

## 지능형 항해정보기록 분석 시스템 설계 및 가시화 모듈 개발

황일규\* · 이경호\*\* · 한영수\*\*\*

\*동양공업전문대학 자동화시스템과

\*\*인하대학교 선박해양공학과

\*\*\*인하대학교 공학대학원 선박공학과

# New Scheme for Intelligent Voyage Data Recorder Analysis System and Development of Visualization Module of the VDR

IL-KYU HWANG\*, KYUNG-HO LEE\*\* AND YOUNG-SOO HAN\*\*\*

\*Dept of Automation System, Dongyang Technical College, Seoul, Korea

\*\*Dept. of Naval Architecture & Ocean Engineering, Inha University, Incheon, Korea

\*\*\*Graduate school of Engineering, Naval Engineering, Inha University, Incheon, Korea

**KEY WORDS:** Software design and implementation 소프트웨어 설계 및 구현, Voyage information 항해 정보, Intelligent systems 지능형 시스템, Visualization module 가시화 모듈

**ABSTRACT:** The voyage data is very important for safety of ships, and duty being effectuated by the installation of voyage data record (VDR) on ships. VDR is a black-box, and it contains 14 kinds of voyage data as text. But it is not easy to understand when the accident happened because voyage data is saved as complicated texts. User interface (UI), analysis, visualization system, which works for assist to gather information about situation of accident, was developed. It will be possible to develop onboard ship monitoring and voyageprediction system by the VDR visualization system's development in near future.

### 1. 서 론

해양 사고를 막기 위한 안정적인 선박의 항해 시뮬레이션에 대한 관심의 증폭은 IMO maritime safety council에 의해서 선박의 항해 규정을 더 엄격하게 만들었다(Vassalos, 1999a; 1999b). 이러한 이유로 항해 기록 장치(VDR; Voyage data recorder)에 대한 중요성이 점점 증대되었다. VDR은 SOLAS (International convention for the safety of life at sea) 조약 개정에 동반하여 새롭게 도입된 해양 사고 원인 조사의 원조 장치로서 선박의 항해에 관한 음성 및 레이다 정보를 기록하는 항해 기록 장치이다. 즉, 선박의 운항 중에 획득되는 각종의 항해 정보를 실시간으로 기록하고, 이를 유지 및 관리하기 위한 것이다. VDR은 선박의 운항 정보를 자동으로 기록함으로써 효율적인 운항 관리를 할 수 있을 뿐만 아니라 해양사고 발생 시에는 항공기의 블랙박스와 같이 사용가능하다. VDR에는 사고 전후의 선박의 위치, 선박의 운동 상태, 물리적인 상태, 지령 및 제어 등이 기록되어 있고 이것을 분석하여 해양 사고의 원인을 밝힐 수 있는 용도로 사용된다(International Electro Commission(IEC 61996), 2000).

최근, 많은 연구자들이 해양 연구 분야에서 해양 정보 관리에 관심을 두고 있다. 이는 해양 정보를 관리하고 해양 사고의 원

인을 식별하는 것이 더 중요하다는 인식을 가지게 되었기 때문이다(Lee et al., 2005). 1989년 좌초된 엑손발테즈호 사건 등과 같은 대형 해상 사고는 인명 피해뿐만 아니라 환경을 파괴하는 엄청난 재앙을 초래하게 된다. 최근 들어, 해양 안전에 관심이 집중되면서 과거의 수동적인 사고 대처의 개념에서 벗어나 더 적극적으로 사고를 미리 예방하고 사고가 났을 때 이것의 원인을 과학적으로 규명할 수 있도록 하는 제도적/기술적 관심이 고조되고 있다. 해양 사고의 대부분이 휴먼 에러(Human error, 인위적 과오)에 기인하고 있으며, 이에 대한 사고의 원인 규명과 재발 방지 대책을 목적으로 Maritime safety committee 73에서 VDR의 선박 탑재가 국제적으로 의무화되고 있다.

또한 향후 VDR의 선박 탑재는 전 선박으로 확장될 것이며, 시장 규모도 매우 클 것으로 예상된다. 지금까지 VDR 장비의 개발은 기록 장치에만 집중된 반면, 사고 원인 규명이나 분석시스템의 개발은 상대적으로 부진한 실정이다. 비록 기존의 VDR 시스템에 재생(Playback) 기능이 존재하기는 하지만, 단지 텍스트 형태로 VDR 데이터를 보여주기 때문에 지능적으로 해양 사고를 분석하고 조사하는 것이 어렵다. 그러므로 지능형 VDR 분석 시스템을 구현하는 것과 분석 시스템을 위한 기본적인 모듈로서 인간과의 효율적인 인터페이스를 위하여 그래픽 형태로 VDR 데이터를 보여주는 것이 필요하다. Fig. 1은 VDR 시스템의 개념도이다.

본 논문에서는 지능형 VDR 분석 시스템의 구조를 제시하고 있다. 또한 VDR에 기록된 데이터의 가시화 시뮬레이션을 통해

교신저자 이경호 : 인천광역시 남구 용현동 253번지

032-860-7343 kyungho@inha.ac.kr

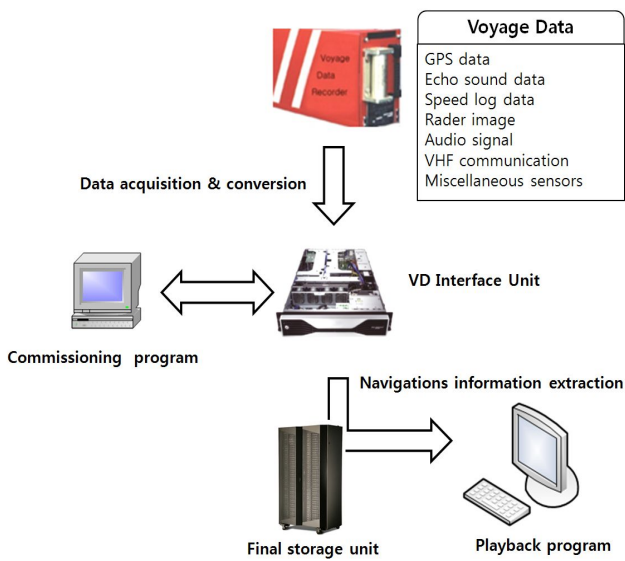


Fig. 1 Concept diagram of VDR system

사고 원인을 알아보기 쉽게 규명할 수 있는 가시화 모듈을 개발한다. 즉, 논 논문에서는 항해 상태에서 사고가 일어나기 전에 미리 예측할 수 있는 지능형 분석 시스템을 개발하기 위한 첫 단계로서, VDR에 저장된 항해 정보를 가시화할 수 있는 모듈을 개발하였다.

## 2. VDR System

해양 사고 예방 및 분석을 위해서는 정확한 사고 원인 규명이 우선되어야 한다. 요즘은 항공 사고, 철도, 일반 육상 교통사고는 현대화된 과학 기술에 의한 각종 시스템들이 이용되고 있으며 이를 위해 사고를 분석할 수 있는 계기를 운송 수단에 탑재하고 있다. 항공기의 경우 블랙박스가 탑재되어 있어 항공기 사고 시에 이를 분석하여 정확한 사고원인을 밝혀내고 있으며, 택시와 같은 자동차에도 이러한 시스템이 부착되어 운행되고 있다. 이러한 과학적 사고 분석 계기 없이는 정확한 원인 분석이란 불가능한 시대가 되었다. 선박도 예외는 아니다. 선박의 크기도 대형화되고 속도 또한 고속이며 선박의 장비는 컴퓨터 시스템에 의해 운영되고 있다. 이러한 시대적 변화에 부응하기 위해서는 과학적으로 해양사고 원인을 분석할 수 있는 시스템 구축이 반드시 필요하다.

대표적인 이러한 시스템으로는 VDR 장치가 있다. Sperry marine의 voyage master II S-VDR(Sperry marines), Consilium의 VDR(Consiliums), 그리고 Kongbergs의 Maritime black box MBB(kongsbergs)과 같은 VDR은 수기가 아닌 자동적으로 항해 정보를 기록하기에 효율적인 항해 서비스 관리를 할 수 있게 한다. 이 정보는 해상 사고의 원인을 분석하기 위한 일련의 조사 과정에서 사용된다. 즉, 사고가 일어나면 사고 전후의 선박의 항적, 선박의 이동, 물리적인 상태, 지령, 그리고 제어 등과 같은 분석 데이터가 만들어져서 사고의 이유와 상황을 설명하는데 사용된다. VDR은 1993년경부터 해양 사고의 원인 조사 및 개발

방지를 목적으로 선박에의 탑재가 제도화되었으며, 1997년 국제해사 기구(IMO: International maritime organization)의 성능 기준이 채택되고, 2000년 7월 기기의 국제 기술 기준이 완성되었다. VDR은 IMO에서 인정한 국제기준에 따른 설계와 구조이어야 하며, 2002년 7월 1일부터 IMO에서 VDR의 설치를 3,000톤 이상의 선박에 강제화(SOLAS V.20)함에 따라 그 수요가 증가하고 있으며, 이에 따른 분석 시스템의 개발도 필요하게 되었다 (International Maritime Organization(IMO), 2002). 이러한 분석 시스템의 구축으로 해양사고 발생 시 조사·심판과정에서 VDR 장치에 기록된 항해 정보를 분석하여 사고 재현 및 증거 자료로 채택하여 과학적인 해양 사고 원인 규명에 기여할 수 있다. 이 분석 시스템은 VDR에 저장된 각종 항해 정보 데이터를 해독하여, 사고 발생 상황을 재현하여 필요한 조사를 행할 수 있고 심판 자료로 도시화할 수 있으므로 객관적인 증거 확보 및 공정하고 과학적인 조사·심판에 기여할 수 있다. 또한 준 사고시의 항해 자료를 확보할 수 있어서 사고 예방 대책을 수립하는 것도 가능하게 된다. 국제 기준인 IEC 61996(International Electro Commission(IEC 61996), 2000)에 따라서 VDR에 기록될 데이터 아이템은 다음과 같다.

- 시간 및 날짜
- 위치: 경도와 위도
- 선속
- 선수방위
- Bridge audio
- Communication audio
- 레이더 데이터
- 음향사운드(Echo sounder)
- 주 알람 기능(Main alarms)
- Rudder order and response
- Engine order and response
- Hull opening status
- Watertight and fire door status
- Accelerations and hull stresses
- 풍속 및 풍향

## 3. 지능형 VDR 시스템의 설계

### 3.1 System 분석

VDR은 14가지 항목으로 구성된 항해기록으로 캡슐 형태로 저장되어 있다. 하지만 캡슐에 있는 것을 활용하지 않는다면 저장된 데이터일 뿐 해양 사고를 분석하기에는 아무런 도움이 되지를 못한다. 따라서 각 단계의 인터페이스를 구축하는 것은 필수적인 요소라 할 수 있다.

일반적인 VDR 분석 시스템은 VDR 시스템으로 부터의 자료 추출과 저장 그리고 VDR 분석 시스템 상에서의 재현과 분석에 이르기까지의 각 단계를 진행하는 동안 각 단계의 기능을 하는 소프트웨어와 이 기능들을 연계하여 주는 소프트웨어적인 구성요소를 필요로 한다.

목표로 하는 지능형 VDR 분석 시스템은 크게 재생(Readout),

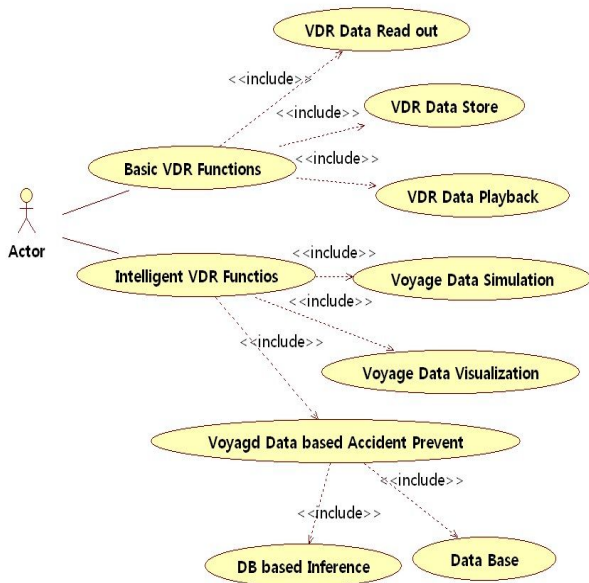


Fig. 2 Usecase diagram for intelligent VDR system

저장, 재현의 단계를 거치는 분석 시스템의 기본 구성과 동일하다. 최초로 회수된 VDR은 포터블을 이용하거나, 직접 VDR을 회수하였을 경우 VDR에서 Readout 하는데 필요한 CIA(Common interface apparatus) 모듈을 통하여 데이터를 추출하고 이를 Image 모듈, Voice 모듈, Data 모듈로 구분하기 위한 응용 소프트웨어가 필요하다. 또한 각각의 형태로 추출된 데이터는 저장을 위한 윈도우 기반 소프트웨어를 필요로 하며, 이를 통하여 조사·심판에 필요한 분석 시스템을 구현하는 것이다. VDR에 입력된 14가지의 데이터는 CIA 모듈에서 응용 소프트웨어를 통하여 각각의 Module에 이미지, 음성, 기타 항해 데이터의 형태로 저장된다.

3.2 지능형 VDR 분석 시스템의 기능

본 연구에서는 시스템의 요구사항을 분석하여 설계에 적용하기 위해 UML(Unified modeling language)을 이용하였다. Fig. 2는 앞서 작성한 요구사항을 토대로 유스케이스 다이어그램을 작성한 것이며 Fig. 2에서 보는바와 같이 지능형 VDR 시스템의 구성은 크게 두 가지 기능적 차이로 분류가 가능하다. 기존의 VDR 시스템에서 이미 사용되어 왔던 기본적인 기능들이며 이것은 VDR 캡슐에서 데이터 추출하기, VDR 데이터 저장 기능, 각각의 항해 데이터 재생 기능이며 본 시스템이 기존의 VDR 시스템과 차별화 할 수 있는 것이 바로 데이터베이스와 연동하여 시뮬레이션, 가시화, 의사결정 등을 지원할 수 있는 지능형 항해기록 관리 기능이라 할 수 있을 것이다. Fig. 3은 VDR 캡슐로부터 항해 데이터를 추출하여 그 데이터를 DB에 저장한 후 그 데이터를 바탕으로 시뮬레이션을 수행, 결과를 보여주는 시나리오를 기반으로 작성한 시퀀스 다이어그램이다.

Fig. 4는 이러한 기능에 대한 분석을 토대로 각 기능들을 수행하기 위한 시스템의 각 모듈 사이의 관계를 보여주는 지능

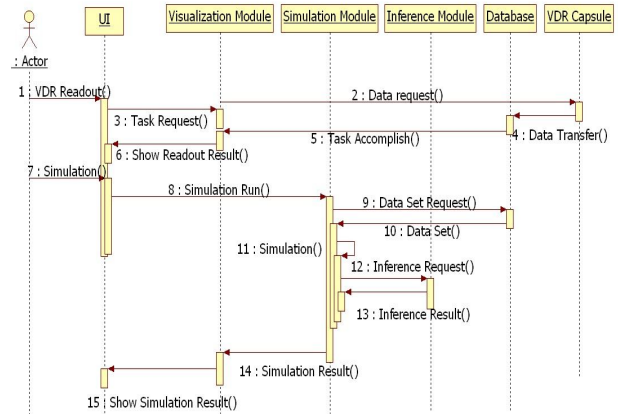


Fig. 3 Sequence diagram for VDR readout and simulation scenario

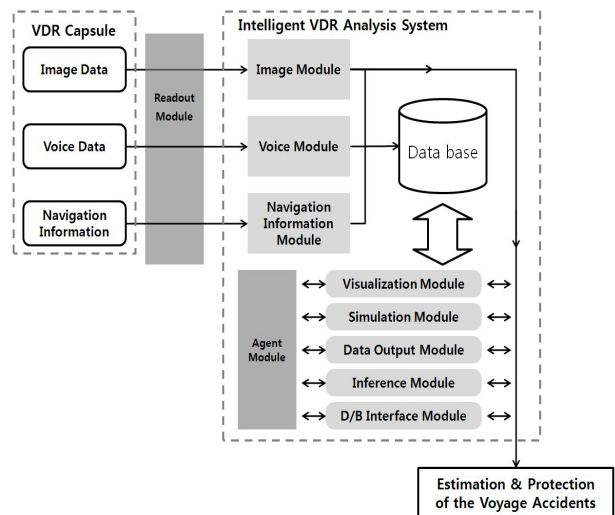


Fig. 4 Intelligent VDR system analysis

형 VDR 분석 시스템의 구조도이다. Voice 모듈은 Voice 형식 고속 검색, 재생, 반복 재생, 그리고 소음 제거 등의 기능으로 재생될 수 있다. Image 모듈은 15초 간격으로 저장된 Image를 재생할 수 있다. 항해 정보 역시 가시화 모듈을 통해 사용자의 화면에 출력되어야 한다.

VDR 분석 시스템이 보유해야 할 주된 기능들은 다음과 같다.

- Readout: VDR 데이터를 캡슐에서 Readout 해서 오디오, 이미지, 그리고 항해 정보로 분류해서 서버에 있는 데이터베이스에 저장한다.
- Image: 컴퓨터 그래픽 영상을 설정된 시간 단위로 표시하여야 하며, 기본 규정에 의한 15초 간격으로 저장된 영상을 초당 한 화면이상으로 고속 재생하는 기능을 포함하며, 상세 중요 지점에 대한 영상의 확대 및 축소 기능을 갖추어야 한다.
- Voice: Wav 형태의 일반적인 음성 데이터를 이용하여 연속적인 선교의 대화내용을 재생하여야 하고, 음성의 빠른 검색 및 재생기능, 반복 재생 기능 등 분석에 필요한 기본적인 재생 기능을 포함하며, 아울러 녹음된 음성에 실린 저주파 대역에서

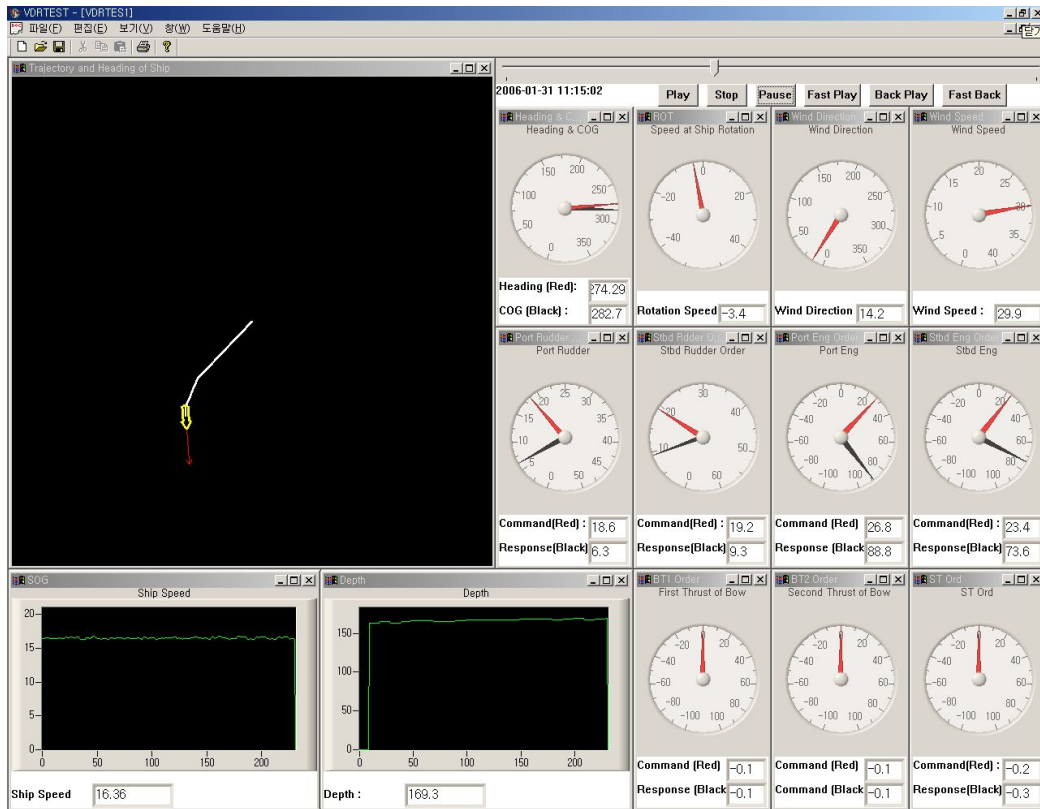


Fig. 5 VDR visualization module

발생하는 반향 울림 잡음이나 고주파 대역에서 원음에 실린 잡음을 제거하는 기능이 갖추어져야 한다.

- Navigation information: 범용적인 데이터베이스를 이용하여 기록된 항해 데이터에 대해 다음과 같은 기능을 이용하여 분석하여야 한다. 또한 데이터 검색 기능(재생, 정지, 빠른 재생, 빠른 되감기, History trend 표현 등) 이 기본적으로 제공되어야 한다.

- Visualization: 좀 더 적극적인 의미에서 해양사고 방지 또는 예측을 위하여 VDR 데이터를 시각화하여 재현할 수 있다.

- Simulation: 해양 사고를 막기 위해서 VDR 데이터를 사용하여 해양 정보를 재생성하고 시뮬레이션 하는 기능이다. 또한, 해양 사고를 피하기 위한 다른 해결책을 발견하기 위하여 가상 시뮬레이션 기능을 제공한다.

- Data output: 시간 단위로 상태 데이터를 보여주거나 출력하고 최종 결과를 출력한다.

- Inference: 시간에 따라서 항해 정보를 분석하여 해양과 선박의 상태를 항해 사고를 예측하고 예방하기 위하여 지능적으로 추론한다.

- D/B interface: 데이터베이스 시스템과 다른 모듈 사이의 인터페이스를 제공한다.

- Agent: 사용자를 도와주기 위하여 그들을 대신하여 에이전트 모듈을 사용하며, 이 모듈은 다른 모듈과 협동한다(Lee and Lee, 2002).

#### 4. VDR 가시화 모듈의 구현

가시화 모듈은 지능적 VDR 분석 시스템에서 중요한 모듈 중의 하나이다. 가시화 모듈은 기본적으로 VDR에 기록되며 모든 데이터를 사용자가 쉽게 이해하고 검색할 수 있도록 그래픽 형식으로 표현되어야 한다.

컴퓨터 그래픽 이미지는 각 시간대에 따라서 재현될 수 있다.

일반적으로, 가시화 모듈은 선박의 속도와 방향 등을 고려하여 선박의 위치를 계산하고 선박의 항적과 선수 방위를 보여준다. 또한 이미지의 특정 부분을 확대하고 축소할 수 있을 뿐만 아니라

각 시간 대 별로 앞에 있는 혹은 뒤에 있는 이미지를 보여주는 기능을 할 수 있다.

Fig. 5는 개발된 VDR 가시화 모듈을 보여준다. 이 모듈은 시간, 항적, 그리고 선수 방위 등과 같은 선박과 해양의 여러 상태 정보를 빠르고 이해하기 쉬운 인터페이스를 통하여 가시적으로 보여준다. 해양 데이터는 일반적인 데이터베이스에 저장되며 이들 데이터를 효율적으로 보여주기 위하여 Fig. 5에서의 재생, 중지, 일시 정지, 고속 재생, 그리고 고속 되감기 같은 디스플레이 제어 기능을 사용한다. 고속 재생의 경우 현재는 1분단위로 이동이 가능하게 프로그램 되어 있으며, 향후 사용자의 입력에 의해 그 간격을 변경할 수 있도록 수정될 예정이다. 또한 Fig. 6에서 보이는 것과 같은 디스플레이 컨트롤 바를 사용하여 원하는 시간대로 이동하여 상태를 디스플레이 할 수도



Fig. 6 Display control bar on visualization module

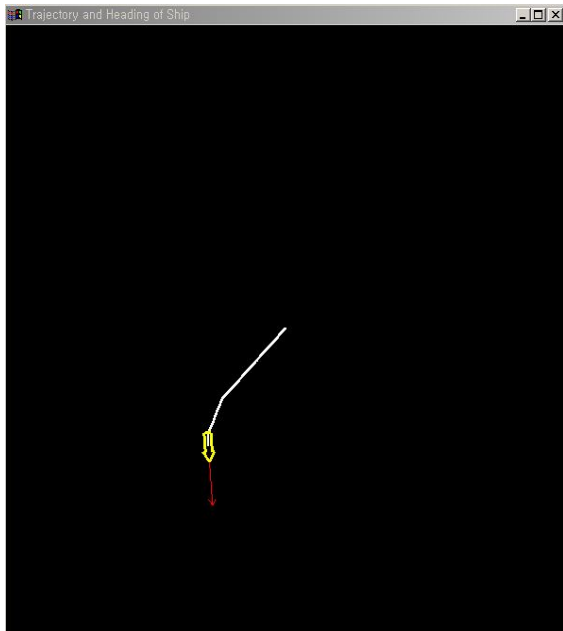


Fig. 7 Stem angle and route of ship

있다. 상기의 기본 기능 외에도 항해 데이터를 ENC를 이용하여 단순히 수치적으로 표현하지 않고 전자해도(ECDIS: Electronic chart display and information system) 상에 보여줌으로써 실제 상황과 아주 가깝게 재현할 수 있어야 한다. 이러한 전자 해도는 목적 데이터에 대한 항적(Trajectory)을 아울러 재생할 수 있어야 한다. 본 모듈에서 표현되는 데이터의 형태는 다음과 같다. 이 데이터는 중앙 해양 안전 심판원의 자료를 참조하였다(김병곤, 2002).

가. 시간 및 날짜

- UTC 타임과 로컬 타임을 XX:XX:XX로 저장
- 모든 데이터가 시간과 연계

나. 항해자료 (Fig. 7과 Fig. 8)

- 모든 항해 자료는 10초 간격으로 저장
- 위치: 선박의 항적과 선수 방위는 Fig. 6 에서 보여준다.
- 선속: 선박 log 상의 속력을 표시 X.XX(Knot)
- 선수 방위: 진방위 표시 XXX.X(T)
- 타각 지시기: 우회두 XX (지시기 XX), 좌회두 -XX 지시기 -XX)
- 선속: X.XX(Knot)
- 수심: XXX.X(m)
- 풍향: XX.X
- 풍속: XX.X(Knot)
- Rudder order/Response- thrust command/Response
- 엔진 상태

기존의 VDR 파일 READ 프로그램의 경우 단순히 그래프나 텍스트 방식으로 선박의 상태가 표시되지만 본 연구에서 개발된

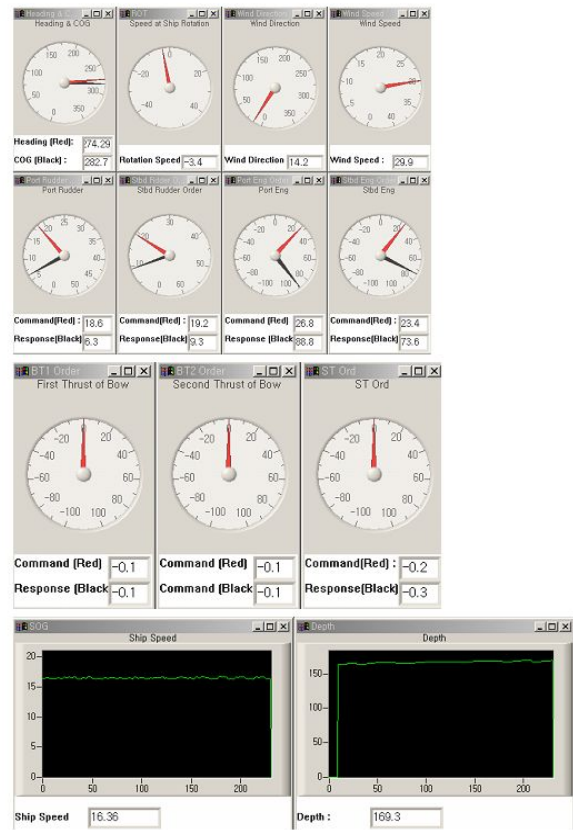


Fig. 8 Voyage data displays

프로그램은 필요한 경우 그래프와 각각의 계기판을 실제와 비슷하게 꾸며서 보여주고 분석을 할 수 있다. 즉, VDR 분석 시스템은 앞에서 언급한 것처럼 발생한 사고를 정확히 분석하기 위한 하나의 시스템으로서 구성을 하여야 하며, 분석자 입장에서 필요한 자료를 얻을 수 있어야 하고, 가능한 당시의 상황과 가장 근접하게 재현할 수 있게 구성이 되어야 한다.

VDR 가시화 모듈은 Microsoft visual C++과 NI Measurement studio을 이용하여 개발되었다. 우선 VDR 캡슐 속에 들어있는 파일을 컴퓨터로 다운 받아 파일의 저장되어 있는 방식을 파악한다. 각각의 시간대에 따른 각각 계기판이나 센서의 동작이 저장된 부분을 서로 분할하여 연결 리스트화 시키고, 각각의 컨트롤들을 Measurement studio의 컨트롤들을 이용하여 윈도우 화면에 생성한 후, 그 컨트롤의 Value에 리스트화된 값들을 전달하여 컨트롤들을 제어하여 화면에 디스플레이하는 방식을 택하였다. Measurement studio에는 그래프와 계기판 등 LabView에서 사용되는 컨트롤들을 윈도우 프로그래밍(Visual C++, Visual basic, LabWindows)에서 사용할 수 있도록 지원해주고 있으므로, 기본 프로그램을 Visual C++에서 제작하고 이 Measurement studio를 사용하여 사용자에게 뿌려주는 방식이다. Fig. 7의 항적과 Heading은 현재 위치, 배의 속도, 그리고 방향 데이터를 이용하여 수치적으로 계산되어 MS windows에서 제공하는 OpenGL 라이브러리를 사용하여 보여준다. 상세한 개발 및 동작 환경은 다음과 같다.

- 운영체제는 Windows NT, Windows 2000, Windows XP
- Visual studio 6.0은 Service pack 3 이상
- LabView 버전은 6.02 이상
- Measurement studio 5.0
- 윈도우의 기본 해상도는 1280 × 1024가 기준

### 5. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서 제안한 지능형 VDR 분석 시스템의 구조와 실제 개발된 VDR 가시화 시스템은 선박의 사고 당시까지 저장된 자료를 기존의 프로그램들보다 쉽고 빠르게 파악할 수 있고, 선박의 상태를 자신이 원하고자 하는 시간대로 이동하여 체크 파악할 수 있어 사고 선박의 상태를 빠르고 쉽게 파악 및 분석하는데 용이하다. 이러한 분석을 위한 가시화 시스템의 구축으로 해양사고 발생 시 조사·심판과정에서 VDR 장치에 기록된 항해 정보를 분석하여 사고 재현 및 증거 자료로 채택하여 과학적인 해양사고 원인 규명에 기여할 수 있다. 즉, 이 시스템은 VDR에 저장된 각종 항해 정보 데이터를 해독하여, 사고 발생 상황을 재현하여 필요한 조사를 행할 수 있고 심판 자료로 도식화할 수 있으므로 객관적인 증거 확보 및 공정하고 과학적인 조사·심판에 기여할 수 있다. 또한 준 사고시의 항해 자료를 확보할 수 있어서 사고 예방 대책을 수립하는 것도 가능하게 된다.

본 연구의 최종 목표는 해상 사고를 분석하고 예방하기 위하여 지능형 분석 시스템을 개발하는 것이다. 이 분석 시스템은 사고의 원인 분석뿐만 아니라 획득되는 VDR 데이터로부터 지식 에이전트 모듈의 추론 기능에 의한 사고 방지를 위한 가이드 제공 및 사고 가능성 예측을 할 수 있도록 하는 선박 탑재용 시스템이다. 본 논문에서 개발된 가시화 시스템을 바탕으로 VDR 데이터를 3차원으로 가시화하여 사고 상황을 시뮬레이션 하기 위한 시뮬레이션 시스템 및 지능형 사고 예측 시스템의 개발이 단계별로 이루어질 것이다.

### 후 기

본 연구는 한국과학재단 첨단 조선 공학 연구 센터 지원과제

(R11-2002-104-08002-0)로 수행된 연구 결과의 일부로서, 위 기관의 연구비 지원에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

김병곤 (2002). "VDR 분석 프로그램 개발과 해양안전심판", 해양안전, 2002 겨울호, pp 80-87.

Consiliums vdr. <http://www.consilium.com>.

Vassalos D. (1999a). "Design for Safety", Proceedings of Design for Safety Conference, pp 115.

Vassalos D. (1999b). "Shaping Ship Safety: The Face of the Future", Journal of Marine Technology, Vol 36, No2, pp 61-76.

International Electro Technical Commission (2000). IEC 61996 Shipborne Voyage Data Recorder, Performance Requirements, Methods of Test and Required Test Results, July.

International Maritime Organization (2002). IMO Ref. T1/2.02 MSC/Circ. 1024 Guidelines on Voyage Data Recorder, May.

Lee, D., Lee, S.S., Park, B.J. and Kim, S.Y. (2005). "A Study on the Framework for Survivability Assessment System of Damaged Ships", Ocean Engineering, Vol 32, pp 1122-1132.

Lee, K.H. and Lee, K.Y. (2002). "Agent-based Collaborative Design System and Conflict Resolution Based on a Case-based Reasoning Approach", Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, Vol 16, pp 93-102.

Kongsberg maritime black box mbb. <http://www.kongsberg.com>.

Sperry marines voyagemaster ii s-vdr. <http://sperrymarine.com>.

2008년 6월 27일 원고 접수

2008년 8월 25일 최종 수정본 채택