

컨테이너항 전산 모의실험 모형의 개발

(A Computer Simulation Model for Container Terminal Systems)

趙 德 雲 *

Abstract

A computer simulation model for optimum design and determination of optimal operational parameter values for modern container terminal systems was developed through the use of GASP-IV, a subset of SLAM. Input data reflecting current system configuration and operational practices at Pusan container terminal was used to test the model, which resulted in its validation. Possibilities for application of the model in areas of candidate system comparisons, operational parameter testing and forecasting operational performance under future traffic situations, are explained.

1. 서 론

海運分野의 기술과 積下役作業에 관한 연구는 최근 여러 과학자들의 관심을 끌어들였다. 특히 컨테이너화(containerization)는 1970년대 이후 많은 배들이 컨테이너 專用船으로 취항하게 됨으로써 관심의 대상이 되었다.

컨테이너의 사용은 선박, 컨테이너, 항구시설 및 이에 따른 특수 취급장비에 큰 자본투자를 요하는

고도로 資本集約的인 물자취급의 양상이다. 컨테이너화가 성공하려면 컨테이너항의 계획, 설계 및 운용의 각 단계에서 科學的이고 體系中心的인 分析을 요한다. 不足한 설비나 과잉설비는 다 같이 非經濟性을 낳을 것이며 이는 해당 항구를 他國의 항구에 비하여 덜 매력적으로 만듦으로써 國家經濟에 좋지 않은 영향을 끼칠 것이다.

컨테이너 전용 항만시설을 보통 컨테이너 터미널(container terminal)이라고 부르는데 터미널 체

*海軍士官學校

계는 運用者와 利用者에게 모두 經濟性을 제공하여야 한다.

컨테이너 터미널체계의 분석은 傳統的인 수학의 方法을 사용하기 매우 곤란하다. 그 이유는 많은 個體들이 動態的으로 非確定的인 양상을 따라 움직이기 때문이다. 이러한 소위 “中數의 領域”에 있는 시스템의 분석에 가장 有用한 技法中의 하나가 電算模擬實驗이다. 우리는 이 技法을 통하여 體系

의 設計變數의 변화에 따른 體系遂行狀態의 변화를 예측할 수 있으며 運用變數의 변화 뿐 아니라 確率的인 환경요소의 변화된 상황하에서의 체계의 수행능력을 파악하도록 함으로써 모험분석(risk analysis)을 포함한 복합적인 체계분석을 가능하게 해준다.

컨테이너 터미널의 전산모의실험을 위한 주요 연구를 살펴보면 표 1 과 같다. (참고 4)

표 1. 컨테이너항 전산모의실험 연구현황

연 도	주 관	대 상 항 구	사 용 언 어	참 고 문 헌
1973	Pierre (佛)	—	GPSS	4
1973	UNCTAD	Karachi Valparaiso	GASP-II	11
1974	世界銀行	일 반 적		
1974	Frankel (MIT)	다 목 적	GPSS	1
1976	Portland 항만청	Portland	FORTTRAN	
1978	Hwang	Norfolk	FORTTRAN	5
1980	趙德雲	Portland	GASP-IV	13

위의 모델들은 특정한 항구를 위한 것이거나 그 제한적 성격으로 일반적이지 못한 것이 대부분이었다. 한국은 이미 부산에 상당 규모의 컨테이너 터미널을 갖추고 있으며 부산과 광양만에 추가 터미널 시설을 건설할 예정이다. 이러한 국가적 규모의 시설 투자를 뒷받침하기 위하여는 모의실험을 통한 타당성 입증에 따라야 하겠다. 이에 본 연구를 통하여 터미널의 시스템 분석을 위한 모의실험 모형을 개발함으로써 늦게나마 그 유용성을 보이고 나아가서 터미널 운용변수의 실험을 위한 도구를 제공하고저 한다.

이를 위하여 우리는 먼저 터미널 체계의 설계변수 및 운용변수를 파악함과 아울러 물자취급의 현황을 조사하였다. 이에 기초하여 GASP-IV 언어로써 모의실험 모형을 구축하고, 마지막으로 부산항의 연관 자료를 이용하여 이 모형의 적합성을 보인다.

2. 컨테이너 터미널 체계

터미널 체계는 물리적으로 다음 구성 요소를 갖

는다.

가. 출입문(Gates)

나. 야적장(Yard)

다. 부 두(Berth)

라. CFS(Container Freight Station)

마. 행정관리건물

바. 정비지원시설

야적장은 사전저장장(export prestow area), 마살장(marshalling area), 수입저장장(import storage area), 그리고 특수저장장(special cargo area)으로 나뉘어진다. 각 지역에서 사용되는 주취급장비는 다를 수 있다.

터미널에서 사용되는 취급장비는 다음과 같다.

가. 부두 크레인(Berth Crane)

나. 트랜스테인너(Transtainer : TT라 약칭함)

다. 스트래들 캐리어(Straddle Carrier : SC라 약칭함)

라. 야드 트랙터(Yard Tractor : YT라 약칭함)

마. 지게차(Fork Lifts : FL라 약칭함)

이 장비들에 관한 상세한 설명은 생략한다.

터미널내의 물자의 흐름은 그림 1과 같이 요약될 수 있다.

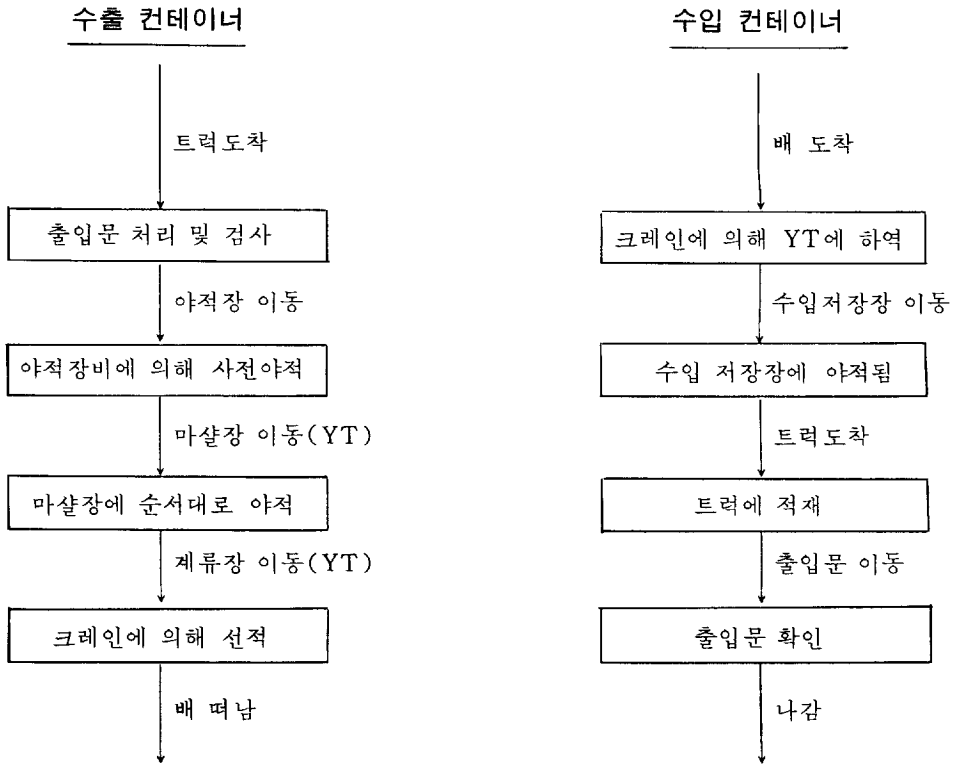


그림 1. 터미널내의 물자 흐름

터미널 체제내에서 일어나는 활동들을 요약하면 다음 표 2와 같다.

표 2. 活動 목록

활동	내용	주 개 체	피 활용 개 체
출 입 문 처 리 이 동	문서접수, 행동지시 지역간 이동	출 입 문 취 급 장 비, 트럭	트럭 취 급 장 비, 트럭
야 적 작 업	야적장에 놓음	주 취 급 장 비	YT, 트럭
선 적 작 업	선박에 적재	부 두 크 레 인	YT, 선 박
하 역 작 업	선박에서 내림	"	"

여기에서 유의할 점은 야적작업과 선적작업, 그리고 적재작업과 하역작업은 그 내용의 유사성으로 보아 같은 유형으로 분류할 수 있다는 것이다. 또

한 마샬작업은 일련의 적재와 야적작업의 합이다. 체제내의 개체와 이들이 갖는 주요 속성을 요약하면 표 3과 같다.

표 3. 영구개체와 임시개체

분 류	개 체	관 련 속 성
영 구	1. 계 류 장	수, 계류선박번호, 계류시간, 상태
	2. 출 입 문	용도, 수, 점유여부, 서비스시간, 운용정책
	3. 야 적 장 비	종류, 수, 야적시간, 적재시간, 할당작업
	4. 부 두 크 레 인	할당선박번호, 작업여부
	5. 야 드 트 렉	작업, 위치, 작업여부
임 시	6. 선 박	도착예정시간, 계류시간, 수입량, 수출량, 이탈시간, 총체류시간, 계류장 번호, 국적
	7. 도 로 용 트 렉	수출/수입, 도착시간, 위치, 이탈시간, 번호

이러한 체제에 관한 연구를 바탕으로 모의실험 모형이 개발되었다. 상세한 흐름도표는 지면제약 상 생략한다. 또한 운용자료는 보안상의 이유로 게재하지 않음을 이해하기 바란다.

3. 모형의 구성

개발된 전산모의실험모형(PORTSIM)의 기본 구조는 그림 2와 같다.

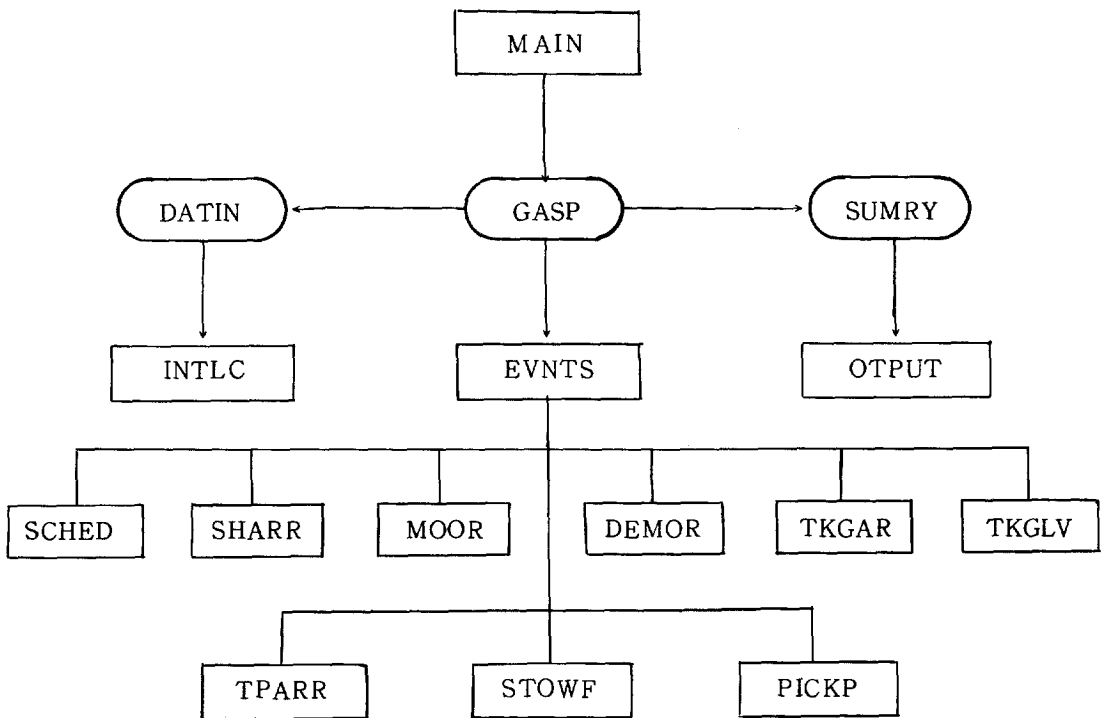


그림 2. PORTSIM의 일반구조

그림에서 타원형은 GASP 부분이고 직사각형은 개발된 루틴이다. 여기에 표시되지 않은 것을 포함한 20여개의 FORTRAN-IV에 근거한 씨브루

틴들과 그들의 역할은 표 4에 요약한 바와 같다. 각 씨브루틴의 세부내용은 생략한다.

표 4. PORTSIM 씨브루틴 목록

번호	이름	성격
0	MAIN	주 프로그램-시스템 자료 입력후 GASP 를 부름
1	SCHED	선박의 도착이 계획됨
2	SHARR	선박의 도착사건 취급
3	MOOR	선박의 계류완료 사건의 취급
4	DEMOR	작업종료후 선박의 계류장 이탈사건의 취급
5	TKGAR	트럭이 출입문에 도착하는 사건의 취급
6	TKGLV	트럭이 출입문을 떠나는 사건의 취급
7	TPARR	YT(또는 트럭)가 한 전달점에 도착하는 사건의 취급
8	STOWF	야적(또는 선적)행위 완료사건의 취급
9	PICKP	YT(또는 트럭)에 적재완료사건 취급
10	ASSGN	장비를 작업에 할당하고 작업개시 조치
11	EVNTS	사건 씨브루틴을 불러줌
12	STAT	통계를 잡아줌
13	CAPSET	야적장 제한초과 확인
14	COUNT	작업 잔여량 확인 및 수정
15	INTLC	초기 조건 수립
16	CLEAN	끝난 작업의 뒷처리
17	UERR	오류의 지적
18	TIME	확률함수형 난수의 추출
19	CHECK	대기하는 YT의 취급
20	LETGO	장비의 작업할당 해제

다음으로 컨테이너 터미널의 구조, 장비 및 그들의 특성, 작업의 진행방법, 선박의 움직임, 개별 컨테이너의 추적이 적절히 具現되어야 한다. 다음 몇 가지 가정을 통하여 모형이 지나치게 微細化되는 것을 막았다.

- (1) 개별 컨테이너의 정확한 저장 위치는 추적하지 않으며 다만 구역만 확인한다.
- (2) 개별 컨테이너의 특성(크기, 무게, 목적항구

등)은 구별하지 않는다.

(3) 선박의 선적용량, 수출 및 수입량은 확률분포로부터 난수로 결정하며 이는 실제 선박의 특성과 일치성은 없다.

(4) 장비의 가용도는 100%로 가정한다.

먼저, 설비를 규정하는 변수들의 정의가 표 5에 요약되어 있다.

표 5. 설비 변수의 규정

번호	변수	정의	초기치
1	NBERT	계류장 수	4
2	KMARS	마살작업의 여부(= 1 실시, = 0 없음)	1
3	NGATE(<i>i</i>)	유형 <i>j</i> 의 출입문의 수(<i>i</i> = 1 수출, <i>i</i> = 2 수입)	3, 3
4	KREA	야드내 구역번호 1 : 계류장 2 : 사전야적장 3 : 마살장 4 : 수입저장장 5 : 특수화물장 6 : 출입문지역	
5	TMAX(<i>i</i>)	구역 <i>i</i> 의 저장한계 TEU	
6	TSTO	구역 <i>i</i> 에 저장된 TEU 합계	0, 0
7	NSVOY(<i>i</i>)	구역 <i>i</i> 에 저장된 선박화물군의 수	0
8	VOYS(<i>i, j</i>)	구역 <i>i</i> 에 저장된 <i>j</i> 번 화물군의 선박번호	
9	QSTO(<i>i, j</i>)	구역 <i>i</i> 에 저장된 <i>j</i> 번 화물군의 총개수	
10	AVTEU	컨테이너 개당 평균 TEU	1.30
11	TYCAP	야적장 전체 저장용량(TEU)	
12	CAPOV(<i>i</i>)	구역 <i>i</i> 의 저장한계 초과여부 지시변수 (= 1 : 초과, = 0 : 미초과)	0.0
13	SGATE(<i>i, j</i>)	유형 <i>i</i> , 번호 <i>j</i> 출입문의 상태 (= 1 : 점유중, = 0 : 비었음)	모두 0
14	SBERT(<i>i</i>)	계류장 <i>i</i> 에 계류된 선박의 번호(= 0 비었음)	모두 0

터미널에 도착하는 선박의 제반속성을 규정하는 변수의 정의는 표 6 과 같다.

표 6. 선박 변수의 정의

번호	변수	정의	초기치
1	TARR(<i>i</i>)	계류장 <i>i</i> 에 계류된 선박의 도착시간	모두 0.0
2	QDIS(<i>i</i>)	계류장 <i>i</i> 에 계류된 선박의 수입량(개)	"
3	QLOD(<i>i</i>)	계류장 <i>i</i> 에 계류된 선박의 수출량(개)	"
4	QRDIS(<i>i</i>)	계류장 <i>i</i> 에 계류된 선박의 수입량 잔여개수	"
5	QRLOD(<i>i</i>)	계류장 <i>i</i> 에 계류된 선박의 수출량 잔여개수	"
6	PNAT	국적선의 비율	0.26

한 선박에 대하여 표 7에서 보는 다섯가지의 작업이 수행된다.

표 7. 작업의 종류

번호	작업	계획하는 썬브루틴
1	수출 컨테이너의 도착	SCHEDE
2	수출용 마살작업	TKGAR
3	수입 컨테이너 하역작업	MOOR
4	수출 선적작업	STOWF
5	수입 컨테이너의 외부이동	DEMOR

작업의 처리를 위하여 다음 표 8에 정의한 변수들을 활용한다.

표 8. 작업 및 장비 변수의 정의

번호	변수	정의	초기치
1	JOBT	작업유형(위에 정의한 번호)	
2	AJOB(i, j)	장비유형 i , 번호 j 에 배정된 작업번호 (= 0 : 무배정)	모두 0
3	KQTYP(i)	지역 i 의 주 취급장비 유형 1 : 부두크레인 2 : TT 3 : SC 4 : YT 5 : 포크리트 6 : 로드트럭	1,3,3 2,5,6
4	NEQPT(i)	유형 i 장비의 수	
5	STEQP(i, j)	장비유형 i , 번호 j 의 현재상태 (= 1 : 작업중, = 0 : 한가함)	모두 0
6	QREQ(i)	작업유형 i 의 장비소요 예 : 2202 ; 크레인 2, TT 2, SC 0, YT 2	

이 모형에서는 12개의 파일(file)이 사용된다. 각 파일의 용도나 파일내에 저장유지되는 속성의 정의는 표 9에 규정한 바와 같다. 제 1번 파일은 GASP에 의하여 事件파일로 규정되며 이 파일에

서 속성 1은 사건발생시간, 속성 2는 사건기호로 제한된다. 이 사건기호에 의하여 해당 썬브루틴이 EVNTS에서 불러진다. 사건파일의 정의는 표 10과 같다.

표 9. 파일의 구성

선 호	이 름	속 성		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		우선순위	FIFO (속성 1)									
1	사 건	FIFO (속성 1)	발생시간	사건번호								
2	선박 행렬	LVF (속성 1)	도착시간	선박번호	수 입 량	수 출 량	계류시간	구적코드				
3	수출문 행렬	"	"	VOYJ	총작업량	문 번 호	트럭번호	"				도 착 율
4	수입문 행렬	"	"	"	2.0	"	"	"	"	"	"	"
5	사전저장장 트럭 행렬	"	"	"	LOAD	"	AREA	TNK	"	"	도착시간	"
6	마 살 장 트럭 행렬	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
7	수입저장장 행 렬	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
8	계류장 # 1 YT 행렬	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
9 5 11	계류장 # 2 —# 4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
12	작업목록	LVF (속성 2)	VOYJ	발생시간	총작업량	장비 할당 현 황	작업시간	작 여 량	"	"	"	"

주) FIFO ; First -In , First -Out
LVF ; Low Value First

표10. 사건파일의 구성

속성 1	속성 2	속성 3	속성 4	속성 5	속성 6	속성 7	속성 8	속성 9
사건 발생시간	사건 번호 1 = SCHED	선박번호	수업량	수출량	계류시간	국적코드	도착시간	트럭도착일
"	2 = SHARR	"	"	"	"	"	"	"
"	3 = MOOR	"	"	"	계류장번호	"	"	"
"	4 = DEMOR	"	"	"	"	"	"	"
"	5 = TKGAR	VOYJ	총작업량	문번호	트럭번호	"	"	"
"	6 = TKGLV	"	"	"	"	"	"	"
"	7 = TPARR	"	"	AREA	TKN	서비스장비번호	"	"
"	8 = STOWF	"	"	"	"	"	"	"
"	9 = PICKP	"	"	"	"	"	"	"

파일내의 속성 규정에 사용되는 몇 변수는 다음과 같이 정의된다.

- VOYJ = 선박번호 * 10 + 작업코드
 - LOAD = 0 : 빈트럭
= 1 : 컨테이너를 실은 트럭(또는 YT)
 - AREA = 구역번호 * 100 + 계류장 번호
 - TKN = 장비코드 * 10000 + 장비번호 * 10 + LOAD
- 예) 40281 : YT 28번(신고 가는 중)
- 장비할당현황 : QREQ와 유사하게 정의된다. 즉, KR수 * 1000 + TT수 * 100 + SC수 * 10 + YT수
 - 작업시작시간 : 아직 시작하기 전이면 -1.0을 부여

- 국적코드 = 1 : 국적선
= 2 : 외국선

○ 도착율 : 시간당 평균 트럭 도착수
각종 장비의 이동시간의 분포를 비롯한 여러 확률적 요소를 구현하기 위하여 각 확률변수의 분포 유형과 모수의 값을 규정해야 한다. 이 모형에서 확률형 亂數는 씨브루틴 TIME을 불러서 얻는다. TIME은 다시 적절한 함수형 난수 생성을 위한 FUNCTION을 불러서 난수 값을 얻는다. 확률변수의 분포와 그 모수는 표 11에 규정한 바와 같다. 모수의 규정은 GASP-IV에서 규정된 바와 같다. 확률분포의 유형은 KDIST(·)에 의해 入力되며 모수의 값들은 GASP 入力の 一部로 취급된다.

표 11. 확률분포 및 모수의 규정

번호	내용	분포번호	1	2	3	4
1	크레인 하역시간	UNFRM 1	0.005	0.03	—	—
2	크레인 적재시간	UNFRM 1	0.005	0.03	—	—
3	TT-YT 적재	UNFRM 1	0.005	0.03	—	—
4	TT-YD 야적	UNFRM 1	0.005	0.03	—	—
5	SC-YT 적재	RNORM 3	0.011	0.005	0.05	0.004
6	SC-YD 야적	RNORM 3	0.011	0.005	0.05	0.004
7	YT 위치 이동	UNFRM 1	0.01	0.02	—	—
8	FL 취급	UNFRM 1	0.01	0.04	—	—
9	선박 도착시간 간격	ERLNG 5	6.38	0.1	50	1.0
10	계류-해계시간	UNFRM 1	0.33	0.67	—	—
11	트럭 도착시간 간격	FRLNG 5	0.04	0.001	0.5	1.0
12	트럭 이동시간	UNFRM 1	0.011	0.033	—	—
13	출입문 취급시간	RNORM 3	0.01	0.033	0.10	0.003
14	국적-수출량(개)	RNORM 3	88	0	360	62
15	국적-수입량(개)	RNORM 3	89	0	360	68
16	외국-수출량(개)	RNORM 3	163	0	540	118
17	외국-수입량(개)	RNORM 3	113	0	390	99
18	국적 수출최대 유치일	UNFRM 1	1.0	20.0	—	—
19	외국선 수출최대 유치일	UNFRM 1	1.0	6.0	—	—
20	휴지시간 비율	RNORM 3	0.10	0.0	0.50	0.05

이 모의실험을 통하여 수집되는 統計量은 씨브루틴 TIMST와 COLCT에 의해 얻어진다. 이들은 GASP의 루틴들로서 TIMST와 관련된 통계량은 시간을 따라 연속적으로 값이 유지되는 連續

型 통계량이고 COLCT는 離散型 통계량을 취급한다. 유형별로 정의된 통계량의 목록이 표 12에 있다.

표 12. 수집 통계량의 정의

구 분	번 호	통 계 량	내 용
연 속 형 TIMST	1	BER-UT	계류장 활용도
	2	CRANE-UT	크레인 활용도
	3	TT-UT	트랜스태이너 활용도
	4	SC-UT	캐리어 활용도
	5	YTK-UT	야드트럭 활용도
	6	FLT-UT	포크릴트 활용도
	7	YD-UT	야적장 활용도
	8	GATE-UT	출입문 활용도
이 산 형 COLCT	1	SHIP-WT	선박 대기시간(계류까지)
	2	GIN-WT	수출트럭 대기시간
	3	GOUT-WT	수입트럭 대기시간
	4	TSYST	선박 총체재시간
	5	BER-WT	계류장에서 YT의 대기시간
	6	PSTO-WT	사전야적장에서 YT의 대기시간
	7	MSHL-WT	마샬장에서 YT의 대기시간
	8	IMP-WT	수입저장장에서 YT의 대기시간
	9	SPC-WT	특수저장장에서 YT의 대기시간
	10	AHANDT	개당 평균 취급시간

위와 같은 모형의 구성을 통하여 터미널 체제의 모든 有關 活動과 이에 의한 物資와 裝備의 흐름, 그리고 體系狀態의 變化 측정량등이 적절히 파악되어야 한다.

4. 模型의 試驗

開發된 模型의 시험을 위하여 사용한 入力資料는 터미널 체제의 자료와 GASP 자료로 구성되는데 먼저 시스템 입력자료는 표 13 과 같다.

표13. 시스템 입력자료

변 수	값
NBERT	4
KMARS	1
JF	12
NJOBT	5
NREA	6
AVTEU	1.3
PNAT	0.26
SORS (·)	6.0, 2.0, 1.0, 3.0, 4.0
DEST (·)	2.0, 3.0, 4.0, 1.0, 6.0
QREQ (·)	10.0, 22.0, 2204.0, 2024.0, 100.0
KQTYP (·)	1, 3, 3, 2, 5, 6
NEQPT (·)	8, 10, 12, 34, 6
TMAX (·)	10000000.0, 4187.0, 5595.0, 7248.0, 4159.0
NGATE (·)	3, 3
KDIST (·)	(표11 참조)

이 시스템 자료는 제류장이 4개, 크레인이 8대, TT가 10대, 캐리어가 12대, YT가 34대, 그리고 포크리트가 6대인 터미널 규모를 규정하고 있다. 출입문은 수출 및 수입용 각 3개씩이며 마샬링은 국내선에 한하여 실시한다.

시스템 자료와 적절한 GASP 자료를 입력시켜 먼저 텅빈 상태에서 시스템을 가동시켜 TNOW = 200 시간이 지난 후에 각종 통계량을 白紙化(clear)시키고 TNOW = 800 시간까지 모의실험한 결과를 보았다. 이렇게 한 이유는 200 시간이

지난 후에 터미널의 운영상태가 정상상태(steady-state)에 이른다고 보았기 때문이다. 따라서 모든 통계량은 600시간, 즉, 30일* 분에 해당한다.

사용한 컴퓨터는 해사 전산실의 UNIVAC-1100 시스템이었으며 총 수행 CPU시간은 9분 30초내 외이었다. 1년분의 모의실험은 대단히 긴 수행시간을 소요할 것으로 예측된다.

시간 200에서 800 사이에 집계된 통계량은 표 14와 같다. 또한 600시간 동안 각 파일의 통계는 표 15와 같다.

* 1일 작업시간은 4시간의 휴식시간을 제외한 20시간으로 쳤다.

표 14. 시험 통계량

번호	통계량	평균	표준편차	최소값	최대값
1	SHIP-WT	.4876	.1027	.3343	.669
2	GIN-WT	.01	.003	.003	.02
3	GOUT-WT	.01	.003	.003	.019
4	TSYST	13.65	8.965	.947	41.80
5	BER-WT	-	-	-	-
6	PSTO-WT	0.0	0.0	0.0	0.0
7	MSHL-WT	0.0513	0.543	0.0	16.27
8	IMP-WT	-	-	-	-
9	SPC-WT	-	-	-	-
10	AV-HANDT	.124	.312	.018	2.153
1	BER-UT	.508	.376	0.0	1.0
2	CRANE-UT	.055	.094	0.0	.75
3	TT-UT	.18	.286	0.0	1.0
4	SCR-UT	.018	.042	0.0	0.5
5	YTK-UT	.262	.275	0.0	0.76
6	FLT-UT	0.0	0.0	0.0	0.0
7	YD-UT	.179	.063	.63	.297
8	GATE-UT	.011	.044	0.0	0.50

표 15. 시험파일통계

번호	평균 길이	표준편차	최고 수	현재
1	21.36	7.83	42	33
2	2.24	5.97	27	27
3	0.0	0.002	1	0
4	0.34	8.02	289	0
5	0.0	0.0	0	0
6	0.008	0.105	3	0
7	0.23	0.86	6	0
8	0.38	0.77	2	2
9	0.43	0.82	2	2
10	0.41	0.81	2	2
11	0.44	0.83	2	2
12	3.32	2.2	12	10

한달간의 모의실험 결과를 분석하면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

(1) 모의실험한 터미널의 규모는 현재의 선박도착양상 하에서 충분한 활용이 되지 못하고 있다. 즉, 선박의 도착이 잦아져도 당분간 이 터미널의 규모로 충분히 처리할 수 있다.

(2) 장비중 가장 활용도가 높은 것은 YT이나 이는 가장 값이 싼 장비이므로 기타 고급장비의 활용도를 높이기 위하여는 YT를 추가 구입하는 것을 고려함이 좋겠다.

(3) 수출문 및 수입문은 대기행렬의 길이가 매우 짧아 한산하게 운용된다.

(4) 장비의 이동시간 및 취급시간의 자료가 신빙성 있게 얻어져야만 유효한 결과를 기대할 수 있다.

(5) 선박체재시간의 평균이 13.65시간으로 얻어졌는데 이는 실제 부산항 평균치와 가까우므로 이 모형의 유효성을 입증한다.

이 모형은 다음의 여러 경우에 효과적으로 운용되어 정책변수의 효과를 측정하고 대안비교에 기여할 수 있다.

(1) 선박도착양상의 변화에 대한 터미널의 수행능력 측정

(2) 터미널 규모의 확장에 따른 수행능력 검토

(3) 마샬링 정책의 변경

(4) 추가 장비의 도입

(5) 서로 다른 물자취급체제의 經濟性 비교

5. 結論 및 건의

이 연구를 통하여 수천 내지 수만개의 個體들이 活動하는 産業시스템인 컨테이너 터미널의 電算模擬實驗模型을 形成하였다. 이 모형화 작업은 터미널 體系의 조심스러운 관찰과 有關데이터의 分析을 通하여 基礎資料를 얻은 후에 전산모의실험 전문 언어인 GASP-IV를 活用하여 具現하였다.

이 모형이 컨테이너 터미널의 代案비교와 運用政策의 分析을 위하여 적합한 정도의 相細程度(level of detail)를 갖더라도 充分한 資料分析의 機會가 許容되지 않으면 有用한 모형시험을 통한 모형의 참된 活用이 어렵게 된다. 또한 이러한 모형은 有關 政策부서에서 관심을 가지고 活用코자 아니면 사장되고 말 것이다.

항만의 개발/건설은 높은 투자비를 요하는 사업이다. 이러한 분야에 모의실험을 이용하여 최적 시스템 설계 및 운용을 포함은 시대적 요청이다. 學界나 정부기관은 이점을 직시하여 적절한 지원과 정책반영이 있기를 바란다.

끝으로 본 연구를 지원해 준 한국과학재단과 해군사관학교, 그리고 자료제공에 협조해 준 부산컨테이너터미널 운영공사에 감사 드린다.

References

1. Frankel, E. (ed.), *Port Design and Analysis Methodology*, Report No. MITSG 74-31, MIT, Mass., December 1974.
2. Hanson, J.B., "Optimizing Ports through Computer Simulation Sensitivity Analysis of Pertinent Parameters, *Operational Research Quarterly*, Vol. 23, No. 4, 1972.
3. Hara, T. and Y. Takahashi, "Container Terminal System," *Toshiba Review*, No. 89, Japan, January-February, 1974.
4. Hwang, C.C., *Analysis of Container Port through System Simulation*, Ph. D dissertation, North Carolina State University, Raleigh, N.C., 1978.

5. Miller, J. R. et al., *Digital Computer Simulation of the Rivergate Container Terminal*, a report to the Port of Portland, Oregon, 1974.
6. Mytton, M. and N. Walker, "Computer Models in Planning Container Terminals," *Dock and Harbor Authority*, April, 1979.
7. Pritsker, A. Allan, *The GASP IV Simulation Language*, John Wiley and Sons, New York, 1974.
8. Pritsker, A. Allan, *Introduction to Simulation & SLAM*, John Wiley and Sons, New York, 1979.
9. Rath, Eric, *Container Systems*, John Wiley and Sons,
10. UNCTAD, *Development of ports – Improvement of Port Operations and Connected Facilities*, United Nations, New York, 1969, TD/B/C4/42/Rev. 1.
11. UNCTAD, *Berth Throughput-Systematic Methods for Improving General Cargo Operations*, United Nations, New York, 1973, TD/B/C4/109.
12. Weille, J.O. and A. Ray, "The Optimum Port Capacity," *Journal of Transport Economics and Policy*, September, 1974.
13. West, Tom M., E.D. McDowell and Doug W. Cho, "Simulation of Operations in a Marine Container Port," Paper presented in *Joint ORSA/TIMS Meeting at Colorado Springs*, Colorado, November, 1980.