

Big Data Processing and Performance Improvement for Ship Trajectory using MapReduce Technique

Kwang-Il Kim*, Joo-Sung Kim**

*Professor, College of Ocean Science, Jeju National University, Jeju, Korea

**Professor, Dept. of Maritime Navigation, Mokpo National Maritime University, Jeonnam, Korea

[Abstract]

In recently, ship trajectory data consisting of ship position, speed, course, and so on can be obtained from the Automatic Identification System device with which all ships should be equipped. These data are gathered more than 2GB every day at a crowded sea port and used for analysis of ship traffic statistic and patterns. In this study, we propose a method to process ship trajectory data efficiently with distributed computing resources using MapReduce algorithm. In data preprocessing phase, ship dynamic and static data are integrated into target dataset and filtered out ship trajectory that is not of interest. In mapping phase, we convert ship's position to Geohash code, and assign Geohash and ship MMSI to key and value. In reducing phase, key-value pairs are sorted according to the same key value and counted the ship traffic number in a grid cell. To evaluate the proposed method, we implemented it and compared it with IALA waterway risk assessment program(IWRAP) in their performance. The data processing performance improve 1 to 4 times that of the existing ship trajectory analysis program.

▶ **Key words:** Ship Trajectory, Automatic Identification System, Geohash, MapReduce, IWRAP

[요 약]

최근 선박자동식별장치의 도입으로, 육상에서 선박위치, 침로, 속력, 선박종류 등 선박 항적데이터 수집이 가능해 졌다. 본 연구는 맵리듀스 알고리즘을 분산처리 환경에 적용하여 선박 항적데이터를 효율적으로 처리하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 데이터 전처리 단계, 맵핑 단계, 리듀싱 단계로 나뉘어져 있다. 데이터 전처리 단계는 선박의 동적 및 정적 데이터를 통합하고, 비 관심지역의 선박정보는 필터링한다. 맵핑 단계는 선박 위치를 지오해시 코드로 변환하여 맵리듀스의 키 데이터로 할당하고, 선박의 ID는 값 데이터로 분리한다. 리듀싱 단계에서는 키 데이터가 같은 키-값 쌍 데이터를 추출하여 해당 그리드에서 선박의 수를 계산하여 시각화 한다. 제안한 방법은 항적데이터 분석에 있어서 기존 프로그램 성능에 비해 1~4배 성능 개선이 되었다.

▶ **주제어:** 선박항적, 선박자동식별장치, 지오해시, 맵리듀스, IWRAP

-
- First Author: Kwang-Il Kim, Corresponding Author: Joo-Sung Kim
 - *Kwang-Il Kim (kki@jejunu.ac.kr), Professor, College of Ocean Science, Jeju National University
 - **Joo-Sung Kim (jskim@mmu.ac.kr), Professor, Dept. of Maritime Navigation, Mokpo National Maritime University
 - Received: 2019. 08. 21, Revised: 2019. 09. 20, Accepted: 2019. 09. 22.

I. Introduction

최근 15년 동안 해상에서 이동하는 선박들의 위치, 속력, 침로 정보의 항적 데이터를 실시간적으로 수집 및 저장이 가능해 졌다. 이 선박 항적데이터는 주로 각 선박에 설치되어 있는 선박자동식별장치(Automatic Identification System, AIS)를 통해 해안 기지국에 송신되어 데이터베이스에 저장된다. AIS 장비는 300톤 이상의 선박들에게 의무 탑재 대상이었지만, 최근 10톤 이상 50톤 이하의 선박에게도 탑재 의무를 강화되어, 소형선박의 항해정보까지 수집 가능하게 되었다.

이 장치들을 이용하여 해역에서 수집되고 있는 선박 항적 데이터는 매일 2 기가바이트(GB) 이상 수집되어 축적되고 있으며, 이 데이터들은 선박교통 통계 및 패턴분석, 어선 조업현황 분석 및 선박충돌 위험도 평가 등 해상안전 관련 연구분야에서 활용되고 있다[1]. 최근들어 선박 e-Navigation 도입, 무인선 개발 등 해상 통신 개선, IT 인프라 확충으로 많은 해상 및 육상 사용자들이 중장기 선박교통정보 통계 분석을 활용하기 시작하게 되었다. 하지만 축적되어 있는 선박 항적데이터의 양이 커서 데이터 분석을 수행하는데 많은 시간이 소요되었으며, 대부분 오프라인 기반의 프로그램에 적용되어 처리되었다. 사용자들은 이를 실시간적으로 처리하기 위한 빅데이터 처리기법이 필요한 실정이다.

기존의 선박교통 분석 방법은 방대한 선박교통 데이터를 읽는데 오랜 시간이 걸려 각 기간의 특징이 있는 데이터 샘플을 추출하여 특정 구역 또는 특정 선박속력 이하는 필터링하였다. 이 분석에는 현재 국제 항로표지협회(International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse, 이하 IALA)에서 해상교통분석에 대표적으로 활용되고 있는 프로그램인 IWRAP(IALA Waterway Risk Assessment Programme)이 활용되고 있다[2]. 이 프로그램은 선박의 교통밀도 분석, 선박충돌위험도분석 등 다양한 분석기법이 적용되었다. 하지만, IWRAP 또는 항적데이터의 관계형 데이터베이스(Relational Database Management System)를 이용한 방법은 데이터 관리와 분석에 용이한 장점이 있으나, 데이터가 계속적으로 축적되어 장기간 대용량 항적 데이터를 처리하는데 많은 시간이 소요된다(1년 데이터 분석처리시 약 1일 소요).

최근 빅데이터 처리기술 발달로 항적 데이터를 여러대의 분산 컴퓨팅 자원을 이용하여 효율적이며 신속하게 처리가 가능한 분산병렬 처리 기술이 제시되었다[3]. 현재 대표적으로 구글의 BigTable이나 오픈소스 분산 플랫폼인 Hadoop에서 사용되고 있는 맵리듀스(MapReduce) 분석

알고리즘은 여러대의 분산 컴퓨팅 자원을 이용하여 입력 데이터를 키(Key) - 값(Value) 형태로 데이터로 분리하고, 동일한 키에 대한 값을 재수집하여 분석한다.

본 연구에서는 대용량의 AIS 데이터에서 선박항적분석을 신속하고 효율적으로 수행하기 위하여 맵리듀스와 그리드 기반의 선박 항적 빅데이터 처리기법을 제안하고, 실무에서 활용 가능한 선박 교통분석 프로그램을 개발하고자 한다.

II. Related Works

현재 선박 항적데이터는 선박회사에서 소유선박이 정상적으로 항해하는지와 도착예정시간 확인을 위해 웹 기반의 선박조회 회사인 MarineTraffic, ShipFinder, MyShipTracking에서 전 세계 선박 AIS 데이터를 연동하여 선박 추적 서비스를 제공하고 있다[4-6]. 상기 웹기반 서비스에는 아직까지 대용량의 항적데이터를 처리 및 시각화 기능이 제공되고 있지 않다. 선박 통항통계 분석 프로그램인 IWRAP[2]은 데이터를 그리드 기반으로 처리를 하나 단일 쓰레드 기반의 프로그램으로 분석하는데 오랜 시간이 걸린다. 그 외 선박 항적 시각화 관련 연구로는 Yawen et al은 선박항적, 해수면 온도, 조류, 해수염도 데이터를 웹 기반 시공간 데이터 시각화 툴을 제안 하였다. 제안한 툴은 항적데이터와 해양환경데이터가 표시 되었지만, 사용자에게 시간 쿼리 선택이 제한된다[7].

반면 선박 항적데이터를 이용한 다양한 응용연구가 진행되고 있다. Lei P. et al은 AIS 데이터를 이용하여 선박 항로를 탐색하는 알고리즘을 제시하였으며[8], Pallotta G. et al은 AIS 데이터를 통계분석하여 비정상 항해 탐지 방법을 제시하였으며[9], Zhou M. et al은 항적데이터를 선박충돌 위험도 분야에 적용하였다[10].

하지만 지금까지 많은 응용연구들이 제시되어 왔지만, 선박 AIS 데이터는 실시간적으로 데이터가 전송 및 교통상황이 갱신되어 사용자가 요구하는 결과를 기존의 컴퓨팅 자원으로 처리하는데 한계가 있었다. 실시간 선박교통 환경에 적용한 사례로 Wang et al의 연구는 AIS 데이터를 DBSCAN 클러스터링 기반의 비정상 항해 탐지 알고리즘을 MapReduce 알고리즘에 적용하여 많은 데이터를 학습하여 기존 방법보다 성능과 속력부분에 대폭적인 개선을 하였대[11]. 하지만 아직까지 선박 교통데이터 처리와 시각화에 대한 적용 사례는 없다.

III. Ship Trajectory Data Processing

1. Characteristic of Automatic Identification System Data

현재 해상에서 항해하는 300톤 이상의 선박들은 AIS 장비를 의무적으로 탑재하고 있으며, 그 대상은 점차 확대되고 있다. AIS 장비에 의해 수집되는 선박 항적 데이터는 크게 동적정보, 정적정보 및 항해정보로 구성한다. 동적정보는 선박 식별정보(MMSI), 위치, 침로, 속력 등으로 선박 이동 중에 변하는 정보이며, 정적정보는 선박 종류, 길이, 폭 등으로 장비 초기 설치시 설정된 정적인 정보이며, 항해정보는 선박의 항차(Voyage)에 따라 변하는 화물양, 목적지, 도착예정시간에 관한 정보이다 [12]. 다음 표 1은 AIS 데이터에서 전송되는 데이터와 송신 주기를 나타낸다.

Table 1. AIS data and update rates

data type	data name	transmission interval
dynamic data (Msg 1~4)	<ul style="list-style-type: none"> ship ID(MMSI) latitude and longitude speed course navigational status time, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> less than 3 kt : 3 min more than 3kt : 10 s speed 0-14 kt : 10 s speed 0-14 kt and course change : 3.3 s speed 14-23 kt : 6 s speed 14-23 kt and course change : 2 s more than 23 kt : 2 s
static data (Msg 5)	<ul style="list-style-type: none"> ship ID ship length ship width ship type ship depth cargo destination 	<ul style="list-style-type: none"> every 6 min

AIS 신호는 초단파 대역의 주파수를 이용하여 주변 선박, 기지국에 송신되며, 가시거리 권 밖의 AIS 신호는 위성 AIS(Satellite AIS)를 통하여 데이터가 수집이 가능하다. 이 데이터는 동적정보와 정적정보를 Message 1~4번과 Message 5번에 각 별도로 전송하고 있으며 각기 다른 정보 전송주기로 송신되어 동적, 정적, 항해정보 테이블에 저장된다.

2. Data Preprocessing

대용량의 선박 항적 데이터 처리를 위해 선박 정적정보 및 항해정보는 별도의 데이터베이스 테이블에 저장하고, 동적 정보의 선박ID(MMSI)를 기본 키(Primary key)로 하여 정적정보 데이터베이스에서 선박길이, 선박종류 등 선

박 정적정보를 추출한다. 동적 데이터 중 선박 위도 및 경도 데이터는 2개의 숫자로 이루어져 있으며, 이를 그리드 셀을 표현한다면 4개의 변수(최소 위도, 최대 위도, 최소 경도, 최대 경도)가 필요하다. 이에 GPS 위치 데이터 범위를 고유한 문자로 변환하는 지오해시(Geohash) 기법을 적용하였다[13]. 지오해시는 공간을 그리드 형태로 분할하고 각 그리드에 위도 및 경도 범위 대신 문자열의 지오해시가 사용된다. 이 지오해시는 코드의 끝부분 문자를 제거 또는 추가하여 줌 인(Zoom-in) 또는 줌 아웃(Zoom-out)이 가능하다.

그림 1은 해역의 그리드 셀과 구역을 나타내는 지오해시 문자를 나타낸다. 이 지오해시 그리드 문자는 해역을 위도 및 경도범위로 나누는 기준이며, 본 연구에서는 맵리듀스 알고리즘의 키(Key) 값으로 사용된다. 각 선박의 위도 및 경도데이터는 지오해시 문자로 변환하고, 각 선박에 대한 선박 정적정보를 추출하여 그림 2와 같이 선박 항적 빅데이터 처리를 위한 데이터 셋을 구성하였다.



Fig. 1. Geohash and ship position in the target water area

MMSI	Latitude	Longitude	Geohash	SOG	COG	Time	Length	ShipType
4.4032e+08	34.753	127.77	'wy4veqef'	14.6	75.9	7.3574e+05	12	1
4.4032e+08	34.753	127.77	'wy4veqef'	14.6	75.9	7.3574e+05	12	1
4.4161e+08	34.728	127.83	'wy4vsfnl'	7.1	314.5	7.3574e+05	123	2
4.4161e+08	34.728	127.83	'wy4vsfnl'	7.1	314.5	7.3574e+05	123	2
4.4031e+08	34.755	127.78	'wy4vevvy'	14.7	261.3	7.3574e+05	12	1
4.4161e+08	34.728	127.83	'wy4vsfnl'	7.1	314.5	7.3574e+05	123	2
4.4031e+08	34.755	127.78	'wy4vevvy'	14.7	261.3	7.3574e+05	12	1
4.4171e+08	34.544	128.03	'wy5h92d3'	11.1	118.3	7.3574e+05	80	3

Fig. 2. The Sample data of AIS trajectory

IV. MapReduce Application

전처리된 항적데이터는 맵리듀스(MapReduce) 기법을

이용하여 분석이 수행된다. 맵리듀스 프레임워크는 Java 를 기반으로 Python, Matlab 등 여러 프로그래밍 언어에서 구현되었으며, 대용량의 데이터를 여러 개의 분산 파일 시스템을 통해 데이터를 여러 대의 컴퓨터에 나누어 처리하고 처리된 데이터를 인덱스에 따라 재 수집하는 과정을 거친다. 여기서 입력 데이터를 키-값 쌍을 가진 데이터로 분리하는 단계를 맵핑(Mapping) 단계와 키-값으로 분리된 여러 데이터들에 대해 같은 키를 가지는 값에 대해 리스트 형태로 수집하는 리듀싱(Reducing) 단계로 구성된다. 처리된 키-값 결과들은 파일 형태 또는 NoSQL 데이터베이스에 저장된다[14].

3장에서 추출한 키 데이터인 지오해시 정보는 기본적으로 8개의 문자열로 구성된다. 이 문자열 길이는 그리드간격이 약 19m로 일반적인 선박 길이가 평균 75m임을 감안하면 확대 가능한 최대 스케일에 해당된다. 사용자는 맵리듀스 분석 전 문자열 인덱싱 길이를 조절하여 그리드 셀의 크기를 결정한다. 다음 표 2는 지오해시 문자열 길이에 따른 그리드 셀 간격을 나타낸다.

Table 2. Number of Geohash characters and grid cell interval in km

number of Geohash string	grid cell interval
1	2500
2	6300
3	78
4	20
5	2.4
6	0.61
7	0.076
8	0.019

(unit : km)

그림 3은 제안하는 그리드 기반 선박 항적데이터의 맵리듀스 처리 모듈의 연산흐름을 나타낸다. 제안하는 맵리듀스 처리방법은 구축한 데이터셋에서 사용자가 쿼리 조건(예를 들어 호출부호 3자리 이하, 속력 6노트 이하, 선종코드 31번 이하, 문자열길이 6)의 데이터를 추출한다. 이 쿼리조건은 별도의 사용자 GUI를 통해 선택된 데이터 필터링 조건이 적용되며, 전처리된 입력 데이터를 필터링 한 후 맵리듀스 모듈로 전송된다.

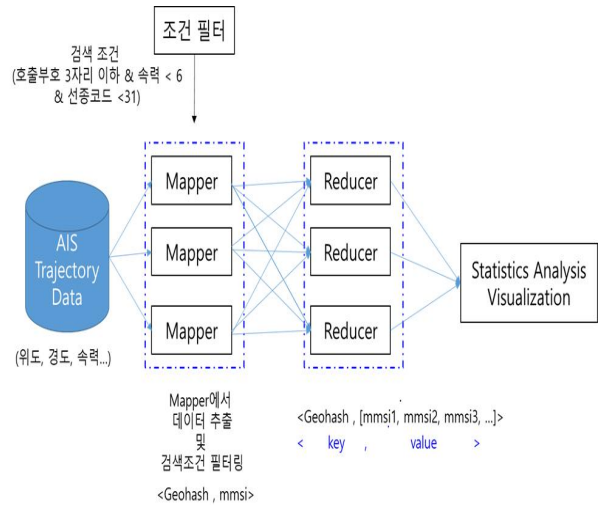


Fig. 3. Proposed MapReduce module

맵퍼(Mapper)에서는 조건에 충족하여 추출된 데이터에서 선박의 위치 변환 지오해시 값을 키(Key) 데이터로 하고, 선박의 ID를 값(Value) 데이터로 할당한다. 리듀서(Reducer)에서는 분산된 데이터들을 동일한 지오해시에 대해 해당하는 선박 MMSI를 취합한다. 통계분석 및 시각화(Static Analysis Visulation) 모듈은 동일 키 데이터 내에 모든 선박 MMSI의 수를 카운트하여 지오해시가 나타내는 그리드 셀 내 선박 교통량으로 결정하고, 각 그리드 셀의 교통밀도를 시각화한다.

V. Experiments

제안한 방법에 대하여 실험 및 평가를 위해서 2016년 10월부터 2017년 10월까지 1년간 우리나라 남해안 권역을 항해하는 선박 AIS 데이터를 수집하여 분석에 활용하였다. AIS 데이터는 16진수인 NMEA 0183으로 변환되어 메시지 형태로 전송이 되고 있다. 수집된 메시지 데이터를 파싱하여 데이터를 추출하고, 정적, 동적 데이터 테이블에 저장한다. 각 테이블은 선박 MMSI ID를 기본 키로 하여 두 테이블을 조인 및 위경도 좌표 지오해시 변환하여 통합 데이터셋을 구성하였다. 실험대상 데이터는 준비된 데이터 기간 동안 해역에 조업하고 있는 어선 추출 조건(선박속력 2노트 이상 6노트 미만, 호출부호 3자리 이하, 선종코드 31 이하)으로 데이터 처리 및 분석 성능 실험을 수행하였다.

본 논문에서 제안한 선박항적데이터의 맵리듀스 처리 실험을 위해 그림 4와 같이 사용자 GUI를 개발하였다. 개발한 프로그램의 항적데이터 처리 및 분석부는 Matlab R2012b으로 Graphic User Interface 라이브러리를 이용하여 시뮬레

이선 프로그램을 개발하고, 빅데이터 처리 및 분산서버 관리는 JAVA기반의 Apache Hadoop 2.7.3으로 개발하였다. 개발한 프로그램은 분석서버(Slave Node)의 수, 상선/어선 구분, 기간, 시간대, 위치범위, 속력 등의 데이터 추출 조건 설정이 가능하게 하여 사용자가 원하는 여러 분석 적용이 가능하다. 또한 격자(Grid) 시각화를 위한 격자 크기, 최소/최대 선박 수, 투명도 등 시각화를 위한 기능을 포함되었다.

제한한 선박 항적 빅데이터 처리방법은 기존의 선박항적분석 상용툴인 IWRAP과 1-4개의 작업 노드(Worker node)를 이용한 항적데이터 처리 성능을 비교하였다. 성능 평가항목은 데이터를 분석하는데 소요되는 시간과 분석된 데이터 시각화 하는데 소요시간으로 구분한다.

분석결과 데이터 분석 성능은 IWRAP을 이용한 방법보다 작업 노드 1개는 약 5배, 작업 노드 2개는 9배, 작업 노드 3개는 12배, 작업 노드 4개는 14배 증가하여 기존의 분석방법보다 많은 성능 개선이 나타났다. 시각화 성능은 IWRAP보다 1.2배 높으며, 이는 분산처리 효과보다 프로그램 데이터 처리와 같은 다른 실험 환경적인 요인으로 나타났다. 표 3은 본 연구에서 수행된 실험 결과를 나타낸다.

그림 5는 상선 및 어선에 대한 선박항적 빅데이터 시각화 분석 결과이다. 상선은 항만의 항로를 따라 입항하는 패턴이 확인되었으며, 어선은 연근해에 고루 분포되어 조업하는 패턴이 나타났다. 또한 시간정보를 월 또는 분기단위로 분류하면 그림 6과 같이 계절별 선박항적 변화 추적이 가능하다.

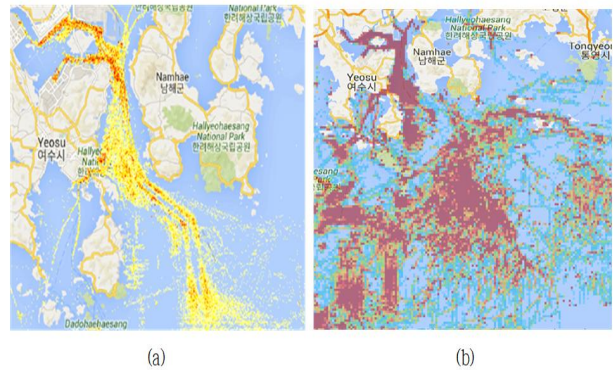


Fig. 5. Visualization of ship trajectory : (a) merchant ship trajectories, (b) fishing and other ship trajectories.



Fig. 4. Graphic user interface for AIS trajectory analysis

Table 3. Ship trajectory analysis and visualization program

	IWRAP	Proposed MapReduce Module : Slave Node Number			
		1 Worker	2 Workers	3 Workers	4 Workers
Data Processing	1,310	265.6	143.7	108.4	88.6
Visualization	220	157.1	172.2	175.7	180.4
Total	3,230	422.3	315.9	284.1	269

(unit: second)

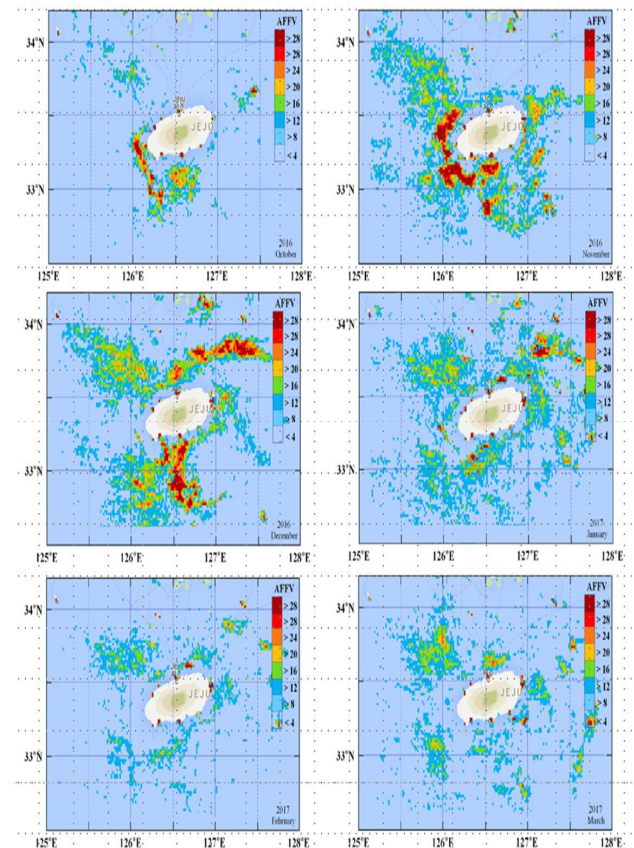


Fig. 6. Visualization of ship trajectory

VI. Conclusions

본 논문에서는 대용량의 선박항적 데이터를 전처리하고, 맵리듀스 기반의 분산처리 기법을 활용하여 선박교통 시각화 및 연산 성능을 향상하였다. 수집된 데이터는 동적 정보와 정적정보를 결합하여 생성한다. 제안하는 맵리듀스 모듈은 먼저 사전에 정의된 데이터 필터를 통해 1차적으로 대상 해역과 분석대상 선박을 한정한다. 그리고 지오해시 기반의 위치와 선박 MMSI ID를 맵리듀스의 키와 값 데이터로 선박 항적 빅데이터처리를 수행한다.

제안한 방법을 실 해역의 데이터를 이용하여 제안한 방법에 대한 성능을 평가하였으며, 기존의 IWRAP와의 처리 성능을 비교하였다. 실험 결과, 제안하는 방법은 기존 방법보다 방대한 선박 항적데이터를 신속하게 처리가 가능하며, 향후 선박 및 육상에서 대용량의 선박항적 데이터 분석이 가능할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

The research was supported by the Program of National Research Foundation of Korea through the Ministry of Education.

REFERENCES

- [1] K. I. Kim, K. M. Lee, "Ship Encounter Risk Evaluation for Coastal Areas with Holistic Maritime Traffic Data Analysis," *Advanced Science Letters*, Vol. 23, No. 10, pp. 9565-9569, 2017.
- [2] International Maritime Organization (IMO), "IALA Waterway Risk Assessment Tool," <http://www.iala-aism.org/wiki/iwrap>
- [3] K. Shvachko, H. Kuang, S. Radia, R. Chansler, "The Hadoop Distributed File System. In *Mass Storage Systems and Technologies (MSST)*," 2010 IEEE 26th symposium on IEEE, Vol.1, No.1, pp.1-10, 2010.
- [4] MarineTraffic website. Live Ship Map - AIS - Vessel Traffic and Positions. <https://www.marinetraffic.com>
- [5] MyShipTracking website. <http://www.myshiptracking.com>
- [6] VesselFinder website. <http://www.vesselfinder.com>
- [7] H. Yawen, S. Fenzhen, D. Yunyan & X. Rulin, "Web-based visualization of marine environment data," In *Geoinformatics, 2010 18th International Conference on*. IEEE, Vol.1, No.1, pp. 1-6, 2010.
- [8] P. R. Lei, T. H. Tsai, & W. C. Peng, "Discovering maritime traffic route from AIS network," In *2016 18th Asia-Pacific*

Network Operations and Management Symposium (APNOMS). Vol.1, No.1, pp. 25-30, IEEE, 2014.

- [9] G. Pallotta, M. Vespe, and K. Bryan. "Vessel pattern knowledge discovery from AIS data: A framework for anomaly detection and route prediction," *Entropy*, Vol. 15, No. 6, pp.2218-2245, 2013.
- [10] M. Zhou, J. Chen, Q. Ge, X. Huang, and Y. Liu, "Ais data based identification of systematic collision risk for maritime intelligent transport system," In *Communications (ICC), 2013 IEEE International Conference on*, Vol. 1, No. 1, pp. 6158-6162. 2013.
- [11] X. Wang, X. Liu, B. Liu, E. N. de Souza, & S. Matwin, "Vessel route anomaly detection with Hadoop MapReduce," In *2014 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*. Vol.1, No.1, pp. 25-30, IEEE, 2014.
- [12] International Maritime Organization (IMO), "*Guidelines for the onboard operational use of shipborne automatic identification systems (AIS)*," IMO Res A.917, 2002.
- [13] A. Fox, C. Eichelberger, J. Hughes, S. Lyon, "Spatio-temporal indexing in non-relational distributed databases," *2013 IEEE International Conference on Big Data*, Vol.1, No.1, pp.291-299, 2013.
- [14] J. Dean, S. Ghemawat, "MapReduce: simplified data processing on large clusters," *Communications of the ACM*, Vol. 51, No. 1, pp.107-113, 2008.

Authors



Kwang-II Kim received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Maritime Information System Engineering from Mokpo National Maritime University, Mokpo Korea, in 2005, 2012 and 2015, respectively. Dr.Kim joined the faculty of the College of Ocean Science at Jeju

National University, Jeju, Korea, in 2019. He is currently a Professor in the College of Ocean Science at Jeju National University. He is interested in maritime information system, big data and artificial intelligence.



Joo-Sung Kim received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Maritime Information System Engineering from Mokpo National Maritime University, Mokpo Korea, in 2004, 2014 and 2016, respectively. Dr. Kim joined the faculty of the Division of Navigation Science at

Mokpo National Maritime University, Mokpo, Korea, in 2018. He is currently a Professor in the Division of Navigation Science, Mokpo National Maritime University. He is interested in intelligent system, fuzzy system, human factors engineering, machine learning and pattern recognition.