

# DVS 를 이용한 객체 탐지의 성능 개선을 위한 사전 관심 영역 이벤트 프레임 생성 방법

주대연, 이은성, 최한솔, 박장수, 이종석, 박주현\*, 김도균\*, 안효식\*, 정해룡\*, 심동규  
광운대학교, \*(주)아르고

{dy1564, isak1221, hschoi95, jangsoopark, suk2080, dgsim}@kw.ac.kr

\*{henryp, dgkim, hyosik.an, leochung}@argosys.co.kr

## ROI Event Frame Generation Method for Enhancing Object Detection Performance using DVS

Ju Daeyeon, Lee EunSeong, Choi Hansol, Park Jangsoo, Lee Jongseok, Park Ju Hyun\*, Kim  
Do Gyun\*, An Hyo Sik\*, Chung Hae Ryong\*, Sim Donggyu  
Kwangwoon Univ., \*Argo Co.,LTD.

### 요 약

본 논문은 DVS 센서를 이용하는 객체 탐지 기술의 정확도 성능 향상을 위한 전 처리 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 타임 윈도우를 적응적으로 조절하여 이벤트 프레임화 하며, 이벤트 발생량의 변화에 기반하여 객체 탐지를 위한 사전 관심 영역을 추출하여 객체 탐지 알고리즘의 성능을 향상시킨다. YOLOv2 객체 탐지 모델을 사용하여 제안하는 방법을 평가하였고 실험 결과 mAP 38.44%로 기존 방법 대비 0.5% 향상된 성능을 보였다.

### I. 서 론

Dynamic Vision Sensor (DVS)는 인간의 생체 시각 시스템을 모방하여 개발된 카메라이다. DVS 는 빠른 시간해상도를 갖는데 이러한 특성으로 객체 탐지에 DVS 를 활용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 DVS 를 통하여 취득되는 이벤트 스트림을 기존 객체 탐지 알고리즘에 바로 적용하기 힘들고 크기가 작은 객체에서 비교적 적은 신호가 발생함으로 해당 상황에서 객체 탐지 정확도 성능이 저하될 수 있다는 한계가 존재한다 [1-2].

본 논문은 DVS 를 활용한 객체 탐지 및 객체 탐지의 정확도 개선을 위한 적응적 DVS 이벤트 프레임화 방법과 이벤트의 공간적 변화량 기반 사전 관심 영역 추출 방법을 제안한다.

### II. 본 론

그림 1 은 본 논문에서 제안하는 이벤트 처리 흐름도이다. DVS 신호의 데이터 발생량을 측정하여 적응적으로 이벤트 프레임화 한다. 이후 각 축 히스토그램의 변화량에 따라 사전 관심 영역을 추출하여 최종적으로 사전 관심 영역이 추출된 이벤트 프레임을 출력한다.

#### 1. DVS 이벤트 프레임 생성 모듈

이벤트 프레임 생성 모듈은, 특정 시간  $T$  동안 입력된 이벤트를 누적하여 이벤트 프레임화 한다. 이벤트 데이터는  $E = \{e_i = (x_i, y_i, t_i, p_i)\}_{i \in N}$  픽셀의  $x, y$  좌표 값, 타임스탬프 그리고 극성으로 구성되어 있다. DVS 이벤트 프레임 생성 모듈은 특정 누적 타임 윈도우  $T$  이내의

타임스탬프를 갖는 모든 이벤트를  $x, y$  좌표에 따라 이벤트 프레임화 하는데 이때, 이벤트의 극성에 따라 해당 좌표의 픽셀 값이 증가하거나 감소한다.  $T$  시간이 지나면 누적된 프레임을 출력하고 새롭게 누적을 시작한다.

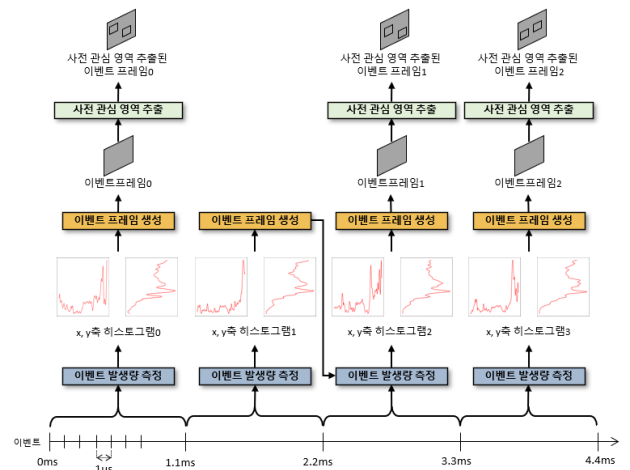


그림 1. 이벤트 처리 흐름도

#### 2. DVS 이벤트 발생량 측정 모듈

이벤트 발생량 측정 모듈은 누적 타임 윈도우  $T$  동안 이벤트 데이터의  $x$  좌표,  $y$  좌표에 따라 각  $x$  축,  $y$  축 히스토그램에 이벤트 발생량을 누적한다. 각 픽셀별로 이벤트 발생량 측정하여 각 축 별로 히스토그램을 추출한다. 만약 누적 타임 윈도우  $T$  동안 이벤트 발생량이 임계 값 이하인 경우 누적 타임 윈도우를 정수 배만큼 증가시켜 충분한 이벤트가 프레임에 누적되도록

한다. 그림 1 에서 이벤트 프레임 1 의 경우 첫 번째 누적 타임 윈도우 내에 이벤트 발생량이 임계 값을 초과하지 못하여 ON flag 가 이벤트 프레임 생성 모듈로 피드백 된다. 따라서 이벤트 프레임 생성 모듈은 누적 타임 윈도우를 증가시켜 임계 값 이상의 이벤트가 누적된 이벤트 프레임을 생성한다. 본문에서 임계 값은 HD 해상도에 대해 12000 으로 설정하였다.

## 2. 사전 관심 영역 추출 모듈

사전 관심 영역 추출 모듈은 이벤트 발생량 측정 모듈에서 생성한 히스토그램의 변화량을 이용하여 사전 관심 영역을 계산하고 최종적인 사전 관심 영역이 추출된 이벤트 프레임을 생성한다. DVS 데이터는 객체의 경계에서 이벤트 발생량이 순간적으로 크게 증가하고 경계를 지나면서 이벤트 발생량이 다시 감소한다. 따라서 객체의 경계에서 히스토그램의 변화량이 극대 값 혹은 극소 값을 갖는데 이러한 특성을 이용해 객체의 위치를 검출한다. 먼저 히스토그램 변화량의 극 값을 찾기 위해 히스토그램을 2 차 미분하여 히스토그램의 변곡점을 찾는다. 변곡점에서 변화량이 특정 값 이상이면 극대 값이라고 판단을 하고 이와 대응되는 극소 점을 찾는다. 극소 점도 동일한 방법으로 구해지며 앞선 극대점과 대응되는 극소점이 존재하면 극대점부터 극소점까지 관심 영역으로 지정을 한다.

## III. 연구 결과

사전 관심 영역 추출은 자율 주행 상황의 객체탐지의 전처리로 활용되며, 이에 따라 본 논문은 YOLOv2 객체 탐지 모델에서 Prophesee 1 Megapixel Automotive Detection Dataset [4]을 사용하여 성능을 평가하였다. 표 1 은 고정 타임 윈도우와 기존 사전 관심 영역 추출 방법 [3]과 제안하는 방법의 객체 탐지 결과를 나타낸다. 제안하는 방법은 기존 방법 대비 mAP 가 0.50% 향상되었다.

표 1. 객체 탐지 결과

	고정 타임 윈도우 + 기존 사전 관심 영역 추출	제안하는 방법
mAP	37.94%	38.44%

그림 2 은 고정 타임 윈도우 방법과 제안하는 방법의 이벤트 프레임 결과를 나타낸다. 빨간 박스는 차량이 존재하는 영역으로 DVS 카메라와 객체의 속도가 비슷하여 발생한 이벤트 양이 적으나, 제안하는 방법을 통해 타임 윈도우를 조절하여 우측과 같이 객체가 나타난 것을 확인할 수 있다.



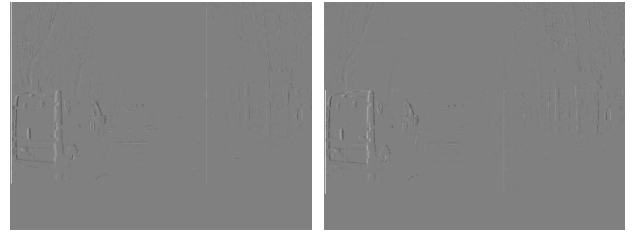
(a) (b)

그림 2. 타임 윈도우 별 결과 비교

(a): 고정 타임 윈도우, (b): 적응적 타임 윈도우

그림 3 은 히스토그램 값 기반의 사전 관심 영역 추출

방법과 제안하는 방법의 결과를 나타낸다. 그림 3 과 같이 제안하는 방법은 기존 방법 대비 나무와 같이 배경을 포함하지 않고 차량과 같은 관심 있는 영역을 추출하는 것을 확인할 수 있다.



(a) (b)

그림 3. 사전 관심 영역 추출 방법 결과 비교

(a): 기존 방법, (b): 제안하는 방법

## IV. 결론

이벤트 발생량에 따라 적응적으로 이벤트 프레임화 하고 히스토그램 변화량 기반의 방법의 사전 관심 영역을 추출하여 DVS 를 활용한 객체 탐지의 성능 향상을 위한 전 처리 방법을 제안하였다. 이벤트 데이터의 발생량을 측정하여 발생량에 따라 적응적으로 타임 윈도우를 조절하여 이벤트 프레임화 하였고, 동시에 x 축, y 축 방향으로 히스토그램을 생성하였다. 이후 히스토그램의 변화량에 따라 이벤트 프레임에 사전 관심 영역 추출을 수행하여 최종적으로 사전 관심 영역이 추출된 이벤트 프레임을 출력하였다. 제안하는 방법은 고정 타임 윈도우와 기존의 사전 관심 영역 추출 방법을 수행한 경우 대비 YOLOv2 모델에서 mAP 0.5%의 높은 성능을 보였다.

## ACKNOWLEDGMENT

“이 논문은 2023 년도 경기도의 재원으로 차세대융합기술연구원에서 관리하는 「경기도 테스트베드 활용 반도체 기술개발사업」의 지원으로 수행된 연구임(AICT-02-TB1).”

## 참 고 문 헌

- [1] J. Wan, M. Xia, Z. Huang, L. Tian, X. Zheng, V. Chang, Y. Zhu and H. Wang, “Event-Based Pedestrian Detection Using Dynamic Vision Sensors,” MDPI Journals Electronics, vol. 10, no. 8, 2021.
- [2] A. Mitrokhin, C. Fermuller, C. Parameshwara and Y. Aloimonos, "Event-based Moving Object Detection and Tracking," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 1-9, 2018.
- [3] J. Acharya, A. Ussa Caycedo, Vandana Reddy Padala, Rishi Raj Singh Sidhu, G. Orchard, B. Ramesh and A. Basu, "EBBIOT: A Low-complexity Tracking Algorithm for Surveillance in IoVT using Stationary Neuromorphic Vision Sensors," IEEE International System-on-Chip Conference, pp. 318-323, 2019.
- [4] E. Perot, P. de Tournemire, D. Nitti, Hirakawa, J. Masci, A. Sironi, " Learning to Detect Objects with a 1 Megapixel Event Camera," <https://www.prophesee.ai/2020/11/24/automotive-megapixel-event-based-dataset>".