

主題

RFIC센터 : 차세대 위성통신용 RFIC 핵심기술 연구

광운대학교 전자공학과 교수 이종철

차례

- I. 연구 계획
- II. 연구 목표 및 수행 내용
- III. ITRC RFIC 2004년도 행사 내역

I. 연구 계획

- 연구의 필요성

최근 위성 통신 기술과 이동 통신 기술이 급속히 발달함에 따라 위성을 이용한 멀티미디어 서비스에 대한 소비자의 욕구도 다양해지고 있다. 이러한 멀티미디어 서비스는 광역성, 동시성, 고화질/고음질, 고품질, 경제성 등의 장점으로 인하여, 미국, 일본을 비롯한 유럽 등 전 세계적으로 수요가 급격히 증가해 왔으며, 이미 일부 서비스가 상용화되기 시작하였다. 위성을 이용한 무선통신기술의 경우 수많은 기술이 접목되어 완성되는 현대 기술의 총아이며 기술 파급 효과가 타 기술에 비해 높다는 특징을 갖고 있는 반면, 위성통신의 경우 원천 기술 개발에는 단시간 내에 가시적 이윤이 창출되지 않기 때문에 민간 투

자가 어려워 정부 주도형의 기술 투자가 주로 이루어지고 있다.

국외적으로는 미국의 Lockheed Martin, Boeing, SS/Loral 등과 유럽연합의 Alcatel등의 거대 위성 제조 업체들이 독자적인 기술을 확보하고 있다. 한편 통신 방송 위성 등을 이용한 응용 서비스 산업이 점차 활성화되어, 다양한 종류의 위성 멀티미디어 서비스가 상용화되고 있고, 또 가까운 장래에 산업화가 이루어지리라 예측되고 있다. 그 중 한가지 서비스는 저궤도 휴대용 통신 위성 서비스 (GMPCS)의 일종으로 Little LEO에 해당하는 VHF 대역 주파수를 사용하여 개인 휴대용, 차량 이동용, 고정 부착용 단말기를 통한 국제간 로밍 서비스로 양방향 저궤도 통신 서비스가 있으며, 현재 서비스 중인 위성 TV 방송에 이어 위성 디지털 라디오 (Digital Audio

Broadcasting, DAB) 서비스에도 관심이 고조되고 있다. 또한 광대역 위성 멀티미디어 시스템(Broadband satellite Multimedia System, BSM)은 초고속 인터넷 접속, 위성직접방송, 위성직접다중송신, 인터랙티브 비디오, 비디오 컨퍼런싱, 원격 교육등과 같은 다양한 종류의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 차세대 정보 기술이다.

II. 연구목표 및 수행내용

1. 목 표

21세기 초고속 위성통신 시스템을 응용한 다양한 멀티미디어 서비스용 RF 핵심 부품 및 모듈을 개발함으로써 파생되는 제품들의 상용화를 추진하고, 축적되는 기술 및 노하우를 활용하여, 21세기 관련 분야에서의 국제 기술력을 확보하며, 참여 연구 인력의 연구 능력 축적을 통한 우수한 인력을 양성 및 배출하는 것을 목표로 한다.

2. 세부 연구계획

가. 차세대 위성 멀티미디어용 수동부품 개발

1) 연구개요

최근에 인공위성을 이용한 디지털 멀티미디어 서비스는 광역성, 동시성, 고화질/고음질, 고품질, 경제성 등의 장점으로 인하여 미국, 일본을 포함하여 전 세계적으로 수요가 급격히 증가해 왔으며 이미 일부 서비스가 상용화되기 시작하였다. 특히, 핸드폰이나 PDA 같은 이동 단말기의 발전을 통해 고화질의 동영상 수신 및 위성 방송의 청취에 대한 요구도 증대되고 있다. 우리나라에서도 스카이라이프사 등이 무궁화위성을 이용하

여 TV 위성방송 서비스를 개시하였다. 이러한 디지털 멀티미디어 위성방송 서비스를 가능케 하는 시스템의 핵심 요소인 위성 중계기는 여러 가지 종류의 RF부품 (능동 및 수동)과 모듈들로 구성되어 있다. 본 세부과제에서는 이 위성 중계기를 구현하는데 필요한 핵심 RF 수동부품을 개발하고자 한다. 중점적으로 개발하고자 하는 부품들로는 위성신호를 송수신할 수 있는 안테나, 위성신호의 위상을 변환시키는 가변형 위상변환기, RF신호를 감쇠시키는 감쇠기, 위성신호의 특정주파수 대역 신호만을 선택할 수 있는 고성능 여파기 등이다.

2) 연구목표

- 다중대역(Cellular/GPS/PCS) 단말기용 내장형 안테나 및 위성 LEO+GPS용 안테나 개발
- 위성 DMB용 안테나 개발
- Ku 및 Ka 대역 위성 방송용 가변 위상변환기 및 도파관형 감쇄기 개발
- Ku 및 Ka 대역 위성 방송용 고성능 여파기 개발

3) 연구내용

◆ 다중대역(Cellular/GPS/PCS) 단말기용 내장형 안테나 및 위성 LEO+GPS용 안테나 개발

최근 들어 위성통신 기술과 이동통신 기술이 급속히 발달함에 따라 위성을 이용한 멀티미디어 서비스에 대한 소비자의 욕구도 다음과 같이 다양화되고 있다. 먼저, GPS를 통한 위치정보 및 메시지 전송의 사용이 증가되고 있으며, 특히 미국의 FCC에서는 단말기에 GPS서비스 추가를 의무화 하고 있기도 하다. 또한, 저궤도 휴대용 통신위성 서비스(GMPCS)의 일종으로 Little LEO에 해당하는 VHF대역 주파수를 사용하여 개인 휴대용, 차량 이동용, 고정 부착용 단말기를

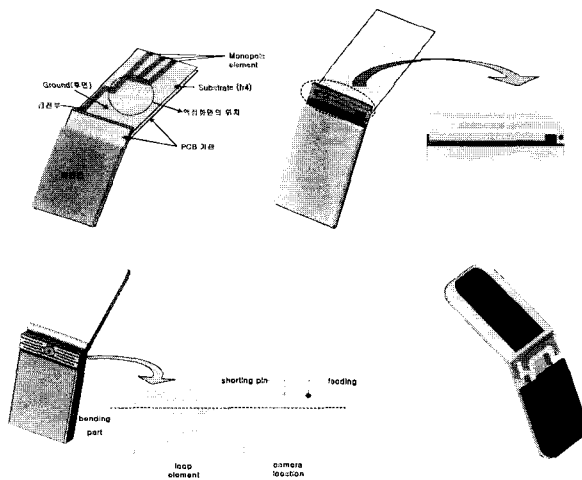
통한 국제간 로밍 서비스로 양방향의 저궤도 통신 서비스의 사용이 증가되고 있다.

먼저, 본 세부과제에서는 위성 멀티미디어 서비스용 신호를 송수신 하는데 필수적인 안테나를 개발하고자 한다. 특히, 이동통신 기술의 발달로 인하여 이동 단말기를 이용한 위성 방송 서비스에 대한 욕구가 점점 증대됨에 따라, 소형화된 이동단말기에 적합한 내장형 안테나를 주요 목표로 한다. 이들 안테나는 인체에 대한 전자파 흡수율 (SAR)에 대한 규제 강화로 인하여 SAR를 고려하여 제작될 것이다. 향후 개발하고자 하는 안테나는 다중대역 (Cellular/GPS/PCS) 단말기용 내장형 안테나와 위성 LEO+GPS용 안테나 등이다. 먼저, 다중대역 (Cellular/GPS/PCS) 단말기용 내장형 안테나는 노이즈에 대한 영향이 최소화된 높은 통화 품질을 제공할 있는 특징을 지니고 있다. 그리고 LEO+GPS용 안테나는 저궤도 위성을 이용한 위성방송 뿐만 아니라 중계기를 이용한 자체통신도 가능하도록 제작될 것이다. 그림 1에는 본 세부과제에서 개발될 다중대역 단말기 내장형 안테나를 보여준다.

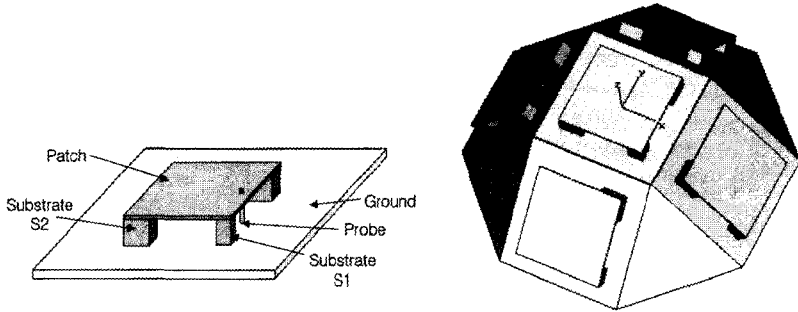
◆ 위성 DMB용 안테나 개발

최근 들어 이동통신 및 위성을 통한 방송 서비스에 대한 관심이 높아지면서 이미 국내에서도 서비스 중인 위성 TV방송에 이어 최근에는 위성을 통한 디지털 위성 라디오에 대한 관심 등도 점차 고조되고 있다. 위성 디지털 라디오는 잡음이 크게 줄어든 고품질의 오디오 서비스를 제공하며 단순한 오디오 서비스와 더불어 데이터 전송 및 멀티미디어 서비스가 가능해지는 등 기존의 지상파 라디오가 제공하지 못하는 다양한 기능을 갖출 수 있기 때문에 앞으로 더욱 더 그 활용 범위가 확대될 것으로 예상된다.

본 세부 과제에서는 이와 같은 응용에 필수적인 위성 DMB용 안테나를 개발하고자 한다. 주파수 대역은 현재 상용 서비스가 이루어지고 있는 L-band 사용을 목표로 한다. 특히 라디오의 경우 차량 등에서 수신하는 경우가 많으므로 이에 대비하기 위해 본 과제에서 연구하는 위성 DMB용 안테나는 고정형 시스템 및 이동형 시스템에 모두 적합할 수 있도록 개발될 것이다. 그림 2는 본 세부과제에서 개발될 위성 DMB용 안테나의 구조를 보여준다.



(그림 1) 다중대역 단말기 내장형 안테나



(a) 단일 안테나 (b) 다이버시티를 이용한 이동체용 안테나

(그림 2) 위성 DMB용 안테나

나. 차세대 위성 멀티미디어용 RFIC/MMIC 연구

1) 연구개요

최근 보다 넓고 효율적인 대역폭과 넓은 EIRP (Effective Isotropic Radiated Power), 안테나의 소형화, 그리고 간섭영향의 감소 등의 장점을 갖는 Ka-대역 멀티미디어 위성이 차세대 위성으로 주목을 받고 있다. 현재 운용 중이거나 예정인 Direct-to-User 서비스를 제공하는 Ka-대역 위성으로 외국에서는 ItelSat F2, Astra's 1H, EutelSat's HB6 등과 국내에는 KoreaSat 3가 있으며 향후 12개 정도의 위성이 추가로 운용될 예정이다. 이 위성들은 고속 인터넷 접속을 위한 위성 광대역 양방향 네트워크 (Satellite broadband interactive network) 서비스 응용에 주로 사용된다. 따라서 위성을 위한 통신 서비스를 위해서 소형 위성 멀티미디어용 초소형 LNB MMIC 부품 및 모듈, 위성 멀티미디어 단말기 부품 및 모듈 개발이 필수적이다.

2) 연구목표

- 차세대 위성 멀티미디어용 초소형 LNB MMIC 부품 및 모듈 개발
- 차세대 위성 멀티미디어 위성단말기 부품

및 모듈 개발

3) 연구내용

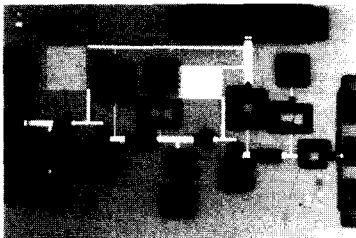
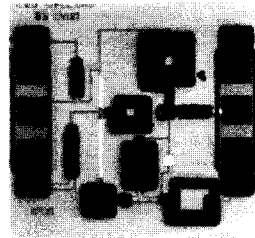
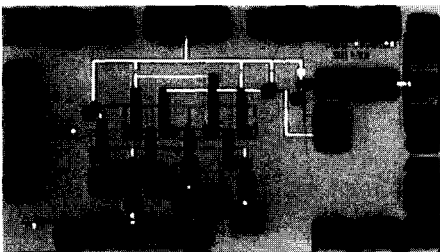
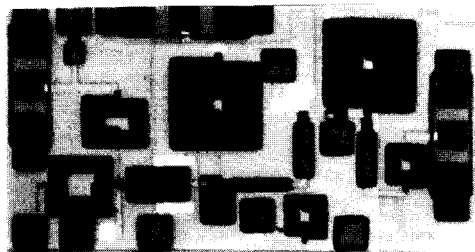
◆ 차세대 위성 멀티미디어용 초소형 LNB MMIC 부품 및 모듈 개발

디지털 멀티미디어 방송 (Digital Multimedia Broadcasting, DMB) 산업의 발달과 더불어 위성 방송 수신을 위한 안테나, LNB (Low Noise Block downconverter), 위성방송 수신기 (Set-top)의 수요 또한 급격히 증가하게 되었다. 현재 LNB 기술은 성숙되어 있지만, 크기, 전력 소모 측면과 가격 경쟁력 등에서 보완해야 할 문제점을 가지고 있다. 본 과제에서 제안하고자 하는 차세대 위성 멀티미디어용 LNB MMIC 모듈 및 시스템은 기존의 LNB 시스템과는 성능은 동일하게 유지하도록 하면서, 소비 전류를 50% 이하로 감소시키고, 차지하는 면적도 90% 감소하게 하고자 한다. 초소형 안테나와 더불어 제안한 LNB 시스템을 이용하여, 고정되어 있는 일반 TV에서 뿐만 아니라 자동차 내에서는 물론, 노트북 혹은 PDA 등을 통해서도 위성방송을 시청할 수 있는 시스템이 이루어질 것이다. 현재까지 위성 방송 수신대역의 LNB를 위해 필요한 핵심부(LNA, Mixer, Oscillator, IF Amp)를 설계하고, 실험적으로 검증하는 과정을 마쳤다.

기존 방식의 LNB는 통상적으로 0.8 dB의 잡음지수, 55 dB의 변환 이득, 150 mA의 전류소비가 필요하였다. 안테나로부터 수신된 RF 신호는 3단의 LNA를 지나면서 원하는 대역의 미약한 수신신호가 증폭된다. 대역 통과 필터를 지나면서 원하지 않는 대역의 신호는 제거시키게 되고 오실레이터로부터 나오는 10.75 GHz의 정현파를 기준으로 믹서의 비선형성을 이용하여 0.95~2 GHz의 중간주파수로 변환하게 된다. LNA의 설계에서는 초단의 잡음지수가 가장 큰 영향을 끼치기 때문에, 입력단은 잡음에 최적화하여 정합시켜야 한다. 기존의 방식에서는 패키지 타입의 HEMT 소자를 사용하며, 일반적으로 0.7~0.8 dB의 잡음지수를 갖게 되는 반면 LNA와 IF 증폭기, 혼합기, 발진기를 집적화 함으로써 초소형 저전력 LNB 시스템을 제안하고자 한다. 도파관으로부터의 급전과 최소의 잡음지수를 갖도록 설계해야 하는 첫 단의 LNA와 집적화하기

어려운 대역통과 필터는 하이브리드로 설계하고 마이크로스트립 기판에 제작하게 된다. 각 단의 MMIC를 설계하고, 검증은 마친 상태에서 최종적으로는 단일칩으로 집적화 하도록 설계할 예정이다. 회로 설계시 낮은 소비전류, 낮은 동작전압으로 설계하여 이동성(Mobility)을 이룩할 수 있다.

본 연구의 최종 목표는 DMB용 Ku-대역의 MMIC 부품 및 시스템을 상용화 하며, Ka-대역의 LNB MMIC 칩에 대한 설계 및 시스템을 InGaP/GaAs HBT 소자 및 SiGe HBT (IBM 5HP) 소자를 이용해 개발하는 것이다. 본 연구를 통하여 LNB 시스템 사이즈의 최소화, 경량화가 가능하게 될 것이며, 12 GHz 대역 LNB 부품 및 시스템에 대한 상용화뿐만 아니라 20-30 GHz 대역 위성 통신 시스템과 밀리미터파 시스템 개발에까지 적용이 가능할 것이다. 그림 3은 1단계 과정을 통하여 개발된 Ku-Band LNB용

(LNA Chip size : 1500 μm \times 900 μm)(Oscillator Chip size : 830 μm \times 700 μm)(Mixer Chip size : 1700 μm \times 1000 μm)(IF Amp Chip size : 1550 μm \times 900 μm)

(그림 3) Ku-Band LNB용 MMIC 회로(LNA, Oscillator, Mixer, IF Amp)

MMIC 칩(LNA, Oscillator, Mixer, IF Amp)에 대한 사진이다.

다. 차세대 위성멀티미디어용 RF 서브시스템 및 MPM 개발

1) 연구 개요

방송통신 위성용 TT&C(Telemetry, Tracking and Control)은 Command Receiver 와 Beacon Transmitter로 구성된다. Command Receiver 는 지상으로부터의 위성의 모든 동작을 제어하기 위한 모든 명령신호를 받아서 그 출력을 디지털 신호로 복조하여 위성의 각 서브시스템 에 전달 하는 역할을 하는 회로로서, 위성의 안테나 Position 조절, 각종 Switch 조절, Position Control Rocket 조절 등 각종 기능을 수행하기 위한 명령 수신 장비라 할 수 있으며, Beacon Transmitter 는 위성체내의 각 서브시스템 을 포함한 모든 동작상태를 지상에 전달하는 Monitor 기능을 하는 장치이다.

방송통신 위성용 TT&C는 Microwave 송수신 기술 및 Microwave 송수신 RF 변복조 기술이 우주에서 10년 이상의 수명을 갖도록 설계 제작하여야 하며, 따라서 위성에서 가장 값비싼 부분 중의 하나이며 그 설계가 까다롭고 조립 제작과정 또한 복잡하다. 이 서브시스템 은 우주에 있는 모든 인공위성 즉 저궤도 위성 GPS, 정지궤도 통신위성, 화성 목성 탐사위성 등에 반드시 장착 사용된다. 따라서 이에 관련된 국내의 개발 노력이야말로 위성통신 분야의 육성, 발전의 필수불가결한 요소가 되며, 본 연구개발의 완성이로 국내의 자체 기술력을 확보할 수 있을 것이다.

2) 연구목표

- Ku 밴드 Command Receiver RF 서브시스

템 설계 및 제작

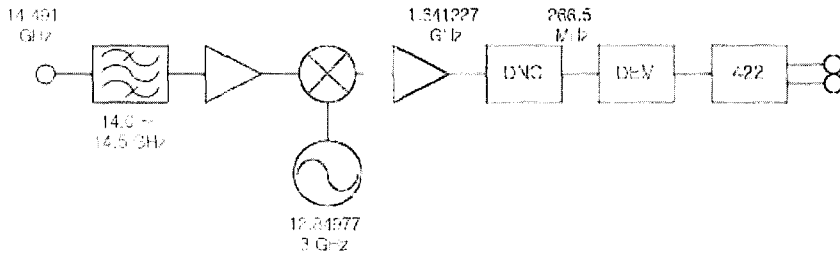
- Ku 밴드 Beacon Transmitter RF 서브시스템 설계 및 제작
- Ka 밴드의 LNB 모듈용 PLDRO 개발
- Ku 밴드 저잡음 Microwave Power Module (MPM) 연구 개발

3) 연구내용

◆ Ku 밴드 Command Receiver RF 서브시스템 설계 및 제작

위성의 TT&C를 설계하기 위해서는 가장 먼저 TT&C의 서브시스템들을 시스템적으로 해석하여 기본사양을 확정하여야 한다. 그 과정은 시스템적 해석을 통하여 사양을 유추하고 그 사양을 다시 분석하는 과정을 거쳐 최종적인 TT&C의 사양을 얻어 실제적인 시스템을 H/W적으로 구성할 수 있도록 한다. 또한 transponder와의 Interface의 설계 역시 중요한 과정이다. 우주에서 모든 기능을 작동시키는 Command Receiver 와 위성의 동작상태, Ranging, Positioning 등의 Data를 지상으로 송신하는 Beacon Transmitter 의 System 설계와 Transponder와의 Interface 연구 설계를 System 측면에서 연구한다. Ku-Band 주파수의 명령 수신기의 Gain, N/F, S/N 및 Threshold Level 등 System Optimization 으로 최신 설계 방식을 택하며 Beacon 송신기의 Narrow Band 송신 Power Level Phase Modulation 및 Multiplier 등의 System 설계를 개발한다. 상세개발 내용은 아래와 같다.

지상으로부터의 위성의 모든 동작을 제어하기 위한 모든 명령신호를 받아서 그 출력을 디지털 신호로 복조하여 위성의 각 서브시스템 에 전달 하는 역할을 하는 Command Receiver의 구성도 및 목표사양을 각각 그림 4에 제시하였다.



RF 주파수	14.0~14.5 GHz
LO 주파수	12.84 GHz
위상잡음	100 dBc @10kHz
소비전류	295 mA 이하
정격출력	20 dBm
통신속도	9,6 ~ 19,2 kbps

[그림 4] Ku 밴드 Command Receiver RF 서비스시스템의 구성도 및 목표 사양

Command Receiver는 14 GHz RF Front End, Multicoupler, Amplifier, Filter 및 Mixer 등의 서브모듈로 구성되어 있다. Command Receiver 14 GHz 수신기 입력 부분은 Redundancy System을 위하여 W/G Filter를 이용하여 Dual Channel Multiplexer로 개발되며, W/G Branch Line Coupler, HEMT Low Noise Amplifier, Mixer, Filter 등의 개발, 제작, Test 완성 등을 내용으로 한다. 상세개발 내용은 아래와 같다.

- (1) Ultra Low Noise 14 GHz Amplifier 및 W/G 90°Hybrid Coupler 개발
- (2) Dual Command Receiver를 위한 Narrow Band W/G Filter Multiplier 경량 설계 및 제작
- (3) 14 GHz Mixer 및 Down converter 개발 및 Command Receiver E.P.C. 설계 제작
- (4) E.P.C. Reliability Test, Space Qualified Assembly Procedure 및 Test 방법 연구

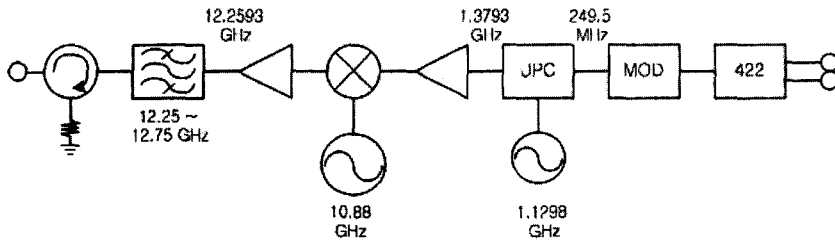
또한 Command Receiver(CMR)의 IF Stage, 즉 Local Oscillator(LO), PLL Demodulator 등의 서브모듈을 설계 제작한다. CMR의 LO Stage와 IF Stage 및 Output PLL Demodulator 및

System 제작 및 Testing 완성이 개발내용이다. LO는 새로운 방식의 고안정 PLL, DRO를 개발하며 IF Stage는 315 MHz 대역의 고안정 Amplifier와 Band Stop Filter로 구성된다. Demodulator는 PLL 방식으로 FM 변조방식에 의한 Pulse Code를 복조한다. Command Receiver 전체 System 조립 및 System Testing이 매우 복잡하며 Space Environment Condition에서 수행된다. 상세개발 내용은 아래와 같다.

- (1) 고안정 UHF Narrow Band IF Amplifier 및 IF Band Pass 및 Band Stop Filter의 개발
- (2) IF 2nd Mixer, PLL Demodulator 및 Ultra Stable PLL DRO(13GHz)의 개발
- (3) Command Receiver 통합 서브시스템 제작
- (4) Command Receiver의 Worst Case Analysis 및 성능실험

◆ Ku 밴드 Beacon Transmitter RF 서비스 시스템 설계 및 제작

위성내의 각 서브시스템을 포함한 모든 동작 상태를 지상에 전달하는 Monitor 기능을 하는



RF 주파수	12.25 ~ 12.75 GHz
LO 주파수	10.88 GHz
위상잡음	100 dBc @10kHz
소비전류	295 mA 이하
정격출력	30 dBm
통신속도	9,6 ~ 19,2 kbps

(그림 5) Ku 밴드 Beacon Transmitter RF 서브시스템의 구성도 및 목표 사양

장치인 Ku-Band Beacon Transmitter System의 시스템 구성도 및 목표 사양은 각각 그림 5와 같다.

Beacon Transmitter는 크게 IF/MOD Assembly부 및 Multiplier/SSPA부 두 서브모듈로 구분된다. IF/MOD Assembly부는 온도 Controlled Crystal Oscillator(고안정), Multiplier, Amplifier, Phase Modulator 와 Band Pass Filter로 구성되며 S-Band 출력으로 Multiplier/SSPA부에 연결된다. Phase Modulated된 2 GHz의 신호가 Multiplier Chain 으로 증폭되어 Ku-Band SSPA에서 5W Narrow Band 출력으로 안테나에 연결된다. 본 연구는 Beacon 송신기의 완전한 제작실험 완성을 개발 내용으로 한다. 상세개발 내용은 아래와 같다.

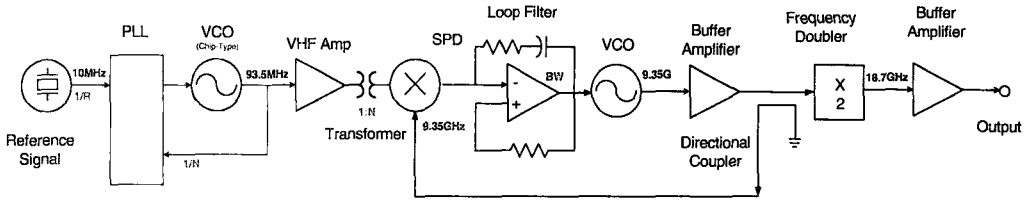
- (1) Ultra Stable Crystal Oscillator 제작
- (2) Baseband Pulse 신호 Modulation Driver 설계 및 Phase Modulator 설계, 제작
- (3) UHF Multiplier Chain 설계, 제작 및 S-Band Amplifier 설계
- (4) S-Band 6 Pole Combine 경량, 부피 최소화

- 설계 및 S-Band Multiplier 설계, 제작
- (5) High Efficiency Ku-Band 5 Watts SSPA 설계 및 Thermal Analysis
- (6) 고효율 SSPA E.P.C. 설계 및 S-Band Amp. 용 E.P.C. 개발
- (7) Beacon Transmitter 통합 서브시스템 제작
- (8) Beacon Transmitter 의 Worst Case Analysis 및 성능실험

◆ Ka 밴드의 LNB 모듈용(18-20GHz) PLDRO 개발

마이크로웨이브 통신 시스템은 신호의 IF변환이나 RF 변복조를 위한 PLDRO (Phase Locked Dielectric Oscillator)를 필요로 하며 마이크로파 장치내의 PLDRO (Phase Locked Dielectric Oscillator)는 직접위성방식 (DBS: Direct Broadcasting Satellite) 수신부, 레이더, 위성통신용 중계기, 군용기기 등과 같은 모든 마이크로파 시스템에서 중요한 에너지원으로 작용한다.

최근에는 Ka-band에서 통신위성을 이용하여 데이터 신호, 음성, 영상 등의 디지털 신호를 송



Frequency Range in GHz	18.0 ~ 20.0
Output Power (over temperature) (min) (1)	+8 dBm
Frequency Stability (over temp)	Coherent to External Reference
Power variation (over temperature)	+/- 1.5 dB
Pulling (1.5:1 VSWR) (max)	Will not break lock.
Harmonics (typ)	-25 dBc
Discrete Spurious (Fo<+/- 300 MHz)	-70 dBc
Discrete Spurious (Fo>+/- 300 MHz) (2)	-65 dBc
Typical Phase Noise (4)	@ 10KHz offset
	@ 100KHz offset
	@ 1MHz offset
Operating Temperature (base plate) (5)	-10 to +60 deg C
RF Connector	SMA Female

(그림 6) Ka 밴드의 LNB 모듈용 PLDRO의 구성도 및 목표사항

수신하고 있다. 이러한 디지털 통신시스템에서는 특히, 위상 변조 방식 (PSK: Phase Shift Keying)을 사용하는 통신 시스템에서는 마이크로웨이브 장치 내의 국부발진기의 주파수 안정도 및 위상잡음 특성이 전체 시스템의 데이터 에러율 (Bit Error Rate) 특성에 중대한 영향을 끼친다. 따라서 위상변조방식의 마이크로파대 통신시스템에서 요구되는 위상잡음 및 주파수 안정도를 만족하여야 한다.

그림 6은 본 연구에서 개발하고자하는 이중 위상 고정 방식의 PLDRO의 블록도이다. 공진기를 주파수 선택도가 높고, 온도 특성 및 잡음 특성이 우수한 유전체 공진기를 사용하여 전압제어 유전체 공진 발진기(VCDRO:Varactor Controlled Dielectric Resonator Oscillator)를 설계를 진행할 것이며, 이에 이중 위상고정 루프 기법을 도입하여 저 위상잡음 특성의 최적화를 위한 메인 루프와 주파수 변화를 위한 기준 루프의 이중 루프

방식을 선택하고 기준루프에서는 저 위상잡음의 전압제어 발진기를 사용하고 최적화된 루프 대역폭을 결정하여 주파수 변화와 함께 저 위상잡음을 갖게 할 것이다. 그리고 이중 위상 잡음 특성에 큰 영향을 미치는 메인 루프에는 위상 검출기 (Phase Detector)로 X-band에서 직접 위상비교가 가능한 SPD (Sampling Phase Detector)를 사용해서 주파수 안정도를 높이고 위상 잡음 감소시키기 위한 방법으로 이중 위상고정 루프방식에 관한 연구를 수행함으로써 기존의 단일 위상고정 루프방식에 비하여 전체 시스템의 높은 안정도를 가질 수 있는 효과를 나타낼 것이다.

상세 연구개발 내용은 아래와 같다.

- (1) Ka-band LNB 모듈용(18-20GHz) PLDRO의 VCO위상잡음요소 모델링을 통한 설계
- (2) 기생파라미터 성분을 고려한 분주기 및 배기의 설계
- (3) Ka-band LNB 모듈용(18-20GHz)PLDRO

- 의 VCO 제작 및 성능분석
- (4) 분주기 및 체배기의 제작 및 성능 분석
- (5) Ka-band LNB 모듈용(18-20GHz) PLDRO의 위상검출기 회로 설계
- (6) Ka-band LNB 모듈용(18-20GHz) PLDRO의 위상검출기 회로 제작 및 성능분석
- (7) Ka-band LNB 모듈용(18-20GHz) PLDRO 제작 및 측정

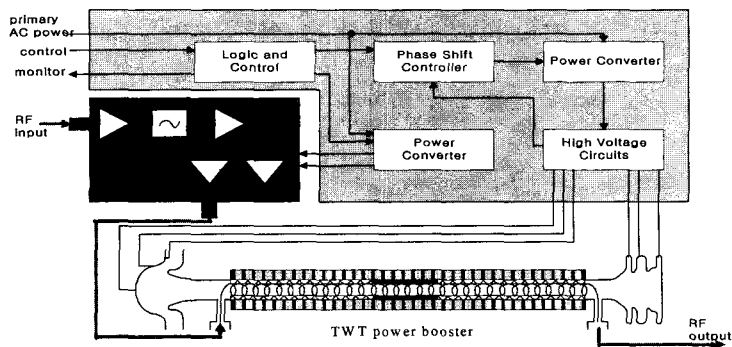
◆ Ku 저잡음 Microwave Power Module (MPM) 연구 개발

본 연구에서 개발하고자하는 차세대 초고주파 광대역 증폭기는 아래 그림7 에서 보는 바와 같이 크게 세가지 구성요소를 가지고 있다. 첫째, 일차적으로 저잡음 증폭을 위한 solid state pre-amplifier, 둘째로 일차적으로 증폭된 초고주파를 고출력으로 이차적으로 증폭시키는 TWT power booster, 그리고 셋째 이러한 고출력증폭기와 진공전력증폭기의 전원과 power conditioning을 위한 전원공급장치이다.

자유전자를 이용한 진공 전력 증폭기에서 광대역 주파수 대역의 전자파를 증폭하기 위해서 전자빔과 traveling-wave간의 상호 공진 작용이 광대역 주파수 대역에서 일어나야 하는데, 이는 slow-wave circuit을 통해서 진행되는 전자파의

속도를 축방향으로 진행하는 전자빔의 속도와 synchronizing 시키는 것이 중요하다. 즉 광대역 주파수 범위에서 slow-wave circuit을 통해서 진행되는 guided wave의 dispersion을 줄이기 위해서 helix-circuit과 같은 slow-wave structure를 갖는 circuit이 필요하다. Helix-TWT의 구조는 크게 5가지 component로 구성된다. 즉 전자빔을 방출하는 전자총, 전자빔과 전자파간의 상호 에너지 변환이 일어나는 helix slow-wave circuit, helix-circuit을 지나온 전자빔을 다시 회수하는 beam collector로 구성된다, 전자빔의 focusing을 위한 ppm (periodic permanent magnet), 그리고, 전자파의 입력 및 출력하는 광대역 진공창이다.

한편, MPM의 pre-amplifier로 solid state device를 사용하여 TWT의 입력 전력으로 사용한다. MPM의 기본 개념은, 증폭기의 이득을 SSPA와 TWT에 partition시키고, SSPA의 저잡음 특성을 활용하여 MPM의 noise figure를 낮추자는데 있다. module의 total noise figure는 SSPA의 이득이 클수록 좋고, MPM의 overall noise figure는 첫째단에 위치하는 SSPA의 noise figure에 의해 결정된다. 즉, SSPA noise figure가 3dB, 이득이 17dB이고, TWT의 noise figure가 27dB, 이득이 25dB 이면, MPM의 noise figure는 10dB로 개선된다. 본 연구에서 개발하고자 하는



(그림 7) 복합형 전력증폭기 (microwave power module (MPM))의 구조

MPM은 Solid-state pre-amplifier로서, LNA와 balanced power 소자를 사용한다. Agilent ADS tool을 사용하여 Solid-state pre-amplifier를 설계할 것이다.

동작 주파수	12 - 14GHz
출력	20 W
이득	45 dB
SS drive	LNA & balanced amp
power booster	TWT
SS drive의 이득	20 dB
TWT 이득	25 dB
MPM 효율	20 %
TWT 전압	- 4kV
TWT 전류	50 mA
Noise figure	10 dB
input/output connector	SMA

상세 연구개발 내용은 아래와 같다.

- (1) Ku 및 Ka-밴드 주파수 대역의 SS drive 및 TWT 설계
- (2) SS drive의 low noise figure를 갖는 LNA 설계
- (3) SS drive의 power 소자를 balanced amp 구조로 설계
- (4) DC bias circuit 설계
- (5) 컴퓨터 simulation tool을 사용하여 광대역 TWT 설계
- (6) SSPA 및 TWT를 integration 하여 noise figure가 10dB이하를 갖는 MPM을 제작

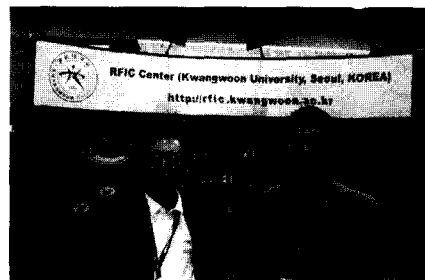
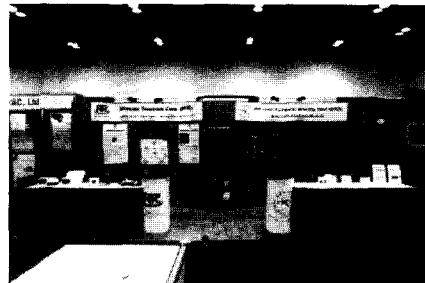
III. ITRC RFIC 2004년도 행사 내역

(1) 2단계1차년도 과제종료

ITRC 2단계 1차년도 연구가 2004년 7월로 종료되었다. 본 센터는 "Development of RF

Components and Modules for Next Generation Satellite Multimedia Systems" 라는 연구 주제하에 12명의 교수와 78명의 연구원이 참여하여 많은 연구 성과를 얻을 수 있었다.

(2) 2004 MTT 학회 참가, Fort Worth, TX
세계적으로 권위 있는 학회인 IEEE MTT-S 2004 학술대회 및 전시회에 (미국, 달라스) 참가하여 광운대학교 RFIC 센터가 독립 Booth를 설치하고 연구개발 성과물들을 전시하고 관련 논문들을 발표하였다. 또한, 본 센터가 정보통신부에서 지원하는 우수대학연구센터(ITRC)로서 RF 분야에서 특성화되어 있음을 소개하여 국내 외 많은 관련 분야 전문가로부터 좋은 호평을 받았다. 4차년도에 걸쳐 RFIC 센터가 매년 이 학회에 참가하여 지속적으로 센터를 소개하므로, ITRC RFIC 센터를 국제적인 센터로 발전시키는데 노력하였으며 이러한 노력의 결과로 세계적인 연구소들과 협력관계를 지속적으로 추진할 계획이다.



(2004 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. 참가)

(3) ITRC 포럼2004

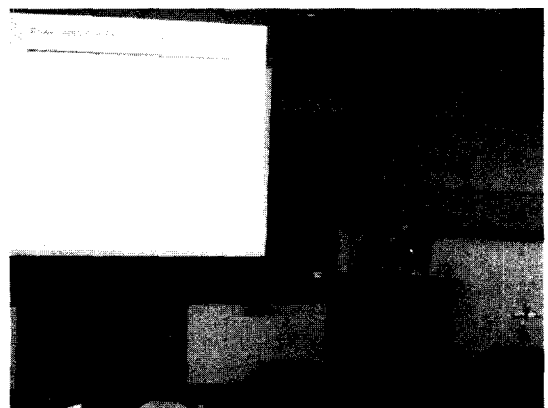
ITRC 포럼이 6월15일 COEX전시관에서 열렸다. ITRC포럼은 매년 39개의 전국 대학 ITRC연구센터가 참여하는 연구결과 발표 및 전시의 장이다. 이에 우리센터도 참여하여 연구 성과물을 발표하고 전시하는 기회를 가졌다

(4) 광운 70주년 기념 Ubit2004 행사 (2003. 5. 20)

지난 70년간 국내 정보통신 기술의 발전에 중심적인 역할을 해온 광운대학교는 광운학원 창립 70주년을 기념하기 위하여 유비쿼터스 정보통신 기술 국제학술 심포지엄(Ubit 2004: International Symposium on Ubiquitous Information Technology)을 개최하였다. 유비쿼터스 정보통신기술 현황과 미래 사회에 미치는 영향을 소개하기 위하여 국제적인 석학들을 모시고 Ubit2004를 계획한 것으로 정보통신부로부터 ITRC로 지정받은 RFIC 연구센터, 음성신호처리 연구센터, 차세대 삼차원 디스플레이 연구센터와 멀티미디어분야 국제표준화 활동을 추진하는 MPEG-Korea 포럼 주관으로 국내외 전문가를 초빙하여 유비쿼터스 환경에서의 무선통신기술, 음성인식기술,삼차원 이미징 및 디스플레이 기술, MPEG 기반 멀티미디어 처리 기술 등에 대한 심포지엄이 네 개의 세션으로 나누어 진행되었다.

RFIC센터에서는 국외 인사로 Kai Chang 교수 (Texas A&M University, USA / 주제:Recent Developments and Advances in RF/Microwave Components) 그리고 Nick Pothecary 박사 (RedX Wireless Communities, Sweden / 주제:Linear Power Amplifiers and their Applications)을 초청하였으며, 국내 인사로는 박병하 상무 (Samsung Electronics, Korea/ 주제:Trends on Transmitter Architectures for Mobile Wireless Communications) 그리고 박공

만 상무 (LG Innotek Co., Ltd., Korea/ 주제:Trends in Wireless Industry)을 초청하여 성공적으로 행사를 마쳤다.

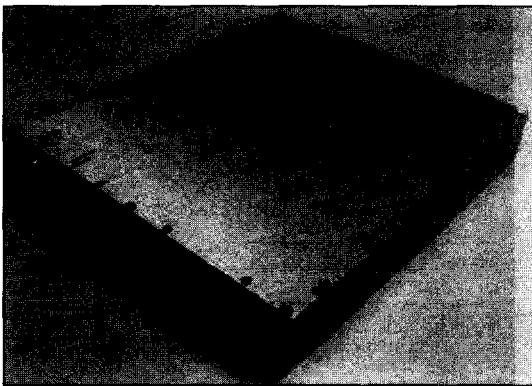


(Ubit 2004 초청 세미나)

(5) 고효율 선형전력 증폭기 개발 상품화 -전자 신문(2004. 5. 10)

광운대학교 김종현 교수와 인텍웨이의 산학 협력으로 개발한 이 제품은 선형전력증폭기에 비해 효율을 30% 이상 개선해 제품 전체 효율을 기존 8%대에서 13%까지 향상시켰다. 아날로그 방식의 선형전력증폭기 효율이 10%를 넘어선 것은 전세계적으로 처음이며 이를 기지국 및 중계기 시스템에 적용할 경우 발열량이 대폭 줄어드는 데다가 전력 사용량도 30% 이상 절감할 수 있

다. 인텍웨이브는 KTF측으로부터 이 제품에 대한 승인을 획득했으며 중국 및 일본 시장에도 진출할 예정이다. 이동통신용 파워앰프 전문업체인 인텍웨이브(대표 김영을 <http://www.intechwave.com>)는 최근 기존 제품보다 전력 효율을 크게 개선한 cdma2000 1X EV-DO 및 IMT-2000용 60W급 고효율 선형전력증폭기(LPA: Linear Power Amplifier)를 국내 최초로 개발했다.



(High-Efficiency Linear Power Amplifier Module)

(6) 해외교류협력관계 구축

a. 현재 3개국 7개 대학과 자매결연 협력관계를 구축하고 있으며, 이들 대학과 공동 프로젝트 실시, 교환 교수제, 교환학생 프로그램 등을 실시하고 있다. 이번년도 자매 결연을 맺어 공동 연구 중에 있는 학교는 아래와 같다.

- b. 2004.06.11 - ELECTROMAGNETICS & MICROWAVE LAB (Dr. Kai Chang, TEXAS A&M UNIV., USA)
- c. 2003.10.20 - HIGH-SPEED ELECTRONICS LAB. (Dr. F. M. Chang, UNIV. OF CALIFORNIA, LOS ANGELES, USA)
- d. 2003.09.29 - INSTITUTE FOR ADVANCED RESEARCH IN WIRELESS TECHNOLOGIES(Dr. Shawn Stapleton, SIMON FRASER UNIV., Canada)

e. 2003년 1월부터 본 센터에서 배출한 연구원(김완중, 석사졸)이 캐나다 SFU 대학의 박사과정으로 입학하여 본 센터와 협력 중에 있으며 또한 2003년 12월말에 본 센터의 참여연구원이(조경준, 박사졸) 과학재단의 Post. Doc프로그램에 선정되어 2004년 9월부터 캐나다 SFU에서 연구활동을 계속할 예정이어서 연구인력 교류도 이루어지고 있다. 또한 2004년 1월부터 2005년 2월까지 국제 공동 연구 협약 관계가 있는 미국 UCSD의 Dr. Larson교수(CENTER FOR WIRELESS COMMUNICATION) 연구실에 이상훈군(2004년 석사졸)을 교환 연구원으로 파견하여 공동 연구 수행 중에 있다.

(7) 세미나 및 워크샵 개최

우리 센터가 지난 상반기 동안 개최했던 세미나 및 워크샵을 정리하면 다음과 같다. (아래 표 참조)

(8) 논문발표실적

우리센터의 연구발표 실적 중 중요부분을 밝혀하면 다음과 같다.

A. 국제논문발표

1. K.J. Cho, D.H. Jang, S.H. Kim, J.H. Kim, and S.P. Stapleton, "A RF curve-fitting pre-distorter for extending the dynamic range of a linearized power amplifier," Microwave and Optical Technology Letters, vol. 40, no. 1, pp. 83-87, Jan. 2004.
2. K. J. Song, J. C. Lee, B. J. Lee, J. H. Kim, N. Y. Kim, "High-Efficiency Class-C Power Amplifier Module", vol. 40, no. 2, Jan. 2004

일 시	제 목	연 사
2004.1.7	Design and Development of Low-Noise CMOS VCO IC for Wireless LAN	김성진 팀장 (기가레인)
2004.2.9~ 2.12	RF Basics, Transceiver Basics	김남영 교수(광운대)
2004.3.13	Zeland IE3D Tool Basics	정선정(에코마이크로시스템)
2004.4.23	Remcom XFDTD Tool Basics	정선정(에코마이크로시스템)
2004.5.07	RF Transmitter Design	유창식 교수(한양대)
2004.5.20	Recent Developments and Advances in RF/Microwave Component	Dr. Kai Chang (Texas A&M Univ., USA)
2004.5.20	Linear Power Amplifiers and their Applications	Dr. Nick Potheary (RedX Wireless Communities, Sweden)
2004.5.20	Trends on Transmitter Architectures for Mobile Wireless Communications	박병하 상무 (삼성전자)
2004.5.20	Trends in wireless industry	박공만 상무(LG 이노텍)
2004. 5. 14	Double-gate Si/SiGe dual-channel FETs:Non-classical CMOS for scaling beyond bulk-Si limit	정종완 박사 (MIT)
2004.5.21	Design a of MMIC LNA for 5.8 GHz and 26.5GHz	황인갑 교수(전주대)
2004.5.28	Science and Technology Policy Overview of the Governmen	최석식 실장 (과기부)
2004.6.4	RF Access System (Repeater) for Wireless Communication	정종민 박사(HFR)

3. K.J. Cho, D.H. Jang, S.H. Kim, J.Y. Kim, J.H. Kim, and S.P. Stapleton, "An Analog Compensation Method for Asymmetric IMD Characteristics of Power Amplifier," IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 14, no. 4, April 2004.
4. J. H. Joo, J. J. Choi, "Improved Noise Characteristics of a Helix-TWT Combined with a Low Noise Solid State Amplifier", IEEE Tran. on Plasma Science, June 2004
5. S. J. Ha, C. D. Ahn, K. T. Lee, U. S. Hong, "Improved Structure of a DRO for High Output Power and Low Phase Noise", Microwave and Optical Technology Letters, vol. 41, no. 1, April 2004.

B.국제학회발표

1. K. J. Cho, J. H. Kim, S. P. Stapleton, "RF High Power Doherty Amplifier for Improving the Efficiency of a Feedforward Linear Amplifier", IEEE MTT-S International Microwave Symposium, June 2004
2. K. J. Jung, H. Y. Lee, G. C. Kang, S. H. Han, B. J. Lee, "Cavity-Backed Planar Slot Array Antenna with a Single Waveguide-Fed Sub-array", IEEE Antennas and propogation Society International Symposium, vo.3 ,pp. 3273-3276, June 2004
3. J. Lee, S. H. Lee, J. C. Lee, J. H. Kim, B. Lee, S. H. Jeon, J. W. Park, N. Y. Kim, "Low Power and Small Sized Ku-band MMIC Low Noise Block Downconverter

Design using InGaP/GaAs HBT Process"IEEE MTT-S International Microwave Symposium, June 2004

4. L. B. Jang, G. W. Choi, S. M. Jang, Y. D. Lee, J. J. Choi, K. O. Lee, K. H. Chung, "Simulations of a 1MW, 700MHz Klystron using MAGIC PIC-code", Fifth IEEE International Vacuum Electronics Conference, April 2004
5. J. H. Joo, M. H. Son, Y. D. Lee, J. J. Choi, "Improved Noise Characteristics of an X-band Helix-TWT Combined with a Low Noise Solid State Amplifier", Fifth IEEE International Vacuum Electronics Conference, April 2004
6. J. H. Joo, M. H. Son, Y. D. Lee, J. J. Choi, "Feedforward and Predistortion Linearizers on an X-band Helix TWT", Fifth IEEE International Vacuum Electronics Conference, April 2004

C. 특허출원 및 등록

1. B. J. Lee, Broadband Double Polarized Microstrip Antenna, Korea Patent No. 0417493, Jan. 2004
2. J. H. Kim, Doherty Power Amplifier, Korea Patent No. 0338863, Jan. 2004



이 종 철

- 1983년 2월 : 한양대학교 전자공학과 졸업
 1985년 2월 : 한양대학교 대학원 전자공학 석사
 1989년 12월 : 미국 Arizona State University 전자공학 석사
 1994년 5월 : 미국 Texas A&M University 전자공학 박사
 1994년 6월 ~ 1996년 2월 : 현대전자(주) 광소자개발실 선임연구원
 1996년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 전파공학과 전임강사 / 조교수/부교수
 2000년 8월 ~ 현재 : ITRC RFIC 센터 과제수행 책임자
 2001년 12월 ~ 현재 : 중국 Harbin Inst. of Technology 객원 교수
 2002년 12월~2004년 2월 미국 Univ. of California, San Diego, Visiting Scholar
 2004년 10월 ~ 현재 : 산업기술재단 EU 기술 외교관
- 1992년 1월 ~ 현재 : 미국 IEEE Member
 2004년 7월 ~ 현재 : 영국 IEE Member
 1996년 3월 ~ 현재 : 한국전자파학회 종신회원
 1996년 3월 ~ 현재 : 한국통신학회 정회원
 2002년 3월 ~ 현재 : 대한전자공학회 편집위원
 2002년 5월 ~ 현재 : 한국 ITS 학회 이사/학술위원/편집위원
- <관심 분야> 초고주파 응용, 광전자공학, RF MEMS, 마이크로파 및 밀리미터파 회로