

# 레이더 센서와 표준편차를 이용한 거리 측정 방법

정동훈 · 장시웅

동의대학교

Distance measurement using a radar sensor and standard deviation

Dong-Hun Jung · Si-Woong Jang

Dong-Eui University

E-mail : idh1992@naver.com, swjang@deu.ac.kr

## 요 약

스마트폰의 GPS 기능으로 위치 정보를 수집하여 사용자에게 서비스를 제공하는 시스템이 많아지고 있다. 이러한 GPS 기능은 위성에서 송신된 신호로 위도와 경도를 측정하여 위치를 계산한다. 하지만, 이러한 기능은 사용자가 실외에 있을 경우에만 사용이 가능한 것으로, 실내에서는 사용이 불가능하다는 단점이 있다. 최근 상용화 되고 있는 UWB 레이더 센서는 실내외에서 사용이 가능하고, 객체 탐지 및 거리측정이 간단함과 동시에 저렴하다는 장점이 있다.

본 논문에서는 UWB 레이더 센서와 표준편차를 이용하여 거리 측정 방법을 제시하고자 한다. 제시하고 있는 방법은 레이더 센서에서 나오는 raw data를 그래프화 하여 최대 탐지 거리가 몇 m 인지 파악하고, 파악된 최대 감지 거리를 일정 구간으로 나누어 구간별 거리를 측정한다. 그 후 표준편차 공식을 이용하여 객체의 유무를 판단한다. 실험 결과에서는 제시하는 방법으로 최대 거리 9.7m에서 최대 오차 0.27m 이내로 측정되는 것을 확인하였다.

## 키워드

레이더 센서, 표준편차, 거리 측정, X4M03

## I. 서 론

최근 IoT 관련 산업이 급격하게 발전하면서 사람과 사물, 컴퓨터가 유기적으로 연결되어 언제 어디서나 다양한 정보를 제공받고 있다. 이러한 환경에서 센서의 역할은 중요하게 여겨지고 있다. 센서는 환경에서 일어나는 변화를 측정하고 그 변화를 신호로 출력하는 검출기의 역할을 한다. 온도, 습도, 압력 등과 같은 물리적 변화와 가스, 이온 등의 화학적 변화를 측정한다[1]. 거리를 측정하는 센서에는 적외선, RF, RFID, 초음파, 레이더 등이 있다. 이러한 센서들은 항공, 선박 뿐 아니라 산업현장, 자동차, 의료기기 분야 등에서도 사용되고 있다[1,2].

레이더는 전파를 송출하여 물체에 반사되어 돌아오는 신호를 파악함으로써 물체와의 거리, 방향, 속도 등을 알 수 있다. 레이더의 구조는 크게 송출하는 부분과 수신하는 부분으로 나뉘어 있다. 현재는 레이더 센서의 성능에 따라 크게 km까지 측정되는 것과, cm까지 측정 가능한 것으로 나뉘어 있다[2,3].

특히, 이러한 레이더는 주변 환경에 민감하며, 오차율이 높다는 단점이 존재한다. 이러한 문제점

을 최소화하고, 정밀한 측정을 위해 IR-UWB (Impulse Radio-Ultra Wide Band) 레이더가 주목받고 있다. 이 IR-UWB 레이더 기술은 전송방식에 따라 3.1~10.6GHz 대역에서 100Mbps 이상의 고속으로 데이터 전송이 가능하며, 낮은 소비전력으로 에너지 효율성을 높일 수 있다. 또한, 펄스가 짧아 cm 단위의 정밀도로 측정이 가능하여 정확성이 높다[3,4].

본 논문에서는 IR-UWB 레이더 센서를 이용하여 물체를 감지하고, 감지된 물체와 센서 사이의 거리를 측정하는 방법에 대해 설명하고자 한다. 또한, 표준편차를 이용하여 객체 감지의 정확도를 높혀 오차율을 줄이고자 하였다.

## II. 관련 연구

기존의 거리와 위치 측정 시스템은 GPS, 적외선, 초음파 등을 이용한 방식이 있다. GPS를 이용한 거리 및 위치 측정 방법은 스마트폰 혹은 GPS 센서를 이용하여 위성신호를 받아 삼각측위를 통해 위치를 판단한다. 이렇게 판단된 위치를 이용하여 일정시간동안 이동한 거리를 측정하는

방식이다. 장애물이 없을 경우 비교적 정확한 결과를 산출하지만 고층 빌딩이 많은 도심지나 지하도, 터널 같은 신호 송수신을 방해하는 구간에서는 정확도가 급격하게 떨어진다.

RFID를 이용한 위치 측정 방법은 RFID 태그와 리더기 사이의 신호를 통해 대상의 정보를 알아내는 방법이다. 이는 특정 위치에 리더기를 설치하여 태그가 지나갈 때 마다 반응하여 위치를 파악한다. 하지만, 보안상의 취약점이 많고 가격이 비싸다는 단점이 존재한다.

적외선과 초음파를 이용한 거리 측정 방법은 실내 및 실외 어느 곳에서든 사용이 가능하다. 하지만 날씨와 주변 환경에 따라 정확한 측정이 불가능한 단점이 존재한다[5].

레이더 센서는 신호 방식에 따라 Pulse 방식과 CW(Continuous Wave) 방식이 있다. Pulse 방식은 짧은 신호를 발생시켜 목표물에 반사되는 신호를 검출하여 두 신호 사이의 시간으로 움직임이나 위치 정보를 감지한다. CW 방식은 특정 주파수의 신호를 계속 보내 목표물에 부딪혀 돌아오는 신호가 송신 주파수와 차이를 측정하여 물체의 움직임을 감지한다. 물체의 속도 및 진행 방향은 확인 가능하지만 거리는 검출하지 못한다는 단점이 존재한다[1,2].

### III. 레이더 센서를 이용한 거리 측정 방법

#### 3.1. 거리 측정 환경

레이더 센서를 이용한 거리 측정은 노르웨이 Novelda 회사의 XeThru X4M03 레이더 센서 모듈을 이용하여 거리를 측정한다. 레이더 센서에서 측정되는 데이터를 이용하여 객체 탐지 및 알고리즘을 설계한다. 이 모듈은 하나의 하드웨어에서 펌웨어를 다양하게 업로딩할 수 있으며, 다양한 기능 수행이 가능하다. 또한, 주변 무선 신호에 대한 영향을 받지 않고, 크기 또한 소형화되어 있어 사용이 편리하다[6].

본 논문에서 사용한 펌웨어는 기본적인 데이터만 전송되는 펌웨어를 사용하였으며, 데이터는 배열로 출력이 된다. 주변에 아무것도 감지되는 것이 없는 상황의 배열을 그래프로 그리면 그림 1과 같은 형태의 데이터가 출력된다.

그림 1에서 x축은 거리를 나타내며, y축은 물체의 크기를 나타낸다. 배열의 길이는 1536개로 센서 앞에서 물체를 움직였을 때 최대 10m까지 측정되는 것을 확인하였으며, 물체가 감지되었을 때의 그래프는 그림 2와 같다. 또한, 같은 물체를 센서에서 멀어지게 움직였을 때, x축에 반비례하게 y축의 크기가 작아지는 현상을 확인할 수 있었다. 이러한 현상이 발생하는 이유는 물체가 센서에서 멀어질수록 단위면적당 물체의 크기가 작아지기 때문이다. 그로인해 객체의 유무를 파악할 때 거리에 따라 기준 값을 다르게 적용해야 한다.

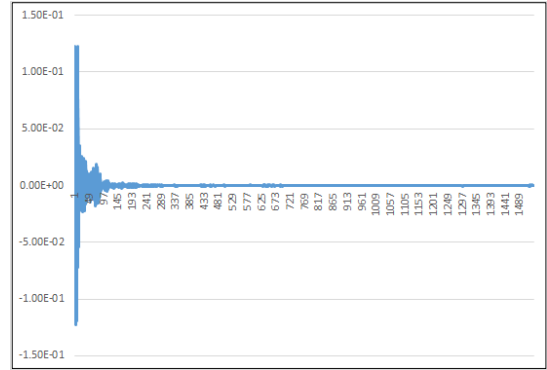


그림 1. 주변에 아무것도 없는 상황.

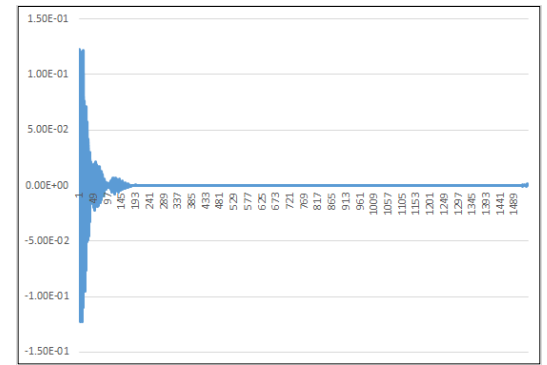


그림 2. 물체가 감지되었을 때의 상황.

#### 3.2. 거리 측정 알고리즘

레이더 센서에서 측정되는 데이터 중 x값이 1씩 증가할 때마다 거리가 얼마나 증가하는지 알기 위해 수식 1을 이용하여 계산하였다. 수식 1을 이용하여 계산된 결과는 x축의 값이 1씩 증가하면 거리는 약 0.65cm씩 증가하였다.

$$\text{거리} = \text{총 측정가능 길이} / x\text{축 배열 길이} \quad (1)$$

$$a = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_n^2} \quad (2)$$

이러한 데이터를 이용하여 x축 배열을 256구간으로 등분할 경우 1개 구간의 크기는 약 3.9cm가 된다. 구간단위로 수식 2를 적용하여 나온 결과값 a를 이용하여 객체의 탐지 여부를 결정한다. 여기서 n은 구간내의 x축 개수를 의미하며,  $x_n$ 는 n번째 좌표값을 이야기한다. 객체를 구간단위로 측정하게 되면 최소 3.9cm 정도의 오차가 존재하게 된다. 다음은 객체 탐지 및 거리 측정 방법의 순서를 나타낸다.

1. 프로그램이 시작되면 레이더 센서에서 데이터를 받아 구간의 크기가 6인 리스트로 256개 분할한다.
2. 256개로 분할된 각 구간의 데이터들의 표준

- 편차를 이전데이터의 표준편차 데이터와 합해서 저장한다.
- 1번과 2번을 2초간 반복한 후 각 구간의 표준편차를 구하여 임계값(Threshold value)으로 저장한다.
  - 각 구간에서 발생된 데이터에 대해 표준편차로 계산한 뒤 1초간의 값으로 저장한다.
  - 1초간의 값과 임계값을 비교하여 오차가 일정수치 이상 넘어가면 객체가 탐지된 것으로 인식한다.
  - 탐지된 구간의 번호를 수식 3을 이용하여 거리를 계산한다.

$$\text{탐지 객체 거리} = (10\text{m}/256) * \text{구간의 번호} \quad (3)$$

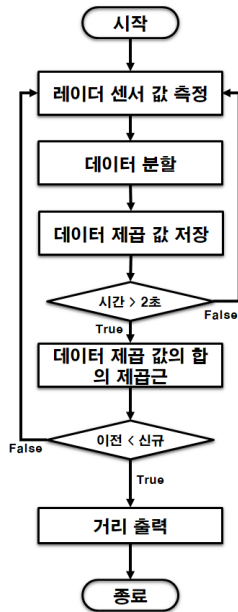


그림 3. 객체 탐지 및 거리측정 알고리즘.

### 3.3. 실험 방법 및 결과

본 논문에서 제안하는 거리 측정 방법을 검증하기 위해 그림 4와 같이 센서를 설치한다. 이때, 주변에 움직이는 물체는 없어야 한다. 설치 후 프로그램을 실행시켜 최초 2초간 주변 데이터를 측정하여 임계값으로 저장하고, 측정 거리에 사람이 20초 동안 서있는 상황을 반복하여 진행하였다.

이때, 측정 거리는 3m, 5m, 7m, 9m, 9.7m로 총 5개 구간의 거리로 설정하였다. 각 상황별로 진행하였을 때, 실험결과는 표 1과 같다.



그림 4. 센서 설치.

표 1. 거리별 측정 실험 결과.

거리 횟수	3m	5m	7m	9m	9.7m
1	2.85	4.88	6.88	8.95	9.61
2	2.85	4.96	6.88	8.91	9.69
3	2.77	4.84	6.88	8.98	9.65
4	2.77	4.88	6.88	8.87	9.57
5	2.73	4.80	6.88	8.87	9.57
6	2.73	4.84	6.88	8.98	9.57
7	2.77	4.84	6.91	8.98	9.61
8	2.73	4.88	6.88	8.83	9.61
9	2.70	4.80	6.88	8.83	9.57
10	2.77	4.80	6.88	8.95	9.53
평균	2.77	4.85	6.88	8.92	9.60
오차	-0.23	-0.15	-0.12	-0.08	-0.10

평균적인 오차는  $\pm 0.23\text{m}$  이내로 측정 되었으며, 가장 오차가 많은 거리는 3m에서  $-0.27\text{m}$ 의 오차로 나타났다.

## IV. 결 론

상황별 오차가  $-0.23\text{m}$ 인 상황이 발생하였다. 이러한 상황이 발생한 이유는 사람이 해당 거리에 가서 섰을 때, 완전히 고정되어있는 것이 아니라 움직임이 있기 때문에 측정거리가 달라지는 현상으로 예상된다.

본 논문에서는 표준편차를 이용하여 거리를 측정하는 방법을 제시하였다. 하지만, 센서의 한계로 최대 측정거리가 10m까지만 검출이 되었다. 또한, 센서의 출력 파워로 인해 x축 값이 0~180, 1510~1536까지의 범위에서는 물체가 없음에도 불구하고 값이 매우 크게 나타나거나, 변동이 심한 현상이 나타났다. 센서 바로 뒤편에서 움직일 경우 x축의 값이 100이하인 부분에 물체가 움직이는 것처럼 값이 변동되었다.

본 논문에서 제시한 표준편차를 이용하여 거리

---

를 측정하면 이러한 단점을 보완하여 물체 감지와 거리측정이 가능하게 되고, 정확도가 높아져 다양한 상황에 적용이 가능할 것으로 기대된다.

## ACKNOWLEDGEMENT

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2017년도 산학연협력 기술개발사업(No. C0564555)의 연구 수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

## 참고문헌

- [1] 한병훈, 신현준, 오창현, 단일 IF 방식 CW 레이더 센서의 방향 검출 알고리즘, 한국정보통신학회논문지, Vol.19 No.2, p.2905 ~ p.2910, 2015.12
- [2] 남병창, 채규수, 24GHz 대역 CW 레이더 송수신기 설계, 한국산학기술학회논문지, Vol.10 No.7, p.1532 ~ p.1535, 2009.7
- [3] 김하준, 박준범, 변재영, IR-UWB를 활용한 인체 탐지 및 거리 측정 시스템, 한국정보기술학회논문지, Vol.13 No.5, p.1 ~ p.10, 2015.5
- [4] 강선, 임대현, 조성호, 스마트 IoT환경 구축을 위한 스마트 센서 개발 및 서비스 구현, 한국통신학회 2018년도 동계종합학술발표회, Vol.2018 No.1, p.426 ~ p.427, 2018.
- [5] 이현섭, 김진덕, 스마트폰에서 다중데이터를 이용한 측위시스템 구현, 한국정보통신학회 논문지, Vol.15 No.10, p.2195 ~ p.2202, 2011.10
- [6] <https://www.xethru.com/>