

색깔 인식에 의한 RC car의 3가지 코스 시험 주행

Driving three kinds of Course Test with RC car by Color Recognition

이종민* · 손영선†

Jong-Min Lee*, and Young-Sun Sohn†

*동명대학교 전기전자정보통신공학과, † 동명대학교 전자공학과

*Department of Electrical and Electronic Information and Communication Engineering,
Tongmyong University

† Department of Electronic Engineering, Tongmyong University

요 약

자동 주행 차량을 구현하기 위해서는 장애물 인식, 차선 인식 및 변경 등 많은 기능들이 필요하다. 본 논문에서는 자동차 주행에 필요한 '차선 인식'의 범위를 확장시킨 '색깔 인식' 개념을 도입·적용시키기 위해 3가지 코스를 주행하는 시스템을 구현하였다. RC car의 크기와 비례하게 축소 제작한 각 코스에서 주행에 필요한 검지선의 위치, 기울기 및 차량의 속도를 고려하여 조향 제어를 하였고, 브레이크 기능이 없는 RC car를 제어하기 위해 차량의 속도와 검지선의 위치를 고려하였다.

키워드 : Color 인식, 자동 주행, 조향, 제어

Abstract

Automatic driving needs many functions such as the obstacle recognition, the lane recognition, and the lane change, etc. In this paper, we realized a system which automatically drove the three-kinds of vehicle driving course, to introduce and apply the concept of 'color recognition' that expands the scope of 'lane recognition' for vehicle driving. We made the reduced each course compared with RC(Radio Control) car size, and controlled the steering considering the position and the slope of the detection line and the speed. Because the RC car does not have the brake function, we consider the speed and the position of the detection line to stop the RC car.

Key Words : Color Recognition, Automatic Driving, Steering, Control

1. 서 론

마이크로프로세서의 처리 속도가 증가함에 따라 실시간 제어를 위한 컴퓨터 비전 알고리즘이 점점 더 일반화되고 있으며[1], 이러한 비전 시스템은 자동 주행하는 차량을 구현하기 위해 많이 사용되고 있다[2].

자동 주행에 필요한 요소 중 장애물 인식에 관한 연구는 스테레오 카메라를 이용한 장애물 인식 방법[3, 4] 등이 있고, 차선 인식에 관한 연구는 Hough 변환[5]

이나 Clustering 방법[6] 등을 적용한 많은 연구가 이루어지고 있다. 최근에는 화상 인식뿐 아니라 GPS 및 다양한 센서를 장착하여 고속도로 및 일반도로에서 자동 주행하는 자동차와 관련된 많은 연구가 이루어지고 있다[7]. 차량 주행에 필요한 인프라가 잘 구축되어 있지 않은 골목길, 포장되지 않은 시골 길 등에서의 차량 주행을 고려한 연구도 시작되어지고 있다[8].

본 논문에서는 차량 주행 도로와 주변 환경의 색깔 차이를 인식하여 주행하기 위한 준비 단계로서, RC car가 3가지 코스의 테두리 색을 인식하여 자동 주행하는 시스템을 구현하였다.

접수일자: 2013년 9월 1일

심사(수정)일자: 2013년 9월 7일

게재확정일자 : 2013년 11월 27일

† Corresponding author

본 논문은 본 학회 2013년도 추계학술대회에서 선정된 우수논문입니다.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2. 코스 주행 알고리즘

2.1 방향 전환 코스

2.1.1 코스 설명

그림 1의 방향 전환 코스는 제어 방법에 따라 ①~⑤까지 5개의 구간으로 나누어 주행하며, 후진 구간이 존재하기 때문에 차량의 전·후방에 각각 1대씩의 카메라

를 사용하였다.

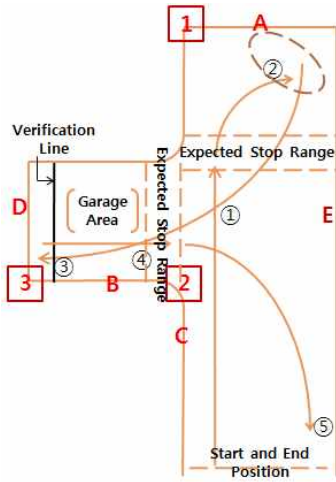


그림 1. 방향 전환 코스
Fig. 1. Direction change course

2.1.2 관심 영역

관심 영역은 수신 영상 중에서 정보처리가 필요한 부분을 의미한다. 관심 영역 내에서는 가로, 세로 1픽셀 당 1씩 증가하던 좌표계를 가로 12픽셀, 세로 5픽셀 당 1씩 증가하는 좌표계로 변환하여 처리하며, 이를 수신 영상을 나타내는 (x, y)좌표와 구분하기 위해 (x', y')로 표현한다. 이후의 좌표 설명은 입력된 영상의 가로를 x축, 세로를 y축으로 하여 기술한다.

2.1.3 차량 제어 방법

방향 전환과 굴절 코스의 경우에는, 코너 영역이 존재하는 구간과 존재하지 않는 구간으로 구분하여 차량을 제어한다. 코너 영역이 존재하는 구간에서는 코너 영역의 위치로부터 차량의 위치를, 검지선의 기울기로 부터 차량의 방향을 추론하여 차량을 제어한다. 코너 영역이 존재하지 않는 구간에서는 차량과 검지선과의 거리에 따른 검지선의 위치와 기울기를 고려하여 차량을 제어한다. 그림 2에는 차량과 검지선과의 거리에 따른 검지선의 변화를 관찰하기 위해 차량을 검지선과 평행한 상태로 0cm, 4.5cm 간격만큼 이격시킨 후의 영상을 나타내었다.

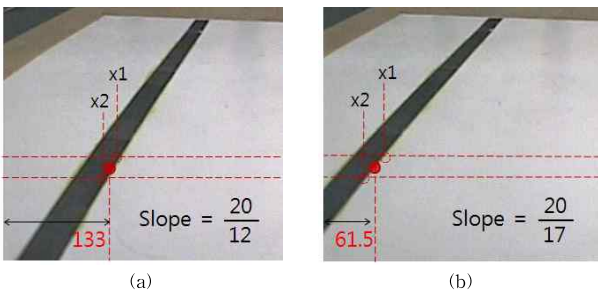


그림 2. 차량과 검지선의 이격에 따른 기울기 변화 :
(a) 0cm 간격 (b) 4.5cm 간격

Fig. 2. Slope variation by the intervals between the vehicle and the detection line :
intervals are (a) 0cm, (b) 4.5cm

y축으로 360 및 380픽셀에 대응하는 검지선의 x좌표인 x1, x2 값의 중앙값과 그때의 기울기를 비교해보면 그림 2-(a)에서 중앙값은 133, 기울기는 20/12이고, 그림 2-(b)에서 중앙값은 61.5, 기울기는 20/17인 것을 알 수 있다. 즉 차량이 검지선과 평행 상태에 있더라도 검지선과의 거리에 따라 화상에 나타나는 검지선의 위치와 기울기가 달라지기 때문에 차량의 속도와 검지선의 기울기뿐만 아니라 검지선과의 거리까지 고려하여 차량 제어를 해야 한다.

2.1.4 코너 영역 인식

인식하려는 코너 영역의 형태를 고려하여 (x', y')좌표 상에서 마스크를 생성하여 이동시키며 마스크의 조건을 만족하는 코너 영역을 인식한다.

2.1.5 구간 ① 주행

구간 ①은 후진이 용이한 위치인 점선 타원 영역으로 이동하기 위해 차량을 예상 정지 범위에 정지시키는 구간으로, 예상 정지 범위까지 이동하는 과정에서 코너 영역 ①과 검지선 A의 기울기를 고려하여 핸들을 제어하고, 차량의 속도와 코너 영역 ①의 위치를 고려하여 차량을 정지시킨다. 예상 정지 범위까지 이동하는 과정에서 핸들 각 θ 는 식 (1)과 같이 계산한다.

$$\theta = \alpha \cdot (x'_{normal} - x'_{recognition})^\circ + \beta \cdot slope^\circ \quad (1)$$

여기서, θ 는 실험에 사용된 RC car의 조향을 담당하는 servo 모터의 각도, x'_{normal} 은 코너 영역의 기준 좌표, $x'_{recognition}$ 은 인식된 코너 영역의 좌표, slope는 검지선 A의 기울기, α , β 는 x'좌표 편차와 기울기에 따라 핸들 각을 조절하기 위한 가중치를 나타낸다. 상기의 기준 좌표의 의미는 예상 이동 경로에 차량을 이동시킬 때 인식되는 코너 영역의 좌표들을 말한다. 식 (1)의 첫 번째 항은 차량이 예상 이동 경로에서 이탈한 정도를 고려하는 부분이고, 두 번째 항은 차량의 방향을 고려하는 부분으로, $\alpha = 2.5$, $\beta = 2.0$ 으로 했을 때 원활한 주행이 이루어짐을 알 수 있었다.

실제 차량의 경우에는 브레이크 기능을 사용하여 원하는 위치에 정지를 하면 되지만, 본 실험에 사용된 RC car의 경우에는 브레이크 기능이 없기 때문에, 속도에 따라 정지되는 거리를 고려하여 코너 영역 ①이 관심 영역 좌표계에서 속도에 대응하는 범위에 들어올 때 차량이 정지되도록 하였다. 차량을 예상 정지 범위에 정지시키기 위한 차량의 속도와 코너 영역 ①의 위치 (y'좌표) 관계는 표 1과 같다.

표 1. 차량의 속도와 코너 영역 ①의 관계
Table 1. Relation of the speed and the corner area ①

speed(km/h)	y' value of the corner area ①
3.221 ~ 3.329	14 ~ 15
3.135 ~ 3.221	15 ~ 16
2.964 ~ 3.135	16 ~ 17
2.770 ~ 2.964	17 ~ 18
2.620 ~ 2.770	18 ~ 19
2.448 ~ 2.620	19 ~ 20

2.1.6 구간 ② 주행

구간 ②는 방향 전환에 적절한 후진이 가능하도록 차량을 점선 타원 영역에 정지시키는 구간으로, 코너 영역 ①과 검지선 A의 기울기를 고려하여 핸들을 조향한 후 차량을 출발시키며, 차량이 점선 타원 영역에 가까워지면 전방에 설치된 카메라에는 검지선이 나타나지 않기 때문에 후방에 설치된 카메라를 통해 코너 영역 ②와 검지선 B, 그리고 차량의 속도를 고려하여 차량을 정지시킨다. 핸들 각을 계산하기 위해 차량이 예상 정지 범위 내에서 점선 타원 영역으로 이동하기에 가장 적합한 위치를 '기준 위치'로 설정하였다. 코너 영역 ①의 x'좌표를 통해 기준 위치에서 좌·우로 벗어난 정도, y'좌표를 통해 기준 위치에서 전·후로 벗어난 정도, 그리고 검지선 A의 기울기를 고려하여 핸들 각 θ 를 식 (2)와 같이 계산한다.

$$\theta = H_{\text{normal}}^{\circ} + \alpha \cdot (y'_{\text{normal}} - y'_{\text{recognition}})^{\circ} + \beta \cdot (x'_{\text{normal}} - x'_{\text{recognition}})^{\circ} + \gamma \cdot \text{slope}^{\circ} \quad (2)$$

여기서, H_{normal} 은 차량이 기준 위치일 때 점선 타원 영역으로 이동하기에 가장 적절한 핸들 각이고, α, β, γ 는 각각 y'좌표 편차, x'좌표 편차, 검지선 A의 기울기에 대한 가중치이며, $H_{\text{normal}}, \alpha, \beta, \gamma$ 값은 각각 33, 2.0, 2.0, 2.0이다.

코너 영역 ②는 곡선 형태로 되어 있기 때문에 검지선 B, C의 연장선의 교차점(x'_{BC}, y'_{BC})을 구하여 차량의 위치를 추론한다. 차량이 정지할 때 검지선 B와 대각선 방향으로 정지하기 때문에, 차량을 점선 타원 영역에 정지시키기 위한 차량의 속도와 코너 영역 ②의 위치(x'_{BC}, y'_{BC} 좌표) 관계는 표 2와 같다.

표 2. 차량의 속도와 코너 영역 ②의 관계
Table 2. Relation of the speed and the corner area ②

speed(km/h)	x'BC value of the corner area ②	y'BC value of the corner area ②
1.654 ~ 1.675	less than 32	23 ~ 24
	33 ~ 34	22 ~ 23
	more than 35	21 ~ 22
1.589 ~ 1.654	less than 31	22 ~ 23
	32 ~ 33	21 ~ 22
	more than 34	20 ~ 21
1.482 ~ 1.589	less than 30	21 ~ 22
	31 ~ 32	20 ~ 21
	more than 33	19 ~ 20
1.374 ~ 1.482	less than 30	20 ~ 21
	31 ~ 32	19 ~ 20
	more than 33	18 ~ 19
1.203 ~ 1.374	less than 29	19 ~ 20
	30 ~ 31	18 ~ 19
	more than 32	17 ~ 18
1.074 ~ 1.203	less than 29	18 ~ 19
	30 ~ 31	17 ~ 18
	more than 32	16 ~ 17

표 2는 검지선 B의 기울기가 9~10일 때의 범위이고, 기울기가 8이 될 경우 y'BC의 범위를 1씩 줄여야 되며, 그 이외의 기울기는 발생하지 않으므로 고려하지 않는다.

2.1.7 구간 ③ 주행

구간 ③은 후진을 통해 차고 영역 후미의 확인선과 검지선 D 사이에 차량을 정지시키는 구간으로, 코너 영역 ②와 검지선 B를 고려하여 핸들을 조향한 후 차량을 후진시킨다. 이때 차량이 검지선 D와 수직 상태로 정지해야 되므로, 차량의 속도와 검지선 D를 고려하여 차량이 검지선과 수직에 가까워질 때 조향한 핸들을 풀고, 차량의 속도와 코너 영역 ③을 고려하여 차량을 정지시킨다. 여기서 차량이 검지선 B와 약 7cm이상 떨어져 있어야 차고 영역을 빠져 나올 때 차량의 우측에 있는 검지선을 침범하지 않기 때문에 이를 고려하여 차량을 제어하였다. 후진을 위한 핸들 각은 코너 영역 ②의 위치(x'_{BC}, y'_{BC} 좌표)와 검지선 B의 기울기를 고려하여 표 3과 같이 제어한다. 실험에 사용된 RC car의 최대 조향각은 80°이다.

표 3. 코너 영역 ②와 검지선 B에 따른 핸들 각도
Table 3. Handle angle in accordance with the corner area ② and the detection line B

slope of the detection line B	y'BC \ x'BC	y'BC				
		11	12	13	14	15
8	more than 23	80°	80°	80°	X	X
	22	80°	80°	80°	80°	X
	21	70°	70°	70°	80°	80°
	20	70°	70°	70°	70°	80°
	less than 19	60°	60°	60°	70°	70°
9 ~ 10	more than 23	80°	80°	80°	80°	80°
	22	70°	70°	70°	80°	80°
	21	60°	60°	60°	70°	80°
	20	60°	60°	60°	60°	70°
	less than 19	X	X	X	60°	60°
11	more than 23	70°	70°	70°	70°	80°
	22	60°	60°	60°	70°	70°
	21	X	X	X	60°	70°
	20	X	X	X	X	60°
	less than 19	X	X	X	X	X

여기서, 'x' 표시된 부분에 차량이 존재할 경우에는 추가적인 제어를 통해 후진이 가능한 위치로 이동을 해야 되지만, 본 논문에서는 후진이 가능한 위치인 'x' 표시가 없는 조건에 정지하도록 제어하였다.

차량이 검지선 D와 수직 상태가 되기 위한 차량의 속도와 검지선 D의 기울기 관계는 표 4와 같다.

표 4. 차량의 속도와 검지선 D의 관계
Table 4. Relation of the speed and the detection line D

speed(km/h)	slope of the detection line D
2.942 ~ 3.114	13 ~ 14
2.749 ~ 2.942	12 ~ 13
2.534 ~ 2.749	11 ~ 12

표 4를 고려하여 핸들을 풀면, 차량이 검지선 D와 수직 상태로 후진 중이므로, 차량의 속도와 코너 영역 ③을 고려하여 차량을 정지시킨다. 차량을 확인선에 정지시키기 위한 차량의 속도와 코너 영역 ③의 위치(y'좌표) 관계는 표 5와 같다.

표 5. 차량의 속도와 코너 영역 [3]의 관계
Table 5. Relation of the speed and the corner area [3]

speed(km/h)	y' value of the corner area [3]
3.071 ~ 3.199	17 ~ 18
2.964 ~ 3.071	18 ~ 19
2.856 ~ 2.964	19 ~ 20
2.749 ~ 2.856	20 ~ 21
2.663 ~ 2.749	21 ~ 22

2.1.8 구간 ④ 주행

구간 ④는 차고 영역을 빠져 나오기 위해 차량을 차고 영역 입구의 예상 정지 범위에 정지시키는 구간으로, 차량의 속도와 검지선 E를 고려하여 차량을 정지시킨다. 예상 정지 범위에 정지시키기 위한 차량의 속도와 검지선 E의 위치(y'좌표) 관계는 표 6과 같다.

표 6. 차량의 속도와 검지선 E의 관계
Table 6. Relation of the speed and the detection line E

speed(km/h)	y' value of the detection line E
1.611 ~ 1.654	22 ~ 23
1.568 ~ 1.611	23 ~ 24
1.460 ~ 1.568	24 ~ 25
1.332 ~ 1.460	25 ~ 26
1.181 ~ 1.332	26 ~ 27
1.009 ~ 1.181	27 ~ 28

2.1.9 구간 ⑤ 주행

구간 ⑤는 차량을 코스의 종료 위치까지 이동시키는 구간으로, 검지선 E를 고려하여 핸들을 조향한 후 차량을 출발시키며, 차량의 속도와 검지선 E를 고려하여 차량이 검지선과 평행에 가까워질 때 조향한 핸들을 풀고, 차량을 정지시킨다. 차고 영역을 빠져 나오기 위한 핸들 각 θ 는 식 (3)과 같이 계산하며, 여기서 H_{normal} , α , β 값은 각각 70, 5.0, 3.0이다.

$$\theta = H_{normal}^\circ + \alpha \cdot (y'_{normal} - y'_{recognition})^\circ + \beta \cdot slope^\circ \quad (3)$$

차량을 종료 위치에 정지시키기 위한 차량의 속도, 검지선 E의 위치(x'좌표) 및 기울기 관계는 표 7과 같다.

표 7. 차량의 속도와 검지선 E의 관계
Table 7. Relation of the speed and the detection line E

speed(km/h)	x' value of the detection line E	slope of the detection line E
2.620 ~ 2.964	14 ~ 20	25 ~ 26
	21 ~ 26	22 ~ 23
	27 ~ 32	19 ~ 20
2.448 ~ 2.620	12 ~ 18	24 ~ 25
	19 ~ 25	21 ~ 22
	26 ~ 32	18 ~ 19
2.190 ~ 2.448	6 ~ 14	23 ~ 24
	15 ~ 23	20 ~ 21
	24 ~ 32	17 ~ 18

2.2 굴절 코스

2.2.1 코스 설명

그림 3의 굴절 코스는 제어 방법에 따라 ①~④까지

4개의 구간으로 나누어 주행하며, 차량 전방에 1대의 카메라를 사용하였다.

2.2.2 구간 ① 주행

구간 ①은 원활한 좌회전을 위해 차량을 점선 영역까지 이동시키는 구간으로, 이동 거리가 짧아 핸들은 제어하지 않았으며, 차량의 속도와 코너 영역 [1]을 고려하여 차량이 점선 영역에 진입하면 핸들을 좌측으로 최대 조향(80°)한 다음, 구간 ②로 진행된다. 차량이 점선 영역에 진입했는지를 판단하기 위한 차량의 속도와 코너 영역 [1]의 위치(y'좌표) 관계는 표 8과 같다.

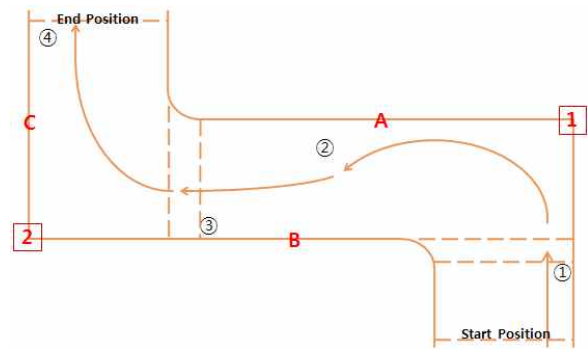


그림 3. 굴절 코스
Fig. 3. Refraction course

표 8. 차량의 속도와 코너 영역 [1]의 관계
Table 8. Relation of the speed and the corner area [1]

speed(km/h)	y' value of the corner area [1]
more than 0.751	26 ~ 27
0.644 ~ 0.751	27 ~ 28
less than 0.644	28 ~ 29

2.2.3 구간 ② 주행

구간 ②는 차량의 방향이 검지선 B쪽으로 향할 때까지 최대 조향된 핸들을 유지하는 구간으로, 검지선 A의 위치와 기울기로부터 차량의 방향이 검지선 B쪽으로 향했는지를 판단하며, 영상 처리 시간과 servo 모터가 회전되는 시간 간격 때문에 차량의 속도에 따라 구간 ③으로 진행할 검지선 A의 위치와 기울기가 달라진다. 구간 ③으로의 진행 여부를 판단하기 위한 차량의 속도, 검지선 A의 위치(x'좌표) 및 기울기 관계는 표 9와 같다.

표 9. 차량의 속도와 검지선 A의 관계
Table 9. Relation of the speed and the detection line A

speed(km/h)	x' value of the detection line A	slope of the detection line A
2.448 ~ 2.620	22 ~ 29	24 ~ 25
	29 ~ 35	21 ~ 22
	35 ~ 40	17 ~ 18
2.191 ~ 2.448	22 ~ 30	23 ~ 24
	30 ~ 37	20 ~ 21
	37 ~ 42	16 ~ 17
1.825 ~ 2.191	23 ~ 32	21 ~ 22
	32 ~ 41	18 ~ 19
	41 ~ 49	14 ~ 15

2.2.4 구간 ③ 주행

구간 ③은 원활한 우회전을 위해 차량을 점선 영역까지 이동시키는 구간으로, 점선 영역에 도달하는 동안 코너 영역 ②와 검지선 C의 기울기를 고려하여 핸들을 제어하고, 차량이 점선 영역에 진입하면 구간 ④로 진행하기 위해 코너 영역 ②와 검지선 C의 기울기를 고려하여 핸들을 조향한다. 점선 영역까지 이동하는 과정에서의 핸들 각 θ 는 식 (4)와 같이 계산되며, 여기서 α , β 값은 각각 3.0, 3.0이다.

$$\theta = \alpha \cdot (x'_{normal} - x'_{recognition})^\circ + \beta \cdot slope^\circ \quad (4)$$

차량의 점선 영역 진입 여부를 판단하기 위한 차량의 속도와 코너 영역 ②의 위치(y'좌표) 관계는 표 10과 같다.

표 10. 차량의 속도와 코너 영역 ②의 관계
Table 10. Relation of the speed and the corner area ②

speed(km/h)	y' value of the corner area ②
1.825 ~ 2.244	21 ~ 22
2.244 ~ 2.450	20 ~ 21
2.450 ~ 2.642	19 ~ 20
2.642 ~ 2.835	18 ~ 19

차량이 점선 영역에 진입했을 때 우측으로 회전하기 위한 핸들 각 θ 는 식 (5)와 같이 계산하며, 여기서 H_{normal} , α , β 값은 각각 70, 2.0, 3.0이다.

$$\theta = H_{normal}^\circ + \alpha \cdot (x'_{normal} - x'_{recognition})^\circ + \beta \cdot slope^\circ \quad (5)$$

2.2.5 구간 ④ 주행

구간 ④는 차량을 종료 위치까지 이동시키는 구간으로, 방향 전환 코스 구간 ⑤와 유사하게 차량의 속도와 검지선 C의 기울기를 고려하여 차량을 정지시킨다. 차량을 종료 위치에 정지시키기 위한 차량의 속도, 검지선 C의 위치(y'좌표) 및 기울기 관계는 표 11과 같다.

표 11. 차량의 속도와 검지선 C의 관계
Table 11. Relation of the speed and the detection line C

speed(km/h)	y' value of the detection line C	slope of the detection line C
2.599 ~ 2.813	43 ~ 46	18 ~ 19
2.362 ~ 2.599	40 ~ 43	17 ~ 18
2.126 ~ 2.362	43 ~ 46	19 ~ 20
1.933 ~ 2.126	40 ~ 43	20 ~ 21
	43 ~ 46	21 ~ 22
	40 ~ 43	20 ~ 21

2.3 곡선 코스

2.3.1 코스 설명

그림 4의 곡선 코스는 제어 방법에 따라 ①~③까지 3개의 구간으로 나누어 주행하며, 카메라를 정면으로 설치하면, 원하는 곡선 검지선이 화상 정보에 나타나지 않으므로 차량 전방의 좌·우를 향하도록 각각 1대씩 사

용하였다. 여기서, 곡선의 극점을 탐색하는 경우에는, 정밀성을 위해 (x', y')좌표 대신에 (x, y)좌표를 사용하였다.

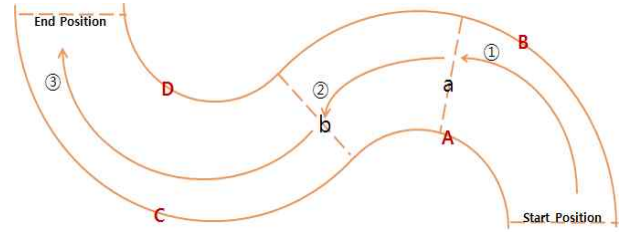


그림 4. 곡선 코스
Fig. 4. Curve course

2.3.2 차량 제어 방법

곡선 코스에서는 그림 5와 같이 곡률을 두 가지로 구분하여 차량을 제어한다. 그림 5-(a)와 같이 검지선의 곡률이 급한 경우에는 검지선의 최우측점이 곡선의 극점이므로, 이 점을 기준으로 하여 차량의 위치를, 검지선의 기울기로부터 차량의 방향을 추론하여 차량을 제어한다. 그림 5-(b)와 같이 검지선의 곡률이 완만한 경우에는 직선과 유사한 방법으로 차량과 검지선과의 거리에 따른 검지선의 위치와 기울기를 고려하여 차량을 제어한다.

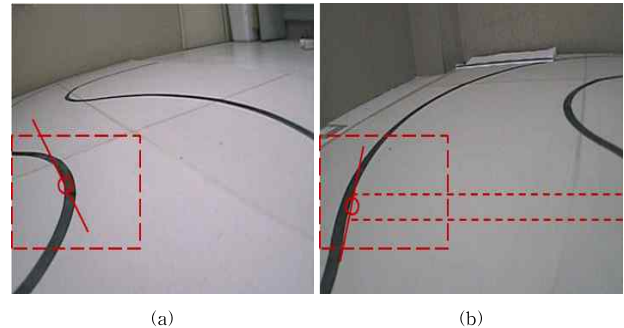


그림 5. RC car 제어를 위한 두 가지 곡률 : (a) 곡률이 급한 경우 (b) 곡률이 완만한 경우

Fig. 5. Two kinds of curvature to control the RC car : curvature is (a) an abrupt, (b) an easy

2.3.3 구간 ① 주행

구간 ①은 차량을 점선 a까지 이동시키는 구간으로, 좌측 카메라 영상의 좌측 하단부에 우측으로 볼록한 급한 곡률의 검지선 A가 나타나므로 검지선 A의 우측 극점과 기울기를 고려하여 차량을 이동시킨다. 구간 ①을 주행하기 위한 핸들 각 θ 는 식 (6)과 같이 계산한다.

$$\theta = H_{curve}^\circ + \alpha \cdot (y_{normal} - y_{right})^\circ + \beta \cdot (x_{normal} - x_{right})^\circ + \gamma \cdot slope^\circ \quad (6)$$

여기서, H_{curve} 는 도로를 주행하기 위한 기준 핸들 각, x_{right} 와 y_{right} 는 우측 극점의 (x, y)좌표이며, H_{curve} , α , β , γ 값은 각각 55, 0.5, 0.33, 2.0이다.

2.3.4 구간 ② 주행

구간 ②는 차량을 점선 b까지 이동시키는 구간으로, 차량이 구간 ①의 종료 위치인 점선 a에 이르게 되면 카메라 영상에 나타나는 곡률이 완만한 검지선 C의 위치와 기울기를 고려하여 핸들을 제어하고, 차량의 속도와 검지선 C의 위치를 고려하여 차량이 구간 ②의 끝부분인 점선 b에 도달했는지를 판단한다. 구간 ②를 주행하기 위한 핸들 각 θ 는 식 (7)과 같이 계산하며, 여기서 H_{curve} , α 값은 각각 55, 2.0이다.

$$\theta = H_{curve}^\circ + \alpha \cdot slope^\circ \quad (7)$$

차량이 점선 b에 도달했는지를 판단하기 위한 차량의 속도와 검지선 C의 위치(x'좌표) 관계는 표 12와 같다.

표 12. 차량의 속도 및 검지선 C의 관계
Table 12. Relation of the speed and the detection line C

speed(km/h)	x' value of the detection line C
2.684 ~ 3.007	25 ~ 27
2.362 ~ 2.684	27 ~ 29

2.3.5 구간 ③ 주행

구간 ③은 차량을 코스의 종료 위치까지 이동시키는 구간으로, 차량이 구간 ③의 시작 위치인 점선 b에 이르게 되면 우측 카메라 영상의 우측 하단부에 좌측으로 볼록한 급한 곡률의 검지선 D가 나타나므로, 구간 ①과 유사한 방법으로 검지선 D의 좌측 극점과 기울기를 고려하여 차량을 이동시킨다. 구간 ③을 주행하기 위한 핸들 각 θ 는 식 (8)과 같이 계산하며, 여기서 H_{curve} , α , β , γ 값은 각각 55, 0.5, 0.33, 2.0이다.

$$\theta = H_{curve}^\circ + \alpha \cdot (y_{normal} - y_{left})^\circ + \beta \cdot (x_{normal} - x_{left})^\circ + \gamma \cdot slope^\circ \quad (8)$$

3. 실험 및 결과

MCU는 ATmega128을 사용하고, RC car와 PC간에 블루투스를 이용하여 차량의 속도 및 조향 제어를 하였다. 차량의 주행 속도는 엔코더를 이용하여 계산하였으며, 표 13에 보여 지듯이 코스 시험에서 가능한 범위 내에서 3종류의 속도 변화에 대하여 각 코스 별로 50회 이상의 실험을 하여 안정적으로 주행되는 것을 확인하였다. 각 코스를 주행하는데 소요되는 시간은 방향 전환 코스의 경우 10초 내외, 굴절 코스와 곡선 코스의 경우 5초 내외였다.

표 13. 각 코스 별 주행 속도 범위
Table 13. Driving speed range of each course

kinds of course	speed(km/h)
Refraction	1.8 ~ 2.8
Direction change	2.4 ~ 3.3
Curve	2.5 ~ 3.0

4. 결 론

인프라가 잘 구축된 도로 상에서 다양한 센서, 카메라 및 GPS를 이용한 자동 주행에 관한 연구가 진행되어 왔다.

모든 도로에서의 자동 주행을 위해서는 인프라가 구축되지 않은 시골의 외길이나 개활지, 산길 등에서의 자동 주행도 필요하며, 이러한 경우 운전자들은 차량이 많이 지났던 곳과 그 이외의 곳과의 차이점으로부터 주행 방향을 판단한다.

본 논문에서는 상기와 같이 도로의 인프라가 잘 구축되지 않은 상황에서의 자동 주행을 목적으로 색깔 인식 개념을 도입하였고, 일반적인 도로 상황을 축소시킨 3가지 코스 시험에서 다양한 속도 하에 인간이 주행하는 방법을 기반으로 하는 자동 주행 실험을 하여 좋은 결과를 얻었다. 본 논문의 연구 결과를 바탕으로 차기 연구에서는 개활지 등에서 목적지와, 도로의 색깔 인식에 의해 길을 찾아 자동 주행하는 시스템 개발이 고려된다.

References

- [1] Camillo J. Taylor, Jana Koščeká, Robert Blasi, and Jitendra Malik, "A Comparative Study of Vision-Based Lateral Control Strategies for Autonomous Highway Driving", *The International Journal of Robotics Research*, Vol. 18, pp. 442-453, 1999
- [2] C. H. Jang, M. C. Lee, M. K. Lee, M. H. Sunwoo, "An Information Fusion-based Vision System for an Autonomous Vehicle", *KSAE 2012 Annual Conference and Exhibition*, pp. 1-4, 2012
- [3] S. H. Jeon, B. K. Kim, "Obstacle Detection for Navigation of an Indoor Mobile Robot by Stereo Vision", *Proceedings of the 10th KOREA AUTOMATIC CONTROL CONFERENCE*, Vol. 1, No. 2, pp. 835-838, 1995
- [4] S. S. Kim, H. S. Kim, J. E. Ha, "Obstacle Avoidance for Unmanned Vehicle using Stereo", *KSAE, 2007 SPRING CONFERENCE PROCEEDINGS*, Vol. 4, pp. 2122-2127, 2007
- [5] Bin Yu and Anil K. Jain, "Lane Boundary Detection Using A Multiresolution Hough Transform", *in Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing*, Vol. 2, pp. 748-751, 1997
- [6] S. J. Ahn, M. H. Han, "Research of the Lane Recognition for an Advanced Vehicle System", *Journal of KIIT*, Vol. 5, No. 1, pp. 136-142, 2007
- [7] Y. S. Chae, "Driverless Car", *KSAE, AUTO JOURNAL*, Vol. 35, No. 5, pp. 53-56, 2013
- [8] J. M. Lee, Y. S. Sohn, "Automatic Driving by Color Recognition", *Proceedings of KIIS Spring Conference 2012*, Vol. 22, No. 1, pp. 23-24, 2012

저 자 소개



이종민(Jong-Min Lee)

2010년 8월 : 동명대학교 정보통신공학과
공학사

2010년 8월 ~ 현재 : 동대학원 석사과정

관심분야 : fuzzy inference, image processing, control
Phone : +82-10-9966-8234
E-mail : l8234@naver.com



손영선(Young-Sun Sohn)

1981년 : 동아대학교 전자공학과 졸업
(공학사)

1983년 : 동대학원 졸업(공학석사)

1990~1998년 : 한국전자통신연구소
선임 연구원

1998년 : 쑤저우대학교 졸업(공학박사)

1998년 ~ 현재 : 동명대학교 전자공학과
정교수

관심분야 : human interface, fuzzy measure-integral,
evaluation

Phone : +82-51-629-1144

E-mail : yssohn@tu.ac.kr