

스테레오 비전을 이용한 다중 차량 추적 시스템

임영철, 김동영, 이충희
 대구경북과학기술원 IT 융합연구부
 e-mail : ninolyc@dgist.ac.kr

Multiple Vehicle Tracking System Using Stereo Vision

Young-Chul Lim, Dongyoung Kim, and Chung-Hee Lee
 Division of Advanced Industrial Science and Technology, Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology

요 약

지능형 자동차에서 영상 기반 능동 안전시스템의 신뢰성을 확보하기 위해서는 도로 위의 다양한 객체를 강건하게 검출하고, 추적하는 것이 가장 중요하다. 본 논문에서는 다중 가설 기반 추적 프레임워크를 이용하여, 실시간으로 전방 차량을 검출하고 추적하는 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 다양한 외부 도로 환경에서 획득된 실험 영상에 대하여 10-15Hz 의 처리 속도로, 평균적으로 98%의 인식률을 제공할 수 있다.

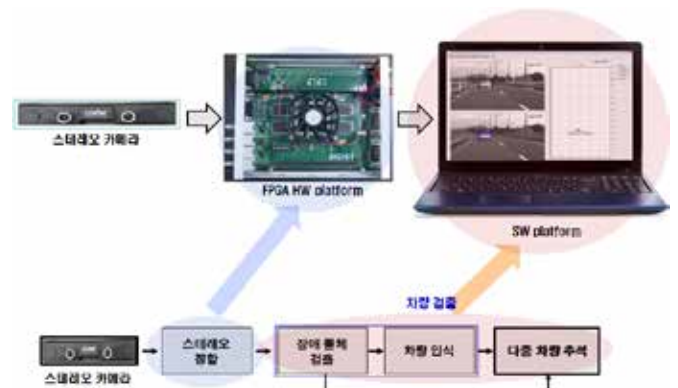
1. 서론

최근 전방 차량을 강건하게 검출하기 위하여 검출기와 추적기를 통합하여 구현된 시스템이 많이 제안되고 있다 [1-2]. Waldboost 검출기[3]와 tracking-learning-detection (TLD) 추적기[4]를 결합한 방법[1]은 단일 카메라를 이용하여 전방 차량을 실시간으로 검출할 수 있지만, 처리 속도를 향상시키기 위하여 검출기를 3 프레임마다 한 번씩, 차량을 확정하는데 최소 3 프레임을 처리하기 때문에, 차량을 결정하는데, 최소 9 프레임의 지연이 발생하는 문제가 발생한다. Stixel 을 이용한 장애물체 검출 및 추적 시스템 [2]은 전역 좌표에서의 장애 물체에 대한 위치 추정뿐만 아니라, 영상 영역에서의 장애 물체에 대한 관심 영역을 추정할 수 있다는 장점이 있지만, 장애 물체의 종류를 인식할 수 없다는 단점이 있다.

본 논문에서는 스테레오 비전을 이용하여 다중의 가설들을 추정하고, 추적 단계에서 다중의 가설을 통합하고, 검증함으로써, 좀 더 효율적으로 차량을 검출하고 추적하는 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 전체 시스템 구성에 대하여 소개하고, 3 장에서는 다중 가설 기반 추적 프레임워크의 구성에 대하여 설명한다. 4 장에서는 실제 환경에서 획득된 영상에 대한 실험 결과를 분석하고, 5 장에서는 결론과 향후 연구 내용에 대하여 소개한다.

2. 시스템 구성

제안한 스테레오 비전 기반의 다중 차량 검출 및 추적 시스템은 그림 1 에서와 같이 스테레오 정합, 장애 물체 검출, 차량 인식, 다중 차량 추적등의 모듈로 구성되어 있다. 스테레오 정합 모듈에서는 좌우 영상을 이용하여 깊이 영상을 생성하며, 장애 물체 검출

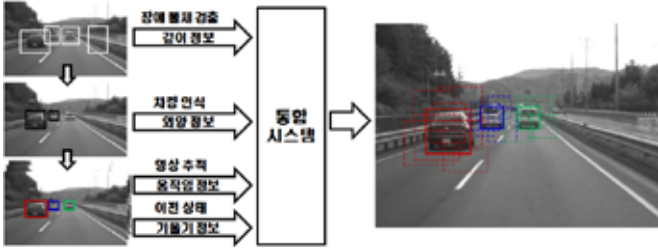


(그림 1) 전체 시스템 구성도

모듈에서는 깊이 영상을 이용하여 도로 위에 존재하는 장애 물체들을 검출한다. 차량 인식 모듈에서는 검출된 장애 물체로부터 차량에 해당되는 객체를 분류한다. 다중 차량 추적 모듈에서는 그림 2 에서와 같이 각각의 모듈에서 생성된 다중 가설들과 영상 추적 방법으로부터 생성된 다중 가설들을 통합하여, 오검출과 미검출을 최소화 한다.

3. 다중 가설 기반 추적 프레임워크

제안한 다중 가설 기반 추적 프레임워크는 PC 기반에서 Visual C++와 OPENCV 2.0 을 이용하여 구현되었다. 다중 가설들은 그림 2 에서와 장애 물체 검출, 차량 인식, 영상 추적, 이전의 표적 상태 (target state)로부터 생성되며, 각각은 깊이 정보, 외양 정보, 움직임 정보, 기울기 정보를 포함한다. 각각의 다중 가설들은 외부 환경 조건, 차량의 외형 변화, 이전 관심 영역의 상태에 따라 불안정한 추정 성능을 제공한다. 제안한 프레임워크는 이러한 불안정한 각각의 가설들



(그림 2) 다중 가설 기반 추적 프레임워크



(그림 3) 실험 영상

을 연관하고, 결합함으로써 최적의 표적 상태를 추정한다. 다중 가설들은 기존에 추적중인 차량들과 전역 위치, 영상에서의 거리, histogram of oriented gradient (HOG) 유사도에 따라 연관된다. 이 때, 데이터 연관 (data association)은 각각의 가설들과 독립적으로 이루어지며, 연관된 가설들은 사후 표적 상태 (a posterior target state)를 갱신하기 위하여 사용된다. 다중 가설들에 의한 오검출을 최소화하기 위하여 추적 관리 방법이 사용되며, 추적 점수에 의하여 추적이 초기화되고, 종료된다. 추적 점수는 연관된 다중 가설들의 신뢰도에 따라 계산되며, 신뢰도가 높은 가설이 연속적으로 연관되면, 추적이 초기화가 이루어지며, 연속적으로 연관된 가설들이 없는 추적들은 추적 점수가 점차적으로 하락되고, 종료된다. 본 논문에서는 최적의 표적 상태를 추정하기 위하여 연관된 다중 가설들을 기반으로 최대 사후 확률 추정 방법을 사용한다.

$$x_k = \arg \max_{\hat{x}_k} p(x_k | Z_k),$$

$$p(x_k | Z_k) \propto p(z_k | x_k) p(x_k | Z_{k-1}) \\ = p(z_k | x_k) \int p(x_k | x_{k-1}) p(x_{k-1} | Z_{k-1}) dx_{k-1},$$

$$Z_k = [z_0 \ z_1 \ \dots \ z_k],$$

(1)

식 (1)에서 x_k 와 z_k 는 상태 벡터와 관측 벡터를

<표 1> 정량적 실험 결과

	S1	S2	S3	S4	S5
R	96.8%	94.6%	100%	98.8%	100%

<표 2> 연산 시간 (ms). OD : 장애물제거검출, VR : 차량 검출, MVT : 다중 차량 추적

	S1	S2	S3	S4	S5
OD	8.7	8.3	7.8	7.5	7.6
VR	10.4	12.3	8.7	7.1	7.3
MVT	68.9	56.4	54.6	53.6	46.9
Total	88.0	77.1	71.2	68.3	61.8

나타내며, 사후 확률 $p(x_k | Z_k)$ 는 사전 확률 $p(x_k | Z_{k-1})$ 과 우도 $p(z_k | x_k)$ 에 비례한다. 본 논문에서는 마르코프 사슬 몬테 카를로(MCMC: Markov chain Monte Carlo) 샘플링 기법을 이용하여 최대 사후 확률을 갖는 최적의 상태 벡터를 추정한다 [5].

4. 실험 결과

제안한 시스템은 실제 도로 상에서 획득된 5 개의 시나리오에 대하여 정량적, 정성적으로 검증하였다. 그림 3 에서와 같이 각각의 시나리오는 혼잡한 시내 도로, 외벽, 가드레일, 터널이 있는 자동차 전용도로, 비오는 날의 도로, 곡선 주행 도로, 단일 차량이 존재하는 도로등을 포함하고 있다. 정량적 평가를 위하여 인식률(R)이 사용되며, 아래 식에서와 같이 계산된다.

$$R = \left(1 - \frac{FP - FN}{GT} \right) \times 100, \quad (2)$$

식 (2)에서 FP, FN, GT 는 오검출, 미검출, 전체 차량의 개수를 각각 나타낸다. 표 <1>은 각각의 시나리오에 대한 인식률 결과를 보여준다. 첫 번째 시나리오에서는 인접하거나 겹친 차량에 대하여 검출이 불연속적으로 발생하여 추적 초기화가 이루어지지 않아서, 미검출이 발생하였고, 두 번째 시나리오에서는 외벽이나 가드레일에서 오검출이 연속적으로 발생하였고, 추적이 초기화가 되어서, 영상 추적에 의하여 오검출들이 전파되는 문제가 발생하였다. 세 번째 시나리오에서는 빗방울에 의하여 차량이 인식되지 않는 문제가 발생하였지만, 다중 가설들의 결합으로 인하여 안정적으로 차량을 검출할 수 있었다. 네 번째 시나리오에서는 차량의 겹침이 발생하였을 때, 미검출이 발생하였고, 다섯 번째 시나리오에서는 미검출과 오검출 없이 완벽하게 차량을 검출할 수 있었다. 전체적인 시스템의 수행 속도는 표 <2>와 같다.

5. 결론

본 논문에서는 전방 차량을 강건하게 검출하고 추적하기 위하여 다중 가설 기반 추적 프레임워크를 이용한 스테레오 비전 시스템을 제안하였다. 구현한 프레임워크는 10-15Hz 의 연산 처리 속도로 다양한 도로 환경에서 획득된 실험 영상에 대하여 약 98%의 인식률을 제공할 수 있었다. 향후, 보행자나 교통 표지판과 같은 도로상에 존재하는 다양한 객체에 대하

여 검출하고, 추적하는 시스템에 대한 개발이 필요하다.

참고문헌

- [1] C. Caraffi, T. Vojir, J. Trefny, J. Sochman, and J. Matas, "A system for real-time detection and tracking of vehicles from a single car-mounted camera," Proceedings of IEEE Intelligent Transportation Systems, pp. 975-982, Sep. 2012.
- [2] D. Pfeiffer and U. Franke, "Efficient representation of traffic scenes by means of dynamic stixels," Proceedings of IEEE Intelligent Vehicle symposium, pp. 217-224, June 2010.
- [3] J. Sochman and J. Matas, "WaldBoost - Learning for time constrained sequential detection," Proceedings of IEEE Conference Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 150-157, June 2005.
- [4] Z. Kalal, J. Matas, and K. Mikolajczyk "P-N learning: bootstrapping binary classifiers by structural constraints," Proceedings of IEEE Conference Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 49-56, June 2010.
- [5] Y. -C. Lim, D. Kim, and C. -H. Lee, "MCMC particle filter-based vehicle tracking method using multiple hypotheses and appearance model," Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 1131-1136, June 2013.