

Bluetooth/Zigbee/WiMAX/WLAN(2.4~5.82 GHz) 대역 응용을 위해 루프 형태를 삽입한 슬롯 안테나 설계

Design of Loop Type Inserting Slot Antenna to Apply Bluetooth/Zigbee/WiMax/WLAN(2.4~5.82 GHz) Band

홍윤기 · 안상철 · 정 훈 · 홍원기 · 정천석

Yoon-Gi Hong · Sang-Chul An · Hoon Jung · Won-Gi Hong · Cheon-Seok Jung

요 약

본 논문은 Bluetooth, Zigbee, WiMAX, WLAN 대역(2.4~5.825 GHz)에서 동작하는 새로운 구조의 마이크로스트립 슬롯 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나는 광대역 특성을 갖기 위해 FR-4 기판($\epsilon_r=4.8$) 위에 급전 선로를 따라 한 쌍의 기생 스트립을 삽입하였다. 또한, 중심축에서 45° 회전시킨 기하학적 구조를 가진 사각 슬롯을 접지면에 설계함으로 기존 사각 슬롯 안테나보다 광대역 특성을 가지게 되었다. 그리고 Cactus-shaped 패치에 Loop type을 추가하여 2.4 GHz ISM 대역 공진을 발생시켜 2.4~5.82 GHz 주파수 대역을 가지게 되었다. 측정 결과, 대역폭은 2.4~6 GHz이며, 최대 이득은 2.4 GHz, 3.5 GHz, 5.25 GHz, 5.77 GHz에서 각각 3.82 dBi, 4.48 dBi, 6.41 dBi, 6.65 dBi이다.

Abstract

In this paper, we propose a microstrip slot antenna that works in Bluetooth, Zigbee, WiMAX and WLAN frequency bands(2.4~5.825 GHz). To get the wide bandwidth from the microstrip antenna proposed, we insert a pair of parasitic strips along the feed line on the FR-4 dielectric substance($\epsilon_r=4.8$). Furthermore, a simple geometrical rotation with quadrilateral slot is designed to maximize the bandwidth and to gain a wider frequency band than the conventional rectangular slot antenna. A additional design of the loop type is added to a cactus-shaped patched for 2.4 GHz ISM frequency band. The total measured bandwidth of the antenna is from 2.4 GHz to 6 GHz and the maximum gains of the antenna are 3.82 dBi, 4.48 dBi, 6.41 dBi and 6.65 dBi at the frequencies of 2.4 GHz, 3.5 GHz, 5.25 GHz and 5.77 GHz.

Key words : Cactus-Shaped, Loop Type, Parasitic Patch, Quadrilateral Slot, WiMAX

I. 서 론

최근 무선 통신의 급속한 발달로 인하여 무선 통신기기 또한 다양한 기능을 가진 통신기기들이 연구 발전되고 있다. 무선 통신기기의 음성, 데이터, 동영상 기능은 시간과 장소에 제한 없이 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있고, 이러한 무선 통신의 편리성으로

인하여 사용자들이 급속하게 증가하고 있다. 이처럼 하나의 통신기기 안에 다양한 기능이 존재함에 따라 다중 대역 및 광대역에서 동작할 수 있는 안테나의 개발이 필수적이다. 최근 연구되는 안테나의 특징은 소형화 및 경량화 된 내장형 안테나이다. 내장형 안테나 중 평면상에 인쇄된 안테나는 쉬운 제작과 비용 절감 등으로 인해 많은 각광을 받고 있다. 이 구

울산대학교 전기전자정보시스템(School of Electrical Engineering, University of Ulsan)

· 논문 번호 : 20090203-017

· 수정완료일자 : 2009년 5월 13일

조는 일반적으로 마이크로스트립의 형태로 그 특징은 안테나의 전체 길이가 공진 주파수일 때의 $\lambda/4$ 이며, 대역폭이 협대역 특성을 갖는 문제점이 있다¹⁻⁵. 이러한 문제점을 해결하기 위해 광대역 또는 다중 대역 특성을 얻기 위한 다양한 형태의 방사 패치가 연구되었다. 마이크로스트립 패치 안테나의 좁은 대역폭을 개선하기 위한 방법에는 기판의 유전율을 낮추는 방법과 기판의 두께를 증가시키는 방법 등이 있다. 이 뿐만 아니라 좁은 대역폭을 개선하기 위한 방법으로는 유전체가 가지고 있는 물리적인 성질을 이용하는 방법, 패치의 형태를 변형시키는 방법, 구형 패치 내에 U-슬롯을 구성하는 방법⁶, 기생 소자를 추가하는 방법, 급전선의 형태를 변화시키거나 이중 공진(dual-feeding, dual-patch)을 만드는 구조, 적층형(stacked) 구조 등이 있다.

본 논문은 대역폭을 개선하기 위해 기생 소자를 추가하는 방법을 사용하였으며, 또한 중심축에서 45° 회전시킨 기하학적 구조를 가진 사각 슬롯으로 설계하여 기존 슬롯 안테나에서 공진을 일으키는 방식보다 더 넓은 주파수 대역을 획득하였다. WiMAX 및 WLAN 대역의⁷⁻⁹ 이중 공진이 일어나는 선인장 모양(cactus-shaped)의 급전 선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나(3.5~5.82 GHz)는 공진이 일어나지 않는 2.4 GHz 대역에 루프 형태의 패치를 추가 설계 하여 공진을 일으켜 2.4~5.82 GHz 대역을 응용할 수 있는 안테나로 설계하였다. 이렇게 하여 최근 많은 분야에서 사용되고 있는 Bluetooth/Zigbee/WiMAX /WLAN(2.4~5.825 GHz)의 주파수 대역을 대상으로 하여 설계하였다.

II. 안테나 설계

본 논문에서 제안한 다중 대역 안테나는 공진 특성을 갖는 선인장 모양의 급전 선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나이다. 안테나 구조는 통신기기에 내장시킬 수 있는 평판 구조로서 크기가 작고 가벼운 형태를 갖는다. 이 안테나는 Bluetooth/Zigbee/WiMAX/WLAN(2.4~5.825 GHz)의 주파수 대역에서 동작한다. 그런데 다중 대역에서 사용 가능한 안테나를 설계하기 위해서는 다중 대역에서 동시에 공진 특성을 만족하도록 안테나를 설계해야 한다.

제안한 안테나 설계에 사용된 기판은 유전율이 4.8, 두께가 1.6 mm인 FR-4 기판($\tan \delta = 0.02$)이며, 사용된 마이크로스트립 안테나의 전체 기판 크기는 70 mm(w)×70 mm(l)×1.6 mm(h)이다. FR-4 기판의 두께 및 유전율을 참고하여 설계된 급전 선로는 3 mm 폭을 가지며 급전 선로의 길이에 따라 회전시킨 사각 슬롯과의 커플링이 변하여 마이크로스트립 안테나의 대역폭을 변화시킨다. 계산된 파라미터를 근거로 하여 급전 선로를 상용 소프트웨어인 HFSS를 이용한 모의실험을 통하여 1 mm 단위로 증가시켰을 때 최적의 정합 특성을 나타내는 급전 선로 길이를 그림 1과 같이 설계하였다. 제안한 다중 대역용 안테나 설계는 앞서 언급한 구조의 특성 중 그림 1과 같이 다중 대역에서 공진을 일으키기 위해 마이크로스트립 급전 선로를 따라 한 쌍의 기생 패치를 계산된 파라미터에 의해 추가하여 대역폭을 증대시켰다.

그림 1의 구조는 안테나 전면의 급전 선로를 중심으로 좌우 대칭인 기생 패치가 배치되었고, 그 크기는 6×16 mm이다. 즉, 급전 선로는 마이크로스트립 선로에 직접 급전되며, 기생 패치는 급전 선로와 전자기적으로 결합되어 여기된다. 급전 선로와 기생 패치의 공진 주파수를 조절하는 방법으로는 유전체 기판의 기생 패치의 위치, 폭, 길이, 모양을 변경하는 방법이 있으며, 기생 패치의 위치는 커플링 량을 결정하게 된다. 기생 패치의 폭은 공진 주파수의 대역폭을 결정하게 되며, 기생 패치의 길이는 공진 주파수를 결정하는데 중요한 역할을 하게 된다. 또한, 기생 패

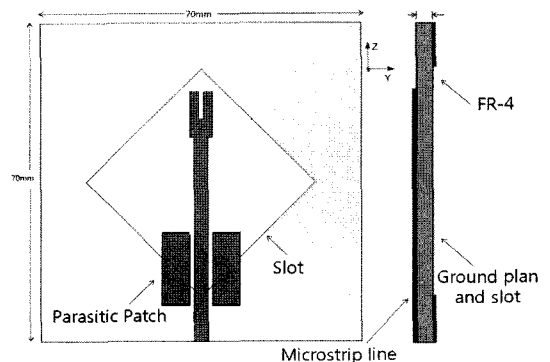


그림 1. 기생 패치를 추가한 슬롯 안테나 구조
Fig. 1. The slot antenna structure adding the parasitic patches.

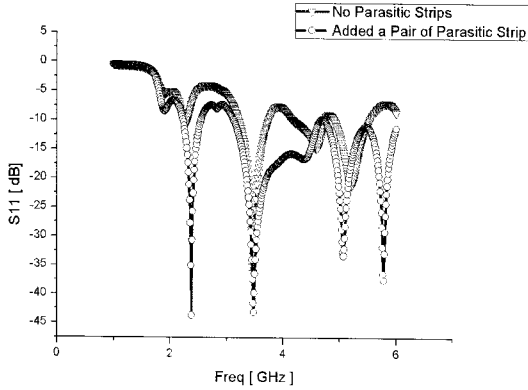


그림 2. 기생 패치에 따른 반사 손실 변화
Fig. 2. Variation of return loss by the parasitic patches.

치의 모양은 이중 공진뿐만 아니라 다중 공진을 결정하게 된다. 사각형 기생 패치에 대한 파라미터는 모의실험을 통해 최적의 값으로 설계함으로써 그림 2의 반사 손실과 같이 광대역 특성을 얻는 구조이다. 즉, 급전 선로는 마이크로스트립 선로에 직접 급전되며, 기생 패치는 급전 선로와 전자기적으로 결합되어 여기된다.

기판의 반대편인 그라운드 면에 회전시킨 사각 슬롯은 지금까지와는 다른 형태로 설계되어졌다. 대역폭 증가를 위해 간단하게 회전시킨 기하학적 구조를 가진 사각 슬롯을 설계하여 기존 사각 슬롯 안테나에서 공진을 일으키는 방식보다 더 넓은 주파수 대역을 획득할 수 있었다.

그림 3에서와 같이 접지면의 중심축에서 45° 회전시킨 구조를 가진 사각 슬롯은 각 변의 길이가 35.35 mm이며, 슬롯의 대각선 길이는 50 mm로 모의실험으로 계산되어진 최적의 파라미터로 설계되었다. 또한, 그림 4는 45° 회전시킨 기하학적 구조를 가진 사각 슬롯과 기존 슬롯 안테나에서의 반사 손실을 비교하여 회전시킨 슬롯이 기존 슬롯보다 대역폭이 넓은 것을 확인할 수 있다.

마이크로스트립 슬롯 안테나는 슬롯의 폭이 넓어지면 대역폭이 넓어지는 특징이 있으며, 슬롯의 폭이 넓을 경우 마이크로스트립 슬롯 안테나의 급전 선로 형태를 변형하여 광대역 특성을 얻을 수 있다. 그림 3과 같이 접지면에 폭이 넓은 슬롯이 삽입되고 이 슬롯이 방사 소자가 된다. 선인장 모양의 급전 선

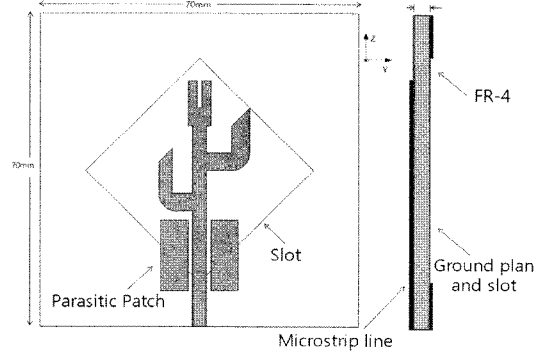


그림 3. Loop type이 없는 cactus-shaped 슬롯 안테나 구조
Fig. 3. Geometry of the cactus-shaped slot antenna without Loop type.

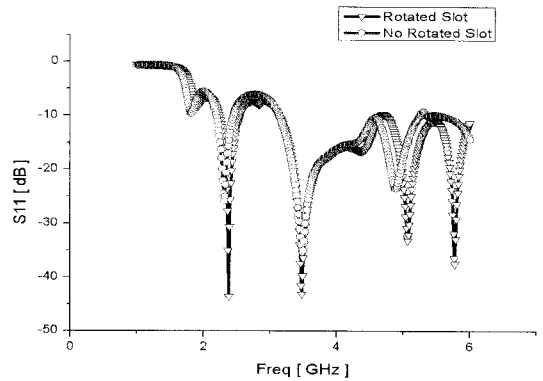


그림 4. 회전시킨 슬롯 안테나의 반사 손실 변화
Fig. 4. Variation of return loss by rotating the slot.

로의 끝에서 방사된 전계는 슬롯을 여기시켜 여러 모드에서 임피던스 정합이 이루어지게 한다. 선인장 모양 급전 선로의 길이에 따라서 폭이 넓은 슬롯과의 커플링이 변하여 마이크로스트립 안테나의 대역폭을 변화시킨다. 또한, 정사각형의 슬롯 크기를 고정시킨 상태에서는 양호한 정합 특성을 얻을 수 없었다. 고안한 방법은 슬롯에 회전각을 주어 회전시키면서 슬롯의 길이를 증가시켰고 슬롯의 길이가 증가함에 따라 대역폭은 넓어졌다. 공진 주파수 결정에 슬롯의 길이는 다음 식으로 계산하였다^{[10],[11]}.

$$L = \frac{150}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \cdot f_{GHz}} \text{ [mm]} \quad (1)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{2\epsilon_r}{1 + \epsilon_r} \quad (2)$$

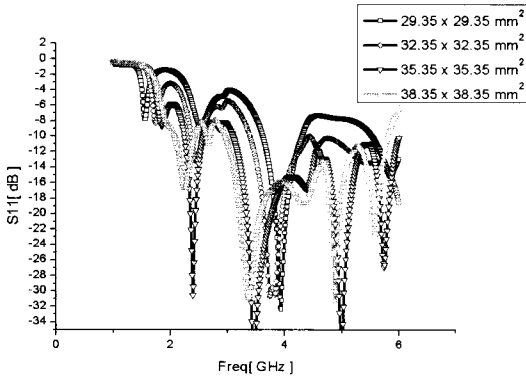


그림 5. 슬롯 크기에 따른 반사 손실 변화
Fig. 5. Variation of return loss by the size of the slot.

그림 5는 회전한 슬롯에 크기를 변화시킨 반사 손실이며 넓은 슬롯의 폭과 안테나의 대역폭 간의 관계는 그림에 잘 나타나 있다. 그림에서 넓은 슬롯의 폭이 29.35 mm부터 38.35 mm까지 변화면서 그에 따른 안테나의 반사 손실 값이 나타나 있으며, 넓은 슬롯의 폭이 증가할수록 주파수는 거의 일정한 값을 가진 채 대역폭이 넓어지는 것을 확인할 수 있다. 이런 현상은 슬롯의 넓이가 넓어질수록 안테나의 임피던스의 변동이 작아지기 때문이며, 35 mm보다 커질 경우 선인장 모양의 급전 선로와 양호한 정합 특성을 얻을 수 없어 원하는 대역에서 공진이 일어나지 않았다. 슬롯의 폭이 너무 넓어질 경우 안테나의 크기 및 다른 대역에 영향을 줄 수 있어 최적으로 정합 특성을 얻는 것이 매우 중요하다. 이러한 설계 변수들의 변화에 반복적인 모의실험을 통하여 양호한 정합 특성이 나타나는 설계 변수를 찾았다.

본 논문의 안테나는 50-Ω의 임피던스 매칭을 사용하도록 설계하였다. 마이크로스트립 급전 선로의 폭(w)은 FR-4 기판의 유전율(ϵ_r)과 기판의 두께(h), 박막두께(t), 주파수 대역(f), 임피던스 등의 요소(factor)를 참고하여 설계되었다. 그림 3은 앞서 언급한 구조를 종합하여 설계한 선인장 모양의 급전 선로를 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나로써 광대역 특성을 보이며^[11], 3.5~5.82 GHz까지의 WiMAX/WLAN 대역을 응용할 수 있다. 모의실험 측정 결과 3.5~6 GHz에서 공진이 발생된 것을 볼 수 있다.

선인장 모양의 급전 선로는 Calculator를 사용하여 필요한 주파수 대역의 선인장 모양의 급전 선로 길

이 및 높이 등을 알 수 있었다.

계산된 파라미터를 가지고 기본 일자 모양의 급전 선로에 추가 삽입하였을 때의 모의 실험 결과는 좋지 않은 정합 특성이 나타났다. 양호한 정합 특성을 나타내기 위해 슬롯의 각도 및 길이를 설계 변수의 반복적인 모의실험을 수행하여 정합 특성이 좋은 최적의 선인장 모양의 급전 선로의 파라미터를 찾아 내었다. 선인장 모양의 안테나에서 그림 6(a)와 같이 마이크로스트립 급전 선로의 왼쪽 L자형 패치의 기능은 WLAN 대역인 5 GHz 대역의 공진주파수를 발생시킨다. WLAN(802.11a)의 5.15~5.35 GHz, 5.72~5.82 GHz의 주파수 대역을 전부 포함하므로 WLAN의 응용이 가능하다. 그림 6(b)와 같이 오른쪽 역 L자형 패치 기능은 3.5 GHz 대역의 공진 주파수를 발생시킨다. 그림 6에서 왼쪽 L자형 패치와 오른쪽 역 L자형 패치가 각각 하나씩만 존재하였을 때 그림 7의 모의실험 결과와 같이 그림 6(a)의 왼쪽 L자형 패치는 5 GHz 대역의 공진을 발생시키며, 그림 6(b)의 오른쪽 역 L자형 패치는 3.5 GHz의 대역에 공진을 발생시키는 것을 확인할 수 있다. 또한, 각각 양쪽의 패치의 전류의 흐름을 원활하게 해주기 위해 모서리 부분을 둥근 모양으로 만들어 주었다^[5]. 그리고 안테나의 패치의 크기를 조절하여 원하는 주파수 대역에서 공진이 발생할 수 있도록 설계하였다.

본 논문은 선인장 모양의 급전 선로를 갖는 안테나에 그림 8과 같이 Loop type을 추가 설계하여 2.4 GHz의 대역 Bluetooth, Zigbee, WLAN을 대역에서도 공진이 발생하게 되었으며, 2.4 GHz 대역을 응용할 수 있게 되었다. Loop type 안테나는 일반적으로 광

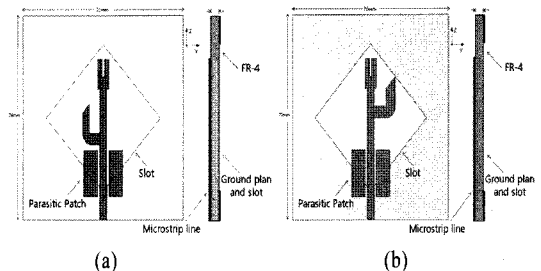


그림 6. L자형과 역 L자형 패치만 남았을 때 안테나 구조

Fig. 6. The antenna structure when the L-form patch and that of inverse only leave.

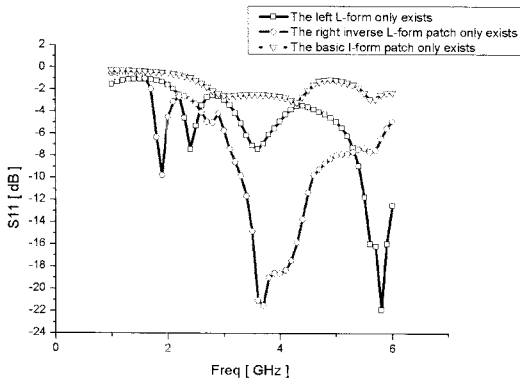


그림 7. L자형, 역 L자형 패치만 남았을 때 반사 손실 비교

Fig. 7. Comparison of return loss when the L-form and the inverse L-form patch only leave.

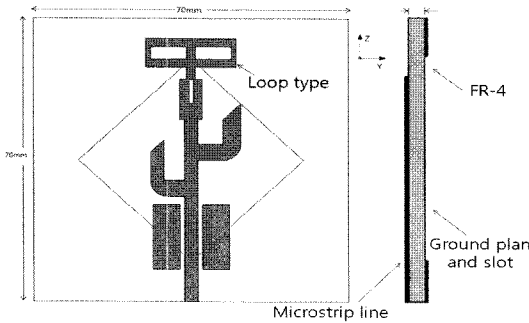


그림 8. 설계된 Loop type 슬롯 안테나 구조

Fig. 8. The structure of the designed Loop type slot antenna.

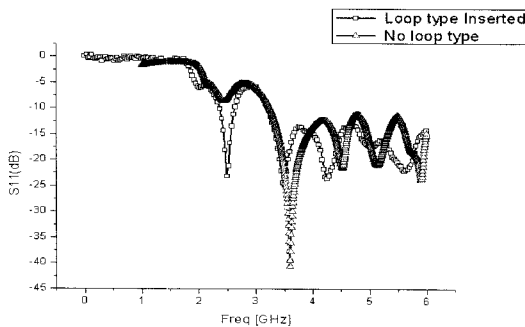


그림 9. 루프 형태 삽입시의 반사 손실 비교

Fig. 9. Comparison of return loss when Loop type is inserted.

대역 특성을 갖고 다중 대역 안테나를 구현하기에 용이하다. 본 논문은 루프 안테나 Calculator를 사용하여 필요한 주파수 대역의 루프 안테나의 길이 및

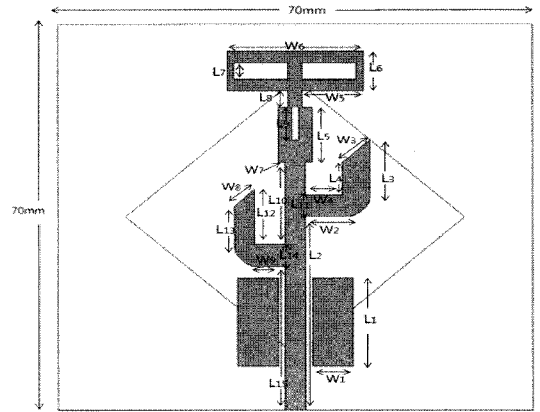


그림 10. 제안한 Loop type 슬롯 안테나 파라미터

Fig. 10. Parameter of the proposed Loop type slot antenna.

표 1. 제안한 슬롯 안테나 파라미터

Table 1. Parameter of the proposed slot antenna.

[단위: mm]

W_1	6	W_9	2.69	L_8	3
W_2	5	L_1	16	L_9	6
W_3	5.65	L_2	35	L_{10}	15
W_4	5.5	L_3	10	L_{11}	4
W_5	9	L_4	6	L_{12}	10
W_6	20	L_5	10	L_{13}	7.8
W_7	1	L_6	7	L_{14}	4
W_8	4.24	L_7	3	L_{15}	26

높이 등을 계산하였다.

계산된 파라미터를 가지고 선인장 모양의 급전 선로에 추가 삽입하였을 때의 모의실험 결과는 좋지 않은 정합 특성이 나타났다. 원인은 계산된 파라미터는 단일 루프 안테나의 파라미터이며 본 논문은 선인장 모양의 급전 선로 및 슬롯과의 복합적으로 정합 특성이 이루어져야 하므로 양호한 정합 특성을 나타내기 위해 Loop type의 수직 선로의 길이를 축소시키고 수평 선로의 길이를 변화시키면서 슬롯의 길이 또한 변화시켰다. 이런 설계 변수의 반복적인 모의실험을 수행하여 정합 특성이 좋은 최적의 Loop type 파라미터를 찾아내었다. 그림 9에서 볼 수 있듯이 Loop type이 없는 선인장 모양의 안테나와 Loop type을 추가 설계한 안테나의 반사 손실은 2.4 GHz 대역을 중심으로 큰 차이를 보인다. Loop type 파라

미터를 그림 10에서 W_6 과 L_6 을 각각 20 mm와 7 mm로 하였고, 마이크로스트립 급전 선로를 따라 Loop type의 중앙의 패치를 삽입하여 2.4 GHz 대역의 공진을 발생하는데 있어 최적의 정합 특성을 얻을 수 있는 역할을 하도록 하였다. 그림 10과 표 1에서 보여준 최적화된 안테나의 파라미터들은 모의실험 및 계산에 의해 최적으로 설계되었다.

III. 안테나 제작 및 측정

제작된 안테나의 전체 기관 크기는 70 mm(w)×70 mm(l)×1.6 mm(h)이며, 유전율은 4.8로 구성된 FR-4 기관 상에 제작하였다. 50-Ω의 임피던스 매칭을 사용하였으며, 그림 11은 그림 10과 표 1에서 나타낸 설계 값으로 실제 제작된 안테나를 보여주고 있다.

본 논문에서 안테나 특성 및 해석은 Ansoft사의 HFSS를 사용하였으며, 표 1에서 나타낸 최적화된 안테나 파라미터를 가지고 모의실험 결과와 제작한 안테나의 반사 손실 결과를 그림 12에서 비교하였다. 반사 손실 측정은 Agilent사의 E8802A RF Vector Network Analyzer를 사용하여 반사 손실을 측정하였다.

측정 결과, 그림 12에서 반사 손실 -10 dB 이하를 기준으로 보았을 때 모의실험의 첫 번째 공진 주파수는 2.4 GHz, 두 번째 공진 주파수는 3.5 GHz, 세 번째 공진 주파수는 5 GHz에서 일어났으며, 제작된 안테나에서는 2.34~6 GHz의 대역에서 공진이 일어나 거의 동일한 결과를 얻었다. 반사 손실의 모의실험 결과와 측정 결과, 차이 나는 이유는 커넥터 내 도체와 패치면과의 접합 부위에서 손실 및 급전점용 기관과 커넥터 내 도체 사이의 공간 형성에 따른 유전손실 등에서 기인하는 것으로 보인다. 앞서 비교한 것과 같이 2.4~5.82 GHz의 Bluetooth, Zigbee, Wi-

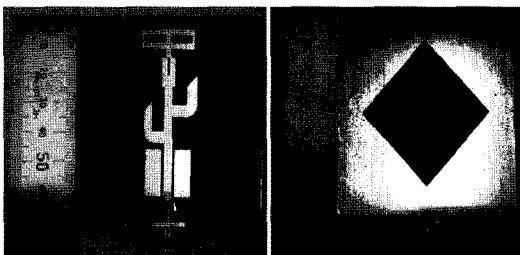


그림 11. 제작된 4중 대역 안테나
Fig. 11. Fabricated quadband antenna.

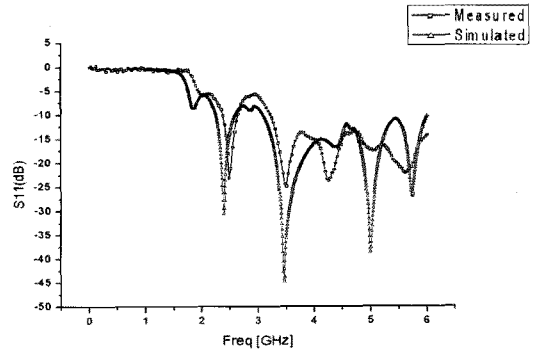


그림 12. 안테나 반사 손실에 대한 전산 모의 실험 및 측정 결과

Fig. 12. Simulation and measured results on the return loss of the antenna.

MAX, WLAN 대역을 만족하는 측정 결과를 얻을 수 있었다.

그림 13은 설계된 안테나의 방사 패턴 모의실험 결과를 보여주고 있다. 각각 2.4 GHz, 3.5 GHz, 5.25 GHz, 5.77 GHz 대역에서 모의 실험한 방사 패턴이며, 각각 E-plane과 H-plane을 나타내고 있다. 모의실험 결과, 각 대역에서 사용할 수 있는 안테나는 양방향성 특성으로 방사가 된 것을 확인할 수 있다. 양방향성 특성으로 방사된 이유는 본 논문에서 설계된 안테나는 삽입된 기생 패치 및 루프 형태가 추가된 선인장 모양의 급전 선로에 의해 접지면 상에 슬롯을 통하여 전계, 자계 에너지가 방사하게 되고, 슬롯으로 인하여 방사되므로 양방향성 특성으로 보이고 있다. 또한, 2.4 GHz 대역 Bluetooth, Zigbee, WLAN에서 최대 이득은 3.71 dBi, WiMAX 대역 3.5 GHz에서 최대 이득은 3.91 dBi, WLAN 대역 5.25 GHz에서 최대 이득은 4.97 dBi, 5.77 GHz에서 최대 이득은 5.95 dBi의 이득을 가졌다. 실제 방사 패턴 측정은 전자파 무반사실(anechoic chamber)에서 진행되었다.

그림 14(a)~(d)는 설계된 4중 대역 안테나의 방사 패턴을 나타내며, 각각 2.4 GHz, 3.5 GHz, 5.25 GHz, 5.77 GHz 대역에서 측정한 방사 패턴이며, E-plane (XZ 평면)과 H-plane(XY 평면)을 나타내고 있다. Bluetooth, Zigbee, WLAN 대역인 2.4 GHz에서 최대 이득은 3.82 dBi, WiMAX 대역 3.5 GHz에서 최대 이득은 4.48 dBi, WLAN 대역 5.25 GHz에서 최대 이득은 6.41 dBi, 5.77 GHz에서 최대 이득은 6.65 dBi의 이득

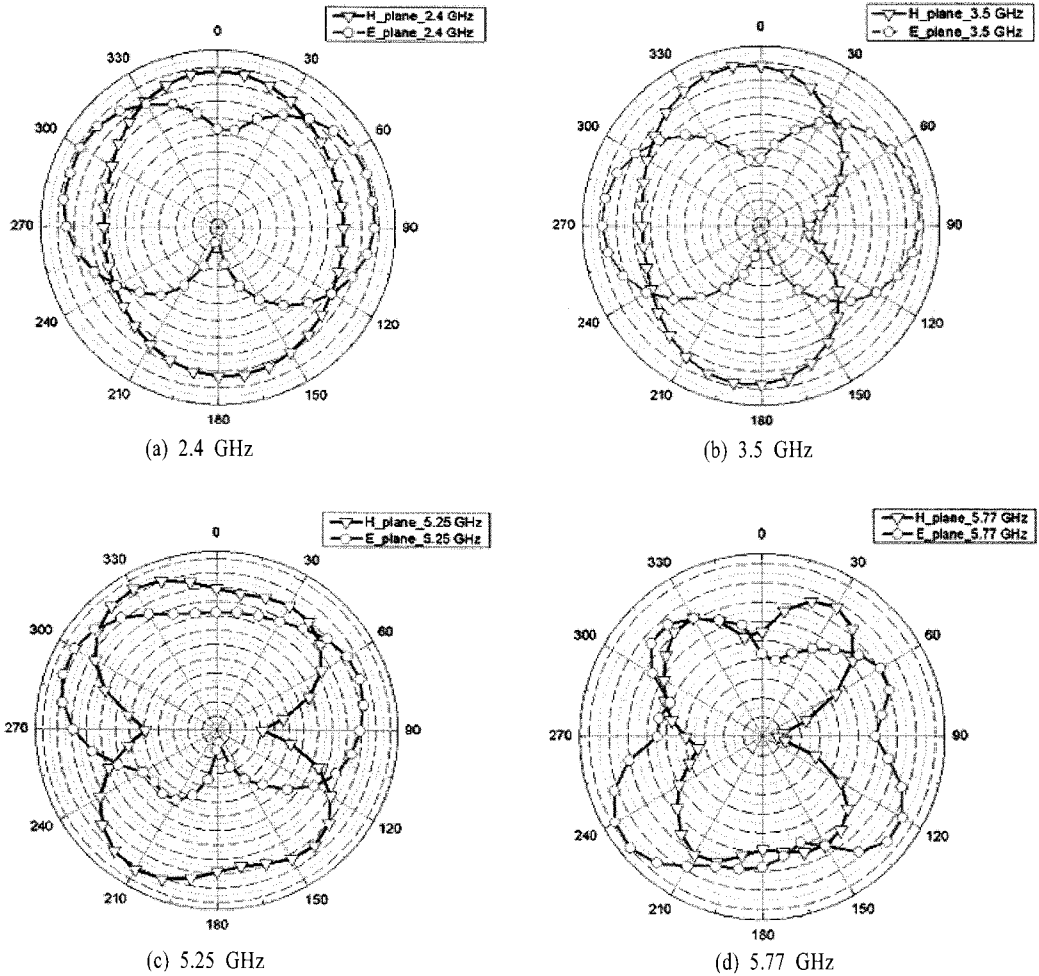


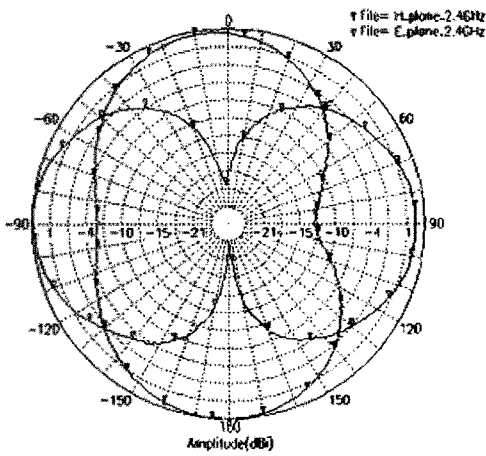
그림 13. 안테나의 방사 패턴 시뮬레이션
Fig. 13. Radiation pattern simulation of antenna.

을 가졌다.

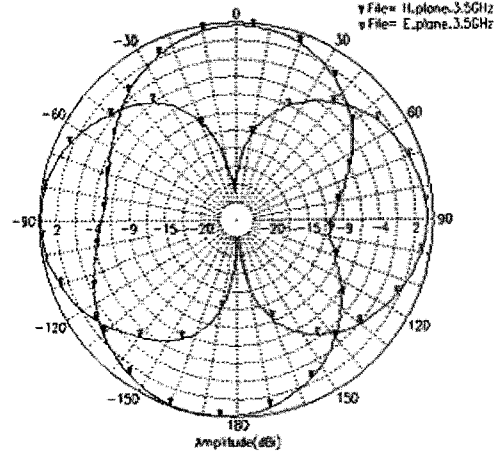
IV. 결 론

본 논문은 광대역 특성을 갖는 4중 대역 안테나로서 넓은 대역폭을 얻기 위해 한 쌍의 기생 스트립을 설계함으로써 다른 마이크로스트립 안테나보다 넓은 대역폭을 갖게 하였다. 또한, 중심축에서 45° 회전시킨 기하학적 구조를 가진 사각 슬롯을 접지면에 설계 첨부하여 기존 슬롯 안테나에서 공진을 일으키는 방식보다 대역폭을 극대화시켜 더 넓은 주파수 대역을 획득될 수 있게 되었다. 마지막으로 3.5~5.82 GHz 대역을 공진시키는 선인장 모양의 급전 선로에

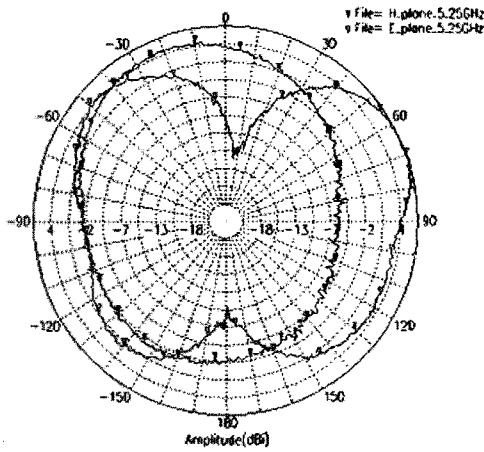
Loop type을 추가 설계하여 2.4 GHz 대역의 공진을 발생시켜 Bluetooth, Zigbee, WiMAX, WLAN 4개 대역(2.4~5.825 GHz)에서 동작하는 새로운 구조의 마이크로스트립 슬롯 안테나를 설계하였다. 결과적으로 기생패치의 설계, 회전된 사각 슬롯의 설계, 선인장 모양의 급전 선로 설계, Loop type을 추가 설계하여 4개 대역에 동작하는 안테나를 제작할 수 있었다. 또한, 광대역 안테나로서 많은 대역에서 사용할 수 있으므로 차후에 개선하여 Wibro와 S-Band 및 UWB 대역에도 사용할 수 있도록 연구하여 다양한 분야에 응용이 가능한 안테나가 연구될 것으로 사료된다.



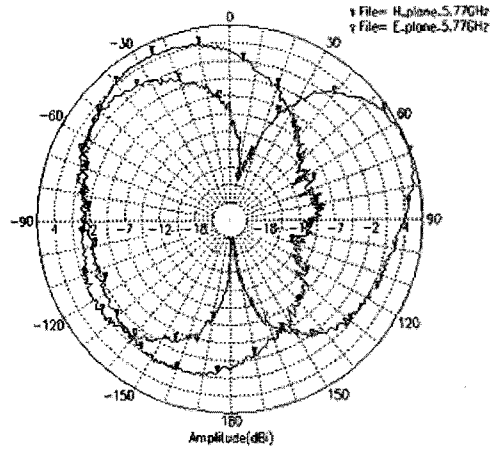
(a) 2.4 GHz



(b) 3.5 GHz



(c) 5.25 GHz



(d) 5.77 GHz

그림 14. 구현된 안테나의 방사 패턴 측정 결과

Fig. 14. Measured radiation patterns of the implemented antenna.

참고 문헌

- [1] 전성근, 김남, 이승우, 이승엽, 박지창, "다중 진류 분포 광대역 평면형 모노폴 안테나 해석", 한국전자과학회논문지, 19(11), pp. 1233-1239, 2008년 11월.
- [2] 김병철, Truong Khang Nguyen, 추호성, 박익모, "수직 접지면을 가지는 4중 대역용 이중 스파이럴 라인 로디드 모노폴 안테나", 한국전자과학회논문지, 19(8), pp. 899-905, 2008년 8월.
- [3] I. F. Chen, C. M. Chiang, "Multi-folded tapered monopole antenna for wideband mobile handset applications", *Electron. Lett.*, vol. 40, no. 10, pp. 577-578, 2004.
- [4] K. L. Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, Wiley-Interscience, 2003.
- [5] 이승우, 김남, 이승엽, "CPWG 구조를 이용한 Wibro 및 WLAN 통신용 안테나 설계 및 제작", 한국전자과학회논문지, 19(10), pp. 1086-1095, 2008년 10월.
- [6] 이은진, 이권익, 김홍수, "T형 슬릿을 갖는 GPS 수신용 마이크로스트립 패치 안테나 설계 및 제작", 전자공학회논문지, TC 43(5), pp. 169-175, 2006년 5월.
- [7] 윤영근, 주상호, 최익권, "초광대역 시스템에 의한 WiMAX로의 간섭 및 송신 전력 제어 간섭 저

감 방법 해석 연구", 한국전자과학회논문지, 18 (9), pp. 1077-1082, 2007년 9월.

[8] 최환기, 최학근, 정영배, 전순익, "WiBro/WiMAX 대역 IBBD 배열 안테나의 설계", 한국전자과학회논문지, 19(1), pp. 33-39, 2008년 1월.

[9] 김영일, 안지환, 황승구, "Wibro와 WiMAX 기술", 한국통신학회지(정보통신), 22(9), pp. 112-127, 2005년 9월.

[10] A. Axelrod, M. Kjsliuk, and J. Maoz, "Broadband microstriped slot radiator", *Microwave J.*, pp. 81-

94, Jun. 1989.

[11] B. N. Das, K. K. Joshi, "Impedance of a radiating slot in the ground plane of a microstripline", *IEEE Trans. Antenna Propagat.*, vol. AP-30, pp. 922-926, Sep. 1982.

[12] Symeon Nikolaou, George E. Ponchak, "Compact cactus-shaped Ultra Wide-Band(UWB) monopole on organic substrate", *Antennas and Propagation International Symposium, 2007 IEEE 9-15*, pp. 4637-4640, Jun. 2007.

홍 윤 기



2008년 2월: 울산대학교 전기전자 정보시스템공학부 (공학사)
 2008년 3월~현재: 울산대학교 전기 전자정보시스템공학과 석사과정
 [주 관심분야] 안테나 및 유비쿼터스 시스템

홍 원 기



2004년 3월~현재: 울산대학교 전기 전자정보시스템공학과 학부과정
 [주 관심분야] 유비쿼터스 시스템 및 HCI

안 상 철



2003년 2월: 울산대학교 전자공학과 (공학사)
 2005년 2월: 울산대학교 전기전자 정보시스템공학과 (공학석사)
 2005년 3월~현재: 울산대학교 전기 전자정보시스템공학과 박사과정 수료

[주 관심분야] 안테나 및 유비쿼터스 시스템

정 천 석



1969년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)
 1980년 2월: 부산대학교 전자공학과 (공학석사)
 1988년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)
 1995년 11월~현재: 울산대학교 전기 전자정보시스템공학부 교수

[주 관심분야] 안테나 및 유비쿼터스 시스템

정 훈



2003년 8월: 한동대학교 전산전자 공학부 (공학사)
 2009년 2월: 울산대학교 전기전자 정보시스템공학과 (공학석사)
 [주 관심분야] 안테나 및 무선 네트워크 시스템