2×2 배열 패치 안테나 구조를 갖는 렉테나 설계 및 구현*

김선웅** · 최동유***

Design and Implementation of Rectenna Using 2×2 Array Patch Antenna*

Sun-Woong Kim** · Dong-You Choi***

■ Abstract ■

In this paper, an antenna has been proposed for the operation of mobile devices such as Zigbee. The presented rectenna operates at ISM (Industrial Scientific Medical) band of 2.45 GHz and consists of 2×2 array patch antenna and Villard voltage double rectifier circuit for high conversion efficiency. 2×2 array patch antenna is fabricated in FR4 substrate having thickness of 1.6mm and dielectric constant of 4.7. The proposed 2×2 array patch antenna resonates at 2.56GHz with return loss of 38.36dB, VSWR of 1.0244, and its impedance is matched to 50Ω. The fabricated rectenna has maximum conversion efficiency of 59.8% at an input power lever of 15dBm and load resistance of 500Ω.

Keyword : ISM band, Array Patch Antenna, Rectenna

논문투고일 : 2014년 01월 24일

논문수정완료일 : 2014년 03월 10일

논문게재확정일 : 2014년 03월 14일

* 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2012005496).

** 조선대학교 대학원 정보통신공학과

*** 조선대학교 전자정보공과대학 정보통신공학과 교수, 교신저자

1. 서 론

진보된 기술을 통해 휴대형 디바이스는 보다 스마트하게 진화되고 있으며, 이러한 휴대형 디바이스에서 사용자의 편의성과 기능이 늘어남에 따라 필요한 전력소비도 증가하게 된다. 그 결과 사용자들은 배터리로 동작하는 디바이스를 자주 충전하게 되고, 디바이스를 재충전할 수 있는 보다 편리하고 효율적인 방법을 찾고 있다. 이러한 논의를 바탕으로 많은 연구자 및 개발자들에 의해 이에 대한 대처방안으로써 다양한 방법들이 제안되어져 왔으며, 본 논문에서는 무선전력전송 시스템의 렉테나(rectenna)에 대하여 연구하였다[1].

렉테나란 정류기(rectifier)와 안테나(antenna)의 합성어로서 수신된 마이크로파를 DC로 변환시켜주는 시스템이다. 렉테나의 RF-to-DC 변환효율은 전체 시스템의 효율 개선에 가장 큰 영향을 미친다. 이러한 렉테나는 현재까지 다양하게 연구되어지고 있으며, 다이오드에 20dBm 이상의 큰 입력 전력이 있을 때, 최대 70~80%의 변환효율을 얻을 수 있다[8, 9]. 그러나 이를 위해 높은 전력을 무분별하게 방사할 경우 다른 기기의 장애 및 인체에 해로운 영향을 끼칠 수 있어 국가별로 전력 레벨에 대한 제한을 두고 있으며, 전자기파에 의한 인체의 영향을 고려하여 허용 전력 밀도에 대한 제한도 두고 있다. 미국의 경우, ISM(Industrial Scientific Medical) 대역의 무선기기는 최대 1W 이내로 방사전력의 제한을 두고 있으며, ANSI/IEEE C95.1-1992에 의하면 ISM 대역인 2.45GHz 주파수에서 인체 노출 허용 전력 밀도의 한계는 $2\text{mW}/\text{cm}^2$ 로 되어 있다[5].

본 논문에서는 ISM 대역의 2.45GHz 주파수에서 동작하는 안테나를 제한하기 위하여 안테나 및 정류회로의 특성을 시뮬레이션을 통하여 분석하였으며, 이를 기반으로 제작한 렉테나의 특성을 분석하여 그 타당성을 확인하고자 한다.

제 2장과 제 3장에서는 HFSS(High Frequency Structure Simulation)와 Designer 회로해석 프로그램을 이용하여 안테나 및 정류회로를 설계하

였고, 이를 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 제 4장은 시뮬레이션을 통해 얻어진 결과를 토대로 실제 렉테나를 제작 및 측정하였고, 제 5장에서 연구결과에 대한 결론을 도출하였다.

2. 안테나 및 정류회로 설계

2.1 마이크로스트립 패치 안테나 설계

렉테나에 사용된 안테나는 마이크로스트립 패치 안테나로서 단일 패치 안테나에 패치의 수가 증가할수록 높은 이득 특성을 갖도록 유도하였다[11].

단일 패치 안테나는 inset-fed 구조를 갖는 안테나로서 패치와 급전선이 연결되는 부분에 두 개의 슬롯을 통하여 임피던스를 정합하였다. 설계된 단일 패치 안테나 구조는 [그림 1]과 같다.

[그림 1] 단일 패치 안테나 구조

마이크로스트립 패치 안테나를 설계하기 위해서는 몇 가지의 설계 조건이 필요하게 되는데, 안테나 기판의 유전율(ϵ_r)과 기판의 높이(h) 그리고 안테나가 동작하는 동작주파수(f_r) 등이 있다.

특히, 패치 안테나의 폭 W 는 효율적인 방사를 결정하는 변수로서 식 (1)과 같다[7].

$$W = \frac{\lambda_0}{2} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

패치 안테나 길이 L 은 패치 안테나의 동작주파수를 결정하는 변수로서 식 (2)와 같다.

$$L = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (2)$$

실효 유전율(ϵ_{eff})과 ΔL 은 식 (3), 식 (4)와 같다.

$$\epsilon_{eff} = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \left(1 + 12 \frac{h}{W} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (4)$$

2.2 배열 패치 안테나 설계

배열 안테나에서는 전력을 효율적으로 분배할 수 있는 급전 구조가 가장 중요한 설계 요소 중 하나이며, 급전 구조는 전력 분배기와 임피던스 정합 회로로 구성된다. 본 논문에서는 두 개의 출력 포트에 동일한 전력을 분배하는 T-junction 전력 분배기를 사용하였고, 입력과 출력에 동일한 임피던스 특성을 갖기 위해 $\lambda/4$ 변환기(transformer)를 T-junction 전력 분배기에 삽입하였다.

[그림 2]는 입력단의 포트 1로부터 출력단의 포트 2와 포트 3으로 동일한 전력으로 분배하는 T-junction 전력 분배기와 $\lambda/4$ 변환기가 결합된 급전 구조이다. 각 포트는 50Ω의 마이크로스트립 선으로 구성되어 있으며, 식 (5)에 의하여 $\lambda/4$ 변환기의 임피던스는 35.35Ω에 해당한다[2].

$$Z_1 = Z_0 / \sqrt{2} \quad (5)$$

제안한 안테나는 단일 패치 안테나에 T-junction 전력 분배기를 사용하여 1×2 배열 패치 안테나와 2×2 배열 패치 안테나를 설계하였다.

배열 패치 안테나의 구조는 [그림 3]과 같다.

[그림 2] T-junction 전력 분배기

(a) 1×2 배열 패치 안테나

(b) 2×2 배열 패치 안테나

[그림 3] 배열 패치 안테나 구조(단위 : mm)

2.3 정류회로 설계

렉테나의 정류회로는 RF-to-DC 변환효율을 결정하는 매우 중요한 요소이다. 정류기는 다이오드의 한쪽 방향으로만 전류를 통과시키는 성질을 이용한 것으로서 주기적으로 양과 음의 두 방향으로 변환하는 교류전압을 직류전압으로 변환시키는 장치이다. 정류회로에 사용되는 다이오드는 렉테나의 변환효율을 높이기 위해서 높은 동작 주파수와 낮은 문턱전압이 요구된다. 이러한 조건을 충족시키기 위하여 Avago사의 쇼트키 다이오드인 HSMS-8202를 사용하였다.

다이오드의 낮은 문턱전압과 낮은 전력에서의 동작을 확인하기 위하여 Ansys사의 Designer 회로 시뮬레이션 툴을 이용하여 설계하였다[6]. Designer 회로 시뮬레이션 툴을 이용하여 설계된 Villard 전압 채배기 정류회로는 [그림 4]와 같다.

[그림 4] Villard 전압 채배기 정류회로 설계

3. 시뮬레이션 결과

3.1 안테나 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 렉테나의 안테나 동작주파수는 ISM(Industrial Scientific and Medical) 대역의 2.45GHz이다. 2.45GHz 대역의 주파수는 WLAN(Wireless Local Area Network), Bluetooth, RFID(Radio Frequency IDentification) 기반의 무선 통신 시스템 및 무선 어플리케이션에 널리 사용되고

있다.

제안한 안테나는 초고주파 해석 시뮬레이션 프로그램인 Ansys사의 HFSS(Ver. 12)를 이용하여 시뮬레이션을 하였다. 안테나는 유전율 4.7, 두께 1.6mm의 FR4 epoxy 기판을 사용하여 설계하였으며 상단에는 패치 안테나, 하단에는 그라운드 위치한다.

설계된 안테나의 크기는 <표 1>과 같다.

<표 1> 제안한 안테나 상세 크기

(단위 : mm)

안테나	W	L	W _f	L _f	X _o	Y _o
단일 패치 안테나	35.75	27.8	2.8	28	0.85	9
1×2 배열 패치 안테나	35.75	27.6	2.87	19.36	0.815	9
2×2 배열 패치 안테나	35.75	27.8	2.87	18.36	0.815	9

전자파 신호를 전송할 때 전송계에 임피던스 부정합점이 있으면 이 점에서 전력의 반사가 일어나 입사전력의 일부가 반사전력이 되는데, 이 때 입사전력과 반사전력의 비를 반사손실(return loss, S11)이라고 하며 식 (6)과 같다.

$$Return\ loss = -20\log|\Gamma| \text{ [dB]} \quad (6)$$

제안한 안테나의 반사손실 시뮬레이션 결과는 [그림 5]와 같다.

[그림 5]의 결과, 제안한 안테나 구조에 대한 반사손실 예측 값은 단일 패치 안테나는 2.44GHz 대역에서 -38.11 dB, 1×2 배열 패치 안테나는 2.45GHz 대역에서 -32.52dB, 2×2 배열 패치 안테나는 2.45GHz 대역에서 -50.08dB이다. 공진 주파수가 낮아질수록 송신시 안테나의 손실이 적다는 것을 의미한다.

임피던스 정합은 입력 전원측의 전력이 출력단에 전달될 때 반사손실 없이 최대의 전력이 전달 되도록 하는 것으로써, 제안한 안테나의 임피던스 정합 시뮬레이션 결과는 [그림 6]과 같다.

(a) 단일 패치 안테나 반사손실

(a) 단일 패치 안테나 임피던스 정합

(b) 1×2 배열 패치 안테나 반사손실

(b) 1×2 배열 패치 안테나 임피던스 정합

(c) 2×2 배열 패치 안테나 반사손실

(c) 2×2 배열 패치 안테나 임피던스 정합

[그림 6] 제안한 안테나 임피던스 정합 예측 값

[그림 6]의 결과, 제안한 안테나 구조에 대한 임피던스 정합 예측 값은 단일 패치 안테나는 51Ω, 1×2 배열 패치 안테나는 50.88Ω, 2×2 배열 패치 안테나는 49.72Ω이다.

[그림 5] 제안한 안테나 반사손실 예측 값

안테나의 정재파비(VSWR : voltage standing wave ratio)는 신호를 전송할 때 전송선로 상에 생기는 정재파의 크기를 나타내는 것이다. 정재파 최대값과 최소값의 비에 의해 구할 수 있으며, 보통 $1 \sim \infty$ 의 범위의 값이 되는데 1에 가까울수록 정합상태가 좋음을 의미한다. 정재파비 시뮬레이션 결과는 [그림 7]과 같다.

(a) 단일 패치 안테나 정재파비

(b) 1×2 배열 패치 안테나 정재파비

(c) 2×2 배열 패치 안테나 정재파비

[그림 7] 제안한 안테나 정재파비 예측 값

[그림 7]의 결과, 제안한 안테나 구조에 대한 정재파비 예측 값은 단일 패치 안테나는 1.0252, 1×2 배열 패치 안테나는 1.0485, 2×2 배열 패치 안테나는 1.0063이다.

안테나의 특성을 나타내는 요소 중 하나는 안테나가 어느 특정 방향으로 전파를 얼마나 많이 집중해 방사할 수 있는가 하는 점이다. 안테나의 이러한 특성을 지향성(directionality)이라 하며, 안테나의 효율이 100%라면 지향성은 곧 전력이득과 같다.

제안한 안테나의 E평면상 90°, 180°에서의 방사 패턴 시뮬레이션 결과는 [그림 8]과 같다.

(a) 단일 패치 안테나 E 평면 90°, 180° 방사패턴

(b) 1×2 배열 패치 안테나 E 평면 90°, 180° 방사패턴

(c) 2×2 배열 패치 안테나 E 평면 90°, 180° 방사패턴

[그림 8] 제안한 안테나 방사패턴 예측 값

[그림 8]의 결과, 제안한 안테나 구조에 대한 방사 패턴 예측 값은 단일 패치 안테나는 3.51dBi, 1×2 배열 패치 안테나는 5.72dBi, 2×2 배열 패치 안테나는 7.14dBi의 이득을 보였다.

4. 렉테나 제작 및 측정

4.1 안테나 제작 및 측정

제작한 안테나는 유전율 4.7, 유전체 높이 1.6 mm, 손실 탄젠트 0.019인 FR4 epoxy 기판을 사용하였으며, 에칭공정으로 제작한 안테나는 [그림 9]와 같다.

(a) 단일 패치 안테나

(b) 1×2 배열 패치 안테나

(c) 2×2 배열 패치 안테나

[그림 9] 에칭공정을 통한 안테나 제작

제작한 안테나는 Agilent사의 네트워크 분석기 (N5230A)를 통하여 안테나 반사손실 및 임피던스 정합, 정재파비 등을 측정하였다.

네트워크 분석기를 이용한 반사손실 실측 값은 [그림 10]과 같다.

(a) 단일 패치 안테나 반사손실

(b) 1×2 배열 패치 안테나 반사손실

(c) 2×2 배열 패치 안테나 반사손실

[그림 10] 제작한 안테나 반사손실 실측 값

[그림 10]의 결과, 제작한 안테나 반사손실 실측 값은 단일 패치 안테나는 2.46GHz 대역에서 -26.12dB, 1×2 배열 패치 안테나는 2.46GHz 대역에서 -29.51dB, 2×2 배열 패치 안테나는 2.56GHz 대역에서 -38.36dB이다.

네트워크 분석기를 이용한 임피던스 정합 실측 값은 [그림 11]과 같다.

(a) 단일 패치 안테나 임피던스 정합

(b) 1×2 배열 패치 안테나 임피던스 정합

(c) 2×2 배열 패치 안테나 임피던스 정합

[그림 11] 제작한 안테나 임피던스 정합 실측 값

[그림 11]의 결과, 제작한 안테나 임피던스 정합 실측 값은 단일 패치 안테나는 2.46GHz 대역에서 49Ω, 1×2 배열 패치 안테나는 2.46GHz 대역에서 48Ω, 2×2 배열 패치 안테나는 2.56GHz 대역에서 50Ω이다.

네트워크 분석기를 이용한 정재파비 실측 값은 [그림 12]와 같다.

(a) 단일 패치 안테나 정재파비

(b) 1×2 배열 패치 안테나 정재파비

(c) 2×2 배열 패치 안테나 정재파비

[그림 12] 제작한 안테나 정재파비 실측 값

[그림 12]의 결과, 제작한 안테나 정재파비 실측 값은 단일 패치 안테나는 2.46GHz 대역에서 1.1040, 1×2 배열 패치 안테나는 2.46GHz 대역에서 1.0671, 2×2 배열 패치 안테나는 2.56GHz 대역에서 1.0244이다.

제작한 안테나 실측 값을 비교한 결과 안테나 예측 값과 실측 값은 다소 차이가 있었다. 이는 에칭 공정으로 제작하는 과정간의 손실로 생각된다. 그러나 2×2 배열 패치 안테나의 경우 예측 값에 비해 실측 값의 결과는 전반적으로 낮지만, 다른 안테나에 비해 특성이 우수하여 렉테나의 최종 안테나로 선정하였다.

4.2 렉테나 제작 및 측정

2×2 배열 패치 안테나에 Villard 전압 체배기 정류회로를 적용하여 실제 제작한 렉테나는 [그림 13]과 같다.

부하저항은 100Ω~800Ω까지 가변하며 출력전압 및 변환효율을 측정하였다.

[그림 13] 에칭공정을 통한 렉테나 제작

[그림 14]는 렉테나 출력전압 및 변환효율을 측정하기 위한 구성도이다. 송신 안테나를 통해 방사된 마이크로파는 수신렉테나로 입사되며, 입사된 마이크로파는 정류기를 통해 직류로 변환된다.

[그림 14] 렉테나 측정 구성도

출력전압 및 변환효율을 측정하기 위해 송신측에는 상용화된 패치 안테나(10dBi)와 Agilent사의 RF 신호발생기(N9310A)를 사용하였으며, 수신측에는 전압 측정기를 통해 출력전압을 측정하였다. 송신안테나와 렉테나의 거리는 20cm, RF 신호발생기는 0dBm~20dBm까지 5dBm 단위로 가변하여 측정하였다. 렉테나의 출력전압 실측 값은 [그림 15]와 같다.

(a) 출력전압(부하저항 100Ω~400Ω)

(b) 출력전압(부하저항 500Ω~800Ω)

[그림 15] 렉테나 출력전압 실측 값

[그림 15]의 결과, 입력전력 20dBm(100mW)에서 부하저항 600Ω일 때 1.95V의 최대 출력전압을 보였다.

렉테나의 변환효율은 식 (7)과 같다.

$$\eta = \frac{P_{DC}}{P_{RF}} \times 100(\%) \quad (7)$$

여기서, P_{DC} 는 수신된 마이크로파로 부터 변환된 DC 전력으로서 렉테나 부하저항(R_L)에 걸리는 DC 전압(V_{DC})을 측정 후 수식 V_{DC}^2/R_L 로 계산하여 구할 수 있다. 그리고 P_{RF} 는 렉테나의 수신전력이다.

수신전력(P_{RF})은 식 (8)과 같다.

$$P_{RF} = P_t \frac{\lambda^2}{(4\pi R)^2} G_r G_t \quad (8)$$

여기서, P_t 는 송신안테나의 입력전력, G_r 은 수신안테나 이득, G_t 은 송신안테나 이득이다.

렉테나 실험을 통해 측정된 출력전압은 식 (7), 식 (8)을 이용하여 산출된 RF-to-DC 변환효율은 [그림 16]과 같다.

[그림 16]의 결과, 입력전력 15dBm(31.62mW)에서 부하저항 500Ω일 때 59.81%의 최대 변환효율을 보였다.

본 논문에서 제안한 렉테나와 기존에 발표된 렉테나들의 비교결과는 <표 2>와 같다.

<표 2>의 결과 렉테나 측정 구성 및 안테나의 형태가 서로 달라 변환효율의 직접적인 비교는 어려우나, 증폭기를 사용하지 않은 저전력밀도 환경 속에 안테나 이득 대비 본 논문의 렉테나 변환효율 59.8%는 비교적 우수한 것으로 판단된다.

(a) 변환효율(부하저항 100Ω~400Ω)

(b) 변환효율(부하저항 500Ω~800Ω)

[그림 16] 렉테나 변환효율 실측 값

5. 결 론

우리 주변에 산재되어 있는 마이크로파를 활용하여 Zigbee와 같은 모바일 기기의 구동을 위한 방법으로서 ISM 대역의 2.45GHz 대역에서 동작하

<표 2> 기존 렉테나들과의 비교

구 분	참고문헌[10]	참고문헌[12]	참고문헌[4]	참고문헌[3]	본 연구
타입	ring slot	circular slot	rec. patch	fractal patch	array patch
송신단 증폭기 사용	사용	사용	사용	사용	사용안함
입력전력밀도[mW/cm ²]	10.0	16.5	0.3	3.5	0.54
송수신 거리[cm]	-	30	115	100	30
변환효율[%]	65.0	78.0	41.6	54.7	59.8
안테나 이득[dBi]	3.6	3.36	3.09	6.1	7.14

는 렉테나를 설계 및 제안하였다. 이를 위해 본 논문에서는 단일 패치 안테나에 T-junction 전력 분배기를 사용하여 1×2 배열 패치 안테나와 2×2 배열 패치 안테나를 통해 높은 안테나 이득의 특성을 유도하였다.

제안한 렉테나의 정류회로는 문턱전압이 낮고 고주파 영역에서 고속의 스위칭이 가능한 zero bias 쇼트키 다이오드를 사용하였으며, 20dBm 이하의 저전력 밀도 환경에서 동작하는 Villard 전압 체배기 정류회로를 설계하여 변환효율을 분석하였다.

제작한 2×2 배열 패치 안테나와 Villard 전압 체배기 정류회로로 구성한 렉테나의 최대 변환효율은 입력전력 15dBm, 부하저항 500Ω일 때 59.81%의 변환효율을 보였다.

본 논문에서 제안한 렉테나는 대기에서 산재되어 있는 ISM 대역 마이크로파를 정류회로를 통하여 DC 전력으로 재활용함으로써 전기 에너지 활용의 공간적 제약을 극복할 수 있을 것으로 기대된다.

향후에는 다양한 방법을 통하여 높은 이득의 소형 및 경량화 안테나를 제작하여 Zigbee와 같은 모바일 기기에 연계할 수 있도록 변환효율이 높은 렉테나를 설계하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 김선웅, “배열 패치 안테나 구조를 갖는 렉테나 설계 및 구현”, 석사학위논문, 2014.
- [2] 김현철, “ITS의 DSRC 통신을 위한 노변기 지국용 원형 편파 패치 배열 안테나 설계”, 석사학위논문, 2011.
- [3] 조세영, 고영호, “프랙탈 구조를 이용한 무선 전력전송용 렉테나의 소형화”, 『한국정보기술학회 논문지』, 제10권, 제1호(2012), pp.75-81.
- [4] 홍태의, “고주파 역압 필터를 이용한 무선전력 전송용 고효율 렉테나”, 박사학위 논문, 2011.
- [5] Araiza, J. U. M., “Wireless Transmission of Power for Sensors in Context Aware Spaces”, *Mater of Science in Media Arts and Sciences at MIT*, Jun. 2002.
- [6] Choi, D. Y., S. Shrestha, J. J. Park, and S. K. Noh, “Design and Performance of an Efficient Rectenna Incorporating a Fractal Structure”, *International Journal of Communication System*, DOI : 10.1002/dac.2587, (2013), pp.1-19.
- [7] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, Third edition, A John Wiley and Sons, INC. Publication.
- [8] McSpadden, J. O., L. Fan, and K. Chang, “A Highconversion Efficiency 5.8GHz Rectenna”, *IEEE MTT-S Dig.*, (1997), pp.547-550.
- [9] McSpadden, J. O., L. Fan, and K. Chang, “Design and Experiments of a High-Conversion-Efficiency 5.8GHz Rectenna”, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, Vol.45 (1998), pp.2053-2060.
- [10] Ren, Y. J., M. F. Farooqui, and K. Chang, “A compact dual-frequency rectifying antenna with high-orders harmonic-rejection”, *IEEE Trans. Antennas and propagation*, Vol.55, No.7(2007), pp.2111-2113.
- [11] Sika, S., S.-K. Noh, and D.-Y. Choi, “Comparative Study od Antenna Design for RF Energy Harvesting”, *International Journal of Antennas and Propagation*, (2013), pp. 1-10.
- [12] Yo, T. C., C. M. Lee, C. M. Hsu, and C. H. Luo, “Compact circularly polarized rectenna with unbalanced circular slots”, *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, Vol.56, No.3 (2008), pp.882-886.

◆ 저 자 소 개 ◆

김 선 웅 (woongskim1@naver.com)

현재 조선대학교 대학원 박사과정에 재학 중이며, 석사는 조선대학교 정보통신공학과에서 취득하였다. 주요 관심분야는 에너지 하베스팅, 안테나 등이다.

최 동 유 (dychoi@chosun.ac.kr)

조선대학교 대학원 전자공학과 공학박사 학위를 취득하였으며, 현재 조선대학교 정보통신공학과에서 교수로 재직 중에 있다. 주요 관심분야는 통신 및 전파전파, 에너지 하베스팅, 전파잡음, 마이크로파 강우감쇠 등이다.