

# 하역장비 작업시간 중심의 컨테이너터미널 혼잡도 산정방식

신재영\* · † 조현준

\*한국해양대학교 물류시스템학과 교수, † 한국해양대학교 물류시스템학과 박사과정

## Method of calculating the congestion of container terminals centered on the working hours of unloading equipment

Jae-Young Shin\* · † Hyun-Jun Cho

\*Professor, Department of Logistics Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea  
† Ph.D Candidate, Department of Logistics Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**요 약** : 지난 COVID-19로 인해 항만 노동자 수가 일시적으로 감소하는 경우가 발생하였다. 감염병 확산 방지를 위해 다수의 노동자가 격리됨에 따라 항만 운영 프로세스 곳곳에서 병목과 대기가 발생하여 터미널의 혼잡도가 증가하였고, 이로 인해 터미널 운영 효율성이 저하되는 등의 문제가 발생하였다. 그러나 터미널 혼잡도는 터미널의 운영 효율성과 직결되는 핵심 지표임에도 터미널 내부 하역장비 중심의 혼잡도는 명확한 계산이 이루어지지 않는것으로 파악된다. 따라서 본 연구를 통해 하역장비 중심의 컨테이너터미널 혼잡도를 측정하고자 한다.

여러 분야에서 일반적으로 사용되는 혼잡도 산정방식은 이미지 기반의 데이터를 바탕으로 혼잡도를 측정하고 있다. 이러한 방식은 양적 계획에 따라 움직이는 하역장비의 특성상 기존의 혼잡도 산정방식을 그대로 적용하는것은 다소 무리가 있다. 따라서 본 연구에서는 장비의 대기 시간 및 turn around time 등을 활용한 터미널 혼잡도의 산정방식을 제시하고, 부산항 A 터미널의 데이터를 활용하여 산정된 혼잡도의 유의성을 검증하였다.

**핵심용어** : 컨테이너 터미널, 혼잡도, 야드 트럭, 항만운영 효율화, 하역장비

**Abstract** : There have been cases where the number of port workers has temporarily decreased due to COVID-19. To prevent the spread of COVID-19, a number of workers were quarantined, resulting in bottlenecks and waiting throughout the port operation process, increasing the congestion of terminals. As a result, problems such as a decrease in terminal operation efficiency occurred. However, it is understood that congestion centered on unloading equipment inside the terminal is not clearly calculated. Terminal congestion is thought to be a key factor directly related to the operational efficiency of the terminal.

The congestion calculation method generally used in various fields measures congestion based on image-based data. Due to the nature of the loading and unloading equipment that moves according to the quantitative loading plan, it is unreasonable to apply the existing congestion calculation method. Therefore, this study presented a method of calculating terminal congestion using equipment waiting time and turnaround time, and verified the statistical significance of the congestion calculated using data from Terminal A of Busan Port.

**Key words** : Container Terminal, Yard Tractor, Working Time,

## 1. 서 론

지난 COVID-19로 인해 항만 노동자 수가 일시적으로 감소하는 경우가 발생하였다. 감염병 확산 방지를 위해 다수의 노동자가 격리됨에 따라 항만 운영 프로세스 곳곳에서 병목과 대기가 발생하여 터미널의 혼잡도가 증가하였고, 이로 인해 터미널 운영 효율성이 저하되는 등의 문제가 발생하였다. 당시 항만의 상황은 항만 혼잡도를 통해 확인할 수 있다. 그러나 선박의 체선과 체화를 중심으로 측정하는 항만 혼잡도와 달리 터미널 내부 하역장비 중심의 혼잡은 명확한 계산이 이루어지지 않는것으로 파악된다.

터미널 혼잡도는 터미널의 운영 효율성과 직결되는 핵심 지표로, 터미널 혼잡도를 측정하여 체선과 체화의 발생을 방지 또는 대응하고, 반출입 차량의 의사결정 지원, 시물레이션을

활용한 장비의 배정 등 다양한 분야에 사용할 수 있으며, 혼잡도를 인공지능망 모형의 핵심 변수로 사용하여 활용 분야를 더욱 확장할 수 있다.

혼잡은 장비의 대기과 유사하게 사용되기도 하는데, 대기를 발생하지 않도록 장비를 배정하기 위해 불필요한 작업이 추가로 배정되는 등의 경우 대기율은 감소하지만 혼잡도는 증가할 수 있다. 따라서 대기과 혼잡을 서로 다른 변수로 가정하여야 한다.

여러 분야에서 일반적으로 사용되는 혼잡도 산정방식은 이미지 기반의 데이터를 바탕으로 혼잡도를 측정하고 있다. 그러나 터미널의 작업 과정을 이미지 기반의 데이터로 모두 수집하는 것은 한계가 있으며, RFID 등의 장비를 통해 수집한 데이터를 가시화하여 분석할 수 있으나, 양적 계획에 따라 움직이는 하역장비의 특성상 기존의 혼잡도 산정방식을 적용

하는 것은 무리가 있다.……(중략)…….

## 2.. 선행연구 고찰

본 연구에서는 Y/T의 작업시간을 중심으로 터미널 혼잡도 산정에 초점을 두고 연구를 진행하였으며, Y/T의 turn around time, 대기시간 등을 통해 산정된 터미널 혼잡도를 산정하고, 실제 항만의 데이터를 활용하여 산정된 혼잡도의 유의성을 검증하였다.

……(중략)…….

### 2.1 혼잡도 산정

일반적으로 사용되는 혼잡도의 산정방식은 일반적으로 ‘사용 가능한 자원’ 대비 ‘사용 중인 자원’으로 산정되며, 주로 이미지를 기반으로 측정하고 있다.…… (중략) …….

김(2018)은 ……

…… (중략) …….

## 3. 컨테이너터미널 혼잡도 산정

일반적으로 사용되는 혼잡도 산정방식은 양적하게획에 따라 움직이는 하역장비의 특성을 반영하기 어렵다. 따라서 터미널 운영 프로세스의 특성을 반영한 혼잡도 산정방식이 필요하다. 터미널의 하역장비는 기초가 되는 양적하 계획을 바탕으로, 특정 시점에서의 장비의 위치 및 운영 효율을 고려하여 배정된다. ……(중략)…….

이(1998)는 해역의 혼잡도를 선박이 선택할 수 있는 피항 공간이 얼마나 제한되어 있는가를 바탕으로 측정하고 있다. 이를 하역장비에 적용한다면, 배정된 작업을 수행하기 위해 선택할 수 있는 경로의 수를 바탕으로 측정해 볼 수 있다.

……(중략)…….

하역장비는 지정된 경로를 크게 벗어나지 않는 특성을 가진다. 따라서 장치장의 레이아웃을 노드와 링크로 나타낼 수 있으며, Dijkstra algorithm을 활용하여 하역장비의 경로를 추정할 수 있다.

……(중략)…….

## 4. 결 론

본 연구에서는 장비의 대기시간 및 turn around time 등을 활용한 터미널 혼잡도의 산정방식을 제시하고, 부산항 A 터미널의 데이터를 활용하여 산정된 혼잡도의 통계적 유의성을 검증

하였다. 본 연구는 Y/T의 작업시간을 바탕으로 컨테이너터미널의 혼잡도를 제시하고 있으므로 터미널의 상황과 특성에 따라 외부 트럭의 작업시간을 예측하거나, 의사결정을 지원하는 기준으로 활용할 수 있다. ……(중략)…….

단, 터미널의 운영 프로세스 및 터미널 내 장비의 성능이 항상 또는 변경됨에 따라 사용되는 모수는 조정될 필요가 있다.

본 연구에서는 1개의 터미널을 대상으로 연구를 진행하였으나, 향후 터미널의 공유 플랫폼 활성화 등을 통한 통합운영이 이루어질 수 있다. 이에 따라 통합운영이 진행중인 터미널 전체의 혼잡도를 측정하는 연구도 수행할 필요가 있다.

……(중략)…….

## 참 고 문 헌

- [1] 정순기, 이광호, 김주환, 원광영(1994), 실시간 혼잡도 측정 시스템의 설계 및 구현, 한국정보과학회 학술발표논문집 제21권 2호(A), pp. 451-454.
  - [2] 이한진, 공인영(1998), 항만 내 교통류 시뮬레이션에 기초한 혼잡도 평가, 한국해양환경공학회지 제 1권 1호, pp. 47-55.
  - [3] 하창승, 서문교(2010), RTLS기반의 폴딩운영에서 실시간 YT 추적과 장치장 혼잡도 분석, 한국산학기술학회논문지 제 11권 7호, pp. 2603-2609.
  - [4] 김강민, 정창현, 장영재(2020), 다수의 Automated Guided AGV(AGV)가 양방향으로 이동할 수 있는 물류창고에서, 혼잡과 교착 상태를 피할 수 있는 라우팅 알고리즘 개발, 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, pp. 3116-3140.
  - [5] Gawrilow, E., Kohler, E., Mohring, R. H., and Stenzel, B. (2008). Dynamic Routing of Automated Guided Vehicles in Real-Time, in Mathematics—Key Technology for the Future, Springer, pp. 165 - 177
- …… (중략) …….