

LTE를 포함한 전 휴대폰 서비스 대역 하이브리드 안테나

Hybrid Antenna for the All Band Mobile Phone Service Including LTE

임 승 진 · 손 태 호

Seung Jin Lim · Taeho Son

요 약

본 논문에서는 커플링 급전 구조를 사용하여 모든 이동 통신 대역을 만족하는 단말기용 모노폴+IFA(Inverted F Antenna) 하이브리드 안테나를 설계하고 이를 제작하였다. 1개의 급전 구조를 가지면서도 커플링을 이용하여 모노폴과 IFA가 동시에 동작하도록 함으로써 넓은 대역 특성을 갖도록 하였다. 안테나는 저가격 실현을 위해 carrier 부품이 없는 PCB embedded 형태로 설계하였다. 베어 보드로 제작된 안테나는 LTE/CDMA/GSM900/DCS/USPCS/WCDMA/WiBro/WiFi 대역에서 VSWR 2.5:1 특성을 만족하였다. 평균 이득과 효율은 LTE, CDMA, GSM-900 대역에서 $-3.98 \sim -0.09$ dBi 및 40.03~97.99 %가 측정되었다. 또한, DCS, USPCS, WCDMA, WiBro, WiFi 대역에서는 $-3.90 \sim -1.01$ dBi 및 40.70~79.31 %의 효율 특성을 가짐으로써 LTE를 포함한 휴대폰 전 대역 안테나로 사용될 수 있음을 보였다.

Abstract

In this paper, we designed and implemented a Monopole+IFA(Inverted F Antenna) hybrid antenna using the coupled feeding structure for the all band mobile phone. Studied antenna has wide band characteristics by the simultaneous operation both monopole and IFA under the coupled feeding structure. An antenna has designed PCB embedded type without antenna carrier component for the low cost. Implemented antenna has within 2.5:1 for VSWR under LTE/CDMA/GSM900/DCS/USPCS/WCDMA/WiBro/WiFi in all band for the mobile services Measured average gains and efficiencies were $-3.98 \sim -0.09$ dBi and 40.03~97.99 % for the LTE, CDMA, GSM900 band, and $-3.90 \sim -1.01$ dBi and 40.70~79.31 % for the DCS, USPCS, WCDMA, WiBro, WiFi band. It's shown that studied antenna can be applied to all band mobile phone antenna including LTE.

Key words : Mobile Antenna, Hybrid Antenna, Monopole, IFA, LTE, All Band Antenna

I. 서 론

현재 기술의 발달은 통신, 방송, 교통, 특히 개인 휴대 통신 분야에 많은 변화를 주고 있다. 이러한 변화는 다양한 무선 통신 환경에 적응하기 위해 다중 주파수 대역에서 동작할 수 있어야 하며, 휴대용 컴퓨터, 휴대폰, PDA(Personal Digital Assistant) 등의 보급이 확산됨에 따라 어느 장소와 상관없이 통신이

가능한 이동 통신 단말기용 안테나의 필요성이 증대되고 있다.

이동 통신 단말기용 안테나는 소형화와 다중 대역 동작이 요구된다. 안테나의 소형화는 이득 및 효율을 감소, 협대역 특성으로 인하여 다중 대역 동작을 어렵게 한다^[1].

안테나의 소형화를 위해 접힌 모노폴 안테나(folded monopole antenna) 및 IFA(Inverted F Antenna)가

순천향대학교 정보통신공학과(Department of IT Engineering, Soonchunhyang University)

· 논문 번호 : 20010609-052

· 교신저자 : 손태호(e-mail : thson@sch.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2011년 7월 22일

연구되어 왔는데, 접힌 모노폴 안테나는 광대역 특성을 갖는 반면 접지 환경의 변화에 민감하고, IFA는 작은 크기로 구현이 가능하나, 안테나 이득이 작은 단점을 갖고 있다. 하지만 이들 안테나도 휴대폰 내에서 원하는 대역 특성을 만족하기가 무척 힘들어 아직도 연구 개발이 진행 중에 있다.

휴대폰 내장형 안테나에서 대역 특성을 개선시키기 위한 방법으로는 기생 소자(parasitic element)나 브랜치 소자(branch element)를 사용하는 방법과^{[2],[3]}, 외부 정합 구조를 사용하는 방법이 있다^{[4],[5]}. 기생 소자나 브랜치 소자를 사용하는 경우, 부가적인 공간이 필요하며^[6], 정합 구조를 사용하는 경우 역시 별도의 회로 공간이 필요하며, 삽입 손실이 증가하는 문제점이 있다^[7].

본 논문에서는 커플링 급전 구조를 사용하여 1개의 급전으로 동시에 모노폴과 IFA 안테나를 동작시키는 하이브리드 안테나를 제안한다. LTE(704~787 MHz), CDMA(824~894 MHz), GSM900(880~960 MHz), DCS(1710~1,880 MHz), USPCS(1,850~1,990 MHz), WCDMA(1,920~2,170 MHz), WiBro(2,330~2,360 MHz), WiFi(2,400~2,499 MHz) 대역에서 동작하는 안테나를 HFSS 시뮬레이션 툴로 설계하고, 이를 제작한다. 제작된 안테나를 네트워크 분석기와 무반사 챔버에서 방사 특성을 측정하여 이동통신 단말기용 안테나로서 사용 가능성을 보인다.

II. 안테나 구조 및 특성

모노폴+IFA 하이브리드 안테나의 설계에 앞서, 두 안테나를 1개의 급전 구조를 가지면서도 커플링을 적용하여 동시에 작동하는 원리를 나타내고자 한다.

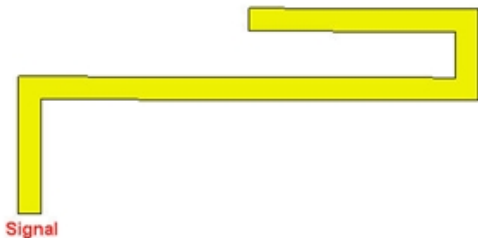


그림 1. 모노폴 안테나 구조
Fig. 1. Geometry of monopole antenna.

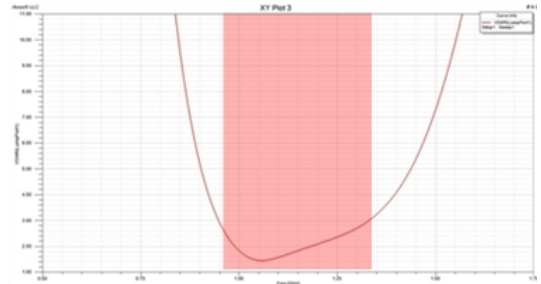


그림 2. 그림 1 안테나의 시뮬레이션 VSWR
Fig. 2. Simulated VSWR of Fig. 1 antenna.



그림 3. IFA 구조
Fig. 3. Geometry of IFA.

그림 1은 예를 들기 위한 모노폴 안테나 구조이다. 모노폴 안테나는 접힌 구조를 통해 물리적인 길이를 확대하는 구조를 갖는다. 이는 휴대폰에 적용하기 위한 일상적인 방법이다. 그림 1에 대한 HFSS 시뮬레이션 결과의 VSWR은 그림 2와 같다.

그림 2에서 모노폴 안테나의 3:1 VSWR 대역폭 950~1,350 MHz로 매우 넓은 대역 특성을 보이고 있다.

그림 3은 대표적인 휴대폰용 IFA 안테나 구조이다. 일반적으로 IFA는 부피가 작은 반면에 대역폭이 좁고 더불어 이득이 낮은 단점이 있다. 그림 3 안테나의 시뮬레이션된 VSWR 특성은 그림 4와 같다.

그림 4에서 보듯이 대역 특성이 좁은 반면 IFA가 갖는 2중 대역을 보이고 있다. 그림 4의 휴대폰 적용 주파수 대역의 VSWR 3:1 대역폭은 770~810 MHz로 나타나고 있다.

다음은 그림 1의 모노폴과 그림 3의 IFA가 합쳐진 구조를 나타낸다. 그림 5는 모노폴에 급전을 한 뒤, 모노폴로부터 커플링으로 IFA가 급전 받는 형태를 나타내고 있다. 즉, 1개의 급전으로 모노폴과 IFA가 동시에 동작하는 모노폴+IFA 하이브리드 안테나를 나타낸 것이다.

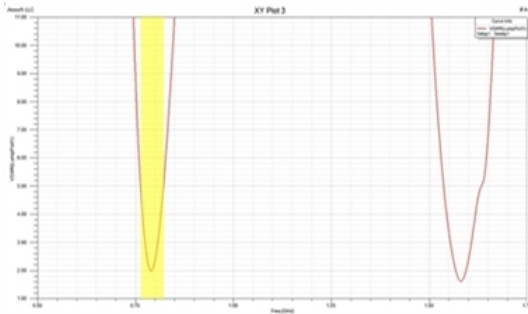


그림 4. IFA의 시뮬레이션 VSWR
Fig. 4. Simulated VSWR of IFA.

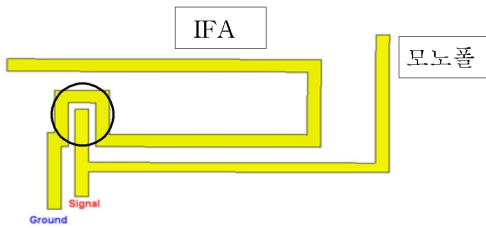


그림 5. 모노폴+IFA 하이브리드 안테나 구조
Fig. 5. Geometry of monopole+IFA hybrid antenna.

그림 5에서 원으로 표시한 부분이 모노폴로부터 IFA가 급전을 받는 부분이다. 급전을 위한 커플링 구조는 ㄷ자 모양을 가지며, 간격은 0.2 mm이다. IFA는 모노폴로부터 급전을 받아 short stub구조가 접지와 연결되고 방사체가 접힌 형태를 하고 있다. 여기서 모노폴과 IFA의 길이는 안테나의 대역 특성에 매우 민감하며 커플링이 발생하는 원의 부분은 구조나 길이에 그다지 큰 영향을 받지 않는다. 이는 일정 이상의 커플링량은 IFA에 넘어가지 않고 모노폴 동작에 작동되고 있음을 말해 주고 있다.

그림 5의 하이브리드 안테나에 대한 시뮬레이션

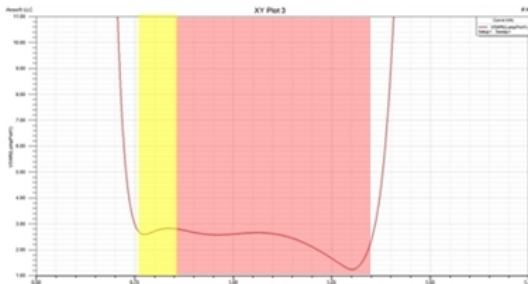
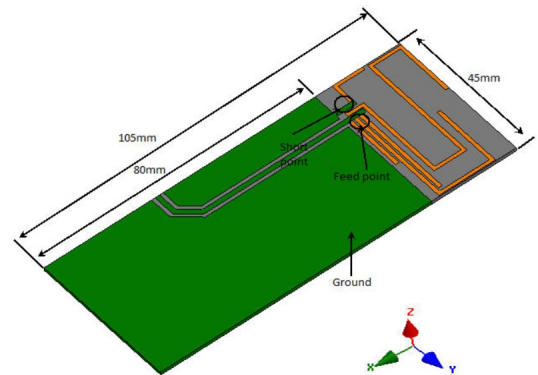


그림 6. Monopole+IFA 하이브리드 안테나의 VSWR
Fig. 6. VSWR of monopole+IFA hybrid antenna.

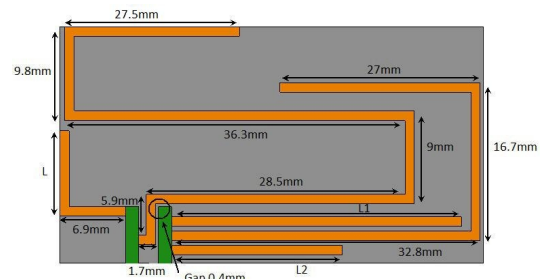
한 VSWR 특성은 그림 6과 같다. 그림 6에서 보듯이 하이브리드 안테나 특성은 IFA와 모노폴의 대역 특성이 합쳐진 특성을 보이고 있다.

III. 하이브리드 안테나 설계 및 특성

그림 7은 제안한 모노폴+IFA 하이브리드 안테나 구조이다. PCB상에 캐리어 없이 프린트 형태로 동판을 붙여 PCB에 embedded한 구조이다. 안테나의 급전부는 먼저 모노폴 안테나에 급전된다. 여기서 모노폴이 여러 가닥으로 설계한 이유는 높은 주파수 대역 특성을 위한 것이다. 모노폴의 급전부는 커플링에 의해 IFA에 급전되도록 하였다. 급전부는 그림 5와는 달리 소형화를 위해 ㄷ자 모양을 적용하였으며, 간격은 0.4 mm이다. 모노폴로부터 급전 받은 IFA는 왼쪽으로 short stub과 open stub으로 동시에 연결되고, 오른쪽의 방사체를 담당하는 접힌 구조의 방사체 모양을 하고 있다.



(a) 측면도
(a) Side view



(b) 평면도
(b) Front view

그림 7. 제안 안테나 구조

Fig. 7. Geometry of studied antenna.

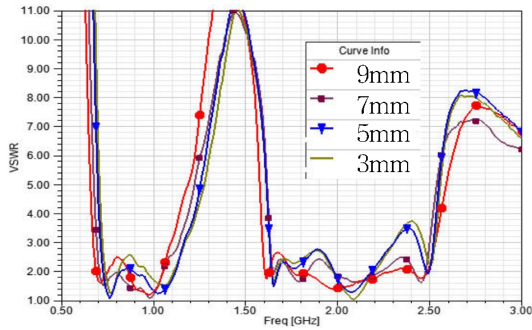


그림 8. L 길이에 따른 VSWR 변화
Fig. 8. VSWR variation due to L lengths.

설계를 위한 제원으로 안테나는 비유전율(ϵ_r) 4.4, 손실 탄젠트($\tan \delta$) 0.019, 두께(t) 1 mm를 갖는 FR4 PCB 기판에 설계하였다.

그림 7(a)에서 기판의 전체 체적은 $45 \times 105 \times 0.8 \text{ mm}^3$ 이며, 접지면의 전체 면적은 $45 \times 80 \text{ mm}^2$ 로 기판의 하단에 위치한다. 급전부(feed point)는 50 Ω 의 CPW 급전하였다.

그림 7 하이브리드 안테나에 대한 특성으로 모노폴의 길이와 IFA의 길이는 가장 낮은 주파수인 LTE 대역 특성이 나오도록 길이를 조절하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 급격하게 변화되어 손쉽게 얻을 수 있는 모노폴과 IFA의 길이에 따른 특성 변화보다는 부차적으로 대역변화를 유도할 수 있는 open stub의 길이 L , 모노폴의 브랜치인 L_1 및 L_2 길이 변화에 따른 특성 변화를 나타내었다.

그림 8은 그림 7(b) 평면도에 나타낸 open stub의 길이 L 에 따른 VSWR 비교이다. IFA의 short stub 길이는 이미 휴대폰 제작사에 의해 주어지므로 안테나 설계에서는 여지가 없다. 그러나 open stub은 설계의 대상으로 그림에서 보듯이 낮은 대역과 높은 대역 모두에 영향을 미친다. 이는 open stub의 회로적 동작으로 볼 수 있다. 본 연구에서는 stub의 길이를 3 mm에서 9 mm까지 2 mm씩 늘려가며 VSWR 특성을 시뮬레이션하여 이를 비교를 하였다. 그림에서 보듯이 길이 L 이 9 mm일 때 가장 좋은 특성을 보이고 있다.

그림 9는 그림 7에서 모노폴의 브랜치인 L_1 에 따른 VSWR 변화에 대한 비교 그림이다. L_1 길이는 예상한 바와 같이 높은 대역에 영향을 미치고 있다. L_1

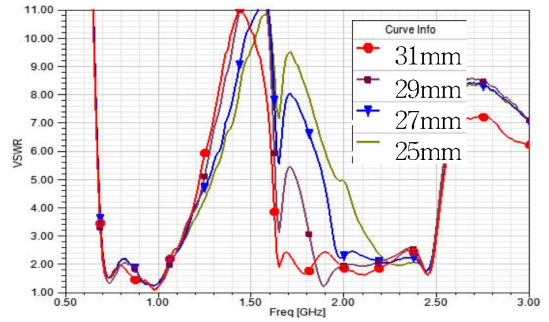


그림 9. L_1 길이에 따른 VSWR 변화
Fig. 9. VSWR variation due to L_1 lengths.

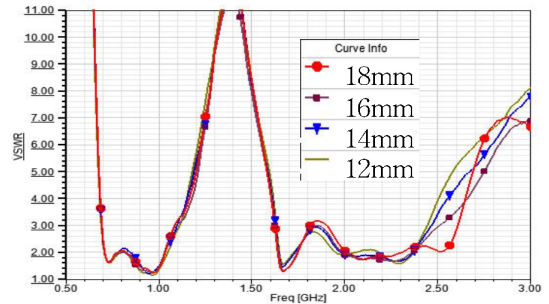


그림 10. L_2 길이에 따른 VSWR 변화
Fig. 10. VSWR variation due to L_2 lengths.

의 길이는 25 mm에서 2 mm씩 늘어날 때 점차적으로 DCS 대역인 1,700 MHz에서 양호한 특성을 보여 주고 있다. 이는 모노폴 안테나의 브랜치가 높은 주파수 대역 특성에 영향을 주고 있음을 잘 설명해 주고 있다. 그림에서 L_1 의 길이가 31 mm일 때 가장 양호한 특성을 보이고 있다.

그림 10은 그림 7 모노폴의 짧은 브랜치인 L_2 길이 변화에 따른 VSWR 변화를 비교한 것이다. 그림 9와는 달리 안테나 대역의 가장 높은 주파수 대역에 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다. L_2 길이 12 mm에서 18 mm까지 2 mm씩 변화시켰으며, 18 mm

표 1. 설계된 하이브리드 안테나의 최적값
Table 1. Optimum design lengths for hybrid antenna.

변수	길이(mm)	
모노폴	76.5	
IFA	111.1	
L	9	
모노폴 브랜치	L_1	31
	L_2	18

에서 WiFi 대역이 확보되었다.

이상과 같이 3가지 변수에 대한 VSWR 변화를 토대로 설계된 안테나의 최적 설계 값은 표 1과 같다.

IV. 제작 및 측정 결과

그림 11은 제안된 안테나의 최적 설계 파라미터 표 1를 토대로 제작된 안테나의 그림이다. 베어 보드(bare board)로는 FR4 기판의 보드로써 안테나 제작사에서 널리 사용하는 CPW 급전 방식을 채택하였다. 그림에서 보듯이 안테나는 기판과 동일한 PCB 상에 구현되어 있다. 즉, 기존에 널리 적용되어진 형태인 캐리어 구조물에 의한 안테나 장착 형태가 아닌 PCB와 일체되는 PCB embedded 안테나로 제작하였다. 이는 캐리어 부품을 없애고 더불어 PCB 제작 공정 때 안테나를 동시에 만들을 가능하게 함으로써 안테나 단가를 낮출 수 있을 뿐만 아니라 불량률도 줄일 수 있는 장점을 가지고 있으므로 향후 연구에도 추천할 만한 방식이라 할 수 있다.

그림 12는 제작된 안테나의 Agilent사 네트워크 분석기 E5062A로 측정된 결과이다. 낮은 대역에서는 VSWR 2.5:1 기준으로 700~1,000 MHz 대역폭을 가지며, LTE, CDMA 및 GSM900 서비스 대역을 모두 만족하고 있다. 높은 대역에서는 VSWR 2.5:1 기준으로 1,710~2,500 MHz 대역폭을 가지며, DCS, US-PCS, WCDMA, WiBro 및 WiFi 대역까지 모두

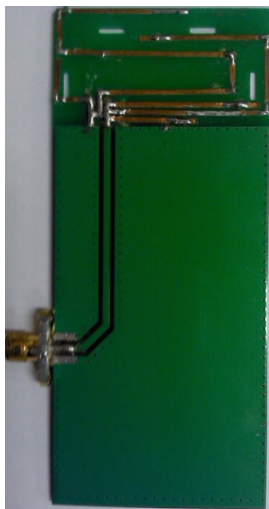


그림 11. 제작된 안테나
Fig. 11. Implemented antenna.

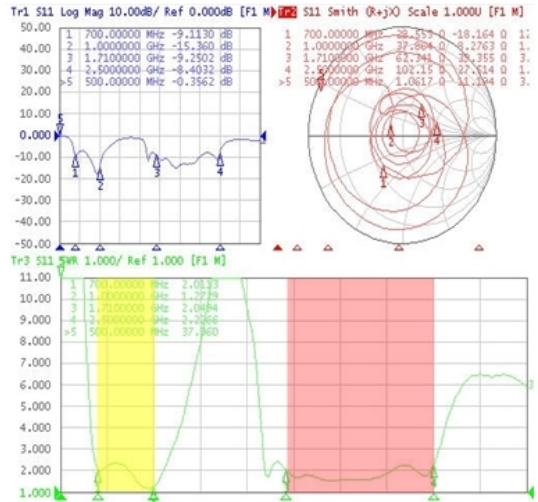


그림 12. 측정 반사 손실, VSWR 및 스미스도표
Fig. 12. Measured return loss, VSWR and Smith chart.

만족하고 있음을 보여 주고 있다.

제작된 안테나에 대한 효율 및 이득 특성은 MTG 사 무반사실 챔버(chamber)에서 측정하였다. 주파수 별로 측정된 결과는 표 2와 같다.

표 2에서 Eff는 효율이며, Avg는 평균 이득을 나타낸다. 휴대폰 안테나에서는 최대 이득(pack gain) 보다 평균 이득이 더 중요한 값이다. 이는 휴대폰 특성상 어떠한 자세에서도 통화가 되어야 하는 전 방향 특성이 요구되기 때문이다. 표 2에서 보듯이 LTE 및 CDMA, GSM900 대역에서 $-3.98 \sim -0.09$ dBi의 평균 이득 및 40.03~97.99 %의 효율을 갖는다. 또한, DCS, USPCS, WCDMA, WiBro 및 WiFi 대역에서는 평균 이득 $-3.90 \sim -1.01$ dBi 및 효율 40.70~79 %의 특성을 가짐으로써 휴대폰 안테나 적용에 충분한 특성을 보이고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 모노폴+IFA의 하이브리드 안테나를 설계하고 이를 제작하였다. 안테나는 기본적으로 모노폴에 급전되며, 커플링에 의해 IFA가 동작하는 구조를 제안하였다. 제안된 안테나는 모노폴의 대역 특성과 IFA의 대역 특성을 모두 가지는 하이브리드 된 광대역 특성을 가짐을 나타내었다. FR4 기판에 embedded된 안테나를 설계하고, 이를 제작하였다. 제

표 2. 안테나의 효율 및 이득

Table 2. Efficiencies and gains of antenna.

	PwrSum				PwrSum			
Freq. [GHz]	Eff. [%]	Avg. [dBi]	Peak [dBi]	Freq. [GHz]	Eff. [%]	Avg. [dBi]	Peak [dBi]	
0.700	52.02	-2.84	1.15	1.710	42.61	-3.70	0.56	
0.720	59.77	-2.23	1.63	1.730	46.73	-3.30	1.40	
0.740	56.02	-2.52	1.16	1.780	40.70	-3.90	1.35	
0.760	51.37	-2.89	1.06	1.800	43.71	-3.59	1.64	
0.780	47.00	-3.28	1.13	1.820	60.17	-2.21	2.63	
0.800	40.03	-3.98	0.53	1.850	63.51	-1.97	2.59	
0.820	41.79	-3.79	0.47	1.900	63.79	-1.95	2.01	
0.840	54.99	-2.60	1.05	1.930	64.65	-1.89	2.20	
0.860	58.21	-2.35	0.96	1.960	62.83	-2.02	2.31	
0.880	72.09	-1.42	1.86	2.000	66.22	-1.79	2.28	
0.900	73.62	-1.33	2.02	2.130	79.31	-1.01	2.73	
0.920	86.46	-0.63	2.91	2.160	76.01	-1.19	2.54	
0.940	92.98	-0.32	3.42	2.190	69.24	-1.60	2.23	
0.960	92.63	-0.33	3.28	2.200	66.30	-1.79	2.06	
0.980	96.34	-0.16	3.46	2.250	55.32	-2.57	0.94	
1.000	97.99	-0.09	3.28	2.300	53.95	-2.68	0.86	
1.100	58.88	-2.30	1.90	2.350	55.70	-2.54	1.14	
				2.400	50.05	-3.01	1.02	
				2.450	49.18	-3.08	1.18	
				2.500	28.09	-5.51	-0.62	

작된 안테나를 측정 한 결과는 VSWR 2.5:1 기준으로 LTE/CDMA/GSM900/DCS/USPCS/WCDMA/WiBro/WiFi 대역까지 모두을 만족하였다. 방사 측정으로는 LTE 및 CDMA, GSM900 대역에서 -3.98 ~ -0.09 dBi 의 평균 이득 및 40.03 ~ 97.99 %의 효율이 측정되었다. 또한, DCS, USPCS, WCDMA, WiBro 및 WiFi 대역에서는 평균 이득 -3.90 ~ -1.01 dBi 및 효율 40.70 ~ 79.31 %의 양호한 특성을 보였다.

본 연구 결과는 LTE 대역이 포함된 이동 통신 단말기 안테나의 연구 및 적용에 유용할 것으로 기대

된다.

참 고 문 헌

- [1] 김상원, 최학근, 박재현, "커플링 급전 구조를 사용한 역 F형 안테나 설계", 한국전파학회논문지, 27(7), pp. 726-733, 2010년 7월.
- [2] H. Nakano, N. Ikeda, Y. Wu, R. Suzuki, H. Mimaki, and J. Yamauchi, "Realization of dual-frequency and wide-band VSWR performances using normal-mode helical and inverted-f antennas", *IEEE Transactions on Antenna and Propagation*, vol. 46, no. 6, pp.788-793, Jun. 1998.
- [3] D. Liu, B. Gaucher, "A branched inverted-F antenna for dual band WLAN application", *IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium*, vol. 1, pp. 2623-2626, Jun. 2004.
- [4] J. Ollikainen, O. Kivekas, C. Icheln, and P. Vainikainen, "Internal multiband handset antenna realized with an integrated matching circuit", in *Proc. 12th Int. Conf. Antennas and Propagation*, vol. 57, no. 8, Aug. 2009.
- [5] J. Villanen, C. Icheln, and P. Vainikainen, "A coupling element-based quad-band antenna structure for mobile terminals" *Microwave Optical Technology Letter*, vol. 49, no. 6, pp. 1277-1282, Jun. 2007.
- [6] C. Wood, B. Sc, "Improved bandwidth of microstrip antennas using parasitic elements", *IEEE Proc*, vol. 127, no. 4, Aug. 1980.
- [7] Kin-Lu Wong, Chin-Hong Huang, "Bandwidth -enhanced internal PIFA with a coupling feed for quad-band operation in the mibile phone", *Microwave Optical Technology Letter*, vol. 50, no. 3, Mar. 2008.

임 승 진



2010년 2월: 순천향대학교 정보기
술공학부 (공학사)
2010년 3월~현재: 순천향대학교 정
보통신공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나 및 전자파 이
론, 휴대폰

손 대 호



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

구원

1978년~1987년: 금성정밀(주) 중앙연구소 근무
1992년~1994년: 천문우주연구원 객원연구원
1999년~2000년: University of Illinois 연구교수
2000년~2003년: (주)넷시텔레콤 위촉 연구소장
2002년~2006년: (주)에스비텔콤 기술고문
2005년~2008년: (주)하이트렉스 기술고문
2006년~2008년: (주)동원 위촉 연구소장
2007년~현재: (주)스카이크로스코리아 기술고문
1990년~현재: 순천향대학교 정보통신공학과 교수
[주 관심분야] 위성 통신, 휴대폰, RFID용 안테나 설계,
자동차용 전장품 개발