

Antenna Efficiency Variation by the Influence of Human Body

인체의 영향에 의한 안테나 효율의 변화

Yong Joo Lee*, Jun Hee Han**, Woon Geun Yang*

이 용 주*, 한 준 희**, 양 운 근*

In this paper, PIFA(Planar Inverted F Antenna) which operates in PCS(Personal Communication System) band is designed and characteristics are investigated. Designed PIFA was installed in three types of handsets, folder, bar, slide, and the performance was evaluated. Head and hand phantom were added to make the most similar environment to real condition of mobile phone use, and influences on antenna performance were analyzed. The simulation results confirm radiation patterns are greatly changed and antenna efficiency is decreased by the effect of human body. Performance variation of the mobile handset antenna was observed as changing the angle between mobile handset and head phantom from 0° to 2°, 4° to confirm the variation caused by the relative position of mobile handset and head phantom. Directivity was decreased gradually as the antenna goes away from head phantom, and showed the trend of increasing efficiency. But in the case of bar type, where the position of antenna is relatively close to head phantom, that trend didn't show. It was confirmed that the shape of handset has a great effect on the performance.

요 약

본 논문에서는 PCS(Personal Communication System) 대역에서 동작하는 PIFA(Planar Inverted F Antenna)를 설계하여 특성을 살펴보았다. 설계된 PIFA를 폴더와 바, 슬라이드 타입의 단말기에 장착하여 성능을 확인하였다. 실제 사용자가 사용하는 상태와 가장 유사한 환경을 만들기 위해 헤드 팬텀과 핸드 팬텀을 추가하여 단말기 안테나의 성능에 미치는 영향을 분석하였다. 인체의 영향으로 인해 방사패턴이 크게 변형되는 모습을 보였으며, 안테나 효율 또한 현저히 저하되는 것을 전산 모의 실험을 통해 확인할 수 있었다. 단말기와 헤드 팬텀과의 위치 관계에 따른 변화를 확인하기 위해 단말기와 헤드 팬텀의 각도가 0° 일 경우를 기준으로 하여, 2°, 4° 로 변화시켜가며 단말기 안테나의 성능 변화를 살펴보았다. 그 결과 안테나가 헤드 팬텀에서 멀어질수록 지향성을 갖던 특성이 조금씩 줄어들면서 효율이 좋아지는 경향을 보였다. 다만 안테나의 위치가 상대적으로 헤드 팬텀에 가까운 바 타입의 경우, 이 같은 경향이 나타나지 않았다. 단말기의 형태도 성능에 큰 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

Key words : PIFA(Planar Inverted-F Antenna), head phantom, hand phantom, antenna, efficiency.

1. 서론

정보화의 눈부신 발달로 무선통신에 대한 수요증가와 함께 전파의 사용이 날로 증가하고 있고, 전자파의 응용 분야도 점차 다양하게 확산되고 있다. 특히

이동통신 기기의 사용이 급증하고 있으며, 이동통신 단말기가 상업적인 수요와 대중적인 면에 있어서 그 비중이 매우 크다고 할 수 있다[1]. 개인 이동 단말기는 점차 소형화, 경량화, 다 기능화 되어지는 추세이며, 이에 따라 단말기의 시장 경쟁력을 확보하기 위하여 부품들의 고효율, 소형화, 저전력화가 필수적이다. 이동 단말기 부품 중에서도 안테나의 역할은 통화 품질, 소형화 및 저전력화를 결정하는 매우 중요한 부분으로서 새로운 형태의 이동통신 형태에 따라 적합한 새로운 안테나 개발이 필수적이다.

가장 많이 연구되는 내장형 안테나로는 PIFA(Planar Inverted F Antenna), 미앤더 라인 세라

* 仁川大學校 工科大學 電子工學科

(Department of Electronics Engineering, University of Incheon)

** (주)LG전자 MC사업부

※ 감사의 글 (이 논문은 인천대학교 2007년도 자체 연구비 지원에 의하여 연구되었음)

接受日:2008年 10月 30日, 修正完了日: 2008年 12月 20日

믹 칩 안테나, 프린트형 모노폴 안테나 등이 있다. 내장형 안테나는 후방사가 적게 일어나므로 전자파의 인체 두부에 미치는 영향을 줄일 수 있고 설계가 간단하고 제작비용이 낮다는 큰 장점을 갖는다[2, 3]. 그러나 제한된 공간에 안테나를 내장시키기 위해서는 소형화가 필수적이므로 이에 따른 성능의 저하는 시급히 해결해야 할 과제이다. 단말기는 사람이 다루는 것이므로, 동작 시에는 인체, 특히 두부의 영향으로 인해 방사패턴이 일그러지며, 안테나 효율도 변화된다[4]. 또한 단말기의 기구적 형태별로 안테나의 위치가 변화하게 되면서 단말기의 성능에 영향을 미치게 된다. 휴대전화의 경우, 귀에 대고 실제 통화를 하는 상태와 수신 대기 상태로서 휴대전화만 공간상에 존재하는 경우, 손까지 고려한 상태의 안테나 효율 변화를 살펴볼 필요성이 있는데 단말기를 사용하는 사람에 따라 단말기를 잡는 위치가 달라지기 때문에 주파수와 안테나의 이득과 방사패턴이 각각 달라져 단말기에 형성되는 전자파 또한 다르게 형성되기 때문이다. 이런 인체에 대한 영향은 외장형 안테나보다 내장형 안테나에서 많이 일어난다[5]. 또한 실제 사용자들이 단말기를 사용하는 환경과 유사하도록 하기 위하여 head & hand 팬텀을 적용했을 경우 안테나 이득과 TRP, 그리고 안테나 효율 등이 저하되는 것을 확인할 수 있다[6].

궁극적으로 양호한 성능의 휴대전화를 개발하기 위해서는 인체를 고려한 상태에서 성능을 평가해야 하며 단말기의 형태 또한 고려 대상이 되어야 할 것이다.

따라서 본 논문에서는 PCS(Personal Communication System) 대역용 내장형 PIFA를 모델링하여 특성을 살펴보고, 단말기의 형태별로 단말기 성능에 미치는 영향을 살펴보기 위해 폴더, 바 그리고 슬라이드 타입으로 나누어 각 형태별 성능을 도출한다. 인체를 고려한 상태에서의 성능 평가를 위하여 헤드 팬텀만 존재하는 경우와 핸드 팬텀까지 존재하는 경우에 따른 단말기 안테나의 효율 변화를 살펴본다. 단말기와 헤드 팬텀과의 각도 변화에 따른 효율의 변화를 전산 모의 실험을 통해 살펴본다.

2장에서 소형 안테나의 근본적인 한계, 안테나 효율을 개괄하고 3장에서는 팬텀 유무에 따른 단말기 안테나 효율의 변화를 살펴보고 핸드 팬텀까지 고려한 경우 단말기 안테나의 효율에 미치는 영향을 살펴본다. 단말기와 헤드 팬텀과의 각도를 변화하면서 단말기 안테나의 효율을 전산 모의 실험한 후 마지막으

로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 소형 안테나의 효율

2.1 소형 안테나의 근본적인 한계

이동 단말기의 급속한 발전과 보급에 맞추어 단말기의 소형화가 이루어지고 있으며, 안테나 분야에서도 과거 수년 동안 인쇄기관 설계를 포함해서 전기적으로 소형인 안테나에 역점을 두고 연구되어 왔다. 전기적 소형 안테나에서 특히 고려해야 하는 특성은 안테나의 방사효율 또는 이득, 대역폭, 그리고 잡음온도 또는 S/N비 등이다[7].

전기적 소형 안테나의 방사패턴과 지향성은 안테나 크기나 주파수에는 독립적이지만 방사지향과 리액턴스는 그렇지 않다. 이 때문에 주파수가 변함에 따라 안테나에서 부하로 또는 발진기에서 안테나로 전력을 전달하는 것이 어려워진다. 이러한 특성을 가지는 안테나는 높은 Q(Quality factor)값을 가지게 되는데, Q값이 높다는 것은 입력 임피던스가 주파수의 작은 편차에도 매우 민감하다는 것을 의미한다. 여기서 Q는 저장된 최대 에너지 대 방사된 평균전력 비의 2π 배로 정의된다. 전기적 소형 안테나는 임피던스 대역폭 $\approx 1/Q$ 인 집중정수 공진회로로 근사화 될 수 있다.

이상적 다이폴의 장은 가능한 모든 형태의 안테나의 장에 비교해 가장 작은 Q값을 갖는다. 반지름 a 인 구에 둘러싸인 다이폴에 대해 Q는 식(1)과 같이 된다.

$$Q = \frac{1}{\beta^3 a^3} + \frac{1}{\beta a} e_r \quad (\text{식1})$$

여기서 β 는 평면파의 위상상수이고 e_r 은 방사효율이다.

이동 통신 단말기의 안테나 설계 시 고려하여야 할 중요한 사항으로는 먼저 안테나가 단말기의 본체에 실장 된다는 것과 또한 사용자의 손과 두부에 의한 감쇄와 방사패턴의 일그러짐의 영향, 사용자의 휴대폰 사용각도의 기울어짐으로 인해 생기는 기지국과의 편파 부정합(polarization-mismatching)문제, 전파의 다중경로에 의한 페이딩 등의 영향을 고려하여야 한다. 이러한 사항을 고려한 고효율 안테나는 수신 전계 강도가 낮은 지역에서도 송·수신을 가능하게 함과 동시에 단말기의 송·수신 전력을 줄일 수 있으며

로 안테나의 효율은 안테나 설계 시 가장 중요한 사항이다[3]

2.2 안테나 효율

방사효율이란 손실이 발생한 부분을 제외한 방사전력의 양을 입력전력에 비례하여 계산한 효율을 의미한다. 안테나에 입력된 전력은 모두 방사되는게 아니라 안테나에서 열로 소모되거나, 완벽히 방사되지 않아서 안테나 주변에 reactance성분을 유기하며 존재하게 되기 때문이다. 방사효율이 높을수록 안테나의 성능이 우수한 것이다. 이러한 방사효율은 Directivity와 곱해지면서 Antenna Gain이라는 대표적인 지표에 포함되게 된다.

그림 1을 참조하면 안테나의 방사효율은 안테나에서 입력전력 대 방사전력의 비로서 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\eta = \frac{P_{rad}}{P_a} = \frac{P_o - P_{loss}}{P_a} = 1 - \frac{P_{loss}}{P_a} \quad (식2)$$

$$= 1 - \frac{P_{loss}}{P_o(1 - |T|^2)}$$

여기서, P_{rad} 는 안테나로부터 방사되는 방사전력, P_a 는 안테나의 입력전력이며, P_o 는 공급전력, P_{loss} 는 안테나에서 소모되는 손실전력, T 는 반사계수를 나타낸다[7].

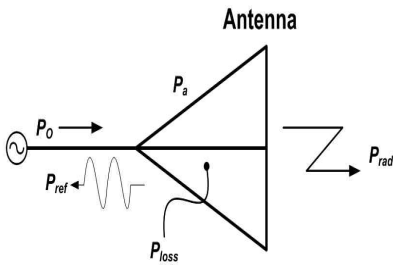


Fig. 1. Power relation of an antenna.
그림 1. 안테나의 전력 상관관계

III. 휴대폰 모델링 및 전산 모의 실험

3.1 PCS 대역용 PIFA 설계

PIFA는 이미 잘 알려진 바와 같이 접지면, 패치, 급전선, 단락판 또는 단락핀으로 구성된다. PIFA는 방사소자의 한쪽 방사면을 단락판을 이용해 TM_{100} 모드에서 전계가 0이 되는 지점을 접지면에 단락시켜,

마이크로 스트립 안테나의 크기를 종래의 전형적인 1/2 파장이 아닌 1/4 파장 이하에서 공간하게 함으로써 안테나의 크기를 반 이상 줄일 수 있다. 단락핀이 패치의 폭보다 좁을 때 안테나의 인덕턴스 성분이 증가하고, 그에 따라 단락판과 패치의 폭이 같은 경우보다 공진 주파수가 낮아지기 때문에, 같은 공진 주파수를 유지하기 위해서는 단락 마이크로 스트립 안테나의 길이가 짧아져서 더욱 더 소형화를 할 수 있다[3].

설계된 PIFA는 PCS대역에서 동작하도록 설계되었다. 그림 2는 구현된 PIFA와 PCB(Printed Circuit Board)를 보여주고 있다. 내장형 안테나는 케이스에 실장했을 경우 케이스의 영향으로 인해 공진 주파수가 낮아지는 경향이 있으므로 실제 PCS 동작 주파수대역인 1,750MHz~1,870MHz보다 높은 주파수에서 공진하도록 설계하였다. 설계된 PIFA의 동작 주파수대역은 1,776MHz~2,047MHz이다. 설계된 안테나의 전체 크기는 3mm(W)×40.6mm(L)이며 상대 유전율이 4.4이고 두께가 1.6mm인 FR4 기판이 사용되었다. 급전선과 단락핀은 1mm의 폭과 5.2mm의 높이를 가진다.

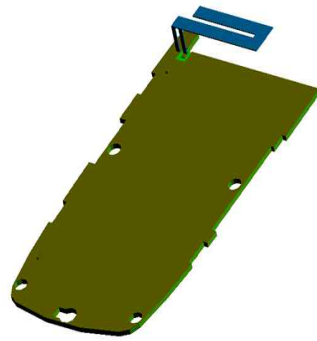
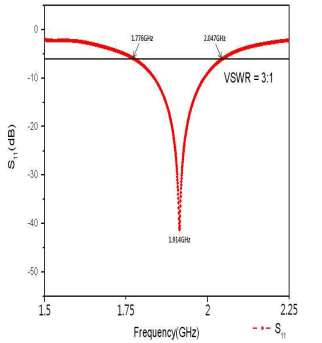


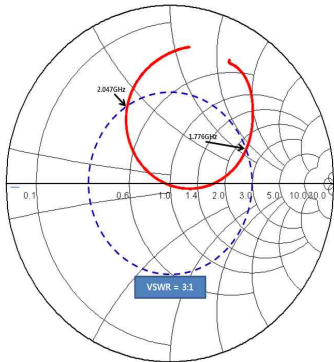
Fig. 2. Modeling of a PIFA and PCB.
그림 2. 모델링 된 PIFA와 PCB

그림 3은 설계된 PIFA의 전산 모의 실험 결과를 보이고 있다. 전산 모의 실험 시 출력 전력은 24dBm으로 설정하였다. VSWR(Voltage Standing WaveRatio) 3:1 기준으로 14.18%의 대역폭을 가지며,

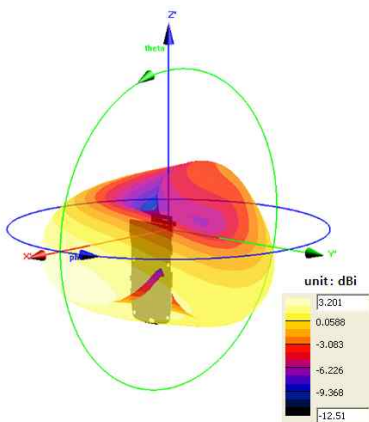
임피던스 매칭도 잘 되었음을 확인할 수 있다. 방사 패턴은 주파수와 접지판의 영향으로 인해 아래로 치지긴 했지만 거의 전방향성의 특성을 보이고 있음을 확인할 수 있다.



(a) S_{11}



(b) Impedance loci



(c) 3D radiation pattern

Fig. 3. Simulation results on S_{11} , impedance loci and 3D radiation pattern of the modeled PIFA.

그림 3. 모델링 된 PIFA의 S_{11} , 임피던스 손실, 3D 방사패턴의 전산 모의 실험 결과

표 1은 설계된 PIFA의 전산 모의 실험 결과를 정리하여 보여주고 있다. TRP(Total Radiated Power)와 TIS(Total Isotropic Sensitivity), 이득 모두 좋은 특성을 나타내고 있으며, 안테나 효율은 91.35%로 상당히 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있다.

Table 1. Simulation results of the designed PIFA.

표 1. 설계된 PIFA의 전산 모의 실험 결과.

	TRP (dBm)	TIS (dBm)	Gain (dBi)	Directivity (dBi)	Efficiency (%)	Resonant frequency (MHz)
PIFA	29.61	-105.63	3.20	3.59	91.35	1,914

3.2 전산 모의 실험

휴대전화용 안테나는 장착되는 휴대전화의 형태 및 재질에 따라 성능이 변하기 때문에 이에 대한 영향을 살펴보기 위해 그림 4와 같이 단말기 외부 케이스까지 포함시킨 상태로 모델링한 후 전산 모의 실험을 하였다. 형태는 폴더, 바 그리고 슬라이드 타입으로 구분하였다.



Fig. 4. Modeling of handsets.

그림 4. 단말기의 모델링

3.2.1 단말기만 존재할 경우

폴더 타입은 기구 모델을 보유하고 있었으나 바 타입과 슬라이드 타입은 기구 모델 확보가 불가능한 관계로 임의로 모델링을 하였다. 재질 설정은 폴더 타입과 동일하게 하였으며, PCB와 안테나는 동일한 모델을 사용하였다. 형태별로 안테나를 실장했을 경우 공진주파수의 변화 정도가 모두 다르기 때문에 안테나는 약간의 튜닝을 했다. 각각의 형태별로 공진 주파수가 다르므로 형태별 공진주파수에서 전산 모의 실험을 실시하였다.

그림 5는 단말기만 놓고 전산 모의 실험을 했을 경우의 각 단말기 형태별 방사패턴을 나타내고 있다. 그림 5(a)는 전산 모의 실험 결과로 얻어진 폴더 타입의 3차원 방사패턴이며, 그림 5(b)와 5(c)는 각각 바 타입과 슬라이드 타입의 방사패턴을 보이고 있다. 세 경우 모두 대체적으로 전방향성 방사패턴을 보이나, 휴대전화의 아래쪽으로 방사패턴이 치우쳐 있음을 볼 수 있다.

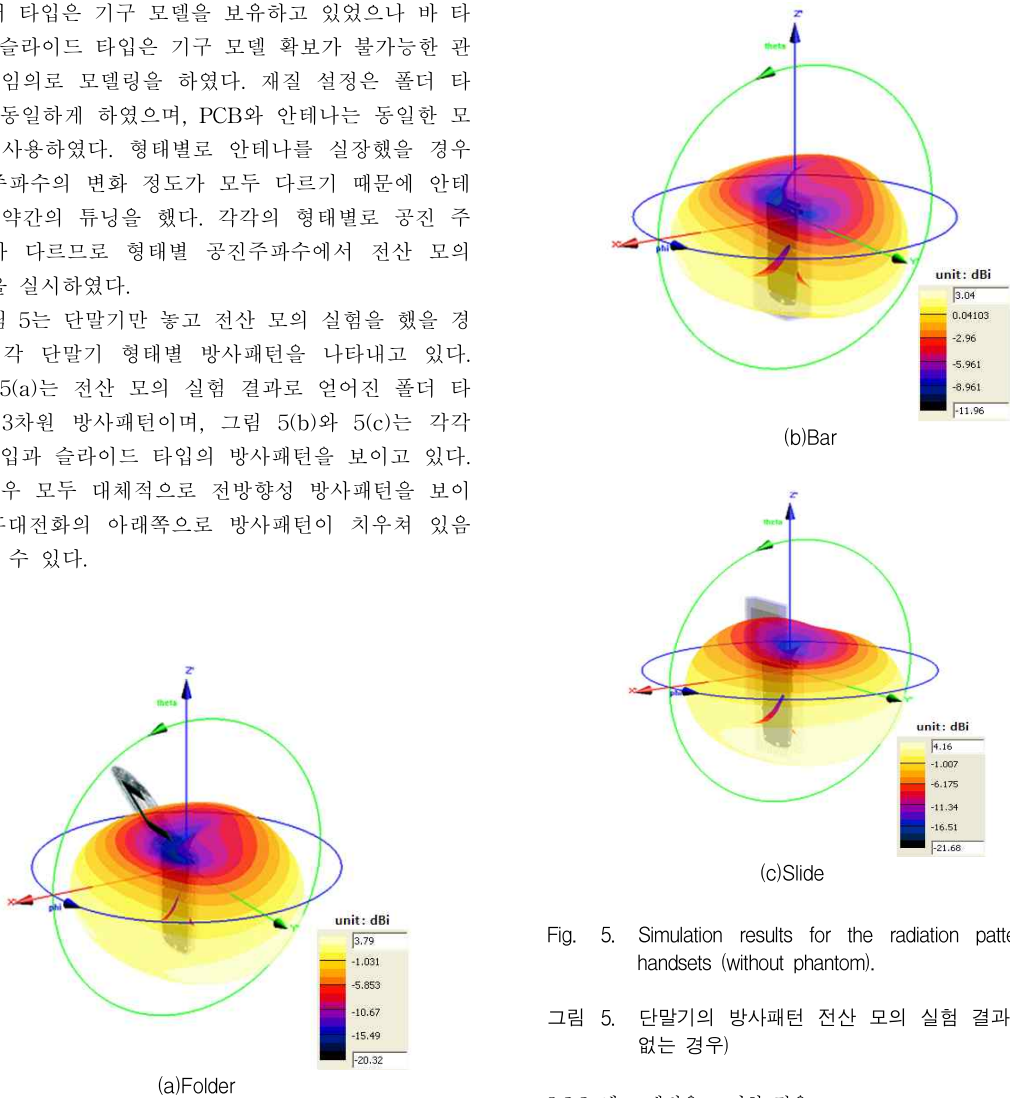


Fig. 5. Simulation results for the radiation patterns of handsets (without phantom).

그림 5. 단말기의 방사패턴 전산 모의 실험 결과(팬텀이 없는 경우)

3.2.2 헤드 팬텀을 고려한 경우

실제 사용 상태에서는 귀에 휴대 단말기를 밀착시켜 사용하기 때문에 좀 더 정확한 성능을 알아보기 위해서는 인체 영향을 고려해야 한다. 따라서 헤드 팬텀을 추가하여 전산 모의 실험하였다.

그림 6은 단말기 형태별로 헤드 팬텀을 고려한 경우의 방사패턴을 보이고 있다. 헤드 팬텀을 고려하였을 경우의 방사패턴이 단말기만 있을 경우의 방사패턴에 비해 많이 변화하는 것을 확인할 수 있다. 이는 실사용 상태와 좀 더 가까운 단말기 안테나의 방사를 보이고 있으며, 성능을 평가하기 위해서는 인체 영향

까지 고려해야 함을 분명히 보이고 있다.

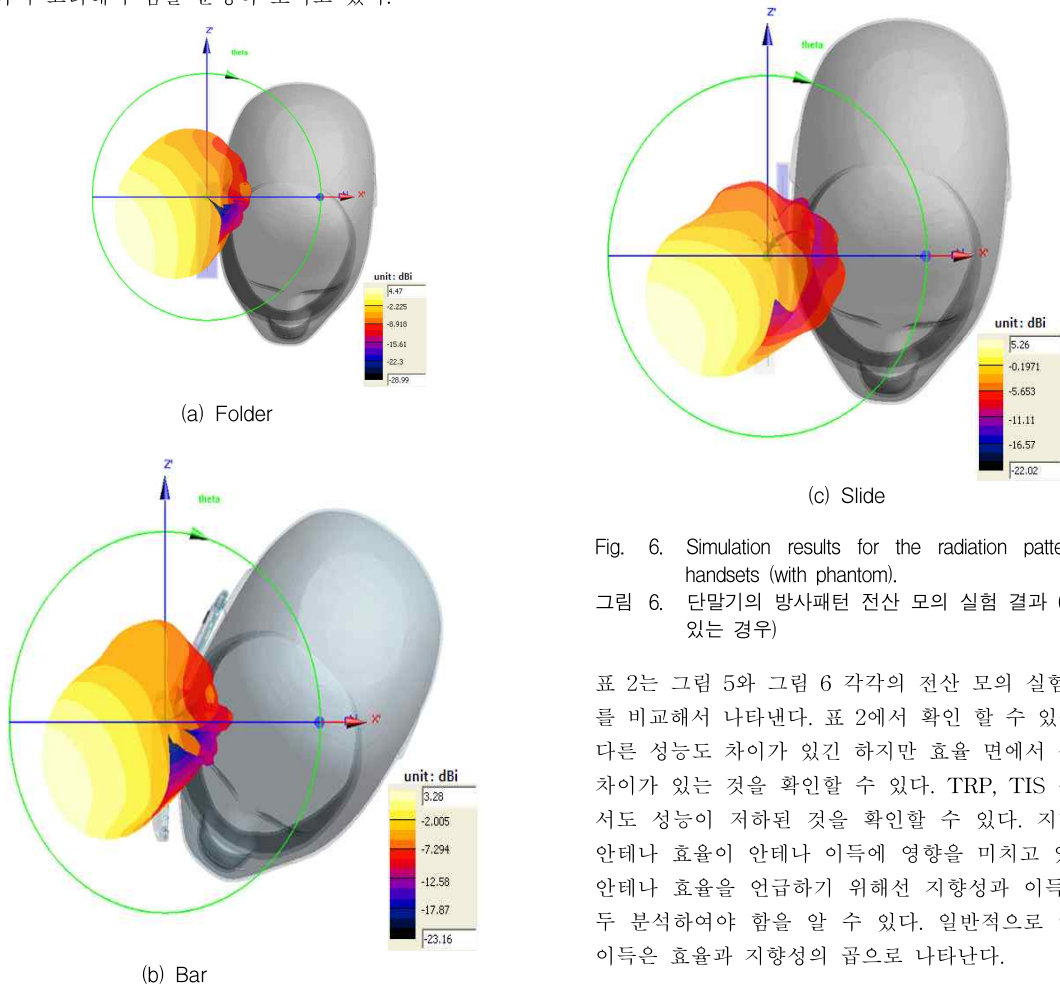


Fig. 6. Simulation results for the radiation patterns of handsets (with phantom).

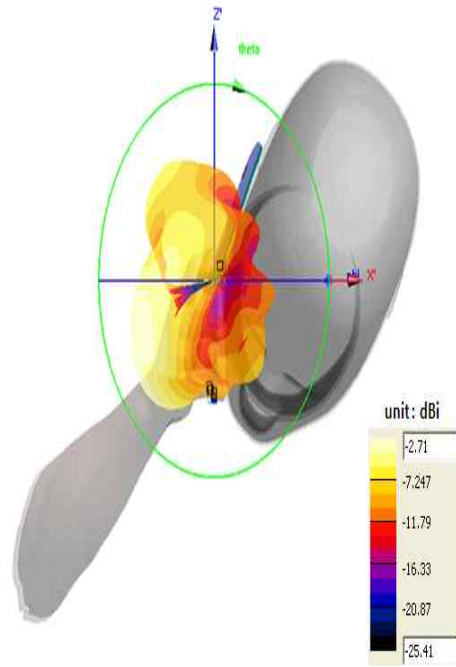
그림 6. 단말기의 방사패턴 전산 모의 실험 결과 (팬텀이 있는 경우)

표 2는 그림 5와 그림 6 각각의 전산 모의 실험 결과를 비교해서 나타낸다. 표 2에서 확인 할 수 있듯이 다른 성능도 차이가 있긴 하지만 효율 면에서 상당한 차이가 있는 것을 확인할 수 있다. TRP, TIS 부분에서도 성능이 저하된 것을 확인할 수 있다. 지향성과 안테나 효율이 안테나 이득에 영향을 미치고 있으며, 안테나 효율을 언급하기 위해선 지향성과 이득을 모두 분석하여야 함을 알 수 있다. 일반적으로 안테나 이득은 효율과 지향성의 곱으로 나타난다.

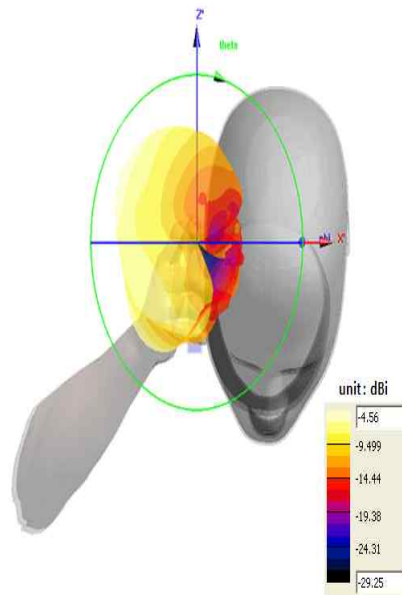
Table 2. Simulation results for the performance of handsets.

표 2. 단말기 유형별 전산 모의 실험 결과

	TRP (dBm)	TIS (dBm)	Gain (dBi)	Directivity (dBi)	Efficiency (%)	Resonant frequency (MHz)
Folder type (without phantom)	29.11	-105.13	3.79	4.64	81.48	1,854
Folder type (with phantom)	25.68	-101.70	3.28	7.55	36.95	1,808
Bar type (without phantom)	29.34	-105.36	3.04	3.69	85.98	1,852
Bar type (with phantom)	26.80	-102.82	4.47	7.66	47.88	1,858
Slide type (without phantom)	29.15	-105.17	4.16	4.81	82.23	1,814
Slide type (with phantom)	27.59	-103.61	5.26	7.38	57.35	1,814



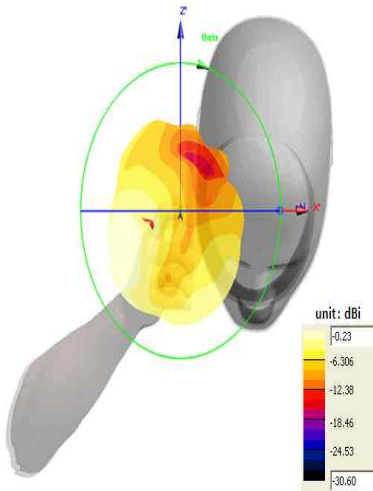
(a)Folder



(b)Bar

3.3.3 핸드 팬텀까지 추가한 경우

실제 사용 상태와 좀 더 유사하게 하기 위해 핸드 팬텀까지 추가하여 전산 모의 실험을 실시하였다. 그림 7은 단말기 형태 별로 핸드 팬텀까지 고려한 경우의 방사패턴을 보이고 있으며, 표 3에 전산 모의 실험 결과를 나타내었다.



(c)Slide

Fig. 7. Simulation results for the radiation patterns of handsets (with head & hand phantom).

그림 7. 단말기의 방사패턴 전산 모의 실험 결과(헤드와 핸드 팬텀이 있는 경우)

3.3.4 헤드 팬텀과 단말기와의 각도 변화에 따른 성능 변화

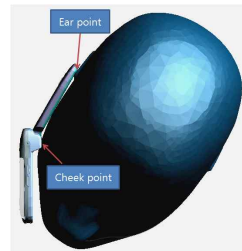
단말기와 헤드 팬텀의 각도에 따라 단말기의 성능이 어떻게 변하는지 알아보기 위하여 단말기와 헤드 팬텀이 Ear point와 Cheek point에 모두 맞닿아 있는 경우를 기준으로 하여 2°, 4°로 각도를 변화시켜 가면서 전산 모의 실험을 하였다. 여기서 Ear point는 단말기와 귀가 만나는 점, Cheek point는 단말기와 인체의 뺨이 만나는 점을 말한다. 그림 8에 각각의 각도에 따른 접촉 위치를 나타내고 있는데, 각도가 증가함에 따라 안테나가 점점 헤드 팬텀에서 멀어지므로 헤드 팬텀의 영향이 적어져 성능 향상에 도움이 될 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

그림 8은 폴더 타입일 경우에 전산 모의 실험한 상태를 나타내고 있으며, 각 접촉 위치에 대한 전산 모의 실험 결과를 표 4에 나타내고 있다. 표 5와 표 6은 각각 그림 8과 같은 조건 하에 바와 슬라이드 타입에 대하여 전산 모의 실험을 실시한 결과를 나타내고 있다.

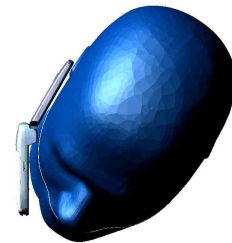
Table 3. Simulation results for the performance of handsets (with head & hand phantom).

표 3. 단말기 유형별 전산 모의 실험 결과 (헤드와 핸드 팬텀이 있는 경우)

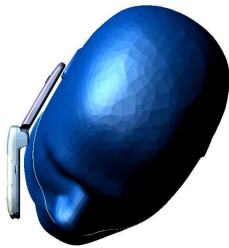
	TRP (dBm)	TIS (dBm)	Gain (dBi)	Directivity (dBi)	Efficiency (%)	Resonant frequency (MHz)
Folder type (with head & hand phantom)	20.51	-96.53	-2.71	6.57	11.24	1,775
Bar type (with head & hand phantom)	19.58	-95.60	-4.56	5.66	9.08	1,830
Slide type (with head & hand phantom)	23.07	-99.09	-0.23	6.21	20.28	1,760



(a)0°



(b)2°



(c)4°

Fig. 8. Simulation results on the performance for each case of touch angle (with phantom).

그림 8. 접촉 각도별 전산 모의 실험 결과 (팬텀이 있는 경우)

Table 4. Simulation results on the performance of touch angle (Folder type).

표 4. 접촉 각도별 전산 모의 실험 결과 (폴더 타입)

	TRP (dBm)	TIS (dBm)	Gain (dBi)	Directivity (dBi)	Efficiency (%)
0°	25.68	-101.70	3.28	7.55	36.95
2°	26.48	-102.50	3.96	7.23	44.45
4°	27.18	-103.20	4.69	7.31	52.27

Table 5. Simulation results on the performance for each case of touch angle (Bar type).

표 5. 접촉 각도별 전산 모의 실험 결과 (바타입)

	TRP (dBm)	TIS (dBm)	Gain (dBi)	Directivity (dBi)	Efficiency (%)
0°	26.80	-102.82	4.47	7.66	47.88
2°	25.79	-101.81	3.43	7.61	37.91
4°	26.12	-102.14	3.76	7.61	40.93

Table 6. Simulation results on the performance for each case of touch angle (Slide type).

표 6. 접촉 각도별 전산 모의 실험 결과 (슬라이드 타입)

	TRP (dBm)	TIS (dBm)	Gain (dBi)	Directivity (dBi)	Efficiency (%)
0°	27.59	-103.61	5.26	7.38	57.35
2°	27.80	-103.83	5.26	7.21	60.31
4°	27.92	-103.95	5.18	7.02	62.00

폴더 타입과 슬라이드 타입은 각도가 커질수록 안테나 효율이 증가하는 추세를 보이고 있으며, 각도가 4° 일 경우 안테나 효율은 0° 일 경우보다 각각 16%, 5%가량 높은 것을 확인할 수 있다. 각도가 더 커진다면 더 좋은 효율을 가질 것이라 생각된다. 앞서 예상한 대로 헤드 팬텀과 단말기의 사이가 멀어지면 효율뿐만 아니라 전반적으로 모든 성능이 향상되고 있는 것을 확인할 수 있다. 다만 표 5에서 확인할 수 있듯이 바 타입의 경우 일정한 경향을 보이지 않고 있다. 이는 폴더나 슬라이드 타입의 구조와는 달리 안테나를 인체에서 이격시키기 용이하지 않은 구조이고 오히려 구조상 안테나의 방사부가 인체에 더 가까워지면서 발생하는 결과이다. 각각의 형태별 성능을 비교해 보면 슬라이드 타입이 대부분의 성능에서 다른 형태를 앞지르는 것을 확인할 수 있다. 이는 구조상 방사체인 안테나가 인체에서 가장 멀리 이격되어 있기 때문에 세 가지 형태 중 가장 좋은 성능을 보이는 것으로 사료된다. 단말기의 형태도 각종 성능에 미치는 영향이 큰 것으로 보인다. 단말기 설계 시 인체에서 안테나를 멀리 위치하도록 이격시키는 것이 안테나 성능 증가 면에서 큰 도움이 될 것으로 생각된다. 또한 사용자 입장에서 단말기를 사용할 때 안테나의 위치를 알고 안테나가 있는 부분은 피해서 파지하며, 안테나가 머리와 멀어지게 위치시켜 통화하는 것이 통화품질을 높일 수 있는 하나의 방법일 수 있을 것이다.

IV 결론

본 논문에서는 무선 통신 환경에서 이동통신 단말기가 사용될 때 방사패턴 및 안테나 효율이 인체의 영향에 의해 어떻게 변화하는지를 전산 모의 실험을

통하여 검토하였다. 전산 모의 실험에는 FDTD 기반의 프로그램인 SEMCAD를 사용하였다.

먼저 전산 모의 실험을 위하여 안테나를 설계하였다. 설계된 PIFA는 PCS 대역에서 동작하는 안테나로서 VSWR 3:1 기준 1,776MHz~2,047MHz의 14.18%의 대역폭을 가진다. 설계된 안테나를 폴더와 바, 슬라이드 타입으로 구분한 단말기에 적용하여 방사패턴을 살펴보면, 대체적으로 전방향성의 방사패턴을 보이거나 단말기 아래쪽으로 방사패턴이 치우쳐 있는 것을 볼 수 있었다.

실제 단말기 사용 시 귀에 밀착시키고 통화를 하므로 헤드 팬텀을 고려한 단말기의 방사패턴을 살펴볼 때 헤드 팬텀의 영향으로 방사패턴이 양호하지 못함을 확인할 수 있었다. 실사용 상태와 더 가까운 환경을 만들기 위해 핸드 팬텀까지 추가하여 방사패턴과 안테나 효율의 변화를 도출한 결과, 헤드 팬텀만 있을 경우보다 방사패턴이 상당부분 변형되는 모습을 보이며 안테나의 효율은 10% 안팎까지 떨어지는 것을 확인할 수 있었다.

헤드 팬텀과 단말기 안테나의 위치에 따른 안테나 효율의 변화를 확인해 보기 위해 각 단말기 형태별로 단말기와 헤드 팬텀이 ear point와 cheek point에 모두 맞닿아 있는 경우를 기준으로 하여 2°, 4°로 각도를 변화시켜 가면서 전산 모의 실험을 하였다. 전산 모의 실험 결과 폴더 타입과 슬라이드 타입은 각도가 커질수록 안테나 효율은 증가하는 추세를 보이고 있으며, 각도가 4° 일 경우의 안테나 효율은 기준보다 각각 16%, 5%가량 높은 것을 확인할 수 있다. 각도가 더 커진다면 더 좋은 효율을 가질 것이라 생각된다. 다만 바 타입의 경우 구조상 단말기와 헤드 팬텀의 각도가 커질수록 안테나가 헤드 팬텀에 근접하게 되므로 일정한 경향성을 보이지 않았으며, 오히려 성능이 더 나빠지는 결과를 보였다. 이로 미루어 볼 때, 헤드 팬텀과 안테나의 사이가 멀어지면 안테나 효율뿐만 아니라 전반적으로 모든 성능이 향상되고 있는 것을 확인할 수 있다. 인체에서 안테나를 멀리 이격시키는 것이 안테나 효율 및 성능 증가 면에서 큰 도움이 될 것으로 보이며, 단말기 설계 시 이를 고려한다면 좀 더 성능이 좋은 단말기를 설계할 수 있을 것으로 생각된다.

내장형 안테나의 방사패턴과 이득, 효율은 단말기 회로와 케이스의 구조, 재질, 인체의 영향에 따라 여러 변화 요인을 가지고 있다. 내장형 안테나는 이러한 변화 요인에 따라 설계 및 장착의 방법이 다르게

되므로 표준화된 설계 지침을 정하기는 어렵다. 내장형 안테나를 사용한 인체나폰에 대한 다양한 모델과 SAR 영향까지 고려한 고이득, 고효율의 이동 단말기용 초소형 안테나에 대한 연구 개발이 지속적으로 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 이호준, 이재영, 김종규, "이동통신 단말기용 안테나", *한국전자과학회 전자파 기술*, 제14권, 2호, pp.68-74, 2003년 4월.
- [2] D. Manteuffel, A. Bahr, "Design considerations for integrated mobile phone antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol.49, no.48, pp.252-256, Apr. 2001.
- [3] 박성욱, "EMC/EMI를 고려한 휴대용 단말기 안테나 기술", *전자과학회 학회지*, vol.9, no.3, pp.53-64, 1998.
- [4] NTT 이동통신망(주) 안테나연구그룹, *초고주파 안테나 기초와 이동통신 안테나 시스템*, 국제테크노 정보연구소, 1999.
- [5] 이학용, 이진성, 신영우, 박희주, 이강희, "이동통신용 고 효율, 저 SAR 내장형 안테나 기술", *정보통신연구진흥원*, [IITA] 정보통신연구진흥원 학술기사.
- [6] 김성민, 김혁진, 양운근, "Head & Hand Effect에 의한 이동통신 단말기의 성능변화", *한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집*, vol.33, pp.253, 2006년 7월.
- [7] 김기채, "소형 안테나의 방사효율 측정법", *한국전자과학회 전자파 기술*, 제14권, 제2호, pp.18-23, 2003년 4월

저 자 소 개

이 용 주 (학생회원)



2007년 2월: 인천대학교 전자공학 과 (공학사)

2007년 3월 ~ 현재: 인천대학교 전자공학 과 석사과정

<주 관심분야> 단말기 안테나, 전자파비흡수율

한 준 희 (정회원)

2006년 2월: 인천대학교 전자공학 과
(공학사)
2008년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공
학석사)
2008년 2월: (주)LG전자 입사
<주 관심분야> 단말기 안테나, 전자 파 비
흡수율

양 운 근 (정회원)

1983년 2월: 서울대학교 전자공학 과
(공학사)
1985년 2월: 서울대학교 전자공학 과
(공학석사)
1994년 2월: 서울대학교 전자공학 과
(공학박사)
1988년 3월 ~ 현재: 인천대학교 전 자공
학과 전임강사, 조교수, 부교수, 교수

1997년 3월 ~ 2001년 12월, 2004년 2월 ~ 2005년 1월: (주)
LG전자 (구 (주)LG정보통신 포함) 자문교수

2000년: 한국통신학회 산하 부호 및 정보이론 연구회 위원 장

2001년 5월 ~ 2002년 2월: 한국전자통신연구원 무선방송연 구
소 초빙 연구원

2002년 3월 ~ 현재: (주)JT 기술자문교수

2003, 2004, 2005년도: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's Who
in the World" 등재

2005년 ~ 2006년도: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's Who in
Science and Engineering" 등재

<주 관심분야> 이동통신 단말기, 안테나, 전자파 비흡수율