

무인화 운행기법에 관한 연구

- 李 正 淋 포항공과대 수학과 (전산과) 교수, 이학박사
- 金 光 益 포항공과대 수학과 교수, 공학박사
- 吳 世 泳 포항공과대 전자전기공학과 교수, 공학박사
- 韓 濬 希 포항공과대 전자계산학과 교수, 공학박사
- 李 振 秀 포항공과대 전자전기공학과 교수, 공학박사
- 金 相 禹 포항공과대 전자전기공학과 교수, 공학박사

무인화 운행에 관한 연구는 컴퓨터 시각을 이용한 주행, 신경망을 이용한 주행, 경로계획, 하위제어시스템으로 요약할수 있습니다.

기본 주행알고리즘은 제작된 실험용 전기자동차에서 강건성과 처리속도를 높이기위해 계속적으로 보완되고 있습니다.

또한 실제차량인 그레이스로 현재까지 개발된 주행 알고리즘으로 시험운행을 할 예정이며 GPS를 이용한 navigation plan이 추가됩니다. 소나 센서에 의한 장애물 탐지 및 우회는 시험용 차량으로 시험운행 할 예정입니다.

컴퓨터 시각을 이용한 주행

• 시각 시스템의 구성

무인화 운행을 위한 컴퓨터 시각의 목표는 연속적으로 입력되는 도로 영상으로부터 도로 외곽선을 파악하고 3차원 도로 모델을 구성하고 주행 경로를 결정하여 무인차량 스스로 주행할 수 있는 시각시스템을 개발하는 것입니다.

시각 시스템에 필요한 하드웨어는 영상 입력장치, 영상의 전처리 장치, 입력장치 제어기, 주 처리 장치가 있습니다. 또한 시각시스템에는 도로 운행을 위해서 기능적으로 분리되는 많은 모듈들이 유기적으로 동작되어야 합니다.

전체 시스템은 도로 영상을 전처리하는 영상 처리 모듈, 영상에서 도로의 외곽선을 탐지하는 도로 외곽선 탐지 모듈, 도로의 3차원적 모양을 형성시키는 도로 지형 모듈, 다음 도로 장면에서 도로의 위치를 알려주는 장면 예측 모듈, 실제 주행을 담당하는 주행 모듈, 센서를 제어하는 센서 제어 모듈로 구성됩니다.

모듈간의 기능적 독립성을 유지시키고, 모듈의 계층을 형성해서 크고 복잡한 시스템의 구성을 단순화시키고, 모듈의 계층을 형성해서 크고 복잡한 시스템의 구성을 단순화시키고 모듈 상호간의 자료 이동을 쉽게 할 수 있게 해야 합니다.

카메라를 통해 입력된 영상은 Matrox 영상 처리 보드의 frame grabber에 RS-170 영상신호 형식에 의해 공급됩니다. 이 영상 정보는 영상 전처리 모듈, 도로 외곽선 추출 모듈의 입력이 됩니다.

차체 진동 및 차체의 이동으로 인해 카메라는 전기적 셔터(electric shutter)를 가지며, 다양한 거리들을 갖는 환경의 형상 획득을 위하여 오토 포커스(auto-focus) 기능이 필요합니다.

• 도로 외곽선 추출

도로는 몇개의 유사한 밝기를 갖는 화소들의 집합으로 보는 접근은 칼라 영상을 사용하여 화소를 분류하고 인접한 영상간의 집합들은 크게 변화하지 않는 특성을 이용하여 연속적으로 도로의 경계선을 추출합니다.

이 방법은 3칼라 영상을 각각 처리해야 하

므로 계산량이 많고, 조명의 변화에 따라서 도로 특성과 비도로 특성이 변하므로 가정한 도로 모델이 틀릴 수 있습니다.

또 다른 접근 방법은 영상에서 밝기의 변화에 기초하여 도로의 연속적인 외곽선의 일부분이라고 가정되는 선형 성분들로 부터 한 장면의 도로 형태를 형성시키는 것입니다.

이 2가지 방법 모두 도로 경계선 추출의 완전한 동작을 보장하지 않기 때문에 2가지 방법을 결합할 필요성이 있습니다. 시각 시스템에는 2개의 동작 모드(bootstrap 모드와 feed-forward 모드)가 있어 현재의 도로 정보 양에 따라 이들 사이의 제어가 변환되며 동작하게 됩니다.

아무 정보도 없는 시각 단계나 열악한 도로 환경에서는 bootstrap 모드로 제어를 옮겨서 안정된 도로 주행이 가능하게 될 때까지 전체 영상을 처리하여 정보를 얻고 초기 장면 모델을 생성시킵니다.

Bootstrap 모드에서는 전체 영상을 처리하여서 도로에 대한 모든 정보를 얻어 냅니다. 도로에 대한 정보가 전혀 없다면 현재의 입력 영상 모든 부분에 대하여 도로의 위치를 찾아야 하므로 이 단계가 필요합니다.

이 모드에서는 많은 양의 계산 시간이 소요되고, 구동차가 처음 움직이는 단계에서 사용되며, 또한 운행중이라도 현재 생성되어 있는 도로 모델이나 예측된 도로 경계선에 의심이 갈때 등의 확실한 정보를 얻어야 할 필요가 있을 때 이 모드가 사용됩니다.

이미 현재 주행중인 도로의 상황에 대한 정보가 있으므로 다음 장면에서의 도로 위치를 예측할 수 있고, 따라서 영상의 일부분만 처리함으로써 처리 속도를 향상시킵니다.

Bootstrap 모드에서는 이진 영상으로 부터 각 윤곽선 화소들을 따라가며 연결하여 연결 리스트를 만들고 연결된 윤곽선 점들로 이루어지는 곡선에서 국부적인 처리를 수행하여 분할점을 결정하여 각 곡선을 분할하여 생성되는 선분들을 얻습니다.

얻어진 선분들은 각 선분의 길이와 방향을

고려하여 서로 연결하고 다시 연결된 선분 리스트간의 연결을 시도합니다. 이렇게 하여 선분들의 리스트를 결과적으로 얻고, 이들로 부터 도로 외곽선의 기하학적인 특성을 바탕으로 하여 도로 외곽선을 결정합니다.

Feed-forward 모드일때는 장면 예측 모듈에서 예측한 다음 도로의 위치에 해당하는 카메라 영상 좌표에 윈도우가 놓여집니다. 이 윈도우에서 선분을 추출하기 위해서 여러가지 방법들이 적용될 수 있습니다.

현재의 시스템에서는 Hough transform이 적용되고 있습니다. 한 선분이 탐지되면 대응되는 선분의 탐색이 시도되고 각각의 선분이 검정됩니다. 장면 예측 모듈에서는 윈도우가 바뀔때 마다 현재의 주행 속도와 경과 시간을 참조하여 윈도우의 위치를 예측하게 됩니다.

• 도로 장면 모델의 생성

도로 외곽선으로 판단된 곡선들로부터 장면 모델을 생성하기 위해서는 좌표를 3차원으로 변환시키고 도로 정보를 잘 나타내는 구조로 표현시켜야 합니다.

Cross-segment로 도로를 표현하면 도로의 모양, 방향 등을 잘 나타낼수 있습니다. 계산된 cross-segment들로 평면 리본을 구성하고 주행을 위한 곡률(curvature)을 계산합니다.

신경망을 이용한 도로주행

신경망 제어 시스템에 대한 기본적인 시험은 이미 이루어졌으며 외부 환경에서의 강건성을 향상시키기 위한 검토 및 시스템의 보강에 대한 연구가 계속되고 있습니다.

전체 시스템은 4개의 독립된 신경망이 있는데 그중 3개는 차량의 조향각과 관련된 정보를 제시하고, 나머지 하나는 교차로의 검출 여부에 대한 정보를 제시합니다.

신경망 이외에 경로 계획부와 조향각을 제어하는 3개의 신경망중 어느 것을 선택할 것인지 결정하고 차의 주행속도를 결정하는 모듈(module)이 있습니다.

상위의 경로계획 및 교차로 검출 신경망의 출력으로부터 실제 차의 속도 및 3개의 조향각 제어 신경망 중 하나(즉 조향각)를 결정하게 됩니다.

시스템의 강건성에 대한 실험 및 환경의 변화에 안정한 전처리에 대한 연구도 계속 진행되고 있습니다. 실제로 CCD 카메라를 주요 센서로 사용할 경우 전처리의 효율성이 시스템의 안정성 및 학습시간 단축에 결정적인 영향을 미칩니다.

그러므로 전처리의 효율성은 제어구조 못지 않게 중요한 부분입니다. 실제 차를 이용한 실험이 번거로우므로 외부 환경의 영상을 이용하여 시뮬레이션 환경도 조성중에 있습니다.

시뮬레이션 환경이 구축되면 제어시스템 개발 초기 개념의 test에는 이용될수 있고, 또 실험결과(예를 들면 차의 주행경로)를 이용하게 획득할 수 있습니다. 신경망 만을 이용할 경우 시스템의 특성 즉 언제 오차가 크게 나타날 지에 대한 예측이 불가능합니다.

그리고 실제 도로가 상당히 이상적인 정보를 많이 가지고 있는 경우가 대부분이므로 시스템의 안정성을 높이기 위해 차의 제어를 위해 쉽게 구할수 있는 정보는 최대한 이용하려는 시도도 이루어지고 있습니다.

즉 신경망과 신경망 이외의 방법을 병행하는 hybrid system에 대한 연구도 이루어지고 있습니다.

이렇게 될 경우 신경망이 학습해야할 부하도 줄어들고 또 신경망만을 사용할 때보다 신뢰성이 높아지고 또 다른 기능(예를 들면 장애물 회피)의 추가도 쉽게 이루어질 수 있습니다.

경로계획(Path Planning)

무인자동차가 출발점에서 목적지점까지 안전하게 운행되기 위해서는 경로가 미리 계획되어야 합니다. 운행경로 계획은 자동차의 현재위치와 주변환경의 지형분석을 통해 이루어지는데 이는 수시로 변경되기도 합니다.

• 경로 계획기

경로계획은 효율성을 위해 거시적(global) 경로계획과 국부적(local) 경로계획을 나누어 집니다. 자동차의 위치측정을 위한 것으로 위성신호수신기와 위치보정을 위한 것으로 자이로(gyro) 및 속도감지기가 함께 사용됩니다.

물론 여기서의 문제점은 어떻게 최적의 운행경로를 찾느냐 하는 것입니다. 거시적 경로 계획은 시작점과 도착지점을 연결하는 전체적인 경로를 계획하는 것으로, 이러한 계획은 무인자동차 자동운행에서 가장 중요한 문제라고 볼수 있습니다.

현재 나와있는 경로설정 알고리즘으로는 최단경로를 많이 쓰고 있는데 여기에서는 위치 측정과 지도정보를 이용하여 경로를 계획합니다. 여기에서는 도로운행시와 야지(off-road) 운행시로 나누어서 경로를 계획하게 됩니다.

— 도로운행을 위한 경로계획 : 도로운행을 위한 경로설정이라 하면 일반적으로 포장도로나 최소한 차가 다닐수 있는 도로경로를 의미하게 됩니다. 여기서는 최단의 도로경로를 찾습니다.

— 야지운행을 위한 경로계획 : 이 경우에서 최단경로를 찾는 것은 대단히 어려운 문제인데 만약 지형의 형태를 무시한다면 일직선 경로가 나오지만 실제 적용되기에는 무리입니다.

왜냐하면 일직선이라고 하면 산악지대일 경우 차가 못올라가는 험한 산악지역(등판각도 30도이상)이 경로로 지정될수 있기 때문입니다.

그래서 자동차의 위치와 지도에 나와 있는 정보를 통해 무인자동차가 다닐 수 있는 지역을 골라서 최단 경로를 찾습니다.

국부적 경로 계획(local path plan)은 거시적 것을 세분화 한것입니다. 무인 자동차가 무리없이 적당한 동작으로 움직이기 위해 세부적인 경로 계획이 필요합니다.

예를들면 회전지역에서 완만한 경사로 꺾어지지 않고 직각으로 꺾어진 도로의 경우(교차로) 지도상에서는 직각으로 나와있습니다. 이

런 경우에 자동차의 완만한 동작을 위해서 국부적 경로계획에서는 적당한 회전 각도를 결정하여 자동차가 완만하게 회전할수 있도록 해야 합니다.

또한 국부적 경로계획은 운행중에 여러가지 사정(장애물의 출현등)으로 인해 설정된 경로가 수시로 수정되기도 하며 필요시 거시적 경로수정도 이루어 질수 있습니다.

야지운행을 위한 경로계획은 무인자동차가 안전하게 경로를 따라 운행되기 위해 지형에 잘 적응할수 있는 동작으로 이동해야하므로 세밀한 경로계획이 필요합니다.

예를들면, 야지운행인 경우 거시적 경로상에 큰돌이나 웅덩이 같은 것이 있을 수 있는데 이는 전체적인 지형에 의해 거시적 경로가 설정되었기 때문입니다. 이 경우 navigator나 pilot가 이것을 감지하여 국부적인 경로 수정을 요청합니다.

• 위치측정기

무인자동차의 정확한 현재 위치를 파악하는 것은 운행경로를 계획하기 위해 가장 기본이 됩니다. 위치측정을 위해 주로 위성신호 수신기가 사용되는데, 이는 도로상이 아닌 일반지역에서도 실시간으로 위치를 측정할 수 있기 때문입니다.

하위 제어 시스템

차량의 무인 주행을 실제 차량에 적용하기 위해 그레이스 van의 steering, 브레이크 제어, 그리고 가감속 제어 장치를 개조하여 수동제어는 물론 자동 제어를 할수 있도록 하였습니다.

이 시스템의 특징은 기존의 여러 차량 개조 작업이 브레이크 제어나 가감속 제어의 경우 자동제어 장치를 브레이크나 가감속 패달에 장치하여 수동제어와 자동제어의 전환이 불가능하거나 매우 어렵게 개조된데 비하여 이 시스템의 경우 차량내부에 개조 작업을 하여 수동 및 자동으로 용이하게 변환할수 있도록 하였습니다.

자동제어 장치는 모두 모터를 장착하여 제어하고 있습니다. 모터 제어 시스템은 자체 제작된 80C196 CPU 제어기와 power-amp로 구성되어 있으며 steering, brake, 가감속 제어 각각에 대하여 구성되어 있습니다.

차량의 진행방향과 속도가 결정되면 이를 상위 시스템으로 부터 받아 steering과 acceleration의 조절이 이루어지도록 모터를 구동시킵니다.

상위시스템에서 카메라 등으로부터 받은 여러 정보들로 부터 차량의 속도와 방향을 결정하여 PC의 RS232C 포트를 통해 모터 드라이버 시스템으로 명령을 전달하게 됩니다.

PC는 일정한 간격으로 80C196 CPU 보드로 차량의 속도와 방향을 내려주고 80C196 CPU 보드는 이들을 받아서 핸들이나 엑셀의 조절 정도를 정하고 PC에서 내려주는 시간간격보다 수십배 짧은 시간 간격으로 각각의 구동회로에 명령을 전해줍니다.

이 CPU 보드는 steering, acceleration 등의 조절뿐만 아니라 초음파 센서를 통한 차량의 긴급정지 기능도 제공하고 있습니다.

또다른 80C196 CPU 보드를 이용하여 차량 주위에 달려있는 8개의 초음파 센서로 부터 주변의 장애물에 대한 탐색을 한후 차량 충돌의 위험성이 있다고 판단되면 바로 모터제어 CPU 보드로 긴급정지 신호를 보내 브레이크 시스템이 동작되도록 합니다.

이러한 긴급정지 기능뿐만이 아니라 상위시스템에서 차량의 주행시 장애물 회피기능이나 무인주차를 위하여 PC상에 DT2801 A/D 보드를 설치하였습니다. 현재 이러한 시스템들은 모두 PC상에 설치되어 있는데, 앞으로 시스템의 확장이나 신경망의 학습시 필요한 빠른 프로세싱 타임을 고려하여 VME시스템으로 전환하고자 합니다.

VME시스템은 일반적인 PC가 가지고 있는 확장성의 한계라든가 멀티 프로세싱의 제약등 여러가지 면에서 PC보다 우수한 성능을 가지고 있습니다. *