

이중대역 단말기용 광대역 안테나 및 다이플렉서 설계 및 구현

김재호*, 김영태*, 박준석*, 천창을**, 임재봉***,
신재완****, 강현규****, 정중성****, 황희용****, 정동진****
순천향대학교 정보기술공학부*, 서울시립대학교 전자전기공학부**,
국민대학교 전자공학부***, (주)아모텍****

Email : ho-13@hanmail.net

Design and implmentation of Broadband Antenna/Diplexer for dual-band handsets

Jae-Ho Kim, Young-Tae Kim, Jun-Seok Park, Chang-Yul Cheon, Jae-Bong Lim
Shim-Jae Wan, Hyun-Kyu Kang, Jung-Sung Chung, Hee-Yong Whang, Dong-Jin Jung
Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang Univ.,
Division of Electron and Electric Eng. Seoul Univ., Division of Electronic., Kookmin Univ.,
Amotech Co., Ltd

Abstract

In this paper, We have designed an internal chip type-ceramic antenna and diplexer for dual-band handset applications. for increasing bandwidth, antennas used a meander line structure with L, C matching network. The designed diplexer is based on the multi-layered structure for the purpose of the LTCC applications. We have given a notch using resonator for elevated attenuation characteristics.

1. 서 론

이동통신 부품의 기술 동향은 고집적화, 초고속화, 저전력화, 저가격화의 방향으로 발전하고 있으며 향후 시스템 자체가 하나의 모듈로 구현될 것으로 예상된다. 특히 LTCC(Low Temperature Cofired Ceramic)를 이용한 MCM(Multi-Chip Module) 적층 기술의 개발이 확대되고 있으며 세라믹 내부 기판에 인덕턴스, 캐패시턴스, 저항등의 수동소자를 3차원으로 구성하여, 집적화 시킴으로써 시스템의 소형화 및 신뢰성 향상을 목적으로 활발한 연구가 진행 중이다. 소형화는 물론 초경량화 및 대역폭을 만족하기 위해서 유전체 공진기를 이용한 안테나의 개발에 대한 연구[1][2]가 활발히 진행중이다. 세라믹 유전체 안테나는 유전체에 적절한 길이의 금속 패턴을 형성시켜 안테나의 공진[3]-[6]을 구현하므로 제작 후 튜닝작업이 용이해진다. 표면 전류가 전극을 통해 유전체 상으로 흐를 경우 발생하는 전자계 에너지는 안테나의 외부로 쉽게 방사가 될 수 있도록 방사이득을 증가시키는 장점을 가진다.[7] Tx 신호와 Rx 신호를 분리하는 Diplexer는 넓은 대역을 수반하는 주요 이점이 있다. 본 논문에서는 이중대역 단말기용 안테나/Diplexer를 LTCC 적층형으로 설계하였다. DRA(Dielectric Resonator Antenna) 안테나 구조로서의 광대역 특성과 높은 이득을 비교적 용이하게 구현할 수 있는 meander line 구조를 사용하여

GPS(Global Positioning System) [1575.42MHz] 대역과 IMT-2000 주파수 대역을 만족하는 안테나를 구현하였다. 그리고 안테나에 L, C 매칭회로를 내장하여 광대역 고이득 특성을 구현하였다. 설계된 Diplexer의 구성은 LTCC 응용을 목적으로 L, C 수동소자들을 칩내에 적절히 배열하였다. 감쇠 특성을 향상시키기 위해 공진기를 사용하여 감쇄극을 구현하였다.

2. Meander line을 이용한 안테나 설계 및 시뮬레이션 특성

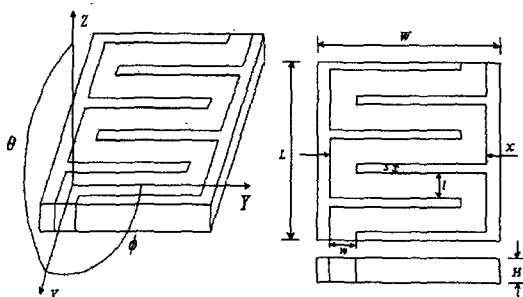


그림 1. 내장형 안테나의 구조

그림 1은 본 논문에서 제안한 내장형 안테나의 전체적인 구조를 보여준다. 안테나 모델을 소형으로 설계하기 위해 X축으로만 뻗어 있는 직선형의 방사전극에 대해 길이를 줄이는 대신 meander line를 사용하여 Y축 방향으로 늘이는 방법을 사용하였다. 제안된 안테나의 크기는 $15 \times 13 \times 2(t)$ mm이고 유전상수 ϵ_r 7.8이다. 비유전율이 높은 세라믹 유전체를 사용할 경우 손실에너지의 증가와 안테나의 부피 감소로 방사전극의 면적이 감소하여 방사효율이 줄고 비교적 낮은 비유전율을 가진 유전체의 높이를 증가시킴으로써 공진주파수를 낮추는 효과를 얻을 수 있었다. 이러한 안테나는 방사전극의 횡 길이 x에 의해 대역폭이 크게 영향을 받는다.

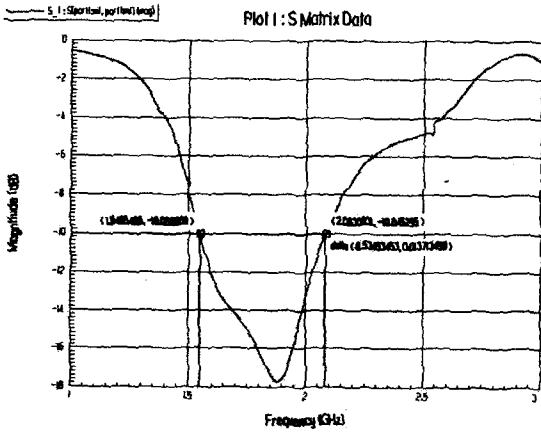


그림 2. E/M 시뮬레이션의 반사손실

내장형 칩 세라믹 안테나의 복사패턴은 meander line에 의해 그 특성이 나타난다. 전류가 흐를 수 있는 경로의 길이가 늘어나서 긴 파장을 가진 전자파가 공진을 일으킬 수 있는 조건을 제공하여 공진주파수가 낮아지게 되고, 경로의 길이가 감소할 경우는 그 반대가 되어 높은 주파수에서 공진이 발생하게 된다. 주파수 1550MHz~2075MHz (VSWR 2:1)에서 525MHz(30%)의 대역폭을 가진다. GPS대역에서는 2.13dBi, IMT-2000대역에서는 3.71dBi의 최대 방사효율을 나타낸다.

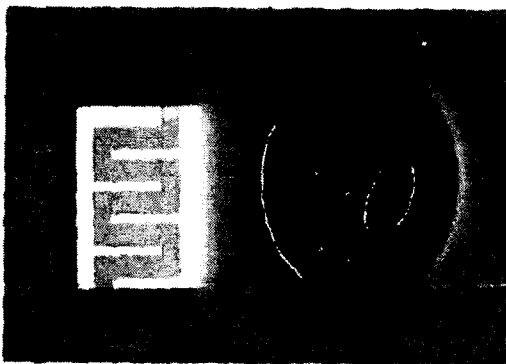


그림 3. 제작된 meander line 안테나의 실물 사진

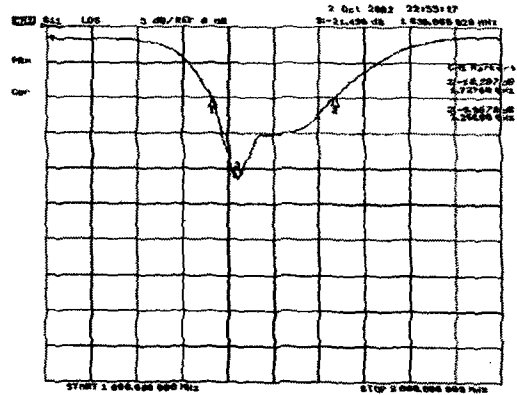


그림 4. 제작된 meander line 안테나의 측정 결과

실제 제작된 meander line 안테나의 사진과 측정 결과를 그림 3과 그림 4에 보였다. 제작된 크기는 $16 \times 13 \times 2(t)$ mm이고 유전상수 ϵ_r 7.8이다. 제작된 안테나는 1727MHz~2266MHz(VSWR 2:1)에서 539MHz(30%)의 대역폭을 가진다. 이 결과는 그림 3에 보인 E/M 시뮬레이션의 반사손실과 비교했을 때 약 20MHz정도 주파수가 위쪽으로 이동하였음을 알 수 있다. 그러나 대역폭은 거의 일치하므로 본 논문에서 제안한 설계의 타당성을 증명하였다. 시뮬레이션 결과와 측정 결과의 차이는 크기가 1mm(x축) 크게 제작된 것과 test-board에 기인한 문제로 사료된다.

3. 매칭 회로를 삽입한 meander line 안테나의 설계 및 시뮬레이션 특성

제안된 안테나의 크기는 $20 \times 4 \times 2(t)$ mm이고 유전상수 ϵ_r 7.8이다. 앞에서 제안된 구조보다 X축 방향으로 훨씬 길고 Y축 방향으로 짧은 구조를 가진 내장형 안테나를 그림 5에 나타내었다.

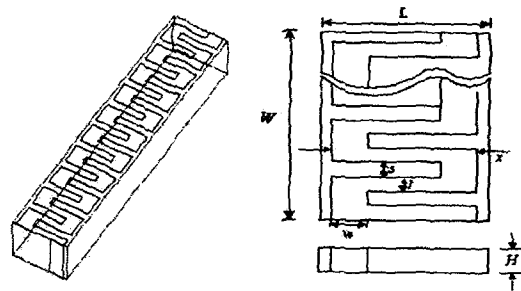


그림 5. 다른 Meander line 안테나의 구조

다음으로 meander line을 사용한 안테나에서 설계 파라미터들에 대한 각각의 공진특성을 살펴보기로 한다. 기판의 두께와 비유전율에 대한 변화는 사용 기판의 두께가 두껍고 비유전율이 높을수록 공진은 낮은 주파수에서 발생한다. 본 논문에서는 변수 w, s 들의 설계 파라미터들을 이용하여 최적의 매칭 조건을 갖는 meander line 안테나를 설계하여 그림 6에 결과 파형을 보였다.

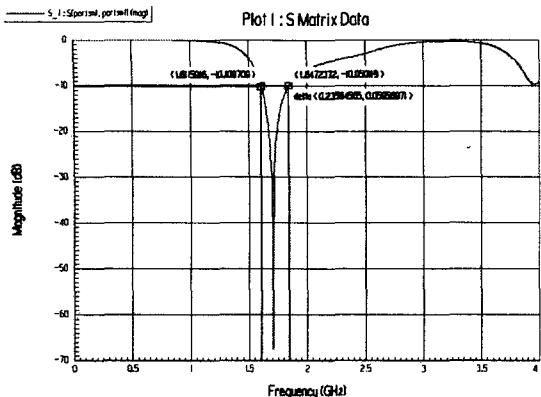
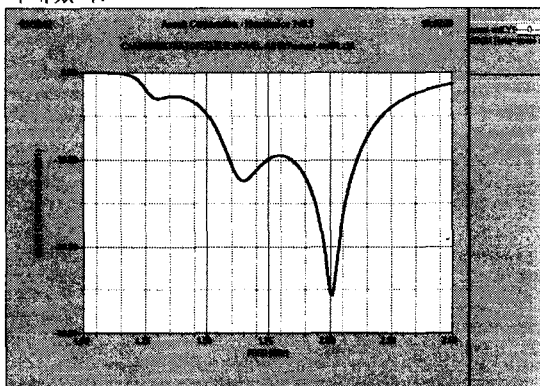
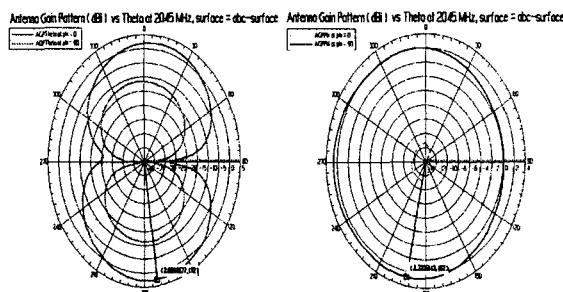


그림 6. 최적의 매칭 조건을 갖는 meander line 안테나 반사손실

HFSS에서 설계된 meander line 안테나와 test board의 s1p, s2p 파일들을 가져다가 Serenade에서 매칭회로를 삽입하여 시뮬레이션 하였다. 매칭 회로를 삽입한 회로 시뮬레이션의 결과 파형을 그림 7에 나타내었다.



(a) GPS대역에서 전계의 phi와 theta



(b) IMT-2000대역에서 전계의 phi와 theta
그림 9. GPS/IMT-2000대역에서의 방사패턴

그림 9에 (a)는 GPS대역에서 전계의 phi와 theta를 보였고 (b)는IMT-2000대역에서 전계의 phi와 theta를 보였다.

4. Diplexer 설계 및 시뮬레이션 특성적용 사례

매칭 회로에 구성된 L, C소자들을 그림 5에 보인 meander line 안테나 내부에 내장 시켜서 단일 칩을 구현하는 것이 최종 목적이다. 구성된 L, C소자들은 각각 단일 칩 형태로 E/M 시뮬레이션을 통해 값을 얻을 수 있었다. 소자값은 GPS대역과 IMT-2000대역의 중간인 1.85GHz에서 구현해야 한다.

본 논문에서는 Diplexe 설계시 GPS(1575.42MHz) 대역과 IMT-2000의 대역을 수용할 수 있도록 고려하였다. Diplexer 특성을 갖기 위해서 차단 주파수 1600MHz를 기준으로 아래대역은 통과시키고 차단 주파수 1850MHz를 기준으로 윗 대역은 통과시킨다. Duplexer처럼 대역통과 여파기를 써서 다른 주파수 대역을 제거할 필요가 없기 때문에 간단한 Diplexer를 이용하였다. E/M 시뮬레이션의 설계에 있어서 각각의 인덕턴스와 캐패시턴스의 연결에서 회로도의 직,병렬 상태와 설계 원칙을 정확히 인식하여 연결 작업상에서 오류가 없도록 주의하여야 한다. 제안된 Diplexer는 4.4×2.2×1(t)mm의 동일한 유전상수 ϵ_r 7.8를 가진다. 설계는 제작에 용이하도록 일본의 무라타사의 설계 원칙을 바탕으로 인덕턴스와 캐패시턴스를 설계하였다.

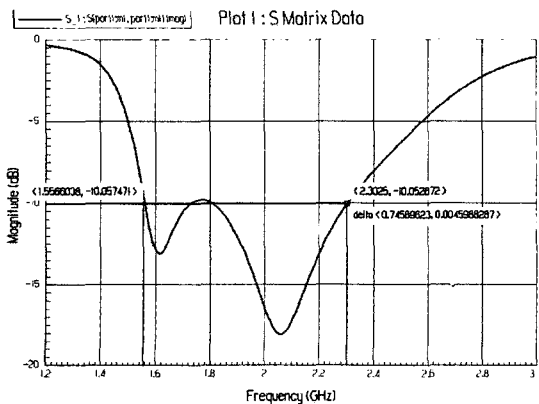


그림 8. 매칭회로를 삽입한 meander line 안테나의 반사 손실

5. 결 론

본 논문에서는 GPS에서 IMT-2000까지 대역을 수용할 수 있는 광대역, 고이득의 내장형 칩 유전체 세라믹 안테나와 Diplexer를 LTCC로 구현하기 위해 설계하였다. meander line을 이용한 내장형 칩 세라믹 안테나에서는 주파수 1550MHz~2075MHz (VSWR 2:1)에서 525MHz(30%)의 대역폭을 가지며 GPS대역에서는 2.13dBi, IMT-2000대역에서는 3.71dBi의 최대 방사이득 특성을 나타낸다. 실제 제작된 안테나의 대역폭이 거의 일치함으로 제안한 설계의 타당성을 증명하였다. 매칭 회로를 삽입한 안테나는 Dual-band 특성과 고이득의 최대 방사이득을 나타낸다.

감쇠 특성을 위해 직렬 공진기를 이용하여 notch를 준 Diplexer는 GPS대역에서 감쇠특성 -20dB, 반사손실 -20dB, 격리특성 -15dB이고 IMT-2000대역에서 감쇠특성 -20dB, 반사손실 -20dB, 격리특성 -16dB인 특성을 갖기 때문에 RF front module에 적용하기에 용이할 것이라 생각된다. Diplexer에서 제안된 소자들은 실제 제작 중이며 특성이나 크기, 성능을 더 향상시킬 수 있도록 계속적인 연구가 필요 하겠다. 현재 이동통신 단말기의 국산화에 기여할 수 있을 것이라 본다.

참 고 문 헌

- [1] A. A. Kishk, M. R. zunoubi and D. Kajfez, "A Numerical Study of a Dielectric Disk Antenna above a Grounded Dielectric Substrate", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, AP-41, pp.812~821, June 1993.
- [2] Raiesh Kumar Mongia, Apisak Ittipiboon, "Theoretical and Experimental Investigations on Rectangular Dielectric Resonator Antennas", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol. 45, no. 9, pp.1348~1356, Sep 1997.
- [3] 이종환, 우종명, "PCS용 표면실장형 칩 유전체 세라믹 안테나 설계", 한국전자파학회논문지, vol. 11, no. 1, pp.55~62, Jan 2000.
- [4] Atef Z. Elsherbeni, Chun-Wen Paul Huang and Charles E. Smith, "Wide Band Meander line Antenna for Wireless Communication Systems", IEEE AP-S, pp.17~20, 2000
- [5] Keisuke Noguchi and Motoo Mizusawa, "Numerical Analysis of the Radiation Characteristics of the Meander Line Antennas Consistig of Two-Strips", AP-S, Digest. vol.3, 1996.
- [6] Shyh-Timg Fang, "A Novel Polarization Antenna for WLAN Applications", Proc. IEEE APS/URSI Inter. Symp. vol. 1, July 200.
- [7] Jung-Ick Moon, Seong-Ook Park, Duck-Jae Lee, Yong-Seong Wang, Chung-Kook Lee "The Design of Small Size and High Gain Chip Ceramic Dielectric Antenna for Bluetooth Application" The Korea Electromagnetic Engineering Society, vol 12, no 6, pp.983~993, Oct 2001

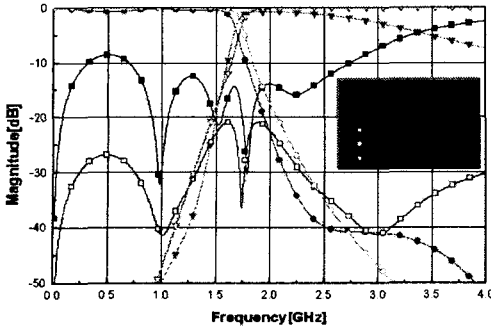


그림 10. 회로 시뮬레이션과 E/M 시뮬레이션 비교

그림 10은 회로 시뮬레이션과 E/M 시뮬레이션의 파형을 비교한 것이다. E/M 시뮬레이션으로 GPS대역에서 감쇠특성 -12dB, 반사손실 -18dB, 격리특성 -15dB이고 IMT-2000대역에서 감쇠특성 -15dB, 반사손실 -15dB, 격리특성 -16dB인 특성을 갖는 것을 볼 수 있었다.

위의 설계에서 제안된 Diplexer는 GPS대역과 IMT-2000대역에서 만족할 만한 감쇠특성을 얻지 못하였다. 이러한 단점을 개선하기 위해서 직렬 공진기를 사용하여 원하는 주파수에 notch를 줌으로써 감쇠특성을 충족하는 Diplexer와 그 결과 파형을 그림 11와 그림 12에 보였다.

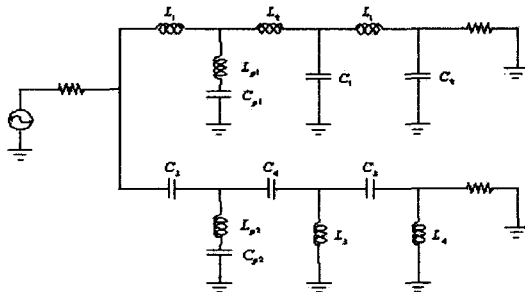


그림 11. Notch를 갖는 Diplexer의 설계도

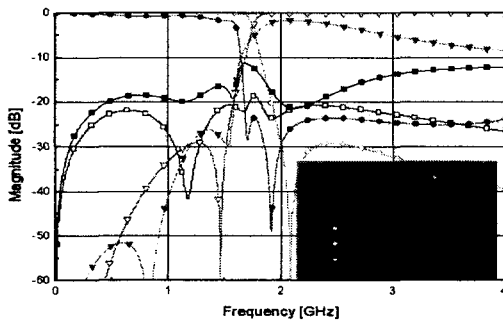


그림 12. notch를 갖는 Diplexer의 회로 시뮬레이션과 E/M 시뮬레이션 비교

그림 12은 notch를 갖는 E/M 시뮬레이션의 파형을 보인 것이다. GPS대역에서 감쇠특성 -21dB, 반사손실 -17dB, 격리특성 -16dB이고 IMT-2000대역에서 감쇠특성 -30dB, 반사손실 -14dB, 격리특성 -15dB인 특성을 갖는 것을 볼 수 있었다.