

지상파 디지털 방송 수신용 소형 반 보우 타이 형 준-야기 안테나

이종익¹, 여준호^{2*}, 박진택³

¹동서대학교 전자공학과, ²대구대학교 정보통신공학부, ³창신대학교 모바일통신공학과

Compact Half Bow-tie-type Quasi-Yagi Antenna for Terrestrial DTV Reception

Jong-Ig Lee¹, Junho Yeo^{2*} and Jin-Taek Park³

¹Department of Electronics Engineering, Dongseo University

²School of Computer and Communication Engineering, Daegu University

³Department of Mobile Communication Engineering, Changshin University

요약 본 논문에서는 지상파 디지털 방송 수신용 광대역 평면 야기 안테나의 설계방법에 대해 연구하였다. 다이폴을 급전하는 코플래너 스트립은 스트립에 내장된 마이크로스트립과 연결되고 종단은 단락되어 있다. 급전되는 다이폴에 근접한 영역에 폭이 넓은 직사각형 스트립 도파기를 부가하여 광대역 임피던스 정합과 고주파 대역의 이득특성을 구현하였고, 접지면 반사기를 추가하여 저주파 대역의 이득 특성을 개선하였다. 안테나를 소형화하기 위해 다이폴과 반사기의 모양을 반 보우-타이(V) 형으로 변형하였으며, 여러 가지 파라미터들이 안테나 특성에 미치는 영향을 관찰하였다. 제안된 구조의 안테나를 지상파 DTV 주파수 대역인 470–806 MHz 대역에서 동작하도록 설계하였다. 최적화된 안테나를 FR4 기판 상에 제작하고 특성을 실험한 결과 VSWR < 2 인 대역 450–848 MHz, 이득 > 4.1 dBi, 전후방비 > 10.4 dB 등의 우수한 성능을 갖는 것을 확인하였다.

Abstract In this paper, we introduce a design method for a broadband planar quasi-Yagi antenna (QYA) for terrestrial digital television (DTV) reception. The coplanar strip line which feeds the driver dipole is connected to a microstrip line and is terminated by short circuit. By appending a wide strip-type rectangular director at a location close to the driver dipole, broadband impedance matching and gain enhancement in a high frequency region are obtained. The gain characteristics in a low frequency region are improved by adding a reflector formed by a truncated ground plane. To reduce the antenna size, the strip-type dipole and reflector are modified to half bow-tie (V)-shaped elements. The effects of various parameters on the antenna characteristics are examined. An antenna, as a design example for the proposed antenna, is designed for the operation in the frequency band of 470–806 MHz for terrestrial DTV. The optimized antenna is fabricated on an FR4 substrate and the experimental results show that the antenna has a good performance such as a frequency band of 450–848 MHz for a VSWR < 2, gain > 4.1 dBi, and front-to-back ratio > 10.4 dB.

Key Words : Broadband antenna, DTV antenna, Half bow-tie type, Quasi-Yagi antenna

1. 서론

지상파 디지털 TV(DTV)는 아날로그 TV에 비해 2배 이상의 뛰어난 품질의 선명한 화면을 제공하고 다양한

응용 서비스가 가능하여 최근 10년 동안 급속히 보급되었고, 2013년 현재 대한민국은 전국이 100% 디지털 방송으로 전환된 상태이다. 현재 DTV 용으로 할당된 주파수 대역은 470–806 MHz로서 주파수 범위가 매우 넓어서,

본 논문은 2012년도 동서대학교 학술연구조성비를 지원받았음.

*Corresponding Author : Junho Yeo(Daegu Univ.)

Tel: +82-53-850-6642 email: jyeo@daegu.ac.kr

Received January 17, 2013

Revised (1st March 12, 2013, 2nd March 13, 2013)

Accepted April 11, 2013

수신용 안테나는 광대역 특성을 갖도록 설계하여야 한다. 광대역이면서 적절한 이득과 지향성을 갖는 안테나는 대수주기 안테나(LPA; Log periodic antenna)가 대표적이거나 설계과정이 다소 복잡하고 고 이득 특성을 갖도록 배열 안테나를 구성하는 것이 용이하지 않다는 단점을 갖고 있다[1].

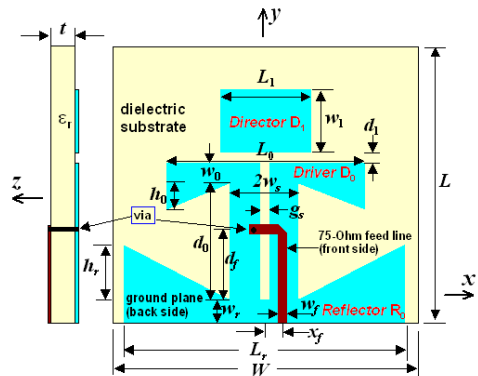
다이폴 투사기(driver), 접지면 반사기(reflector), 그리고 스트립 도파기(director)로 구성되는 평면 준-야기(quasi-Yagi) 안테나(QYA)는 적절히 넓은 대역폭과 지향성을 갖고 있어서 RF 통신용 트랜시버, 레이더 등에 응용되고 있다[2-6]. 3소자 QYA에 대한 기존 연구결과[3]에 의하면 5 dBi 이상의 이득 특성을 갖는 QYA의 대역폭은 약 17% 정도이고, 대역폭이 약 45%의 광대역 특성을 갖기 위해서는 이득이 3-5 dBi로 2 dB 정도 감소되어야 한다. 보다 넓은 대역폭과 적절한 고른 이득을 갖도록 하기 위해서는 기존 설계방법에 비해 개선된 새로운 설계방법이 요구된다. 최근 소자간 거리와 폭을 비균일한 구조를 채택하여 대역폭이 약 60%, 이득이 5 dBi 이상인 우수한 성능을 갖는 4소자 QYA를 설계한 사례가 보고된 바 있다[7].

본 연구에서는 지상파 DTV 수신용 안테나를 3소자 QYA로 설계하고 소형화하는 방법에 대해 연구하였다. DTV용 대역(470-806 MHz)내에서 $VSWR < 2$ 인 광대역 특성(대역폭이 약 53% 이상 혹은 임피던스 대역폭비가 1.72 : 1 이상)을 만족하고, 대역내 이득이 최소 3.5 dBi 이상인 지향성 QYA를 설계하는 방법에 대해 연구하였다. 제안된 3소자 QYA는 평면 다이폴과 이에 근접하는 직사각 패치 형태의 도파기, 그리고 접지면 반사기로 구성된다. 평면 다이폴은 코플래너 스트립(coplanar strip)에 의해 급전되며, 전체 QYA는 코플래너 스트립에 내장되고 종단이 단락된 마이크로스트립으로 급전되어 밸런(Balun)을 위한 별도의 공간이 필요치 않다[7]. 광대역 특성을 얻기 위해 각 소자의 폭, 길이, 소자 사이 간격 등을 조절하고 다이폴과 반사기를 반 보우-타이(half bow-tie) 형태로 변형하여 소형화하는 방법을 택하였다. 국내외를 막론하고 기존 DTV 수신용 안테나에 대한 거의 대부분의 연구가 포트 임피던스를 50옴으로 설정하였는데 반해 본 연구에서는 실제 DTV의 포트 임피던스인 75옴을 기준 임피던스로 설정하고 시뮬레이션과 실험을 수행하였다. 제안된 구조의 안테나를 설계하는 절차를 제시하고 각 파라미터들이 안테나의 특성에 미치는 영향 등을 시뮬레이션 결과들을 통해 설명하였다. 최적화된 안테나를 FR4 기판에 제작하고 성능을 실험한 결과를 시뮬레이션 예측치와 비교하여 본 연구의 타당성을 검증하였다.

2. 안테나 구조 및 설계절차

2.1 안테나 구조

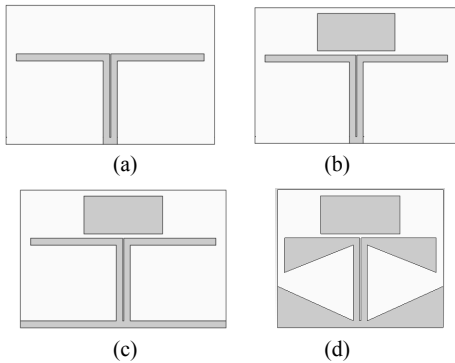
Fig. 1은 제안된 안테나 구조로서, 유전체 기판의 한 면에 코플래너 스트립으로 급전되는 다이폴(D_0), 접지면 반사기(R_0), 도파기(D_1)가 인쇄된다. 급전 마이크로스트립 선로는 코플래너 스트립에 내장되어 있어 밸런을 위한 별도의 공간을 줄일 수 있고, 종단은 단락되어 있다. 광대역 특성을 갖도록 도파기는 다이폴에 근접한 영역에 위치하고 안테나를 소형화하기 위해 다이폴과 반사기는 반 보우-타이형(혹은 V형)으로 구성된다. 지상파 DTV용 주파수 대역(470-806 MHz)의 동작에 적합하도록 대역 내에서 $VSWR < 2$ 및 이득 > 3.5 dBi 조건을 만족하는 안테나를 FR4 기판(비유전율 4.4, 두께 1.6 mm, 손실 탄젠트 0.025)에 설계하는 과정을 소개한다. 단, DTV의 포트 임피던스인 75옴과 정합되도록 마이크로스트립 선로의 특성 임피던스는 75옴이 되게 한다($w_f=1.38$).



[Fig. 1] Geometry of proposed QYA

Fig. 2는 제안된 구조의 안테나를 설계하는 과정을 제시한 것이며, 급전 마이크로스트립 선로는 Fig. 1에 제시된 바와 같이 다른 면에 위치하고 있다. Fig. 2(a)는 코플래너 스트립에 연결된 다이폴(D_0)을 75옴 마이크로스트립 선로로 급전하는 것(편의상 ' D_0 ' 경우로 함)이고, Fig. 2(b)는 폭(Fig. 1의 w_1)이 전형적인 도파기에 비해 넓은 직사각 패치형 도파기(D_1)를 다이폴에 매우 근접하는 영역에 둔 것($D_0 + D_1$ 경우로 함)으로 광대역 정합특성과 고주파 대역에서 배열 축 방향(y 방향)으로의 이득개선을 얻을 수 있다. Fig. 2(c)는 접지면 반사기(R_0)를 다이폴로부터 적절한 거리에 부가한 것($D_0 + D_1 + R_0$ 경우로

함)으로서 원하는 주파수 대역 전체에서 고른 이득분포를 갖도록 이득개선을 얻을 수 있다. Fig. 2(d)는 다이폴과 반사기의 모양을 반 보우-타이 형으로 변형하여 안테나를 소형화한 것($D_0^{BT} + D_1 + R_0^{BT}$, 경우로 함)이다. 상용 EM 시뮬레이션 툴인 CST사의 Microwave Studio (MWS)를 이용하여 제시된 안테나 구조를 해석하였다. 먼저 각 소자가 곧은 스트립 형태인 Fig. 2(c) 구조의 QYA가 DTV용으로 적합하도록 설계하는 절차와 방법을 소개한다.

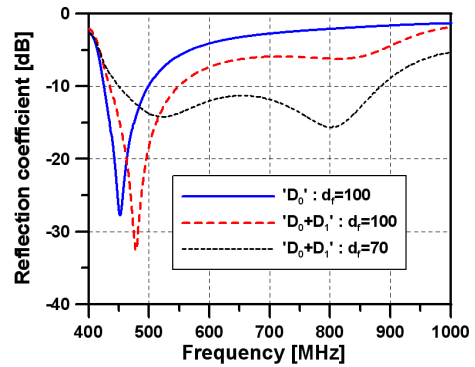


[Fig. 2] Design procedure for proposed antenna.
 (a) dipole(D_0) (b) dipole and director($D_0 + D_1$)
 (c) dipole, director, and reflector($D_0 + D_1 + R_0$)
 (d) dipole and reflector of half bow-tie type ($D_0^{BT} + D_1 + R_0^{BT}$).

2.2 평면 다이폴('D₀' 경우)

Fig. 2(a) 구조의 평면 다이폴은 단락 종단된 코플래너 스트립 선로에 연결되어 있고, 코플래너 스트립은 75옴 특성 임피던스의 마이크로스트립 선로에 의해 급전된다. 급전선로와 다이폴 간의 임피던스 정합은 단락 종단된 마이크로스트립 선로의 급전위치 d_f 를 조절하여 얻을 수 있다. 다이폴의 길이(L_0)에 의해 공진 주파수가 결정되며, Fig. 2(b)의 ' $D_0 + D_1$ ' 경우와 같이 근접 도파기를 추가하면 공진 주파수가 약간 증가되므로 목표로 하는 DTV용 주파수 대역(470—806 MHz)의 하한 주파수(470 MHz) 보다 약간 낮은 공진 주파수를 갖도록 설계한다. Fig. 3에서 ' D_0 '로 표시된 것은 $L_0=270$ mm일 때 반사계수 특성이며, 파라미터 값들은 $L=200$, $W=300$, $t=1.6$, $w_f=1.38$, $x_f=5$, $g_s=2$, $w_s=20$, $w_0=10$, $d_0=110$, $d_f=100$ 이고 단위는 mm이다. 공진 주파수는 452 MHz이고 $VSWR < 2$ 인 대역은 425—502 MHz로서 약 16.6%의 대역폭을 갖는 전형적인 다이폴 안테나의 특성을 보인다.

임피던스 정합이 관찰되는 급전점($d_f=100$)이 다이폴에 근접한 것은 다이폴의 공진 임피던스와 급전선의 특성 임피던스(75옴)가 근접하기 때문이다. 다이폴의 길이(L_0)는 공진 주파수 452 MHz에서의 약 $0.41\lambda_0$ (λ_0 ; 자유공간 파장)에 해당된다. 코플래너 스트립 선로의 특성 임피던스는 약 127옴이고 코플래너 스트립 사이의 슬롯의 길이($d_0 + w_0 = 120$)는 490 MHz에서의 $0.25\lambda_g$ (λ_g ; 코플래너 스트립 선로의 파장)에 근접한다.



[Fig. 3] Simulated reflection coefficient

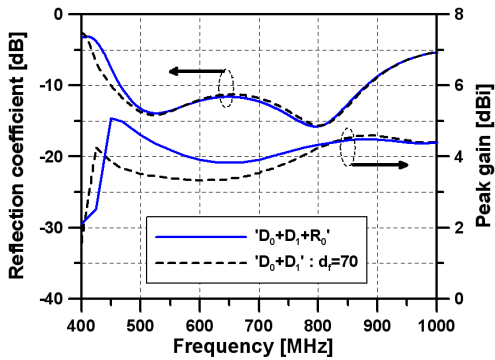
2.3 다이폴+도파기('D₀ + D₁' 경우)

다이폴만으로는 원하는 광대역 특성을 얻을 수 없으므로 Fig. 2(b)와 같이 다이폴에 근접한 영역에 폭이 넓은 도파기(D_1)를 추가한다. 근접 도파기에 의해 안테나의 급전점 임피던스는 변화되며, 도파기의 위치(d_1), 폭(w_1), 길이(L_1) 등과 함께 급전위치(d_f)를 변화시켜 가면서 광대역 정합특성을 얻을 수 있다. Fig. 3에서 ' $D_0 + D_1$ ' 경우의 데이터는 폭 $w_1=60$, 길이 $L_1=105$ 인 도파기를 다이폴로부터 거리 $d_1=4$ 에 두었을 때 반사계수 특성이다. 다이폴만 있는 ' D_0 ' 경우와 급전점의 위치가 동일한 $d_f=100$ 인 경우 대역이 444—555 MHz(대역폭 약 22.2%)로 넓어지고 정합특성이 개선되었으나 DTV용 주파수 대역 대부분(555—806 MHz)에서 정합특성이 보다 개선되어야 한다. 동일한 상태에서 급전위치를 감소시켰을 때, 급전점 d_f 가 감소됨에 따라 고주파 대역의 정합특성이 점차 개선되었고, Fig. 3에서 보는 바와 같이, $d_f=70$ 일 때 $VSWR < 2$ 를 만족하는 대역(446—890 MHz)이 원하는 대역(470—806 MHz)을 포함하고 대역폭(444 MHz)이 66.47%, 임피던스 대역폭 비(impedance bandwidth ratio)가 2 : 1에 근접하는 우수한 광대역 특성을 갖는 것을 관

찰할 수 있다. 근접 도파기에 의해 안테나는 배열 축 방향(y 방향)으로의 지향성이 개선되어 $d_f=70$ 일 때 DTV 용 대역 내에서 이득이 3.33—4.24 dBi 로서 3.3 dBi 이상으로 유지된다.

2.4 다이폴+도파기+반사기('D₀+D₁+R₀'경우)

'D₀+D₁' 경우 대역 내 이득이 최소 3.3 dBi 이상으로 유지되나, Fig. 2(c)와 같이 반사기를 부가하면 이득이 향상되고 대역 내 고른 이득분포를 얻을 수 있다. Fig. 4는 폭 $w_r=10$, 길이 $L_r=W=300$ 인 반사기를 추가한 경우의 특성이며, 참고로 'D₀+D₁' 경우의 특성도 함께 제시하였다.



[Fig. 4] Simulated reflection coefficient and gain

[Table 1] Optimized antenna parameters (case of 'D₀+D₁+R₀')

parameter	value [mm]	parameter	value [mm]
L	200	w_0	10
W	300	d_0	110
t	1.6	d_f	100
w_f	1.4	w_1	60
x_f	5	L_1	105
g_s	2	d_f	70
w_s	20	w_r	10
L_0	270	L_r	300

Fig. 4에서 보는 바와 같이 반사기를 추가시킨 것이 'D₀+D₁' 경우에 비해 임피던스 특성에는 큰 영향을 미치지 않는다. 그러나 안테나 이득은 저주파 대역에서 0.5

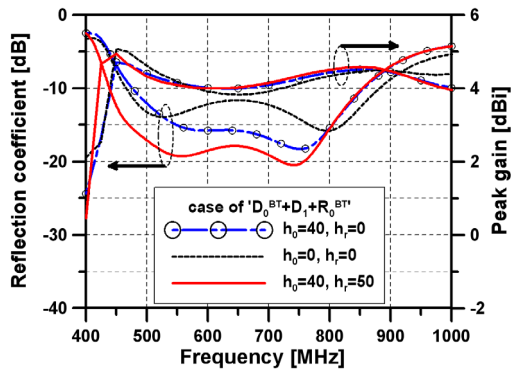
dB 이상으로 적지 않게 개선되는 것을 볼 수 있다. 이 때, VSWR < 2 인 주파수 대역은 463—888 MHz로서 목표 대역을 포함하고 대역폭 62.9%의 우수한 광대역 특성을 보인다. DTV 대역 내 이득은 3.8 dBi 이상으로 유지(3.83—4.98 dBi)되고 이득 변화가 크지 않은 안정적인 이득분포를 보인다. 이상의 성능들을 감안할 때 안테나 파라미터들은 어느 정도 최적화 되었다고 볼 수 있고, 최적화된 파라미터 값들은 Table 1에 제시된 바와 같다.

2.5 반 보우-타이 형 다이폴과 반사기

('D₀^{BT}+D₁+R₀^{BT}' 경우)

앞서 폭이 일정한 스트립으로 QYA의 소자를 구성한 Fig. 2(c)의 구조로 안테나를 최적화하였을 때, 안테나의 전체 크기가 접지면 반사기의 폭($L_r=300$)과 다이폴의 폭($L_0=270$)에 의해 좌우되므로 안테나의 성능에 큰 영향을 주지 않는다면 소형화 하는 것이 바람직하다. 소형화를 위해 본 연구에서는 택한 방법은 Fig. 1 혹은 Fig. 2(d)와 같이 다이폴과 반사기를 반 보우-타이 형으로 변형하는 것이다. 급전선에 접한 부분($x = \pm w_s/2$)에서 다이폴과 반사기의 폭은 $w_0 = w_r = 10$ 으로 변함이 없지만 끝부분에서는 각각 $w_0 + h_0$ 와 $w_r + h_r$ 로 선형적으로 증가되는 구조이다. 보우-타이 폭(h_0 와 h_r)을 증가시킴에 따라 도체 스트립 내부에서 전류의 경로가 연장되므로 안테나의 크기(L_0 와 L_r)를 줄일 수 있다.

Fig. 5는 반사기(R_0)는 그대로 둔 채 다이폴만 반 보우-타이 형으로 변형한 경우($h_0=40, L_0=220, h_r=0, L_r=300$)와 반사기도 반 보우-타이 형으로 변형한 경우($h_0=40, L_0=220, h_r=50, L_r=240$)의 특성을 변형을 하지 않은 경우($h_0=h_r=0$)의 결과와 함께 비교한 것이고 Table 2에 결과가 요약되어 있다. Fig. 5와 Table 2의 결과에서 보는 바와 같이 반 보우-타이 형의 경우 안테나의 크기($L_r=240$)가 변형하지 않은 경우의 크기($L_r=300$)에 비해 20 % 감소되었음에도 불구하고 가장 넓은 대역폭과 안정된 이득분포를 갖는 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 임피던스 대역폭비가 약 2 : 1에 이르고 이득변화가 4.31 dBi 로부터 0.32 dB 이내인 고른 이득분포는 LPA에서나 구현할 수 있는 우수한 특성이고 QYA에 대한 대부분의 기존 연구결과들에서 구현하기 힘든 성능이었다.



[Fig. 5] Characteristics of QYAs with half bow-tie type elements(case of 'D₀^{BT}+D₁+R₀^{BT}') where h₀=40, L₀=220, h_r=50, and L_r=240 [simulated].

[Table 2] Performance comparison of QYAs with half bow-tie type elements [simulated]

no.	L ₀	h ₀	L _r	h _r	band*	gain**
1	270	0	300	0	463–888	3.83–4.98
2	220	40	300	0	472–862	3.98–4.66
3	220	40	240	50	437–860	3.99–4.62

* frequency band for VSWR < 2 : MHz

** gain over DTV band (470–806 MHz) : dBi

3. 제작 및 실험결과

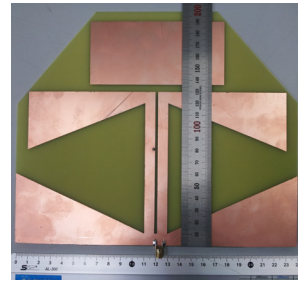
DTV용으로 적합하도록 파라미터들을 최적화시킨 제안된 Fig. 2(d) 구조의 QYA를 FR4 기판 상에 Fig. 6과 같이 제작하였으며, 안테나의 사이즈는 240 mm×200 mm이다. 제작된 안테나는 75옴을 포트 임피던스로 하는 DTV용으로 설계된 것이지만 기준 임피던스 75옴에 대한 반사계수를 직접 측정할 수 있는 장비는 현실적으로 제공되지 않으므로 50옴을 기준 임피던스로 하는 회로망 분석기(Vector Network Analyzer; VNA)를 이용하여야 한다. 75옴을 기준으로 하는 반사계수를 측정하기 위해 제작된 안테나의 급전부인 마이크로스트립 선로에 SMA 커넥터를 납땜하고 50옴을 기준 임피던스로 하는 VNA를 이용하여 반사계수(S₁₁^{50Ω})를 측정한다. 측정된 반사계수로부터 안테나의 입력 임피던스(Z_{in}), 75옴을 기준 임피던스로 하는 반사계수(S₁₁^{75Ω})와 VSWR을 각각

$$Z_{in} = 50 \times (1 + S_{11}^{50\Omega}) / (1 - S_{11}^{50\Omega}),$$

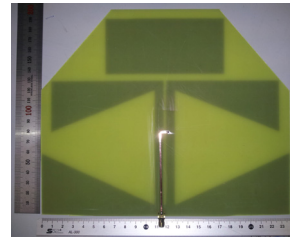
$$S_{11}^{75\Omega} = (Z_{in} - 75) / (Z_{in} + 75),$$

$$VSWR = (1 + |S_{11}^{75\Omega}|) / (1 - |S_{11}^{75\Omega}|)$$

와 같이 계산한다.



(a)

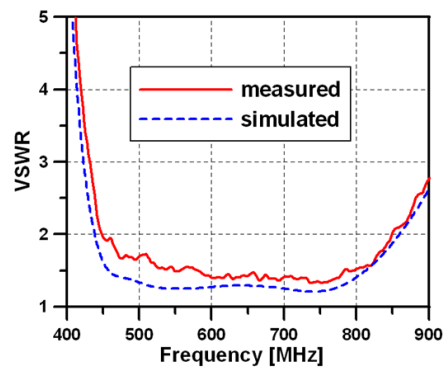


(b)

[Fig. 6] Fabricated QYA.

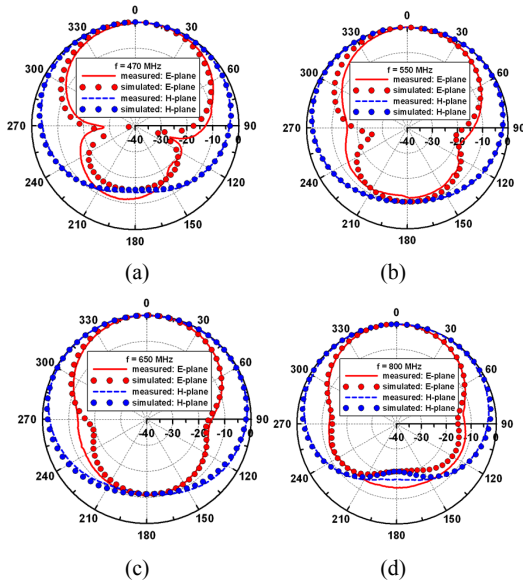
(a) front side (b) back side

Fig. 7은 제작된 안테나의 VSWR을 VNA(N5230A, Agilent사)를 이용하여 측정된 것이며, 시뮬레이션 결과와 측정결과가 잘 일치하는 것을 볼 때 본 연구의 결과들이 타당함을 알 수 있다. 측정결과에 의하면 제작된 안테나는 VSWR < 2인 대역(450–848 MHz, 대역폭 61.3%)이 DTV용 대역을 포함하고 임피던스 대역폭 비가 1.88 : 1인 광대역 특성을 갖는다.



[Fig. 7] Measured VSWR

Fig. 8은 제작된 안테나의 복사패턴을 전자파 무반사실에서 측정된 결과로서 배열 축 방향(y 방향)으로의 지향성을 갖고 전후방비는 10.4 dB 이상, 반 전력 빔폭(Half Power Beam Width)은 E-면 70—81도, H-면 162—198도, 이득은 4.1 dBi 이상이다. 한 가지 주의할 것은 75옴에 정합되도록 설계된 제안된 안테나의 복사특성을 측정하는 방법이다. 본 연구에서는 50옴용으로 설계된 안테나를 측정하기 위한 일반적인 초고주파 대역 시스템을 활용하되, 75옴 안테나와 50옴 시스템 사이에 임피던스 변환기(50옴-75옴)를 삽입하고 복사패턴과 이득 성능을 측정 후 임피던스 변환기의 영향을 보정하는 방법으로 측정하였다. 측정결과들은 시뮬레이션에 의해 예측된 결과들과 잘 일치하였고, 제작된 안테나의 성능을 측정할 위의 결과들을 볼 때, 제안된 안테나가 지상파 DTV 수신용으로 적합하다고 볼 수 있다. 그리고 제안된 구조의 QYA 설계방법을 이용하면 다른 주파수 대역의 광대역 지향성 안테나 설계가 용이할 것으로 생각된다.



[Fig. 8] Radiation patterns. (a) 470 MHz (b) 550 MHz (c) 650 MHz (d) 800 MHz

4. 결론

본 논문에서는 포트 임피던스가 75옴인 지상파 DTV 수신용 광대역 3 소자 QYA를 제안하고 그 설계 방법에 대해 소개하였다. 제안된 안테나는 단락 종단된 코플래너 스트립에 내장되고 단락 종단된 75옴 마이크로스트립 선

로 급전되며, 밸런을 위한 별도의 공간이 필요 없는 구조이다. 코플래너 스트립으로 급전되는 평면 다이폴에 사각 패치형 도파기를 근접시켜 광대역 임피던스 정합특성을 얻고 접지면 반사기를 부가하여 대역 내 고른 이득분포를 갖게 하였다. 다이폴과 반사기의 모양을 반 보우타이 형으로 변형하여 안테나의 크기를 20% 감소시켰으나 안테나의 성능(대역폭, 이득)은 대등한 상태를 유지할 수 있었다. DTV용으로 최적화된 안테나를 FR4 기판 상에 제작하고 특성을 실험한 결과 VSWR < 2 인 대역은 450—848 MHz, 반 전력 빔 폭은 E-면에서 70—81도, H-면에서 162—198도, 이득은 4.1 dBi 이상, 전후방비는 10.4 dB 이상인 우수한 성능을 확인할 수 있었다. 제안된 구조의 안테나는 주파수 변환 설계가 용이하여 다양한 용도의 광대역 지향성 안테나로 응용될 수 있으며, 고 이득 배열 안테나의 요소 안테나로 사용되기에 유망할 것으로 사료된다.

References

- [1] C.A. Balanis, *Antenna theory: Analysis and design*, 3rd ed., Hoboken, NJ: Wiley, 2005.
- [2] 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.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/el:19981583>
- [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.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.2002.801299>
- [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.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/el:20040348>
- [5] C.-J. Lee, C. Caloz, K.M.K.H. Leong, S.-M. Han, and T. Itoh, "A planar broadband antenna for UWB pulse transmission," in *Proc. 2004 European Microw. Conf.*, Amsterdam, Netherlands, Oct. 2004, pp. 1329 - 1332.
- [6] K. Han, Y. Park, and I. Park, "Broadband CPS-fed Yagi-Uda antenna," *Electron. Lett.*, vol. 45, no. 24, pp. 1207—1209, Nov. 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/el.2009.1330>
- [7] J.-I. Lee and J. Yeo, "Modified broadband quasi-Yagi

antenna with enhanced gain and bandwidth," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 55, no. 2, pp. 405–409, Feb. 2013.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/mop.27325>

이 종 익(Jong-Ig Lee)

[정회원]



- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1998년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1998년 3월 ~ 12월 : 금오공과대학교 연구교수

• 1999년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

전자파 산란, 평면 안테나

여 준 호(Junho Yeo)

[정회원]



- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 8월 : 미국 Pennsylvania State University 전기공학과 (공학박사)
- 1994년 3월 ~ 1999년 6월 : 국방과학연구소 연구원

• 2003년 9월 ~ 2004년 6월 : 미국 Pennsylvania State University 박사 후 과정

• 2004년 8월 ~ 2007년 2월 : 한국전자통신연구원 RFID 시스템연구팀 선임연구원

• 2007년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학부 조교수

<관심분야>

AMC, EBG, FSS 설계 및 안테나 응용, RFID 및 광대역 안테나, 전자파 산란

박 진 택(Jin-Taek Park)

[정회원]



- 1980년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1987년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1993년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1981년 2월 ~ 1991년 2월 : 미육군 정보체계사령부 국방통신 대구통제국 선임통제관

• 1991년 3월 ~ 현재 : 창원대학교 모바일통신공학과 교수

<관심분야>

안테나 설계, 전자파 산란