
4개의 Post 형태 기생소자를 추가한 광대역 슬리브 모노폴 안테나 설계

이상우* · 김갑기**

Design of Wide-band Sleeve Monopole Antenna that 4 PCS of Post Type Parasitic Element is Added

Sang-Woo Lee* · Kab- Ki Kim*

요 약

본 논문은 Top-loading한 슬리브 모노폴에 4개의 Post 형태 기생소자를 추가함으로써, 기존의 상용 이동통신 시스템의 주파수를 하나로 통합 할 수 있는 소형이면서, 광대역 특성을 갖는 모노폴 안테나를 설계 및 제작하였다. 각 소자의 Parameter 변화에 따른 반사손실 특성을 관찰하였고, 제안된 안테나의 광대역 특성을 확인하기 위하여 PCS, W-CDMA, WiBro, W-LAN, S-DMB 대역에서의 복사 특성을 살펴보았다. 제안된 안테나는 수평면내 무지향성, 수직면내 8자형의 지향성을 가지며 1.67~3.55 GHz 주파수 대역($B/W \approx 72\%$)에서 Return loss ≤ -10 dB의 양호한 반사손실과 1.14~3.66 dBi의 이득을 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we have designed and fabricated a small size wide-band monopole antenna which can integrate the frequency of previous business mobile communication system by adding 4 PCS of post type parasitic element on top-loaded sleeve monopole antenna. We have observed the properties of return loss upon a parameter change of element, and we also examined radiation properties in the band of PCS, W-CDMA, WiBro, W-LAN and S-DMB in order to make sure the suggested antenna's wide-band properties. We have found that the proposed antenna has omni-direction in horizontal plane and figure eight-direction in vertical plane, and we could have good return loss (Return loss ≤ -10 dB) and 1.14~3.66 dBi gain in 1.67~3.55 GHz of frequency range ($B/W \approx 72\%$).

키워드

sleeve monopole, parasitic element, wide-band, small size

I. 서론

최근 무선통신 시장의 비약적인 발전으로 정보량과 다양한 서비스가 나날이 증가 하면서 소비자들의 욕구를 충족시킬 수 있는 무선 통신 기술도 급속하게 발전하

고 있다. 이러한 무선 통신 기술의 발달로 인하여 통신 기기들의 다기능화와 여러 통신 사업자들의 주파수 대역도 다양하게 증가 되었으며, 하나의 무선단말기기로 여러 대역의 서비스를 이용할 수 있는 다중대역 기기들의 개발이 활발히 진행되고 있다. 이로 인하여 새로운 서

* 목포해양대학교 해양전자통신공학부 (주)한국안테나 중앙연구소 접수일자 : 2006. 9. 27

** 목포해양대학교 해양전자통신공학부

비스와 다양한 주파수 대역을 만족시키는 시스템이 필요하게 되었으며, 안테나도 다양한 주파수 대역을 하나로 통합해 다중기능을 갖게 하는 광대역의 안테나가 요구된다. 광대역 안테나를 사용할 경우 각각의 주파수 대역을 만족하는 개별 안테나의 수를 획기적으로 줄일 수 있어 경제적이며, 환경적인 측면에서도 많은 효과를 얻을 수 있다. 이러한 장점 때문에 무선통신용 안테나의 광대역화 및 소형화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 중에서도 비교적 구조가 간단하고 제작이 용이하여 적용분야가 다양한 모노폴 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1][2][3].

모노폴 안테나는 특정 주파수의 공진이 일어나도록 전체 안테나의 길이를 조절함으로써 간단히 제작할 수 있다는 장점이 있으나, 반면에 대역폭이 좁다는 단점을 가지고 있다[4][5]. 일반적으로 모노폴 안테나의 광대역 특성을 구현 하는데 있어서, 복사소자의 표면적이나 두께를 증가시켜 전류가 표면에 흐를 수 있는 경우의 수를 증가시킴으로써, 광대역화를 이룰 수 있다. 복사소자의 단면적이 작은 안테나는 선택도는 우수하지만 협대역 특성을 가지게 된다. 따라서 일반적으로 모노폴 안테나의 복사소자 단면에 대한 면적이 대역폭을 결정하는 중요한 요소가 되며, 그 밖에도 협대역 특성을 가지는 모노폴 안테나의 대역폭을 향상시키기 위하여 복사소자에 슬리브를 추가하는 방법[6], 디스크 형태의 부하를 복사소자 끝에 Top-loading 하는 방법[7], 기생소자를 주위에 배열하는 방법 [8] 등이 제안되어 왔다.

본 논문에서는 모노폴 안테나의 좁은 임피던스 대역폭을 개선하기 위하여 Top-loading한 슬리브 모노폴에 4개의 Post 형태 기생소자를 추가함으로써, 기존의 상용 이동통신 시스템의 주파수를 하나로 통합 할 수 있는 소형이면서, 광대역 특성을 갖는 모노폴 안테나를 설계 및 제작하였다.

II. 본 론

본 논문에서는 먼저 Top-loading한 슬리브 모노폴 안테나의 반사손실 특성을 살펴보고, 제안하고 있는 4개의 Post 형태 기생소자를 추가한 광대역 슬리브 모노폴 안테나에 대한 각 소자의 Parameter 변화에 따른 반사손실 특성을 관찰하고, 시뮬레이션 결과와 측정결과를 비교,

분석하였다.

2.1. Top-loading한 슬리브 모노폴 안테나

모노폴 안테나의 좁은 임피던스 대역폭을 개선하기 위하여 그림 1과 같은 형태의 슬리브 모노폴 안테나의 반사손실 특성을 살펴보았다.

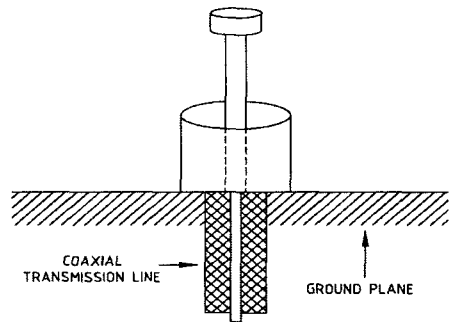


그림 1. 슬리브 모노폴 안테나의 구조
Fig. 1. The geometry of sleeve monopole antenna.

그림 1에서와 같이 복사소자에 디스크 형태의 부하를 Top-loading 함으로써, 캐패시턴스 성분을 가지는 디스크에 의해 공진주파수를 낮출 수 있으므로 안테나의 크기를 감소시킬 수 있다. 또한 슬리브에 의한 캐패시턴스 성분이 복사소자의 리액턴스 성분을 적절히 상쇄시켜 광대역 임피던스 정합이 용이하게 한다.

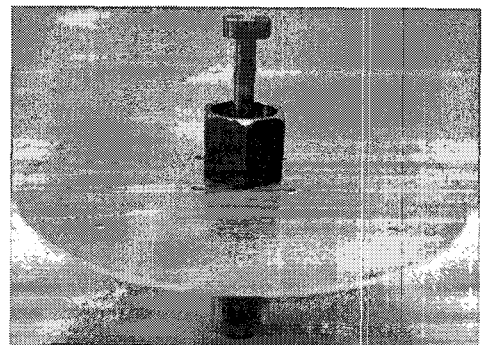


그림 2. 슬리브 모노폴 안테나의 제작 사진
Fig. 2. Photograph of fabricated sleeve monopole antenna.

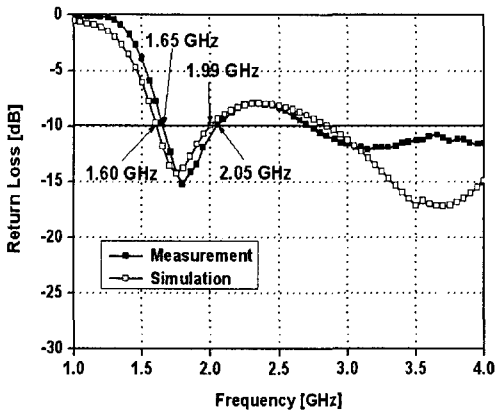


그림 3. 슬리브 모노폴 안테나의 반사손실
Fig. 3. Return loss of sleeve monopole antenna.

그림 2는 제작한 슬리브 모노폴 안테나의 사진이며, 그림 3은 슬리브 모노폴 안테나의 반사손실 특성을 측정 결과(1.65~2.05 GHz)와 시뮬레이션 결과(1.60~1.99 GHz)를 함께 보여 주고 있다. 위의 결과로부터 측정치의 공진주파수가 50 MHz정도 상향 이동하였으나, 대체로 시뮬레이션 결과와 일치하는 것을 알 수 있다. 사용한 시뮬레이션 Tool은 FIM(Finite Integration Method)에 근간을 두고 있는 상용 프로그램인 CST MWS(Microwave studio) 5.0을 사용하였다.

2.2. 4개의 Post 형태 기생소자를 추가한 광대역 슬리브 모노폴 안테나의 설계

본 논문에서 제안한 안테나는 그림 4에서 보는 것과 같이 원형 접지판 위에 수직으로 세워져 있는 Top-loading한 슬리브 모노폴에 4개의 Post 형태 기생소자를 90도 간격으로 추가하여 광대역 특성을 갖는 안테나를 제안한다. 급전방식은 동축 프로브 급전방식을 채택하였으며, 복사소자 밑부분에 나사 탭을 내어 나사산이 있는 동축 커넥터의 핀과 체결하는 방식으로 급전하였다. 또한 안테나의 소형화를 위하여 모노폴에 Top-loading한 구조로 구현하였다. 안테나의 경량화와 가공성을 위하여 4개의 Post 형태 기생소자는 속이 빈 실린더 형태로 제작하였으며, 접지면과 Post 형태의 기생소자는 나사로 결합하였고, 안테나 구성소자의 재질은 가공성이 용이한 황동과 알루미늄 소재의 금속 재질을 사용하였다. 안테나는 두께가 2.0 mm인 원형 접지판, 원형의 슬리브, Top-loading한 복사소자와 4개의 Post 형태

기생소자로 구성 되어있다. 원형의 점

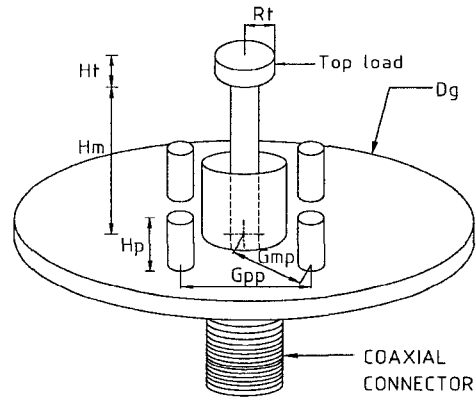


그림 4. 4개의 Post 형태 기생소자를 추가한 광대역 슬리브 모노폴 안테나의 구조
Fig. 4. The geometry of wide-band sleeve monopole antenna that 4PCS of post type parasitic element is added.

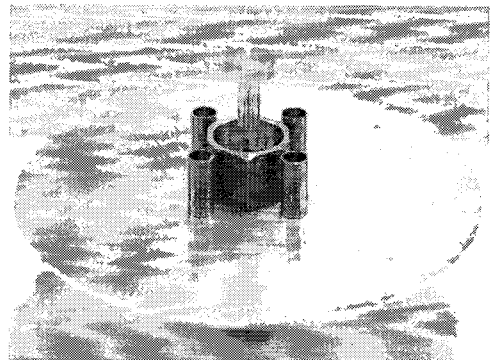


그림 5. 제안된 안테나의 사진
Fig. 5. Photograph of proposed antenna.

지판 D_g 는 지름이 110 mm이며, 접지면 중심에 복사소자를 위치하게 설계하였다.

그림 5는 본 논문에서 제안하고 있는 안테나의 제작된 사진이며, 제안된 안테나의 최적화된 설계 Parameter 값은 모노폴의 길이 $H_m=31$ mm, Top-loading한 디스크의 두께 $H_t=4$ mm, 디스크의 반지름 $R_t=5.75$ mm, Post 형태 기생소자의 길이 $H_p=15$ mm, Post 형태 기생소자간의 간격 $G_{pp}=21.2$ mm, 모노폴 소자 중심에서 Post 형태 기생소자와의 간격 $G_{mp}=15$ mm이며, 원형의 슬리브 지름은 21.5 mm로 제작하였다.

III. 측정 결과 및 분석

반사손실, 방사패턴, 안테나의 이득을 시뮬레이션 결과와 실제 측정된 결과를 비교, 분석하였다. 반사손실은 HP 8753ES VNA(Vector Network Analyzer)를 사용하여 측정하였으며, 시뮬레이션을 이용하여 여러 설계 변수들을 Parameter Sweep 한 결과를 도시하였다. 그림 6은 최적화된 다른 설계변수를 고정시키고, Post 형태 기생소자의 길이만을 변화시켜 반사손실 값을 관찰하였다. Post 형태 기생소자의 길이 Hp가 15 mm일때 최적화 되었으며, 최적화된 설계 값보다 길어질 경우에는 공진주파수의 대역폭이 좁아지는 것을 관찰 할 수 있다. 최적화된 설계 값보다 작아질 경우 대역폭은 넓게 되나 설계 목표치인 대역내 -10 dB 이하의 설계 값을 만족하지 못하는 것을 알 수 있다. 그림 7은 모노폴 소자 중심에서 Post 형태 기생소자까지의 위치를 변화하여 반사손실 변화를 나타낸 것이다. Post 형태 기생소자의 위치가 모노폴의 중심에서 멀어질수록 반사손실 대역폭이 감소함을 관찰 할 수 있다. 그림 6과 그림 7의 결과에서 제안된 안테나의 광대역 특성에 큰 영향을 주는 것은 Post 형태 기생소자가 모노폴 중심에서 떨어진 위치보다는 Post 형태 기생소자의 길이가 광대역 특성에 큰 영향을 주는 설계 변수임을 알 수 있다. 그림 8은 최종 제작된 안테나의 반사손실 변화를 나타내었다. 측정치와 시뮬레이션 결과를 함께 나타내었으며, 반사손실의 측정결과 Return Loss ≤ -10 dB를 기준으로 1.67~3.55 GHz(B/W ≈ 72 %) 대역을 만족하였고, 최적화된 시뮬레이션 결과 대역(1.63~3.48 GHz)에 비해 공진주파수가 약 40 MHz정도 상향 이동한 것을 알 수 있다. 이는 안테나 제작상에 있어서 구성소자들을 정밀하게 가공하지 못한 것에 대한 오차라 생각된다.

그림 3에서 Top-loading한 슬리브 모노폴 안테나의 대역(1.65~2.05 GHz, B/W=21 %)에 비해 본 논문에서 제안하고 있는 4개의 Post 형태 기생소자를 추가한 안테나의 주파수 대역(1.67~3.55 GHz, B/W ≈ 72 %)이 약 51 % 이상의 대역폭 향상 효과를 얻고 있다. 또한 최근 보고된 참고문헌[2][3]과 같은 비슷한 형태의 광대역 모노폴 안테나에 비해서도 17 %이상의 대역폭 확장 효과를 나타내고 있다.

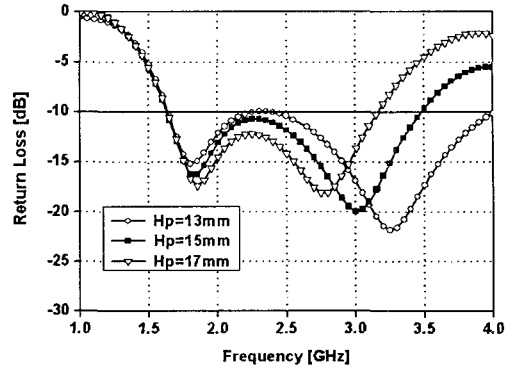


그림 6. Post 길이에 따른 반사손실 변화
Fig. 6. Variation of return loss upon the length of post.

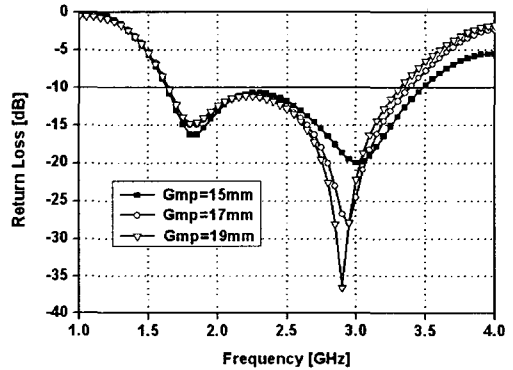


그림 7. Post 위치에 따른 반사손실
Fig. 7. Variation of return loss upon the position of post.

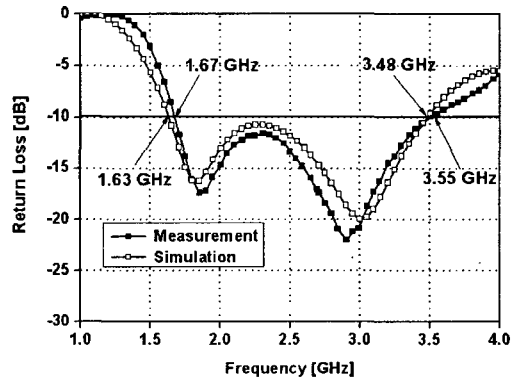


그림 8. 제작된 안테나의 반사손실 계산치와 측정치 비교
Fig. 8. Comparison between simulated and measured return loss of fabricated antenna.

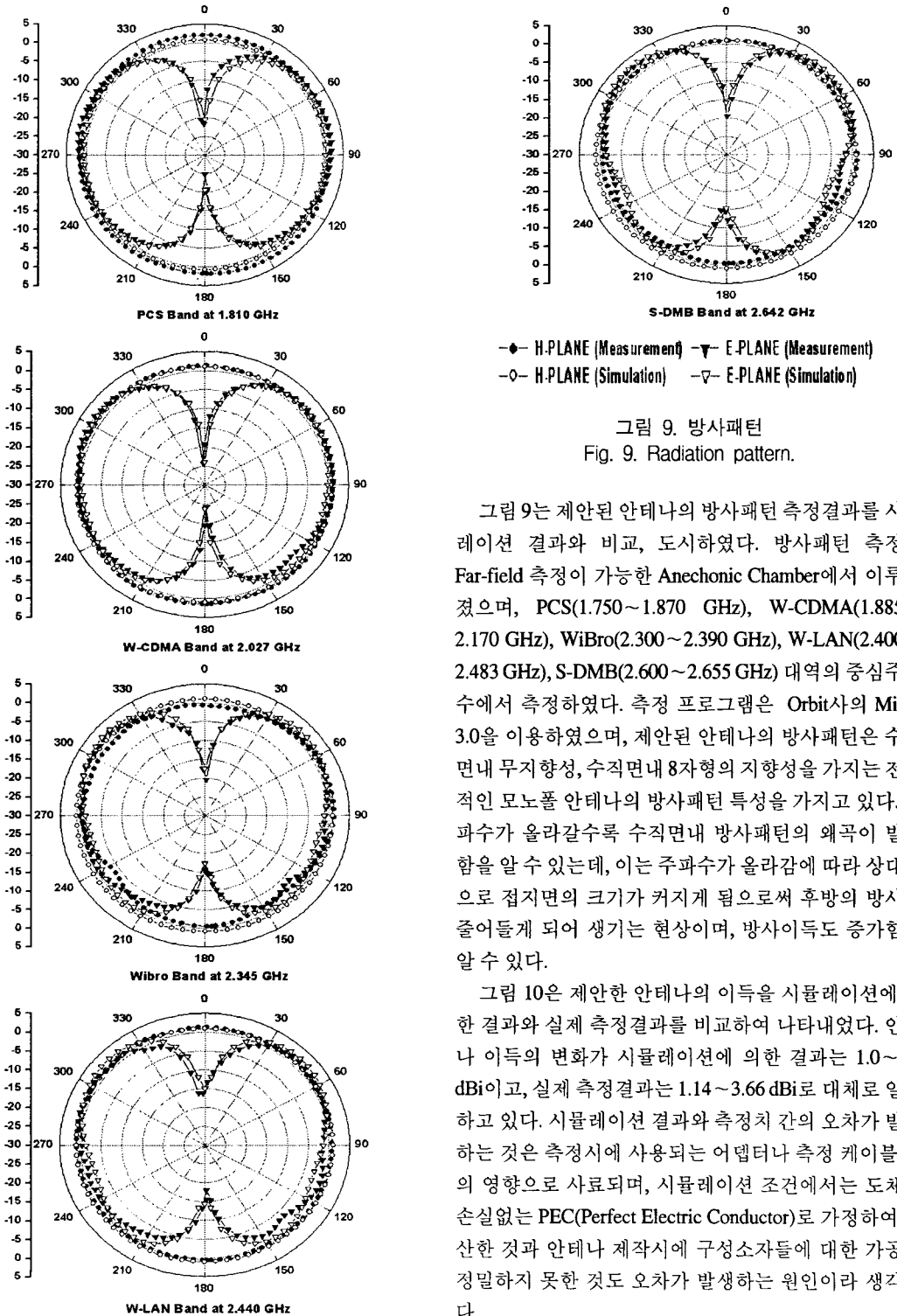


그림 9는 제안된 안테나의 방사패턴 측정결과를 시뮬레이션 결과와 비교, 도시하였다. 방사패턴 측정은 Far-field 측정이 가능한 Anechonic Chamber에서 이루어졌으며, PCS(1.750~1.870 GHz), W-CDMA(1.885~2.170 GHz), WiBro(2.300~2.390 GHz), W-LAN(2.400~2.483 GHz), S-DMB(2.600~2.655 GHz) 대역의 중심주파수에서 측정하였다. 측정 프로그램은 Orbit사의 Midas 3.0을 이용하였으며, 제안된 안테나의 방사패턴은 수평면내 무지향성, 수직면내 8자형의 지향성을 가지는 전형적인 모노폴 안테나의 방사패턴 특성을 가지고 있다. 주파수가 올라갈수록 수직면내 방사패턴의 왜곡이 발생함을 알 수 있는데, 이는 주파수가 올라감에 따라 상대적으로 접지면의 크기가 커지게 됨으로써 후방의 방사가 줄어들게 되어 생기는 현상이며, 방사이득도 증가함을 알 수 있다.

그림 10은 제안한 안테나의 이득을 시뮬레이션에 의한 결과와 실제 측정결과를 비교하여 나타내었다. 안테나 이득의 변화가 시뮬레이션에 의한 결과는 1.0~3.0 dBi이고, 실제 측정결과는 1.14~3.66 dBi로 대체로 일치하고 있다. 시뮬레이션 결과와 측정치 간의 오차가 발생하는 것은 측정시에 사용되는 어댑터나 측정 케이블 등의 영향으로 사료되며, 시뮬레이션 조건에서는 도체를 손실없는 PEC(Perfect Electric Conductor)로 가정하여 계산한 것과 안테나 제작시에 구성소자들에 대한 가공이 정밀하지 못한 것도 오차가 발생하는 원인이라 생각된다.

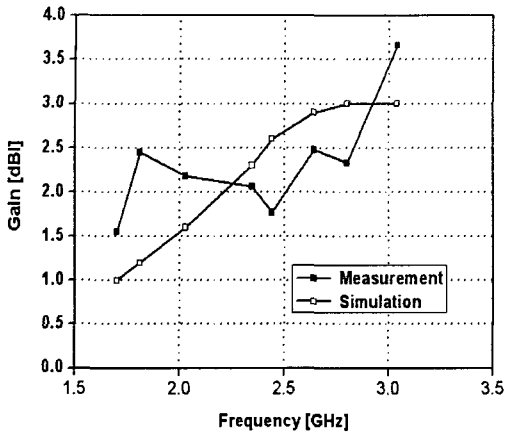


그림 10. 제작된 안테나의 이득 계산치와 측정치 비교

Fig. 10. Comparison between simulated and measured gain of fabricated antenna.

IV. 결론

본 논문에서는 슬리브 모노폴에 4개의 Post 형태 기생 소자를 추가하여 기존의 상용 이동통신 주파수 대역을 모두 만족하는 광대역의 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 광대역 특성과 더불어 디스크 형태의 부하를 Top-loading 하여 안테나의 높이를 크게 감소시킴으로써, 소형화 할 수 있는 구조이다. 안테나의 특성을 살펴 보기 위하여 FIM(Finite Integration Method)에 근간을 두고 있는 상용 시뮬레이션 Tool인 CST MWS(Microwave studio) 5.0을 이용하였고, 각 소자의 Parameter에 따른 반사손실 특성을 관찰하였으며, PCS, W-CDMA, WiBro, W-LAN, S-DMB 대역의 중심주파수에서 복사 특성을 살펴보았다. 제안된 안테나는 수평면내 무지향성, 수직면내 8자형의 지향성을 가지며, 1.67~3.55 GHz 주파수 대역(B/W≃72 %)에서 Return loss≤-10 dB의 양호한 반사손실과 1.14~3.66 dBi의 이득을 얻을 수 있었다. 따라서 임피던스의 광대역 특성뿐만 아니라 복사패턴도 광대역 특성을 가짐을 확인하였다.

본 논문에서 제안된 안테나는 기존에 상용 되는 이동통신 주파수인 PCS, W-CDMA, WiBro, W-LAN, S-DMB 대역을 하나로 통합 할 수 있는 실내 이동통신 중계기용 안테나로 사용 될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] J. Y. Jan and T. M. Kuo, "CPW-fed wideband planar monopole antenna for operations in DCS, PCS, 3G, and Bluetooth bands", *Electronics Letters*, Vol. 41, No. 18, pp. 991-993, September 2005.
- [2] Sang-Woo Lee, Hyun-Chun Go, and Yong-Woong Jang, "A low profile wideband top-loading monopole antenna with a ring-shaped plate", *Microwave and Optical Technology Letters*, Vol. 48, No. 8, pp. 1458-1460, August 2006.
- [3] Yong-Woong Jang, Hyun-Chul Go, and Sang-Woo Lee, "A low profile, top-loaded monopole antenna with four small posts", *Microwave Journal*, Vol. 49, No. 4, pp. 116-122, April 2006.
- [4] K. Fujimoto and J. R. James, *Mobile Antenna Systems Handbook*, Artech House, Boston, pp. 65-70, 1994.
- [5] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory : Analysis and Design*, John Willy and Sons, Inc. pp.441-449, 1997.
- [6] Jung-Ick Moon, Seong-Ook Park, and Ke-Young Park, "Broadband sleeve monopole type antenna for dual-band PCS/IMT-2000", *Electronics Letters*, Vol. 36, No. 22, pp. 1829-1830, October 2000.
- [7] T. L. Simpson, "The disk loaded monopole antenna", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-2, No. 2, pp. 542-550, 2004.
- [8] K. Chung, T. Yun and J. Choi, "Wideband CPW-fed monopole antenna with parasitic elements and slots", *Electronics Letters*, Vol. 40, No. 17, pp. 1038-1040, August 2004.

저자소개



이 상 우(Sang-Woo Lee)

2003년 2월 목포해양대학교 전파공학과 (공학사)

2005년 3월~ 현재 목포 해양 대학교 전자통신공학과 (석사 과정)

2003년 1월~현재 : (주)한국안 테나 중앙연구소 연구원
※ 관심분야: 안테나 및 초고주파 회로설계, 전자파 수치해석



김 갑 기(Kab-Ki Kim)

1980년 3월 광운대학교 통신공학과 (공학사)

1984년 3월 건국대학교 전자공학과 (공학석사)

1998년 3월 건국대학교 전자공학과 (공학박사)

2001~2002년 뉴욕시립대 전자공학과 연구교수

1975년~현재 목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수
※ 관심분야: 마이크로파 통신, 초고주파 회 설계, 해상 무선통신, 이동통신, 위성통신