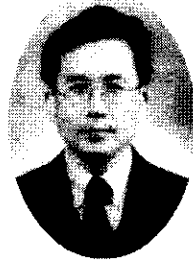


안테나 기술 동향 및 개선점 (Techical trends of Antennas)



이 병 제
(광운대학교 전파공학과 조교수)

1. 서론

최근 휴대전화를 비롯한 무선통신은 예측하기조차 어려울 정도로 급속히 발전하고 있는데, 그 핵심 부품중의 하나가 안테나이며, 실제로 이용되고 있는 안테나의 모양은 무선 마이크에 붙어 있는 짧은 도체선을 비롯하여, 위성통신의 대형 파라볼릭 안테나에 이르기까지 천차만별이다. 안테나의 기술 발전은 통신 시스템 발달과 함께 진행되어 왔으며, 안테나 그 자체만을 생각하기보다 하나의 시스템으로서 취급해야 하는 경우가 많다. 특히 이동체에서는 안테나 시스템의 성능이 통신 시스템의 성능을 결정하는 중요한 요소가 되는 경우가 많으므로 시스템에 대한 이론적인 지식과 각각의 다른 시스템에 적합한 안테나를 개발하기 위해서는 안테나 그 자체만을 개발할 수 있는 능력뿐만 아니라 시스템에 안테나를 부착한 후 발생할 수 있는 여러 가지 문제를 해결하기 위해서는 많은 실무 경험을 필요로 한다. 앞으로 새로운 무선통신 시스템의 개발에 따른 새로운 안테나의 개발이 필수적이며 안테나의 소형화 문제와, 적응배열안테나(Adaptive array antenna), 스마트 안테나(Smart Antenna)와 같은 보다 발전된 안테나를 실제 통신 시스템에 구현을 하기 위해 활발한 연구가 진행되고 있다. 또한 최근에 밀리미터파가 미래의 중요한 주파수 자원으로 인식되어짐에 따라 미국, 일본, 유럽등 선진 각국에서는 이미 새로운 광대역 밀리미터파 멀티미디어 서비스용 시스템 개발을 위

하여 각종 밀리미터파 통신용 소자 및 시스템의 연구가 진행되고 있다. 또한 앞으로의 무선통신시장이 이동성을 중시하는 경향으로 가면서 통신 제품들의 소형, 경량화가 가속화되고 있다. 안테나 또한 이러한 일련의 흐름에 맞추어 연구되고 있다.

안테나는 무선 시스템의 첫 단에서 음성, 화상 등의 데이터를 전송하고 수신하기 위한 장치로서, 송수신시에는 송신기의 전력, 고주파 에너지를 전파에너지로 바꾸어 에너지를 공간으로 방사하며, 수신시에는 공간의 전파에너지를 흡수하여 전력으로 바꾸어 수신기에 공급하는 에너지 변환장치이다. 안테나의 역할은 송신전력의 절약과 주파수의 유효이용으로 집약된다. 소량의 전송품질(통화품질, 통화 가능한 장소율 등)을 만족시켜 송신전력을 감소시키고, 시스템의 경제화 및 이동기의 소형화를 실현하기 위하여는 기저국 안테나를 고이득화함과 동시에 지역내에서의 수신레벨 감소를 적게한 지향성을 갖도록 하는 것이 필요하며, 주파수의 유효이용의 면에서는 시스템의 점유영역을 좁히기 위하여 가능한 가까운 거리에서 같은 주파수를 재 이용하는 기술이 요구된다.^[1] 본 고에서는 이동통신에 사용되는 안테나를 중심으로 최근 기술동향을 기술하였다.

2. 기술동향

에너지의 방사는 전자의 가속에 의해 전자파가 방사되어 이루어지며, 전자의 가속에 따른 분류는 선형 안테나처럼 도체

에 흐르는 전류, 즉 전계에 의한 전류를 이용하는 안테나와 혼 안테나처럼 개구면에 흐르는 전류, 즉 자계에 의한 전류를 이용하는 안테나로 크게 나눌 수 있다. 그 외에도 안테나의 모양이나 기능에 따른 분류도 있으며 안테나의 종류는 매우 다양하다.

2.1 이동통신 단말기용 안테나

현재 단말기용으로 사용하고 있는 안테나는 다음과 같다. 모노폴 안테나, 반파장 다이폴 안테나, 휘프(Whip) 안테나, 노말모드 헬리칼 안테나(NMHA: Normal Mode Helical Antenna), 구형 루프(Rectangular-loop)안테나, 역 F형 안테나(IFA: Inverse F Antenna), 판형 역 F형 안테나(PIFA: Planar IFA), 마이크로스트립 안테나(MSA) 이러한 이동통신 단말기용 안테나의 개발을 살펴보면 <표 1>과 같다. 페이지 핸드폰 등의 단말기용 안테나의 개발방향은 사용하기에 편리한 작은 구조, 효율이 높고 대역 폭이 넓은 안테나, 자체 공진을 하는 구조, 다이버시티 특성을 갖는 안테나, 고유전율의 유전체 이용한 안테나 및 마이크로스트립화 안테나의 개발로 나아가고 있다. (그림 1)에 개발된 단말기용 안테나의 크기 및 외형을 나타내었다.^[3] (그림 1-a)은 모노폴 안테나의 구조이며, (그림 1-b)는 단말기의 옆에 부착된 두 개의 판형 역F형 안테나를 사용한 구조이다. 또한 (그림 1-c)과 (그림 1-d)는 단말기의 위에 부착된 구부러진 역F

형 안테나를 두 개 사용한 구조와 단말기의 뒤에 부착된 판형 역F형 안테나를 사용한 안테나의 크기 및 외형을 나타내었다. 외장형의 모노폴 안테나에서도 소형화와 성능향상을 위하여 접어서 사용할 수 있는 구조 및 자체 보상 구조의 안테나가 개발되고 있다.^[4] 이러한 안테나의 설계를 정확히 하기 위해서는 인체에서 나오는 전자파를 고려하여 설계를 하여야 하며, 수치해석 방법을 사용하여 안테나의 접지면이 무한 접지면이 아닌 유한 접지판으로 해석하여야 한다.^[5] 또한 이동통신 단말기의 접지면이 무한 접지면이 아닌 유한 접지판으로 해석하여야 한다.^[5] 또한 이동통신 단말기의 사용환경에서의 전파특성, 특히 도심지와 터널 및 건물 내에서의 전파특성을 연구하여야 하며^[6], 머리와 손등의 신체조직을 고려한 안테나를 설계하여야 한다.^[7]

또한 하나의 단말기로 여러기능을 가진시스템을 구축하게 될 때 한 개의 안테나로 두 개의대역에 사용할 수 있는 dual 밴드 더 나아가 3 개의 시스템을 하나의 안테나로 사용할 수 있는 트리플 밴드 안테나가 개발중이면 최근 들어 이동통신 단말기용으로 마이크로스트립 안테나를 이용하려 하고 있다. 마이크로스트립 안테나는 대역폭이 좁고 효율이 작기 때문에 어레이 형태로 많이 연구 개발되고 있지만 밀리미터 대역으로 갈수록 안테나의 크기가 작아지고 제작이 용이하며 평면구조를 가지고 있어 단말기용으로 더욱 개발되어야 할 것이다.

표 1. 이동통신 단말기용 안테나 개발 현황

시기	-1900-1930-	1950-	1970-1980-	1990-	2000-
주파수 (MHz)	LF MF HF	30 → 50 → 250 150 400	800 1500	1500-3000 SHF EHF	
안테나	Metal strip(열차) Monopole Whip (차, 선박, 항공기) Top-loaded (선박) ILA (선박, 항공기)		Dipole (차량전화) Collinear (개인휴대폰) Diversity (휴대폰) 차량전화)		
테		(열차) NMHA (휴대용) Ferroite Pager Loop	IFA → PIFA (휴대폰 X휴대폰)		
나		Printed wire on glass (차량방송)	V-shape (차량 diversity) Helix (GPS) MSA (pager)	Array (BS, CS)	

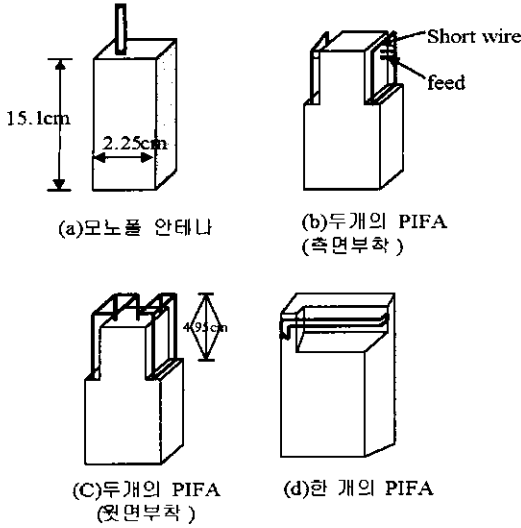


그림 1. 단말기용 안테나의 크기 및 외형

2.2 기지국용 안테나

기지국 안테나는 지금보다도 정교한, 즉 안테나의 빔을 정밀하게 형성할 수 있는 지향성 안테나의 기술이 필요하다. 기지국 부근의 전계강도를 줄여 다른 전파 이용시스템에 간섭을 경감시키기 위한 대책으로 주로브에 경사를 두는 빔 틸트 (beam tilt) 등이 필요하며, 각 방향별 소자의 배열로 간섭을 억제하고 이득을 증대시키는 기술이 연구되고 있다.⁽⁶⁾ 또한 안테나가 수동형이 아닌 능동형으로 간섭신호 등에 실시간 대처하는 스마트 안테나는 기존의 어레이 안테나에 신호처리부만 덧붙여 쓰일 수 있고 물리적인 안테나의 위치와 관계없이 여러 형태의 빔을 형성하여 각각의 가입자에게 효과적으로 신호 간섭을 제거할 수 있게 된다. 여기에 어댑티브 안테나의

물리적인 성능까지 접목되도록하여 어댑티브 스마트안테나의 개발이 진행되어야 한다. 또 기지국의 경제화를 위해 철탑의 공용 및 송·수신안테나 공용의 필요성이 연구되고 있다.

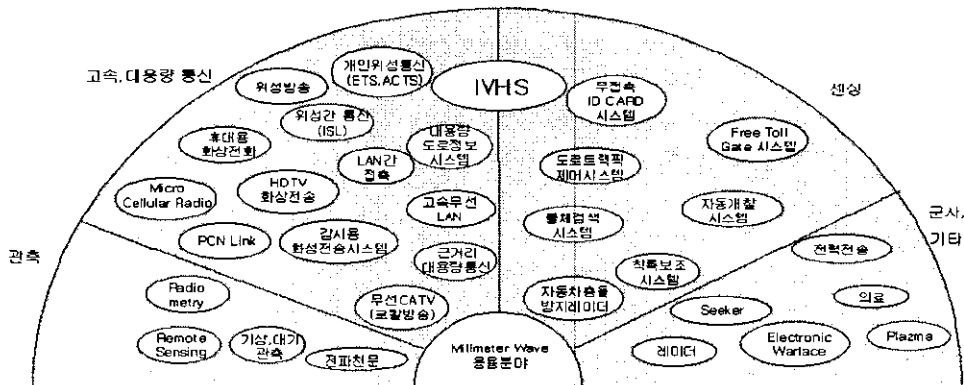
2.3 위성 이동통신을 위한 이동체 탑재용 안테나

위성 이동통신용 안테나의 경우 적용분야가 선박, 항공기, land Mobiles이 있는데 여기에 사용될 수 있는 안테나는 위성의 자전효과를 상쇄시킬 수 있는 원형편파가 요구된다. 전방향 안테나로는 quadrifilar helix, crossed dropping - dipole, 마이크로스트립 패치 안테나가 적용가능하고 지향성 안테나로는 위상배열안테나, 어댑티브 어레이 안테나가 있는데 이런 안테나들은 높은 이득(15dB)을 위해서 빔이 날카로워야하며 설치의 용이성, 강도, 작은 부피, 가벼운 안테나 및 정확한 추적기술개발이 요구되어 진다. 장래의 이동위성통신을 위한 안테나의 가장 중요한 특성은 이동성이 될 것이다. 휴대용 단말기들을 연결시킬 수 있는 통신위성 프로그램들이 개발 중에 있다. 위성을 이용한 이동통신은 앞으로 주파수가 Ku-band와 밀리파에서 연구 중에 있으며, 이를 위하여 어댑티브 어레이 안테나를 개발하여야 한다. 이를 위해서는 피드 라인(feed line)의 손실을 막기 위해 LNA나 전력증폭기 등 MMIC 소자를 이용한 능동소자의 배열기술이 필요하며, 작은 빔폭이 필요하게 되므로 정확한 위성추적 시스템의 개발도 필요하다.⁽¹¹⁾ 또한 안테나뿐만 아니라 LNA, 전력증폭기, 다이오드, 위상변환기 및 피드 라인 등의 소자와 이를 위한 재료의 개발을 위한 기술개발이 필요하다.

2.4 무선 LAN용 안테나

무선 LAN은 주로 밀리파대(30~40GHz)가 할당되어 있으나, 마이크로파대에서의 무선 LAN 이용도 모색되고 있다. 현재 일본에서는 2.4GHz와 19GHz에서 무선 LAN이 상업적인

표 2. 밀리파 응용 시스템



목적으로 사용중이며 유럽에서는 MEDIAN 프로젝트로 61-62GHz대역에서 155Mbps급 무선 ATM-LAN을 개발중이다. 또한 미국에서는 59-64GHz대역을 무선 LAN용으로 할당되어 있다. 이러한 밀리파대에서의 실내 설치용 안테나로는 마이크로스트립안테나, 혼 안테나 등이 현재 사용중이나 밀리파대에서 크기가 작아서 어레이로 만들기가 용이하므로 높은 이득과 넓은 대역폭, 다중 경로 손실을 줄일 수 있는 방법들이 연구되어야 할 것이다.

2.5 밀리파대역의 적용 시스템과 안테나

밀리파는 광대역성으로 인해 넓은 변조대역과 다중반송파가 가능하고 단파장성으로 부품의 소형 경량화가 가능하고 날카로운 지향성을 가진다. 또한 큰 대기감쇄성으로 인해서 인접한 시스템과 간섭현상이 적은 특징을 가짐으로 여러 응용 시스템을 가질 수 있다. 위 표 2는 여러 응용 시스템의 예이다. 밀리파에서는 혼 안테나, 스롯 웨이브가이드 안테나, 마이크로스트립안테나 등을 사용할 수 있는데 마이크로스트립 안테나의 경우 제작이 용이하고 크기가 작아져 어레이로 제작이 비교적 용이하여 많은 연구가 되어지고 있다.

2.6 전자파 인체보호 안테나 개발 필요

최근 세계 각국에서 전자파 인체보호 기준을 제정하는 등 전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 휴대용 전화기의 경우 인체 두부에 가장 근접하여 이용되기 때문에 휴대용 전화기에서 발생하는 전자파의 영향을 줄이기 위한 인체방향으로의 방사가 적은 안테나 개발의 필요성이 강조되고 있다. 미국 연방통신위원회(Federal Communications Commission, FCC)를 중심으로 기존 단말기에 대한 전자파 영향 규제를 시행함에 따라 유럽 및 일본은 이에 대응하기 위하여 자체적으로 규제치 및 측정 방법 등을 마련해 놓고 있다. 휴대전화기의 경우 전자파흡수율(SAR: Specific Absorption Rate(W/kg))이라는 물리량을 적용하여 인체 위해 정도를 평가하고 있다. 미국 FCC에서는 임의 인체조직 1g 평균 SAR값이 1.6W/kg 이하일 것으로 규제하는 ANSI/IEEE C95.1-1992 R.F. 안전기준의 개정판을 채택하여 이동통신 장비의 인체에 대한 최대 허용 노출량을 규제하고 있다. 국내에서 제작된 휴대전화기가 세계 시장에 판매되기 위해서는 이 FCC 기준에 적합한 휴대전화기를 생산해야 되는데, 처음부터 인체 안전기준이 고려된 설계를 하지 못하고 있어 적절한 제품생산에 문제가 되고 있다. 따라서, 휴대전화기에의한 인체 두부의 전자파 결합 현상을 해석하고 측정하는 활발한 연구가 필요하다. 단말기에 대한 세계 시장의 점유율이 매우 높은 국내 단말기 사업을 보호하기 위해서는 반드시 이러한 전자파 적합성을 갖춘 안테나 및 단말기 개발이 필요하다. 이는 규제 대상이 되는 전기적인 벡터인 전계를

near-field에서 감소시키는 기술이 개발되어야만 가능하다. 전계는 주로 오픈타입(open type)의 안테나에서 발생되는데, 기존단말기는 이러한 오픈타입의 안테나를 피할 수 없기 때문에 새로운 타입의 안테나 개발이 반드시 필요하며, 기존 오픈타입의 안테나에서 near-field에서의 전계를 감소시키는 기술이 요구된다. 이러한 전자파의 인체유해 여부가 사회문제화 될 조짐을 보임에 따라 정보통신부에서는 휴대전화와 관련한 송전탑, 기지국 주변 주민들에게서 민원이 늘어나 인체영향에 대한 심층적 연구를 통해 우선 연말까지 예방작 차원의 보호 기준을 마련하기로 했다. 휴대폰 등에서 나오는 전자파가 인체 두부에 흡수되는 전자파의 양을 측정하는 표준방법을 도출, 전자파흡수율(SAR) 측정기준을 설정하고 인체에 미치는 전자파의 양을 줄일 수 있는 단말기 안테나 개발을 유도할 방침이다.

3. 안테나개발을 위한 과제

3.1 안테나관련 연구추세

안테나는 무선 시스템의 성능을 향상시킬 수도 있고 저하시킬 수도 있는 중요한 부분이다. 따라서 안테나의 성능과 특성을 이동체의 전파환경까지 고려해가며 광범위하게 연구하고 있으며, 안테나의 설계에 있어서 안테나 자체뿐만 아니라 전파전파, 무선 시스템, 전파환경까지 고려하게 되었다. <표 3>는 이동통신 시스템, 전파전파, 전파환경, 소자와 해석기술 등

표 3. 이동 통신 안테나의 발전추세

시기	-1990-	1950-	1970-	1990-	2000-
시스템	서비스 영역 단말	복음지역 단말	복음지역 단말	마니지역 단말	신호처리 디지털 변조
전파전파	지역 현상 모형	평과 바다위 분산 Zemmarfeld	도시 경로 Okumura	산 시각지연 Rayleigh	건물속, 집 지구와 터널, 지하 위성 1.5-3GHz Two-waves Multiple waves
전파환경	지역 문제	Open Semi-Open	근접효과 전파경향	Closed(건물속, 집, 터널, 지하	
안테나	방사 원리 작용 구조	전방향성	성형 법	원형면경	최적방열 지능형 위성배열
해석모형	EMF	Moment method	GTD UTD	FEM	Spatial NM Time-domain
관련소자		Transistor	IC	LSI	VLSI MIC MMIC

과 관련하여 이동통신 안테나의 발전추세를 나타낸다. 요즘은 전파전파의 주 관심분야는 밀리파대의 전파 특성과 준마이크로파 대역(1.5~3GHz)에서의 도심지, 인도, 터널 및 건물 내에서의 전파특성 분야이다. 또한 사용자의 환경이 주로 옥외에서 실내환경으로 바뀌고 있으며, 특히 디지털 변조와 관련하여 다중경로전파에 의한 시간지연이 문제가 되고 있다. 따라서 전파전파의 연구경향이 EM의 전계강도에서 지연 분산으로 바뀌고 있다. 그리고 도시전파환경에서 가장 심각한 문제는 다중경로 전파에 의한 페이딩 현상이다. 이를 위하여 다양한 다이버시티기술의 개발이 필요하다. 안테나의 연구개발 방향은 소형화 및 다양한 기능을 갖는 안테나의 개발로 진행될 것이며 2000년대에는 어댑티브 스마트 어레이 안테나가 개발되어 지능과 기능을 갖춘 안테나 등으로 발전될 것으로 예측된다.

3.2 수행되어야 할 연구

앞으로 전개될 가까운 미래의 이동 및 위성이동 통신에 필요한 안테나 시스템의 개발을 위하여 수행되어야 할 연구내용은 다음과 같다.

- 소형 안테나 부차시 발생하는 현상분석
- 휴대용 안테나 설치시 인체의 전자파반사영향 해석
- 집적화된 위상배열 안테나 개발
- 새로운 주파수대 안테나 개발
- 안테나의 성능예측과 측정방법 개발 : 안테나의 크기가 작을수록 특성측정이 어려움
- 안테나의 성능과 특성을 분석하는 CAD기술과 새로운 해석방법 개발
- MMIC(LNA, Diode, 전력증폭기), 위상기, 피드라인 등의 소자와 이를 위한 재료연구

4. 결론

안테나의 수요를 보면 이동통신 1가입자당 2개의 단말기용 안테나가 소요되며, 단말기용 안테나는 2~3년마다 교체가 예상된다. 따라서 신규 이동통신 가입자의 증가와 교체 수요를 예상하면 단말기용 안테나의 수요는 매우 크다. 또한 무선 LAN용 실내 안테나는 각 공간마다 다수의 안테나를 설치하므로 그 수요가 매우 클 것으로 예상된다. 소요의 전송품질(통화 품질, 통화 가능한 장소 등)을 만족시켜 송신전력을 감소시키고, 시스템의 경제화 및 이동기의 소형화를 실현하기 위하여는 기지국 안테나를 고이득화함과 동시에 지역 내에서의 수신레벨 감소를 적게 한 지향성을 갖도록 하는 것이 필요하며, 주파수의 유효이용면에서는 시스템의 점유영역을 좁히기 위하여 가능한 가까운 거리에서 같은 주파수를 재 이용하는 기술이 요구된다. 또한 새로운 시스템의 개발에 따라 새로운 안테

나의 개발이 요구되고 있으며 미래의 이용 주파수에 대한 안테나의 개발 필요성이 증대되고 있다. 이러한 안테나는 무선 시스템의 성능을 좌우하므로 안테나 자체뿐만 아니라 전파특성, 무선 시스템 및 전파환경까지 고려하여 설계하여야 한다. 또한 휴대폰 사용시 안테나에 의한 인체의 유해 등에 대하여도 연구가 되어야 한다.

참고 문헌

- (1) T.Manabe and Y.Furuhama, "Recent Propagation Studies in Japan," IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 36, no.5, pp. 7~13, Oct, 1994.
- (2) K.Krishen, "Future Trends in Antennas and Propagation for the US Space Program," IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol.36,no.1, pp. 31~35, Feb.1994.
- (3) H.Fujishima, O.Morinaga, K.Fujimoto, H.Yamada, and Y.Yamaguchi, "Inverted-L Antenna with Self Complement Structure(2) ." 신헌기보(일), AP94-103, pp. 51~54, Jan.1995.
- (4) M.Hirose and M.Miyake, "A New Structure of Antenna System in a Handset Enhancing Antenna Gain by Passive Loading-The case for $\lambda/4$ Monopole Antenna-," IEICE Trans Commun. vol.E77-B, no.7, pp. 956~961, July 1994.
- (5) S.Takezawa, Y.Nakayama, K. Fujimoto, H. Yamada, and Y.Yamaguchi, "Characteristic of Monopole Antenna System with Self - Complement Structure," 신헌기보(일), AP 94-102, pp. 45~50, Jan.1995.
- (6) H.L.Bertoni, W.Honcharenko, L.R.Maciell, and H.H.Xia, "UHF Propagation Prediction for Wireless Personal Communication" Proceeding of the IEEE, vol. 82, no.9, pp. 1333~1359, Sep.1994.
- (7) M.A.Jensen and Y.R.Samii, "EM Interaction of Handset Antennas and a Human in Persona Communication," Proceeding of The IEEE, vol. 83, no.1, pp. 7~17, Jan.1995.
- (8) T.Ohgane, "Spectral Efficiency Improvement by Base Station Antenna Pattern Control for Land Mobile Cellular Systems," IEICE Trans. Commun. vol.E77-8, no.5, pp. 598~605, May 1994.
- (9) H.Arai and N.Goto, "Flat Antennas for Cellular

System Inside Tunnel." 신학거보(일),AP94-25, pp. 29~32,July 1994.

- [10] K.Kagoshima, "Recent Activities in Antennas Propagation in Japan," IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol.34 ,no.2. pp. 18~26, Apr.1992.
- [11] Y.Ogawa, Y.Nagashima and K.Itch, "An Adaptive Antenna System for High Speed Digital Mobile Communication," IEICE Trans. Commun.vol.E75-b,no.5, pp. 413~421,May 1992.

서 사 약 령

성명 : 이 병 제

1998년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)

1994년 5월: Southern Illinois University at Carbondale, Dept. of Electrical Eng. (공학석사)

1997년 5월: Southern Illinois University at Carbondale, Dept. of Electrical Eng. (공학박사)

1997년 6월 ~ 1998년 2월: 삼성전자 정보통신연구소 선임연구원

1998년 3월 ~ 현재: 광운대학교 전자공학과 조교수

<주 관심분야>

초고주파 안테나 설계 및 해석, 전기자기파 해석, 레이더 및 위성통신, 초고주파 회로설계