

라인트레이서의 원리를 이용한 트랜스포터와 스토웨지의 자동 정렬

홍윤기*, 박기훈*, 윤태성*, 박승규*
국립창원대학교 전기공학과*

Automated Alignment of Transporter and Stowage Using the Principle of Linetracer

Yun-Ki Hong*, Ki-Hun Park*, Tae-Sung Yoon*, Seung-Kyu Park*
Department of Electrical Engineering, Changwon National University*

Abstract - In this paper, an alignment method between a transporter and a stowage is presented for the automation of loading and unloading operations in the mobile harbor system. The principle of linetracer is utilized for the automatic alignment of transporter and stowage, and the effectiveness of the alignment method is proved by a simulated experiment using mobile robot.

포터, 스토웨지로 구성된다. 컨테이너는 모바일 하버에 직접 적재되는 것이 아니라 스토웨지라 불리는 구조물에 적재된다. 스토웨지의 최하단 부에는 트랜스포터가 오갈 수 있는 공간이 있다. 모바일 하버가 항구에 접안하였을 때 트랜스포터는 이 공간으로 이동한다. 트랜스포터는 컨테이너가 실린 스토웨지를 그대로 들어 올려 지정된 위치로 운반한다. 이때, 접안된 모바일 하버는 부두에 고정되어 파도의 영향을 거의 받지 않는 것으로 가정한다.

1. 서 론

자유시장의 범위가 세계 규모로 확장됨에 따라 해상을 오가는 물류는 나날이 증가하고 있다. 이를 실어 나르는 컨테이너 선박 또한 물류 증가에 편승하여 대형화 되어가는 추세이다. 우리나라는 대형 선박이 정박할 수 있는 항구를 건설하기 힘든 지리적 난점을 가지고 있다. 이를 극복하기 위한 대안 하나로 모바일 하버(mobile harbor; 이동 항구)가 제시되고 있다. 모바일 하버는 하역 작업을 수행할 수 있는 중소형의 선박으로, 대형 선박이 접근하기 어려운 중소형 항구로 화물을 옮기는 일을 수행한다.

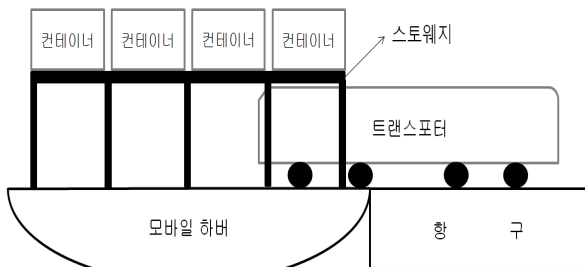
모바일 하버는 대형 선박의 모든 적재 화물을 한 번에 운송할 수 없기 때문에 대형 선박과 항만 사이를 수차례 왕복해야 한다. 까닭에 항만에서의 모바일 하버 하역 작업은 신속을 요한다. 작업의 속도와 효율을 높이기 위해서는 시스템의 자동화가 필수적이다. 항만 하역 작업을 자동화하고자 할 때 발생할 수 있는 문제 중의 하나로 컨테이너와 트랜스포터(transporter; 적재 차량) 간의 자동 정렬을 들 수 있다. 자동 정렬은 컨테이너를 운반하는 크레인의 이동, 트랜스포터의 무인 주행 시의 위치 결정 등을 고려하여 컨테이너가 올바른 위치에 적재되도록 함을 목적으로 한다. 적재 위치가 어긋날 경우, 컨테이너의 무게 중심이 맞지 않아 트랜스포터 주행 시 유동이 발생하여 작게는 화물의 손상, 크게는 컨테이너가 트랜스포터로부터 추락하는 사고를 야기할 수 있다.

따라서 항만 하역 자동화에 있어 컨테이너-트랜스포터 간의 자동 정렬 문제는 매우 중요하다. 이 문제에는 다수의 카메라를 이용한 컨테이너의 특정점 추적[1]이나 여러 센서를 통신 네트워크로 융합하여 컨테이너의 위치를 추적하는 방법[2] 등이 이용되고 있다. 본 논문에서는 하역 작업에서의 트랜스포터 자동 정렬 문제를 모바일 하버 시스템에 적용하고자 한다. 모바일 하버 시스템에 필요한 고속 하역 작업을 위해 크레인 대신 컨테이너가 적재되어 있는 스토웨지라 불리는 구조물을 트랜스포터가 직접 운반하게 된다. 이 때, 자동 정렬 문제는 트랜스포터와 스토웨지 사이에서 발생하게 된다. 본 논문에서는 라인트레이서의 원리를 이용 [1], [2]와는 다른, 보다 간단하고 쉽게 적용할 수 있는 방법을 제시한다. 또한 이동로봇을 이용한 모의실험을 통해 그 성능을 검증한다.

2. 본 론

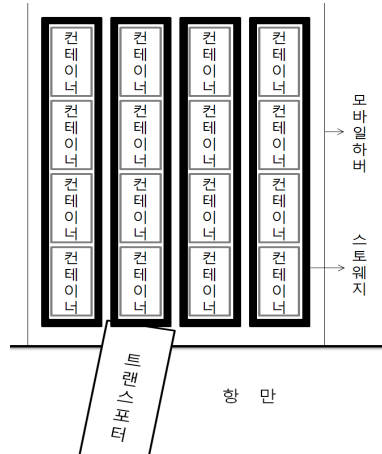
2.1 전체 시스템 개요

본 논문에서 제안하는 시스템은 그림 1과 같이 모바일 하버와 트랜스



〈그림 1〉 트랜스포터와 스토웨지를 이용한 하역 작업

2.2 트랜스포터와 스토웨지의 자동정렬



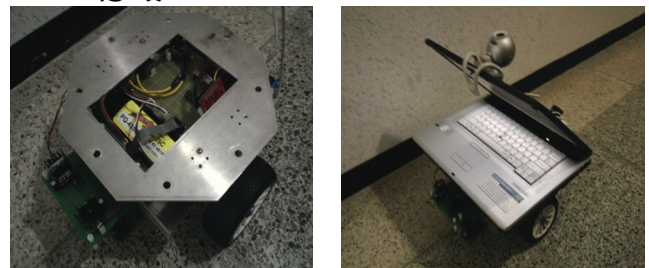
〈그림 2〉 트랜스포터와 스토웨지의 자동정렬 문제

트랜스포터가 스토웨지로 이동하는 과정은 GPS 좌표, 혹은 미리 정해진 기준체적을 따르는 무인 주행으로 이루어진다. 목표점에 도달한 트랜스포터는 스토웨지 아래로 진입하게 되는데 이 때 그림 2처럼 위치 오차가 발생한다. 이 오차를 보상하면서 트랜스포터가 스토웨지와 자동 정렬을 수행할 수 있도록 본 연구에서는 라인트레이서의 원리를 적용하였다. 스토웨지의 하단에는 검은 선이 직선으로 그려져 있다. 트랜스포터에 장착된 1개의 카메라를 이용하여 이 직선을 인식한다. 인식된 직선을 이용해 트랜스포터와 스토웨지의 위치 오차를 각도 값으로 계산한다. 계산된 각도 값에 따라 트랜스포터와 스토웨지가 자동 정렬 되도록 한다.

2.3 이동로봇을 이용한 모의실험

앞서 제안한 자동 정렬 과정을 이동로봇을 이용한 모의실험을 통해 검증한다.

2.3.1 이동로봇

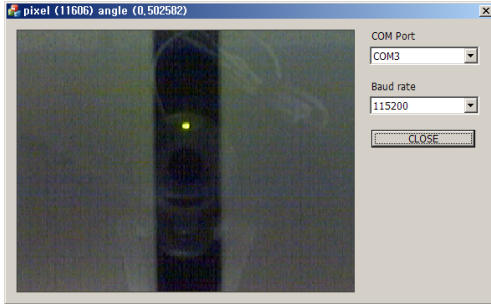


〈그림 3〉 실험에 사용된 이동로봇

이동로봇은 직류 모터 2개를 Cortex M3 계열의 LM8962 [3]로 제어하는 형태로 제작되었다. 이동로봇 위에 노트북을 설치하여 영상처리를 담당하도록 했다. 카메라는 USB CAM을 사용하였다. 그림 3은 실험에 사용된 이동로봇의 실제 모습이다.

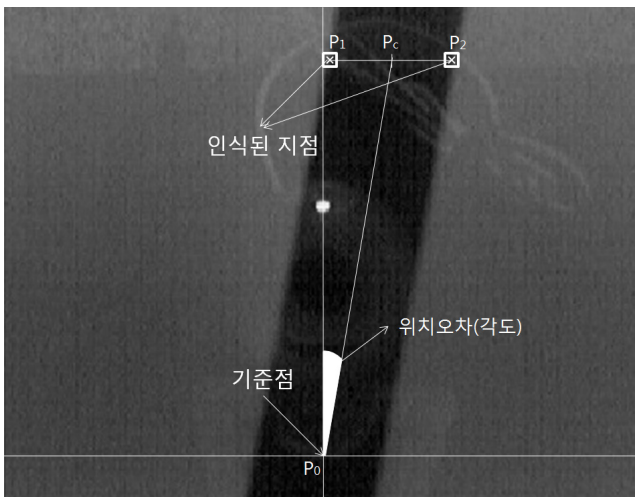
2.3.2 영상처리

영상처리에는 인텔(Intel)사에서 개발, 공개한 오픈소스인 Open CV 라이브러리를 이용하였다[4]. 이를 바탕으로 MFC(Microsoft Foundation Class) 환경에서 아래 그림 4와 같은 영상처리 프로그램을 작성하였다. 이 프로그램에는 영상처리 결과를 이동로봇으로 전송하는 통신 기능 또한 포함되어 있다.



〈그림 4〉 영상처리 프로그램

영상처리는 카메라로부터 입력받은 영상의 이진화[5]를 기본으로 수행한다. 영상의 이진화 처리는 창문을 통해 들어오는 햇빛이나 내부 조명의 영향을 받는다. 이로 인해 검은 선과 배경 간의 경계가 불분명하게 인식된다. 따라서 이진화 처리에 앞서 영상의 RGB 데이터를 표준화하여 이 문제를 개선하였다[6].



〈그림 5〉 위치오차(각도) 산출을 위한 영상처리

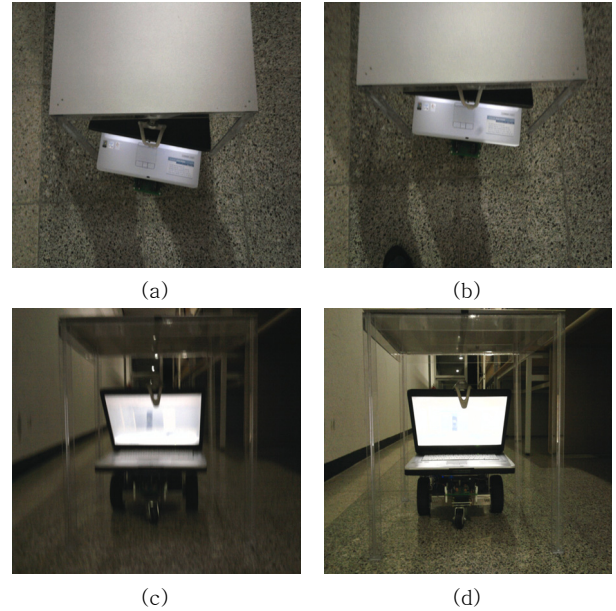
그림 5는 인식한 검은 선을 이용하여 위치오차를 각도 값으로 산출하는 과정을 나타낸 것이다. 픽셀의 y 좌표를 임의 값으로 고정된 상태에서 x 좌표를 증가시키며 픽셀 데이터를 검출하며 최초로 픽셀 데이터가 0이 되는 지점을 $P_1(x_1, y_1)$ 이라고 한다. P_1 로부터 다시 x 좌표를 증가시켜 픽셀 데이터를 검출했을 때, 픽셀 데이터가 255라 판단되는 지점의 한 단계 앞선 지점을 $P_2(x_2, y_2)$ 라고 한다. 이 때, 이 두 지점의 중간 지점을 $P_c(x_c, y_c)$ 라고 한다. 기준점을 $P_0(x_0, y_0)$ 라 할 때, 기준점 P_0 와 P_c 사이의 각도 값은 다음과 같다.

$$\text{위치오차}\theta = \arctan\left(\frac{x_c - x_0}{y_c - y_0}\right) \times \frac{180}{\pi} [^\circ]$$

2.3.3 이동로봇을 이용한 모의실험

모의실험은 가상의 트랜스포터로 가정된 2.3.1절의 이동로봇을 이용해 수행하였다. 가상의 스토웨지로는 플라스틱 구조물을 제작하여 사용하였다. 이동로봇은 미리 정해진 경로에 따라 플라스틱 구조물로 향하고, 구조물에 그려진 검은 선을 인식하는 순간부터는 영상처리 결과 산출되는 각도 값에 따라 주행한다. 인식한 검은 선의 픽셀 데이터를 세어 일정 이상이 되면 이동로봇이 플라스틱 구조물 아래에 충분히 진입했다고 판단하고 더 이상 전진하지 않는다. 이때부터는 제자리에서 각도 오차를

수정한다. 오차가 허용범위($-0.45^\circ \sim 0.45^\circ$) 안으로 줄어들면 자동 정렬이 완료되었다고 판단하여 이동로봇은 완전히 정지한다. 그림 6은 실제 실시한 모의실험의 사진으로 이동로봇이 플라스틱 구조물 아래에서 자동 정렬 하는 모습을 볼 수 있다. 그림 6의 (a)는 플라스틱 구조물에 도달한 이동로봇이 최초로 검은 선을 인식했을 때의 모습이다. (b)는 인식한 검은 선을 통해 계산한 각도 값의 오차를 수정하면서 구조물 아래로 진입하고 있는 모습이며, (c)는 일정 이상 진입하여 더 이상 전진하지 않으며 제자리에서 오차를 수정하는 모습이다. (d)는 오차가 허용 범위 안에 이르러 자동 정렬을 완료한 모습이다.



〈그림 6〉 모의실험

3. 결 론

본 논문에서는 라인트레이서의 원리를 이용하여 모바일 하버의 하역 자동화에 필요한 자동 정렬 방법을 제시하고 이동로봇을 이용한 모의실험을 수행, 제시한 방법의 성능을 검증하였다. 트랜스포터와 스토웨지 간의 자동 정렬은 자동화된 하역 작업에서의 화물 적재의 안정성 및 신뢰성을 높이는 데 있어서 중요한 역할을 한다. 그러나 이에 지나치게 치중할 경우 작업 속도의 감소를 초래하여 전체 시스템 운용에 악영향을 끼친다. 본 논문에서 제시하는 방법은 간단하면서도 효과적으로 자동 정렬을 수행할 수 있기 때문에 하역 작업 속도에 큰 영향을 끼치지 않는다. 또한 해상도가 낮은 저가의 카메라로도 충분히 처리할 수 있는 방식을 취하고 있어 비용면에서도 효율적이다.

그렇지만, 본 논문에서 제시한 방식은 주변 조도의 영향에 따라 자동 정렬에 오차가 발생할 수 있는 문제점이 있다. 또 유동하는 크레인에 실린 컨테이너와 트랜스포터 간의 자동 정렬과는 달리 본 논문에서 제시한 방법은 고정된 구조물인 스토웨지와 자동 정렬이기 때문에 적재 대상이 유동할 경우에는 그대로 적용하기에 무리가 있다. 따라서 추후 주변 조도의 영향에 강인하고 적재 대상의 유동에 대응할 수 있도록 제안된 시스템의 보완이 필요하다.

[참 고 문 헌]

[1] 박동윤, 박소정, 변성민, 정성훈, 김민환, “하역 자동화를 위한 비전 기반 컨테이너 야시 유도 및 위치지정”, 한국멀티미디어학회 추계학술발표대회논문집, pp. 540-543, 2006.
 [2] 김동윤, 송준엽, 차석근, 이승호, 이상수, “C/T 운송하역 항상 자동화 효율적 방안 연구”, 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp. 555-556, 2009.
 [3] Joseph Yiu, The Definitive Guide to the ARM Cortex-M3, Butterworth-Heinemann, pp.199-216, 2007.
 [4] 정성환, 이문호, 오픈소스 OpenCV를 이용한 컴퓨터 비전 실무 프로그래밍, 홍릉과학출판사, pp. 513-565, 2007.
 [5] E. R. Davies, Machine Vision, Morgan Kaufmann, Third Edition, pp. 102-129, 2004.
 [6] 이석원, 정철호, 한탁돈, “조명의 영향을 받은 컬러영상에서의 이진화 기법 연구”, 한국정보과학회 2005 가을 학술발표 논문집, 제32권 2호, pp. 949-951, 2005.