

수치해도 기반의 3차원 등심측량 시스템 모델링

조원희* · 김창수* · 정성훈* · 이태오* · 임재홍**

*한국해양대학교 대학원, **한국해양대학교 전자통신공학과 교수

Modeling of 3D Sounding System based on the Digital Maritime Chart

Won-Hee Cho* · Chang-Soo Kim* · Sung-Hoon Jung* · Tae-Oh Lee* · Jae-Hong Yim**

*Graduate National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

**Division of Electronic and Communication, National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

요약 : 오늘날 전자해도는 매우 많은 분야에서 적극적으로 활용되어 사용되고 있다. 그러나 그러한 수요에도 불구하고 대부분의 전자해도와 지형정보시스템은 서로 다른 구조로 이루어져 접근이 어려웠다. 본 논문에서는 시스템 전체의 규모를 간소화하여 사용하기에 필요한 지형데이터만을 추출하여 이미지 필터링방법을 적용하였다. 그리고 기존의 데이터베이스와 수심측정으로부터 얻어진 다양한 정보를 바탕으로 간소화된 구조의 데이터베이스를 구축하고 3차원으로 구현되는 간편한 전자해도 시스템을 제안하였다. 또한 빈번한 갱신에 대해서도 소형화되고 간편한 절차를 통해 편의성과 범용성을 제시하고자 하였다.

핵심용어 : 수치지도, 수심측량, ENC, ECDIS, 삼각분할

ABSTRACT : At these days, electronic maritime chart is in positively using various fields. But most of electronic maritime chart and topography information system is hard to using various fields despite that demand because that difficult approach from separately and specific constitution. This thesis apply to image filtering that extract requirement topography data from simplification of the whole system. And as constructing database of simple structure that getting various information from sounding depth and existing database, propose electronic maritime chart system to practicable 3D embodiment. And also propose convenience and commonplace to simple process about frequently renewal.

KEY WORDS : Digital Map, sounding depth, ENC, ECDIS, Triangulation

1. 서 론

근래에 들어 수치지도가 우리 생활에 적용되는 응용범위는 날로 방대해지고 있다. 해양에서 사용되는 경우는 수치 해도라고 하며 전자해도(ENC: Electronic Navigational Chart)라고 부르고 있다. 수치 해도는 기본적으로 항해관련 정보들을 수록하여 항해자에게 제공하는 역할을 수행한다. 전자해도는 전자해도 표시시스템(ECDIS: Electronic Chart Display and Information System)에서 사용하기 위해 국제수로기구(IHO: International Hydrographic Organization)의 표준규격(S-57)에 따라 제작된 디지털해도를 말한다. 이러한 전자해도는 ECDIS를 통해 항해에 있어 보다 안전하고 편리하게 사용될 수 있는 정보를 제공하도록 여러 가지 복잡한 형태의 다양한 정보들을 수록하도록 이

루어져 있다. 그러나 일반적으로 간단한 측량을 하고자 할 경우에는 복잡한 시스템을 사용하기에는 비용과 자원의 낭비가 불필요하게 되었다(유재준, 2002).

이에 본 논문에서는 일반적인 수심측량 방법을 사용하여 간단하게 생성된 데이터베이스를 통하여 이를 디스플레이할 수 있도록 하면서 빠르고 편리하게 수정이 가능한 수심측량 시스템의 모델링을 제시하고자 하였다.

시스템의 구조부에서는 전체적인 시스템의 구성도를 설명하였으며 실제 사용하는 수심측량 방법의 설명과 기존 전자해도 표시시스템을 통하여 간단히 좌표와 수심 값을 얻어 이를 통해 등고선을 생성하고 2차원 또는 3차원에서의 변환 등을 통하여 측심장비와 연동되며 기존 전자해도의 데이터를 이용할 수 있는 간단한 형태의 수심측량 시스템을 모델링 하였다. 연구의

참고를 위하여 GEO systems의 Hydropro Navigation 프로그램과 캐드를 사용하여 설계에 응용하였다.

2. 시스템의 구조

시스템의 전체 구성은 Fig.1에서와 같이 수심측량 시스템을 중심으로 하여 수치지도시스템의 서버로부터 수치지도데이터를 표시할 수 있는 클라이언트 설정이 필요하다. 수심측량 시스템의 클라이언트 시스템 형태는 구현된 모니터링 시스템을 참고한다(정성훈, 2004).

수심측량 시스템은 데이터베이스와 디스플레이 모듈을 포함하며 수치지도 시스템으로부터 좌표와 수심의 데이터를 가져오거나 보낼 수 있도록 하며 보통 선박이나 잠수정을 사용하는 측심장비로부터 연동되어 실제 측정하는 측정값을 데이터베이스에 갱신 또는 새로 저장할 수 있으며 이를 디스플레이해줄 수 있는 기능을 포함한다.

좌표의 정확성을 위해서는 GPS(Global Positioning System) 모듈을 이용하도록 하며 수심측량 시스템과 기준점을 기준으로 하여 측량에 사용할 수 있다.

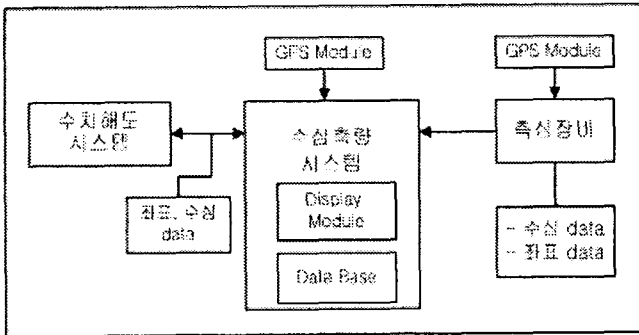


Fig. 1 시스템의 구성도

2.1. 수심측량장비

수심측량을 위해서는 측량에 사용될 선박에 탑재한 에코 사운더(Echo sounder)장비를 통해 약정한 선박의 이동경로를 따른 측위 방법을 사용한다. 이때에는 크게 두 가지 부분 선박의 위치를 즉각 알 수 있도록 하는 선위측정부분과 수심을 측량하는 에코 사운더 측심장비 부분으로 구성되어진다.

선위 측정의 경우 과거 기준점을 이용하여 기준점으로서의 교차점을 계산하여 좌표를 보정하는 삼각측량법이 사용되었으나 최근에 들어서는 편리한 DGPS(Differential Global Positioning System)장비를 이용하여 보다 정확하고 빠른 위치측정 방법을 사용할 수 있다. 측심장비는 선이나 점 단위로 빔을 사용하여 해저지형 측량 사용하던 과거에 비해 멀티빔(multi-beam)을 이용하여 보다 넓은 지역에 대한 빠르고 정확한 측량을 실시하는 것이 가능해 졌다(원격탐사홈페이지).

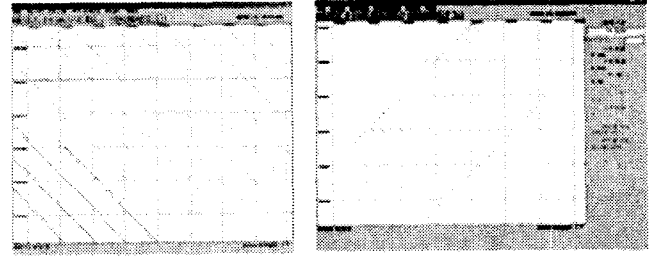


Fig. 2 선박 이동 예정 경로의 설정

측심장비를 탑재한 선박은 사전 약정한 이동경로에 따라 이동하여 실시간으로 연동되는 선박 측위장비에 따른 실제 좌표와 수심측량 데이터를 생성할 수 있다.

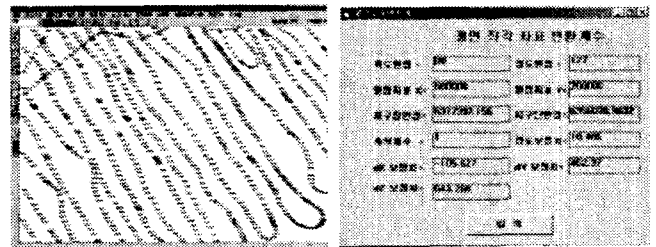


Fig. 3 선박 이동 경로와 추출되어진 좌표 데이터

2.2. ECDIS

국제 해사 기구(IMO : International Maritime Organization)에서는 ECDIS에 관련된 일반적인 성능 기준들을 정의하고, 국제 수로 기구에서는 디지털 형태의 수로 데이터(S-57)의 전송 및 ECDIS 내용 및 표시에 관한 사항(S-52)들을 정의하고 있다.

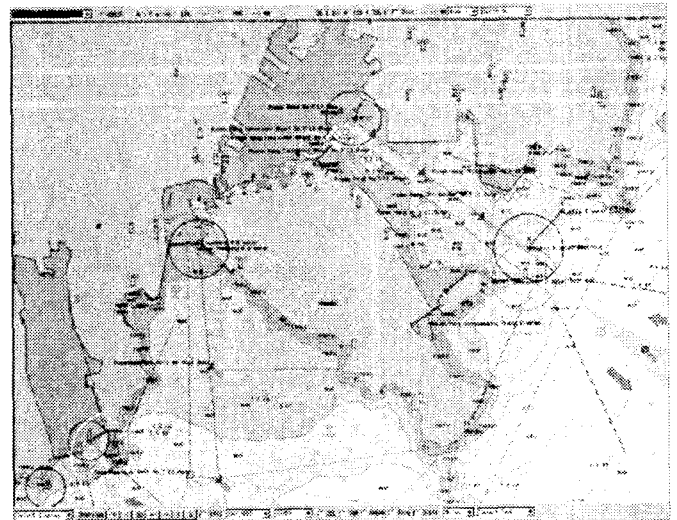


Fig. 4 ECDIS 시스템 디스플레이 화면

기본적으로 사용되는 ECDIS에서는 종이 해도에 관련된 전통적인 작업들을 지원하게 된다. ENC는 종이 해도 상에 나타

나는 해안선, 등심선, 수심, 항로표지(등대, 등부표), 위험물, 항로 등 선박의 항해와 관련된 모든 해도정보를 나타낸다(풍한 인터내셔널, 1996).

2.3. ECDIS 시스템으로부터의 데이터 수집

ECDIS가 보여주는 화면에서 일정한 사각 그리드로 분할하여 각 그리드 당 일정한 위치에 해당하는 좌표의 고도를 따로 추출해낼 수 있다. 가장 간단하게 사용할 수 있는 방법은 ECDIS가 표현하는 수심에 따른 색상 값을 수치화하는 것이 편리한 방법이다. 이 일정한 그리드로 쪼개진 영역의 수심 값은 반복적인 추출 작업으로 구조화 된 매트릭스 형태로 저장하는 것이 가능해진다(김성수, 2001, 이성호, 2002).

$$M(x, y, z) \dots\dots\dots (1)$$

$$(M = [a, b], \quad a = \sum_{a=0}^{\infty}, \quad b = \sum_{b=0}^{\infty})$$

이렇게 구해진 데이터 값은 전체 지도를 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\sum_{k=1}^c [d_0, d_1, \dots, d_k] M(x, y, z)_k \dots\dots\dots (2)$$

(계산된 그리드의 숫자 = c)

3. 등심선의 생성

구해진 데이터는 각각의 일정한 그리드내의 수심 값을 나타내는 점의 집합으로 나타낼 수 있다. 각각의 점들은 추출된 좌표와 동일한 좌표에 위치하여 좌표의 수심 값을 표현한다. 각각의 그리드별로 표현된 수심 값은 Fig.5와 같다.

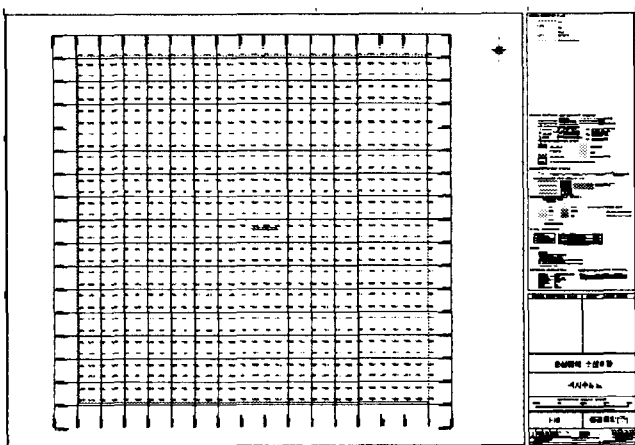


Fig. 5 그리드별로 얻어진 수심 값

등심선은 우선 열린 등심선과 닫힌 등심선으로 분류할 수 있다. 등심선의 생성은 각 좌표들 중 동일한 값을 가지는 좌표에

한해서 연결을 함으로서 생성할 수 있는데 등심선을 생성할 때는 등심선이 닫힌 상태를 확인할 수 있는 포함트리를 이용할 수 있다. 닫힌 각각의 등심선에 대해 생성한 MBR(Minimum Bounding Rectangle)을 이용하여 각각의 닫힌 등심선을 뜻하는 MBR간의 포함관계를 기반으로 포함 트리를 생성할 수 있을 것이다. 임의의 MBR A(Xmin, Ymin, Xmax, Ymax)가 B(Xmin, Ymin, Xmax, Ymax)를 포함하려면 다음 조건을 명시하여야 한다.

$$AXmin < BXmin, \quad AXmax > BXmax$$

$$AYmin < BYmin, \quad AYmax > BYmax$$

마지막으로 복잡한 형태의 구간별로 근사한 형태의 선을 생성하기 보다는 B-spline에 의한 보간법을 통해 정확한 도곽수 값 없이도 등심선을 랜더링할 수 있다. 이때 이웃한 좌표들의 지역적 최소·최대값을 고려한다면 보다 원활한 계산이 가능하다.

원하는 곡선을 복잡한 고차 계산 없이 해결 가능한 블렌딩 함수 $N_{i,k}(u)$ 를 이용한 B-spline은 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$P(u) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,k}(u) \quad (0 \leq u \leq n - k + 2) \dots\dots\dots (3)$$

$$N_{i,k}(u) = \frac{(u-t_i)N_{i,k-1}(u)}{t_{i+k-1}-t_i} + \frac{(t_{i,k-1}-u)N_{i+1,k-1}(u)}{t_{i+k}-t_{i+1}} \dots\dots\dots (4)$$

B-spline에 의한 보간법에 의해 생성된 등심선은 Fig.6과 같이 나타낼 수 있다.

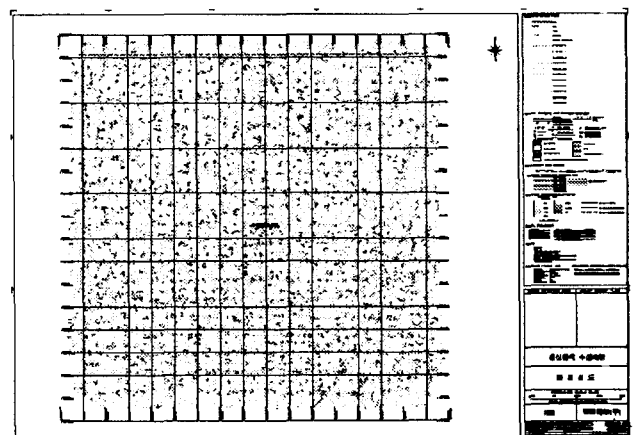


Fig. 6 근사를 통해 얻어진 등심선

적용하여 구해진 근사화 된 함수 값이 해당 좌표의 수심 정보와의 오차값이 0에 가까울수록 보다 정확한 근사가 실시된 것

으로 가정할 수 있을 것이다. 정확한 근사를 위해서는 multi-level B-spline과 유사한 방법으로서 단계적으로 그리드의 해상도를 올리면서 반복적인 계산으로 오차값을 줄여 나가는 방법도 가능할 것이다(조환규, 1998, Eric Lengyel, 2002., 10).

4. 3차원 렌더링

각각의 등심선으로부터 근사되어진 점들과 전체 등심선을 이용해 좌표를 중심으로 계산된 의미점을 부여한다. 의미점은 점 또는 선간의 높이차의 변화를 이용하여 상관관계를 이용해 지역적 최고 또는 최저에 해당하는 점이 된다. 이후 각X, Y축에서 중간값에 해당되는 점을 중심으로 정렬된 점들을 잇는 삼각형들을 그려나간 후 이들을 델로니의 삼각분할(Delaunay Triangulation)에 만족하는 보정값을 가지도록 한다. 이 결과는 Fig.7에서와 같이 나타난다.

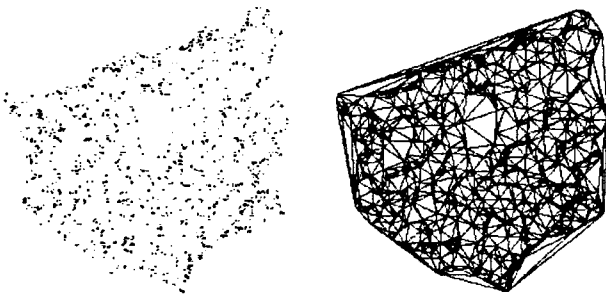


Fig. 7 삼각분할을 통한 3차원 지형생성

델로니의 삼각분할 조건은 주어진 삼각형의 세 정점 모두에서 볼 수 있는 새로운 점을 삼각형의 외접원 내부에 포함하지 않도록 하는 것이다.

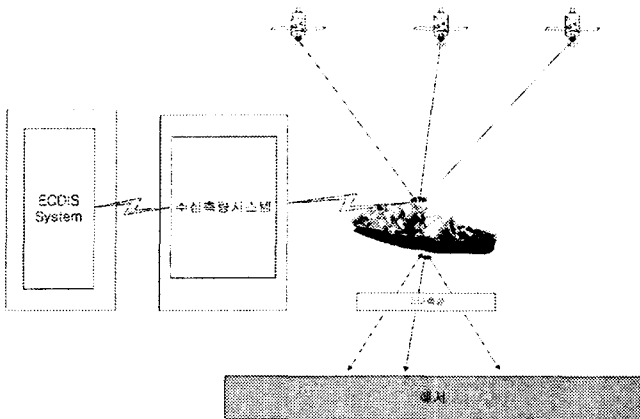


Fig. 8 시스템 구성에 따른 구현도

여기서 이미 반드시 포함하여할 Edge를 가지는 등심선은

명시가 되어 있으므로 델로니의 삼각분할을 최적의 시간 복잡도를 가지는 분할된 공간에 대하여 사용함으로써 효율성을 높여 최적화가 가능해진다.

5. 결론 및 향후 과제

본 연구는 보다 간결하고 적은 자원을 고려한 모델링을 통하여 시스템의 복잡도를 줄이도록 하였다. 수치해도를 기반으로 기존의 수치지도로부터 복잡한 형태의 데이터 추출보다는 간단한 이미지 상으로의 데이터 추출을 통하여 생성한 데이터베이스를 통해 측심장비들과 연동시킬 수 있는 보다 간편한 용도의 수심측량시스템을 제안하였다.

각 수치지도가 독자적으로 사용하는 데이터베이스에 접근하지 않고도 모니터링 서버 시스템에 연결이 가능한 PDA 등의 모바일 장비로 접근하여 자체적으로 간단한 데이터를 추출할 수 있도록 간단한 형태의 구현이 가능해졌다. 독자적으로 동작 가능한 시스템은 기존의 수치해도를 바탕으로 또는 측심장비로부터 직접적으로 데이터를 입력받아 데이터베이스화할 수 있으며 3차원으로 영상을 표현할 수 있도록 하는 기능을 부가하였다.

시스템의 등심선 및 3차원 영상의 구현 기능은 해상의 해양 정보 모니터링 시스템의 클라이언트 장비에 적용이 가능한 형태로도 구현이 가능할 것이다. 또한 보다 정확한 데이터 보정 과정을 통하여 시스템 자체가 가지는 신뢰도 향상에도 직접적으로 영향을 줄 수 있도록 하여 보다 높은 정밀도를 제공해야 할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 김성수(2001), "등고선을 이용한 지형 재구성", 한국정보처리학회, 제8권(제2호)
- [2] 유재준(2002), "비디오 지리 정보 시스템의 설계 및 구현", 정보과학회, 추계 학술대회, Vol. 29 NO. 02
- [3] 이성호(2002), "3차원 그래픽 매핑기법을 이용한 미디어 GIS", 한국정보과학회, 추계 학술대회, Vol. 08 NO. 02
- [4] 정성훈(2004), "ENC 기반 해상작업 모니터링 시스템의 설계 및 구현", 한국해양대학교, pp.17-39, pp. 47-52
- [5] 조환규(1998), "수치지도 불일치 해결을 위한 자동 보정 알고리즘", 한국정보처리학회 논문지 A, pp.191-201
- [6] 풍한 인터내셔널(주), "ECDIS 사용자 인터페이스 및 ECDIS 표시 정보에 관한 제안서", 1996
- [7] Eric Lengyel, "3D 프로그래밍 & 컴퓨터 그래픽을 위한 수학", 정보문화사, 2002. 10
- [8] 국립해양조사원 홈페이지, <http://www.nori.go.kr>
- [9] 원격탐사 홈페이지, <http://www.remotesensing.org/gdal>