

# CPW 급전 UWB 모노폴 종이 안테나

## CPW-fed UWB Monopole Paper Antenna

박 동 국\*<sup>★</sup>

Dong-Kook Park\*<sup>★</sup>

### Abstract

This paper presents a novel CPW-fed UWB monopole paper antenna made by paper and copper tape. Through the simulation, the optimized antenna design parameters were obtained, and an antenna having an omni-directional radiation pattern and a gain of 2.2 dBi or more in the UWB frequency band of 3.1-10.6 GHz was designed. The antenna was manufactured using general A4 paper and copper tape, and the measurement result satisfies the return loss of -10dB or less in the UWB frequency band and confirm that the return loss characteristic was maintained even when the antenna plane was bent by 3 mm in the longitudinal direction. The proposed antenna is a wearable device that can provide services in the UWB band, and can be manufactured inexpensively by printing it with a conductive print on paper. So it can be used as a wearable antenna for UWB communication in various application fields such as logistics and disposable terminals.

### 요 약

본 논문에서는 종이와 동 테이프로 만든 CPW로 급전되는 UWB 모노폴 종이 안테나를 제안하고자 한다. 시뮬레이션을 통해 최적화된 안테나 설계 파라미터를 구하고, UWB 주파수 대역인 3.1-10.6 GHz에서 전방향성 방사패턴 및 2.2dBi 이상의 이득을 갖는 안테나를 설계하였다. 일반적인 A4용지와 동 테이프로 이용하여 안테나를 제작하고, 측정 결과 UWB 주파수 대역에서 -10 dB 이하의 반사손실을 만족하였고, 안테나 평면이 길이 방향으로 3mm 굽어진 경우에도 반사손실 특성이 유지됨을 확인하였다. 제안된 안테나는 웨어러블 소자로서 UWB 대역의 서비스를 제공할 수 있고, 종이에 전도성 프린트로 인쇄하여 제작하면 저렴하게 제작이 가능하므로, 물류 분야 및 일회용 단말기 등 다양한 응용 분야에서 UWB 통신용 웨어러블 안테나로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

*Key words : Ultra-wide band antenna, paper antenna, flexible antenna, wearable antenna, cpw-fed*

### 1. 서론

UWB(Ultra-wide band) 통신 기술에 대한 FCC(Federal Communication Commission)의 공표 이후 UWB 통신 분야의 응용이 활발해지면서 다양한 응용 분야에 적합한 UWB 안테나 설계가 요구되고 있다. UWB 안테나의 경우 제작이 쉽고, 집적화가

용이한 이유로, 마이크로스트립 선로 또는 CPW(Coplanar waveguide) 선로로 급전되는 평판형 모노폴 안테나가 많이 연구되고 있으며, 모노폴 패치의 모양은 원형, 타원형, 사각형, 다각형과 같은 다양한 형태의 안테나가 제안되었다[1]-[3].

한편 최근에는 IoT 시대를 맞이하여 웨어러블(wearable) 소자에 대한 관심이 많아지면서, 안테

\* Dept. of Electronics and Electrical Inf. Engineering, Korea Maritime & Ocean University

\* Corresponding author

E-mail : dlpark@kmou.ac.kr, Tel : +82-51-410-4311

Manuscript received Nov. 1, 2021; revised Dec. 15, 2021; accepted Dec. 20, 2021.

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.

나 분야에서도 웨어러블 안테나에 대한 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구들 중의 하나로 종이에 전도성 잉크를 사용하여 만든 종이 안테나에 대한 연구가 발표되고 있다[4]-[7].

본 논문에서는 UWB 용 안테나로 유전체 기판 대신 일반적으로 프린트 기기에 많이 사용되는 A4 용지를 이용한 웨어러블 UWB 종이 안테나를 제안한다.

## II. 안테나 설계 및 해석

### 1. 안테나 구조

제안하는 안테나 구조를 그림 1에 나타내었다. 종이 안테나는 흔히 사용하는 A4 용지인 종이 위에 전도성 매질로 프린트하여 제작을 하게 된다. 이런 경우, 안테나를 양면으로 구현되는 것보다는 단면 구조가 제작이 편리하기 때문에, 급전선로를 마이크로스트립 선로가 아닌 CPW 선로를 사용하였다. 안테나 패치의 모양은 그림 1과 같이 급전선과 보우타이(bow tie) 구조로 연결되어 있는 오각형 모양이며, CPW 선로의 접지면의 크기가 패치 면보다 상대적으로 작은 크기를 갖는 구조로 구성되어 있는 모노폴 안테나이다.

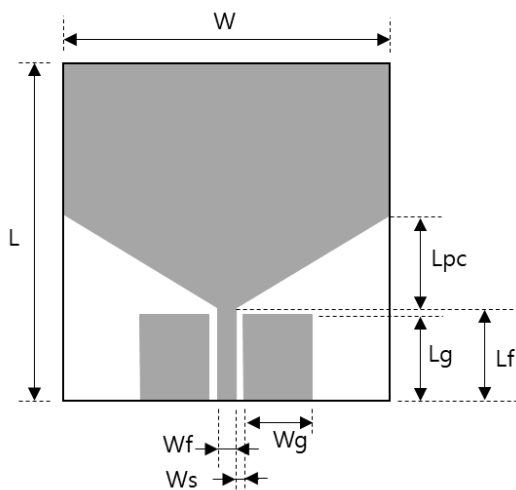


Fig. 1. Geometry of proposed antenna.  
그림 1. 제안하는 안테나 구조

### 2. 안테나 설계 과정

일반적인 직사각형 모양의 모노폴 안테나에서 제안하는 구조의 형상으로 안테나 모양이 변화하는 설계 과정을 그림 2에 나타내었다. 그림 2(a)의 직

사각형 모노폴 안테나의 경우는 그림 3(a)에서 보는 바와 같이 임피던스 정합이 전혀 안되어 있으며, 임피던스 정합을 위해 급전선과 만나는 부분의 패치 아래 모서리부분을 잘라가며 점점 보우타이 모양으로 변경해 줌으로 인해, 그림 3(a)에서 보듯이 임피던스 정합 특성이 개선되는 것을 볼 수 있다.

그러나 이것만으로는 대역폭 개선에 한계가 있어, 그림 2(c)와 같이 CPW 선로의 접지면의 형상에 변화를 주었다. 이것은 접지면에 흐르는 전류에 변화를 야기하여, 급전점에서의 임피던스에 영향을 미쳐, 광대역 특성을 얻기 위함이었다. 이러한 시도를 통해 그림 3(b)에서 보듯이 반사계수가  $-10\text{dB}$  이하인 주파수 대역폭이 광대역화가 되었다. 그러나 아직도 UWB 대역폭을 만족시키지 못하고 있어, 마지막으로 접지면의 형상을 그림 2(d)와 같은 구조를 설계하고, 접지면의 크기에 따른 변화를 조사하여 그림 3(b)에서 보듯이 UWB 대역을 포함하면서 초광대역 특성을 갖는 안테나를 설계하였다.

그림 2(d)의 제안하는 구조에서 보우타이 구조의 패치 면과 접지면의 크기 변화에 따른 임피던스 정합 특성을 살펴보면 그림 4와 같다. 보우타이 구조의 길이( $L_{pc}$ )가 작을수록 그림 4(a)에서 보듯이 저주파수 특성은 개선이 되지만  $6\sim 8\text{GHz}$ 의 고주파수 특성이 나빠지는 것을 볼 수 있다. 접지면의 길이( $L_g$ )는 급전점의 위치를 결정하므로 매우 민감한 부분으로,  $L_g=7.5\text{mm}$  기준으로  $\pm 0.5\text{mm}$  변화에

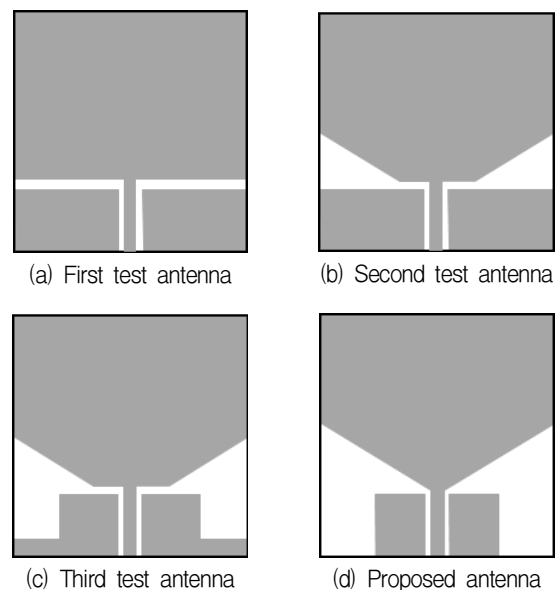
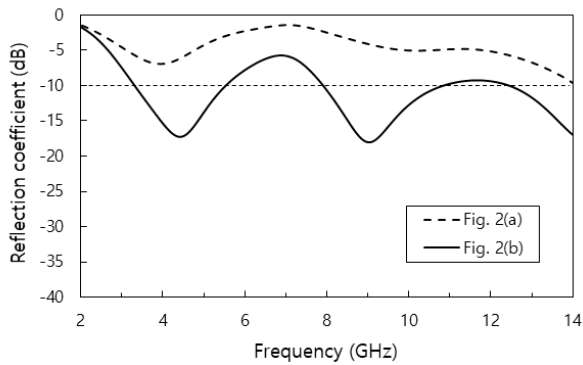
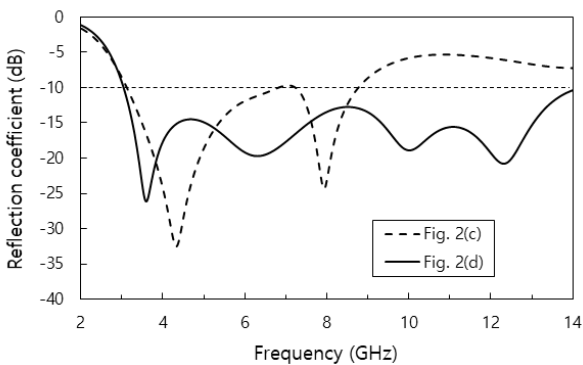


Fig. 2. Design Process of proposed UWB antenna.  
그림 2. 제안된 UWB 안테나의 설계 과정

주파수 대역에 따라 반대의 특성을 보이고 있음을 알 수 있다. 접지면의 폭(Wg)은 약 5 GHz 이하의 주파수에서는 비슷한 특성을 갖지만 8 GHz 이상의 고주파 대역에서 접지면의 폭에 따라 특성의 변화가 크게 나타나며, 적당한 접지폭의 설계가 필요함을 알 수 있다. 이러한 설계 과정을 거쳐 최종적으로 설계된 안테나의 파라미터 값을 표 1에 제시하였다.



(a) The antennas shown in Fig. 2 (a) and (b)



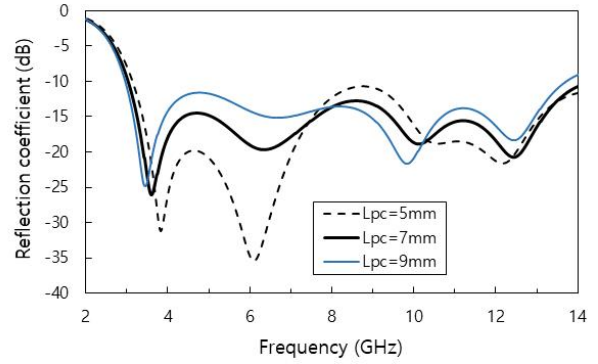
(b) The antennas shown in Fig. 2 (c) and (d)

Fig. 3. Reflection coefficient of the four antennas shown in Figure 2.

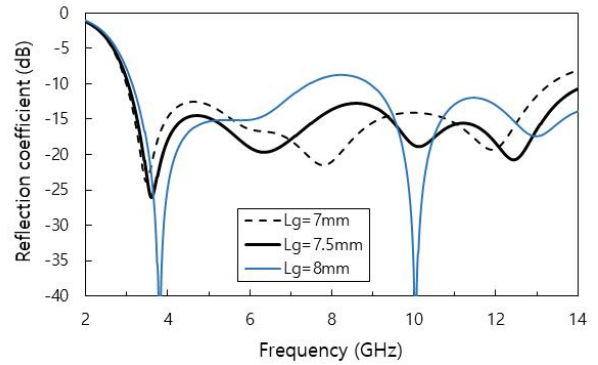
그림 3. 그림 2에 제시된 4개의 안테나의 반사계수

한편 제안하는 안테나는 웨어러블 안테나로서 사용 용도에 따라 안테나가 휘어질 경우가 있을 수 있다. 따라서 제안하는 안테나가 길이 방향으로 굽어질 경우를 감안하여, 안테나 대역폭의 변화를 조사하였고, 이것을 그림 5에 나타내었다. 안테나 평면이 반경 40mm 및 30.5mm 정도의 원통 표면과 같은 정도로 휘어질 경우, 안테나 수직 방향의 길이(d) 차이가 각각 3mm, 5mm가 된다. 이 두 가지 모두, 약 8~9GHz 범위에서만 반사계수가 최대 -9dB 정도이며, 나머지 주파수 대역에서는 -10dB

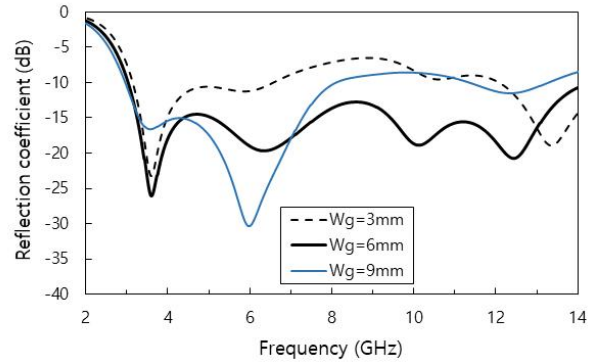
이하 특성을 유지하고 있음을 그림 5(b)에서 알 수 있다.



(a) Lpc



(b) Lg



(c) Wg

Fig. 4. Reflection coefficient according to Lpc, Lg and Wg. 그림 4. Lpc, Lg 및 Wg의 변화에 따른 반사계수

Table 1. Antenna dimensions.

표 1. 안테나 치수(단위 mm)

L	W	Lf	Lg
31mm	28mm	8mm	7.5mm
Lpc	Wf	Wg	Ws
7mm	1.6mm	6mm	0.2mm

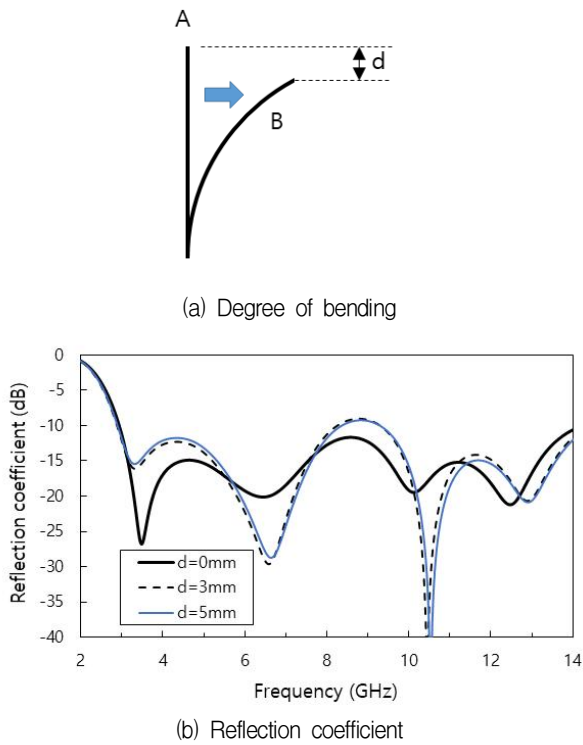


Fig. 5. Reflection coefficient according to the bending of the proposed antenna.

그림 5. 제안된 안테나의 굽어진 정도에 따른 반사계수

### III. 안테나 제작 및 측정

종이 안테나의 제작은 일반적인 A4 용지를 유전체 기관으로 사용하여, A4 용지에 설계한 UWB 안테나를 전도성 잉크를 사용하여 프린트하면 된다. 그러나 본 논문에서는 두께 0.1mm인 일반적인 A4 용지에 설계한 안테나의 외관 모양을 프린트하여 출력한 후, 설계된 안테나 모양으로 동(copper) 테이프를 잘라서, 프린트된 A4 용지 위에 붙이는 방

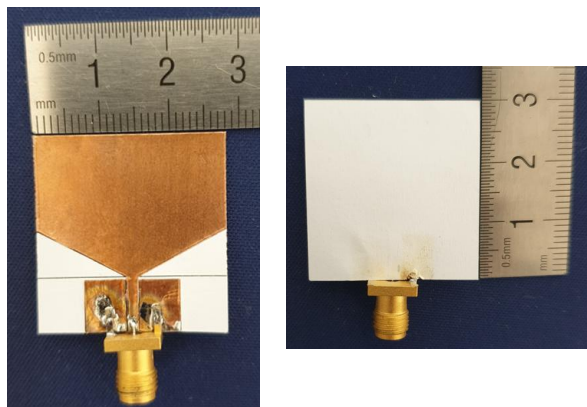


Fig. 6. Photographs of the fabricated antenna.

그림 6. 제작된 안테나의 사진

식으로 제작하였다. 제작된 안테나의 모양을 그림 6에 나타내었다.

제작된 안테나의 크기는 28mm×31mm×0.2mm 크기로서, 반사계수를 벡터회로망분석기를 이용하여 측정하였고, 그 결과를 시뮬레이션 값과 비교하여 그림 7에 나타내었다. 대체적으로 측정된 반사계수 특성이 시뮬레이션 결과와 유사함을 볼 수 있으며, UWB 대역에서  $S_{11} < -10$  dB이 됨을 확인하였다.

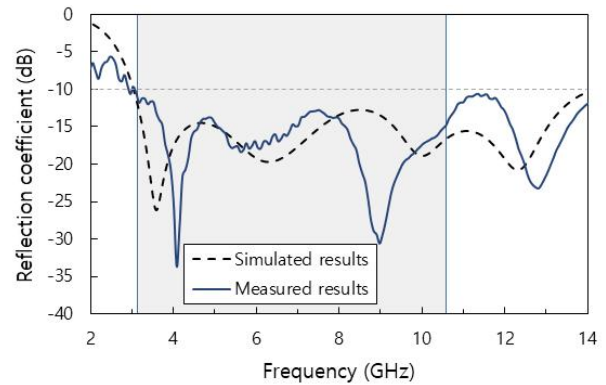


Fig. 7. Simulated and measured reflection coefficient of the propose antenna.

그림 7. 제안된 안테나의 시뮬레이션 및 측정 반사계수

또한 제작한 안테나는 웨어러블 안테나로서 사용 용도에 따라 휘어질 수 있으므로, 길이 방향으로 굽어지게 하여 반사계수 변화를 측정하여 그림 8에 제시하였다. 그림 5의 시뮬레이션 결과와 유사한 변화를 관측할 수 있으며, UWB 대역에서  $S_{11} < -10$  dB이 됨을 확인하였다.

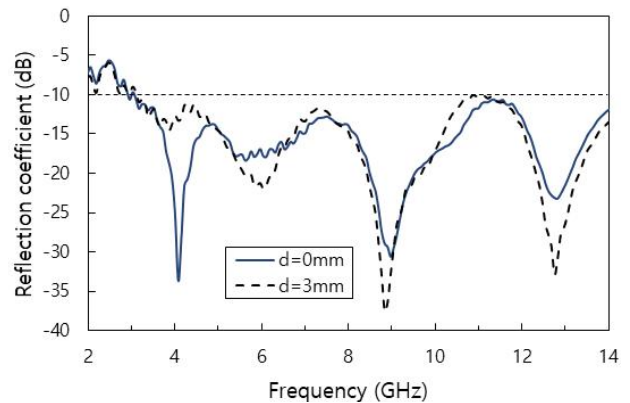


Fig. 8. Measured reflection coefficient according to the bending status.

그림 8. 굽어짐 정도에 따른 측정된 반사계수

그림 9에는 3, 5, 8 및 10 GHz에서 시뮬레이션한 방사패턴을 나타내었다. 10GHz 이상 주파수에서 모노폴 특성이 조금 왜곡되고 있으나, 대체적으로 UWB 주파수 대역내에서 모노폴 방사패턴을 가짐을 확인 할 수 있다.

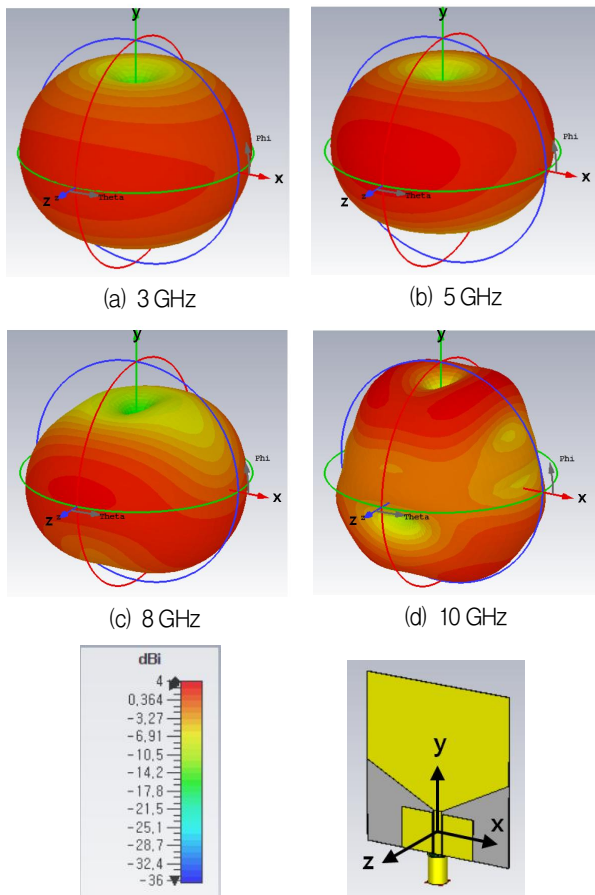


Fig. 9. The radiation patterns of the proposed antenna.  
그림 9. 제안된 안테나의 방사패턴

그림 10에 시뮬레이션한 안테나 이득을 나타내었다. UWB 주파수 대역에서 2.2 dBi 이상의 이득을

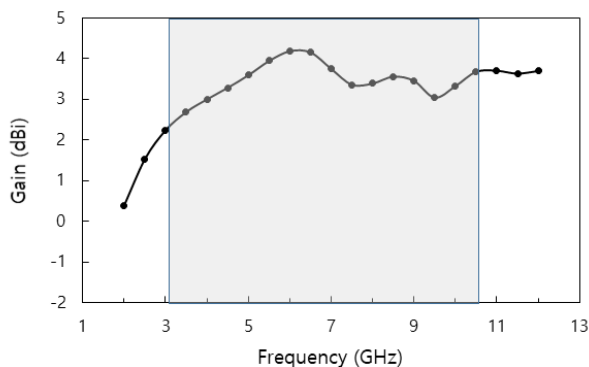


Fig. 10. The simulated gain of the proposed antenna.  
그림 10. 제안된 안테나의 시뮬레이션 이득

가지며, 6 GHz에서는 최대 4.18 dBi 이득을 가지는 것을 볼 수 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 일반적인 A4 용지에 동테이프를 이용하여 만든 UWB 통신용 웨어러블 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 28mm × 31mm × 0.2mm 크기를 가지며, 실험 결과 UWB 대역인 3.1-10.6 GHz 내에서 S11 < -10 dB이며, 이득이 2.2 dBi 이상 되는 광대역 안테나로서, 시뮬레이션 결과와 유사한 실험 결과를 확인하였다. 또한 안테나 평면이 반경 40mm 정도의 원통 표면과 같은 정도로 휘어질 경우에도 UWB 대역에서 S11 < -10dB가 되는 것을 확인하였다.

따라서 제안하는 안테나는 웨어러블 응용이 가능하며, 제작이 간단할 뿐만 아니라 비용도 저렴하여, 물류 분야 및 일회용 단말기용 등 UWB 통신용 웨어러블 안테나로서 다양한 응용분야에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

#### References

[1] A. M. Abbosh and M. E. Bialkowski, "Design of ultrawideband planar monopole antennas of circular and elliptical shape," *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, vol.56, no.1, pp.17-23, 2008.

[2] J. Liang, C. C. Chiau, X. Chen, and C. G. Parini, "Study of a printed circular disc monopole antenna for UWB systems," *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, vol.53, no.11, pp. 3500-3504, 2005. DOI: 10.1109/TAP.2005.858598

[3] T. G. Ma and S. J. Wu, "Ultra wide band band-notched folded strip monopole antenna," *IEEE Trans Antennas Propag, IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, vol.55, no.9, pp. 2473-2479, 2007. DOI: 10.1109/TAP.2007.904137

[4] G. Shaker, S. Safavi-Naeini, N. Sangary, and M. M. Tentzeris, "Inkjet printing of ultrawideband (UWB) antennas on paper-based substrates," *IEEE Antennas and Propagation Letters*, vol.10, pp.111-114, 2011.

DOI: 10.1109/LAWP.2011.2106754

[5] S. Kim, B. Cook, T. Le, J. Cooper, H. Lee, V. Lakafosis, R. Vyas, R. Moro, M. Bozzi, A. Georgiadis, A. Collado, and M. M. Tentzeris, "Inkjet-printed antennas, sensors and circuits on paper substrate," *IET Microwave Antennas Propagation*, vol.7, pp. 858-868, 2013.

[6] G. J. Hayes, Y. Liu, J. Genzer, G. Lazzi, and M. D. Dickey, "Self-folding origami microstrip antennas," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol.62, no.10, pp.5416-5419, 2014.

DOI: 10.1109/TAP.2014.2346188

[7] M. Marroncelli, D. Trincherro, and M. M. Tentzeris, "Paper-based, inkjet-printed, text-meandered UHF resonant antennas for RFID applications," *General Assembly and Scientific Symposium, URSI*, pp.1-4, 2011.

DOI: 10.1109/URSIGASS.2011.6050582

---

## BIOGRAPHY

---

### **Dong-Kook Park** (Member)



1987 : BS degree in Electronics Engineering, Pusan National University.

1989 : MS degree in Electrical and Electronics Engineering, KAIST.

1994 : PhD degree in Electrical and Electronics Engineering, KAIST.

1996~Present : Professor, Korea Maritime & Ocean University