

# Optical Flow 기술을 활용한 교통 신호주기 분류

김성윤, 유승호\*

부경대학교 컴퓨터인공지능공학부

ksu8063@pukyong.ac.kr, shyoo@pknu.ac.kr\*

## Implementation and Analysis of Optical Flow based Traffic Signal Cycle Classification

Seongyun Kim, Seungho Yoo\*

Pukyong University, Division of Computer Engineering and Artificial Intelligence

### 요약

본 논문은 교통 정보 CCTV 영상으로부터 시간의 흐름에 따른 교통 신호주기를 분류하기 위하여 Optical Flow 기술을 사용하는 기법에 대해서 제안하였으며, 해당 기법을 검증하기 위하여 Optical Flow 기반 교통 신호주기 분류기를 구현하고 실제 CCTV 영상을 확인하여 본 논문에서 제안하는 기법을 통해서도 교통 신호주기를 파악할 수 있음을 보인다.

### I. 서론

최근 교통사고 예방을 위한 방법 중 하나로 차량과 사물 간의 통신인 V2X 통신 기술이 활발히 연구되고 있다. 하지만 이 V2X 기술이 실제로 구현되고 적용되기 위해서는 V2X 통신용 기지국을 포함한 여러 교통 관련 인프라가 설치되어야 한다. 그렇기 때문에 V2X 기술을 실제로 적용하기 위해서는 많은 양의 인프라 설치, 운용 및 유지보수 비용이 필요하다. 본 논문에서는 기존에 많이 설치되어 있는 교통 CCTV 인프라와 복잡하지 않은 영상처리 기법인 Optical Flow 기법을 사용하여 교통 신호주기를 분류하는 기법에 대하여 제안하고, 실제 CCTV 영상과 구현한 기법을 활용하여, 본 논문에서 제안하는 기법을 통해 교통 신호체계의 분류가 가능함을 확인하였다.

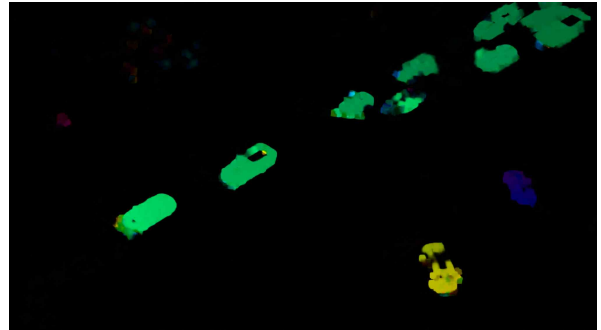


그림 1. Optical Flow 시각화 예시

### II. 본론

#### 1. OpticalFlow

'Optical Flow' 기술은 객체 또는 카메라의 움직임에 따라 이미지 상의 객체가 어떻게 움직이는지를 분석하는 컴퓨터 비전 기술로, 두 연속된 이미지 또는 비디오 프레임 사이의 픽셀 이동을 추적하여 객체의 움직임을 시각화 하여 이해하는데 용이하다[1]. 두 연속된 이미지 간의 픽셀 차이를 감지하여 움직이는 영역을 식별하고, 각 픽셀 또는 픽셀 그룹의 움직임 속도와 방향을 계산한다. 이 정보는 픽셀의 모션벡터로 표현되며, 이는 객체의 움직임 경로와 속도를 나타낸다.

'Optical Flow'를 계산하기 위해선 OpenCV라이브러리에서 사용되는 'calcOpticalFlowFarneback' 함수를 사용한다. 이 함수는 플로우 행렬을 반환하는데, 각 요소는 첫 번째 이미지와 두 번째 이미 간의 픽셀 이동을 나타내는 2채널 벡터이다. 그림 1은 색상별로 모션벡터의 각도를 시각화하고, HSV 색상 표현 값으로 모션벡터의 거리(크기)를 시각화한 것이다.

본 논문에서는 'Dense Optical Flow' 기술 중 하나인 Farneback 방법을 사용하여 차량의 모션벡터 데이터를 수집하였고, 해당 모션벡터 데이터와 K-means Clustering 기법을 사용하여 교통 신호체계의 분류를 수행하였다.

#### 2. K-meansClustering

본 논문에서 제안하는 교통 신호주기 분류를 위하여, K-means Clustering 알고리즘을 사용하였다. 해당 알고리즘은 주어진 여러 개의 데이터 포인트를 K개의 클러스터로 그룹화하는 비지도 학습(unsupervised learning) 알고리즘이다. 데이터 내의 패턴을 찾아 유사한 특성을 가진 데이터 포인트들을 클러스터로 모으는 데 용이하며, 비지도 학습 알고리즘이기 때문에 별도의 학습 과정이 필요하지 않아 구현하고 사용하는데에 큰 비용이 필요하지 않다. 이러한 특성 때문에, 다양한 장소에 설치되어 있고 촬영 각도를 간헐적으로 변경하는 교통 CCTV 영상을 바탕으로 교통 신호주기를 분석하기 위하여 K-means Clustering 기법을 사용하는 것이 적합하다고 판단하였다.

K-means Clustering의 원리는 먼저, K개의 클러스터 중심을 무작위로 선택하거나 초기화한다. 그 후, 각 데이터 포인트를 가장 가까운 클러스터 중심에 할당하고, 클러스터의 중심을 해당 클러스터에 속하는 모든 데이터 포인트의 평균 위치로 업데이트한다. 할당과 업데이트 단계를 반복하여, 클러스터의 할당에 더 이상 변화가 없을 때까지 또는 특정 기준이 충족될 때까지 계속한다[2].

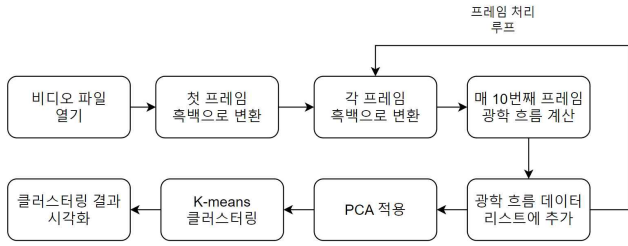


그림 2. 신호주기 분류 순서도

### 3. 교통신호주기분류기

본 논문에서 제안하는 교통 신호주기 분류기를 그림 2의 구조와 같이 구현하였으며, 구현 과정에서 Optical Flow와 K-means Clustering 기법을 사용하였다. 먼저 OpenCV에서 제공하는 VideoCapture 함수를 사용하여 비디오 파일을 연다. 그리고, 광학 흐름 데이터를 저장할 리스트를 초기화한다. 첫 번째 프레임은 전 프레임이 없기 때문에 흑백으로만 변환한다. 두 번째 프레임부터는 반복함수를 사용하여 프레임을 흑백으로 변환하여 광학흐름을 계산하고, 그것을 1차원 데이터로 변환한 후 데이터 리스트에 추가하는 것을 반복한다. 프레임 처리 루프가 끝나면 사이킷런 라이브러리에서 제공하는 PCA 함수를 사용하여 모든 데이터에 PCA를 적용하여 2개의 컴포넌트를 가지는 2차원 데이터로 변환한다. PCA가 적용된 데이터를 데이터 프레임으로 변환하고 K-means 클러스터링을 적용하여 신호주기를 분류한다. 마지막으로 클러스터링 결과를 시각화하여 신호주기 분류 여부를 확인할 수 있도록 한다.

## III. 연구 설계 및 결과

### 1. 연구설계

본 논문에서는 실험을 위한 영상으로 4종류의 교통 신호 사이클을 2번 반복하는 5분 길이의 사거리 CCTV 영상을 사용한다. 영상은 유튜브에 공개된 사거리 CCTV 영상을 녹화하여 사용하였다.

먼저, 비디오 파일을 열고, 첫 프레임을 읽어 흑백으로 변환한다. 흑백으로 변환하는 이유는 계산 복잡도를 줄이고 광학 흐름과 같은 알고리즘에서는 색상 정보보다 객체의 움직임과 모양이 더 중요하기 때문에 색상 정보를 제거함으로써 객체의 모양과 움직임에 집중할 수 있게 한다. 이후의 프레임에 대해서는 각 프레임을 흑백으로 변환한 후 메모리 사용율을 줄이기 위해 매 10번째 프레임 광학 흐름을 계산하여 리스트에 추가한다. 모든 프레임 처리 루프가 끝나면 픽셀값들을 1차원 벡터로 만들고, 모든 데이터에 PCA를 적용하여 2차원으로 줄인다. PCA를 적용하면 여러가지 이점이 있는데 고차원 데이터를 두개의 주성분으로 축소하여 데이터의 패턴과 클러스터를 시각적으로 이해하기 쉬워지고, 계산 효율성을 높인다.[3] PCA가 적용된 데이터를 2개의 컴포넌트를 가지는 데이터 프레임으로 변환한다. 데이터 프레임에 K-means 클러스터링 알고리즘을 사용하여 총 4개의 클러스터로 신호주기를 분류한다. 마지막으로, 프레임 번호에 따른 클러스터링 결과를 산점도로 시각화 하고, 프레임 수에 따른 클러스터 변화 추이를 시각화하여 결과를 쉽게 확인할 수 있도록 한다.

### 2. 실험결과

그림 3은 모션벡터 데이터를 K-means Clustering 알고리즘을 사용하여 4개의 클러스터로 분류한 결과를 5 프레임 간격으로 프레임 번호를 표

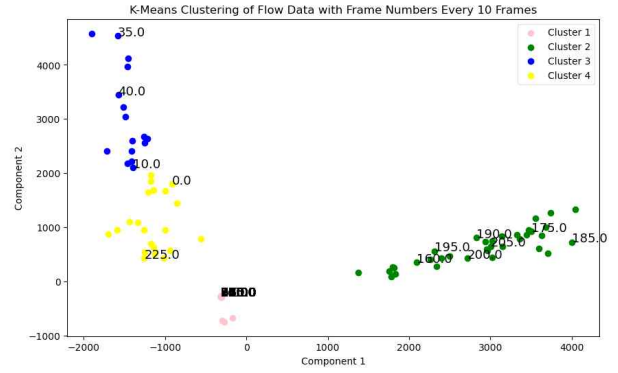


그림 3. K-means Clustering 결과 시각화

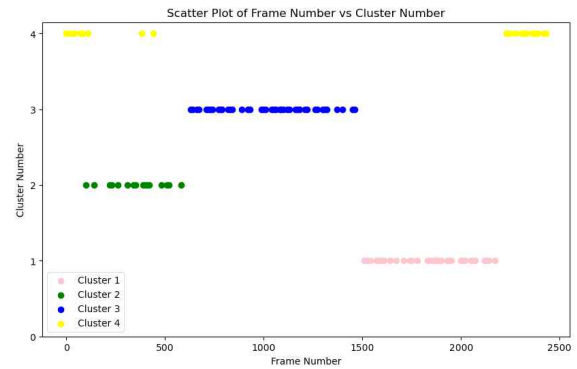


그림 4. 프레임 수에 따른 클러스터 변화 추이

시하여 시각화한 것이다. X축(Component1)은 원본 데이터에서 가장 큰 분산(변동성)을 가지는 방향을 나타낸다. Y축(Component2)은 첫 번째 주성분과 직교하는 방향 중에서 두 번째로 큰 분산을 가지는 방향이다. 그림4는 프레임 수에 따른 클러스터 변화 추이를 나타낸 것으로, 시각화한 결과를 보면 시간의 흐름에 따른 클러스터 변화는 4 -> 2 -> 3 -> 1 -> 4를 보인다. 실험에 사용한 영상이 4종류의 신호 사이클을 갖고 있는 것으로 미뤄보아 교통신호가 각각 클러스터 4, 2, 3, 1 순으로 분류된 것을 알 수 있다.

## IV. 결론

본 논문에서는 5분 길이의 사거리 CCTV 영상에 옵티컬플로우 기술과 K-means clustering 알고리즘을 적용하여 교통 신호주기를 분류하는 방법을 제시한다. 이 방법으로 일부 교차로에서는 신호정보를 확인할 수 있을 것으로 보인다. 또한, 교통체중 여부나 시간 흐름에 따른 움직임 패턴에서 벗어나는 움직임을 파악하여 이상여부를 보행자나 차량에 경고할 수 있을 것으로 기대한다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00213336).

## 참고 문헌

- [1] Wikipedia. Optical flow. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Optical\\_flow](https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_flow)
- [2] Wikipedia. k-means clustering. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/K-means\\_clustering#History](https://en.wikipedia.org/wiki/K-means_clustering#History)
- [3] Kim Esbensen, Paul Geladi "Principal component analysis" Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems Volume 2, Issues 1-3, August 1987, Pages 37-52