

영상 프레임 분할과 히스토그램 변화를 이용한 음영 지역내 보행자 이동 방향 검출 방법

*¹구본근¹ 한국교통대학교, bggoo@ut.ac.kr

Way for detecting the Walking Direction of Pedestrian in the Shadowing Zone Using Partitioning the Frame and Analyzing the Histogram Change

*¹Bongen Gu¹Korea National University of Transportation, bggoo@ut.ac.kr

요 약

신호대기, 교통정체 등의 원인으로 잠시 정차해 있는 자동차의 앞쪽에 조성되는 음영 지역에서 보행자가 벗어날 때 정상 주행 중인 다른 자동차의 운전자는 갑자기 출현한 보행자를 피하지 못해 충격을 가하거나, 그 보행자와의 교통사고를 회피하기 위한 급정거, 조향 장치의 급격한 조작 등 회피 동작을 하여 다른 형태의 교통 사고를 일으킬 수 있다. 본 논문은 정차해 있는 자동차의 전면에 임시로 조성되는 음영 지역 내 보행자를 인식하고, 보행 방향을 결정하는 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 보행자 인식 및 보행 방향 결정 방법은 정차해 있는 자동차에 설치된 카메라를 이용하여 캡처한 영상 프레임을 분할하고, 분할된 프레임의 히스토그램 변화를 추적하여 보행자 이동 방향을 결정한다. 영상 프레임 분할은 보행자 출현에 따른 히스토그램의 변화를 최대화 시키고, 보행자의 출현 여부 결정에 영향을 주지 않는 서브 프레임을 처리에서 제외시킴으로써 본 논문에서 제안하는 방법을 실행하기 위해 요구되는 컴퓨팅 자원을 감소시킨다. 분할된 프레임의 히스토그램 분석과 이를 통해 획득한 보행자 출현 여부 패턴은 보행자의 보행 방향 결정에 사용된다. 이를 통해 결정된 정보는 V2V 등 차량간 통신을 통해 정차한 자동차의 후방에서 정상 주행하고 있는 자동차에 전송되어 음영 지역을 벗어난 보행자로 인한 교통사고 감소에 사용될 수 있다.

Abstract

When pedestrian goes out from the shadowing zone occurred by vehicles which temporarily stop due to traffic signal and traffic jam, drivers of other vehicles cannot avoid to collision the pedestrian because drivers cannot see the pedestrian existed in the shadowing zone. Or drivers can occur other type of traffic accident because driver is suddenly braking or handling the wheel to avoid the traffic accident. In this paper, we propose the way to recognize and decide walking direction of pedestrian who is in the shadowing zone occurred by vehicles which temporarily stop. To decide walking direction of pedestrian in the shadowing zone, the way proposing in this paper partitions the frame captured by camera installed in temporarily stopping vehicle, and analyzes histograms of partitioned frame. Frame partitioning can maximize the change of histogram of partitioned frames when pedestrian comes in the frame. This can reduce the computing resource requirement to decide the walking direction of pedestrian. And to decide the walking direction of pedestrian, we use the

* Corresponding Author

Received: Oct. 10, 2017, Revised: Oct. 25, 2017, Accepted: Dec. 21, 2017

pedestrian presence pattern extracted from the result of histogram analysis of partitioned frame. Information about the walking direction of pedestrian generated by the way proposed in this paper can be transferred to other vehicles via V2V communications to reduce traffic accident with pedestrian who goes out the shadowing zone.

Keywords: vision shadowing zone, pedestrian, walking direction, histogram, partitioning frame, pedestrian, opencv

1. 서론

인간의 삶에 있어 자동차가 미치는 긍정적 영향은 활동의 공간적 범위를 확장하는 것에 있다. 이러한 영향으로 인해 우리나라도 2007 년에 1,643 만대에서 2016 년에 2,180 만대로 등록된 자동차의 수가 빠르게 증가하고 있으며[1], 이를 이용하기 위한 각종 교통 인프라 구축도 더불어 증가하고 있다. 이에 자동차와 관련된 각종 교통 사고도 함께 증가하고 있는 추세이다. 도로교통공단에서 발표한 2013 년도 통계에 의하면 교통사고 발생 건수 기준으로 자동차-자동차 사고, 자동차-보행자 사고는 각각 약 72.1%와 22%로 집계되었다[2]. 이 통계 자료에 의하면 자동차-보행자 사고 건수는 자동차-자동차 사고 건수의 약 30%이지만, 교통 사고로 인한 사망자 비율은 거의 동일한 것으로 조사되었다.

자동차 업계는 교통 사고를 감소시키기 위해 자동차에 각종 IT 기술을 접목하기 위한 연구, 개발에 지속적으로 투자를 하고 있다[3-6]. 최근에는 신속하고 안전한 이동을 위해 자동차 기술에 인공지능 기술을 접목하려는 연구가 학계를 비롯한 산업계에서도 활발하게 이루어 지고 있다. 특히, 많은 IT 기업과 자동차 기업들이 자동차 기술, 인공지능 기술, 각종 센싱 기술을 이용한 자율 주행 또는 무인 자동차 연구에 많은 투자를 하고 있다[7-10].

무인 자동차는 설정된 목적지까지 인간의 개입없이 안전하고 신속하게 이동하는 자동차를 의미한다. 이를 구현하기 위해서는 자동차 기술과 더불어 센서 기술 및 센서에서 획득한 정보를 기반으로 주변 상황을 인지하고 자동차의 운행을 조정하는 인공지능 기술이 요구된다. 무인 자동차의 주변 상황 인지 기술은 각종 센서를 통해 감지된 정보를 기반으로 자동차 운행과 관련된 다양한 교통 환경을 인지할 수 있어야 한다. 자동차가 인지해야 하는 교통 환경 요소는 신호등, 장애물, 보행자, 도로, 운행을 하고 있는 다른 자동차 등이 있을 수 있다.

앞서 자동차-보행자 교통 사고가 다른 유형의 사고보다 사망률이 높다고 기술하였다. 도로교통공단의 자료에 의하면 자동차-보행자 사고의 유형은 도로 횡단 중, 차도 통행 중, 길 가장자리 통행 중, 보도 통행 중, 기타 등이 있으며, 명확히 분류하기 어려운 교통 사고 유형을 제외하면 횡단 중 사고 발생이 가장 높은 약 37%로 조사되었다[2]. 도로교통공단의 자료에는 횡단 중 사고 발생의 유형 또는 원인을 명확히 기술하고 있지 않지만 도로의 자동차로 인해 생성되는 여러 형태의 음영 지역에 있는 보행자를 자동차 운전자가 인지하지 못한 것도 있을 것으로 생각된다. 따라서 자동차로 인해 생성된 음영 지역을 통해 도로를 횡단하는 보행자 감지 및 보행 방향 정보는 교통 사고를 감소시키기 위한 중요한 요소 중의 하나이다.

신호 대기, 정체 등으로 인해 잠시 정차해 있는 자동차에 의해 생성된 음영 지역에 보행자가 들어간 경우 정차해 있는 자동차의 후방에서 정상 주행을 하고 있는 자동차의 운전자는 보행자를 인지할 수 없다. 보행자가 음영 지역을 벗어 나는 순간 그 운전자는 보행자를 인지할 수 있으며, 갑자기 출현한 보행자와의 교통 사고를 회피하기 위해 급정거, 조향 장치의 과도한 조작 등으로 다른 유형의 교통 사고를 유발할 수 있다. 이러한 경우 정차한 자동차에 의해 일시적으로 생성된 음영 지역의 보행자 존재 여부와 보행 방향 정보가 V2V 등 차량 간 통신을 이용하여 다른 차량에 전송되면 앞서 기술한 상황으로 인한 교통 사고를 방지할 수 있다.

본 논문에서는 신호대기 등으로 인해 잠시 정차해 있는 자동차에 장착된 카메라에서 캡처한 영상을 이용하여 그 자동차에 의해 생성되는 음영 지역에 들어간 보행자 및 보행 방향을 인식하는 방법을 제안한다. 보행자 및 보행 방향을 인식하기 위해 본 논문에서 사용한 방법은 캡처한 영상 프레임을 분할하고 분할된 프레임의 히스토그램 변화 패턴을 이용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 정차한 자동차에 의해 생성되는 음영 지역과 그 지역에 있는 보행자로 인해 발생할 수 있는 교통 사고에 대해 기술하여 본 논문에서 제안하는 방법의 필요성을 기술한다. 제 3 장에서는 영상 프레임 분할과 분할된 프레임의 히스토그램에 대해 기술하고, 4 장에서는 분할된 프레임의 히스토그램 변화를 이용하여 보행자 이동 방향을 검출하는 방법을 기술한다. 제 5 장에서는 본 논문에서 제안하는 방법을 구현한 것과 실험 결과를 기술하며, 6 장에서는 본 논문에서 제안하는 방법 및 구현 결과를 정리하고, 향후 연구 과제에 대해 기술한다.

2. 보행자 및 보행 방향 인식의 필요성

2.1. 사각지대

자동차에 의해 생성되는 사각지대(blind spot)은 자동차의 구조물에 의한 제한된 가시성(visibility)으로 인해 그 자동차의 운전자가 보행자, 자전거, 다른 자동차 등 객체의 존재 여부를 확인하지 못하는 영역을 의미한다. 따라서 자동차 운전자는 사각 지대 내에 있는 보행자, 다른 자동차 등을 발견하지 못한 상태에서 자동차의 방향 전환, 차선 변경, 가속, 감속 등의 조 작을 함으로써 교통 사고를 유발하게 된다. 따라서 자동차의 사각지대 축소 또는 사각지대 내 보행자 등과 같은 객체를 감지하는 시스템은 이로 인한 발생하는 교통 사고를 방지 또는 회피할 수 있다.

Shaffer 등의 연구자들은 차량의 측면을 기준으로 하여 약 13° ~ 45° 에 해당하는 영역을 사각지대로 정의하고 있다[11]. 대형 차량은 사각지대의 범위가 더욱 확대된다. 차량 주변에서 형성되는 사각지대를 감소시키기 위해 사이드 미러를 비롯한 각종 반사경 및 각종 센서 등을 부착, 활용을 하고 있지만 여전히 사각지대가 존재한다.

사각지대 내 존재하는 객체 감지를 위해 사각 지역 감지 시스템(Blind-spot detection system, BDS)에 대한 연구가 이루어 지고 있다. 현재 일반화되어 있는 사각지대 감지 시스템 기술로는 카메라를 이용하는 것[12,13], 초음파와 레이더를 이용하는 것[14], 적외선 센서를 이용하는 것[15]이 있다.

현재 상용화되어 있는 사각 지역 감지 시스템은 자기 자동차의 구조물에 의해 형성되는 사각지대에 존재하는 객체를 감지함으로써 차량 진행 방향 전환, 차선 변경 등의 상황에서 발생할 수 있는 교통사고를 방지할 수 있는 지원 시스템이다. 이러한 시스템들은 자기 자동차에 의해 생성되는 사각지대 내 객체를 감지하여 운행 중 발생할 수 있는 교통사고를 사전에 방지하고 운전자에게 경고를 하는 것을 주 목적으로 하고 있다.

2.2. 정차된 차량에 의한 음영 지역 및 보행자 인식

앞서 기술한 사각지대 감지 시스템은 사각지대 내 객체를 모니터링하여 사각 지역 내 객체와의 충돌로 발생할 수 있는 자기 자동차 사고를 방지하기 위한 목적으로 개발, 상용화되었다. 즉, 현재 상용화된 사각지대 감지 시스템은 자기 자동차 주변에 생성되는 사각지대 내에 출현하는 보행자 등의 객체를 감지할 수 있지만 다른 자동차에 의해 가시성이 제한되는 영역 내 객체를 감지할 수는 없다.

본 논문에서는 기존의 사각지대 감지 시스템과 달리 신호대기, 정체, 도로를 횡단하는 보행자 발견 등의 이유로 잠시 정차하는 자동차에 의해 형성되는 정상

주행 중인 다른 자동차의 운전자의 가시성이 제한되는 영역에 있는 보행자를 인식하고, 그 보행 방향을 결정하는 방법을 제안한다. 본 논문에서 음영 지역(vision shadowing zone)은 정차해 있는 자동차에 의해 정상 주행 중인 자동차 운전자의 가시성이 제한되는 영역을 의미한다. 즉, 본 논문에서는 자기 자동차에 의해 생성되는 사각지대가 아닌 임의의 원인으로 잠시 정차하고 있는 다른 자동차에 의해 순간적으로 생성되는 음영 지역 내 보행자 및 보행 방향을 결정하는 방법을 제안한다. 이 방법은 그 음영 지역에서 벗어나는 보행자로 인한 교통사고 방지를 위한 시스템에 적용될 수 있다.

임의의 원인으로 인해 정차 하는 자동차에 의해 순간적으로 생성되는 음영 지역 내 보행자 및 이 보행자로 인해 발생할 수 있는 교통사고 발생 환경과 시나리오는 다음과 같다. 그림 1 은 정차해 있는 자동차에 의해 형성되는 음영 지역을 나타내고 있다. 주행을 하고 있는 자동차 Host 의 운전자는 정차해 있는 자동차 Target_1, Target_2 으로 인해 시야가 제한되어 회색으로 표시된 음영 지역 BS_1, BS_2 내에 있는 객체 즉, p_1 과 p_2 로 표시된 보행자를 볼 수 없다.

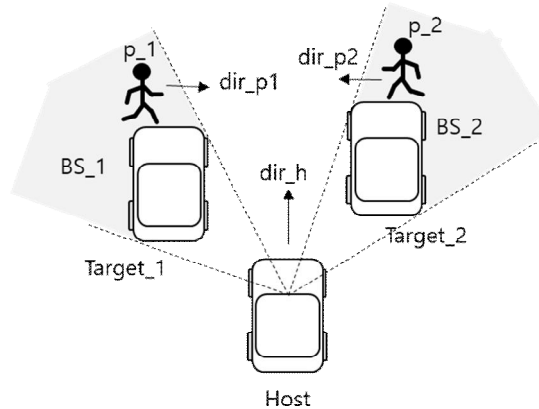


Figure 1. Vision Shadowing Zone from Host driver's point of view

그림 1. 호스트 자동차의 운전자 관점에서 음영 지역

다른 자동차에 의해 형성된 음영 지역 내 보행자가 있는 경우에 본 논문에서 고려하고자 하는 보행자 충격 시나리오는 다음과 같다. 자동차 Target_1, Target_2 는 신호 대기, 보행자 p_1, p_2 의 도로 횡단 등의 원인으로 정차해 있다고 가정한다. 보행자 p_1 과 p_2 의 보행 방향은 각각 dir_p1, dir_p2 이다. 이때 자동차 Host 가 dir_h 의 방향으로 정상 주행을 하고 있는 경우에 정차해 있는 자동차에 의해 생성되는 음영 지역의 범위는 자동차 Host 의 위치에 따라 변경이 되지만 이 자동차의 운전자는 음영 지역 BS_1, BS_2 내에 있는 보행자를 인지할 수 없다.

그림 2 는 주행 중인 자동차 Host 의 위치 변화와 보행에 따른 보행자의 위치 변화에 따라 보행자 p_1 이 음영 지역에서 벗어난 경우를 나타내고 있다. 이때 정상 주행 중인 자동차 Host 와 보행자 p_1 사이의 거리와 자동차의 주행 속도에 따라 발생할 수 있는 상황은 안전, 자동차-보행자 교통사고, 기타 다른 유형의 교통사고이다. 안전은 자동차 Host 의 운전자가 보행자를 인지한 후 자동차 주행 속도를 감소시켜 자동차가 보행자에게 도달하기 전에 완전 정지를 하거나 보행자가 도로 횡단을 완료할 수 있는 시간을 확보하여 교통 사고가 발생하지 않은 것이다.

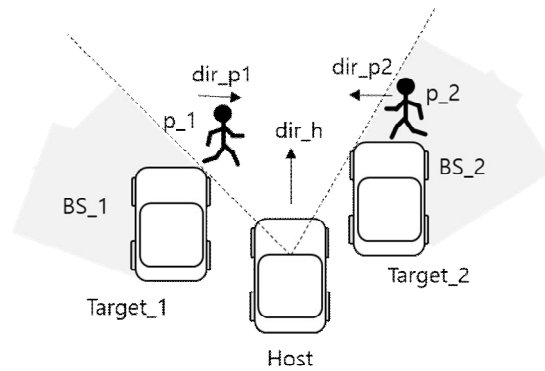


Figure 2. Scenario when Pedestrian exits from shadowing zone

그림 2. 보행자가 음영 지역에서 벗어 났을 때의 시나리오

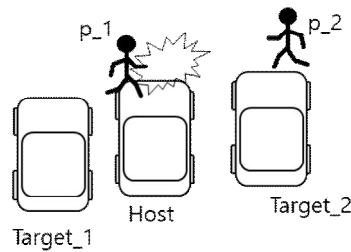


Figure 3. Vehicle-Pedestrian Type Traffic Accident

그림 3. 자동차-보행자 유형의 교통 사고

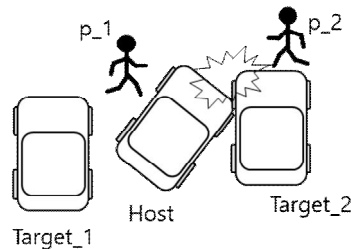


Figure 4. Vehicle-Vehicle Type Traffic Accident

그림 4. 자동차-자동차 유형의 교통 사고

자동차-보행자 교통사고 상황은 자동차 Host의 운전자가 보행자의 존재를 인지한 후 자동차 주행 속도를 급격하게 감속 시켰음에도 불구하고 보행자와 자동차 사이의 거리가 짧아 자동차가 보행자에게 충격을 가하는 교통 사고가 발생하는 것이다. 그림 3은 이러한 사고 상황을 나타낸 것으로 보행자 p₁이 자동차 Target₁에 의해 생성된 음영 지역을 벗어날 때 자동차 Host의 운전자는 갑자기 출현한 보행자 p₁을 피하지 못하고 보행자에게 충격을 가한 것이다.

기타 다른 유형의 교통사고 상황은 갑자기 출현한 보행자의 존재를 인지한 자동차 Host 의 운전자가 보행자와의 교통사고를 회피하기 위해 조향 장치를 급격하게 조작함으로써 다른 유형의 교통사고가 발생하는 것이다. 그림 4 는 이러한 사고 상황을 나타낸 것으로 자동차 Host 의 운전자가 갑자기 출현한 보행자 p_1 을 피하기 위해 조향 장치를 급격하게 조작하여 자동차 Target_2 와 충돌하는 상황이다.

3. 영상 프레임의 분할 및 히스토그램

본 논문에서는 그림 1 에서 나타낸 것과 같이 자동차 Target_1 또는 Target_2 와 같이 신호 대기 등을 위해 정차해 있는 자동차에 의해 조성된 음영 지역 내에 보행자의 출현 여부를 결정하기 위해 그 자동차에 설치되어 있는 카메라에서 캡처한 영상 프레임의 히스토그램을 이용한다. 영상은 정지 영상인 프레임의 연속으로 구성되어 있다. 따라서 동영상 분석과 관련된 많은 연구들은 동영상을 구성하고 있는 프레임에서 연구 목적에 적합한 특징을 추출하고, 이것을 분석하는 것을 기반으로 하고 있다. 따라서 프레임에서 추출할 특징을 정의하고, 특징 추출 방법을 결정하는 것은 중요한 연구 단계 중의 하나이다.

히스토그램(histogram)은 프레임에서 특징을 추출하는 방법 중 하나로서 프레임에 포함되어 있는 특정 정보의 분포를 나타낸 것으로 프레임의 특징 추출 및 분석에 사용된다. 예를 들어, 세 개의 채널로 구성되는 RGB 컬러 영상 프레임의 히스토그램은 프레임을 구성하고 있는 각 채널에서 픽셀 값의 분포를 이용하여 작성된다. 따라서, 히스토그램은 영상 프레임의 특징 추출을 위해 사용된다.

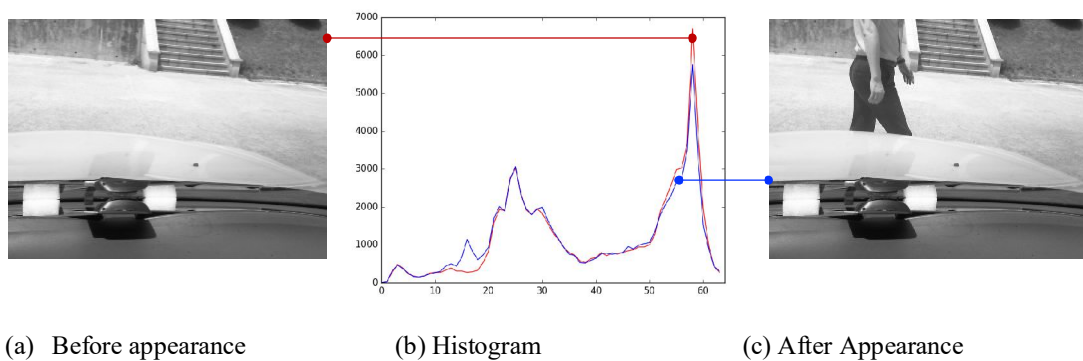


Figure 5. Frame and Histogram before- and after-Appearance of Pedestrian

그림 5. 보행자 출현 전, 후의 프레임과 히스토그램

본 논문에서 제안하는 방법은 음영 지역내 보행자의 출현 여부를 결정하는 것이기 때문에 프레임의 히스토그램 분석만으로도 가능하다. 앞서 기술한 상황에서 자동차의 정차 시간은 길지 않고, 그 시간 동안에 보행자의 출현과 같은 상황이 발생하지 않는다면 정차해 있는 자동차의 카메라에서 캡처한 프레임은 그 변화가 크지 않기 때문에 히스토그램의 변화도 크지 않다. 반면, 자동차 앞쪽에 출현한 보행자를 캡처한 프레임은 보행자가 출현하기 전의 프레임과 차이가 생긴다. 이 차이는 곧 히스토그램의 변화를 의미한다. 그림 5 는 정차해 있는 자동차에 설치된 카메라가 캡처한 영상 프레임과 그 히스토그램을 그래프로 나타낸 것이다. 그림 5(a)는 보행자가 자동차 앞에 출현하기 전에 캡처한 영상을 단일 채널의 그레이스케일로 변환한 프레임을 나타낸 것이며, 이것과 실선으로 연결하여 그림 5(b)에 표현한 그래프는 이 프레임의 히스토그램을 나타낸 것이다. 그림 5(c)는 자동차 앞에 보행자가 출현한 경우에 캡처한 프레임을 나타낸 것이며, 이것과 실선으로 연결한 그림 5(b)의 그래프는 이 프레임의 히스토그램이다. 그림 5(b)는 보행자의 출현 여부에 따라 두 프레임의 히스토그램에 차이가 있음을 보이고 있다. 따라서, 정차해 있는 자동차의 전방에 보행자

출현 여부를 결정하는 것은 카메라로 캡처한 프레임의 히스토그램을 분석함으로써 가능하다.

그림 5는 보행자의 출현 여부에 따라 히스토그램의 변화가 있음을 보이고 있지만 그 변화의 정도는 크지 않음도 또한 나타내고 있다. 이것은 전체 프레임 영역 중 일부 영역만이 보행자 출현 여부에 따라 영향을 받기 때문이다. 즉, 보행자 출현 시 프레임을 대상으로 한 히스토그램의 변화가 상대적으로 크지 않아 프레임의 히스토그램 변화로 보행자의 출현 여부를 결정하는 것은 일정 수준 이상의 정확도 확보에 어려움이 있다. 또한 히스토그램은 프레임을 구성하는 픽셀 값의 분포를 나타내기 때문에 이를 이용하여 보행자의 보행 방향을 결정하는 것은 저자가 알고 있는 범위 내에서 가능하지 않다.

보행자의 출현에 따른 히스토그램의 변화를 극대화하고, 히스토그램의 변화 패턴을 이용하여 보행자의 보행 방향을 결정하기 위해 본 논문에서 제안하는 방법은 프레임을 분할하여 여러 개의 서브 프레임으로 구성한 후 분석하는 것이다. 또한, 본 논문에서 제안한 프레임 분할 기법은 프레임의 영역 중에서 보행자의 출현에 영향을 주지 않는 것을 처리에서 제외시켜 이를 위해 요구되는 컴퓨터 리소스를 감소시킬 수 있다.

프레임을 분할하는 방법은 응용에 따라 다양하게 선택할 수 있다. 예를 들어, 그림 6은 프레임을 3행, 3열 즉, 9개의 서브 프레임으로 분할한 것을 나타내고 있다. 이 중에서 1행과 3행에 있는 서브 프레임보다 캡처한 영상의 변화가 상대적으로 크다. 따라서 보행자 인식 및 보행 방향은 보행자 출현으로 인한 영상 변화가 큰 1행의 서브 프레임들을 분석하는 것으로 결정할 수 있다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 방법에서는 보행자 출현에 따른 변화가 상대적으로 적은 서브 프레임을 처리할 필요가 없어 보행자의 출현 여부를 결정하기 위해 요구되는 컴퓨팅 리소스를 감소시킬 수 있다.

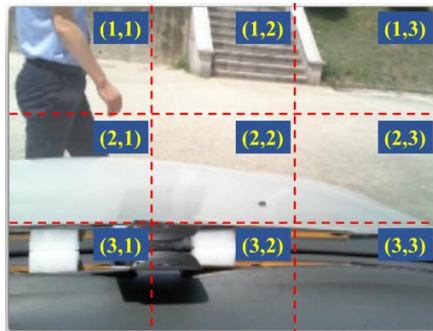


Figure 6. Example of Partitioning the Frame into Nine Sub-Frames

그림 6. 아홉 개로 분할된 프레임의 예

그림 7은 그림 6의 서브 프레임 (1,1)에서 보행자가 출현하기 전과 출현한 후에 캡처한 영상과 그 히스토그램을 각각 나타내고 있다. 그림 5에 나타낸 것과 다르게 프레임을 분할하였기 때문에 보행자 출현으로 인한 히스토그램의 변화 정도는 상대적으로 크다고 할 수 있다. 그림 5에 나타낸 것과 같이 전체 프레임을 이용한 보행자 출현 전, 후 히스토그램을 비교한 유사도는 0.987이며—두 히스토그램이 완전히 일치하는 경우에 유사도의 값은 1.0이다—, 그림 7에 보인 분할 프레임에서 보행자 출현 전, 후 히스토그램 유사도는 0.682이다. 이처럼 프레임 분할은 보행자 출현 전, 후의 히스토그램 차이를 극대화할 수 있어 보행자 출현 여부를 더 민감하게 결정할 수 있다.

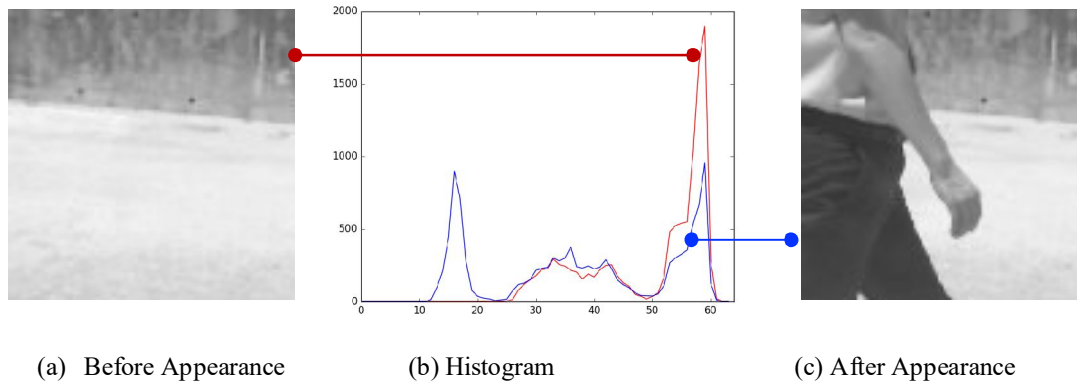


Figure 7. Sub Frame and Histogram Before- and After-Appearance of Pedestrian

그림 7. 보행자 출현 전, 후의 서브 프레임과 히스토그램

알고리즘 1 은 서브 프레임의 히스토그램 변화를 이용하여 해당 영역에 보행자가 진입한 경우와 진출한 경우를 결정하기 위해 본 논문에서 제안하는 방법이다. 이 알고리즘의 입력은 현재, 최초, 이전 서브 프레임의 히스토그램으로 각각 `curr_hist`, `orig_hist`, `prev_hist` 로 표시되어 있다. 현재 서브 프레임은 자동차에 부착된 카메라가 가장 최근에 캡처한 프레임의 서브 프레임이고, 최초 서브 프레임은 자동차가 정차했을 때의 프레임으로 보행자가 서브 프레임에 대응하는 영역에 보행자의 진입, 진출을 결정하기 위한 참조 프레임을 의미한다. 만약 자동차가 정차한 후 다시 출발할 때까지 자동차 전면에 보행자가 없었다면 최초 서브 프레임의 히스토그램과 정차 후 재 출발 전까지 캡처된 일련의 서브 프레임들의 히스토그램 사이에는 큰 차이가 없다. 이전 서브 프레임은 각 프레임의 히스토그램 사이에 발생한 차이로 인해 보행자의 진입 또는 진출과 같은 상태의 변화가 생겼을 때 다음 서브 프레임과의 비교를 위해 사용되는 서브 프레임을 의미한다.

Algorithm 1. Decision Algorithm whether pedestrian comes in, or go out the region.

알고리즘 1. 보행자의 출현 여부 결정을 위한 알고리즘

```

isPedestrianInRegion:
input : curr_hist, orig_hist, prev_hist
output : None or Presence or Absence

if similarity( curr_hist, prev_hist ) > tolerance :
    return None
else :
    prev_hist ← curr_hist
    if similarity( curr_hist, orig_hist ) > tolerance :
        return Absence
    else :
        return Presence
    
```

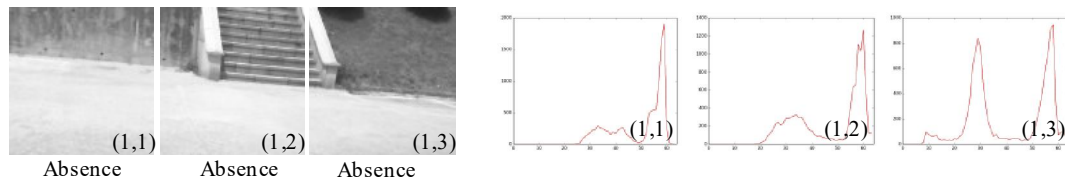
이 알고리즘의 기본 동작은 `curr_hist` 와 `prev_hist` 사이의 유사도가 사전에 정의된 상수 값 `tolerance` 보다 큰 경우는 서브 프레임의 영상 변화가 없는 것으로 판단하여 상태 변화가 없음을 의미하는 `None` 을 반환한다. 반면 이 두 히스토그램 사이에 유의미한 변화가 있다면 현재 서브 프레임과 최초 서브 프레임의 히스토그램인 `curr_hist`, `orig_hist` 을 비교하여 영역내 보행자의 진입 또는 진출을 결정할 수 있다. 이전 히스토그램과 현재 히스토그램 사이의 변화가 있었고, 현재와 최초 히스토그램에 유의미한 변화가 없다면 보행자는 그 영역에서 나간 것을 의미한다. 반면 현재와 최초 히스토그램 간의 차이가 설정된 상수

값(tolerance)보다 작다면 보행자가 영역으로 진입한 것으로 판단할 수 있다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 방법은 각 서브 프레임에서 보행자의 진입, 진출에 대한 정보를 결정할 수 있다. 이것은 보행자의 보행 방향을 결정하기 위해 사용된다.

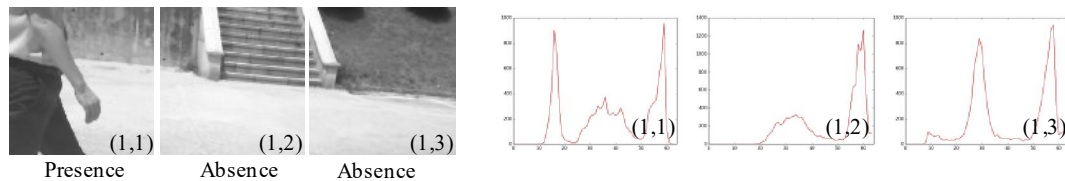
이 장에서 제안한 프레임 분할은 보행자 출현 여부를 결정하는데 영향을 주지않는 영역을 제거하여 컴퓨팅 리소스 요구량을 감소시키고, 보행자 출현을 결정하는 민감도를 증가시킬 수 있다. 또한 분할된 서브 프레임의 히스토그램을 이용하여 보행자의 보행 방향을 결정하기 위한 기초 정보를 생성한다.

4. 히스토그램 변화 기반 보행자 이동 방향 검출

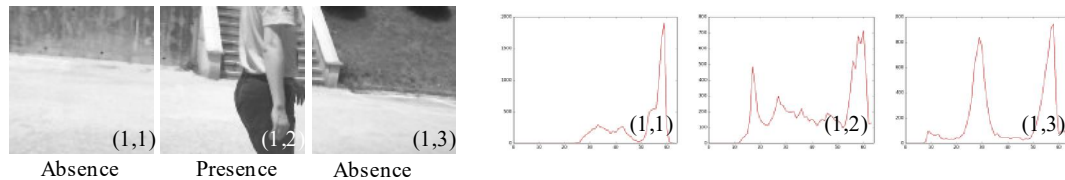
본 논문에서 보행자의 보행 방향을 결정하는 방법은 그림 8에 보인 것과 같이 서브 프레임들의 히스토그램 변화 패턴을 이용하는 것이다. 그림 8은 프레임에서 보행자 출현 여부 및 보행 방향 결정에 사용되는 서브 프레임을 나타낸 것이다. 그림 8(a)는 정차해 있는 자동차의 전면에 보행자가 존재하지 않는 경우에 서브 프레임과 히스토그램을 나타내고 있다. 그림 8(b)는 서브 프레임 (1,1)의 영역에 보행자가 출현한 경우를 나타낸 것으로 서브 프레임 (1,1)의 히스토그램에 유의미한 변화가 생겼으며, 앞의 알고리즘 1에 의해 이 서브 프레임의 상태는 'Presence'로 변경되며, 다른 서브 프레임 (1,2), (1,3)의 상태는 변화없이 'Absence'를 유지한다. 보행 방향이 오른쪽인 이 보행자는 다음 어느 시점에 그림 8(c)에 나타낸 것과 같이 서브 프레임 (1,2)의 영역에 출현을 할 것이다. 이때, 서브 프레임 (1,1)의 상태는 'Presence'에서 'Absence'로 전이되고, 서브 프레임 (1,2)의 히스토그램에 유의미한 변화가 발생하여 이 서브 프레임의 상태는 'Absence'에서 'Presence'로 전이된다. 이러한 상태 변화는 서브 프레임 (1,3)에서도 동일하게 발생한다.



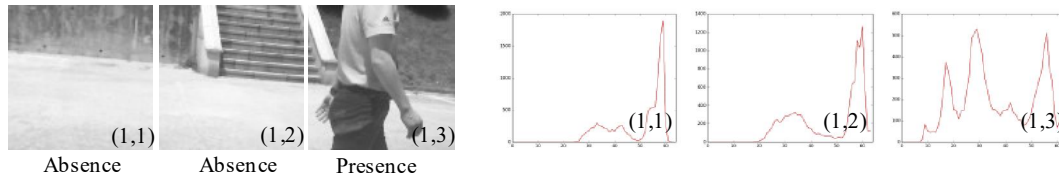
(a) Before Appearance of Pedestrian



(b) Pedestrian in Sub Frame (1,1)



(c) Pedestrian in Sub Frame (1,2)



(d) Pedestrian in Sub Frame (1,3)

Figure 8. Histogram Changing Pattern between Sub Frames when Pedestrian walks through in the front of Vehicle

그림 8. 보행자가 정차하고 있는 자동차의 전면을 지나갈 때 서브 프레임 간 히스토그램 변화 패턴

이 서브 프레임들의 상태 변화 패턴을 이용하여 보행자의 보행 방향을 결정하기 위해 본 논문에서 제안하는 방법은 다음과 같다. 먼저, 서브 프레임에 보행자가 출현 경우 즉, ‘Presence’ 상태를 1, 보행자가 인식되지 않는 경우인 ‘Absence’ 상태를 0 으로 표현한다. 세 개의 서브 프레임을 이용하는 경우에 각 서브 프레임의 상태를 표현하는 비트 패턴은 각각 000, 100, 010, 001 이 된다. 즉, 그림 8 과 같이 보행자의 보행 방향이 오른쪽인 경우에 비트 패턴의 변화는 그림 9(a)와 같다. 최초 보행자가 없을 때의 비트 패턴인 000 에서 보행 방향이 오른쪽인 경우에 보행자를 가장 먼저 감지하는 가장 왼쪽 서브 프레임 (1,1)의 상태 변화로 인해 비트 패턴이 100 으로 변경된다. 그 이후 두번째 서브 프레임 (1,2)에서 보행자를 감지하여 상태를 변화시켜 비트 패턴은 010 이 된다. 하지만 초당 캡처하는 프레임의 수에 따라 서브 프레임 (1,1)과 (1,2)의 경계에 보행자가 존재하는 경우도 있기 때문에 이 경우에 두 서브 프레임의 상태가 모두 ‘Presence’가 되어 비트 패턴은 110 이 된다. 따라서, 그림 9(a)에 나타낸 것과 같이 비트 패턴 100 의 다음 패턴으로 010 또는 110 이 될 수 있다. 이러한 것은 서브 프레임 (1,2)와 (1,3) 사이에도 발생할 수 있다. 이러한 비트 패턴 상태 전이를 완료하고 다시 000 이 되는 경우는 보행자가 자동차의 전면 왼쪽에서 오른쪽으로 보행을 완료한 것이다.

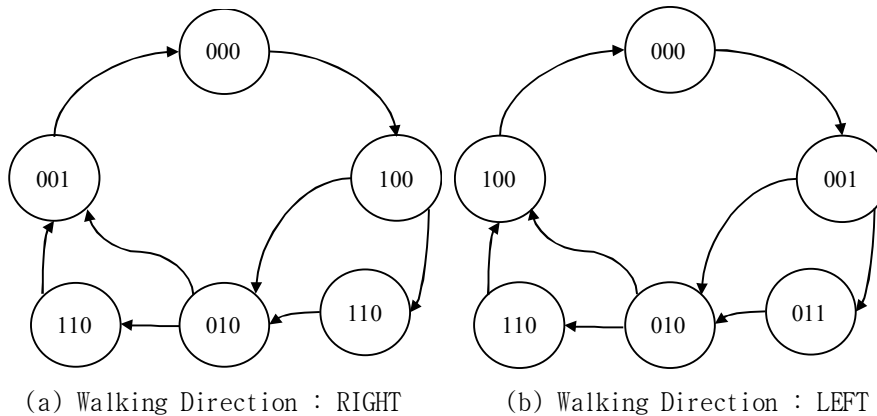


Figure 9. Bit Pattern Transition for Walking Direction

그림 9. 보행 방향에 따른 비트 패턴의 전이

그림 9(b)는 보행자가 자동차의 전면 오른쪽에서 왼쪽으로 보행하여 보행 방향이 왼쪽인 비트 패턴의 전이를 나타낸 것이다. 보행자가 인식되지 않아 비트 패턴이 000 인 상태에서 자동차 전면 오른쪽에 보행자가 출현하면 가장 오른쪽 서브 프레임에서 보행자를 인식하여

비트 패턴이 001로 전이된다. 이 후 자동차 전면 왼쪽으로 보행자가 빠져 나가 더 이상 보행자가 검출되지 않아 비트 패턴 000으로 다시 전이할 때까지의 비트 패턴의 전이를 통해 본 논문에서 제안하는 보행 방향 결정 방법은 보행자의 보행 방향이 왼쪽이라는 것을 결정할 수 있다.

알고리즘 2는 각 서브 프레임의 상태에 따라 결정된 비트 패턴 전이에 따라 보행자의 보행 방향을 결정하는 단계를 나타내고 있다. 알고리즘 2는 처리 단계의 간략한 표현을 위해 보행 방향이 오른쪽인 경우만을 나타내고 있으며, 서브 프레임으로부터 결정된 비트 패턴이 그림 9(a)에 나타난 비트 패턴의 전이를 따르는 가를 분석함으로써 보행 방향을 결정하고 있다.

Algorithm 2. Algorithm for Deciding the Walking Direction of pedestrian: Right Direction

알고리즘 2. 보행 방향이 오른쪽인 경우 보행 방향 결정을 위한 알고리즘

```

decideWalkingDirectionOfPedestrian:
  input : subFrames[]
  output : Right or None

  direction = None
  p_bits = 000
  bits = mkBitPattern( subFrames )
  if bits == 000 :
    return None

  while True :
    if p_bits == 000 :
      if bits == 100 :
        direction = Right
        p_bits = bits
      else :
        if p_bits == bits :
          no-op
        elif p_bits == 100 and (bits == 110 or bits == 010) :
          p_bit = bits
        elif p_bits == 110 and bits == 010 :
          p_bit = bits
        elif p_bits == 010 and (bits == 011 or bits == 001) :
          p_bit = bits
        elif p_bits == 011 and bits == 001 :
          p_bits = bits
        elif p_bits == 001 and bits = 000 :
          break;
        else :
          direction = None
          break;
    bits = mkBitPattern( subFrames )
  return direction

```

5. 구현 및 실험 결과

이 장에서는 일시 정차하고 있는 자동차에 의해 형성되는 음영 지역에서 보행하는 보행자 인식 및 보행 방향 결정을 위해 본 논문에서 제안하는 프레임 분할 및 분할된 프레임의 히스토그램 변화 패턴을 이용한 보행 방향 결정 방법을 구현한 것을 기술한다.

5.1. 구현 환경

본 논문에서 제안하는 보행자 인식 및 보행 방향 결정 방법은 범용 USB 카메라를 연결한 임베디드 시스템 보드를 이용하여 구현되었다. 본 논문에서의 구현을 위해 사용한 임베디드 시스템은 하드웨어에서 개발, 판매하고 있는 Odroid XU4 보드이며, 이들이 배포하고 있는 리눅스 시스템이 설치되어 있다. 또 본 연구에서 사용한 동영상 캡처 및 이미지 처리를 위해 사용된 이미지 처리 라이브러리는 OpenCV 3.0 이다. 본 연구에서는 실제 차량에 부착된 범용 USB 카메라와 임베디드 시스템 보드를 이용하여 영상을 캡처하였으며, 이 영상을 이용한 보행자 인식 및 보행 방향 결정을 위한 처리를 위해 python 언어를 이용하였다.

본 연구에서는 320x240 해상도와 초당 15 프레임 비율로 프레임을 캡처하였으며, 이 프레임을 3 행 3 열 즉, 9 개의 서브 프레임으로 분할하였다. 본 구현에서는 분할된 9 개의 서브 프레임 중에서 보행자 인식과 관련이 없다고 판단되는 6 개의 서브 프레임을 제외한 3 개의 서브 프레임을 보행자 인식 및 보행 방향 결정을 위한 처리에 사용하였다. 카메라를 이용하여 캡처하는 프레임의 해상도, 분할하는 프레임의 수 및 보행자 인식에 영향을 주지 않는 프레임 제거 방법은 응용 분야에 따라 달리 선택될 수 있다.

처리 대상이 되는 3 개의 서브 프레임에 대한 처리 효율을 높이기 위해 본 구현에서는 알고리즘 1 에 나타난 서브 프레임에 대한 처리를 각 서브 프레임당 하나의 스레드를 이용하였다. 또한, 각 서브 프레임의 처리 결과에 따라 보행 방향을 결정하는 알고리즘 2 를 수행하기 위해 본 구현에서는 별도의 스레드를 생성하여 실행하였다. 따라서 본 구현은 4 개의 워커 스레드와 1 개의 메인 스레드로 구성하였으며, 메인 스레드는 4 개의 워커 스레드를 생성, 실행 시키고 이들 워커 스레드가 처리를 완료할 때까지 대기하는 대기 루프를 실행한다. 본 구현에서 사용한 스레드 동기화는 python 언어에서 제공하는 모듈과 클래스 인스턴스를 이용하였다.

5.2. 실험 결과

그림 10 은 본 논문에서 제안하는 보행자 인식 및 보행 방향 결정 방법 구현에서 실험한 서브 프레임을 나타낸 것이다. 본 논문에서의 구현은 캡처한 프레임을 그림 6 에 보인 것과 같이 3 행, 3 열로 분할하였고, 이 서브 프레임 중에서 보행자 및 보행 방향 결정에 유의미한 정보를 제공하는 1 행의 서브 프레임 (1,1), (1,2), (1,3)만을 분석 대상으로 하였다. 그림 10 은 보행자가 자동차 전면에서 오른쪽으로 보행을 할 때 시간의 흐름을 표현하는 세로축을 따라 서브 프레임과 비트 패턴을 나타내고 있다. 그림 10 에 나타난 비트 패턴은 앞서 기술한 알고리즘에 따라 결정된 것이다.

앞의 알고리즘에 의해 결정된 비트 패턴이 그림 9(a)에서 제시한 비트 패턴 전이 순서에 따라 전이하기 때문에 본 논문에서 제안한 방법은 보행자의 보행 방향이 오른쪽임을 결정할 수 있다.

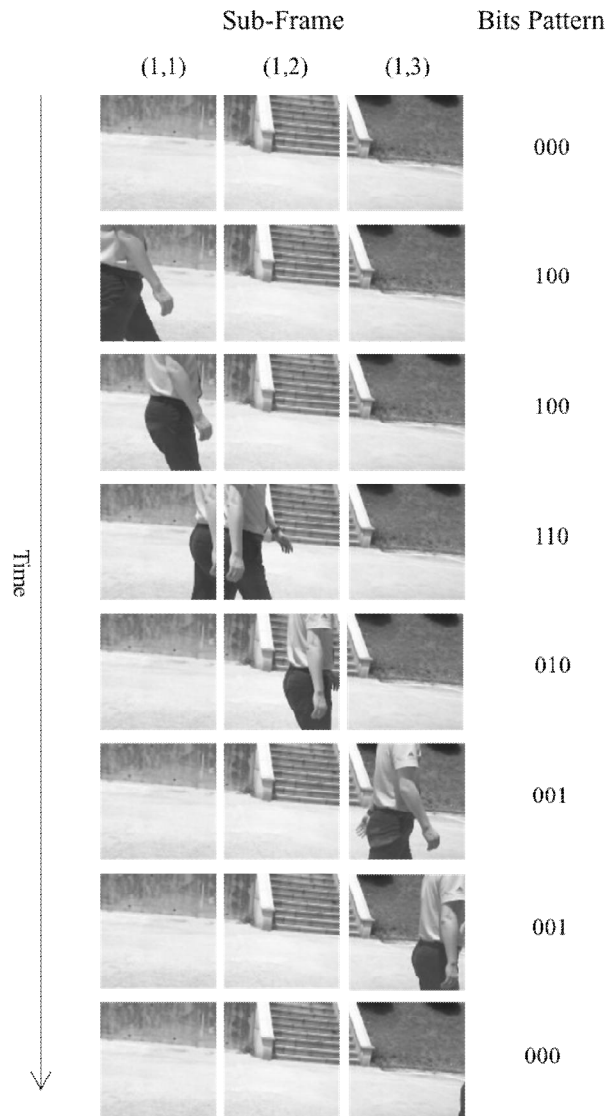


Figure 10. Experimental Result in the case that Pedestrian's Walking Direction is Right

그림 10. 보행자의 보행 방향이 오른쪽인 경우에 실험 결과

6. 결론

자동차는 인간의 삶과 문화에 많은 영향을 주고 있다. 따라서 자동차 및 관련 인프라 확충은 우리 사회의 중요한 요소가 되었다. 자동차 수의 증가는 교통사고 및 그로 인한 사상자의 수를 증가시켰다. 자동차 산업계는 교통사고를 감소시키기 위해 자동차에 IT 기술을 적용하기 위한 연구 및 개발에 많은 투자를 하고 있다.

본 논문에서는 신호대기 등으로 인해 잠시 정차해 있는 자동차의 뒤쪽에서 정상 주행하고 있는 자동차의 관점에서 정차하고 있는 자동차의 앞쪽에 형성되는 음영 지역에 있는 보행자를 인식하고, 보행 방향을 결정하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 방법은 정차해 있는 자동차의 전면 유리에 설치되어 있는 카메라로 캡처한 프레임을 분할하고, 분할된 히스토그램을 이용하였다. 분할된 프레임 중에서 보행자의 출현으로 인해

히스토그램에 유의미한 변화를 주는 서브 프레임만 이용하여 보행자의 출현 여부 및 보행 방향을 결정한다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방법은 몇 개의 서브 프레임만을 이용하기 때문에 처리를 위해 요구되는 컴퓨팅 자원을 감소시킬 수 있다. 또한, 본 논문에서 제안한 방법은 각 서브 프레임의 보행자 출현 여부 패턴을 이용하여 보행 방향을 결정한다.

본 논문에서 제안하는 보행자 인식 및 보행 방향 결정 방법이 유효함을 보이기 위해 구현을 하였으며, 그 결과에 의하면 본 논문에서 제안한 방법 즉, 프레임을 분할하고, 분할된 서브 프레임에서의 보행자 출현 패턴을 이용하여 보행 방향을 결정하는 것이 유효함을 확인하였다.

추후 연구 과제로는 본 연구에서 제안한 방법에 따라 정차하고 있는 자동차에서 인식한 보행자 및 보행 방향 정보를 V2V 통신을 이용하여 정차하고 있는 자동차의 뒤쪽에서 정상 주행하고 있는 자동차에 전송함으로써 운전자에게 경고 등을 할 수 있는 시스템을 구축하는 것이다.

7. 감사의 글

이 논문은 2017년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음.

8. 참고문헌

- [1] Ministry of Land, Infrastructure and Transport of KOREA, "Total Registered Motor Vehicles," Available:stat.molit.go.kr, 2017.
- [2] Korean National Police Agency, "Statistics Report for Traffic Accident in 2013," Korea Road Traffic Authority, 2014.
- [3] Y. Moon, H. Lee, S. Lee, Y. Kim, M. Kim, D. Kim, S. Yoo, S. Seo, and K. Yi. Development of communication based collision warning systems. Int. Symposium on Advanced Vehicle Control, 2012.
- [4] M. Park, S. Lee, Y. Kim, M. Kim, W. Ko, J. Kim, and K. Yi. Development of communication based intersection safety support system. ITS World Congress, 2013.
- [5] Y. Park, Y. Moon, Y. Cho, and K. Kum. Field test for evaluating co-operative intersection signal violation warning system(cisvws). Int. J. Automotive Technology, 14(2):275–281, 2013.
- [6] H.S. Seo, H.Y. Kim, D.G. Noh, and S.S. Lee, "Algorithm Design and Implementation for Safe Left Turn at an Intersection Based on Vehicle-to-Vehicle Communications," Korea Institute Of Communication Sciences, Vol.38, No.2, pp.165-171, 2013.
- [7] J.G. Kim and T.G. Yang, "A Study on the improving techniques of a mobile robot navigation based on the fuzzy logic control using vision information," JKIIIT, Vol. 7, No. 5, pp. 35-42, 10, 2009.
- [8] K.H. Chun, K.T. Kim, and I.S. Lee, "Sliding Mode Yaw Control Method for Collision Avoidance," JKIIIT, Vol. 12, No. 7, pp.27-34, 7, 2014.
- [9] J.H. Hyun and D.S. Kang, "Implementation of a GPU-based vehicle recognition system using a CNN learning algorithm," Proceedings of The International Workshop on Future Technology, KIIT, pp.114-117, 7, 2017.
- [10] Fahmid Fahrid, Wonchul Jang, and Jongmyon Kim, A Feature Extraction Method Using Empirical Mode Decomposition and Histogram Modeling for Robust Bearing Fault Diagnosis, Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, ISSN:2383-5281, Vol.4 No.2, December (2014), pp.281-292, <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2014.12.09>
- [11] A. Shaffer, G. Aulakh, A. Getman, and R. Miller, "Vehicle blind spot detection using anisotropic magnetic resistive sensor," SAE Technical Paper, 2005.
- [12] B. Huertgen, W. Poechmueller, C. Stiller, A. Heiner, C. Roessing, and J. Goldbeck, "Vehicle environment sensing by video sensor," SAE Technical Paper, (1999-01-0932), 1999.
- [13] L. Matuszyk, A. Zelinsky, L. Nilsson, and M. Rible, "Stereo panoramic vision for monitoring vehicle blind-spots," In 2004 IEEE Intelligent Vehicle Symposium, pages 31–36, 2004.

- [14] I. Gat, M. Venady, and A. Shashua, "A monocular vision advance warning system for the automotive aftermarket," SAE Technical Paper, (2005-01-1470), 2005.
- [15] J.K. Choi, M.Y. Yoon, J.E. Jung, K.S. Boo, and H.S. Kim, "Development of the blind spot detection system for rear-side collision avoidance of vehicle," 2012 Fall Conference of KSME, pp. 1016-1021, 2012.