

## 800MHz 대역 고격리 이중급전 ICS 중계기 안테나

고진현<sup>1</sup> · 김건균<sup>1</sup> · 이승엽<sup>1\*</sup> · 이종익<sup>2</sup>

### 800MHz Band Dual-fed ICS Repeater Antenna with High Isolation

Jin-Hyun Ko<sup>1</sup> · Gun-Kyun Kim<sup>1</sup> · Seung-Yeop Rhee<sup>1\*</sup> · Jong-Ig Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Electronic Communication Engineering, Chonnam National University, Jeonnam 59626, Korea

<sup>2</sup>Division of Mechatronics Engineering, Dongseo University, Busan 47011, Korea

#### 요약

무선통신 시스템에서 ICS 중계기는 Donor와 Service 사이의 거리를 많이 이격시켜야 높은 격리도를 확보할 수 있는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 음영지역을 해소하여 통화권 영역을 확대하기 위해 높은 격리특성을 갖는 ICS(Interference Cancellation System)중계기 일체형 안테나를 설계하고 제작 및 측정을 통하여 성능을 평가하였다. 대역폭과 이득은 주방사 패치 및 기생 패치의 크기, 스텐브 길이 등을 조정하여 구현하였다. 제작된 안테나는 CDMA 이동통신 주파수인 824~894 MHz 대역에서 이득은 3 dBi 이상, 격리도는 -56 dB 이하의 양호한 특성을 나타내었다.

#### ABSTRACT

Even if ICS(Interference Cancellation System) repeater is used in wireless communication system, it has the disadvantage that it must have enough distance between Donor and Service antenna to be isolated. In this paper, new ICS repeater integrated antenna with high isolation characteristics is designed. The proposed antenna is fabricated for 800MHz and measured. Bandwidth and gain are optimized by changing the stub lengths near main patch and power divider, and also by changing the size of parasitic patch. The fabricated antenna has a return loss less than -13 dB, a gain over 3 dBi, and an isolation between the donor and the server antennas less than -56 dB from 824~894 MHz for CDMA mobile communication. Therefore, the proposed antenna structure can be applied to eliminate the shadow area and to expand the coverage area for any other wireless communication bands.

**키워드** : ICS 중계기, 격리도, 이중 급전, 마이크로스트립 패치 안테나

**Key word** : ICS repeater, Isolation, Dual feeding, Microstrip patch antenna

Received 04 April 2016, Revised 05 April 2016, Accepted 08 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.2016.20.5.867>

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. 서론

최근 무선 통신 기술의 발전에 따라 많은 양의 데이터를 시간과 장소를 가리지 않고 동시 다발적으로 송·수신하기 위해 많은 중계기가 새롭게 설치되고 있다. 이동 통신, DMB 방송 수신, 무선 인터넷(Wi-Fi, WiBro 등) 서비스를 위한 기지국과 중계기가 증설되고 있지만, 도심에서는 새로운 건물 증축 등으로 새로운 음영 지역이 발생되고 다중 경로(multi-path) 페이딩 영향으로 전파 환경은 더욱 악화되고 있다.

이에 따라 전파 음영 지역과 다중 경로에 의한 페이딩 영역에서 간섭 신호를 제거하는 기능을 가진 ICS (Interference Cancellation System) 중계기(그림 1 참조)를 설치하여 가입자의 통신 및 방송 서비스 품질을 향상시킬 수 있다[1]. 간섭 신호를 제거하는 중계 장치는 송·수신 안테나 간 귀환되는 신호를 DSP(Digital Signal Processing) 기술을 이용하여 자동으로 다중경로 간섭을 제거하는 중계 시스템이다. 중계기의 안테나는 외부 기지국과 신호를 송·수신하는 Donor 안테나와 단말기로 송·수신하는 Service용 안테나로 구성된다.

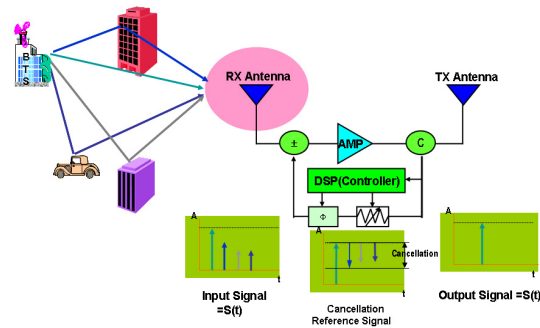


Fig. 1 Concept of ICS repeater system

ICS 중계 장치에서 간섭 신호들의 제거 확률을 향상시키기 위해서는 Donor와 Service 용 안테나 간 높은 격리 특성을 유지해야 한다. 이에 따라 두 안테나 간 높은 격리 특성을 얻을 수 있는 안테나 설계 기술은 ICS 중계기 전체 시스템의 기능과 성능을 좌우하는 핵심 기술이다.

중계기를 소형화하기 위해서 일반적으로 중계기용 안테나를 기구물 내부에 장착하지만 송수신 안테나 간 강한 신호 결합이 발생된다. 이러한 강한 결합은 송신

된 신호가 피드백(Feedback)되어 발진현상으로 나타나 중계기의 성능을 현저히 떨어뜨리게 된다[2].

이러한 문제를 해결하기 위하여 여러 가지 방법들이 시도되었다. 먼저 송수신 두 안테나 사이의 간격을 늘리는 방법[3,4]을 사용할 경우, 50 dB 이상의 격리도를 얻기 위해서는 약 1.5 파장 이상의 거리를 두어야 한다. 안테나 방사패치 둘레에 여분의 패치를 추가한 방법[3]은 패치 폭의 2배 정도로 기판의 크기를 증가시켜 약 8 dB정도의 격리도 향상을 얻었다. 기구 둘레에 L형 혹은 U형의 금속 구조물을 추가하는 방법[5-7] 등도 격리도를 향상시켜 약 -80 dB의 격리 특성을 보였다. 그러나 이와 같은 방법들은 안테나 전체의 크기를 증가시키므로 중계기 소형화에 많은 제약을 가져온다.

본 논문에서는 ICS 중계기 기구물에 Donor와 Service 안테나들이 함께 장착된 일체형 소형 중계기에 적합한 안테나 구조를 제안하였다. 제안된 안테나는 직선편파를 발생하기 위해 이중 급전된 직사각형 마이크로스트립 패치와 기생패치로 구성된다. 이중급전과 광대역 임피던스 정합을 위해 180° 전력분배기, 정합스터브 및 직사각형 기생패치가 부가된 구조이다. 제안된 구조의 안테나를 중계기 구조물에 부착된 상태에서 800MHz 대역 동작에 적합하도록 설계, 제작 및 성능 시험을 통해 ICS 중계기용 안테나로 사용하기에 적합한 것을 확인하였다.

## II. 안테나 구조

현재 상용으로 사용 중인 중계기와 관련된 규격은 표 1에 제시된 바와 같다.

Table. 1 ICS repeater antenna specifications

Items	Specifications	
	DONOR	SERVICE
Polarization	horizontal	vertical
Frequency	Rx : 825.4~829.4MHz Tx : 870.4~874.4MHz	
Isolation	>50dB	
Gain	>3dBi	
FB ratio	>15dB	
Beamwidth	180°±15°	
Size	<130×140×17.5(mm)	

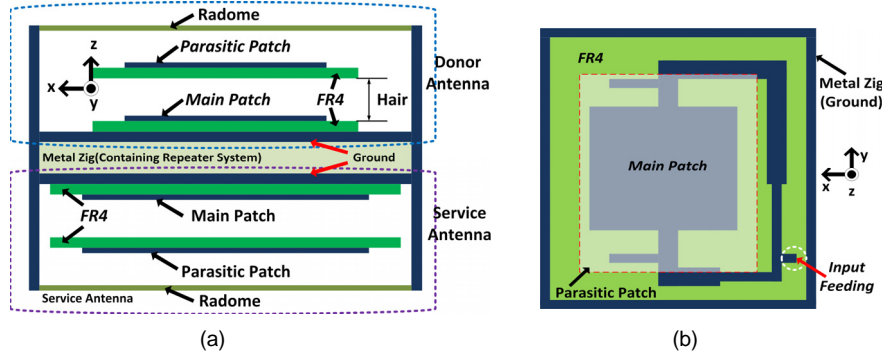


Fig. 2 Structure of the proposed repeater antenna (a) cross-sectional view (b) top view

이 규격을 만족하는 안테나를 설계하기 위해 본 논문에서 제시된 안테나 구조는 그림 2에 제시된 바와 같다.

안테나의 단면 구조는 그림 2(a)에서 보인 바와 같이 중계기 시스템이 포함된 금속지그를 중계기의 가운데에 위치시키고 양쪽에 Donor 안테나와 Service 안테나를 각각 배치시킨 구조이다. 두 안테나의 사용주파수 대역이 동일하므로 모양과 치수는 두 안테나가 같고, 다만 송수신기안테나가 상호 직교하는 편파 특성을 갖도록 배치하였다. 주패치(main patch)는 직사각형 마이크로스트립 패치이고 기생패치(parasitic patch)는 주패치로부터 일정거리(Hair)를 둔 직사각형 패치이다. 그림 2(b)와 같이 주패치와 기생패치는 크기가 다르며 주패치는 마이크로스트립선로에 의해 이중급전 된다.

주방사패치 및 기생패치의 크기와 스테르브의 길이 등을 조절하여 ICS 중계기용으로 적합한 안테나를 설계하였다. 주패치와 기생패치에 사용된 기판은 FR4 ( $\epsilon_r = 4.3$ )로 1.6 mm의 두께를 가지며, 크기는 130 mm × 140 mm로 제작하여 지그에 장착이 가능하도록 하였

다. 각각의 안테나는 접지면, T-형 전력 분배기, 임피던스 매칭용 스테르브, 주패치, 그리고 기생패치로 구성된다. 안테나의 아래 기판에는 접지면, 전력 분배기, 스테르브, 주패치가 놓이며, 위쪽 기판에는 기생 패치가 놓여 있다. 주패치의 크기는 84.1mm × 77.5mm이고, 기생패치의 크기는 98.0mm × 126.0mm이다. 입력 급전선은 50 Ω 선로이며, 기생패치는 주패치로부터 13 mm(Hair)를 띄워 배치하였다.

### III. 안테나 설계 및 제작

그림 3은 단일 급전과 이중급전 방식의 마이크로스트립 패치 안테나 구조이다. 일반적으로 기판의 두께가 파장에 비해서 매우 작은 경우 단일급전 마이크로스트립 패치 안테나는 대역폭이 3% 내외로 매우 좁고 복사 효율이 낮아서 광대역 서비스용 안테나 구조로서는 적합하지 않다. 그에 비해 그림 3(b)의 이중급전 패치 안테

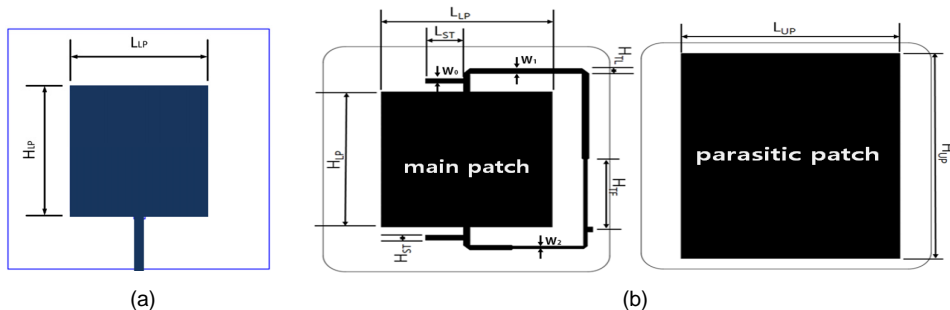


Fig. 3 Single fed and dual fed antennas a) single fed antenna (b) dual fed antenna with parasitic patch(proposed)

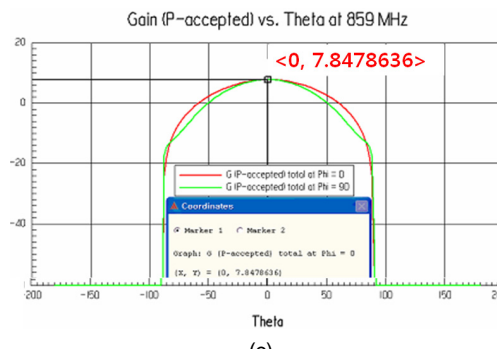
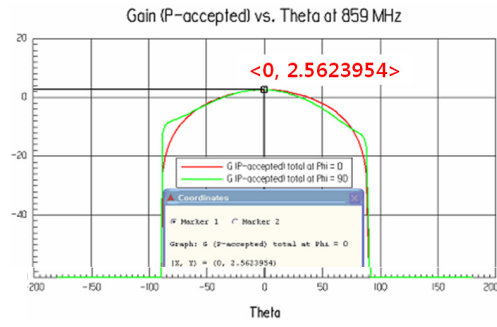
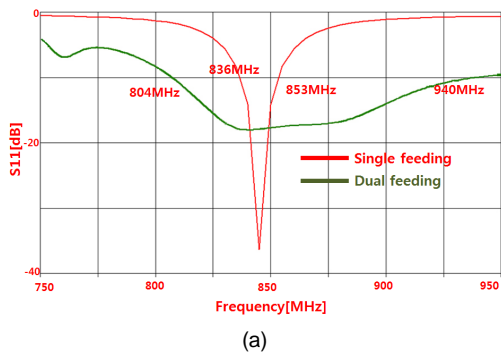
나는 대역폭이 향상되고 빔 패턴의 대칭성과 이득이 개선된다. 제안된 그림 3(b)의 이중급전 안테나를 설계하기 위해 먼저 ICS 중계기의 송·수신 주파수 대역의 중심 주파수(860MHz)에서 공진되도록 패치의 폭(LLP)과 길이(HLP)를 결정하였다. 이중급전 안테나의 패치 사이는 단일급전 안테나와 동일하게 하고 그에 부합하는 전력 분배기를 설계한 후 스티브의 길이를 조절하여 주패치 안테나를 설계하였다. 이득과 대역폭 개선을 위해 주패치로부터 13mm 위치에 기생패치를 부가하였다.

최종 설계된 안테나의 파라미터 값들을 표 2에 제시된 바와 같으며, 반사손실과 방사패턴 시뮬레이션 결과는 그림 4와 같다.

**Table. 2** Parameter values of the designed antenna

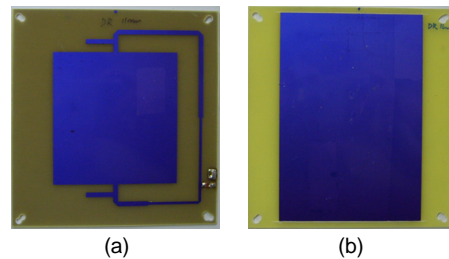
Parameter	Value(mm)	Parameter	Value(mm)
L <sub>LP</sub>	77.5	H <sub>TF</sub>	43.6
H <sub>LP</sub>	84.1	L <sub>UP</sub>	98.0
L <sub>ST</sub>	19.0	H <sub>UP</sub>	126.0
H <sub>ST</sub>	3.0	W <sub>0</sub> , W <sub>1</sub>	3
H <sub>TL</sub>	3.0	W <sub>2</sub>	1.7

그림 4의 시뮬레이션 결과에서와 같이 그림 3(a)의 단일급전 구조는 -10dB 대역폭이 2.3%에 불과하지만 그림 3(b)의 이중급전 구조에서는 약 16%의 대역폭(804MHz~940MHz)을 확보할 수 있는 것으로 확인된다. 안테나 이득은 중심 주파수 859MHz에서 단일급전은 2.5dBi이고 이중급전은 7.84dBi이다. 시뮬레이션 결과 그림 4에서 보는 바와 같이 제안된 안테나구조는 ICS 중계기 적용 가능 주파수 대역에서 양호한 반사계수, 방사패턴 및 이득 특성을 보이고 있다.



**Fig. 4** Characteristics of single feed and dual feed antennas (a) reflection coefficient (b) radiation patterns single feed (c) radiation patterns(dual feed)

그림 5는 두께 1.6mm인 FR4기판 상에 제작된 800MHz 대역의 ICS 중계기 일체형 안테나 사진이다.



**Fig. 5** Fabricated repeater antenna. (a) main patch (b) parasitic patch

#### IV. 측정 및 분석

위의 과정을 통해 설계된 안테나를 Donor와 Service 용으로 각각 제작하였으며, 격리도 향상을 위해 그림 6

과 같이 중계기 구조물 양면에 상호 직교하는 방향 (Donor: 수직편파, Service: 수평편파)으로 각각 부착하였다. 제작된 안테나는 주변의 영향을 받지 않는 전자파 무반사실에 위치시키고 Donor와 Service 안테나의 입력 포트를 각각 Network Analyzer의 포트 1과 포트 2에 연결하여 격리도 S21을 측정한다.



Fig. 6 Test setup

그림 7은 반사 계수와 격리도 측정 결과를 나타낸다. 제작된 안테나의 -10dB 대역은 ICS 중계기 대역(그림 7에서 Marker 1과 Marker 4 사이의 주파수 대역)을 포함하고 격리도는 -50dB이하로 유지하는 양호한 결과를 나타내고 있다.

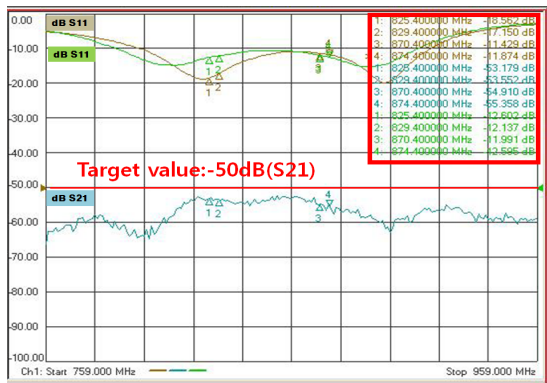
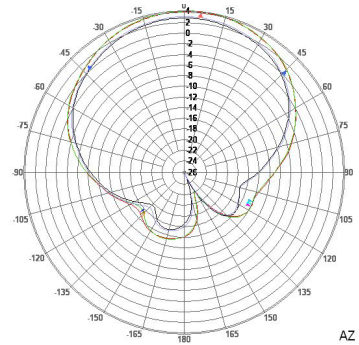


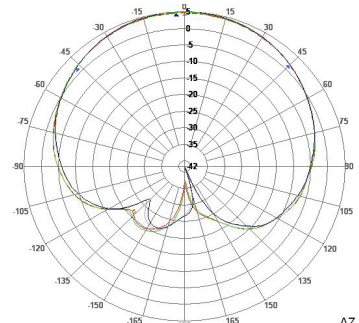
Fig. 7 Measured reflection coefficients and isolation

그림 8은 제작된 안테나의 빔패턴 및 이득 측정 결과이다. Donor와 Service 안테나는 상호 직교하도록 중계기 본체에 설치되며 각 안테나의 복사패턴은 중계기 본체에 의한 영향을 받는다. 수직편파를 송·수신하는 Donor용 안테나의 빔폭은 80~90도, 이득은 3.9~5.03dB 이고, 전후방 비는 25dB 이상이다. 수직편파용 Donor 안테나에 비해 수평편파용 Service 안테나는 성능이 다

소 열화되며 특성 측정 결과는 표 3에 제시된 바와 같이 이득은 2.95~4.50 dBi, 전후방비는 18 dB 이상이다.



(a)



(b)

Fig. 8 Measured radiation patterns of Donor antenna (a) E-plane (b) H-plane

Table. 3 Measured performance

DONOR Antenna				
Items	frequency (MHz)			
	825.4	829.4	870.4	874.4
Reflection coefficient(dB)	-20.05	-20.75	-13.76	-14.00
Gain(dBi)_V	4.40	4.50	4.01	3.88
Gain(dBi)_H	4.63	4.76	5.03	5.00
SERVICE Antenna				
Items	frequency (MHz)			
	825.4	829.4	870.4	874.4
Reflection coefficient(dB)	-13.01	-13.24	-13.43	-13.81
Gain(dBi)_V	4.35	4.50	4.28	4.12
Gain(dBi)_H	4.11	4.21	3.12	2.95
Isolation(dB)	-56.23	-57.75	-57.50	-56.84

안테나의 전체적인 성능 측정 결과는 표 3에 제시된 바와 같으며 표 1에서 제시된 요구조건을 충족하는 양호한 성능을 갖는다.

## V. 결 론

본 논문에서는 800MHz 대역 ICS 증계기 일체형 고격리 특성을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나 구조를 제안하고 설계하였다. 직사각형 패치를 이중 급전하고 기생 패치와 스티브 정합을 통해 대역폭 16%에 이르는 광대역 특성을 얻을 수 있었다. 증계기 전면과 후면에 상호 직교하는 방향으로 각각 설치된 Donor 안테나와 Service 안테나는 임피던스 정합 및 복사특성이 양호하고 상호간 격리도는 -56dB이하로 유지되는 고격리 특성을 보였다. 이상의 결과들로 볼 때 본 연구에서 설계 및 제작된 안테나는 고격리 특성이 필요한 상용 ICS 증계기 일체형 안테나로 사용하기에 적합하다고 볼 수 있다.

## REFERENCES

[1] C. S. Kang and J. G. Baek "Performance analysis of RF repeater system using IP antenna," *The Institute of*

*Electronics Engineers of Korea - IE*, vol. 47, no. 1, pp.34-40, March 2010.

- [2] C. R. Anderson, S. Krishnamoorthy, C. G. Ranson, T. J. Lemon, W. G. Newhall, T. Kummetz, and J. H. Reed, "Antenna isolation, wideband multipath propagation measurements, and interference mitigation for on-frequency repeaters," *IEEE Proceedings of Southeast Conference*, pp. 3-7, 2004.
- [3] M. Nakano and T. Inoue, "Compact repeater antenna system with extremely high isolation in the 800 MHz band," in *Proc. ISAP, 3C23-3*, Oct. 2008.
- [4] N. Michishita, H. Arai, and Y. Ebine, "Mutual coupling characteristics of patch array antenna with choke for repeater systems," in *Proc. ICAP*, vol. 1, no. 491, pp. 299-232, Apr. 2003.
- [5] X. Zhao, Y. Lee, and J. Choi, "Design of a multi-layer wideband antenna with high isolation for 3G repeater system," in *Proc. APMC*, pp. 1906-1909, Dec. 2009.
- [6] Y. Lee, J. Ha, and J. Choi, "Design of a wideband indoor repeater antenna with high isolation for 3G systems," *IEEE Antennas and Wireless Propag. Lett.*, vol. 9, pp. 697-700, Jul. 2010.
- [7] Y. Lee, J. Ha and J. Choi, "Design of an indoor repeater antenna with high isolation using metamaterials," *Microwave and Optical Tech. Lett.*, vol. 54, no. 3, pp. 755- 761, Mar. 2012.



고진현(Jin-Hyun Ko)

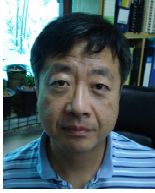
1998년 2월 : 목원대학교 정보통신공학과(공학사)  
 2000년 2월 : 목원대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)  
 2007년 8월 ~ 현재: 전남대학교 전자통신공학과 박사과정  
 2000년 6월 ~ 2010년 4 : 블루웨이브텔(주) 책임연구원  
 2010년 5월 ~ 2015년 8 : (주)페타리 수석연구원  
 2015년 9월 ~ 현재 : (주)유콘시스템 수석연구원  
 ※관심분야 : 증계기 및 초광대역안테나, 초고주파 회로설계



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 : 증계기용 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