

# 기생 루프 구조를 이용한 휴대 단말기용 다중 대역 초소형 루프 안테나에 관한 연구

## A Study on the Small Loop Antenna with a Parasitic Loop Structure for Multiband Mobile Phone Application

이상훈 · 김기준 · 정종호 · 윤영중 · 김병남\*

Sang Heun Lee · Ki Joon Kim · Jong Ho Jung · Young Joong Yoon · Byoung-Nam Kim\*

### 요 약

본 논문에서는 기생 루프 구조를 이용한 휴대 단말기용 5중 대역 초소형 루프 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 급전 모노폴, 기생 루프 구조를 가진 방사 루프 안테나, 추가 방사 소자로 구성되며, 매우 얇은 연성기판으로 제작된 안테나는 40 mm×11 mm×3 mm 크기의 유연체 캐리어에 장착된다. 제안된 안테나의 대역폭은 저대역에서 402 MHz(773~1,175 MHz)이고, 고대역에서 583 MHz(1,622~2,205 MHz)이다. 그 결과, 제안된 안테나는 VSWR 3:1 기준으로 GSM850, GSM900, DCS1800, PCS1,900, WCDMA 대역을 모두 만족함을 확인할 수 있었고, 방사 패턴, 이득, 효율 측면에서 휴대용 단말기에 적용되기에 적합한 성능을 얻었다. 따라서 제안된 안테나는 초소형 다중 대역 휴대 단말기의 응용 분야에 적합할 것으로 판단된다.

### Abstract

In this paper, the small loop antenna with a parasitic loop structure for penta-band mobile phone application is proposed. This antenna is composed of a feed monopole, a radiating loop antenna with a parasitic loop structure and an additional radiating element. The antenna is printed on the very thin flexible substrate to mount on the dielectric carrier with a volume of 40 mm×11 mm×3 mm. The bandwidth of the proposed antenna is 402 MHz(773~1,175 MHz) for low band and 583 MHz(1,622~2,205 MHz) for high band. As a result, the proposed antenna covers the five bands of GSM850, GSM900, DCS1800, PCS1,900 and WCDMA for a 3:1 VSWR. Moreover, the radiation pattern, gain and efficiency are appropriate for mobile handset. Therefore, this antenna is suitable for small sized multi-band mobile handset applications.

Key words : Loop Antenna, Parasitic Loop Structure, Penta-Band, Mobile Handset

### I. 서 론

이동 통신 서비스의 발전과 더불어 휴대 단말기는 소비자의 요구에 따라 소형화된 크기에 다양한 서비스를 제공할 수 있도록 연구 및 개발되어 왔다.

이러한 변화는 휴대 단말기용 안테나의 초소형화, 광대역화, 다중 대역화에 대한 요구로 이어지게 되었고, 이를 구현하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히 최근에는 글로벌 멀티미디어 서비스를 구현하기 위해 2세대와 3세대의 모든 통신 방식

「이 연구는 (주)에이스테크놀로지(舊, (주)에이스안테나)의 지원으로 수행되었으며, 이에 대해 깊이 감사를 드립니다.」

연세대학교 전기전자공학과(Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University)

\*(주)에이스테크놀로지 연구소(ACE TECHNOLOGIES CORP. R&D CENTER)

· 논문 번호 : 20091127-22S

· 교신저자 : 윤영중(e-mail : yjyoon@yonsei.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 5월 10일

의 주파수 대역을 만족하는 5중 대역 안테나에 관한 연구가 큰 주목을 받고 있다<sup>[1],[2]</sup>. 현재 전 세계적으로 사용되고 있는 휴대 단말기용 음성 서비스 대역은 크게 GSM850/GSM900을 만족하는 저주파 대역(824~960 MHz)과 DCS1800/PCS1,900/WCDMA를 만족하는 고주파 대역(1,710~2,170 MHz)으로 나뉘는데, 이를 모두 만족시키기 위해서는 각각 136 MHz(15.25%)와 460 MHz(23.71%)의 광대역 특성이 요구된다. 그러나 안테나의 체적이 감소할수록 대역폭도 감소한다는 연구 결과에서도 알 수 있듯이 안테나 소형화에 대한 요구와 광대역 특성에 관한 요구는 서로 상충관계에 있다<sup>[3],[4]</sup>. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위한 다양한 연구들이 시도되었다.

일반적인 휴대 단말기용 안테나는 주로 모노폴 또는 PIFA 형태로 구현된다. 각각의 형태는 장단점을 지니는데, 모노폴 안테나의 경우 구조에 따라서 광대역 특성을 얻기는 용이하지만, 소형화를 위해 그라운드와의 간격이 가까워지면 매칭 특성이 저하된다. 또한 PIFA의 경우 shorting pin을 이용하여 매칭 특성을 향상시키기는 용이하지만, 이로 인해 광대역 특성을 얻기는 어렵다. 따라서 기본적인 모노폴, PIFA 형상은 유지하면서 이 같은 한계를 극복하기 위해 다양한 형태의 패턴이 시도되었고, 칩 안테나를 이용한 소형화, 집중 소자를 이용한 매칭 등의 기법이 적용되었다<sup>[5],[6]</sup>. 그러나 이러한 방법들을 이용하여 소형화, 광대역화를 구현하면 일반적으로 방사효율 특성이 저하되는 현상이 나타난다. 또한 이 같이 다양한 방법을 사용하더라도 기본적인 모노폴 안테나와 PIFA가 가지고 있는 대역폭 특성을 개선하는 데에는 한계가 있으므로 2 cc 이하의 크기로 5중 대역을 만족하는 안테나에 관한 연구 결과는 거의 발표되지 못했다. 물론 그라운드에 슬랏을 추가하거나 폴더나 슬라이드, PDA 폰 등의 형태로 그라운드의 연장 효과를 활용한 경우에는 2 cc 이하의 안테나도 제안되었으나, 이러한 방법들은 상용화하기에 불가능하거나 매우 큰 제약이 있기 때문에 실용적이지 못하다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 특정 공진 모드의 주파수를 선택적으로 이동시킬 수 있는 기생 루프 구조를 이용한 미앤더 루프 안테나를 기본 형태로 하여 40 mm×11 mm×3 mm(1.32 cc)

의 초소형화된 크기로 5중 대역을 만족하는 안테나를 구현하였다. 제안된 안테나는 커플링 급전을 이용하여 안테나와 그라운드 사이의 간격을 1 mm로 가깝게 설정하고도 우수한 매칭 특성을 얻을 수 있었고, 루프 형상을 주 방사체로 설계하였으므로 그라운드에 의한 영향을 적게 받는 구조이다. 또한 5중 대역 특성과 소형화 특성을 만족하기 위해 미앤더 구조, 기생 루프 구조에 의한 공진 위치 조절, 추가 방사 소자에 의한 방사 등을 활용하였다. 이를 위해 먼저 다음 장에서는 기생 루프 구조를 이용한 루프 안테나의 동작 원리를 분석하였다. 그리고 앞에서 설명한 5중 대역 특성과 소형화 특성을 얻기 위해 적용한 방법들을 차례로 진행하며 안테나를 설계하였고, 제작 및 측정을 통하여 그 결과를 비교 분석하였다.

## II. 기생 루프 구조를 이용한 루프 안테나의 동작 원리

기생 루프 구조는 루프 안테나와 연결된 소형의 루프 구조로 루프 안테나에서 형성되는 여러 공진 모드의 공진 주파수들 중에서 특정 공진 모드의 주파수를 선택적으로 이동을 시킬 수 있는 기능을 한다. 이는 루프 안테나가 공진할 때 각 공진 모드에서 루프 표면에 발생하는 전류 방향과 null point의 위치를 파악하고, 특정 공진 모드에서의 전류 흐름을 바꾸어 공진 주파수를 이동시키는 원리이다. 이러한 현상은 일반적인 루프 안테나보다 전류 흐름의 변화가 많이 발생하는 미앤더 루프 안테나에서 활용되기 적합하다. 그림 1과 2는 기생 루프 구조를 이용하여 공진 주파수를 이동시키는 원리를 개념적으로 나타낸 그림이다. 그림 1에서는 미앤더 루프 안테나에 null point가 1개 발생하는 0.5 파장 길이의 공진과 null point가 2개 발생하는 1.0 파장 공진의 전류 분포를 확인할 수 있다. 그림 2는 빗금 친 부분과 같이 루프의 중간 부분을 연결하여 기생 루프 구조를 형성한 경우의 전류 분포를 나타낸다. 0.5 파장 길이 공진의 경우, 새롭게 연결된 부분으로 주된 전류의 흐름이 형성되어 공진 주파수 값이 증가하지만, 1.0 파장의 경우 전류가 이 부분으로 거의 흐르지 못하고 기생 루프 구조 안에 있는 null point로 흐르게 되어 주파수의 변화는 거의 없다. 이때 1.0 파장에서도 매

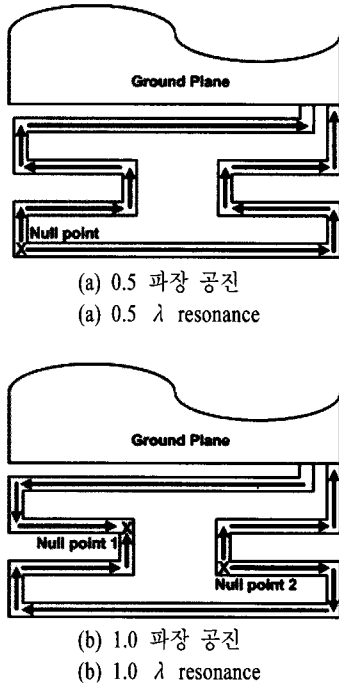


그림 1. 루프 안테나의 표면 전류 분포  
Fig. 1. Surface current distribution of the loop antenna.

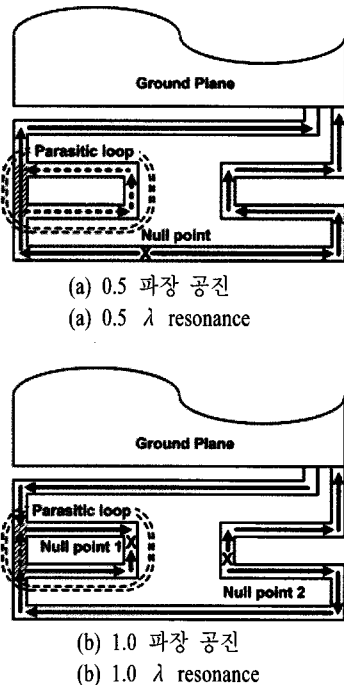


그림 2. 기생 루프 구조를 이용한 루프 안테나의 표면 전류 분포  
Fig. 2. Surface current distribution of the loop antenna with parasitic loop.

우 적은 양의 전류가 새롭게 연결된 부분으로 흐르게 되는데, 그것 또한 기생 루프 안에 있는 null point 로 흐르게 되어 기생 루프 구조 안에서 약간의 null point 위치가 바뀌는데 영향을 줄 뿐, 전체 루프에서의 표면 전류 분포의 변화는 거의 발생하지 않는다. 이러한 현상은 단일 공진체에서 생성되는 고차 모드에 의한 공진이라 할지라도 두 공진의 위치를 독립적으로 조절할 수 있게 함으로써 다중 대역 또는 광대역 안테나 설계 시 유용하게 활용될 수 있다. 제안된 이론을 바탕으로 다음 장에서는 소형화, 광대역화 특성을 구현할 수 있는 커플링 급전 방식의 휴대 단말기용 미앤더 루프 안테나를 설계한다.

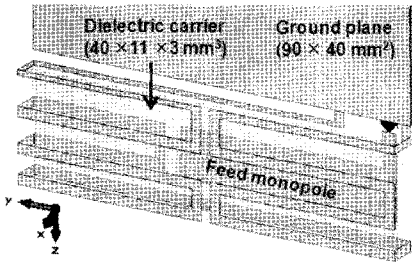
### Ⅲ. 안테나 구조 및 설계

#### 3-1 커플링 급전 방식의 미앤더 루프 안테나

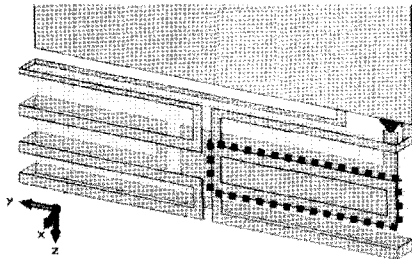
일반적으로 안테나에 사용되는 급전 방식은 직접 급전 방식이다. 그러나 휴대 단말기의 경우 공간상의 제약으로 인해 안테나와 그라운드 사이의 거리가 가까워지는데, 이로 인해 방사 저항이 감소하고 매칭 특성이 저하된다. 따라서 직접 급전에 의한 매칭 특성의 저하를 개선하기 위해 커플링 급전 방식이 제안되었다<sup>[7],[8]</sup>. 커플링 급전 방식의 경우 급전 소자와 방사 소자를 물리적으로 분리하는 대신 두 소자의 크기 및 간격을 조절하여 캐패시턴스와 인덕턴스 값을 변화시킬 수 있고, 그 결과 급전부와 방사부의 임피던스 차이를 감소시켜 소형화된 크기에서도 안테나의 반사 손실 특성을 개선할 수 있는 구조이다.

또한 일반적인 모노폴 안테나 또는 PIFA의 경우, 방사체의 길이가 공진 주파수의 약 0.25 파장의 길이이지만, 루프 안테나의 경우 약 0.5 파장의 길이가 필요하므로 소형화가 필요하다. 소형화를 위해 일반적으로 알려진 방법은 스파이럴 또는 미앤더 기법을 사용하는 것인데, 모노폴 안테나의 경우 끝이 open 되어 있어서 두 가지 방법을 모두 사용할 수 있지만, 루프 안테나의 경우 끝이 closed 되어 있으므로 단층 기판에 스파이럴 형상을 구현하기는 어렵다. 따라서 본 논문에서는 미앤더 기법을 사용하였다.

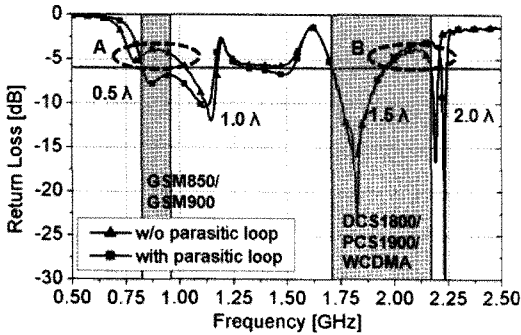
#### 3-2 기생 루프 구조를 이용한 커플링 급전 방식의 미앤더 루프 안테나



(a) 커플링 급전의 미앤더 루프 안테나  
(a) Coupling feed meander loop antenna



(b) 기생 루프 구조를 포함한 미앤더 루프 안테나  
(b) Coupling feed meander loop antenna with parasitic loop



(c) 기생 루프 구조의 유무에 따른 반사 손실 특성  
(c) Return loss of the loop antenna with and without parasitic loop

그림 3. 기생 루프 구조의 유무에 따른 특성 비교  
Fig. 3. Comparison of the loop antenna with and without parasitic loop.

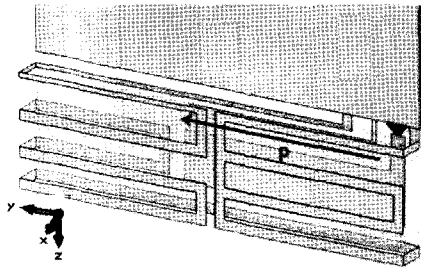
3-1 절에서 설계된 안테나의 형상은 그림 3(a)과 같다. 매칭 특성을 확인하기 위해 시뮬레이션을 수행하였는데, 이를 위해 그라운드층 두께 0.8 mm, 비유전율 4.5의 FR-4 기판을 이용하여 90 mm×40 mm의 크기로 설정하였고, 휴대 단말기 내부에 안테나의 형상을 유지하고 위치를 고정시킬 수 있도록 유전율 3, 도전율 0.003 S/m의 캐리어를 고려하였다. 이때 캐리어는 두께 1 mm를 제외하고 내부는 비워

진 형태로 설계하였는데, 이는 고유전율에 의한 매칭 특성 저하를 방지하기 위함이다. 루프 안테나는 유전체 캐리어 표면에 그 패턴이 나타날 수 있도록 폴리드 타입으로 구현하였고, 크기는 소형화 특성을 만족하기 위해 40 mm×11 mm×3 mm로 설정하였다.

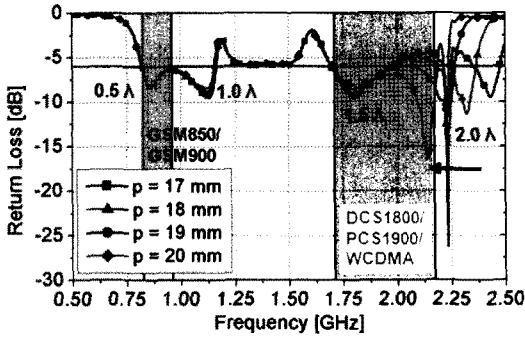
커플링 급전 방식의 미앤더 안테나는 그림 3(c) [▲]의 결과에서도 확인할 수 있듯이 1.32 cc의 부피에서도 800 MHz 대역까지 공진 주파수를 하강시켰고, 저주파 대역과 고주파 대역에서의 공진을 발생시켰다. 그러나 그림 3(c)의 A 영역에 나타난 결과와 같이 0.5 파장 공진과 1.0 파장 공진 사이에서 반사 손실 값이 증가하면서 858~996 MHz 사이에서 -6 dB 이상의 값을 가지므로 GSM850과 GSM900 주파수 대역을 모두 포함하지 못한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 두 공진 사이의 간격을 줄이는 방법이 요구되는데 단순히 루프의 길이를 조절할 경우에는 두 공진이 같은 방향으로 이동하므로 이러한 특성을 얻을 수 없다. 따라서 II장에서 언급한 기생 루프 구조를 이용하여야 하는데, 그림 3(b)의 점선으로 표시된 부분과 같이 미앤더 루프 중간을 연결하여 기생 루프 구조를 형성함으로써 구현될 수 있다. 그 결과, 그림 3(c) [■]와 같이 0.5 파장과 1.0 파장의 공진 위치 간격이 가까워지면서 -6 dB 이상으로 반사 손실 값이 증가하는 영역이 사라지게 된다.

### 3-3 기생 루프 구조와 추가 방사소자를 이용한 커플링 급전 방식의 미앤더 루프 안테나

앞절에서 제시된 기생 루프 구조를 이용하여 저주파 대역에서의 매칭 특성을 만족시켰다. 그러나 이러한 결과로는 여전히 그림 3(c)의 B 영역에 나타난 것과 같이 1,900~2,000 MHz 대역을 만족시키지 못한다. 이 대역은 저주파 대역에서처럼 고차 모드와의 간격을 줄이는 방법을 통해서 해결하기 어렵다고 판단되므로, 추가적인 방사체를 삽입하는 방법을 사용하였다. 그림 4는 1,900~2,000 MHz 대역을 만족시키기 위해 급전 모노폴과 루프 사이에 그라운드와 연결된 추가 방사 소자를 삽입하여 그 길이에 따른 공진 주파수의 변화를 나타낸 결과이다. 추가 방사 소자의 길이를 19 mm로 결정한 경우 고주파 대역을 모두 만족하는 특성을 보인다. 그 결과, 저주



(a) 추가 방사 소자를 이용한 루프 안테나  
(a) Loop antenna with additional radiating element



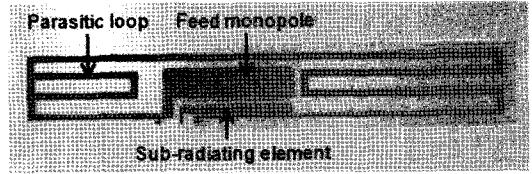
(b) 추가 방사소자 길이에 따른 반사 손실 특성  
(b) Return loss of the loop antenna with variation of the length of the additional radiating element

그림 4. 추가 방사 소자를 이용한 루프 안테나의 특성  
Fig. 4. Characteristic of the loop antenna with additional radiating element.

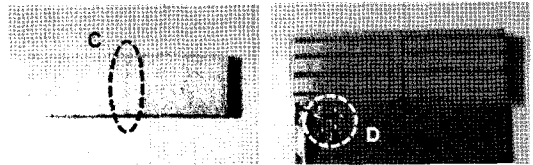
파 대역에서 823~1,160 MHz, 고주파 대역에서 1,699~2,269 MHz의 -6 dB 반사 손실 대역폭을 얻을 수 있었고, 이는 5중 대역의 주파수 범위인 824~960 MHz와 1,710~2,170 MHz의 범위를 모두 포함하는 결과임을 확인할 수 있다.

#### IV. 안테나 제작 및 측정

앞장에서 설계된 휴대 단말기용 안테나를 그림 5와 같이 제작하였다. 제작에 사용된 기판과 유전체 캐리어의 크기 및 유전율과 도전을 값은 시뮬레이션에서 설정한 값과 같다. 또한 안테나 패턴은 연성 기판에 제작하여 유전체 캐리어 표면에 둘러싸는 형태로 모양을 유지하도록 하였다. 그림 6은 제작된 안테나의 반사 손실 측정 결과를 시뮬레이션 결과와 비교한 그림이다. 전체적인 그래프의 형태는 유사하게 나타났으나, 측정 결과의 공진 주파수 위치가 아래쪽으로 조금씩 이동하였음을 확인할 수 있다. 이



(a) 프린팅된 안테나 패턴  
(a) Printed antenna pattern



(b) 유전체 캐리어 (c) 제작된 안테나  
(b) Dielectric carrier (c) Fabricated antenna

그림 5. 제작된 안테나 형상  
Fig. 5. Fabricated antenna structure.

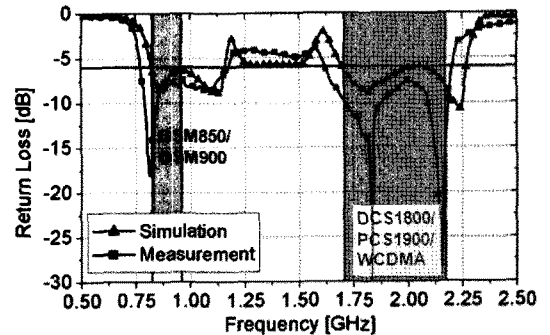


그림 6. 시뮬레이션 및 측정된 반사 손실 결과  
Fig. 6. Simulated and measured return loss.

는 루프 안테나의 길이가 증가하거나 안테나의 유효 유전율이 증가하였음을 의미하는데 유전체 캐리어는 앞장에서 언급하였듯이 두께 1 mm를 제외한 내부를 빈 공간으로 설계하였지만, 제작 공정상 내부를 전부 비울 수는 없고 그림 5(b)의 C 영역처럼 추가적인 지지구조가 내부에 존재한다. 따라서 유효 유전율이 다소 증가하는 특성을 나타낸다. 또한 루프 안테나를 그라운드와 연결시에 그림 5(c)의 D 영역과 같이 구리선을 이용하게 되는데, 이로 인하여 루프의 길이가 다소 증가하는 결과로 나타났다고 판단된다. 그러나 이 같은 오차에도 불구하고 설계된 안테나의 대역폭이 목표 대역폭보다 저주파 대역에서는 200 MHz, 고주파 대역에서는 110 MHz가 넓기 때문에 측정된 대역폭은 휴대 단말기용 음성 서비스

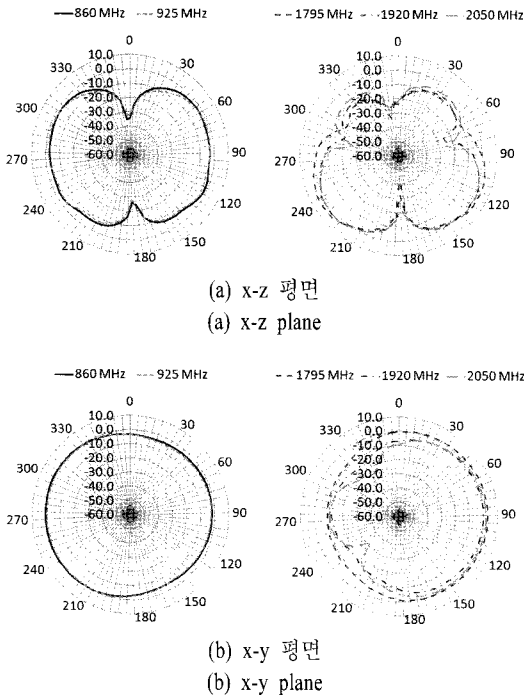


그림 7. 측정된 방사 패턴 결과  
Fig. 7. Measured radiation pattern.

의 5개 대역을 모두 만족하는 773~1,175 MHz, 1,622~2,205 MHz의 값으로 나타났다.

그림 7은 측정된 방사 패턴을 나타낸다. 방사 패턴은 각 서비스 대역의 중심 주파수인 860 MHz, 925 MHz, 1,795 MHz, 1,920 MHz, 2,050 MHz에서 각각 xz, xy 평면을 측정하였다. 각 평면에서의 방사 패턴 결과를 통해 휴대 단말기에 적합한 전방향성 패턴임을 확인할 수 있는데, 저주파 대역의 경우 다이폴 안테나의 방사 패턴과 거의 유사한 패턴을 갖는 반면, 고주파 대역의 경우 고차 모드에서 동작하는 특성으로 인하여 패턴상의 변화가 나타남을 확인할 수 있다.

그림 8은 측정된 안테나의 최대 이득값과 효율을 나타낸 결과이다. 측정된 20개의 주파수는 5개의 휴대 단말기용 음성 서비스 대역에서 각 uplink와 downlink의 주파수 값을 의미한다. 측정 결과, 안테나의 최대 이득 값은 저주파 대역에서 0.56~1.19 dBi의 값을 가지며, 고주파 대역에서는 1.80~4.13 dBi의 값을 가진다. 또한 측정된 효율값은 저주파 대역에서 60.61~75.36 %, 고주파 대역에서는 50.45~89.35 %

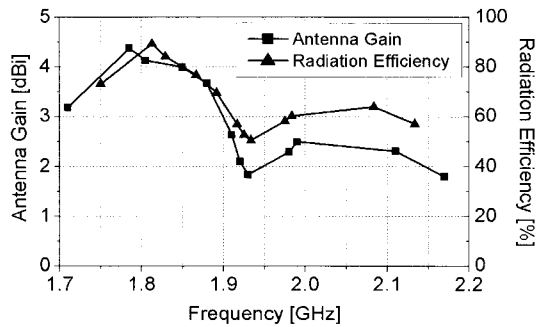
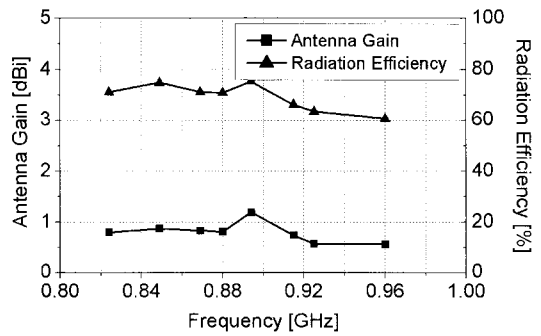


그림 8. 측정된 이득 및 효율  
Fig. 8. Measured gain and efficiency.

의 값을 가지는데, 이는 50 % 이상의 효율을 요구하는 상용 휴대 단말기용 안테나의 요구 성능을 만족한다.

## V. 결 론

본 논문에서는 기생 루프 구조의 동작 원리를 분석하고, 이를 이용하여 휴대 단말기용 5중 대역 초소형 루프 안테나를 설계 및 제작하였다. 소형, 광대역 안테나를 구현하기 위해 먼저 커플링 급전 방식의 미앤더 루프 안테나는 설계하고, 이때 만족하지 못한 주파수 대역에 대한 문제는 기생 루프 구조 및 추가 방사 소자의 삽입으로 해결하였다. 그 결과, 본 논문에서 제안하는 안테나는 일반적으로 기존에 연구되었던 모노폴, PIFA 등의 형태를 가지는 휴대 단말기용 안테나보다 소형화 특성을 크게 향상시킨 40 mm×11 mm×3 mm(1.32 cc)의 크기로 구현할 수 있었다. 따라서 본 연구 결과를 통해 2세대 통신 서비스와

3세대 통신 서비스를 초소형으로 구현된 단 하나의 안테나 소자로 만족시킬 수 있는 성과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 측정 결과, 저주파와 고주파에서 각각 목표한 대역보다 147 %, 24 %의 대역폭이 넓게 측정되었는데, 이는 추가적인 소형화 또는 5중 대역 이상의 서비스 대역을 만족시킬 수 있는 가능성을 의미한다. 여기에 상용 휴대 단말기의 크기를 고려한 설계, 캐리어를 고려하여 캐리어 표면에 마운트 되는 형상으로 고려한 설계 등을 통해 제작을 용이하게 하고, 이를 통해 제작 단가를 낮추는 효과도 얻을 수 있도록 하였다. 이 같은 연구 성과는 글로벌 시장의 요구 사항을 충족시킬 수 있는 결과물이므로 앞으로 상용화에 널리 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

[1] Kin-Lu Wong, Chih-Hong Huang, "Printed loop antenna with a perpendicular feed for penta-band mobile phone application", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 7, pp. 2138-2141, Jul. 2008.  
 [2] Kin-Lu Wong, Chih-Hua Chang, "Printed  $\lambda/8$ -PIFA for internal penta-band mobile phone antenna", in *Proc. Eur. Antennas Propag. Symp.*, pp. 533-537,

Mar. 2009.  
 [3] R. C. Hansen, "Fundamental limitations in antennas", *Proc. IEEE*, vol. 69, no. 2, pp. 170-182, Feb. 1981.  
 [4] J. S. McLean, "A re-examination of the fundamental limits on the radiation Q of electrically small antennas", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 44, no. 5, pp. 672-675, May 1996.  
 [5] Ming-Ren Hsu, Kin-Lu Wong, "WWAN ceramic chip antenna for mobile phone application", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 51, no. 1, pp. 103-110, Jan. 2009.  
 [6] Michail Tzortzakakis, Richard J. Langley, "Quad-band internal mobile phone antenna", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 55, no. 7, pp. 2097-2103, Jul. 2007.  
 [7] Wei-Yu Li, Kin-Lu Wong, "Surface-mount loop antenna for AMPS/GSM/DCS/PCS operation in the PDA phone", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 49, no. 9, pp. 2250-2254, Sep. 2007.  
 [8] Wei-Yu Li, Kin-Lu Wong, "Internal printed loop-type mobile phone antenna for penta-band operation", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 49, no. 10, pp. 2595-2599, Oct. 2007.

### 이 상 혼



2004년 2월: 연세대학교 전기전자공학부 (공학사)  
 2006년 2월: 연세대학교 전기전자공학부 (공학석사)  
 2006년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 박사과정  
 [주 관심분야] 초고출력 안테나 시스템, 초소형 안테나, 초고주파 회로설계

### 김 기 준



2007년 8월: 연세대학교 전기전자공학부 (공학사)  
 2010년 2월: 연세대학교 전기전자공학부 (공학석사)  
 2010년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학부 박사과정  
 [주 관심분야] RFID 안테나, 초소형 안테나, 마이크로파 소자

정 종 호



2001년 8월: 아주대학교 전자공학과 (공학사)  
2003년 8월: 아주대학교 전자공학과 (공학석사)  
2009년 2월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 박사과정  
2005년~현재: 에이스테크놀로지 객

임연구원

[주 관심분야] 마이크로파 소자, 밀리미터파 소자, 수동/능동 안테나

김 병 남



1996년 2월: 아주대학교 전파공학과 (공학사)  
1998년 2월: 아주대학교 전자공학과 (공학석사)  
2010년 2월: 한국과학기술원 전자공학과 (공학박사)  
2003년~2005년: (주)팬택 GSM H/W

개발3실

2005년~현재: 에이스테크놀로지 연구소장  
[주 관심분야] 마이크로파 소자, 밀리미터파 소자, 수동/능동 안테나

윤 영 중



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
1991년 2월: Georgia Institute of Technology (공학박사)  
1992년~1993년: 한국전자통신연구원

원 위성통신기술연구단

1993년~현재: 연세대학교 전기전자공학과 교수  
[주 관심분야] 마이크로파 소자, 안테나, 전파전파, EMI/EMC