

S-57 공간정보 저장을 위한 효율적인 SENC 구조의 설계 및 구현

이희용*

*씨나비정보기술(주) 대표이사, 한국해양대학교 강사

A Design and Implementation of SENC Structure for efficient storage of S-57 spatial data

Hee-Yong Lee*

*President of C-Navi Corporation, Lecturer of Korea Maritime University

요 약 : 전자해도의 표준 형식인 S-57은 수로 데이터의 교환을 위한 표준이다. 이에 따라 제작된 항해용 디지털 해도를 전자해도(ENC: Electronic Navigational Chart)라 하며, 전자해도를 공간 정보의 표현에 적절한 컴퓨터 자료 구조로 변환 한 것을 SENC(System ENC)라 부른다. SENC는 시스템 제조업체마다 고유한 알고리즘으로 제작되는데, ECDIS(Electronic Chart Display and Information System) 성능에 주요한 역할을 하는 요소임에도 불구하고 아직까지 SENC의 구조의 설계 및 구현에 관한 연구는 발표된 바가 없는 실정이다. 본 연구에서는 새로이 고안한 Mesh 구조를 이용한 SENC 구조를 설계하였고, 이를 Display 할 수 있는 시스템을 구현하여 PDA 및 데스크탑 컴퓨터에서 동작 결과를 확인하였다.

핵심용어 : 전자해도, 전자해도시스템, 시스템ENC, 디지털해도, 메시

Abstract : The ENC standard, S-57 Specification was established to exchange hydrographic data between it's users such as HOs ECDIS users, etc. The digital navigation chart which is produced according to the S-57 Specification is called an ENC(Electronic Navigational Chart) and the SENC(System ENC) is a by-product of ENC suitable for computer graphics system. Even though the efficient structure of SENC is a key element of measuring ECDIS performance, the amount of papers about these topics are small compared with other research fields. In this paper, the author designed an efficient spatial data structure of SENC, called Mesh. This paper also includes the implementation result of the "Mesh" which displays SENC on computer screen.

Key words : ENC, ECS, ECDIS, SENC, Digital Chart, Mesh

1. 서 론

S-57은 각국 수로국 간의 수로자료의 교환은 물론 이를 ECDIS생산자, 항해자 및 다른 이용자에게 공급하기 위해 국제수로기구(IHO)가 제정한 교환 표준으로서 1996년 12월 Ed. 3으로 개정된 후 향후 4년간 변경하지 않도록 결정하였고 2000년 현재 Ed 3.1까지 준비가 되어있다.(IHO, 1996a ; IHO, 2000) S-57 교환 표준에 의거하여 제작된 전자해도는 컴퓨터 화면 표시를 위한 컴퓨터 자료 구조로 적합하지 않으므로 IHO에서는 효율적인 컴퓨터 자료구조로 변환하여 사용할 것을 권고하고 있다.

본 논문은 자료 교환을 위한 표준 형식인 S-57의 공간 자료 구조를 기반으로 하여 컴퓨터에서 보다 효율적으로 사용할 수 있는 "Mesh"라고 하는 공간정보 구조를 고안하고 이를 구현한 예를 보였다.

제 2장에서는 Mesh 구조를 설계하게 된 배경으로 S-57 공간 정보구조에 대해 설명하였고, S-57 공간정보가 Mesh 구조

로 변경되는 과정을 설명하기 위한 예제자료를 구성하였다. 제 3장에서는 Mesh 자료구조의 정의와 예제자료를 활용하여 Mesh 자료 구조를 생성하는 과정을 설명하였다. 제 4장에서는 Mesh 자료구조를 활용하여 제작된 SENC를 PDA 및 데스크탑 컴퓨터에서 구현한 결과를 보였다.

2. S-57 공간 정보 구조

2.1 S-57 모델

S-57의 목적은 실세계 대상에 대한 데이터를 주고받기 위해서 제작되었다. 실세계 대상을 정확히 표현하는 것은 대단히 어려운 일이므로 특징을 추출하여 단순화하여야 한다. 이렇게 하는 것을 실세계 객체의 모델링이라 한다. S-57은 수로 데이터를 모델링 한 것이며 설명 가능한 사물의 특징과 위치를 표현한 것이다. S-57에서 설명 가능한 사물의 특징을 속성 객체(Feature Object)라 부르고 공간 정보는 공간객체(Spatial Object)라 정의한다. S-57의 객체 모델은 Fig 1과 같다.

* 대표저자 : 이희용(중신회원), jimcarry@c-navi.co.kr 016)428-1340

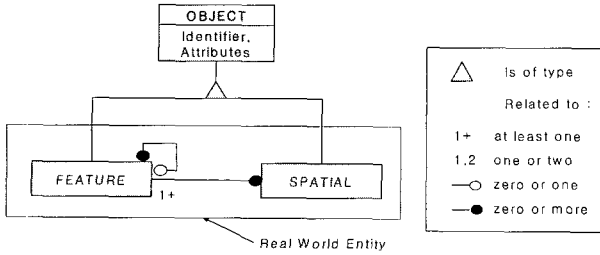


Fig. 1 S-57 Object Model [4]

S-57의 공간 정보는 Vector라 하며 점(node), 선(edge), 면(face)으로 구분된다.(Fig. 2)

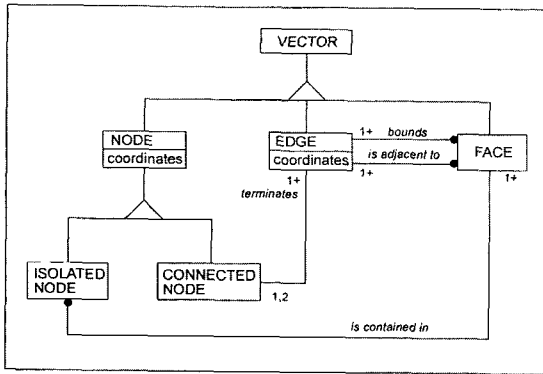


Fig. 2 S-57 Vector Model[4]

점은 또 독립점(Isolated Node)과 연결점(connected node)으로 구분되며 선은 시작노드와 종료노드 및 점들의 집합으로 구성된다. 면은 선의 집합으로 구성된다. 선은 Orientation이라 불리는 방향정보를 갖고 있으며 방향정보의 값에 따라 점을 해석하는 방법이 틀려진다. (Fig. 3)

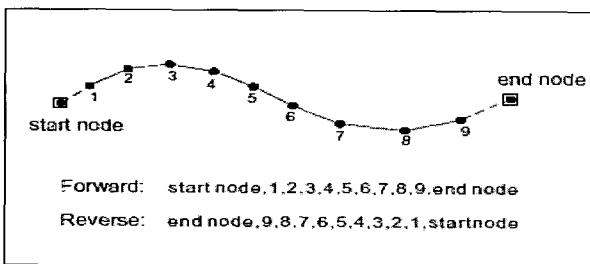


Fig. 3 Edge Configuration[4]

본 논문은 선과 면의 공간 정보 구조 및 그 구조의 구성 알고리즘에 관한 것이다. 독립점의 구조는 S-57의 데이터를 그대로 저장하므로 연구의 대상에서 제외하였다. 또한 구성된 공간 정보를 S-52규정에 따라 표현하는 것은 선행 연구(이 외 2000)를 참고하면 된다.

2.2 S-57 모델의 구현 예

본 절에서는 선(Edge)과 면(Face)이 저장된 예제를 통해서

S-57 모델의 구현 예를 설명한다. 실제계의 객체에 해당하는 Feature 레코드는 FSPT 필드에 저장된 공간정보의 정보로 위치를 정한다.

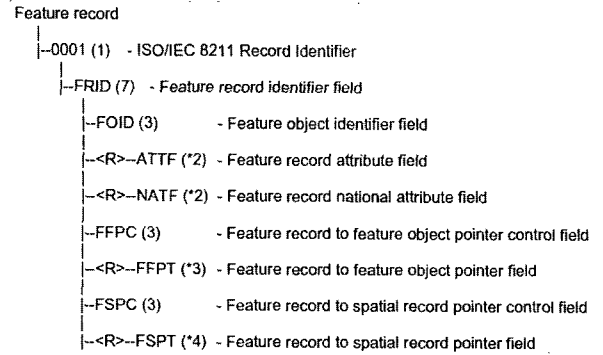


Fig. 4 The Structure of Feature Record

Vector 레코드의 필드 구조는 Fig. 5와 같은데 VRID 필드로 식별되며 SG2D 또는 SG3D의 공간 정보를 포함하고 있다. Feature 및 Vector 레코드의 각 필드에 관한 내용은 참고문헌(IHO, 1996a)를 참조하면 된다.

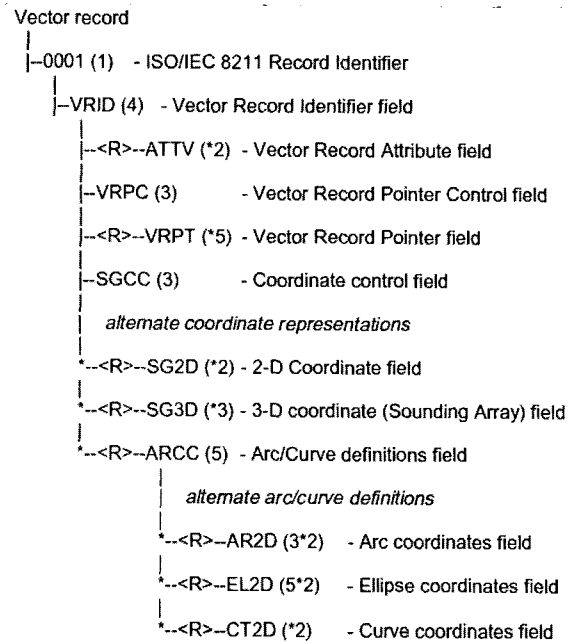


Fig. 5 The Structure of Vector Record

Fig. 4, 5와 같이 Feature의 FSPT 필드와 Vector 레코드의 VRID 관계를 개념적으로 도시한 것이 Fig. 6이다.

실제 VRID는 RCNM과 RCID 두개의 필드로 구성되는 고유값이나 본 연구에서는 설명의 편의를 위하여 일렬번호를 사용하였다.

객체 1은 수심 지역(DEPARE)으로 면이며 Vector 3, 4(선, Edge)로 구성된다. 객체 2인 수심선(DEPCNT)은 선이며 Vector 4, 5(선)로 구성된다고 가정한다.

Fig. 7은 Fig. 6에서 선 3, 4, 5 부분만 발췌하여 그 점의 구성을 그림으로 도시한 것으로 Mesh 구조를 설명하기 위한 예제이다.

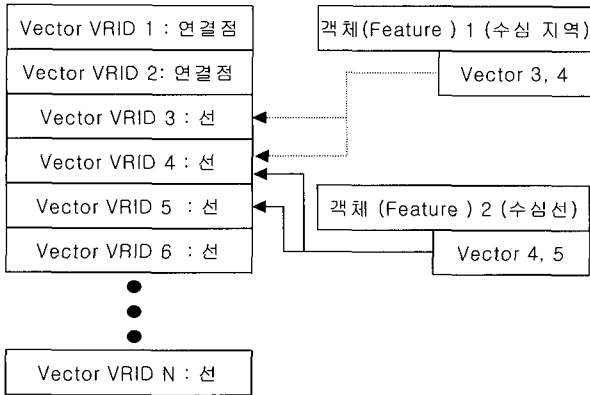


Fig. 6 The Connection of Feature and Vector

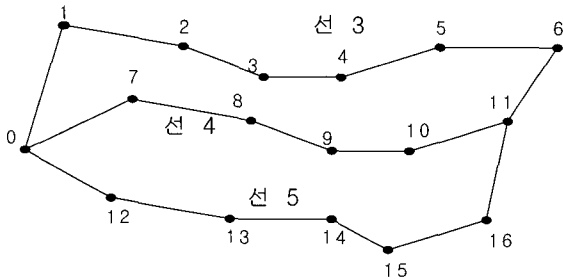


Fig. 7 Face and Edge Sample

S-57은 전자해도 데이터의 교환 표준으로 공간정보의 중복 저장을 허용하지 않고 있다, 즉, Fig. 6에서와 같이 각 VRID의 공간정보는 중복되지 않으나 Fig. 7에서 보듯이 이를 화면상에 표현할 때는 개발자에 따라 중복되게 저장할 수 있음을 알 수 있다.(이 외 2000)

다음 장에서 S-57의 중복 참조로 인한 저장 공간을 낭비하는 비효율적인 SENC를 Mesh 구조를 통하여 효율적으로 구성하는 방법을 설명한다.

3. SENC 구조 설계

Fig. 6, 7에서 예측할 수 있듯이 효율적으로 설계되지 못한 SENC에서는 공간 정보가 중복되는 부분이 있으므로 이를 고려하여 공간 정보의 저장 장소를 최소화 할 수 있는 새로운 자료 구조를 고안하는 것이 필요함을 알 수 있다. 또한 새로운 자료 구조는 Display할 때 선의 방향에 따라 공간 정보를 재구성할 필요가 없어야 할 것이다.

S-57에 기초한 공간정보를 표현하기 위한 컴퓨터의 계산양은, 객체와 공간 정보를 연결하기 위한 계산과 좌표 변환의 계산의 정도에 따른다. Mesh 구조는 객체와 공간 정보의 연결을 위한 계산을 SENC 변환 시 한번만 수행하여 공간 정보 연

결을 위한 계산을 생략할 수 있게 한다.

본 장에서는 Mesh 구조의 설명, 선행 연구 (이 외 2000)와 비교한 Mesh 구조의 장점, ENC를 Mesh 구조로 변환하여 SENC로 저장하는 알고리즘을 설명한다.

선행 연구에 비해 Mesh 구조는 객체 정보와 공간 정보를 Mesh Index를 통해 연결하고 있으므로, Display 시에 객체와 공간 정보 연결을 위한 계산 과정을 생략할 수 있도록 한다.

3.1 Mesh 자료 구조

Mesh란 S-57의 선과 면에서 중복되지 않는 점들의 집합이다. 즉, Fig. 7에서 보는 바와 같이 S-57의 독립점과 선을 분해하여 공간상에서 중복이 없는 점의 집합을 구성하는 것이다.

Fig. 6, 7에 의해 구성된 Mesh 구조를 개념적으로 표현하면 Fig. 8.과 같다.

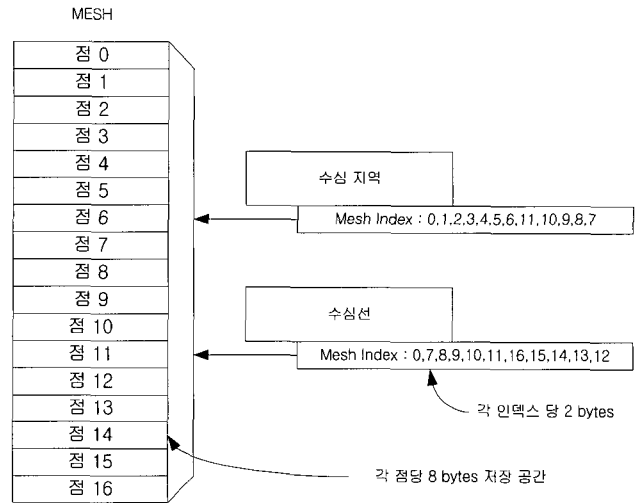


Fig. 8 Mesh Structure

Fig. 8에서 Mesh는 총 17개의 점으로 구성되는 점의 배열이며 Fig. 6의 공간정보 중에서 선 3, 4, 5 부분만을 발췌하여 구성한 예이며 Fig. 7의 구성을 그림으로 재구성한 것이다.

선행 연구에서는, Fig. 6과 같은 S-57 공간 정보를 SENC 구조로 변환하기 위하여 모든 VRID에 대해 순차검색을 하였으나, Fig. 8에서 보듯이, 본 연구에서의 전자해도 표시 시스템은 Mesh 구조의 식별자로서 연결 구성이 완료된 배열의 인덱스를 가지고 있으므로, SENC의 Display 시에 S-57 공간 정보인 VRID에 대한 순차검색을 수행할 필요가 없다.

Fig. 6에서 n 개의 개체, 각 개체마다 m개의 공간정보 연결 정보, 전체 k 개의 공간정보를 갖는 경우, 전체 공간정보를 구성하기 위한 비교연산의 횟수는 $n * m * k$ 이지만 Fig. 8에서 Mesh 구조를 이용하면 이러한 비교 연산이 필요 없다.

SENC의 객체(Feature)는 공간정보로서 Mesh에 대한 index를 가지고 있으며, 하나의 SENC에는 이미 객체와 공간 정보의 연결 정보를 포함하는 하나의 Mesh가 존재한다. Mesh를 이용한 SENC의 구조는 Fig. 9과 같다.

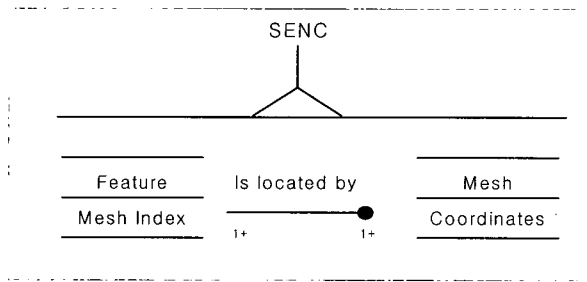


Fig. 9 SENC Structure using Mesh

객체지향 기법을 이용하여 공간정보를 저장하기 위한 C++ Class를 설계하였으며 그 구조는 Fig. 10.과 같다.

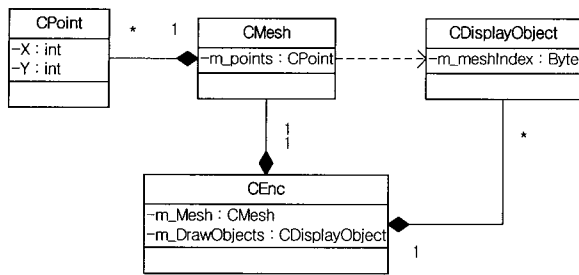


Fig. 10 Class Diagram of SENC

CPoint는 경도좌표인 X, 위도 좌표인 Y 멤버(member variable, 이하 멤버)를 갖고 있으며, CMesh는 CPoint의 배열인 m_points 멤버, CDisplayObject는 공간정보로서 Mesh내의 인덱스 번호의 배열인 m_meshIndex 멤버를 갖고 있다. CEnc는 공간정보인 CMesh 타입의 m_Mesh, CDisplayObject의 배열인 m_DrawObjects 멤버를 갖고 있다.

3.2 Mesh 구조의 장점

Fig. 6에서 보듯이 객체 1은 공간정보 3, 4로 구성되고 객체 2는 공간 정보 4, 5로 구성된다. 공간정보 3은 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11의 7개 점으로 구성되고 공간정보 4는 0, 7, 8, 9, 10, 11의 6개 점으로 구성되며, 공간정보 5는 0, 12, 13, 14, 15, 16, 11의 7개 점으로 구성되어 있다. Fig. 8에서 각 객체별로 구성된 점은 객체 1이 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 10, 9, 8, 7의 12개 점으로 구성되고 객체 2가 0, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 15, 14, 13, 12의 11개 점으로 구성됨을 알 수 있다.

각 객체별로 공간정보를 저장하면 선행 연구에서는 총 23개의 점을 저장해야 하나 Mesh 구조는 17개의 점을 위한 저장공간을 필요로 한다. Mesh의 크기를 x 라 하고 중복된 점의 수를 y 라 두면, Mesh 구조에서 필요한 저장공간의 크기 M 은

$$8 \times x + (x + y) \times 2 \quad (1)$$

이 되고 S-57 구조에서 필요한 저장공간 M' 는

$$8 \times (x + y) \quad (2)$$

가 된다. 단, Mesh Point의 크기 x 는 8 bytes, 인덱스 저장을

위한 자료공간의 크기 y 는 2 bytes이다. 1), 2)식을 같게 두면

$$y = \frac{x}{3}$$

가 되는데, 이는 중복점의 개수 y 가 Mesh 크기 x 의 $\frac{1}{3}$ 보다 많아지면 저장공간 $M < M'$ 이 된다는 의미이다.

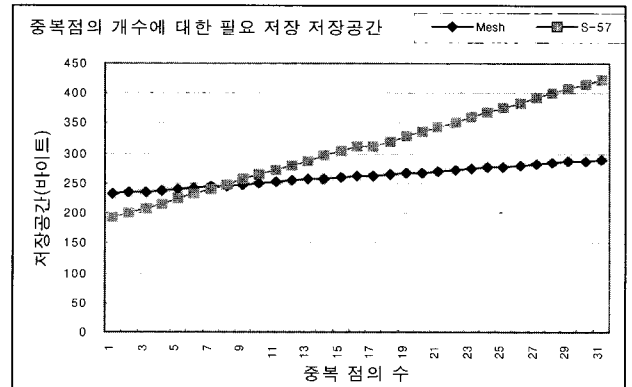


Fig. 11 The Required Space against overlapped points

Mesh 구조를 사용할 경우 별도로 각 객체별로 인덱스 저장을 위한 추가적인 저장 공간이 필요하나 중복되는 공간정보가 Mesh 크기의 $\frac{1}{3}$ 이상이면 선행 연구에 비해 전체 저장 공간은 줄어들음을 알 수 있다.

즉, S-57의 각 VRID에서 중복되는 점의 수가 많을수록 선행 연구에 비해 저장공간이 작아지므로 Mesh 구조의 효율성이 높아짐을 알 수 있다.

3.3 Mesh 구조의 구성 알고리즘

SENC 생성을 위한 Mesh 구성 알고리즘을 간략히 설명하면 “S-57 공간 정보 중에 모든 선(Edge)에 대하여 중복되지 않는 점들을 Mesh 배열에 저장하는 것”이라 할 수 있다.

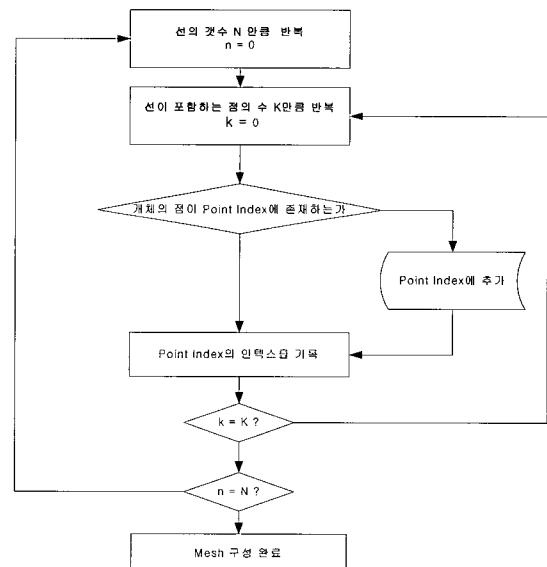


Fig. 12 Flowchart of Mesh Construction

독립점은 S-57의 공간 정보 구조 그대로 저장하고, 면(Face)은 선(Edge)로 구성되므로 모든 선을 처리하면 Mesh를 구성할 수 있다.

전자해도를 Display하는 시스템인 ECDIS에서는 대부분의 경우, ENC를 직접 사용하지 않고 ENC를 SENC로 변환하여 사용한다. 즉, Mesh를 구성하는 것은 ENC에서 공간 정보를 추출하여 SENC를 생성하는 과정이므로 SENC를 Display 할 경우에는 Mesh를 구성하는 작업을 수행할 필요가 없다.

4. Mesh 구조의 구현 결과

선행연구(이, 2000)에서의 전자해도 표시 시스템에 대하여 본 연구의 결과인 Mesh 구조를 적용하여 PDA(Personal Digital Assistant) 및 데스크탑용 시스템으로 개선하였다.

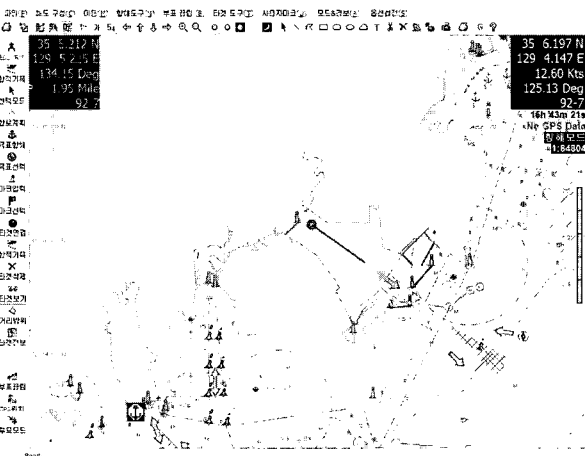


Fig. 13 SENC for Desktop PC

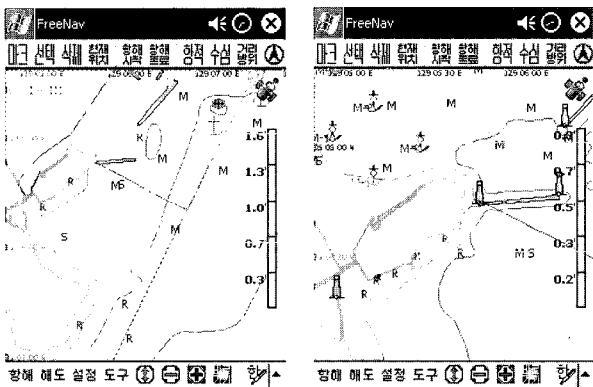


Fig. 14 SENC for PDA

PDA의 경우 저장 공간이 충분하지 않은 관계로 적당한 크기의 전자해도 데이터로 변환하는 것이 필수적이므로 본 연구 결과를 적용하여 우리나라 전체 해도(174 메가바이트)를 40 메가 바이트 정도로 저장할 수 있었다. 단, 속성정보를 전부 변환한 것이 아니므로 속성정보를 포함하여 변환의 효율을 높이는 연구는 추후로 미룬다.

PDA는 HP사의 조나다를 이용하였으며 데스크탑용 시스템과 같은 SENC 데이터를 사용하였다. 일반적으로 펜티엄 IV 정도의 CPU를 사용하는 데스크탑용 시스템은 0.5 초 이내로 모든 자료를 Display 할 수 있었으나 PDA의 경우는 SENC 크기에 따라 최대 3초 이상의 Display 속도를 보여 상용으로 출시하기 위해서는 Display 알고리즘을 보완하는 연구가 필요함을 알았다.

5. 결론 및 향후 연구과제

SENC 구조는 전자해도 시스템의 성능에 중요한 영향을 끼치는 요소이므로 효율적인 SENC 구조를 개발하는 것은 전자해도 시스템 개발자에게는 중요한 일이다.

하지만 이러한 SENC 구조에 대한 비밀은 바로 기업의 경쟁력이므로 공개되고 있지 않으며 눈에 띄는 연구 성과도 보고된 바 없다.

본 연구의 결과를 응용한다면 전자해도를 보다 크기가 작고 Display가 빠른 SENC 데이터로 변환할 수 있을 것이다.

본 연구의 성과를 요약해 보면,

- S-57 구조를 바탕으로 효율적인 공간 정보 구조인 Mesh 구조를 고안한 것
- 이러한 Mesh 구조를 이용하여 효율적인 SENC 구조를 고안한 것
- 이를 객체지향 기법을 이용하여 SENC를 구성하는 C++ 클래스를 설계하고 구현한 것.
- SENC를 PDA 및 데스크탑에서 구현하고 그 결과를 보인 것이라 할 수 있다.

실험 결과, 데스크탑에서는 실용상 지장이 없을 정도인 0.5 초 이내로 모든 정보의 Display가 가능했으나 PDA의 경우는 CPU의 속도가 느린 관계로 큰 파일(KP110100.000)의 경우는 3초이상의 Display 시간이 걸림을 확인 했다.

또한 PDA등의 소형 내장형 시스템에 전자해도를 활용하기 위해서는 저장방법과 Display 알고리즘에 대해 보다 깊은 연구가 필요함을 알았다.

향후 연구계획은 다음과 같다.

- 저장 방법과 Display 알고리즘 간의 상관 관계에 관한 연구를 통한 Display 속도의 개선
- PDA용으로 활용하기 위한 보다 효율적인 Display 알고리즘의 개발 : 공간정보의 Clipping 알고리즘과 Display 데이터 캐싱 알고리즘 개발
- 어선이나 레이보트를 위한 내장형 장비 또는 소형 전자해도 시스템에 사용 가능한 좀 더 효율적인 SENC 구조의 설계

참 고 문 헌

- [1] 이희용, 서상현(2000) S-52 표현사양 및 S-57 교환표준을 만족하는 전자해도 표현 시스템 구현, 해양정보통신학회지 Vol. 4, No. 2 pp 469-478
- [2] 조동섭, 한정현 공역(1998), 컴퓨터 그래픽스, 홍릉과학,
- [3] 한국기계연구원(1999), 선박항해용 전자해도시스템 기술개발에 관한 연구 최종보고서
- [4] IHO(1996a), IHO Transfer Standard for Digital hydrographic data Edition 3.0 - November 1996 Special Publication No.57
- [5] IHO(2000), IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic data Edition 3.1 - 2000, Special Publication No.57
- [6] IHO(1996b), Specification for Chart Content and Display Aspects of ECDIS, Special Publication No.52, 1996
- [7] IMO, IMO Performance Standard for ECDIS, 1995
- [8] Ivar Jacobson, Object Oriented Software Engineering, Addison-Wesley, 1996
- [9] ISO/FDIS, "Ships and marine technology - ECS databases - Content, quality, updating and testing", : INTERNATIONAL STANDARD, 19379, Final Draft, 2003

원고접수일 : 2003년 12월 22일

원고채택일 : 2004년 10월 11일