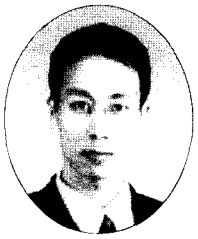
차선 이탈경보 및 이탈방지 시스템 기술

Current Technology for the Lane Departure Warning and Prevention Systems



김 상 용 · 포항공과대학교 대학원
Sam-Yong Kim · Pohang University of Science and Technology

오 세 영 · 포항공과대학교 교수
Hyunsoo Kim · Pohang University of Science and Technology

차선이탈경보 및 이탈방지 시스템 개요

미국의 GES (General Estimation System)과 FARS (Fatal Accident Reporting System)의 통계에 따르면 경찰에 의해 보고된 전체 교통사고의 40%가량이 단독 차량의 차선이탈(Single Vehicle Roadway Departure)로 13,000여명의 인명피해와 1,000억불의 재산피해를 입고있다고 한다. 또, 최근의 미국 고속도로 수송 안전 관리국(National Highway Transportation Safety Administration : NHTSA)자료에 의하면 약 1,575,000건의 교통사고가 산만한 운전자에 의해서 발생되었는데, 상당부분이 차선이탈로 인한 사고라고 한다. 만약 차량이 길을 벗어나는 지를 자동적으로 감지하여 이탈을 방지하는 시스템이 개발된다면, 차선이탈 사고의 53%를 줄일 수 있을 것이라고 한다. 이와 같은 국내에서의 통계자료는 없지만 현재의 교통사고율에 비슷한 통계치를 적용해 볼 때 2000년 기준으로 볼 때 60,000건 정도를 줄일 수 있다고 짐작 할 수 있다.

차선이탈경보 및 이탈방지시스템은 이러한 운전자의 휴대전화의 사용이나 피로누적 등의 부주의한 상황이나 졸음으로 인한 의도하지 않은 차선이탈이 안전사고로 이어져 생기는 인명피해 및 경제적 손실을 줄이기 위해 운전자에게 경각심을 줄 수 있는 경보를 주어 차선이탈방지를 유도하고 반응이 없을 경우 컴퓨터가 직접 조향휠이나 브레이크를 구동하는 엑츄에이터(Actuator) 를 제어하여 차선이탈을 예방할 수 도 있게 함으로써 사고를 방지하거나 경미한 사고로 막기위한 능동 안전 기술 중 하나이다.

개발상황 및 실용화 추이

차선이탈경보 및 이탈방지시스템에 대한 연구는 ITS사업의 AVS(Advanced Vehicle System)분야의 큰 연구과제로 설정됨으로써 우리나라를 비롯한 미국, 일본 및 유럽 등의 자동차 선진국의 다양한 연구단위등에서 산발적이지만 활발히 연구되고 있으며 이미 실용화단계에 있는 곳도 있다.

차선이탈경보 및 이탈방지시스템을 구현하기 위해서는 차량이 주행중인 도로의 상황을 알아내기

위해 기본적으로 도로상의 차선에 대한 정보를 필요로 한다. 차선 정보를 추출하기 위해 가장 널리 두 가지의 접근법이 알려져 있다.

도로에 직접 마그네틱 네일 [Magnetic Nail; 단위 자석을 말함] 이나 테잎을 매설하거나 특수 물질을 함유한 페인트로 차선을 도색하고 특정센서로 차선을 인식하는 방법과 차량에 카메라를 장착하여 컴퓨터비젼 기술을 이용하여 차선을 인식하는 방법이 있다. 첫번째 방법이 도로환경에 추가적인 환경구축 작업을 필요로 하며 그러한 차선을 인식하기위한 부가적인 센서를 장착해야 하는 부담이 있는 반면에 영상 데이터의 처리속도의 속도의 처리기술개발과 차선인식의 신뢰성확보 문제만 해결이 문제긴 하지만 기존의 도로환경에 변화를 주지 않고 차선 및 다른 도로 정보를 추출할 수 있는 잇점이 있다. 따라서 컴퓨터비젼 기술을 이용한 방법이 차선이탈경보 및 이탈방지 시스템 적용에 많이 이용되고있다.

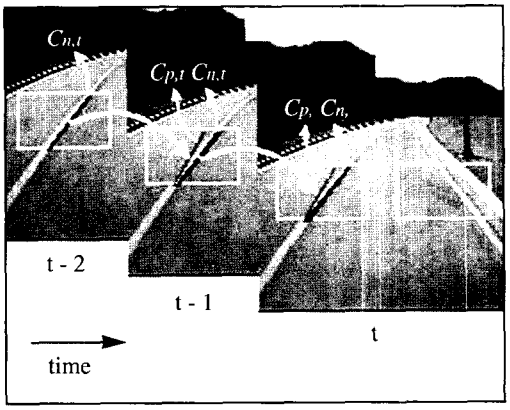
현재 이러한 컴퓨터 비젼 기술을 이용하여 나온 차선이탈시 경보를 줄 수 있는 제품을 Benz, Nissan와 Mitsubishi 자동차 등은 이미 옵션품목으로 장착하고 있으며 미국의 Iteris사와 Assistware사, 국내에서는 VehicleTech, Sensingtech 등에서 상용화 할 수 있는 제품을 출시하고있는 것으로 알려져 있다.

차선인식 알고리즘

앞서도 언급되었지만 다양한 환경에서 차선정보를 찾을 수 있는 강력한 차선인식은 차선이탈경보 및 이탈 방지 시스템개발에서 가장 기본과정이며 시스템성능의 우수성을 좌우할 수 있는 부분이다. 많은 방법들이 개발되어졌지만 긴 처리시간을 요구하거나 제한적인 환경에서만 적용한 경우 및 경험적으로 결정해주어야 하는 많은 계수들을 가지고 있음으로써 일반화에 어려움을 겪고있다.

현재 알려진 방법 중 우수하다고 평가되는 TF-ALDA(Three-Feature Based Automatic Lane Detection Algorithm)[1]와 AURORA에서 사용된 차선인식방법[2]을 살펴보았다.

TF-ALDA에서는 기본적으로 차선의 세 가지 특징 정보 Position, Intensity, Direction을 이용하는데, 세 가지 특징 정보를 간단한 영상 공간에 맵핑시킨 후 과거의 차선 정보를 함께 이용하여 자동적으로 새로운 차선을 찾는다.



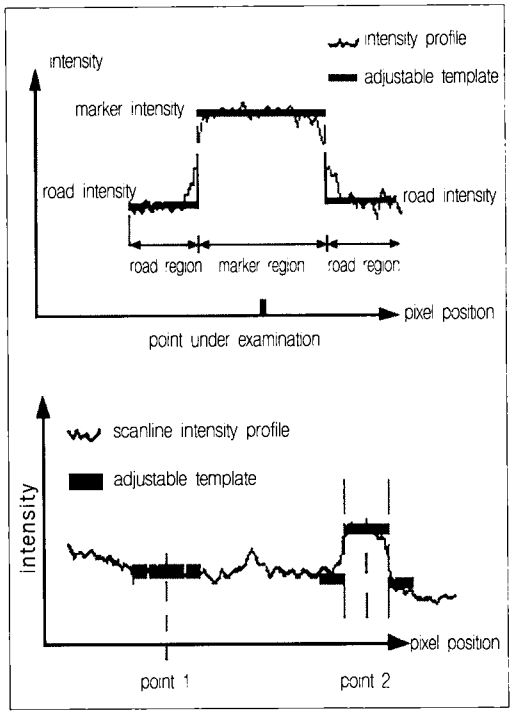
〈그림 1〉 TFALDA의 차선 인식

세가지 특징 정보는 차원의 균등화를 위한 각각의 가중치를 가지고 있는데 최상의 적절한 가중치 값들은 진화 알고리즘을 이용하여 구한다. 검출되어진 차선은 3차원 영상을 하늘에서 내려다보는 2차원 영상으로 변환하여 주는 역 원근 변환에 의하여 실제적인 의미를 갖는 정보로 변환되며 이 정보들은 퍼지 진화 제어기의 제어 입력으로 사용된다.

TF-ALDA는 다양한 환경 변화에서도 수동적인 초기 설정이나 사전 정보 없이도 차선을 자동으로 추출하며, 처리 시간도 실시간으로 구현될 정도로 빠른 방법이다.

AURORA에서의 차선인식은 차선이 폭은 일정하고 도로와 다른 균일한 색을 갖고 있으므로 아래 그림과 같은 Intensity Template으로 나타내고 이를 도로 영상과 Matching하여 차선의 위치를 찾는 방법을 사용한다.

먼저 차량의 사이드 미러 (Side Mirror) 위치



〈그림 2〉 AURORA에서 사용된 이동 템플릿

에 부착된 카메라를 통해 도로를 내려다본 영상에서 횡방향의 스캔라인 (Scanline)을 따라 휘도변화 (Intensity Profile) 를 구한다. 스캔라인을 따라 각 화소를 중심으로 차선(Marker) 부분의 휘도 평균값과 도로부분의 휘도 평균값을 구하여 비교한다. 즉 차선의 휘도 템플릿(Intensity Template)을 이용하여 상관계수(Correlation Coefficient)를 계산하고 이 계수와 최대값을 갖는 위치가 차선의 중앙점을 나타내게 된다.

차선이탈 경보 방법

운전자의 차선변경 의지는 턴시그널(Turn signal)의 발생유무, 브레이크나 조향각의 변화 감지 등 의도된 차선변경에서 나타나는 차량의 상태변화 정보와 다양한 예외상황을 조합함으로써 파악 할 수 있다. 예를 들어 턴시그널이 켜지거나 브레이크 및 조향각이 심하게 변할 때는 거의 운전자의 의도에 의해 차선변경이 이루어졌다고 판단을 내릴 수 있고 곡선도로에서의 짧은 시간동안의 차선이탈은 운전자의 의도로 판단할 수 있는 예외법칙으로 적용할 수 있다 [3].

차선이탈 인식 방법으로는 카메라부터 얻어진 영상으로부터 좌우 차선을 추출하여 그림처럼 일정한 높이의 2개의 수평선과 차선이 만나는 교차점 4개를 구하고 화면의 중앙점을 중심으로 4개의 점으로 구성되는 사다리꼴 형태의 점을 정의해서 이 패턴을 화면에 고정시켜서 좌측이나 우측으로 차선이 이탈할 경우엔 사다리꼴이 차선의 좌측이나 우측으로 벗어나게 됨으로써 차선이탈을 인식하는 방법이 있다 [4].

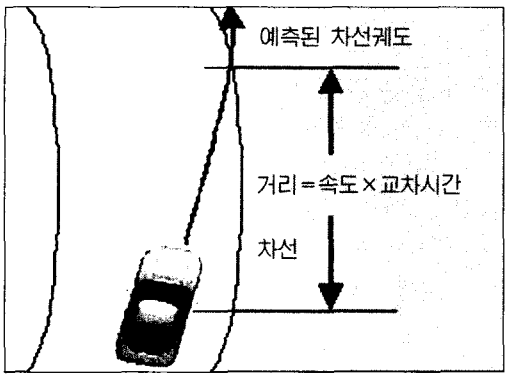
다른 방법으로는 카메라로부터 추출된 차선 에지정보를 역 원근변환후 차의 횡방향 위치와 진행방향을 예측해서 위급지수(Urgency Index)계산에 반영하여 위급지수가 운전자에 맞게 설정된 경계보다 크면 음성 경보를 주는 방법이 있다.

차선이탈 예측에서는 단순히 현재 차의 위치와 차선사이의 횡방향 거리뿐만 아니라 조향각, 속도 및 차선에 대한 차의 방향 등도 고려해서 앞으로의 차의 위치를 찾음으로써 정확한 이탈시점을 계산할 수 있어야 한다.

이를 고려한 방법이 차의 바퀴가 차선을 벗어나는 시점까지의 시간을 계산하여 경보를 주는 것이다 [5]. 카메라로부터 들어온 도로영상정보로부터 차선을 추출하고 현재 차량의 속도와 조향각을 유지할 때 차량의 예측된 궤적과 역 원근변환을 통해서 얻어진 차선이 만나는 곳까지의 교차시간(TLC : Time to Lane Crossing)을 계산함으로써 차의 바퀴가 차선을 이탈하는 시점을 파악한다.

교차시간을 몇 개의 단계로 나누어서 위험성 여부를 판단하고 예비 경보, 위험 경보 등을 음성으로 알려주는 방법이다.

이것은 차선과의 횡방향 거리정보나 횡방향 속도정보로만 이탈경보를 주는 방법에 비해 한쪽 차



〈그림 3〉 교차시간(TLC) 계산

선에 붙어 운전하거나 차선 내에서 움직임이 큰 차량의 경우와 같이 차선의 중심으로부터 떨어져 있을지라도 이탈할 가능성은 적은 경우에 더욱 강력함을 보일 수 있다. 교차시간을 이용한 이탈경보방법의 오경보율을 최대한 줄이기 위해서는 차의 궤적 예측을 위하여 교차시간을 계산하기 위한 실차와 가까운 차량의 동력학 모델링(Dynamic Modeling)과 차선 정보를 나타낼 수 있는 정확한 방정식이 요구된다.

차선이탈 예측에 대한 경보를 주기 위해서는 운전자의 운전취향에 맞게 이탈 경보율을 조절 할 수 있어야 한다. 첫번째 이탈예측 방법에서는 사다리꼴 패턴의 수평크기를 조절함으로써 감도를 조절할 수 있고 두번째 교차시간을 이용한 방법에서는 이탈할 것이라 예측한 시간이 경계시간을 넘으면 경보를 주게 되는데 이 경계시간을 조절 함으로써 감도를 조절 할 수 있다. 현재 실용화되고있는 방법에는 실험적으로 얻어진 운전자의 취향을 몇 단계로 구분해서 이탈경보의 감도를 운전자가 수동적으로 선택하여 조절하는 방법이 대부분이다. 신경망 등을 이용한 운전자의 운전습관 학습에 대한 연구가 계속 되고 있으므로 학습된 정보를 이용해서 자동으로 경보 감도를 알맞게 조절 할 수 있는 알고리즘이 개발되어야 할 것이다.

차선이탈 방지 방법

차선이탈경보 및 방지시스템에서의 이탈방지의 개념은 차선이탈이 운전자의 의도에 의해 이루어졌는지를 판단하여 운전자의 의도와는 상관없이 이탈이 이루어질 경우엔 컴퓨터가 직접 조향을 하거나 브레이크페달을 조절함으로써 이탈을 방지해 준다는 개념이 추가된 것이 기존의 자율주행에서 연구되고있는 차선유지(Lane Keeping)를 위한 이탈 방지와는 다르다.

이와 같이 차선이탈이 예상될 때, 이탈을 방지하고 차의 차선복구를 위한 제어방법으로는 차선복구 주행경로를 설정해주고 복구된 경로를 따라 차량을 진행할 수 있도록 조향각을 미리 주는 제어기를 사용하는 방법이 있다[6]. 차량시스템은 주행환경에 따라 모델 파라미터가 가변할 수 있으므로 바람이나 도로면의 경사 등과 같은 외란이 있는 시스템에 효과적인 슬라이딩 모드 제어를 이용하여 차선복구제어기를 구성하여 좋은 성능을 낼 수 있다.

이 방법은 운전자의 승차감 및 제어기의 성능 향상면에서 유리하지만 이를 위해 반드시 필요한 도로의 곡률 정보를 얻기 위해서 사용되는 컴퓨터 비젼 기술은 많은 시간이 소요되며, 이 소요시간은 제어기의 동작속도를 느리게 만드는 원인이 될 수 있어 차가 고속으로 주행하는 경우에 적절한 성능을 내는데 문제가 발생할 수 있다.

실용화를 위해 극복해야 될 점

현재 컴퓨터비젼 기술을 이용해서 제품화 되고 있는 시스템을 보다 실용화시키기 위해서는 몇 가지 한계점이 극복되어야만 한다.

우선, 가장 기본이며 중요한 차선인식이 어려운 상황에서의 제품의 신뢰성이 보장되어야 한다. 차선이 불분명하거나 지워진 도로, 비나 눈이 오는 등의 기상 악조건에서 차선인식이 어려운 경우에서의 차선인식의 문제를 해결해서 제품의 신뢰성 및 안전성에 대한 철저한 사전검증으로 오작동에

대한 운전자의 불안감을 덜어 줄 수 있어야 할 것이다.

또한 현재 상용화 단계에 있는 충돌경보나 차선이탈경보 시스템은 경보에 대하여 운전자가 인식하지 못하거나 인식하더라도 적절히 대처할 수 있는 시간을 갖지 못하는 등 경보만으로는 효용에 한계를 가질 수 밖에 없으므로 결국 이러한 차량의 안전장치에 관한 연구는 자동으로 조향각과 브레이크 제어를 통해 위험상황에 능동적으로 대처할 수 있는 장치의 개발로 이어져야 한다.

마지막으로 현 시점의 제품의 성능만으로도 대부분의 운전자는 유용성에 대해서는 동감하면서도 여전히 안전사고의 가능성에대해서는 자신을 배제시키는 경향이 대부분이어서 실제 제품의 구매까지는 이어지기 어려운 것이 사실이다. 제품의 가격하락과 안전사고에 대한 운전자의 인식변화가 적당히 만나는 지점에서 보다 상용화 되기 시작한다면 보다 우수한 성능의 차량 안전장치가 개발 될 수 있으리라고 본다.

결 론

현재 많은 실험을 통해 신뢰성을 확보한 차선이탈방지 관련 제품을 기대하기엔 이른 감이 있지만 서서히 이탈경보 시스템 관련 제품화에 대한 노력이 이루어지고 있다.

하지만 현재 개발된 차선이탈경보 및 이탈방지 시스템에 대한 개발은 강인한 차선인식, 정확한 차선이탈시점 예측, 운전자 의 의도 또는 의도되지 않은 이탈여부 결정, 운전습관을 고려한 이탈경보 감도조절, 승차감 및 강인한 성능의 제어기를 이용한 차선복구 시스템 등 많은 해결해야 될 과제들을 안고 있다.

또한 수식적으로 묘사하기 어려운 시스템을 실제의 하드웨어를 이용하여 구현하고 수학적인 모델과 결합하여 보다 실제 차량의 거동을 나타낼 수 있으며 실제로 구현하기 어려운 상황에서의 모의실험도 가능한 HiLS(Hardware in the Loop Simulator)의 개발도 요구된다.

〈참 고 문 헌〉

1. Younguk Yim and Se-Young Oh, "Three - Feature Based Automatic Lane Detection Algotithm for Autonomous Driving," Int. Conf. on Intelligent Transportation Systems (ITSC99), IEEE (Tokyo), Oct. 1999.
2. Mei Chen, Jochem T., and , Pomerleau, D., " AURORA: a vision-based roadway departure warning system," Proc. 1995 IEEE Symp. Intelligent Robots, Pittsburgh, PA, pp. 243-248, Aug. 1995.
3. R. Risack, N. M?hler, and W. Enkelmann, "A Video-based Lane Keeping Assistant," Proc. of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 356-361, Oct. 2000.
4. 한민홍, "차선이탈/추돌위험 경보장치 개발현황", 한국자동차공학회 I.T.S. 전기전자부문 학술강연 논문집, pp. 41-45, 2001년 10월.
5. C.-F. Lin and A.G. Ulsoy, "Time to lane crossing calculation and characterization of its uncertainty," ITS J., vol. 3, no. 2, 1996.
6. 장승호, 최두진, 고정완, 김상우, 박부견, "차선이탈방지 알고리듬 및 HiLS 개발", 제15차 한국자동제어학술회의, 2000년 10월.

〈오세영 교수 : syoh@postech.ac.kr〉