

효율적 해양탐사를 위한 해양조사선의 종합정보 통신망 구현

박종원* · 최영철* · 강준선* · 임용곤* · 김시문*

*한국해양연구원 해양개발시스템연구본부

An Implementation of Integrated Information and Communication Network of Oceanographic Research Vessels for Effective Ocean Investments

JONG-WON PARK*, YOUNG-CHEOL CHOI*, JUN-SUN KANG*, YONG-KON LIM*, SEA-MOON KIM*

*Ocean Development System Laboratory, KORDI, Daejeon, Korea

KEY WORDS: 종합정보통신망, 해양조사선, 조사장비 인터페이스, GUI

ABSTRACT: This paper deals with the network interface of research and observation instruments in the oceanographic research vessel with an establishment of related database for measured information. The system is implemented to integrated communication network system which allows to effective survey by using real time observation and GUI(Graphic User Interface). The system also consists of the LAN systems and serial interface to link chemical, physical, biological and environmental relations. And, other network service and vessel data service for data communication between vessel and earth station such as INMARSAT-B, WWW service, BBS, E-Mail etc., are needed for integrated communication network system.

1. 서 론

해양 조사선을 이용한 계측에 있어 현재까지는 각 조사장비에서 계측된 정보를 사람이 직접 가져와서 그 결과를 Excel이나 Surfer 등의 프로그램을 이용하여 편집하여 저장하거나, 다른 조사장비에서 계측된 결과를 병합하여 연구에 이용하고 있다. 이러한 조사작업은 정해진 사업에 의해 계측작업이 끝난 후, 육상에서 작업이 이루어지고 있어 잘못된 계측이나 추가로 필요한 계측이 필요한 문제가 있다. 또한, 계측된 결과를 가지고 연구원이 이를 수작업으로 분석작업을 거쳐야 하기 때문에 시간, 경제적인 문제가 발생하고 있다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 네트워크상에 모든 조사장비를 인터페이스하여 각 계측된 출력 데이터를 데이터베이스에 저장하고, 저장된 결과를 통합 소프트웨어를 이용하여 현장에서 쉽게 분석할 수 있도록 하는데 목적이 있다. 이를 위해서는 무엇보다 계측이 기준이 되는 시간과 위치 및 기타 정보가 각종 조사장비에 인터페이스 되어야 하고 각 장비별 출력 데이터간의 물리학적, 화학적, 환경학적 정보를 유기적으로 분석하여 효율적인 조사작업이 이루어질 수 있는 시스템이 구축되어야 한다.

종합정보통신망 시스템에는 조사관측 데이터와 항해데이터들간의 해양학적 상관관계 유지를 통한 데이터 처리 및 조사관측선의 위치별, 시간별, 항적별 해양물성분포 및 후처리 결과의 GUI 구현하는 데이터 처리 시스템과 계측장비의 후처리 데이터와 항적 데이터를 종합적으로 관리하는 데이터베이스 관리 시스템으로 크게 이루어져 있다. 이외에도 계측데이터를 데이터베이스에 기록하기 위한 Log book 소프트웨어, 전자계시판, 선박의 계측정보 및 기타 정보를 육상에 전송하기 위한 INMARSAT-B를 이용한 선외 데이터 통신 서비스, 네트워크 관리 시스템, 계측정보를 실시간으로 계측하기 위한 소프트웨어들이 필요하다.

해양 조사선에 탑재되어 조사·관측작업에 사용되는 장비로는 SIMRAD의 EK-500, BI-500, Micrel사의 Ossian1500, Ossian2200와 같은 과학어탐기, 해양 온도, 염분(Salinity)를 측정하기 위한 CTD(Conductivity Temperature Depth), XBT(eXpandable BathyThermograph), 표층수 온염분측정기(Thermosalinograph)가 있고, 해류의 방향과 크기를 측정하기 위한 ADCP(Acoustic doppler current profiler), 계측시간 및 위치에 기준이 되는 GPS(Global Positioning System), 어망의 정보를 측정하기 위한 SCANMAR, 수심 및 해저지형 탐사장비인 Multi beam Echo Sounder, 해저 수심 정밀 측정장치인 PDR(Precise Depth Recorder), 지구 표면의 중력분포를 계측하기 위한 중력계, 해상에서의 지구자기를 측정하기 위한 자력계, 해

제1저자 박종원 연락처: 대전시 유성구 장동 171

042-868-7534 poetwon@kriso.re.kr

저 퇴적물 및 지층을 분석하기 위한 SBP(sub-bottom profiler), 항해중 천해역의 위험물을 탐사하기 위한 천해역 에코사운더(shallow water echo sounder) 등이 있다.

이들 조사장비는 해양 조사선의 주된 목적에 따라서 탑재되는 장비의 종류와 처리되는 데이터의 종류가 달라지기 때문에 종합정보 통신망을 이루는 구성과 소프트웨어가 변경될 수 있으며, 그렇기 때문에 효율적인 탐사작업을 위해서는 각 해양조사선에 최적화된 종합정보통신망을 설계하는 것이 매우 중요하다. 본 논문은 1997년도에 국립수산진흥원의 2000톤급 어로 시험조사선(탐구1호)와 2003년 국립해양조사원의 600톤급 시험조사선(바다로 1호) 및 해군 KDX-III의 종합정보통신망(Ship Wide Area Network) 개념설계 등의 시스템 개발에 참여하면서 얻은 경험과 내용을 토대로 작성하였음을 밝혀둔다.

본 논문에서는 각 조사장비들의 효율적인 조사·관측 작업을 위한 하드웨어 인터페이스 및 각종 소프트웨어 개발에 대한 방안을 제시한다.

2. 시스템 구성 및 특징

해양 조사선의 종합정보통신망의 하드웨어는 크게 네트워크 시스템과 조사장비로 구분된다. 네트워크 시스템은 LAN 인터페이스를 위한 네트워크 HUB와 Patch 패널, UPS를 기본 구조를 갖는 기본 RACK과 네트워크 서버로서 Workstation을 설치하여 운용된다. 또한, 네트워크상에 공용으로 사용할 수 있는 프린터, 플로터, 네트워크 하드, 클라이언트 PC 등을 설치하여 시스템을 구성한다. 각 조사장비를 네트워크에 인터페이스하기 위해서는 기본적으로 장비의 주 제어 시스템에 LAN 인터페이스 카드가 장착되어 있어야 하며, 윈도우 기반의 OS가 아닌 DOS 환경에서 동작되는 Old 시스템의 경우 DOS 환경에서의 Network 인터페이스가 가능하도록 구성하여야 한다. 만약 이와 같은 방법이 여의치 않은 경우에는 출력정보를 직렬 포트를 이용하여 주변의 클라이언트 PC에 전송하여 이 클라이언트를 네트워크상에서 공유하여 사용하는 방법을 사용하여야 한다.

종합정보통신망에서는 기본적으로 계측장비의 출력데이터가 네트워크상에 공유되어 있어야 하며, 이 공유된 정보는 데이터베이스 관리 소프트웨어(공유된 드라이버안에 저장되어 있는 정보를 데이터베이스에 기록하고 관리할 수 있는 기능을 갖는 소프트웨어)에 의해 기록·관리된다. 이렇게 관측된 정보들간에 연동을 위한 의미 있는 정보가 되기 위해서는 무엇보다 갖추어야 할 기능은 시간의 동기화가 가장 중요하다.

시간의 동기화는 크게 두 가지 방안이 가능하다. 하나는 GPS나 Total Navigation System에서 나오는 직렬 출력정보를 하드웨어나 소프트웨어적으로 조사장비에 분배해주

는 방법과 별도의 시간 동기화 소프트웨어(서버, 클라이언트)를 설치하여 시스템 부팅시 자동으로 시험조사선의 모든 장비의 시간이 같은 시간으로 설정되도록 하는 방안이 있다. 첫 번째 방법은 조사장비들이 LAN에 연결이 되지 않아도 직렬 분배기를 이용하여 시간 동기가 가능한 방법이나, 이 방법은 계측 시스템 자체적으로 GPS 신호를 받아 계측시간을 설정하는 기능이 있어야 가능한 방법이므로 사용하는데 약간의 지장이 있으나, 최근에 나오는 대부분의 계측시스템은 GPS 신호를 시간, 위치의 기준으로 삼고 있어 일반적으로 통용되는 방법이다. 또 다른 방법은 DGPS(Differential GPS)나 GPS의 계측 시스템의 PC에 시간 동기화 서버 프로그램을 설치하고 각 계측장비에는 클라이언트 프로그램을 설치하여 자동으로 시간을 동기화하는 방법이다. 이 방법은 모든 시스템이 LAN에 인터페이스 되어 있어야 한다는 가정하에 가능하며, DGPS 신호를 받아서 시간을 추출한다. 클라이언트 프로그램은 시스템 부팅시 자동 실행되도록 설정하며 서버 프로그램으로 UDP(User Defined Protocol) 프로토콜을 이용하여 시간정보를 가져와 시스템의 시간을 설정하게 된다. 이 프로그램에는 옵션에 의해 시스템 시간을 사용할 것인지, GPS 시간을 사용할 것인지를 선택할 수 있는 기능이 있어야 한다. 그러나, 대부분의 계측장비는 GPS 신호를 받아 시간, 위치에 대한 기준을 정하고 있기 때문에 첫 번째의 방법이 가장 일반적으로 사용될 수 있는 방법이다.

해양 조사선의 종합정보통신망은 LAN 및 직렬 인터페이스를 갖는 하드웨어의 구성보다는 각 조사·관측장비의 출력정보를 서로 연관성 있는 정보로 후처리하여 이들 정보를 사용자에게 효율적으로 제공하는 소프트웨어와 실시간으로 계측정보를 처리하는 소프트웨어 및 데이터베이스 관리 소프트웨어 개발에 대한 비중이 더 크다고 할 수 있다. 특히, 각 해양 조사선에 탑재되는 장비에 따라서 그 조사선이 갖는 조사작업의 능력이 달라지기 때문에 그에 맞는 소프트웨어 개발은 실제 운용자와의 긴밀한 협조와 사용빈도를 고려하여 개발이 이루어져야 한다. 소프트웨어 개발방안에 대한 상세한 내용은 3장에서 자세히 다루기로 한다.

해양 조사선의 종합정보통신망이 갖는 또 다른 기능으로서 네트워크 관리에 필요한 소프트웨어, INMARSAT-B를 이용한 선외 데이터 통신 서비스, WWW 서비스, E-Mail 서비스, 전자게시판 등의 기능을 부가적으로 갖는다. 네트워크 관리에 대한 소프트웨어는 시스템 관리에 있어 큰 비중을 차지하고 있지 않는 것으로 파악되고 있으며, 일반적으로 상용화되어 있는 네트워크 관리 소프트웨어를 사용한다. 아울러 WWW 서비스와 E-Mail 서비스, BBS 서비스 등은 육상의 LAN 시스템에서 사용하고 있는 것과 한가지 사실을 제외하고는 대동소이하다. 선박에서 WWW 서비스와 E-Mail 서비스 등을 이용하기 위해서는 선박과 육상간의 데이터 통신이 원활이 이루어져야

하는데, 현재 이 서비스를 제공하기 위해서는 많은 어려움이 있다. 연근해 지역에서는 휴대폰 모뎀이나 일반 RF 모뎀 등을 이용하여 이 서비스를 사용할 수 있으나, 이 역시 전송속도에 있어 많은 제약이 따르고 있다. 그리고, 이 방법은 연근해를 벗어나 먼 바다에서 조사작업을 할 때는 사용할 수가 없다. 먼바다에서 육상과의 데이터 통신을 위해서는 저궤도 위성과 INMARSAT-B 위성을 사용하여야 한다. 현재 종합정보통신망이 설치되는 대부분의 조사선에는 INMARSAT-B를 이용한 FAX, 전화 등의 장비가 설치되어 있으므로, 이 장비를 이용하는 데이터 통신 서비스가 가능하다. 최근에는 이들 장비에 9,600bps의 데이터 통신 서비스 기능이 가능하며, 기종에 따라서 64kbps 고속 데이터 통신 서비스가 가능하다.

그러나, INMARSAT-B를 이용한 데이터 서비스 방식에도 역시 몇 가지 단점이 있다. 가장 큰 문제는 서비스 사용요금이 너무나 비싸기 때문에 쉽게 데이터 서비스를 사용하는데 제약이 따른다. 그리고 대부분의 상용망과 공용망을 접속하는데는 9,600bps(혹은 19,200bps)이 사용되고, 64kbps는 별도의 HSD(High Speed Data) Unit이 설치되어 있어야 한다. 이 HSD는 선박과 육상의 한국과의 일대일 통신만이 가능하기 때문에 사용하는데 제약이 있다. 육상과 선박간의 데이터 통신 서비스는 반드시 필요한 기능이지만, 이 기능을 범용적으로 사용하기 위해서는 현재 진행중인 저궤도 위성(Orbcomm) 서비스나 기타 다른 저렴한 수단을 이용하여야 한다.

향후 2005년도에는 고속의 위성 인터넷 서비스 시대가 도래할 것으로 예상되고 있기 때문에, 선박에도 이 위성 인터넷 서비스를 이용하기 위해서는 종합정보 통신망과 같은 LAN 기반의 네트워크 구축이 반드시 필수적이라고 할 수 있다.

3. 종합정보 통신망 소프트웨어 개발

해양 조사선의 종합정보통신망에 필요한 소프트웨어는 크게 데이터베이스에 저장된 정보들을 서로 연관있게 그래픽으로 처리하는 Graphic User Interface(GUI)와 Total Navigation System이나 GPS에서 받은 정보를 분배하고 항적을 저장하기 위한 데이터 분배 소프트웨어, 각 조사장비의 출력정보를 데이터베이스에 기록·관리하기 위한 데이터베이스 관리용 소프트웨어, 각종 조사장비 출력정보를 실시간으로 처리하기 위한 소프트웨어 등으로 구성된다.

3.1 GUI 소프트웨어 개발

해양 조사선에 GUI 소프트웨어를 개발한다면 사용자의 요구조건에 따라서 무한히 많은 S/W가 도출될 수 있기 때문에 본 논문에서는 기존에 개발된 소프트웨어를 중심으로 전개를 하도록 한다. 기본적으로 GUI는 사용자의 요구

조건을 만족하기 위해서 다양한 조사장비의 다양한 출력정보를 효율적으로 분류하여 그래픽적으로 한눈에 다양한 정보를 표시할 수 있어야 한다.

시간과 위치를 기준으로 데이터베이스에 구축된 정보들을 읽어와서 사용자가 원하는 GUI 화면을 구현하기 위해서는 각 장비별 출력정보의 특성과 값들이 갖는 의미와 이들 출력값들에 대한 물리적 의미를 파악하고 있어야 한다. 예를 들어, EK500(과학어탐기)와 SCANMAR의 정보를 이용하여 특정 구역에서의 어군분포 및 어종을 분석하기 위해서 EK500과 SCANMAR를 이용하여 같이 조사한다. 이들 장비의 출력정보를 이용하여 한 GUI 화면에 어망의 높이, 망폭, 온도 정보와 어군의 종류와 크기, 어군 분포에 대한 정보를 같이 효율적으로 보여준다면 하나의 중요한 조사정보가 될 것이다. 이와 같이 구현된 GUI 화면의 예는 그림 1과 같다.

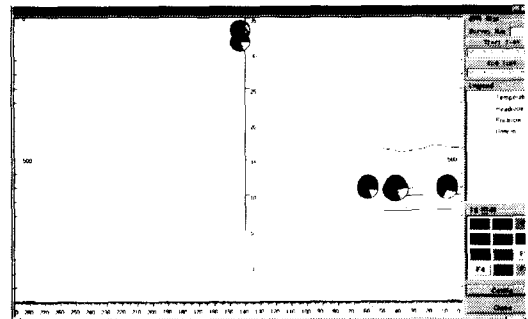


그림 1 EK500과 SCANMAR GUI 구현 예

또한, 조사작업이 이루어지는 지역내에서 계측된 장비에 대한 분포와 이들 계측정보에 대한 종합적인 GUI 화면을 구성하는 것은 사용자에게 전체적인 조사작업에 대한 내용을 파악할 수 있도록 할 수 있다. 그림 2는 이에 대한 GUI 구현화면을 보여준다. 그림에서는 계획된 사업구역(항적)내에서 계측한 EK500과 CTD, ADCP, 표층수온염분측정기, XBT, SCANMAR 장비에 대한 종합적인 데이터 정보를 표시할 수 있도록 되어 있다. 각 계측 지점에서 마우스를 클릭하면 그 지점에서 계측된 정보를 별도의 Window를 띄워 상세 정보를 볼 수 있도록 되어 있으며, 이 정보를 표시하기 위한 다른 GUI로 연동이 가능하도록 구성할 수 있다.

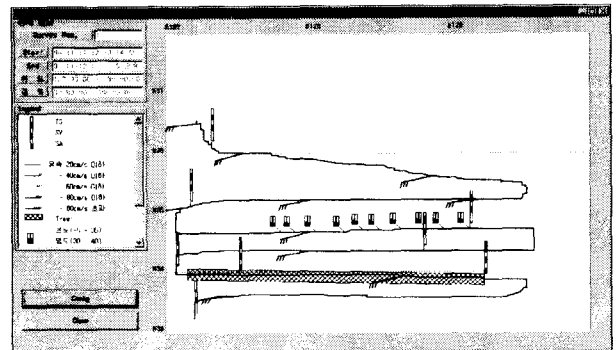


그림 2 조사장비 종합화면 GUI 구현 예

위의 그림 1과 2에서처럼 여러 조사장비의 정보를 한 화면에 표시하는 방법과 달리, 하나의 조사장비의 데이터를 처리하는 GUI 구현이 필요하다. 특히 그 지역에서의 데이터 분포를 파악하는 경우는 여러 계측지점에서 계측된 정보를 전부 읽어서 처리해야 하며, 별도로 그 계측결과를 효율적으로 분석하기 위해서도 필요하게 된다. 예를 들면, 그림 3은 계측지역에서의 ADCP 출력결과 분포를 GUI로 구현한 화면이며, 그림 4는 계측지역에서의 CTD 정보의 온도분포 GUI 구현화면을 보여준다. 그림 5는 CTD의 계측지점에서의 수심별 온도, 염분, PH, DO(Dissolved Oxygen) 분포에 대한 GUI를 보여준다.

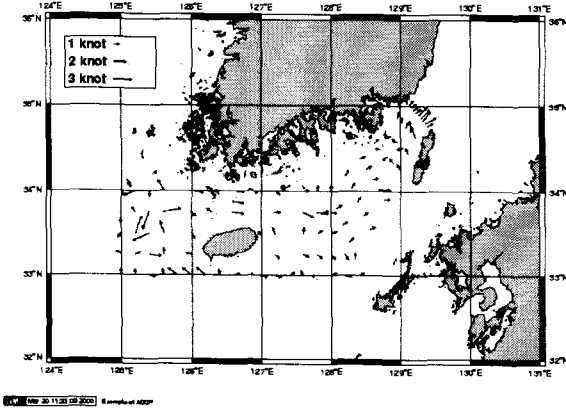


그림 3 ADCP 해류분포 GUI 구현 예

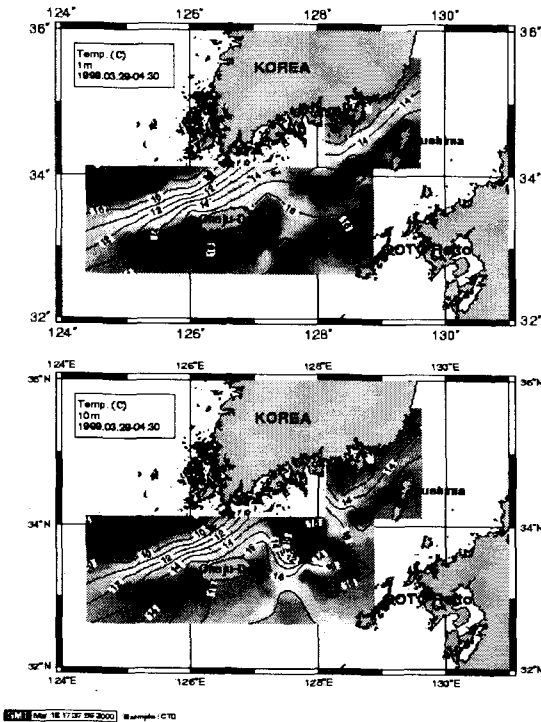


그림 4 CTD의 수심별 온도분포 GUI 구현 예

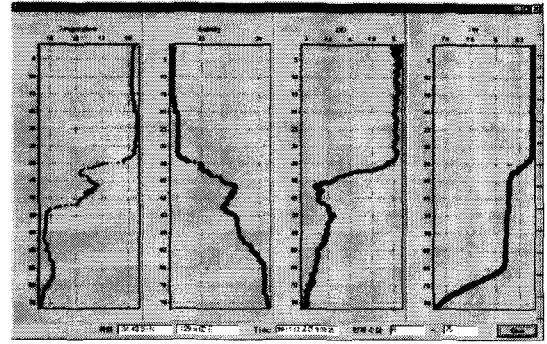


그림 5 CTD의 계측지점에서의 수심별 온도, 염분, PH, DO 정보 GUI 구현 예

3.2 데이터분배 소프트웨어

각 계측장비는 계측의 기준이 되는 시간과 위치에 대한 정보를 받아서 계측하도록 되어 있다. 따라서, 원칙적으로는 GPS 신호를 받아 연결하도록 되어 있지만, 해양 조사선에 설치되는 모든 조사장비에 이렇게 GPS를 연결하게 되면 많은 문제(경제적 비용)가 발생한다. 그래서, 일반적으로는 GPS 신호를 분기하여 조사장비에 인가해주거나, Total Navigation System에서 출력되는 RS422 신호속에 있는 GPS 정보를 분기하여 사용하게 된다.

본 논문에서 제안하는 방법은 통합항법시스템에서 출력된 신호를 이용하는 방법으로 이 정보를 그대로 분배하는 기능 외에도 부가기능을 더 추가하여 구성한다. 정보를 분배하는 방법은 크게 직렬신호로서 분기하는 방법과 UDP를 이용하여 LAN상에 분배하는 방법이 있다. 또한, 부가기능으로는 입력된 정보를 실시간으로 처리하여 선박의 항적, 각종 정보를 표시하는 GUI와 이들 항적을 자동 기록하여 이 정보를 자동으로 데이터베이스에 기록하는 기능이 있다. 또한, 각 분배(직렬, UDP)에 대한 각 포트별 설정기능을 추가할 수 있다. 데이터베이스에 자동으로 항적기록이 되면 이 저장된 항적을 기준으로 설정된 사업구간 내에서의 계측 항적을 표시할 수 있게되며, 입력된 신호를 UDP로 Broadcasting을 하여 LAN에 연결된 각 클라이언트(선장실, 선원실 등)에서 클라이언트 소프트웨어를 설치하여 현재 운항하는 선박의 항적을 매순간 확인할 수 있다.

그림 6은 위에서 설명된 부가기능을 모두 갖는 데이터 분배 시스템의 GUI 구현 예를 나타낸다. 그림 7은 그림 6의 분배 소프트웨어에 의해 분배된 UDP 데이터를 수신하여 실시간으로 항해정보를 감시하는 소프트웨어에 대한 구현화면을 나타낸다.

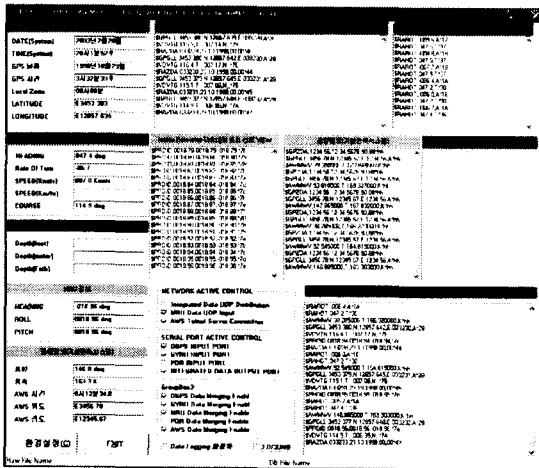


그림 6 데이터분배 GUI 구현 화면

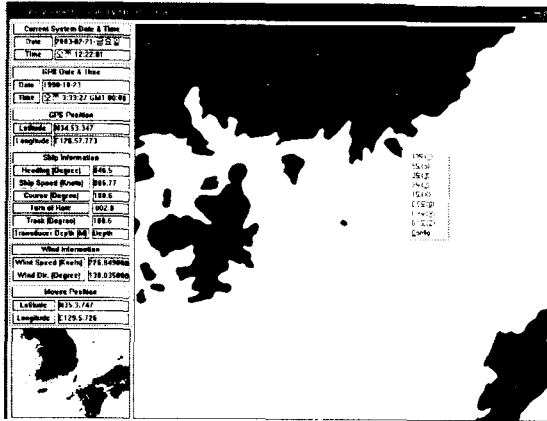


그림 7. UDP 분배정보 이용한 항해정보 감시

3.3 데이터베이스 관리 소프트웨어

계측장비의 출력정보는 주제어처리시스템(PC, 워크스테이션)의 특정폴더에 저장되어 있다는 가정을 한다. 이러한 가정하에 데이터베이스 관리 소프트웨어가 설치된 PC에서는 시스템이 부팅되면 자동으로 각 계측장비의 공유폴더를 각각의 드라이버로 고정하여 연결하게 된다. 이런 기본작업을 하기 위해서는 PC상에서는 쉽게 파일/폴더 공유기능을 이용하여 가능하며, 이종 시스템간의 데이터 공유는 NFS(Network File System) 상용 소프트웨어를 이용하여 구현한다.

데이터베이스 관리 소프트웨어는 해양 조사선에 설치되는 조사·관측장비의 출력정보를 기록하는 기능과 각 조사장비의 출력정보를 데이터베이스에 기록함과 동시에 자동 기록되는 Event log에 대한 검색과 필요한 항적정보(시간, 위치)를 기록할 수 있는 기능을 가지고 있다. 그림 8은 데이터베이스 관리 소프트웨어의 구현 GUI 화면을 보여주며, 그림 9는 계측장비에서 계측파일을 읽어서 데이터베이스에 기록하는 GUI에 대한 구현 예를 보여준다.

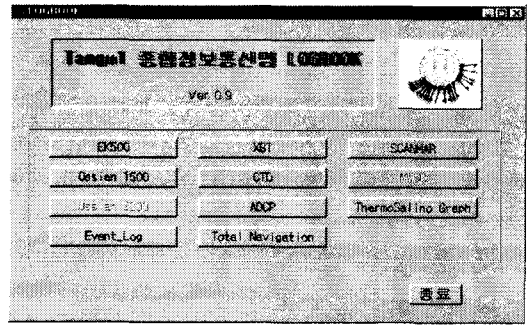


그림 8 데이터베이스 관리 소프트웨어 구현화면 예

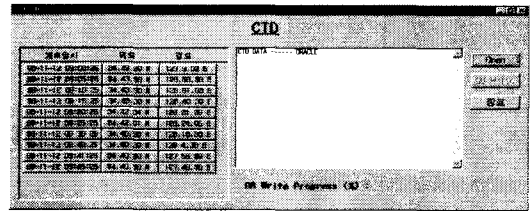


그림 9 계측데이터의 DB 기록 예

3.4 실시간 소프트웨어

실시간 소프트웨어는 조사장비의 출력정보가 직렬포트를 통해 실시간으로 나오는 경우 이 직렬포트를 이용하여 구현하는 방법과 네트워크를 이용하여 계측된 정보를 실시간으로 감시하는 방법이 있다. 예를 들어, 수심별 유향과 유속을 측정하는 ADCP 장비에는 Ensemble 직렬포트가 별도로 있어, 이 포트를 통해 실시간으로 유향, 유속 정보를 알 수 있다. 이에 대한 소프트웨어 구현 예는 그림 10과 같다.

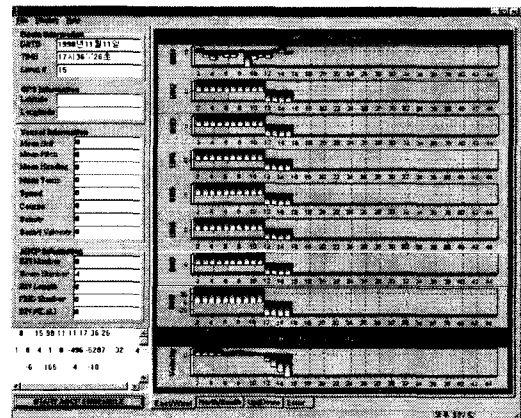


그림 10 ADCP 실시간 계측 S/W 구현 예

또한, 네트워크를 통해 계측된 정보를 실시간으로 감시하는 방법의 경우에 대한 예는 SCANMAR 장비의 경우 출력되는 정보의 종류는 NMEA0183의 형식의 텍스트와

CGM 모드로서 나오게 된다. CGM 모드의 경우는 제조사에서 제공하는 별도의 소프트웨어(제조사 개발)상에서 SCANMAR 계측정보를 그래픽으로 그대로 표시하는 데이터로서 텍스트형식의 정보가 아니다. 보통의 SCANMAR는 시험조사선의 데이터실 혹은 관측실에 설치되어 있다. 따라서, 어망을 바다속에 설치하면서 운항하는 경우 지속적으로 선장실과 연락을 주고받으며 어망이 바닥에 닿지 않는지에 대한 주의를 기울여야 한다. 따라서, 이런 경우 선장실에서 어망에 대한 정보를 그래픽으로 보면서 운항할 수 있도록 소프트웨어를 개발함으로써 효율적이고 편한 조사작업을 수행할 수 있게된다.

그림 11은 해양조사원 조사선에 사용된 중력계에 항해정보(DGPS, GYRO, PDR, Shallow Water Echo Sounder)의 정보를 중력계에 입력해주기위한 소프트웨어 개발의 구현 예를 보여주고 있다. 그림 12는 중력계에서 출력된 데이터를 수신하여 데이터 로깅 및 실시간 표시에 대한 기능을 하는 소프트웨어 구현 예를 보여준다.

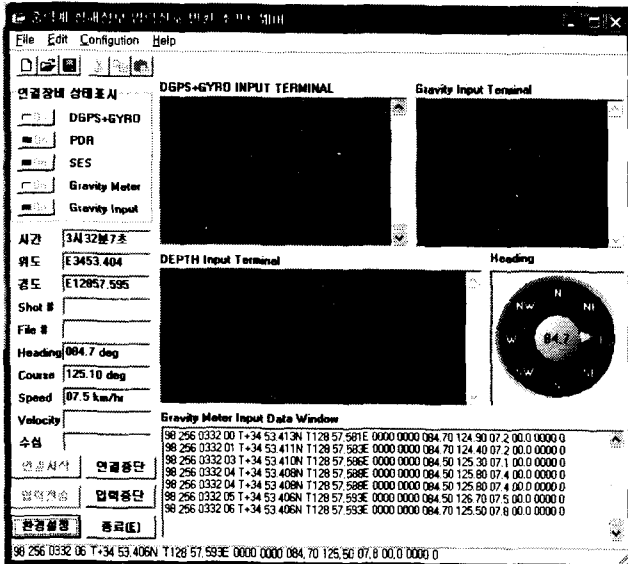


그림 11 중력계 입력 소프트웨어

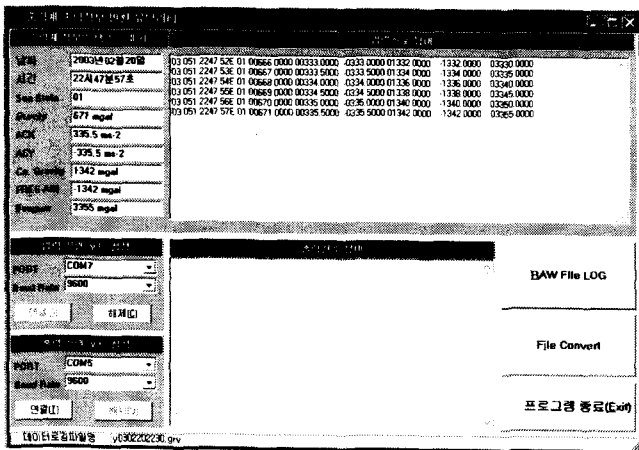


그림 12 중력계 출력 정보 및 로깅 GUI 구현 예

4. 결 론

본 논문에서는 해양 조사선의 종합정보통신망에 대한 구축방안에 대한 연구결과를 발표하였다. 조사·관측장비의 LAN 및 직렬 인터페이스 방안, 계측장비간의 데이터 통합을 위해 데이터베이스 시스템의 구축과 계측기준 설정을 위한 시간 동기화 및 데이터 분배, 조사된 작업의 결과를 한눈에 파악할 수 있는 소프트웨어 개발방안, 실시간적으로 시스템을 감시하고 파악할 수 있는 실시간 소프트웨어, 네트워크 관련 서비스, 선외 통신 서비스에 대한 구축방안에 대하여 기술하였다. 또한, 종합정보통신망 구축에 있어 큰 비중을 차지하고 있는 소프트웨어 개발에 대하여 후처리 GUI, 실시간 SW, 데이터분배, 데이터베이스 관리 등으로 구분하여 구축 예를 들어 설명하였다.

본문에서 설명한 것 이외에도 장비와 장비간의 인터페이스, 시스템간의 인터페이스 표준화, 효율적인 데이터베이스 스키마 설계 등의 작업들이 필요하다.

참고문헌

- NMEA0183 Standard for interfacing marine electronic devices ver. 2.0, NMEA1992, 1.1992
- SIMRAD EK 500 Scientific Echo Sounder Operator Manual, SIMRAD
- CTD system operating and repair manual SBE 11 plus, 1992.11, Sea-bird Electronic, Inc.
- 한국해양연구소, 2000톤급 어로 시험조사선의 종합정보통신망 시스템 설계·제작 보고서, 1999.12