

Ad-hoc 네트워크 기반의 컨테이너장치의 Dual Cycle 구현

박 두 진[†]
(동명대학교)

Implementation of Dual Cycle in Container Yard based on Ad-hoc Networks

Doo-Jin PARK[†]
(Tongmyong University)

Abstract

At container terminals, a major measurement of productivity can be work efficiency. For improving the productivity of container crane, the more efficient container yard operation method is necessary in container terminals. Recently, container terminal operators make an experiment on the dual cycle operation, which ship loading/unloading were carried out simultaneously, for increasing the productivity of container crane. In this paper, propose a system operating efficient dual cycle methods as utilize Ad-hoc technology in distributed port operation system. The dual cycle methods that proposed recognizes position information of Y/T during an action in Ad-hoc networks in case of container transfer works by real time as load an Ad-hoc module to Y/T taking charge of a container transfer with quay and yard. Utilize Ad-hoc networks technology in an operating system of container yard, and efficiently distributed processing done Y/T to container crane compare with operation systems of the existing dedicated method, and an improvement can do an operating system of an yard.

Key words : Container Yard, Ad-hoc Network, Dual Cycle, Yard Tractor

I. 서론

세계적으로 국가 간의 무역이 증가하면서 항만을 이용한 컨테이너 물동량이 지속적으로 증가하고 있다. 컨테이너 물량이 증가함에 따라 선사의 규모의 경제를 통해 경쟁력을 확보하고 물류의 리드타임을 줄여 고객에 대한 서비스를 향상시키기 위해 초대형화 및 고속화가 가능한 선박을 운항하고 있다. 2013년 7월 부산항에 입항한 M사의 선박은 세계 최대 규모인 18,000TEU급으로 최대 속도 23노트의 속력을 낼 수 있다. 컨테이너선박이 초대형화가 되면서 해운선사는 경제성

을 이유로 선박의 기항지를 축소하는 정책을 수립하였다. 이러한 기항지 축소 전략은 항만들 간의 경쟁을 더욱 심화시키는 요인이 되고 있다. 따라서 초대형선박이 기항하는 중심 항만(Hub Port)이 되기 위해 선진 항만에서는 국가적으로 많은 노력과 관심을 기울이고 있다. 우리나라 항만을 대표하는 부산항의 경우 주변 국가인 중국(상해항, Ningbo항, 선전항), 홍콩(홍콩항) 및 싱가포르(싱가포르항) 등의 항만들과 중심 항만이 되기 위해 치열한 경쟁 중에 있다. 기항지가 되기 위해서는 항만은 선박의 하역 작업시간을 단축하여 선박의 재항시간을 줄일 수 있는 효율적인 항만

[†] Corresponding author : 051-629-1437, djpark@tu.ac.kr

* 이 논문은 2011학년도 동명대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

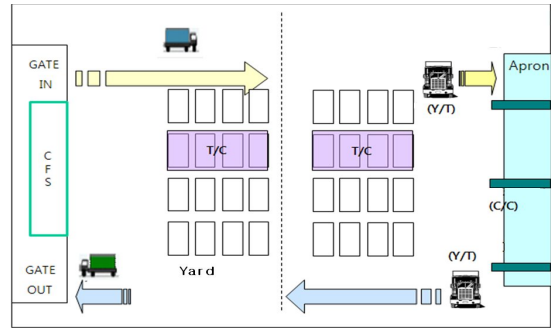
운영시스템의 구축이 필요하다. 항만의 하역 생산성을 높이기 위해서는 첨단 하역장비와 자동화 하역시스템 등이 최적으로 운영되는 시스템이 구축되어야 한다.

현재 우리나라의 항만 운영시스템은 항만 생산성 측면에서는 선진 항만 등에 뒤지는 것으로 나타나고 있다. 이는 그 동안 부족한 항만시설 및 장비 등의 하드웨어적인 양적인 성장에만 치중한 나머지 항만의 질적인 측면인, 고도화된 운영시스템 등 소프트웨어적인 측면을 소홀히 한 결과 일 것이다.

최근 선진 항만에서는 초대형선박의 하역 시간 단축하기 위해 듀얼 사이클(Dual Cycle) 방식을 운영 중에 있고 운영 방식의 최적화를 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 선행 연구로는 Goodchild and Daganzo(2006, 2007)은 컨테이너 크레인의 듀얼 사이클 운영의 양·적하 작업순서를 결정하기 위한 효율적인 알고리즘을 제시하고, 단일 서버 대기행렬 모형을 사용하여 싱글 사이클과 듀얼 사이클에서의 Y/T(Yard Tractor)의 갯수를 비교하였다. Song(2007)은 우리나라 항만의 상황에 적합한 듀얼 사이클의 최적 시작 지점을 산출하는 공식을 제시하였다. Zhang and Kim(2009)은 수리적 모형을 제시하고, Johnson은 규칙을 변형한 새로운 하이브리드 발견적 해법을 제시하였다. Jung and Shin(2012)은 기존의 풀링(Pooling) 방법과 듀얼 사이클을 위한 Y/T 통제 방법을 제시하였다. 듀얼 사이클 방식은 초대형선에서 동시에 수출입 작업을 수행하여 하역 생산성을 향상시키는 획기적인 방식이다. 본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크 기술을 항만에 활용하여 컨테이너 장치장의 듀얼 사이클 구축 방안을 제안한다.

II. 이론적 배경

1. 컨테이너 터미널 장치장 운영시스템



[Fig. 1] Container Yard Operating System

[Fig. 1] 컨테이너 터미널의 장치장 운영 방식을 설명하고 있다. 컨테이너 터미널의 운영 장비는 크게 안벽 장비와 장치장 장비 및 이송 장비로 구성된다. C/C(Container Crane)는 안벽에서 선박의 양·적하작업을 담당하고, T/C(Transfer Crane)는 장치장에서 컨테이너의 하역작업을 수행한다. Y/T는 터미널 내부에서 C/C와 T/C 사이에서 컨테이너의 이송을 담당한다. 이들 항만 장비는 서로 상호 연계되어 작업을 수행한다.

2. 듀얼 사이클 운영방식

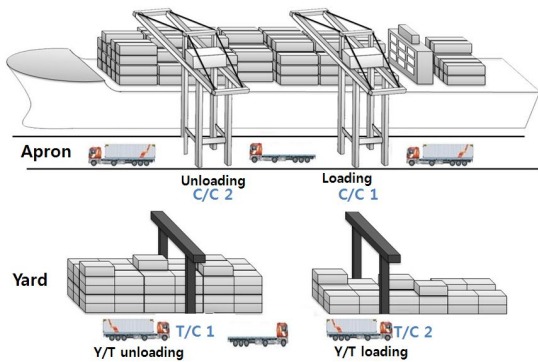
기존의 컨테이너 장치장의 운영 방식에서 Y/T는 안벽과 장치장 간에 운행 시 1개의 컨테이너만을 운송하는 싱글 사이클 방식으로 운영하고 있다. <Table 1>은 싱글 방식과 듀얼 사이클 운영 방안을 비교한 도표이다.

<Table 1> Single cycle and dual cycle operation comparison

	Single Cycle	Dual Cycle
Operation	Work performed after unloading cargo operations	Simultaneous loading/unloading operations
Y/T Movement	- Loading: Apron Tolerance - Unloading: Apron from to Yard Tolerance	Yard → Yard ↔ Apron → Apron
Tolerance Factor	about 50%	Less than 30%

싱글 운영방식은 양하 및 적하 작업 시에 전체 운행거리의 절반을 컨테이너가 적재되지 않은 공차로 운행 됨에 따라 하역 작업의 효율성이 감소하게 된다.

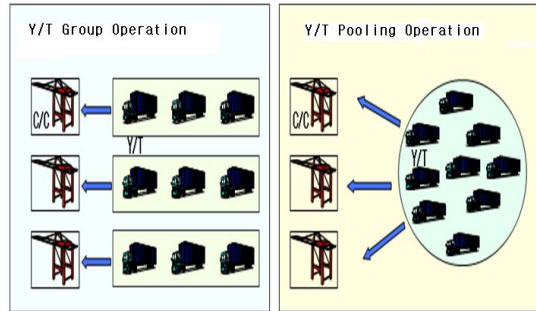
듀얼 사이클 운영 방식은 크게 두 가지 경우에서 운영이 가능하다. 첫 번째로 안벽에 접안한 선박이 2척일 경우 1척에서는 적하작업이 이루어지고 다른 1척에서는 양하 작업이 발생하는 경우이다. 두 번째로는 안벽에 초대형선이 접안 중일 경우, 양하작업과 적하작업이 1척에서 동시에 발생할 경우로 구분할 수 있다. [Fig. 2]는 1척에서 양·적하 작업이 동시에 진행되는 듀얼 사이클 운영 방식을 설명하고 있다.



[Fig. 2] Dual cycle operation system

듀얼 사이클 방식은 1회 운행 시에 양하 및 적하작업을 동시에 작업함으로써 이송장비의 공차운행을 최소화한다. 안벽에서 수출작업을 하는 C/C 1이 Y/T에 적재되어 있는 컨테이너를 선박에 적하하면 Y/T는 C/C 2로 이동하여 수입되는 컨테이너를 상차하고 T/C 1로 이동하여 컨테이너를 장치장에 하차하고 T/C 2로 이동하여 수출 컨테이너를 상차하여 C/C 1으로 이동하여 순환하는 방식이다. 컨테이너 장치장에서 듀얼 사이클 방식으로 운영하기 위해서는 Y/T 풀링(Pooling)이 선행되어야 한다. Y/T 풀링 시스템은 실시간으로 컨테이너 장치장의 모니터링이 가능한 시스템을 기반으로 Y/T를 배정할 때 작업을 요청하는 C/C

와 가장 가까운 Y/T를 할당하는 방법이다. 풀링 시스템은 할당하는 운영 방법에 따라 그 효율성이 달라질 수 있다. [Fig. 3]은 컨테이너 장치장 이송 장비의 조별 운영방식과 풀링 운영방식을 비교 설명하고 있다.



[Fig. 3] Container Yard Operation System

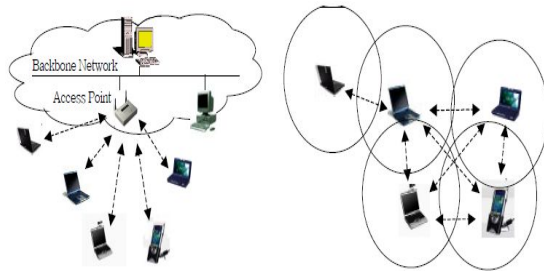
조별 방식은 C/C에 Y/T가 고정되어 투입하는 반면 풀링 방식은 상황에 따라 유동적으로 Y/T가 투입된다. 따라서 조별 방식은 Y/T가 특정 C/C에 종속되어 있으므로 C/C의 병목 현상이 있을 경우 대기 시간이 많이 발생함으로써 항만 하역 생산성이 감소하게 된다. 이에 비해 풀링 방식은 Y/T가 상황에 따라 유동적으로 작업함에 따라 대기 시간을 줄일 수 있어 항만 하역 생산성이 향상된다.

조별 운영 방식에 비해 풀링 운영 방식이 효율적이나 실제적으로 운영상의 어려움으로 인해 널리 이용되지 못하고 있다. 부산항의 경우 'H'사의 경우 중앙집중식의 Job-Ordering 풀링 시스템이 운영되고 있다. 그러나 중앙집중식의 풀링 방식은 하역 장비의 작업 지연 등에 의한 병목 현상과 컨테이너 장치장 내의 음영 지역에서는 실시간으로 Y/T의 정확한 위치 파악이 불가능함에 따라 풀링 및 듀얼 사이클 운영시스템의 구현에는 한계성을 가진다. 이에 따라 본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크 기술을 컨테이너 장치장에 도입하여 컨테이너 터미널의 하역 생산성을 향상하는 듀얼 사이클의 구축 방안을 제안한다.

3. Ad-hoc 네트워크

Ad-hoc 네트워크는 움직이는 다수의 노드들에 의해 자율적으로 구성되는 분산 네트워크로써, 임시적으로 네트워크를 구성하기 위한 목적으로 연구되어 왔다.

기존 기반 망(Infrastructure Network)은 고정 게이트웨이 또는 AP(Access Point)를 가진 기반 망에서의 계층적이고 수직적이고 수동적인 연결 설정을 가진다. [Fig 4]는 Ad-hoc 네트워크와 기존 네트워크의 특징을 설명하고 있다.



(a) Infrastructure networks (b) Ad-hoc networks

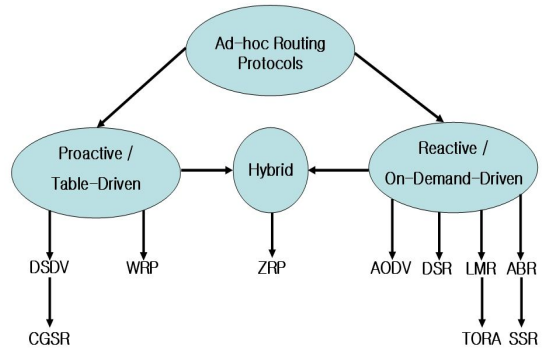
[Fig.4] Ad-hoc and Infrastructure networks

Ad-hoc 네트워크는 다음과 같이 기존 망과 구별되는 특징을 가진다. Ad-hoc 네트워크를 구성하는 노드들은 무선 인터페이스를 가지며, 이동 컴퓨팅 기능을 가진 호스트와 라우팅 기능을 동시에 수행하고 다른 노드를 대신하여 패킷을 전달할 수 있다. 그리고 동적인 네트워크 토폴로지를 가지고 노드의 일부 또는 전체가 수시로 네트워크에 나타나거나 사라질 수 있어 불안정한 링크 특성을 가진다. 또한 네트워크 상의 이동 노드들은 보안 및 라우팅 기능 지원 등을 백본 네트워크 없이 여러 노드 간에 협력에 의해 자율적으로 분산 운영되는 특징이 있다.

이러한 Ad-hoc 네트워크의 특징은 컨테이너 장치장에서 Y/T의 이동성과 매우 유사한 특징을 보이고 있다.

4. Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜

Ad-hoc 네트워크 라우팅 프로토콜은 [Fig 5]와 같이 Proactive 방식과 Reactive 방식으로 분류할 수 있다.



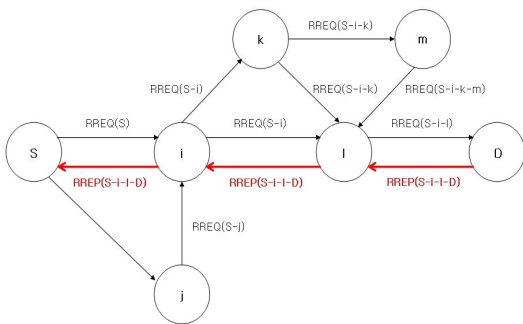
[Fig. 5] Ad-hoc networks routing protocols

Proactive 라우팅 방식은 모든 이동 노드들이 항상 최신의 루트 정보를 유지하며, 라우팅 정보를 주기적으로 또는 네트워크 토폴로지 상의 변경이 있을 때마다 네트워크 전체로 전파시켜 각 노드들이 자신의 라우팅 정보를 변경하도록 하고 있다. 패킷 발생 시 지연 없이 항상 최적의 루트를 통해서 라우팅 할 수 있는 장점을 가지고 있으나 네트워크 토폴로지의 변화가 심할 경우 라우팅 정보를 네트워크 전체로 전파하기 위한 라우팅 프로토콜 메시지의 오버헤드가 크다는 문제점이 있다. Reactive 라우팅 방식은 트래픽이 발생하는 시점에서 루트를 탐색하는 방법으로서 Proactive 라우팅 방식이 가지는 제어 메시지의 오버헤드를 감소시킬 수 있다. 루트정보는 루트 상의 각 노드에 저장되거나 일정기간 동안 해당 루트가 사용되지 않을 경우 노드로부터 삭제된다. 트래픽이 발생하는 시점에서 루트를 탐색하기 때문에 루트 탐색에 추가적인 시간이 필요하며, 이는 트래픽에 대한 전송 지연을 야기 시킨다.

DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)는 유선 네트워크에서 사용되고 있는 Bellman-Ford 라우팅 방식에 기초하고 있으며, 목적지 순차 번호를 사용하여 토폴로지 변화에 의한 라우팅 루

프의 발생을 방지하고 있다. 각 노드는 다른 모든 노드로의 루트 정보를 라우팅 테이블에 유지하고 있다.

DSR(Dynamic Source Routing)은 카네기 멜론 대학의 Mobile Networking Architecture 프로젝트에 의해 개발된 방법으로 소스 라우팅 방식에 기초하고 있으며 모든 노드는 루트 캐시를 유지하고 있다. DSR 라우팅 프로토콜은 다음 네 가지의 특징을 가지고 있다. 첫째, 주기적인 라우팅 메시지가 없다. 따라서 네트워크 대역폭의 오버헤드를 줄이고 전력을 보호하며, MANET(Mobile Ad-hoc Network)에서의 라우팅 갱신 메시지들을 피하도록 한다. 둘째, 단말의 이동과 같은 변화에 빠르게 적용 가능하다. 셋째, 변화가 발생하지 않는 주기 동안은 라우팅 프로토콜의 오버헤드가 없다. 넷째, 단방향 링크에 대해서도 올바른 경로를 계산하도록 설계되었다는 특징들을 가지고 있다. [Fig. 6]은 DSR의 루트 탐색 절차를 나타내고 있다.

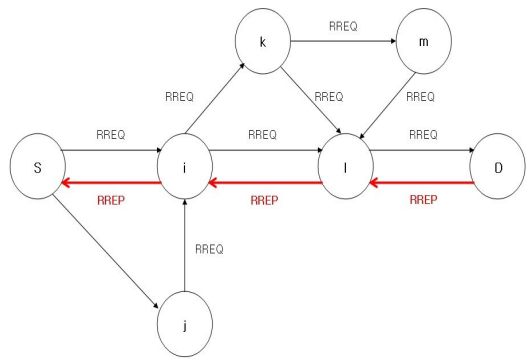


[Fig. 6] DSR Route navigation procedures

DSR 라우팅 동작 방식은 루트 탐색 절차와 루트 관리 절차로 이루어진다. 루트 탐색 절차는 패킷 데이터 발생 시 목적 노드로의 루트 정보가 존재하지 않을 경우 루트 정보 획득을 위해 Route Request(RREQ) 메시지를 이웃 노드로 브로드캐스팅 한다. RREQ 메시지를 수신한 중간 노드가 목적 노드로의 루트 정보를 루트 캐시에 가

지고 있지 않을 경우 자신의 주소를 RREQ에 추가하여 이웃 노드로 다시 브로드캐스팅 한다. RREQ 메시지를 수신한 중간 노드가 목적 노드로의 루트 정보를 루트 캐시에 저장하고 있을 경우, 목적 노드로의 루트 정보를 RREP 메시지에 추가하여 소스 노드로 전달한다. 루트 상의 링크 오류 발생시 Route Error(RERR) 메시지를 생성하여 소스 노드로 전달한다. RERR을 수신한 노드는 자신의 루트 캐시에서 해당 오류 발생 링크 정보를 삭제하며, 다른 우회 루트가 있을 경우 이를 이용하여 데이터 전달을 계속하며, 그렇지 않을 경우 RERR 메시지를 소스 노드로 전달한다.

AODV(Ad-hoc On-demand Distance Vector)는 Ad-hoc 네트워크를 유지하는 이동 노드들 사이의 Dynamic, Self-starting, 다중 홉 라우팅을 가능케 하기 위한 알고리즘이다. [Fig. 7]은 AODV의 루트 탐색 절차를 나타내고 있다.



[Fig. 7] AODV Route navigation procedures

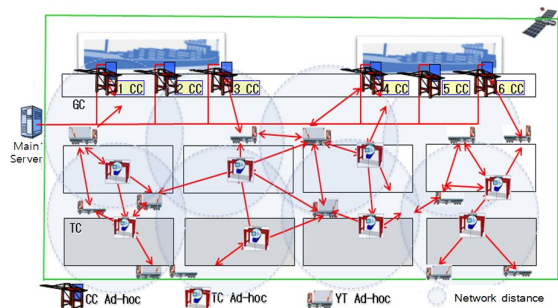
AODV는 지속적으로 라우팅 정보를 유지하지 않고, 요구가 있을 때만 경로 설정 절차를 수행함에 따라 경로 설정 시 지연 시간이 길고, 또한 전체적인 검색 수행 시 심각한 제어 트래픽을 유발시키게 된다. AODV는 Destination Sequence Number를 사용하여 라우팅 루프를 방지하며, DSR과 유사한 루트 탐색 절차를 사용한다. 루트

탐색이 필요한 경우 RREQ 메시지가 생성되어 이웃 노드로 브로드캐스팅되며, 목적 노드로의 루트 정보를 가진 중간 노드 또는 목적 노드가 RREQ 메시지를 수신하면 RREP 메시지로써 응답한다. 중간 노드가 목적 노드로의 루트 정보를 가지고 있지 않을 경우 RREQ 메시지를 이웃 노드로 다시 브로드캐스팅 한다. RREP 메시지는 RREQ 메시지가 전달된 루트의 반대 방향으로 유니캐스팅 된다. RREQ 메시지를 수신한 노드는 역방향 루트 정보를 생성하여 저장하며 RREP 메시지를 수신한 노드는 순방향 루트 정보를 생성하여 저장한다. 하나의 노드가 동일한 RREQ 메시지를 중복적으로 수신한 경우 최초로 수신된 것만 사용한다. 루트 내의 특정 링크에서 오류가 발생한 경우 지역적인 루트 재탐색 절차를 수행하거나, 또는 RERR 메시지가 생성 소스 노드로 전달하여 소스 노드로 하여금 루트 재탐색 절차를 시작하게 한다. RERR을 수신한 노드는 오류가 발생한 링크와 관련된 루트 정보를 삭제한다.

ZRP(Zone Routing Protocol)는 Proactive 방식과 Reactive 방식을 혼합한(Hybrid) 라우팅 방식으로 각 노드는 미리 정의된 범위의 라우팅 영역을 가진다. 라우팅 영역의 크기는 홉 수를 기준으로 정의된다. 동일 영역 내에서의 라우팅 정보의 관리하는 Proactive 라우팅 방식에 기초한 IARP(Intrazone Routing Protocol)에 의해서 수행된다. 외부 영역에 속한 노드로의 루트 정보의 탐색은 Reactive 라우팅 방식에 기초한 IERP(Interzone Routing Protocol)에 의해서 수행된다. 그리고 IERP 메시지의 효율적인 브로드캐스팅을 위해 BRP(Broadcasting Routing Protocol)이 사용된다.

III. Ad-hoc 네트워크 기반의 컨테이너 장치장 Dual Cycle 구축 방안

본 논문에서는 Ad-hoc 모듈을 항만 장비인 C/C, T/C 및 Y/T에 장착하여 이동함으로써 이동 중인 항만 장비의 정보를 실시간으로 모니터링 함으로써 컨테이너 장치장의 듀얼 사이클 운영시스템의 구축 방안을 제안한다. [Fig. 8]은 Ad-hoc 네트워크 기반의 듀얼 사이클 운영시스템의 구축 모형과 항만 장비들의 동작 방안을 설명하고 하고 있다.



[Fig. 8] Dual Cycle in Container Yard based on Ad-hoc Networks

안벽 장비인 C/C와 장치장의 T/C에는 고정식 Ad-hoc 모듈을 설치하고 Y/T 이동식 Ad-hoc 모듈을 부착한다.

C/C와 T/C는 외부 유선망과 연결되어 중앙서버와 직접 통신하여 통제실의 작업 지시를 받는다. 중앙서버로부터 작업지시를 받은 C/C와 T/C는 Y/T에게 작업 지시를 Ad-hoc 네트워크에 브로드캐스팅하여 작업 정보를 전송한다. 작업지시를 받은 Y/T는 할당받은 작업을 주변에 있는 C/C나 T/C로 이동하면서 서로 간의 정보를 받아 작업을 수행한다. 이때 작업을 수행하는 Y/T는 Ad-hoc 네트워크에 브로드캐스팅되는 정보를 통해 장치장의 운행 여건을 파악할 수 있고, 이를 통해 같은 장소에서 Y/T가 서로 대기하는 병목현상을 피하게 된다. 또한 Y/T의 현재 위치를 파악하기 위해서 각 항만 장비에는 GPS 안테나를 설치한다. 위성 GPS를 통해 Y/T는 주변의 C/C 및 T/C의 위치 정보를 계산해서 자신의 위치 정보와 비교하

여 실시간으로 전체 항만 장비의 위치를 모니터링 할 수 있어 컨테이너 장치장의 풀링 및 듀얼 사이클 운영 방식이 가능하다.

<Table 2>는 제안하는 Ad-hoc 네트워크 기반의 듀얼 사이클 운영을 위한 동작 알고리즘을 설명하고 있다.

<Table 2> Ad-hoc network based Dual Cycle Operation Algorithm

1. The main server and the Ad-hoc module of C/C(T/C) communicates directly. The main server directly to the Y/T operation instructions.
2. C/C of the Ad-hoc module in real time the current job is waiting for Y/T numbers and broadcast to the entire Ad-hoc network is a shared yard situation.
3. Y/T for the Ad-hoc network routing protocol is used. Ad-hoc module to transfer to determine the operating conditions of the yard.
4. C/C to complete the loading/unloading operations when there is no further action over Ad-hoc network to infinity, Y/T number of jobs waiting to broadcast the show.
5. Y/T operates in two modes.
 - ① Loading mode : Y/T received instructions from the main server, C/C(T/C) to move. After unloading the container operations of C/C move by loading the container performs the dual cycle operations.
 - ② Unloading mode: C/C Ad-hoc gathering information from the module that was broadcast later decided to move to the destination(C/C or T/C). Y/T from the destination Ad-hoc module Y/T +1 to the number of jobs waiting to be sent to the destination module. Y/T received the message sent by the destination of the existing Y/T +1 to the number of jobs waiting to be broadcast on the network in real time. At this time, the other Y/T from a value of less than the existing

number of jobs waiting to be sent if the Y/T immediately sends an error message. Received an error message Y/T by considering the priority to move C / C to navigate. Y/T to complete the job and move to -1 when the number of jobs waiting in the Ad-hoc network broadcasts.

6. Y/T movement priority

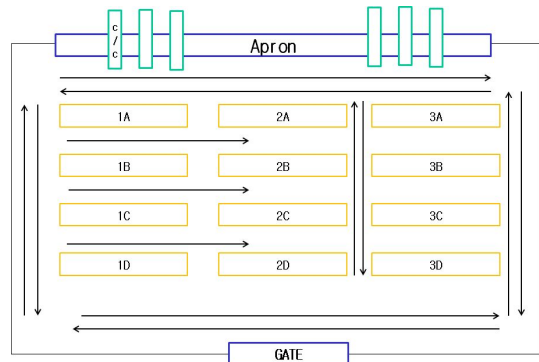
- ① Y/T work waiting to move to a small number of destinations.
- ② If you work the same number of standby, GPS use the information to move forward as close to the destination.
- ③ After receiving the error message 6. ① restart in the state.

IV. 성능평가

1. 시뮬레이션 환경 설정

제안한 항만 운영시스템의 하역 생산성을 평가하기 위해 Rockwell사의 소프트웨어인 ARENA를 이용하여 시뮬레이션 모형을 설계하고 성능평가를 실시하였다. 본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크 기반의 듀얼 사이클 운영 시스템의 성능평가를 위해 다음과 같이 가정한다.

컨테이너 터미널의 장치장 배치는 [Fig. 9]와 같다.



[Fig. 9] Container yard layout

각 레인별로 4개의 블록을 가지는 구조로써 실질적으로 부산항 신항의 레이아웃과 일치한다. 장치장은 안벽과 수평 구조로 단방향으로 이동하며, 4차선으로 구성하여 통로 정체는 없는 것으로 가정하였다. 게이트와 안벽 및 수직 통로는 양방향 주행이 가능하다.

시뮬레이션의 범위는 제약 조건에 포함되지 않은 컨테이너터미널의 여러 간접 요인들은 고려하지 않는다. 성능평가를 위해 항만 시설 및 항만 장비의 성능 및 변수 값을 <Table 3>과 같이 설정하였다.

<Table 3> Simulation set the value of the variable

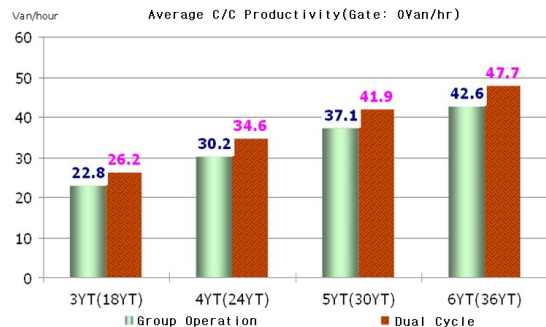
Division		Group Operation	Dual Cycle Operation
Berth Length		1,050m	
Berth Height		600m	
C/C	Berth and Number	2 Berth, 3C/C per Berth	
	Mechanical Productivity	60Van/hr	
Y/T	Number	3~6 operation per C/C	18~36 Number
	Average job wait time	C/C(2min), T/C(2min)	
	Average Movement distance	Export Work: 1300m Impert Work: 1900m	
	Average Movement speed	20km/hr	
T/C	Number	4 T/C per Yard	
	Mechanical Productivity	20Van/hr	
Gate Input		0Van/hr ~ 80Van/hr	

C/C의 기계적 생산성이란 장비의 기계적 성능만을 기준으로 산출된 시간당 컨테이너 하역량을 의미한다. Y/T의 평균 작업대기 시간을 2분으로 설정하는 이유는 선박에서 장치장 또는 장치장에서 선박으로 컨테이너를 이송하기 위해 Y/T의 컨테이너 상하차 시에 소요되는 평균시간이다. Y/T의 평균 주행거리가 수출 작업과 수입 작업이 차

이나는 이유는 선박의 하역 시간을 줄이기 위해서 일반적으로 수출 장치장은 안벽과 가까운 곳에 위치하고 수입 장치장은 먼 곳에 배치한다. 따라서 Y/T의 상하차 작업에 따른 평균 주행거리도 다르게 설정하였다. T/C에서는 각각 수출입 장치장에 4대의 T/C을 배치하였다. T/C의 기계적 생산성을 시간당 20Van으로 가정한다.

컨테이너 장치장의 혼잡상황을 유도하기 위하여 Y/T의 운행 댓수와 게이트로 출입하는 컨테이너 차량의 댓수를 조정하였다. 이러한 Y/T의 운행 댓수와 게이트로 출입하는 컨테이너 차량의 조정을 통하여 기존의 조별 방식과 제안하는 컨테이너 장치장의 듀얼 사이클 운영시스템의 하역 생산성을 비교하고 평가한다.

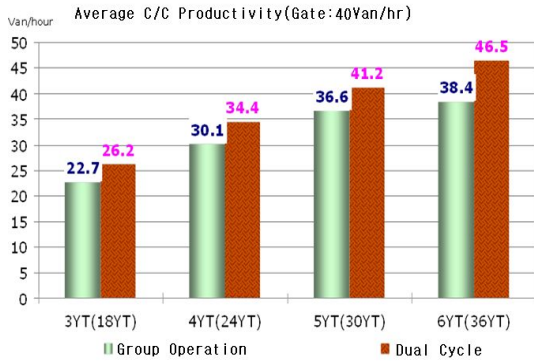
2. 성능평가 결과



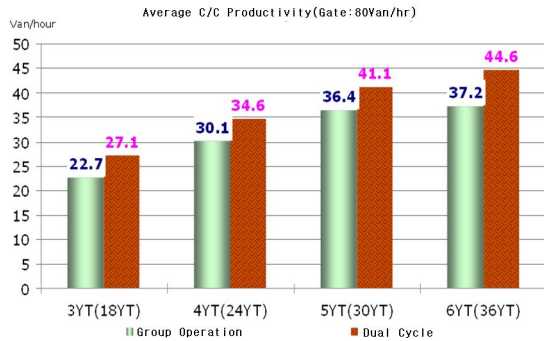
[Fig. 10] Average C/C productivity 1

[Fig. 10]은 게이트로 출입하는 컨테이너 차량이 없다는 가정하에 제안하는 듀얼 사이클 방식과 기존 조별 방식의 C/C의 평균 하역 생산성을 성능평가한 결과이다. 외부 입력이 없고, Y/T의 운행 댓수를 3대로 제한하였을 경우에는 컨테이너 장치장에서 혼잡 상황이 발생하지 않음에 따라 큰 차이를 보이지 않았지만, Y/T가 6대 이상으로 운행되는 경우에는 T/C에서 작업 지연에 따른 병목현상이 발생하여 C/C의 하역 생산성이 크게 감소하였다. [Fig. 11]과 [Fig. 12]는 컨테이너

장치장의 혼잡 상황을 유도하기 위하여 게이트를 통해 외부에서 컨테이너 차량을 유입되는 차량 댓수를 조정하여 시뮬레이션을 수행하였다.



[Fig. 11] Average C/C productivity 2



[Fig. 12] Average C/C productivity 3

게이트로 유입되는 외부 차량 댓수를 시간당 80 컨테이너로 조정하여 시뮬레이션을 수행한 결과 조별 방식에서는 Y/T의 댓수가 증가해도 C/C의 하역 생산성의 증가는 시간당 0.87Van에 불과하지만, 제안하는 듀얼 사이클 운영에서는 T/C에서 발생하는 병목현상을 회피함으로써 C/C의 생산성이 3.7Van으로 크게 향상되었다. 조별방식에서는 컨테이너 터미널이 혼잡한 상황에서는 Y/T 댓수를 일정 댓수 이상 증가하여도 하역 생산성은 크게 향상되지 않았지만 제안하는 방식은 Y/T 차량이 Ad-hoc 네트워크를 통하여 컨테이너 장치장의 하역장비에 대기하고 있는 Y/T 대기 정보를

실시간으로 파악하여 병목 지점을 회피함에 따라 Y/T의 대기 시간을 줄이고 듀얼 사이클 운영에 따른 공차 이동 거리를 줄임으로써 장치장의 하역 생산성이 향상되고 공차 운행 감소에 따라 운영비가 절감된다.

V. 결 론

본 논문에서는 컨테이너 장치장의 운영 개선 방안으로 Ad-hoc 네트워크 기술을 활용한 분산처리 기반의 듀얼 사이클의 구축 방안을 제안하였다. 성능평가를 위해 2개 선석에서 동시에 수출입 작업이 진행되고 있음을 가정하고 변수 값을 입력하여 시뮬레이션을 수행하였다. 성능평가 결과 Ad-hoc 네트워크 기반의 컨테이너 장치장의 듀얼 사이클 운영 방식은 Y/T의 대기 시간을 회피하고 장치장 간 이동시에 공차 이동 거리를 감소하여 항만의 하역 생산성의 개선 효과를 나타내었다. 특히, 또한 제안한 방식은 초대형선박이 입항하여 컨테이너 장치장이 복잡하고 혼잡한 경우에 기존의 조별 방식에 비해 뛰어난 생산성 향상의 효과를 나타내었다. 또한 제안하는 운영방식은 장치장 이송 장비의 듀얼 사이클 운영 시스템의 구축 방안을 제시하여 항만 운영기술의 국산화 기틀을 마련하였다. 듀얼 사이클 운영에 따른 하역 생산성 향상 및 운영비 절감 효과는 주변 항만과 차별화된 항만 서비스를 제공함으로써 초대형 선사의 기항향으로 유도할 수 있다. 또한 항만 운영에 관한 기술 축적에 따른 관련 분야의 시장 경쟁력을 기대할 수 있으며, Ad-hoc 네트워크로 각 항만 장비들 간에 실시간 통신을 함으로써 Job-Ordering 풀링 시스템에서 발생하는 음영지역이 생기는 문제점을 해결할 수 있다.

향후 과제로는 실제 제안 방안이 컨테이너 터미널에 사용되기 위해서는 Ad-hoc 라우팅 프로토콜의 메시지 포맷과 전송 프로토콜에 대한 설계가 필요하고 다양한 Ad-hoc 네트워크 알고리즘을

적용하여 컨테이너 장치장의 특성에 최적화된 알고리즘 개발하여 적용시키는 연구가 필요하다.

Reference

- C. E. Perkins and P. Bhagwat(1994), "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector(DSDV) for Mobile Computers," Proc. of the SIGCOMM 1994 Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications, 234~244, 1994.
- C. E. Perkins. Ad-Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing, draft-ietf-manet - aodv - 00.txt.
- Choi, Yong-soek(2005), A Design Method of Yard Layout in Port Container Terminal", Korean Institute of Navigation and Port Research Volume 29(8), 741~746.
- Chung, Chang-yoon(2012), "Efficient Yard Tractor Control Method for the Dual Cycling in Container Terminal", Korean Institute of Navigation and Port Research Volume 36(1), 69~74.
- Gong, Duk-am(2005), "A Study on the Competition of Developing Hub-Port in Northeast Asia", t The Korea Port Economic Association, 21(2), 271~288.
- GoodChild, A. V, Daganzo, C. F(2007), "Crane double cycling in container ports: Planning methods and evaluation", Transportation. research part B, vol.41, 875~891.
- Goodchild, A. V, Daganzo, C. F,(2006) "Double-Cycling Strategies for Container Ships and Their Effect on Ship Loading and Unloading Operations", Transportation, Science. vol.40, No.4, 473~483.
- J. Broch D. B. Johnson, D. A Maltz, The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad-Hoc Networks, draft-ietf-manet - dsr-00.txt.
- J. H. Zygmunt T. R. Perlman Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks, draft- zone-routing-protocol-00.txt.
- Kim, Moon-jung(2005), "Interconnection Scheme for Multiple Path Source Routing Protocol for Wireless Mobile Ad-hoc Network and Mobile-IP", The KIPS transactions. Part C Part C / v.12C no.7 = no.103, 1031~1038.
- Lim, Hwa-jung(2006), "A Multi-path Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad-Hoc Networks", The KIPS transactions. Part C Part C / v.12C no.1 = no.97, 111~120.
- Zhang H, Kim K. H(2009), "An optimal layout of container yards", Computers and Industrial Engineering, vol.56, 979~992.

-
- 논문접수일 : 2013년 07월 22일
 - 심사완료일 : 1차 - 2013년 08월 14일
 - 게재확정일 : 2013년 08월 15일