

지능형 자동차 개발에 있어서의 컴퓨터비전의 응용

Technological Application of Computer Vision to the Development of an Intelligent Vehicle

이 준 웅 / Joon Woong Lee
전남대학교 / Chonnam National University

1. 서론

컴퓨터로 하여금 보게 한다고 하는 컴퓨터비전은 지능형 자동차 개발분야에 있어서 키 테크놀로지로서 부상된 지 오래다. 금년 6월 이탈리아의 파르마에서 개최된 2004년도 IV 04에서 발표된 논문들과 세부 프로그래밍들이 이를 증명하고 있다.

지능형 자동차에서 있어서 컴퓨터비전 기술의 응용은 크게 두 축으로 이루어지고 있는데, 첫째는 컴퓨터비전 단독의 기술만으로 여러 응용분야에서 상품으로 개발되는 것이고, 둘째는 다른 센싱기술과 퓨전(Fusion)을 통한 상품화 추구이다. 특히 후자인 경우, 레이더(Radar) 또는 초음파센서와 같은 능동형 거리 측정 센서들과 컴퓨터비전의 퓨전 그리고 항법장치 등에서 사용되는 GPS 센서를 매개로 한 맵(Map) 데이터와 컴퓨터비전의 퓨전이 대세를 이루고 있다. 단 컴퓨터비전 단독 환경하에서 차선관련 정보 및 장애물관련 정보 등과 같은 여러 형태의 정보를 어떤 목표 실현을 위해 퓨전하는 경우는 위에서 언급한 첫번째 범주에 포함시킨다. 덧붙여 컴퓨터비전 기술을 응용한 상품이 차량에서 작동(Working)하기 위해 차량의 주행과 관련된 신호를 연계해야 되는데 이 경우는 여기에

서 언급한 퓨전의 범주에 포함시키지 않는다. 왜냐하면 어떠한 응용목적의 시스템이든 차량에서 작동하기 위해서는 차량의 주행과 관련된 신호와의 퓨전은 당연한 것이기 때문이다.

현재 지능형 자동차 개발에 있어서 컴퓨터비전이 응용되는 분야를 정리해보면 다음과 같다.

첫째, 차선정보검출에 기반한 차선이탈경보시스템(Lane Departure Warning System)이나 자기차선유지(Lane Keeping System)시스템, 곡선로 주행 감속 및 경보 시스템을 들 수 있다. 둘째, 차선정보검출과 사각지대(Blind Zone) 장애물 검출에 기반한 차선변경 및 경보 시스템을 들 수 있다. 셋째, 전방의 장애물 검출에 기반한 정지서행제어시스템(Stop and Go System), 차간거리경보시스템(Inter-Distance Warning System), 지능형 차간거리유지 시스템(Adaptive Cruise Control System) 및 지능형 조명 제어 시스템 등을 들 수 있다. 넷째, 보행자 인식 시스템을 들 수 있다. 보행자는 넓게 보면 전방의 장애물 인데도 최근 이 분야의 연구가 활발히 진행되면서 독립된 분야로서의 영역을 확보하고 있고, 더욱이 적외선 영상처리로 연구분야가 넓혀지고 있는 추세이다. 다섯째, 도요타의 하이브리드 자동차인 프리우스에

적용되어 국내에서도 주목을 끈 바 있는 주차보조시스템(Parking Assistant System)을 들 수 있다. 여섯째, 운전자의 운전상태 감시나 사고 시 승원의 거동을 모니터링하는 파노라믹(Panoramic) 비전 시스템을 들 수 있다. 파노라믹 비전 시스템은 코닉(Conic) 미러(Mirror)와 카메라가 함께 사용되는 시스템인데, 언급한 바와 같이 차량의 실내에 설치되어 승원 감지뿐만 아니라 차량의 프론트 범퍼나 리어 범퍼 주위에 설치하여 차량 주변의 장애물을 감지하는데도 사용되고 있다. 일곱째, 교차로나 급 커브구간의 DSRC(Dedicated Short Range Control)에 응용하기 위한 영역내 차량의 진출입 감지나 노면의 결빙과 같은 상태감지 시스템 등을 들 수 있다. 여덟째, 신호등의 신호감지 및 노면의 표시판으로부터 속도감지나 주행방향 감지시스템을 들 수 있다. 아홉째, 지능형 자동차의 기술로 직접적으로 분류하기에는 무리가 있지만 도로의 물동량 흐름을 감지하는 컴퓨터비전 시스템이나 ETC(Electric Toll Collection) 시스템에서 차량의 크기나 타입을 인식하는 컴퓨터비전 시스템도 들 수 있다.

컴퓨터비전의 응용은 스트럭처드 로드(Structured Road)뿐만 아니라 오프로드(Off-Road) 구간에서도 활발히 이루어지고 있다. 특히 오프로드 주행시험은 금년 봄 미국의 캘리포니아에서 열린 DARPA 프로젝트 데모에서 보여주었던 우주개척이나 사막지대에서의 차량의 자율주행지원에 크게 공헌할 수 있음이 입증되고 있다. 컴퓨터비전의 응용 사례에서 알 수 있는 것은 여전히 흑백카메라의 사용범위가 칼라나 적외선 영상에 비해 높고, 응용 기술에 사용되는 카메라의 수량도 단일 카메라의 경우가 많지만, 최근 들어 스테레오 카메라의 사용율이 크게 증가하는 추세에 있다.

지능형 자동차에 컴퓨터비전 기술을 응용하기 위해서는 실시간 처리와 강인한 처리를 동시에 실현해야

한다는 그 동안의 요구조건 때문에 연구역사에 비해 실용화율이 저조했지만 컴퓨터기술과 반도체 기술의 발전에 힘입어 상당한 수준의 실용화가 진척되고 있다. 최근 들어 다임러클라이슬러, 폭스바겐, 피아트, 도요타 혼다, 닛산 등 유럽과 일본의 선진 자동차 메이커들을 중심으로 상품화한 사례들이 발표되고 있고, GM이나 포드 등 북미의 자동차메이커들도 연방정부의 지원에 힘입어 투자규모를 키우고 있음이 알려지고 있다. 그러나 국내의 경우 어떤 자동차사들도 아직 실용화 사례를 발표한 바 없으며, 투자규모나 연구력에 있어서 유럽이나 일본, 북미의 자동차사들과 비교했을 때 그 수준이 현저히 낮다.

2. 전방의 차선관련정보인식에 기반한 컴퓨터비전 응용 시스템

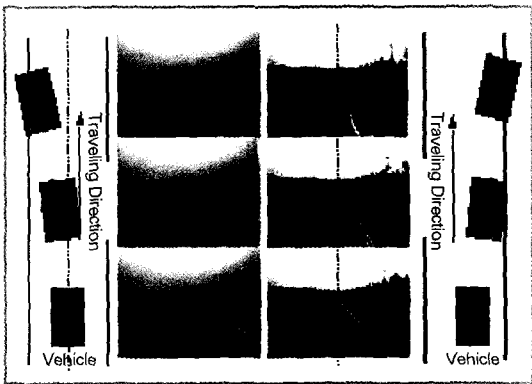
최근 미국의 통계자료에 의하면 주행중인 차량이 차선이탈로 인해 발생한 사고는 매우 치명적이라고 한다. 인명손실뿐 아니라 차량에 따라 재산피해도 1회의 사고로 100만달러에 이를 만큼 매우 크다는 보고다.

이런 이유에서는 아니겠지만, 차선관련정보인식에 기반한 컴퓨터비전 응용은 여타의 컴퓨터비전기술보다 실용화가 앞서 있는 분야이다. 다임러클라이슬러사가 1990년대 말 자사의 대형트럭에 차선이탈경보시스템 실용화를 발표하였고, 그 후 자사의 고급 승용차에도 적용을 발표하였다. 그러나 시스템의 구체적인 알고리즘은 알려지지 않고, 단순히 경보음만 럼블스트립사운드를 채용하였다는 것이 알려졌다. 최근 일본의 닛산이 다임러클라이슬러사의 시스템을 개발했던 업체의 차선이탈경보시스템 시스템을 자사의 인피너티 승용차에 상용화하였음을 금년 북미의 한 모터쇼에서 발표하였다. 혼다자동차의 경우는 경보장치뿐만 아니라 차선유지시스템에도 관심을 갖고 차선유지 액츄에

이터 제어에 인식된 차선관련 정보를 활용하고 있으며, IEEE IV를 비롯한 ITS Congress 등의 여러 학술대회에서 자사의 시스템을 소개하고 있다. 도요타자동차의 경우는 현재까지 자사의 차선이탈경보시스템개발 사례가 알려지지 않았지만, 금년 8월경에 상품으로 출시할거라는 소식이 자사의 연구자를 통해서 발표되었다. 국내의 경우 (주)잉카, PLK 등 몇몇 벤처회사를 중심으로 차선이탈경보시스템 개발이 진행되고 있고, 자동차메이커들의 관심도 높아지고 있기 때문에 머지 않아 시장에 출시될 것으로 예견된다.



〈그림 1〉 차선이탈경보용 실험차량



〈그림 2〉 자차량의 차선이탈에 따른 영상의 변화

〈그림 1〉은 전남대학교 지능정보시스템 실험실에서 사용중인 차선이탈 경보용 실험차량을 나타낸 것이다. 〈그림 2〉는 실험차량이 자신의 주행차선을 좌측 또는 우측으로 벗어남에 따라 촬영된 영상에서 어떠한 변화

가 나타나는지를 보여준 것이다. 즉, 영상에 나타난 차선경계의 위치와 기울기의 변화상황을 인식함으로써 자차량의 차선이탈여부를 판단할 수 있다. 이렇게 인식된 정보를 토대로 이탈에 따른 경보를 하던지, 아니면 이탈을 막기 위해 액츄에이터를 구동하는 것이 관련 시스템의 기본 원리이다.

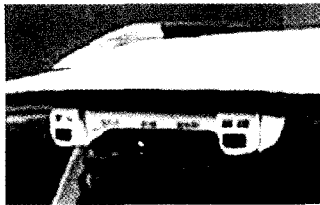
차선이탈경보 또는 차선유지시스템에 있어서 컴퓨터비전 기술의 성공은 다양한 환경에 대해 어떻게 강인성을 유지하느냐에 달려있다. 이에 따라 전남대학교 지능정보시스템 실험실에서는 차선표식의 경계성분을 강인하게 추출할 수 있는 필터설계에 초점을 맞추고 있다. 아무리 복잡한 잡음속에서도 차선표식의 경계성분이 완벽하게 추출되면 이후의 응용부분은 쉽게 해결될 수 있기 때문이다.

또한 최근 이 분야에서 중요하게 인식되고 있는 시스템이 급 코너 진입시 감속시스템인데 이 시스템을 컴퓨터비전만에 의해 완벽하게 구현하기에는 블라인드(Blind) 코너 인식의 어려움으로 한계에 봉착해 있다. 따라서 항법장치 등에서 사용되는 GPS 센서를 매개로 한 맵(Map) 데이터와의 퓨전을 토대로 한 시스템이 금년 6월 이탈리아에서 열린 IV '04에서 선보인 바 있다.

3. 전방의 장애물인식에 기반한 컴퓨터비전 응용 시스템

경미한 사고부터 큰 사고까지 자동차사고의 상당부분은 자동차 후미의 추돌(Rear-end Collision)에서 기인된 것이라는 통계발표가 있다. 따라서 유럽 및 일본의 선진 자동차메이커들은 오래전부터 이러한 사고를 예방할 수 있는 기술개발에 큰 관심을 기울이고 있으며, 이에 대한 대표적인 기술로서 차간거리경보, 차간거리유지, 정지서행제어 등을 들 수 있다. 이러한 기

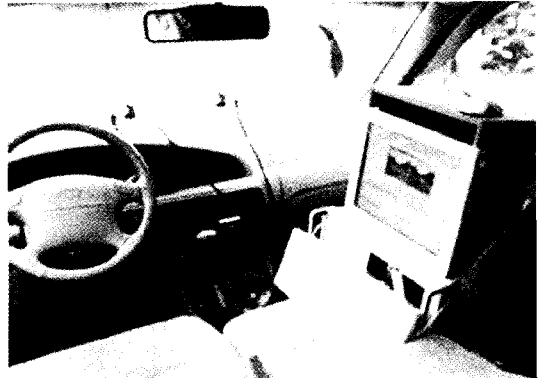
술에 공통적인 요소 기술이 자차량 전방의 장애물 검출 및 장애물과 차량간 거리계측인데, 여기에 컴퓨터비전의 역할이 커지고 있다. 특



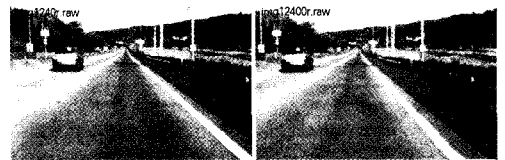
〈그림 3〉스테레오카메라 시스템에 기반한 지능형 자동차 사례

히 스테레오비전에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 일본의 수바루 자동차는 〈그림 3〉에 보인 바와 같은 스테레오비전에 기반한 지능형쿠루즈시스템을 상품화하였고, 다임러크라이슬러는 스테레오비전에 의해 전방의 보행자 인식 및 차량제동 기술이 실현된 프로토타입의 시스템을 선보였으며, 정지서행제어로의 활용에 대한 연구도 활발히 진행시키고 있다. 현재의 기술적 동향은 전방의 차량간 거리계측용 센서로서 레이저레이다나 밀리미터파레이더가 많이 활용되고 있는 추세이지만 이런 센서들의 신호간섭과 같은 기술적 제약이나 가격 그리고 인체의 유해성 등이 문제점으로 나타나기도 한다. 특히 교통흐름이 복잡한 도로에서 이러한 능동형 센서로 계측된 거리 데이터가 자차량의 관심 표적으로부터 얻어진 것인지를 판단하는 것이 큰 문제이다. 이의 해결책으로 능동형 센서들과 컴퓨터비전의 퓨전에 대한 연구가 관심을 끌고 있는 것이다.

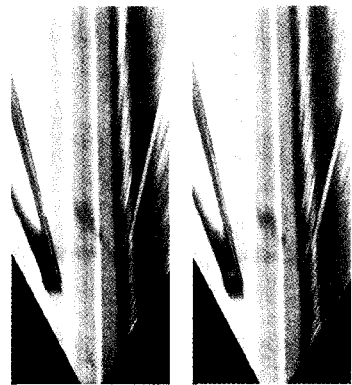
현재 국내에서도 스테레오비전에 관한 연구가 많이 이루어지고 있지만, 정작 지능형 자동차의 요소기술로 응용할만한 연구결과는 흔치 않다. 지능형 자동차에 스테레오비전이 응용되기 위해서는 근거리에서부터 중장거리에 걸친 넓은 계측범위, 정확한 장애물 탐지, 빠른 처리시간 등이 만족되어야 한다. 본 저자의 전남대학교 지능정보시스템 실험실에서는 〈그림 4〉에서 〈그림 8〉에 보인 일련의 과정과 같이 스테레오비전 셋업(〈그림 4〉)으로 획득된 스테레오영상(〈그림 5〉)을 탑뷰(Top View)영상으로 변환(〈그림 6〉)하여 플라히스토



〈그림 4〉스테레오비전 기반 실험차량

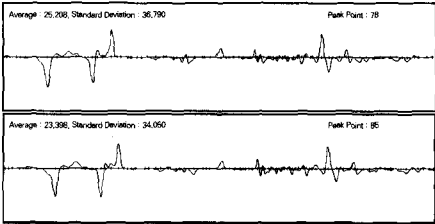


〈그림 5〉스테레오영상



〈그림 6〉탑뷰로 변환된 스테레오영상

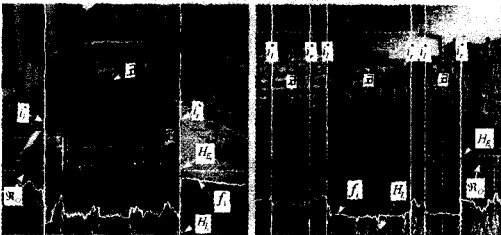
그램(Polar Histogram)을 구축(〈그림 7〉)하고 동적계획법을 적용하여 전방차량을 분리(〈그림 8〉)해내고, 전방차량과 자차량간 거리계측을 실현하였다. 이 방법은 노면이 평탄하다는 가정에서 출발했기 때문에 이 가정



〈그림 7〉 좌우 탐부영상의 플라히스토그램



〈그림 8〉 장애물 검출결과



〈그림 9〉 단일 카메라에 의한 전방차량 검출

스테레오비전이 아닌 단일카메라에 의한 전방의 차량검출에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서 소개하려는 한 방법은 1998년에 패턴인식 (Pattern Recognition) 저널에 발표된 것으로서 전방의 차량은 도로위에 있고, 대칭성을 가지고 있다는 전제에서 출발한 것으로 (그림 9)와 같은 연구결과를 얻었다. 그림에서 솟은 검출하려는 전방차량의 대칭축을 의미하며 i_j 와 i'_j 는 검출대상의 좌우 경계를 의미한다. 따라서 이와 같은 방법을 통해 전방의 차량의 위치정보를 검출하고 능동형 센서의 거리계측데이터와 퓨전할 수 있다면 지능형 자동차에 응용할 수 있는 수준의 시스템 개발이 훨씬 양호해질 것으로 기대된다. 그러나 여기에 소개한 컴퓨터비전 기법은 전방의 차량이 자차량에 매우 근접되어 노면이 영상에 나타나 있지 않을 때 차량검출의 한계를 보인바 있다.

4. 영상처리 전용 하드웨어 개발

최근 지능형 안전자동차를 위하여 비전 센서를 이용한 주행차선의 검출 및 선행차량의 거리 검출을 위한 스테레오비전 등 도로교통 영상처리에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히, 주행정보의 획득 방법으로 초음파, 레이더 등 다양한 센서 중에서도 비전 센서를 채택하는 이유는 외부환경 변화에 민감하여 정보추출의 어려움이 따름에도 불구하고, 정보량이 많고, 인간에게 친근한 시각정보를 제공한다는 장점에 기인한 듯하다. 그러나 지능형 안전자동차에 비전 센서를 채택하여 이를 실현시키기 위해서는 궁극적으로 많은 양의 영상 데이터를 시스템의 제어목적에 부합하도록 실시간으로 처리하기 위한 노력과 구현하고자 하는 영상처리시스템을 정적인 실내환경과 달리 역악한 환경의 차량에 탑재가 용이하게 하기 위한 소형화의 노력이 요구되어 진다. 도로교통 영상처리를 위한 고속 영상처

이 성립되지 않는 경우에는 거리계측 에러를 동반할 수 있다. 더욱이 우천시나 야간 또는 전방의 장애물이 카메라에 매우 근접하게 될 경우에도 강인성을 확보하기 위한 연구가 계속 이루어져야 할 것이다.

