

무인차량의 자동주차 알고리즘 개발

조경환^{1*}, 정진욱²

¹성균관대학교 정보공학과, ²성균관대학교 컴퓨터공학과

Development of Auto-Parking Algorithm for Driving in Urban

Kyoung-Hwan Cho^{1*} and Jin-Wok Chung²

¹Dept of Information Engineering, SungKyunKwan University(ABD)

²Dept of Computer Engineering, SungKyunKwan University

요 약 무인차량의 주행은 각종 센서를 이용한 차량제어시스템, 항법시스템, 장애물시스템, 통합시스템의 4가지 서브 시스템으로 구성 되어있다. 본 연구는 비접촉 거리측정 장치인 레이저스캐너를 이용하여 무인차량의 평행주차 및 직각주차 알고리즘 개발을 목적으로 하였다. 이 알고리즘을 검증하기 위하여 GPS와 차량에 6대의 레이저스캐너를 장착하여 이용하였고, 레이저스캐너를 이용한 위치 계산의 오차를 줄이기 위해 타이어 미끄러짐을 최소로 할 수 있도록 5km/h로 차량의 이동 속도를 제한하였다.

Abstract The Unmanned Ground Vehicle is comprised of four systems of obstacle detection: The navigation system, vehicle controlling system, obstacle detecting and an integration system that use the various sensors. The research introduced utilizes 6 lasers to recognize obstacles. The system operates an avoidance system within the unmanned ground vehicle, using six lasers. The Unmanned Ground Vehicle's parallel parking and right angle parking is in development using algorithms. This algorithms' certification is intended to be installed in the encoder, in the GPS. By using the Laser Scanner for the position's calculation, errors are both reduced and minimized, so the tire's slip minimized to the point where the vehicle had a limit of about 5Km/h.

Key Words : Unmanned Ground Vehicle

1. 서 론

1.1 연구 배경

현재의 자동차는 단순히 빠르고 안락한 이동의 수단에서 개인의 프라이버시 영역으로 확대 되고 있다. 유비쿼터스, 텔레메틱스와 지능형교통시스템 등 IT 첨단기술이 개발되었고, 이는 운전자의 운전 부담을 줄일 수 있게 되었다. 여기에 더 나아가 운전자를 완전히 운전으로부터 해방 시킬 수 있는 무인차량에 대한 연구가 진행되고 있다.

미국은 2004년, 2005년에는 사막에서 발생할 수 있는 전쟁을 대비하여 DARPA Grand Challenge를 개최하였고,

2007년에는 도심지 전쟁을 대비하여 DARPA Urban Challenge를 개최하여 짧은 시간 동안에 무인차량의 기술력이 상당히 발전 했음을 보여 주었다.

국내에서는 2005년도 국방과학연구소(ADD)에서 처음으로 무인차량 XAV를 개발하였고, 2009년도에는 현대기아자동차의 후원으로 “무인자율주행 자동차 연구 경진대회”를 준비하여 2010년도에 포항 및 비포장 도로가 포함된 4Km의 주행대회에 국내 11개대학에서 출전하여 5개 대학이 완주를 하였다.

이와 같이 국내외적으로 무인차량 연구가 현재 매우 활발히 진행되고 있으며, 조금 늦게 시작했지만 우리나라도 대학 연구실을 통해서 비약적인 연구가 이루어지고

*교신저자 : 조경환(hwan@motor.ac.kr)

접수일 11년 04월 14일

수정일 11년 04월 26일

게재확정일 11년 05월 12일

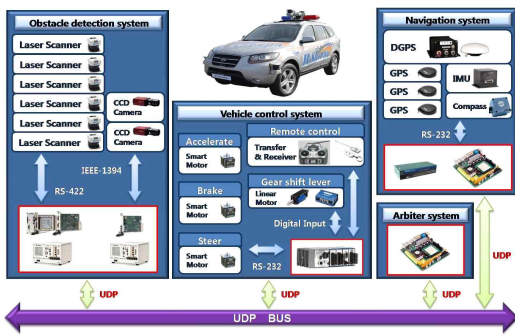
있다. 무인차량에서 Forword방향으로 진행하는 연구는 국내 여러 대학에서 연구를 하고 있지만 후진 또는 주차에 대한 연구는 미흡한 상태이다.

일반 상용차량에서는 주차에 익숙한 여성 운전자를 위한 스크린을 통해 평행주차, 직각주차에 기어를 맞추면 핸들이 자동 움직여주는 수준 정도이다. 무인차량에서 자동주차는 주차 환경에 따라 많은 변수가 발생한다. 따라서 앞으로 많은 연구가 필요하다.

본 연구에서는 야외 주차장에서 GPS와 레이저스캐너를 이용한 자동주차 경로계획 알고리즘을 개발하는 것에 목적을 둔다.

2. 무인차량 시스템 구성

무인차량은 차량제어시스템, 항법시스템, 장애물인식시스템, 통합시스템으로 구성 되어있다. 4개의 서브 시스템은 아래 그림1과 같은 하드웨어로 구성되어있다. 각각의 서브 시스템은 모두 개별적인 프로세서를 보유하고 있으며, 시스템 별로 필요한 센서 및 구동기를 포함하고 있다.



[그림 1] Unmanned Ground Vehicle System configuration

3. 주차 공간 인식

3.1 글로벌 맵을 통한 주차장 영역 인식

무인차량에 있어서 주행 경로는 미리 주어진 RDDF(Route Definition Data File)정보를 통해서 인식하게 되며, MDF(Mission Data File)정보를 통해서 주차 임무를 수행하게 된다.

3.1.2 글로벌 위치 인식

무인차량은 기본적으로 RDDF(Route Definition Data

File)정보를 기반으로 Way Point를 갱신하며 주행을 하게 된다. RDDF(Route Definition Data File)에는 글로벌 경로에 대한 정보를 담고 있으며, 각 Way Point에 해당하는 차량 속도와 임무 정보가 포함되어 있다.

Index	X(lat)	Y(long)	Dir	Velocity	MDF_num
0	556840.64727820	199780.82955980	5.5	7	1
1	556856.64004170	199759.12332180	5.5	7	0
2	556869.78588060	199741.33132330	5.5	7	0
3	556893.25593930	199721.04404360	5.5	7	2
4	556902.38004280	199696.90099680	5.5	7	0
5	556922.21033270	199670.73071460	7.5	7	0
6	556926.87220060	199646.38792030	7.5	7	0
7	556921.42480710	199617.38794470	7.5	7	0
8	556915.77441170	199585.45006280	7.5	7	0
9	556919.87476860	199569.16671320	6.5	7	0
10	556942.89571290	199538.82591980	6.5	7	3
11	556983.49478500	199482.78666340	6.5	7	0
12	556977.53678220	199459.99495110	6.5	7	0

[그림 2] RDDF(Route Definition Data File)정보의 예

이때, 임무가 주어지는 특정 Way Point에는 임무를 수행하도록 MDF(Mission Data File)정보를 제공하게 된다. MDF(Mission Data File) 중, 주차 임무에 대한 정보는 주차 가능 영역을 탐색할 수 있는 Way Point와 차량 속도, 주차장 정보 그리고 주차 영역이 있는 방향 정보에 대한 내용을 포함하게 된다. 여기서 Way Point는 주차선과 평행하게 일정거리 떨어진 경로로, 평행주차의 경우는 주차선과 2m, 직각주차의 경우는 주차선과 3m떨어진 위치가 입력되어 있다. 2m와 3m라는 수치는 4장 주차 행동 계획에서 다시 언급되기 때문에, 본 장에서는 이 수치가 의미하는 것에 대해서는 설명을 생략하겠다. 아래 그림의 MDF(Mission Data File)파일은 평행주차에 대한 예이며, MDF_num=2로 지정되어 있다. ‘CheckPoint’열은 주차를 수행하기 위해 이동해야 하는 지점에 대한 번호이며, ‘X(lat)’와 ‘Y(long)’열은 Way Point의 위경도 값을 담고 있다. ‘Velocity’열은 RDDF(Route Definition Data File)의 경우와 같이 차량 속도를 담고 있으며 단위는 km/h이다. ‘Info’열은 주차장의 정보를 나타내는 항목으로 ‘1’이 의미하는 것은 주차장 진입을 뜻하며, ‘2’는 주차를 위해 주차 가능영역을 탐색하라는 뜻이고 ‘3’은 주차장의 끝을 뜻한다. 따라서 주차는 ‘Info’값이 2인 위치에서만 수행하게 된다. 그리고 ‘Direct’열은 무인자율차량을 기준으로 주차를 해야 할 영역이 있는 방향을 의미하며, ‘1’은 좌측, ‘2’는 우측에 주차 영역이 있음을 뜻하고 있다. ‘0’은 주차 영역이 없음을 뜻한다.

MDF_num	2	/*parking spot: parallel*/				
CheckPoint	X(lat)	Y(long)	Velocity	Info	Direct	
0	556839.77843210	199781.35494200	5	1	0	
1	556849.98543010	199783.15133240	5	2	2	
2	556848.64727820	199785.12584400	5	2	2	
3	556852.24752410	199786.76451410	5	2	2	
4	556856.12254900	199789.18583420	5	2	2	
5	556859.65513620	199790.19859310	5	2	2	
6	556863.79825410	199792.28401560	5	3	0	

[그림 3] MDF(Mission Data File)정보의 예

3.2 로컬 맵을 이용한 주차 공간 인식

글로벌 맵은 건물과 같은 고정 장애물 정보만을 포함하고 있다. 따라서 글로벌 맵을 이용하여 실제로 주차할 경우 주차된 차량이 있는지를 실시간 확인해 주차가 가능한 공간을 찾아야 한다. 주차된 차량의 검출은 레이저스캐너를 이용하게 되며, 실시간 획득된 레이저스캐너 데이터는 로컬 맵에 맵핑을 하게 된다. 그리고 맵핑된 로컬 맵을 이용해 주차 목표 지점을 선택하고, 주차된 차량과의 상대적인 거리를 검출해 경로 및 행동 계획을 하게 된다.

3.2.2 주차된 차량의 인식

실시간 주차장 영역을 주행하면서 레이저스캐너를 이용해 주차된 차량이 있는지를 탐색해야 한다. 그리고 탐색된 주차된 차량은 로컬 맵에 맵핑이 되고, 로컬 맵은 다시 글로벌 맵과 매칭이 돼서 글로벌 맵에 주차된 차량의 정보를 맵핑하게 된다. 주차된 차량을 탐색할 때는 특별히 차량인지 아닌지는 분류하지 않고, 주차 영역 내에 장애물이 존재하게 되면, 차량이 주차된 것으로 판단하게 된다.

4. 주차 행동 계획

4.1 주차 패턴

차량의 일반적인 주차 형태는 평행주차와 직각주차이다. 운전자가 주차 형태에 따라 주차하는 행동 패턴은 각각 다르다. 따라서 이를 무인차량의 자동주차계획에 적용하기 위해 실제 환경에서 사람이 어떻게 주차를 하는지 실험을 하였고 이를 주차시 행동 패턴으로 정의하고 이때의 실시간 센서로부터 데이터를 획득하였다.

4.1.1 평행주차



[그림 4] 평행주차(좌: 주차 전 환경, 우: 주차 완료 모습)

평행주차는 위 그림 4와 같은 형태이며, 기본적으로 후진을 통해 주차된 차량 사이로 진입하게 된다. 수 차례 실험을 통해 후진으로 한 번에 주차를 할 수 있는 주행 경로를 찾았으며, 주차된 두 대의 차량 사이의 최소 거리

간격도 찾을 수 있었다. 그 최소 거리 간격은 7.3m이며, 이 거리보다 짧은 간격에서는 전, 후로 몇 차례 이동 후에 주차가 가능했다. 아래 그림5는 GPS를 이용해 차량의 이동 궤적을 로깅한 결과이다.



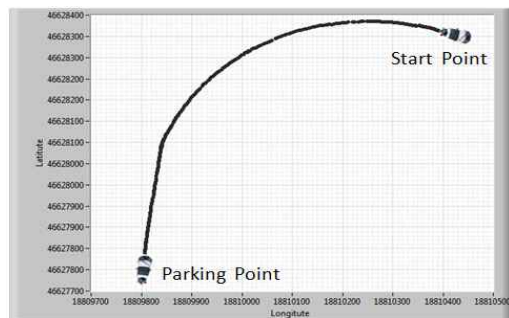
[그림 5] GPS로 획득된 사람이 평행주차를 수행했을 때의 주차 궤적

4.1.2 직각주차



[그림 6] 직각주차(좌: 주차 전 환경, 우: 주차 완료 모습)

직각주차는 위 그림 6과 같은 형태이며, 평행주차와 동일하게 후진만을 이용해 주차된 차량 사이로 진입하게 된다. 직각 주차의 경우도 수 차례 실험을 통해 후진으로 한 번에 주차를 할 수 있는 주행 경로를 찾았으며, 주차된 두 대의 차량 사이의 최소 거리 간격도 찾을 수 있었다. 그 최소 거리 간격은 3.5m이며, 이 거리보다 짧은 간격에서는 전, 후로 몇 차례 이동을 해야지만 주차가 가능했다. 아래 그림 7은 GPS를 이용해 차량의 이동 궤적을 로깅한 결과이다.



[그림 7] GPS로 획득된 사람이 직각주차를 수행했을 때의 주차 궤적

4.2 주차 행동 계획 알고리즘

앞서 운전자가 주차를 수행한 경로를 기반으로 각 경우에 대해 주차 경로 계획을 수립하였다. 그러나 본 주차 행동 계획 알고리즘은 MDF정보와 레이저스캐너 데이터를 기반으로 수행하기 때문에, 주차선에 대한 고려는 하지 않았다. 따라서 이미 주차된 차량을 기준으로 주차는 수행되며, 만약 주차된 차량이 존재하지 않다면 주차 공식에 의해 주차는 수행된다.

4.2.1 평행주차

무인차량은 특정Way Point에서 평행주차 임무를 수행하도록 계획 된 MDF정보에 따라 다음의 단계로 주차한다.

1단계 : 주차선 기준으로 2m 떨어진 Way Point를 따라 주행하면서 7.3m이상인 주차 공간을 탐색한다. 7.3m이상의 공간이 없으면 Way Point를 갱신한다. 이때 조향각은 0°이다.

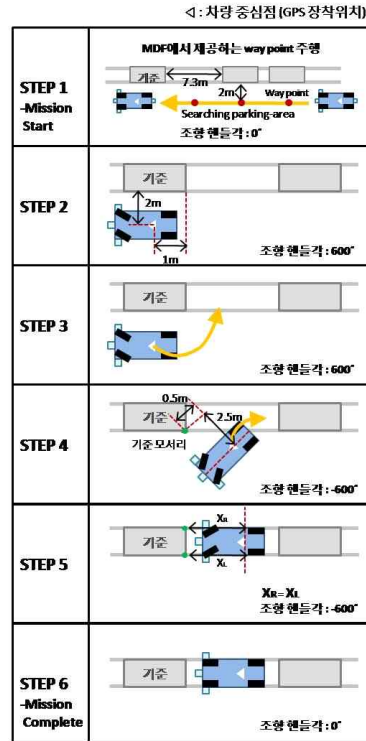
2단계 : 주차 공간이 7.3m 이상의 공간이 탐색되면 차량중심점(GPS 장착위치)과 기준차량(앞쪽의 차량) 하단부분이 1m 되는 위치에서 정지한다. 이때 자동으로 후진 기어(기어 시프트에 스마트 모터 장착)를 넣고 자동으로 주차 방향으로 핸들을 틀어 조향각을 600°로 만든다.

3단계 : 조향각을 600°로 유지하여 후진한다.

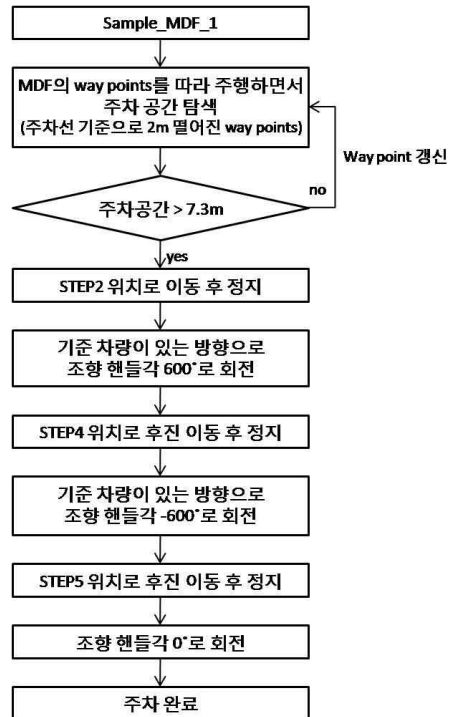
4단계 : 기준장애물의 기준모서리(하단 좌측모서리)가 후진차량 중심점을 따라 0.5m 연장된 점이 차량중심점과 2.5m되는 위치에서 정지한다. 이때 조향각을 -600°로 만든다.

5단계 : 조향각 -600°로 후진 이동하여 $X_R=X_L$ 이면 정지한다.

6단계 : 핸들을 틀어 조향각을 0°로 만들고, 주차 완료한다.



[그림 8] 평행주차 공식

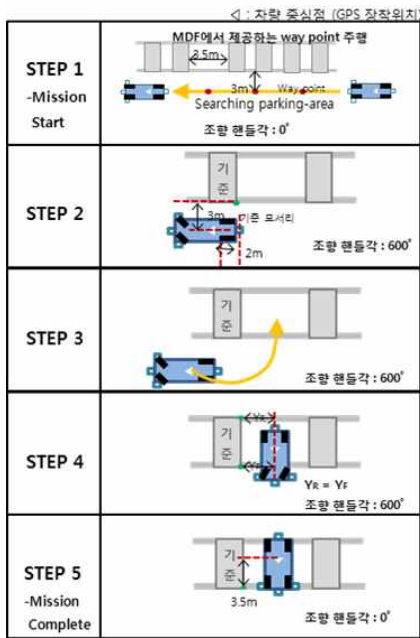


[그림 9] 평행주차 알고리즘

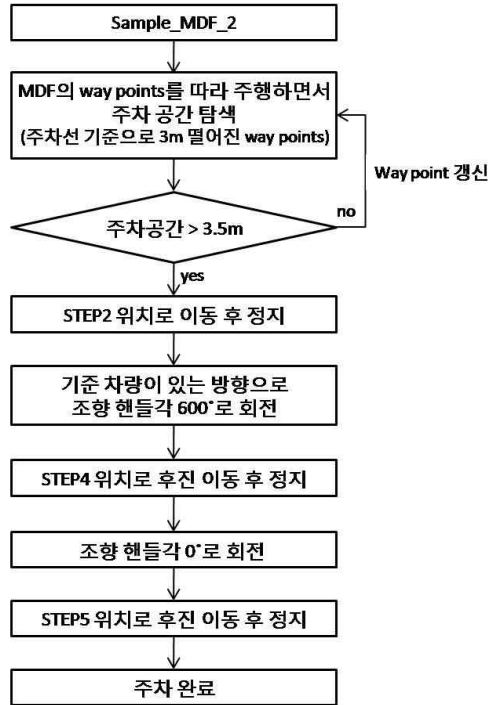
4.2.2 직각주차

MDF정보에 따라 다음의 단계로 주차한다.

- 1단계: 주차선 기준으로 3m 떨어진 Way Point를 따라 주행하면서 3.5m이상인 주차 공간을 탐색한다. 3.5m이상의 공간이 없으면 Way Point를 갱신한다. 이때 조향각은 0°이다.
- 2단계: 주차 공간이 3.5m 이상의 공간이 탐색되면 차량중심점과 기준차량(앞쪽의 차량)의 기준모서리(상단 좌측모서리)가 2m 되는 위치에서 정지한다. 이때 자동으로 후진 기어를 넣고 주차 방향으로 자동으로 핸들을 틀어 조향각을 600°로 만든다.
- 3단계: 조향각 600°로 유지하며 후진한다.
- 4단계: 조향각 600°로 후진 이동하여 $Y_R=Y_L$ 이면 정지하여 조향각을 0°으로 만들고 후진한다.
- 5단계: 차량중심점이 기준차량의 기준모서리의 평행점이 3.5m이면 정지하고, 주차 완료한다. 이때 조향각은 0°이다.



[그림 10] 직각주차 공식



[그림 11] 직각주차 알고리즘

5. 실험 및 결과

5.1 실험 결과 및 분석

차량의 속도는 차량제어시스템과 차량의 방위각은 항법시스템에서 전송 받았으며 로컬 경로계획은 장애물인식시스템에서 직접 처리했다. 차량의 속도는 5Km/h를 넘지 않도록 제한을 주었으며, 로컬 맵의 갱신은 레이저스캐너의 갱신률과 동일한 37Hz이고, 로컬 경로계획 갱신 또한 동일하도록 했다.

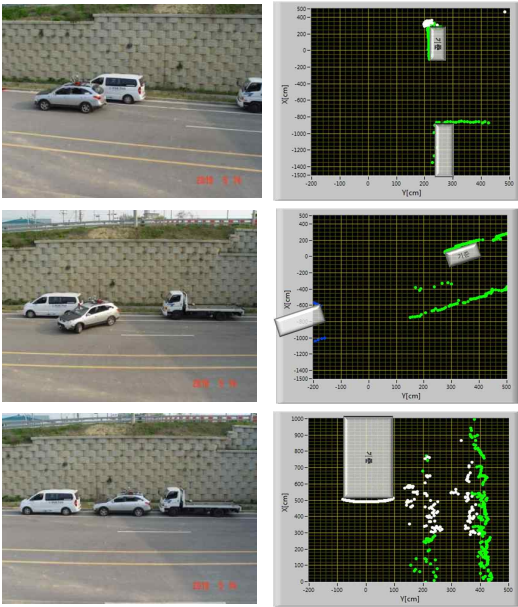
무인자동주차는 수신회에 걸쳐서 실험하였으며 실험 데이터는 실시간으로 저장된다. 저장 되는 값은 각각의 레이저스캐너 Raw Data와 차량제어시스템에서 전송된 차속 및 항법시스템에서 전송된 방위각 그리고 경로계획을 통해 출력된 조향각이다.

5.2.1 평행주차

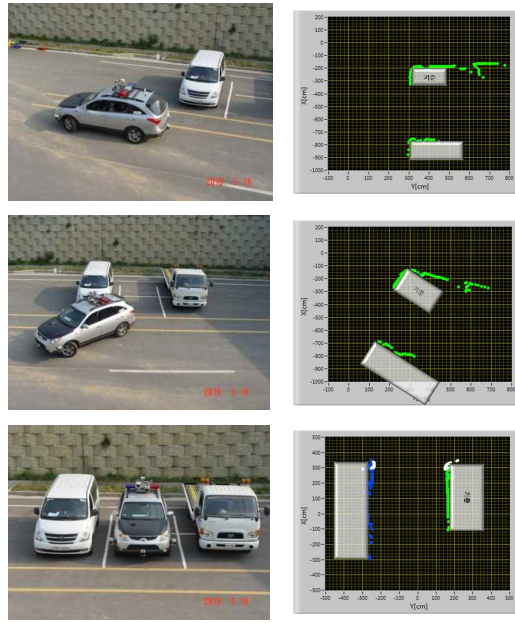
그림 12는 레이저스캐너를 이용한 로컬 맵이다. 그림 13은 평행 주차 했을 때의 GPS에서 획득된 주차 궤적을 나타내는 그래프이다. 그림 14는 주차 시간에 따른 차속과 경로계획을 통해 생성된 조향각 변화 프로그램이다. 경로계획을 통해 -600°에서 600°사이에서 조향각이 형성

되고, 0Km/h에서 5Km/h범위 내에서 차속을 생성하였다.

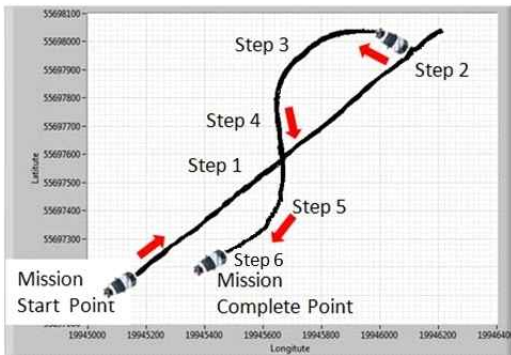
5.2.2 직각주차



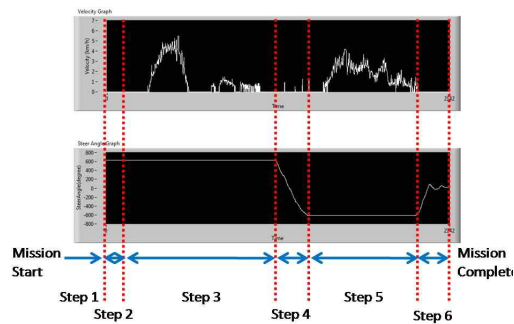
[그림 12] 평행주차 수행 결과



[그림 15] 직각주차 수행 결과

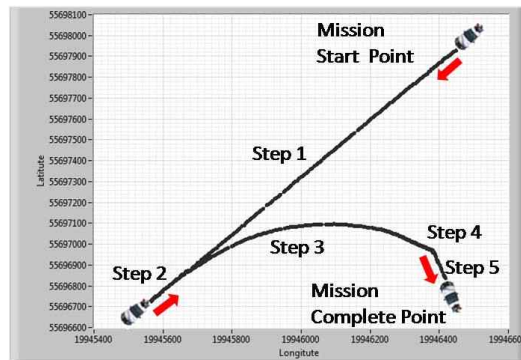


[그림 13] GPS로 획득된 평행주차 했을 때의 주차 궤적

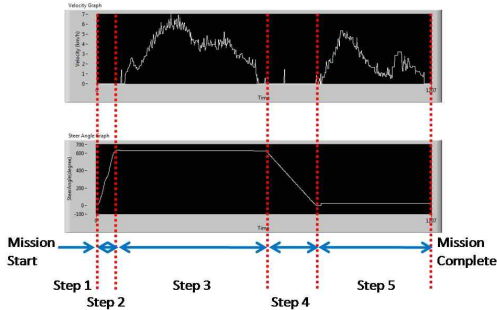


[그림 14] 평행주차시 주행시간에 따른 차속과 조향각의 변화

그림 15는 레이저스캐너를 이용한 직각주차 로컬 맵이다. 그림 16은 직각주차 했을 때의 GPS에서 획득된 주차 궤적을 나타내는 그래프이다. 그림 17은 주차 시간에 따른 차속과 경로계획을 통해 생성된 조향각 변화 프로그램이다. 경로계획을 통해 0°에서 600°사이에서 조향각이 형성되고, 0Km/h에서 5Km/h범위 내에서 차속을 생성하였다.



[그림 16] GPS로 획득된 직각주차 했을 때의 주차 궤적



[그림 17] 직각주차시 주행시간에 따른 차속과 조향각의 변화

6. 결론

본 연구에서 개발한 무인차량의 평행주차 및 직각주차 알고리즘은 대표적인 장애물인식 센서인 GPS와 레이저 스캐너를 이용하여 주차환경을 스캔 하여 생성된 장애물 정보로 장애물 인식 알고리즘에 의해 하나의 로컬 맵을 형성하고, 형성된 로컬 맵은 주차계획 알고리즘에 입력되어 평행주차를 할 것인지 직각주차를 할 것인지를 판단하는 최적 주차 경로를 형성한다.

무인차량에서 평행 및 직각주차 알고리즘 개발은 향후 무인차량의 기술개발에 조금이라도 도움이 되었다는 점에 큰 의미가 있다.

참고문헌

- [1] 김상겸, 김정하, “물체인식 및 회피를 위한 무인자동차의 제어 및 모델링에 관한 연구, 한국자동차공학회 논문집, pp. 201-211, 2002.
- [2] Balbach. O, Eissfeller. B, “Tracking GPS above GPS satellite altitude: first results of the GPS experiment on the HEO mission Equator”, Position Location and Navigation Symposium, IEEE 1998.
- [3] S. J. Lee and W. J. Chung, "Mathematical Modeling for Cornering of Unmanned Vehicle", Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers, Vol. 11, No. 1, pp.70-76, 2002.
- [4] “Rules of DARPA Grand Challenge 2005”, Defense Advanced Research Projects Agency, USA

조 경 환(Kyoung-Hwan Cho)

[정회원]



- 1994년 8월 : 중앙대학교 경영정보학과(경영학석사)
- 1999년 2월 : 성균관대학교 정보공학과(박사과정수료)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 아주자동차대학 교수

<관심분야>

무인자율주행시스템, 네트워크, 통신 보안

정 진 옥(Jin-Wok Chung)

[정회원]



- 1979년 : 성균관대학교 전자공학과(공학석사)
- 1991년 : 서울대학교 전자계산학과(이학박사)
- 1982년 ~ 현재 : 성균관대학교 컴퓨터 공학과 교수

<관심분야>

컴퓨터네트워크, 네트워크 관리, 네트워크 보안, 인터넷 QoS, 인터넷 윤리