

# 이동하는 단안 카메라 환경에서 이동물체 검출을 위한 격자 기반 배경 움직임 보상방법

명 윤 석\*, 김 경 환<sup>o</sup>

## Lattice-Based Background Motion Compensation for Detection of Moving Objects with a Single Moving Camera

Yunseok Myung\*, Gyeonghwan Kim<sup>o</sup>

### 요 약

본 논문은 이동하는 단안 카메라 환경에서 촬영상 기반 이동물체 검출 시스템을 위한 새로운 배경 움직임 보상방법을 제안한다. 제안하는 방법은 특징점 대응쌍의 움직임 정보와 카메라 움직임 추정결과를 통해 입력영상에 배치한 격자점들의 배경 움직임을 추정하며 각각의 개별적인 대응 패치간의 영상위평을 수행한다. 기존 방법과의 비교실험 결과는 약 50% 빠른 처리속도와 약 8dB 더 높은 PSNR을 보였다.

**Key Words** : Moving object detection, Moving monocular camera, Difference image, Image warping, Background motion compensation

### ABSTRACT

In this paper we propose a new background motion compensation method which can be applicable to moving object detection with a moving monocular camera. To estimate the background motion, a series of image warpings are carried out for each pair of the corresponding patches, defined by the fixed-size lattice, based on the motion information extracted from the feature points surrounded by the patches and the estimated camera motion. Experiment results proved that

the proposed has approximately 50% faster in execution time and 8dB higher in PSNR comparing to a conventional method.

## I. 서 론

이동물체검출<sup>1)</sup>은 지능형 운전자 보조 장치(ADAS; Advanced driver assistance system)의 주요 요소 기술로써, 주로 차량에 장착된 카메라를 통해 입력된 영상의 처리 및 해석 과정을 거쳐 차량이나 사람, 동물 등의 불특정한 이동 물체를 검출하는 것을 목적으로 하며 운전자 및 보행자의 안전을 도모하는데 중요한 역할을 하고 있다.

컴퓨터비전 분야에서는 이동물체검출을 위한 다양한 방법들이 제안되어 왔다. 그 중 차영상을 사용한 방법은 연속된 프레임간의 픽셀차이를 구하여 움직임이 발생하는 영역을 구한다. 이 방법은 간단한 구현을 통해 세밀한 이동물체 영역을 검출해내는 것이 가능하지만, 카메라가 이동하는 환경에서는 전역적인 움직임이 발생하므로 배경에 해당하는 움직임을 보상해주는 과정을 거치는 것이 일반적이다. 관련된 방법으로 Yu<sup>2)</sup>은 특징점 추적을 통해 카메라 움직임을 추정하고 아핀(affine) 변환을 통해 움직임을 보상하였으며, Munderloh<sup>3)</sup>은 추적한 특징점을 기반으로 삼각형 격자를 생성하고 각 패치마다 아핀 변환을 수행하여 움직임을 보상하였다.

본 논문에서 제안하는 배경 움직임 보상 방법은 카메라 움직임 추정과 그 결과를 통해 구분한 배경 특징점 대응쌍의 움직임 정보를 사용하여 영상 전역에 일정 간격으로 배치한 격자점들에 대한 배경 움직임을 추정하는 단순한 접근 방법을 가지며, 비교적 빠른 처리속도를 보인다. 또한 격자점으로 구성되는 부분적인 사각형 패치에 대해 독립적인 영상 위평을 수행하여 복잡한 패턴을 가진 영상에 대해서도 좋은 성능을 보인다. 이러한 빠르고 정밀한 배경 움직임보상 성능을 통해 임베디드 비전시스템으로의 적용 가능성을 높이고자 하였다.

## II. 제안하는 방법

제안하는 방법의 흐름도는 그림 1과 같다. 연속한 이미지 프레임  $I^{t-1}$  과  $I^t$  에서  $I^{t-1}$  의 배경움직임을  $I^t$

\* First Author : School of Electronic Engineering, Sogang University, yunseokrock@gmail.com, 학생회원

<sup>o</sup> Corresponding Author : School of Electronic Engineering, Sogang University, gkim@sogang.ac.kr, 정회원

논문번호 : KICS2014-11-471, Received November 27, 2014; Revised December 4, 2014; Accepted December 22, 2014

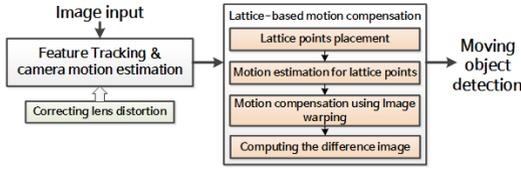


그림 1. 제안하는 방법의 흐름도  
Fig. 1. Flow chart of the proposed method

와 대응하도록 보상한다고 할 때, 입력 영상  $I^t$  에 그림 2a와 같이 등간격의 사각형 패턴 격자를 적용한 후, 각 격자점들의 배경 움직임을 추정하여  $I^{t-1}$ 에서의 이동된 위치를 구한다. 이를 위해 회전 및 크기변화 등에 강건한 해리스 코너 검출기를 통해 특징점을 추출하며, 계층적 L-K 특징점 추적기<sup>[4]</sup>를 사용하여 추적한다. 또한, 단안 카메라 환경에서의 에피폴라 기하<sup>[5]</sup>를 고려한 카메라 움직임 추정을 통해 카메라 움직임을 따르는 배경 특징점 대응쌍을 구분하여 격자점 움직임 추정에 사용한다. 이 과정에서 특징점 좌표는 광각 왜곡을 보정하여 사용한다.

그림 2b와 같이  $I^t$  위의  $i$ -번째 격자점  $\mathbf{p}_i^t$ 의 움직임을 추정하고자 할 때, 격자의 간격을 고려하여 정한  $\mathbf{p}_i^t$ 의 주변영역에 포함된 배경 특징점 대응쌍들  $\mathbf{x}_{ij}$ 의 모션 벡터와 각  $\mathbf{x}_{ij}$ 위치에서 에피폴라선 방향을 갖는 단위벡터  $\mathbf{e}_{ij}$ 의 내적을 통해 투영된 변이  $d(\mathbf{x}_{ij})$ 를 구한다(식(1)). 이 때,  $\mathbf{R}$ 은 회전보상을 위한 회전행렬이다. 이렇게 구한  $d(\mathbf{x}_{ij})$ 값들을 식(2)와 같이 가중 평균내어  $\mathbf{p}_i^t$ 의 변이  $d(\mathbf{p}_i^t)$ 를 추정한다. 격자점과 특징점의 깊이(depth)가 다를 경우를 고려해 가중치  $w$ 는 식(3)과 같이 격자점과 특징점간의 거리  $dist$ 와 반비례관계를 두어 격자점과 가까운 특징점 대응쌍의 변이값이 높은

영향을 미치도록 하였다.

$$d(\mathbf{x}_{ij}) = \mathbf{e}_{ij} \cdot (\mathbf{x}_{ij}^{t-1} - \mathbf{R}\mathbf{x}_{ij}^t) \quad (1)$$

$$d(\mathbf{p}_i^t) = \frac{\sum w_{ij} d(\mathbf{x}_{ij})}{\sum w_{ij}} \quad (2)$$

$$w_{ij} = \frac{1}{dist(\mathbf{p}_i^t, \mathbf{x}_{ij}^t)} \quad (3)$$

$$\mathbf{p}_i^{t-1} = \mathbf{R}\mathbf{p}_i^t + d(\mathbf{p}_i^t)\mathbf{e}_i \quad (4)$$

$I^{t-1}$ 에서의 위치  $\mathbf{p}_i^{t-1}$ 는 식(4)와 같이 앞서 구한  $d(\mathbf{p}_i^t)$ 를 해당위치의 에피폴라선 방향벡터  $\mathbf{e}_i$ 와 곱한 후 회전 보상된 좌표  $\mathbf{R}\mathbf{p}_i^t$ 와 더하여 구한다(그림 2c). 즉, 이 과정은 각각의 격자점들이 그 주변에 위치한 배경 특징점 대응쌍들을 대표하는 배경 움직임을 가시도록 하는 것이 목표라 할 수 있다.

격자점들 중 주변에 특징점 대응쌍이 존재 하지 않는 경우에는 위의 과정을 통해 이동점 추정이 성공한 주변 포인트들의 변이값을 식(2)의  $d(\mathbf{x}_{ij})$ 와 대체한 후, 식 (3), (4)를 수행하여 이동점을 구한다.

모든 격자점의 이동점이 정해진 후,  $I^{t-1}$ 에서의 이동된 격자점 4개로 이뤄지는 사각형 패치들을  $I^t$ 의 패치들과 대응하도록 독립적으로 2D 호모그래피(homography) 변환을 수행함으로써(그림 2b) 전체적인 배경 움직임 보상 영상을 얻는다. 각 대응 패치에 속한 특징점 대응쌍들의 좌표를 모두 알고 있으므로 유일한 변환행렬을 얻을 수 있으며, 역방향 매핑과 양선형 보간법을 사용하여 영상 위평을 수행하였다.

### III. 실험 결과

차량 전면에 부착된 단안 카메라를 사용하여 도심 환경의 실내와 실외상황을 촬영한 데이터셋을 실험에 사용하였다. 따라서 차량이나 건물, 기둥 등 다양한 형태의 객체가 존재하며, 조명변화나 반복패턴 등이 포함된 다소 복잡한 양상을 띄고 있다. 데이터셋은 총 100개의 영상으로 구성되며, 시속 5km이하의 속도로 직진하거나 회전하는 차량의 주변에 위치한 하나의 이동물체가 시속 3km 또는 7km, 10km의 속도로 움직이는 각각의 상황을 담았다. 영상은 모두 720×480의 해상도를 가지며, 각각 약 300프레임씩으로 구성된다. 실험을 위해 [3]의 방법과 본 논문에서 제안하는 방법을 사용하여 각각 배경 움직임 보상영상을 얻은 후, 차영상을 통해 성능을 비교하였다. 이 때, 영상은 차량 및 이동물체의 속도와 처리시간을 고려하여 10fps로 입력받으며, 두 방법 모두 최대 700개의 특징점을

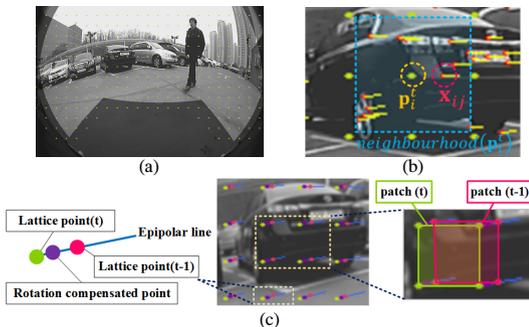


그림 2. 알고리즘 상세 묘사: (a) 격자를 적용한 입력 영상, (b) 격자점(초록점) 주변에 속한 특징점들(빨간점), (c) 격자점들의 배경 움직임 추정 결과와 대응 패치  
Fig. 2. Details of the proposed algorithm: (a) an input image with the lattice pattern, (b) feature points(red) surrounding a lattice point(green), (c) background motion estimation results of lattice points and matching patches

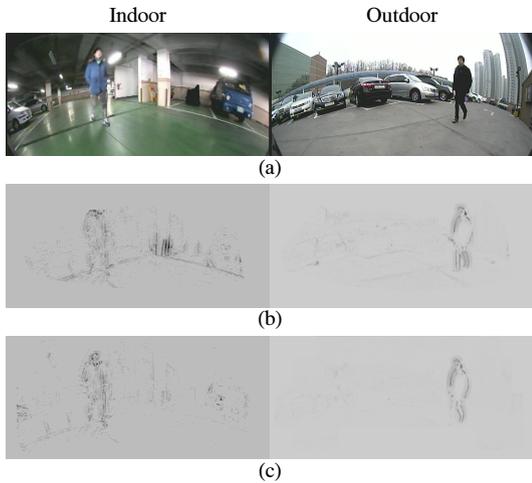


그림 3. 차영상 결과 비교: (a) 입력 영상, (b) [3]의 결과, (c) 제안하는 방법의 결과  
 Fig. 3. Comparison of motion compensation methods: (a) input images, (b) [3]'s results, (c) results of the proposed method

추적하도록 설정하였다. 또한, 제안한 방법의 격자점 간격은 입력영상의 해상도를 고려하여 32픽셀로 설정하여 영상 전체에 격자점이 배치되도록 하였다.

그림 3은 차량이 회전하고 있는 상황에서 이동물체가 3km의 속도로 이동하는 상황에 대한 실험 결과이다. [3]의 방법은 비교적 양호한 배경 보상 성능을 보였으나, 특징점을 기반으로 생성된 삼각형 격자의 패치간의 워핑을 수행하므로 특징점 의존도가 높아 특징점 추적이 실패할 경우 좋지 않은 성능을 보였으며, 패치의 영역이 특징점 위치에 의해 무작위로 결정되므로 복잡한 구조를 가진 영역에 대해서 다소 취약한 결과를 보였다(그림 3b). 제안한 방법은 [3]의 방법에 비해 강건한 배경 움직임 보상 성능을 보였으며, 이에 따라 차영상 결과에서 이동물체 영역을 제외한 배경 영역의 움직임이 대부분 제거되었음을 확인할 수 있었다(그림 3c). 또한, [3]의 방법의 경우 추적된 특징점의 개수에 따라 다수의 패치가 존재하게 되므로 많은 연산량으로 인해 평균적으로 프레임 당 약 18ms 정도의 처리속도를 보였으며, 제안하는 방법의 경우 적은 수의 격자점에 대해 움직임을 추정한 뒤, 그 패치에 대해 영상 워핑을 수행하므로 평균 약 9ms의 속도를 보여 약 50%정도 빠른 연산속도를 보였다.

제안하는 방법에 대한 정량적인 성능 비교를 위해 이동물체 없이 배경영역만 존재하는 영상에 대한 배경 움직임 보상 결과영상의 PSNR(Peak Signal-to-noise ratio)을 측정한 평균값을 [3]의 방법에 의한 결과와 비교하여 정리하였다(표 1). 이 결과에 따르면

표 1. 성능 비교 (PSNR[dB])  
 Table 1. Performance comparison in PSNR[dB]

Dataset	[3]'s result	Our method
Indoor	25.09	33.21
Outdoor	26.24	35.54

제안하는 방법이 [3]의 방법에 비해 동작환경에 관계없이 강건한 배경 움직임 보상을 수행하고 있음을 확인할 수 있다.

#### IV. 결론

본 논문은 이동물체검출을 위한 새로운 배경 움직임 보상 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 영상에 적용한 소수의 격자점에 대해 움직임 추정을 수행하는 비교적 단순한 접근방법으로 기존 방법에 비해 약 50% 정도 빠른 처리속도를 보였으며, 부분 영상 워핑을 수행함으로써 인해 복잡한 구조를 가진 영상에 대해서도 강건한 배경 움직임 보상성능을 보여 실험 결과 약 30dB정도의 높은 PSNR을 보였다. 따라서 이 방법은 차량용 임베디드 비전시스템의 구현에 유리하게 적용할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 방법이 복잡한 패턴을 포함하는 영상에 대해서도 강건한 성능을 보이고 있으나, 고속 처리를 위해 도입된 고정된 격자의 크기를 영상 영역의 복잡도에 따라 적응적으로 결정할 수 있도록 보완한다면 추가적인 워핑 성능 개선도 가능할 것이라 판단된다.

#### References

- [1] H. Park and C. Bae, "Real-time recognition and tracking system of multiple moving objects," *J. KICS*, vol. 36, no. 7, pp. 421-427, Jun. 2011.
- [2] H. Yu, et al., "Moving object detection using an in-vehicle fish-eye camera," in *Proc. WiCOM Conf.*, pp. 1-6, Sept. 2010.
- [3] M. Munderloh, et al., "Mesh-based global motion compensation for robust mosaicking and detection of moving objects in aerial surveillance," in *Proc. CVPRW Conf.*, pp. 1-6, Jun. 2011.
- [4] J. Bouquet, *Pyramidal implementation of the lucas-kanade feature tracker : Description of the algorithm*, in Intel Corporation, Microprocessor Research Labs., 2000.
- [5] K. Yamaguchi, et al., "Robust monocular epipolar flow estimation," in *Proc. CVPR Conf.*, pp. 1862-1869, Jun. 2013.