

레이더 센서와 카메라를 이용한 침입 탐지 시스템 설계

정동훈 · 장시웅*

동의대학교

Design of Intrusion Detection System using Radar Sensors and Cameras

Dong-Hun Jung · Si-Woong Jang*

Dong-Eui University

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

요 약

카메라를 이용하여 특정 범위에 객체 침입을 탐지하는 시스템이 많아지고 있다. 하지만 이러한 카메라를 이용한 객체 침입 탐지는 실내에 설치되어 사용되는 경우가 많고, 외부에서 사용할 경우 환경적인 요인(비, 바람 등에 날리는 물체들)에 의해 정확도가 떨어지는 경우가 많다. 또한, 센서만 사용하여 침입을 탐지하는 시스템은 센서의 감지 범위에 따라 설치할 수 있는 공간이 제약되고 일정 크기 이상의 공간에서 사용할 수 없다는 단점이 있다. 본 논문에서 제안하는 침입 탐지 시스템은 레이저, 초음파, 인체감지 센서의 단점인 감지 범위를 보완할 수 있는 레이더 센서와 카메라를 이용하여 감시 영역 내의 침입을 탐지하는 시스템을 설계하였다.

키워드

Camera, Image processing, Radar sensor, Intrusion detection

1. 서 론

최근 카메라를 이용한 영상 처리 기술에 대한 관심이 증대되고 있다. 영상 처리는 이미지 또는 비디오에서 사물의 특징을 감지하고 식별하는 것을 뜻하며, 사람의 얼굴, 표정, 제스처 등을 인식하는 기술이다. 또한, 개인의 행동 습관, 걸음걸이, 신체적 특징 등을 데이터화하고, 그 데이터를 이용하여 신원을 확인하는 생체 인식에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다[1].

이러한 영상 처리 기술이 일상생활에서 많이 사용되는 분야 중 하나는 영상 관제 시스템으로 영상 시스템을 구축해 특정 지역을 관리하고, 신분 및 인원을 파악하는 기능을 수행한다. 해당 시스템은 크게 사람이 직접 감시하는 방법과, 무인 자동화 시스템이 있다.

사람이 직접 감시하는 방법은 관리자 혹은 감시자가 직접 영상을 주시하면서 감시하는 것, 녹화된 영상을 보는 것 그리고 영상 감시 지역에 같이 설치된 센서를 이용하여 센서가 감지될 때마다 사용자가 영상을 확인하는 방법 등이 존재한다[2]. 이러

한 시스템에서 카메라와 연계되어 사용되는 센서는 적외선, RF, 레이더 등이 있다. 이러한 센서들은 실내 및 실외에서 사용이 가능하다. 하지만 적외선 센서는 주변 빛에 민감하며, RF와 초음파 센서는 측정 오차율이 높다[3, 4].

무인 자동화 시스템은 사람이 감시하지 않고 카메라와 센서가 설치된 지역을 감시하다가 해당 지역에 객체가 감지되었을 경우 관리자에게 알람을 주고, 영상정보를 기록하여 객체에 대한 정보를 추출한다. 추출한 데이터는 시스템 내부에 저장된 알고리즘을 통하여 가공 및 저장한다. 하지만, 카메라를 이용하는 방법은 주변 환경의 변화가 적은 곳에서 사용할 경우 침입 탐지의 정확도가 높지만, 주변 환경의 변화가 많으면 많을수록 정확도가 떨어지는 단점이 있다.

본 논문에서는 센서와 카메라를 이용하여 객체의 침입을 탐지한다. 센서와 카메라는 감시 범위 내의 움직임을 탐지하는 기능은 같지만, 센서와 카메라 중 하나에서만 움직임이 탐지되었을 경우 거짓으로 판단하고, 두 곳에서 움직임이 탐지되었을 때 객체가 있다고 판단, 특정지역에 침입이 일어났다는 알람을 주는 시스템을 설계하고자 한다.

* speaker and corresponding author

II. 관련 연구

2.1 객체 침입 탐지 센서

객체 침입 탐지에 사용가능한 센서로는 초음파, 적외선, 레이더 센서 등이 있다. 초음파 센서는 일정한 간격으로 높은 주파수 사운드 펄스를 이용하여 짧게 소리를 발사한다. 이렇게 발사된 소리는 공기중으로 전파되고, 어떠한 객체를 만나 충돌할 경우 반사되어 센서에 도달한다. 이때, 센서에서 소리를 발사하고, 객체를 만나 돌아오는 시간을 측정하여 목표까지의 거리를 측정하게 된다. 이 거리는 최소 2cm에서 최대 5m 이상까지 측정 가능한 센서이다. 적외선 센서는 초음파 센서와 비슷한 방식으로 구동되는데 적외선을 쏘아 거리를 측정하는 방식이다. 이때, 측정 가능한 거리는 몇cm에서 최대 5m까지 측정 가능하다. 하지만, 적외선과 초음파 센서는 빛, 소음 등의 외부 자극에 민감하다 [5]. 레이더 센서는 전파를 방출하여 객체를 만나 돌아오는 시간을 측정하여 거리 혹은 객체 유무를 판단하는 방식으로 초음파, 적외선 센서와 비슷한 방식으로 측정된다.

하지만, 레이더 센서는 넓은 스펙트럼 대역에 걸쳐있어 다중경로 페이딩에 강하며, IR-UWB의 경우 펄스 주기가 매우 짧아 cm단위의 정밀도로 거리 측정이 가능하다. 펄스의 폭에 따라 정밀도를 높일 수 있으며, 외부 자극에 영향이 낮다는 특징이 있다. 본 논문에서는 거리에 대한 정밀한 측정이 가능하고, 범위를 측정할 수 있는 IR-UWB를 객체 침입 탐지 센서로 사용하고자 한다.

2.2 카메라를 이용한 객체 탐지

카메라를 이용하여 객체를 탐지하는 경우 먼저 객체를 인식, 추출, 추적, 해석 등의 단계로 이루어진다[1,3,6]. 객체의 인식은 일반적으로 움직이는 객체에 대한 감지를 말한다. 객체 추출은 차영상 기법을 사용하여 인식된 물체를 처리가능하도록 관심영역을 설정하는 것을 말한다. 움직이는 객체를 추적하는 방법에는 영상과 영상의 차영상을 이용하는 것이 일반적이다. 차영상 기법은 크게 2가지 방법으로 사용되는데 첫 번째는 이전영상과 현재영상의 차를 이용하는 방법, 두 번째는 배경 영상과 현재영상의 차를 이용하는 방법이 존재한다.

차영상 기법은 기준영상 선택 방법에 따라 사용 범위가 달라진다. 첫 번째 방법을 사용할 경우 화면 내에 있는 객체의 움직이는 방향을 탐지할 때 많이 사용된다. 두 번째 방법을 사용할 경우 객체의 유무를 탐지할 때 많이 사용된다[6].

객체 추출은 객체를 인식하고 난 뒤 인식된 객체를 추출하고, 추출된 객체를 지정한다. 이때, 다중객체를 포함할 수 있기 때문에 labeling 기법을 사용하여 처리한다.

객체 추적은 여러 알고리즘이 존재하는데 대표적으로 Mean Shift, CAMshift, ABCshift, 칼만 필터, 비선형 칼만 필터, 입자 필터 등이 있다. 그 중 Mean Shift, CAMshift, ABCshift 알고리즘은 탐색

윈도우를 통해 추적물체의 영역 및 중심을 계산하는 알고리즘이다[7, 8].

III. 침입 탐지 시스템 설계

3.1 침입 탐지 시스템 구성도

본 논문의 침입 탐지 시스템의 구성도는 그림 1과 같으며, 설치 예시는 그림 2와 같다.

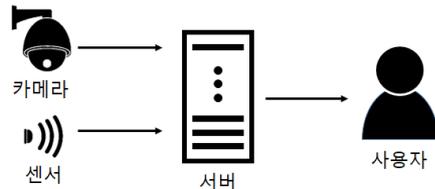


그림 1. 침입 탐지 시스템 구성도

그림 1과 같이 카메라와 센서는 모두 로컬 서버를 이용하여 구성하였다. 카메라와 센서 모두 인터넷을 사용하여 연결이 가능하지만, 본 논문에서는 이러한 방법을 제외하였다. 서버는 카메라와 센서를 1:1로 매칭하고, 사용자는 서버를 통해 카메라의 영상을 모니터링하고, 움직임이 감지되었을 경우 알림을 받을 수 있다. 센서의 경우 서버와 통신이 가능한 MCU보드와 IR-UWB센서를 이용하여 구성하였다.

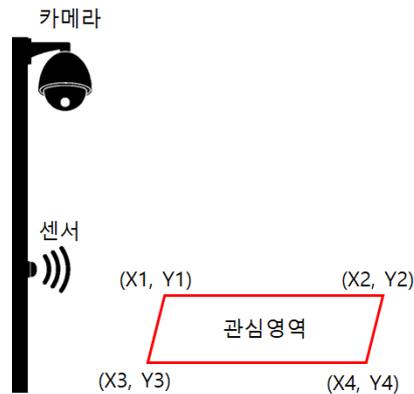


그림 2. 시스템 설치 예시

그림 2와 같이 카메라와 센서는 모두 같은 위치에 높이만 다르게 설치하였다. 이는 카메라의 감시 범위 내에 센서의 감시 범위가 포함되어 있어야 같은 객체에 대한 침입을 탐지 가능하기 때문이다.

3.2 객체 탐지 알고리즘

객체 탐지 알고리즘은 센서에서 사용되는 알고리즘으로 그림 3과 같다.

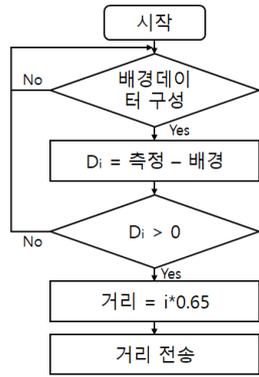


그림 3. 객체 탐지 알고리즘

IR-UWB에서 제공되는 데이터를 이용하여 MCU 보드는 일정 시간동안 측정되는 데이터들의 평균을 배경 데이터로 구성한다. 배경데이터가 구성되면 센서의 데이터가 측정될 때마다 배경데이터와 현재 데이터의 차를 구하고, 해당 값과 배경 데이터의 차이값을 이용해 객체의 유무를 판단한다.

3.3 침입 탐지 알고리즘

침입 탐지 알고리즘은 서버에서 사용되는 알고리즘으로 그림 4와 같다.

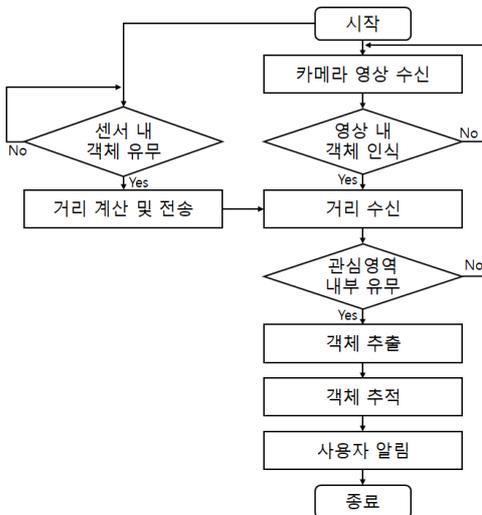


그림 4. 침입 탐지 알고리즘

서버에서는 먼저 카메라에서 들어오는 영상정보를 수신한다. 수신된 영상 데이터를 이용하여 객체의 유무를 판단한다. 객체가 없을 경우 다음 영상정보를 수신하여 객체가 탐지될 때 까지 반복한다. 객체가 탐지 되었을 경우 이와 동시에 센서에서 수신 받은 거리 데이터를 활용하여 해당 거리에 대한 영상 정보를 추출한다. 추출된 영상 정보에서 배경 영상과의 차영상 기법을 활용해 객체를 추출한다. 추출된 객체를 추적하여 관심영역에서 벗어나기 전까지 사용자에게 알림을 주는 방식으로 알고리즘을 구성하였다.

IV. 실험 결과

객체 탐지 알고리즘을 이용하여 일정거리마다 센서로 측정하였을 때 결과는 표 1과 같다.

표 1. 센서 측정 결과

횟수	거리	3m	7m
1		2.88m	7.02m
2		2.88m	6.92m
3		3.04m	6.92m
4		3.04m	6.92m
5		2.92m	7.02m
평균		2.95m	6.96m
오차		-0.05m	-0.04m

표 1의 데이터들은 센서를 실행하여 배경데이터를 구성 후 사람이 해당 거리에 들어가고 1초 뒤에 측정된 데이터의 표이다. 이때 1초뒤의 데이터를 사용하는 이유는 사람이 움직일 때 마다 거리 데이터를 출력하기 때문이다.

V. 결 론

본 논문에서는 레이더 센서와 카메라를 이용하여 관심 영역에 객체가 침입 여부를 탐지하는 시스템을 설계하였다. 주변 환경의 변화에 영향을 받는 카메라의 단점을 보완할 수 있는 IR-UWB 센서를 추가하여 시스템의 정확성을 높이고, 불필요한 연산을 줄여 경제적인 부담을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 실내 및 실외 어디서든 사용 가능하다는 장점이 있다. 하지만, 센서의 위치가 변경되거나 고장이 발생할 경우 측정이 부정확하다는 단점이 존재한다. 향후 실제 센서의 위치가 변경되더라도 사용자가 시스템 내에서 센서의 위치를 바꿀 수 있도록 할 것이다.

Acknowledgement

이 논문은 2018년도 BB21+사업에 의하여 지원되었음

References

- [1] S. M. Jang, H. G. Park, J. M. Seo, and S. M. Lee, "A Intrusion Detection System Using Object Motion Recognition Method," in *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, Jeju, pp. 319-322, 2010.
- [2] K. J. Kim, "A study of object trace using sensor

- information,” *The Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 14, No. 4, pp. 1921-1925, Apr. 2013.
- [3] S. W. Jang, and D. H. Jung, “Design and Implementation of a Distance Measurement System using Radar Sensor,” *The Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 22, No. 7, pp. 1009-1014, Jul. 2018.
- [4] H. J. Kim, J. B. Park, and J. Y. Pyun, “Human Detection and Ranging System Using IR-UWB Radar,” *The Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol. 13, No. 5, pp. 1-10, May. 2015.
- [5] D. H. Jung, S. Y. Choi, and S. W. Jang, “Design of an Object Detection System using Radar Sensors and Cameras,” in *Proceeding of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Cheonan, pp. 298-301, 2017.
- [6] C. Y. Kim, and S. R. Choi, “A Camera-Based System for Counting People in Real Time,” in *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, Korea, pp. 503-506, 2002.
- [7] S. Y. Lee, “OpenCV-based Object Tracking System,” *The Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol. 6, No. 5, pp. 29-37, May. 2016.
- [8] J. M. Jeong, H. Y. Kim, and S. O. Song, “Moving Object Detection and Counting System Using Difference Image Technique,” in *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, Daejeon, pp. 251-252, 2014.