

# 전역적 가중치를 이용한 피드백 신경망 기반의 차선 검출 방법

성재호 / 경북대학교 지능신호처리연구실

최근 컴퓨터 비전 분야에서 인공지능 기술의 급속한 발전과 함께 자율주행 기술에 대한 카메라 기반의 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 자율주행의 필수 기술 요소 중 하나인 차선 검출은 시각 정보를 바탕으로 차선 이탈 경고 시스템(Lane Departure Warning System), 차선 유지 보조 시스템(Lane Keeping Assist System) 및 적응형 순항 제어(Adaptive Cruise Control)와 같은 실제 응용 프로그램에서 중요한 역할을 한다. 또한, 차선 검출은 차선별로 포트홀과 균열, 교통 분석 등과 같은 도로 상태 분석 기술 연구를 위해 선행되어야 하는 연구이다. 최근에는 인공지능 기술의 발전으로 Deep Neural Network(DNN) 기반의 차선 검출 연구가 수행되었다. 그러나 대부분의 방법들은 차량과 보행자와 같은 동적 객체에 의해 차선이 폐색되거나 악천후 환경에서 예기치 못한 조도 변화에 의해 차선이 희미해질 때 차선을 검출하는데 어려움을 겪고 있다.

지난 수십 년간 연구자들은 실제 다양한 도로 주행 환경에서 정확한 차선 검출을 위해 전문가에 의해 직

접 설계한 특징(Hand-Crafted Feature) 기반의 접근 방식과 DNN 학습 기반의 접근 방식을 제안하였다. 전자의 경우, 일반적으로 허프 변환(Hough Transform)과 랜삭(Random Sampling Consensus)과 함께 저수준의 영상 특징을 추출하여 차선을 검출한다. 후처리 방법으로 역투영(Inverse Perspective Mapping)을 통해 도로의 평면도를 생성하고 차선의 소실점(Vanishing Point) 문제를 해결하여 더욱 정확한 차선을 검출하려는 연구가 진행되었다. 이러한 방식은 수작업으로 수학적 모델을 설계하므로 고속도로와 같은 단순한 도로 주행 환경에서는 매우 안정적으로 차선을 검출할 수 있지만, 차선이 가려져 보이지 않거나 복잡한 배경이 포함된 환경에서 차선 검출을 위한 시각적 정보를 추출하는데 실패한다. 최근에는 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN) 기반의 의미론적 분할(Semantic Segmentation) 방법을 이용한 차선 검출 모델이 연구되고 있다. 합성곱 신경망 기반 방법들은 직접 설계한 특징 기반의 방법들과 비교하였을 때 차선 검출 성능이 매우 향상되었다. 그러나 여전히

히 차선 검출은 실제 응용 프로그램에 적용이 어렵다. 합성곱 신경망은 지역적인 특징을 추출하는데 강점이 있어 차선 검출에서 매우 강력한 성능을 보이지만, 합성곱 필터의 제한된 수용 영역(Receptive Field)으로 인해 시각적 요소 간의 전역적인 표현 추출이 어렵다. 특히, 차선의 모양은 뚜렷하지만 길고 얇은 구조이므로 차량과 보행자로 인한 혼잡한 도로와 극심한 조도 변화 등에 의해 차선이 가려지기 쉽다. 따라서 픽셀 간의 관계를 고려한 전체적인 문맥 정보를 통해 폐색된 영역에서 차선이 있을 가능성을 추론할 필요성이 있다. 최근에는 비전 트랜스포머(Vision Transformer, ViT)의 셀프 어텐션(Self Attention)과 다층 퍼셉트론(Multi-layer Perception) 구조를 사용하여 전역적인 표현을 구성하는 복잡한 공간 변환 및 전역적인 특징을 반영할 수 있다. 그러나 비전 트랜스포머는 많은 양의 학습데이터 없이는 합성곱 신경망보다 좋은 성능을 내지 못하여 적용하기 어렵다.

본 논문에서는 폐색 및 조도 변화에 강인한 차선 검출을 위해 전역적 가중치를 이용한 피드백 신경망(Global-aware Feedback Network)을 제안한다. 제안하는 방법의 핵심 아이디어는 합성곱 신경망과 비전 트랜스포머를 결합하여 지역적, 전역적 특징을 동시에 차선 검출에 반영하는 것이다. 사람은 실제 도로의 차선이 가려지더라도 주변 환경의 단서를 활용하여 전체적인 차선의 존재를 추론할 수 있다. 이러한 관찰을 바탕으로, 제안하는 신경망은 전역적인 맥락 정보를 추론 과정에서 강화할 수 있도록 전역 주의 모듈(Global Attention Module, GAM)을 설계하였다. 전역 주의 모듈은 비전 트랜스포머를 통해 전역적 가중치 특징 맵을 추출하여 차선과 주변 환경과의 광범위한 맥락 정보를 파악하고, 합성곱 신경망 계층에 연속적으로 전역적 가중치 특징 맵을 피드백하여 지역적, 전역적 특징 정

보를 동시에 고려한다. 합성곱 신경망은 합성곱 연산이 순차적으로 적용되며 지역 정보를 보존할 수 있는 반면 비전 트랜스포머는 이미지를 패치로 변환하고 벡터로 투영하여 지역 특징 정보의 손실을 유발한다. 이를 방지하고자 합성곱 신경망의 각 계층의 출력을 전역 주의 모듈의 비전 트랜스포머에 제공함으로써 지역 특징 정보를 반영한다. 비전 트랜스포머 블록은 멀티-헤드 어텐션 모듈과 다층 퍼셉트론 블록으로 구성된다. 제안하는 방법의 중요한 장점은 전역 주의 모듈의 가중치 특징 맵이 피드백 동작을 통해 점진적으로 성능이 개선된다는 것이다. 차선 검출을 위한 출력단 외에 두 개의 서로 다른 보조 분기를 통해 차선의 전역적인 특징을 학습하도록 돕는다. 보조 분기는 학습 시에만 사용되며, 테스트 시 제거되어 추론 시간을 늘리지 않고 차선 검출 성능을 향상시킨다. 첫 번째 보조 분기에서는 전역 특징 피라미드 네트워크(Global Feature Pyramid Network, G-FPN)를 설계하여 백본(Backbone) 신경망으로부터 서로 다른 해상도 공간에서 특징 맵을 공유하고 전역적 가중치 특징 맵을 각 계층에 피드백한다. 두 번째 보조 분기는 방향 주의 모듈(Directional Attention Module, DAM)을 설계하여 차선의 수평과 수직 방향에서 차선에 대한 신뢰도를 예측하고 차선이 존재할 잠재공간을 탐색한다.

차선 검출 분야에서 지도 학습을 위해 널리 사용되는 TuSimple, CULane 데이터셋을 통해 다양한 실험을 진행하였다. 실험은 정성적 평가와 정량적 평가를 진행하였다. 정성적 평가에서는 제안하는 방법이 전역적인 문맥적 정보를 파악할 수 있는 능력을 바탕으로 기존 모델 대비 혼잡한 장면과 야간 장면과 같은 다양한 도로 환경에서 차선을 성공적으로 검출하였다. 정량적 평가에서는 제안하는 방법이 두 데이터셋에 대해 빠른 연산 속도를 최대한 유지하면서 기존 방법 대비 더 높은

## 졸업논문 소개

성능을 달성하였다. 또한, 제안하는 방법의 구조에 따른 실험을 통해 가장 효율적인 모델 구조를 제안하였다. 다양한 실험 결과를 기반으로 제안하는 방법이 폐쇄 및 기

타 차선이 보이지 않는 까다로운 조건의 도로 주행 환경에서도 정확하게 차선을 검출할 수 있음을 보여준다.



### 성재호

- 2021년 : 대구대학교 전자제어학과 학사 졸업
- 2023년 : 경북대학교 대학원 미래자동차공학과 IT융합학과 석사 졸업
- 주관심분야 : 컴퓨터 비전, 딥러닝, 자율주행 시스템