

工學博士 學位論文

초대형 컨테이너 선박의 항만네트워크
평가에 관한 연구

A Study on the Evaluation of
Container Sea Port Network for Mega Ships

指導教授 南 奇 燦

2006年 7月

韓國海洋大學校 大學院

物流시스템工學科

崔 長 林

本 論文을 崔長林의 工學博士 學位論文으로 認准함.

委 員 長 工學博士 郭 圭 錫 ㉠

委 員 經營學博士 安 奇 明 ㉠

委 員 工學博士 金 煥 成 ㉠

委 員 工學博士 許 允 守 ㉠

委 員 工學博士 南 奇 燦 ㉠

2006年 6月

韓國海洋大學校 大學院

物流시스템工學科

崔 長 林

차 례

Abstract

제1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 내용 및 흐름	3

제2장 항만 네트워크 최적화의 주요 이슈

2.1 선박 대형화	5
1) 컨테이너 선박의 대형화 추세	5
2) 초대형선 발주 현황	6
3) 최대선형 재원 및 제약 요인	9
2.2 항만 개발	11
1) 터미널 대형화	11
2) 터미널 자동화	13
3) 신 터미널 유형 도입	20
2.3 하역 장비	24
1) 장비 대형화	24
2) 신 기술 적용	26
2.4 항만 및 선사의 변화	28
1) 기항지 축소 전략	28
2) 컨테이너선사의 전용터미널 확보	28
3) 선사간 전략적 제휴 확대	29
2.5 항만 네트워크 최적화 이슈	34

제3장 선행연구고찰

3.1 연구의 추세	35
3.2 하역시스템 부문 연구	37

3.3 선박운영 및 항만 네트워크 부문 연구	38
3.4 연구의 한계 및 주요 쟁점	42

제4장 초대형 선박 운항 제약 모형

4.1 초대형선의 제약 요인	43
1) 메가 선박에 대한 제약의 범위	43
2) 항만 개발 및 운영에 미칠 영향	43
4.2 항만 네트워크 문제	45
1) 항만 네트워크와 투자	45
2) 선박 운영 문제	45
3) 항만 네트워크 유형	46
4.3 평가 모델	50
1) 항만 네트워크 평가모델	50
2) 운항 스케줄 기반 평가 모델	53
4.4 선사 의향 조사	55
1) 설문조사	55
2) 최대 선형	56
3) 운항 시 문제점	57
4) 요구하역 소요시간	58
5) 기항 항만	60

제5장 최적 항만네트워크 분석

5.1 항만네트워크 구성 방법	62
1) 운항 스케줄 관리	62
2) H'선사의 PF/SKED 사례	63
5.2 운항 노선 선정	65
1) 항만 네트워크 선정	65
2) 항로 특성 및 기종점(O/D) 분석	66
5.3 항만 네트워크 대안 선정	68
1) Base Case	68
2) 항만 네트워크 대안	68

5.4 대안 분석	74
1) 분석 과정	74
2) 분석 결과	75
5.5 최적 네트워크	80

제6장 결론 및 향후 연구방향

6.1 요약 및 결론	85
6.2 향후 연구 방향	87
참고문헌	89

표 차 례

<표 II-1> 주요 컨테이너선사의 선대크기(2005년)	5
<표 II-2> 8,000TEU급 이상 컨테이너선 발주현황	7
<표 II-3> 컨테이너선 대형화에 대한 전망	8
<표 II-4> 포스트 파나막스급 이상 대표적 선형 및 제원	9
<표 II-5> 컨테이너선의 규모별 적재중량	10
<표 II-6> 세계 주요 항만의 컨테이너부두 수심확보 계획	12
<표 II-7> 컨테이너 터미널 자동화 분야 및 특성	14
<표 II-8> 자동차 시스템 형태	15
<표 II-9> High Quay 특성	18
<표 II-10> DRMGC 시스템 사양	19
<표 II-11> Total Estimation for Suitability by Terminal Types	22
<표 II-12> 컨테이너 크레인의 제원	24
<표 II-13> 6,000TEU급 이상 선박의 On-Deck 적재 열수	25
<표 II-14> 2003년 발주 중인 안벽크레인 현황	26
<표 II-15> 향후 선박대형화로 인한 서비스 변화전망	28
<표 II-16> 세계 주요선사의 전용 컨테이너 터미널 현황	29
<표 II-17> 글로벌서비스체제 참여선사 및 그룹 현황	31
<표 II-18> 세계 주요 선사별 선대보유 현황	32
<표 II-19> 글로벌제휴그룹 및 선사별 기간항로서비스 항차수 현황	33
<표 II-20> 주요 글로벌제휴그룹 및 선사의 기타 전략적 제휴의 현황	33
<표 III-1> 초대형 선박 관련 연구 추이	35
<표 IV-1> 설문 조사 문항	55
<표 IV-2> 초대형선의 주요 문제점	58
<표 IV-3> 6,000TEU급 선박 및 12,000TEU급 선박의 하역 소요 시간 ..	59
<표 IV-4> 적정 기항지 수 분포	60
<표 IV-5> 기항 항만 선호도	61
<표 V-1> H'선사의 PF/SKED	64
<표 V-2> 항로 'B'의 운항특성	66

<표 V-3> 항로 'B'의 화물 기중점 분석	67
<표 V-4> Base Case 현황	69
<표 V-5> Base Case의 기항지 간 거리 매트릭스	70
<표 V-6> 항만 네트워크 대안	70
<표 V-7> 항만네트워크 대안 1-1(5개 기항지)분석 결과	75
<표 V-8> 항만네트워크 대안 1-2(5개 기항지)분석 결과	76
<표 V-9> 항만네트워크 대안 2(6개 기항지)분석 결과	76
<표 V-10> 항만네트워크 대안 3(7개 기항지)분석 결과	77
<표 V-11> 항만네트워크 대안 4(8개 기항지)분석 결과	78
<표 V-12> 항만네트워크 대안 5(9개 기항지)분석 결과	79
<표 V-13> 대안별 시간 평가	80
<표 V-14> 한계치 달성 방안	83
<표 V-15> 한계치 초과 정도 평가	83
<표 V-16> 기존 선박과 초대형선의 소요 선대 규모	84

그림 차례

<그림 I-1> 연구의 흐름	4
<그림 II-1> 컨테이너선의 규모 변화 추이	6
<그림 II-2> 컨테이너터미널 자동화 범위	14
<그림 II-3> 대형 및 소형 RMGC 배치도	20
<그림 II-4> Ceres Paragon Terminal	21
<그림 II-5> 항만 네트워크 최적화 이슈	34
<그림 IV-1> 초대형선에 대한 제약요인	44
<그림 IV-2> 선박 규모별 항만 네트워크 유형	47
<그림 IV-3> 초대형 컨테이너 선박 관련 현재 및 미래의 주요 이슈	48
<그림 IV-4> 초대형 컨테이너 선박 및 허브 항만 평가 체계	49
<그림 IV-5> 네트워크 평가 모형 구조	50
<그림 IV-6> 운항 스케줄 기반 네트워크 평가 모형	54
<그림 IV-7> 예상 최대 선형	56
<그림 IV-8> 12,000TEU급 선박의 선호도 정도	57
<그림 V-1> 항만 네트워크 선정	65
<그림 V-2> 항만 네트워크 대안 1-1	71
<그림 V-3> 항만 네트워크 대안 1-2	71
<그림 V-4> 항만 네트워크 대안 2	72
<그림 V-5> 항만 네트워크 대안 3	72
<그림 V-6> 항만 네트워크 대안 4	73
<그림 V-7> 항만 네트워크 대안 5	73
<그림 V-8> 분석 과정	74
<그림 V-9> 대안별 하역 및 운항 소요 시간 민감도	81
<그림 V-10> 재항시간 한계치 초과 항만 현황	82

A Study on the Evaluation of Container Sea Port Network for Mega Ships

Choi, Janglim

Department of Logistics Engineering,
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

In 1990s the debate on very large ships made the mega ship and mega port concept emerge. Many studies have been done on such big ships by consultant, naval architects, port designers, ship operators, economists etc, with different points of view and results. However, an early study on the review of the literature identified some limitations and this study tries to overcome the shortage of the previous studies with particular emphasis on the evaluation of the sea port network for mega ships over 12,000TEUs.

For this the 'Far-east - Europe' liner route was selected for the empirical study in which 8 vessels of 5,000TEU are providing weekly service. For 12,000TEU vessel 4 sea port network alternatives were established on the same route based on the survey of 18 liner shipping companies. Finally, the 4 alternatives were evaluated with respect to the service time taken to provide weekly service and the number of vessel needed in comparison with those of 5,000TEU vessel. The major issues and directions for further studies were suggested as well.

제1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

조선기술의 발달과 선사들의 비용 절감에 대한 요구 증가 등으로 인하여 최근 초대형선박을 둘러싼 환경 변화가 몇 년 전의 예상보다 빠르게 진전되고 있는 상황이다. 실제 부산항에 9,000TEU급 선박이 취항하였으며, 12,000TEU급 선박이 건조 중이라는 언론 매체의 보도가 있었다. 이러한 상황에도 불구하고 아직까지 12,000TEU급을 초과하는 초대형 선박에 대한 객관적인 이해를 얻기에는 관련 연구가 극히 미흡한 것이 사실이다. 이것은 이 분야에 대한 연구의 부족에서 그 원인을 찾을 수 있을 것이다.

특히, 초대형선과 관련된 주 관심사인 ‘과연 몇 개의 항만에 기항하는 것이 적합할까’라는 가장 근본적인 질문에 대한 답을 얻기가 어렵다. 이러한 의문점은 비단 항만 운영자뿐만 아니라 선박의 경제성에 가장 민감한 선사 입장에서도 중요한 사안이다.

이러한 측면에서 본 논문은 12,000TEU급 선박을 대상으로 하여 구주항로상에서 몇 개의 항만에 기항하는 것이 가장 적절한가를 논의의 대상으로 삼았다. 이를 위하여 본 연구는 먼저, 초대형 선박에 관한 문헌 조사를 실시하고 본 연구의 방향을 설정하는데서 시작하였다.

초대형 컨테이너 선박(Mega Ship)에 대한 기존 연구는 남기찬 외(2002)의 논문에서 가장 포괄적으로 수행하였다. 동 연구에서는 선박 설계, 항만 설계, 선박 운영, 물류 관리 등 다양한 관점에서 수행되어 온 연구를 크게 선박 설계, 컨테이너 하역시스템, 선박 운영, 그리고 항만 네트워크 부문으로 분류하고 각 분야별 연구 성과 및 한계점을 도출하고 향후 연구 방향을 제시하였다. 선박 설계 부문의 연구는 8,000TEU급 이상의 대형 선박이 운항할 수 있는 엔진 추진력과 선체구조를 주 대상으로 하며, 하역시스템 부문 연구는 대형 선박의 재항 시간(port time)을 기존 포스트 파나막스 선박과 동일하게 하기 위해서 필요한 하역 능력을 갖춘 새로운 하역 시스템에 초점을 맞추고 있는 것으로 분석하고 있다.

선박 운영에 관한 연구의 경우 대형 선박과 관련된 항만의 현실적인 제약과 선박 운항 비용 분석을 바탕으로 한 경제적 효과를 평가하는 것에 초점을 둔 것으로 분석하였다.

문헌 조사를 통한 결론으로서는 ‘대부분의 선행 연구들이 초대형 선박의 기술적, 경제적 타당성에 초점을 맞추고 있으며, 선박 운항 및 터미널 운영과 같은 핵심 쟁점이 될 수 있는 사안에 대한 실증적인 분석은 극히 부족한 실정’으로 맺고 있다. 하역 시스템의 경우 역시 터미널 여건 등을 반영한 현실적인 생산성 달성 방안을 모색하지 못하였으며 특히, 선박 운영 부문의 연구는 내륙운송, 항만운송, 해상운송 등 전체적인 컨테이너 수송 체인을 고려하지 못하고 해상운송 구간만을 대상으로 경제성을 논하고 있는 것으로 결론지었다.

향후 연구 방향으로는 선박 설계, 하역시스템, 선박 운영 등 전 부문을 망라하는 포괄적인 실증 연구가 이루어져야만 초대형 컨테이너 선박이 기존 포스트 파나막스 선박에 비하여 경쟁 우위를 점할 수 있는지의 여부를 평가할 수 있다는 주장과 함께 대략적인 분석 방안을 제시하였다.

본 논문에서는 이러한 문헌 분석을 바탕으로 하고 그 이후 수행된 몇 편의 문헌을 분석한 후 문헌의 한계점과 연구의 주 방향을 제시하였다. 특히, 전술한 바와 같이 초대형선을 대상으로 한 항만 네트워크 분석의 중요성을 강조하고 실증 연구를 위한 기반을 구축하는데 초점을 두었다. 항만 네트워크 평가 모형으로서는 기존 연구(해양수산부, 2004)에서 남기찬 외의 연구진이 제시한 모형을 바탕으로 하여 현실적인 제약을 고려하여 정기선사의 운항 스케줄을 기반으로 하는 평가 모형을 제시하였다.

이러한 모형에 따라 초대형선에 대한 선사들의 의향 조사 결과와 아시아-구주 간의 노선의 실제 운항 스케줄을 기반으로 하여 초대형선의 항만 네트워크 대안을 설정하고 그 적정성을 평가하였다. 마지막으로 연구 결과와 함께 연구의 한계 및 향후 연구 방향을 제시하는 것으로 결론을 맺고 있다.

1.2 연구의 내용 및 흐름

본 연구의 주요 내용과 연구의 흐름 체계는 <그림 I-1>과 같이 설문 조사, 항만 네트워크 모형설정, 네트워크 대안 분석, 최적 대안 평가 등으로 구성된다.

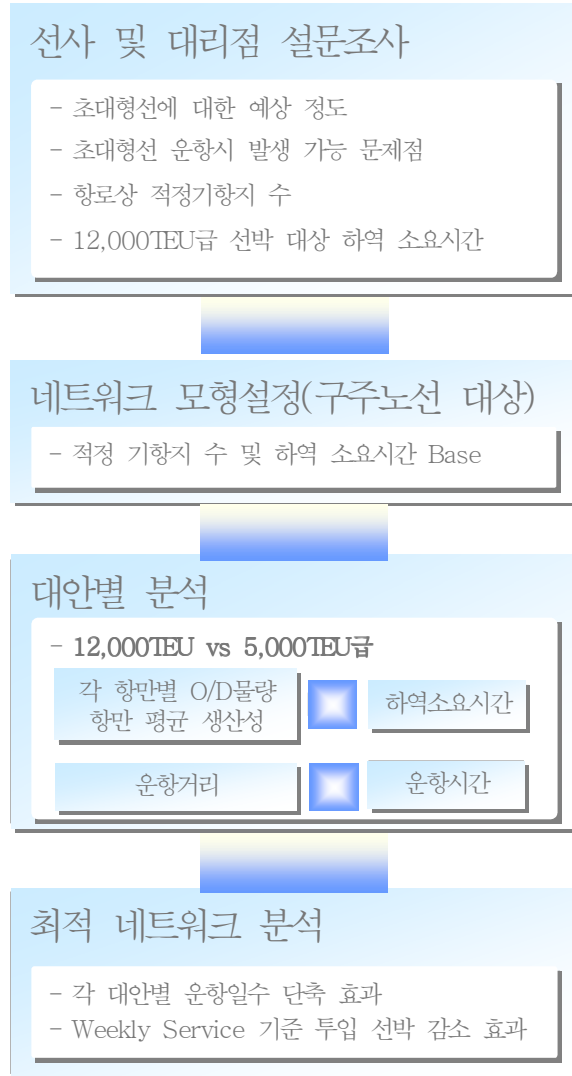
실증 연구에 앞서 국내 소재의 국적 및 외국적 선사 대리점을 대상으로 초대형선에 대한 의향을 파악하기 위한 표본 조사를 실시하였다. 조사 내용은 첫째, 향후 예상되는 최대 선형, 12,000TEU급 선박 선호도 및 예상 최대 선형으로 구성하였다. 둘째, 초대형선 운항 시 예상되는 문제점에 대하여 선박 운항 측면, 선사 마케팅 측면, 복합운송업자 측면, 화주 측면 등으로 구분하여 설문하였으며, 셋째, 적정 기항 항만 형태를 파악하기 위하여 적정 기항지 수, 기항 항만 선호도, 12,000TEU급 선박의 예상 하역 소요 시간, 12,000TEU급 선박의 요구되는 하역 소요 시간 등을 조사하였다.

선사 선호도 조사를 통하여 나타난 12,000TEU급 선박의 하역 소요 시간 및 적정 기항지 수를 토대로 구주 노선을 대상으로 한 항만 네트워크 모형을 설정하였다. 조사 결과 나타난 적정 기항 항만 수를 기준으로 하여 본 논문에서는 기항 항만 수의 대안을 5, 6, 7, 8개로 설정하였다.

이어서 각 대안별로 항만별 화물 O/D를 도출하고 요구되는 하역 소요 시간대를 대안으로 하여 각 조합별 총 운항시간 및 하역 소요 시간을 산출한다. 그 결과를 기존 5,000TEU급 선대 운항과 비교하여 그 적정성을 평가한다. 항만간 운항 시간은 거리와 평균 운항 속도를 기준으로 하며, 근본적으로 운항 시간은 5,000TEU급 및 12,000TEU급 선박간에 차이가 없다는 가정을 한다. 하역 허용 소요시간은 weekly 서비스를 제공할 때 1항차당 소요되는 기존 시간(56일)에서 운항 소요시간을 감하여 산출한다. 하역 소요 시간은 각 항만의 물동량과 평균 생산성을 기준으로 산출한다.

분석 결과는 초대형선이 5~8개항으로 기항지를 축소하여 운항한다는 항만 네트워크 대안을 바탕으로 할 때의 ‘운항일수 단축 효과’, Weekly Service를 기준으로 할 경우의 투입되는 ‘선박의 수 감소 효과’ 등 정량적인 값으로 나타난다. 최종적으로 이러한 분석 결과를 바탕으로 하여

최적 네트워크를 도출한다. 적정성을 평가하기 위하여 우선 선사 조사를 통하여 도출된 12,000TEU급 선박의 기대 하역 소요 시간을 기준으로 하여 각 대안별 항만 평균 하역 소요시간이 이 시간대 내에 들 경우 적절한 것으로 평가하고, 상기 한계치를 벗어나는 경우 한계치 평가 기준을 적용하여 평가한다.



<그림 I -1> 연구의 흐름

제2장 항만 네트워크 최적화의 주요 이슈

2.1 선박 대형화

1) 컨테이너 선박의 대형화 추세

컨테이너 정기 선사들은 선박의 대형화로 인한 규모의 경제 효과를 추구하여 왔으며, 그 결과 1980년대에는 3,000TEU급 선박이 보편적이었으나 1996년 Maersk Line의 6,000TEU급 선박이 최초로 취항하였다. 선박

<표 II-1> 주요 컨테이너선사의 선대크기(2005년)

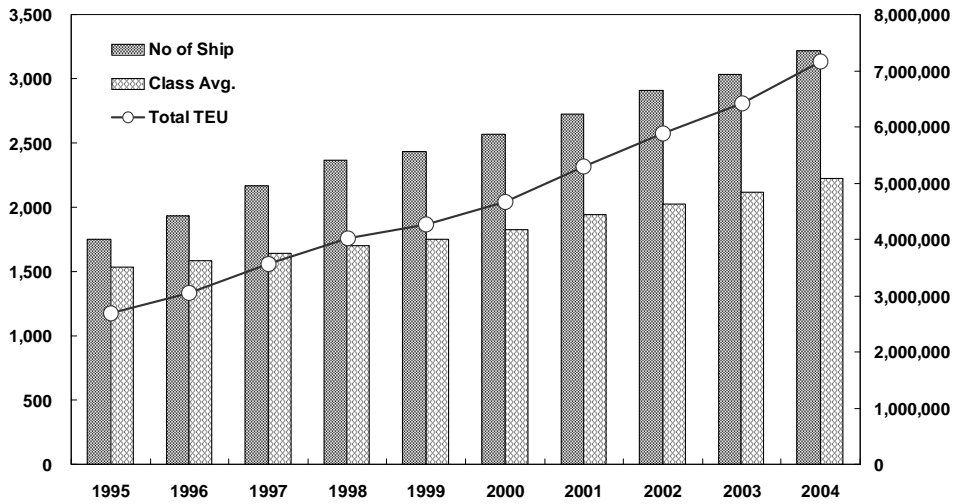
단위 : TEU, 척

순위	선사	선대규모		발주량	
		선복량	선박수	선복량	선박수
1	Maersk Sealand	857,470	308	431,266	77
2	MSC	665,613	253	336,607	45
3	P&O Nedlloyd	428,495	147	224,284	38
4	CMA CGM	357,164	126	241,134	44
5	Evergreen	338,305	120	53,698	9
6	APL	310,326	100	39,476	7
7	Cosco	296,976	119	191,840	25
8	Hanjin	273,722	69	89,275	13
9	CSCL	264,487	101	214,156	33
10	NYK	244,522	76	106,600	16
11	OOCL	235,661	69	106,380	18
12	MOL	213,735	68	125,491	20
13	K Line	209,032	71	72,642	12
14	Hapag Lloyd	207,911	55	77,300	9
15	CP Ships	192,354	81	39,877	10
16	Yang Ming	180,313	64	97,000	23
17	Zim	161,330	58	17,000	4
18	HMM	142,257	37	125,200	20
19	Hamburg Sud	116,932	58	58,614	18
20	PIL	104,808	66	62,558	20
-	합계	5,801,413	2,046	2,710,398	461

자료 : Containerisation International 2005.

량 기준 1위를 점위한 Maesk Serland사의 경우, 총 선박수 308척, 선복량 857,470TEU에 달하며, 평균 선박규모는 2,784TEU이다(<표 II-1>).

<그림 II-1>에서 보듯이 컨테이너 선박의 척수 및 총 TEU가 지속적으로 증가하고 있으며, 선박 대형화 역시 이러한 추세를 따르고 있을 뿐 아니라 선사들은 치열한 시장 경쟁 환경 하에서 경쟁력 강화의 일환으로 선박 대형화를 추진 할 것으로 예상되어 향후 컨테이너선의 대형화는 지속될 전망이다.



<그림 II-1> 컨테이너선의 규모 변화 추이

2) 초대형선 발주 현황

세계 주요 정기선사들의 8,000TEU급 이상의 신조발주가 증가하고 있는 추세이며, 2005년을 기준으로 건조중인 8,000TEU급 이상의 컨테이너선은 총 149척, 선복량은 128만 3,400TEU로써 평균선형이 8,613TEU에 이른다(<표 II-2>). 건조중인 8,000TEU급 이상 컨테이너선 가운데 최대선형은 COSCO사의 10,000TEU급이며, CSCL사의 9,600TEU급과 COSCO사의 9,400TEU급 순으로 이어진다. 2006년 들어서 세계 최대 해운선사인 머스크 라인의 20피트짜리 컨테이너 1만2천500개(1만2천

500TEU)를 실을 수 있는 역사상 최대 규모의 선박을 건조하고 있는 것으로 알려졌다(부산일보 '06년 5월 4일자 기사).

<표 II-2> 8,000TEU급 이상 컨테이너선 발주현황

단위 : 척, TEU

선형	운항선사	척수	선복량	인도기간	조선소
10,000TEU급	Cosco	4	40,000	2008	Hyundai
9,600TEU급	CSCL	9	86,400	2006~2007	Samsung
9,400TEU급	Cosco	5	47,000	2006	Hyundai
9,200TEU급	Cosco	5	46,000	2008	Nantong KHI
	MSC	13	119,600	2005~2007	Samsung
	Maersk Sealand	4	36,800	2007~2008	Samsung
	CMA CGM	4	36,800	2006	Hyundai, Samho
8,700TEU급	Hapag Lloyd	2	17,400	2005	Hyundai
	NYK	4	34,800	2007	Hyundai
8,600TEU급	Hapag Lloyd	5	43,000	2007~2008	Hyundai
	HMM	4	34,400	2008	Hyundai, Samho
	P&O Nedlloyd	5	43,000	2008	Hyundai, Samho
8,500TEU급	CSCL	4	34,000	2007	Hudong Zhonghua
	P&O Nedlloyd	6	51,000	2005~2007	IHIMU
8,400TEU급	Hapag Lloyd	2	16,800	2005	Daewoo
	P&O Nedlloyd	3	25,200	2006	Daewoo
	MSC	4	33,600	2005~2007	Daewoo
	Maersk Sealand	6	50,400	2006~2008	Daewoo
8,200TEU급	MSC	6	49,200	2005~2006	Hyundai
	Cosco	3	24,600	2005~2006	Samho
	CMA CGM	10	82,000	2005~2007	Hyundai, Samho
	Yang Ming	5	41,000	2008~2009	CSBC
8,100TEU급	K Line	4	32,400	2006~2007	IHIMU
	NYK	4	32,400	2007~2008	IHIMU
	MOL	4	32,400	2007~2008	MHI
	Evergreen	5	40,500	2005~2006	Samsung
	Lloyd Triestino	1	8,100	2005	Samsung
	Hatsu	1	8,100	2006	Samsung
	OOCL	4	32,400	2006~2007	Samsung
8,000TEU급	MSC	8	64,000	2005~2006	Hanjin
	Yang Ming	4	32,000	2006~2007	Hyundai
합계	-	148	1,275,300	-	-

자료 : Containerisation International(2005. 4)

최근 조선관련 기술의 발달로 인하여 단일 엔진을 기준으로 할 때 12,000TEU급 선박의 건조가 가능하고, 쌍 엔진을 장착할 경우 15,000TEU급 선박의 건조가 가능하다는 것이 학계를 통해서 알려지고 있다.

<표 II-3>과 같이 컨테이너 선박 대형화에 대한 전망은 연구자에 따라 다소 차이가 있다. 선박 설계 측면에서는 대형화에 대하여 낙관적인 전망을 하는 것이 일반적이며, 선박 운항 및 항만 운영 측면에서는 보수적이거나 다소 부정적인 관점을 보이고 있다. 그러나 어느 경우에도 향후 12,000TEU급 선박의 출현은 인정하는 분위기이다.

<표 II-3> 컨테이너선 대형화에 대한 전망

구 분	대형화에 대한 견해
Alfred J. Baird (1999)	- 2020년 : 10,000TEU급 이상 선박 출현 (세계 10위권 선사들 가운데는 2007년까지 10,000TEU급, 2015년까지는 12,000급, 2015년 이후에는 14,000TEU급 출현을 예상한 사례도 있음)
Hans J. Payer (2000)	- 2000년대초 : 12,000TEU급 출현 예상
Rijsenbrij (2000)	- 향후 15~30년 이내에 15,000~18,000TEU급 출현
Ocean Shipping Consultants (2000)	- 2005년 : 8,500TEU급 취항 (2008년 : 12,000TEU급 20~40척 운항) - 2010년 : 12,500TEU급 취항 (2012년 : 12,000TEU급 54척 내외 운항)
Lloyd's (2001)	- 향후 5~10년 내에 12,500TEU급 출현
Drewry Shipping Consultants (2001)	- 2005년 : 8,000~9,000TEU급 12척 내외 운항 - 2010년 : 12,000TEU급 24척 내외 운항
IAPH (2003)	- 2010년까지 · 회의적 견해 : 8,000TEU로서 충분 · 낙관적 견해 : 12,500TEU (해운산업의 요구) · 중도적 견해 : 9,000~9,300TEU (가장 실제적)

자료 : 한국컨테이너부두공단(2004), 상하이(대소양산) 및 북중국 항만의 발전이 미치는 영향과 대응 방안 연구

3) 최대선형 재원 및 제약 요인

선박 대형화가 진전됨에 따라 컨테이너 선박들은 규모를 기준으로 1세대에서 8세대의 기준으로 분류되기도 하며, 선박 운항에 있어서 가장 큰 물리적 제약 요인인 Panama운하를 기준으로 하여 Panamax, Post-Panamax, Super Post-Panamax급 등으로도 구분된다.

최근에는 Suez운하를 기준으로 하는 Suez-max급 선박 그리고 더 나아가서 Suez운하 준설을 전제로 하고 Malacca해협을 제약으로 하는 Malacca-max급 선박이 소개되었다. Suez운하의 흘수와 폭을 감안하여 제시된 최대 선박은 길이 400m, 폭 50m, 흘수 17m의 규모이며, 최대 적재 능력은 11,989TEU이다. Malacca 해협의 최대 흘수 21m를 기준으로 한 Malacca-max급 선박은 길이 400m, 폭 60m, 흘수 21m의 규모이며 최대 적재 능력은 18,154TEU이다.

현재 취항 중인 표준 대형 선박규모인 5,500TEU급 선박과 비교 시 8,000TEU급 선박과 15,000TEU급 선박은 각각 전장 62m, 137m, 폭 6m, 20m 정도가 크다.

<표 II-4> 포스트 파나마스급 이상 대표적 선형 및 제원

단위 : m

구 분	4,500TEU	4,800TEU	5,500TEU	6,500TEU	7,000TEU	8,000TEU	12,000TEU	15,000TEU
명칭	Post-Panamax			Super Post-Panamax			Suez-Max	Malacca-Max
길이	260.0	262.0	263.0	302.3	326.4	325.0	400.0	400.0
폭	39.4	40.0	40.0	42.8	42.8	46.0	50.0	60.0
깊이	23.6	24.3	24.3	24.1	24.1	27.1	35.0	35.0
흘수	12.5	14.0	14.0	14.0	14.5	14.5	17.04	21.0

자료 : Payer, H(1999), Feasibility and Practical Implications of Container Ships of 8,000TEU and Beyond, Terminal Operation Conference & Exhibition, Genoa

Wijnolst, N., Schlotens, M., Waals, F.(1999), Malacca-Max; The Ultimate Container Carrier, Delft University Press

한국컨테이너부두공단(2004), 상하이(대소양산) 및 북중국 항만의 발전이 미치는 영향과 대응방안 연구, 해당내용 재정리

8,000TEU급 선박의 컨테이너 적재 능력은 화물창내 4,492TEU, 갑판 5단적 3,268TEU, 갑판 6단적 392TEU로서 총 8,152TEU에 달한다 (Payer, 1999). 15,000TEU급 선박의 적재 능력은 화물창 내 10~11단적, 갑판 6~7단 28열로서 기존 대형선인 6,000TEU급 선박과 비교할 때 갑판 적재 열이 11열 증가한 것이 특징이다.

<표 II-5> 컨테이너선의 규모별 적재중량

구분	화물창 적재 단수	갑판 적재 단수	갑판 적재 열
2,000TEU	7	4	13
3,000TEU	7/8	4/5	13
4,000TEU	8/9	5/6	13
5,000TEU	9	5/6	16
6,000TEU	9	5/6/7/	17
8,000TEU	9/10	5/6	18
15,000TEU	10/11	6/7	28

자료 : Payer, H(1999), Feasibility and Practical Implications of Container Ships of 8,000TEU and Beyond, Terminal Operation Conference & Exhibition, Genoa
 McLellan, R. G(1997), Bigger Vessels; How Big is too Big, Maritime Policy Management, Vol.24, No.2, pp.193-211.

2.2 항만 개발

1) 터미널 대형화

항만의 경우 초대형선 입항에 따른 시설을 갖추어야 하며 일시에 대량의 컨테이너가 하역되는데 필요한 하역장비의 보강, 운영시스템의 효율성 제고, 넓은 배후부지의 확보, 연계수송시설 확충 등이 요구된다. 이러한 측면에서 Payer(1999)는 'Mega Container Ships'의 최대 장애 요인으로서 엔진 최대 출력 외에 터미널 하역시스템, 항만 인프라, 항만 수심 등을 들었다. 이러한 제약 요인들 가운데 최근 신항만 개발과 함께 대두되는 주요 관심사는 안벽 수심이다. 안벽 수심은 준설을 통하여 증심이 가능한 측면도 있으나 그 정도에 한계가 있고 초대형선을 수용하는 문제는 최대 제약 요인을 꼽히기도 한다.

현재 로테르담항을 제외한 전 세계 주요항만의 최대 수심은 15m이며, 부산신항만 등 일부 터미널의 경우 16m로 개발되고 있다. 8,000TEU급 선박의 설계 흘수가 14m 정도인 점을 감안하면 부산, 광양, 고베, 카오슝, 싱가포르, 홍콩 등의 아시아 주요 항만과 함부르크, 안트워프, 필릭스토우 등 유럽의 주요 항만들은 8,000TEU급 선박을 수용할 수 있다.

그러나 10,000TEU급 이상의 선박을 고려할 때 흘수 21m에 달하는 Malacca-max급 선박을 수용할 수 있는 로테르담 항을 제외한 그 외의 항만들은 심각한 수심 제약 문제에 직면하게 될 것이다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 세계 주요 항만들은 최대 19m까지의 수심을 확보하기 위한 항만개발 사업을 추진 중에 있다.

동시에 초대형선이 전세계 3~4개국 정도의 항만에 기항할 것이라는 시나리오에 바탕하여 5,000TEU 이상의 대규모 화물을 기존 주력 선대인 6,000TEU급 선박과 동일한 재항시간(24시간) 내에 하역할 수 있는 하역시스템 개발이 추진되고 있다.

<표 II-6> 세계 주요 항만의 컨테이너부두 수심확보 계획

지역	국가	항만	수심계획	비고
아시아	한국	Busan	15m	신항만 16m 추진중
		Gwangyang	15m	3단계부터 17m 예정
	중국	Shanghai	15m	건설 중
		Fozhou	14m	-
	일본	Kobe	15~16m	4선석 개장
		Naha	15~16m	구상 중
		Yokohama	15m	-
	필리핀	Subic	12.8m	추진 중
	예멘	Aden	16m	-
	오만	Shalalaha	16m	-
	싱가포르	Singapore	15~16m	Pasir Panjang
	홍콩	HIT	15m	-
	대만	Kaohsiyng	15m	자연수심
		Keelung	30~50m	자연수심
말레이시아	Tanjung Pelepas	18m	구상 중	
스리랑카	Colombo	15~16m	항로 및 선회장	
유럽	네덜란드	Rotterdam	16.65m/19m	1단계/2단계
	영국	Thamesport	15.5m	-
	프랑스	Dunkirk	14.5m/16.5m	-
	스페인	Algeciras	16m	Muelle Del Navio
		Valencia	16m	TCB
	벨기에	Antwerp	16m	-
	독일	Wilhemshaven	18.5m	-
	이탈리아	Genoa	16m	-
포르투갈	Sines	17m	-	
미주	미국	Los Angeles	16.5m	-
		NY/NJ	15m	항로준설
		Oakland	15m	-
		Long beach	16.8m	-
		Seattle	15.2m	-
	캐나다	Halifax	16m	예정

자료 : 한국해양수산개발원(2002), 초대형 컨테이너선 운항에 대비한 차세대 항만 하역 시스템 기술 개발전략 연구

한국해양수산개발원(2002), 컨테이너 대형화의 경제적 효과 분석

2) 터미널 자동화

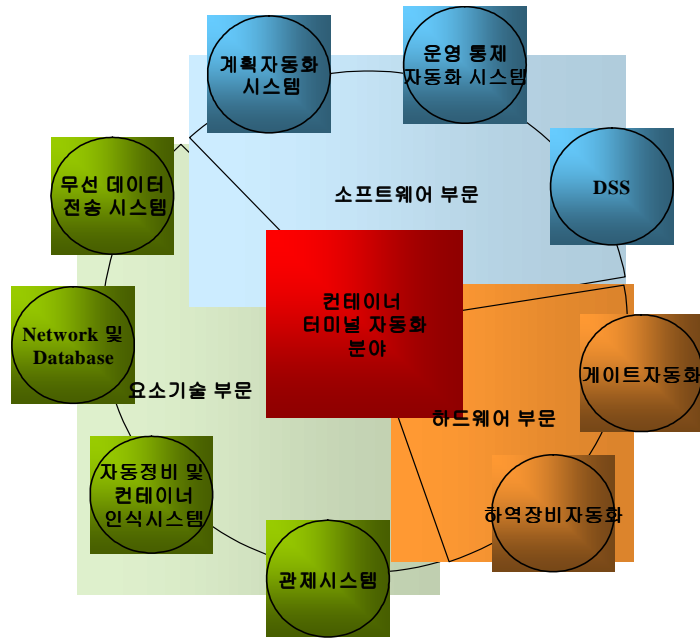
최근 기술의 진전, 선박의 대형화 및 고속화, 기존 터미널의 한계 등으로 인하여 자동화 터미널에 대한 관심이 높아지고 있다. 선박의 대형화 추세 속에서 6,000TEU급 선박이 주요 항만에 취항하고 있고, 8,000TEU급 선박의 등장이 예상됨에 따라 주요 항만국들을 중심으로 신항만 건설이 적극 추진되고 있다. 또한 네덜란드 등 항만 자동화 기술 선진국에서는 이미 미래형 터미널에 대비한 종합적인 계획을 수립하고 체계적인 기술 개발에 나서고 있다.

(1) 자동화 터미널 개념

일반적으로 컨테이너 터미널의 자동화는 하역 장비의 무인화 측면에서 고려하게 되는데 좀 더 구체적으로 고찰하기 위해서는 계획시스템(Planning Systems) 자동화, 운영통제시스템(Operating and Monitoring Systems) 자동화, 하역장비(Handling Systems) 자동화 등으로 구분해서 고려해야 한다. 이러한 분류는 터미널의 운영을 기준으로 한 것이다. 하역장비의 자동화는 운영통제시스템의 자동화가 선행되는 것을 조건으로 하기 때문에 하드웨어 자동화와 소프트웨어 자동화는 밀접하게 관련되어 있으며, 우선 순위를 둔다면 소프트웨어 측면의 자동화가 선결되어야 한다.

컨테이너 터미널 자동화 분야는 요소 기술 부문, 소프트웨어 부문 그리고 하드웨어 부문으로 나누어서 살펴볼 수 있다. 요소기술 부문은 자동화의 근간이 되는 기술로서 주요 내용은 무선 데이터 전송 시스템, Network 및 Database, 자동장비 및 컨테이너 인식시스템, 관제(Monitoring) 시스템 등으로 구성된다.

소프트웨어 부문은 계획자동화 시스템, 운영 통제 자동화 시스템, 터미널 계획 및 운영 평가 시뮬레이션 모형(DSS) 등으로 구분할 수 있다. 하드웨어 부문은 게이트 자동화, 컨테이너크레인, 야드 크레인, 야드 트랙터 등 하역 장비 자동화 등으로 구성된다.



<그림 II-2> 컨테이너터미널 자동화 범위

이들 각 부문은 상호 밀접하게 관련되어 있으며, 자동화 부문의 각 기능과 관련 핵심 기술 그리고 목적 등은 <표 II-7>과 같이 정리할 수 있다.

<표 II-7> 컨테이너 터미널 자동화 분야 및 특성

구분	주요 모듈	요소기술	주목적	시스템간 연관성
계획시스템 자동화	-선석배정 -Ship Planning -Yard Planning	-최적화 모형 -인공지능기법	-시간단축 -장치장, 장비 이용률 극대화	-독립적
운영통제 시스템자동화	-Gate 통제시스템 -장치장 통제시스템 -장비 통제시스템	-인식기술 -최적화 모형 -인공지능기법	-장치장, 장비 이용률 극대화 -생산성 향상	-독립적 -계획자동화와 연계시 효율 극대화
장비자동화	-게이트 자동화 -크레인, 트래커 무인화	-인식기술 -컨트롤 기술	-시간단축 -인력 절감	-독립적 -대규모 터미널의 경우 계획, 운영시스템과 연계 필요

자료 : 최장림 외(1999)

컨테이너 터미널의 자동화 시스템은 터미널 운영을 중심으로 할 때 유인자동화 시스템과 무인자동화 시스템으로 대별 할 수 있다. 유인자동화 시스템은 소프트웨어 부분의 자동화로서 운영의 효율을 극대화하는 것이 목적이며, 무인자동화는 하역장비의 무인화에 초점을 둔 무인화가 궁극적인 목적이 된다<표 II-8>.

<표 II-8> 자동화 시스템 형태

구분	유인자동화 시스템	무인자동화 시스템
주목적	-운영 효율성 추구	-무인화 추구
형 태	-계획자동화 + 재래운영시스템 + 유인 장비 -계획자동화 + 운영자동화 + 유인 장비	-계획자동화 + 운영자동화 + 장비무인화 -운영자동화 + 장비무인화

자료 : 최장림 외(1999)

(2) 해외 자동화 터미널 및 기술 개발 현황

가. ECT AGV/ASC 시스템

① 시스템 현황

현재 가동되는 장비 무인화의 유일한 시스템인 ECT 시스템은 AGV(Automated Guided Vehicle), ASC(Automated Stacking Crane), S/C(Straddle Carrier) 등의 기기와 제어시스템인 PCS(Process Control System)로 구성되어 있다. AGV는 Quay Crane 과 ASC사이에서 컨테이너를 운반하는 데 쓰이며 주로 20", 40", 45" 규격의 컨테이너를 운반한다. 무선통신을 통해 AGV는 PCS에 실제 위치를 보고하고, PCS는 어느 AGV에 작업 지시를 내릴 것인가를 결정하여 통보하며, AGV는 PCS로부터 명령을 받은 후 컨테이너 처리장 내의 지정경로를 따라 이동한다. 자체 Navigation 시스템을 통하여 위치와 방향을 점검하고, 속도를

조정할 수 있으며, 엔진 가열온도, 연료 수준 등을 모니터한다.

ASC는 무인 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)로써 일반적으로 표준 규격의 컨테이너만을 적재하는 것을 원칙으로 하며, oversized container의 경우 overheight spreader가 장착된 유인 크레인인 ASC-M이 분리된 lane에서 이를 적재한다. ASC에 있어서 PCS의 역할은 장치장계획이 수립된 후 ASC에게 각 컨테이너 적재장소를 지시하는 것이다. 육측과 해측 사이에서 컨테이너를 교환해야 하는 경우에도 적절한 교환장소를 PCS가 지시한다.

AGV는 터미널 내에서 고정된 레인을 따라 이동하는 것을 원칙으로 하며, Quay Crane인 아래에 6개의 AGV 레인이 설치되고, 장치장내에는 안벽과 평행하게 수개의 레인이 설치된다. 장치장내의 각 레인은 서로 독립적으로 운영되며, 특정 안벽 크레인에 여러 개의 컨테이너가 할당될 때 AGV 도착 순서를 레인에서 조정한다. 즉, 레인 운영방식은 임의지정방식이 아닌 고정지정방식을 채택하고 있다. 이는 운영에 있어서 유연성이 떨어지는 면이 있으나 통제가 용이한 장점이 있다.

터미널 자동화에 있어서 중요한 기능을 담당하는 운영정보시스템의 주요 모듈은 장치장 및 안벽에서 이루어지는 제반 작업을 담당하는 Marine Terminal 정보시스템이며, 통신 및 지시사항 전달, 선석배정계획, 본선적부계획(Ship Planning), 터미널 운영과 관련된 제반 작업의 계획(PAS), 유인 및 무인장비 통제(PCS), 운영전반의 모니터 등의 기능을 수행한다.

이들 가운데 주요 기능은 PAS(Planning & Administration System)와 PCS(Process Control System)이다. PAS는 사전에 수립되는 작업계획을 수행하며, PCS는 실제 작업 상황에서 세부적인 작업 지시를 내리는 기능을 수행한다.

② 한계

ECT 시스템은 현재 터미널에서 운영 중인 유일한 자동화 시스템이지만 몇 가지 한계를 내포하고 있다. 첫째, 현재 평균인 약 1.5단적의 낮은 적재율로 인하여 장치장 생산성이 낮고, 고투자 등의 한계를 안고 있다. 둘째, AGV의 주행 속도가 트랙터 트레일러에 비하여 느리며, AGV간

20m 이상의 거리를 유지해야 한다. 셋째, 운영통제상의 문제로서 현재 통제 가능한 터미널 규모는 안벽길이 기준 1,000m 내외 정도인 것으로 평가된다. 넷째, 경제성의 문제로서 기존의 재래 시스템에 비하여 초기 투자비가 지나치게 높아 일반화에 한계가 있다. 마지막으로 Quay Crane은 유인으로 운영되고 있어서 부분적인 무인 시스템이라는 한계를 안고 있다.

이러한 제반 한계를 극복하기 위하여 이어서 설명할 FAMAS 프로젝트가 수행중에 있다.

나. FAMAS(First, All Modes, All Sizes)

① 사업 개요(Mascini, 1997)

1996년 네덜란드의 The Centre of Transport Technology에 의하여 모든 크기, 모든 수단을 동일한 서비스 수준으로 처리할 수 있는 차세대 컨테이너 터미널을 개발하는 것을 목적으로 FAMAS Programme이 제의되었다. 선박의 대형화 추세를 감안하여 최대 10,000TEU급 선박을 포함하며, ECT, Siemens Netherlands, Nelcon, Cap Germini 등이 콘소시움을 구성하여 1997년 5월에 시작되었다.

본 프로젝트는 ECT에서 입증된 기술을 시작점으로 하는데 New Terminal Control(NewCon), Jumbo Container Crane(JCC), Automated Guided Vehicles(AGV) 등과 같은 세부 프로젝트로 구성되며, 각 프로젝트를 통하여 Anti-Sway 및 Anti-Skew 컨트롤러, 장치장 계획 알고리즘, AGV 컨트롤, 터미널 정보시스템 등의 기술 개발 및 기술 향상이 이루어진다.

FAMAS 터미널 새로운 기술보다 입증된 기술 수준을 향상시키는 것을 목적으로 하며, 이송 및 장치작업 자동화에 초점을 맞추어 ECT 터미널에 적용된 기술을 개선하는 것이 핵심과제이다. 초대형 선박(Jumbo Vessel), 기존 선박(Standard Vessel), 철도, 바지, 트럭 등의 수단을 대상으로 신속한 환적이 이루어질 수 있는 새로운 개념의 환적 터미널을 개발하며, Junbo Service Center를 우선적으로 개발하는 것을 목표로 한다.

② Jumbo Service Centre

본 과제는 장래의 Jumbo Vessel을 24시간 내에 하역 작업을 마칠 수 있는 터미널로 개발하는 것이다. 대륙마다 2~3개의 기항지를 가질 것으로 예상되는 8,000TEU급 선박이 등장하면 현재 4,000TEU급 선박 기준 평균 시간당 하역량인 120~150moves로는 짐보 선박의 수요를 처리할 수 없기 때문에 안벽 크레인뿐 아니라 터미널 전체 하역시스템을 높은 생산성을 달성할 수 있도록 개선하는 것이다.

이를 위하여 High Quay와 Low Quay 등 두 가지 안이 검토되었다. High Quay의 특징은 안벽 크레인과 장치장 크레인이 버퍼 공간에 해당하는 Crafe로 인하여 완전히 독립적으로 운영된다는 것이다. 따라서 장치장에서의 문제로 인한 지연이 전체 사이클 타임에 전혀 영향을 미치지 않는 특징이 있다. High quay에 배치되는 Crane Feeding System은 안벽 크레인의 한 시간 작업량에 해당하는 컨테이너를 일시 장치할 수 있는 장치공간을 확보하게 된다. 초기 연구에서 장치 Layout, 장치장 장비, 장치장과 안벽 크레인 사이의 이송 방법 등에 대한 검토가 있었으며, 이송 장비의 경우 Rail or Rubber Mounted AGV가 될 것으로 예상된다.

<표 II-9> High Quay 특성

구분	High Quay	Low Quay
특성	<ul style="list-style-type: none"> -안벽 높이를 짐보 선박의 Deck 높이에 해당하는 해면 20m로 설계 -High Quay 상에 1시간 작업량을 장치할 수 있는 공간 확보 -AGV를 이용하여 안벽 크레인에 컨테이너 이송 -Crane Feeding System 설치 	<ul style="list-style-type: none"> -시간당 300박스를 달성 할 수 있도록 기존 터미널 개선 -기존 크레인 개선 -이송 및 장치작업의 개선
장점	<ul style="list-style-type: none"> -크레인 자체가 가볍고 소형 -스프레더의 사이클 타임을 단축하며, Positioning과 Handling이 용이 -안벽 아래 부분의 공간을 작업장, 사무실, 주차공간 등으로 사용 	-

다. HHLA

HHLA(Hamburger Hafen and Lagerhaus AG)는 독일에서 가장 큰 컨테이너 터미널 운영사이며, 함부르크에 Burchardkai(Straddle Carrier 방식), Tollerort(Straddle Carrier 방식), Unikai(RTG 방식) 등 3개의 터미널을 운영하고 있다. 그 동안 자동화를 단계적으로 추진하여 왔으며, 현재 2001년 10월까지 1단계 완료를 목표로 연간 처리량 120만TEU에 달하는 자동화 터미널을 건설 중에 있다. 목표는 첫째, 생산성 향상(안벽 생산성 150van/hr), 둘째, 운영비 절감, 셋째, 인건비 최소화, 넷째, 장비 활용율 극대화, 다섯째, 입증된 기술 도입 등이다.

<표 II-10> DRMGC 시스템 사양

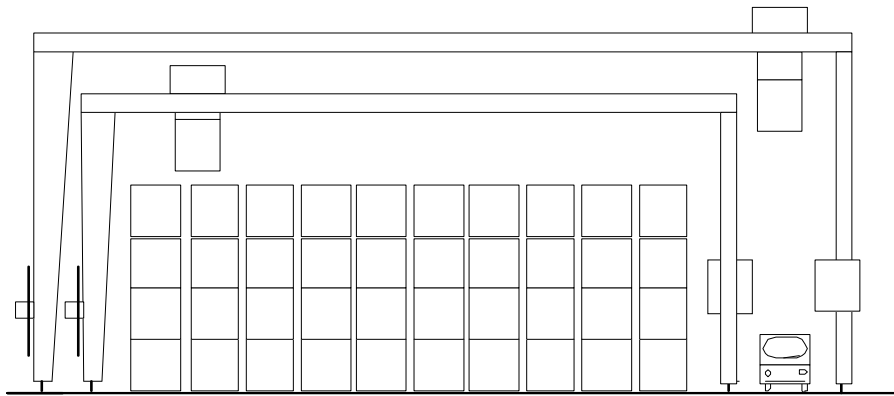
구분	주요 특성
안벽	-길이 1,400m, 14 Q/C(22열), Double Trolley, Double Hoist -Shipside Trolley 반자동, Landside Trolley 완전자동 -Elevated Platform -생산성 45 box/hr
AGV System	-55 to 60 AGV -최대 속도 4~5 m/s -Transponder와 Dead Reckoning 방식 -Positioning 정확도 20 mm -생산성 10 box/hr
장치장	-능력 30,000TEU(19 blocks, 37 stacks, 10 wide, 4 high) -안벽에 수직 배치 -블록당 2RMGC 배치
RMG	-블록당 무인 대형 RMGC와 소형 RMGC 각 1기씩 배치 -겐트리 크레인 속도 3.5m/sec (210m/min.) -육상 측 작업은 원격조정으로 수행 -생산성 20 bx/hr

자료 : HHLA 내부 자료 정리

자동화 대안으로서 기존 터미널 운영과 유사하게 스트레들 캐리어를 중심으로 하는 VCT(Van Carrier Terminal), 무인 스트레들 캐리어를 이용하는 ASC(Automatic Straddle Carrier), CTRMGC(Cantilever Rail

Mounted Gantry Crane), 무인 RMGC와 AGV를 중심으로 하는 DRMGC (Doppel Rail Mounted Gantry Crane), 무인 브리지 크레인과 AGV를 중심으로하는 OHBC(Overhead Bridge Cranes) 등이 검토되었다. 장단점을 검토한 결과 무인 RMGC와 AGV를 이용하는 DRMGC시스템이 가장 경제적이며, 입증된 기술로 평가되었다.

특히, 장치장을 안벽에 수직 방향으로 배치 할 때 문제가 되는 RMGC의 생산성 저하 문제를 해결하기 위하여 블록 당 대형 RMGC와 그 아래로 통과할 수 있는 소형 RMGC를 각각 1기씩 배치한 것이 특징이다. 현재 결정된 설계 사양은 다음과 같다.



<그림 II-3> 대형 및 소형 RMGC 배치도

3) 신 터미널 유형 도입¹⁾

최근 새로운 개념의 터미널 형태가 등장하면서 선박 대형화에 대비한 고생산성 터미널로 관심이 모아지고 있다. 대표적인 터미널 유형으로는 Ship-in-Slip으로 불리는 독크형 부두를 들 수 있다. 네덜란드 암스테르담에 위치한 Ceres Paragon Terminal에서 유일하게 도입·운영하고 있으며, 독크 내에 접안한 선박의 양측에서 동시에 하역 작업이 가능하다는 장점이 있다.

1) 유명중, 남기찬, 송용석(2003)의 해당 내용 발췌 재정리



<그림 II-4> Ceres Paragon Terminal

유명종 외(2003)는 기존의 일반적인 형태로 개발된 부산 신항만, 외국 항만 중 자동화 터미널인 ECT 그리고 도크형 안벽시스템으로 운영되고 있는 Ceres Paragon Terminal 등 세가지 유형의 터미널에 대하여 생산성을 분석하였으며, 각 유형의 터미널에 소요되는 운영비, 인건비, 건설비 등 비용적인 부분을 검토하여 유형별 적합성을 평가하였다. 그 결과 각 유형은 장점과 단점을 내포하고 있으며, 그 적합성은 특정 항만이 입지한 국가 및 지역의 사회, 경제, 문화적 환경과 결부되는 것으로 나타났다.

예컨대, 국내 컨테이너 터미널의 특성 중 하나는 터미널 총 비용에서 인건비가 차지하는 비율이 30%대 이하로서 외국 터미널의 60%대 이상에 비하여 현저히 낮기 때문에 국내의 경우 외국 항만과 달리 터미널 개발 및 운영의 주 목표가 인건비 절감이 될 수 없다. 즉, 인건비 절감을 주 목표로 하는 무인 자동화 터미널이 국내 실정에서는 적합하지 않다고 할 수 있다. ECT 무인 터미널의 경우 인건비의 비중이 터미널 총 비용

항목 가운데서 가장 높고 숙련된 인력을 확보하기가 상대적으로 어려운 여건이기 때문에 무인 터미널 유형이 적합할 수도 있다. 또한, 항만 물류 산업 부문이 국가의 핵심 전략산업이기 때문에 인접한 엔트워프, 브레멘, 함브르크 등의 항만과 차별화를 도모하는 것이 전략적으로 필요하다고 할 수 있을 것이다.

Ceres Parago Terminal(도크식 터미널) 역시 선박당 최대 9기의 컨테이너 크레인을 할당할 수 있는데 할당 장비 수가 증가할수록 인건비의 비중이 높아지기 때문에 유럽과 같이 인건비의 비중이 높은 지역에서는 부적합하다고 할 수 있다.

총 비용, 생산성, 작업인력 규모 등에서 가장 우수한 터미널 유형의 해당 값을 1로 하고, 각 터미널의 상대적인 값을 도출하면 <Table II-11>과 같이 ECT 무인터미널의 경우 인력 절감, 도크식 터미널의 경우 차별화 필요성 등으로 뚜렷하게 대비되는 것을 알 수 있다. 여기서 차별화 필요성은 인근에 이미 경쟁력을 확보한 주요항이 존재하는 경우와 최근 개장한 후발 항만의 경우 각각 1점을 부여하는 것으로 가정하였다.

국내의 경우 터미널 비용 구성 측면에서 볼 때 인건비의 비중이 상대적으로 낮은 대신 터미널 사용료 수준이 외국 터미널에 비하여 월등히 높다. 이는 곧 하역 장비 등 상부 구조물에 대한 투자의 여지가 적으며, 인력 절감을 주요 목표로 삼을 필요성이 낮음을 의미한다. 즉, 현재의 여건을 기준으로 할 때 무인자동화보다는 유인자동화가 타당하다고 할 수 있다.

<표 II-11> Total Estimation for Suitability by Terminal Types

구 분	총비용	생산성	작업인력	차별화 필요성 ¹⁾
재래 터미널	1.00	1.88	2.36	0
무인 터미널	1.17	1.64	1.00	1
도크식 터미널	1.35	1.00	1.80	2

주 : 1) 차별화 필요성은 인접 주요항 여부, 후발 항만에 각 1점 부여

터미널의 생산성 측면에서 볼 때 아직까지 주요 선대를 구성하고 있는 선박은 5,000TEU~6,000TEU급이며, 부산항의 경우 평균 적·양하 컨테이너 수가 약 2,000TEU에 달하는 수준이기 때문에 시간당 컨테이너 300

개를 하역할 수 있는 도크식 터미널의 도입은 시급하지 않다고 할 수 있다.

이러한 점을 종합할 때 터미널 유형 선정은 터미널 수명 주기, 운영 기술 수준, 노무 공급 관계, 터미널 운영 목표 등의 측면에서 고찰할 수 있다.

선박 규모가 포스트 파나막스급을 넘어서 초대형 컨테이너 선박 (10,000TEU~15,000TEU)이 등장할 경우 도크식 터미널과 같이 선박 양현에서 하역 작업을 수행할 수 있는 유형이 적합할 것이다. 이 경우 터미널 운영의 주 목표는 초대형 선박의 체항 시간을 기존 포스트 파나막스급 수준으로 낮추는 것이 될 것이다.

2.3 하역 장비

1) 장비 대형화

컨테이너선의 대형화로 인한 규모의 이익을 실현하기 위해서는 항만의 하역생산성을 향상시켜 하역시간을 단축시켜야 하고, 이를 위해서는 안벽크레인의 하역 능력을 향상시키고 장비를 추가 도입하는 것이 필요하다. 현재 운항중인 선폭 35m 전후의 3,000TEU급 컨테이너선은 13열, 선폭 40m 전후의 5,000TEU급은 14열을 각각 수용할 수 있는 컨테이너 크레인을 필요로 한다. 그러나, 선폭 60m 이상인 대형 컨테이너선이 기항하는 터미널의 경우에는 선폭과 갑판에 적재된 컨테이너의 열수를 고려하여 원활한 양·적하 작업이 가능하도록 대형 컨테이너 크레인을 설치하여야 한다.

<표 II-12> 컨테이너 크레인의 제원

크레인 기종	Outreach(m)	처리가능 열수(row)
Standard Panamax	36~44	14~16
Post Panamax	44~48	16~18
Super Panamax	50~52	18~20
Ultra Post Panamax	54~56	20~22

자료 : 한국해양수산개발원(2002), 초대형 컨테이너선 운항에 대비한 차세대 항만 하역 시스템 기술 개발전략 연구

선박 대형화를 주도하고 있는 6,000TEU~8,000TEU급 이상 선박의 선폭 및 이에 따른 갑판 적재 열수는 <표 II-13>과 같다. 부산 신항만 등 세계 주요 항만들은 현재 12,000TEU급 선박을 수용할 수 있는 규모인 갑판적 컨테이너 22~24열을 기준으로 하여 컨테이너 크레인을 발주하고 있다.

<표 II-13> 6,000TEU급 이상 선박의 On-Deck 적재 열수

선박규모(TEU)	선폭(m)	갑판 적재 열수(row)	비고
6,000~7,600	42.8	17	운항 중
8,000~9,100	45.3~45.6	18	운항 중
12,000	50.0	19	Suez-Max
12,000	57.0	22~23	기술적 설계완료
15,000	69.0	28	American Shipper

자료 : 삼성중공업 내부자료(2001), 한국해양수산개발원(2002), 초대형 컨테이너선 운항에 대비한 차세대 항만 하역 시스템 기술개발전략 연구에서 재인용

2003년 Cargo Systems가 컨테이너 크레인 시장에 대하여 실시한 조사에 따르면 해측 도달거리(Out-Reach)가 60m 이상인 컨테이너 크레인이 전체 발주량의 39%를 차지하는 것으로 나타났다. 2002년에는 해측 도달거리가 60m 이상인 컨테이너 크레인 100기가 발주되었고, 2003년에 발주된 가장 큰 컨테이너 크레인은 로테르담 항만에서 Kalmar에 주문한 해측 도달거리 70m의 컨테이너 크레인이다. ZPMC에서 공급하기로 한 컨테이너 크레인 중에는 스페인과 로테르담에서 발주한 해측 도달거리 70m의 컨테이너 크레인 3기도 포함되어 있으며, 이는 현재 설계 검토 단계에 있는 15,000TEU급 선박의 예상 선적 69m를 초과하는 규모이다.

향후 10,000TEU급 이상 초대형 컨테이너선이 기항하기 위해서는 선박의 선폭 증가에 따른 충분한 Outreach를 가진 하역장비가 설치되고, 요구되는 체항시간을 맞출 수 있는 하역 생산성이 요구된다. 따라서 안벽에서의 하역 생산성 증가와 더불어 이송장비 및 장치장에서의 장치장비 등에 대한 작업 생산성도 향상되어야 하기 때문에 고성능의 대형 하역 장비에 대한 수요가 증가할 것으로 예상할 수 있다.

<표 II-14> 2003년 발주 중인 안벽크레인 현황

구 분	발주수량 (기)	최대 하역능력 (톤)	최대해측 도달거리 (Outreach)	최대육측 도달거리 (Backreach)	최대 권상속도 (m/min)	최대 횡행속도 (m/min)	인도년 (수량)
Doosan Heavy Industry	8	51	61	20	75/150 60/170	210	2003
Fantuzzi Reggiane	25	-	-	-	-	-	-
Hyundai	17	65	63	24.38	70/150 53/170	240	2003(11) 2003(6)
IMPESA Port Systems	8	65	51	18.3	70/160	210	2003(6) 2004(2)
Kalmar BV	5	70	70	20	-/180	220	2003
Konecranes	9	65	51	19	75/150	210	2003
Liebherr	11	65	51	17.5	70/175	240	2003(10) 2004(1)
Mitsui Eng. & Ship'ldg	13	41	59.1	15	72/150	210	2003
Mitsubishi Heavy Industries	9	50.8	55	15.24	75/150	210	2003
Noell Cranes Systems	19	61	62.5	20	90/180	244	2003(10) 2004(9)
Paceco Espana	5	61	58.5	14	90/180	215	2003
SPMP	23	70	70	18	90/220	240	2003
ZPMC	67	65	65	-	90/180	244	2003
Total	219	70	70	24.38	90/220	244	-

자료 : Cargo Systems(2003, 3)

2) 신기술 적용

컨테이너 하역 장비와 관련된 신기술 적용은 이송 장비인 무인반송차 (AGV)의 운영을 들 수 있다. 즉, 기존 트랙터-트레일러 시스템을 자동화 기술을 접목하여 무인으로 운영하는 것으로서 현재, 네덜란드의 ECT, 독일 함브르크 CTA터미널에서 도입하여 운영 중에 있다.

안벽 크레인 부문에서는 모터 속도를 향상시킨 고성능 크레인과 20피

트 컨테이너 여러개를 동시에 취급할 수 있는 크레인 등을 들 수 있다. 전자의 경우 안벽크레인의 성능 면에서 컨테이너 적재시 70~90m/min, 비적재시 150~180m/min의 권상속도(Hoist Speed)를 가지는 것이 일반적이지만, 중국의 천진에서 발주 중인 안벽크레인은 적재시 90m/min, 비적재시 220m/min이다. 이러한 권상 속도의 향상은 결국 크레인 생산성 향상으로 연결되기 때문에 고성능에 대한 요구는 지속될 전망이다.

한편, 후자의 경우 20피트 컨테이너 두 개를 동시에 취급하는 크레인이 주요 항만에 도입된 점을 들 수 있다. 부산 신항만 역시 이러한 크레인을 도입하였다. 두바이항의 경우 한 단계 진전된 크레인으로서 20피트 컨테이너 4개를 동시에 취급할 수 있는 크레인을 도입한 것으로 전해지고 있다(www.dpa.co.ae).

안벽 크레인의 또 다른 신기술 적용 예는 Dual Trolleys System을 들 수 있다. 이것은 현재 대부분의 터미널에서 단일 작업 단계로 이루어지고 있는 선박 적·양하 작업을 두 단계로 나누어서 각각 독립 운행되는 두 개의 Trolleys를 운영하는 방식이다. 즉, 선박 작업과 육상 작업을 분리함으로써 전체 작업 사이클 시간을 단축하여 안벽 생산성을 높이는 방안이다. 향후 선박 대형화가 빠르게 진전될 것으로 예상되기 때문에 Dual Trolleys System이 하나의 대안으로 확산될 것으로 예상된다.

2.4 항만 및 선사의 변화

1) 기항지 축소 전략

컨테이너 정기 선사들은 초대형선의 운영에 따른 막대한 초기 자본과 설비의 부담으로 인하여 단위당 수송원가 절감 방안으로서 선박의 회전율을 높이기 위하여 고심하고 있다. 또한, 대형선은 항만에서의 체류시간이 길기 때문에 기존서비스 루트의 항만수를 축소하지 않으면 적정시간 내에 수송서비스를 제공하기가 어렵다.

현재 6,000TEU급 선박이 세계경제규모의 80% 이상인 북미·아시아·유럽항로상에 기항하는 항만은 10개 미만이다. 결국, 선사의 기항지 축소 전략에 따른 중심항만과 지선항만의 양극화로 대형 항만간 중심항이 되기 위한 경쟁이 치열해 지고 있다.

<표 II-15> 향후 선박대형화로 인한 서비스 변화전망

구 분	응답비율(%)
현재보다 적은 수의 기항	77
현재보다 더 많은 수의 직기항	0
의견 없음	23

자료: 전일수(1999), 컨테이너 선박의 대형화와 항만의 대응방향, 『港灣』, 가을호

2) 컨테이너선사의 전용터미널 확보

오늘날 국제 해운시장에서는 각 선사의 서비스 향상 및 비용절감을 위한 방안으로서 항만 물류부문의 경쟁력 확보가 최우선 요소로 등장하였다. 이에 따라 현대상선은 미국 롱비치항 전용 컨테이너터미널인 California United Terminal(CUT)을 자영 터미널로 확보하고, 국내·국외에 15개 정도의 전용터미널을 추가 확보한다는 중장기 계획을 수립한 상태이다. 한진해운의 경우 전용 컨테이너터미널 확보 작업을 지속적으로

로 추진하여 2005년까지는 36개의 국내·국외 전용 컨테이너터미널을 개장시켜 글로벌 서비스 망에 상응하는 물류지원체제를 구축하였고, 최근 부산 신항에도 전용터미널을 개발하는 협약을 체결하였다.

<표 II-16> 세계 주요선사의 전용 컨테이너터미널 현황

선사	컨테이너 터미널
APL	Los Angeles, Kobe, Seattle, Oakland, Kaohsiung
COSCO	Naples, Kobe, Shanghai
EVERGREEN	Kaohsiung, Coco Solo-Colon, Vung, Tau-Vietnam, Laem Chabang, Taranto, Los Angeles
HANJIN	Long Beach, Pusan, Kwangyang, New York, Osaka, Tokyo, Kaohsiung
HMM	Yokohama, Tacoma, Tokyo, Pusan, Kwangyang, Kaohsiungs
K-LINE	Osaka, Yokohama, Kaohsiung
MAERSK	Rotterdam, Long Beach, New York, New Jersey, Yokohama, Yantian, Leam Chabang, Montevideo, Mina Raysut, Oman, Oakland, Algeciras, Kobe
MOL	Osaka, Yokohama
NOL	Osaka, Yokohama, Tokyo
NYK	Kaohsiung, Yokohama
P&O	Rotterdam, Kobe
SEA-LAND	Naha, Japan, Rio Haina, Dom. Rep, Honolulu, Algeciras, Kaohsiung, Hong Kong, Rotterdam, Kobe

자료 : Hugh O'Mahony(1998), Opportunities for Container Ports, Cargo System

3) 선사간 전략적 제휴 확대

해상운송에서 컨테이너화가 확산된 이후 선사간 다양한 형태의 제휴가 이루어져 왔으며, 공동운항 등의 비교적 단순한 형태의 제휴관계에서 해상운송 이외에 터미널, 장비, 내륙운송, 지원업무, 영업, 마케팅 등으로 그 범위를 점차 확대하였다.

구체적인 글로벌 제휴는 1995년 APL, MOL 및 Nedlloyd사가 글로벌 얼라이언스 그룹을 결정하고, MISC사가 일부 항로에 참여함으로써 세계 정기선 해운시장에서 처음 시작되었다. 1996년에는 Hapag-Lloyd, NOL

및 NYK사가 그랜드얼라이언스를 결성하고 OOCL사가 글로벌얼라이언스 그룹에 참여하였고, Maersk사와 Sea-Land사는 주요 항로서비스에서 다양하게 실시하던 단순한 제휴관계를 통합하여 글로벌제휴관계로 확대 개편하였다.

더 나아가 1996년 하반기에 주요 선사들은, 전략적 제휴체제에 의하여 해결할 수 없는 경영비용 절감의 방안으로 경쟁 또는 협력선사와의 인수와 합병(M&A : Merger and Acquisition)을 추진하기 시작하였다.

1998년 의무존속기간이 만료되어 기존 글로벌제휴그룹의 재편과 새로운 그룹의 형성으로 뉴월드얼라이언스, 그랜드얼라이언스 및 유나이티드얼라이언스 등 3개의 글로벌제휴그룹과 Maersk-Sealand 및 Evergreen 등과 같은 초거대선사, COSCO, K-LINE, Yangming간 공동운항서비스에 의한 글로벌서비스체제가 유지되었다.

2000년 이후엔 주요 선사들이 기존의 글로벌제휴관계를 유지하면서도 제휴그룹 외 타선사와 전략적 제휴관계를 지속적으로 확대하고 있다. 이러한 공동 운영 형태는 관련 선사 모두에게 유리한 Win-Win 형태의 제휴이기 때문에 상호 이해 관계가 맞물리는 범위 내에서는 지속적으로 확대될 전망이다. 특히, 선박 대형화 추세 속에서 특정 선사가 독립적으로 화물을 유치하기가 어렵기 때문에 전략적 제휴 관계는 선박 대형화와 비례하여 진전될 것으로 예상된다.

또한, 해운기업들이 종합물류기업으로 변신하는 추세 속에서 2006년 들어서 이종 운송업체간의 전략적 제휴가 확대되는 조짐을 보이고 있다. 일본의 거대 물류기업인 NYK 그룹과 야마토 홀딩스가 양사의 자본과 사업을 포괄하는 전략적 제휴에 합의했다고 최근 NYK그룹이 밝혔다(해운신문 인터넷 판, '06. 5. 15). 이번 전략적 제휴의 목적은 고객에게 더욱 다양하고 융통성 있는 서비스를 제공하고, 증가하고 있는 국제물류 서비스에 대해 효과적으로 대처하기 위한 것으로 전해졌다. 이와 관련해 양사는 향후 해상과 육상, 항공화물 운송사업에서의 협력을 강화하여 공동발전을 모색하기로 했으며, 우선적으로 일본 수출·입 화물에 대한 국제물류서비스, 중국시장에 대한 물류 전자상거래 서비스, IC Tag를 활용한 운송장비 임대 및 관리 서비스 등에 대한 협력을 강화해 나갈 방침으로 알려졌다.

<표 II-17> 글로벌서비스체제 참여선사 및 그룹 현황

1996년	1997년	1998년	2000년	2001년
글로벌 얼라이언스	글로벌 얼라이언스	뉴월드 얼라이언스	뉴월드 얼라이언스	뉴월드 얼라이언스
*1995년 3월 출범	*1998년 3월 해체	*1998년 3월 출범	*1998년 3월 출범	*1998년 3월 출범
APL, MOL, Nedlloyd, MISC →	APL, MOL, Nedlloyd, MISC, OOCL →	MOL, APL(NOL), 현대상선 →	MOL, APL(NOL), 현대상선 →	MOL, APL(NOL), 현대상선 →
그랜드 얼라이언스 *1996년 1월 출범	그랜드 얼라이언스	新그랜드 얼라이언스	그랜드 얼라이언스	그랜드 얼라이언스
Hapag-Lloyd, NOL, NYK →	Hapag-Lloyd, NYK, P&OCL, NOL →	MISC, OOCL, Hapag-Lloyd, NYK, P&ON →	MISC, NYK, OOCL, Hapag-Lloyd, P&ON →	MISC, NYK, OOCL, Hapag-Lloyd, P&ON →
머스크/시랜드	머스크/시랜드	머스크/시랜드	머스크 시랜드 *1997년 7월 출범	머스크 시랜드 *1997년 7월 출범
Maersk/ Sea-Land →	Maersk/ Sea-Land →	Maersk/ Sea-Land →	Maersk -SeaLand →	Maersk -SeaLand →
		한진/Tricon/UASC *1998년 초 출범	유나이티드얼라이 언스	CHKY
		조양상선, 한진해운, DSR-Senator, UASC →	조양상선, 한진해운, DSR-Senator, UASC →	한진해운, Senator COSCO, K-Line, YML
		COSCO, K-Line, YML	COSCO, K-Line, YML	
		COSCO, K-Line, YML →	COSCO, K-Line, YML →	
		Evergreen, LT	Evergreen, LT	Evergreen, LT
		Evergreen, LT →	Evergreen, LT →	Evergreen, LT

주 : Nedlloyd와 P&OCL은 P&ONL로 합병 이후 P&ON으로 명명. NOL은 APL을 인수, 명칭을 APL로 통일, 1998년 이후 현재 정기선해운시장은 총 6개의 글로벌제휴그룹의 초거대선사에 의해 운영 중

한편, 2005년을 기준으로 세계 정기선해운 글로벌제휴 체제에 참여하고 있는 주요 선사별 선대보유 규모는 거대 선사인 Maersk-Sealand사가 857,470TEU로서 1위를 차지하였다. 20대 선사의 보유 선박척수는 최대

308척에서 최소 37척까지 넓은 분포를 보이고 있다. 20대 선사의 자사선대와 용선 중 자사선대의 비중은 최대 약 80%에서 최소 27%에 달하는 것으로 나타났다.

<표 II-18> 세계 주요 선사별 선대보유 현황

단위 : TEU, 척

순위	선사	자사보유		용선		합 계		자사보유 비중(%)
		선복량	척수	선복량	척수	선복량	척수	
1	Maersk Sealand	512,302	135	345,168	173	857,470	308	59.75
2	MSC	364,861	144	300,752	109	665,613	253	54.82
3	P&O Nedlloyd	212,050	51	216,445	96	428,495	147	49.49
4	CMA CGM	106,332	27	250,832	99	357,164	126	29.77
5	Evergreen	270,337	92	67,968	28	338,305	120	79.91
6	APL	133,652	38	176,674	62	310,326	100	43.07
7	Cosco	221,695	94	75,281	25	296,976	119	74.65
8	Hanjin	81,690	18	192,032	51	273,722	69	29.84
9	CSCL	107,896	56	156,591	45	264,487	101	40.79
10	NYK	156,073	40	88,449	36	244,522	76	63.83
11	OOCL	150,088	28	85,573	41	235,661	69	63.69
12	MOL	94,755	26	118,980	42	213,735	68	44.33
13	K Line	89,766	24	119,266	47	209,032	71	42.94
14	Hapag Lloyd	126,287	26	81,624	29	207,911	55	60.74
15	CP Ships	111,200	40	81,154	41	192,354	81	57.81
16	Yang Ming	118,159	37	62,154	27	180,313	64	65.53
17	Zim	66,984	18	94,346	40	161,330	58	41.52
18	HMM	55,239	16	87,018	21	142,257	37	38.83
19	Hapag Sud	32,116	10	84,816	48	116,932	58	27.47
20	PIL	54,525	38	50,283	28	104,808	66	52.02

자료 : Containerisation International(2005. 4)

주요 글로벌제휴그룹 및 초거대 선사들이 실시하는 기간항로서비스의 주당 항차의 범위는 8~15항차이며, 최대 항차는 그랜드 얼라이언스 그룹의 15항차로서 북미항로에서는 평균적으로 일일서비스, 구주항로에서는 격일서비스 수준을 유지할 수 있다.

<표 II-19> 글로벌제휴그룹 및 선사별 기간항로서비스 항차수 현황

구분	북미항로	구주항로	대서양항로	합계	비고
TGA	6	5	4	15	팬들럼항로(2)
Maersk-Sealand	6	3	3	12	팬들럼항로(3)
TNWA	9	3	1	13	팬들럼항로(1)
COSCO/KL/YML	8	3	2	13	
TUA	7	5	2	14	팬들럼항로(4)
Evergreen/LT	5	2	1	8	세계일주항로(E/B, W/B)

자료 : 한국해양수산개발원(2001), 정기선해운의 전략적 제휴 변천 연구

이러한 전략적 제휴의 목적은 주로 선복의 교환과 공동운항을 통한 경쟁력 확보와 운항비용의 절감이다. 시기적으로는 2000년과 2001년에 집중적으로 전략적 제휴가 이루어졌고, 제휴 대상 항로는 아시아, 북미, 구주 중 주요시장 뿐만 아니라 호주, 뉴질랜드, 인도, 남아시아 등 다양하게 구성되어 있다.

<표 II-20> 주요 글로벌제휴그룹 및 선사의 기타 전략적 제휴의 현황

구분	실시시기	항로	제휴형태
CSCL/ZIM	2000. 2.	아시아/북미서안	선복교환
CSCL/ CMA-CGM/ P&ON	2000. 4.	아시아/북미서안	공동운항
CSCL/ OOCL/ ZIM	2000. 5.	아시아/호주	공동운항
CSOCO/ ZIM	2000. 5.	지중해/북미동안	선복교환
COSCO/ ZIM	2000. 8.	아시아/지중해	선복교환
COSCO/ MOL/ NYK/ P&ON	2001. 2.	아시아/뉴질랜드	선복교환
COSCO/ Evergreen/ K-Line/ MISC	2001. 3.	인도/구주	공동운항
COSCO/ Evergreen	2001. 4.	동남아/홍해	공동운항
DNA/ K-Line/ AIL/ MCI	2001. 6.	극동/남아시아	공동운항
Evergreen/ TNWA	2001. 5.	아시아/북미	선복교환
Maersk-Sealand/ TNWA	2001. 7.	북미동안/구주	공동운항
CP Ships/ TGA	2000. 7.	북미동안/구주	공동운항
Hapag-Lloyd/ P&ON/ ZIM	2001. 2.	지중해/북미동안	공동운항
K-Line/ Hanjin	2001. 3.	아시아/구주	선복교환

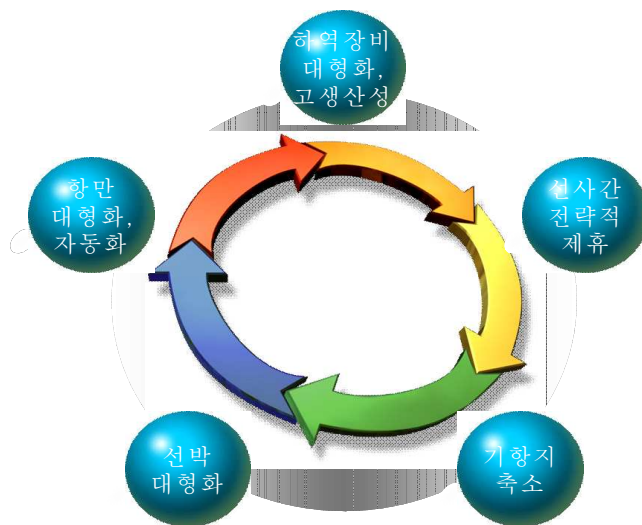
자료 : 한국해양수산개발원(2001), 정기선해운의 전략적 제휴 변천 연구

2.5 항만 네트워크 최적화 이슈

항만 네트워크 최적화 문제는 전술한 선박 대형화, 항만 대형화 및 자동화, 하역 장비 대형화 및 고생산성 추구, 선사간 전략적 제휴, 기항지 축소 등 제반 요인들과 밀접하게 관련되어 있다(<그림 II-5>). 보다 중요한 점은 이들 제반 요소들이 상호 밀접하게 연관되어 있고, 어느 한 요소가 다른 요소를 유발하는 종속적인 관계에 있다는 점이다.

따라서, 항만 네트워크 문제는 주요 이슈들을 통합하는 하나의 시스템 측면에서 접근할 때 보다 현실적인 결론에 도달할 수 있을 것이다. 예컨대, 선박의 대형화는 대규모 화물 집화를 필요로 하며 이는 선사 간 전략적 제휴를 유도하게 된다. 또한, 선박 대형화로 인한 기항지 축소는 항만 대형화를 유도하게 된다.

이러한 관계는 결국 초대형 선박의 적정 항만 네트워크 문제는 단순히 선박 운항비용 절감이나 기항지 축소에 따른 선박 회전시간 단축 등의 문제가 아닌 항만 네트워크를 둘러싸고 있는 제반 요인과 결부된 것으로 인식하고 접근하는 것이 필요하다는 점을 의미한다.



<그림 II-5> 항만 네트워크 최적화 이슈

제3장 선행연구 고찰²⁾

3.1 연구의 추세

8,000TEU급 이상 15,000TEU급 까지의 대형 컨테이너 선박에 관하여 다양한 관점에서 수행된 연구들은 선박 설계, 컨테이너 하역 시스템, 선박운영, 항만 네트워크 등 4개 분야로 분류될 수 있다(<표 III-1>).

<표 III-1> 초대형 선박 관련 연구 추이

분류	연구분야	연구자	연구 대상
선박 설계	엔진, 설계	Kraus(1998)	8000TEU
	엔진, 설계	Wijnolst(1999)	15000TEU
	엔진, 설계	Prayer(1999,2001)	8000TEU 이상
하역 시스템	Slip double trolly	Jordan(1997)	660lifts/h
	High Quay	Mascini(1997)	320lifts/h
	Slip	Ward(1998)	300lifts/h
	Docking System	Rankine(1999)	-
선박 운영	Mega Hub	Monie(1997)	15000TEU
	항만제약	McLellan(1997)	15000TEU
	항만제약	Jeffery(1998)	Mega Ship
	규모의 경제	Cullinane et al(1999)	8000TEU
	허브 스포크체계	Haralambides(2000)	Post-Panamax
항만 네트워크	네트워크 효율성	Gilman(1999)	10000TEU
	네트워크 평가	해양수산부(2004)	10000TEU
	네트워크 적정성	송용석(2005)	8000TEU

선박 설계 부문의 연구는 8,000TEU급 이상의 대형 선박에 대한 엔진 추진력의 실현 가능성과 선체구조와 관련된 기술적 측면에 초점을 맞추고 있다. 컨테이너 하역 시스템에 관한 연구 역시 기술적 측면 중심으로 이루어지고 있는데, 기존의 포스트 파나마스 선박과 동일한 시간 내에 컨테이너를 하역하기 위해 필요한 시간당 안벽 생산성 300개 이상을 달

2) 남기찬 외(2002)의 해당 내용을 저자의 동의 하에 발췌하고, 최근 문헌 내용을 추가하였음

성할 수 있는 새로운 하역 방식과 개념을 중심으로 하고 있다. 선박 운영에 관한 연구는 운영 측면에서 대형 선박의 경제성과 실현 가능성을 평가하는 것을 목표로 하고 있으며, 항만 네트워크 부문 연구는 항만 하역과 선박 운항을 동시에 고려한 적정 기항 항만 수에 초점을 맞추고 있다.

연구의 결과 측면에서 차이점은 선박 설계 및 하역 시스템 부문의 연구들은 전반적으로 초대형 선박에 대하여 긍정적인 결론을 도출하고 있으며, 반면, 선박 운영 측면의 연구들은 대부분 부정적인 결론을 내리고 있다. 이것은 전자의 경우 신조 수요 창출 및 하역 시스템 수요 창출이라는 측면에서 보다 적극적인 관점을 견지할 수 밖에 없다는 현실적인 점을 들 수 있을 것이다.

항만 네트워크 부문의 연구는 최근 연구의 주 관심사로 부각되고 있으나 문헌이 극히 부족하여 일관된 결론을 도출하기가 어렵다. 초기 연구라고 할 수 있는 Gilman(1999)의 경우 특정 항만 네트워크를 대상으로 하여 구체적인 분석을 하기 보다는 대략적인 분석 예시를 통하여 컨테이너 선박에 대한 규모의 경제 효과는 항만 하역과 전체 운송 네트워크 관점에서 분석되어야 한다는 원론적인 결론을 내리고 있다. 반면 최근 연구라고 할 수 있는 송용석(2005)은 동북아시아를 대상으로 하여 선박 대형화에 따른 기항지 축소를 가정하고 기존 선대와 비교한 초대형선의 이점을 실증적으로 분석하였다.

연구의 시간적 흐름 역시 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 1990년대 말에는 선박설계 및 하역시스템 부문의 연구가 중점적으로 이루어졌고, 2000년대에 들어서 선박 운영 및 항만 네트워크에 관한 연구가 수행되기 시작하였다. 이것은 초기 기술적인 측면의 타당성 입증에 주요 쟁점이었으며, 그 다음 단계로서 운영 측면의 연구가 요구되는 현실적인 요구와 일치한다고 볼 수 있다.

3.2 하역시스템 부문 연구

Jordan(1997)은 기존의 겐트리 크레인의 생산성을 향상시킬 수 있는 방안으로서 'Wide Gantry Crane', 'Elevated Gantry Rail', 'Elevated Landside Platform', 'Elevated Traffic Lanes' 등을 소개하였다. 또한 기존의 단일 트로리(Trolley) 대신 두 개의 트로리를 설치하는 'Double Trolleys'를 제안하였다. 'Double Trolley' 크레인은 무게가 55~75톤인 단일 트로리 크레인에 비하여 10~20톤 정도 무겁고 두 개의 트로리를 통제하는 정교한 시스템이 필요한 반면, 생산성은 시간당 45~70moves라고 주장하고 있다. 이어서 그는 일반적인 안벽 하역 방식의 대안으로서 도크(Dock) 형태의 부두 내 선박을 접안시키고 양 측면에서 하역을 하는 방식을 제안하였다. 그는 이러한 방식은 많은 문제점을 안고 있지만 선박당 6기의 'Double Trolley' 크레인을 할당하여 시간당 660moves의 생산성을 달성할 수 있을 것이라고 주장하였다.

Mascini(1997)는 8,000TEU급~10,000TEU급에 이르는 미래의 점보(Jumbo) 선박을 24시간 내에 하역할 수 있는 서비스 센터의 개발을 목표로 한 'Jumbo Service Centre Project'를 소개하였다. 점보 선박은 대륙당 2~3개로 기항 항만이 제한되며, 총 하역시간은 24시간으로 제한되고 시간당 안벽 하역 능력은 약 320moves가 필요하다고 가정하고 있다. 이를 달성할 수 있는 대안으로서 안벽 크레인이 점보 선박 갑판 높이에 해당하는 수면 상 20m에 위치하는 'High Quay Solution'이 제안되었다. 'High Quay' 상에는 한 시간 하역량에 해당하는 컨테이너를 적재할 수 있는 일시 장치 공간이 있고 장치장과는 AGV(Automated Guided Vehicle)로 구성되는 'Crane Feeding System'이 구축된다.

Ward(1998)는 네덜란드 암스테르담 Ceres Paragon Terminal 계획과 관련된 'Two-Side Container Ship Operations'의 연구 결과를 소개하였다. 'Ship in Slip' 또는 'Indented Berth'라고 불리는 이 개념은 선박을 도크(Dock) 형태의 부두에 접안시키고 선측 양방향에서 하역 작업을 수행하여 시간 당 300lift의 생산성 달성을 목표로 한다. 본 연구에 있어서 특징은 'Double Trolley' 등 신기술과 관련된 잠재적 위험 및 불확실성을 제거하기 위하여 기존의 표준 안벽크레인을 도입한다는 것이다. 도크

의 크기는 깊이 390미터, 폭 56미터이며, 수용할 수 있는 최대 선박은 컨테이너를 20열까지 배치할 수 있는 길이 340미터 선박이다. 한 척의 선박에 총 9기까지 크레인을 동시에 할당할 수 있으며, 이 가운데 3기는 대형 크레인으로서 22열까지 하역 작업이 가능하나 6기는 소형 크레인으로서 파나막스 또는 대형 컨테이너 선박의 해치(Hatch) 중앙부분까지만 하역 작업이 가능하다.

Rankie(1999)는 창고형 자동화 컨테이너 터미널인 'Docking System'이라는 혁신적인 터미널 디자인을 제안하였다. 도크 형태인 'Ship in Slip'과는 달리 본 시스템은 기존 안벽 부두의 수면 쪽에 잔교(Jetty)를 건설하여 선박의 양방향에서 하역 작업이 이루어지게 하는 것이다. 안벽 측의 컨테이너는 AGV에 의해 장치장 창고내의 지정된 장소(Slot)로 직접 운송된다. 컨테이너 창고는 기존 장치장 면적의 약 40% 정도의 공간을 필요로 하는 장점이 있으며, Docking System은 기술적인 면에서도 가능하다고 주장하였다.

3.3 선박 운영 및 항만 네트워크 부문 연구

Monie(1997)는 15,000TEU급 선박(길이 400m, 폭 70m, 흘수 14m)인 메가선박과 기존의 항만이 아닌 해안에서 떨어진 바다에 입지하는 “Off shore” 형태의 메가 허브 항만으로 구성되는 ‘Mega Ship-Mega Hub’ 운영 시나리오를 소개하였다.

4개의 메가 허브 항만은 동남아시아, 지중해 서부, 카리브 해, 중앙 아메리카의 서부해안 등에 입지하며, 기간항로인 East-West 항로에 메가선박이 취항하고, North-South 경로에는 250~6,000TEU급의 피더 선박이 운항한다.

그러나 메가 선박 운항에 있어서 가장 큰 제약 요인이라고 할 수 있는 컨테이너 하역시스템은 고려하지 않았다. 또한, 대규모 투자를 요구하는 4개의 메가 허브 네트워크 구축에 대해서도 투자 위험도가 높아서 자금 확보에 어려움이 있다는 점과 현실적으로 대규모 선대를 보유한 주요 선사와 주요 터미널을 운영하고 있는 다국적 컨테이너 터미널 운영업체에 의해 투자가 이루어질 수 있을 것이라는 원론적인 설명에 그치고 있다.

마지막으로 그는 메가선박의 경제성과 요구되는 기술의 진전 그리고 메가 허브 개발에 필요한 투자자금 및 투자주체 확보의 중요성을 강조하고, 실현 가능성에 대해서는 20년후 정도에 완성될 수 있을 것이라고 결론지었다.

McLellan(1997)은 크레인의 제약, Suez운하 제약, 15,000TEU급 선박 길이의 제약 등 선박 대형화의 현실적인 제약 요인들을 들면서 운영 측면에서 메가 선박의 비현실성을 주장하였다. 보다 실질적인 논의를 위하여 기존의 표준 선박인 6,000TEU급 선박 9척이 투입되는 North-West Europe/Far East Service 루트에 1,5000TEU급 선박 투입을 가정하여 주 운항 일정(Weekly Schedule)을 비교하였다. 그 결과 주어진 조건 내에서 표준 선박의 왕복 항해시간은 64일이 소요되는 반면 15,000TEU급 선박은 84일이 소요되며, 요구되는 선대도 표준 선박은 9척인 반면 초대형 선박은 12척으로 나타났다. 이를 바탕으로 15,000TEU급 선박은 주 운항 일정을 맞추기 위해서 추가적인 선박이 필요하며, 선박의 크기가 증가할수록 낮아지던 TEU당 자본 비용은 다시 증가하기 시작할 것이라고 주

장하였다. 또한, 하역시스템의 한계, 장치장에서 컨테이너 재배치 가능성이 높아짐에 따른 야드 공간 부족 문제, 내륙 수송체계 능력 등 현실적인 측면을 강조하였다.

Jeffery(1998)는 항만운영 관점에서 메가 선박을 부정적으로 논하였다. 그는 선박 대형화 추세와 배경을 논하면서 충분한 화물을 확보하지 못하여 시장에서 도태된 초대형 탱커선을 예로 들었다. 그는 정기 선사들은 10년 전과 동일한 형태로 아직까지 유럽지역에서 4~5개 항만에 기항하는 운항 패턴을 유지하고 있으며, 이러한 서비스 일정은 초대형선박에 맞추어 쉽게 수정되지 않을 것이라고 주장하였다.

Cullinane et al.(1999)은 최적의 컨테이너 선박 크기를 평가하기 위하여 TEU당 일일 고정비용, TEU-mile당 비용, TEU당 총 항해비용(Shipping Cost) 등 3개의 비용 모형을 개발하였다. 비용은 선박 운항과 관련된 비용에 한정하였으며, 하역 등 터미널 관련 비용과 피더 및 내륙 수송 비용은 제외되었다. TEU당 재항 비용(재항일 × TEU당 일일 고정비용 + 항만에서의 유류비용)과 TEU당 항해비용(TEU-mile당 비용 × 항해 거리)을 합한 TEU당 총 비용을 도출하여 선박 크기의 변화에 따른 규모의 경제를 비교 분석하였다. 이를 바탕으로 3개의 주요 East-West 항로(각각 4,000, 8,000, 11,500마일인 Europe-FarEast, Trans-Pacific 및 Trans-Atlantic)를 대상으로 항로 길이에 따른 민감도 분석을 수행한 결과 'Europe-FarEast'와 'Trans-Pacific' 항로에서는 8,000TEU급 이상의 선박에 대한 규모의 경제 효과가 있는 것으로 나타났다. 항로의 길이가 짧은 'Trans-Atlantic' 항로에서는 최적 선박 크기가 5,000TEU~6,000TEU급 정도인 것으로 나타났다.

Gilman(1999)은 컨테이너 선박에 대한 규모의 경제 효과는 항만 하역과 전체 운송 네트워크를 고려하여 분석하였다. 10,000TEU급 이상의 선박에서 경제효과가 점점 약화될 것이며, 기존의 'End to End' 서비스(Pendulum 형태 포함)는 해상운송의 기본 운항 패턴이 될 것으로 분석되었다. 또한, 'Hub and Spoke' 운영은 전체 운영 형태의 일부분에 그칠 것이라고 주장하며 15,000TEU급 선박의 실현 가능성에 대해서는 부정적이었다. 기존의 'End to End' 서비스와 'Hub and Spoke' 서비스 형태의 비용을 비교 평가하기 위하여 로테르담을 중심으로 One Port 전략과

Multiple Port 전략을 비교하는 간단한 분석을 실시하여 그의 주장을 입증하였다. 또한 초대형선 운항에 있어 필수적인 피더 선박에 대해서는 피더 선으로의 환적에 상당한 시간이 소요되며, 효율적인 피더 수송 체계를 안정적으로 확보하는 것이 어렵다는 점을 강조하였다. 결론적으로 10,000TEU급 선박(폭 32m, 전장 320~350m, 최대 흘수 약 14.5m)의 경우 기존 운항 패턴의 유지, 주요 항만의 접근수로 확보, 컨테이너 터미널의 시설 투자 등은 필요하지 않지만, 15,000TEU급 선박은 새로운 항만 하역 시스템을 필요로 하기 때문에 실현에 많은 제약이 있다고 주장하였다.

해양수산부(2004)의 연구에서 남기찬 외는 10,000TEU급 선박을 가정하고, 동북아시아 지역의 부산, 도쿄, 상해, 카오슝 항 등 4개 항만이 각각 허브 항만이 되고 인접항만으로 피더운송을 실시한다는 시나리오를 바탕으로 하여 선박운항비, 항비, 하역비, 피더운송비 등 제반 비용 측면에서 각 항만의 경쟁력 정도를 분석하였다.

최근 연구에 해당하는 송용석(2005)의 경우 선박 대형화에 따라 기항지 축소가 예상되는 점을 들어 동북아시아를 대상으로 한 실증 연구를 수행하였다. 기존 기항지 축소에 관한 연구들도 대형선박이 투입되기 위해서는 기항지를 축소를 주장하고 있으나, 이는 선박이 운송하는 화물의 기종점에 관한 분석이 이루어지지 않은 연구들로서 신뢰하기 어렵다는 점을 강조하였다. 또한, 이러한 한계를 가진 연구들은 항만 개발 및 정책 입안자들의 혼란을 초래할 수 있고, 잘못된 항만 건설 방향을 제시할 수도 있다는 점을 주 연구의 배경으로 설정하고 있다. 동 연구는 선사의 운송화물에 대하여 항로별 화물 기종점 분석을 실시하고, 이를 통해 화물 운임 수입과 피더운송 비용을 포함한 선박 운항에 소요되는 물류비용을 총괄적으로 비교·분석하였다. 이를 바탕으로 하여 동북아시아 지역의 경제성장, 물동량 증가 등 항만 환경에 따른 중심항 가능성을 분석함으로써 우리나라 항만의 개발 방향을 제시하였다.

3.4 연구의 한계 및 주요쟁점

전술한 선박설계, 하역시스템 그리고 선박운영 부문의 문헌과 관련된 한계점과 주요 쟁점은 남기찬 외(2002)에서 잘 제시되어 있다. 본 고에서는 본 연구의 주 방향으로 설정된 항만 네트워크 부분에 한정하여 문헌의 한계를 제시하고자 한다.

초대형선과 관련된 문헌 검토 결과를 종합할 때, 항만 부문이 가장 중요한 것으로 평가될 수 있다. 그러나 항만네트워크에 관한 실증적 연구는 극히 미흡한 실정이다. 항로별 화물 기종점 분석을 실시하고, 이를 통해 화물 운임 수입과 피더운송 비용을 포함한 선박 운항에 소요되는 물류비용을 총괄적으로 비교·분석한 송용석(2005)의 연구가 최근 항만 네트워크 부문의 유일한 연구라 할 수 있을 정도이다. 그러나, 송용석의 연구 역시 실증적인 측면에서 몇 가지 한계에 대한 시사점을 제시하고 있다.

최적 항만 네트워크에 관한 연구는 선사 측면에서 특정 항로상에 몇 개의 기항지를 두는 것이 적정한가를 판단하는 문제이다. 따라서, 1차적으로 정기선사의 초대형 선박에 관한 의향을 파악하는 것이 필요하다. 이를 통하여 항만 네트워크 평가를 위한 토대를 다질 수 있다. 또한, 항만 네트워크 평가는 실제 정기 선사의 운항 스케줄 관리에 기초해야 한다. 즉, 특정 항로상에서 해당 정기선사의 기존 노선 및 선박 운항 스케줄을 Base Case로 하고, 초대형선 운항 시나리오에 바탕한 운항 스케줄 대안을 설정하는 것이 핵심 사항이 될 수 있다. 현존 하지 않는 초대형선의 운항 시나리오는 선사 전문가들의 의견을 수렴하여 설정하는 것이 가장 현실적이다.

또 다른 측면의 한계점으로서 연구 결과의 적용 가능성과 관련이 된다. 모든 노선을 대상으로 할 수 있다면 가장 이상적이겠으나, 현실적인 제약 요인을 고려하지 않을 수 없는 상황에서 대표성을 담보할 수 있는 노선을 선정하는 것이 중요하다. 이는 항로별 물동량 규모를 기준으로 할 수도 있으며, 통상 정기선의 주 간선 항로와 결부지어서 결정할 수 있는 문제이다.

제4장 초대형 선박 운항 제약 모형

4.1 초대형선의 제약 요인

1) 메가 선박에 대한 제약의 범위

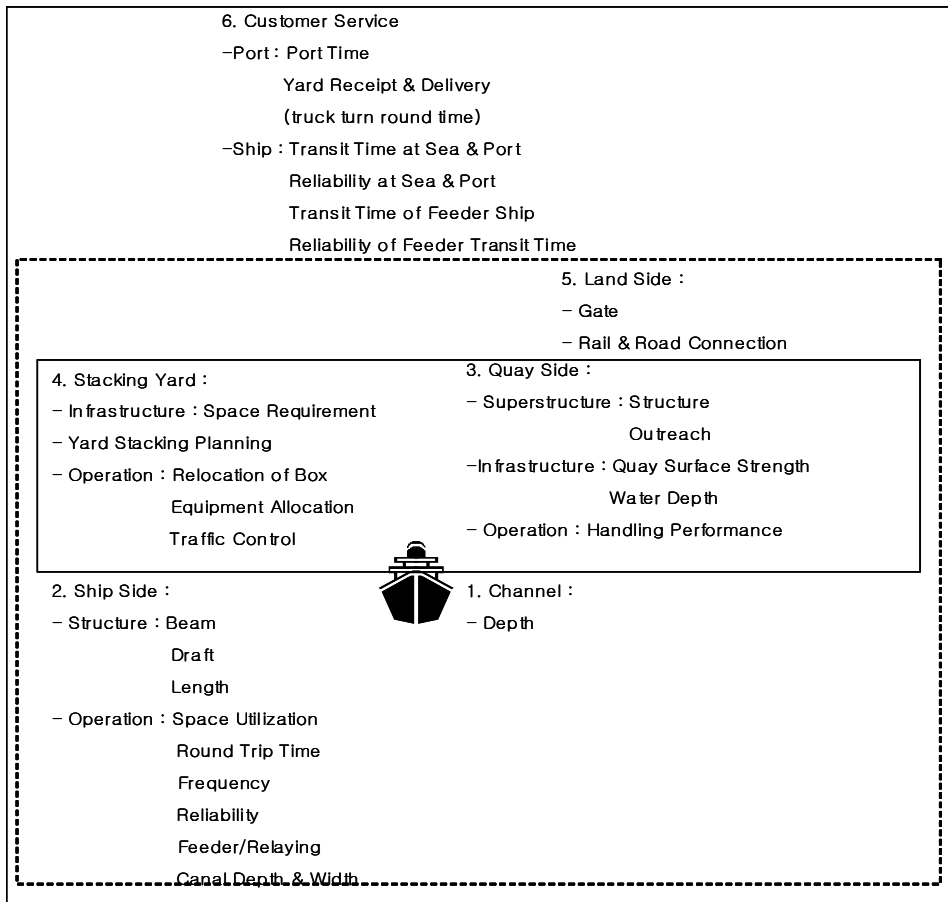
본 논문에서는 기존 연구에서 밝혀진 메가 선박에 대한 다양한 제약들을 <그림 IV-1>과 같이 체계적으로 살펴보았다. 연구의 범위는 수심을 포함한 접근수로, 구조와 운영을 포함한 선박, 크레인 상부시설, 안벽 하부시설과 운영을 포함한 안벽측면, 하부시설, 장치계획과 운영을 포함한 장치장, 게이트, 철도와 내륙 수송능력을 포함한 내륙측면, 많은 제약 요소들이 통합된 항만과 선박 고객 서비스의 6개 분야로 나타난다.

각각의 요소들은 독립적으로 영향을 주거나 또는 다른 요인들과 함께 작용하기 때문에 미치는 영향의 차이가 다르다. 예를 들면 접근수로의 수심과 안벽은 운영의 효율성을 감소시키는 야드 운영과 같은 다른 요소들과는 달리 요소의 적합성과 영향 정도가 메가 선박의 크기와 컨테이너 하역 시스템에 의해서 좌우된다.

2) 항만 개발 및 운영에 미칠 영향

선박의 대형화는 항만 개발 및 운영에 직접 영향을 미치는데, 항만시설 및 하역장비의 규모는 기항하는 최대선형에 의해 결정된다. 컨테이너선의 최대선형은 다음과 같은 요인들과 밀접한 관계가 있으므로 지속적인 항만 개발 및 정비가 필요하다.

- 수심 등 컨테이너 터미널의 초대형선박 수용능력
- 컨테이너 크레인의 규모(Out Reach 길이)
- 컨테이너 터미널의 신속한 화물처리 능력
- 컨테이너 터미널의 신속한 배후연계수송능력
- 최대 단적수 제한 등의 기술적 문제



<그림 IV-1> 초대형선에 대한 제약요인

현재 전세계 항만의 5%만이 6,500TEU급 선박을 수용할 수 있기 때문에 선박대형화의 장애는 선박이 아닌 항만시설이라 할 수 있다. 향후 예상되는 12,000TEU~15,000TEU급 초대형선의 기항지 결정요인은 재항시간 단축이다. 따라서 항만의 접근항로 수심, 안벽수심 및 길이, 안벽크레인, 야드 장비 등이 초대형 선박을 수용할 수 있고, 요구되는 서비스 수준을 충족시켜 줄 수 있는 방향으로 개선이 이루어져야 한다.

4.2 항만 네트워크 문제

1) 항만 네트워크와 투자

Monie(1997)는 피더 선박을 유지하면서 4개의 메가 허브를 가진 Ease-West 루트와 North-South Linkages에 15,000TEU급 선박을 도입하는 시나리오를 제안했다. 이 연구는 네트워크의 효율성 관점에서 과연 '몇 개의 허브가 적절한가'라는 의문점을 가지고 있다. 일반적으로 컨테이너 선박은 컨테이너 수송 체인의 일부에 불과하므로, 가능한 한 현실적인 미래 항만 네트워크의 형태를 취하기 위해서는 수송체인 내에 전체 경로(Link)를 고려해야 한다.

Monie(1997)는 그 자신이 메가 허브를 제안했지만, 메가 허브에 대한 또 다른 문제는 자원조달 문제라고 주장했다. 그가 제안한 메가 허브 항만은 환적을 위해 'Off-Shore'로 만들어야 하지만, 터미널 건설뿐만 아니라 연결 교량을 건설하는데 엄청난 재원이 소요될 것이라고 주장했다.

2) 선박 운영 문제

메가 선박 운영에 대한 논의는 여러 가지 측면에서 아직까지는 불확실하다. 첫째, 선박이 대형화 될수록 선복량을 채울 수 있는 화물의 확보가 쉽지 않아, 선적률과 선복 이용률이 낮을 가능성이 크다. 대형선박에 맞는 수준의 선적률에 맞추기 위해서는 선사동맹(Alliance)의 운영에 의해 확보할 수 있는 화물로서 추가적인 화물량을 확보해야 한다.

둘째, 메가 선박 운영의 총 수송시간의 신뢰성은 현재 포스트 파나막스급 선박에 비해 피더 선박에 대한 의존도가 높기 때문에 불확실해 보이며, 이는 수송 체인에 있어 경로수를 증가시키는 결과를 가져온다. 이것은 신뢰성을 높이고, 수송시간을 줄이기 위한 Total Supply Chain에서 Chain의 수를 감소시키는 것을 핵심으로 하는 물류 분야의 추세에 역행하는 것이다.

셋째, 선박의 재항시간에 있어 포스트 파나막스급 선박과 같은 수준을

유지하는 것이 불확실하다. 지금까지 메가 선박의 이익에 관한 논의는 선박의 왕복 시간을 그대로 유지하는 것이 문제가 없다는 가정하에 이루어졌으며, 또한 이전에 언급했듯이 대형 선박에 대한 컨테이너 하역 작업의 문제도 불확실한 상태이다.

넷째, Gilman(1999)에 의해 지적되었듯이 피더 선박에 의한 개선적인 ‘피더선박의 효율적 이용이 쉬운가?’ ‘개선적 작업이 기대하는 만큼 신속하게 이루어 질 수 있는가?’, ‘모선의 적·양하와 피더선의 적·양하의 호환성의 문제는 어떤가?’와 같은 문제점을 가지고 있다.

3) 항만 네트워크 유형³⁾

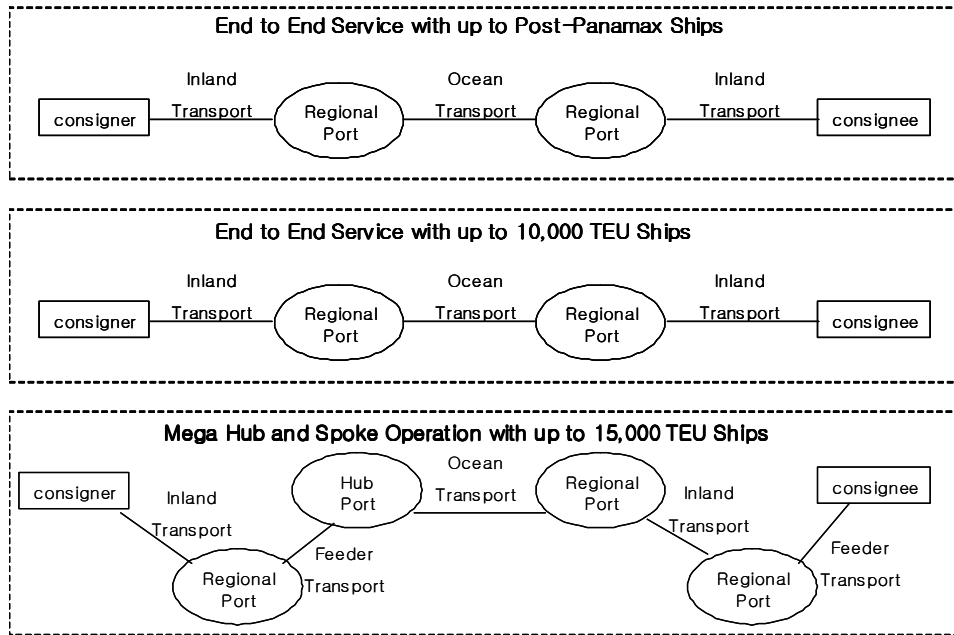
메가 선박으로 일컬어지는 초대형 컨테이너선박이 운항을 개시하게 되면 선박 규모별 선박군(群)이 보다 다양화되고, 전반적으로 선박 선형의 대형화가 진전될 것이다. 즉, 기존 간선행로 상의 주력 선대를 구성하고 있는 5,000-6,000TEU가 9,000TEU급 이상의 초대형선으로 주요 항로를 중심으로 대체될 것이며, 그 여파로 인하여 피더 노선의 선대의 규모가 커질 것으로 예상할 수 있다. 그러나, 구주, 미주, 아시아 권역을 연결하는 전 세계 주 간선행로를 제외하고는 여전히 기존의 주력 선대가 운항의 중심이 될 것으로 예상할 수 있다. 이러한 선형 구조의 변화는 선박 간 경쟁을 심화시킬 뿐 아니라 항만의 계층 및 항만 네트워크 구성에 큰 변화를 가져올 것이다.

항만 계층의 경우 기존의 지역 중심항과 피더 항만 체계에서 세계 경제 권역별 중심항(hub port), 지역 중심항(regional port), 피더항(feeder port) 등으로 다양화 될 것이다. 이러한 항만 계층 분류 및 항만의 기능은 해당 항로의 화물 규모로 대변되는 밀도 및 인접 항만의 규모 및 지리적 분포 등에 따라 차이가 있을 수 있다.

항만 네트워크의 형태 역시 <그림 IV-2>와 같이 3가지 형태의 뚜렷한 패턴을 보일 것이다. 첫 번째 형태는 Post-panamax급 선박을 중심으로 하는 기존 간선 항로상의 주요 항만 네트워크 형태로서 Pendulum 형태

3) 해양수산부(2004)의 해당 내용 재정리 및 수정 하였음

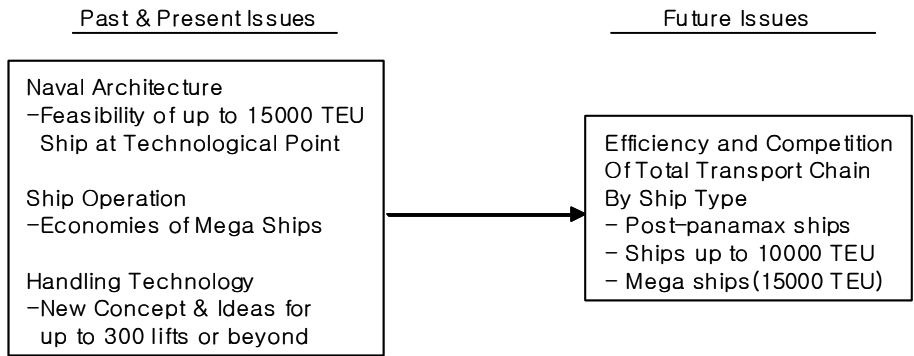
의 운영을 포함하는 End to End 서비스 형태이다. 두 번째 패턴은 기존의 주요 컨테이너터미널이 수용 가능한 최대 선박 규모로 볼 수 있는 10,000TEU급 선박을 중심으로 하는 End to End 서비스 형태이며, Pendulum 형태의 운영을 포함한다. 마지막 패턴은 초대형선의 최대 규모로 여겨지는 15,000TEU급 선박을 대상으로 하는 메가 Hub & Spoke 항만 네트워크 형태이다.



<그림 IV-2> 선박 규모별 항만 네트워크 유형

이러한 항만 네트워크의 변화 속에서 항만 관리자의 주요한 관심사 중 하나는 항만에 접안하는 선박의 최대 크기와 기항 빈도가 될 것이다. 따라서 향후 초대형 선박 및 허브 항만과 관련된 주 이슈는 <그림 3>과 같이 기술적인 측면에서 운영적인 측면으로 그 축이 이전될 것이다. 즉, 과거 조선 및 하역시스템 부문의 기술적인 실현 가능성에 대한 논의는 이제 종결되는 시점이며, 기술적으로 가능한 상황에서 얼마나 경제적이며, 경쟁력을 확보할 수 있는가 하는 방향으로 관심의 초점이 바뀌고 있

다. 보다 구체적으로 살펴보면 기존의 Post-panamax 선박과 기존 항만이 수용 가능하다고 판단되는 10,000TEU급 선박, 그리고 신항만 건설 혹은 대규모 항만 개선을 필요로 하는 15,000TEU급 선박이 상대적으로 얼마나 효율적이고 경쟁력을 확보할 수 있는가 이다. 여기서 효율성은 화물 집화 및 선박 적취율과 관련되며, 경쟁력은 제반 비용 및 서비스 척도인 재항 시간 등에 의해 크게 결정된다.



<그림 IV-3> 초대형 컨테이너 선박 관련 현재 및 미래의 주요 이슈

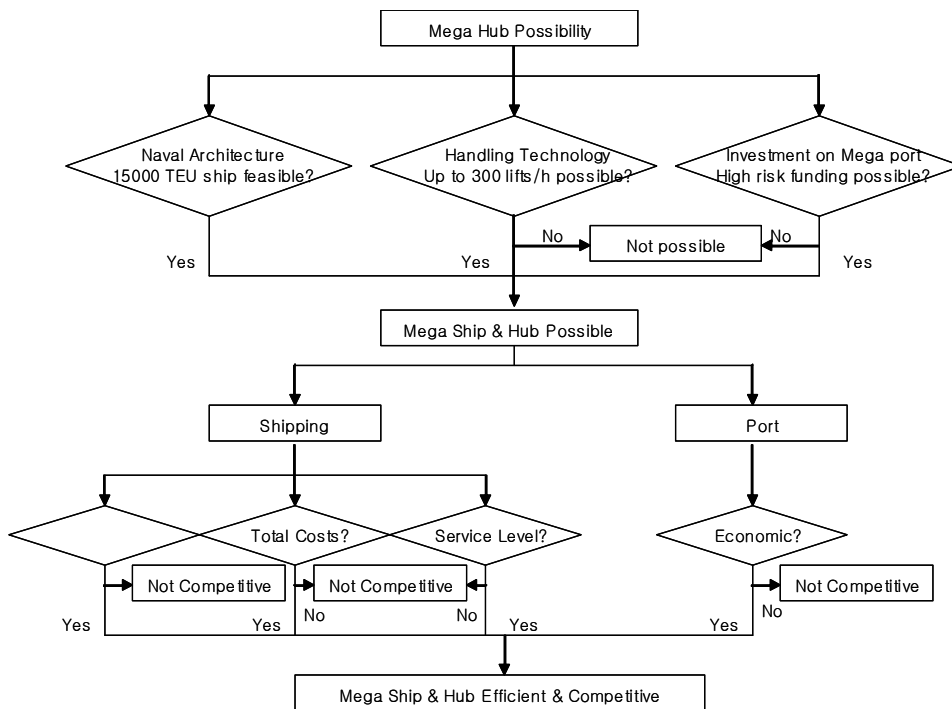
전술한 바와 같이 초대형선과 관련한 주요 관심사가 기술적인 측면에서 운영적 측면, 특히, 경제성 및 경쟁력 측면으로 바뀌면서 과연 초대형 선박 및 메가 허브 항만이 실현가능한가, 실현 가능하다면 기존 주력 선박에 비하여 얼마나 경쟁적인가 하는 점이 주요 이슈가 될 수 있다.

이러한 문제는 해양수산부(2004)의 연구에서 남기찬 외가 제시한 메가 선박과 허브의 실현가능성과 경쟁력의 평가체계를 통하여 잘 이해 할 수 있다(<그림 IV-4>). 그림에서 보듯이 메가 허브가 실현되기 위해서는 선결 조건이라고 할 수 있는 3가지 요소가 해결되어야 한다. 즉, 조선공학 측면에서 15,000TEU급 선박의 건조가 기술적으로 가능하고, 하역시스템 측면에서 시간당 300lifts까지 처리할 수 있는 컨테이너 하역기술이 개발되며, 대규모 투자를 요하는 메가 허브 항만에 대한 투자 재원 확보가 가능해야 한다. 이 세 가지 요건 가운데 어느 하나라도 충족되지 못하면 초대형 선박 및 허브 항만은 실현될 수 없다.

남기찬 외는 최근의 연구 결과를 기준으로 하여 첫 번째 측면은 실현

가능하며, 두 번째 측면은 아직까지 많은 문제점이 존재하고, 세 번째 측면은 상당히 불확실해 보인다고 평가하였다. 부정적으로 평가된 두 번째와 세 번째 요소가 어느 시점에서 충족된다면 초대형 선박과 허브 항만은 실현 가능하게 되어 다음 단계인 경제성 및 효율성 평가 과정으로 넘어가게 된다. 즉, 초대형 선박과 허브 항만이 현재의 포스트 파나막스급 선박 및 항만과 비교하였을 때 효율성과 경쟁력을 가질 수 있는지는 것이다.

전술한 남기찬 외의 연구에서는 초대형 선박이 기존 선박에 대해 경쟁력을 가지고 있더라도, 메가 선박과 허브는 여전히 해상운송 산업의 변두리로 남겨나 또는 과거 한 때 원유 운반선으로서 각광을 받았으나 현재 시장에서 몰락한 VLCC(Very Large Crude Carrier)의 실패를 따를 수 있다는 신중한 입장을 제시하고 있다.



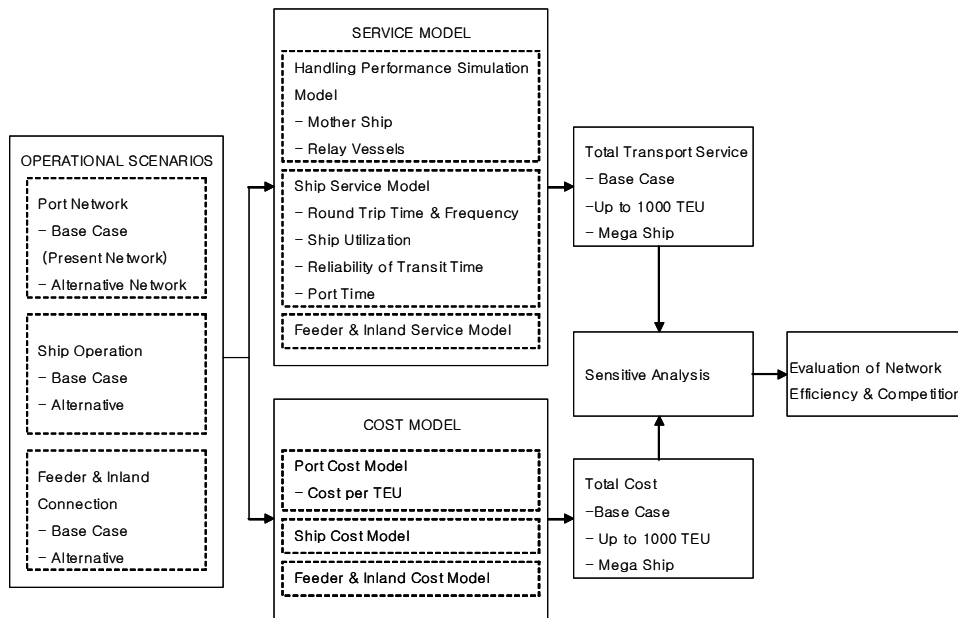
<그림 IV-4> 초대형 컨테이너 선박 및 허브 항만 평가 체계

4.3 평가 모델⁴⁾

1) 항만 네트워크 평가모델

(1) 모델 구조

남기찬 외가 수행한 네트워크 평가에 관한 연구(해양수산부, 2004)에서는 항만 네트워크 평가를 위한 개념적인 모형을 제시하였다(<그림 IV-5>). 이는 초대형 컨테이너 선박 및 이를 수용할 수 있는 허브 항만 네트워크를 중심으로 하고, 전 운송 과정을 포함하는 Total Transport Chain 관점에서 운송 네트워크의 효율성과 경쟁력을 평가하기 위한 모델로서 운영 시나리오, 서비스 모델과 비용 모델의 3가지 모듈로 구성된다.



<그림 IV-5> 네트워크 평가 모형 구조

4) 해양수산부(2004)의 해당 내용을 재정리 및 보완하였음

운영 시나리오는 항만 네트워크, 선박 운항, 해상 피더 및 육상 연계운송 등 3개의 모듈로 구성되며, 각 모듈은 현재의 상황을 나타내는 기준점(base case)과 미래의 상황을 설정하는 대안으로 나타난다. 항만 네트워크의 기준점은 특정 경로 또는 지역에 있어서 기존의 End to End 서비스인 반면, 대안은 허브 항만의 수 및 위치를 변경시키면서 나타나는 다양한 네트워크를 포함한다. 또한 선박 운항의 기준점은 선정된 특정 항로상에 실제 운항되는 선대와 운항 스케줄인 반면, 대안은 초대형 선박이 취항 할 경우 예상되는 가상의 운영 패턴을 포함한다. 해상 피더 운송 및 육상 연계운송의 기준점은 선정된 항로상의 피더 운송 및 육상 연계 운송 현황인 반면, 대안은 초대형 선박을 대상으로 하여 설정된 항만 네트워크 대안 및 선박 운항 대안과 관련하여 가장 현실성이 높은 해상 피더운송과 육상 연계운송 시나리오이다.

서비스 모델은 전반적으로 선박 운항 시간을 측정하는 것이며, 세부적으로는 해상운송 소요 시간 및 표준편차, 재항 시간, 선박의 빈도와 이용률과 관련된 수송시간 및 시간의 신뢰성(불확실성)을 평가하는 것이다.

비용 모델은 항만 비용 모델, 선박 비용 모델, 해상 피더 및 육상 연계운송비용 모델과 같은 하부 모델로 구성되어 있다. 이러한 비용 모델을 운항비, 항비 등 세부 비용 요소로 구성되며, 평가에서는 항만 네트워크의 형태에 따라 이들 비용이 달라지게 된다.

서비스 및 비용 모델이 개별적으로 구축되면 이를 이용하여 총 운송망 측면에서의 서비스 및 비용과 관련된 민감도 분석을 실시할 수 있다. 이는 근본적으로 제반 요소에 포함되는 불확실성을 인정하고 현실적인 범위 내에서 이해할 수 있는 결과를 도출하자는 것이다. 예를 들면 불확실하게 나타나는 재항시간을 변경시켜 총 수송시간에 미치는 영향을 평가하고, 수송시간의 신뢰성이 선박의 왕복 시간에 미치는 영향을 평가할 수 있다. 시나리오 분석 결과는 선택된 항로와 지역에서 몇 개의 허브 항만을 가지고 몇 척의 초대형 선박을 운영하는 것이 효율적인 초대형 선박 및 허브 항만 네트워크인가를 판단할 수 있는 정보를 제공한다. 여기서 판단의 기준은 기준점으로 설정된 항만 네트워크이며, 운영 시나리오에서 설정된 다양한 항만 네트워크 형태를 대상으로 할 수 있다.

(2) 서비스 모델

본 연구와 관련성이 높은 서비스 모델은 하역 작업(performance) 시뮬레이션 모델과 선박 서비스 모델로 구성된다. 하역 작업 시뮬레이션 모델은 주로 운영 시나리오와 관련된 안벽 크레인 성능에 관한 것이다. 이 모델은 포괄적으로 평가되기 때문에 크레인 제원, 화물 혼재, 선박 스케줄 등에 관한 시나리오의 변경이 포함된다. 야드 장치, 선박 적부 및 크레인 할당에 관한 일반적인 규칙은 모델을 가능한 현실적으로 표현하기 위해 필요하다. 또한, 선택된 네트워크 상에 있는 항만의 경로에 따른 선박의 도착 패턴, 컨테이너 물동량 정보, 선박 당 적양하 박스 수(lifts), 크레인 할당, 크레인 제원과 같은 일반적인 과거 자료를 수집해야 한다. 그리고 보다 종합적인 분석을 수행하기 위해서는 야드 운영이 안벽 크레인 작업에 미치는 영향에 대한 통합 시뮬레이션 모델이 필요하다. 시나리오의 시뮬레이션 모델을 통하여 새로운 하역 방법의 크레인 생산성, 크레인 이용률, 선박 작업시간 등을 평가할 수 있다. 이와 같은 시뮬레이션 로직은 최근의 관련 연구로부터 추론할 수 있다(Nam et al, 2001; Ballis et al, 1997, 1995).

선박 서비스 모델은 주로 해상과 항만에서의 수송시간, 수송시간의 신뢰성에 의해 좌우되는 선박 왕복시간에 관한 것이다. 총 수송시간 분석은 화주의 내륙수송과 피더, 해상수송, 수화인의 내륙수송과 피더의 각 링크에 따른 주요 경로의 표본 자료를 수집하여 분석할 수 있다. 출발지와 도착지의 재항 시간은 하역 작업 시뮬레이션을 통하여 도출할 수 있으며, 경로별, 링크별 수송시간의 표준편차 또한 동시에 도출할 수 있다. 평균수송시간과 신뢰성의 결합 형태인 예상 수송시간은 간단한 시뮬레이션을 통하여 유추할 수 있다(Frankel, 1999). 수송시간과 신뢰성을 근거로 서비스 빈도가 결정되며, 선박 이용률 또한 메가 선박과 현재의 포스트 파나마크 선박을 비교하여 평가할 수 있다.

이러한 형태의 서비스 평가 모형은 현실적으로 고려할 수 있는 가장 미시적 수준의 평가 틀이라 할 수 있다. 적용 범위 측면에서 해상 운송뿐만 아니라 최종 화주 문전까지를 포함하고 있으며, 분석 기법 측면에서도 단순 시간 집계가 아닌 불확실성을 감안한 확률적 시뮬레이션 기법을 포함하고 있다.

2) 운항 스케줄 기반 평가 모델

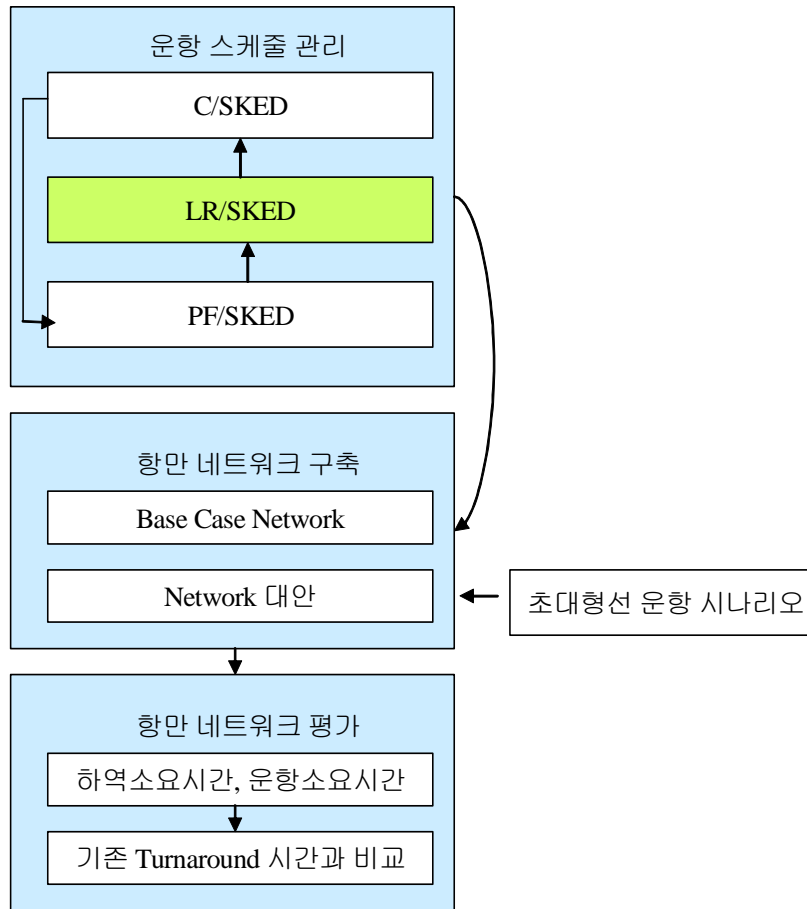
초대형선 대비 걱정 항만 네트워크를 평가하기 위해서는 전술한 ‘네트워크 평가 모델’의 구조를 따른 평가를 수행하는 것이 포괄적이고 현실적인 결과를 얻을 수 있는 방안이다. 그러나, 동 모델은 그 범위가 지나치게 넓고, 소요되는 자료 역시 방대하여 학술적 연구로서 전체를 다루는데는 한계가 있다. 현실적인 실증연구 방안으로서는 전술한 평가 모형을 세분화하여 분야별 분석을 실시하는 방안을 들 수 있다. 즉, 비용 분석을 중심으로 하는 초대형 선박의 총 비용 관점의 평가가 가능할 것이다. 또한, 서비스 모형을 이용한 서비스 측면에서의 초대형 선박 관련 다양한 분석이 가능하다. 순수 네트워크 측면에서의 서비스 수준 평가와 보다 세부적인 관점에서 고려할 수 있는 재항 시간 평가 등을 들 수 있다. 후자의 경우 확률적 분석 기법을 어느 범위와 어느 정도 깊이로 다루느냐에 따라 다양한 연구가 수행될 수 있다.

초대형 선박의 네트워크 적정성을 평가하는 것을 목적으로 하는 본 연구에서는 전술한 현실적인 한계와 세부 연구 방안을 고려하여 평가 방법 및 범위를 설정하였다. 즉, 이 분야 연구가 극히 부족한 점과 현실적인 제약 및 기대되는 학문적 기여도를 감안하여 항만 네트워크 구축의 기본이 되는 정기 선사의 운항 스케줄 관리를 기반으로 하여 네트워크 평가 모델을 제시한다.

<그림 IV-6>과 같이 도식이 가능한 평가 모형은 일차적으로 정기선사에 있어서 컨테이너 정기선 운항의 기본이 되는 PF/SKED(Profomal Schedule)을 기반으로 한다(세부적인 내용은 5장 1절 참조). 즉, 정기선사의 특정 서비스 항로와 동 항로상의 선박 운항 스케줄을 기준점(base case)으로 하고, 초대형 선박 운항 시나리오를 바탕으로 하여 운항 네트워크 대안을 도출한다. 본 연구에서는 다음 절에서 설명되는 선사 의향 조사를 통하여 초대형에 대한 선호도, 최대 선형, 걱정 기항지 수, 기항항만 등에 대한 자료를 수집하고 이를 바탕으로 하여 초대형선박의 항만 네트워크 대안을 설정한다.

네트워크 대안을 평가하는데 있어서는 앞에서 설명한 평가 모형에서 서비스 모형에 해당하는 시간을 기준으로 한다. 즉, 초대형선의 항만 네

트위크 대안별로 운항소요시간 및 하역소요시간을 도출하고 이를 합산하여 선박 Turnaround 시간을 산출한다. 이어서 각 네트워크별 시간을 기존 기준점(base case)의 Turnaround 시간과 비교하는 과정을 거친다. 동시에 선사 선호도를 통하여 도출된 적정 재항시간을 기준으로 하여 기항지별 재항시간의 적정성 정도 및 한계치 초과 정도를 평가한다. 이와 관련된 세부적인 평가 방법은 5장 4절 대안 분석 편의 <그림 V-8>에서 제시하였다.



<그림 IV-6> 운항 스케줄 기반 네트워크 평가 모형

4.4 선사 의향 조사

1) 설문조사

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 북중국 항만에 선박이 취항하는 국내 소재 국적 및 외국적 선사 대리점을 대상으로 표본 조사를 실시하였다. 조사는 이 메일을 통한 조사와 직접 방문 조사를 병행하여 2006년 2월 6일부터 2월 23일까지 17일간 실시하였다.

조사 대상 선사는 총 17개 사로서 구성 특성을 살펴보면 H사를 포함한 국적 선사 11개, 대만선사인 E사를 포함한 외국적 선사 대리점 6개로 구성되었다. 선사 규모 측면에서는 모선 중심의 대형선사 8개, 피더 선박 중심의 중소형 선사 9개로 구성된다.

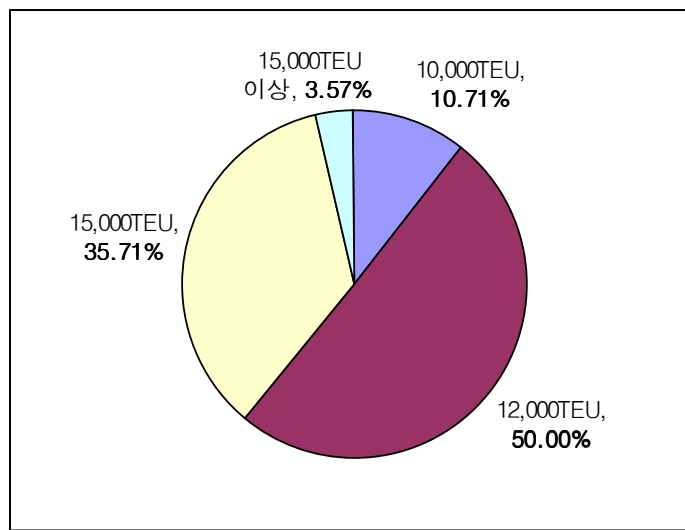
조사 내용은 먼저, 향후 예상되는 최대 선형, 12,000TEU급 선박에 대한 선호도 등으로 구성하였다(<표 IV-1>). 그 다음으로, 초대형선 운항 시 예상되는 문제점에 대하여 선박 운항 측면, 선사 마케팅 측면, 복합운송업자 측면, 화주 측면 등으로 구분하여 설문하였으며, 마지막으로, 적정 기항 항만 형태를 파악하기 위하여 적정 기항지 수, 기항 항만 선호도, 12,000TEU급 선박의 예상 하역 소요 시간, 12,000TEU급 선박의 요구되는 하역 소요 시간 등을 조사하였다.

<표 IV-1> 설문 조사 문항

I. 예상최대 선형	1-1 향후 예상되는 최대 선형
	1-2 12,000TEU급 선박 선호도
II. 초대형선 운항 시 문제점	2-1 선박 운항 측면의 문제점
	2-2 선사 마케팅 측면의 문제점
	2-3 복합운송업자 측면의 문제점
	2-4 화주 측면의 문제점
III. 적정 기항 항만	3-1 적정 기항지 수
	3-2 기항 항만 선호도
	3-3 12,000TEU급 선박의 예상 하역 소요 시간
	3-4 12,000TEU급 선박의 요구되는 하역 소요 시간

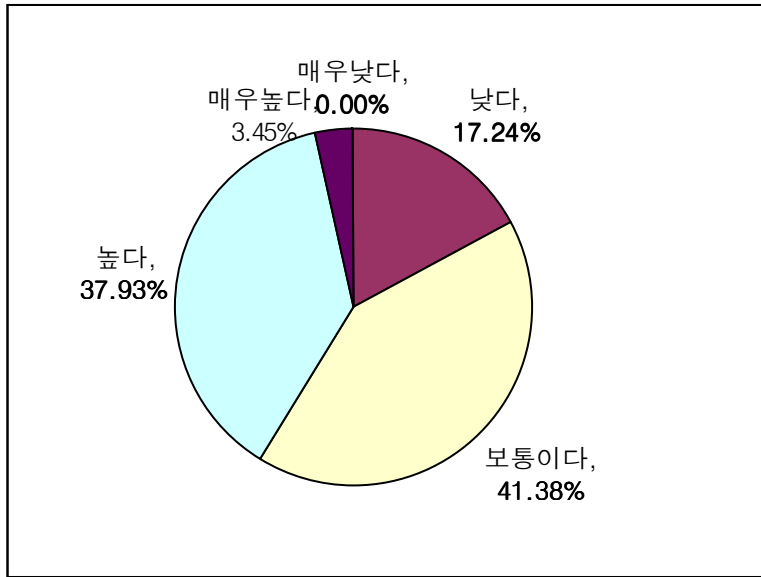
2) 최대 선형

향후 예상되는 최대 선박 규모를 파악하기 위하여 10,000, 12,000, 15,000 및 15,000TEU급 이상으로 선형을 제시하였다(<그림 IV-6>). 조사 결과 12,000TEU급이 50%를 차지하여 가장 높은 비율을 차지하였으며, 이어서 15,000TEU급 약 36%, 10,000TEU급 약 11% 순으로 나타났다. 15,000TEU급 초과 선박에 대한 예상은 약 4%정도로 미미한 수준으로 나타났다. 이러한 조사 결과를 바탕으로 할 때 선사들이 예상하는 최대 선형은 12,000TEU급인 것으로 추론할 수 있다.



<그림 IV-7> 예상 최대 선형

현재 주력 선대인 6,000TEU급 선박 대비 12,000TEU급 선박의 선호도 정도를 조사한 결과 ‘높다’, ‘아주 높다’로 응답한 긍정적인 경우가 약 41%로서 ‘보통이다’고 응답한 경우와 동일하게 나타났다. 반면 ‘낮다’와 ‘아주 낮다’고 응답한 경우는 약 17%로 나타나서 12,000TEU급 선박에 대하여 긍정적으로 평가하는 것으로 파악되었다.



<그림 IV-8> 12,000TEU급 선박의 선호도 정도

3) 운항 시 문제점

12,000TEU급 선박의 운항에 있어서 예상되는 문제점으로는 운항비 및 유지보수비 증가, 항만 인프라 제약(수심, 장비 등), 하역 소요 시간 증가에 따른 재항시간 증가, 적취율을 맞출 수 있는 화물 확보 어려움, 소수 항만 기항에 따른 피더운송체계 문제, 선박 Turn Around 시간 증대, 채산성 불확실 등을 제시하였다(<표 IV-2>).

조사 결과 응답자들은 수심, 장비 등 항만인프라 제약을 가장 많이 들었고, 이어서 적취율에 따른 화물 확보의 어려움을 들었다. 이어서 운항비 및 유지보수비 증가, 소수 항만 기항에 따른 피더운송체계 문제 등이 동일한 순위로 나타났다. 그러나, 시간 관련 요소인 하역소요 시간 증가에 따른 재항시간의 증가, 선박 Turn Around Time의 증가 등은 낮은 순위로 나타났다.

<표 IV-2> 초대형선의 주요 문제점

문제점	순위
운항비 및 유지보수비 증가	3.68
항만 인프라 제약(수심, 장비 등)	2.68
하역 소요 시간 증가에 따른 재항시간 증가	4.39
적취율을 맞출 수 있는 화물 확보 어려움	2.82
소수 항만 기항에 따른 피더운송체계 문제	3.68
선박 Turn Around 시간 증대	5.68
채산성 불확실	4.85

4) 요구하역 소요시간

선사들이 인식하고 있는 12,000TEU급 선박의 하역 소요 시간을 파악하기 위하여 12,000TEU급 선박의 예상되는 하역 소요 시간을 기존 6,000TEU급 선박의 하역 소요시간과 비교하여 조사하였다.

6,000TEU급 선박의 하역 소요 시간은 최소 10시간에서 최대 50시간까지의 범위로 나타났으며, 선사별로 해당 항만에서의 처리 물동량 등 하역 상황이 서로 다른 관계로 편차가 크게 나타난 것으로 생각된다. 평균 소요 시간은 25.4시간으로 나타났다.

12,000TEU급 선박의 하역 소요 예상 시간은 6,000TEU급 선박에 비해 1.74배 높은 것으로 나타났으며, 평균은 32.4시간이다. 또한, 12,000TEU급 선박이 취항할 경우 요구되는 평균 하역 소요 시간을 조사하였으며, 상기 소요 예상 시간보다 약간 긴 38.4시간으로 나타났다.

이러한 사실은 과연 12,000TEU급 선박의 하역을 30시간대 내에 마칠 수 있을까라는 의문점을 제기하게 한다. 하역 소요시간의 길이에 따라 전체 선박 운항 일정이 달라질 수 있고, 선박 회전시간에도 영향을 미치기 때문에 이는 중요한 사안이다.

따라서, 본 논문에서는 전체 선박 회전시간을 현재 6,000TEU급 선박의 것과 유사한 수준으로 가정하고, 초대형선 대비 항만 네트워크별 기

항 항만 수에 따른 하역 소요 시간을 검토하도록 하였다.

<표 IV-3> 6,000TEU급 선박 및 12,000TEU급 선박의 하역 소요 시간

소요시간			요구시간		
6,000TEU 선박 하역 소요시간	12,000TEU 하역시간		6,000TEU 선박 하 역 소요시간	12,000TEU 하역시간	
	배수	시간		배수	시간
	1.8			1.5	
20	1.5	30			
20	1.5	30	20	1.5	30
48	1.8	86.4	48	1.2	57.6
48	1.7	81.6	48	1.4	67.2
10	1.5	15	10	1.5	15
36	1.5	54	30	1.5	45
22	1.5	33	22	1.5	33
26	1.4	36.4	26	1.4	36.4
20	1.5	30	20	1.5	30
12	2.0	24	10	2.0	20
18	1.0	18	18	1.0	18
20	1.5	30	20	1.5	30
20	2.0	40	20	2.0	40
20	1.0	20	20	1.0	20
10	1.6	16	10	1.6	16
20	2.5	50	20	2.5	50
20	2.5	50	20	2.5	50
20	1.5	30	20	1.2	24
50	2.0	100	50	1.5	75
48	1.5	72	48	1.5	72
66	3.0	198			

5) 기항 항만

기존 구주 항로에 12,000TEU급 선박이 취항할 경우 기항지 감소가 불가피 할 것을 가정하여 적정 기항지 수와 기항 항만에 대한 선사들의 의견을 조사하였다. 적정 기항지 수는 3개에서 13개 범위로 나타났으나, 11개 이상의 경우 응답이 1건에 불과하고 대부분 피더 선사인 점을 감안하여 분석에서 제외시켰다.

가장 높은 응답 빈도를 보인 적정 기항지 수는 7개이며, 이어서 5, 6, 8개가 높은 빈도를 보였다. 누적 분포비율로 볼 때 8개까지가 85.7%를 차지하는 것으로 나타났다.

<표 IV-4> 적정 기항지 수 분포

기항지수	백분율	누적 백분율
3개	7.14%	7.14
4개	0.00%	7.14
5개	21.43%	28.57
6개	14.29%	42.86
7개	28.57%	71.43
8개	14.29%	85.72
9개	0.00%	85.72
10개	0.00%	85.72
11개	7.14%	92.86
12개	0.00%	92.86
13개	7.14%	100.00

이어서 기항 항만의 선호도를 조사하기 위하여 구주항로상의 여러 항만들을 제시하였다. 제시된 구주 항로상의 항만들은 유럽지역, 지중해 및 중동지역, 동남아시아, 동북아시아 지역 등으로 구분하여 총 24개로 선정하였다. 실제 정기선사가 기항하는 항만은 선사 및 노선에 따라 다소 차이가 있기 때문에 구주 항로 상에 존재하는 잠재적인 기항 항만들을 포함시켰다.

기항 항만의 선호도는 부산항, 싱가포르 및 상해항, 홍콩항, 로테르담항, 함브르그항 등의 순으로 나타났다. 이들 6개 항만은 아시아 및 유럽 지역의 주요 항만에 해당한다고 할 수 있다. 이어서 2군이라 할 수 있는 항만군은 엔트워프, 필릭스토우, 제다, 두바이 등이 동일한 순위를 나타냈다. 지중해 지역의 거점항이라 할 수 있는 발렌시아가 약간 낮은 선호도를 보이고 있으며, 포트클랑, 카오슝, 오사카 등이 뒤를 이었다.

반면, 북중국 항만인 청도 및 대련과 중국의 신항으로 꼽히는 연천은 낮은 선호도를 보이고 있다. 광양, 고베, 콜롬보, 알제시라스등에 대한 선호도는 0으로 나타났다.

<표 IV-5> 기항 항만 선호도

단위: 빈도

유럽지역					지중해 및 중동		
Hambrug	Rotterdam	Antwerp	Felixstowe	Algeciras	Valencia	Gioia Tauro	Jeddah
9	12	4	4	0	3	1	4
지중해 및 중동		동남아시아					
Dubai	Colombo	Tanjung Pelapas	Port Klang	Singapore	Hong Kong	Yantian	Kaohsiung
4	0	1	2	12	10	1	2
동북아시아							
Shanghai	Qingdao	Dalian	Busan	Kwangyang	Kobe	Osaka	Tokyo
11	1	1	13	0	0	2	1

전술한 적정 기항지 수와 기항 항만 선호도를 참조하고, 12,000TEU급 선박에 기대하는 하역 소요시간(약 38시간)을 기준으로 하여 다음 장에서는 초대형 선박을 위한 최적 항만 네트워크를 구축하고자 한다.

제5장 최적 항만네트워크 분석

5.1 항만네트워크 구성 방법⁵⁾

1) 운항 스케줄 관리

PF/SKED(Profomal Schedule)은 컨테이너 정기선 운항의 기본이 되는 Schedule로서 서비스항로 각각에 대한 표준상품이며, 이러한 목적에 부응하기 위해서는 정형화된 최적의 Schedule 구성과 지속적인 Schedule의 유지가 요구된다.

그러나 현실적으로 PF/SKED은 선사의 장기발전계획에 의해 정기 서비스항로의 개설, 항로를 구성하고 있는 선형의 변화 등에 의해 Schedule이 전면 조정되거나 지역별 영업상황 변화에 따라 일부 조정이 일어날 수 있다.

특정 서비스항로의 신설이나 PF/SKED의 조정은 직·간접적으로 다른 서비스항로의 PF/SKED에 영향을 미칠 수 있으므로, 이를 최소화하기 위해 변경 요인들에 대한 철저한 사전검토와 적합성 검증이 선행 되어야 한다.

특히, 최근 선사들은 자사 선박이 기항하는 항만에 자가 터미널을 건설하거나 해당 항만에서 운영되는 터미널과 선석 이용계약을 통해 1개의 선석을 독점적으로 운영하고 있으며, 이러한 형태는 계속 증가하고 있는 추세이다. 독점 선석(자가 터미널)의 사용은 안정적인 터미널 이용이라는 측면에서 상승효과가 있으나, 단일 선석을 이용하기 때문에 선박간의 Schedule이 겹치는 겹선 문제도 동시에 발생한다. 따라서 운항선박, Alliance 투입선박 및 공동운항 선박간의 Schedule 조정 등 선박의 Schedule 관리는 매우 중요하며, 선박의 수가 계속 증가함에 따라 그 중요성도 증가하고 있다.

PF/SKED를 채택하는 경우 계획시 고려사항 및 조정절차는 다음과 같다.

- ① 기본적인 PF/SKED 검토사항을 통한 Draft를 작성한다.
- ② Draft PF/SKED을 기준으로 다른 항로와의 겹선, Two Berth 이용

5) 송용석(2005)의 해당 내용을 재구성하였음

및 그에 따른 Gang Arrange 가능성과 예상되는 문제점 등을 검토하고 조정한다.

- ③ PF/SKED 조정 및 확정절차는 PF/SKED을 제정 또는 개정하여 필요부서의 의견을 영업 전략팀으로 송부하고 영업 전략팀의 요청에 따라 운항팀에서 Draft SKED을 작성하여 물류관리팀에서 지역본부, 기항지 지점을 통해 Draft SKED 가능 여부를 검토한다. 이 때 문제점 발견 시 해결방안과 함께 Draft SKED이 재작성되며 최종 결정된 PF/SKED은 Alliance에 소속된 선사들 간의 합의를 거친 후 시행된다.

PF/SKED을 근간으로 입거계획, 선대교체 또는 계절별 항해시간, 시기별 상황을 기준으로 스케줄을 검토하는 LR/SKED (Long-range Schedule)이 적용된다. 또한, PF/SKED 및 LR/SKED을 근거로 항만별 취급 예상물량, Gang Working hour 등을 고려하여 작성하는 C/SKED (Coastal Schedule)이 적용된다.

정기선 운항 일정 수립에 있어서 중요한 사항 중 하나는 주요 기항지의 Berth Window 및 Scheduling이다. 각 기항지의 서비스항로별 Berth Window는 겹선이 발생하지 않도록 하며, 설령 발생하더라도 실제 운용하는 측면에서는 문제가 없도록 조정한 후에 최종적으로 PF/SKED이 확정되지만, 선박운항 자체가 여러 측면에서의 불규칙성을 내재하고 있기 때문에 전 선대가 PF/SKED에 의해 정확하게 운항되지 않는 한 어느 기항지에서든 겹선이 발생할 수밖에 없다. 이러한 경우에 여러 가지 가변요소를 종합하여 항로별/선박별로 우선순위 부여나 인위적인 Port Time의 조정 등을 통한 적극적인 Schedule 조정이 불가피하다.

2) 'H' 선사의 PF/SKED 사례

PF/SKED에는 각 항만간 거리, 선박의 속도, 해상운항시간 및 기항항만에서의 예상 화물 처리량, 터미널 생산성, 항만시간, 접안 날짜와 이안 날짜 등이 포함되어 있다.

<표 V-1>은 특정 항로에 대한 PF/SKED을 조사한 것이다. 이 항로를 운항하는 선박은 5,500TEU급 8척으로 구성되어 있으며, 선박의 1항

차 주기는 56일(22.9knots 운항 기준)이고, Weekly Service(7일 간격으로 항만 기항)를 제공한다. 그리고 부산항(PUS)과 카오슝항(KHH)은 1항차에 두 번 기항한다. 이 PF/SKED에 의하면 선복이 5,500TEU인 선박 8척으로 항로상의 기항하는 항만에서 총 15,780Van의 컨테이너를 처리할 계획을 가지고 있다.

<표 V-1> 'H' 선사의 PF/SKED

PORT	DIST	SPD	SEA TIME	MAIN TIME		CGO VOLM	TMNL PROD	TML TIME	ETB			ETD			BUFF TIME
				IN	OUT					d	h		d	h	
SHA					4.0	3,000	100	30	WED	01	03	THU	02	09	
	561	23.0	24	2											
XMN					2.0	800	80	10	FRI	03	15	SAT	04	01	
	292	23.0	13	3											
CWN					3.0	500	50	10	SAT	04	19	SUN	05	05	
	18	23.0	1	2											
HKG					2.0	1,950	130	15	SUN	05	11	MON	06	02	
	1,451	22.8	64	1											6.0
SIN					1.0	1,100	79	14	THU	09	03	THU	09	17	
	4,990	22.8	219	1											9.0
SUZ					1.0		0	18	SUN	19	01	SUN	19	19	
	3,444	23.0	150	6											
HAM					6.0	2,000	59	34	SUN	26	07	MON	27	17	
	210	22.5	9	2											3.0
RTM					2.0	2,000	59	34	TUE	28	13	WED	29	23	
	78	22.5	3	3											
FXT					3.0	720	30	24	THU	30	06	FRI	31	06	
	201	22.5	9	2											
LEH					2.0	400	20	20	FRI	31	21	SAT	32	17	
	3,120	22.7	137	1											5.0
SUZ					1.0		0	23	FRI	38	19	SAT	39	18	
	4,730	23.0	206	2											
PKG					2.0	560	40	14	MON	48	17	TUE	49	07	
	1,825	23.0	79	1											
KHH					1.0	1,100	92	12	FRI	52	17	SAT	53	05	
	922	23.0	40	1											
PUS					1.0	1,650	75	22	MON	55	0	MON	55	22	
	470	23.0	20	4											5.0
SHA									WED	57	03				
	22,312	22.9	974	31	31.0	15,780	56	280							28.0

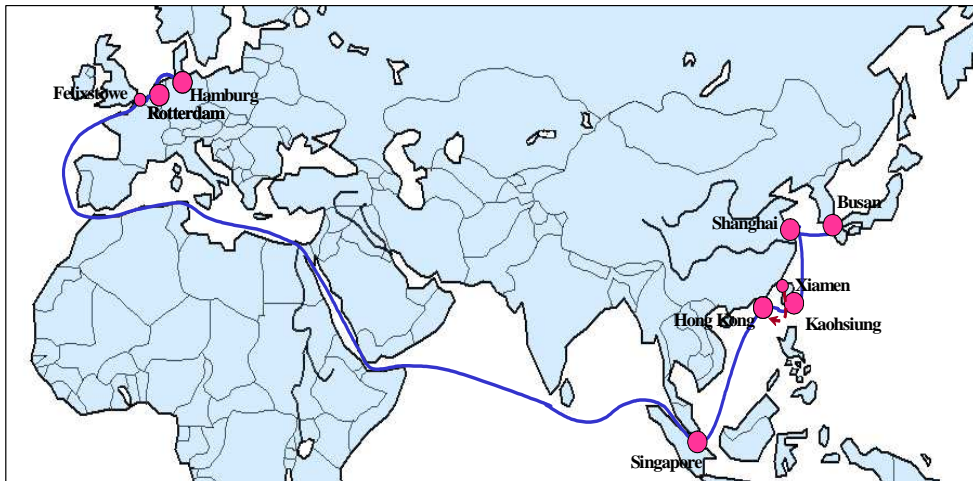
5.2 운항 노선 선정

1) 항만 네트워크 선정

현재 12,000TEU급 이상의 초대형 선박은 구상 단계에 있기 때문에 이러한 선박의 운항 패턴을 확정적으로 설정하는 것은 불가능하다. 이러한 이유로 인하여 본 연구에서는 4장에서 초대형선의 항만 네트워크 평가 방법과 이를 위한 기초 선사 의향 조사의 필요성을 제시하고 실제 조사를 실시하였다.

본 절에서는 4장 4.4절의 선사 의향 조사에서 나타난 결과를 바탕으로 초대형 선박 대비 항만 네트워크 모델을 설정한다. 밝혀진 바와 같이 최적 항만 수는 7개이며, 상위 순으로 볼 때 기항 항만 수는 5~8개 범위로 볼 수 있다. 이를 참조하고, 분석 대상 항로 특성을 감안하여 본 논문에서는 기항 항만 수의 대안을 5, 6, 7, 8, 9개로 설정한다.

대안별 추가될 항만을 결정하는데 있어서 4장 4.4절에서 나타난 선사들의 선호도를 우선하며, 선호도가 동일한 경우 처리 물량규모가 큰 순으로 항만을 포함시킨다. 이러한 기준에 따라 설정된 초대형선 대비 항만 네트워크는 <그림 V-1>과 같이 설정되었다.



<그림 V-1> 항만 네트워크 선정

2) 항로 특성 및 기종점(O/D) 분석

초대형선 대비 최적 항만네트워크를 분석하기 위한 기초 자료로서 선정된 항로는 유럽-아시아 구간의 정기 해상운송서비스 노선이다. 항로에 포함된 기항 항만은 SHA(상해) - XMN(샤먼) - CWN(치완) - HKG(홍콩) - SIN(싱가포르) - HAM(함부르크) - RTM(로테르담) - FXT(펠레스토우) - LEH(르와브르) - SUZ(수에즈) - PKG(포트클랑) - KHH(카오슝) - PUS(부산) - SHA(상해) 등 총 12개 항(수에즈(SUZ)은하 제외)이다.

투입선박은 5,000TEU급 8척이며, 1항차당 운항일수는 56일, 1항차당 운항거리는 22,312mile, 해상운송시간은 974시간의 운항특성을 가진다.

<표 V-2> 항로'B'의 운항특성

구분	특성
투입선박	5,000TEU × 8척
1항차 운항일수	56일
운항거리	22,312mile
운항시간	974시간

화물의 기종점 분석은 화물이 어느 항에서 어느 항으로 운송되었는지를 분석하는 것으로서 화물의 출발항과 도착항을 대상으로 분석한다. 그리고 컨테이너 운송 단위는 20ft, 40ft, 45ft와 같은 컨테이너 규격으로 구분하지 않고, 컨테이너 순수 개수를 의미하는 Van으로 하였다.

대상 항로 화물에 대한 기종점을 분석한 결과, 연간 총 317,197Van의 컨테이너를 운송하였으며, 출발지(항)중 화물이 가장 많은 항만은 로테르담(RTM)항으로 47,208Van이며, 다음이 싱가포르(SIN)항 43,028Van, 펠레스토우(FXT)항 42,129Van, 함부르크(HAM)항 42,128Van 등의 순으로

나타났다. 도착지(항)중 화물이 가장 많은 항만은 함부르크(HAM)항으로 67,817Van이며, 다음이 상하이(SHA)항 48,134Van, 싱가포르(SIN)항 41,387Van, 로테르담(RTM)항 41,109Van 등의 순으로 나타났다.

<표 V-3> 항로'B'의 화물 기종점 분석

단위 : Van

구분	HAM	SHA	SIN	RTM	HKG	PKG	FXT	LEH	etc	Total
SHA	20,686	0	872	9,243	1,332	0	5,112	2,913	671	40,829
XMN	9,742	0	5,007	8,419	1,345	0	3,311	689	0	28,513
CWN	4,330	0	1,301	2,077	0	0	959	643	0	9,310
HKG	17,304	1,008	855	9,154	0	0	3,537	822	472	33,152
SIN	15,755	2,578	0	12,167	777	0	8,479	2,643	629	43,028
HAM	0	17,782	5,794	49	3,882	7,452	125	91	6,953	42,128
RTM	0	10,919	9,222	0	8,278	8,255	861	1,713	7,960	47,208
FXT	0	9,970	8,069	0	5,149	3,834	0	2,560	12,547	42,129
LEH	0	4,668	6,588	0	3,802	1,604	0	0	3,172	19,834
PKG	0	587	682	0	706	0	0	0	936	2,911
GIT	0	1	9	0	24	2	0	0	561	597
VLC	0	553	863	0	357	3	0	0	0	1,776
CMB	0	68	2,125	0	926	2,207	0	0	456	5,782
Total	67,817	48,134	41,387	41,109	26,578	23,357	22,384	12,074	34,357	317,197

5.3 항만 네트워크 대안 선정

1) Base Case

(1) 물동량 매트릭스

항만 네트워크별 적정성을 분석하기 위한 Base Case는 <표 V-4>의 자료를 활용한다. 수에즈 운하를 제외하고 총 12개의 기항지를 포함하고, 1항차당 운송량은 15,780Van이며, 기항항만의 평균 생산성은 56Van/h이다.

(2) 거리 매트릭스

운항 시간을 도출하기 위하여 항로상의 각 항만 간 거리 매트릭스를 도출하였다(<표 V-5>).

2) 항만 네트워크 대안

상기 Base Case 항로에 12,000TEU급 초대형선이 취항하는 것으로 가정할 때 기항지는 총 12에서 5~9개까지 축소되는 운항 시나리오를 바탕으로 초대형선의 항만네트워크 대안을 설정하였다(<표 V-6>).

항만 네트워크 대안별로 기항항만 수가 감소하기 때문에 기항 하지 않는 항만의 물동량은 인접 항만에서 처리해야한다. 즉, 기항지가 축소되는 상황에 맞추어 환적 시나리오가 도출되어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 지리적으로 근접한 항만, 물동량 처리 규모가 큰 항만 순으로 인접 항만의 화물을 흡수하는 것을 가정한다.

대안 1-1의 경우, 부산항이 상해항의 화물을 흡수하며, 홍콩항은 샤먼, 치완, 카오슝항 등의 화물을 흡수한다. 싱가포르항은 포트클랑의 화물을 흡수하며, 로테르담항은 르하브르 및 펠레스토우항의 화물을 흡수한다.

대안 1-2의 경우, 대안 1-1과 반대로 상해항이 부산항의 화물을 흡수하며, 대안 2부터 5까지 기항 항만이 추가되면 대안 1에서 흡수된 화물이 추가되는 항만으로 재배치된다.

<표 V-4> Base Case 현황

PORT	DIST	SPD	SEA TIME	MAIN TIME		CGO VOLM	TMNL PROD	TML TIME
				IN	OUT			
SHA					4.0	3,000	100	30
	561	23.0	24	2				
XMN					2.0	800	80	10
	292	23.0	13	3				
CWN					3.0	500	50	10
	18	23.0	1	2				
HKG					2.0	1,950	130	15
	1,451	22.8	64	1				
SIN					1.0	1,100	79	14
	4,990	22.8	219	1				
SUZ					1.0		0	18
	3,444	23.0	150	6				
HAM					6.0	2,000	59	34
	210	22.5	9	2				
RTM					2.0	2,000	59	34
	78	22.5	3	3				
FXT					3.0	720	30	24
	201	22.5	9	2				
LEH					2.0	400	20	20
	3,120	22.7	137	1				
SUZ					1.0		0	23
	4,730	23.0	206	2				
PKG					2.0	560	40	14
	1,825	23.0	79	1				
KHH					1.0	1,100	92	12
	922	23.0	40	1				
PUS					1.0	1,650	75	22
	470	23.0	20	4				
	22,312	22.8	974	31	31.0	15,780	58	280

대안 1-1은 5개 기항지를 포함하며, 동북아 지역에서 부산항이 포함되고 상해항이 제외되는 경우이다. 즉, 부산항-홍콩항-싱가포르항-함부르크항-로테르담항으로 구성된다. 대안 1-2는 부산항 대신 상해항이 포함되며, 대안 2는 부산항과 상해항 모두를 포함한다. 대안 3은 대안 2에 카오슝항이 더해지고, 대안 4는 대안 3에 샤먼항, 그리고 대안 5는 대안 4

에 펠레스토우항이 포함된다.

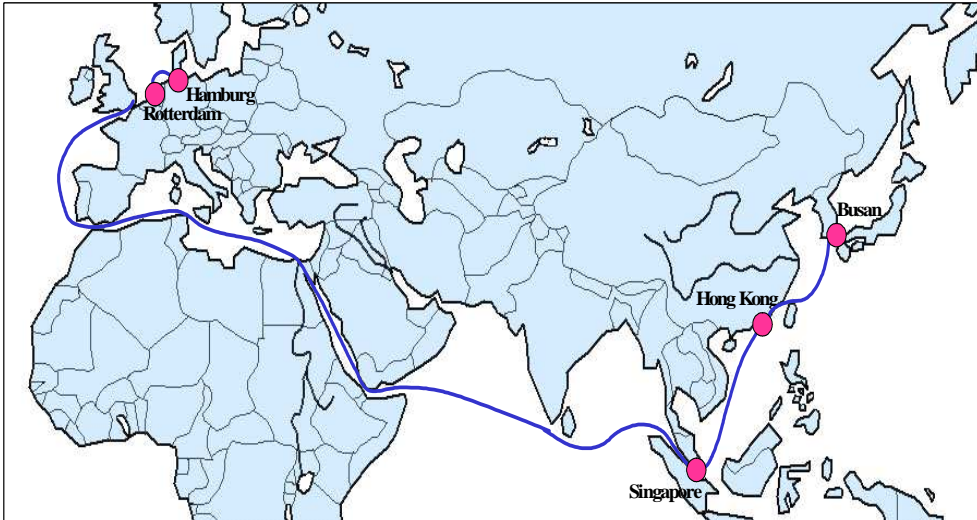
<표 V-5> Base Case의 기항지 간 거리 매트릭스

단위 : Mile

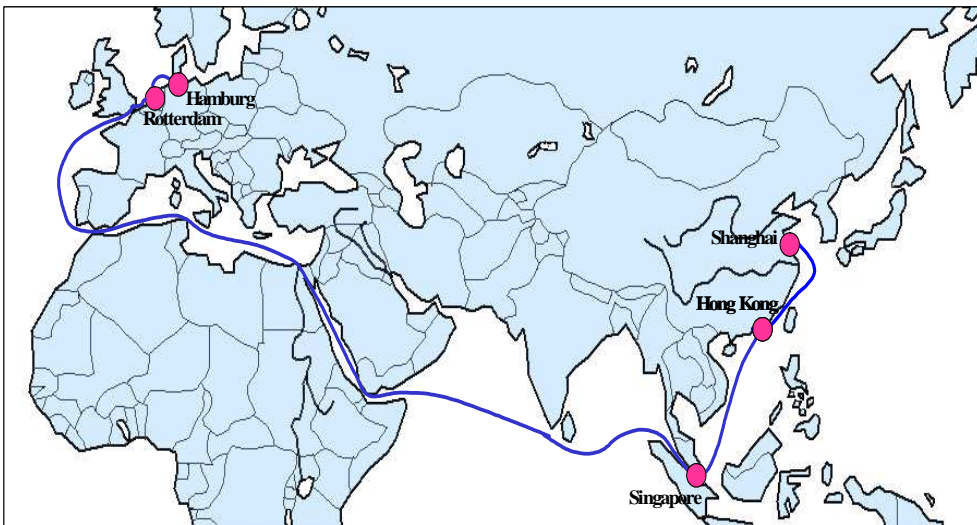
구분	HAM	SHA	SIN	RTM	HKG	PKG	FXT	LEH	CMB	XMN	PUS	CWN	VAL
SHA	8,889	0	2,216	10,563	845	2,421	10,499	10,366	0	604	491	900	8,924
XMN	10,248	0	1,644	9,991	302	1,849	9,927	9,794	0	0	892	292	0
CWN	10,036	0	1,432	9,779	18	0	9,715	9,582	0	0	0	0	0
HKG	9,993	845	1,451	9,781	0	1,639	9,717	9,584	3,022	302	1,155	18	5,597
SIN	8,610	2,216	0	8,353	1,451	211	8,289	8,156	1,594	1,644	2,493	1,432	6,714
HAM	0	8,889	8,610	317	9,993	8,360	362	507	7,068	10,248	11,110	10,036	0
RTM	317	10,563	8,353	0	9,781	8,163	78	250	6,811	9,991	10,853	9,779	0
FXT	362	10,499	8,289	0	9,717	8,099	0	201	6,747	9,927	10,790	9,715	1,728
LEH	0	10,366	8,156	0	9,584	7,850	0	0	6,613	1,849	9,315	9,582	0
PKG	8,360	2,421	211	8,163	1,639	0	8,099	7,850	1,404	1,849	0	1,637	0
GIT	0	8,137	6,002	0	4,953	5,675	0	0	0	0	8,502	0	763
VLC	0	8,924	6,714	0	5,597	6,524	0	0	0	0	9,214	0	0
CMB	7,068	3,804	1,594	6,811	3,022	1,404	0	0	0	3,232	0	3,020	0

<표 V-6> 항만 네트워크 대안

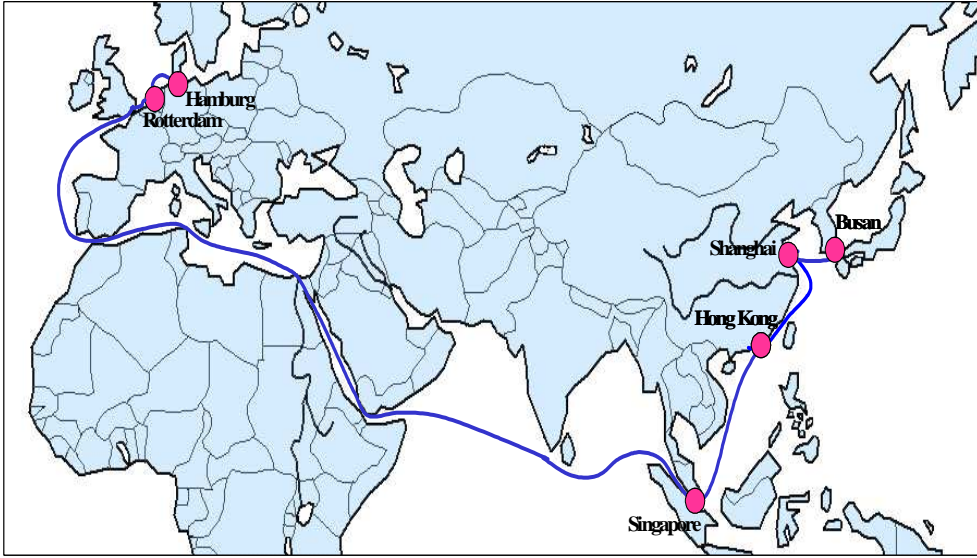
대안	기항 항만	비고
1-1	부산항, 홍콩항, 싱가포르항, 함부르그항, 로테르담항	부산항 포함
1-2	상해항, 홍콩항, 싱가포르항, 함부르그항, 로테르담항	상해항 포함
2	상해항, 홍콩항, 싱가포르항, 함부르그항, 로테르담항, 부산항	부산, 상해항 포함
3	상해항, 홍콩항, 싱가포르항, 함부르그항, 로테르담항, 카오슝항, 부산항	카오슝항 포함
4	상해항, 샤먼항, 홍콩항, 싱가포르항, 함부르그항, 로테르담항, 카오슝항, 부산항	샤먼항 포함
5	상해항, 샤먼항, 홍콩항, 싱가포르항, 함부르그항, 로테르담항, 펠레스토우항, 카오슝항, 부산항	펠레스토우항 포함



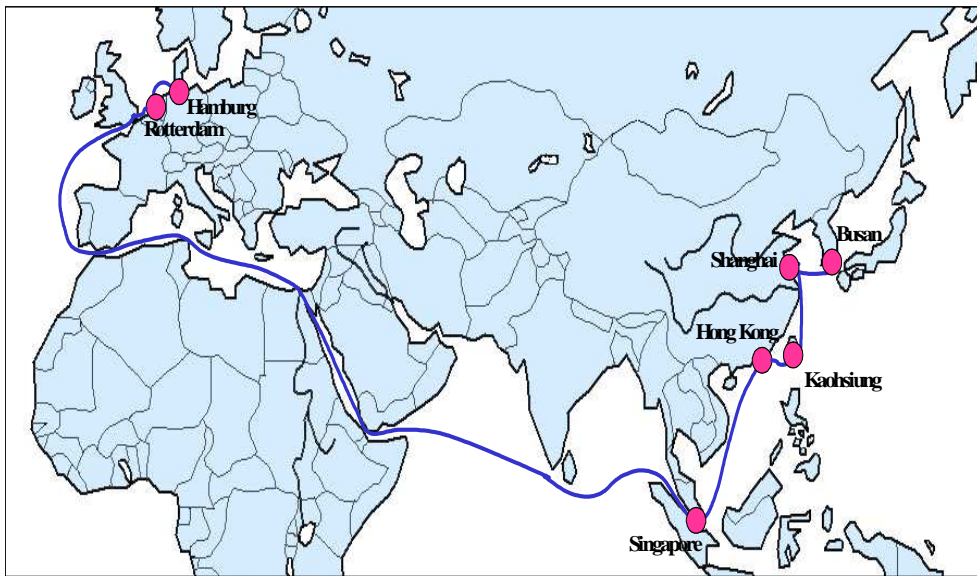
<그림 V-2> 항만 네트워크 대안 1-1



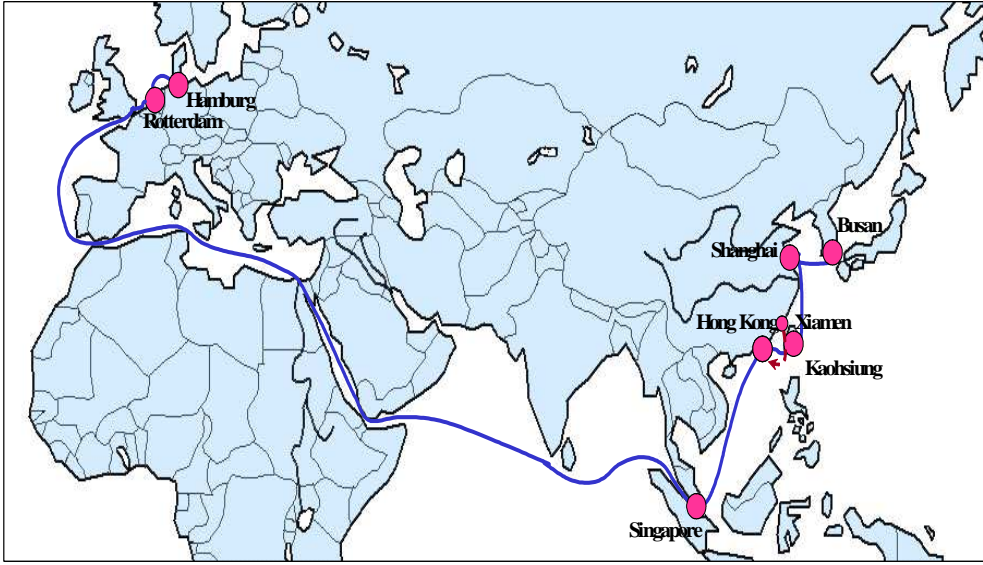
<그림 V-3> 항만 네트워크 대안 1-2



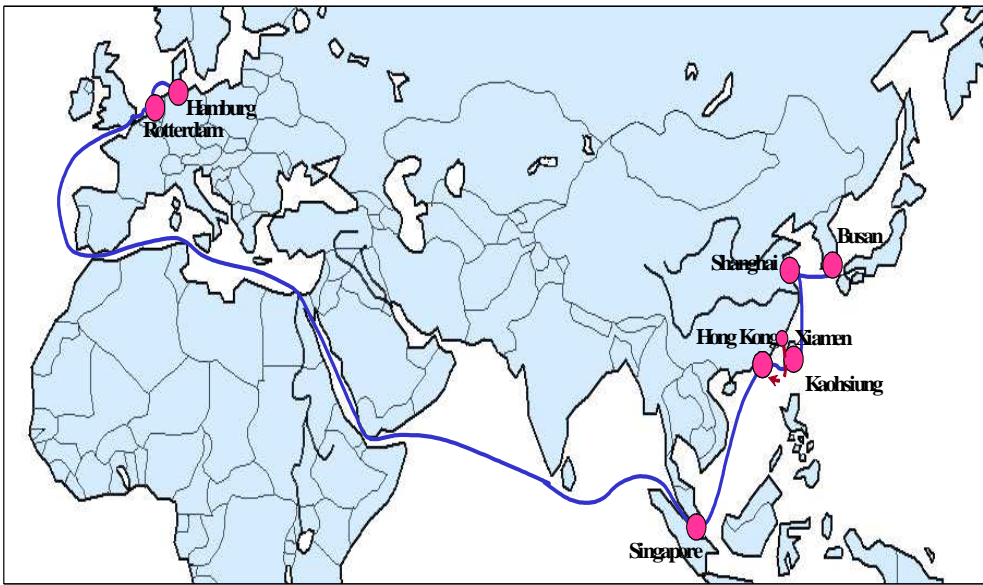
<그림 V-4> 항만 네트워크 대안 2



<그림 V-5> 항만 네트워크 대안 3



<그림 V-6> 항만 네트워크 대안 4



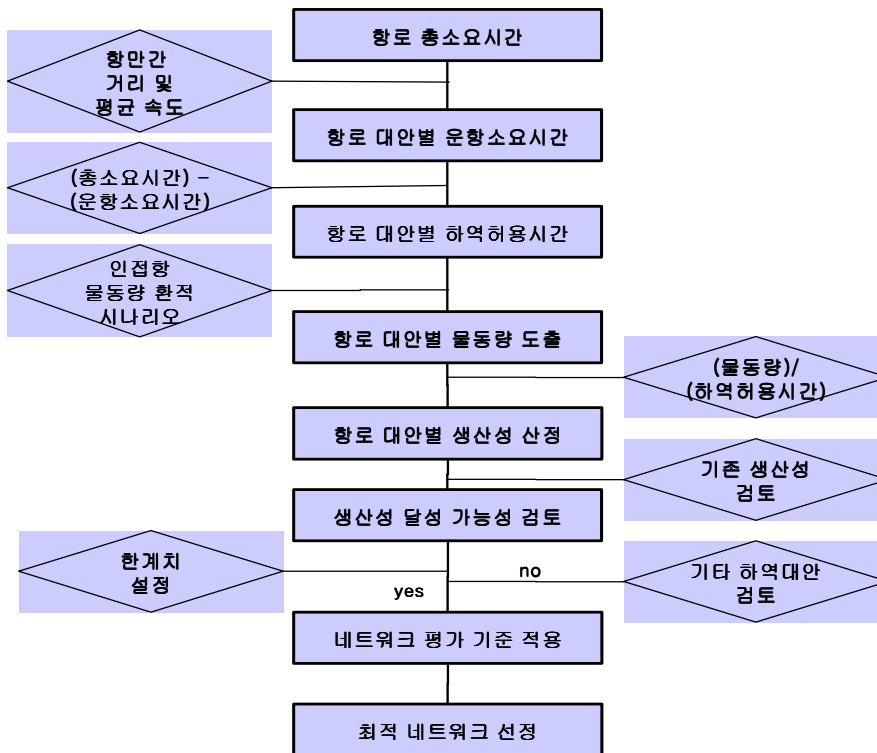
<그림 V-7> 항만 네트워크 대안 5

5.4 대안 분석

1) 분석 과정

본 고에서는 앞에서 설정된 각 대안별로 총 운항거리, 총 운항시간, 총 하역시간 등 네트워크 평가에 필요한 항목들의 값을 도출한다. 항만간 운항 시간은 거리와 평균 운항 속도를 기준으로 하며, 근본적으로 운항 시간은 5,000TEU급 및 12,000TEU급 선박간에 차이가 없다는 가정을 한다.

하역 허용 소요시간은 Weekly 서비스를 제공할 때 1항차당 소요되는 기존 시간(56일)에서 운항 소요시간을 감하여서 산출한다. 하역 소요 시간은 각 항만의 물동량과 평균 생산성을 기준으로 도출하였다.



<그림 V-8> 분석 과정

2) 분석결과

대안 1-1은 5개 기항지를 포함하며, 동북아 지역에서 부산항이 포함되고 상해항이 제외되는 경우이다. 즉, 부산항-홍콩항-싱가포르항-함부르크항-로테르담항으로 구성된다. 총 운항거리는 22,103mile이며, 운항시간 및 하역시간은 각각 973시간, 203시간으로 나타났다.

<표 V-7> 항만네트워크 대안 1-1(5개 기항지) 분석 결과

PORT	DIST	SPD	SEA TIME	CGO VOLM	TMNL PROD	TML TIME
HKG				4,350	130	33
	1,451	22.8	64			
SIN				1,660	79	21
	8,434	22.9	368			
HAM				2,000	59	34
	210	22.5	9			
RTM				3,120	59	53
	10,853	22.5	482			
PUS				4,650	75	62
	1,155	23.0	50			
	22,103	22.7	973	15,780	80	203

대안 1-2는 1-1과 동일하게 5개 기항지를 포함하며, 동북아 지역에서 부산항이 제외되고 상해항이 포함되는 경우이다. 총 운항거리는 대안 1-1보다 짧은 21,503mile이며, 운항시간 및 하역시간은 각각 947시간, 188시간으로 나타났다.

상기 대안 1과 동일한 방법으로 6개 항만을 포함하는 네트워크 대안 2는 동북아 지역에서 부산항과 상해항 두 항만을 모두 기항하는 경우이다. 총 운항거리는 22,263mile이며, 운항시간 및 하역시간은 각각 980시간, 193시간으로 나타났다.

<표 V-8> 항만네트워크 대안 1-2(5개 기항지) 분석 결과

PORT	DIST(mile)	SPD(kont)	SEA TIME(hr)	CGO VOLM(van)	TMNL PROD(van/hr)	TML TIME(hr)
SHA				4,650	100	47
	845	23.0	37			
HKG				4,350	130	33
	1,451	22.8	64			
SIN				1,660	79	21
	8,434	22.9	368			
HAM				2,000	59	34
	210	22.5	9			
RTM				3,120	59	53
	10,563	22.5	469			
	21,503	22.7	947	15,780	85	188

<표 V-9> 항만네트워크 대안 2(6개 기항지) 분석 결과

PORT	DIST(mile)	SPD(kont)	SEA TIME(hr)	CGO VOLM(van)	TMNL PROD(van/hr)	TML TIME(hr)
SHA				3,000	100	30
	845	23.0	37			
HKG				4,350	130	33
	1,451	22.8	64			
SIN				1,660	79	21
	8,434	22.9	368			
HAM				2,000	59	34
	210	22.5	9			
RTM				3,120	59	53
	10,853	22.5	482			
PUS				1,650	75	22
	470	23.0	20			
	22,263	22.8	980	15,780	84	193

대안 3은 7개 기항지를 포함하며, 대안 2에 카오슝항이 포함되는 경우이다. 총 운항거리는 22,207mile이며, 운항시간 및 하역시간은 각각 977시간, 197시간으로 나타났다.

<표 V-10> 항만네트워크 대안 3(7개 기항지) 분석 결과

PORT	DIST(mile)	SPD(kont)	SEA TIME(hr)	CGO VOLM(van)	TMNL PROD(van/hr)	TML TIME(hr)
SHA				3,000	100	30
	845	23.0	37			
HKG				3,250	130	25
	1,451	22.8	64			
SIN				1,660	79	21
	8,434	22.9	368			
HAM				2,000	59	34
	210	22.5	9			
RTM				3,120	59	53
	9,875	22.5	439			
KHH				1,100	92	12
	922	23.0	40			
PUS				1,650	75	22
	470	23.0	20			
	22,207	22.9	977	15,780	85	197

대안 4는 8개 기항지를 포함하며, 대안3에 샤먼항이 포함되는 경우이다. 총 운항거리는 22,225mile이며, 운항시간 및 하역시간은 각각 977시간, 201시간으로 나타났다.

<표 V-11> 항만네트워크 대안 4(8개 기항지) 분석 결과

PORT	DIST(mile)	SPD(kont)	SEA TIME(hr)	CGO VOLM(van)	TMNL PROD(van/hr)	TML TIME(hr)
SHA				3,000	100	30
	561	23.0	24			
XMN				800	80	10
	302	23.0	13			
HKG				2,450	130	19
	1,451	22.8	64			
SIN				1,660	79	21
	8,434	22.9	368			
HAM				2,000	59	34
	210	22.5	9			
RTM				3,120	59	53
	9,875	22.5	439			
KHH				1,100	92	12
	922	23.0	40			
PUS				1,650	75	22
	470	23.0	20			
	22,225	22.8	977	15,780	84	201

대안 5는 9개 기항지를 포함하며, 대안4에 필릭스토우항이 포함되는 경우이다. 총 운항거리는 22,223mile이며, 운항시간 및 하역시간은 각각 976시간, 213시간으로 나타났다.

<표 V-12> 항만네트워크 대안 5(9개 기항지) 분석 결과

PORT	DIST	SPD	SEA TIME	CGO VOLM	TMNL PROD	TML TIME
SHA				3,000	100	30
	561	23.0	24			
XMN				800	80	10
	302	23.0	13			
HKG				2,450	130	19
	1,451	22.8	64			
SIN				1,660	79	21
	8,434	22.9	368			
HAM				2,000	59	34
	210	22.5	9			
RTM				2,400	59	41
	78	22.5	3			
FXT				720	30	24
	9,795	22.5	435			
KHH				1,100	92	12
	922	23.0	40			
PUS				1,650	75	22
	470	23.0	20			
	22,223	22.8	976	15,780	78	213

5.5 최적 네트워크

각 대안별로 도출된 총 운항시간 및 하역 소요 시간을 기존 5,000TEU 급 선대의 운항과 비교하여 그 적정성을 평가하였으며, 모든 대안의 하역 소요시간이 하역 허용시간대 내에 머무는 것으로 분석되었다. 이는 기존의 하역 생산성을 기준으로 할 경우에도 12,000TEU급 선박이 5,000TEU급 선박과 동일한 선박 회전 시간을 달성할 수 있다는 점을 의미한다.

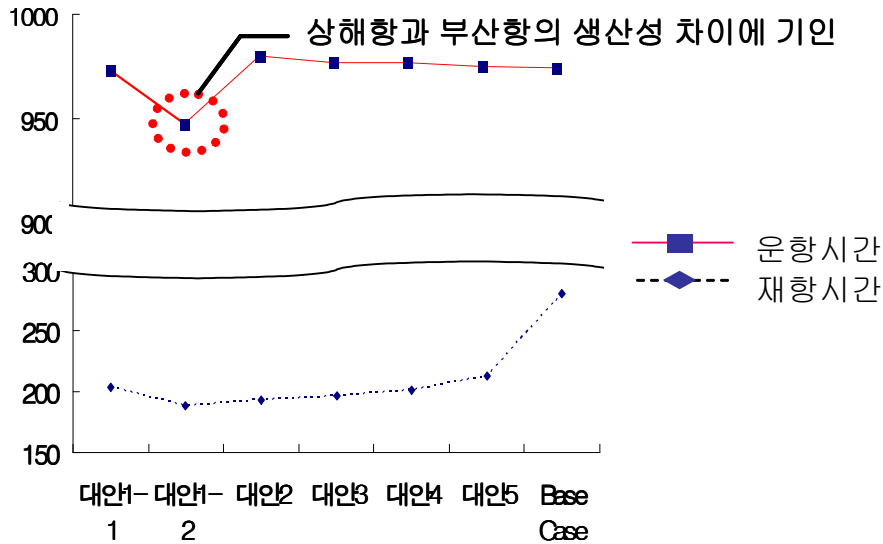
<표 V-13> 대안별 시간 평가

구분	대안						Base Case
	1~1	1~2	2	3	4	5	
총소요시간(h)	1,176 (93.8)	1,135 (90.5)	1,173 (93.5)	1,174 (93.6)	1,178 (93.9)	1,188 (94.7)	1,254 ^① (100)
총운항거리(mile)	22,103	21,503	22,263	22,207	22,225	22,223 (99.6)	22,312 (100)
운항소요시간(hr) ^②	973	947	980	977	977	975	974
하역허용최대 시간 ^③ (① - ②)	281	307	274	277	277	279	280
하역소요시간 ^④	203	188	193	197	201	213	280
여유 시간 (③ - ④)	78	119	81	80	78	66	0

<그림 V-9>을 통해서 알 수 있는 것과 같이 기항항만 수가 증가함에 따라 하역 소요 시간은 어느 정도 증가하는 것을 알 수 있다. 대안 1-2의 경우 특히 하역 소요시간이 짧게 나타났는데 이는 상해항과 부산항의 생산성 차이에 기인한다.

운항 소요시간의 경우 기항 항만 수의 증가에 무관하게 거의 일정한 수준을 보이는 것을 알 수 있다. 이것은 분석 대상 노선상의 기항 항만

위치가 중심항로 상에서 크게 벗어나지 않는다는 점을 의미하는 것으로 보인다.

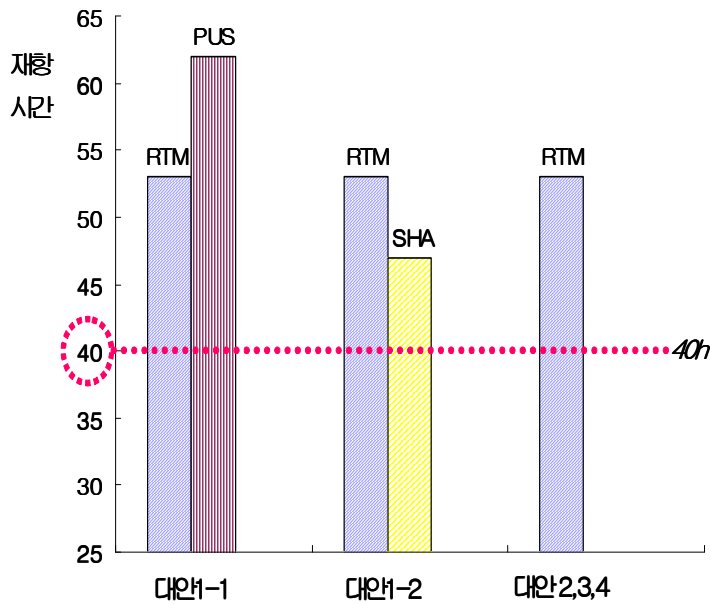


<그림 V-9> 대안별 하역 및 소요시간 민감도

이어서, 하역 소요시간 측면에서 각 항만의 적정성 정도를 평가하였다. 평가 기준으로는 우선 선사 조사를 통하여 도출된 12,000TEU급 선박의 기대 하역 소요 시간인 38.2시간이 고려된다. 그리고, 기존 Base Case의 최대 하역 소요시간이 34시간인 점을 감안하여 초대형선을 대상으로 허용되는 하역 소요시간을 40시간으로 결정한다.

각 대안별 기항 항만의 평균 하역 소요시간이 이 시간대 내에 들 경우 적정한 것으로 평가하고, 상기 한계치를 벗어나는 경우 한계치 평가 기준을 적용하여 평가하였다.

<그림 V-10>과 같이 설정된 한계 소요시간인 40시간을 초과하는 경우는 대안1-1의 경우 로테르담항(53시간)과 부산항(62시간)이다. 대안 1-2의 경우 상해항(47시간)과 로테르담항(53시간)이 한계치를 초과하였고, 대안 2, 3, 4의 경우 로테르담항(53시간)이 한계치를 초과하였다.



<그림 V-10> 재항시간 한계치 초과 항만 현황

하역소요 시간을 40시간으로 맞추기 위해서는 <표 V-14>와 같이 로테르담항은 생산성을 32% 향상시켜야 하며, 부산항과 상해항은 각각 55%, 16% 향상시켜야 한다. 이는 단순히 표면적인 수치이며, 가장 높은 상해항의 생산성을 1로 하여 각 항만의 상대적 비율(부산, 0.75; 로테르담, 0.59)을 가중치로 적용하며, 목표 생산성을 현재 생산성 수준의 가중치로 적용할 경우 3개 항만의 증가율은 각각 18.9%, 41.3%, 16%로 나타난다.

부산항의 경우 본 연구에서 적용한 자료가 2003년 기준이기 때문에 현 시점과 비교할 때 생산성이 지나치게 낮은 상태이다.

한계치를 초과하는 3개 항만에 대해서는 기존 하역장비로 생산성 달성이 가능한지 혹은 일부 투자 후 생산성 달성이 가능한지 그렇지 않으면 대규모 투자나 신규 대용량 터미널 개발이 필요한지를 기준으로 그 심각성 정도를 평가하였다.

<표 V-14> 한계치 달성 방안

구분	로테르담	부산	상해
물동량(Van)	3,120	4,650	4,650
생산성	59	75	100
한계 하역소요시간	40		
목표 생산성	78	116	116
증가율(%)	32	55	16
가중치 적용 증가율(%)	18.9	41.3	16

로테르담항의 경우 타 항만에 비하여 생산성이 상대적으로 낮은 상태이며, 목표 생산성이 78van/hr로서 부산항의 과거 생산성 수준이기 때문에 충분히 달성 가능한 것으로 평가된다. 반면 부산항은 이미 생산성이 어느 정도 수준으로 향상되어 있고 현 시점에서 하역 장비 등 기본 설비가 부족한 상태이기 때문에 일부 투자가 필요한 것으로 평가된다. 상해항의 경우 역시 일부 투자가 필요한 것으로 평가되는데 주된 이유는 이미 생산성이 상한치에 가깝다는 것이다. 그러나 현재 양산 신항이 개장한 상황이기 때문에 구 항을 대상으로 분석을 수행한 것이라는 점을 상기할 필요가 있다.

<표 V-15> 한계치 초과 정도 평가

	로테르담	부산	상해
기존 하역장비로 생산성 달성 가능	○	×	×
일부 투자 후 생산성 달성 가능	×	○	○
대규모 투자 요구	×	×	×
신규 대응량 터미널 개발	×	×	×

초대형선이 5~9개항으로 기항지를 축소하여 운항한다는 항만 네트워크 대안을 바탕으로 할 때 운항일수는 56일에서 대안별로 47~50일 범위로 단축된다. 7일 간격의 Weekly Service를 기준으로 볼 때, 선박운항에 투입되는 선박의 수는 대안 1-1, 1-2, 2, 3의 경우가 기존의 8척(56일 ÷ 7일)에서 초대형선 7척으로 줄어드는 효과가 나타난다.

그러나, 단순히 규모면에서 생각할 때 5,000TEU급 선박에 비하여 12,000TEU급 선박은 그 규모가 2배가 넘기 때문에 선대를 구성하는 선박 척수 역시 상당한 수준으로 줄어야 할 것이다. 이것은 선박 규모별 선가 및 운항원가 분석을 기반으로한 경제성 분석이 수반되어야 해결될 문제이다.

본 연구에서 분석한 결과 가장 이상적인 네트워크의 경우 선박 척수 감소가 1척에 불과한 것으로 나타났기 때문에 하역 소요 시간 단축을 통한 추가 시간 단축이 필요하다는 사실을 인지할 수 있었다.

<표 V-16> 기존 선박과 초대형선의 소요 선대 규모

구분	기존 선박 운항	항만네트워크 대안					
		1-1	1-2	2	3	4	5
총 항차 소요시간(일)	56	49	47.3	49	49	49.1	49.5
소요 선박 척수	8	7	7	7	7	8	8

상기 분석 결과를 바탕으로 할 때 총 소요시간 측면에서는 대안 1-2가 12,000TEU급 선박을 대상으로 한 최적 항만 네트워크로 평가된다. 그러나 본 논문에서는 기존 5,000TEU급 선박이 운항하는 항로를 그대로 적용하였기 때문에 실제 12,000TEU급 선박이 운항 할 경우 기존 항로에 변화가 있을 수 있다는 점을 감안하지 못하였다. 또한 제반 가변비용 및 고정비용을 반영한 경제성 분석이 수반되지 못한 한계가 있다.

제 6장 결론 및 향후 연구방향

6.1 요약 및 결론

본 논문은 최근 논란이 되고 있는 초대형 컨테이너 선박을 대상으로 최적 항만 네트워크를 평가하는 것을 목적으로 하였다. 12,000TEU급 선박이 운항할 경우 기존 5,000TEU급 선박에 비하여 기항 항만 수가 현저히 줄어들 것으로 예상하는데서 논문은 시작되었다.

먼저, 초대형 선박에 대한 문헌을 고찰하여 현황과 한계를 밝히고 연구 방향을 제시하였다. 이를 위하여 선박 및 항만의 대형화 추세를 살펴보고 관련 문헌을 선박 설계, 컨테이너 하역시스템, 선박 운영 그리고 항만 네트워크 부문으로 구분하여 고찰하였다.

컨테이너 하역시스템에 관한 연구는 시간당 300lifts 이상의 생산성을 달성할 수 있는 새로운 개념을 소개하였으나 실현 가능성은 입증하지 못한 것으로 평가되었다. 운영 부문의 연구는 일반적으로 선박 규모의 경제성, 항만 네트워크의 형태와 메가 허브의 개발에 따른 문제점과 같은 3가지 관점에서 이루어졌다.

이러한 한계점을 바탕으로 기술 측면에 비하여 선박 운항 측면의 연구가 극히 미흡하다는 점을 제기하고, 특히, 항만 네트워크 평가에 관한 연구의 필요성을 제기하였다.

이어서, 해운 및 항만 환경 분석을 통하여 초대형 선박과 관련된 주요 이슈를 도출하였다. 항만 부문의 경우 초대형선 대비 수심, 장비 등 항만의 물리적인 측면을 확충하는 것에 초점이 모아지고 있으나 선결 과제라고 할 수 있는 항만 네트워크에 관한 연구는 극히 부족한 실정이라는 점이 지적되었다. 즉, 초대형선에 대한 기술적인 의문점들이 해결되는 시점에서 주 관심사는 과연 몇 개의 항만에 초대형선이 기항하는 것이 이상적인가라는 점에 모아진다는 것이다.

문헌 검토 및 연구 방향 설정에 이어 4장에서는 초대형선 대비 항만 네트워크의 적정성을 평가하는 방법을 제시하였다. 먼저, 기존 문헌의 평가 모형을 검토하여 그 의미 및 한계를 지적하였다. 이어서 현실적인 학

술 연구의 범위 내에서 수행 가능한 평가 모형으로서 정기선사의 선박운항 스케줄을 기반으로 하는 평가 방법을 제시하였다.

동시에 항만 운영자뿐만 아니라 선사들의 주 관심사이기도 한 초대형선에 대한 선사 선호도 분석을 통하여 초대형 선박에 대한 선사 의향 및 선호도, 초대형선의 기항 항만 수 및 기대 하역 소요 시간 등을 도출하여 실증 연구의 기초 자료로 구성하였다.

실증 분석을 위하여 초대형선 대비 항만 네트워크 모형을 4개로 설정하였다. 기존의 구주 노선을 대상으로 하였고 12개 기항 항만 수를 5~8개로 축소하는 대안을 설정하였다. 각 대안별로 물동량과 운항거리를 도출하고, 대안별 운항시간 및 하역소요시간을 산정한 후 총 소요시간을 산출하였다. 이를 바탕으로 기항 항만수가 감소되는데 따른 운항시간의 단축정도, 하역물동량이 증가되는데 따른 하역소요시간의 증가 정도 등을 검토하였다.

그 결과 기항 항만수가 감소되어도 운항시간이 단축되는 효과는 크지 않은 것으로 나타났으며, 하역 소요시간은 어느 정도 수준으로 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 초대형선의 허용 하역소요시간을 40시간으로 제한하였을 때 대안에 따라 부산항, 상해항, 로테르담항 등이 허용치를 상회하여 하역생산성 향상을 위한 조치가 필요한 것으로 나타났다.

또한, Weekly Service를 제공하는 선대규모 측면에서의 효과를 분석한 결과 대안 1.1, 1-2, 2, 3 등이 기존 선대규모 8척에서 7척으로 선박이 감소하는 효과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

이러한 제반 결과를 종합할 때 12,000TEU급 선박을 대상으로 한 최적 네트워크는 상해-홍콩-싱가포르-함부르크-로테르담으로 이어지는 대안 1-2 노선을 들 수 있다.

6.2 향후 연구방향

본 연구를 통하여 그 동안 초대형선의 운항과 관련된 의문점에 대한 개괄적인 해답을 제시할 수 있었다. 즉, 기존 5,000TEU급 선박과 비교 시 하역 소요시간 정도, Weekly 서비스를 제공하는데 소요되는 선대 규모 등을 파악할 수 있었다. 그러나 본 논문은 하역 소요시간을 산정하는데 있어서 기존 평균 생산성을 기준으로 하는 한계를 내포하고 있다. 보다 현실적이고 미시적인 분석을 위해서는 운항시간에 대한 분석이 역시 필요하다. 또한, 초대형선의 경우 제반 가변비용 및 고정비용에서 기존 5,000TEU급 선박과 차이가 있으나 이를 반영한 경제성 분석은 수행하지 못하였다. 따라서, 향후 연구 방향으로는 크게 두 가지를 제시할 수 있다.

첫째, 하역소요 시간 산출을 현실적으로 하기 위한 시뮬레이션 수행이 필요하다. 4장에서 밝힌 바와 같이 하역시스템의 경우 실제 터미널 상황을 바탕으로 한 능력 평가가 필요하다. 선박 크기별, 하역시스템별 현실적인 운영 시나리오를 바탕으로 시뮬레이션 기법을 적용할 수 있을 것이다. 즉, 선택된 네트워크 상에 있는 항만에 대해서 선박 도착 패턴, 컨테이너 화물 특성, 선박 당 평균 적양하 컨테이너 수, 크레인 할당, 크레인 재원 등의 자료를 수집하고, 야드 장치, 선박 적부 및 크레인 할당에 관한 일반적인 규칙을 바탕으로 한 시뮬레이션 분석이 필요하다. 시뮬레이션을 통하여 새로운 하역 시스템의 크레인 생산성, 크레인 이용률, 선박 작업시간 등을 평가할 수 있다.

둘째, 해상운송, 항만운송, 피더운송, 내륙운송 등을 포함하는 컨테이너 종합 수송체계 관점에서 기존의 포스트 파나막스급 선박과 초대형 선박의 서비스 수준 및 총비용을 평가하는 연구가 필요하다. 서비스 수준은 주로 해상과 항만에서의 수송시간 및 수송시간의 신뢰성에 의해 좌우되는 선박 회전시간 및 서비스 빈도에 관한 것이다. 총 수송시간은 송화인 측의 내륙수송과 피더수송, 해상수송, 수화인 측의 내륙수송과 피더수송 등 각 링크별 표본 자료를 수집하여 분석할 수 있다. 출발지와 도착지에서 재항 시간은 하역 작업 시뮬레이션을 통하여 도출할 수 있다. 또한 경로별, 링크별 수송시간의 표준편차 또한 수송시간과 동시에 도출할 수

있다.

선박 운영과 관련해서는 주요 항로별 얼라이언스 등 운영 시나리오를 통한 화물 확보 방안, 기항지별 평균 하역 컨테이너 규모 등에 대한 평가가 필요하다. 운영 시나리오는 현재의 상황을 반영하는 기준점과 초대형 선박을 대상으로 하는 대안으로 구성될 수 있다. 기준점은 대상 경로에 대한 현재의 'End to End' 서비스에 있어서 사용되는 선대와 스케줄을 나타내며, 대안은 허브 항과 초대형 선박을 중심으로 하는 메가 허브 네트워크를 나타낸다.

마지막으로 경제성 분석이 필요한데, 최근 대표적인 연구로서는 해양수산부(2004)와 송용석(2005)의 연구를 들 수 있다. 초대형선을 대상으로 할 경우 기항 항만 수가 감소함에 따라 허브항만과 피더네트워크가 뚜렷하게 구분되기 때문에 모선 중심의 비용 뿐만 아니라 피더 네트워크와 관련된 제반 비용 분석이 필요하다.

이러한 포괄적인 분석은 단일 모형 체계 내에서 수행하기에는 그 범위가 너무 넓다. 따라서, 학술적인 연구 차원에서는 모선 및 피더 네트워크를 분리한 개별 분석을 중심으로 하며, 최종적으로 인접 분석과 연계하여 분석 결과를 공유 및 연계하는 방안을 들 수 있다.

향후 초대형선에 대한 논의는 더욱 활발하게 이루어질 것이며, 초대형 선박의 취항 역시 증가할 것으로 예상됨에 따라 본 연구의 후속연구가 다양하게 수행될 필요가 있다.

또한, 네트워크 구축에 있어서도 본 연구에서는 특정 선사의 다양한 노선 가운데 하나의 노선을 선정하여 분석을 수행함에 따른 한계가 있다. 즉, 수십개의 노선 가운데 하나를 택하였고, 선택된 노선에 포함된 항만을 기항지로 포함하는 다른 노선들이 존재하는 현실적인 상황을 반영하는데 따른 한계이다. 이러한 점을 감안하여 향후 연구는 특정 선사 및 얼라이언스 선사의 모든 노선을 고려하여 특정 항로에 기항 항만이 중첩되는 노선 및 인접 노선을 통합하여 초대형선에 적합한 노선을 재설정하는 과정이 필요하다.

참고문헌

1. 남기찬, 이재현(2002), 초대형 컨테이너 선박에 대한 이론적인 고찰, 한국항해항만학회지, 26권 4호, pp.455-463
2. 남기찬, 유명중, 송용석(2003), 컨테이너터미널 유형 평가, 한국항해항만학회지, 제27권 5호, pp.577-584
3. 류형근, 이홍걸, 여기태(2003), FCM법을 이용한 아시아 항만의 경쟁력 수준 분류와 부산항의 위상, 대한교통학회지, 제21권 5호, pp.7-18
4. 송용석(2005), 초대형 중심항만 개발 전략, 한국해양대학교 박사학위논문
5. 부산항만공사(2005), 부산항 재래부두 재개발 방안연구
6. 임종관, 이주호(2005), 양산항 개장이 동북아 항만 경쟁구도에 미치는 영향, 한국해양수산개발원
7. 한국컨테이너부두공단(2004), 상하이(대소양산) 및 북중국 항만의 발전이 미치는 영향과 대응방안 연구
8. 한국해양수산개발원(2002), 초대형 컨테이너선 운항에 대비한 차세대 항만 하역 시스템 기술개발전략 연구
9. 한국해양수산개발원(2001), 정기선해운의 전략적 제휴 변천 연구
10. 한국해양수산개발원(2002), 컨테이너 대형화의 경제적 효과 분석
11. 한철환, 우종균(2004), 북중국 항만 발전이 우리나라 환적화물 유치에 미치는 영향, 한국해양수산개발원
12. 해양수산부(2004), 동아시아 컨테이너 종합운송체인 평가모형 개발에 관한 연구, 해양한국발전프로그램(KSGP) 연구개발사업 연구보고서
13. 최장림, 남기찬(1999), 자동화 컨테이너터미널 통합운영시스템의 개념적 설계, 한국해양대학교 부설 물류연구센터 논문집, 3권, 1999.12, pp.25-38.
14. 최재선, 우종균, 양은주(2005), 중국 양산항 개장의 영향과 대응방안,

해양수산 현안분석, 한국해양수산개발원

15. Ballis, A.G., Abakoumkin, C. (1995), "A Container Terminal Simulation Model with Animation Capabilities", Journal of Advanced Transportation., Vol. 30, No. 1, pp. 37-57.
16. Ballis, A.G., Abakoumkin, C. (1997), "A Comparison between Conventional and Advanced Handling Systems for Low Volume Container Maritime Terminal", MARIT. POL. MGMT., Vol. 24, No. 1, pp. 73-92.
17. Blackstone, C. (1998), "The Container Terminal Warehouse", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Antwerp, Belgium, May.
18. Chen, T. (1999), "Yard Operations in the Container Terminal - a Study in the 'Unproductive Moves'", MARIT. POL. MGMT., Vol. 26, No. 1, pp. 27-38.
19. Cullinane, K., Khanna, M. (1999), "Economies of Scale in Large Container Ships", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 33, Part 2, pp.185-208.
20. Dong Wook Song(2002), Regional container port competition and co-operation: the case of Hong Kong and South China, Journal of Transport Geography 10, pp.99-110
21. Frankel, E. G.(1999), "The Economics of Total Trans-ocean Supply Chain Management", International Journal of Maritime Economics, Vol. I, No. 1, pp.61-69.
22. Gilman, S. (1999), "The Size Economics and Network Efficiency of Large Containerships", International Journal of Maritime Economics, Vol. II, No. 1, pp.1-16.
23. Haralambides, H. E. (2000), "A Second Scenario of the Future of

- the Hub-and-Spoke System in Liner Shipping", Latin Port & Shipping 2000 Conference & Exhibition, Miami FL., USA.
24. Jeffery, D. (1998), "Bigger Vessels and Port Constraints", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Dubai, October.
 25. Jordan M.A. (1997), "Super Productive Cranes", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Barcelona, June.
 26. Kevin Cullinane, Wang Teng Fei, Sharon Cullinane (2004), Container Terminal Development in Mainland China and Its Impact on the Competitiveness of the Port of Hong Kong, Transport Reviews, vol.25 no.1, pp.33-56
 27. Kraus, A. (1998), "Jumbo Container Vessels and Fast Feeders", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Antwerp, Belgium, May.
 28. Mascini, H. (1997), "The Terminal of the Future: FAMAS", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Barcelona, June.
 29. McLellan, R. G. (1997), "Bigger vessels: How big is too big", MARIT. POL. MGMT., 1997, Vol. 24, No. 2, pp.193-211.
 30. Monie, G. de (1997), "The future is mega hubs", Cargo Systems, August, 1997.
 31. Nam, K.C., Kwak, K.S., Yu, M.S.(2001), "A Simulation Study of Container Terminal Performance", ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, Vol.128, No.3, pp.126-132.
 32. Payer, H. (1999), "Feasibility and Practical Implications of Container Ships of 8000 TEU and Beyond", Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Genoa, June.

33. Payer, H. (2001), "Technological and Economic Implications of Mega Container Carriers", forthcoming.
34. Rankine, G. (1999), 'Innovative Terminal Design - Developing Docking Systems, Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Genoa, June.
35. Ward, T. (1998), 'Two-sided Container Ship Operations, Terminal Operation Conference & Exhibition (TOC), Dubai, October.
36. Wijnolst, N., Schlotens, M., Waals, F. (1999), Malacca-Max - The Ultimate Container Carrier, Delft University Press.
37. <http://www.bestengine.co.kr/>