

MRV 규제 대응을 위한 운항선의 연료사용량 및 온실가스 배출량 데이터 수집 기술 개발

강남선[†] · 홍연정¹ · 이재승² · 변상수³

(Received July 14, 2017 ; Revised September 4, 2017 ; Accepted September 25, 2017)

Development of technology for collecting data regarding fuel consumption and greenhouse gas emissions by existing ships for MRV regulation

Nam-Seon Kang[†] · Yeon-Jeong Hong¹ · Jae-Seung Lee² · Sang-Su Byeon³

요약: 본 논문에서는 실연비데이터보고제도 대응을 위한 지원 시스템의 주요 기능 중 연료소모량과 온실가스 배출량 데이터 수집을 위한 데이터 수집 시스템을 개발하고 해사위성통신과 선박환경에서 시스템 성능 검증을 수행하였다. 데이터 수집 시스템은 선박에 설치된 주요 장비를 연동하여 배출량 데이터를 수집하는 자동보고 모듈과 선박에서 육상으로 보고되는 이메일 내용 또는 첨부파일을 통해 배출량 데이터를 수집하는 매뉴얼 모듈로 구성하였으며, 배출량 데이터 수집 방법에 따라 사용자가 선택할 수 있도록 시스템을 구현하였다. 개발된 데이터 수집 시스템을 해사위성통신 환경에서 시험한 결과 전 해역에서 데이터 통신이 가능하며 데이터 수집 시스템의 운용기능이 정상적으로 동작함을 확인하였다. 또한 해사위성환경에서 이메일 및 첨부파일을 통한 배출량 데이터 수집 성능 시험 결과 96.8%의 데이터가 일치하여 실연비데이터보고제도의 데이터 정확성 요구사항이 만족함을 확인하였다.

주제어: 실연비데이터보고제도, 온실가스 배출량, 데이터 수집 시스템, 해사위성통신

Abstract: In the present study, a data collection system was developed for collecting data regarding fuel consumption and greenhouse gas emissions, which is one of the major functions of the Monitoring, Reporting, and Verification supporting system. The system's performance was also verified in a maritime satellite communication environment and in a ship. The data collection system consists of an automatic reporting module that is interconnected with the main instruments installed on a ship to collect emission data and a manual module that collects the emission data included in the e-mails and attached files sent from a ship to shore. A user may choose one of the modules of the system based on the emission data collection method. The developed data collection system was tested in a maritime satellite communication environment, and the results showed that data communication was possible in the seas of the entire earth, and that the data collection system was normally operated. In addition, the emission data collection performance based on the e-mails and attached files was tested in a satellite environment, and the results showed that the data consistency was 96.8%, which satisfies the data accuracy requirement of the MRV system.

Keywords: Monitoring/Reporting/Verification, CO₂ emitted, Data collection system, Maritime satellite communication

1. 서 론

이전 연구에서는 유럽연합(EU, Europe Union)의 실연비 데이터보고제도(MRV, Monitoring, Reporting, Verification)와 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)의 데이터수집시스템(DCS, Data Collection System) 규제를 분석하고 이를 만족하는 선박 운항 효율과 온실가스 배출량 데

이터 수집, 보고 및 검증을 위한 MRV 지원 시스템을 제안하고 MRV 지원 기능에 대한 기술적 검증을 수행하였다[1].

MRV 지원시스템은 **Figure 1**과 같이 데이터 수집을 위한 ECO-Ship Collector와 수집된 데이터를 육상으로 전송하기 위한 ECO-Ship Deliver, 육상으로 전송된 데이터의 저장, 표준 양식으로서의 변환 등 데이터 통합관리와 검증, 검증된 데

[†]Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9740-2898>): R&D team, Marineworks Co., Ltd. Saemunan-ro 5-gil 19, Jongno-gu, Seoul 03173, Korea, E-mail: ddalgi99ns@gmail.com, Tel: 02-6952-7251

1 Green-ship Research Division, Research Institute of Medium & Small Shipbuilding, E-mail: yjhong@rims.re.kr, Tel: 051-974-5600

2 Logistics Solution Team, Hyundai Ubiquitous & Information Technology, E-mail: tmd794613@naver.com, Tel: 02-2072-6135

3 R&D center, Hyundai Ocean Service, co., ltd, E-mail: ss.byeon@hmm21.com, Tel: 051-461-7064

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

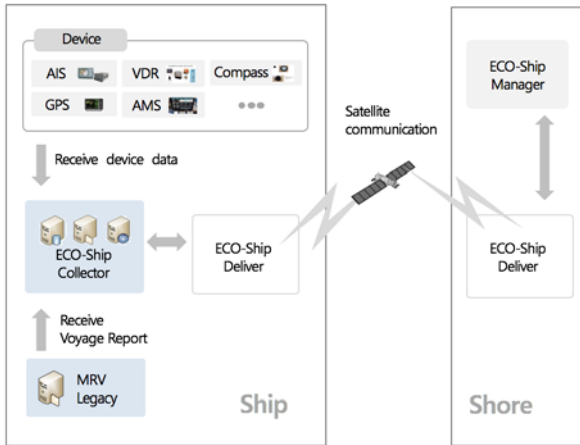


Figure 1: Technology diagram of ECO-Ship Collector [1]

이터의 전자적 방식으로의 보고를 위한 ECO-Ship Manager 로 구성된다[1][2].

본 논문에서는 설계된 MRV 지원 시스템의 주요 기능 중 연료소모량과 온실가스 배출량 데이터 수집을 위한 ECO-Ship Collector를 개발하고 해상위성통신환경과 선박환경에서 시스템 성능을 검증한다.

2. ECO-Ship Collector 설계

IMO DCS는 Table 1과 같이 식별번호, 선박 기술재원, 유종별 연간 총 연료사용량 및 데이터 수집 방법, 운항거리와 운항 시간을 연간으로 보고한다[2][3]. EU MRV는 Table 1과 같이 선박 기본 데이터를 포함하여, 유종별 연간 총 연료사용량과 배출계수, CO₂ 배출량, 운항거리, 해상에서 소요된 시간, 운송 화물량과 운송 업무량을 항차 기준, 연간 기준으로 보고한다[4].

IMO DCS와 EU MRV 보고를 위한 데이터 수집 방법은 IMO DCS, EU MRV에서 권고하는 데이터 수집 방법론에 따라 각 장비와 연동하여 자동으로 데이터를 수집하거나, 운항자가 직접 매뉴얼로 데이터를 입력할 수 있다[4][5]. 따라서 ECO-Ship Collector는 배출량 데이터 수집 방법의 장 단점에 따라 사용자가 선택할 수 있도록 Figure 1과 같이 MRV 데이터 수집 대상 장비와 직접 연동하여 자동으로 데이터를 수집하는 자동보고 모듈과 선박에서 전송된 운항리포트 또는배출량 데이터를 MRV Portal을 이용하여 보고할 수 있는 MRV Legacy 모듈로 시스템을 구성하였다.

2.1 자동보고 모듈

ECO-Ship Collector의 자동보고 모듈은 선박의 운항시간, 거리 등 항해정보를 수집하기 위해서 Figure 2와 같이 선박 항해기록장치(VDR, Voyage data recorder)를 연동하고, 기관 정보를 수집하기 위하여 알람모니터링시스템(AMS, Alarm monitoring system)과 연동한다. 자동보고 모듈에 연결되는 장비마다 Figure 2와 같이 각 장비를 전담하는 Thread를 생성하여 독립적으로 작업을 처리한다.

Table 1: DCS and MRV monitoring requirements

	IMO DCS	EU MRV
per voyage	-	<ul style="list-style-type: none"> Port of departure and port of arrival Distance travelled Time spent at sea Amount and emission factor for each type of fuel consumed in total CO₂ emitted
Annual	<ul style="list-style-type: none"> IMO number calendar year <ul style="list-style-type: none"> - Start date - End date Ship type Gross tonnage (GT) Net tonnage (NT) Deadweight tonnage (DWT) Power output (rated power) EEDI (if applicable) Ice class Fuel oil consumption, by fuel oil type methods used for collecting fuel oil consumption data Distance travelled Hours underway 	<ul style="list-style-type: none"> Vessel identification Details of the method used for emissions monitoring Total CO₂ emitted Total distance travelled Total time spent at sea and at berth Total annual fuel consumption Amount and emission factor for each type of fuel consumed in total Technical efficiency of the ship Annual average efficiency Aggregated annual CO₂ emissions from all voyage CO₂ emission Total annual amount/weight of cargo carried Verification information

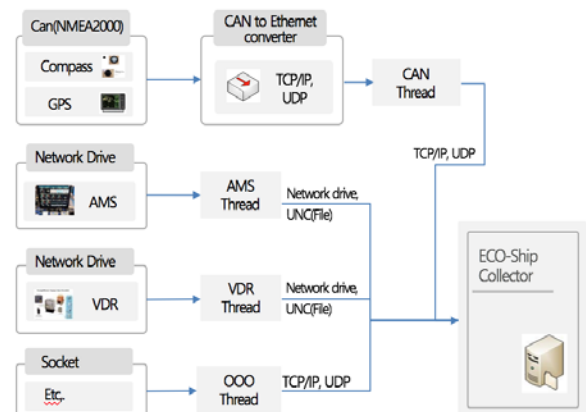


Figure 2: ECO-Ship Collector diagram - data acquisition module

자동보고 모듈은 시스템의 확장성을 위하여 Key-value 포맷으로 항해기록장치, 알람모니터링시스템 등 각 장비 데이터를 수집하며, 사용자 운용환경을 고려하여 각 장비로부터 수신된 데이터를 메모리, 데이터베이스, 파일 등 다양한 형태로 보관한다.

현재 선박 기자재들은 NMEA(National Marine Electronics Association), Modbus CAN(Control Area Network) 통신 프로토콜을 가장 많이 사용하고 있으나, 장비에 따라서 제조사의 특정 프로토콜을 사용하는 경우도 빈번하므로 제조사별 특정 프로토콜을 TCP 또는 UDP 프로토콜로 표준화하여 배출량 데이터를 수집할 수 있도록 기능을 구성하였다.

2.2 Legacy 모듈

EU MRV, IMO DCS 규제 대응을 위해 MRV 지원 시스템을 구축하는 것은 추가적인 인력과 예산이 필요하므로 현실적으로 많은 어려움이 있다[5]-[7]. 이러한 문제점을 개선하기 위해서 본 연구에서는 MRV 지원 시스템의 포탈사이트에 해운선사의 사용자 계정을 부여하여 배출량 데이터를 입력하고 배출량 보고서를 제출할 수 있도록 시스템을 설계하였다.

또한 운항리포트와 이메일 등 현재 해운선사에서 주로 사용하고 있는 방법으로 배출량 데이터를 입력할 수 있도록 MRV Legacy 모듈을 구성하였다. 배출량 데이터를 육안으로 확인한 후 수기로 시스템에 입력하는 경우 인적오류가 발생할 가능성이 높기 때문에 MRV Legacy 모듈은 모든 데이터를 수기로 입력하는 방법이 아니라 선박에서 발생하는 각종 운항리포트, 이메일 등 다양한 환경에서 배출량 데이터를 수집할 수 있도록 기능을 구성하였다[6]-[8].

3. ECO-Ship Collector 구현

ECO-Ship Collector는 데이터 수집과 전송에 최적화된 임베디드 시스템으로 Figure 3과 같이 시제품을 제작하고 자동보고 모듈, Legacy 모듈 등 주요 기능을 구현하였다.



Figure 3: ECO-Ship Collector prototype

ECO-Ship Collector는 선박에 설치된 다양한 장비와 연동할 수 있도록 TCP/IP, File, Serial 통신이 가능한 멀티 통신 포트를 구성하였으며, 다양한 해상위성통신 환경에서 운용이 가능하도록 시스템을 구현하였다.

3.1 자동보고 모듈

자동보고 모듈은 항해기록장치와 알람모니터링시스템을 연동하여 통신 프로토콜을 활용하거나 시스템의 로그파일을 활용하여 배출량 데이터를 수집한다.

항해기록장치는 UDP/IP Unicast 통신으로 브로드캐스팅되는 데이터를 활용하거나, 데이터 백업을 위해 생성되는 로그파일을 통해 배출량 데이터를 추출할 수 있다.

첫째, 시스템 로그파일을 수집하는 방법은 TCP/IP 통신으로 항해기록장치의 하드디스크에 저장된 파일을 읽어오는 방식으로 개발에 용이한 장점이 있지만 물리적 네트워크에 접근하기 때문에 항해기록장치의 하드디스크가 고장나거나 윈도우 오류가 발생할 경우 데이터 수집이 불가능한 단점이 있다.

둘째, UDP/IP Unicast 통신 방법은 항해기록장치에서 주기적으로 브로드캐스팅하는 데이터를 수신하는 방법으로 물리적 접근이 필요하지 않으며 실시간 데이터 수집이 가능하고 표준 프로토콜을 사용하기 때문에 별도의 데이터 변환이 필요하지 않은 장점이 있다.

따라서 ECO-Ship Collector 자동보고 모듈의 항해기록장치 연동에는 기존의 선박 시스템에 영향을 주지 않고 실시간으로 배출량 데이터를 수집할 수 있도록 UDP/IP Unicast 통신방법을 적용하였다.

알람모니터링시스템의 배출량 데이터 수집 시에도 통신 프로토콜을 활용하거나 시스템 로그파일을 활용할 수 있지만 알람모니터링시스템은 다른 선박 시스템과 달리 장비에 직접 접근이 불가하며, 표준 프로토콜이 아닌 메이커 프로토콜을 사용하고 있어 배출량 데이터 수집을 위한 추가 작업이 필요하다.

첫째, 알람모니터링시스템의 로그파일을 활용하는 경우 TCP/IP 통신으로 게이트웨이 PC에 접근하여 파일을 수집한다. 알람모니터링시스템은 자체 네트워크 안으로 바이러스가 유입되는 것을 예방하기 위해 외부 네트워크에서 직접 접근을 제한하고 있으며 방화벽과 같은 역할을 하는 게이트웨이 PC를 설치하고 있다. 따라서 알람모니터링시스템의 로그파일을 수신하기 위해서는 게이트웨이 PC에 TCP/IP 통신으로 로그파일을 요청하고, 수신된 파일에서 별도의 배출량 데이터를 추출할 수 있다.

알람모니터링시스템 데이터 요청 시 TCP/IP를 사용하여 로그파일에 접근할 때 발생하는 문제점은 게이트웨이 PC에 설치된 로그파일 생성 프로그램이나 게이트웨이 PC가 정상적으로 동작하지 않을 경우 알람모니터링시스템 데이터 수집을 전혀 수행할 수 없다.

두 번째, 알람모니터링시스템의 내부 프로토콜을 이용하

여 배출량 데이터를 요청할 수 있다. 메이커 프로토콜을 이용하여 데이터를 요청하는 경우 알람모니터링시스템 전체에 대한 데이터를 수신하는 것이 아니라 필요한 데이터에 대한 값을 장비에 요청하며 수신된 데이터를 처리하여 배출량 데이터를 추출한다.

ECO-Ship Collector 자동보고모듈의 알람모니터링시스템 연동에는 데이터 요청 시 필요한 데이터의 요청 작업과 메이커 프로토콜에 대한 추가적인 데이터 처리 작업이 필요한 단점이 있지만 짧은 시간 간격으로 데이터를 안정적으로 수집할 수 있는 장점이 있는 메이커 프로토콜을 이용한 데이터 요청 방식을 이용하였다.

3.2 Legacy 모듈

현재 해운선사에서는 자사의 양식으로 작성된 운항리포트 파일을 파일 형태로 육상으로 전송하거나, 정해진 규칙에 따라 이메일을 송부하고 있기 때문에 첨부된 운항 리포트 파일을 처리하는 MRV 리포트 파서와 이메일에 포함된 배출량 데이터를 자동으로 수집하고 관리하는 EML 모듈로 MRV Legacy 기능을 구성하였다.

MRV Legacy 모듈은 현재 해운선사의 보고체계를 그대로 사용하면서 경제적으로 MRV를 대응하기 위하여 별도의 선박시스템을 구축하지 않는다.

MRV Legacy 모듈이 선박 시스템으로 구성되는 경우 OCR 라이선스를 비롯한 시스템 구축비용과 운영, 유지보수를 위한 인력이 추가로 발생된다. 따라서 MRV Legacy 모듈은 ECO-Ship Collector 육상 시스템에 해운선사별 개정을 생성하고 해운선사에서 선박에서 수신된 운항데이터를 업로드하거나 이메일 개정을 연동하면, EML 모듈과 MRV 리포트 파서를 이용하여 배출량 데이터를 추출한다.

3.2.1 MRV 리포트 파서

MRV 리포트 파서 기능을 구현하기 위하여 Figure 4와 같이 코드/필드/폴더 관리, 문서 변환, 이미지 추출, OCR, 로그 관리, 데이터 관리가 가능한 프레임워크를 구성하고 이를 활용하여 데이터 모니터링, 리포트 어플리케이션을 구현하였다.

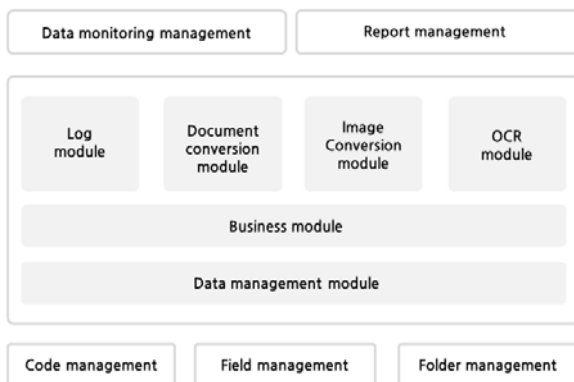


Figure 4: Configure MRV report parser

배출량 데이터를 첨부파일을 통해 수집하는 MRV 리포트 파서는 선박과 해운선사로부터 입력되는 다양한 포맷의 파일에서 배출량 데이터를 추출하기 위하여 다음의 방법을 검토하였다.

첫 번째 방법은 각 문서 포맷에 따라 제공되는 제조사 모듈을 활용하여 문자를 인식하는 방법이다. 선박에서 가장 많이 사용되고 있는 MS 오피스와 공공기관에서 주로 사용되고 있는 한글 오피스 파일의 제조사 모듈을 활용하여 데이터를 추출할 수 있지만, 제조사 모듈과 버전마다 지원되는 기능과 성능이 달라 일정한 데이터를 확보하기 힘든 단점이 있다.

두 번째 방법은 모든 문서를 이미지로 변환하고, 변환된 이미지를 OCR(Optical Character Reader)로 데이터를 추출하는 방법이다. 해운선사에서는 정해진 형식에 따라 데이터를 보고하고 있으며 항상 동일한 위치에 데이터가 위치하기 때문에, 보고되는 데이터의 위치를 주요 값으로 분류하여 정확한 위치를 미리 설정해두고 수신된 문서에서 지정된 위치를 최대한 확대 후 별도의 이미지로 저장하고 저장된 이미지를 OCR을 이용하여 문자로 추출하는 방법이다.

OCR을 이용하는 방법은 다른 방법에 비하여 인식률이 높은 장점이 있기 때문에 Figure 5와 같이 OCR을 활용하여 데이터를 추출하고 MRV Legacy 서버에 저장한 후 ECO-Ship Collector 데이터베이스와 연동하여 배출량 데이터를 통합 관리하도록 기능을 구성하였다.

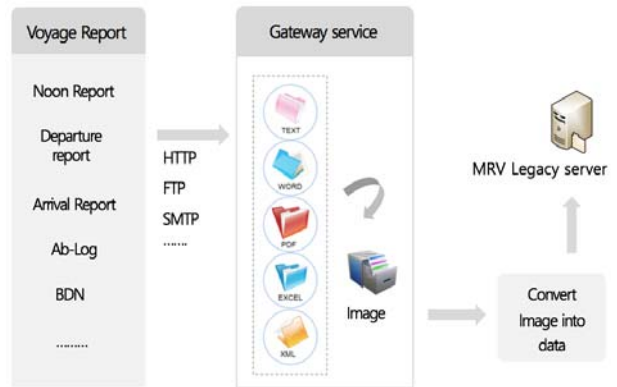


Figure 5: Concept of OCR function on legacy gateway module

MRV 리포트 파서의 데이터 처리방법은 Figure 6과 같다. 해운선사에서 운항리포트를 전송하면 리포트 종류에 따라서 전송된 파일을 분류한다. PDF 파일의 경우 해당 구역에서 이미지를 추출하고, 분류된 파일이 텍스트 또는 MS 오피스 파일인 경우 파일을 PDF로 변환하며, 변환된 파일을 이미지로 변환한다. 변환된 이미지는 OCR을 활용하여 설정된 위치의 배출량 데이터를 수집한다.

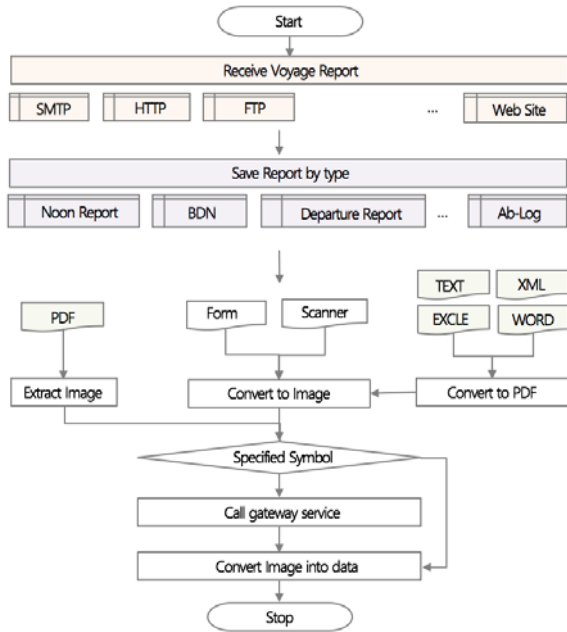


Figure 6: Sequence of OCR function on legacy gateway module

3.2.2 Legacy EML 모듈

이메일을 통한 배출량 데이터를 수집하는 EML 모듈은 Figure 7과 같이 이메일 정보로부터 배출량 데이터를 추출하고 데이터를 정형화하도록 기능을 구현하였다.

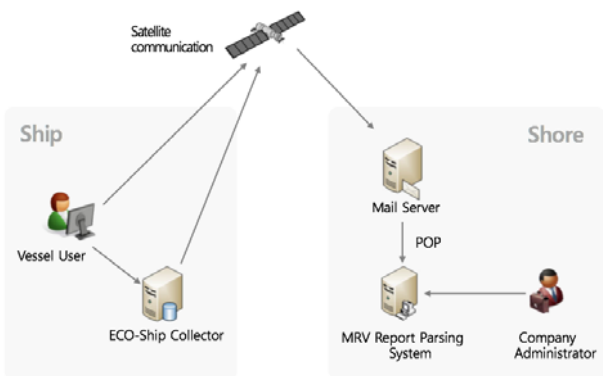


Figure 7: Concept of EML function on legacy module

MRV Legacy EML 모듈은 통신환경에 따라 EML 파일을 전송한다. MVSAT 환경에서는 선박과 육상의 통신이 항상 연결되기 때문에 일반적인 메일작성과 동일하게 특정 메일 주소로 운항리포트를 발송한다. 따라서 서버의 POP으로부터 메일을 추출하고 MRV 리포트 파서를 이용하여 이메일에 포함된 배출량 데이터를 추출한다.

Inmarsat F77, FBB 등은 MVSAT과 달리 연결요청에 따라 연결되는 모뎀방식을 이용하기 때문에 메일서버의 POP으로부터 메일을 추출하는 방법 대신 선박에서 작성된 이메일을 별도의 EML 파일로 구성하여 육상으로 전송한다.

EML 파일을 ECO-Ship Collector의 전송 폴더에 업로드 하면 업데이트 주기에 맞추어 육상으로 EML 파일을 업로드 하고 육상에서는 MRV 리포트 파서를 이용하여 수신된 EML 파일에서 배출량 데이터를 추출한다.

3.3 시스템 관리자 기능

ECO-Ship Collector의 운용과 관리를 위하여 Table 2와 같이 관리자 서비스 기능을 육상 시스템으로 구현하였다.

Table 2: Function of manager service

Menu	Function
Enable service	ESC service registration
Disable service	ESC service removal
Start service	ESC service start
Stop service	ESC service stop
Home	Status monitoring
Service	Service management
Config	System configuration
Device	Device management
Master code	Code management
Legacy	Report management

사용자 편의성을 위하여 오픈 User Interface인 Bootstart plug-in을 도입하고, 반응형 웹디자인으로 기능을 구성하여 모바일을 통한 접속과 기능제공이 가능하도록 서비스를 구현하였다.

시스템 관리자 기능 중 Config 메뉴를 통해 Figure 8과 같이 선박의 명칭과 데이터 수집 주기, 데이터 수집 장비 목록을 지정할 수 있으며 수집하고자하는 파일의 생성 주기 및 위치를 지정하거나 로그 파일 생성 여부와 위치, 폴더명을 지정하는 등 ECO-Ship Collector의 설정 정보를 조회하거나 수정할 수 있다.

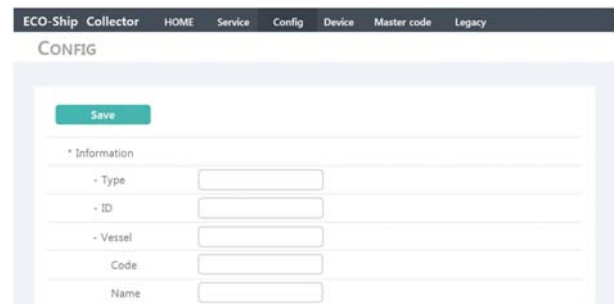


Figure 8: System configuration function

Device 메뉴는 Figure 9와 같이 자동수집모듈에 연동되는 장비의 항목별 설정 정보를 조회하는 기능으로 데이터 통신 방식 및 데이터 포맷을 지정하거나, 파일 수집 주기 및 로그파일 생성 여부와 위치 등을 지정할 수 있다.

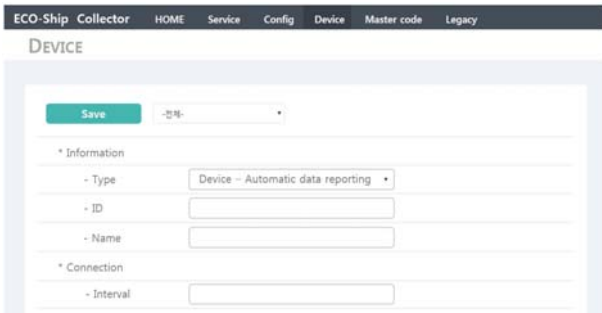


Figure 9: Device setting function

마스터 코드 메뉴는 자동수집모듈에 설정된 장비로부터 수집되는 데이터의 키 값과 매칭되는 배출량 데이터 항목을 지정하는 기능을 제공한다.

Legacy 메뉴는 운항 리포트들을 여러 통신 방법으로 수집하고 배출량 데이터를 정형화하기 위하여 리포트 조회, 누락 리포트 등록, 로그 조회, 리포트 필드 관리, 코드 관리 등의 세부 기능을 구현하였다.

Table 1의 배출량 데이터를 수집하기 위해서는 각종 운항 리포트에서 해당되는 값을 관리할 수 있도록 리포트 필드 항목을 설정하여야 한다. 코드 관리 기능은 Figure 10과 같이 리포트 종류와 그에 따른 리포트 필드 항목을 추가/수정/삭제할 수 있도록 기능을 구현하였다.

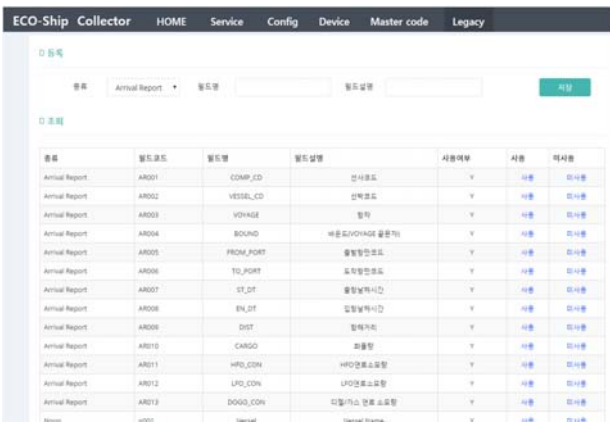


Figure 10: Code management function

운항 리포트에서 배출량 데이터를 추출하는 MRV 리포트 파서는 OCR 모듈을 기반으로 운영되기 때문에 텍스트 정보를 인식할 리포트 필드의 위치를 설정해야 한다. 따라서 리포트 필드 관리 메뉴는 Figure 11과 같이 해운선사 개정으로 로그인 하면 해당 선사에서 사용하고 있는 리포트 양식을 업로드 또는 호출할 수 있으며 로드된 이미지에서 마우스로 드래그 하여 리포트 필드를 지정할 수 있도록 기능을 구현하였다.

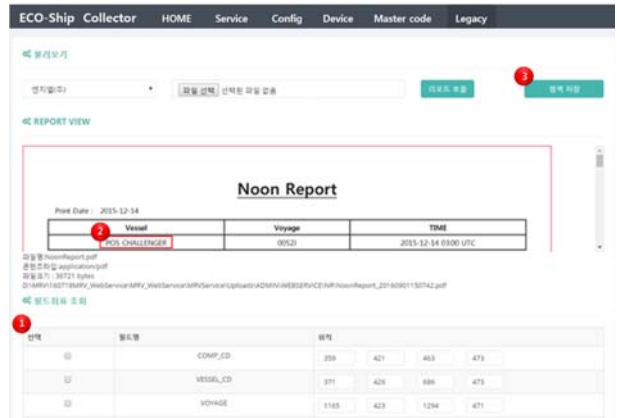


Figure 11: Report field management function

코드 등록과 리포트 필드를 지정하면 Config 메뉴에서 설정된 정보에 따라 자동으로 운항리포트를 수집하고 MRV 리포트 파서를 통해 배출량 데이터를 추출한다.

사용자는 리포트 조회 메뉴를 통해 Figure 12와 같이 자동 처리된 데이터를 기간, 해운선사, 선박 별로 조회 및 Figure 13과 같이 상세 데이터를 확인할 수 있으며, 자동으로 처리되지 않는 항목이 있는 경우 누락 리포트 등록 메뉴를 이용하여 필드값을 입력할 수 있도록 기능을 구현하였다.

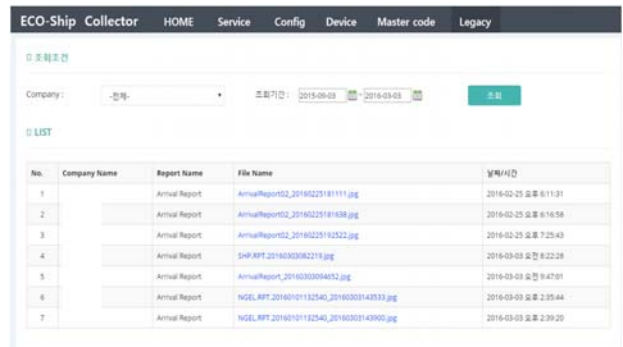


Figure 12: Report query function

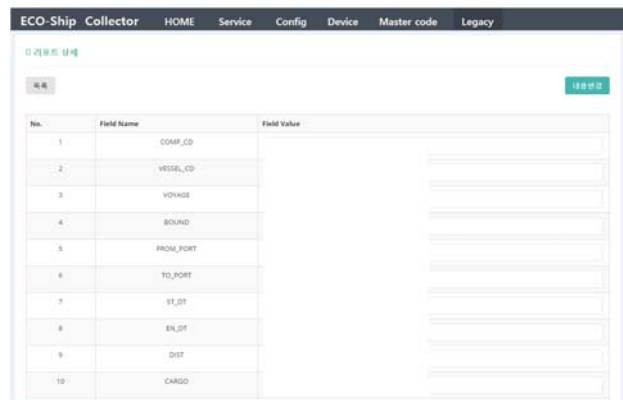


Figure 13: Report detail query function

4. 데이터 수집 시스템 성능시험

개발된 ECO-Ship Collector의 배출량 데이터 자동수집/전송과 선박에서 전송된 배출량 데이터의 수신 정확성을 검증하기 위하여 시스템 성능 시험을 수행하였다.

성능시험은 Table 3과 같이 Thuraya, 극지방을 포함한 지구 전 해역에 대해 위성통신 서비스를 제공하는 Iridium, Inmarsat의 GX, FBB가 설치된 선박에서 수행하였다.

Table 3: Target ship of performance test

Target Ship		Satellite
	ORKIM INSPIRATION	Thuraya Irion IP
	ORIENT SUNRISE	Iridium Pilot
	MORING PRIDE	Inmarsat FX(GX)/FB500

4.1 자동보고 모듈

선박에 설치된 ECO-Ship Collector에서 배출량 데이터를 수집하고 육상의 시스템에 전송하는 자동보고 모듈의 자동 보고 기능을 검증하기 위하여 Table 3의 선박 및 위성통신 환경에서 Table 4와 같이 데이터의 자동 전송, 통신관리, 로그 관리 등의 세부 기능이 정상적으로 동작함을 확인하였다.

4.2 Legacy 모듈

MRV Legacy 모듈의 성능을 확인하기 위한 검증 방법은 다음과 같다.

육상에서 ECO-Ship Collector의 관리자에 해운선사의 개정으로 로그인하여 코드관리 메뉴로 수집할 데이터 항목을 입력하고, 리포트 필드 관리 메뉴로 운항 리포트의 어느 영역에서 OCR을 통해 데이터를 추출할 것인지 지정한다. 육상에서 데이터 수집을 위한 초기 설정이 완료되면, Table 3의 선박에서는 오피스, 메일 등으로 운항리ports를 작성한다.

운항리ports가 선박에 생성되면 데이터 자동 전달 기능을 통해 육상으로 전달되고 육상서버에서 전송된 리ports를 자동으로 수집하여 배출량 데이터를 처리/보관한다.

ECO-Ship Collector Legacy 모듈의 데이터 정확성을 검증하기 위하여 Figure 14와 같이 선박에서 보고된 운항리ports 원본 값과 ECO-Ship Collector를 통해 처리된 배출량 데이터를 Table 5와 같이 비교하였다.

Table 4: Test results of automatic reporting function

Test item		result	
data delivery	Queue	message display	○
		delete	○
		up/down	○
		refresh	○
	connection	connection list display	○
		outgoing	○
		incoming	○
		terminal log	○
		back to the queue	○
		set as default	○
		add	○
		modify	○
		delete	○
close		○	
log	terminal/traffic log	period/sort/search	○
		terminal log display	○
		save as text/excel file	○
		close	○
automatic connection	set auto connection	select/deselect all	○
		set connection timer	○
		conditions	○
		confirm	○
		close	○

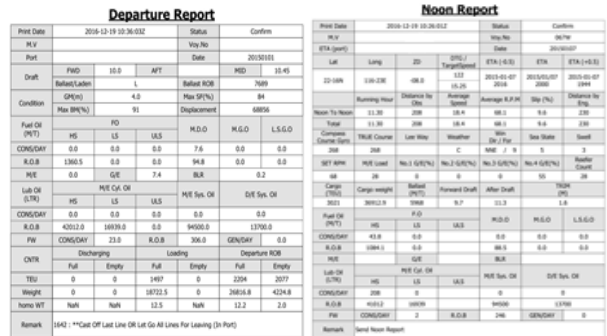


Figure 14: Voyage report

Table 5: Accuracy comparison between actual voyage (noon) report and collected data

Item	Extracted data	Actual data	data match
Company code	ABC	ABC	match
Ship code	ABCD	ABCD	match
voyage code	067W	067W	match
Port code (ETA)	AEJEA	AEJEA	match
ETA	2015/01/24 2015	2015/01/24 2015	mismatch
distance	2347	2347	match
cargo	4943	4943	match
HFO consumption	71.1	71.1	match
LFO consumption	0	0	match
diesel consumption	200	200	match

검증범위는 시험선박의 1년간 보고된 Noon report 200개, Departure report 104개, Arrival report 77개, Leaving report

104개, Homing report 104개, Noon in port report 88개, 총 677개의 운항리포트에 대한 배출량 데이터 7,663개를 대상으로 하였다.

운항리포트 원본과 ECO-Ship Collector를 통해 수집된 배출량 데이터와 비교한 결과 Table 6과 같이 96.8%가 일치하였다. IMO DCS 및 EU MRV는 연료소모량, 운항거리, 운항시간, 화물량 데이터 등 개발 배출량 데이터에 대한 정확성을 ±5% 이내로 규정하고 있으므로 ECO-Ship Collector Legacy 모듈의 데이터 정확성은 선급의 요구조건을 만족하였다.

Table 6: Dat accuracy test result

	Number of Verification	Number of matching data	Data matching ratio(%)
Noon report	2,000	1,810	90.50
Departure report	1,352	1,300	96.15
Arrival report	847	847	100.00
Leaving report	1,144	1,144	100.00
Homing report	1,352	1,352	100.00
Noon in port report	968	968	100.00
Total	7,663	7,421	96.84

하지만, 가장 많은 데이터로 구성된 Noon report의 수신 데이터 정확성이 요구사항을 만족하지 못하여 불일치 항목을 분석한 결과 출항보고서에서 52개의 불일치 항목이, noon report에서 190개의 불일치 항목이 발생되었다. 세부 내역을 확인하면 Table 7과 같이 출항보고서의 경우 숫자 인식이, noon report는 날짜가 정확하게 인식되지 않았다.

Table 7: Error data analysis (partial excerpt)

Report	data	Extracted data	Actual data
20150101_depar.pdf	diesel consumption	9.L	7.6
20150101_depar.pdf	HFO consumption	00	0.0
20150115_depar.pdf	MFO consumption	8.4	3.4
20150115_depar.pdf	HFO consumption	00	23.0
20150102_noon.pdf	EIA	201501/24 2015	201501/24 2015
20150103_noon.pdf	EIA	201501/24 2015	201501/24 2015
20150104_noon.pdf	EIA	201501/24 2015	201501/24 2015
20150107_noon.pdf	EIA	201501/24 2015	201501/24 2015
20150108_noon.pdf	EIA	201501/24 2015	201501/24 2015

이는 MRV 리포트 파서의 이미지 처리 모듈 오류 및 줄바꿈에 대한 띄어쓰기 변환 시 발생하는 예외사항으로 판단되며, ECO-Ship Collector의 MRV 리포트 파서 기능의 성능 개선이 필요함을 확인하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 IMO DCS, EU MRV에 대응하기 위한 MRV 지원 시스템의 주요 기능 중 연료소모량과 온실가스 배출량 데이터 수집을 위한 ECO-Ship Collector의 시제품을

개발하였다.

첫째, 선박에 설치된 주요 장비를 연동하여 배출량 데이터를 수집하는 자동보고 모듈과 MRV 포탈을 활용하여 배출량 데이터를 첨부파일 또는 이메일 내용에서 수집하는 Legacy 모듈 및 운용 프로그램을 개발하였다. 선박에 설치된 다양한 장비와 연동 및 다양한 위성통신 단말기 지원을 위해 멀티 통신포트로 구성하였으며, 선박 운영환경에 최적화된 임베디드 모듈로 시제품을 개발하였다.

둘째, 개발된 ECO-Ship Collector를 해사위성통신이 지원되는 육상과 운항중인 선박에서 ECO-Ship Collector의 주요 기능이 정상적으로 동작함을 확인하였다. 또한 해사위성통신환경에서 Legacy 모듈의 데이터 정확성을 확인한 결과 96.8%의 데이터가 일치하여 IMO DCS, EU MRV의 데이터 정확성 요구사항이 만족함을 확인하였다.

앞으로 수행될 연구에서는 개발된 ECO-Ship Collector MRV 리포트 파서의 성능을 개선하고, 데이터 신뢰성을 확보하여 ECO-Ship Collector과 MTV 지원시스템의 개발을 완료하고자 한다.

후 기

본 연구는 2015년 해양수산부 재원으로 해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구(IMO 선박 운항효율 및 MRV 국제 규제 대응을 위한 운항선 중심의 실시간 운항 및 연료사용량 데이터 수집/검증 기술개선과 이를 활용한 국제 해운 에너지 효율 포탈 시스템 개발)이며, 2017년도 한국마린엔지니어링학회 공동학술대회논문("MRV 대응을 위한 데이터 수집 시스템 개발")을 개선한 것이다.

References

- [1] N. S. Kang, J. Y. Lee, Y. J. Hong, S. S. Byeon, and J. Y. Kim, "Technical analysis of an MRV system in relation to the implementation of a data collection system by the international maritime organization," Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, vol. 23, no. 1, pp. 122-129, 2017 (in Korean).
- [2] N. S. Kang, B. S. Lee, S. Y. Kim, J. J. Lee, and H. K. Yoon, "Conceptual design of a portal system for international shipping's greenhouse gas monitoring, reporting, and verification," Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, vol. 22, no. 1, pp. 108-117, 2016 (in Korean).
- [3] Report of the Marine Environment Protection Committee on its Seventieth Session, pp. 1-50, 11. Nov. 2016.
- [4] J. Y. Kim, K. W. Chun, J. Y. Lee, and S. S. Byeon, "A study on the MRV regulations and corresponding

strategy,” Proceeding of the Annual Autumn Meeting, p. 146, 2016 (in Korean).

- [5] Plan and Research Report on Greenhouse Gas Monitoring and Reduction Technologies for shipping companies using EEOI and MRV systems, pp. 1-23, 2013.
- [6] Korean Register, Regulation (EU) 2015/757 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2015 on the Monitoring, Reporting and Verification of Carbon Dioxide Emissions from Maritime Transport, and Amending Directive 2009/16/EC, pp. 22-49, 2016.
- [7] CE Delft, Options for Monitoring Fuel and Emissions, Jasper Faber and Dagmar Nelissen, pp. 2-13, Brussels 9 January, 2014.
- [8] Korean Register Technical Information, No.2015-ETC-02, pp. 1-4, April 2015.