

WebGIS 기반 해양 연구선 상시관측 정보 체계 구축*

한현경¹ · 이철용² · 김태훈³ · 한재림⁴ · 최현우⁵**

Establishment of A WebGIS-based Information System for Continuous Observation during Ocean Research Vessel Operation*

Hyeon-Gyeong HAN¹ · Cholyoung LEE² · Tae-Hoon KIM³
Jae-Rim HAN⁴ · Hyun-Woo CHOI⁵**

요 약

해양연구를 위해 사용하는 연구선은 계획된 연구해역으로 이동하여 연구목적에 맞는 해양관측을 수행한다. 한국해양과학기술원(KIOST, Korea Institute of Ocean Science & Technology)이 보유하고 있는 5척의 연구선에는 항해 중에 상시 관측할 수 있는 GPS, 수심, 기상, 표층 수온 및 염분 측정 장비가 탑재되어 있다. 이러한 상시관측 장비를 통해 생산되는 데이터를 체계적으로 관리하고 활용하기 위한 정보 플랫폼이 요구된다. 따라서 연구선 운항계획에서부터 연구선 운항 중 관측, 데이터수집, 데이터처리, 데이터저장, 표출 및 제공서비스에 이르는 일련의 업무 분석을 통해 업무절차를 정의하였다. 업무 절차의 각 단계 별 기능 설계를 거친 후, WebGIS 기반의 정보 플랫폼인 KUMOS(KIOST Underway Meteorological & Oceanographic Information System)를 구축하였다. 연구선 항해 중에 생산되는 데이터는 시·공간적 변화가 있는 특성이 있어 이러한 변동성을 고려한 데이터의 품질관리 체계를 개발하였다. 데이터의 체계적인 관리와 서비스를 위해 KUMOS 통합DB를 구축하고 연구선 항적, 데이터 표출, 검색 및 제공 등의 기능을 구현하였다. KUMOS에서 제공하는 데이터 셋은 연구선의 항해 별 운항결과리포트(cruise report), 원시데이터(raw data), 품질관리 플래그(Quality Control(QC) flagged data) 데이터, 필터 데이터(filtered data), 항적도 데이터(cruise track line), 데이터 리포트(cruise data report) 등으로 구성되어있다. 본 연구를 통해 개발한 KUMOS의 기능 별 업무처리 절차와 체계는 연구선 항해

2021년 01월 20일 접수 Received on January 20, 2021 / 2021년 02월 17일 수정 Revised on February 17, 2021 / 2021년 02월 18일 심사완료 Accepted on February 18, 2021

* 본 연구는 한국해양과학기술원의 “연구선 상시관측자료 체계구축 및 운영(P501305)” 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

* 본 연구는 해양수산부의 “전북·서해안 EEZ 해역 해양공간계획 수립(PG51730)” 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

1 한국해양과학기술원 기술원 Research Specialist, Korea Institute of Ocean Science & Technology

2 한국해양과학기술원 선임기술원 Senior Research Specialist, Korea Institute of Ocean Science & Technology

3 한국해양과학기술원 기술원 Research Specialist, Korea Institute of Ocean Science & Technology

4 한국해양과학기술원 연수연구원 Student in training, Korea Institute of Ocean Science & Technology

5 한국해양과학기술원 책임기술원 Principal Research Specialist, Korea Institute of Ocean Science & Technology

** Corresponding Author E-mail: hwchoi@kiost.ac.kr

중 상시관측이 가능한 연구선을 보유하고 있는 국내 해양관련 기관 및 대학에도 벤치마킹 역할을 할 것으로 기대된다.

주요어 : 연구선, 상시관측, QC, WebGIS, KUMOS

ABSTRACT

Research vessels(R/Vs) used for ocean research move to the planned research area and perform ocean observations suitable for the research purpose. The five research vessels of the Korea Institute of Ocean Science & Technology(KIOST) are equipped with global positioning system(GPS), water depth, weather, sea surface layer temperature and salinity measurement equipment that can be observed at all times during cruise. An information platform is required to systematically manage and utilize the data produced through such continuous observation equipment. Therefore, the data flow was defined through a series of business analysis ranging from the research vessel operation plan to observation during the operation of the research vessel, data collection, data processing, data storage, display and service. After creating a functional design for each stage of the business process, KIOST Underway Meteorological & Oceanographic Information System(KUMOS), a Web-Geographic information system (Web-GIS) based information platform, was built. Since the data produced during the cruise of the R/Vs have characteristics of temporal and spatial variability, a quality management system was developed that considered these variabilities. For the systematic management and service of data, the KUMOS integrated Database(DB) was established, and functions such as R/V tracking, data display, search and provision were implemented. The dataset provided by KUMOS consists of cruise report, raw data, Quality Control(QC) flagged data, filtered data, cruise track line data, and data report for each cruise of the R/V. The business processing procedure and system of KUMOS for each function developed through this study are expected to serve as a benchmark for domestic ocean-related institutions and universities that have research vessels capable of continuous observations during cruise.

KEYWORDS : *Research vessel, Continuous observation, QC, WebGIS, KUMOS*

서 론

해양은 사람의 접근이 어려워 위성, 부이, 연구선 등을 이용한 데이터수집이 이루어져야 한다. 이로 인해 높은 데이터수집 비용이 발생하며 고난이도의 관측기술로 인해 해양데이터의 획득은 쉽지 않다. 따라서 수집된 데이터의 유실 없는 보관과 효율적인 활용 확대를 위해 해양데이터의 공유체계 구축은 활발하게 이루어져

야한다(Kim *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2012).

국내·외적으로 해양데이터 보관과 제공을 위해 많은 시스템이 구축되고 있다. 먼저, 미국의 경우 해저 및 해저 지형 형성에 대한 해양 지구 물리 데이터를 보관하고 연구자에게 제공해주는 MGDS(The Marine Geoscience Data System)와 해양, 대기, 생태계 및 기후에 대한 데이터를 분석 및 제공해주는 PMEL(Pacific Marine Environment Laboratory)을 운영 중이다. MGDS는 USAP(U.S. Antarctic Program),

Ridge 2000, Margins programs과 같은 해양 연구 커뮤니티의 데이터 관리 서비스 제공을 위해 2003년 처음 개발되어 현재 전 세계 해양과 인접 대륙의 경계에서 수집된 marine geoscience 관련 데이터를 무료로 제공하고 있다(MGDS, 2020). 또한 캐나다의 NEPTUNE(North-East Pacific Time-series Undersea Networked Experiments)은 북태평양의 해안에 가까운 작은 크기의 Juan de Fuca판에 해저 관측기기를 설치하여 해양의 지각활동에 대한 데이터를 데이터베이스에 보관하고 NEPTUNE과 협력하는 연구자들에게 네트워크를 이용하여 데이터를 제공하고 있다(Sharkawi *et al.*, 2005; Ocean networks Canada, 2020).

해양데이터 중에서도 특히 연구선 운항 중 획득되는 해양관측데이터는 해양연구를 수행하는 연구자들에게 있어 필수이기 때문에 해양관측데이터의 수집, 관리 및 제공 서비스가 구축되어야 한다(Nam *et al.*, 2014; Smith *et al.*, 2019). 이에 미국 플로리다 주립대학의 해양기상예측연구센터(COAPS, Center for Ocean-Atmospheric Prediction Studies)에서는 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 산하 15개의 연구선을 비롯한 Whole, SIO(Scripps Institution of Oceanography) 등 총 28개 연구선을 대상으로 항해 중 관측되는 상시 관측 데이터(항해정보, 기상데이터, 표층 수온 및 염분 데이터)의 질 향상과 이용 확대를 목적으로 SAMOS(Shipboard Automated Meteorological and Oceanographic System)를 구축, 운영 중에 있다(Union *et al.*, 2017; Smith *et al.*, 2018).

또한 유네스코정부간해양학위원회(IOC-UNESCO, Intergovernmental Oceanographic Commission-United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)의 국제해양데이터정보교환(IODE, International Oceanographic Data and Information Exchange) 프로그램은 세계해양데이터베이스(WOD, world ocean database), 전 세계 해양데이터고고학과 구조(GODAR, Global Oceanographic Data Archaeology and Rescue), 항로해수면 염분 데이터보관 프로젝트(GOSUD,

Global Ocean Surface Underway Data) 등 국제적인 데이터베이스 및 연구 지원에 중요한 역할을 수행하고 있다. 그 중 GOSUD의 경우 연구선 항적을 시각화하여 제공하며 연구선, 상선, 범선, 크루즈 등 다양한 범주의 데이터를 연구자가 자유롭게 접근할 수 있는 전 지구적 데이터 셋을 제공하고 있다.

위와 같이 연구선에서 수집되는 해양관측데이터의 제공서비스를 이용하여 Drushka *et al.* (2019)는 GOSUD의 연구선 데이터베이스의 해양온도, 염분데이터를 이용해 변동성이 큰 염도, 온도, 밀도를 전 지구적 규모의 공간정보로 표출하는 연구를 수행하였고, Medina-Lopez and Ureña-Fuentes(2019)는 위성의 대기상단 데이터를 이용한 전 세계 해안지역의 고해상도 해수면 온도 및 염도 분석연구에 보간과 외삽을 위해 GOSUD의 실측데이터를 이용하였다. 이처럼 국외의 경우 연구선 운항 중 획득되는 해양관측데이터를 수집, 관리, 제공하고 있으며 다양한 연구에 해양관측데이터들이 활용되고 있다.

국내의 경우 우리나라 연안을 정기적으로 운항하는 선박을 통해 관측되는 수온, 염분, pH 등 10가지 조사항목의 해양환경정보를 제공하고 있다(KOEM, 2021). 이는 연안지역의 해양환경 상태 측정 및 변화 예측, 예보 등에 사용 가능하다.

본 연구에서는 한국해양과학기술원(KIOST, Korea Institute of Ocean Science & Technology)에서 운영하고 있는 이사부호, 온누리호, 이어도호, 장목1호, 장목2호 등 총 5척의 연구선이 해양연구를 위해 항해 중 상시적으로 관측되는 해양 및 기상 관측의 실시간 수집과 처리, 저장 및 제공 서비스를 위한 업무절차를 정의하였다. 또한 모델의 각 요소의 기능을 구현하기 위한 시스템 설계를 통해 WebGIS 기반의 KUMOS(KIOST Underway Meteorological & Oceanographic Information System)를 구축하고자 하였다.

KUMOS 설계

1. 업무절차 정의

KUMOS는 연구선 운항정보 및 상시관측 데이터의 지속적인 관리 및 제공서비스를 위한 시스템으로 이를 위한 업무절차를 연구선 운항계획, 연구선 운항 중 상시관측과 실시간 서비스, 데이터수집, 데이터처리, 데이터저장, 표출 서비스 및 데이터제공 등 7가지 영역으로 정의하였다(그림 1).

먼저 KUMOS를 이용한 연구선 운항계획은 기존 문서 방법을 대체하여 매년 전체 연구선 운항계획의 조기 수립을 지원한다. 이후 연구선 운항계획은 운항 일정 조정 테이블과 타임 테이블 연동을 통해 체계적이고 효율적인 연구선 운항 일정 관리를 지원한다. 연구선 운항 중 관측에서는 1분 간격의 데이터 전송, 연구선의 실시간 위치와 항적, 상시관측 데이터의 실시간 그래프, 이슈사항 알림 게시판을 통해 상시관측 데이터의 실시간 서비스를 제공한다. 또한 항차 종료 후 연구선 운항결과리포트를 참조해 상시관측 데이터의 메타정보를 제작하여 데이터수집이 이루어진다. 수집된 데이터는 항차별 데이터 셋 제작, 상시관측 데이터 항목별 품질관리(QC,

Quality Control) 처리, 항적 데이터(위도, 경도)로부터 선형 데이터 제작을 수행한다. 이후 KUMOS DB에 저장되어 데이터검색을 통한 항차 정보 리스트, 항적지도 서비스, 관측데이터 속성의 가시화, 관측 데이터의 통계와 그래프로 표출 서비스하게 된다. 항차 별 관측 데이터 셋은 데이터 검색을 통해 연구선 항차별 데이터 현황 보고, 관측 데이터 등을 제공하게 된다.

2. 데이터 수집 및 표준화, 관리

KIOST에서 운영하고 있는 주요 연구선은 이사부호, 온누리호, 이어도호, 장목1호, 장목2 등이 있다. 온누리호(1,400톤)와 이어도호(350톤)의 1992년 취항을 시작으로, 2005년에 장목1호(40톤), 2016년에 장목2호(35톤)이 취항하였으며, 2016년에는 대양 전용 연구선인 이사부호(5,900톤)가 취항하였다. 이러한 5척의 연구선은 해양연구를 수행하기 위해 연간 70회 이상의 운항을 하며, 연간 지구 4바퀴 이상의 거리인 160,000km를 운항하고 있다.

이들 해양 연구선은 해양의 물리, 화학, 생물, 지질 및 지구물리 분야의 관측 및 실험분석 데이터 취득을 목적으로 운항되고 있다. 연구선 운항 중 상시관측을 수행하는 장비는 표층 수

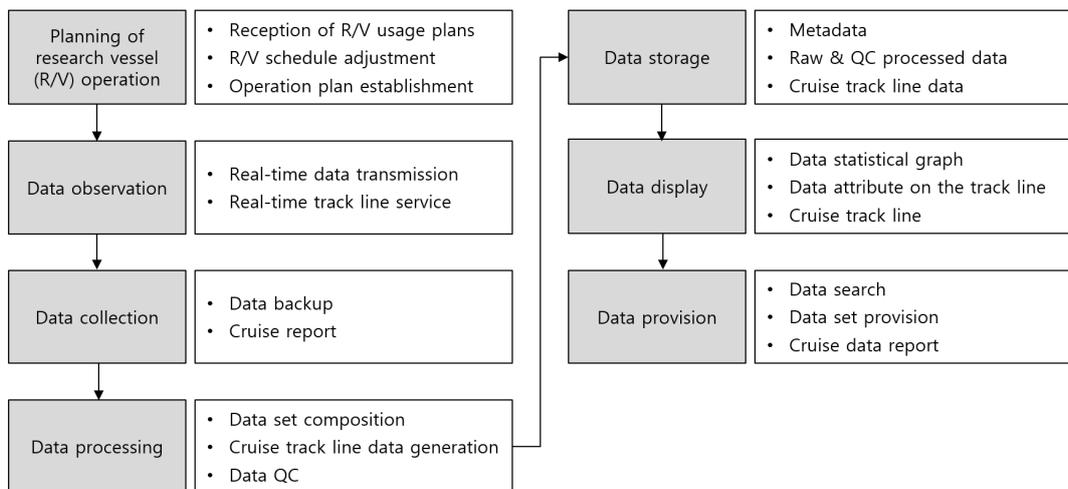


FIGURE 1. Study flow

TABLE 1. Standardization of continuously observed data by KIOST research vessels

Item	Column name	Format	Example	Unit	Note
Cruise_ID	Cruise_ID	char(8)	HI-16-01	-	-
	Year	char(4)	2016	-	-
Time	Month	char(2)	08	-	-
	Day	char(2)	30	-	-
	Hour	char(2)	00	-	-
	Min	char(2)	01	-	-
	Sec	char(2)	00	-	-
	Latitude	number	13.50727	deg.	-
Position	Lat_hem	char(1)	N	-	-
	Longitude	number	144.54536	deg.	-
	Lon_hem	char(1)	E	-	-
	Course	number	321.38	deg.	-
Navigation	Speed	number	11.0	knot	-
	Heading	number	320.58	deg.	-
	App_WS	number	8.55	$m \cdot s^{-1}$	Null: -999
Wind (apparent, calculated, true)	App_WD	number	348.40	deg.	Null: -999
	Calc_WS	number	8.55	$m \cdot s^{-1}$	Null: -999
	Calc_WD	number	348.39	deg.	Null: -999
	True_WS	number	8.55	$m \cdot s^{-1}$	Null: -999
	True_WD	number	348.39	deg.	Null: -999
	Air temperature	Air_Temp	number	29.21	$^{\circ}C$
Atmosphere pressure	Atmos_Press	number	1010.14	hPa	Null: -999
Humidity	Humidity	number	77.06	%	Null: -999
Solar radiation	Solar_R	number	149.77	$Ww \cdot m^{-2}$	Null: -999
Seawater conductivity	Conductivity	number	57.29	$S \cdot cm^{-1}$	Null: -999
Seawater temperature	Swater_T1	number	29.59	$^{\circ}C$	Null: -999
	Swater_T2	number	30.76	$^{\circ}C$	Null: -999
Salinity	Salinity	number	34.58		Null: -999
Depth	Depth	number	2471.4	m	Null: -999

온, 염분측정기(TSG, ThermoSalino Graph), 기상 측정기(AWS, Auto Weather Station), 수심 측정기(Echo Sounder), 해류측정기(ADCP, Acoustic Doppler Current Profiler), 해수이산화탄소 측정시스템(pCO_2 Measuring system) 등이 있다. 이를 통해 다양한 분야의 관측 데이터 및 실험분석 데이터를 수집하고 있으며, 해양연구를 위한 기초데이터인 해양기상 정보(기온, 바람, 일사량 등) 및 해양 환경에 대한 기초 정보(표층 수온, 염분, 수심)를 경위도 위치정보(GPS)와 함께 1분 간격으로 기록 및 수집되고 있다.

수집된 데이터의 표준화는 관측 데이터의 지

속적인 수집, 보존, 관리 및 활용과 분석을 위한 핵심 요소이지만 5척의 연구선에서 수집되는 해양데이터는 표준화되어 있지 않은 각각 상이한 데이터 포맷과 통신장치를 가지고 있어 일괄적인 데이터 송수신에 한계를 가지고 있다. 따라서 먼저 연구선 장착장비에서 생산되는 해양관측데이터의 표준안을 수립하였다. 표준화를 위해 29개의 데이터 칼럼을 정의하였고 식별을 위해 데이터 이름, 저장형태, 단위 등의 형태를 지정하였다(표 1).

또한 수집된 데이터의 품질관리를 위해 상시 관측 데이터의 비정상치 검출, 경계 값 오류, 연속 값 오류 검출을 비롯해 통계적 기법을 적용

TABLE 2. Building of KUMOS data sets

Collected data	Storage type	Storage method
Navigation information	csv, utf-8	File server DB, Oracle RDBMS
continuously observed data - Raw	csv, utf-8	File server DB
continuously observed data - Flagged	csv, utf-8	File server DB
continuously observed data - Filtered	csv, utf-8	File server DB, Oracle RDBMS
Track map	zip	File server DB
Cruise report	pdf	File server DB
Data report	pdf	File server DB

한 Moving IQR(Inter Quartile Range) 등을 수행하였다. 비정상치 검출은 숫자 형 칼럼에 문자가 입력된 경우나 11.12.34 등과 같이 유효하지 않는 수치 입력을 검출하는 것이다. 경계 값 오류는 각 칼럼에 미관측 식별 값(-999) 혹은 경계 값 범위를 벗어나는 값을 검출하는 것이며, 연속 값 오류는 연구선에서 센터의 서버로 데이터 전송 시 오류로 인해 동일 수치가 연속해서 입력된 경우(6회 이상 기준)를 검출하는 것이다. 마지막으로 Moving IQR은 연속된 시계열 특성에 따라 데이터를 31개씩 순차적으로 중첩 이동하며 중간 값을 나머지 값들과 통계적 유효성을 비교하여 이상치 유무를 판별하는 것이다.

이러한 데이터처리 기법들을 이용하여 품질관리 처리 과정을 수립하였다. 1차 품질관리에서는 각 칼럼에 유효하지 않는 값들을 Null 값으로 자동 치환하고, 각 항목별 경계 값 오류 테스트를 수행한다. 2차 품질관리에서는 연속 값 오류에 대해 Null값으로 치환하였다. 마지막으로 3차 품질관리에서는 이상치 검출을 위해서 통계적 유효범위 및 연속 값 영향을 고려한 Moving IQR을 수행하여 품질관리 파일을 생성하게 된다. 이때 데이터 자동처리를 위해 윈도우 환경전용 자동처리 프로그램인 Excel VBA (Visual Basic for Application) Application을 개발하여 표준화된 데이터 품질관리 체계 및 처리 방법을 수립하였다.

하나의 연구 항차가 끝난 후에는 수집된 상시관측 데이터에 대해 연구선 출항과 입항시기를

기준으로 단위 항차별 데이터 셋을 구성하였다. 항차 별 데이터 셋은 메타데이터인 항차 정보와 상시관측 원시데이터, 품질관리(1, 2, 3차)를 통해 탐지된 이상 치에 대한 플래그 된 상시관측데이터, 플래그 된 데이터를 기반으로 필터 처리된 상시관측데이터, 항적도, 운항결과리포트, 데이터 리포트 등이 산출된다(표 2). 이는 KUMOS 서버에 csv, utf-8, zip, pdf 형태로 각각 저장되며 항차정보의 메타데이터와 필터 처리된 상시관측데이터는 Oracle RDBMS에도 저장된다. RDBMS의 항차정보의 메타데이터와 필터 처리된 상시관측 데이터는 데이터 이용을 위한 검색과 각종 데이터 표출에 사용된다. 데이터와 메타데이터의 분리된 구성을 통해 데이터의 병합, 분리, 추출이 용이하다.

3. KUMOS 개발 환경 정의

KUMOS는 KIOST 인트라넷 환경에서 연구선 운항 중 관측되는 상시관측 데이터의 체계적인 관리와 활용 서비스를 위해 WebGIS 기반 시스템으로 구축하였다. WebGIS는 JAVA기반의 플랫폼을 사용하였고, DB 서버(Oracle 11g)와 공간데이터의 저장 및 관리를 위한 미들웨어(ArcSDE, Arc Spatial Database Engine) 등을 구성하였다. 또한 KUMOS의 WebGIS서비스를 전자정부 프레임워크인 Spring MVC(Model-View-Controller) Framework기반으로 사용자 인터페이스와 비즈니스 로직을 분리하여 개발하였다.

이는 WebGIS의 활용을 통해 저장 공간과 프

로그인 서비스를 동시에 제공하여 비용, 시각화, 기술적 문제를 동시에 해결할 수 있으며 연구선 상시관측 데이터의 관리 및 제공, 가시화를 지원할 수 있는 시스템이다. 또한 일종의 블록조립처럼 각 단위 시스템의 조립이 가능한 기술구

조를 가져 KUMOS의 유지보수와 기능 확장에 용이한 장점을 지닌다.

4. 기능별 프로세스 설계

KUMOS의 전체적인 데이터 관리 모델은 사

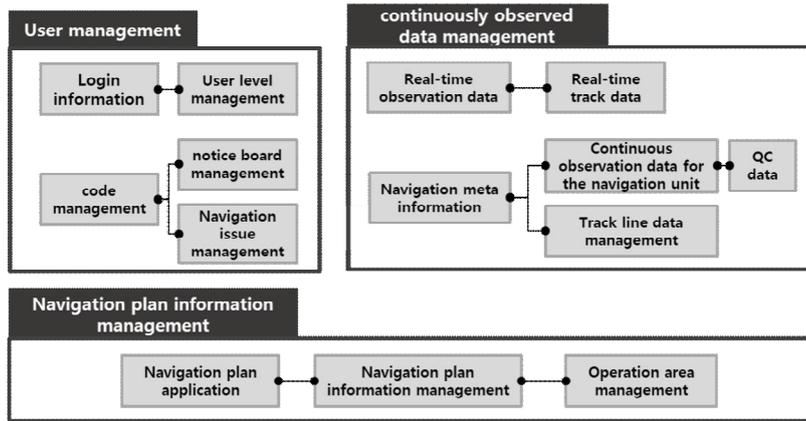


FIGURE 2. KUMOS database configuration

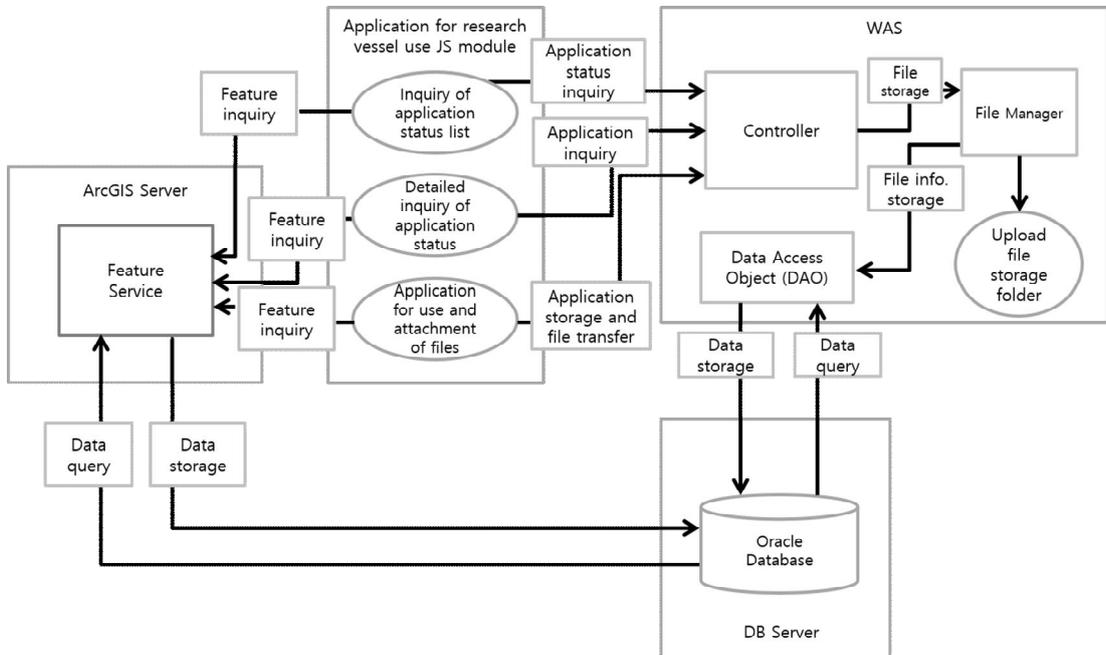


FIGURE 3. Schematic diagram of planning process of the KIOST research vessel operation

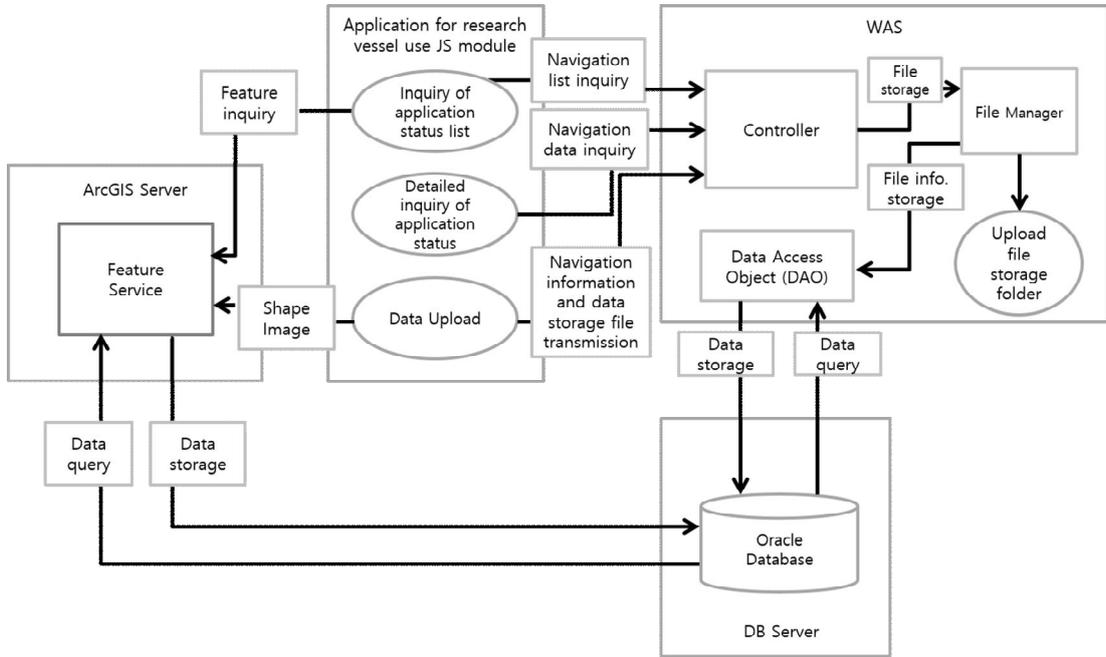


FIGURE 4. Schematic diagram of continuously observed data management

용자관리(로그인정보, code 관리), 상시관측 데이터관리(실시간관측데이터, 항차 메타데이터 관리), 운항계획 정보 관리(운항계획신청, 계획 정보관리, 운항구역관리) 등 3개의 그룹으로 구성되어 통합 DB에 저장된다(그림 2). 통합 DB의 사용으로 데이터의 저장, 관리, 조작 및 데이터의 변경이나 추가 시 모든 시스템에 반영되어 중앙 집중적 관리와 활용이 가능해 안정적이고 신속한 데이터 서비스가 가능하도록 설계하였다.

KUMOS의 데이터 관리모델 중 운항계획정보 관리를 위한 프로세스 모식도는 그림 3과 같다. 이는 연구선의 운항계획정보 관리를 위한 연구선 사용신청 기능 프로세스이다. 연구선 사용신청 기능은 DB 서버, WebGIS 엔진서버, 웹 어플리케이션 서버(WAS, Web Application Serve)기반 기술을 함께 이용하고 사용자 인터페이스를 자바스크립트(JS, JavaScript) 모듈로 개발함으로써 상호 서비스가 연동되도록 하였다. 이를 이용해 사용자의 데이터 입력, 출력, 운항계획, 해역 표출 및 정보 조회, 집계, 가시

화 등이 종합적으로 연동 가능하도록 설계하였다. 특히 연구선 사용신청 데이터 생성(등록)시 필요한 각종 필수 정보 및 사용자 파일 첨부, 운항계획 해역의 공간데이터 생성, 타임라인 기반 운항계획 일정관리 기능 등 실제 업무에 필요한 기능을 중점으로 설계하였다.

KUMOS의 데이터 관리모델 중 상시관측 데이터 관리를 위한 프로세스 모식도는 그림 4와 같다. 연구선 사용신청 경우와 동일한 WebGIS 기반의 정보시스템으로서 관리자가 주기적으로 데이터를 갱신할 수 있도록 추가 기능을 설계하였다. 연구선 항차 별 데이터 셋으로 데이터를 관리할 수 있도록 하였으며, 항차 별 관측데이터 조회, 집계, 통계그래프 등 연구자들이 신속하고 편리하게 활용할 수 있도록 설계하였다. 또한 수온, 염분, 기온, 풍속, 풍향, 기압, 일사량, 수심, 상대습도 등 주요 관측항목에 대하여는 항적데이터 기반의 공간가시화 기능을 제공함으로써 입체적인 정보를 제공할 수 있도록 하였다.

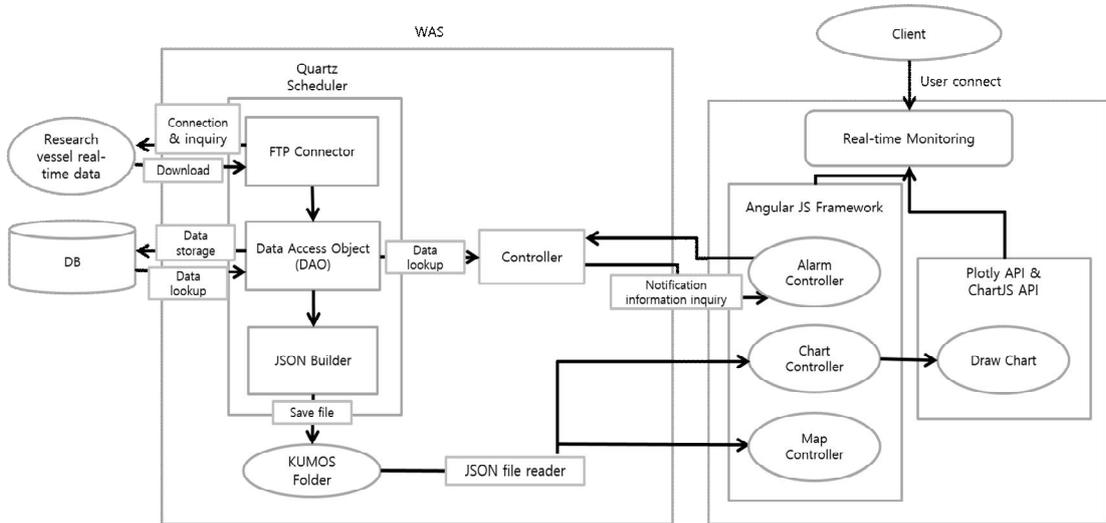


FIGURE 5. Schematic diagram of the real-time monitoring process for continuously observed data by research vessels

항차별 상시관측 데이터를 데이터베이스에서 통합 관리하기 위해 항차정보, 관측데이터, 품질 관리 데이터, 항적도(공간데이터), 운항결과 리포트, 데이터 리포트, 기타 참고용 파일 등 여러 개의 데이터 셋을 항차별로 전송할 수 있는 관리기능(업로드, 수정)을 개발하여 지속적으로 데이터를 축적하고 운영할 수 있도록 설계하였다.

상시관측 데이터는 실시간으로 연구선에서 FTP를 통해 센터의 KUMOS 서버에 1분 간격으로 전송되어 저장된다. 실시간 저장된 데이터는 연구선 별 현재 위치 및 항적과 더불어 주요 데이터의 시계열 변화 그래프 등을 지도기반 KUMOS 초기화면에 표출되도록 하였다. 이를 위한 제반 기능을 구현하기 위한 데이터 처리 프로세스는 그림 5와 같다. 실시간 연구선 상시관측 모니터링 정보 서비스는 가벼운 프로그램으로 동작하여 빠른 응답이 가능하여야 함으로 시스템 구조를 간략화 하는 것에 중점을 두었다. 이를 위해 JAVA기반의 오픈소스 작업 스케줄링 프레임 워크인 Quartz scheduler를 사용해 주기적으로 FTP를 통해 데이터를 다운로드하여 DB에 저장하고 이를 JSON파일로 생성하여 작은 통신량과 가벼운 시스템으로 구축하였다.

KUMOS 구현 결과

본 연구의 KUMOS 설계 방법과 기술된 업무 절차 정의를 기반으로 하여 연구선 운항계획관리, 연구선 상시관측 현황 실시간 서비스, 상시관측 데이터의 제공 및 표출 서비스 구현 결과는 다음과 같다. 참고로 KUMOS 구현 결과의 화면에서 운항목적과 책임자명은 연구보안과 개인정보 보호를 위해 마스킹 하였다.

1. 연구선 운항계획 관리

연구선 사용정보의 신속한 공유를 위해 연구선 사용신청 업무를 전산화 하였다. 전산화된 사용신청 작성 화면을 통해 연구선 사용신청, 작성, 수정, 삭제 인터페이스 제공을 가능하게 하였다. 이를 통해 연구자가 연구선 명, 사용 시작일과 종료일, 운항목적, 주요작업, 사용 장비 등을 간단하게 작성하고 지도 서비스상의 선택 또는 직접 좌표 입력을 통해 해역공간을 설정이 가능함을 확인하였다(그림 6-a). 또한 연구선 운항의 효율 확대를 위해 DB에 저장된 사용신청 현황에서 신청내역의 날짜 정보를 통해 타임라인의 바 위치 및 길이를 계산하고 조정 시작

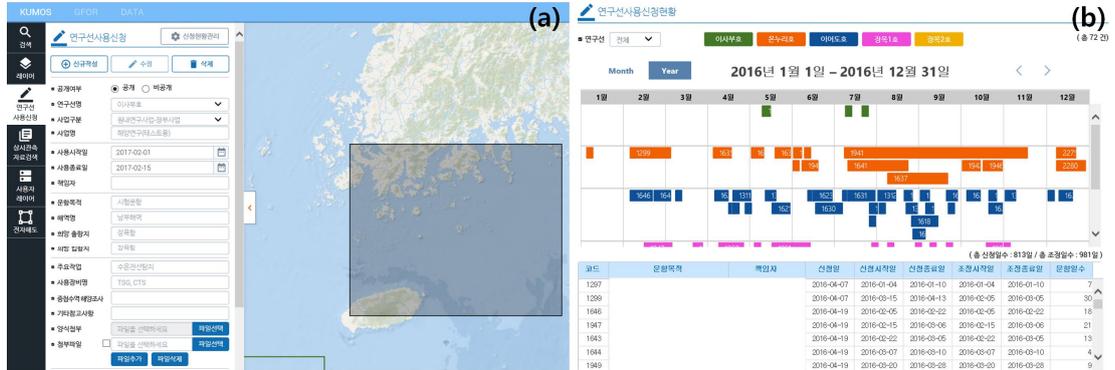


FIGURE 6. Time scheduling function for KIOST research vessel operation planning (<http://kumos.kiost.ac.kr/kumos/gisMain.do?mode=perm>)

일 기준으로 정렬되어 순차적으로 타임라인의 바가 생성된다. 이때 타임라인은 연구선 별 고유 식별 색상을 적용하여 연구선 별 신청일정의 시각적인 타임라인 관리를 가능하게 하였다(그림 6-b).

경해가며 연구선 위치와 항적을 표출할 수 있도록 하였으며, 수온, 염분, 기온, 수심의 시계열적 변화 그래프를 실시간으로 표출 가능하게 하였다. 또한 실시간 이슈사항 알림 게시판에는 연구선 운항 정보를 등을 알리며 상가수리 등으로 실시간 서비스가 제공되지 않는 이유가 표출될 수 있도록 하였다(그림 7).

2. 연구선 상시관측 현황 실시간 서비스

KUMOS의 FTP 사이트로 전송되는 연구선 상시관측 데이터는 20초 간격으로 연구선을 변

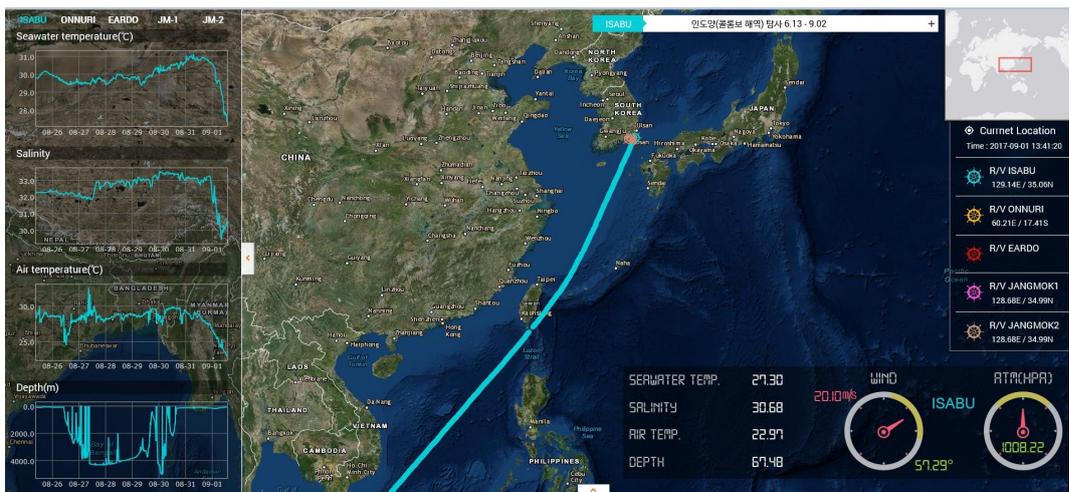


FIGURE 7. Screen of real-time cruise track and time series data display (<http://kumos.kiost.ac.kr/main.do>)

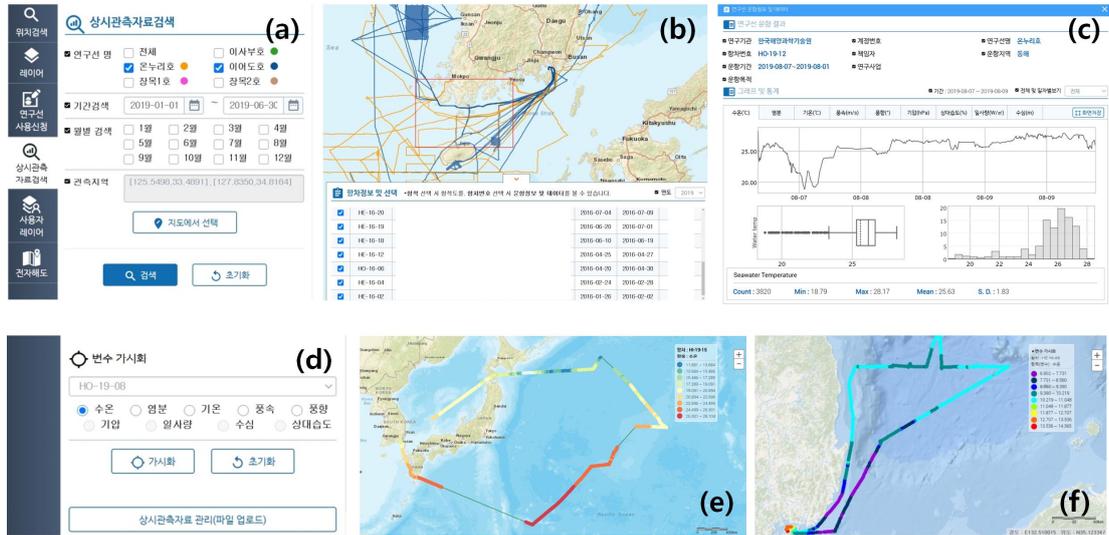


FIGURE 8. Screen of KUMOS data display services (data search box(a), track map(b), data statistics and graphs(c), data selecting box for visualization(d), data attribute visualization on the cruise track line(e and f) (<http://kumos.kiost.ac.kr/kumos/gisMain.do?mode=perm>)

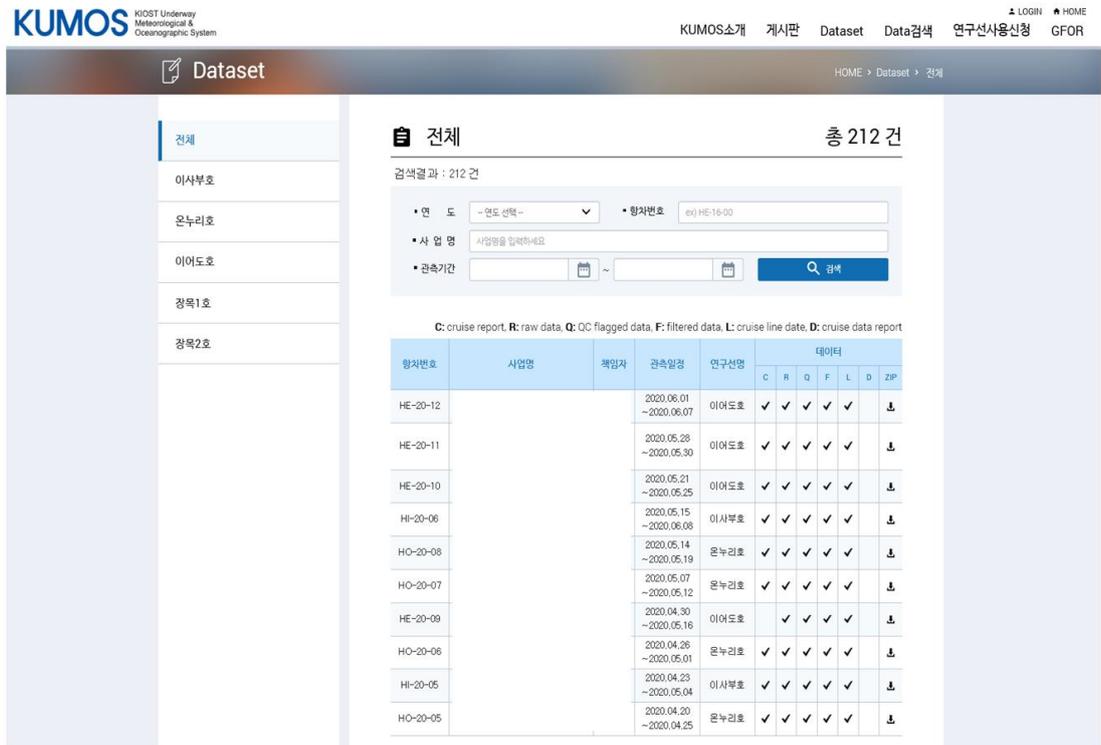


FIGURE 9. Screen of KUMOS dataset service (<http://kumos.kiost.ac.kr/report/list.do>)

3. 연구선 상시관측 데이터제공 및 표출서비스

연구선 상시 관측데이터 검색, 조회, 제공, 표출 화면은 그림 8과 같다. 먼저 데이터 제공을 위한 검색조건은 연구선/관측기간/월별검색/관측지역으로 설정하였다(그림8-a). 연구선 명, 관측기간, 월별 관측지역을 설정하면 해당되는 항적도가 표출되며 연구선 별 고유 식별색상으로 구분하여 표출되도록 하였다. 또한 검색조건에 따른 결과로 항차 번호에 따라 구분된 운항정보와 데이터를 다운로드 할 수 있다(그림 8-b). 사용하고자 하는 데이터의 사업명을 선택하면 그림 8-c와 같이 연구선의 간단한 운항결과와 관측 데이터의 그래프 및 통계정보를 확인할 수도 있다. 데이터 그래프는 수온, 염분, 기온, 풍속, 풍향 등의 상시관측 데이터에 대한 line, boxplot, bar 3 가지의 통계 그래프를 제공한다. 또한 각 변수의 가시화 검색조건에 항차번호를 선택한 후 수온, 염분, 기온, 풍속, 풍향, 기압, 일사량, 수심, 상대습도에 해당하는 변수를 그림 8-d에서와 같이 선택하면 그림 8-e, 그림 8-f와 같이 연구선 항적 상에 해당 변수가 가시화 된다. 그림 8-e는 태평양 해역 운항한 연구선의 항적에 수온이 가시화된 것이며, 그림 8-f는 동해의 울릉도와 독도 해역을 운항한 연구선 항적에 수온이 가시화된 화면이다.

포털형 KUMOS 사이트의 메인 메뉴를 통해 KUMOS 소개, Dataset, Data 검색, 연구선 사용신청의 기능을 탑재하였다. 그 중 Dataset에는 항차번호, 사업명, 책임자, 관측일정, 연구선명을 정보로 제공하며 이에 해당되는 운항결과리포트, 원시데이터, 품질관리 플래그 데이터, 필터 데이터, 항적도 데이터, 데이터 리포트를 압축파일 하나로 다운로드 받을 수 있도록 하였다. 참고로 운항 관측데이터 결과리포트를 통해 항차 종료 후 연구선 상시관측 데이터의 사후 분석을 통한 관측 장비의 진단을 도우며 관측 데이터의 통계 정보 등을 제공한다(그림 9).

결론

해양연구사업 목적을 달성하기 위해 사용하는 연구선은 계획된 연구해역으로 이동하여 다양한 해양관측 업무를 수행하게 된다. KIOST가 운영하고 있는 5척의 연구선(이사부호, 온누리호, 이어도호, 장목1호, 장목2호)에는 이동 중에도 상시 관측할 수 있는 장비가 탑재되어 있어 항해를 위한 위치정보를 비롯해 수심, 기상, 표층수온 및 염분 등이 관측된다. 이렇게 생산되는 기상 및 해양데이터를 통해 실시간 해황을 파악함은 물론 데이터를 체계적으로 관리하고 활용할 수 있는 정보시스템이 요구되었다.

이를 위해 연구선 운항계획에서부터 연구선 운항 중 관측, 데이터수집, 데이터처리, 데이터저장, 표출서비스, 제공서비스에 이르는 일련의 업무를 분석하여 업무절차를 정의하였다. 이를 기반으로 WebGIS 기반의 정보시스템인 KUMOS(KIOST Underway Meteorological & Oceanographic Information System)를 구축하였다.

고정 부이, 관측기지 등 고정점에서 연속적으로 생산되는 해양 모니터링 플랫폼과는 달리 연구선 항해 중에 생산되는 상시관측데이터는 시·공간적 변화가 있는 특성을 가진다. 따라서 데이터의 시계열적 변화는 공간의 변화와 함께 이루어져 데이터의 품질관리 또한 공간의 변화와 함께 고려되어야 한다. 이러한 특성을 반영하여 상시관측 데이터의 품질관리 처리 절차를 비정상치 검출, 경계 값 오류 및 동일한 연속 값 오류 검출을 비롯해 통계적 기법을 적용한 Moving IQR(Inter Quartile Range) 등 4 단계로 구성하여 자동처리 할 수 있는 품질관리 프로그램을 개발하였다.

항해정보와 상시관측데이터의 관리를 위한 KUMOS의 통합 DB는 사용자 관리, 상시관측데이터 관리, 연구선 운항계획 정보관리 등 크게 3가지로 구성하였다. 이러한 DB를 이용하여 항적, 데이터 표출, 검색 및 제공 등의 기능을 구현하였다. KUMOS에서 제공하는 정보와 데이터는 운항결과리포트, 원시데이터, 품질관리 플

래그 데이터, 필터 데이터, 항적도 데이터, 데이터 리포트 등의 데이터 셋으로 구성되어 있다.

본 연구는 KUMOS 구축을 통해 연구선 상시 관측데이터의 실시간 수집, 표준화 및 작업절차 수립과 관측 데이터의 수집, 가공, 품질관리, 포출 및 제공체계를 구축함으로써 지속적인 운영 기반을 마련하였다. 특히 WebGIS 기반의 플랫폼을 이용하여 시스템 개선과 확장 요구에도 유연한 대처가 가능한 구조로 설계하였다. 따라서 본 연구에서 구축한 KUMOS의 업무처리 절차와 체계는 상시관측이 가능한 연구선을 보유하고 있는 국내 해양관련 기관 및 대학에도 벤치마킹 역할을 할 것으로 기대된다. 또한 미국의 SAMOS, 유네스코의 WOD는 해양관측 데이터를 전 세계의 모든 연구자가 사용할 수 있도록 공개하고 있어 이를 참고하였을 때 본 연구의 연구선 상시관측 정보시스템의 공개범위도 점차 확대하여 많은 해양연구 활동에 활용될 수 있는 방안 모색이 필요하다. **KAGIS**

REFERENCES

- Drushka, K., W.E., Asher, J., Sprintall, S.T., Gille and C. Hoang. 2019. Global patterns of submesoscale surface salinity variability. *Journal of Physical Oceanography*, 49(7):1669-1685.
- El-Sharkawi, M.A., A. Upadhye, S. Lu, H. Kirkham, B.M. Howe, T. McGinnis and P. Lancaster. 2005. North east pacific time-integrated undersea networked experiments (NEPTUNE): Cable switching and protection. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 30(1):232-240.
- GOSUD. 2020. About GOSUD. <http://www.gosud.org/>. (Accessed November 10, 2020).
- Kim, S.T., T.Y. Lee and Y. Kim. 2012. Deriving the Determining Factor for the Management of Oceanographic Data. *Journal of Information Management*, 43(3):97-115 (김선태, 이태영, 김용. 2012. 해양관측 데이터 관리를 위한 결정요소 도출. *정보관리연구*, 43(3):97-115).
- Korea Marine Environment (KOEM). 2021. Marine Environment Information System. https://www.meis.go.kr/mei/observe/wemo_sensor.do. (Accessed January 12, 2021).
- Lee. S.H., S.H. Lee and S.D. Kim. 2012. Analysis of scientific data collection cases in the marine field. In *Proceedings of the Korea Technology Innovation Society Conference. Asian Society for Innovation and Policy*. pp.453-464 (이상호, 이상환, 김성대. 2012. 해양 분야의 과학 데이터 수집 사례 분석. *한국기술혁신학회* pp.453-464.
- Medina-Lopez, E., and L. Ureña-Fuentes. 2019. High-resolution sea surface temperature and salinity in coastal areas worldwide from raw satellite data. *Remote Sensing*, 11(19):2191.
- Nam, S.Y, Y.B, Kim, J.J. Park, and K.I Chang. 2014. Status and Prospect of Unmanned, Global Ocean Observations Network. *Journal of the Korean Society of Oceanography*, 19(3):202-214 (남성현, 김윤배, 박종진, 장경일. 2014. 글로벌 무인 해양관측 네트워크 현황과 전망. *한국해양학회지:바다*, 19(3):202-214).
- Ocean networks canada. 2020. About Ocean Networks Canada. <https://www.oceannetworks.ca/about-us>. (Accessed November 10, 2020).
- Smith, S.R., G. Alory, A. Andersson, W. Asher, A. Baker, D.I. Berry, K. Drushka, D. Figskey, E. Freeman, P. Holthus and

- T. Jickells. 2019. Ship-based contributions to global ocean, weather, and climate observing systems. *Front. Mar. Sci.* 6:434. doi: 10.3389/fmars.2019.00434.
- Smith, S.R., K. Briggs, M.A. Bourassa, J. Elya and C.R. Paver. 2018. Shipboard automated meteorological and oceanographic system data archive: 2005-2017. *Geoscience Data Journal*, 5(2):73-86.
- The Marine Geoscience Data System(MGDS). 2020. MGDS Overview. <https://www.marine-geo.org/index.php>. (Accessed November 10, 2020).
- Union, J.I.G. 2017. shipboard automated Meteorological and Oceanographic system (saMOs)-a critical component of Global Ocean Observation Framework. *J. Ind. Geophys. Union* (November 2017), 21(6):549-550. 