

# 휴대전화 본체에서 복사되는 전자파의 측정

## Measurement of the Electromagnetic Field Radiated from Mobile Handset Body

허문만 · 이인재 · 최재익\* · 윤현보

Moon-Man Hur · In-Jae Lee · Jae-Ick Choi\* · Hyun-Bo Yoon

### 요 약

휴대전화 안테나와 RF 회로간의 임피던스 정합과 본체에서 복사되는 전자파의 상관관계를 측정, 분석하였다. 수납형과 고정형 안테나를 갖는 두 종류의 휴대전화를 이용하여, 총 16가지의 다양한 사용 조건 하에서 임피던스와 복사 전자파를 측정하였다. 임피던스 정합이 잘 이루어질수록 본체에서의 복사가 감소하여, 휴대전화는 모노폴 안테나와 동일한 복사 패턴을 갖게 되었으며, 이 경우 두부 방향으로의 복사를 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

### Abstract

This paper analyzes the correlations between the impedance matching of the antenna and the radiation characteristics of the mobile handset body. Using two kinds of mobile handset which has retractable and fixed antenna, the impedance and radiation pattern is measured under totally 16 conditions. By measured results, it has been identified that the radiation energy into human head can be reduced by attaining the better impedance matching when the radiation pattern out of the mobile handset is like the ideal monopole antenna.

Key words : SAR Reduction, Electromagnetic Field, Impedance Matching, Mobile Phone Body

### I. 서 론

휴대전화의 전자파 흡수율(Specific Absorption Rate: SAR)을 감소시키기 위해서, 안테나의 장착 위치를 변형하여 사용자의 머리 방향으로 복사하는 전자파를 차폐시키는 방법<sup>[1]</sup>, 사용자의 머리 방향으로 널(null)이 생기는 복사 패턴을 갖는 새로운 안테나 형태를 적용하는 방법<sup>[2]~[4]</sup>, 안테나 또는 본체에 전파 흡수체를 부착하여 머리 방향으로 복사하는 전자파를 흡수하는 방법<sup>[5],[6]</sup>, 그리고 본체의 구조를 변형하거나<sup>[7]</sup> 본체에 EMI 방지 도료를 칠하는 방법<sup>[8]</sup> 등에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다.

그러나 이러한 방법들은 안테나의 복사 효율을 감소시켜서 복사 전력을 작게 하거나 사용자의 머리 방향으로 복사를 제한함으로써 전자파 흡수율이 감소하는 효과를 보이는 것이다. 이것은 기본적으로 무지향성 안테나를 지향하는 이동통신의 특성상, 안테나의 성능 저하에 따른 이동 통신 서비스의 통신 품질 저하가 수반된다.

휴대전화의 전자파 흡수율을 측정하면, 안테나의 급전점과 동일한 높이의 두부 모형(phantom)에서 최대값이 나타나야 하지만 실제로는 그보다 아래 부분인 본체의 위쪽 부근에서 나타나며<sup>[9]</sup>, 이것은 정상적인 모노폴 안테나의 복사 패턴을 갖지 않고 본체로

「본 연구는 한국전자통신연구원에 의해 지원되었음.」

동국대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Dongguk University)

\*한국전자통신연구원 전자파환경연구팀(EME Team, Radio Technology Research Group, ETRI)

· 논문 번호 : 20050329-037

· 수정완료일자 : 2005년 5월 17일

부터 복사되는 전자파에 의해 치우친 복사 패턴을 갖기 때문이다. 특히, 휴대전화 본체는 사용자의 머리에 직접 접촉되는 부분이기 때문에 본체에서 복사되는 전자파는 전자파 흡수율을 증가시키는 직접적인 원인이 된다.

본 논문에서는 다양한 조건 하에서 휴대전화 안테나의 입력 임피던스와 복사되는 전자파를 측정하여, 안테나와 RF 회로간 임피던스의 정합 정도와 본체에서 복사되는 전자파의 상관관계를 분석하였다. 그리고 일반적인 사용조건에서 임피던스 정합을 시행한 후 복사 전자파를 다시 측정하여, 그 변화를 살펴보았다. 이것은 임피던스 정합이 잘 이루어질수록 휴대전화의 복사 패턴은 모노폴 안테나와 동일하게 되기 때문이다. 이 경우, 본체에서의 복사를 감소시켜서 사용자의 두부 방향으로 복사되는 전자파를 감소시킬 수 있으며, 안테나의 특성 변화 없이 휴대전화의 전자파 흡수율을 저감할 수 있다.

## II. 휴대전화에서 복사되는 전자파 분석

임피던스와 복사 전자파의 상관관계를 분석하기 위해서, 헬리컬과 모노폴 결합형의 수납형(retractable) 안테나를 갖는 휴대전화와 헬리컬 형태의 고정형 안테나를 갖는 휴대전화를 측정에 사용하였다. 두 휴대전화는 모두 폴더형 제품으로 정합회로, 폴더의 개폐 여부, 안테나의 상태를 변화하여 다양한 측정 결과를 얻고자 하였다.

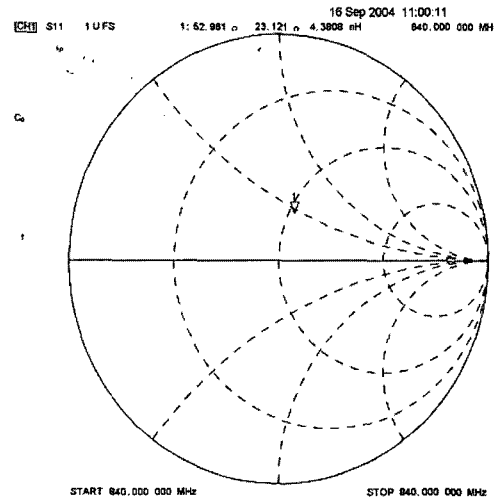
### 2-1 측정 시스템

휴대전화에서 복사되는 전자파의 측정은 전방향에서 측정이 가능하도록, 32개의 프로브를 갖는 스타게이트(Satimo사의 Stargate-32)가 설치된 무반사실에서 시행되었다. 측정 주파수는 800 MHz에서 900 MHz까지 10 MHz 간격으로 설정하였고, 복사 전자파의 측정 데이터는 휴대전화의 송신 주파수인 840 MHz에서 기록하였으며, 그에 따라 안테나의 임피던스도 840 MHz에서 네트워크 분석기(Hewlett Packard사의 8722A)를 사용하여 측정하였다.

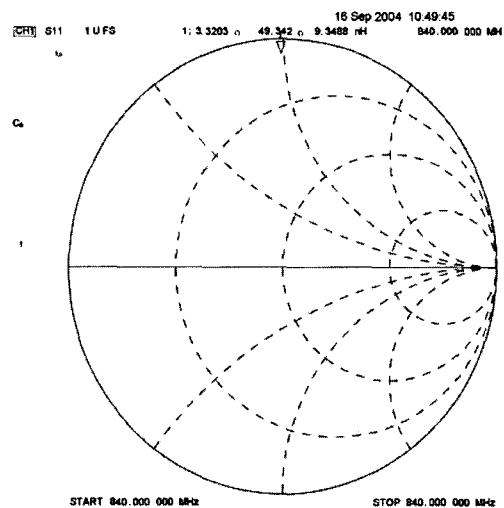
### 2-2 휴대전화 설정 조건

실험에 사용된 두 휴대전화는 모두 외장형 안테

나를 사용하고 있으며, 임피던스 정합을 위해서 안테나 급전부에 집중정수 소자를 적용한 L형 정합회로를 가지고 있다. 이 정합회로 전과 후에서 안테나를 급전하는 방법으로 정합회로가 있는 상태와 없는 상태를 설정하여, 각각 임피던스와 휴대전화로부터 복사되는 전자파를 측정하였다. 그리고 두 휴대전화는 모두 폴더형으로 폴더의 개폐 여부도 안테나의



(a) 총 12가지 조건 중 정합이 가장 잘된 경우  
(a) The best case among totally 12 matching conditions



(b) 총 12가지 조건 중 정합이 가장 안된 경우  
(b) The worst case among totally 12 matching conditions

그림 1. 수납형 안테나를 갖는 휴대전화의 임피던스 측정 결과

Fig. 1. Measured impedance for the retractable antenna phone.

임피던스를 결정하는 중요한 요소 중의 하나이기 때문에, 폴더를 열었을 때와 닫았을 때를 나누어서 측정하였으며, 마지막으로 수납형 안테나를 장착한 휴대전화의 경우, 모노폴 안테나를 신장(extended)한 상태와 삽입한 상태에서 임피던스가 달라지기 때문에, 두 조건에서도 각각 임피던스와 복사 전자파를 측정하였다. 또한 가장 극단적인 임피던스 부정합

상태를 가정하기 위해서 안테나를 완전히 제거한 상태에서 측정을 시행하였다.

수납형 안테나를 갖는 휴대전화는 총 12가지 조건에 대해서 임피던스와 복사 전자파를 측정하였으며, 고정형 안테나를 갖는 휴대전화는 총 4가지 조건에 대해서 측정하였다.

### 2-3 임피던스 측정 결과

두 휴대전화의 총 16가지 조건에 대한 840 MHz의 주파수에서 안테나를 바라본 임피던스를 측정하였다. 그림 1은 수납형 안테나를 갖는 휴대전화의 임피던스 측정 결과 중에서 가장 정합이 잘 된 경우와 가장 정합이 안된 경우를 예로 나타낸 것이고, 그림 2는 고정형 안테나를 갖는 휴대전화의 경우를 나타낸 것이다.

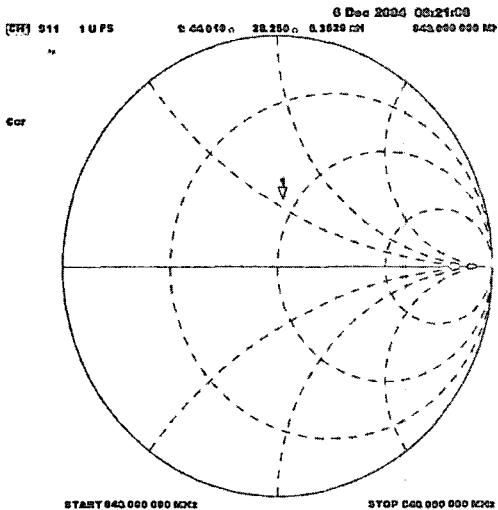
수납형 안테나와 고정형 안테나를 갖는 휴대전화의 각 설정 조건별 임피던스 측정 결과는 표 1에 정리하였으며, 임피던스 정합의 정도를 살펴보기 위해서 정재파비를 계산하여 함께 나타내었다.

표 1의 결과에서 휴대전화 안테나의 임피던스는 설정 조건에 따라 달라지는 것을 알 수 있으며, 수납형 안테나를 갖는 휴대전화에서 가장 임피던스 정합이 잘 된 조건은 모노폴 안테나를 집어넣은 상태에서 폴더를 열고 정합회로 없이 급전하는 경우로 정재파비는 1.567로 계산되었다. 여기서 정합회로가 없는 상태에서 임피던스 정합이 더 잘 되는 현상을 보이는데, 이것은 안테나의 임피던스가 사람이 휴대전화를 손으로 잡고 머리에 가까이 대고 사용하는 상황을 가정하고 정합되기 때문에, 손과 머리가 없는 상황에서는 오히려 정합회로가 없는 경우가 더 잘 정합되는 현상을 보이는 것이다. 또한, 안테나를 제거한 경우에는 안테나단이 개방회로(open circuit)와 마찬가지로 동작하기 때문에, 정재파비가 16~30으로 임피던스가 완전히 어긋나는 것을 알 수 있다.

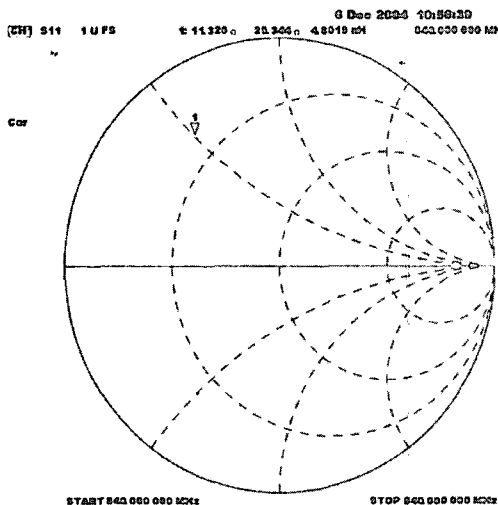
그리고 고정형 안테나를 갖는 휴대전화는 폴더를 열고 정합회로가 있는 상태에서 급전하는 경우에, 정재파비가 1.834로 임피던스 정합이 가장 잘 되는 것으로 나타났다.

### 24 복사 전자파 측정 결과

각 설정 조건별로 휴대전화의 복사 전자파를 그



(a) 총 4가지 조건 중 정합이 가장 잘된 경우  
(a) The best case among totally 4 matching conditions



(b) 총 4가지 조건 중 정합이 가장 안된 경우  
(b) The worst case among totally 4 matching conditions

그림 2. 고정형 안테나를 갖는 휴대전화의 임피던스 측정 결과

Fig. 2. Measured impedance for the fixed antenna phone.

표 1. 각 설정 조건별 임피던스 측정 결과와 정재파비  
Table 1. Measured impedance and SWR for each setting conditions.

모델	정합 회로	폴더	안테나	임피던스( $\Omega$ )	정재파비
수납형 안테나	無	開	모노폴 신장	$31.33 + j 2.95$	1.605
			모노폴 삽입	$52.96 + j 23.12$	1.567
			안테나 제거	$4.31 + j 30.94$	16.080
		閉	모노폴 신장	$43.81 + j 23.05$	1.656
			모노폴 삽입	$33.07 + j 56.06$	3.812
			안테나 제거	$4.19 + j 30.87$	16.490
	有	開	모노폴 신장	$66.93 + j 51.36$	2.469
			모노폴 삽입	$36.56 + j 77.88$	5.226
			안테나 제거	$3.48 + j 49.46$	28.440
		閉	모노폴 신장	$40.75 + j 74.00$	4.508
			모노폴 삽입	$16.09 + j 76.67$	10.640
			안테나 제거	$3.32 + j 49.46$	29.760
고정형 안테나	無	開	-	$14.54 + j 29.73$	4.734
		閉	-	$11.32 + j 25.34$	5.595
	有	開	-	$44.01 + j 28.25$	1.834
		閉	-	$29.73 + j 21.29$	2.107

림 3과 같이 전방향에서 측정하고 이를 통해서 본체에서 복사되는 전자파의 양을 파악하였다. 그림 3의 측정 결과를 정량적으로 분석하기 위해서, 그림 3과 같이 휴대전화를 세워놓았을 때 안테나 급전부를 기준으로 하는 구좌표계에서,  $E_{\theta}(\phi=90^{\circ})$ 를 2차원의 복사 패턴으로 표시하였다.

2차원 복사 패턴의 측정 결과 중에서, 수납형 안테나를 갖는 휴대전화에서 가장 임피던스 정합이 잘 된 조건인, 모노폴 안테나를 집어넣고 폴더는 열어 놓은 상태에서 정합회로가 없는 상태에서 급전하는

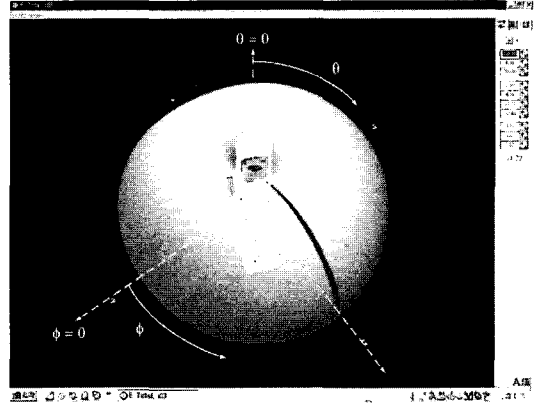
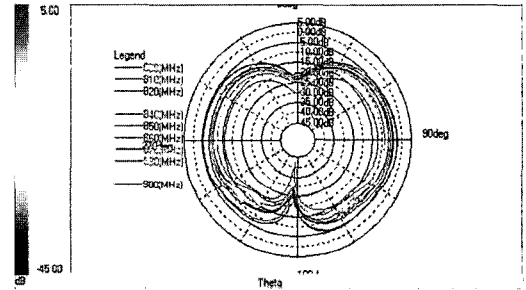


그림 3. 복사 전자파의 3차원 측정 결과  
Fig. 3. The measured result of 3D radiation field.



(a) 2차원 복사 패턴의 예  
(a) The example of 2D radiation pattern

Layer	Max value	Position	Min value	Position	BeamWidth	Average	Standard deviation
800(MHz)	-5.30 dB	85 71 deg	-26.31 dB	-174 27 deg	82 72 deg	-10 84 dB	11 74
810(MHz)	-8 67 dB	85 71 deg	-29 42 dB	-174 27 deg	82 80 deg	-14 04 dB	14 95
820(MHz)	-6 61 dB	88 57 deg	-28 72 dB	-174 27 deg	82 81 deg	-11 97 dB	12 87
830(MHz)	-7 95 dB	91 43 deg	-32 98 dB	-174 27 deg	84 03 deg	-13 03 dB	13 94
840(MHz)	-12 30 dB	94 29 deg	-42 48 dB	-174 27 deg	84 31 deg	-17 36 dB	18 29
850(MHz)	-4 25 dB	94 29 deg	-30 14 dB	-174 27 deg	82 51 deg	-9 47 dB	10 34
860(MHz)	-5 53 dB	94 29 deg	-30 25 dB	-174 27 deg	78 99 deg	-10 79 dB	11 68
870(MHz)	-5 96 dB	91 43 deg	-30 85 dB	-174 31 deg	78 05 deg	-11 03 dB	11 93
880(MHz)	-2 25 dB	94 29 deg	-26 82 dB	-174 31 deg	81 07 deg	-7 13 dB	7 97
890(MHz)	-9 31 dB	94 29 deg	-30 46 dB	-174 31 deg	91 18 deg	-14 07 dB	14 99
900(MHz)	-2 48 dB	94 29 deg	-24 18 dB	0 01 deg	107 59 deg	-6 94 dB	7 79

(b) 측정 데이터의 예  
(b) The example of measurement data

그림 4. 2차원 복사 패턴의 측정 결과 예  
Fig. 4. The measurement example of 2D radiation pattern.

경우를 그림 4에 나타내었다.

임피던스 측정과 마찬가지로 총 16가지 설정 조건에 대하여, 840 MHz의 주파수에서 측정된 2차원 복사 패턴( $\phi=90^{\circ}$ 일 때,  $E_{\theta}$ )의 측정 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2의 결과에서, 수납형 안테나를 갖는 휴대전화

표 2. 각 설정 조건별 2차원 복사 패턴의 측정 결과  
Table 2. Measured 2D radiation pattern for each setting condition.

모델	정합회로	폴더	안테나	정재파비	최대값	최대 위치	평균값
수납형 안테나	無	開	모노폴 신장	1.605	- 9.92 dB	91.43°	- 15.13 dB
			모노폴 삽입	1.567	- 12.30 dB	94.29°	- 17.36 dB
			안테나 제거	16.080	- 28.47 dB	157.14°	- 34.21 dB
		閉	모노폴 신장	1.656	- 11.71 dB	97.14°	- 15.68 dB
			모노폴 삽입	3.812	- 17.02 dB	102.86°	- 20.48 dB
			안테나 제거	16.490	- 30.29 dB	160.00°	- 38.76 dB
	有	開	모노폴 신장	2.469	- 4.91 dB	157.14°	- 8.72 dB
			모노폴 삽입	5.226	- 7.40 dB	160.00°	- 11.68 dB
			안테나 제거	28.440	- 25.02 dB	160.00°	- 29.50 dB
		閉	모노폴 신장	4.508	- 6.55 dB	157.14°	- 9.52 dB
			모노폴 삽입	10.640	- 9.36 dB	160.00°	- 13.97 dB
			안테나 제거	29.760	- 28.01 dB	162.86°	- 34.16 dB
고정형 안테나	無	開	-	4.734	- 1.77 dB	154.29°	- 4.53 dB
		閉	-	5.595	- 0.70 dB	160.00°	- 4.32 dB
	有	開	-	1.834	- 1.12 dB	105.71°	- 5.02 dB
		閉	-	2.107	- 1.49 dB	111.43°	- 4.85 dB

는 모노폴 안테나를 뽑고 폴더를 연 상태에서 정합 회로 없이 급전하는 경우(정재파비 1.605)와 동일한 조건에 모노폴 안테나만을 집어 넣은 경우(정재파비 1.567), 그리고 폴더를 닫고 모노폴 안테나를 뽑은 경우(정재파비 1.656)가 비교적 임피던스 정합이 잘 되는 것으로 나타났으며, 이 설정 조건에서 복사 패턴의 최대 위치가 각각 91.43°, 94.23°, 97.13°으로 수직에 가까운 방향을 갖는다. 이러한 현상은 휴대 전화 안테나와 RF 회로 사이의 임피던스가 잘 정합 되었을 경우, 반사파가 없기 때문에 정재파가 생기지 않게 되고, 그럼으로써 본체에서의 전자파 복사가 일어나지 않는 것이다. 즉 본체는 복사체가 아닌 그라운드 역할을 하게 되기 때문에, 휴대전화의 안테나는 그라운드 위에 놓인 모노폴 안테나의 복사 패턴과 같이 90° 방향에서 최대값을 갖게 되는 것이다. 하지만, 임피던스 정합이 이루어지지 않는 경우에는 안테나 급전부에서의 반사파가 입사파와 합해져서 정재파를 형성하게 되고, 그 정재파가 본체를 통해서 복사되게 된다. 이 경우 본체는 복사체 역할을 하게 되며, 면적이 큰 본체 방향(90°~180°)에서 최대값을 갖는 비대칭적 다이폴 안테나로서 동작하는

것이다.

고정형 안테나를 갖는 휴대전화의 경우에도 같은 현상을 보이고 있다. 다만, 수납형 안테나와 고정형 안테나는 그 안테나 자체의 복사 패턴이 다르기 때문에, 두 휴대전화의 임피던스 정합 정도와 최대 위치는 서로 다른 관계를 보이고 있다.

### Ⅲ. 휴대전화 본체에서 복사되는 전자파 저감

두 휴대전화의 설정 조건 중에서, 일반적으로 사용하는 조건을 선택하여 임피던스를 정합하기 전과 정합한 후의 복사 전자파를 측정, 비교하였다. 실험에 사용된 설정 조건은 수납형 안테나를 갖는 휴대전화의 경우, 폴더를 열고 모노폴 안테나를 뽑은 상태(정재파비 2.469)이고 고정형 안테나를 갖는 휴대전화의 경우, 폴더를 열은 상태(정재파비 1.834)로 하였다. 여기서 임피던스를 정합해야 하기 때문에, 당연히 정합회로가 있는 상태에서 급전하는 조건으로 하였다.

이 두 조건에 대해, L형 정합회로의 집중 정수 소자값을 변화하여 임피던스를 정합하였다. 수납형 안테나는 정합된 임피던스가 65.62+j11.85 Ω이고 정재

표 3. 2차원 복사 패턴의 측정 결과 비교

Table 3. The comparison of measured 2D radiation pattern.

모델	임피던스 정합 전				임피던스 정합 후		
	정합회로	정재파비	최대값	최대 위치	정재파비	최대값	최대 위치
수납형 안테나	無	1.605	-9.92 dB	91.43°	1.406	-2.05 dB	88.57°
	有	2.469	-4.91 dB	157.14°			
고정형 안테나	無	4.734	-1.77 dB	154.29°	1.194	-1.38 dB	91.43°
	有	1.834	-1.12 dB	105.71°			

파비가 1.406으로 개선되었고 고정형 안테나는 정합된 임피던스가  $47.28+j8.17 \Omega$ 이고 정재파비가 1.194로 개선되었다. 두 휴대전화에 대해 임피던스를 정합한 후에 복사 전자파에 대해 재측정하였으며, 임피던스 정합 전후의 결과를 비교, 정리하여 표 3에 나타내었다.

표 3의 결과에서 수납형 및 고정형 안테나를 갖는 휴대전화 모두 임피던스 정합 후에 복사 전자파의 최대 위치가 수직 방향으로 더 향하는 것을 알 수 있다. 수납형 안테나를 갖는 휴대전화의 경우, 임피던스 정합 전에  $\phi=90^\circ$ ,  $\theta=91.43^\circ$ (정재파비 1.605)와  $\theta=157.14^\circ$ (정재파비 2.469)의 최대 위치가 정합 후에  $\theta=88.57^\circ$ (정재파비 1.406)으로 정상적인 모노폴 안테나와 동일한 복사 패턴을 갖는 것으로 나타났다. 그리고 고정형 안테나를 갖는 휴대전화의 경우, 임피던스 정합 전에 복사 전자파의 최대 위치는  $\phi=90^\circ$ ,  $\theta=154.29^\circ$ (정재파비 4.734)와  $\theta=105.71^\circ$ (정재파비 1.834)이며, 임피던스 정합을 시행하면 최대 위치가  $\theta=91.43^\circ$ (정재파비 1.194)로 변화한다.

#### IV. 결 론

휴대전화 안테나의 임피던스 정합과 본체에서 복사되는 전자파를 측정, 분석한 결과, 두 휴대전화 모두 안테나와 RF 회로간의 임피던스 정합이 잘 될수록 복사 전자파는 모노폴 안테나의 복사 패턴과 같이 수직 방향에서 최대값을 갖는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 임피던스 정합에 의해서 안테나 급전부에서 반사파가 생기지 않고, 이로 인하여 본체에서 정재파가 발생하지 않기 때문에 본체로부터의 전자파가 복사되지 않는 것이다. 본체에서의 복사 전자파는 휴대전화의 전자파 흡수율을 높이는 직접적

인 원인이 되기 때문에, 안테나와 RF 회로간의 임피던스 정합은 안테나의 특성 변화 없이 전자파 흡수율 저감의 가능성을 가지고 있다.

휴대전화 안테나는 사용자의 머리와 휴대전화의 각도, 잡는 손의 위치 등이 안테나 임피던스에 영향을 미치게 되므로, 임피던스 정합은 단순히 안테나와 RF 회로 사이의 정합이 아니고 주변 환경을 고려한 임피던스 정합이 이루어져야 한다. 이를 위하여 주변의 여러 환경들이 안테나 임피던스에 미치는 영향, 즉 상호 임피던스(mutual impedance)에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Z. Wang, X. Chen, "A low SAR whip type mobile handset antenna", *IEE 11th International Conference on Antennas and Propagation*, vol. 1, pp. 352-355, Apr. 2001.
- [2] M. A. Mangoud, R. A. Abd-Alhameed, N. J. McEwan, P. S. Excell, and E. A. Abdulmula, "SAR reduction for handset with two-element phased array antenna computed using hybrid MoM/FDTD technique", *Electronics Letters*, vol. 35, no. 20, pp. 1693-1694, Sep. 1999.
- [3] S. V. Amos, M. S. Smith, and D. Kitchener, "Modeling of handset antenna interactions with the user and SAR reduction", *IEE National Conference on Antennas and Propagation*, pp. 12-15, Mar.-Apr. 1999.
- [4] O. Leisten, E. Agboraw, G. Nicolaidis, and M. Dowsett, "A broad-band miniature dielectric-loaded personal telephone antenna with low SAR",

*IEE Seminar on Electromagnetic Assessment and Antenna Design Relating to Health Implications of Mobile Phones*, no. 43, pp. 10/1-10/6, Jun. 1999.

- [5] H. T. Chou, D. J. Wu, "Radiation of a handset monopole antenna in the presence of a finite shielding sheet for the purpose of SAR reduction", *IEEE International Symposium on Antennas and Propagation*, vol. 1, pp. 452-455, Jun. 2002.
- [6] J. Wang, O. Fujiwara, and T. Takagi, "Effects of ferrite sheet attachment to portable telephone in reducing electromagnetic absorption in human head", *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, vol. 2, pp. 822-825,

Aug. 1999.

- [7] 홍수원, 오학태, 박천석, "SAR 저감을 위한 휴대폰 설계", *한국전자과학회논문지*, 12(3), pp. 352-359, 2001년 4월.
- [8] 이규호, 김창일, 양운근, "휴대폰의 폴딩 각도와 휴대폰 케이스의 EMI 방지 도료 분포패턴에 따른 SAR 변화에 관한 연구", *한국전자과학회논문지*, 14(4), pp. 421-430, 2003년 4월.
- [9] 이윤경, 백락준, 홍진욱, 육재립, 윤현보, "휴대폰 전자파에 노출된 頭部내 SAR 저감을 위한 전자파 흡수체 적용 방법 연구", *한국전자과학회논문지*, 14(8), pp. 884-890, 2003년 8월.

### 허 문 만



해석, 이동통신

1997년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학사)  
 2002년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2002년 3월~현재: 동국대학교 전자공학과 (박사수료)  
 [주 관심분야] 안테나, 전자파 수치

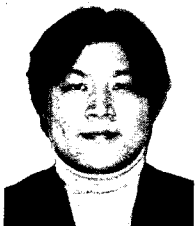
### 최 재 익



구원 전자파환경연구팀 팀장  
 [주 관심분야] 위성통신/이동통신 안테나 및 RF 기술 등

1981년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)  
 1983년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1995년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)  
 1983년 2월~현재: 한국전자통신연

### 이 인 재



사업개발담당 차장

[주 관심분야] 안테나, 전자파 수치해석, 이동통신

1993년 8월: 동국대학교 전자공학과 (공학사)  
 1997년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학석사)  
 1999년 9월~현재: 동국대학교 전자공학과 (박사수료)  
 2003년 5월~현재: STMicroelectronics

### 윤 현 보

1979년 3월~현재: 동국대학교 전자공학과 교수  
 [주 관심분야] EMI/EMC, 안테나 설계 및 해석, 이동통신