

자율주행용 가변화각 카메라의 물류이송로봇 적용을 통한 물류창고 안전성 및 운영 정확도 향상에 관한 연구

김민중¹, 최경락², 김동현³, 김영민¹⁺

¹아주대학교 시스템공학학과

²디엔브이비즈니스어슈어런스코리아, 자동차엔지니어링서비스팀

³주식회사 캔랩

On the Improvement of Safety and Operational Accuracy of Logistics Warehouses by Application of AGVs of Variable Focus Functional Camera for Autonomous Driving

Min Joong Kim¹, Kyoung Lak Choi², Tong Hyun Kim³, Young Min Kim¹⁺

¹Department of System Engineering, Ajou University

²Automotive Engineering Service Team, DNV GL Business Assurance Korea

³CanLab Co., LDT.

Today, the development of the Internet and mobile technologies has a great influence on consumer purchasing patterns. As online purchases using mobile devices increase, the delivery industry for logistics delivery has also increased significantly. However, the working environment in the logistics warehouse is still poor. To improve this, many companies have conducted a lot of research and development on logistics robots, and various logistics robots have been operated. But, there are still limitations to unmanned. In this paper, a variable focus function camera and RSS model used in autonomous vehicles were derived to be suitable for AGVs. It was applied to the derived AGVs and verified in terms of safety and accuracy, and valid result were obtained. It is expected that this study will contribute to the use of AGVs that can operate unmanned logistics warehouse.

Keywords: Autonomous Guide Vehicle, Variable Focus Function Camera, Vision Camera, Responsibility Sensitive Safety, logistics warehouse

논문접수일 : 2021.10.08.

심사완료일 : 2022.06.21.

게재확정일 : 2022.06.24.

이 논문은 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행되었음. (20014470)

† Corresponding Author: pretty0m@ajou.ac.kr

1. 서론

1.1 연구배경

최근 경제 성장과 사회 전반에 걸친 기술의 발전은 다양한 분야에 크고 작은 영향을 미치고 있다. 특히 인터넷과 모바일 기술의 발전은 구매자가 다양한 소비패턴을 선택할 수 있도록 하였으며, 시간과 장소에 구애받지 않는 모바일을 활용한 온라인 시장의 급격한 성장을 가져왔다. 이러한 시장 변화에 적응하기 위하여 기업들은 여러 방면에서 물류 기술 개발에 투자하고 있다(Bigne E. et al. 2005). 이와 함께 최근 COVID-19 사태로 인하여 온라인 구매가 증가하면서 구매 물품 배송을 위한 택배사의 물류량도 급증하게 되었다. 그러나 물류센터에서 처리량은 증가하였지만, 근로자들의 근로조건 및 환경은 열악한 상황이다(Jang and Kim 2020). 근로자들의 열악한 작업 환경을 개선 시키고, 부담을 경감하기 위하여 고중량 물품 픽업 및 이송에 로봇을 활용할 수 있고, 더 나아가 인공지능, 감지 센서, 카메라 등의 기술과 접목하여 자율 로봇을 활용한 무인 물류센터도 가능하다(Jang and Lee 2018). 따라서 물류 로봇의 활용을 통해 물류의 분류, 적재, 및 이송을 수행할 수 있으며, 효율성을 향상할 수 있다(Han et al. 2020). Figure 1은 실내 물류창고에서 유도선을 따라 이동하는 물류 로봇을 활용한 작업 환경을 나타낸다.



Figure 1. Working environment using AGV in a logistics warehouse

1.2 관련연구

IoT(Internet of Things) 기술과 자율주행 기술 등을 접목하여 다양한 물류 로봇이 존재하고 있으며, 물류센터와 공장 등 여러 산업 분야에서 활용되고 있다. 물류 로봇은 화물처리, 창고용 AGV(Autonomous Guided Vehicle), 무인 항공 로봇 등이 있다(Jang and Lee 2018). 특히 AGV는 물류 센터에서 생산성 및 효율성을 높이는 중요한 요소이다(Jaiganesh, V. et al. 2014). Kirchheim, A. et al.(2008)은 적재된 비정형 화물들을 자동 하차 작업 수행을 위한 이미지 인식 시스템 연구하였다. 이를 위해 집게를 이용하는 로봇 방식을 제안하였다(Kirchheim, A. et al. 2008). 3차원 영상 인식을 통한 비정형 화물의 형태를 인지하고 구별하는 비전 시스템 제시하였다(Thamer, H. et al. 2013). RFID를 활용하여 화물 인식 및 다양한 종류의 물품을 사용하여 실험을 수행하였다(Landschutzer, C. et al. 2018). 물류 자동화의 다양한 형태에 대하여 다루었으며, 일반 또는 팔레트 형태의 화물에 대한 하역 작업에 대해 논의하였다(Echelmeyer, W. et al. 2008). 또한, 자동 로봇 시스템 도입했을 경우의 경제성에 대해 논의하였으며, 다양한 시나리오에 대해 비교하였다(Echelmeyer, W. et al. 2011). QR 코드를 활용하여 위치를 파악하는 방법에 대한 연구가 진행되었으며

(Juntao, L. et al. 2015), 소형 무인 항공기(드론)를 활용한 물류 이송에 대한 국내 및 국외의 시장 현황과 규제, 개발 사례 등을 제시하고, 드론을 활용한 물류 서비스 도입의 필요성에 대해 제시하였다(Kim, S.-J. et al. 2016).

1.3 문제정의 및 논문구성

온라인 쇼핑 시장이 크게 성장함에 따라 근로자들의 작업 환경을 개선하고, 작업의 효율성을 높이기 위해 24시간 무인 작업을 위한 물류 로봇의 도입이 매우 증가할 것으로 기대된다. 그러나 기존 방식의 물류 로봇을 무인 작업에 활용하기에는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 자율주행 자동차에 활용하는 가변 화각 카메라와 RSS(Responsibility Sensitive Safety) 모형을 물류 이동로봇에 적합하도록 변경하고, 이렇게 변경한 모형에 대한 안전성과 정확도를 확인할 것이다. Figure 2는 자율주행 3요소와 기존의 물류로봇의 한계 및 본 논문에서 목표하는 우리의 관심 영역을 나타낸다.

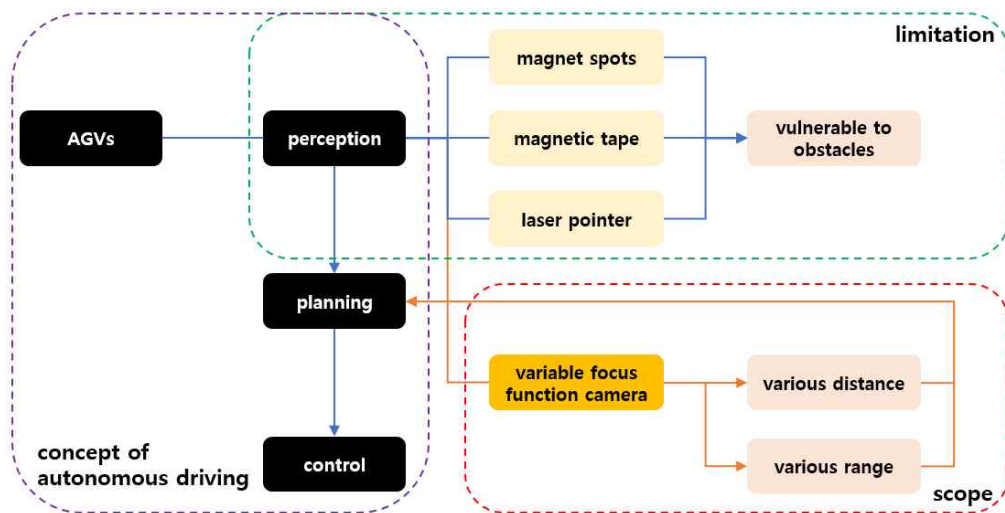


Figure 2. Autonomous driving concept of AGVs and limitation of existing system and our research scope

논문의 구성은 다음과 같다. 이어지는 2장에서는 기존 물류 이동로봇 시스템의 종류와 한계점 및 가변 화각 카메라의 특징과 필요성에 대해서 살펴본다. 3장에서는 가변 화각 카메라를 적용하기 위한 물류 이동로봇에 적합한 RSS 모델을 구축하는 과정에 관해 서술한다. 4장에서는 3장에서 도출한 모델을 물류 이동로봇에 적용했을 때 안전성 및 정확도에 대해 살펴보고, 마지막 5장에서는 연구의 결론을 도출한다.

2. 물류 이동로봇에 가변 화각 카메라 적용의 필요성

2.1 기존의 물류 이동로봇 시스템의 방식 및 한계

물류 로봇 시스템에는 다양한 방식이 존재한다. 기존에는 바닥에 자성이 있는 테이프를 운반 경로를 표시하거나, 유도 전선을 바닥에 설치하여 이동하는 방식이 사용되었다. 이러한 시스템은 바닥에 유도선이 설치되기 때문에 물류창고의 특성상 선이 오염이나 훼손이 되면 동작에 오류를 발생시킬 수 있고, 구조를 자주 변경하는 경우, 매번 새로 설치하거나 변경해야 하므로 비효율적이다. 원통형 마그넷 스폿을 이용하여 실내 AGV의 항법 및 제어 시스템에 대해 논의하고, 홀 효과 센서, 인코더 및 카운터를 사용하여 제어 및 지속적인 안내를 수행하는 방법을 설명한다(Lee and Yang 2012). 하지만 마그넷 스폿을 감지하지 못하는 경우 로봇에 오류가 발생할 가능성이 존재한다. Paromtchik, I. E. (2006)는 천정에 레이저 포인터를 설치하여 바닥에 투사하여 목표 위치를 나타내는 연구를 진행하였다. 레이저 비컨을 사용하여 경로를 표시함으로써 로봇이 알지 못하는 환경에서 로봇을 안내하고 유도할 수 있다(Paromtchik, I. E., 2006). 그러나 레이저 빔을 이용하기 때문에 밝은 환경에서 레이저 빔이 약하거나, 물류창고 특성상 다른 장애물에 의해 가려지거나 복잡한 구조에서는 로봇이 이동하는 데 오류를 발생할 수 있다.

2.2 가변 화각 카메라 구조 및 특징

가변 화각 카메라는 광각, 미들, 협각의 총 3가지 화각을 바꿀 수 있는 카메라를 말한다. 단일 카메라로 다양한 화각을 측정할 수 있는 가변화각 카메라는 현재 자율주행 자동차용으로 개발중에 있기 때문에 실제 실험은 불가능하며, 이론적인 계산만이 가능한 상황이다. 이를 통해 다양한 범위의 객체를 인식할 수 있으며, 앞서 언급한 3개의 화각은 각각 라이다, 카메라, 레이더 센서의 인식 범위를 나타낸다. 이중의 센서를 사용하게 되면 각각의 센서에 대한 데이터 처리기를 구성해야 하며, 이는 시스템의 복잡성을 증가시키는 한편, 복잡한 시스템 구성으로 인한 오류 발생의 가능성이 존재한다. 이밖에 각각의 화각에 대한 카메라를 하나로 묶어서 사용하는 방법도 존재하지만, 이럴 경우에 패키징을 하는 데 있어 큰 공간을 차지하기 때문에 공간적 제약이 따르게 된다. 가변 화각 카메라는 다양한 화각을 커버하는 동시에 단일 카메라를 사용하기 때문에 공간적 이점도 가지고 있다. Figure 3은 가변 화각 카메라의 개념을 보여 준다. 그림에서 파란색 삼각형은 광각의 근거리의 객체를 탐지할 수 있으며, 녹색 삼각형은 협각이며 원거리의 객체를 인식할 수 있음을 나타낸다.

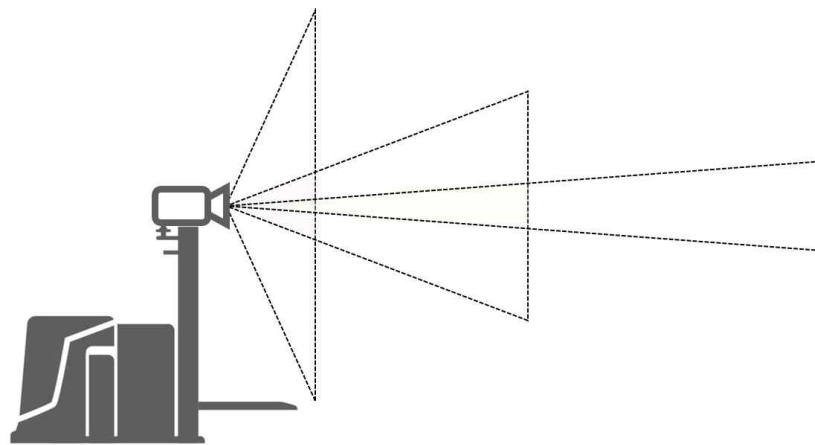


Figure 3. A conceptual diagram of variable focus function camera installed in AGV

2.2 물류 이동로봇에 가변 화각 카메라 적용 시 이점

위치 인식을 위해 외부 장치나 자극을 필요로 하는 기존의 시스템과는 달리, 물류 이동로봇에 가변 화각 카메라를 적용하면 근거리와 원거리의 다양한 거리와 범위에 있는 물체를 스스로 인지하고 식별할 수 있으며, 가변 화각 카메라 센서를 통해 장애물을 인지한 다음 대상까지의 거리와 속도 정보를 통해 RSS 안전 거리를 도출할 수 있다. 이렇게 도출된 RSS 안전거리를 바탕으로 AI(Artificial Intelligence)를 통해 스스로 판단하여 근거리의 장애물 회피 및 목적지까지 최적의 이동 경로를 탐색하고 이동하는 데 활용될 수 있다. 따라서, 기존 시스템에서 바닥의 유도선이 오염 또는 장애물에 의한 지시 포인트의 차단 등으로 인한 오동작 및 오류를 방지할 수 있다. 또한, 단일 카메라 센서를 사용하기 때문에 설치 공간에 대한 이점을 얻을 수 있으며, 이중 센서 사용 시 센서별 데이터 처리기를 별도로 구성하여야 하며 이로 인한 시스템 구성의 복잡성 증가로 발생 가능한 오류를 예방할 수 있다.

3. 물류 이동로봇에 적용을 위한 가변 화각 적합형 RSS 모델 구축

3.1 RSS 모델의 특징 및 정의

RSS 모델은 mobileye에서 자율주행 자동차의 안전을 보장하고, 사고 시 과실 여부를 판단하기 위한 화이트박스 수학적모델이다(Shalev-Shwartz, S. et al. 2017). RSS 모델은 다양한 주행 시나리오에 대해 안전 거리를 정의하고, 위험한 상황 정의 및 위험한 상황을 회피하기 위한 적절한 반응을 제시한다. RSS 모델의 구성은 다음과 같이 5개의 규칙으로 구성된다.

- 안전거리
- 끼어들기
- 우선순위
- 제한된 시야
- 충돌 회피

mobileye에서 제시하는 RSS 모델은 자율주행 자동차를 위해 제안되었기 때문에 자동차의 주행상황을 가정한다. 동일한 방향으로 주행하는 두 차량에 대하여 RSS 모델에서 제시하는 두 차량 사이의 안전거리 공식은 다음과 같다.

$$d_{\min} = \left[v_r \rho + \frac{1}{2} a_{\max, \text{accel}} \rho^2 + \frac{(v_f + \rho a_{\max, \text{accel}})^2}{2 a_{\min, \text{brake}}} - \frac{v_f^2}{2 a_{\max, \text{brake}}} \right]_+ \quad (1)$$

여기서 $[x]_+ := \max\{x, 0\}$ 으로 정의하며, v_f 는 선행 차량의 속도, v_r 은 후행 차량의 속도, ρ 는 후행 차량의 반응시간이며, $a_{\min, \text{brake}}$ 는 선행 차량의 감속도, $a_{\max, \text{accel}}$ 와 $a_{\min, \text{brake}}$ 은 후행 차량의 가속도와 감속도를 나타낸다. 이와 같이 RSS 모델은 객체와의 안전거리를 도출하기 위한 수학적 모델이며, 가변 초점 카메라는 객체를 탐지하기 위한 카메라 모듈이다. 카메라 센서를 통해 장애물을 인식하고 RSS 모델로 안전거리를 도출하여 충돌 전 장애물을 회피하거나, 긴급 정지함으로써 사고를 예방하여 안전성을 확보할 수 있다.

3.2 물류 이동로봇에 적용하기 위한 RSS 모델 기준 식별 및 도출

물류 이동로봇에 RSS 모델을 적용하기 위해서는 두 가지 상황으로 나누어 접근해야 한다. 첫 번째로 관련 법인 산업안전보건법에 근거한 위험기계·기구 자율안전확인 고시에 따르면 ‘작업자(사람)이 있는 공간에서는 로봇은 반드시 정지하여야 한다’라고 규정하고 있다. 따라서 위의 식 (1)에서 선행차 관련 변수를 물류창고 내 이동하는 사람이라고 가정을 하였다. 사람의 이동 속도는 4km/h , 로봇의 속도는 사람의 평균 이동 속도와 같은 4km/h 로 가정하였으며, 가속도와 감속도를 1m/s^2 으로 가정하여 식 (1)에 대입하면 0.011의 결과를 얻을 수 있다. 즉, 로봇과 사람 사이에 11cm의 거리만 있어도 로봇이 4km/h 의 속도로 움직이면서 움직이는 사람을 발견하여 사람과 충돌하지 않고 안전하게 멈출 수 있다. 두 번째는 정지한 물체를 인지하고 접근하기 위해서는 적합한 기준을 식별하여 정의하여 위의 식 (1)로부터 적합한 식을 도출하여야 한다. 예를 들면 선행 차량에 대한 변수 등은 정지된 물체를 픽업하는 물류 이동로봇에서는 필요가 없는 값이다. 해당 값들을 0으로 두면 분모가 0이 되는 수식 오류가 발생하기 때문에, 해당 변수를 삭제하여 다음과 같은 계산식을 도출하였다.

$$d = v\rho + \frac{1}{2} a_{\text{accel}} \rho^2 + \frac{(v + \rho a_{\text{accel}})^2}{2 a_{\text{brake}}} \quad (2)$$

도출된 식 (2)를 통해 로봇의 속도와 가속도, 그리고 반응시간과 안전거리 사이의 상관관계를 확인할 수 있다.

3.3 물류 이동로봇에 적용하기 위한 RSS 모델 기준 식별 및 도출

3.2절의 식 (2)의 변수 중 속도, 가속도 및 감속도는 특성값이므로 고정된 변수이므로, 이를 통해 로봇과 물체 사이의 거리와 반응시간 사이의 관계를 도출할 수 있다. 본 논문에서는 도출된 결과를 확인하기 위해 두 가지 방향에서 접근하였다. 로봇의 속도는 사람의 평균적인 이동 속도인 4km/h 로 두 가지 경우에 대해 가정을 하였으며, 가속도와 감속도를 1m/s^2 으로 가정하고, 첫 번째는 반응시간에 따라 로봇이 사람과 충

돌하지 않을 수 있는 최소 거리를 Table 2에 결과를 나타내었고, 두 번째는 로봇의 속도가 아마존의 물류 로봇인 키바의 속도로 알려진 1.5 km/h 와 사람의 평균적인 이동 속도인 4 km/h 를 갖는 각각의 경우에 대해, 로봇과 정지한 물체 사이의 거리를 1 m , 2 m , 5 m , 10 m , 20 m , 30 m , 50 m , 100 m 으로 가정하여 객체를 인지 후 충돌하지 않는 데 필요한 반응시간을 Table 3에 나타내었다.

Table 2. Safe distance depending on response time

Response time [s]	Safe distance [m]
0.01	0.64
0.05	0.73
0.10	0.85
0.15	0.97
0.20	1.10
0.25	1.24
0.30	1.37
0.35	1.52
0.40	1.67
0.45	1.82
0.50	1.98

Table 3. Required response time according to distance

Safe distance [m]	Response time [s]	
	1.5 km/h	4 km/h
1	0.63	0.16
2	1.03	0.51
5	1.84	1.26
10	2.76	2.15
20	4.07	3.43
30	5.07	4.42
50	6.66	6.00
100	9.59	8.92

4. 물류 이동로봇에 RSS 모델 기반 가변 화각 카메라 적용의 적합성 확인

4.1 RSS 모델 기반 가변화각 카메라를 적용한 물류 이동로봇의 안전성

Table 1에서 보이는 바와 같이 1 m/s^2 의 가감속도를 갖는 물류 로봇이 우리가 가정한 최대 속도인 4 km/h 의 속도로 이동을 하면서 객체를 감지 후, 충돌하지 않고 안전하게 정지할 수 있는 거리가 0.01초(10ms)의 반응시간을 가질 때 0.64 m이며, 0.5초의 반응시간을 가질 때 1.98 m이다. Table 1에서의 결과는 가정한 최대 속도를 이용하여 얻은 결과이므로 만약 이동을 시작하거나 정지하는 과정에서는 작은 속도 값을 갖게 되므로 실제 안전거리는 더욱더 작아지게 된다. 예를 들어 가감속도의 값은 동일하게 1 m/s^2 를 갖고, 현재 속도가 1 km/h 라고 한다면, 0.01초(10ms)의 반응시간에서의 안전거리는 0.04 m이며, 0.5초의 반응시간을 가질 때 0.57 m이다. 따라서 물류 로봇에 RSS 모델을 적용한 가변 초점 카메라를 이용할 경우 물류 로봇의 이동하는 데 있어서 사람과의 충돌에 대한 위험으로부터 안전성을 확보할 수 있게 된다.

4.2 물류 이동로봇의 이동 및 정지거리 정확도

Table 2에서 $1m/s^2$ 의 가감속도를 갖는 물류 로봇이 아마존의 물류 로봇의 속도로 알려진 $1.5km/h$ 의 속도로 이동을 하는 물류 로봇이 1 m 거리에서 충돌 없이 안전하게 도달하기 위한 필요한 반응시간은 0.63 초로 계산되었다. 가변 화각 카메라의 데이터 전송 주기는 0.08초이며, 카메라로부터 데이터를 받은 이후 AI가 분석하고, 결정하여 명령을 내리고 실제 수행하는 데까지 최대 0.55초의 시간을 확보할 수 있다. 이를 통해 충분히 안전하게 정확하게 정지할 수 있음을 나타내고 있다. Figure 4는 앞서 도출한 데이터 전송 주기와 실제 수행까지 소요되는 시간 등을 기반으로 가변 화각 카메라가 설치된 물류 로봇이 장애물을 회피하고, 목표 물품을 픽업하는 과정을 순서도와 timeline 분석을 나타낸다. 먼저 가변 화각 카메라를 통해 다양한 범위와 거리에 대하여 인지하고, 목표 지점까지 최적의 경로를 분석하여 이동한다. 이동 중 장애물을 만났을 경우, 정지할지 우회할지를 가변 화각 카메라의 영상정보를 분석하여 결정한 다음 수행을 하게 된다. 목표 지점에 도달하였을 경우 물품을 픽업하여 다시 가변 화각 카메라의 영상정보를 바탕으로 경로를 결정, 이동하는 과정을 거치게 된다.

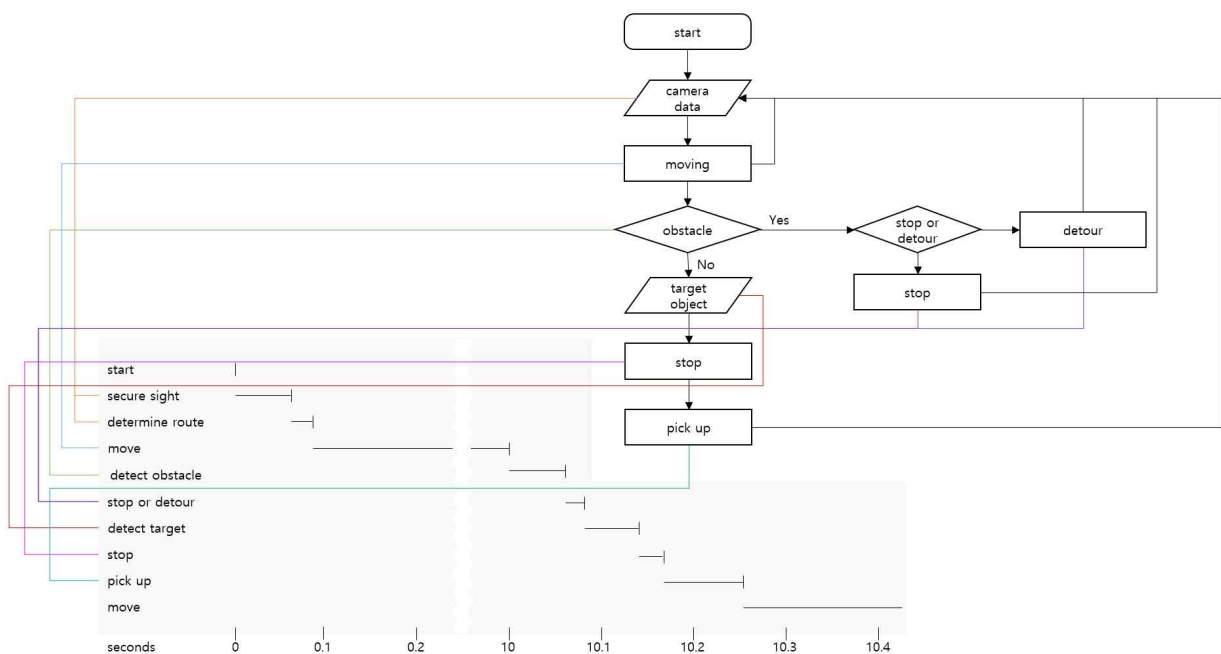


Figure 4. Timeline analysis for variable focus function camera installed AGV scenario

5. 결론

인터넷과 모바일 기술의 발전은 온라인 시장의 급격한 성장을 가져왔으며, 최근 COVID-19 사태로 인한 온라인 구매가 증가하면서 물품 배송을 위한 물류량도 급증하게 되었다. 하지만 물류센터의 근로자들은 열악한 작업 환경에 노출되어 있다. 그 결과, 작업 환경을 개선하고, 업무의 효율성을 증가시키기 위해 물류 로봇의 다양한 연구가 수행되었다. 기존에는 외부 장치나 자극이 필요한 형태의 로봇이 도입되었지만, 물류센터의 특성상 한계가 존재한다. 따라서, 본 논문에서는 외부 장치나 자극 없이 인지하는 방법을 제시하였다. 또한, 현재 자율주행 자동차용 인지 센서로 개발중에 있는 시스템인 가변 화각 카메라와 자율주행 자동차에 적용하기 위하여 mobileye에서 제시한 RSS 모델을 활용하여 물류 이송 로봇에 적합한 모형을 도출하여, 로봇 운용에 있어 사람과의 충돌을 방지할 수 있는 최소 인지 거리를 도출하였다. 또한, 도출된 결과를 바탕으로 안전성과 정확도 측면에서 모델이 물류 로봇에 적합한지를 검증하였으며, 유효한 결과를 확인할 수 있었다. 더불어 물류 로봇의 이동 속도를 구간에 따라 변화를 준다면 더 안전하게 근접한 거리를 유지할 수 있을 것이다. 이 결과를 바탕으로 물류센터에서 이송 로봇을 활용한 무인화에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- Bigne, E., Ruiz, C., and Sanz, S. (2005), The impact of internet user shopping patterns and demographics on consumer mobile buying behaviour, *Journal of Electronic Commerce Research*, 6(3), 193-209.
- Echelmeyer, W., Kirchheim, A. and Wellbrock, E., (2008), Robotics-logistics: Challenges for automation of logistic processes. In 2008 IEEE International Conference on Automation and Logistics, 2099-2103.
- Echelmeyer, W., Kirchheim, A., Lilienthal, A. J., Akbiyik, H. and Bonini, M., (2011), Performance indicators for robotics systems in logistics applications. In IROS Workshop on Metrics and Methodologies for Autonomous Robot Teams in Logistics (MMARTLOG) 55.
- Han, S.-M., Won, J.-W., Lee, S. and Smpil, E., (2020), The Study on the Efficiency of Parcels Unloading Robot at Delivery Logistics Terminal, *로지스틱스연구*, 28(6), 1-11.
- Jaiganesh, V., Kumar, J. D., and Girijadevi, J., (2014), Automated guided vehicle with robotic logistics system, *Procedia Engineering*, 97, 2011-2021.
- Jang, H-J. and Lee Y-J., (2018), 물류 로봇 (AGV) 동향, *The Korean Institute of Electrical Engineers*, 67(8), 8-12.
- Jang, S-Y. and Kim, Y-J., (2020), A Comparative Study on the Working Conditions of Field Workers in the Parcel Delivery Industry and Logistics Industry, *KOREA LOGISTICS REVIEW*, 30(5), 105-117.
- Juntao, L., Zhilei, W., Jun, Z. and Weiyi, C. (2015), Research of AGV positioning based on the two-dimensional Code Recognition Method. In 2015 International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS), 1-6.
- Kim, S.-J., Bae, K.-H. and Choi, C.-Y., (2016), A study on introduction of drone delivery service policies and development plans in countries. *Korea Logistics Review*, 26(1), 27-38.
- Kirchheim, A., Burwinkel, M. and Echelmeyer, W. (2008), Automatic unloading of heavy sacks from containers. In 2008 IEEE International Conference on Automation and Logistics, 946-951
- Landschutzer, C., Wolfschluckner, A. and Fritz, M., (2018), Innovative automated unloading of parcels. In TRA 2018 Proceedings, 10427.
- Lee, S.-Y. and Yang, H. W., (2012), Navigation of automated guided vehicles using magnet spot guidance method, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(3), 425-436.
- Paromtchik, I. E. (2006), Optical guidance method for robots capable of vision and communication, *Robotics and Autonomous Systems*, 54(6), 461-471.
- Shalev-Shwartz, S., Shammah, S. and Shashua, A. (2017). On a formal model of safe and scalable self-driving cars. *arXiv preprint arXiv:1708.06374*.
- Thamer, H., Kost, H., Weimer, D., & Scholz-Reiter, B., (2013), A 3d-robot vision system for automatic unloading of containers. In 2013 IEEE 18th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA) 1-7.