

휴대폰 PIFA 내장형 안테나의 최적 성능을 위한 급전 위치 결정

Feeding Point Determination for Optimum Performance of PIFA Internal Antenna for the Mobile Phone Handset

손 태 호 · 이 재 호*

Taeho Son · Jaeho Lee*

요 약

본 논문에서는 휴대 단말기의 PIFA 내장형 안테나를 설계하기 위한 최적의 급전 위치를 결정하는 방법을 나타내었다. 안테나 방사체와 접지간의 전계 크기가 클수록 방사 전력이 크게 되어 결국 이득이 증가하는 원리를 이용하였다. PIFA 내장형 안테나의 급전 위치는 슬릿 형상 및 캐리어의 물질과 구조 등과 함께 안테나 이득을 결정하는 중요한 요인이다. 본 연구에서는 급전 위치에 따라 전계 강도가 최적 급전 위치 때보다 2~10 dB 감소함을 보였다. Ansoft사의 HFSS 시뮬레이션을 사용하여 삼성 휴대폰에 적용된 2 모델에 대해 시뮬레이션 하였고, 모델별 최적의 급전 위치를 구하였다.

Abstract

Determination method of optimum feeding point for the PIFA type internal antenna for the mobile phone handset was studied. Fundamental theory is that radiated gain is basically depended upon the electric field strength between PIFA conductor and ground plane. Feeding point, slit configuration, material and structure of carrier are main factors for the PIFA performances. It is shown that maximum electric field strengths of other feeding points decrease in -2 dB to -10 dB than optimum point. Ansoft HFSS EM simulator was applied to determine the best feeding point for 2 models of Samsung Electronics mobile phone handset.

Key words : Feeding Point, PIFA, Internal Antenna, Mobile Phone Handset, Slit Configuration

I. 서 론

최근 휴대폰 단말기 안테나는 슬릿형으로 소형 이면서도 멀티밴드의 특성이 요구되는 추세로 되고 있다. 또한 안테나의 경우, 거의 내장형 안테나가 탑재되도록 설계되고 있다. 기존에 가장 많이 사용되었던 외장형 안테나로는 retractable, helical stubby 및 folded monopole 안테나로 들 수 있다^{[1]~[3]}. 그러나 내장형 안테나의 적용이 점점 증가됨에 따라 이

들은 사라지고 있다. 이는 디자인에 대한 소비자의 다양한 욕구 이외에도, 내장형 안테나의 성능이 초기의 예상과는 달리 외장형에 비해 결코 뒤지지 않기 때문이다.

내장형 안테나에는 IFA(Inverted F Antenna), PIFA(Plane IFA), monopole, folded dipole, slot, chip 안테나 등이 있다. 내장형 안테나는 종류에 따라 특성이 다르기 때문에 휴대폰 세트에 의해 선택이 거의 결정된다. 내장형 안테나 중 가장 많이 적용된 안테나

순천향대학교 정보통신공학과(Department of IT Engineering, Soonchunhyang University)

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

· 논문 번호 : 20060111-001

· 수정완료일자 : 2006년 3월 16일

는 PIFA이다. 이는 면 전류를 이용하기 때문에 안테나 이득을 크게 할 수 있고, 슬릿(slit)을 조절에 의해 여러 주파수에서 공진이 발생하는 멀티밴드 특성을 얻을 수 있기 때문이다^{[3]-[5]}.

PIFA는 후면에 자체 접지 면이 있기 때문에 부품 소자들이나 세트의 변화에 의한 안테나 특성 변화가 여타의 내장형 안테나보다 적은 장점을 지니고 있다. 여기서 세트의 변화라 함은 폴더의 open과 close 및 슬라이드의 up과 down 같이 휴대폰의 형태가 변화하는 것을 말한다. PIFA 이외 monopole의 경우 높은 이득 특성을 가질 수 있으나, 세트의 변화나 채널 간 편차가 심하여 설계가 어렵다. IFA는 PIFA에 비해 면이 작기 때문에 이득 면에서 손해를 보이나, 소형 적용이 가능하므로 여러 형태로 변형된 IFA가 등장하고 있다. Folded dipole의 경우 전기적 길이를 늘려야 하는 단점이 있고, chip은 대역폭이 좁고 손 등 인체 영향을 받아서 적용에 한계가 있다^[5]. PIFA에 있어서 세트 설계에 따라 크기가 주어지면, 안테나 방사 특성 중 이득에 영향을 주는 부분은 슬릿의 구조, 캐리어(carrier) 재질 및 형태와 급전 점의 위치 등이다.

본 연구는 PIFA 내장형 안테나를 위한 최적 급전 위치를 결정하는 연구이다. 캐리어 상단에 슬릿이 없는 기본형 PIFA 모델을 만든다. 급전 위치별 최대 전계 강도를 구하여 강도가 가장 큰 급전 위치를 최적 급전 위치로 정한다. Ansoft사의 HFSS EM 시뮬레이션 툴을 사용하여 최적의 급전 위치를 결정하고, 실제 단말기에 적용시킨 결과를 나타내어 이를 고찰한다.

II. 급전 위치 결정

안테나의 방사 전력의 크기는 전력 밀도 크기에 비례한다. 전력 밀도 크기는 안테나 도체와 접지 사이에 발생하는 전압의 자승에 비례한다. 이 관계를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$P = \frac{V^2}{2|Z|} \propto \frac{E^2}{2|k|} \quad (1)$$

PIFA의 안테나 도체 면에 발생하는 전압은 도체 면 전계와 비례한다. 식 (1)은 안테나 상 전력은 원거리 영역의 전계에 의한 방사 전력과 같음을 나타

내므로, 도체 면에 발생된 전계가 클수록 큰 안테나 이득을 가질 수 있음을 설명하고 있다. 물론 안테나 상 전계는 방사 전력 이외 축적 전력과도 관계가 있지만, PIFA와 같이 방사 효율이 높을 경우 축적 전력은 무시하여도 무방하다고 볼 수 있다. 식 (1)에서 k 는 매질의 특성 임피던스이다.

이 연구는 슬릿이 없는 bare 상태에서 급전 위치를 찾는 방법을 제시한다. 급전 위치가 정해지면 슬릿을 설계하여 원하는 공진 및 방사 특성을 얻도록 하여야 한다. 이것은 슬릿으로도 원하는 특성을 얻을 수 있으나, 급전 위치가 잘못되면 최적의 성능을 얻지 못함을 의미한다.

본 연구에서는, 삼성전사에서 개발한 GSM/DCS (Global System for Mobile Communication/Digital Communication System) 2중 대역(880~960 MHz/1,710~1,880 MHz)용 휴대폰 세트 2 종류에 대한 내장형 PIFA 안테나의 급전 위치를 결정하고 그 결과를 알아보도록 한다.

첫 번째 예는 비교적 작은 크기인 $W \times L \times H = 38 \times 18 \times 7$ mm 크기의 삼성 GSM/DCS 겸용 슬라이드 휴대폰인 A모델 PIFA이다. 안테나 크기가 작기 때문에 더욱 급전 위치가 중요하다. 이는 작은 크기일 경우 슬릿의 구성만으로는 원하는 안테나 이득을 만족하기가 어렵기 때문이다.

그림 1은 슬릿이 없는 기본형 PIFA 상태의 모델을 HFSS 시뮬레이션을 위해 그린 그림이다. 접지의 크기는 38.6×110.45 mm로 실제 bar 타입인 휴대폰의 PCB 접지면 크기이다.

그림 2는 시뮬레이션을 위한 7개소의 급전 위치를 보여주고 있다. 여기서 O와 X는 각각 signal과 접지를 나타낸다. Signal 선과 접지선의 간격은 공허

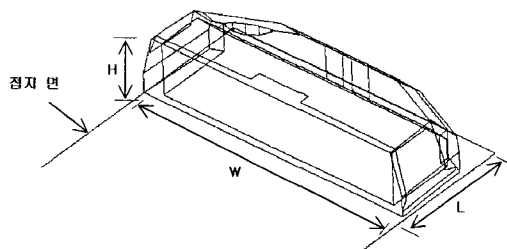


그림 1. 삼성 A 모델 휴대폰용 PIFA 구조
Fig. 1. PIFA structure for Samsung A model handset.

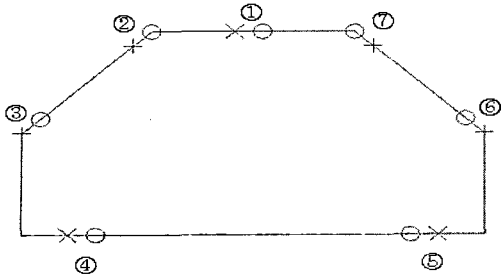


그림 2. 시뮬레이션을 위한 7개소 급전 위치
Fig. 2. 7 feeding points for simulation.

2 mm이다. 이 간격은 세트 설계자에 의해 설계되어 주어지는 제원이다.

PIFA 접지 면은 실제 세트 크기의 도체로 된 접지 판을 안테나 밑면에 설치한 그림으로 시뮬레이션하였다. 그림 3은 급전 위치 1번 및 4번의 경우에 대한 시뮬레이션 결과로 나타난 전계 강도 그림을 보인 것이다.

만약 전계 강도의 위치가 안테나 상 여러 군데 발생한다면 전계 강도의 크기만을 비교할 수는 없다. 그러나 캐리어 상단에 슬릿이 없고 전체가 도체로 구성된 기본형 PIFA의 경우, 전계 강도는 그림 3에서 보듯이 그림 1의 좌우측면 하단부 한 군데에만 발생된다. 또한 전계 분포도 같은 형상을 하고 있으며, 크기 차이만 발생함을 알 수 있다. 그러므로 전계 강도를 비교할 경우 전계 강도가 크게 나

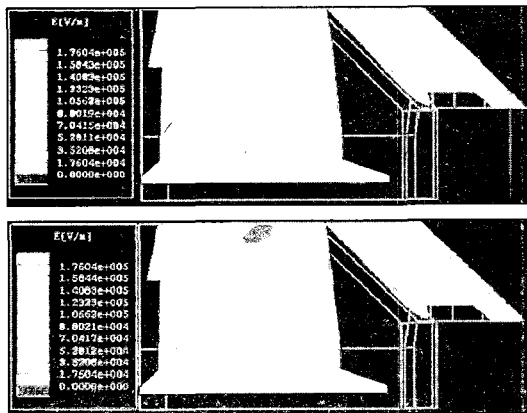


그림 3. PIFA 상 전계 강도 시뮬레이션 결과 비교
(위: 1번, 아래: 4번)

Fig. 3. Comparison of electric field strength on PIFA
(top: No. 1 and bottom: No. 4).

표 1. 그림 2의 급전 위치별 전계 강도 시뮬레이션 결과
Table 1. Simulation results of electric field strengths versus feeding points in Fig. 2.

급전 위치	주파수 (GHz)	임피던스	전계강도 (V/m)	비교 (dB)
1	1.45	87.1 - j22.5	1.96 × 10 ⁵	ref
2	1.23	38.0 + j15.3		
3	1.16	33.6 + j18.9		
4	1.08	91.8 - j0.17	1.50 × 10 ⁵	-2.3
6	1.46	90.4 + j19.3	6.45 × 10 ⁴	-9.6
7	1.42	85.4 + j22.3	6.01 × 10 ⁴	-10

타나는 급전 위치가 안테나 이득을 크게 할 수 있다고 볼 수 있는 것이다.

그림 2의 7개소 전체에 대한 결과를 나타내면 표 1과 같다.

표 1에서 전계 강도 비교를 위한 주파수는 S₁₁이 -10 dB인 지점의 주파수이다. 이는 같은 임피던스에서 전계 강도를 비교하기 위한 것이다. 표 1에서 보듯이 그림 3의 급전 위치 2번과 3번은 임피던스 중 저항 성분이 50 옴 이하가 되었다. 이 경우 슬릿을 추가하면 임피던스가 더욱 낮아지기 때문에 임피던스 비정합이 더 크게 발생하게 된다. 따라서 2, 3번 위치는 급전 점으로는 적당한 위치가 되지 못하므로 비교의 대상에서 제외한다. 급전 위치가 중앙에 가까울수록 공진 주파수가 높아짐을 알 수 있다. 이는 전류의 path가 짧아지기 때문이다. 비록 bare 상태일 때 공진 주파수가 높게 나타나도, 슬릿 설계시 path가 길어지도록 설계하면 공진 특성은 충분히 낮출 수 있다^[1].

비록 안테나 형태는 그림 1과 같이 서로 대칭이지만, 캐리어의 형태는 고정용 나사의 홈 및 단말기 세트의 형태에 의해 형태가 비대칭이다. 따라서 2번과 7번, 3번과 6번은 안테나에서 볼 때 서로 대칭이나 공진 주파수 및 임피던스 특성이 상이하게 나타나고 있다. 급전 위치 5번의 경우는 S₁₁이 -10 dB 까지 떨어지지 않으므로 비교의 대상에서 제외하였다.

표 1에서 가장 좋은 급전 위치는 전계 강도가 가장 큰 상단 중앙 부분인 1번 지점이다. 다음으로는 좌

하단의 4번 위치이다. 최대에 비해 급전 위치별 감소된 값을 dB로 환산하여 나타낸 것이 표 1에 비교항으로 나타내었다. 따라서 급전 위치를 상단 중앙에 급전 위치를 정해야 하며, 만약 다른 위치에 정할 경우 표 1에서 보듯이 2.3 dB~10 dB 정도의 전계강도가 작아지게 된다. 이는 방사 전력이 작아짐으로써 결국 안테나 이득의 감소를 초래함을 알 수 있다.

그림 4는 삼성전자에서 출시한 A 모델에 대한 양산된 PIFA 구조를 보여주고 있다. 첫 번째 예로 든 A 모델 PIFA는 본 연구를 근거로 하여 급전 점이 결정된 모델이 아니다. 이 안테나의 이득 특성은 평균적으로 헤리컬 스테리비 외장형 안테나만큼의 수치를 보이고 있고 또한, 몇몇의 주파수 채널에서는 감도와 출력에서 헤리컬 스테리비보다 더 좋은 특성을 가지고 있다. 따라서 급전 위치의 최적 유무를 알아보기 위해 본 모델을 선택하여 이를 연구한 것이다.

그러므로 상단 중앙에 급전 위치를 둔 것은 양호하게 결정되었다고 할 수 있다. GSM/DCS의 2중 밴드를 위한 슬릿들은 그림 4와 같이 PIFA 위에 잘 구성되어 있다. 만약 상단 중앙 급전 위치가 아닌 경우, 슬릿을 설계하여도 A 모델과 같은 양호한 이득성능을 얻기 어렵다. 이는 소형 PIFA임에도 불구하고 매우 우수한 특성을 나타내기 때문이다⁷⁾. 이 연구는 완성된 안테나의 특성에 관한 연구가 아니기 때문에 안테나의 passive, active 방사특성 데이터는 나타내지 않기로 한다.

두 번째로 삼성 휴대폰 B 모델용 PIFA에 대한 최적 급전 위치를 결정하도록 한다. B 모델은 비교적 큰 공간을 가진 PIFA이다. 휴대폰은 바(bar) 타입

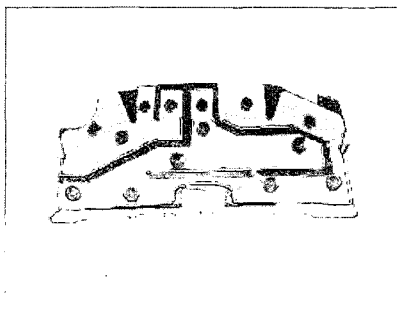


그림 4. 제작된 삼성전자 A 모델용 PIFA
Fig. 4. Fabricated Samsung A model PIFA.

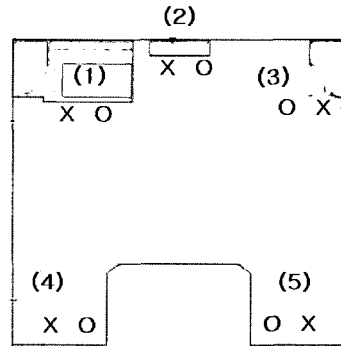


그림 5. 삼성 B 모델 휴대폰용 PIFA 구조
Fig. 5. PIFA structure for Samsung B model handset.

인 휴대폰으로 사용 밴드는 A 모델과 같은 GSM/DCS 2중 대역이다.

그림 5는 B 모델을 위한 슬릿이 없는 상태인 기본형 PIFA 모델을 나타낸 그림이다. 캐리어의 크기는 $W \times L \times H = 30 \times 36 \times 5.8$ mm이다. 이 모델의 최적 급전 위치를 찾아보기 위해 그림 5와 같이 5개소를 정하였다. PIFA의 경우 급전 위치를 좌우측에 정하지는 않는다. 이는 좌측 혹은 우측에 있을 경우 전류의 흐름이 휴대폰과 수평으로 흐르는 성분이 강하게 되므로 H 패턴이 나빠지게 된다. 휴대폰은 H 패턴이 무지향 특성을 보여야 한다. H 패턴이 불량한 것은 지향성을 갖는 패턴을 말한다. 따라서 이 연구에서도 좌우측에는 급전 점을 택하지 않았다.

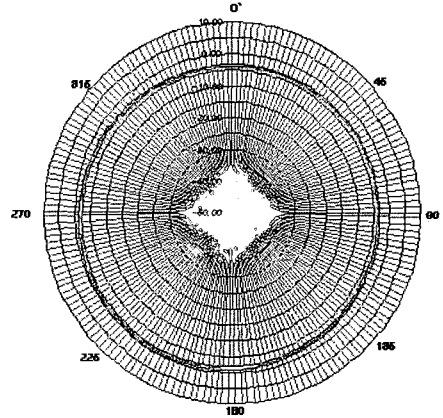
그림 5에서 A 모델과 마찬가지로 급전 표시에서 O는 signal을 X는 접지를 나타낸 것이며, signal과 접지선의 간격은 2 mm이다.

안테나의 5개소 급전 위치에 대한 전계 강도는 S_{11} 이 -12 dB 되는 주파수에서 크기를 비교하였다. 시뮬레이션 결과는 표 2와 같으며 5번 위치인 안테나 하단부 우측이 가장 좋은 급전 위치로 나타나고 있다. 하지만, 이 지점은 단말기의 PCB 구조에 위치한 RF부품들에 인하여 적용에 제한을 받는다. 따라서 차선택의 급전 위치는 4번 위치이고 5번째 포인트보다는 전계 강도가 1.3 dB 감소하고 있다. 이 모델은 시뮬레이션에 의해서 4번 위치가 피딩 포인트로 결정되었고 (주)SB텔콤 안테나 설계자에 의해 그림 6과 같이 브랜치라인 PIFA로 설계되었다. 브랜치라인 PIFA 역시 PIFA의 일종이므로 본 방법에 의해 급전 위치를 결정한 뒤, 원하는 안테나 특성을

표 2. 그림 5의 급전 위치별 전계강도 시뮬레이션 결과

Table 2. Simulation results of electric field strengths versus feeding points in Fig. 5.

급전 위치	주파수 (GHz)	전계강도 (V/m)	임피던스
1	1.06 GHz	1.47e+04	75.9+j20.45
2	1.17 GHz	9.3e+03	59.09+j27.5
3	1.17 GHz	1.18e+04	73.85+j20.8
4	0.96 GHz	2.1e+04	85.64+j4.21
5	0.98 GHz	2.44e+04	46.92 - j25.45



Frequency	Max.	Min.	Avg.	Beam Peak
890MHz	-0.46	-3.13	-1.95	214°
902MHz	-1.05	-3.80	-2.57	206°
915MHz	-1.59	-4.32	-3.15	206°
935MHz	-0.58	-3.25	-2.25	222°
947MHz	-0.25	-3.10	-1.98	226°
960MHz	-0.29	-3.11	-2.04	216°

(a) GSM

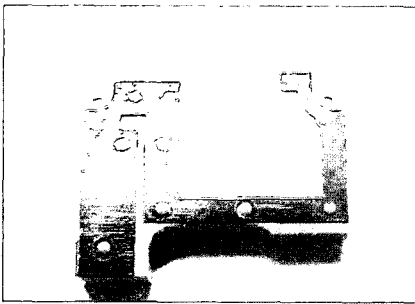
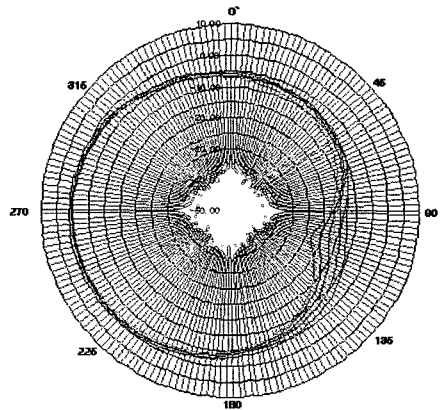


그림 6. 제작된 삼성전자 B 모델용 PIFA
Fig. 6. Fabricated Samsung B model PIFA.

갓도록 브랜치라인을 설계하여야 한다.

그림 6과 같이 제작된 브랜치라인 PIFA에 대한 S_{11} 특성은 그림 7과 같다.

그림 7에서 보듯이 GSM 및 DCS밴드에서 VSWR 2:1 정도 이하의 특성을 보이고 있다. 휴대폰에 있



Frequency	Max.	Min.	Avg.	Beam Peak
1710MHz	-0.60	-12.92	-5.74	264°
1745MHz	-0.26	-12.73	-5.60	266°
1785MHz	-0.28	-13.16	-5.64	274°
1805MHz	0.20	-12.11	-5.27	274°
1840MHz	-0.83	-13.75	-6.09	256°
1890MHz	-1.77	-13.31	-6.85	270°

(b) DCS

그림 7. 그림 6 PIFA의 S_{11} 측정
Fig. 7. Measured S_{11} for Fig. 6 PIFA.

그림 8. 그림 6 PIFA의 H-패턴
Fig. 8. H-patterns for Fig. 6 PIFA.

어 중요한 특성인 H 패턴을 나타내면 그림 8과 같다.

그림 8에서 보듯이 H 패턴이 GSM/DCS 공히 거의 무지향 특성을 보이고 있다. DCS 밴드에서 100도 방향으로 notch 현상이 보이고 있으나, 이는 PCS 및 DCS 밴드에서 세트 크기가 파장에 비해 크기 때문에 발생하는 일반적인 현상이다. GSM 밴드에서 최대 -0.25 dBi 및 DCS 밴드에서 최대 $+0.2$ dBi 특성을 보여 양호한 이득 특성이 나타나고 있다.

그림 4 및 6의 안테나는 급전 위치를 세트를 고려하여 최적의 상태인 위치를 설정하였기 때문에 내장형 안테나임에도 불구하고 외장형 스테리비와 동등 수준의 안테나 성능을 얻을 수가 있었다. 만약 급전 위치가 다를 경우, 다양한 슬릿의 구성에도 불구하고 본 결과에 의한 성능을 얻을 수 없을 것으로 판단된다.

급전 위치를 결정한 후 PIFA를 위한 설계는 전류의 흐름을 고려하여 PIFA 면의 슬릿들을 조절하고, 전류가 가장 강하게 나타나도록 슬릿을 구성하여야 한다. 안테나를 유지하는 캐리어를 또한 안테나 이득을 위한 중요한 요소이다. 안테나 설계자들은 내장형 안테나인 PIFA의 보다 나은 이득 특성을 얻기 위해 슬릿을 구성하기 전에 세트 설계자와 더불어 최적의 급전 위치를 결정하여야 한다. 또한 기구 설계자와 함께 캐리어의 재료에 따른 모양을 안테나가 최대 성능을 갖도록 설계를 하여야 할 것이다.

III. 결 론

휴대폰 내장형 안테나로 널리 적용되는 PIFA의 이득 특성 향상을 위한 최적의 급전 위치를 결정하는 연구를 수행하였다. 안테나의 전계 강도가 클 경우 방사 전력이 증가하고 따라서 이득이 증가하는 원리를 적용하였다. 슬릿이 없는 기본형 PIFA에서 측면을 제외한 여러 군데의 급전 위치를 정하고 이때 발생하는 각각의 전계 강도를 HFSS로 시뮬레이션하여 그 결과를 비교하였다.

삼성전자 휴대폰 2종에 적용하여 최적의 급전 위

치를 얻었다. 다른 위치의 급전일 경우 최적 위치에 비해 2 dB에서 10 dB 정도의 전계 강도가 약하게 나타나고 있다. 시뮬레이션 결과를 적용한 2종의 휴대폰 PIFA 안테나의 주변 부품 상황을 고려한 최적 급전 위치는 A 모델의 경우 상단 중앙, B 모델의 경우 하단 좌측으로 결정하였다. 급전 위치가 결정된 2종의 휴대폰은 현재 삼성전자에서 생산 중에 있다.

PIFA 이외 내장형 안테나의 적정 급전 위치는 거의 결정되어 있다. 캐리어 구조와 연관된 최적 급전 위치에 관한 연구는 향후 진행되어야 할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] K. Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, John Wiley & Sons, 2003.
- [2] Lal Chand Godara, *Handbook of Antennas in Wireless Communications*, CRC press, 2002.
- [3] 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.
- [4] T. Son, E. Chang, "Monopole antenna for Korea PCS mobile phone handset", *Proceeding Digest of Antem2004/URSI, IEEE, ISBN-0-9692563-9-6*, pp. 607-610, Jul. 2004.
- [5] 손태호, "PIFA 안테나 설계순서 1~4", (주)SB텔콤 보고서, 2004년 12월.
- [6] Taeho Son, "Feeding point determination for PIFA type mobile phone handset internal antenna", *IEEE-APs Int'l Symposium Digest*, P3.1, Jul. 2005.
- [7] 구도일, 김영식, "접지판을 이용한 내장형 안테나가 채용된 GSM/DCS 단말기의 방사성능에 대한 연구", 추계 마이크로파 및 전파학술대회 논문집, pp. 113-116, 2004년 9월.

손 태 호



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

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

이 재 호



1996년 2월: 부산수산대학교 정보통신공학과 (공학사)
 1998년 2월: 부경대학교(구 부산수산대학교) 전자공학과 (공학석사)
 2002년 3월: 일본 타쿠쇼쿠(拓殖)대학 전자정보공학전공 (공학박사)
 2002년 4월~2003년 12월: 일본 타

쿠쇼쿠(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