

## 콘크리트 매립 센서를 위한 이중 슬롯 패치 안테나

### Stacked Slot Patch Antenna for Wireless Sensors Embedded in Concrete

이 재 혁 · 이 성 호\* · 이 해 영

Jae-Hyuk Lee · Sung-Ho Lee\* · Hai-Young Lee

#### 요 약

본 논문은 ISM 대역인 902~928 MHz에서 건물의 내구성을 진단하기 위한 콘크리트 매립형 안테나 설계에 관하여 서술한다. 이에 안테나가 매립되는 환경에서도 콘크리트 매질 특성에 의해 임피던스 변화가 크지 않는 이중 슬롯 패치 안테나를 제안하였다. 함수율에 따라 변하는 콘크리트 매질에 의한 성능 열화를 최소화하기 위해 제안하는 안테나는 기생 패치를 이용하여 대역폭을 확장하였다. 제작된 안테나는 전 대역에서 VSWR 2 : 1 이하 특성을 만족하며, 빔 폭은 80도 정도이며, 7 dBi 이상을 만족하는 이득을 가진다. 제안한 안테나는 직사각형 콘크리트 블록에 장착하여 측정하였으며, 모의실험과 실제 측정을 통해 함수율 변화에 따른 반사손실 및 이득을 확인하였다.

#### Abstract

A concrete embedded antenna design is proposed for probing the durability of a building at an industrial scientific medical band of 902~908 MHz. The proposed antenna is designed with a stacked slot patch structure for lower impedance variation to a dielectric constant of concrete, as a dielectric constant difference is derived from the moisture content. The proposed structure has a wider bandwidth when a parasitic patch structure is used, which reduces antenna performance degradation resulting from the moisture content of concrete. The measured voltage standing wave ratio of the proposed structure is less than 2 and the beam width is approximately 80°, whereas the gain is greater than 7 dBi. The proposed antenna is fabricated with a rectangle-type concrete block, which is simulated and measured for return loss and antenna gain.

Key words: Stacked Slot Patch, Parasitic Patch, Coupler, Embedded Concrete

#### I. 서 론

IoT(Internet of Thing) 기술은 통신 분야를 중심으로 다양한 응용을 통해 적용 분야를 확대해 가고 있다<sup>[1]</sup>. 정부의 스마트 시티 정책의 추진과 더불어 기존 노후화된 건물 및 새로운 건축물의 내구성 관리는 건축 분야의 핵심

화두가 되고 있다. 기존의 건축물은 공사 기간 단축에 초점이 맞춰져 있어 대형 구조물 붕괴 사고가 발생할 수밖에 없으며, 이로 인해 경제적 손실 및 인명피해 등 직접적인 손실뿐만 아니라, 국가 신뢰도를 하락시켜 국가 경제를 저해하는 요인이 되었다. 이에 “시설물 안전관리에 관한 특별법”이 제정되는 등 건축물의 내구성 및 효율적인

「이 연구는 이공학분야 ERC 공동연구의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2018R1A5A1042797).」

아주대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Ajou University)

\*전자부품연구원 SoC 플랫폼 연구센터(SoC Platform Research Center, Korea Electronics Technology Institute)

· Manuscript received August 1, 2018 ; Revised October 5, 2018 ; Accepted December 5, 2018. (ID No. 20180801-078)

· Corresponding Author: Hai-Young Lee (e-mail: hylee@ajou.ac.kr)

관리 기술에 관심이 집중되고 있다. 일부 대형 건축물에 대해서는 풍향풍속계, 진동가속도 센서 등 의무적으로 센서 기반 계측 시스템을 설치하여 건축물 유지관리를 도모하고 있다<sup>[2]</sup>. 그러나 기존의 건축물 관리는 대부분 육안을 통해 외관을 관찰하거나 건물의 진동을 감지하는 방식으로 재해가 발생하기 직전이나 발생 초기에만 정확하게 감지하는 문제점이 있다. 따라서 그림 1과 같이 건물 콘크리트 내부에 센서와 안테나를 두고, 이를 무선으로 송수신할 수 있는 무선통신 기술이 요구되고 있으며, 이를 위해서 기존의 몇 가지 연구방법이 제안되었다<sup>[3],[4]</sup>.

IT 및 IoT 기술을 활용한 실시간 재난 예측 및 스마트 원격 대응 시스템 구축을 통해 건축물로부터 취득한 다양한 센서들의 계측 데이터를 효과적으로 전달하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>[5]</sup>. 기존 연구들은 안테나 설계 방향을 별도의 공기층 삽입 및 콘크리트 두께 변화를 통한 방법들로 제시하고 있으며<sup>[6]-[11]</sup> 철근 구조물의 전파 영향에 대한 실험<sup>[12]-[14]</sup> 등 다양한 연구들이 진행되고 있지만, 정확한 예측 모델이 없어 해석하기에 어려움이 있다. 본 논문에서는 안테나가 콘크리트에 매립되는 환경을 가정하여 표 1과 같이 함수율에 따라 유전율이 변하는 환경에서도 임피던스 특성이 크게 변하지 않는 건축물 매립용 안테나를 제안하고자 한다.

## II. 안테나 설계

콘크리트 내 외부 통신을 위한 주파수는 안테나의 크기와 전파 특성을 고려하여 설정되어야 한다. 안테나는 낮은 주파수일수록 투과 특성이 좋으나, 안테나 크기와 사

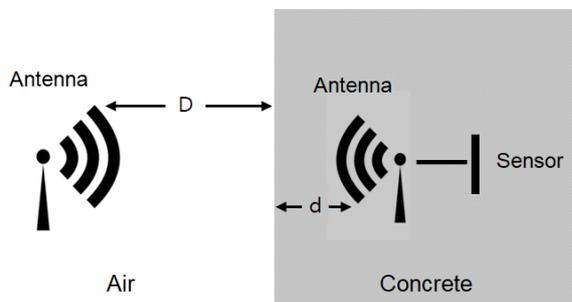


그림 1. 시스템 개념도  
Fig. 1. System conceptual diagram.

표 1. 함수율에 따른 콘크리트 유전율 변화<sup>[15]</sup>

Table 1. Variation of concrete dielectric permittivity with moisture content(weather).

Moisture content(%)		Frequency[1 GHz]	
Weather conditions		$\epsilon'$	$\epsilon''$
0.2	Serenity	4.5	0.15
5.5	After the rain	5.9	0.9
12.0	Rainy season	7.5	2.2

용 가능한 통신방식을 고려하여 제안된 안테나는 중심주파수가 915 MHz로 설계되었다. 일반적인 패치 안테나는 수 퍼센트 정도의 대역폭만 얻을 수 있으며<sup>[16]</sup>, 좋은 방사 특성을 얻기 위해 대부분 방사체가 외곽으로 노출되어 있어 다른 매질이나 금속 재질이 안테나 주위에 근접할 시 공진이 이동하거나 공진 특성이 사라져 특성에 많은 영향을 준다. 본 논문에서 제안한 안테나는 콘크리트에 의해 기본 공진 특성이 변하지 않도록 기본 슬롯 패치는 사각으로 접힌 반사판과 기생 패치 사이에 위치하며, 기생 패치에 의한 이중 공진으로 인해 더 넓은 대역폭을 가진다<sup>[17],[18]</sup>. 제안된 안테나는 가장 외부에 노출된 기생 패치가 근접한 콘크리트에 의해 성능이 열화되지 않도록 플라스틱 케이스를 이용하여 별도의 공기층을 만들어 복사 공간을 확보하였으며, 콘크리트에 매립 시 기생 패치에 의한 공진이 낮은 주파수로 이동하면서 기본 패치의 공진과 하나로 합쳐져 임피던스 특성은 크게 변하지 않는다.

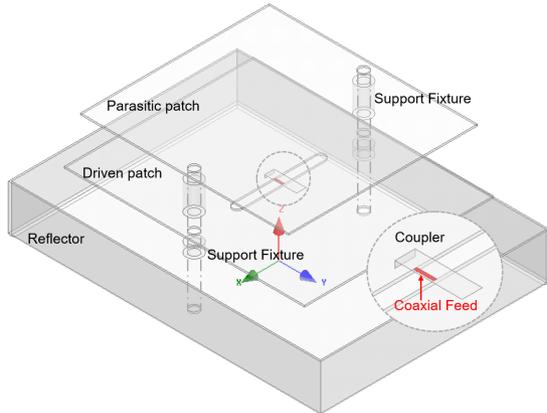
### 2-1 기준 안테나 설계

그림 2는 제안된 안테나의 구조이다. 안테나는 사각으로 접은 반사판, 기본 패치, 기생 패치, 금속지지대, 커플러로 구성되어 있으며, 재질은 스테인레스(stainless)이고, 두께는 1 mm이다.

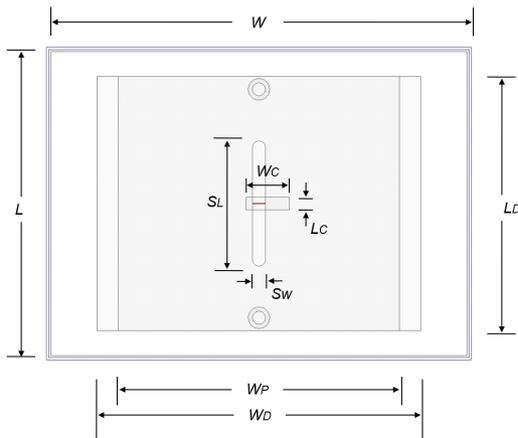
반사판의 크기는  $195 \times 143 \text{ mm}^2$ 이고 접은 사각의 높이는 29mm이다. 기본 패치의 크기는  $150 \times 118 \text{ mm}^2$ 이고, 패치 중앙에  $58 \times 6 \text{ mm}^2$ 인  $\lambda/2$  슬롯이 위치한다. 기생 패치의 크기는  $130 \times 118 \text{ mm}^2$ 이다. 지름이 10 mm인 원통형 금속지지대를 이용하여 각 부품 간의 거리를 유지하였으며, 반사판과 기본 패치의 높이는 6 mm이고, 기본 패치와 기생 패치의 높이는 17.8 mm이다. 금속지지대는 각 부품이

전기적으로 연결되었을 때 최대한 공진 특성이 변하지 않도록 기본 패치와 기생 패치 끝단에 위치하도록 하였다.

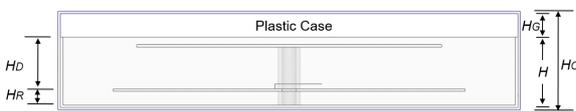
급전 부는 슬롯의 정 중앙에 위치하며 50 Ω 세미리지드 (semi-rigid) 케이블을 사용하였다. 급전 부 상단 2 mm 위에 정합을 위한 커플러가 위치한다. 커플러의 크기는 20×6



(a) 입체도  
(a) 3-Dimensional view



(b) 정면도  
(b) Top view



(c) 측면도  
(c) Side view

그림 2. 안테나 구조  
Fig. 2. Antenna structure.

mm<sup>2</sup>이며, 두께는 0.3 mm이다. 플라스틱 케이스의 크기는 197×145×1 mm<sup>3</sup>이고, 높이는 42 mm이며, 수지의 종류는 ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)이다. 각 부품의 폭, 길이, 높이, 급전 위치에 따른 반사손실 결과로부터 최적 조건의 설계 파라미터를 얻어 내었다. 안테나 설계를 위한 EM 시뮬레이터는 ANSYS사의 HFSS를 사용하였다.

그림 3은 기생 패치의 유무에 의한 대역폭 변화를 나타내었다. 반사판과 기본 패치의 슬롯에 의해 발생하는 낮은 주파수 대역의 기본 공진과 기생 패치에 의해 발생하는 높은 주파수 대역의 공진이 추가되어 이중 공진이 발생하며, 더 넓은 대역특성을 나타낸다.

그림 4는 반사판과 기본 패치의 높이 변화에 따른 반사손실 특성을 나타내었다. 높이가 5 mm, 4 mm로 낮아지면 정합 특성은 개선이 되나 대역폭이 좁아지며, 높이가 7 mm, 8 mm로 높아지면 대역폭은 증가하나 정합 특성이 나빠지는 것을 알 수 있다.

그림 5는 기본 패치와 기생 패치의 높이 변화에 따른 반사손실 특성을 나타내었다. 높이가 16.8 mm, 15.8 mm로 낮아질수록 대역폭이 넓어지지만 정합 특성이 나빠지며, 18.8 mm, 19.8 mm로 높아지면 정합 특성은 개선이 되나 대역폭이 좁아지는 것을 알 수 있다.

그림 6은 기본 패치의 가로 크기 변화에 따른 반사손실 특성을 나타내었다. 세로 크기를 118 mm로 고정한 상태에서 기본 패치의 가로 크기가 148 mm, 146 mm로 작아

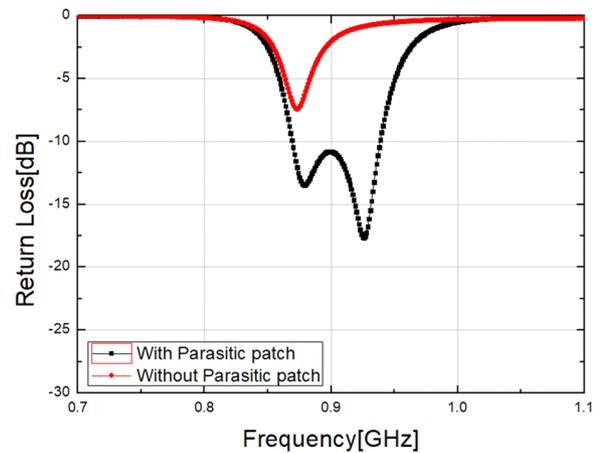


그림 3. 기생 패치에 의한 대역폭 변화  
Fig. 3. Bandwidth variation due to parasitic patch.

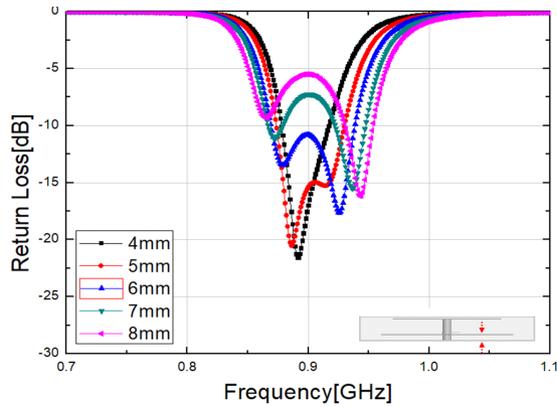


그림 4.  $H_R$  변화에 따른 반사손실 특성  
 Fig. 4. Return loss characteristic with respect to  $H_R$  variation.

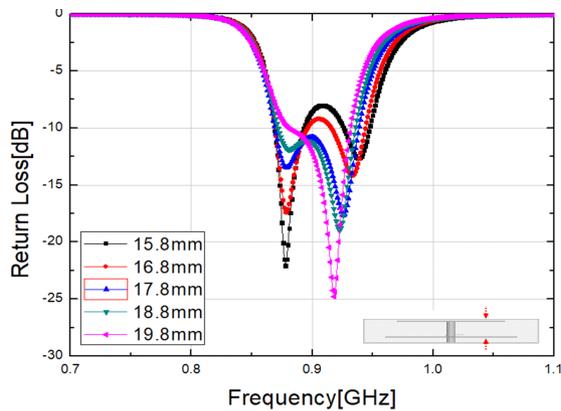


그림 5.  $H_D$  변화에 따른 반사손실 특성  
 Fig. 5. Return loss characteristic with respect to  $H_D$  variation.

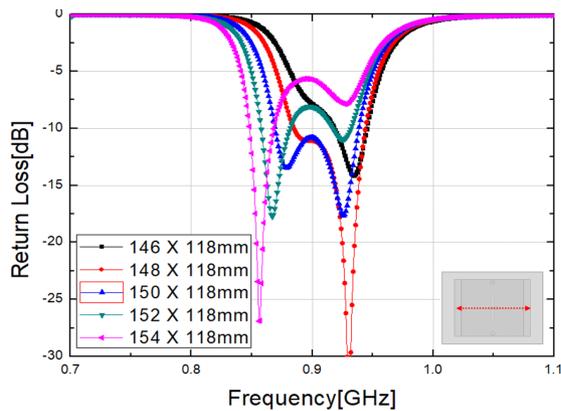


그림 6.  $W_D$  변화에 따른 반사손실 특성  
 Fig. 6. Return loss characteristic with respect to  $W_D$  variation.

질수록 낮은 주파수 공진이 높은 대역으로 이동을 하며, 152 mm, 154 mm로 커질수록 낮은 주파수 공진이 더 낮은 대역으로 이동함을 볼 수 있다. 이는 기본 패치의 가로 길이에 의해 낮은 주파수가 결정되는 것을 알 수 있다.

그림 7은 기생 패치의 가로 크기 변화에 따른 반사손실 특성을 나타내었다. 세로 크기를 118 mm로 고정한 상태에서 기생 패치의 가로 크기가 128 mm, 126 mm로 작아질수록 높은 주파수 공진이 높은 대역으로 이동을 하며, 132 mm, 134 mm로 커질수록 높은 주파수 공진이 낮은 대역으로 이동을 하며 정합 특성은 좋아지지만, 대역폭이 좁아지는 것을 알 수 있다. 이는 기생 패치의 가로 길이에 의해 높은 주파수가 결정되는 것을 알 수 있다.

그림 8은 커플러 높이 변화에 따른 반사손실 특성을 나타내었다. 커플러의 크기를  $20 \times 6 \text{ mm}^2$ 로 고정한 상태에서 높이 변화를 통해 특성을 관찰하였다. 높이는 1 mm 기준으로 0.5 mm씩 높여가면서 실험을 진행하였다. 그래프에서 볼 수 있듯이 슬롯 안테나 동축 급전 부와 커플러가 가까워질수록 정합 특성이 좋아지며, 커플러가 없는 경우 정합 특성은 현저히 나빠진다. 이는 커플러에 의해 안테나 정합 특성이 크게 개선됨을 알 수 있다. 하지만 실제 제작된 안테나에서는 1 mm를 구부려야 하는 제작상의 어려움으로 2 mm 높이로 제작을 하였다.

표 2는 최적화된 안테나의 설계 변수이다. 최적화된 설계 변수를 토대로 제작한 안테나의 사진은 그림 9에 나타내었으며, 안테나의 반사손실은 벡터 회로망 분석기를 이

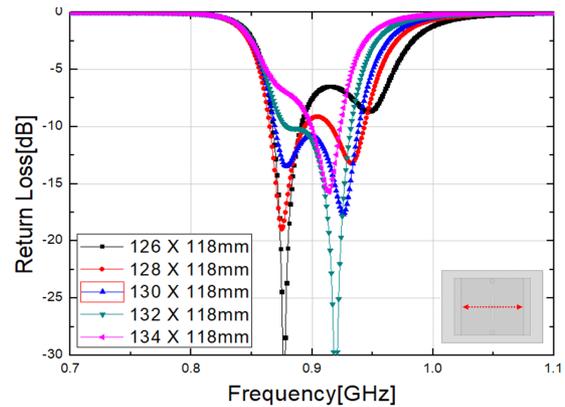


그림 7.  $W_p$  변화에 따른 반사손실 특성  
 Fig. 7. Return loss characteristic with respect to  $W_p$  variation.

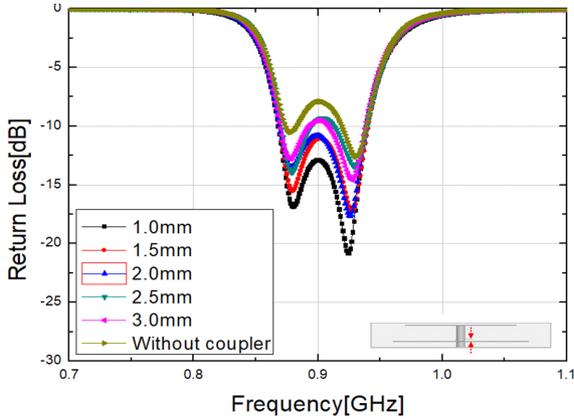


그림 8.  $t_c$  변화에 따른 반사손실 특성  
Fig. 8. Return loss characteristic with respect to  $t_c$  variation.

표 2. 최적화된 안테나 설계 변수  
Table 2. The design parameter of the optimized antenna.

Design element	Parameter	Length(mm)
Reflector	$W$	195
	$L$	143
	$H$	29
Driven patch	$W_D$	150
	$L_D$	118
	$S_L$	58
	$S_W$	6
Parasitic patch	$W_P$	130
Coupler	$W_c$	20
	$L_c$	6
Air layer	$H_D$	17.8
	$H_R$	6
Plastic case	$H_C$	42
	$H_G$	10

용하여 측정하였다.

그림 10은 최적화된 시뮬레이션 결과와 실제 제작된 안테나의 반사손실 결과를 나타내었다. 반사손실 특성은 전체적으로 시뮬레이션 결과와 유사한 특성을 보였다. 최적화된 안테나의 반사손실을 측정한 결과, 870~940 MHz의 대역폭을 가짐을 확인할 수 있었다.

그림 11은 중심주파수인 915 MHz에서  $zx$  평면과  $zy$  평

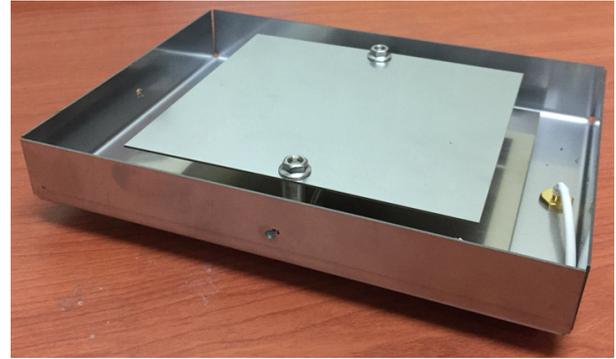


그림 9. 제작된 안테나 사진  
Fig. 9. Photograph of the manufactured antenna.

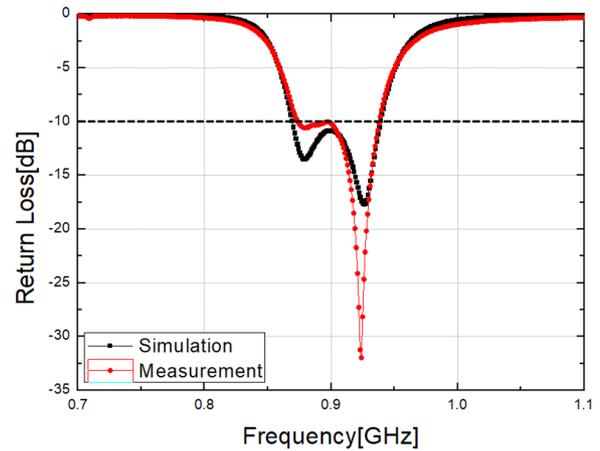


그림 10. 최적화된 안테나의 반사손실  
Fig. 10. Return loss of the optimized antenna.

면의 복사패턴을 나타내었다. 계산된 중심주파수에서의 최대 이득은 7.88 dBi이며, 실제 측정된 안테나 이득은 7.75 dBi로 유사한 복사패턴을 가진다. 실제 측정은 MTG사의 무반사 챔버를 이용하였다. 그림 12는 최적화된 안테나의 전류밀도를 나타내었다. 기생 패치 끝부분에 전류가 강하게 흐르므로 기생 패치에 의해 추가공진이 발생하는 것을 알 수 있다.

## 2-2 콘크리트에 의한 안테나 특성변화

함수율에 따라 유전율 및 손실이 변화는 콘크리트 특성에 맞는 안테나 설계 조건이 필요하다.

그림 13은 가장 외부에 노출된 기생 패치에 콘크리트

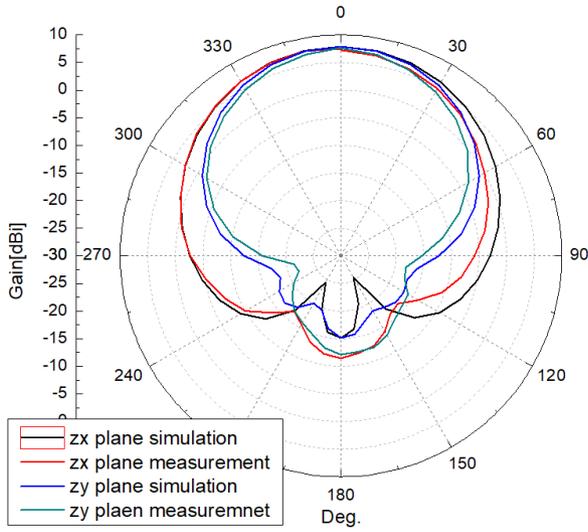


그림 11. 915 MHz 복사패턴  
Fig. 11. Radiation pattern at 915 MHz.

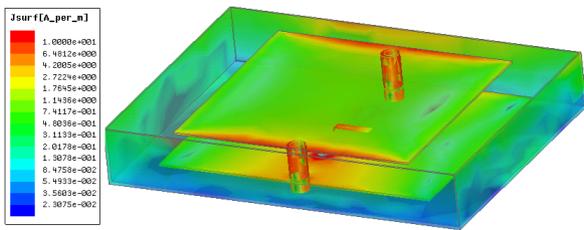


그림 12. 최적화된 안테나의 전류밀도  
Fig. 12. Current distribution of the optimized antenna.

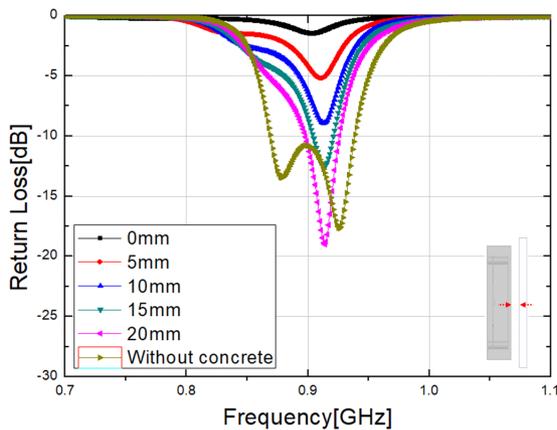


그림 13. 근접한 콘크리트판에 따른 반사손실 특성  
Fig. 13. Return loss characteristic with respect to approximate concrete slab.

매질이 근접할 시 반사손실 특성을 나타내었다. 콘크리트 유전율은 함수율 0.2 % 기준( $\epsilon_r'$  4.5,  $\epsilon_r''$  0.15)으로 실험을 진행하였고, 콘크리트판의 크기는  $215 \times 165 \times 10 \text{ mm}^3$ 이며, 안테나로부터 5 mm씩 늘이면서 진행하였다. 콘크리트가 안테나에 근접할수록 정합 특성이 떨어지며, 10 mm 이상 이격거리를 가질 때 정합 특성을 유지함을 알 수 있다. 이 실험을 통해 안테나의 복사특성을 확보하기 위해 케이스를 이용한 공기층의 두께를 결정할 수 있었다. 이격거리를 늘릴수록 정합 특성은 좋아지나 플라스틱 케이스크기가 늘어나 안테나가 너무 커지는 단점이 있다.

그림 14는 플라스틱 케이스를 적용한 상태에서 콘크리트 두께에 따른 반사손실 특성을 나타내었다. 콘크리트 두께를 5mm씩 늘이면서 실험한 결과, 콘크리트 두께가 두꺼워질수록 정합 특성이 나빠진다. 이는 안테나가 콘크리트에 깊이 매립될수록 전기적인 특성과 복사특성이 열화될 수 있음을 의미한다. 그림 15는 실제 제작된 콘크리트 블록이다. 크기는  $250 \times 195 \times 70 \text{ mm}^3$ 이고 안테나 복사면의 콘크리트 두께는 25 mm이다. 콘크리트 블록은 제작 후 약 10일간 건조시켜 함수율 0.2 % 구현하였고, 측정 후 2시간 물에 담가 놓은 후 물기를 말려 함수율 12 %를 구현하였다.

그림 16은 함수율(moisture content) 변화에 따른 실제 반사손실 특성을 나타내었다. 변하는 함수율에 의해 공진 주파수가 낮은 주파수로 이동을 하고 대역폭이 좁아지지

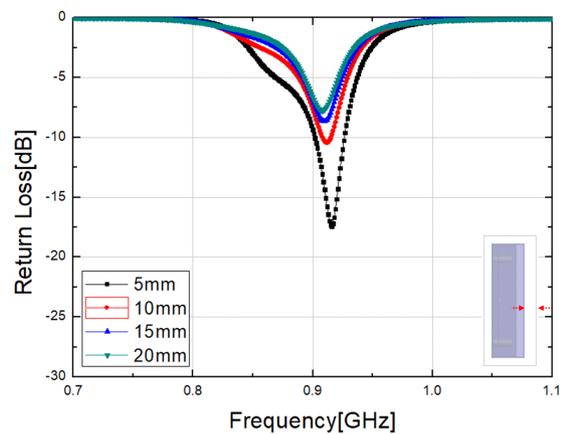
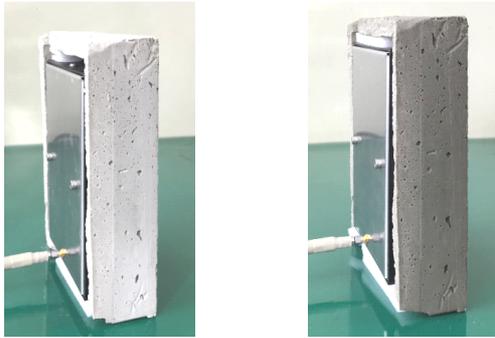


그림 14. 콘크리트 두께에 따른 반사손실 특성  
Fig. 14. Return loss characteristic with respect to concrete thickness.



(a) 함수율 0.2 % (a) Moisture content 0.2 %  
 (b) 함수율 12 % (b) Moisture content 12 %

그림 15. 제작된 콘크리트 블록  
 Fig. 15. Photograph of the manufactured concrete block.

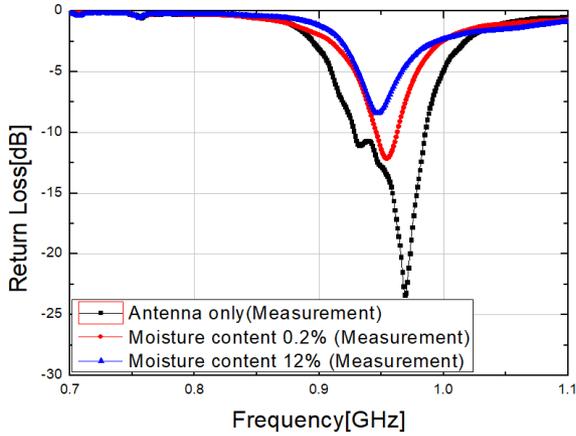


그림 16. 함수율 변화에 따른 반사손실 특성  
 Fig. 16. Return loss characteristic with respect to moisture content.

만 사용 대역폭 내에 공진이 존재하며, 정합 특성은 크게 열화되지 않는다.

그림 17은 함수율 변화에 따른 915 MHz의 zx 평면 복사특성을 나타내었다. 함수율이 증가함에 유전체 손실 특성이 나빠지면서 복사특성에 많은 영향을 준다. 모의 실험결과와 약 2 dBi 이상 차이가 발생하는 이유는 정확한 함수율을 측정할 수 없어 생기는 편차로 해석이 된다.

### III. 결 론

본 논문에서는 안테나가 콘크리트에 매립되는 환경을

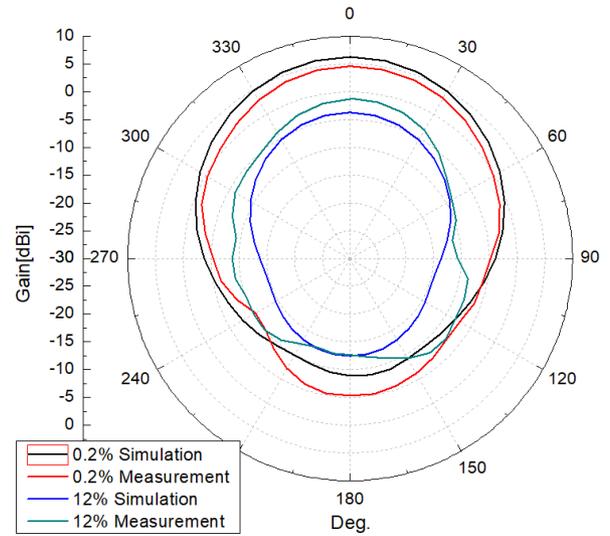


그림 17. 함수율 변화에 따른 915 MHz 복사특성  
 Fig. 17. Radiation pattern at 915 MHz with respect to moisture content.

표 3. 측정된 안테나 이득

Table 3. Measured antenna gain. (Unit: dBi)

M.C	Freq.	902	915	928
Ref.	Peak	7.21	7.75	7.65
	Avg.	1.82	1.92	1.90
0.2%	Peak	4.93	4.65	3.43
	Avg.	0.07	-0.18	-1.37
12%	Peak	-0.70	-1.17	-1.98
	Avg.	-5.30	-5.93	-6.89

가정하여 날씨에 따라 변하는 환경에서도 임피던스 특성이 크게 변하지 않는 건축물 매립용 이중 슬롯 패치 안테나를 제안하였다. 제안된 기준 안테나는 사용 대역 내에서 VSWR 특성 2 : 1 이하를 만족하며, 7 dBi 이상의 최대 이득이 나오도록 설계하였고, 실제 제작된 콘크리트 블록을 이용하여 함수율의 변화를 통해 성능을 관찰하였다. 함수율이 12 %인 극한의 환경 속에서도 임피던스 특성은 크게 변하지 않으나, 함수량에 의한 유전체 손실 특성이 커지면서 이득은 현저하게 줄어든다. 이 연구는 건축물로부터 취득한 여러 가지 계측 정보를 안테나를 통해 효과적으로 전달함이 목적이며, 추후에는 콘크리트 조직의 밀

도에 따른 유전체 특성, 철근 구조물의 전파영향에 대한 연구를 통해 좀 더 근접한 해석 모델링을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

### References

- [1] *Overview of the Internet of Things*, ITU-T Y.2060, Jun. 2012.
- [2] 김준희, "무선기반 보급형 구조물 모니터링 및 안전진단 솔루션," 미래기술마당, 2014년.
- [3] 김선국, 임혜린, 김도형, "스마트 건축물 진단관리와 무선통신," *건축*, 60(11), pp. 39-42, 2016년 11월.
- [4] B. W. Jo, J. H. Park, K. W. Yoon, and H. Kim, "A study on the permeability through concrete using RF wireless module for reinforced concrete structure," *Journal of the Koran Society of Civil Engineers*, vol. 31, no. 2, pp. 295-302, 2011.
- [5] S. Zhou, W. Sheng, F. Deng, X. Wu, and Z. Fu, "A novel passive wireless sensing method for concrete chloride ion concentration monitoring," *Sensors*, vol. 17, no. 12, p. 2871, Dec. 2017.
- [6] A. Abbadi, "Wireless sensors embedded in concrete," in *7th European Workshop on Structural Health Monitoring*, Jul. 2014.
- [7] X. Jin, M. Ali, "Embedded antennas in dry and saturated concrete for application in wireless sensors," *Progress in Electromagnetics Research*, vol. 102, pp. 197-211, 2010.
- [8] G. Castorina, L. Di Donato, A. F. Morabito, T. Isernia, and G. Sorbello, "Analysis and design of a concrete embedded antenna for wireless monitoring applications [antenna applications corner]," *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 58, no. 6, pp. 76-93, Dec. 2016.
- [9] M. Fallah-Rad, L. Shafai, "Embedded microstrip patch antenna with superstrate," in *Proceedings of ISAP2007*, Niigata, Japan, 2007.
- [10] K. M. Z. Shams, A. M. Miah, and M. Ali, "Gain and transmission properties of an embedded microstrip patch antenna for structural health monitoring application," in *2007 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, Honolulu, HI, 2007, pp. 908-911.
- [11] R. Salama, S. Kharkovsky, "An embeddable microwave patch antenna module for civil engineering applications," in *2013 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference(I2MTC)*, Minneapolis, MN, 2013, pp. 27-30.
- [12] C. D. Taylor, S. J. Gutierrez, S. L. Langdon, and K. L. Murphy, "On the propagation of RF into a building constructed of cinder block over the frequency range 200 MHz to 3 GHz," *IEEE Transactions Electromagnetic Compatibility*, vol. 41, no. 1, pp. 46-49, Feb. 1999.
- [13] D. Pena, R. Feick, H. D. Hristov, and W. Grote, "Measurement and modeling of propagation losses in brick and concrete walls for the 900-MHz band," *IEEE Transactions Antenna and Propagation*, vol. 51, no. 1, pp. 31-39, Jan. 2003.
- [14] 현세영, 이경원, 김민석, 육종관, "철근 콘크리트에 의한 전자기파 차폐 효과 모델링," *한국전자파학회 논문지*, 23(3), pp. 384-391, 2012년 3월.
- [15] T. Bourdi, J. E. Rhazi, F. Boone, and G. Ballivy, "Application of Jonscher model for the characterization of the dielectric permittivity of concrete," *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol. 41, no. 20, p. 205410, Oct. 2008.
- [16] W. L. Stutzman, G. A Thiele, *Antenna Theory and Design*, 2nd ed. John Wiley & Sons, 2000, pp. 261-263.
- [17] K. L. Chung, A. S. Mohan, "Design of stacked circular/quasi-elliptical patch array for broadband CP applications," in *6th International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory*, Beijing, China, 2003, pp. 62-65.
- [18] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed. Wiley, 2005, pp. 818-820.

이 재 혁 [에스티에스/수석연구원]



2007년 2월: 한양사이버대학교 정보통신 공학과 (공학사)  
2008년 3월 ~ 현재: 아주대학교 전자공학과 석사과정  
[주 관심분야] 안테나 설계

이 해 영 [아주대학교/교수]



1980년 2월: 아주대학교 전자공학과 (공학사)  
1982년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)  
1982년~1986년: 국방부 연구사무원  
1989년 12월: The University of Texas at Austin (공학박사)  
1990년~1992년: LG 기술원 기초1실장  
1992년~현재: 아주대학교 전자공학부 정교수  
2010년: 한국전자파학회 회장  
2011년~현재: 한국전자파학회 명예회장  
[주 관심분야] 초고속 System in Package, 마이크로파회로 및 광전소자의 설계/측정, 고속반도체테스트기술, SI/EMI 기술

이 성 호 [전자부품연구원/책임연구원]



1998년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학사)  
2000년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학석사)  
2011년 8월: 서울대학교 전기컴퓨터공학과 (공학박사)  
2000년~2009년: GCT Semiconductor Analog Division 책임연구원

2010년~현재: 전자부품연구원 SoC 플랫폼 연구센터 책임연구원  
[주 관심분야] IoT 센서 인터페이스 및 웨어러블 디바이스 설계, CMOS RF/Analog IC 설계