

工學碩士 學位論文

레이더 및 전자해도 기반 해상교통량 분석
시스템 개발에 관한 연구

A Study on the Development of the Marine Traffic Analysis System
Based on RADAR and ENC

指導教授 宋 在 旭

2005年 2月

韓國海洋大學校 大學院

海上交通情報工學科

鄭 珉

工學碩士 學位論文

레이더 및 전자해도 기반 해상교통량 분석
시스템 개발에 관한 연구

A Study on the Development of the Marine Traffic Analysis System
Based on RADAR and ENC

指導教授 宋 在 旭

2005年 2月

韓國海洋大學校 大學院

海上交通情報工學科

鄭 珉

本 論文을 鄭珉의 工學碩師
學位論文으로 認准함.

委員長 芮 秉 德 印

委 員 孔 吉 永 印

委 員 宋 在 旭 印

2004年 12月

韓國海洋大學校 大學院

海上交通情報工學科

鄭 珉

목 차

Abstract	iii
제 1 장 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구 방법과 구성	2
1.2.2 연구 방법	2
1.2.2 연구의 구성	3
1.3 연구의 기대효과	3
제 2 장 해상교통량 조사 분석 현황	5
2.1 현 해상교통량 조사 분석 방법	5
2.1.1 현 해상교통량 조사 방법	6
2.1.2 현 해상교통량 분석 방법	11
2.2 국내의 해상교통량 조사 분석 사례	14
2.2.1 조사 사례	15
2.2.2 분석사례	17
2.3 현 해상교통량 조사 분석의 문제점 및 개선방안	24
2.3.1 조사방법의 문제점	24
2.3.2 분석방법의 문제점	25
2.3.3 개선방안	26
제 3 장 해상교통량 조사 분석 시스템	29
3.1 시스템의 개요 및 구성	29
3.1.1 개요	29
3.1.2 H/W 구성	31
3.1.3 S/W 구성	35

3.2 해상교통량 조사 분석 프로그램	36
3.2.1 조사 프로그램	36
3.2.2 분석 프로그램	45
 제 4 장 시스템의 현장실험 및 검토	52
4.1 해상교통량 조사의 실시	52
4.2 분석결과	53
4.2.1 GATELINE	53
4.2.2 항적도의 도시	54
4.2.3 표와 그래프의 작성	56
4.3 시스템의 검토	60
4.3.1 조사과정의 검토	53
4.3.2 분석과정의 검토	54
 제 5 장 결 론	62
5.1 연구의 결과	62
5.2 시스템의 한계 및 향후 연구방향	64
5.2.1 해상교통량 평가시스템의 한계	64
5.2.2 해상교통량 분석시스템의 향후 연구방향	65
 참고문헌	66

- 표 목차 -

<표 2-1> 조사 기록지	10
<표 2-2> 선형별 대표길이와 L환산 및 L2환산계수	14
<표 2-3> 선박톤수별 분포	18
<표 2-4> 선종별 분포	18
<표 2-5> 경로대별 통항 척수데이터	21
<표 2-6> 선박 종류별 대표 선박길이와 L^2 환산계수	23
<표 2-7> 선종별 L^2 환산교통량	23
<표 2-8> 시간당 평균 L^2 환산교통량	24
<표 3-1> 메뉴의 구성	37
<표 4-1> 시간당 선형별 선박척수	56
<표 4-2> 시간당 선종별 선박척수	56
<표 4-3> 통항경로대별 선박척수 분포	57
<표 4-4> 선형별 선박척수 분포 및 L환산, L2환산 분포 표	58

- 그림 목차 -

<그림 2-1> 레이더관측에 의한 교통량 조사 모습	16
<그림 2-2> 전체 통항선박 항적도	19
<그림 2-3> 통항경로대 설정	20
<그림 2-4> 통항경로대별 척수 그래프	22
<그림 3-1> 해상교통량 분석 시스템의 구성도	31
<그림 3-2> 시스템 H/W 구성 사진	32
<그림 3-3> NMEA 방식에 따른 Radar Target 신호 내용	34
<그림 3-4> 프로그램의 구성도	35
<그림 3-5> 조사프로그램 개요도	36
<그림 3-6> 프로젝트 명 및 시간 설정	37
<그림 3-7> 프로젝트 명 및 시간 설정 창	38
<그림 3-8> 조사영역 설정 박스	39
<그림 3-9> 조사영역설정 메시지	40
<그림 3-10> 선박데이터 설정 폼	40
<그림 3-11> 조사 시작 메뉴	41
<그림 3-12> 선박 정보 입력	41
<그림 3-13> 조사 실행 화면	42
<그림 3-14> 오류발생 시의 조치	43
<그림 3-15> 선박데이터 흐름도	44
<그림 3-16> 데이터 테이블	44

<그림 3-17> GATELINE 설정 화면	46
<그림 3-18> 통항경로대의 설정	47
<그림 3-19> GATELINE 분석결과	49
<그림 3-20> 항적도의 도시	49
<그림 3-21> 표작성 메뉴 화면	50
<그림 4-1> 조사 영역	52
<그림 4-2> 조사 프로그램	52
<그림 4-3> 부산항 북항 전경	53
<그림 4-4> GATELINE 분석 결과 디스플레이	53
<그림 4-5> 총 항적도	55
<그림 4-6> 통항경로대별 항적도	55
<그림 4-7> 시간당 선박 척수 그래프	57
<그림 4-8> 통항 경로대별 척수 그래프	58
<그림 4-9> 선형별 분석 그래프	60

A Study on the Development of the Marine Traffic Analysis System Based on RADAR and ENC

by Jung, min

Department of Maritime Transportation Science Engineering

The Graduate School of Korea Maritime University

Busan, Korea

Abstract

Maritime transportation engineering is a technical field that observes the flow of vessels' traffic in accurate and describes the feature of ship's movement statistically or analytically, then contributes to the improvement of traffic flow and the safety of traffic.

The flow of marine traffic can be controlled by carrying out assessment and analysis of vessels' traffic. It can realize the safety of marine traffic by accurate research and analysis of vessel's traffic, understanding its flow and analysis data of vessel traffic. Moreover, it will be keeping safe and efficient ship's route, design of harbour and improvement of facilities for harbour.

In chapter 2 shows a method of assessment and analysis of marine traffic at present. It has many problems, wastes lots of human effort, cost and also it is not so good accuracy and reliance. Therefore it needs the automatic system to solve the problems.

The analysis system of marine traffic was developed based on RADAR and ENC on this study

In chapter 3, showed development of the marine traffic analysis system and described H/W and S/W of the system. In case of the traffic assessment, the system connected with RADAR saves accurate information of vessel traffic and makes database. Carrying out analysis of vessel traffic can display the result of traffic analysis promptly.

In chapter 4, actual assessment and analysis of marine traffic were carried out by the developed system and were shown the process and the result report.

The developed system can reduce human work and cost, cuts down spending of time in analysis. It takes more accurate result before than, because the analysis work is operated by computer. Eventually, the marine traffic analysis system contributes to safety of marine traffic through the design of marine traffic route, harbour facilities and improvement of vessels' traffic flow.

제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

해상교통공학은 해상에서의 선박교통흐름의 실태를 파악하고, 선박의 행동을 통계적으로 또는 해석적으로 분석하여 항로, 항만의 개선을 도모하는 기술 분야이다. 선박교통량 조사 분석을 통해서 당 해역의 해상교통류를 파악하고 파악된 자료를 분석함으로써 해당 해역의 단점을 보완할 수 있는 대책을 제안할 수 있다. 이를 통해 항로항만의 설계와 제반 시설의 개선 및 항행관리가 이루어진다. 이와 같이, 해상교통량 조사 분석은 안전하고 원활한 항로 항만의 설계와 제반시설의 개선 및 항행관리를 위해서 반드시 필요한 수단이다.^[1]

해상교통량 조사 분석과정에서 선박의 교통량을 조사할 때는 정확한 조사방법을 통해 선박통행에 관한 데이터들을 수집하여야 하고, 수집된 선박교통량에 관한 다양한 정보는 정확하고 과학적으로 분석되어야 한다. 이를 통해, 원활하고 안전한 항로, 항만의 설계와 제반시설의 건설 및 수리가 이루어질 수 있고, 나아가 해상 교통의 안전을 도모할 수 있다. 즉, 해상교통량 평가란 해상에서의 선박교통의 실태를 조사하여 선박의 행동을 통계적으로 또는 해석적으로 표현하고 분석하는 것이며, 이러한 과정을 통해 최적의 항로 및 항만을 설계할 수 있다.

그러나 현재의 해상교통량 조사 및 분석방법에 있어서 정확한 해상교통량 정보를 수집하기 위한 자동화된 조사장비는 물론, 수집된 정보를 신속하고 정

량적으로 평가하기 위한 분석모델의 개발이 이루어져 있지 않은 실정이다. 해상교통량을 분석할 때에는 이렇다 할 자동화 장비 없이 인력을 통해 해상교통량 측정이 이루어지고 있다. 이 뿐만 아니라, 선박교통량 측정뿐 만 아니라 결과분석 과정에 있어 정형화된 결과 분석 표준이 나와 있지 않고 조사자의 주관적인 기준으로 선박교통량 결과 분석이 행하여지고 있다. 따라서 자동화된 해상교통량 분석 시스템의 개발과 분석방법의 정량적인 표준 모델의 개발이 요구되고 있다.

이 논문에서는, 해상교통량 조사과정에 있어서 인력에 의해 일어날 수 있는 오차를 보완할 수 있으며, 정확한 조사의 실행 및 분석결과를 낼 수 있게 하는 시스템을 연구 제작함을 목표로 한다. 이 시스템을 통하여 수집된 선박통항량 정보를 통계, 분석하는 과정에서 소요되는 시간을 단축할 수 있을 것이다. 조사분석자의 수고를 경감시켜줄 수 있으며 표준화된 분석결과를 제시해 줄 수 있는 해상교통량 분석 시스템을 제안하고 그 개발 내용 및 성과를 소개하고자 한다.

1.2 연구 방법과 구성

1.2.1 연구방법

이 연구에서는 현재의 해상교통량 조사 및 분석 방법에 관하여 알아본 후, 그 문제점과 개선방안을 도출하였다. 현장 조사를 위하여 인천항 월미도 앞의 해상에서 실시된 해상교통량 조사 연구용역에 참가하였으며, 현장에서 실제로 행해지고 있는 교통량 조사 방법 내용과 문제점을 정확히 파악함으로써 효율

적이고 실제적인 조사 및 분석 방법의 개선방안을 마련하였다.

또한 도출된 개선방안과 해상교통량 분석 분야에서의 선진국인 일본 등 국
외에서 이루어지고 있는 조사 및 분석방법을 토대로 하여, 레이더 및 전자해
도를 기반으로 한 새로운 개념의 해상교통량 분석 시스템을 제안하였다. 그리
고 레이더, GPS 및 전자해도 등 현재의 관련 장비 기술 동향 및 현황 검토
결과에 근거하여 제안한 시스템을 개발하기 위한 최적의 기술 환경을 설정하
고 이를 실현하기 위한 기초 개발 내용을 기술하였다.

1.2.2 연구의 구성

이 논문은 제 1장 서론을 포함하여 5개의 장으로 이루어져 있다. 제 2 장에
서는 현재 해상교통량 조사 분석의 방법에 대해서 예를 들어서 소개하고 있
고, 현재의 해상교통량 조사와 평가과정에서 발생하는 문제점들을 지적하고
있다. 그리고 제 3 장에서는 자동화된 해상교통량 분석 시스템에 대하여 소개
하며, 시스템의 기술적인 구성과 개발내용에 대하여 기술하였고, 해상교통량
분석의 표준모델을 제시하였다. 제 4 장에서는 해상교통량 분석 시스템을 이
용하여 실제로 부산항에서 해상교통량 평가를 실시하여 선박 통행 데이터 누
적과정을 보여주었다. 또한 표준모델을 사용하여 이 해상교통량 데이터를 분
석한 결과물들을 제시한다. 마지막으로 제 5 장 결론에서는 전체를 종합·정
리하였다.

1.3 연구의 기대효과

이 연구를 통하여 해상교통량 조사 분석 시에 레이더, 전자해도 및 컴퓨터를 이용하여 개발한 자동화시스템으로서 대상 선박통항량 데이터를 자동으로 수집·저장할 수 있도록 하였다. 이를 통해서, 체계적이고 효율적인 해상교통량 조사 분석을 할 수 있다. 시스템을 통하여 해상교통량 조사 분석을 시행함으로써 해상교통량의 조사단계와 분석단계에 있어서 소요되는 인적인 수고를 덜어줄 수 있고, 해상교통량 조사 분석에 걸리는 시간과 인적·물적 경비를 경감시킬 수 있게 된다.

장시간동안 수집된 대량의 통항 데이터를 정리하고 통계를 내는 분석과정에 있어서 컴퓨터가 레이더를 통해 수집된 해상교통량 데이터를 계산하여 분석 처리하도록 한다. 이를 통해 사람이 교통조사를 수행함으로써 발생할 수 있는 실수 및 오차를 경감시킬 수 있어 종래의 방법보다 더욱 정확한 분석결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 해상교통계획 및 정책 수립 시에 보다 신속하고 정확한 해상교통량 분석 정보를 제공할 수 있을 것으로 예상되며 결과적으로, 안전하고 효율적인 해상교통관리에 이바지 할 수 있을 것으로 기대된다.

시스템을 이용한 해상교통량 분석 결과물들은 통항분석결과 보고서의 문서 작성에 사용되는 프로그램들과 호환이 되도록 제작된다. 분석자가 보고서에 분석결과를 삽입할 때에 보고서를 작성하는 워드 프로그램에 바로 삽입할 수 있으므로 해상교통량 분석 보고서 작성자가 사용하기에 편리하다. 따라서 해상 교통량 분석결과의 효율적인 활용이 가능하다.

제 2 장 현재의 해상교통량 조사 분석 현황

항만이나 방파제 등의 토목공사, 항만 및 연안해역에서의 최적 항로 설계 또는 효율적인 해상교통관제를 위한 시스템의 설계 시에는, 해안선의 형태, 수심, 조류 및 조석 등 해당 항만 및 연안해역의 자연 환경적 특성을 고려하여야 한다. 이 뿐만 아니라, 현재의 선박 통항량, 통항대역 및 통항 선박의 종류 등 해당 해역에서의 해상교통량에 관한 정확한 조사 및 분석이 필수적이다.

이 장에서는, 실제의 해상교통량 조사 사례를 이용하여 현재 우리나라에서 행해지고 있는 해상교통량 조사 및 분석방법을 기술하였으며, 또한 현행 조사 및 분석과정에 있어서의 문제점과 개선방안에 대하여 알아보고, 이들 사항을 토대로 정확하고 효율적이며 정량적 분석이 가능한 해상교통량 분석 시스템의 개발 방향을 제시하였다.

2.1 현 해상 교통량 조사 분석 방법

해상교통량 조사 분석시스템을 개발에 앞서 시스템의 구성과 필요한 기능 등을 설계하기 위해서는 현재 실시하고 있는 해상교통량 조사와 분석 방법에 대하여 먼저 파악해야 한다. 따라서 이 절에서는 현재 해상교통량 분석을 위한 조사방법과 분석방법에 대하여 기술하고자 한다.

2.1.1 현 해상교통량 조사 방법

해상교통량 조사 분석을 하기 위해서는 교통량 조사 해역 및 조사 기간을 설정하고 필요한 조사원으로서 팀을 구성하여 현장에 배치한 다음, 육안 또는 카메라, 레이더 등을 이용한 관측조사와 객관적인 조사항목에 대한 설문조사를 실시한다.

2.1.1.1 조사방법의 종류

교통량 조사에는 크게 나누어 관측조사와 설문조사가 있다. 관측조사는 교통량 분석이 필요한 지점에서 선박교통량을 목시관측, 레이더관측 등의 방법으로 조사하는 것을 말한다. 설문조사는 선박의 통행에 대하여 선박운항 종사자에게 설문을 통한 조사를 하는 것이다.^{[1],[2]}

(1) 관측조사

관측조사는 예비조사, 예비관측 및 본관측의 과정으로 구성된다. 예비조사는 관측을 실시하기 전 미리 현지조사를 함으로서 교통조사에 필요한 사항을 확인하는 것을 말한다. 예비관측은 본관측을 실시하기에 앞서 사전관측을 통해 조사 항목 등을 정하고 주변을 확인하여 본관측을 실시하는데 문제가 없는지 확인하는 관측을 말한다. 관측 장소에 따라서는 육상관측과 선상관측이 있다.

1) 목시관측

목시관측은 관측조사의 기본이 되는 방법으로 쌍안경, 시계, 필기도구, 지도(해도) 등을 준비하고, 조사기록지를 준비하여 목시관측으로 파악된 선박의 정

보를 기록할 수 있도록 한다. 관측의 정확도는 관측위치, 관측기상 등의 영향에 따라 달라질 수 있다. 인적과실을 줄이기 위해 2인 1조로 당직에 임하며, 조사기록지에 관측된 선박정보를 기재할 때에는 자료처리의 편리를 위해 부호(Code)화하여 기록하는데, 이 경우, 인간 공학적인 검토를 하여 오기를 피하도록 하는 것도 필요하다.^[1]

기록해야하는 항목으로는

- (a) Datum Line 통과시각(분 또는 10초 단위)
- (b) 선박의 크기(길이 또는 총톤수)
- (c) 선박의 종류
- (d) 선박의 국적, 선명
- (e) 선박의 속력
- (f) Datum Line 상의 거리가 있다.

2) 사진관측(비디오 레코드)

2대 이상의 사진기로 동시 촬영한 3각 사진측량으로 선박의 위치 및 크기를 파악하는 방법이다. 지금은 사진기록은 부차적인 방법이 되었지만 모션 카메라(Motion Camera)에 의한 연속기록은 선박의 행동을 기록하는데 적합하며 PR(Public Relations)용으로도 사용된다. 항공사진은 정도가 높은 정보를 제공하고 있지만 비용이 많이 드는 단점이 있다.

3) 레이더관측

레이더를 통하여 선박의 진행방향, 속도 등을 파악할 수 있는 관측으로 주야를 막론하고 사용할 수 있으며, 시정이 좋지 않을 때에도 문제가 없다. 또한

영상의 자동기록 및 데이터 정리가 쉬우며, 거리 측정정도가 좋고, 선박의 속력을 알 수 있으며, ARPA기능이 있는 경우 더 많은 정보를 쉽게 얻을 수 있다는 이점이 있다. 반면에 선종을 알 수 없으며, 선박 크기의 판정정도가 낮거나 또는 선박의 국적을 알 수 없다는 단점이 있다. 이러한 레이더의 여러 가지 단점은 목시관측으로써 보완할 수 있다.^[6]

VTs(Vessel Traffic Service : 선박교통관제소)에서는 해상교통량 조사를 실시 할 경우, 레이더에 정보자동처리시스템이 연결되어 있어 선박행동 관찰 등의 자료가 집적되기 때문에 해상교통관측이 용이하게 행해진다. 이때 레이더국 부근은 해면반사 등으로 선박영상이 숨기 때문에 목시관측소를 레이더국에서 떨어진 곳에 설치할 수 있도록 하며, 레이더의 방위분해능의 부정확성을 주의하고, 레이더의 동작상태를 사전에 확인한 후에 관측해야 한다.^{[1],[3]}

(2) 설문조사

설문조사는 항만통계, 선박통계 등의 지정통계와 같이 신고 의무자가 보고하는 것, 어떤 목적을 위해 준비된 설문지에 기입하여 회답하는 것, 그리고 면접을 통하여 조사자가 기록하는 것이 있다. 설문조사 중 선박의 성능이나 중기점(Origin Destination, OD)조사 등 객관적인 조사항목은 회수율과 신뢰성도 높지만, 선박행동에 관한 항목은 신뢰성이 낮다. 여기서 OD조사는 그 해역 내에서 평균일에 일어나는 모든 이동의 표본적인 단면을 조사하는 것으로 이 단면은 그 조사가 수행되는 시기에 그 해역의 평균통항수요를 대표해야 한다. 이 수요와 해역특성 및 선박간의 상관관계를 파악함으로써 장래교통수요의 자료를 얻을 수 있다.

2.1.1.2 해상교통량 조사방법

앞 절에서 서술한 여러 가지의 조사방법 중에서 특히 이 논문에서는 해상교통량 관측 시에 목시관측과 레이더관측을 병행하여 선박통항량별, 방향별 데이터를 수집하는 것에 대하여 주로 다루고 있다. 기상이 좋지 않을 때에나 야간일 때는 시야가 확보되지 않아 목시관측만으로는 선박에 관한 정보를 얻을 수 없으므로 이때에는 레이더를 사용해서 정보를 얻을 수 있다. 만일 레이더만을 사용하여 해상교통량 조사를 한다면 선종이나 선박의 크기에 관한 정보를 얻을 수 없으므로 목시관측과 레이더관측을 병행하여 교통량 조사를 실시하는 것이 가장 합리적이고 정확한 정보를 얻을 수 있는 해상교통량 조사 방법이라 할 수 있다. 해당 해역에서 수집된 교통량을 분석할 때에도 목시관측을 통한 선박 정보와 레이더를 통하여 수집된 선박들의 항적데이터가 교통량 흐름의 분석에 사용된다. 결과적으로 현재의 해상교통량 조사방법에 있어서는 목시관측과 레이더관측을 병행함이 가장 적절한 해상교통량 조사방법이라 할 수 있다.

목시관측을 통해서 얻어지는 정보로서는 조사대상선박의 선명, 톤수, 선종, 방향등이며, <표 2-1>의 조사기록지를 사용하여 기록함을 통해 선박데이터로서 사용될 수 있도록 한다. 조사자가 조사기록지에 기록할 때에는 신속하고 간단히 기재할 수 있도록 미리 정하여진 코드를 사용하여 기록하도록 한다. <표 2-1>의 조사기록지에서 선박번호란 조사자가 임의로 인식하는 순서대로 부여한 번호이며 일시/시간은 조사대상선박이 관찰된 시간을 나타내며 선종은 조사대상선박의 종류를 말한다. 또한 크기란 관측된 조사대상선박의 크기를 조사자가 추측하여 기재하는 란이며, 경로대는 선박의 진행하는 방향을 파악

〈표 2-1〉 조사 기록지

선박 번호	일시/ 시간	선종	크기 (총톤수)	경로대	비고
001	5/14 12:20	2	3	5	
002					
...					
...					
선종 기입번호 1: 어선 2: 여객선 3: 화물선(잡화선) 4: 컨테이너선 5: 유조선(LNG, LPG, 포함) 6: 관공선(군함, 해경, 어업지도선) 7: 기타(예인선, 작업선, 바지선 등)			선박크기 기입번호 1: 100톤 미만 2: 100~1000톤 미만 3: 1000~5,000톤 미만 4: 5,000톤 이상		

하여 미리 정해놓은 경로대별로 기재할 수 있도록 한 란이다.

레이더를 통하여 조사함으로서 얻어지는 정보는 선박의 항적데이터와 속력 데이터이다. 선박의 항적데이터를 기록할 때에는 조사원이 레이더화면에 나타나는 선박의 위치를 OHP 필름 상에 수기로 선박의 위치에 해당하는 점을 찍는다. 그리고 일정한 시간 간격을 두고 이동한 선박의 위치에 다시 점을 찍어 그 위치점과 위치점 사이를 연결하는 방법을 통해 선박의 항적을 기록한다. 선박의 속력데이터는 선박의 항적을 일정 시간간격을 통해 기록하므로 위치점과 위치점과의 길이의 크기를 통해 파악할 수 있다. 이와 같은 방법으로 OHP 필름에 직접 선박의 항적을 기록하여 여러 장의 필름이 누적되고, 총 조사기간 동안 누적된 수백 장의 필름 상에 기록되어 모아진 선박항적들이 레이더를 통해 조사한 선박 데이터로서의 역할을 한다.

2.1.2 현 해상교통량 분석 방법

2.1.2.1 조사의 집계와 정리

조사 데이터를 모아서 이해하기 쉽도록 종합하는 데는 우선 데이터의 분류가 필요하다. 분류를 할 때에는 그 속성에 주목하여 그 수준에서 구분하며, 이러한 구분은 통항 시간대, 선박크기, 선박종류, 선박의 경로대 등의 요소로 구분하여 조합한다. 이러한 속성의 조합을 통하여 금세 수십 가지의 구분으로 나눌 수 있게 된다. 목시관측에서 얻어진 선박 조사기록지의 자료들과 레이더 관측에서 얻어진 선박 항적데이터를 속성에 따라 분류 집계하여 조합하면 수십에서 수백 가지의 구분으로 나눌 수 있다. 이러한 구분에 의해 분류되고 집계된 선박항적데이터에 대하여 표를 작성한다. 보통 속성에 대해 선택하여 나누어 종과 횡으로 구성하는 방법을 통해 선박통항량에 대한 분석표를 만드는데, 통항선박의 크기별, 종류별, 경로대별, 시간대별의 속성 등을 삽입하며, 이 속성에 따른 선박의 통항 척수를 표의 내용으로 삽입한다. 예를 들어 선박의 크기별로 속성을 삽입할 경우, 대수적인 등간격으로 하는 것이 보기 쉽고 내용을 파악하기도 쉽다. 예를 들면, 보통 선박을 총톤수로 구분할 때도 20, 100, 500, 3,000, 20,000, 100,000톤 정도로 구분한다면 대수적으로 거의 등간격이 되어 누적도수분포 곡선을 이끌어내기 쉬울 것이다.^{[1],[7]}

2.1.2.2 조사 해역 통항 선박의 항적도

조사과정에서 레이더를 이용하여 조사해역 통항 선박의 항적을 기록하는데 이렇게 기록된 항적들을 조사해역의 해도위에 누적하여 도시하여야 한다. 총

항적도는 조사기간 동안 조사 해역을 통항하는 모든 선박의 항적을 누적하여 기록한 분석결과물로서 이를 분석함으로써 선박통항의 흐름과 선박의 밀집도를 파악할 수 있다. 총 항적도 상에서 보이는 선박교통흐름을 나누어 통항경로대를 작성한다. 또한 조사시간별로 나누어 조사시간별 누적 항적도를 도시하며, 통항경로대별로 항적도를 표시할 수 있다.

2.1.2.3 통항경로대의 분류

선박의 통항에는 반드시 출발지(Origin)와 목적지(Destination)가 정해져 있는데 이러한 선박교통 흐름을 출발지-목적지별로의 분류를 통해 항행의 큰 흐름으로 단순화하는 것을 통항경로대의 분류라고 한다. 항적 데이터를 OD별로 분류하여 항행의 큰 흐름을 몇 개로 단순화하는 작업을 통해 각각의 경로대별로 도시하고, 척수의 집계와 분석을 실시한다. 즉, 해상교통량 조사를 통해 얻어진 전체 선박 통항 데이터를 통항경로대별로 분류하여 나타냄으로서 대상해역의 전체 흐름을 파악할 수 있다.^[3]

통항경로대의 분류는 각 경로대 별로 통항척수를 집계하고 어느 통항경로대에 어느 정도의 선박이 통항하는 지를 파악하여 해당 조사해역의 선박통항량 분포에 대해 척수를 집계하는 것으로 이는 해당 조사해역의 선박통항의 집중도와 위험도를 판단할 수 있는 분석과정이다.

2.1.2.4 L환산과 L²환산

해상교통량 측정에 있어서 소형선박과 거대선을 같은 한척의 교통량으로서

표시하는 것은 올바른 교통량의 파악일 수 없다. 차지하는 해역의 크기가 다르므로 한척의 교통량이라 하더라도 주위에 미치는 위험도나 필요로 하는 해역의 크기가 다르다. 따라서 이러한 선박의 크기를 고려한 관계를 정량화하여 나타내 보이는 것이 L환산 교통량이다. 선박의 척수를 환산할 때 주로 선박의 길이를 기준으로 환산하는 것으로, L환산계수를 구할 때에는 통상 표준선을 정하고 이것을 1로 하여 환산계수를 취해서 적산한다. 예를 들어 1,000톤, 전장이 70미터를 표준선으로 하는 경우에 100-500톤의 길이 환산계수는 약 1/2, 500-3,000톤은 1, 3,000-20,000톤은 약 2로 된다. 관측자의 의도와 교통관측 구역의 상황에 따라 환산계수의 설정은 조금씩 달라질 수 있다.

항행 중인 선박이나 또는 정박 중인 선박에 필요한 수역은 거의 L^2 에 비례한다. L^2 계수는 선박의 길이를 제곱한 것으로, 선박이 차지하는 면적을 감안한 계수이다.

L환산교통량과 L^2 환산교통량을 구함으로써 항로의 교통 용량을 평가할 수 있으며, 이러한 과정은 선박교통량 데이터의 분석에서 필수적인 한 부분이다.

다음의 <표 2-2>는 선박의 톤수별로 선박의 길이, 평균톤수, 대표길이, L환산계수, L^2 환산계수에 대하여 참조할 수 있도록 작성된 표이다.^[4]

<표 2-2> 선형별 대표 선박길이와 L환산 및 L²환산계수

총톤수	100GT 미만	100~ 500GT	500~ 3,000GT	3,000~ 5,000GT	5,000~ 7,000GT	7000~ 10,000GT	10,000~ 20,000GT	20,000 GT이상
수선간장 (m)	7~26	26~50	50~90	90~110	110~120	120~140	140~180	180~330
평균톤수 (G T)	53	275	1,235	4,010	5,954	8,591	14,337	43,064
대표길이 (m)	20	40	70	100	115	130	150	200
L환산 계수	0.29	0.57	1.0	1.43	1.64	1.86	2.14	2.86
L ² 환산 계수	0.08	0.32	1.0	2.04	2.69	3.46	4.58	8.18

(주) 1. 선박제원 : 항만시설물 건설기준서(상권), 해운항만청, 1993, PP.12-14

海上交通工学, 藤井弥平 외 2명, 海文堂, 1981, P.180

2. 평균톤수 : 1995년 우리나라 선박입항(톤급) 구간에서의 평균톤수

3. 표준선 : 1995년 우리나라 연안선 평균 톤수인 약 1,000GT급(70m)을 기준함.

2.2 국내의 해상교통량 조사·분석 사례

이 절에서는 2004년에 7월에서 8월에 걸쳐 실시된 인천항 해상교통량 조사 분석을 사례로서 제시하고자 한다. 현재 실시되고 있는 해상교통량 조사 분석 사례를 통하여 앞서 알아본 조사·분석방법의 적용과 현재 조사방법 분석방법에서의 문제점을 파악하고자 한다.^[4]

2.2.1 조사 사례

인천항 해상교통량 조사는 2004년 7월 26일 1400시부터 2004년 7월 31일 1400시까지 월미도에서 5일간(총 120시간) 실시하였고, 사용 장비는 스캐너, 지지대, 컨버터, 모니터, 전선 및 발전기로 구성되어 있는 휴대용 레이더(ANRITSU RA770UA)를 이용하였고, 레이더 설치 장소를 중심으로 약 1.5마일 반경 구역을 관측대상구역으로 설정하였다.

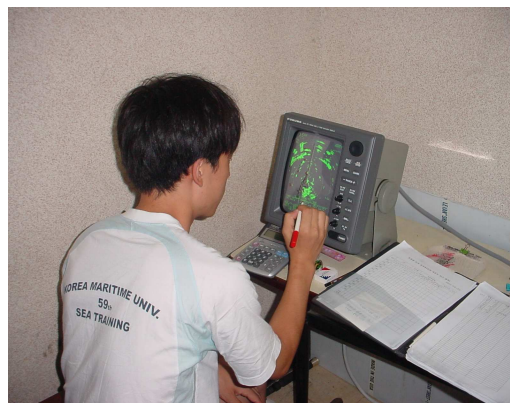
5일의 조사기간 동안에 관측인원은 야간 관측조 2명, 주간 관측조 2명, 지원조 3명 등 총 7명이 시간별로 교대하며 계속적으로 목시관측과 레이더관측을 실시하여 교통량 조사를 하였다.

관측기간 동안 레이더관측과 병행하여 목시관측을 실시하였고, 선박의 종류 및 크기를 관측하고자 하였다. 시정이 양호하지 못한 날과 야간에 식별이 어려운 경우에는 레이더상의 영상과 이동 속도 및 이동 방향 등을 기초로 선박의 크기와 종류를 추정하였다. 조사대상 선박에 대한 정보를 조사기록지에 기록하였다. 해상교통량 조사 시에 선박 정보로서 필요한 항목들은 목시선을 통과하는 시각, 선박의 크기, 선박의 종류, 경로대 등이다. 그리고 이 항목에 따라 누적된 데이터들은 조사가 끝난 후 항목별, 진행방향별, 시각별로 분류되어 해상교통량 데이터로서 분석된다.

선박 한척이 목시선을 통과하면 그 때 조사원이 쌍안경을 이용한 목시관측을 실시하고 선박의 크기, 종류와 경로대 등을 파악하여 이들 사항을 조사 기록지에 기록한다. 목시선을 통과하는 선박에 순차적으로 001부터 선박 번호를

부여하여 조사기록지에 기록하고 목시선 통과 시각, 선박크기, 선박 종류, 통과 경로대 등을 기록한다. 이때에 선박 종류나 선박의 크기는 조사기록지에 표기되어 있는 코드와 같이 사전에 종류별, 크기별로 번호로서 항목을 정해놓고 조사기록지에 기재할 때에는 번호만 표기함으로써 간단하고 신속하게 기재할 수 있도록 하였다. 선박크기의 구분은 100톤 미만, 100-1000톤, 1000-5,000톤, 5,000톤 이상 등 4 종류로 분류하였는데, 이는 목시관측에 의해 비교적 용이하면서 명확하게 선박의 크기 구분이 가능한 분류만을 선정하였기 때문이다.

레이더를 담당하는 조사원은 레이더 화면상에 OHP 필름을 얹어 두고 그 OHP 용지에 레이더에 표시되는 선박의 위치를 그려둔다. 일정시간 간격을 두고 OHP 필름 상에 레이더에 나타나는 선박의 위치를 표시하고 이 선박 위치들을 연결하여 만든 연속적인 선을 선박의 항적으로 하며, 이 항적을 통하여 선박의 속력과 진행방향에 대한 정보를 얻을 수 있다.



〈그림 2-1〉 레이더관측에 의한 교통량 조사 모습

2.2.2 분석사례

2.2.2.1 조사의 집계와 정리

인천항 해상교통량 조사기간 동안에 수집된 선박교통데이터를 분석한 결과 선박을 종류별로 구분하면 여객선(도선) 373척, 어선 348척, 기타 선박(예인선, 작업선, 바지선) 299척, 화물선 159척으로 대부분을 차지했으며, 유조선 71척, 관공선 43척으로 조사되었다.

속성에 대해 나누어 종과 횡으로 구성함으로써 선박통항분석표를 작성한다. 이번 인천항 해상교통량 분석에서 선박크기의 구분은 <표 2-2>의 선박 톤수별 분포와 같이 100톤 미만, 100-1000톤, 1000-5,000톤, 5,000톤 이상으로 총 4개로 구분하여 선박크기 분포도를 작성하였다. 선박의 크기 구분을 단순히 4종류로 분류한 이유는 목시관측에 의해 조사자가 선박크기를 비교적 용이하면서 명확하게 파악할 수 있게 하기 위함이다. 또한 선박의 선종별, 선박의 톤수별, 시간별, 경로대별로 속성을 정하여 표로 구성하였다. <표 2-3>은 선박 톤수별 척수 분포 표이며 <표 2-4>는 선박 종류별 척수분포표이다.

2.2.2.2 항적도의 표시

5일(120시간)간의 인천항 해상교통량 조사기간 동안에 모아진 수집 장의 OHP 필름의 선박 항적을 좌표 변환하여 컴퓨터에 저장하였다. 세계측지계(WGS-84)용 해도인 W309 인천항 해도 상에 표시한 총 항적도는 <그림 2-2>와 같다. 총 항적도를 통하여 당 해역의 선박교통흐름을 파악할 수 있다.

<표 2-3> 선박 톤수 별 분포

선형 일시	100톤 미만	100-1,000톤	1,000-5,000톤	5,000톤 이상	계
7월 26일 1400-2400	66	36	24	15	141
7월 27일 0000-2400	149	44	63	41	297
7월 28일 0000-2400	142	52	58	21	273
7월 29일 0000-2400	115	27	37	21	202
7월 30일 0000-2400	160	60	38	26	284
7월 31일 0000-1400	56	25	18	12	111
합 계	690	244	238	136	1308

<표 2-4> 선종별 분포

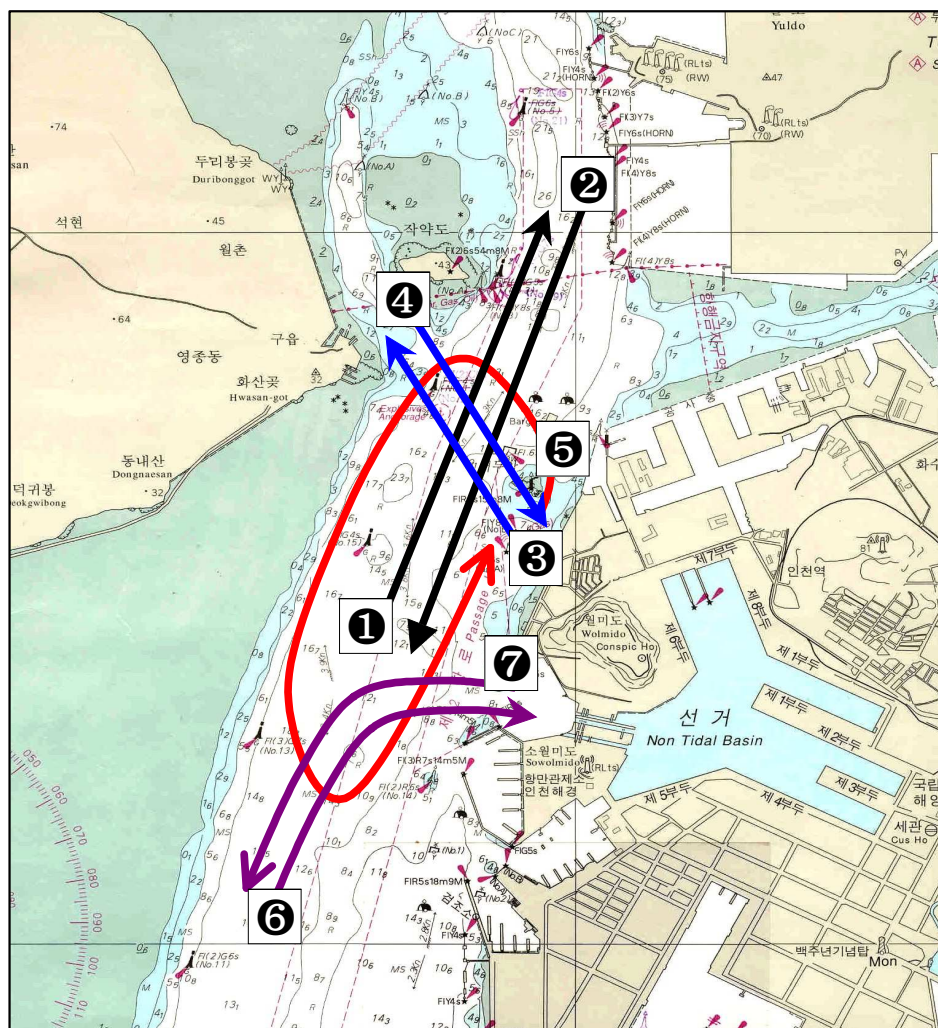
선종 일시	어선	여객선	화물선	컨테이너선	유조선	관공선	기타	계
7월 26일 1400-2400	35	55	14	1	6	4	26	141
7월 27일 0000-2400	66	80	49	2	15	19	66	297
7월 28일 0000-2400	77	84	29	4	12	10	57	273
7월 29일 0000-2400	61	52	21	3	15	2	48	202
7월 30일 0000-2400	81	69	34	4	15	8	73	284
7월 31일 0000-1400	28	33	12	1	8	0	29	111
합 계	348	373	159	15	71	43	299	1308



<그림 2-2> 전체 통항선박 항적도

2.2.2.3 통항경로대의 분류

<그림 2-3> 은 통항경로대로서 인천 월미도 앞 해상교통량 조사 수집된 선박 항적을 큰 흐름으로 분류하여 1번부터 7번까지의 흐름으로 나타낸 것이다.



<그림 2-3> 통항경로대 설정

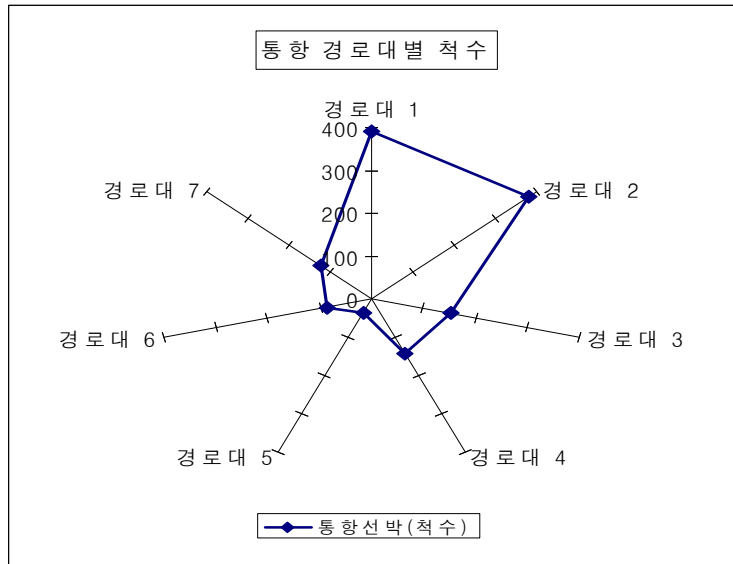
- ① 경로대는 월미도 앞 해상을 지나 영종대교 방향으로 입항하는 선박
(인천 북항 및 영종대교 방향으로 입항하는 선박)
- ② 경로대는 영종대교 방향에서 월미도 앞 해상을 지나 출항하는 선박
(인천 북항 또는 영종대교 방향에서 출항하는 선박)
- ③ 경로대는 월미도 방향에서 영종도 방향으로 횡단하는 선박
- ④ 경로대는 영종도 방향에서 월미도 방향으로 횡단으로 선박
- ⑤ 경로대는 월미도에서 출발해서 작약도와 영종도 주변 해역을 순환하는 선박
- ⑥ 경로대는 인천 갑문으로 입항 선박
- ⑦ 경로대는 인천 갑문에서 출항하는 선박

<그림 2-3>에서 볼 수 있듯이 1번부터 7번까지 선박의 주 흐름별 또는 OD 별로 통항경로대를 설정하였으며 각 통항경로대별로 척수를 집계하였다. 경로대별로 분석하여 보면 경로대 1(인천 북항으로 입항하는 선박)을 통항하는 선박이 가장 많았고 다음으로 경로대 2, 경로대 3, 경로대 4, 경로대 7, 경로대 6, 경로대 5 순서로 나타났다. 월미도 앞 해상의 통항경로대별 통항 척수를 비교하여 나타내면 다음 <표 2-5>의 경로대별 통항척수데이터와 같다.

<그림 2-4>의 경로대별 통항 척수그래프는 <표 2-5> 경로대별 통항 척수 데이터를 그래프로 나타낸 것으로써 이 그래프들은 분석결과를 표시하는 데 있어 시각적으로 쉽게 비교할 수 있도록 하는 역할을 한다.

<표 2-5> 경로대별 통항 척수데이터

경로대	1	2	3	4	5	6	7
통항 척수	390	378	152	142	36	88	122



<그림 2-4> 통항경로대별 척수 그래프

2.2.2.4 L환산과 L^2 환산

조사해역의 교통용량을 평가하기 위하여 L환산계수 및 L^2 환산계수를 구하였다. 기준선을 여객선(수선간장 : 50 - 90M)으로 정하였고 이 선박의 대표길이는 70M이므로 이 수치를 이용하여 L환산 계수 및 L^2 환산계수를 구하였다.

<표 2-6> 선박종류별 대표 길이와 L^2 환산계수는 인천항 선박 교통량 데이터에 적용한 선박 종류별 대표 선박길지와, L^2 환산계수에 대한 표이다. 일반선형에 대한 일반적인 대표 길이와 수선 간장, 일반화물선 및 컨테이너선의 톤수별 대표 선박길지와 L^2 환산계수에 대하여 가장 유사한 값으로 추정하여 적용하였다.

인천항에서 조사된 선박 교통량에서 선박통항 시간에 대한 선종별 교통량을

L 및 L^2 환산교통량으로 나타내면 <표 2-6>, <표 2-7>과 같다. 특히 월미도 앞 해상 출입 항로의 시간당 왕복통행량을 L^2 환산통행량 (입항기준)으로 환산하면 <표 2-8>의 시간당 평균 L^2 환산교통량과 같으며, 시간당 11.74척이 통행함을 알 수 있다.^[4]

<표 2-6> 선박 종류별 대표 선박길이와 L^2 환산계수

구 분	추 정 치					
	어선	관공선	기타 선박	여객선	화물선	유조선
수선 간장(m)	7-26	10-25	26-50	50-90	90~110	120~140
대표 길이(m)	10	20	40	70	100	130
L 환산계수	0.14	0.29	0.57	1.0	1.43	1.86
L^2 환산계수	0.02	0.08	0.32	1.0	2.69	3.46

(주) 1. 선박제원 : 항만시설물 건설기준서(상권), 해운항만청, 1993, PP.12-14

海上交通工学, 藤井弥平 외 2명, 海文堂, 1981, P.180

2. 표준선 : 1995년 우리나라 연안선 평균 톤수인 약 1,000G/T급(70m)을 기준함.

<표 2-7> 선종별 L^2 환산교통량

선 박 종 류	교 통 량	L^2 환산계수	L^2 환산교통량
어선	122	0.02	2.44
관공선	9	0.08	0.72
기타선박	55	0.32	17.6
여객선	168	1.0	168
화물선	32	2.69	86.08
유조선	2	3.46	6.92
소 계	388		281.76

<표 2-8> 시간당 평균 L^2 환산교통량

일일교통량	L^2 (왕복)환산교통량	시간당 평균 L^2 (왕복) 환산교통량
388	281.76	11.74

(주) 시간당 평균 L^2 왕복 통행량 계산 = 일일 평균 L^2 왕복 통행량 / 24시간

2.3 현 해상 교통량 조사 분석의 문제점 및 개선 방안

현재 실시하고 있는 해상교통량 조사 분석 방법의 문제점을 파악함으로써 자동화된 해상교통량 분석 시스템의 필요성을 인식할 수 있으며, 시스템에 요구되는 사항 및 기능들을 설계할 수 있다. 또한 현재의 조사와 분석방법에서의 문제점을 짚어봄으로서 이 문제점을 극복할 수 있는 시스템을 개발할 수 있다. 그러므로 이 절에서는 현재의 해상교통량 조사 분석 방법에 대한 문제점과 개선방안에 대하여 연구하고자 한다.

2.3.1 조사방법의 문제점

현재까지 실시한 해상교통량 조사 방법 중 선박의 항적데이터를 수집할 때에는 레이더화면 상에 OHP 필름을 얹어 선박물표 위치에 조사원이 수기로 점을 그려 표시한다. 일정시간 간격으로 이동한 선박물표 위치에 다시 점을 찍어 이렇게 기록된 선박의 위치점들을 연결하는 방법을 통해 선박의 항적을 기록한다. 그러나 점을 그릴 때에는 조사원의 주관적 판단에 따라서 그릴 수 있어, 레이더에 표시되는 선박 위치의 중심점이 달라질 수 있다. 주관적인 판단에 의해 표기하는 선박 위치 점은 정확하다고 할 수 없다.

또한 레이더의 스케일 설정에 따라 레인지 설정을 작게 하면 할수록 레이더 화면 상에 나타나는 선박물표가 크게 나타나므로, 점으로 표시하는 선박위치에 대한 정확도가 떨어진다. 조사원이 그리는 항적선의 굵기에 따라 선박의 위치를 정하는 것이 어려울 수 있다. 따라서 조사 시에 수집되는 선박데이터의 정확도와 신뢰도가 떨어질 가능성이 있다.

수여일의 조사기간에 걸쳐 조사원들은 지속적인 해상 교통 관측을 하여야 한다. 또한 연속적인 조사를 위해 조를 짜서 시간별로 교대를 해야 하고 조사를 실시하는 동안에도 계속적으로 레이더화면을 관찰한다. 이러한 과정에서 지속적인 관측을 통해 선박의 위치를 수기로 기록함으로 인한 조사작업의 집중도와 피로도를 고려하여야 하므로 조사팀을 구성할 때에는 다수의 조사원으로 구성할 수밖에 없으며 이에 따라 자연히 많은 인력을 필요로 하고 이에 따른 비용도 많이 발생하게 된다.

인력으로 행하여지는 조사작업이며 해상교통 관찰에 지속적인 집중을 요구하므로 인해 일어나는 조사원의 피로감과 조사 작업의 과중함으로 인해 일어날 수 있는 Human error를 무시할 수 없다. 따라서 조사기간 동안 수집된 해상교통량 데이터에 대한 신뢰도가 떨어질 수 있다..

2.3.2 분석방법의 문제점

해상교통량 분석을 위해서는 조사기간 동안에 모아진 선박통항 데이터들과 레이더에 나타나는 선박의 위치를 기록한 OHP 필름들을 데이터베이스화해야 한다. 수일의 관측기간 동안 모아진 조사기록표들과 선박 항적이 그려져 있는

OHP 필름들을 일일이 파악하여 컴퓨터에 저장한다. 이때에는 분석자들이 직접 표를 보며 선박통항데이터를 컴퓨터에 저장하며, OHP 필름의 선박 항적은 컴퓨터에 저장된 해도 상에 OHP 필름에 그려져 있는 선박의 좌표를 입력시키는 방법으로 수많은 선박 항적을 데이터베이스화한다. 이 과정에서 대량의 선박통항 데이터와 항적데이터를 컴퓨터에 입력시켜야하므로 분석자의 수고와 많은 시간이 소요되고 분석기간이 길어질 수 있으며, 이에 많은 비용이 소요될 수 있다.

또한 선박교통량을 분석할 때 분석자가 집계하여 통계를 내야 하므로 이 과정에서 분석자의 실수가 발생할 수 있다. 또한 선박 항적 데이터 입력 시에도 좌표를 잘못 판단하는 분석자의 실수가 일어날 수 있으므로 분석결과에 있어서도 신뢰도가 떨어질 수 있다.

2.3.3 개선방안

수작업으로 일일이 선박통항 데이터를 수집하고 집계 분석하는 과정은 현대적인 해상교통량 조사 분석방법이라고 볼 수 없으며, 현재의 해상교통량 조사 방법은 여러 문제점을 안고 있다. 조사 분석 과정에서의 문제점을 해결할 수 있는 방법은 컴퓨터를 이용하여 선박통항데이터를 수집하고 분석할 수 있는 자동화된 시스템을 개발하는 것이다. 해상교통량 조사 분석은 컴퓨터를 사용하여 자동화된 시스템으로 개발할 수 있으며 시스템의 개발을 통해 해상교통량 조사 분석에 소요되는 인력과 시간, 비용에 대한 문제점을 해결할 수 있다.

2.3.3.1 조사방법의 개선방안

해상교통량 조사 분석 시스템에서는 User Interface 상에서의 간단한 입력만으로 조사대상 선박의 정보를 저장할 수 있도록 한다. 조사원이 수기로서 기록하고 있는 항적을 레이더로부터 수신한 ARPA신호의 선박위치정보를 통하여 자동 저장할 수 있도록 함으로써 개선할 수 있다. 레이더로부터 선박의 ARPA 위치정보가 시스템에 입력되므로 선박의 방위와 거리의 위치정보를 정확하게 시스템에 저장할 수 있어 선박위치에 대한 정확도를 신뢰할 수 있을 것이다. 또한 1분 간격으로 실시되는 선박 위치정보의 Update가 이루어지도록 한다면 조사원이 수기로 선박 위치점과 위치점 사이를 연결하는 방식으로 항적도를 그리는 현재 조사방법에 비하여 정확성과 신뢰도 있는 항적데이터를 제공할 수 있을 것이다.

전자해도를 기반으로 한 조사프로그램의 개발을 통하여 조사의 수행 시 조사대상 선박의 진행방향 및 위치의 파악이 용이하도록 한다.

2.3.3.2 분석방법의 개선방안

수일의 조사기간에 걸쳐 수집된 많은 양의 선박교통량 데이터를 조사의 완료 후 집계·분류하는 과정에서도 많은 시간이 소요되었다. 이러한 점은 자동화된 분석시스템의 개발을 통해 조사와 동시에 선박통항량 데이터들이 바로 시스템에 데이터베이스화될 수 있도록 하여 개선시킬 수 있다. 분석자가 수작업으로 선박 통항데이터와 항적데이터를 컴퓨터에 입력하는 과정의 생략으로 많은 시간을 단축할 수 있을 것이다.

시스템의 선박통항량 데이터베이스는 컴퓨터로서 집계·분류하여 분석을 빠르게 실시할 수 있도록 하며, 분석이 용이하도록 차트화면 상에서 선박의 항적과 정보들이 표시된다. 따라서 보기 쉬운 분석결과를 제공할 수 있다.

분석 프로그램에서는 저장된 선박 데이터베이스를 이용하여 User Interface 상에서 간단한 버튼을 선택하는 것만으로 선박통항 데이터에 대한 표와 그래프, 항적도등의 분석결과를 제공한다. 분석자가 표와 그래프를 작성하고 선박항적데이터를 입력하는 현재의 분석 방법에서 분석자의 수고를 경감시킬 수 있다.

현재의 분석결과에 추가하여 해당 조사구역의 교통 밀집도를 그래픽으로 나타낼 수 있다면 교통량 분석하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 즉, 조사 해당 구역을 일정 크기의 Mesh로 나누어 Mesh당 척수 분포에 따라 교통량이 많은 Mesh에는 짙은 농도로 색 표현을 하고, 교통량이 적은 Mesh에는 옅은 색으로 표현을 해준다면 조사해역의 교통량 밀집도를 한눈에 파악할 수 있을 것이다.^[5]

제 3 장 해상교통량 분석 시스템

해상교통량 분석 시스템은 하드웨어적으로는 GPS, Heading Sensor, 레이더 및 조사 분석 장치로 구성되며, 소프트웨어적으로는 조사 프로그램과 분석 프로그램으로 구성된다.

이 장에서는 이러한 해상교통량 분석 시스템의 개요와 앞 장에서 살펴본 해상교통량 조사 분석 방법을 포함하여 현재 조사 분석 방법에서의 문제점을 극복할 수 있도록 개발한 해상교통량 분석 시스템의 구성과 기능들을 설명하고자 한다.

3.1 시스템의 개요 및 구성

3.1.1 개요

해상교통량 분석 시스템은 현재 수작업으로 실시되고 있는 해상교통량 조사 분석방법을 자동화된 시스템으로 제작함과 동시에 현재의 조사 분석 방법에서 발생하고 있는 문제점을 극복할 수 있어야 한다. 선박 통항량 조사과정에서 되도록 조사자의 수고를 들이지 않고 선박 통항 데이터를 수집해야 하며 이렇게 조사된 해상교통량 데이터를 분류·집계하여 신뢰성 있는 분석 결과를 표시할 수 있도록 개발되어야 한다.

해상교통량 분석 시스템은 하드웨어적으로 GPS, Heading Sensor, ARPA

기능을 갖춘 레이더 및 조사 분석 장치로 구성하였으며 소프트웨어적으로는 조사프로그램과 분석프로그램으로 구성되어 있다.

해상교통량 조사 시에 레이더를 가동하고 컴퓨터의 조사프로그램을 실행시킨다. 레이더에 선박이 나타나면 이 선박 Target의 ARPA 신호가 장치에 전달되어 조사 분석 장치의 모니터 상에 표시되고, 표시된 선박 데이터는 선박 교통 데이터로서 저장될 수 있도록 한다. 조사자의 간단한 조작만으로 선박통항데이터를 수집할 수 있으며, 수집된 데이터는 연속적으로 조사 분석 장치의 모니터 상에 표시됨과 동시에 저장되어 데이터베이스화된다.

해상 교통량 조사 분석 시스템은 소형 레이더와 노트북 컴퓨터로 구성되어 해상교통량 조사 특성상 조사 장소까지 이동이 용이하도록 설계하였다.

해상교통량 분석 시스템은 선박 교통량 조사 시에 선박통항데이터를 연속적으로 정확히 수집할 수 있고, 분석과정에서 필요한 여러 유형의 분석결과를 표시해줄 수 있도록 하였다.



<그림 3-1> 해상교통량 분석 시스템의 구성도

3.1.2 H/W 구성

해상교통량 분석 시스템은 GPS, Heading Sensor, ARPA 레이더와 컴퓨터로 구성되어 있다. GPS는 조사지점의 위치정보를 파악함과 동시에 레이더에 속도정보를 전송한다. Heading Sensor는 레이더에 선수방위 신호를 전송한다. 레이더와 조사 분석 장치는 케이블로 연결하였고, 장치에 레이더의 ARPA 신호를 전송할 수 있도록 하였다. 레이더 상에서 ARPA에 의한 조사대상 선박의 위치추적이 시작되면, 그때부터 조사대상 선박의 위치정보가 조사 분석 장치에 전송되고 장치의 조사프로그램 화면에 그 선박이 표시되도록 구성되어 있다. 즉, ARPA 신호의 위치 정보를 이용하여 조사 분석 장치에 선박을 표시하여 줌과 동시에, 장치는 선박을 데이터로 인식하여 저장시킨다.

3.1.2.1 GPS

GPS(Global Positioning System)은 레이더에 현재 조사 지점의 위도, 경도 정보와 속도정보를 전송하여 ARPA기능을 할 수 있도록 한다.

GPS의 사양은 다음과 같다.

Model : FURUNO GP37

Receive Frequency L1 (1575.42 MHz)

Geodetic Systems WGS-84 (and others)

3.1.2.2 Heading Sensor

레이더의 ARPA 기능을 가능하도록 하기 위해서 선박의 선수방향 가정하여 레이더에 선수방위를 전송하는 장비이다. Heading Sensor의 구체적인 사양은 다음과 같다.

Model : FURUNO PG1000

Accuracy $\pm 5^{\circ}$ rms

Compensation Automatic compensation for deviation and heeling error

Freedom of tilt $\pm 5^{\circ}$



<그림 3-2> 시스템 H/W 구성 사진

Angular velocity 60°/s max.

Output rate 40 Hz (25 ms)

3.1.2.3 레이더

1) 레이더의 상세

선박의 항적정보와 속도정보를 저장하기 위해 사용되는 장치이며 조사 분석 장치와 연결하여 이들 정보를 전송한다. 구체적인 사양은 다음과 같다.

Model : FURUNO 1832

ANTENA RADIATOR

Type : 55-cm hybrid array

Rotation Speed : 24 rpm typical

Wind Load Relative : wind 100 knots

Beamwidth Hor: 3.9°

Vert: 20° typical

RF TRANSCEIVER

Frequency 9410 ± 30 MHz (X-band)

Pulse length & PRF

0.08 μs/2100 Hz (0.125, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5* nm)

0.3 μs/1200 Hz (1.5*, 2, 3* nm)

0.8 μs/600 Hz (3*, 4, 6, 8, 12, 24, 16, 36 nm)

** Pulselength & PRF for 1.5 and 3 nm ranges can be selected
in menu*

Peak Output Power 4 kW nominal

Mixer and Local Oscillator Microwave Integrated Circuit

IF 60 MHz

Bandwidth: 25 MHz (0.08/0.3 μs), 3 MHz (0.8 μs)

Noise Figure 9 dB nominal

DISPLAY UNIT

Type

10-inch, green phosphor CRT (8-level quantization)

481 (H) x 640 (V) dots

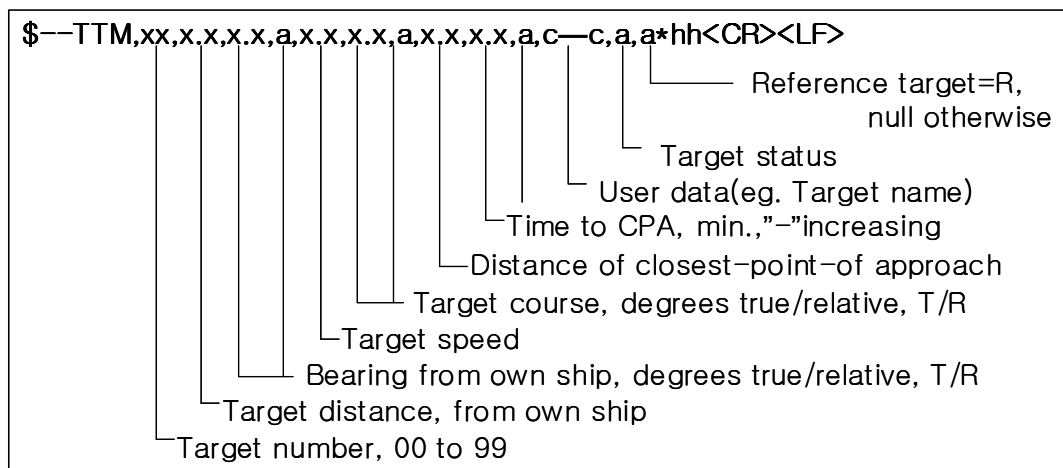
Display Modes

Head-up, Course-up, North-up, True Motion

2) NMEA 신호방식

레이더 ARPA와 컴퓨터를 연결하여 NMEA(National Marine Electronics Association)형식으로 전송되는 ARPA정보를 받을 수 있도록 하였다. NMEA 형식이란 미국 해상 전자 통신 협회에서 정한 신호의 표준형식으로서 주로 해상에서 사용하는 전자장비 간의 신호를 교환할 수 있도록 한 신호형식이다. 이는 Sentence라 불리는 텍스트 기반의 라인들로 구성되어 있으며 신호의 내용이 순서대로 그 장비에서 발신하는 신호에 대한 정보를 담고 있다.

레이더의 ARPA 단자로부터 NMEA 형식의 신호가 전송되는데 Sentence의 앞머리엔 \$자가 붙으며 그 입력되는 신호 중에서 교통량 조사 시스템에 사용되는 Tracked Target message(TTM)신호의 형식은 다음 <그림 3-3>과 같다.

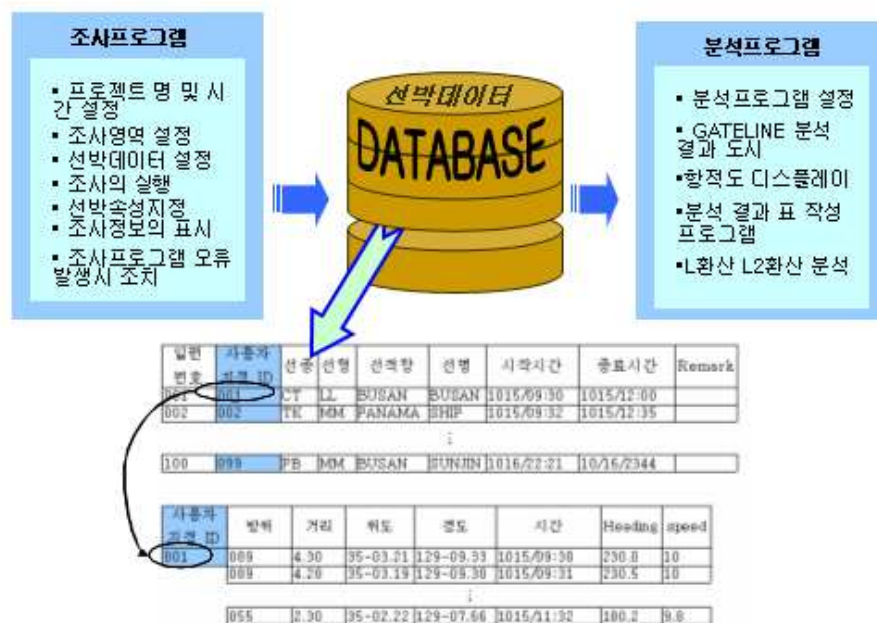


<그림 3-3> NMEA 방식에 따른 레이더 Target 신호 내용

3.1.3 S/W의 구성

User Interface는 Visual Basic을 사용하여 개발하였으며 조사프로그램과 분석프로그램으로 구성되어 있다.

조사프로그램에서는 레이더로부터 입력되는 ARPA신호의 선박위치 정보를 통해 선박의 위치를 컴퓨터의 화면에 표시한다. 조사해역의 S-57형식 전자해도를 바탕으로 한 조사프로그램의 화면상에 레이더로부터 전송되어 온 선박위치정보에 따라 선박물표가 표시된다. 이때부터 나타나는 선박물표에는 순차적으로 ID가 부여되며 선박이 항행하는 정보에 관한 저장이 이루어진다. 조사자는 선박에 대한 정보를 간단히 입력하는데 그 입력해야할 정보에는 선박의 종류, 크기 등이다. 이 점은 앞서 현재 실시하고 있는 조사방법과 비교하여 선박 데이터 입력지에 조사자가 수기로 기록하던 사항들 중 시간, 일시, 경로대



<그림 3-4> 프로그램의 구성도

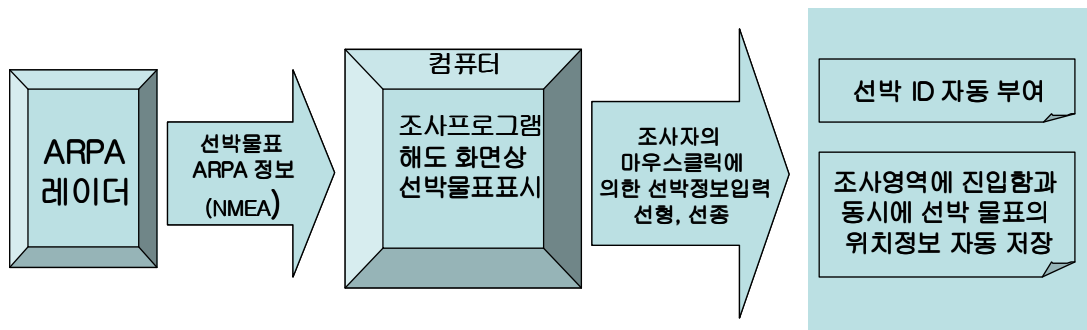
는 기록하지 않아도 되므로 더욱 간단하고 편리하다고 볼 수 있다. 선박의 정보들이 수집과 동시에 저장되며 조사프로그램을 종료할 때까지 계속적으로 시스템이 가동될 수 있도록 한다.

분석프로그램에서는 조사기간 동안에 저장된 선박통항량 데이터들을 집계·분석할 수 있는 메뉴들로 구성하였으며 분석자의 선택에 따라 선박통항량에 대한 표와 그래프 또는 항적도를 표시할 수 있도록 구성하였다.

3.2 해상 교통량 조사 분석 프로그램

3.2.1 조사 프로그램

조사 프로그램의 초기화면은 같다. 화면의 좌측 분할 면에는 조사를 실시해야 하는 해역에 대한 S-57 전자해도화면이 표시되어 마우스를 조작함에 따라 축척의 조절이 가능하므로 간편하게 확대·축소할 수 있다. 프로그램 초기화면의 우측 분할 면에는 필요한 기능이나 설정과 현재 프로그램의 진행상황에 대한 내용과 통신환경을 표시하는 난으로 구성되어 있다.



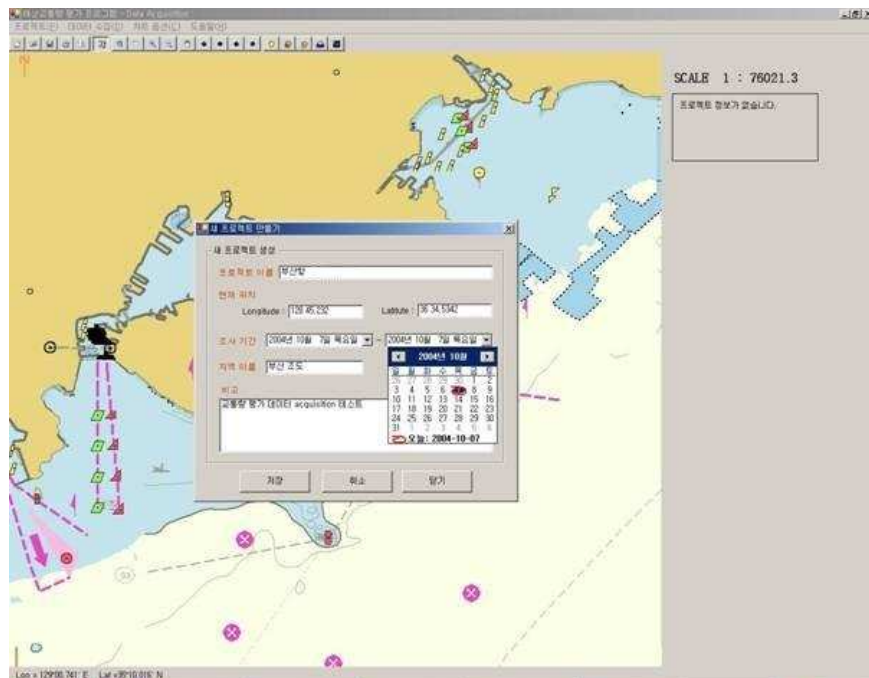
<그림 3-5> 조사프로그램 개요도

3.2.1.1 교통량 조사 프로그램의 설정

조사를 시작하기에 앞서, 해상교통량 조사에 대한 설정을 하여야 하는데, 먼저 프로젝트 명을 설정한다. 교통량 조사의 명칭을 기록하고, 조사를 실시할 기간, 조사지역, 조사자, 날씨 등에 대하여 입력할 수 있다.

<표3-1> 메뉴의 구성

프로젝트	데이터수집	차트옵션	통신환경	도움말
새로 만들기 열기 닫기	START PAUSE STOP	Point look up mode Area look up mode Filter mode Text mode	수신환경보기	



<그림 3-6> 프로젝트 명 및 시간 설정

새 프로젝트 만들기

새 프로젝트 생성

프로젝트 이름

현재 위치
Longitude : Latitude :

조사 기간 ~

지역 이름

비고

2004년 10월

일	월	화	수	목	금	토
26	27	28	29	30	1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6

오늘: 2004-10-07

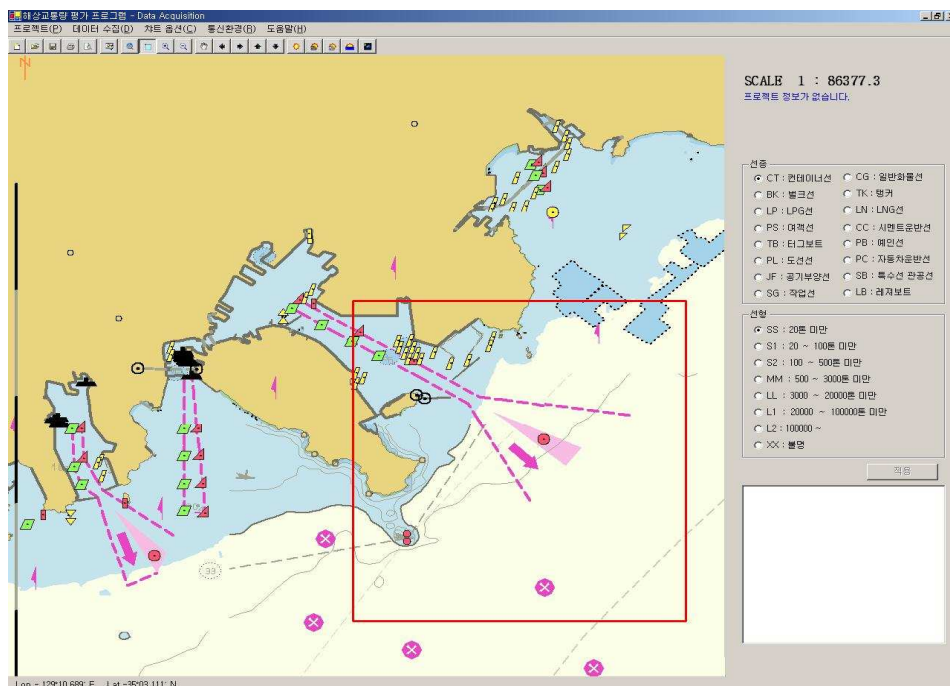
저장 취소 닫기

<그림 3-7> 프로젝트 명 및 시간 설정 창

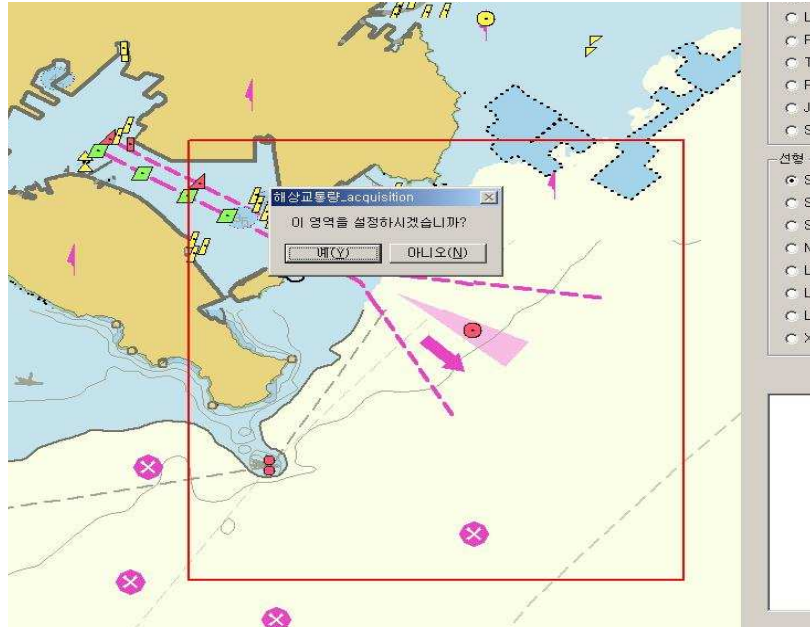
조사 대상으로서 교통량 평가에 필요한 선형과 선종을 선택하여야 하고 또한 조사영역에 대한 지정을 하여야 한다. 선종의 경우 필요한 선박에 대하여 체크를 하고 확인을 누르면 조사에 이용되는 선종으로 인식하게 된다. 선형은 사용자의 직접입력을 통해 선박의 크기에 대한 사항을 지정할 수 있다. 선박의 선종은 컨테이너선, 유조선, 자동차운반선, 가스탱커, 산적화물선 등 적재하는 화물의 성질에 의해 나누어지고, 작업선, 어선, 화물선등으로 선박의 작업 특성에 대하여도 분류하여 조사자가 필요에 의해 선택할 수 있도록 하였다. 이를 선택할 때는 체크박스를 이용하여 필요한 선종에 표시를 한 후 확인버튼을 선택하면 선박 종류에 대한 설정이 완료된다. 선박의 선형은 선박의 크기에 대한 항목으로서 조사자가 Text box에 입력함에 의해 몇 톤 이상 몇 톤 미만으로 설정할 수 있다. 이는 톤수의 분류를 미리 지정해놓아 설정해놓기 보다는 조사자의 임의대로 필요한 기준으로 톤수를 구분하여 사용할 수 있

게 하기 위함이다.

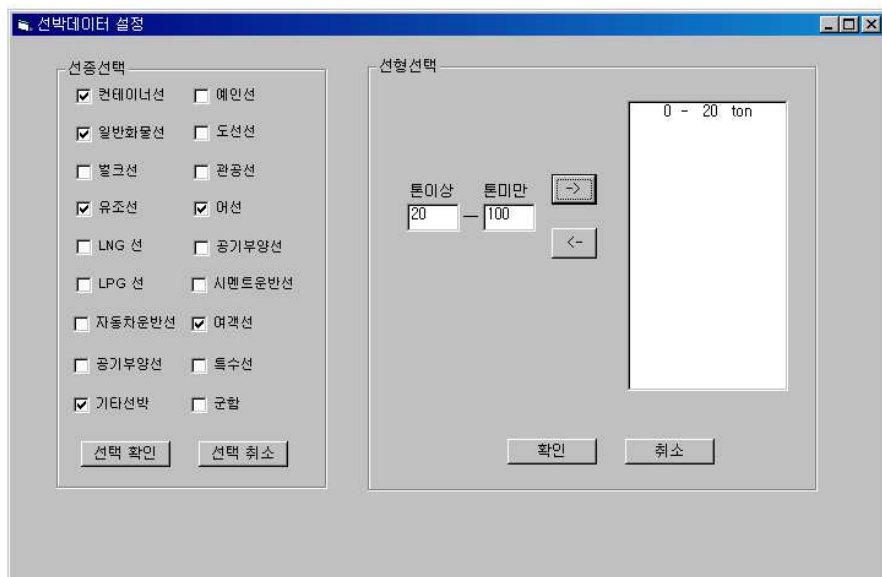
교통량 조사프로그램에서는 특히 조사가 필요한 특정영역을 지정하여 이 영역 안에 들어오는 선박 Target을 저장하도록 개발하였다. 여기서 조사영역이라 함은 마우스로 사각의 모양을 가지는 영역으로서 이것을 조사영역으로 인식시켜 설정한 영역 안에 들어오는 모든 선박에 대하여는 교통량 데이터로서 기록되고 저장이 이루어지도록 하는 것을 말한다.



<그림 3-8> 조사영역 설정 박스



<그림3-9> 조사영역설정 메시지



<그림 3-10> 선박데이터 설정 폼

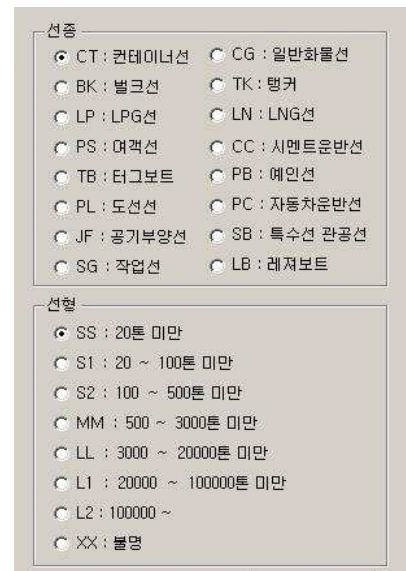
3.2.1.2 교통량 조사 프로그램의 실행

교통량 조사의 설정을 완료한 후, 화면 상단의 데이터 수집 메뉴에서 Start 메뉴를 클릭하면 조사를 시작을 알리는 메시지박스와 함께 조사가 실시된다. 조사가 실시되면 레이더로부터 신호를 입력받으며 미리 설정해놓은 조사영역에 진입하는 모든 선박 물표가 저장된다.

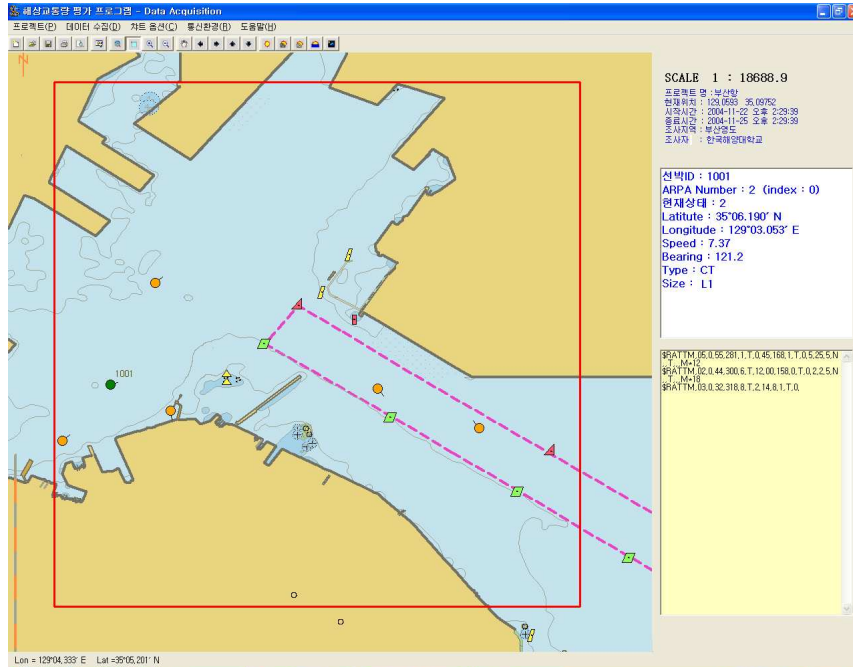
레이더에 나타난 선박이 ARPA Target으로 인식되면 컴퓨터화면에 선박 물표로서 표시가 된다. 컴퓨터의 차트화면에 선박 물표가 표시되면 조사자는 프로그램 화면에 나타난 선박물표의 정보를 입력시켜야 하는데 그 방법으로 마우스의 오른쪽 버튼을 클릭하여 선박물표에 대한 선종 및 선형을 입력시킨다. 이로서 자동으로 선박ID가 부여되고 조사영역에서 벗어날 때까지 선박의 위치 정보가 연속적으로 저장된다.



<그림3-11>조사 시작 메뉴



<그림3-12>선박 정보 입력



〈그림 3-13〉 조사 실행 화면

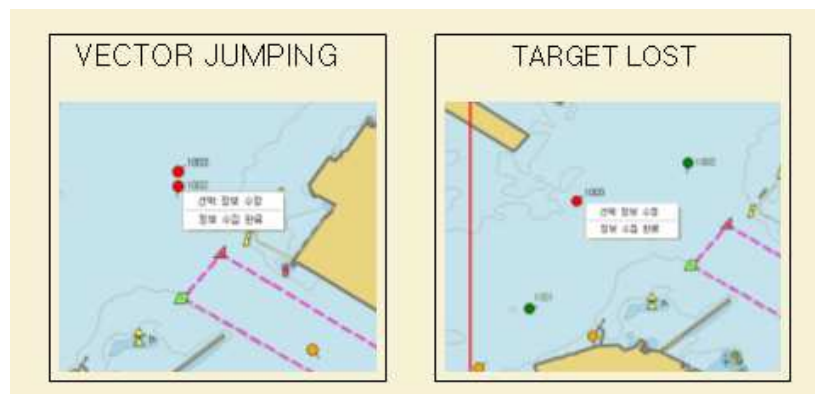
저장되는 선박데이터의 상황에 대해서는 우측 분할 면에 있는 Text란에 누적되면서 표시되고 이렇게 표시되는 정보는 순서대로 선박ID, GPS 위치, Heading, Speed, 선종, 선형 순으로 표시된다. 선박물표에 대해서는 계속적인 위치정보의 표시로서 컴퓨터의 차트 화면에서 벗어날 때 까지 선박 물표가 깜박이며 표시되고, 그 간격은 레이더로부터 ARPA 신호가 들어오는 시간간격과 동일하다.

3.2.1.3 교통량 조사 프로그램 가동 시의 오류 발생 조치

레이더가 가지고 있는 ARPA의 문제점으로서 속력이 있는 두개의 선박물표가 근접 했을 때, 서로의 벡터가 뒤바뀌는 현상인 Vector jumping 발생할 경우, 조사프로그램에도 Vector jumping의 영향으로 선박의 위치정보가 뒤바뀌

는 현상이 일어난다. Vector jumping 현상이 일어나면 잘못된 교통량 정보가 저장될 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 개선하기 위해, 이 현상 발생할 경우에는 오류경고와 함께 경고음을 발생시켜 조사자가 인식할 수 있도록 하였고, 이러한 오류는 마우스 조작을 통해 수정할 수 있다.

레이더의 성능에 따라 다르지만 선박 Target을 잃는 경우, 즉 Target lost가 종종 발생한다. Target lost가 발생할 경우 레이더 상에서는 선박 Target이 사라지므로 컴퓨터에 입력신호가 없어지게 되어 컴퓨터에서 선박위치정보의 입력이 없는 것으로 간주하여 오류경고와 함께 Target lost되었음을 알려주며 이를 조사자의 마우스 조작을 통해 수정할 수 있도록 하였다.

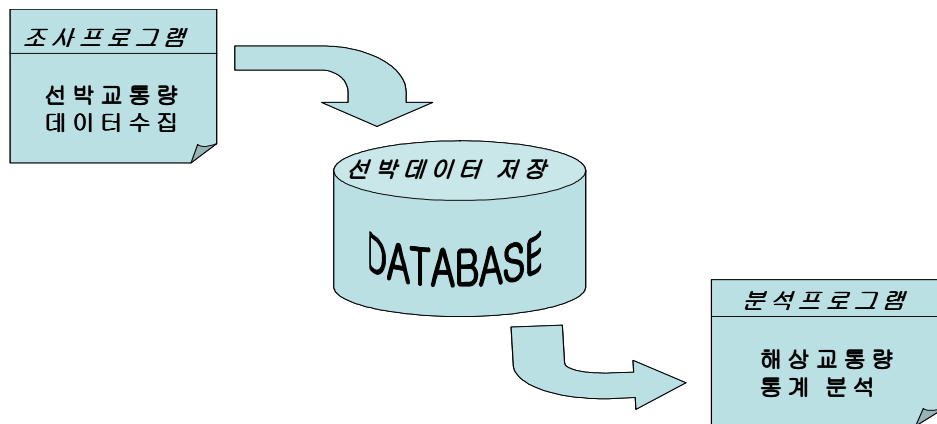


<그림 3-14>오류발생 시의 조치

3.2.1.4 교통량데이터 저장방식

선박 Target이 조사프로그램에 표시되고 이 선박 Target에 대한 선박정보가 데이터베이스로서 저장될 때에는 다음의 <그림 3-10>와 같은 속성으로 저장된다. 레이더에서 자동으로 부여되는 일련번호는 데이터 테이블에 첫 번째 속성으로서 저장되며, 사용자의 입력에 의해 지정되는 ID, 선종, 선형, 선적항,

입력시작위치, 종료 위치 등이 첫 번째 데이터테이블의 속성으로 지정된다. 두 번째 데이터테이블은 첫 번째 테이블의 사용자 지정 ID와 연결되어 두 번째 데이터테이블의 첫 번째 속성으로 지정된다. 그리고 레이더 설치 위치로부터 즉, 레이더 중심으로부터 선박 Target까지의 방위, 거리, 선박 Target의 위도와 경도, 플로팅 되는 시간, 그때의 Heading, Speed 순으로 데이터테이블에 저장된다.



<그림 3-15> 선박데이터 흐름도

일련 번호	사용자 지정 ID	선종	선형	선적항	선명	시작시간	종료시간	Remark
001	001	CT	LL	BUSAN	BUSAN	1015/09:30	1015/12:00	
002	002	TK	MM	PANAMA	SHIP	1015/09:32	1015/12:35	
⋮								
100	099	PB	MM	BUSAN	SUNJIN	1016/22:21	10/16/2344	
⋮								
사용자 지정 ID	방위	거리	위도	경도	시간	Heading	speed	
001	089	4.30	35-03.21	129-09.33	1015/09:30	230.0	10	
	089	4.28	35-03.19	129-09.30	1015/09:31	230.5	10	
⋮								
055	2.30	35-02.22	129-07.66	1015/11:32	180.2	9.8		

<그림 3-16> 데이터 테이블

3.2.2 분석 프로그램

해상교통량 조사기간 동안에 가동된 조사 프로그램에 의하여 수집된 선박통항량 데이터를 집계 분석하여 해상 교통량 평가할 수 있도록 해주는 프로그램이다. 선박통항량 데이터는 앞에서 설명한 바와 같이 각 속성별로 데이터테이블에 Text로서 저장되어 있다. 분석프로그램에서는 속성별로 저장되어있는 데이터테이블에서 필요한 속성별로 호출하여 그 테이블의 속성을 이용해서 분류·통계 및 필요한 정보를 표시한다.

3.2.2.1 분석 프로그램 설정

분석프로그램에서 조사된 선박데이터를 집계 분석한 결과물을 표시하려면 먼저 설정에서 GATELINE, ODLIN 및 통항경로대 설정을 해야 한다.

1) GATELINE의 설정

교통량 평가 해역에서 특히 어느 해역의 교통량 밀도, 척수 분포를 알고자 하면 미리 해당 해역에 GATELINE을 설정하여야 한다. 이렇게 설정한 GATELINE에 대하여 분석자의 선택에 따라 GATELINE에 해당하는 해역의 척수분포와 교통량 밀도를 나타낼 수 있다. GATELINE은 분석프로그램 설정 메뉴의 GATELINE설정 메뉴를 클릭하여 1번부터 10번까지 지정할 수 있다. GATELINE을 그려줄 때에는 <그림 3-17>과 같이 메뉴버튼 클릭 후 차트 화면에서 마우스로 직선을 그려줌으로서 작성된다.



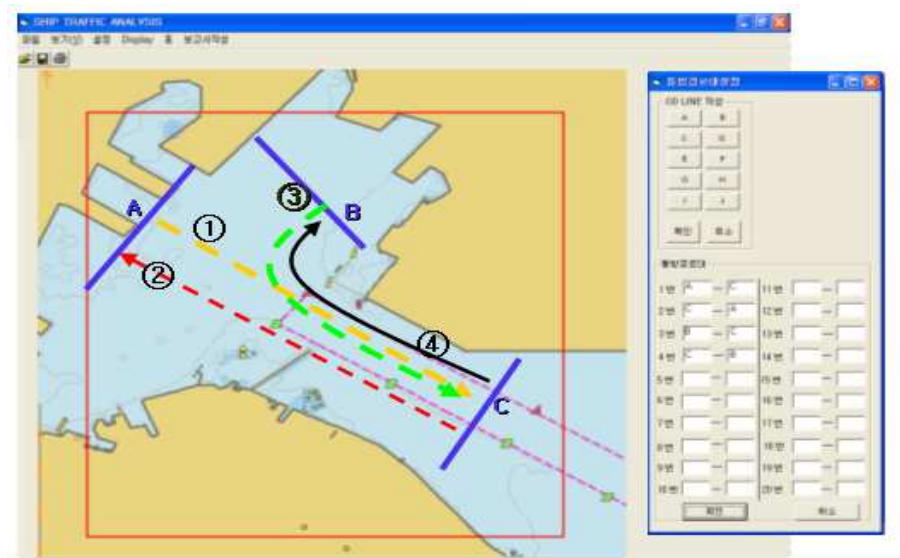
<그림 3-17> GATELINE 설정 화면

2) 통항경로대의 설정

앞서 제 2장에서 설명한 바 선박의 교통흐름은 출발지(Origin)와 목적지(Destination)별로 단순화하여 항행의 큰 흐름별로 통항경로대로서 나타낼 수 있다. 이를 위해 프로그램에서 ODLINE설정 메뉴를 두어 ODLINE을 설정함으로써 OD에 따른 통항경로대를 정할 수 있으며 통항경로대별로 교통량은 집계 분석할 수 있도록 하였고 항적도를 도시할 수 있다.

통항경로대를 설정하기 위해서는 먼저 ODLINE을 설정해야 한다. 분석프로그램 설정메뉴의 통항경로대 설정메뉴를 클릭하면 통항경로대 설정 폼이 표시된다. ODLINE은 A부터 J까지 10개의 버튼으로 10개의 ODLINE까지 작성할 수 있다. GATELINE 작성요령과 마찬가지로 A부터 J중에서 원하는 버튼을 클릭하고 왼쪽 차트화면에서 원하는 위치에 마우스로 그려주면 ODLINE이 생성되어 저장된다. 통항경로대 설정란은 ODLINE 설정영역 밑에 위치하고 있으며 출발지(Origin)와 목적지(Destination)별로 ODLINE명칭을 직접 입력하여 줌으로써 각 통항경로대를 설정할 수 있다. 이 설정과정을 거치면 분석프로그램

램에서의 설정이 완료된다.



<그림 3-18> 통행경로대의 설정

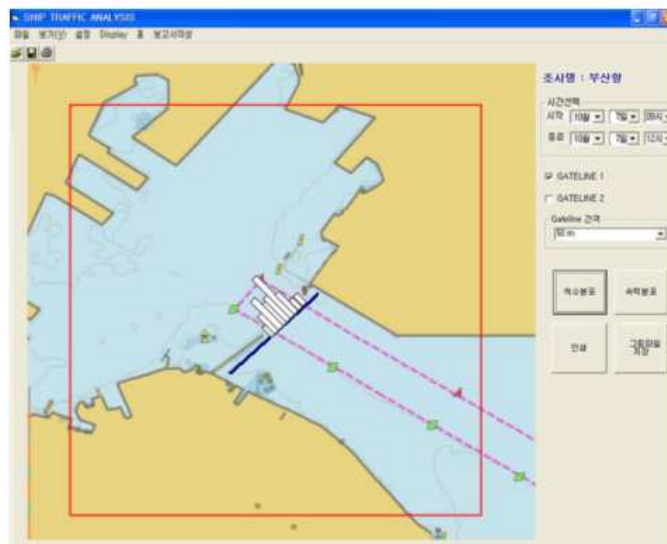
3.2.2.2 분석 프로그램 결과 DISPLAY

분석결과 표시메뉴에는 GATELINE과 항적도, 밀도도 메뉴가 있으며 GATELINE을 선택하면 GATELINE에 해당하는 분석결과를 표시될 수 있도록 하는 기능 키들이 우측면에 표시된다. 또한 분석자의 선택에 따라 필요로 하는 척수 분포도, 속력분포도 등이 시간별로 표시된다. 항적도 메뉴를 선택하면 총항적도 및 시간별 항적도를 나타나게 할 수 있으며, 분석설정메뉴에서 미리 설정해놓은 통행경로대에 따른 항적도를 표시할 수 있다. 밀도도 메뉴는 전체 조사영역에서의 선박 밀도 분포를 나타낸 것으로서 전체적인 조사영역에서의 선박통항량 밀집도를 파악할 수 있도록 한다. 선박통항 척수 분포뿐만 아니라 L환산 L^2 환산 분포를 이용하여 해당조사영역에서의 교통용량평가까지

할 수 있다.

1) GATELINE 분석결과 DISPLAY

표시메뉴에서 GATELINE을 선택하면 우측 분할면에 GATELINE에 대한 선박 통항정보를 볼 수 있게 해주는 메뉴들이 생성된다. GATELINE에 대한 선박척수 분포도를 표시하려면 먼저 시간설정을 하고, 원하는 GATELINE 체크박스를 선택한 후 선박척수 분포버튼을 클릭하면 이전에 설정해 두었던 GATELINE에 대한 선박척수분포도가 표시된다. 선박척수분포를 통하여 해당 GATELINE의 선박통항이 특히 집중되는 해역을 파악할 수 있다. GATELINE의 속력분포도를 표시하고자 할 때에는 척수분포와 동일한 방법으로 시간설정하고 원하는 GATELINE을 선택한 후 속력분포도 버튼을 선택하면 해당 GATELINE에 속력분포도가 표시된다. 척수분포도와 속력분포도는 해당 GATELINE에 막대그래프형식으로 표시된다. 막대그래프의 폭은 우측 분할면의 폭 설정 란에서 간격(m)을 입력해줌으로서 조정할 수 있다. 또한 우측 하단에는 해당 GATELINE을 통과한 선박의 척수가 표시된다.^[5]



<그림 3-19> GATELINE 분석결과



<그림 3-20> 항적도의 도시

2) 항적도의 표시

항적도를 표시하고자 하면 DISPLAY 메뉴의 항적도표시를 선택한다. 그러면 우측 분할면에 항적도 DISPLAY를 설정할 수 있는 메뉴들이 나타난다. 시간 설정, 총항적도, 통행경로대별 항적도, 선형, 선종별 항적표시 메뉴들이 표시된

다. 총 항적도를 표시하고자 할 때에는 시간을 먼저 설정하고 항적도 표시 메뉴를 선택하면, 설정시간에 해당하는 총 항적도가 차트화면에 DISPLAY된다. 통항경로대별로 DISPLAY하고자 할 경우에는 시간을 설정한 후 도시를 원하는 통항경로대를 선택한다. 항적도를 표시할 때마다 우측 분할면 하단에 그 항적도에 해당하는 선박의 척수가 표시된다.

3) 밀도도 메뉴

전체 조사 분석영역을 조밀한 Mesh 단위로 나누어 한 Mesh에 몇 척의 선박이 분포했는가를 색의 명암으로서 나타낸다. Mesh의 색이 진하면 진할수록 많은 선박이 통항함을 의미하며 이 밀도도를 통해서 해당 조사 분석영역에서 가장 선박이 밀집되어 있는 해역을 파악할 수 있다. 또한 선박의 크기를 감안한 L환산, L^2 환산 척수 밀도도를 메뉴를 선택함으로써 표시할 수 있다. 필터링메뉴를 이용하여 Mesh의 색이 진한 부분만 표시하여주는데 이는 특히 선박의 주 흐름을 볼 수 있도록 해준다.

3.2.2.3 표의 작성

조사기간 동안의 시간별, 선종별, 선형별, 통항경로대별 분포, L환산척수, L^2 환산척수 등의 속성을 X요소, Y요소로서 선택하면, 선택에 따라 데이터테이블에 저장되어있는 데이터들을 이용하여 X, Y 요소에 의해 표가 작성된다. 표에 따른 그래프는 그래프 작성이라는 메뉴를 선택하고 X축과 Y축의 요소를 정하고 범례를 정하여주면 바로 작성되어 표시된다.

제 4 장 시스템의 현장 실험 및 검토

이 장에서는 개발된 시스템을 통해 부산항을 대상으로 조사 분석을 실시하여 그 결과와 시스템에 대한 검토 내용을 제시한다.

4.1 해상교통량 조사의 실시

개발된 해상교통량 분석 시스템을 사용하여 부산 북항을 대상으로 하여 해상교통량 데이터의 수집과 분석을 실시하였다. 조사영역은 부산항 내항방과제 부근을 중심으로 하였고, 조사 시간은 10월 7일 0800-1200동안 실시하였으며 부산 영도(위도 : 35° 05' 05"N, 경도 : 129° 03' 55")에 시스템을 설치하여 조사를 실시하였다.



<그림 4-1> 조사 영역



<그림 4-2> 조사 프로그램

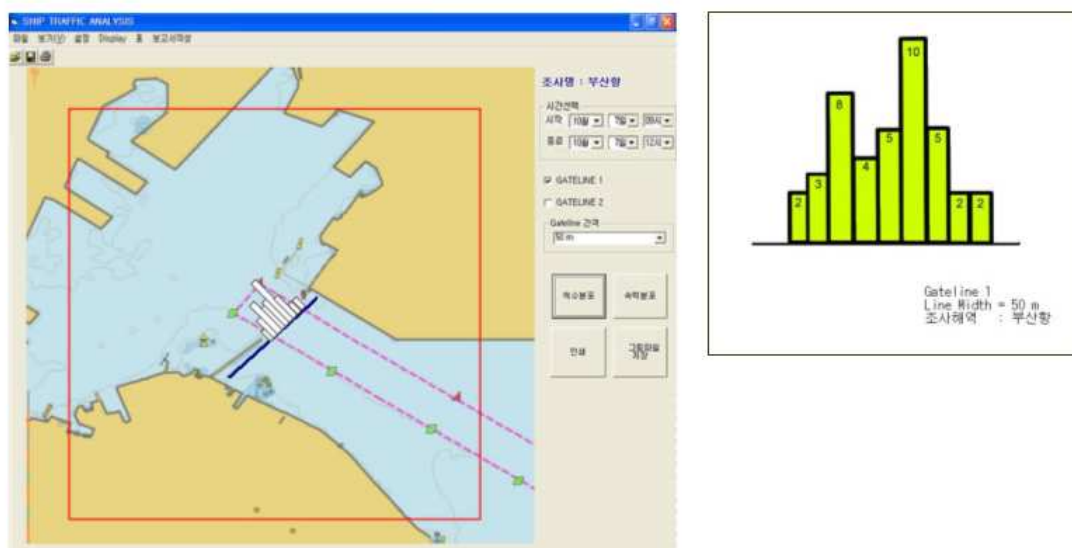


<그림 4-3> 부산항 북항 전경

4.2 분석 결과

4.2.1 GATELINE

분석 실행에 앞서 GATELINE을 내항 방파제 상에 설정하였으며 도시결과는 <그림4-4>의 GATELINE 분석결과 디스플레이와 같다.



<그림 4-4> GATELINE 분석 결과 디스플레이

분석결과도시의 시간설정은 10월 7일 08시부터 12시까지 설정하였으며 거리 간격은 50미터로 설정하였다. 척수 분포는 그림과 같으며 내항방파제의 통항 항로 수역 상에서 주로 출입항 항로에서 선박이 많이 통항함을 알 수 있다.

총 41척의 선박이 통항하였으며 특히 입항항로에 선박이 10척과 출항항로에 8척이 통항하여 선박이 통항이 출입항항로에 집중함을 파악할 수 있다. 또한 항로의 양 끝 수역에는 각각 2척의 선박이 통항하므로 선박 통항량이 적음을 알 수 있다. 이러한 분석 내용들은 <그림 4-4>에서 막대그래프의 크기를 비교를 통해 주로 중앙부의 해역에 선박통항이 집중함을 시각적으로 파악할 수 있다.

4.2.2 항적도의 도시

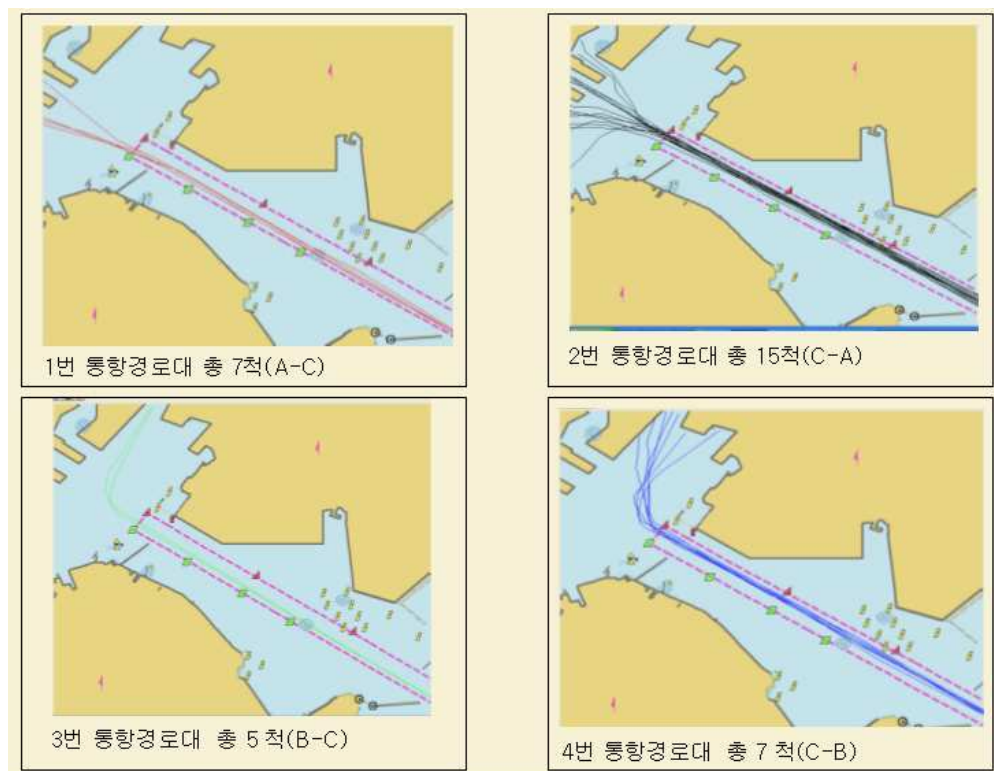
항적도의 도시는 총항적도를 도시할 수 있으며, 각 통항경로대별로도 도시할 수 있다. 10월 7일 0800-1000 동안 부산항 북항에서 통항한 선박 척수는 총 39척이며 총항적도는 <그림 4-5>총 항적도와 같다.

분석프로그램의 설정메뉴에서 A,B,C,D ODLINE을 설정하였고 ODLINE을 이용하여 통항경로대를 설정하였다.

- 1번 경로대(A-C) : 중앙부두 - 방파제(출항)
- 2번 경로대(C-A) : 방파제 - 중앙부두(입항)
- 3번 경로대(B-C) : 신선대부두 - 방파제(출항)
- 4번 경로대(C-B) : 방파제 - 신선대(입항)



<그림 4-5> 총 항적도



<그림 4-6> 통항경로대별 항적도

<그림 4-6>의 통항경로대별 항적도에서는 2번 통항경로대가 척수 15척으로 10월 7일 0800-1000의 2시간동안 4개의 통항경로대 중 가장 선박 교통량이

많은 것으로 파악된다. 같은 시간 대 여러 통행경로대 중에서 2번 통행경로대의 선박흐름에서 보아, 입항하는 선박이 선박교통량의 주 흐름을 형성하는 것으로 파악된다.

4.2.3. 표와 그래프의 작성

4.2.3.1. 시간당 척수별 분포

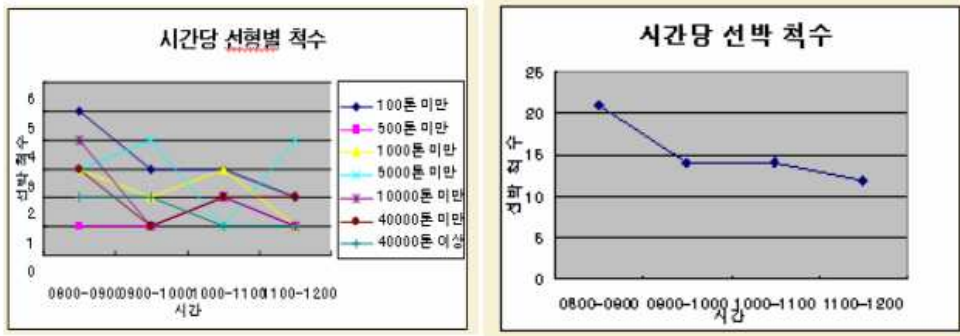
표 프로그램에서 작성되어진 결과물들이다. <표 4-1>의 시간당 척수 분포표를 보면 0800-0900 시간대에 가장 선박이 많이 통행한 것을 알 수 있다. 선종별로는 예인선, 일반화물선, 컨테이너선 순으로 분포하는 것으로 나타났다.

<표 4-1> 시간당 선형별 선박척수

	100톤 미만	500톤 미만	1000톤 미만	5000톤 미만	10000톤 미만	40000톤 미만	40000톤 이상	합계
0800-0900	5	1	3	3	4	3	2	21
0900-1000	3	1	2	4	1	1	2	14
1000-1100	3	2	3	1	2	2	1	14
1100-1200	2	1	1	4	1	2	1	12
합계	13	5	9	12	8	8	6	61

<표 4-2> 시간당 선종별 선박척수

선종 시간	여선	컨테이너선	일반화물선	탱커	예인선	관공선	여객선	합계
0800-0900	2	4	2	1	7	2	3	21
0900-1000	0	3	3	2	3	2	1	14
1000-1100	0	3	3	2	3	2	1	14
1100-1200	0	2	2	0	5	0	3	12
합계	2	12	10	5	18	6	8	61



<그림 4-7> 시간당 선박 척수 그래프

4.2.3.2. 통항경로대별 분포

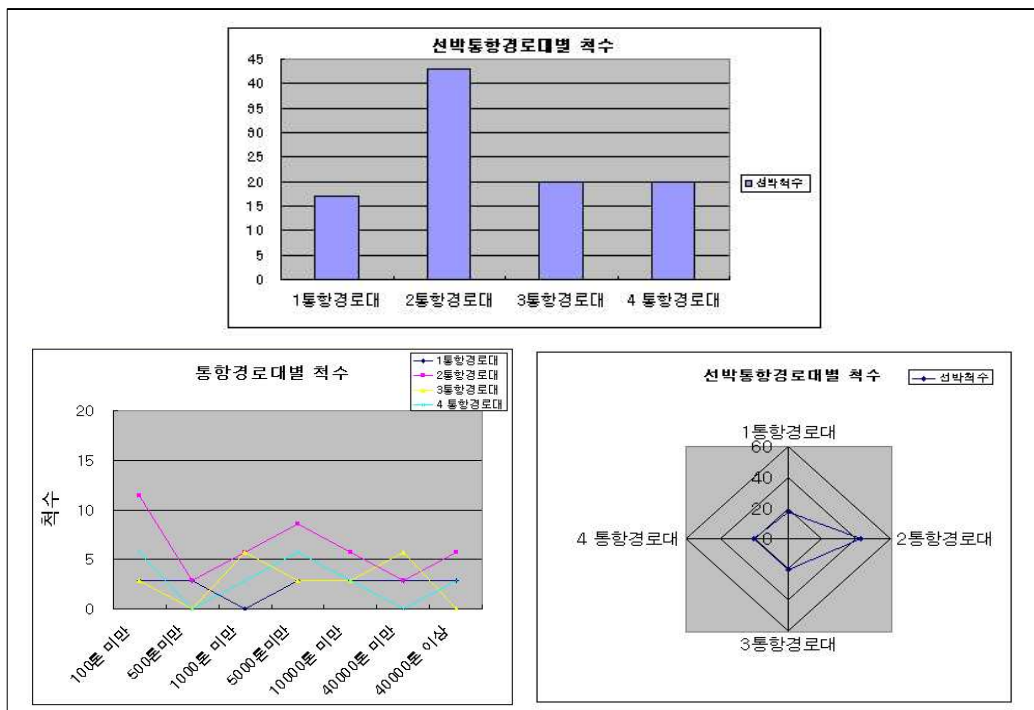
<표 4-3>의 통항경로대별 분포 표를 보면 총 35척 중 2번 통항경로대를 통항한 선박은 15척으로 전체 35척 중에서 43%를 차지하고 있다. 선박들이 2번 통항경로대를 주로 이용하여 항행한다는 것을 알 수 있다.

〈표 4-3〉 통항경로대별 선박척수 분포

선형	1통항경로대	2통항경로대	3통항경로대	4 통항경로대	합계
100톤 미만	1	4	1	2	8
500톤미만	1	1	0	0	2
1000톤 미만	0	2	2	1	5
5000톤미만	1	3	1	2	7
10000톤 미만	1	2	1	1	5
40000톤 미만	1	1	2	0	4
40000톤 이상	1	2	0	1	4
합계	6	15	7	7	35

선형	1통항경로대	2통항경로대	3통항경로대	4 통항경로대	합계(%)
100톤 미만	3	11	3	6	23
500톤미만	3	3	0	0	6
1000톤 미만	0	6	6	3	14
5000톤미만	3	9	3	6	20
10000톤 미만	3	6	3	3	14
40000톤 미만	3	3	6	0	11
40000톤 이상	3	6	0	3	11
합계 (%)	17	43	20	20	100

시간대	1통항경로대	2통항경로대	3통항경로대	4 통항경로대	합계
0900~0900	3	8	5	5	21
0900~1000	3	7	2	2	14
합계	6	15	7	7	35



〈그림 4-8〉 통항경로대별 척수 그래프

4.2.3.3. 선형별 척수

<표4-4>는 선박 교통량을 선형별로 나누어 도시한 분석표이다. 선형별로 100, 500, 1,000, 5,000, 10,000, 40,000톤으로 나누어서 척수를 집계하였다. 5,000톤 미만의 선박이 12척으로 가장 많이 통항하였으므로 5,000톤을 기준으로 하여 L환산, L²환산을 실시하여 표로 나타냈다.

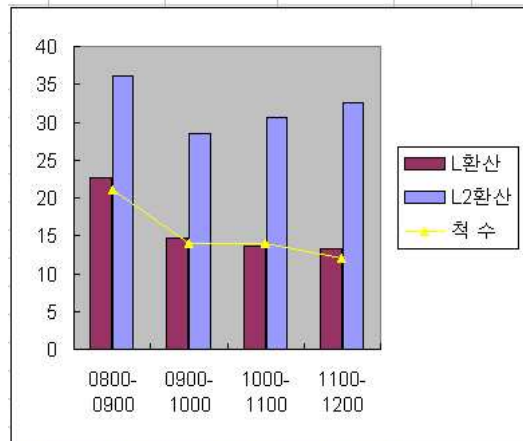
<표 4-4> 선형별 선박척수 분포 및 L환산, L²환산 분포 표

시간당 선형별 선박척수								
	100톤 미만	500톤 미만	1000톤 미만	5000톤 미만	10000톤 미만	40000톤 미만	40000톤 이상	합계
0800-0900	5	1	3	3	4	3	2	21
0900-1000	3	1	2	4	1	1	2	14
1000-1100	3	2	3	1	2	2	1	14
1100-1200	2	1	1	4	1	2	1	12
합계	13	5	9	12	8	8	6	61

L환산척수분포								
	100톤 미만	500톤 미만	1000톤 미만	5000톤 미만	10000톤 미만	40000톤 미만	40000톤 이상	합계
L환산계수	0.2	0.4	0.7	1	1.3	2	2.5	
0800-0900	1	0.4	2.1	3	5.2	6	5	22.7
0900-1000	0.6	0.4	1.4	4	1.3	2	5	14.7
1000-1100	0.6	0.8	2.1	1	2.6	4	2.5	13.6
1100-1200	0.4	0.4	0.7	4	1.3	4	2.5	13.3
합계	2.6	2	6.3	12	10.4	16	15	64.3

L ² 환산척수분포								
	100톤 미만	500톤 미만	1000톤 미만	5000톤 미만	10000톤 미만	40000톤 미만	40000톤 이상	합계
L ² 환산계수	0.04	0.16	0.49	1	1.69	4	6.25	
0800-0900	0	0.16	1.47	3	6.76	12	12.5	35.89
0900-1000	0.12	0.16	0.96	4	1.69	4	12.5	23.45
1000-1100	0.12	0.32	1.47	1	3.38	8	6.25	20.54
1100-1200	0.08	0.16	0.49	4	1.69	8	6.25	20.67
합계	0.52	0.8	4.41	12	13.52	32	37.5	127.79

시간당 척수, L환산, L ² 환산 분포			
시간	척수	L환산	L ² 환산
0800-0900	21	22.7	35.89
0900-1000	14	14.7	23.45
1000-1100	14	13.6	20.54
1100-1200	12	13.3	20.67



<그림 4-9> 선형별 분석 그래프

4.3 시스템의 검토

4.3.1 조사과정의 검토

수기로 항목을 기록하던 과정이 자동화되어 조사자의 수고가 훨씬 감소하였다. 선박의 데이터를 간단한 조작을 통해 컴퓨터에 입력되므로 데이터의 수집이 간편해졌다.

조사를 실시할 때 레이더 상에서 Target을 잃는 경우가 자주 발생하여 조사자가 수정해야하는 경우가 자주 발생하였다. 성능이 좋은 레이더를 사용할 필요성이 있다.

4.3.2 분석과정의 검토

선박교통량 데이터에서 분석결과를 메뉴선택에 따라 바로 통계, 분류하므로 장기간 소요되던 분석기간이 단축되었다.

조사과정에서 레이더로부터 얻어진 선박 위치정보에 의해 저장된 항적데이터가 도시되므로 정확한 항적도를 제시한다. 메뉴선택을 하면 즉시 항적도가 도시되어 신속한 결과를 제공한다.

시스템의 분석 기능 중 통항경로대의 분류에서 20개까지 설정하도록 하였는데, 경로대의 수가 적어 선박교통량흐름을 분석하는데 문제가 있다. 따라서 더 많은 수의 경로대 분류 기능이 요구되며 적어도 200개까지 늘려야 한다.

더욱 다양한 분석결과를 제시할 필요가 있다. 현재의 교통량에 대한 분석내용을 토대로 앞으로 교통현상도 예측할 수 있는 메뉴의 개발이 필요하다.

제 5 장 결론

5.1 연구의 결과

해상교통량 평가란 해상에서의 선박교통의 실태를 조사하여 선박의 행동을 통계적 또는 해석적으로 표현하고 분석하는 것이며, 안전하고 적정한 항로 항만의 설계를 위해서는 해상교통량 조사 분석을 실시하여야 함을 알 수 있었다. 해상교통량 조사 분석을 통해서 해당 해역의 해상교통의 흐름을 파악할 수 있고 이 흐름을 분석함으로써, 해당 해역의 단점을 보완할 수 있는 대책을 제안할 수 있으며 이를 통해 항로 항만의 설계와 제반 시설의 개선 및 적정한 항행관리를 이뤄 낼 수 있다.

현재 실시하고 있는 해상교통량조사와 분석방법에 대해서 살펴보았으며 그 결과, 많은 문제점이 있는 것으로 파악되었다. 주요 문제점은 인력에 의해서 선박교통량 데이터를 수집함으로 인해 많은 인력과 비용이 소요되고, 조사방법에 있어서도 조사원이 수기로 선박 항적을 기록하는 방식으로 데이터를 수집하고 있어 정확도와 신뢰도가 떨어질 가능성이 있다. 분석방법에 있어서 수기로 모아진 많은 양의 선박항적 데이터와 교통량 데이터를 일일이 컴퓨터에 입력함으로서 많은 기간이 소요되고 인적인 수고가 발생한다. 또한 분석자가 선박항적데이터의 입력 시에 좌표를 잘못 판단함으로 인해 분석결과의 신뢰도가 떨어질 수 있는 문제점이 발생하였다. 이러한 문제점을 해결할 수 있도록 해상교통량 시스템의 개발이 요구됨을 알 수 있었다.

이 연구의 제 3 장에서는 현재 이루어지고 있는 해상교통 조사 분석법을 포함하여 해상교통조사분석방법에서의 문제점을 극복할 수 있도록 개발된 해상교통량 분석 시스템을 소개하였다. 그리고 개발내용을 기술하였으며 해상교통량 분석 시스템의 구성에 대하여 기술하였다. Hardware는 레이더와 컴퓨터로 구성되어 있으며 Software는 조사프로그램과 분석프로그램으로 구성되어 있다. 해상교통량 분석 시스템은 레이더를 기반으로 한 컴퓨터에서 선박 데이터의 수집과 저장 후 분석을 시행할 수 있도록 제작하였다. 조사프로그램에서 선박통항데이터의 수집 시에 조사자의 간단한 조작에 의해 선박에 대한 정보가 컴퓨터에 데이터베이스화한다. 그리고 이렇게 저장된 선박통항 데이터베이스에서 분석프로그램을 통해 속성별로 호출하여 원하는 분석결과를 얻어낼 수 있게 되었다. 현재 실시하고 있는 해상교통량 조사 분석 방법에 획기적인 개선이 이루어질 것으로 판단된다.

본 해상교통량 분석 시스템의 연구 개발을 통해 해상교통량 조사와 분석에 소요되는 인적인 수고와 비용을 경감시킬 수 있고, 분석 시에 소요되는 시간을 대폭으로 단축시킬 수 있다. 또한 컴퓨터에 의하여 수집되고 분석되므로 더욱 정확한 교통량 평가 결과물을 얻어낼 수 있으며, 더 나아가 안전하고 적절한 항로 항만의 설계와 제반시설의 개선 및 적절한 항행관리를 통한 해상교통안전에 기여할 수 있다.

5.2 시스템의 한계 및 향후 연구방향

5.2.1 해상교통량 분석 시스템의 한계

레이더를 기반으로 한 해상교통량 분석 시스템은 레이더에서 선박 Target 정보를 담고 있는 신호를 전송받아 컴퓨터의 조사 프로그램에 선박이 표시함과 동시에 선박정보와 항적이 데이터베이스화된다. 즉, ARPA기능을 가지고 있는 레이더를 갖추어서 Target에 대한 NMEA신호를 입력받아야 한다. 이때에 레이더에서 신호를 입력받는데 있어서 레이더의 성능에 따라 정보의 정확성이 좌우된다. 선박을 Tracking하는 ARPA기능이 우수하지 않으면, 선박 Target lost가 자주 발생하며, 이렇게 되면 조사프로그램에도 영향을 미쳐, 프로그램에서의 Target Lost도 자주 발생하게 되므로 조사자의 Target Lost 수정작업이 자주 필요로 하게 된다. 따라서 성능이 우수한 ARPA 레이더를 사용하여야 한다.

두개의 선박 물표가 근접했을 때 선박 Target 정보가 서로 뒤바뀌는 현상이 발생하는 현상인 Vector jumping에 대하여 현재 레이더의 기술한계로서 해결하지 못하고 있다. 이 문제는 레이더 기술이 더욱 발달함에 따라 자연스럽게 개선될 수 있으리라 판단된다. 이 시스템에서는 컴퓨터 조사프로그램에서 수정할 수 있도록 하는 기능을 구성하여 해결할 수 있도록 하였다.

조사자가 목시관측을 통하여 선박의 선형, 선종 정보를 입력하여야 하며, 레이더로부터 신호를 입력받는데 발생하는 문제점으로 인하여 조사과정에서 Target Lost와 Vector Jumping이 발생할 수 있다. 이로 인하여, 조사자의 수

작업이 필요하므로 완전히 무인화 시스템이 될 수 없다는 점이 시스템의 한계라고 할 수 있다.

5.2.2 향후 연구방향

앞서 설명한 해상교통량 분석 시스템의 한계에서 볼 수 있듯이 해상교통량 분석 시스템은 조사자와 분석자의 수고를 대폭적으로 경감시켜줄 수는 있으나, 조사프로그램에서 선박정보를 입력시키는 데 있어 조사자의 목시관측을 통해 선형 및 선종을 파악해야한다는 한계가 있다. 이 점은 앞으로 AIS(Automate Identification System: 선박자동식별장치)와 연동한 해상교통량 분석 시스템을 개발한다면 개선할 수 있으리라 판단된다.

레이더를 사용한 조사과정에서 Target Lost와 Target Vector Jumping이 빈번히 발생하는데 이때에는 조사자가 수정을 해주어야 한다. 레이더의 이러한 문제점에 대한 연구가 이루어져 레이더 성능을 개선할 수 있다면, 해상교통량 분석 시스템의 레이더 성능에서 발생하는 한계를 극복할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 박진수, “해상교통공학”, 효성출판사, 1998
2. 정재용, “항행원조시설의 비용편익분석 모델에 관한 연구”, 한국해양대학교 대학원, 2001
3. 강영식, “부산항 접근 수역에 대한 해상교통안전성평가에 관한 연구”, 한국해양대학교 대학원, 2001
4. “월미도 해상관광택시 전용부두 및 영종도 해상교통시설확장 기본 설계중 항로 통행 안정성 검토 보고서”, 한국해양대학교 부설 마린시뮬레이션센터, 2004
5. “관서전력(주) 사카이 LNG 기지 설계 항행 안전대책조사보고서”, 사단법인 일본고베해난방지연구회, 2001
6. 이상설, “레이더 공학”, 보성출판사, 1999
7. “부산 신항 항로표지 배치 및 실시설계 연구용역”, 부산 지방해양수산청, 2003