

논문 2006-43TC-5-19

기생 미엔더 라인과 적층 미엔더 라인을 이용한 GPS/IMT2000/Wireless LAN 삼중대역 소형 칩 안테나

(Triple-band Compact Chip Antenna Using Parasitic Meander line and Stacked Meander line for GPS/IMT2000/Wireless LAN)

김 호 용*, 이 홍 민**

(Ho-yong Kim and Hong-min Lee)

요 약

본 논문에서는 이동 통신 시스템에 적용하기 위한 GPS/IMT2000/Wireless LAN 소형 칩 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나의 크기는 $10.2\text{mm} \times 21\text{mm} \times 1\text{mm}$ 이며 3개의 미엔더 라인으로 구성되어 있다. 이중 공진은 두 개의 실효 전류 경로를 두 개의 미엔더 라인과 비아로 구현하였으며 기생 미엔더 라인을 부설하였다. 총 세 개의 공진 주파수를 형성하기 위하여 기생 미엔더 라인의 배열을 통하여 커플링을 조절 하였다. 제작된 안테나는 삼중 대역을 형성하였으며 공진 주파수는 1.672GHz, 2.092GHz, 2.504GHz를 갖는다. 각각의 공진 주파수에서 갖는 임피던스 대역폭은 156MHz, 272MHz, 64MHz를 나타내었다. 최대 방사 이득은 각각의 공진 주파수에서 0.08dBi, 1.67dBi, -1.44dBi를 나타내었으며 제안된 안테나는 준 모노폴 형태의 방사패턴을 나타내었다.

Abstract

In this paper, GPS/IMT2000/Wireless LAN compact chip antenna is designed for mobile communication system. The proposed antenna size is $10.2\text{mm} \times 21\text{mm} \times 1\text{mm}$. It consists of three meander lines. dual resonance frequencies is achieved by two effective current paths using two meander lines and via. also The parasitic meander line structure is added. The coupling is adjusted by arranging parasitic meander line for triple-band. The fabricated antenna achieve triple-band. The resonance frequencies are 1.672GHz, 2.092GHz, 2.504GHz. The impedance bandwidths of each resonance frequencies are 156MHz, 272MHz, 64MHz. The maximum radiation gains of fabricated antenna are 0.08dBi, 1.67dBi, -1.44dBi. The proposed antenna achieve quasi monopole radiation pattern.

Keywords : Triple-band, Meander line, Coupling, Parasitic meander line

I. 서 론

최근 개인 이동 통신 단말기는 다양한 서비스를 하나의 통합된 시스템으로 구현하는 추세이다. 다중대역 휴대 단말기 시스템의 소요 면적을 최소화하기 위하여 다중대역 소형 안테나의 개발은 필수이다.

다중대역 소형 안테나 구현 기법 중 LTCC(Low Temperature Cofired Ceramic)공정 기술을 이용하여 도체 패턴을 적층 통합하고 비아(Via)를 사용하여 3차원적 구조 확장 및 다중 실효 전류 경로를 형성하므로 안테나의 다중대역 및 소형화 시키는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 기존의 LTCC 공정을 이용한 적층형 구조에서 다수의 비아를 사용하는 것은 공정오차를 가중시키며 교차편파를 유발시키는 단점을 나타낸다. 또한 다중대역에서 높은 대역에서 안테나가 동작 시 제한된 접지면 환경으로 인하여 안테나의 방사 패턴이 하향하는 단점을 나타내었다.^{[1][5]}

이에 본 논문에서는 비아 사용을 지양하여 교차편파

* 학생회원, ** 정회원, 경기대학교 전자공학과
(Department of Electronics Engineering, Kyonggi Univ.)

※ 본 연구는 2004년도 산학협동재단 학술 연구 지원 사업으로 수행되었음.

접수일자: 2006년1월11일, 수정완료일: 2006년5월15일

의 유발을 감소하고 기생 미엔더 라인을 사용하므로 다중대역 안테나의 높은 대역에서 동작 시 발생하는 방사 패턴의 열화를 개선하고자 하였다.

II. 본 론

1. 제안된 안테나의 급전 구조

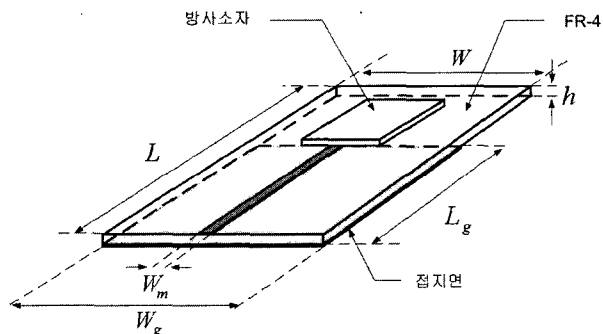
전기적인 소형 안테나는 안테나의 접지면 환경에 따라 안테나의 방사 이득 및 임피던스 대역폭이 크게 영향을 받으므로 설계될 방사소자는 장착될 접지면 환경 및 급전 구조를 고려 후 설계하여야 한다. 전기적 소형 직선 편파 안테나의 최소 Q_L 값은 다음과 같다.

$$Q_L = \frac{1}{k^3 a^3} + \frac{1}{ka} \quad (1)$$

여기서, k 는 $\frac{2\pi}{\lambda}$, a 는 안테나의 최대 길이 이다.

Q_L 은 안테나의 최대 길이와 반비례 관계임을 알 수 있다. 이는 접지 면이 좁을 경우 접지면의 모서리에서 흐르는 전류 밀도가 증가하고 전류의 방향과 안테나의 전류 방향이 일치하여 안테나의 전기적 크기가 커지기 때문이다. 그러므로 접지면 환경에 따라 안테나의 특성이 크게 좌우된다.

본 논문에서는 휴대 이동 통신 단말기 기판의 일반적인 크기로 고려한 후 FR-4($\epsilon_r : 4.4$) 기판에 마이크로 스트립 라인을 부설하여 제안된 안테나를 급전하였다. 그림 1에 제안된 안테나의 급전 구조를 나타내었다.



$L = 80mm, W = 40mm, h = 0.8mm,$
 $W_m = 1.5mm, L_g = 50mm, W_g = 40mm$

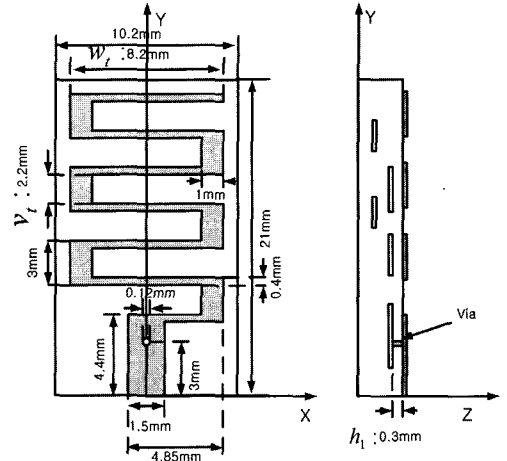
그림 1. 제안된 안테나의 급전구조

Fig. 1. Feeding structure of proposed antenna.

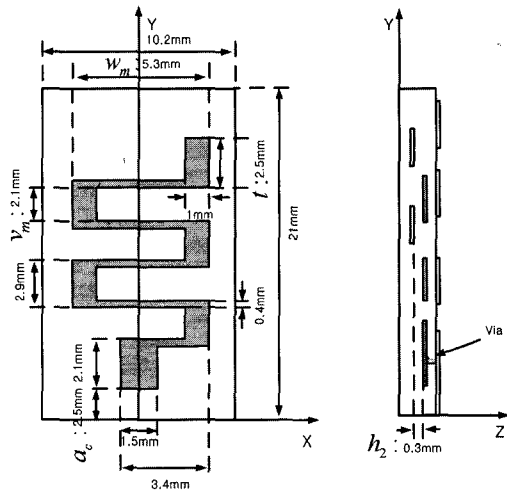
2. 제안된 안테나의 설계

제안된 안테나는 LTCC 공정을 이용하여 크기가

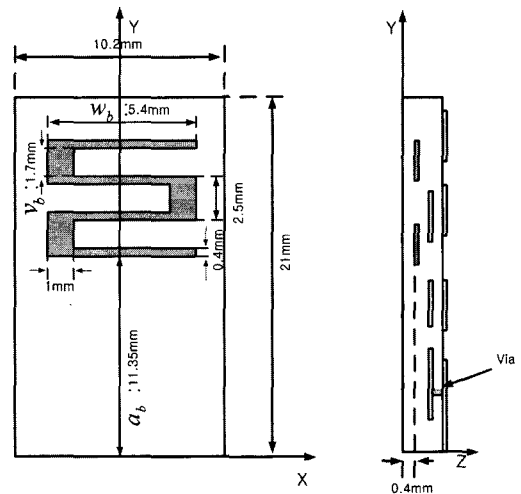
$10.2mm \times 21mm \times 1mm$ 인 세라믹($\epsilon_r = 7.8$) 내부에 상층, 중층, 하층으로 3개의 미엔더 라인 구조를 적층



(a) 상층 미엔더 라인 구조



(b) 중층 미엔더 라인 구조



(c) 하층 미엔더 라인 구조

그림 2. 제안된 안테나의 내부 구조

Fig. 2. Inner structure of proposed antenna.

하였다. 대표적인 소형 안테나에 많이 적용되어진 미엔더 라인 구조는 2개의 수평부와 1개의 수직부로 이루어진 미엔더 섹션을 추가하므로 효과적인 인덕턴스 성분을 부설 할 수 있다. 일반적인 모노폴 안테나 구조보다 소요면적을 획기적으로 소형화할 수 있다. 그림 2에 제안된 안테나의 구조를 나타내었다.

상층과 중층 미엔더 라인은 지름이 0.1mm, 높이가 h_1 인 비아(via)를 통하여 연결하여 다중 실효 길이를 구현하여 이중 공진을 형성하였으며 각각 GPS 대역과 IMT-2000 대역에서 동작하도록 하였다. 또한 하층 기생 미엔더 라인 구조를 상층과 중층 미엔더 라인 적층 구조에서 h_2 만큼 이격하여 부설하여 W-LAN 대역에서 동작하도록 하여 총 3개 대역에서 공진 하도록 하였다.

중층 미엔더 라인 구조는 IMT-2000 대역에서 동작하므로 넓은 임피던스 대역폭을 확보해야한다. 식 1에서 임피던스 대역폭은 안테나의 최대 길이와 안테나의 Q 값이 상관관계를 가지므로 중층 미엔더 라인의 수평부(w_m)와 수직부(v_m)의 비를 조절해야한다. 수평부의 길이가 증가하고 수직부의 길이가 감소하면 임피던스 대역폭은 협대역 특성을 나타내며 수평부의 길이가 감소하고 수직부의 길이가 증가하면 임피던스 대역폭이 넓어지는 특성을 나타낸다.

중층 미엔더 섹션($2w_m + v_m$)과 상층 미엔더 섹션($2w_t + v_t$) 간의 커플링 현상을 높이 h_1 과 a_c 로 조절하므로 동작되는 주파수 비와 양호한 반사 손실특성을 구현하도록 하였다. 하층 미엔더 라인 구조는 기생 미엔더 라인으로 a_b 와 높이 h_2 를 조절하여 중층 미엔더 라인 구조와 형성된 커플링을 제어하므로 Wireless LAN이 요구하는 임피던스 대역폭을 확보하도록 하였다. 하층 미엔더 라인 구조와 중층 미엔더 라인 구조에서 전자계의 밀도가 집중되므로 하향되어 있는 방사패턴이 상향되도록 하였다.

III. 실험

그림 3에 v_m 에 따른 IMT-2000대역의 반사손실을 나타내었다.

중간 미엔더 라인의 수직부(v_m)의 길이가 증가할수록 IMT-2000 대역의 임피던스 대역폭이 증가함을 알 수 있다. 본 논문에서 제안된 구조는 중간 미엔더 라

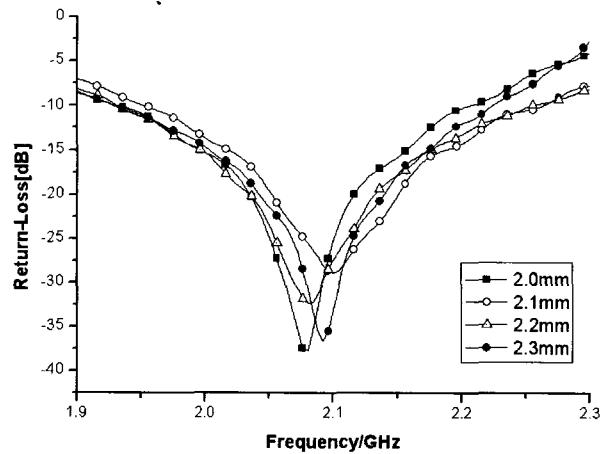


그림 3. v_m 에 따른 IMT-2000 대역의 반사손실
Fig. 3. Return-loss against v_m in IMT-2000 Band.

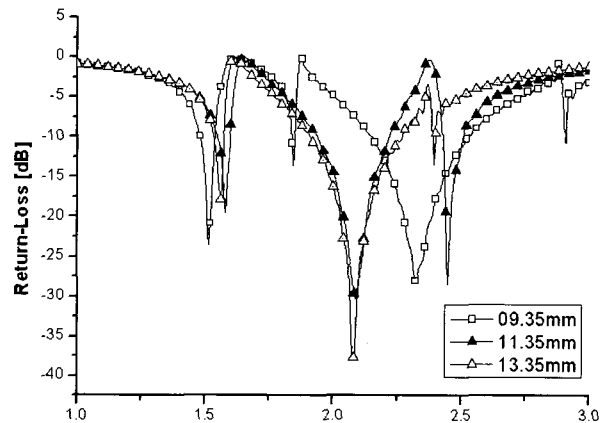


그림 4. a_b 에 따른 안테나의 반사손실 변화
Fig. 4. Return-loss of antenna against a_b .

인의 수직부(v_m)의 길이를 2.1mm로 최적화 하였다. 그림 4에 a_b 따른 제안된 안테나의 반사 손실을 나타내었다.

하층 미엔더 라인이 a_b 가 짧을수록 결합량이 커져 전력 전달이 크게 되므로 하층 미엔더 라인이 주 동작을 하게 된다. 따라서 W-LAN 대역의 임피던스 대역폭이 증가하나 IMT-2000 대역의 임피던스 대역폭은 급격히 협소하게 된다. 반면에 a_b 가 길어질수록 결합량이 작아 전력 전달이 하층 미엔더 라인에 충분히 전달되지 않아 중층 미엔더 라인이 주 동작을 하게 되므로 IMT-2000 대역의 임피던스 대역폭은 증가하나 W-LAN 대역은 급격히 감소하게 된다. 그러므로 각각의 동작 대역의 임피던스 특성을 고려하여 하층 미엔더 라인의 최적의 수평 위치를 도출해야 한다. 본 논문에서 a_b 의 길이를 11.35mm에서 최적화 하였다.

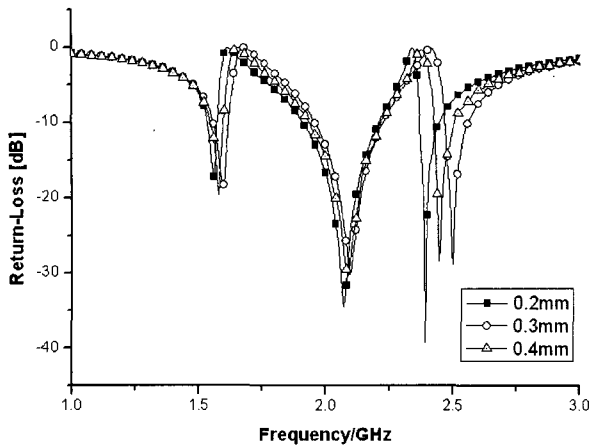


그림 5. h_2 에 따른 안테나의 반사손실 변화
Fig. 5. Return-loss of antenna against h_2 .

그림 5에 h_2 에 따른 안테나의 반사손실을 나타내었다.

하층 미엔더 라인의 적층 간격 h_2 가 증가하면 할수록 W-LAN 대역의 공진 주파수가 상향하는 것을 알 수 있다. 그러므로 IMT-2000 대역과 W-LAN 대역의 주파수비 조절을 하층 미엔더 라인과 중층 미엔더 라인의 적층 간격을 통하여 조절 할 수 있음을 알 수 있다.

그러므로 제안된 안테나는 상층 미엔더 라인과 중층 미엔더 라인을 비아를 통하여 연결한 후 이중 대역을 형성하고 IMT-2000의 광범위한 임피던스 대역을 중층 미엔더 라인의 수직부에 변화를 줌으로 대역폭을 확장 하도록 하였다.

기생 미엔더 라인으로 작동되는 하층 미엔더 라인을 부설하여 최적화된 전력 전달 위치를 확보하고 적층 간격을 조절하므로 최적화된 GPS/IMT-2000/W-LAN 삼중 대역 소형 칩 안테나를 구현하도록 하였다.

최적화된 안테나는 LTCC 공정을 이용하여 세라믹 내부에 전극을 적층 통합하였다. 세라믹을 구성하는 시트는 Dupont 사의 DP9599 계열의 비 유전상수가

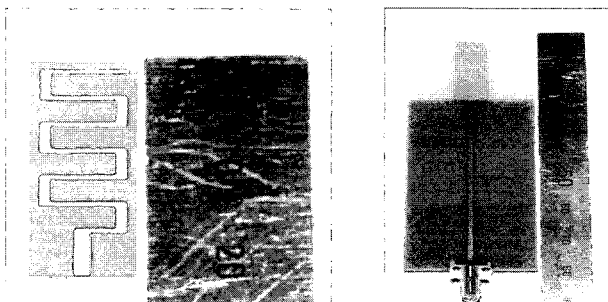


그림 6. 제작된 안테나의 사진
Fig. 6. Photo of fabricated antenna.

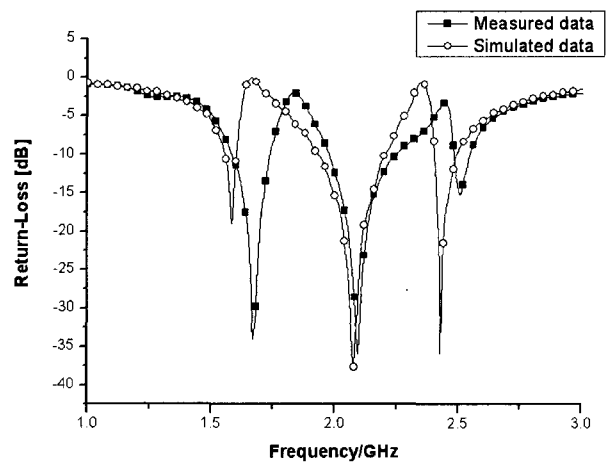


그림 7. 제안된 안테나의 반사손실
Fig. 7. Return-loss of proposed antenna.

7.8 ± 0.1 인 재료를 사용하여 $850^\circ C$ 에서 40분간 소결 하였으며 전극 재료는 외부 프린터용으로 Tanaka 제품인 TR651CM Ag Paste를 사용하였다. 그림 6에 제작된 안테나의 사진을 나타내었다. 제작된 안테나의 크기는 $10.2mm \times 21mm \times 1mm$ 이다.

그림 7에 제안된 안테나의 반사 손실 특성을 나타내었다.

모의실험에서 제안된 구조의 공진 주파수 특성은 1.584GHz, 2.076GHz, 2.428GHz이며 각각의 임피던스 대역폭($VSWR \leq 2$)은 44MHz, 270MHz, 96MHz를 나타내었으며 GPS, IMT-2000, W-LAN 시스템이 요구하는 각각의 임피던스 대역폭을 만족하였다. 실제 측정된 안테나의 공진 주파수는 1.672GHz, 2.092GHz, 2.504GHz를 가지며 각각의 임피던스 대역폭($VSWR \leq 2$)은 156MHz, 272MHz, 64MHz를 나타내었다. 실제 측정된 안테나의 반사 손실 특성을 모의 실험 결과에 비해 안테나의 대역 특성이 상향 이동 되

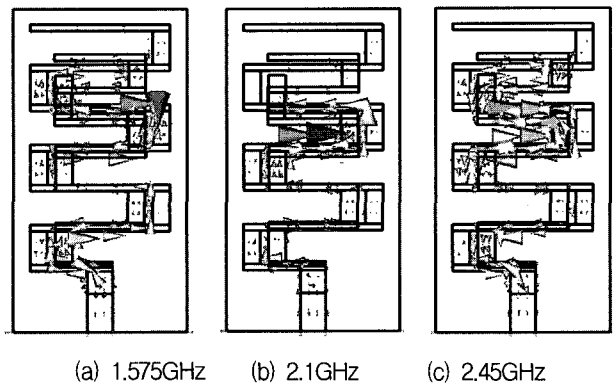


그림 8. 제안된 안테나의 표면전류
Fig. 8. Surface currents of proposed antenna.

었다.

이는 LTCC 공정에서 시트의 소결 시 발생하는 전극 및 세라믹의 수축율과 소결에 따른 세라믹 내의 밀도 변화에 의하여 실효 유전율의 변화가 발생되므로 모의 실험과 실제 측정된 반사손실의 양상은 같으나 오차가 있음을 알 수 있다. 그림 8에 제안된 안테나의 표면 전류를 나타내었다.

각각의 주파수 대역에서 표면 전류 분포를 보면 미엔더 라인에 의하여 실효전류 길이 증가에 따른 안테나의 소형화됨을 알 수 있으며 하층 미엔더 라인을 부설한 지점에서 전류분포가 밀집되어 있음을 알 수 있다. 그러므로 기존에 미엔더 라인 구조를 이용한 다중대역 안테나에서 주파수 증가에 따른 방사패턴의 하향화 되는 문제점을 완화 시킬 수 있음을 알 수 있다.

그림 9에 측정된 안테나의 방사패턴을 나타내었다.

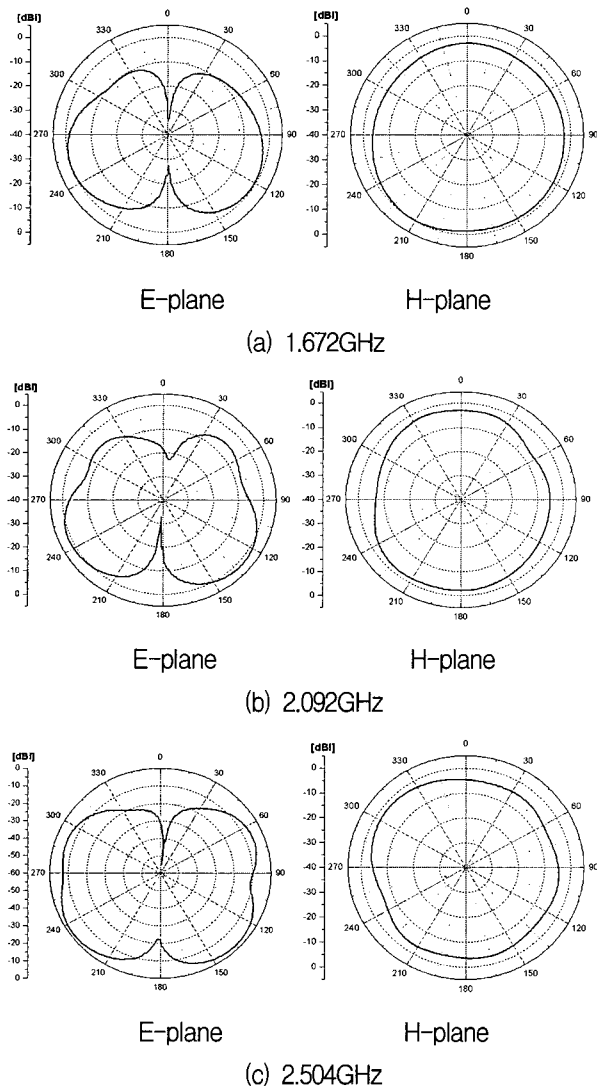


그림 9. 측정된 안테나의 방사패턴
Fig. 9. Measured radiation pattern of antenna.

각각의 측정된 공진 주파수에서 최대 방사 이득은 0.08dBi, 1.67dBi, -1.44dBi의 이득을 나타내었으며 제안된 안테나는 이동통신 환경에 적합한 준 모노폴 형태의 특성을 나타내고 있다. 2.504GHz의 방사패턴을 보면 기존의 미엔더 라인 구조 다중대역 안테나에서 높은 주파수 대역에서 방사패턴의 하향되는 특성을 개선시키므로 제안된 안테나의 기생 미엔더 라인 구조가 방사 패턴의 하향화 단점을 개선 할 수 있는 구조적인 타당성을 입증하였다

제작된 안테나의 결과와 모의실험 결과를 비교 및 분석하여 제작된 안테나의 결과와 모의실험 결과와의 오차를 줄이고자 각각의 미엔더 라인의 수평축을 확장하여 모의실험을 통하여 분석하고 LTCC 공정을 통하여 안테나를 제작하였다.

그림 10에 수평 길이 확장에 따라 제작된 안테나의 반사손실을 나타내었다. 공차의 적용은 상향 이동한 안테나의 대역 특성을 고려하여 상층, 중층, 하층의 미엔더 라인 섹션에서 수평 길이 성분을 0.4mm를 확장한 구조와 0.8mm를 확장하여 제작하였다. 0.4mm를 확장한 구조에서 측정된 공진 주파수는 1.644GHz, 2.028GHz, 2.536GHz의 공진 특성을 나타내었다.

2.536GHz는 모의실험에서 공차를 적용한 구조는 수평 길이를 확장하여도 반사손실 특성의 열화가 심하지 않았으나 실제 제작된 수평 길이를 확장한 구조에서는 커플링 양이 증가하면서 임피던스 매칭이 어려워 반사손실 특성이 더욱 열화 되었음을 알 수 있다.

0.8mm를 확장한 구조에서는 측정된 공진 주파수는

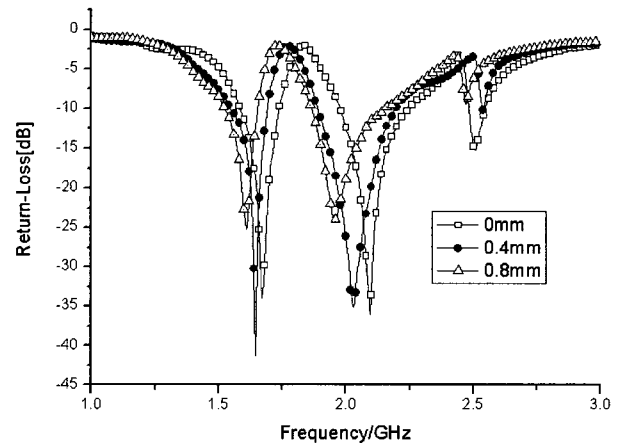


그림 10. 확장된 미엔더 섹션의 수평 길이에 따른 측정된 반사 손실
Fig. 10. Measured return-loss against extending horizontal length of meander section.

1.612GHz, 1.948GHz, 2.48GHz이며 2.48GHz 대역에서 모의실험에서는 공차를 적용하여 수평 길이에 0.8mm로 확장하여도 반사 손실 특성의 열화가 심하지 않았으나 실제 제작된 구조에서는 0.4mm로 확장한 구조와 마찬가지로 임피던스 매칭이 어려워 반사 손실 특성이 더욱 열화 되었다.

그러나 GPS 대역과 IMT2000대역에서 미엔더 섹션의 수평 길이의 확장을 통하여 상향된 주파수를 하향시킬 수 있으며 Wireless LAN 대역의 공차는 수평 길이 확장뿐만 아니라 높이 또는 기생 미엔더 라인의 배열로 커플링 양을 조절해야함을 알 수 있다.

IV. 결 론

제안된 GPS/IMT2000/Wireless LAN 단말기용 소형 칩 안테나의 크기는 $10.2\text{mm} \times 21\text{mm} \times 1\text{mm}$ 이며 LTCC 공정을 이용하여 제작된 안테나의 공진 주파수는 1.672GHz, 2.092GHz, 2.504GHz 이며 모의실험 결과보다 주파수가 상향되는 특성을 나타내었다. 각각의 공진 주파수에서 임피던스 대역폭($VSWR \leq 2$)은 156MHz, 272MHz, 64MHz를 나타내었다.

제안된 안테나의 방사패턴은 모노폴 패턴을 나타내었으며 기존에 문제되었던 방사패턴이 하향 되는 단점을 기생 미엔더 라인을 통하여 개선하였음을 알 수 있다. 제안된 안테나의 최대 방사 이득은 각각의 공진 주파수에서 0.08dBi, 1.67dBi, -1.44dBi를 나타내었다.

실제 제작된 안테나의 반사손실 특성과 모의 실험 결과와의 차이는 LTCC 공정에서 발생하는 도체 및 세라믹의 수축율과 소결 상에서 발생하는 세라믹 내부의 밀도상에 따른 실효유전율의 변화로 기인되며 이러한 오

차는 제작되는 전극의 길이와 적층 간의 높이를 조절함으로써 극복 할 수 있음을 미엔더 라인 섹션의 수평 부를 변화하여 제작된 안테나의 측정 결과로 알 수 있었다. LTCC 공정 오차를 적용하여 제작한다면 기생 미엔더 라인과 적층 미엔더 라인을 통하여 양호한 다중대역 안테나를 개발 할 수 있음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] K. Young-Do, K. Myoung-seok, K. Ho-yong, L. Hong-min, "Dual-Band Chip Antenna Using LTCC Multilayer Technology for Mobile Communication Applications," 2004 IEEE AP-S International Symposium.
- [2] Young-Do Kim, Hong-Min Lee, "Design of Dual-band LTCC Meander Chip Antenna with Gap-stub for Mobile Handsets," 2004 APMC
- [3] W. P. Dou and Y. W. M. Chia, "Novel meandered planar inverted-F antenna for triple-frequencyoperation," Microwave opt. Technol. Lett., vol. 27, pp. 58-60, Oct. 2000.
- [4] Jeemyun Lee, Chanik Jeon, Bomson Lee, "Design of Ceramic Chip Antenna for Bluetooth Applications Using Meander Lines," 2002 IEEE AP-S International Symposium.
- [5] Cuthbert M. Allen, Atef Z. Elsherbeni, Charles E. Smith, Chun-Wen P. Huang, and Kai-Fong Lee, "Tapered Meander Slot Antenna For Dual Band Personal Wireless Communication Systems," Microwave opt. Technol. Lett., Vol. 36, No. 5, pp. 381~385, March 5, 2003.

저 자 소 개



김 호 용(학생회원)
2003년 경기대학교
전자공학과 학사 졸업.
2005년 경기대학교
전자공학과 석사 졸업.
2005년~현재 경기대학교
전자공학과 박사과정

<주관심분야 : 안테나 설계 및 해석, RF 수동소자>



이 흥 민(정회원)
1972년 연세대학교
전자공학과 학사 졸업.
1974년 연세대학교
전자공학과 석사 졸업.
1990년 연세대학교
전자공학과 박사 졸업.

1991년~현재 경기대학교 전자공학과 교수
<주관심분야 : 안테나 설계 및 해석, 전파전파, RF 수동소자>