**Software Requirement Specification  
Template for Autonomous Object-Tracking Robot**

**Author**

**이종혁**

Date

**2022-10-21**

**Team Information**

**개인 프로젝트**

**Table of Contents**

[**1 개요 4**](#_Toc116330386)

[1.1 목적 4](#_Toc116330387)

[1.2 범위 4](#_Toc116330388)

[1.3 용어 정리 4](#_Toc116330389)

[1.4 참고 문헌 4](#_Toc116330390)

[1.5 Overview 4](#_Toc116330391)

[**2 개발 대상 설명 4**](#_Toc116330392)

[2.1 개발 대상 4](#_Toc116330393)

[2.2 기능 (Statements of purpose) 4](#_Toc116330394)

[2.3 사용자 특징 4](#_Toc116330395)

[2.4 제약 및 가정 사항 4](#_Toc116330396)

[2.5 HW 사양 4](#_Toc116330397)

[2.5.1 우노 R3(Atmega328) 4](#_Toc116330397)

[2.5.2 PIXY2 카메라 모듈 4](#_Toc116330397)

[2.5.3 IR 리시버 수신 센서 4](#_Toc116330397)

[2.5.4 HC-SR04 초음파 센서 4](#_Toc116330397)

[2.5.5 L298N DC 모터드라이버 4](#_Toc116330397)

[2.5.6 서보 모터 SG90 4](#_Toc116330397)

[2.5.7 라인 트래킹 센서 모듈(TCRT5000) 4](#_Toc116330397)

[**3 세부 요구사항 4**](#_Toc116330398)

[3.1 통신 인터페이스 4](#_Toc116330403)

[3.2 기능 요구사항 4](#_Toc116330404)

[3.3 HW 인터페이스 4](#_Toc116330403)

[3.3.1 초음파 센싱 4](#_Toc116330397)

[3.3.2 영상 센싱 4](#_Toc116330397)

[3.3.3 오브젝트 센싱 4](#_Toc116330397)

[3.3.4 라인 트래킹 4](#_Toc116330397)

[3.4 안전 기능 4](#_Toc116330397)

1. **개요**
   1. 목적

본 프로젝트는 주행 로봇 소프트웨어 개발과 검증 도메인의 주의사항 등을 이해하고, 이를 직접 구현하기 위하여 설계되었다. 따라서 본 문서는 Atmega328 등의 마이크로프로세서를 이용해 기획한 간단한 추적 자율주행 자동차 프로젝트의 요구사항 명세를 설명한다. 해당 프로젝트의 목적인 물체 추적 자동차의 원만한 주행을 위하여, 크게 물체 추적과 위험 예방과 관련된 기능을 작성하는 것이 필수적이다.

첫번째 핵심 기능은 물체의 추적이다. 해당 프로젝트에서의 추적해야 할 물체는 실제 도로 위를 가정하고 지상의 움직이는 물체나 바닥의 차선 등을 선정하였다. 오브젝트를 추적하기 위해서는 추적할 대상에 대한 근거가 필요하다. 추적할 대상은 주행하는 도로의 선(라인) 혹은 특정 색체를 가진 물체 등, 명확한 형태와 구분 근거를 가져야 한다. 따라서 본 프로젝트에서는 카메라 모듈로부터 Serial 데이터를 입력 받아 데이터 시트로부터 각 바이트의 구성 요소를 해석하고, 이에 따른 추적 로직 및 속도의 제어 등의 로직을 작성하도록 한다. 또한 물체를 위치를 파악하고 더 나은 추적 방안을 제시하기 위하여 Kalman Filtering을 이용한 추적 알고리즘을 이용하도록 한다.

두번째 핵심 기능은 위험의 방지, 예방, 대처이다. 해당 프로젝트에서 물체가 겪는 장애란 정상적인 주행을 할 수 없는 상태로 정의하고, 이를 일으키는 결함에 대해서 선정할 필요가 있다. 결함의 예를 설명하면, 해당 결함-장애의 예시를 들면 또한 벽에 부딪히는 등의 요인으로 주행을 할 수 없는 상황에 처했을 경우, 혹은 장애물에 근접하여 충돌할 가능성이 있는 경우 등이 되겠으며, 이에 대한 대처 로직을 설계하고 구현하는 것이 본 프로젝트의 두번째 목적이 된다. 해당 기능을 구현하기 위하여 초음파 센서와 카메라 모듈 등을 이용하기로 한다.

전체적인 프로젝트는 오픈 소스 하드웨어로 구현된 마이크로컨트롤러 개발 보드인 Arduino Uno3 보드와 Atmega328, HC-SR04 초음파 센서, 윈도우 Open-Source Arduino IDE를 이용해 구현하기로 한다.

* 1. 범위

본 프로젝트는 물체 추적 자율주행 로봇 시스템의 구현을 목표로 한다. 해당 시스템은 크게 2개의 서브 시스템으로 구성된다. (1. 물체 추적 및 주행 시스템, 2. 위험 감지 및 예방 시스템)

영상의 감지와 영상 데이터의 전송은 Pixy2 Camera의 Serial 통신을 이용하도록 한다. 라인의 추적은 Pixy2 Camera의 영상 데이터와 라인 추적 모듈을 이용하도록 한다. 주행 기능의 경우, 받아들이는 영상 정보와 알고리즘에 따라 서보 모터의 제어를 통해 구현하도록 한다. 또한 안정적인 추적을 보장하기 위해 Kalman 필터를 이용하기로 한다.

위험 감지 및 예방 시스템은 Pixy2 Camera의 영상 정보를 이용하고, 초음파 센서로 거리 정보를 보정하여 알고리즘을 구현하도록 한다.

위의 모든 로직, 알고리즘은 윈도우 Open-Source Arduino Editor을 통해 구현하기로 한다.

* 1. 용어의 정리

HW : Hardware

SW : Software

OTR : Object Tracking Robot

OTS : Object Tracking System

HDS & HPS : Hazard Detection System & Hazard Prevention System

ARS : Arduino System

카메라 : Pixy2 Camera 모듈

* 1. 참고 문헌

..

* 1. Overview

1. 개요
2. 개발 대상 설명
3. 세부 요구사항
4. **개발 대상 설명**

2.1 개발 대상

로직과 알고리즘이 포함된 SW와 MCU, 센서 모듈로 구성된 HW는 2가지 서브 시스템으로 구성된다. OTS(Object Tracking System), HDS(Hazard Detection System) & HPS(Hazard Prevention System)가 그것이다.

* 1. 기능

OTS의 주요 기능은 영상 데이터의 Parsing, 영상 데이터를 통한 모터의 제어, 추적할 오브젝트의 감지, Kalman Filtering을 위한 추적성의 보정 등이 있다.

HDS 및 HPS의 주요 기능은 초음파 센서를 통한 거리의 지속적 계산, 영상 이미지 속 오브젝트 크기의 지속적 계산, 위험 방지를 위한 회피 주행 등이 있다.

* 1. 사용자 특징

사용자는 일회용 AA 알칼라인 건전지 혹은 18650 배터리 쌍을 이용하여 하드웨어 구동에 필요한 전원을 공급한다.

아두이노에 전원을 공급하면 소프트웨어가 자동으로 구동된다.

사용자는 IR 리모트 컨트롤러를 통해 로봇 구동에 대한 제어를 수행할 수 있다.

* 1. 제약 및 가정사항

소프트웨어는 MCU가 장착되고, 모터 등의 구동 수단이 있는 임베디드 시스템 상에서만 효과가 있다.

IR-적외선 리모트 모듈은 18m 이하의 거리에서 작동하며, 수신 각도는 45도 이내여야 한다.

* 1. HW 사양
     1. 우노 R3(Atmega328)

|  |  |
| --- | --- |
| Micro Controller | ATmega328P |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7~12V |
| Input Voltage (Limit) | 6~20V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| PWM Digital I/O Pin | 6 |
| Analog Input Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 20mA |
| DC Current for 3.3V Pins | 50mA |
| Flash Memory | 32KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader |
| SRAM | 2 KB (ATmega328P) |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328P) |
| Clock Speed | 16 MHz |
| LED\_BUILTIN | 13 |
| Length | 68.6 mm |
| Width | 53.4 mm |
| Weight | 25 g |

* + 1. PIXY2 카메라 모듈

|  |  |
| --- | --- |
| Processor | NXP LPC4330, 204 MHz, Dual Core |
| Image Sensor | Aptina MT9M114, 1296×976 resolution with integrated image flow processor |
| Lens field-of-view | 60 degrees horizontal, 40 degrees vertical |
| Power consumption | 140 mA typical |
| Power input | USB input (5V) or unregulated input (6V to 10V) |
| RAM | 264K bytes |
| Flash | 2M bytes |
| Available data outputs | UART serial, SPI, I2C, USB, digital, analog |
| Dimensions | 1.5” x 1.65” x 0.6” |
| Weight | 10 grams |

* + 1. IR 리시버 수신 센터

|  |  |
| --- | --- |
| Infrared remote control distance | more than 8 meters |
| Launch tube infrared wavelength | 940Nm |
| Crystal frequency | 455KHZ crystal |
| Carrier frequency | 38KHZ |
| Encoding | encoding format for the NEC |
| Size | 86 \* 40 \* 6mm |
| Power | CR2025/1600mAH |

* + 1. HC-SR04 초음파 센서

|  |  |
| --- | --- |
| Working Voltage | DC 5V |
| Working Current | 15mA |
| Working Frequency | 40Hz |
| Max Range | 4m |
| Min Range | 2cm |
| Measuring Angle | 15 degree |
| Trigger Input Signal | 10µS TTL pulse |
| * Echo Output Signal Input TTL lever signal and the range in proportion * Dimension 45 \* 20 \* 15mm | |

* + 1. L298 DC 모터드라이버

|  |  |
| --- | --- |
| Size | 3.9cm x 5.1cm |
| Power | 5V |
| Logic level | 5V |
| * 2 mechanical relays with status indicator LED * Both "NC" and "NO" ports for each relay | |

* + 1. 서보 모터 SG90

|  |  |
| --- | --- |
| Weight | 9 g |
| Dimension | 22.2 x 11.8 x 31 mm approx.. |
| Stall torque | 1.8 kgf·cm |
| Operating speed | 0.1 s/60 degree |
| Operating voltage | 4.8 V (~5V) |
| Dead band width | 10 µs |
| Temperature range | 0 ºC – 55 ºC |

* + 1. 라인 트래킹 센서 모듈(TCRT 5000)

|  |  |
| --- | --- |
| Package type | Leaded |
| Detector type | Photo transistor |
| Dimensions (L x W x H in mm) | 10.2 x 5.8 x 7 |
| Peak Operating distance | 2.5 mm |
| Operating range within >20% relative collector current | 0.2 mm to 15 mm |
| Typical output current under test | IC = 1 mA |

1. **세부 요구사항**
   1. 통신 인터페이스

입력 : IR 리모트 컨트롤러

출력 : IR 리시버

* 1. 기능 요구사항
     1. 모드 선택

해당 로봇의 주행이 가지는 모드는 크게 3가지이다. (1. 라인 추적 모드, 2. 물체 추적 모드, 3. 위험 회피 모드)

차량은 상황에 따라 각각의 기능을 자동으로 사용하도록 하며, 상황에 따라 하나 이상의 모드를 병행해서 유지할 수 있다.

각각의 모드는 우선순위를 가지며 상황에 따라 하위 우선순위의 모드 수행을 중지할 수 있다.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 우선 순위 | 모드 명 | 수행 기준 |
| 1 | 위험 회피 | 로봇 전방 5, 7, 10초 이내의 장애물을 식별하여 정상적인 주행을 하기 어려운 경우 |
| 2 | 물체 추적 | 로봇 전방에 사전에 지정한 추적할 물체가 있는 경우 |
| 3 | 라인 추적 | 로봇 전방에 사전에 지정한 라인이 있는 경우 |

* + - 1. 라인 추적 모드

선 추적모드는 도로 상황을 가정하여 차선을 따라 주행하는 기능이다.

* 로봇은 주행 중 선과의 일정 거리를 유지해야 한다.
* 해당 모드는 물체 추적 모드와 함께 수행되며, 상황에 따라 하나의 모드만을 선택할 수 있어야 한다.
* 물체 추적 중 라인을 벗어나게 될 경우, 라인 추적보다 물체 추적을 우선시한다.
* 라인 추적 중 위험 요소가 있을 시, 라인 추적보다 위험 회피를 우선시한다.
  + - 1. 물체 추적 모드

물체 추적 모드는 초기 등록한 대상의 움직임에 따라 해당 대상과의 일정 거리를 유지하며 주행하는 기능이다. 추적하는 대상과의 거리가 멀어짐에 따라 주행 중 속도를 높이고 내리는 기능을 포함한다.

* 로봇은 물체와의 일정 거리를 유지해야 한다. 이에 따라 물체와의 거리에 따라 주행 속도를 달리 해야 한다.
* 해당 모드는 기본적으로 라인 추적모드와 함께 수행되며, 주행 중 라인이 없어질 시 해당 모드를 우선시한다.
* 물체 추적 중 위험 요소가 있을 시, 물체 추적보다 위험 회피를 우선시한다.
  + - 1. 위험 회피 모드

위험 회피 모드는 주행 중 마주치는 각종 장애물을 회피하고, 긴급 상황에 대해 대처하는 기능이다.

* 해당 모드는 다른 모든 모드보다도 우선시되어 수행된다.
* 해당 모드가 로봇의 주행에 영향을 수행 중임을 알리기 위하여
* 로봇은 주행 중 일정 거리 내의 장애물을 인식하고 장애물과의 거리에 따라 우선 차량을 감속 혹은 정지해야 한다.
* 주행 중 위험 회피를 위해 정지한 차량은, 주행이 가능한 공간을 탐색하여 주행을 지속해야 한다. 주행이 가능한 공간은 우선 순위에 따라 정해진다.

|  |  |
| --- | --- |
| 우선 순위 | 공간 선택 조건 |
| 1 | 추적할 물체가 존재하고, 다른 장애 요소가 없으며, 차선과 인접한 공간 |
| 2 | 추적할 물체가 존재하고, 다른 장애 요소가 없는 공간 |
| 3 | 다른 장애 요소가 없는 공간 |

* 위험 회피 모드는 장애물 인접 시 일정 시간 동안 지속되며, 해당 지속 시간 이후에는 주행을 지속할 지에 대해 판단해야 한다.

|  |  |
| --- | --- |
| 기능 | 조건 |
| 정지 | 위험 회피 모드에 정의된 액션을 수행하고자 했으나, 사전에 지정된 시간동안 주행 가능 공간에 대한 탐색 후 인접 장애물 등의 요소로 인해 주행할 수 없다고 판단한 경우 |
| 주행 지속 | 사전에 지정한 시간동안 위험 회피 모드 중 주행 가능 공간 탐색에 성공한 경우 |

* 1. HW 인터페이스
     1. 초음파 센싱

입력 : HC-SR04 초음파 센서

출력 : -

초음파 센서는 로봇의 IDLE 상태를 포함한 모든 모드 상에서 기능하도록 한다. 초음파센서는 초당 3회 입력을 받아들여 물체와의 거리 값을 MCU에 전달하게 된다.

* + 1. 영상 센싱
       1. 오브젝트 센싱

입력 : PIXY2 Camera 모듈

출력 : Serial Monitor

오브젝트 센싱은 pixy2 카메라 모듈에 사전에 물체를 등록하여 기능을 수행할 수 있다. 등록할 물체로부터 입력 받는 데이터를 통해 물체에 대한 정보를 식별하고 이를 주행 방식의 근거로 삼아야 하며, 시리얼 모니터를 통해 각각의 데이터를 실시간으로 출력해야 한다.

|  |  |
| --- | --- |
| 데이터 종류 | 설명 |
| uint16 pos\_x | 카메라 모듈이 인식한 물체의 x좌표  범위 : 0 ~ 315 |
| uint16 pos\_y | 카메라 모듈이 인식한 물체의 y좌표  범위 : 0 ~ 207 |
| uint16 width | 카메라 모듈이 인식한 물체의 너비  범위 : 0 ~ 316 |
| uint16 height | 카메라 모듈이 인식한 물체의 높이  범위 : 0 ~ 208 |
| uint16 angle | 카메라 모듈이 인식한 물체와의 각도  범위 : -180 ~ 180 |
| uint16 signature | 카메라 모듈이 인식한 물체의 색체 signature number |

* + - 1. 라인 센싱

입력 : PIXY2 Camera 모듈

출력 : -

* 1. 안전 기능
     1. 부저 출력

부저 출력 기능은 위험 감지 모드에서 차량이 위험을 감지했을 때 수행하는 기능이다. 부저는 주변 물체와 로봇의 거리가 가까워 질수록 출력 주기가 짧아지게 된다.

|  |  |
| --- | --- |
| 거리 기준 | 출력 주기 |
| 전방 물체와의 거리 5cm 이내 | 5 times per second |
| 전방 물체와의 거리 7cm 이내 | Once per second |
| 전방 물체와의 거리 10cm 이내 | Once per 3 seconds |

* 부저 출력에 사용하는 거리 기준은 PIXY 카메라 모듈의 영상 데이터와 초음파 센서의 거리 데이터를 복합적으로 이용한다.