

레이저 스캐너를 이용한 무인 ATV의 장애물 회피 및 경로 생성

정진구 · 김순태 · 좌동경 · 홍석교
아주대학교 전자공학부

Obstacle Avoidance and Path Planning of Autonomous ATV using Laser Scanner

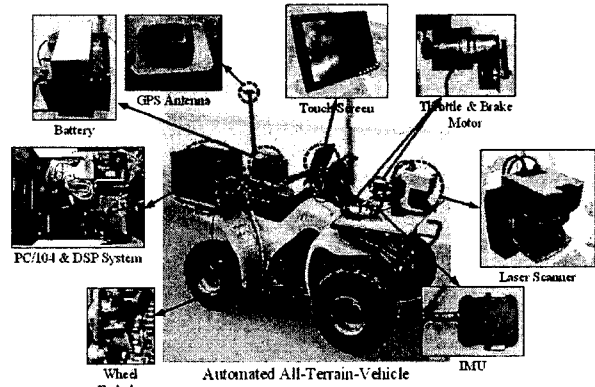
JinGu Jung · Soontae Kim · DongKyoung Chwa · Suk-Kyo Hong
Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University, Suwon, Korea

Abstract - 센서네트워크를 이용한 광대역 환경에서의 시스템 모니터링 기술에 대한 연구가 많이 이뤄지고 있으며, 능동형 센서네트워크를 구성하기 위한 무인 차량에 관한 연구 또한 진행되고 있다. 본 논문에서는 능동형 센서네트워크를 구성하기 위해 레이저 스캐너가 장착된 무인 ATV를 이용하여 ATV 스스로 장애물을 판별함과 동시에 새로운 경로를 생성하여 회피하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

분산되어 있는 여러 개의 DSP와 연결되어 있다. DSP는 센서로부터 데이터를 받아 제어기에서 필요한 데이터로 처리한 후 CAN BUS를 통해 데이터를 공유하게 된다. PC104와 각각의 DSP들은 데이터 처리를 위해 필요한 다른 정보를 CAN BUS에서 선택적으로 획득 할 수 있다. 추가로 센서 혹은 DSP를 시스템에 연결할 경우 CAN BUS의 공유를 통해 쉽게 시스템을 확장하여 구성 할 수 있다.

사용된 용어

- ω_t : 타이어 각속도 (rad/s)
- ω_e : 엔진 각속도 (rad/s)
- θ_{th} : 스톱 각도 (°)
- θ_{br} : 브레이크 각도 (°)
- θ_h : 현재 heading 각도 (°)
- ω_b : heading 각속도 (rad/s)
- α : 정면에서 왼쪽 끝점까지의 각도 (°)
- β : 정면에서 오른쪽 끝점까지의 각도 (°)
- r : 스캐너로부터 물체까지의 최소거리 (m)
- d : 거리 값의 차 (상수)
- v_x : 종방향 속도 (m/s)
- \dot{v}_x : 종방향 가속도 (m/s^2)
- ϕ : 목표 heading 각 (°)
- r_ϕ : 목표 거리 (m)



<그림 1> 무인 ATV를 위한 하드웨어 구성

1. 서론

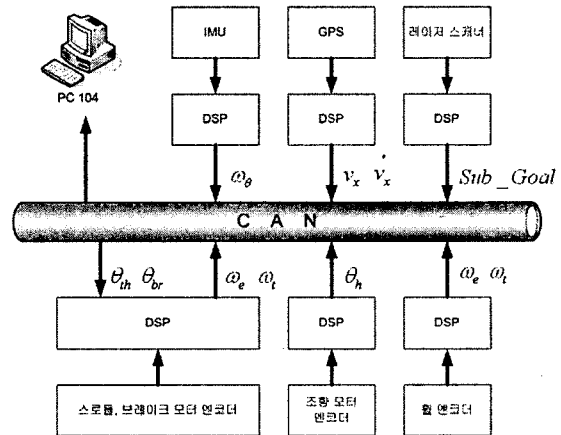
센서네트워크를 이용한 광대역 환경에서의 시스템 모니터링 기술을 이용한 대기 및 수질 환경, 디지털 제조, 국방 분야의 연구가 활발하게 진행되고 있으며 최근 들어 능동형 센서네트워크에 관한 연구가 활발히 진행 중이다[1]. 대부분의 연구에서는 능동형 센서네트워크를 구성하기 위한 능동형 에이전트로 무인항공기가 사용되고 있으나 본 연구에서는 무인항공기와 지상에서 서로 정보를 공유하며 협조할 수 있는 능동형 에이전트로 ATV를 이용하고자 한다. 이를 위해 본 논문에서는 무인 ATV가 장애물을 만났을 때 레이저 스캐너로 물체를 감지하고 스스로 회피할 수 있는 알고리즘을 제안하고자 한다. 센서를 이용한 무인 차량에 대한 연구는 1990년대 중반 이후로 활발히 진행되어 왔다. 장애물을 인식하기 위한 센서는 적외선, 초음파 센서를 시작으로 레이저 스캐너, 카메라를 이용한 비전 시스템의 방식이 있다. 현재는 적외선 센서는 좁은 감지 거리로 인해 최근 그 사용이 줄어들고 있으며, 초음파 센서도 물체의 정확한 위치를 판단하기 어려움으로 단일 사용이 줄어들고 센서 데이터를 융합하는 방법에 대한 많은 연구가 이뤄지고 있다[2]. 레이저 스캐너는 넓은 범위의 데이터를 얻으므로 물체를 판단하고 거리를 파악하기에 용이해 사용이 증가하고 있으며, 2D의 방식을 가지는 레이저 스캐너와 달리 3D의 측정이 가능한 카메라를 이용한 비전 시스템도 연구가 활발히 진행되고 있다[3].

레이저 스캐너를 이용하는 방법으로는 대표적으로 가상공간에서 RRT (Rapidly exploring Random Trees)를 이용하여 경로를 생성하는 방법과 스캔한 데이터의 밀도를 판단하는 방법 등이 있다[4][5]. 이 논문에서는 무인 ATV가 장애물을 회피하기 위해서 장애물의 정확한 위치 파악, 빠른 연산속도와 긴 감지거리가 필수적이므로 DSP와 레이저 스캐너를 이용하여 장애물의 거리와 모양을 판단하여 회피하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

2. 하드웨어 구성

ATV의 엔진 속도와 휠 속도를 측정하기 위한 회전 엔코더가 장착되었고, ATV전방의 장애물을 감지하기 위한 레이저 스캐너가 장착되었다. 또한 스톱 제어 모터 회전각, 브레이크 제어 모터 회전각을 측정하기 위한 각 엔코더가 장착되었다. 조향각을 측정하기 위해 IMU가 장착되었다.

본 연구에 사용한 시스템은 여러 개의 센서를 이용하여 빠른 속도로 데이터를 획득 및 처리하게 되는데, 하나의 프로세서를 이용해서 처리하게 될 경우 프로세서의 한계로 인해 데이터가 손실되거나 잘못된 데이터를 전송하게 될 가능성이 있다. 이러한 위험 요소를 제거하기 위하여 <그림 2>와 같이 여러 개의 DSP를 이용한 분산형 시스템을 구성하였다. 각각의 센서는



<그림 2> 분산형 하드웨어의 개요

2.1 레이저 스캐너

레이저 스캐너는 SICK AG사에서 나온 LMS291을 사용하였다. 스캐너는 0°부터 180°까지 0.5° 간격으로 거리 값을 측정하여 RS-232 통신을 이용하여 DSP로 전달한다. 데이터의 스캔 시간은 시리얼 통신 속도가 9600bps일 때 약 880ms 이고 38400bps일 때, 293ms이다.

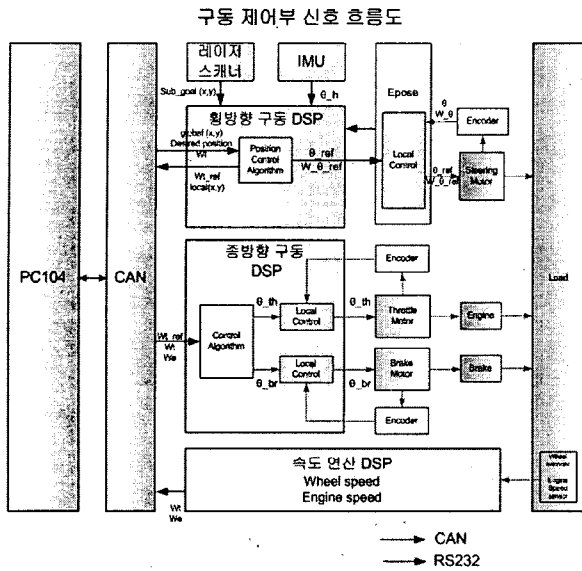
2.2 구동 제어부

실제 위치를 판단하기 위해서 휠 엔코더로부터 rpm 을 입력받는다. 입력 받은 rpm을 이용하여 종방향 속력을 구할 수 있다. θ_h 는 IMU를 이용하여 입력받는다. v_x 와 θ_h 를 이용하여 직각 좌표계를 이용한 ATV의 위치를 판단할 수 있다.

$$v_x = \omega_w * 0.1047 * 0.26$$

$$x = x_{old} + v_x * \cos(\theta_h) * 0.01$$

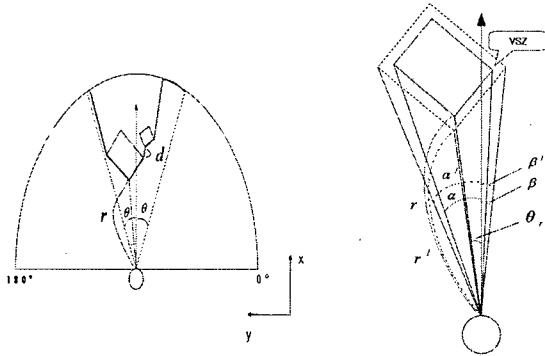
$$y = y_{old} + v_x * \sin(\theta_h) * 0.01$$



<그림 3> 블록도

3. 회피 알고리즘

장애물을 회피하기 위해선 정면에 있는 물체에 대한 고려만이 필요하므로 <그림 4>와 같이 특정 각도 θ 로 측정값을 제한한다. 여기서 θ 는 주체의 폭에 대한 고려를 통해 그 값을 조정할 수 있다. 또한 스캐너 값의 경계를 설정함으로써, 일정 값 이하는 0으로 만들어 잡음을 제거함과 더불어 물체가 이중으로 있을 경우 경로 생성을 용이하게 할 수 있다. 충돌의 가능성을 줄이기 위해 VSZ(Virtual Safety Zone)을 설정해 서브골(Sub_Goal)을 생성한다. 회피는 다음과 같은 알고리즘을 따른다.



<그림 4> 개념도

if $r < c$
if $\theta_r > 0$

$$\phi = \alpha + \beta - 90^\circ$$

$$r_\phi = r$$

else

$$\phi = -\beta$$

$$r_\phi = r$$

else

$$\phi = 0$$

$$r_\phi = 0$$

$$\text{서브골}(x) = r_\phi \cos(\phi)$$

$$\text{서브골}(y) = r_\phi \sin(\phi)$$

if (서브골이 0이외의 값을 가진 경우)

$$\text{목표점}(x) = \text{실제 } x \text{의 위치} + \text{서브골}(x) * \cos(\text{헤딩각})$$

$$\text{목표점}(y) = \text{실제 } y \text{의 위치} + \text{서브골}(y) * \sin(\text{헤딩각})$$

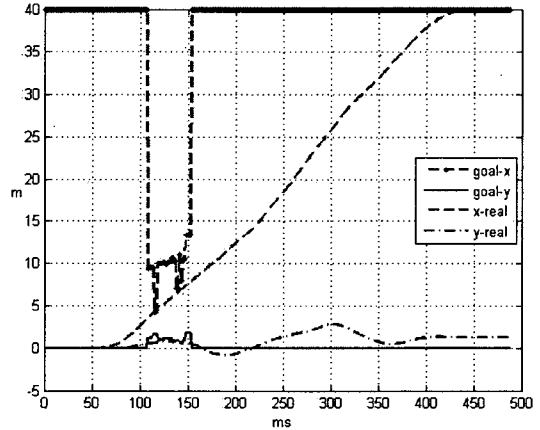
else

$$\text{목표점}(x) = \text{원목표점}(x)$$

$$\text{목표점}(y) = \text{원목표점}(y)$$

4. 실험

원목표점을 설정한 경우, 최소 거리 값이 일정 상수보다 작아지면 점의 위치에 따라서 방향을 설정한 후 목표 헤딩 각을 생성한다. 서브골이 생성된 경우 ATV의 목표점은 헤딩 각과 서브골을 이용하여 직각 좌표계 기반의 목표점을 생성한다.



<그림 5> 실험 데이터

<그림 5>의 실험 데이터는 9미터 정도의 거리에 사람이 위치하고 원목표점(40,0)으로 설정하여 실험한 데이터이다. goal-x의 값으로부터 시간이 110ms인 순간, 스캐너가 장애물을 감지하여 새로운 목표점을 생성함을 알 수 있다. x-real값의 기울기 변화를 통해 ATV가 IMU, 스캐너, 휠 엔코더로부터 데이터를 받아 시간 219ms 일 때 장애물을 회피하기 시작 하는 것을 알 수 있다. 또한 goal-x,y의 데이터 변화와 x,y-real의 데이터 변화의 시간차이를 통해 100ms 정도의 계산 속도를 가지는 것을 알 수 있다. 그래프에서 real_y의 데이터의 최고값이 goal_y보다 큰 것으로부터 VSZ가 적용되어 장애물을 안전하게 회피하고 있음을 알 수 있다.

5. 결론

실험의 결과로부터 제시된 알고리즘의 적용결과 ATV가 장애물을 안전하게 회피할 수 있음을 알 수 있고, 계산 시간 또한 구현하기 위한 목적에 적합함을 확인할 수 있다. 그러나 장애물 감지 후 횡방향으로 회피가 이뤄진 후 자신의 위치를 보정하는 과정에서 좌우로의 진동이 있음을 알 수 있다. 차후 구동부에 대한 적절한 필터 설계를 통해 이러한 점을 개선할 수 있다. 또한 ATV의 센서네트워크 적용을 위해 정적물체에 대해서만 적용된 알고리즘의 동적물체에 대한 적용이 필요하다. 동적물체의 움직임을 판단하기 위해 다중 장애물에 대한 데이터 분리 및 판단 알고리즘이 적용되어야 한다.

후기

본 연구는 한국과학재단 특장기초연구 R01-2006-000-11373-0 지원으로 수행되었음.

[참고 문헌]

- [1] B. Grocholsky, J. Keller, V. Kumar and G. Pappas, "Cooperative air and ground surveillance", *IEEE*, Vol.13, Issue3, pp.16-25, Sept. 2006.
- [2] Rainer Möbus, Uli Kolbe, "Multi-Target Multi-Object Tracking, Sens or Fusion of Radar and Infrared", 2004 IEEE Intelligent Vehicle Symposium, Parma, Italy, June 14-17, 2004.
- [3] Sotelo. M.A, Fernandez. D, Naranjo. J.E, Gonzalez. C, Garcia. R, de Pedro. T, Reviejo. J, "Vision-based adaptive cruise control for intelligent road vehicles" Pro of the 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Sendai, Japan, Sept. 28 - Oct 2, 2004.
- [4] S. M. LaValle and J. J. Kuffner, *Algorithmic and Computational Robotics: New Directions*, chapter Rapidly-exploring random trees: Progress and prospects, pp. 293-308, Wellesley, MA, 2001.
- [5] Zehong Xu, Yanbin Zhuang, Huahua Chen, Proc. of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation, Dalian, China, June 21-23, 2006.