힐버트 곡선 슬롯을 이용한 이중 대역 저지 UWB 안테나 설계

Design of Dual Band-Notched UWB Antenna with the Hilbert-Curve Slots

김 당 오 · 김 채 영

Dang-Oh Kim · Che-Young Kim

요 약

본 논문에서는 이중 대역 저지 기능을 갖는 평판형 모노폴 UWB 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나의 대역 저지 특성은 패치 상의 1차와 3차의 힐버트 곡선 슬롯들에 의하여 구현되었다. 각 힐버트 곡선 슬롯의 크기를 조절함으로써, 3.3에서 3.7 GHz 그리고 5.3에서 6 GHz에 걸친 저지 대역을 쉽게 구현할 수 있었다. 제작된 안테나의 VSWR과 방사 패턴을 측정하였으며, 이 결과로부터 설계된 안테나가 UWB 통신에서 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

Abstract

In this letter, a planar monopole UWB antenna with dual band-notched characteristics is proposed. The band-stop characteristics is realized by embedding the 1st/3rd order Hilbert-curve slots on the patch. With the dimension adjustment of each Hilbert-curve slots, the band rejection from 3.3 to 3.7 GHz and from 5.3 to 6 GHz can be accomplished easily. The VSWR and radiation pattern of the fabricated antenna are measured, and the proposed antenna would be adequate to a UWB applications.

Key words : UWB Antenna, Band-Notched, WLAN, WiMAX, Hilbert-Curve Slot

I. 서 론

초광대역(UWB: Ultrawide-band) 통신은 소전력으로 100 Mbps 이상의 대용량 데이터를 초고속으로 전송할 수 있는 근거리 통신이다. 2002년 미국 연방통신위원회가 3.1~10.6 GHz 대역에서의 상업적 사용을 허가하면서, UWB는 차세대 근거리 무선 데이터 통신으로 주목받고 있다. 그 결과, UWB 통신용 초광대역 안테나에 대한 연구가 활성화되었다.

그러나 7.5 GHz 대역폭을 갖는 UWB 주파수 범위에는 5.15~5.35 GHz, 5.725~5.825 GHz를 사용하는 IEEE802.11a/n WLAN(Wireless Local Area Network)과 3.4~3.69 GHz, 5.25~5.825 GHz를 사용하는 Wi-

MAX(World Interoperability for Microwave Access) 대역이 공존하게 된다. 이로 인해서 UWB 통신과 다른 통신 간의 전파 간섭 문제가 야기되며, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 다중 대역 저지 특성을 갖는 UWB 안테나를 설계하는 방법들이 제안되어 왔다^{[1]~[3]}. 그러나 프랙탈(Fractal) 구조를 적용한 대역 저지 UWB 안테나는 지금까지 단일 대역 저지 특성만을 가지고 있었다^[4]. 다시 말해서, 프랙탈 구조를 이용한 다중 대역 저지 UWB 안테나에 관한 연구는 지금까지 발표된 적이 없었다. 본 논문에서는 평판형 모노폴 형태의 UWB 안테나에 힐버트 곡선 형상을 가진 슬롯을 대역 저지 소자로써 사용하여 다중 대역 저지 특성을 구현하였다. 이 구현법은 기존의 다

경북대학교 IT대학 전자공학부(Department of Electronic, College of IT Engineering, Kyungpook National University)

· 논 문 번 호 : 20111021-132

· 교 신 저 자 : 김채영(e-mail : cykim@ee.knu.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2011년 11월 23일

그림 4. 측정 및 모의 실험된 VSWR 결과
Fig. 4. Measured and simulated VSWR results.

그림 5. 힐버트 곡선 슬롯(HCS) 유무에 따른 VSWR 결과
Fig. 5. VSWR results of the proposed antenna with and without the Hilbert curve slots(HCSs).

5.3~6 GHz의 WLAN 대역에 걸쳐서 $VSWR > 2$ 의 저지 대역 특성이 구현되었음을 알 수 있다.

HCS의 저지 대역 특성을 증명하기 위하여 HCS의 유무에 대한 VSWR 결과를 그림 5에 나타내었다. 흑색 점선은 HCS가 없는 그림 2의 초기 UWB 안테나의 VSWR 특성이다. 청색 파선은 3차 HCS만이 식각된 UWB 안테나의 VSWR 결과로써, 5 GHz 대역에서만 저지 특성이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 적색 실선은 그림 3의 1차 및 3차 HCS가 모두 포함된 VSWR 결과로써, 3 GHz WiMAX 대역 저지 특성이 추가적으로 나타나고 있음을 보여주고 있다. 그림 6은 두 개의 저지 대역에 대한 표면 전류 분포이다. 그림에서 보는 것과 같이 3.5 GHz에서는 1차 HCS에

그림 6. 표면 전류 분포
Fig. 6. Surface current distribution.

서 공진 전류가 집중되어 있고, 5.5 GHz에서는 3차 HCS에서 공진 전류가 집중 분포되어 있는 것을 알 수 있다. 이것은 각각의 저지 대역에서 HCS에 공진 에너지가 저장됨으로써, 안테나의 방사 효율이 저하되어 저지 대역 특성이 구현됨을 의미한다. 그림 5와 그림 6으로부터 HCS로 인해서 대역 저지 특성이 구현됨을 알 수 있으며, 이것은 각각의 슬롯에 대응되는 저지 대역이 독립적으로 존재함으로써 개별적인 주파수 조절이 가능함을 의미한다. 이 독립성은 HCS의 높은 Q값을 이용하여 2개 대역 저지 소자 간의 상호 결합을 최소화시킨 결과이다. 다중대역 저지 안테나에서는 이 독자성이 반드시 필요하다. 그림 7은 그림 3의 안테나에 대한 방사 패턴 측정 결과이다. 전형적인 모노폴 안테나의 방사 패턴 특성을 나타내고 있으며 전방향성 패턴을 보이고 있다.

UWB는 펄스를 이용한 통신 방식이므로, 시간영역에서의 펄스 왜곡 특성을 확인해야 한다. 본 논문에서는 펄스 왜곡 특성을 판단하기 위한 파라미터로써 다음의 식 (1)로 정의되는 Fidelity factor F 를 사용하였다^[5].

$$F = \max_{\tau} \int_{-\infty}^{\infty} S_r(t - \tau) S_t(t) dt \quad (1)$$

Fidelity factor를 계산하기 위해서 CST사의 Design studio를 사용하여 그림 3의 동일한 안테나 2개를 30 cm 거리를 두고 서로 마주 보게 하여 한 개는 송신 안테나로, 나머지 하나는 수신 안테나로 설정한다. 가우시안 펄스인 송신 신호 $S_t(t)$ 를 송신 안테나에 입력하면, 수신 안테나에서 수신된 신호 $S_r(t)$ 를 얻을 수 있다. 상기 두 신호를 정규화시켜 식 (1)에 대입하면, 송신 신호와 수신 신호의 상관 계수인 Fidelity factor F 를 계산할 수 있다. 이상적인 무왜곡 시스템

그림 7. 측정된 방사 패턴

Fig. 7. Measured radiation pattern.

의 경우 $F=1$ 이다. 제안된 안테나의 Fidelity factor F 는 0.92로써 UWB 시스템에 적합한 것을 알 수 있다^[6].

IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 UWB 안테나에 HCS를 삽입하여 WLAN 대역과 WiMAX 대역에서의 저지 특성 기능을 구현하였다. 삽입된 1차 HCS와 3차 HCS는 각각 독립된 저지 대역 특성을 가지며, VSWR 특성(그림 5)과 표면 전류 분포(그림 6)를 통하여 이를 확인하였다. 제안된 안테나는 저지 대역이 제외된

UWB 전대역에서 $VSWR < 2$ 와 무지향성 방사 패턴 요건을 만족하였으며, 시간 영역 특성 파라미터인 Fidelity factor 또한 UWB 시스템 요구 조건을 만족함을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] W. S. Lee, D. Z. Kim, K. J. Kim, and J. W. Yu, "Wideband planar monopole antenna with dual band-notched characteristics", *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 54, no. 6, pp. 2800-2806, Jun. 2006.
- [2] Q. X. Chu, Y. Y. Yang, "A compact ultrawideband antenna with 3.4/5.5 GHz dual band-notched characteristics", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 56, no. 12, pp. 3637-3644, Dec. 2008.
- [3] D. O. Kim, C. Y. Kim "CPW-fed ultra-wideband antenna with triple-band notch function", *Electron. Lett.*, vol. 46, no. 18, pp. 1246-1248, Sep. 2010.
- [4] D. O. Kim, C. Y. Kim, J. K. Park, and N. I. Jo, "Compact band notched ultra-wideband antenna using the Hilbert-curve slot", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 53, no. 11, pp. 2642-2648, Nov. 2011.
- [5] X. Li, S. C. Hagness, M. K. Choi, and D. W. Weide, "Numerical and experimental investigation of an ultrawideband ridged pyramidal horn antenna with curved launching plane for pulse radiation", *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 56, no. 9, pp. 259-262, 2003.
- [6] D. O. Kim, N. I. Jo, H. A. Jang, and C. Y. Kim, "Design of the ultrawideband antenna with a quadruple-band rejection characteristics using a combination of the complementary split ring resonators", *Prog. Electromagnetics Res.*, vol. 112, pp. 93-107, Jan. 2011.