

WBAN용 이중대역 미앤더 마이크로스트립 안테나 설계

오호권*

Design of Dualband Meander Microstrip Antenna for WBAN

Ho-Kweon Oh*

Department of Electronic Engineering, Kangwon University, Chuncheon-si, Gangwon-do 200-701, Korea

요 약

본 논문에서는 WBAN 통신을 위한 이중대역 미앤더 마이크로스트립 안테나를 제안하였다. 설계된 안테나는 인체의 모형과 기판 사이에 일정한 간격을 유지하여 장착하고 성능 개선을 위해 몇가지 중요한 파라미터 변화에 따른 특성변화를 연구 하였다. 안테나의 반사손실, 방사패턴, 이득과 대역폭의 특성을 컴퓨터 시뮬레이션 소프트웨어(CST)를 이용하여 분석하였다. 제안된 안테나는 UWB의 4.33GHz와 6.09GHz ~ 9.88GHz의 대역에서 동작한다. 안테나는 4.33GHz에서 반사손실과 -10dB 대역폭은 각각 -42.30dB, 410MHz 이며, 6.09GHz ~ 9.88GHz 대역에서는 최대 -29.24dB, 3.79GHz를 나타냈다.

ABSTRACT

In this paper, Dualband meander microstrip antenna is proposed for Wireless Body Area Network application. Designed antenna is mounted on the phantom to maintain a constant distance of the substrate, and studied the characteristics related to change in several meaningful parameters to improve performance. Characteristics of antenna, returnloss, radiation pattern, gain, bandwidth, are analyzed using Computer Simulation Technologies(CST) software. The proposed antenna operates at 4.33Ghz and 6.09GHz ~ 9.88GHz for UWB. The antenna showed that returnloss and -10dB bandwidth are -42.30dB and 410Mhz at 4.33GHz, maximum -29.11dB and 3.75GHz at 6.1GHz ~ 9.8GHz.

키워드 : 와이어리스 퍼스널 에어리어 네트워크, 울트라 와이드밴드, 미앤더, 안테나, 컴퓨터 시뮬레이션 테크놀로지

Key word : WBAN, UWB, Meander, Antenna, CST

접수일자 : 2014. 12. 29 심사완료일자 : 2015. 01. 20 게재확정일자 : 2015. 02. 02

* **Corresponding Author** Ho-Kweon Oh(E-mail:oh33@kopo.ac.kr, Tel:+82-2-2001-4079)

Department of Electronic Engineering Kangwon University, Chuncheon 200-701, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.2.265>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

최근 헬스케어 센서 네트워크 시스템[1]의 발전과 함께 WBAN 시스템에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 다양한 헬스케어 디바이스를 인체에 이식하거나 혹은 인체에 착용하여 사용하고 있다[2]. 특히, 인체에 부착하여 사용하는 WBAN시스템에서 안테나는 통신채널의 성능에 매우 중요한 영향을 미치는 요소이다[3]. WBAN에서 사용되는 안테나는 미엔더[4]형, 선로와 동일면 상의 접지면을 배치하는 CPW (Coplanar Waveguide)[5]형, 지향성과 이득을 향상시키기 위한 어레이 안테나[6], 링 타입 안테나[7], 그리고 동일구조를 반복하여 기하학적 형태로 제작한 프랙탈(fractal) 구조의 안테나[8] 등 다양한 형태의 안테나를 활용하고 있다. 또한, BAN에서 사용하는 UWB통신은 고속 대용량 통신뿐만 아니라 조난자의 위치파악, 물류관리, 장애물 및 차량접근 감지센서 등의 다양한 분야에 걸쳐 활용되고 있으며, 우리나라는 대한민국 주파수분배표 고시에 의거 3.1~4.8GHz, 7.2~10.2GHz대역을 분배하여 사용되고 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.15.6 표준[9] 중 UWB 대역을 활용한 WBAN용 웨어러블기기에서 사용하기 위한 안테나로서 4.3GHz의 레이더와 UWB의 상위대역인 6.3GHz~10.2GHz 대역중 6.1GHz~9.8GHz의 미엔더 마이크로스트립 안테나를 설계하고 주요 파라미터를 최적화 하여 우수한 특성을 갖는 안테나를 제안하였다.

II. 안테나의 구조와 설계

본 논문에서 제안된 미엔더형 마이크로스트립 안테나는 기판의 두께가 1.6mm, 유전율 4.3, 손실 탄젠트 0.025인 FR-4 기판위에 설계하였다.

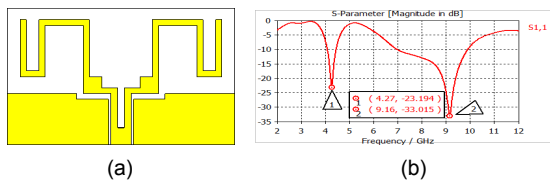


그림 1. 미엔더 마이크로스트립 안테나 (a) 미엔더형 안테나 (b) 공진주파수와 반사손실
Fig. 1 Meander Microstrip Antenna (a) Meander-type antenna (b) Resonance frequency & Return loss

그림 1과 같이 4.27GHz, 9.16GHz 공진주파수를 갖는 플래너 구조의 미엔더형 안테나를 설계하고, 그림 2와 같이 미엔더 안테나를 신체모형의 팬텀위에 약 5mm의 간격을 유지하고 시뮬레이션 하였다.

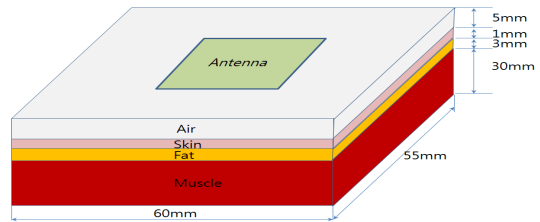


그림 2. 실험에 사용된 인체의 팬텀 모델
Fig. 2 Phantom model of the human body used in the experiment

표 1. 7GHz에서 인체조직의 유전 특성[5]
Table. 1 Dielectric property of body tissue in 7GHz[5]

Layer	Relative permittivity	Conductivity [s/m]	loss tangent
피부	34.084	4.8175	0.36296
지방	4.8476	0.37353	0.19787
근육	46.865	6.4607	0.35401

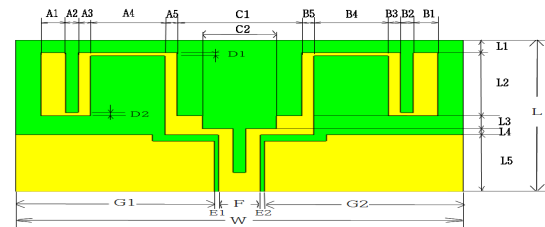


그림 3. 제안된 미엔더 마이크로스트립 안테나 구조
Fig. 3 Proposed meander microstrip antenna

표 2. 설계된 안테나의 파라미터 값들
Table. 2 Parameter of the designed antenna

파라미터	크기[mm]	파라미터	크기[mm]
W	36	F	3.36
L	24	$A1, B1$	2
$L1$	2	$A2, B2$	1
$L2$	10	$A3, B3$	1
$L3$	2	$A4, B4$	6
$L4$	1	$A5, B5$	1
$L5$	9	$C1$	10
$G1, G2$	16	$C2$	6
$E1, E2$	0.32	$D1, D2$	0.5

2.1. 패치라인 사이의 간격(A2, B2) 변화와 특성변화

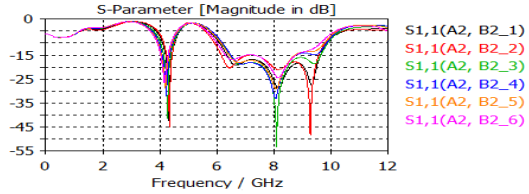


그림 4. 패치라인 사이의 간격 A2, B2변화와 특성변화
 Fig. 4 Characteristics for the distance variation of the patch line blank, A2, B2

그림 4는 A2와 B2의 폭의 변화를 1mm~6mm로 변화시켜 특성변화다. 하위 주파수의 3.90GHz ~ 4.53GHz 범위에서 공진주파수는 각각 4.33~4.16GHz까지의 변화를 나타냈으며, A2와 B2의 폭이 넓을수록 공진주파수는 다소 낮아지는 결과로 나타났다. 반사손실은 각각 -42dB ~ -26dB의 변화를 나타냈으며, 상위 주파수인 5.92GHz ~ 9.89GHz에서는 반사손실 값이 -29.11dB ~ -53.15dB로 나타났으며 -10dB 대역폭은 3.90GHz ~ 4.53GHz 주파수대역에서는 400Mhz ~ 498MHz, 상위 5.89GHz ~ 9.89GHz 주파수 범위에서는 3.63GHz ~ 3.92GHz까지의 대역폭 변화를 나타냈다.

2.2. C1의 폭 변화에 따른 특성변화

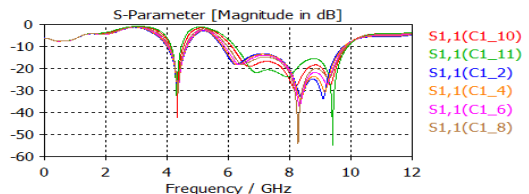


그림 5. C1 폭 변화와 특성변화
 Fig. 5 Characteristic for the variable C1 width

그림 5는 그림3에서 A5의 좌측면과 B5의 우측면을 고정하고 C1의 폭을 2mm~11mm변화시킬 때의 특성변화를 나타냈다. 하위 주파수 대역에서 공진주파수의 변화는 4.30GHz ~ 4.35GHz로 미세한 변화를 나타냈으나, 반사손실은 -29.12dB ~ -42.30dB로 나타났으며, 상위 주파수인 5.78GHz ~ 9.91GHz 주파수에서 반사손실은 -13.25dB ~ -55.18dB로 나타났다. 반사손실과 대역폭을 고려하여 폭을 10mm로 선택하여 낮은 주파수대역에서 공진주파수는 4.33GHz, 반사손실은 -42.30dB, -10dB 대역폭은 440MHz로 나타났다. 상위주파수에서

는 6.09GHz~9.89GHz 주파수 범위로 약 3.80GHz의 대역폭 그리고 반사손실은 -29.16dB를 나타냈다.

2.3. C2의 폭 변화에 따른 특성변화

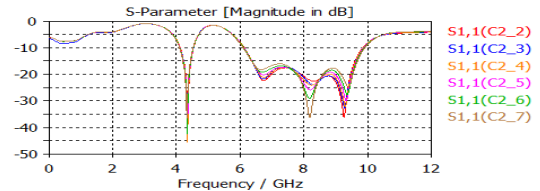


그림 6. C2의 폭 변화와 특성변화
 Fig. 6 Characteristic for the variable C2 width

그림 6은 C2의 폭을 각각 2mm ~ 7mm까지 1mm 단위로 변화 시킬때 특성변화를 나타낸 것으로, 하위주파수 대역에서 공진주파수는 변화가 없으나, 반사손실은 -36.30dB ~ -45.36dB로 약간의 변화를 나타냈다. 상위 주파수 대역에서도 대역폭의 변화보다는 일부 주파수에서 반사손실의 변화만 나타났다. 따라서 C2의 변화는 특성변화에 큰영향을 미치지 않는 것으로 나타났으나 최적의 폭을 선택하기 위해 6mm로 선택하였다.

2.4. L3 길이 변화와 특성변화

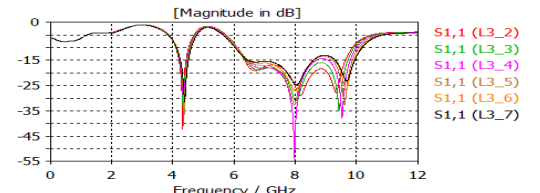


그림 7. L3의 크기와 특성변화
 Fig. 7 Characteristic for the variable L3 length

그림7은 L3를 2mm ~ 7mm로 각 1mm 간격으로 변화시킬 때 특성변화를 나타낸것으로, 하위 주파수대역에서 공진주파수의 변화는 4.33GHz ~ 4.39GHz 범위로 큰 변화가 없으나 반사손실은 각각 -42.30dB ~ -32.71dB로 길이가 작을수록 반사손실 특성이 좋은 것으로 나타났다. 또한 상위 주파수에서도 대역폭에는 큰 변화가 없으며 반사손실만 약간의 차이를 보였다. 따라서 특정 주파수에서의 입력 반사손실이 좋은 특성보다는 상위주파수 6.09GHz ~ 9.89GHz 대역에서 특성이 우수한 2mm를 선택하였다.

2.5. 피드라인과 접지면의 간격(E1, E2) 변화와 특성변화

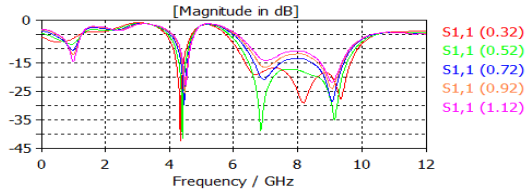


그림 8. E1, E2 간격변화에 따른 특성변화
Fig. 8 Characteristic for the variable E1,E2 Interval

그림8은 피드라인과 좌우의 접지면의 간격인 E1, E2를 0.32mm ~ 1.12mm로 변화시킬 때 특성변화다. 하위 주파수는 4.11GHz ~ 4.65GHz 범위에서 공진주파수는 각각 4.33GHz, 4.40GHz, 4.46GHz, 4.88GHz, 4.51GHz로 나타났으며, -10dB 대역폭은 424MHz ~ 314MHz의 대역폭 변화를 나타냈다. 간격이 넓어질수록 공진주파수는 최대 180MHz 까지 공진점 변화가 나타났으며, 반사손실은 -42.30dB ~ -22.60dB까지 변화하였으며, 대역폭은 좁아지는 결과를 나타냈다. 상위 주파수에서는 6.07GHz ~ 10.12GHz에서 3.81GHz ~ 3.07GHz까지 대역폭 변화를 나타냈으며 반사손실 변화는 -38.80dB ~ -10.86dB로 나타났다. 따라서 모든 주파수에서 특성이 가장 우수한 간격은 길이를 0.32mm로 선택하였다. 그림 8에서는 피드라인과 접지면의 간격변화에 따른 반사 손실과 주파수 특성 변화를 나타낸다.

2.6. 접지면의 길이(L5) 변화와 특성변화

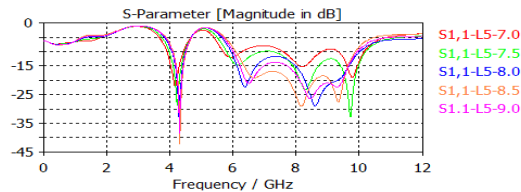


그림 9. L5의 길이와 특성변화
Fig. 9 Characteristic for the variable L5 length

그림 9는 접지면의 길이 L5를 7mm ~ 9mm 까지 0.5mm 간격으로 변화시킬 때 특성변화를 나타냈다. 하위 주파수 3.90GHz ~ 4.49GHz범위에서 공진주파수는 각각 4.17GHz, 4.24GHz, 4.30GHz, 4.33GHz, 4.32GHz로 나타났으며 -10dB 대역폭은 549MHz ~ 450MHz의 대역폭 변화를 나타냈다. 길이 변화에 따른 공진주파수는 160MHz의 변화를 나타냈으며, 반사손실은 -22dB ~

-42.3dB로 나타났다. 상위 주파수에서는 5.68GHz ~ 10.22GHz에서 4.05GHz ~ 3.10GHz까지 대역폭 변화를 나타냈으며, 반사손실은 최대 -38.80dB로 나타났다. L5가 8.5mm 일 때 -10dB 주파수 대역은 6.10GHz ~ 9.92GHz범위로, 대역폭 3.1GHz 반사손실은 최대 -29dB로 우수한 특성을 나타냈다.

2.7. 미엔더 안테나 길이(D1)의 변화에 따른 특성변화

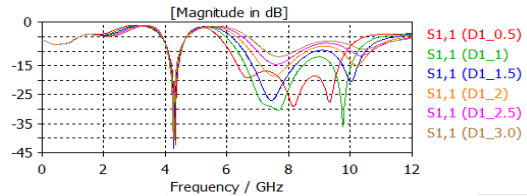


그림 10. D1 변화에 따른 특성변화
Fig. 10 Characteristic for the variable D1 length

그림10은 미엔더 안테나의 선 두께 D1을 1mm ~ 6mm 까지 1mm 간격으로 변화시킬 때 특성변화다. 하위 4.08GHz ~ 4.51GHz 범위에서 공진주파수는 각각 4.33GHz, 4.28GHz, 4.27GHz, 4.26GHz, 4.26GHz, 4.27GHz로 나타났으며 -10dB 대역폭은 408MHz ~ 451MHz의 대역폭 변화를 나타냈다. 길이 변화에 따른 공진주파수 변화폭은 43MHz로 작은 범위의 변화를 나타냈으며, 반사손실 변화는 -43.37dB ~ -36.74dB로 나타났다. 상위 6.07GHz ~ 9.92GHz 주파수에서는 대역폭이 3.85GHz이며, -10dB 대역의 반사 손실값이 최대 -29.23dB의 양호한 특성을 나타내는 선 두께는 1mm로 나타났다.

2.8. 미엔더 안테나 길이(D2)의 변화에 따른 특성변화

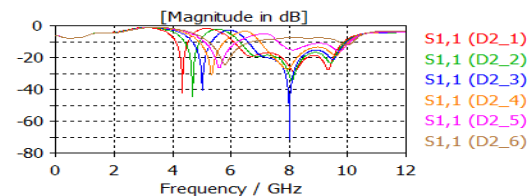


그림 11. D2 길이 변화에 따른 특성변화
Fig. 11 Characteristic for the variable D2 length

그림 11은 미엔더 안테나의 선 두께 D2을 1mm ~ 6mm 까지 1mm 간격으로 변화시킬 때 특성변화를 나타냈다. 하위 4.06GHz ~ 6.70GHz 범위에서 공진주파수는 각각 4.33GHz, 4.68GHz, 5.02GHz, 5.34GHz,

5.60GHz, 5.80GHz로 나타났으며 -10dB 대역폭은 408MHz ~ 451MHz의 대역폭변화를 나타냈다. 폭 변화에 따른 공진주파수 변화폭은 1.47GHz로 공진주파수 변화에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 반사손실 변화는 -43.30dB ~ -24.14dB로 나타났으며, 상위 6.13GHz ~ 10.22GHz 주파수에서는 대역폭이 3.80GHz이며, 반사손실값이 최대 -71.01dB의 양호한 특성을 나타내는 선 두께는 3mm로 나타났다.

III. 안테나의 성능평가

시뮬레이션 결과로부터 최적화된 미엔더 안테나의 주요특성에 대한 성능을 평가 분석하기 위하여 주파수 공진주파수와 반사손실, VSWR, 임피던스 변화를 살펴 보고자 한다.

3.1. 주파수 특성과 반사손실

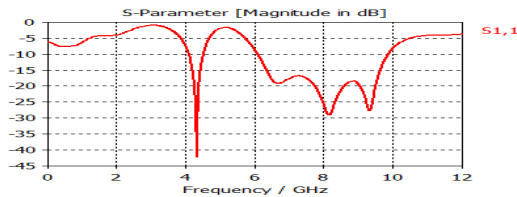


그림 12. 주파수변화와 S11 특성
Fig. 12 Characteristic of the variable frequency and S11

그림 12는 S11 특성으로 하위 주파수 대역에서는 중심주파수 4.33GHz에서 -42.30dB, -10대역폭은 410MHz이며, 상위 대역의 -10dB 주파수는 6.09GHz ~ 9.88GHz로, 대역폭 3.79GHz, 입력 반사손실값은 중심주파수 6.67GHz, 8.17GHz, 9.34GHz에서 각각 -19.19dB, -29.11dB, -27.69dB로 나타났다.

3.2. 전압정재파비(VSWR)와 임피던스

그림 13(a)는 VSWR(Voltage Wave standing Ratio) 시뮬레이션 결과를 보여준다. 시뮬레이션 결과 하위 주파수에서는 4.09GHz ~ 4.54GHz범위, 상위 주파수는 6.06GHz ~ 9.93GHz범위에서 VSWR < 2를 만족하며, 특히 4.19GHz ~ 4.45GHz 와 6.29GHz ~ 9.68GHz 주파수대역에서는 VSWR < 1.5로 매우 좋은 특성을 나타냈다. (b)는 주파수 변화에 따른 임피던스 궤적과 50Ω의

특성임피던스를 나타내고 있다.

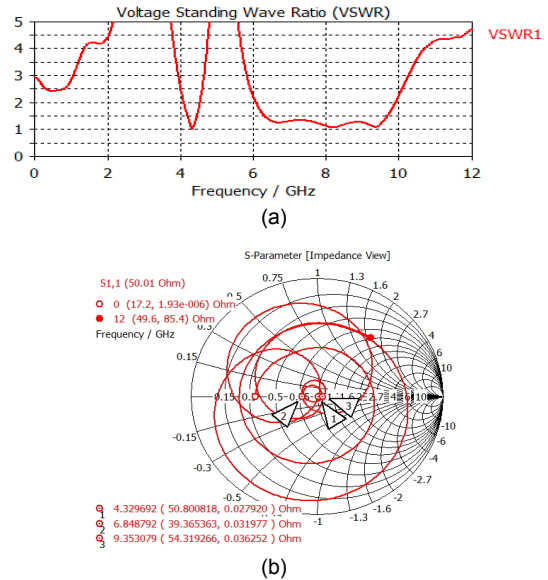
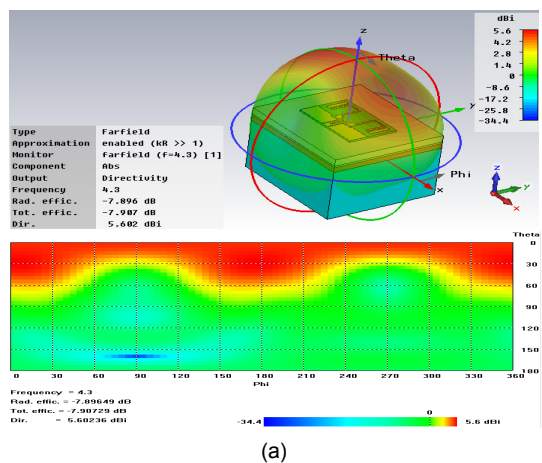
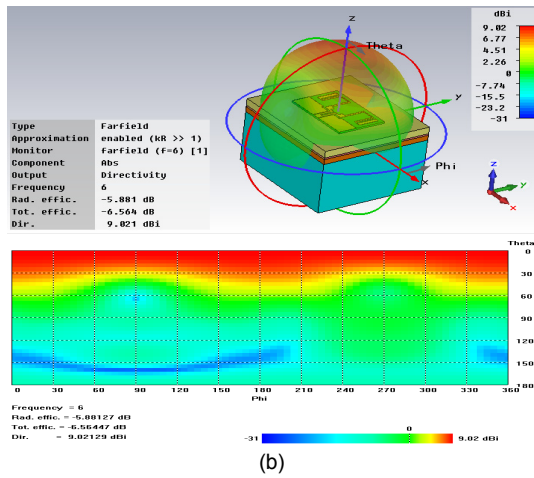


그림 13. 제안된 안테나의 (a)VSWR & (b)임피던스
Fig. 13 (a)VSWR & (b)Impedance of the proposed antenna

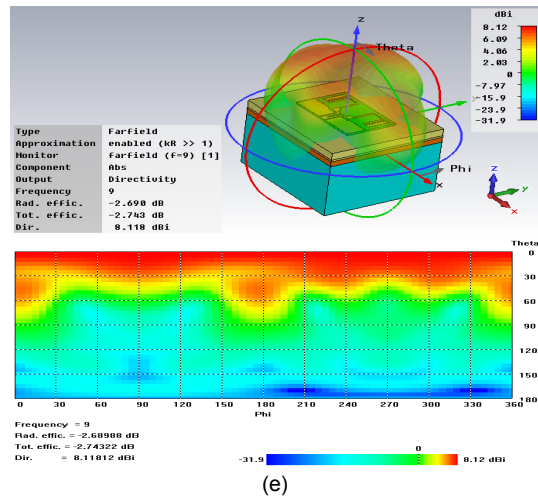
3.3. 방사패턴

안테나의 복사패턴의 시뮬레이션 결과는 4.3GHz, 7GHz, 8GHz, 9GHz에서 그림과 같이 나타났다. 안테나의 이득은 4.3GHz에서 최대 5.6dBi, 6GHz, 7GHz, 8GHz, 9GHz에서 각각 9.02dBi, 9.58dBi, 9.06dBi, 8.12dBi로 나타났으며, 빔의 각도는 30° 이내에서 우수한 지향성 특성을 나타냈다.





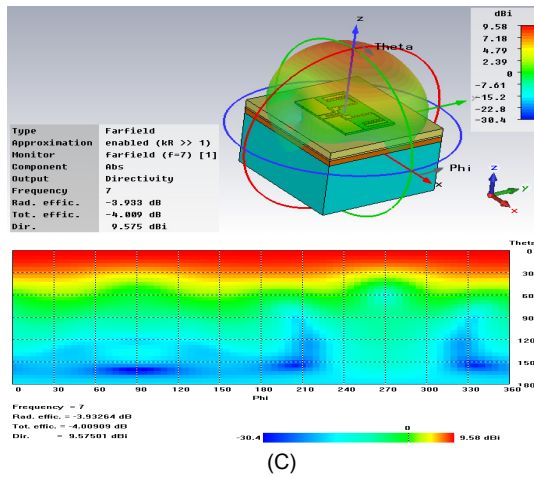
(b)



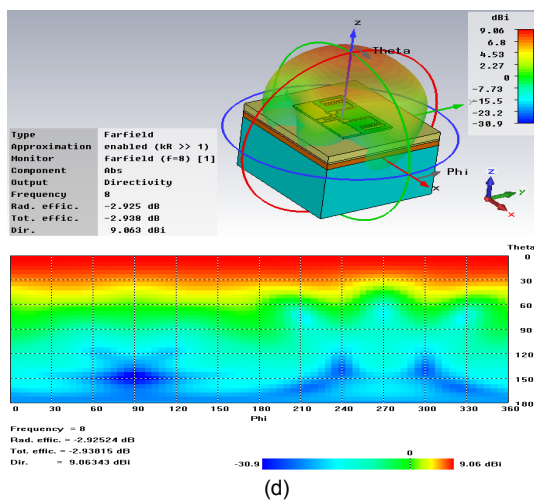
(e)

그림 14. 3D & 2D 방사패턴 (a) 4.3GHz (b) 6GHz (c) 7GHz (d) 8GHz (e) 9GHz

Fig. 14 3D & 2D Radiation Pattern (a) 4.3GHz (b) 6GHz (c) 7GHz (d) 8GHz (e) 9GHz



(c)



(d)

IV. 결 론

본 논문에서는 4.3GHz와 UWB의 6.09GHz ~ 9.88 GHz에서 동작하는 미엔더형 마이크로스트립 안테나를 설계하고, 최적의 안테나 설계를 위한 파라미터 변화에 따른 특성변화를 연구하였다. 하위주파수 대역에서는 미엔더 안테나의 선폭(D2)이 공진주파수의 변화 요인으로, 상위 주파수대역에서는 접지면의 길이(L5)와 미엔더 안테나의 선폭(D1, D2)이 반사손실 변화에 주요 변동요인으로 특성변화에 영향을 주는 것으로 나타났다. 설계된 안테나의 임피던스는 50Ω으로 중심주파수 4.33GHz에서 -42.30dB, -10dB 대역폭은 410MHz 이며, 상위 6.09GHz ~ 9.88GHz 주파수에서, 대역폭 3.79GHz, 입력 반사손실값은 최대 -29.11dB로 나타났으며 이득은 4.3GHz에서 최대 5.6dBi, 6GHz, 7GHz, 8GHz, 9GHz에서 각각 9.02dBi, 9.58dBi, 9.06dBi, 8.12dBi로 WBAN 웨어러블 기기의 착용형 안테나로서의 우수한 특성을 나타냈다.

연구결과를 바탕으로 웨어러블기기의 착용형 안테나로서의 성능 향상과 함께 이동중에 발생하는 지향성 변화를 최소화 하기 위한 연구개발이 요구된다.

REFERENCES

- [1] M. I. Jais, M. F. Jamlos, M. Jusoh, T. Sabapathy, M. R. Kamarudin, "2.45 GHz Beam-Steering Textile Antenna for WBAN Application" *Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI)*, 10.1109/APS. 2013. 67 10761 , pp 200-201, Jul. 2013.
- [2] N. H. Ramli, M. R. Kamarudin, N. A. Samsuri, E. N. Ahyat, N. H. H. Khamis, "A 4.8GHz Implantable Small Printed Antenna for Wireless Implantable Body Area Network Application" *International RF and Microwave Conference*, 10.1109/RFM.2013.6757251, pp 210-213, Dec. 2013.
- [3] Andrey S. Andrenko, Ichirou Ida, and Tatsuya Kikuzuki, "Dual-Band Patch Antenna with Monopole-Like Radiation Patterns for BAN Communications", *Antennas and Propagation (EuCAP), 2013 7th European Conference on*, pp. 1922 - 1926 , 2013.
- [4] Wanlan Yang, Kaixue Ma, Kiat Seng Yeo, Wei Meng Lim, and Zhi Hui Kong, "Compact Dual-band Meander-line Antenna for Biomedical Applications", *Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications (IMWS-BIO)*, 2013 IEEE MTT-S International, pp 1-3, Dec. 2013.
- [5] Jian Wang, Milica Popovich, "A Novel CPW-fed UWB Antenna for Body Area Networks" *2013 7th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, pp. 3242 - 3246 Apr. 2013.
- [6] Nacer Chahat, Carole Leduc, Maxim Zhadobov, and Ronan Sauleau, "Antennas and Interaction with the Body for Body Centric Wireless Communications At Millimeter-Waves", *Antennas and Propagation (EuCAP)*, E-ISBN : 978-88-907018-1-8 , pp. 772 - 775, Apr. 2013.
- [7] Tomokazu Watanabe, Hisao Iwasaki, "Wearable Finger dual band antenna for BAN ", *Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)*, Print ISBN:978-1-4673-0404-7, pp. 51-54, Sep. 2012.
- [8] Haider M. AlSabbagh, Farhad E. Mahmood, R. M. Edwards, J. A. Brister, "A UWB Fractal Antenna for Body Area Network Applications", *Antennas and Propagation Conference (LAPC)*, 10.1109/LAPC.2012.6403090, pp. 1-4, Nov. 2012.
- [9] MirHojjat Seyedi, Behailu Kibret, Daniel T. H. Lai, Michael Faulkner, "A Survey on Intrabody Communications for Body Area Network Applications", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. vol. 60. no. 8, pp. 2067 - 2079, Aug. 2013.



오호권(Ho-Kweon Oh)

원광대학교 전자공학과 교육학석사
 강원대학교 전자공학과 박사과정수료
 한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 정보통신과 부교수
 ※관심분야 : 무선통신, 안테나, PAN, BAN