

IFA 이득 향상을 위한 IPI 급전 구조

IPI feeding structure for the gain improvement of IFA

오규종* 손태호**

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

요 약

본 논문에서는 휴대전화 단말기 내장형 안테나인 IFA에 IPI를 채택하여 이득이 증가함을 보인다. T 정합 이론을 근거로 하는 IPI 급전 구조는 IFA와 같은 내장형 안테나의 복사 저항을 작게 하므로 안테나에 흐르는 전류를 상대적으로 증가시켜 복사 효율과 이득 향상을 가져온다. 역 파이 급전 이론의 타당성을 밝히기 위하여 IFA에 IPI 급전 구조를 설계·적용하여 제반 특성을 측정하였다. CDMA/DCS 주파수 대역에서 IPI-IFA는 공진 주파수의 이동 없이 IFA보다 이득이 0.5 ~ 1.4[dBi] 정도 향상됨을 보였다.

Abstract

Design of IPI feeding structure affecting the antenna gain improvement of mobile phone was investigated. IPI feeder which based on the T matching theory increase line current for internal antenna such as IFA. So IPI feeder makes higher radiation resistance, and also increases the gain with increasing radiation efficiency. To verify IPI feeding effect, feeder is applied to conventional CDMA/DCS dual band IFA. Measurement shows that IPI-IFA has 0.5 ~ 1.4[dBi] higher gain than conventional IFA at CDMA/DCS band. Resonant frequency did not change.

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

I. 서 론

소비자 요구의 다양성과 이동통신의 급속한 발전으로 말미암아 휴대 단말기를 이용한 서비스의 다양화가 이루어지고 있고, 휴대전화 단말기는 소형화 및 슬림화하고 있다. 디자인에 있어서도 외장형 보다 내장형 안테나가 당연시 되어 현재 생산되는 대부분의 휴대전화 단말기는 내장형

안테나를 탑재하고 있다. 휴대전화 단말기에 사용되는 내장형 안테나는 소형이면서 높은 효율과 높은 이득 특성을 가져야 한다. 또 국제로밍 서비스 확대에 따라 CDMA(854 ~ 894[MHz]), KPCS(1,750 ~ 1,870[MHz]), USPCS(1,850 ~ 1,990[MHz]) 등의 CDMA 방식과 GSM(880 ~ 960[MHz]), PCS(1,710 ~ 1,880[MHz]) 등의 TDMA 방식에 적용할 수 있는 다중 대역 특성을 가져야 한다.

내장형 안테나 종류는 FMA(Folded Monopole Antenna), dipole, chip, PIFA(Planar Inverted F Antenna) 및 IFA(Inverted F Antenna) 등이 있다.

* 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 : 2010년 11월 19일

· 심사(수정)일자 : 2010년 11월 19일 (수정일자 : 2010년 12월 24일)

· 게재일자 : 2010년 12월 30일

IFA를 비롯한 모든 내장형 안테나는 단말기 내부 캐리어에 안테나 패턴이 형성되어 제한된 공간 내에서 작동하므로 임피던스 중 복사 저항은 작고 리액턴스가 크게 나타난다. 그러므로 안테나의 이득이 저하하고, 대역폭이 좁을 뿐 아니라 임피던스 매칭이 어렵다는 단점을 가지고 있다[1]-[2].

FMA는 부피가 작지만 다중 대역 특성을 갖기 어렵고 하나의 대역에서도 채널 간 편차가 심한 단점을 가진다. Chip 안테나 역시 부피가 작지만 대역폭이 좁고 작은 복사 효율 때문에 적용에 한계를 가지고 있다.[1]-[4]

PIFA는 슬릿(slot)에 따라 발생하는 면 전류에 의해 복사가 일어나는 원리를 이용한 것으로 높은 이득을 보이나 부피가 큰 단점이 있다.

IFA는 매칭을 위해 ILA(Inverted L Antenna)를 변형한 구조로써 추가적인 L자 형태의 shorting pin이 안테나의 임피던스를 조절한다. IFA는 $\lambda/4$ 길이로 공진하므로 그 크기가 작으며 낮은 프로파일(profile)을 가지고 있고, 얇은 두께로 안테나를 제작할 수 있어 휴대 단말기의 내장용으로 적합하다.[5]-[6].

본 논문에서는 안테나의 급전 구조를 변경하여 내장형 안테나 이득을 증가시킬 수 있는 방법을 제시한다. 일반적으로 사용하는 급전 방식 대신 T 정합과 같은 역할을 하는 IPI(Inverted Pi) 급전 구조 방법을 제안하였다. IPI 급전 구조는 안테나 임피던스를 조절해 주고, 안테나와 같은 방향의 전류가 급전부에 흐름으로 말미암아 상대적으로 전류를 증가시켜 복사 저항이 증가하므로 이득을 향상시킬 수 있다 [10]-[11].

II. IPI - IFA

휴대전화 단말기는 슬림화로 인하여 안테나를 탑재할 수 있는 공간이 협소하다. IFA는 다양한 종류의 슬림화한 휴대전화 단말기에 적용하고 있는데 안테나 배치공간을 넓혀 전파 수신율을 높이기 위해 안테나를 하단에 배치하고 있다.

그림 1은 시뮬레이션 툴을 이용하기 위한 PCS 주파수 대역 휴대전화 단말기용 IFA 모델을 보인 것이

다. 그림 2는 Quad 대역 시뮬레이션 모델을 보이고 있다. 시뮬레이션 툴은 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Signal Simulator)이다.

그림 1은 시뮬레이션 툴(tool)을 이용하기 위한 PCS 주파수 대역 휴대전화 단말기용 IFA 모델을 보인 것이다. 그림 2는 Quad 대역 시뮬레이션 모델을 보이고 있다. 시뮬레이션 툴은 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Signal Simulator)이다.

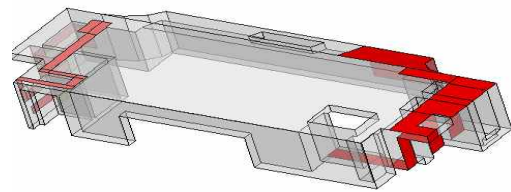


그림 1. PCS 주파수 대역 IFA
Fig 1. IFA of PCS band

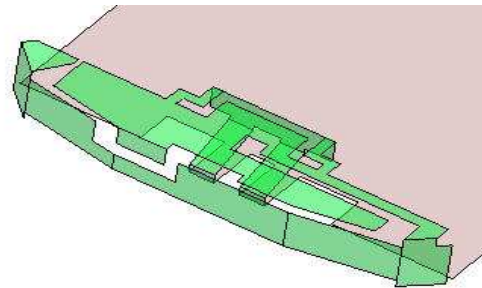


그림 2. Quad 대역 IFA
Fig 2. IFA of QUAD band

소형 단말기 대부분은 IFA의 단점을 보완하면서 이득을 높이고 다중 대역 특성을 얻기 위해 변형된 IFA(M-IFA; Modified IFA)를 적용하고 있다. 현재 적용하고 있는 M-IFA는 공진을 위하여 안테나와 스템(stub)를 구부린 구조를 적용한다. 안테나의 다중 구부림은 전류의 방향을 바꾸므로 전류 상쇄 작용을 일으킨다. 전류 상쇄 작용은 복사 전자계의 약화를 가져와 안테나의 효율 및 이득이 감소한다.[10]-[12]

그림 3은 캐리어(carrier)를 제거한 CDMA/DCS 다중 대역 휴대전화 단말기용 M-IFA이다.

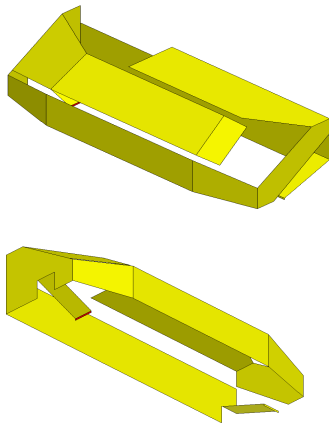
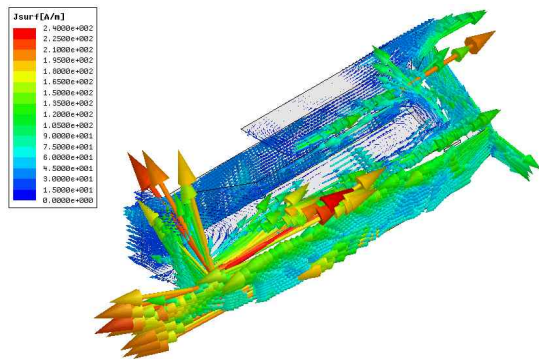
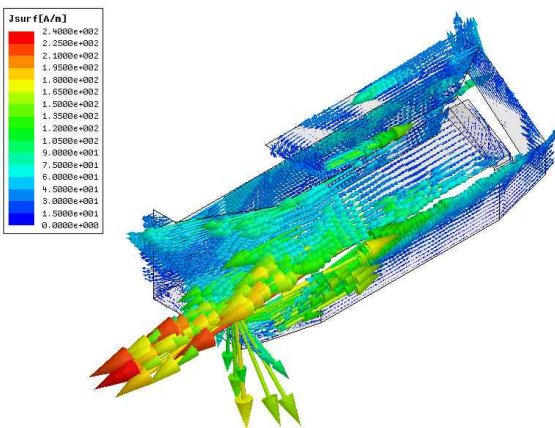


그림 3. M-IFA 모델
Fig 3. M-IFA model

그림 4는 IFA의 전류 분포이다. 전류의 크기는 CDMA 주파수 대역에서 240[A/m], DCS 주파수 대역에서 240[A/m] 정도이다.



(a) CDMA 대역



(b) DCS 대역

그림 4. IFA의 전류 분포
Fig 4. Current density on IFA

IFA의 단점인 낮은 효율 문제를 개선하기 위하여 급전 방식으로 IPI를 적용하였다.

그림 5는 IFA에 IPI 급전을 적용한 모습이다. 안테나 패턴은 그대로이며, IPI 급전 구조를 삽입하기 위하여 급전 부분을 중간 지점으로 이동하였다.

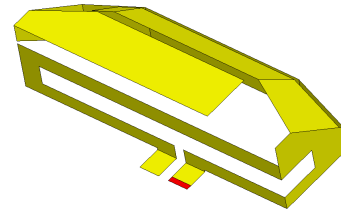
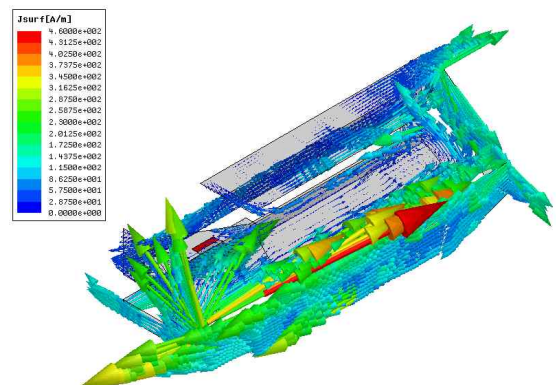


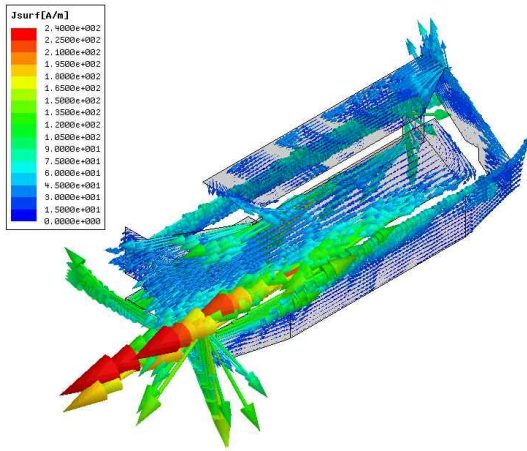
그림 5. IPI-IFA 모델
Fig 5. IPI-IFA model

이론적으로 IPI-IFA가 기존 IFA보다 이득 특성이 나을 것으로 예상하는 것은 안테나에 흐르는 전류 밀도의 크기를 비교하면 알 수 있다. 같은 안테나 면적과 같은 임피던스 조건에서는 전류 밀도가 클수록 안테나에 흐르는 전류가 증가하고 결과적으로 이득 증가를 가져오기 때문이다.

그림 6은 IPI-IFA 전류 분포이다. 전류의 크기는 CDMA 주파수 대역에서 460[A/m], DCS 주파수 대역에서 240[A/m] 정도이다. CDMA 주파수 대역에서는 220[A/m] 증가하였으며, DCS 주파수 대역에서는 수치는 비슷하지만 전류 분포 형태가 더 양호한 모습을 보인다.



(a) CDMA 대역



(b) DCS 대역

그림 6. IPI-IFA 전류분포
Fig 6. Current density on IFA- IFA



그림 8. 제작한 M-IFA
Fig 8. Manufactured M-IFA

그림 7은 PCS 주파수 대역에서 IFA와 IPI-IFA의 피크 저항을 비교한 그림이다. PCS 주파수 대역 내에서 IFA의 피크 저항은 약 180[Ω]이고, IPI-IFA의 피크 저항은 약 120[Ω]으로 나타나고 있다. 낮은 피크 저항은 같은 전압에서 보다 많은 전류를 공급할 수 있다.

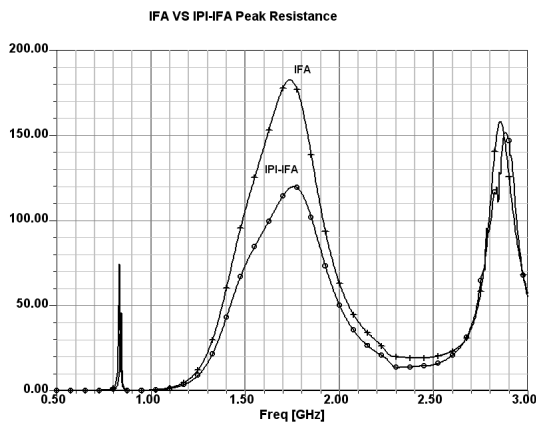


그림 7. IFA와 IPI-IFA의 피크 저항
Fig 7. Peak resistance of IFA and IPI-IFA

그림 9는 본 논문에서 제안한 IPI 급전 구조 IFA이다.

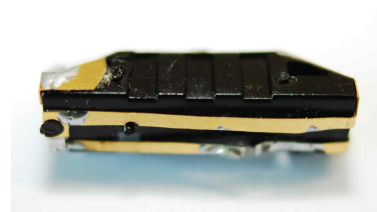


그림 9. 제작한 IPI-IFA
Fig 9. Manufactured IPI-IFA

그림 10은 IFA의 반사 손실 측정 결과이다.

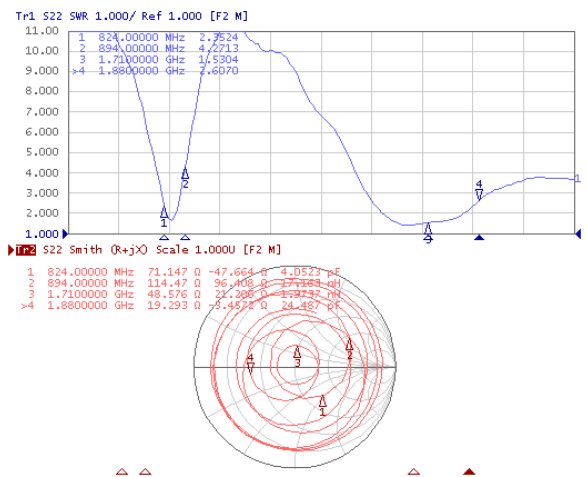


그림 10. IFA 반사 손실
Fig 10. Manufactured M-IFA

V. 안테나 제작 및 측정

CDMA/DCS 멀티밴드 대역 IPI-IFA를 제작하였다. 그림 8은 M-IFA의 구조이다.

그림 11은 IPI-IFA의 반사 손실 측정 결과이다.

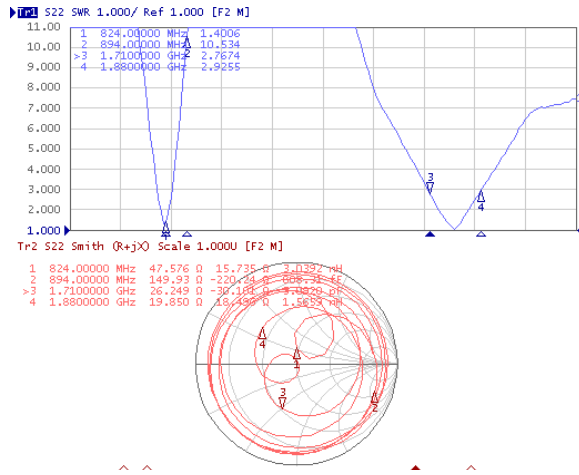
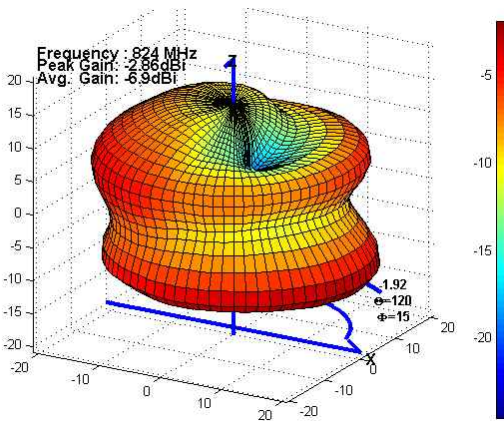


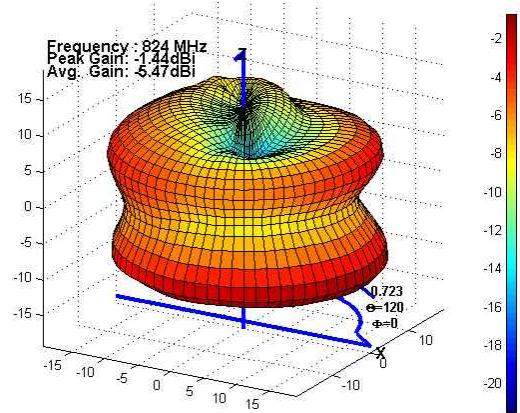
그림 11. IPI-IFA 반사 손실
Fig 11. Measured return loss of IPI-IFA

그림 10과 11에서 보듯이 두 안테나의 공진 주파수가 유사함을 볼 수 있다.

그림 12는 CDMA 주파수 대역에서 IFA와 IPI-IFA의 복사 패턴 측정치이다. IPI-IFA 모델이 IFA 모델에 비해 1.4[dBi] 더 높은 이득 특성을 보이고 있다.

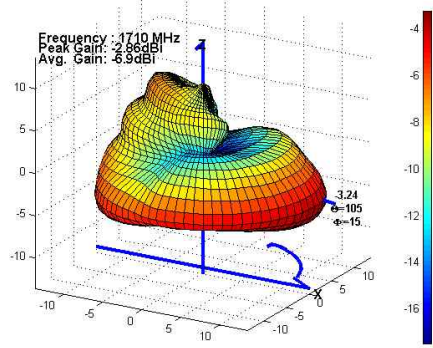


(a) IFA 복사 패턴

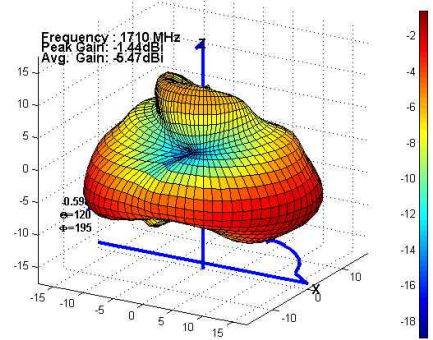


(b) IPI-IFA 복사 패턴
그림 12. CDMA 대역 복사 패턴
Fig 12. Radiation pattern of CDMA band

그림 13은 DCS 주파수 대역에서의 IFA와 IPI-IFA의 복사 패턴 측정치이다. IPI-IFA 모델이 IFA 모델 보다 0.5~1.4[dBi] 더 높은 이득 특성을 보이고 있다.



(a) IFA 복사 패턴

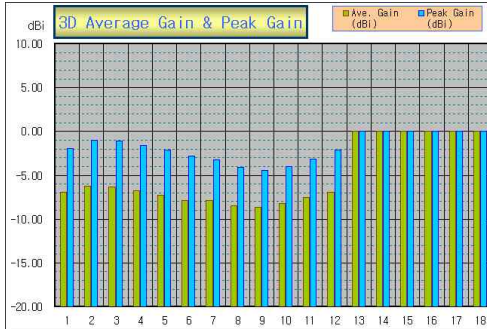


(b) IPI-IFA 복사 패턴
그림 13. DCS 주파수 대역 복사 패턴 비교
Fig 12. Radiation pattern of DCS band

그림 14는 IFA와 IPI-IFA의 비교분석을 위한 data이다. 효율 및 이득 모두 전체적으로 증가하였음

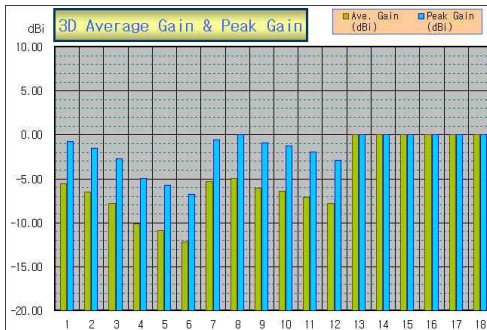
을 확인할 수 있다.

Frequency	Eff. (%)	Ave. Gain (dBi)	Peak Gain (dBi)	Directivity (dBi)
824 MHz	20	-6.94	-1.92	5.02
837 MHz	24	-6.24	-1.04	5.20
849 MHz	23	-6.37	-1.09	5.28
869 MHz	21	-6.80	-1.57	5.23
881 MHz	19	-7.29	-2.16	5.13
894 MHz	17	-7.84	-2.83	5.01
1710 MHz	16	-7.88	-3.24	4.64
1745 MHz	14	-8.46	-4.07	4.39
1785 MHz	14	-8.64	-4.48	4.16
1805 MHz	15	-8.24	-4.01	4.23
1840 MHz	18	-7.52	-3.13	4.40
1880 MHz	20	-6.94	-2.13	4.81



(a) IFA Data

Frequency	Eff. (%)	Ave. Gain (dBi)	Peak Gain (dBi)	Directivity (dBi)
824 MHz	28	-5.54	-0.72	4.82
837 MHz	22	-6.55	-1.55	5.00
849 MHz	17	-7.83	-2.76	5.07
869 MHz	10	-10.09	-4.96	5.13
881 MHz	8	-10.87	-5.72	5.15
894 MHz	6	-12.14	-6.80	5.34
1710 MHz	29	-5.32	-0.60	4.72
1745 MHz	32	-4.99	-0.04	5.02
1785 MHz	25	-6.08	-0.95	5.13
1805 MHz	23	-6.43	-1.30	5.14
1840 MHz	20	-7.07	-1.92	5.15
1880 MHz	17	-7.77	-2.91	4.86



(b) IPI-IFA Data

그림 14. IFA와 IPI-IFA 비교 Data

Fig 14. Compare data of IFA and IPI-IFA

V. 결 론

본 논문에서는 기존의 CDMA/DCS 주파수 대역에 적용할 수 있는 휴대전화 단말기 IFA에 이득 향상을 위한 IPI 급전 구조를 채택한 IPI-IPA를 설계 및 제

작하였다. IPI 급전 구조를 적용하여 IPI 급전이 안테나와 같은 방향의 전류를 만들어주므로 안테나에 흐르는 전류 크기가 상대적으로 증가해 안테나 이득의 향상을 가져옴을 보였다. IPI-IFA는 IPI 급전 구조를 삽입하여 기존 IFA 구조에는 영향을 주지 않고 더 좋은 특성을 보였다.

기존 IFA와 IPI-IFA의 반사 손실과 복사 패턴을 측정하여 그 특성을 비교하였다. 측정 결과, 기존의 IFA보다 IPI-IFA가 CDMA/DCS 주파수 대역 모두에서 이득이 약 0.5~1.4[dBi] 가량 증가함을 확인하였다.

본 연구는 IFA는 물론 PIFA나 내장형 dipole 안테나 등에도 적용이 가능하며, 휴대전화 단말기용 안테나 이득 향상에 도움을 주리라 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] Kin-lu Wong, Planar Antennas for Wireless Communications, Wiley interscience, 2003.
- [2] 손태호, “2007 휴대폰 내장형 안테나의 해석 및 설계법”, 교육자료, 순천향대학교 차세대 BIT 무선부품지역혁신센터, 2007년 6월.
- [3] C. A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, John Wiley & Sons, 1997.
- [4] H. Arai, "Measurement of Mobile Antenna System", Artech House, 2001.
- [5] K. Fujimoto, A. Henderson, K. Hirasawa and J. R. James, Small Antennas, Research Studies Press Ltd., England, 1987.
- [6] K. Hirasawa, M. Haneishi, Analysis, Design and Measurement of Small and Low profile Antennas, Artech House, ch. 5, 1992.
- [7] T. Son, “Folded Monopole Antenna for Mobile Phone Handset”, Patent No. 0304442, Korea.
- [8] T. Son, et.al, “Folded Monopole Antenna for PCS Mobile Phone”, Proceeding of KITE-MTT and Propagation Digest, Vol.26, No.1, pp.179-181, May, 2003.
- [9] 손태호, “휴대폰 단말기용 다중전류 분포 안테나”, 대한민국 특허 제 0359416호

- [10] 손태호, “2007 휴대폰 내장형 안테나의 해석 및 설계법”, 교육자료, 순천향대학교 차세대 BIT 무선부품지역혁신센터, 2007년 6월.
- [11] 홍용의, 이치우, 김기호, 양묘근, 성원모, “PCB를 이용한 T - DMB/DAB?Wibro 삼중 대역 안테나”, 한국전자과학회논문지, 18(2), pp. 227-232, 2007년 2월.
- [12] I. Jang and T. Son “Inverted Pi(IPI) feeding PIFA for the gain improvement”, Proceedings of KJJC on AP/EMCJ/ EMT, vol. 5, no. 1, pp. 137-140, Sept 23, 2006.

손 태 호(孫泰鎬)



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

1978년~1987년: LG정밀(주) 연구소 근무
1992년~1994년: 천문우주연구원 객원연구원
1999년~2000년: University of Illinois 연구교수
2000년~2003년: (주)닛시텔레콤 위촉 연구소장
2002년~2006년: (주)에스비텔콤 기술고문
2005년~2008년: (주)하이트렉스 기술고문
2006년~2009년: (주)동원 위촉 연구소장
2007년~현재: (주)스카이크로스 기술고문
1990년~현재: 순천향대학교 정보통신과 교수
관심분야 : 위성통신, 휴대폰, RFID용 안테나 설계,
자동차용 전장품 개발, 전자파 생체영향 등

오 규 중(吳圭鐘)



1984년 2월: 건국대학교
전자공학과(공학사)
1987년 8월: 건국대학교
전자공학과(공학석사)
2006년 8월: 순천향대학교
정보통신공학과 박사수료
1988년~1990년: 세원전자 연구소 근무

1993년~2005년: 가천의과학대학교 전산과 교수
2006년~현재: 가천의과학대학교 보건행정과 교수
관심분야: 휴대폰 내장형 안테나 설계, 필터, 데이터 마이닝,
Web을 이용한 교육 시스템