

셀룰러 CDMA와 IMT-2000 중계기용 슬롯 구조 이중대역 모노폴 안테나의 설계 및 구현

Design and Implementation of Dual Band Monopole Antenna with Slot for Cellular CDMA and IMT-2000 Repeater

오종대 · 김창일 · 공성신 · 양운근

Jong Dae Oh · Chang Il Kim · Sung Shin Kong · Woon Geun Yang

요 약

본 논문에서는 셀룰러 CDMA와 IMT-2000 중계기에 사용되는 이중대역 모노폴 안테나를 설계 및 구현하였다. 3차원 전산모의실험 프로그램인 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 사용하여 안테나를 설계하였으며, 전기적 특성 측정에는 HP 8720C 네트워크 분석기를 사용하였다. 측정된 S_{11} 값은 셀룰러 CDMA와 IMT-2000 전 대역에서 -10.9 dB 이하의 특성을 보였으며, 859 MHz와 2027.5 MHz에서 각각 2.38 dBi와 4.02 dBi의 이득을 갖는 전방향 복사패턴을 전산모의실험 결과로 확인하였다. 구현된 안테나는 소형으로서 상용화시 낮은 가격으로 생산할 수 있다.

Abstract

In this paper, we designed and implemented the dual band monopole antenna for cellular CDMA(Code Division Multiple Access) and IMT-2000(International Mobile Telecommunication 2000) repeater. The antenna was designed by using 3D simulations program, HFSS(High Frequency Structure Simulator). Electrical characteristics were measured by using HP 8720C network analyzer and measured maximum S_{11} was -10.9 dB for all frequency bands of interests in Cellular CDMA and IMT-2000. Simulation results for antenna gain at 859 MHz and 2027.5 MHz were 2.38 dBi and 4.02 dBi respectively with omni directional radiation pattern. The size of implemented antenna is compact and the antenna can be produced in low cost enough for commercialization.

Key words : Dual Band Monopole Antenna, Cellular CDMA, IMT-2000, Repeater

I. 서 론

최근 무선통신의 급속한 발달과 인간의 정보교류에 대한 욕구가 늘어남에 따라 다양한 무선통신 서비스가 개발되고 보급되고 있다. 국내에서도 1982년 무선호출 서비스를 시작으로 2003년 3월 현재 휴대전화 가입자가 3,200만 명을 넘어서는 등 무선 이동통신 시스템 시장은 급성장을 하고 있으며 앞으로

더욱더 성장할 전망이다. 이동통신 시스템 시장의 성장과 더불어 새로이 도입되는 IMT-2000(International Mobile Telecommunication 2000) 서비스의 시작으로, 이동통신 시스템의 재활용 측면에서 정보통신부의 기지국 공용화 추진계획에 따라 기존 이동통신의 기지국 장비와 IMT-2000 시스템 장비와의 공유 시스템 개발이 요구되고 있다^[1].

국내의 셀룰러 CDMA(Code Division Multiple Acc-

「This work was supported in part by the Korea Science and Engineering Foundation(KOSEF) through the Multimedia Research Center at University of Incheon.」

인천대학교 전자공학과(Dept. of Electronics Eng., University of Incheon)

· 논문 번호 : 20030524-03S

· 수정완료일자 : 2003년 7월 29일

ess)시스템의 사용 주파수대역은 824~894 MHz이고, IMT-2000은 1885~2170 MHz의 주파수대역을 사용하고 있다. 하나의 시스템에서 서로 다른 두 주파수대역을 사용하기 위해서는 이중대역 안테나가 사용되어야 한다. 또한 이동통신 중계기의 안테나는 사용하고자 하는 주파수 대역에서 균일한 방사패턴을 유지하여야 하며, 전방향성이고 효율적이어야 한다^{[2]-[4]}.

따라서 본 논문에서는 이러한 셀룰러 CDMA 시스템과 IMT-2000 시스템의 통합 중계기용 이중대역 안테나를 전산모의실험용 소프트웨어를 이용하여 설계하고 제작, 시험한다.

2장에서는 제안된 안테나의 설계 방법과 구조에 대해 알아보고, 3장에서는 전산모의실험 및 실제 구현된 안테나의 측정결과를 분석하며, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 이중대역 안테나 설계

2-1 이중대역 안테나

일반적으로 선형 안테나는 체배 고조파에서 공진이 일어나는 특성이 있다. 그러나 원하는 주파수에서의 공진 특성을 얻기 위해서는 두 주파수에 대응하는 공진 소자가 필요하다. 이러한 조건을 만족시키면서 이중대역 안테나를 설계하는 방법에는 각각의 공진 소자를 사용하는 방법과 하나의 전체 구조에서 특정부분을 변형시키는 방법 등이 있다^{[5]-[7]}.

본 논문에서는 안테나의 전체 구조에 의해 낮은 주파수에서 공진하고, 안테나의 특정 일부분에 의해 높은 주파수에서 공진하여 이중공진 특성을 갖는 안테나를 설계하고자 한다.

그림 1은 제안하는 이중대역 모노폴 안테나의 구조이다. 낮은 주파수 대역에서 공진이 일어나도록 안테나의 전체 높이를 낮은 주파수의 약 $\lambda/4$ 길이가 되도록 모노폴 안테나를 설계한 후 슬롯을 통하여 높은 주파수 대역에서 공진하도록 하였다.

2-2 이중대역 안테나 설계

셀룰러 CDMA와 IMT-2000 두 시스템 통합 중계기에 적용 가능한 슬롯 구조의 이중대역 모노폴 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나는 일반적인 $\lambda/4$

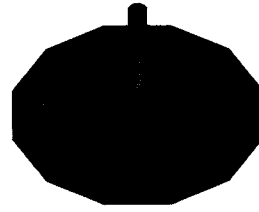


그림 1. 제안된 이중대역 모노폴 안테나의 구조
Fig. 1. Structure of the proposed dual band monopole antenna.

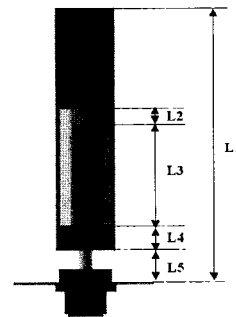


그림 2. 제안된 안테나의 파라미터 구성
Fig. 2. Parameters of the proposed antenna.

모노폴 안테나를 기본으로 안테나에 슬롯을 이용하여 이중대역 특성을 갖는 간단한 구조로 되어 있다.

그림 2는 이중대역 안테나의 설계 파라미터 구성이다. 제안하는 안테나의 대표적 설계 파라미터는 크게 네 가지로 나타낼 수 있다. 우선 셀룰러 CDMA 송·수신 대역의 중간주파수 859 MHz의 $\lambda/4$ 길이인 87 mm를 접지면에서부터 모노폴의 전체 길이(L1)로 설정하고, 상단부 슬롯 폭(L2)과 슬롯 내부 소자의 길이(L3)와 안테나 밑면에서 슬롯까지의 높이(L4)를 더한 길이(L3+L4)를 IMT-2000 송·수신 대역의 중간주파수 2027 MHz의 $\lambda/4$ 길이인 36.9 mm로 설정하며, 접지면에서 안테나 소자까지의 높이(L5)를 10.3 mm로 설정하는 것을 기본으로 설계한다.

그림 3은 상단부 슬롯의 폭(L2)에 따라 공진 주파수의 변화를 보여주고 있다. 다른 파라미터는 고정된 상태에서 L2의 변화로 안테나의 전기적 특성과 방사 특성이 변하게 된다. L2가 증가함에 따라 캐패시턴스가 감소되며 이는 안테나의 전기적 길이에 영향을 미친다. 낮은 주파수 대역에서 공진을 일으키는 소자 내부에 캐패시턴스가 감소함에 따라 전기적 길이가 길어져 공진점이 낮은 주파수 쪽으로

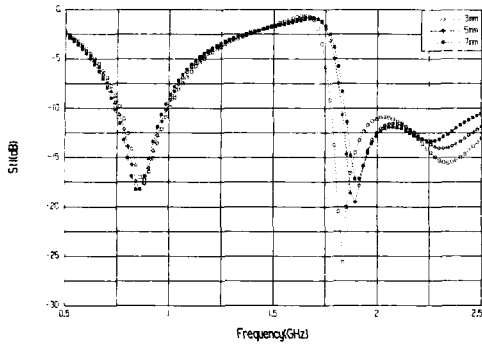


그림 3. 상단부 슬롯 크기(L2)에 따른 특성 변화
Fig. 3. S_{11} characteristic according to changing L2.

이동한다. 높은 주파수 대역에서는 공진 소자와 외부 도체사이의 캐패시턴스 성분이 감소함으로 인하여 안테나의 전기적 길이가 감소하여 공진점이 높은 주파수 쪽으로 이동한다. 또한 방사패턴에 있어서 낮은 주파수 대역에서는 상대적으로 공진 소자의 크기에 비해 L2의 변화 폭이 크지 않아 방사패턴의 변화는 거의 없지만, 높은 주파수 대역에서는 공진 소자가 슬롯 내 측에 존재하여 슬롯 폭의 변화에 따라 외부 도체의 영향을 받아 방사패턴의 변화에 영향을 미친다.

그림 4는 높은 주파수의 공진에 관여가 되는 L3와 L4의 길이에서 L4는 15 mm로 고정시키고, L3의 길이를 2 mm 단위로 변화시켜 안테나의 전기적 특성 변화를 나타내었다. 낮은 주파수 대역은 L3의 변화에 거의 영향을 받지 않으나, 높은 주파수 대역에서는 L3의 길이가 줄어들에 따라 공진 주파수가 높은 쪽으로 이동하는 것을 나타내고 있다.

그림 5는 안테나 소자의 높이(L5)에 따라 안테나

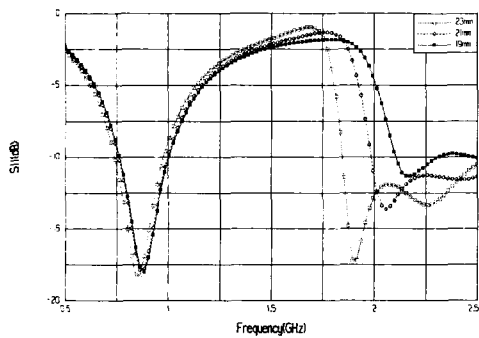


그림 4. 슬롯 내부 소자(L3)에 따른 특성 변화
Fig. 4. S_{11} characteristic according to changing L3.

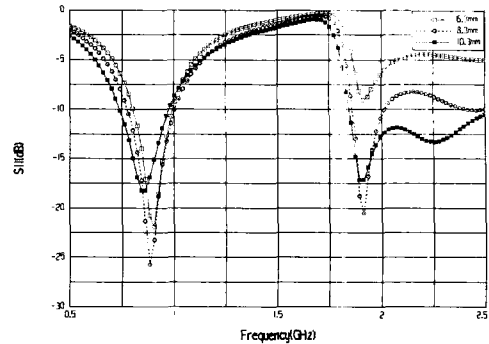


그림 5. 안테나 소자의 높이(L5)에 따른 특성 변화
Fig. 5. S_{11} characteristic according to changing L5.

의 전기적 특성이 변하는 것을 나타낸다. 낮은 주파수 대역은 L5가 증가함에 따라 전체 길이가 길어져 공진 점이 낮은 쪽으로 이동을 하며, 높은 주파수 대역의 경우 공진 주파수의 변화는 없으나 S_{11} 값이 변하는 것을 확인할 수 있다.

III. 전산모의실험 및 측정 결과

제안된 안테나는 셀룰러 CDMA와 IMT-2000 중계기에 적용하도록 설계하였다. Ansoft사의 FEM(Finite Element Method)방식 소프트웨어인 HFSS(High Frequency Structure Simulator)로 안테나를 전산모의실험 하였으며, 구현된 안테나는 HP8720C 네트워크 분석기로 측정하였다.

3-1 전산모의실험

셀룰러 CDMA와 IMT-2000 중계기에 적용하기 위하여 파라미터를 최적화하여 모노폴의 높이 78 mm,

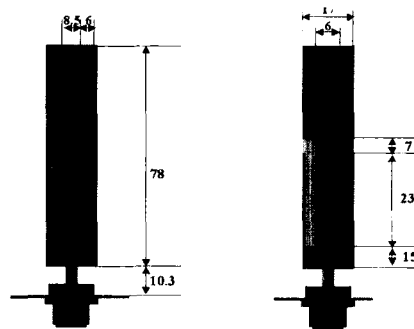


그림 6. 최적화된 이중대역 모노폴 안테나 크기
Fig. 6. Size of the optimized dual band monopole antenna.

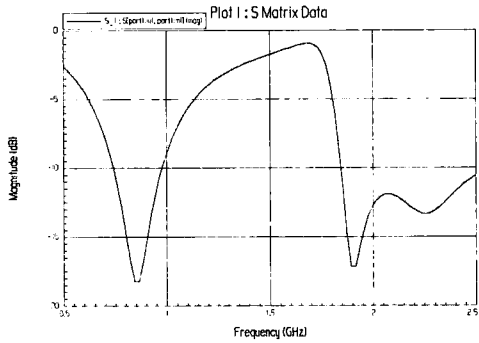
지름 17 mm, 접지면과의 거리 10.3 mm로 하였다. 높은 주파수의 공진소자는 폭 8.5 mm에 높이 23 mm로 설정하였다. 공진소자 좌·우로는 폭 6 mm의 슬롯과 상단부에 5 mm의 슬롯을 첨가하여 전체적으로

역 U슬롯 형태가 된다.

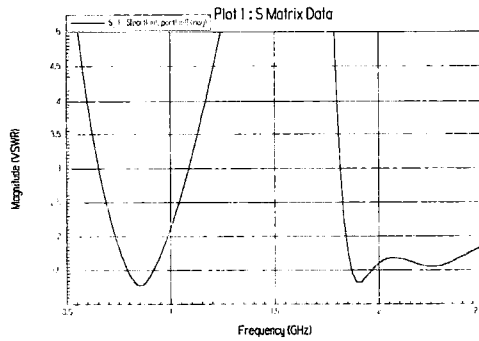
제안된 안테나는 테프론으로 된 봉과 겹면을 감싸는 두께 0.05 mm의 동테이프로 구현하기 위하여 전산모의실험에서는 안테나의 재질을 테프론으로 설정하고 경계면을 Perfect-E로 설정하였다.

그림 7은 이중대역 모노폴 안테나의 전기적 특성에 대한 전산모의실험 결과이다. 전산모의실험결과를 보면 셀룰러 CDMA와 IMT-2000 통합중계기의 적용 주파수 대역에서 S_{11} 값은 -11.91 dB 이하로 비교적 양호한 특성을 나타내었고, VSWR은 1.68 이하이다. 임피던스 궤적 또한 50Ω 근처로 정합됨을 알 수 있다.

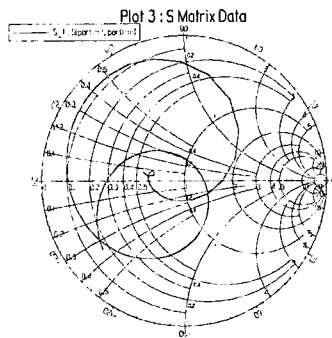
그림 8은 이중대역 모노폴 안테나의 방사패턴 및 이득 특성을 보여주고 있다. 안테나의 방사패턴에 관한 전산모의실험결과를 보면 제안된 안테나는 중계기에 적용하기 적합한 등방성의 패턴을 가지고 있



(a) S_{11}
(a) S_{11}



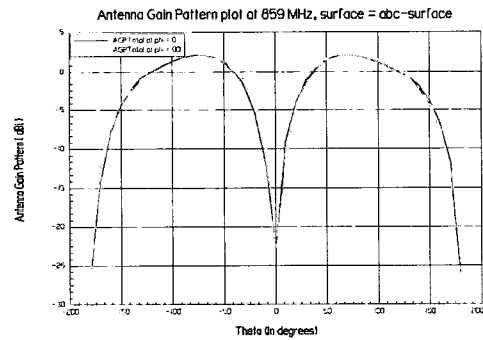
(b) 전압정재파비
(b) VSWR



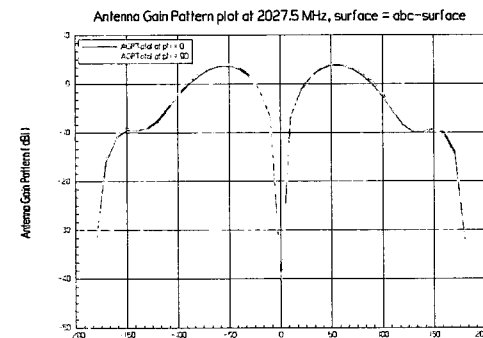
(c) 임피던스 궤적
(c) Impedance loci

그림 7. 제안된 안테나의 전기적 특성 전산모의실험 결과

Fig. 7. Simulated electrical characteristics for proposed antenna.



(a) 셀룰러 CDMA 주파수에서의 방사패턴
(a) Pattern at cellular CDMA band



(b) IMT-2000 주파수에서의 방사패턴
(b) Pattern at IMT-2000 band

그림 8. 제안된 안테나의 방사패턴 전산모의실험결과
Fig. 8. Simulated radiation patterns for proposed antenna.



그림 9. 구현된 이중대역 모노폴 안테나의 사진
Fig. 9. Photograph of implemented dual band monopole antenna.

다. 이득은 셀룰러 CDMA 대역의 중심주파수인 859 MHz에서 2.38 dBi, IMT-2000대역의 중심주파수 2027.5 MHz에서 4.02 dBi로 나타났으며, 두 대역에서 모두 z축 기준 90°에서 0 dBi 이상의 특성을 보이고 있다.

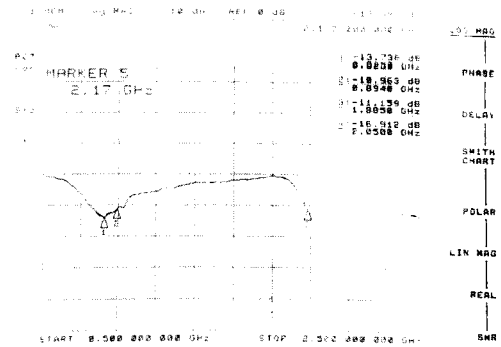
3-2 측정결과

구현된 이중대역 모노폴 안테나는 HP8720C 네트워크 분석기를 사용하여 측정하였다.

그림 9는 구현된 이중대역 모노폴 안테나의 샘플 사진이다. 두 가지 무선 서비스가 가능한 크기의 이중대역 안테나를 제작하였다. 제품 상용화시 제작의 편의성과 경량화로 생산단가 절감을 고려하여 재질은 테프론과 동테이프를 이용하였다.

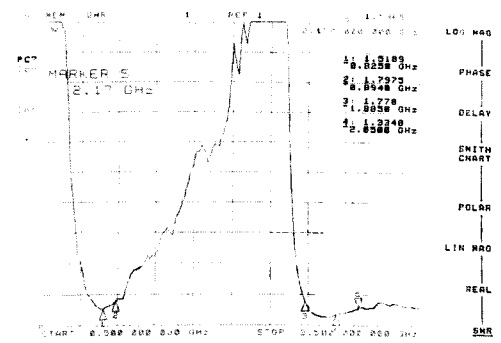
그림 10은 구현된 이중대역 모노폴 안테나의 측정결과를 나타내고 있다. S_{11} 값은 셀룰러 CDMA 대역인 824 MHz에서 -13.74 dB, 894 MHz에서 -10.96 dB이고, IMT-2000 대역인 1885 MHz에서 -11.16 dB, 2170 MHz에서 -13.50 dB로 전 대역에서 -10.96 dB 이하의 양호한 특성을 나타내었으며, VSWR은 전체 대역에서 1.79 이하의 특성을 보였다. 그리고 임피던스 궤적 또한 50Ω 근처로 정합됨을 확인할 수 있다.

전산모의실험결과와 비교하여 제작된 안테나의 측정 결과는 요구되는 두 서비스 대역인 0.8 GHz와 2 GHz 대역에서 VSWR이 각각 1.68 이하와 1.79 이하로 유사한 전기적 특성을 보이고 있으며 셀룰러 CDMA와 IMT-2000 중계기용 안테나로 적용 가능한 성능을 보이고 있다.



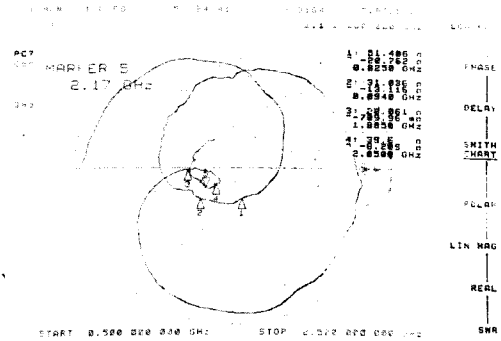
(a) S_{11}

(a) S_{11}



(b) 전압정재파비

(b) VSWR



(c) 임피던스 궤적

(c) Impedance loci

그림 10. 이중대역 모노폴 안테나의 측정결과
Fig. 10. Measured results of dual band monopole antenna.

IV. 결 론

본 논문에서는 셀룰러 CDMA와 IMT-2000 중계기에 적용 가능한 슬롯 구조의 이중대역 모노폴 안테

나를 제안하였으며 안테나 전체구조는 824~894 MHz의 셀룰러 CDMA 서비스 대역에서 동작하고 슬롯 중앙의 공진소자에 의해서 1885~2170 MHz의 IMT-2000 서비스 대역에서 동작하도록 설계 및 구현하였다.

구현된 안테나의 전산모의실험결과, S_{11} 값은 전체 사용 주파수대역에서 -11.91 dB 이하로 비교적 양호한 특성을 나타내었으며, 최대이득은 셀룰러 CDMA 대역에서 2.38 dBi, IMT-2000 대역에서 4.02 dBi로서 양호한 이득 특성과 전방향성의 방사패턴을 나타내었다. 실제 구현된 이중대역 모노폴 안테나의 측정결과 S_{11} 값이 적용 주파수 전체 대역에서 -10.96 dB 이하의 양호한 특성으로 실제 중계기에 적용 가능한 성능을 나타내었다.

구현된 이중대역 모노폴 안테나는 단일 구조에서 이중공진의 특성을 유도하는 간단한 구조로 구성되어 있으며, 구조적 견고성과 소형화라는 장점이 있다. 또한 제품화시 비금속 구조물의 형상에 금속재질을 코팅하는 절차만으로 생산이 가능하여 제품 생산시 생산단가를 절감할 수 있으며, 이동통신 서비스의 과도기적 시점에서 사업자의 제품 상용화에 많은 활용이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] 강병모, 김태홍, 임영석, "이동통신 중계기용 다

중대역 분배기의 설계 및 제작", 2002년 추계 마이크로파 및 전파 학술대회 논문집, pp. 87-90, 2002년 4월.

[2] 하상욱, 양동준, CDMA 단말기 구조, 신화전산기획, 2001년.
 [3] 김충남, IMT-2000 이동통신의 이해, 진한도서, 2001년.
 [4] 김충남, 차세대 이동통신 실무기술, 진한도서, 2001년.
 [5] Woon Geun Yang, Kyu Ho Lee, Joo Sung Kim and Seong Min Kim, "Design and Implementation of Dual Band Antenna for Access Point of Wireless LAN", *North-Est Asia IT Symposium 2002*, pp. 423-426, Jan. 2002.
 [6] Woon Geun Yang, Chang Il Kim, Jong Dae Oh, Kyu Ho Lee and Sung Min Kim, "Design and Implementation of 2.4 GHz and 5 GHz Dual Band Antenna for Access Point of Wireless LAN", *North-east Asia IT Symposium 2002*, pp. 573-576, Nov. 2002.
 [7] Faton Tefiku, Craig A. Grimes, "Design of Broad-Band and Dual-Band Antennas Comprised of Series-Fed Printed-Strip Dipole Pairs", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 48, no. 6, pp. 895-900, Jun. 2000.

오 중 대



2003년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
 2003년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] 안테나 및 통신이론

김 창 일



1999년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
 2003년 8월: 인천대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년 8월~현재: (주)LG전자 단말연구소 연구원
 [주 관심분야] 안테나 및 통신이론

공 성 신



2002년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
2002년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나 및 통신이론

양 윤 근



1983년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1985년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
1994년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
1997년~현재: (주)한국안테나 자문, 기술지도
1997년 3월~2001년 12월: (주) LG전자(구 (주)LG정보통신 포함) 단말연구소 자문교수
2000년: 한국통신학회 산하 부호 및 정보이론 연구회 분과 위원장
2001년 5월~2002년 2월: 한국전자통신연구원 무선방송연구소 초빙 연구원
1988년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 전임강사, 조교수, 부교수, 교수
[주 관심분야] 변조 및 복조방식, 부호이론, 데이터 통신, 지능형 도로망/차량에서의 통신방식, GPS, PLL, U-n 슬롯 안테나