

工學碩士學位論文

ENC기반의 해저수심정보  
계측 및 분석 시스템 개발에 관한 연구

A Study on Development of Hydrographic Data  
Measurement and Analysis System Based on ENC

指導教授 宋 在 旭

2007年 2月

韓國海洋大學校 大學院

海上交通情報學科

金 大 熙

本 論 文 을 金 大 熙 의 工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

委 員 長 芮 秉 德 ㉠

委 員 文 聲 培 ㉠

委 員 宋 在 旭 ㉠

2 0 0 6 年 12 月

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

海 上 交 通 情 報 學 科

金 大 熙

# 목 차

표목차 .....	iii
그림목차 .....	iv
<i>Abstract</i> .....	vi
<b>제1장 서론</b> .....	1
1.1 연구 배경 및 목적 .....	1
1.2 논문 구성 .....	4
<b>제2장 해저수심정보 시스템 현황 및 분석</b> .....	5
2.1 해저수심정보 시스템의 정의 .....	5
2.2 해저수심정보 시스템의 현황 .....	6
2.2.1 단빔음향측심기 (Single Beam Echo Sounder) .....	6
2.2.2 측면주사음파탐지기 (Side Scan Sonar) .....	7
2.2.3 멀티빔 음향 측심기 (Multi Beam Echo Sounder) .....	9
2.2.4 현 해저수심정보 시스템의 평가 .....	11
2.3 해저수심정보시스템의 개선 방안 .....	14
<b>제3장 ENC기반의 해저수심정보 계측 및 분석 시스템 개발</b> .....	16
3.1 시스템의 개요 및 구성 .....	16
3.1.1 개요 .....	16
3.1.2 H/W 구성 .....	18
3.1.3 S/W의 구성 .....	28
3.2 시스템 개발 내용 .....	33
3.2.1 ENC기반의 해저수심정보 계측 S/W 개발 .....	33
3.2.2 ENC기반의 해저수심정보 분석 S/W 개발 .....	44
3.3 실험 및 고찰 .....	53
3.3.1 현장 실험 개요 .....	53
3.3.2 현장 실험 내용 .....	54
3.3.3 현장 실험 결과 및 평가 .....	58

제4장 결론 .....	62
4.1 연구의 결과 .....	62
4.2 시스템의 향후 연구방향 .....	64
참고문헌 .....	65

## 표 목 차

<표 1> 해저수심정보시스템 가격 비교표 (단위, 만원) .....	13
<표 2> 해저수심정보시스템 장단점 비교 .....	14
<표 3> 주파수와 지향각 및 탐지범위의 관계 (300W 출력기준) .....	21

## 그 립 목 차

<그림 1> 연구배경 .....	3
<그림 2> 소나(음향측심기)의 발달단계 .....	5
<그림 3> 단빔음향측심기, 6800m급 계측용 수심계 (미국 Trittech사) .....	6
<그림 4> 단빔음향측심기를 이용한 RoxAnn 시스템, 영국 .....	7
<그림 5> 측면주사음파탐지기 장비의 해저 지형 계측 모식도 .....	8
<그림 6> 미국 Odom사의 CM800 시스템(사이드 스캔 소나)과 영상화된 해저의 선박 · 8	8
<그림 7> 사이드 스캔 소나 시스템을 이용해 영상으로 표현한 해저지형 .....	9
<그림 8> 멀티빔 음향측심기 .....	10
<그림 9> 멀티빔 음향측심기로 계측된 해저 지형자료 (3D) .....	10
<그림 10> 현 해저수심자료 수집 시스템 개념도 .....	11
<그림 11> 현 해저수심정보시스템의 문제점 .....	14
<그림 12> 해저수심자료 수집 시스템 구성도 .....	17
<그림 13> H/W 구성도 .....	18
<그림 14> DGPS 안테나 .....	19
<그림 15> 송수파기 .....	20
<그림 16> 초음파 송수파기 탐지거리 분석 .....	20
<그림 17> 검출기 .....	22
<그림 18> 조사/분석시스템 .....	22
<그림 19> 수신된 NMEA0183포맷의 데이터 예 .....	23
<그림 20> S/W 시스템 구성도 .....	29
<그림 21> S/W 시스템 데이터 흐름도 .....	29
<그림 22> 수심 데이터베이스 내용 및 구조 .....	32
<그림 23> 해저수심자료 수집 S/W의 메인 화면 .....	33
<그림 24> 계측 시스템 전체화면 구성 .....	34
<그림 25> 장비연결관리 메뉴 .....	35
<그림 26> 포트 세팅 메뉴 .....	35
<그림 27> 새로 만들기 메뉴 .....	36
<그림 28> 작업 영역 설정창 및 격자 설정 예 .....	36
<그림 29> 파일 초기화 확인 메뉴 .....	37
<그림 30> 데이터 격자창 .....	38
<그림 31> 도구메뉴의 수심색 선택창 메뉴 .....	39
<그림 32> 수심색 선택창의 설정 및 설정예 .....	39
<그림 33> 수심색 설정 인텍스 .....	40

<그림 34> 데이터 수집 예 .....	41
<그림 35> 파일 저장하기 .....	42
<그림 36> 파일 열기 메뉴 .....	43
<그림 37> 해저수심자료 수집시스템의 실행 화면 .....	44
<그림 38> 수심정보 데이터 열기 메뉴 .....	45
<그림 39> ENC기반의 해저수심정보 분석 프로그램 .....	46
<그림 40> 3차원 해저지형 생성 프로그램의 FLOW CHART .....	47
<그림 41> 3차원 해저지형생성 프로그램 구현화면 .....	48
<그림 42> 3차원 해저지형생성 프로그램의 메뉴구성 .....	49
<그림 43> 수심 데이터 파일 열기 .....	49
<그림 44> 해저지형 정보창 .....	50
<그림 45> 색상 지정 메뉴 .....	50
<그림 46> 3차원 드로잉 옵션 선택 .....	51
<그림 47> 보기도구 - 3축 인텍스 보기 .....	52
<그림 48> 보기도구 - 수심선 보기 .....	52
<그림 49> 보기도구 - 수심 인텍스 색상바 보기 .....	52
<그림 50> 가상의 해저 지형 드로잉 예 .....	53
<그림 51> 조사해역 및 조사용 선박 .....	54
<그림 52> 해저수심정보 수집 시스템 현장 테스트 개요 .....	55
<그림 53> 송수파기 설치 .....	55
<그림 54> 장비 설치 .....	56
<그림 55> 시스템 실행 및 설정 .....	56
<그림 56> 조사해역 탐사 .....	57
<그림 57> 조사영역 설정 내용 .....	57
<그림 58> 여수해역 해저수심 정보 수집 테스트 시연 화면 .....	58
<그림 59> 여수 삼람부두 인근 조사 결과 .....	59
<그림 60> 여수 삼람부두 인근 조사 결과 [확대] .....	60
<그림 61> 여수해역 삼람부두 인근 조사 3차원 해저지형 드로잉 결과 .....	61

# *A Study on Development of Hydrographic Data Measurement and Analysis System Based on ENC*

*Kim Dae hee*

*Department of Marine Traffic Information Engineering  
The Graduate School of Korea Maritime University*

## *Abstract*

The data resulted from hydrographical survey are very important for both marine research institute and dredgers. These data include information about depths, tides and currents, quality of the bottom and so on. It is very difficult to get those data easily since the task to get those data costs a great deal of money and efforts.

This study proposed a method to develop a hydrographic survey and analysis system. In order to make the system low-costed, the proposed method includes an electronic navigational chart (ENC) and single-beam echo sounder. ENC is useful tools to display the locations and the soundings of surveyed area, and the single-beam echo sounder was adopted due to its low price and high accuracy characteristics.



This study shows the results of survey carried out by the proposed system, and also verifies its effectiveness in both accuracy and cost. With the proposed system, there are advantages for users to get and check the submarine topographic data simultaneously. And also the system has several advantages so as that the persons concerned dredging works understand and learn easily how to operate and use the system, how to deal with and how to analyze the surveyed data.

# 제 1장 서론

## 1.1 연구 배경 및 목적

수로측량은 해역의 수심, 해저지형, 저질의 분포, 해수 간만과 그의 유동상태, 각지의 경위도, 지자기, 중력 등의 측량을 말한다. 각각의 측량자료들은 원자료의 형태 또는 적절한 후처리를 거쳐 해도나 수로도지를 이용해 항해자나 연구기관의 해양학자들에게 공여하는 것을 목적으로 하고 있다. 이중 특별히 해역의 해저면의 수심 및 해저지형에 대한 정보를 해저수심정보라 부른다.

국제수로기구(IHO, International Hydrographic Organization)<sup>1)</sup>에서는 전 세계적으로 사용되고 있는 해도의 정확성을 통일하기 위하여 수로 측량시의 기준(S-44)을 마련하였다. 또한 새로운 측량장비가 개발되고 기술이 발전됨에 따라 그 기준들을 갱신해 나가고 있다. 특히, IHO S-44<sup>2)</sup>에서는 수심 및 지형 측량과 관련한 기준들을 제시하고 있는데 현재 사용되고 있는 측심장비는 다음과 같이

---

1) 1919년 국제수로회의에서 상설기관으로 국제수로국(International Hydrographic Bureau:IHB)의 창설을 결의하고, 1921년 18개국을 회원으로 모나코에 설치하였다. 이후 1967년 모나코에서 열린 제9차 국제수로회의에서 국제수로기구 협약을 채택하고 이에 의거하여 1970년 국제수로기구를 설립하였다. 국제수로기구 협약은 기존의 국제수로국을 개조하여 정부간 기구로서의 성격을 명확히 하는 동시에 국제수로기구의 법인격 및 회원국 영역 내에서의 특권과 면제에 관한 규정을 두었다. 이 협약은 당시 국제수로국에 가입했던 41개국 중 39개국이 서명하여 국제수로기구로 새로이 발족되었다. 수로 부문에서 각 해사기관 간의 지속적인 협력체를 구성하고 모든 해상에서의 안전을 기하는 동시에 수로학의 발전과 수로 관계자료 작성의 통일성을 주기 위한 것이 설립 목적이다. 따라서 각국의 수로 기관 간의 협조와 수로도지의 통일, 수로측량 실시 및 추진을 위한 확실하고 효과적인 방법의 채택, 수로업무에 관한 과학 및 기술해양학에 쓰이는 기술개발을 주요 업무로 한다. 한국은 국립해양조사원이 1957년 현 기구의 전신인 국제수로국에 가입하였고 수로회의가 열릴 때마다 참가하고 있다. 2002년 현재 73개국이 회원국으로 있다. 본부는 모나코의 수도 모나코에 있다.

2) IHO 설립 목적의 하나는 각 회원국이 간행한 항해 도서지의 국제적 통일이며, 이를 위하여 분과위원회 및 실무반의 협력으로 수로측량기준 S-44, 수로측량사 자격기준 M-5, 국제해도 간행기준 M-4 및 전자해도 성능 기준 S-52, 디지털 수로정보 변환기준 S-57 등을 제정하였다.

네 종류 즉, 단빔 음향 측심기(Single Beam Echo Sounder), 멀티 빔 음향 측심기(Multi Beam Echo Sounder), 측면 주사 음파탐지기(Side Scan Sonar), 항공 주사 측심기(Airborn Laser Echo Sounder)로 구분하고 있다. 또한, 측량 해역을 향해 안전성에 따라 4단계로 나누어 각각의 구역에서 요구되는 정확성을 제시하고 있다. 특히, 항구와 해협과 같은 정밀 해저 지형에 대한 정보가 필요한 곳에 한해서는 해저에 대한 전역 탐사(100% Bottom Search)를 의무화하고 있다. 이러한 국제수로기구의 요구 이외에도 해저면에 대한 전역탐사의 필요성은 해양학자와 배타적경제수역(EEZ, Exclusive Economic Zone)<sup>3)</sup>내의 해양자원을 개발하려는 기업과 정부에서도 증가하고 있다.

이렇게 해저수심정보의 필요성이 증가하고 있는 가운데 해저수심정보의 활용에 대한 새로운 수요가 생기고 있다. 그것은 바로 해양관련 토목, 준설업체 등이 해저에서 진행되는 작업에 대한 설계 작업 및 검증 작업에 해저수심정보를 활용하는 것이다. 하지만 기존의 멀티빔음향측심기를 이용한 전역탐사 방식의 경우 장비가격이 고가이고 운용에 있어서 기술적으로 접근이 어려워 이러한 새로운 해저수심정보 수요에 적절히 대응하지 못하는 상황이다. 이에 해저수심정보에 대한 고효율의 저가형 시스템, 운용이 간편하고 쉬운 시스템, 해양 GIS(지리정보 시스템, Geographic Information System)<sup>4)</sup> 즉 전자해도와 완벽하게 연동하여 해저수심정보의 활용도를 높일 수 있는 시스템이 필요하게 된 것이다.

---

3) 자국 연안으로부터 200해리까지의 수역에 대해 천연자원의 탐사·개발 및 보존, 해양환경의 보존과 과학적 조사활동 등 모든 주권적 권리를 인정하는 유엔해양법상의 개념이다. 1982년 12월 채택되어 1994년 12월 발효된 유엔해양법협약은 ① 어업자원 및 해저 광물자원 ② 해수 풍수를 이용한 에너지 생산권 ③ 에너지 탐사권 ④ 해양과학 조사 및 관찰권 ⑤ 해양환경 보호에 관한 관찰권 등에 대해 연안국의 배타적 권리를 인정하고 있다.

4) 과거 인쇄물 형태로 이용하던 지도 및 지리정보를 컴퓨터를 이용해 작성·관리하고, 여기서 얻은 지리정보를 기초로 데이터를 수집·분석·가공하여 지형과 관련되는 모든 분야에 적용하기 위해 설계된 종합 정보 시스템을 말한다.

<그림 1>은 본 연구의 연구배경을 이해하기 쉽게 도식화한 것으로 해저수심 정보 시스템의 기술 발전과 해양관련 토목, 준설업체의 해저수심정보 수용증가에 따른 저가형의 ENC 기반 해저수심정보 시스템의 필요성을 설명하였다.

이 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 저가의 단빔 음향 측심기를 이용한 ENC 기반의 해저수심정보 계측 및 분석시스템을 개발하고, 실제 현장 탐사를 통하여 개발된 시스템의 유용성을 입증하였다.



<그림 1> 연구배경

## 1.2 논문 구성

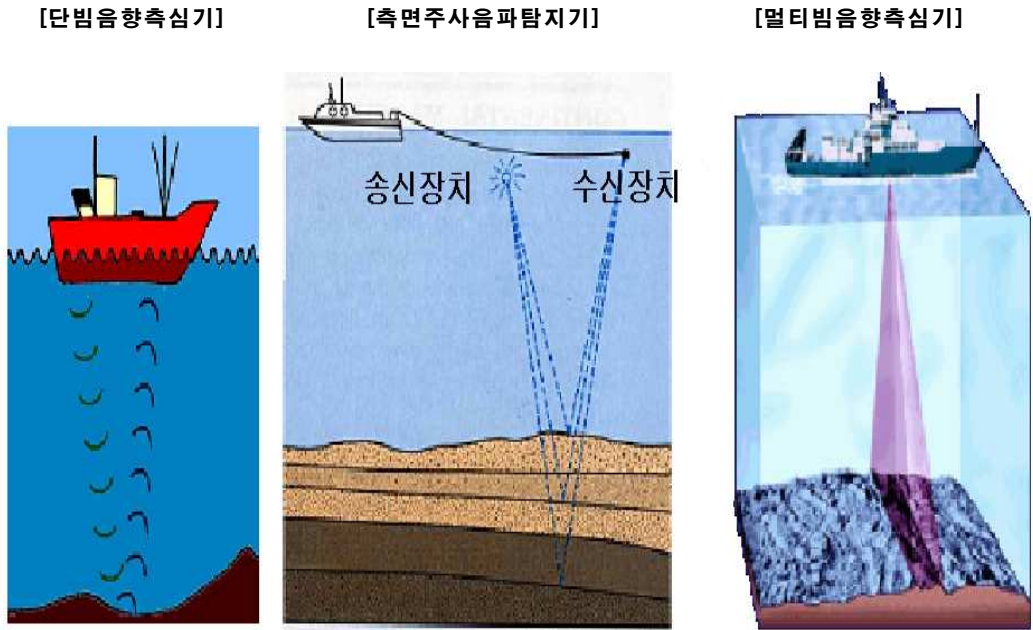
본 논문에서는 준설선과 같은 특수 목적 해저수심정보 수요처의 요구에 부합되는 해저수심정보시스템을 개발하기 위해 H/W장비로 단빔 음향 측심기와 노트북 시스템으로 구성하여 개발하였고, 해저수심정보 계측 및 분석 S/W는 Visual C++로 프로그래밍 하였다. 본 연구를 통하여 해저수심정보 수집에 필요한 노력을 최소화 하며 정확한 분석결과물을 빠르게 처리 하여 수집할 수 있는 해저수심정보계측시스템을 개발하였다. 또한 해저수심정보계측시스템을 통해 수집된 수심데이터를 기반으로 3차원 해저 지형을 생성할 수 있는 3차원 해저 지형 생성 프로그램과 같은 해저수심정보 분석시스템의 모델을 개발하였다.

이 논문은 제1장 서론을 포함하여 크게 4개의 장으로 이루어져 있다. 제2장에서는 ENC 기반의 해저수심정보 계측 및 분석시스템의 필요성에 대해 기술하기 위하여 해저수심정보 시스템의 현황과악 및 분석을 다루었고 제 3장에서는 ENC 기반의 해저수심정보 계측 및 분석시스템의 설계안과 개발 내역 그리고 개발된 시스템의 실험 및 고찰에 대해 기술하였고, 마지막으로 제4장 결론에서는 전체를 종합·정리하였다.

## 제 2 장 해저수심정보 시스템 현황 및 분석

### 2.1 해저수심정보 시스템의 정의

해저수심정보 시스템은 해저면의 수심 및 해저지형에 대한 정보를 수집 분석하는 시스템으로 음향측심기와 같은 장비로 해저의 수심정보나 해저지형 정보를 수집하여 해저지형에 대한 분석을 돕는 시스템이다. <그림 2>는 해저수심정보를 수집하는데 사용되는 음향측심기의 발달단계를 도식화 한 것으로 단빔음향측심기로부터 측면주사음파탐지기를 거쳐 멀티빔음향측심기로 발달해 왔다.



<그림 2> 소나(음향측심기)의 발달단계

## 2.2 해저수심정보 시스템의 현황

해저수심정보시스템을 설계하기 위해서는 사전에 해저수심정보시스템의 현황과 특성을 파악하는 것이 필요하다. 본 장에서는 현재 사용되고 있는 해저수심정보시스템에 대해 분석하고 이를 토대로 본 연구목적에 부합하는 해저수심정보시스템의 개발 방향을 제시하고자 한다.

### 2.2.1 단빔음향측심기 (Single Beam Echo Sounder)

일반적인 음향측심기는 음파를 이용하여 수심을 측정하는 장비로써 극히 짧은 시간에 음파를 해저에 발사하고 그 반사파(echo)를 수신 할 때까지의 소요시간을 이용해 수심을 구하는 장비이다.

계측용 수심계 단말기



단빔음향송수파기



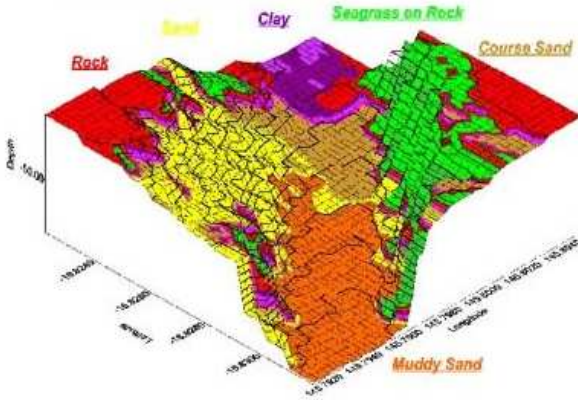
<그림 3> 단빔음향측심기, 6800m급 계측용 수심계 (미국 Trittech사)

<그림 3>은 미국 Trittech사의 계측용 단빔음향측심기로써 6800m급 수심계를 사용한다. 이러한 계측용 음향측심기의 경우 일반적인 단빔음향측심기에 비해서 고가이다. 이러한 계측용 음향측심기는 가격이 비싸서 다양한 용도에 활용하기 어렵다.

RoxAnn 시스템의 해저지형 드로잉 결과물

RoxAnn 시스템

### RoxAnn - Seabed Classification



<그림 4> 단빔음향측심기를 이용한 RoxAnn 시스템, 영국

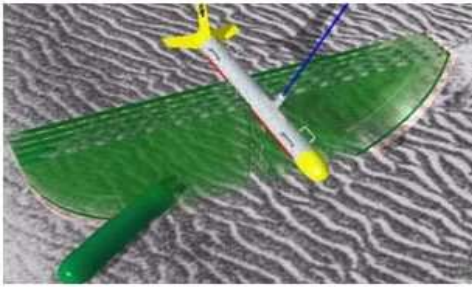
<그림 4>는 단빔음향측심기를 이용하여 수집된 해저수심 데이터를 3차원 해저지형으로 영상화하는 시스템의 일례로 영국 Marine Micro System사의 RoxAnn이다. 수집된 수심 데이터를 이용해 3차원 해저 영상을 생성시켜주지만 고가장비인데다 해양 GIS 정보와 연계되지 않아 단편적인 3차원 해저 수심 영상에 대한 분석만 가능하다.

### 2.2.2 측면주사음파탐지기 (Side Scan Sonar)

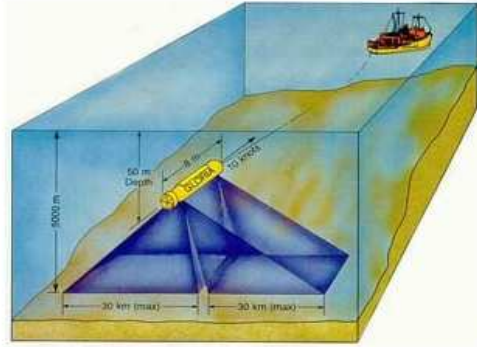
일반적으로 사이드스캔소나라고 불리는 측면주사음파탐지기는 초음파 송신기가 탑재된 예인기를 해저면 가까이 끌면서 예인기의 진행방향과 직각방향으로 짧은 펄스(수직 방향으로는 넓고 수평방향으로는 좁음)를 발사하여 해저면의 요철을 계측한 후 해저 지형도를 생성하는 장치이다.



**사이드스캔소나의 스캐닝 모식도**



**사이드스캔소나의 계측 모식도**



<그림 5> 측면주사음파탐지기 장비의 해저 지형 계측 모식도

<그림 5>는 측면주사음파탐지기의 해저지형 계측 모식도로써 실제 계측장비인 사이드 스캔 소나를 직접 해저면 가까이에 넣어 끌면서 해저면을 스캐닝 하는 것을 보여준다. 사이드스캔소나의 경우 데이터 수집이 매우 까다로우며 전문화된 기술이 요구되어진다. 그리고 사이드 스캔 소나의 수집 데이터가 스캐닝된 영상 데이터이므로 수집된 해저 지형 데이터를 여러 방면으로 활용하려는 연구 목적과도 부합되지 않는다. 장비가격도 매우 고가여서 데이터 수집 및 분석하려는 곳에서 구입하여 사용하기에는 큰 어려움이 있다.

**CM800시스템 구성**



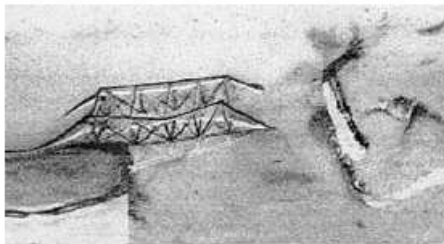
**영상화된 침선**



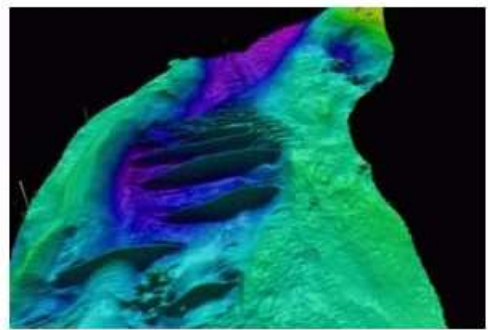
<그림 6> 미국 Odom사의 CM800 시스템(사이드 스캔 소나)과 영상화된 해저의 선박

<그림 6>은 미국 Odom사의 CM800시스템과 해저지형 스캔 결과물인 해저에 침몰된 침선을 영상화한 것이다. 침선의 정확한 형상이 그대로 드러나는 것을 확인할 수 있다. 사이드 스캔 소나 시스템의 경우 <그림 7>과 같이 해저면의 아주 구체적이고 실제적인 영상정보를 획득할 수 있어 해저 탐사나 해저면 유적 및 침선 탐사에 많이 활용되고 있다.

**영상화된 해저지형**



**3차원 지형도로 그려진 해저 지형도**



<그림 7> 사이드 스캔 소나 시스템을 이용해 영상으로 표현한 해저지형

### 2.2.3 멀티빔 음향 측심기 (*Multi Beam Echo Sounder*)

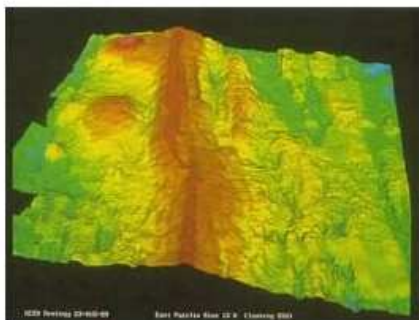
멀티빔 음향 측심기는 송파기로부터 좌우, 전후 방향으로 부채모양의 초음파 펄스를 발신한다. 해저로부터의 반사음은 선저에 설치된 40개의 수신기에 수신되어 이것을 전후 방향, 좌우 방향의 16개의 빔으로 분할한다. 이렇게 송신파와 수신파를 합성하면  $2.7^{\circ} \times 2.7^{\circ}$  범위의 예리한 16개의 빔이 동시에 얻어지므로 광범위한 지역에 걸쳐서 고밀도의 해저 지형도가 단시간에 제작된다.



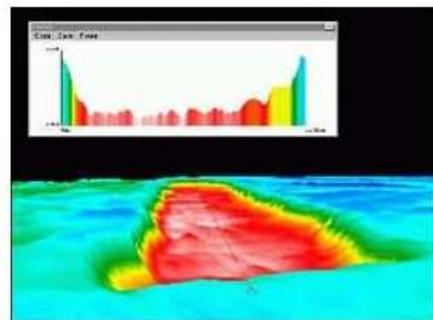
<그림 8> 멀티빔 음향측심기

<그림 8>은 멀티빔 음향측심기의 장비 구성과 모식도이다. 멀티빔 음향측심기의 경우 한 번에 넓은 범위의 해저 지형 정보를 수신할 수 있고 <그림 9>와 같이 해저지형에 대한 상세한 결과물을 얻을 수 있어 아주 유용한 장비임에 틀림 없으나 장비 가격이 고가이고 그 결과물이 해저 지형도에 그치므로 수신된 데이터를 해양 GIS정보와 통합하여 활용하려는 본 연구 목적에 맞지 않는 것으로 판단된다. 그리고, 실제 장비를 구매하여 시스템을 구축해야 할 때 선저에 다량의 수신기를 장착하는 작업이 까다롭기 때문에 해저수심정보를 손쉽게 수집 분석하려하는 본 연구목적에는 맞지 않는 것으로 판단된다.

**3차원 지형도로 그려진 해저 지형도**



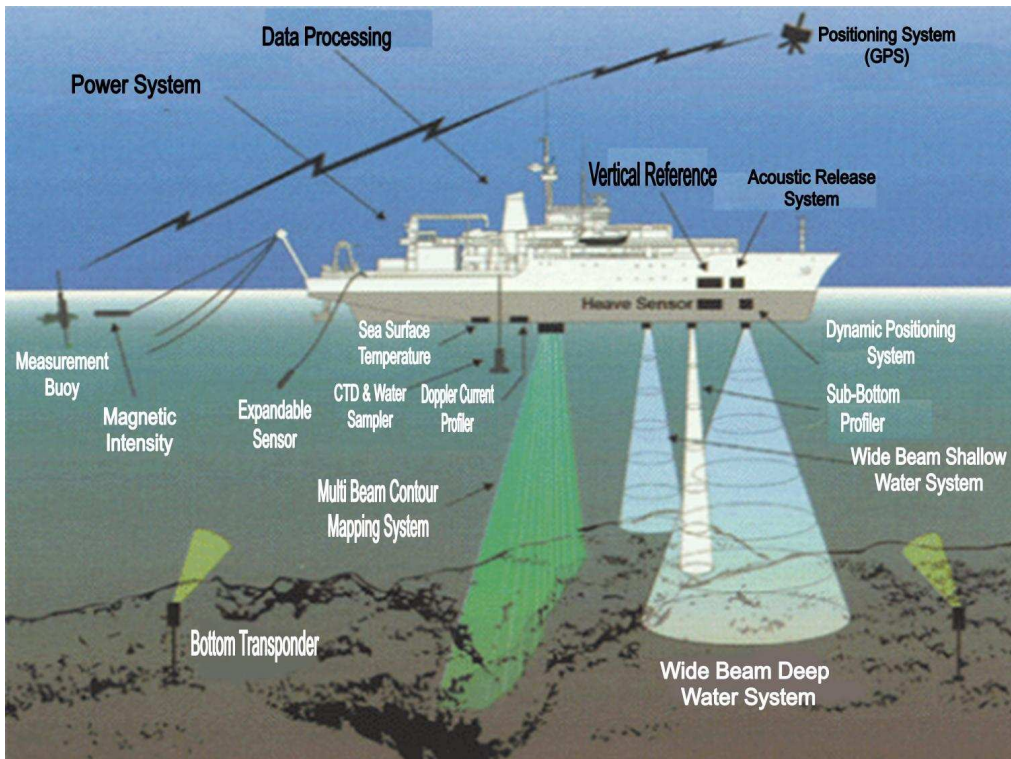
**3차원으로 영상화된 해저지형**



<그림 9> 멀티빔 음향측심기로 계측된 해저 지형자료 (3D)

## 2.2.4 현 해저수심정보 시스템의 평가

현재 해저수심정보시스템은 해저 수심 측량 시스템과 해저면 영상탐사 시스템으로 구성된다. 해저면 영상탐사는 측면주사음파탐지기를 이용하여 해저 지형을 직접 스캐닝한 후 영상 정보를 수집하는 것이며 해저 수심 측량 시스템은 단빔음파탐지기를 이용해 해저 수심 정보를 획득하여 데이터화 하는 시스템이다. 따라서 이번 연구는 해저 영상을 획득하는 방식이 아닌 해저 수심 자료를 수집하는 해저 수심 측량 시스템을 기준으로 현 해저수심정보 시스템을 분석하였다. <그림 10>은 현 해저수심자료 수집 시스템의 모식도로써 계측용 선박에 장착된 계측 장비를 기준으로 나타낸 것이다.



<그림 10> 현 해저수심자료 수집 시스템 개념도

## 가. 사용자의 고도의 기술이 요구되며 설치 및 운용이 어려움

현재 수심 측량은 대상 해역을 전역 탐사하는 경우가 많은데 이것은 다양한 장비개발과 기술 축적으로 비롯되었다. 멀티빔음향측심기가 도입되면서 방위센서, 모션센서, 유속관측기와 Real Time Kinematic DGPS(실시간이동DGPS) 5), RF-MODEM 등 무수히 많은 디지털 계측 장비가 사용되고 이러한 장비의 조정뿐 아니라 정확한 시각 기준 통합하기 위하여 복잡 다양한 실험 조정의 조정이 필요하다.

또한, 멀티빔음향측심기로부터 만들어지는 데이터 양은 기존 단빔음향측심기의 적게는 40배 많게는 1000배 이상이 되며, 이를 처리하기 위한 준중형급 CPU 및 그래픽 처리 성능을 보유한 컴퓨터가 필요하다.

기본적으로 자료처리를 위한 3차원 해저지형 모델 생성 및 래스터 영상처리를 위해서 수학, 음향학, 디지털 신호처리, 통계학, 컴퓨터 알고리즘, 측지학, 지도학, GIS, GPS, 해양학, 선박운동학 등에 대한 기초적인 지식이 필요하다.

## 나. 장비 및 소프트웨어가 고가임

기존의 해저수심정보 시스템의 경우 <표 1>과 같이 하드웨어 센서의 가격에서만 작게는 수천만원대에서 크게는 수억대에 이른다. 여기에 데이터를 처리하기 위한 시스템 및 설치비 그리고 전용선박 등을 고려하면 해저 수심정보를 획득하기 위한 비용은 쉽게 접근할 수 없는 영역으로 한정 짓게 된다. 따라서 기존의 전문적인 탐사 및 조사 업체가 아닌 해저 지형정보를 저렴하게 사용하여

5) 관측한 데이터를 컴퓨터로 계산하여 관측점에서 곧바로 기선벡터를 구할 수 있는 방식이다. 기준점에 설치한 GPS 수신기로부터 취득 계산된 데이터를 무선으로 이동용 GPS수신기에 전송시켜 실시간으로 이동점의 정확한 위치를 나타내게 한다. 보통 이용 가능한 거리로는 3-5km이나 무전기의 성능에 따라 좌우된다. 오늘날에는 PDA나 이동전화를 이용하여 더 넓은 지역을 측량하는 방법이 연구, 개발되고 있다.

사용처를 확대하고자 하는 입장에서 접근하기 어려운 부분이라 하겠다. 특별히 단빔음향측심기의 경우 일반용 즉 선박에서 어탐과 수심측정의 용도로 사용되는 어탐기의 경우 가격이 아주 저렴한 100만원대인 것을 알 수 있다.

<표 1> 해저수심정보시스템 가격 비교표 (단위, 만원)

장비구분 \ 제조사	A 사	B 사
단빔음향측심기(일반용)	150	100
단빔음향측심기(계측용)	10,000	9,000
멀티빔음향측심기	15,000	13,000
측면주사음파탐지기	8,000	5,000

#### 다. 데이터의 호환성 및 GIS 정보와의 통합처리의 문제점

사이드스캔소나의 경우 영상데이터를 통해 정보를 분석하는 형식이어서 수집된 데이터를 호환성 있게 사용하기 어렵다. 즉 해저 수심정보가 수치데이터로 수집되지 않아 데이터의 활용이 제한을 받게 된다. 여기에 기존 해저수심정보시스템이 단편적인 해저지형 분석에만 쓰이다 보니 해양 GIS정보 즉 전자해도 데이터와 통합되어 사용되지 못하고 있다. 따라서 사용자는 해저수심정보시스템에서 측정된 해저수심정보와 해양GIS 정보를 비교하기 어려운 것이다. 국립해양조사원에서 운용중인 해저수심정보 시스템의 경우 해양 GIS 데이터와의 호환은 문제가 없으나 시스템이 특정 목적에 한정되어 일반적으로 사용하기 어렵다. <그림 11>은 이상에서 살펴본 바와 같은 문제점을 통합하여 도시한 것이다.



<그림 11> 현 해저수심정보시스템의 문제점

## 2.3 해저수심정보시스템의 개선 방안

<표 2> 해저수심정보시스템 장단점 비교

제조사 장비구분	장 점	단 점
단빔음향측심기(일반용)	가격이 저렴함	계측값이 정확도가 떨어짐, 계측 효율이 떨어짐
단빔음향측심기(계측용)	심해의 수심 측량 가능	고가의 가격, 계측 효율이 떨어짐
멀티빔음향측심기	넓은 영역의 정확한 수심정보를 획득함	고가의 가격, 설치가 어려움
측면주사음파탐지기	해저의 정밀한 영상정보를 획득함	운용이 어렵고 수치정보를 활용할 수 없음

<표 2>에 나타낸 것과 같이 장비 가격이 낮은 경우에는 계측정도가 떨어지며, 정도를 높이게 되면 장비 가격이 높아지는 것을 알 수 있다. 기술적인 발전의 결과 해저 지형 정보에 대한 정밀한 측량치와 평가치를 획득하게 되었지만 <표 2>와 같이 그 데이터의 활용도에 있어서 누구나 쉽게 접근하여 사용하지 못하

고 있는 상황이며 데이터의 수집 또한 고가 장비와 복잡한 운용으로 인해 어려움이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존 측량 시스템이었던 저렴한 단범음향측심기를 이용하여 GPS 안테나와 해저수심자료계측시스템용 노트북으로 구성되는 ENC기반의 해저수심정보 계측 및 분석 시스템을 구축하였다.

ENC기반의 해저수심정보 계측 및 분석 시스템은 해저지형정보를 필요로 하는 사용자층 즉, 준설선 운영업체, 해양 토목 관련 업체, 해양 토목 관련 용역의 발주 및 관리 감독을 책임지는 해양수산청 등이 요구하고 있다. 이들은 특정한 해역에 대해 간단히 해저 수심 정보를 획득하길 원하고 얻어진 수심정보를 그들이 작업에 관련된 도면이나 해도에 표시하길 원한다. 그리고 해저수심정보를 기반으로 한 3차원 해저 지형도를 참고 할 수 있으면 더욱 정확한 업무 진행을 기대할 수 있다. 기존 사용자들의 해저 지형정보 획득 방법은 해도를 이용하는 방법 외에는 직접 줄자를 이용해 수심을 측심하여 종이에 기재하는 방법 밖에 없었다. 해도의 수심은 현실적으로 주요 항로가 아닌 이상 자세한 측량치가 들어가 있지 않는 것이 현실이다. 따라서 기술적으로 데이터의 정밀도는 떨어진다고 하더라도 일정해역에 대해 직접 장비를 장착한 선박을 운행하기만 하여도 해당 해역의 수심 정보와 해저 지형 정보를 획득할 수 있는 ENC기반의 저가형 해저수심정보 계측 및 분석시스템 개발이 필요한 것이다.



# 제 3 장 ENC기반의 해저수심정보 계측 및 분석 시스템 개발

해저수심자료 수집 및 3차원 해저 지형 생성 시스템은 하드웨어적으로는 단빔 음향측심기와 DGPS 그리고 노트북으로 구성되었으며 소프트웨어적으로는 해저수심정보 계측시스템과 해저수심정보 분석 시스템으로 구성된다. 시스템은 해저수심 정보를 정확하고 연속적으로 입력받기 위해 단빔음향측심기로부터 NMEA(National Marine Electronics Association) 01836) 포맷의 수심 데이터를 RS232통신<sup>7)</sup>을 통해 연속적으로 수신하고 GPS로부터 수신된 위치정보와 융합하여 ENC기반의 해저수심정보 계측 시스템에 표시 저장한다.

본 장에서는 ENC기반의 해저수심정보 계측 시스템의 개요와 개발내역에 대해 설명하고자 한다.

## 3.1 시스템의 개요 및 구성

### 3.1.1 개요

ENC 기반의 해저수심정보 계측 및 분석시스템은 준설선 작업등에서의 줄자를

---

6) National Marine Electronics Association의 약자로, 해양관련 장비의 인터페이스 프로토콜의 표준으로 사용되고 있다.

7) EIA(Electronic Industries Association)에 의해 규정되어 졌으며 그 내용은 데이터단말기(DTE: Data Terminal Equipment)와 데이터통신기(DCE: Data Communication Equipment)사이의 인터페이스에 대한 전기적인 인수, 컨트롤 핸드셰이킹, 전송속도, 신호 대기시간, 임피던스 인수등을 정의하였으나 전송되는 데이터의 포맷과 내용은 지정하지 않으며 DTE간의 인터페이스에 대한 내용도 포함하지 않는다.

이용한 해저 수심자료 수집 방법을 자동화된 시스템으로 제작함과 동시에 수집된 해저 수심 데이터를 기반으로 한 3차원 해저 지형 생성 프로그램으로 기능 확대를 해야 한다. 해저 수심 자료를 수집하는 과정에서 되도록 조사자의 수고를 들이지 않고 해저 수심 자료를 수집할 수 있어야 하며 이렇게 수집된 해저 수심 자료에 대해 신뢰성 있는 분석 결과를 표시할 수 있는 시스템의 개발이 요구된다.



<그림 12> 해저수심자료 수집 시스템 구성도

<그림 12>는 해저수심자료 수집 시스템의 구성도를 도시한 것이며 해저수심 자료 수집 시는 다음과 같은 절차로 진행된다.

- ① 단빔음향측심기와 DGPS를 가동
- ② 노트북의 해저수심자료 수집 프로그램을 실행
- ③ 통신 포트를 설정
- ④ 수집 해역을 해당 해도에서 설정

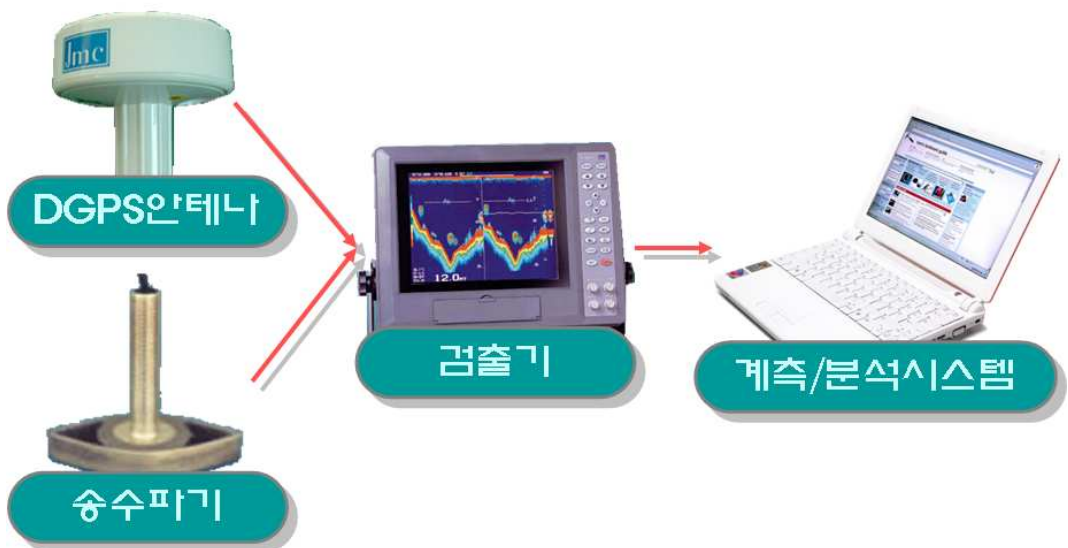
⑤ 수집영역의 격자(Mesh)설정을 통해 몇 개의 칸과 몇 m의 크기를 가지는 격자를 설정할지를 정하게 된다.

⑥ 수심에 따른 데이터영역의 색상을 설정

이렇게 설정이 끝나게 되면 배가 이동함에 따라 해당 격자에 해당하는 수심이 자동으로 채워지게 되고 이렇게 수신된 데이터를 DB로 저장되어 이후에 데이터를 활용할 수 있도록 설계하였다. 본 시스템은 이동이 용이하고 설치가 간단하도록 설계하여 누구나 쉽게 해역의 수심 및 해저 정보를 획득하고 분석할 수 있도록 하였다.

### 3.1.2 H/W 구성

#### 3.1.2.1 시스템의 구성



<그림 13> H/W 구성도

해저수심정보계측 및 분석 시스템의 H/W구성은 <그림 13>의 구성도와 같다. 위치센서인 DGPS 안테나와 수심센서인 송수파기가 검출기에 연결되고 검출기는 해저수심정보 계측 및 분석 시스템이 설치된 노트북에 연결된다. 센서로부터 수신되어 저장된 데이터는 프로그램의 화면상에 즉시 나타나며 해도상의 격자모양의 데이터 시트위에 숫자와 색깔로 채워지도록 하였다. 본 연구에 사용된 H/W구성의 상세는 다음과 같다.

#### 가. DGPS안테나

DGPS 안테나는 위치센서로써 위성으로부터 현재 위치를 수신하는 역할을 한다. 본 연구에 사용된 GA-770 GPS안테나이며 중량은 220g이며 주파수는 1575.42 +/- 1.023MHz 이며 입력전원은 4~6 V DC를 사용한다. <그림 14>는 사용된 DGPS 안테나의 사진이다.



<그림 14> DGPS 안테나

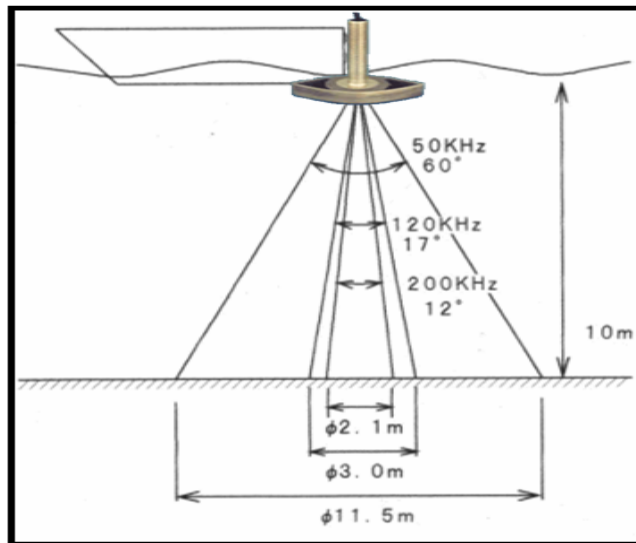
#### 나. 송수파기

송수파기는 수심센서로써 해저 수심을 측정하는 역할을 한다. 본 연구에 사용된 Model 201 송수파기로 주파수는 50-200kHz를 사용한다. 출력은 300W이다. <그림 15>는 사용된 송수파기의 사진이다.



<그림 15> 송수파기

<그림 16>은 초음파 송수파기의 탐지거리를 주파수별로 도시한 것이다. 수심 10m를 기준으로 주파수별 지향각과 탐지거리를 나타낸다.



<그림 16> 초음파 송수파기 탐지거리 분석

<표 3> 주파수와 지향각 및 탐지범위의 관계 (300W 출력기준)

주파수	지향각	탐지범위 (수심10m)	측심능력
200KHz	12도	직경 약 2.1m	약 100m
120KHz	17도	직경 약 3.0m	약 200m
50KHz	60도	직경 약 11.5m	약 300m

초음파의 속도는 수중에서 매초 약 1500m로 전파되고 그 반사파도 전달되는 성질을 갖고 있으며 어선이나 보트에 사용하는 주파수는 50kHz와 200kHz가 주류를 이루고 있다. 단빔음향측심기에서 발사되는 초음파는 일초 당 많게는 수십 번씩의 초음파를 발사하게 되는데 주파수에 따라 발사되는 초음파의 각도(지향각)가 달라진다. 주파수가 높을수록 높은 출력으로 좁은 각도를 정밀하게 탐색이 가능하지만 그 경우는 초음파가 깊은 곳까지 도달하지 못하며, 반대로 주파수가 낮으면 낮은 출력으로 넓은 각도를 광범위하게 탐색하지만 정밀식별능력은 떨어지되 깊은 곳까지 초음파가 도달하는 특성을 지니고 있다. <표 3>에서와 같이 각각의 주파수는 나름대로의 지향각이 있는데 50kHz 주파수의 경우는 대략 60도 전후이고 200kHz라면 대략 12도 전후이다. 탐지범위는 50kHz의 경우 수심 100m바닥의 반경 65m범위를 탐지하고 200kHz의 경우는 반경 12m범위가 된다.

#### 다. 검출기

검출기는 DGPS의 위치 신호와 송수파기의 수심신호를 처리하여 NMEA 포맷으로 변환하여 해저수심정보 계측 및 분석 시스템으로 보내주는 역할을 한다. 검출기로 사용된 모델은 V3002 어탐기이며 10.4인치 TKT LCD를 사용하며 사

용주파수는 50-20kHz이다. 송신출력은 2kW이며 화면표시 수심은 2.5-1000m 이다. 그리고 수심측정은 분당 30회에서 120회까지 수심범위에 따라 자동 조정된다. <그림 17>은 본 연구에 사용된 검출기 사진이다.



<그림 17> 검출기

#### 라. 조사/분석시스템

조사/분석 시스템은 검출기로부터 수심정보 및 위치정보를 수신하여 설치된 S/W를 이용하여 데이터를 수집하여 분석하는 장비로써 노트북을 사용하였다. 모델은 삼보 에버라텍 4200 시리즈로 일반적인 Pentium 4 노트북이며 13.3인치 LCD를 사용한다. <그림 18>은 조사/분석시스템으로 사용된 노트북의 사진이다.



<그림 18> 조사/분석시스템

### 3.1.2.2 NMEA 0183 신호방식

단빔음향측심기와 컴퓨터를 연결하여 NMEA 0183 형식으로 전송되는 수심정보를 받을 수 있도록 하였다. NMEA 0183 형식이란 주로 해상에서 사용하는 전자장비 간의 신호를 교환할 수 있도록 신호의 형식을 표준화한 것으로서, 순서대로 그 장비에서 발신하는 신호에 대한 정보를 담고 있으며, Sentence라 불리는 텍스트 기반의 라인들로 구성되어 있다. 데이터 전송 속도는 4800bps이고 데이터 갱신은 장비에서 자동으로 설정되는데 보통 1초에서 3초사이이며 장비마다 차이가 있다. <그림 19>는 수신되는 NMEA 데이터를 표시한 것으로 위치데이터인 GPGGA, GPRMC와 수심데이터인 SDDPT로 구성되어 있음을 확인할 수 있다.



<그림 19> 수신된 NMEA0183포맷의 데이터 예

수신되는 NMEA신호를 위치신호와 수심신호로 구분하여 내용을 살펴보면 아래와 같다.



## 가. 위치신호

위치신호의 NMEA 데이터 수신예이다. 예를 통해 수신내용을 확인해보면 다음과 같다.

```
$GPGGA,114455.532,3735.0079,N,12701.6446,E,1,03,7.9,48.8,M,19.6,M,0.0,0000*48
$GPGSA,A,2,19,25,15,,,,,,,,,21.5,7.9,20.0*32
$GPGSV,3,1,10,03,86,244,00,19,51,218,38,16,51,057,00,07,40,048,00*77
$GPGSV,3,2,10,13,34,279,00,23,33,236,00,15,29,076,40,25,25,143,38*71
$GPGSV,3,3,10,21,18,051,,27,12,315,*77
$GPRMC,114455.532,A,3735.0079,N,12701.6446,E,0.000000,121.61,110706,*,*0A
```

데이터의 형식은 \$로 시작해서 GP로 시작하는 NMEA코드이름, 그리고 데이터와 맨 마지막에 \*??의 Check Sum 그리고 혹은 “,”로 끝난다(“,”은 줄바꿈을 뜻한다). GPS 위치데이터는 총 4가지의 NMEA코드를 출력하는데 \$GPGGA, \$GPGSA, \$GPGSV, \$GPRMC이다. 그리고 뒤의 데이터는 모두 comma ( , )로 구분되어 있다. 본 연구에 사용된 DGPS에서 나오는 코드는 \$GPGGA, \$GPRMC 2가지이다.

### ***GPGGA (Global Positioning System Fix Data)***

\$GPGGA는 Fix Data라고 하는데, 여기에서 주로 알 수 있는 것은 시간, 위도, 경도, 고도 등이다.

```
$GPGGA,114455.532,3735.0079,N,12701.6446,E,1,03,7.9,48.8,M,19.6,M,0.0,0000*48
```

- 114455.532는 시간으로서 GMT(그리니치 표준시) 기준으로 11시 44분 55.532초를 뜻한다.

\$GPGGA,114455.532,3735.0079,N,12701.6446,E,1,03,7.9,48.8,M,19.6,M,0.0,0000\*48

- 3735.0079는 위도로서 37도 35.0079분을 뜻하며 N은 북위를 나타낸다.

\$GPGGA,114455.532,3735.0079,N,12701.6446,E,1,03,7.9,48.8,M,19.6,M,0.0,0000\*48

- 12701.6446은 경도로서 127도 1.6446분을 뜻하며 E는 동경을 나타낸다.

\$GPGGA,114455.532,3735.0079,N,12701.6446,E,1,03,7.9,48.8,M,19.6,M,0.0,0000\*48

- 1은 fix종류를 뜻하는데 상업용 GPS가 가지는 오차 15m를 보정하는게 DGPS이다. 지상의 특정하고 정확한 곳에 GPS기지국을 설치하고 여기에서도 신호를 쏘아 보내는 것이다. 그러면 오차가 5m이내로 줄어들게 된다.

0 이면 유효하지 못한 데이터라는 의미

1 이면 GPS 위성신호만으로 계산

2 라면 DGPS도 사용하여 계산

\$GPGGA,114455.532,3735.0079,N,12701.6446,E,1,03,7.9,48.8,M,19.6,M,0.0,0000\*48

- 계산에 사용한 위성의 개수인데, 최소한 3개 이상의 신호를 받아야 한다.

\$GPGGA,114455.532,3735.0079,N,12701.6446,E,1,03,7.9,48.8,M,19.6,M,0.0,0000\*48

- 고도 정보인데 미터법으로 환산했을 때 48.8m라는 것이다.

(평균해수면기준)

\$GPGGA,114455.532,3735.0079,N,12701.6446,E,1,03,7.9,48.8,M,19.6,M,0.0,0000\*48

- 지구를 모델링할 때에, 구형으로 모델링할 수도 있고 타원체로 모델링할 수도 있다. 타원체로 모델링할 경우에 지표면상에서 정확한 위치를 구하기 위해서 (위도, 경도, 고도를 x,y,z로 고친다는 뜻) 구형과 타원체가 얼마나 차이가 나는지, 지표면에서 얼마나 높게 있는지 그 정보를 알 필요가 있다 이것은 그 높이이다.

\$GPGGA,114455.532,3735.0079,N,12701.6446,E,1,03,7.9,48.8,M,19.6,M,0.0,0000\*48

- DGPS를 사용했을 경우 마지막으로 update한 시간과 DGPS 기지국의 ID이다.

\$GPGGA,114455.532,3735.0079,N,12701.6446,E,1,03,7.9,48.8,M,19.6,M,0.0,0000\*48

- check sum이다.

### *GPRMC (Recommended Minimum data)*

Recommended Minimum data 라고 하는데 GPS를 이용한 위치 파악에 필요한 최소한의 데이터를 정한 것이다. 따라서 GPRMC만으로 위치 및 이동 방향 그리고 이동 속도에 대한 정보를 받을 수 있다.

\$GPRMC,114455.532,A,3735.0079,N,12701.6446,E,0.000000,121.61,110706,010,\*0A

- 시간을 의미한다. GMT 기준으로 11시 44분 55.532초

\$GPRMC,114455.532,A,3735.0079,N,12701.6446,E,0.000000,121.61,110706,010,\*0A

- 지금 현재 출력되는 값이 유효한 값인지 아니면 유효하지 않는 값인지를 나타내는데 A라면 유효하고 V라면 유효하지 않다.

\$GPRMC,114455.532,A,3735.0079,N,12701.6446,E,0.000000,121.61,110706,010,\*0A

- 위도와 경도는 GPGGA와 동일하다.

\$GPRMC,114455.532,A,3735.0079,N,12701.6446,E,0.000000,121.61,110706,010,\*0A

- Speed over ground 즉 대지속력으로 knots 단위의 속도이다.

\$GPRMC,114455.532,A,3735.0079,N,12701.6446,E,0.000000,121.61,110706,010,\*0A

- 선박의 이동방향을 진방위로 표현한 것으로 121.61도를 나타낸다.

\$GPRMC,114455.532,A,3735.0079,N,12701.6446,E,0.000000,121.61,110706,010,\*0A

- 날짜로써 2006년 7월 11일을 뜻한다.

\$GPRMC,114455.532,A,3735.0079,N,12701.6446,E,0.000000,121.61,110706,010,\*0A

- 북쪽을 0으로 한 magnetic variation 방위이다.

\$GPRMC,114455.532,A,3735.0079,N,12701.6446,E,0.000000,121.61,110706,010,\*0A

- 데이터 끝 (Checksum)이다.

## 나. 수심 신호

단빔음향측심기의 출력단자로부터 NMEA 방식에 따라 의미별로 신호가 전송되는데 Sentence의 앞머리엔 \$자가 붙으며 그 입력되는 신호 중에서 해저 수심자료 수집 시스템에 사용되는 Depth Data(SDDPT)신호의 형식은 다음과 같다.

\$SDDPT,xxx.x,,yyy.y\*CS:

xxx.x : 수심 (Meter)

yyy.y : 센서 깊이 (Meter)

\*CS : 데이터 끝

\$SDDPT,14.5,,000.0\*79

- 14.5 : 수심 14.5m

- 000.5 : 센서깊이 0m

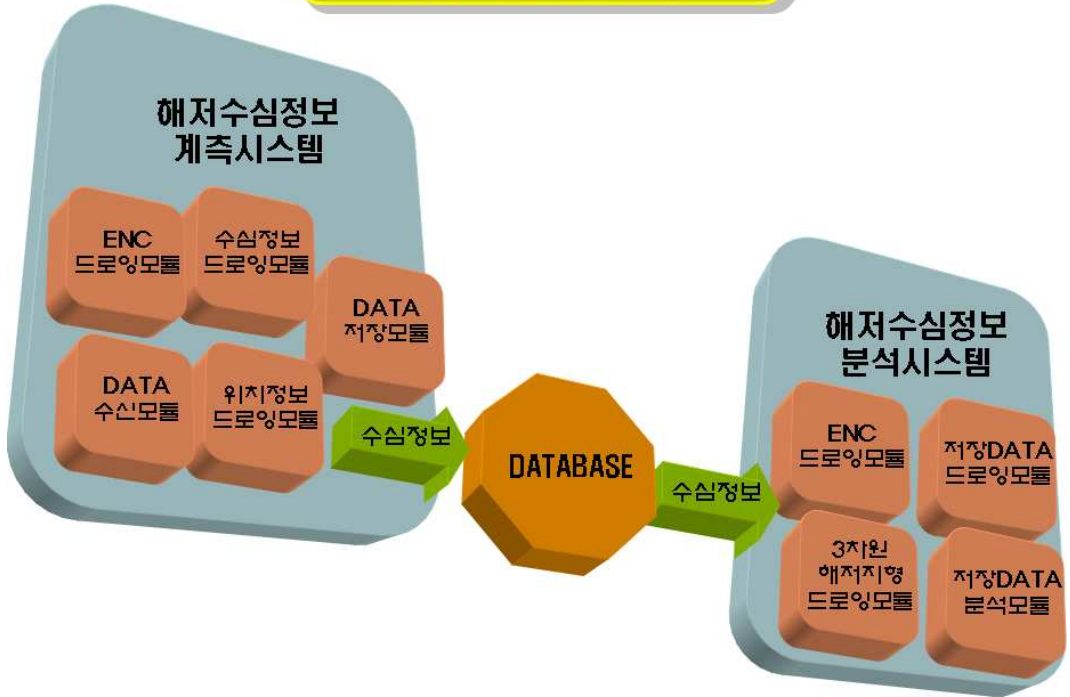
-\*79 : 데이터 끝 (Checksum)

### 3.1.3 S/W의 구성

#### 3.1.3.1 S/W 시스템 구성

S/W 시스템 구성은 <그림 20>에서 보는바와 같이 크게 해저수심정보 계측시스템과 해저수심정보 분석시스템으로 구성된다. 해저수심정보 계측시스템은 센서와 연결되어 수심데이터를 위치데이터와 연동하여 수집하여 DATABASE에 저장하는 시스템이고 해저수심정보 분석시스템은 저장되어진 해저수심데이터를 전자해도위에 표시하고 분석하거나 OpenGL기반의 3차원 해저지형생성 프로그램에서 해저지형을 드로잉하고 분석하는 시스템이다.

## S/W 시스템 구성



<그림 20> S/W 시스템 구성도

### 3.1.3.2 SYSTEM DATA FLOW

## 시스템 Data Flow



<그림 21> S/W 시스템 데이터 흐름도

시스템 DATA의 흐름은 <그림 21>에서 보는 바와 같이 센서 즉 DGPS에서 수신된 위치데이터와 송수파기로부터 수신된 수심정보가 NMEA0183 포맷으로 <그림 20>에서와 같이 해저수심정보 계측시스템의 DATA 수신모듈로 들어가게 된다. DATA 수신모듈에서 해당데이터는 수심정보 드로잉 모듈에 의해 표시되고 DATA저장 모듈에서 배열로 처리되어 저장된다. 이때 저장 DATA의 헤더에는 해당 수심 저장 영역의 위치정보와 수심 정보를 저장하기 위한 격자창의 정보를 담게 된다. 이렇게 저장된 DATA파일(wda파일)을 해저수심정보 분석시스템으로 불러와서 ENC 즉 전자해도 위에 드로잉하거나 3차원 해저지형도로 드로잉하게 된다.

### 3.1.3.3 시스템 데이터베이스 유형

ENC 기반의 해저수심정보 계측 및 분석시스템에서는 단빔음향측심기에서 전송되어진 수심 정보를 통해 해당 지점의 수심 데이터를 화면에 표시한다. 이때 미리 설정되어진 수심 값에 따른 색상 설정에 따라 해당 지점의 격자에 색이 채워지게 된다. 데이터를 수집하기 전 설정사항에서 미리 어느 범위에 어떤 형태의 격자를 이용하여 자료를 처리할 것인지를 설정하게 된다. 이러한 과정은 데이터를 손쉽게 처리하기 위해 수집된 데이터를 배열로 처리하기 위해 필요한 것이다. 이 격자정보는 데이터의 헤더 부분에 수집 영역의 대표좌표 즉 격자설정 가운데 좌표(WGS84기준 경위도 좌표)와 가로 세로 몇 개의 좌표를 설정할 것인지 그리고 각 격자의 가로 세로 길이는 어떻게 되는지의 정보를 담게 된다. 이렇게 설정된 격자 DB에 선박이 지나가면서 수집된 수심 정보를 채워 배열로 처리하여 저장하게 된다. 이 DB는 이후에 3차원 해저지형 시스템에도 사용된다. 그리고 해저수심자료 계측시스템은 국립해양조사원의 S-57 전자해도를 기반으로 하여 수집된 수심 정보를 표시하게 되어 기존 해도 정보의 활용도 가능하다.

그리고 데이터 수집시 격자에 해당되는 수심정보의 최신 정보를 항상 갱신하도록 설계하여 선박이 이미 수집된 지역을 다시 지나가게 되더라도 데이터베이스의 관리에는 전혀 문제가 되지 않는다. <그림 22>은 wda포맷으로 저장된 수심데이터의 구조 및 내용이다. 처음 7행까지의 정보가 헤더정보이고 8행부터 정의되어진 행과 열갯수 대로 수심정보가 배열로 저장되어 있다. 즉 헤더의 6행과 7행에 21이라는 숫자는 각각 가로와 세로의 격자 수이며, 가로 21칸, 세로 21칸으로 나누었다는 것을 의미한다. 각 칸에서 해당 수심이 입력되어 있는데 <그림 22>의 예제에는 임의의 수심값을 입력한 것이다.



```

10
35.074083
129.089350
50.000000
50.000000
21
21
18 94 96 15 94 70 67 3 63 22 82 48 35 58 36 72 16 32 10 95 37
27 39 17 72 86 16 79 77 39 97 96 70 11 93 10 88 26 51 87 51 2
9 73 10 29 50 58 77 36 14 7 14 55 77 35 93 53 77 15 19 94 75
41 97 16 56 93 71 86 23 14 31 4 66 77 18 95 14 99 5 99 95 60
51 50 4 36 47 38 39 57 67 27 76 41 92 95 11 86 37 18 35 43 16
54 93 92 20 54 17 65 56 44 39 91 68 9 96 87 94 20 91 3 30 87
55 86 73 9 6 4 67 42 20 46 83 81 56 79 65 63 83 67 18 1 55
59 38 11 69 33 58 46 9 45 90 67 77 44 98 17 13 23 89 34 78 8
71 88 82 57 11 30 79 61 11 32 10 92 43 58 9 29 99 69 96 33 53
54 77 61 50 89 91 16 80 85 20 56 55 77 81 10 4 82 81 84 87 70
60 38 52 36 83 75 5 45 45 13 34 87 36 95 16 23 28 82 98 44 63
62 41 22 94 15 35 37 2 15 66 54 23 82 18 87 29 15 32 97 72 96
0 89 37 50 82 92 69 81 20 44 98 47 68 0 48 79 12 25 34 47 33
22 36 63 71 68 56 10 37 23 52 83 37 5 73 36 95 72 14 38 3 38
58 70 72 23 96 66 90 35 36 14 34 84 62 85 29 94 51 91 2 17 81
73 72 31 12 47 7 39 54 36 86 33 14 39 57 43 81 9 47 75 81 98
19 54 55 13 86 0 74 6 16 84 16 58 89 51 61 54 30 41 70 19 24
88 47 42 91 75 4 26 66 5 12 59 70 78 23 5 24 1 59 80 64 24
69 59 16 37 33 6 80 29 37 96 87 82 45 40 42 45 88 8 87 36 82
99 65 12 71 52 70 6 44 16 29 81 75 58 97 76 83 25 1 24 16 34
30 48 67 76 42 11 18 96 62 37 15 36 18 10 91 67 4 40 13 26 58

```

<그림 22> 수심 데이터베이스 내용 및 구조

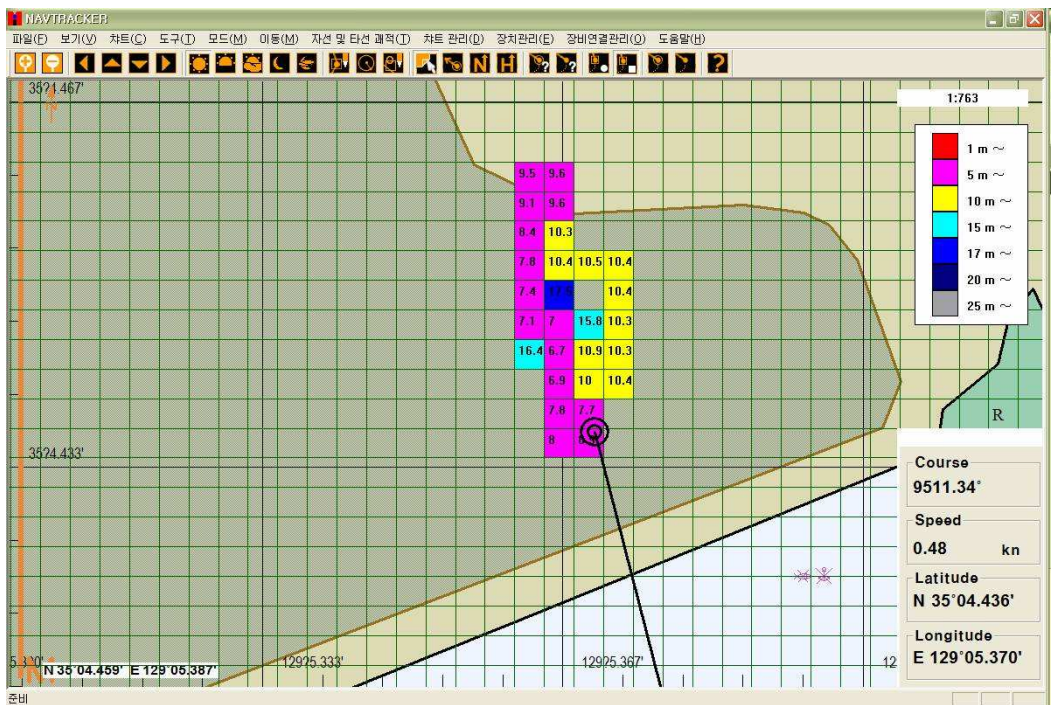
3차원 지형 생성 프로그램의 경우 해저수심자료 계측시스템에서 저장된 격자형 데이터를 이용하여 대상 해역의 해저지형을 드로잉 한다. 3차원 드로잉은 OpenGL기술을 이용하여 격자 구조의 데이터를 Polygon으로 드로잉 한다.

## 3.2 시스템 개발 내용

### 3.2.1 ENC기반의 해저수심정보 계측 S/W 개발

#### 3.2.1.1 개요

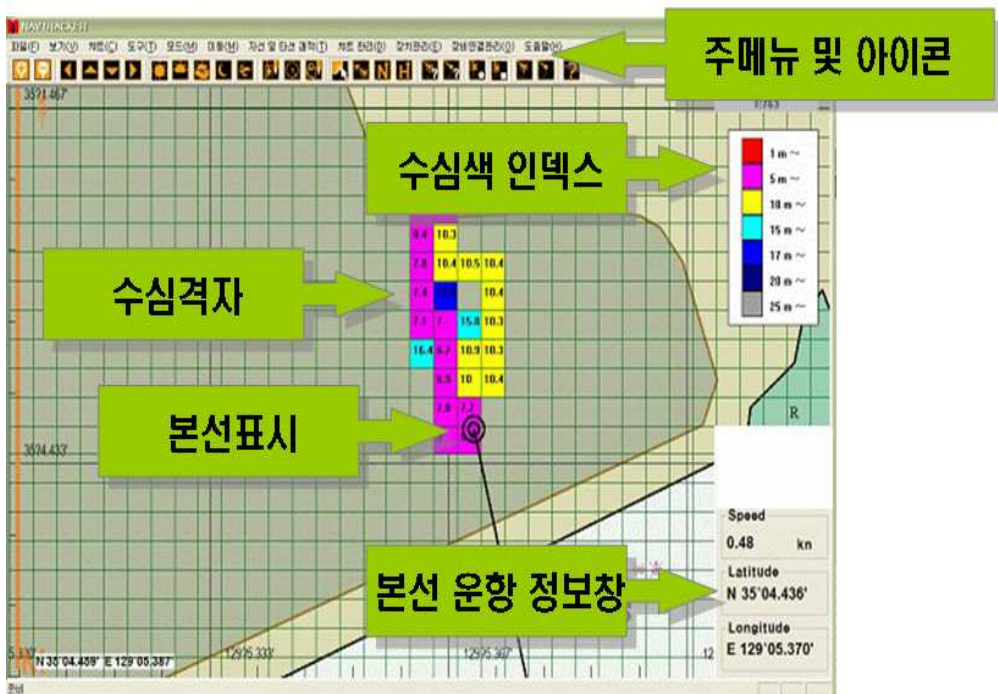
해저수심정보 계측 S/W는 ENC를 드로잉하고 위치정보를 표시하는 기능이 구현되었으며 전자해도의 각종 설정이나 정보를 변경할 수 있는 기능들이 구현되었다. 그리고 외부 데이터를 수신할 수 있는 설정 기능이나 데이터의 초기 설정치를 입력하는 인터페이스와 수신된 데이터를 표시하는 기능들로 구성되어 있다. 해저수심정보 계측 프로그램의 화면은 <그림 23>과 같다.



<그림 23> 해저수심자료 수집 S/W의 메인 화면

### 3.2.1.2 S/W 구성 및 구현

<그림 24>의 계측 시스템 전체화면 구성도에서 보는 바와 같이 상단에는 메뉴가 구성되고 주요 기능들을 편리하게 사용할 수 있는 아이콘들이 메뉴 아래 배치되었다. 프로그램 메인창은 국립해양조사원에서 발간된 S-57 전자해도를 드로잉 하도록 하였다. DGPS에서 수신된 위치 정보를 이용해 현재 선박의 위치를 표시한다. 메인창의 왼쪽하단에는 커서의 위치를 표시하는 정보창이 있고 오른쪽에는 선박의 위치 정보창과 수심색 인덱스가 배치되었다.



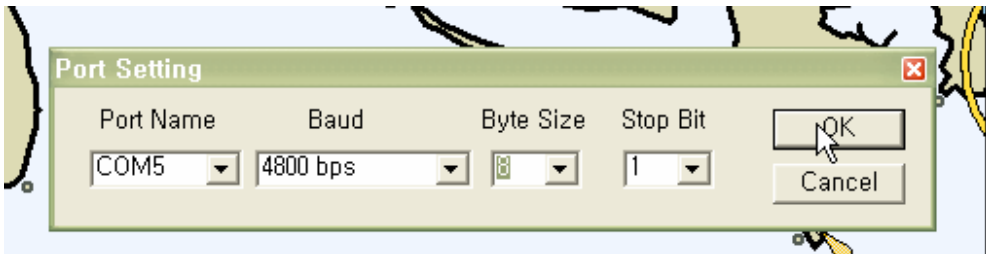
<그림 24> 계측 시스템 전체화면 구성

### 가. 해저수심정보 계측 프로그램의 설정

데이터를 수집하기에 앞서 해저수심정보 계측 프로그램에 대한 설정을 해야 하는데, 먼저 단빔음향측심기와 DGPS의 데이터를 수신하기 위한 통신 포트를 <그림 25> 및 <그림 26>과 같이 설정해 준다. 단빔음향측심기와 DGPS를 연결한 후 장비의 RS232 시리얼 통신 설정 사항을 지정해 준다. 특별히 단빔음향측심기의 경우 전송속도가 4800bps, 데이터 크기는 8 Bytes이고 NMEA 포맷이다.

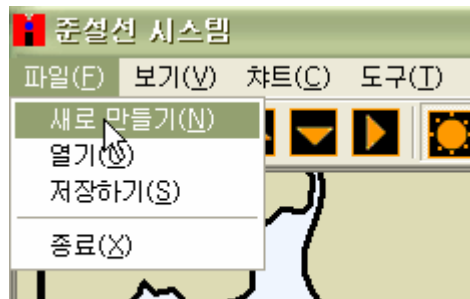


<그림 25> 장비연결관리 메뉴

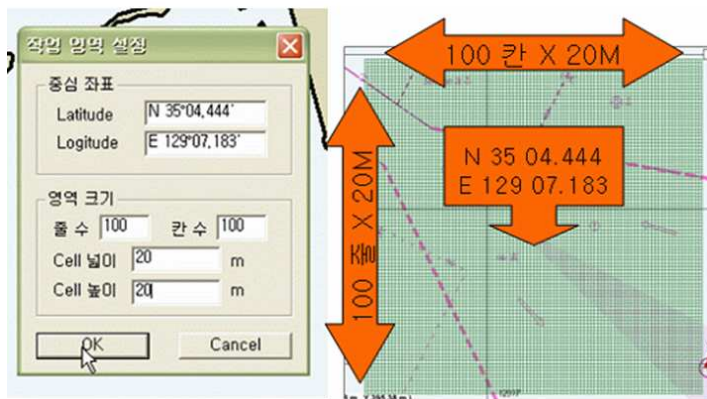


<그림 26> 포트 세팅 메뉴

데이터 수집을 위한 격자 설정을 위해 <그림 27>처럼 새로 만들기를 선택한다. 다음은 <그림 28>와 같이 대상 해역의 수집 영역을 정하고 수집 영역의 격자를 가로, 세로 각각 몇 칸으로 정할 것인지 그리고 격자의 크기는 가로, 세로 몇 m로 만들것 인지를 정한다. 해저수심정보 계측 프로그램의 경우 수집을 원하는 해역의 특정한 영역을 하나의 파일에 수심 데이터를 배열로 관리하도록 한다. 여기서 새로 만들기는 바로 수심 데이터를 저장하는 배열 파일을 새로 만드는 것이다. 설정값을 정하고 닫게 되면 기본 이름으로 메모리 상에 올려서 관리하게 되고 이후 저장하기를 통해 파일 고유의 이름을 부여받아 관리할 수 있도록 하였다. 이 파일은 이후에 다시 로딩하여 데이터의 덮어쓰기가 가능하다.

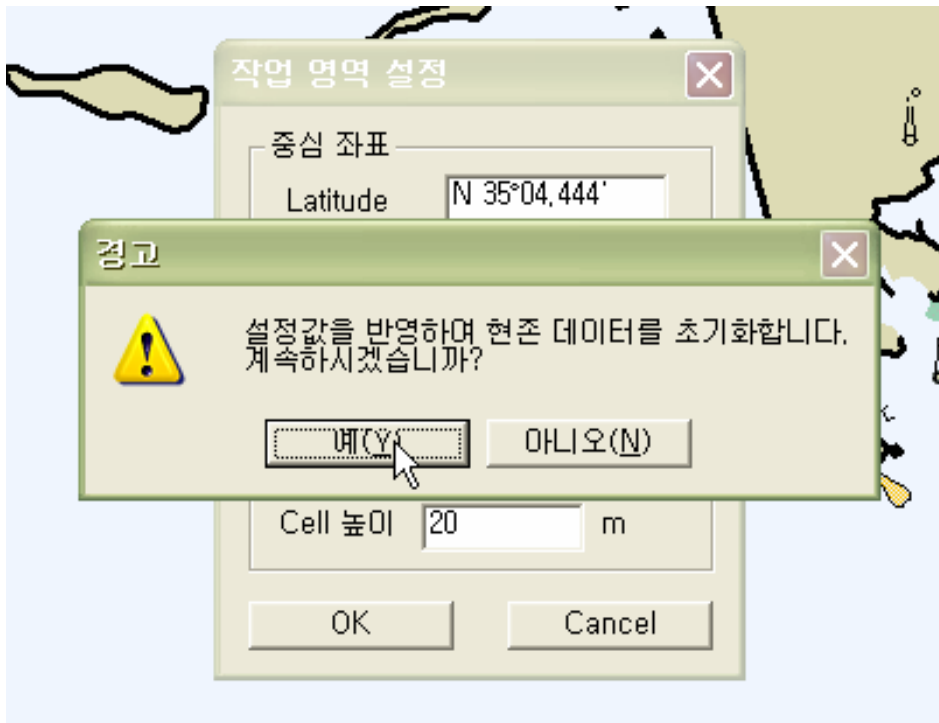


<그림 27> 새로 만들기 메뉴



<그림 28> 작업 영역 설정창 및 격자 설정 예

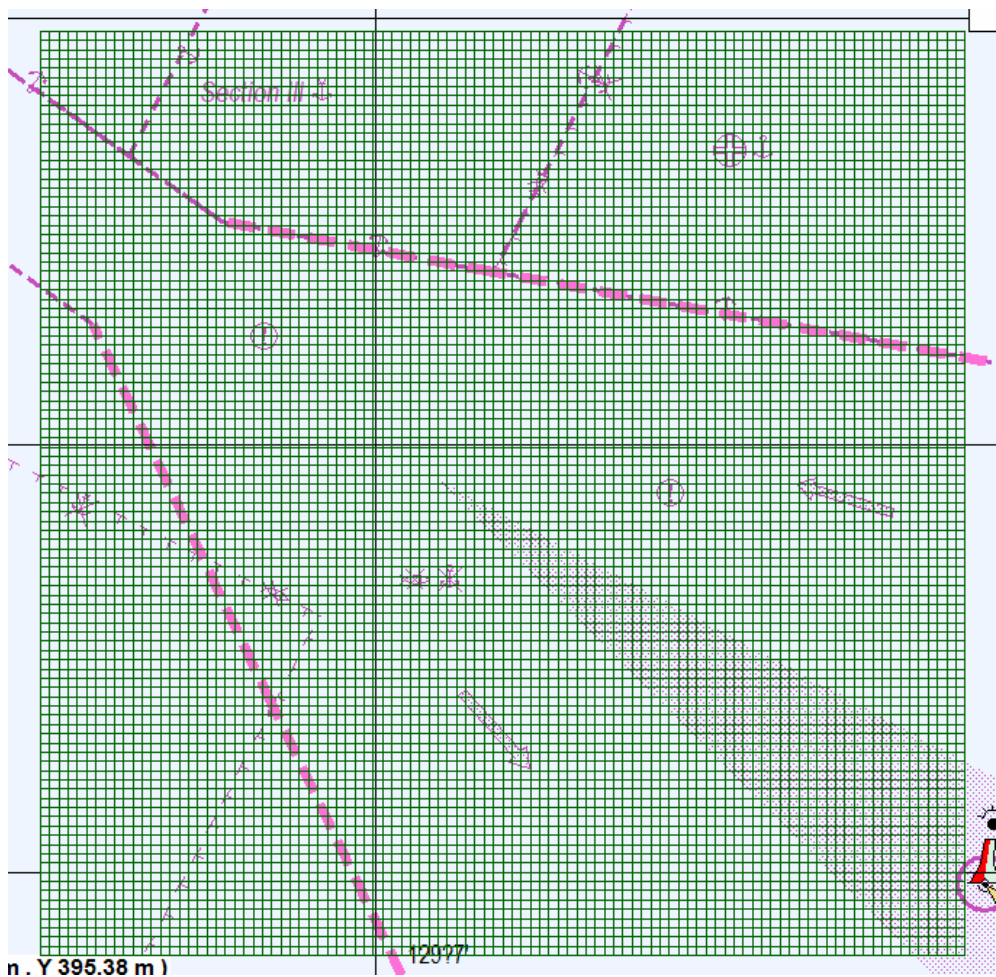
새로 만들기를 하고 나면 <그림 29>와 같이 작업 영역 설정창이 뜨는데 수심 값을 관리할 격자창을 설정하는 것이다. 설정내용은 격자의 중심 좌표를 입력하는 중심 좌표 입력란이 있고 격자 영역의 가로, 세로 격자 개수와 길이를 정하는 영역크기 입력 대화상자가 있다. 작업 영역 설정창의 설정이 끝나면 <그림 29>과 같이 확인창이 뜬다. 이 확인창은 현재 메모리상의 기본 파일을 초기화하여 설정된 값으로 새로 만든다는 의미이다. 혹 이전 작업을 진행하고 저장하지 않은 작업이 있다면 취소를 선택하고 저장기능부터 진행해야 된다. 그렇지 않다면 ‘예’를 선택하여 수심 데이터를 입력 받을 준비를 완료한다.



<그림 29> 파일 초기화 확인 메뉴

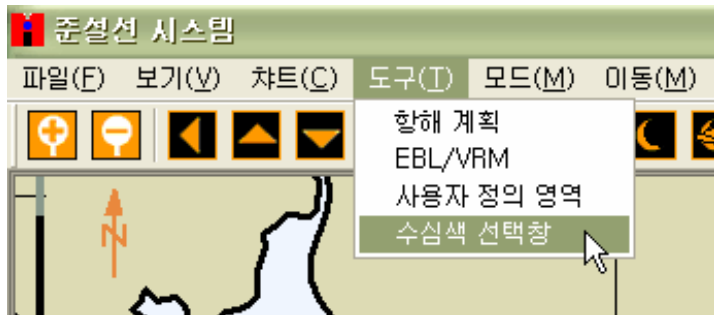
## 나. 해저수심정보 수집 프로그램의 실행

설정이 끝나면 <그림 30>과 같은 격자가 전자해도위에 드로잉 된다. 이 격자는 해도의 스케일이 확대, 축소됨에 따라 연동하여 드로잉 된다. 그리고 기본 바탕은 투명 처리하여 대상 해역의 주요 정보를 확인하면서 수집 작업을 진행할 수 있다. 현재 격자는 가로, 세로 각각 100칸으로 이루어져 있고 각 칸은 가로, 세로 10m의 크기를 가진다.

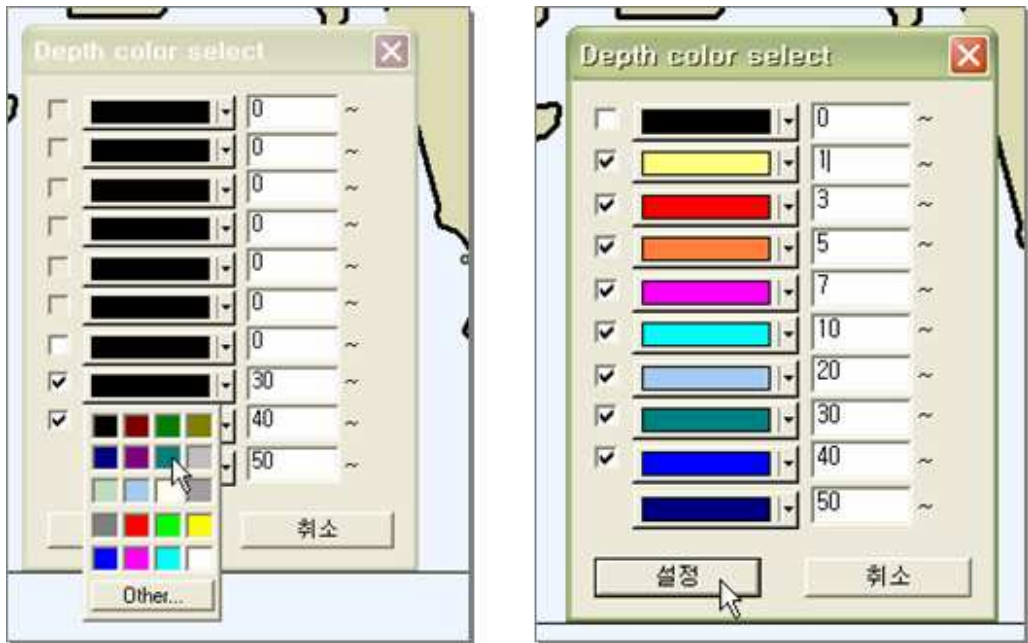


<그림 30> 데이터 격자창

데이터 수집이 시작되면 선박이 위치한 곳의 격자에 수신된 수심 데이터를 채워 넣게 된다. <그림 30>과 같이 저장되는 격자창의 수심 데이터는 배열로 처리되어 관리된다. 기본적으로 격자창의 배경은 투명 처리되지만 수심 정보를 입력받은 후에 원하는 색으로 채워 넣도록 설정하는 기능을 추가하였다. <그림 31>,<그림 32>의 도구메뉴의 수심색 선택창을 선택하면 된다.



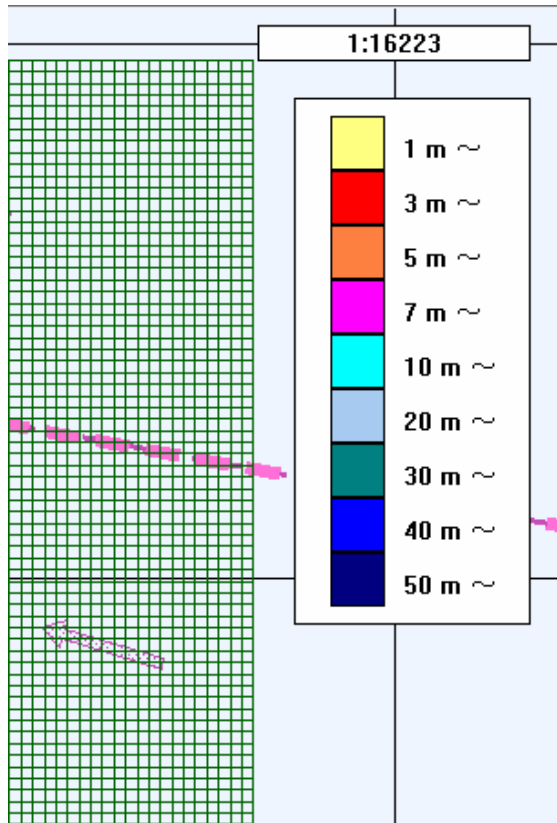
<그림 31> 도구메뉴의 수심색 선택창 메뉴



<그림 32> 수심색 선택창의 설정 및 설정예



<그림 32>의 수심색은 총 10단계로 입력할 수 있도록 하였으며 단위는 m이다. 가장 깊은 수심부터 하단에서 입력하고 사용하고 싶은 수심 단계에 해당하는 곳에 체크 박스를 선택하고 수심을 입력하면 된다. 위 그림이 설정 예이며 설정이 완료되면 메인창의 오른쪽 상단에 <그림 33>와 같은 수심색 설정 인덱스가 뜨게 된다.



<그림 33> 수심색 설정 인덱스

이렇게 모든 설정이 완료되면 수심데이터 수집은 시작된다. <그림 34>처럼 현재 조사 선박이 위치한 곳의 위치가 표시되고 해당 위치 위에 수집된 수심정보가 채워지는 것을 확인할 수 있다. 선박이 이동하면 해당 격자의 수심 정보를 자동으로 채워 넣는다. 이때 격자 하나의 범위 내에서 계속적인 데이터 갱신이 이루어지며 최종적인 수심정보가 격자에 채워지게 된다. 그리고 수심색 설정창에서 설정한 수심색이 해당 수심에 대응하여 채워지게 된다. 이동하는 선박의 위치는 검정색 원으로 표시되며 선박의 속도와 방위는 원의 중심에서 해당 방위와 속도에 맞춰 선으로 그려지게 된다.



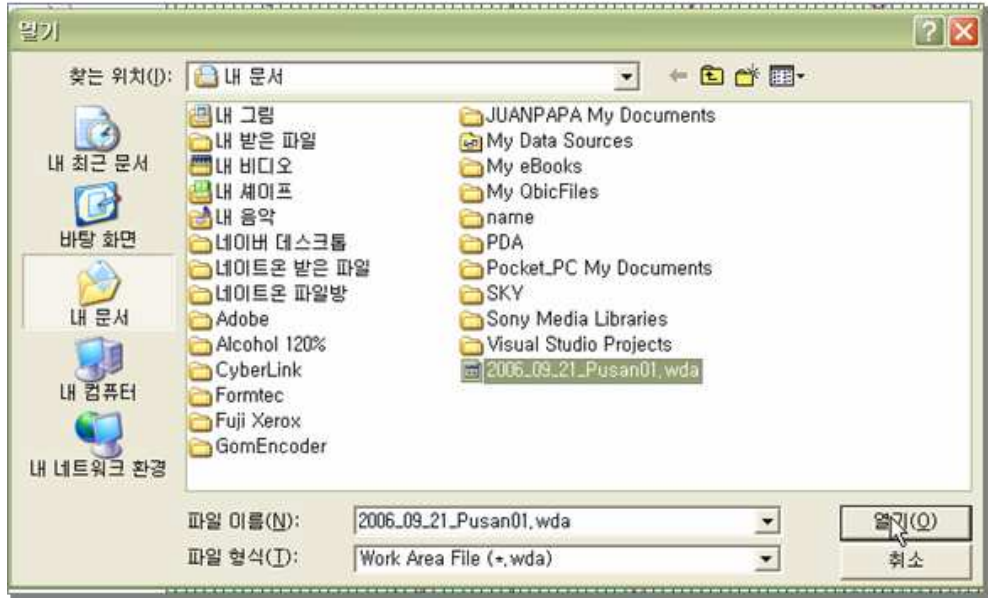
<그림 34> 데이터 수집 예

저장된 데이터는 <그림 35>처럼 파일로 저장하여 관리가 가능하다. 프로젝트를 새로 생성하여 데이터를 수집할 동안에는 메모리상에 데이터가 저장되어 관리된다. 하지만 이 정보는 다른 프로젝트로 새로 만들기 하면 지워지게 된다. 따라서 이후에 정보를 다시 보거나 데이터 수집이 덜된 곳을 다시 수집하기 위해 현재 프로젝트를 파일로 저장할 필요가 있다. 파일메뉴의 저장하기 기능을 선택하며 저장할 파일명과 저장 경로를 선택할 수 있는 창이 뜨게 된다. 파일은 확장자를 wda(Work Area File)이라는 포맷으로 저장된다. 저장할 때 해당 지역의 이름과 조사 일시를 파일명으로 지정하여 저장하면 이후에 유용한 참고자료가 될 것이다.



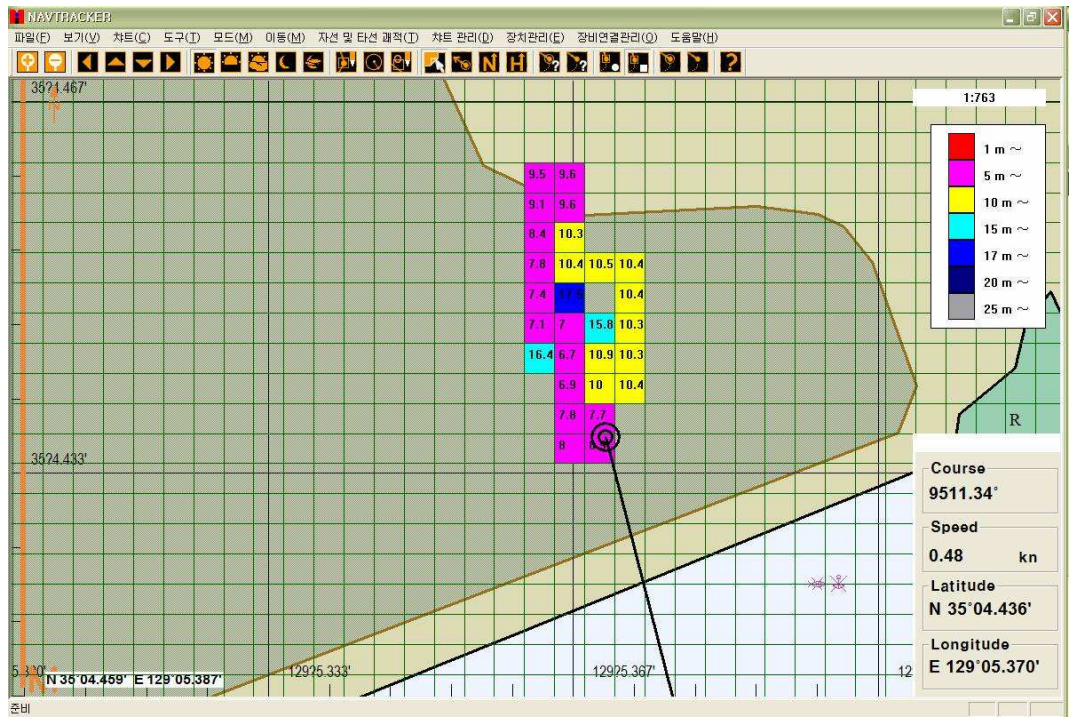
<그림 35> 파일 저장하기

저장된 프로젝트를 다시 열어 분석하거나 수집이 덜 된 영역의 수집 작업을 다시 할려고 할 때 <그림 36>처럼 열기 메뉴를 이용해 기존 프로젝트 파일을 열게 되면 해당 영역에 설정된 격자값에 따라 격자창을 드로잉하고 수집된 수집 데이터를 표시하게 된다. 이때 오픈된 프로젝트는 장비와 연결된 상태라면 수집 정보를 갱신할 수 있는 상태이다.



<그림 36> 파일 열기 메뉴

<그림 37>은 전체적인 프로그램 설정이 끝나고 해양대학교에서 장비와 연결하여 실행해 본 프로그램 화면이다. 미리 설정된 격자창에 수심 데이터를 해당 위치 격자에 채워 넣고 설정된 수심색을 채워 넣는 것을 확인 할 수 있다. 프로그램의 실제 테스트 과정과 결과는 이후 실험 및 고찰에서 자세히 설명하겠다.



<그림 37> 해저수심자료 수집시스템의 실행 화면

### 3.2.2 ENC기반의 해저수심정보 분석 S/W 개발

#### 3.2.2.1 개요

ENC기반의 해저수심정보 분석 S/W는 크게 ENC기반의 해저수심정보 분석 프로그램과 3차원 해저지형 생성 프로그램으로 구성된다. 전자는 수집되어 저장된 해저수심정보 데이터를 불러와 ENC위에 격자형태의 수심데이터 구성을 보

여주는 것이고 후자인 3차원 해저지형 생성 프로그램은 저장된 해저수심정보 데이터를 3차원 지형도로 드로잉 하여 보다 쉽고 정확하게 해저 지형을 분석할 수 있도록 한 것이다.

### 3.2.2.2 S/W 구성 및 구현

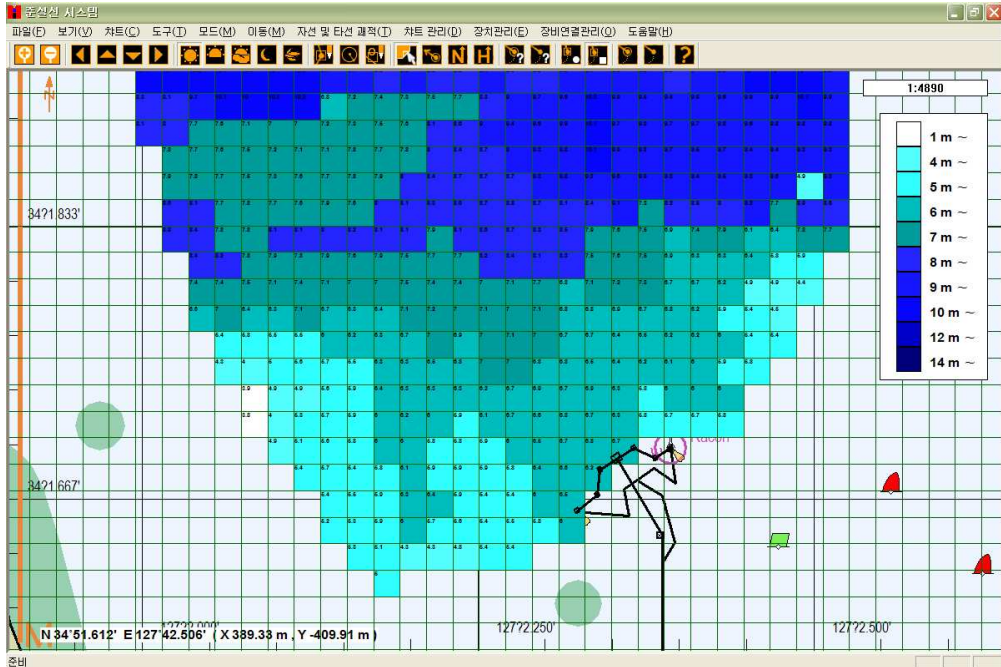
#### 가. ENC기반의 해저수심정보 분석 프로그램 구현

ENC기반의 해저수심정보 분석 프로그램은 저장된 해저수심데이터를 불러와 사용한다. <그림 38>처럼 열기를 선택하며 해저수심데이터가 저장된 폴더에서 해당 데이터를 로드할 수 있다.



<그림 38> 수심정보 데이터 열기 메뉴

데이터 열기가 실행되면 <그림 39>처럼 수심 드로잉 모듈에서 데이터를 분석하여 헤더 정보에 따라 격자를 해당 위치에 그려 넣고 해당 격자에 해당하는 수심정보를 채워 넣는다. 이때 헤더 정보에는 데이터 수집 시에 설정하였던 수심색 인덱스 정보를 포함하고 있어 수심에 해당하는 수심색이 자동으로 채워지게 된다.

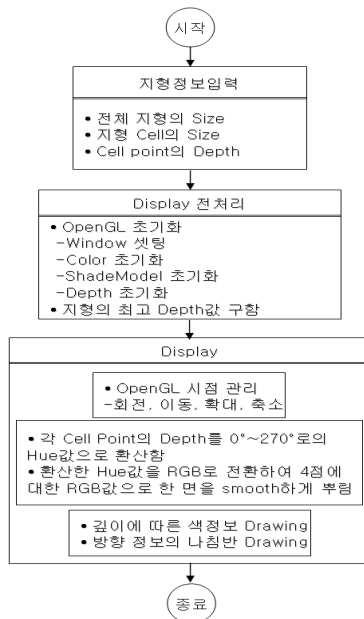


<그림 39> ENC기반의 해저수심정보 분석 프로그램

### 나. 3차원 해저 지형 생성 프로그램 구현

3차원 해저 지형 생성 프로그램은 해저수심정보 계측 프로그램에서 수집된 수심 정보를 이용하여 3차원 해저 지형을 그리는 프로그램이다. 3차원 해저 지형을 통해 수집된 해저수심정보를 시각적으로 분석하는데 큰 장점을 가질 수 있다. 3차원 해저 지형 생성 프로그램의 기능은 기존 프로젝트 파일을 불러 들어 OpenGL로 구현된 3차원 지형을 드로잉하는 것이다. 그 외 지형에 대한 회전, 확대, 축소, 이동 등의 기능을 구현하여 사용자가 쉽게 확인 할 수 있도록 사용

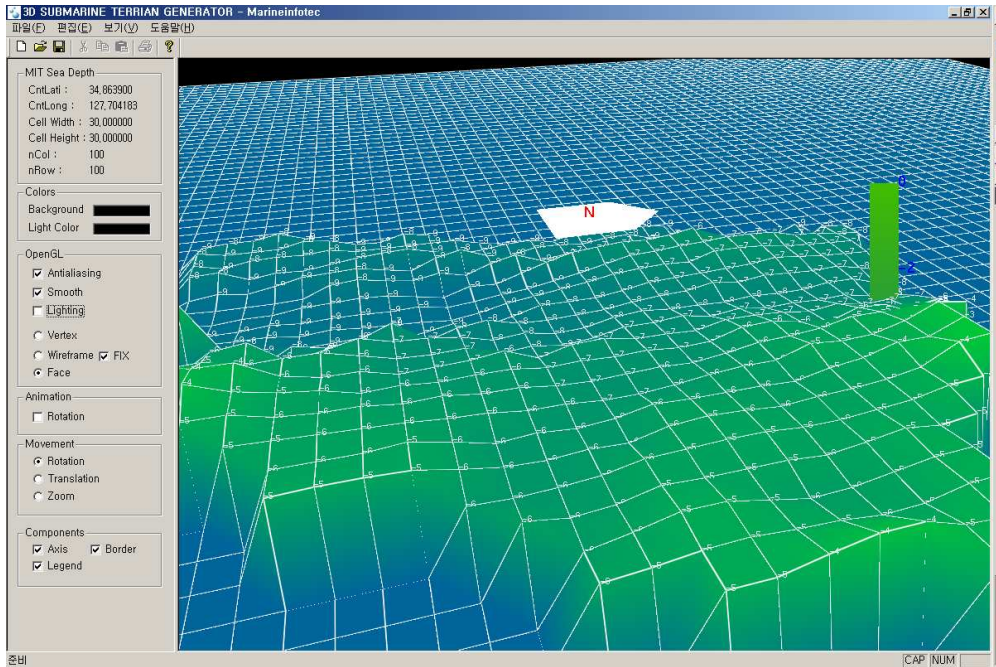
자인터페이스를 구현해야하며 수심에 따른 색상값을 자동으로 지정하여 입체감을 가질 수 있도록 한다. 그리고 수심의 깊이 정도를 파악할 수 있도록 수심을 미터단위로 표시하고, 방향을 인지하는데 참고가 되는 나침반을 표시한다. <그림 40>의 3차원 해저 지형 생성 프로그램 FLOW CHART에서 보는 바와 같이 이러한 기능들을 구현하기 위하여 OpenGL 3D 모델의 vertex, line, polygon에 대한 Drawing 기술과 3D 모델의 회전, 확대, 축소, 이동에 관련된 Matrix 계산법, 그리고 깊이에 따른 색상을 적용하기 위한 HSI의 색모델, Color를 Smooth하게 표현하는 기법 즉, 한 사각형의 4점의 Color가 다를 때 그 면의 색을 4점을 이용하여 smooth하게 뿌리는 방법(OpenGL에서는 이 방법을 쓸때 glShadeModel(GL\_SMOOTH)로 설정함)등을 적용하였다. 기능구현을 위한 프로그램 Flow Chart는 아래 그림과 같다. 전체 지형정보를 분석하고 Display를 위한 전처리 과정을 거쳐 Display를 한다.



<그림 40> 3차원 해저지형 생성 프로그램의 FLOW CHART

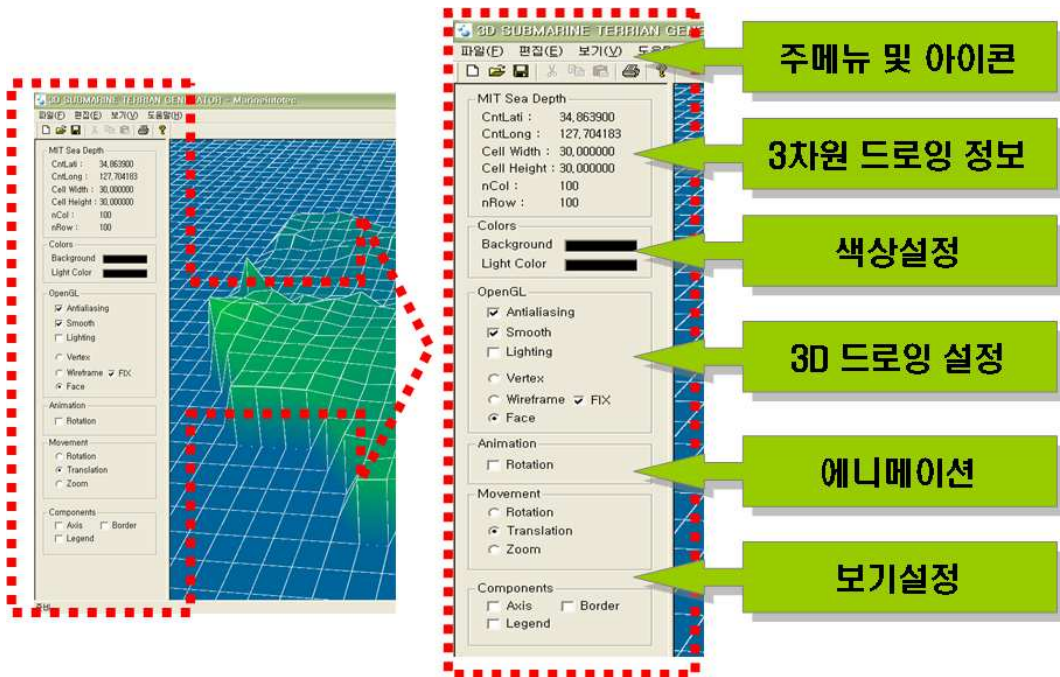


3차원 해저 지형 생성 프로그램은 <그림 41>과 같이 구현되었다.



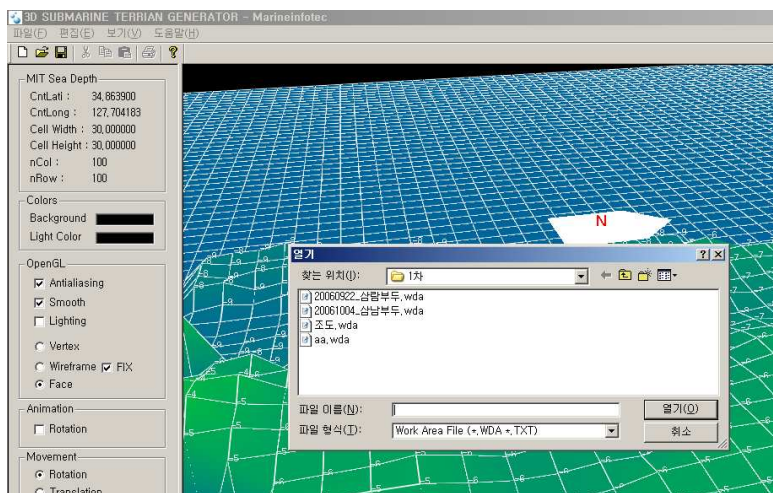
<그림 41> 3차원 해저지형생성 프로그램 구현화면

프로그램의 메뉴구성은 <그림 42>와 같이 파일을 불러들이는 File 메뉴와 메뉴바와 툴바를 온/오프할 수 있는 View메뉴 등이 있으며 툴바 파일을 열고 저장할 수 있는 버튼과 인쇄 버튼들로 구성되었다. 화면의 왼쪽으로는 각종 정보를 보고 설정값을 바꿀 수 있는 패널이 위치하고 가운데 중앙에는 3차원 지형을 드로잉하는 영역이 위치한다. 패널에는 3차원 드로잉정보를 표시하는 정보창과 배경색과 조명색을 조절할 수 있는 색상 설정창 그리고 3차원 드로잉을 설정할 수 있는 OpenGL영역과 보기설정창과 애니메이션 설정창으로 구성된다.



<그림 42> 3차원 해저지형생성 프로그램의 메뉴구성

먼저 데이터 파일을 열기 위해 <그림 43>와 같이 열기 메뉴를 선택하면 해당 수심정보데이터 파일이 있는 폴더창이 열린다. 분석하기 위한 데이터 파일을 선택한다.



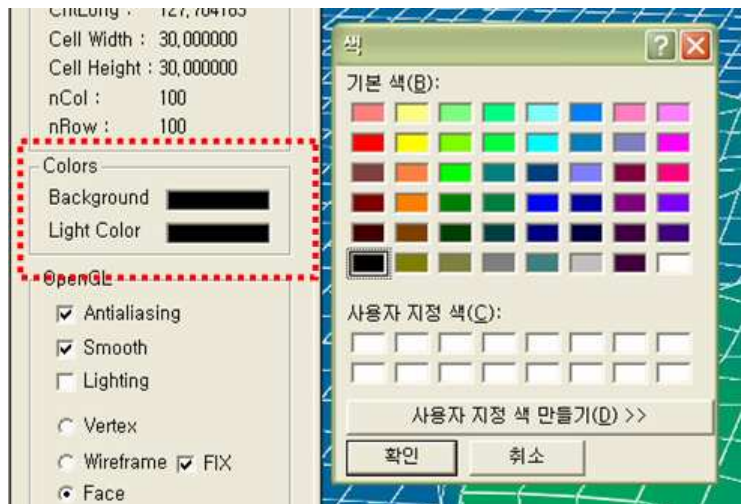
<그림 43> 수심 데이터 파일 열기

수심데이터 파일을 열게 되면 3차원 해저 지형도가 그려진다. 그리고 <그림 44>와 같이 왼쪽의 해저지형 정보창에는 수심데이터 파일의 해더정보를 표시하는데 수심데이터 격자창의 중심위치와 격자하나의 가로세로 길이와 격자 개수를 표시한다.



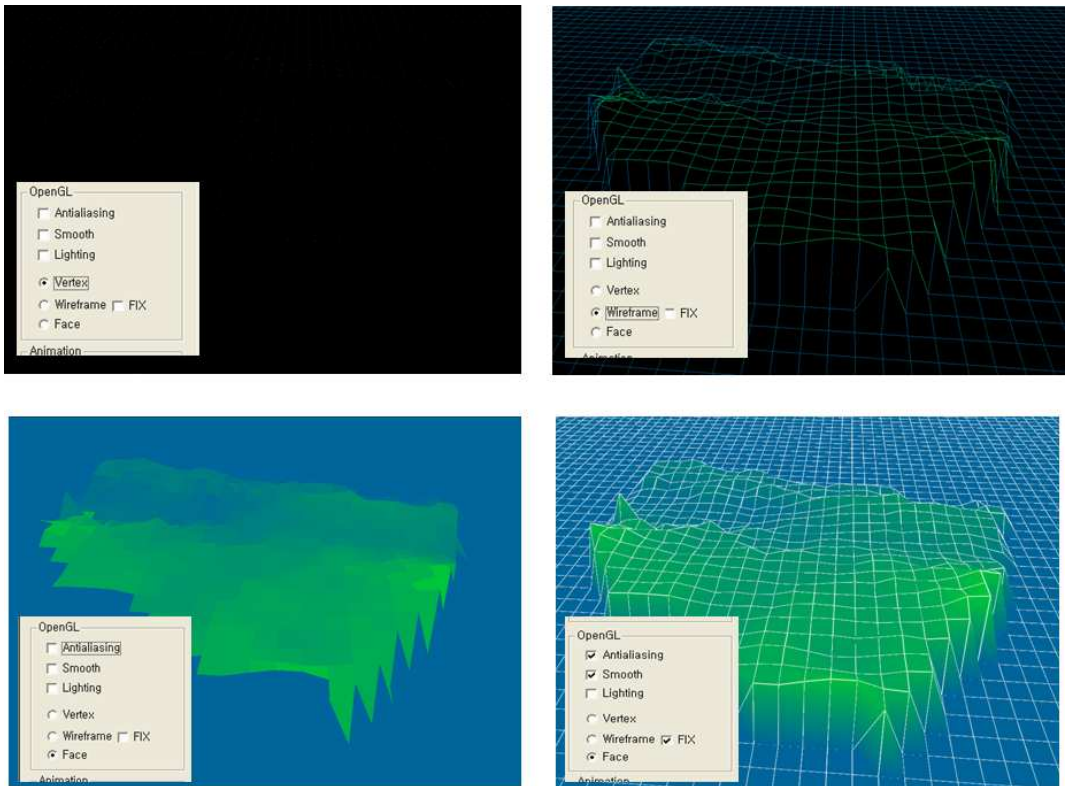
<그림 44> 해저지형 정보창

<그림 45>의 색상 설정창에서는 해저지형 배경의 색상과 3차원 지형을 비추는 조명색을 바꿀 수 있는 색상 팔레트를 띄울 수 있다. 여기서 사용자가 원하는 색상을 선택할 수 있다.



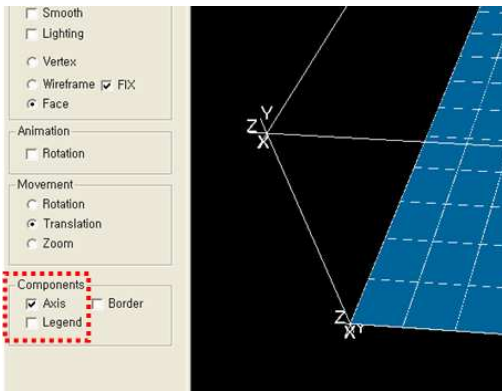
<그림 45> 색상 지정 메뉴

OpenGL영역에서는 3차원 해저지형 드로잉의 설정을 선택할 수 있는 메뉴가 제공된다. 여기에는 안티 앨리어싱 기능, 스무딩 기능, 조명의 사용여부와 해저 지형의 드로잉을 점, 선, 면으로 할 것인지 아니면 선과 면을 함께 사용할 것인지를 선택할 수 있다. <그림 46>은 3차원 드로잉을 점, 선, 면으로 했을 경우와 면 위에 선을 덧입혀 드로잉 했을 때를 캡춰 한 것이다. Vertex 즉 점을 선택했을 경우 격자의 네모서리가 점으로 표시되어 전체적인 지형 윤곽을 파악할 수 있다. Wireframe의 경우 격자가 선으로 표시되어 지형 파악이 용이하다. Face는 격자가 면으로 표현된다. 여기에 Face 선택에 Wireframe - Fix를 선택하면 면과 선이 함께 표현된다.

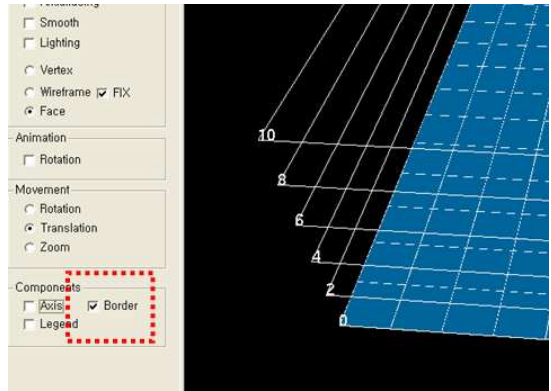


<그림 46> 3차원 드로잉 옵션 선택 (Vertex, Wireframe, Face, WireFrame+Face)

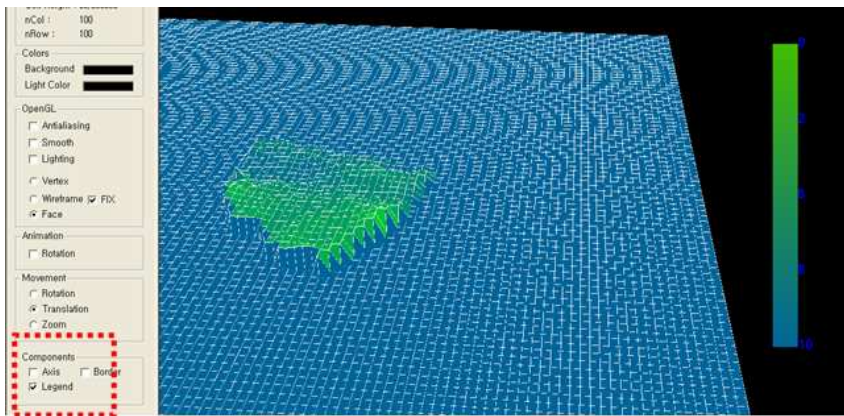
<그림 47> - <그림 49>에서 보는 바와 같이 Components 메뉴에서는 Axis와 Border 그리고 Legend를 선택 할 수 있는데 지형정보를 보는데 참고도구로 사용할 수 있다. Axis의 경우 X,Y,Z축을 그려주고 Border의 경우 수심선을 일정 간격으로 보여주는 기능을 한다. 그리고 Legend는 지형 옆에 수심색 인덱스를 띄어준다. 즉 지형을 Face 면으로 표현했을 경우 수심에 따라 면의 색상이 다르게 표현되는데 그 색상의 대략적인 수심값을 알 수 있도록 띄어지는 보조틀인 것이다.



<그림 47> 보기도구 - 3축 인덱스 보기

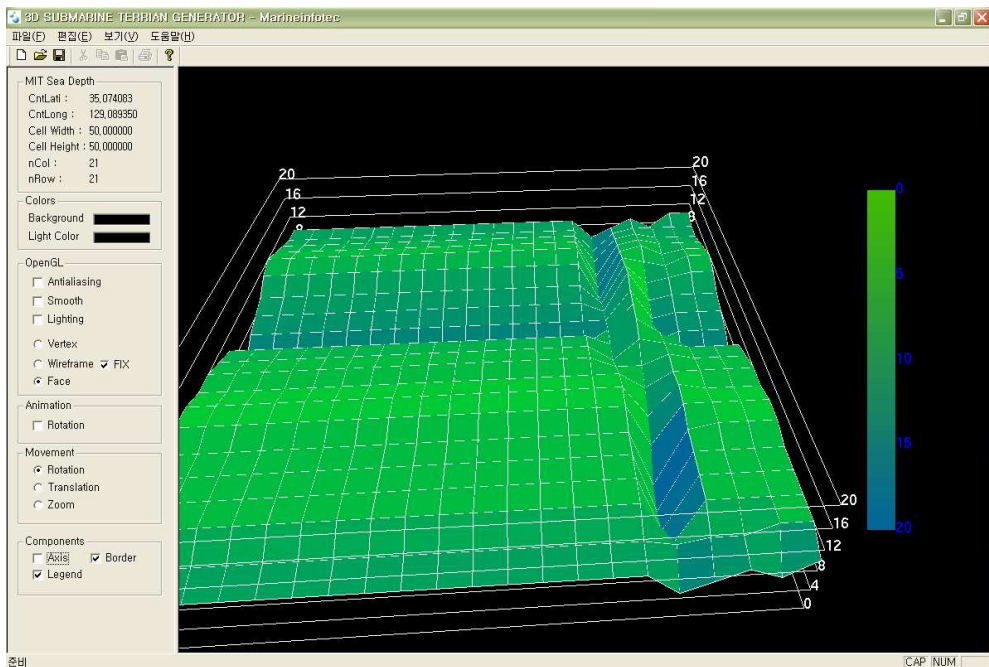


<그림 48> 보기도구 - 수심선 보기



<그림 49> 보기도구 - 수심 인덱스 색상바 보기

<그림 50>은 임의의 데이터를 이용하여 해저 지형을 드로잉한 예이다. 수집된 프로젝트 파일은 수정이 가능하고 다른 시스템에서 사용이 가능하여 누구나 수집된 수심데이터를 활용할 수 있는 장점이 있다. 위의 wda파일의 수심 정보를 수정하여 아래의 3차원 해저지형을 생성하여 보았다.



<그림 50> 가상의 해저 지형 드로잉 예

### 3.3 실험 및 고찰

#### 3.3.1 현장 실험 개요

현장 실험은 본 연구개발을 통해 구축되어진 해저수심정보 계측 및 분석 시스

탐의 실제 성능을 테스트함은 물론 시스템이 연구목적에 부합되는지를 검토하기 위하여 실시하였다. 따라서 실제 해역에서 선박에 장비를 설치하고 계측 시스템을 통해 수심정보를 수집한 후 분석시스템을 통해 조사 해역의 해저 지형을 분석하는 절차를 거쳤다.

### 3.3.2 현장 실험 내용

해저수심정보 수집 프로그램의 개발 후 실제 해역에서 시스템을 선박에 장착하여 수집 테스트를 진행하였다. 본 연구의 개발 목표처럼 실제 설치 과정은 간단히 진행되었다. <그림 52>와 보는 바와 같이 테스트 해역은 여수 앞바다 삼람부두 인근해역에서 진행되었고 <그림 51>의 낚시배에 송수파기인 단빔음파탐지기를 장착한 후 배터리를 이용해 조사 시스템을 구동하여 테스트 하였다.

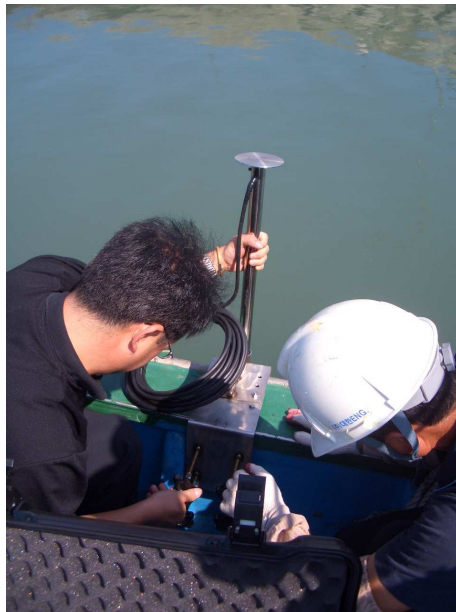


<그림 51> 조사해역 및 조사용 선박



<그림 52> 해저수심정보 수집 시스템 현장 테스트 개요

조사에 사용되어진 선박은 5톤급 작은 뉘싯배로 가설 장소가 협소하지만 <그림 53>과 같이 갑판상에 장치를 배치하고 송수파기를 선측에 부착하였다.



<그림 53> 송수파기 설치



이런 송수파기의 부착 방식은 선박에 고정적으로 가설할 필요가 없으므로 언제 어디서든 시스템을 이동하여 사용할 수 있는 장점이 있다. <그림 54>와 같이 전원은 차량용 12V 배터리를 이용하였다. 만약의 전원부족에 대비하기 위하여 예비의 배터리를 준비하였다. 계측 시스템이 설치된 노트북을 어탐기와 연결하여 데이터 수신이 가능하도록 한 후 <그림 55>와 같이 시스템을 실행하고 설정 사항을 지정하였다.



<그림 54> 장비 설치



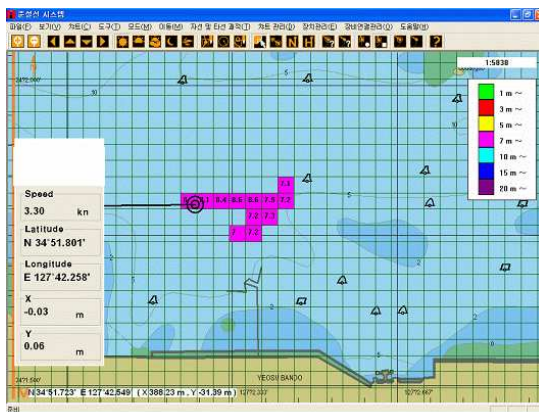
<그림 55> 시스템 실행 및 설정

장비 설치에 대략 10분 정도가 소요되어 장비의 설치 및 운용이 간편함을 알 수 있었다. 설치가 완료되자 선박을 이동하여 <그림 56>과 같이 조사 해역을 탐사하였다.



<그림 56> 조사해역 탐사

조사 범위를 정하기 위해 <그림 57>와 같이 중심위치와 격자크기 및 격자의 개수를 지정하였다. 격자크기는 가로세로 각 15m로 하였고 전체 셀 갯수는 100×100개로 하였으며 대상조사 면적은 2,250,000m<sup>2</sup>이다.



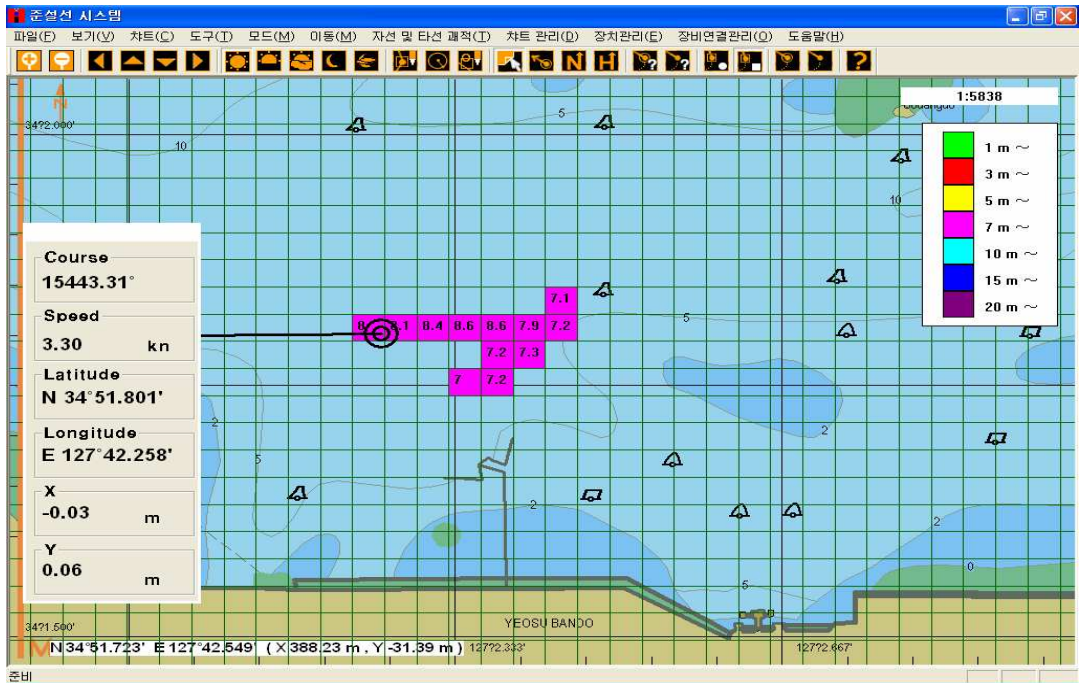
시스템구동 후 선박이동에 따라 해당 위치에 수집된 수심정보가 격자에 채워짐

미리 설정된 수심 인덱스에 따라 해당 색상이 자동으로 채워짐

- ▶ 셀크기 (가로X세로) : 15m X 15m
- ▶ 전체 셀 갯수 : 100개 X 100개
- ▶ 전체 조사면적 : 2,250,000m<sup>2</sup>

<그림 57> 조사영역 설정 내용

조사대상 해역인 여수만내 삼람부두 인근 해역은 대체로 10m내외의 수심이였다. 선박의 이동에 따라 대상 격자에 수심정보를 자동으로 채워 넣는 것을 확인했다. <그림 58>은 조사선박이 이동함에 따라 자동으로 해당 격자에 수심정보가 채워지는 것을 나타낸 것이다. 즉 미리 설정된 수심색과 함께 수심값이 소수점 1자리로 표시되었다. 여수인근의 최신 전자해도를 사용하여 인근에 항로표지와 부두 정보들이 자세하게 표시되었다.

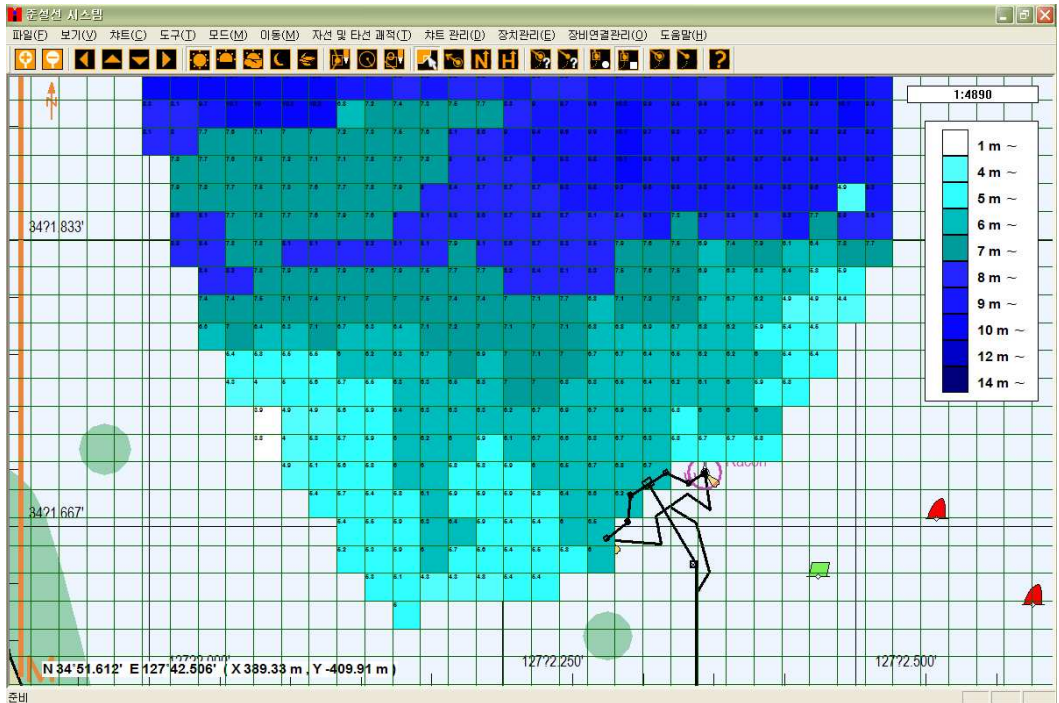


<그림 58> 여수해역 해저수심 정보 수집 테스트 시연 화면

### 3.3.3 현장 실험 결과 및 평가

<그림 59>는 수집된 여수 삼람부두 인근 수심에 대한 분석 시스템 화면이다. 수심색 인덱스에서 알수 있듯이 깊은 영역의 색상을 짙은 회색에서 얇은 영역을 갈수록 밝은 회색으로 바뀌는 것을 한눈에 알 수 있다. 즉 깊은 수심 영역과 얇

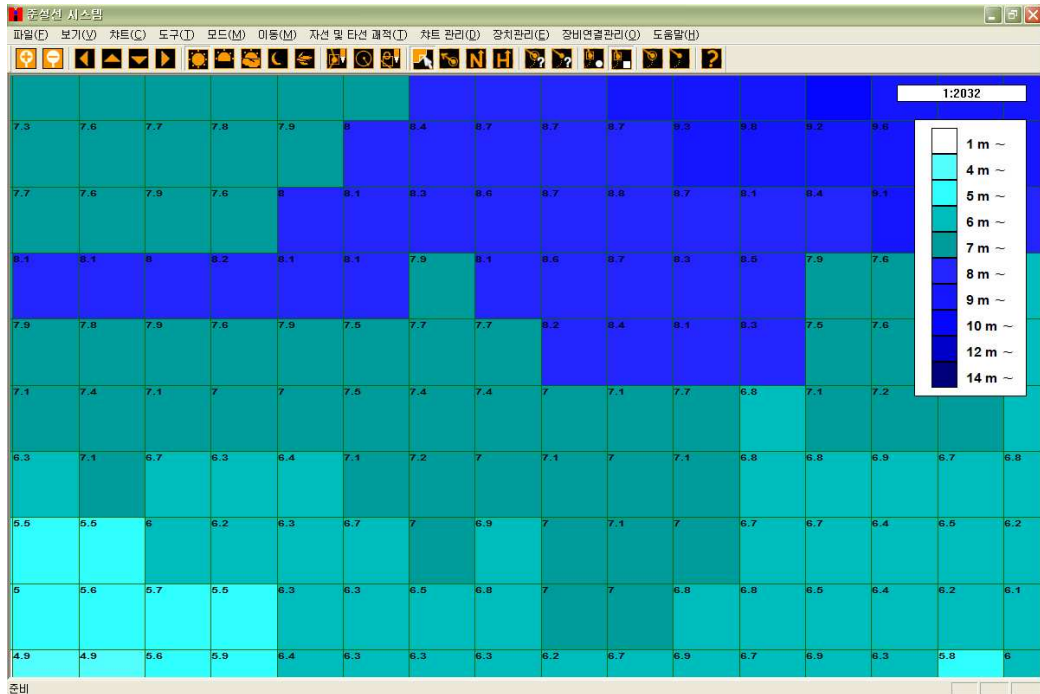
은 수심영역을 전자해도 상에서 한눈에 확인 할 수 있는 것이다. 여기에 삼람부 두 돌핀 그림이 부가되어 선박의 입출항과 관련된 해저 수심상태 분석에 효과적 임을 확인 할 수 있었다.



<그림 59> 여수 삼람부두 인근 조사 결과

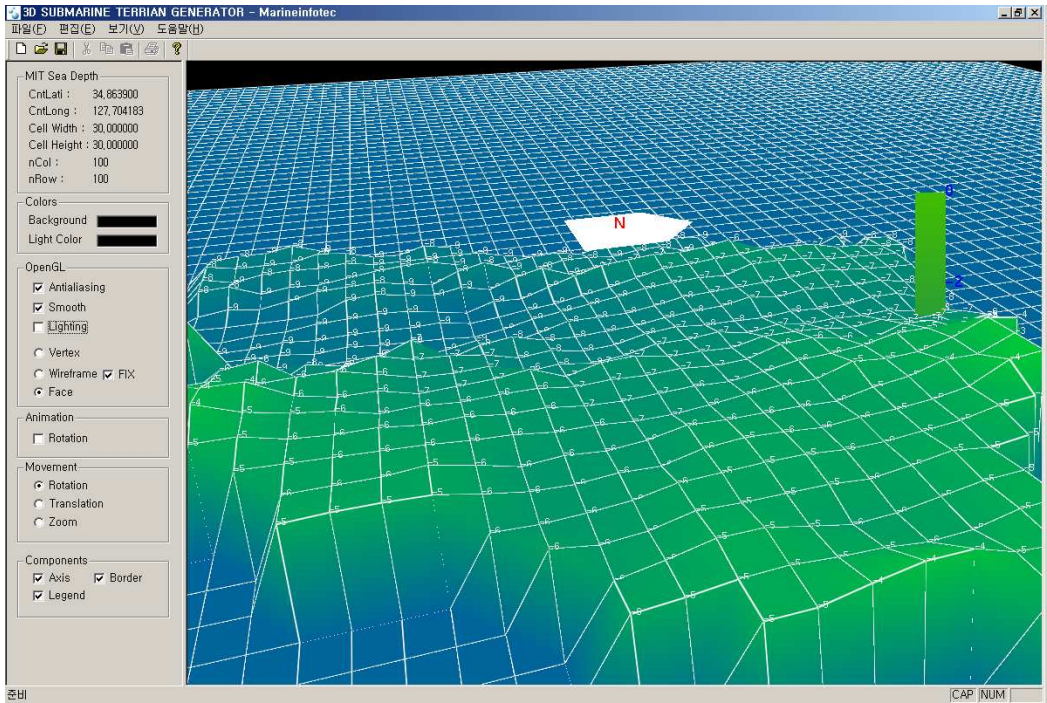
대체적으로 부두의 위쪽 지역에 10m내외의 수심영역이 존재 하는걸 확인할 수 있고 부두 근처에 얕은 수심영역들이 넓게 분포하는 걸 확인할 수 있다. 즉 부두 부근에 대한 준설작업이 필요한 사항임을 확인할 수 있다. 이러한 근거자료를 통해 준설업체등과 같은 해저수심정보 수요처에서는 준설작업 계획에 본 자료를 활용할 수 있으며 이후 준설작업 검증 작업에도 사용할 수 있음을 예상할 수 있다.

<그림 60>은 분석시스템의 수심 정보 화면을 확대하여 본 것이다. 격자에 채워진 색상을 통해 전반적인 수심 패턴을 확인할 수 있으며 수심값을 통해 정확한 수심값을 확인 할 수 있다. 여기에 나온 수심값들은 수치데이터로 저장되어 이후 준설작업과 같은 해저 작업시에 작업량 산출에도 활용할 수 있다.



<그림 60> 여수 삼람부두 인근 조사 결과 [확대]

<그림 61>은 3차원 해저지형 생성 프로그램상에서 삼람부두 인근 해역 조사 결과를 드로잉한 것이다. 격자는 면과 선을 함께 그려 분석자의 식인이 용이하도록 하였으며 해당 격자에 해당 하는 수심이 표시되어 있다. 3차원 해저 지형을 통해 분석한 결과 부두 인근이 도드라지게 올라와 있는 것을 확인할 수 있다. 부두 인근에 대한 준설작업을 통해 깊은 영역의 지형과 비슷한 수심대의 통로를 만들어주는 것이 선박 통항에 안전을 확보하는 방안이라 여겨진다. 수치데이터로 구성된 수심데이터를 3차원으로 그렸기 때문에 이후에 다른 용도의 목적 즉 시물레이션 영상 만들기와 같은 용도로 기능을 확장할 수 있다.



<그림 61> 여수해역 삼람부두 인근 조사 3차원 해저지형 드로잉 결과

## 제 4 장 결론

### 4.1 연구의 결과

ENC기반의 해저수심정보 계측 및 분석 시스템은 해저 수심정보를 획득하여 GIS기반의 해도위에 데이터를 표시하고 데이터를 저장하여 다른 용도의 해저수심정보를 활용하고자 하는 곳에 공급 하는 것이 목적이다. 보다 알기 쉬운 평가를 위해 3차원 해저 지형생성 프로그램을 통해 대상 해역의 해저 지형을 시각적으로 쉽게 이해하도록 하는 것 또한 본 시스템의 주요 목적이다.

본 연구를 진행하며 기존의 해저수심자료 수집 시스템이 외국에서 많이 개발되어 있음을 확인하였다. 그리고 그 기술 또한 장비의 발전과 함께 빠른 속도로 발전되고 있었다. 하지만 가격이 비싸서 정작 해저 지형을 알고자 하는 곳에서는 그 정보를 잘 사용할 수 없었고 공공서비스인 국립해양조사원의 데이터를 기다리기에는 기간과 비용이 너무 많이 소요되고 있는 현실이다. 본 시스템을 개발하고 현장에서 테스트 해본 결과 쉽게 설치하여 데이터를 수집 분석할 수 있다는 점에 큰 의미가 있음을 확인했으면 데이터 수집과 동시에 현장에서 3차원 해저 지형을 확인 할 수 있다는 것이 이 시스템을 사용하고자 하는 사용자들에게 큰 매력이 될 것이라 사료된다. 그리고 현장 테스트에 참여했던 준설선 관계자들이 현장에서 바로 수심 정보를 수집하여 분석 결과치를 얻어내는 일련의 과정을 손쉽게 파악하고 습득하는 것을 통해 본 연구의 목적에 부합되는 것이라 확인할 수 있었다.

하지만 본 시스템이 현재 해저수심정보 수집의 기술적인 대세인 멀티빔음향측심기를 사용하지 않아 아주 넓은 영역을 정밀하게 측정하는 것이 어려운 단점이 있음을 확인 할 수 있었다. 격자 간격을 최소 1M까지 설정하도록 할 수 있지만 1M 간격으로 측정했을 시에는 선박으로 해역을 운항해야하는 노력이 기하급수 적으로 증가되기 때문이다. 하지만 본 연구의 목적이 분석목적의 정밀한 해저수심정보의 획득이 아니라 간편하게 해저수심정보를 획득하여 업무에 도움이 되도록 하는데 있기 때문에 실용상 큰 문제는 되지 않는다고 볼 수 있다. 그리고 특정해역에 대한 조사 및 분석이 하루 만에 완료되어 신속히 해저 수심정보를 파악 분석하려는 곳에서의 활용을 기대해 볼 수 있다.

이 연구를 통해 해저수심자료 계측 및 분석 시에 자동화된 시스템을 통해 해저 수심을 자동으로 수집하고, 수집된 데이터를 DB화하여 체계적이고 효율적인 해저수심자료 수집 및 분석을 가능하게 한다. 이로 인해 고가의 해저수심자료 수집 시스템을 사용하지 못해 해저수심자료를 활용하지 못하던 준설선 업체나 특정 해역에 대한 해저 수심 정보를 활용하고자 하던 해양관련 관공서에서도 저가의 편리한 해저수심자료 계측 및 분석 시스템을 도입할 수 있게 된다. 이로 인해 기존 해저 수심 정보 수집 시 소요되던 인적·물적 경비 절감을 기대할 수 있다. 수집된 해저 수심 정보를 DB화하여 정보를 분석하는데 있어서도 수심정보에 대한 수치데이터만을 보는 것이 아니라 수집된 수심정보가 3차원 해저 지형도로 변환되는 3차원 지형 생성시스템을 함께 개발함으로써 해저 수심정보를 분석하고 활용하는데 기여할 수 있다.



## 4.2 시스템의 향후 연구방향

본 시스템의 향후 연구 방향과 개선 방향은 다음과 같다. 해저 수심정보 수집 시스템의 경우 국립해양조사원의 S-57 전자해도를 기반으로 하는데 본 시스템의 주요 수요처인 해양관련 토목업체나 준설업체 등에서는 경위도 좌표계를 사용하지 않고 X,Y 좌표계를 사용한다. 이는 이들이 사용하는 도면 프로그램에서 X,Y좌표계를 기반으로 하여 도면 설계를 하기 때문이다. 이에 본 시스템의 전자해도의 경위도 좌표계에 더해 X,Y좌표계를 표시하여 사용자들이 손 쉽게 활용할 수 있도록 개선해야 할 것이다. 그리고 도면 정보를 해도 정보 위에 오버레이 할 수 있는 기능을 제공하여 해양 토목이나 준설 작업시에 실시 설계 도면을 참고하여 데이터를 수집하도록 할 예정이다. 3차원 해저 지형 생성 시스템의 경우 격자지역의 수심 정보를 활용해 3차원 해저 지형을 그리고 있는데 이에 전자해도의 해안선 정보를 취합하여 해저 지형의 수면위에 해안선이 표시되도록 하는 것이 필요한 것이다. 그리고 고도 정보를 보유한 DTED 파일까지 병합하게 되면 해저 지형과 육상지형이 함께 그려져 전체적인 지형 파악에 용이할 것으로 사료된다. 앞에서 언급되었던 수심 측정시 너무 짧은 격자 크기를 설정하면 데이터 수집에 많이 시간이 소요되는 문제는 수집하는 센서를 저가에 넓은 영역을 수집할 수 있는 장비로 대체하거나 데이터 수집용 로봇을 제작하여 설정된 격자위의 해역을 자동항법을 통해 수집하도록 하는 방법도 진행해 볼 여지가 크다고 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 메이슨 우, 잭키 네이더, 톰 데이비스, 데이브 슈리너 공저, “openGL프로그래밍 가이드”, Addison Wesley
2. 박요섭, 김학일, “해도제작을 위한 해양탐사자료의 처리 및 탐사 기록 자동 생성 시스템 개발”, 인하대학교 자동화공학과, 1999
3. 박요섭, 김학일, “수심에 기반한 멀티빔 음향 측심 필터와 격자 대푯값 선정 알고리즘”, 인하대학교 자동화공학과, 1999
4. 김우생, “영상처리 배움터 - HSI 색모델”, 생능출판사, 2005
5. Freeman R. M, “NMEA 0183 Update - Version 1.5”, RTCM ANNUAL ASSEMBLY MEETING Symposium Annual assembly meeting Papers Seattle, 1989
6. Axelson Jan “Serial Port Complete : Programming & Circuits for RS-232 & RS-485 Links & Networks”, 티메카, 2000
7. Haga K, “Testing Multibeam Echo Sounders versus IHO S-44 Requirements”, INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC REVIEW 2003, 2003
8. 이만석, “수로측량”, 대한측량협회 측량지 78-6, 1978
9. 이석우, “다중빔 음향측심기에 의한 최신해저지형측량”, 한국협회 항만지 2005 여름, 2005