

# 컨테이너 터미널 내 이송 차량의 미래 교통 상황을 고려한 최적 주행 경로 추천 시스템

부산대학교 전기컴퓨터공학부 정보컴퓨터공학전공

Team : 백조벌조

201724479 박지영

201724534 이소연

2021년 05월 10일

지도교수 : 류광렬

# 목 차

<b>1. 과제 배경 및 목적</b>	<b>3</b>
1. 과제 배경	3
2. 기존 문제점	3
3. 과제 목표	3
<b>2. 컨테이너 터미널 분석</b>	<b>4</b>
1. 컨테이너 터미널 장비	4
2. 컨테이너 터미널 작업	4
3. 컨테이너 터미널 레이아웃	5
<b>3. 과제 세부 요구사항</b>	<b>5</b>
1. 세부 목표	5
1.1 최적의 경로 추천	5
1.2 성능	6
1.3 유지보수	6
2. 과제 세부 설계	6
2.1 자료 수집	6
2.2 차량 주행 속도 예측모델	6
2.3 모델 이용 방식	6
<b>4. 개발 일정 및 역할분담</b>	<b>7</b>
1. 개발 일정	8
2. 역할분담	9

## 1. 과제 배경 및 목적

### 1.1. 과제 배경

컨테이너 터미널에서는 주로 선박에서 컨테이너를 내리는 양하 작업과 선박에 컨테이너를 선박에 컨테이너를 싣는 적하 작업을 한다. 안벽 크레인(QC)은 선박이 정박하고 있는 안벽 영역에서 컨테이너를 양하 및 적하하는 크레인이다. 선박에서 꺼낸 컨테이너는 장치장(yard)에 임시로 보관하게 되는데 이때 내부 이송 차량(yt:yard truck)이 안벽과 장치장 사이를 오가며 컨테이너를 수송한다.

컨테이너 터미널 내부의 생산성은 작업-차량 할당, 안벽, 이송, 야드의 효율성, 터미널의 주요 시설 및 배치 형태에 따라 달라질 수 있으나 본 과제는 컨테이너 터미널 내부 이송 차량을 주목했다.

컨테이너 터미널의 작업 상황에 따라 터미널 특정 구역에 내부 이송 차량이 몰려 교통 체증이 발생할 수 있다. 이를 고려해 교통 체증이 발생할 것으로 예상하는 구역을 피해 모든 내부 이송 차량이 최적 주행 경로를 찾아 컨테이너 터미널의 생산성을 향상하고자 한다.

### 1.2. 기존 문제점

기존 컨테이너 터미널의 내부 이송 차량은 현재 시점만 고려하여 최적 주행 경로를 찾았다. 따라서 터미널 내부 특정 구역의 미래 교통 체증을 예상하지 못해 작업 처리 지연이 발생 됐다. 컨테이너 터미널의 작업은 사전에 계획되므로 향후 어떤 작업을 해야 하는지 미리 알 수 있다. 우리는 이를 이용하여 미래 교통 상황을 고려하여 각 내부 이송 차량의 최적 주행 경로를 추천하는 시스템을 만들고자 한다.

### 1.3. 과제 목표

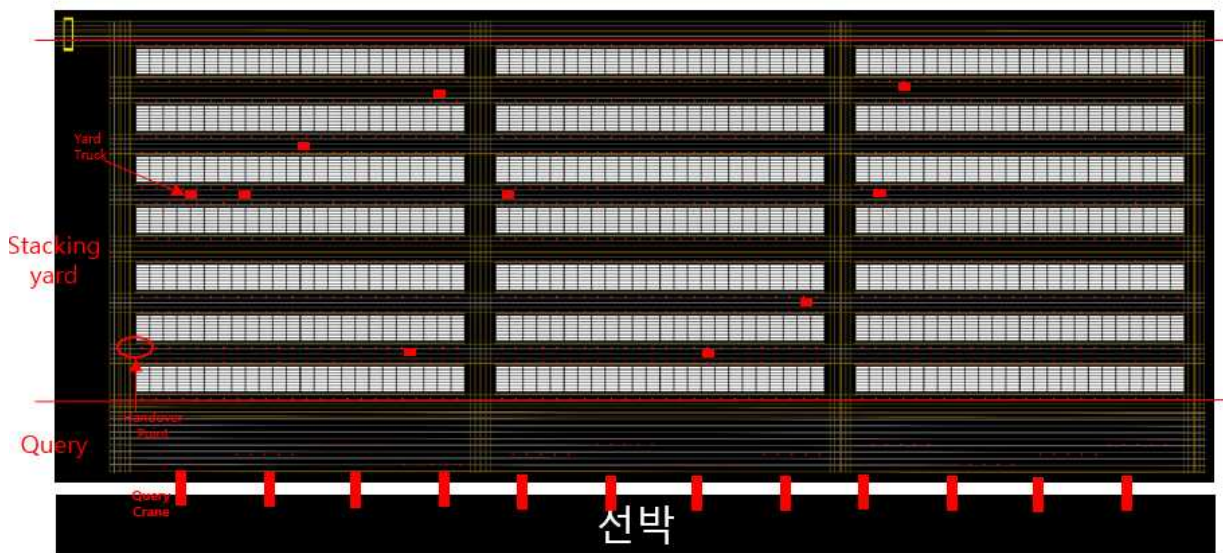
우리는 컨테이너 터미널 내부에 미리 계획되는 작업을 이용해 내부 이송 차량의 미래 교통 상황을 예측하여 최적 주행 경로 추천 시스템을 만들고자 한다.

시스템은 향후 이송 작업의 시작점과 목적지점을 미리 알 수 있으므로 이 데이터를 이용해 교통 체증을 예측하고 이미 작업을 수행 중인 이송 차량의 주행 경로를 함께 고려하도록 한다.

본 졸업 과제의 시스템을 사용해 무인 자동화 내부 이송 차량을 주행시켰을 때 내부 이송 차량의 작업 처리 속도 향상으로 전체 컨테이너 터미널 내부의 작업 효율 향상을 목표로 한다.

## 2. 컨테이너 터미널 분석

### 2.1. 컨테이너 터미널 장비



[그림 1] 컨테이너 터미널의 주요 장비 및 평면도

컨테이너 터미널의 주요 장비에는 안벽 크레인, 장치장 크레인, 내부 이송 차량 크게 세 가지가 있다. 안벽 크레인(QC:Quay Crane)은 선박에서 컨테이너를 양하 또는 적하하는 대형 크레인을 말하고, 장치장 크레인(YC:Yard Crane, Sc:Stacking Crane)은 항구에서 임시로 컨테이너를 보관하는 장소인 장치장(Stacking Yard)에서 컨테이너를 쌓거나 꺼내는 크레인을 말한다. 내부 이송 차량(YT:Yard Truck)은 안벽 영역에서 QC와 SC의 핸드오버 포인트(HP:Handover Point) 사이를 오가며 컨테이너를 운반하는 차량을 말한다. 컨테이너를 크레인으로 주고받는 특정 지점을 핸드오버 포인트라 한다. 외부 트럭(External Truck)은 주요 하역 장비에 속하지는 않지만, Hinterland 영역에서 Gate를 통해 외부와 장치장 사이를 오가며 컨테이너를 운반하는 차량을 말한다.

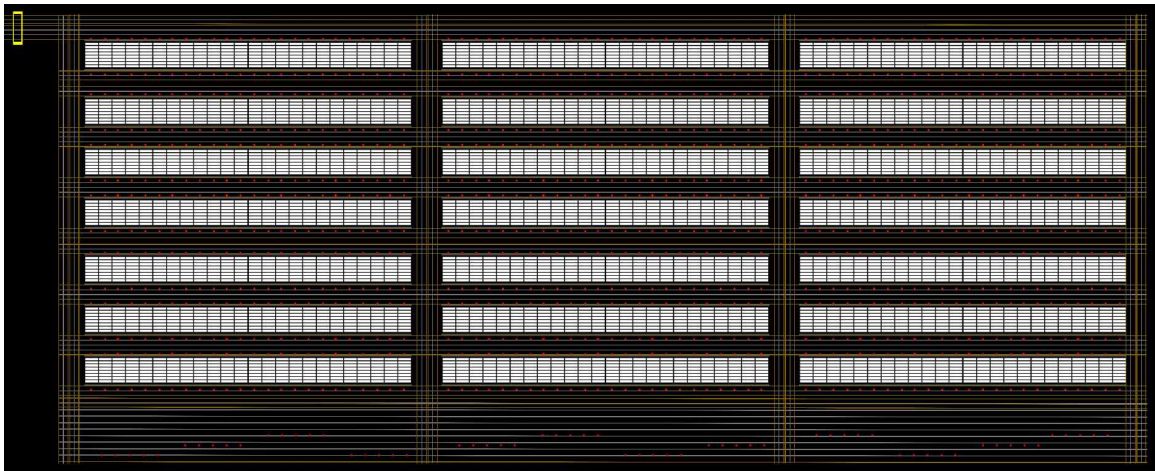
### 2.2. 컨테이너 터미널 작업

일반적으로 컨테이너 작업은 내부 이송 차량의 목적지에 따라 양하, 적하로 나뉜다. 양하 작업은 안벽 크레인이 선박에서부터 컨테이너를 내부 이송 차량(YT)에 싣고, 이송 차량이 목적 블록으로 이동하여 장치장 크레인이 컨테이너를 블록에 싣는 작업이고 반대로 적하 작업은 YT가 장치장 크레인으로부터 컨테이너를 받아 이동하여 안벽 크레인이 컨테이너를 선박에 싣는 작업이다.

본 과제는 외부 트럭의 영향을 고려하지 않기 때문에 반입, 반출 작업은 고려하지 않는다.

YT가 운송하는 작업 순서는 무부하 주행(empty travel) -> 크레인과 핸드오버(pick up)->부하 주행(loaded travel)->크레인과 핸드오버(drop off)로 네 단계로 이뤄진다. 무부하 주행은 크레인으로부터 컨테이너를 받을 위치까지 공차 상태로 주행하는 것을 말한다. 무부하 주행을 완료한 YT는 해당 크레인으로부터 컨테이너를 받기 위해 자기 차례를 기다린 후 정해진 컨테이너를 받는다. 부하 주행은 컨테이너를 받기 위해 자기 차례를 기다린 후 정해진 컨테이너를 받는다. 부하 주행은 컨테이너를 실은 후 목적 컨테이너까지 주행하는 것을 말한다. 부하 주행을 완료한 차량은 이전과 마찬가지로 해당 크레인에 컨테이너를 건네주기 위해 차례를 기다리고 핸드오버를 수행한다. 작업을 완료한 차량은 다시 작업을 할당받는다.

## 2.3. 컨테이너 터미널 레이아웃



[그림 2] 대상 터미널 레이아웃

제공된 [그림 2]는 YT가 작업하는 공간을 시각화한 것으로 장치장을 블록으로, 핸드오버 포인트는 YT가 대기 가능한 지점을 정점(빨간색 점)으로 나타냈다. 레이아웃의 구역별로 교통 자료를 수집한다.

## 3. 과제 세부 요구사항

### 3.1. 세부 목표

#### 3.1.1. 최적의 경로 추천

본 팀이 제안하는 모델의 역할은 기존의 알고리즘으로 결정되는 경로 중에서 다른 차들의 움직임을 고려한 최적의 주행 경로 하나를 생성하는 것이다. 즉, Neural Network를 바탕으로 차량 주행 속도를 예측해 효율적인 차량의 작업을 보장할 수 있도록 한다.

### 3.1.2. 성능

차량 작업 효율은 작업 시나리오를 주고 그 시나리오로 시뮬레이션을 해서 모든 작업을 완료하기까지 걸리는 시간을 얼마나 줄일 수 있는지 비교한다. 비교 대상은 모델을 사용하지 않고 최단거리로만 주행 경로를 결정했을 때의 작업 완료 소요시간이다. 예측 정확도가 높은 모델을 만들고 그 모델을 이용해서 차량 작업 효율을 높이는 것이 목표이다.

### 3.1.3. 유지보수

계속되는 작업으로 축적된 데이터를 바탕으로 차량당 작업 처리 시간의 감소율이 일정 수준 이하로 떨어지지 않게 해 유지 및 보수성을 높게 한다.

## 3.2. 세부 설계

### 3.2.1. 자료 수집

도로의 교통 상황을 파악하기 위해서 기준이 되는 도로 구간의 단위를 설정하는 것이 필요하다. 교차로와 같이 차량의 속도가 변하는 지점을 일종의 분기점으로 정한다. 이것을 ‘노드’라고 한다. 그리고 한 노드에서 다른 노드까지의 구간을 ‘링크’라고 부른다. 이렇게 링크라는 하나의 구간을 설정하면 이 링크가 막히는지, 원활한지 판단할 수 있다.

본 과제에서 자료를 수집하기 위해 제공된 시뮬레이터는 YT의 목적지가 결정되면 그 지점까지 최단거리 경로를 배정해 준다. YT는 이 경로를 따라 주행하게 된다. 이 과정에서 일정한 시간 간격마다 링크의 평균 속력 자료를 수집한다.

### 3.2.2. 차량 주행 속도 예측모델



[그림 3] 집합  $X(t)$



[그림 4] 집합  $Y(t)$

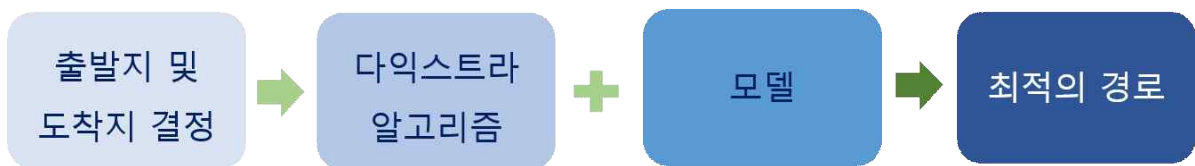
현재 시각을  $t$ 로 나타내고  $X(t) = (x_1, x_2, \dots, x_t)$ 는 같은 시간 간격에서 관측된 특정 링크의 교통 변수들의 집합이다. 본 과제에서는 교통 변수 중에서 차량의 속력 값만

사용한다. 따라서 우리는 링크의 평균 속력 집합인  $X(t)$ 로부터 사용 가능한 값과  $X(t)$ 를 이용해서  $Y(t) = (x_{t+1}, x_{t+2}, \dots, x_{t+m})$  을 구하는 것이다. 여기서  $m$ 은 최대 예측 시간이다.

평균 속력을 예측하고자 하는 간선을 ‘타겟 링크’라 한다. 예측모델의 입력값은 시각  $t$ 일 때의 타겟 링크, 타겟 링크로 들어오는 링크, 나가는 링크들의 평균 속력 값이다. 이 입력값들을 사용해서 타겟 링크의 시각  $t+1$ 일 때의 평균 속력을 결괏값으로 얻게 된다. 즉  $Y(t)$ 는 타겟 링크에 대해 일정 시간 간격으로 예측한 평균 속력 값의 집합이다.

모델의 성능을 높이기 위해 입출력에 따라 여러 모델을 제안한다. 첫 번째는 링크를 구성하는 방식이다. 터미널 레이아웃에서 어느 영역을 한 링크로 설정할지 링크 설정 범위를 달리하여 자료를 수집해 어떤 방안이 가장 효율적인지 확인해 본다. 두 번째는 차량의 움직임에 분류하여 이에 따른 각각 다른 모델을 만들어서 예측하는 것이다. 세 번째는 최대 예측 시각  $t+m$ 일 때 타겟 링크의 평균 속력인  $x_{t+m}$ 을 구하는 방식을 달리하는 것이다.  $x_t$ 를 가지고  $x_{t+1}$ 을 예측했다면 이 값을 다시 입력값으로 사용해  $x_{t+2}$ 를 예측하고 다시 이값을 입력값으로 다음 시간 간격일 때의 평균 속력을 구하는 방식으로 시각이  $t+m$ 일 때까지 이 과정을 반복하는 방법이 있다. 다른 방식은 일정한 시간 간격인 시각  $t+1$ 부터  $t+m$ 까지 각 시각에 대한 평균 속력을 예측하는 모델을 따로 구현하는 것이다. 이런 실험들을 통해 어떤 방식으로 모델을 구성하는 것이 효과적인지 확인해 본다.

### 3.2.3. 모델 이용 방식



[그림 5] 시스템 흐름도

전체 시스템 흐름은 [그림 5]와 같다. 작업이 할당된 YT가 목적지까지 가는 경로를 결정하기 위해 한 정점에서 모든 정점까지의 최단경로를 구하는 다익스트라 알고리즘을 사용한다. 하지만 이 경로는 현재 도로의 교통 상황을 반영하지 못한다. 따라서 이 알고리즘으로 구성된 경로에 모델을 적용한다. 모델은 경로에 속한 링크의 속력을 예측해 미래 교통 상황을 고려한 최단 시간으로 갈 수 있는 경로를 찾는다.

## 4. 개발 일정 및 역할분담

## 4.1. 개발 일정

6월					7월					8월					9월				
2주	3주	4주	5주		1주	2주	3주	4주	5주	1주	2주	3주	4주	5주	1주	2주	3주	4주	5주
Nueral Network 스터디																			
		시뮬레이터 코드 분석, 라우터 코드 분석																	
					모델 개발														
							중간 보고서 작성												
									모델 개발 및 보완										
											모델 평가								
												설계문서 작성							
													안전성 및 성능 검증						
														오류 수정 및 문제점 파악					
																	최종보고서 작성 및 발표준비		

[표 1 ] 개발 일정

개발 일정은 [표 1]과 같이 진행된다.

## 4.2. 역할분담

역할분담은 [표 2]와 같다.



이름	역할분담
박지영	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시뮬레이터 코드 분석</li> <li>- 모델 평가</li> <li>- 설계 문서 작성</li> </ul>
이소연	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 라우터 코드 분석</li> <li>- 안전성 및 성능 평가</li> <li>- 오류 수정 및 문제점 파악</li> </ul>
공동	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nueral Network 스터디</li> <li>- 모델 개발</li> <li>- 중간 보고서, 최종보고서 작성 및 발표준비</li> </ul>

[표 2 ] 역할분담

## [Reference]

1. 다익스트라 알고리즘

(<https://ko.wikipedia.org/wiki>)

2. 현대엠엔소프트 블로그

(<http://www.hyundai-mnsoft.com/>)

3. 최상희, 하태영 “컨테이너터미널의 야드배치 형태별 생산성 분석에 관한 연구”, 해양정책연구 제21편 1호 , 2006.

4. Mohammad Arif Rasyidi, “Short-term Traffic Prediction using Ensemble of Model Trees”, Pusan National University, 2015.