

5.8GHz ISM 대역 평면안테나의 송수신분리도 개선

Tx/Rx Isolation enhancement of the Planar Patch Antenna at 5.8GHz ISM band

윤 기 호*

Gi-Ho Yun*

Abstract

In this paper, microstrip antenna to enhance the isolation between transmitting port and receiving port under the proximity objects is proposed, and applied to the Doppler radar sensor working at 5.8GHz ISM band which detects vital signals of a human body. Two 3dB quadrature hybrids are placed around radiation patch to form a balanced structure between transmitting port and receiving port, such that it consistently provides enhanced Tx/Rx isolation and excellent return loss over nearby objects. It is theoretically analyzed and simulated to verify the validity of the proposed application. The fabricated antenna that is 2mm away from the human body, has more than 16 dB return loss and at least 30dB isolation over ISM frequency band of 5.8GHz.

요 약

본 논문에서는 근접물체에 둔감하도록 평면 안테나의 송신단과 수신단 사이의 분리도를 개선하는 회로구조를 제안하였으며 5.8GHz ISM 대역에서 생체신호를 검출하는 도플러 레이더 센서에 적용하였다. 방사패치를 중심으로 2개의 3dB 90° 전력분배기 들을 송신경로와 수신경로에 배치하여 평행회로 구조를 구성하였다. 이는 안테나에 근접된 물체가 있어도 높은 송수신 분리도 및 우수한 입출력 반사계수를 제공한다. 제안된 회로구조에 대한 이론 전개와 시뮬레이션을 통해 타당성을 확인하였고 제작된 시제품을 측정하여 입증하였다. 인체가 2mm까지 접근하여도 ISM대역에 걸쳐 송신단과 수신단에서 16dB 이상의 반사손실과 최소 30dB 이상의 분리도가 측정되었다.

Key words : Balanced, Hybrid Coupler, Isolation, Proximity, Patch Antenna, 5.8GHz ISM

1. 서론

도플러 레이더(Radar) 센서나 RFID(radio frequency identification) 시스템 등에서는 안테나에서 송신된 고주파신호는 태그(tag) 또는 타겟(target)에서 반사되며 그 중심주파수는 송신주파수와 동일하다.

*Dept. of Information and Communication Eng.,
Sungkyul University(ghyun@sungkyul.ac.kr),
031-467-8114

Manuscript received Sep. 24, 2013; revised Sep. 27, 2013;
accepted Sep. 27, 2013

수신기에 도달한 반사 신호는 송신기에서 직접 수신기로 전달된 누설(leakage)신호와 합성되어 수신성능을 저하시키는 중요한 요인으로 작용한다. 최근 이들 시스템들이 산업체 여러 분야에 활용되면서 안테나가 각종 유전체와 금속 등을 포함하는 주변의 물리적인 환경들과 매우 근접하게 된다. 생체신호 검출 도플러 레이더 센서의 경우 인체와 접촉 또는 수mm 까지 근접하여 동작하기도 한다[1]. 이러한 환경에서 안테나로부터 수신기에 입력되는 고주파 정보신호로부터 송신기에서 수신기에 직접 전달되는 동일한 주파수의 누설(leakage)신호를 분리하기 위한 연구들[2][3]이 그동안 수행되었다. 그림 1에는 기존 보고된 연구들을 중심으로 안테나 주변에서 Isolator 와 방향성결합기 등의 회로들을 이용하여 수신경로에서 송신 누설신호

를 분리하는 방식들을 개략적으로 정리하였다. 그림 1(a)과 그림 1(b)는 각기 Isolator와 방향성결합기(directional coupler)를 이용하여 수신경로로 누설되는 송신신호를 억제하였다. 상용 Isolator와 방향성결합기는 부하가 정합되었다는 가정 하에 약 25dB의 송수신분리도를 갖는다. 그림 1(c)는 최근에 보고된 연구 [4]로서 방향성결합기 들을 90° 3dB hybrid coupler와 결합시킨 평형구조를 통해 송수신 분리도 개선과 함께 안테나 부하변동에 따른 송수신 분리도 저하를 방지하였다. 그러나 그림 1(a)와 그림 1(b)는 근접물체가 존재하는 경우 안테나정합 상태에 달라지기 때문에 송수신 분리도가 악화되며, 평형구조인 그림 1(c)는 근접물체에 대한 특성변화가 거의 없으나 방향성결합기의 coupling port 에 수신경로가 연결되어 있어 타깃(target)로부터 반사된 고주파 정보신호가 결합도 만큼 감쇄되어 수신 성능이 급격히 저하되는 문제점을 갖는다.

본 연구에서는 그림 2와 같이 송신(Tx)포트(port)와 수신(Rx)포트 사이에 2개의 90° 3dB hybrid와 방사패치들을 위치시킨다. 각 방사패치는 상호간섭이 매우 적은 이중급전 구조를 가지며 급전점(Tx',Rx')에서 상호직교 특성을 나타낸다. 방사패치들은 종으로 또는 횡으로 배열하여 배열안테나로서 응용에 따라 원하는

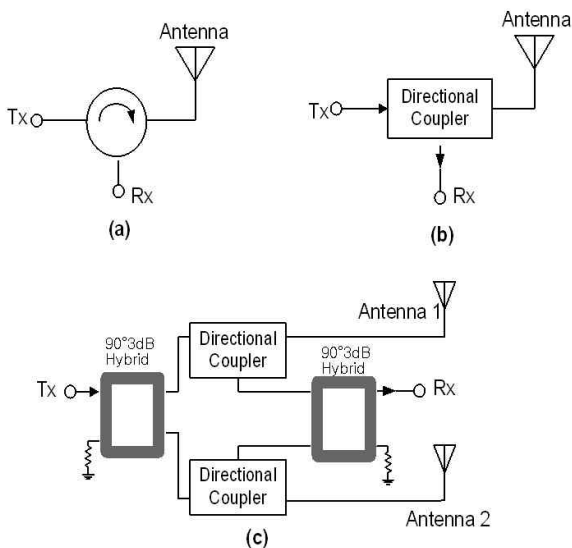


Fig.1. Existing Tx/Rx Isolation schemes (a) using isolator, (b) using directional coupler, and (c) using balanced structure with directional couplers

그림 1. 기존의 송수신분리도 구조 (a) Isolator적용방식, (b) 방향성결합기 적용방식, (c) 방향성결합기를 이용한 평형구조방식

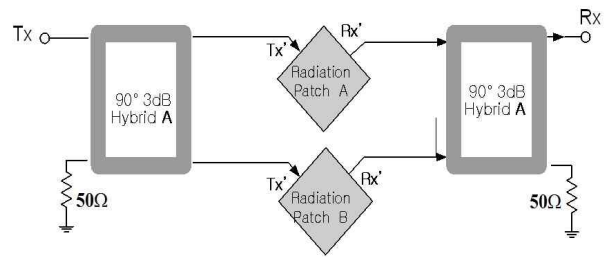


Fig. 2. Tx/Rx isolation scheme of the proposed antenna
그림 2. 제안된 안테나의 송수신 분리 구조

성능을 달성하는 데 이용될 수 있다. 송신(Tx)포트와 수신(Rx)포트 사이에 회로들이 평형구조를 갖기 때문에 방사패치 A로 연결되는 상향경로와 방사패치 B로 연결되는 하향경로가 근접해 있는 물체에 동일한 전기적 특성을 갖기만 하면 송신(Tx)포트와 수신(Rx)포트 사이에 높은 분리도를 얻어낼 수 있다. 또한 근접물체에도 송신(Tx)포트와 수신(Rx)포트에서 높은 반사손실을 확보할 수 있어 송신 성능과 수신 성능을 극대화시킬 수 있다.

제안된 구조는 호흡이나 심박 등의 생체신호 검출용 도플러 레이더 센서에 적용하였다. 5.8GHz를 중심으로 전후 150MHz 범위의 ISM 대역에서 동작하도록 설계하였으며 근접물체로 인체를 이용하여 인체와의 간격에 따라 특성변화를 살펴보았다. 우선 전체 동작을 이론적으로 분석하였으며, 상용 소프트웨어 툴(tool)을 이용한 시뮬레이션으로 우수성을 판단하고 이를 바탕으로 설계된 시제품을 제작·측정하여 타당성을 입증하였다.

본 연구는 2장에서 제안된 구조에 대한 이론적 전개 및 구체적인 동작을 서술하고 적합한 설계에 대해 시뮬레이션 결과들을 제시한다. 이를 바탕으로 3장에서 시제품을 제작하여 실험결과들을 나열하고 평가하였으며, 4장에서 결론을 맺었다.

II. 동작이론 및 설계

그림 3에 제안된 구조의 동작이론을 전개하기 위한 상세 개념도를 볼 수 있다. 제안된 구조에는 여러 종류의 안테나가 사용될 수 있으나 본 연구에 적합한 방사소자로 마이크로스트립선로를 이용한 방사패치를 이용하였다. 방사패치A(radiation patch A)와 방사패치B는 배열된 안테나 특성을 나타내도록 약 반파장의 배열거리를 유지한다. 또한 개별 방사패치는 직교(orthogonal) 위치에 있는 2개의 급전점(feeding

point)이 있으며 상호간의 전기적 특성에 영향을 주지 않아 이중 하나는 송신 급전점(Tx')로 다른 하나는 수신 급전점(Rx')으로 사용된다[5]. 방사패치 A와 방사패치 B는 그림 3에서 보는 바와 같이 각기 2포트 산란계수로 특성을 표현한다. 이들 방사패치들은 송신 급전점(Tx')과 수신 급전점(Rx')에 2개의 90° 3dB hybrid coupler들이 연결되었다. Port1으로 표시된 송신단(port1)과 Port2로 표시된 수신단(port2)사이의 전체 동작을 다음 식과 같은 산란계수로 나타낸다.

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기에서 Port1에서 입력된 신호를 a_1 , 반사된 신호를 b_1 이라 한다. 또한 Port2에서 입력된 신호를 a_2 , 반사된 신호를 b_2 라 한다. 한편, Port3 및 Port4는 50옴으로 종단된다. 이들 산란계수들을 각 방사패치의 특성을 나타내는 산란계수와, 3dB hybrid coupler와 방사패치 입출력 단사이의 크기 및 위상오차를 나타내는 파라미터들을 고려하여 표시하면 다음과 같다 [4][6].

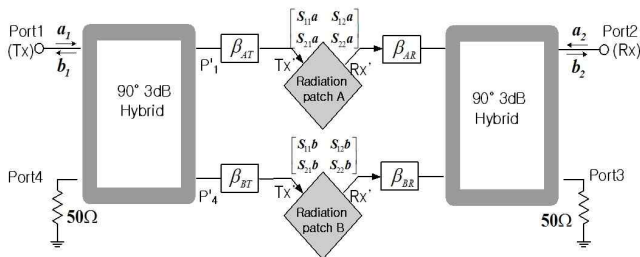


Fig. 3. The conceptual isolation scheme of the proposed antenna

그림 3. 제안된 안테나의 송수신 분리 개념도

$$S_{11} = b_1/a_1 = \frac{1}{2}(\beta_{BT}^2 S_{11}b - \beta_{AT}^2 S_{11}a) \quad (2)$$

$$S_{22} = b_2/a_2 = \frac{1}{2}(\beta_{BR}^2 S_{11}b - \beta_{AR}^2 S_{11}a) \quad (3)$$

$$S_{21} = b_2/a_1 = \frac{1}{2}(\beta_{BT} \beta_{BR} S_{21}b - \beta_{AT} \beta_{AR} S_{21}a) \quad (4)$$

$$S_{12} = b_1/a_2 = \frac{1}{2}(\beta_{BT} \beta_{BR} S_{12}b - \beta_{AT} \beta_{AR} S_{12}a) \quad (5)$$

여기에서 $S_{mn}a$ 는 방사패치A의 산란계수들을, $S_{mn}b$ 는 방사패치B의 산란계수들을 나타낸다. 또한 좌측의

3dB hybrid coupler와 방사패치A 사이의 상위경로 상에 존재하는 크기 및 위상오차를 β_{AT} , 방사패치A와 우측의 3dB hybrid coupler 사이의 상위경로 상에 존재하는 크기 및 위상오차를 β_{AR} 로 표시하였다. 방사패치 B를 통과하는 하위경로에 있는 β_{BT} 와 β_{BR} 도 동일하게 정의된다. 위식들로부터 송신단(port1)의 3dB hybrid coupler와 수신단(port2)의 3dB hybrid coupler, 그리고 이들 사이에 형성된 상위경로와 하위경로의 전기적인 특성오차들이 동일($\beta_{AT}=\beta_{BT}$, $\beta_{AR}=\beta_{BR}$)하고 방사패치들의 산란계수가 동일($S_{21}b=S_{21}a$)하여 전체 회로구조가 평형구조를 가지게 되면 식(4)에 표현된 송수신 분리도를 극대화($S_{21}=0$)시킬 수 있다. 이때 그림 3에서 볼 수 있는 방사패치 자체의 송신 급전점(Tx')과 수신 급전점(Rx') 사이의 분리도는 단일 방사체에서 이중급전을 위해 필요한 것일 뿐 본 연구의 송신단(port1)과 수신단(port2)사이의 분리도와는 큰 관련이 없다. 방사패치가 주위의 근접물체에 대해 자체의 분리도가 악화되더라도 전체 송수신 분리도(S_{21})에 영향을 주지 않는다. 한편, 레이더 센서의 타킷(target) 반사된 정보신호는 방사패치 A, B에서 수신되고 3dB hybrid coupler에서 전력이 합성되기 때문에 경로손실외에 수신신호의 손실이 없다. 또한 방사패치들이 근접물체 접근성에 따라 성능변화가 있더라도 방사패치 A, B와 경로상의 특성오차들이 동일($\beta_{AT}=\beta_{BT}$, $\beta_{AR}=\beta_{BR}$)하면 송신단(port1)과 수신단(port2)에서 반사계수는 식(2)와 식(3)으로부터 $S_{11}=S_{22}=0$ 가 된다. 그러나 이 결과는 실질적으로 3dB hybrid coupler의 입출력단 반사손실에 의해 제한을 받기 때문에 결과적으로 이들 성능이 송신단(port1)과 수신단(port2)의 전체 반사손실을 결정한다.

본 연구에서는 상기 이론을 적용하여 5.8GHz ISM 대역에서 동작 가능한 도플러 레이더 센서를 위한 안테나를 설계한다. 여기에서 방사패치들의 배열은 제안된 구조의 타당성을 전개하기 위한 방법의 일환일 뿐 큰 의미는 갖지 않는다. 그림 4(a)는 2개의 이중급전 방사패치들을 횡으로 배열하고 이들의 급전을 위해 일반적으로 이용되는 “T”자형 전력결합 또는 분배방식을 이용하였다. Port1은 송신신호 입력을 위해 Port2는 수신신호 출력을 위한 것이다. 그림 4(b)는 본 연구에서 제안된 평형형 안테나 구조이다. 근접물체의 접근정도에 따라 송수신 분리도와 반사손실들에 대해서 비평형 구조인 그림 4(a)와 그림 4(b)가 시뮬레이션을 통해 비교된다. 그림 4(b)에서는 횡으로

배열된 2개의 반파장 마이크로스트립 패치들을 포함하는 보드(이하 방사패치보드라 칭함)와 이들의 급전을 위해 2개의 3dB hybrid coupler들을 포함하는 보드(이하 급전보드라 칭함)가 via hole 들을 통해 상하로 연결된다. 방사패치보드와 급전보드는 모두 FR4 보드를 사용하였다.

그림 4(b)의 회로가 송신용 또는 수신용 안테나로 동작하는 과정은 다음과 같다. 5.8GHz 대역의 송신신호는 급전보드상의 송신단(port1)에 입력되고 아래쪽의 3dB hybrid coupler에서 전력이 동일하게 분배되어 90° 위상차로 좌측과 우측의 방사패치에 via hole 을 통해 급전된다. 급전된 5.8GHz 신호는 방사패치의 배열에 따라 원형편파 특성을 나타내며 공간에 방사된다. 역으로 공간상의 고주파 전력은 배열된 방사패치 들을 통해 수신되고 via hole 들을 통해 급전보드 위쪽의 3dB hybrid coupler에 입력된다. 위쪽의 3dB hybrid coupler에 입력된 좌우 경로의 신호들은 수신단(port2)에서 90° 위상차로 합성되어 출력된다. 이때

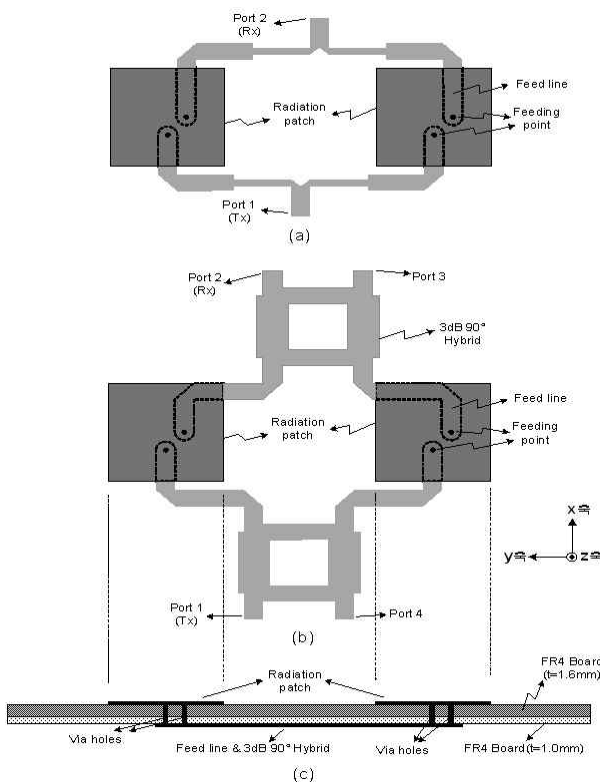


Fig. 4. Antenna schemes for simulation (a) top view of the antenna with "T" power combining, (b) top view of the balanced antenna, (c) side view
 그림 4. 시뮬레이션을 위한 안테나 구조들 (a) "T"형 전력결합방식의 평면도(top view), (b) 평형구조의 평면도(top view), (c) 측면도(side view)

공간상의 전력이 배열된 방사패치들을 통해 수신단(port2)까지 도달하는 동안 경로손실 외에 여타 손실은 없다. 한편 port3와 port4는 50Ω으로 중단된다.

송신단(port1)에서 수신단(port2)으로 직접 전달되는 신호들에 대한 분리 동작은 다음과 같다. 송신단(port1)에 입력된 신호는 급전보드에 있는 아래쪽의 3dB hybrid coupler을 통해 전력이 동일하게 분배되고 90° 위상차로 좌우측의 패치에 공급된다. 공간상으로 방사되지 않고 방사패치상의 두 쌍의 급전 점들(Tx', Rx') 사이에 직접 전달된 신호들은 위쪽의 3dB hybrid coupler에 입력되고 수신단(port2)에서 역위상으로 상쇄된다. 즉, 식(4)와 같이 송신단(port1)에서 수신단(port2)에 도달하는 전기적 특성이 동일해야 이상적인 분리도($S_{21} = 0$)를 얻어낼 수 있다.

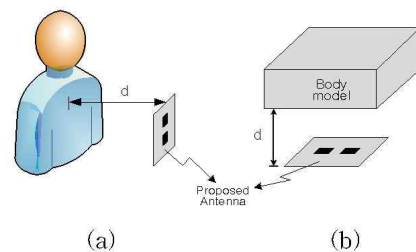


Fig. 5. Proximity simulation model of the proposed antenna (a) the definition distance from a human body, (b) 3D body model for simulation

그림 5. 안테나와 인체간의 근접 시뮬레이션 모형 (a)인체와의 거리, (b) 인체모델과의 simulation 환경

제안된 안테나는 인체에 근접하여 동작함으로써 호흡이나 심박신호 등의 생체신호를 검출하는 도플러 레이더 센서에 적용하여 시뮬레이션을 통해 타당성을 입증한다. 시뮬레이션 툴(tool)로서 Ansoft사 HFSS를 이용하였다. 그림 5에는 제안된 안테나와 인체와의 거리(d)를 나타냈으며, 시뮬레이션을 위해 인체를 대신하여 20x40x10mm³ 크기를 갖는 3D body model(유전률 48, 도전율 4.87, 유전손실 0.31)로 나타냈다[7]. 그림 6에는 송신단(port1) 반사손실에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 그룹A의 선들은 그림 4(a) 구조의 안테나에 대한 결과로서 인체와의 거리(d)에 따라 반사손실들이 변화한다. 거리가 줄어들며 따라 성능이 악화됨을 볼 수 있다. 거리 200mm 와 그 이상인 경우 대부분 5.8GHz에서 공진하며 성능변화는 거의 없었다. 평형 구조인 그림 4(b)의 결과들은 그룹B의 선들로 나타내진다. 거리(d)가 2mm 까지 줄어들어도

5.8GHz에서 최소 19dB의 반사손실을 얻었다. 즉, 식 (2)와 식(3)처럼 각 방사패치의 급전점(Tx')에서의 반사성능들이 동일하고 송신경로상의 전기적 특성들이 같기만 하면 반사계수는 zero 이나 실질적으로는 3dB hybrid coupler 부품자체의 port1 반사손실에 의존한다. 회로들이 대칭구조를 갖기 때문에 수신단(port2)에서 반사손실도 매우 유사하다. 한편, 그림 7에서는 거리(d)가 200mm 이상으로 멀어질 때 송신단(port1)에서 스미스 차트 상의 임피던스 궤적을 나타내는 바, 마커(M1)로 표시된 5.80GHz 지점에서 꼬임(kink) 현상을 보여주고 있어 설계된 배열안테나가 상호 직교된 2개의 공진모드를 형성하는 원형편파 특성을 가짐을 확인할 수 있으며 복잡한 근접물체 들이 존재하는 환경에서 동작하는 안테나에 유리하다[8].

인체와의 거리(d)에 따른 송신신호와 수신신호사이의 분리 특성은 그림 8에서 볼 수 있다. 우선 그림 4(a) 구조에서는 근접된 물체가 없는 경우 방사패치 상의 상호 직교 급전점(Tx', Rx')에 따른 송수신 분리특성이 나타난다. 생체와의 거리가 줄어들어 따라 ISM대역에서 분리가 약화되는 모습이 group A의 곡선들에 나타나있다. group A 선들 중에서 실선으로 표현된 거리(d)가 200mm 일 경우는 5.8GHz ISM 대역에서 약 32dB 이상의 송수신분리도가 나타난다. 거리(d)가 200mm 이상인 경우에 큰 변화를 볼 수 없어 그림에 나타내지 않았다. 그러나 2점 쇄선으로 표현된 것처럼 거리(d)가 2mm 까지 줄어들 경우 약 11dB까지 감소된다. group B의 곡선들은 그림 4(b)의 평형 형 구조의 송수신 분리도 들을 나타낸다. 최대

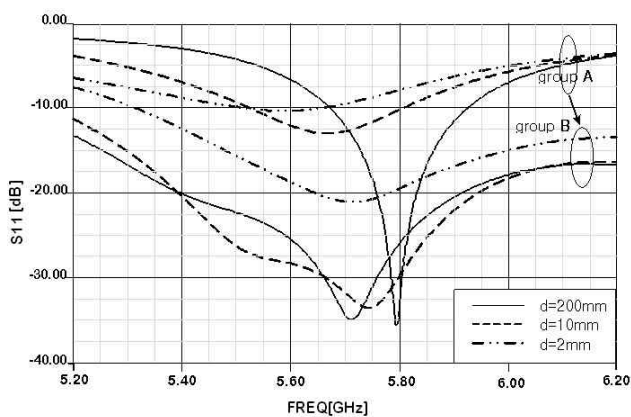


Fig. 6. Simulation results for return loss at Tx port over variation of distance(d) from a human body
그림 6. 인체와의 거리(d)에 따른 송신단(port1)의 반사손실 simulation 결과

분리도를 갖는 중심주파수가 약간 증가하는 것을 볼 수 있으나 분리는 ISM 대역에서 group A 곡선들보다 각 거리별로 최소 8dB 이상 개선되며 인체와의 거리와는 무관하게 30dB 보다 큰 안정된 분리를 갖고 있다. 이상의 시뮬레이션 결과들은 제안된 구조가 근접해서 동작하는 물체에도 송신신호가 수신측에 곧바로 누설(leakage)되는 신호를 최소 30dB 이상 억제하고 있음을 보여주며, 송신단(port1)과 수신단(port2)에서 확보된 반사손실을 바탕으로 각기 송신성능과 수신성능의 최적화를 도모할 수 있다.

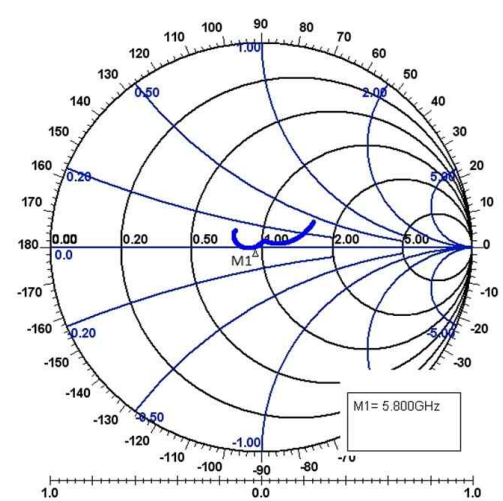


Fig. 7. Impedance contour of Tx port(port1) on Smith chart
그림 7. 송신단(port1)의 스미스차트 임피던스궤적

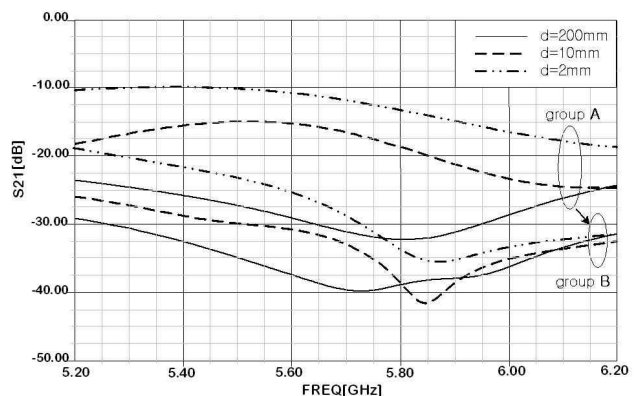


Fig. 8. Simulation results for Tx/Rx isolation over variation of distance(d) from a human body
그림 8. 인체와의 거리(d)에 따른 송수신 분리 simulation 결과

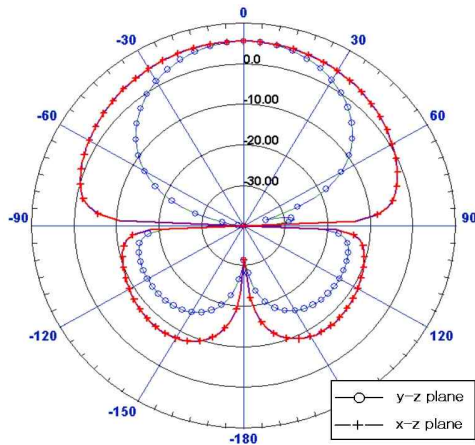


Fig. 9. Simulated radiation patterns (cross marked solid line: y-z plane, circle marked solid line: x-z plane)
 그림 9. 방사패턴 simulation 결과 (십자표시 선: y-z plane, 원표시 선: x-z plane)

그림 9는 그림 4(b)의 우측에 있는 직교 좌표축에 근거하여 설계 중심주파수(5.80GHz)에서 시뮬레이션된 배열안테나의 방사패턴을 보여준다. y축은 배열방향이며, z축은 방사패치 표면과 수직방향이다. x-z면의 패턴은 크로스 마크된 실선으로 표현되었으며 일반적인 단일 패치안테나의 방사패턴과 유사하게 3dB 빔폭이 90°를 나타낸다. y-z면 상의 패턴은 2개의 패치가 배열된 결과로 60°의 3dB 빔폭을 나타낸다. 안테나 이득은 손실이 큰 FR4 보드임에도 배열효과로 5.6dBi를 갖는다. 안테나보드의 크기가 제한적이어서 주빔(main beam) 전력보다 약 10dB 작은 제법 큰 후방 방사전력을 볼 수 있다.

III. 제작 및 실험결과

시뮬레이션을 통해 최적화된 설계치를 바탕으로 제작된 안테나의 시제품 사진을 그림 10에 나타내었다. 본 연구의 성능을 극대화하기 위해서는 2개의 SMA 커넥터들 사이에 좌우 두개의 고주파신호 전달경로의 전기적인 특성이 동일하도록 대칭으로 회로들을 배치한다. 핵심소자인 2개의 방사패치와 2개의 3dB hybrid coupler의 물리적 크기를 최대한 같게 제작하며, 이들 사이를 연결하는 50Ω 마이크로스트립 선로의 전기적인 길이도 동일하게 한다. 마이크로스트립 패치들을 배열한 보드는 두께가 1.6mm이고 면적이 40x70mm² 인 FR4 보드를 사용하였으며, 송수신급전을 위한 보드는 그림 10(b)와 같이 두께가 1.0mm이

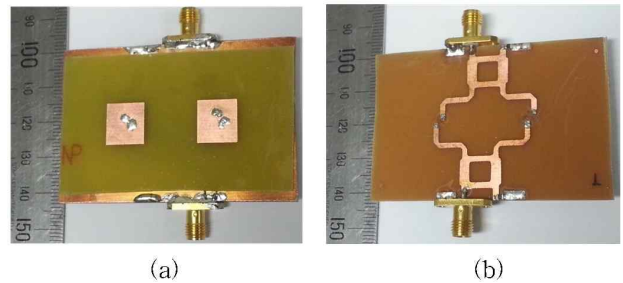


Fig.10. Photograph of the fabricated antenna (a) radiation patch board (b) feedline board
 그림 10. 제작된 안테나의 시제품 사진 (a) 방사패치보드 (b) 급전보드

고 면적이 46x70mm² 인 FR4 기판을 사용하였다. 보드들의 크기차이는 커넥터연결을 위한 납땀공간이다. 두 개의 보드는 급전을 위한 via hole들로 연결되었다. 시제품 측정을 위해 송신단(port1)과 수신단(port2)에 SMA 커넥터를 연결하였으며 port3와 port4는 50Ω 칩 저항으로 종단시켰다. 시제품의 안테나 방사패턴은 공인된 전파 무반사실을 이용하여 측정되었으며 그림 5에서 보는 바와 같이 신체의 일부를 시제품에 접근시켜 거리(d) 변화에 따른 성능들을 측정하였다. 그림 11은 제작된 안테나의 송신단(port1)에서 측정된 반사계수다. 안테나가 인체에 접근하면서 공진주파수들이 감소하는 추세를 나타내고 있으며 거리(d)가 200mm인 이점쇄선의 경우 원형편파의 이중공진 특성을 보여주고 있다. 거리가 좁아질수록 인체 영향으로 이중공진 특성이 약화되고 반사손실이 점차 작아지는 경향을 알 수 있다. 그러나 거리(d)가 2mm까지 근접하여도 설계 중심주파수인 5.80GHz에서 17.25dB, 150MHz 범위의 ISM 대역에서는 최소 16dB 이상의 우수한 반사손실을 갖는다. 대칭적인 안테나 구조로 인해 수신단(port2)의 반사손실도 유사한 결과들이 측정되었다. 반사손실들은 그림 6의 시뮬레이션에서 보여주는 그룹B결과들과 유사한 성능을 나타내는 것으로 판단된다.

그림 12는 인체와의 거리(d)에 따라 송신단(port1)과 수신단(port2)사이의 분리도 변화를 보여준다. 거리가 가장 먼 200mm 인 경우 ISM 대역에서 최소 40dB의 분리도를 나타내며, 가까워질수록 성능이 떨어졌다. 그러나 거리가 2mm 까지 근접하여도 최소 30dB를 확보하고 있음을 알 수 있으며 이는 그림 8의 시뮬레이션 결과에서 나타난 그룹B와 유사하다.

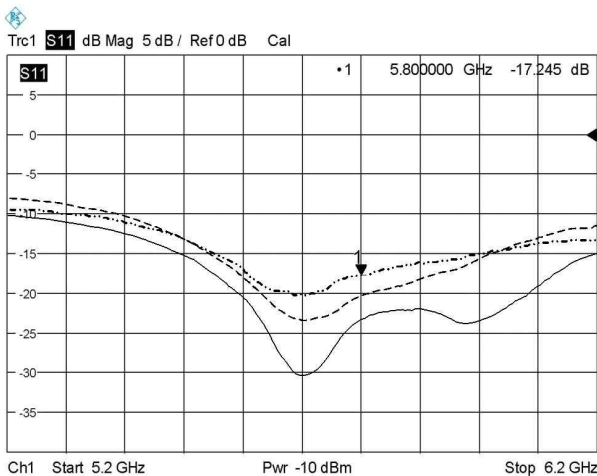


Fig. 11. Measured return loss at transmitting point (solid line: distance(d) 200mm, dotted line: distance(d) 10mm, two-dot chain line: distance(d) 2mm)

그림 11. 송신단(port1)의 반사손실 측정결과(실선: 거리(d) 200mm, 점선: 거리(d) 10mm, 이점쇄선: 거리(d) 2mm)

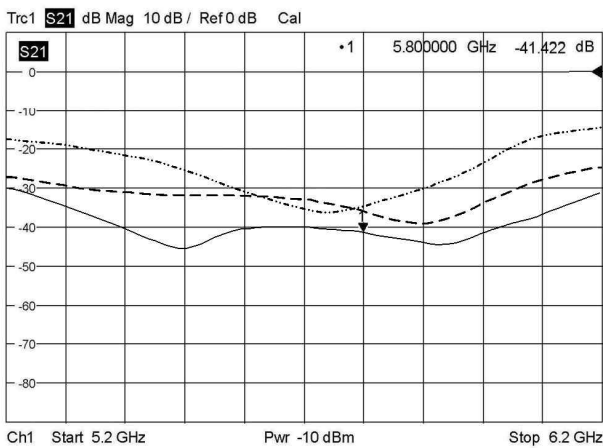


Fig. 12. Measured results for isolation performance between transmitting port and receiving port (solid line: distance(d) 200mm, dotted line: distance(d) 10mm, two-dot chain line: distance(d) 2mm)

그림 12. 송신단(port1)과 수신단(port2)의 분리도 측정결과(실선: 거리(d) 200mm, 점선: 거리(d) 10mm, 이점쇄선: 거리(d) 2mm)

이상의 측정결과들로부터 그림 4(b)처럼 송신회로와 수신회로를 평행구조로 구현한 경우 인체로 대변되는 근접물체에 둔감한 고주파 Front-end 성능을 얻을 수 있음을 입증하였다. 거리(d)가 2mm까지 근접하여도 최소16dB의 반사손실을 5.8GHz ISM 대역에서 측정하였으며 30dB 이상의 송수신 분리도를 측정하였

다. 따라서 송신신호의 누설(leakage)에 의한 수신감도가 저하되는 것을 막을 수 있다. 또한 안테나에서 수신된 전력을 3dB 90°hybrid coupler를 이용하여 직접 수신회로에 전달함으로써 수신경로에서 신호의 손실을 최소화시킬 수 있다. 한편, 근접거리에서도 최소 16dB 이상 확보된 반사손실로 송신단(port1)에서 우수한 임피던스 정합을 얻을 수 있어 방사패치를 통해 공간상으로 신호전달을 효과적으로 이루어지게 할 수 있다. 마찬가지로 수신단(port2)에서도 수신 성능을 개선시킬 수 있는 기반을 갖는다.

그림 4(b)의 우측하단에 보이는 직각좌표계에 근거하여 측정된 방사패턴들은 그림 13에서 볼 수 있다. 점선으로 표현된 방사패턴은 x-z 평면에서 측정된 것으로 97°의 3dB 빔 폭을 나타낸다. 실선으로 표현된 방사패턴은 y-z 평면에서 측정된 것으로 58°의 3dB 빔 폭을 나타낸다. 2개의 방사패치를 배열한 결과로 빔 폭이 좁아졌다. 이들은 그림 9의 시뮬레이션 결과에 근접하나 x-z 평면에서 빔폭이 넓어졌다. 이는 제작단계의 오차와 커넥터손실 등이 시뮬레이션 예측보다 커져 방사체 공진 Q값이 낮아진 것으로 판단된다. 배열 안테나의 이득은 5.1dBi로 측정되었다.

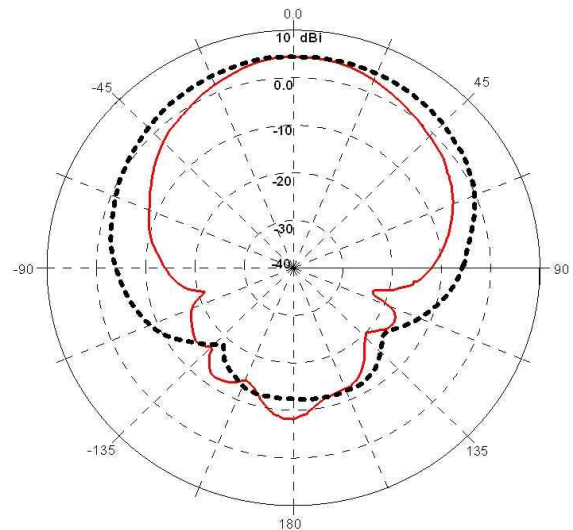


Fig. 13. Measured radiation patterns of the fabricated antenna (solid line: y-z plane, dotted line: x-z plane)

그림 13. 제작된 안테나의 방사패턴 측정결과 (실선: y-z 면, 점선: x-z 면)

IV. 결론

본 연구에서는 근접물체에 대해 송수신 분리도와 반사손실들이 우수한 성능을 갖는 안테나를 제안하였으며 5.8GHz ISM대역에서 생체신호를 검출하는 도플러 레이다 센서에 적용하였다. 방사패치를 중심으로 송수신 경로 상에 3dB hybrid coupler를 이용하여 평형 구조를 구현하였다. 이론전개와 시뮬레이션을 통해 제안된 구조의 타당성을 점검하였으며 제작된 시제품의 측정결과들을 통해 확인하였다. 제작한 안테나는 인체와의 거리를 변화시키면서 성능들을 측정하였다. 측정결과 거리가 2mm까지 접근되어도 반사손실이 ISM 대역에서 최소 16dB 이상이었으며 송신과 수신 신호의 분리도를 30dB이상 측정하였다. 따라서 안정된 반사손실을 기반으로 안테나 송수신성능을 확보할 수 있을 뿐 아니라 송신신호가 직접 수신경로로 누설되어 레이다 센서의 수신감도가 열화되지 않도록 하였다.

본 연구에서 제안된 구조는 주변 환경에 근접하여 동작하는 RFID에도 효과적으로 적용할 수 있으며, 특히 소형안테나의 경우 장점이 더욱 부각될 것이다.

References

- [1] Y.J. An, G.H. Yun, "Vital signal detection for Handheld Communication Device using Antenna Mismatching Effects," *IEEE MTT-S International Symposium Digest*, 2-7 June 2013
- [2] K. Penttilä, L. Sydänheimo and M. Kivikoski, "Implementation of Tx/Rx isolation in an RFID reader," *International Journal of Radio Frequency Identification Technology and Applications*, vol. 1, no. 1, 2006
- [3] W.K. Kim, M.Q. Lee, and etc, "A Passive Circulator for RFID Application with High Isolation using a Directional Coupler" *Proceedings of the 36th European Microwave Conference*, Manchester UK, pp.196-199, Sept. 2006
- [4] W.G. Lim, S.Y. Park, etc., "RFID Reader Front_End Having Robust Tx Leakage Canceller for Load Variation," *IEEE Trans. on MTT*, vol.57, no.5, pp.1348-1355, 2009
- [5] V. Srinivasan, K. Ray, and G. Kumar, "Orthogonal

- Polarized Microstrip Antennas." *Proceedings of NSAML-2000*, Delhi, India, pp.43-46, March 2000
- [6] K. Kurokawa, "Design Theory of Balanced Amplifiers," *Bell System Technical Journal*, vol.44, no.10, Oct. 1965
- [7] S. Gabriel, R.W. Lau, C. Gabriel, "The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz," *Physics in Medicine and Biology*, vol. 41, p.2251, 1996
- [8] Ha-Deok Ho, "An Analysis of the Polarization Characteristics Indoor Radio Channel", *Proceedings of the 2nd CDMA International Conference & Exhibition, CIC '97*, Seoul Korea, vol.2, pp.144-148, Oct. 1997

BIOGRAPHY

Gi Ho Yun (Member)



1984: BS degree in Electronic Eng., Yonsei University
 1986: MS degree in Electronic Eng., Yonsei University
 1999: Ph.D degree in Electronic Eng., Yonsei University
 1985~1992: Senior Researcher,

Samsung Electronics

1993~1996: Sen..Researcher, Samsung Electro-Mechanics

1997~2008: Associate Professor, Honam University

2009~Present: Associate Professor, Sungkyul University

<Research Interests>

RF/Microwave Active and Passive Devices