한국ITS학회논문지
제13권, 제1호 (2014년2월)
pp.67~74
http://dx.doi.org/10.12815/kits.2014.13.1.067

근거리 WLAN을 위한 광대역 마이크로스트립 패치 안테나 설계

Design of Compact Microstrip Patch Antenna for Short Distance WLAN

최 용 석*
(Yong-Seok Choi)

요 약

본 논문에서는 차세대 WLAN 시스템을 위한 다중대역 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 기존의 WLAN 시스템에서는 UWB용 안테나를 병행으로 사용하였으며, 안테나 구조에 따라 각각 다른 부분에서 복사가 일어나기 때문에 분산 특성으로 인한 불안정한 임펄스 응답 특성을 갖는 단점이 있다. 이런 점을 보완하기 위해 WLAN 대역에 적합한 복사 패턴을 갖는 UWB 안테나가 개발되었으나 임피던스 매칭이 좋지 않고 반향이 심한 문제점이 있다. 그러므로 본 논문에서는 안테나 설계 시 다양한 임피던스를 쉽게 구현할 수 있고, 설계 시 사용할 수 있는 파라미터를 더 많이 도출하여 최적의 성능을 나타낼 수 있도록 CPW 급전을 이용한 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다.

핵심어 : 마이크로스트립 패치 안테나, 모바일 안테나, 반사손실, 무선통신, WLAN

ABSTRACT

In this paper, we designed a multiband monopole antenna for next-generation WLAN system. In conventional WLAN system, UWB antennas were used together, and, because the radiation occurs in different parts depending on the antenna structure, it has the disadvantage of having an unstable impulse response characteristic due to dispersion characteristics. Although a UWB antenna that has suitable radiation pattern for WLAN band, it does not have good impedance matching and has severe echo. Therefore, in this paper, a monopole antenna was designed by using CPW power feed so that various impedances can be easily implemented when designing an antenna and more parameters can be derived that can be used for design for optimal performance.

Key words : Microstrip patch antenna, Mobile antenna, Return loss, Wireless Communication, WLAN

Ⅰ. 서 론

최근무선 기술의 빠른 발전에 의해서 휴대전화, 노트북, 태블릿 PC 등과 같은 소형 휴대용 기기가 많은 분야에서 사용되고 있다. 이러한 기기들의 보급 확대와 대용량의 다양한 컨텐츠가 개발되면서 데이터의 고속 전송 및 수신 능력은 휴대기기가 갖추어야할 필수 조건이 되었으며 기기의 성능을 판

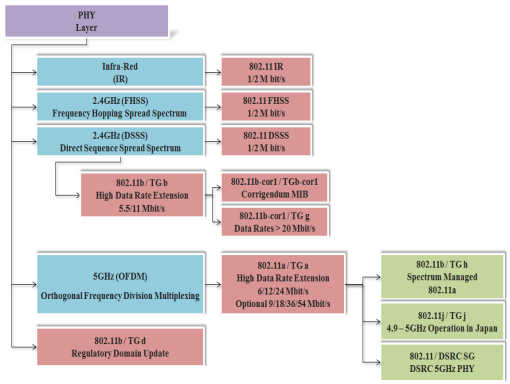
* 주저자 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 외래교수, ㈜코스모티어 기술연구소 선임연구원
† 논문접수일 : 2014년 02월 18일
† 논문심사일 : 2014년 02월 19일
† 게재확정일 : 2014년 02월 19일

정하는 척도가 되고 있다[1]. 따라서 새로운 모바일 환경에 적합한 새로운 안테나 개발이 요구되고 있으며, 4세대 이동 통신 서비스를 위한 단말기는 LTE, WiMAX 서비스 외에도 이동 통신망, WLAN, 블루투스, GPS 및 DMB 등의 서비스를 포함해야 하고, 이에 따라 하나의 단말기 안에 다수의 안테나가 구현되어야 한다. 하지만 단말기의 크기는 제한되어있고 제공하는 서비스가 증가하면서 시스템이 복잡해지고 부피가 증가하면서 상대적으로 안테나 장착 공간은 줄어들고 있기 때문에 안테나의 소형화가 요구되고 있는 실정이다[2]. 안테나를 소형화 시키면 안테나 복사 패턴은 무지향성에 가까운 특성을 갖게 되며, 안테나 이득도 낮아지고, 안테나 입력 저항은 매우 작아지고 리액턴스는 매우 커져 안테나의 대역폭이 매우 좁아지게 된다. 이러한 문제점을 극복하면서 크기가 소형인 안테나를 개발하는 것은 결코 쉬운 일이 아니기 때문에 최근에는 칩 기술이나 높은 유전율의 세라믹을 이용하기도 한다. 그러나 높은 유전율의 유전체를 사용하면 안테나의 크기를 매우 축소할 수 있으나, 유전체 손실에 의한 효율의 저하는 여전히 문제가 되고 있다[3][4]. 따라서 본 논문에서는 IEEE 802.11의 무선랜 대역에서의 사용이 용이하고, 주파수의 독립특성을 갖고 광대역 정합 특성과 다양한 방사패턴으로 폭넓은 VSWR(Voltage Standing Wave Ratio) 및 축비 대역폭을 확보할 수 있는 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 안테나 설계시 PSO[5] 알고리즘을 적용하여 기존 안테나의 단점이었던 안테나의 낮은 입력저항, 대역폭, 안테나의 이득 등을 개선하였으며 안테나 제작 시 발생하게 되는 매개변수 검출 오류를 최소화 하였다.

Ⅱ. 관련연구

1. WLAN 시스템

WLAN란 단순히 하나의 기술이 아니라 여러 개의 다양한 기술들이 모여 WLAN이라고 하는 하나의 큰 카테고리를 이루고 있는 것이다. 현 산업 표준은 2.4GHz ISM밴드를 사용하고 있는 IEEE 802.11b 이다. 같은 밴드를 사용하고 있는 것으로는 블루투스가 있고, IEEE 802.11a와 ETSI BRAN HiperLan2와 같은 WLAN 기술들은 5GHz 밴드에서 개발되었다 [6]. 현재 2.4GHz대역에 주를 이루는 WLAN 기술이 점차 5GHz대역으로 발전되고 있으며, 부품개발 및 관련 기술개발이 활발히 진행되고 이미 상용화 제품이 출시되고 있어, 점차 2.4GHz대역에서 5GHz대역의 WLAN의 세대 변화를 준비하고 있다. WLAN 기술의 가장 중요한 표준은 현재 IEEE 802.11 관련 기술로 집중되고 있으며, 초기 IEEE 802.11b의 기술에서 <그림 1>과 같이 IEEE 802.11x 등 을 통한 인증표준 등 새롭게 표준화가 완료 및 진행되고 있다[7].



〈그림 1〉 IEEE 802.11 표준화 현황
〈Fig. 1〉 IEEE 802.11 standardization present condition

2. WLAN 안테나의 특징

WLAN 기능을 내장한 단말의 설치 위치와 방향에 구애 받지 않고 떨어진 장소에 있는 통신 상대와 안정적으로 통신을 수행할 수 있는 성능이 반드시 필요하다. 이를 위해 단말에 내장된 안테나의 반사손실, VSWR, 방사특성, 안테나의 사이즈가 중요한 매개변수로 적용된다. 특히 VSWR 특성은 WLAN 멀티밴드 특성을 만족하고, 동작 주파수 대역 내에서 10dB 이하의 반사손실이 유지되어야 한다. 방사특성은 휴대기기의 이동성, 통신 장소의 통

신상황 등 사용 환경이 항상 변화하기 때문에, 전 방위에 걸쳐 균일한 감도가 요구된다. 전파가 방사되는 방향이 균일하면 통신 대상이 어느 방향에 있더라도 단발의 방향에 상관없이 안정된 통신을 할 수 있기 때문이다. 또한, 고속으로 안정된 통신을 할 수 있도록 높은 이득도 요구된다. 즉, 안테나의 이득이 높을수록 보다 멀리 있는 상대와 안정적으로 통신을 할 수 있기 때문에 이를 만족하기 위한 안테나의 소형화가 필수적이다[11][12].

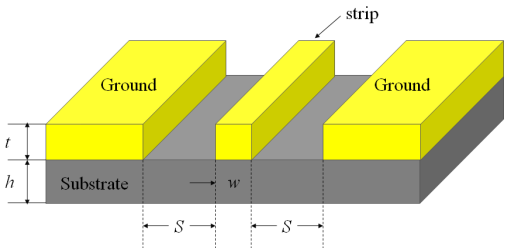
〈표 1〉 IEEE/ETSI의 WLAN 규격
〈Table 1〉 WLAN standards of IEEE/ETSI

	Hiper LAN/2	802.11a	802.11b	802.11n
Transfer Rate	54Mbps	54Mbps	11Mbps	600Mbps
Modulation	OFDM	OFDM	DSSS/CCK	MIMO-OFDM
Usage-band	5GHz	5GHz	2.4GHz	2.4GHz 5GHz
Channel-band	20MHz	20MHz	20MHz	20MHz 40MHz

Ⅲ. CPW 급전을 이용한 WLAN용 다중대역 마이크로스트립 패치 안테나 설계

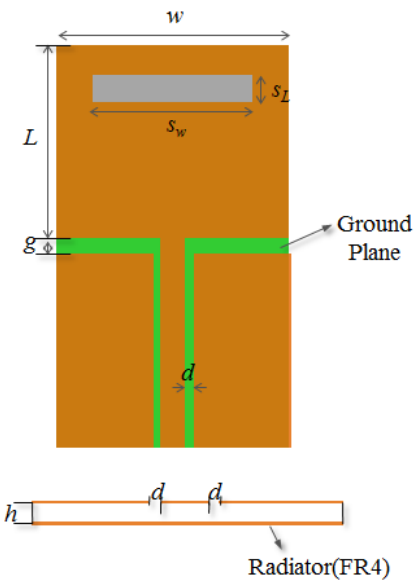
1. 안테나 설계 및 실험 환경

본 논문에서는 WLAN 대역에서 사용이 가능하고 태그의 크기를 소형화 시키면서 다양한 방사패턴을 확보하고, 폭넓은 VSWR 및 축비 대역폭을 확보 할 수 있도록 CPW 급전을 이용한 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. CPW 급전 구조는 마이크로파용 집적회로를 제작할 때 IC 집적회로에 전송선을 집적 쉽게 연결할 수 있다. 또한 중앙 스트립 선로와 슬롯(s)의 폭을 변화시켜 원하는 다양한 임피던스를 쉽게 구현할 수 있고, 설계 시 사용할 수 있는 파라미터가 더 많아서 집적회로의 제작에 유리한 구조로 되어있다. 이와 같이 CPW는 단일평면 위에 선로와 접지면이 동시에 존재하고, 선로와 접지면 사이의 간격에 따라 특성이 변하게 되므로 마이크로스트립 선로에 비해 분산 즉, 주파수 변화에 따른 유효유전율 변화가 적다[13]. CPW는 <그림 2>와 같이 스트립 라인의 폭(w)에 급전을 주면 중앙의 컨덕터가 방사역할을 하고, 두 간격의 S 사이에 존재하는 컨덕터는 접지역할을 하는 구조로 되어 있다. 즉, 유전체 아래에 접지면이 없고, 단일 평면상에 전송선로 및 접지면이 존재하는 구조로 구성된다.



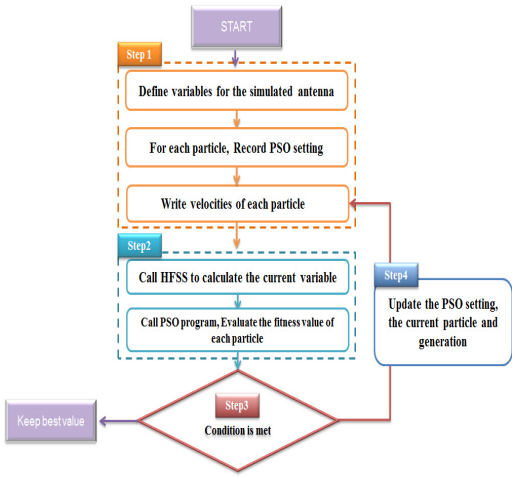
〈그림 2〉 CPW 급전
〈Fig. 2〉 CPW feed

또한 안테나에 부착되는 상용 태그 칩과 정합을 위해 사각 형태의 급전부를 본체에 연결하였으며, 안테나의 복수부인 본체를 효과적으로 축소하기 위하여 패치에 슬롯을 삽입한 형태로 설계하였다. CPW 급전 선로 구성 시 등각매핑(Conformal Mapping) 방법을 이용한 CPW 해석을 이용하여 먼저 실효 유전율과 50Ω에 맞는 CPW 급전 선로의 폭, 선로의 길이와 접지면의 간격을 결정 하였다. <그림 3>은 설계된 안테나의 구조를 나타낸 것이다. 안테나 설계에 사용된 기판은 설계에 사용된 기판은 좁은 대역폭에서 안테나의 소형화를 위하여 유전율 4.3를 가지고 두께가 0.8 mm인 FR-4 기판을 사용하였으며, 안테나 설계에 사용된 유전체 재료는 실리콘을 사용하였다. 또한 실제 단말기 사이즈를 고려하여 35 mm×65mm 크기의 기판을 이용하였고, 안테나가 5GHz 대역에서의 공진을 위해 안테나의 상단부에 슬롯을 삽입하였다.



〈그림 3〉 설계된 안테나의 구조
〈Fig. 3〉 Structure of design antenna

안테나 설계 시 태그 칩의 입력 리액턴스 성분이 커패시티브한 값을 가지므로, 태그 안테나가 광대역 특성을 갖기 위해서 태그 안테나의 입력 임피던스가 태그 칩과 유사한 낮은 입력 저항 값을 갖고 입력 리액턴스는 인덕티브한 성분을 가져 임피던스 공액 정합이 잘 이루어지도록 하였다. 또한 그라운드에 사용되는 상단, 하단 패치는 폭넓은 VSWR 및 축비 대역폭을 확보할 수 있도록 대칭이 될 수 있는 크기로 설계하였다. 이 때, 패치의 소자는 선형 변단면으로 되어있으며, 폭 (w)와 길이 (L), 패치와 패치 사이의 폭 (g), 패치와 CPW 선로사이의 폭 (d)는 PSO 알고리즘을 적용하여 최적의 값을 설정 하였으며, 패치에 삽입되는 슬롯은 실험을 통해 최적의 값을 설정하였다. <그림 4>는 적용된 PSO 알고리즘의 체계도를 나타낸 것으로 수행절차는 다음과 같이 나타낼 수 있다.



〈그림 4〉 적용된 PSO 알고리즘의 체계도
〈Fig. 4〉 Flowchart of applied PSO algorithm

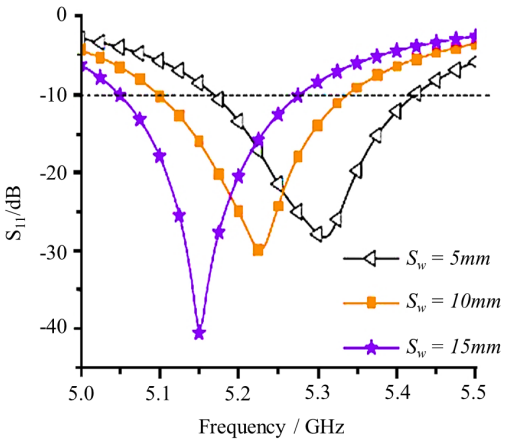
단계 1 : 시뮬레이션 안테나 변수 정의
단계 2 : 각 객체에 대한 PSO 설정
단계 3 : 각 입자에 대한 속도벡터 및 위치 백터 갱신
단계 4 : 현재의 변수를 계산하기 위하여 HFSS 호출
단계 5 : PSO 프로그램을 호출하여, 각 객체의 가치 평가
단계 6 : 종료 조건을 만족하면 최적의 해 설정, 종료조건을 만족하지 못하면 3단계부터 반복

〈표 2〉 안테나의 설계변수
〈Table 2〉 Parameter of antenna

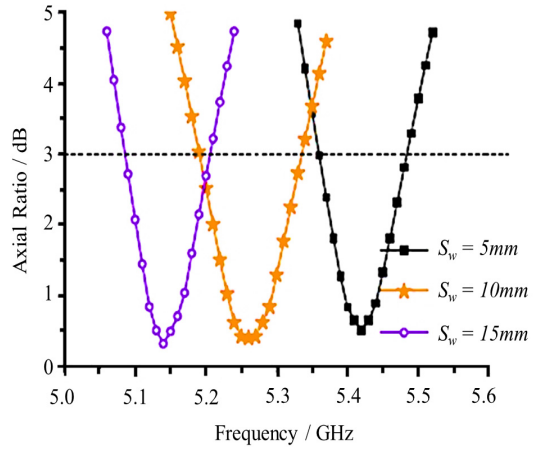
Parameter	Case 3
w	35
L	30
g	5
d	3

<그림 5>는 삽입된 슬롯의 폭 (S_w)의 변화에 따른 반사손실 및 축비를 나타낸다. 그림에서 보인 바와 같이 공진 주파수는 S_w의 크기에 따라 커다란 변화를 보인다. 이때, S_w가 증가하면 안테나의 공진 주파수는 감소하지만 대역폭과 최소 축 비율은 S_w의 변화에 대하여 작은 변화를 보인다. 이는 매우 유용한 결과로서 대역폭이나 축 비율에 큰 영향을

주지 않고 단지 S_w의 값을 조정하여 공진 주파수를 변경할 수 있음을 알 수 있었다. S_w의 길이 변화를 측정한 결과 모든 경우 WLAN의 주파수 범위에 만족하였으며, $S_w = 15mm$가 일 때 반사손실이 가장 적게 나타나 $S_w = 15mm$로 선정하였다.



(a) Return loss

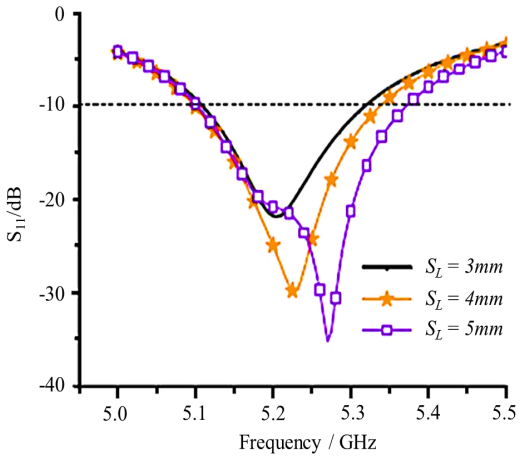


(b) Axial ratio

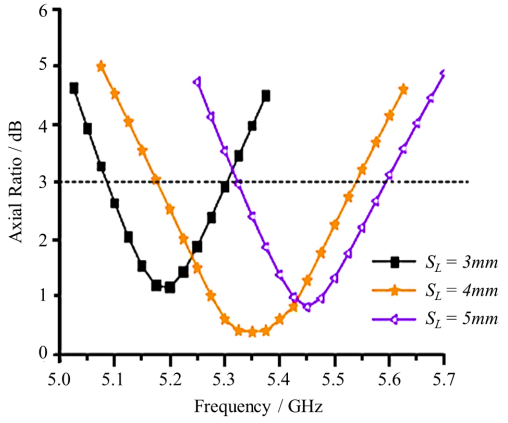
〈그림 5〉 S_w의 변화에 따른 반사 손실 및 축비 특성

〈Fig. 5〉 Return loss and axial ratio characteristics by change of S_w

<그림 6>은 삽입된 슬롯의 길이 (S_L)의 변화에 따른 반사손실 및 축비를 나타낸다. 안테나설계 시 S_L의 길이가 안테나에 미치는 효과는 S_w의 경우보다 미약하게 나타났으며, 안테나의 양호한 임피던스 매칭과 축비를 위한 $S_L = 5mm$일 때 반사손실이 가장 적게 나타나, $S_L = 5mm$로 설정하였다.



(a) Return loss



(b) Axial ratio

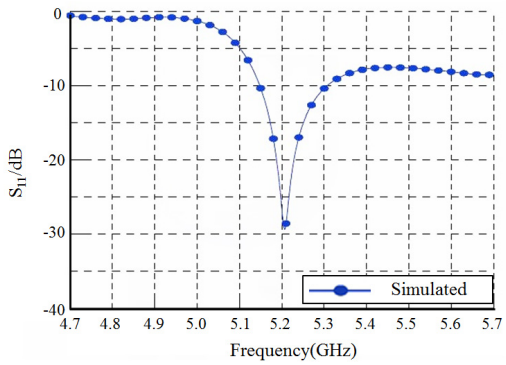
〈그림 6〉 S_L의 변화에 따른 반사손실 및 축비

〈Fig. 6〉 Return loss and axial ratio characteristics by change of S_L

2. 실험결과

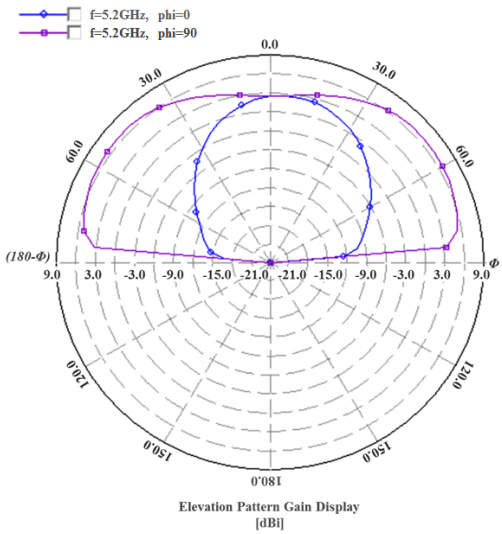
안테나 설계 및 시뮬레이션 과정을 기반으로 최적화된 파라미터 값으로 안테나를 설계하였다. 설계된 안테나의 시뮬레이션은 HFSS를 사용하였으며, 측정결과 <그림 7>에 나타난바와 같이 안테나

의 반사손실은 -10dB 미만의 S11에 대하여 5.2%였으며 주파수 범위는 5.08~5.35 GHz의 영역을 보였다. 이는 5.2 GHz대역폭의 WLAN에서 요구되는 대역폭을 만족시켰다.



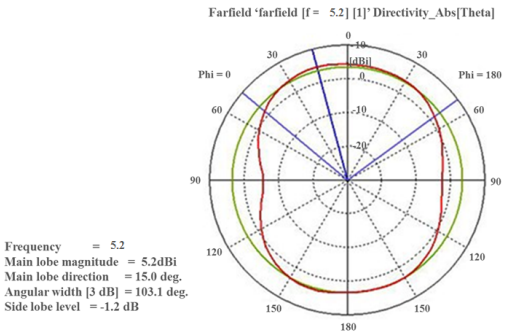
〈그림 7〉 설계된 안테나의 반사 손실
〈Fig. 7〉 Return loss of design antenna

설계한 안테나는 표면과 수직으로 방사가 이루어지므로 $\phi=0^o$ 및 $\phi=90^o$인 경우의 양각 패턴이 중요하다. 그림 8은 안테나의 공진주파수가 5.5GHz일 때 $\phi=0^o$ 및 $\phi=90^o$에서의 이득을 나타낸 것으로 최대 이득은 현측 방향으로 1.67dBi로 나타났다.

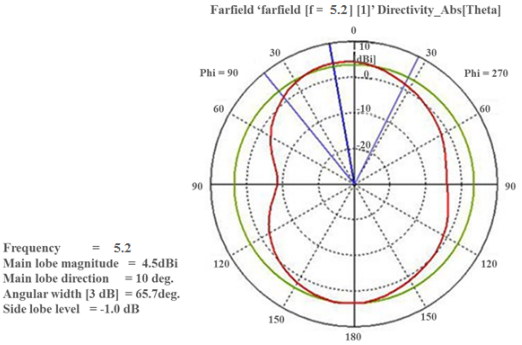


〈그림 8〉 $\phi=0^o$ 와 $\phi=90^o$에 대한 고도 패턴
〈Fig. 8〉 Elevation Pattern for $\phi=0^o$ and $\phi=90^o$

<그림 9>는 안테나의 E-영역 방사패턴을 나타낸 것이다. 안테나의 방사패턴은 공진점인 2개의 주파수(2.45GHz, 5.5GHz)대역에서 실험하였고, 실험결과 이상적인 안테나의 방사 특성이 나타나는 것을 확인하였다. 또한 안테나의 일반적인 방사패턴 형태인 전 방향 패턴이 되는 것을 확인할 수 있으며, 2.45GHz에서 E-영역의 최대 이득은 5.2dBi, 최대 복사 방향은 25^o로 나타났다. 그림 10은 H-영역의 방사패턴을 나타낸 것으로 이득은 4.5dBi로 나타나 등방성 안테나에 비해 지향성이 있는 것으로 판단할 수 있으나, 전 방향에서의 방사가 가능하기 때문에 IEEE 802.11a를 만족하는 WLAN 안테나에 적합한 것을 알 수 있었다.



〈그림 8〉 E-영역 방사패턴
〈Fig. 8〉 E-field radiation pattern



〈그림 10〉 H-영역 방사패턴
〈Fig. 10〉 H-field radiation pattern

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.11의 무선랜 대역에서의 사용이 용이하고, 주파수의 독립특성을 갖고 광대역 정합 특성과 다양한 방사패턴으로 폭넓은 VSWR 및 축비 대역폭을 확보할 수 있는 소형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 안테나 제작 시 IC 집적회로에 전송선을 집적 쉽게 연결하며, 중앙 스트립 선로와 슬롯의 폭을 변화시켜 원하는 다양한 임피던스를 쉽게 구현할 수 있고, 설계 시 사용할 수 있는 파라미터를 더 많이 도출하여 최적의 성능을 나타낼 수 있도록 CPW급전을 사용하여 안테나를 설계하였다. 또한 안테나 설계 시 소형화에 중요하게 적용되는 매개변수들의 정확한 값을 적용하기 PSO 알고리즘을 적용하여 안테나의 매개변수를 도출하였다. 소형 안테나를 설계하게 될 경우, 최적화 변수가 방향과 범위에 의해 제어되기 때문에 고정 비율에 의해 변수 사이에서 복잡한 관계를 설정할 수 없다는 단점을 가지고 있어 소형 안테나 설계 시 최적화 된 매개 변수 검출 시 오류를 발생하게 된다. 따라서 PSO기법을 적용하여 안테나를 설계하여 기존 방식으로 제작된 소형 안테나 단점인 낮은 안테나의 입력저항, 대역폭, 안테나의 이득 등을 개선하였다. 본 논문에서 설계한 안테나는 국제 WLAN 표준인 IEEE 802.11a를 만족하기 위해 안테나의 공진 주파수를 5.2GHz로 설정하였고, FR-4 기판을 사용하였으며, 실제 단말기 사이즈를 고려하여 35 mm×65mm 크기의 기판을 이용하여 설계하였다. 공진 주파수를 변화시킬 수 있는 $S_L = 15mm$의 경우 WLAN의 주파수 범위에 만족하였으며, 이 때, 반사손실이 가작 적게 나타나 $S_L = 15mm$로 선정하였다. 그리고 안테나의 양호한 임피던스 매칭과 축비를 위한 $S_w = 5mm$일 때 반사손실이 가장 적게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 설계된 안테나는 HFSS를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 측정결과 안테나의 시뮬레이션에 의한 임피던스 대역폭은 -10dB 미만의 S11에 대하여 5.2%였으며 주파수 범위는 5.08~5.35GHz의 영역을 보였다. 또한, 안테나의 측정된 임피던스 대역폭은 5.8%였으며 주파수 범위는 5.15~5.44GHz의 영역을 보였고, 이는 5.2GHz 대역폭의 WLAN에서 요구되는 대역폭을 만족 시켰다. 시뮬레이션에 의한 대역폭(AR ≤ 3dB)은 70MHz 이며 5.23GHz에서 0.4dB의 최소 AR에 대하여 5.195~5.265 GHz의 주파수 범위를 만족하는 것을 확인할 수 있었으며, 측정된 축비는 5.285 GHz에서 1 dB의 최소 AR에 대하여 5.245 ~ 5.315 GHz (1.33%)의 주파수 범위를 나타내는 것을 확인하였다. 또한, 양호한 LHCP 영역을 확인 할 수 있으며 넓은 대역 방향 ($\theta = 0^o$)에서 RHCP 보다 약 20dB 정도 크게 나타난 것을 알 수 있다. 또한 안테나의 이득은 5.285GHz에서 6.2dBi으로 나타나 우수한 성능을 갖는 것으로 나타났다. 하지만 특정 대역에서 공진이 되는 안테나이기 때문에 사용의 제한이 있어 차후 연구를 통해 다중대역에서 IEEE 802.11의 WLAN 대역을 모두 만족할 수 있는 안테나를 연구 개발할 것이다.

참 고 문 헌

[1] S. H. Yeh, K. L. Wong, “Dual-band F-shaped Monople Antenna for 2.4/5.2GHz Wlan Application,” In Proc. of *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 4, pp.72-75, 2002.

[2] Y. Liu, Q. W. Ye, B. Xiao, H. Yang, “A novel application of frequency selective surface in dual-band WLAN antenna,”In Proc. of *International Symposium on Antennas and Propagation & EM Theory*, vol. 1, pp.512-514, 2012.

[3] C. Kim, J. S. Jang, Y. H. Jung, H. S. Lee, D. K. Cho, S. B. Park, “A Wideband Planar Surface Wave Antenna for the WLAN Router,” *International Journal of Electronics and Communications*, vol. 64, Issue 9, pp.888.894, 2010.

[4] M. C. Liang, Y. M. Chen, C. C. Huang, W. S. Chen, “An Electrically Small Impedance-matched Microstrip Antenna Design,”In Proc. of *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 4, pp.38-41, 2002.

[5] A. Kaveh, S. Talatahari,“Particle Swarm Optimizer, ant Colony Strategy and Harmony Search Scheme Hybridized for Optimization of Truss Structures” *Computers & Structurem* vol. 87, Issues 5-6, pp.267-283, 2009.

[6] H. Kanaya, Y. Nakamura, R. K. Pokharel, K. Yoshida, H. Matsukuma,“Development of Electrically Small Planar Antennas with Transmission Line based Impedance Matching Circuit for a 2.4GHz band,” *International Journal of Electronics and Communications*, vol. 65, Issue 2, pp.148-153, 2011.

[7] J. Ng, R. W. Ziolkowski, J. S. Tyo, M. C. Skipper,“An Efficient, Electrically Small, Three-Dimensional Magnetic EZ Antenna for HPM Applications,” *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 40, Issue 11, 2012.

[8] H. Morishita, Y. H. Kim, K. Fujimoto,“Design oncept of Antennas for Small Mobile Terminals and the Future Perspective,” *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 44, Issue 5, pp.30-43, 2002.

[9] P. Lotfi, S. Soltani, M. Azarmanesh,“Triple band-notched UWB CPW and Microstrip line Fed Monopole Antenna using Broken ∩-shaped Slot,” *International Journal of Electronics and Communication*, vol. 65, Issue 9, pp.734-741, 2011.

[10] X. L. Quan, R. L. Li, Y. H. Cui, M. M. Tentzeris,“Analysis and Design of a Compact Dual-Band Directional Antenna,” *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 11, pp.547-550, 2012.

[11] P. S. Shelokar, P. Siarry, V. K. Jayaraman, B. D. Kulkarni, “Particle Swarm and Ant Colony Algorithms Hybridized for Improved Continuous Optimization”, *Applied Mathematics and* vol. 188, Issue 1, pp.129–142, 2007.

[12] R. Ghatak, R. K. Mishra, D. R. Poddar,“Perturbed Sierpinski Carpet Antenna With CPW Feed for IEEE 802.11 a/b WLAN Application,” *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 7, pp.742-744, 2008.

[13] G. Rowdra, C. Goswami, R. K. Mishra, D. R. Poddar, “A CPW-Fed Planar Monopole Antenna with Modified H-Shaped Slot for WLAN/Wi-MAX Application,” *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, Issue 5. pp.1296-1301, May 2012.

저자소개

최 용 석 (Choi, Yong-Seok)
2002년 : 상지대학교 전자계산학과 이학사
2007년 : 상지대학교 대학원 컴퓨터정보공학부 공학석사
2012년 : 상지대학교 대학원 컴퓨터정보공학부 공학박사
2012년～현재 : ㈜ 코스모티어 기술연구소
2008년～현재: 상지대학교 컴퓨터공학과 외래교수
e-mail : cys0736@hanmail.net
연락처 : 010)8586-0736