

무선 헤드셋용 고이득 재구성 빔 스티어링 U-slot 패치 안테나

강성훈¹, 염인수¹, 정창원^{1*}
¹서울과학기술대학교 NID융합기술대학원

Reconfigurable beam steering U-slot patch antenna with high gain for a wireless headset

Seonghun Kang¹, Insu Yeom¹, Changwon Jung^{1*}

¹Graduate School of NID Fusion Technology, Seoul National University of Science and Technology

요약 본 논문은 빔 스티어링이 가능하고 높은 이득을 갖는 무선 헤드셋용 패치안테나에 관한 것이다. 헤드셋 내부에 위치하는 기존의 무선통신용 안테나는 전방향으로 방사하기 때문에 두부에 미치는 영향이 크므로 이를 개선하기 위해 본 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 U-slot 구조로 구성되어 있고, FR-4기판에 제작되었다. 본 안테나는 2.37-2.5 GHz대역에서 동작하며 급전부와 패치부 사이의 임피던스매칭을 위해 테이퍼(Tapered) 매칭 기법을 사용하였다. 빔 스티어링을 위해 DC 바이어스에 따라 ON/OFF되는 두 개의 핀 다이오드를 사용하였다. 이로써 안테나는 최대 빔 방향이 YZ-평면의 0°, 30°, 330°에서 세 가지 상태(S_0 , S_1 , S_2)를 갖는다. 측정된 최대 이득은 헤드셋 내부에 장착 되었을때 4.22-5.15 dBi 이다. 제작된 안테나는 무선통신모듈이 장착된 헤드셋과 연결하여 효율적인 무선통신이 가능하다.

Abstract This paper presents reconfigurable beam steering patch antenna with high gain for a wireless headset. Because existing antenna for wireless communication in headsets has an omni-directional radiation pattern, it has a deleterious effect in the vicinity of the human head. To reduce this effect, this paper proposed an antenna comprised of a U-slot and manufactured on a FR-4 substrate. The antenna operating at the 2.37-2.5 GHz band used a tapered matching method to match the impedance between the feed part and patch part. To implement the beam steering capability, the antenna used two PIN diodes. Using PIN diodes, the antenna presented three states (S_0 , S_1 , and S_2) in the maximum beam directions of the YZ-plane (0°, 30°, and 330°, respectively). The peak gains of the antenna in the headset were 4.22-5.15 dBi. The fabricated antenna could communicate efficiently with a wireless headset.

Key Word : Beam steering, Patch antenna, Reconfigurable antenna, U-slot, Wireless headset

1. 서론

최근 모바일 기기를 중심으로 전자파가 인체에 미치는 영향이 문제가 있고 무선 통신기술을 이용한 무선 헤드셋의 사용자가 지속적으로 증가하고 있다. 본 논문은 빔 스티어링이 가능하고 전자파에 대한 인체 노출 값을 낮춘 지향성 안테나를 제안하였다[1,2]. 안테나분야에서 무선시스템은 신호들의 간섭을 차단하고 수신신호를 향

상시키는 기술들을 사용한다. 적응 배열 안테나는 빔 스티어링 안테나로 많이 가장 많이 사용하는데 이는 단일 안테나 소자보다 높은 이득을 제공하기 때문이다. 하지만 이동식 어플리케이션들은 공간이 제한적이기 때문에 적응 배열 안테나는 크기가 크고 그 크기를 줄이기가 쉽지 않다는 단점이 있다. 그러므로 이에 대한 해결책으로 빔 스티어링이 가능한 단일 안테나 소자의 사용이 필요하다. 따라서 단일 안테나 소자는 간단하고 작은 크기인

이 연구는 중소기업청 도약기술개발사업 과제 (No. C0143363)의 지원으로 수행되었음.

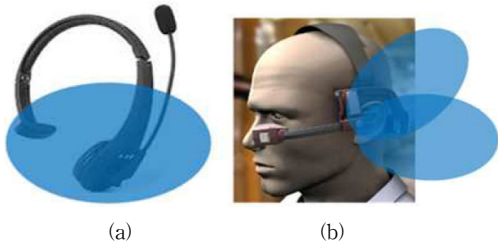
*Corresponding Author : Changwon Jung(Seoul National University of Science and Technology)

Tel: +82-10-9969-4078 email: changwoj@snut.ac.kr

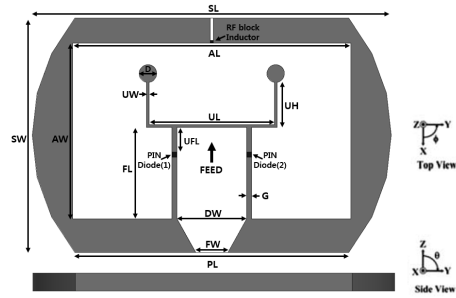
Received June 3, 2014

Revised July 15, 2014

Accepted September 11, 2014



[Fig. 1] Beam direction of the proposed antenna.
 (a) omni-directional antenna
 (b) reconfigurable beam steering antenna



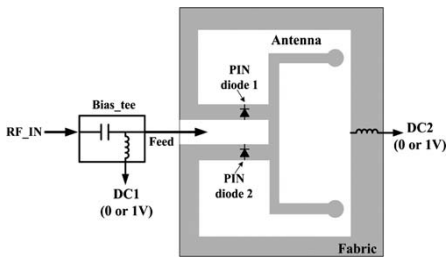
[Fig. 2] Configuration and dimension of the proposed antenna.

테다가 방사방향을 쉽게 조작할 수 있다는 장점이 있어 무선 헤드셋용 안테나로 사용하기에 적합하다[3]. 전자파 흡수율(SAR: Specific Absorption Rate)는 전자기기를 이용할 때 전자파가 인체에 흡수되는 양을 숫자로 표현한 값이다. SAR는 단위시간당 인체의 단위질량(1kg)에 흡수되는 전자파에너지의 양을 의미하며 단위는 W/kg이다. SAR측정 대상은공중전전력 20 mW를 초과하고 통상 이용 상태에서 인체로부터 20 cm 이내에 사용하는 휴대용 무선설비들이다[4]. 본 안테나와 연결되는 무선통신모듈은 20 mW를 넘지 않는 소출력이기 때문에 측정대상이 되지 않으나 Fig. 1과 같이 빔 방향을 보면 전방향 무지향성인 기존안테나 (a)는 전자파가 두부에 적은 값이지만 영향을 미치고 지향성을 갖는 빔 스티어링 안테나 (b)는 빔 방향 두부 바깥쪽으로 향해 있어 전자파가 두부에 미치는 영향이 감소할 것이다. 특히 헤드셋의 경우 전자파에 민감한 두부와 가까이 위치해 있어 전자파의 영향을 받기 쉬우므로 헤드셋 내부 안테나의 SAR값을 줄이는 것이 중요하다. 본 논문에서는 지향성을 가진 빔으로 이 빔을 스티어링하여 통신효율을 향상 시키며, 두부 내/외부 방향으로 지향되는 무지향성 빔에 비해 인체 두부 바깥방향으로 빔 지향성이 있는 안테나를 사용하면으로써 전자파 인체흡수율(SAR)을 줄일 수 있다. 이로써 헤드셋을 이용한 무선통신상에서 무 지향성 빔을 사용한 기존 기술에 비해 고 이득의 다 지향성 빔으로 통신이 가능하면서도 전자파 인체영향을 줄인 효율적인 무선 통신이 가능하다. 또한 빔 스티어링이 가능한 안테나를 구현하기 위해 패치 안테나 상에 두 개의 RF 스위치(핀 다이오드)를 사용한다. 따라서 빔 스티어링이 가능하여 통신효율을 높이고 인체에 미치는 전자파의 영향을 줄이는 두 가지 기술을 동시에 구현하고자 본 연구를 하게 되었다.

2. 안테나 설계 및 구성

본 안테나는 이전 연구와 같이 U-slot을 사용한 패치 안테나 구조로 구성되어 있다[5]. Fig. 2는 제안된 안테나의 구성을 보여준다. 본 안테나는 $\epsilon_r = 4.4$ 인 FR-4기판에 제작되었다. 그라운드는 z축으로 지향성을 높이고 두부에 전자파가 미치는 영향을 줄이기 위해 기판 밑면에 둔다. 기판의 크기는 65 (SL) × 42 (SW) mm이며, 두께는 3.2 mm이다. 안테나 패치의 크기는 50.4 (AL) × 31.4 (AW) mm²이다. 패치에서 전류의 흐름을 조절하기 위하여 U-slot 구조를 사용하였으며 두 개의 핀 다이오드 (Microsemi사의 MPP4203)를 이용해 빔 스티어링이 가능하게 설계되었다. 안테나의 구조는 안테나 패치 부분과 간접 근접 부분으로 되어 있고 피드라인 (FL)의 길이는 16.38 mm이다. 두 부분이 떨어진 간격 (G)은 0.9 mm인데 이는 이 간격 사이에 위치하는 두 개의 핀 다이오드의 길이와 같다. 두 개의 핀 다이오드는 U-slot에서 4.4 mm (UFL) 떨어진 거리의 왼쪽 (PIN diode 1), 오른쪽 (PIN diode 2)에 위치하고 이를 DC 바이어스 입력(DC1, DC2)로 조작할 수 있다. U-slot 구조는 안테나의 입력 임피던스를 향상시키기 위해 사용한다.

U-slot의 크기는 22.62 (UL) × 8.12 (UH) mm² 이고 그 사이 슬롯의 폭 (UW)은 0.5 mm이다. 또, U-slot의 두 개의 원은 입력 임피던스 매칭을 조절하기 위해 설계되었고 원의 지름 (D)은 3.2 mm이다[5]. 포트에서 시작되는 피드의 너비 (FW)는 5.8 mm이고 패치 밑단에서 시작되는 피드의 너비 (DW)는 12.6 mm이다. 이는 포트에서 입력임피던스 매칭과 동시에 패치 크기를 조절하여 목표로 하는 주파수에서 동작하게 하고자 테이퍼드(Tapered)



[Fig. 3] DC biasing of the proposed antenna with two PIN diodes.

[Table 1] Antenna states (S_0 , S_1 , S_2) by two PIN diodes (PIN diodes 1, 2) and DC biasing (DC 1, 2).

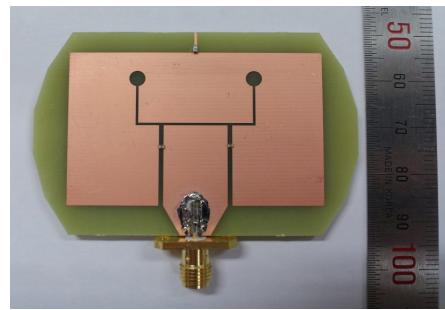
States	PIN 1	PIN 2	DC1(V)	DC2(V)
S_0	OFF	OFF	0	0
S_1	ON	OFF	1	0
S_2	OFF	ON	0	1

매칭 기법을 사용한 것이다[6]. 본 안테나는 Fig. 3와 Table 1과 같이 두 개의 핀 다이오드와 두 개의 DC 입력에 따라 세 가지 상태 (S_0 , S_1 , S_2)를 가진다. 측정 시, 안테나 급전 점은 네트워크 분석기와 같은 측정 장치에 직류가 인가되는 것을 막기 위해 Bias-T를 사용하였고 0V 혹은 1V의 직류를 DC1 입력을 통해 안테나 급전에 인가된다. DC2 입력은 안테나 패치 상단에 있는 RF 차단 인덕터와 연결되어 있고 0V 혹은 1V를 인가 할 수 있다. 여기서 RF 차단 인덕터는 0.27 μ H를 사용했다. S_0 는 DC1, 2에 0V의 전압을 인가했을 때 PIN diode 1, 2 모두 OFF가 된 상태이다. S_1 은 DC1에 1V, DC2에 0V의 전압이 인가되어 PIN diode 1만 ON이 된 상태이다. S_2 는 DC1에 0V, DC2에 1V의 전압이 인가되어 PIN diode 2만 ON이 된 상태이다.

3. 안테나 제작 및 측정

본 안테나 FR-4 기판에 제작되었고 S_1 과 S_2 에서 빔 각도를 최대로 틸트하기 위해 헤드셋 모양에 맞게 기판의 양 옆을 타원형태로 설계하였다. 기판의 패치와 그라운드층은 구리로 되어 있고 두 개의 핀 다이오드 (Microsemi's MPP4203)과 RF차단을 위해 인덕터

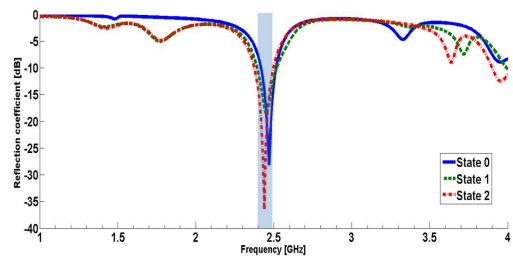
(Samsung's 0603)을 사용하여 각각 설계한 것과 같이 위치시켰다. Fig. 4는 제작된 안테나 사진이고 Fig. 5는 헤드셋 내부에 위치한 안테나의 측정 사진이다. 시뮬레이션된 반사 계수와 측정된 반사 계수를 각각 Fig. 6, Fig. 7에서 보여준다. Fig. 6에서 시뮬레이션된 세 가지 상태의 동작대역폭을 살펴보면 S_0 에서는 2.38-2.55 GHz, S_1 에서는 2.3-2.53 GHz, S_2 에서는 2.28-2.48 GHz 이다. Fig. 7에서 측정된 세 가지 상태의 동작대역폭을 살펴보면 S_0 에서는 2.37-2.58 GHz, S_1 에서는 2.29-2.52 GHz, S_2 에서는



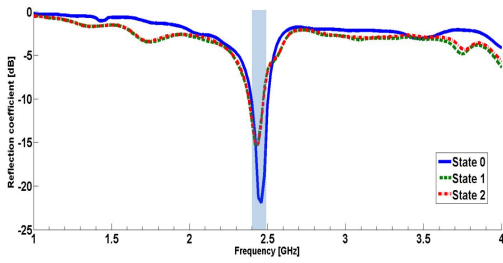
[Fig. 4] Photograph of the fabricated prototype antenna.



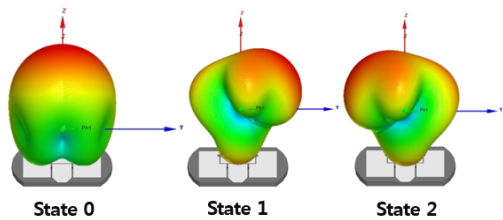
[Fig. 5] Photograph of measuring the antenna in the headset.



[Fig. 6] Simulated reflection coefficients (S_{11}) of the antenna (S_0 , S_1 , and S_2).

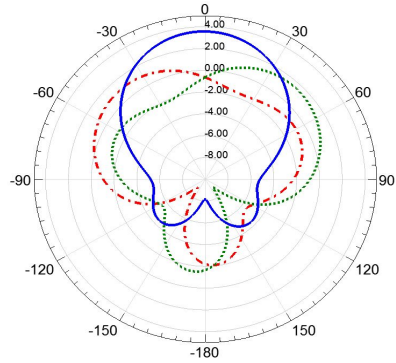


[Fig. 7] Measured reflection coefficients (S_{11}) of the antenna (S_0 , S_1 , and S_2).

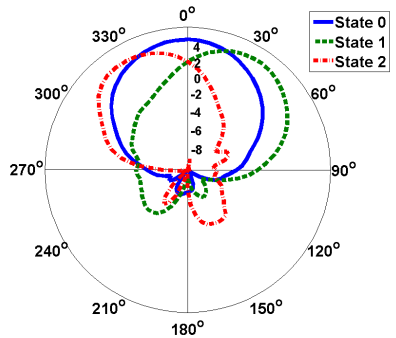


[Fig. 8] Simulated 3D radiation patterns of the antenna (S_0 , S_1 , and S_2) at 2.44 GHz.

2.3-2.5 GHz 이다. 위와 같이 시뮬레이션과 측정된 결과를 비교해보면 큰 차이 없이 비슷하며 세 가지 상태에서 모든 반사 계수는 2.37-2.5 GHz의 주파수 범위에서 동작함을 볼 수 있다. 하나의 PIN diode가 OFF상태일 때인 S_1 과 S_2 은 두 개의PIN diode가 OFF 상태일 때인 S_0 보다 대역폭이 넓다. 2.4-2.48 GHz 대역의 중심 주파수인 2.44 GHz 에서 시뮬레이션된 3D방사패턴을 Fig. 8에서 보여 준다. 제안된 안테나는 선형편파로 방사된다[7]. YZ-평면 (θ)에서 세 가지 상태(S_0 , S_1 , S_2)에 따른 방사패턴의 최대 빔 방향은 각각 30° 기울어 진 것을 알 수 있다. S_0 의 경우, 최대 빔 방향은 z축에서 $\phi=0^\circ$, $\theta=0^\circ$ 이고 이 방향에 대한 이득은 5.15 dBi이다. S_1 의 경우, 최대 빔 방향은 z축에서 $\phi=90^\circ$, $\theta=30^\circ$ 이고 이 방향에 대한 이득은 4.31 dBi이다. S_2 의 경우, 최대 빔 방향은z축에서 $\phi=270^\circ$, $\theta=330^\circ$ 이고 이 방향에 대한 이득은 4.22 dBi이다. 이에 대한 YZ-평면에서 시뮬레이션된 방사패턴과 측정된 방사패턴을 각각 Fig. 9, Fig. 10에서 보여준다. 그리고 Table 2에서 세 가지 상태(S_0 , S_1 , S_2)에 따른 측정된 최대 빔 방향, 최대 이득을 요약하였다.



[Fig. 9] Simulated radiation patterns of the antenna (S_0 , S_1 , and S_2) at 2.44 GHz.



[Fig. 10] Measured radiation patterns of the antenna (S_0 , S_1 , and S_2) at 2.44 GHz.

[Table 2] Summary of the measured antenna performances.

States	B.W (GHz)	Maximum beam direction($^\circ$)		Peak gain (dBi)
		ϕ	θ	
S_0	2.37-2.58	0	0	5.15
S_1	2.29-2.5	90	30	4.31
S_2	2.3-2.5	270	330	4.22

4. 결론

무선 헤드셋용 고이득 재구성 빔 스티어링 U-slot 패치 안테나를 설계하고 측정 및 분석하였다. 설계된 안테나의 세 가지 상태 (S_0 , S_1 , S_2)에서 동작 주파수는 2.37-2.5 GHz이고 최대 이득은 4.22-5.15 dBi이다. 제안된 안테나는 U-slot 구조를 적용하였고 두 개의 다이오

드를 이용해 서로 다른 세 방향으로 빔을 갖으며 평판형 안테나로 설계 및 대량생산에 용이하다. 따라서 본 안테나는 무지향성을 갖는 기존의 안테나와 비교해 지향성을 갖는 빔 스티어링이 가능하며 이를 통해 성능 향상 및 전자과인체흡수율 저감 효과를 갖는다.

References

- [1] Liu W-N, Xiao J-K, Zhang S, Li Y. A novel PBG planar inverted-F antenna for wearable system. Journal of Electromagnetic Waves and Applications. 2006;20(5):615 - 22.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1163/156939306776137737>
- [2] Gao S, Xiao S, Zhu H, Shao W, Wang B-Z. 2.45 GHz body-worn planar monopole antenna and its application in body-worn mimo system. Journal of Electromagnetic Waves and Applications. 2011;25(5-6):661 - 71.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1163/156939311794827212>
- [3] J.-Y. Kim, S.-J. Ha, D. Kim, B. Lee & C.W. Jung (2012): Reconfigurable beam steering antenna using U-slot fabric patch for wrist-wearable applications, Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 26:11-12, 1545-1553
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09205071.2012.704506>
- [4] IEEE Standard-1528, IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques, December 2003.
- [5] Ha SJ, Jung CW. Reconfigurable beam steering using a microstrip patch antenna with a U-slot for wearable fabric applications. IEEE Antennas Wireless Propagation Letters, Vol. 10, 1228 - 31, Oct. 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/LAWP.2011.2174022>
- [6] D'Assuncao, A.G.Cruz, R.M.S.Costa, F.C.Mendonca, Theoretical and experimental investigation of tapered microstrip antennas for wireless communications, L.M. Telecommunications Symposium, 2006 International, Page(s): 461 - 463.
- [7] Kim B, Pan B, Nikolaou S, Kim Y-S, Papapolymerou J, Tentzeris MM. A novel single-feed circular microstrip antenna with reconfigurable polarization capability. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 56, No. 3, 630 - 8, Mar. 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.2008.916894>

강 성 훈(Seong-Hun Kang)

[준회원]



- 2014년 2월 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 학사 졸업
- 2014년 3월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 나노 IT 융합프로그램 (석사과정)

<관심분야>

Wearable antenna, Beam steering antenna

염 인 수(In-Su Yeom)

[준회원]



- 2009년 2월 : 서울과학기술대학교 전자공학과 학사 졸업
- 2011년 2월 : 서울과학기술대학교 NID 융합기술대학원 나노IT융합 프로그램 (석사)
- 2012년 2월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 나노 IT 융합프로그램 (박사과정)
- 2011년 1월 ~ 2013년 7월 : 에이스테크놀로지, 연구원
- 2013년 7월 ~ 현재 : 한국전파진흥협회, 전자과 기술원 주임 연구원

<관심분야>

RF, 재구성 안테나, 안테나 측정

정 창 원(Chang-Won Jung)

[정회원]



- 2001년 12월 : University of Southern California, 전자공학 (석사)
- 2005년 6월 : University of California, Irvine, 전자공학 (박사)
- 1997년 1월 ~ 2000년 6월 : LG 정보통신, 연구원
- 2005년 7월 ~ 2005년 10월 : University of California, Irvine, Post Doctor
- 2005년 11월 ~ 2008년 4월 : 삼성종합기술원, 전문연구원
- 2008년 5월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교, NID 융합기술 대학원, 조교수

<관심분야>

안테나, RF, EMI/EMC, RF-MEMS, 센서