

효율적인 인체신호 검출을 위한 안테나 특성 연구

장동원* · 최재익*

*한국전자통신연구원

A Study on Antenna Characteristics for Efficiently Detecting Human Sign

Dong-Won Jang* · Jae-Ik Choi*

*Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : dwjang@etri.re.kr

요 약

본 논문에서는 근거리에서 심박동, 호흡, 맥박 등 인체 신호를 효율적으로 검출할 수 있는 소출력 안테나 특성에 대하여 분석하였다. 이러한 환경에서 안테나는 펄스 신호를 사용하므로 광대역에서 임피던스가 주파수에 안정적인 특성이 요구된다. 이러한 요구 특성은 이득과 trade-off 관계가 있으나 본 논문에서는 근거리에서 사용하므로 방향성 및 이득을 높이기 위한 어레이 형태는 고려하지 않았다. 일반적으로 이러한 요구 사항을 만족하는 안테나는 주파수 독립(Frequency Independent) 안테나로 분류된다. 스파이럴(spiral), 시뉴어스(sinuous), 대수 주기(log-periodic) 안테나 등이 해당되며 소형으로 구현될 수 있다. 본 논문에서는 중심 주파수가 5 GHz인 UWB 펄스 트랜시버에 원형 패치 안테나와 시뉴어스 안테나를 접속하고 시험한 결과를 분석해서 기술하였다.

ABSTRACT

In this paper, We describe antenna characteristics for efficiently detecting human signs using small, planar and low power antenna. Then we can measure biological signals including respiration, heart rate, blood pressure, and blood sugar, using UWB (Ultra Wide Band) pulses, while does not contact the human body. The antenna need stable and wideband impedance characteristic, because it use gaussian pulse signal. Usually it has trade-off between wideband impedance and gain. But we don't considered array type antennas because we want to need small size. Generally the antennas that classified as frequency independent satisfy our requirements.

Frequency independent antennas include spiral, log-periodic, sinuous, and etc. These antennas are possible to have shape planar type. In this paper, We tested these kind antenna's characteristics in center frequency 5 GHz, Especially circular patch and sinuous antenna designed and analyzed.

키워드

인체신호, 비접촉, 헬스케어, 안테나, 초광대역, 시뉴어스, 모노폴

1. 서 론

지난 수십년간 통신 기술의 발전, 특히 이동 통신의 발전은 사람들의 생활 습관을 매우 크게 변화시켰다. 안테나 엔지니어는 고정된 기지국 및 이동 휴대용 단말기를 위한 고성능 안테나를 설계하여 이러한 무선 혁명에 기여했다. 이동 통신 시스템에서 배치에 대한 요구는 현저하게 증가하므로 안테나 설계자는 많은 도전에 직면한다. 특히 작은 크기, 낮은 프로파일(low profile), 또는

매우 넓은 동작 대역폭, 다중 동작 모드, 편파 등은 물론 단순한 제조 및 낮은 비용 등을 포함한다. 그러한 결과로 안테나의 연구와 개발은 학계와 업계 모두에서 중요한 과제가 되고 있다. 실제로 초광대역 안테나뿐만 아니라 통신에서 레이더 및 방향 탐지 시스템이 벽면 통과, 충돌 방지, 전파 천문, 인체 신호 검출 등 많은 공학적 응용에 필요하다. 초광대역 안테나의 주된 초점은 구조적으로 작은 크기와 경량의 무게가 안테나의 성공 필수 요소이다. 현재까지 많은 연구가 프린트 안

테나에서 대역폭의 증가에 집중되어 왔다. 어떤 경우에는 광대역을 얻어 수 있더라도 편파 등에는 관심을 두지 않는다. 이러한 경우에 대부분은 슬롯이 아닌 패치 구조의 형태로 개발된다. 대역폭이 균일한 안테나 이득 및 편파에 대한 요구가 증가되고 있어서 안테나 엔지니어들은 주파수 독립 구조의 기초 원리를 고려할 필요가 있다. 주파수 독립 안테나는 큰 대역폭을 통해서 편파, 방사 패턴 및 입력 임피던스가 변경되지 않은 상태로 유지되거나 제한, 예측, 주기에 따라 형상을 바꿀 수 있는 자기 확장 속성을 가진다. 아르키메데스 스파이럴(spiral), 로그 스파이럴, 사각형 스파이럴 등 다양한 형태의 스파이럴 안테나가 사용되고 있다. 아르키메데스 스파이럴과 로그는 많이 사용되고 있는 구조로 대표적인 주파수 독립 안테나이다. 많은 연구가 스파이럴 안테나 크기에 집중되어 있지만 스파이럴 안테나는 두 개의 메인 로브를 가지며 흡수 캐비티를 이용해서 단일 방향 방사를 하도록 설계한다. 시뉴어스 안테나도 스파이럴 안테나와 유사한 특성을 가지는 주파수 독립 안테나이다. 광대역 평면파 두 개의 부엽을 발생한다. 스파이럴은 원편파를 하지만 시뉴어스 안테나들은 이중 직선 편파를 나타낸다. 실제로 두 가지 가능한 직교 선형 편파는 전송 편파 다양성/수신 뿐 만 아니라 동시에 좌원편파(LHCP)와 우원편파(RHCP)를 발생시킬 수 있다. 이러한 편파 특성은 안테나의 최저 및 최고 주파수, 구조체의 외측 및 내측 직경 등에 의해서 각각 결정된다. 이론적으로 시뉴어스 안테나는 위와 아래 두 방향으로 방사된다. 그러므로 아래쪽으로 방사되는 것을 막기 위해서 광대역 흡수 공동기(cavity)를 이용해서 제거한다. 안테나 피드 커플링에 의해 편파 순도를 해치게 되므로 안테나 흡수체가 채워진 공동은 안테나 반경 정도의 깊이를 갖는다. 공진기에 의한 손실은 50% 이하로 효율을 감소시키고 전체 구조가 매우 커지지만 대부분의 상용 시뉴어스 안테나는 이러한 방법으로 실현된다.

II. 본 론

1. 인체에 대한 안테나 특성 분석

본 고에서는 안테나에서 송신된 신호가 인체에 반사된 신호를 수신하는 레이더의 원리를 이용하므로 안테나가 소형이고 매우 낮은 전력을 이용하는 효율적인 안테나가 요구된다. 안테나의 인체에 대한 특성을 파악하기 위해서 인체 시뮬레이션이 요구된다. 이를 위해서 팔뚝 모델에 실험적으로 얻어진 인체의 전기적 특성 파라미터값(전도율, 비유전율 등)을 사용 주파수 신호인 5 GHz대역에서 값으로 대입해서 안테나 특성 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 1은 팔뚝 단면 영상이며 그림 2는 단면 치수(모델링)를 나타낸다. 표 1은 그림 1의 팔뚝 단면을 구성하는 인체 tissue 계층

모델링에서 따른 전기적 특성값을 나타낸다. 표 2는 팔뚝을 구성하는 tissue 유전 및 전도 특성을 나타낸다.

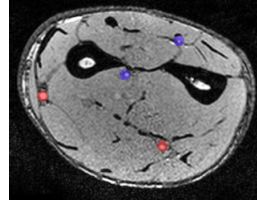


그림 1. 인체 팔뚝 단면도

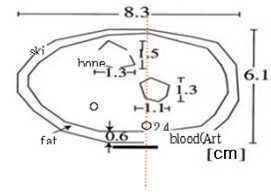


그림 2. 팔뚝 모델링 단면도

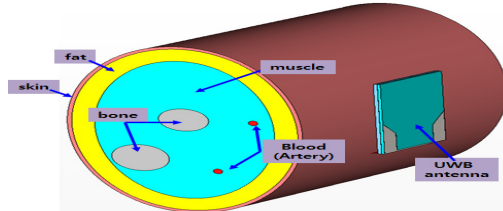


그림 3. 근접 팔뚝(forearm)에서의 UWB 안테나 특성 시험(시뮬레이션)

표 1. 팔뚝 단면 Tissue 계층 모델링에서 빨간 점선에서의 치수

Tissue (5 GHz)	Conductivity [S/m]	Relative permittivity	Loss tangent	Wavelength [m]	Penetration depth [m]
Blood	4.1336	55.677	0.33364	0.009911	0.0097119
BoneCortical	0.72752	10.532	0.31044	0.022828	0.023958
Fat	0.1829	5.1249	0.16038	0.033002	0.065918
Muscle	3.0155	50.821	0.26665	0.010423	0.012659
SkinDry	2.3404	36.587	0.28746	0.012267	0.013859

표 2. 팔뚝 구성 Tissue 유전 및 전도 특성(@5.0 GHz)

skin	fat	muscle	blood	muscle	bone	muscle	fat	skin
1.2mm	6.0mm	3.0mm	2.4mm	10.0mm	13.0mm	18.2mm	6.0mm	1.2mm

2. 안테나 설계

그림 4.은 Taconic사의 RF35 RF 유전체 기판(유전율 $\epsilon_r=3.5$, 유전체 두께 $H=0.762$ mm, 동박 두께 $T=0.018$ mm)을 사용하여 최적화 설계된 원형 모노폴 패치 UWB 안테나를 나타낸다.

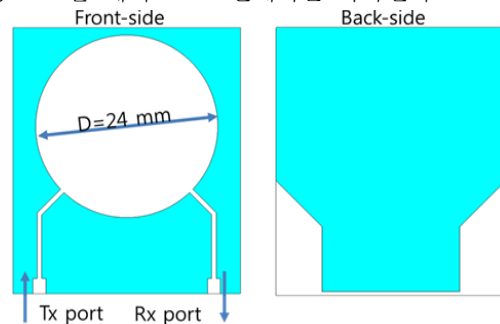


그림 4. UWB 안테나

이 안테나의 입력 반사 손실 및 송수신 단자간 격리 시뮬레이션 특성을 보여주며, 동작 대역(3.1~5.6 GHz) 내에서 각각 16 dB 이상 및 12.5 dB 이상의 양호한 특성을 나타낸다. 또한 동작

대역 내에서 3.1 GHz, 4.35 GHz, 5.6 GHz에서 각각의 방사 패턴 특성을 나타내며 여기 단자의 직교 방향에서 비교적 무지향성 특성을 나타내며 3 dBi 이상의 지향성 특성 및 2.7 dBi 이상의 이득 특성을 나타낸다.

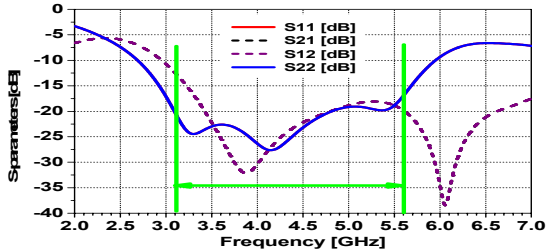


그림 5. UWB 안테나의 S 매개변수 특성

그림 6.은 안테나가 팔뚝에 1 mm 만큼 근접하였을 경우에 S 매개변수의 특성 변화를 보여주며 입력 정합 특성이 심하게 열화되지 않음을 알 수 있다. 또한 송수신 단자간 격리 특성도 영향이 크지 않음을 나타낸다.

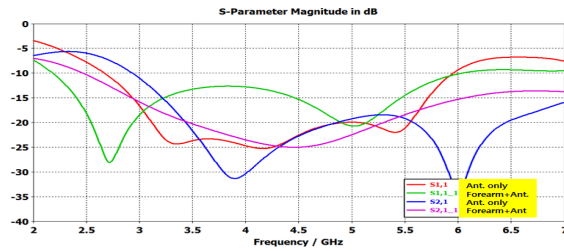


그림 6. 안테나가 팔뚝에 1 mm 만큼 근접하였을 경우의 S 매개변수의 특성 변화

그림 7.은 안테나가 팔뚝에 1 mm 만큼 근접하였을 경우에 S 매개변수의 특성 변화를 보여주며 입력 정합 특성이 심하게 열화되지 않음을 알 수 있다. 또한 송수신 단자간 격리 특성도 영향이 크지 않음을 나타낸다.

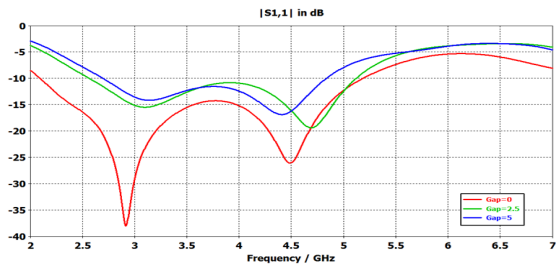


그림 7. 팔뚝에 근접한 거리 변화에 따른 UWB 안테나의 입력 반사 손실 특성 변화

그림 8.은 팔뚝에 근접한 거리 변화에 따른 UWB 안테나의 입력 반사 손실 특성 변화를 보여주며 입력 정합 특성 변화가 크지 않음을 보여준다. 또한 방사 패턴 특성은 인체 팔뚝 방향으로 방사된 신호가 흡수(약 11.6 dB @ 4 GHz 정도)되는 것을 알 수 있다.

3. 측정 결과

안테나 방사 특성은 종류에 따라서 변화한다. 그림 7은 안테나에서 수신된 신호의 파형을 나타낸다. 그림 7(a)는 송신 단자와 수신 단자를 직접 결합해서 얻은 수신 신호로 안테나 특성 및 주변 전파 환경에 전혀 영향을 받지 않은 신호로 송신기에서 방사된 가우시안(Gaussian) 모노 펄스의 미분된 형태이다.

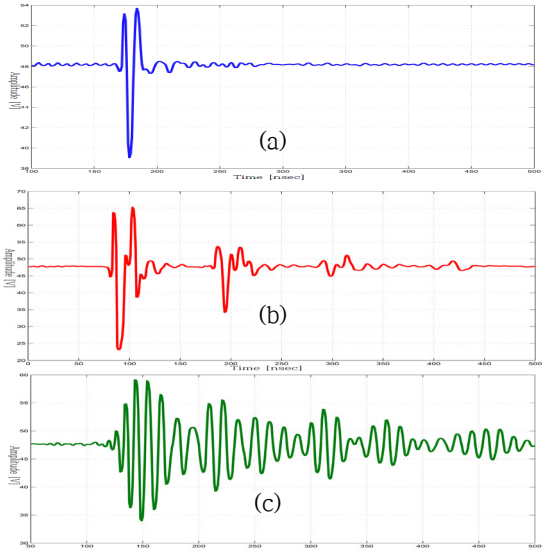


그림 8. 안테나별 수신 신호 파형, (a) direct, (b) circular monopole, (c) sinus

그림 9(b)는 원형 모노폴 안테나를 사용할 경우에 수신된 신호로 edge diffraction, ringing 등을 포함한다. 그림 8(c)는 시뉴어스 안테나를 사용할 경우 수신된 신호로 원형 모노폴 안테나로 수신한 경우보다 이득은 높지만 안테나의 복잡성에 따른 다중 경로 신호가 더 많이 수신되고 있음을 나타낸다. 인체 정보는 이러한 파형 속에 포함되어 있으므로 신호처리를 통해서 원하는 정보를 얻는다. 그림 8은 각각 원형 모노폴 및 시뉴어스 안테나를 사용해서 얻은 그림 8(b)와 (c)에서 추출한 신호이다.

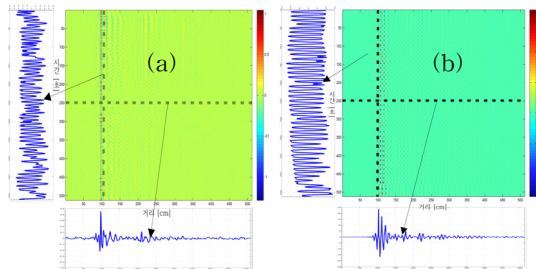


그림 9. 안테나별 수신 신호 파형 분석, (a) circular monopole, (b) sinus

III. 결 론

본 논문에서는 초광대역 펄스를 활용해서 생체 신호(호흡, 심장박동, 맥박 등)를 연속해서 비접촉으로 감시하기 위한 레이더 센서에 적합한 안테나의 특성에 대해서 기술하였다. 생체 신호 검출을 위한 안테나는 소형의 박형이며 초광대역 펄스를 사용하므로 광대역이어야 한다. 일반적으로 원형 모노폴 패치 안테나가 많이 사용되어 왔으나 비발디(Vivaldi), 나비타이(Bow Tie) 안테나 등도 많이 사용되어 왔다. 최근에는 광대역 특성 및 편파 특성을 고려해서 주파수 독립형 안테나인 스파이럴 및 시뉴어스 안테나를 사용한다. 이러한 안테나는 기하학적 구조에 따라서 대역폭이 결정되기 때문에 신호 주파수에 따른 대역폭 변화가 적다. 본 고에서는 원형 모노폴 안테나와 시뉴어스 안테나를 설계해서 중심 주파수가 5 GHz인 대역에서 인체를 목표로 송수신 특성을 비교 분석하였다. 원형 모노폴 안테나는 비교적 설계하기 용이 하지만 인체로부터 반사되는 미약한 신호를 검출하기에는 감도가 떨어지며 시뉴어스 안테나의 경우는 설계가 복잡하지만 원형 모노폴 안테나보다는 감도가 높다. 특히 시뉴어스 안테나는 광학 렌즈를 사용할 수 있어서 방향성을 높일 수 있다. 그러나 시뉴어스 안테나는 양방향으로 방사하기 때문에 인체 신호 측정을 위해서는 인체의 근거리에서 사용해야 하므로 반사판 및 후면 공진기(cavity-backed) 등을 추가해야 좋은 성능을

얻을 수 있다. 또한 주파수 독립 안테나는 고유 특성 임피던스를 가지고 있으므로 피드 회로와의 정합이 중요하다. 이는 일반적으로 발룬(balun)을 이용해서 해결한다.

참고문헌

- [1] 장동원 외 1명, 인체 신호 검출을 위한 전파 특성 연구, 한국통신학회 추계종합학술발표회, 11. 2013.
- [2] 장동원 외 1명, 전파를 이용한 맥박 측정 방법 연구, 한국전자과학회 하계종합학술대회, 8. 2014.
- [3] Werner Wiesbeck, Grzegorz Adamiuk, and Christian Sturm, "Basic Properties and Design Principles of UWB Antennas," Proceedings of the IEEE, vol. 97, no. 2, pp. 372-375, Feb. 2009.
- [4] Elson Agastra, Leonardo Lucci, Giuseppe Pelosi, and Stefano Selleri, "High Gain Compact Strip and Slot UWB Sinuous Antennas", International Journal of Antennas and Propagation, Volume 2012, Article ID 721412, Oct. 2012.
- [5] Roger Christopher O'Brient, "A Log-Periodic Focal-Plane Architecture for Cosmic Microwave Background Polarimetry", University of California, Berkeley, Aug. 2010.