

도심환경 자율주행을 위한 자율매니저 기반 경로계획 기법

Local Path Planning Method based on Autonomy Manager for Autonomous Navigation in Urban Environment

이 영 일*

Young-il Lee

안 성 용*

Seong-Yong Ahn

김 중 희*

Chong-Hui Kim

ABSTRACT

In this paper, we propose a local path planning method based on RANGER algorithm and autonomy manager for autonomous navigation of UGV in urban environment. LPP method is designed to generate the local path in sensing area by using lane and curb of pavement and autonomy manager is designed to make a decision which transit the status of LPP component to a proper status for current navigation environment. A field test is conducted with scenarios in real urban environment in which crossroad, crosswalk and pavement are included and the performance of proposed method is validated.

Keywords : LPP(Local Path Plan), RANGER(Real-time Autonomous Navigator with a Geometric Engine), Autonomy Manager, Autonomous Navigation, UGV

1. 서론

다양한 임무 및 주행환경에서 무인차량의 성공적인 임무수행을 위해서는 적응적인 의사결정을 기반으로 주어진 목표점까지의 자율주행 능력이 요구된다^[1]. 무인차량의 임무 및 주행환경은 획일화되지 않는 복잡성과 다양성을 지니며, 또한 센서 및 구성 시스템의 성능 역시 시간, 날씨, 주행 장소와 같은 외부적인 요소에 의존성을 가진다. 임무수행의 대상이 되는 대표적 주행환경은 인간의 접근과 개입이 제한되는 험지 및 야지환경과 교차로, 횡단보도, 차량, 사람 그리고 교통

법규 등을 포함하는 도심환경으로 구성된다. 험지 및 야지환경에서의 자율주행 능력은 다양한 센서를 통해 가장 최근에 획득한 대략 수십 미터 이내의 월드모델링 데이터로부터 지형 경사도 및 거칠기와 같은 지형 정보와 다양한 장애물 정보를 추출하고, 이를 활용하여 다음 경유점까지의 이동경로를 안전성과 최적성 관점에서 실시간으로 생성하는 경로계획 관련 기술을 필요로 한다^[2]. 반면에, 도심환경에서의 자율주행 능력은 도로(Pavement)라는 환경적 특성으로 인해 경로계획의 공간자율 선택의 폭이 제한되며 교차로나 횡단보도 그리고 타 차량과의 관계에서 법률적 혹은 관례적 규칙을 준수하기 위한 상황적 특성에 적응적인 의사결정 기능이 요구된다. 이와 같은 도심환경에서 무인차량의 자율주행 능력이 인간의 임무수행 능력처럼 유연하고 적응적으로 운용되기 위해서는 인간의 의사

† 2013년 7월 17일 접수~2013년 11월 15일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 김중희(kimch@add.re.kr)

결정 능력을 모의한 자율 매니저(Autonomy Manager)가 요구된다^[3]. 자율 매니저는 주어진 임무의 유형/모드, 위험도 정도, 환경적 요소 그리고 무인차량의 상태정보를 기반으로 지역경로계획 시스템을 구성하는 하부 컴포넌트를 통합적으로 관리하기 위한 의사결정을 수행한다.

본 논문에서는 제한적인 도로환경에서 직선/곡선 주행, 차선변경 그리고 교차로 주행을 위해 환경모드(Environment Mode)와 주행모드(Driving Mode)의 조합으로 정의되는 상태(Status) 기반의 지역경로계획 기법을 제안하며 이는 정형화된 도로주행에 적합한 RANGER 알고리즘을 활용한다. 또한 임무의 유형, 위험도 정도, 주행환경 요소 그리고 무인차량의 상태정보에 지역경로계획 컴포넌트가 적응적으로 대응 가능하도록 EV(Evaluation)-MD(Modification) 아키텍처^[4] 기반의 지역경로계획 자율매니저를 제안한다. 제안된 자율 컴포넌트의 성능 및 실용성은 국과연 소내의 실제 도로환경에서 무인자율차량을 활용하여 시나리오 기반의 검증을 수행한다.

2. 지역경로계획(Local Path Plan)

무인차량이 다양한 주행환경에서 자율적으로 주행하기 위해서는 각각의 주행환경 및 임무모드에 적합한 다수의 지역경로계획(Local Path Plan) 알고리즘을 보유해야한다. 국방과학연구소에서는 다양한 주행환경과 임무모드에 따라 특정 알고리즘을 활성화하여 사용할 수 있도록 RANGER 알고리즘^[5-7], A* 알고리즘^[8], Modified A* 알고리즘^[2] 그리고 DynamicLPP 알고리즘으로 구성된 'LPP 알고리즘 뱅크'를 구축하였다. 본 논문에서 언급되는 도심환경에 적합한 LPP 알고리즘은 RANGER 알고리즘으로 이는 지형이 평탄하고 정형화된 도로 환경을 위해 개발된 알고리즘으로 후보경로 생성을 위해 차선변경 곡선을 도입한다.

가. 지역경로계획 구조

본 논문에서 제안하는 도심환경용 LPP 컴포넌트는 환경모드와 주행모드의 조합으로 정의되는 상태기반 구동방식으로 설계되었으며, 자율 매니저에게 상태천이에 대한 의사결정 권한을 부여함으로써 무인차량이 처한 환경 및 주행상황에 적합한 지역경로산출이 가능토록 하였다. RANGER 기반의 지역경로계획 컴포넌트

는 Fig. 1과같이 주행성분석 컴포넌트로부터 입력되는 World Model 데이터기반의 장애물정보와 차선인식컴포넌트로부터 입력되는 차선 및 연석정보 그리고 자율매니저로부터 입력되는 RDF(Road Description File) 정보 및 모드천이 정보를 수신하여 현재 모드상태에 적합한 경로계획을 수행하게 된다. 또한 LPP 컴포넌트의 상태정보(Evaluation Data)는 모드천이를 위한 기준정보로 활용되기 위해 자율매니저에게 보고되며, 현재 모드에 대한 정보는 WM 및 차선인식 컴포넌트의 모드와 동기화시키기위해 해당 컴포넌트로 전송된다. 타 컴포넌트에서 보고받은 상태정보를 기반으로 자율매니저가 의사결정을 수행한 후 특정 컴포넌트의 운용모드 및 설정에 대한 실시간 제어가 필요한 경우 수정정보(Modification Data)를 해당 컴포넌트로 전송한다. Fig. 1의 RDF는 기주행경로를 기반으로 자율주행 시 무인차량의 주행환경에 대한 정보 제공을 위해 구축된 DB로서 센서정보와 지형정보 그리고 주행로정보로 구성된다^[9].

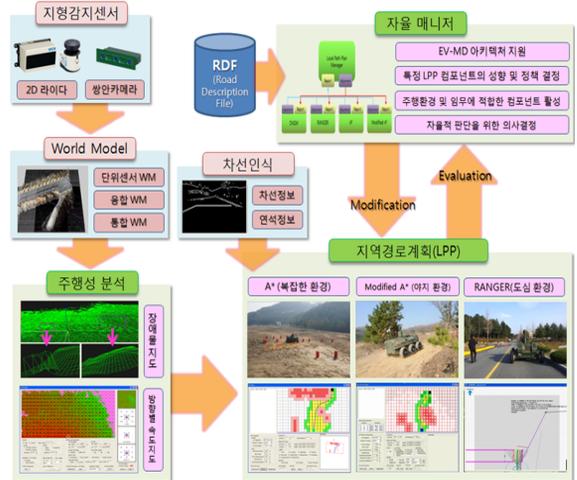
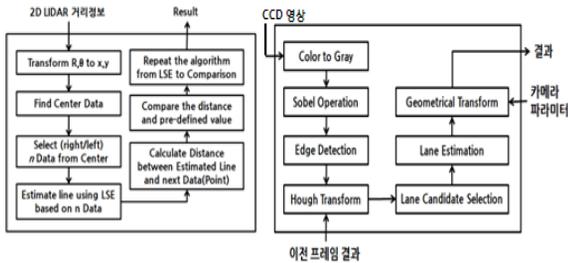


Fig. 1. The Architecture of LPP

나. 영상 및 거리정보 기반 도로특징 추출

본 절에서는 도로에 존재하는 차선 및 연석정보로 구성된 도로특징을 추출하여 지역경로계획 컴포넌트에 제공하는 차선인식 컴포넌트에 대해 간략히 소개한다. 차선인식 컴포넌트는 Fig. 2와 같이 카메라로부터 획득한 영상정보와 라이다(LIDAR)로부터 획득한 거리정보를 함께 이용하여 각각 차선과 연석을 인식한 후 이를 활용하여 도로특징을 추출한다^[10]. 영상 기

반의 차선인식 기법은 CCD 칼라 영상을 입력받아 해당 영상을 흑백 영상으로 변환하고, 변환된 영상 안에서 직선 특징을 추출한 후 허프변환을 이용하여 여러 직선들 중에서 차선으로 추정되는 특징을 최종적으로 판단하는 과정을 포함한다. 특히 t_{n-1} 단위시간에 찾아진 결과를 이용하여 영상에서 도로 이외의 불필요한 부분을 제거하여 차선 검색 범위를 줄임으로서 계산량이 감소되도록 설계하였다. 2차원 LIDAR 기반의 연석인식의 경우 2차원 LIDAR 정보를 2차원 평면에 투사하고 해당 평면에서 차량 중심을 기준으로 거리정보가 일정한 부분과 거리정보가 급격히 변하는 경계를 추출함으로써 주행가능 영역과 연석을 인식한다. 특히 안정적으로 도로 특징을 추출하기 위해 환경 및 센서 등의 문제로 인해 발생하는 결과의 누락 및 현재 주행 중인 도로폭 대비 비정상적인 결과는 최종적으로 필터링 하였다. Fig. 3은 320×240 크기의 칼라 영상과 전방 -10° 방향으로 지향한 LIDAR의 하단 2개 레이어의 거리정보를 사용하여 추출한 도로특징을 보여준다.



(a) Vision-based Lane Detection (b) LIDAR-based Curb Detection
Fig. 2. The Architecture of Road Feature Extraction

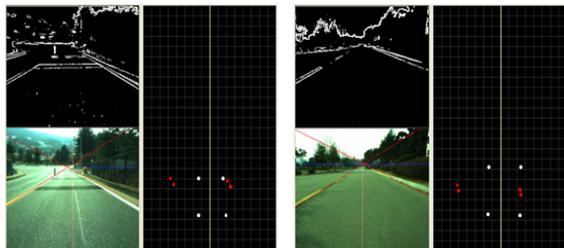


Fig. 3. The Result of Road Feature Extraction

다. 지역경로계획 알고리즘

RANGER 알고리즘은 지형이 평탄하고 정형화된 도심환경의 포장도로 및 Cross-Country의 비포장도로 주

행에 적합한 알고리즘으로 빠른 계산시간을 보장한다는 장점을 지닌다. 해당 알고리즘은 크게 두 단계의 모듈로 구성되는데, 현재 위치를 기반으로 주행 가능한 후보경로를 생성하는 모듈과 이들 중 최적의 경로를 평가하여 선정하는 최적경로 선정 모듈이 그것이다. 무인차량의 시작점과 후보경로의 끝점, 기울기, 그리고 곡률에 대한 구속조건을 대입하여 최종적으로 생성된 후보경로생성 곡선은 수식 (1)과 같다. 무인차량의 상대좌표계에서 시작점의 좌표를 (0, 0)으로, 후보경로 끝점의 좌표를 $(s_T, n \times d_T)$ 라고하면 s에 관한 $d(s)$ 함수로 표현되며 생성곡선 그래프는 Fig. 4와 같다.

$$d(s) = (n \cdot d_T) \left[10 \left(\frac{s}{s_T} \right)^3 - 15 \left(\frac{s}{s_T} \right)^4 + 6 \left(\frac{s}{s_T} \right)^5 \right] \quad (1)$$

where, S_T : 후보경로 전방향 길이, D_T : 경로 끝점 간격, n : 후보경로 개수를 의미한다.

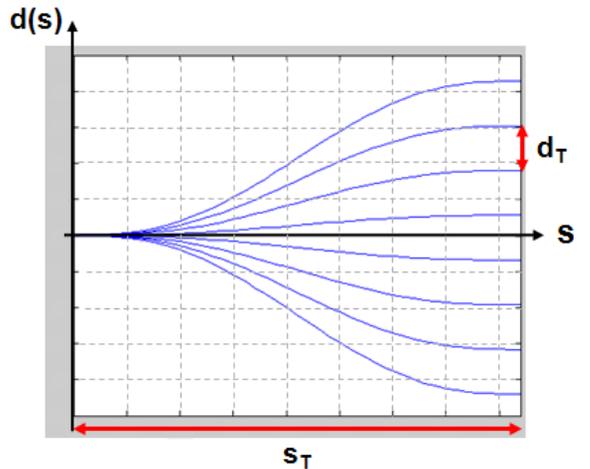


Fig. 4. The Graph for Generating a Candidate Path

3. 자율매니저(Autonomy Manager)

무인차량은 여러 형태의 주행환경에서 다양한 임무를 수행할 수 있어야 하는데, 이를 위해서는 주어진 임무의 유형/모드, 위험도 정도, 환경적 요소 그리고 무인차량의 상태정보에 적응적으로 대응 가능한 자율매니저를 필요로 한다. 특히, 본 논문에서 언급되는 도심환경에서의 LPP 컴포넌트는 환경모드와 주행모드의

조합으로 정의되는 상태기반 구동방식으로 설계되었으며, Fig. 5의 자율 매니저에게 상태천이에 대한 의사결정 권한을 부여함으로써 무인차량이 처한 환경 및 주행상황에 적합한 지역경로산출이 가능토록 하였다. 이와 같이 상태 천이에 대한 의사결정 권한을 LPP 컴포넌트가 아닌 자율매니저에게 부여함으로써 업무부하의 평준화 및 EV-MD 기능 강화가 이루어졌다. 여기서 ‘평가(EV : Evaluation)’란 단위 컴포넌트에서 수집한 무인차량이 처한 현재의 상태나 환경에 대한 분석적 정보를 의미하며 이는 자율매니저에게 보고된다. ‘수정(MD : Modification)’은 타 컴포넌트에서 보고받은 평가 정보를 기반으로 해당 매니저가 의사결정을 수행한 후 타 컴포넌트의 운용모드 및 설정에 대한 실시간 제어를 의미한다.

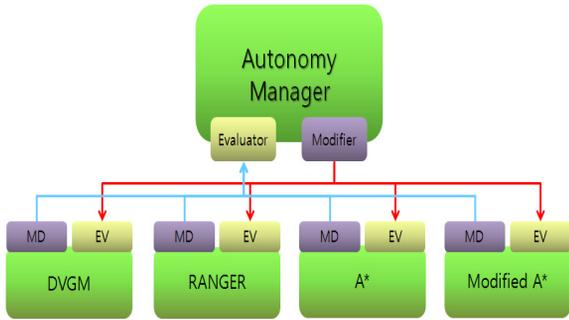


Fig. 5. Autonomy Manager

가. LPP 모드(Mode) 및 상태(Status) 정의

무인차량이 도심환경에서 도로를 자율적으로 주행할 경우 포장도로에서의 일반 상황, 차선변경 및 복귀 상황, 교차로 진입 및 탈출 상황과 같은 다양한 환경상황 그리고 일반주행, 감속주행, 정지를 위한 주행과 같은 다양한 주행상황에 놓이게 된다. 제안하는 지역경로계획 컴포넌트의 모드는 이러한 상황들을 반영하기 위해 환경모드(Environment Mode)와 주행모드(Driving Mode)의 조합으로 구성되며 Table 1과 같이 정의된다. 또한 도심환경용 지역경로계획의 상태(Status)는 환경모드와 주행모드의 조합으로 정의되며 가능한 조합이 Table 2에 보인다. 수행중인 LPP 컴포넌트는 반드시 Table 2에 정의된 상태중 하나의 값을 가지며, 이와 같이 무인차량의 자율주행을 구조적으로 세분화 가능한 상태별로 정의하고 LPP 컴포넌트의 기능을 각 상태별로 독립적으로 구현함으로써 구현 복잡도가 감소되는 장점을 지니게 된다.

Table 1. Two Modes of LPP

Environment(Status) Mode	설 명	약어
Cross-country	비포장도로 및 야지/협지 주행 상황	C_C
Pavement_Normal	차선을 포함하는 포장도로의 일반주행 상황	P_N
Pavement_Lane_Change_Out	포장도로에서 차선변경을 주행 상황	P_LC_O
Pavement_Lane_Change_In	포장도로에서 차선복귀를 주행 상황	P_LC_I
Pavement_Intersection_In	포장도로에서 교차로 진입 주행 상황	P_I_I
Pavement_Intersection_Out	포장도로에서 교차로 탈출 주행 상황	P_I_O
Driving Mode	설 명	약어
Normal_Driving	일반주행 모드	N_D
Reduction_Speed_Driving	감속주행 모드	RS_D
Driving_to_Stop	특정지점에서 정지하기 위한 주행 모드	D_TS

Table 2. The Status of LPP

Environment Mode	Driving Mode
Cross-country	Normal_Driving
	Driving_to_Stop
Pavement_Normal	Normal_Driving
	Driving_to_Stop
Pavement_Lane_Change_Out	Driving_to_Stop
Pavement_Lane_Change_In	Driving_to_Stop
Pavement_Intersection_In	Reduction_Speed_Driving
	Driving_to_Stop
Pavement_Intersection_Out	Driving_to_Stop

나. 자율매니저에 의한 LPP 상태천이

무인차량이 놓인 환경 및 주행상황의 조합에 따른 LPP 컴포넌트의 상태를 이전 절에서 정의하였다. 또한 LPP 컴포넌트는 정의된 상태별로 세분화된 특정 기능을 수행하도록 설계되었으며 이러한 기능은 LPP 컴포넌트의 상태천이에 의해 구동되어진다. LPP 컴포넌트는 Fig. 6에서처럼 환경모드와 주행모드의 조합으로 정의되는 총 10개의 상태를 가지며, ‘시작(Start)’, ‘종료(End)’, ‘비포장도로/주행(C_C)’, ‘포장도로/일반주행(P_N, N_D)’, ‘포장도로/정지주행(P_N, D_TS)’, ‘차선변경/정지주행(P_LC_O, D_TS)’, ‘차선복귀/정지주행

(P_{LC_I}, D_{TS}), ‘교차로진입/감속주행(P_{I_I}, RS_D)’, ‘교차로진입/정지주행(P_{I_I}, D_{TS})’ 그리고 ‘교차로탈출/정지주행(P_{I_O}, D_{TS})’로 구성된다. 각 상태의 전이는 LPP 컴포넌트로부터 보고되는 상태에 대한 평가 정보(Evaluation)와 자율매니저가 직접적으로 판단하는 기준에 의해 이루어지며 Table 3에 천이 조건 및 기준이 명시되어 있다. 이러한 LPP의 상태천이를 통해 무

Table 3. Condition and Criteria for Status Transition of LPP

From	To	천이 조건기준
P _N , N _D	P _N , D _{TS}	1) 경로선정 실패 보고(LPP 보고) - 현재모드 정보 - 보고이유 메시지(Fail to Selection) - Stop Position - Emergency Stop 여부 2) 최종 Goal에 대한 경로 계획 시(LPP 보고) - 현재모드 정보 - 보고이유 메시지(the Last Goal) - Stop Position - Emergency Stop 여부
P _N , D _{TS}	End	- 현재모드 정보 - Last Goal 도착여부(Manager 판단) - Emergency Stop 여부
P _N , D _{TS}	P _{LC_O} , D _{TS}	- 현재모드 정보 - Stop Position 도착여부(Manager 판단) - Emergency Stop 여부
P _{LC_O} , D _{TS}	P _{LC_I} , D _{TS}	- 현재모드 정보 - 차선변경 완료 여부(Manager 판단) ⇒ 특정범위내 진입/새로운 차선정보 입력
P _{LC_O} , D _{TS}	P _N , N _D	- 현재모드 정보 - Obstacle Clear 여부(LPP 보고)
P _{LC_I} , D _{TS}	P _N , N _D	- 현재모드 정보 - 차선복귀 완료 여부(Manager 판단) ⇒ 특정범위내 진입/새로운 차선정보 입력
P _N , N _D	P _{I_I} , RS _D	- 현재모드 정보 - 교차로 진입 여부(Manager 판단) ⇒ RDF 교차로 위치 및 로봇 위치 정보
P _{I_I} , RS _D	P _{I_I} , D _{TS}	- 현재모드 정보 - 물리적 사각지대 진입 여부(Manager 판단)
P _{I_I} , D _{TS}	P _{I_O} , D _{TS}	- 현재모드 정보 - 정지선에 정지 여부(Manager 판단) ⇒ [로봇 위치/정지선 좌표 비교] && 속도==0
P _{I_O} , D _{TS}	P _N , N _D	- 현재모드 정보 - 교차로 탈출 여부(Manager 판단) ⇒ 특정범위내 진입/새로운 차선정보 입력

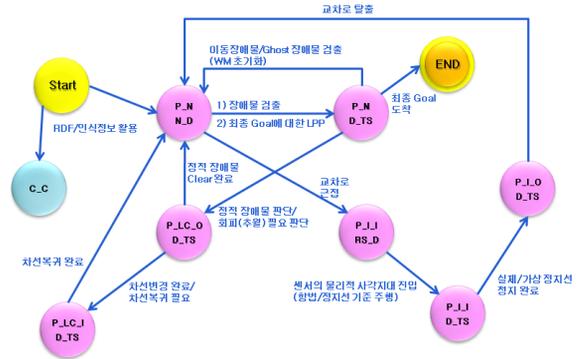


Fig. 6. The State Transition Diagram of LPP

인차량이 도심환경에서 만날 수 있는 여러 가지 상황 즉, 일반도로 주행, 교차로 주행 그리고 차선변경을 통한 추월 주행과 같은 여러 상황에 적응적인 LPP 컴포넌트 구현이 가능하다.

4. 시험 결과 및 분석

가. 시험환경 및 시나리오

본 논문에서 제안한 도심환경에서의 자율주행을 위한 지역경로계획 기법의 성능검증을 위해 무인차량을 이용하여 실제의 도로환경에서 시험을 수행한다. 시나리오는 Fig. 7과 같이 총 1km 정도의 포장도로에서의 자율주행으로, 곡선주행 구간 및 직선주행 구간으로 구성되며 2곳의 ‘+형’ 교차로와 각각 1곳의 ‘Y형’ 교차로 및 ‘T형’ 교차로를 포함한다. 포장도로는 모두 왕복 2차선으로 차선과 연석을 포함하고 있으며 교차로 진입 도로에는 정지선이 존재한다.



Fig. 7. Test Environment and Scenario for Field Test

나. 자율매니저의 의사결정 분석

차선 및 연석정보와 장애물정보를 기반으로 포장도로에서의 자율주행을 수행하는 무인차량이 Fig. 7 시나리오의 첫 번째 ‘+형’ 교차로에 진입했을 때 이루어진 자율매니저의 의사결정 과정을 분석한다. LPP 컴포넌트의 상태가 ‘포장도로/일반주행(P_N, N_D)’ 상태인 경우 전이 가능한 상태는 Fig. 6에서처럼 ‘포장도로/정지주행(P_N, D_TS)’과 ‘교차로진입/감속주행(P_I_I, RS_D)’이다. 자율매니저는 상태전이 의사결정을 위해 LPP 컴포넌트로부터 보고받은 상태정보나 RDF(Road Description File) 컴포넌트로부터 획득한 주행환경 정보를 분석한다. RDF 컴포넌트로부터 차기 교차로 위치정보를 획득하여 무인차량이 교차로 영역으로 진입하였음이 판단되면 자율매니저는 LPP 컴포넌트의 상태를 ‘포장도로/일반주행(P_N, N_D)’에서 ‘교차로진입/감속주행(P_I_I, RS_D)’으로 천이한다. LPP 컴포넌트는 천이된 상태에 대한 정보를 차선인식 컴포넌트로 전송하여 무인차량의 전방에 존재하는 정지선을 검출할 수 있는 모드로 동기화 시키며, 또한 정지선 검출이 용이하도록 LPP 컴포넌트는 감속 경로를 생성한다. 차선인식 컴포넌트로부터 교차로의 정지선이 검출되거나 또는 RDF로부터 가상의 정지선에 대한 위치값을 획득한 후 무인차량이 정지선 검출 사각지대에 진입하게 되면 자율매니저는 LPP 컴포넌트의 상태를 ‘교차로진입/감속주행(P_I_I, RS_D)’에서 ‘교차로진입/정지주행(P_I_I, D_TS)’으로 천이한다. LPP 컴포넌트는 마지막으로 추출된 정지선 혹은 RDF 가상정지선을 기반으로 최종 정지선을 선정하고 정지선에 정지하기 위한 지역경로를 계획한다. 무인차량이 계획된 정지선에 도착하게 되면 자율매니저는 LPP 컴포넌트의 상태를 ‘교차로진입/정지주행(P_I_I, D_TS)’에서 ‘교차로탈출/정지주행(P_I_O, D_TS)’으로 천이한다. LPP 컴포넌트는 교차로를 탈출하기 위한 목표점을 RDF 컴포넌트로부터 수신하고 도로상의 장애물 유무를 확인한 후 해당 목표점까지의 지역경로를 계획한다. 무인차량이 교차로 탈출을 위한 목표점에 도달하고 탈출한 교차로 방향의 새로운 차선이 획득되면 LPP 컴포넌트의 상태를 ‘교차로탈출/정지주행(P_I_O, D_TS)’에서 ‘포장도로/일반주행(P_N, N_D)’으로 천이하여 자율주행을 계속 수행한다. Fig. 8은 무인차량이 ‘+형’ 교차로를 자율 주행하여 통과하면서 이루어진 자율매니저의 의사결정 과정을 총괄적으로 보여주고 있으며 Fig. 9는 ‘+형’ 교차로의 주행결과를 보여준다. Fig. 8

에 설명된 것처럼 지역경로계획 컴포넌트는 자율매니저의 의사결정을 통해 환경과 상황에 적합한 상태로 천이를 통해 교차로 주행을 수행하였다.

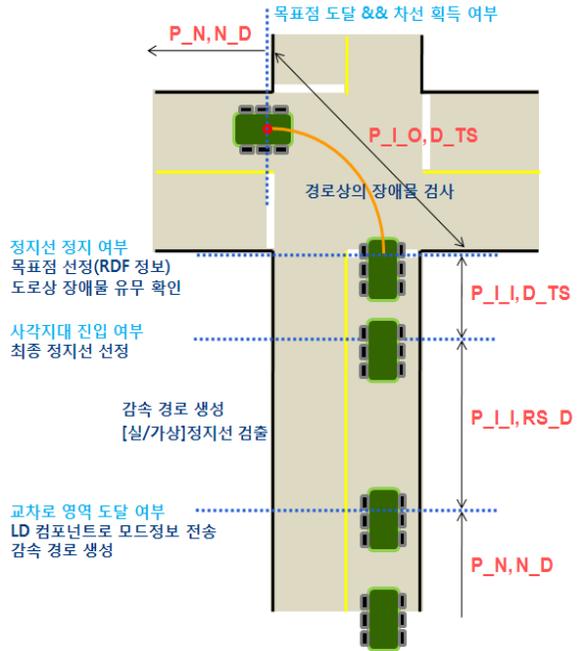


Fig. 8. Decision Making Process of Autonomy Manager



Fig. 9. The Result of Autonomous Driving at ‘+’ type Intersection

5. 결론

본 논문에서는 도심환경에서의 무인차량 자율주행을 위해 기 공개된 RANGER 알고리즘을 활용하여 환경모드와 주행모드의 조합으로 정의되는 상태 기반의 LPP 컴포넌트 및 자율매니저 컴포넌트를 제안하였다. 특히, 자율매니저는 LPP 컴포넌트를 주행환경 및 특성에 적합한 상태로 친이하는 의사결정이 가능하도록 EV-MD 아키텍처 기반으로 설계하였다. 제안한 지역경로계획 컴포넌트 및 자율매니저 컴포넌트의 성능 및 실용성은 교차로와 직선 및 곡선 도로를 포함하는 실 환경에서 시나리오 기반으로 검증하였으며, LPP 컴포넌트로부터 보고받은 평가(EV)정보를 기반으로 자율매니저가 의사 결정한 수정(MD)정보를 통해 LPP 컴포넌트의 상태를 적응적으로 제어하며 직선/곡선 주행로 및 다양한 형태의 교차로를 성공적으로 자율 주행을 확인하였다.

References

- [1] J. Giesbrecht, J. Collier, G. Broten, S. Monckton, and D. Mackay, "A Navigation and Decision Making Architecture for Unmanned Ground Vehicles", DRDC Suffield TM 2007-300, 2007.
- [2] 이영일, 이호주, 박용운, "Modified A* - 방향별 속도지도 활용한 무인차량의 지역경로계획", 한국군사과학기술학회지, Vol. 14, No. 3, 2011.
- [3] 이영일, 이호주, 박용운, "무인차량의 자율주행을 위한 지역경로계획 매니저", 한국군사과학기술학회지, Vol. 13, No. 6, 2010.
- [4] 박용운, 강태하, 강신천, 류철형, 지태영, 고정호, "개방형 아키텍처 기반의 자율주행기술 구현", 국방정보 및 제어 학술대회, pp. 176~178, 2006.
- [5] A. Kelly, "An Intelligent Predictive Control Approach to the High Speed Cross Country Autonomous Navigation Problem", Technical Report CMU-CS-TR-95-33, Carnegie Mellon University, 1995.
- [6] E. Krotkov, M. Hebert, and R. Simmons, "Stereo Perception and Dead Reckoning for Prototype Lunar Rover", Autonomous Robots, pp. 313~331, December, 1995.
- [7] R. Simmons, E. Krotkov, L. Chrisman, F. Cozman, R. Coodwin, M. Hebert, L. Katragaddam S. Koenig, G. Krishnaswamy, Y. Shinoda, W. Whittaker, and P. Klarer, "Experience with rover Navigation for Lunar-like Terrains", In Proc. Intl. Conf. Intelligent Robots and Systems, pp. 441~446, 1995.
- [8] 이영일, 이호주, 고정호, "무인차량의 주행성능을 고려한 장애물 격자지도 기반의 지역경로계획", 한국군사과학기술학회지, Vol. 13, No. 2, April, 2010.
- [9] 김종희, 박용운, 김은태, 박남훈, "이동로봇의 자율주행을 위한 주행정보 생성 시스템", 정보 및 제어 학술대회, pp. 388~389, 2011.
- [10] 안성용, 김종희, 주상현, 박용운, "영상 및 거리정보 기반의 지상무인차량 자율 주행을 위한 도로 특징 추출 기법", 한국군사과학기술학회 종합학술대회, Vol. 1, pp. 302~305, 2012.