

# PCS 대역 안테나 내장형 단말기와 외장형 단말기의 방사패턴과 무선감도

## Radiation Pattern and Radio Sensitivity of PCS Band Mobile Phones with Internal Antenna and External Antenna

공 성 신 · 오 종 대 · 양 운 근

Sung Shin Kong · Jong Dae Oh · Woon Geun Yang

### 요 약

본 논문에서는 PCS 대역 안테나 내장형 단말기의 성능에 관하여 살펴보았다. 안테나와 안테나 내장형 단말기의 방사패턴을 3차원 전산모의실험 프로그램인 HFSS(High Frequency Structure Simulator)와 SEMCAD(Simulator Platform for Electromagnetic Compatibility Antenna Design and Dosimetry)를 이용하여 전산모의실험하였다. 단말기에 장착된 LED(Light Emitting Diode) 회로와 접지판의 형태에 따른 방사패턴의 변화를 살펴보았으며, 외장형 안테나 단말기와 내장형 안테나 단말기의 안테나 방사패턴을 원거리장 측정 시스템을 사용하여 전자파 무반사실에서 측정하였다. 측정결과 내장형 안테나는 전산모의실험 결과와 유사한 패턴을 보였다. 그리고 전자파 무반사실에서 Agilent E5515C를 사용하여 안테나 외장형 단말기와 안테나 내장형 단말기의 무선감도를 측정하여 비교하였다. 측정된 안테나 내장형 단말기의 무선감도는 안테나 외장형 단말기의 무선감도와 비교해 유사한 성능을 보였으며 수평면상의 동일편파 무선감도 평균치의 경우 차이가 0.12 dB로 나타났다.

### Abstract

In this paper, performance analysis of mobile phone with internal antenna for PCS band was carried out. The radiation patterns for antenna and mobile phone with internal antenna were simulated by using 3D simulation program, HFSS and SEMCAD. Radiation pattern variation was observed according to installation of LED circuit and ground pattern and by using simulation, radiation pattern was improved. And radiation patterns of mobile phones with internal and external antennas were measured by using far field measurement system and chamber. Measured radiation pattern for mobile phone with internal antenna shows good agreement with simulation result. And the radio sensitivities of mobile phones with internal and external antennas were measured by using Agilent E5515C and chamber and compared. The measured radio sensitivity of mobile phone with internal antenna shows proper performances comparable to other model with external antenna. Measured result shows that the difference on averaged co-polar radio sensitivity is 0.12 dB.

Key words : Internal Antenna, External Antenna, Radio Sensitivity, Radiation Pattern

### I. 서 론

현재 무선 통신 시장의 성장은 급속하게 이루어지고 있으며, 특히 이동 단말기 부문에서 많은 발전

을 이루고 있다. 개인 이동 단말기는 점차 소형화, 경량화, 다 기능화 되어지는 추세이며, 이에 따라 단말기의 시장 경쟁력을 확보하기 위하여 부품들의 고효율화, 소형화, 저전력화가 필수적이다. 이동 단말

「본 연구의 일부는 2003년도 인천대학교 교내 연구비 지원을 받아 수행되었음.」

인천대학교 전자공학과(Dept. of Electronics Eng., University of Incheon, Korea)

· 논문 번호 : 20040113-005

· 수정완료일자 : 2004년 4월 2일

기 부품 중에서도 안테나의 역할은 통화 품질, 소형화 및 저전력화를 결정하는 매우 중요한 부분으로서 새로운 형태의 이동통신 형태에 따라 적합한 새로운 안테나 개발이 필수적이다. 이러한 안테나 개발과정 가운데, 단말기에 돌출형태로 부착되어 있는 외장형 안테나로 인한 단말기 휴대시 불편함을 해소하고 새로운 형태의 다양한 디자인을 가능하게 하기 위하여 CDMA(Code Division Multiple Access) 방식의 단말기에서 안테나 내장형 모델에 대한 시도가 나타나고 있다<sup>[1][2]</sup>.

내장형 안테나를 탑재한 이동 단말기는 내장형 안테나의 종류에 따라 측정되는 특성이 다르게 나타나며, 안테나가 내부에 부착되어 있기 때문에 기존의 외장형 안테나를 부착했던 경우보다 안테나에서 방사되는 전파가 내부 회로에 미치는 영향에 대하여 좀 더 고려하여야 하며 이밖에 측정 기준 또한 변경될 필요가 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 논문에서는 PCS(Personal Communication System) 대역 안테나 내장형 단말기 개발과정으로서 안테나 내장형 단말기 시제품의 특성을 살펴본다. 이에 대한 적절한 성능을 확보하기 위하여 전산모의실험 및 특성을 측정하여 평가한다.

2장에서는 내장형 안테나와 측정 방법에 관하여 기술한다. 3장에서는 단말기에 장착된 LED(Light Emitting Diode)와 접지판에 따른 방사패턴의 변화를 살펴보고 안테나가 내장된 단말기의 방사패턴을 전체 기구물을 고려한 상태에서 전산모의실험을 통하여 구한다. 4장에서는 안테나 내장형 단말기 시제품에 대해 방사패턴과 이득을 측정하고 외장형 안테나가 장착된 단말기와 무선감도 비교 측정을 통하여 감도를 비교하며 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 내장형 안테나와 특성 측정

### 2-1 내장형 안테나

이동 단말기에서 사용되는 안테나에 대하여 요구되는 조건은 대체적으로 안테나의 방사패턴이 수평방향으로는 전방향성을 지향하고 수직편파를 수신하는 것을 상정하고 있다. 여기서 이동 단말기는 수직으로 세워져 사용한다는 가정이 포함되어 있다.

내장형 안테나의 경우 단말기의 두께나 크기를

최소화하기 위하여 안테나가 소형일 것을 요구하고 있다. 안테나를 소형화 또는 박형화 하게 되면 효율이 저하됨과 동시에 주파수 대역폭은 좁아지는 것이 보통이다. 내장형 안테나로서 평판으로 된 안테나로 안테나의 소형화를 이룰 수 있는 관 형태의 역 F형 안테나를 채용하기도 하는데 다양한 변형방법을 사용하여 원하는 특성을 구현하고 있다<sup>[3]~[5]</sup>.

### 2-2 안테나 방사패턴, 이득 측정 및 단말기 감도 측정

이동 단말기 안테나의 방사패턴과 이득 측정의 예를 그림 1에 나타내었다. Orbit사의 anechoic rectangular far field chamber에서 측정 안테나와 표준 혼 안테나간에 서로 일직선이 되도록 측정 안테나의 높이를 조정한다. 측정 안테나와 표준 혼 안테나는 power control unit에 연결되어 회전하게 되며, 수평 방사패턴과 수직 방사패턴을 측정할 수 있게 된다. 이동 단말기의 안테나에서 수신된 수신 레벨을 바탕으로 8510C와 연결된 원거리장 측정(far field measurement) 소프트웨어에 의해 방사패턴 및 이득을 출력할 수 있게 된다<sup>[6][7]</sup>.

한편, 이동 단말기 성능 측정시 감도 측정은 매우 중요한 항목이 되며, 이는 이동 단말기에 장착된 안테나 및 전체회로의 특성을 볼 수 있는 것이다. 감도는 유선감도와 무선감도로 나눌 수 있는데 유선감도는 E5515C를 측정하고자 하는 단말기에 동축케이블로 직접 연결하여 측정하는 것으로, 안테나는 내부 회로와 떨어지게 되고 단지 측정 단말기의 보드상태에서의 수신감도를 측정하는 것이 된다. 무선감도는

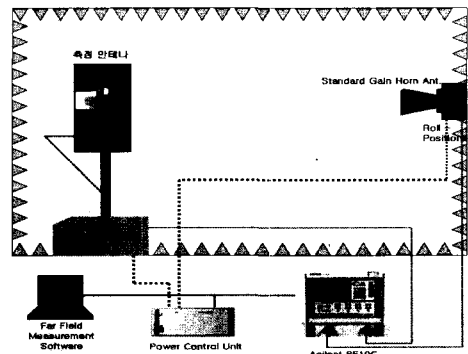


그림 1. 안테나 방사패턴 측정  
Fig. 1. Antenna radiation pattern measurement.

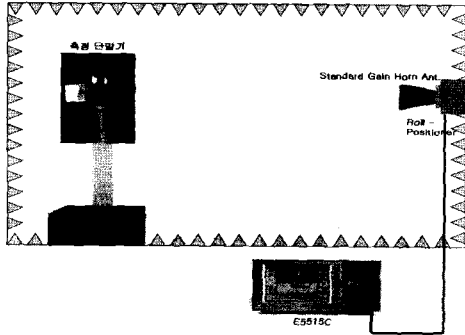


그림 2. 무선감도 측정  
Fig. 2. Radio sensitivity measurement.

무반사실에서 측정할 안테나가 장착된 이동 단말기와 일정한 거리를 두고 E5915C의 송신부에 연결된 표준 혼 안테나로 송신 전력을 보내면서 측정하는 것을 말한다. 여기서 측정하고자 하는 이동 단말기에는 어떠한 유선케이블도 연결되지 않게 된다. 그림 2는 무선감도 측정 예를 보이고 있다<sup>[8]</sup>.

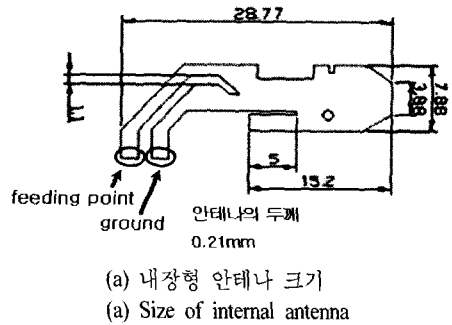
### Ⅲ. 단말기 내장형 안테나에 대한 전산모의실험

#### 3-1 LED와 접지판에 따른 방사패턴 변화

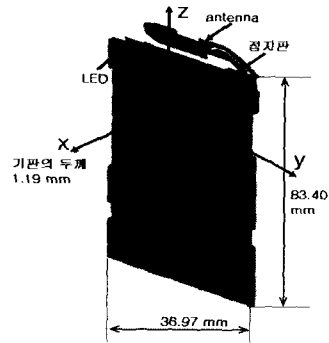
전산모의실험에 사용된 안테나는 단말기 개발에 사용된, PCS 주파수 대역(1.75 GHz~1.87 GHz)을 커버할 수 있는 특정회사의 내장형 안테나 샘플이다. 그림 3(a)는 전산모의실험을 위해 모델링한 단말기 내장형 안테나의 파라미터를 나타내고 있고, 그림 3(b)는 그림 3(a)의 내장형 안테나를 실제 기판과 유사하게 모델링한 단말기 PCB 기판에 장착한 모습을 나타낸다.

실험에 사용된 단말기 내장형 안테나 시제품은 그 구조상 단말기 하부기판 상단부분에 필름형태의 LED가 장착된다. 하지만 이 LED의 장착부위가 내장형 안테나가 장착되는 부분 앞에 위치하므로 LED 장착에 따른 영향을 평가하기 위하여 내장형 안테나를 장착한 상태로 모델링 하고 전산모의실험을 시행하였다. 실험에 사용된 기판은 양면이 copper로 되어 있고, 가운데는 FR4 재질로 되어 있다.

그림 4와 같이 내장형 안테나를 PCB 기판에 장착 시 LED의 유·무와 접지판의 길이에 따른 방사패턴 비교를 위하여 네 가지의 경우를 설정하였다. 그림



(a) 내장형 안테나 크기  
(a) Size of internal antenna



(b) PCB 기판에 장착된 안테나의 모델링  
(b) Modelling of antenna with PCB

그림 3. 내장형 안테나의 모델링  
Fig. 3. Modelling of internal antenna.

4(a)의 case 1은 기판에 안테나만 장착된 경우이고, case 2는 안테나와 LED, case 3은 접지판이 안테나와 LED 사이에 장착된 경우, case 4는 장착된 접지판의 길이를 늘린 것이다.

그림 5에 3차원 방사패턴에 대한 전산모의실험 결과를 보였다. 전산모의실험결과 안테나만 부착된 case 1의 경우 등방성의 방사패턴을 보이고 있고, LED가 부착된 case 2의 경우 LED의 영향으로 인한 방사패턴의 일그러짐이 일어났다. Case 3의 경우 접

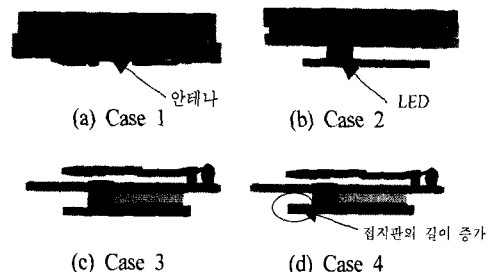


그림 4. PCB 기판에 장착된 내장형 안테나  
Fig. 4. Internal antenna installed on PCB.

지판 장착으로 인한 방사패턴의 일그러짐이 보상됨을 알 수 있으며 접지판의 길이가 길어진 case 4는 비교적 양호한 등방성의 패턴이 나타났다. 단말기 설계시 LED 부분의 영향을 줄이기 위해 기판과 연결된 접지면을 연장시켰을 경우 LED의 영향이 줄어들게 됨을 확인할 수 있었다. 이는 LED 부분의 연장된 접지면과 단말기 기판과의 연결되는 접촉 면적이 안테나의 전체적인 이득이나 패턴형성에 영향을 주는 것으로 생각할 수 있다.

### 3.2 단말기 외부 케이스 장착시의 방사패턴

단말기용 안테나는 장착되는 단말기의 형태 및 재질에 따라 성능이 변하기 때문에 이에 대한 방사패턴 및 이득을 비교하기 위해 그림 6과 같이 단말기 기판에 장착 후 외부 케이스까지 포함시킨 상태로 모델링한 후 전산모의실험을 행하였다. 실험에 설정된 LED는 실제 F-PCB로 되어 있어 전산모의실험에서는 cooper로 설정하였고 배터리와 key pad는

제외하였다. 그림 7(a)는 전산모의실험 결과로 얻어진 3차원 방사패턴을 나타내고 있다. 이동 단말기의 뒤쪽으로 방사패턴이 치우쳐 있음을 나타낸다. 그림 7(b), (c)는 단말기의 수평 방사패턴과 수직 방사패턴을 보여주고 있다.

## IV. 안테나 내장형 단말기의 성능 측정

내장형 안테나를 단말기에 장착 후 방사패턴과 이득을 측정하여 외장형 안테나가 장착된 단말기와 비교하였다. 그리고 안테나 내장형 단말기의 무선감도를 기존의 외장형 안테나가 장착된 단말기와 비교하였다.

### 4.1 단말기 외장형 안테나와 단말기 내장형 안테나의 방사패턴 비교

단말기 외장형 안테나와 내장형 안테나의 방사패턴을 측정하였다. 안테나 외장형 단말기에는 리트랙

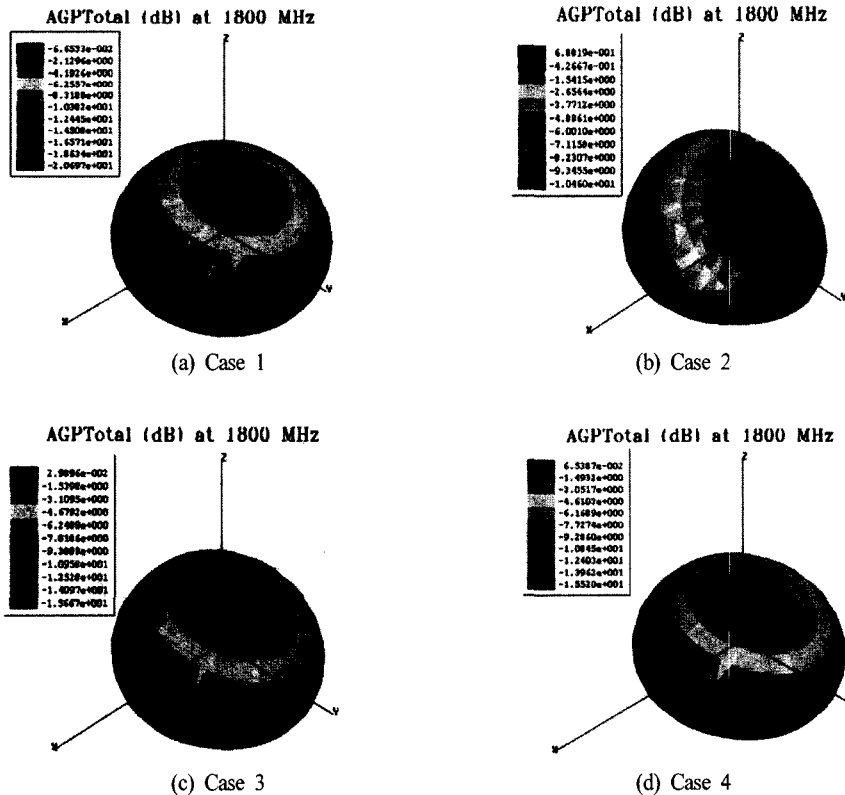


그림 5. 그림 4의 각 경우에 대한 3차원 방사패턴  
Fig. 5. 3D radiation pattern for each cases of Fig. 4.

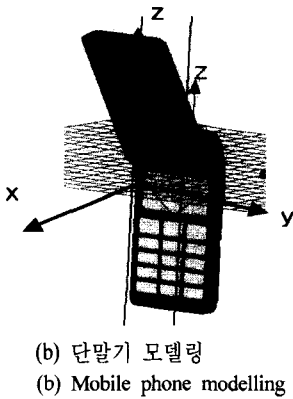
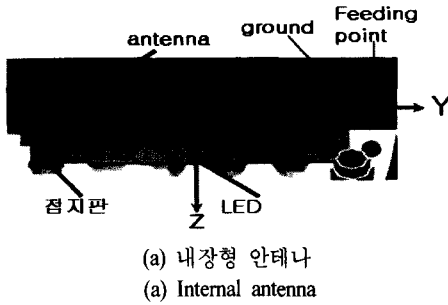


그림 6. 실제 케이스에 결합된 내장형 안테나  
Fig. 6. Modelling of internal antenna with actual housing.

터블 헬리컬 안테나가 장착되어 있고 안테나 내장형 단말기에는 2차 내장형 안테나를 장착하였다. 측정에 사용된 단말기는 외장형 안테나의 경우 플립형 단말기이며, 측정시 안테나는 리트랙트 상태로 하여 헬리컬 안테나로 동작하게 하였다. 안테나를 뽑을 경우 whip 안테나로 동작하여 이득면에서 좀 더 우수한 특성을 보이니 단말기의 통상 대기상태가 리트랙트 상태를 감안하여 보통 성능 평가시 우선적으로 리트랙트 상태로 측정한다. 또한 내장형 안테나를 안테나 내장형 단말기 개발 시제품에 장착하여 폴더를 연 상태에서 측정하였다. 동일한 조건 하에 전자파 무반사실에서 안테나의 방사패턴 및 이득을 측정하였다.

그림 8은 방사패턴 측정에 사용된 안테나 모델이며, 그림 9는 내장형 안테나의 return loss 특성이다. 측정된 값은 송, 수신 대역 전체에서 전압정재파비가 1.90 이하로서 대체로 양호한 특성을 보이고 있다. 그림 10은 측정된 외장형 안테나의 방사패턴이고, 그림 11은 측정된 내장형 안테나의 방사패턴을

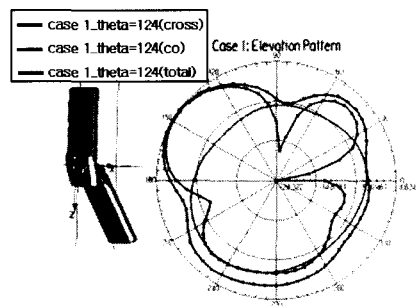
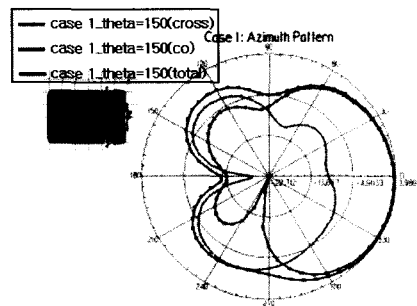
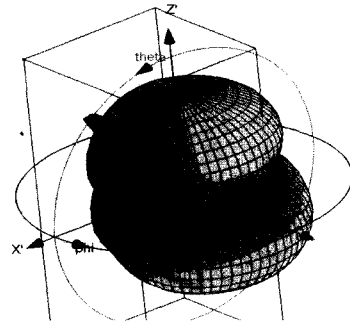
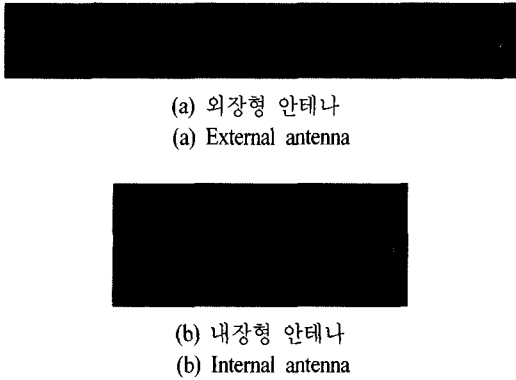


그림 7. 그림 6에 대한 전산모의실험 결과  
Fig. 7. Simulation results for Fig. 6.

나타낸다. 측정결과 단말기 외장형 안테나는 전형적인 리트랙터를 안테나의 방사패턴을 보였고, 내장형 안테나는 전산모의실험 결과와 유사한 패턴을 보였다. 그림 11(b)를 보면 그림 7(a)의 3차원 방사패턴을 절단할 경우와 흡사한 모양을 보이고 있다.

측정된 외장형 안테나는 최대이득이 수직 방사패턴에서 주파수 1.78 GHz에서 1.04 dBi로 나타났으며, 내장형 안테나의 경우 수직 방사패턴의 같은 주파수



(a) 외장형 안테나  
(a) External antenna

(b) 내장형 안테나  
(b) Internal antenna

그림 8. 측정에 사용된 안테나 모델  
Fig. 8. Antenna models used in measurements.

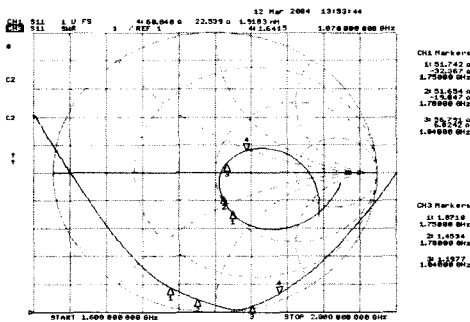
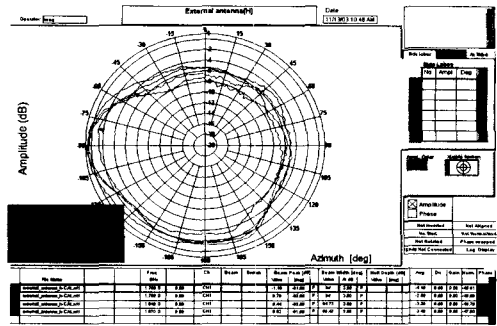


그림 9. 내장형 안테나의 return loss 특성  
Fig. 9. Return loss characteristic of internal antenna.

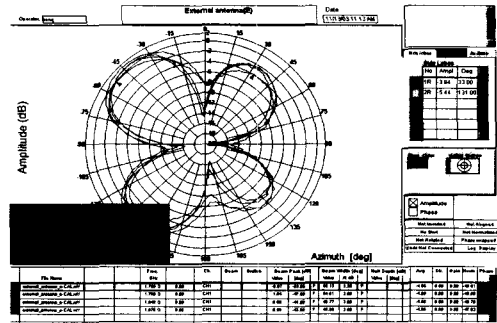
에서 안테나 이득값은  $-0.59$  dBi로 나타났다. 안테나 자체만의 최대 이득면에서 보면 외장형의 경우가 다소 유리하다. 그러나 최대 이득이 나타나는 방향도 고려해야 최종적으로 단말기의 실제 사용상태에서의 성능을 합리적으로 평가할 수 있을 것으로 생각된다. 왜냐하면 이동 단말기의 경우 안테나만 따로 분리하여 송, 수신 방향을 서로 맞추어 주는 일대일 통신 시설의 경우와는 다르기 때문이다. 즉 최대 이득의 방향이 항상 송, 수신 방향으로 맞추어져 있지 않기도 하며 또한 다중 경로신호를 복조에 활용하고 있기 때문에 전체적인 단말기의 성능 평가가 단지 한 방향의 최대 이득값만에 의존하고 있다고 보기 어려운 점이 고려되어야 한다.

#### 4.2 안테나 외장형 단말기와 안테나 내장형 단말기의 무선감도 비교

단말기 내장형 안테나가 장착된 단말기의 무선감



(a) 수평 방사패턴  
(a) Horizontal radiation pattern

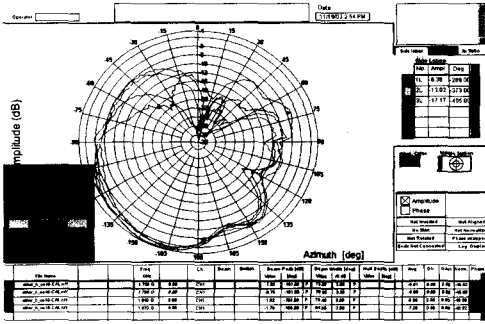


(b) 수직 방사패턴  
(b) Vertical radiation pattern

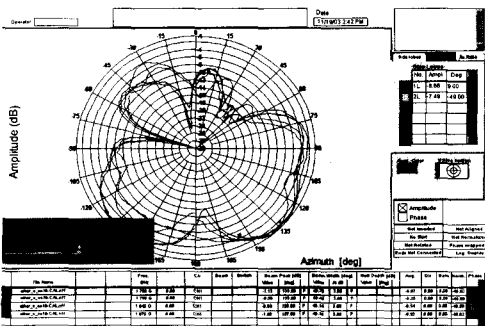
그림 10. 단말기에 장착된 외장형 안테나의 방사패턴  
Fig. 10. Measured radiation patterns for external antenna installed in mobile phone.

도와 비교하기 위해 외장형 안테나가 장착된 폴더 타입의 단말기를 비교시험모델로 하여 동일한 조건하에 무선감도 측정을 수행하였다. 무선감도 측정은 무선통신 시험 장비인 E5515C를 사용하여 전자파 무반사실에서 측정하였다. 측정은 H 평면, E1 평면, E2 평면에서 이루어졌다. 단말기의 실제 사용시의 환경을 고려해 각각의 평면에 대해 동일편파와 교차편파를 동시에 측정하였다. 여기서 E5515C의 송신 전력으로 단말기와 의 호가 형성되어 FER 값이 설정된 허용 오류율 안에 들어올 때의 전력을 측정하는 것이므로 E5515C에서의 송신전력이 더 낮아질수록 상대적으로 단말기의 무선감도 성능이 더 좋음을 나타낸다고 할 수 있다.

그림 12(a)에 비교모델로 사용한 외장형 안테나가 장착되어 있는 단말기를 나타내었으며, 그림 12(b)는 시험에 사용된 내장형 안테나 단말기 시제품 모델이다. 표 1, 표 2는 안테나 외장형 단말기와 안테나 내



(a) 수평 방사패턴  
(a) Horizontal radiation pattern



(b) 수직 방사패턴  
(b) Vertical radiation pattern

그림 11. 단말기에 장착된 내장형 안테나의 방사패턴  
Fig. 11. Measured radiation patterns for internal antenna installed in mobile phone.

장형 단말기의 무선감도를 측정된 결과이다. 그림 13에 이 두 단말기의 무선감도를 통합하여 나타내었다. 여기서 L500은 안테나 내장형 단말기이고, LGP M2는 안테나 외장형 단말기이다.

안테나 내장형 단말기의 수평면상의 동일편파 무선감도의 평균값은 -54.94 dBm으로 안테나 외장형 단말기의 평균값인 -55.06 dBm과 비교하면 0.12 dB 정도 떨어지는 것으로 보이나 교차편파의 경우 안테나 내장형 단말기의 경우 -51.00 dBm으로 외장형 단말기의 -49.83 dBm 보다 오히려 1.17 dB 우수하여 단순 평균할 경우 내장형 안테나의 경우가 약간 우수한 성능을 보인다.

### V. 결 론

본 논문에서는 PCS 대역 이동 단말기에서 내장형 안테나의 방사패턴 및 무선감도에 관하여 살펴보았



(a) 안테나 외장형 단말기  
(a) Mobile phone with external antenna



(b) 안테나 내장형 단말기  
(b) Mobile phone with internal antenna

그림 12. 무선감도 측정에 사용된 단말기  
Fig. 12. Mobile phones used in radio sensitivity measurement.

표 1. 안테나 외장형 단말기의 무선감도  
Table 1. Radio sensitivity of mobile phone with external antenna(dBm).

	H Plane		E1 Plane		E2 Plane	
	Co	Cross	Co	Cross	Co	Cross
0°	-60	-48	-60	-49	-49	-50
20°	-59	-49	-62	-51	-42	-52
40°	-60	-48	-58	-54	-44	-45
60°	-61	-45	-54	-56	-37	-46
80°	-61	-42	-49	-57	-52	-47
100°	-60	-47	-52	-57	-56	-41
120°	-59	-51	-57	-57	-58	-37
140°	-56	-51	-58	-57	-61	-36
160°	-55	-56	-56	-56	-63	-46
180°	-51	-58	-53	-53	-58	-47
200°	-48	-56	-54	-50	-48	-50
220°	-48	-54	-45	-49	-51	-50
240°	-47	-53	-47	-50	-59	-48
260°	-48	-47	-49	-50	-61	-46
280°	-50	-47	-48	-49	-59	-39
300°	-54	-48	-50	-49	-51	-35
320°	-56	-48	-47	-47	-51	-46
340°	-58	-49	-54	-47	-54	-48
Average	-55.06	-49.83	-52.94	-52.11	-53.00	-44.94

다. 방사패턴에 대한 전산모의실험에는 Ansoft사의

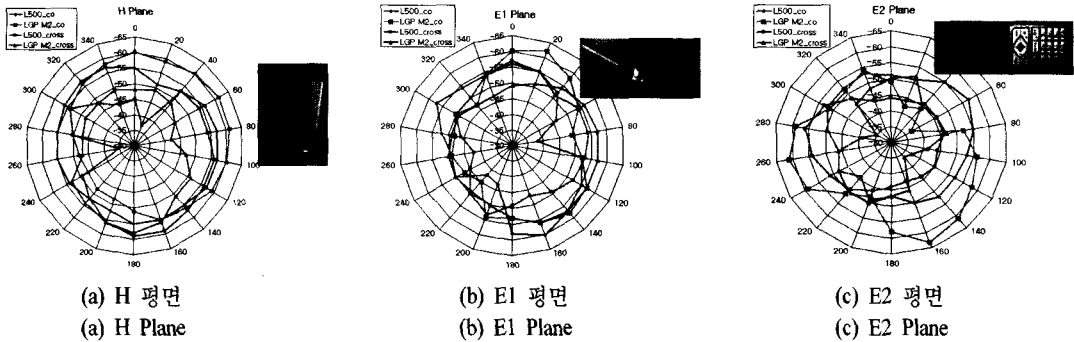


그림 13. 무선감도의 비교  
Fig. 13. Comparison of the radio sensitivity.

표 2. 안테나 내장형 단말기의 무선감도  
Table 2. Radio sensitivity of mobile phone with internal antenna(dBm).

	H Plane		E1 Plane		E2 Plane	
	Co	Cross	Co	Cross	Co	Cross
0°	-55	-45	-56	-57	-51	-44
20°	-51	-37	-55	-55	-51	-44
40°	-53	-53	-52	-51	-55	-46
60°	-56	-54	-46	-54	-57	-46
80°	-57	-54	-38	-54	-55	-46
100°	-57	-56	-52	-53	-53	-44
120°	-57	-56	-55	-52	-52	-45
140°	-55	-57	-57	-49	-52	-44
160°	-55	-59	-60	-47	-50	-43
180°	-55	-59	-58	-49	-47	-44
200°	-52	-56	-43	-53	-49	-46
220°	-52	-52	-42	-50	-44	-49
240°	-54	-49	-50	-45	-48	-51
260°	-55	-35	-49	-42	-46	-54
280°	-55	-50	-52	-46	-49	-56
300°	-56	-54	-57	-50	-52	-53
320°	-57	-48	-54	-50	-52	-48
340°	-57	-44	-54	-54	-53	-44
Average	-54.94	-51.00	-51.67	-50.61	-50.89	-47.06

HFSS(High Frequency Structure Simulator)와 Speag사의 SEMCAD(Simulator Platform for Electromagnetic Compatibility Antenna Design and Dosimetry)를 사용하였다. 방사패턴과 무선감도의 측정에는 전자파 무반사실에서 far field system과 Agilent사의 E5515C를

사용하였다.

내장형 안테나를 이동 단말기에 장착시의 방사패턴과 내부접지판의 변화에 따른 방사패턴의 변화를 전산모의실험을 통해 관찰하였다. 그리고 단말기 내부에 LED 회로를 장착함에 따른 방사패턴의 일그러짐을 접지판을 조정하여 보완할 수 있음을 보였으며, 접지판의 길이를 늘림으로써 좀 더 전방향성애 가까운 방사패턴이 나타남을 보였다.

외장형 안테나 단말기와 내장형 안테나 단말기의 안테나 방사패턴을 측정하였다. 측정결과 단말기 외장형 안테나는 전형적인 리트랙터를 안테나의 방사패턴을 보였고, 내장형 안테나는 전산모의실험결과와 유사한 패턴을 보였다. 실제 도심 등의 필드 시험을 통하여 내장형 안테나를 장착한 단말기가 사용상에 있어서 문제가 없음을 확인하였다.

안테나 내장형 단말기의 수평면상의 동일편파 무선감도의 평균값은 -54.94 dBm으로 안테나 외장형 단말기의 평균값인 -55.06 dBm과 비교하면 0.12 dB 정도 떨어지는 것으로 보이나 교차편파의 경우 안테나 내장형 단말기의 경우 -51.00 dBm으로 외장형 단말기의 -49.83 dBm보다 오히려 1.17 dB 우수하여 평균할 경우 내장형 안테나의 경우가 약간 우수한 성능을 보인다. 수평면과 수직 두 평면에 대한 동일편파 및 교차편파 감도를 전체 평균하면 거의 같은 성능을 보임을 알 수 있다. 실제 이동 단말기를 사용 시에는 수직으로 사용하지 않고 약 45° 정도 기울여 사용하고 있는 점을 감안한다면 내장형 안테나를 장착한 단말기의 무선감도 측정결과와 더욱더 긍정적으로 평가될 수 있는 것으로 생각된다.



인테나폰에 대한 다양한 모델과 특히 요즘 관심을 끌고 있는 SAR의 영향까지 고려한 고이득, 고효율의 이동 단말기형 초소형 안테나에 대한 연구 개발이 지속적으로 필요할 것으로 사료된다. 추가적으로, 측정값의 정확한 수치들은 샘플마다 편차가 있을 수 있음을 감안하여야 할 것이나 대체적인 경향을 본 논문을 통하여 알 수 있다고 생각된다. 또한 제품에 있어서의 성능은 계속하여 향상되었을 것임을 언급하고자 하며 본 논문에서의 수치나 측정 결과들은 개발 시점에서 특정 샘플의 자료임을 밝혀둔다.

### 감사의 글

안테나 내장형 단말기 개발 과제에 참여할 수 있도록 해주신 (주)LG 전자 단말 연구소에 감사드립니다.

### 참고 문헌

[1] 김성철, 이중근, 김혜광, "헬리컬 구조를 이용한 IMT-2000 단말기용 소형 인쇄기관형 안테나 설

계", 한국전자과학회 논문지, 14(5), pp. 444-449, 2003년 5월.

- [2] 김종규, 박인식, 서호석, "단말기용 소형 안테나 특성 및 개발 동향", 전파 진흥, 1999년 6월.
- [3] 이호준, 이재영, 김종규, "이동통신 단말기용 안테나", 한국전자과학회 논문지, 14(2), pp. 68-74, 2003년 4월.
- [4] Kin-Lu Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, Wiley, 2003.
- [5] K. Fujimoto, J. R. James, *Mobile Antenna Systems Handbook*, Artech House, 2001.
- [6] 공성신, 김창일, 양운근, "PCS 대역용 인테나 폰의 성능 분석에 관한 연구", 인천대학교 논문집, 제28집, pp. 191-208, 2003년 9월.
- [7] Hiroyuki Arai, *Measurement of Mobile Antenna Systems*, Artech House, 2001.
- [8] 공성신, 오종대, 양운근, "PCS 대역용 안테나 내장형 단말기의 성능 분석", 2003년도 한국전자과학회 종합학술발표회, 13(1), pp. 560-564, 2003년 11월.

### 공 성 신



2002년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)  
 2004년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2004년 3월~현재: (주)LG전자 연구원  
 [주 관심분야] 안테나 및 통신이론

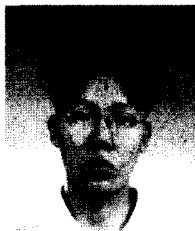
### 양 운 근



1983년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)  
 1985년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1994년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1997년~현재: (주)한국안테나 자문, 기술지도

1997년 3월~2001년 12월: (주) LG전자(구 (주)LG정보통신 포함) 단말연구소 자문교수  
 1988년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 전임강사, 조교수, 부교수, 교수  
 2000년: 한국통신학회 산하 부호 및 정보이론 연구회 분과위원장  
 2001년 5월~2002년 2월: 한국전자통신연구원 무선방송연구소 초빙 연구원  
 2002년 3월~현재: (주) JT (구 (주)준택 포함) 자문교수  
 2003년도, 2004년도 세계인명사전(Marquis Who's Who in the World) 등재  
 2004년 2월~현재: (주) LG전자 단말연구소 자문교수  
 [주 관심분야] 변조 및 복조방식, 이동통신, 안테나

### 오 종 대



2003년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)  
 2003년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정  
 [주 관심분야] 안테나 및 통신이론