

직렬 급전된 두 개의 다이폴 배열 안테나의 대역폭 향상

여준호¹, 이종익^{2*}

¹대구대학교 정보통신공학부, ²동서대학교 전자공학과

Bandwidth Improvement of a Series-fed Two Dipole Array Antenna

Junho Yeo¹ and Jong-Ig Lee^{2*}

¹School of Computer and Communication, Daegu University

²Department of Electronics Engineering, Dongseo University

요약 본 논문에서는 이동 통신용 기지국 안테나로 사용할 수 있는 직렬 급전된 두 개의 다이폴 배열(STDA) 안테나의 대역폭 향상에 관해 연구하였다. 제안된 STDA 안테나는 두 개의 서로 다른 길이의 스트립 다이폴 안테나가 코플래너스트리플라인 급전선으로 바로 연결되어 있다. 두 다이폴 사이의 간격과 두 번째 다이폴의 길이를 조정함으로써 대역폭을 증가시킬 수 있다. 또한, 급전부를 최소화하기 위해 단락이 종단된 마이크로스트리플라인과 슬롯라인으로 구성된 내장 밸런을 사용하였으며, 급전위치를 조정하여 광대역 임피던스 정합을 얻을 수 있었다. 제안된 구조로 현재 운용되는 이동 통신 주파수를 모두 포함하는 1.75-2.7 GHz 대역에서 이득이 5dBi 이상인 안테나를 설계하고 FR4 기판(비유전율 4.4, 두께 0.8 mm)상에 제작하여 특성을 실험하였다. 제작된 안테나는 VSWR<2 기준으로 임피던스 대역폭이 49%(1.7-2.8 GHz)이고 5.5 dBi 이상의 이득을 가지며, 12 dB 이상의 전후방비를 가진다.

Abstract In this paper, bandwidth improvement of a series-fed two dipole array(STDA) antenna applicable for mobile communication base station antennas is studied. The proposed STDA antenna consists of two strip dipole antennas with different lengths which are connected directly through a coplanar stripline(CPS). By adjusting the spacing between the two dipoles and the length of the second dipole, the bandwidth of the STDA can be enhanced. In addition, an integrated balun composed of a short-circuited microstrip line and a slot line is utilized to minimize the area required for a feeding part, and a broadband impedance matching is obtained by adjusting the feeding point. Based on the proposed antenna structure, an STDA antenna covering the frequency band ranging from 1.75 GHz to 2.7 GHz, which includes almost all the existing mobile communication frequency bands, with more than 5 dBi gain is designed and fabricated on an FR4 substrate with dielectric constant of 4.4 and thickness of 1.6mm, and experimentally tested. The fabricated antenna shows impedance bandwidth of 49%(1.7-2.8 GHz) for VSWR<2, a gain higher than 5.5 dBi, and a front-back ratio better than 12 dB.

Key Words : Series-fed two dipole array(STDA), Bandwidth improvement, Integrated balun, Mobile communication, Base station antenna

1. 서론

최근 4세대 이동통신 서비스의 등장과 함께 다양한 무선 통신 서비스가 제공되고 있으며 새로운 서비스를 제공하기 위해서는 새로운 기지국 안테나가 필요하다. 기존

의 기지국 안테나를 그대로 사용하면서 새로운 서비스를 제공할 수 있는 방법은 기존 무선 통신 주파수 대역과 새로운 서비스 대역을 포함하는 광대역 기지국 안테나를 개발하는 것이다[1].

대부분의 기지국 안테나는 지향성을 가지고 서비스 영

*교신저자 : 이종익(leeji@gdsu.dongseo.ac.kr)

접수일 11년 09월 09일

수정일 11년 11월 08일

게재확정일 11년 11월 10일

역을 공간적으로 구분할 수 있도록 배열 안테나(array antenna)를 사용한다. 배열 안테나를 구성하는 요소 안테나로는 다이폴 안테나와 패치 안테나가 주로 사용된다. 특히 다이폴 안테나는 저가이고 제작이 용이하여 인쇄형 기판을 이용하여 많이 제작되고 있다[2]. 최근에는 다이폴 안테나의 대역폭과 이득을 향상시키기 위해 반사기(reflector)와 도파기(director)를 추가한 quasi-Yagi 안테나도 다양한 급전방식을 이용하여 많이 개발되고 있다[3,4]. 이러한 quasi-Yagi 안테나는 광대역 정합 특성을 얻으면 이득이 3~5 dBi로 낮아지고 이득을 높이면 대역폭이 감소하는 단점이 있다[5].

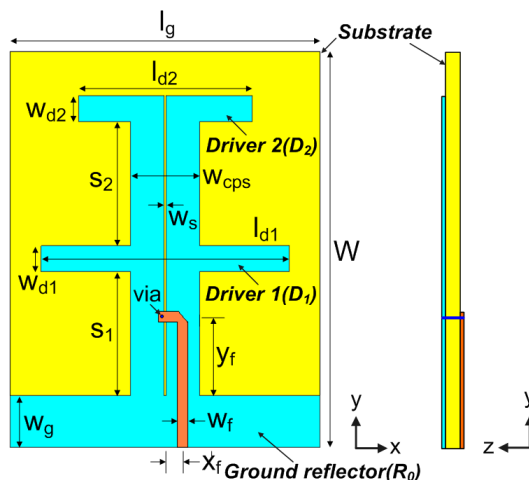
본 논문에서는 이동 통신용 기지국 안테나로 사용할 수 있는 직렬 급전된 두 개의 다이폴 배열(STDA) 안테나의 대역폭 향상에 관해 연구하였다. 직렬 급전된 두 개의 다이폴 배열 안테나는 Tefiku 등[6]에 의해 연구되었으나 두 다이폴 사이의 간격과 각 다이폴의 길이의 영향에 대한 분석이 없었으며 광대역 급전선로에 대한 분석도 부족하다. 현재 운용 중인 모든 이동 통신 주파수 대역을 포함하는 기지국 안테나를 설계하기 위해 코플레너스트립라인(coplanar stripline: CPS) 급전선으로 연결된 STDA 안테나의 두 다이폴 사이의 간격과 두 번째 다이폴의 길이에 따른 안테나 입력 반사계수의 변화를 조사하였다. 또한, 급전부를 최소화하기 위해 단락이 종단된 마이크로스트립라인(microstrip line: MS)과 슬롯라인(slot line: SL)으로 구성된 내장 밸런(balun)을 사용하였으며, 광대역 임피던스 정합을 얻을 수 있는 최적의 급전위치도 연구하였다. 모든 시뮬레이션 결과는 상용 EM 설계툴인 CST사의 Microwave Studio(MWS)를 이용하여 도출하였다.

2. STDA 안테나 구조 및 설계

2.1 안테나 구조

그림 1은 제안된 STDA 안테나의 구조이다. 안테나가 인쇄된 기판의 전면에는 두 개의 길이가 다른 다이폴 안테나(D_1 및 D_2), 반사기 역할을 하는 접지면(R_0), 그리고 이들을 연결하는 CPS로 구성된다. 뒷면에는 MS가 있으며 끝부분을 단락시키기 위해 비아(via)를 이용해 전면의 CPS의 한쪽과 연결된다. MS의 길이 즉 급전점의 위치를 조정하여 특성임피던스 50오옴인 MS와 광대역 정합을 시킬 수 있다. 이 때 단락이 종단된 MS와 SL은 내장 밸런을 구성한다. 그림 1에서 첫 번째 및 두 번째 다이폴의 길이와 폭은 각각 l_{d1} , w_{d1} , l_{d2} , w_{d2} 이고, 첫 번째 다이폴과 반사기 사이의 간격과 두 다이폴 사이의 간격은 s_1 과 s_2 이다. 접지면인 반사기의 길이와 폭은 l_g , w_g 이다.

슬롯라인의 중심으로부터 MS의 중심까지의 거리는 x_f 이고 반사기로부터 급전점까지 MS의 길이는 y_f 이다.



[그림 1] 제안된 안테나 구조
[Fig. 1] Geometry of a proposed antenna

2.2 안테나 설계

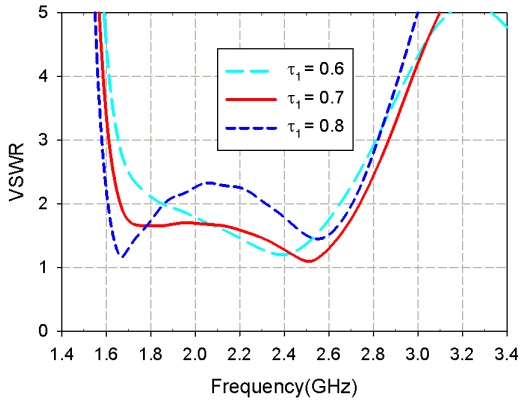
STDA 안테나는 기본적으로 직렬급전된 두 개의 다이폴 안테나로 구성되므로 광대역 주파수 특성을 얻기 위해서는 첫 번째 다이폴 안테나가 중심주파수보다 약간 낮은 주파수에서 공진하고 두 번째 다이폴 안테나는 약간 높은 주파수에서 공진하도록 하여야 한다. 이 때 첫 번째 및 두 번째 다이폴 안테나의 길이와 두 안테나 사이의 간격이 매우 중요하다.

그림 2는 두 번째 다이폴 안테나의 길이에 따른 입력 VSWR 특성을 나타내고 있다. 두 번째 다이폴 안테나의 길이는 첫 번째 다이폴 안테나 길이의 비로 표시되었으며 관계식은 다음과 같다.

$$l_{d2} = l_{d1} \times \tau_1 \tag{1}$$

여기서 τ_1 은 첫 번째 다이폴 안테나의 길이에 대한 두 번째 다이폴 안테나 길이의 비이다. τ_1 이 0.7일 때 주어진 주파수 대역을 만족하며, 이 값보다 적을 때는 주파수 대역이 낮은 주파수로 이동하며 1.85-2.3 GHz 대역에서 VSWR이 2보다 커짐을 알 수 있다. τ_1 이 0.7보다 클 때는 전체 대역폭이 줄어든다. 이 때 반사기와 두 다이폴 안테나 사이의 간격은 $s_1 = s_2 = 36$ mm로 같으며 다른 안테나 파라미터 값들은 다음과 같다. $l_g = 900$ mm, $w_g = 15$ mm, $x_f = 5$ mm, $y_f = 23$ mm, $l_{d1} = 72$ mm, $w_{d1} = w_{d2} = 7.5$

mm. $w_{CPS} = 20$ mm, $w_s = 0.7$ mm, $W = 115$ mm.

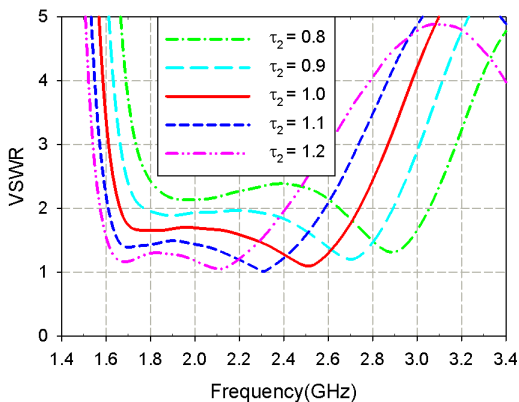


[그림 2] 두 번째 다이폴 길이에 따른 입력 VSWR 특성
[Fig. 2] Input VSWR characteristics vs. the second dipole antenna's length

그림 3은 $\tau_1 = 0.7$ 일 때 두 다이폴 사이의 간격 s_2 를 변화시킬 때 입력 VSWR 특성이다. 두 다이폴 사이의 간격은 반사기와 첫 번째 다이폴 사이의 간격의 비로 표시 되었으며 관계식은 다음과 같다.

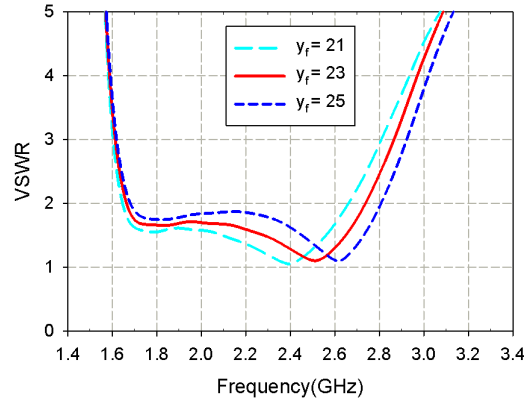
$$s_2 = s_1 \times \tau_2 \quad (2)$$

여기서 τ_2 은 반사기와 첫 번째 다이폴 사이의 간격에 대한 두 다이폴 사이의 간격의 비이다. τ_2 가 1.0일 때 주어진 주파수 대역을 만족하며, 이 값이 증가할수록 낮은 주파수로 이동하고 대역폭이 줄어든다.



[그림 3] 두 다이폴 사이의 간격에 따른 입력 VSWR 특성
[Fig. 3] Input VSWR characteristics vs. the spacing between the two dipoles

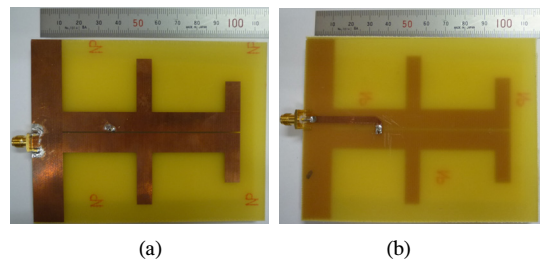
그림 4는 급전점의 위치를 결정하는 반사기로부터 급전점까지 MS의 길이 y_f 변화에 따른 입력 VSWR의 특성이다. 길이가 짧을수록 주파수 대역이 낮은 주파수로 이동하는 특성을 보인다.



[그림 4] 급전점 위치에 따른 입력 VSWR 특성
[Fig. 4] Input VSWR characteristics vs. feeding point

3. 안테나 제작 및 측정결과

시뮬레이션 결과로부터 얻은 최적의 안테나 파라미터를 이용하여 FR4 기판($\epsilon_r = 4.4$, 두께 = 1.6 mm, loss tangent = 0.025)에 그림 5와 같이 STDA 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나의 크기는 $90\text{mm} \times 115\text{mm}$ 이다.



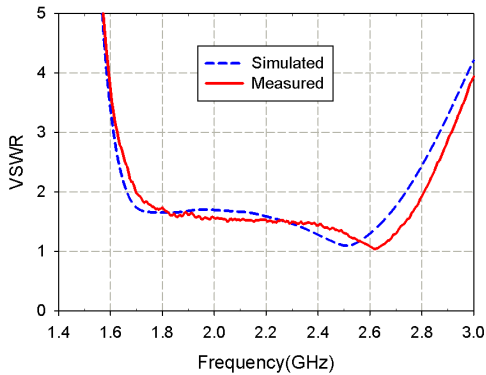
[그림 5] 제작된 STDA 안테나: (a) 전면, (b) 후면
[Fig. 5] Photograph of a fabricated STDA antenna: (a) front side and (b) back side

그림 6은 제작된 안테나의 입력 임피던스 정합 특성을 측정한 것으로 시뮬레이션 결과와 잘 일치하는 것을 알 수 있다. VSWR<2인 대역폭은 시뮬레이션 결과 47.6%(1.68-2.73 GHz)와 측정결과 49% (1.70-2.80 GHz)이다.

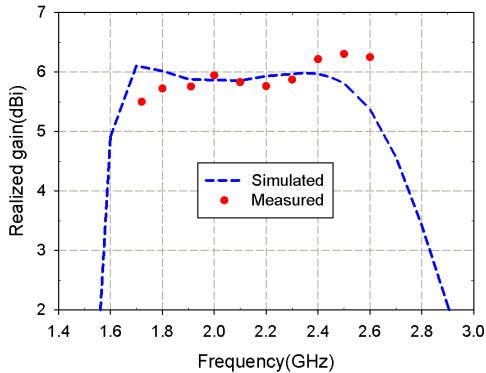
그림 7은 제작된 STDA 안테나의 이득 특성을 시뮬레

이선 결과와 비교하고 있다. 측정결과 5.5 dBi 이상이면
서 안정된 이득분포(5.5-6.3 dBi)를 보인다.

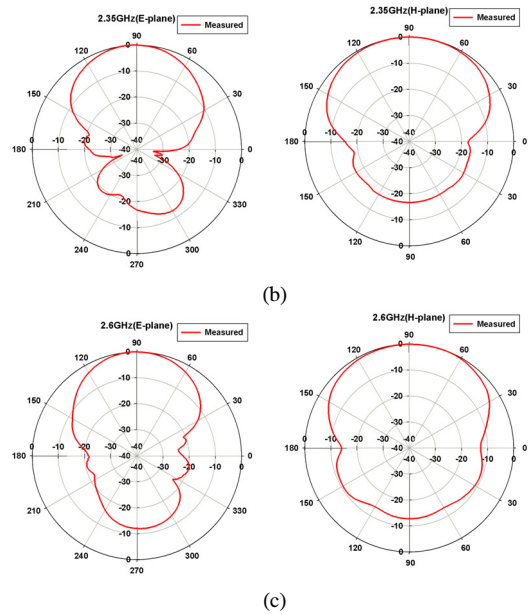
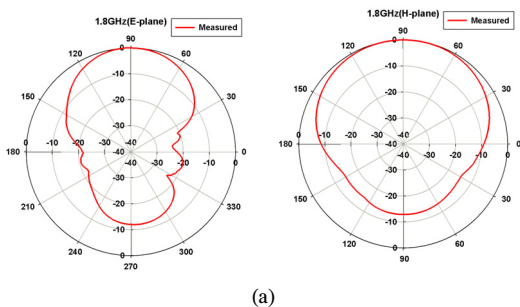
그림 8은 1.8 GHz, 2.35 GHz 및 2.6 GHz에서 STDA
안테나의 E-면과 H-면 복사 패턴에 대한 측정 결과에 대
한 비교가 나타나 있다. 전후방비(front-back ratio)는 E-면
과 H-면에 대해서 12 dB이상으로 유지된다.



[그림 6] 제작된 STDA 안테나의 입력 VSWR 특성
[Fig. 6] Input VSWR characteristic of the fabricated
STDA antenna



[그림 7] 제작된 LPDA 및 LPBDA 안테나의 이득 특성
[Fig. 7] Realized gain characteristics of the fabricated
STDA antenna



[그림 8] 제작된 STDA 안테나의 복사패턴: (a) 1.8 GHz,
(b) 2.35 GHz, (b) 2.6 GHz
[Fig. 8] Radiation patterns of the fabricated STDA
antenna: (a) 1.8 GHz, (b) 2.35 GHz, and (b)
2.6 GHz

4. 결론

본 논문에서는 직렬 급전된 두 개의 다이폴 배열
(STDA) 안테나의 대역폭 향상에 관해 연구하였다. 제안
된 STDA 안테나는 두 개의 서로 다른 길이의 스트립 다
이폴 안테나가 코플레너스트립라인 급전선으로 연결되어
있다. 두 다이폴 사이의 간격과 두 번째 다이폴의 길이를
조정함으로써 대역폭을 증가시킬 수 있다. 또한, 급전부
를 최소화하기 위해 단락이 중단된 마이크로스트립라인
과 슬롯라인으로 구성된 내장 밸런을 사용하였으며, 급전
위치를 조정하여 광대역 임피던스 정합을 얻을 수 있었
다. 제안된 구조로 현재 운용되는 이동 통신 주파수를 모
두 포함하는 1.75-2.7 GHz 대역에서 이득이 5dBi 이상인
안테나를 설계하고 FR4 기판(비유전율 4.4, 두께 0.8
mm)상에 제작하여 특성을 실험하였다. 제작된 안테나는
VSWR<2 기준으로 임피던스 대역폭이 49%(1.7-2.8
GHz)이고 5.5 dBi 이상의 이득을 가지며, 12 dB 이상의
전후방비를 가진다.

제안된 안테나는 PCS, IMT2000, LTE 등의 다양한 이
동통신을 지원하는 기지국 안테나 혹은 소출력 증계기용
안테나로 사용될 수 있다.

References

[1] J.-Y. Deng, Y.-Z. Yin, K. Song, H. Gao and Q.-Zh. Liu, "Broadband double-tuned element with low profile for base station antennas," Electron. Lett., vol. 46, no. 3, pp. 192-193, Feb. 2010.

[2] R.L. Li, T. Wu, B. Pan, K. Lim, J. Laskar, and M.M. Tentzeris, "Equivalent-circuit analysis of a broadband printed dipole with adjusted integrated balun and an array for base station applications," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 57, no. 7, pp. 2180-2184, Jul. 2009.

[3] 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.

[4] G.S. Shiroma and W.A. Shiroma, "A Two-Element L-Band Quasi-Yagi Antenna Array With Omnidirectional Coverage," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 55, no. 12, pp. 3713-3716, Dec. 2007.

[5] 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.

[6] F. Tefiku, and C. A. Grimes, "Design of broad-band and dual-band antennas comprised of series-fed printed-strip dipole pairs," IEEE Trans. Antennas Propag., vol 48, no. 6, pp. 895-900, Jun. 2000.

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 부교수

<관심분야>
전자기산란, 평면안테나

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 박사후과정
- 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