

# 해도제작을 위한 해양탐사자료의 처리 및 탐사 기록 자동생성 시스템 개발

박요섭, 김학일

인하대학교 자동화공학과

## Hydrographic Survey Data Processing & Automatic Inventory Archiving System for Nautical Chart

Joseph Park, Hakil Kim

Dept. of Automation Eng., IINHA University.

E-mail : joseph@automation.inha.ac.kr, hikim@inha.ac.kr

### 요약

국제 수로 기구(IHO, International Hydrographic Organization)에서는 해도제작을 위한 해양조사의 기준을 마련하고, 전세계적으로 사용되는 해도의 정확도를 표준화하고 있다. IHO에서는 탐사 기술의 발달을 반영하여, 기존의 단 빔 음향 측심기 이외에도 멀티 빔 음향 측심기(Multibeam Echo Sounder)와 사이드 스캔 소나(Side Scan Sonar)를 이용한 해양 탐사 시에 요구되는 정확도와 탐사 자료에 대한 메타 데이터(Metadata)의 작성을 요구하고 있다.

본 논문은 수로 측량에서 얻어진 측량 자료들의 처리절차와 자료관리 기법에 대한 연구이다. IHO 해양탐사 기준에 맞는 탐사 자료 처리와, 메타 데이터를 자동으로 생성하여 측량자료관리 DB구축 및 관리를 주 기능으로 하는 시스템을 설계하고 구현한다. 특히, 본 논문은 해양 탐사 자료 처리 시스템을 개발하기 위하여, 해양 자료 처리 과정을 표준화하고, 국제적 해양 자료의 교환 표준인 MGD77과 호환 가능한 메타 데이터를 자동 생성하며, 1Hz로 수집되는 GPS 측위자료로부터 특징점(Waypoint)을 정의하고, 이를 추출하여 측심선을 벡터화 (Trackline Vectorizing) 하는 알고리즘을 구현한다. 개발된 시스템은 현재 국립 해양조사원의 해양2000호에서 획득된 탐사자료에 적용, 운영되고 있다.

### 1. 서론

해도작성을 위한 수로측량(Hydrographic Survey)은 해역의 수심(Sounding), 해저지형(Bathymetry), 저질(Sediment)의 분포, 해수의 간만과 그의 유동상태(Tidal System), 각지의 경위도(Positioning), 지자기(Magnetic), 중력(Gravity) 등의 측량을 말하며, 각각의 측량자료들은 적절한 후처리를 통하여, 해도나 수로도지, 원자료(raw data)의 형태로 항해자나 연구 기관의 해양학자들에게 공여하는 것을 목적으로 하고 있다[1].

국제 수로 기구에서는 전 세계적으로 사용되고 있는 해도의 정확성을 통일하기 위하여, 수로 측량시의 기준(S-44)을 마련하고, 새로운 측량장비나 기술이 발전됨에 따라, 그 기준들을 갱신해 나가고 있다[2]. 특히, IHO S-44에서는 수심 및 지형 측량시에 관련한 기준들을 제시하고 있는데, 현재 사용되고 있는 측심장비를 다음과 같이 네 종류 - 단빔 음향 측심기(Singlebeam Echo Sounder),

멀티 빔 음향 측심기, 사이드 스캔 소나, 항공 주사 측심(Airborne laser echosounder) - 로 구분하고 있으며, 측량 해역을 향해 안정성에 따라 4 단계로 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 의무화(Compulsory)하고 있다. 이러한 국제 수로 기구의 요구 이외에도, 해저면에 대한 전역탐사 방식은, 해양학자와 배타적 경제 수역(EEZ) 내의 해양자원을 개발하려는 기업과 정부에 의하여 멀티 빔 음향 측심기를 이용한 해양탐사를 촉진시켰으며, 캐나다와 같은 해양 선진국에서는 멀티 빔 음향 측심기를 이용한 해저면 전역탐사의 성과를 해도로 간행하는 연구가 진행 중에 있다 [3][4][5][6].

또한, GPS 기술의 발달로 인하여 측심 자료의 정밀 선위 측위(Ship Positioning)가 가능하게 됨으로, 해도의 위치 정확도를 높이게 되었고[7],

측량성과들을 데이터베이스화하여 자료를 관리하고, 다른 연구기관 혹은 국가 사이의 원활한 정보 제공을 위해서 공통의 해양 측량 자료 포맷에 대한 연구가 진행되고 있다. 이렇게 구축된 해양 자료를 검색하고 인터넷을 통해 제공하기 위한 프로그램들도 개발되어 사용중에 있다[8].

본 연구는 다목적 해양탐사선을 운영하여 얻어진 선위 측위 자료의 후처리와 다중빔 음향 측심기로부터 얻어진 측심 자료들과 선위 측위 자료의 재병합 및 자료 관리를 위한 메타데이터 생성 시스템을 구축하는데 있다. 이를 위하여 해양 자료 처리 과정을 표준화하고, 국제적 해양 자료의 교환 표준인 MGD77과 호환 가능한 메타 데이터를 자동 생성하며, 1Hz로 수집되는 GPS 측위자료로부터 특징점(Waypoint)을 정의하고, 이를 추출하여 측심선을 벡터화 (Trackline Vectorizing) 하는 알고리즘을 구현하였다.

## II. 본론

### 1. 해양탐사 자료관리 시스템 설계

본 연구에서 개발된 시스템은 다목적 해양 측량 선박(이후 측선)을 이용하여 측정된 자료를 고정밀 DGPS자료와 병합하고, 각 물리자료의 특성에 맞는 처리를 위해 사용될 표준 포맷으로 변환하는 기능을 갖는다. 최종 출력 포맷은 측심 장비와 무관하도록, 각 지구물리 자료처리 시에 필요한 공통의 항목들만을 포함하고, 표준 단위를 사용하였으며, 교환표준포맷의 대상인 MGD77(THE MARINE GEOPHYSICAL DATA EXCHANGE FORMAT)과의 호환을 고려하여, 동일한 정밀도를 유지하도록 하였다.

또한, 데이터베이스화된 탐사자료를 손쉽게 찾아보기 위하여, Waypoint Sampling 알고리즘을 개발하고, 측선 데이터베이스(Trackline Database)를 구축하였고, 그래픽 인터페이스로 구현된 질의 검색을 통해 과거의 탐사기록과 측량자료를 검색할 수 있도록 자료관리 시스템을 구축하였다.

그림 1은 해양 측량 자료의 전처리 시스템의 각 단계를 보여주고 있다. 우선, 측위자료의 처리를 통해서, 잡음에 의한 오측량(Outlier) 자료이거나 단일 GPS방법(Singel GPS)으로 취득된 자료를, 후처리 DGPS방법을 이용하여 정확한 1Hz 측위자료를 생성하였다. 처리된 측위 자료는, 본 연구를 통해 설계된 표준항해파일형식(TRK)으로 저장되는데, 이 TRK파일형식은 일반적인 측위 센서에서 제공하는 공통의 항목만을 포함하여, 수신기 독립적인 측위자료를 각종 센서자료와 병합할 때, 단일 모듈로 사용할 수 있도록 설계되었다.

한 측선으로부터 얻어진 각종 물리자료(수심, 중력, 지자기 등)내의 측위자료를, TRK파일의 측위 정보와 비교하여 갱신을 통해 정확한 측점에 물리자료가 맵핑되도록 한다. 또한, TRK파일을 이용하여 갱신된 각 물리자료도 해양조사원의

측량자료 포맷설계서[9]에 기술된 형식의 표준파일(GRV, MAG)로 기록된다. 설계된 표준파일들에 상세한 설명은 하였다.

측위 자료와의 병합이 완료된 시점에서 각 물리자료에 대한 처리와 해석, 그리고 맵핑과정은 물리자료 처리 S/W에 구현된 기능을 이용하게 되는데, 입력 포맷이 단일해였으므로, 수신기에 따라 다른 S/W를 썼던 과거의 형식을 탈피하게 되고, 일관된 처리 과정을 통해서 보다 해석적인 결과를 도출할 수 있게 된다.

### 2. 메타데이터

측량시의 관련 정보를 정규화하고 양식화된 문서에 기록하는 과정을 Data Attribution이라 부르며, 측량된 원자료와 특정 처리과정을 거친 자료들에 대한 정확도와 신뢰도, 그리고 여러 가지 자료특성에 대한 자료를 메타데이터라고 한다[2] IHO에서는 측량사업자 뿐 아니라, 자료처리의 모든 과정에서 메타데이터를 생성하여 신뢰성 있는 자료를 생산하도록 권장하고 있다. 이 두 과정을 통하여 추출되는 정보는, 자료 관리와 동일 해역 측량 계획이나, 해양 연구의 참고 자료로 활용할 수 있다.

본 연구에서 구축한 메타데이터는 측량사업메타데이터와 파일메타데이터로 구성되어 있다. 측량사업메타데이터는 하나의 측량사업에서 적용한, 기준 좌표 시스템, 측위센서, 물리센서, 보정 절차, 사업의 일반정보 등을 기록하고 있으며, 파일 메타데이터는 측량센서마다 얻어지는 원자료 파일들이 담고 있는 내용 중에서 검색시 필요한 정보들을 추출하여 인덱스화하고 있다.

그림 2에서는 원자료 파일로부터 메타데이터를 자동 추출하는 프로그램을 보여주고 있다. 파일메타 데이터의 경우, 파일들을 검사하여, 파일의 저장위치, 크기, 생성일자, 레코드 개수, 파일포맷 종류 등의 정보를 리스트화한 메타데이터 파일을 만들고, 메타 데이터에 대한 검수를 마친 다음 데이터베이스에 입력된다.

그림 3에서는 구축된 메타데이터를 공간 질의를 통해 특정 해역의 과거 측량 데이터를 검색하는 메타데이터 공간질의 기능을 보여주고 있다. 연구자가 특정 해역에서 과거에 취득된 물리 자료를 얻으려면, 우선 측량사업메타데이터를 선택 조회하여, 해당 해역의 과거 측량성과를 검색하고, 질의 해역을 통과한 측선들을 구성하고 있는 자료파일을 선택한다. 검색 리스트내의 특정 파일을 선택하면, 파일의 이름과 생성일, 크기, 저장위치, 측량사업, 측량선박 등에 대한 정보가 도시된다.

### 3. 측선벡터화(Trackline Vectorization)

측량 자료의 관리와 검색질을 위해서는 탐사선의 궤적 정보가 필수불가결하다. 해양 탐사에서 거의 모든 행위는 배와 같은 이동체로부터

언어이며, 이동체의 절대적 위치와 이동체와 탐측 지점까지의 상대적 위치를 결합하여, 탐측지점의 절대 위치를 계산하게 됨으로, 탐사선의 위치 정보는 메타데이터 구축시, 동시에 구축되어야 할 정보이다.

또한, 대부분의 해양 측량 자료들은 점 사상(Point Topology)형태로 저장되어 있어, 구축된 데이터 베이스에서 단순 질의(Simple Query)를 통해 얻을 수 있는 정보는 한 지점(Point)의 물리량일 뿐이다. 그러나, 해양 탐사의 특성상 측선의 움직임과 함께 측량 자료를 해석해야 정확한 이해에 도달할 수 있는 자료가 대부분이므로, 해양 측량 자료 데이터베이스 구축시, 측선의 궤적 정보와 그에 관련된 측량 정보도 함께 구축됨이 타당하다. 이러한 요구에도 불구하고, 1Hz로 기록되는 측위자료를 모두 데이터베이스로 구축된다면 자료의 양과 중복자료(redundancy)의 발생이 많아져서 검색 소요시간이 길어지고 데이터베이스의 효율도 떨어질 것이다. 이 단점을 보완하기 위하여, 측선의 궤적을 벡터화하여 자료의 양과 중복성을 줄이는 과정이 필요하다. 측선 벡터화를 위해서는, 1Hz 측위 자료로부터 궤적 형상의 변형을 최소화하면서 특징점의 수를 최소화하는 알고리즘이 필요하게 된다. 이를 위해, 본 시스템에서는 측선 벡터화를 위한 특징점(Waypoint)를 다음과 같이 정의하였다.

- i) 자료파일의 시작점과 끝점(Xstart, Xend)
- ii) 일정 구간내 선수(Heading) 변화의 표준편차가 특정 문턱치보다 큰 구간의 중심점(Xcenter)
- iii) 특징점이 없는 구간 연속이 최대 N 개 이상일때의 마지막 구간의 중심점(Xconti)

특징점을 찾기 위한 구간의 크기(S)와 구간 연속의 개수(N)에 따라, 추출될 특징점 개수와 궤적 변형의 정도는 trade-off의 관계가 있으므로, 사용자의 판단에 따라 적절히 조절되어야 한다.

#### 4. 측선 벡터화 실험결과

본 실험에서 사용한 자료는, 국립해양조사원에서 국가기본도 작성 사업의 일환으로 98년 5월 1일 서해상에서 하루동안 작업으로 측량된 항해자료이다. 해양2000호에 주기기록장치에서는 매초마다 선박의 위치와 속도 진행방향 등을 기록하고 있고, 매 시간마다 새로운 파일로 항해 원자료를 기록하여, 전체 24파일의 테스트 자료를 이용하였다. 전체 자료의 크기는 10.3MB 정도였다. 측선 벡터화를 통해 얻어진 자료의 크기는 11.8KB 정도로, 원자료의 약 0.1%로 정도만으로도 만족할만한 궤적을 추출하였다.

그림 4는 항해 원자료의 궤적을, 그림 5는 측선 벡터화 과정을 통해서 주요 지점들이 추출되어 이루어진 측선궤적이다. 두 그림에서 보이는

바와 같이, 측선벡터화를 통한 자료들이, 원 측선을 잘 묘사하고 있음을 확인할 수 있다. 측선벡터화 기법을 통해서, 대량의 해양측량 자료에 대한 공간 인덱스가 가능해지며, 벡터화된 측선자료와 메타데이터는 측량 이력관리와 조사계획 수립에도 도움이 될 것이다.

### III. 결론

본 논문에서는 해도 작성용 위한 해양탐사 자료처리 과정 중, 측위자료처리, 처리된 측위자료와 측량된 지구물리자료의 병합 시스템에 대하여 설명하였다. 또한 원자료 파일과 측량사업에 대한 메타 데이터의 설계와 추출, 측선 벡터화와 공간 질의 시스템의 구현에 대하여 설명하였다. 구현된 시스템은 국립 해양조사원의 다목적 해양 탐사선 해양2000호에서 얻어진 탐사자료를 대상으로 운영 중에 있다.

해양탐사 자료는 해도 작성 뿐 아니라, 해양 자원 및 지구물리 특성 연구 등의 다양한 분야의 기초 자료로 사용될 수 있으므로, 많은 연구자들이 손쉽게 이용할 수 있도록 데이터베이스화되어야 할 것이다. 이를 위해, 각종 자료에 대한 메타 데이터의 구축과 다른 기관과의 자료 교환을 위한 자료의 표준화 또한 많이 연구해야 할 과제이다. 앞으로 천부지층(Sub-bottom profile), 사이드 스텐 소나 등의 다차원(Multi-dimension), 이기종 해양 탐사 자료를 포함하는 자료처리 알고리즘의 개발과 메타 데이터의 확장, 외국 연구기관과의 교환 포맷에 대한 기능을 포함하여 보다 확장된 해양탐사 자료처리 시스템으로 발전시킬 것이다.

### 사사

본 연구는 국립 해양조사원의 위탁과제 지원에 의하여 (주)아이작 소프트와 함께 수행되었음을 밝히며, 본 연구를 위해 측량자료를 제공해 주신 국립해양 조사원 측량과 분들에게 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1]이석우, 김근식, *해양측량학*, 집문당, pp. 2, 1996.
- [2]IHO, *IHO Standards for Hydrographic Surveys*, Special Publication No.44, Fourth Edition, pp. 2-9, 1996.
- [3]Jorgen, "On The Estimation of Standard Deviations In Multibeam Soundings," *International Hydrographic Review*, LXXIII(2), pp.39-51, Sept. 1996.
- [4]이용국, 신동완, "제1절 다중 음향측심기 해저 지형 및 천부지층 자료처리 분야," *동해분지의 해양환경 변환과 지구조 진화연구(2차년도)* pp.55-107, 1998.
- [5]James V. Gardner, John E. Hughes Clarke, and Larry A.Mayer, "Multibeam Mapping of

- the Long Beach California Continental Shelf," *Open File Report 99-360*, <http://walrus.wr.usgs.gov/report/ofr99-360>.
- [6] Andre Godin, M. Ing. and Michael R. Crutchlow, "Swath Sounding Initiatives in CANADA," *International Hydrographic Review*, LXXV(1), pp.65-79, March 1998.
- [7] W.S.D Wilcock, D.R.Toomey, G.M. Purdy and S.C.Solomon, "The Renavigation of Sea Beam Bathymetry Data Between 9° N and 10° N on the East Pacific Rise," *Marine Geophysical Researches* Vol(15), pp. 1-12, 1993.
- [8] NGDC/WDC MGG, Boulder-IHO Data Center for Digital Bathymetry, <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/bathymetry/iho.html>
- [9] 국립해양조사원, 국립해양조사원 해양탐사 자료파일 분석 및 설계, Ver. 2.5, 1999.

### 해양측량자료 전처리 시스템

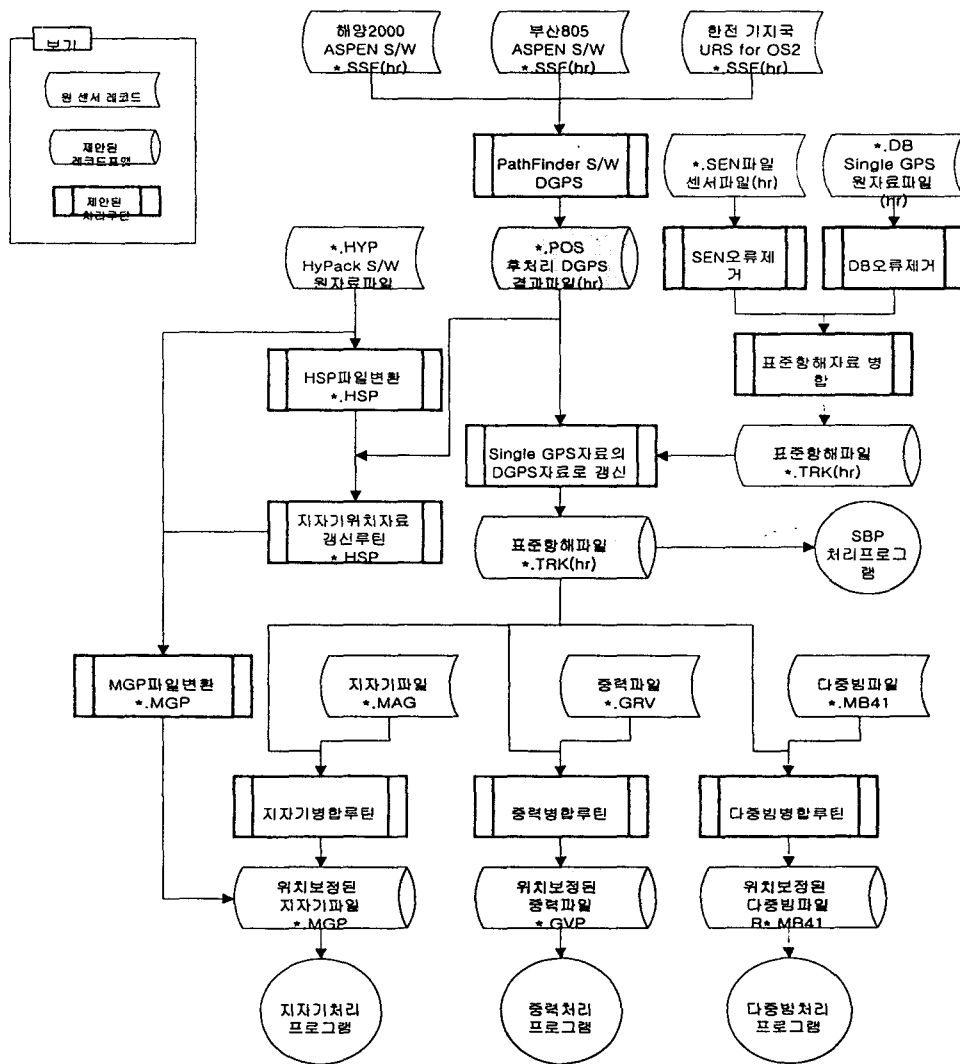


그림 1. 해양 측량자료 전처리 시스템.

측량사업별 메타파일 조회

1997

교산항 부근

97031415.mit	mit	1997년 03월 13일	06시 21분 23초	1997년 05월 14일	06
97051608.mit	mit	1997년 05월 15일	22시 56분 26초	1997년 05월 15일	23
97051706.mit	mit	1997년 05월 16일	20시 56분 25초	1997년 05월 16일	2
97052411.mit	mit	1997년 05월 24일	01시 56분 28초	1997년 05월 24일	02
97052901.mit	mit	1997년 05월 28일	15시 56분 30초	1997년 05월 28일	16
97060708.mit	mit	1997년 12월 06일	23시 02분 07초	1997년 12월 06일	23

그림 2. 측량사업메타데이터 자동추출 및 조회.

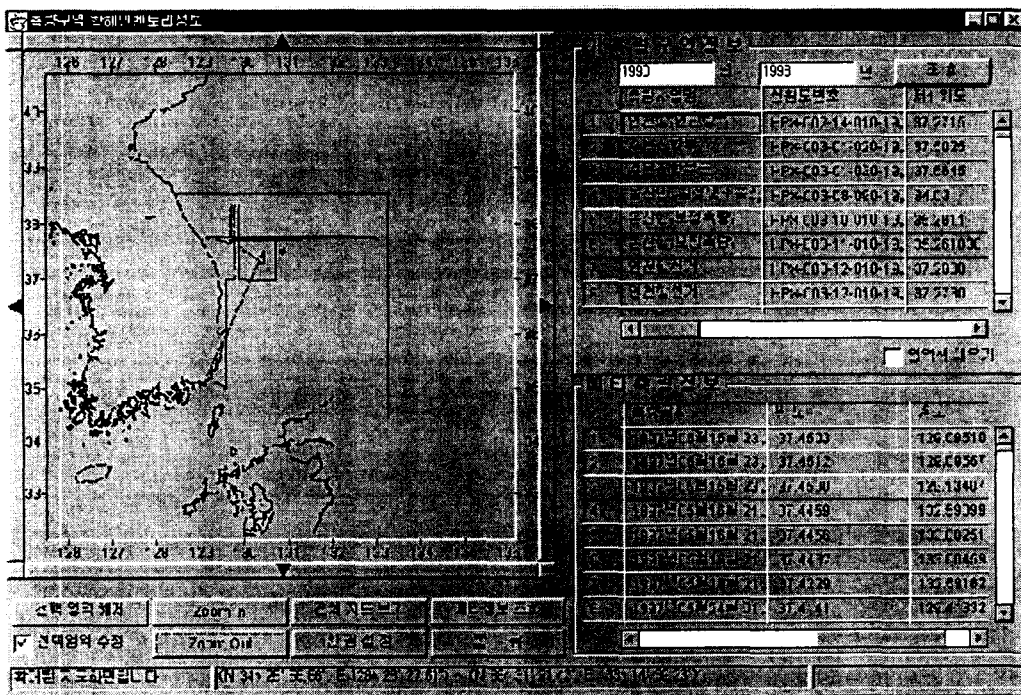


그림 3. 메타 데이터 공간 질의의 예.

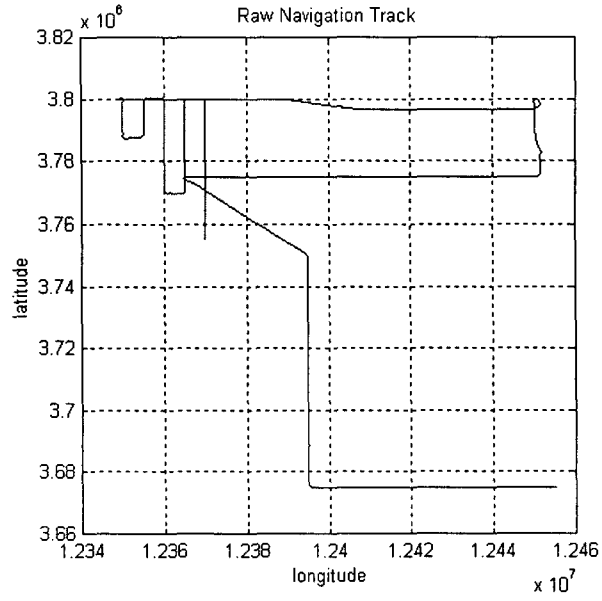


그림 4. 원 항해자료 궤적선도.

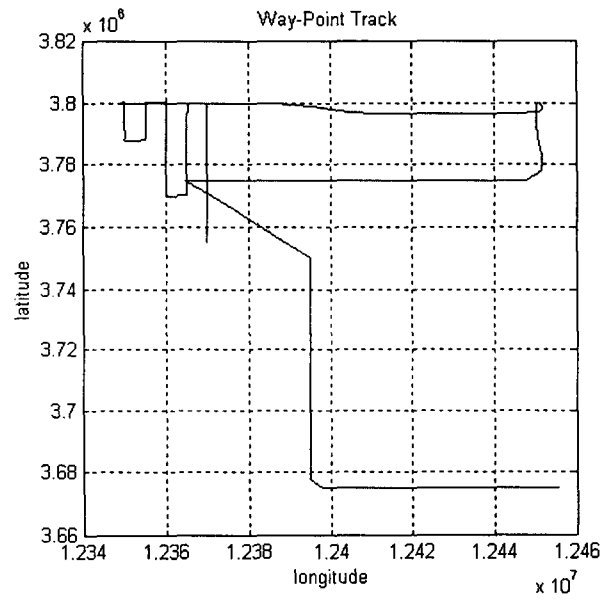


그림 5. 축선벡터화 후의 궤적선도.