

GSM 단말기에서 두부 팬텀 조건하의 방사 전력 최적화를 위한 단말기 구조에 관한 연구

A Study on GSM Handset Structure for Radiation Power Optimization under Head Phantom

양 부 영 · 김 정 민* · 육 종 관*

Bu-Young Yang · Jung-Min Kim* · Jong-Gwan Yook*

요 약

본 논문에서는 폴더형 휴대 단말기에서 머리와 단말기가 인접해지는 통화 조건에서의 방사 전력을 향상시킬 수 있는 방법을 제시하였다. 향상된 방사 성능을 분석하기 위해 자유 공간에 EUT만 있을 경우와 머리 팬텀이 함께 있을 경우에 EUT의 TRP를 측정하였고 단말기의 구조 중 팬텀 조건에서의 TRP(Total Radiated Power) 감쇄에 영향을 주는 요소들을 가인자로 설정하고 변경 실험을 하였다. TRP의 가인자 중 실제로 영향을 주는 것으로 나타난 인자들은 안테나의 길이와 위치, 폴더의 각도, 안테나 주변의 그라운드 연결 방법이었고 이 부분들을 개선하여 팬텀 적용시 TRP의 감쇄가 개선전보다 약 5 dB 향상될 수 있음을 확인할 수 있었다.

Abstract

This thesis suggests ways on how to enhance handset radiation power under head phantom condition. Generally, peak EIRP(Effective Isotropic Radiated Power) is used to measure the radiation performance. TRP is more effective to represent indication of mobile radiation performance in the field than EIRP. In this case, we measure the TRP as an index of radiation power. The factors which effect TRP are antenna length, antenna position, folder angle and ground connection method. More detailed analysis is performed over these items. Significant item is ground connection method between main PCB and folder GND. Using the FPCB we connect main GND to folder GND through the hinge near the antenna. The result is that TRP attenuation is decreased about 5 dB under head phantom condition.

Key words : TRP, Phantom, Radiation Power

I. 서 론

오늘날의 무선 네트워크에서는 휴대 무선 단말기의 방사 성능이 효율적인 운영에 중요한 요소 중 하나이며, 방사 성능에 의하여 cell 반경 안에서의 통화 품질이 결정되고 더 나아가 cell 반경이 축소 또는 확대되기도 한다. 일반적으로 무선 단말기의 방사 성능을 측정하는데 사용하는 최대 EIRP는 필드에서

의 이동 단말기 특성 지표로 사용하기에는 무리가 있다. 예를 들어 지향성이 강한 단말기는 최대 EIRP가 잘 나오는 쪽으로는 통화가 잘 되지만 다른 방향에서는 좋지 않기 때문이다. 이동 통신 환경에서 사용자가 좋은 통화 성능을 얻기 위해서는 특별한 방향에서의 안테나 성능이 아니라 입체적이고 공간적인 특성이 좋아야 하고 사람 머리를 향한 방사 전력이 최소화 되어야 한다.

「본 연구는 대학IT연구센터인 충남대학교 전자파환경기술연구센터의 지원으로 수행되었습니다.」

LG 전자(LG Electronics)

*연세대학교 전기·전자공학과(Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Yonsei University)

· 논문 번호 : 20070103-002

· 수정완료일자 : 2007년 6월 29일

이와 같이 두부 팬텀을 적용한 최대, 평균 EIRP 측정법은 자유 공간상에서의 EIRP 측정보다 필드에서의 성능을 가늠할 수 있는 실질적인 데이터 측정이 가능하다^[1]. 현재 휴대폰의 방사 성능을 측정하는 척도로 TRP(Total Radiated Power)와 TIS(Total Isotropic Sensitivity)라는 규격을 도입하고 있는 활동이 활발하게 전개되고 있으며, 이러한 활동의 일환으로 현재 CTIA(Cellular Telecommunication Industry Association)를 중심으로 휴대폰 방사 성능 기술 표준 작업이 현재 적용중이다.

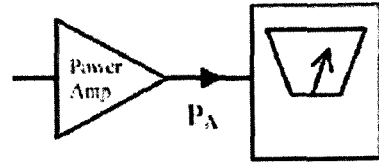
인체에 의한 단말기 방사 영향은 여러 논문에서 다루어져 왔으나, 주로 SAR 측면에서의 접근이 많았다. 또한, 방사 효율이나 방사 패턴에 미치는 영향에 관한 것들은 해부학적인 인체 모델에 단말기를 근접했을 때 인체와의 이격 거리에 따른 방사 패턴 변화를 다룬 것들이었다^[2]. 팬텀 조건에서 측정하는 TRP는 단말기에서 방사되는 전력에서 팬텀에 흡수되는 전력을 제외한 것이므로 팬텀 조건시 TRP 감쇄를 줄이려면 팬텀에 의해 흡수되는 전력을 줄여야 한다^[3]. 본 논문에서는 이를 위하여 단말기의 구조 중 TRP에 영향을 주는 요소들을 알아내고 시뮬레이션을 통한 전력 감쇄를 예측 분석하여 팬텀 조건하에서의 TRP 감쇄를 최소화 할 수 있는 단말기의 중요 요소를 실험을 통하여 도출하고자 한다.

먼저 측정시 사용할 TRP에 관해서 정의하고 자유 공간 조건과 전화 통화시 귀와 머리에 밀착하여 사용하는 것과 유사한 테스트 방법인 SAM 팬텀 조건에서의 TRP 측정법에 대해서 기술하였고, 그 다음 절에서는 방사 성능에 영향을 주는 단말기의 크기, 안테나의 길이, 안테나의 위치, 폴더의 각도, FPCB(Flexible Printed Circuit Board)의 연결 방법 등을 가인자로 선정한 다음 시뮬레이션과 측정에 사용할 단말기 모델을 가인자를 변경시킬 수 있는 간단한 모델로 정의한 후 가인자에 대한 변경 시뮬레이션 및 측정을 하였다.

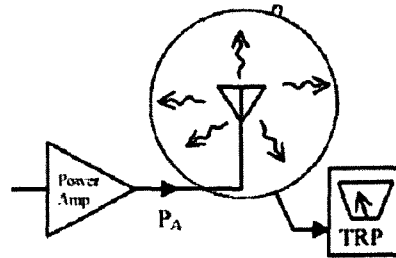
끝으로, 각 인자별 측정 결과를 비교 분석하고 자유 공간과 팬텀 조건에서의 TRP 차이가 나게 만드는 인자를 도출하고 분석하였다.

II. TRP 정의 및 TRP 측정 조건

TRP란 그림 1(b)와 같이 PAM(Power Amplifier Mo-



(a) Conducted power 측정 방법
(a) Conducted power measurement



(b) TRP 측정 방법
(b) TRP measurement

그림 1. Conducted power와 TRP의 측정 방법 비교
Fig. 1. Comparison between conducted power and TRP.

dule)에서 출력되는 전력이 안테나를 통해 실제로 방사되는 전력을 뜻하며, 방향이나 편파를 고려하지 않은 실제로 안테나로 방사되는 전력의 총합을 뜻한다.

여기서, P_A 는 conducted power다.

만약 안테나가 완벽하게 전력을 흡수하는 구로 둘러싸여 있다면 TRP는 구안에 흡수되는 전력이 될 것이며, 이 전력은 PAM 출력과 안테나 특성에 영향을 받게 된다. 식 (1)과 같이 PAM 출력 전력, 안테나 방사효율과 부정합으로 인한 손실을 고려한 방사 전력을 말한다^[4].

$$TRP = P_A \cdot L_m \cdot eff \quad (1)$$

여기서, P_A : PAM 출력 전력

L_m : 부정합으로 인한 안테나의 손실

eff : 안테나의 방사효율

모든 테스트와 유효 절차를 위해 실험실은 최소 측정거리를 만족해야 하며 측정거리는 EUT(Equipment Under Test) 회전 중심으로부터 측정 안테나의 위상 중심까지의 거리이다. 측정거리는 far-field 기준이며 최소 거리 확보 후 측정을 해야 하며, 각 측정 밴드에 맞게 적용을 해야 한다.

표 1. 최소 측정 거리계산^[1]

Table 1. Calculation of minimum measuring distance.

Band	Lower Frequency MHz	Upper Frequency MHz	λ_L	λ_U	$R > \frac{2D^2}{\lambda_u}$	$R > 3D$	$R > 3\lambda_L$	Strictest Criterion, m
Cellular	824	894	0.36	0.34	0.54	0.90	1.09	1.09
PCS	1,850	1,990	0.16	0.15	1.19	0.90	0.49	1.19

표 2. 최소 측정 거리

Table 2. Minimum measuring distance.

주파수 Band [MHz]	최소 측정 거리 R [m]
Cellular(824~894)	1.09
PCS(1,850~1,990)	1.19

측정 최소 거리는 $\frac{2D^2}{\lambda}$ (phase uncertainty limit),

3D(amplitude uncertainty limit), 3λ (reactive near-field limit) 중에서 가장 큰 거리보다 커야 하며, λ 는 자유 공간에서의 파장 길이이고, D 는 EUT의 최대 크기이다. 팬텀 테스트에서는 팬텀의 크기가 300 mm 정도 되므로 D 의 길이를 300 mm로 해야 한다.

이 계산법에 대한 자세한 내용은 표 1과 같다. 3 λ 기준이 가장 크므로 최소 측정 거리는 표 2와 같으며 무반사 챔버와 구조표계 거치시스템은 다음의 조건을 갖추어야 한다. EUT에서 발생하는 출력 에너지가 챔버 내부에서 반사되어 측정 안테나로 들어가거나 실험 지역 외부로 흡수되지 않게 설계되어야 하며, 이는 측정 결과의 오류를 줄이기 위함이다.

측정 안테나에서 EUT까지의 거리가 적어도 표 2의 최소 측정 거리가 확보되어야 하고, 거치 시스템은 Theta와 Phi 방향으로 자유자재로 움직일 수 있는 구조이어야 한다. 거치 시스템의 물리적인 구조가 안정되고 정밀하게 제어가 되어야 신뢰할 수 있는 데이터를 확보할 수 있으므로 재현성 테스트를 하여 신뢰도를 확인해야 한다.

III. 단말기 모델정의 및 TRP 측정

Full-wave simulator를 이용하여 모의 실험을 하는데 있어서 실제 단말기 구조를 완벽하게 입력하여 분석하는 방법은 mesh가 너무 많이 나누어지고 단말기 구조 크기 변경 실험과 모의 실험 수행시 너무

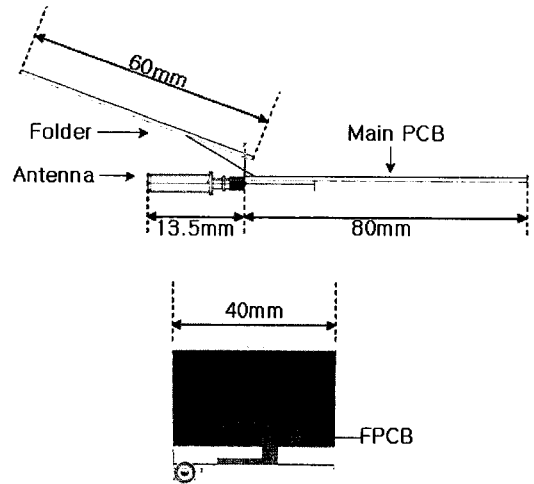


그림 2. 모의 실험용 단말기 모델

Fig. 2. Cellular phone model for simulation.

많은 시간이 소요되므로 그림 2와 같이 간략화 된 단말기 구조를 사용하였다.

간략화 된 단말기 구조는 LCD와 리시버가 있는 폴더 부위를 한 개의 직사각형 도체로 만들었고 기저 대역과 RF 회로가 있는 메인회로 부분도 한 개의 직사각형 도체로 구성하였다.

메인회로와 LCD를 전기적으로 연결하는 FPCB는 도체로 만들었고 안테나 부분은 중요하므로 실물과 동일하게 구현했으며, 각 도체들은 모의 실험 시간을 절약하기 위해 모두 PEC로 정의했다.

실험 주파수는 감쇄가 심한 GSM850 band의 중심 채널인 835 MHz에 대하여 자유 공간과 팬텀 조건에서의 TRP를 모의 실험하였다^[5].

IV. 가인자 선정, 모의 실험, 측정 결과

모의 실험과 실 측정을 위해 TRP에 영향을 줄 것으로 예상되는 인자를 표 3과 같이 설정하고 FIM(Fi-

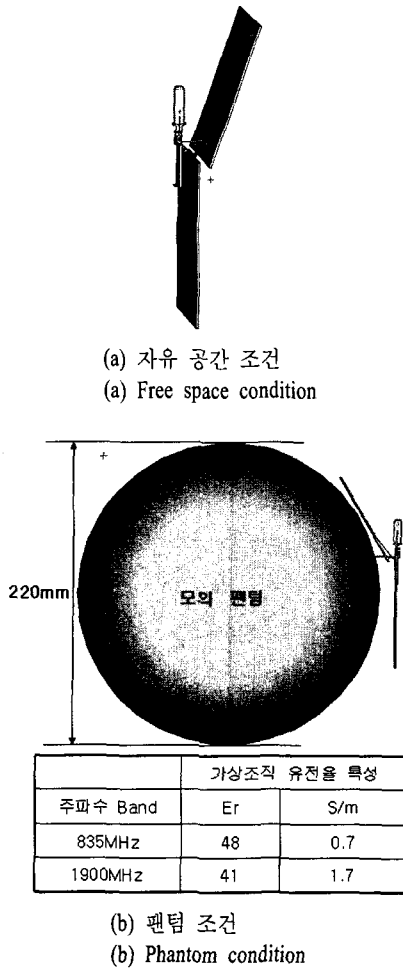


그림 3. 모의 실험시 자유 공간과 팬텀 조건
Fig. 3. Simulation conditions of free space and phantom.

nite Integral Method) 기반의 full wave 시뮬레이터로 계산을 하였다.

일반적으로 단말기의 크기가 큰 것과 폴더 각이 작은 것들이 좋은 결과가 나오기 때문에 단말기의 크기와 폴더각을 가인자로 잡았으며, 안테나의 위치 중 후방으로 이동하는 것은 안테나와 두부 팬텀간의 거리를 멀리 할 수 있는 직접적인 요인이기 때문에 가인자로 선정하였다.

또한, 안테나 단말 특성과 밀접한 관계가 있는 안테나 길이와 메인 PCB와 폴더부의 전기적 연결을 해주는 FPCB의 연결 방법을 가인자로 선정하였다. 주 인자로 선택하는 조건은 실험 결과가 1 dB 이상 변화가 있을 시에 영향을 주는 인자로 분류하기로

표 3. 가설과 가인자

Table 3. Hypotheses and conditions.

가 설	가 인 자
폰의 크기가 크면 TRP에 어떤 영향을 주는가?	폴더 길이
	폴더의 폭
	메인 PCB 길이
	메인 PCB 폭
폰의 구조적 특성이 TRP에 영향을 주는가?	안테나 위치
	안테나 길이
	폴더 각도
	FPCB 연결 방법

하였다.

4-1 폴더부 길이 변경 후 TRP 차이값

폴더부 길이를 동박 테이프를 이용하여 10 mm 확장시켜 실험하였다. 10 mm로 한 이유는 휴대 단말기에서 1 mm는 상당한 크기의 증가이며, 10 mm 정도는 비약적으로 크게 늘린 것이라 할 수 있기 때문이며, 결과는 표 4와 같이 자유 공간과 팬텀의 TRP 감쇄 차이가 0.1 dB 정도 변화가 있었으나 0.1 dB 변화는 계측기상 오차 안에 포함이 되는 정도이기 때문에 1 dB 이상 변화가 없으면 TRP 감쇄 개선이 없

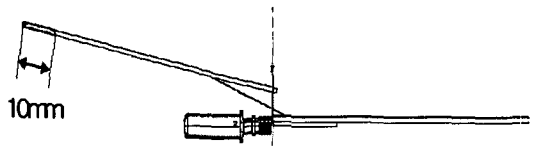


그림 4. 폴더부 길이 변경 실험
Fig. 4. Folder length variation.

표 4. 폴더부 길이 변경 실험 결과

Table 4. Results of folder length variation.

측정 조건	변경전		변경후	
	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]
자유 공간	30.5	29.2	30.8	29.4
팬텀	21.8	20.7	22.2	21
자유 공간과 팬텀의 차이	8.7	8.5	8.6	8.4

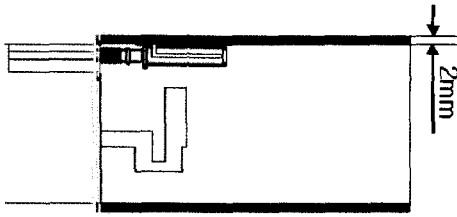


그림 5. 폴더부 넓이 변경 실험
Fig. 5. Folder case width variation.

표 5. 폴더부 넓이 변경 실험 결과
Table 5. Results of folder case width variation.

측정 조건	변경전		변경후	
	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]
자유 공간	30.5	29.2	30.4	29.5
팬텀	21.8	20.7	21.6	21
자유 공간과 팬텀의 차이	8.7	8.5	8.8	8.5

다고 볼 수 있다.

4-2 폴더부 넓이 변경 후 TRP 차이값

그림 5와 같이 단말기의 폴더 부위 폭을 한 쪽당 2 mm씩 총 4 mm를 증가시켜 실험을 하였다. 폴더부의 넓이 확장으로 인하여 표 5와 같이 자유 공간에서의 TRP 변화는 0.3 dB 정도로 거의 없었으며 SAM 팬텀 조건에서의 변화도 0.3 dB 정도 밖에는 차이가 나지 않았다. 변경 전과 후를 비교해 보았을 때 소량의 변동폭은 존재하나 계측 시스템의 오차 범위에 들어갈 정도로 미소하기 때문에 자유 공간과 팬텀의 TRP 감쇄 차이가 동일한 것을 알 수 있다.

4-3 메인 PCB 길이 변경 후 TRP 차이값

그림 6과 같이 메인 PCB 하단을 10 mm 확장시켜 실험을 실시하였다. 메인 PCB 하단을 늘림으로서 단말기의 길이가 길어져 방사 성능의 변화가 있을 것으로 생각이 되었으나 예상과 달리 표 6과 같이 free space에서는 0.5 dB 향상되었고 SAM 팬텀 조건에서는 0.1 dB 감소되어 자유 공간과 팬텀의 TRP 감쇄 차이가 0.6 dB 많아지는 것을 확인할 수 있다.

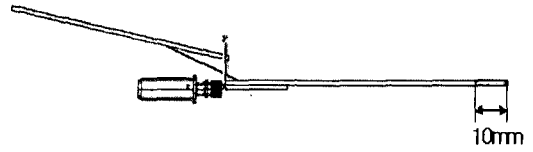


그림 6. 메인 PCB 길이 변경 실험
Fig. 6. Main PCB length variation.

표 6. 메인 PCB 길이 변경 실험 결과
Table 6. Results of main PCB length variation.

측정 조건	변경전		변경후	
	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]
자유 공간	30.5	29.2	30.6	29.7
팬텀	21.8	20.7	21.7	20.6
자유 공간과 팬텀의 차이	8.7	8.5	8.9	9.1

4-4 메인 PCB 넓이 변경 후 TRP 차이값

단말기의 크기에 영향을 줄 것이라 예측되는 메인 PCB의 넓이를 그림 7과 같이 2 mm씩 총 4 mm 확장하여 실험을 실시한 결과, 표 7처럼 자유 공간에서는 0.3 dB 감소하였고, SAM 팬텀에서는 0.4 dB가 증가하여 자유 공간과 팬텀간의 TRP 차이가 0.7 dB 개선이 되었으나 개선이 되었다고 판단하기에는 작은 변화이므로 변경 후에도 TRP 차이가 없다는 것을 알 수 있다.

4-5 안테나 위치 변경 후 TRP 차이값

복사에 직접 영향을 줄 수 있는 안테나의 위치를

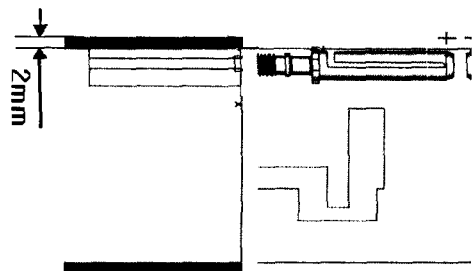


그림 7. 메인 PCB 넓이 변경 실험
Fig. 7. Main PCB area variation.

표 7. 메인 PCB 넓이 변경 실험 결과

Table 7. Results of main PCB area variation.

측정 조건	변경전		변경후	
	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]
자유 공간	30.5	29.2	30.3	28.9
팬텀	21.8	20.7	22.2	21.1
자유 공간과 팬텀의 차이	8.7	8.5	8.1	7.8

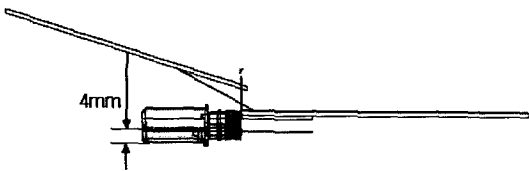


그림 8. 안테나 위치 변경 실험 결과
Fig. 8. Antenna position variation.

표 8. 안테나 위치 변경 실험 결과

Table 8. Results of antenna position variation.

측정 조건	변경전		변경후	
	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]
자유 공간	30.5	29.2	29.9	29.1
팬텀	21.8	20.7	21.9	21.7
자유 공간과 팬텀의 차이	8.7	8.5	8	7.4

후방으로 4 mm 이동한 후 측정을 하였다. 안테나를 후방으로만 이동시킨 이유는 안테나를 좌, 우로 이동하는 것보다는 팬텀과 안테나의 거리를 늘릴 수 있는 요소이기 때문이며, 측정 결과 표 8과 같이 자유 공간과 팬텀의 TRP 감쇄 차이가 1.1 dB 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

4-6 안테나 길이 변경 후 TRP 차이값

안테나 단품 특성에 영향을 주는 안테나의 길이를 3 mm 증가시켜 실험한 결과, 안테나가 긴 것이 표 9와 같이 자유 공간과 팬텀의 TRP 감쇄 차이가 1 dB 줄어들음을 확인할 수 있었다. 이는 안테나 자체의 성

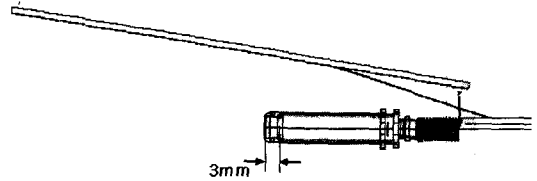


그림 9. 안테나 길이 변경 실험 결과
Fig. 9. Antenna length variation.

표 9. 안테나 길이 변경 실험 결과

Table 9. Results of antenna length variation.

측정 조건	변경전		변경후	
	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]
자유 공간	30.5	29.2	30.6	29.7
팬텀	21.8	20.7	22.9	22.2
자유 공간과 팬텀의 차이	8.7	8.5	7.7	7.5

능과 팬텀과 안테나 끝 부분과의 거리가 바뀌어 이러한 결과가 나왔다고 유추할 수 있다.

4-7 폴더 각도 변경 후 TRP 차이값

측정시 단말기의 거치 위치는 폴더의 각에 따라 많은 영향을 받는다. 예를 들면 폴더의 각이 작을수록 안테나와 팬텀과의 거리는 상대적으로 멀어지게 되며, 표 10과 같이 폴더 각도를 20° 축소할 결과 자유 공간과 팬텀의 TRP 감쇄 차이가 감쇄가 1.5 dB 줄었음을 알 수 있다.

4-8 FPCB 연결 방법 변경 후 TRP 차이값

그림 11과 같이 FPCB 연결 방법을 다르게 하던 안테나 주위의 접지 조건이 틀려져 TRP가 변할 수

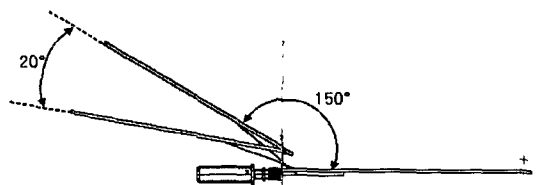


그림 10. 폴더 각도 변경 실험
Fig. 10. Folder angle variation.

표 10. 폴더 각도 변경 실험 결과
Table 10. Results of folder angle variation.

측정 조건	변경전		변경후	
	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]
자유 공간	30.5	29.2	30.6	29
팬텀	21.8	20.7	22.8	22
자유 공간과 팬텀의 차이	8.7	8.5	7.8	7

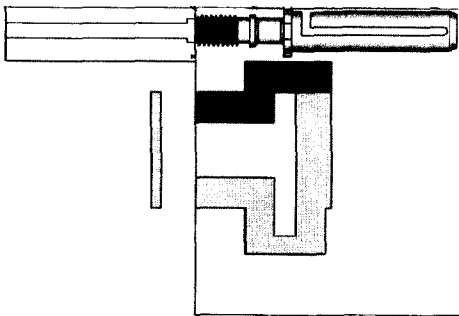


그림 11. FPCB 연결 방법 변경 실험
Fig. 11. FPCB connection.

표 11. FPCB 연결 방법 변경 실험 결과
Table 11. Results of FPCB connection.

측정 조건	변경전		변경후	
	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]	모의 실험 결과 [dBm]	측정 결과 [dBm]
자유 공간	30.5	29.2	29	29.3
팬텀	21.8	20.7	26.6	25.8
자유 공간과 팬텀의 차이	8.7	8.5	2.4	3.5

있는 경우가 발생할 수 있으며, 실험 결과 변경 전과 자유 공간과 팬텀의 TRP 감쇄 차이가 표 11과 같이 5 dB가 개선이 됨을 볼 수 있으며, 지금까지의 변화 요소 중 가장 영향을 많이 주는 요소임을 알 수 있다.

V. TRP 측정 결과 분석

그림 12를 참고해 보면 팬텀 조건에서 TRP 감쇄가 작아지는 경우는 FPCB 연결 방법, 폴더 각도, 안테

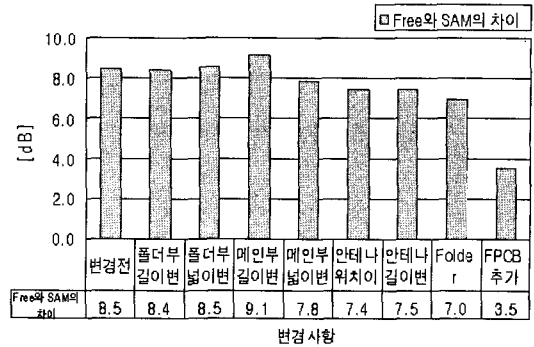


그림 12. 각 요소 변경시 TRP 차이 결과 비교
Fig. 12. TRP comparison of each component variation.

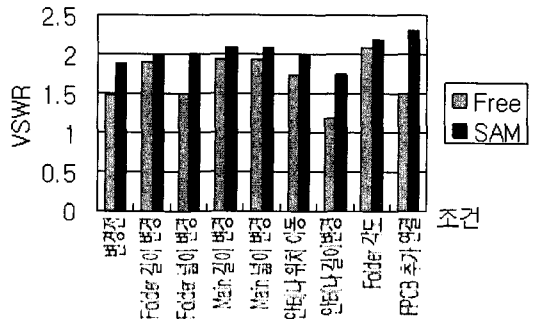


그림 13. 각 요소 변경시 VSWR 결과 비교
Fig. 13. Comparisons of VSWR.

나 위치, 안테나 길이 순으로 효과가 크며 그 외의 다른 경우는 효과가 미약한 것을 알 수 있다. 그림 13은 각 요소 변경시 안테나의 VSWR을 자유 공간과 팬텀 조건에서 측정한 것이며, 대부분의 경우가 팬텀 조건에서 VSWR이 높은 것을 알 수 있으나, FPCB 추가 연결 실험에서와 같이 자유 공간과 팬텀 조건에서의 VSWR이 차이값에 비례하여 TRP 감쇄가 증가하지는 않았다. 따라서 각 조건에서의 VSWR 차이 값은 TRP와 상관 관계가 없는 것을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 팬텀에서의 TRP 감쇄를 줄이기 위해 안테나를 변경하는 방법은 제외하고 단말기의 구조를 변경하는 방법을 연구하였다. 안테나의 형태를 변경하는 방법은 안테나 외각의 크기와 모양을 동일

하게 유지하는 한 안테나 내부 형태 변경을 통한 개선에는 한계가 있기 때문이다. 예를 들면 동일한 외각 크기를 가진 helical, meander line, slot 등 여러 형태의 모노폴 안테나인 경우 field pattern이 안테나의 타입보다는 단말기 도체성 기구물의 구조와 접지 연결 방법에 더 민감하게 반응한다.

실험 결과, 팬텀 조건하에서의 TRP 감쇄를 줄이는 방법 중 가장 효과적인 방법은 메인 PCB와 폴더를 연결해 주는 FPCB의 연결 방법을 변경하는 것이다. 현재 폴더형 단말기들은 안테나와 반대 방향으로 FPCB가 연결되는 구조로 디자인하고 있으며, 이는 안테나 feeding point에 FPCB가 근접되어 기구 설계의 어려움이 있기 때문이다. 실험 결과 안테나 쪽으로 부가적인 FPCB를 연결한 결과, 팬텀 조건에서의 TRP 감쇄가 5 dB 정도 개선되었고, 이때 FPCB의 길이에 대한 변화는 거의 없었으며, FPCB의 폭이 넓은 경우가 좁은 경우보다 1.5 dB 정도 팬텀 조건에서의 감쇄량이 적었다. FPCB를 적용시 폴더의 힌지의 내경에 따라 FPCB의 폭이 달라지므로 최대한 넓게 설계해야 한다.

단말기 구조 외에 팬텀 조건에서의 TRP 감쇄에 영향을 미치는 요소로는 안테나 정합과 PAM 특성이 있으며, 안테나 정합의 경우 외부 변화에 안테나의 임피던스가 잘 변하지 않게 해야 하고 PAM 특성의 경우 load 임피던스의 변화에 대한 전력의 변화

가 적은 PAM을 사용해야 외부 변화에 대한 출력 전력의 변동을 줄일 수 있을 것이다.

본 논문에서는 단말기의 구조 중 팬텀 조건에서의 TRP 감쇄를 위한 주된 인자들을 검출하고 측정하였다. 향후에 이 인자들에 대한 최적 조건을 찾아내고, 적용시 SAR나 hand effect에 대한 영향에 대해서도 연구가 진행되어야 한다.

참고 문헌

- [1] A Test Plan for Mobile Station OTA Performance Revision_2.0.
- [2] Sten N. Hornsleth, Jorgen Bach Andersen, "Effects on portable antennas of the presence of a person", *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, vol. 41, no. 6, Jun. 1993.
- [3] Michal Okoniewski, Maria A. Stuchly, "A study of the handset antenna and human body interaction", *IEEE Transaction Microwave Theory and Techniques*, vol. 44, no. 10, Oct. 1996.
- [4] Warren L. Stutzman, *Antenna Theory and Design*, (1974).
- [5] Speag Company "Application note: recipes for brain tissue simulating liquids", *Shmidt & Partner Engineering AG Application Note*, Switzerland, Mar. 1999.

양 부 영



1996년 2월: 홍익대학교 전파공학과 (공학사)
2006년 2월: 연세대학교 전파통신 전공 (공학석사)
1997년 1월~현재: LG전자 단말연구소 책임연구원
[주 관심분야] 안테나 및 마이크로

파 회로, EMI/EMC

김 정 민



2000년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학사)
2002년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학석사)
2002년 2월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
[주 관심분야] 안테나 및 마이크로

파 회로, EMI/EMC

육 중 관



1987년: 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1989년: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)

1996년 2월: University of Michigan
전기전자공학과 (공학박사)

1997년 1월~1998년 10월: University of Michigan (Research Fellow)

1998년 11월~1999년 2월: Qualcomm Inc. Senior Engineer

1999년 3월~2000년 2월: 광주과학기술원 조교수

2000년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 부교수
[주 관심분야] 마이크로파 소자 및 안테나, 초고주파 통신 시스템, 전자파환경(EMI/EMC), 수치해석, RF MEMS 설계, 병렬 컴퓨팅