
개선된 클로버 알고리즘을 이용한 컨테이너 작업 스케줄링에 관한 연구

권장우* · 홍준의*

A Study for the Container Job-scheduleing using Advanced Clover Algorithm

Jang-Woo Kwon* · Jun-Eui Hong*

요 약

본 논문은 야드에서 스택커의 위치 정보를 이용한 효율적인 선적 하역 작업을 수행하기 위한 개선된 클로버 알고리즘에 대하여 기술하고 있다. 작업 스케줄링은 반드시 스택커의 작업 할당과 스택커의 위치정보를 능동적으로 처리하기 위한 위치 데이터 처리에 중점을 두어야 하며 작업요구에 따른 복수의 스택커들의 작업 할당관리를 수행할 수 있어야 한다. GPS와 GIS를 이용한 스택커의 위치 추적은 야드 관리에 필수 요소이며 선적 하역 작업의 개선에도 필요한 요소 기술이다. 본 논문에서 제안하는 개선된 클로버 알고리즘은 야드 내에서의 스택커들의 위치를 추정하고 각 컨테이너들의 선적하역 작업을 모니터링하는 기법과 스택커의 작업량을 추정함으로써 다수의 스택커들의 작업 균형을 이루기 위한 기법을 소개하고 있다. 시뮬레이션 결과와 실험 결과로부터 제안한 알고리즘이 효율적임을 나타내고 있다.

ABSTRACT

This article describes advanced clover algorithm for effective loading and unloading of containers using stackers position data in a yard. The job scheduling must rely on job assign of stackers and position data processing to dynamically allocate stackers, and maintain multiple job processing, all based on task requirements. A stacker tracking using GPS and GIS is an essential capability and is used as yard loading and unloading process improvement for yard management. After estimating position of stackers in a yard, the paper describes advanced clover algorithm and other techniques for monitoring loading and unloading of individual containers as well as combinatorial stacker load balancing problems such as estimating load of each stackers. Results from simulations and experimental implementations have demonstrated that the suggested approaches are efficient in stacker management.

키워드

GPS, RFID, GIS, 자동화컨테이너터미널, 작업스케줄링

I. 서 론

현재 물류 중심기지로의 발전을 위해서는 국제 시장의 개방화에 따른 컨테이너 처리량의 증가, 화주로부터의 물류비 절감요구, 컨테이너 선사들의 단위당 수송비

용 절감요구를 수용할 수 있도록 컨테이너터미널의 경쟁력 제고등이 문제시 되고 있다. 컨테이너 터미널의 경쟁력 제고는 인력 위주의 하역작업을 탈피하고, 저비용, 고효율의 첨단기능을 보유한 자동화가 주요과제라 할 수 있다. 이와 관련 선진항만에서는 자동화 컨테이너 개

발을 미래 항만사업으로 적극 추진하여 이미 실용화되어 발전단계에 들어서고 있는 실정이다. 네덜란드 ECT(Europ Combined Terminals)에서는 1997년부터 자동화 터미널을 운영하였으며, 현재는 보다 발전된 자동화를 추진하고 있다. 국내에서도 자동화 컨테이너터미널을 구축하기 위한 요소기술 개발을 위한 연구가 진행 중이다. 이러한 자동화 컨테이너터미널의 구축의 일환으로 본 연구에서는 유비쿼터스(Ubiquitous)라는 새로운 IT 패러다임의 기술을 접목하여 컨테이너의 물류 정보 및 위치 정보와 작업스케줄을 관리하는 방법을 제안하려 한다.

자동화 컨테이너터미널과 관련하여 한국해양수산개발원에서는 2001년 광양항 3단계 자동화 컨테이너터미널 개발 계획을 마련하여 추진중에 있으며, 한국해양수산개발원 연구소에서는 자동화 컨테이너터미널 ATC 운영시뮬레이션 설계안을 내놓기도 하였다(2003). 장성용과 용운중(1998)은 1척의 선박이 접안할 수 있는 가상의 자동화 컨테이너터미널에서 컨테이너 크레인 수, AGV 대수, 야드 크레인 수 등을 변화시켜가면서 터미널의 생산량을 추정할 수 있는 시뮬레이션 모델을 개발하여 제시하였다. 또한 향후 자동화 컨테이너터미널의 최적설계 및 운영을 위한 시뮬레이터를 개발하기 위한 구상을 제시하였다. 외국의 경우 Meermans와 Wagelmans(2001)는 자동화 컨테이너터미널에서 자동화 장비의 총작업소요시간(makespan)을 최소화하기 위한 통합 운영계획 방법으로 Branch & Bound 알고리즘과 Beam Search 법을 제안하였다.

그러나 지금까지 연구된 장비운영계획 문제들은 실제상황은 동적이고 확률적 환경인데도 불구하고, 정적이고 확정적인 상태라고 가정하거나, 각 단계별 전략을 개별적으로 연구하여 운영로직을 통합적으로 고찰하지 못하였다. 이러한 가정들은 현실적이고 동적인 문제들을 해결해 나가는 것을 어렵게 한다. 실제 자동화 컨테이너터미널의 환경은 매우 복잡한데, 결정론적인 알고리즘 기반의 운영계획 방법들은 컨테이너 발생과 처리시간의 변화와 같은 발생시점이 예측 불가능한 상황과 간섭에 의한 대기과 같은 상호작용에 의해 발생하는 불확실한 상황에 대해서 동적으로 고려하지 않는다.

본 연구에서는 이러한 문제의 해결을 위해 RFID와 GPS 장비를 통해 컨테이너의 위치와 운반 차량의 위치를 파악하며 이를 개선된 클로우버 알고리즘의 가중치

요소로 고려하여 작업을 계획한다. 작업의 가중치 요소에는 크레인의 이동시간과 상/하역 작업의 복잡도를 고려하였다. 이러한 연구는 컨테이너 자동화 터미널을 모델로 종래 문제시 되고 있는 부분의 해결책을 제시하고 향후 자동화터미널이 구축되는 시점에서도 적용이 가능한 컨테이너 관리 및 작업 스케줄링 알고리즘이 될 것이다.[1][2]

II. 본 론

컨테이너 야적장에서 야드내 컨테이너의 야적상황 및 장비의 이동 사항을 관리하고 위치정보를 추적하기 위해서 본 연구에서는 GPS 시스템을 각 차량에 부착하고 여기서 얻어지는 값을 실시간으로 업그레이드 하여 정보값을 무선 LAN을 통하여 AP에 전달하고 여기서 얻어진 DATA를 Server에서 취합하여 로컬 GIS와 연계하여 제품의 위치 정보를 나타내게 된다. 로컬 GIS를 통하여 나타낸 정보는 야적장 내 작업자가 컨테이너의 위치를 검색하거나, 전체적인 작업스케줄링을 수신 받아 작업을 관리 등 여러 형태로 야적장 내의 컨테이너 및 작업의 관리에 쓰이게 된다.

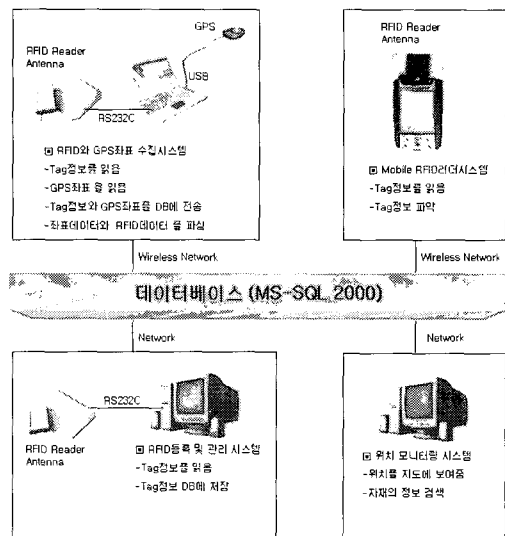


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System organization picture

[그림1]은 전체 시스템의 구성도로써 각 차량에 부착

된 GPS 장비와 RFID 장비를 통해 차량의 좌표 및 컨테이너의 정보를 입력받는다. 또한 야드맨은 PDA 형태의 RFID Reader를 휴대하여 야적된 컨테이너의 위치정보의 변경값과 차량 운행상태를 파악한다. 이렇게 필드에서 수집된 정보는 MS-SQL로 구성된 데이터 베이스에 저장되며 이러한 정보를 위치 하역관계 S/W와 모니터링 시스템에서 관리하여 각 작업을 운반 차량과 크레인에 하달하게 된다.[3][4]

2.1. GPS 위치측정 시스템

GPS(Global Positioning System)는 인공위성을 이용한 지구위치 결정체계에 정확히 위치를 알고 있는 위성에서 발사한 전파를 수신하여 관측점까지의 소요시간을 관측함으로써 관측점의 위치를 구하는 체계이다. 미국 정부가 처음으로 구축하여 일부를 민간에게 개방하였으며, 인공위성에서 전송하는 코드(code) 및 반송파위상(carrier phase)을 이용하여 측위(positioning) 및 측량(surveying)을 실시하는 것으로서, 기후와 시간에 영향을 받지 않으며 지구상 어디서나 24시간 연속관측이 가능하고 관측의 대부분이 자동화되기 때문에 인력이 많이 소요되지 않으며 현재는 인공위성의 이용료가 없어 비용상의 문제도 해결되었다.

지도상에 표시되는 객체는 데이터베이스에 저장된 일반 지구 좌표계(DD.MM.SS)를 지도위를 표시하기 위한 화면상의 좌표인 윈도우좌표계(x, y)로 변경되어 표시된다. 방법은 다음과 같다. 일반적으로 world 좌표인(x, y)을 Windows 좌표인(u, v)으로 옮길 때 [수식]과 같은 식을 쓰게 된다.

$$\left[(x - x_{min}) \left(\frac{u_{max} - u_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right) + u_{min}, (y - y_{min}) \left(\frac{v_{max} - v_{min}}{y_{max} - y_{min}} \right) + v_{min} \right]$$

여기서 지도의 축척의 역수를 L로 표시하고 기준점을 (x0, y0)(u0, v0)로 치환하여 계산하면 다음과 같은 식을 쓸 수 있다.

$$\left[(x - x_0) / L + u_0, (y - y_0) / L + v_0 \right]$$

여기서 (x0, y0)(u0, v0)는 좌표변환의 중심점이 된다. 위의 식에서 (u, v)의 단위는 아직 meter 단위 이므로 이를 windows의 픽셀단위로 변환하였다. hsize는 mm단위로 display의 size를 나타내고 hres는 pixel 단위로 display의 size를 나타낸다. 그러므로 (hres * 1000 / hsize)는 meter당 pixel수를 나타낸다.

$$r_y = vres / vsize \times 1000$$

$$r_x = hres / hsize \times 1000$$

최종 식은 다음과 같다.

$$\left[(x - x_0) \cdot r_x / L + u_0, (y - y_0) \cdot r_y / L + v_0 \right]$$

여기서 L이 1000이면 1/1000의 축척으로 실제 1000m가 화면에 정확히 1m로 표시하게 된다. 위와같은 방식으로 GPS 값이 구해지면 이는 수집된 정보를 하역관계 S/W로 전송하여 스케줄링 알고리즘의 위치 값으로 쓰이게 된다.[5]

2.2. RFID 정보 등록 시스템

RF신호를 사용하여 객체를 식별하는 비접촉 기술중의 하나인 RFID 기술은 최근 크게 주목받고 있다. 이 기술은 리더기와 태그 간의 통신에 있어 여러 가지 디지털 방식의 부호(Coding)를 이용 기저대역의 데이터를 고주파 신호로 변환하여 전송되는데, 주파수 대역에 대하여 주로 사용되는 변조 방식으로 ASK(Amplitude Shift Keying), FSK(Frequency Shift Keying), PSK(Phase Shift Keying)등이 있다. UHF 대역에 대해서 전자파의 인체영향이나 다른 통신시스템과의 간섭을 감소시키기 위하여 미국의 경우는 주파수 확산(Spread Spectrum) 방식을 사용하며 주파수 확산방식 중 CDMA 모바일 폰이나 무선랜에 이용되는 직접시퀀스(Direct Sequence)와 블루투스에 이용되는 주파수 호핑(Frequency Hopping)이 주로 사용된다. 하지만 위와 같은 변조방식을 적용하면 그만큼 복잡한 회로가 필요하여 가격이 상승하므로 실제적으로는 리더기에만 이런 변조방식을 적용하고 태그는 주파수확산방식의 전체주파수를 전송하는 것이 일반적인 접근 방법이다. 그 외에 리더와 태그 및 리더기의 구분에 있어 중요한 요소 기술로는 데이터 정보의 신뢰성 향상을 위한 에러 감소 및 보정 기법과 다중 태그 인식을 위한 충돌방지(Anti-Collision)알고리즘기법, 경량암호화 알고리즘 보안(Security)등이 쓰인다.

본 연구의 실험에서는 야드맨의 PAD에서 사용하는 관리용 RFID와 반출입 관리에 적용되는 RFID 장비는 13.56Mhz의 Reader를 사용하였고, 컨테이너 장비와 차량에 사용된 RFID는 인식 거리를 고려하여 900Mhz 대역의 RFID 장비를 사용하였다. RFID(Radio Frequency Identification)기술과 입력된 정보를 전송하는 모바일 전

송 기술을 개발하여 모바일 단말기 기반의 RFID 리더(Reader)기를 통하여 컨테이너의 작업상황과 재고관리 등과도 결합하여 중앙에서 실시간으로 모니터링 할 수 있는 생산 현장의 유비쿼터스 환경으로 진입 하는 것이 목표이다.[6]

2.3. GPS와 RFID를 이용한 GIS

GIS란 지리적으로 참조가능한 모든 형태의 정보를 수집, 저장, 갱신, 조정, 분석, 표현할 수 있도록 설계된 컴퓨터 하드웨어, 소프트웨어, 지리적 자료 그리고 인적 자원의 통합체로 지표면에 위치한 장소를 설명하는 자료를 모으고, 이를 이용할 수 있게 하는 컴퓨터시스템을 말한다. 특히, 지도를 전산처리가 가능하도록 수치화하여 컴퓨터에 입력하고 지하의 전산망, 상·하수도망, 통신망 등의 시설물과 지상의 도로, 건물, 잔존자원 등의 속성정보를 입력할 수 있어 토지 및 시설물의 관리, 도록의 계획 및 보수, 그리고 자원 활용과 환경보존 등에 활용되는 정보 시스템이다.

본 연구에서 구성한 GPS 측정 시스템은 [그림2]와 같은 형태로 이용자에게 정보가 제공되어 진다. GPS 위성으로부터 취득된 객체의 위치 정보는 위성계의 정보와 지상전송계의 내용을 취합하여 이용자에게 제공되어 실제로 객체의 위치 값으로 활용된다.

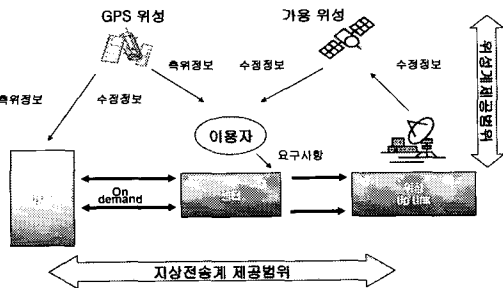


그림 2. GPS를 통한 위치 정보의 획득 기법
Fig. 2. Geographic information system using GPS

GPS를 통해 얻어진 값은 GIS(Geographic Information System)에 의해 맵에 정보가 표시되어 진다. GIS 맵의 역할은 GPS를 통해 수집된 객체의 위치를 RFID 정보와 연관하여 위치값과 아울러 객체의 상태 및 운반경로와 작업 예정등의 포괄적인 정보를 담고있다. 획득된 GPS와 RFID값은 Fig 2-10.과 같이 분석되어 D/B Server로 보내

어 관리된다.

[그림3]은 D/B Server로 보내어진 GPS를 통해 얻은 객체 좌표값과 RFID를 통해 얻어진 물품정보 데이터 값을 GIS에서 구성된 지도에 매핑하는 과정을 나타낸다. 이 과정에서 축척을 고려한 계산식을 바탕으로 GIS 지도의 위/경도 위치에 객체의 정보가 나타나게 된다.

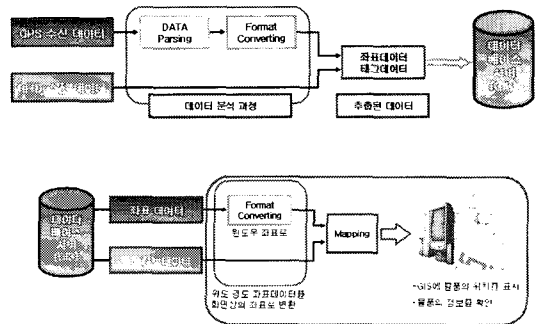


그림 3. GIS의 데이터 흐름도와 매핑과정
Fig. 3. GIS data acquisition flowchart & Mapping

[그림4]는 실제로 지도상에 제품 정보가 매핑된 GIS 지도이다. 지도에 매핑된 객체 정보는 위경도 위치정보와 객체의 상태값, 이동 내역사항등의 정보를 내포하고 있다.

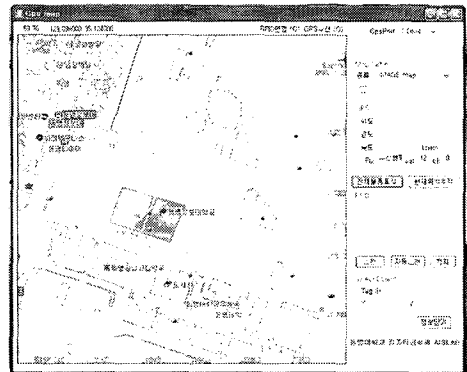


그림 4. 로컬 GIS 와 검출 데이터 연계
Fig. 4. Mapping local GIS with acquisition data

2.4. 하역장비 관제 S/W

본 연구에서는 하역장비의 위치를 GPS를 통해 관제하고 양/적하 작업과 구내이동의 세가지 상황을 고려하여 야드내 컨테이너 운반 차량인 YT(Yard Tractor)의 작

업 내용을 스케줄링 하는 경로계획 알고리즘을 제안한다. YT의 스케줄링에는 CC(Container Crane)의 작업 속도와 컨테이너의 우선순위를 고려한 적재상태에 따른 리마살링계수 및 컨테이너를 YT에 적하하는 TC(Transfer Car)의 작업 시간을 고려하여 가중치 요소로 삼는다. 관제 알고리즘은 양/적하 작업과 구내이적 작업을 대상으로 스케줄링 기법을 적용한다. 터미널의 구성은 [그림6]과 같다. [그림 4]는 야드에서 일어나는 이송 작업인 양/적하 작업과정을 나타낸다.

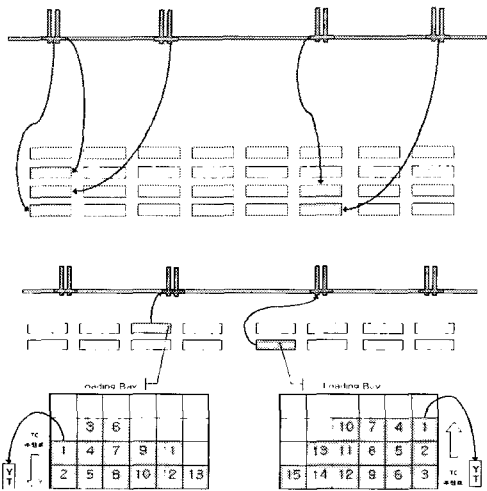


그림 5. 양/적하 작업과정
Fig. 5. Shipping and discharging step

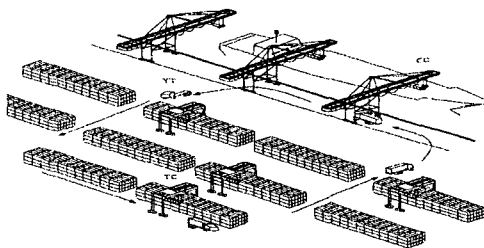


그림 6. 컨테이너 터미널의 구성
Fig. 6. Container terminal

2.5. 작업 스케줄러의 구성요소

YT의 작업 순서는 [그림7]과 같이 이루어진다. 작업이 YT에 할당되면 YT는 양/적하 또는 구내이동을 위한 컨테이너 적재를 위해 TC혹은 CC로 이동한다. TC의 컨

테이너 이송 상태에 따라 대기를 결정하며 YT에 컨테이너가 적재되면 YT는 CC로 이동하여 양/적하 작업을 수행한다. CC가 작업중인 상태에서는 작업 완료를 기다려서 작업을 완료하고 다음 작업이 오기 전까지 YT는 Tractor 대기 구역에서 다음 작업을 대기하게 된다. 본 연구에서는 컨테이너의 스케줄링을 위한 환경변수 및 우선순위 가중치 조건에 따른 컨테이너 수송 차량의 운행 문제를 수리 모형화 하고 휴리스틱을 기반으로 한 경로 탐색 알고리즘에 의해 작업을 운송 차량에 할당하는 시스템을 구축하는것을 목표로 한다.

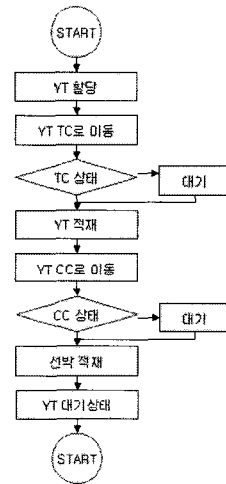


그림 7. Yard Tractor의 작업 운영 흐름도
Fig. 7. Yard tractor working flowchart

본 연구에서 제안 하는 알고리즘은 TC, YT, CC등을 고려하여 가중치 요소로 적용한다. 이러한 할당 규칙은 복잡한 수학적인 모형의 사용이 없이 간단하고 쉽게 사용할 수 있다는 장점이 있다. 특히 정보가 많지 않거나 불확실한 상태에서 할당규칙은 매력적인 방법으로 인식되고 있다. 당연히 이러한 규칙은 최고의 해를 산출하려는 복잡한 수학적인 모형과는 비교될 수 없으나, 빠른 시간에 쉽게 적용할 수 있다는 장점으로 동적인 상황에서는 가장 좋은 방법으로 인정되고 있다.[7][8]

2.6. 컨테이너 이송장비 할당 규칙

컨테이너터미널에서 운송에 관련된 장비는 크게 3가지의 형태로 나눌 수 있다. 첫 번째는 선박에 컨테이너를 선적과 하역 작업을 하는 선적 크레인 이다. 선적 크레인

은 선박에서 컨테이너를 양/적하 하는 작업지시를 받고 이동차량에 컨테이너를 적재한다. 두 번째로 컨테이너를 실은 차량은 야드에서 컨테이너가 놓인 위치와 자신이 운송해야 될 컨테이너의 위치정보 그리고 현재 자신이 야드에서 놓인 위치를 탐색하여 최적의 운송 경로를 찾게 된다. 컨테이너를 운반하거나 작업 지시를 받고 해당 위치로 이동된 운반 차량은 타워크레인의 적재 및 하역 위치로 이동하게 된다. 차량이 타워크레인의 선적부에 도착하는 명령이 하달되면 타워크레인은 앞서 설명된 RSC 알고리즘에 의해 작업을 수행하고 우선순위를 참고하여 운반하거나 적재할 컨테이너를 취급하게 된다.

2.7. 컨테이너 Transfer Crane의 운용 방식

일반적으로 야적장에서 컨테이너는 단단으로 적재되는 특징이 있다. 컨테이너터미널에서는 야드 운영의 효율을 높이기 위해 재취급을 최소화할 수 있는 방법을 강구할 필요가 있다. 이는 우선 야드에 컨테이너가 장치될 때 장치위치를 합리적으로 결정하여야 하고, 이송 시에 이적되는 저장물들의 장치위치와 이송순서를 합리적으로 결정하여 재취급을 최소화 하여야 할 것이다. 야드의 컨테이너 재취급은 재취급의 시점에 따라 두가지로 나눌 수 있다. 먼저 컨테이너 크레인의 유휴 시간동안 이후의 이동을 예상해서 컨테이너를 이동하는 Proactive 재취급이 있고(re-marshaling), 컨테이너를 이송할 때 이송하려는 컨테이너위에 다른 컨테이너가 위치해 있는 경우, 이 컨테이너를 이동 시키는 Reactive 재취급이 있다.(Duinkerken at al., 2001)

첫 번째 문제는 야드 계획에서 다루어져야 하는 문제로 본 연구에서는 선적 작업 시 자동화 장비의 효율적인 운영을 위해 Reactive 재취급 정책을 다루도록 한다. 현실적으로 Proactive 재취급 시간의 한계로 이하여 완벽한 재취급 상태로 선적작업을 하는것은 불가능한 상태이다. 그래서 선적 작업시 Reactive 재취급이 발생하게 된다. 컨테이너 재취급 시간을 최소화 하는 이적 컨테이너의 위치 결정은 선적시에 출하시간을 단축하고 장비의 효율을 높이는 데 영향을 준다.[9][10]

2.8. RSC(Remaining Stack Capacity)

각 컨테이너의 저장위치 (i, j) i = 열, j = 단적수에 대해 컨테이너를 재취급하기 전과 후의 RSC_{ij} 값을 구해서, m 값의 차이가 최소가 되는 곳을 이적 위치로 결정하는

방법이다. 각 컨테이너의 저장위치 (i, j)에서의 RSC_{ij}는 다음의 식으로 구할 수 있다(Meermans et al., 2001)

$$RSC_{ij} = (H - h_{ij}) * C_{ij}$$

H = 최고 저장높이

h_{ij} = 현지점(i,j)에서 저장높이

C_{ij} = 현지점(i,j) 최상위 컨테이너 처리순서

C = 마지막 컨테이너 처리순서

C_n = 컨테이너의 처리순서(값)

[그림8]은 적하순서가 1인 컨테이너를 처리할 때, 그 위에 위치해 있는 적하순서가 5인 컨테이너를 임시로 이동시켜 놓을 위치를 결정하기 위해 RSC 값을 구하는 과정을 보여준다. RSC 값은 적하순서가 5인 컨테이너를 옮기기 전의 각 위치 (i, j)에서의 RSC_{ij} 값과 옮긴 후의 RSC_{ij} 값의 차이 중 가장 작은 값으로 결정된다. RSC 값을 구하는 식은 다음과 같다

$$RSC = Min[(H - h_{ij}) * (C_{ij} - c_5) + c_5]$$

이방법은 장치능력의 감소분이 최소가 되는 최고 높은 위치나 순서의 차이가 적은 곳으로 재취급하게 된다.

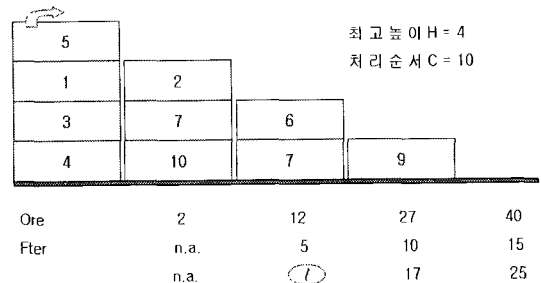


그림 8. RSC값의 계산 예
Fig. 8. Example of calculation RSC

2.9. 이송작업 스케줄링 알고리즘

이송작업 스케줄링 알고리즘의 단계는 다음과 같은 절차를 따라 이루어진다.

- 단계1:작업하달(이동 할 컨테이너 순위값 책정)
 - 단계2:차량의 위치 값계산(크레인 거리값 계산)
 - 단계3:컨테이너 이송 크레인에 작업 할당
 - 단계4:최적차량선택(CC작업시간 + TC작업시간)
 - 단계5:운송작업 수행(재배치 상황 업데이트)
- 스케줄링 알고리즘의 경로 결정 알고리즘은 클로우

버 알고리즘을 사용하였다.

클로우버 알고리즘은 RTC 함수를 사용하며 현재의 feasible route의 end에 각도상 근접해 있는 node를 선택하여 연결하는 형태로 이루어진다. feasible node 들에 대해 계산하여 그 중 최대치를 갖는 node를 일시 연결된 end에 확정적 연결하는 방식이다.

RTC 값의 계산은 다음과 같다.

$$RTC = w * \frac{d_1}{d_m} + (1-w)(1 - \frac{\Theta}{\Pi})$$

d : depot 으로부터 node I 까지의 직각거리

Θ : feasible route end j와 이에 일시 연결된 feasible node I와의 각도

w : shape parameter

함수 RTC에서 shape parameter w는 거리와 각도의 가중치 인자를 의미한다. 즉 w가 0에 가까워지면 node의 각도가 강조되어 SWEEP 기법의 기본 개념과 유사하게 되며 반면 w가 1에 가까워지면 depot에서 node 까지의 거리가 강조되어 결과적으로 이동 거리에 대한 saving이 고려됨으로써 saving 기법의 기본 개념과 유사하게 된다. 따라서 클로우버 알고리즘에서는 운송차량의 구조에 따라 w를 변화시킴으로써 간단히 거리의 각도의 두 인자를 trade-off 할 수 있음을 특징으로 하고 있다. 운송차량 스케줄링에서 최적 w값은 최소의 route 수를 찾는 간단한 simulation을 통하여 결정될 수도 있다. 함수 RTC를 최대화함으로써 한 node가 feasible route의 등에 확정적으로 연결되면 나머지 일시 연결된 feasible node들은 각각의 경로로부터 풀어진다. 이와같은 RTC에 의한 route의 연결과정은 완성된 route 들의 형상이 근접한 route와 쉽게 교차하지 않는 모양을 따르도록 유도할 것이다. 한 node가 feasible route에 확정적으로 연결될 때마다 차량 운행거리와 수용 능력의 제약 조건에 대한 테스트를 수행한다. 차량운행거리의 증가치를 I라 하면 $I = d_{ij} + d_{jo} - d_{po}$ 이다. 여기서 d_{ij} 는 node j와 이에 새로이 연결된 node I와의 직각거리 그리고 점 a는 depot를 의미한다. 차량 수용능력은 새로 연결된 node의 서비스량(공급량)을 추가함으로써 간단히 계산된다.

앞서 살펴본 클로우버 알고리즘은 몇가지 문제점을 가지고 있다. 클로우버 알고리즘은 가중치를 입력하는

방식으로 구성되는데 가중치의 계산 방식은 휴리스틱한 방법에 의해 결정되며 이는 수차례의 시행에 의해 책정되며 이러한 결과값이 항상 최적의 해를 갖지는 못한다. 또한 차량의 현재 위치값이 이전 작업의 완료 값으로 결정되므로 현 상태의 값이 고려되지 않는다. 그리고 TC와 CC의 하역 작업 시간이 고려되지 않으므로 대기 시간에 대한 변수가 고려되지 않았다. 본 연구에서는 이를 개선하여 현재 차량의 위치정보를 GPS를 통해 수신받고 TC와 CC의 값을 고려하여 운송 YT의 대기 시간을 최소화 하여 작업을 할당하는 개선된 클로우버 알고리즘을 제안한다.

개선된 클로우버 알고리즘은 클로우버 알고리즘의 가중치 요소 w를 책정함에 있어 앞서 열거한 가중치 요소들을 대입하여 최적의 작업할당 스케줄링을 목표로 한다. 개선된 클로우버 알고리즘에 적용되는 가중치 값은 다음과 같다.

- 운송되는 YT의 완료시간 예측(sec)
- TC의 운송 방식에 따른 시간예측(sec)
- 컨테이너의 적재상태 리마살링 정도(%)
- CC의 양/하적 대기시간(sec)
- 현재 장비의 위치값(위도,경도)

[11][12][13]

III. 실험결과

스케줄링 실험을 위한 하역장 적용 모델은 [그림9]와 같이 적용하였다. 실제 컨테이너 터미널은 하역 안벽에 여러대의 선박이 정박하여 양/적하가 이루어 지지만 본 연구에서는 1대의 선박만을 고려하였다. 컨테이너 야적 방식은 polling 방식으로 배열하였고 YT는 방향성 없이 최단 거리 방향으로 움직임이 가능하도록 하였다. 각 블록별로 YT는 한 대만 있는 상황으로 가정하였으며 YT의 컨테이너 적제/하역 작업은 정해진 장소에서만 이루어 지도록 하여 작업 명령이 하달되면 YT의 이동점은 한 점으로 집중되게 설계되었다. 작업이 할당되지 않은 YT는 가까운 대기장으로 이동하며 이동 중에도 작업 명령의 하달은 가능한 상태이다.

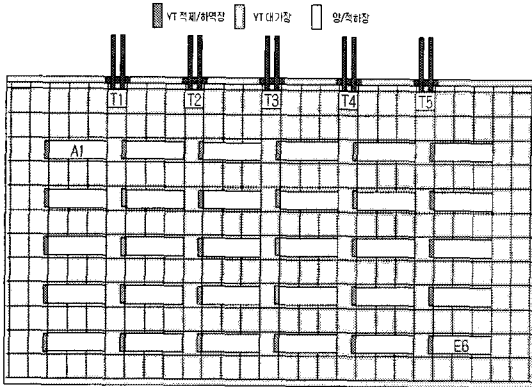


그림 9. 하역장 적용 모델
Fig. 9. Apply to discharging

IV. 고찰

본 연구에서는 앞서와 같이 컨테이너 터미널 모형을 설계하고 이를 시뮬레이터로 제작하여 리마살링 정도와 TC의 운행규칙, 컨테이너의 개수와 Yard Trailer의 개수들을 파라미터로 하여 여러 가지 상황에 대한 실험을 시행하였다. 각 파라미터들에 대한 운영규칙의 조합으로 구한 총 작업소요 시간은 단축됨을 알 수 있다. [그림 10]은 컨테이너 수에 따른 작업 효율을 비교하여 TC가 컨테이너를 재취급함에 있어 우선순위를 고려한 재취급이 컨테이너의 물동량이 많아 짐에 따라 더 효율적임을 알 수 있었다.

본 연구의 실험은 자동화 컨테이너터미널에서의 보다 현실적인 장비 운영방안을 찾기 위해 실제 터미널에서 이루어지는 선적과정에 따라 현장의 다양한 환경에서의 시뮬레이션을 통해 가장 좋은 TC, YT의 할당규칙과 재취급 규칙의 조합을 다양한 파라미터에서 가장 짧은 총 작업소요시간을 산출하는 로버스트(robust)한 운영방안이라 할 수 있다. 특히 리마살링 정도가 100%인 경우, 즉 TC의 할당규칙의 영향이 없는 경우에는 차량의 최적 투입량에 따라 작업시간이 결정되며, 리마살링 정도가 낮을수록 TC의 작업할당 규칙을 통한 운송시간 예측이 더 좋은 결과를 산출함을 확인할 수 있다. 실제 터미널에서도 컨테이너들이 낮은 리마살링 정도를 가지므로 이는 실제 터미널에서 유용하게 사용할 수 있는 재취급 규칙으로 보여진다.

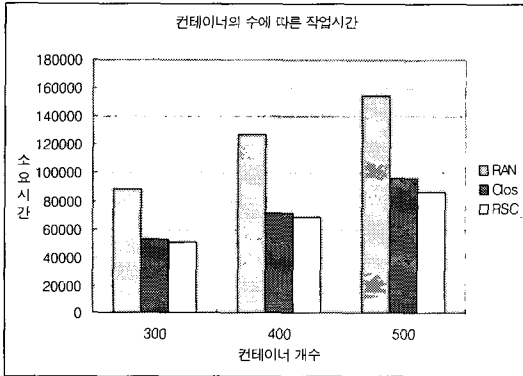


그림 10. 컨테이너 수에 따른 작업시간
Fig. 10. Working time by container number

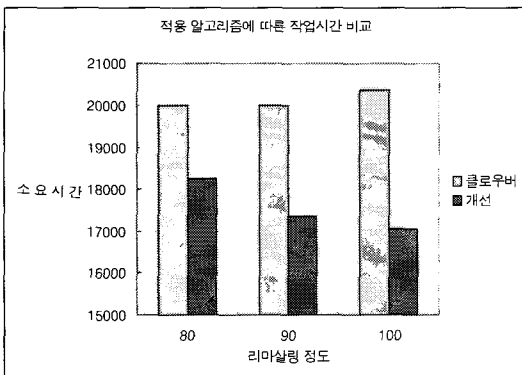


그림 11. 적용 알고리즘에 따른 작업시간
Fig. 11. Working time by Algorithm

V. 결론

현재 자동화 컨테이너터미널에 관련된 연구는 장비의 성능향상과 작업계획 및 작업지시 체계 변환같은 운영관리 관련 연구가 주로 이루어지고 있으며 이들은 서로 밀접하게 연관되어 있다. 현재 장비 관련 기술은 빠르게 발전하고 있으나 운영 관련 연구는 상대적으로 뒤떨어진 상황이다.

본 연구에서는 자동화 컨테이너터미널에서 사용되는 자동화 장비들의 운영방안에 대해 IT 기술인 GIS 기술과 장비운영 기법을 융합하여 각각 기술의 장점을 배가시켰으며, 이는 실제 터미널 관리에도 유용하게 사용할 수 있음을 확인하였다. 실험을 통해 선적에 소요되는

총 작업소요시간을 최소로 하는 할당규칙을 바탕으로 한 자동화 장비 운용방안을 제시하고 종래 사용되던 할당 알고리즘보다 우수함을 확인할 수 있었다. 또한 장비의 관리와 운용을 효율적으로 하기 위하여 IT 기술을 접목시켜 더욱 유용한 시스템을 제시하였다.

본 연구에서 제시된 자동화 컨테이너터미널의 실시간 자동화 장비운용을 위한 시뮬레이션 모형을 통해 실제 컨테이너터미널에서도 현장에 맞게 수정하여 적용한다면 좀더 효율적인 형태로 터미널의 장비 운용이 가능하여 보다 빠른 선/하적 작업이 이루어 질 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 정기호, “컨테이너 수송차량의 할당 및 스케줄링을 위한 모델”, 로지스틱스 연구, 제13권 제1호, pp.141-154, 11. 2004
- [2] 박양병, “자동유도운반차(Automatic Guided Vehicle) 스케줄링 해법”, 한국산업공학회, 제13권 제1호, pp.11-24. 6. 1987
- [3] 이근호, “RFID의 새로운 응용 The Internet of Things”, 한국전파진흥협회, pp.63-71, 6. 2002
- [4] Paramvir Bahl and Venkata Padmanabhan. RADAR “An in-building RFbased user location and tracking syste” In Proceedings of IEEE INFOCOM, volume 2, pages 775~784, March 2000.
- [5] Nirupama Bulusu, John Heidemann, and Deborah Estrin. “GPS-less low cost outdoor localization for very small device” IEEE Personal Communications, 7(5):28{34, October 2000. Special Issue on Smart Spaces and Environments.
- [6] Jerrey Hightower and Gaetano Borriello. “Location systems for ubiquitous computing. Computer” 34(8):57{66, August 2001.
- [7] 박양병, “구역 및 시간의존 차량스케줄링문제 : 차량속도 추정모델과 차량스케줄링 해법”, 한국산업공학회, 제22권 제3호, pp.517-532, 9. 1996
- [8] 신재영, “집배송 담당지역의 차량 배정 문제”, 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회, pp.219-222, 4. 2001.
- [9] 송성현, “집배송 상황에서의 배차스케줄링 기법의 연구”, 물류학회지, 제2권 제10호, pp.37-53. 2000
- [10] 전찬영, “원가회수를 고려한 컨테이너 터미널의 최소 처리물동량 산정 연구”, 해양물류연구학회, 제1권 제49호, pp.67-88, 6. 2006
- [11] 김우선, “자동화컨테이너터미널 ATC 운영시뮬레이션 설계”, 해양정책연구, 제19권 제1호, pp.79-97. 2004
- [12] 최형립, “자동화 컨테이너터미널에서 운송장비의 운영방안에 관한 연구”, IE Interfaces, 제17권 제2호, 99.233-241. 6. 2004
- [13] 박중배, “자동화 컨테이너터미널 운영의 새로운 추세”, 토목학회, 제51권 제5호, pp4-15, 5. 200

저자소개

권 장 우 (Jang-Woo Kwon)



1990년 인하대학교 전자공학과 학사
 1992년 인하대학교 전자공학과 석사
 1996년 인하대학교 전자공학과 박사
 1996년~1998년 특허청 심사관
 2004년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 부교수
 ※관심분야: 지능형시스템, 뉴럴네트워크, 신호처리

홍 준 의 (Jun-Eui Hong)



2005년 동명정보대학교 컴퓨터공학과 학사
 2007년 동명정보대학교 컴퓨터공학과 석사

※관심분야: RFID, Embedded System