

공 컨테이너 시뮬레이션 게임

고정분¹ · 문일경^{2*}

¹넥센타이어 기술연구소 / ²부산대학교 산업공학과

Development of the Empty Container Simulation Game

Jeong-Bun Goh¹ · Il-Kyeong Moon²

¹R&D Center, Nexen Tire Corp., Yangsan 626-230, Korea

²Department of Industrial Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

Containers are commonly used as an effective and relatively inexpensive method for transporting goods. Unfortunately, there are often imbalances between the number of import and export containers, and some ports have a surplus of empty containers while others have a deficit. The Empty Container Simulation Game was developed to address these problems. The game is a computer role playing simulation that simulates the distribution of empty containers in order to solve empty container imbalances among ports. An optimal solution is obtained by the computer using linear programming (LP). Upon completion of the game, a player's game results are displayed along with the LP solution. The game interface was designed to provide easy access and operation. This game will serve to provide an easy understanding and planning for empty container management.

Keyword: empty container, repositioning, simulation, game

1. 서론

전 세계적으로 컨테이너를 이용한 물자의 해상운송은 지속적인 성장세를 기록하고 있다. 세계항만 컨테이너 수송 물동량은 지난 1990년부터 20년 간 꾸준히 증가해 무려 5배에 이르렀으며, 이는 매년 9.8%의 평균 성장률을 가지는 것과 같다(UNCTAD Secretariat, 2008). Drewry Shipping Consultants에 따르면 2009년 세계항만 컨테이너 물동량은 전년 대비 8.6% 증가한 5억 8,693만 TEU에 이를 것으로 전망했으며, 2011년까지 6억 8,096만 TEU에 달할 것으로 예상한다. 하지만 컨테이너 물동량의 증가와 함께, 지역별 컨테이너 물동량 증가에 대한 차이는 더욱 심화되고 있다. <Table 1>은 세계항만 컨테이너 물동량 추이 및 전망에 대한 자료로, 자료에 따르면 2009년 극동아시아의 물동

량은 전년 대비 10.7% 증가한 2억 2,130만 TEU를 기록하여 전 세계 물동량의 37.7%를 차지할 것으로 예상하는데 반해, 북미 지역 물동량은 전년 대비 2.2% 증가한 4,967만 TEU에 그칠 것으로 예상되며 지역 간 컨테이너 물동량의 차이가 지속되고 있음을 보여주고 있다.

지역 간 컨테이너물동량의 차이는 지역 간 공(empty) 컨테이너의 수급 불균형 현상을 초래하는데, 최근 이와 같은 불균형이 지속적으로 심화되면서 이를 해결하기 위해 공 컨테이너에 대한 재배치 물동량이 급격히 증가하고 있다. <Table 2>는 2008년 근해항로 물동량에 대한 추이로 적(full) 컨테이너 수송 대비 공 컨테이너 재배치 물동량의 증가를 보여준다.

재배치(repositioning)는 잉여지역의 컨테이너를 부족지역으로 이송하는 방법으로 전략적으로 공 컨테이너의 수급 불균형

본 연구는 2009년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단),(제5회 대한산업공학회 석사논문경진대회 입상 논문).

*연락처 : 문일경 교수, 609-735 부산광역시 금정구 장전동 산30번지 부산대학교 산업공학과, Fax : 051-512-7603,

E-mail : ikmoon@pusan.ac.kr

투고일(2009년 11월 16일), 심사일(1차 : 2010년 01월 14일), 게재확정일(2010년 01월 29일).

Table 1. 세계 컨테이너 항만물동량 추이 및 전망

(단위 : 천TEU)

	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년(E)	2009년(E)	2009년 증가율
북미	40,812	44,500	46,885	47,789	48,607	49,672	2.2%
서유럽	70,846	75,528	81,378	91,131	97,198	102,580	5.5%
극동아시아	122,314	137,275	156,714	180,020	199,878	221,305	10.7%
동남아시아	51,818	54,812	59,744	67,472	73,046	78,825	7.9%
중동	20,057	22,383	24,487	28,252	31,747	35,540	11.9%
라틴아메리카	25,136	27,886	31,435	35,020	37,747	40,522	7.3%
오세아니아	7,293	7,492	7,931	8,538	9,013	9,476	5.1%
남아시아	8,600	7,997	11,532	13,612	15,407	17,430	13.1%
아프리카	12,178	13,912	15,721	17,634	19,488	21,538	10.5%
동유럽	3,108	4,309	5,404	7,157	8,452	10,068	19.1%
세계 전체	362,161	397,895	441,231	496,625	540,611	586,926	8.6%

출처 : Drewry, Annual Container Arket Review and Forecast-2008/2009, September 2008.

Table 2. 2008년 근해항로 물동량 추이(1~10월)

(단위 : TEU)

	2007년			2008년			증가율		
	적 컨테이너	공 컨테이너	소계	적 컨테이너	공 컨테이너	소계	적	공	소계
동남아항로	1,872,171	255,261	2,127,432	1,979,518	308,864	2,288,382	5.7%	21.0%	7.6%
한중항로	3,376,294	851,622	4,227,916	3,438,447	920,166	4,358,613	1.8%	8.0%	3.1%
한일항로	1,419,171	593,329	2,012,500	1,521,678	636,286	2,157,964	7.2%	7.2%	7.2%
한러항로	215,532	135,761	351,293	242,411	172,136	414,547	12.5%	26.8%	18.0%

출처 : 해운항만물류정보센터(SP-IDC).

현상을 해결하기 위한 가장 효과적인 방법이나, 이송에 소요되는 리드타임이 비교적 장기간이며 적 컨테이너에 대한 이송이 공 컨테이너의 재배치보다 우선되므로 적 컨테이너의 이송에 대한 고려와 선박 내 가용한 공간에 대한 제약이 함께 따르는 어려움이 있다. 공 컨테이너의 재배치와 관련한 기존의 연구는 아직까지 타 연구 분야에 비해 상대적으로 미약한 수준이다. 특히, 관련 시스템에 대한 연구는 더욱 드물다. 선박 일정계획을 위한 컴퓨터 최적화 기반의 의사결정 시스템의 개발에 대한 연구가 있었지만(Fagerholt, 1999; Fagerholt, 2004; Christiansen *et al.*, 2007) 주로 선박의 경로설정 및 화물의 선박 할당문제에 관한 시스템으로 공 컨테이너의 문제는 고려하지 않았다. Shen and Khoong(1995)은 공 컨테이너의 분배 계획수립을 위한 의사결정시스템을 제안하였는데, 해당 연구에서는 공 컨테이너의 네트워크 최적화 문제를 Terminal planning과 Intra-regional planning 그리고 Inter-regional planning의 세 단계로 분류하여 접근하였다. 하지만 엑셀 스프레드시트의 입·출력 인터페이스를 사용한 시스템의 구현에 그쳤다. Bausch *et al.*(1998) 역시 엑셀의 대량생산 제품에 대한 스케줄링 문제를 다루는 의사결정 시스템에 대한 연구를 통해 종래의 Manual한 Planning에 비해 비용

절감을 확인하였지만 역시 스프레드시트의 인터페이스를 활용하는 수준에 그쳤으며, 그 문제 해결에 대한 방법은 Brown *et al.*(1987)이 개발한 것에 기초한다. Kim *et al.*(1997)은 상업용 bulk trade 선박의 일정계획에 대한 프로토타입의 의사결정시스템을 개발하였다. 그 외 Gavish(1981)가 컨테이너 문제를 적용한 차량문제에 대한 의사결정 시스템을 개발하였고, 공 컨테이너의 재배치에 대한 의사결정에 앞서 자사 및 임대컨테이너를 한계비용에 기초한 알고리즘에 의해 수요지에 우선 할당하는 정책을 사용하였다. Shintani *et al.*(2007)은 공 컨테이너 재배치를 고려한 컨테이너 선박의 네트워크 설계 문제를 연구하였는데, 입항 항만의 선택과 입항 순서의 결정 문제를 two-stage 문제로 설계하였고, 유전자알고리즘 기반의 휴리스틱을 개발하여 해를 도출하였다. Crainic *et al.*(1993)은 공 컨테이너의 재배치와 함께 장기 임대 컨테이너의 할당문제를 다루었고, Li *et al.*(2004)은 확률적인 수요를 고려한 단일 항만에서의 공 컨테이너의 관리를 Pair-critical Policy (U, D)를 사용하여 최적화 하였다. 해당 연구는 Pair-critical Policy (U, D)의 최적화에 대한 것으로, Pair-critical policy (U, D)는 공 컨테이너의 재고가 U수준 보다 작으면, 공 컨테이너를 U수준까지 확보하고, 공 컨테이너의

재고가 D수준을 초과하는 경우에는 공 컨테이너의 재고를 D 수준까지 내리는 정책이다. 최근에 Li et al.(2007)는 해당 연구를 복수 항만 문제로 확장 하였다.

본 연구는 해상운송을 고려한 공 컨테이너 재배치 최적화를 위한 시뮬레이션 게임 시스템인 공 컨테이너 시뮬레이션 게임 (ECSG : Empty Container Simulation Game)의 개발에 관한 것이다. 그 동안 공 컨테이너에 대한 연구가 최적화 알고리즘에만 초점을 맞추었던 기존의 연구와는 달리 본 연구는 공 컨테이너의 재배치와 관련된 컨테이너의 흐름과 비용을 모의 실험해볼 수 있는 시스템에 대한 실용적인 연구로, 기존의 한 방향 의사결정 시스템과는 달리 시스템과 사용자간의 양방향 상호작용이 가능한 모의 게임의 형식을 채택한 첫 번째 시도이다.

2. 문제 정의 및 연구 방향

2.1 문제 정의

지역별 공 컨테이너의 수급 불균형 현상은 중국을 비롯한 동북아 경제권이 급속한 물동량 증가율을 기록하고 있는 가운데, 주요 원양항로에서 동서항로 간 수송 물동량의 불균형이 심화되고 있는데 기인한다. 즉, 아시아 지역은 경제성장과 함께 컨테이너를 이용한 수출물량이 수입물량을 초과하는 공 컨테이너 부족지역으로 분류되고, 이에 비해 유럽 및 미주 지역은 일반적으로 수출물량이 수입물량 보다 적은 공 컨테이너 잉여지역으로 분류된다. 특정 지역이 부족지역으로 분류되면 그곳에서는 수요에 비해 부족한 공 컨테이너의 재고를 충족시키기 위해 추가적으로 공 컨테이너를 임대 혹은 구매하여야 하는데 반해, 잉여지역에서는 수요를 초과하는 공 컨테이너가 사용되지 않은 채 야드에 적재되어 불필요한 재고비용을 발생시킨다. 두 경우 모두 불필요한 운영비용을 증가시키고 시스템의 효율성을 저해시킨다.

공 컨테이너의 수급 불균형으로 인한 비용과 비효율성 문제를 해결하기 위해, 선사에서는 공 컨테이너의 재배치를 활용하고 있지만, 재배치 수량과 시기 그리고 위치에 대한 의사결정에 있어 현업에서는 컨테이너 관리 담당자의 경험을 기반으로 스프레드시트를 사용한 수작업에 전적으로 의존하고 있다. 재배치 문제가 공 컨테이너의 이송 시간과 선박의 용량 그리고 적 컨테이너 선적량에 대한 고려를 동시에 요구하는 만큼 종래의 manual한 방법으로는 해당 의사결정에 대한 최적화를 보장하는 것이 매우 어렵다. <Figure 1>은 국내의 한 상선회사에서 공 컨테이너의 재배치를 위해 사용하는 스프레드시트의 한 예를 보여준다.

스프레드시트에서는 각 타입별 공 컨테이너의 양·적하 불균형, 재배치를 통한 유출·입수량 그리고 Booking 된 컨테이너 수요 등을 표 계산을 사용하여 제시하지만, 단순한 수치데이터의 시각적 정렬에 불과하다. 즉 사용자의 의사결정을 뒷

Figure 1. 스프레드시트를 사용한 공 컨테이너 수요 예측

받침하기 위한 최적화 혹은 대안 제공의 기능은 전혀 지원하지 못한다. 또한 공 컨테이너의 재배치와 관련한 문제점은 실무상 발생하는 문제로 실무가 아닌 모의 상황에서 접할 수 있는 방법이 없으므로 실제적인 교육이 불가능하고, 경험이나 노하우를 통해서만 해결할 수밖에 없는 문제가 있었다.

2.2 시스템 개발 방향

기존의 수작업 방식의 의사결정의 최적화 및 효율성을 보장하기 위해 본 연구는 공 컨테이너 관리를 사용자가 직접 게임 플레이어가 되어 모의 실험해 볼 수 있는 시뮬레이션 형식의 게임 시스템을 개발하고, 동시에 동일 게임에 대한 최적화 값을 대안으로 제공할 수 있는 의사결정지원 시스템(DSS)을 구현하는 것을 목적으로 시작되었다. 하지만 기존의 DSS에서 적용해 오던 방식은 사용자와의 상호작용이 어렵고, 전통적 방식을 고수하는 사용자들의 강한 반발로 인해 잦은 부작용을 경험해왔다. 때문에 본 연구에서는 게임 인터페이스를 채택하여, 종래의 DSS가 가져오던 문제를 해결하고자 했다. 게임 인터페이스의 적용은 사용자의 자발적 흥미를 유발할 뿐만 아니라 시스템과 사용자간의 양방향 상호작용을 가능하게 한다. 1960년대 공급체인의 생산·분배 시스템을 설명하기 위해 MIT교수진에 의해 개발된 Beer Game이 교육용 S/W로 확장되어 현재까지 널리 이용되고 있는 것 역시 게임 인터페이스의 사용자 친화성에 기인한 것이라고 할 수 있다(Simchi-Levi, 2007).

또한 일반 상업용 게임 시스템과 차별화하기 위해, ECSG에서는 게임 인터페이스의 적용 외에도, 최적화 수리모형기반의 컴퓨터 게임을 추가하여 컴퓨터 최적화 값을 사용자에게 제공함으로 사용자의 학습효과를 기대할 수 있다. 시스템 개발환경으로는 구현언어로 Microsoft® C#를 사용하였고, DBMS로 Microsoft® SQL Server 2000를 사용하였다.

3. 수리모형

시스템 구현에 대한 본격적인 설명에 앞서 본 연구에서 설계

한 최적화 수리모형에 대한 소개를 통해 게임 Logic에 대한 이해를 돕고자 한다. ECSG에서는 공 컨테이너의 관리를 선형계획법(Linear Program) 기반의 수리모형으로 설계하여, 사용자의 게임과 동일한 조건에서 컴퓨터의 게임 결과를 산출한다.

본 수리모형의 가정은 다음과 같다.

- 의사결정은 주(week) 단위로 진행된다.
- 공 컨테이너의 수요는 사전에 Booking을 통해 미리 주어지며, 모든 수요는 만족되어야 한다(Booking된 공 컨테이너의 수요는, 곧 적 컨테이너의 형태로 선박에 선적되므로 동시에 적 컨테이너의 수송량이 된다).
- 임대한 공 컨테이너는 바로 사용이 가능하다.
- 공 컨테이너의 임대 계약은 대부분 장기 3년~10년이므로, 게임기간이 8~12주임을 감안하여 임대 컨테이너에 대한 반환은 고려하지 않는다.

본 수리모형에서 사용되는 Notation은 다음과 같다.

• Parameter :

- i, j : 항만에 대한 Index ($i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J$)
- t : 기간에 대한 Index ($t = 1, 2, \dots, T$)(단위기간: 주)
- c_{ij}^t : t 기간에 i 항만에서 j 항만으로 자사선박을 이용한 공 컨테이너의 재배치 비용
- b_{ij}^t : t 기간에 i 항만에서 j 항만으로 타사선박을 이용한 공 컨테이너의 재배치 비용
- g_i^t : t 기간에 i 항만에서 공 컨테이너의 임대 비용
- h_i : t 기간에 i 항만에서 공 컨테이너의 재고 비용
- d_{ij}^t : t 기간에 i 항만에서 j 항만으로 물자수송을 위해 Booking된 공 컨테이너의 수요
- IN_i : i 항만의 초기 재고 수준
- LC_i^t : t 기간에 i 항만에서 임대 가능한 총 임대 수량
- FC_{ij}^t : t 기간에 i 항만에서 j 항만으로 운항하는 자사선박의 용량
- TT_{ij} : i 항만에서 j 항만으로 운항 소요시간(단위기간: 주)

• 의사결정변수

- Q_i^t : t 기간에 i 항만에서 공 컨테이너의 임대 수량
- R_{ij}^t : t 기간에 i 항만에서 j 항만으로 자사선박을 이용한 공 컨테이너의 재배치 수량
- P_{ij}^t : t 기간에 i 항만에서 j 항만으로 타사선박을 이용한 공 컨테이너의 재배치 수량
- I_i^t : t 기간 말 i 항만에서 공 컨테이너의 재고 수량

선형계획법으로 formulation된 목적함수 및 제약조건은 다음과 같다.

$$Min = \sum_t \sum_i \left[\sum_{j, j \neq i} (c_{ij}^t R_{ij}^t + b_{ij}^t P_{ij}^t) = g_i^t Q_i^t + h_i I_i^t \right] \quad (1)$$

Subject to

$$I_i^t = I_i^{t-1} + \sum_{j, j \neq i, t, TT_{ji}} (R_{ji}^{t-TT_{ji}} + P_{ji}^{t-TT_{ji}} + d_{ji}^{t-TT_{ji}}) - \sum_{j, j \neq i} (R_{ij}^t + P_{ij}^t + d_{ij}^t) + Q_i^t \quad \forall i = 1 \dots I, t = 2 \dots T(2)$$

$$I_i^t + \epsilon_i - \sum_{j, j \neq i} (R_{ij}^t + P_{ij}^t + d_{ij}^t) + Q_i^t \quad \forall i + q \dots I \quad (3)$$

$$\sum_t \sum_{j, j \neq i} (R_{ij}^t + d_{ij}^t) \leq FC_{ij}^t \quad \forall i = 1 \dots I \quad (4)$$

$$\sum_t Q_i^t \leq LC_i^t \quad \forall i = 1 \dots I \quad (5)$$

$$R_{ij}^t, Q_i^t, I_i^t \geq 0 \quad \forall i = 1 \dots I, t = 2 \dots T \quad (6)$$

공 컨테이너에 대한 수요의 충족과 함께 최소의 비용으로 지역간 공 컨테이너 수급 불균형 현상을 해소하기 위해 목적함수는 자사 선박 및 타사 선박을 활용한 공 컨테이너의 재배치비용, 임대비용 및 재고비용으로 구성되는 총비용의 최소화이다. 제약조건 식 (2)와 식 (3)은 기간별 컨테이너 유출·입량에 대한 balance equation으로 <Figure 2>와 같이 도식화 할 수 있다. t 기간 i 항구에서의 공 컨테이너 재고 I_i^t 는, 직전 기간 i 항구에서의 공 컨테이너 재고수량 I_i^{t-1} 에서, j 항구에서 재배치되어 t 기간에 i 항구로 유입되는 공 컨테이너 $R_{ji}^{t-TT_{ji}}$ 와 $P_{ji}^{t-TT_{ji}}$, t 기간에 i 항구에서 임대한 공컨테이너 Q_i^t 그리고 j 항구로부터 적 컨테이너의 형태로 유입된 후 1주의 devanning 기간을 거쳐 t 기간에 i 항구에서 공 컨테이너로 변환되는 $d_{ji}^{t-TT_{ji}}$ 의 공 컨테이너 유입을 가지고, 반대로 t 기간에 i 항구에서 j 항구로 보내져야 할 공 컨테이너의 수요 d_{ij}^t 와 t 기간에 i 항구에서 j 항구로 재배치되어 나가는 공 컨테이너 R_{ij}^t 와 P_{ij}^t 를 공 컨테이너의 유출로 가진다. 제약조건 식 (4)는 자사선박을 이용한 공 컨테이너의 재배치가 적 컨테이너의 수송량을 고려한 자사선박의 용량을 초과하는 것을 방지하고, 제약조건 식 (5)는 공 컨테이너의 임대에 대한 용량 제한을 나타낸다.

4. 시스템 구현

4.1 게임 순서

ECSG은 현실상황을 반영한 모의 역할 게임이다. 사용자는 가상으로 선박회사의 컨테이너 담당자가 되어 공 컨테이너의 재배치와 임대에 대한 의사결정을 내리는데, 시스템에 대한 이해를 위해 먼저 사용자 기준의 게임의 순서에 대해 기술한다. 게임 시작과 함께 사용자는 게임 플레이어가 되어 자신의 이름을 입력하고 게임 난이도를 설정한다. 게임 난이도는 게임 기간과 고려하는 항만의 수에 따라 결정된다. 예를 들어 초보자는 8주 동안 3개의 항만을 고려하고, 중급은 12주 동안 4개

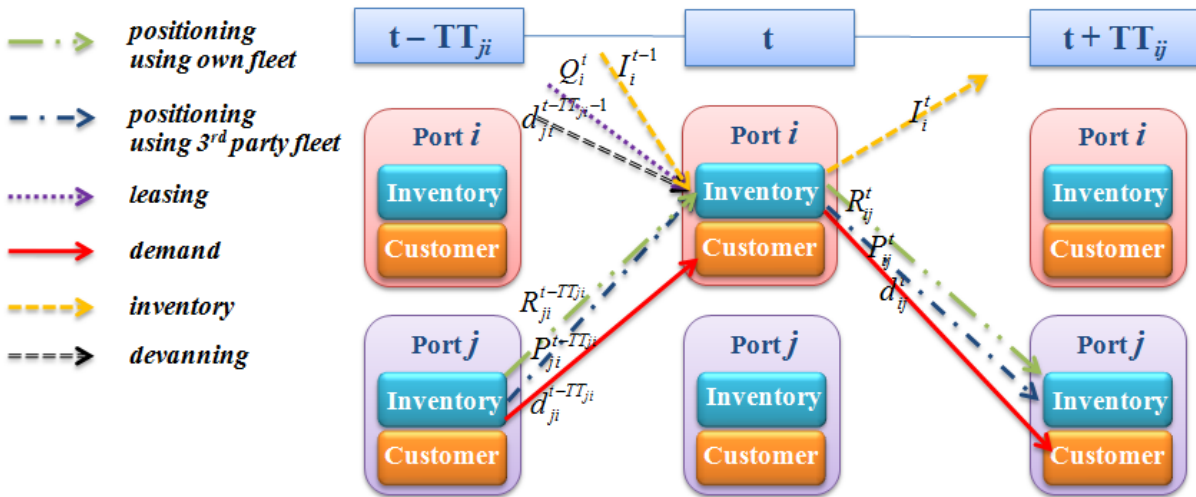


Figure 2. Balance Equation

의 항만을, 고급은 16주 동안 5개의 항만을 고려한 게임을 진행할 수 있다. 게임 설정이 완료되면 사전에 Booking된 해당 기간의 공 컨테이너에 대한 수요(즉, 해당기간의 적 컨테이너 선적량), 공 컨테이너의 재고 및 임대비용, 선박 용량 그리고 경로 간 운송 시간 및 비용에 대한 정보가 플레이어에게 제공된다. 다양한 시나리오를 시뮬레이션 하기 위해 플레이어는 위의 파라미터들을 변경할 수도 있다. 주어진 게임 정보를 바탕으로 플레이어는 공 컨테이너의 재배치와 임대에 대한 첫 주의 의사결정을 내리게 되고, 플레이어의 의사결정을 반영한 공 컨테이너의 현재고 및 총 비용 그리고 공 컨테이너의 수송현황이 뒤따른다. 게임은 주단위로 진행되며 매 주마다 공 컨테이너의 현재 재고와 총비용 그리고 해당 기간의 공 컨테이너 수요가 업데이트되며, 플레이어는 해당 기간의 공 컨테이너 수요를 반드시 충족시켜야 한다. 이러한 절차는 게임이 종료될 때까지 반복되며, 게임 종료 후 플레이어는 자신의 게임 결과에 대한 비교 분석 자료를 확인할 수 있다. 이때 플레이어의 게임 결과와 함께 컴퓨터의 게임 결과와 플레이어 순위정보도 함께 확인할 수 있다. 지금까지는 전체 게임에 대한 사용자 기준의 흐름을 기술하였다. 다음으로는 게임 GUI(Graphic User Interface)와 시스템 구조, 모듈 구성 및 Database 구성을 설명한다.

4.2 그래픽 사용자 인터페이스

GUI는 ECSG의 개발에 있어 가장 많은 노력이 기울여진 부분 중의 하나이다. 효과적인 GUI는 플레이어로 하여금 손쉬운 접근과 조작 그리고 결과에 대한 이해도를 증가시킨다. 때문에 본 연구에서는 GUI의 개발에 있어 위의 세 가지의 요건을 만족하는데 중점을 두었다. <Figure 3>~<Figure 6>은 메인게임 화면의 GUI를 보여준다. 실제로 <Figure 3>~<Figure 6>은 모두 한 화면에 구현되었지만 자세한 설명을 위해 분리하여 설명한다. 메인 화면은 공 컨테이너 정보 출력에서부터 플레

이어 의사결정 입력, 애니메이션 및 중간게임 결과 출력 등 대부분의 주요 기능이 집중된 곳이다. 때문에 여러 기능을 한 화면에서 효율적으로 표현하고, 입력과 출력이 동시에 가능하도록 하기 위해 게임 화면은 상단부로 나뉜다. 상단부에서는 게임 플레이어의 의사결정이 입력되고 의사결정에 따른 결과 애니메이션이 출력되며, 하단부에서는 플레이어가 게임의 진행을 위해 참조할 수 있는 게임 정보와 게임중간 게임결과가 출력되는 곳이다. 애니메이션을 제외한 모든 출력을 하단부에 배치하므로, 플레이어는 의사결정 중에 언제든지 필요한 게임 정보와 중간결과를 참조할 수 있다. 게임 정보란 플레이어가 게임 진행을 위해 반드시 참고해야 하는 공 컨테이너의 수요와 선박용량정보, 재고정보, 비용정보 그리고 운송정보를 말하며, 다량의 정보를 효과적으로 보여주기 위하여 Tab 인터페이스를 채택하였다. 플레이어는 각각의 탭을 이동하며 해당 정보를 검색할 수 있다.

각 화면의 하단부를 보면 <Figure 3>은 공 컨테이너의 수요와 재고에 대한 현황으로, 가로축은 항만 세로축은 컨테이너 수량을 나타내고 각각의 막대그래프는 항만별 공 컨테이너의 수요와 현재고, 그리고 미래 공 컨테이너 예측 유입량을 나타낸다. 특히 예측 유입량은 향후 1~4주간 공 컨테이너의 유입에 관한 것으로 플레이어의 장기적 의사결정을 도와준다. <Figure 4>는 게임 중간에 현재까지의 비용 발생현황을 보여주기 위한 결과 창으로 기간에 따른 항만별 비용변동을 보여주는 꺾은선 그래프와 함께 재고, 재배치, 임대의 항목별 비용 구성을 보여주는 막대그래프로 두 가지 출력을 지원한다. <Figure 5>에서는 기간별 공 컨테이너의 수요를 테이블 형태로 출력하고, <Figure 6>은 초기 설정한 공 컨테이너의 운송기간과 각종 비용 및 시간에 대한 파라미터들을 출력한다.

게임의 상단부는 플레이어의 의사결정이 입력되는 곳으로 <Figure 3>을 참조하면 세계지도 위에 플레이어가 미리 설정한 항만들이 표시되며, 각각의 항만 아이콘을 클릭할 때 나타

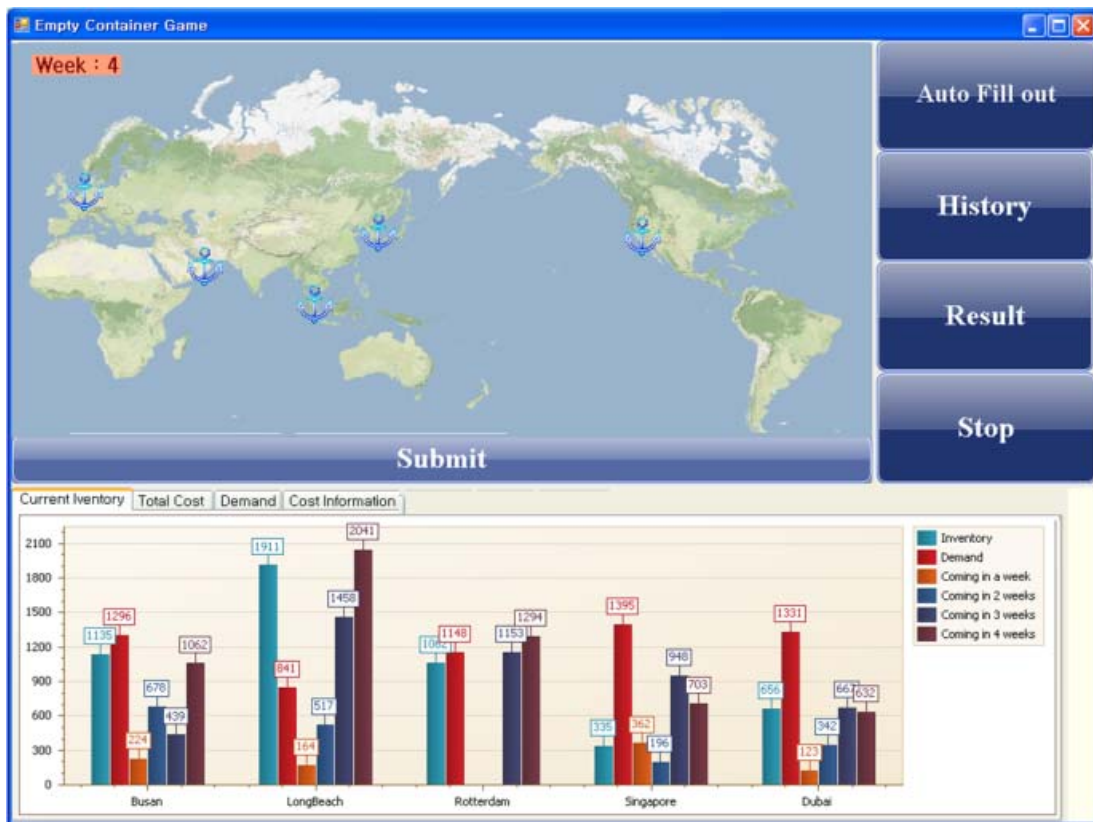


Figure 3. 메인 게임 화면 GUI : 수요와 재고 현황



Figure 4. 메인 게임 화면 GUI : 의사결정 입력 및 중간 비용 결과 출력

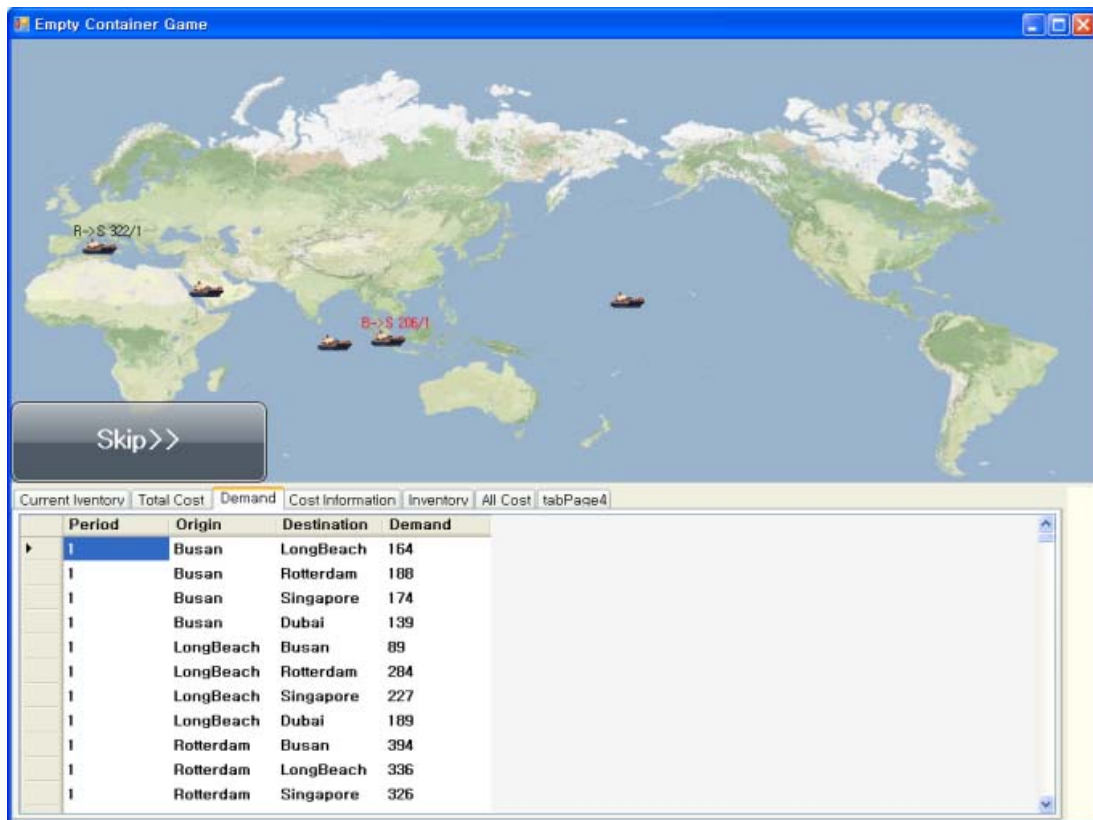


Figure 5. 메인 게임 화면 GUI : 애니메이션 결과와 공 컨테이너 수요 출력



Figure 6. 메인 게임 화면 GUI : 게임 파라미터 출력

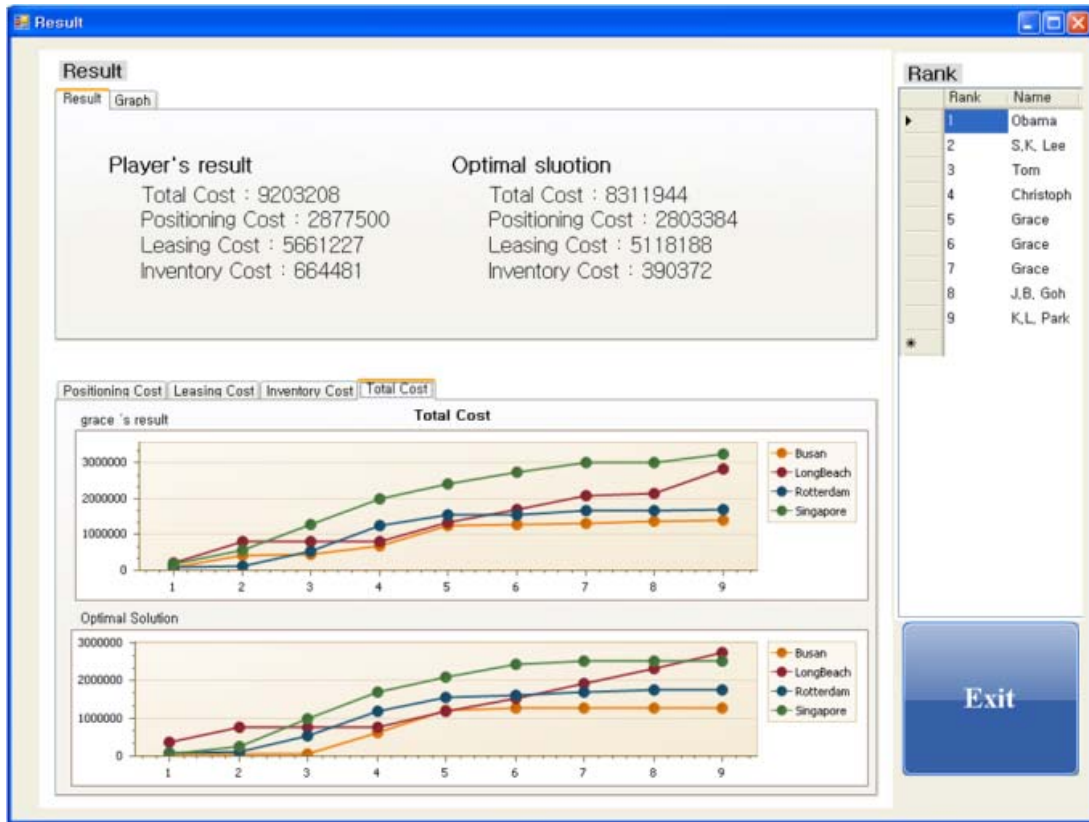


Figure 7. 게임 결과 화면 GUI(1)



Figure 8. 게임 결과 화면 GUI(2)

나는 입력창을 통해 플레이어의 의사결정이 입력된다. 입력창의 예시는 <Figure 4>와 같다. 임대와 재배치수량을 입력할 수 있는 인터페이스가 있으며, 재배치는 출발지를 기준으로 출발항만의 입력창에서 입력된다. 만약 재배치수량이 선박의 용량을 초과하면 자동적으로 타사선박의 사용을 입력하는 인터페이스가 실행된다. <Figure 5>는 애니메이션 결과출력의 한 예로 플레이어의 재배치 입력에 따르는 공 컨테이너의 이송 경로와 시간에 따른 공 컨테이너 양·적하 수량의 현황을 바다를 향해하는 움직이는 선박의 애니메이션으로 출력한다. 그 외 상단부에는 여러 버튼이 배치되었는데, Auto Fill Out 버튼은 현 기간의 공 컨테이너의 재고와 수요를 비교하여 부족한 공 컨테이너의 임대수량을 자동으로 입력하는 기능을 실행시키는 버튼으로 해당 기능은 플레이어의 불필요한 입력을 줄여준다. History 버튼은 현재까지의 플레이어의 입력 값들을 기록하고 실시간 검색할 수 있는 화면으로 이동하는 기능을 가진다.

<Figure 7>과 <Figure 8>은 결과출력 화면으로, 게임 종료 후 전체 게임에 대한 플레이어의 게임 결과와 컴퓨터 게임 결과를 비교 출력한다. 대부분의 인터페이스는 그래프의 형태로 제시되는데, 그래프가 일반적으로 수치나 테이블형식의 출력보다 더욱 시각적인 정보 제시와 효과적인 비교 분석을 가능하게 하기 때문이다. <Figure 7>과 <Figure 8>을 살펴보면 화면과 같이 상단에는 총 비용이 출력되는데, 플레이어와 컴퓨터의 총 비용 결과를 역시 Tab을 사용하여 출력한다. 첫 번째 Tab에서는 총 비용과 재배치, 임대, 그리고 재고비용을 실제 수치로 출력하고, 두 번째 Tab에서 그 결과를 꺾은선 그래프를 통

해 개괄적으로 비교 출력한다. 하단 Tab에서는 더욱 자세한 결과의 출력을 위해 재배치 비용, 임대비용, 재고비용 및 총 비용을 각각 별도의 Tab에서 출력하는데, 가로축을 기간으로, 세로축을 비용으로 하여 위에는 플레이어 결과 그래프를 아래에는 컴퓨터 결과 그래프를 함께 출력한다. 오른쪽에 세로형의 인터페이스는 플레이어의 게임 결과에 대한 순위 정보를 출력하기 위한 것으로, 순위는 컴퓨터 최적화 결과를 기준으로 플레이어의 게임 결과가 컴퓨터 게임 결과에 가장 근접한 사람이 가장 높은 순위를 차지한다.

4.3 시스템 설계

본 절에서는 ECSG 시스템의 설계에 대해 구체적으로 설명한다. 먼저 전체 시스템을 구성하는 시스템 엔진의 설계 구조는 <Figure 9>와 같다.

ECSG의 시스템 엔진은 게임의 UI와 결합하여 전체 시스템을 구성한다. 게임 UI와 게임 엔진을 유기적으로 연결하기 위하여 API (Application Programming Interface)들을 관리하는 입출력 인터페이스를 구성하였고, 게임의 진행 상태를 기록하기 위한 파일 시스템과 게임 플레이를 위한 게임 기본정보와 사용자 입력 값들을 저장하기 위한 관계형 DB로 구성하였다. 게임진행에 대한 이해를 돕기 위하여 사용자 입력에 따른 결과를 애니메이션으로 변환하여 출력하는 애니메이션 컴포넌트를 추가하였으며 마지막으로 컴퓨터 게임 결과를 산출하기 위한 최적화 컴포넌트가 구성된다.

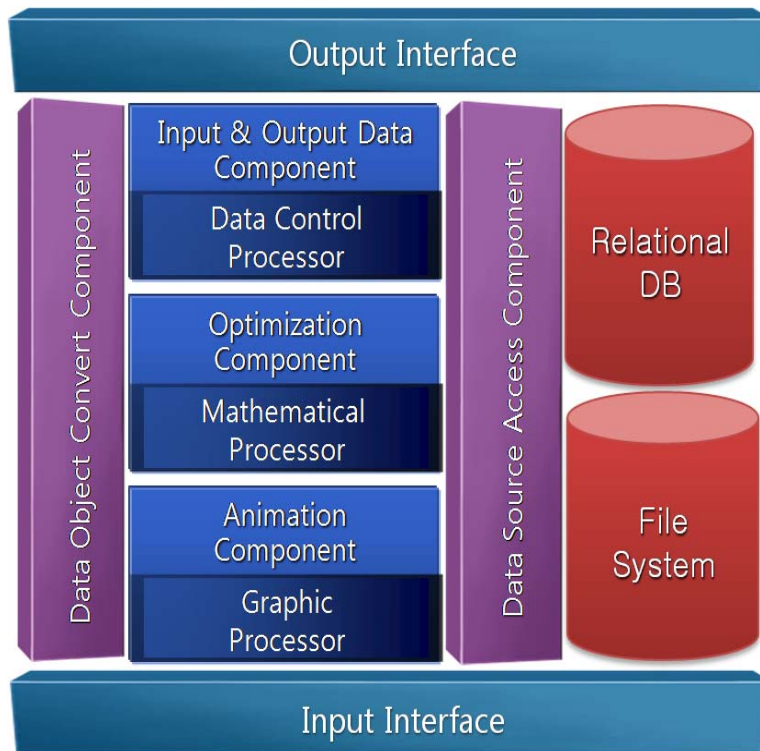


Figure 9. 공 컨테이너 시뮬레이션 게임의 시스템 설계도

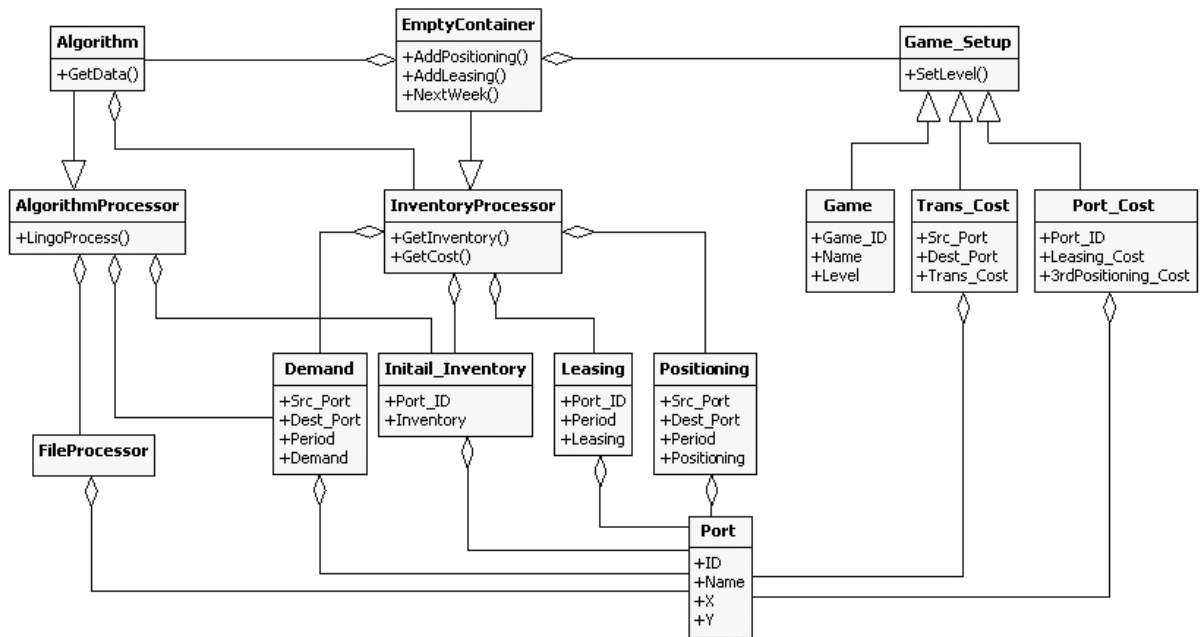


Figure 10. 공 컨테이너 시뮬레이션 게임의 모듈 다이어그램

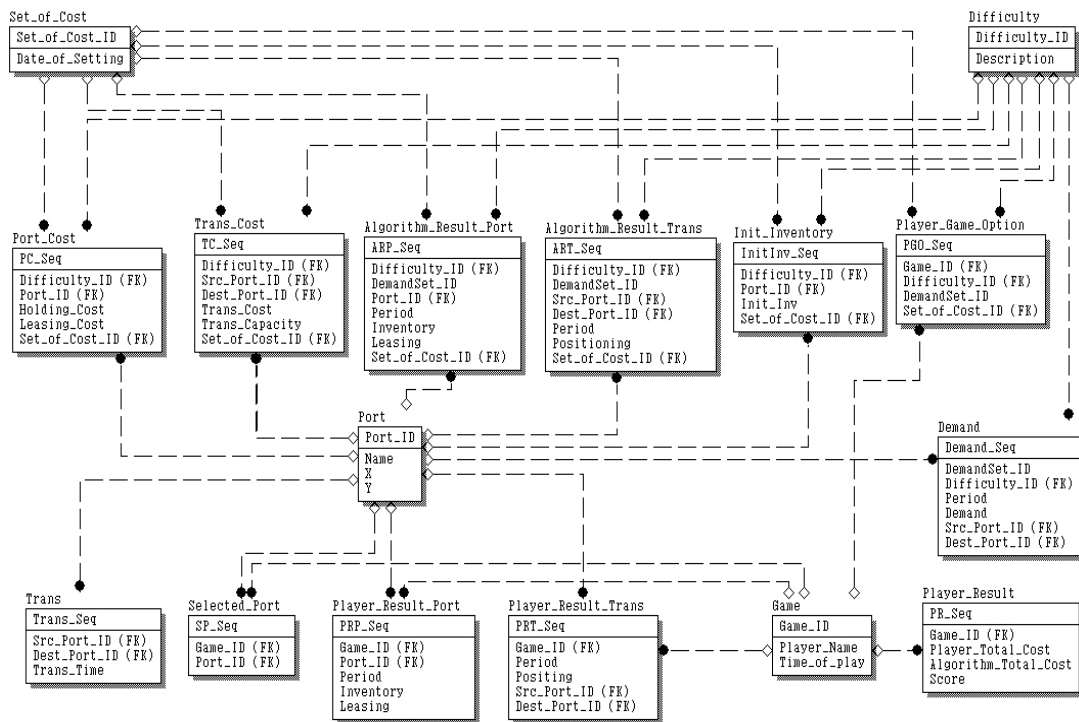


Figure 11. 공 컨테이너 시뮬레이션 게임의 데이터베이스 설계도

<Figure 10>은 ECSG의 클래스 다이어그램이다. EmptyContainer 클래스는 메인 클래스로 공 컨테이너의 재배치와 임대 수량에 대한 사용자의 입력을 처리하며 게임에서 시간의 진행을 처리한다. Game_Setup 클래스는 게임 설정을 위한 모듈로 게임의 기본정보와 파라미터들을 추가 및 변경, 삭제한다. Game_Setup 클래스는 게임 정보인 Game과 컨테이너 재배치 비

용정보인 Trans_Cost, 항만 내에서 발생하는 비용인 Port_Cost 개체를 제어한다. InventoryProcessor 클래스는 게임 진행에 따라 해당 기간의 재고 수량 및 비용을 산출하는 모듈로, 여기서는 의사결정을 위해 참조되는 수요 정보와 초기재고 정보를 기본으로 사용자의 의사결정 결과인 재배치와 임대 정보를 반영하여 재고 정보를 관리한다. Algorithm 클래스는 게임의 최적

화 기능을 구현하기 위한 클래스로서 InventoryProcessor와 같은 수요 정보와 초기재고 정보를 가지고 재고비용을 최소화 하는 최적의 재배치와 임대량을 구하여 관련 비용을 산출한다.

마지막으로 ECSG의 데이터베이스는 <Figure 11>과 같이 구성하였다. 플레이어의 이름 및 게임옵션, 난이도, 그리고 게임에서 선택된 항만정보를 저장하기 위하여 Game, Player_Game_Option, Difficulty, Selected_Port를 만들었으며, 게임 파라미터와 관련된 각종 비용정보 및 초기 재고수량을 저장하기 위한 Port, Set_of_Cost, Port_Cost, Trans_Cost, Init_Inventory를 만들었으며 사용자의 입력 값인 공 컨테이너 재배치 수량을 저장하기 위한 Player_Result_Trans, 임대 수량을 저장하기 위한 Player_Result_Port를 만들었다. 마찬가지로 컴퓨터 최적화로 얻은 의사결정 변수 값을 저장하기 위해 Algorithm_Result_Trans와 Algorithm_Result_Port가 있다. 마지막으로 게임 결과 저장 및 사용자 랭킹 산출을 위한 Player_Result를 만들었다.

시스템 구현에 대한 마지막 내용으로 ECSG의 특징이자 장점에 대해 기술하고자 한다.

- 공 컨테이너 시뮬레이션 게임은 게임 인터페이스를 적용함으로써 사용자의 자발적 흥미를 유발하며, 사용자와 시스템간의 양방향 상호작용을 가능하게 한다.
- 게임을 통해 공 컨테이너의 흐름과 비용을 모의 실험 할 수 있으며, 간단한 파라미터의 변경을 통해 다양한 시나리오의 시뮬레이션과 현실반영이 가능하다.
- LP기반의 수리모형을 통한 최적화 기능을 탑재하여 사용자에게 보조적 대안으로 제시함으로써 사용자로 하여금 학습효과를 기대할 수 있다.

5. 결론 및 향후연구

전 세계적으로 컨테이너를 이용한 물자의 해상운송은 지난 20년간 지속적인 성장세를 기록해왔다. 이와 함께 컨테이너를 통한 해상운송은 지역 간의 수요와 공급의 원칙에 따라 지역별 공 컨테이너의 수급 불균형 문제를 야기 시켰다. 공 컨테이너의 재배치는 이와 같은 지역별 공 컨테이너의 수급 불균형 문제를 해결할 수 있는 전략적 방법으로 업계에서의 활용이 증가하고 있지만, 현업에서 공 컨테이너 관리는 관리자의 경험에 의한 의존도가 높으며 비숙련자를 교육하는데 비용이 많이 든다. 본 논문에서는 공 컨테이너의 관리를 모의 게임 형식으로 구현하여 실제 환경에서가 아닌 모의 환경에서 직접 시뮬레이션 할 수 있는 교육용 시스템을 개발하고자 하였다. 본 연구에서 공 컨테이너 재배치 최적화를 위한 시뮬레이션 게임 시스템인 ECSG의 프로토타입 개발을 완료하였으며 관련 특허를 출원하였다(특허출원번호 : 특허-2009-0055678).

ECSG는 공 컨테이너의 재배치를 시뮬레이션 게임의 형태로 구현한 최초의 시도이며, 동시에 선형계획법을 통한 최적의 대안을 함께 제공하는 데에 의미가 있다. 연구 초기 기획단계에서 ECSG는 게임 인터페이스의 적용으로 인한 사용자의 자발적인 흥미 유발과 함께, 최적화 결과를 통한 사용자 스스로의 학습효과를 거둘 수 있을 것으로 기대되었다. 실제로 프로토타입 시스템의 완료 후 기업체 시연을 통해 그 효용을 인정받았다. 많은 의사결정시스템이 사용자의 거부 반응을 경험하는 만큼 게임으로 적용한 시스템에 대한 연구는 매우 의미 있는 연구로 사료되며, 앞으로도 임대한 공 컨테이너의 반환 등과 같은 보다 현실적인 상황을 고려한 수리모형의 설계 및 메타휴리스틱의 개발을 통해 더욱 현실성 있는 게임으로의 확장에 대한 연구가 계속되어야 한다.

참고문헌

- Bausch, D. O., Brown, G. G., and Ronen, D. (1998), Scheduling Short-term Marine Transport of Bulk Products, *Maritime Policy and Management*, 25(4), 335-348.
- Brown, G. G., Graves, G.W., and Ronen, D. (1987), Scheduling Ocean Transportation of Crude oil, *Management Science*, 33(3), 335-346.
- Crainic, T. G., Gendreau, M., and Dejax, P. (1993), Dynamic and Stochastic Models for the Allocation of Empty Containers, *Operations Research*, 41, 102-126.
- Christiansen, M., Fagerholt, K., and Ronen, D. (2004), Ship Routing and Scheduling: Status and Perspective, *Transportation Science*, 38(1), 1-18
- Gavish, B. (1981), A Decision Support System for Managing the Transportation Needs of a Large Corporation, *AIIE Transactions*, 13, 61-85.
- Kim, S. H. and Lee, K. K. (1997), An Optimization-based Decision Support System for Ship Scheduling, *Computers and Industrial Engineering*, 33, 689-692.
- Li, J. A., Liu, K., Leung, S. C. H., and Lai, K. K. (2004), Empty Container Management in a Port with Long-run Average Criterion, *Mathematical and Computer Modeling*, 40, 85-100.
- Li, J. A., Leung, S. C. H., Wu, Y., and Liu K. (2007), Allocation of Empty Containers between Multi-ports, *European Journal of Operational Research*, 182, 400-412.
- Fagerholt, K. (1999), Optimal Fleet Design in a Ship Routing Problem, *International Transportations in Operational Research*, 6(5), 453-464.
- Fagerholt, K. (2004), A Computer-based Decision Support System for Vessel Fleet Scheduling-Experience and Future Research, *Decision Support Systems*, 37, 35-47.
- Shen, W. S. and Khoong, C. M. (1995), A DSS for Empty Container Distribution Planning, *Decision Support Systems*, 15, 75-82.
- Shintani, K., Imai, A., Nishimura, E., and Papadimitriou, S. (2007), The Container Shipping Network Design Problem with Empty Container Repositioning, *Transportation Research Part E*, 43, 39-59.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., and Simchi-Levi, E. (2007), *Designing and Managing the Supply Chain 3/E*, McGraw-Hill, New York.
- UNCTAD secretariat, (2008), *Review of Maritime Transport 2008*, United Nations Publication, New York and Geneva.

**고정분**

영남대학교 경영학 학사
 부산대학교 물류IT학과 석사
 현재 : 넥센타이어 기술연구소 연구원
 관심분야 : 해운물류, 시뮬레이션, 생산관리

**문일경**

서울대학교 산업공학 학사
 서울대학교 산업공학 석사
 미국 Columbia대학교 산업공학 박사
 현재 : 부산대학교 산업공학과 교수, 기술사
 (공장관리)
 관심분야 : 생산관리, SCM, 시뮬레이션