

논문 2012-07-31

센서 네트워크 기반 자율주행 자동차 제어 시스템 설계 및 구현

(Design and Implementation of Sensor Network based Autonomous Vehicle Control System)

장원철, 김종면*

(Won-Chul Jang, Jong-Myon Kim)

Abstract : This paper presents sensor network based autonomous vehicle system using a proposed image processing algorithm. The proposed image processing algorithm consists of pre-processing and five-stage image processing: coordinate calculation, driving area decision, line segment calculation, steering decision, and acceleration decision. We evaluate the performance of the proposed algorithm on both straight road and curved road. Experimental results indicate that the proposed algorithm works well for autonomous vehicles. However, control accuracy of the proposed algorithm decreases as speed is increasing.

Keywords : Autonomous vehicle, Sensor network, Image processing algorithms

1. 서론

센서 네트워크는 일반적으로 원격지에서 다양한 정보를 취득하여 상황 변화에 따른 능동적인 대처를 위해 사용된다. 센서 네트워크는 기존 주변 환경, 자연 재해, 시설 감시 등 원격 모니터링 분야뿐만 아니라 최근 운전자 편의성과 주행 안정성 향상에 초점을 맞춘 지능형자동차 기술 분야로 확대되고 있다 [1-4].

타이어 공기압 측정, 주변 광량에 따른 헤드라이트 밝기 조절, 카메라센서를 이용하여 도로면의 상태 및 차선 측정, 운전자를 관찰하여 졸음운전 경고 등 센서 네트워크를 응용하여 차량의 주행 안정성과 운전자 편의 향상에 초점이 맞추어졌으나 그 연구 범위가 무인 자율주행 차량으로 확대되고 있다.

무인 자율주행의 목적은 주변 시설의 도움 없이

차량의 자체적인 판단으로 경로 이탈 없이 목적지에 도달하는 것이다. 무인 자율주행을 위한 시스템은 현재 도로 상황과 주변 환경 정보, 차량의 이전 제어 내용을 근거로 한다 [5-9].

센서 네트워크를 응용하여 차선 인식, 장애물 판정 및 회피, 차량의 조향과 가속 제어에 효과적으로 이용될 수 있다. 특히, 카메라 센서를 이용하여 취득한 영상정보를 이용하여 차량 전방의 도로 상황과 주행 가능 여부, 주행 공간 내 장애물 판단, 조향 및 가속 제어 예측 등 자율주행을 위한 다양한 판단 근거들을 확보할 수 있다.

본 논문에서는 센서 네트워크 기반 모형 자동차의 무인 자율주행 시스템과 이를 위한 영상처리 알고리즘을 제안하고 구현한다. 모의실험에서는 제안한 영상처리 알고리즘을 이용하여 선정된 도로 상황에 대한 판단 정확성 및 주행 중 발생 가능한 예외 상황 발생에 따른 대응방법과 분석을 수행하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 센서 네트워크 기반 자율주행 시스템 구조 및 설계에 대해 설명한다. 3장은 제안한 영상처리 알고리즘을 각 단계별로 설명하고, 4장에서는 제안한 자율주행 자동차 시스템에 대한 모의실험 결과를 분석한다. 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2012. 08. 11., 수정일 : 2012. 09. 11., 2012. 09. 28., 채택확정 : 2012. 10. 02.

장원철, 김종면 : 울산대학교 전기공학부

※ 이 논문은 2012년도 현대중공업 지원에 의한 울산대학교 전기공학부 일류화 연구비에 의하여 연구되었음

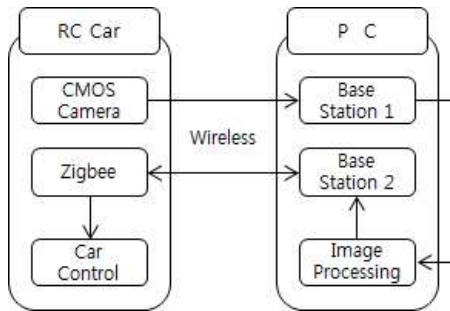


그림 1. 자율주행 시스템 구성

Fig. 1. Autonomous System Configuration

II. 자율주행 시스템 설계 및 구현

1. 자율주행 시스템 구성

그림 1은 자율주행 시스템의 구성을 보여준다. 본 논문에서 설계하고 구현한 자율주행 시스템은 원격지에서 모형 자동차의 상태와 제어를 담당하는 PC 부분과 Zigbee 모듈을 장착한 모형 자동차 부분으로 구성된다.

카메라 센서와 Zigbee 모듈은 각각 할당된 전용 중계지(Base Station)로 데이터를 송수신한다. 중계지를 카메라 센서와 Zigbee 모듈을 각각 따로 전달하는 이중 중계지 형태로 분리한 이유는 시스템 구성에 사용된 TinyOS의 비선점형 이벤트 처리와 통신 혼선으로 발생할 수 있는 데이터 유실 문제를 최소화하기 위해서이다.

모형 자동차의 카메라 센서가 초당 23FPS(Frame Per Second)으로 160*120 크기의 데이터를 중계지1로 전송하면 PC는 제안하는 영상 처리 알고리즘을 이용하여 취득한 결과를 Zigbee 모듈을 제어하는 중계지2로 송신하고, 모형 자동차에 장착된 Zigbee 모듈을 통해 무인 자율주행을 수행한다.

2. 시리얼/무선 통신

설계 및 구현한 자율주행 시스템에서 Zigbee 모듈은 TinyOS를 이용하여 PC와 통신하며, 모형 자동차의 조향과 가속을 제어하기 위한 서보 모터와 전자 변속기의 PWM(Pulse Width Modulation) 패턴을 제어한다. 그림 2는 PC와 Zigbee 모듈의 통신 구성을 보여준다.

시리얼과 무선 통신을 동시에 이용하여 PC가 모형 자동차의 상태를 모니터링하고 제어한다. Zigbee 모듈은 중계지와 클라이언트(Client) 역할로 나뉜다.

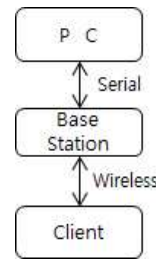


그림 2. 통신 구성

Fig. 2. Communication Configuration



그림 3. 시리얼 통신 포맷

Fig. 3. Serial Communication Format

중계지는 PC와 클라이언트 모듈 사이에서 메시지 송수신을 중재하고, PC에서 전달되는 시리얼 통신 포맷의 메시지를 무선통신 포맷에 맞게 재구성하여 클라이언트로 전달한다. 클라이언트는 중계지로부터 전달된 메시지를 분석하여 모형 자동차의 가속, 조향 및 기타 제어를 수행한다.

본 논문에서는 TinyOS에서 제공하는 무선 통신 방식 중 하나인 RFID(radio frequency identification) 통신 방식과 UART(universal asynchronous receiver transmitter) 통신을 이용하여 동일 그룹에 속해있는 모듈 간 통신을 통해 모형자동차와 PC간의 통신을 수행하였다. 그림 3은 시리얼 통신 메시지 포맷을 보여준다. 시리얼 통신 메시지 포맷은 16진수, 7개 필드 로 구성되어있다. 첫 번째와 마지막 필드는 메시지의 변화를 알리는 의미로 0x7E를 보낸다. 두 번째 필드는 PC에서 TinyOS로 보낸 메시지에 대한 ACK를 요구하는 것이며, 반대로 TinyOS에서 PC로 보낸 메시지에 대한 ACK를 요구하는 경우 0x45가 된다. 세 번째 필드는 패킷의 재전송 시퀀스를 의미하며, 네 번째 필드는 시리얼 통신 메시지임을 의미하는 DispatchID이다. 다섯 번째 필드는 PayLaod로 이를 통해 사용자가 원하는 메시지 형태를 전달할 수 있다. 각 필드는 2bytes로 제한 되어있으며 PayLoad는 최대 256bytes까지 필드 확장이 가능하다. 구현된 시스템에서 PayLoad 필드는 총 5개 10bytes로 구성되어 모형자동차의 가속, 조향 및 기타 제어 내용을 전달한다.

그림 4는 무선통신 포맷의 구성을 보여준다. PC

ID	PayLoad
----	---------

그림 4. 무선 통신 포맷

Fig. 4. Wireless Communication Format

표 1. 조향 제어 PWM 패턴

Table 1. PWM Patterns for Steering Control

제어 내용	Duty Cycle(us)
좌 3	850
좌 2	1000
좌 1	1150
중 양	1300
우 1	1450
우 2	1600
우 3	1750

에서 중개지로 전달된 시리얼 메시지는 TinyOS의 ActiveMessageC컴포넌트와 RFID용 메시지 구성 요소에 의해 PayLoad를 제외한 시리얼 메시지 포맷이 무선 메시지 포맷으로 바뀌어서 모형 자동차에 장착된 클라이언트로 전달된다. 무선 통신 메시지 포맷은 시리얼 통신에서 전달된 PayLoad와 미리 지정된 ID로 구성되어 있다. ID와 그룹 번호를 식별하여, 동일 그룹의 모듈끼리 무선 통신을 수행한다. 고유한 그룹 번호와 ID를 부여하여 타 그룹의 모듈과 데이터 송수신으로 인한 통신 혼선을 최소화한다. PC에서 전달된 메시지는 중개지가 동일 그룹의 모든 클라이언트에게 메시지를 송신한다. 클라이언트는 전달 받은 메시지에서 Payload의 패턴을 식별하여 해당 모듈에서 모형 자동차 제어를 수행한다.

3. 모형 자동차 제어

앞서 설명한 내용과 같이 본 논문에서 설계한 자율주행 시스템은 TinyOS와 Zigbee 모듈을 이용하여 PWM 패턴을 제어한다. TinyOS의 특징 중 하나인 비선점 이벤트 스케줄링 때문에 두개의 Zigbee 모듈이 서보모터와 전자 변속기 제어를 전담한다. PWM 패턴은 임의의 단위시간 동안 펄스의 Duty Cycle을 변조하여 아날로그 회로에 보낸다. 아날로그 회로에 보내진 신호를 통해 서보모터와 전자 변속기의 다양한 동작 구현이 가능하다.

구성한 시스템에서 15ms를 기준으로 us단위로 Duty Cycle을 조절하여 서보 모터와 전자 변속기를 제어한다. 총 20단계 가속과 7단계 조향 동작을 구현하여 다양한 도로 상황에서 모형 자동차가 유

표 2. 가속 제어 PWM 패턴

Table 2. PWM Patterns for Velocity Control

제어 내용	Duty Cycle(us)	제어 내용	Duty Cycle(us)
후진 2	1300	전진 8	1800
후진 1	1350	전진 9	1850
정 지	1400	전진 10	1900
전진 1	1450	전진 11	1950
전진 2	1500	전진 12	2000
전진 3	1550	전진 13	2050
전진 4	1600	전진 14	2100
전진 5	1650	전진 15	2150
전진 6	1700	전진 16	2200
전진 7	1750	전진 17	2250

연한 대처가 가능하다.

표 1은 가속과 조향 제어에 대한 PWM 패턴을 보여준다. Duty Cycle폭을 150us 간격으로 조절하여 좌우 조향 각 3단계와 중앙 정렬 총 7단계로 좌우 조향 제어가 가능하다. 1400us를 유지하는 것을 기본으로 모형 자동차의 차선유지와 곡선 도로에 대응하기 위해 필요한 조향을 제어한다.

표 2에서는 가속 제어에 대한 PWM 패턴을 보여준다. 가속의 경우 Duty Cycle을 조향 제어 폭보다 좁은 50us 간격으로 조절하여 후진 2단계, 정지, 전진 17단계 등 총 20단계로 가속을 제어한다.

III. 자율주행용 영상처리 알고리즘

1. 영상처리 알고리즘 흐름

그림 5는 무인 자율주행을 위한 영상처리 알고리즘의 전체 구성도를 보여준다. 획득된 초기 영상은 2단계의 전처리 과정과 5단계의 영상처리 알고리즘을 통해 모형 자동차의 제어에 사용된다.

2. 영상 전처리

영상처리 알고리즘을 이용하여 모형 자동차의 제어를 수행하기 전에 전처리 과정을 통해 필요 이상의 정보를 최소화하여 자율주행에 필요한 정보를 효율적으로 산출할 수 있다.

- **이진화** : 획득한 초기 영상의 RGB값을 평균값으로 치환하여 회색조 형태로 전환한다. 회색조로 전환된 영상의 명암 단계를 256단계에서 2단

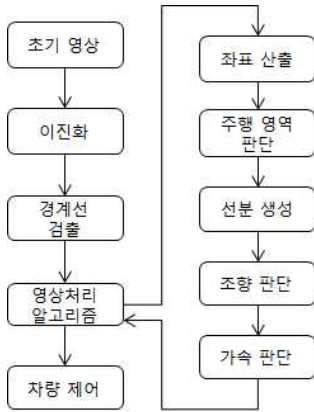


그림 5. 영상처리 알고리즘 흐름

Fig. 5. Algorithm Flow for Image Processing



그림 6. 전처리 영상

Fig. 6. Pre-processed Image

계로 줄여 이진 영상으로 변환하여 경계선 검출 과정을 수행한다. 이때 명암 단계를 0과 255, 2 단계로 나누는 기준은 노란색 차선의 RGB색상 평균값이 157~167사이인 것과 카메라 영상에서 획득되는 반사광이나 기타 잡음이 경계선 검출에도 그대로 반영됨을 고려하여 155를 기준으로 이진화 처리를 수행한다.

- **경계선 검출** : 이진화 처리된 영상을 소벨 마스크의 수평 3x3계수를 적용하여 대각선 검출을 수행한다. 그림 6은 원본 영상을 회색조와 이진화 처리를 후의 결과 이미지를 보여준다 [10].

3. 영상처리 알고리즘 적용

전처리된 영상을 영상처리 알고리즘을 이용하여 모형 자동차를 제어한다. 5단계로 구성된 영상처리 알고리즘은 다음과 같다.

- **1단계 (좌표 산출)** : 좌표 산출은 자율주행의 기본 판단 근거이며 최소 3개 이상의 좌표 산출이 필요하다. 그림 7은 각 좌표 산출 기준을 보여준다. $pixels[x_m][y_n]$ 형식으로 각 화소의 위치를 참조한다.

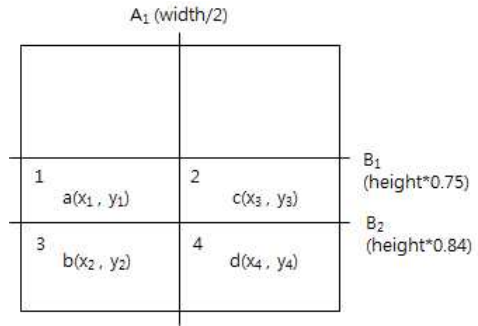


그림 7. 좌표 산출 기준

Fig. 7. Standard for Coordinate Calculation

표 3. 좌표 데이터

Table 3. Coordinate Data

좌표 명칭	위치(x, y)	좌표 명칭	위치(x, y)
a	22, 75	c	136, 75
b	14, 85	d	143, 85
k	22, 85	l	136, 85

좌표 산출 범위는 A_1, B_1, B_2 를 경계로 하여 네 부분으로 나눈다. 나뉘어진 각 부분에서 B_1, B_2 기준선에 해당하는 화소 위치를 아래의 조건에 따라 좌표로 지정한다. 그림 8과 표 3은 이진화로 처리된 영상에서 산출된 좌표의 위치와 데이터를 보여준다. 좌표 지정 조건에서 a, c 는 y_n 위치가 B_1 에 해당하고, x_m 은 $1 \sim (A_1 - 1), (A_1 + 1) \sim (width - 1)$ 범위에서 경계선이 검출된 화소의 위치 평균값을 각각 지정한다. b, d 는 y_n 위치가 B_2 에 해당하고, x_m 이 각각 1과 $width - 1$ 에 가장 가까운 경계선 값의 평균을 지정한다. 앞서 설명한 조건에 따라 각 좌표는 $a(x_1, y_1), b(x_2, y_2), c(x_3, y_3), d(x_4, y_4)$ 로 구성된다.

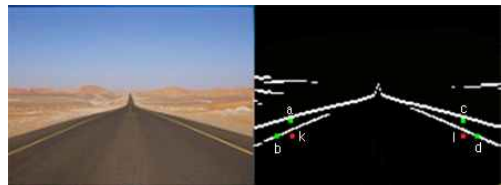


그림 8. 좌표 산출

Fig. 8. Coordinate Calculation

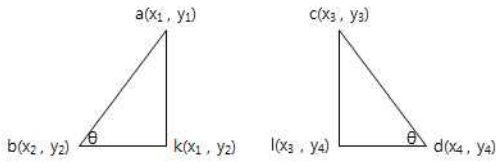


그림 9. 좌표 삼각형

Fig. 9. Triangle of Coordinates

- 2단계 (주행 영역 판단) :** 이전 단계에서 전처리된 영상을 기반으로 다음 단계로 처리 가능유무를 가려낸다. 좌표 산출의 최소 기준인 3개 미만의 좌표가 산출되거나 좌표의 위치가 중복되는 등 차량 제어의 근거로 사용할 수 없는 경우를 판단한다. 사용할 수 없는 영상이 판정되면 알고리즘은 최초 전처리 단계로 돌아가 새로 획득한 영상을 처리하게 된다.
- 3단계 (선분 계산) :** 그림 9는 영상처리 과정에서 산출된 좌표를 보여준다. 산출된 좌표 데이터를 근거로 \overline{ab} , \overline{cd} 두 개의 가상 선분을 계산하여 주행 가능 영역 판단과 조향 방향을 결정한다. 두 선분을 계산하고 조향의 제어 단계를 결정하기 위해 이전 단계에서 산출된 좌표를 이용하여 $k(x_1, y_2)$, $l(x_3, y_4)$ 을 산출한다. 좌표 산출과 선분 계산 단계를 거치면 좌표는 최대 6개까지 산출된다. 산출된 좌표로 \overline{ak} , \overline{bk} , \overline{cl} , \overline{dl} 를 계산하여 다음단계에서 조향과 가속을 판단한다.
- 4단계 (조향 판단) :** \overline{ab} , \overline{cd} 의 길이를 비교하여 크기가 큰 선분을 기준으로 조향 방향을 결정한다. \overline{ab} 가 크면 우측, \overline{cd} 가 크면 좌측으로 조향을 제어한다. 결정된 조향 방향을 기준으로 $\cos\theta$ 를 계산하여 계산된 값에 비례하여 차량의 조향 단계를 결정한다. 식 (1)은 \overline{ab} , 식 (2)는 \overline{cd} 길이가 긴 경우에 참조한다.

$$\cos\theta = \frac{\sqrt{(k-a)^2 + (k-b)^2}}{(k-b)} \quad (1)$$

$$\cos\theta = \frac{\sqrt{(l-c)^2 + (l-d)^2}}{(l-d)} \quad (2)$$

- 5단계 (가속 판단) :** 가속 판단은 기본적으로 제어되는 조향 정도가 클수록 감속하고 변화가 없는 경우 현재 가속 단계를 유지한다. 감속 제어

표 4. 직선 도로에서의 오차 데이터

Table 4. Error Data on the Straight Road

좌표 명칭	위치(x, y)	좌표 명칭	위치(x, y)
a	27, 75	c	131, 75
b	18, 85	d	140, 85
k	27, 85	l	131, 85
\overline{bk} , \overline{ld} 크기 오차율		10% (\overline{bk} :9, \overline{ld} 10)	



그림 10. 이진화된 직선 도로 영상

Fig. 10. Binary Image for Straight Road

는 이전 단계에서 계산한 $\cos\theta$ 값으로 판단한다. 다음 장에서 도로의 상황에 따라 제한한 영상처리 알고리즘을 이용한 모의실험 결과를 보여준다.

IV. 실험

본 논문에서 제안하는 자율주행용 영상처리 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 도로 상황 및 단계별 고속 주행에서 모의실험을 진행하였다. 도로 상황은 직선주행과 곡선주행으로 나누어 실험하였다. 직선주행은 제어 판단 정확성에 기반하여 실험하였고, 곡선주행은 도로 곡선의 변화에 예측 정확성에 기반하여 실험을 수행하였다. 단계별 고속 주행 실험에서는 같은 구간에서 가속 단계별 주행 정확성을 측정하고 분석하였다.

1. 직선주행

그림 10은 모형 자동차에 부착된 카메라 센서가 획득한 영상과 이를 전처리한 영상을 보여준다. 전처리된 영상을 입력으로 하여 제한한 영상처리 알고리즘을 수행하면 그림 8에서와 같이 6개의 좌표가 산출된다. 표 4는 직선 도로에서 발생한 오차 데이터를 보여준다.

곡선주행과 달리 직선주행은 두 개의 삼각형 수치가 계산되는데, 모형 자동차가 항상 도로의 정중앙에 위치할 수 없어 \overline{bk} 와 \overline{ld} 의 크기가 15% 이내의 오차범위를 갖게 된다. 15%이하 오차 범위에서는 정상적인 직진 주행 판정이 가능하지만, 오차범

표 5. 곡선 도로에서의 오차 데이터

Table 5. Error Data on the Curved Road

좌표 명칭	위치(x, y)	좌표 명칭	위치(x, y)
a	21, 75	c	95, 75
b	5, 85	d	120, 85
k	21, 85	l	95, 85
\overline{bk} , \overline{ld} 크기 오차율		19% (\overline{bk} :21, \overline{ld} :25)	

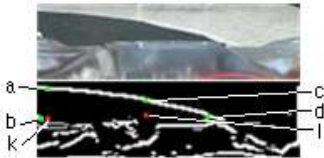


그림 11. 곡선 도로 이진화 영상

Fig. 11. Binary Image for Curve Road

위를 넘으면 알고리즘의 판정을 보장할 수 없다.

그림 9에서 \overline{bk} 와 \overline{ld} 의 크기 차이로 인한 판단 정확성 저하는 두 삼각형 수치의 $\cos\theta$ 값을 비교하는 것으로 판단 정확성에 영향을 미치는 것을 개선할 수 있다. 주변 광량에 의한 영상 왜곡은 전처리 단계에서 영상의 색 공간(Color Space) 처리를 수행하여 왜곡된 영상을 일정 부분 복원할 수 있다.

2. 곡선주행

곡선 주행의 모의실험을 위해 도로 곡선을 변화하여 수행하였다. 곡선 도로의 경우, 직선 도로의 특성과 달리 산출된 좌표로 계산되는 삼각형 수치 차이가 크기 때문에 직선주행 실험과 비교하여 판단 정확성이 높다. 곡선 주행은 도로의 곡선 변화가 심할수록 판정 정확성이 높은 경향을 보이지만, 그림 11과 같이 도로 곡선의 변화가 직각에 가까우면 카메라의 촬영 범위에서 차선이 벗어나게 되어 영상처리 알고리즘의 주행영역 판단 단계에서 더 이상 진행하지 않게 된다. 또한 곡선 변화가 극단적으로 꺾여지거나 변화가 없는 곡선 도로의 경우 대각선 경계선에 예민한 소벨 마스크의 특성 때문에 일부 차선이 검출 되지 않는 경향이 있다. 이것은 영상처리 과정에서 경계선 검출 시 캐니 경계선 검출(Canny Edge Detection) 기법을 응용하면 영상처리 알고리즘의 성능을 높일 수 있다. 표 5는 곡선 도로에서 발생한 오차 데이터를 보여준다.

3. 속도별 판단 정확성

본 실험에서 가속 단계는 1~7단계까지 제한하

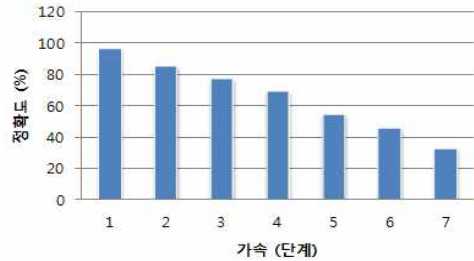


그림 12. 가속 단계에 따른 알고리즘 정확도

Fig. 12. Algorithm Accuracy of Acceleration

여 7차레 같은 조건의 주행 코스를 반복하여 성능을 평가하였다. 모의실험 결과, 그림 12와 같이 고속으로 실험이 진행될수록 알고리즘의 정확도 성능이 낮아지는 경향을 보인다. 더 빠른 속도로 실험을 진행할수록 단위 시간당 주행 거리가 늘어나고, 제어 판단을 위한 시간이 상대적으로 짧아져 알고리즘의 성능이 낮아진다.

또한 모형 자동차가 최고 속도(70km/h)에 가까운 고속주행으로 진행될수록 카메라 화각과 주변 광량에 의해 영상정보의 왜곡이 발생한다. 왜곡된 영상정보는 영상처리 알고리즘의 초기 판단에 영향을 미쳐 정확도를 낮추는 경향이 있다. 그리고 Zigbee의 250kbps 통신 속도가 상대적으로 짧아진 주행 판단/제어 시간동안 제어 명령을 전송하는데 무리가 있어 제어의 정확성 또한 낮아진다.

IV. 결 론

본 논문에서 센서 네트워크를 기반으로 한 자율주행 자동차 시스템을 구현하였다. 자율주행 자동차 시스템을 위해 카메라로부터 획득한 영상을 제안한 영상처리 알고리즘을 사용하여 도로상황에 따라 판단 정확성을 측정하고 분석하였다. 모의실험은 직선주행과 곡선주행에서 수행하였다. 실험 결과, 영상을 실시간으로 처리하는 과정에서 모형 자동차가 고속으로 주행할수록 제어 정확성이 낮아지는 경향을 보였다. 또한 획득된 영상의 왜곡이나 도로 상황 변화가 영상처리 알고리즘의 성능에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 향후 다양한 도로 상황에서 자율주행의 성능을 높일 수 있는 개선된 영상처리 알고리즘을 개발할 것이다 [11].

참고문헌

- [1] 박상현, 민수영, “지능형자동차를 위한 스마트 센서네트워크 프레임워크 설계,” 한국 컴퓨터 종합 학술대회, Vol. 36, No.1(B), pp. 302-306, 2009.
- [2] 권훈, 김정희, 곽호영, “센서네트워크 기반의 차량 내 수면 제어 시스템,” 한국 멀티미디어 학회 추계 학술 발표대회, pp. 51-54, 2008.
- [3] 박상현, 김현주, 김정국, 민수영, “자동차 IT융합을 위한 다중 센서 데이터 변환기술,” 한국정보기술학회지, Vol. 9, No. 1, pp.35-41, 2011.
- [4] 손희배, 윤성하, 양권, 진성봉, 이영철, “차세대 지능형 자동차 통합스마트 모니터 시스템 실험에 관한연구,” Proceedings of KIIS Fall Conference Vol. 20, No 2, pp.406-409, 2010.
- [5] 김상환, 김진환, 김창수, “지능형 자동차를 위한 컴퓨터 비전 기술 동향”, 전자공학회지, Vol. 37, No. 5, pp. 487-499, 2010.
- [6] 정병목, 여인주, 조지승, “GPS와 비전시스템을 이용한 무인 골프카의 자율주행,” 한국 정밀 공학회지, Vol. 26, No. 6, pp. 74-80, 2009.
- [7] 이웅희, 이건홍, 윤상열, 심현철, 조성호, “무인 자동차를 위한 점 항법과 영상 기반 차선 검출을 융합한 차선 유지 시스템 개발,” 한국자동차 공학회 종합 학술대회, pp.1313-1320, 2011.
- [8] 문희창, 이운성, 김정하, “모형차량을 이용한 무인 자동차의 시스템 개발,” 한국 자동차 공학회, pp.1081-1086, 2003.
- [9] 권차욱, 차경애, 김주성, “영상 정보와 센서 정보의 협업에 의한 모니터링시스템 개발,” 대한임베디드공학회논문지, Vol. 5, No. 2, pp.46-56, 2010.
- [10] 박제호, “히프변환을 이용한 직선요소 검출 기반 정지영상 인식자,” 대한임베디드공학회논문지, Vol. 5, No. 3, pp.111-117, 2010.
- [11] 김승환, 함운철, “웹캠을 이용한 스테레오 영상의 3차원 거리 측정,” 대한임베디드공학회논문지, Vol. 3, No. 3, pp.151-157, 2008.

저 자 소 개

장 원 철



현재, 울산대 전기공학부 학사과정.

관심분야: 임베디드시스템, 유비쿼터스 센서 네트워크, 병렬처리.

Email: nasha0339@gmail.com

김 종 면



1995년 명지대 전기공학과 학사.

2000년 University of Florida 전기컴퓨터공학과 석사.

2005년 Georgia Tech. 전기컴퓨터공학과 박사.

현재, 울산대 전기공학부 교수.
관심분야: 임베디드 SoC, 컴퓨터구조, 병렬처리.

Email: jmkim07@ulsan.ac.kr