

멀티미디어단말기용 박막형 다중주파수 안테나

신 천 우[†]

요 약

본 연구는 다중주파수에 공진하는 안테나에 관한 것으로서, 유전체기판 상에 루프안테나용 동박패턴을 복합적으로 폴딩하여 기본주파수 이외 고차주파수를 동시에 공진하는 안테나에 관한 것이다. 복합폴딩기법을 통하여 안테나 면적을 줄이는 동시에 폴딩된 루프들의 상호결합 현상을 이용하여 고차모드 공진을 야기하여 다중주파수에 공진이 되게 하는 특징을 가지고 있다. 기본공진주파수를 공진하는 루프안테나의 크기를 줄이기 위하여 루프안테나의 패턴에 폴딩을 수차례 가하여 면적을 줄이면서, 폴딩 루프사이의 결합계수를 조절하여 면적이 좁은 유전체기판 상에 다중주파수를 공진하는 안테나를 제작할 수가 있게 되었다. 실제작에서 크기 30mm×9mm 이하의 사이즈에, 두께 20um 이하의 박막의 유전체기판에 CDMA850 휴대폰대역 및 GPS, DCS, PCS, WCDMA 등의 주파수에 동시에 공진하는 안테나를 구현하여 개인 0dBi 이상 방사효율 50% 이상의 안테나를 구현할 수가 있어, 복수개의 주파수를 사용하는 스마트폰이나 소형 멀티미디어단말기에 유용하게 사용할 수가 있다.

Multi Frequency Thin Film Loop Antenna for Multi-media Devices

Cheon Woo Shin[†]

ABSTRACT

This paper is for multi-frequency thin film loop antenna used on smart phone, PMP and PDA like as a multi-media devices. We developed a loop pattern folding methods to reduce a thin film antenna dimension using that mutual coupling folding loop occurs the higher frequency resonance. To reduce the thin film size for loop antenna, we fold the loop pattern repeatedly control the coupling coefficient than generate a not only higher mode resonance but also basic resonance from loop pattern. To realization the thin film folded loop antenna, we used a 30mm×9mm PI film the thickness is 20um so that we realize the CDMA850, GPS, DCS, PCS, WCDMA antenna simultaneously and it's radiation efficiency is over 50% and gain is 0dBi.

Key words: Multi-frequency antenna(다중공진 안테나), Loop antenna(루프안테나), Folded loop antenna(폴딩루프안테나), Thin file antenna(박막필름안테나), CDMA antenna(CDMA 안테나)

1. 서 론

최근에 PMP, 스마트폰 등의 멀티미디어단말기의 발달로 인하여 무선통신이 가능한 단말기의 요구가 늘고 있다. 소형의 멀티미디어단말기의 외부에 돌출이 되는 안테나의 경우에는 미관상 상품성이 떨어지

는 관계로 내장형 안테나인 인테나가 요구되고 있는 현실이다. 그리고 단말기가 소형화 및 슬림화 되는 현 시점에서 이러한 안테나의 슬림화 및 소형화가 필수적으로 요구된다. 또한 무선통신기에 사용되는 통신기의 크기가 소형화 및 경량화 되어 이동용으로 사용이 급증하고 있는 가운데, 안테나의 크기는 사용

※ 교신저자(Corresponding Author): 신천우, 주소: 부산광역시 남구 대연3동 314-79(608-736), 전화: (051)663-5151, FAX: (051)628-4476, E-mail: cwshin409@paran.com

접수일: 2009년 2월 20일, 수정일: 2009년 5월 25일
완료일: 2009년 6월 1일

[†] 중신회원, 경성대학교 멀티미디어통신공학과 교수

주파수의 파장에 비례하는 관계로 크기의 소형화가 곤란한 단점이 있다. 최근에는 이동통신의 발달과 더불어 2세대 및 3세대 등의 통신기술의 발전으로 여러 개의 주파수를 취급해야 되는 상황이 되었고, 외관 디자인이 상품의 가치에 미치는 영향이 큰 관계로 슬림한 단말기를 필요로 하고 있어 다중공진 박막형 안테나의 필요성이 더 절실해지고 있다.

이제까지의 휴대폰용 안테나로서는 미려한 디자인이 필요한 관계로, 단말기 내부에 넣어 외관상에 표시가 나지 않는 안테나 방식중의 하나인 PIFA 방식이 주로 사용되었으나, PIFA 방식은 파장의 $\lambda/4$ 의 길이로 오픈방식으로 라디에이터를 구현하고 이 라디에이터를 적절하게 구부려 안테나를 구현하는 방식으로, 오픈방식의 특징인 그라운드와의 공간 확보가 특성에 중요한 변수로 작용하고 있다[1,2]. 휴대폰의 특성상 좁은 공간에서 안테나를 구현하여야 하는 관계로, 안테나와 부품 및 본체와의 공간 확보가 어려운 단말기 상황에서 우수한 특성을 얻기란 어렵다[2]. 또한 PIFA 방식의 안테나는 기본적으로 $\lambda/4$ 모노폴 안테나로서 그라운드와의 상관관계가 매우 중요한 변수로 작용하여, 그라운드와의 면적이 부족하다던가, 혹은 그라운드와의 간격이 발생할 경우 안테나로서 동작을 하지 못하는 등의 단점이 발생하며 대역폭이 좁고 전류 밀도가 특정 지점에 밀집되어 전자파 인체 흡수율(SAR)이 높다는 문제점이 있다[3,4]. 따라서 PIFA 안테나를 동축케이블 등으로 연결하여 회로의 외부에 부착하는 경우에는 사용이 곤란한 문제점이 발생한다.

이러한 모노폴 안테나와 PIFA(평면 역 에프 안테나)의 단점을 개선하기 위하여 임피던스 정합과 대역폭 특성을 고려한 안테나가 루프 안테나이다[4]. 그러나 반파장의 길이를 사용하는 루프 안테나는 그 길이가 너무 길어 무선통신 단말기용 내장형 안테나로 사용하기에는 많은 제약이 따른다[5,6]. 이 때문에 루프를 인접하게 연속으로 형성한 용량성리액턴스와 콘덴서를 결합하여 공진특성을 얻는 루프안테나의 개발이 이루어져 있으나 게인이 낮아 휴대용 단말기로의 사용이 어렵다[7]. 또한, 이러한 루프 안테나는 다중대역의 실현을 위한 고차 모드의 공진 대역폭 특성이 좁아 실제 다중대역 안테나로서 사용하기에는 어려움이 많이 따르는 문제점이 있다[6,7]. 최근에 연구 보고된 멀티밴드용 좌우대칭 루프 안테나 역시

850MHz 대역의 CDMA 및 PCS, WCDMA 대역을 커버 하는데 필요한 크기가 면적으로 가로×세로의 크기가 $40 \times 13\text{mm}$ 이며 두께는 6mm 에 달해 기존의 PIFA안테나 보다 두께가 얇지 않아 사용용도가 제한적이다[7]. 이런 이유로 인해 기존의 단말기 내부에 사용하는 안테나의 방법인 PIFA나 Patch 및 좌우대칭루프 안테나 역시 안테나의 크기 및 안테나의 두께가 높아, 소형화 및 슬림화를 추구하는 최근의 멀티미디어단말기에 사용하기에는 부적합한 면이 있다[4,7,8].

본 연구는 위에서 열거된 여러 안테나들의 문제점을 제거하고, 소형으로 박막형의 안테나를 구현하기 위하여 기존의 루프안테나에서의 코일배치 방식과 전혀 다른 새로운 루프폴딩방식을 제안하고, 이 방식으로 단말기 내장형의 안테나 방식에 적용하여, 특히 루프코일의 배치를 적절하게 함으로 인해 각 루프코일 간에 복수개의 공진을 형성하여 다중주파수에 대응하는 루프안테나를 구현하는 방법에 관한 것이다.

본 연구에서는 소형의 박막형태로 루프폴딩 방식을 통하여 안테나의 길이를 줄이는 노력을 통하여 2세대 CDMA850MHz 주파수에서부터 2000MHz WCDMA 등 복수개의 주파수에 공진하는 구조의 안테나를 구현하면서 기존의 PIFA 및 루프 안테나의 두께 6mm보다 훨씬 얇은 두께 0.1mm 이하의 박막의 필름이나 얇은 PCB 위에 패턴을 인쇄 혹은 에칭 기법으로 안테나를 구현하여 최종적으로 스마트폰과 같은 멀티미디어단말기의 슬림화를 구현할 수 있는 방법을 제안한다.

2. 폴딩루프안테나의 모델

소형으로 복수개의 공진점에 공진을 하는 박막형의 안테나를 구현하기 위하여, 본 연구에서는 그림 1과 같이 박막형의 소형의 유전체 필름 혹은 기판 위에 루프패턴을 폴딩으로 형성하여 안테나를 모델링 하였다. 기존의 루프 안테나는 루프의 길이를 사용주파수의 파장인 λ 의 길이만큼 형성을 시켜야 됨으로 루프의 면적이 넓어 소형의 휴대폰과 같은 단말기에는 원하는 주파수의 공진이 어려우나, 본 연구에서는 루프의 면적을 줄이기 위하여 루프의 패턴을 구부려(이하 폴딩) 루프의 면적을 줄임과 동시에, 그림 2와 같이 루프의 특정점에 리액턴스용 오픈갭을

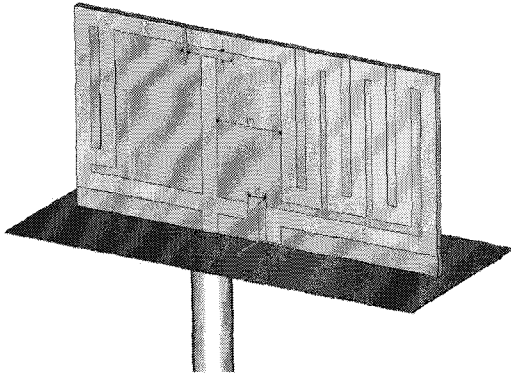


그림 1. 폴딩 루프형 안테나의 루프패턴

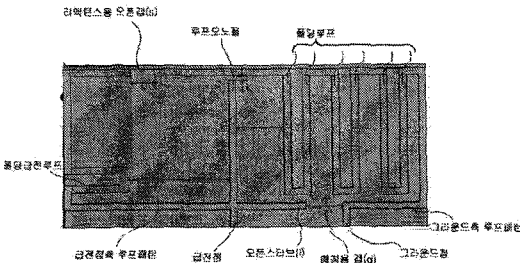


그림 2. 오픈스터브를 적용한 폴딩 루프형 안테나의 폴딩루프 패턴(Model A)

두어 루프 길이의 단축 효과를 얻는다.

이와 같은 리액티브용 오픈갭 방법으로 원하는 공진점의 파장인 λ 보다 길이가 1/3에서 1/5 정도로 짧은 루프패턴으로도 공진점을 얻을 수가 있고, 루프 패턴에 폴딩을 하여 전체 루프의 면적을 줄여 원래의 루프가 가지는 면적의 1/수십 정도까지 소형화를 할 수가 있게 된다.

루프의 길이에 해당하는 기본공진주파수 이외의 복수개의 공진주파수를 얻기 위해서는 그림 2와 같이 루프 내에 루프모노폴을 넣어 모노폴 패턴의 길이에 해당하는 주파수의 공진점을 얻을 수가 있으며, 이 루프모노폴과 폴딩된 루프와의 간격에 의한 또 다른 공진점을 얻을 수가 있어, 얇은 박막의 필름 혹은 유전체기판 위에 패턴의 형태를 조절함으로써 루프 패턴에 의한 기본공진주파수 이외에도 많은 고차의 공진주파수에 공진하는 루프 안테나를 구현할 수가 있게 된다. 복수개의 공진점을 구현할 경우 공진 특성이 악화되는 문제점을 개선하기 위하여 루프 안테나의 급전점에 그림 2와 같은 오픈스터브 및 그림 3과 같은 쇼트스터브를 형성하여 루프 안테나의 공

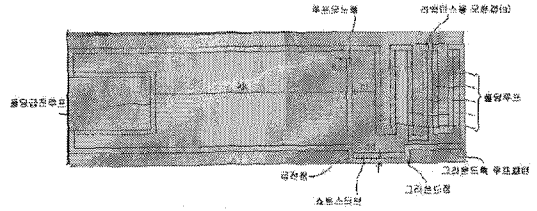


그림 3. 쇼트스터브를 적용한 폴딩 루프형 안테나의 폴딩루프 패턴(Model B)

진특성이 악화되는 문제점을 개선하였다.

그림 1과 같이 이러한 루프방식의 안테나가 소형으로 개발됨으로 인해, PIFA 방식과 다르게 그라운드판의 크기 및 그라운드판과의 간격에 상대적으로 민감하지 않아 회로 기판에 직접 바로 부착하지 않아도 되며, 동축케이블과 같은 선로를 이용하여 안테나를 회로 내부나 단말기 등의 세트 외부에 부착하기가 용이하게 된다.

3. 폴딩루프 안테나의 컴퓨터시뮬레이션

위에서 모델링한 폴딩루프안테나를 컴퓨터시뮬레이션을 통하여 공진주파수 및 대역, 방사결과를 검토하여 내장형 안테나에 관한 가능성을 확인한다.

그림 2 및 그림 3의 모델에서 두께 20um의 유전체 필름 위에 두께 10um의 동박을 에칭기법으로 가공하여 폭 1mm로 폴딩루프패턴을 형성한다. 850MHz 대역에 공진하는 루프 안테나를 형성하기 위해서는 전체 루프 길이를 353mm 로 하여야 공진점이 형성되지만, 본 연구에서는 그 루프의 길이를 줄이고 루프를 형성하는 유전체필름의 면적을 40mm×20mm로 줄이기 위하여 그림 2와 같이 급전점에서 들어오는 루프패턴을 3분기하고 좌측 및 우측에 외곽 면으로 루프패턴을 형성하고 중앙에도 루프패턴을 형성한다. 급전점에서 3분기된 신호패턴이 좌측의 급전점측 루프패턴을 형성하고, 우측의 그라운드면을 따라 그라운드측 루프패턴을 형성하여 유전체필름의 바깥 외곽 면을 따라 패턴을 형성시키고, 패턴이 인쇄되는 면적을 최소화하기 위하여 폴딩패턴을 형성시켜 패턴을 길게 하는 효과를 얻어 패턴의 면적을 축소시킨다. 루프패턴의 길이를 더욱 축소하기 위하여 그라운드측 루프패턴의 끝부분의 패턴과 급전점측 루프패턴의 끝부분 사이를 일정한 간격 s 를 형성시켜 패턴을 오픈시켜 인덕티브 성분을 만들어 루프

의 길이를 축소시키는 효과를 얻는다. 이로서 가로, 세로 길이 40mm×20mm의 면적의 두께 20um의 유전체필름 위에 두께 10um의 동박을 모델링하여 850MHz 대역에 공진하는 루프 안테나를 구현할 수가 있었다.

그리고 기본공진주파수인 850MHz 공진점 이외의 PCS 대역인 1800MHz 대역의 공진점을 형성하기 위하여, 급전점에서 들어오는 루프패턴을 3분기 한 후 중앙의 패턴을 위로 올려 루프모노폴패턴을 형성하여 루프모노폴패턴과 그라운드층 루프패턴과의 간격 k와 루프모노폴패턴과 급전전측 루프패턴과 일정 간격 kk를 조절함으로써 인해 1500MHz 대와 1800MHz 대의 공진점을 구할 수가 있게 된다.

위에서 기술한 루프패턴으로 인해 형성된 850MHz 대역의 공진점과 루프모노폴패턴으로 인해 형성된 1800MHz 대역의 공진점 이외에 2000MHz 대역의 WCDMA대역의 공진점을 형성하기 위하여, 그라운드층 루프 안테나 패턴을 폴딩패턴하고 그중 가장 내부측 패턴과 루프모노폴패턴 사이의 간격 m을 조절함으로써 인해 2000MHz 대역의 WCDMA 대역의 공진점을 구현할 수가 있게 된다.

위의 3밴드(CDMA, PCS, WCDMA)의 공진점의 공진특성을 개선하기 위하여 그림 2와 같이 급전점에서 들어오는 루프패턴에 오픈스터브를 연결하여 오픈스터브의 길이 및 그라운드층 루프패턴과의 간격 d를 조절함으로써 인해 각 공진주파수의 S11 특성을 개선할 수가 있게 된다. 또한 급전전측 루프패턴에도 급전루프를 폴딩하여 소형화 할 수가 있으며 공진점의 대역을 넓힐 수가 있게 된다. 이렇게 설계한 박막안테나의 삽입손실 시뮬레이션 결과가 그림 4에 나타나 있으며, 시뮬레이션결과에서 알 수가 있듯이 850MHz 대역에서의 삽입손실특성과 1800MHz에서 2200MHz까지 약 400MHz 정도의 대역폭을 가지는 삽입손실특성을 확인할 수가 있다. 또한 이때의 안테나로서의 방사특성을 확인하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 하여 그림 5와 같이 850MHz 대의 방사특성을 얻었으며 그림 6과 같이 2000MHz 대의 WCDMA 대역의 양호한 방사특성을 얻었다. 이와 같은 방법으로 폴딩루프패턴 안테나를 구현하였을 경우 표 1과 같이 폴딩하기 전의 850MHz 주파수의 전파장 λ 가 가지는 면적 보다 1/10 로 훨씬 적은 면적에 안테나를 구현할 수가 있었으며, 이 경우의

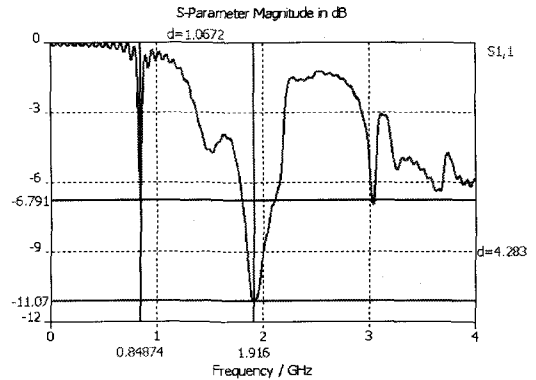


그림 4. Model A 안테나의 삽입손실(S11)특성

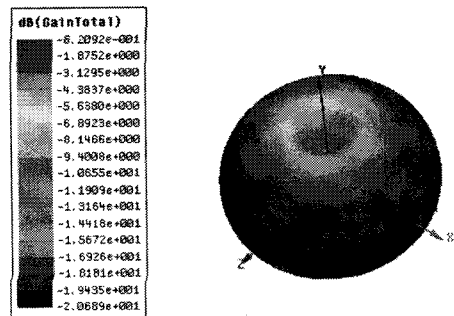


그림 5. Model A 안테나의 800MHz대 방사특성

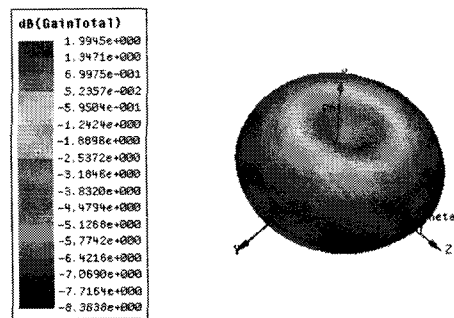


그림 6. Model A 안테나의 2000MHz대 방사특성

안테나의 방사특성은 표 2와 같이 1dB 내외가 얻어졌다.

폴딩루프안테나를 더욱 소형화하기 위하여 그림 2와 같은 박막의 안테나 루프패턴의 폭을 좁게 조절하여 그림 3과 같이 구현하여, 더욱 낮은 주파수에 공진이 되게 하거나, 더욱 소형화 시키는 경우도 가능하다. 그림 3과 같이 Model B의 폭을 0.5mm로 구현을 하였을 경우에는 가장 낮은 루프패턴으로 지상파 DMB의 주파수에 해당하는 주파수까지 공진이

표 1. 850MHz 공진시의 각 모델별 안테나의 크기 비교표

	루프길이 (mm)	루프면적 (mm)	안테나크기 (mm)
기본루프	353	7600	100×76
Model A	120	800	40×20
Model B	72	240	30×9

표 2. 각 모델별 안테나의 사용주파수별 개인 특성표 시물레이션 결과

	850MHz CDMA	1800MHz PCS	2GHz WCDMA
Model A	1.85dB	1.28dB	1.72dB
Model B	0.4dB	1.8dB	2.5dB

가능하게 된다. 이 경우에는 전체적으로 공진주파수가 낮아지게 되는데, 지상파 DMB의 200MHz 대역에서 850MHz CDMA 주파수 및 1800MHz PCS 주파수, 2000MHz WCDMA 주파수까지 공진특성을 얻을 수가 있게 된다. 이 경우에는 더욱 낮은 주파수에 루프의 공진을 얻기 위하여 그림 3과 같이 급전점측 루프패턴을 폴딩하여 루프의 길이를 길게 하는 효과를 얻어 동일한 안테나 면적에서 루프의 길이를 길게 하는 결과를 얻게 된다.

루프패턴의 소형화 효과를 극대화 하여 그림 3과 같이 가로, 세로 길이 30mm×9mm 이내에 안테나를 구현하는 경우도 가능하다. 이 경우에는 급전점측 급전루프패턴을 폴딩하여 폴딩패턴이 길이를 더욱 길게 구현하고, 루프노노폴패턴을 지나서 다시 폴딩패턴을 구현하고, 급전점측 폴딩루프패턴과 그라운드측 폴딩루프패턴과 간격 s 를 두고 넓게 갭을 유지하여 공진을 시킨다. 이 경우 방사효율을 높이고 개인이 낮아지는 것을 방지하기 위하여 루프패턴의 오픈 간격 s 를 넓게 형성하여 간격과 넓이를 조절하며 방사효과를 극대화 시킨다. 루프패턴의 길이를 더욱 줄이고 면적을 줄이기 위하여, 위 Model A에서 형성한 오픈스터브를 Model B에서는 쇼트스터브로 바꾸어 루프패턴의 단축효과를 높인다. 쇼트스터브와 그라운드와의 간격 dd 를 조절하여 공진점의 특성을 개선할 수가 있게 된다. 기존의 Model A에서 90° 위상분만 단축시킨 것을 이번에서는 쇼트스터브를 이용하여 180° 위상분을 보상하여 단축하여 루프패턴의 길이 단축 효과를 극대화 할 수가 있다. 이러한

방법으로 Model A 보다 더욱 박막형의 안테나 Model B를 모델링하여 시물레이션 결과를 그림 7에 나타내었으며, 그림 7에서 알 수 있듯이 850MHz 대의 주파수 이외에도 1.57GHz 대역의 GPS대역 및 1.8GHz 대역의 PCS대역, 2000MHz 대역의 WCDMA 대역에서 공진이 됨을 알 수가 있다. 이 Model B 안테나의 방사결과를 컴퓨터시물레이션을 통하여 알 수가 있는데, 그림 8에서 알 수가 있듯이 850MHz 대역에서 -2dB이 개인이 얻어졌으며, 2000MHz 대역의 WCDMA 대역에서는 그림 9에서와 같이 개인이 2dB로 얻어졌으며 방사모양도 등글게 양호한 방사가 됨을 알 수가 있다.

위와 같은 방법으로 표 1과 같이 Model B는 Model A(40mm×20mm) 보다 1/3 정도의 적은 면적(가로, 세로 30mm×9mm)에 표 2와 같이 Model A와 동일한 특성을 가지는 안테나를 설계 할 수가 있었으며, 안테나로서의 역할을 하는 것을 컴퓨터 시물레이션을 통하여 확인하였다.

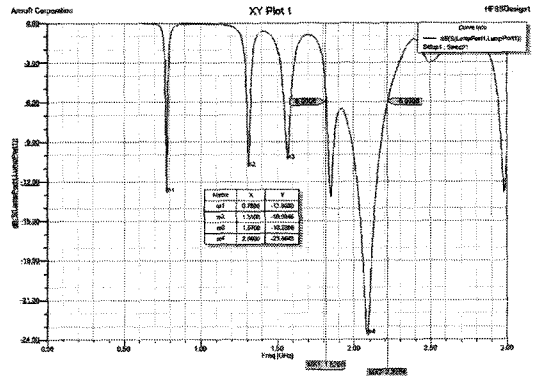


그림 7. Model B 안테나의 삽입손실(S11)특성

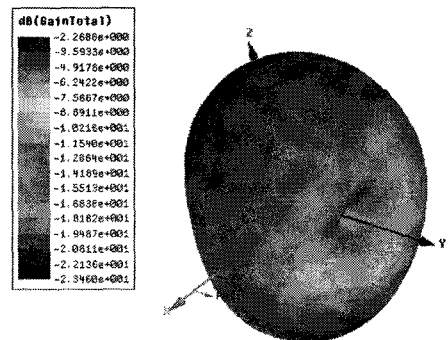


그림 8. Model B 안테나의 780MHz대 방사특성

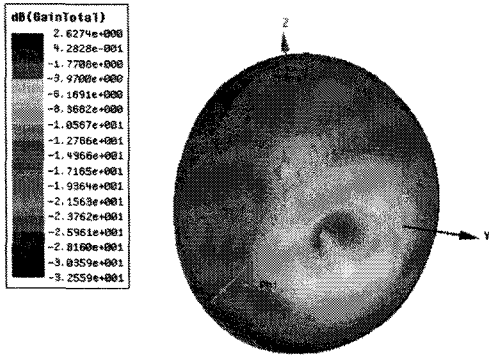


그림 9. Model B 안테나의 2000MHz대 방사특성

4. 제작 및 측정결과

위에서 시뮬레이션한 Model A(오픈스터브 폴딩루프안테나)와 Model B(쇼트스터브 폴딩루프안테나)를 박막의 PI 필름 위에 에칭기법으로 제작하였다. 사용한 PI 필름은 두께 20um의 유전율 3.5의 재료를 이용하여, 두께 10um의 동박을 에칭하여 제작하였으며, 이 박막의 필름안테나가 얇아 취급상의 어려움으로 인해 PI 필름위에 두께 0.2mm, 유전율 4.5의 에폭시 기판을 덧붙여 안테나로 제작을 하였다.

시뮬레이션한 Model A를 크기 40mm×20mm, 두께 0.2mm로 그림 10과 같이 제작하여 네트워크안alyzer로 측정하여 시뮬레이션과 동일한 삽입손실이 나오는지 확인하여 시뮬레이션과 유사한 결과를 얻었으며, 제작된 안테나를 3-D 챔버에 넣어 방사특성을 측정하여 표 3과 그림 11과 같이 850MHz대에서 방사효율 30% 이상 계인이 1~2dBi 정도 얻어졌으며, 2000MHz 대역의 WCDMA대역에서 방사효율 60% 이상 2dBi 이상 얻어짐을 알 수가 있다.

Model A를 소형화한 쇼트스터브 폴딩루프패턴을 적용한 Model B의 경우에는 30mm×9mm의 PI 필름

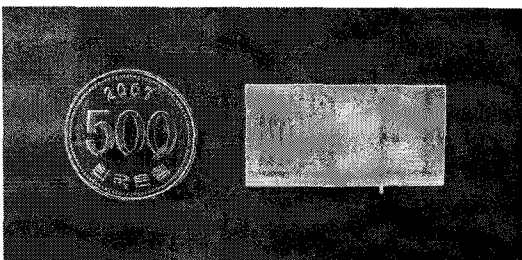


그림 10. 제작된 Model A 안테나

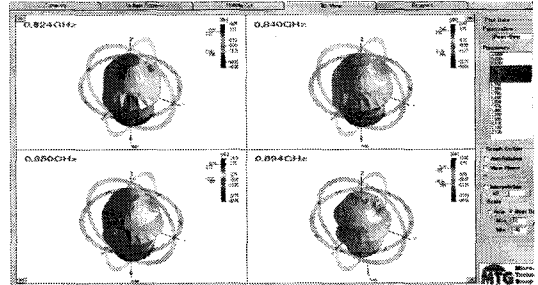


그림 11. 제작된 Model A 안테나의 850MHz 대의 방사특성

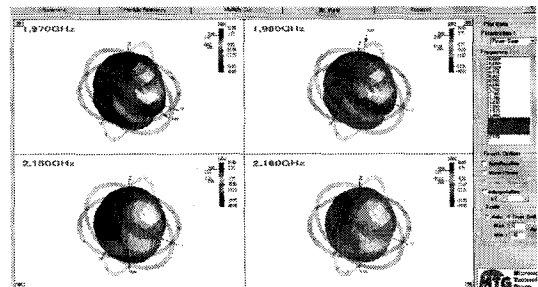


그림 12. 제작된 Model A 안테나의 2000MHz 대의 방사특성

상에 동박 두께 10um으로 에칭기법으로 제작하고, 역시 취급성을 좋게 하기 위하여 유전율 4.5 두께 0.2mm의 FR-4 기판을 덧붙여 그림 13과 같이 제작하였다. 이 Model B 안테나는 소형임에도 불구하고 Model A 보다 더욱 우수한 특성이 얻어졌는데, 그 이유는 밀결합 효과에 의한 소형화 특성과 효율상승이 얻어진 것으로 생각된다. 제작한 안테나를 3-D 챔버에서 측정하여 얻어진 결과는 표 5와 그림 14에서 나타난 바와 같이 850MHz 대역에서 효율 60% 이상으로 계인 2dBi 이상 얻어졌으며, 1500MHz 대역에서는 효율 30% 이상 계인 0dBi 정도, 2000MHz WCDMA대역에서는 효율 80% 이상 계인 4dBi 이상 얻어져 효율 높은 안테나가 되었음을 알 수가 있다.

이렇게 얻어진 폴딩루프안테나의 특성을 기존의 타 안테나와 비교하면 다음 표 4과 같은 특성을 얻을 수 있다. 850MHz CDMA 대역을 공진하는 것을 기준으로 기존의 시판되는 “A” 사의 PIFA안테나의 결과와 참고문헌 [8]에서 제안한 좌우대칭 Loop Antenna 방식과 본 연구에서 제안한 방식인 폴딩루프 안테나와의 결과비교가 나타나 있다. 표 4에서 나타난 것과 같이 기존의 PIFA 방식을 100으로 기준하여 비교하면, Model A 안테나에서는 그 체적의 크기

표 3. 제작된 Model A 안테나의 측정결과표

No	Freq. [GHz]	θ-Pol (H)					φ-Pol (V)					Pwr Sum				
		Eff. [%]	Avg. [dBi]	Peak [dBi]	θ [deg]	φ [deg]	Eff. [%]	Avg. [dBi]	Peak [dBi]	θ [deg]	φ [deg]	Eff. [%]	Avg. [dBi]	Peak [dBi]	θ [deg]	φ [deg]
4	0.824	16.69	-7.78	1.21	150.00	15.00	12.57	-9.01	-2.73	180.00	240.00	29.26	-5.34	1.93	150.00	30.00
5	0.840	19.72	-7.05	1.92	150.00	30.00	13.25	-8.78	-2.99	180.00	240.00	32.97	-4.82	2.76	150.00	30.00
6	0.850	18.90	-7.24	1.72	150.00	30.00	12.82	-8.92	-3.11	180.00	225.00	31.72	-4.99	2.61	150.00	30.00
9	1.780	31.34	-5.04	0.20	30.00	165.00	25.32	-5.97	-0.39	135.00	75.00	56.66	-2.47	1.09	30.00	150.00
10	1.790	31.04	-5.08	0.45	45.00	195.00	24.21	-6.16	-0.60	135.00	75.00	55.25	-2.58	1.28	30.00	150.00
11	1.830	29.39	-5.32	0.55	45.00	195.00	21.92	-6.59	-0.31	0.00	90.00	51.32	-2.90	0.81	45.00	195.00
12	1.850	39.33	-4.05	1.34	45.00	180.00	27.98	-5.53	0.49	0.00	75.00	67.31	-1.72	1.50	30.00	270.00
13	1.870	38.60	-4.13	1.85	15.00	180.00	31.33	-5.04	0.94	0.00	90.00	69.94	-1.55	2.26	15.00	210.00
14	1.960	41.74	-3.79	1.34	15.00	180.00	30.97	-5.09	0.77	15.00	90.00	72.71	-1.38	2.27	90.00	75.00
15	1.970	46.67	-3.31	1.78	15.00	180.00	33.94	-4.69	1.43	15.00	90.00	80.61	-0.94	2.48	90.00	75.00
16	1.980	47.18	-3.26	1.91	30.00	180.00	33.94	-4.69	1.67	15.00	90.00	81.11	-0.91	2.48	30.00	195.00
17	2.150	35.69	-4.47	2.42	180.00	0.00	38.22	-4.18	2.59	180.00	270.00	73.91	-1.31	2.66	180.00	330.00
18	2.160	30.62	-5.14	1.70	0.00	180.00	33.19	-4.79	1.92	180.00	270.00	63.81	-1.95	2.01	180.00	285.00
19	2.170	31.47	-5.02	1.76	180.00	0.00	33.84	-4.71	2.12	0.00	270.00	65.31	-1.85	2.12	0.00	270.00

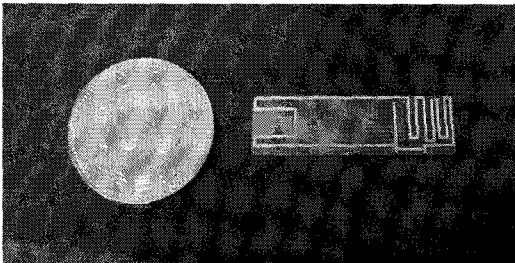


그림 13. 제작된 Model B 안테나

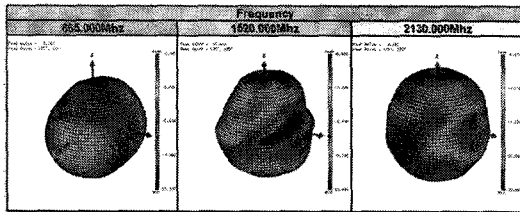


그림 14. 제작된 Model B 안테나의 850MHz, 1500MHz, 2000MHz 대의 방사특성

가 5.6%에 해당하고 Model B 안테나의 경우에는 2%에 해당할 정도로 소형화가 가능해 졌으며, 참고문헌 [8]에서 제안한 좌우대칭 루프안테나와 비교하면 그 체적의 크기가 Model A 안테나의 경우에는 5.1%로 소형화가 되었으며 Model B 안테나의 경우에는 1.7%에 해당할 정도로 적은 사이즈로 CDMA 850MHz 대역의 안테나를 구현할 수가 있다.

이러한 루프방식의 안테나가 소형으로 개발됨으로 인해, PIFA 방식과 다르게 그라운드판의 크기 및 그라운드판과의 간격에 상대적으로 민감하지 않아 회로 기판에 직접 부착하지 않아도 되며, 동축케이블과 같은 선로를 이용하여 안테나를 회로 내부나 단말기 등의 세트 외부에 부착하기가 용이하다. 또한 이러한 박막 안테나를 구현하였을 경우 실제 휴대폰 등의 단말기에 부착을 할 경우에는 그림 1과 같이 휴대폰의 그라운드판과 수직으로 부착할 수도 있으나, 휴대폰의 회로기판과 동일한 평면에서 회로기판

표 4. 기존의 PIFA안테나 및 좌우대칭 루프안테나와 본 연구결과와의 비교

기술명	평면면적(mm)	두께(mm)	체적(mm ²)	크기비교(PIFA기준, %)
PIFA안테나	40×10	7	2800	100
좌우대칭 Loop Antenna	40×13	6	3120	111
Model A 안테나	40×20	0.2	160	5.6
Model B 안테나	30×9	0.2	54	2

표 5. 제작된 Model B 안테나의 주파수별 방사효율 및 게인 특성

Frequency [MHz]	Peak Value		Minimum Value		Avg. Gain [dBi]	Efficiency [%]
	Value[dBi]	Degree	Value[dBi]	Degree		
865	2.763	105/165	-13.99	060/270	-1.734	66.77%
870	3.031	105/165	-13.289	060/270	-1.463	71.07%
875	3.204	105/165	-13.23	075/270	-1.239	74.83%
1500	-0.697	120/165	-12.959	060/090	-5.154	30.38%
1510	-0.296	120/180	-11.779	075/270	-4.496	35.35%
1520	-0.499	120/180	-11.498	075/075	-4.415	36.02%
1890	3.564	135/165	-16.393	090/090	-0.889	81.12%
1900	3.367	135/165	-16.049	090/090	-0.934	80.28%
1910	3.125	135/165	-15.889	090/075	-1.116	76.99%
2110	4.215	135/180	-19.46	075/090	0.164	103.38%
2120	4.262	135/180	-21.643	075/090	0.28	106.17%
2130	4.635	135/180	-22.985	075/090	0.671	116.16%

과 안테나를 수평으로 부착하여 사용 하는 것도 가능하다. 물론 이 경우에도 얻어지는 특성도 안테나를 기판과 수직으로 배치한 경우와 유사하게 얻어진다.

5. 결 론

이상으로 루프안테나의 루프패턴을 폴딩기법을 이용하여 소형화한 Model A(오픈스터브 폴딩루프안테나)와 Model B(쇼트스터브 폴딩루프안테나)를 연구하여 멀티미디어단말기, 특히 스마트폰이나 PMP, PDA 등에 사용이 가능함을 나타내었다. Model A와 Model B의 크기는 각각 40mm×20mm와 30mm×9mm로 제작되었으며, Model A의 경우에는 효율 30% 이상 게인 2dBi 이상 얻어졌고, Model B의 경우에는 효율 60% 이상 게인 3dBi 이상 얻어져 휴대폰 등의 단말기에 사용이 가능함을 확인하였다.

본 연구결과를 PMP 등 휴대폰 안테나에 적용함으로써 인해, 기존의 PIFA 안테나에 비해 매우 얇은 박막의 필름 혹은 유전체기판 위에 형성하여 소형으로 제작할 수가 있어, 휴대폰 등 단말기의 소형화 및 슬림화를 기대할 수가 있다. 또한 루프방식의 안테나가 소형화된다고 인해, 그라운드판의 크기 및 그라운드판과의 간격에 상대적으로 민감하지 않아 회로 기판에 직접 바로 부착하지 않아도 되며, 동축케이블과 같은 선로를 이용하여 안테나를 회로 외부나 단말기 등의 세트 외부에 부착하기가 용이하다.

본 연구에서 제안된 폴딩루프방식으로 CDMA

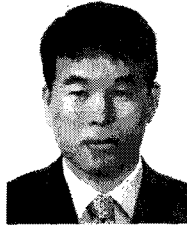
850MHz 대역의 안테나를 구현하게 되면, 기존의 PIFA안테나에 비하여 Model A 안테나의 경우에는 그 크기가 5.6%에 해당할 정도로 소형화가 되었으며, Model B 안테나의 경우에는 2%에 해당할 정도로 소형화가 가능해 졌으며, 참고문헌 [8]에서 제안한 좌우대칭 루프안테나와 비교하면 그 체적의 크기가 Model A 안테나의 경우에는 5.1%로 소형화가 되었으며 Model B 안테나의 경우에는 1.7%에 해당할 정도로 획기적으로 소형화가 가능해 졌다.

이러한 폴딩루프안테나의 경우에는 박막의 유전체기판 위에 동박을 에칭하여 형성하거나, 얇은 필름이나 종이 위에 도전성 잉크를 사용한 프린팅 기법으로 루프패턴을 제작할 수가 있어, 공정이 단순하고 제조가 손쉬우면서도 방사특성이 우수하고 게인 특성이 좋은 소형의 박막형의 안테나를 구현할 수가 있어 CDMA850 에서부터 PCS, GPS, WCDMA대역까지 동시에 사용하는 스마트폰 등 멀티미디어단말기의 소형화에 도움이 되리라고 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 築地 武彦, 電波・アンテナ工学入門, 総合電子出版社, 日本東京, 2002.
- [2] 後藤 尚久, 図説・アンテナ, 電子情報通信學會, 日本東京, 1997.
- [3] 羽石 操 他, 小形・平面アンテナ, 電子情報通信學會, 日本東京, 1996.

- [4] 青野 幹雄, マルチバンド/廣帯域アンテナの効率的な設計技術, 日本技術情報センター, 日本東京, 2006.
- [5] Kin-Lu Wong, *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, Wiley-Interscience, USA, 2002.
- [6] Ramesh Garg et. al, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, Boston & London, 2001.
- [7] 손원국, 최익권, “지상파 DMB용 다중 권선 Loop 안테나,” 한국전자과학회논문지, 제19권, 제5호, pp. 501-505, 2008.
- [8] 이영중, 이진성 외, “다중 대역 이동 통신 단말기용 내장형 루프 안테나 설계,” 한국전자과학회논문지, 제16권, 제9호, pp. 917-925, 2005.



신 천 우

1984년 영남대학교 전자공학과
공학사
1987년 영남대학교 전자공학과
석사
1996년 일본 오사카대학 기초공
학부 시스템 공학박사

1996년~1999년 동명정보대학교 정보통신공학과 조교
수 및 부설 센서기술연구소소장
1999년~현재 경성대학교 멀티미디어통신공학과 교수
관심분야 : 밀리미터웨이브, 초고주파통신시스템, RF회
로설계, 스마트안테나