

# IR-UWB 레이더의 신호 세기를 활용한 불투명 비금속 용기 속 액체의 잔여량 추정

이 성 화<sup>1,2</sup> · 서 지 원<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 글로벌융합공학부

<sup>2</sup>연세대학교 글로벌융합기술원

## Estimation of Liquid Residue in an Opaque and Non-Metallic Container Utilizing IR-UWB Radar Signal Strength

Sunghwa Lee<sup>1,2</sup> · Jiwon Seo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>School of Integrated Technology, Yonsei University

<sup>2</sup>Yonsei Institute of Convergence Technology, Yonsei University

### Abstract

In this study, we attempted to estimate liquid residue in an opaque non-metallic container. Because impulse radio ultra-wideband (IR-UWB) radar signals can penetrate an object, we expected to be able to grasp how much liquid residue remains in an opaque container using an IR-UWB radar. The experiment of this study revealed that the quantity of liquid residue is related to the strength of the reflected radar signal.

### 1. 서 론

비금속 물체에 대하여 impulse radio ultra-wideband (IR-UWB) 레이더의 신호는 투과성을 가지고 있다 [1]. 이러한 IR-UWB 레이더 신호의 특성은 벽 뒤의 사람 감지 [2-4], 지표 분석 [5, 6] 등에 활용이 되고 있다.

본 연구에서는 Novelda 사(社)의 NVA-6201 IR-UWB 레이더를 활용하여 불투명한 비금속 용기 속의 액체 잔여량을 추정하려 한다. 이의 결과를 바탕으로 가정에 IR-UWB 레이더를 설치하여 불투명한 용기 속 음료의 잔여량을 눈으로 직접 보지 않고 원격으로 확인할 수 있다면, 상점에서 소비자들이 음료 구매 여부를 결정하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다. 이는 사물 인터넷 기술을 실생활에 접목한 한 예라고 볼 수 있다.

본 연구팀은 종이팩으로 포장된 두유를 이용하여 실험을 진행하였으며, 실험을 통해 더 많은 양의 두유가 남아있을 수록 더 강한 세기의 IR-UWB 레이더 신호가 반사됨을 확인할 수 있었다. 이를 통해 반사되어 돌아오는 IR-UWB 레이

더 신호의 세기가 불투명한 비금속 용기 속 음료의 양을 파악하는 데 활용이 될 수 있음을 확인하였다.

### II. 측정 실험 및 결과

본 연구의 실험에서는 980ml 용량의 두유 종이팩에 IR-UWB 레이더 신호를 송신시켜 반사된 신호의 세기를 측정하였다. 이때, 종이팩은 레이더를 기준으로 약 20cm 떨어져 있었다. 또한 두유가 종이팩에 가득 채워져 있을 경우, 절반만 채워져 있을 경우, 그리고 비어있을 경우로 나누어서 실험을 수행했으며, 각각의 경우마다 300개의 레이더 “프레임 (frame)” [7]을 송신 및 수신한 후 평균을 내어 하나의 프레임으로 나타내었다. 그리고 이들을 각각 3회씩 반복하여 데이터를 수집하였다. 그림 1, 그림2, 그림3은 각각의 경우에서 첫 번째 측정 결과를 파형으로 나타낸 것이다. 각각의 파형들이 서로 뚜렷한 차이점을 보이진 않았는데, 이를 통해 각 경우의 파형이 다른 경우의 파형과 구분이 될 만한 특징을 나타내지는 않는다는 것을 알 수 있었다.

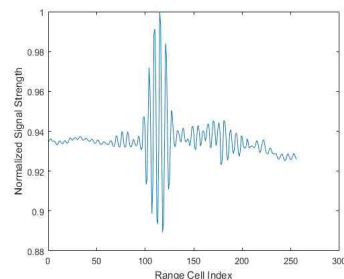


그림 1. 두유가 종이팩에 가득 채워져 있을 경우, 반사된 IR-UWB 레이더 신호의 파형

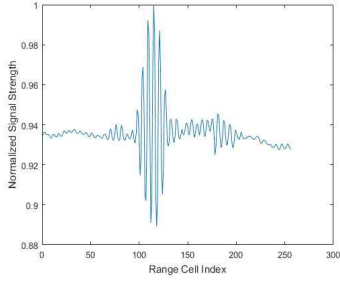


그림 2. 두유가 종이팩에 절반만 채워져 있을 경우, 반사된 IR-UWB 레이더 신호의 파형

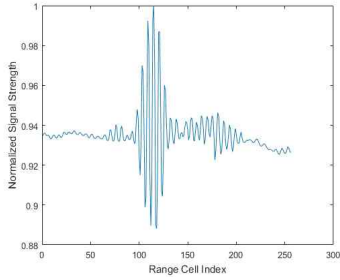


그림 3. 두유가 종이팩에 비어 있을 경우, 반사된 IR-UWB 레이더 신호의 파형

이에 본 연구팀은 레이더 신호의 세기를 다음과 같은 평균값을 구하는 식 (1)을 활용하여 나타냈다. 이때, 식 (1)에서  $y$ 는 신호의 세기,  $x$ 는 레이더 프레임 속 해당하는 “range cell” [7]이 가지고 있는 신호의 세기,  $n$ 은 프레임 속 range cell의 index, 그리고  $N$ 은 한 프레임 속 range cell의 총 개수를 의미하며 본 실험에서의  $N$ 은 256이었다.

$$y = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x[n] \quad (1)$$

이의 결과를 가장 큰 값의 신호 세기를 기준으로 표준화 (normalization)하여 표 1과 그림 4로 나타내었다. 이를 통해 종이팩 속에 두유가 많이 들어있을수록 반사되는 IR-UWB 레이더 신호의 세기가 강해짐을 알 수 있다.

표1. 각 경우에서 반사되어 돌아오는 레이더 신호의 세기를 표준화하여 나타낸 값

	가득 차 있을 경우	절반만 차 있을 경우	비어있을 경우
1 회	0.9992	0.9995	1.0000
2 회	0.9992	0.9995	0.9997
3 회	0.9992	0.9996	0.9997

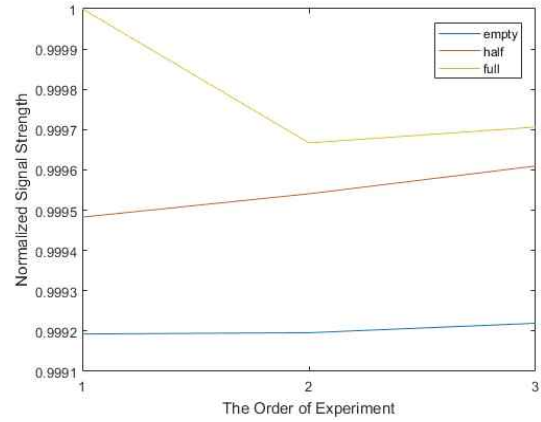


그림 4. 각 경우에서 반사되어 돌아오는 레이더 신호의 세기를 표준화한 값의 그래프

### III. 결 론

본 연구에서는 투과성이라는 IR-UWB 레이더의 특성을 활용하여 종이팩 속 두유의 잔여량을 측정하는 실험을 진행하였다. 종이팩에 맞고 반사되어 돌아오는 신호의 세기를 측정 한 결과, 팩 속 두유의 잔여량이 많으면 많을수록 더 강한 신호의 세기가 반사되어 돌아오는 것을 확인하였다. 이는 불투명한 비금속 용기 속 액체의 잔여량을 측정하는 데 IR-UWB 레이더의 신호 세기가 활용될 수 있음을 의미한다.

### 감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT명품인재양성사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2017-2017-0-01015).

### 참고 문헌

- [1] R. Zetik, J. Sachs, and R. S. Thomä, “UWB short-range radar sensing,” IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, vol. 10, no. 2, pp. 39-45, 2007.
- [2] H. Lv, G. H. Lu, X. J. Jing, and J. Q. Wang, “A new ultra-wideband radar for detecting survivors buried under earthquake rubbles,” Microwave and Optical Technology Letters, vol. 52, no. 11, pp. 2621-2624, 2010.
- [3] J. Li, Z. Zeng, J. Sun, and F. Liu, “Through-Wall Detection of Human Being’s Movement by UWB Radar,” IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 9, no. 6, pp. 1079-1083,

2012.

- [4] A. Kumar, Z. Li, Q. Liang, B. Zhang, and X. Wu, "Experimental study of through-wall human detection using ultra wideband radar sensors," *Journal of the International Measurement Confederation*, vol. 47, no. 1, pp. 869-879, 2014.
- [5] D. Sipos, P. Planinsic, and D. Gleich, "On drone ground penetrating radar for landmine detection," *Proc. of International Conference on Landmine*, pp. 7-10, 2017.
- [6] P. Nichols, A. McCallum, and T. Lucke, "Using ground penetrating radar to locate and categorise tree roots under urban pavements," *Urban Forestry and Urban Greening*, vol. 27, pp. 9-14, 2017.
- [7] S. Lee and J. Seo, "IR-UWB radar based near-field intentional eyelid movement sensing under fixed head and body motion," *Proc. of 17th International Conference on Control, Automation and Systems*, accepted.