creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000265196

2016年 2月

석사학위논문

IR-UWB 레이더와 차영상 기반의 보행자 검출

조 선 대 학 교 대 학 원

소프트웨어융합공학과

배 해 진

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2016년 2월 석사학위논문

IR-UWB 레이더와 차영상 기반의 보행자 검출

배 해 진

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

IR-UWB 레이더와 차영상 기반의 보행자 검출

Pedestrian detection based on IR-UWB radar and difference image processing

2016年 2月

조 선 대 학 교 대 학 원

소프트웨어융합공학과

배 해 진

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

IR-UWB 레이더와 차영상 기반의 보행자 검출

지도교수 변 재 영

이 논문을 공학석사학위신청 논문으로 제출함.

2016年 10月

조 선 대 학 교 대 학 원

소프트웨어융합공학과

배 해 진

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

배해진의 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 박 종 안 印

위 원 조선대학교 교수 김 판 구 印

위 원 조선대학교 교수 변 재 영 印

2015 년 11 월

조 선 대 학 교 대 학 원

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

그 림 목 차 ····· ii
표 목 차 ····· iv
Acronyms ····· v
ABSTRACT ····· vi

Ⅰ. 서 론 ····· 1
A. 연구 배경 및 목적 ····· 1
B. 연구 목표 ····· 2
C. 논문 구성 ····· 2
Ⅱ. 영상기반 검출 방법 ····· 3
A. 화소 값을 이용한 검출 기법 ····· 3
B. 블록화를 이용한 검출 기법 ····· 6
C. 블록 간 움직임 예측을 이용한 기법 ····· 7
D. Haar-like특징 ····· 8
E. HOG(Histogram of Oriented Gradient) ····· 9
Ⅲ. 거리센서 기술 ····· 11
A. IR-UWB 레이더 ····· 11
B. 키넥트(Kinect) ····· 13
Ⅳ. 제안하는 방법 ····· 14
Ⅴ. 실험 및 분석 ····· 16
A. 실험 환경 ····· 16
B. 제안하는 방법의 실험결과 ····· 17
Ⅵ. 결론 ····· 31

참고문헌 ····· 32

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그 림 목 차

그림 1. 임계치에 따른 보행자 검출 ····· 5
그림 2. 블록 단위 움직임 검출 흐름도 ····· 6
그림 3. 블록 간 움직임 예측 ····· 7
그림 4. Haar-like 특징 타입 ····· 8
그림 5. Hog 특징값과 벡터 ····· 9
그림 6. UWB 주파수 정의 ····· 11
그림 7. 제안하는 알고리즘 ····· 15
그림 8. 실험에 사용된 영상과 히스토그램 ····· 17
그림 9. 영상 (A)의 실험 ····· 18
그림 10. 영상 (A)의 임계치 제어 실험결과 (1) ····· 19
그림 11. 영상 (A)의 임계치 제어 실험결과 (2) ····· 20
그림 12. 영상 (A)의 임계치 제어 실험결과 (3) ····· 21
그림 13. 영상(A) 프레임 간격 ····· 22
그림 14. 영상 (B)의 실험 ····· 23
그림 15. 영상 (B)의 임계치 제어 실험결과 (1) ····· 24
그림 16. 영상 (B)의 임계치 제어 실험결과 (2) ····· 25
그림 17. 영상(B) 프레임 간격 ····· 26
그림 18. 영상 (C)의 실험 ····· 27
그림 19. 영상 (C)의 임계치 제어 실험결과 (1) ····· 28
그림 20. 영상 (C)의 임계치 제어 실험결과 (2) ····· 29
그림 21. 영상(C) 프레임 간격 ····· 30

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 목 차

표 1. IR-UWB레이더와 키넥트의 장·단점 ····· 13
표 2. IR-UWB 레이더 파라미터 ····· 17
표 3. 영상 (A) 제안하는 방법 실험 결과 비교(단위 : %) ····· 23
표 4. 영상 (B) 제안하는 방법 실험 결과 비교(단위 : %) ····· 26
표 5. 영상 (C) 제안하는 방법 실험 결과 비교(단위 : %) ····· 30

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Acronyms

CCTV:	Closed Circuit Television
IR-UWB :	Impulse Radio-Ultra Wideband
UWB :	Ultra-Wideband
BMA :	Block Matching Algorithm
MAD:	Mean Absolut Difference
MSD:	Mean Squared Difference
TOA :	Time of arrival

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

Pedestrian detection based on IR-UWB radar and difference image processing

Bae, Hae-jin
Advisor : Prof. Pyun, Jae-Young, Ph.D.
Department of Software Convergence Engineering
Graduate School of Chosun University

Security systems using images have a simple monitoring function only. Such systems are difficult to use in low image brightness, because it is not possible to clearly detect the shape, shadow, and outline of an object. Even though the performance of object detection can be improved by using infrared and thermal imaging cameras, commercialization is difficult due to high cost.

In the present study, using images together with IR-UWB radar is proposed. Because image processing technologies are sensitive to surrounding environments such as brightness and background texture, detection is made by using IR-UWB radar to supplement it. Distance of a pedestrian is measured on the IR-UWB radar. With the measured distance information, existence of a pedestrian is determined. If a pedestrian is not detected in the image, detection is made by adjusting the threshold with the distance information of the IR-UWB radar. If the pedestrian is not detected even after adjusting the threshold, the existence of a pedestrian can be assumed with the distance information. The improvement of pedestrian detection performance based on image processing and IR-UWB radar has been proved through the real-time experiments detecting a moving target in the low brightness environment.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

I. 서 론

A. 연구 배경 및 목적

최근 안전과 보안의식이 향상됨에 따라 영상을 이용한 보안시스템이 대두되고 있다. 대표적으로 실생활에서는 보안을 목적으로 CCTV 영상, 자동차 블랙박스 영상 등을 사용하고 있으며, 사회적으로 CCTV 설치가 의무화가 되어짐에 따라서 CCTV의 기능도 다양하게 변화되고 있다. CCTV 영상은 보완, 감시, 시설물 관리, 교통관리 등 다양한 분야에서 사용되고 있지만, CCTV 영상은 단순 모니터링 기능만 가지고 있기 때문에 보안, 감시, 관리 등에는 취약한 점이 있다. 이를 위해 영상처리, 영상인식 등 영상기반의 보안시스템에 대한 기술이 주목받고 있으며, 영상을 이용하여 움직이는 객체들을 검출하고 추적하는 연구가 진행되고 있다 [1]-[4]. 2차원적인 정보를 갖는 영상의 경우 낮은 조도로 인해 야간에는 객체들의 형태, 그림자, 윤곽 등을 명확하게 검출할 수 없기 때문에 야간영상에서는 보안에 취약하다 [5]-[6]. 야간영상의 경우 낮은 조도에도 감시가 가능한 적외선 카메라, 열화상 카메라 등을 사용함으로써 객체들의 검출 성능을 향상시키지만 고비용으로 인해서 상용화에 어려운 단점이 있다. 영상을 이용한 보안시스템에는 객체검출, 추적 등의 기술이 필요하다. 대부분 실내 추적에는 CCTV 영상을 사용했지만, 어두울 경우 실내추적에 어렵다는 단점이 있다. 이를 위해 초음파 센서, 적외선센서, 레이더 등 센서들을 이용해서 단점을 보완하는 추세로 실내에서도 정밀도로 추적이 가능한 IR-UWB 레이더가 주목받고 있다. IR-UWB 레이더는 펄스의 크기가 짧을수록 정밀도로 거리 측정을 할 수 있고 짧은 신호주기를 가지고 있어 정밀도 측정이 가능하고 많은 정보를 포함할 수 있다. 저 전력, 저 비용 등의 장점을 가지고 있고, 목표물의 형태를 구분하기 쉽고 투과성이 뛰어나기 때문에 다양한 분야에서 많은 연구가 진행되고 있다 [7]-[8].

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 연구 목표

본 논문에서는 IR-UWB 레이더와 영상을 이용하여 움직이는 객체를 추적한다. 영상에서 움직임을 검출하기 위해 간단하고 효과적인 차 영상 기법을 사용한다. 차 영상의 경우 간단하면서도 밝기에 민감하기 때문에 움직임을 검출하는 데 어려움이 있다. 영상의 경우 움직임이 갑자기 사라지거나 실패할 경우가 있고, 야간의 경우 어둡기 때문에 보행자 검출이 어렵다. 이때 밝기나 외부환경의 영향을 받지 않는 IR-UWB 레이더를 이용한다. IR-UWB 레이더를 통해 움직이는 객체의 거리정보를 획득하여 객체의 유무를 판단한다. IR-UWB 레이더를 통해 객체의 위치가 측정된다면 영상의 임계치를 조절하여 영상에서 보행자를 검출한다. 야간의 경우 임계치 조절 후에도 객체 검출이 불가능하기 때문에 IR-UWB 레이더의 위치 정보를 통해 객체의 위치를 예측할 수 있다.

C. 논문 구성

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 대표적으로 사용되고 있는 움직임 검출 방법을 설명하고 제 III장에서는 거리센서 기술에 대해서 설명한다. 제 IV장에서 본 논문발표에서 사용한 제안한 방법에 대해서 기술하며 제 V장에서는 제안기법에 대한 실험과 실험에 대한 분석을 서술한다. 마지막으로 제 VI장에서는 결론을 맺는다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

II. 영상기반 검출 방법

영상에서 이동하는 물체나 사람을 추적하는 연구는 비전 분야에서 가장 많이 사용되고 있는 기술이다. 대표적으로 가장 많이 사용 되고 있는 보행자 검출은 현재 영상과 이전 영상의 차 영상에서 특징 값을 분석한 후 움직임을 검출하는 방법들이 많이 사용되어 지고 있다.

움직임을 검출하기 위해 사용되는 특징 값은 평균이나 표준편차가 있다. 특징 평균값을 이용하여 움직임을 검출할 경우 연산량이 적어 검출성능이 높다는 장점을 가지고 있는 반면, 표준편차 특징 값을 이용한 경우 밝기변화에 민감하다는 단점이 있다. 특징 값을 이용하여 움직임을 검출하는 방법에는 화소 값을 기반으로 하는 방법과 차 영상의 히스토그램을 이용하는 방법, 그리고 움직임 예측을 통해 검출하는 방법과 학습된 데이터를 이용하여 움직임을 검출하는 Haar-like 특징 방법과 Hog 방법은 다른 기법들과는 다르게 밝기와 카메라의 움직임에 대해서 전혀 영향을 받지 않기 때문에 검출 성능이 좋고 다양한 물체를 검출 할 수 있다.

A. 화소 값을 이용한 검출 기법

화소 값을 이용한 차 영상 기법은 간단하고 처리속도가 빠르기 때문에 움직이는 객체를 효율적으로 검출할 수 있는 기법이다. 이 기법은 두 개의 프레임의 차이를 구한 후 이진화 한 뒤 임계 값과 비교를 통해 움직이는 물체를 검출하는 방법이다 [9].

$$\delta(x,y) = |p(x,y) - f(x,y)| \tag{1}$$

식 (1)과 같이 $\delta(x,y)$는 프레임의 차이를 나타내고 $p(x,y)$는 이전 프레임, $f(x,y)$는 현재 프레임, (x,y)는 화소 값을 나타낸다. 이 기법은 화소 값을 직접 이용하기 때문에 화소 단위의 많은 정보를 얻을 수 있고 차 영상의 다양한 통계적 특성을 이용하여 움직임을 검출할 수 있다는 장점이 있다 [9]. 움직임을 판단하기 위해 임계치를 사용한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

$$T_h = \frac{\sum_{y=0}^{N}\left\{\sum_{x=0}^{M} p(x,y)\right\}}{M \times N} \tag{2}$$

식 (2)는 임계치를 계산하는 수식이다. 여기서 T_h는 차 영상을 이진화하기 위한 임계치이고, $p(x,y)$는 픽셀의 밝기 값, 그리고 M과 N은 영상의 폭과 높이이다.

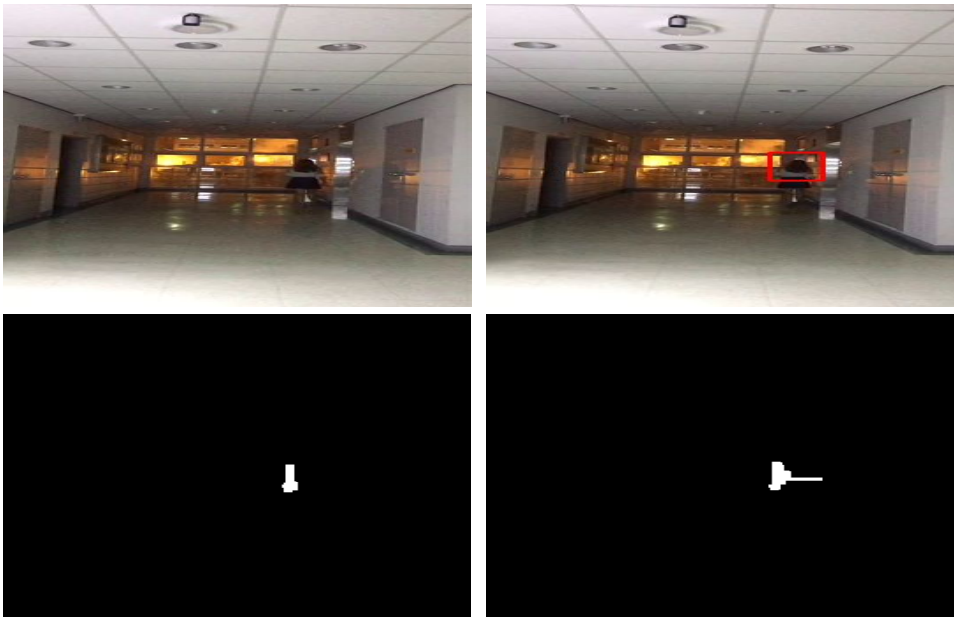
$$D(x,y) = \begin{cases} 1, & if\ \delta(x,y) > T_h \\ 0, & otherwise \end{cases} \tag{3}$$

식 (3)는 임계치를 이용하여 움직임을 검출한다. 임계치는 영상에서 물체와 배경을 구분하는 중요한 역할을 한다. $D(x,y)$는 차 영상을 나타내고, $\delta(x,y)$는 식1과 같은 프레임의 차이, T_h는 임계치를 나타낸다. 식(3)과 같이 프레임의 차이가 임계치 보다 클 경우 물체로 구분하여 움직임이 있는 것으로 확인하고, 그렇지 않을 경우 배경으로 구분하여 움직임이 없다고 판단한다. 임계치가 너무 높으면 물체에 관한 정보를 잃어버리게 되고 너무 낮으면 배경의 일부분을 물체로 판단하는 오류를 가지게 된다 [10]. 따라서 정확한 움직임을 검출하기 위해서는 최적의 임계치 결정이 필요하다. 이와 같은 식을 이용한 차 영상에서 움직임을 검출하는 경우 밝기의 차이가 뚜렷한 경우 매우 효과적이지만 밝기의 차이가 크지 않거나, 조명의 변화가 조금만 있어도 움직임이 있다고 판단하는 오류가 많이 발생하므로 정확한 움직임을 검출하기는 어렵다. 이러한 경우 고정된 임계치보다 픽셀 위치마다 서로 다른 임계치를 사용하는 가변 임계치를 사용한다. 가변 임계치는 P×Q 주변 영역의 밝기 평균에 일정한 상수를 빼서 결정하는 기법으로 고정 임계치를 사용한 결과보다 개선된 결과를 얻을 수 있다. 가변 임계치를 구하는 방법은 식 (4)와 같다.

$$T(x,y) = \frac{1}{PQ}\sum_{x_i}\sum_{y_i} I(x+x_i, y+y_i) - C \tag{4}$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



(A) 고정 임계치 (B) 가변 임계치

그림 1. 임계치에 따른 보행자 검출

그림 1과 같이 (A)의 결과보다 가변 임계치를 사용한 (B)의 결과가 밝기의 값을 평균화 해주므로 인해 보행자를 검출이 더 용이하다는 것을 알 수 있다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 블록화를 이용한 검출 기법

화소 값을 이용한 차 영상 기법은 화소 단위의 데이터 처리로 인해 처리 시간 증가와 잡음에 민감한 단점을 감수해야 한다. 이러한 단점을 해결하고자 영상을 일정한 블록 단위로 나누고, 각 블록의 통계적 특성을 분석하여 움직임영역을 검출하는 방법이 블록 단위 움직임 검출방법이다[11-12].

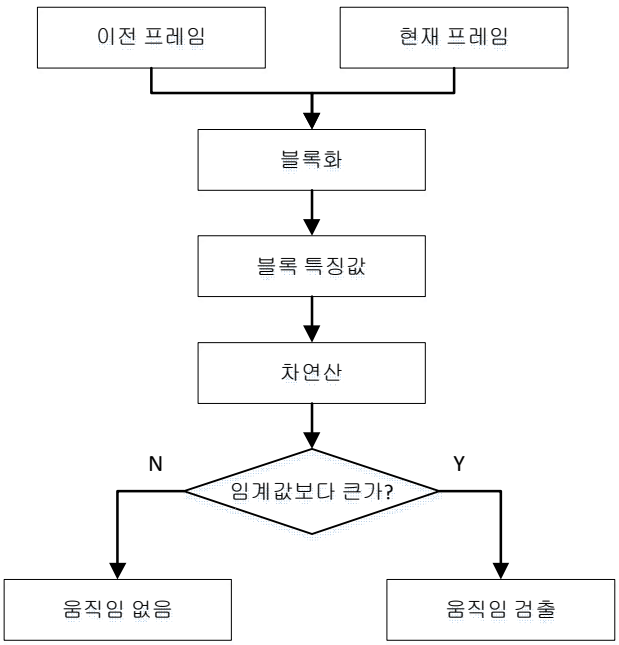


그림 2. 블록 단위 움직임 검출 흐름도

블록 단위로 특징 값을 얻는 경우 이전 영상의 블록 특징 값과 현재 영상 블록 특징 값만을 비교하기 때문에 블록 특징 값만 저장하면 된다. 또한 블록 단위로 통계적 특징 값을 구하는 과정에서는 화소 값을 이용한 차 영상 보다 잡음과 카메라 흔들림 등에 덜 민감한 효과를 얻을 수 있다. 이 기법은 화소 차 영상보다 블록 단위 기법을 사용하는 것이 잡음에 대한 영향을 줄일 수 있고 다양한 상황을 판단할 수 있지만 연산량이 많기 때문에 실시간 처리에 있어서 어려움이 있다. 또한 블록의 크기의 변화에 따라서 검출의 성능이 달라질 수 있다. 크기가 너무 작은 경우에는 움직이는 물체에 대한 통계적 특징을 확보하기 어렵고, 크기가 너무 클 경우 블록에 오랫동안 움직이는

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

물체에 대해서는 검출하지 못한다. 이렇게 블록의 크기에 따라 성능이 달라지므로 블록 크기에 대한 정확성과 상관성을 분석하는 작업이 필요하다 [13].

C. 블록 정합 기반의 검출 기법

블록 정합 알고리즘(BMA)은 연속되는 프레임에서 이전프레임과 현재 프레임 사이의 움직임을 검출하는 방법으로 새로운 위치를 나타내는 변위 벡터를 구하게 된다.

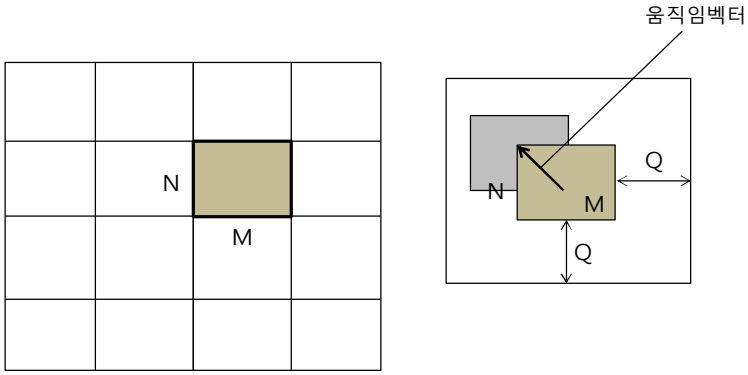


그림 3. 블록 간 움직임 예측

그림 3에 N×M 블록 크기를 같은 프레임 간 화소의 움직임 거리를 Q라고 한다.

이때 탐색 영역의 크기는 (2Q+N)×(2Q+M) 이며 탐색영역에 정합할 수 있는 탐색점의 개수는 $(2Q+1)^2$이다. 이때 정합을 위해 사용되는 방법으로는 평균절대오차 (MAD)와 평균자승오차법 (MSD)가 사용되고 있다 [14].

$$MAD(F_1,F_2) = \frac{1}{NM}\sum_{p=1}^{N-1}\sum_{q=1}^{M-1}\left|E_t(p,q)-E_{t-1}(p+F_1,q+F_2)\right| \tag{5}$$

$$MSD(F_1,F_2) = \frac{1}{NM}\sum_{p=1}^{N-1}\sum_{q=1}^{M-1}\left[E_t(p,q)-E_{t-1}(p+F_1,q+F_2)\right]^2 \tag{6}$$

식 (5),(6)에서 $E_t(q,p)$는 현재프레임이고 $E_{t-1}(p,q)$는 이전프레임, 그리고 (F_1,F_2)

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

은 탐색영역에서의 탐색점을 나타낸다. 평균절대오차와 평균자승오차가 최소가 되는 점은 움직임 벡터로 정의되어 있으며, 평균절대오차는 계산량이 적기 때문에 많이 사용되고 있다. 이 기법처럼 정합될 수 있는 모든 화소에 대해 오차를 구하고 가장 오차를 갖는 탐색점을 움직임 벡터로 결정하는 방법을 전 탐색 블록 정합 알고리즘이라고 한다 [14].

D. Haar-like 특징

학습 데이터를 이용한 특징추출 방법 중 대표적인 방법인 Haar-like 특징은 영상 영역의 밝기 차를 이용한 특징으로 다양한 형태의 크기, 모양, 위치를 갖는다. 이 기법은 Viola가 빠른 속도로 얼굴 검출을 위해 제안한 기법이다 [15].

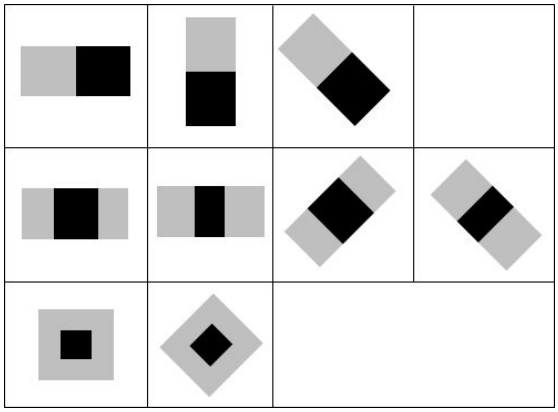


그림 4. Haar- like 특징 타입

그림 4의 Haar-like 특징 타입에 대한 특징 값은 흰색 부분에 해당하는 영상 픽셀들의 밝기 합에서 검은색 부분의 밝기 합을 뺀 차로 계산된다. 계산된 값이 부여된 임계치와 비교하여 물체와 배경을 판단한다. 즉 계산된 값이 임계치보다 작으면 대상물체이고 그렇지 않으면 배경이라고 판단한다. Haar-like 특징 기법은 계산량이 단순히 합연산과 차 연산 밖에 없기 때문에 빠른 속도로 계산하여 특징 값을 얻을 수 있지만, 밝기차이를 이용하기 때문에 밝기차이가 없는 영역에서는 검출이 어렵기 때문에 Haar-like 특징 적용이 어렵지만 영역 단위의 밝기 차를 이용하기 때문에 물체의 형태 변화 및 위치 변화에도 검출이 가능하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

E. Hog(Histogram of Oriented Gradient)

특징추출 방법 중 하나인 HOG기법은 edge 픽셀들의 방향에 대한 히스토그램 값을 연결하여 특징벡터로 나타내는 것으로 물체의 형상 특징을 추출할 때 사용하는 방법으로 보행자, 얼굴인식, 자동차 등 다양한 패턴을 갖는 객체를 인식하기 적합한 방법이다 [16]. Hog는 edge의 방향정보를 이용하기 때문에 조명 변화를 적게 받으며 기하학적 변화에 강인한 특징을 가지고 있다.

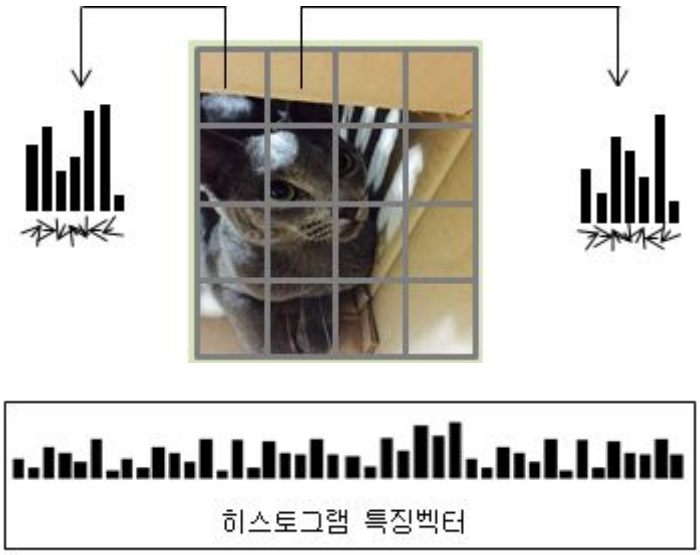


그림 5. Hog 특징값과 벡터

그림 5와 같이 영상을 일정 크기의 셀로 구분하고 셀안에서 각 픽셀들간의 기울기를 계산하여 기울기에 관한 히스토그램 특징 벡터를 만든다. Hog의 특징 벡터를 구하는 방법은 다음과 같다.

• 기울기 값 계산

Hog의 기울기 값의 계산식은 식(7), (8), (9)와 같다. 식과 같이 기울기 값은 각 픽셀의 밝기 영상으로부터 x,y축의 변화에 대한 분포의 크기 식(7)의 m과 θ는 밝기영상 x,y에 대한 방향성을 나타내고 $f_x(x,y)$ 와 $f_y(x,y)$는 밝기 영상에 대한 밝기 분포를 나타낸다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

$$m(x,y) = \sqrt{f_x(x,y)^2 + f_y(x,y)^2} \tag{7}$$

$$\theta(x,y) = \tan^{-1}\frac{f_y(x,y)}{f_x(x,y)} \tag{8}$$

$$\begin{cases} f_x(x,y) = i(x+1,y) - i(x-1,y) \\ f_y(x,y) = i(x,y+1) - i(x,y-1) \end{cases} \tag{9}$$

• 셀의 벡터화

기울기 값을 통해 얻어진 방향성분은 0°~360°로 나타난다. Hog 기법은 셀을 나누어 셀 단위로 각 방향의 정해진 히스토그램을 구하기 위해 누적한다. 모든 셀에 대한 히스토그램이 계산된다면 누적된 히스토그램을 하나의 벡터로 연결이 가능할 것이다. 이 과정을 통해 얻어진 벡터는 잡음의 영향을 피하기 위하여 각 셀의 히스토그램을 정규화 시킨다.

• 정규화

B_k는 블록의 특징량을 나타내고, ν는 특징벡터를 나타낸다. 식을 통해 얻어진 벡터는 분류기를 통해 객체 검출에 사용된다.

$$\nu = \frac{f}{\sqrt{\| B_k \|_2^2 + \theta^2}} \ (\theta = 1) \tag{10}$$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

III. 거리센서 기술

A. IR-UWB 레이더

1. UWB 기술

UWB는 무선반송파를 사용하지 않고 기저 대역에서 수 GHz 대의 매우 넓은 주파수를 사용하여 통신이나 레이더 등에 응용되고 있는 새로운 기술이다. 과거에는 미국의 군사용 무선기술로 개발되던 기술이 개방됨에 따라 상용화되고 있다. 이 기술은 기존의 주파수 개념에서 벗어나 광대역 주파수 대역을 가지고 있고, 짧은 신호의 주기를 가지는 임펄스 신호이고 이때 신호주기는 수 나노 혹은 수 피코 초의 짧은 펄스를 사용하기 때문에 매우 넓고 낮은 주파수 대역으로 인해 높은 보안성, 높은 데이터 전송 및 정확한 거리, 위치 측정이 가능하다. 특히 기존 무선시스템과는 다르게 기저 대역에서 통신이 이루어지기 때문에 낮은 비용으로 송수신기를 제작할 수 있는 큰 장점이 있다. 또한, 짧은 펄스를 사용함으로써 기존 기술보다 소비전력을 낮출 수 있고 직접파와 반사파의 경로 도달거리가 조금만 차이가 있어도 두 신호를 구분할 수 있다. 그림 6은 UWB의 주파수 정의를 표현하였다.

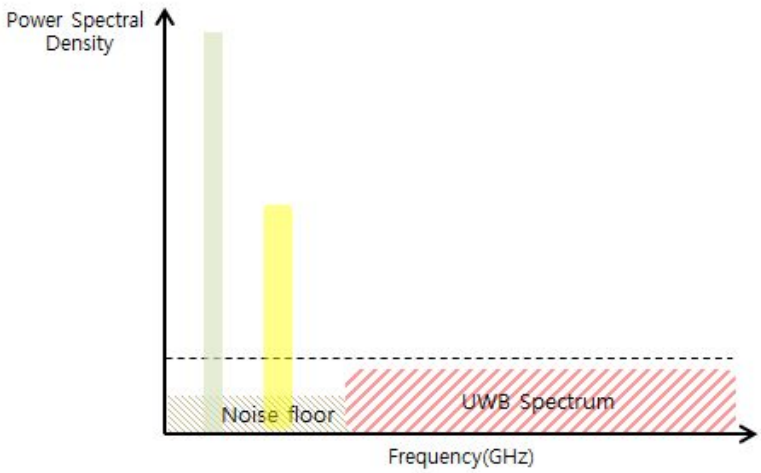


그림 6. UWB 주파수 정의

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 6과 같이 UWB는 기존시스템에 비해 매우 넓은 주파수 대역을 가지고 있고 있다. 이는 다른 시스템과의 간섭을 방지하기 위해 저 전력의 신호 에너지를 수 GHz 대역폭의 스펙트럼으로 분산하고 송신함으로 다른 협대역 신호에 간섭을 주지 않고 통신을 할 수 있다. 이러한 속성은 다른 RF통신기술과 주파수를 공유하여 사용할 수 있으며, 동시에 낮은 전력으로 운용되는 장점을 갖는다.

2.IR-UWB 레이더

IR-UWB 레이더는 임펄스 신호를 방사하여 탐지 물체로부터 반사되어 되돌아오는 시간을 이용하여 거리를 측정하고 펄스의 크기가 매우 짧을수록 정밀도 측정이 가능하고 많은 정보를 포함할 수 있다. 이 시스템은 일반적인 레이더에 비해 목표물에 대한 정밀도가 향상되고, 주변 환경에 대한 영향이 적으며, 목표물에 대한 지속적인 관찰 성능이 개선된다. 또한, 짧은 펄스를 사용하기 때문에 보안 분야에서도 활용할 수 있으며, 투과성이 좋기 때문에 장애물이 있어도 거리측정이 가능하기 때문에 다양한 분야에서 활용이 가능하다 [18].

$$R(t) = R_t(t) + R_c(t) + n(t) \tag{11}$$

IR-UWB에서 수신된 신호(R)은 식 (11)과 같이 목표물 신호를 나타내는 $R_t(t)$, 수신된 클러터 신호인 $R_c(t)$, 노이즈 신호는 $n(t)$이다. 식과 같이 IR-UWB는 물체의 거리를 추정하기 위해서 샘플링, 배경잡음 제거, 신호강화, 목표물 감지, ToA 추정 이 5가지의 과정이 필요하다 [19].

샘플링 과정은 수신신호를 고속 샘플링을 통해 디지털 신호로 변조하는 과정이다. IR-UWB 레이더는 임펄스 신호를 이용하기 때문에 샘플링 속도가 높아야 한다. 샘플링 과정을 통해 수신 신호를 획득하고 배경잡음 제거 과정을 통해 수신 신호에서 배경잡음들을 제거한다. 이 과정에서는 목표물 이외의 다른 물체들의 신호등을 제거한다. 배경잡음 제거를 통해 목표물의 신호만을 얻게 되어 거리를 추정할 수 있다. 신호강화 과정에서는 수신된 신호의 강화를 통해 SNR을 향상시키는 과정이다. IR-UWB 레이더의 송신 파워는 낮기 때문에 수신 신호의 세기도 낮다. 낮은 상태에서는 목표물 탐지가 어려움으로 Cross-correlation을 통해 SNR을 향상시켜 거리 측정의 정밀도를 향상

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

시킨다. 목표물 감지 과정은 신호강화 과정에서 향상된 신호를 가지고 목표물의 유무를 판단하고 확률이론을 통해서 목표물의 수량까지 결정한다. 목표물 감지 과정을 통해 목표물이 판단되면 ToA 기반으로 목표물의 거리를 추정하여 위치 추적이 가능하다 [20].

B. 키넥트(Kinect)

기존에는 카메라로부터 입력받은 컬러영상을 가지고 사람의 위치나 동작을 인식하여 분석했지만, 현재는 동작 인식에 관한 연구가 진행되고 있음에 따라 거리측정 센서가 대중화 되고 있다. 사람의 위치나 동작을 인식하여 디지털 기기와 상호작용 할 수 있는 기술로 각광받고 있는 키넥트는 게임용으로 개발된 컨트롤러로 사람의 제스처를 인식가능하고 깊이 센서를 이용하여 사람을 검출하기 위한 장치로 적외선센서와 카메라가 탑재되어 있으며 초당 30프레임의 속도를 제공하는 영상정보와 적외선 센서를 이용하여 픽셀 당 거리를 계산하여 최대 4m 범위의 사물의 거리 정보를 동시에 제공하므로 깊이 정보를 이용하여 배경에서 물체를 분리하는 것이 쉽다. 또한 야간에도 비교적 정확한 거리정보를 제공하기 때문에 조명이 없는 부분에서도 사용이 가능하다. 그러나 주변 영향을 받기 때문에 실외 보다는 실내 사용이 적합하며 측정 거리가 짧고 잡음이 심한 단점이 있다. 저렴하고 크기가 작으며 고가의 성능이 좋은 장비와 비교할 때는 정확도가 떨어진다 [21-22]. 표1은 거리정보를 제공하는 키넥트와 IR-UWB 레이더에 대한 장단점이다.

	IR-UWB 레이더	키넥트(Kinect)
장점	• 조명의 영향을 받지 않음 • 거리 정확성이 우수하다 • 거리 측정 범위가 넓다	• 저렴하며 크기가 작다 • 깊이 정보가 비교적 정확하다 • 회전변화에 강인하다
단점	• 고 비용 • 부피가 크다	• 측정 거리가 5m이내 제한적 • 잡음이 많다

표 1. IR-UWB레이더와 키넥트의 장·단점

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

IV. 제안하는 방법

영상의 경우 2차원적인 정보를 획득할 수 있지만, 밝기와 같은 외부환경에 대한 영향을 많이 받게 되고, IR-UWB 레이더는 외부 환경에 대한 영향이 적으며 1차원적인 거리 정보만을 획득 가능하다. 각각의 기술을 따로 사용할 경우 한계가 존재하기 때문에 두 방법을 조합하여 영상의 단점을 IR-UWB 레이더가 보완하는 기술로 사용하여 시간적인 효과와 정확한 정보 획득이 가능하다.

본 논문에서는 영상과 IR-UWB 레이더를 함께 사용하여 상호 보완기능을 갖는 보행자 검출 기법 방법을 제안한다. 영상에서 보행자 검출은 차 영상 기법을 사용한다. 차 영상은 주변의 영향을 많이 받기 때문에 오검출이 발생한다. 따라서 이를 보완하기 위해 IR-UWB 레이더 거리정보를 이용한다. IR-UWB 레이더의 거리 정보를 이용하여 거리 값이 있을 경우 보행자가 있다는 전제 하에 차 영상의 임계치를 조절하여 영상에서 보행자를 검출하고자 한다. 하지만 정확한 임계치를 찾기가 어려우므로 기존 설정된 임계치에서 적절한 delta(δ) 크기만큼 임계치를 조절하여 보행자를 검출하고자 한다. 만약 임계치 조절 후에도 보행자 검출이 되지 않았다면 거리정보를 기반으로 보행자의 존재를 판단할 수 있기 때문에, 보행자의 위치를 가정할 수 있다. 또한, 카메라에서 멀어질 경우 레이더의 범위 밖으로 벗어난다면 영상만을 이용하여 보행자를 검출한다. 제안된 방법을 사용하여 밝기에 상관없이 정확한 보행자의 검출 및 추적을 위해 제안하는 알고리즘은 그림 7과 같다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

```
int alpha, delta;
delta => 타겟 검출이 실패했을 경우 Threshold 감소

void IR-UWB radar()
{
 IR-UWB radar(distance); //레이더를 통해 거리정보 획득
}

while(1)
{
  IR-UWB radar();
  diff_img( prev, curr); // 이미지를 획득하여 이전영상과 현재영상의 차이를 나타냄
  TH(alpha); // 기본 임계치를 alpha로 설정
  labeling(); // 영상 차이값과 임계치를 통해 검출된 영역을 영상에서 사각형모양으로 표시
    if( radar 거리가 0<distance<8m로 존재 && labeling()정보 없을 경우)
        TH(alpha-delta, 255); // 새로임 임계치 설정을 위해 기본값에서 delta값을 뺌
        labeling(); // 새로운 임계치 설정을 통해 영상에서 사각형모양으로 표시

    else if( 임계치 설정 후에도 labeling()정보가 없을 경우)
        IR-UWB radar(); // IR-UWB 레이더 거리정보를 이용하여 보행자 검출 및 추적

    else( 화소변화 없을 경우 )
     TH(alpha);  // 임계치 설정값 유지

    else( distance >8m)
        diff_img( prev, curr); //영상만을 가지고 추적

    return;
}
```

그림 7. 제안하는 알고리즘

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

V. 실험 및 분석

A. 실험환경

본 논문에서는 제안하는 방법의 성능평가를 위해 서로 다른 조명을 갖는 실시간 영상을 통해 실험을 수행하였다. 영상의 단점을 보완하기 위해 IR-UWB 레이더를 함께 사용하여 검출성능을 비교하였다. 또한, 보행자 검출과 추적을 수행하면서 겹침 현상이 생기는 부분도 IR-UWB 레이더를 사용하여 보행자의 위치를 추적한다. 실험에서 사용된 IR-UWB 레이더의 경우 측정 범위를 0m~8m로 설정하였고 실험에 사용된 IR-UWB 레이더의 파라미터는 표 2와 같다.

Parameter	Unit
Antenna	Vivaldi
Operation frequency	0.9-3.5GHz
Number of sample in a frame	512
Frame range	Approximately 2m
Pulse repetition frequency	48 MHz

표 2. IR-UWB 레이더 파라미터

IR-UWB 레이더의 방사각은 42° 이며 설정된 파라미터 값에 의해 일정한 파형을 송신한다. 한 프레임의 샘플의 수는 512개이며 측정 범위는 2m이다. 이는 프레임 오프셋 변경을 통해 조절한 범위의 거리를 측정할 수 있다.

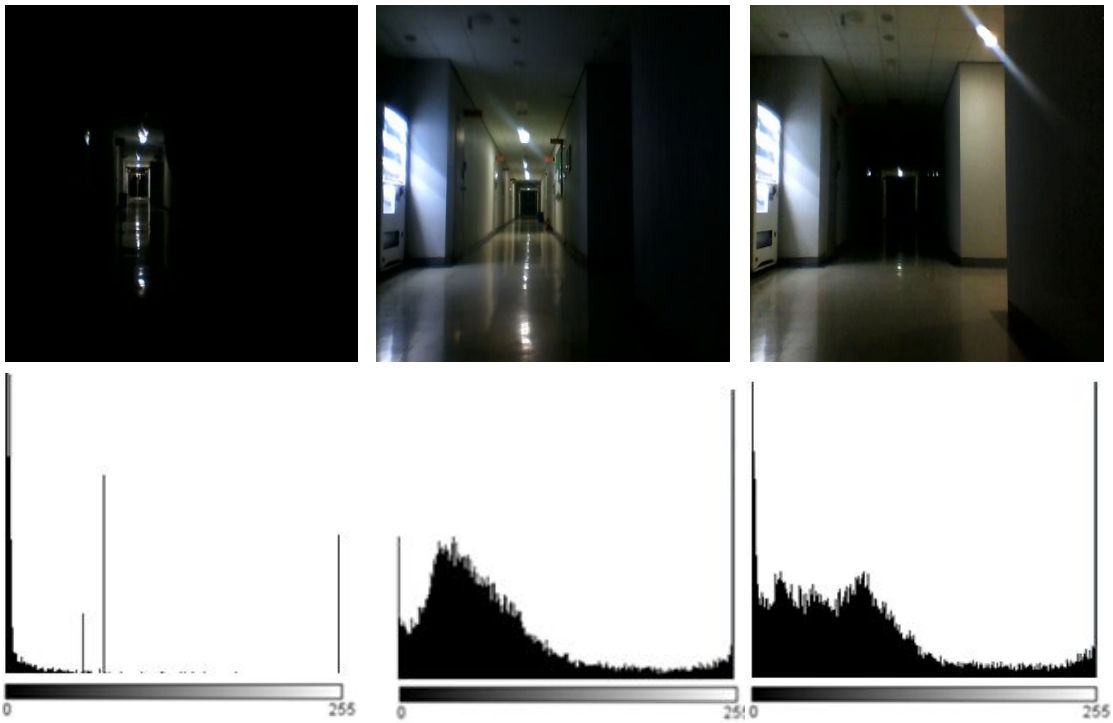
또한, 보행자 검출을 위해 각각 다른 조도의 영상을 실시간으로 얻어 실험에 사용했다. 이 영상의 크기는 760×570 크기를 사용한다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 제안하는 방법의 실험결과

실험에 사용된 영상은 그림 8과 같다.



(A) (B) (C)

그림 8. 실험에 사용된 영상과 히스토그램

실험에서 사용된 영상은 초당 30frame 속도로 획득되었으며 그림 8과 같은 히스토그램 분포를 보이고 있다. 그림 (8)의 히스토그램 가로축은 영상의 픽셀 값이며, 세로축은 픽셀 값에 대한 빈도수를 나타낸다. 영상 (A)의 경우 밝기가 조금 존재하는 영상이고, 영상 (B)는 카메라로부터 가까운 곳은 어둡고 먼 곳은 밝은 영상이고, 영상 (C)는 카메라로부터 가까운 곳이 밝고 멀수록 어두운 영상이다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

실험에 사용된 영상을 가지고 제안된 방법을 실험한 결과이다.

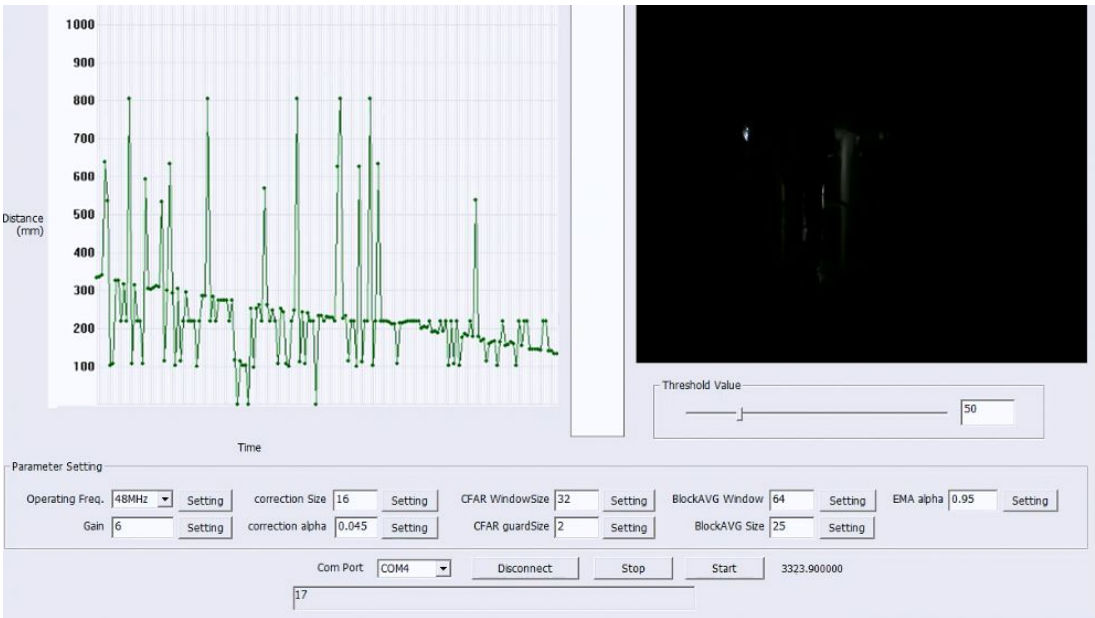
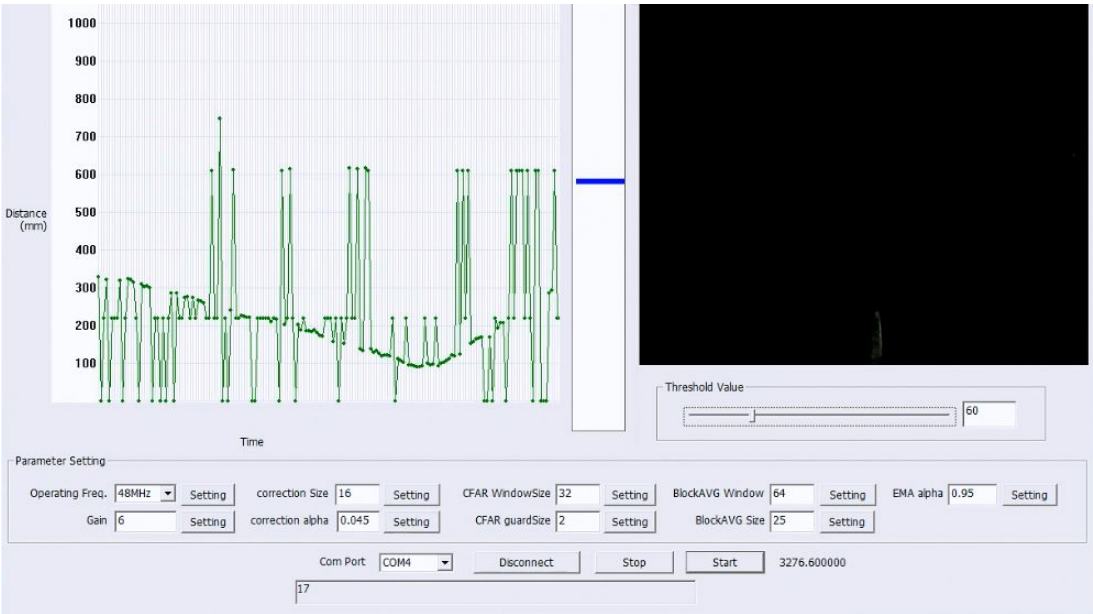


그림 9. 영상 (A)의 실험

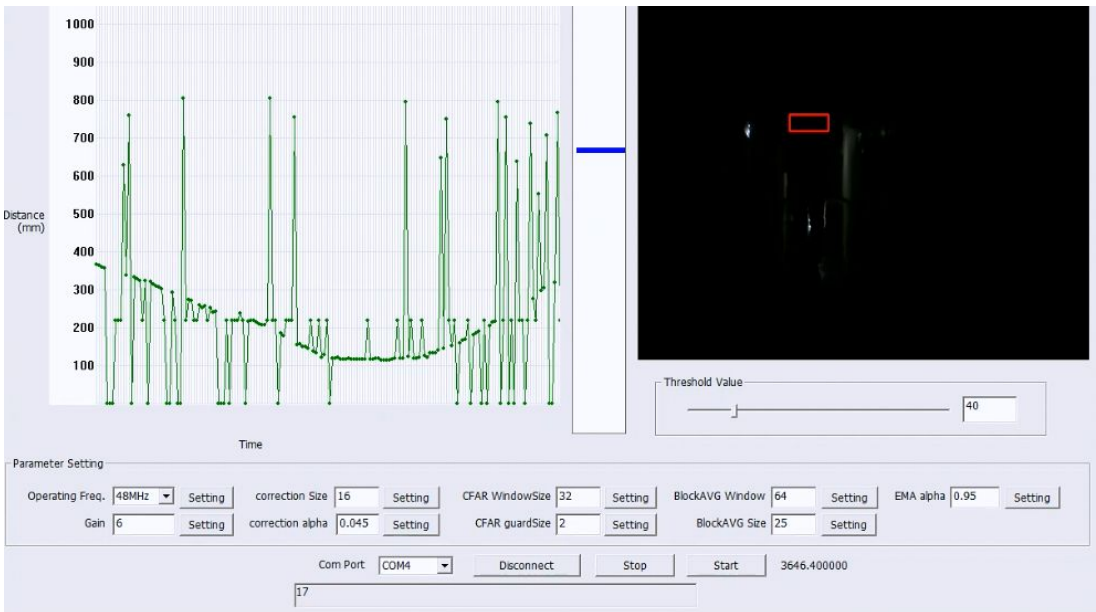
그림 9는 영상 (A)를 가지고 실험한 결과이다. 영상에서는 정보획득이 불가능하다. 하지만 IR-UWB 레이더의 경우 거리정보 획득이 가능하다. 거리정보를 통해 3~4m에 보행자가 있다는 것을 확인할 수 있다. 이때 거리정보를 기반으로 보행자가 있다는 가정 하에 배경이 어두울 경우 임계치 감소를 위해 delta(δ)값 10을 가지고 적절한 임계치를 설정하여 보행자 검출을 나타낸다. 실험 결과는 그림 10, 11, 12와 같다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



TH = 50 $+\delta$

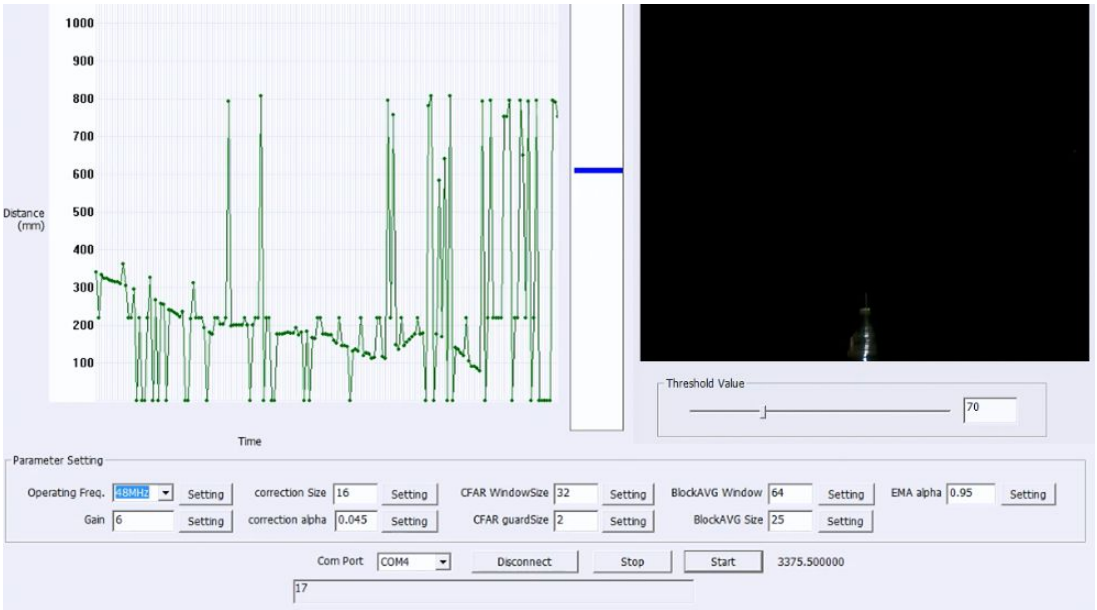


TH = 50 $-\delta$

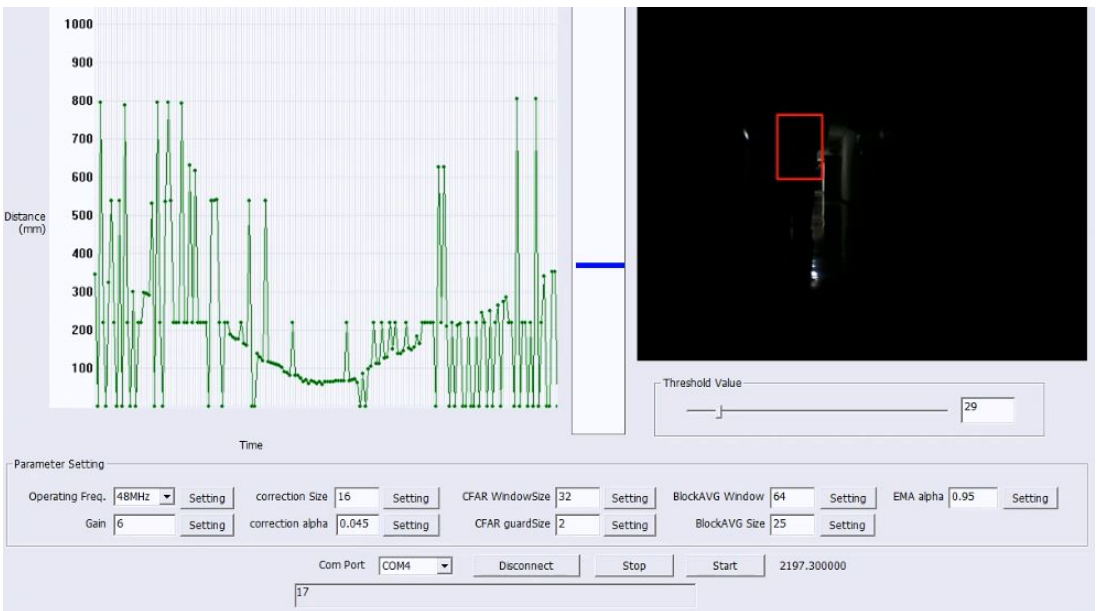
그림 10. 영상 (A)의 임계치 제어 실험결과 (1)

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



TH = 50 $+2\delta$

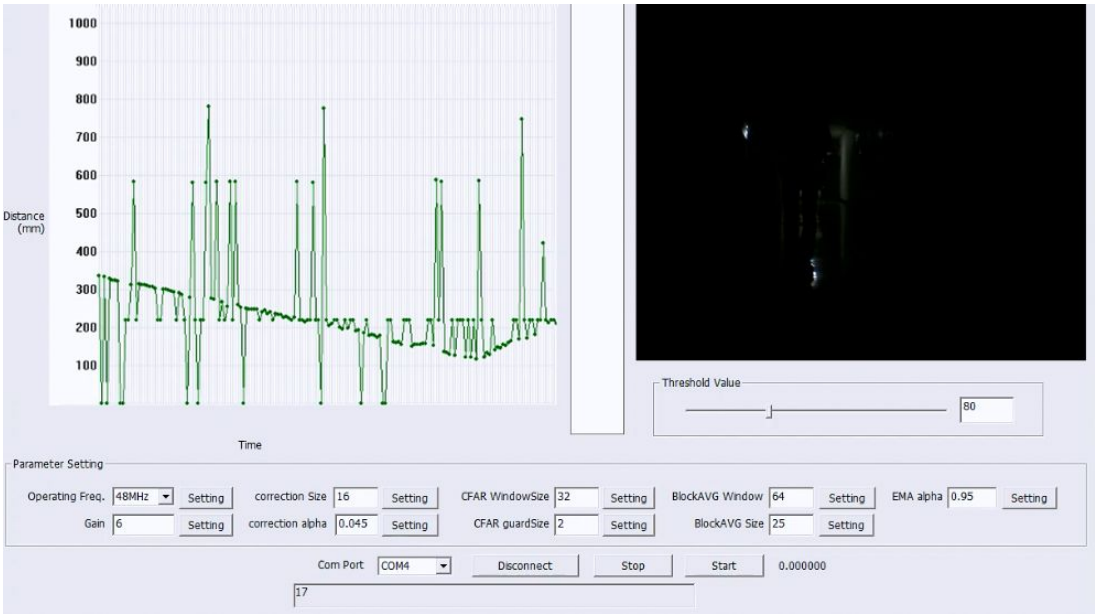


TH = 50 -2δ

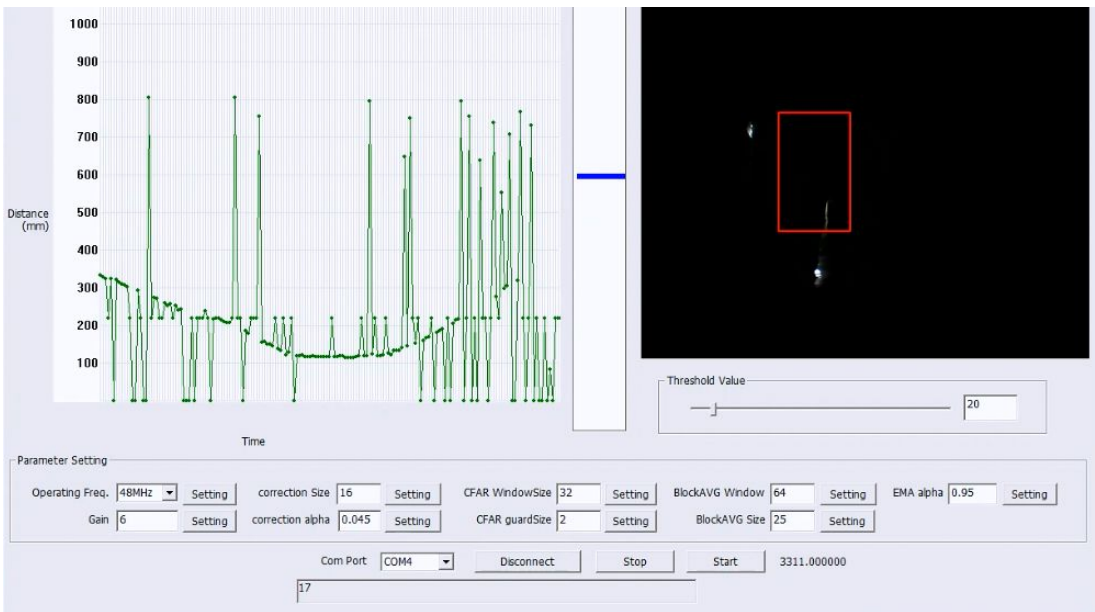
그림 11. 영상 (A)의 임계치 제어 실험결과 (2)

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



TH = 50 $+3\delta$



TH = 50 -3δ

그림 12. 영상 (A)의 임계치 제어 실험결과 (3)

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림과 같이 IR-UWB 레이더 거리정보를 통해 3~4m에 보행자의 존재를 확인했고 δ값을 10으로 두어 실험한 결과 $+\delta$가 된 그림에는 보행자를 검출할 수 없는 반면에, $-x\delta$가 된 그림에는 보행자가 서서히 검출되는 것을 확인할 수 있었다.

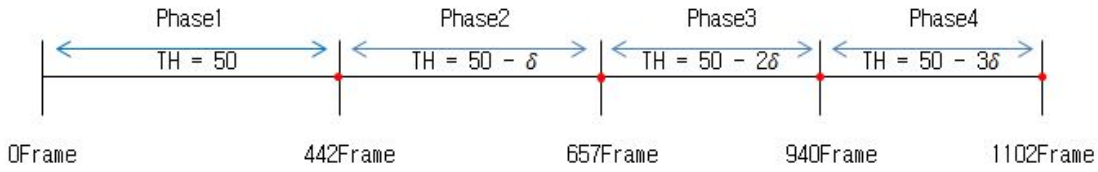


그림 13. 영상(A)의 프레임 간격

그림 13은 영상(A)에 대한 프레임 간격을 나타낸 그림이다. 그림 14는 IR-UWB 레이더 거리정보를 통해 보행자가 검출이 안 될 경우 임계치가 δ값에 의해 조절되는 구간으로 표3의 검출 비율의 이해를 돕기 위해 도식화 시킨 것이다. 제안한 방법을 실험한 결과 표3과 같은 검출비율이 나타났다. 표 3은 임계치 조절 후 검출된 보행자를 수치화 시킨 것으로 실험에서 $+x\delta$된 결과는 IR-UWB 거리정보가 존재하더라도 임계치 조절에서 보행자 검출이 어려우므로 수치화에서 제외하였다. 표와 같이 Static Threshold는 기존에 사용되는 방법으로 영상 (A)에서 고정 임계치를 사용했을 때 나타나는 검출 결과이다. Dynamic Threshold는 제안하는 방법으로 임계치가 설정되는 구간마다의 보행자 검출 비율을 나타낸다. Phase1의 경우 기존의 설정 값을 Static Threshold에서 사용되는 값과 같은 값으로 사용했기 때문에 같은 비율이 나타났다. 각각의 δ값을 비교 했을 경우 2δ와 3δ로 감소할 때 즉, 임계치가 20~30 사이일 경우 보행자 검출이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 평균적으로 제안한 기법을 사용했을 경우 10% 이상의 검출 향상이 이루어졌다.

Static Threshold	Dynamic Threshold				
43.74	Phase1	Phase2	Phase3	Phase4	A.V (Average)
	43.72	47.28	53.34	63.26	51.9

표3. 영상 (A) 제안하는 방법 실험 결과 비교(단위 : %)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 14는 영상 (B)를 가지고 실험한 결과이다. 영상 (B)는 IR-UWB 레이더의 거리 정보는 3m로 측정되었고, 그림과 같이 보행자의 형태를 육안으로 확인할 수 있다. 하지만 영상을 보는 것과 같이 정확한 보행자 영역 설정은 이루어지지 않았다.

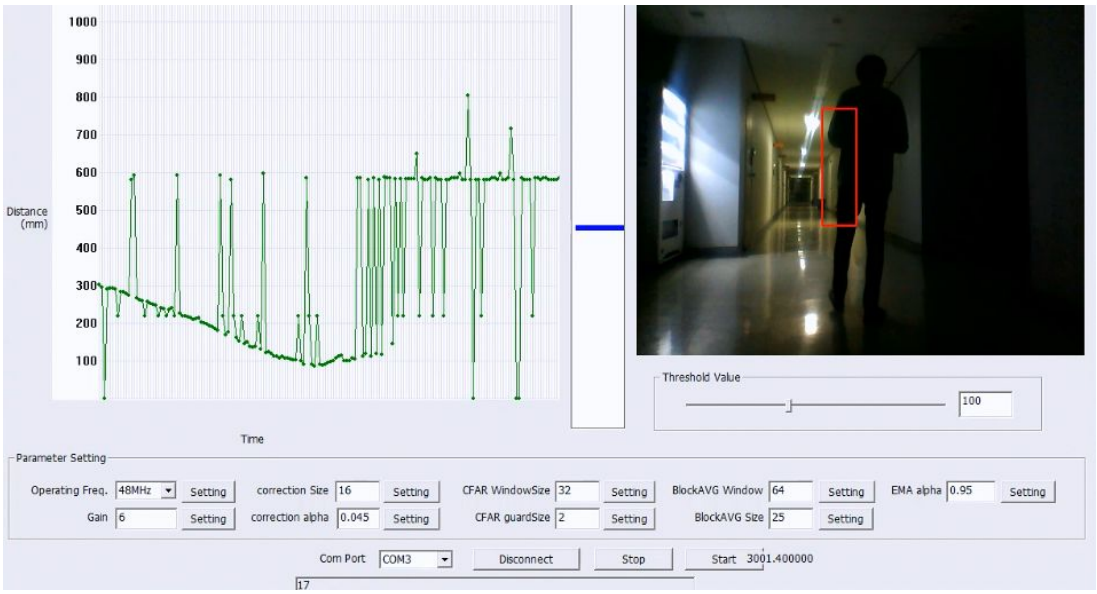
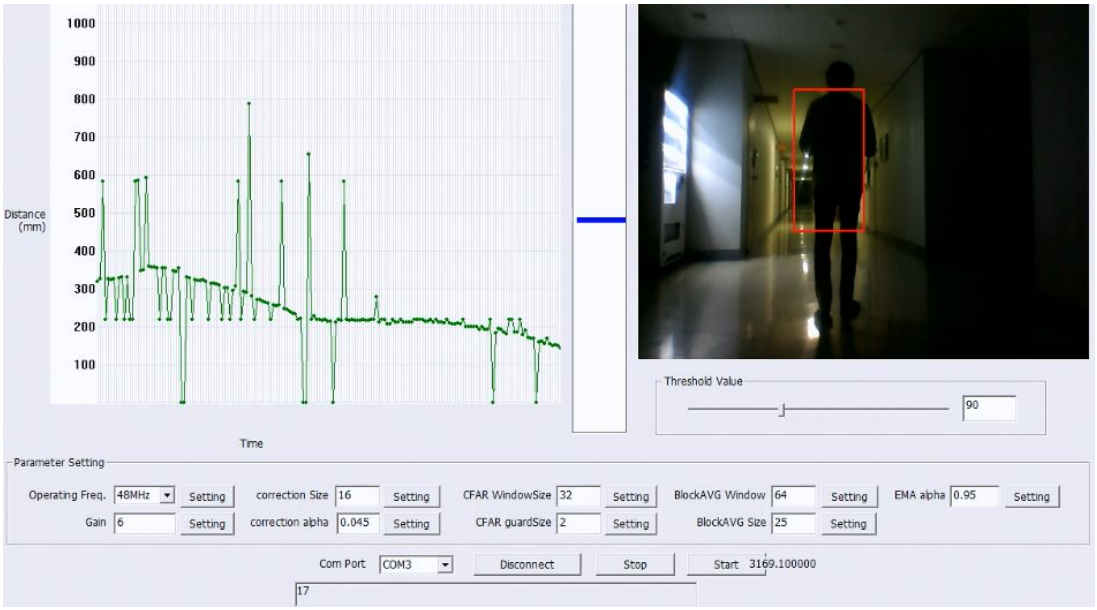


그림 14. 영상 (B)의 실험

다음 그림 15, 16은 제안한 방법을 적용한 영상(B)의 실험결과이다. 그림과 같이 초기 설정된 임계치의 값은 100이고, IR-UWB 레이더에서 거리정보가 얻어진 것을 알 수 있다. 하지만 정확한 보행자 검출이 이루어지지 않았기 때문에 임계치 조절을 통해 보행자를 찾고자 한다. 이때 delta(δ)값은 10으로 하고 결과를 나타낸다.

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



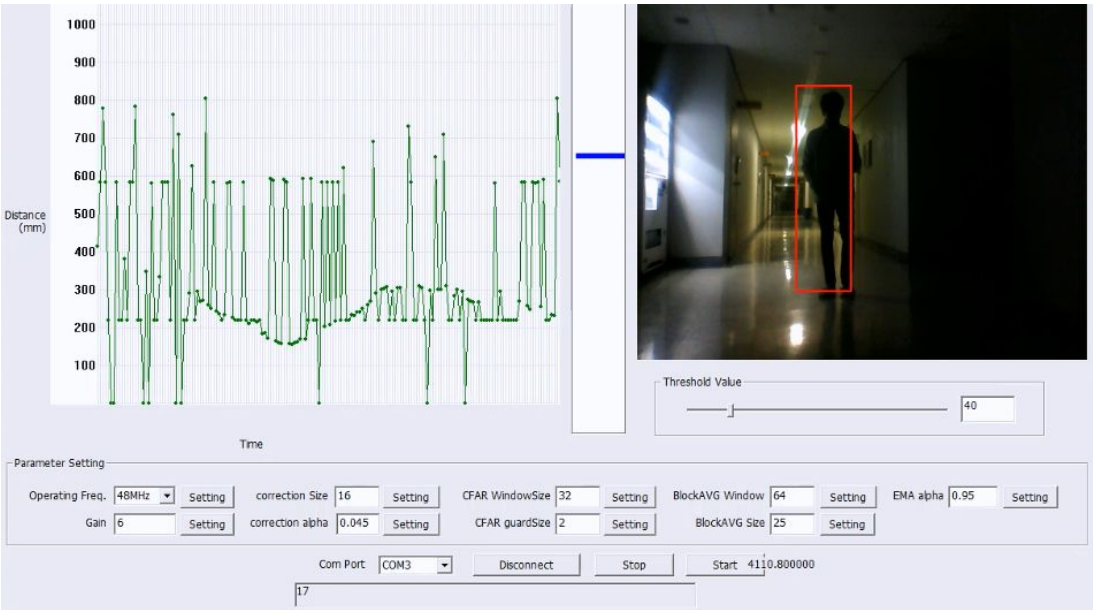
TH = 100 $-\delta$

TH = 100 -3δ

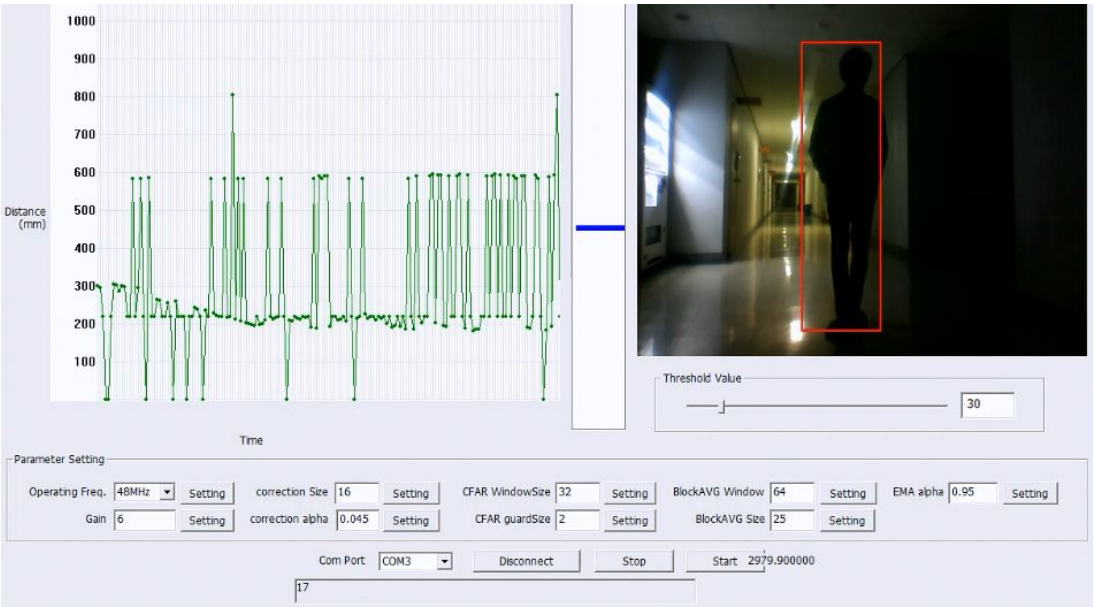
그림 15. 영상 (B)의 임계치 제어 실험결과(1)

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



TH = 100 -6δ



TH = 100 -7δ

그림 16. 영상 (B)의 임계치 제어 실험결과 (2)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

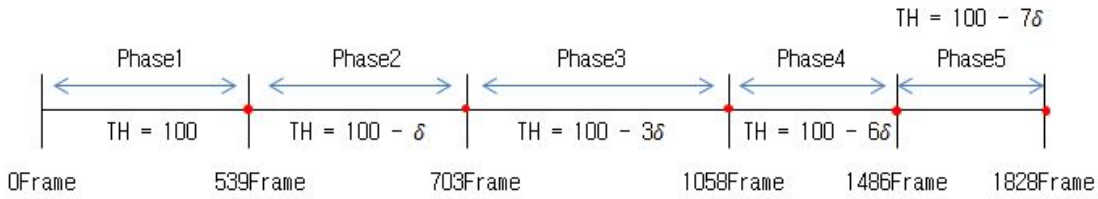


그림 17. 영상(B) 프레임 간격

Static Threshold	Dynamic Threshold					
61.49	Phase1	Phase2	Phase3	Phase4	Phase5	A.V
	61.49	73.30	75.82	80.74	83.16	74.91

표4. 영상 (B) 제안하는 방법 실험 결과 비교(단위 : %)

제안한 방법을 실험한 결과 표4와 같은 검출비율이 나타났다. 실험결과 IR-UWB 레이더 거리정보에 의해 임계치 조절한 결과 다른 실험환경보다 보행자 검출이 잘 나타났다. 하지만 카메라와 가까워질수록 어둡기 때문에 밝은 뒷부분에 비해서는 보행자 검출이 어려웠기 때문에 카메라와 가까워질수록 보행자의 검출을 위해 거리정보를 기반으로 임계치 조절을 이용하여 보행자를 검출하였다. 기존의 방법을 사용한 Static Threshold를 100으로 설정한 보행자 검출률은 61.49%가 나타났으며, 각각의 δ값을 비교 했을 경우 다른 실험에 비해 검출률이 높게 나타났다. 제안하는 방법을 사용한 실험 결과 평균적으로 74.91%로 10%이상 검출률이 향상되었음을 알 수 있었다.

dCollection @ chosun

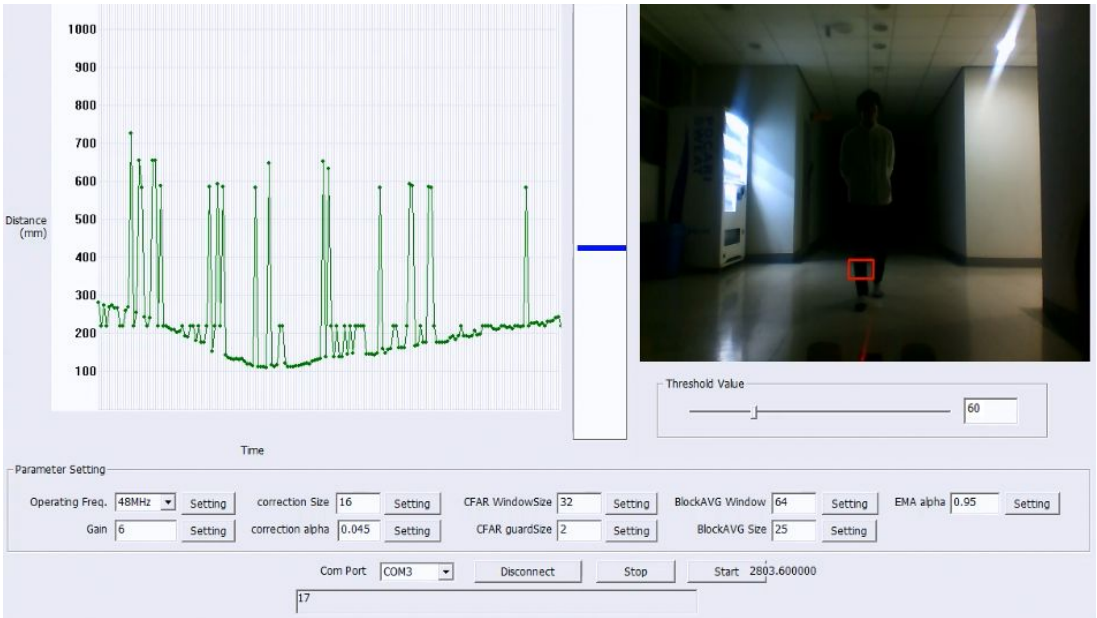
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 18. 영상 (C)의 실험

그림 18은 영상 (C)를 가지고 실험한 결과로 초기 설정된 임계치는 70이다. IR-UWB 레이더의 거리정보를 통해 보행자가 3~4m 이내에 보행자가 있다는 것을 확인 할 수 있었지만, 영상에서 보행자의 검출은 실패했다. 그림 19, 20은 제안한 방법을 실험한 결과이다. 그림과 같이 delta값을 감소시켜 보행자의 검출을 수행하였다. 이때 임계치가 낮아질수록 불필요한 영역도 검출되었다. 불필요한 영역은 보행자라 인식하지 않고 실험을 진행하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



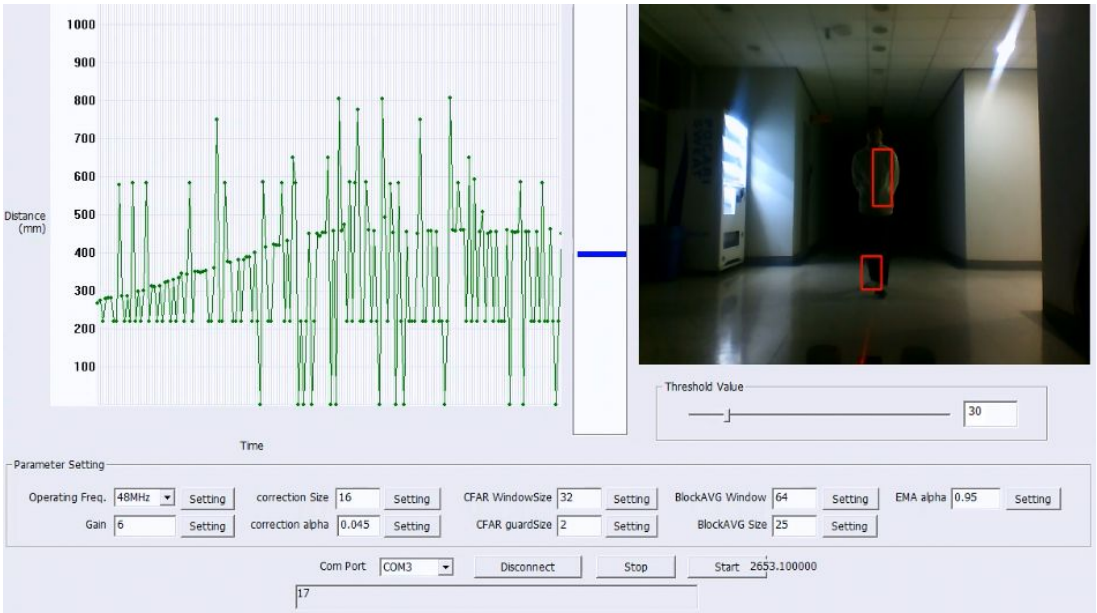
TH = 70 $-\delta$

TH = 70 -3δ

그림 19. 영상 (C)의 임계치 제어 실험결과 (1)

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



TH = 70 -4δ

TH = 70 -5δ

그림 20. 영상 (C)의 임계치 제어 실험결과 (2)

dCollection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

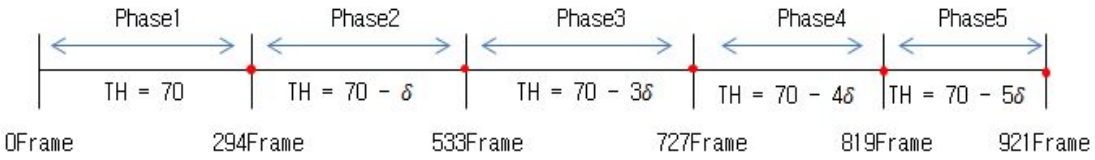


그림 21. 영상(B) 프레임 간격

Static Threshold	Dynamic Threshold					
40.07	Phase1	Phase2	Phase3	Phase4	Phase5	A.V
	40.07	53.34	51.04	54.84	59.39	57.74

표5. 영상 (C) 제안하는 방법 실험 결과 비교(단위 : %)

표 5는 영상 (C)를 제안한 방법으로 실험한 결과를 수치화 시킨 표이다. 기존 방법으로 Static Threshold 70으로 설정한 보행자 검출률은 40.07%이고, 그림19, 20과 같이 IR-UWB 레이더의 거리정보를 기반으로 δ값을 찾아 임계치를 조절하여도 정확한 보행자 검출은 어려웠다. 그러나 제안하는 방법의 실험 결과 기존의 방법보다 평균적으로 약 20% 향상됐음을 확인할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

VI. 결론

본 논문에서는 1차원 정보를 갖는 IR-UWB 레이더와 2차원 정보를 갖는 영상을 함께 사용하여 보행자 검출 및 추적하였다. 각각의 기술을 하나씩 사용할 경우 IR-UWB 레이더의 기술은 거리정보를 통해 대략 보행자가 몇m에 존재하는지 정보를 통해 예측할 뿐 시각적인 정보는 존재하지 않는다. 영상의 경우는 보행자 검출은 가능하지만 밝기와 같은 회부환경에 영향을 받기 때문에 보행자 검출이 어려운 상황이 있다. 이런 한계점을 개선하기 위해 IR-UWB 레이더의 거리정보와 영상을 함께 사용하여 시각적인 효과와 정확한 정보 획득이 가능하다.

본 실험에서는 실시간 영상에서 차영상 기법과 IR-UWB 레이더의 거리정보를 이용하여 보행자를 검출하고 추적하였다. 조도가 낮은 환경에서는 보행자 검출과 추적이 어려움으로 이를 개선하고자 IR-UWB 레이더의 거리정보를 이용하였다.

실험을 통해 IR-UWB 레이더 거리정보는 획득했지만 영상에서 보행자의 검출이 나타나지 않을 때 거리정보를 통해 보행자가 존재 유무를 확인할 수 있으므로 임계치를 조절하여 보행자의 검출 실패문제를 보완할 수 있다. 실험을 통해 2차원적인 영상만을 사용했을 경우와 IR-UWB 레이더와 영상을 함께 사용했을 경우 보행자 검출 비율이 약 10% 향상됐음을 확인할 수 있었다.

향후 IR-UWB 레이더의 거리정보를 통해 임계치를 조절하여 그 거리에 있는 보행자를 매칭하여 정확하게 검출하는 연구와 임계치 설정 후 불필요한 영역은 제외하고 보행자만을 검출하는 연구를 진행하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

References

[1] H-M. Moon and S-B. Pan, "The human identification method in video surveillance system," J. of The Korean Institute of Information Technology, vol. 8, no. 5, May 2010, pp. 199-206.

[2] H-M. Moon and S-B. Pan, "The analysis of de-identification for privacy protection in intelligent video surveillance system," J. of The Korean Institute of Information Technology, vol. 9, no. 7, July 2011, pp. 189-200.

[3] H.-T. Kim, G.-H. Lee, J.-S. Park, and Y.-S. Yu, "Vehicle detection in tunnel using Gaussian mixture model and mathematical morphological processing," J. of The Korean Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 7, no. 5, Oct. 2012, pp. 967-974.

[4] M.-W. Kim, C.-M. Oh, D. Aurrahman, Y.-G. Ahn, and C.-W. Lee, "The virture screen using skin tone and GMM foreground segmentation," In Proc. Conf. of The Korea Information Processing Society, vol. 15, no. 1, May 2008, pp. 179-181.

[5] F.Xu, X. Liu, and K. Fujimura, “Pedestrian Detection and Tracking With Night Vision,” IEEE Tran. Intelligent Transportation Systems, vol.6, no. 1, March. 2005, pp. 63-71.

[6] J. T. Wang, D. B. Chen, H. Y. Chen and J. Y. Yang, “On pedestrian detection and tracking in infrared videos,” Pattern Recognition Letters 33, 2012. pp. 775-785.

[7] 백인석 외, “IR-UWB Radar 시스템에서 특이값 분해를 이용한 클러터 신호 제거 알고리즘의 연산속도 향상 기법”, 한국통신학회논문지, 제38C권, 제1호, pp.89-96, 2013

[8] 김관호, “UWB 레이더 기술동향”, 한국전파학회지, 제 13권, 제 3호, pp.52-62, 2002.

[9] M.K. Leung, "Human Body Motion Segmentation in A Complex Scene", Pattern Recognition, vol. 20. no1, pp. 55-64, 1987.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[10] 오명관, 김태익, 최동진, 전병민, “차영상에서의 히스토그램을 이용한 적응적 임계값 결정”, 한국콘텐츠학회논문지, Vol.4, No.3, pp.91-97, 2004.

[11] 주홍식, 이병선, 이은주. "차영상과 컬러정보를 이용한 목표물 계수 알고리즘." 한국정보기술응용학회 학술대회 (2004): 83-83.

[12] 김완철, “CCD 카메라를 이용한 이동물체 추출 및 윤곽 검출 알고리즘에 관한 연구”, 홍익대학교 석사 논문, 1997.

[13] 양윤석, “디지털 감시 시스템용 움직임 검출 알고리즘 및 구현에 관한 연구”, 한양대학교 석사 논문, 1999.

[14] 김혜경, “2D FFT를 이용한 차영상에서의 최소 움직임 블록 검출”, 강원대학교 석사 논문, 2002.

[15] P. Viola and M. J. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," CVPR 2001.

[16] 이영학 외, “곡률과 HOG에 의한 연속 방법에 기반한 아다부스트 알고리즘을 이용한 보행자 인식”, 정보과학회논문지, 제16권, 제6호, pp.654-662, 2010.

[17] 김관호, “UWB 레이더 기술동향”, 한국전파학회지, 제 13권, 제 3호, pp.52-62, 2002.

[18] 김창환, “UWB 무선통신 기술 동향”, 정보통신연구진흥원, 주간기술동향 통권, 1345호, 2008.

[19] S. H. Chang, R. Sharan, M. Wolf, N. Mitsumoto, J. Burdick,“UWB radar-based human target tracking”, Radar Conference, 2009 IEEE, pp.1-6, 2009.

[20] 최광욱, “IR-UWB를 이용한 비접촉식 원거리 호흡측정 시스템 설계 및 구현”, 전남대학교 박사 논문, 2015.

[21] 김안나, 이건규, 강기태, 김용범, 최혁렬, “Kinect 센서를 이용한 물체 인식 및 자세 추정을 위한 정확도 개선 방법”, 로봇학회 논문지, 10(1), 16-23, 2015.

[22] 장경훈, 조호상, 김근준, 강봉순, “거리측정센서의 위치와 각도에 따른 깊이영상 왜곡보정방법 및 하드웨어 구현”, 한국정보통신학회논문지, vol.18, no.5, pp.1103-1109, 2014.

Collection @ chosun