

불안정한 조명 환경에 강인한 참조 배경 영상의 갱신 기법

지영석*, 한영준**, 한현수**

Robust Method of Updating Reference Background Image in Unstable Illumination Condition

Young-Suk Ji *, Young-Joon Han **, Hern-Soo Hahn **

요약

기존의 감시 시스템이나 차량 검출 시스템은 제한되고 불안정한 조명환경에서는 객체들을 검출하기 어렵다. 본 논문에서는 불안정한 조명의 영향에 의한 문제점들을 해결하기 위해 참조 배경 영상의 적응적인 갱신 기법을 제안한다. 처음 입력영상을 참조 배경영상으로 설정하고 에지 성분에 따라 3가지 블록 크기로 나눈다. 그리고 각 블록의 밝기 변화량, 안정성, 색상 정보 그리고 에지 성분을 이용하는 블록상태 분석법이 적용된다. 참조 배경 영상에서 갱신된 블록과 같은 블록 상태를 갖는 인접하는 블록들을 하나의 블록으로 병합시킨다. 제안하는 기법은 움직이는 객체와 불안정한 조명을 구별할 수 있어 강인한 참조 배경 영상을 생성할 수 있다. 그리고 제안하는 블록 상태 분석법은 참조 배경 영상을 운영적인 측면과 시간적인 측면에서 매우 효율적으로 갱신시킨다. 본 논문은 제안하는 기법의 우수성을 입증하기 위해 조명이 빠르게 변화하는 도로 환경에서 제안하는 기법이 군집화를 통해 차량을 안정적으로 검출함을 보였다.

Abstract

It is very difficult that a previous surveillance system and vehicle detection system find objects on a limited and unstable illumination condition. This paper proposes a robust method of adaptively updating a reference background image for solving problems that are generated by the unstable illumination. The first input image is set up as the reference background image, and is divided into three block categories according to an edge component. Then a block state analysis, which uses a rate of change of the brightness, a stability, a color information, and an edge component on each block, is applied to the input image. On the reference background image, neighbourhood blocks having the same state of a updated block are merged as a block. The proposed method can generate a robust reference background image because it distinguishes a moving object area from an unstable illumination. The proposed method very efficiently updates the reference background image from the point of view of the management and the processing time. In order to demonstrate the superiority of the proposed

• 제1저자 : 지영석 교신저자 : 한현수

• 투고일 : 2009. 09. 21, 심사일 : 2009. 10. 28, 게재확정일 : 2010. 01. 26.

* 송실대학교 전자공학부 석사과정 ** 송실대학교 전자공학부 교수

* 본 논문은 2009년 정부 교육과학기술부(한국과학기술진흥재단)의 2단계 BK21사업의 재원으로 지원을 받아 수행된 연구임 (핵C6A1712, 멀티모달정보 변환기술산학연공동사업팀). 본 논문은 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (ITA-2009-(C1090-0902-0007)).

method, this paper shows that it detects vehicles in a stable manner in situation that an illumination quickly changes.

▶ Keyword : 블록 상태 분석법(block state analysis), 차량 검출(vehicle detection), 참조 배경(reference background)

1. 서론

비전 센서 시스템은 최근 기술의 향상으로 가격이 많이 저렴해지고 하드웨어의 성능이 향상되어 여러 센서를 대체하는 연구가 많이 진행되고 있다. 비전 센서가 획득하는 정보가 여타 다른 센서에 비해 비접촉 방식으로 많은 정보를 제공하기 때문이다. 그리고 인간이 주변 환경을 인지 할 때 시각 정보를 상당히 의지하듯이 비전 센서 분야의 장점과 잠재력은 매우 크다고 할 수 있다. 특히, 복잡한 도시에 수많은 차량들이 운행하기 때문에 도로변 불법 주차 차량의 검출, 차량의 신호 위반, 주차 관리 등에 비전 시스템을 응용하는 연구가 활발하게 진행되고 있다.

이 중에서 많이 활용되고 있는 영역은 도로변의 불법 주차 차량을 자동으로 감시하고 단속하는 분야이다. 하지만, 비전 시스템은 풍부한 정보를 담고 있지만 조명의 변화에 취약하다. 조명 환경에 따라 거짓 정보를 획득하기 쉽기 때문에 자동화 시스템을 구축하기 매우 어렵다.

도시 인공물들의 조명에 의한 카메라 입력 영상의 영향은 좋은 예이다. 자동차의 헤드라이트, 가로등, 상점의 간판 그리고 상점에서 발생하는 인공조명의 영향으로 자연적인 조명에 의해 발생하는 화소 값보다 더 큰 변화를 만들어 낼 수 있다. 차 영상 기반 차량 검출 알고리즘은 이들 영향에 의해 영상의 일부부분에서는 잘못된 차량의 검출이나 오동작을 유발한다. 정확한 차량 검출을 위해 실제 차량과 인공조명의 영향에 의해 발생하는 영역을 분리하여 참조 배경 영상을 갱신하는 방법이 제시되어야 한다.

차 영상 기반 차량검출 알고리즘을 위한 참조 배경영상을 획득하는 방법에는 화소의 밝기 값, 색상, 그리고 밝기 값의 변화량 등의 다양한 정보를 이용한다. 시간이나 날씨 그리고 외부 조명의 변화에 강인한 참조 배경영상을 얻기 위해 이들 정보들을 선형적인 방법이나 적응적인 방법들을 이용한다.

선형적인 방법으로 화소 밝기의 코드북을 이용하는 참조 영상정보를 얻는 방법은 일반적인 환경에서는 좋은 성능을 보인다[1,2,3]. 그러나 차량과 배경의 색상이 유사하거나 조명의 영향으로 색상 정보가 변화하면 차량들을 검출하지 못한다. 특히, 어두운 색상 계통 차량의 경우 직사광선이 차량 위에 나타나면 전혀 다른 색상으로 변한다. 또한, 차량 위쪽에 존재하는 가로수 같은 물체들을 거울과 같이 반사시켜 색상 정보를 활용하기 어렵다. 화소의 밝기 변화량 기반 방법은 시간에 따

른 배경 차 영상으로 움직이는 영역의 속성에 따라 실제 배경과 객체를 분류하는 방법이다[4]. 사람이 차량보다 더 구조가 복잡하다는 속성을 이용하는 것인데, 이는 배경 영상에 새로운 조명이 나타났을 때, 조명이 없을 때, 들어나지 않던 미세한 에지 성분들이 나타날 수 있어 분별력을 잃을 수 있다.

적응적인 방법으로 가우시안 혼합 모델 기반 배경 차 영상을 사용한 방법은 변화하는 환경에 적응력이 좋다. 하지만, 가우시안 혼합 모델을 사용하기 때문에 적응 시간이 길고 기하학적 구조가 복잡한 영상에 적용하기 어렵다. 그리고 각 클래스에 대한 평균, 표준 편차와 출현 주기를 사용하기 때문에 다양한 조명이 나타나는 환경에서는 적응을 하기위해 계속 클래스를 새로 생성해야하기 때문에 잘 작동하지 않는다[5,6]. 적응적인 가우시안 혼합 모델을 사용한 방법은 각 화소단위의 조도 값을 이용해 참조 배경을 생성한다. 하지만, 화소 단위의 처리로 인한 적응시간이 느리고 낮은 대비도를 갖는 영역과 그림자 효과에 잘 동작하지 않는다[7]. 적응적인 k 가우시안 혼합 모델을 사용하는 방법은 적응 시에 배경이 갖는 패턴을 이용하여 배경과 전경을 분리한다. 하지만 다양한 인공조명이 빠르게 출현하는 야간의 경우에 정확한 배경과 전경의 분리 및 적응이 어렵다[8]. 퍼지 배경 차 영상을 이용한 방법은 배경 갱신 방법이 갖는 상태 변화에 느린 갱신에 대한 단점을 보완한 방법으로 일반적인 변화에는 적응을 잘하지만, 갑작스레 나타나는 조명과 같은 급격한 변화에는 작동하지 않는다[9,10]. 차 영상 기반의 밝기 변화량과 연결 정보를 이용한 방법은 검출 단계에서 최종적으로 연결 정보에 의거하여 잡음을 제거하기 때문에 불안정한 조명환경에서는 물체에서 생성된 인공조명 영역까지 검출되기 쉽다[11]. 연속적인 입력 이미지의 평균 영상으로 참조 배경을 생성하는 방식은 주변 환경의 변화가 많지 않고 많은 물체가 출현하는 상황에서는 강인한 성능을 보이지만, 다양하고 빠른 인공조명이 나타나는 저녁 시간 때에는 잘못된 검출 결과가 많이 나타난다[12]. 또한 불변 특징을 이용한 검출 방법도 다양한 조명에 의해 특징의 변화가 생길 수 있다[13].

최근에 강인한 참조 배경영상을 얻기 위한 방법으로 화소 상태 분석법이 제안되고 있다. 화소 상태에 대해서 배경 상태(BG; BackGround state), 움직이는 상태(TR; TRansient state) 그리고 새로운 객체가 정지된 상태(ST; STationary state)로 분류하여, 배경과 전경을 분류하고 배경을 갱신하는 방법이다[14,15]. 이 방법은 이전 영상들과 현재 입력 영상 간의 배경 차 영상을 사용하여 변화를 검출하고 안정성 측정 및 배경 화소와 입력 영상의 화소 농도 값 비교를 통하여 상태를 분류한

다. 이 방법은 배경과 전경을 분류하는데 효율적인 방법이지만 화소 단위로 처리하여 잡음에 약하다. 또한 야간 영상에서 취약점이 들어나는데, 상점 조명이나 차량 헤드라이트 조명이 갑자기 나타났을 때 기존의 배경 영역이 정지해 있는 상태로 잘못 분류되어 배경이 갱신되지 못한다.

본 논문에서는 화소 상태 분석법에서 나타나는 문제들을 해결하기 위해 인공 조명환경에 보다 적응적인 참조 배경 영상의 갱신 기법을 제안한다. 영상에 잡음이 많이 생성되는 환경을 고려하여 화소 단위 처리보다는 블록 단위의 처리로 잡음의 발생을 최대한 억제한다. 또한 블록의 크기는 변화에 보다 적응적이도록 가변적이다. 제안하는 기법에서 배경에 에지 성분이 많다면 영상에서 많은 변화가 발생할 가능성이 높다. 따라서 적응시간을 줄이고 화소단위의 섬세한 참조 배경 영상의 갱신 효과를 갖기 위해 에지 성분이 많은 영역을 작은 블록 크기로 설정한다.

기존의 화소 상태 분석법은 밝기 값과 변화량 그리고 안정성만을 고려하기 때문에 조명의 영향에 의해 발생하는 영역과 객체를 구분하기 어렵다. 제안하는 상태 분석법은 인공조명 상태를 추가하여 블록 내 에지 성분의 유사도를 검사한다. 조명에 의해 생성되는 배경영역과 객체를 구별할 수 있다. 제안하는 기법을 차량 검출에 적용하기 위해 먼저 초기화 단계에서 참조 배경영상을 검지하지 않은 8x8 크기 블록의 에지 성분에 따라 3가지 종류(8 X8, 4X4, 2X2)의 블록으로 분할한다.

카메라로부터 입력 영상을 받아 참조 배경영상의 각 블록의 상태를 분류하고 갱신한다. 그리고 변화가 있던 블록과 같은 상태를 갖는 이웃한 블록을 하나의 블록으로 합병한다. 제안하는 갱신된 참조 배경영상을 사용함으로써 불안정한 조명 환경에서도 강인하게 차량을 검출할 수 있다. 실제 영상을 입력 받아 참조 배경 영상의 블록들의 상태를 갱신하여 차량을 검출한다.



그림 1. 조명이 없을 때와 조명이 있을 때의 에지 성분 비교
Fig. 1. Comparison between edge components of an image before an artificial illumination turn on and ones after it turn on.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 블록상태 분석을 설명한다. III장에서는 제안하는 방법을 사용한 실제 객

체 검출 기법에 대해 설명한다. IV장에서는 기존의 화소 상태 분석법과 제안된 기법을 차량 검출 실험을 통해 제안하는 블록 상태 분석기법 기반 차량검출 시스템의 우수성을 입증한다. 마지막으로 V장에서는 결론을 제시한다.

II. 블록 상태 분석법

1. 블록의 주요상태 정의

기존의 화소 상태 분석법은 화소 상태를 배경 상태(BG: BackGround state), 움직이는 상태(TR: TRansient state) 그리고 새로운 객체가 정지된 상태(ST: STationary state)로 구분한다[14,15]. 기존의 화소 상태 분석법은 배경과 전경을 분류하는데 효율적인 방법이지만 화소 단위로 처리하여 잡음에 약하다. 또한 인공조명에 의해 배경 영역(BG)이 정지해 있는 상태(ST)로 잘못 분류되어 배경영역이 갱신되지 못한다.

본 논문은 화소 상태 분석법에서 나타나는 문제들을 해결하기 위해 인공 조명환경에 보다 적응적인 참조 배경 영상의 갱신 기법을 사용한다. 영상에 잡음이 많이 생성되는 환경을 고려하여 화소 단위 처리보다는 블록 단위의 처리로 잡음의 발생을 최대한 억제한다. 또한 블록의 크기를 변화에 보다 적응적이도록 에지 성분에 따라 가변적으로 결정한다. 제안하는 블록 상태 분석법은 블록을 다음과 같이 4가지 상태로 분류한다. 일시적 상태(TR: TRansient state), 안정된 상태(ST: STationary state), 배경 상태(BG: BackGround state) 그리고 본 논문에서 제안하는 인공조명 상태(AI: Artificial Illumination state)로 분류한다. 각 블록 상태에 대한 정의는 다음과 같다.

일시적 상태(Transient state): 블록의 밝기 값이 지속적으로 변화하고 있는 상태로 객체가 움직이거나 변화하고 있는 상태이다.

안정된 상태(Stationary state): 블록의 밝기 값이 일정한 값을 갖는 상태이다. 그러나 원래의 참조 배경과 같은 밝기 값을 갖지 않는 상태를 의미한다. 이는 새로운 배경으로 고려할 대상이다.

배경 상태(Background state): 블록의 밝기 값이 일정한 값을 갖는다. 그리고 참조 배경과 같은 밝기 값을 갖는다.

인공조명 상태(Artificial illumination state): 블록의 밝기 값이 배경과 다르고 에지 성분이 참조 배경영상과 유사한 경우이다.

인공조명 상태는 그림 1처럼 순간적으로 조명이 나타났을 때, 차 영상 기반에서는 그림 2처럼 영상의 조명뿐만 아니라 조명 주변에서도 변화가 검출된다. 그러나 각 블록의 에지 성

분은 큰 변화를 보이지 않기 때문에 조명에 의해 발생하는 영역이 일정한 밝기를 유지됨으로써 그림 2처럼 관심 객체로 검출될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 입력 영상과 참조 배경 영상의 각각에 대해서 Sobel 에지 검출기를 적용하여 에지 성분을 검출하고 블록별로 비교함으로써 인공조명에 의해 발생하는 영역과 관심 객체를 구분한다.



그림 2. 그림 1.의 입력 영상과 기준 배경 영상간의 차 영상
Fig. 2. Difference image between the reference background image and the input image in Fig. 1.

2. 블록 상태들 간의 관계

정확한 참조 배경영상을 생성하기 위해서는 블록 상태를 정확히 분류하고 주변 환경에 적응적이어야 한다. 각 블록의 상태와 천이 조건 관계는 다음의 수식들에 의해 결정된다.

다음의 수식은 현재 입력 영상과 이전 입력 영상간의 밝기 값 변화를 검사하는 수식이다.

$$C = \max_{x,y \in \Omega_k} |I_t(x,y) - I_{t-j}(x,y)|, \forall j \in [1,5] \dots (1)$$

여기서 $I_t(x,y)$ 는 t시간에서 획득된 영상에서 (x,y) 좌표의 블록의 평균값을 의미한다. 그리고 Ω_k 는 영상의 밝기 값의 변화를 측정하는 영역을 의미한다.

다음의 식(2)는 현재 입력 영상과 이전 입력 영상간의 밝기 값의 안정성을 측정하는 수식이다.

$$S = \frac{1}{20} \sum_{x,y \in \Omega_k} \left[5 \sum_{j=0}^5 I_{t+j}^2(x,y) - \left(\sum_{j=0}^5 I_{t+j}(x,y) \right)^2 \right] \dots (2)$$

여기서 $I_{t+j}(x,y)$ 는 (t+k) 시간에서 획득된 영상에서 (x,y) 좌표에 대응되는 블록의 평균값을 의미한다. 그리고 Ω_k 는 영상의 안정성을 측정하는 영역을 의미한다.

다음의 수식은 참조 배경 영상과 현재 입력 영상 간의 밝기 값 비교를 하는 수식이다.

$$I = \begin{cases} Background, & \text{if } |IC_M - IR_M| < THR_R \dots (3) \\ Others, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

여기서, IC_M 과 IR_M 은 각각 현재 입력 영상과 참조 배경 영상의 블록 M의 평균 밝기 값을 의미한다. 참조 배경 영상과 현재 입력 영상의 밝기 값 차이가 임계값 THR_R 보다 크면, 블록M은 배경이 아니다. 임계값 THR_R 은 다양한 실험에 의해 선형적으로 결정하였다.

본 논문에서는 수식(4)를 이용하여 객체의 블록을 인공조명에 의해 발생한 영역과 구분한다.

$$E = \begin{cases} 1, & \text{if } |ER_M - EC_M| > THR_E \dots (4) \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

여기서, ER_M 과 EC_M 은 각각 참조 배경 영상과 현재 입력 영상의 블록 M의 에지 성분을 의미한다. THR_E 는 객체의 블록을 인공조명에 의해 발생한 영역과 구분하기 위한 임계값이다. 임계값 THR_E 는 다양한 실험에 의해 선형적으로 결정하였다.

다음 그림 3는 본 논문에서 제안하는 블록 상태 천이도이다. C와 C⁻¹는 수식 (1)과 관련된 상태 천이 조건으로 각각 변화가 있고 없는 것을 나타낸다. S와 S⁻¹는 수식 (2)와 관련된 상태 천이 조건으로 각각 안정한지 불안정한지 나타낸다. I와 I⁻¹는 수식 (3)과 관련된 상태 천이 조건으로 각각 참조 배경과 밝기 값이 유사한지 하지 않는지를 나타낸다. E와 E⁻¹는 수식 (4)와 관련된 상태 천이 조건으로 각각 조명인지 객체인지를 나타낸다. 마지막으로 상태 천이 조건 T는 임의의 시간을 나타내는 상수이다. BG, ST, AI 그리고 TR은 각각 배경 상태, 안정적 상태, 인공조명 상태 그리고 일시적 상태를 의미한다. 그리고 TR상태에서 다른 상태로 천이되기 위해서는 수식 (2)가 S를 만족해야하며 다른 상태에서 TR로 천이되기 위해서는 S⁻¹를 만족해야한다. 모든 블록 상태는 이전의 입력 영상과 현재 입력 영상 간에 수식 (1)이 C⁻¹일 때 상태 천이가 일어날 수 있는 조건을 충족하며, 일시적 상태(TR)이다. 블록의 값이 수식 (2), 수식 (3) 그리고 수식 (4)가 S와 I 그리고 E⁻¹일 때 배경 상태(BG)로 천이된다. 블록의 배경 상태(BG)상태가 일시적 상태(TR)로 천이되기 위해 우선 수식 (2)이 S⁻¹이어야 한다. 이때, 수식 (1)이 C 경우에는 다시 배경 상태(BG)를 유지한다. 하지만, C⁻¹인 경우에는 일시적 상태(TR)로 천이되게 된다. 일시적 상태(TR)에서 수식 (2)와 수식(3)이 각각 S와 I를 만족한다면 인공조명 상태(AI) 또는 안정된 상태(ST)로 천이 가능하다.

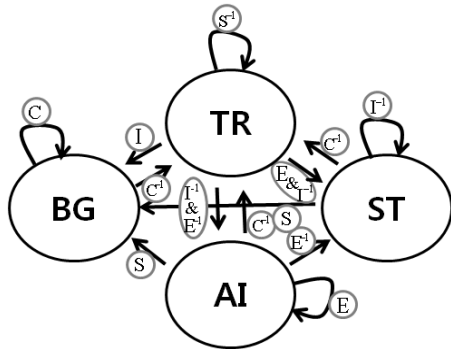


그림 3. 블록 상태 천이도
Fig. 3. Block-state transient diagram.

이때, 참조 배경과 입력 영상의 각 블록이 수식 (4)에 대입 되었을 때, E를 만족하면, 인공조명에 의한 영향에 의한 변화로 판단하고 인공조명 상태(AI)로 천이된다. 하지만, E⁻¹를 만족한다면 안정된 상태(ST)로 천이된다. 인공조명 상태(AI)는 다른 상태와는 달리 수식 (1)의 값이 C⁻¹를 만족할 때만 일시적 상태(TR)로 천이되는 것이 아니라 수식 (4)의 값이 E⁻¹를 만족할 때 ST상태로 천이가 가능하다. 이는 인공조명 상태(AI)는 조명에 의해 발생하는 영역에 다른 객체가 들어 왔을 때, 변화에 반응하지 않을 수 있기 때문이다. 그리고 인공조명 상태(AI)는 수식 (4)의 값이 E를 만족할 때 계속 상태를 유지한다. 그리고 S를 만족할 때, 배경 상태(BG)로 천이된다. 안정된 상태(ST)는 블록의 값이 수식 (1)에 대입하여 C⁻¹를 만족할 때, 일시적 상태(TR)로 천이 가능하다. 그리고 S를 만족할 때, 배경 상태(BG)로 천이된다. 그리고 수식 (3)이 I¹를 만족할 때 상태를 계속 유지한다.

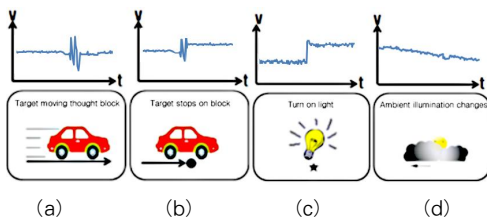


그림 4. 일상적인 블록의 밝기 값 곡선
Fig. 4. Block intensity curves for common events.

블록 상태 분석법은 실제 상황에서도 매우 효율적인 기법이다. 고정된 카메라로 얻어진 도로 영상에서 나타나는 현상을 분석하면 시간에 따른 몇 가지 일정한 규칙이 있음을 알 수 있다. 영상에 차량에 의해 생기는 현상과 그 밖에 조명에 의한 현상이 보이는데 그림 4에서 보면 4가지로 나눌 수 있다. 그림 4는 참조 배경 영상의 블록 상태에 따른 블록 평균

밝기 값의 시간 변화를 보여준다. 그림 4(a)에서 움직이는 차량이 통과할 때, 블록 평균 밝기 값 곡선은 일정 시간 동안 불안정한 값을 갖는다. 차량이 지나갈 때에는 새로운 블록 평균 밝기 값을 갖다가 다시 이전의 값을 갖는다. 그림 4(b)는 물체가 어떤 블록 위에서 정지했을 때, 블록 평균 밝기 값은 새로운 값을 가지며, 안정적인 곡선을 그린다. 그림 4(c)는 순간적으로 인공조명이 나타났을 때, 블록 평균 밝기 값의 변화는 순간적으로 나타난다. 차량이 정지했을 때에는 다르게 값의 일순간에 변화하며 빠르게 안정적인 곡선을 그린다. 마지막으로 그림 4(d)는 시간에 따른 태양과 같은 자연 조명에 의한 변화로 블록 평균 밝기 값 곡선의 변화가 부드럽고 느리게 진행된다.

실제 도로 영상에서 나타나는 현상들은 블록 상태 천이도를 이용하여 설명할 수 있다[15]. 그림 4(a)는 차량이 한 블록 위를 통과했을 때의 변화로 블록 상태는 배경 상태에서 일시적 상태(TR)로 천이되었다가 차량이 통과한 후에 다시 배경 상태(BG)로 천이된다. 그림 4(b)는 배경 상태(BG)에서 일시적 상태(TR)로 천이되었다가, 차량이 정지하면서 안정적 상태(ST)로 천이되게 된다. 그림 4(c)는 배경 상태(Background state)에서 일시에 조명이 켜지면서 일시적 상태(Transient state)로 천이 되었다가 바로 인공조명 상태로 천이된다. 마지막으로 그림 4(d)는 시간에 따른 자연 조명의 변화가 임계치보다 작게 변화가 일어나는 것으로 변화가 감지되지 않고 배경 상태(BG)를 유지한다. 하지만, 실제 시스템에서 적응적인 참조 배경영상을 생성하기 위해서는 일정한 규칙에 따라 분석을 해야 한다. 따라서 블록 상태 천이 관계를 이용한 블록 상태 분석 알고리즘은 그림 5에 순서도로 표현한다.

블록 상태를 처음 배경 상태로 초기화한다. 그리고 이 상태는 수식(1)에 의한 값이 임계값 THR_C보다 작고 수식(2)에 의한 값이 임계값 THR_S보다 작을 때, 계속해서 같은 상태를 유지한다. 배경 상태가 일시적 상태로 천이되기 위해서 수식 (1)의 값이 임계값 THR_C 보다 커야한다. 일시적 상태가 다른 상태로 천이될 때는 수식(2)에 의한 값이 임계값 THR_S보다 작은 경우이다. 이때, 수식(3)에 의한 값이 임계값 THR_R보다 작다면 배경으로 분류가 되어 배경 상태로 천이가 된다. 그렇지 않고, 수식(4)에 적용한 결과 값이 임계값 THR_E보다 작다면, 인공조명에 의한 변화라 판단하고 인공 조명상태로 분류한다. 그리고 임계값 THR_E보다 크다면 차량이 정지한 것으로 판단하여 안정적 상태로 분류한다. 일시적 상태를 제외하고 다른 상태들은 수식(1)에 의한 값이 임계값 THR_C를 넘기 전까지 상태를 유지한다. 그리고 안정적 상태와 일시적 상태를 제외한 배경 상태와 인공조명 상태의 블록들을 갱신한다.

3. 블록상태 분석 기반 참조 배경 영상의 갱신

2절에서 정의한 방법에 따라 전경과 배경을 분리하기 위해 지속적으로 참조 배경영상을 갱신해야 한다. 처음 참조 배경 영상의 만들 때 카메라로부터 획득된 첫 5개의 연속 영상의 평균영상을 참조 배경 영상으로 정한다. 블록별로 상태를 유지하기 위해 참조 배경 영상을 일정 크기의 블록으로 나눈다. 초기에 참조 배경영상이 생성되면, 이 영상을 겹치지 않는 8 X 8 크기 블록으로 분할한다. 그리고 Sobel 에지 검출기를 사용하여 각각의 블록에 대해 에지 성분을 검출한다.

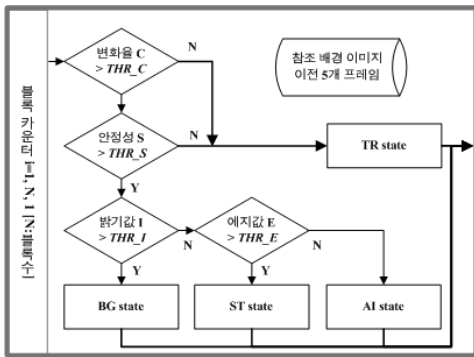


그림 5. 블록 상태 분석 알고리즘
Fig. 5. Algorithm of the block-state analysis.

검출된 에지 성분의 검출량에 따라 기존의 블록 크기를 3가지로 나눈다. 에지 성분이 많은 영역일수록 참조 배경 영상의 구조가 더 복잡하다는 것을 의미 한다. 참조 배경 영상에서 에지 성분이 많은 영역은 시간에 따라 상태의 변화가 발생할 가능성이 높다. 따라서 배경의 갱신 시간을 줄이고 화소단위의 섬세한 참조 배경 영상의 갱신 효과를 갖기 위해 에지 성분이 많은 영역일수록 작은 블록 크기로 나눈다. 다음 수식(5)은 에지 성분에 따라 블록의 크기(BS: Block Size)를 결정하는 식이다.

$$BS(Block\ Size) = \begin{cases} 2 \times 2, & \text{if } EC_M > E_H \\ 4 \times 4, & \text{if } E_H \leq EC_M < E_H \\ 8 \times 8, & \text{if } EC_M \leq E_L \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

여기서 E_H 와 E_L 다양한 실험에 의해 선형적으로 결정된 임계값이며, 각각 높은 에지 성분과 낮은 에지 성분을 나타낸다.

처음 참조 배경 영상의 블록들의 상태는 배경 상태에서부터 시작한다. 시스템이 처음 시작하였을 때 카메라에서 획득된 5개의 연속 영상을 누적시켜 평균 영상을 얻는다. 평균 영상의

블록 별로 수식(1)~ (5)을 이용하여 참조 배경 영상의 블록의 상태를 결정한다. 배경 상태와 인공조명 상태로 판정된 참조 배경 영상의 블록들을 다음 식(6)에 입력 평균 영상의 해당 블록들을 적용하여 새로운 밝기 값 정보로 갱신한다.

$$B_b(t) = \alpha I_b(t) + (1 - \alpha) B_b(t - 1) \dots\dots\dots (6)$$

여기서, α 는 갱신 속도를 나타내는 상수이며, 보통 0.5에서 1사이의 값으로 정의한다. $B_b(t)$ 는 t 시간에서 갱신을 원하는 참조 배경 영상의 블록이며, $I_b(t)$ 는 t시간에서 평균 영상의 해당 블록이다.

배경 상태의 블록은 아니지만, 인공조명 상태의 블록도 배경블록처럼 밝기 값 갱신을 수행한다. 이는 인공조명으로 인해 배경의 밝기가 변경되어도 객체들의 움직임에 따른 일시적인 상태나 안정상태가 아니기 때문이다. 참조 배경 영상은 배경 상태나 인공조명 상태로 분류되었을 때에만 수식(6)에 의해 갱신된다.

안정적 상태는 기존에 없던 객체가 배경 위에 정지한 상태이거나 원래 있던 객체가 변화를 멈춘 상태로 다음 주기 영상에서 상태의 변화가 발생할 가능성이 높다. 그러나 인공조명 상태의 블록처럼 영상 내에서 다른 영역이나 객체에 영향을 주지 않는다. 따라서 안정 상태의 블록은 해당 평균 영상의 블록을 검사하여 같은 상태를 일정 시간 유지하면 배경으로 간주하고 해당 블록을 배경 상태로 천이시킨다.

참조 배경 영상에서 동일 블록 상태를 갖는 인접한 블록은 동일한 객체일 확률이 높다. 따라서 블록 상태의 천이가 끝난 참조 배경 영상에서 동일한 이웃 블록을 합병함으로써 블록의 수를 줄일 수 있다. 다음 블록 상태의 천이를 단순화 시켜 참조 배경 영상을 갱신하는 시간을 줄인다. 하지만 합병된 블록의 크기가 너무 커질 경우, 변화에 반응하지 않을 수 있으므로 블록의 크기는 임의의 임계치를 넘지 않는다. 다음의 그림 6은 참조 배경 영상의 블록들의 상태 천이가 끝났을 때, 이웃하는 블록 간에 합병하거나 해당 블록을 분할하는 것을 묘사한다.

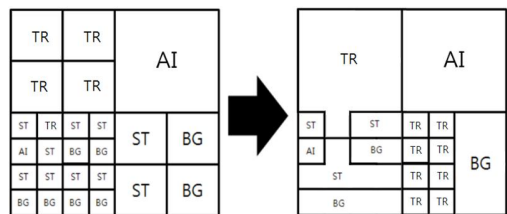


그림 6. 동일한 블록 상태를 갖는 블록 합병 예
Fig. 6. Example of merging neighbor blocks with the same block-state.

참조 배경 영상에서 특정 블록의 상태가 인접한 블록이 같은 상태를 가질 경우에 동일 객체에 속하는 영역일 가능성이 매우 높다. 하지만, 참조 배경 영상의 블록의 상태가 변경된 경우에는 해당 블록 내에 여러 객체가 존재할 가능성이 높기 때문에 앞서 제안한 에지 성분의 검출량에 따라 3가지 블록의 크기로 나눈다. 참조 배경 영상의 갱신 시간을 줄이고 화소단 위의 섬세한 갱신 효과를 갖기 위해 에지 성분이 많은 영역일 수록 작은 블록 크기로 나눈다. 나뉜 블록들은 상태 천이 기법에 따라 다음 주기에 여러 상태로 변경될 가능성이 높다.

III. 참조 배경 영상의 갱신 기법을 이용한 차량검출

앞서 설명한 블록 상태 분석 기반 참조 배경 영상의 갱신 기법의 우수성을 입증하기 위해 불법 주차 차량 단속하는 시내 도로에서 차량을 검출하는데 응용하였다. 참조 배경 영상의 갱신 기법을 이용한 차량 검출은 다음 단계들을 거쳐 수행된다.

- 단계 1: 고정된 카메라로 획득된 첫 5개의 연속 영상의 평균영상을 참조 배경 영상으로 설정한다. 그리고 에지 성분에 검출량에 따라 3종류의 블록 크기로 나누고 각 블록의 초기 상태는 배경 상태에서 시작한다.
- 단계 2: 차량을 검출하기 위해 카메라로부터 5개의 연속 영상의 평균 영상을 얻는다.
- 단계 3: 평균영상과 참조 배경 영상의 각 블록들의 상태를 대조하여, 참조 배경 영상의 블록들의 상태를 천이 시킨다.
- 단계 4: 배경 상태와 인공조명 상태로 분류된 블록들만을 수식(6)에 따라 참조 배경 영상을 갱신한다.
- 단계 5: 관심영역 안에 차량 후보 영역으로 판정될 가능성이 높은 일시적 상태와 안정상태의 블록들을 검출한다.
- 단계 6: 차량 후보 영역에서 실제 차량을 검출하기 전에 관심 영역에 대해 기하학적 정규화를 수행한다. 검출된 영역을 각각의 군집별로 구별하여 일정 크기 이상의 군집만을 차량으로 판단한다.

다음의 그림 7는 블록 상태 분석 기반 적응적인 참조 배경 영상의 갱신 기법을 이용한 차량 검출에 대한 순서도를 보여준다.

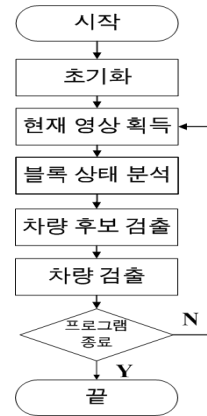


그림 7. 차량 검출 알고리즘의 순서도
Fig. 7. Flowchart of vehicle detection algorithm.

단계 1에서 설정한 참조 배경 영상은 그림 8 (a)처럼 첫 5개의 연속 영상의 평균 영상을 구해 설정한다. 그림 8 (b)는 참조 배경 영상에서 관심 영역을 설정된 것을 보여준다. 관심 영역은 한 개의 차선이지만 카메라로부터 핀홀 카메라(pin-hole camera) 모델에 따라 차선의 너비가 카메라로부터 멀어 질수록 좁아지는 것을 볼 수 있다. 따라서 차량 후보 영역에서 실제 차량을 검출하기 위해 차량 영역 검출 단계에서 Affine 변환을 이용하여 기하학적 정규화를 수행한다. 관심영역에서 차량을 검출하기 위해 카메라로부터 5개의 연속 영상의 평균 영상을 얻어 입력 영상으로 사용한다. 그리고 블록 상태 분석법을 이용하여 참조 배경 영상의 블록들에 관해 상태를 결정하고 참조 배경 영상을 갱신한다.

배경 상태나 인공조명 상태는 수식 (3) ~ (5)을 사용하여 결정할 수 있다. 배경 상태나 인공조명 상태의 블록을 제외한 일시적 상태와 안정된 상태의 블록만이 차량 후보 영역으로 고려된다. 일시적인 상태에서부터 검출된 후보 차량 영역은 차량의 움직임 때문에 수식 (2)로 구해진 안정성 값이 계속 불안정하다.



(a) 참조 영상 (b) 관심 영역 설정 예
(a) Reference image (b) Example of setting ROI

그림 8. 관심 영역 설정
Fig. 8. Setting ROI.

그리고 인공조명 성분이 차량 후보 영역에 존재할 경우, 수식 (2)로 구해진 값이 안정하여 다른 상태로 천이될 가능성이 높다. 즉, 기존의 화소 상태 분석 기법은 도로 차선의 밝기값이 인공조명에 의해 변경되어 정지된 차량으로 검출될 수 있다. 하지만 제안하는 기법은 밝기 변화가 있는 도로영역을 인공조명 상태를 갖는 영역으로 판정함으로써 차량으로 검출하지 않는다. 그림 9 (a)는 화소 상태 분석 기법으로 후보 차량 영역을 얻은 결과를 보여준다. 그림 9 (b)는 제안한 기법을 적용하여 얻어진 차량 후보 영역에서 인공조명 성분을 제거한 차량 후보 영역을 보여준다.



(a) 화소 상태 분석 (b) 제안한 기법
(a) Pixel state analysis (b) Proposed method

그림 9. 차량 후보 영역 추출

Fig. 9. Vehicle candidate detection.

마지막으로 차량의 기하학적 정보를 이용하여 차량을 검출하기 위해, 관심 영역에 대해 Affine 변환을 이용한 기하학적 정규화를 수행하였다. 그림 10 (a)은 도로 차선폭에 대해서 기하학적 정규화를 수행하여, 차량 후보 영역을 균집화한 것을 보여준다.

그림 10 (b)는 (a)를 이용하여 최종적으로 얻어 낸 차량 영역을 보여주며, 일정 크기 이하의 균집은 영상 잡음으로 판단하여 비차량으로 분류한다.

그림 11는 제안한 기법을 이용한 얻어진 차량 검출 영상이다. 배경 상태를 제외한 갱신된 블록 상태와 그 영역과 같은 상태를 갖는 이웃 블록을 합병하여 다음 차량 검출 시 안정적인 차량 검출이 가능토록 한다.



(a) 관심영역 보정 영상 (b) 차량 영역 결정
(a) Distorted ROI image (b) Vehicle region decision

그림 10. 차량 영역 결정 이미지

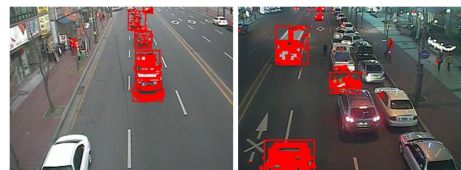
Fig. 10. Example of vehicle region decision



그림 11. 제안한 방법의 차량 검출

Fig. 11. Example of the vehicle detection using the proposed method.

그림 12는 본 논문에서 제안한 기법을 이용하여 검출한 결과 영상이다. 그림 12(a)는 주간 영상에서의 검출 영상이며, 그림 12(b)는 인공조명에 노출된 야간 영상에서의 검출 영상이다. 불규칙한 조명 환경에서도 참조 배경 영상이 강인하게 적응적으로 갱신됨으로써 차량 검출이 원활한 것을 확인할 수 있다.



(a) 주간 영상 (b) 야간 영상
(a) Day time image (b) Night time image

그림 12. 제안한 기법을 이용한 차량의 검출 결과 예
Fig. 12. Examples of the vehicle detection using the proposed method.

IV. 실험

제안하는 기법은 MS VC++로 구현하여 Windows XP 운영체제를 갖는 Pentium IV PC에서 수행하였다. 실험에 사용된 입력 영상은 현재 다양한 장소에 설치된 교통관제시스템에서 조명환경과 시간대가 다양하게 획득한 도로 영상을 사용하였다. 영상의 크기는 640×480이고 그림 13에서 보이는 영상들을 사용하였다.

그림 13의 좌측 상단 그림부터 시계방향으로 빠르게 구름이 이동하는 주간 영상, 다양한 조명이 나타나는 야간 영상, 일반적인 낮 도로 영상 그리고 비 오는 날의 낮 영상 등으로 차량 검출 실험이 진행되었다. 이 실험에서 기존의 화소 상태 분석법 [14]과 본 논문에서 제안하는 적응적인 블록 상태 분석법과의 비교 실험을 통하여 제안하는 기법의 우수성을 보였다. 비교 방법인 화소 상태 분석법은 3 단계에서 블록 상태 분석법대신 화소 상태 분석법을 적용한 것 이외에는 제안하는 방법의 실험 방법과 동일한 단계를 거쳐서 동일한 영상에서 실험하였다.



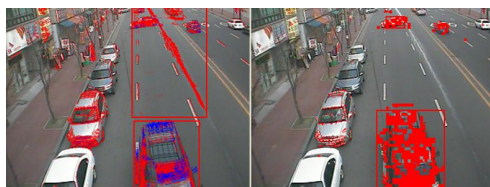
그림 13. 실험을 위한 데이터베이스 영상
Fig. 13. Database images for experiment.

그림 14는 날이 맑은 주간 영상에서 왼쪽 차선의 차량 검출 결과이다. 그림 14(a)는 화소 상태 분석법으로 차량 검출 실험 영상이다. 이전 영상에서 도로에 물을 흘리며 가는 차량이 있어 군집화 과정에서 실제 차량 검출 영역과 도로 상의 물이 같이 차량 영역으로 잘못 검출되었다. 그림 14(b)는 제안하는 방법으로 그림 14(a)의 결과처럼 물이 뿌려진 영역이 잘못 검출되지 않고 배경으로 잘 분리되었으며, 두 대의 차량 영역이 검출되었다.

그림 15의 (a), (b)에 사용된 영상은 날이 흐리고 구름이 많이 낀 상태의 영상으로 구름이 빠르게 이동하면서 구름 사이의 햇빛이 빠르게 영상의 위쪽에서 아래쪽으로 이동하는 상태이다. 그림 15(a)의 화소 상태 분석법은 빠르게 들어오는 조명 때문에 실제 아무것도 없지만 차량이 있는 것으로 검출되고 있다.



(a) 화소 상태 분석법 (b) 제안하는 방법
(a) Pixel state analysis (b) Proposed method
그림 14. 일반 영상 검출 실험
Fig. 14 Detection experiment on a general image.



(a) 화소 상태 분석법 (b) 제안하는 방법
(a) Pixel state analysis (b) Proposed method



(c) 화소 상태 분석법 (d) 제안하는 기법
(c) Pixel state analysis (d) Proposed method
그림 15. 불안정한 조명 환경에서의 차량 검출 결과
Fig. 15. Experimental result of the vehicle detection on an unstable illumination.

하지만, 제안하는 방법의 결과 영상인 그림 15(b)는 제안하는 기법으로 블록 기반이고 조명 성분을 분리하기 때문에 실제 차량 영역으로 검출되는 영역이 없다. 그림 15의 (c), (d)에 사용된 영상은 차량과 조명이 빠르게 영상의 위쪽에서 아래쪽으로 이동하는 상태이다. 그림 15(c)는 화소 상태 분석법으로 조명과 차량의 구별이 이루어 지지 않아 조명과 차량이 같이 군집화 되어 차량 영역이 잘못 검출되었다. 그림 15(d)는 제안하는 방법으로 같은 영상에서 차량과 조명의 분리되어 비교적 정확하게 차량 검출이 이루어 졌다.

그림 16은 비가 내린 뒤의 영상에서 차량 검출을 실험한 영상으로 도로 면이 젖어있는 것 이외에는 맑은 날과 차이가 없다. 그림 16 (a), (b)에서 모두 잘 검출이 된 걸 볼 수 있다.



(a) 화소 상태 분석법 (b) 제안하는 기법
(a) Pixel state analysis (b) Proposed method
그림 16. 우천 시, 검출 실험 결과
Fig. 16. Experimental result of the vehicle detection on a rainy image.

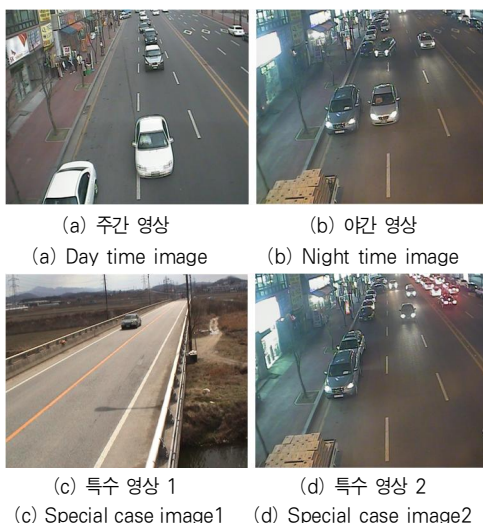


(a) 화소 상태 분석법 (b) 제안하는 방법
(a) Pixel state analysis (b) Proposed method
그림 17. 야간 영상 검출 실험
Fig. 17. Experimental result of the vehicle detection on an evening image.

그림 17의 (a), (b)는 야간 영상에 각각의 방법을 적용한 차량 검출 영상이다. 이 영상에서 차량의 헤드라이트는 차량 검출에 많은 문제를 발생시킨다. 그림 17(a)는 화소 상태 분석법으로 검출한 결과 영상으로 차량과 헤드라이트 영역이 같이 검출되어 차량과 도로의 구분이 되지 않는 결과를 보인다. 그래서 군집화 과정에서 한 대의 차량 영역으로 오검출 되었다. 반면에, 그림 17(b)는 제안하는 방법은 차량과 헤드라이트 영역이 비교적 명확하게 구분되어 차량 검출이 가능하였다. 하지만 영상 상부에 존재하는 차량 두 대는 차량 영역의 군집 조건을 만족 시키지 못하여 차량 영역에서 제외되었다.

화소 상태 분석법을 이용한 차량 검출 결과 및 본 논문에서 제안하는 적응적인 블록 상태 분석법을 이용한 차량 검출 결과는 아래의 표 1에서 보인다. 실험은 주간, 야간, 특수1 그리고 특수2는 실험에 쓰인 영상의 상태로 주간은 맑은 날의 주간 영상을 의미하고 야간은 맑은 날의 야간 영상을 나타낸다. 특수1은 대기가 불안정하여 몇 프레임 안에서 조명의 밝기가 매우 빠르게 변하는 영상이다. 그리고 특수2는 야간에 차량의 헤드라이트 같은 인공조명이 많이 발생하는 영상을 나타낸다. 그림 18은 주간, 야간 그리고 특수에 해당하는 영상의 예이다.

그림 18 (a), (b)는 대부분의 기법들에서 안정된 검출 결과가 나오는 주간과 야간에 대한 실험 영상이다. 그림 18 (c), (d)는 특수한 경우의 영상들로 차량과 대기 조명이 동시에 영상에서 나타나는 경우의 주간 영상과 야간에 다수의 차량이 서로의 헤드라이트 영향권에 맞닿아 정확한 차량 검출이 쉽지 않은 영상이다.



(c) 특수 영상 1 (d) 특수 영상 2
(c) Special case image1 (d) Special case image2

그림 18. 비교 실험에 사용된 영상들
Fig. 18 Images for comparative experiments

표 1에서 기법A는 화소 분석방법[14]을 이용한 차량 검출 결과이며 기법B는 본 논문에서 제안하는 블록 상태분석법을 이용한 차량 검출결과이다.

표 1. 제안하는 기법과 화소 분석 방법을 이용한 차량 검출 실험 결과 비교
Table 1. Comparison of the vehicle detection between the pixel state analysis method and the proposed method.

| 환경 | 영상 수 | 기법 | 성공 | 실패 | 검출율(%) |
|-----|------|----|-----|----|--------|
| 주간 | 195 | A | 187 | 13 | 93.5 |
| | | B | 192 | 8 | 96.0 |
| 야간 | 173 | A | 91 | 82 | 52.0 |
| | | B | 151 | 22 | 87.2 |
| 특수1 | 151 | A | 60 | 91 | 39.7 |
| | | B | 142 | 9 | 94.0 |
| 특수2 | 167 | A | 74 | 93 | 44.3 |
| | | B | 152 | 15 | 91.0 |

이 영상들은 화소 상태 분석법과 적응적인 블록 상태 분석법에 동일하게 적용하여 실험하였다. 표 1에서 화소 상태 분석법은 주간에서 93.5%, 야간에서 52% 그리고 특수1에서 39.7%의 검출율을 보였다. 그리고 특수2는 44.3%의 검출율을 보였다. 하지만 적응적인 블록 상태 분석법은 주간에서 96%, 야간에서 87.2%, 특수1에서 94%를 보였다. 그리고 특수2에서 91%를 보였다. 적응적인 블록 상태 분석법이 화소 상태 분석법에 비해서 주간에서 2.5%, 야간에서 5.8%, 특수1에서는 54.1% 그리고 특수2에서 46.7% 높은 검출율을 보였다.

기존의 화소 상태 분석법에 비해 적응적인 블록 상태 분석법은 에지 성분의 비교를 통해서 조명 성분을 찾아내기 때문에 야간, 특수1 그리고 특수2에서 높은 검출율을 보인다.

특수1에서 영상과 조명이 동시에 영상에 나타나는 경우에도 기존의 화소 상태 분석법은 참조 배경에 가까운 조명 환경으로 변했을 때만 정상적으로 차량이 분리되어 검출됐다. 또한, 특수2 영상의 경우, 차량이 연이어 들어오는 경우 헤드라이트의 영향으로 두 대 이상의 차량이 한 대의 차량으로 검출되는데 제안하는 기법에서는 조명 영역을 검출된 차량 영역에서 분리하기 때문에 정확한 차량 검출이 되었으며, 여러 가지 조명 환경에서도 문제없이 잘 검출 되었다.

V. 결론

기존의 차량 검출방법들은 상당수 일반적인 조명에서 차량의 색상 정보나 차 영상을 기반으로 차량을 검출한다. 하지만

많은 인공지능이 존재하는 현대 도시의 상황에서는 이러한 방법들은 적용하는데 문제가 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자, 참조 배경영상의 영상 잡음을 억제하고 생성 시간을 줄이기 위해 화소 단위가 아닌 블록 단위로 상태를 표현하는 블록 상태분석법을 제안하였다. 또한 제안하는 블록 상태 분석법은 인공지능 상태를 추가함으로써 인공지능으로부터 발생하는 배경영역과 객체를 구분하였다. 실험에서 입증했듯이 블록 상태분석법을 이용한 불법 주차차량 검출 시스템은 인공지능과 같은 급변하는 불안정한 조명환경에서도 조명 효과를 참조 배경영상에 보다 효과적으로 반영함으로써 보다 정확한 차량을 검출할 수 있었다.

참고문헌

- [1] K. Kim, T. H. Chalidabhongse, D. Harwood, and L. Davis, "Real-time Foreground-Background Segmentation using Codebook Model," *Real-time Imaging*, Vol. 11, Issue 3, pp. 172-185, June 2005.
- [2] Yongbin Li, Feng Chen, Wenli Xu, and Youtian Du, "Gaussian-Based Codebook Model for Video Background Subtraction," *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 762-765, Sept. 2006.
- [3] Mohamad Hoseyn Sigari, and Mahmood Fathy, "Real-time Background Modeling/Subtraction using Two-Layer Codebook Model," *International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, Vol. 1, Mar. 2008.
- [4] Luthon, F., and Beaumesnil, B., "Color and R.O.I. with JPEG2000 for wireless video surveillance", *Image Processing, 2004. ICIP '04. 2004 International Conference on*, Vol. 5, pp. 3205-3208, Oct. 2004.
- [5] J. Meessen, C. Parisot, C. Le Barz, D. Nicholson, and J. F. Delaigle., "WCAM: Smart Encoding for Wireless Surveillance.", In *SPIE Image and Video Communications and Processing (IVCP 05)*, Vol. 5685, pp. 14-26, Jan. 2005.
- [6] C. Stauffer, and W. E. L. Grimson, "Adaptive Background Mixture Models for Real-Time Tracking," in *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 246-252, 1999.
- [7] Michael Harville., "A framework for high-level feedback to adaptive per-pixel mixture of gaussian models," *Computer Vision ECCV 2002*, Vol. 2352 pp. 37-49, Jan. 2002.
- [8] R. Tan, H. Huo, J. Qian, and T. Fang., "Traffic video segmentation using adaptive-k gaussian mixture model," *The International Workshop on Intelligent Computing*, pp. 125-134, Aug. 2006.
- [9] Mohamad Hoseyn Sigari, Naser Mozayani, and Hamid Reza Pourreza, "Fuzzy running average and fuzzy background subtraction: Concepts and application," *International Journal of Computer Science and Network Security* 8, pp. 138 - 143, Feb. 2008.
- [10] El Baf F., Bouwmans T., and Vachon B, "Fuzzy integral for moving object detection," *IEEE International Conference on*, pp. 1729-1736, June 2008.
- [11] Shuguang Zhao, Jun Zhao, Yuan Wang, and Xinlin Fu, "Moving Object Detecting Using Gradient Information, Three-Frame-Differencing and Connectivity Testing," *Australian Conference on Artificial Intelligence*, pp. 510-518, 2006.
- [12] 주성일, 전영민, 최형일, "불법 주차차 무인 자동 단속을 위한 환경 변화에 강건한 적응적 배경영상 모델링 알고리즘," *한국컴퓨터정보학회논문지*, 제 13권, 제 6호 통권 제 56호, 117-125쪽, 2008년 11월.
- [13] 장대식, "지역적 불변특징 기반의 3차원 환경인식 및 모델링," *한국컴퓨터정보학회논문지*, 제 11권, 제 3호, 31-39쪽, 2006년 11월.
- [14] Takayuki Nishi and Hironobu Fujiyoshi, "Object-Based Video Coding Using Pixel State Analysis," *Proceedings of the Pattern Recognition, 17th International Conference on (ICPR'04)*, vol. 3 pp. 306-309, Aug. 2004.
- [15] Fujiyoshi, Hironobu, and Kanade, Takayuki, "Layered Detection for Multiple Overlapping Objects," *16th International Conference on Pattern Recognition, 2002. Proceedings*, Vol. 4, pp. 156-161, Aug. 2002.

저 자 소 개



지 영 석

2006 : 단국대 산업공학과 학사.
2008 : 숭실대 대학원 전자공학과 석사과정
관심분야 : 영상처리, 임베디드 시스템



한 영 준

1996 : 숭실대 전자공학과 학사.
1998 : 숭실대 전자공학과 석사.
2003 : 숭실대 전자공학과 박사.
2009-현재 : 숭실대 정보통신전자공학부
부교수.
관심분야 : 로봇 비전, 영상처리, 비주
얼서보잉



한 현 수

1991 : University of Southern
California (공학박사).
1992-현재 : 숭실대 정보통신전자공학
부 교수.
1994 : 일본기계기술 연구소 객원연구원.
1998 : 숭실대학교 어학원장.
1999 : 숭실대학교 정보통신전자공학
부 학부장.
관심분야 : 자동화 시스템, 자료융합,
물체인식