

GPS용 마이크로스트립 패치안테나의 광대역화

Bandwidth Broadening for the GPS Microstrip Patch Antenna

손 태 호*
(Taeho Son)
(Soonchunhyang University)

· Corresponding author : Taeho Son(Soonchunhyang University), E-mail thson@sch.ac.kr

요 약

윌킨슨 전력분배기 및 90도 하이브리드 회로를 각각 GPS용 마이크로스트립 패치안테나에 적용하여 넓혀진 대역특성을 비교한다. 패치는 정사각형 패치로 설계하고, 회로를 적용하기 위하여 패치안테나에 2포트 프로브 급전한다. 윌킨슨 전력분배기와 90도 하이브리드 회로를 설계하고 90도 위상차가 나는 출력 포트를 패치안테나에 공급한다. 설계된 패치와 2가지 회로를 FR4 기판에 구현하고 이들을 각각 결합한다. 구현된 안테나에 대한 정제파비 측정결과 2:1 기준으로 윌킨슨 전력분배기 적용 때 36.5% 대역폭(1,200~1,775 MHz), 90도 하이브리드 적용 때 29.84% 대역폭(1,230~1,700 MHz)을 얻었다. 3dB 축비 대역폭은 17.14% 대역폭(1,360~1,630 MHz) 및 15.87% 대역폭(1,400~1,650 MHz)을 얻음으로써 광대역임이 입증되었고, 윌킨슨 전력분배기 적용이 90도 하이브리드 적용보다 좀 더 넓은 대역폭이 나타났다. 무반사실에서 측정된 안테나의 최대이득은 GPS 중심주파수에서 각각 2.84 dBi 및 2.75 dBi를 얻었다.

핵심어 : GPS안테나, 마이크로스트립 패치, 윌킨슨 전력분배기, 90도 하이브리드, 프로브 급전

ABSTRACT

Enhanced bandwidths of the GPS microstrip patch antennas applied by a Wilkinson power divider and a quadrature hybrid were compared. The square patch was designed, and fed by the two port probes for the circuit application. The Wilkinson power divider and quadrature hybrid circuit were designed, and applied to the patch antenna. The designed patch and two circuits were implemented on the FR4 board, and combined together. The measurement of the bandwidth within a voltage standing wave ratio (VSWR) of 2: 1 were 36.5% (1,200~1,775 MHz) in the case of the Wilkinson power divider and 29.84% (1,230~1,700 MHz) in the case of the quadrature hybrid. Axial ratios (AR) in 3dB were 17.14% bandwidth (1,360~1,630 MHz) and 15.87% bandwidth (1,400~1,650 MHz), respectively. The application of the Wilkinson power divider is wider than that of the quadrature hybrid. The peak gains in the anechoic chamber at the GPS center frequency were measured as 2.84 dBi and 2.75 dBi, respectively.

Key words : GPS antenna, Microstrip patch, Wilkinson power divider, Quadrature hybrid, Probe feeding

† 본 논문은 2014학년도 순천향대학교 교수연구년제에 의하여 연구하였습니다.

† 본 연구는 한국연구재단 기초연구지원사업 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호: 2015023260)

* 주저자 : 순천향대학교 공과대학 정보통신공학과 교수

† Received 18 June 2015; reviewed 13 July 2015; Accepted 20 July 2015

I. 서론

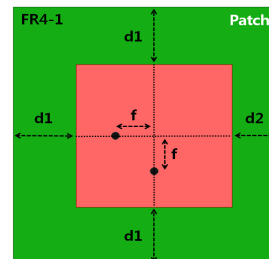
위치기반의 GPS (Global Positioning System)는 현재 수많은 정보통신, 전자 및 기계산업에 적용되고 있고, 더욱이 개인휴대 단말기에 사용됨으로써 우리의 생활과는 떼어 수 없는 장치로 자리 잡고 있다. 이러한 GPS의 적용은 융합산업 기기들에 의해 더욱 많아질 전망이다. 위치정보가 필수인 ITS (Intelligent Transportation Service)분야 역시 예외가 아니다. GPS시스템 중 중요한 부분을 차지하는 것이 바로 안테나이다. GPS는 편파 다이버시티 (diversity)를 위하여 우회전 원 편파(Right Hand Circular Polarization, RHCP)를 사용한다. 따라서 안테나는 우회전 원 편파 안테나를 사용하여야 한다. 현재 널리 적용되고 있는 GPS용 안테나로는 QHA(Quadrifilar Helical Antenna)와 마이크로스트립 패치(microstrip patch)안테나이다. QHA는 안테나 축 방향으로 방사 발생하며, 원통형으로 설계가 가능하여 이동단말기에 적용하기에 용이한 장점을 갖고 있다[1-3]. 그러나 제작단가가 비싸고 원통형으로 세워야하기 때문에 차량 등 이동물체에 대한 적용에 제한적이다. 마이크로스트립 패치안테나(이하 패치안테나)는 유전체 기판에 구성되므로 양산성이 좋고 저가 실현이 가능하다. 더구나 기판형태로 면과 평행하게 배치가 가능하기 때문에 이동물체 장착에 매우 유리하다. 그러나 이러한 패치안테나는 대역폭 특성이 좁은 단점을 가지고 있어, 그간 대역확장에 대한 연구가 진행되어 왔었다[4]. 차량 및 이동물체용 GPS의 경우, 패치안테나의 크기를 줄이기 위하여 유전율이 높은 세라믹(ceramic) 소재를 유전체로 한 패치안테나가 널리 사용되고 있다. 그러나 유전율이 높기 때문에 대역폭이 더욱 좁아지게 된다. 따라서 대역폭 특성을 얻기 위하여 두께가 4 mm 이상인 두꺼운 세라믹 유전체를 사용하고 있는 실정이다. 이러한 기존의 세라믹 GPS 패치안테나의 경우, 공정에 따른 유전율변화로 각 패치마다 튜닝을 해야 하는 비 양산성의 단점을 지니고 있다.

이 연구는 넓은 대역폭을 가진 GPS 패치안테나를 설계하고 이를 구현하는 연구이다. 대역폭을 넓

히기 위하여 윌킨슨 전력분배기와 90도 하이브리드를 적용하여 출력 2포트를 패치안테나에 90도 위상차로 공급함으로써 대역을 넓힌다. 패치는 정사각형 패치로 설계하며[5, 6], 윌킨슨 전력분배기는 마이크로스트립 회로를, 90도 하이브리드는 칩(chip) 소자 회로로 구성한다[6]. 안테나와 회로를 각각 FR4기판에 구현하고, 회로를 안테나 뒷면에 부착한다. 제작한 안테나의 대역특성을 network analyzer로 측정하고 각 회로에 대한 %BW(percent Band Width)을 나타낸다. 무반사실에서 방사패턴 및 이득을 측정하고 설계에 의한 값과 비교 검토한다.

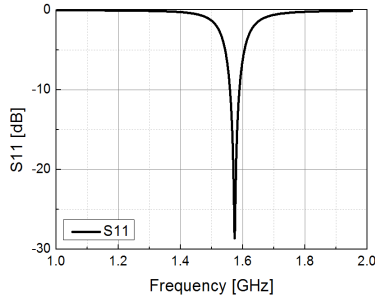
II. 패치안테나의 구조

<그림 1>은 본 연구에 적용되는 정사각형 패치안테나이다. 원 편파 발생을 위하여 2포트로 급전한다. 패치안테나의 설계방법은 학부 교재에도 쉽게 나와 있으므로 여기서는 생략하기로 한다.



<그림 1> 2포트 정사각형 패치안테나
<Fig. 1> 2 port square patch antenna

본 연구에 사용된 기판은 비유전율이 4.5이며 두께가 1.2 mm인 FR4이다. 기판의 전체 크기는 가로x세로 = 80x75 mm이다. 패치는 정사각형이며, GPS 주파수인 1,575 MHz에서 공진을 갖기 위한 한 변의 길이는 44.3 mm이며, 기판으로부터 d1, d2가 각각 17.85 mm 및 12.85 mm 위치에 배치하였다. 이는 후면에 있는 90도 하이브리드 회로와 결합하기 위해서이다. 급전위치 f는 중심에서 11 mm 떨어진 지점이다. 이들 재원은 참고문헌 [5, 6]에 있는 수식으로 계산한 뒤, HFSS로 설계하여 얻은 값이다. 설계에 사용된 HFSS는 Ansoft사 v13이다.



〈그림 2〉 패치안테나의 입력 반사계수
 〈Fig. 2〉 Input reflection coefficient of the patch antenna

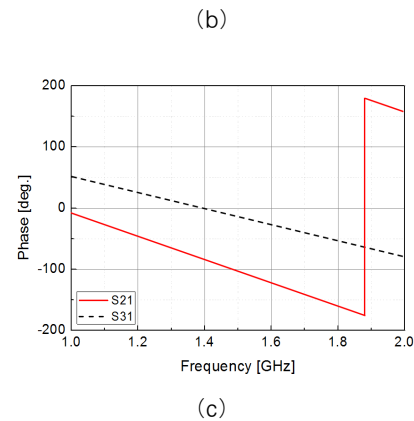
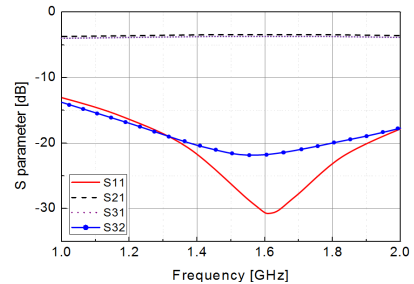
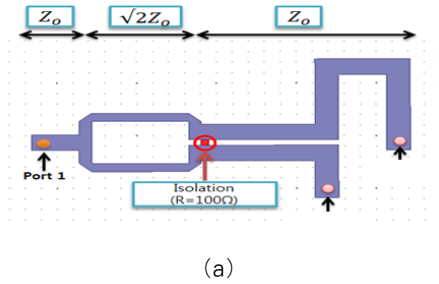
그림1과 같이 설계된 안테나의 입력 반사계수 시뮬레이션 결과는 그림2와 같다. 그림 2에서 보듯이 공진은 1.575GHz에서 발생하고 있으며, VSWR 2: 1 인 -10 dB 대역폭은 31.7 MHz로 2% 대역폭으로 일반적인 패치안테나가 갖는 좁은 대역특성을 보이고 있다.

III. 윌킨슨 전력분배기 및 90도 하이브리드 회로

윌킨슨 전력분배기는 전력의 1/2씩 분배하는 이등분 분배기와 임의의 크기로 분배하는 비 이등분 분배기가 있다. 본 연구에서는 원 편파 특성을 갖는 조건인 동일 크기의 전력 및 90도 위상차를 갖도록 이등분 분배기를 설계하였다. 출력 포트 간 90도 위상차를 위하여 출력 2와 3의 길이 차이를 1/4파장나도록 하였다.

〈그림 3〉 (a)와 같이 설계된 윌킨슨 전력분배기의 입력 및 출력 반사계수 (b)는 GPS 중심주파수에서 모두 -20 dB 이하이며, 전달계수인 S21 및 S31은 -3.32 및 -3.34 dB로써 정확한 분배특성을 보이고 있다. 또한 출력 위상특성인 (c)는 주파수 1.4 ~ 1.7 GHz에서 80 ~ 100도의 위상차를 갖으며, GPS 중심주파수에서 90도의 위상차를 갖음으로써, 설계가 잘 되었음을 나타내주고 있다.

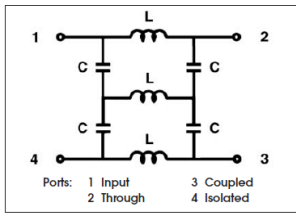
본 연구에서 대역특성 비교를 위하여 채택한 또 하나의 회로는 90도 하이브리드이다. 90도 하이브리드는 4포트 회로로써, 출력 포트인 2와 3포트에



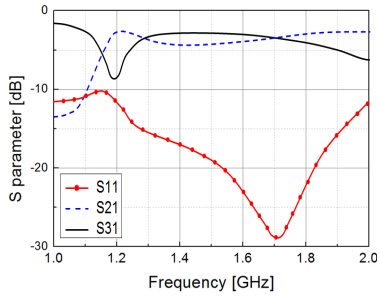
〈그림 3〉 윌킨슨 전력분배기의 (a) 회로 (b) 반사 및 전달 계수 (c) 출력 위상특성
 〈Fig. 3〉 Wilkinson power divider (a) circuit (b) reflection and transmission coefficient (c) output phase

-3 dB씩 전력이 분배되고 더불어 위상차 90도 나는 특성을 갖는 회로이다.

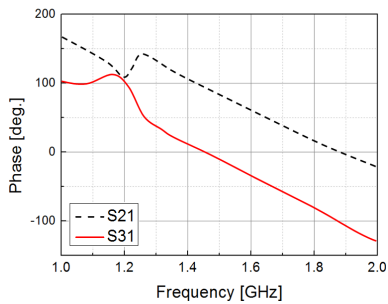
본 연구에서는 90도 하이브리드를 마이크로스트립인 분포정수 회로를 이용하지 않고 집중정수 소자인 인덕터 및 커패시터 칩(chip) 소자를 이용한 회로를 이용하였다. 이는 패치안테나 후면에 소형으로 적용하기 위함이다. 〈그림 4〉 (a)와 같은 90도 하이브리드 회로를 참고문헌 [6][7]에 의해 계산한



(a)



(b)



(c)

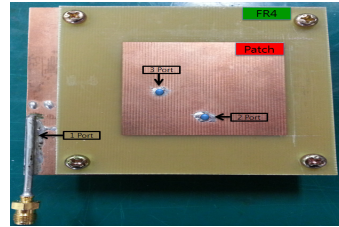
〈그림 4〉 90도 하이브리드의 (a) 회로 (b) 반사 및 전달 계수 (c) 출력 위상 특성

〈Fig. 4〉 Quadrature hybrid (a) circuit (b) reflection and transmission coefficient (c) output phase

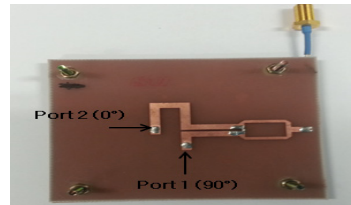
$L=5.6 \text{ nH}$, $C=1.8 \text{ pF}$ 이다. 그림 4(b)와 (c)는 Asoft사 designer로 시뮬레이션 한 90도 하이브리드의 반사 및 전달계수와 출력 위상 특성이다. 입력 반사계수인 S_{11} 은 GPS 중심주파수에서 -23.3 dB 이며, 전달 특성인 S_{21} 및 S_{31} 은 각각 -3.08 dB 및 -3.54 dB 로써 양호한 특성을 보이고 있다. 또한 그림 3(c)에서 나타난 출력 포트 2와 3의 위상 특성을 보면 $S_{21}=65.41^\circ$, $S_{31}=-28.77^\circ$ 로 위상차는 94.18° 가 되었다. 출력포트의 반사계수 및 위상차가 정확한 -

3.0 dB 및 90° 가 되지 않은 것은 표준부품 칩 소자를 적용함으로써 발생하는 오차 때문이나, 안테나 동작에 큰 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

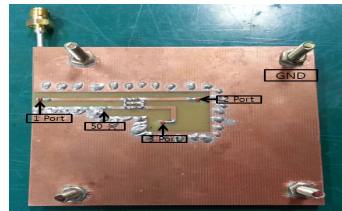
IV. 안테나 제작 및 측정



(a)



(b)

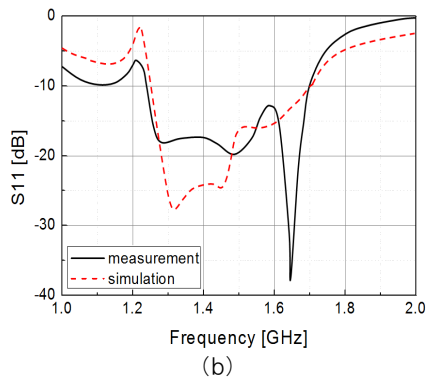
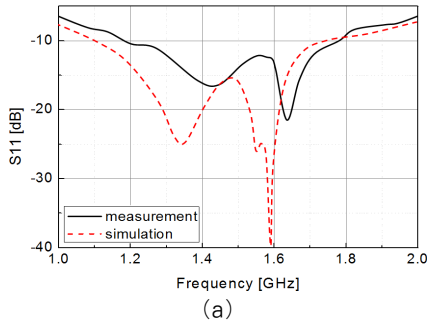


(c)

〈그림 5〉 FR4 기판에 구현된 (a) 패치안테나 (b) 윌킨슨 전력분배기 (c) 90도 하이브리드

〈Fig. 5〉 Implemented (a) patch antenna (b) Wilkinson power divider (c) quadrature hybrid on the FR4 board

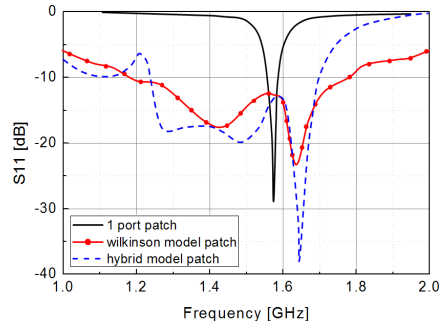
앞 절에서 나타낸 크기로 FR4 기판에 구현한 2 포트 정사각형 패치안테나, 윌킨슨 전력분배기 및 90도 하이브리드의 구현된 형태는 <그림 5>와 같다. 안테나와 2가지 회로는 그림에서와 같이 나사로 체결하여 부착하였다. 구현된 제안 패치안테나의 입력 반사계수를 측정한 결과는 다음 <그림 6>과 같다.



〈그림 6〉 제안 패치안테나의 입력 반사계수 (a) 윌킨슨 전력분배기 적용모델 (b) 90도 하이브리드 적용모델
 〈Fig. 6〉 Input reflection coefficient of the proposed patch antenna applied by (a) Wilkinson power divider (b) quadrature hybrid

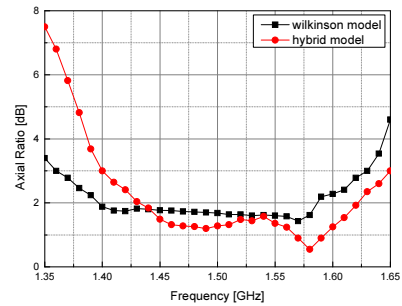
〈그림 6〉에서 (a)는 윌킨슨 전력분배기를 적용한 모델에 대한 시뮬레이션 및 측정 입력 반사계수를 비교한 것이다. 측정치로 볼 때 VSWR 2: 1 기준으로 1,200~1,775 MHz의 575 MHz로써 36.5% 대역폭을 가짐을 볼 수 있다. 〈그림 6〉 (b)는 90도 하이브리드 적용한 모델로써 측정치로 볼 때 1,230~1,700 MHz의 470 MHz, 29.84% 대역폭을 가지고 있다. 따라서 단순 대역폭 비교로는 윌킨슨 전력분배기 모델이 90도 하이브리드 모델보다 105 MHz 더 넓은 범위를 알 수 있다.

〈그림 7〉은 패치안테나의 대역폭을 비교한 그림이다. 비교는 FR4 기판일 때 1포트 패치안테나, 윌킨슨 전력분배기 적용모델 및 90도 하이브리드 적용모델 등 3가지를 비교하여 나타내었다. VSWR 2:



〈그림 7〉 패치안테나의 대역폭 비교
 〈Fig. 7〉 Comparison of the bandwidth for the patch antennas

1 기준으로 각각의 경우 31.7 MHz, 575 MHz, 470 MHz 대역폭을 가짐으로써 매우 넓은 대역폭 결과를 얻었음을 보이고 있다.



〈그림 8〉 패치안테나의 축비 비교
 〈Fig. 8〉 Comparison of the axial ration (AR)

〈그림 7〉에 나타난 일반 대역폭 특성은 시스템과의 정합 및 수신감도에 영향을 주지만, 안테나 특성으로 볼 때는 축비 대역폭이 더 중요한 특성이다. 〈그림 8〉은 축비 대역폭을 나타낸 그림이다. 축비 3 dB를 기준으로 윌킨슨 전력분배기 적용모델의 경우 축비 대역폭은 1,360~1,630 MHz로써 270 MHz의 17.14% 대역폭을, 90도 하이브리드 적용모델의 경우 1,400~1,650 MHz로써 250 MHz의 15.87% 대역폭을 가지고 있다. 축비 대역폭 역시 윌킨슨모델이 하이브리드모델보다 좀 더 넓게 나타나고 있다. 이는 출력포트의 전력분배 및 위상특성이 더 좋기 때문으로 생각된다.

〈표 1〉 제안 안테나의 측정된 효율, 이득 및 축비
 (Table 1) Measured efficiencies, gains and axial ratios of the proposed antenna

Freq. [MHz]	Wilkinson model		hybrid model	
	Gpeak [dBi]	AR [dB]	Gpeak [dBi]	AR [dB]
1560	2.51	1.58	2.29	1.24
1565	2.78	1.61	2.58	1.12
1570	2.79	1.43	2.63	0.90
1575	2.84	1.50	2.75	0.87
1580	3.03	1.49	2.21	0.55
1590	2.52	2.19	1.62	0.91
1600	2.05	2.28	1.52	1.25
1610	1.38	2.41	1.41	1.54
1620	0.86	2.78	1.36	1.92

〈표 1〉은 무반사실에서 측정된 패치안테나의 RHCP 방사특성을 주파수 1,560~1,620 MHz에서 나타낸 것이다. Wilkinson model은 윌킨슨 전력분배기를 적용한 패치안테나이고, hybrid model은 90도 하이브리드를 적용한 패치안테나의 특성이다. Gpeak 및 AR은 최대이득 및 축비를 나타낸 것이다. 〈표 1〉에서 보듯이 GPS의 중심주파수인 1,575 MHz에서 최대이득이 윌킨슨모델 및 하이브리드 모델의 경우 각각 2.84 dBi 및 2.75 dBi로써 비교적 큰 RHCP 이득을 가지고 있다. 또한 축비는 각각 1.5 dB 및 0.87 dB로써 양호한 특성을 보이고 있다.

V. 결론

우회전 원 편파를 사용하는 GPS용 패치안테나의 대역특성을 넓히기 위하여 윌킨슨 전력분배기와 90도 하이브리드를 적용하는 2포트 패치안테나를 각각 제작하고 이들 특성을 비교하였다. 패치는 정사각형 패치안테나를 설계하였고 뒷면에 2가지 회로를 각각 구현하여 그 출력 포트를 안테나에 급전하였다. 윌킨슨 전력분배기는 마이크로스트립 회로를, 90도 하이브리드는 칩 소자를 이용한 집중정수회로로 구성하였다. FR4 기판에 패치안테나와 회로를

각각 구현하고 이들을 결합하였다. 구현된 윌킨슨 전력분배기 적용모델 안테나와 90도 하이브리드 적용모델 안테나를 측정된 결과 VSWR 2: 1 기준으로 각각 36.5% 및 29.84% 대역폭의 넓은 특성을 얻었다. 3dB 기준의 축비 역시 각각 17.14% 및 15.87% 대역폭으로써 넓은 대역특성을 얻었다. GPS중심주파수에서의 최대이득 및 축비는 각각 2.84 dBi, 2.75 dBi 및 1.5 dB, 0.87 dB의 우수한 특성을 보였다. 본 연구는 세라믹 등 유전율이 높은 GPS용 패치안테나의 대역확보 연구에 유용하리라 생각한다.

REFERENCES

- [1] Vincent F. Fusco, Robert Cahill and Rong-Lin Li, "Quadrifilar Loop Antenna", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, vol. 61, pp.115-120, Jan. 2003.
- [2] Arlon T. Adams, Robert K. Greenough, Robert F. Wallenberg, Ada Mendelovicz and C. Lumjiak, "The Quadrifilar Helix Antenna", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, vol. AP-22, pp.173-178, May, 1974.
- [3] J.D. Lohn, W. F. Kraus, D. S. Linden, J. Lohn, W. Kraus and D. Linden, "Evolution Optimization of a Quadrifilar Helical Antenna", *Proc. of the IEEE AP-S international Symposium and USNC/URSI National Radio Science Meeting*, vol. 3, pp.814-817, Jun. 2002.
- [4] Kin-Lu Wong, *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, New York. John Wiley & Sons, 2002.
- [5] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, 1997.
- [6] Robert A. Sainati, *CAD of Microstrip Antennas for Wireless Applications*, Artech House, 1996.
- [7] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, 4th ed., Wiley, 2011.

저자소개



손 태 호 (Taeho Son)

1990년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)

1986년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)

1979년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과(공학사)

1990년 ~ 현재 : 순천향대학교 정보통신공학과 교수

2011년 : (사)한국ITS학회 회장

2002년 ~ 현재 : (주)에스비텔콤, (주)하이트랙스, (주)스카이크로스 기술고문

1992년 ~ 1994년 : 천문우주연구원 객원연구원

1980년 ~ 1981년 : 영국 Ferranti사 연구원

1978년 ~ 1990년 : 금성정밀(주) 중앙연구소 근무

<관심분야> 위성통신, 휴대폰, RFID용 안테나설계, 자동차용 전장품 개발

e-mail : thson@sch.ac.kr