

이벤트 데이터의 광류 추정 방법을 이용한 컬러 영상의 프레임 레이트 상향 방법에 대한 연구

김영욱 / 광운대학교 Image Processing Systems Laboratory

현대의 컴퓨터 비전 응용 분야에서 고품질 영상의 획득은 핵심적인 요소이다. 자율주행, 로봇 제어, ADAS(첨단 운전자 보조 시스템) 등의 분야에서는 빠르게 움직이는 객체를 정확하게 포착하는 능력이 시스템의 안전성과 직결된다. 전통적인 RGB 카메라는 30~60 FPS 수준의 제한적인 시간 해상도로 인해 고속 물체 포착 시 앨리어싱, 정보 손실, 모션 블러가 발생하기 쉬우며, 밝고 어두운 영역이 혼재하는 환경에서는 좁은 동적 범위로 인해 정보 획득에 제약이 따른다. 이러한 문제를 해결하기 위해 프레임 레이트를 높이는 방법이 연구됐으나, 고속 RGB 카메라는 높은 비용과 전력 소모라는 현실적 제약이 존재한다.

반면 이벤트 카메라는 픽셀별 밝기 변화를 마이크로초 단위로 비동기 감지하는 뉴로모픽 센서로, 높은 시간 해상도와 넓은 동적 범위를 제공하며 모션 블러가 없다는 장점이 있다. 각 픽셀은 독립적으로 동작하며, 밝기 변화가 감지되는 즉시 해당 위치, 시간, 극성 정보를 포함한 이벤트를 출력하여 마이크로초 단위의 시간 해상도를 실현하면서도 데이터 중복을 최소화하는 효율적인 정보 표현이 가능하다. 다만 밝기 변화가 없는 영역에서는 데이터를 출력하지 않아 단독으로는 완전한 색상 영상을 생성하기 어렵

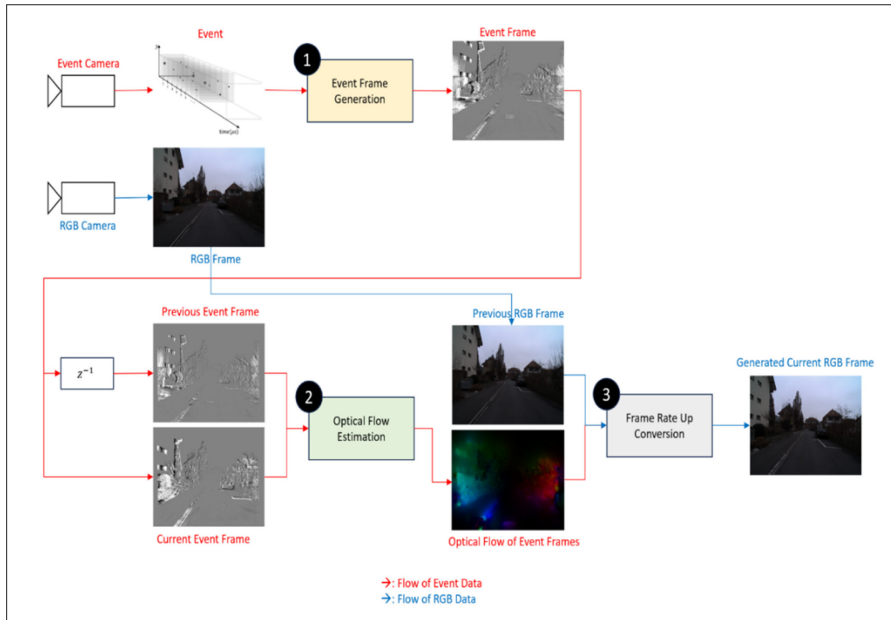
다는 한계가 있다. 본 연구에서는 두 카메라의 장점을 결합하여 이벤트의 높은 시간 해상도를 활용한 RGB 영상 프레임 레이트 상향 변환 방법을 제안한다.

제안하는 방법은 <그림 1>과 같이 세 가지 주요 단계로 구성된다. 먼저, 취득된 이벤트를 누적하여 이벤트 프레임을 생성한다. 이벤트 프레임의 시간 윈도우는 RGB 프레임 취득 간격을 자연수로 나눈 값으로 설정하여 시간적 동기화를 보장한다. 단순 누적, 저주파수 성분 누적, 고주파수 성분 누적을 비교와 분석을 한 결과, 단순 누적 방법이 원본 이벤트의 시간 정보를 최대한 보존하면서 최적의 성능을 보임을 확인하였다.

다음으로, TV-L1 알고리즘에 대비 극대화(CM) 항을 통합한 CMTV-L1 알고리즘을 제안하였다. CM 항은 워핑된 이벤트 프레임의 분산이 최소화되도록 하여 에지가 올바르게 정렬되도록 유도하며, 충분산 정규화 항은 전역적으로 매끄러운 광류를 유지하도록 한다. 이를 통해 야간 환경이나 급격한 조명 변화 상황에서도 안정적이고 물리적으로 타당한 광류 벡터를 생성할 수 있다.

마지막으로, 추정된 광류를 활용하여 과거 시점의 RGB 프레임에 워핑을 적용함으로써 현재 시점의 프레임을 생

졸업논문 소개



<그림 1> 이벤트 프레임 간 광류 추정을 활용한 RGB 영상 프레임 레이트 상향 변환 방법

성한다. 미래 프레임을 전혀 사용하지 않으므로 완전한 인과성이 확보되어 자율주행, 로봇 제어 등 즉각적인 반응이 필요한 실시간 응용 분야에 직접 적용할 수 있다.

실험은 DSEC 데이터셋을 사용하였으며, 제안 방법은 외삽 방법 대비 1.56dB, 내삽 방법 대비 0.56dB, 기존 TV-L1 방법 대비 0.59dB 향상된 PSNR을 달성하였다. 딥러닝 기반 MotionPriorCM 대비 5.11dB 높은 PSNR과 약 5배

빠른 처리 속도를 달성하여 연산 효율성과 실시간 처리 가능성을 입증하였다. 객체 추적 성능 평가에서는 10 FPS 대비 약 34% 향상된 HOTA 점수를 달성하고 20 FPS 정당 프레임의 약 98% 수준에 도달하여 머신 비전 응용 분야에서의 효율성도 확인하였다. 제안 기법은 두 카메라의 장점을 결합하면서 연산 효율성을 유지하여 안전 중심의 실시간 응용 분야에 적합한 실용적 해법으로 기대된다.

김영욱



- 2024년 2월 : 광운대학교 컴퓨터정보공학부 학사
- 2026년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2026년 1월 ~ 현재 : LG전자
- 주관심분야 : 영상 처리, 비디오 코덱, 시스템 온 칩(SoC, System on Chip)