

# GIS를 이용한 전자해도의 개발

심우성\* · 서상현\* · 박종민\*

\*선박해양공학연구센터

## ENC Development using GIS

Woo-Seong Shim\* · Sang-Hyun Suh\* · Jong-Min Park\*

\*Korea Research Institute of Ship and Ocean Engineering

E-mail : wsshim@mailgw.kimm.re.kr

### 요 약

국제적으로 개발되고 있는 전자해도는 선박의 대형화·고속화로 인한 각종해난사고의 예방과 급증하는 해상교통을 효율적으로 처리하기 위한 안전항행시스템의 기본데이터로 사용된다. 국제기구인 IHO는 1996년에 전자해도관련 국제표준을 제정하고 각 회원국에 전자해도 개발을 강력히 권고하였으며 이에 따라 국내에서도 국립해양조사원이 1999년 완료를 목표로 전자해도 개발을 추진하고 있다.

전자해도의 개발과정은 기존의 종이해도를 디지털화 하는 것에서 출발하며 이 과정에서 GIS를 이용한다. 국내에서는 수로데이터의 처리에 강력한 기능을 갖고 있는 CARIS를 사용하여 수치해도를 제작하고 이 데이터를 기본으로 전자해도 데이터를 생성한다. 실제로 종이해도를 스캔한 이미지 파일을 벡터화하고 각종 관련 규약에 맞게 편집하여 수치해도를 제작하며 이를 바탕으로 S-57기반의 전자해도를 제작한다. 이 과정에서 CARIS는 이미지의 벡터화, 각종 심볼의 입력, 좌표변환, 오브젝트의 입력·수정등을 수행한다.

본 논문에서는 KRISO가 1995년 말부터 국립해양조사원에서 위탁받아 연구한 전자해도 개발과정과 검수과정을 소개하고 그 과정에서 사용된 CARIS의 활용에 대해 설명한다. 이러한 고찰을 통해 향후 중요하게 다루어질 전자해도의 공급 및 관리시스템의 GIS 활용을 고려할 수 있을 것이다.

### I. 서 론

국제적인 관심 속에 많은 나라들이 노력하고 있는 전자해도의 개발은 선박의 대형화·고속화 등으로 인한 각종 해난사고를 방지하고 급증하고 있는 해상운송 교통량을 원활하게 처리하기 위한 안전 항해 시스템에의 사용을 기본 목적으로 하고 있다. 이러한 안전 항해시스템의 기여를 통해 해난사고의 방지와 해상오염의 방지를 도모할 수 있으며 이를 위해 국제해사기구(International Maritime Organization)와 국제수로기구(International Hydrographic Organization)는 80년대 말부터 전자해도 개발위원회를 구성하여 연구개발에 착수하였고 그 결실로 1996년에 해도를 디지털로 표현하기 위한 표준인 S-57을 제정하여 각국의 수로국이 이 형식에 맞는 수로데이터를 제작하도록 강력히 권고하게 되었다.[1]

이에 따라 우리 나라의 해도발행 책임기관인 국립해양조사원은 1995년말부터 연차사업으로 우

리 나라의 전 해역을 포함하는 220종에 대한 전자해도 개발을 착수하여 1999년 개발 완료를 목표로 진행 중이다. 이를 위해 산·학·연으로 구성되는 전자해도 위원회를 구성하여 국제표준의 검토와 정보교환, 관련기술 연구를 수행하였고 개발 후의 관리와 유지·보수를 위한 관리·감독 지침 및 작업절차 등을 연구하였다.[2][3][5]

전자해도 제작에는 단순한 해도의 제작 뿐만 아니라 표준규격, 생산기술, 수정기술의 개발과 공급·관리시스템, 정보유통관리시스템의 개발이 필요하며 선박해양공학연구센터의 주도하에 여러 기관이 참여하여 연구·개발업무를 수행하고 있다.

본 논문에서는 선박해양공학연구센터가 수행한 전자해도 개발 절차에 대해 소개하고 이 과정에서 사용된 GIS의 활용을 소개한다.

## II. 전자해도 개발

국제수리기구인 IHO에서는 전자해도를 최신의 종이해도와 동일한 것으로 인정하고 있고 이를 위해 국가기관이 데이터의 질에 대해 책임을 지고 데이터를 제작하도록 하고 있다. 또한 전자해도를 개발하기 위해서는 원천측량자료와 각종 해양관련자료들을 분석·검증해야 하므로 개발 과정의 확립에 많은 시간이 필요하였다.

이러한 개발과정 확립 논의를 거쳐 다음의 연구사업 조직이 확립되었다.

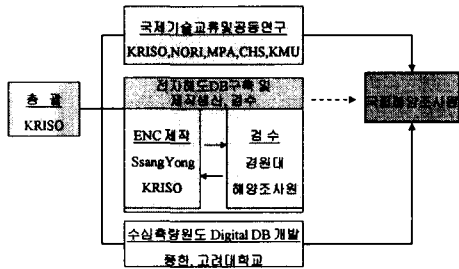


그림 1. 전자해도개발 사업조직

그림 1.과 같이 총괄 책임은 KRISO가 맡고 작은 쌍용정보통신, 검수는 경원대가 맡아서 수행하였다. 또한 원천 측량자료로서 수심측량원도의 디지털 데이터베이스를 구축하였고 국제적인 기술동향을 습득하기 위해 캐나다, 싱가포르, 일본 수륙국과 정보교류 및 실선시험 계획수립 등에 관한 기술교류를 시행하였다.

전자해도는 크게 수치해도와 전자해도 제작 과정으로 나뉘어 진다. 수치해도는 CARIS라고 하는 GIS 프로그램의 내부형식으로 표현된 해도 데이터이며 이 데이터를 출력하면 종이해도를 얻을 수 있다. 향후 종이해도의 발간은 계속될 것이므로 이 수치해도를 제작하여 종이해도 발행 작업을 전산화한 것이라 볼 수 있다. 전자해도는 이 수치해도를 근거로 작성된다.

### 1. 수치해도 제작과정

그림 2.는 수치해도의 전체적인 제작과정을 보인 것이다.

#### 1.1. 작업용 원도 출고

작업 대상이 되는 해도의 원도는 해당 해도의 흑색판과 적색판이다. 원도 출고 시에는 아래사항에 대한 자료들도 함께 인수해야 한다.

- 해도의 사용 목적상 분류
- Cell cutting 자료
- 만, 해역 등의 경계 영역
- 측량시의 정확도에 관한 자료
- Datum과 관련된 자료
- 가장 최근에 적용된 항행통보 항수
- 등대표
- 육상 지역의 필요한 데이터

### 1.2. 작업 일지 작성

작업 일지는 입력 단계에서부터 수정, 전자해도 제작, 전자해도의 수정 단계까지 모든 해도제작 과정에 대하여 기재한다. 또한 각 작업의 매 공정마다 작성하여 작업일자, 작업단계, 작업내용, 확인자 등에 대한 기록을 남겨야 한다.

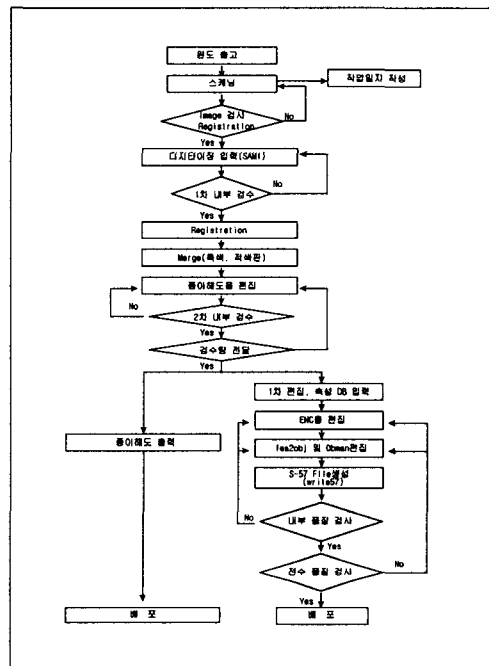


그림 2. 수치해도 작업절차

### 1.3. 스캐닝

원도를 스캐닝할 경우에는 참조점의 식별 유무를 반드시 검사하고 원도표면의 굵은 자국이나 얼룩을 제거한 뒤 수행한다. 사용하는 스캐너는 이미지 형식을 tiff G4 LSByte로 설정하고 300 dpi, 명암은 32-37로 설정한다.

### 1.4. 이미지 검사

이미지 검사는 스캐닝 하는 모든 색판별로 실시하며 다음 그림 3.의 상하좌우 네 개의 변과 대

각선의 길이를 이용하여 비교하는 스캔 이미지 왜곡 검사를 실시하여 오차 허용범위를 만족하는지 확인한다.

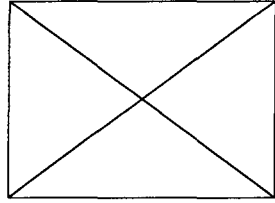


그림 3. 이미지 검사 선분

다음으로 원도 왜곡검사를 실시하는데 CARIS를 이용하여 4개의 참조점을 이용한 Registration을 실행하고 왜곡 여부를 검사한다. 이 검사는 CARIS 화면상에 보이는 참조점에 해당하는 좌표를 입력하고 이를 CARIS 내부의 좌표계로 변환한 뒤, 네 개의 참조점에 대한 RMS 검사를 수행하는 것이다. 이 때 사용되는 CARIS 모듈은 sami와 mosaic 이다.

### 1.5. 디지털타이징 입력(SAMI)

CARIS에서의 디지털타이징은 종이해도 뿐만 아니라 S-57을 위한 것이므로 전자해도 제작 기준 및 전자해도 제작 지침서를 항상 염두에 두고 작업해야 한다. 이 디지털타이징의 작업 내용은 매우 방대하고 각각의 상황에 따라 조금씩 다른 작업 방법을 가질 수 있기 때문에 모든 경우를 다 설명하는 것은 어려운 일이다. 아래에 일반적인 작업 규칙에 대하여 설명하였다.

- 좌표, 길이, 각도를 이용하여 입력하는 항목은 SAMI 작업 이후의 편집 과정에서 Soft Key를 이용하여 입력한다.
- 수심의 참조점은 정수 부분의 중앙점을 참조점으로 입력한다.
- 곡선을 디지털타이징할 경우에는 SAMI의 lirf, lirfco를 이용하여 입력한다.
- 직선을 입력할 경우에는 liap 명령어를 사용하여 자료의 양을 줄인다.
- 원을 입력할 경우에는 lici 명령어를 이용한다.
- 모든 선들은 neatline과 Join 시켜서 폴리곤 작업 및 올바른 데이터 질을 유지하게 한다.
- 선을 연결하는 경우에는 soft key 's'를 이용하여 정확히 일치하도록 입력한다.

- 작업 과정 중에 수시로 'refontx' 명령어를 이용하여 backup하도록 한다.

#### 1.5.1. 입력 순서

디지털타이징 입력의 순서는 수심, 해안선, 등심선, 육상선, 육상 심볼, 해상 심볼, 문자의 순으로 하는 것을 기본으로 한다. 또한 하나의 항목에서 입력순서는 좌상점을 시작으로 하여 오른쪽으로 진행하고, 하나의 선이 종료된 후에는 아래쪽으로 진행한다.

#### 1.5.2. 입력 원칙 및 유의 사항

##### ◇ 점의 경우

- 각도는 정북을 0°로 하여 시계방향으로 360°까지 지정 가능하다.
- 심볼의 위치 참조점은 수치 해도 제작 기준에 명시된 것과 마찬가지로 각 심볼에 EK라 다르게 적용된다.
- 정점은 심볼로 입력한다. 이 때 정점의 높이는 일반 문자로 입력한다.
- 수심의 위치 참조점은 소수점 이하 모두를 포함한 숫자의 수직, 수평의 중앙으로 지정한다. 현재 입력하는 종이해도는 수심의 위치 참조점이 정수 중심을 취하고 있으므로 정수 부분의 중앙을 위치 참조점으로 입력한다.

##### ◇ 선의 경우

- 디지털타이징 작업은 좌측 상단부터 우측 하단으로 진행함을 원칙으로 한다.
- 닫혀 있는 선의 경우 시계방향으로 진행한다.
- 닫혀 있지 않은 선의 경우에는 진행방향의 오른쪽에 의미하는 면이 위치하도록 진행 방향을 정한다.
- 선의 filtering은 0.1mm로 한다.
- 동일한 직선상에 있는 선의 pattern이 틀린 경우에는 일단 하나의 선으로 입력한 후 구분되는 지역에서 선을 나눈 다음 선의 feature code를 바꾸어 준다.

#### 1.5.3. 각 Feature별 입력방법

해도에는 많은 feature들이 존재하는데 이를 디지털타이징 하는 것은 일정한 규칙에 따라야 한다. 예를 들어 스캔한 이미지의 수심을 디지털타이징할 때 그림 4와 같이 어느 점을 기준으로 해서 수심의 위치를 정할 것인가 하는 문제는 해도의 축척에 따라서는 매우 중요한 문제가 될 수 있다.

그러므로 정한 수치해도 제작지침에 따라 각 feature를 입력하는 것은 제작하는 수치해도의 정확도에 직접적으로 영향을 미치는 것이라 할 수 있다. feature의 종류와 양이 방대한 관계로 자세한 내용은 생략한다.

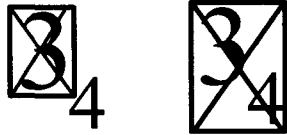


그림 4. 수심 참조점의 예

### 1.6. 1차 내부 검사

내부 검수는 크게 입력자의 자체 검수와 내부 검수팀의 검수로 구분할 수 있는데 입력자 자체 검수란 입력자가 입력 과정 중에 즉, 디지털아징 작업을 완료한 후, 폴리곤 구성 후 프린트물을 이용한 중첩 검수를 통해 누락 여부와 심볼의 오류를 검사하는 것을 의미하며 내부 검수팀 검수란 자체적으로 구성된 내부 검수팀에 의해 모든 작업이 종료한 후에 전체 검수를 행하는 것을 의미한다. 이러한 내부검수를 시행하기에 앞서 수치해도 제작 기준, 수치해도 제작 지침 등을 세분화하여 입력자에 의한 오류, 자료의 누락, 변형을 최소화해야 한다.[4]

### 1.7. 좌표 등록(Registration)

디지털아징 한 자료들은 단순히 CARIS에 벡터 구조를 갖는 내부 자료일 뿐이므로 실세계와 관계를 갖는 의미 있는 데이터로 만들어 주어야 한다. 이를 위해 기준이 되는 4개의 참조점을 선정해서 그 점을 실세계 좌표와 일치시킨 뒤 나머지 자료는 자동으로 실세계 좌표와 일치 되도록 CARIS의 명령어를 수행한다.

### 1.8. 병합(흑색판과 적색판의 병합)

앞의 작업은 흑색판과 적색판에 대해 별도로 진행한 것이다. 이러한 두 개의 색판에 대한 작업 결과를 하나로 병합한다.

### 1.9. 종이해도용 편집

수치해도를 출력하여 종이해도를 얻기 위해서는 흑색판과 적색판에 나타난 관련 물체의 위치를 정확히 일치시키는 등의 작업이 필요하다. 또한 해도 외곽의 Border와 Scale bar를 추가하고 필요한 경우에는 분도를 삽입한다. 종이해도의 식

별성을 높이기 위해 문자 위를 지나가는 선은 그 부분을 masking 시키고 WGS-84 격자선, 속도 계산자, Text Block을 삽입한다.

종이해도에서 색이 칠해질 부분을 위해 폴리곤을 형성해 주어야 한다. 이 때 필요한 것은 해도의 모든 영역을 덮을 수 있으면서 색칠을 위해 필요한 feature 들을 선택하여 작업하는 것이다.

### 1.10. 2차 내부 검사

1차 내부 검수 뒤에 진행한 작업에 대해 전반적인 검수 및 속성과 관련된 검수를 중점적으로 실시한다. 프린트를 통한 중첩 검수와 화면 검수 혹은 소프트웨어를 이용한 검수를 실시한다. 다음은 내부 검수팀이 고려해야 할 오류의 종류를 정리한 것이다.[4]

- CARIS 파일 헤더의 오류
- Feature code 오류
- 등심선의 논리적 비연결성
- RMS 검사
- 입력 자료의 누락 및 변형
- 수심 입력 오류
- Text 입력 오류
- Feature code 오류

### 1.11. 최종 자료출력 및 검수팀에의 전달

검수팀에 자료를 인계할 때는 작업 지시도와 지시서, 내부검사 수정도, 각종 작업 파일들을 인계해야 한다.

## 2. 전자해도 제작과정

앞에서 설명한 수치해도는 종이해도를 디지털아징한 CARIS 파일이라 할 수 있다. 이 수치해도는 기존의 종이해도와 동일한 형태로 만들어져 있으므로 이를 전자해도로 바꾸기 위해서는 약간의 변형이 필요하다. 즉 전자해도에 필요 없는 feature를 삭제하고 전자해도에서 사용하는 feature에 대한 numbering을 위해 Key값을 부여하는 등의 작업이 필요하다.

### 2.1. Line Unmasking

수치해도를 종이해도로 발간했을 때의 식별성을 높이기 위해 선과 문자가 겹치는 부분을 보이지 않도록 하였다. 이런 부분은 전자해도에서는 필요하지 않으므로 수치해도 모든 부분의 masking된 부분을 원상으로 복구한다.

## 2.2. 부분 삭제(Cell 편집)

전자해도 제작에 필요하지 않은 feature들을 삭제해야 한다. 삭제해야 할 feature는 다음과 같다.

- border
- neatline의 외부에 있는 feature
- 대축척 해도 경계선
- 자침도(중심점에 삼각점을 삽입한 뒤에)
- 필요 없는 Text block
- 분도
- 불필요한 헤더의 삭제
- WGS-84 격자선
- Coverage=2인 지역

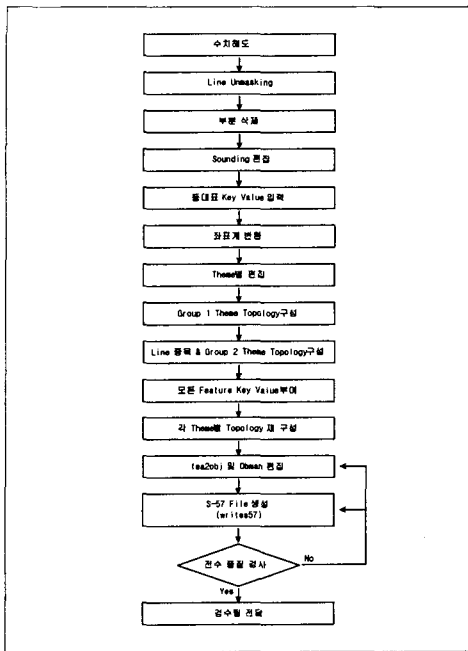


그림 5. 전자해도 작업절차

## 2.3. 수심 편집

수심은 측량의 정밀도를 기준으로 각 그룹으로 나누고 각 그룹별로 유일한 Key 값을 갖도록 설정한다.

## 2.4. 등대표 Key값 입력

우리 나라 연안의 등대, 입표, 부표 등 항로표지의 위치 및 관련 정보를 데이터베이스에 입력하고 이를 이용하여 디지털화한 각 심볼에 속성이 자동으로 입력되도록 한다.

## 2.5. 좌표계 변환

지금까지 작업한 CARIS 파일의 좌표계는 CARIS의 내부 형식이라 할 수 있으며 전자해도에서 사용하는 위도, 경도와 WGS-84 데이터 시스템으로 변경해 주어야 한다.

## 2.6. Theme별 편집

일종의 Layer 개념으로 각 Layer에 해당하는 feature들은 폴리곤을 구성했을 때 위상구조에 있어 결함을 갖지 말아야 한다. 이러한 결함을 없애기 위해 pseudo node를 제거하고 선의 Join, Split등의 명령들을 수행한다.

CARIS에서는 이러한 feature들을 적절한 번호로 분류하며 데이터 제작자는 CARIS의 정의에 따라 각 feature들을 분류해야 한다. 이렇게 분류된 feature들은 상호간에 완벽한 위상관계를 갖도록 구성된다. 이 과정에서 생기는 오류는 모두 수정되어야 한다.

## 2.7. Feature에 대한 Key값 부여

작업한 모든 feature에 대해 Key값을 지정해야 한다. 이를 통해 전자해도에서의 모든 오브젝트는 유일한 식별자를 갖게 된다.

## 2.8. Fea2Obj 실행

fea2obj는 CARIS의 제작사인 USL에서 CARIS 파일의 feature를 S-57과 상응하는 오브젝트로 변환할 수 있도록 제공하는 프로그램이다. 이 프로그램을 위해 오브젝트와 해당 속성을 갖고 있는 Look-up 테이블이 필요하며 이 때 발생한 오류들은 이전 단계에서 모두 수정되어야 한다.

## 2.9. Obman 작업

fea2obj를 통해 S-57 오브젝트로 변환된 파일을 검사하여 반드시 있어야 할 속성의 존재 유무와 수동으로 입력해야 할 오브젝트를 삽입하는 등의 작업을 이 Obman을 통해서 수행한다.

## 2.10. S-57파일의 생성

명령어, writes57은 obman 작업이 끝난 파일을 ENC파일로 자동으로 만들어 주는 명령어이다. 이러한 fea2obj, obman, writes57은 모두 USL사가 제공하는 것이다.

## 2.11. 검수팀에 전달

작업 지시도, 작업지시서, ENC file, Fea2obj.log, Writes57.log, Hobstat.log 파일을 취

종적으로 검수팀에 전달 한다.[7]

### 3. CARIS의 활용

CARIS는 캐나다 USL사가 제작한 GIS 도구이며 일반적인 GIS로 사용될 수 있으나 해양관련 GIS에 더 많은 장점을 갖고 있어 각국의 수로국이 전자해도 개발이나 관리에 많이 사용하고 있는 프로그램이다.

전자해도 제작과정에 사용된 CARIS 모듈과 프로그램들의 간단한 소개는 아래와 같다.

- CARED : 입력된 벡터 데이터를 편집
- SAMI : 스캔한 이미지를 배경으로 사용하여 디지털이징하는 모듈
- MOSAIC : 좌표등록과 좌표변환에 사용
- fea2obj : CARIS feature를 S-57 오브젝트로 변환한다.
- Obman : S-57 오브젝트를 검사하고 강제 속성의 유무, 오브젝트의 생성등을 수행.
- writes57 : ENC를 생성

### III. 결 론

지금까지 간단하게 선박해양공학연구센터가 총괄하고 쌍용정보통신과 경원대학교 환경계획연구소가 수행한 전자해도의 생산과 검수 과정에 대하여 소개하였다. 본 연구를 위해 초기에는 CANADA의 제작과정을 모델로 하였고 축적한 기반 기술을 이용하여 제작기준, 제작지침 등을 한국의 실정과 해도 환경에 맞도록 수정하였고 전자해도의 개발과 공급 및 관리를 위한 제반 기술 들을 개발하였다. 현재까지 확립된 제작과정을 통해 160여종의 전자해도 제작을 완료하였으며 1999년부터는 민간에 전자해도 데이터를 공급할 예정이다.[6]

연도	개발내용	비고
1995년	- 전자해도 표준규격 개발 - 전자해도 교화표준형식연구 - 전자해도 정책연구	완료
1996년	- 해도기초자료 80종 DB구축 - 전자해도 10종 실험제작 - 기초자료 활용방안 연구	완료
1997년	- 기초자료 150종 DB 구축 - 남해안 60종 ENC 제작 - 전자해도 응용기술 개발	완료
1998년	- 기초자료 70종 DB 구축 - 서해안 105종 제작 - ENC서비스체계기술개발	완료
1999년	- 기초자료 240종 DB 구축 - 동해안 55종 제작 - 전자해도관리시스템개발	예정

표 1. 전자해도 개발 현황

### IV. 참고문헌

- [1] IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic data Edition 3.0 - November 1996 Special Publication No.57, IHB, MONACO
- [2] 최종보고서, "전자해도 제작 및 관련 기술 개발", 1996년 8월, 한국기계연구원
- [3] 최종 보고서, "전자해도 표준규격 개발 및 실험제작", 1996년 8월, 쌍용정보통신주식회사.
- [4] 최종 보고서, "전자해도 검수방안", 1996년 8월, 경원대학교 환경계획연구소.
- [5] 최종보고서, "전자해도 응용 및 정책연구", 1996년 8월, 부산발전연구원
- [6] 최종보고서, "전자해도 DB 구축 및 응용 기술 개발 연구", 1997년 11월, 한국기계연구원
- [7] 시제품 제작결과 보고서, "S-57 기준의 SENC DB 제작", 1997년 5월, 쌍용정보통신주식회사.