

단락종단된 마이크로스트립으로 급전되는 광대역 quasi-Yagi 안테나 설계

이종익* · 여준호**

*동서대학교 · **대구대학교

Design of a Broadband Quasi-Yagi Antenna fed by a Microstrip with a Shorted End

Jong-Ig Lee* · Junho Yeo**

*Dongseo University · **Daegu University

E-mail : leeji@dongseo.ac.kr, jyeo@daegu.ac.kr

요 약

본 연구에서는 임피던스 대역폭비가 2 : 1 이상의 광대역특성을 갖고 이득이 최소 4 dBi 이상인 quasi-Yagi 안테나(QYA) 설계방법에 대해 소개한다. QYA는 코플래너 스트립에 내장된 마이크로 스트립으로 급전되며, 평면다이폴과 그에 근접하는 도파기, 그리고 접지면 반사기 등 3개의 소자로 구성된다. 폭이 넓은 직사각 패치 모양의 도파기를 스트립 다이폴 가까이 두어서 광대역 정합특성을 구현하였다. 시뮬레이션을 통해 1.6–3.5 GHz (대역폭 비 2.2 : 1) 대역용으로 최적화된 3소자 QYA를 FR4 기판상에 90 × 90 mm² 크기로 제작하여 특성을 실험하였다. 실험결과, SWR < 2 인 임피던스 대역은 1.56–3.74 GHz(대역폭 비 2.4 : 1), 피크이득은 4.41–6.53 dBi이고, FBR > 13.6 dB 이다.

ABSTRACT

In this paper, we introduce a design method for a quasi-Yagi antenna (QYA) with broadband characteristics of an impedance bandwidth ratio of > 2 : 1 and a gain of > 4 dBi. The QYA is fed by a microstrip line fabricated on a coplanar strip line and it consists of 3 elements; a planar dipole, a nearby director close to the dipole, and a ground plane reflector. By placing a rectangular patch-type director with large width near to the dipole driver, broadband characteristics are achieved. An optimized 3-element QYA for operation over 1.6–3.5 GHz (bandwidth ratio 2.2 : 1) is fabricated on an FR4 substrate with a size of 90 mm × 90 mm and tested experimentally. The results show an impedance bandwidth of 1.56– 3.74 GHz (bandwidth ratio 2.4 : 1) for VSWR < 2, a peak gain of 4.41–6.53 dBi, and a front-to-back ratio (FBR) > 13.6 dB within the bandwidth.

키워드

Quasi-Yagi antenna, planar antenna, balun, broadband antenna

1. 서 론

PCB 기판 상에 제작되는 평면 안테나는 경량, 정밀제작 및 대량생산이 용이, 저렴한 제작비용, RF회로와의 연결이 용이하다는 등 다양한 장점을

갖고 있어서, 기존 도선(wire)으로 구성된 다양한 형태의 안테나들을 평면 안테나로 구현하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 그 중 평면 quasi-Yagi 안테나(QYA)는 코플래너 스트립(coplanar strip ; CPS)으로 급전되는 다이폴 투사

기(driver), 접지면 반사기(reflector), 그리고 스트립 도파기(director)로 구성될 수 있다[1-5]. QYA는 적절히 넓은 대역폭과 지향성을 갖고 있어서 RF통신용 트랜시버, 레이더 등에 응용되고 있다. 3소자 QYA에 대한 기존 연구결과[3]에 의하면 5 dBi 이상의 이득 특성을 갖는 QYA의 대역폭은 약 17% 정도이고, 대역폭이 약 45%의 광대역 특성을 갖기 위해서는 이득이 3~5 dBi로 2 dB 정도 감소되어야 한다. 보다 넓은 대역폭과 적절하고 고른 이득을 갖도록 하기 위해서는 대수주기 안테나(Log-periodic antenna; LPA) [6]를 사용하는 것이 일반적이지만 LPA의 설계과정이 QYA에 비해 복잡하고 고이득 특성을 갖도록 배열안테나를 구성하는 것이 용이하지 않다.

본 연구에서는 대역폭 비(bandwidth ratio)가 2 : 1 (대역폭이 약 66.7%) 이상인 광대역특성을 갖고, 이득이 최소 4 dBi 이상인 지향성 QYA를 설계하는 방법에 대해 연구하였다. QYA는 코플래너 스트립에 내장되고 종단이 단락된 마이크로스트립으로 급전되며, 평면다이폴과 그에 근접하는 직사각 패치 형태의 도파기, 그리고 접지면 반사기 각 패치 형태의 도파기, 그리고 접지면 반사기 각 패치 형태를 조절하여 광대역특성을 얻을 수 있다. 제안된 안테나구조는 상용 해석 툴인 CST사의 Microwave Studio를 이용하여 시뮬레이션 되었다. 자세한 안테나의 설계 방법, 시뮬레이션 및 실험 결과를 제시하고 설명하였다.

II. 안테나 구조 및 설계

그림 1은 제안된 안테나 구조로서, 유전체기판의 한 면에 코플래너 스트립으로 급전되는 다이폴(D₀), 접지면 반사기(R₀), 도파기(D₁)가 프린트된다. 급전 마이크로 스트립 선로는 코플래너 스트립에 내장되어 있어 밸런을 위한 별도의 공간을 줄일 수 있고, 종단은 단락되어 있다.

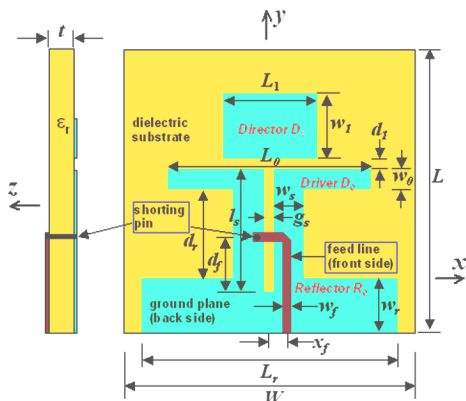


그림 1 안테나구조

대역폭 비 2 : 1 이상의 광대역 특성을 갖는 안테나의 설계 예로서 SWR < 2 인 대역이 1.6~3.5 GHz이고 이득이 4 dBi 이상인 안테나를 FR4 기판(비유전율 4.4, 두께 1.6 mm, 손실탄젠트 0.02)에 설계하는 과정을 소개한다. 먼저 반사기(R₀)와 도파기(D₁)가 없이 단일소자 다이폴(D₀)만으로 구성된 경우의 임피던스 정합특성을 시뮬레이션 한 결과, 원하는 주파수 대역(1.6~3.5 GHz)의 하한 주파수인 1.6 GHz보다 약간 높은 1.68 GHz에서 공진된다. SWR < 2 인 대역은 1.515~1.9 GHz(임피던스 대역폭비 1.25 : 1, 대역폭 약 22.5%)이다. 이 때 파라미터들은 W=L=90, L₀=72, W₀=7.5, w_s=10, g_s=0.7, l_s=43.5, L_G=15, w_f=3, x_f=5, d_f=25, L_r=20 이고 단위는 mm이다. 1.68 GHz에서 시뮬레이션 이득은 약 2.0 dBi이다. 코플래너 스트립 선로의 특성임피던스는 대략 100옴 정도이고 마이크로스트립 선로는 50옴 이다.

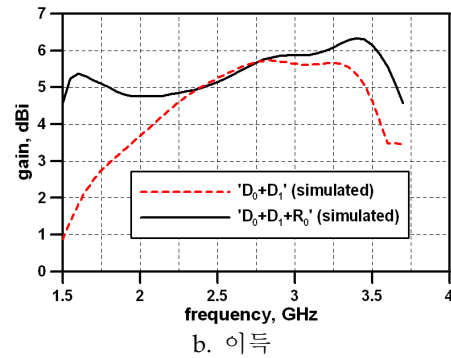
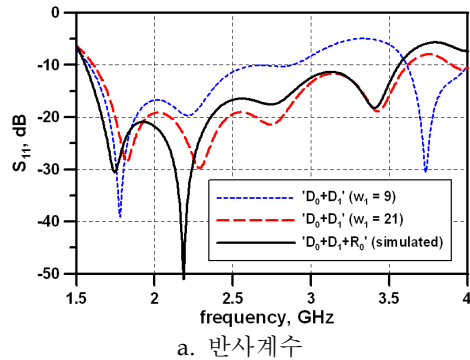


그림 2 반사계수와 이득(시뮬레이션)

다음으로 고주파 대역(1.9~3.5 GHz)의 정합특성을 개선하여 임피던스 대역폭을 넓히기 위해 도파기 D₁을 다이폴 D₀에 근접한 영역에 위치시킨다(그림 2에서 'D₀+D₁'으로 표시됨). 시뮬레이션 결과 d₁이 2~3 일 때 양호한 광대역 특성이 관찰되어 d₁ = 2로 고정하였다. 투사기 D₀에 근접하는 도파기 D₁의 폭(w₁)과 길이(L₁)를 변화시켜가면서 원하는 광대역특성을 만족하는 최적의

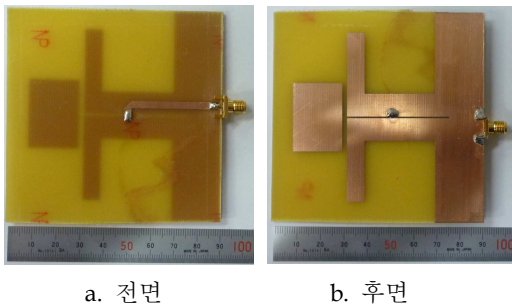
파라미터들을 찾을 수 있다. 그림 2a에서 보는 바와 같이, $L_1 = 29$, $w_1 = 9$ 인 경우, 1.6–2.6 GHz 대역에서 이중 공진 특성을 갖는 비교적 광대역 정합특성(대역폭 비 1.625 : 1)과 함께 3.75 GHz 대역에서도 정합특성이 관찰된다. w_1 이 증가됨에 따라 2.5–3.5 GHz 대역의 정합특성도 개선되어 $w_1 = 21$ 에 근접할 때 $SWR < 2$ 인 대역은 1.6–3.6 GHz (대역폭 비 2.25 : 1)로 원하는 광대역 특성(대역폭 비 2 : 1 이상)을 만족한다.

$w_1 = 21$ 일 때 이득특성('D₀+D₁')은 그림 2b에서 보는 바와 같이 주파수가 증가됨에 따라 근접도파기 D₁에 의해 이득이 점차 증가되는 경향을 보인다. 저주파대역 차단주파수 1.6 GHz에서의 이득 1.8 dBi는 근접도파기 D₁ 없이 다이폴 D₀만 있는 경우의 이득(2.0 dBi)과 근접한다.

그림 2a에서 보는 바와 같이, 파라미터값 $L_r=W$, $d_r=30$, $w_r=21$ 을 갖는 접지면 반사기 R₀를 부가하였을 때('D₀+D₁+R₀'), 임피던스 대역(1.55–3.57 GHz)은 반사기가 없는 경우('D₀+D₁')의 대역(1.6–3.6 GHz)와 비교하여 볼 때 거의 변화가 없는 것을 알 수 있다. 그러나 반사기에 의해 저주파 대역에서 이득이 개선되어, 그림 2b와 같이, 원하는 대역 내에서 4.7 dBi 이상으로 유지된다. 이와 같이 최적화된 QYA는 원하는 광대역 특성(대역폭 비 2 : 1 이상)과 함께 기존 광대역 QYA[3]의 이득(3–5 dBi)에 비해 개선된 4.7–6.4 dBi의 이득을 갖는 우수한 특성을 갖는다.

III. 제작 및 실험결과

시뮬레이션을 통해 얻은 최적화된 안테나의 파라미터들을 이용하여 FR4 기판 상에 QYA를 90 × 90 mm² 크기로 그림 3과 같이 제작하였다.

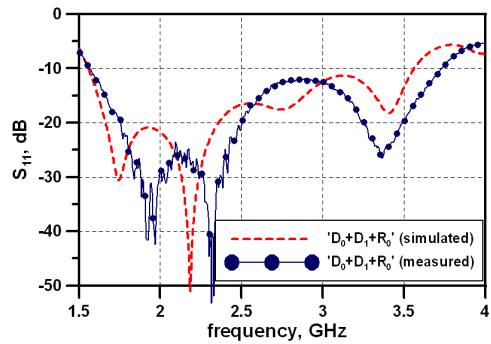


a. 전면 b. 후면

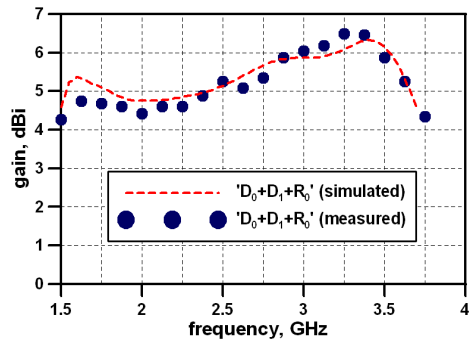
그림 3 제작된 안테나 사진

제작된 안테나의 반사계수 특성은, 그림 4a에 제시된 바와 같이, $SWR < 2$ 인 대역이 1.56–3.74 GHz로서 이론치 1.55–3.57 GHz와 잘 일치한다. 안테나의 폭과 길이는 각각 90 mm로서 차단주파수 1.56 GHz에서 0.47 파장에 해당된다.

측정된 이득도, 그림 4b와 같이, 4.41–6.53 dBi로서 시뮬레이션결과와 잘 일치하므로 본 연구에서 제시한 결과들이 타당함을 입증한다.

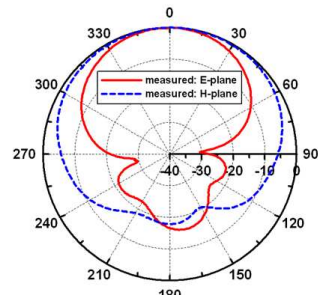


a. 반사계수

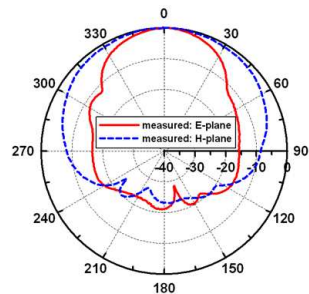


b. 이득

그림 4 반사계수 및 이득 측정결과



a. 2.0 GHz



b. 2.6 GHz

그림 5 측정된 복사패턴

E-면과 H-면 복사패턴은 그림 5에서 보는 바와 같이 배열 축(y) 방향으로 지향성을 갖고, 전후방비(front-to-back ratio ; FBR)은 대역 내에서 13.6 dB 이상으로 유지된다.

Antennas Propagat., vol. 55, no. 12, pp. 3713–3716, Dec. 2007.

[6] C.A. Balanis, *Antenna theory - Analysis and design*, 3rd ed., Wiley-Interscience, 2005.

IV. 결 론

본 논문에서는 임피던스 대역폭 비가 2 : 1 이상인 광대역 정합특성을 갖고 이득이 4 dBi 이상인 3소자 quasi-Yagi 안테나(QYA) 설계 방법을 소개하였다. 중단이 단락된 마이크로스트립으로 QYA가 급전되고 다이폴을 급전하는 코플래너 스트립 선로에 밸런이 내장된 구조이다. 스트립 다이폴 투사기(driver)에 비해 폭이 훨씬 넓은 직사각 패치형 도파기(director)를 투사기에 근접하는 영역에 두어서 광대역 정합특성을 구현하였다. 1.6–3.5 GHz 대역용으로 최적화된 3소자 QYA를 FR4 기판 상에 제작하여 실험한 결과, 임피던스 대역은 1.56–3.74 GHz(대역폭 비 2.4 : 1), 이득은 4.41–6.53 dBi로서 시뮬레이션결과와 잘 일치하였다. 대역 내 전후방비는 13.6 dB 이상이었다. 위와 같은 특성들을 볼 때, 제안된 QYA는 PCS(1.75–1.87GHz), WCDMA(1.92–2.17GHz), WiBro(2.3–2.38GHz), WLAN(2.4–2.48GHz), WiMAX(2.5–2.69GHz, 3.4–3.69GHz) 등 다양한 이동통신 및 무선서비스를 통합하는 소출력 중계 기용으로 사용하거나 고이득 배열안테나로 응용하기에 적합하다고 생각된다. 또한 제안된 설계방법은 다른 주파수대역용으로 주파수변환설계가 용이하다.

참고문헌

- [1] Y. Qian, W.R. Deal, N. Kaneda and T. Itoh, "Microstrip-fed quasi-Yagi antenna with broadband characteristics," *Electron. Lett.*, vol. 34, no. 23, pp. 2194–2196, Nov. 1998.
- [2] J. Sor, Y. Qian, and T. Itoh, "Coplanar waveguide fed quasi-Yagi antenna," *Electron. Lett.*, vol. 36, no. 1, pp. 1–2, Jan. 2000.
- [3] N. Kaneda, W.R. Deal, Y. Qian, R. Waterhouse, and T. Itoh, "A broad-band quasi-Yagi antenna," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 50, no. 8, pp. 1158–1160, Aug. 2002.
- [4] G. Zheng, A.A. Kishk, A.W. Glisson, and A.B. Yakovlev, "Simplified feed for modified printed Yagi antenna," *Electron. Lett.*, vol. 40, no. 8, pp. 464–466, Apr. 2004.
- [5] G.S. Shiroma and W.A. Shiroma, "A two-element L-band quasi-Yagi antenna array with omnidirectional coverage," *IEEE Trans.*