creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:21028-200000342367

물류학석사 학위논문

부산항 환적 컨테이너 운송 프로세스 개선에 관한 연구
- 북항-신항간 환적화물을 중심으로

A Study on Improvement of Container Transshipment Process in Busan Port
- Focused on Transshipment between Busan Port and Busan New Port

지도교수 신 재 영

2020 년 8 월

한국해양대학교 글로벌물류대학원

해운항만물류학과

최 양 호

本 論文을 崔讓皓의 物流學碩士 學位論文으로 認准함

위원장 : 김 윤 성 (인)

위 원 : 김 시 현 (인)

위 원 : 신 재 영 (인)

2020년 7월

한국해양대학교 글로벌물류대학원

Collection @ kmou

목 차

Abstract ····· iv
국문초록 ····· vi

제 1 장 서 론 ····· 1
1.1 연구의 배경 및 목적 ····· 1
1.2 관련문헌 연구 ····· 3
1.3 연구 방법 ····· 7
제 2 장 부산항 환적 화물 운송 현황 ····· 8
2.1 부산항 현황 ····· 8
2.2 현행 ITT의 문제점 분석 ····· 11
2.3 부산항 ITT 문제 해결을 위한 전략적 방안 ····· 18
제 3 장 부산항 ITT 운영 프로세스 분석 ····· 20
3.1 부산항 환적화물운송 배차 프로세스 ····· 20
3.2 부산항 환적화물운송 배차계획 수립기준 ····· 22
3.3 데이터 분석 및 운영상의 문제점 도출 ····· 25
제 4장 북항-신항 ITT 운영 개선안 ····· 31
4.1 반입터미널 상황을 반영한 배차계획 ····· 31
4.2 배후단지 버퍼지역 활용 ····· 47
제 5장 결론 ····· 67
참 고 문 헌 ····· 69

Collection @ kmou

표 목차

<표 1> 세계 컨테이너 항만 순위 ····· 8
<표 2> 최근 5년간 부산항 컨테이너 물동량 ····· 9
<표 3> 세계 해운동맹 재편에 따른 글로벌 선복량 ····· 11
<표 4> 부산 신항 및 북항 타부두 환적 컨테이너 물동량 추이 ····· 12
<표 5> 북항↔신항 간 환적화물 운송량(2019년) ····· 13
<표 6> 안전운임제 시행전후 위탁운임기준 환적화물 물류비용 ····· 15
<표 7> 화물 상하차 시간 증가 잠재요인 도출 ····· 17
<표 8> 타부두 운송시간 증가 잠재요인 도출 ····· 17
<표 9> C업체의 A→ B터미널 환적화물운송 데이터의 반출작업 시간대별 분석 ··· 29
<표 10> C업체의 A→ B터미널 환적화물운송 데이터의 반입작업 시간대별 분석 · 30
<표 11> C업체의 환적운송 반출·반입시간(2019년 6월 13일~14일) ····· 37
<표 12> C업체의 환적운송 프리타임(2019년 6월 13일~14일) ····· 38
<표 13> 기존 작업 할당 타임테이블
(2019년 6월 13일~14일 C업체 기준 실제 할당된 작업) ····· 41
<표 14> 반출입 Ft 예시(100건) ····· 42
<표 15> 테스트를 위한 시간대별 가용량 ····· 44
<표 16> 기존 작업 할당 타임테이블 중 100건 추출 ····· 45
<표 17> 반입터미널 가용량 활용 작업 할당 타임테이블 ····· 46
<표 18> 작업 할당 결과에 따른 대기시간 발생 비교 ····· 47
<표 19> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 1) ····· 57
<표 20> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 2) ····· 58
<표 21> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 3) ····· 59
<표 22> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 4) ····· 60
<표 23> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 5) ····· 61
<표 24> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 6) ····· 62
<표 25> 버퍼지역 규모에 따른 작업할당 결과표 ····· 63
<표 26> 작업 할당 결과에 따른 대기시간 발생 비교 ····· 63
<표 27> 환적화물운송 운임표 - 안전운임제 ····· 65
<표 28> 환적화물운송 운임과 버퍼지역 운영시 비용 비교 ····· 65
<표 29> 버퍼지역 규모에 따른 비용 계산표 ····· 66

Collection @ kmou

그림 목차

<그림 1> 연구의 구성 및 흐름 ····· 7
<그림 2> 부산항 환적컨테이너 물동량 비중 변화 추이(2009~2018) ····· 11
<그림 3> 현행 환적화물 운송의 구조와 문제점 ····· 12
<그림 4> 웅동 배후단지 물동량을 이용한 환적화물 복화운송 ····· 14
<그림 5> BPA 6시그마 과제분석 (출처 : 부산항만공사) ····· 16
<그림 6> ITT 문제점의 전략적 해결방안 ····· 18
<그림 7> 타부두 환적화물 운송 프로세스 ····· 20
<그림 8> 타부두 환적화물 운송 배차 프로세스 ····· 21
<그림 9> 북항-신항 환적화물운송 배차계획 수립 기준 ····· 22
<그림 10> 데이터 웹크롤링 작업 ····· 26
<그림 11> C업체의 A→ B터미널 반출작업 및 평균대기시간 시간대별 분포 ····· 29
<그림 12> C업체의 A→ B터미널 반입작업 및 평균대기시간 시간대별 분포 ····· 30
<그림 13> A-B터미널 혼잡도, 프리타임을 반영한 반출반입 모형 ····· 32
<그림 14> 반입터미널 상황을 반영한 배차 해법 ····· 34
<그림 15> 대기시간 감소 방안 마련의 필요성 ····· 48
<그림 16> 버퍼지역 운영 과정 ····· 49
<그림 17> 버퍼지역을 활용한 배차 해법 ····· 51

Collection @ kmou

A Study on Improvement of Container Transshipment Process in Busan Port
- Focused on Transshipment between Busan Port and Busan New Port

Choi, Yang Ho

Department of Shipping and Port Logistics
Graduate School of Global Logistics
Korea Maritime and Ocean University

Abstract

In order to attract transshipment cargo, which is a yardstick of high added value and the nation's logistics activity, ports around the world have entered into a fierce competition, and Korea has also established a plan to build the world's second-largest transshipment cargo hub in Busan Port and is approaching it in various ways, including strategic incentives. Thus, methods of sharing and processing information on transshipment cargo are being highlighted as important factors for efficient transshipment cargo handling at ports.

However, policies and situations that have a negative impact on attracting transshipment cargo have occurred since mid 2019. Social and cost-effective problems caused by China's announcement of the lifting of the carbotage policy are negatively affecting the transshipment cargo system, the rapid increase in logistics costs caused by the safe freight

Collection @ kmou

system, the opening and closing of unnecessary ports due to the Corona19.

Therefore, this study identifies transshipment cargo volumes and transport systems from the early 2000s to the recent period, analyzes the actual transport data of the carriers, and diagnoses problems with existing arrangements for transshipment. In addition, to solve the problems of the existing method in terms of the actual carrier, we would like to present a solution for establishing the operation plan and test the efficiency of the alternatives through the actual case.

KEY WORDS: Inter-Terminal Transportation, Busan New Port, Busan Port

Collection @ kmou

부산항 환적 컨테이너 운송 프로세스 개선에 관한 연구
- 북항-신항 간 환적화물을 중심으로

최 양 호

한국해양대학교 글로벌물류대학원

해운항만물류학과

초 록

높은 부가가치와 국가의 물류 활성도의 잣대가 되는 환적화물을 유치하기 위해 전 세계 항만에서는 치열한 경쟁 체제에 돌입한 상태이고, 한국도 세계 2위의 환적화물 허브항을 부산항에 만드는 계획을 수립하고 전략적인 인센티브제 등 다양한 방면으로 접근하고 있다. 이에, 항만에서의 효율적인 환적화물 처리를 위해 환적화물에 대한 정보 공유 및 처리 방법들이 중요한 요소로 부각되고 있다.

하지만 2019년 중반부터 환적화물 물동량 유치에 부정적인 영향을 끼치는 정책 및 여러 상황이 발생하고 있다. 중국의 카보타지 정책 해제 발표로 인한 연근해 환적화물 물동량 이탈, 안전운임제로 인한 급격한 물류비용 상승, 코로나19로 인해 불필요한 항만 개장, 폐장을 반복하면서 생긴 사회적, 비용적 문제 등이 환적화물 운송 시스템에 부정적인 영향을 끼치고 있다.

따라서 본 연구에서는 2000년대 초반부터 최근까지의 환적화물 물동량과 운송 시스템을 파악하고, 운송사의 실제 운송 데이터를 분석하여 환적화물 운송 시 기존 배차계획 수립 방식에 따른 문제점을 진단한다. 또한, 실제 운송사 측면에서 기존 방식의 문제점을 해결하기 위해 운영계획 수립 해법을 제시하고 실제 사례를 통한 대안의 효율성을 검정하고자 한다.

KEY WORDS: 환적화물, 부산신항, 부산항

Collection @ kmou

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

초창기 항만은 생산과 소비 활동을 위한 화물들의 이동통로 역할을 위해 건설되어 경제발전을 위한 필수적인 요소로 자리 잡았다. 20세기 중반부터 전 세계가 급격한 경제성장을 이루기 시작하면서 국가 간 무역장벽의 벽이 낮아지고, 정보통신의 발전으로 실시간 교류가 가능해지면서 항만의 역할 증대와 필요성에 대한 요구가 증가하였다. 그 결과 현재 항만은 운송, 보관 등의 기초적인 물류 활동에 그치지 않고 포장, 가공, 조립 등 다양한 부가가치를 발생시키는 역할을 하고 있다.

우리나라의 경우 기술과 인력을 바탕으로 원재료를 수입하여 완제품을 만들어 수출하는 수출입물량을 중심으로 물류와 경제를 발전하게 했다. 하지만 낮은 인건비와 물류비를 앞세운 중국이 세계 제조업 흐름의 기준이 되면서 수출입물량에 대한 경쟁력은 약해지게 되었고, 국가의 지리적 위치에 적합한 환적화물 유치를 목표로 물류시장 확대에 힘쓰고 있다. 그 결과 전체 화물 물동량에 대해 환적화물이 차지하는 물동량은 매년 꾸준히 증가하는 추세이다.

환적화물이란 항만 내에 접안한 선박으로부터 화물을 하역한 후, 목적지별 선박에 다시 싣고 떠나보내는 화물을 의미한다. 이 과정에서 2번의 하역작업을 거치게 되고 선적 대기를 위한 보관료 등 높은 부가가치를 창출한다. 높은 부가가치와 국가의 물류 활성도의 잣대가 되는 환적화물을 유치하기 위해 전 세계 항만에서는 치열한 경쟁체제에 돌입한 상태이고, 우리나라도 세계 2위의 환적화물 허브항을 부산항에 만드는 계획을 수립하고 전략적인 인센티브제 등 다양한 방면으로 접근하고 있다. 이에, 항만에서의 효율적인 환적화물 처리를 위해 환적화물에 대한 정보 공유 및 처리 방법들이 중요한 요소로 부각 되고 있다.

부산항의 컨테이너 물동량은 2016년 한진 사태로 인한 일시적인 물량감소

Collection @ kmou

이후 회복세에 접어들어 2,000만 TEU를 달성하였고, 특히 2014년부터 전체 물동량 중 환적화물이 차지하는 비중이 50%를 돌파하면서 효율적인 환적화물 운송 시스템 도입이 필수적인 상황이다. 부산항은 2006년 신항이 개장하면서 북항(16선석)과 신항(21선석)을 이원화 시스템으로 운영 중이고, 환적화물 물동량도 북항-북항 중심에서 북항-신항, 신항-신항으로 범위가 확장되면서 허브항만의 역할을 하고 있다.

하지만 2019년 중반부터 환적화물 물동량 유치에 부정적인 영향을 끼치는 정책 및 여러 상황이 발생하고 있다. 중국이 자국 내에서 시행 중인 해운 부문 카보타지 정책(Cabotage, 외국적선의 연근해수송 금지)을 해제하는 것이 확실시되면서 상하이, 닝보, 칭다오, 샤먼 등 중국과 가장 가까운 부산항으로 유입되는 상당한 양의 물량 이탈이 우려되고 있다.

또한, 2020년부터 낮은 운임으로 과로, 과적, 과속 위험에 내몰리는 화물 운송 종사자의 근로 여건을 개선하고자 화물차의 운행 거리 및 톤당 운임 비용을 선정하여 화물차주가 지급받는 최소한의 운송비용을 공시하는 '화물 안전 운임제' 가 시행되면서 물류비용이 급격하게 상승하여 글로벌 선사들의 부산항 이탈을 고려하지 않을 수 없게 되었다.

2019년 12월 중국에서 발생한 코로나19로 인해 많은 항만이 불필요한 폐장과 개장을 반복하면서 터미널 장치율이 상승하여 사회적, 비용적 문제가 발생하고 있다. 일반적으로 터미널은 장치율이 80% 이상이 되면 야드활용 및 선박의 양적하 작업이 효율적으로 이루어지지 않는다. 특히 선박의 입항과 출항에 영향을 많이 받는 타부두 환적화물의 경우 일정 기간에 선박이 몰리게 되면서 터미널의 장치율이 평균치를 유지하지 못하게 될 뿐만 아니라 효율적인 환적화물 운송을 위한 배차계획 수립에도 많은 문제를 야기하여 전체 물류비용을 상승시키고 있다.

이러한 문제점들을 해결하고 부산항의 물동량 유치를 통한 세계 2대 환적거점 항만으로의 도약을 목표로 신항 서컨테이너부두 개장(2022년 예정) 등 정부에서는 여러 가지 발전 전략을 내세우고 있다. 부산항의 환적화물 물동량

Collection @ kmou

이탈과 해운경기 장기침체를 개선하기 위해 2017년 해운 얼라이언스 개편, 전략적인 인센티브제도 활성화 등 전략적인 계획수립·시행중이고 효율적인 환적화물 운영을 위해 터미널 내 휀스 개방, 반·출입 예약시스템 등 많은 선행연구가 있으나 가시적인 효과가 나타나지 않고 있는 상황이다.

따라서 본 연구에서는 2000년대 초반부터 최근까지의 환적화물 물동량과 운송 시스템을 파악하고, 운송사의 실제 운송 실적 데이터를 분석하여 환적화물 운송시 기존 배차계획 수립 방식에 따른 문제점을 진단한다. 또한, 실제 운송사 측면에서 기존 방식의 문제점을 해결하기 위해 운영계획 수립 해법을 제시하고 실제 사례를 통한 대안의 효율성 검정을 하고자 한다.

1.2 관련문헌 연구

1.2.1 VBS 관련 연구

국내에서는 90년도 초 반출 예약제와 유사한 제도를 시행한 경험이 있지만 정보 공유 등의 문제로 폐기된 바 있었다. 이에 따라, 국내 실정에 맞는 반출 예약제 도입을 위해 고려되어야 할 사항이나 도입 시 문제점, 타당성 등에 대한 연구가 다수 이루어졌다.

이와 관련하여, 한국해양수산개발원[2001]에서는 컨테이너 화물 반출 예약제 도입을 위해 터미널 운영 회사, 화주, 포워더, 운송회사 등을 대상으로 설문 및 면담조사를 통해 문제점과 대응 방안을 제시하였으며, 김우선 외 2명[2003]은 반출 예약제 시행에 따른 터미널 측면 이점에 대해 계량적 분석을 실시하였다. 또한, 장동원[2015]은 부산 신항 개장 이후 반출 예약제 도입을 위해 관련 기술의 개발 파악과 지원의 필요성을 지적하였다.

한국해양대학교[2015]는 컨테이너 화물의 반출입 예약제를 위한 클라우드 플랫폼 제공과 정보화에 따른 물류비 절감, 컨테이너 터미널 생산성 향상을 고려한 기술적 타당성을 검토하였다. 또한, 반출 예약제 도입을 위한 정보화 필요성을 지적하고, 기술 수요 조사 및 시스템 구축 방향을 제안함으로써 부산항 반출 예약 시스템 구축의 기반 연구를 진행하였다.

Collection @ kmou

국외의 경우 요코하마항 컨테이너 반출입 예약제, 홍콩 HIT GATE 반출입 예약제, 미국 BENT Terminal 반출입 서비스, 뉴질랜드 오클랜드항의 차량 예약 시스템, 영구 펠릭스토항의 차량 예약 시스템, 아랍에미레이트 두바이 항의 E-Token 등 반출 예약제 도입이 이루어진 다수의 항만이 존재하며, 이에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다(한국해양대학교, 2015). 주로 게이트 정체 문제에 관하여 연구되었으며, 이론적 접근, 최적화, 시뮬레이션 방법 등 다양한 방식으로 연구가 이루어져왔다.

트럭 예약 시스템의 주요 파라미터에 대한 최초의 연구는 Huynh, Walton[2005]로 도출한 파라미터를 활용하여 수학적 공식과 시뮬레이션을 활용하여 트럭 예약 시스템을 위한 최적 트럭 대수 결정을 위한 방법론을 제안하였다.

Morais, Lord[2006], Giuliano, O' Brein[2007], Chen et al.[2013]은 정량적 방법 및 설문을 활용하여 온실가스 배출 감소 및 트럭 엔진 배출 감소 등 환경적 측면에서 트럭 예약 시스템의 영향을 평가하였다.

또한, Lam, Englert[2008], Huynh[2009], Zhao ,Goodchild[2010]는 시뮬레이션을 통해 터미널 운영 변수와 트럭 도착 정보가 컨테이너 처리 효율성에 미치는 영향을 평가하였다.

이후 Guan, Liu[2009], Chen, Yang[2010], Chen et al.[2013], Zhang et al.[2013], Zehendner, Feillet[2014], Phan and Kim[2015], Torkjazi et al.[2018]은 트럭 예약 시스템을 통한 터미널 혼잡 완화를 위해 다양한 터미널 운영 변수를 구성하고, 이를 기반으로 IP(정수계획법), MIP(혼합 정수계획법), MINLP(혼합 정수 비선형계획법) 등 트럭 대기 최소화를 목적으로 하는 다양한 형태의 수리 모형을 제안하고, 최적의 솔루션을 통해 트럭 대기 시간 감소 효과를 검증하였다.

Jovanovic[2018]은 기존 대다수의 연구가 터미널 운영의 관점에서 TAS를 분석한 것과 다르게 트럭 운전자를 중심으로 분석하였다. 개별 트럭 운전자가 하루에 컨테이너 터미널을 여러 번 방문한다는 사실을 중점으로 하여 IP를 개

Collection @ kmou

발하여 최적화 실험을 통해 게이트 대기 시간에 대한 영향을 구하였다.

최근에는 터미널 운영의 임의성을 고려하여 시뮬레이션 모델과 MIP(혼합 정수계획법)을 통합하는 시뮬레이션 기반 최적화 접근법을 활용한 연구도 진행된 바 있다(Azab et al, 2019).

트럭 예약 시스템 관련 연구를 정리하자면, 이전 연구는 터미널에서 트럭 지연, 야드 장비 유휴 시간, 트럭 배출, 에너지 소비 및 수입 운송 시간을 최소화하기 위해 트럭 예약 시스템을 적용하여 터미널의 트럭 도착을 최적화하고자 하였다. 트럭 예약 시스템을 최적화하려는 연구는 수학 프로그래밍을 사용하는 경향이 있었지만 트럭 예약 시스템 파라미터의 영향을 평가하려는 연구는 시뮬레이션 또는 대기행렬 이론을 사용하는 경향이 있었다. 일부 연구자들은 트럭 예약 할당량뿐만 아니라 트럭 예약 타임 윈도우에 대한 최적 길이를 고려하는 연구의 확장을 시도하기도 하였고, 일부는 트럭뿐만 아니라 기차, 바지선 및 선박에 대한 트럭 예약 시스템에 대한 연구를 시도하기도 하였다. 이러한 학문 연구에 따르면 효과적인 트럭 예약 시스템은 이해 관계자에게 도움이 될 수 있지만 실제 트럭 예약의 특성이 고려되지 않았기 때문에 적용 범위가 제한적이라고 볼 수 있다.

1.2.2 ITT 관련 연구

국내 ITT 관련 연구는 초기 한국 철도기술 연구원[2013], 오석문 외 2인[2014]과 같은 ITT 시스템 구축을 위한 개발 계획 및 타당성 검증에 관련한 연구가 대부분이었다. 이후 박남규, 이정훈[2017], 백용주[2017], 박진기[2017]는 ITT 시스템의 효율적인 운영을 위한 Platform 구축의 필요성을 언급하며, 세부 구축 방안, 활용방안, 기대효과 등을 제시하였다.

또한, 김학봉, 김갑환[2015], 박형준[2017], Xuefeng Jin, 김갑환[2018]은 ITT를 IP문제로 해석하여 수리 모형화시키고, 최적화 방법을 활용하여 풀이하였다.

박상국, 김영두[2016]은 시뮬레이션 방법을 활용하여 트럭당 진출입 처리시

Collection @ kmou

간에 따른 시나리오별 분석을 통해 트럭 대기를 최소화시키는 최적 게이트 시스템 운영 기준을 찾았다.

국외의 경우 수리적 모형을 활용한 최적화, 시뮬레이션 방법론을 활용한 연구가 대다수였다.

Der-Horng Lee 외 2인[2012]은 컨테이너 환적 화물의 ITT 문제에 야드 할당 문제를 함께 고려하여 수리 모형화하였다. 문제 해결을 위해 휴리스틱 해법을 개발하고 최적해와 비교하여 효과를 검증하였다.

Frans Nieuwkoop 외 3인[2014], Kevin Tierney외 2인[2014]은 로테르담 항만의 마스블락터를 대상으로 ITT의 실질적 측면을 모형에 반영하여 최소비용 흐름 모형을 제안하고 모델링된 ITT 수리적 모형을 CPLEX로 계산하여 다양한 조건과 시나리오에 따른 차이를 비교 분석하였다.

Heilig and Voss[2016]는 대부분의 ITT 관련 연구는 ITT 정보시스템에 대한 연구부터 시뮬레이션, 최적화, 사례 분석 등으로 다양하게 구분되지만, 대부분 최적화 및 시뮬레이션 접근 방식을 제공하여 다양한 ITT 개념 및 구성을 모델링하고 평가하는데 집중하였다. 이러한 연구 분야는 데이터 입력에 의존하기 때문에 미래의 과제 해결을 위해서는 다른 항만 지역을 고려한 경험적 연구 및 관련자의 요구 사항이 명시적으로 포함된 연구가 필요하다고 주장하였다.

이에 대해, Heilig는 2017년 2건의 논문을 통해 트럭 라우팅 문제를 최적화하는 해법을 제안하고 실험을 통해 테스트를 실시하였으며, 개발한 해법을 모바일 클라우드 플랫폼에 통합하고 테스트하였다(Heilig et al,2017).

Hu et al.[2016]은 타임 스페이스 그래프를 활용하여 타부서치 해법을 제안하였고, 마스블락터에 위치한 18개 터미널 네트워크에 해법을 적용하여 테스트하였고, CPLEX와 타부서치 해법을 통한 결과를 비교하였다.

Hu et al.[2018]은 ITT 문제에 철도화물 운송 프로세스를 접목시켜 통합하는 수리 모형을 개발하였으며, 문제 해결을 위해 타부서치 해법을 개발하였다. 다양한 수요 시나리오에서 테스트를 진행하였고, CPLEX를 활용한 최적해와 타

Collection @ kmou

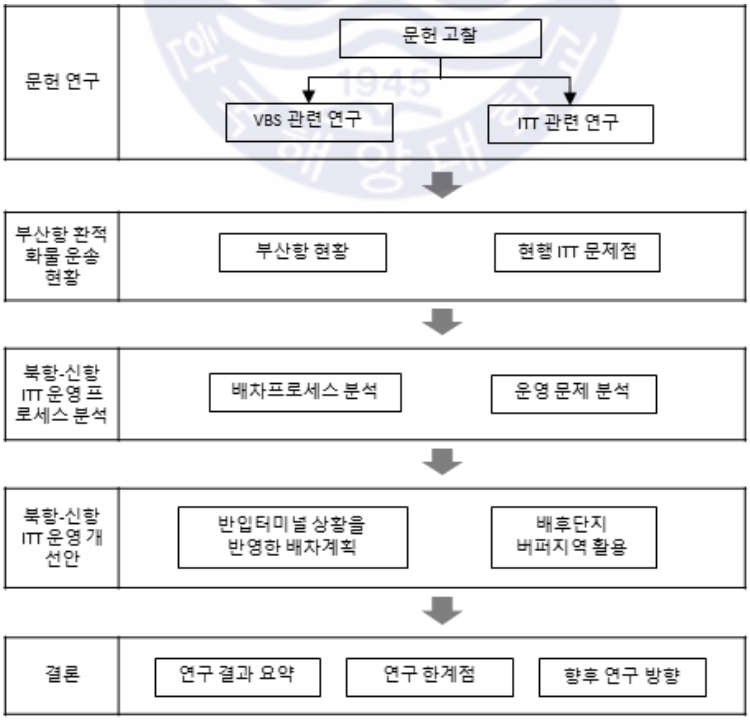
부서치 해법을 통한 결과를 비교하였다.

이와 관련하여, Hu et al.[2019]은 철도의 서비스 일정 및 운송, 터미널 운영 통합 계획 등에 대한 연구는 항만 및 배후 단지 ITT에서 모두 연구되어야 하며, 기존의 항만 ITT와 비교하여 배후 단지 ITT는 더 많은 사업자, 복잡한 네트워크를 포함할 수 있으므로 다수 사업자나 스케줄링 조정에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 주장하였다.

1.3 연구 방법

본 논문에서는 부산항 북항↔신항 간 환적화물 운송 현황을 분석하고 문제점에 대한 해결방안을 제시하고자 하였다.

이를 위해, ITT 및 VBS에 관련한 논문, 보고서 등 문헌 조사를 통해 관련 연구 동향을 파악하였다. 또한, 북항↔신항의 실제 환적화물 운송 프로세스를 조사하고 실제 운송 데이터를 확보하여 구체적인 문제점을 파악하였다. 해당 문제 해결을 위한 운영적 개선안을 제시하고, 이에 대한 효과를 검증하였다.



<그림 2> 연구의 구성 및 흐름

Collection @ kmou

제 2 장 부산항 환적 화물 운송 현황

2.1 부산항 현황

부산항 컨테이너 터미널은 신선대, 감만, 동부감만, 자성대, 7부두로 이루어진 북항과 부산 신항만 주식회사(PNC), 한진해운 신항만(HJNC), 부산 신항 국제터미널(PNIT), 현대 부산 신항만(HPNT), 고려 신항 컨테이너 터미널(BNCT)로 이루어진 신항으로 이원화되어 운영되고 있다.

한때, 세계 3위의 컨테이너 처리항만 시설을 가지고 있던 부산항은 2004년을 기준으로 컨테이너 물동량의 증가율이 감소되었고, 2018년 기준으로 세계 6위의 컨테이너 처리능력을 가진 항만으로 자리 잡고 있다.

<표 1> 세계 컨테이너 항만 순위

순위	항만	국가명	물동량		
			2018	2017	증감율(%)
1	상하이	중국	42010	40233	4.4
2	싱가포르	싱가포르	36599	33667	8.7
3	닝보-저우산	중국	26351	24607	7.1
4	선전	중국	25736	25209	2.1
5	광저우	중국	21920	20372	7.6
6	부산	한국	21663	20493	5.7
7	홍콩	중국	19596	20770	-5.7
8	칭다오	중국	19315	18300	5.5
9	LA/LB	미국	17550	16888	3.9
10	톈진	중국	16007	15069	6.2
11	두바이	UAE	14954	15440	-3.1
12	로테르담	네덜란드	14513	13734	5.7
13	포트클랑	말레이지아	12316	11978	2.8
14	앤트워프	벨기에	11100	10451	6.2
15	샤먼	중국	10702	10381	3.1
16	가오슝	대만	10446	10271	1.7
17	다롄	중국	9767	9707	0.6
18	탄중 펠레파스	말레이지아	8961	8377	7.0
19	함부르크	독일	8770	8840	-0.8
20	람차방	태국	8075	7784	3.7

출처 : 부산항만공사 통계자료

Collection @ kmou

부산항의 총 컨테이너 물동량은 최근 5년간 3.8%의 증가율을 보이고 있고 수출입 물량은 2.5%, 환적물량은 4.9%로 나타내고 있다. 2019년 부산항 처리 실적은 전년대비 1.1% 증가한 2190만 1000 TEU를 기록할 것으로 예상된다. 2019년 환적 물동량은 미-중 무역분쟁 등 불리한 대외 환경 속에서도 전년 대비 1.3% 증가한 1157만 4000 TEU를 기록할 것으로 보인다. 2020년 부산항 처리 목표는 2260만 TEU로 잡고 있다. 하지만 최근 한일 및 미중 무역 분쟁 등을 고려 할 때 목표를 달성하기는 어려울 것으로 예측하고 있다.

<표 2> 최근 5년간 부산항 컨테이너 물동량

구분		2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	평균 증감율(%)
부산항	합계	18683	19468	19456	20493	21662	3.8
	수출입	9253	9363	9620	10186	10233	2.5
	환적	9429	10105	9835	10225	11429	4.9
	연안	-	-	-	81	-	-
북항	합계	6716	6590	6595	7013	6997	-
	수출입	4101	4055	4107	4270	4198	-
	환적	2615	2534	2488	2691	2798	-
	연안	-	-	-	-	-	-
신항	합계	11966	12877	12860	13480	14665	-
	수출입	5152	5307	5513	5916	6034	-
	환적	6813	7570	7347	7534	8630	-
	연안	-	-	-	29	-	-

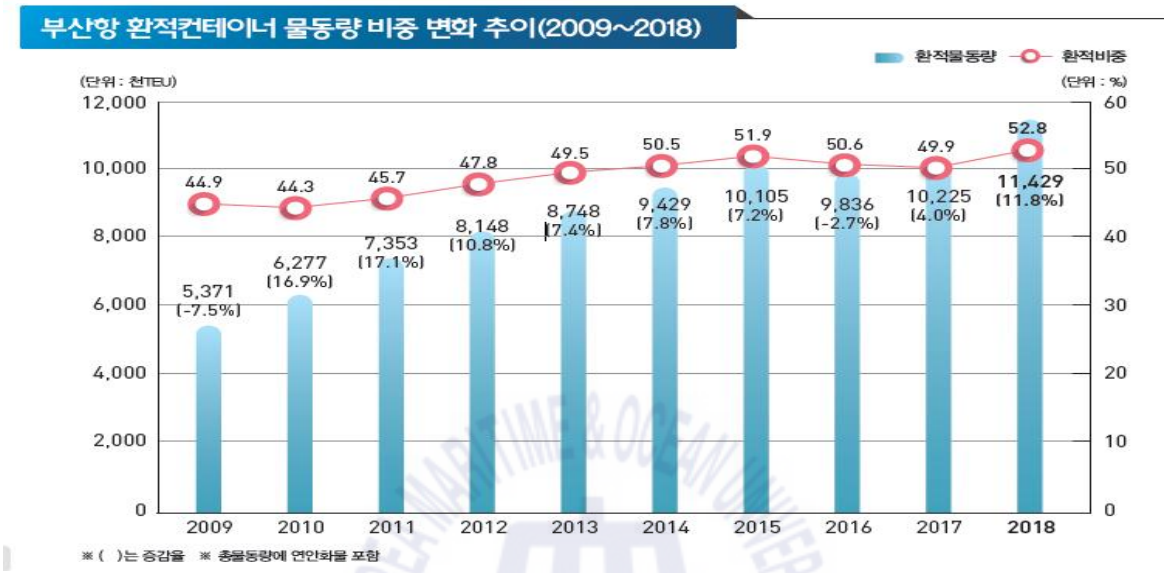
출처 : 부산항만공사 통계자료

환적 물동량의 확보는 자국의 수출입 물량과는 별개로 항만 자체가 가진 물류시설과 서비스 품질로 결정된다. 그리고 환적화물을 유치함으로써 해외 자본이 유입되어 국내 항만의 외화 소득이 증대하는 시장적 효과 및 물동량 증가에 따른 단위당 처리 비용 감소, 모선의 기항 회수 증가로 얻는 보관료 절감 등 국가 물류 경쟁력 확보에 큰 영향을 미치기에 세계 각 항만국은 치열한 경쟁을 통해 물동량 유치에 힘쓰고 있다.

부산항의 환적물량이 전체 물량에서 차지하는 비율이 2010년 44.3%(6,277천

Collection @ kmou

TEU)에서 2018년 52.8%(11,429TEU)로 매년 증가하는 추세이며, 향후 신항 서컨테이너부두 개발 등을 통하여 그 수치가 더 높아질 것으로 예측된다.



<그림 3> 부산항 환적컨테이너 물동량 비중 변화 추이(2009~2018)

출처 : 부산항만공사 통계자료

2017년 4개의 해운 동맹에서 3개 얼라이언스로 변경이 되면서 부산 환적화물의 물동량이 큰 변화가 생기고 있고 글로벌 선사들의 물류비용 인하 요구도 지속되고 있다. 국적선사 중 유일하게 2M+HMM을 맺어 전략적 협력관계를 맺고 있는 현대상선도 2020년 4월부터 디얼라이언스 해운동맹의 정회원의 자격을 갖추게 되면서 디얼라이언스의 선복량 비중도 크게 증가할 것으로 예상된다.

Collection @ kmou

<표 3> 세계 해운동맹 재편에 따른 글로벌 선복량

구분	현행(2019.6 기준)		발주잔량 포함(2020.4 이후)	
	선복량(TEU)	비중(%)	선복량(TEU)	비중(%)
오션얼라이언스	6,813,525	30.0	7,739,066	30.7
디얼라이언스	3,887,336	17.2	4,920,054	19.5
2M+HMM	7,947,184	35,0	7,930,526	31.4
기타	4,045,023	17.8	4,649,587	18.4
합계	22,693,068	100	25,239,233	100

출처 : KMI 동향분석 제131호, 2019.

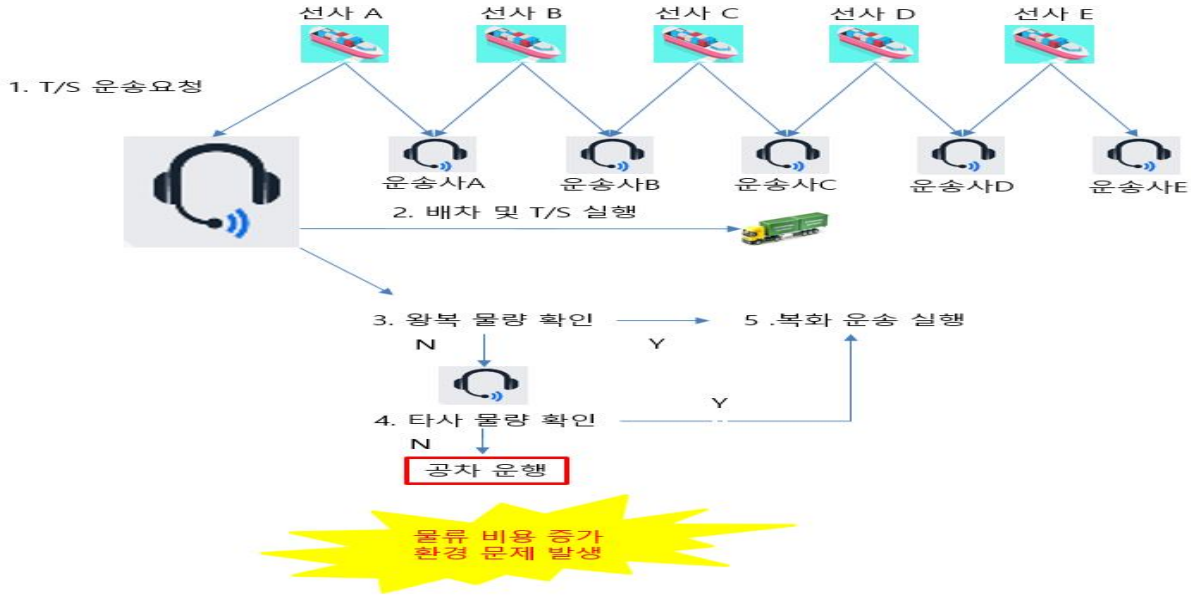
2.2 현행 ITT의 문제점 분석

부산항의 현재 환적화물 운송의 프로세스에는 여러 가지 문제점과 제한사항을 가지고 있으며 이에 대한 해결책이 필요하다.

2.2.1 부산항 ITT 계약구조상 문제 (물동량의 불균형)

현재 부산항 물류시장의 구조는 하나의 선사에 몇 개의 라인(대형) 운송사가 계약되어 있고, 라인 운송사와 여러 개의 중소규모 운송사가 계약되어 있는 구조로 이루어져 있다. 선사는 계약된 라인 운송사의 운송능력 및 특성, 계약조건에 따라 어느 정도의 고정 물량을 분배하게 되는데 이 과정에서 운송사들은 효율적인 운송을 위한 필요한 물량을 선택할 수 없고, 주어지게 되는 물량을 해결해야만 하는 상황이 발생하게 된다. 선사의 특성으로 인해 한 방향으로 치우치는 물동량이 지속적으로 운송사에 주어지게 되면서 물동량의 불균형이 발생하게 될 수밖에 없고, 자연스럽게 왕복(복화) 운송의 기회가 줄어 물류비용이 증가하고 환경적인 문제도 발생하게 된다. 이렇게 누적된 한 방향의 물량을 가진 운송사는 편도운송을 감소시키기 위해 실시간으로 자사 및 타사 왕복 물량 확인을 진행하지만 같은 상황에 처한 동종 업계와의 경쟁으로 인해 물량 공유가 어려운 상황이다.

Collection @ kmou



<그림 4> 현행 환적화물 운송의 구조와 문제점

환적화물 물동량의 불균형의 실태를 알아보기 위해 최근 한국해양수산개발원(KMI)에서 연구된 자료를 살펴보았다. 그 결과 인접한 항만 내 운송인 북항→북항, 신항→신항보다 이격 리가 큰 북항↔신항 간의 물동량 불균형이 크게 나타난다는 것을 알 수 있었다.

<표 4> 부산 신항 및 북항 타부두 환적 컨테이너 물동량 추이

(단위 : 천TEU)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	CAGR 13-17
북항→북항	788 (25.0)	757 (23.3)	812 (24.2)	870 (28.4)	893 (25.5)	3.2
북항→신항	492 (15.7)	405 (12.5)	303 (9.0)	202 (6.6)	201 (5.7)	-20.1
신항→북항	427 (13.6)	456 (14.1)	501 (14.9)	462 (15.1)	395 (11.3)	-1.9
북항↔신항 소계	919 (29.3)	861 (26.6)	804 (23.9)	664 (21.7)	596 (17.0)	-10.3
신항→신항	1,436 (45.7)	1,627 (50.1)	1,744 (51.9)	1,527 (49.9)	2,019 (57.5)	8.9
합계	3,143 (100)	3,245 (100)	3,360 (100)	3,061 (100)	3.508 (100)	2.8

자료 : 부산항 타부두 환적화물 수송 효율성 제고방안 연구(KMI,2020.3)

Collection @ kmou

사실 확인과 현업에서의 북항과 신항 간 환적화물 운송 배차 흐름을 분석하기 위해 4개의 운송사들의 2019년 환적화물 운송실적을 수집하였다. 자료수집 대상이 된 운송사는 선사와 직접 계약을 진행하는 1차 운송사로 지정하여 자료의 중복을 방지하였고, 4개의 운송사의 2019년 북항↔신항 물동량의 합이 2017년 기준(596천 TEU)으로부터 50%이상 차지(316천 TEU)하여 객관성을 뒷받침할 수 있게 선정하였다.

<표 5> 북항↔신항 간 환적화물 운송량(2019년)

(단위 : 천TEU)

구분	A운송사	B운송사	C운송사	D운송사	합계	비율
북항→신항	157	44	20	5	226	72%
신항→북항	67	14	2	7	90	28%
합계	224	58	22	12	316	100%

자료 : 각 운송사의 2019년 실적자료를 통한 저자 작성

수집된 자료의 분석 결과 북항→신항 물동량이 신항→북항 물동량에 비해 상대적으로 많아 여전히 불균형을 이루고 있음을 알 수 있었다. 이러한 불균형이 지속적으로 이루어지고 있는 여러 가지 이유가 있겠지만, 앞서 언급한 계약 구조상 효율적인 배차를 위해 필요한 물동량을 운송사가 선택할 수 없는 것이 가장 큰 영향력을 미친다고 할 수 있다. 하지만 물류흐름 상 구조를 깨기에는 서로 이해관계가 다르기 때문에 쉽사리 해결할 수 없는 상황이다.

현업에 종사하는 배차담당자들의 VOC를 진행한 결과 이러한 불균형적인 물동량으로 인해 편도운송의 비율이 높아지면서 물류비용이 상승하고, 이를 해결하기 위해 동종 업계와의 경쟁이 치열해지고 물량 공유가 힘들어지는 악순환이 반복되어 환적화물 운송 계획 수립에도 많은 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났다. 이러한 문제점을 조금이라도 개선하기 위하여 운송사들은 부족한 신항→북항 물량을 웅동 배후 단지의 물류창고 물량으로 대체하고 있다. 대부분의 웅동 배후단지의 물류 시스템은 차량이 싣고 온 공컨테이너를 창고에 하차시키고 작업된 다른 적컨테이너를 상차하여 북항 및 신항에 선적시키는 온

Collection @ kmou

그라운드 형태의 운송구조로 운영되고 있다. 이 중, 북항 터미널에 선적을 해야 하는 적컨테이너의 물량을 활용하여 북항-신항 터미널 환적화물 운송을 한 차량이 신항(웅동)-북항 구간을 공차운행하지 않을 수 있게 함으로써 복화운송의 기회를 높이고 물류비용을 감소시키고 있다.

<그림 5> 웅동 배후단지 물동량을 이용한 환적화물 복화운송

2.2.2 안전운임제로 인한 물류비용 상승

2020년 1월부터 화물 운송 종사자의 근로 여건을 개선하고자 화물차의 운행거리 및 톤당 운임비용을 선정하여 화물차 주가 지급받는 최소한의 운송비용을 공시하는 화물 안전 운임제가 시행되고 환적화물에 대한 물류비용이 30 ~ 120%까지 상승되어 부산항을 이용하는 글로벌 선사들의 비용 부담이 커지게 되었다. 선사 유치가 항만의 물동량에 중요한 영향을 미치기에 정부가 선사에 1년간 추가 인상분의 50%를 지원하는 방향이 의논되고 있다. 하지만 이후 상

Collection @ kmou

승된 물량에 대한 부담을 누가 책임질 것인지 명확하지 않은 상황이다.

<표 6> 안전운임제 시행전후 위탁운임기준 환적화물 물류비용

(단위 : 원)

구분(위탁운임기준)	시행 전(시장 평균 운임)		시행 후	
	20FT	40FT	20FT	40FT
신항 내(단)	16,000	18,000	26,000	29,000
신항 내(장)	18,000	20,000	31,000	34,000
북항 내(단)	15,000	18,000	25,000	28,000
북항 내(장)	17,000	22,000	36,000	39,000
신-북 간	70,000	80,000	93,000	103,000

안전운임제로 인해 환적화물의 물류비용이 급격히 상승하면서 코로나19 여파에도 3월까지 물동량을 안정적으로 유치했던 부산항이 4월 들어 글로벌 대형 선사들의 물량 취소가 이어지면서 타격을 받고 있다. 부산항 컨테이너 터미널 운영사에 따르면 2M과 디얼라이언스 오션 등 세계 3대 해운동맹 소속 대형 선사들이 신항에 기항하던 선박 상당수에 대해 임시 결항(블랭크 세일링) 조치를 취했고 전체의 20%의 선박의 결항을 통보받았다. 아시아 역내를 운항하는 중소형 선사들이 주로 이용하는 북항에서는 아직 신항과 같은 결항 사태는 벌어지고 있지 않지만, 팬더믹에 더불어 안전운임제가 시행되면서 부산항의 수출입물량과 환적화물의 물동량을 감소에 대한 타격을 피할 수 없을 것으로 보인다.

증가되는 물류비용을 감소시키기 위해 글로벌 선사들이 현대기아차의 현대글로비스, 삼성전자의 삼성전자 로지텍, LG의 판토스와 같이 그룹사 전체의 물류를 전담할 통합물류 자회사를 운영을 계획하고 있다. '원재료의 조달' 이 미래의 물류의 핵심으로 자리 잡아가면서 흩어진 원료 수송과 물류업무를 통합을 자체적으로 진행하면서 비용을 감소시킨다는 목적이다. 물론 신생 운송회사를 설립한다고 해서 당장 업계에 치명적인 위협은 되지 않겠지만, 장기적으로 선사의 자체 물동량 운영 및 자금력 투자를 바탕으로 본다면 영세 운송

Collection @ kmou

회사 및 일자리 감소도 큰 문제점이 될 것이다.

2.2.3 환적화물 상하차 대기시간의 문제

BPA 6시그마 과제 분석을 통해 상하차 시간, 운송시간, 접안율, 체선율이 신규 화물 유치에 영향을 끼치는 중요한 요소로 나타났고, 이 요소들의 평가를 통해 수송시간 단축, 피더 서비스 개선, 부두 처리능력 향상, 물류비용 절감 등이 필요함을 알 수 있다.

<그림 6> BPA 6시그마 과제분석 (출처 : 부산항만공사)

이 중 수송시간 단축에서 화물 상하차 대기시간이 증가되는 요소들에 대한 분석을 진행한 결과 다음과 같이 설비의 측면, 작업 방법의 측면, 환경의 측면, 인력의 측면으로 나타났다.

Collection @ kmou

<표 7> 화물 상하차 시간 증가 잠재요인 도출

구분	잠재 요인
설비의 측면	C/C 하역장비 조작방식이 수동
	C/C 하역장비의 부족
	T/C(야적장) 하역장비가 수동
	타부두 T/S 운송시 단위 운반수량 제한(TEU)
작업방의 측면	타부두 T/S 늦은 도착으로 적하작업 시간 증가
	양하 작업과 적하 작업간의 대기시간의 증가
	화물종류에 따른 작업시간 증가
환경의 측면	타부두 T/S 운송거리의 증가
	특정(특수)화물의 대기시간 증가
인력의 측면	장비기사의 의식상태 및 수행능력 제고

타 부두 T/S 운송시간 증가 요인을 설비의 측면, 작업 방법의 측면, 환경의 측면, 인력의 측면으로 분석한 결과는 다음과 같다.

<표 8> 타부두 운송시간 증가 잠재요인 도출

구분	잠재 요인
설비의 측면	터미널 간 경계휀스로 인한 운송 거리의 증가
	운영사별 전용 YT 사용
	YT 대수의 한계
작업방면의 측면	기사 부족에 따른 하역생산성 감소
	장비기사 인건비 상승
	상하차 장의비 부족
	상하차 자동화 시스템의 활성화가 미흡
환경의 측면	부두간 연결도로가 좁아 통로 개방 어려움
	휀스 개방 시 다목적 부두의 하역작업에 지장을 줌
	터미널의 전산이 통일되지 않음
	항만운송사업법상 운영사의 운송업 면허가 없음
인력의 측면	타부두 야적장 상하차 시간의 증가

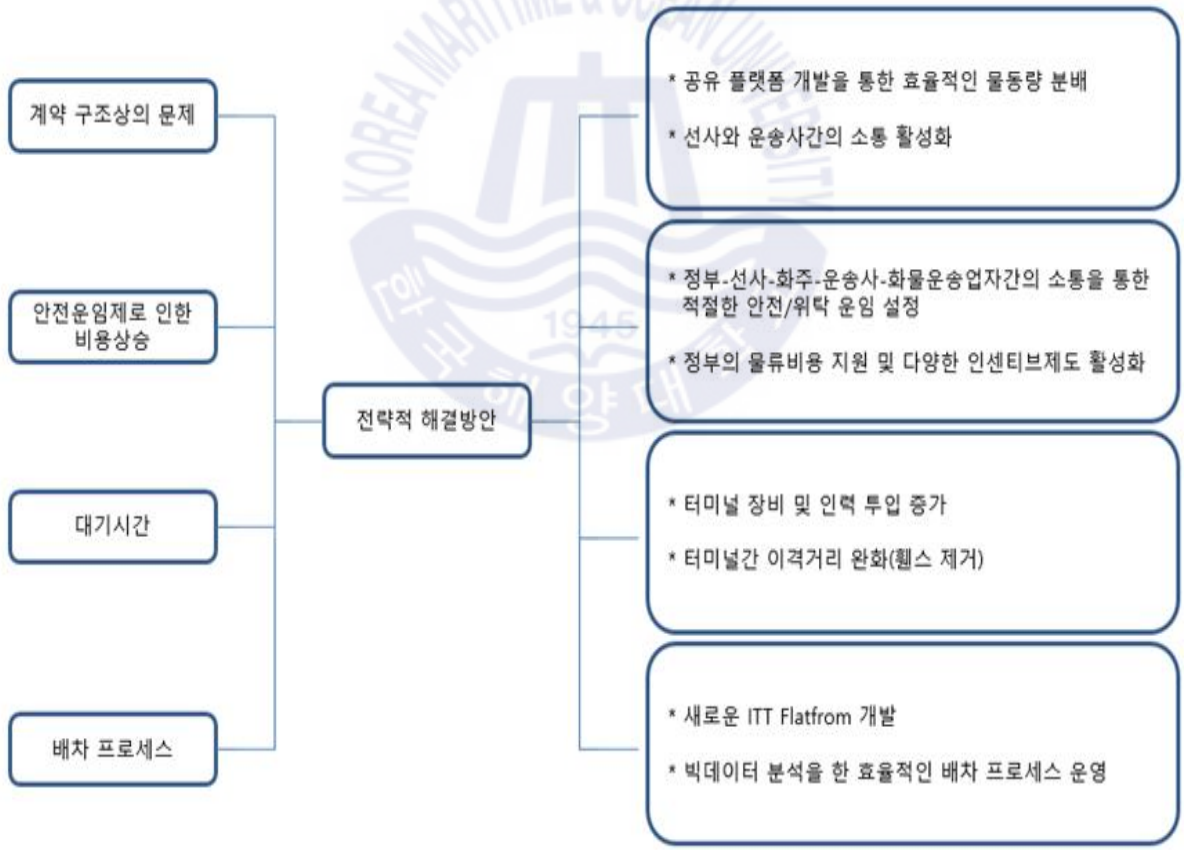
BPA의 6시그마 과제 분석을 통해 환적화물 증대를 위해서는 화물 처리 서

Collection @ kmou

비스의 질적 향상과 비용 감소가 필수적임을 알 수 있으나 현행 시스템으로 해결하기에는 많은 한계점에 부딪힌다.

2.3 부산항 ITT 문제 해결을 위한 전략적 방안

현행 ITT에 대한 문제점을 분석한 결과 크게 계약구조로 인해 발생하는 물동량의 불균형, 안전운임제로 인한 물류비용 상승, 상하차 대기시간, 환적화물 배차 프로세스로 나타났고 이러한 문제점들을 해결하기 위한 전략적 방안은 다음과 같다.



<그림 7> ITT 문제점의 전략적 해결방안

Collection @ kmou

우선 물동량의 균형을 위하여 현재 계약 구조를 완전히 뒤집어 해결하기에는 물류시장 흐름에 어긋난다. 하지만 선사와 운송사간의 소통과 새로운 배차 공유 Platform의 개발을 통하여 효율적인 배차가 이루어질 수 있는 물동량의 분배를 진행한다면 물동량의 불균형의 완화가 차츰 이루어질 것이다.

3년 일몰제로 시행되고 있는 안전운임제로 인해 많은 이슈 사항들이 있다. 물류비용 감소를 통한 부산항 물동량 유치를 위해 정부, 선사, 화주, 운송사, 화물 운송업자간의 원활한 소통을 통해 적절한 운임 측정이 필요하다. 그리고 글로벌 선사에 다양한 인센티브 및 서비스를 제공하여 물동량 이탈을 방지해야 한다.

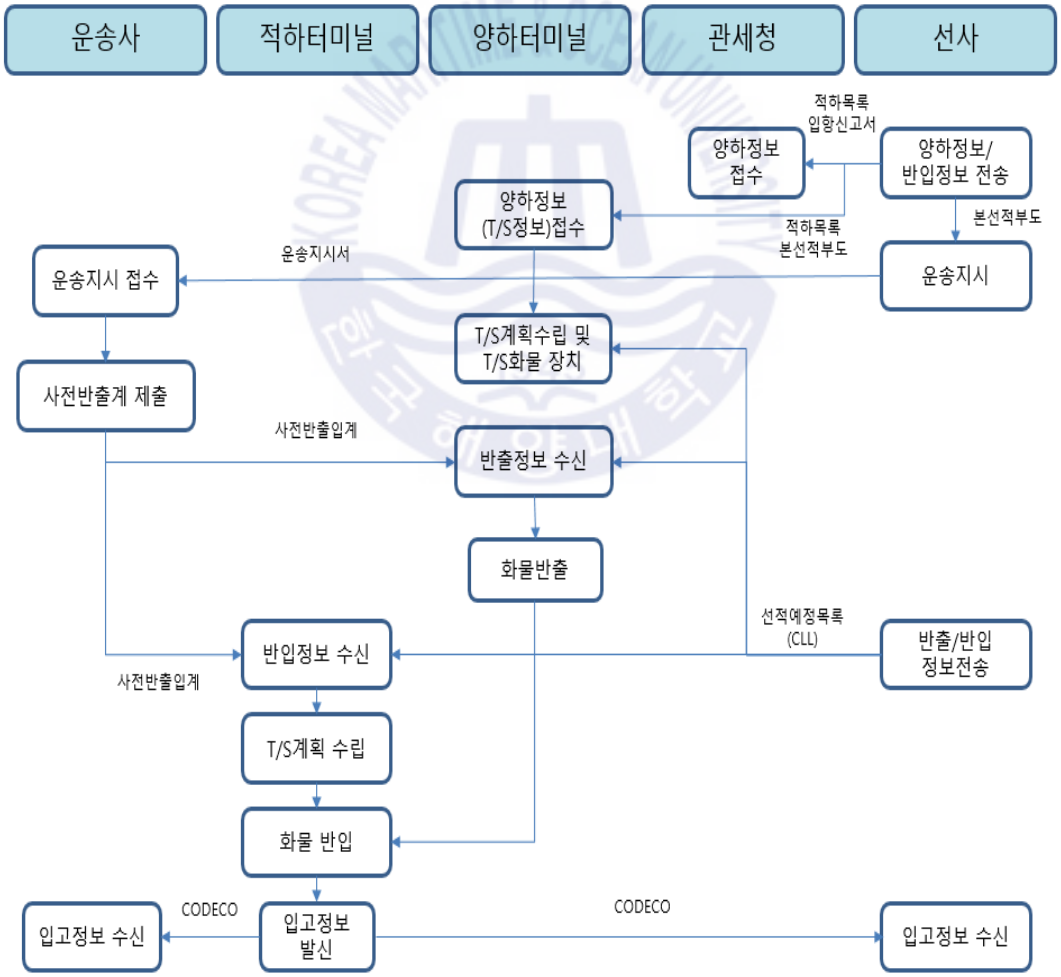
차량의 대기시간은 터미널에서의 추가적인 장비와 인력 투입, 터미널 간의 휀스 제거를 통한 이격거리 완화 등의 외적인 해결 부분과 빅데이터 분석 및 새로운 ITT Platform 구축 등의 시스템적인 보완을 통해 해결해야 한다.

Collection @ kmou

제 3 장 부산항 ITT 운영 프로세스 분석

3.1 부산항 환적화물운송 배차 프로세스

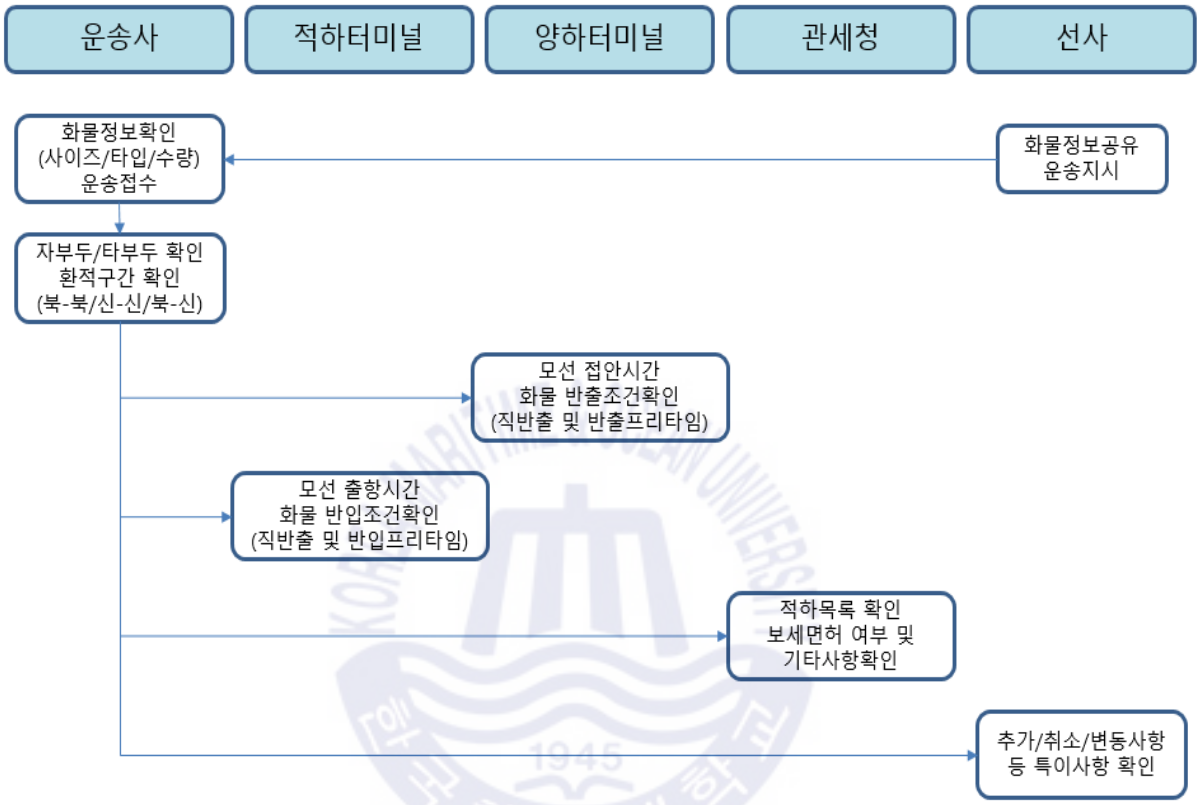
타부두 환적화물 운송은 선사에서 적하목록과 입항 신고서를 관세청에 신고하고 운송사에 운송 지시를 하는 것을 시작으로, 양·적하 터미널의 모선 입·출항과 화물정보를 파악하고 그 조건에 맞추어 터미널에 EDI를 전송하고 화물을 반·출입을 하는 것으로 마무리된다.



<그림 8> 타부두 환적화물 운송 프로세스

Collection @ kmou

효율적인 환적화물 운송을 위하여 운송사 기준으로 각 터미널과 관세청, 선사와 진행되는 배차 프로세스를 요약해 보면 다음과 같다.



<그림 9> 타부두 환적화물 운송 배차 프로세스

선사로부터 환적화물 정보와 함께 운송 지시를 받은 운송사는 화물의 사이즈와 타입, 수량을 파악하고 환적화물 구간에 따라 분류한다. 이 중 다른 구간과는 다르게 북항-신항 구간의 환적화물 운송은 먼 거리로 이격되어 있어 날씨 및 교통상황 등의 영향을 크게 받고, 이로 인해 적하터미널 모선의 카고 클로징 타임(CCT)를 맞추지 못하여 선적 플랜에 문제를 발생시키는 경우가 빈번하며 심지어 모선 출항 시간을 지키지 못하여 선적을 시키지 못하는 경우도 종종 발생한다.

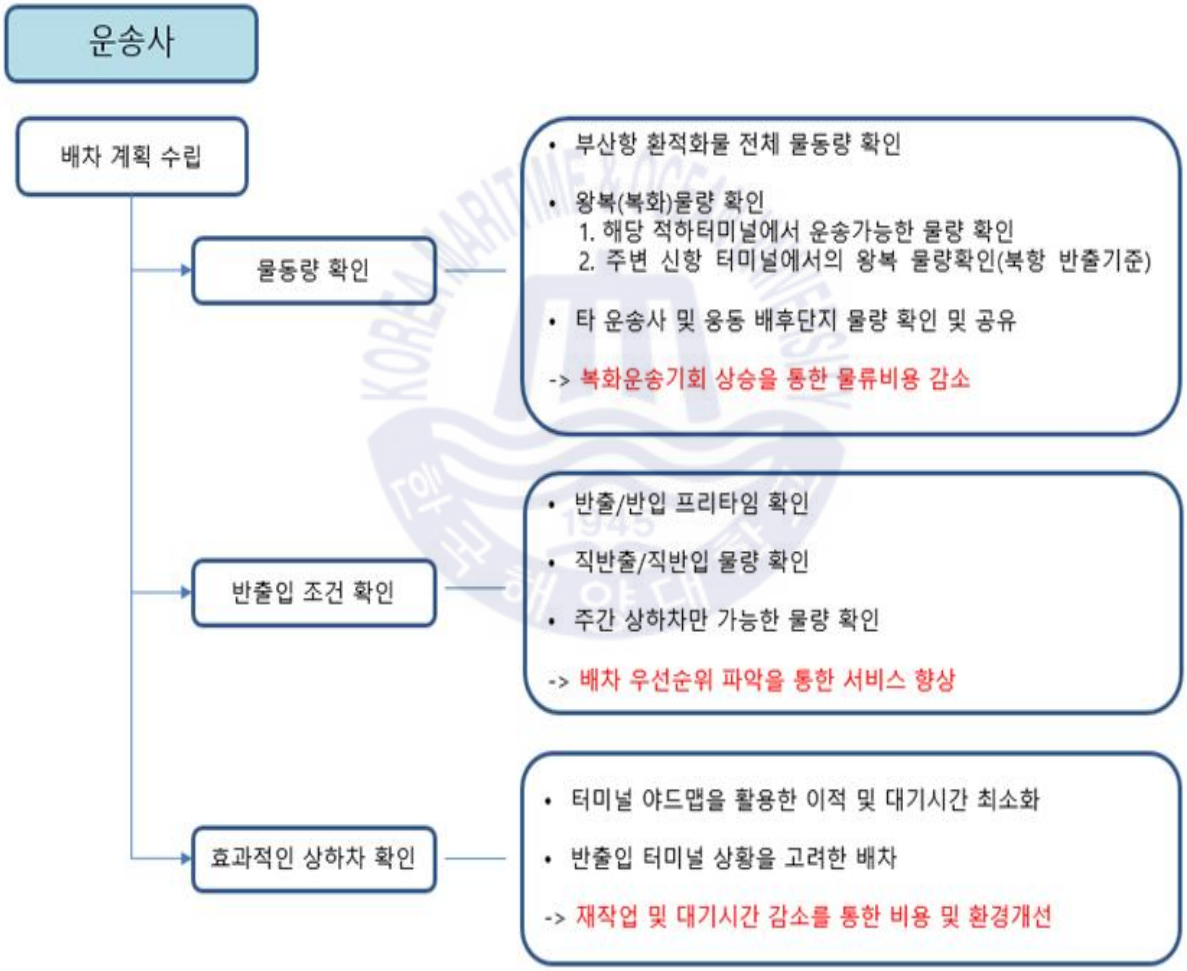
이를 방지하기 위해 운송사에서는 운송 지시를 받은 오더에 대해 1차적으로

Collection @ kmou

터미널, 관세청, 선사와의 반복적인 확인을 통해 변동 사항을 실시간으로 파악하고 다음 순서로 이루어질 배차계획 수립을 준비한다.

3.2 부산항 타부두 환적화물운송 배차계획 수립기준

모든 배차계획 수립기준은 물류비용의 감소를 통한 이윤창출과 서비스 향상, 환경적 문제 개선을 목표로 이루어진다. 효율적인 운송을 위해서 고려되어야 할 사항을 정리하면 <그림 9>와 같다.



<그림 10> 북항-신항 환적화물운송 배차계획 수립 기준

Collection @ kmou

3.2.1 왕복 물량 및 combine 물량 확인

컨테이너가 환적 운송되어야 할 시간이 촉박하지 않고 양하/선적 프리타임도 여유가 있다면 주어진 물동량 중 왕복물량의 유무를 확인한 뒤 배차를 진행하여 공차운행 및 물류비용을 감소시켜야 한다. 만약 자체적인 왕복물량이 부족할 경우 타운송사와의 물량을 공유하거나, 웅동 배후단지 창고 물량을 이용하여 배차를 진행하여야 한다.

20ft 컨테이너 경우 중량과 반입 터미널에 따라 도로교통법상 위법이 되지 않는 선에서 combine하여 배차계획을 수립한다. 보통 20FT 적컨테이너 1TEU와 공컨테이너 1TEU를 combine하여 진행을 함으로써 차량회전을 줄이고 비용도 감소시킨다.

3.2.2 카고 클로징 타임(CCT) 및 선박 입·출항 시간

환적화물이란 항만 내에 접안한 선박으로부터 화물을 하역한 후, 목적지별 선박에 다시 싣고 떠나보내는 화물을 의미한다. 중간에 어떤 과정이 있더라도 최종 목적지별 선박에 다시 선적을 시켜야 한다. 이를 위해서 목적 터미널에 해당 선박의 입·출항 시간과 터미널에서 계획한 선적 순서를 위해 반입되어야 하는 최소한의 시간인 CCT(Cargo Closing Time)를 지켜야 한다. 북항↔신항 간의 환적화물 운송은 북항↔북항, 신항↔신항의 환적화물보다 이격된 거리가 크기 때문에(약36KM) 날씨와 환경에 따라 모선 입출항 시간이 유동적이므로 상황에 맞게 배차를 진행하여야 한다.

3.2.3 선사별 계약 터미널 Free time (반출·반입 터미널)

환적운송이 이루어져야 할 컨테이너는 양하되는 터미널과 최종적으로 반입되어야 하는 터미널에 대한 각각의 양하/선적 프리타임이 있고, 그 기간 이내에 반출 및 반입을 해야 추가적인 비용이 발생되지 않는다. 프리타임은 해당

Collection @ kmou

컨테이너의 화주와 선사간의 계약, 선사와 계약된 터미널의 계약사항에 따라 다르고 부가되는 추가 비용의 금액도 별도이다. 보통 반출 프리타임은 선사에서 운송사에 오더를 주면서 같이 제공하고 기간 내 미 진행시 발생되는 책임은 운송사에게 있으며, 선적 프리타임은 선사와 터미널의 계약사항(보통 북항 3~7일 / 신항 7~15일)에 따르고 유동적이므로 특이사항이 있는 컨테이너는 선사에서 운송사로 별도 공지를 한다.

3.2.4 위험물, 냉동 컨테이너 (터미널 직반출・직반입)

2015년 톈진항 폭발 사고, 2019년 태국 항만에서의 우리나라 선박 위험물 폭발 사고 등 선박 터미널의 화재, 폭발 사고를 근절하기 위해 기본적으로 위험물 컨테이너는 선박 접안 시 직반출・직반입 하도록 규정되어 있다. 위험물의 종류에 따라 1~9 등급으로 분류되고 현재는 1, 2, 7 등급에 해당하는 컨테이너에 대해서만 직반출・반입을 하고 있다. 2019년 모든 등급의 위험물에 대하여 시행하려고 했으나, 여러 가지 여건상 철회하고 나머지 등급의 위험물 컨테이너는 일정기간 내에 반출입 하는 것으로 진행되고 있다. 이에 선박이 접안하는 시간에 따라 실시간으로 배차가 이루어져야 한다.

내품에 따른 일정한 온도를 유지해야 하는 냉동 컨테이너는 대부분 양하 프리타임이 일반 컨테이너보다 짧고, 터미널에서도 냉동기를 가동해야 하기 때문에 프리타임 이후 발생되는 비용(보통 day당 5~6만원)이 상당하다. 무엇보다 온도 이상이 생길 경우 내품에 손상을 일으키므로 배차 및 운송이 예민하게 이루어진다. 냉동 컨테이너라도 비용적 문제 때문에 화주들이 환적 운송을 하는 동안 냉동 발전기를 미가동해달라는 요청사항이 있는데, 북항↔신항의 경우 이격된 거리가 커서 운송 중 발생할 수 있는 문제점(교통사고 및 도로 정체 등)이 많아 배차에 어려움을 겪고 있다.

Collection @ kmou

3.2.5 특정시간(주간)에만 반출입 가능한 터미널의 물동량 확인

북항의 동원로엑스 신선대 CY, 신항의 다목적 터미널과 같이 주간(09~17시)에만 컨테이너 반출입이 가능한 터미널들이 있다. 해당 터미널의 컨테이너가 환적화물 운송이 이루어져야 할 경우 시간을 맞추어 미리 배차 계획을 수립해야 한다. 주간에는 모든 터미널이 차량이 몰려 복잡하고 차량의 상하차 대기시간 또한 길어져서 미리 수립된 배차 계획과 어긋날 상황이 많고, 보통 이런 주간 터미널에 대한 배차는 오전 중에 마무리 짓는 배차 계획을 진행한다.

3.2.6 터미널 야드맵을 활용한 상단 컨테이너 우선 배차(이적 · 대기시간 감소)

보통 컨테이너 터미널에서 양하 작업을 하고 야드에 장치를 할 때 야드 활용의 효율성을 위해 환적화물의 경우 같은 목적지가 같은 모선별로, 수출입화물에 대해서는 한 B/L로 묶인 컨테이너별로 같은 구간에 장치를 하고 터미널별로 장치현황을 시각적으로 보여주는 야드맵을 제공한다. 배차담당자는 이를 활용하여 중요도가 같은 환적화물 컨테이너 중 최대한 상단에 있는 컨테이너부터 반출을 진행하여 터미널의 재작업(이적)와 차량의 대기시간을 최소화시킨다.

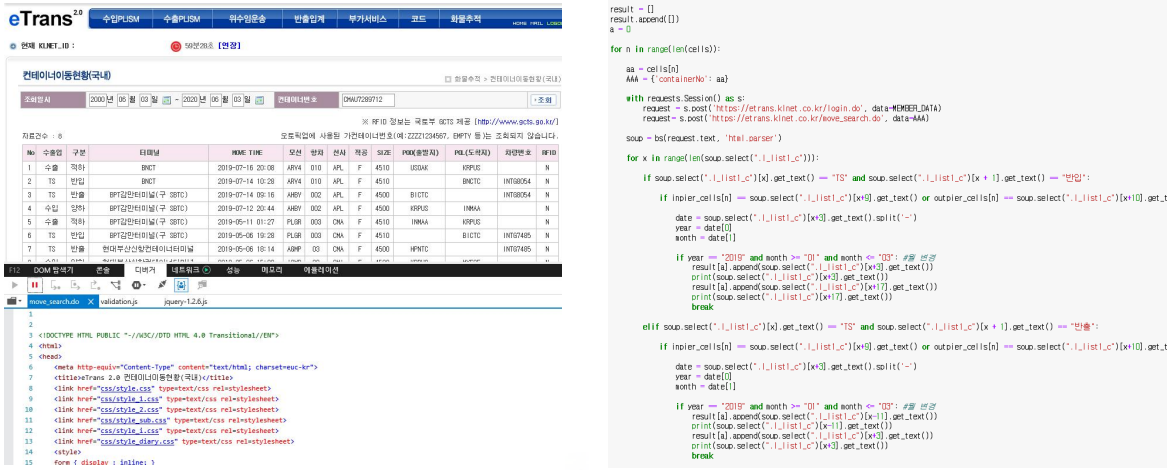
3.3 데이터 분석 및 운영상의 문제점 도출

부산항 환적화물 운송 배차 프로세스 상에서 나타나는 운영상의 문제를 파악하기 위해 2019년도 1년간 실제로 운송 진행이 된 C업체의 환적화물 운송 데이터를 확보하여 분석하였다. 그 중 다른 구간에 비해 큰 이격거리로 물동량 불균형에 따른 대기시간 및 비용 등의 문제가 더 크게 나타나는 북항과 신항 간 데이터를 분석하였다.

C업체의 실적 데이터만으로는 반출시간과 반입시간을 파악하기 어려워 데이터상의 컨테이너번호를 기준으로 eTrans 사이트에서 웹크롤링 방법을 활용해

Collection @ kmou

분석을 위한 데이터를 완성하였다. 웹크롤링 방법은 Python 언어를 기반으로 Jupyter Notebook을 이용해 코딩하였다.



<그림 11> 데이터 웹크롤링 작업

C업체의 북항-신항 환적물량 데이터 중 북항의 A터미널과 신항의 B터미널 간의 환적물량 비중이 약 35.16%로 대부분을 차지하였다. 많은 데이터를 기반으로 구체적인 문제점 파악 및 해결 방안 도출을 용이하게 하기 위해 A터미널-B터미널 간의 환적물량을 분석 범위로 제한하였다.

C업체 데이터 상에 나타나는 운송시간은 적게는 3분부터 10,799분까지 매우 다양하게 나타났다. 데이터 상의 운송시간을 통해 A터미널-B터미널 환적화물 운송시간과 대기시간을 구할 수 있다. 하지만, 데이터 상에 나타난 범위는 현실적인 운송시간과 대기시간을 산정하기에는 범위 상에서 문제가 존재한다. 실제로 북항과 신항 간의 운송시간은 교통정체가 거의 없다고 가정했을 경우에도 약 40분 정도가 소요되기 때문에 3분 이상 40분 미만으로 나타난 데이터는 정확한 운송시간으로 판단하기에 무리가 있다. 반입터미널 게이트에서 심각한 정체 발생을 가정했을 경우에도 운송시간을 약 90분 정도로 어림잡을 수 있다. 90분 이상의 운송시간은 트럭 기사가 컨테이너를 반출한 후 반입터미널로 곧장 운전하여 게이트에서 대기한 시간이라고 판단하기는 어렵다. 이 경우는 트럭 기사가 다른 업무를 진행하였거나, 귀가하여 다른 시간이나 일자에

Collection @ kmou

반입작업을 진행하였다고 해석하는 것이 바람직하다. 따라서, 40분 미만 90분 이상 데이터는 A터미널-B터미널 간 환적화물 운송에서 나타난 게이트 대기시간이라고 볼 수 없으며, 40분 이상 90분 미만 데이터로 분석 범위를 제한하였다.

<그림 11, 12>, <표 8, 9>는 C업체 1년간 데이터 중에서도 A터미널-B터미널 기준 운송시간 40분 이상 90분 미만 조건으로 필터링하여 분석한 자료이다.

전체적으로 반출작업의 건수나 운송시간이 반입작업에서 바로 다음 시간대의 건수나 운송시간에 영향을 그대로 미치는 형태를 보인다. 또한, 반출터미널인 A터미널과 반입터미널인 B터미널 모두 주간에 작업차량이 많고 상대적으로 야간에는 작업차량이 적은 상태로 특정시간대 운송이 집중되고 게이트 혼잡이 발생하여 차량대기가 심각하게 발생하는 것을 알 수 있다.

데이터 상에서도 반출입 건수에 따라 시간대별 평균 대기시간이 유사한 패턴으로 나타난다는 것을 확인할 수 있다. 여기서 평균 대기시간은 시간대별 최소운송시간과 운송시간 데이터 간의 차이를 평균하는 방식으로 도출하였다. 여기서 시간대별 최소운송시간은 시간대별로 북항 A터미널에서 신항 B터미널까지의 최소 이동시간을 의미한다.

세부적인 특징을 살펴보면 특정 시간대에 건수가 상승하다가 다시 하강하는 형태가 반복된다. 04:00~07:00, 09:00~12:00, 15:00~17:00, 21:00~23:00 구간에서는 또 다른 이유로 반출입 건수가 증가하는 형태를 보인다.

04:00~07:00 구간은 조출(07:00~09:00)운송으로 화주의 요청을 받은 수출입 물량(내륙운송) 컨테이너의 반출을 위하여 차량들이 몰리는 시간이다. 보통 조출작업의 시간을 맞추기 위해 근거리는 05시, 장거리는 늦어도 03시부터 반출을 진행한다.

09:00~12:00 구간은 공 컨테이너 반납과 오후 작업오더 반출을 위한 차량이 몰리는 시간으로 해석할 수 있다. 특히 09:00~10:00 구간은 부산항 터미널들의 공 컨테이너 반/출입 가능 시간의 영향을 많이 받는다. 대부분의 터미널은 09시부터 17시까지 공 컨테이너 검사장을 운영을 실시하기 때문에, 작일 작업

Collection @ kmou

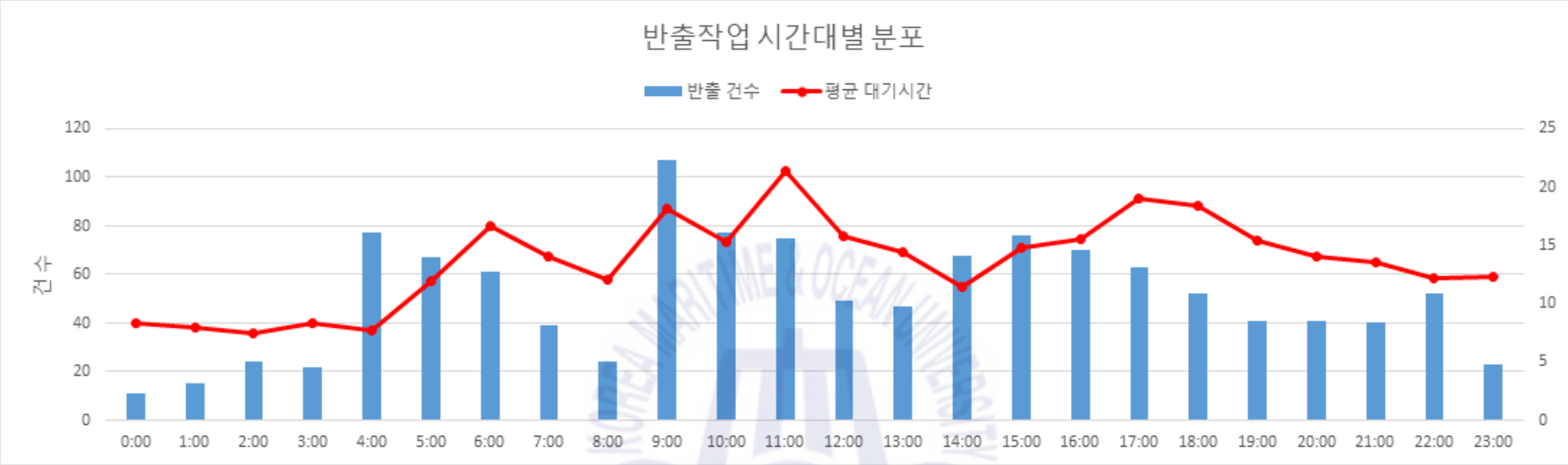
후 반납하지 못한 공 컨테이너와 당일 이른 조출작업 종료 후 공 컨테이너를 반납하기 위한 차량이 몰리는 시간이다. 그리고 11:00시~12:00 구간은 점심시간으로 인해 터미널 업무의 활성도가 낮아지는 12:00~13:00을 피해서 반출입을 진행하기 위한 차량이 몰린다고 해석할 수 있다.

15:00~17:00 구간은 09:00~10:00와 마찬가지로 오후 작업을 마친 공 컨테이너의 반납을 17시까지 하기 위한 차량과, 선사/터미널 특성상 공 컨테이너 픽업이 17시까지만 가능한 경우를 해결하기 위한 차량이 몰리는 시간으로 해석할 수 있다.

21:00~23:00 구간은 매우 늦은 시간대이기 때문에 일반적으로는 반출입 차량이 매우 적을 것으로 추측할 수 있다. 하지만 선사/터미널의 반출 프리타임이 00시를 기준으로 운영되기 때문에 익일 작업오더 중 반출 프리타임이 당일 만기인 오더들의 반출을 위한 차량과 야간에 출발하는 철도운송을 위한 컨테이너의 반/출입을 위한 차량이 몰린다고 해석할 수 있다.

이처럼 시간대별 반출입 차량 건수의 불균형이 나타나고 있으며 특정 시간대에 운송이 집중되어 게이트 혼잡으로 인한 차량 대기가 심각한 상태이다. 차량 대기 발생의 원인은 장거리 운송, 교통혼잡, 터미널 내외부적 상황 등 다양한 원인이 있겠지만 그중에서도 가장 큰 원인은 타부두 환적화물 운송에 있어서 양쪽 터미널 모두를 고려한 배차가 이루어지고 있지 않다는 점이다. 이를 해결하기 위해서는 반출터미널 뿐만 아니라 반입터미널의 상황을 고려한 배차가 반드시 이루어져야 한다.

Collection @ kmou

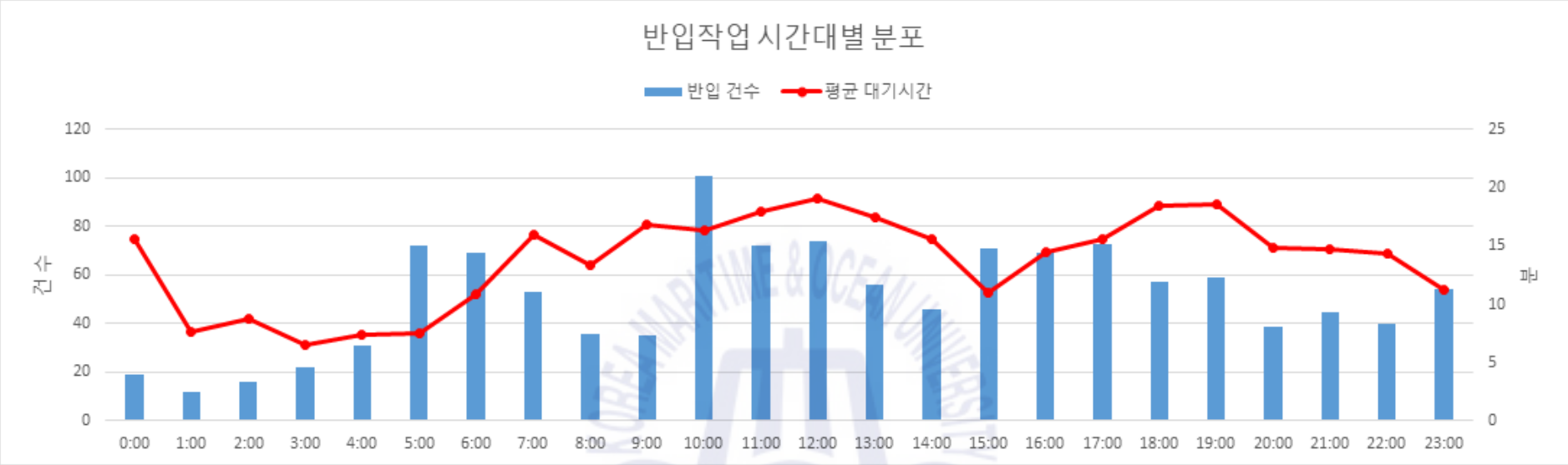


<그림 12> C업체의 A→B터미널 반출작업 및 평균대기시간 시간대별 분포

<표 9> C업체의 A→B터미널 환적화물운송 데이터의 반출작업 시간대별 분석

	0:00 ~1:00	1:00 ~2:00	2:00 ~3:00	3:00 ~4:00	4:00 ~5:00	5:00 ~6:00	6:00 ~7:00	7:00 ~8:00	8:00 ~9:00	9:00 ~10:00	10:00 ~11:00	11:00 ~12:00	12:00 ~13:00	13:00 ~14:00	14:00 ~15:00	15:00 ~16:00	16:00 ~17:00	17:00 ~18:00	18:00 ~19:00	19:00 ~20:00	20:00 ~21:00	21:00 ~22:00	22:00 ~23:00	23:00 ~0:00	합계
반출 건수(건)	11	15	24	22	77	67	61	39	24	107	77	75	49	47	68	76	70	63	52	41	41	40	52	23	1,221
평균운송 시간(분))	49.3	49.0	47.5	48.3	47.7	51.9	58.7	62.1	57.1	58.2	59.3	62.4	57.8	55.4	56.5	54.8	57.5	63.0	64.4	56.4	55.0	53.6	52.2	53.3	
최대운송 시간(분)	61.0	81.0	69.0	86.0	80.0	89.0	88.0	88.0	75.0	85.0	86.0	86.0	88.0	86.0	80.0	86.0	87.0	87.0	88.0	83.0	79.0	85.0	89.0	78.0	
최소운송 시간(분)	41.0	41.0	40.0	40.0	40.0	40.0	42.0	48.0	45.0	40.0	44.0	41.0	42.0	41.0	45.0	40.0	42.0	44.0	46.0	41.0	41.0	40.0	40.0	41.0	
평균대기 시간(분)	8.3	8.0	7.5	8.3	7.7	11.9	16.7	14.1	12.1	18.2	15.3	21.4	15.8	14.4	11.5	14.8	15.5	19.0	18.4	15.4	14.0	13.6	12.2	12.3	

Collection @ kmou



<그림 13> C업체의 A→B터미널 반입작업 및 평균대기시간 시간대별 분포

<표 10> C업체의 A→B터미널 환적화물운송 데이터의 반입작업 시간대별 분석

	0:00 ~1:00	1:00 ~2:00	2:00 ~3:00	3:00 ~4:00	4:00 ~5:00	5:00 ~6:00	6:00 ~7:00	7:00 ~8:00	8:00 ~9:00	9:00 ~10:00	10:00 ~11:00	11:00 ~12:00	12:00 ~13:00	13:00 ~14:00	14:00 ~15:00	15:00 ~16:00	16:00 ~17:00	17:00 ~18:00	18:00 ~19:00	19:00 ~20:00	20:00 ~21:00	21:00 ~22:00	22:00 ~23:00	23:00 ~0:00	합계
반입 건수(건)	19	12	16	22	31	72	69	53	36	35	101	72	74	56	46	71	69	73	57	59	39	45	40	54	1,221
평균운송 시간(분))	56.6	48.6	49.7	46.5	47.4	47.5	51.9	61.0	61.4	56.9	58.3	58.9	61.1	59.5	56.6	56.0	54.5	57.6	62.5	64.6	55.8	55.7	54.3	51.3	
최대운송 시간(분)	79.0	61.0	81.0	57.0	86.0	73.0	89.0	88.0	78.0	88.0	85.0	86.0	86.0	88.0	88.0	85.0	86.0	87.0	87.0	88.0	84.0	83.0	85.0	89.0	
최소운송 시간(분)	41.0	41.0	41.0	40.0	40.0	40.0	41.0	45.0	48.0	40.0	42.0	41.0	42.0	42.0	41.0	45.0	40.0	42.0	44.0	46.0	41.0	41.0	40.0	40.0	
평균대기 시간(분)	15.6	7.6	8.8	6.5	7.4	7.5	10.9	16.0	13.4	16.9	16.3	17.9	19.1	17.5	15.6	11.0	14.5	15.6	18.5	18.6	14.8	14.7	14.3	11.3	

Collection @ kmou

제 4장 북항-신항 ITT 운영 개선안

4.1 반입터미널 상황을 반영한 배차계획

현재 부산항 북항에서 신항으로 이어지는 환적 프로세스 상에서 반출 작업이 이루어지는 북항의 가용한 차량 대수 및 상태, 터미널 혼잡도 등의 반출 터미널 상황을 고려하여 배차계획이 이루어지고 있지만, 반입 터미널인 신항의 터미널 혼잡도나 장비 활용 가능 여부 등 반입 터미널의 상황은 고려되지 않고 있다. 배차담당자가 배차계획 수립을 위해서 터미널 상황을 고려할 수 있는 방법으로는 각 터미널 홈페이지에서 야드 차량 현황과 Truck turn time을 확인하는 것과 환적화물 운송을 위해 실제로 터미널 반출입을 하는 차량을 통해 터미널의 상황 정보를 대략적으로 전달받는 방식 등이 있다. 하지만 이러한 방식은 이격 된 거리가 크고 도로교통상황에 의해 시간적 변동이 많은 북항-신항 환적화물 운송에는 적합하지 않고, 다음 배차계획을 수립하기 위한 정확한 터미널 상황 정보를 얻을 수 없는 상황이다. 이를 해결하기 위해 화물과 컨테이너, 운송차량의 정보를 반영하여 반출, 반입 터미널의 정보를 종합적으로 공유하는 배차계획을 세우기 위해 다자간의 정보를 동시에 공유할 수 있는 다양한 ITT 플랫폼 구축에 관한 연구가 이루어지고 있다.

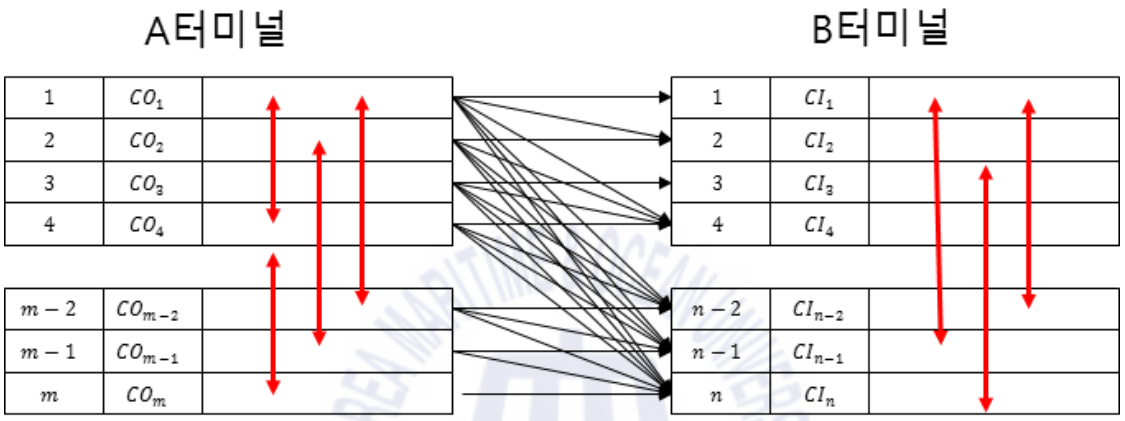
4.1.1 문제 설정 및 가정

북항 A터미널과 신항 B터미널 데이터를 기준으로 반출터미널 및 반입터미널의 혼잡도, 프리타임을 반영한 배차계획 해법을 수립한다.

북항 A터미널과 신항 B터미널은 시간대별 데이터를 바탕으로 시간대별 가용량을 설정하고 그 가용량을 넘어서면 차량이 대기하는 것으로 한다. 또한, 각각의 컨테이너 작업은 반출 프리타임, 반입 프리타임이 존재하여 프리타임 이내에 작업이 이루어지도록 한다. <그림 13>은 A터미널-B터미널을 대상으로 시간대별 혼잡도와 작업 프리타임을 반영한 북항-신항 ITT 할당 모형이다. CO_i,

Collection @ kmou

CI_j는 데이터를 바탕으로 도출한 시간대별 대기시간과 실제 터미널 혼잡도를 바탕으로 설정한 반출 가용량과 반입 가용량이다. <그림 13>에서 표시된 붉은 선은 각 작업의 프리타임을 의미하며, 작업이 프리타임을 넘어서 진행되는 경우는 요금이 부과된다. 문제의 풀이를 통해 최종적으로는 대기시간의 발생을 최소화하는 것을 목적으로 한다.



<그림 14> A-B터미널 혼잡도, 프리타임을 반영한 반출반입 모형

해법에서 사용되는 모수 및 변수는 아래와 같다.

모수 및 변수

- i : 반출터미널의 타임슬롯 index
- j : 반입터미널의 타임슬롯 index($j \geq i$)
- y_i : i타임슬롯의 반출 작업량
- z_j : j타임슬롯의 반입 작업량
- CO_i : i타임슬롯의 반출 가용량
- CI_j : j타임슬롯의 반입 가용량
- I : 반출 후보 작업 그룹

Collection @ kmou

· J : 반입 후보 작업 그룹

4.1.2 반입터미널 상황을 반영한 배차계획 수립 해법

해법은 FT에 따른 작업 순서 정렬, 터미널 시간대별 가용량 할당, 작업 할당으로 크게 3가지 부분으로 나눌 수 있다.

FT에 따른 작업 순서 정렬에서는 본격적인 작업 할당에 앞서 할당하고자 하는 작업 리스트의 프리타임(FT)을 특정 기준에 따라 정렬을 진행한다.

정렬 기준은 아래와 같다.

1. 반입 FT to를 초과한 작업 추출, 반입 FT to 기준 오름차순 정렬하여 할당
2. 반출 FT to를 초과한 작업 추출, 반출 FT to 기준 오름차순 정렬하여 할당
3. 기준 일자 < 반출 FT to, 기준 일자 > 반입 FT from 조건을 만족하는 모든 작업들을 추출
4. 반입 FT to의 일자가 기준 일자와 같은 작업들을 추출하고, 반입 FT to 기준 오름차순 정렬하여 할당
5. 반출 FT to의 일자가 기준 일자와 같은 작업들을 추출하고, 반출 FT to 기준 오름차순 정렬하여 할당
6. 반입 FT to의 일자가 기준 일자 + 1인 작업들을 추출하고, 반입 FT to 기준 오름차순 정렬하여 할당
7. 반출 FT to의 일자가 기준 일자 + 1인 작업들을 추출하고, 반출 FT to 기준 오름차순 정렬하여 할당
8. 나머지 작업들을 반입 FT to 기준 오름차순 정렬하여 할당

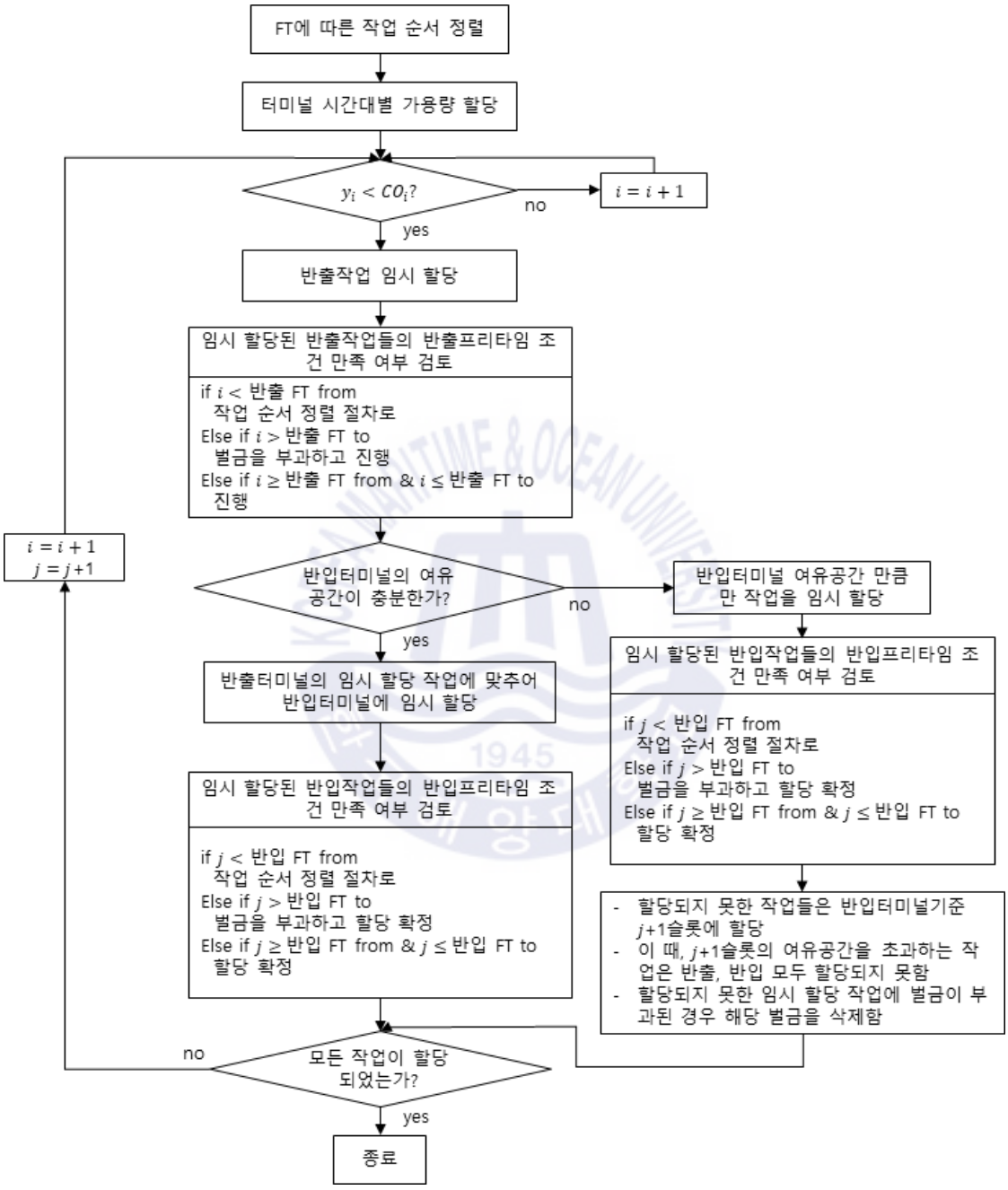
터미널 시간대별 가용량 할당에서는 실제 데이터를 바탕으로 시간대별로 반출터미널과 반입터미널에서 작업을 수용할 수 있는 가용량을 할당한다.

작업 할당에서는 정렬된 작업 리스트와 가용량을 활용하여 해법에 따라 진

Collection @ kmou

행하며 작업을 할당한다.

반입 터미널 상황을 반영한 배차 해법의 전체 흐름은 <그림 14>와 같다.



<그림 15> 반입터미널 상황을 반영한 배차 해법

구체적인 Step은 아래와 같다.

Step 1 [FT에 따른 작업 순서 정렬]

Collection @ kmou

Step 2 [터미널 시간대별 가용량 할당]

Step 3 [$y_i < CO_i$?] : i슬롯에 작업을 할당할 여유가 존재하는지를 판단함. 여유가 존재한다면 Step 4로 넘어가고, 존재하지 않으면 i슬롯에는 작업이 가득차서 추가적인 작업할당이 불가하기 때문에 다음 슬롯에 대해 Step 2를 다시 실행함

Step 4 [반출작업 임시 할당] : i슬롯에 여유공간 만큼 반출작업을 임시 할당함

Step 5 [임시 할당된 반출작업들의 반출프리타임 조건 만족 여부를 검토]

if $i <$ 반출 FT from

작업 순서 정렬 절차로 이동함(Step 1)

else if $i >$ 반출 FT to

벌금을 부과함

임시 할당된 반출작업을 모두 검토했다면 → Step 6

else if $i \geq$ 반출 FT from & $i \leq$ 반출 FT to

임시 할당된 반출작업을 모두 검토했다면 → Step 6

Step 6 [반입터미널의 여유공간이 충분한가?] : 반입터미널의 여유공간이 충분한지 여부를 판단함. 반출터미널에 임시로 할당한 반출작업들을 그대로 반입터미널에 적용할만큼의 충분한 공간이 있는지의 의미함

if 반입터미널 여유공간이 충분하다면 → Step 7

else if 반입터미널 여유공간이 충분하지 않다면 → Step 9

Step 7 [반입터미널에 반입작업 임시 할당] : 반출터미널 임시 할당 작업들을 반입터미널에 그대로 적용함

Step 8 [임시 할당된 반입작업들의 반입프리타임 조건 만족 여부를 검토]

if $j <$ 반입 FT from

Collection @ kmou

작업 순서 정렬 절차로 이동함(Step 1)

else if $j >$ 반입 FT to

벌금을 부과하고 할당을 확정함

임시 할당되었던 반입작업을 모두 검토했다면 → Step 12

else if $j \geq$ 반입 FT from & $j \leq$ 반입 FT to

할당을 확정함

임시 할당되었던 반입작업을 모두 검토했다면 → Step 12

Step 9 [반입터미널의 여유공간 만큼만 작업을 임시 할당]

Step 10 [임시 할당된 반입작업들의 반입프리타임 조건 만족 여부를 검토]

if $j <$ 반입 FT from

작업 순서 정렬 절차로 이동함(Step 1)

else if $j >$ 반입 FT to

벌금을 부과하고 할당을 확정함

임시 할당되었던 반입작업을 모두 검토했다면 → Step 11

else if $j \geq$ 반입 FT from & $j \leq$ 반입 FT to

할당을 확정함

임시 할당되었던 반입작업을 모두 검토했다면 → Step 11

Step 11 [할당되지 못한 작업 할당] : 할당되지 못한 작업의 반입터미널 기준 $j+1$슬롯에 할당함. 이 때, $j+1$슬롯의 여유공간을 초과하는 작업은 반출, 반입 모두 할당되지 못함. 할당되지 못한 임시 할당 작업에 벌금이 부과된 경우에는 해당 벌금을 삭제함 → Step 12

Step 12 [모든 작업이 할당되었는가?]

if 모든 작업이 할당되었다면 → Step 13

Collection @ kmou

else if 모든 작업이 할당되지 않았다면 → $i=i+1,\ j=j+1$→ Step 3

Step 13 [종 료]

4.1.3 반입터미널 상황을 반영한 배차계획 수립 해법의 검정

<표 11>, <표 12>, <표 13>은 C업체의 실제 A-B터미널 환적운송 작업들의 반출·반입시간 데이터와 작업 할당 타임테이블, 각 작업들의 프리타임 정보를 나타낸 표이다.

기존의 배차 방식은 반출터미널의 가용량만을 고려하고, 임의의 반입터미널 가용 장비 및 공간 부족과 혼잡 등을 반영하지 못하는 방식이었다. 이로 인해 운송시간이 1시간 이상 소요된 작업이 다수였고, 비효율적인 배차 방식으로 인해 많은 대기가 발생하였다.

<표 11> C업체의 환적운송 반출·반입시간(2019년 6월 13일~14일)

작업 number	반출시간	반입시간	작업 number	반출시간	반입시간
1	2019-06-13 0:14	2019-06-13 0:53	73	2019-06-14 0:50	2019-06-14 3:52
2	2019-06-13 0:48	2019-06-13 1:36	74	2019-06-14 1:36	2019-06-14 2:21
3	2019-06-13 0:52	2019-06-13 1:36	75	2019-06-14 1:48	2019-06-14 8:06
4	2019-06-13 1:30	2019-06-13 2:24	76	2019-06-14 1:50	2019-06-14 2:31
5	2019-06-13 2:26	2019-06-13 3:11	77	2019-06-14 2:01	2019-06-14 3:27
6	2019-06-13 2:35	2019-06-13 5:48	78	2019-06-14 2:04	2019-06-14 8:06
7	2019-06-13 2:49	2019-06-13 3:36	79	2019-06-14 2:10	2019-06-14 3:07
8	2019-06-13 2:59	2019-06-13 3:48	80	2019-06-14 2:26	2019-06-14 3:27
9	2019-06-13 3:07	2019-06-13 3:54	81	2019-06-14 2:29	2019-06-14 3:15
10	2019-06-13 3:12	2019-06-13 3:54	82	2019-06-14 2:42	2019-06-14 3:31
11	2019-06-13 3:14	2019-06-13 4:30	83	2019-06-14 2:56	2019-06-14 3:48
12	2019-06-13 3:30	2019-06-13 4:14	84	2019-06-14 2:58	2019-06-14 8:13
13	2019-06-13 3:31	2019-06-13 13:54	85	2019-06-14 3:08	2019-06-14 9:34
14	2019-06-13 4:04	2019-06-13 4:56	86	2019-06-14 3:12	2019-06-14 9:03
15	2019-06-13 4:21	2019-06-13 5:03	87	2019-06-14 3:21	2019-06-14 4:03
16	2019-06-13 4:28	2019-06-13 5:21	88	2019-06-14 3:25	2019-06-14 9:16
17	2019-06-13 4:29	2019-06-13 5:09	89	2019-06-14 3:30	2019-06-14 8:06
18	2019-06-13 4:30	2019-06-13 5:12	90	2019-06-14 3:33	2019-06-14 9:22
19	2019-06-13 4:37	2019-06-13 5:30	91	2019-06-14 3:35	2019-06-14 9:32
20	2019-06-13 5:11	2019-06-13 5:58	92	2019-06-14 3:36	2019-06-14 8:21
21	2019-06-13 5:39	2019-06-13 6:21	93	2019-06-14 3:43	2019-06-14 8:18
22	2019-06-13 5:42	2019-06-13 6:49	94	2019-06-14 3:50	2019-06-14 20:03
23	2019-06-13 5:56	2019-06-13 6:45	95	2019-06-14 4:01	2019-06-14 4:42
24	2019-06-13 6:07	2019-06-13 9:31	96	2019-06-14 4:12	2019-06-14 7:48
25	2019-06-13 6:24	2019-06-13 7:29	97	2019-06-14 4:20	2019-06-14 8:43
26	2019-06-13 6:35	2019-06-13 7:34	98	2019-06-14 4:33	2019-06-14 8:01
27	2019-06-13 8:09	2019-06-13 9:22	99	2019-06-14 4:43	2019-06-14 9:06

Collection @ kmou

28	2019-06-13 9:31	2019-06-13 10:46	100	2019-06-14 6:23	2019-06-14 7:24
29	2019-06-13 11:10	2019-06-13 12:01	101	2019-06-14 6:28	2019-06-14 8:24
30	2019-06-13 11:15	2019-06-13 12:03	102	2019-06-14 6:49	2019-06-14 7:56
31	2019-06-13 12:23	2019-06-13 13:13	103	2019-06-14 7:05	2019-06-14 8:01
32	2019-06-13 13:03	2019-06-13 13:54	104	2019-06-14 7:08	2019-06-14 8:15
33	2019-06-13 14:02	2019-06-13 15:04	105	2019-06-14 7:19	2019-06-14 8:15
34	2019-06-13 14:29	2019-06-13 15:20	106	2019-06-14 7:41	2019-06-14 8:37
35	2019-06-13 14:37	2019-06-13 15:34	107	2019-06-14 8:33	2019-06-14 9:31
36	2019-06-13 14:59	2019-06-13 15:48	108	2019-06-14 11:22	2019-06-14 13:39
37	2019-06-13 15:06	2019-06-13 15:56	109	2019-06-14 11:37	2019-06-14 13:41
38	2019-06-13 15:07	2019-06-13 19:17	110	2019-06-14 11:58	2019-06-14 13:01
39	2019-06-13 15:10	2019-06-13 16:51	111	2019-06-14 12:24	2019-06-14 14:20
40	2019-06-13 15:44	2019-06-13 16:34	112	2019-06-14 12:43	2019-06-14 13:38
41	2019-06-13 15:47	2019-06-13 16:49	113	2019-06-14 12:48	2019-06-14 13:49
42	2019-06-13 15:57	2019-06-13 16:50	114	2019-06-14 13:06	2019-06-14 14:47
43	2019-06-13 16:24	2019-06-13 17:19	115	2019-06-14 13:16	2019-06-14 14:22
44	2019-06-13 16:37	2019-06-13 17:34	116	2019-06-14 13:18	2019-06-14 14:18
45	2019-06-13 16:56	2019-06-13 17:57	117	2019-06-14 13:29	2019-06-14 14:42
46	2019-06-13 17:08	2019-06-13 18:36	118	2019-06-14 13:32	2019-06-14 14:46
47	2019-06-13 18:07	2019-06-13 18:58	119	2019-06-14 13:39	2019-06-14 14:45
48	2019-06-13 18:31	2019-06-13 19:48	120	2019-06-14 14:16	2019-06-14 15:30
49	2019-06-13 18:45	2019-06-13 19:43	121	2019-06-14 14:19	2019-06-14 15:10
50	2019-06-13 19:35	2019-06-14 4:49	122	2019-06-14 14:21	2019-06-14 15:20
51	2019-06-13 19:42	2019-06-13 20:44	123	2019-06-14 14:23	2019-06-14 15:14
52	2019-06-13 19:49	2019-06-13 20:42	124	2019-06-14 14:24	2019-06-14 15:34
53	2019-06-13 20:32	2019-06-14 8:26	125	2019-06-14 14:27	2019-06-14 15:34
54	2019-06-13 20:47	2019-06-13 21:43	126	2019-06-14 15:02	2019-06-14 16:01
55	2019-06-13 21:11	2019-06-14 8:26	127	2019-06-14 15:11	2019-06-14 16:43
56	2019-06-13 21:54	2019-06-14 8:26	128	2019-06-14 15:44	2019-06-14 16:52
57	2019-06-13 21:57	2019-06-14 8:27	129	2019-06-14 16:26	2019-06-14 17:33
58	2019-06-13 22:16	2019-06-13 23:27	130	2019-06-14 16:44	2019-06-14 17:46
59	2019-06-13 22:34	2019-06-14 1:11	131	2019-06-14 16:51	2019-06-14 18:03
60	2019-06-13 22:34	2019-06-13 23:29	132	2019-06-14 18:08	2019-06-14 19:10
61	2019-06-13 22:36	2019-06-13 23:34	133	2019-06-14 18:58	2019-06-15 9:35
62	2019-06-13 22:39	2019-06-13 23:26	134	2019-06-14 19:01	2019-06-15 6:16
63	2019-06-13 22:44	2019-06-13 23:54	135	2019-06-14 19:17	2019-06-14 19:42
64	2019-06-13 23:02	2019-06-14 1:11	136	2019-06-14 19:24	2019-06-15 6:19
65	2019-06-13 23:07	2019-06-13 23:54	137	2019-06-14 19:44	2019-06-15 7:05
66	2019-06-13 23:21	2019-06-14 0:05	138	2019-06-14 20:04	2019-06-14 20:53
67	2019-06-13 23:22	2019-06-14 4:22	139	2019-06-14 20:34	2019-06-14 21:31
68	2019-06-14 0:00	2019-06-14 1:06	140	2019-06-14 21:11	2019-06-14 22:05
69	2019-06-14 0:14	2019-06-14 6:22	141	2019-06-14 21:27	2019-06-14 22:32
70	2019-06-14 0:17	2019-06-14 1:27	142	2019-06-14 21:35	2019-06-14 22:51
71	2019-06-14 0:28	2019-06-14 1:14	143	2019-06-14 23:44	2019-06-15 0:25
72	2019-06-14 0:42	2019-06-14 1:27			

<표 12> C업체의 환적운송 프리타임(2019년 6월 13일~14일)

작업 number	반출		반입	
	FT from	FT to	FT from	FT to
1	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
2	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
3	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
4	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
5	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
6	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
7	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
8	2019-06-09 10:42	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
9	2019-06-07 16:27	2019-06-23 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
10	2019-06-07 16:27	2019-06-23 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
11	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
12	2019-06-11 6:07	2019-06-18 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
13	2019-06-07 08:43	2019-06-23 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00

Collection @ kmou

14	2019-06-11 6:07	2019-06-18 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
15	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
16	2019-06-11 6:07	2019-06-18 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
17	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
18	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
19	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
20	2019-06-11 6:07	2019-06-14 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
21	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
22	2019-06-06 16:52	2019-06-14 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
23	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
24	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
25	2019-06-06 16:52	2019-06-14 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
26	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
27	2019-06-06 16:52	2019-06-14 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
28	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
29	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
30	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
31	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
32	2019-06-10 08:00	2019-06-17 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
33	2019-06-08 21:31	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
34	2019-06-08 21:39	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
35	2019-06-08 22:39	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
36	2019-06-08 23:27	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
37	2019-06-08 23:14	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
38	2019-06-06 16:52	2019-06-14 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00
39	2019-06-08 22:48	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
40	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
41	2019-06-08 22:41	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
42	2019-06-08 23:06	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
43	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-13 13:00	2019-06-20 13:00
44	2019-06-08 21:47	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
45	2019-06-08 22:31	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
46	2019-06-08 23:29	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
47	2019-06-08 23:45	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
48	2019-06-08 21:33	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
49	2019-06-08 21:43	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
50	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-07 11:00	2019-06-14 11:00
51	2019-06-08 21:35	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
52	2019-06-08 21:29	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
53	2019-06-08 23:19	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
54	2019-06-08 21:47	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
55	2019-06-08 23:35	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
56	2019-06-08 22:25	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
57	2019-06-08 23:29	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
58	2019-06-09 2:11	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
59	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00
60	2019-06-08 23:36	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
61	2019-06-08 22:59	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
62	2019-06-08 23:31	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
63	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00
64	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00
65	2019-06-07 10:04	2019-06-14 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00
66	2019-06-09 0:43	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
67	2019-06-09 2:25	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
68	2019-06-08 21:45	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
69	2019-06-09 1:15	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
70	2019-06-08 22:48	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
71	2019-06-09 0:32	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
72	2019-06-09 0:27	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
73	2019-06-09 0:57	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
74	2019-06-09 0:34	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
75	2019-06-08 21:28	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
76	2019-06-09 1:20	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
77	2019-06-09 2:08	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00

dCollection @ kmou

78	2019-06-08 22:37	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
79	2019-06-09 2:16	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
80	2019-06-08 23:41	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
81	2019-06-08 23:38	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
82	2019-06-08 21:51	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
83	2019-06-09 0:38	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
84	2019-06-08 21:54	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
85	2019-06-08 22:16	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
86	2019-06-08 22:22	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
87	2019-06-09 0:40	2019-06-14 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
88	2019-06-08 22:53	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
89	2019-06-08 23:31	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
90	2019-06-08 23:11	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
91	2019-06-08 22:57	2019-06-14 8:00	2019-06-13 13:00	2019-06-20 13:00
92	2019-06-08 23:21	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
93	2019-06-08 23:27	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
94	2019-06-09 2:14	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-15 13:00
95	2019-06-09 1:22	2019-06-14 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
96	2019-06-08 22:59	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
97	2019-06-08 23:24	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
98	2019-06-09 3:13	2019-06-14 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
99	2019-06-09 0:37	2019-06-14 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
100	2019-06-09 3:25	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
101	2019-06-09 10:42	2019-06-17 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
102	2019-06-08 23:00	2019-06-15 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
103	2019-06-09 3:10	2019-06-15 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
104	2019-06-09 1:02	2019-06-15 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
105	2019-06-08 21:57	2019-06-15 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
106	2019-06-09 1:06	2019-06-15 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
107	2019-06-08 21:44	2019-06-15 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
108	2019-06-08 23:42	2019-06-15 8:00	2019-06-08 13:00	2019-06-15 13:00
109	2019-06-09 3:12	2019-06-15 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
110	2019-06-08 23:09	2019-06-15 8:00	2019-06-08 13:00	2019-06-15 13:00
111	2019-06-08 22:33	2019-06-15 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
112	2019-06-08 22:53	2019-06-15 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
113	2019-06-09 10:42	2019-06-17 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
114	2019-06-09 0:27	2019-06-15 8:00	2019-06-08 13:00	2019-06-15 13:00
115	2019-06-10 8:00	2019-06-17 8:00	2019-06-11 8:00	2019-06-18 8:00
116	2019-06-10 8:00	2019-06-17 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
117	2019-06-08 23:44	2019-06-15 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
118	2019-06-12 0:59	2019-06-15 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
119	2019-06-08 22:56	2019-06-15 8:00	2019-06-08 13:00	2019-06-15 13:00
120	2019-06-08 22:46	2019-06-15 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
121	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
122	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
123	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
124	2019-06-08 22:43	2019-06-15 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
125	2019-06-08 23:50	2019-06-15 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
126	2019-06-12 0:57	2019-06-15 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
127	2019-06-08 22:16	2019-06-15 8:00	2019-06-08 13:00	2019-06-15 13:00
128	2019-06-09 4:26	2019-06-15 8:00	2019-06-08 13:00	2019-06-15 13:00
129	2019-06-08 22:55	2019-06-15 8:00	2019-06-08 13:00	2019-06-15 13:00
130	2019-06-12 0:45	2019-06-28 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
131	2019-06-12 1:06	2019-06-28 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
132	2019-06-12 08:00	2019-06-19 8:00	2019-06-09 16:00	2019-06-16 16:00
133	2019-06-12 08:00	2019-06-19 8:00	2019-06-09 16:00	2019-06-16 16:00
134	2019-06-12 08:00	2019-06-19 8:00	2019-06-09 16:00	2019-06-16 16:00
135	2019-06-09 08:00	2019-06-16 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
136	2019-06-12 08:00	2019-06-19 8:00	2019-06-09 16:00	2019-06-16 16:00
137	2019-06-12 08:00	2019-06-19 8:00	2019-06-09 16:00	2019-06-16 16:00
138	2019-06-14 16:35	2019-06-18 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
139	2019-06-12 1:03	2019-06-28 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
140	2019-06-12 1:05	2019-06-28 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
141	2019-06-12 08:00	2019-06-19 8:00	2019-06-09 16:00	2019-06-16 16:00

dCollection @ kmou

142	2019-06-14 16:09	2019-06-18 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00
143	2019-06-08 23:01	2019-06-15 8:00	2019-06-09 19:00	2019-06-16 19:00

<표 13> 기존 작업 할당 타임테이블 (2019년 6월 13일~14일 C업체 기준 실제 할당된 작업)

	A터미널												B터미널																			
날짜	시간대	반출 건수											시간대	반입 건수																		
6/13	00:00	3	1	2	3								00:00	1	1																	
	01:00	1	4										01:00	2	2	3																
	02:00	4	5	6	7	8							02:00	1	4																	
	03:00	5	9	10	11	12	13						03:00	5	5	7	8	9	10													
	04:00	6	14	15	16	17	18	19					04:00	3	11	12	14															
	05:00	4	20	21	22	23							05:00	7	6	15	16	17	18	19	20											
	06:00	3	24	25	26								06:00	3	21	22	23															
	07:00	0											07:00	2	25	26																
	08:00	1	27										08:00	0																		
	09:00	1	28										09:00	2	24	27																
	10:00	0											10:00	1	28																	
	11:00	2	29	30									11:00	0																		
	12:00	1	31										12:00	2	29	30																
	13:00	1	32										13:00	3	13	31	32															
	14:00	4	33	34	35	36							14:00	0																		
	15:00	6	37	38	39	40	41	42					15:00	5	33	34	35	36	37													
	16:00	3	43	44	45								16:00	4	39	40	41	42														
	17:00	1	46										17:00	3	43	44	45															
	18:00	3	47	48	49								18:00	2	46	47																
	19:00	3	50	51	52								19:00	3	38	48	49															
	20:00	2	53	54									20:00	2	51	52																
	21:00	3	55	56	57								21:00	1	54																	
	22:00	6	58	59	60	61	62	63					22:00	0																		
	23:00	4	64	65	66	67							23:00	6	58	60	61	62	63	65												
6/14	00:00	6	68	69	70	71	72	73					00:00	1	66																	
	01:00	3	74	75	76								01:00	6	59	64	68	70	71	72												
	02:00	8	77	78	79	80	81	82	83	84			02:00	2	74	76																
	03:00	10	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	03:00	7	73	77	79	80	81	82	83											
	04:00	5	95	96	97	98	99						04:00	4	50	67	87	95														
	05:00	0											05:00	1	94																	
	06:00	3	100	101	102								06:00	1	69																	
	07:00	4	103	104	105	106							07:00	3	96	100	102															
	08:00	1	107										08:00	17	53	55	56	57	75	78	84	89	92	93	97	98	101	103	104	105	106	
	09:00	0											09:00	7	85	86	88	90	91	99	107											
	10:00	0											10:00	0																		
	11:00	3	108	109	110								11:00	0																		
	12:00	3	111	112	113								12:00	0																		
	13:00	6	114	115	116	117	118	119					13:00	5	108	109	110	112	113													
	14:00	6	120	121	122	123	124	125					14:00	7	111	114	115	116	117	118	119											
	15:00	3	126	127	128								15:00	6	120	121	122	123	124	125												
	16:00	3	129	130	131								16:00	3	126	127	128															
	17:00	0											17:00	2	129	130																
	18:00	2	132	133									18:00	1	131																	
	19:00	4	134	135	136	137							19:00	2	132	135																
	20:00	2	138	139									20:00	1		138																
	21:00	3	140	141	142								21:00	1	139																	
	22:00	0											22:00	3	140	141	142															
	23:00	1	143										23:00	0																		

: 대기 발생 : 1시간 이상 대기

배차 해법의 효과를 확인하기 위해 앞서 도출한 해법 절차를 따라 <표 11>, <표 12>, <표 13>의 기존 데이터를 활용하여 기존 할당 방식과 배차 해법 간

Collection @ kmou

의 대기시간 비교를 한다.

1) 테스트 데이터 생성

테스트 데이터로는 2019년 6월 13일~14일 C업체에서 수행한 북-신 환적운송 작업의 프리타임 데이터인 <표 12>를 <그림 14>의 FT에 따른 작업 순서 정렬 기준을 적용하여 정렬하고, 이 중 100개를 추출하여 활용한다. 추출된 프리타임 데이터는 <표 14>와 같다.

<표 14> 반출입 Ft 예시(100건)

작업 number	반출		반입	
	FT from	FT to	FT from	FT to
1	2019-06-06 16:52	2019-06-14 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
2	2019-06-06 16:52	2019-06-14 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
3	2019-06-06 16:52	2019-06-14 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
4	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
5	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
6	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
7	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
8	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
9	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
10	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
11	2019-06-09 10:42	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
12	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
13	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
14	2019-06-11 6:07	2019-06-18 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
15	2019-06-07 16:27	2019-06-23 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
16	2019-06-07 16:27	2019-06-23 8:00	2019-06-06 12:00	2019-06-13 12:00
17	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-07 11:00	2019-06-14 11:00
18	2019-06-06 16:52	2019-06-14 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00
19	2019-06-07 10:04	2019-06-14 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00
20	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00
21	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00
22	2019-06-09 4:58	2019-06-15 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00
23	2019-06-07 08:43	2019-06-23 8:00	2019-06-07 12:00	2019-06-14 12:00
24	2019-06-08 22:48	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
25	2019-06-09 0:32	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
26	2019-06-09 0:27	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
27	2019-06-09 0:57	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
28	2019-06-09 0:34	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
29	2019-06-08 21:28	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
30	2019-06-09 1:20	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
31	2019-06-09 2:08	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
32	2019-06-08 22:37	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
33	2019-06-09 2:16	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
34	2019-06-08 23:41	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
35	2019-06-08 23:38	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
36	2019-06-08 21:51	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
37	2019-06-09 0:38	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
38	2019-06-08 21:54	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
39	2019-06-08 22:16	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
40	2019-06-08 22:22	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
41	2019-06-08 22:53	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
42	2019-06-08 23:31	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
43	2019-06-08 23:11	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
44	2019-06-08 23:21	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00

Collection @ kmou

45	2019-06-08 23:27	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
46	2019-06-08 22:59	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
47	2019-06-08 23:24	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
48	2019-06-09 3:25	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
49	2019-06-08 23:00	2019-06-15 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
50	2019-06-09 3:10	2019-06-15 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
51	2019-06-09 1:02	2019-06-15 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
52	2019-06-08 21:57	2019-06-15 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
53	2019-06-09 1:06	2019-06-15 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
54	2019-06-08 21:31	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
55	2019-06-08 21:39	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
56	2019-06-08 22:39	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
57	2019-06-08 23:27	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
58	2019-06-08 23:14	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
59	2019-06-08 22:48	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
60	2019-06-08 22:41	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
61	2019-06-08 23:06	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
62	2019-06-08 21:47	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
63	2019-06-08 22:31	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
64	2019-06-08 23:29	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
65	2019-06-08 23:45	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
66	2019-06-08 21:33	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
67	2019-06-08 21:43	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
68	2019-06-08 21:35	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
69	2019-06-08 21:29	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
70	2019-06-08 23:19	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
71	2019-06-08 21:47	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
72	2019-06-08 23:35	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
73	2019-06-08 22:25	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
74	2019-06-08 23:29	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
75	2019-06-09 2:11	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
76	2019-06-08 23:36	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
77	2019-06-08 22:59	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
78	2019-06-08 23:31	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
79	2019-06-09 0:43	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
80	2019-06-09 2:25	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
81	2019-06-08 21:45	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
82	2019-06-09 1:15	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-14 13:00
83	2019-06-11 6:07	2019-06-14 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
84	2019-06-09 2:14	2019-06-14 8:00	2019-06-07 13:00	2019-06-15 13:00
85	2019-06-08 22:57	2019-06-14 8:00	2019-06-13 13:00	2019-06-20 13:00
86	2019-06-09 0:40	2019-06-14 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
87	2019-06-09 1:22	2019-06-14 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
88	2019-06-09 3:13	2019-06-14 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
89	2019-06-09 0:37	2019-06-14 8:00	2019-06-14 15:00	2019-06-21 15:00
90	2019-06-11 6:07	2019-06-18 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
91	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
92	2019-06-11 6:07	2019-06-18 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
93	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
94	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
95	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
96	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
97	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
98	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
99	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00
100	2019-06-08 08:00	2019-06-15 8:00	2019-06-08 0:00	2019-06-15 0:00

dCollection @ kmou

2) 시간대별 가용량 할당

시간대별 가용량은 <표 13>의 실제 시간대별 반출입 건수를 시간대별 가용량으로 적용한다. 테스트를 위한 시간대별 가용량은 <표 15>와 같다.

<표 15> 테스트를 위한 시간대별 가용량

	6/13																							
시간	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
반출 가용량 (건)	3	1	4	5	6	4	3	0	1	1	0	2	1	1	4	6	3	1	3	3	2	3	6	4
반입 가용량 (건)	1	2	1	5	3	7	3	2	0	2	1	0	2	3	0	5	4	3	2	3	2	1	0	6
	6/14																							
시간	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
반출 가용량 (건)	6	3	8	10	5	0	3	4	1	0	0	3	3	6	6	3	3	0	2	4	2	3	0	1
반입 가용량 (건)	1	6	2	7	4	1	1	3	17	7	0	0	0	5	7	6	3	2	1	2	1	1	3	0

3) 시간대별 반출·반입 작업 할당

배차 해법의 결과를 기존 작업 할당 결과와 비교하기 위해 <표 13>의 기존 작업 할당 테이블에서 상위 100개 작업을 추출하여 <표 16>과 같이 나타내었다.

Collection @ kmou

<표 16> 기존 작업 할당 타임테이블 중 100건 추출

	A 터미널												B 터미널													
날짜	시간대	반출건수											시간대	반입건수												
6/13	00:00	3	1	2	3								00:00	1	1											
	01:00	1	4										01:00	2	2	3										
	02:00	4	5	6	7	8							02:00	1	4											
	03:00	5	9	10	11	12	13						03:00	5	5	7	8	9	10							
	04:00	6	14	15	16	17	18	19					04:00	3	11	12	14									
	05:00	4	20	21	22	23							05:00	7	6	15	16	17	18	19	20					
	06:00	3	24	25	26								06:00	3	21	22	23									
	07:00	0											07:00	2	25	26										
	08:00	1	27										08:00	0												
	09:00	1	28										09:00	2	24	27										
	10:00	0											10:00	1	28											
	11:00	2	29	30									11:00	0												
	12:00	1	31										12:00	2	29	30										
	13:00	1	32										13:00	3	13	31	32									
	14:00	4	33	34	35	36							14:00	0												
	15:00	6	37	38	39	40	41	42					15:00	5	33	34	35	36	37							
	16:00	3	43	44	45								16:00	4	39	40	41	42								
	17:00	1	46										17:00	3	43	44	45									
	18:00	3	47	48	49								18:00	2	46	47										
	19:00	3	50	51	52								19:00	3	38	48	49									
	20:00	2	53	54									20:00	2	51	52										
	21:00	3	55	56	57								21:00	1	54											
	22:00	6	58	59	60	61	62	63					22:00	0												
	23:00	4	64	65	66	67							23:00	6	58	60	61	62	63	65						
6/14	00:00	6	68	69	70	71	72	73					00:00	1	66											
	01:00	3	74	75	76								01:00	6	59	64	68	70	71	72						
	02:00	8	77	78	79	80	81	82	83	84			02:00	2	74	76										
	03:00	10	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	03:00	7	73	77	79	80	81	82	83					
	04:00	5	95	96	97	98	99						04:00	4	50	67	87	95								
	05:00	0											05:00	1	94											
	06:00	3	100										06:00	1	69											
	07:00	4											07:00	3	96	100										
	08:00	1											08:00	17	53	55	56	57	75	78	84	89	92	93	97	98
	09:00	0											09:00	7	85	86	88	90	91	99						
	10:00	0											10:00	0												
	11:00	3											11:00	0												
	12:00	3											12:00	0												
	13:00	6											13:00	5												
	14:00	6											14:00	7												
	15:00	3											15:00	6												
	16:00	3											16:00	3												
	17:00	0											17:00	2												
	18:00	2											18:00	1												
	19:00	4											19:00	2												
	20:00	2											20:00	1												
	21:00	3											21:00	1												
	22:00	0											22:00	3												
	23:00	1											23:00	0												

: 대기 발생 : 1시간 이상 대기

실제 시간대별 가용량 조건에서의 배차 해법을 적용한 작업 할당 결과를 계산하기 위해 <표 15>의 시간대별 가용량을 기준으로 <표 14>의 100개의 작업을 반출입 Ft를 고려하여 할당한다. 작업 할당이 완료된 타임테이블은 <표 17>

Collection @ kmou

과 같다. 할당 결과를 반입터미널 가용량 활용 작업 할당 결과라고 하겠다.

<표 17> 반입터미널 가용량 활용 작업 할당 타임테이블

	A 터미널												B 터미널													
날짜	시간대	반출건수											시간대	반입건수												
6/13	00:00	3	1	2	3								00:00	1	1											
	01:00	1	4										01:00	2	2	3										
	02:00	4	5	6	7	8							02:00	1	4											
	03:00	5	9	10	11	12							03:00	5	5	6	7	8	9							
	04:00	6	13	14	15	16	17	18					04:00	3	10	11	12									
	05:00	4	19	20	21	22							05:00	7	13	14	15	16	17	18	19					
	06:00	3	24	25									06:00	3	20	21	22									
	07:00	0											07:00	2	24	25										
	08:00	1	26										08:00	0												
	09:00	1	27										09:00	2	26	27										
	10:00	0											10:00	1												
	11:00	2	28	29									11:00	0												
	12:00	1	30										12:00	2	28	29										
	13:00	1	31										13:00	3	30	31										
	14:00	4	32	33	34	35							14:00	0												
	15:00	6	36	37	38	39	40						15:00	5	32	33	34	35	36							
	16:00	3	41	42	43								16:00	4	37	38	39	40								
	17:00	1	44										17:00	3	41	42	43									
	18:00	3	45	46	47								18:00	2	44	45										
	19:00	3	48	49	50								19:00	3	46	47	48									
	20:00	2	51										20:00	2	49	50										
	21:00	3											21:00	1	51											
	22:00	6	52	53	54	55	56	57					22:00	0												
	23:00	4	58										23:00	6	52	53	54	55	56	57						
6/14	00:00	6	59	60	61	62	63	64					00:00	1	58											
	01:00	3	65	66									01:00	6	59	60	61	62	63	64						
	02:00	8	67	68	69	70	71	72	73				02:00	2	65	66										
	03:00	10	74	75	76	77							03:00	7	67	68	69	70	71	72	73					
	04:00	5	78										04:00	4	74	75	76	77								
	05:00	0											05:00	1	78											
	06:00	3	79	80	81								06:00	1	79											
	07:00	4	82	83	84	85							07:00	3	80	81	82									
	08:00	1	86										08:00	17	83	84	85	86								
	09:00	0											09:00	7												
	10:00	0											10:00	0												
	11:00	3											11:00	0												
	12:00	3	87	88	89								12:00	0												
	13:00	6	90	91	92	93	94	95					13:00	5	87	88	89	90	91							
	14:00	6	96	97	98	99	100						14:00	7	92	93	94	95	96	97	98					
	15:00	3											15:00	6	99	100										
	16:00	3											16:00	3												
	17:00	0											17:00	2												
	18:00	2											18:00	1												
	19:00	4											19:00	2												
	20:00	2											20:00	1												
	21:00	3											21:00	1												
	22:00	0											22:00	3												
	23:00	1											23:00	0												

: 대기 발생

갈색으로 표시된 대기 발생은 A터미널과 B터미널의 최소운송시간 40분 내에 운송이 이루어지지 못하고 운송시간에 약 20분의 대기시간이 추가된 경우를

Collection @ kmou

의미한다.

결과를 정리하면 <표 18>과 같다. 기존 작업 할당 방식에서는 약 9,300분의 대기가 발생하였고, 반입터미널 가용량 활용 할당 방식에서는 약 1,660분의 대기가 발생하였다. 두 방식의 결과를 비교하면 반입터미널 가용량 활용 할당 방식이 기존 할당 방식에 비하여 약 80%의 대기시간 감소 효과를 보였다.

<표 18> 작업 할당 결과에 따른 대기시간 발생 비교

	기존 할당 방식	반입터미널 가용량 활용 할당 방식
터미널간 운송(건)	100	100
대기(건)	90	83
대기시간(분)	9,300	1,660
평가		대기시간 약 80% 감소

하지만, 반출터미널과 반입터미널 양쪽의 상황을 고려하여 배차계획이 수립된다고 하더라도 특정 시간대에 작업이 몰리는 경우 대기시간의 발생을 피하기는 어렵다. 따라서, 몰리는 작업량을 분산시킬 수 있는 완충장치(buffer)가 필요하다.

4.2 배후단지 버퍼지역 활용

환적화물 운송의 거점인 터미널은 여러 가지 요인들로 인해 컨테이너 상하차 및 야드 플래닝에 많은 어려움을 겪고 있고 최종적으로 물류비용의 상승이라는 큰 문제점을 안고 있다.

우리나라 컨테이너 수출입 물동량은 코로나19, 세계 무역 관계 및 흐름 등에 영향을 크게 받고, 이로 인해 물동량의 불균형을 피할 수 없게 되면서 터미널의 장치율이 상승하여 야드 혼잡도가 높아지고 효율적인 야드 플래닝 및 컨테이너 반출입이 어려운 상태이다. 날씨, 바람에 영향을 많이 받는 선박의 접안 예정일의 변동도 잦아지면서 선적기한이 많이 남은 화물들이 터미널에 신속하

Collection @ kmou

게 반입되면서 터미널 장치율을 높이고 있다. 또한, 반입 터미널의 상황을 고려하지 않은 운송 계획으로 인해 특정 시간에 차량 반출입이 몰리게 되어 게이트 업무가 증가하여 환적화물 상하차를 하는 본선 업무의 집중도가 감소하게 되었다.

그 결과 재작업률(이적작업)이 높아지고, 차량의 컨테이너 상하차가 늦어지게 되어 대기비용이 발생하며 복화운송 기회까지 상실되면서 전체적인 물류비용이 상승하고 있다. 근본적인 원인과 해결방안을 찾기 위해 역순으로 분석해 보면 반출 터미널과 반입 터미널의 정보 공유를 통해 원활한 컨테이너 상하차를 진행하여 대기시간을 감소시켜야 한다는 것을 알 수 있다.

<그림 16> 대기시간 감소 방안 마련의 필요성

4.2.1 문제 설정 및 가정

현재 진행되는 북항 - 신항 환적화물 운송은 차량이 반출 터미널에서 해당 화물을 반출하여 바로 반입 터미널로 화물을 내려놓는 시스템이고, 이 과정에서 정보 공유 및 환경적인 요인들로 인해 상하차 대기시간이 발생하고 있다.

Collection @ kmou

본 연구에서는 위와 같은 문제점에 대한 해결방안으로 반·출입 터미널 사이 배후단지에 '적/공 컨테이너 장치장'을 운영하여 상하차 대기시간의 감소를 이루어 내고자 한다.

버퍼지역 운영 계획에 대한 전제 조건은 다음과 같다.

1) 선적을 위한 적/공 컨테이너에 대해서만 반·출입 허용

2) 모든 운송 과정에서의 원활한 정보 공유가 이루어짐

3) 반입 터미널의 야드 및 반·출입 상황이 좋지 않고 장치율이 높은 상황

4) 버퍼지역에서의 상하차를 위한 대기시간은 없음

5) 각 구간에 상응 하는 물류비용은 현재 화물안전운임제(2020년)에 준수

6) 위험물, 냉동 컨테이너와 같은 특수 컨테이너는 취급하지 않음

버퍼지역 운영 과정은 <그림 16>와 같은 형태로 가정할 수 있다.

<그림 17> 버퍼지역 운영 과정

Collection @ kmou

1) 1차운송 (반출 터미널 - 버퍼 장치장)

반·출입 상황이 좋지 않은 반입 터미널에서의 대기시간을 감소시키기 위해 반출 터미널에서 상차한 컨테이너를 배후단지 버퍼 장치장에 하차하는 1차 운송을 진행한다. 이 과정에서 운송되는 컨테이너와 차량의 정보가 버퍼 장치장에 제공되고, 대기시간 없이 1차 운송을 수행한 차량은 복화운송을 위해 터미널이나 웅동 배후단지 창고 물동량 상차를 위해 이동을 한다.

2) 2차운송 (버퍼 장치장 - 반입 터미널)

버퍼 장치장에서는 1차 운송을 마친 컨테이너에 대한 정보 확인과 반입할 차량 정보 결정 후 반입 터미널에 공유하고, 반입 터미널에서는 실시간 반·출입 상황과 선박 접안 및 장비 가동 현황을 제공하여 최적의 운송 진행 시각을 산출하여 운송한다. 추가적으로 해당 반입 터미널에서 환적 운송을 진행해야 할 복화 물동량을 제공하여 차량의 복화운송 기회를 높인다.

해법에서 사용되는 모수 및 변수는 아래와 같다.

모수 및 변수

- i : 반출터미널의 타임슬롯 index
- j : 반입터미널의 타임슬롯 index($j \geq i$)
- y_i : i타임슬롯의 반출 작업량
- z_j : j타임슬롯의 반입 작업량
- h_j : j타임슬롯의 보관 작업량
- CO_i : i타임슬롯의 반출 가용량
- CI_j : j타임슬롯의 반입 가용량
- CH_j : j타임슬롯의 보관 가용량
- I : 반출 후보 작업 그룹

Collection @ kmou

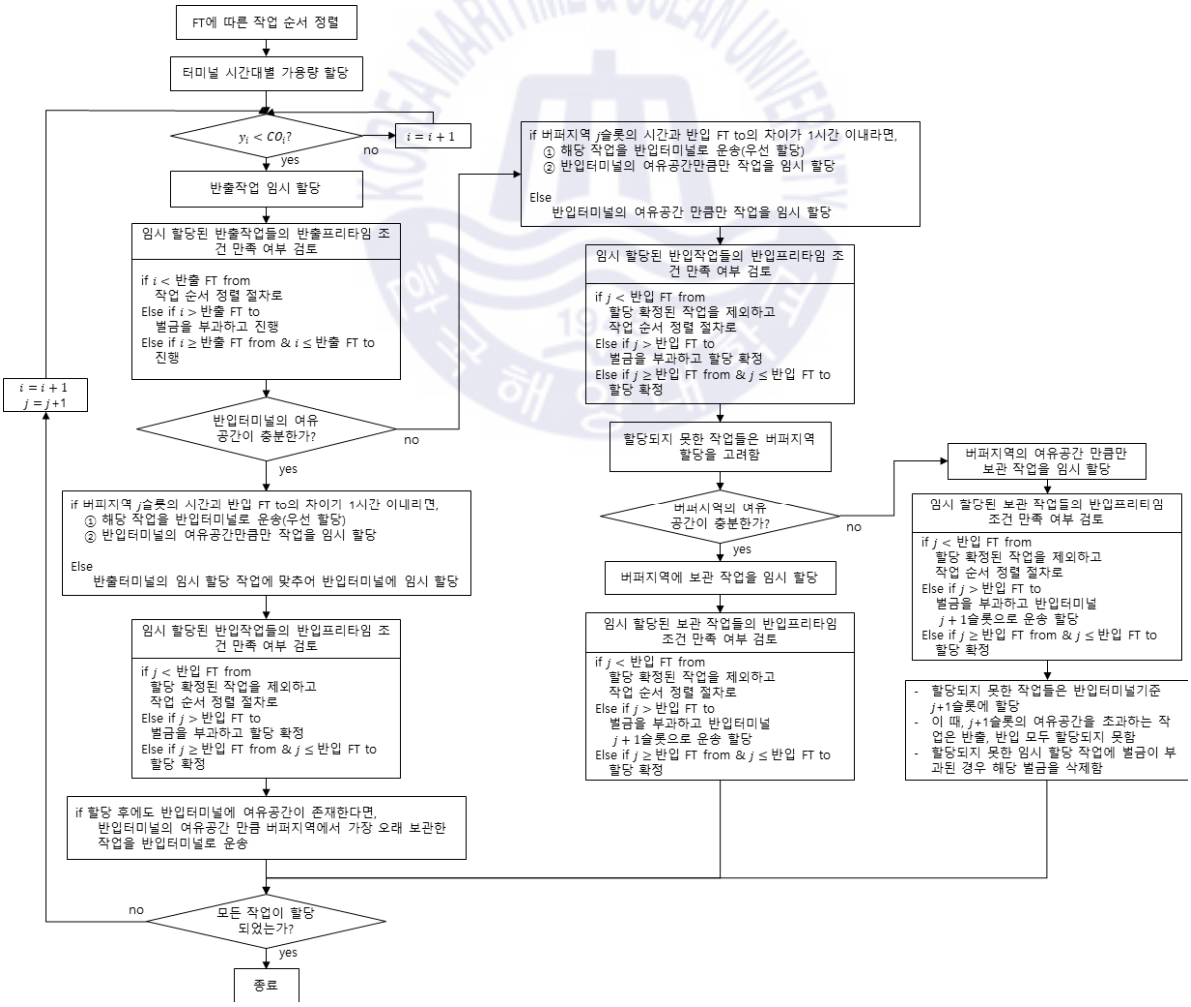
· J : 반입 후보 작업 그룹

4.2.2 버퍼지역을 활용한 배차계획 수립 해법

버퍼지역을 활용한 배차 해법은 앞선 반입터미널 가용량 반영 할당 해법과 유사하게 FT에 따른 작업 순서 정렬, 터미널 시간대별 가용량 할당, 작업 할당으로 크게 3가지 부분으로 나눌 수 있다.

FT에 따른 작업 순서 정렬의 정렬 기준은 반입터미널 가용량 반영 할당 해법의 경우와 동일하다.

버퍼지역을 활용한 배차 해법의 전체 흐름은 <그림 17>과 같다.



<그림 18> 버퍼지역을 활용한 배차 해법

Collection @ kmou

구체적인 Step은 아래와 같다.

Step 1 [FT에 따른 작업 순서 정렬]

Step 2 [터미널 시간대별 가용량 할당]

Step 3 [$y_i < CO_i$?] : i슬롯에 작업을 할당할 여유가 존재하는지를 판단함. 여유가 존재한다면 Step 4로 넘어가고, 존재하지 않으면 i슬롯에는 작업이 가득차서 추가적인 작업할당이 불가하기 때문에 다음 슬롯에 대해 Step 2를 다시 실행함

Step 4 [반출작업 임시 할당] : i슬롯에 여유공간 만큼 반출작업을 임시 할당

Step 5 [임시 할당된 반출작업들의 반출프리타임 조건 만족 여부를 검토]

if $i <$ 반출 FT from

작업 순서 정렬 절차로 이동함(Step 1)

else if $i >$ 반출 FT to

벌금을 부과함

임시 할당된 반출작업을 모두 검토했다면 → Step 6

else if $i \geq$ 반출 FT from & $i \leq$ 반출 FT to

임시 할당된 반출작업을 모두 검토했다면 → Step 6

Step 6 [반입터미널의 여유공간이 충분한가?] : 반입터미널의 여유공간이 충분한지 여부를 판단함. 반출터미널에 임시로 할당한 반출작업들을 그대로 반입터미널에 적용할 만큼의 충분한 공간이 있는지의 의미함

if 반입터미널 여유공간이 충분하다면 → Step 7

else if 반입터미널 여유공간이 충분하지 않다면 → Step 10

Step 7 [반입터미널 여유공간이 충분한 경우의 작업 할당]

if 버퍼지역 j슬롯의 시간과 반입 FT to의 차이가 1시간 이내라면

Collection @ kmou

① 해당 작업을 반입터미널로 운송(우선 할당)

② 반입터미널의 여유공간 만큼만 작업을 임시 할당

else

반출터미널의 임시 할당 작업에 맞추어 반입터미널에 임시 할당

Step 8 [임시 할당된 반입작업들의 반입프리타임 조건 만족 여부를 검토]

if $j <$ 반입 FT from

할당 확정된 작업을 제외하고 작업 순서 정렬 절차로 이동함 → Step 1

else if $j >$ 반입 FT to

벌금을 부과하고 할당을 확정함

임시 할당되었던 반입작업을 모두 검토했다면 → Step 18

else if $j \geq$ 반입 FT from & $j \leq$ 반입 FT to

할당을 확정함

임시 할당되었던 반입작업을 모두 검토했다면 → Step 18

Step 9 [버퍼지역 → 반입터미널 운송여부 판단]

if 할당 후에도 반입터미널에 여유공간이 존재한다면

반입터미널의 여유공간 만큼 버퍼지역에서 가장 오래 보관한 작업을 반입터미널로 운송

Step 10 [반입터미널 여유공간이 충분하지 않은 경우의 작업 할당]

if 버퍼지역 j슬롯의 시간과 반입 FT to의 차이가 1시간 이내라면

① 해당 작업을 반입터미널로 운송(우선 할당)

② 반입터미널의 여유공간 만큼만 작업을 임시 할당

Collection @ kmou

else

반입터미널의 여유공간 만큼만 작업을 임시 할당

Step 11 [임시 할당된 반입작업들의 반입프리타임 조건 만족 여부를 검토]

if $j <$ 반입 FT from

할당 확정된 작업을 제외하고 작업 순서 정렬 절차로 이동함 → Step 1

else if $j >$ 반입 FT to

벌금을 부과하고 할당을 확정함

임시 할당되었던 반입작업을 모두 검토했다면 → Step 12

else if $j \geq$ 반입 FT from & $j \leq$ 반입 FT to

할당을 확정함

임시 할당되었던 반입작업을 모두 검토했다면 → Step 12

Step 12 [버퍼지역의 여유공간이 충분한가?] : 할당되지 못한 작업들을 버퍼지역에 보관할 여유공간이 충분한지 여부를 판단함

if 버퍼지역의 여유공간이 충분하다면 → Step 13

else if 버퍼지역의 여유공간이 충분하지 않다면 → Step 15

Step 13 [버퍼지역에 보관 작업 임시 할당]

Step 14 [임시 할당된 보관 작업들의 반입프리타임 조건 만족 여부를 검토]

if $j <$ 반입 FT from

할당 확정된 작업을 제외하고 작업 순서 정렬 절차로 이동함 → Step 1

else if $j >$ 반입 FT to

벌금을 부과하고 반입터미널 $j+1$슬롯으로 운송 할당

Collection @ kmou

임시 할당되었던 보관 작업을 모두 검토했다면 → Step 18

else if $j \geq$ 반입 FT from & $j \leq$ 반입 FT to

할당을 확정함

임시 할당되었던 보관 작업을 모두 검토했다면 → Step 18

Step 15 [버퍼지역의 여유공간 만큼만 보관 작업을 임시 할당]

Step 16 [임시 할당된 보관 작업들의 반입프리타임 조건 만족 여부를 검토]

if $j <$ 반입 FT from

할당 확정된 작업을 제외하고 작업 순서 정렬 절차로 이동함 → Step 1

else if $j >$ 반입 FT to

벌금을 부과하고 반입터미널 $j+1$슬롯으로 운송 할당

임시 할당되었던 보관 작업을 모두 검토했다면 → Step 18

else if $j \geq$ 반입 FT from & $j \leq$ 반입 FT to

할당을 확정함

임시 할당되었던 보관 작업을 모두 검토했다면 → Step 18

Step 17 [할당되지 못한 작업 할당] : 할당되지 못한 작업의 반입터미널 기준 $j+1$슬롯에 할당함. 이 때, $j+1$슬롯의 여유공간을 초과하는 작업은 반출, 반입 모두 할당되지 못함. 할당되지 못한 임시 할당 작업에 벌금이 부과된 경우에는 해당 벌금을 삭제함 → Step 18

Step 18 [모든 작업이 할당되었는가?]

if 모든 작업이 할당되었다면 → Step 19

else if 모든 작업이 할당되지 않았다면 → $i=i+1$, $j=j+1$→ Step 3

Step 19 [종 료]

Collection @ kmou

4.2.3 버퍼지역을 활용한 배차계획 수립 해법의 검정

버퍼지역을 활용한 배차 해법의 효과를 확인하기 위해 앞서 도출한 버퍼지역을 활용한 배차 해법의 절차를 따라 실제 배차 데이터를 활용하여 기존 데이터를 활용한 작업 할당에 따른 대기시간, 가용량 기반 작업 할당에 따른 대기시간, 버퍼지역을 활용한 작업 할당에 따른 대기시간을 비교한다. 적용 데이터는 하루 분량의 데이터로 제한한다.

1) 테스트 데이터 생성

테스트 데이터는 <표 14>의 반출입 프리타임 데이터를 동일하게 사용한다.

2) 시간대별 가용량 할당

버퍼지역 활용 작업 할당의 가용량은 <표 15>의 시간대별 가용량과 동일하게 적용한다.

3) 시간대별 반출·반입 작업 할당

버퍼지역을 활용한 작업 할당 결과를 계산하기 위해 <표 15>의 시간대별 가용량을 기준으로 <표 14>의 100개의 작업을 반출입 Ft를 고려하여 할당한다. 단, 버퍼지역을 추가하여 대기 발생 시 버퍼지역에 보관하고 반입 터미널에 공간이 발생하였을 때 반납하는 형태로 할당한다. 작업 할당이 완료된 타임테이블은 <표 19>, <표 20>, <표 21>, <표 22>, <표 23>, <표 24>와 같다. 할당 결과를 버퍼지역 활용 할당 결과라고 하겠다.

Collection @ kmou

<표 19> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 1)

	A 터미널									B 터미널												버퍼지역							
날짜	시간대	반출 건수								시간대	반입 건수											시간대							
6/13	00:00	3	1	2	3					00:00	1	1										00:00	2						
	01:00	1	4							01:00	2	3	4									01:00	2						
	02:00	4	5	6	7	8				02:00	1	5										02:00	2						
	03:00	5	9	10	11	12	13			03:00	5	6	7	8	9	10						03:00	2						
	04:00	6	14	15	16	17	18	19		04:00	3	11	12	13								04:00	2						
	05:00	4	20	21	22	23				05:00	7	14	15	16	17	18	19	20				05:00	2						
	06:00	3	24	25						06:00	3	21	22	23								06:00	2						
	07:00	0								07:00	2	24	25									07:00	2						
	08:00	1	26							08:00	0											08:00	2						
	09:00	1	27							09:00	2	26	27									09:00	2						
	10:00	0								10:00	1	2										10:00	2						
	11:00	2	28	29						11:00	0											11:00	28						
	12:00	1	30							12:00	2	29	30									12:00	28						
	13:00	1	31							13:00	3	31	28									13:00	28						
	14:00	4	32	33	34	35				14:00	0											14:00	32						
	15:00	6	36	37	38	39	40	41		15:00	5	33	34	35	36	37						15:00	32						
	16:00	3	42	43	44					16:00	4	38	39	40	41							16:00	32						
	17:00	1	45							17:00	3	42	43	44								17:00	32						
	18:00	3	46	47	48					18:00	2	45	46									18:00	32						
	19:00	3	49	50	51					19:00	3	47	48	49								19:00	32						
	20:00	2	52							20:00	2	50	51									20:00	32						
	21:00	3								21:00	1	52										21:00	32						
	22:00	6	53	54	55	56	57	58		22:00	0											22:00	32						
	23:00	4	59							23:00	6	53	54	55	56	57	58					23:00	32						
6/14	00:00	6	60	61	62	63	64	65		00:00	1	59										00:00	32						
	01:00	3	66	67						01:00	6	60	61	62	63	64	65					01:00	32						
	02:00	8	68	69	70	71	72	73	74	02:00	2	66	67									02:00	32						
	03:00	10	75	76	77	78				03:00	7	68	69	70	71	72	73	74				03:00	32						
	04:00	5	79							04:00	4	75	76	77	78							04:00	32						
	05:00	0								05:00	1	79										05:00	32						
	06:00	3	80	81	82					06:00	1	80										06:00	32						
	07:00	4	83	84	85	86				07:00	3	81	82	83								07:00	32						
	08:00	1	87							08:00	17	84	85	86	87	32						08:00	32						
	09:00	0								09:00	7											09:00							
	10:00	0								10:00	0											10:00							
	11:00	3	88							11:00	0											11:00	88						
	12:00	3	89	90	91					12:00	0											12:00	88						
	13:00	6	92	93	94	95	96	97		13:00	5	89	90	91	92	93						13:00	88						
	14:00	6	98	99	100					14:00	7	94	95	96	97	98	99	100				14:00	88						
	15:00	3								15:00	6	88										15:00	88						
	16:00	3								16:00	3											16:00							
	17:00	0								17:00	2											17:00							
	18:00	2								18:00	1											18:00							
	19:00	4								19:00	2											19:00							
	20:00	2								20:00	1											20:00							
	21:00	3								21:00	1											21:00							
	22:00	0								22:00	3											22:00							
	23:00	1								23:00	0											23:00							

: 대기
: A터미널 -> 버퍼
: 버퍼 -> B터미널

Collection @ kmou

<표 20> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 2)

	A 터미널									B 터미널												버퍼지역							
날짜	시간대	반출 건수								시간대	반입 건수											시간대							
6/13	00:00	3	1	2	3					00:00	1	1										00:00	2	3					
	01:00	1	4							01:00	2	4	2									01:00	2	3					
	02:00	4	5	6	7	8				02:00	1	5										02:00	3	6					
	03:00	5	9	10	11	12	13			03:00	5	7	8	9	10	11						03:00	3	6					
	04:00	6	14	15	16	17	18	19		04:00	3	12	13	14								04:00	3	6					
	05:00	4	20	21	22	23				05:00	7	15	16	17	18	19	20	21				05:00	3	6					
	06:00	3	24	25	26					06:00	3	22	23	24								06:00	3	6					
	07:00	0								07:00	2	25	26									07:00	3	6					
	08:00	1	27							08:00	0											08:00	3	6					
	09:00	1	28							09:00	2	27	28									09:00	3	6					
	10:00	0								10:00	1	3										10:00	3	6					
	11:00	2	29	30						11:00	0											11:00	6	29					
	12:00	1	31							12:00	2	30	31									12:00	6	29					
	13:00	1	32							13:00	3	32	6	29								13:00	6	29					
	14:00	4	33	34	35	36				14:00	0											14:00	33	34					
	15:00	6	37	38	39	40	41	42		15:00	5	35	36	37	38	39						15:00	33	34					
	16:00	3	43	44	45					16:00	4	40	41	42	43							16:00	33	34					
	17:00	1	46							17:00	3	44	45	46								17:00	33	34					
	18:00	3	47	48	49					18:00	2	47	48									18:00	33	34					
	19:00	3	50	51	52					19:00	3	49	50	51								19:00	33	34					
	20:00	2	53	54						20:00	2	52	53									20:00	33	34					
	21:00	3								21:00	1	54										21:00	33	34					
	22:00	6	55	56	57	58	59	60		22:00	0											22:00	33	34					
	23:00	4	61							23:00	6	55	56	57	58	59	60					23:00	33	34					
6/14	00:00	6	62	63	64	65	66	67		00:00	1	61										00:00	33	34					
	01:00	3	68	69						01:00	6	62	63	64	65	66	67					01:00	33	34					
	02:00	8	70	71	72	73	74	75	76	02:00	2	68	69									02:00	33	34					
	03:00	10	77	78	79	80				03:00	7	70	71	72	73	74	75	76				03:00	33	34					
	04:00	5	81							04:00	4	77	78	79	80							04:00	33	34					
	05:00	0								05:00	1	81										05:00	33	34					
	06:00	3	82	83	84					06:00	1	82										06:00	33	34					
	07:00	4	85	86	87	88				07:00	3	83	84	85								07:00	33	34					
	08:00	1	89							08:00	17	86	87	88	89	33	34					08:00	33	34					
	09:00	0								09:00	7											09:00							
	10:00	0								10:00	0											10:00							
	11:00	3	90	91						11:00	0											11:00	90	91					
	12:00	3	92	93	94					12:00	0											12:00	90	91					
	13:00	6	95	96	97	98	99	100		13:00	5	92	93	94	90	91						13:00	90	91					
	14:00	6								14:00	7	95	96	97	98	99	100					14:00							
	15:00	3								15:00	6											15:00							
	16:00	3								16:00	3											16:00							
	17:00	0								17:00	2											17:00							
	18:00	2								18:00	1											18:00							
	19:00	4								19:00	2											19:00							
	20:00	2								20:00	1											20:00							
	21:00	3								21:00	1											21:00							
	22:00	0								22:00	3											22:00							
	23:00	1								23:00	0											23:00							

: 대기
: A터미널 -> 버퍼
: 버퍼 -> B터미널

Collection @ kmou

<표 21> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 3)

	A 터미널									B 터미널												버퍼지역							
날짜	시간대	반출 건수								시간대	반입 건수											시간대							
6/13	00:00	3	1	2	3					00:00	1	1										00:00	2	3					
	01:00	1	4							01:00	2	4	2									01:00	2	3					
	02:00	4	5	6	7	8				02:00	1	5										02:00	3	6	7				
	03:00	5	9	10	11	12	13			03:00	5	8	9	10	11	12						03:00	3	6	7				
	04:00	6	14	15	16	17	18	19		04:00	3	13	14	15								04:00	3	6	7				
	05:00	4	20	21	22	23				05:00	7	16	17	18	19	20	21	22				05:00	3	6	7				
	06:00	3	24	25	26					06:00	3	23	24	25								06:00	3	6	7				
	07:00	0								07:00	2	26	3									07:00	3	6	7				
	08:00	1	27							08:00	0											08:00	6	7	27				
	09:00	1	28							09:00	2	28	6									09:00	6	7	27				
	10:00	0								10:00	1	7										10:00	7	27					
	11:00	2	29	30						11:00	0											11:00	27	29	30				
	12:00	1	31							12:00	2	31	27									12:00	27	29	30				
	13:00	1	32							13:00	3	32	29	30								13:00	29	30					
	14:00	4	33	34	35	36				14:00	0											14:00	33	34	35				
	15:00	6	37	38	39	40	41	42		15:00	5	36	37	38	39	40						15:00	33	34	35				
	16:00	3	43	44	45					16:00	4	41	42	43	44							16:00	33	34	35				
	17:00	1	46							17:00	3	45	46	33								17:00	33	34	35				
	18:00	3	47	48	49					18:00	2	47	48									18:00	34	35	49				
	19:00	3	50	51	52					19:00	3	50	51	52								19:00	34	35	49				
	20:00	2	53	54						20:00	2	53	54									20:00	34	35	49				
	21:00	3	55							21:00	1	55										21:00	34	35	49				
	22:00	6	56	57	58	59	60	61		22:00	0											22:00	34	35	49				
	23:00	4	62							23:00	6	56	57	58	59	60	61					23:00	34	35	49				
6/14	00:00	6	63	64	65	66	67	68		00:00	1	62										00:00	34	35	49				
	01:00	3	69	70						01:00	6	63	64	65	66	67	68					01:00	34	35	49				
	02:00	8	71	72	73	74	75	76	77	02:00	2	69	70									02:00	34	35	49				
	03:00	10	78	79	80	81				03:00	7	71	72	73	74	75	76	77				03:00	34	35	49				
	04:00	5	82							04:00	4	78	79	80	81							04:00	34	35	49				
	05:00	0								05:00	1	82										05:00	34	35	49				
	06:00	3	83	84	85					06:00	1	83										06:00	34	35	49				
	07:00	4	86	87	88	89				07:00	3	84	85	86								07:00	34	35	49				
	08:00	1	90							08:00	17	87	88	89	90	34	35	49				08:00	34	35	49				
	09:00	0								09:00	7											09:00							
	10:00	0								10:00	0											10:00							
	11:00	3	91	92	93					11:00	0											11:00	91	92	93				
	12:00	3	94	95	96					12:00	0											12:00	91	92	93				
	13:00	6	97	98	99	100				13:00	5	94	95	96	97	98						13:00	91	92	93				
	14:00	6								14:00	7	99	100	91	92	93						14:00	91	92	93				
	15:00	3								15:00	6											15:00							
	16:00	3								16:00	3											16:00							
	17:00	0								17:00	2											17:00							
	18:00	2								18:00	1											18:00							
	19:00	4								19:00	2											19:00							
	20:00	2								20:00	1											20:00							
	21:00	3								21:00	1											21:00							
	22:00	0								22:00	3											22:00							
	23:00	1								23:00	0											23:00							

: 대기
: A터미널 -> 버퍼
: 버퍼 -> B터미널

Collection @ kmou

<표 22> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 4)

	A 터미널									B 터미널												버퍼지역							
날짜	시간대	반출 건수								시간대	반입 건수											시간대							
6/13	00:00	3	1	2	3					00:00	1	1										00:00	2	3					
	01:00	1	4							01:00	2	4	2									01:00	2	3					
	02:00	4	5	6	7	8				02:00	1	5										02:00	3	6	7	8			
	03:00	5	9	10	11	12	13			03:00	5	9	10	11	12	13						03:00	3	6	7	8			
	04:00	6	14	15	16	17	18	19		04:00	3	14	15	16								04:00	3	6	7	8			
	05:00	4	20	21	22	23				05:00	7	17	18	19	20	21	22	23				05:00	3	6	7	8			
	06:00	3	24	25	26					06:00	3	24	25	26								06:00	3	6	7	8			
	07:00	0								07:00	2	3	6									07:00	3	6	7	8			
	08:00	1	27							08:00	0											08:00	7	8	27				
	09:00	1	28							09:00	2	28	7									09:00	7	8	27				
	10:00	0								10:00	1	8										10:00	8	27					
	11:00	2	29	30						11:00	0											11:00	27	29	30				
	12:00	1	31							12:00	2	31	27									12:00	27	29	30				
	13:00	1	32							13:00	3	32	29	30								13:00	29	30					
	14:00	4	33	34	35	36				14:00	0											14:00	33	34	35	36			
	15:00	6	37	38	39	40	41	42		15:00	5	37	38	39	40	41						15:00	33	34	35	36			
	16:00	3	43	44	45					16:00	4	42	43	44	45							16:00	33	34	35	36			
	17:00	1	46							17:00	3	46	33	34								17:00	33	34	35	36			
	18:00	3	47	48	49					18:00	2	47	48									18:00	35	36	49				
	19:00	3	50	51	52					19:00	3	50	51	52								19:00	35	36	49				
	20:00	2	53	54						20:00	2	53	54									20:00	35	36	49				
	21:00	3	55	56						21:00	1	55										21:00	35	36	49	56			
	22:00	6	57	58	59	60	61	62		22:00	0											22:00	35	36	49	56			
	23:00	4	63							23:00	6	57	58	59	60	61	62					23:00	35	36	49	56			
6/14	00:00	6	64	65	66	67	68	69		00:00	1	63										00:00	35	36	49	56			
	01:00	3	70	71						01:00	6	64	65	66	67	68	69					01:00	35	36	49	56			
	02:00	8	72	73	74	75	76	77	78	02:00	2	70	71									02:00	35	36	49	56			
	03:00	10	79	80	81	82				03:00	7	72	73	74	75	76	77	78				03:00	35	36	49	56			
	04:00	5	83							04:00	4	79	80	81	82							04:00	35	36	49	56			
	05:00	0								05:00	1	83										05:00	35	36	49	56			
	06:00	3	84	85	86					06:00	1	84										06:00	35	36	49	56			
	07:00	4	87	88	89	90				07:00	3	85	86	87								07:00	35	36	49	56			
	08:00	1	91							08:00	17	88	89	90	91	35	36	49	56			08:00	35	36	49	56			
	09:00	0								09:00	7											09:00							
	10:00	0								10:00	0											10:00							
	11:00	3	92	93	94					11:00	0											11:00	92	93	94				
	12:00	3	95	96	97					12:00	0											12:00	92	93	94	95			
	13:00	6	98	99	100					13:00	5	96	97	98	99	100						13:00	92	93	94	95			
	14:00	6								14:00	7	92	93	94	95							14:00	92	93	94	95			
	15:00	3								15:00	6											15:00							
	16:00	3								16:00	3											16:00							
	17:00	0								17:00	2											17:00							
	18:00	2								18:00	1											18:00							
	19:00	4								19:00	2											19:00							
	20:00	2								20:00	1											20:00							
	21:00	3								21:00	1											21:00							
	22:00	0								22:00	3											22:00							
	23:00	1								23:00	0											23:00							

: 대기
: A터미널 -> 버퍼
: 버퍼 -> B터미널

Collection @ kmou

<표 23> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 5)

	A 터미널									B 터미널												버퍼지역							
날짜	시간대	반출 건수								시간대	반입 건수											시간대							
6/13	00:00	3	1	2	3					00:00	1	1										00:00	2	3					
	01:00	1	4							01:00	2	4	2									01:00	2	3					
	02:00	4	5	6	7	8				02:00	1	5										02:00	3	6	7	8			
	03:00	5	9	10	11	12	13			03:00	5	9	10	11	12	13						03:00	3	6	7	8			
	04:00	6	14	15	16	17	18	19		04:00	3	14	15	16								04:00	3	6	7	8	17		
	05:00	4	20	21	22	23				05:00	7	18	19	20	21	22	23	3				05:00	3	6	7	8	17		
	06:00	3	24	25	26					06:00	3	24	25	26								06:00	6	7	8	17			
	07:00	0								07:00	2	6	7									07:00	6	7	8	17			
	08:00	1	27							08:00	0											08:00	8	17	27				
	09:00	1	28							09:00	2	28	8									09:00	8	17	27				
	10:00	0								10:00	1	17										10:00	17	27					
	11:00	2	29	30						11:00	0											11:00	27	29	30				
	12:00	1	31							12:00	2	31	27									12:00	27	29	30				
	13:00	1	32							13:00	3	32	29	30								13:00	29	30					
	14:00	4	33	34	35	36				14:00	0											14:00	33	34	35	36			
	15:00	6	37	38	39	40	41	42		15:00	5	37	38	39	40	41						15:00	33	34	35	36			
	16:00	3	43	44	45					16:00	4	42	43	44	45							16:00	33	34	35	36			
	17:00	1	46							17:00	3	46	33	34								17:00	33	34	35	36			
	18:00	3	47	48	49					18:00	2	47	48									18:00	35	36	49				
	19:00	3	50	51	52					19:00	3	50	51	52								19:00	35	36	49				
	20:00	2	53	54						20:00	2	53	54									20:00	35	36	49				
	21:00	3	55	56	57					21:00	1	55										21:00	35	36	49	56	57		
	22:00	6	58	59	60	61	62	63		22:00	0											22:00	35	36	49	56	57		
	23:00	4	64							23:00	6	58	59	60	61	62	63					23:00	35	36	49	56	57		
6/14	00:00	6	65	66	67	68	69	70		00:00	1	64										00:00	35	36	49	56	57		
	01:00	3	71	72						01:00	6	65	66	67	68	69	70					01:00	35	36	49	56	57		
	02:00	8	73	74	75	76	77	78	79	02:00	2	71	72									02:00	35	36	49	56	57		
	03:00	10	80	81	82	83				03:00	7	73	74	75	76	77	78	79				03:00	35	36	49	56	57		
	04:00	5	84							04:00	4	80	81	82	83							04:00	35	36	49	56	57		
	05:00	0								05:00	1	84										05:00	35	36	49	56	57		
	06:00	3	85	86	87					06:00	1	85										06:00	35	36	49	56	57		
	07:00	4	88	89	90	91				07:00	3	86	87	88								07:00	35	36	49	56	57		
	08:00	1	92							08:00	17	89	90	91	92	35	36	49	56	57		08:00	35	36	49	56	57		
	09:00	0								09:00	7											09:00							
	10:00	0								10:00	0											10:00							
	11:00	3	93	94	95					11:00	0											11:00	93	94	95				
	12:00	3	96	97	98					12:00	0											12:00	93	94	95	96	97		
	13:00	6	99	100						13:00	5	98	99	100	93	94						13:00	93	94	95	96	97		
	14:00	6								14:00	7	95	96	97								14:00	95	96	97				
	15:00	3								15:00	6											15:00							
	16:00	3								16:00	3											16:00							
	17:00	0								17:00	2											17:00							
	18:00	2								18:00	1											18:00							
	19:00	4								19:00	2											19:00							
	20:00	2								20:00	1											20:00							
	21:00	3								21:00	1											21:00							
	22:00	0								22:00	3											22:00							
	23:00	1								23:00	0											23:00							

: 대기
: A터미널 -> 버퍼
: 버퍼 -> B터미널

Collection @ kmou

<표 24> 버퍼지역 활용 작업 할당 타임테이블(버퍼 규모 6)

	A 터미널									B 터미널												버퍼지역							
날짜	시간대	반출 건수								시간대	반입 건수											시간대							
6/13	00:00	3	1	2	3					00:00	1	1										00:00	2	3					
	01:00	1	4							01:00	2	4	2									01:00	2	3					
	02:00	4	5	6	7	8				02:00	1	5										02:00	3	6	7	8			
	03:00	5	9	10	11	12	13			03:00	5	9	10	11	12	13						03:00	3	6	7	8			
	04:00	6	14	15	16	17	18	19		04:00	3	14	15	16								04:00	3	6	7	8	17	18	
	05:00	4	20	21	22	23				05:00	7	19	20	21	22	23	3	6				05:00	3	6	7	8	17	18	
	06:00	3	24	25	26					06:00	3	24	25	26								06:00	7	8	17	18			
	07:00	0								07:00	2	7	8									07:00	7	8	17	18			
	08:00	1	27							08:00	0											08:00	17	18	27				
	09:00	1	28							09:00	2	28	17									09:00	17	18	27				
	10:00	0								10:00	1	18										10:00	18	27					
	11:00	2	29	30						11:00	0											11:00	27	29	30				
	12:00	1	31							12:00	2	31	27									12:00	27	29	30				
	13:00	1	32							13:00	3	32	29	30								13:00	29	30					
	14:00	4	33	34	35	36				14:00	0											14:00	33	34	35	36			
	15:00	6	37	38	39	40	41	42		15:00	5	37	38	39	40	41						15:00	33	34	35	36	42		
	16:00	3	43	44	45					16:00	4	43	44	45	33							16:00	33	34	35	36	42		
	17:00	1	46							17:00	3	46	34	35								17:00	34	35	36	42			
	18:00	3	47	48	49					18:00	2	47	48									18:00	36	42	49				
	19:00	3	50	51	52					19:00	3	50	51	52								19:00	36	42	49				
	20:00	2	53	54						20:00	2	53	54									20:00	36	42	49				
	21:00	3	55	56	57					21:00	1	55										21:00	36	42	49	56	57		
	22:00	6	58	59	60	61	62	63		22:00	0											22:00	36	42	49	56	57	58	
	23:00	4	64	65						23:00	6	59	60	61	62	63	64					23:00	36	42	49	56	57	58	
6/14	00:00	6	66	67	68	69	70	71		00:00	1	65										00:00	36	42	49	56	57	58	
	01:00	3	72	73						01:00	6	66	67	68	69	70	71					01:00	36	42	49	56	57	58	
	02:00	8	74	75	76	77	78	79	80	02:00	2	72	73									02:00	36	42	49	56	57	58	
	03:00	10	81	82	83	84				03:00	7	74	75	76	77	78	79	80				03:00	36	42	49	56	57	58	
	04:00	5	85							04:00	4	81	82	83	84							04:00	36	42	49	56	57	58	
	05:00	0								05:00	1	85										05:00	36	42	49	56	57	58	
	06:00	3	86	87	88					06:00	1	86										06:00	36	42	49	56	57	58	
	07:00	4	89	90	91	92				07:00	3	87	88	89								07:00	36	42	49	56	57	58	
	08:00	1	93							08:00	17	90	91	92	93	36	42	49	56	57	58	08:00	36	42	49	56	57	58	
	09:00	0								09:00	7											09:00							
	10:00	0								10:00	0											10:00							
	11:00	3	94	95	96					11:00	0											11:00	94	95	96				
	12:00	3	97	98	99					12:00	0											12:00	94	95	96	97	98	99	
	13:00	6	100							13:00	5	100	94	95	96	97						13:00	94	95	96	97	98	99	
	14:00	6								14:00	7	98	99									14:00	98	99					
	15:00	3								15:00	6											15:00							
	16:00	3								16:00	3											16:00							
	17:00	0								17:00	2											17:00							
	18:00	2								18:00	1											18:00							
	19:00	4								19:00	2											19:00							
	20:00	2								20:00	1											20:00							
	21:00	3								21:00	1											21:00							
	22:00	0								22:00	3											22:00							
	23:00	1								23:00	0											23:00							

: 대기
: A터미널 -> 버퍼
: 버퍼 -> B터미널

결과를 정리하면 <표 25>와 같다. 여기서 버퍼이용시간은 버퍼지역의 시간대별로 할당된 모든 보관 작업량의 합을 의미한다.

Collection @ kmou

<표 25> 버퍼지역 규모에 따른 작업할당 결과표

	반입터미널 가용량 활용	버퍼 규모 1	버퍼 규모 2	버퍼 규모 3	버퍼 규모 4	버퍼 규모 5	버퍼 규모 6
터미널간 운송(건)	100	96	92	86	82	79	75
대기 발생(건)	83	75	66	49	38	36	32
대기 시간(분)	1,660	1,500	1,320	980	760	720	640
버퍼 경유 운송(건)	-	4	8	14	18	21	25
버퍼 이용시간 (시간)	-	38	72	107	132	147	163

<표 26> 작업 할당 결과에 따른 대기시간 발생 비교

	기존 할당 방식	반입터미널 가용량 활용 할당 방식	버퍼지역 활용 할당 방식
대기시간	약 9,300분	약 1,660 분	-
평가		대기시간 약 80% 감소	버퍼 규모가 커질수록 대기시간은 줄어듬

대기 발생 시 버퍼지역에 보관되는 방식이기 때문에 버퍼지역에 공간이 충분하다면 대기는 발생하지 않는다. 따라서, 버퍼 규모를 얼마로 지정하느냐에 따라 대기시간 발생이 바뀌게 된다. 하지만, 버퍼 규모를 최소한으로 지정하더라도 반출입 건수 기반 작업 할당과 가용량 기반 작업 할당과 비교하여 대기시간은 항상 적은 결과가 나타나게 된다.

버퍼지역 규모에 따라 대기시간 감소의 효과만 달라질 뿐 버퍼지역이 존재만 한다면 대기시간은 감소된다는 결과가 나타났다. 하지만, 현실적으로 대기시간을 완전히 없애기 위해 비정상적으로 큰 규모의 버퍼지역을 운영하는 것은 비용적인 측면에서 적절하지 못하다. 따라서, 버퍼지역 이용에 따라 얻는 이익과 규모가 늘어남에 따라 커지는 비용을 비교할 필요가 있다.

버퍼규모가 증가함에 따라 야드 임대료, 장비 임대료, 보관 비용은 실제 웅동 배후단지의 금액 정보를 참고하여 추정할 수 있다.

Collection @ kmou

웅동 배후단지 D창고의 경우 10년 기준 6,000평의 임대료가 2.9억으로 조사되었다. 따라서, 이를 1평 기준 시간당 비용으로 환산하면 약 0.5518원[1]으로 계산된다. 추가로 40피트 컨테이너 1개를 효율적으로 적재, 이동, 관리하기 위해서는 대략 20평 정도가 필요하다. 또한, 해법을 적용하여 계산한 작업 할당 총 시간이 40시간이라는 점을 감안하면, 버퍼 규모가 1이 증가할 때마다 요구되는 야드 임대료는 약 441.4원[2]으로 도출된다.

장비 임대료에서 리치 스태커의 한 달 임대료는 약 12,000,000원이다. 따라서, 장비 1대의 시간당 임대료는 약 16,667원[3]이다. 여기에 작업 할당 총 시간이 40시간이라는 점을 감안하면 장비 1대 임대료는 약 666,667원으로 도출된다. 추가로 웅동 배후단지에 공컨테이너 장치장 1만평에 장비 2~3대가 활용된다는 점을 감안할 때 버퍼지역은 일정 규모까지는 리치 스태커 1대로 작업이 가능할 것으로 판단된다.

웅동 배후단지에서 보관료는 3일 기준 약 40,000원으로 책정된다. 따라서, 1일 기준으로 환산하면 보관료는 555.56원[4]으로 도출된다.

일반적인 타부두 환적에 비해서 운송거리가 긴 북항과 신항 간의 환적화물 운송에 있어서 대기시간의 발생은 운송기회 상실에 미치는 영향이 크기에 반드시 해결해야 할 문제이다. 기회비용 측면에서 보았을 때, 20분의 대기가 발생하는 것을 그 시간만큼의 작업 이익이 상실되는 것으로 해석할 수 있다. 버퍼규모가 증가함에 따라 대기시간 또한 줄어들기 때문에 기존 방식에 비교하여 대기시간에 따른 기회비용을 줄일 수 있는 것이다. 따라서, 대기에 따른 기회비용을 실제 환적화물운송 운임을 기반하여 도출한다. <표 27>은 북항과 신항 간의 환적화물운송 운임표이다. 또한, <표 27>을 이용하여 <표 28>과 같이 버퍼지역 운송비용(1차운송+2차운송)을 추정하였다.

---

1) 1평 기준 시간당 야드 임대료 = $\frac{290,000,000\text{원}}{10\text{년}\times365\text{일}\times24\text{시간}\times6,000\text{평}}=0.5518\text{원}$

2) 버퍼 규모 1에 대한 야드 임대료$=0.5518\text{원}\times20\text{평}\times40\text{시간}=441.4\text{원}$

3) 장비 1대 시간당 임대료$=\frac{12,000,000\text{원}}{30\text{일}\times24\text{시간}}=16,667\text{원}$

4) 시간당 보관료$=\frac{40,000\text{원}}{3\text{일}\times24\text{시간}}=555.56\text{원}$

Collection @ kmou

<표 27> 환적화물운송 운임표 - 안전운임제

구분		20FT 안전위탁운임	40FT 안전위탁운임	비고
북항-북항	신선대-감만	22,887	25,348	환적운임
	신선대-기타	33,324	36,907	
신항-신항	남측-남측 북측-북측	23,818	26,379	
	남측-북측	28,114	31,137	
	웅동 CFS	27,000	33,000	온그라운드
	신항 CFS	25,000	30,000	
북항-신항	FULL/EMPTY	95,625	105,908	환적운임
	FULL	70,000	90,000	온그라운드
	EMPTY	60,000	70,000	

<표 28> 환적화물운송 운임과 버퍼지역 운영시 비용 비교

구분	환적화물운송	버퍼 이용	증감액(%)
20FT	95,625	70,000 + 27,000 = 97,000	1,375(1.4%↑)
40FT	105,908	90,000 + 33,000 = 123,000	17,092(16.1%↑)

북항-신항 최소운송시간이 40분인 점을 감안하여 20분의 대기 발생 시 기회비용은 북항-신항의 경우 약 52,954원(북-신 40FT Full 105,908원)으로 도출되었다.

도출된 비용을 종합하면 <표 29>와 같이 나타난다. 여기서 야드 임대료, 장비 임대료, 보관비용은 운영비용으로 볼 수 있다. 버퍼지역 활용에 따른 단위비용과 규모 증가에 따른 증가폭 등을 종합해볼 때 기존의 시스템에 버퍼지역을 새롭게 구축한다고 해서 막대한 비용이 요구되지는 않는다.

운송비용의 경우 버퍼지역의 규모 증가에 따른 폭발적인 비용증가는 보이지 않는다. 대기비용의 경우 운송비용의 증가폭과 비교했을 때 더 큰 폭으로 감소되고 있다. 즉, 버퍼지역 활용에 따른 효익이 버퍼지역을 활용하지 않았을 때보다 종합적으로 더 크다고 할 수 있다.

Collection @ kmou

<표 29> 버퍼지역 규모에 따른 비용 계산표

(단위 : 원)

	반입터미널 가용량 활용	버퍼 규모 1	버퍼 규모 2	버퍼 규모 3	버퍼 규모 4	버퍼 규모 5	버퍼 규모 6
야드 임대료(a)	-	441	883	1,324	1,766	2,207	2,648
장비 임대료(b)	-	666,667	666,667	666,667	666,667	666,667	666,667
보관비용(c)	-	21,111	40,000	59,445	73,334	81,667	90,556
운영비용 소계(d=a+b+c)	-	688,219	707,550	727,436	741,766	750,541	759,871
버퍼경유 운송비용(e)	-	492,000 (4×123,000)	984,000 (8×123,000)	1,722,000 (14×123,000)	2,214,000 (18×123,000)	2,583,000 (21×123,000)	3,075,000 (25×123,000)
북-신 운송비용(g)	10,590,800 (100×105,908)	10,167,168 (96×105,908)	9,743,536 (92×105,908)	9,108,088 (86×105,908)	8,684,456 (82×105,908)	8,366,732 (79×105,908)	7,943,100 (75×105,908)
운송비용 소계(h=e+g)	10,590,800	10,659,168	10,727,536	10,830,088	10,898,456	10,949,732	11,018,100
대기비용(i)	4,395,182	3,971,550	3,494,964	2,594,746	2,012,252	1,906,344	1,694,528
합계(j=d+h+i)	14,985,982	15,318,937	14,930,050	14,152,270	13,652,474	13,606,617	13,472,499

Collection @ kmou

제 5장 결론

‘세계 제2의 환적항만’이 되기 위해서 부산항의 물동량 유치, 효율적인 ITT Platform 연구 등에 관련된 많은 연구가 진행되고 있고, 정부 및 부산항만공사의 지원 및 관련 대책 마련이 진행되고 있다. 하지만 이와 같은 연구 및 대책은 환적화물 운송 효율화를 위한 가시적 효과를 보여주지는 못하고 있다.

이에 본 연구에서는 부산항 환적화물 운송에서 발생할 수밖에 없는 대기시간 및 편도운송 문제에 주목하였으며, 운송사 C업체의 환적화물 운송 데이터 분석을 통해 운송사 측면에서 기존의 환적화물 운송 배차계획에 따른 문제점을 분석하였다. 분석 결과 특정 시간대에 운송이 집중되어 게이트 혼잡으로 인한 차량 대기가 심각하게 나타났으며, 이러한 대기시간 발생의 가장 큰 원인은 타부두 환적화물 운송에 있어서 양쪽 터미널 모두를 고려한 배차가 이루어지지 않고 있다는 점이었다. 문제 해결을 위해 2가지 배차계획 수립 해법을 제안하고, 2019년 실제 운송된 C업체의 데이터 중 ITT 문제점이 상대적으로 크게 발생하는 북항과 신항 간 데이터를 적용하여 제안된 해법을 검정하였다. 첫 번째 해법은 양쪽 터미널 모두의 상황을 고려하는 배차계획으로, 기존에 반출터미널의 상황만 고려하던 배차계획 수립 방식을 개선하여 대기시간을 감소시켰다. 하지만, 양쪽 터미널을 고려하여 배차가 이루어진다고 하더라도 특정 시간대에 작업이 몰리게 되면 대기시간의 발생을 피할 수 없게 된다. 따라서, 두 번째 해법인 버퍼공간을 활용한 배차계획 해법을 통해 특정 시간대 집중 운송에 따른 대기 발생을 완화시키고자 하였다. 버퍼공간 활용 해법에 대한 검정 결과 기존 방식과 반입터미널 가용량 활용 해법보다 대기시간의 감소 효과가 더 크게 나타났다. 또한, 적용 케이스에 대해 비용 분석을 실시한 결과 버퍼 규모 증가에 따라 운송비용의 증가폭은 크지 않았고, 운송비용 증가폭에 비교해 대기 비용이 감소한 폭이 더 큰 것으로 나타났다. 즉, 버퍼공간 활용에 따른 효익이 활용하지 않았을 때보다 더 크다는 결과가 나타났다.

본 논문에서 제안한 배차계획 수립 해법을 통해 대기시간 감소와 복화운송

Collection @ kmou

기회 획득 등의 다수의 기대효과를 얻을 수 있다. 먼저, 터미널 상황을 고려한 배차가 이루어지면서 터미널의 효율적인 야드 플래닝이 가능해지고 터미널 혼잡 완화 효과를 기대할 수 있다. 그리고, 버퍼공간의 활용을 통하여 터미널에서 발생하는 불필요한 대기시간을 감소시킴으로써 대기 비용, 재작업 등의 물류비용 감소와 교통체증, 환경적 문제를 해결할 수 있을 것이다. 향후 정보 공유를 통해서 환적화물뿐만 아니라 수출입 물량, 배후단지 물량과 연계하여 비용적, 환경적으로 개선된 왕복운송 기회를 높일 수 있다. 또한, 매년 증가하는 북항 내, 신항 내 환적화물 운송에도 버퍼공간을 적용시켜 활용할 수 있는 방안과 버퍼공간의 위치를 터미널 내/외에 두었을 때 나타나는 효과에 대해 추가 연구가 이루어진다면 더 큰 시너지 효과를 기대할 수 있을 것이다.

본 논문의 한계점은 우선, 도출된 개선방안을 통한 대기시간 및 혼잡 완화 가능성 확인을 목적으로 특정한 선사, 운송사, 터미널 등 일부의 데이터만을 활용해 분석을 진행하였다. 현장을 잘 반영하기 위해서는 다양한 선사의 환적화물의 데이터와 여러 운송사의 데이터를 적용해야 하지만, 현재 부산항 타부두 환적에 있어서 업체들의 정보 공유가 미비하게 이루어지고 있어 종합적인 데이터를 반영하기에는 어려운 실정이다. 향후 다자간의 정보가 공유되는 시스템이 구축된다면 구체적인 해법의 검정이 가능할 것이다.

둘째로 비용분석의 경우 환적화물 운송과 버퍼지역 운송비용은 안전운임제에 의거하여 현재 진행하고 있는 비용을 이용해 비교 분석이 가능하였으나, 필요한 야드 면적 및 각종 운영에 드는 운영비용의 분석을 하지 못하여 최근에 새로 운영되는 한 개의 창고의 비용분석에 그쳤다.

셋째로, 터미널 혼잡으로 인한 대기시간을 게이트 통과시간을 기준으로 두었으나, 향후 빅데이터를 이용하여 게이트 통과 후 터미널 안에서 실제로 이루어지는 상하차 시간을 분석하여 보완할 필요가 있다.

Collection @ kmou

참 고 문 헌

김우선 외 2명(2003), “컨테이너 반출예약제 기대효과의 계량적 분석”, 한국항해항만학회지, 제27권 제4호, pp. 403-407.

김학봉, 김갑환(2015), “A Lagrangian Relaxation Method for Inter-Terminal Transhipment of Containers”, 대한산업공학회, 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, 3125-3132.

박남규, 이정훈(2017), “ITT Platform의 복화율 개선에 따른 효과 분석 - 부산항 신항을 대상으로 -”, 수산해양교육연구, 29(2), pp. 354-364.

박상국, 김영두(2016), “최적 항만 게이트 시스템 구성을 위한 시뮬레이션 모델 개발”, 한국항해항만학회지, 제 40권, 제 6호, pp. 421-430.

박진기(2017), “부산 신항 환적화물 유치 확대를 위한 ITT Platform에 관한 연구”, 한국해양대학교 석사학위논문

박형준(2017), “컨테이너 터미널간 환적화물 운송을 위한 차량 스케쥴링 모형”, 한국해양대학교 석사학위논문

백용주(2017), “빅데이터를 이용한 부산항신항 ITT 효율적인 운영방안에 관한 연구”, 한국해양대학교 석사학위논문

오석문 외 2명(2014), “부산 신항 타부두 환적의 효율적인 처리방안 연구”, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol 15, No. 3, pp. 1279-1287.

윤동한 외 3명(2001), “컨테이너화물 반출예약제 도입 연구”, 한국해양수산개발원

장동원(2015), “컨테이너터미널 반출입트럭 운영관리시스템의 국내외 현황 및 시사점”, 부산연구원, 동아시아물류동향, pp. 92-99.

최재선 외 3명(2006), “부산항 환적체계 개선방안 연구”, 한국해양수산개발

Collection @ kmou

원

한국철도기술연구원·한국해양수산개발원·㈜케이엘넷·서울시립대학교(2013), “항만내 컨테이너 타부두 환적시스템 기술개발 기획연구”, 국토해양부, 연구개발 최종보고서

한국해양대학교·부산테크노파크(2015), “클라우드 기반의 컨테이너 체증개선 시스템 개발”, 국가핵심기술선도프로젝트 기획유치사업, 최종기획보고서

Azab, A. et al.(2019), “A simulation-based optimization approach for external trucks appointment scheduling in container terminals”, International Journal of Modeling and Simulation

Chen, G. et al.(2013), “Managing Truck Arrivals with Time Windows to Alleviate Gate Congestion at Container Terminals”, International Journal of Production Economics, Vol. 141, No. 1, pp. 179-188.

Chen, G. et al.(2013), “Reducing Truck Emission at Container Terminals in a Low Carbon Economy: Proposal of a Queueing-Based Bi-objective Model for Optimizing Truck Arrival Pattern”, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 55, pp. 3-22.

Chen, G., and Z. Yang(2010), “Optimizing Time Windows for Managing Export Container Arrivals at Chinese Container Terminals”, Maritime Economics and Logistics, Vol. 12, No. 1, pp. 111-126.

Giuliano, G., and O’Brien, T.(2007), “Reducing port-related truck emissions: The terminal gate appointment system at the Ports of Los Angeles and Long Beach”, Transportation Research Part D, 12, pp. 460-473

Guan, C.Q., and R. Liu(2009), “Container Terminal Appointment System Optimization”, Maritime Ecomics and Logistics, Vol. 11, No. 4, pp. 378-398.

Heilig, L. et al.(2017), “Multi-objective inter-terminal truck routing”, Transportation Research Part E, 106, pp. 178-202.

Collection @ kmou

Heilig, L., and E. Lalla-Ruiz(2017), “port-IO: an integrative mobile cloud platform for real-time inter-terminal truck routing optimization”, Flex Serv Manuf J

Heilig, L., and S. Voss(2016), “Inter-terminal transportation: an annotated bibliography and research agenda”, Flex Serv Manuf J

Hu, Q. et al.(2016), “A Tabu Search Algorithm for Inter-terminal Container Transport”, IFAC-PapersOnLine, 49-3, pp. 413-418.

Hu, Q. et al.(2018), “A tabu search algorithm to solve the integrated planning of container on an inter-terminal network connected with a hinterland rail network”, Transportation Research Part C, 91, pp. 15-36.

Hu, Q. et al.(2019), “Critical Literature Review into Planning of Inter-Terminal Transport: In Port Areas and the Hinterland”, Journal of Advanced Transportation, Vol. 2019, Article ID 9893615, 15 pages

Huynh, N. et al.(2016), “Truck Appointment Systems Where We Are and Where to Go from Here”, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2548, pp. 1-9.

Huynh, N.(2009), “Reducing Truck Turn Times at Marine Terminals with Appointment Scheduling”, In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2100, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 47-57.

Huynh, N., and C.M. Walton(2005), “Methodologies for Reducing Truck Turn Time at Marine Container Terminals. Research Report”, SWUTC/05/167830-1

Jin, X., and K.H. Kim(2018), “Collaborative Inter-Terminal Transportation of Containers”, Industrial Engineering & Management Systems, 17(3), pp. 407-416.

Collection @ kmou

Jovanovic, R.(2018), “Optimizing Truck Visits to Container Terminals with Consideration of Multiple Drays of Individual Drivers”, Journal of Optimization, Vol. 2018, Article ID 5165124, 8 pages

Lam, S., and B. Englert(2008), “On Sequencing of Container Deliveries to Over-the-Road Trucks from Yard Stacks”, Final Report, METRANS Project 07-12

Lee, D.H. et al.(2012), “Terminal and yard allocation problem for a container transshipment hub with multiple terminals”, Transportation Research Part E, 48, pp 516-528.

Morais, P., and E. Lord(2006), “Terminal Appointment System Study. Transport Canada Report TP 14570E”

Nieuwkoop, F. et al.(2014), “Determining inter terminal transport configurations at the Maasvlakte by integer programming”

Phan, M., and K.H. Kim(2015), “Negotiating Truck Arrival Times Among Trucking Companies and a Container Terminal”, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 75, pp. 132-144.

Tierney, K. et al.(2014), “A mathematical model of inter-terminal transportation”, European Journal of Operational Research, 235, pp 448-460.

Torkjazi, M. et al.(2018), “Truck appointment systmes considering impact to drayage truck tours”, Transportation Research Part E, 116, pp. 208-228.

Zehendner, E., and D. Feillet(2014), “Benefits of a Truck Appointment System on the Service Quality of Inland Transport Modes at a Multimodal Container Terminal”, European Journal of Operational Research, Vol. 235, No. 2, pp. 461-469.

Zhang, X. et al.(2013), “Optimization Model for Truck Appointment in Container Terminals”, Procedia-Social and Behavioral Sciences, Vol. 96, pp.

Collection @ kmou

1938-1947.

Zhao, W., and A. V. Goodchild(2010), “The Impact of Truck Arrival Information on Container Terminal Rehandling”, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 46, No. 3, pp. 327-343.

Collection @ kmou