

위성 인터넷 서비스를 위한 신호중계장치용 안테나 설계

°김병철*, 한성민**, 이호진**, 추호성***, 박익모*

*아주대학교 전자공학부

**한국전자통신연구원 전파방송연구단

***홍익대학교 전자전기공학부

ipark@ajou.ac.kr

Design of a gap filler antenna for the satellite internet service

°Byoungchul Kim*, Sungmin Han**, Hojin Lee**, Hosung Choo***, Ikmo Park*

*School of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

**Radio & Broadcasting Research Division, ETRI

***School of Electronics and Electrical Engineering, Hongik University

Abstract

본 논문에서는 두 개의 Y-슬롯을 이용하여 2 GHz와 5 GHz 대역에서 유사한 복사패턴을 가지며 동작하는 위성 인터넷을 위한 이중대역 안테나를 제안하였다. 제안한 안테나의 크기는 $62 \times 46 \times 5.2 \text{ mm}^3$ 이고, IEEE 802.11a/b 주파수 대역인 2.400~2.483 GHz와 5.725~5.825 GHz 대역을 만족하는 신호 중계 장치용 안테나이다. 동축 케이블을 이용하여 급전하였으며, 안테나 패치는 비유전율이 3.38인 RO4003 기판에 설계하였다. 전산 모의실험 결과 VSWR<2 기준 2.399~2.487 GHz와 5.492~6.002 GHz의 대역폭을 가지며, 최대 이득은 각각 9.42 dBi, 9.45 dBi, 반전력빔폭은 각각 66°와 63°이다.

I. 서론

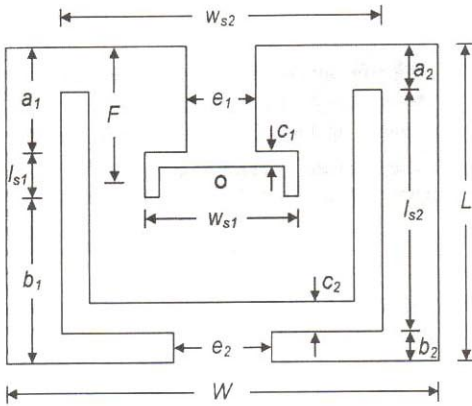
최근 언제 어디서나 시간과 장소에 구애받지 않고 인터넷을 하고자 하는 사용자들의 요구가 꾸준히 증가하면서 Wireless Local Area Network (WLAN)에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다. 유선이 필요 없는 WLAN은 무선접속장치의 유효거리에 따라 실내와 마찬가지로 실외에서도 인터넷 이용이 가능하며, 이동 중에도 서비스를 제공할 수 있다 [1, 2]. 하지만 이러한 서비스는 기존시상망이 잘 갖추어진 도심지역에서는 이용에 큰 문제가 없지만, 제한된 무선망을 가진 산간·도서벽지나, 고속이동열차, 항공기, 해상 선박 등의 경우 서비스 제공에 한계를 가진다. 따라서 위성을 이용하여 넓은 영역을 효과적으로 수용하고자 하는 연구가 활발히 진행 중이다. 그러나 위성을 통한 서비스도 고속의 이동체가 터널과 같이 위성신호가 직접 도달하지 않는 음영지역을 통과 할 경우 서비스가 중단되는 문제가 있다. 그러므로 고속이동체가 터널을 통과할 때의 무선환경에서 최적의 성능을 가지는 신호중계

장치(gap filler)용 안테나 개발의 필요성이 대두되었다 [3, 4].

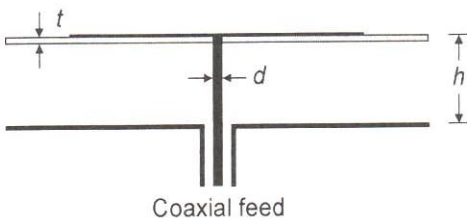
신호중계장치용 안테나는 WLAN 대역인 2.4 GHz ~ 2.483 GHz 대역과, 5.725 GHz ~ 5.825 GHz 대역을 동시에 만족하여야 하며, 수직편파특성, 고이득, 두 대역에서 유사한 모양의 복사 패턴이 요구된다. 슬롯을 이용한 동축 급전 사각 패치 안테나는 기존의 마이크로스트립 안테나에 비해 확장된 대역폭을 가진다. 이는 패치에 의한 공진 주파수 근처에 슬롯에 의한 추가적인 공진을 유도하는 방법으로 단일 소자만으로 광대역 안테나 설계가 가능하다 [5-10]. 그러나 일반적인 슬롯 안테나의 경우, 높은 쪽 공진 주파수가 낮은 쪽 공진주파수의 2배 이상이 되면 복사 패턴에 변형이 생긴다. 본 논문에서는 두 개의 Y 형태 슬롯을 이용하여 두 대역에서 유사한 모양의 복사패턴을 가지는 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하였다. 시뮬레이션 결과 2.4 GHz 대역에서 약 88 MHz 대역폭과 9.42 dBi 이득을, 5.8 GHz 대역에서는 약 509 MHz의 대역폭과 9.45 dBi의 이득을 가진다.

II. 안테나 구조

그림 1에 제안한 안테나 구조를 나타내었다. 본 논문에서는 WLAN 용으로 사용 가능한 안테나로서 큰 Y-슬롯 모양에 작은 역 Y-슬롯 모양을 추가한 구조를 제시하였다. 패치를 지지하는 기판과 급전구조를 지지하는 동판 사이에 공기층($\epsilon_r=1$)이 있고, 안테나는 동축 선로로 급전하였다. 기판은 비유전율(ϵ_r)이 3.38인 RO4003이며, 두께는 t 이다. 동축 선로 안쪽 도체의 지름은 d 이며 패치 위의 끝부분에서부터 F 인 곳에 위치하고 있다. 패치의 크기는 $L \times W$ 이며 높이는 h 인 곳에 배치하였다. 작은 슬롯의 가로와 세로 길이는 각각 w_{s1} 과 l_{s1} 이며 폭은 C_1 이고, 큰 슬롯의 가로와 세로 길이는 각각 w_{s2} 와 l_{s2} 이며 폭은 C_2 이다. Y-슬롯 모양들의 폭, 길이 및 위치와 동축 급전의 위치 변화에 따른 반사손실 결과로부터 최적 조건의 안테나 설계 파라미터를 얻어 내었다.



(a)



(b)

그림 1. 제안한 안테나 구조: (a) 정면도, (b) 측면도.

III. 안테나 특성

안테나 설계를 위한 시뮬레이션은 Zeland 사의 EM Simulator인 IE3D를 사용하였다. 그림 2는 작은 Y-슬롯의 세로 길이 변화에 따른 반사손실 특성을 보여준다. 세로 길이를 3.1 mm에서 6.1 mm, 9.1 mm로 증가시키에 따라 높은 쪽의 공진주파수가 6.05 GHz에서 5.73 GHz, 5.31 GHz로 감소하였다. 반면 낮은 쪽 공진주파수는 거의 변화가 없었다. 그러므로 작은 Y-슬롯은 높은 쪽 공진주파수를 결정하는 것을 알 수 있다. 그림 3은 큰 Y-슬롯의 세로 길이 변화에 따른 반사손실 특성을 보여준다. 세로 길이가 17.5 mm에서 28.5 mm, 그리고 39.5 mm로 증가함에 따라 낮은 쪽 공진 주파수가 2.65 GHz에서 2.52 GHz, 2.44 GHz로 감소하였다. 그러나 높은 쪽 공진주파수는 거의 변함이 없었다. 그러므로 큰 Y-슬롯은 낮은 쪽 공진주파수를 결정하는 것을 알 수 있다.

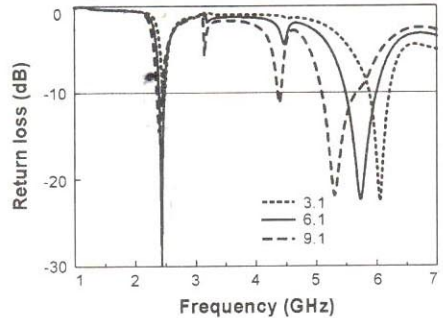


그림 2. 작은 Y-슬롯 세로길이 따른 반사손실.

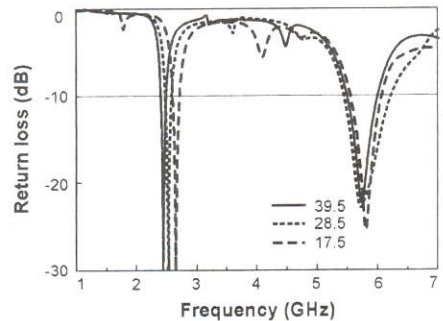


그림 3. 큰 Y-슬롯 세로길이 변화에 따른 반사손실.

그림 4는 작은 Y-슬롯의 폭 e_1 의 변화에 따른 반사 손실 변화이다. 폭을 6 mm에서 12 mm, 그리고 18 mm로 변화함에 따라 높은 쪽 공진 주파수는 5.59 GHz에서 5.73 GHz, 그리고 5.94 GHz로 증가하였다. 그러나 낮은 쪽 공진 주파수는 거의 변함이 없었다. 그러므로 작은 역 Y-슬롯의 폭 e_1 은 높은 쪽 공진주파수를 결정한다는 것을 알 수 있다. 그림 5는 큰 Y-슬롯의 폭 e_2 의 변화에 따른 반사 손실 변화를 보여준다. 폭이 0 mm에서 15 mm, 그리고 30 mm로 증가함에 따라 낮은 쪽 공진 주파수가 2.38 GHz에서 2.44 GHz, 그리고 2.49 GHz로 증가하였다. 반면 높은 쪽 주파수는 거의 변화가 없었다. 따라서 큰 Y-슬롯의 폭 e_2 는 낮은 쪽 공진주파수를 결정함을 알 수 있다. 그림 6은 급전점의 위치변화에 따른 반사 손실 변화이다. F 를 19.8 mm에서 22.8 mm, 25.8 mm로 증가시키면 낮은 쪽의 공진주파수는 2.44 GHz에서 2.45 GHz, 2.47 GHz로 변화하였고, 높은 쪽 공진주파수는 5.73 GHz에서 5.55 GHz, 5.19 GHz로 감소하였다. 그러므로 급전점의 위치는 낮은 쪽 공진주파수보다 높은 쪽 공진주파수의 변화에 더 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다.

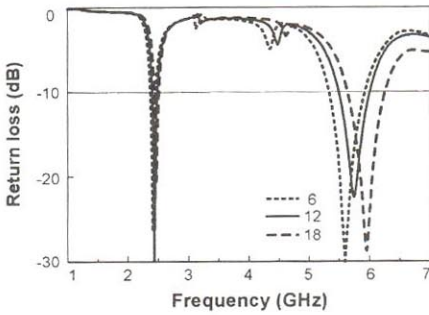


그림 4. 작은 Y-슬롯 폭 e_1 변화에 따른 반사 손실.

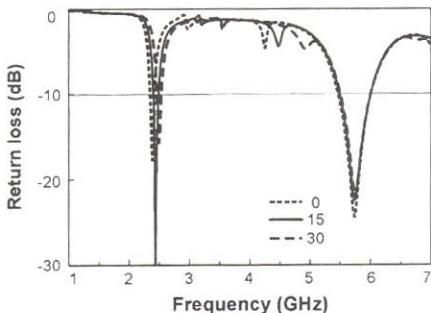


그림 5. 큰 Y-슬롯 폭 e_2 변화에 따른 반사 손실.

이상과 같은 결과를 바탕으로 최적화된 안테나의 설계 변수는 다음과 같다: $L = 62$ mm, $W = 46$ mm, $h = 5.2$ mm, $l_{s1} = 6.1$ mm, $w_{s1} = 26$ mm, $a_1 = 16.6$ mm, $b_1 = 23.3$ mm, $c_1 = 1.4$ mm, $e_1 = 12$ mm, $l_{s2} = 39.5$ mm, $w_{s2} = 52$ mm, $a_2 = 4.3$ mm, $b_2 = 2.2$ mm, $c_2 = 3.4$ mm, $e_2 = 15$ mm, $F = 19.8$ mm, $d = 1.6$ mm. 최적화된 안테나는 낮은 쪽 주파수대역인 2.4 GHz대역에서 2.44 GHz를 중심으로 2.399~2.487 GHz까지 약 88 MHz의 대역폭을 가지며, 높은 쪽 주파수는 5.7 GHz 대역에서 5.73 GHz를 중심으로 5.492~6.002 GHz 까지 약 509 MHz의 대역폭을 가진다.

그림 7은 낮은 쪽 중심 주파수인 2.44 GHz에서 $x-z$ 평면과 $y-z$ 평면의 복사패턴을 나타내었고, 그림 8은 높은 쪽 중심 주파수인 5.73 GHz에서의 $x-z$ 평면과 $y-z$ 평면의 복사패턴을 나타내었다. 각 대역의 중심주파수에서 이득은 각각 9.42 dBi와 9.45 dBi이고 반전력빔폭은 각각 66° 와 63° 이다.

IV. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11a/b 주파수 대역인 2.400~2483 GHz와 5.725~5.825 GHz 대역을 포함하며 두 개의 Y-슬롯을 가지는 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 큰 Y-슬롯은 낮은 쪽 공진을 유도하며 작은 역 Y-슬롯은 높은 쪽 공진을 유도한다. 안테나의 대역폭은 VSWR<2 를 기준으로 2.399~2.487 GHz와 5.492~6.002 GHz로 각각 88 MHz와 509 MHz의 대역폭을 가지며, 계산된 안테나의 최대 이득은 각각 9.42 dBi, 9.45 dBi이며, 반전력빔폭은 각각 66° 와 63° 이다.

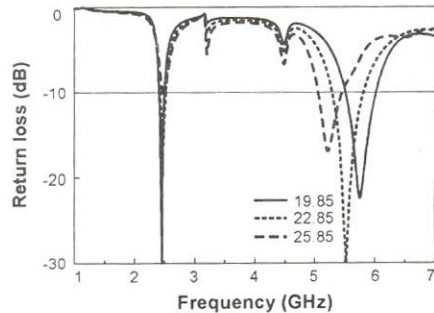


그림 6. 급전점 위치에 따른 반사 손실.

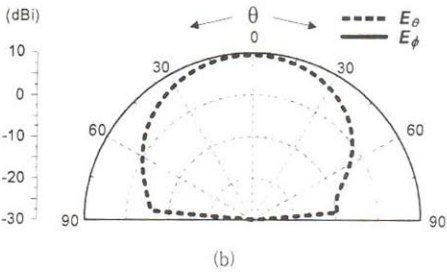
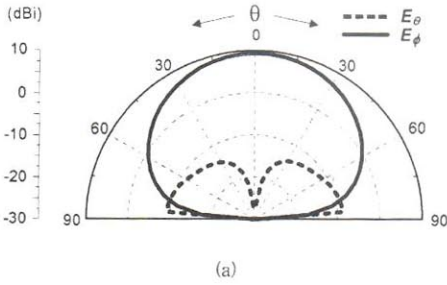


그림 7. 2.44 GHz 에서의 복사 패턴: (a) x-z 평면, (b) y-z 평면.

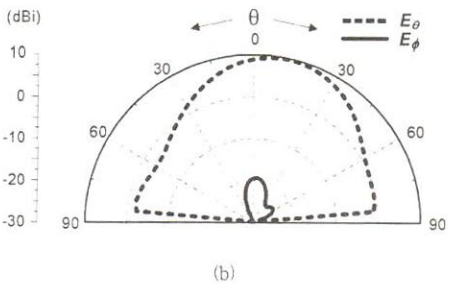
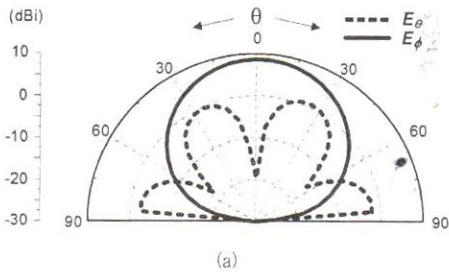


그림 8. 5.73 GHz 에서의 복사 패턴: (a) x-z 평면, (b) y-z 평면.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음 [2006-S-020-01, 고속 이동체 인터넷 위성·무선 연동 기술].

참고 문헌

- [1] 오승근, "국내의 5 GHz 내역 주파수 이용동향," 한국통신학회지, 제 19권 5호, pp. 646-653, 2000년 5월.
- [2] 원광호, "WLAN 의 응용 및 발전 방향," 전자 부품연구원 고속네트웍연구센터, 2001년 12월.
- [3] 강연수, 안도섭, "차세대 위성 개인 이동 통신 기술 동향," 전자통신동향분석, 제 21권 4호, pp. 97- 106, 2006년 8월.
- [4] A. Bazzi, Andrea G. G. Pasolini, V. Schena, "Gap fillers for railway tunnels: technologies and performance," EMC Europe Workshop, 2005.
- [5] T. Huynh and K. F. Lee, "Single-layer single-patch wideband microstrip antenna," *Electron. Lett.*, vol. 31, no. 16, pp. 1310-1312, 1995.
- [6] K. F. Lee, K. M. Luk, K. F. Tong, Y. L. Yung, and T. Huynh, "Experimental study of a two-element array of U-slot patches" *Electron. Lett.*, vol. 32, no. 5, pp. 418-420, 1996.
- [7] K. F. Lee, K. M. Luk, K. F. Tong, S. M. Shum, T. Huynh, and R. Q. Lee, "Experimental and simulation studies of the coaxially fed U-slot rectangular patch antenna," *IEE Proc. Microwave Antennas Propag.*, vol. 144, no. 5, pp. 354-358, 1997.
- [8] W. C. Tzou, H. M. Chen, Y. C. Chen, and C. F. Yang, "Bandwidth enhancement of U-slot patch antenna on high permittivity ceramic substrate for bluetooth application," *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 36, no. 6, pp. 499-501, 2003.
- [9] K. F. Tong, K. M. Luk, K. F. Lee, and R. Q. Lee, "A broadband U-slot rectangular patch antenna on a microwave substrate", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 48, no. 6, pp. 954-960, June 2000.
- [10] M. Clenet, C. B. Ravipati, and L. Shafai, "Bandwidth enhancement of U-slot microstrip antenna using a rectangular stacked patch," *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 21, no. 6, pp. 393-394, 1999.