

안테나를 집적한 FEM에 대한 연구

Study of FEM with integrated antenna

김준규*, 강성원, 천창을

(Jun-Kyu Kim, Sung-Won Kang and Chang-Yul Cheon)

Abstract : 본 논문에서는 안테나와 미국 PCS대역(1.85GHz ~ 1.99GHz) FEM(Front End Module)을 결합하여 하나의 패키지로 구현하는 것을 연구하였다. FEM의 크기를 고려하여 안테나의 크기를 작게 만들고 단말기에 내장하기 위해 PIFA(Planar Inverted F Antenna)형식의 안테나를 선택하였다. 안테나의 지지를 위해 비유전율 2의 캐리어를 사용하였고, 안테나와 FEM간의 상호 간섭을 막기 위해 도체로 차폐시켰다. 유한요소법(Finite Element Method)로 모의 실험을 하여 안테나를 설계하고 실제 제작하여 모의 실험결과와 비교하였다. 제작한 안테나를 FEM과 결합, 기판을 제작하여 FEM의 이득을 측정하였다.

Keywords: antenna, FEM, PIFA, PCS

I. 서론

현재의 개인 휴대 통신 기술의 발전은 매우 급속히 이루어지고 있다. 휴대 전화 사용자들은 보다 다양하고 편리한 서비스를 요구하고 있고, 이러한 요구에 맞춰 빠르게 기술이 발전하고 있다. 새로운 서비스를 제공하기 위해서는 기존에 없던 부품들이 추가될 것이고, 그만큼 단말기의 크기가 커질 것이다. 그러나 소비자들은 큰 단말기를 원하지 않는다. 그러므로 여러 서비스를 제공하면서 크기는 작은 단말기 개발이 필요하게 되었다. 이를 위한 방법 중 하나로 기존 부품의 공간을 줄여 새로 추가될 부품의 공간을 확보하는 방법이 있는데, 최근 들어 한정된 크기의 단말기 내부를 보다 효율적으로 사용할 수 있는 SOP(System On Package) 즉, 시스템을 하나의 패키지로 구현하는 방법이 관심 받고 있다 [3]. SOP는 여러 가지 공정으로 제작한 각각의 소자들을 패키지화하므로 시스템의 복잡화가 실현 가능하다. SOP는 앞으로 휴대 단말기뿐 아니라 휴대용 오디오 기기, PDA, 디지털 카메라 등의 많은 분야에서 응용될 것이다. 본 논문에서의 SOP는 FEM(Front End Module)과 안테나를 결합하여 하나의 패키지로 구현하였다. 여기서 FEM은 그림 1 (b)에서와 같이 안테나로 송수신하기 위한 여러 가지 RF 소자들을 포함하는 모듈로서 필터, 전력증폭기, 커플러, 전력검파기, 듀플렉서 등의

1 (a)는 FEM의 사진을 나타낸 것으로 몰딩하기 전의 모습이다. FEM을 이용해 단말기를 제작하면 부품 차지 면적을 30% 이상 줄일 수 있어 단말기 내부가 단순해지고, 단말기 회로 설계의 효율성이 올라가 단말기 개발 기간을 단축시킬 수 있다. 이런 FEM과 안테나를 결합하는 SOP는 다수의 부품을 한번에 조립하는 효과가 있어 제조효율이 좋아진다.

제작된 FEM의 크기는 가로, 세로, 높이가 5mm X 8mm X 1.5mm 이고, 사용하는 주파수 대역은 미국 PCS 대역인 1.85GHz~1.99 GHz(대역폭 140MHz)이다.

최근 개인 휴대 단말기용 안테나로 단말기 내부에 장착하는 형태의 내장형 안테나(Intenna)가 주를 이루고 있다. 상용화되고 있는 내장형 안테나들은 주로 PIFA(Planar Inverted F Antenna)구조를 사용하고 있다[1] [2]. PIFA는 안테나의 높이과 길이를 줄일 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 FEM과 적절히 연결할 수 있고, 인테나 구현이 가능한 PIFA구조를 이용하여 안테나를 설계하였고 안테나의 지지와 FEM의 부착을 위해 비유전율이 2인 캐리어를 사용하였다. 두 소자들간의 커플링을 없애기 위해 안테나와 FEM사이를 완전 도체(PEC)로 차폐시키는 방법을 이용하였다. 제작된 안테나의 크기는 가로, 세로, 높이가 19mm X 10mm X 6mm 이고 급전 방법은 cpw(coplanar waveguide)를 이용하였다. 측정 기판은 가로, 세로가 40mm X 80mm 이고 비유전율 10, 기판 두께는 0.65mm 인 CER-10 기판을 사용하였다.

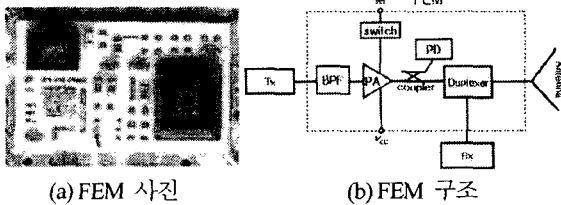


그림 1. FEM의 사진과 구조

Fig. 1. Picture and structure of FEM

안테나 앞 단의 소자들을 하나의 모듈로 만든 것이다. 그림

김준규 : 서울시립대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학부 석사과정

강성원 : 서울시립대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학부 석사과정

천창을 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수

(jk99@uos.ac.kr, weathemap@naver.com, changyul@uos.ac.kr)

II. 안테나 설계 및 모의실험

평판 역 F 안테나를 이용하여 PCS 대역 안테나를 설계할 것이다. 상용화 되고 있는 휴대 단말기의 평판 역 F 안테나는 캐리어 위에 안테나 요소를 구현한 형태를 이용하고 있다. 캐리어는 안테나의 지지를 목적으로 사용하고 또한 안테나를 부품화하여 간편하게 단말기에 조립할 수 있게 한다. 비유전율이 높으면 안테나의 소형화에는 좋지만 방사 효율이 좋지 않고 대역이 좁아지므로 캐리어는 보통 비유전율이 2 정도의 낮은 물질을 사용하여 안테나의 성능에 큰 영향을 미치지 않게 한다. 본 논문에서도 이와 같은 방식으로 캐리어를 이용한 구조를 선택하였다.

모의실험을 통하여 안테나를 설계하였다. 모의실험은 유한

요소기법(FEM)을 이용한 상용 해석 프로그램인 Ansoft사의 HFSS 9.2를 사용하였다. 안테나의 구조와 크기는 그림 2에 나타낸 것과 같다.

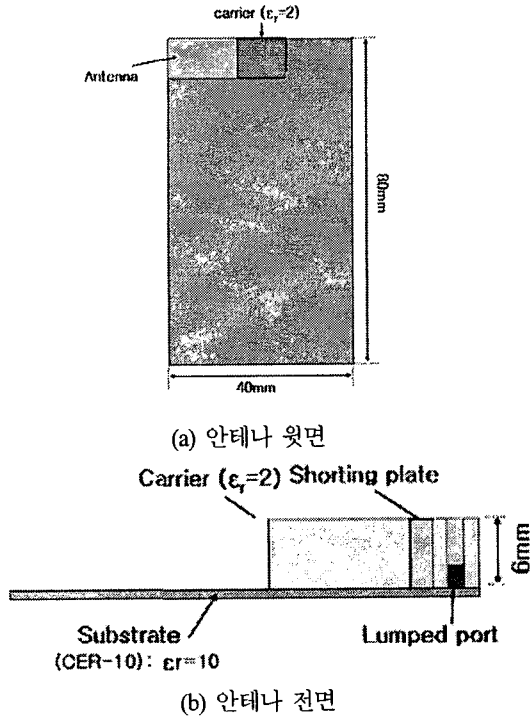


그림 2. 평판 역 F 안테나의 구조와 크기
Fig. 2. Dimension and structure of planar inverted F antenna

전체 기판의 크기는 일반적 단말기의 크기와 비슷한 가로, 세로 80mm X 40mm로 비유전율이 10이고 두께가 0.65인 CER-10 기판을 사용하였다. FEM과 안테나를 단말기에 내장하기 위해서는 높이가 낮아야 하므로 안테나의 높이는 6mm로 제한을 두었다. 급전은 HFSS 9.2가 제공하는 50Ω lumped 포트를 사용하였다. 급전 라인의 폭은 0.6mm이고 shunting plate의 폭은 5mm로 하였다. 안테나 요소는 그림 2(a)와 같이 사각형 패치 형태로 구현하였다.

안테나의 크기는 식(1)로부터 구할 수 있다 [4].

$$f_c \cong \frac{c}{4\sqrt{\epsilon_r}(L+W)} \quad (1)$$

여기서 f_c 는 공진 주파수, ϵ_r 은 유전체 캐리어의 비유전율, c 는 빛의 속도, L 과 W 는 안테나의 가로, 세로 길이를 나타낸다.

원하는 공진 주파수는 미국 PCS 대역의 중심 주파수인 1.9GHz 이고 캐리어의 비유전율은 약 2이므로 식(2)와 같이 안테나의 길이를 구할 수 있다.

$$(L+W) \cong \frac{c}{4\sqrt{\epsilon_r}f_c} \cong \frac{3 \times 10^8}{4\sqrt{2} \times 1.9 \times 10^9} \cong 27.9 \times 10^{-3} \quad (2)$$

위 식을 통해 대략적인 안테나의 크기를 정할 수 있다.

우선 모의 실험을 통해 안테나의 적절한 급전 위치를 찾았다. 안테나 끝 부분과 급전부까지의 거리를 d 라 하고 값을 바꿔가며 모의실험을 하였다.

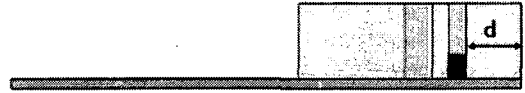


그림 3. 모의실험 변화 요소
Fig. 3. variation factor of simulation

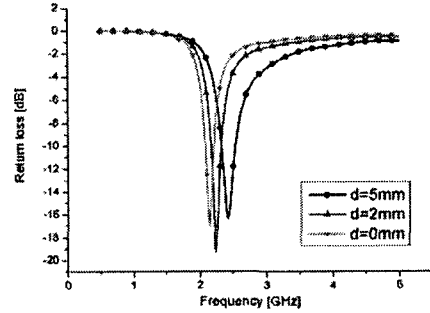


그림 4. d의 변화에 따른 반사손실 (모의실험)
Fig. 4. Return loss by changing d (simulation)

그림 4는 d의 변화에 따른 반사손실을 나타낸다. 이로부터 안테나의 급전부가 가장자리로 갈수록 공진 주파수가 낮아진다는 것을 알 수 있다.

다음으로 급전부와 shunting plate와의 거리를 바꿔가며 모의실험을 하였다. 그 결과는 그림 5와 같다.

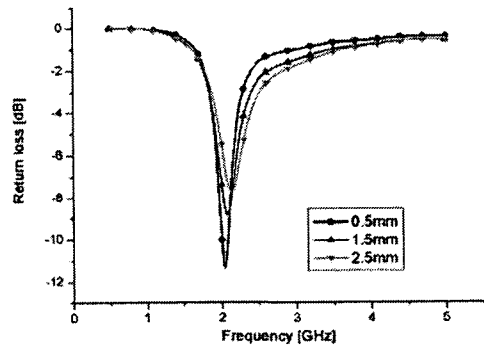


그림 5. Shunting plate와 급전부의 거리변화
Fig. 5. Variation of distance from shunting plate to feeding point

위의 결과로부터 shunting plate와 급전부의 거리가 가까울수록 공진 주파수를 낮출 수 있다는 것을 알 수 있다. 지금까지의 모의실험 결과를 통해 안테나의 크기와 shunting plate 및 급전의 적절한 위치를 정하였다. 이를 바탕으로 안테나를 제작하였다.

III. 안테나와 FEM의 결합 및 모의실험

안테나와 FEM간의 결합에 있어 중요한 점은 상호간의 커플링이 생기지 않게 하여야 하는 것이다. 상호간의 커플링이 일어나면 서로의 성능의 영향을 줄 수 있기 때문이다. 특히 FEM에는 많은 열을 발생하는 전력증폭기 등의 부품들이 있기 때문에 최대한 차폐시켜야 한다.

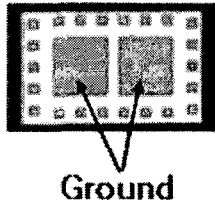


그림 6. FEM의 밑면
Fig. 6. Bottom plane of FEM

그림 6은 FEM의 밑면 사진이다. FEM의 밑면은 그라운드 가 있으므로 연결할 때 이를 고려해야 한다.

이런 사항들을 고려하여 안테나와 FEM을 연결하여 하나의 패키지로 구현하였다. 그림 7은 패키지의 옆 단면을 나타낸 것이다. 캐리어의 밑부분을 FEM 크기에 맞게 제거하고 그 밑에 FEM을 부착하였다. 안테나와 FEM간의 차폐를 위해 FEM 부분을 완전 도체를 추가하였다.

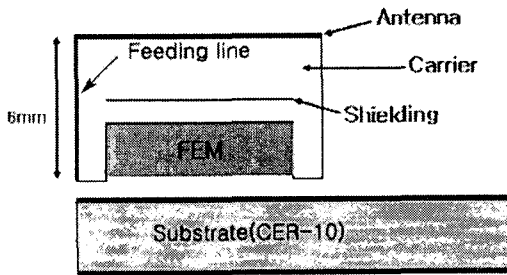


그림 7. SOP의 단면
Fig. 7. Cross section of the SOP

해석의 간편화와 FEM과 안테나의 차폐 특성을 알아보기 위해 FEM의 공간을 완전도체로 하여 모의실험을 하였다. FEM의 출력 라인으로부터 안테나 급전이 이루어지므로 같은 조건에서의 모의실험을 위해 HFSS가 제공하는 lumped port를 사용하였다. 안테나의 크기는 19mm X 10mm 이다.

그림 8은 FEM이 있을 때와 없을 때 모의실험 결과를 비교한 것이다. FEM이 없을 때보다 공진 주파수는 약간 높아 졌지만 안테나의 반사손실 특성에는 별 영향이 없는 것을 알 수 있다. 중심 주파수 1.91GHz에서 VSWR 1 : 2 기준 210MHz(1.81GHz~2.02GHz)의 대역폭을 얻었다.

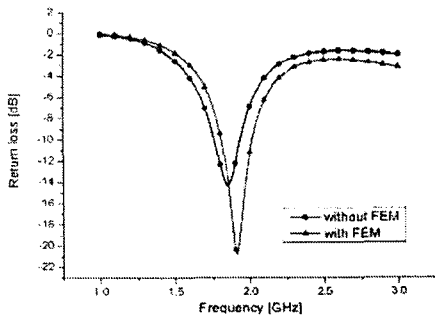


그림 8. FEM 유무에 따른 반사손실
Fig. 8. Return loss by presence of FEM

IV. 제작 및 측정

그림 9는 제작된 기판에 FEM을 올리고 캐리어는 부착하지 않은 상태를 나타낸다.

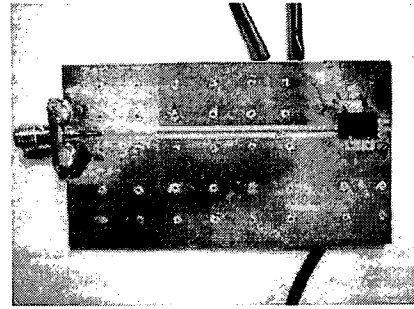


그림 9. 제작된 기판 사진
Fig. 9. Picture of manufactured substrate

급전은 신호 라인은 0.6mm, 신호 라인과 그라운드 사이의 간격은 1mm 인 cpw를 사용하였다. 기판은 유전율 10이고 두께가 0.65mm인 CER-10 기판을 사용하였다.

먼저 FEM에 맞게 안테나를 설계하기 위해 FEM의 Load pull test를 하였다. 그림 10은 각각 1.85GHz, 1.88GHz, 1.91GHz에서의 Load pull test 결과를 나타낸다.

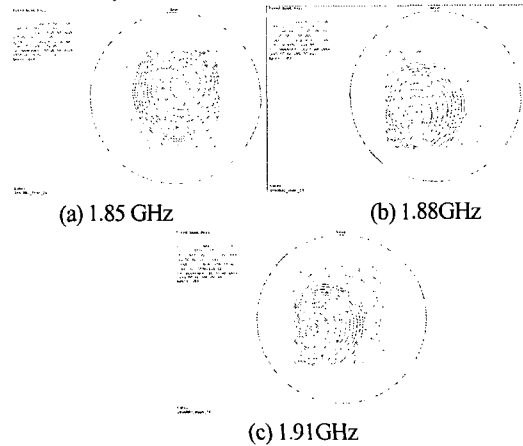


그림 10. FEM의 load pull test 결과
Fig. 10. Load pull test of FEM

이 load pull test 결과를 참고하여 FEM이 최대 이득을 가지면서 최대 효율로 동작할 수 있도록 안테나를 정합시켰다. 그림 11은 위 사항을 고려하여 만든 안테나의 사진이다.

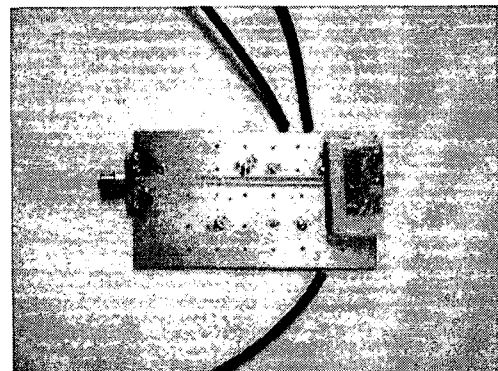


그림 11. 제작된 안테나 사진
Fig. 11. Picture of manufactured antenna

제작된 안테나는 가로, 세로, 높이가 각각 19mm X 10mm X 6mm 이고 급전부의 폭은 0.6mm, shorting plate의 폭은 6mm 이다.

그림 12는 위 안테나 특성을 스미스 차트로 나타낸 것이다.

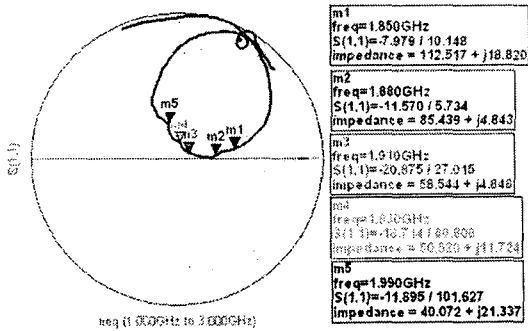


그림 12. 제작된 안테나 특성
Fig. 12. Characteristic of manufactured antenna

1.85GHz에서는 VSWR 1 : 2 기준에서 보면 미흡한 결과지만 FEM의 load pull test와 비교했을 때 높은 효율로 FEM이 동작할 수 있으므로 FEM과 안테나의 임피던스 정합이 제대로 되었음을 알 수 있다.

표 1에 안테나의 평균 이득을 정리하였다.

표 1. 제작된 안테나의 평균 이득

Table 1. Average gain of manufactured antenna

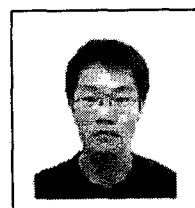
주파수 (GHz)	Rx			Tx		
	1.85	1.88	1.91	1.93	1.96	1.99
평균 이득 (dBi)	-3.01	-3.78	-2.61	-2.03	-1.58	-3.03

다음은 기관에 FEM을 올린 후 DC Bias를 넣어주고 FEM의 이득을 측정하였다. 측정은 LS전선 안테나팀의 전파 무반향실에서 이루어졌다.



김 준 규

2006년 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 졸업. 2006년~현재 서울시립대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학부 석사과정 재학중. 관심분야는 RF시스템, 안테나.



강 성 원

2006년 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 졸업. 2006년~현재 서울시립대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학부 석사과정 재학중. 관심분야는 RF시스템, EMI/EMC.



천 창 울

1983년 서울대학교 전기공학(공학사). 1985년 서울대학교 전기공학(공학석사). 1992년 The University of Michigan, Ann Arbor 전자공학(공학박사). 1992년~1995년 강원대학교 조교수. 1995년~현재 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수.

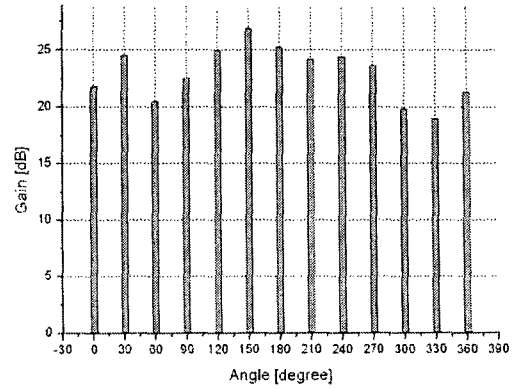


그림 13. FEM의 이득
Fig. 13. Gain of FEM

안테나를 0도에서 360도까지 30도 간격으로 한 바퀴 돌려가면서 측정을 하였다. 300도와 330도에서 20 dB이하의 값이 나오는 것을 알 수 있으나 대부분 약 20 dB 이상의 이득이 나오는 것을 확인하였다.

VI. 결론

본 논문에서는 US PCS 대역의 FEM과 결합하여 SOP구현을 위한 평판 역 F 안테나를 설계하고 측정하였다. 안테나의 지지를 위해 비유전율 2인 캐리어를 사용하였고 FEM과 안테나 상호간의 특성에 영향을 미치지 않게 하기 위해 안테나와 FEM을 완전도체로 차폐시켰다.

모의실험을 통해 급전부와 shorting plate 위치와 안테나의 크기를 결정하고 FEM의 load pull test 값과 비교하여 원하는 사양을 만족하는 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나의 크기는 가로, 세로, 높이 19mm X 10mm X 6mm 이다. 이득패턴도 수평방향에서 무지향성을 보였으며 평균 이득 -4dBi 이상을 만족하였다. 제작된 안테나와 FEM을 결합하여 0도에서 360도까지 30도 간격으로 안테나를 돌려가며 FEM의 이득을 측정하였고 20dB 이상의 이득이 나오는 것을 확인하였다.

참고문헌

- [1] K. Fujimoto et al, "Small Antennas", Reseach Studies Press Ltd.,1987
- [2] Rowell, C.R, and Murch, R.D., "A capacitively loaded PIFA for compact mobile telephone hansets", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 1997
- [3] Steven Brebels, "SOP Integration and Codesign of Antennas", *IEEE Transaction on advanced packaging.*, 2004
- [4] Kin-Lu Wong, "Planar Antennas for Wireless Communications", *Jhon Wiley & Sons Inc.*, 2003