

PIN 다이오드와 타원형 반사기를 이용한 Reconfiguration 안테나 설계

Design of Reconfiguration Antenna by using PIN Diode and Elliptical Resonator

이 현 진* · Tariq Shahzad** · 정 병 익†
(Hyeon-jin Lee · Tariq Shahzad · Byung-Ik Jung)

Abstract - In this paper is proposed wide band reconfiguration antenna by using PIN diode. The proposed antenna consisted of elliptical dipole and exponential taper balun. The proposed new matching method was exponential tapered balun in this paper. The research paper comprised of two PIN diode and Elliptical dipole. This paper used CPW to CPS feed. We obtained a good band width characteristics result by simulating. This antenna is designed to apply ISM and WiFi band.

Key Words : Elliptical resonator, Reconfiguration antenna, PIN-diode

1. 서 론

최근 소형 안테나 설계 기술을 이용한 무선통신 시스템이 상용화되는 다양한 기기에서 사용되어지고 있다. 대부분의 모바일 기기에서 사용하고 있는 주파수 대역은 3GPP(3rd Generation Partnership Project)에서 발표한 Release 8 표준을 따르고 있다. 이 표준에 의거하여 ISM (industry, science, medical) 및 WiFi (wireless fidelity) 주파수 대역은 1.4 ~ 3.7 GHz 사이의 상위 대역으로 다양하게 나뉘어져 있으며 현재 국가별, 통신사별로 사용 중인 주파수 대역이 다르기 때문에, 따라서 단말기에서 사용하는 각각의 주파수에서 특성을 만족하는 다중밴드 안테나의 설계가 필요하다. 그 결과 다중 대역 특성을 만족하기 위하여 slot을 이용한 방법, 기생패치를 이용한 방법 등의 다양한 연구들이 수행되었다. 위의 연구에서는 기본 구조에 slot을 추가하여 커플링을 발생시키고, 이를 통하여 다중밴드 및 대역폭을 확장하는 기술이 소개되었다. 또 다른 다중대역 특성을 만드는 다른 방법으로 기생패치를 추가하는 구조가 있으며, 이를 이용하여 안테나를 설계할 경우 급전부의 변형이 주변 소자들에 영향을 줄 수 있기 때문에 이를 고려하여 설계해야 한다[1, 2]. ISM 및 WiFi용 모바일 기기의 디자인문제와 추가 모듈 삽입으로 인해 비접지 평면에 존재하는 안테나 공간이 지속적으로 좁아지고 있다. 따라서 줄어드는 안테나 설계 공간의 한계를 극복하기 위해서 다양한 방법을 이용하여 다중밴드

안테나에 대한 설계가 이루어지고 있다. 제한된 비접지평면에서의 안테나 크기를 줄이고 넓은 동작 대역을 포함하기 위해서 새로운 기술이 요구된다[3, 4]. 그것들 중 한 가지가 재구성 안테나 기술이다. 주파수 재구성 안테나는 서로 다른 동작 대역에서 안테나의 물리적 크기를 재사용할 수 있기 때문에 다중 대역 안테나의 물리적인 크기를 줄일 수 있다 따라서 주파수 재구성 기술은 안테나의 크기가 증가하거나 복잡해지는 문제점들을 해결하기 위한 매우 좋은 기술이로 현재까지 재구성 안테나에 관해 활발히 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 ISM 및 WiFi용 재구성 안테나를 설계하고 구현하여 특성을 시뮬레이션 하였다. 제안된 PIN 다이오드를 이용하여 3가지 상태로 구분하여 설계하였으며 제안된 재구성안테나의 전산모의실험을 위해 Ansoft사의 HFSS를 사용하였다[5, 6]. 제안된 재구성 안테나는 -10 dB를 기준으로 sw1, sw2가 ON 될 경우 또한 sw1 ON과 sw2 OFF 될 경우 WCDMA 대역을 각각 포함하도록 설계하였다.

2. 안테나 설계

부정합에 대한 정합 회로에는 수많은 방법이 있으며 이들의 방법은 대부분 안테나의 전체 길이를 증가 시키는 방법들이다. 본 연구에서는 안테나의 크기를 변화 시키지 않으면서 더욱이 급전부의 길이를 줄일 수 있는 지수형의 테이퍼 발룬(exponential taper balun)를 CPW와 CPS 선로 사이에 추가하여서 안테나의 급전부에서 발생하는 부정합을 최소화 하였다. 다음은 지수함수적인 테이퍼의 이론적인 설명이다.

먼저 위 그림 1에 나타난 바와 같이 $0 < z < L$ 에서

$$Z(z) = Z_0 e^{az}, \quad \text{for } 0 < z < L \quad (1)$$

로 주어지는 지수함수적인 테이퍼드는 원하는 대로 $z=0$ 에서 $Z(0) = Z_0$ 이다.

$z=L$ 에서 $Z(L) = Z_L = Z_0 e^{aL}$ 이어야 하므로 상수 a 는 식 (2)

† Corresponding Author : Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Dongkang College, Korea
E-mail : jbi8258@dkc.ac.kr

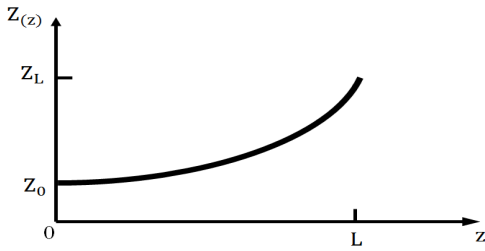
* Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Dongkang College, Korea

** COMSATS Institute of Information Technology Sahiwal Campus, Pakistan

접수일자 : 2017년 5월 25일

최종완료 : 2017년 7월 19일

지수함수적인 테이퍼



(a)

그림 1 지수함수적인 임피던스 경사를 갖는 정합층 임피던스의 변화

Fig. 1 Gradient of exponential impedance for variable matching impedance

와 같음을 알 수 있다.

$$a = \frac{1}{L} \ln\left(\frac{Z_L}{Z_0}\right), \quad (2)$$

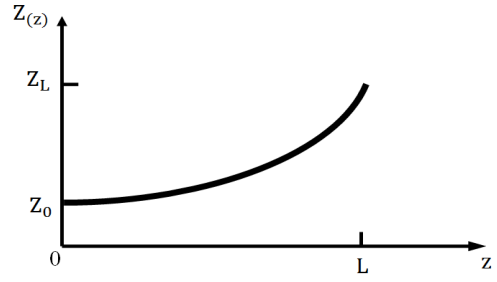
이제 식(1)과 식(2)를 사용하면 다음과 같이 $\Gamma(\theta)$ 를 구한다.

$$\begin{aligned} \Gamma &= \frac{1}{2} \int_0^L e^{-2j\beta z} \frac{d}{dz} (\ln e^{az}) dz \\ &= \frac{\ln Z_L/Z_0}{2L} \int_0^L e^{-j\beta z} dz \\ &= \frac{\ln Z_L/Z_0}{2} e^{-j\beta L} \frac{\sin \beta L}{\beta L} \end{aligned} \quad (3)$$

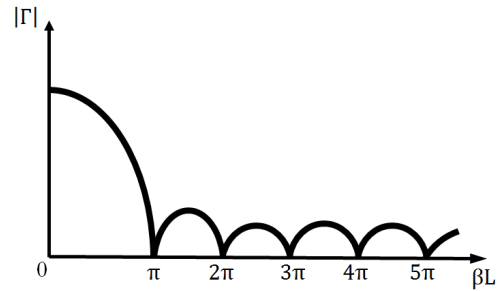
이 식(3)은 테이퍼형 선로의 전파상수 β 가 $-TEM$ 선로 일 때만 일반적으로 유효한 가정이지만 $-Z$ 의 함수가 아니라고 가정하고 유도된 것이다. 식 (3)의 반사계수의 크기는 그림 b에 그려져 있다. 기대했듯이 $|\Gamma|$ 의 첨두치는 길이가 증가함에 따라 감소하며 낮은 주파수에서 부정합을 최소화하기 위해서는 그 길이가 $\lambda/2$ 보다 커야한다($\beta L > \pi$) [1].

그림 2는 지수함수적인 임피던스 경사를 갖는 정합 (a) 임피던스의 변화 (b) 결과적인 반사계수의 크기의 응답을 나타낸 plot으로 일반적인 급전선로에서 공진의 전기적인 길이가 2π 에서 1차의 기본공진이 발생되는데 본 연구에서는 지수형의 테이퍼를 CPW와 CPS 사이에 삽입하여 공진기 급전 선로의 전기적인 길이를 반으로 줄일 수 있으며 이는 안테나의 전체 길이를 줄이는 효과를 얻을 수가 있다.

그림 3은 재구성 안테나의 구조를 나타낸 그림이다. 그림에서 SW1과 SW2는 PIN 다이오드를 나타내고 있으며, DW과 DH는 타원형 다이폴 공진기의 가로 세로 지름, FL과 FW는 스트립(stripline) 선로의 길이와 폭, TR은 지수형 테이퍼의 반경, GW와 GH는 평면 도파로 급전 선로의 길이와 폭, Er_h 는 유전체 기판의 두께, gap은 CPW와 CPS 급전 선로의 갭, t는 도체의 두께를 나타내고 있다. 제안된 안테나는 그림 3에서 보는 바와 같이 두께 1.52 mm, 유전율



(a)



(b)

그림 2 지수함수적인 임피던스 경사를 갖는 정합 층 (a) 임피던스의 변화, (b) 결과적인 반사계수의 크기의 응답

Fig. 2 Gradient of exponential impedance for variable matching impedance (a) variable of impedance, (b) response of reflected coefficient

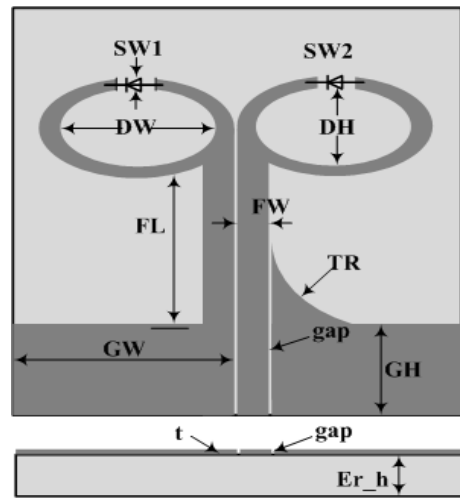


그림 3 제안된 재구성 안테나의 구조

Fig. 3 The geometry of reconfiguration antenna

6.2, 손실 탄젠트 0.02를 갖는 $60 \times 50 \text{ mm}^2$ ($W1 \times L1$) 크기의 FR-4 기판 단면에 제작되었다. 안테나는 $40 \times 30 \text{ mm}^2$ 의 크기를 갖으며 1개의 타원형 다이폴 방사체와 2개의 PIN 다이오드로 구성되어 있다. PIN 다이오드의 ON/OFF 상태에 따라서 방사체가 전기적으로 단락되거나 개방되어진다. 재구성 안테나를 제외한 나머지 부분은 급전과 정합(match) 부

이며 이는 모두 단일 면에서 구현되었다.

2.1 제안한 안테나의 특성 및 검토

그림 4는 제안한 재구성 안테나에서 스위치 SW1, 2가 on 되었을 때, 즉 PIN다이오드가 동작하지 않은 상태의 안테나 구조일 때의 반사계수를 그림 5에 나타내었다.

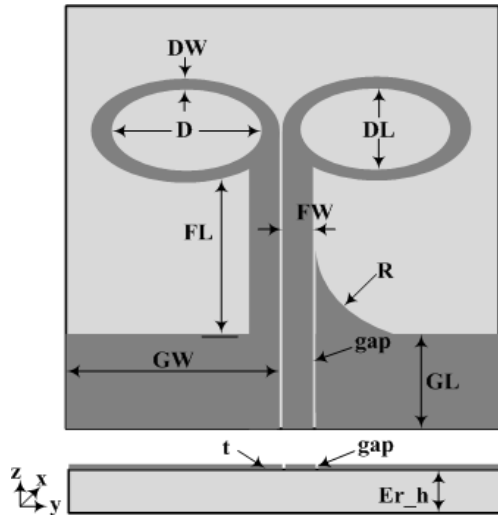


그림 4 제안한 재구성 안테나에서 스위치 SW1, 2가 on 되었을 때의 구조

Fig. 4 The geometry as turn on switch_1, 2 at the proposed antenna

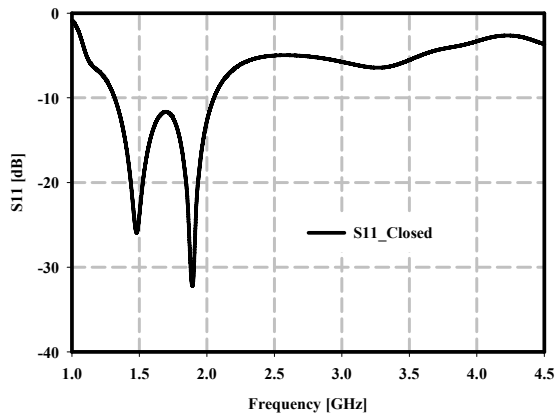


그림 5 제안한 재구성 안테나에서 스위치 SW1, 2가 on되었을 때의 반사계수

Fig. 5 The reflected coefficient as turn on switch_1, 2 at the proposed antenna

위 그림 5는 제안한 재구성 안테나에서 스위치 SW1, 2가 on되었을 때의 반사계수를 나타낸 그림이며 여기서 알 수 있는 것은 낮은 주파수 대역에서 공진이 발생되고 있음을 볼 수 있다.

위 그림 6에서 제안한 재구성 안테나에서 스위치 SW1, 2가 off되었을 때의 안테나 구조로서 PIN 다이오드가 닫혀져

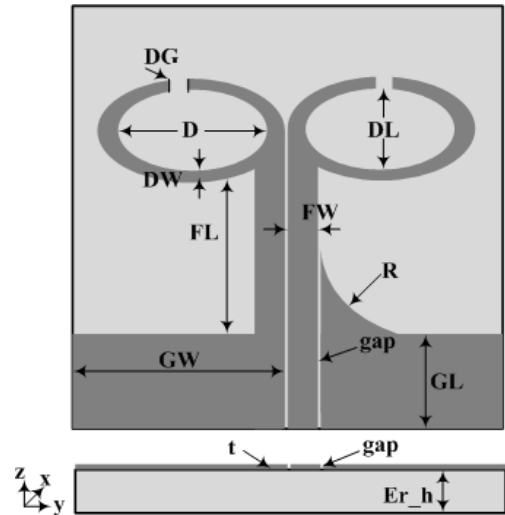


그림 6 제안한 재구성 안테나에서 스위치 SW1, 2가 off되었을 때의 구조

Fig. 6 The geometry as turn off switch_1, 2 at the proposed antenna

서 동작을 하지 않은 상태를 설명하고 있으며 그에 대한 반사계수 결과는 다음 그림 7에서 볼 수 있다.

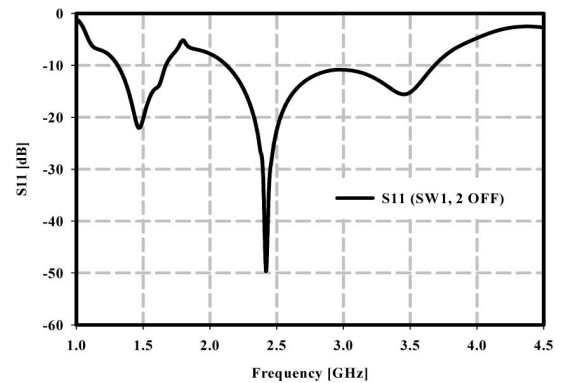


그림 7 제안한 재구성 안테나에서 스위치 SW1, 2가 off되었을 때의 반사계수

Fig. 7 The reflected coefficient as turn of switch_1, 2 at the proposed antenna

그림 7의 제안한 재구성 안테나에서 스위치 SW1, 2가 off 되었을 때의 반사계수이다. 여기서 볼 수 있는 바와 같이 PIN 다이오드가 동작을 하지 않을 때는 타원형 다이폴의 공진기가 개방된 상태가 되어서 완전한 이중 다이폴 구조를 갖추게 되며 이런 까닭으로 폴의 길이가 큰 것과 작은 것에 따라서 이중 공진이 발생되며 공진 대역이 광대역을 이루고 있다.

그림 8은 제안한 재구성 안테나에서 지수형 테이퍼가 없을 때 구조를 나타낸 그림으로 이는 일반적으로 안테나 설계에서 CPW와 CPS 변환 급전 방법을 이용 할 때 CPW와 CPS 사이의 불연속을 정합회로를 사용하지 않았을 때의 반사계수를 나타낸 결과로서 CPW와 CPS사이의 임피던스

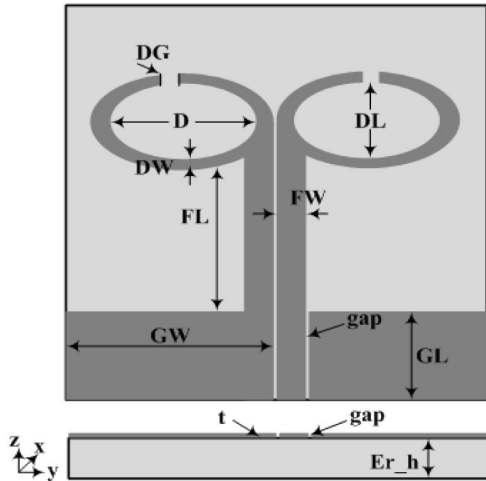


그림 8 제안한 재구성 안테나에서 지수형 테이퍼가 없을 때 구조

Fig. 8 The geometry of reconfiguration antenna as without exponential taper

부정함으로 인하여 반사계수 특성이 양호하지가 않음을 확인 할 수 있다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해서는 다른 많은 파라미터(parameter)값을 최적화를 하여야 하며 종합적으로 공진 대역은 잡을 수가 있으나 반사계수 특성과 방사 특성은 제안한 구조에 비하여 월등히 나쁜 결과를 초래한다.

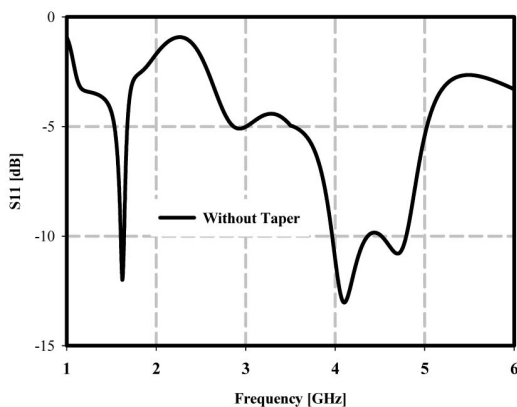


그림 9 제안한 재구성 안테나에서 지수형 테이퍼가 없을 때 구조

Fig. 9 The reflected coefficient of reconfiguration antenna as without exponential taper

그림 9와 10에서 그림 9는 제안한 재구성 안테나에서 지수형 테이퍼 발룬이 없을 때의 반사계수를 나타낸 그림이며 그림 10은 제안한 재구성 안테나에서 지수형 테이퍼 발룬이 있을 때와 없을 때의 반사계수를 나타낸 그림으로써 그림에서 볼 수 있듯이 공진 특성 및 공진 대역에서 월한 차이를 확인 할 수 있다.

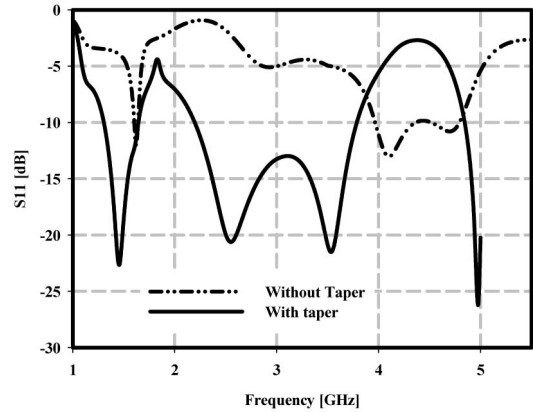


그림 10 제안한 재구성 안테나에서 지수형 테이퍼가 있을 때와 없을 때 반사계수

Fig. 10 The reflected coefficient of reconfiguration antenna as with and without exponential taper

3. 결 론

본 연구는 두 가지의 기능을 추가하여 안테나의 동작 주파수의 변화(shift) 및 정합회로에 의한 안테나의 물리적인 크기를 최소화 하였다. 첫째는 PIN 다이오드를 스위치로 이용하여 개폐에 의한 공진 안테나의 전기적인 특성을 변화시켜서 동작주파수와 방사 패턴의 변화를 얻었으며 일반적으로 다이폴 안테나의 공진기 즉 폴(pole)을 직선형으로 길게 늘여서 원하는 주파수 대역에서의 공진을 얻고자하는 설계를 하는데 본 연구에서는 일반적인 직선 폴을 타원(elliptical)형으로 수정(modified)하여 안테나의 물리적인 크기를 최소화하였다. 또한 평면 급전의 장점을 갖은 평면도파로 급전(coplanar waveguide) 과 스트립선로(coplanar strip line)에 지수형의 테이퍼 발룬을 제안하여 CPW에서 CPS선로로 변환(transfer)되는 과정의 임피던스 부정합(unmatching), 즉 불연속 값을 최소화 하여 동작 주파수의 대역을 확장시키고 정합회로를 위한 급전부의 길이를 줄여서 안테나의 공진대역 특성을 개선하고 전체의 크기를 최소화 시켰다.

감사의 글

이 논문은 한국전력공사의 재원으로 기초전력연구원의 2015년 선정 기초연구개발과제의 지원을 받아 수행된 것임. (과제번호 : R15XA03-32)

References

- [1] Stutzman, W.L., and Thiele, G.A.: 'Antenna theory and design' (Wiley, New York, 1998, 2nd edn.)
- [2] Huang, J., and Densmore, A.C.: 'Microstrip Yagi array antenna for mobile satellite vehicle applications', *IEEE Trans. Antennas Propag.*, 1998, 39, pp. 1024-1030.
- [3] Hyeonjin Lee, "CPW-fed to CPS Dipole Antenna of

Microstrip Tapered Balun with Triangular Loop Director", *J of Electrical Engineering Technology*, vol. 9, no. 4.

- [4] H.K. Kan, A.M. Abbosh, R.B. Waterhouse and M.E. Bialkowski, 'Compact broadband coplanar waveguide-fed curved quasi-Yagi antenna', *IET Microw. Antennas Propag.*, vol. 1, no. 3, pp. 572-574, 2007.
- [5] T. Ito, Y. Fujino, and M. Fujita. "Fundamental experiment of a rectenna array for microwave power reception". *IEICE Trans. Commun.*, E-76-B(12): 1508-1513, 1993.
- [6] K. L. Wong, and J. Y. Wu, "Single-feed small circularly polarized square microstrip antenna" *Electro. Lett.* 33, pp. 1833-1834, Oct., 1997.

저 자 소 개



이 현 진 (Hyeonjin Lee)

전남대학교 대학원 전기공학과(공학박사), 펜실베니아주립대학교 전기공학과 (Post Doctoral), 현재 동강대학교 전기전자과 교수

E-mail : hyeonjin@dkc.ac.kr



정 병 익 (鄭 柄 益)

2007년 조선대 전기공학과 졸업, 2013년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 2016~현재, 동강대학교 전기전자과 조교수

E-mail : jbi8258@dkc.ac.kr



Tariq Shahzad

Assistant Professor Department of Electrical Engineering COMSATS Institute of Information Technology Sahiwal Pakistan.

E-mail : tariq@ciitsahiwal.edu.pk