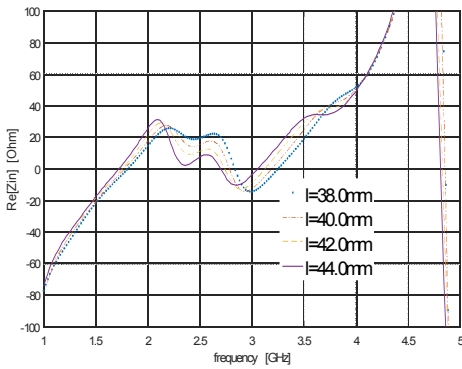


그림 4. l 변화에 따른 입력 임피던스 변화
 Fig. 4 Input impedance variation with respect to l

III. 실험 및 분석

앞장의 분석결과로부터 각 파라미터들의 서로 연관된 조정으로 임피던스의 실수부와 허수부를 변화시킬 수 있음을 알 수 있었다. 결과적으로 몇 개의 파라미터들을 조정함으로써 안테나의 입력임피던스 정합을 쉽게 할 수 있다. 안테나에 사용된 기판은 유전율 4.3 이고 기판두께가 1.5mm인 단면 FR4기판을 사용하였다.

각 파라미터들간의 서로 연관된 조정에 의한 최적 설계파라미터는 $d1$ 과 $d2$ 의 길이를 포함한 안테나 전체 길이 $l=59mm$ 이고 양쪽 스텐브의 길이 $d1=9mm$

이고 $d2=8mm$ 이다. 그리고 접지면과 떨어진 거리를 나타내는 높이 $h=4mm$ 이다. 이러한 각 파라미터들의 임피던스 특성을 살피고 이들의 연관된 조정에 의해 제작한 동일평면 도파관 급전 π 형 안테나는 그림 5와 같다.

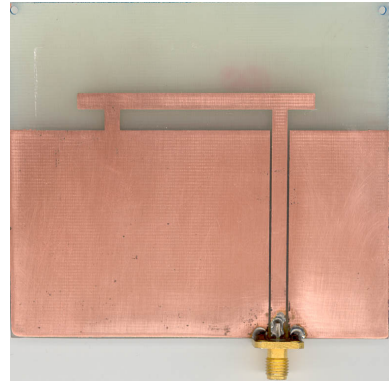
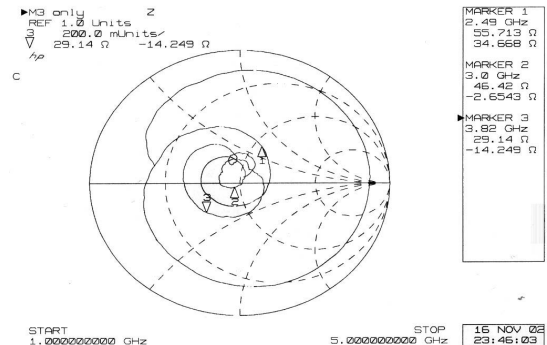
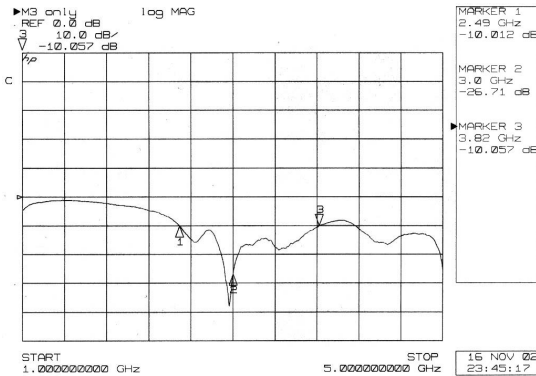


그림 5. 광대역 동일평면 도파관 급전 π 형 안테나
 Fig. 5 CPW-fed π -shaped antenna for wideband

본 논문에서 제작한 안테나 측정값은 그림 6과 같다. 그림 6은 HP 8510C Network Analyzer를 이용하여 측정된 값으로 (a)는 안테나의 입력 임피던스이고 (b)는 안테나의 삽입손실 값을 측정된 그림이다. 그림 6(b)를 보면 VSWR=2인 -10dB인 점을 기준으로, 대역폭은 중심주파수 3GHz에서 2.49GHz~3.82GHz까지 44.3%의 대역폭을 보이고 있다.



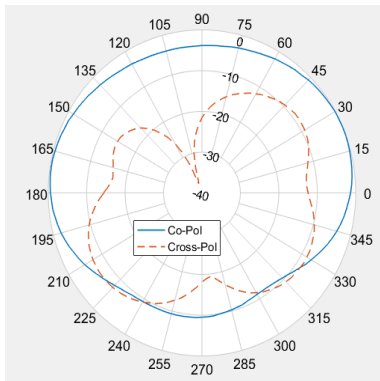
(a) 안테나의 임피던스
 (a) Antenna impedance



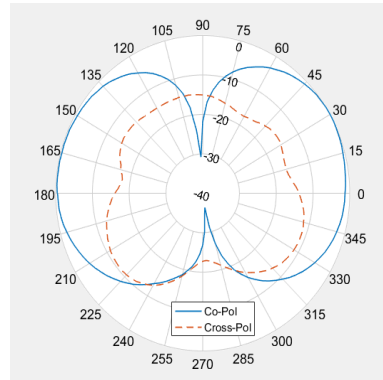
(b) 안테나의 삽입손실
(b) Antenna return loss

그림 6. 측정된 입력 임피던스 및 반사손실
Fig. 6 Measured input impedance and return loss

그림 7은 3.0GHz에서 측정 된 방사 패턴을 제시하였다. 일반적인 역 F형 안테나와 유사한 방사 특성이 관찰 되었다. x-y 평면은 거의 전방향성 방사패턴이며, y-z 평면상에서는 다이폴의 수직(elevation) 방사 패턴처럼 8자 모양의 패턴이 주목된다. 평면패턴에서의 최대 이득은 약 2.0dBi이다.



(a) 수평면 패턴
(a) Azimuth pattern(x-y plane)



(b) 수직면 패턴
(b) Elevation pattern(y-z plane)

그림 7. 측정된 방사 패턴
Fig. 7 Measured radiation pattern

IV. 결론 및 향후 개선방향

본 논문에서는 선형 안테나로 널리 사용되고 있는 역 F형 안테나 구조를 변형시켜 동일평면 도파관 급전 광대역 π 형 안테나를 제안하고 그 특성을 연구하였다.

제안된 동일평면 도파관 급전 광대역 π 형 안테나의 특성을 연구하기 위해 안테나의 주요 파라미터 변화에 대한 임피던스 특성 변화를 살펴보고 분석하였으며, 그 파라미터들을 조정하여 중심주파수 3.0GHz 대역에서 광대역 특성을 갖는 안테나를 설계 제작하였다. 급전방식은 동일평면 도파관 급전을 이용하였고 중요한 몇몇 파라미터들의 특성을 분석하여 적절히 조정함으로써 임피던스 매칭을 쉽게 할 수 있었다. 본 논문에서 연구한 안테나는 동일평면 도파관 급전을 함으로써 소형, 저자세의 구조적인 장점을 살리는 안테나로 3GHz에서 40%이상의 광대역 특성을 보여, 기존 역 F형 안테나의 단점인 협대역 특성을 개선할 수 있음을 알 수 있었다.

일반적인 선형 F형 안테나는 3차원이며 본 연구이 구조는 2차원으로 이미 저자세이며 소형으로 표현한 것이다. 이러한 설계결과는, 설계자에게 저가격으로 소형이고 광대역 특성의 무지향성을 갖는 안테나를 효율적으로 설계하는데 많은 도움이 되리라 생각한다.

따라서 향후 제한된 공간을 필요로 하는 CBRS

(Citizens Broadband Radio Service) 무선시스템에 적용할 수 있는 안테나를 연구하고자 한다.

감사의 글

본 논문은 중소기업부에서 지원하는 2017년도 수출기업 기술개발사업(No.S2495110)의 연구 수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

References

[1] C. Soras, M. Karaboikis, G. Tsachtsiris, and V. Makios, "Analysis and Design of an Inverted-F Antenna Printed on a PCMCIA Card for the 2.4GHz ISM Band," *IEEE Antennas and Propagation Mag.*, vol. 44, no. 1, 2002, pp. 37-44.

[2] H. Nakano, N. Ikeda, Y. Wu, R. Suzuki, H. Mimaki, and J. Yamauchi, "Realization of Dual-Frequency and Wide-Band VSWR Performances Using Normal-Mode Helical and Inverted-F Antennas," *IEEE Trans. Antennas and Propagation* vol. 46, no. 6, 1998, pp. 788-793

[3] J. Yoon and Y. Rhee, "Design and Fabrication of Dual-Ring Monopole Antenna for Wideband Characteristics," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 9, 2013, pp. 1285-1291.

[4] H. Choi and T. Yun, "Broadband Patch Antenna with the Air-Dielectric for the Human Counting System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, 2017, pp. 539-544.

[5] H. Lee, "The Design and Fabrication for Wireless Repeater Patch Antenna of Wide-band Dual polarization," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1287-1292.

[6] S. Kim, Y. Rhee, and G. Park, "A Study on Ultra-Wideband Patch Antenna with Modified Barrel Shape," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no.

3, 2016, pp. 263-270.

[7] C. Lee, H. Chen, W. Shih, and C. Hsu "Balanced Wideband filtering Planar Inverted-F Antenna Design," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, 2017, pp. 716-719.

[8] J. Deng, J. Li, L. Zhao, and L. Guo, "A Dual-Band Inverted-F MIMO Antenna With Enhanced isolation for WLAN Applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 16, 2017, pp. 2270-2273.

[9] P. Salonen, M. Keskilammi, and M. Kivikoski, "Single-Feed Dual-Band Planar Inverted-F Antenna with U-Shaped Slot," *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. 48, no. 8, 2000, pp. 1262-1264.

[10] K. Gupta, R. Garg, and Y. Bahl, *Microstrip Lines and Slotlines*. Boston: Artech House, 1996

저자 소개

강영만(Young-Man Kang)



1987년 광운대학교 대학원졸업(이학석사)
1987.2~1992.8 한국전자통신연구원
1992.9~현재 전남대학교 문화콘텐츠학부 교수

※ 관심분야: 방송/무선/이동/영상처리(카메라) 통신신시스템

정희택(Hyi-Thaek Ceong)



1992년 전남대학교 전산통계학과 졸업(이학사)
1995년 전남대학교 대학원 전산통계학과 졸업(이학석사)

1999년 전남대학교 대학원 전산통계학과 졸업(이학박사)

1999년 ~현재 : 전남대학교 멀티미디어전공 교수
※ 관심분야: 데이터마이닝, 생물정보학, 기계학습

이승엽(Seung-Yeop Rhee)



1986년 연세대학교 전자공학과
(공학사)

1988년 연세대학교 전자공학과
(공학석사)

1993년 연세대학교 전자공학과
(공학박사)

1993년 ~ 2006년 : 국립여수대학교 전자통신공학과 교수

2004년 ~ 2005년 : Syracuse대학교 방문교수

2006년 ~ 현재 : 전남대학교 전자통신공학과 교수

※ 관심분야 : 안테나 해석 및 설계, 초고주파 회로 설계, 전자파 해석

