

역 파이 급전 방식을 적용한 IPI-IFA

Design of the IPI-IFA using the Inverted PI Feeder

오규종*, 손태호**

Kyu-Jong Oh*, Tae-Ho Son**

요 약

본 논문에서는 휴대폰 단말기 이득 향상을 위한 역파이(IPI) 급전 안테나를 제안하였다. 역 파이 급전 구조는 내장형 안테나의 방사저항을 작게 하고, 전류를 증가시켜 방사효율과 이득을 향상시킨다. 이득 향상을 확인하기 위하여 기존 IFA(Inverted F Antenna)에 역파이 급전을 설계하여 적용하였다. GSM900/DCS1800/PCS1900/WCDMA 대역 U 모델(IFA 타입)에 본 연구를 적용하여 제작하였다. 제작한 안테나는 기존 안테나에 비해 전 대역에서 0.3~2[dB] 이득이 향상됨을 보였다.

Abstract

Design of IPI(Inverted PI) feeding internal antenna for the gain improvement of mobile phone was proposed. IPI feeding structure affects on both low radiation resistance of antenna and increase current for the internal antenna such as IFA(Inverted F Antenna). By these facts, antenna fed by IPI can get the gain improvement with increasing radiation efficiency. For the verification, we applied IPI feeding structure to conventional quad band IFA. Measurement shows that IPI-IFA has 0.3~2.0[dB] higher gain than conventional IFA on GSM/DCS/USPCS/WCDMA band.

Key word : Inverted PI(IPI), IFA, IPI-IFA, Internal antenna

I. 서 론

이동통신 기술의 급속한 발전으로 단말기의 소형화, 다기능화 및 경량화가 이루어짐에 따라 안테나의 소형화가 요구되고 있고, 디자인에 있어서도 내장형 안테나를 선호하고 있다. 현재 널리 사용하는 내장형 안테나는 PIFA(Planar Inverted F antenna)와 IFA가 주로 적용되고 있다[1]-[2].

IFA는 임피던스 정합을 위해 ILA(Inverted L Antenna) 타입을 변형한 구조로서 안테나의 임피던스

를 조절하고 있다. IFA 타입은 얇은 두께로 안테나를 제작할 수 있어 슬림(slim) 폰 적용에 유리한 반면 방사저항이 작아 효율이 떨어지고, 리액턴스는 커져서 대역폭이 좁을 뿐 아니라 임피던스 정합이 어렵다는 단점을 가지고 있다[3]-[4].

본 논문에서는 이와 같은 성능 저하 문제를 개선하기 위해 T-정합을 적용한 역파이(IPI) 급전 구조 방법을 제안한다. 역파이 급전 구조는 안테나 임피던스를 조절해 줌으로써 상대적으로 전류를 증가시켜 이득을 향상시킬 수 있다[5]. 일반적인 IFA의 특성을

* 가천의과학대학교 보건행정과(Dept. of Health Administration, Gachon University of Medicine and Science)

** 순천향대학교 정보통신공학과(Dept. of Infocom Engineering, Soonchunhyang University)

· 제1저자 (First Author) : 오규종

· 투고일자 : 2009년 9월 28일

· 심사(수정)일자 : 2009년 9월 29일 (수정일자 : 2009년 10월 23일)

· 게재일자 : 2009년 10월 30일

소개하고, IPI-IFA의 설계 및 제반특성을 나타낸다.[5]-[7] IPI 특성을 확인하기 위하여 GSM900 / DCS1800 / PCS1900 / WCDMA 대역에서 동작하는 4 중대역 안테나를 설계하고 이를 제작한다. 제작된 안테나를 측정하여 기존 IFA의 특성과 비교하고 이를 검토한다.

II. IFA 안테나 시뮬레이션

슬립폰은 카메라, 스피커 및 진동 모터 등의 부품으로 인하여, 안테나를 탑재할 수 있는 공간이 매우 협소하다. IFA는 다양한 종류의 슬립폰에 많이 적용하고 있는 안테나 타입이다. 얇은 디자인과 안테나 배치공간을 넓혀 전파 수신율을 높이기 위해 안테나를 폰의 하단에 많이 배치하고 있다.[8]-[10]

그림 1은 PCS 대역 휴대 단말기용 역 F형 안테나의 기본 구조를 보인 것이다.

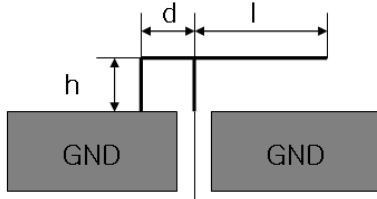
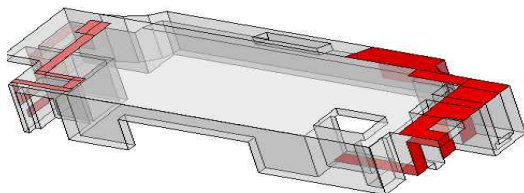


그림 1. IFA 구조
Fig. 1. Geometry of IFA

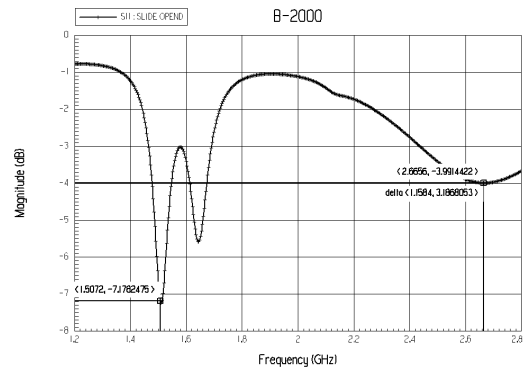
그림 2는 HFSS EM 시뮬레이션 툴(tool)을 이용하기 위한 모델과 PCS 대역 중심 주파수 1.8[GHz]에서의 이론적 반사손실을 나타내고 있다.[11]



(a) IFA 모델

그림 3은 그림2(a) 안테나를 제작한 뒤 안테나의 반사손실을 측정된 결과이다. PCS 송신 주파수 대역

(1.75~1.875[GHz])에서 VSWR 2.5 : 1 이하, 수신 주파수 대역(1.84~1.88[GHz])에서 VSWR 1.5 : 1 이하의 특성을 보이고 있다.



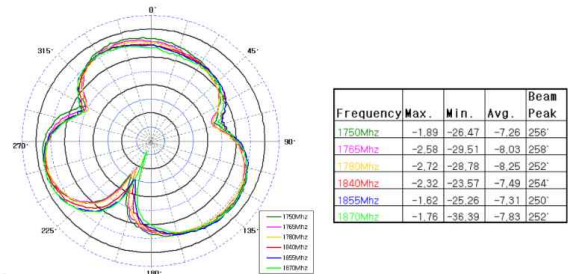
(b) 시뮬레이션 반사손실

그림 2. IFA 모델(a) 및 시뮬레이션 반사손실(b)
Fig 2. IFA model(a) and Simulated return loss(b)

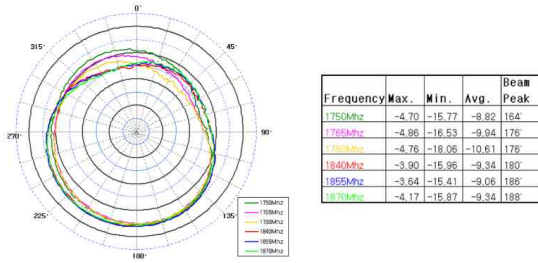


그림 3. PCS 대역 반사손실 측정 결과
Fig 3. Measured return loss of PCS band

그림 4는 제작한 안테나의 방사패턴과 이득 측정치를 보인 것이다.



(a) E1-Plane



(b) H-Plane

그림 4. PCS 대역 측정 결과

Fig 4. Measured E1-Plane and H-Plane on the PCS band

E1 면의 송·수신 주파수별 최대 이득 값은 -2.72 ~ -1.62[dBi], H 면의 송·수신 주파수별 최대 이득 값은 -4.86 ~ -3.64[dBi]로써 PIFA 타입보다 이득이 다소 떨어짐을 보이고 있다. H 면 방사패턴은 휴대 단말기에서 필요로 하는 전방향성 특성을 나타내고 있음을 확인 할 수 있다.

III. 역파이 급전 IFA

IFA 안테나의 단점인 낮은 이득 및 효율 문제를 개선하기 위하여 급전 방식으로 역파이(IPI) 구조를 적용하였다. 그림 5는 GSM/DCS/USPCS/WCDMA Quad 밴드 휴대 단말기용 IFA의 이론적(IPI) 구보인 것이다. IFA의 IPI은 830[MPI]와 단말기06 IPI에서 각각 -13[dB]와 -36[dB]의 특성을 보인다.

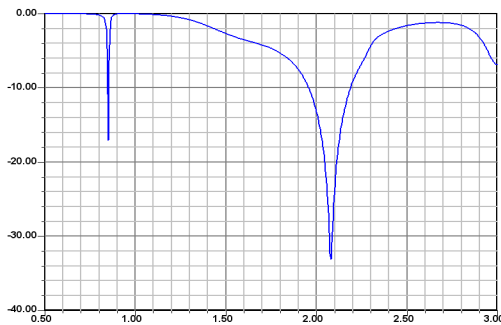
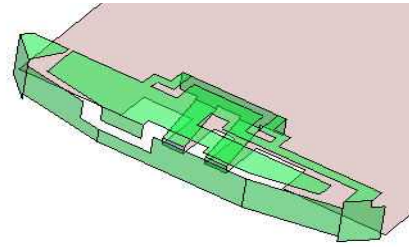


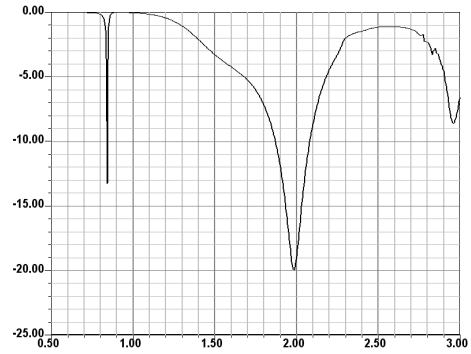
그림 5. IFA 반사손실

Fig 5. Measured return loss of IFA

본 연구에서 제안한 역 파이 급전 안테나의 구조와 이론적 반사손실은 다음 그림 6과 같다.



(a) 구조



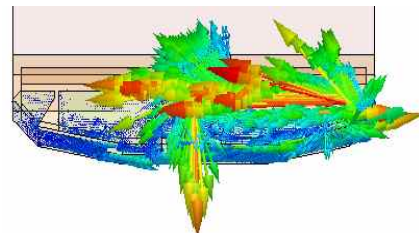
(b) 반사손실

그림 6. 역 파이 급전 IFA 반사손실

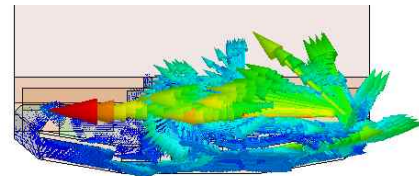
Fig 6. Measured return loss of IPI-IFA

그림 6(a)에서 아래 두 라인이 급전점이고, 역 파이 형태로 IFA와 연결되어 있다. IPI-IFA의 반사손실은 그림6(b)에서 볼 때, 830[MHz]와 2.06[GHz]에서 각각 -13[dB]와 -20[dB]로 그림 5의 IFA와 공진점이 거의 같음을 알 수 있다.

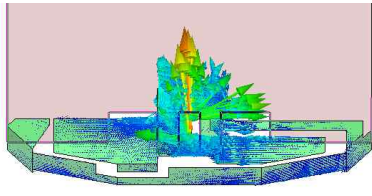
그림 7은 기존 IPI-IFA가 기존 IFA보다 우월함을 보이기 위하여 전류밀도를 비교한 그림이다.



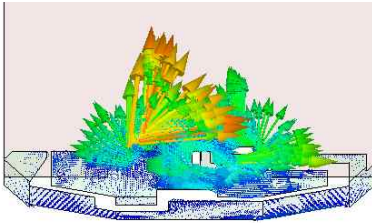
(a) GSM 대역 IFA



(b) GSM 대역 IPI-IFA



(c) DCS 대역 IFA



(d) DCS 대역 IPI-IFA

그림 7. IFA와 IPI-IFA의 전류밀도 분포
Fig 7. Current density on IFA and IPI-IFA

그림 7에서 나타난 전류밀도 크기를 비교하기 위하여 표로 나타내면 표 1과 같다. 표 1에서 PI-IFA의 전류밀도가 기존 IFA의 전류밀도에 비해 GSM 대역과 DCS 대역에서 각각 142[A/m²], 27[A/m²]만큼 더 증가함을 알 수 있다. 전류밀도의 증가는 같은 크기에서 안테나 전류가 증가하므로 결국 안테나 이득을 향상시키게 된다.

표 1. IFA와 IPI-IFA의 전류밀도
Table 1. Current density on IFA and IPI-IFA

종류 대역	IFA [A/m ²]	IPI-IFA [A/m ²]
GSM	713	855
DCS	160	187

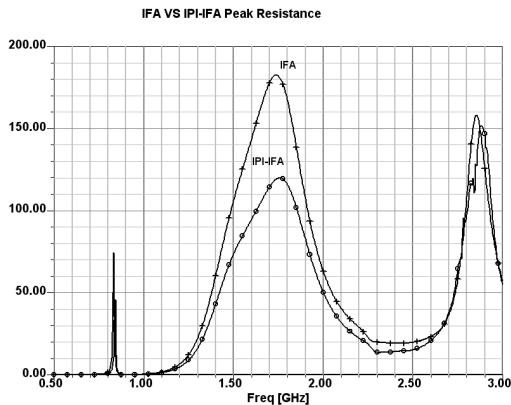


그림 8. IFA와 IPI-IFA의 피크저항
Fig 8. Peak resistance IFA and IPI-IFA

그림 8은 IFA와 IPI-IFA의 피크저항을 비교한 그림이다. 주파수 밴드 내에서 IFA의 피크저항은 약 180[Ω]이고, IPI-IFA의 피크저항은 120[Ω]으로 나타나고 있다. 낮은 피크저항 값은 같은 전압에서 보다 많은 전류를 공급할 수 있다.

IV. 제작 및 측정

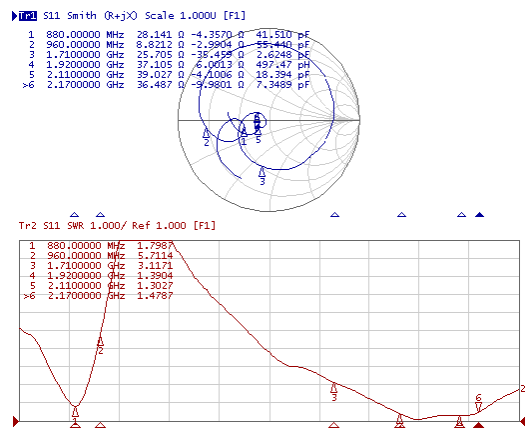
기존 안테나에 역 파이 급전 구조를 적용한 안테나를 설계하고, 기존 안테나와 특성을 비교하였다. IPI-IFA의 주파수 대역은 GSM/DCS/USPCS/WCDMA Quad 대역이다. 그림 9(a)는 기존 IFA이고 그림 9(b)는 본 논문에서 제안한 IPI-IFA이다.



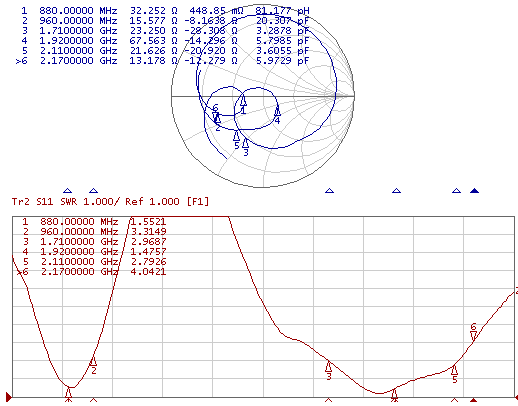
(a) 기존 IFA (b) IPI-IFA

그림 9. IFA와 IPI-IFA
Fig 9. IFA and IPI-IFA

그림 10은 제작된 기존 IFA와 IPI-IFA의 반사손실 측정 결과이다. IPI-IFA 적용 단말기는 국내 L사의 U 모델 폴더 타입으로 폴더가 닫힌 상태에서 반사손실을 측정하였다.



(a) 기존 IFA

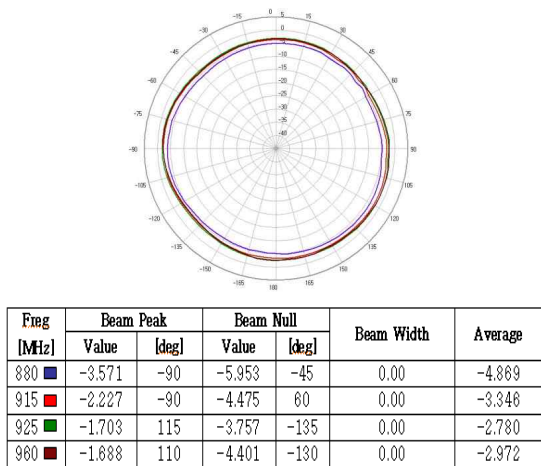


(b) IPI-IFA

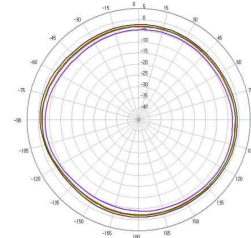
그림 10. IFA와 IPI-IFA의 반사손실 측정 결과
Fig 10. Measured return loss of IFA and IPI-IFA

그림 10에서 보듯이 두 안테나의 공진 주파수가 유사함을 볼 수 있다. VSWR을 보면 기존의 IFA보다 IPI-IFA 안테나가 더 좋은 특성을 보이고 있다. IFA는 USPCS / WCDMA 대역에서 VSWR 1.5 : 1 이하, GSM 송신 주파수 대역에서 1.7 : 1 이하, 수신 주파수 대역에서 5.7 : 1 이하, DCS 대역에서 3.1 : 1 이하의 특성을 보이고 있다. IPI-IFA는 GSM 송신 주파수 대역에서 1.5 : 1 이하, 수신 주파수 대역에서 3 : 1 이하, DCS / USPCS 대역에서 IFA와 유사한 특성을 보이고 있다.

그림 11은 GSM 대역에서 IFA와 IPI-IFA의 H-면 방사패턴 측정 결과이다. H-면 방사패턴은 휴대 단말기에서 가장 중요한 패턴으로, 전방향 특성이 요구되고 있다.



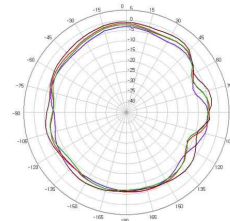
(a) 기존 IFA



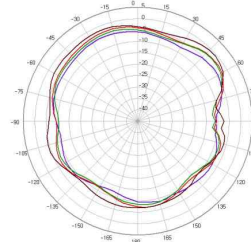
(b) IPI-IFA

그림 11. GSM 대역 방사패턴
Fig 11. Radiation pattern on GSM band

그림 11에서 본 연구의 IPI-IFA가 기존 IFA에 비해 0.3~2[dB] 더 높은 이득 특성을 보이고 있다.



(a) IFA



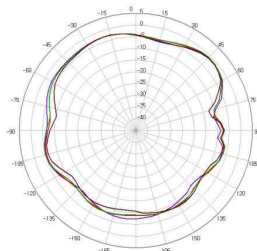
(b) IPI-IFA

그림 12. DCS 대역 방사패턴
Fig 12. Radiation pattern on DCS band

그림 12는 DCS 대역에서 IFA와 IPI-IFA의 H-면 방사패턴을 측정된 결과이다. 그림12에서 IPI-IFA가 기존 IFA보다 약 0.6~1.3[dBi] 더 좋아짐을 나타내고 있다.

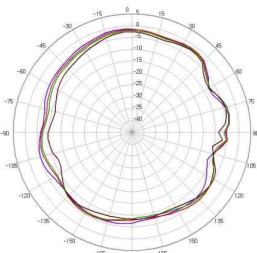
그림 13은 USPCS 대역에서 IFA와 IPI-IFA의 H-면 방사패턴을 측정된 결과이다. 그림 13에서 본 연구의 IPI-IFA가 기존 IFA보다 약 0.3~0.9[dBi] 더 좋음을 보이고 있다.

표 2는 기존 IFA와 IPI-IFA에 대한 측정된 방사효율이다. 역 파이 급전 구조를 적용함으로써 안테나 방사효율이 최대 16% 증가한 것을 확인할 수 있다. 역 파이 급전 구조의 임피던스 조절 기능을 통한 상대적 전류 증가가 방사효율을 극대화시켰다는 것을 말해 주고 있다.



Frag [MHz]	Beam Peak		Beam Null		Beam Width	Average
	Value	[deg]	Value	[deg]		
1850	-1.144	50	-11.762	135	43.79	-5.518
1910	-1.229	50	-10.857	80	47.70	-5.599
1930	-0.880	50	-10.613	125	38.76	-5.493
1990	-1.084	45	-12.748	75	41.03	-6.155

(a) IFA



Frag [MHz]	Beam Peak		Beam Null		Beam Width	Average
	Value	[deg]	Value	[deg]		
1850	-1.241	-5	-11.238	110	95.58	-4.893
1910	-1.580	35	-9.486	105	91.73	-4.982
1930	-1.949	35	-9.696	105	85.26	-5.469
1990	-2.257	35	-11.942	-115	82.51	-6.338

(b) IPI-IFA

그림 13. USPCS 대역 방사패턴
Fig 13. Radiation pattern on USPCS band

표2. IFA 및 IPI-IFA에 대한 측정 방사효율
Table 2. Measured radiation efficiency of IFA and IPI-IFA

주파수[MHz]	방사효율	
	IFA	IPI-IFA
880	24.24%	34.85%
915	31.53%	40.33%
925	35.06%	39.63%
960	32.13%	17.58%
1710	16.40%	22.84%
1785	29.81%	40.08%
1805	27.58%	40.18%
1850	39.29%	49.61%
1880	41.76%	49.56%
1910	41.32%	47.51%
1920	41.84%	47.44%
1930	44.77%	44.97%
1980	36.46%	37.93%
1990	36.75%	35.84%
2110	31.21%	29.20%
2170	34.42%	32.53%

IV. 결 론

본 논문에서는 휴대 단말기 이득 향상을 위하여 역 파이 형태의 급전구조를 채택한 IPI-IFA 안테나를 설계하고 이를 제작하였다. 역 파이 급전구조를 가진 안테나는 임피던스 조절을 통하여 상대적으로 높은 안테나 전류밀도를 가짐을 보였다. 따라서 안테나 전류의 증가가 결국 안테나의 효율을 높여 이득을 증가 시켰음을 나타내었다.

휴대 단말기에 적용하기 위해 역 파이 급전 구조를 적용한 IPI-IFA를 설계하고, 설계 시뮬레이션을 통해 각 안테나의 전계 및 전류 그리고 방사저항 특성을 비교 분석하였다. 설계를 토대로 IPI-IFA 를 제작해 측정하였다. 측정결과 기존의 IFA 에 비해 역 파이 급전 구조를 적용한 IPI-IFA가 동작 전 대역에서 0.3~2[dBi] 더 높은 이득 특성을 보인 것을 확인하였다. 안테나 방사효율에 있어서도 최대 16% 효율이 개선됨을 보였다. 본 연구는 급전구조가 안테나의 이득특성을 향상시킬 수 있음을 보이는 연구에 도움이

되리라 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] C. A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design", *JohnWiley&Sons*, 1997
- [2] H. Arai, "Measurement of Mobile Antenna System", *Artech House*, 2001
- [3] 손태호, "휴대폰용 접힌 모노폴 안테나", 대한민국 실용신안 특허 제 0304442호
- [4] 손태호, "휴대폰 단말기용 다중전류 분포 안테나", 대한민국 특허 제 0359416호
- [5] I. Jang and T. Son "Inverted Pi(IPI) Feeding PIFA for the Gain Improvement" *Proceedings of 2006 Korea-Japan Joint Conference on AP/EMCJ/EMT*, pp. 137-140, Sept 23, 2006.
- [6] K. Fujimoto, J. R. James, "Mobile Antenna Systems Handbook", *ArtechHouse*, 1994
- [7] Lal Chand Godara, "Handbook of Antennas in Wireless Communications", *CRC press*, 2002
- [8] J. Park, N. Kim, "Design and Analysis of PIFA with Dual Frequency Operation", *Journal of KEES*, Vol.12, No.1, pp.107-116, Jan., 2001
- [9] H. Kim et. al, "A Study on the Small Chip Meander Antenna for Dual-frequency Operation", *Journal of KEES*, Vol. 13, No.7, pp.633-639, Aug. 2002
- [10] 유장호, 손태호 "휴대폰 내장형 안테나 이득향상을 위한 IPI급전구조 4", *마이크로파 및 전파 전파학회 춘계학술대회 논문집*, Vol.30 No.1. 2007
- [11] T. Son, "Folded Monopole Antenna for Mobile Phone Handset", *Patent No. 0304442*, Korea

오 규 종



1984년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학사)
 1987년 8월: 건국대학교 전자공학과 (공학석사)
 2006년 8월: 순천향대학교정보통신공학과 박사수료
 1988년~1990년: 세원전자 근무
 1993년~2005년: 가천의과학대학교

전산과 교수

2006년~현재: 가천의과학대학교 보건행정과 교수

관심분야: 휴대폰 내장형 안테나 설계, 필터, 데이터 마이닝, Web을 이용한 교육 시스템

손 태 호



1979년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
 1986년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
 1990년 2월: 한양대학교 전자통신공학과 (공학박사)
 1978년~1987년: LIG넥스원 중앙연

구소 근무

1980년~1981년: 영국 Ferranti사 연구원

1992년~1994년: 천문우주연구원 객원연구원

1999년~2000년: University of Illinois 연구교수

2000년~2003년: (주)닛시텔레콤 위촉 연구소장

2002년~2006년: (주)에스비텔콤 기술고문

2005년~2007년: (주)하이트렉스 기술고문

2007년~2009년: (주)동원 위촉연구소장

2007년~현재: (주)스카이크로스코리아 기술고문

1990년~현재: 순천향대학교 정보통신공학과 교수

관심분야: 위성통신, 휴대폰, RFID용 안테나 설계, 자동차용 전자제품 개발, 전자파 생체영향 등