

# 적층 미앤더 라인 구조를 이용한 GPS/PCS/위성 DMB 삼중 대역 소형 칩 안테나

## Triple-Band Compact Chip Antenna Using Stacked Meander Line Structure for GPS/PCS/Satellite DMB Services

김 호 용 · 김 영 두 · 이 흥 민

Ho-Yong Kim · Young-Do Kim · Hong-Min Lee

### 요 약

본 논문에서 적층 미앤더 라인 구조를 이용한 GPS/PCS/위성 DMB 무선 단말기용 소형 칩 안테나를 설계하였다. 제작된 안테나의 크기는 12.52 mm×19.95 mm×1.05 mm이다. 제안된 안테나는 GPS, PCS, 위성 DMB 미앤더 라인으로 구성되어 있으며 주파수 비(FR: Frequency Ratio)와 반사 계수를 개선하기 위하여 각각의 미앤더 라인의 배열 및 비아를 통하여 커플링(Coupling)을 조절하여 제작된 안테나는 삼중 대역을 구현하였다. 공진 주파수는 1.696 GHz, 1.888 GHz, 2.680 GHz이며 임피던스 대역폭은 150 MHz, 120 MHz, 60 MHz를 나타내었다. 공진 주파수에서 최대 이득은 0.08 dBi, 1.70 dBi, -1.27 dBi를 나타내었다.

### Abstract

In this paper, GPS/PCS/Satellite DMB compact chip antenna is designed using stacked meander line for mobile communication handset. The fabricated antenna size is 12.52 mm×19.95 mm×1.05 mm. The coupling is adjusted by via and arrangement among meander lines to improve FR(Frequency Ratio) and return-loss. The fabricated antenna achieve triple-band. The resonance frequencies are 1.696 GHz, 1.888 GHz and 2.680 GHz. The impedance bandwidths are 150 MHz, 120 MHz and 60 MHz. The maximum gains of antenna are 0.08 dBi, 1.70 dBi and -1.27 dBi at resonance frequencies.

Key words : Meander Line, Triple-Band, Coupling, FR, Return Loss

### I. 서 론

최근 국내 이동 통신 시장이 비약적으로 발전하면서 개인 이동 통신 단말기의 멀티 미디어화가 진행 중이다. 이에 국내 개인 이동 통신 단말기는 소형화, 저 전력화 및 다기능화가 요구되면서 다중 대역 소형 안테나의 개발은 필수적이다. 기존에 제시된 다중대역 소형 안테나는 고 유전율 기판에 단락핀, 단락벽, 슬릿 등을 사용하여 전계의 영점을 옮기거나 다수의 비아(via)를 통하여 3차원적 실효 전류 경

로를 확장하여 소형화를 적용하며 다중 실효 전류 경로를 확보하는 방법, 기생 패치를 적용하여 다중 대역을 구현하였다. 그러나 기존에 제시된 소형화 방법들은 전계의 영점을 옮기므로 원거리장에서 음영각(Blind angle)이 발생되며 고 유전율에 의한 협대역 특성과 교차 편파가 발생하는 단점을 나타낸다.

다중 대역을 구현하는 방법에서 기생 패치를 사용하는 경우 주파수 비 조절이 어렵고 커플링에 의해 반사 계수가 열화된다<sup>[1]-[4]</sup>.

이에 본 논문에서는 LTCC 적층 기술을 이용하여

경기대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Kyonggi University)

· 논문 번호 : 20041105-17S

· 수정완료일자 : 2005년 1월 5일

이동 통신 환경에 적합한 복사 패턴 및 주파수 비조절을 용이하게 하고 반사 손실 특성을 개선한 다중대역 소형 안테나를 제안하였다.

## II. 본 론

### 2-1 제안된 안테나의 구조

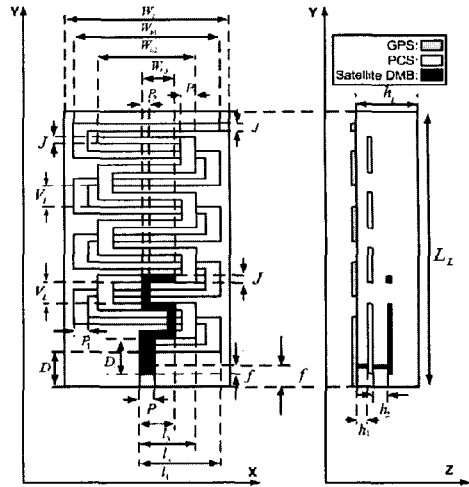
전기적 소형 직선 편파 안테나의 최소  $Q_L$  값은 다음과 같다.

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

여기서,  $k$  는  $\frac{2\pi}{\lambda}$ ,  $a$  는 안테나의 최대 길이이다.  $Q_L$  은 안테나의 최대 길이와 반비례 관계임을 알 수 있으며  $Q_L$  과 임피던스 대역폭과의 관계를 식 (2)에 나타내었다.

$$BW = \frac{S-1}{Q_L S} \quad (2)$$

여기서,  $S$  는 VSWR 값을 나타낸다. 식 (1)과 식 (2)에 의하여 안테나의 최대 길이가 길어지면 안테나의 임피던스 대역폭은 증가함을 알 수 있다. 전기적 소형 안테나는 접지면 환경에 크게 영향을 받아 안테나의 최대 길이가 달라지기 때문이다. 접지면의 폭이 좁아지면  $Q_L$  값이 감소하고 임피던스 대역폭과 이득은 증가하는 경향을 나타내며 반면에 접지면의 폭이 넓어지면  $Q_L$  값이 증가하고 임피던스 대역폭과 이득은 감소한다. 이는 접지면이 좁을 경우 접지면 수직부의 끝단에 흐르는 전류 밀도가 증가하고 전류의



$W_L = 12.5$  mm,  $L_L = 20$  mm,  $h_L = 1$  mm,  $W_{k1} = 10.5$  mm,  $W_{k2} = 6.3$  mm,  $W_{k3} = 1.8$  mm,  $J = 0.4$  mm,  $V_L = 1.6$  mm,  $P, P_1, P_2 = 1$  mm,  $P_3 = 0.4$  mm,  $D = 2$  mm,  $D_1 = 2.1$  mm,  $f = 1.4$  mm,  $f_1 = 0.5$  mm,  $l_1 = 5.75$  mm,  $l_2 = 3.65$  mm,  $l_3 = 2$  mm,  $h_1 = 0.2$  mm,  $h_2 = 0.3$  mm

그림 2. 제안된 안테나의 구조  
Fig. 2. Structure of proposed antenna.

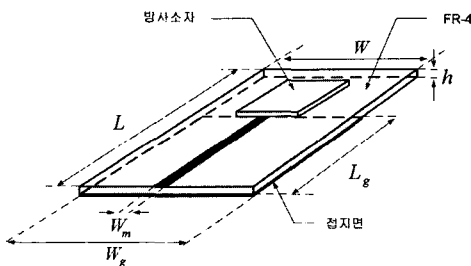
방향과 안테나의 전류 방향이 일치하여 안테나의 전기적 크기가 커지기 때문이다. 그러므로 접지면 환경을 휴대 이동 통신 단말기 기판의 일반적인 크기로 고려한 후 방사 소자를 설계하였다. 그림 1에 제안된 안테나의 급전 구조를 나타내었다.

비 유전 상수가 4.4인 FR-4 기판에 마이크로스트립 라인으로 방사 소자에 급전하였다. 그림 2에 제안된 안테나의 구조를 나타내었다.

제안된 안테나는 유전율 7.8인 그린시트(DP 9599)를 사용하여 LTCC(Low Temperature Cofired Ceramic) 공정으로 세라믹 내부에 GPS, PCS, 위성 DMB 미엔더 라인 구조를 적층시키고 한 점에서 비아를 통하여 3개의 방사 소자를 통합하였다.

### 2-2 GPS/PCS/위성 DMB 안테나의 설계

모노폴 안테나는 개방된 전송선로 가정할 수 있으며  $\lambda/4$  이하일 때 캐패시턴스 성분을 발생하므로 추가적인 인덕턴스 성분을 부설해야 한다. 그림 3에 도선으로 구성된 단일 미엔더 라인 구조와 등가 회로를 나타내었다.



$L = 80$  mm,  $W = 40$  mm,  $h = 0.8$  mm,

$W_m = 1.5$  mm,  $L_g = 50$  mm,  $W_g = 40$  mm

그림 1. 제안된 안테나의 급전 구조  
Fig. 1. Feeding structure of proposed antenna.

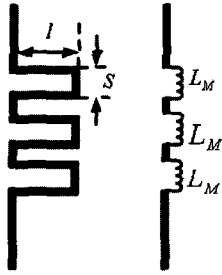


그림 3. 단일 미엔더 라인 구조와 등가 회로  
Fig. 3. Structure of meander line and equivalent circuit.

두 개의 수평부와 하나의 수직부를 미엔더 섹션이라 하면 미엔더 섹션에 대한 특성 임피던스는 다음과 같다.

$$Z_0 = 276 \log \left( \frac{2s}{d} \right) \quad (3)$$

여기서,  $d$ 는 도선의 지름이다. 미엔더 섹션에 따른 등가 인덕턴스  $L_M$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_M = \frac{|Z_0 \tanh(\gamma l)|}{w} \quad (4)$$

정성적으로 모노폴 안테나보다 미엔더 라인 구조가 직렬 인덕턴스 성분을 발생하므로 소형화할 수 있음을 알 수 있다.

제안된 안테나는 GPS, PCS 미엔더 라인들 간의 커플링이 강할 경우 주파수 비 조절이 어렵고 임피던스 대역폭 내의 반사 손실 특성을 열화시킨다. 이를 개선하기 위하여 PCS 미엔더 라인의 수평부를 조절하여 PCS, GPS 미엔더 라인들 간의 수직부를 이격시키고 두 미엔더 라인들의 수평부를 엇갈려 배열하였다. 두 미엔더 라인들은 지름이 0.12 mm 높이가 0.2 mm인 비아로 연결하였다.

GPS, PCS 미엔더 라인들이 통합된 구조 위에 위성 DMB 미엔더 라인을 PCS 미엔더 라인에 수직으로 적층하였고 지름 0.12 mm 높이가 0.3 mm인 비아로 PCS 미엔더 라인과 연결하였다.

위성 DMB, PCS 미엔더 라인들을 엇갈려 배열하였을 경우 위성 DMB 미엔더 라인이 GPS 미엔더 라인에 영향을 주어 전체적인 안테나의 반사 손실 특성을 열화시키므로 PCS 미엔더 라인에 수직으로 적층하여 PCS, 위성 DMB 미엔더 라인 사이에 계를 집중시켜 GPS 미엔더 라인에 영향을 주지 않도록 하

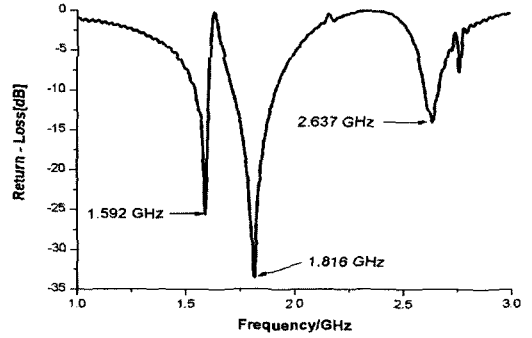


그림 4. 모의 실험을 통한 안테나의 반사 손실  
Fig. 4. Simulated return-loss of proposed antenna.

였다. 또한 위성 DMB 미엔더 라인의 수평부를 조절하여 PCS 미엔더 라인과의 수직부 이격 거리와 비아의 높이를 변화시켜 커플링을 제어하여 총 3개의 실효 공진 길이를 갖도록 모의 실험을 통하여 최적화하였다. 그림 4에 모의 실험을 통한 반사 손실을 나타내었다.

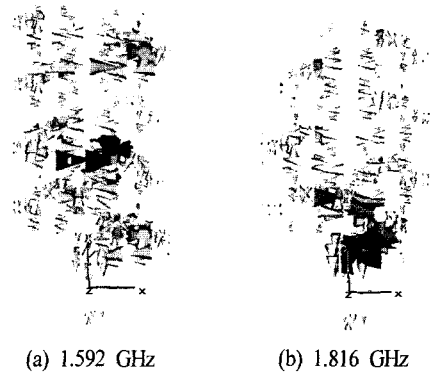


그림 5. 제안된 안테나의 표면 전류 분포  
Fig. 5. Surface current of proposed antenna.

제안된 안테나의 모의 실험 결과에서 각각의 공진 주파수는 1.592 GHz, 1.816 GHz, 2.637 GHz로 3개의 공진 주파수를 형성하였고 각각의 임피던스 대역폭( $VSWR \leq 2$ )은 62 MHz, 205 MHz, 66 MHz를 나타내었다. 그림 5에 각각의 공진 주파수에 대한 표면 전류 분포를 나타내었다.

1.592 GHz에서 제안된 안테나의 표면 전류를 보면 GPS 미엔더 라인의 실효 전류 경로를 따라 전류가 흐르는 것을 볼 수 있으며 1.816 GHz에서 제안된 안테나의 표면 전류를 보면 PCS 미엔더 라인은 GPS 미엔더 라인에 영향을 크게 받지 않는 것을 볼 수 있다. 그러나 PCS 미엔더 라인과 위성 DMB 미엔더 라인 사이에서 수직으로 적층하였으므로 전류 밀도가 집중되는 것을 알 수 있다.

2.637 GHz에서 위성 DMB 미엔더 라인은 수직으로 적층되어 PCS 미엔더 라인에 크게 영향을 받는 것을 알 수 있다. 반사 손실 특성에서 GPS 부와 PCS

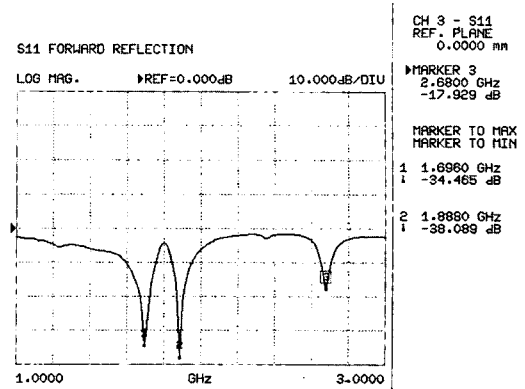


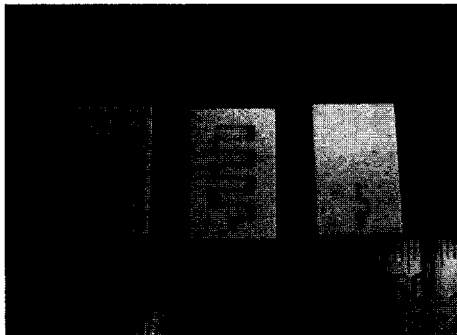
그림 7. 측정된 안테나의 반사 손실  
Fig. 7. Measured return loss of antenna.

부는 아주 양호한 반사 손실 특성을 나타내며 위성 DMB 부는 커플링 현상에 의해 임피던스 정합이 어려워 GPS 부와 PCS 부보다는 열화된 반사 손실 특성을 나타내고 있다. 그림 6에 실제 제작된 안테나를 나타내었다.

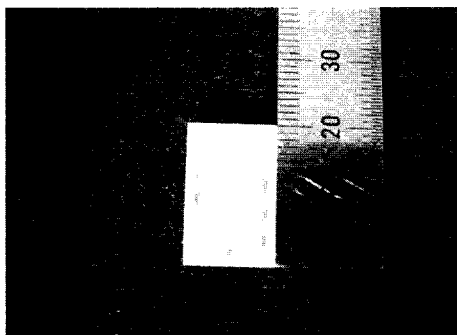
실제 제작된 안테나는 LTCC 공정을 사용하였으며 그린 시트는 듀폰(Dupont)사의 DP 9599 계열의 비 유전 상수 값이  $7.8 \pm 0.1$ 인 재료를 사용하였고 소결 방법은 850°C에서 40분간 소결하였다.

모의 실험에서 제안된 삼중대역 안테나의 크기는 12.50 mm × 20 mm × 1 mm이지만 실제 제작된 제안된 안테나의 크기는 LTCC 공정의 공차로 인해 12.52 mm × 19.95 mm × 1.05 mm 제작되었다. 그림 7에 측정된 안테나의 반사 손실을 나타내었다.

측정된 반사 손실은 모의 실험을 통한 반사 손실 특성과 비교하였을 때 GPS 부는 104 MHz, PCS 부는 72 MHz, 위성 DMB 부는 43 MHz로 각각 상향 이동을 하였다. 이는 LTCC 공정상의 오차로 도체 패턴의 수축율에 관한 오차, 미엔더 라인간의 높이에 대한 오차, 소결시 발생하는 실효 유전율의 오차로 인한 것이다. 그러나 측정된 반사 손실 특성에서 모의 실험 결과와 마찬가지로 GPS 부와 PCS 부간의 주파수 비와 반사 손실 특성은 양호하므로 구조적인 타당성을 입증하였다. 측정된 안테나의 공진 주파수는 1.696 GHz, 1.888 GHz, 2.680 GHz를 나타내고 있으며 각각의 임피던스 대역폭( $VSWR \leq 2$ )은 150 MHz, 120 MHz, 60 MHz를 나타내었다. 그림 8에 각각의 공진 주파수에서 측정된 안테나의 방사 패턴을 나타



(a) 제작된 안테나의 층별 내부 구조  
(a) Inner structure of fabricated antenna



(b) 제작된 삼중 대역 소형 칩 안테나  
(b) Fabricated triple-band compact chip antenna

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

### III. 결 론

본 논문에서 제안된 안테나 구조는 LTCC 적층 기술을 이용하여 3개의 미엔더 라인 구조를 적층 후 비아를 통하여 연결하여 다중 실효 공진 길이를 구현하였다. 기존의 3차원 구조보다 적은 수의 비아를 사용함으로 교차 편파의 단점을 줄이고 미엔더 라인 간의 배열과 비아를 조절하여 커플링 현상을 제어함으로 주파수 비의 조절을 용이하게 하고 반사 손실 특성을 개선하였다. 제안된 안테나는 GPS/PCS/위성 DMB 시스템에서 요구하는 임피던스 대역폭을 모의 실험에서는 만족하였지만 LTCC 공정의 공차와 접지면 환경의 문제로 인하여 실제 제작된 안테나의 공진 주파수는 상향되었다. 그러나 임피던스 대역폭과 양호한 반사 손실 특성을 나타내어 구조적인 타당성을 입증하였으므로 향후 공정상의 공차 및 수율을 고려하여 제작한다면 GPS/PCS/위성 DMB 시스템에 적용 가능한 삼중 대역 안테나를 개발할 수 있을 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] K. Young-Do, K. Myoung-Seok, K. Ho-Yong, and L. Hong-Min, "Dual-band chip antenna using LTCC multilayer technology for mobile communication applications", *2004 IEEE AP-S International Symposium*.
- [2] 이기성, 채윤경, 최익권, "IMT-2000 단말기용 변형된 역 F형 광대역 세라믹 유전체 칩 안테나", *한국전자과학회논문지*, 13(7), 2002년 8월.
- [3] Gwo-Yun Lee, Wen-Shyang Chen, and Kin-Lu Wong, "A dual-frequency triangular chip antenna for w-LAN operation", *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 38, no. 3, Aug. 2003.
- [4] 문정익, 최동혁, 박성욱, "단말기용 소형 내장형 안테나 기술 동향", *한국전자과학회 전자파기술*, 14(2), 2003년 4월.

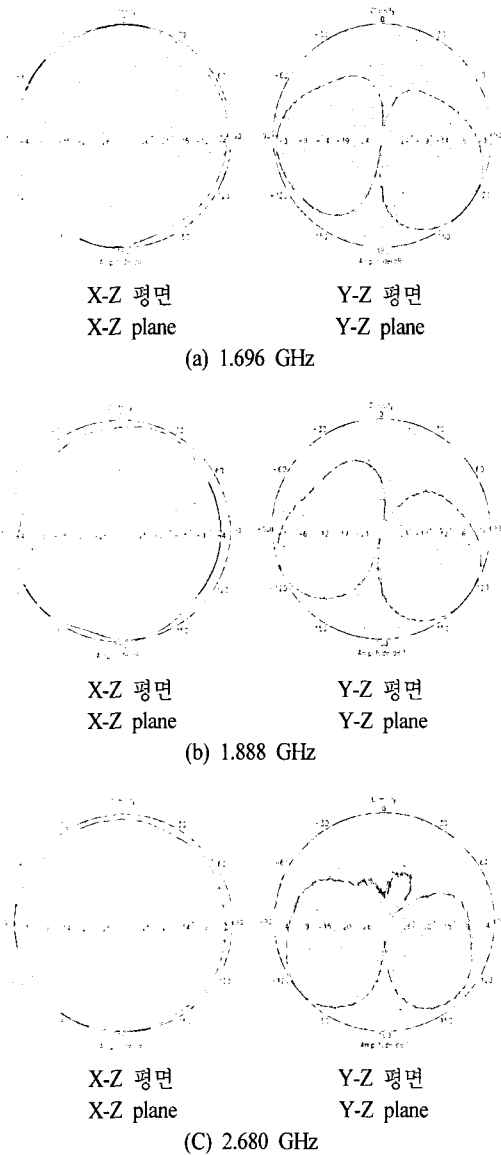


그림 8. 측정된 안테나의 방사 패턴  
Fig. 8. Measured radiation pattern of antenna.

내었다. 각각의 공진 주파수에서 측정된 안테나의 최대 방사 이득은 0.08 dBi, 1.70 dBi, -1.27 dBi를 나타내었으며 각각의 방사 패턴은 준 모노폴 형태의 패턴을 나타내었다.

김 호 용



2003년 2월: 경기대학교 전자공학과 (공학사)  
2003년 3월~현재: 경기대학교 전자공학과 석사과정  
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, RF 수동소자

이 홍 민



1972년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
1974년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)  
1990년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)  
1991년 3월~현재: 경기대학교 전자공학과 교수  
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 전파전파, RF 수동소자

김 영 두



2000년 2월: 경기대학교 전자공학과 (공학사)  
2002년 2월: 경기대학교 전자공학과 (공학석사)  
2002년 3월~현재: 경기대학교 전자공학과 박사과정  
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, RF 수동소자, PBG 구조 해석,