

직사각형 및 삼각형 기생패치를 이용한 860MHz 대역 광대역 적층 마이크로스트립 안테나

고진현¹ · 김건균¹ · 이승엽^{1*} · 이종익²

Wideband Stacked Microstrip Antenna with Rectangular and Triangular Parasitic Patches for 860MHz Band

Jin-Hyun Ko¹ · Gun-Kyun Kim¹ · Seung-Yeop Rhee^{1*} · Jong-Ig Lee²

^{1*}Electronic Communication Engineering, Chonnam National University, Jeonnam 59626, Korea

²Division of Mechatronics Engineering, Dongseo University, Busan 47011, Korea

요 약

본 논문에서는 직사각형 및 삼각형 기생 패치를 이용한 광대역 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하였다. 직사각형 마이크로스트립 패치 위에 직사각형 및 삼각형 모양의 기생 패치들을 적층하여 860MHz대역에서 광대역 특성을 얻었다. 주 방사부인 마이크로스트립안테나와 기생 패치와의 효과적인 결합은 이들 사이에 두꺼운 공기층을 두어 구현하였다. 또한, 이들 공기층 두께와 기생 패치의 위치는 광대역 정합에 중요한 요소임을 알 수 있었다. 제안된 안테나는 향후 소형 트랜시버에 적용하기 위해 119 mm × 109 mm 크기의 소형 접지면 위에 설계 및 제작되었다. FR4기판에 제작된 안테나의 임피던스 대역은 818~919MHz(11.7%)이다. 방사패턴은 기존 마이크로스트립 패치 안테나와 유사했으며, 최대 이득은 주파수 824MHz에서 2.11dBi로 측정되었다.

ABSTRACT

A wideband stacked patch antenna with parasitic elements, rectangular and triangle shaped patches, is proposed. Two different shaped parasitic elements are placed in the above of main rectangular microstrip patch antenna in order to achieve wide bandwidth for 860 MHz band. Coupling between the main patch and parasitic patches is realized by thick air gap. The gap and locations of parasitic patches are found to be the main factor of the wideband impedance matching. The proposed antenna is designed and fabricated on a ground plane with small size of 119 mm × 109 mm for application of compact transceivers. The fabricated antenna on an FR4 substrate shows that the minimum measured return loss is below -11.68dB at 824 MHz and an impedance band of 818~919 MHz(11.7%) at 10dB return loss level. The measured radiation patterns are similar to those of a conventional patch antenna with maximum gain of 2.11 dBi at 824 MHz.

키워드 : 광대역, 기생패치, 적층 패치 안테나, 마이크로스트립 패치 안테나

Key word : Wideband, Parasitic patch, Stacked patch, Microstrip patch antenna

Received 04 April 2016, Revised 11 April 2016, Accepted 12 April 2016

* Corresponding Author Seung Yeop Rhee(ysrsy@chonnam.ac.kr, Tel: +82-62-659-3237)

Electronic Communication Engineering, Chonnam National University, Jeonnam 59626, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2016.20.5.874>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

현대 첨단 정보화 사회에서는 다양한 통신 서비스와 많은 정보들을 교환해야하는 필요성이 대두되고 있으며, 유선보다는 무선에 의해 이를 해결하는 추세이다. 이 같은 요구를 충족하기 위하여 여러 주파수 대역을 사용하고 또한 광대역인 무선통신 시스템의 요구가 증가하고 있다.

이러한 무선통신 시스템의 기술 추세에 맞추어 최근 안테나 설계 기술 분야에서도 광대역 안테나 또는 다중대역 안테나에 대한 개발이 활발히 진행되고 있다. 한편 이동 통신 기술이 급속도로 발전하면서 안테나를 포함하는 무선 통신 시스템이 점차 소형화, 경량화되고 있으며, 마이크로스트립 안테나는 대표적으로 소형, 경량 안테나이다[1].

마이크로스트립 안테나는 금속 패치(patch)와 얇은 유전체 기판으로 이루어진 기본 구조가 Q(quality factor)가 매우 높은 공진기(cavity) 형태이므로 대역폭이 수 퍼센트에 불과할 정도로 매우 좁고 방사효율도 낮다는 단점이 있다. 마이크로스트립 안테나가 실제 통신시스템에 사용되기 위해서는 보다 넓은 대역폭을 가져야 하므로 이에 대한 많은 연구가 이루어져 왔다[2,3].

이러한 방법 중 쉽고 간단한 대표적인 것은 두꺼운 유전체 기판을 사용하는 것이다. 그러나 두꺼운 유전체 기판은 경제적인 면에서 바람직하지 않을 뿐만 아니라 안테나의 효율을 감소시키며 의사 결합을 생성하는 불필요한 표면파를 만드는 역효과를 가지며, 이는 안테나 설계를 어렵게 하고 위상배열에서 주사할 수 없는 영역을 만든다는 단점을 가지고 있다.

또 다른 대표적인 방법이 여러 개의 방사 패치를 동일한 유전체 기판 위에 배열[4]하거나 여러 층의 기판을 이용하여 쌓아 놓은 ‘다공진기 안테나’(multi-resonator antenna)이다[5-8]. 이러한 구조에서는 고유 주파수가 다른 여러 개의 방사 패치를 적절히 배열하여 공진 주파수들이 서로 인접하도록 하면 광대역 혹은 다중대역 특성을 얻을 수 있다. 적층형 패치 안테나에 관한 연구 결과들[5,8]에 의하면 패치 간격을 0.05파장 정도로 하여 대역폭이 약 10%인 광대역 특성을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 단일 사각형 패치 안테나 위에 직사각형 및 삼각형 모양의 기생패치를 적층으로 배치하는 구조의 소형 광대역 안테나를 제안하였다. 제안된 안테

나는 주방사 패치와 기생 패치를 공기층을 사이에 두고 수직 방향으로 배치하여 이들 간의 상호 결합을 통해 광대역 특성을 갖도록 하였다. 또한 180° 위상차를 이용하며 대칭적 급전구조를 갖는 이중 급전 방식[7]은 패치면의 전류 분포를 좌우 대칭적으로 만들어 단일 급전 방식보다 교차 편파 방사(cross-polarized radiation)를 작게 한 구조를 도입함으로써, 단일 급전 방식보다 안테나의 수직방향으로 소형화를 갖도록 하였다.

제안된 안테나를 860MHz 대역 광대역 안테나로 동작하도록 안테나 치수들을 조절한 후 FR4 기판 상에 안테나를 제작하고 성능을 측정하였다.

II. 안테나 설계 및 구조

본 논문에서 제안한 800MHz 대역 광대역 안테나의 기본 규격은 CDMA 대역에 사용되는 대역인 824 MHz~894 MHz(수신: 824 MHz~849 MHz, 송신: 869 MHz~894 MHz) 규격과 일치되도록 하였다. CDMA 대역으로부터 알 수 있듯이 안테나의 대역폭은 70MHz로 중심 주파수 860 MHz를 기준으로 8.1%가 넘는 광대역이다. 이러한 광대역 안테나를 위해 본 논문에서 제안한 CDMA 대역 광대역 안테나 구조는 그림 1과 같다.

아래 패치 안테나는 기본 직사각형 마이크로스트립 형태이며, 안테나의 길이는 사용 기판의 유전율을 고려한 관내파장(λ_g)의 반 파장을 기준으로 하였다. 급전선의 특성 임피던스는 50 Ω 이며, 패치의 양측 복사까지 모두 급전되도록 이중급전 구조를 갖게 하였다.

급전 신호는 1:1 전력 분배기를 통과하여 180도 위상차를 갖도록 안테나 중앙을 기준으로 급전부를 $\lambda_g/4$ 거리만큼 이동시켰다[9]. 광대역특성을 얻기 위해 기생패치들이 인쇄된 상부기판은 주패치 기판과 충분한 거리(13.0 mm; 860MHz에서 0.037 파장에 해당)를 두었으며, 상부기판의 아랫면과 윗면에는 직사각형 패치와 삼각형패치가 각각 배치된다. 특히, 삼각형 기생 패치는 수직 접지 케이스와 근접시켜 접지와와의 결합도 이루어지도록 하였다.

표 1은 시뮬레이션을 통해 얻은 안테나 설계치수이다. 위에 놓인 직사각형의 기생 패치는 아래 패치보다 더 낮은 주파수에 공진되도록 아래패치보다 크게 하였다.

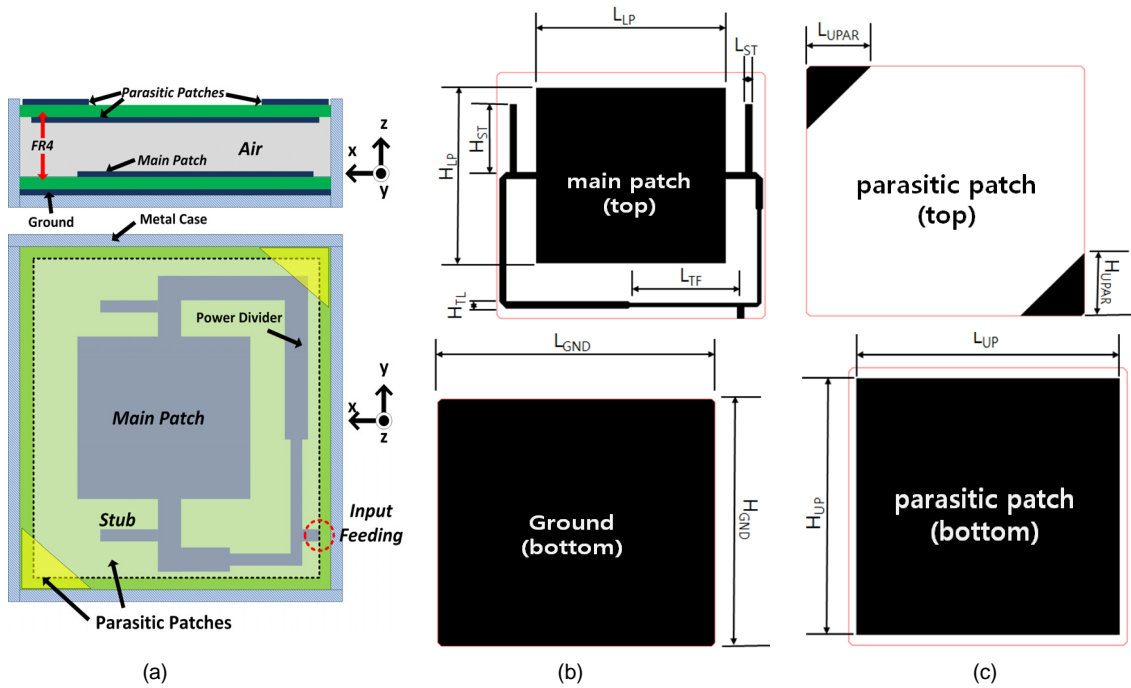


Fig. 1 Structure of the proposed repeater antenna (a) cross-sectional view and top view of the proposed antenna (b) main patch PCB (c) parasitic patch PCB

Table. 1 Parameter values of the designed antenna

parameter	value(mm)	parameter	value(mm)
LLP	84.0	LGND	119.0
HLP	77.5	HGND	109.0
LST	3.0	LUP	112.5
HST	30.0	HUP	100.5
LTF	49.2	LUPAR	27.1
HTL	3.0	HUPAR	27.1

그림 2는 시뮬레이션을 통해 얻어진 제안된 안테나의 반사계수 특성이며, $VSWR \leq 2$ 인 주파수 대역은 780 MHz~890MHz로서 광대역 특성을 보이고 있으며, 사용 주파수 대역인 824~894MHz 대역을 포함하는 양호한 특성이다.

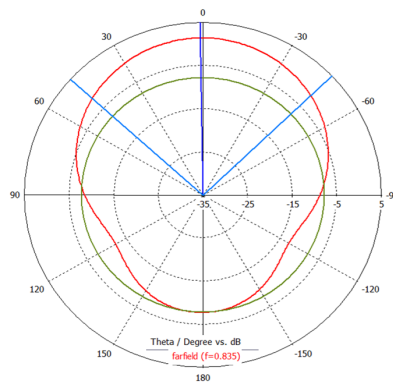
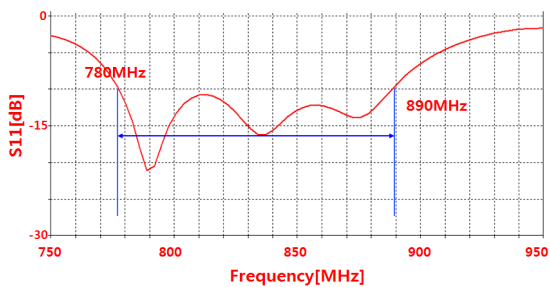


Fig. 2 Simulated reflection coefficient of the proposed antenna

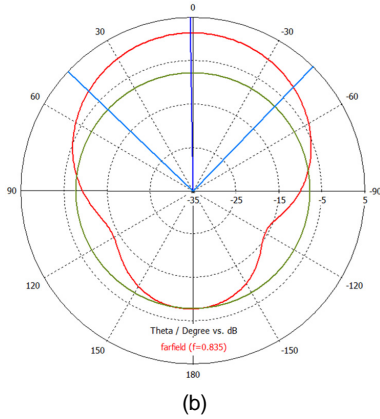


Fig. 3 Simulated radiation patterns at 835MHz (a) vertical plane(y-z) (b) horizontal plane(x-z)

그림 3은 표 1의 파라미터값들을 갖는 안테나의 방사 패턴 시뮬레이션 결과이다. 835 MHz 주파수에서 3 dB 빔폭은 수직패턴 약 94° 및 수평패턴 약 88°이며, 기존 단일 마이크로스트립안테나의 방사패턴과 유사한 특성을 보이고 있음을 알 수 있다.

III. 안테나 제작 및 측정

안테나의 제작에 사용된 기판은 FR4($\epsilon_r = 4.3$)로 1.6 mm의 두께를 가지며, 크기는 119.0 mm × 109.0 mm로 제작하였다. 안테나는 아래 패치와 위 패치로 두 장의 PCB를 사용하였으며, 중계기 기구(크기 121mm × 111mm×16.5mm) 내부에 장착되도록 일체형으로 설계되었다. 그림 4는 제안된 광대역 안테나의 제작된 사진이다.

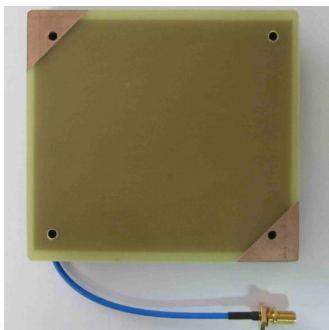


Fig. 4 Fabricated antenna

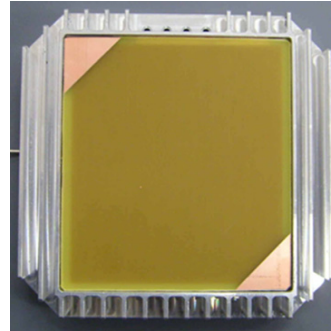


Fig. 5 Antenna installed on a test jig

그림 5는 성능을 측정하기 위하여 안테나를 지그에 장착한 사진이다.

그림 6은 제작된 안테나의 반사계수를 측정한 결과이다. $VSWR \leq 2$ 를 만족하는 주파수 대역은 818MHz~919MHz이며, 전체 대역폭이 101.0 MHz로 중심 주파수 860MHz를 기준으로 11.7 %의 광대역 특성을 보인다. 이것은 그림 2에서 얻은 시뮬레이션 대역폭 110.0 MHz (12.8%)에 비해 다소 줄어든 것이지만 CDMA용 송·수신 주파수 전 대역(그림 6에 Mark 1~Mark 4으로 표시된 주파수 대역 824~894MHz)을 포함하고 대역 내에서 -11.7dB 이하로 유지되고 있다.

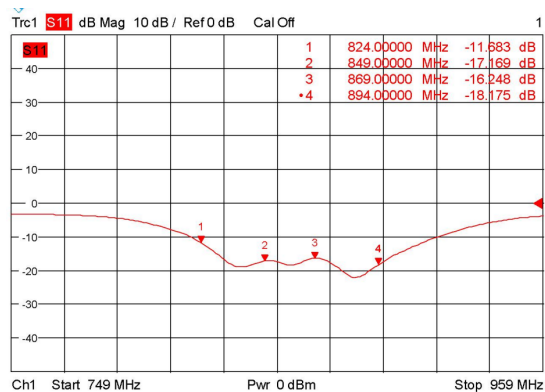


Fig. 6 Measured reflection coefficient

제작된 안테나의 아래 패치와 위 패치 사이의 간격 13.0 mm는 중심주파수 860MHz에서 0.037파장에 해당되며, 적층형 광대역 안테나에서 일반적으로 사용되는 최소 간격 0.05파장[5,8] 보다 작은 것이므로 소형화된 것이라고 볼 수 있다. 안테나의 전체 크기(LGND×

HGND)는 119mm×109mm로서 중심주파수 860MHz에서 0.34파장×0.31파장이며, 일반적인 적층형 광대역 안테나의 크기[9]에 비해 소형화된 것이어서 안테나와 일체형인 소형 중계기 시스템 등에 장착이 용이하다.

그림 7은 제작된 안테나의 빔 패턴 측정 결과이다. CDMA 송수신대역의 주파수인 4개 주파수(824MHz, 849MHz, 869MHz, 894MHz)에 대해 E-면 및 H-면에서의 방사패턴을 측정한 결과이다. 각 방사패턴은 주파수에 따른 크게 변화하지 않아 주파수에 따라 일정한 방사 패턴이 유지됨을 볼 수 있었다. 전체적으로 3 dB 빔폭은 평균 80~90도의 특성을 나타내었고, 이득은 최소 -1.79 dBi에서 최대 2.11 dBi로 측정되었다.

표 2는 안테나 특성측정 결과를 정리한 것이다.

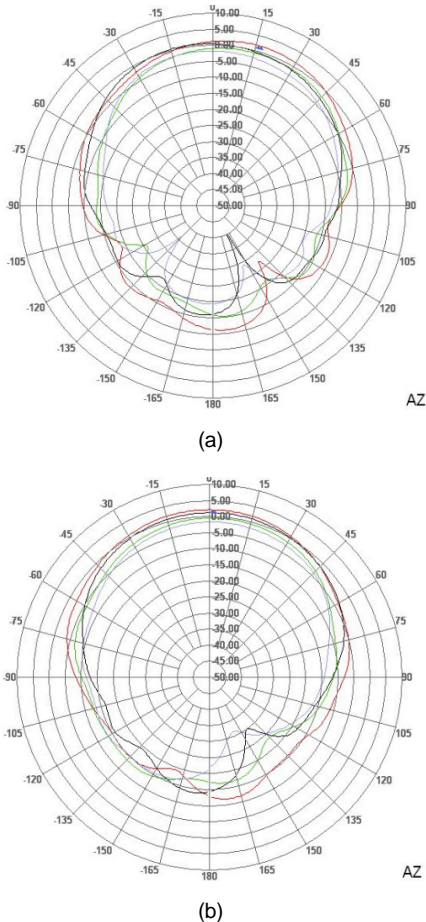


Fig. 7 Measured radiation patterns of antenna (a) E-plane (y-z) (b) H-plane (x-z)

Table. 2 Measured performance

Items	frequency [MHz]			
	824	849	869	894
reflection coefficient (dB)	-11.68	-17.17	-16.25	-18.18
Gain(dBi) : vertical pol.	2.11	-0.45	-1.65	1.19
Gain(dBi) : horizontal pol.	1.83	-0.72	-1.79	0.52

IV. 결 론

본 논문에서는 직사각형 마이크로 스트립 안테나 위에 직사각형 및 삼각형 모양의 기생패치를 적층 배치함으로써 광대역 특성을 얻을 수 있는 새로운 구조의 안테나를 제안하였다. 마이크로스트립 패치 및 기생 패치의 크기와 정합 스테르브의 길이를 조절하여 급전선로와 광대역 임피던스 정합을 얻었다.

제안된 구조의 광대역안테나를 860MHz대역으로 설계하고 제작하여 실험한 결과 VSWR≤2인 주파수 대역(818~919MHz)이 시뮬레이션 결과(780~890MHz)와 잘 일치하였다. 제작된 안테나의 방사패턴을 측정한 결과 전후방비는 15dB 이상이고, 최대 이득은 2.11dBi임을 확인하였다. 본 연구에서 설계된 안테나는 일반적인 적층형 안테나들에 비해 소형이지만 대역폭이 약 12%인 광대역 특성을 갖고 있으며, 금속지그에서 장착된 상태에서 측정된 것이므로 설계 및 측정결과가 실제 소형 중계기 시스템 설계에 바로 활용될 수 있다.

REFERENCES

- [1] J. R. James and P. S. Hall, *Handbook of microstrip antennas*. vol. 1, London: Peter Pregrinus, Ltd., 1999.
- [2] A. G. Derneryd and I. Karlsson, "Broadband microstrip antenna element and array," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 29, no. 1, pp. 140-144, Jan. 1981.
- [3] G. Humar and K. P. Ray, *Broadband microstrip antennas*. ch. 4, Artech House, Boston London, 2003.
- [4] G. Kumar and K. C. Gupta, "Nonradiating edges and four edges gap-coupled multiple resonator broad-band microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 33, no. 2, pp.

173-185, Feb. 1985.

[5] P. S. Bhatnagar, J. P. Daniel, K. Mahdjoubi, and C. Terret, "Experimental study of stacked triangular microstrip antenna," *Electron. Lett.*, vol. 22, no. 16, pp. 864-865, 1986.

[6] J. P. Daniel, G. Dubost, C. Terret, J. Citerne, and M. Drissi, "Research on planar antennas and arrays: 'structures Rayonnantes'," *IEEE Trans. Antennas and Propag. Magazine.*, vol. 35, no. 1, pp. 14-38, Feb. 1993.

[7] Z. N. Chen and M. Y. W. Chia, "Experimental study on radiation performance of probe-fed suspended plate antenna," *IEEE Trans. on Antennas and Propag.*, vol. 51, no. 8, pp. 1964-1971, 2003.

[8] T. Moura, L. Brás, P. Pinho, N. Carvalho, R. Gonçalves, and P. Pinho, "Parasitic stacked slot patch antenna for DTT energy harvesting," in Proc. *2015 IEEE International Symp. on Antennas and Propag. & USNC/URSI National Radio Science Meeting*, pp. 2445-2446, 2015.

[9] W. H. Hsu and K. L. Wong, "A dual capacitively fed broadband patch antenna with reduced cross-polarization radiation," *Microw. Opt. Tech. Lett.*, vol. 26, no.3, pp. 169-171, Aug. 2000.



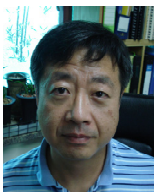
고진현(Jin-Hyun Ko)

1998년 2월 : 목원대학교 정보통신공학과(공학사)
 2000년 2월 : 목원대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)
 2007년 8월 ~ 현재: 전남대학교 전자통신공학과 박사과정
 2000년 6월 ~ 2010년 4 : 블루웨이브텔(주) 책임연구원
 2010년 5월 ~ 2015년 8 : (주)페타리 수석연구원
 2015년 9월 ~ 현재 : (주)유콘시스템 수석연구원
 ※관심분야 : 중계기 및 초광대역안테나, 초고주파 회로설계



김건균(Gun-Kyun Kim)

2005년 2월: 동서대학교 전자공학과 (공학사)
 2008년 2월: 동서대학교 전자공학과 (공학석사)
 2008년 4월 ~ 2014년 12월: 블루웨이브텔(주) 선임연구원
 2015년 3월 ~ 현재: 전남대학교 전자통신공학과 박사과정
 ※관심분야 : 중계기용 안테나, 초광대역안테나, 초고주파 회로설계



이승엽(Seung-Yeop Rhee)

1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1988년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 1993년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
 1993년 9월 ~ 2006년 2월: 국립여수대학교 전자통신공학과 교수
 2004년 7월 ~ 2005년 8월: Syracuse대학교 방문교수
 2006년 3월 ~ 현재: 전남대학교 전자통신공학과 교수
 ※관심분야 : 안테나 해석 및 설계, 초고주파 회로 설계, 전자파 해석



이종익(Jong-Ig Lee)

1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 1998년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
 1998년 3월 ~ 12월 : 금오공과대학교 연구교수
 1999년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 메카트로닉스융합공학부 교수
 ※관심분야 : 평면 안테나, 전자파 산란