

휴대용 단말기 내장형 다중 대역 세라믹 칩 안테나 설계

이운도, 김영준, 이상원, 이용기, 정음민, 박영호, 천창을
 서울시립대학교 전자전기 공학부 대학원 RF연구실

Multi-band Ceramic Chip Antennas Design for Portable Phones I

Yoon-Do Lee

RF lab., School of Electronics engineering, University of Seoul

Abstract - 본 논문에서는 세라믹 칩 안테나를 LTCC로 구현하여 다중 대역 특성을 얻는 방법을 제안하고 있다. 휴대용 단말기에 칩 안테나를 내장함으로 물리적 손상을 피하고 위치추적 시스템(GPS) 대역과 단말기 송수신용 대역, 즉 두 대역 이상 사용 가능하고 $\epsilon_r=7.8$ 인 세라믹 칩 안테나를 LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic)공정을 이용하여 세라믹 칩 내부에 정합 회로를 구현하여 이중 대역 특성을 갖는 구조에 대해 논의하고 있다. 안테나의 전체 크기는 16mm X 4mm X 2mm이며 대역폭은 삽입손실 -10dB 기준 대략 1560MHz에서 2160MHz까지 약 600MHz정도이다. 측정은 접지면의 넓이가 50mm X 50mm이고 두께=0.7874mm, $\epsilon_r=4.6$ 인 FR4 기판을 이용하여 측정한다.

크기에 맞추었으며 안테나의 위치는 중앙 상단에 놓음으로서 한쪽에 치우친 것 보다 omni-directional 패턴을 나타낼 수 있을 것으로 예상된다.

소형화를 위해서 meander 라인을 LTCC공정을 이용하여 단층 meander line보다 더 길게 보이게 만드는 구조를 채택하고 세라믹 소자의 윗면과 아랫면에 길이가 다른 두개의 라인을 두고 두 라인 중 하나의 라인을 접지에 연결시켜 두개의 공진 주파수를 만들어 내고 급전부분과 안테나 사이의 세라믹 부분에 정수 소자 정합 회로를 구현하여 정합시킴으로 안테나의 소형화 와 다중 대역 및 광 대역 특성을 얻을 수 있음을 제안한다.

2. 본 론

1. 서 론

현재까지 상용되는 휴대용 단말기에 쓰이는 안테나는 헬리컬과 다이폴 형태로 특히 대부분의 단말기에 쓰이는 헬리컬 형태는 전량 특허료를 내어 사용하고 있는 실정이다. 더욱이 이는 단말기 외부 쪽으로 돌출 되어 있어서 단말기 부품 중 물리적 충격에 쉽게 손상되는 경우가 가장 크다. 그리고 최근 미국에서 단말기 내에 위치 추적 시스템 즉 GPS(Global Positioning System)를 탑재하는 것이 범용화 되고 있어 국내에서도 이에 따를 것으로 예상된다. 국내엔 PCS가 많이 보급되어 있으며 최근에는 IMT2000시장이 확장 추세에 있다. 그러므로 단말기 내에 안테나를 장착하고 GPS 대역과 함께 PCS 그리고 IMT2000대역까지 사용 가능한 안테나의 개발이 필요하게 되었다. 그러나 내장형 소형 안테나의 단점은 좁은 대역 특성과 낮은 방사 특성을 갖는다는 것이다.

LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic)는 최근 들어 각광 받고 있는 적층 형 세라믹 회로 설계 공정을 뜻하고 있으며 여러 층의 회로를 하나의 적층 형 소자로 구현이 가능하다는 점에서 많은 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 GPS와 UPCS부터 IMT2000까지 넓은 대역을 커버하기 위해서는 단일 급전 구조의 안테나만으로는 소형화를 시킬 수 없으므로 meander 라인을 이용하고 거기에 또 LTCC공정으로만 가능한 적층구조를 이용해 정수 소자 정합 회로를 포함시킴으로 다중 대역 특성을 얻을 수 있음을 제안한다.

정합 회로를 써서 구현한 안테나의 방사 패턴은 이득비가 조금 떨어짐을 보일 것으로 예상되나 요구되는 내장형 안테나의 방사이득은 전 방향 평균 -5dBi이상이고 최고 0dBi 정도이므로 이것을 만족하도록 설계해야 하도록 한다. 이것은 물리적으로 안테나 크기에 반비례 하는 방사 특성 때문에 감수해야 하는 부분이다.

안테나의 삽입손실은 하나의 주파수 대역만 쓰지 않고 두 대역 이상에서 만족해야 하므로 소형 안테나의 기준인 -10dB이하 또는 VSWR=2 이하를 대역폭을 결정하는 기준으로 정한다.

접지면의 크기는 50mm X 50mm로 대략 핸드폰 기판의

2.1 다중 대역 칩 안테나 설계 .

GPS(1,575.42MHz±15MHz) 와 Uro-PCS 그리고 IMT2000까지(1,850MHz ~ 2,150MHz)의 다중 대역 칩 안테나를 설계하기 위해 meander 라인을 급전부에서 두 개로 나뉘어 급전 시켜 설계한다. 세라믹 칩 안테나의 유전율은 LTCC공정에 일반적으로 쓰이는 7.8을 택하고 전체 크기는 16mm X 4mm X 2mm 이며 라인 폭은 0.2mm이고 그림.1의 (a)와 같이 칩 상단 부분은 GPS주파수 대역을 위하여 설계 하고 , 아래 부분은 그림.1의 (b)와 같이 Uro-PCS와 IMT2000주파수 대역을 위해 설계 한다.

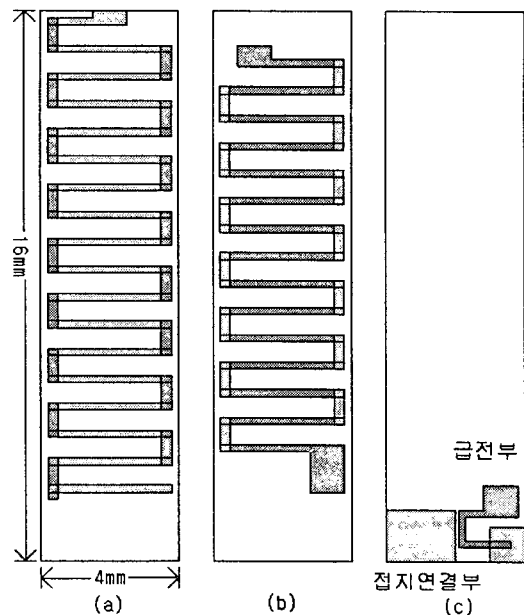


그림.1 안테나의 meander 라인 칩 상단 부분(a), 하단 부분(b), 급전부와 접지연결 부분(c) 의 평면도

그림.1의 (c)와 같이 급전부의 넓이는 1mmX1mm이고 접지 연결 부분의 넓이는 2mmX1.5mm이다.

급전 상단 부분은 0.2mmX3.6mm 라인이 16개 쓰이고, 이것을 더 길게 meandering 시키기 위해 그림.2의 (a)와 같이 via hole을 쓰고 이것의 지름은 130 μ m이고 길이는 5.1mm이고 이것의 연결 부분은 0.3mmX1mm로 되어 있다. 급전 하단 부분도 그림.2의 (b)와 같이 meandering 된다.

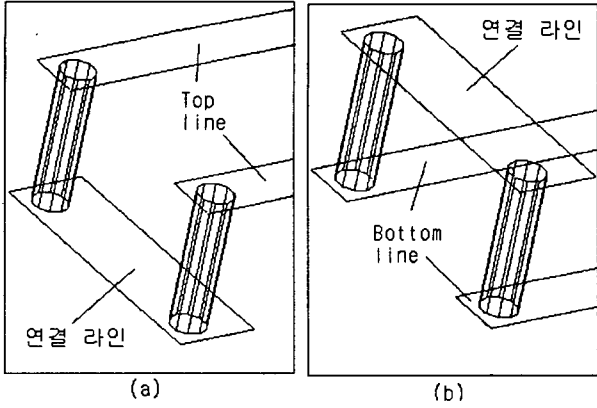


그림.2 Meander 라인을 길게 하기 위한 구조. 상단 부분(a), 하단 부분(b)

그림.3 (a)에서 보듯이 meander 라인이 끝나는 윗부분의 칩의 위 끝 면은 1mmX4mm로 외부를 금속처리한다. 여기서 라인 중간부분을 그림.3 (b)에 표시된 short 부분을 접지 면에 연결시킨다. 상단부의 전기적 길이는 대략 GPS 주파수 1575.42MHz의 $\lambda/2$ 가 되고 칩 하단 부분 역시 Uro-PCS와 IMT2000 주파수 대역의 중간인 2GHz의 $\lambda/2$ 정도가 된다.

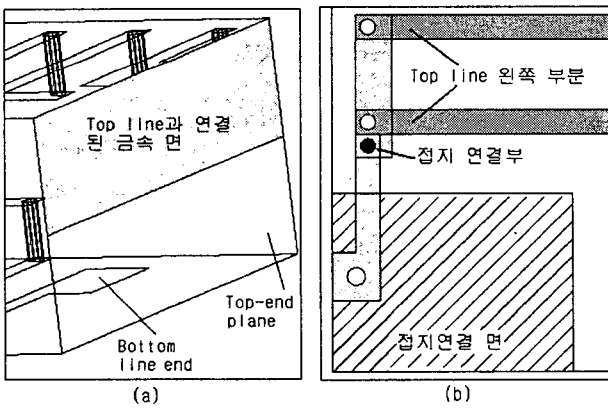
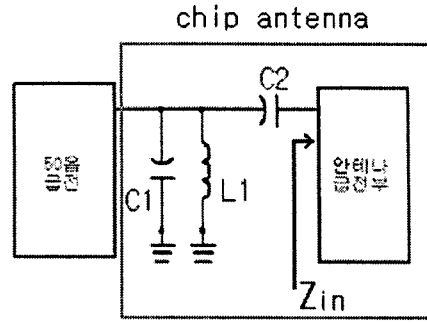


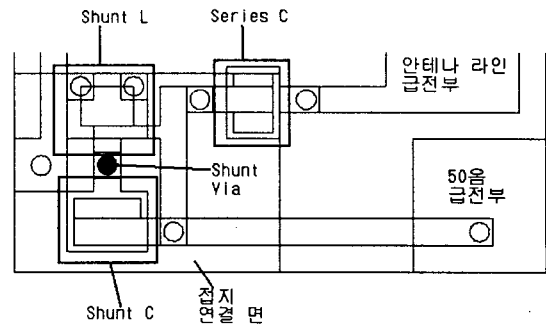
그림.3 (a) 세라믹 칩 끝 부분의 구조, (b) 상단 라인과 접지 연결 부분 구조

여기에 안테나의 정합을 위해서 그림.4의 (a)와 같은 집중 정수 소자 정합회로를 직렬 캐패시터, 병렬 캐패시터와 병렬 인덕터로 구현하여 설계 한다. 정합회로의 위치는 그림.4의 (b)와 같이 칩 안테나의 접지면 연결 부분 위에 LTCC공정에 맞추어 위치시킨다.

그림.5는 안테나 측정을 위해 안테나 전체를 나타낸 것이다. 측정을 위한 기판은 유전율 4.6, 두께 0.7874mm인 FR4기판을 선택 하였다. 접지면의 총 넓이는 50mmX50mm이고 안테나 급전은 50 Ω 마이크로 스트립 라인 구조를 이용한다.



(a) 안테나 정합 회로 단일 정수 소자 등가 모델



(b) 안테나의 정수 소자 정합회로 위치 구조도

그림.4 안테나 정합 회로의 등가 정수 소자 등가 모델과 LTCC 공정을 위한 실제 구조

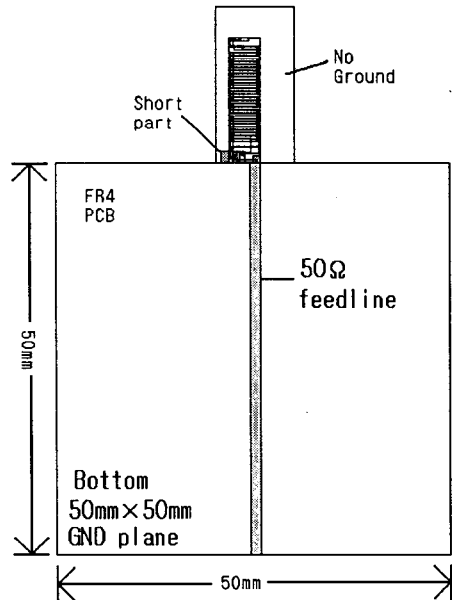


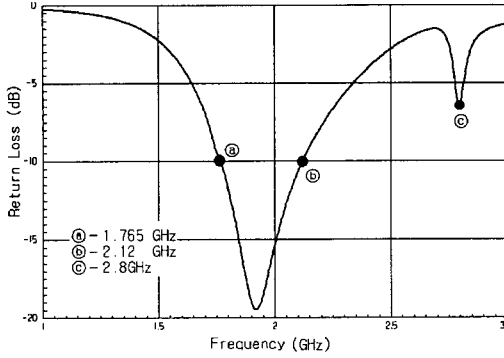
그림.5 측정을 위한 안테나 전체 구조도

2.2 안테나 정합회로 설계 및 모의실험 결과

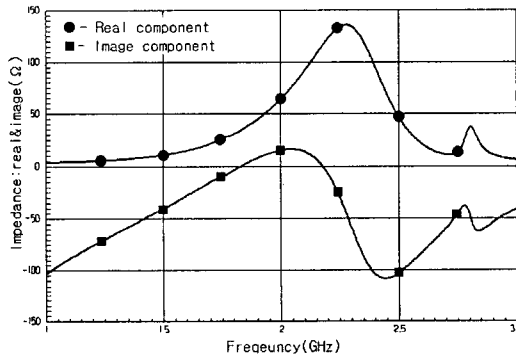
안테나를 해석 및 모의실험을 하기위해서 FEM(Finite Element Method)을 이용한 EM 해석 프로그램을 이용한다.

그림.6은 칩 안테나 상단 라인이 접지 면에 연결 되지

않고 두개의 meander 라인만 급전 시켰을 때의 급전부에서의 삽입 손실과 입력 임피던스 값을 나타낸 것이다. 삽입 손실을 보면 1.76GHz에서 2.12GHz까지 약 350MHz 정도의 주파수 대역 특성을 보이고 2.8GHz에서 -5dB 정도의 특성을 보인다. 그러나 임피던스 부분을 보면 2GHz 정도에서만 공진 주파수가 넓은 대역으로 나오고 원하는 GPS대역에선 허수 값이 음수의 값을 나타내는 것을 볼 수 있다. 안테나의 다중 대역 특성을 얻기엔 두개의 meander 라인만을 가지고선 원하는 GPS대역에서 공진이 생기게 할 수 없음을 나타낸다.



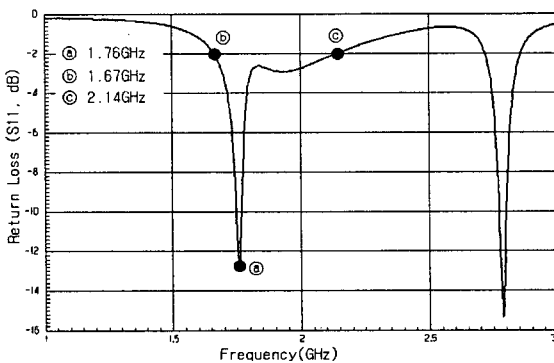
(a) 두개의 meander line만의 안테나 삽입 손실



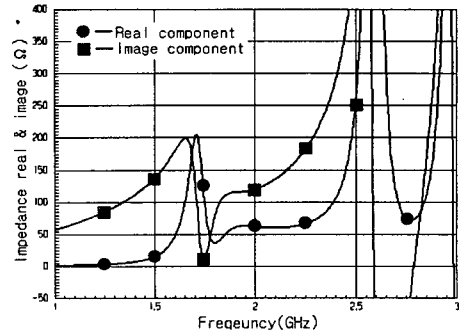
(b) 급전부에서의 입력 임피던스 값

그림 6 두개의 meander 라인이 있는 안테나의 삽입 손실(a)과 급전부에서 바라다 본 임피던스 값(b)

GPS대역에서 공진이 생기도록 낮은 주파수 쪽에 공진을 일으키기 위해 칩 안테나의 상단 부분을 접지 면에 연결시킨 구조를 제안한다. 그림 7은 상단의 meander 라인 부분을 그림 3의 (b)와 같이 접지 면에 연결 모의 실험 하여 급전부에서의 삽입손실과 급전부에서의 입력 임피던스를 나타낸다.



(a) 상단 라인 접지 연결된 안테나 삽입 손실 (S11)



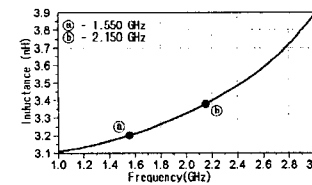
(b) 급전부의 입력 임피던스 값

그림 7 Meander 라인 상단을 접지 면에 연결 시켰을 때 삽입 손실 값과 급전부에서 바라다 본 임피던스

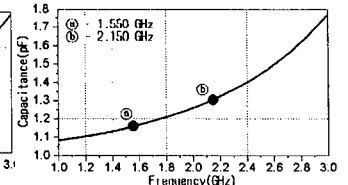
임피던스 성분을 보면 실수 값은 1.7GHz 부분에선 공진이 일어나고 UPCS와 IMT2000대역에서 약 60Ω 정도로 넓게 나오는 것을 볼 수 있고 허수 성분은 GPS부터 IMT2000 주파수 대역까지 양수 값을 갖는 것을 볼 수 있다. 이것은 안테나 자체를 필터이론에서처럼 부하를 바로 정합 시키지 않고 부정합 시킨 후 정합 시켜서 광대역 특성을 얻는 정합 방법을 이용한 것이다. 상단의 라인만을 접지 면에 연결시키면 두 라인이 부정합 되어 안테나 급전부에서의 입력 임피던스도 부정합 된다. 이제 광대역 특성을 얻기 위해서 다시 정합시키기로 한다. 회로 상으로 정합 회로를 값이 하나인 이상적인 정수 소자로 구현하면 그림 4의 (a) 같은 L, C 병렬과 C 직렬 회로가 쓰인다. 이때 그림 7 (a)의 안테나 급전 부분의 삽입손실 값을 회로 모의실험상의 회로에 옮겨 L과 C를 이용해 정합 시켰을 때 구한 최적화된 이상적인 단일 L, C값은 다음과 같다.

$$L1=9.8 \text{ nH} : C1=0.46 \text{ pF} : C2=0.6 \text{ pF}$$

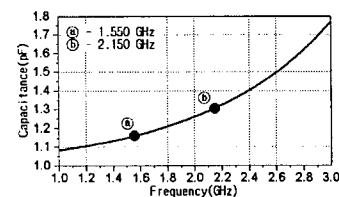
이상적인 L, C정합회로를 이용하여 구한 안테나의 삽입 손실 값은 실제 EM 모의실험 결과와 비교하기 위해 그림 9에 점선으로 표시 한다. GPS 대역에서 1,550MHz에서 1,625MHz까지 75MHz 정도의 주파수 대역폭을 나타내었고, Uro-PCS와 IMT2000 대역에서 1,840MHz에서 2,190MHz까지 350MHz 정도의 대역폭을 나타낸다. 그러나 실제로 안테나에 정합회로로 들어가는 L,C값은 주파수에 따라 조금 다른 값을 갖으며 서로 간에 커플링과 안테나와의 커플링 그리고 기생 성분들 때문에 단일 소자로 추출 한 대로 이 값을 넣어서 모의실험 한 결과 회로 상에서 나온 이상적인 소자로 정합한 결과와는 다른 값을 갖게 된다.



(a) Shunt L(L1) 값



(b) Shunt C(C1) 값



(c) Series C(C2) 값

| 회로모델값 | 구현값 |
|-----------|--------|
| L1 9.8nH | 3,3nH |
| C1 0.46pF | 1.7pF |
| C2 0.6pF | 1.25pF |

(d) 비교 표

그림 8 실제 칩 안테나에 정합된 L,C 정수 소자들의 개별적인 값과 단일 정수 소자와의 비교 표

실제 정합회로를 칩 안테나 안에 구현 시에는 서로간의 커플링으로 인해서 C값은 커지는 편이고, 병렬 L값 또한 커플링과 여러 가지 이유로 인해 커지는 효과를 보인다. 그림.8은 실제 구현되는 L과 C값을 칩 안테나에 들어가는 접지면의 크기에 맞추어 모의실험을 통해 추출한 L, C값을 주파수에 따라서 나타낸 그래프이다. 주파수에 따라서 값이 올라가는 특성을 보이는 것을 볼 수 있고 그림.8의 (d)의 표에서 회로 상에서는 병렬 L값은 9.8nH이지만 EM 모의실험에 들어간 병렬 L값은 약 3.3nH이고, 병렬 C값은 회로 상으로는 0.46pF이지만 구현된 값은 약 1.7pF이고 직렬 C값 또한 0.6pF에서 약 1.25pF 정도로 EM 모의실험 정합을 위해서 구현 된다. 회로 모의실험 하여 나온 삽입 손실과 실제 정합회로의 소자 값을 안테나와 같이 구현하여 최종적으로 EM 모의 실험한 결과를 비교 한 것은 그림.9에 비교하고 있다. 회로 상에서 정합 시킨 모델과 비교 하면 원하는 대역에서 비슷한 특성을 보이는 것을 볼 수 있다.

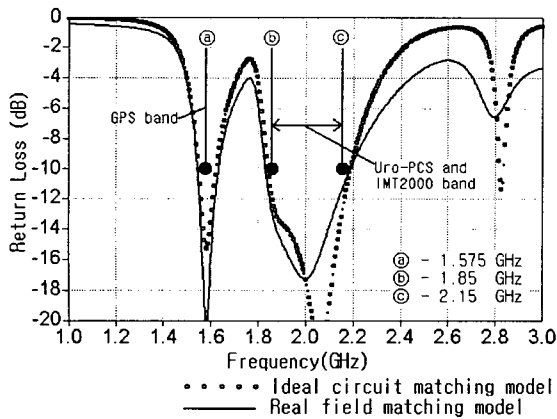


그림.9 최종적으로 정합한 칩 안테나의 EM 모의 실험한 삽입 손실과 회로 정합 모델의 삽입손실 값

연구 과정에서 EM 모의실험에서 원하는 특성을 얻기 위해서 회로 정합 모델에서 추출한 L, C값을 파라미터로 정하여 모의실험을 하여 그림.10에서처럼 최종적인 특성을 갖도록 하였다. 회로 정합 모델 값과 EM 모의 실험으로 구한 정수 소자 값이 다르지만 회로상의 정합 모델을 통해 실제 구조의 정합 회로 구조의 가능성을 예상 할 수 있고, 실제 정합 회로 구조의 분포 정수 소자를 구현 하는데 기준이 된다. GPS주파수 대역에서 1,545MHz에서 1,635MHz까지 70MHz정도 대역폭을 갖고 UPCS와 IMT2000주파수 대역에서는 1,830MHz에서 2,180MHz까지 대략 350MHz의 대역폭을 갖는다. 이 결과로 요구 하는 대역폭에 만족 하는 것을 볼 수 있다.

안테나 요소로 작용 되는 라인 전체의 전기적 길이가 더해진 정합 회로의 안테나 요소로 작용 되는 부분만큼 길어지기 때문에 실제 공진 주파수가 그림.8의 (a)와 같이 정합회로를 넣기 전에 1.7GHz에서 생기는 공진 점이 그림.10에서처럼 1.575GHz로 낮아지는 특성을 보임을 알 수 있다. 그러므로 설계 초기에 17mm×4mm×2mm 인 칩 안테나 크기를 16mm×4mm×2mm로 하여 1mm 더 줄일 수 있는 것을 알 수 있다.

그림.10은 GPS주파수 대역의 중앙 주파수인 1,575MHz의 방사 패턴과 Uro-PCS와 IMT2000 주파수 대역의 중앙 주파수인 2000MHz에서 EM모의 실험한 방사 패턴을 나타내고 있다. 두 방사 패턴 모두 요구치인 최대 0dBi이상과 Azimuth 각에서 평 편도(flatness) 3dB이내를 만족하는 omni-directional 한 linear polarization 패턴을 보임을 알 수 있다. 안테나를 정수 소자 정합회로를 삽입하여도 방사 패턴이 원하는 값에 만족함을 보여주고 있다.

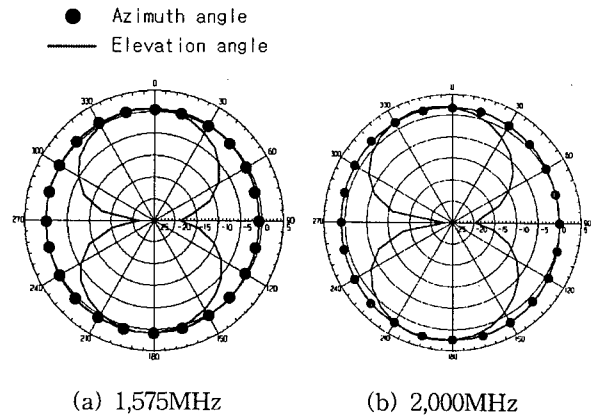


그림.10 두 주파수에서 모의 실험한 안테나 방사 패턴

2.3 제작 및 측정 결과

칩 안테나의 제작은 유전율은 7.8이고 한 층의 두께가 42.5um LTCC공정으로 제작 한다. 측정은 그림.5와 같이 FR4 기판을 이용한다. 접지면의 넓이는 50mm×50mm로 한다.

LTCC공정은 전체 소요 시간이 많이 걸리고 적층 구조의 공정 기술 이므로 전문 제작 회사에서 제작 공정을 한다. 그런데 제작회사의 사정 상 칩 안테나 제작을 하지 못하였다. 그러므로 측정 결과는 향후 과제로 남겨 놓기로 한다.

3. 결 론

본 논문에서는 LTCC공정으로 내장형 칩 안테나에서 소형화와 다중 주파수 대역을 얻을 수 있는 방법을 포함 하고 있다. 이를 위해서 Meander 라인을 칩 안테나에 두개를 상하에 급전 시키고 상단의 라인을 접지면에 연결 후 칩 안테나 자체에 정수 소자 정합회로를 LTCC로 내장하여 GPS 주파수 대역과 Uro-PCS부터 IMT2000 주파수 대역 까지 수신 가능한 안테나를 설계 하고 있다. 본 논문의 내용은 LTCC공정을 이용한 소형 안테나에서 정수 소자 정합 회로를 이용하여 다중 또는 광 대역 주파수 특성을 얻어내는데 유용할 것이다. LTCC공정 제작사의 사정상 제작시기가 늦어 본 논문에 측정 결과를 보고 하지 못하고 향후 과제로 남겨지게 되어 매우 유감이다.

[참 고 문 헌]

[1] Sangman Moon, 'Folded meander line and multilayered dielectric chip antenna for surface mount', Microwave Conference, 2001. APMC 2001. 2001 Asia-Pacific, vol.2, pp 472 -475, 2001
 [2] Noguchi, K.; Yasui, N.; Mizusawa, M.; Betsudan, S.-I.; Katagi, T., 'Increasing the bandwidth of a two-strip meander-line antenna mounted on a conducting box', Antennas and Propagation Society, 2001 IEEE International Sym , vol.4, pp.112 -115, 2001
 [3] Sim, S.H.; Kang, C.Y.; Yoon, S.J.; Yoon, Y.J.; Kim, H.J. 'Broadband multilayer ceramic chip antenna for handsets', Electron. Lett., vol. 38, 5, pp. 205-207, 28 Feb. 2002
 [4] Moon, J.I. and Pack, S.O.: 'Dielectric resonator antenna for dual-band PCS/IMT2000', Electron, Lett., vol.36, pp1002-1003, 2000