

해양교통학석사 학위논문

해안선의 지형 데이터 구축에 관한 연구

A Study on the Construction of Shoreline

Topography Data



2014년 2월

한국해양대학교 해사산업대학원

해양교통학과

조기정

본 논문을 조기정의 해양교통학석사
학위논문으로 인준함.



위원장 박 영 수 (인)

위 원 문 성 배 (인)

위 원 박 진 수 (인)

2013년 12월 12일

한국해양대학교 해사산업대학원

목 차

List of Tables	iv
List of Figures	v
Abstract	vi

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 필요성	1
1.2 연구의 목적과 개요	4

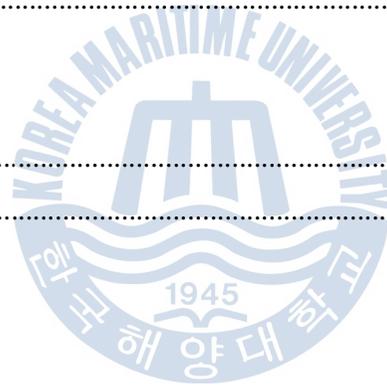
제 2 장 위험 분석 시스템 고찰

2.1 선행 연구 고찰	6
2.2 AIS 체계	14
2.2.1 AIS 통신망 개념	14
2.2.2 AIS 통신 체계	15
2.3 해도	17
2.3.1 해도의 분류	17

제 3 장 해안선 지형데이터의 구축

3.1 전자해도	19
3.1.1 전자해도의 개요	19
3.1.2 전자해도의 데이터 구성	19
3.2 지형 데이터 구축 방안	22
3.2.1 해도의 적용범위	22

3.2.2	해도의 데이터 종류	23
3.2.3	해도 데이터 좌표계 관리 방안	26
3.2.4	해안선 지형 데이터 분할	27
제 4 장 구현 및 위험도 표현		
4.1	선박 객체 관리 방안	32
4.2	위험도 표현 방안	33
4.3	구현 및 테스트	37
4.3.1	AIS 데이터 처리	37
4.3.2	구현 및 성능 비교	40
4.3.3	테스트 결과	45
제 5 장 결론		
5.1	연구의 요약	46
5.2	향후 과제	48



감사의 글	49
References	50
Bibliography	52
부록	53



List of Tables

Table 1 2003~2009년 등록 선박 척수	2
Table 2 2009~2012년 연도별 해양 사고 발생 수	3
Table 3 2009~2012년 연도별 종류별 해양 사고 발생 수	4
Table 4 AIS 기지국소 현황	15
Table 5 항해용해도	17
Table 6 수로특수도	18
Table 7 한국 전자해도의 종류	22
Table 8 전자해도의 기본적 데이터 종류	23
Table 9 전자해도의 종류별 Land Area 구성 성분	24
Table 10 위도별 경도 1도의 거리 및 정밀도	26
Table 11 World Wind Tile 규격	28
Table 12 Tiling시 객체의 변화	29
Table 13 AIS Message Type	37
Table 14 AIS Message Type 1,2 and 3 Format	38

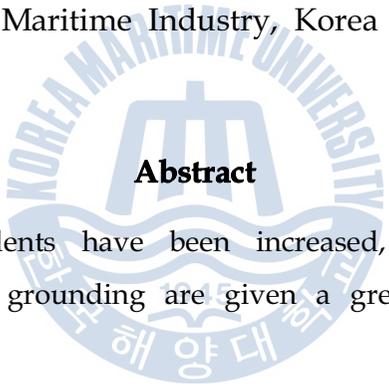
List of Figures

Fig. 1 국내 항만 화물 입출항 물량 추이	1
Fig. 2 국내 항만 선박 입출항 빈도 추이	2
Fig. 3 S-57 벡터 모델	20
Fig. 4 전자해도 층도의 적용범위	22
Fig. 5 전자해도 종류별 Land Area 비교	25
Fig. 6 전자해도 종류별 Land Area 상세 비교	25
Fig. 7 World Wind 좌표 시스템(Level1)	28
Fig. 8 Tiling 전후 객체 비교	30
Fig. 9 Quad-Tree 개념도	32
Fig. 10 위험도 표시방안(ES Model)	36
Fig. 11 적용된 AIS 데이터	39
Fig. 12 비분할 데이터의 지형에 대한 위험도 표출	41
Fig. 13 분할 데이터의 30분 한계 적용 위험도 표출	43
Fig. 14 분할 데이터의 60분 한계 적용 위험도 표출	44
Fig. 15 분할 데이터의 60분 상세 화면	45

A Study on the Construction of Shoreline Topography Data

Jo, Gi Jong

Department of Maritime Traffic Science
Graduate School of Maritime Industry, Korea Maritime University



Abstract

Recent marine accidents have been increased, in particular, engine damage, collision and grounding are given a great deal of proportions out of them.

Whilst the study of collisions between ship and ship were carried out actively. However, due to the topography and artificial structures, the study of risk was relatively sluggish. So far, the reason of relatively sluggish of study on topography and artificial structures than ship to ship collision is that, difficulty of constructing efficient data and the massive topography data.

The shoreline topography, that contained in ENC(Electronic Navigational Chart) are varies depending on the Chart level. In case of 4 Level(Coast Chart), there are more than 10,500 Objects. There are some polygons constructed by more than 1,500,000 vertice.

This paper showing the method of analyzing topography danger and how to build efficient topography data on the analyzing system of ship danger that receive massive ship's position informations.

Through previous cases and studies, examined methods and results of danger analyzing systems. And describe about AIS system and nautical charts briefly. To build land topography and show the study result, we use ENC, so, we also carrying out brief study about ENC.

Secondly, show detailed study on clipping topography data. And to verify the effectiveness of result, display on ECS(Electronic Chart System) with non-clipping data.

To analyzing topography danger, ES(Environment Stress) Model with necessary modifications applied. ES Model has two parts that are Ship Danger and Land Danger. This paper use Land Danger display methods of ES Model. The display method is showing danger left and right turns of 90 degrees on ship's heading. The danger is recognized intuitively by user.

The method on this paper is limited to land topography and has overhead costs to pre-processing. And on some situations, the danger seems a straight line on one direction(even if it is not incorrect data). These will be dealt with in the future study

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 필요성

국제 해상물동량 증가 및 활발한 해상 레저 활동으로 인해 해상교통량이 증가하고 있는 추세이다. Fig. 1에 나타낸 것처럼 해상화물 수송량은 10년 사이에 매년 평균 4.3%씩 증가하고 있고, 그 입출항 빈도수도 Fig. 2에서 볼 수 있는 것처럼 증가 추세에 있다. 이와 같이 해상교통은 국제, 국내를 막론하고 사회적, 경제적 활동의 발전과 더불어 지속적으로 발전하고 있고, 특히 국제간의 수송에 대해서는 그 공헌이 제일 막중하다 할 수 있다.

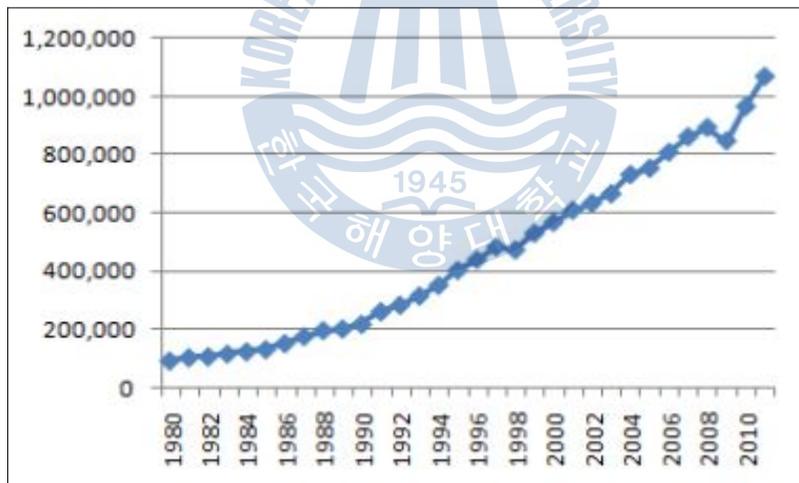


Fig. 1 국내 항만 화물 입출항 물량 추이(출처: e-나라지표)

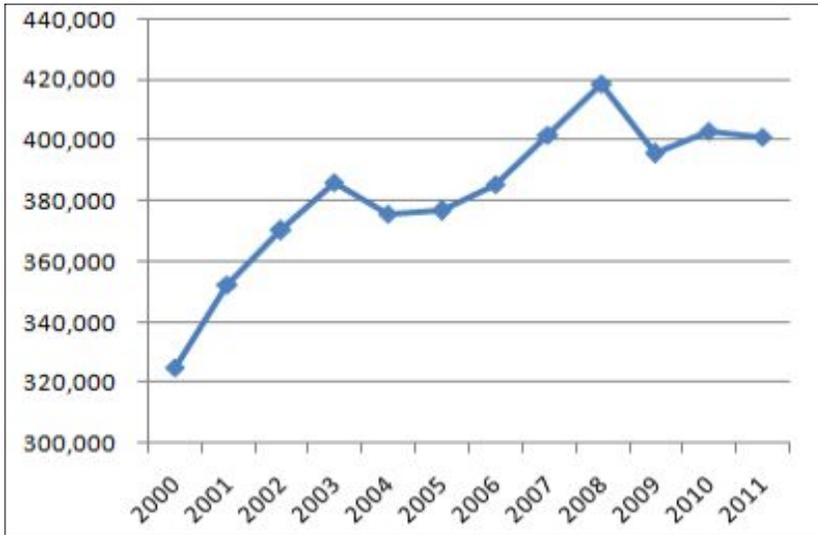


Fig. 2 국내 항만 선박 입출항 빈도 추이(출처: e-나라지표)

해상교통량이 증가함으로써 해양사고의 발생 빈도도 높아지고 있으며, 사고의 규모도 대형화 되고 있는 추세이다. 해상 교통사고의 주된 원인은 선박 고장에 따른 선박 조종 불능 상태, 예인선 분리에 따른 무동력선의 운항, 운항자의 선교이탈, 음주 항해 등 비정상적인 상태에서 선박 운항 등이며, 황천 등의 기상 상태도 사고를 증가시키는 원인 중의 하나이다.

Table 1에서 보듯이 2003년부터 2009년까지 실제 등록된 선박 수는 감소한 상황이다.

Table 1 2003~2009년 등록 선박 척수

	여객선	화물선	유조선	예선	기타	어선		계
						동력선	무동력선	
2003	188	724	711	1,178	4,080	88,523	4,734	100,138
2004	200	758	680	1,211	4,149	87,203	4,405	98,606
2005	205	797	678	1,214	4,225	87,554	3,181	97,854
2006	209	805	704	1,236	4,338	83,358	2,755	93,405
2007	213	846	747	1,266	4,415	82,796	2,831	93,114
2008	207	855	747	1,259	5,020	78,280	2,486	88,854
2009	200	820	721	1,245	5,388	75,247	2,466	86,087

그러나, 2006년부터 2012년까지의 해상교통사고 발생현황은 아래 Table 2와 같이 평균 1%정도의 해상 사고 발생률을 보이고 있다. 등록선박이 줄어들어에도 발생률이 떨어지지 않는다는 것은 사고 발생이 많아진다는 것을 의미한다고 분석 할 수 있다.

Table 2 2006~2012년 연도별 해양 사고 발생 수

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
선박등록척수(A)	93,405	93,114	88,854	86,087	86,015	85,025	84,466
해양사고발생척수(B)	865	759	636	915	961	1,197	941
해양사고발생건수	657	566	480	723	737	946	726
해양사고발생률(B/A)	0.93	0.82	0.72	1.06	1.12	1.41	1.11

그동안 급속히 발달한 컴퓨터 기술 보급과 AIS의 법정 장비화등에 따른 선박 위치정보의 급증에 힘입어, 선박 운항 시스템이나 해상 교통관제 시스템은 그 기능이 고도화되었고, 위치정보의 손쉬운 획득으로, 선박과 선박간의 위험도 판정은 여러 기관에 의해 연구/발전되어 왔다.

한편, Geijerstam(2008, cited in 김동진, 2011)이 선박이 부표와 같은 부수적 해양 구조물과의 충돌사고에 대한 요인을 선정하고 조사를 실시하였다.

하지만 육해상 자연구조물 또는 인공구조물에 대한 위험도는 상대적으로 연구가 부진하였는데, 2006~2012년 중앙해양안전심판원 사고통계에 따르면, 아래 Table 3과 같이 기관손상(30.0%), 충돌(23.6%), 좌초(7.7%)등으로 좌초사고도 큰 비중을 차지한다.

그동안 선박과 선박간의 충돌 위험도 평가 연구에 비해 육해상 구조물에 대한 연구가 상대적으로 부진한 것은 육해상 구조물에 대한 데이터 구축 자체가 쉽지 않고, 그 데이터량이 많이 실시간 계산에 어려움이 있다는 점 등이 연구에 제약이 되었다. 실제 ENC(Electronic Navigational Chart)에 포함된 육상지형물은 ENC레벨에 따라 다르나, 4레벨(Coast Chart:해안도) 경우 10,500여개의 객체로, 1,500,000개 이상의 점들을 가지는 면형(Polygon)으로 이루어져 있다.

선박의 위험도 판정의 연구가 더욱 정교해지고 발전하려면, AIS와 같은 선박

위치정보와 더불어 육해상 지형의 데이터 적용 방안도 같이 발전해야 하는 필요성이 증대하고 있다.

Table 3 2006~2012년 연도별 종류별 해양 사고 발생 수

	충돌	접촉	좌초	화재폭발	침몰	기관손상	조난	시설손상	인명사상	안전항해	기타	계
2006	167	17	66	41	25	195	11	1	20	68	46	657
2007	148	9	39	37	19	185	8	1	11	65	44	566
2008	125	15	32	25	18	145	11	2	17	61	29	480
2009	160	10	43	34	22	253	16	1	21	94	69	723
2010	174	22	64	25	22	236	9	4	33	91	57	737
2011	208	23	64	57	27	261	41	4	82	101	78	946
2012	157	21	53	55	26	178	44	3	57	68	64	726
계	1139	117	361	274	159	1453	140	16	241	548	387	4835
구성비	23.6	2.4	7.7	5.8	3.3	30.0	2.9	0.3	5.0	11.3	8.0	100

1.2 연구의 목적과 개요

본 연구는 전국 연안을 항해하는 선박의 대용량 위치정보를 실시간 수신하여 선박의 위험도를 분석하는 시스템에서, 육해상 구조물에 대한 위험도 분석 방법 및 성능을 향상하기 위한 연구이다. 특히 분석시 필요한 정보의 빠른 검색을 위해, 선박을 관리하는 기법과 해당 선박의 위험도 분석에 필요한 육해상 구조물의 데이터 구축 및 관리 방안을 제시하고, ENC의 육해상 구조물 데이터의 사용 시와 비교하여, 제시된 방안과의 성능비교를 실험을 통해 보여주고 있다.

위험도 표현을 위해서는 환경스트레스 모델(이노우에, 1998 cited in 박영수, 2002)의 육상에 대한 스트레스 모델 개념을 적용하였다.

본 본문의 구성은 2장에서는, 선박 위험도 관련 이전 연구 자료 및 사례를 통해 그동안의 연구 방안 및 결과를 검토하고, 위치정보를 수집하는 AIS망 및 분석결과를 표시하는 해도에 대해 설명한다.

3장에서는 본 연구에서 필요한 전자해도의 개념 및 연구에 필요한 해안선 지형물 데이터 구축에 관해 설명하고, 상세한 구축 방안을 제시한다.

그리고 4장에서 실제 위험도 표현 방안 및 데이터 구축에 따른 성능을 비교/측정하여, 성능 개선 효과를 검증할 것이다.

마지막으로 5장에서는 연구 결과와 향후 연구해야할 과제를 정리하였다.



제 2 장 위험 분석 시스템 고찰

2.1 선행 연구 고찰

위험에 대한 항해사의 의사결정을 보조하거나 대체할 수 있는 기술에 대한 연구가 계속해서 진행 중에 있지만 여러 연구의 결과에서 선박간의 충돌 외의 선박의 주변 환경에 대한 고려는 미비하다. 그러나 실제 항행 상황에서 선박 인근 환경 정보에 대한 고려는 중요한 요소이다.(김도연, 2010)

김(2010)등은 다양한 환경 요소들을 고려하여 단계적 위험도 판단이 가능한 퍼지기술을 기반으로 한 개념모델을 제안하였다.

위 모델에서 전문가의 의견을 수렴하여 항행 선박의 주변 환경 요소를 설계하고, 그 설계에 대한 타당성 및 검증용 시스템을 구현하였다. 여기서 고려된 주변 환경은 해류/조류, 바람, 해상 장애물, 저수심 및 해양사고 발생건수 등이다.

박(2012)등은 선박 충돌사고는 주로 선박의 출입이 잦은 항만 부근 및 연안 해역에서 발생하므로, 해역에서의 선박 및 지형장애물에 대해 레이더 (Radar), AIS(Automatic Identification System), ECDIS(Electronic Chart Display and Information System) 데이터를 VTS관제사, 도선사 또는 선박운항자 등이 사용하는 장치에 제공하고 있지만, 제공되는 데이터는 선박의 침로, 속도, 거리, 지형장애물의 위치, CPA등 단순 정보에 불과하기 때문에 VTS 관제사, 도선사 또는 선박운항자는 이와 같은 정보를 확인하여 직접상황을 판단하고 통제 제어해야 하므로, 인적 능력 차이로 인해 해양사고 발생의 유발인자가 되기도 한다고 주장했다.

한편 이러한 인적 요소에 따른 한계를 극복하기 위해, 선박의 가장 대표적 항행정보인 속력과 타선(장애물 포함)과의 거리를 통하여 선박 간의 주관적 충돌위험도 (Subjective Judgement Value)를 산출하는 알고리즘을 사용하는 지표가 있다. 하지만, 주관적 충돌위험도는 하나의 선박과 하나의 선박이 마주치는 경우에 대하여 충돌위험도를 산출한 것으로, 다수의 선박과 다수의 선박이 마주치는 경우, 다수의 선박이 지형장애물을 지나가는 경우 등이 다반사인 항만 부근 및 연안 해역에서는 실질적으로 적용하기 어려운 문제점이 있다.

그리고 CPA 및 선박운항자의 위험을 반영한 여러 가지 평가지표가 있으나 연안해역과 같은 복잡한 현장에서 바로 적용하기는 다소 어려운 사항들이 있다고 보고, 선박의 충돌 방지를 위해 충돌위험이 있는 선박을 신속하고 정확하게 표시하기 위한 방법으로, 조선부담감을 정량화 한 환경스트레스 (ES:Environmental Stress)모델을 이용하여, 충돌위험 정도를 사용자가 잘 인식할 수 있도록 표시할 수 있는 선박 충돌위험 표시장치를 제공하기 위한 연구를 수행하였다.(박, 2012)

박(2012)등은 위 연구를 통해 충돌위험이 있는 선박을 신속하고 정확하게 표시할 수 있으며, 충돌 위험정도를 사용자가 잘 인식할 수 있도록 표시할 수 있으므로 선박의 충돌을 방지할 수 있다는 연구 결과를 내놓았다.

단순히 선박간의 위험 또는 주변 환경을 고려한 연구 이외에도, 김(2011)등은 국제해상충돌예방규칙에 따른 충돌회피 알고리즘에 관한 연구를 진행하기도 했다.

김(2011)등은 해양사고예방을 위한 선박간의 충돌 방지를 위한 알고리즘은 거의 대부분 최근접점에서 상대선과의 거리(DCPA, Distance to Closest Point of Approach)와 최근접점에 이르는 시간(TCPA, Time to CPA)에 기초를 두고 개발되어 왔으나 대부분의 선박충돌회피 알고리즘이 국제 해상충돌 예방규칙('72 COLREGs, International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972)을 고려하지 않았다는 문제점이 있다고(Rafal Szlapczynski, 2006 cited in 김동균, 2011) 주장하였다.

이런 주장을 근거로, 상대방위를 관측하여 본선이 CORLEG에 의한 피항선 또는 유지선의 위치에 있는가를 판단하여 충돌회피 동작을 수행하는 알고리즘을 제안하였다. 즉, 선박간 조우 상황을 분류하고 피항선과 유지선의 관계를 판단한 후, DCPA와 TCPA를 고려하여 타원모델에 토대를 둔 상황접근 지수를 계산하여 충돌회피 시점을 결정하고, 타원모델 기반의 충돌회피 방법을 소개하였다.(김동균, 2011)

COLREG에서는 선박 간 항법 관계를 크게 아래와 같이 3가지 상태로 나누어 규정하고 있다.

1) 정면으로 마주치는 상태: 상호간에 상대선의 마스터 정부등(Masterhead Light)과 양현등(Both sidelights)을 선수미선 방향을 중심으로 좌우 $5^{\circ} \sim 6^{\circ}$ 범위 내에서 바라보며 접근하는 두 선박은 각각 우현으로 변침하여 상대선을 좌현에 두고 좌현 대 좌현으로 항과 해야 한다.

2) 횡단상태: 타 선박을 자선의 우현 측에 두고 타 선박의 홍등을 바라보고 있는 선박이 우현 측으로 진로를 피하여야 한다.

3) 추월상태: 다른 선박의 정횡 후 22.5° 를 넘는 후방 측, 추월당하는 선박과의 관계에 있어서 야간에는 그 선박의 선미등만을 볼 수 있고 현등을 볼 수 없는 선박은 추월선으로 보아야 한다. 추월선은 완전히 앞질러 멀어질 때까지 추월당하는 선박의 진로를 피하여야 할 의무를 벗어나지 못한다.

김(2011)등은 위 연구에서 안개 및 기상악화의 경우 시계가 제한되거나, 야간 항해 중 항해등의 식별이 어려워 피항선과 유지선의 판단이 불확실한 경우에도, 국제해상충돌예방규칙에 의한 충돌회피 동작에 효과적으로 적용할 수 있는 방안을 제시하였다.

손(2004)등은 실제 환경이 아닌, 시뮬레이터 기반 환경스트레스를 이용한 선박 충돌위험도 추정에 관한 연구를 통해, 퍼지 이론 기반 충돌위험도와 환경스

트레스 모델 방법을 통해 얻은 충돌위험도를 비교함으로써, 실시간 충돌 위험을 사전에 예방할 수 있는 실용적인 방법에 대해 논하였고, 위 두 이론을 근거로 한 충돌 위험도 표시 기능을 구현하였다. 그리고 시뮬레이터 실험을 위해, 실제 항해 경력이 있는 항해사를 통해 시나리오를 설정하고, 실시간 시뮬레이션을 수행하였다.

손(2004)등은 연구에서 퍼지알고리즘 방법과 환경스트레스 모델 방법을 모두 사용하여 충돌위험도를 평가하였고, 둘을 비교 분석함으로써 각 방법 간의 위험도 추정성능의 차이를 살펴보았다. 퍼지 이론을 이용한 방법에서는 레이더와 AIS에서 얻을 수 있는 정보를 기반으로 하는 방법을 사용하였고, 환경 스트레스 모델에 있어서는 지리적인 조선편경을 제외한 순수하게 타 선박에 의한 교통 환경 스트레스만을 고려하였다. 충돌위험도는 선박 Head up을 0도로 하여 좌현 -90도부터 우현 90도까지 관찰범위를 선정하고, 각 방향별 위험도를 계산하여, 표시하고 이를 토대로 전체적인 현 선박의 위험도를 파악할 수 있도록 하였다. 그 결과 개방된 수역에서 충돌 상황 시는, 환경스트레스 모델의 위험도가 퍼지이론을 이용한 충돌 위험도보다 변화율이 높고, 충돌위험을 좀 더 빨리 경보할 수 있는 반면 연안의 출입항 항로와 같이 제한된 수역의 경우에는 퍼지이론이 효율적이란 결론을 도출하였다. 단 입출항시 충돌거리 및 충돌시간에 어느 정도 여유가 있는 경우라도 퍼지이론을 이용한 충돌위험 경보를 이용할 경우에는, 항해사의 실수 방지를 위해 경로이탈을 함께 모니터링 할 필요가 있다는 점도 역설하였다.

손(2009)등은 단일 선박간의 충돌위험도에서 진화하여, 가변공간 탐색법을 이용한 다중선박의 충돌회피 알고리즘에 관한 연구를 수행하였다.

대부분의 알고리즘이 수많은 선박이 입출항하는 항만근처의 실제 통항상황을 고려하여 성능을 입증하지 않았기에, 실제 선박에 설치되어 운용된 사례는 거의 없다고 보고, 충돌사고의 위험성을 줄이고 안전운항을 지원하기 위하여, 퍼지 이론과 가변공간 탐색법 개념을 사용한 충돌회피 알고리즘을 제안하였다. 충돌회피 알고리즘은 크게 3단계로 구성되어 있다. 첫 번째 단계에서는, 현재시

간($t=t_0$)에 타선들의 위치 및 속도정보와 자선의 위치 및 속도정보를 이용하여 퍼지 이론에 의한 충돌위험도를 계산하고, 이를 바탕으로 회피를 위한 행동공간을 구성한다.

두 번째 단계에서는, 일정시간 이후($t=t_0+\Delta t$)의 타선 및 자선의 위치 및 속도를 추정하여 다시 충돌위험도를 계산하는데, 이때는 변화된 위험도를 바탕으로 행동공간을 다시 재구성하게 된다. 세 번째 단계에서는, 추정된 행동공간들을 대상으로 최적화 기법을 사용하여, 가장 안전하고 효율적인 회피경로를 결정하게 된다. 이와 같이 3단계로 구성된 충돌회피 알고리즘은 실시간으로 계산되어 지속적으로 갱신된다. 이 연구에서는 고안된 가변공간 탐색법을 이용한 충돌회피 알고리즘을 한국해양연구원의 선박운항 시뮬레이터에 구현하여, 대양항해 시나리오를 대상으로 성능시험을 수행하였다. 타선박의 항해정보는 AIS 정보를 가정하였고, 최종 선정된 회피경로는 Auto-pilot에 의해 자동운항 되도록 구성하였다.

손(2009)등은 가변공간 탐색법을 이용한 충돌회피 알고리즘을 한국해양연구원의 선박운항 시뮬레이터에 구현하여, 대양항해 시나리오를 대상으로 성능시험을 수행하였다.

타선들과 조우한 자선의 현재 위험도 수준에 따라 레이어와 노드, 그리고 가지들의 방향을 변화시킬 수 있도록 하였고, 구성된 행동공간, 즉 회피경로 후보 집합 중에서, 초기 위험도의 수준을 고려하여 비용함수를 최소화하는 최적의 회피경로를 결정할 수 있도록 구성하였다.

설계된 충돌회피 알고리즘의 성능검증을 위해 시뮬레이터 기반 검증시험을 수행하였는데, 대양항해 시나리오로서 타선 1척이 좌현, 전방, 후방 등에서 접근하는 충돌상황 시나리오와, 좌현과 우현 그리고 전방에서 타선 3척이 동시에 접근하는 충돌상황에 대한 시나리오에 대해 시뮬레이션을 수행하였다. 시험결과, 설계된 가변 공간 탐색법을 이용한 다중선박 충돌회피 알고리즘은 정상적으로 작동하여, 타선과의 충돌 없이 안전하게 회피기동을 수행하였고, 충돌상황이 사라진 후에는 원래의 경로로 복귀하였다. 또한, 이러한 시뮬레이션 결과는

해상충돌 방지규칙에서 요구하는 회피 규칙을 만족하고 있는 것도 함께 확인하였다. 향후, 제한수호가 포함된 부두 근처의 연안 항해에 대한 시나리오에 대해 검증시험을 수행할 필요가 있다.(손, 2009)

이와 유사한 연구로는, 송(2011)등의 연구로, 다중 선박에서 효율적인 충돌 회피를 위한 베이지안 충돌 위험도 추정 알고리즘 연구가 있다.

현재까지 충돌회피 시스템에 대한 연구는 활발히 진행되어 왔으나 충돌회피의 판단 기준이 되는 충돌위험도 결정에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 송(2011)은, 선박의 속도계, GPS, AIS로부터 얻어낸 입력 데이터를 이용하여, 기존의 퍼지 이론이 아닌 베이지안 추정 방법으로 충돌위험도(Collision Risk)를 결정하는 과정으로 구성하였다.

현재시간에 타선들의 위치 및 속도정보와 자선의 위치 및 속도정보를 이용하여 베이지안 추정 방법에 의한 충돌위험도를 계산하고, 일정시간 이후의 타선 및 자선의 위치 및 속도를 추정하여 다시 충돌위험도를 추정함으로써, 정확도를 높이고 예측확률을 높이고자 하였다.

실험한 결과 각 시점 별로 추정 오차를 보면, 시간이 지남에 따라 추정 오차가 점점 작아짐을 알 수 있고, 제안한 기법의 성능이 기존 기법보다 우수한 것을 알 수 있었다. 또한, 시간이 지남에 따라 추정 오차가 작아짐으로써, 현재 시점에서의 충돌 위험도를 추정하는 것보다, 일정 시간 이후에 충돌 위험도를 예측하는 것이 보다 효율적임을 알 수 있다(송, 2011)고 하였다.

또한 안(2005)등은 단순 선박간의 위험도에, 선박의 조종성능을 반영한 충돌 위험도 추론에 관한 기초 연구를 수행하였다.

충돌 위험도 값은 파라미터를 무엇으로 잡느냐, 어떤 방법으로 표현하느냐와 관계없이, 보통 시뮬레이터 앞에 앉은 운항자에 대한 질의-응답 과정을 거쳐서 구하는 것이 일반적이다. 그런데 충돌 위험도 모델을 만들기 위해서 매번 전문가와 인터뷰를 하는 것은 시간이 많이 걸릴뿐더러 귀찮고 복잡한 일이 되

기 마련이다. 인터뷰 기반 모델의 더 심각한 문제는 운항자들이 인터뷰 대상으로서 대답하는 내용과, 실제 운항을 할 때 판단하는 내용이 다르다는데 있다. 따라서 운항자의 판단과는 별개로 더 객관적인 판단 기준을 세우는 것이 필요하다.

위 연구에서는 Hasegawa식의 위험도 추론 방식을 따라, 폐지화된 DCPA와 TCPA 변수로 구성된 폐지 추론 시스템에 의해서 위험도 추론 모델을 구성하고, 이때의 소속 함수결정과 추론 규칙 작성은 운항자 인터뷰를 거쳐서 하지 않고 자선의 조종 성능을 반영한 시뮬레이션 결과를 적용해서 연구를 수행하였다.

충돌 위험 판정과 더불어, 정(2010)등은 선박위치추적관리시스템의 고도화 방안에 관한 조사 연구를 수행하였다.

연안해역의 통합적 위험도 관리는 우리나라 연안의 해양환경보호, 해상안전 확보, 통항선박을 위한 서비스 제공의 차원에서 중요하다.

우리나라의 선박위치추적관리시스템(VMS, Vessel Monitoring System)은 항행 선박의 정적 정보 및 위치, 속력 및 침로 등의 운항정보를 인공위성, AIS를 포함한 VHF/MF/HF대의 해상무선통신수단, 휴대폰과 같은 통신망을 통하여 수집하여 전자해도상에 표시하여 관리하는 시스템이다. 이용하는 데이터는 주로 AIS 데이터이며 전국 33개 AIS 무선기지국을 통하여 선박으로부터 수신된 데이터를 활용하여 해양안전관리를 수행하고 있다. 연안해역의 안전관리를 국가 차원에서 고도화하여 해상에서 발생할 수 있는 위험도를 파악하여 크고 작은 해양사고를 미연에 예방하는 시스템으로는 유럽에서 개발되어 운용되고 있는 SAMSON(Safety Assessment Models for Shipping and Offshore in the North Sea)를 들 수 있다(MARNIS, WP 3.2 Assessment and evaluation of the MOS concept. cited in 정, 2010). SAMSON 모델은 대상해역의 위험도를 평가하기 위하여 기존의 해상교통 트래픽 및 교통 환경, 통항선박의 교통 패턴, 선박의 재원 및 이력정보, 해양사고 데이터, 기상상황 등을 고려하여 대상해역의 위험도 및 선박의 위험도를 지수화 하고, 해양사고의 결과로 나타날 수 있는 비효

손실면에서의 평가를 통하여 종합적인 위험도 지수를 계산하고 있다.

한편 IALA에서는 항만 및 제한된 수로의 위험관리 도구에 의한 정성적 위험도 평가 및 정량적 위험도 평가에 의한 방법론과 원리를 권고안 O-134에서 제시하고 있다. 미국 연안경비대(USCG)에서 개발된 PAWSA(Ports and Waterways Safety Assessment tool)는 전문가들과의 심층 논의를 통한 정성적인 방법을 통하여 위험도 평가를 수행 한다.

한편, 캐나다 연안경비대(Canadian CG)와, Danish Technical University 및 Maritime Simulator Centre Warnemunde가 제휴하여 개발한 IWRAP(IALA Waterway Risk Assessment Programme)는 수학적 모델에 의한 위험도의 정량화 평가방법이다(IALA, IALA Risk Management Tool for Ports and Restricted Waterways, IALA Recommendation O-134, Ed. 2, May 2009 cited in 정, 2010). 그러나 우리나라의 경우에는 VMS시스템에도 정량적이거나 정성적인 위험도 평가모델이 없으며 개발이 필요한 핵심 기반 기술의 하나이다. 국내에서 몇몇 연구자들이 해역의 위험도 평가모델을 정립하기 위하여 다각적인 연구가 시도되고 있다(김혜진, 2010 cited in 정, 2010, 김대원, 2010 cited in 정, 2010).

정(2010)등은 SAMSON Model 및 IALA에서 제시하는 위험도 평가 모델로부터 향후 VMS를 고도화 및 연안해역의 실시간 통합안전관리 시스템을 개발하기 위하여 필요한 연구의 항목을 제시하기 위한 연구를 진행하였다.

이는, 조사연구 차원 및 VMS의 고도화 방향을 고려하여 연안해역의 실시간 통합안전관리 시스템을 개발하기 위하여, 필요한 연구방향을 찾기 위한 것에서 출발하였다고 하였다. 그에 따라 유럽의 SAMSON 모델, IALA의 수로 위험도 평가관리의 도구를 조사하였다. 그러나 유럽과 IALA에서 제시하는 위험도 평가도구가 우리나라 수역에 적용될 수 있는가의 여부, 위험도 지수화 모델이 적합한 것인가에 대한 검토는 국내의 해상교통 특성을 고려한 위험도 지수에 대한 모델링과 분석이 선행되어야 할 것이다.(정, 2010)

정(2003)은 기존의 충돌위험도를 대신할 sech-함수를 이용한 새로운 충돌위험도 평가법을 제시하기도 했다.

정(2003)은 충돌위험도 평가 요소를 아래와 같이 크게 4가지로 정의하였다.

1) 최근접거리

최근접거리는 재래로부터 최근접시간과 함께 충돌의 위험도를 표현하는 중요한 요소이다. 최근접거리가 작을수록 충돌의 위험도가 크다고 본다.

2) 최근접시간

최근접시간은 최근접거리와 같이 사용될 때만 그 의미가 있다 즉, 단순히 최근접시간이 작다고 하여 충돌의 위험이 있는 것이 아니기 때문이다. 그렇기 때문에 목표가 본선 쪽으로 접근하는 시간적 여유를 파악하는데 곤란한 점이 있다

3) 목표의 접근시간

최근접시간의 한계를 극복하기 위하여, 이 연구에서도 충돌확률에 의한 충돌 위험도 평가에서 이용한 시간적 여유를 그대로 적용한다. 다만 이름을 목표의 접근시간으로 바꿔 사용하기로 한다.

4) 본선의 상태결정함수

본선의 상태결정함수는 본선이 유지선인지 피항선인지에 따라 값이 결정되는 함수로서 목표의 방위와 애스펙트(aspect:본선에서 상대선이 보이는 모습)를 변수로 가진다. 이 함수는 목표의 충돌위험도를 본선이 유지 혹은 피항 할 것인지에 따라 다르게 적용하기 위해서 사용한다.

2.2 AIS 체계

분석시스템은 기본적으로 선속 및 기타 선박상태에 따라, 2초~6초 간격으로 수집되는 AIS의 위치정보를 활용하며, AIS에 대한 개요는 다음과 같다.

2.2.1 AIS 통신망 개념

AIS는 선박의 항해안전 및 보안강화를 위하여 IMO(International Maritime Organization)에서 채택한 시스템으로서, 선박의 제원·운항정보를 선박과 선박 및 선박과 육상 간 자동으로 송수신하여 연안해역관제, 수색·구조지원 및 선박 통항관제(VTS) 수단을 제공하며, 이는 연안해역의 선박운항모니터링에 활용될 수 있도록 개발된 시스템이다.

IMO에서는 수년간의 검토를 거쳐 시스템 용량이 크고 해상교통이 혼잡할 때 야기되는 전파의 교란 가능성이 적고, 채널의 활용을 극대화할 수 있도록 SOTDMA(Self-Organized Time Division Multiple Access) 기술을 이용한 4S Broadcasting 방식(Ship to Ship, Ship to Shore)의 트랜스폰더를 Universal Shipborne AIS로 채택하고, 성능기준안(Performance Standard for an Universal Automatic Identification System, Resolution MSC.74(69))을 승인하였으며, AIS 전용주파수로서 VHF Channel 87(161.975 MHz) 및 88(162.025 MHz) 두 개의 채널을 할당하였다.

AIS는 디지털 VHF 무선 트랜스폰더 시스템으로서, 선박이 어느 해역을 항해 중이든 지속적인 모드로 작동되도록 되어있다. 데이터 통신을 위해 해사 이동주파수대역 내의 2개 VHF 주파수 채널(87B, 88B)이 사용되고, 각 채널은 9,600 bps의 전송율을 가지며, 분당 2,000개의 정보전송이 가능하다. AIS는 2개의 독립된 수신기와 1개의 송신기로 구성되어 있으며, 수신기는 2개의 채널에서 동시에 정보를 수신할 수 있고, 송신기는 2개의 채널을 번갈아 송신한다.

2.2.2 AIS 통신 체계

우리나라는 IMO의 권고를 빠르게 수용하여, 전 세계적으로 AIS 정보를 활용할 수 있는 육상 기지국을 비교적 일찍 구축하였다. 다음은 우리나라 기지국의 배치 및 운영현황이다.

Table 4 AIS 기지국소 현황

국소명	운영국
이어도 기지국	본부 상황실
월미도 기지국	인천 운영센터

덕적도 기지국	
대청도 기지국	
연평도 기지국	
엄광산 기지국	부산 운영센터
부산신항 기지국	
무룡산 기지국	울산 운영센터
후망산 기지국	대산 운영센터
옥마산 기지국	
신진도 기지국	
오식도 기지국	군산 운영센터
의상봉 기지국	
어청도 기지국	
금성산 기지국	목포 운영센터
임자도 기지국	
흑산도 기지국	
가거도 기지국	
오동도 기지국	
낙포 기지국	여수 운영센터
녹동 기지국	
외나로도 기지국	동해 운영센터
사문산 기지국	
거진등대 기지국	
홍해 기지국	포항 운영센터
성동산 기지국	
현종산 기지국	
울릉 태하등대	
울릉 해군기지	
독도 기지국	
용화산 기지국	마산 운영센터
실리도 기지국	완도 운영센터
청산도 기지국	
흑일도 기지국	제주도 운영센터
세오름 기지국	
서귀포 기지국	
우도 기지국	
살고지 기지국	평택 운영센터
합계	13개 운영센터, 38개 기지국, 본부 상황실(2012년 12월 기준)

위 표와 같이 우리나라의 기지국은 전국 연안에 걸쳐 38개소의 기지국이 있

으며, 이기지국에서 수신한 선박위치정보는 센터를 거쳐, VTS 및 GICOMS(General Information Center on Maritime Safety and Security) 센터에 수집되어 다양한 용도로 활용된다.

2.3 해도

분석결과는 기본적으로 해도상에 표시하므로, 해도에 대해, 국립해양조사원에서 발간한 수로도서지 제작 업무편람에서 발췌/인용된 내용을 중심으로 알아보기로 한다.

해도란 안전한 항로 및 입출항시 필요한 여러 가지 중요한 정보를 빠짐없이 기재한 바다의 지도로, 이에 필요한 수심, 암초와 여러 가지 위험물, 섬과 해저의 형상, 항만시설, 각종 등대 및 부표는 물론, 항해 중에 자기위치를 알아내기 위한 해안의 여러 가지 목표물과, 육지의 형상이나 바다에서 일어나는 조석 및 유향, 유속을 표시한 조류 또는 해류 등이 기재되어 있다.

2.3.1 해도의 분류

해도는 사용목적에 따라 일반항해용과 항해참고/학술/생산/자원개발용으로 대별되는데, 전자를 해도(Nautical charts)라 하고, 후자를 수로특수도(Miscellaneous charts)라 한다. 해도는 현상과 일치하기 위해 그 내용을 정정하지만, 후자는 그렇지 않다.

1) 항해용해도

Table 5 항해용해도

	축척	필수 요소
총도(General chart)	1/400만 보다 소축척	항해상 꼭 필요한 등대
항양도(Sailing chart)	1/100만 보다 소축척	외해의 수심, 주요등대, 지형
항해도(General chart of coast)	1/30만 보다 소축척	시계내의 육지 목표물 등
해안도(Coast chart)	1/5만 보다 소축척	상세한 연안의 지형 등
항박도(Harbour chart)	1/5만 이상 대축척	항만, 묘박지, 접안시설 등

2) 수로특수도(Miscellaneous charts)

Table 6 수로특수도

구분	내용
수심도, 해저지형도(Depth curve, Bathymetric chart)	해저지형을 정밀한 등심선으로 제작한 해도이며, 해저자원의 조사, 개발, 학술연구용 및 측심항법에 이용
어업용 해도(Fishery chart)	일반항해용에 각종 어업에 필요한 제반자료를 기재
기타 특수도(Special chart)	위치기입도, 영해도, 조석, 해류개황도, 세계항로도, 해도색인도등 특수 목적용 해도

3) 로란 해도(Loran chart)

일반항해용 해도에 로란곡선을 색별로 인쇄한 것으로 로란 항법용으로 사용되는 해도이며, 최근의 로란 수신기로는 경도, 위도의 좌표가 변환되어 표시되므로, 로란국 거리선이 없는 일반해도에서도 로란 위치 표시가 가능하다.

4) 잠정판 해도(Provisional chart)

임해공업단지조성, 새로운 산업도시의 발달 등으로 항만의 보수 및 항로의 준설이 예상외로 급진전을 보게 되어, 부분적인 공사가 완성되는 즉시 선박의 입항이 불가피할 경우 긴급 수로측량을 실시하여 흑색 판으로 제작된 해도로, 해도번호 앞에 "P"자를 부기한다.

5) 국제해도(International chart)

국제적으로 통일된 해도로서 국제항해에 편리하도록 구성되어 있다. 1972년 제10차 국제수로회의(IHC)에서 각 분담국 별로 소축척 국제해도를 간행하기로 결의, 1/1천만 시리즈 19종, 1/350만 시리즈 60종이 간행되었다.

제 3 장 해안선 지형데이터 구축

여기서는 해안선 지형에 대한 위험도를 계산하기 위해, 전자해도(ENC)의 육지 데이터를 사용하여 위험도를 계산하여 데이터를 표출하므로, 전자해도에 대해 개략적인 내용을 살펴보고, 해안선 지형 데이터 구축방안에 대해 논하고자 한다.

3.1 전자해도

3.1.1 전자해도의 개요

전자해도(ENC, Electronic Navigational Chart)는, 국가 또는 국가가 인증한 기관에서 국제 교환기준인 S-57에 맞도록 제작한 해도를 말한다. 이는 전자해도 표시시스템(ECDIS)에 사용할 수 있도록 내용·구조·포맷을 표준화한 디지털 해도이다.

S-57은 각국 수로국 간의 수로자료의 교환 및 ECDIS 생산자, 항해자 및 다른 이용자에게 공급하기 위해 IHO가 제정한 ENC 교환 표준 포맷이다.

3.1.2 전자해도의 데이터 구성

S-57 표준의 데이터 모델은 피쳐(Feature)정보와 공간정보로 구성되며 상호 연결된다. 피쳐 정보는 독립적으로 존재할 수 있는 반면, 공간 정보는 피쳐 정보에 연계되어 존재할 수 있다.

한편, 표준공간 모델에서 표현하고 있는 공간정보에는 점, 선, 면에 해당되는 노드(Node), 에지(Edge), 페이스(Face)로 구분되며, 노드로는 독립 노드, 연결 노드로 구성된다. 전자해도는 본 공간 모델에서 점, 선에 해당하는 노드와 에지 정보를 이용하여 모든 공간정보를 표현하며, 면에 해당 정보는 에지에 연결하

여 표현할 수 있다.

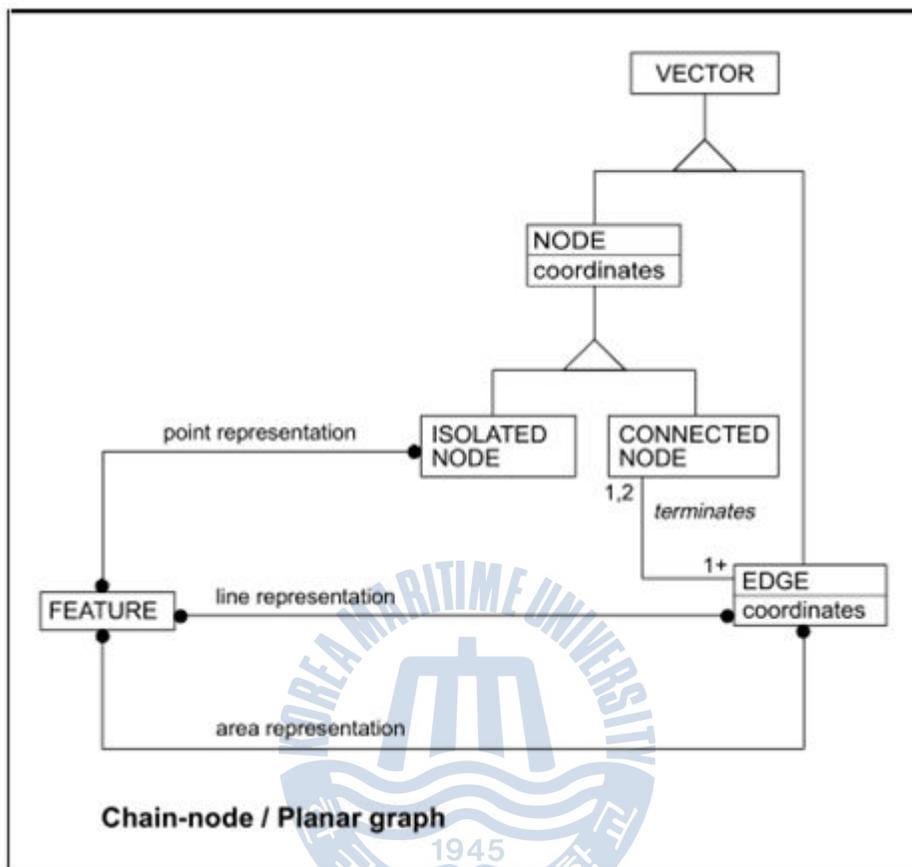


Fig. 3 S-57 벡터 모델

S-57 표준에서 수로데이터는 레코드 단위로 저장되며, 레코드에는 필드, 필드에는 다시 부필드로 구성된다. 수로데이터를 파일로 간주할 수 있으며, 서비스를 위해 복수개의 파일과 각 파일에 대한 메타정보를 포함한 교환 셋으로 구성된다.

각각의 Vector Record는 위 Fig. 3과 같이 한건의 Spatial Data를 가질 수도 있지만, 여러 건의 Vector Record가 모여 하나의 Vector Record를 이루기도 하고, Vector Record와 Spatial Data가 조합되기도 한다. Feature Record 역시 하나의 Vector Record 또는 복수의 Vector Record의 조합으로 이루어진다.

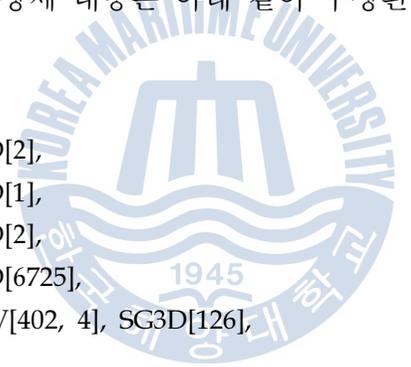
각 Record의 적재 순서는 전체적으로 Vector, Feature순으로 적재되며,

Vector는 개별 Spatial, Spatial의 조합 또는 Vector와 Spatial조합, Vector의 조합 순으로 적재되므로, 상위 Vector정보로 하위 Vector를 구성할 수 있는 구조이다.

Feature는 각각의 Vector Record 또는 이들의 조합으로 이루어져 있으므로, 이 구조를 이용하여 전체 ENC File을 스캔하지 않고도 개별 Feature Record를 구성할 수 있어, 제한된 자원을 이용한 실시간 Converter 개발이 가능할 수 있었다.

각각의 Field는 여러개의 SubField를 가지며, 각각의 SubField의 구성형태는 S-57 파일의 DDR Reader부분에 명시 되어 있으며, ENC Product Specification에 규정되어 있다.

S-57 데이터는 Text/Binary 혼용 데이터로 그 내용은 Feature 및 Vector Data를 포함하고 있으며, 그 상세 내용은 아래 같이 구성된다.



```
110, 01700 VRID, SG3D[2],
110, 01701 VRID, SG3D[1],
110, 01702 VRID, SG3D[2],
110, 01703 VRID, SG3D[6725],
110, 01704 VRID, ATTV[402, 4], SG3D[126],
.....
130, 00001 VRID, VRPT[120, 05356, 1], VRPT[120, 05357, 2], SG2D[3],
130, 00002 VRID, VRPT[120, 02213, 1], VRPT[120, 02944, 2], SG2D[4],
130, 00003 VRID, VRPT[120, 02499, 1], VRPT[120, 02500, 2], SG2D[5],
130, 00004 VRID, VRPT[120, 07355, 1], VRPT[120, 02499, 2], SG2D[21],
130, 00005 VRID, VRPT[120, 07355, 1], VRPT[120, 04145, 2], SG2D[5],
.....
100, 00068 FRID[1,2,98], FOID[280, 470599, 10001], ATTF[49, 1], ATTF[147, 20110527],..
100, 00069 FRID[1,2,71], FOID[280, 470772, 10001], ATTF[147, 20110527],...
```

3.2 지형 데이터 구축 방안

3.2.1 해도의 적용범위

1) 한국 전자해도의 종류

Table 7 한국 전자해도의 종류

	축척	Size of Cell
총도(Overview chart), KR1	1/1,500,000 ≤	8°, 16°, 32°
일반도(General chart), KR2	1/350,000 ~ 1/449,999	4°
연안도(Coastal chart), KR3	1/90,000 ~ 1/349,999	1°
접근도(Approach chart), KR4	1/30,000 ~ 1/89,999	30'
항만도(Harbour chart), KR5	1/7,500 ~ 1/29,999	15'

2) 한국 전자해도의 영역

총도의 적용범위는 아래 그림과 같이 전체 영역을 A~P구역, 및 EN/ES/SE, WS/SW영역으로 나누어 관리하고 있다.

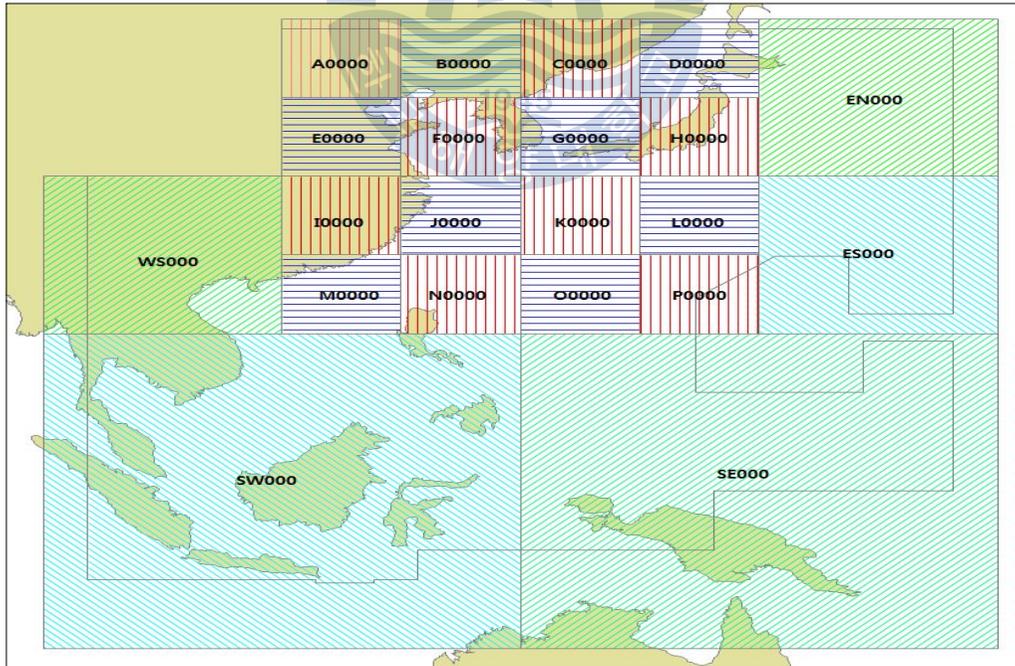


Fig. 4 전자해도 총도의 적용범위

적용범위중 한국 연안을 포함하는 영역은 B, C, F 및 G영역이지만, 북한 영역을 제외한다면 F, G영역만으로 연안 전체 데이터를 확보할 수 있다.

따라서 한국 전자해도 전체 영역 중 F, G영역의 데이터를 대상으로 하기로 한다.

3.2.2 해도의 데이터 종류

전자해도에 포함된 데이터는 아래표와 같이 기본적인 160개의 데이터외에 다양한 종류가 포함되어 있다.(상세 내용은 부록 참조)

Table 8 전자해도의 기본적 데이터 종류

Code	Object Class	Acronym
1	Administration area (Named)	ADMARE
2	Airport / airfield	AIRARE
3	Anchor berth	ACHBRT
4	Anchorage area	ACHARE
5	Beacon, cardinal	BCNCAR
...
69	Lake	LAKARE
70	Lake shore	LAKSHR
71	Land area	LNDARE
72	Land elevation	LNDELV
...
158	Weed/Kelp	WEDKLP
159	Wreck	WRECKS
160	Tidal stream - flood/ebb	TS_FEB

이 데이터중 물론 저수심, 침선 등의 위험물도 존재하지만, Code 71번 데이터인 Land Area(LNDARE)를 대상으로 해안선 지형에 대한 위험도를 판정하고자 한다.

이에 따라 위험도 판정에 적합한 해도 종류를 선정하기 위해, 필요 지역인 F, G 영역의 해도 종류별 Land Area를 비교해보았다.

Table 9 전자해도의 종류별 Land Area 구성 성분

	Chart Count	Land Area Count	Vertex Count
총도(Overview chart), KR1	2	987	44,703
일반도(General chart), KR2	8	1,450	416,401
연안도(Coastal chart), KR3	50	3,141	439,389
접근도(Approach chart), KR4	84	10,581	1,501,312
항만도(Harbour chart), KR5	123	7,464	836,040

아래 Fig. 5에서 좌상부터 KR1, KR2, KR3 및 하단 좌측으로부터 KR4, KR5의 Land Area를 나타내고 있는데, KR5는 항만도라 부두 부근의 상세 내용만 표시하여, 한국 전체의 Land Area를 나타내지 못하여 부적합하였고, KR3와 KR4는 내륙 부분이 비어 있긴 하지만, KR1~KR4까지는 한국 전체의 연안을 표시하고 있는 것으로 나타났다.

이에, KR5를 제외한 각 전자해도 종류별 데이터중 Land Area를 상세 비교하여 적합한 레벨을 찾기로 하였다.(사용되는 전자해도는 2013년 05월 20일판을 기준으로 하였다)

Fig. 6에서 상단 좌측부터 KR1, KR2이며, 아래쪽이 KR3, KR4로 부산 영도 부근 상세 내용이다.

KR2와 KR3은 거의 비슷한 지형을 표시하고 있으나 오륙도 부근의 섬들에서 차이를 보이고, KR1은 지형이 많이 간략화 된 것을 알 수 있다. KR4와 KR3의 차이는 조도방파제와, 오륙도 방파제, 광안대교와 남항대교의 교각 부분에서 확연한 차이를 보인다.

해안 지형과의 위험도 판정에 있어, 방파제나 교각부분은 아주 중요한 위험요소 중 하나이고, 데이터의 차이를 볼때, KR2 또는 KR3의 데이터보다 KR4의 데이터가 정교함에 있어 큰 차이를 보이므로, 본 연구에서 육상 위험물의 대상 데이터로 KR4를 사용하는 것이 타당하다는 결론을 얻었다.

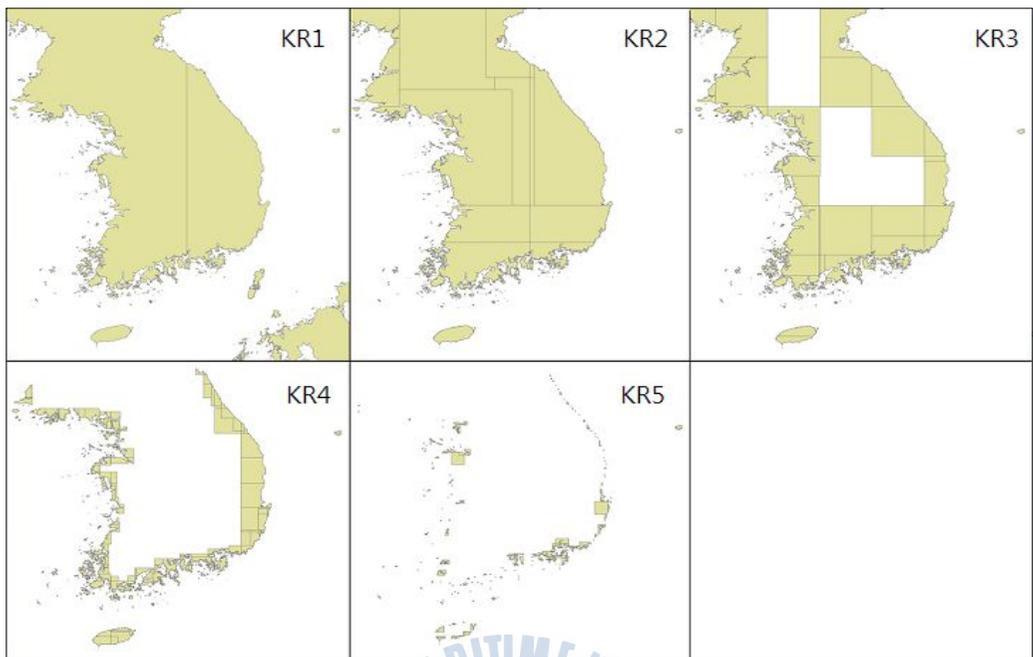


Fig. 5 전자해도 종류별 Land Area 비교

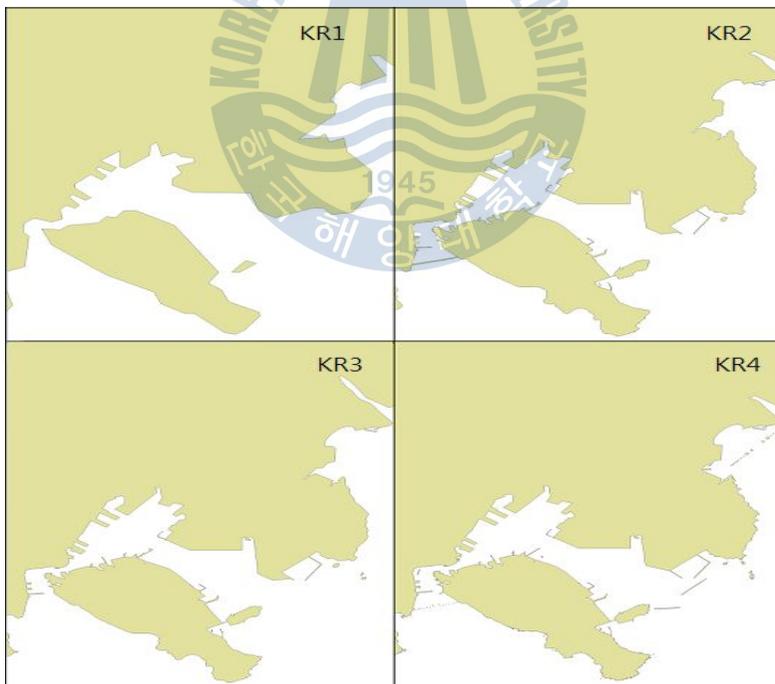


Fig. 6 전자해도 종류별 Land Area 상세 비교

3.2.3 해도 데이터 좌표계 관리 방안

전자해도에 포함된 데이터들은 WGS84(World Geodetic System, 1984) 좌표계의 경위도를 사용하여 저장되는데, 이는 지구 중심을 원점으로 하는 3차원 직교좌표계로, 지구 전체의 지오이드면을 가장 잘 근사하도록 만들어진 좌표계이다.

경위도는 일반적으로 DOUBLE형의 단위로 저장하는데, 이는 8Byte 크기의 단위이다. 하지만 배정도의 경위도를 1/100초 단위의 부호를 가지는 정수형으로 변환하여 저장한다면 그 크기가 4Byte로 줄어 저장 공간을 1/2로 줄일 수 있고, 정수형 처리는 배정도 연산보다 빠르게 처리될 수 있는 이점이 있다. 단, 정수형 단위로 변환하면서 그 정밀도가 일부 손상되는데, 손상 정도가 위험도 판정에 적합한 수준이라면 고려해볼만하다. 참고로 GPS시스템에서는 소수점 4 자리의 분 단위까지 표기한다. 위도별 경도 1도간의 거리 및 GPS, 1/100초 단위의 정밀도를 계산 해보면 아래의 표와 같이 나온다.

Table 10 위도별 경도 1도의 거리 및 정밀도

위도	경도 1도간 거리(m)	GPS정밀도(m)	1/100초의 정밀도(m)
0	111,120.0	0.18513	0.30867
10	109,431.8	0.18231	0.30398
20	104,418.6	0.17396	0.29005
30	96,232.7	0.16032	0.26731
36.4	89,439.8	0.14901	0.24844
40	85,122.9	0.14182	0.23645
50	71,426.6	0.11900	0.19841
60	55,560.0	0.09256	0.15433
70	38,005.3	0.06332	0.10557
80	19,295.8	0.03215	0.05360

이 표에서 거리계산은 Mercator Sailing을 이용하였다. GPS의 정밀도는 적도 부근에서 18cm정도의 오차를 포함할 수 있고, 1/100초 단위는 같은 적도부근에서 30cm정도의 오차를 포함할 수 있는 걸로 계산되었다. GPS의 정밀도가 1/100초 단위보다 약 2배정도의 정밀도는 높다. 하지만 한국부근(위도 36.4도)에서의 1/100초 단위의 정밀도가 24.8cm정도로, 이는 선박에서의 위험도 계산

시 무시할만한 오차라 간주하고, 저장 공간 및 연산상의 이득을 위해 1/100초 단위로 저장하기로 하였다.

Mercator Sailing계산법은 아래와 같이 나타낼 수 있으며, 여기서 m 은 Meridional Part를 의미한다.

$$C = \frac{DLo}{m} \text{ or } DLo = \frac{m}{\tan C} \quad (3.1)$$

위식에서 거리는 다시 아래의 식으로 나타낼수 있다.

$$D = L \sec C \quad (3.2)$$

3.2.4 해안선 지형 데이터 분할

데이터의 Tiling 단위는 앞으로의 지속적인 연구를 위해, 표준적인 단위를 적용하기로 하였다. 위의 한국 전자해도의 종류에서 살펴본 것과 같이 전자해도 중 항만도(Harbour chart), KR5인 경우 15'단위의 Cell Size를 사용한다. 이는 한국부근의 경우 22.4Km정도의 가로세로 영역을 표시한다.

적용키로 한 표준 단위는 WolrdWind단위 이다. 이는 NASA에서 제공하는 위성 Map Service를 위한 TMS(Tile-Mapped Service)의 기준 단위이다. -180/-90을 원점으로 가지는 WorldWind 규격은 아래 표와 같이 Level별로 2배수의 영역을 나누어 사용하는 좌표 시스템이다.

Table 11 World Wind Tile 규격

Level	Unit/Degree	거리(적도상, meter)	X Count	Y Count
Lv0	36.0000000000000000	400320.0	10	5
Lv1	18.0000000000000000	200160.0	20	10
Lv2	9.0000000000000000	100080.0	40	20
Lv3	4.5000000000000000	50040.0	80	40
Lv4	2.2500000000000000	25020.0	160	80
Lv5	1.1250000000000000	12510.0	320	160
Lv6	0.5625000000000000	6250.0	640	320
Lv7	0.2812500000000000	3125.5	1,280	640
Lv8	0.1406250000000000	1562.3	2,560	1,280
Lv9	0.0703125000000000	781.1	5,120	2,560
Lv10	0.0351562500000000	390.6	10,240	5,120
Lv11	0.0175781250000000	195.3	20,480	10,240
Lv12	0.0087890625000000	97.6	40,960	20,480
Lv13	0.0043945312500000	48.8	81,920	40,960
Lv14	0.0021972656250000	24.4	163,840	81,920
Lv15	0.0010986328125000	12.2	327,680	163,840
Lv16	0.0005493164062500	6.1	655,360	327,680

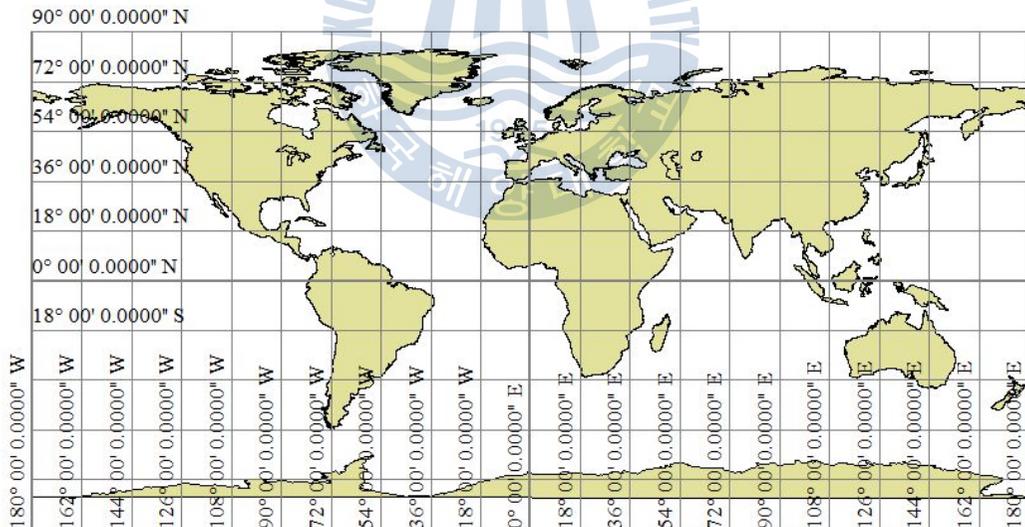


Fig. 7 World Wind 좌표 시스템(Level1)

World Wind Tile 규격중 실제 Tile에 적용할 Level은 Ship-Domain 정의시 적용하는 전방 안전범위인 8L을 적용하기로 하고, 선박길이 200m 가정시 1,800m이므로, Lv11 단위인 0.017578125°로 Tiling하기로 하였다.

KR4의 Tiling 결과는 아래와 같이, 전체 객체는 2.568%증가를 하였지만, Vertex Count는 1.043%의 증가를 보였다. 이는 Tiling시 객체의 증가에 비례하여, Vertex Count가 증가하지 않는다는 것이다. Tiling시 큰사이즈의 객체가 적은 사이즈의 객체로 분할되면서, 분할전 객체의 내부에 완전히 포함되는 경우에 단순히 4개의 Point를 가지는 하나의 사각형으로 분리됨으로 생기는 현상이다.

분할된 데이터는 Tile단위로 저장하고, 각 Tile에 대한 Random Access를 지원하기 위해 Header부에 각 Tile의 Offset을 기록하기로 하였다. Tile부에는 Tile의 Size 및 Object Count와 각 Object의 Boundary, Vertex Count와 각 Vertex의 위치를 기록하였다.

Header

```
long Tile_StartX;
long Tile_StartY;
long Tile_XCount;
long Tile_YCount;
long Tile_Offset;
```

Tile Body

```
long Tile_Size;
long Object_Count;
RECT Object_Boundary;
long Vertex_Count;
POINT Vertex_Point;
```



Table 12 Tiling시 객체의 변화

Tiling 전			Tiling 후		
Area Count	Vertex Count	Max. Vertex	Area Count	Vertex Count	Max. Vertex
10,581	1,501,312	34,897	27,174	1,565,299	5,474
증감율			2.568%	1.043%	0.157%



Fig. 8 Tiling 전후 객체 비교

Tiling시 사용되는 Clipping Algorithm으로는, 대표적으로 Sutherland-Hodgman clipping algorithms, Weiler-Atherton clipping algorithms, Vatti clipping algorithms이 있는데, 제한적인 상위 2가지 알고리즘에 비해, Vatti 알고리즘은 hole을 포함한 complex(self-intersecting) polygon도 처리가 가능하여 이 알고리즘을 적용하였다.

이 알고리즘 적용을 위해 몇 개의 자료구조와 Clipping Class를 제작하였는데, 이 알고리즘 구현에 사용된 자료구조는 아래와 같다.

각 Vertex의 정보를 관리하는 객체이며, Clipping시 동일한 좌표인지를 확인할 수 있는 ==연산자를 지원한다.

```
struct ClipVertex {
    DOUBLE    dX;
    DOUBLE    dY;
    const bool
    operator == (const ClipVertex& rhs) const {
        return (DBL_EQ(dX, rhs.dX)
            && DBL_EQ(dY, rhs.dY));
    }
};
```

개별 Line 또는 Area를 관리하는 객체로, 전체 Vertex의 개수와, 개별 Vertex의 집합체로 이루어진다.

```

struct ClipVertex_List {
    Int32      nCount;
    ClipVertex* pVertex;
};

```

최종적인 Line/Area 객체를 관리하는 객체로, 개별 Line/Area의 집합을 표현한다. 개별 Line/Area의 개수와 각 개별 Area의 상태가 Inner(Hole)인지를 관리하는 char* pbHole과, 개별 Line/Area를 관리하는 ClipVertex_List* 로 이루어져 있다. Clipping시 대상 원본 객체, Clipping 될 영역, 그리고, 이2개가 조합된 Clipping 결과를 관리하는 객체이다.

```

struct CClipPolygon {
    UInt32      nPart;
    UInt8*      pbHole;
    ClipVertex_List* pVertexList;
};

```



최종적으로 CClipPolygon구조 2개를 입력으로 받아, Clipping된 결과가 나온다. 그 결과중 pbHole은 결과로 나온 polygon이 Hole인지 유무를 가지는 1Byte형 point 구조이며, 전체 객체 수는 nPart라는 4Byte형 자료에 담겨 나온다.

제 4 장 구현 및 위험도 표현

4.1 선박 객체 관리 방안

대량의 선박을 관리하고, 위험도 분석시 적절한 성능을 유지하기 위해 대상 선박을 위치 기반으로 관리하는 방안으로 Quad-Tree와 R-Tree를 고려할 수 있다.

Quad-Tree는 자료구조의 하나인 트리(tree)의 일종으로, 자식 노드가 4개인 트리를 말한다. 4진 트리라고도 불린다. 쿼드트리란 공간(일반적으로 2차원)을 4개의 자식노드로 재귀적(recursive)으로 분할하는 방법이다. 분할 전 단계에서 하나였던 지형을 1단계마다 $\frac{1}{4}$ 로 재귀적으로 분할하다가, 일정크기 이하로 작아지면 분할을 멈춘다.

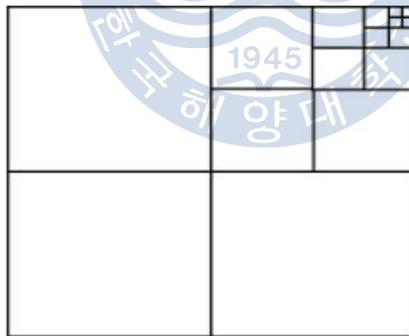


Fig. 9 Quad-Tree 개념도

쿼드트리를 사용하는 가장 큰 이유는 거대한 지형과 같은 공간정보를 빠르게 검색할 수 있기 때문이다. 그 종류로는, 단순히 Point를 4개의 Tree로 구성하는 Point Quad-Tree, 영역을 분할하여 저장하는 Region Quad-Tree가 있다.

R-Tree는 높이형(height-balanced) 트리이며, 각 노드와 객체는 mbr(minimum bounding region) 또는 mbb(minimum bounding box)에 의해서 표현된다. 노

드는 디스크 페이지에 대응하며, 트리는 mbr들 간의 포함관계로 표현된다. 동적 인덱스 삽입과 삭제가 탐색과 함께 서로 사용되고 주기적인 재구성이 필요하지 않다. 객체는 단말노드에서 단 한번 나타나지만, 비 단말 노드를 표현하는 디렉토리 사각형은 서로 겹칠 수 있음을 고려해야 한다.

본 연구에서는, 선박의 위험도 판정시 성능을 우선시해야 하는 점 등을 고려할 때, 선박관리 방안으로 Quad-Tree중 Region Quad-Tree를 고려하였다. 단, Region Quad-Tree는 영역을 분할할 때 동적으로 영역을 나누는 개념이나, 주위의 육해상 지형을 이용하여 위험도를 계산한다는 점을 고려할 때, 동적인 영역을 분할보다는 일정 크기를 유지하는 Region으로 분할하여 선박을 관리하기로 하였다. 이때는 선박이 없는 영역(Region)도 생성된다는 점을 고려하여야 한다. 이 때문에 영역을 관리할 때 반드시 영역내의 선박 객체수 확인 방안을 적용하여, 성능에 반영하여야 한다. 영역은 생성되어 있지만, 영역내에 위험도를 판정할 선박이 없을 수도 있다는 점을 고려하여야 하고, 선박의 위치가 갱신될 때, 영역을 재 구성하는게 아니라, 이전 위치의 영역에서 새로운 위치의 영역으로 선박의 영역만 바꿀 수 있는 구조가 되어야한다.

4.2 위험도 표현 방안

본 연구에서 위험도 표현 방안으로는, 환경스트레스 모델(이노우에, 1998 cited in 박영수, 2002)의 육상에 대한 스트레스 모델 개념을 준용하기로 하였다.

박영수(2002)에 의하면, ES(Environment Stress)모델은, 선박운항자의 통항시 부가되는 운항 부담정도를 정량화하여 계산하는 환경스트레스 모델 이용하여 0 ~1000까지의 환경스트레스 계산 값 3가지로 도출한다고 하였고, 그 단계는 아래와 같다고 하였다.

- 1) 육상(장애물)과 운항 부담 정도를 정량화한 조선환경 스트레스 값 ES_L (Environmental Stress for Land) 값 도출
- 2) 타 선박과 운항 부담 정도를 정량화한 교통환경 스트레스 값 ES_S (Environmental Stress for Ship) 값 도출

3) 상기 육상 및 타 선박과 운항 부담 정도를 정량화한 ES_L 및 ES_S 를 종합한 ES_A (Environmental Stress for Aggregation)값 도출

박(2002)은 ES(Environment Stress)의 계산법은 아래와 같다고 기술하고 있다.

(1) 조선환경 스트레스(ES_L)치의 계산법

조선환경 스트레스치의 계산식은 장애물까지의 여유시간과 선박운항자가 느끼는 위험감의 관계를 정리하여 도출한 회귀식이다.

조선환경 스트레스치를 계산하는 순서는 다음과 같다.

- ① 본선의 침로에 대하여 좌우 $\pm 90^\circ$ 이내의 침로 범위를 탐색한다.
- ② 각 침로별로 본선과 장애물과의 거리(R), 본선의 속력(V) 등에 의해 충돌 혹은 좌초 등의 위험이 가시화 될 때까지 시간적 여유(R/V)를 산출한다.
- ③ 위험 가시화까지의 시간 여유(R/V)를 선박운항자가 느끼는 위험감으로 산출한다.

육지에 대한 주관적 위험감 값(SJL)은 선박운항자가 조선환경에 대해 느끼는 위험감의 정도를 의미하는 것으로 조선환경 스트레스치라 하며, 본선의 침로로부터 좌우 $\pm 90^\circ$ 의 범위를 1° 씩 탐색한 후 선박운항자가 느끼는 위험감과 곱하여 구한다. 육지에 대한 주관적 위험감이 0인 경우는 위험 가시화까지의 시간적 여유가 충분한 경우를 말하고, 육지에 대한 주관적 위험감이 6인 경우는 바로 위험이 가시화 되는 경우이다. 좌우 $\pm 90^\circ(180^\circ)$ 범위 내에서 장애물이 존재하지 않는 경우에는 위험감의 최소값인 0에 180을 곱하면 그 범위에서의 조선환경 스트레스치의 총합은 0이 된다. 또한 좌우 $90^\circ(180^\circ)$ 범위의 어디를 향하더라도 바로 위험이 가시화 되는 경우에는 최대 값인 6을 곱하여 그 범위에서의 조선환경 스트레스치의 총합은 1,000이 된다($6 \times 180 = 1,000$).

(2) 교통환경 스트레스(ES_S)치의 계산법

교통환경 스트레스치를 구하는 구체적인 순서는 다음과 같다.

- ① 본선 주위에 타 선박의 침입을 허용하지 않는 영역을 설정하고 타 선박의 상대침로 벡터가 설정영역 내에 침입하는 경우에는 충돌이 잠재한다고 생각한다.
- ② 본선의 침로에 대하여 좌우 $\pm 90^\circ$ 의 침로 범위를 설정한다.
- ③ 원침로에 대하여 좌우 $\pm 90^\circ$ 의 침로 범위 내에서 각 침로($\Delta\psi$)에서 위험이 가시화 될 때까지의 시간 여유를 구한다. 여기에서 타 선박은 점으로 간주하고 본선 주위에 설정한 ①의 영역에 침입할 때까지의 시간을 구하여 위험이 현재화될 때까지의 시간여

유로 구한다.

- ④ 각 침로 별로 구한 위험 가시화까지의 시간적 여유에 대하여 선박운항자가 느끼는 위험의 정도를 설문 조사하여 산출한 회귀식을 이용하여 치환한다.

또한 타 선박에 대한 주관적 위험감 값(SJS)과 선박운항자가 느끼는 위험감의 관계는 육지에 대한 주관적 위험감의 경우와 동일하며, 주위를 항행하는 모든 타 선박을 대상으로 한다.

(3) 종합환경 스트레스(ES_A)치의 계산법

조선환경과 교통환경을 동시에 평가하는 경우에는 아래와 같다.

- ① 원침로 좌우 $\pm 90^\circ$ 에서 각 침로별로, 본선의 선수를 그 방향으로 향할 때에 잠재하는 장애물에 대한 충돌 위험감(SJL)과, 그 방향으로 향할 때에 잠재하는 타 선박과의 충돌 위험감(SJS)을 비교한다.
- ② 각 침로에 대하여 위험이 가시화되는 경우, 시간적 여유를 기초로 위험감 값 중에서 큰 값을 선택한다.
- ③ 원침로 좌우 $\pm 90^\circ$ 의 침로 범위에서 선택된 위험감의 값을 합계한다.

이 결과를 그 순간에 통합한 것이 종합환경 스트레스치이다.

$$ES_L = \sum_{\Psi} \{W_{\Psi}(R/V)_{land} \rightarrow SJL\}$$

$$ES_S = \sum_{\Psi} \{W_{\Psi}(R/V)_{ship} \rightarrow \max[SJS]\}$$

$$ES_A = \sum_{\Psi} \max\{SJL, SJS\}$$

그리고 환경 스트레스치가 0~500인 경우는 어느 쪽을 향하여도 매우 안전하다고 느끼는 상태에서 안전과 위험의 어느 쪽도 아니라고 느끼는 상태까지의 범위를 의미하기 때문에 “허용가능”으로 판단하고, 500~750인 경우에는 안전과 위험의 어느 쪽도 아니라고 느끼는 상태에서 조금 위험을 느끼는 상태까지의 범위를 의미하기 때문에 마찬가지로 “허용가능”으로 판단한다. 그러나 750~900인 경우에는 조금 위험을 느끼는 상태에서 위험을 느끼는 상태까지의 범위이므로 “허용한계”로 판단하며, 900~1,000인 경우에는 위험을 느끼는 상태에서 매우 위험을 느끼는 상태까지의 범위이기 때문에 “허용불가”로 판단한다고 하였다.(박(2002))

ES모델의 개념중 준용하는 부분인, 최종적인 위험도의 표시 방법($\pm 90^\circ$ 이내의 칩로상 위험도)은 사용자가 위험을 인지하기가 빠르고, 또한 선박의 진행 방향에 따른 위험도의 분포가 $-90\sim 90$ 방향으로 직관적으로 나타나기 때문이다. 그리고 장애물에 대한 충돌 위험감(SJL)은 본선의 속력과 여유 거리를 기반으로 계산된다.

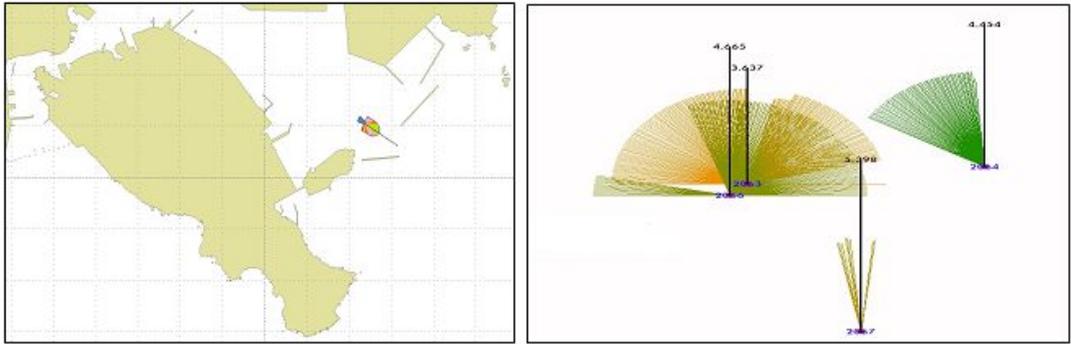


Fig. 10 위험도 표시방안(ES Model)



4.3 구현 및 테스트

4.3.1 AIS 데이터 처리

본 연구에서 필수요소인 선박 AIS 데이터는 2013년 6월 2일 11:00경의 여수 부근의 데이터를 적용하여 위험도를 분석하였다.

이를 위해 AIS 원문을 국토부에서 지원 받아 재가공하는 과정을 거쳐 선박의 위치 정보를 획득하였다.

AIS Message는 아래표와 같이 많은 종류의 Type이 존재한다.(상세 내용은 부록 참조)

Table 13 AIS Message Type

AIS Type	Remark
Types 1, 2 and 3	Position Report Class A
Type 4	Base Station Report
Type 5	Static and Voyage Related Data
...	...

AIS Message중 위험도 예측에 필요한 내용으로는, 선박의 동적정보이다. 물론 선박의 정적정보중 선박 제원 및 흘수등도 필요하지만, 본 연구에서는 Type 1,2번의 동적정보, 즉, 선박의 위치, COG 및 SOG만을 활용하여 위험도를 분석하기로 한다.

AIS Message는 기본적으로 6bit Data를 사용하는데, 아래와 같은 형태를 지닌다.

!AIVDM,1,1,,A,16U4fh002G95Md@CIfqC?BOj2>vh,0*4A

‘,’로 각 Field가 구분되는데,

Field 1, !AIVDM, AIVDM packet임을 나타낸다.

Field 2 (위에서는 1)는 전체 메시지의 분할 전체수를 나타낸다. AIS Message는 NMEA 0183을 따르는데, 최대 82자를 허용하기 때문에, 여러 메시지로 분할되는 메시지도 있다.

Field 3(위에서는 1)은 현재 메시지의 분할 순번을 표시한다. 분할 전체수가 1이고 분할 순번이 1이면, 하나의 메시지에 전체 내용을 포함하는 메시지이다.

Field 4(위에서는 공백)는 multi-sentence인 메시지인 경우, 순차 번호를 나타낸다.

Field 5(위에서는 A)는 주파수 채널 코드를 나타낸다.(A:161.975Mhz, B:162.025Mhz)

Field 6(16U4fh002G95Md@ClfqC?BOj2>vh)은 데이터부이다.

Field 7(위에서는 0)은 fill bits를 나타내는데, 6bit 메시지가기 때문에 마지막 byte가 다 채워지지 않는 경우가 발생하는, 이 경우 마지막 byte중 해당되는 bits수는 무시해야 되는 부분이다.

Filed 8(위에서는 *4A)중 *이후 부분은 Check-sum(!부분부터 시작하여 *이전까지의 데이터)
이 메시지들중, Type 1,2 and 3번은 Common Navigation Block(CNB)인데, 아래와 같은 내용으로 구성된다.(상세 내용은 부록 참조)

Table 14 AIS Message Type 1,2 and 3 Format

bits	Len	Description	Type	remark
0-5	6	Message Type	unsigned	
6-7	2	Repeat Indicator	unsigned	
...	
148-148	1	RAIM flag	unsigned	
149-167	19	Radio status	unsigned	

Type는 1,2 SOTDMA용 메시지이고, 3번은 ITDMA용 메시지이다. AIS Message(1,2)처리를 위한 자료구조(struct MSG_1_2_Info)와 CAISDataClass를 구성하였다.(상세 내용은 부록 참조)

사용된 AIS 데이터는 2013/06/02 10:57:12부터 2013/06/02 11:58:03까지 약 1 시간정도의 데이터로 213,413건의 자료이다. 원문의 크기는 19,457kb이다. 이중 Type 1,2 메시지는 146,287건이며, 선박수로는 3,652척의 정보이다. 이 데이터를 line단위로 읽어들이며, Type 1,2번을 Parsing하는데는 16.3초가 소요되었다. Test 에 사용된 PC는 Windows 7 Professional을 사용하고 Intel(R) Xeon(R) 3.20GHz CPU와 8G Ram이 장착된 PC이다. 성능 개선을 위해 전처리를 하여 아래와 같이 단위초당 선박별 메시지를 가지는 Binary형태의 File로 작성하였다.

```

long TimeCount;
  long ShipCount
    unsigned long mmsi;
    unsigned short speed;
    long longitude;
    long latitude;
    unsigned short course;
    unsigned short heading;

```

전처리된 Binary Data File은 2.6kb이며, 이를 사용을 위해 loading하는 데는 0.1초 미만의 시간이 소요되었다. 이렇게 전처리를 거쳐 AIS 데이터를 loading하는데 걸리는 시간은 무시할만한 수준으로 개선되었다. 물론 한번의 전처리 과정을 거치지만 이렇게 함으로써 본 연구에서 많은 시간 단축의 효과가 있었다.

연구 중 많은 추가적인 데이터들이 필요하였고, 그때마다 해당 데이터를 필요에 적합한 자료 구조의 Binary Data로 변환 하여 사용함으로써, 더욱 효율적인 성능과 다양한 여러 factor들을 실시간으로 적용하여 연구를 진행 할 수 있었다.

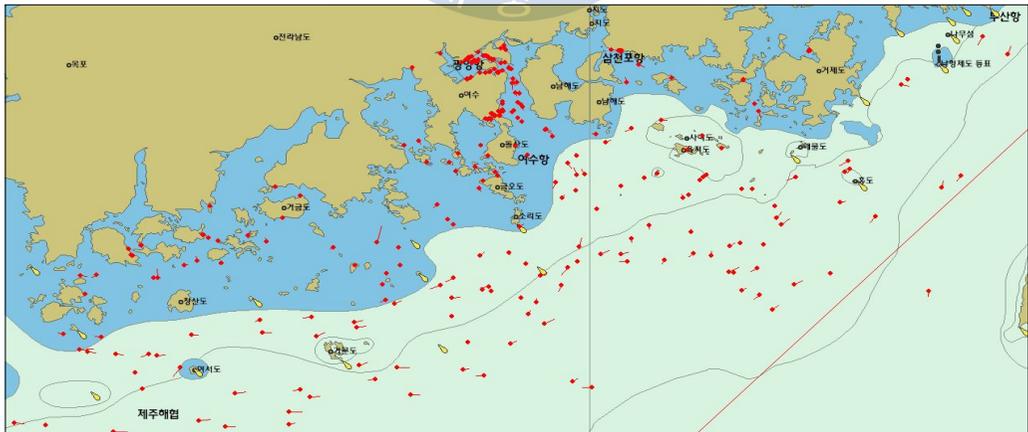


Fig. 11 적용된 AIS 데이터

4.3.2 구현 및 성능 비교

지형물에 대한 위험도의 구현은 ES 모델중 육지에 대한 주관적 위험감 값 (SJL)을 위험도로 계산하고, 육지 데이터는 분할되지 않은 KR4 ENC 데이터 및 분할된 데이터를 사용하여 그 성능을 비교 하였다.

선박의 Factor로는 선박위치, COG(Course of Ground)와 SOG(Speed of Ground)를 기준으로하고, 추가로 위험도의 한계값을 SOG기준으로 임의의 분 (minute)을 정하여, 해당 한계치 동안 선박이 접근할 수 있는 객체에 대하여 위험도 계산 대상으로 선정하였다.

비분할된 지형의 경우 침로선 좌우 $\pm 90^\circ$ 에 대해 본선과 한계치(minute) 이후의 도착 예상점에 해당하는 선분을 구한다. 이를 위해 직선을 표현하는 1차 방정식($Ax + By + C = 0$, 단 A와 B는 동시에 0이 아님)과 2개의 직선의 교점을 구하기 위한 함수를 구현하였다. 2개의 직선 방정식에서 A와 B가 서로 같으면 평행선으로 만나는 점이 존재치 않으며, 그렇지 않은 경우 아래와 같은 방법으로 교차점(x', y')를 구할 수 있다.

$$x' = (B' * C - B * C') / (A' * B - A * B');$$

$$y' = -(A * x' + C) / B; \text{ (단, 수직선인 경우)}$$

$$y' = -(A' * x' + C') / B';$$

1) 선박의 위치와 COG, SOG 및 한계치를 이용하여 $\pm 90^\circ$ 간 1° 단위로 181개의 한계치(minute)이후의 도착 예상지점을 구한다.

2) 전체 지형 데이터의 모든 객체에 대해, 객체의 볼록최대영역(Convex Hull)을 구하여 SOG에 따른 한계치(minute)이내에 접근할 객체인지 판단한다.

3) 대상 객체의 모든 선분의 직선방정식($Ax + By + C = 0$)을 구한다.

4) 선박과 181개의 도착예상지점 각각에 대하여 선분의 직선방정식($A'x + B'y + C' = 0$)을 구한다.

4) 두 방정식이 평행선이지 확인한다.

5) 평행선이 아닌 경우 두 방정식의 해를 풀어 각각의 각도에 대한 교점을 구한다.

6) 각각의 각도에 대해 교점과 선박과의 거리를 구한다.

7) 각각의 각도에 대해 이미 구해진 거리가 있다면 최단거리로 갱신하고, 그렇지 않은 경우 구해진 거리를 입력한다.

위와 같이 $\pm 90^\circ$ 에 대해 각각의 객체와의 최근접 거리를 구하면 아래와 같이 화면상에 표시할수 있다.

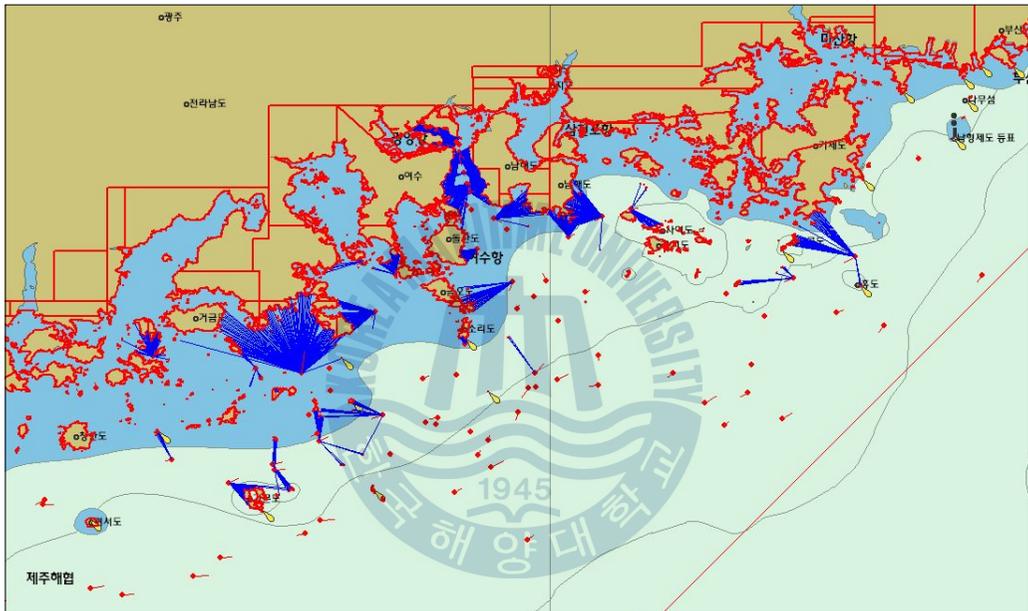


Fig. 12 비분할 데이터의 지형에 대한 위험도 표출

비분할 된 지형의 경우 주위에 작은 지형들만으로 군집된 경우는 성능상 우수하였으나, 주위에 대상 객체가 큰 영역이 존재할 경우 계산상 많은 부하가 있었다.

이전에 살펴본 것과 같이, 분할시 객체별 최대 Vertex수는 5,474개인 반면, 비분할시 객체별 최대 Vertex수는 34,897개인 점에 기인한 성능상의 문제일 것이다.

비분할 데이터를 이용하여 Test용 AIS 데이터를 전체 처리하는데는 약 13.2초 정도가 소요되었다. 이는 AIS 데이터의 전송이 2초에서 수분까지이지만, 고속으로 이동중의 선박들은 상대적으로 짧은 주기로 데이터를 송신하기 때문에, 실시간적으로 육상 위험도

를 판정하기에는 무리가 있는 수치라 판단되어진다.

다음으로 분할된 데이터를 적용하여 실험을 계속하였다. 분할된 데이터는 비분할 데이터와 유사한 방법을 사용하지만, 실제 선박위치와 COG, SOG를 이용한 한계치가 주어진 경우, 대상 지형 객체의 선정이 용이하다는 점이 우선적으로 다르다. 일단 위치와 방향 및 한계가 주어지면 필요한 대상 Tile을 계산할 수 있고, 계산에 의해 정해진 Tile은 데이터의 Header부의 인덱스를 이용하여 임의 접근이 가능하다는 점에 의해, 실제 계산에 적용될 데이터를 파일에서 읽어 들이는 양이, 비분할시는 전체 데이터를 순차적으로 읽어 대상을 선별할 때와는 확연히 비교된다. 읽어 들이는 각각의 대상도 비분할시는 객체의 크기가 작은 것도 있지만, 분할에 비해 최대 6배 이상 크다는 점이다.

비분할시와 다르게 아래와 같은 방법으로 위험도를 계산한다.

- 1) 주어진 선박위치와 COG, SOG 및 한계치로 반경내의 Tile을 계산한다.
- 2) 계산된 반경내의 Tile중 COG기준 $\pm 90^\circ$ 방향으로 Tile의 일부 영역이라도 존재하지 않으면 대상에서 제외한다.
- 3) 선별된 Tile의 정보를 Header부 Index를 통하여 얻는다.
- 4) 실제 Tile 데이터를 Load한다.(Header부의 Offset 및 Tile Body부의 Size)
- 5) 포함된 대상 객체의 모든 선분의 직선방정식($Ax + By + C = 0$)을 구한다.
- 6) 선박과 181개의 도착예상지점 각각에 대하여 선분의 직선방정식($A'x + B'y + C' = 0$)을 구한다.
- 7) 두 방정식이 평행선인지 확인한다.
- 8) 평행선이 아닌 경우 두 방정식의 해를 풀어 각각의 각도에 대한 교점을 구한다.
- 9) 각각의 각도에 대해 교점과 선박과의 거리를 구한다.
- 10) 각각의 각도에 대해 이미 구해진 거리가 있다면 최단거리로 갱신하고, 그

량지 않은 경우 구해진 거리를 입력한다.

아래는 한계치를 선박의 SOG를 적용하여 30분으로 설정하여 Test한 결과이다.

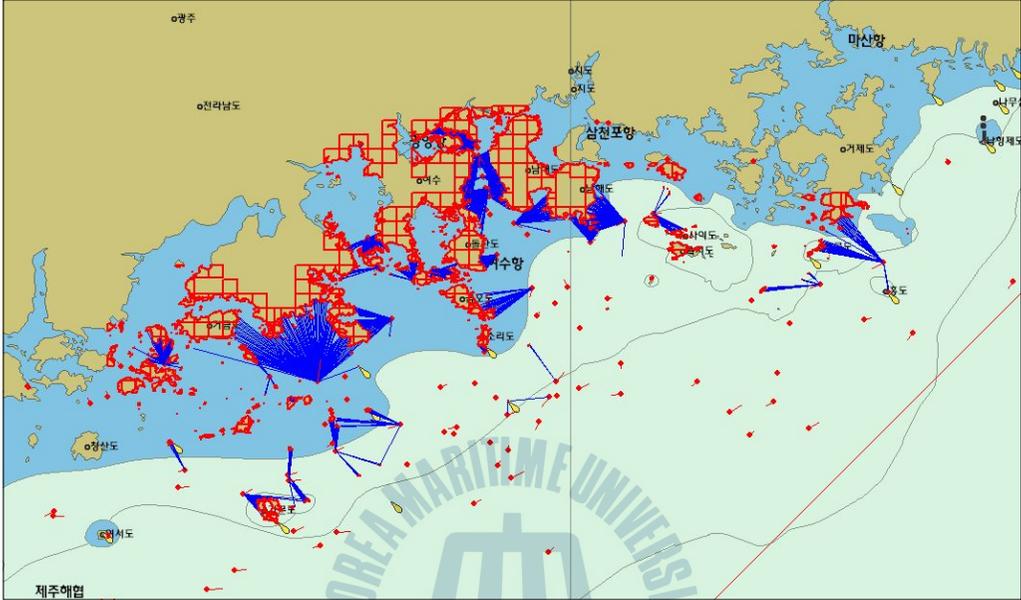


Fig. 13 분할 데이터의 30분 한계 적용 위험도 표출

비분할시 적용되는 대상 객체에 비하여, 분할시 적용되는 대상 객체가 확연히 적은점을 파악할 수 있었다. 해당 선박별 한계치 범위내의 아주 적은 지역의 Tile된 적은량의 데이터만 사용되어, 계산 성능은 비분할시와 확연히 차이가 났다. 비분할시 적용된 Factor인 한계치와 동일한 60분을 적용하여 동일한 조건으로 실험을 반복하여, 그 성능 차이를 다시 비교해 보았다.

분할 데이터를 이용하여 Test용 AIS 데이터를 전체 처리하는데는 약 1.2초 정도가 소요되었다. 이 실험에서는 매순간 모든 AIS 데이터(이전에 전송받은)를 다시 처리하는 방법으로 처리하였기에 나타난 현상으로, 매순간 모든 선박에서 동시에 AIS 데이터를 전송하지는 않기 때문에, 실제로 실시간 전송되는 AIS 데이터만 이용하고, 이전에 이미 계산된 AIS 데이터는 유지하는 방법으로 개선한다면 실시간 사용에도 무리가 없을 것으로 간주된다.

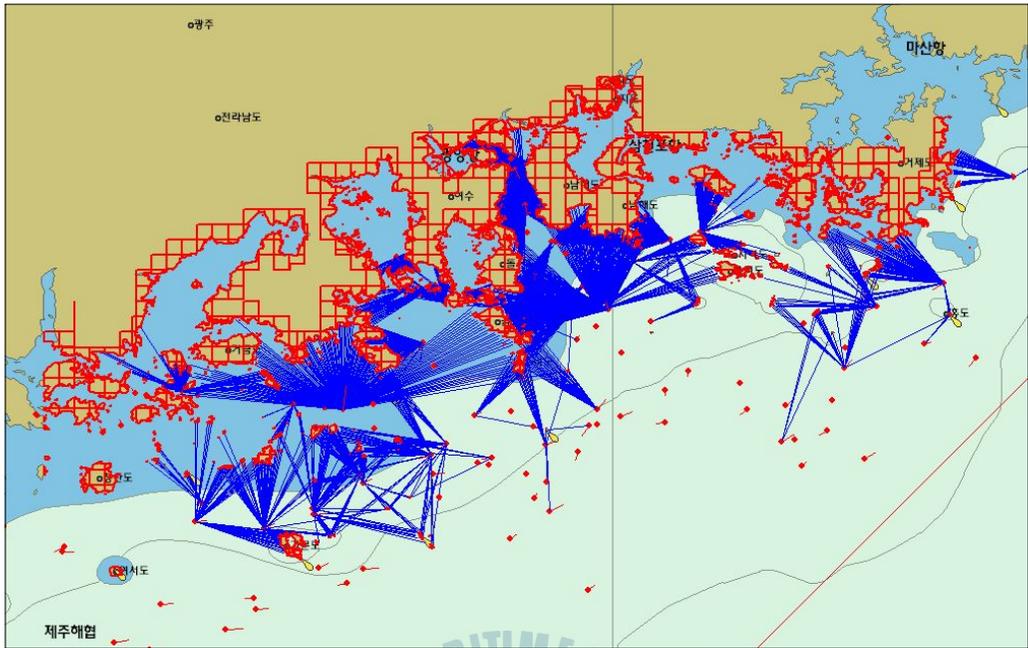


Fig. 14 분할 데이터의 60분 한계 적용 위험도 표출

한계치 30분일때 보다는 좀 더 많은 영역이 대상으로 선정되었지만, 전체적인 영역은 크게 다르지 않게 나타났다. 각 선박의 COG 및 SOG에 많은 영향을 받는 걸로 나타났는데, 이는 단순히 COG, SOG만을 Factor로 고려하여 생긴 문제이다. 좀 더 다양한 Factor를 적용한다면 불필요한 대상을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

표시된 상태의 내용을 파악하기 위해 좀 더 확대된 영역으로 표시를 하여 분석을 해보았는데, 아래 그림과 같이 나타났다.

각 선박별 COG기준 $\pm 90^\circ$ 의 각각의 방향별로 해안선 지형까지의 위험도(거리)가 잘 표출됨을 확인할 수 있었다. 해당 방위에 작은 섬 등이 존재할 경우 위험선의 한 방향(1°)으로만 표출되는 문제점도 발견되었다. 이는 위험도 표시 방안을 좀 더 연구하여 방위별 위험도를 표시할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

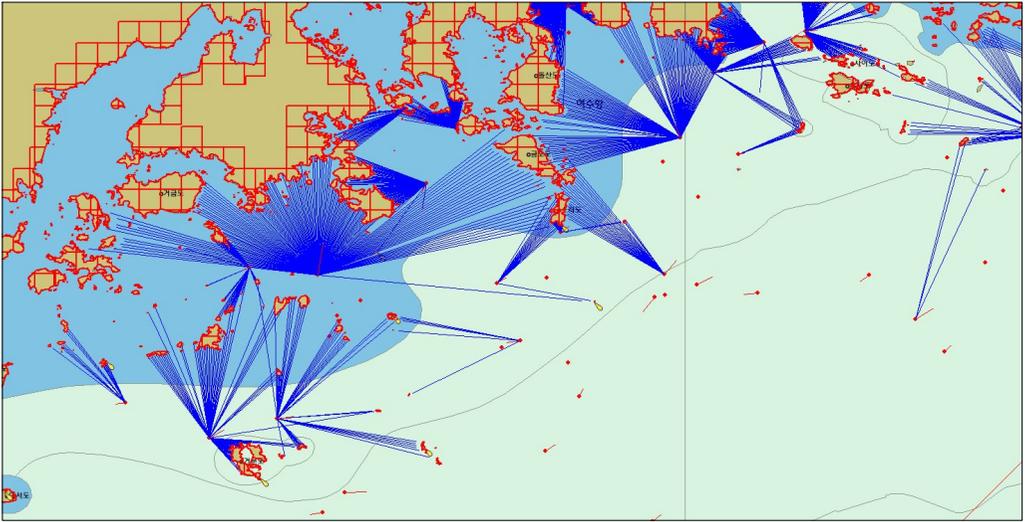


Fig. 15 분할 데이터의 60분 상세 화면

4.3.3 테스트 결과

비분할 및 분할 데이터로 위험도를 계산한 결과는, 나타내는 위험도 및 표현 내용은 동일한 결과를 보였지만, 사용되는 데이터량 및 그 성능에서 많은 차이를 보였다.

필요한 데이터를 저장하는 공간면에서는 비분할인 경우 48.0mb가 필요하였고, 분할인 경우 11.3mb의 차이를 보였다.

위험도 계산시 필요한 대상 객체 선별에도, 지역별 상황에 따라 조금씩 다르게 나타났지만, 전체적으로 약 22% 수준인 것을 확인하였다.

계산 성능은 최대 10배 이상(13.2초 => 1.2초) 빠른 걸로 나타났고, 이는 실시간 위험도 분석에도 적절한 수준일거로 파악되었다.(AIS의 경우 최소 수신 주기 2초를 감안할 때)

이상에서 파악되었듯이, 파일 저장 공간의 효율성은 물론, 성능측면에서 상당한 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 다만 전처리 등이 필요한 부분에서는 오버헤드가 발생하는 상황이다

제 5 장 결론

5.1 연구의 요약

이 논문에서는 전국 연안을 항해하는 선박의 대량의 위치정보의 기록을 이용하여 선박의 해안선 지형에 대한 위험도 분석시 성능 개선을 목적으로 선박의 관리 방법 및 해안선 지형 자료의 처리 방안을 제안하였다.

2장에서는 기존 선행 연구들에 대해 고찰해 보았는데, 그간의 해양사고 예방을 위한 선박간의 충돌 방지를 위한 알고리즘은, 거의 대부분 최근접점에서 상대선과의 거리(DCPA, Distance to Closest Point of Approach)와 최근접점에 이르는 시간(TCPA)에 기초를 두고 개발되었다.

이는 다수의 선박간 또는 연안해역과 같은 복잡한 현장에서 바로 적용하기는 다소 어려운 사항이었고, 선박이 지형장애물을 지나가는 경우 등이 다반사인 항만부근 및 연안 해역에서는 실질적으로 적용하기 어려운 점들이 있었다.

이와는 달리 좀 더 다양한 방법의 연구들도 살펴보았는데, 다중선박간 충돌 회피 알고리즘, 선박의 조종성능을 고려한 충돌위험도 추론 연구, 해상에서 발생하는 위험도를 파악하여 크고 작은 해양사고를 미연에 예방하는 SAMSON 시스템과 실제 환경이 아닌 시뮬레이터 기반 퍼지 및 환경스트레스를 이용한 선박 충돌위험도 연구 등에 대해서도 알아보았다.

그리고 연구의 기반이 되는 AIS 체계 및 해도에 대해서도, 기본적인 내용들을 살펴보았다.

3장에서는 해안선 지형데이터의 구축에 대한 내용을 고찰하였는데, 해안선 지형데이터를 위한 전자해도(ENC)의 개요와, 데이터 구축을 위해 한국 해도의 특성 등에 대해 살펴보고, 실제 구축할 해안선 지형데이터의 관리방안 및 데

이터 분할 방법에 대해 상세히 살펴보았다.

ENC는 전자해도표시시스템에(ECDIS)에 사용할 수 있도록 내용.구조.포맷을, 국제 교환기준인 S-57에 맞도록 제작한 전자해도이다.

한국에서 간행되는 전자해도는 축척별로 6개의 Level로 관리되며(KR1~KR6), 해안선 지형데이터를 추출하기 적합한 Level은 KR4로, 일부 내륙의 데이터는 표현되지 않는 부분이 있으나, 그 정밀도 면에서 KR5(항만도)에 근접하는 데이터임을 확인하였다.

해안 지형데이터의 분할은, Vatti Clipping 알고리즘을 적용하였는데, 이는 hole을 포함한 complex(self-intersecting) polygon 처리가 가능하다는 장점이 있었다. 분할된 데이터의 저장을 위해, 전자해도에 사용되는 WGS84 좌표체계의 DOUBLE형 단위를, 부호를 가지는 정수형 단위로 변환해서 저장하였다. 이는 저장 공간 및 연산 효율성에서 상당한 개선 효과가 있음을 확인하였다. 단, 그 정밀도가 한국 부근 지역에서 24.8cm 정도로 떨어지는데, 이는 해안선 지형에 대한, 선박의 위험도 판정시 무시할만한 오차라 간주하였다.

분할 단위는 Ship-Domain정의를 적용하는 전방 안전범위인 8L을 적용하기로 하고, 선박길이 200m 가정시 1,800m이므로, WorldWind 11레벨 단위인 0.017578125° 로 분할 하였다.

분할 전후의 데이터량 변화는, 객체수는 약 2.5배(10581=>27174) 증가하였으나, 전체 Vertex 개수는 1.043배(1501312=>1565299)로 거의 차이가 나지 않았으며, 객체별 최대 Vertex개수(34897=>5474) 면에서는 약 16%정도를 감소하여, 성능상 큰 이득이 있을 것으로 예상하였다.

4장에서는 실제 해안선 지형데이터와 AIS 데이터를 이용하여, 해안선 지령에 대한 선박의 위험도를 계산하여 전자해도 상에 표출하기 위한 시스템을 구현하고 비분할된 전자해도의 사용시와 성능비교를 하였다.

AIS 데이터는 약 1시간정도의 실제 데이터를 사용하였는데, 전체가 213,413건의 자료이고, 이중 필요한 동적정보 데이터는 146287건이며, 이는 선박 3,652건의 자료였다. 선박관리는 Region Quad-Tree를 사용하여 관리하도록 구현하였

고, AIS 데이터는 Binary 형태로 재가공하여 성능을 개선하였다.

해안선 지형에 대한 위험도 계산은 환경스트레스 모델 중 육상에 대한 스트레스모델 개념을 적용하였다. 이는 선박운항자에게 부가되는 부담정도를 정량화하여 표현하는 방법으로, 위험이 가시화 될 때까지의 시간적 여유(R/V)를 위험도를 산출하는 방법으로, 사용자가 위험을 인지하기가 빠르다고 알려져 있다.

4장에서의 구현 및 실험 결과, 전처리 등의 오버헤드가 발생하는 단점도 있었지만, 성능 상 상당한 개선이 있음을 알아보았다. 자료의 저장공간은 물론, 비분할 데이터 사용시 대비 최대 10배 이상의 빠른 계산 성능 결과를 보여주었다.

제안한 시스템은 향후 전국단위의 실시간 AIS 데이터를 이용한 실시간 해안선 지형에 대한 위험도 측정시 시스템 개선 및 성능 개선에 대한 데이터 구조 설계 방법에 대한 기초 연구를 보여 주었다.

5.2 향후 과제

향후 실시간 및 지역에 구애받지 않는 시스템을 위해 해안선 지형에 대한 전처리 방법 및 해안선 지형외의 저수심등의 자료 처리와 선박간의 위험도를 혼합한 위험도 판정에 대한 연구가 필요할 것이고, 표현 방법에서도 위험물에 대한 단순한 위험도(거리) 표시 외에 사용자가 직관적으로 파악할 수 있는 표시 방안 등에 대한 연구가 더욱 필요할 것이다.

나아가 본선에서도 직접 사용할 수 있는 시스템은 물론, 소형선용 GPS-Plotter등 저사양 단말에서의 사용 등에 대한 더욱 개선된 방안의 연구가 필요할 것이다.

감사의 글

해양교통 전문 인력 양성사업단 과정으로 2년간 많은 내용을 지도해주신, 양성사업단장 정태권 교수님, 그리고 강의해주신 양규식 교수님, 국승기 교수님, 송재욱 교수님, 문성배 교수님과 관심과 조언을 아끼지 않으신 박진수 지도교수님께 감사드립니다.

과정중 현장학습에 도움을 주신 유관기관 관계자 분들 및 양성사업을 지원해준 해양수산부 및 담당 관계자분들께도 지면으로나마 감사의 뜻을 전합니다.

본 논문작성의 기본 데이터인 AIS 데이터처리, 전자해도 처리등 해양 GIS관련 업무에 많은 지식을 습득하는데 도움을 준 (주)GMT 이근석 대표이사과 여러 임직원 및 학업진행에 많은 도움을 준 경영지원팀 여러분께도 많은 감사를 드립니다.

그리고 학업 때문에 가정이 소홀했지만 항상 힘이 되어주고, 논문 작성 중 타이핑 및 오타교정을 도와주며 격려를 아끼지 않은 사랑하는 아내 김정선님과 멀리서나마 항상 걱정해주는 어머님께 감사드립니다.

References

- 국립해양조사원, 수로도서지 제작 업무편람, 인천:국립해양조사원.
- 김도연, 이미라, 박계각, 2010, 퍼지를 이용한 항행 선박 주변 환경의 위험도 평가 개념 모델. *한국지능형학회 춘계 학술논문집*. 20(1), pp.276~280
- 김도연, 이미라, 박계각, 2010, 항행 선박 주변 환경의 위험도 평가를 위한 퍼지 전문가 시스템. *한국지능시스템학회*. 20(4), pp.541~547.
- 김동균, 정중식, 박계각, 2011, 국제해상충돌예방규칙에 따른 충돌회피 알고리즘에 관한 연구. *한국지능형학회*. 21(3). pp.290~295.
- 김동진, 곽수용, 2011. 국내 해양선박사고의 인적 오류의 요인 평가. *대한인간공학회논문집*, 30(1), pp.87-98.
- 박영수, 2002, 해상교통관리에 관한 기초적 연구. *박사학위논문*. 코베상선대학
- 박영수, 박진수, 이노우에 긴죠, 2012, 선박충돌위험 표시장치에 관한 연구. *한국지능시스템학회 춘계 학술연구논문집*, 22(1), pp.149~150.
- 손남선, 공인영, 김선영, 이창민, 2004, 시뮬레이터 기반 환경스트레스를 이용한 선박 충돌위험도 추정에 관한 연구, *한국항해항만학회 추계 학술대회논문집*. 28(2), pp.73~80.
- 손남선, 요시타카 후루카와, 김선영, 가쓰로 기지마, 2009, 가변공간 탐색법을 이용한 다중선박의 충돌회피 알고리즘에 관한 연구. *한국해양환경공학회지*, 12(1), pp.15~22
- 송병호, 이경효, 정민아, 이성로, 2011, 다중 선박에서 효율적인 충돌 회피를 위한 베이지안 충돌 위험도 추정 알고리즘. *한국통신학회논문지*, 36(3). pp.248~253

안진형, 이기표, 2005, 선박의 조종성능을 반영한 충돌위험도 추론에 관한 기초 연구. *한국항해항만학회*, 29(1), pp.77~83.

이상재, 2012, 대용량 선박위치정보 분석시스템 구축을 위한 Quad-Tree 및 R-Tree 자료구조 적용에 대한 연구. 석사학위논문. 목포해양대학교

정중식, 주기세, 성유창, 윤대근, 박계각, 2010, 선박위치추적관리시스템의 고도화 방안에 관한 조사 연구. *해양환경안전학회*, pp.201~203.

정태권, 2003, Sech 함수를 이용한 새로운 충돌위험도 평가법. *한국항해항만학회지*, 27(2), pp.103~109



Bibliography

Joseph O'Rourke, 1998, *Computational Geometry*. 2nd Ed. Cambridge University Press.

National Imagery and Mapping Agency, 1995, *The American Practical Navigator*. Maryland:National Imagery and Mapping Agency

김종성, 박영수, 허태영, 정재용, 박진수, 2011, 선박조우 형태를 고려한 해상교통환경평가 기초 모형 개발. *해양환경안전학회지*, 17(3), pp.227~233.

심우성, 박재민, 서상현, 2003, 갯신을 고려한 전자해도 소형화 연구. *한국항해항만학회지*, 27(4), pp. 425-430.

오세웅, 박종민, 이문진, 고현주, 2011, 전자해도의 KML 변환기술 개발. *한국항해항만학회지*, 35(1), pp. 9-15.

이병길, 한종욱, 조현숙, 2010, 해양안전실현을 위한 차세대 해상교통관제 시스템의 상황인지 및 항행지원 구조 설계. *한국통신학회*. 35(7), pp.1073~1080.

이성로, 배용귀, 2005, 선박충돌로 인한 교각의 위험도 분석. *한국구조물진단학회지*, 9(4), pp.169~176

이희용, 2004, S-57 공간정보 저장을 위한 효율적인 SENC 구조의 설계 및 구현. *한국항해항만학회지*, 28(8), pp. 673-678.

부록

별첨 1 전자해도의 기본적 데이터 종류

Code	Object Class	Acronym
1	Administration area (Named)	ADMARE
2	Airport / airfield	AIRARE
3	Anchor berth	ACHBRT
4	Anchorage area	ACHARE
5	Beacon, cardinal	BCNCAR
6	Beacon, isolated danger	BCNISD
7	Beacon, lateral	BCNLAT
8	Beacon, safe water	BCNSAW
9	Beacon, special purpose/general	BCNSPP
10	Berth	BERTHS
11	Bridge	BRIDGE
12	Building, single	BUISGL
13	Built-up area	BUAARE
14	Buoy, cardinal	BOYCAR
15	Buoy, installation	BOYINB
16	Buoy, isolated danger	BOYISD
17	Buoy, lateral	BOYLAT
18	Buoy, safe water	BOYSAW
19	Buoy, special purpose/general	BOYSPP
20	Cable area	CBLARE
21	Cable, overhead	CBLOHD
22	Cable, submarine	CBLSUB
23	Canal	CANALS
24	Canal bank	CANBNK
25	Cargo transshipment area	CTSARE
26	Causeway	CAUSWY
27	Caution area	CTNARE
28	Checkpoint	CHKPNT
29	Coastguard station	CGUSTA
30	Coastline	COALNE
31	Contiguous zone	CONZNE
32	Continental shelf area	COSARE
33	Control point	CTRPNT

34	Conveyor	CONVYR
35	Crane	CRANES
36	Current - non - gravitational	CURENT
37	Custom zone	CUSZNE
38	Dam	DAMCON
39	Daymark	DAYMAR
40	Deep water route centerline	DWRTCL
41	Deep water route part	DWRTPT
42	Depth area	DEPARE
43	Depth contour	DEPCNT
44	Distance mark	DISMAR
45	Dock area	DOCARE
46	Dredged area	DRGARE
47	Dry dock	DRYDOC
48	Dumping ground	DMPGRD
49	Dyke	DYKCON
50	Exclusive Economic Zone	EXEZNE
51	Fairway	FAIRWY
52	Fence/wall	FNCLNE
53	Ferry route	FERYRT
54	Fishery zone	FSHZNE
55	Fishing facility	FSHFAC
56	Fishing ground	FSHGRD
57	Floating dock	FLODOC
58	Fog signal	FOGSIG
59	Fortified structure	FORSTC
60	Free port area	FRPARE
61	Gate	GATCON
62	Gridiron	GRIDRN
63	Harbour area (administrative)	HRBARE
64	Harbour facility	HRBFAC
65	Hulk	HULKES
66	Ice area	ICEARE
67	Incineration area	ICNARE
68	Inshore traffic zone	ISTZNE
69	Lake	LAKARE
70	Lake shore	LAKSHR
71	Land area	LNDARE
72	Land elevation	LNDELV
73	Land region	LNDRGN
74	Landmark	LNDMRK
75	Light	LIGHTS
76	Light float	LITFLT
77	Light vessel	LITVES
78	Local magnetic anomaly	LOCMAG

79	Lock basin	LOKBSN
80	Log pond	LOGPON
81	Magnetic variation	MAGVAR
82	Marine farm/culture	MARCUL
83	Military practice area	MIPARE
84	Mooring/warping facility	MORFAC
85	Navigation line	NAVLNE
86	Obstruction	OBSTRN
87	Offshore platform	OFSPLF
88	Offshore production area	OSPARE
89	Oil barrier	OILBAR
90	Pile	PILPNT
91	Pilot boarding place	PILBOP
92	Pipeline area	PIPARE
93	Pipeline, overhead	PIPOHD
94	Pipeline, submarine/on land	PIPSOL
95	Pontoon	PONTON
96	Precautionary area	PRCARE
97	Production / storage area	PRDARE
98	Pylon/bridge support	PYLONS
99	Radar line	RADLNE
100	Radar range	RADRNG
101	Radar reflector	RADRFL
102	Radar station	RADSTA
103	Radar transponder beacon	RTPBCN
104	Radio calling-in point	RDOCAL
105	Radio station	RDOSTA
106	Railway	RAILWY
107	Rapids	RAPIDS
108	Recommended route centerline	RCRTCL
109	Recommended track	RECTRC
110	Recommended Traffic Lane Part	RCTLPT
111	Rescue station	RSCSTA
112	Restricted area	RESARE
113	Retro-reflector	RETRFL
114	River	RIVERS
115	River bank	RIVBNK
116	Road	ROADWY
117	Runway	RUNWAY
118	Sand waves	SNDWAV
119	Sea area / named water area	SEAARE
120	Sea-plane landing area	SPLARE
121	Seabed area	SBDARE
122	Shoreline Construction	SLCONS
123	Signal station, traffic	SISTAT

124	Signal station, warning	SISTAW
125	Silo / tank	SILTNK
126	Slope topline	SLOTOP
127	Sloping ground	SLOGRD
128	Small craft facility	SMCFAC
129	Sounding	SOUNDG
130	Spring	SPRING
131	Square	SQUARE
132	Straight territorial sea baseline	STSLNE
133	Submarine transit lane	SUBTLN
134	Swept Area	SWPARE
135	Territorial sea area	TESARE
136	Tidal stream - harmonic prediction	TS_PRH
137	Tidal stream - non-harmonic prediction	TS_PNH
138	Tidal stream panel data	TS_PAD
139	Tidal stream - time series	TS_TIS
140	Tide - harmonic prediction	T_HMON
141	Tide - non-harmonic prediction	T_NHMN
142	Tidal stream - time series	T_TIMS
143	Tideway	TIDEWY
144	Top mark	TOPMAR
145	Traffic Separation Line	TSELNE
146	Traffic Separation Scheme Boundary	TSSBND
147	Traffic Separation Scheme Crossing	TSSCRS
148	Traffic Separation Scheme Lane part	TSSLPT
149	Traffic Separation Scheme Roundabout	TSSRON
150	Traffic Separation Zone	TSEZNE
151	Tunnel	TUNNEL
152	Two-wayroute part	TWRTPT
153	Underwater rock / awash rock	UWTROC
154	Unsurveyed area	UNSARE
155	Vegetation	VEGATN
156	Water turbulence	WATTUR
157	Waterfall	WATFAL
158	Weed/Kelp	WEDKLP
159	Wreck	WRECKS
160	Tidal stream - flood/ebb	TS_FEB

별첨 2 AIS Message Type

AIS Type	Remark
Types 1, 2 and 3	Position Report Class A
Type 4	Base Station Report

Type 5	Static and Voyage Related Data
Type 6	Binary Addressed Message
Type 7	Binary Acknowledge
Type 8	Binary Broadcast Message
Type 9	Standard SAR Aircraft Position Report
Type 10	UTC/Date Inquiry
Type 11	UTC/Date Response
Type 12	Addressed Safety-Related Message
Type 13	Safety-Related Acknowledgement
Type 14	Safety-Related Broadcast Message
Type 15	Interrogation
Type 16	Assignment Mode Command
Type 17	DGNSS Broadcast Binary Message
Type 18	Standard Class B CS Position Report
Type 19	Extended Class B CS Position Report
Type 20	Data Link Management Message
Type 21	Aid-to-Navigation Report
Type 22	Channel Management
Type 23	Group Assignment Command
Type 24	Static Data Report
Type 25	Single Slot Binary Message
Type 26	Multiple Slot Binary Message
Type 27	Long Range AIS Broadcast message

별첨 3 AIS Message Type 1,2 and 3 Format

bits	Len	Description	Type	remark
0-5	6	Message Type	unsigned	
6-7	2	Repeat Indicator	unsigned	
8-37	30	MMSI	unsigned	
38-41	4	Navigation Status	enumerated	
42-49	8	Rate of Turn(ROT)	signed	
50-59	10	Speed Over Ground(SOG)	unsigned	
60-60	1	Position Accuracy	unsigned	
61-88	28	Longitude	signed	minute/10000
89-115	27	Latitude	signed	minute/10000
116-127	12	Course Over Ground(COG)	unsigned	degree/10
128-136	9	True Heading(HDG)	unsigned	0~359, 511(NA)
137-142	6	Time Stamp	unsigned	
143-144	2	Maneuver Indicator	enumerated	
145-147	3	Spare		
148-148	1	RAIM flag	unsigned	
149-167	19	Radio status	unsigned	

별첨 4 AIS Message(1,2)처리를 위한 자료구조

```
struct MSG_1_2_Info {           //Position Report Class A : SOTDMA
    unsigned char _type;        //0-5 6 Message Type
    unsigned char _repeat;      //6-7 2 Repeat Indicator
    unsigned long _mmsi;        //8-37 30 MMSI
    unsigned char _status;      //38-41 4 Navigation Status
    char _turn;                 //42-49 8 Rate of Turn (ROT)
    unsigned short _speed;      //50-59 10 Speed Over Ground (SOG)
    unsigned char _accuracy;    //60-60 1 Position Accuracy
    long _lon;                  //61-88 28 Longitude
    long _lat;                  //89-115 27 Latitude
    unsigned short _course;     //116-127 12 Course Over Ground (COG)
    unsigned short _heading;    //128-136 9 True Heading (HDG)
    unsigned char _second;      //137-142 6 Time Stamp
    unsigned char _maneuver;    //143-144 2 Maneuver Indicator
    unsigned char _Spare;       //145-147 3 Spare
    unsigned char _raim;        //148-148 1 RAIM flag
    unsigned long _radio;       //149-167 19 Radio status
};
```

별첨 5 AIS Message(1,2)처리를 위한 Class

```
class CAISDataClass;

class Lib_AISDecode {
private:
    CAISDataClass*          m_pVec;
public:
    Lib_AISDecode();
    ~Lib_AISDecode();
    /**
     * 6 bit data fill(or append more 6 bit data)
     * return : 0:Ok, other:Fail...
     */
    long                    Set6BitData(const char* p6BitData) ;
};
```

```

long          Append6BitData(const char* pAppend6BitData) ;
const char*  GetAISOrigData() ;
long         Get6BitDataLength() ;
void         Get6BitData(char* pReturnData) ;
/**
    Sequential 6Bit Parse..
    Set_SequentialStart() : move Sequential Point to ZERO..
*/
void         Set_SequentialStart() ;
unsigned long Get_UBitSequential(long nCount) ;
long         Get_SignBitSequential(long nCount) ;
long         Get_BitSequentialUsed() ;
unsigned long Get_UBit(long nStartPos, long nCount) ;
long         Get_SignBit(long nStartPos, long nCount) ;
/**
    string(Byte count)
*/
void         Get_BitStringSequential(char* pBuf, long nByteCount) ;
void         Get_BitString(char* pBuf, long nStartPos, long nByteCount)
;

//
void         Parse_Msg1_2(MSG_1_2_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg3(MSG_3_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg4(MSG_4_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg5(MSG_5_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg6(MSG_6_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg7(MSG_7_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg8(MSG_8_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg9(MSG_9_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg10(MSG_10_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg11(MSG_11_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg12(MSG_12_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg13(MSG_13_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg14(MSG_14_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg15(MSG_15_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg16(MSG_16_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg17(MSG_17_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg18(MSG_18_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg19(MSG_19_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg20(MSG_20_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg21(MSG_21_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg22(MSG_22_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg23(MSG_23_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg24(MSG_24_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg25(MSG_25_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg26(MSG_26_Info* pMsg) ;
void         Parse_Msg27(MSG_27_Info* pMsg) ;
protected:
    Lib_AISDecode(const Lib_AISDecode&);
    Lib_AISDecode& operator=(const Lib_AISDecode&);
};

```