

# 5밴드 휴대폰용 폴디드 모노폴 안테나 제작

## Fabrication of Folded Monopole Antenna for Quintuple Band Mobile Phone Handset

장 인 석 · 손 태 호 · 이 재 호\*

Inseok Jang · Taeho Son · Jaeho Lee\*

### 요 약

본 논문에서는 하나의 단말기로 다수의 서비스를 제공할 수 있는 5밴드 폴디드 모노폴 안테나를 설계 제작하였다. 폴디드 모노폴 안테나의 접힌 구조를 통한 직렬 커패시턴스 보상과 물리적인 길이를 조절하여 이득을 높일 수 있는 특성을 이용하였다. 이 안테나는 CDMA/GSM/DCS/USPCS/WCDMA 5밴드 대역 특성을 만족하고 있으며, 제작에 있어서도 기존의 프레스 제작 형태가 아닌 유연성 기판(flexible PCB) 기술을 이용함으로써 낮은 생산 가격을 실현하였다. 정합단을 적용한 안테나는 5밴드 대역에서 최대 이득  $-2.51 \sim +1.82$  dBi 결과가 나왔고, 방사 패턴 또한 전방향성 특성을 얻었다.

### Abstract

We designed and fabricated, in this paper, a quintuple band folded monopole antenna for the mobile phone handset that can be provided multiple mobile services. Antenna design was based on the compensation of series antenna capacitance with the expansion of physical antenna length by the proper folding structure. It's shown that this antenna satisfies quintuple service band as CDMA/GSM/DCS/USPCS/WCDMA, and is more cost competitive than conventional metal plate pressing method by applying on flexible PCB technology. Measured maximum gain on quintuple band were  $-2.51 \sim +1.82$  dBi, and radiation patterns were also shown nearly omnidirectional on all bands.

Key words : Folded Monopole, Mobile Antenna, Quintuple Band, Flexible PCB

### I. 서 론

최근 이동통신의 급속한 발전은 휴대 단말기를 이용하여 다양한 서비스를 제공할 수 있게 만들었다. 또한, 안테나의 소형화 및 멀티 밴드화에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있다. 안테나 변화에 대한 소비자의 욕구에 따라 근래에는 내장형 안테나 추세로 설계 생산되고 있다. 내장형 안테나는 2000년대 초반부터 개발되어 휴대 단말기에 적용되고 있다<sup>[1]</sup>.

당시 내장형 안테나의 이득 및 방사 특성은 외장

형인 헬리컬 스텐비(helical stubby)나 1/4 파장 리트랙트블(retractable)에 비해 크게 뒤떨어졌었다. 그러나 그간의 방사 효율 증대에 대한 꾸준한 연구는 일부 외장형 보다 양호한 특성의 수준까지 이르고 있다.

이러한 내장형 안테나의 발전에도 불구하고 좁은 대역 특성과 낮은 방사 저항 특성은 휴대 단말기의 다양한 서비스에 많은 제한적인 요소가 된다. 즉, 내장형 안테나로 3중 밴드 이상의 대역 특성 구현은 매우 힘들다. 이러한 관점에서 볼 때 외장형 이면서도 비교적 소형화가 가능하고 멀티밴드 구현에 이점이 있는 폴디드 모노폴 안테나는 내장형 안테나의

순천향대학교 정보통신공학과(Department of Infocom Engineering, Soonchunhyang University)

\*삼성전자 무선사업부 안테나개발 LAB(Antenna R&D LAB, Mobile Communication Division, Samsung Electronics Co. LTD)

· 논문 번호 : 20060526-02S

· 수정완료일자 : 2006년 7월 7일

대안으로 다시 부각되고 있다<sup>[2]~[4]</sup>.

폴디드 모노폴 안테나는 접힌 구조를 통해 직렬 커패시턴스 성분을 보상시키고, 물리적인 길이를 조절하여 이득을 높일 수 있다. 하지만 기존의 폴디드 모노폴 안테나의 경우 제작에 있어 프레스 공법으로 생산함으로써 생산 단가가 높다는 문제를 가지고 있었다. 이러한 문제점은 유연성 기반 기술을 이용하면 문제를 해결할 수 있다.

본 논문은 폴디드 모노폴 안테나를 유연성 기판을 이용하여 CDMA/GSM/DCS/USPCS/WCDMA 5중 대역 안테나를 설계 제작한 논문이다. 안테나 각 길이 변화에 따른 이론적 반사 특성을 나타내고, 최적 설계한 형태를 제시하고 측정 결과를 고찰한다.

## II. 안테나 파라미터 비교 분석

그림 1은 제안된 안테나의 형태 및 분석을 위한 제원을 나타낸 그림이다.  $H$ 는 안테나의 높이,  $W$ 는 안테나의 폭,  $M$ 은 안테나 주방사체의 폭,  $S$ 는 안테나의 부방사체 폭,  $L$ 은 안테나 하단 면의 높이이다.

각 파라미터 값의 특성을 비교하기 위해 안테나의 모든 파라미터를 고정시킨 후에 각각의 파라미터를

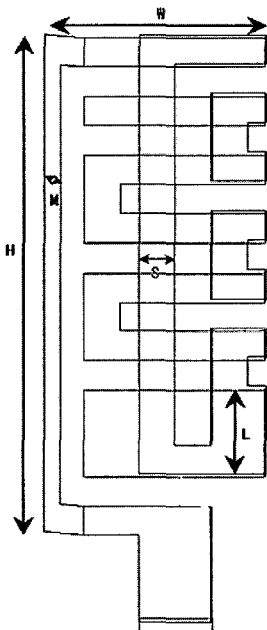


그림 1. 제안된 안테나 구조  
Fig. 1. Geometry of proposed antenna.

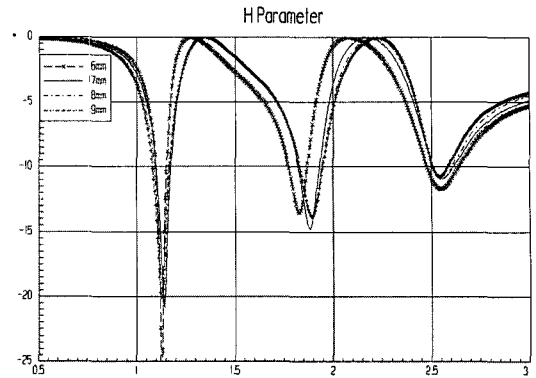


그림 2.  $H$  변화에 따른 반사 손실  
Fig. 2. Return loss due to height  $H$  variation.

하나씩만 변화시켜 그 특성을 분석하였다. 또한 이런 과정을 통해 안테나의 최적화된 높이와 길이 그리고 폭 등을 결정하였다.

그림 2는 파라미터  $H$ 를 변화시키며 본 반사 손실의 변화이다. 안테나 높이인  $H$ 를 증가시키면 높은 주파수에서 공진 주파수의 변화가 발생한다. 이는  $H$ 가 증가할 때 물리적인 길이의 변화보다 미앤더 구조인 부방사체와의 용량성 변화에 기인된 것으로 예측할 수 있다.

그림 3은 파라미터  $W$ 를 변화시키며 본 반사 손실 특성이다. 안테나의 폭  $W$ 가 증가할수록 공진 주파수가 하향 천이하고 있다. 이는 안테나의 커패시턴스 성분이 증가하여 리액턴스가 감소하므로 주파수가 하향 천이된다고 볼 수 있다. 안테나의 폭은 공진 주파수 변화에 큰 영향을 주고 있다.

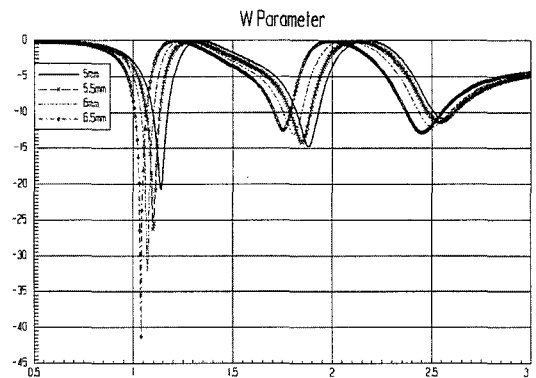


그림 3.  $W$  변화에 따른 반사 손실  
Fig. 3. Return loss due to width  $W$  variation.

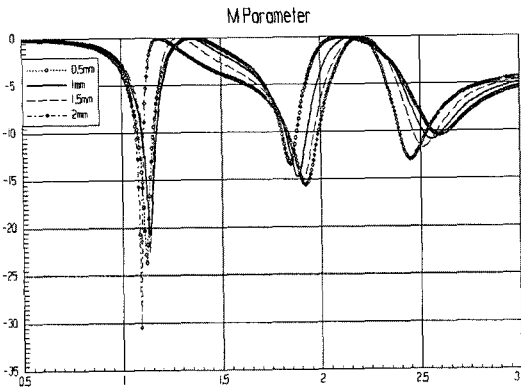


그림 4.  $M$  변화에 따른 반사 손실  
Fig. 4. Return loss due to width  $M$  variation.

그림 4는 파라미터  $M$ 을 변화시켰을 때 나타난 반사 손실의 변화이다.  $M$ 은 안테나의 주방사체로 폭이 증가할수록 가장 낮은 주파수인 첫 번째 폴과 가장 높은 주파수인 세 번째 폴의 공진 주파수가 하향 천이하는 것을 볼 수 있다. 그러나 중간 주파수인 두 번째 폴에서는 공진 주파수가 상향 천이하는 것을 볼 수 있다.

그림 5는 안테나 파라미터  $S$ 를 변화시켜 본 반사 손실로, 가장 낮은 주파수와 중간 주파수 천이는 파라미터  $M$ 의 변화와 유사하게 나타나고 있다. 그러나 가장 높은 주파수에서는 공진 주파수가 상향 천이하는 것을 볼 수 있다.

그림 6은 안테나 하단 면의 높이  $L$ 을 변화시켰을 때의 반사 손실이다. 물리적 높이가 증가할수록 첫 번째와 세 번째 폴에서 공진 주파수가 하향 천이됨

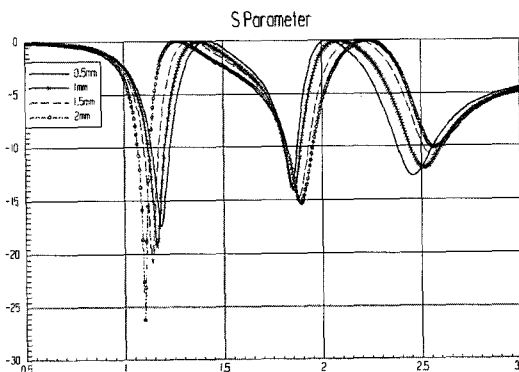


그림 5.  $S$  변화에 따른 반사 손실  
Fig. 5. Return loss due to width  $S$  variation.

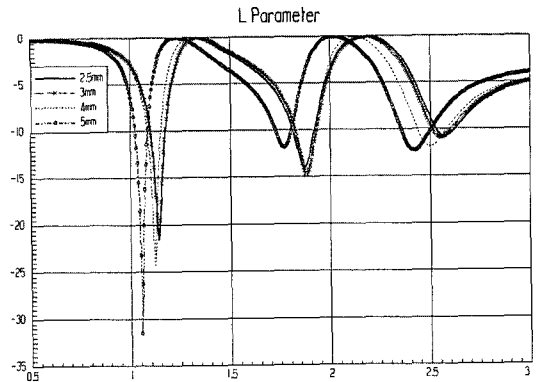


그림 6.  $L$  변화에 따른 반사 손실  
Fig. 6. Return loss due to length  $L$  variation.

을 볼 수 있고, 두 번째 폴에서는 5 mm로 길어질 때 공진 주파수가 약 100 MHz 하향 천이됨을 보이고 있다.

### III. 폴디드 모노폴 안테나 제작

파라미터 변화에 따른 안테나의 특성 변화를 나타내면 안테나의 높이 변화는 공진 주파수에 크게 영향을 주지 않고 있으며, 안테나 폭의 변화가 공진 주파수에 큰 영향을 주고 있다. 또한 안테나의 주방사체와 부방사체에서는 폭이 증가할수록 첫 번째 폴과 두 번째 폴의 공진 주파수 변화가 유사하게 나타났고, 가장 높은 주파수인 세 번째 폴의 공진 주파수 변화는 두 방사체에서 서로 다른 주파수 천이를 보이고 있다. 이러한 파라미터 분석 결과를 토대로 안테나의 최적화 제원을 얻을 수 있다.

최적화된 안테나 제원을 토대로 폴디드 모노폴 안테나를 제작하였다. 제작은 양산할 때 가격이 저렴하고 손쉽게 조립할 수 있는 유연성 기판에 인쇄

표 1. 설계된 안테나의 제원  
Table 1. Dimensions of designed antenna.

기호	길이[mm]	설명
$H$	17	안테나 전체 높이
$W$	5.5	안테나 폭
$M$	1.5	안테나 주방사체 폭
$S$	1.0	안테나 부방사체 폭
$L$	3.0	안테나 하단 면의 길이

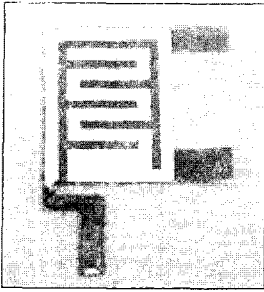


그림 7. 유연성 기판 안테나  
Fig. 7. Flexible PCB antenna.

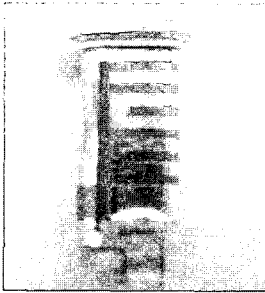


그림 8. 캐리어에 조립된 형태  
Fig. 8. An assembled antenna figure on carrier.

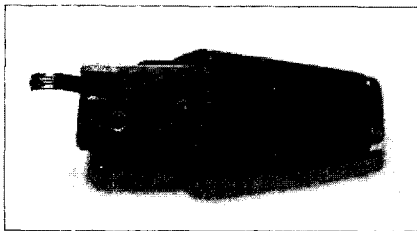


그림 9. 완성된 안테나  
Fig. 9. Produced antenna.

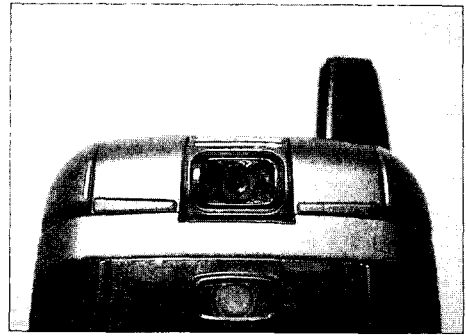
회로로 제작하였다. 이 방법은 3차원 구조일 때 프레스 공법보다 조립성이 우수한 장점을 가지고 있다.

그림 7은 유연성 기판에 제작된 안테나의 사진이고, 그림 8은 안테나 우레탄 캐리어(carrier)에 유연성 기판을 부착한 모습이다.

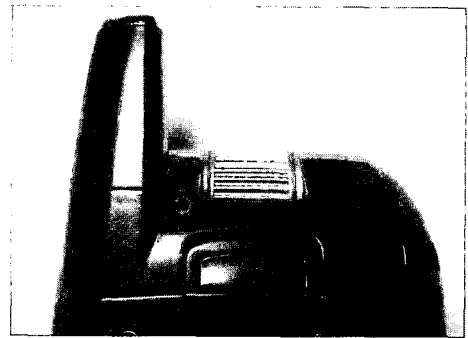
그림 9는 그림 8과 같은 내부 안테나에 PC 재질의 커버를 씌운 완성된 안테나의 모습이다.

제작된 안테나를 휴대 단말기에 적용시킨 모습은 그림 10과 같다. 여기서 위 사진은 앞면에서 본 것이고, 아래 사진은 뒷면 모습이다.

실제 제작된 안테나는 단말기 세트 요구에 의해



(a) 앞면  
(a) Front view



(b) 뒷면  
(b) Rear view

그림 10. 휴대 단말기에 적용된 안테나  
Fig. 10. Assembled antenna on mobile handset.

전체적 높이의 제한에 의해 CDMA/DCS/USPCS에서는 주파수 밴드를 만족하였으나, GSM/WCDMA 주파수 대역을 만족하지 못하였다. 따라서  $L$ 과  $C$ 를 이용한 정합 회로를 적용함으로써 주파수 대역을 만족시켰다.

그림 11은 제작된 안테나의 측정 반사 손실이다. 측정은 Agilent사의 8753ET 네트워크 분석기를 이용하였다. 각 주파수 대역의 반사 손실은 CDMA 대역에서는  $VSWR$  2:1 이하의 특성이 나타났고, GSM 대역의 경우  $VSWR$  3:1, DCS/USPCS/WCDMA 대역에서는 2:1 이하의  $VSWR$  특성을 보이고 있다.

그림 12는 안테나의 GSM 대역 방사 패턴 및 이득 측정치이다. E1-면의 송·수신 주파수별 최대 이득은  $-2.51 \sim +1.82$  dBi, H-면의 송·수신 주파수별 최대 이득값은  $-0.57 \sim +1.27$  dBi 값이 측정되었다. 이는 낮은 주파수임에도 불구하고 양호한 이득 특성을 보이고 있으며, 특히 H-면 방사 패턴은 휴대 단말기

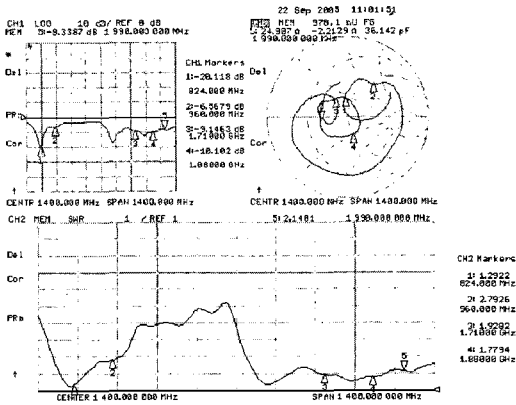
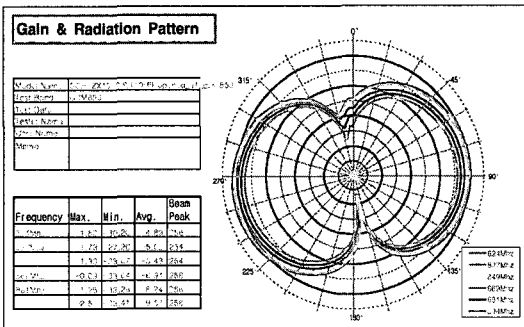
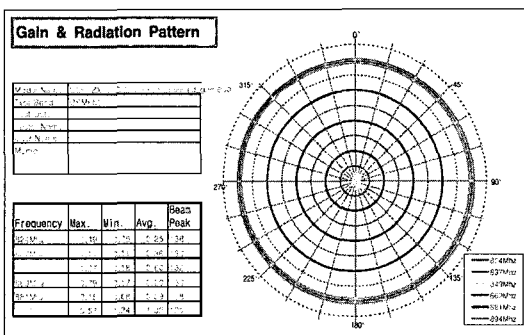


그림 11.  $S_{11}$  특성  
Fig. 11.  $S_{11}$  response.



(a) E1면  
(a) E1-plane

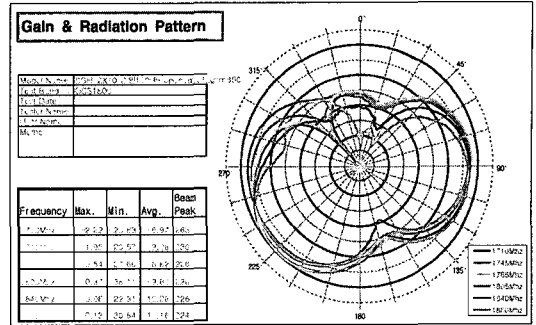


(b) H면  
(b) H-plane

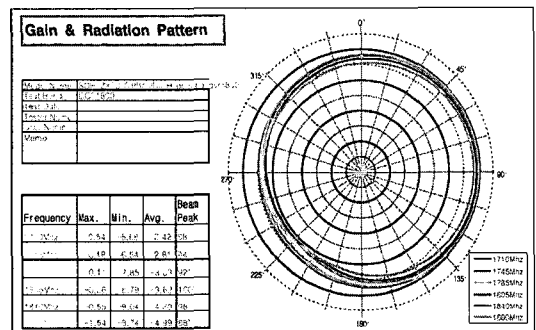
그림 12. GSM 대역 방사 패턴  
Fig. 12. Radiation patterns for GSM band.

에서 필요로 하는 전방향성 특성을 보이고 있다.

그림 13은 제작된 안테나의 DCS 대역 방사 패턴 및 이득 측정 결과이다. E1-면의 송·수신 주파수별



(a) E1면  
(a) E1-plane



(b) H면  
(b) H-plane

그림 13. DCS 대역 방사 패턴  
Fig. 13. Radiation patterns for DCS band.

최대 이득값은  $-2.22 \sim -0.06$  dBi, H-면의 송·수신 주파수별 최대 이득값은  $-1.54 \sim +0.54$  dBi가 측정되었다. 방사 패턴 역시 GSM 대역에서의와 같이 H-면 전방향성 특성을 보이고 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 이동통신용 휴대 단말기에 사용 가능한 CDMA/GSM/DCS/USPCS/WCDMA 5밴드 폴디드 모노폴 안테나를 설계·제작하였다. 제시된 안테나는 폴디드 구조를 사용해 안테나 커패시턴스 성분을 보상시키고, 물리적인 길이를 조절하여 다중 밴드 특성을 실현하였다. 또한 안테나 제작에 있어서도 기존의 프레스 제작이 아닌 유연성 기판 기술을 적용함으로써 3차원 구조의 복잡한 형태의 안테나를 저가격으로 실현될 수 있게 하였다.

제작된 안테나는 LC 정합 회로를 적용하여 GSM/

WCDMA 대역을 만족시켰다. 측정 결과 다중 대역에서 최대 3:1 VSWR 특성을 만족하고 있으며, 이득 또한  $-2.51 \sim +1.82$  dBi로 양호한 특성을 보이고 있다. H-면 방사 패턴은 단말기가 만족하여야 할 전방향성 특성을 얻었다. 이 안테나는 현재 수출형 휴대용 단말기 모델에 적용하고 있다.

### 참 고 문 헌

[1] Kin-lu Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, Wiley interscience, 2003.  
 [2] 손태호 외, "이동통신 단말기용 외장형 플리드

모노폴 안테나", 한국정보기술학회논문지, 2(1), pp. 85-92, 2004년 3월.

[3] 손태호 외, "GSM/DCS Dual 밴드용 접힌 모노폴 안테나", 춘계 마이크로파 및 전파학술대회, 27(1), pp. 145-148, 2004년 5월.  
 [4] 손태호, "휴대폰용 접힌 모노폴 안테나", 대한민국 실용신안특허 제0304442호, 2003년.  
 [5] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, 1997.  
 [6] H. Arai, *Measurement of Mobile Antenna System*, Artech House, 2001.

### 장 인 석



2005년 2월: 순천향대학교 전기전자공학부 (공학사)  
 2005년 3월~현재: 순천향대학교 정보통신학과 석사과정  
 [주 관심분야] 안테나 및 전자파 이론, RFID

### 이 재 호



1996년 2월: 부산수산대학교 정보통신공학과 (공학사)  
 1998년 2월: 부경대학교(구 부산수산대학교) 전자공학과 (공학석사)  
 2002년 3월: 일본 타쿠쇼쿠(拓殖)대학 전자정보공학 (공학박사)  
 2002년 4월~2003년 12월: 일본 타쿠쇼쿠(拓殖)대학 객원연구원  
 2002년 4월~2004년 3월: 일본 학술진흥재단(JSPS) 외국인 특별연구원  
 2004년 1월~2005년 11월: (주)삼성전자 무선사업부 개발 3팀 책임연구원  
 2005년 12월~현재: (주)삼성전자 무선사업부 안테나개발 Lab.장  
 [주 관심분야] 휴대폰 내장형 안테나, Wibro 및 DMB/DVB-H 내장형 안테나, SAR 해석 등

### 손 태 호



1979년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)  
 1986년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)  
 1990년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학박사)  
 1980년~1981년: 영국 Ferranti사 연

구원

1978년~1987년: LG이노텍(주) 연구소 근무  
 1992년~1994년: 천문우주연구원 객원연구원  
 1999년~2000년: University of Illinois 연구교수  
 2000년~2003년: (주)넷시텔레콤 위축 연구소장  
 2002년~2006년: (주)에스비텔콤 기술고문  
 2005년~현재: (주)하이트렉스 기술고문  
 2006년~현재: (주)동원 위축 연구소장  
 1990년~현재: 순천향대학교 정보통신공학과 교수  
 [주 관심분야] 위성통신, 휴대폰, RFID용 안테나 설계, 자동차용 전장품 개발, 전자파 생체영향 등