

반사 손실 합성법을 이용한 GSM900/DCS1800/PCS1900 내장형 안테나 설계

Internal Antenna Design for GSM900/DCS1800/PCS1900 Using an Overlap of Return Loss

장 병 찬 · 김 채 영

Byungchan Jang · Cheyoung Kim

요 약

본 논문은 GSM900, DCS1800, PCS1900 대역을 동시에 만족시킬 수 있는 삼중 대역 안테나 설계에 관한 연구이다. 제안된 구조는 소형화와 견고성을 위해 유전체 위에 2개의 금속 가지를 접어서 만든 형태이다. 금속 가지의 길이를 조정하여 반사 손실을 합성시켜서 광대역을 구현하였다. 안테나의 반사 손실은 모의 실험을 통해 구하였으며, 이를 측정값과 비교하였다. 모의 실험은 상용 툴인 Ansoft사의 HFSS 9를 사용하였고, 수치 비교 결과, 원하는 주파수 대역에서 -10 [dB] 이하의 반사 손실을 얻었다. 또한, 안테나의 이득과 복사 패턴을 원거리장 측정 시스템을 사용하여 전파 무반사실에서 측정하였다. 측정 결과 최대 이득은 3.0 [dBi], 평균 이득은 -1.0 [dBi] 이상의 양호한 특성을 보였으며, 대역 내 2개의 주파수의 복사 패턴은 서로 유사하였다.

Abstract

This paper proposes the design scheme of internal triple band antenna intended for using in GSM900, DCS1800, and PCS1900 bands. The suggested folding metal plates of the two branches are mounted on a dielectric coated ground plane for size miniaturization and durability. Return losses are overlapped when length of metal branches are controlled. This is important technique for wide band operation. For the suggested antenna geometry its return loss was calculated by HFSS 9 simulator, and was shown to be -10 [dB] less within the required band. Also, gain and radiation pattern of antenna were measured using far field measurement system in an anechoic chamber. The measured peak gain is more than 3.0 [dBi], and the average gain is over -1.0 [dBi] for the triple band, which is regarded as satisfactory for the internal antenna application. Also, the radiation pattern for two frequencies shows a similar shape each other within the required band.

Key words : Internal Triple Band Antenna, Return Loss, GSM900, DCS1800, PCS1900

I. 서 론

무선 통신 기술의 급속한 발전으로 휴대전화(Cellular, PCS, IMT-2000) 서비스가 활성화 되었고, 최근 들어 노트북 컴퓨터와 개인 휴대용 정보 단말기(PDA) 등 이동이 자유로운 컴퓨터 사용의 증가와

은 전송 속도에 대한 요구로 인해 무선 랜(wireless-LAN) 등에 대한 관심도가 높아가고 있다. 특히 이동성이 중시되고 있는 이동 통신 시스템에 사용될 수 있는 안테나는 크기가 매우 작고 부착하기 쉬워야 하고, 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있도록 광대역 특성을 가져야 한다. 그러나 외부로 돌출되어 있

「이 논문은 BK21에서 지원하였음.」

경북대학교 전자전기컴퓨터학부(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

· 논문 번호 : 20070123-010

· 수정완료일자 : 2007년 5월 8일

는 전형적인 이동 통신 단말기 안테나는 휴대성과 견고성에서 단점을 가지고 있다. 이에 대한 대안으로서 내장형 안테나의 연구가 진행되고 있으며, 일부는 상용화 되어 있다.

이동 통신 단말기 내장형 안테나에 적합한 형태로는 세라믹 칩 안테나, 평면 역 F형 안테나 및 평면형 모노폴 안테나 등이 있다. 유전율이 높은 세라믹을 이용한 칩 안테나는 소형화의 장점이 있지만, 충격에 약하고 제작 비용이 높고 제작이 완료된 이후에 칩상의 패턴을 조절하는 것이 쉽지 않다. 또한, 높은 유전율에 의한 협대역 특성을 갖는 단점이 있다. 평면 역 F형 안테나는 소형·경량이면서 제작이 쉽고, 안테나 특성이 우수하나 안테나의 높이가 낮아질수록 커패시턴스의 성분이 감소해 대역폭이 좁아지는 특성이 있기 때문에, 안테나의 높이를 줄이는 경우, 협소한 대역폭을 갖는 단점이 있다. 광대역 또는 이중대역에서 동작하는 평면형 모노폴 안테나는 전체적으로 안테나의 크기가 큰 단점이 있다. 따라서 안테나의 크기를 줄이기 위해 단락핀을 사용하는 방법, 매우 높은 유전율을 갖는 기판을 사용하는 방법, 적층하는 방법 그리고 구조를 변형시키는 방법 등이 사용되고 있다^[1].

본 논문의 안테나는 유럽에서 사용하고 있는 GSM-900(880.2~959.8 [MHz]), DCS1800(1,710.2~1,879.8 [MHz]), PCS1900(1,850.2~1,984.8 [MHz])대역을 만족하는 삼중 대역용 내장형 안테나이다. 본 구조는 소형화와 견고성을 위해 유전체 박스 위에 금속판을 접어서 만든 형태이며^{[2],[3]}, 반사 손실 합성법을 이용한 새로운 설계방법이 적용되었다. 안테나의 설계는 상용 툴인 Ansoft사의 HFSS 9를 이용하였으며, 수치 해석 결과 원하는 주파수 대역에서 -10 [dB] 이하의 양호한 반사 손실 특성을 나타내었다.

본론에서는 광대역을 구현하기 위한 반사 손실 합성법 및 설계 방법을 제시하였으며, 안테나 중요 특성인 반사 손실, 이득, 복사 패턴을 모의 실험 및 측정을 통해 보였다.

II. 본 론

2-1 안테나 구조 및 원리

그림 1은 제안된 안테나의 기본 구조이며, 앞과

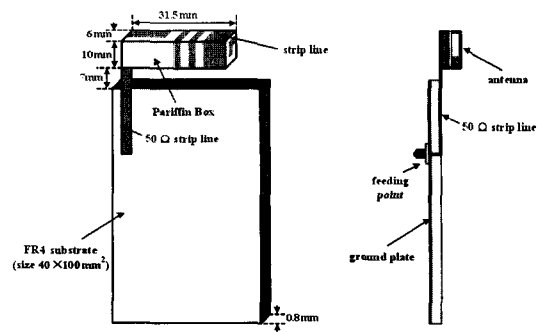


그림 1. 안테나 기본 구조
Fig. 1. The geometry of the antenna.

옆에서 바라 본 형상이다. 유전체 박스 위에 금속판을 접어서 만든 형태이며, 안테나 및 접지판의 외형 수치를 나타내었다.

안테나 박스의 유전체 재질은 파라핀(Paraffin, $\epsilon_r = 2.25$)인데, 이는 테플론(Teflon, $\epsilon_r = 2.1$)과 유전 특성이 거의 유사하며, 쉽게 제작이 가능하다는 장점이 있다. 안테나 부분 유전체 박스의 크기는 $31.5 \times 10 \times 6$ [mm³]이고, 접지판 박스의 크기는 $40 \times 100 \times 0.8$ [mm³]인 FR4 기판($\epsilon_r = 4.4$)을 사용하였다. 접지판과 안테나는 길이가 7 [mm]인 금속으로 연결되어 있으며, 이는 급전 위치를 결정한다. 급전은 50 [Ω]의 동축 케이블을 사용하였고, 그 케이블은 50 [Ω] 스트립라인과 연결된다.

그림 2는 안테나의 세부 모양으로 유전체 박스의 각 방향에 대한 금속판의 모양을 보이고 있다. 모든 단위는 [mm]이며, 접혀진 부분은 모두 전기적으로 연결되어 있다.

본 안테나는 두 개의 금속 가지를 갖는다^{[4],[5]}. 첫 번째 가지는 GSM900 대역과 PCS1900 대역 중 일부를 담당하며, 두 번째 가지는 DCS1800 대역과 PCS-1900 대역 중 일부를 담당한다. 그림 2에 보인 구조물을 단말기에 실장할 경우, 케이스에 의한 손실이나 주파수 이동현상이 발생할지라도 각 가지의 길이를 조정함으로써 목표 특성을 얻을 수 있다. 그 가지들을 그림 3에 보였다. 그림 3에서 a, b는 DCS1800과 PCS1900 대역에서 광대역 특성을 얻기 위해 조절될 길이이다. 그 길이의 변화에 따른 대역폭 변화는 3절에서 보이고자 한다.

2-2 안테나의 설계 방법

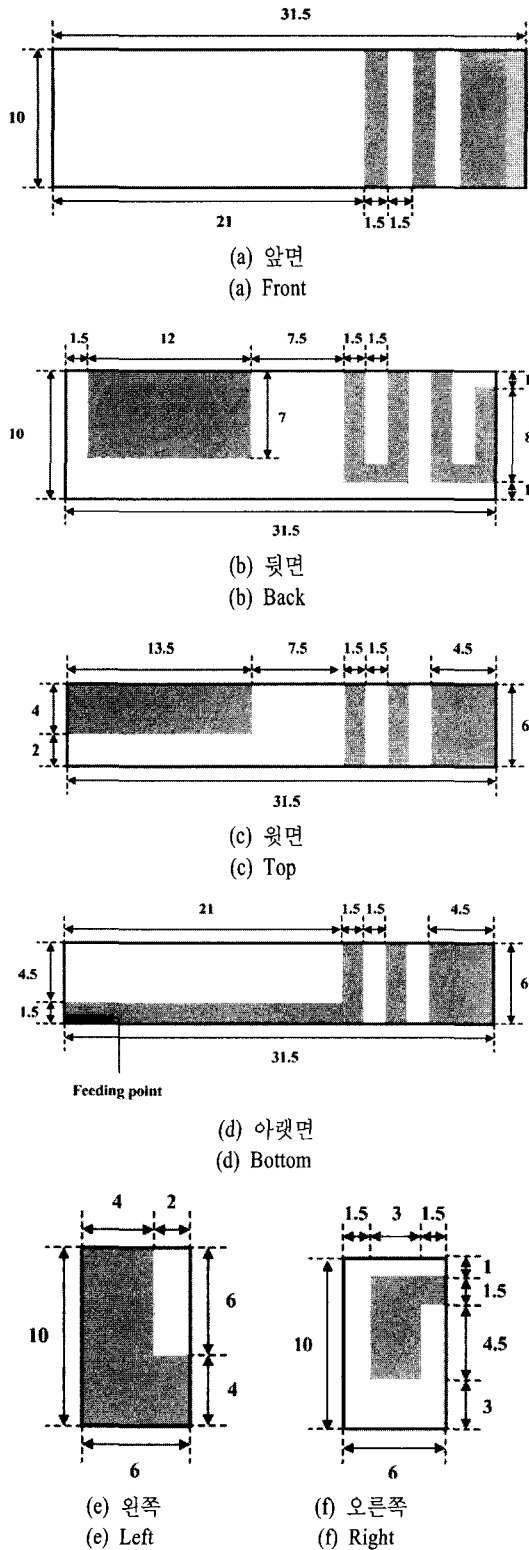


그림 2. 안테나의 세부 모양
Fig. 2. Details of the structure.

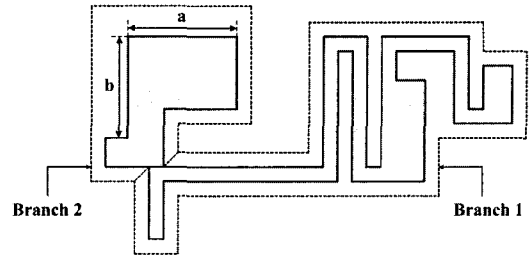


그림 3. 두 개의 경로를 가지는 금속 가지
Fig. 3. Metal branches having two paths.

삼중 대역 안테나의 설계에서 가장 중요한 점은 DCS1800과 PCS1900 대역을 수용해야 한다는 점이다. 이는 광대역 안테나가 되어야 함을 의미하는 것이며, 본 논문에서는 2개의 가지를 이용하여서 광대역을 구현하였다. 본 안테나의 원리는 첫 번째 가지가 GSM900 대역과 PCS1900 대역의 일부를 담당하고, 두 번째 가지는 DCS1800 대역과 PCS1900 대역의 일부를 담당하여, PCS1900 대역에서 반사 손실이 서로 겹쳐짐으로써 광대역의 특성을 얻도록 하였다. 안테나의 설계과정은 다음과 같다.

- ① GSM900 대역의 안테나 설계
 - ② GSM900 대역의 안테나 길이 보다 짧은 안테나 (DCS1800 대역) 설계
 - ③ ②번 안테나 길이를 조정하여 ①번 안테나의 반사 손실과 겹치게 설계
- ①번 과정에서 중요한 부분은 GSM900 대역을 만족하면서 DCS1900의 뒷 대역까지 만족하게 설계하여야 한다. ②번 과정에서는 안테나 위치를 적절히 배치하여 ①번 안테나와 간섭이 일어나지 않도록 한다. ③번 과정에서는 ②번 안테나의 어느 부분을 줄일 것인지 판단하고, 줄어들 때 ①번 안테나의 반사 손실이 바뀌지 않도록 설계한다. 길이를 적절히 조정하면 DCS1900 대역에서 반사 손실이 서로 겹쳐지게 되어 광대역 특성을 얻을 수 있다^{[6]-[8]}.

2-3 안테나의 모의실험 및 측정

2-3-1 가지 1만 있을 때의 반사 손실(과정 ①)

그림 4는 제2절의 ①번 과정의 결과이며, Ansoft사의 HFSS 9를 이용하여 모의 실험을 하였다. 금속 가지를 접음으로써 안테나의 크기를 줄일 수 있으

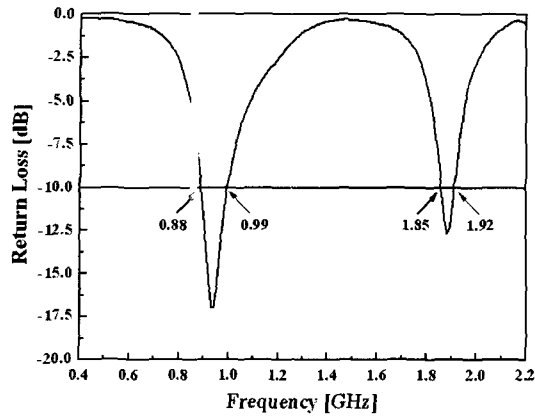


그림 4. 가지 1만 있을 경우의 반사 손실(과정 ①)
Fig. 4. The return loss for branch 1(Step ①).

며, 유전체 박스를 사용함으로써 견고성을 향상시키고 안테나 부피를 줄일 수 있다.

그림 4에서 알 수 있듯이, GSM900 대역과 PCS-1900 대역 일부에서 반사 손실은 -10 [dB] 이하가 되어서 반사 손실 규격을 만족시킨다.

2-2 가지 1에 가지 2가 추가된 경우의 반사 손실(과정 ②, ③)

이번 장은 앞에서 설명한 ②번 과정과 ③번 과정의 결과이다. 가지 2는 단위길이당 넓이를 가지 1보다 더욱 크게 함으로써 광대역 특성을 얻을 수 있다. 하지만, DCS1800 대역과 PCS1900 대역을 모두 만족시키기에는 부족하며, 이를 보완하기 위해 가지 1의 하모닉 성분(PCS1900 대역 일부)과 겹치게 하여 원하는 대역폭을 얻을 수 있다.

그림 5는 그림 3에서 설명한 길이 a, b 를 조정함으로써 반사 손실이 가지 1의 하모닉 성분으로 이동하는 것을 나타낸 그래프이며, 이는 Ansoft사의 HFSS 9에서 모의 실험한 결과이다.

그림 5를 보면 a, b 길이가 변화되면 반사 손실이 이동하는 것을 알 수 있다. 이렇게 길이를 줄임으로써 가지 1의 하모닉 성분과 만나게 되며, 최종적으로는 겹쳐지게 되어 광대역 특성이 나타난다. 이 원리를 이용하면, 가지를 여러 개 붙임으로써 원하는 대역폭을 얻을 수 있다. 그러나, 가지를 붙일 때 마다 그 이전 가지의 반사 손실이 변화하므로 반복된 수정 작업이 필요하다.

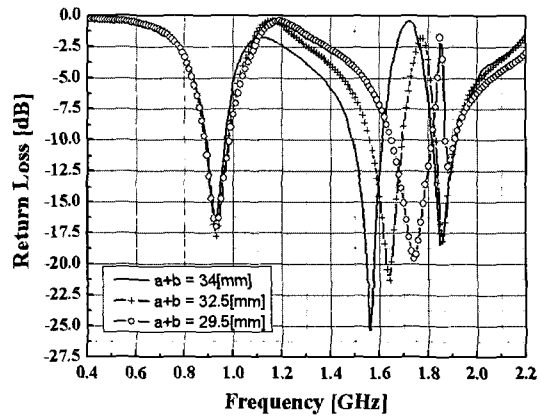


그림 5. 가지 2의 a, b 길이 변화에 대한 반사 손실(과정 ②, ③)

Fig. 5. Return loss for the change in length of a and b in branch 2(Step ②, ③).

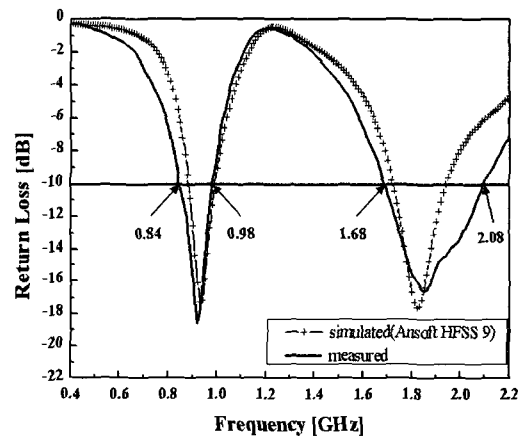


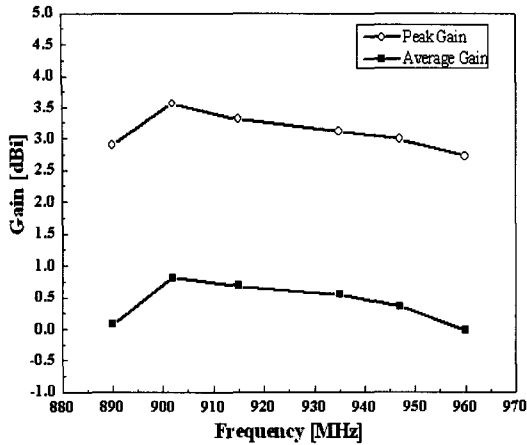
그림 6. 반사 손실 대 주파수

Fig. 6. Return loss vs frequency.

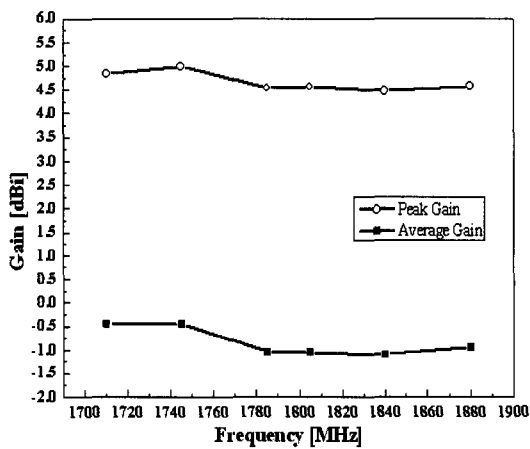
2-3 최종 설계된 안테나의 반사 손실

그림 6은 최종적으로 설계된 안테나의 반사 손실이며, 모의 실험치와 측정치를 상호 비교하였다. a, b 의 길이를 조정함으로써 가지 2의 반사 손실이 가지 1의 반사 손실과 겹쳐져서 통합된 응답을 주고 있다.

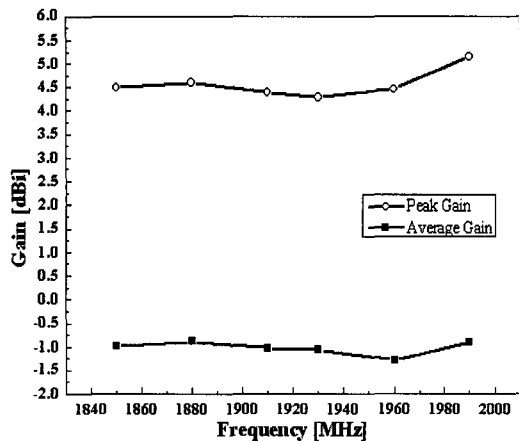
그림 6에서 알 수 있듯이 제안된 안테나는 반사 손실의 대역폭이 GSM900 대역(880.2~959.8 [MHz])에서 필요한 60 [MHz]보다 큰 140 [MHz]이고, DCS-1800과 PCS1900 대역(1,710.2~1,984.8 [MHz])에서 필요한 274 [MHz]보다 큰 400 [MHz]의 광대역 특성을 주고 있다.



(a) GSM 900(880.2~959.8 [MHz])



(b) DCS1800(1,710.2~1,879.8 [MHz])



(c) PCS1900(1,850.2~1,984.8 [MHz])

그림 7. 설계된 안테나의 평균 이득 및 최대 이득
Fig. 7. The average and peak gain of the designed antenna.

2-4 안테나 이득 및 복사 패턴

그림 7은 제안된 안테나의 평균 이득(average gain)과 최대 이득(peak gain)을 나타낸 그래프이다. 이는 원거리장 측정 시스템을 사용하여 전파 무반사실에서 측정된 수치이다. 그림 7의 (a)~(c) 그래프는 GSM900, DCS1800, PCS1900 대역에서 각각 측정된 이득을 나타낸다.

그림 7을 보면 측정된 최대 이득(peak gain)은 원하는 주파수 대역에서 3.0 [dBi] 이상의 값을 보이고 있다. 하지만, 이동 단말기의 경우 최대 이득의 방향이 항상 송수신 방향으로 맞추어져 있지 않기 때문에 평균 이득(average gain) 또한 고려되어야 한다. 본 안테나의 평균 이득은 -1.0 [dBi] 이상으로서 양호한 특성을 나타내고 있다.

그림 8과 그림 9는 H 및 E 평면에서의 복사 패턴이다. 그림 8의 (a)~(c) 그래프는 902/935 [MHz], 1,745/1,805 [MHz], 1,880/1,930 [MHz]의 주파수에서 측정된 H 평면에서의 복사 패턴이다. 그림 9의 (a)~(c) 그래프는 그림 8과 같은 주파수에서 측정된 E 평면의 복사 패턴을 나타낸다. 복사 패턴 측정시 입력은 0 [dBm]으로 하였으며, 측정은 전파 무반사실에서 수행되었다.

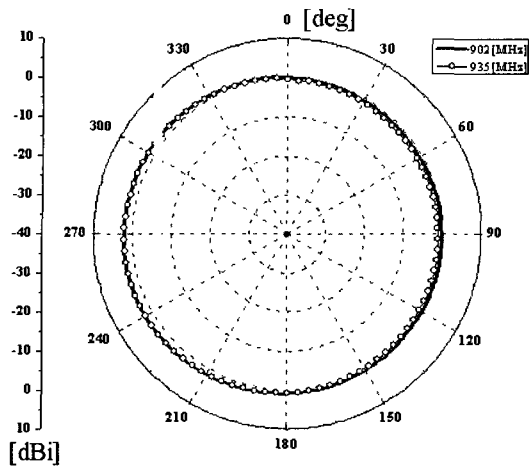
그림 8의 복사 패턴은 GSM900 대역이 DCS1800/PCS1900 대역보다 무지향성에 가까우며, 이는 접지판 위의 수직 모노폴이 놓인 결과와 유사한 특성을 보인다. 그림 9의 복사 패턴에서는 최대 -10 [dB] 정도의 손실을 보이고 있다. 이는 개선되어야 할 부분이며, 이 손실은 금속가지의 접합에 기인된 것으로 사료된다.

한편, 같은 대역 내에서 다른 주파수의 복사 패턴을 측정된 결과 서로 유사한 것을 알 수 있다. 이는 대역 내에서 주파수가 변동하여도 복사 패턴의 특성은 거의 변화가 없음을 의미한다.

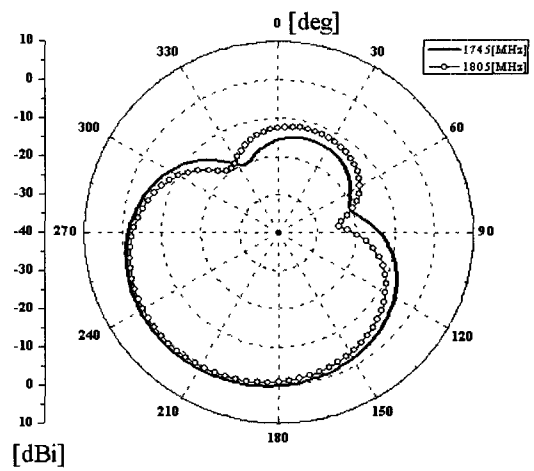
그림 10은 측정된 안테나의 사진이며, 정확한 크기를 보이기 위해 전자 자를 이용하여 크기를 표시하였다.

III. 결 론

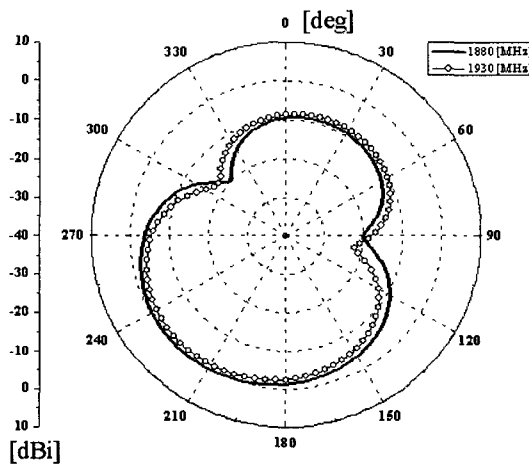
본 논문은 반사 손실 합성법을 이용한 이동 통신



(a) GSM900(902/935 [MHz])



(b) DCS1800(1,745/1,805 [MHz])



(c) PCS1900(1,880/1,930 [MHz])

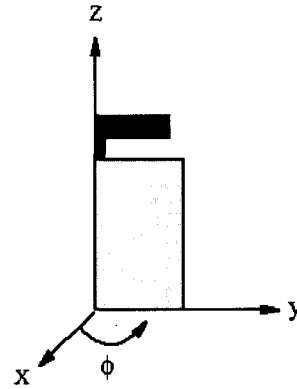
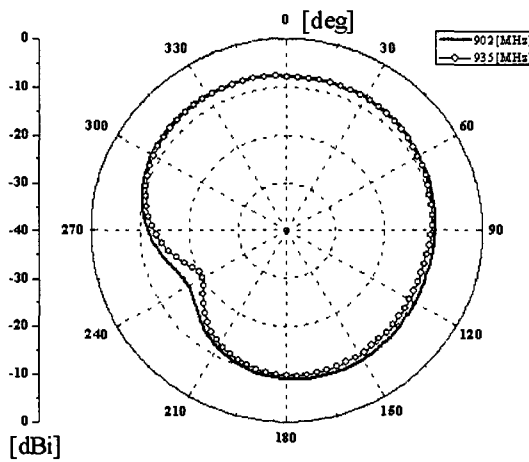
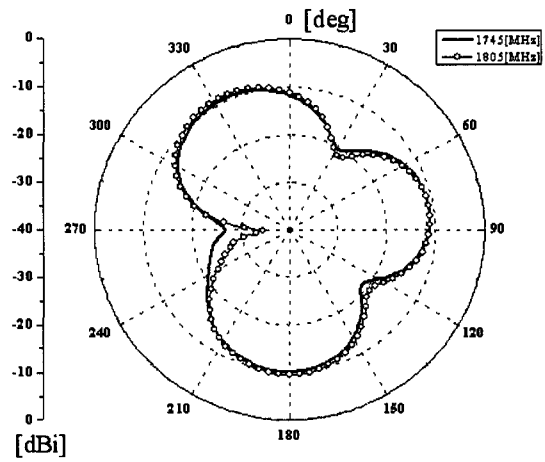


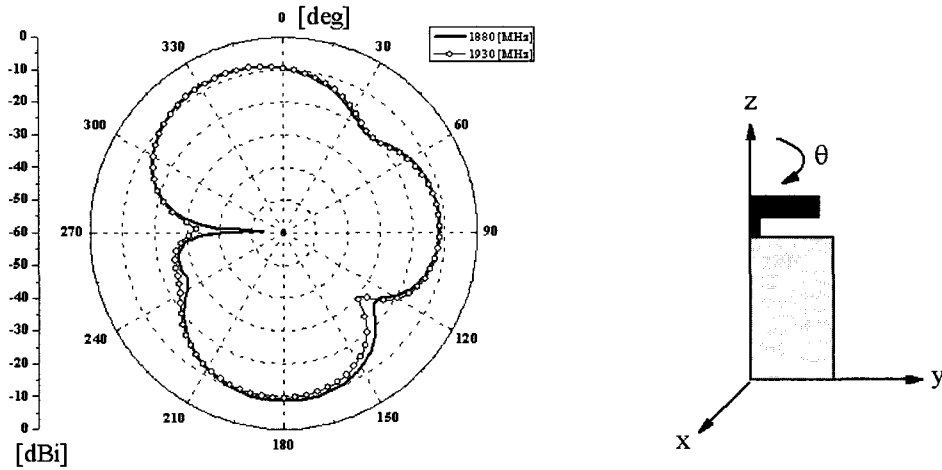
그림 8. H 평면(ϕ 방향)에서의 복사 패턴
Fig. 8. The radiation pattern on the H-plane.



(a) GSM900(902/935 [MHz])



(b) DCS1800(1,745/1,805 [MHz])



(c) PCS1900(1,880/1,930 [MHz])

그림 9. E평면(θ 방향)에서의 복사 패턴

Fig. 9. The radiation pattern on the E-plane.

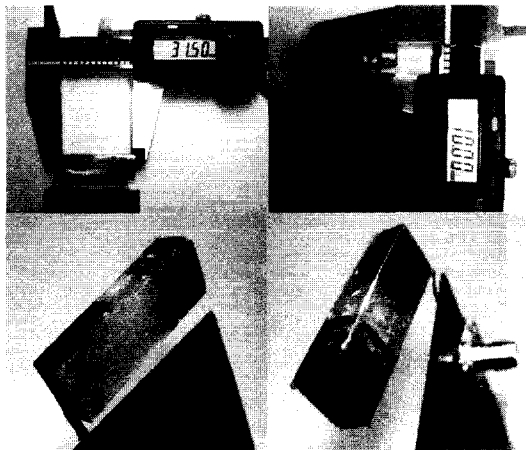


그림 10. 제작된 안테나 사진

Fig. 10. Photograph of the manufactured antenna.

단말기용 삼중 대역(GSM900, DCS1800, PCS1900) 내장형 안테나의 설계 방법 및 실제 구조를 제시하였다. 안테나의 소형화와 견고성을 위해 유전체 위에 2개의 금속 가지를 접어서 만들었으며, 반사 손실을 겹치게 하여 광대역 특성을 얻을 수 있었다. 하지만, 금속 가지를 추가함으로써 반사 손실의 특성이 달라졌으며, 이를 보완하기 위해 반복된 작업을 수행하였다.

모의 실험을 통해 안테나를 설계하였고, 이를 제작하여 측정하였다. 측정된 반사 손실은 삼중 대역

에서 -10 [dB] 이하의 특성을 나타내었으며, 최대 이득은 3.0 [dBi], 평균 이득은 -1.0 [dBi] 이상의 양호한 특성을 나타내었다. 대역 내에서 2개 주파수에 대한 각각의 복사 패턴을 측정한 결과 서로 유사한 것을 알 수 있었다.

본 논문에서 보인 반사 손실 합성법을 이용하여 금속 가지를 추가함으로써 여러 대역을 수용할 수 있는 광대역 내장형 안테나 설계가 가능하리라 기대된다.

참고 문헌

- [1] 이윤경, 윤현보, "광대역 평면형 모노폴 안테나의 설계", 한국전자과학기술논문지, 16(4), pp. 359-365, 2005년 4월.
- [2] D. M. Pozar, "Microstrip antennas", *Proc. IEEE*, vol. 80, pp. 79-91, Jan. 1992.
- [3] Kin-Lu Wong, Kai-Ping Yang, "Modified planar inverted F antenna", *Electron. Lett.*, vol. 34, no. 1, pp. 7-8, Jan. 1997.
- [4] F. S. Chang, K. L. Wong, "Folded meandered patch monopole antenna for low-profile GSM/DCS dual-band mobile phone", *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 34, pp. 84-86, Jul. 2002.
- [5] Y. H. Yeh, Y. Y. Chen, and K. L. Wong, "A low-

- profile, bent and shorted monopole antenna with reduced backward radiation for mobile handsets", *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 33, pp. 146-147, Apr. 2002.
- [6] G. Y. Lee, T. W. Chiou, K. L. Wong, and C. Wang, "Low-profile planar monopole antenna for GSM/DCS/PCS triple-band mobile phone", *IEEE Antennas Propagat. Soc. Int. Symp. Dig.*, vol. 3, pp. 26-29, Jan. 2000.
- [7] C. T. P. Song, P. S. Hall, H. Ghafouri-Shiraz, and D. Wake, "Triple band planar inverted F antennas for handheld devices", *Electron. Lett.*, vol. 36, pp. 112-114, Jan. 2000.
- [8] F. R. Hsiao, K. L. Wong, "Compact planar inverted-F patch antenna for triple-frequency operation", *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 33, pp. 459-462, Jun. 2002.

장 병 찬



2001년 2월: 경일대학교 전자공학과 (공학사)
2003년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
2003년 3월~현재: 경북대학교 전자공학과 박사과정
[주 관심분야] 내장형 안테나 해석 및 설계, 이동통신 전파환경, 전자파의 인체영향

김 채 영



1976년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1978년 2월: 한국과학원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1990년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1979년 4월~1992년 9월: 경북대학교 전자공학과 전임강사, 조교수, 부교수
1992년 10월~현재: 경북대학교 전자·전기·컴퓨터공학부 교수
[주 관심분야] 이동통신 전파환경, 전자파 수치해석, 전자파 이론 및 응용, 전자소자 측정기법 개발