

해양레저선박의 항해 안전 지원시스템 개발

신일식¹ · 김배성² · 유영호[†]

(Received September 3, 2014 ; Revised December 2, 2014 ; Accepted January 28, 2015)

Development of a Navigation Safety Support System

Il-Sik Shin¹ · Bae-Sung Kim² · Yung-ho Yu[†]

요약: 해양레저선박의 안전사고를 미연에 방지하기 위하여 해상의 위험상황 경고 및 선박의 상태를 점검할 수 있는 지원시스템이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 해양레저선박의 항해 안전을 확보하기 위하여 선박의 상태를 모니터링 및 관리할 수 있는 항해 안전 지원시스템을 제안한다. 시스템 개발 과정에서 요구되는 기능, 구성 및 운용 알고리즘을 도출하고 해양레저선박 모니터링 시스템, N2K/WIFI Gateway, 추천항로 시스템, 해양레저 금지구역 경보 시스템을 구현하여 목적에 맞도록 올바르게 동작하는지를 각 시스템을 통합하여 검증하였다.

주제어: 해양레저선박, 항해 안전 지원시스템, 선박 상태 모니터링 및 관리

Abstract: A support system which allows operator to check the condition of a vessel and to warn the sea risk in order to prevent accidents of leisure boats, is required. Therefore, this paper proposes a navigational safety support system to ensure the safety of vessels by monitoring and managing the status of those ships. In developing a system process, each developed equipment is integrated and verified whether the functional, compositional and operational algorithms are working properly according to the designed object.

Keywords: Marine leisure ship, Navigational safety support system, Monitoring and managing the status of ships

1. 서론

요트로 대표되는 해양레저 스포츠는 과거 소수의 부유층들이 즐기는 스포츠로 여겨졌으나 최근 관련 스포츠에 관심을 갖는 소비자들이 꾸준히 늘고 있어 호황을 맞고 있다. 특히, 세계적으로 초호화판 요트 구매 경쟁 붐이 일고 있어 요트 제조 조선소의 수주가 눈에 띄게 증가하는 등 요트산업의 성장에 이목이 집중되고 있다. 요트산업은 관광과 스포츠, 제조업이 결합된 고부가가치 산업으로 미래 유망 신성장 동력 분야이고 세계 조선 산업과 상응하는 시장을 보유하고 있다. 소득과 비례하여 성장하는 분야로 매년 신규 수요가 발생하고 있고 소득의 증가 및 주 5일제 시행으로 수요가 증가하는 해양레저를 비롯한 레저산업에 대한 산업경쟁력 확보 및 교통망 확충에 따른 접근성 개선의 필요성이 대두되고 있다[1][2].

또한 해양레저는 경제력과 등가의 가치로 논의되는 것이 상으로 사회적 조건 혹은 생활수준의 성장으로 이미 해양산업의 중요한 축이기 때문에 이에 발맞춰 세계 정부는 미래 성장 동력으로 육성하기 위해 법적 근거를 마련하기

위한 노력뿐만 아니라 대중화를 위한 프로그램을 추진하는 등 다각적인 노력을 기울이고 있다[3].

레저선박은 전기, 전자, 기계 등 다양한 분야의 제품을 종합한 제품으로 운용 시에는 기관이나 의장품에 대한 배경 지식이 필요하지만, 운용자는 주로 일반인으로 해상위험 상황 인식 부족 및 상태점검 미흡으로 인하여 해상에서의 충돌 및 운항 불능상태에 노출되어 있다. 이러한 안전사고를 미연에 방지하기 위하여 해상의 위험상황 경고 및 선박의 상태를 점검할 수 있는 지원시스템이 요구된다[4]. 또한 대형선박 및 어선과 달리 소형 선박인 요트는 통신 장비가 갖춰지지 않고 관제센터의 레이더 장비에서도 인식 불가능한 경우가 많은 등 위치정보를 파악하는데 문제가 있다. 이에 대한 해결책으로 보급률이 우수한 스마트 기기를 활용한다면 요트 운용자가 이미 서비스 받고 있는 이동통신망의 데이터 통신을 활용하여 위치정보 및 다양한 데이터를 송수신할 수 있는 채널을 확보할 수 있으며 이에 따른 편의/안전 서비스를 제공할 수 있다[5].

따라서 본 논문에서는 해양레저선박의 항해안전을 보호하

[†] Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8305-268X>): Division of IT Engineering, Korea Maritime University, Dongsam-dong, Yeongdo-gu, Busan, 606-791, Korea, E-mail: yungyu@hhu.ac.kr, Tel: 051-410-4345

1 ICT Convergence Technology Team, Research Institute of Medium & Small Shipbuilding, E-mail: issin@rims.re.kr Tel: 051-974-5528

2 ICT Convergence Technology Team, Research Institute of Medium & Small Shipbuilding, E-mail: bskim@rims.re.kr Tel: 051-974-5548

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.

기 위하여 선박의 상태를 모니터링 및 관리할 수 있는 항해 안전 지원시스템을 제안한다. 또한 스마트기기를 활용하여 항해통신장비와 연동하여 안전성을 더한다. 시스템 개발을 진행함에 있어 요구되는 기능, 구성, 운용 알고리즘 도출을 통하여 레저선박용 통합항해시스템 개발의 기반을 마련한다.

2. 해양레저선박 모니터링 시스템

항해통신장비는 선박자동식별장치, 해상조난 및 안전시스템(GMDSS), 항해장비, 통신장비, 자동항해시스템으로 구성되어 레저선박 운항 시 해상사고 방지 및 항해의 효율성과 안전성을 높이기 위해 필요한 정보를 제공한다. 증가하고 있는 해상조난사고의 위험을 해소하기 위해서는 항해통신장비 이외에 안전 항해를 지원하는 시스템이 필요하다 [6]. 따라서 본 논문에서는 운용자가 해양레저선박의 상태 정보(PMS, 기상센서, 방향, 속도, 수심 등) 및 위치(GPS), 주변 환경정보를 모니터링 하여 안전성 증대와 효율적인 서비스를 제공하는 시스템을 제안한다. 또한 스마트기기(스마트폰, 태블릿)와 데이터를 연동하여 모니터링 장소가 기기들로부터 먼 거리에 위치해 있거나 운용자가 조종석과 떨어져 있을 때에도 실시간 정보를 무선으로 제공하여 편의를 증진시킨다.

Figure 1과 같이 해양레저선박의 상태를 포함한 항해에 필요한 정보들을 센서 및 장비를 통하여 계측하고 모니터링 시스템에 정보를 전송하여 필요한 부분을 선택적으로 출력하는 시스템을 제안한다.

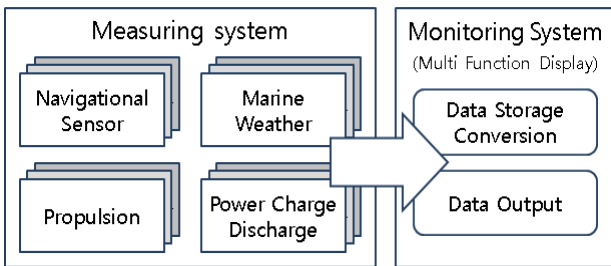


Figure 1: Block diagram of leisure ship measuring and monitoring system

2.1 모니터링 시스템 분류

해양레저선박의 모니터링 대상은 엔진-의장선체 세 부분으로 나눌 수 있고 탑재되는 시스템이 규모별로 다르다.

대형 레저보트의 특징은 길이가 12m 내외이며 내부에 밀폐된 조타실과 선실거주구가 있다. 그리고 통상 2개의 엔진과 2층에 별도의 조타실을 갖추고 있는 보트이며 1,000ℓ의 연료탱크와 이에 상응하는 청수탱크를 보유하여 원거리 항해에 유용하다. 중형 레저보트는 길이가 8~11m 정도이며 대형과 같이 밀폐된 조타실과 선실거주구를 갖추고 있으나 별도의 조타실은 없다. 일반적으로 엔진은 2개이지만 1개

만으로도 구성되기도 한다. 전원의 용량에서도 많은 용량을 필요로 하는 대형에 비해 관리대상 기기들의 수가 적어 12V용 배터리가 4~6개 정도가 장착된다. 소형 레저보트는 8m이내의 보트로 선실거주구를 갖추고 있지 않는 보트이며 통상 4개 이내의 12V 배터리를 전원으로 사용하고 연안을 고속으로 항주할 수 있도록 제작된 보트이다.

Figure 2와 같이 해양레저선박은 다양한 크기로 분류되며 각 레저보트별 크기에 따라 필요한 모니터링 시스템을 Table 1에 나타내었다. 각각의 시스템은 현재 해양레저선박을 대상으로 탑재되는 시스템에 대한 분석을 통하여 도출된 것이다.

Table 1: Subjects of monitoring on leisure ship

Class	Monitoring System	Size		
		Large	Medium	Small
Engine Sector	Battery	○	○	○
	Generator	○	○	○
	Fuel	○	○	○
	Lubricant	○	○	○
	Temperature	○	○	○
	RPM	○	○	○
Fitting Sector	Wind direction	○	-	-
	Wind Velocity	○	-	-
	Rudder	○	-	-
	Position	○	○	-
	Cabin Temperature	○	-	-
	Cabin Humidity	○	-	-
Hull Sector	Lighting	○	○	-
	Flow Velocity	○	-	-
	Flooding	○	○	-
	Ship Velocity	○	○	○
	Water Depth	○	○	○
	Bilge	○	○	○



Figure 2: Different size of leisure ship (above: large, down-left: medium, down-right: small)

2.2 연료, 윤활유, 빌지 모니터링

레저선박은 주로 가솔린엔진 또는 디젤엔진을 이용하여 추진하고 있기 때문에 연료와 윤활유의 잔량 확인을 통하여 적절한 시기에 보충 또는 교환하여야 한다. 또한 추진 과정에서 보트 내부에 자연적으로 발생하는 오수를 의미하는 빌지는 유출되면 해양을 심각하게 오염시키므로 이를 방지하고 관리하기 위해 모니터링이 필요하다.

연료와 윤활유는 각기 최저 잔량을 설정하여 알림이 발생되도록 하고, 빌지는 센서로부터 측정되는 저항을 디지털로 변환하고 설정되어 있는 최소 저항 값을 참조하여 빌지 펌프의 가동 여부를 판단한다. 선저의 파손으로 인하여 해수가 침투했을 경우에도 측정되는 센서값을 통하여 빌지 펌프가 지속적으로 가동된다. Figure 3은 연료 및 윤활유 모니터링, Figure 4는 빌지 모니터링 각 시스템의 운용 프로세스를 나타낸 것이다.

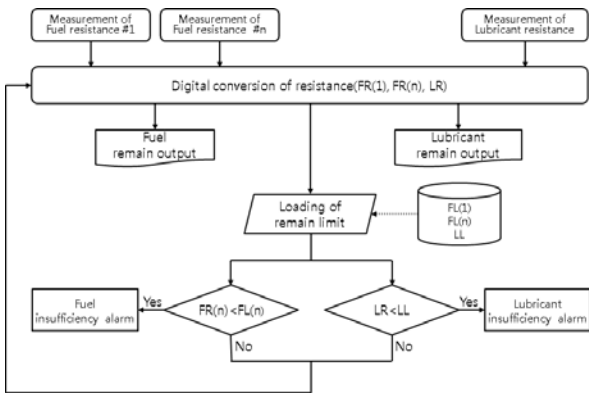


Figure 3: Fuel and lubricant monitoring system operation processor

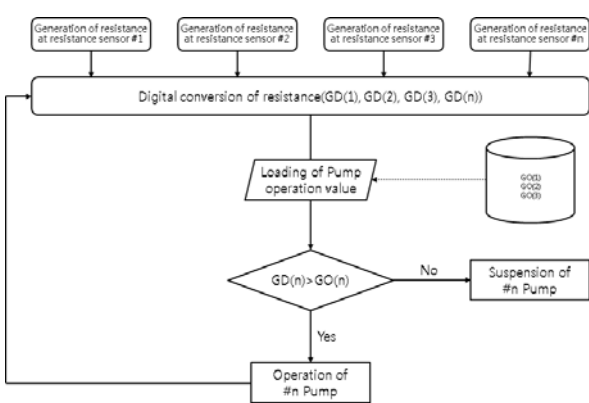


Figure 4: Bilge monitoring system operation processor

2.3 배터리 및 발전기 모니터링

레저선박에 탑재되는 배터리는 엔진의 시동, 점등, 통신, 센서 및 장비, 가전기기를 구동시키기 위해 사용된다. 배터리의 전력은 사용시간이 경과함에 따라 방전되고 별도의 발전기나 엔진 내부에 탑재된 소형 발전기에 의해 충전된다.

다. 안전한 항해를 위하여 배터리의 잔량 및 충전시기를 확인할 수 있는 모니터링 시스템이 필요하다.

전원정보 분석은 배터리와 발전기의 출력 분석으로 나뉘 볼 수 있다. 전자는 엔진 시동을 위한 최소한의 전압과 전류가 출력되는 것과 시동 후 급감하는 배터리 전압이 다시 충전되는지를 검사하고 후자는 발전기의 시동과 함께 정상적인 출력이 이뤄지고 있는지를 검사한다. 배터리와 발전기에서 출력되는 전압을 가용할 수 있는 디지털 값으로 변환하고, 미리 설정된 각 기기들의 출력 최저 전압값과 비교함으로써 기기들의 정상적인 상태를 확인한다. Figure 5는 배터리 및 발전기 모니터링 시스템의 운용 프로세스를 나타낸 것이다.

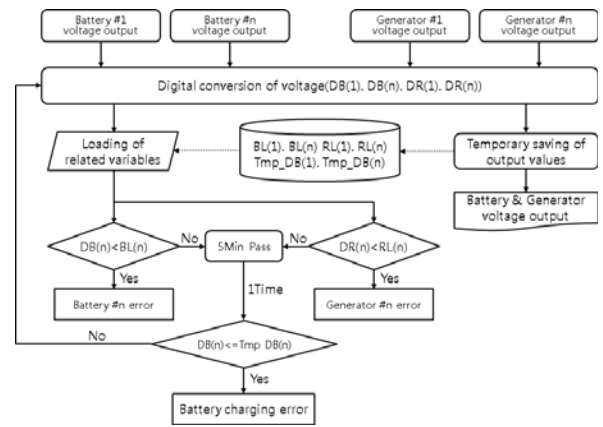


Figure 5: Battery and generator monitoring system operation processor

2.4 풍향 및 풍속 모니터링

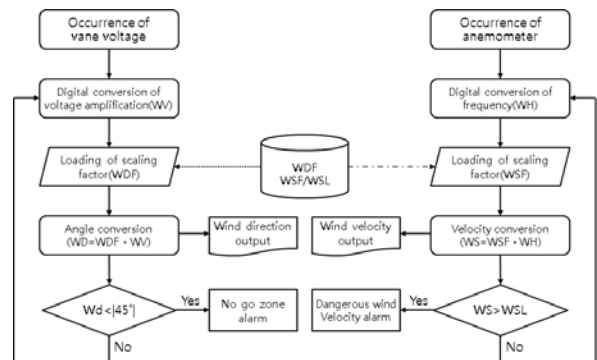


Figure 6: Wind direction and speed monitoring system operation processor

해양레저선박에서의 정확한 풍향 및 풍속의 측정은 항해를 위한 기초정보 제공뿐만 아니라 선박이 안전하고 효율적인 항해와 정확한 항로 수행으로 연결된다. 해상에서 바람의 방향과 속도를 계측하는 시스템으로 항해를 위한 기초정보를 제공한다. 풍향계의 홀효과에 의하여 발생한 전압을 계측하여 바람의 방향을 나타내고 풍속계의 회전수에

의하여 발생된 주파수로 바람의 세기를 측정한다. Figure 6은 풍향 및 풍속 모니터링 시스템의 운용 프로세스를 나타낸 것이다.

2.5 RPM 모니터링

RPM 모니터링은 엔진의 기동상태를 알 수 있는 중요한 요소로 선박의 출력과 속도, 상태에 대한 정보를 제공한다. RPM정보는 센서를 통하여 측정하여 숫자나 그래프로 표기한다.

2.6 위치 및 시간 모니터링

GPS를 이용하여 레저보트의 현재 위치와 시간을 파악하는 시스템이다. GPS는 별도의 전용 센서는 필요하지 않고 위성의 신호를 원활히 수신하기 위한 안테나가 사용된다.

3. 추가적인 항해 지원 시스템

3.1 선박 네트워크 및 N2K/WIFI Gateway

3.1.1 NMEA2000

선박 내부 센서 및 장비간의 상호정보 교환과 관리를 위해 NMEA2000 네트워크 프로토콜을 분석하였다. NMEA2000은 선박 네트워크 표준으로써 실시간 통신 및 장치들의 통합에 적합한 CAN (Controller Area Network) 제어네트워크를 물리계층으로 네트워크 상태에서 PnP (Plug and Play)가 가능하고 네트워크 규모는 50개 물리노드, 252개의 논리노드를 가지며 백본의 길이는 200m, 250kbps로 전송한다. 전송하는 메시지는 각 파라미터 그룹을 식별할 수 있도록 장치에 성격에 따라 유일한 번호를 가진 PGN(Parameter Group Number)으로 표현하고 이를 통하여 장비간의 정보를 교환한다[7]-[9].

Table 2: NMEA2000 PGN and NMEA0183 sentence formatter

Source	NMEA2000 PGN	NMEA0183
Engine Monitoring System	PGN 127488	RPM
	Engine Parameter	
	PGN 127505	XDR
	Fluid Level	
Navigational Device	PGN 127508	-
	Battery Status	
	PGN 130306	MWD
	Wind Data	
Position, Rapid Update	PGN 126992	ZDA
	System Time	
	PGN 129025	GLL

Table 2는 본 시스템에서 엔진 부분의 센서 및 장비와 통합항해장치를 통하여 계속된 데이터를 전달하기 위해 사용하는 NMEA2000 PGN 종류와 관련된 NMEA0183 프로토콜의 Sentence Formatter를 나타내었다[10].

3.1.2 NMEA2000/WIFI Gateway

Figure 7는 NMEA2000/WIFI Gateway의 아키텍처에 대하여 나타낸 것이다. 본 시스템에서는 선박에 장착된 센서 및 장비로부터 송수신되는 데이터 중 필요한 정보들을 스마트 기기를 통하여 모니터링 및 관리하기 위한 데이터로 변경하여 무선랜으로 서비스하는 게이트웨이를 구현하였다.

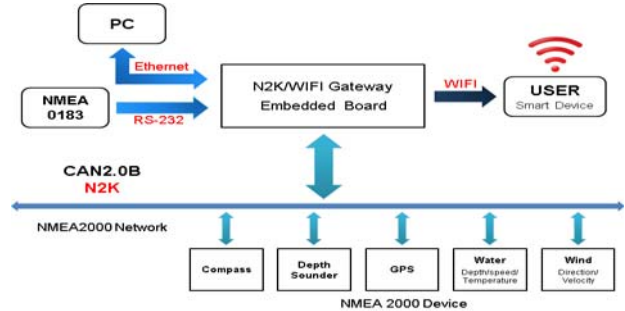


Figure 7: Architecture of N2K/WIFI gateway

N2K/WIFI gateway의 흐름도는 Main루틴, LCD표시장치, CAN인터럽트루틴, Timer인터럽트루틴 과정으로 나누어진다. Main루틴에서는 NMEA2000 /WIFI Gateway에 전원이 인가되면 시스템의 점검을 위해 자동으로 셀프테스트가 시작되고 CPU에서 LCD, WIFI, N2K 포트를 초기화 시켜 Serial WIFI를 연결하고 통신하기 위하여 Socket를 생성한 뒤 인터럽트를 대기하도록 한다. Main루틴 과정과 연계하여 LCD표시장치는 NMEA 2000/WIFI Gateway에 전원이 인가되면 Power On Self Test 및 포트 초기화를 디스플레이하고 WIFI 연결 상태와 생성된 Socket 번호, 수신된 N2K PGN에 대한 정보를 표시한 뒤에 전송버퍼를 표시한다. CAN인터럽트루틴에서는 CAN인터럽트가 발생하면 N2K로부터 PGN이 수신이 되고 그 정보를 NMEA2000 데이터와 NMEA0183을 매칭시켜 변환하고 NMEA0183 정보를 저장한 후 인터럽트를 종료된다. Timer인터럽트루틴은 Timer에서 인터럽트가 발생하면 NMEA0183 데이터가 전송하고 관련된 내용을 LCD에 출력한 후 인터럽트가 종료되는 과정을 진행한다. Figure 8은 N2K/WIFI gateway의 흐름도를 나타내었다.

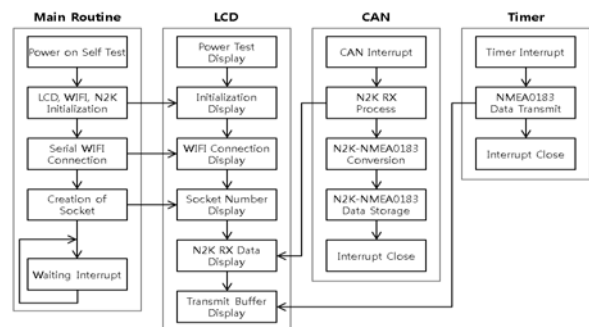


Figure 8: Flow chart of N2K/WIFI gateway

3.2 추천항로 시스템

최근 여가관광의 기능이 활성화되고 해양활동에 대한 관심이 증가하면서 주로 어업의 대상으로 여겨지던 해양공간이 관광자원으로서 부각되고 있다. 해양관광은 해수욕장을 중심으로 해안선을 따라 이루어졌으나 최근 해상, 해중, 해저로 확장되어가고 있다. 현재 레저보트의 현실은 양적 성장에 비례하여 시설 및 프로그램들이 성장하지 못하고 있으며 기존의 낚시나 유선사업의 수준을 벗어나지 못하고 있다. 또한 운용자는 바다에 관한 깊은 이해와 일정수준의 기술 및 노하우를 가지지 못한 상황이며 접근 가능 지역의 정보 부족으로 근거리의 단순한 경로나 익숙한 지역으로 반복 운항하려는 경향이 크다. 이러한 문제점을 개선하고 항로 운항에 필요한 다양한 정보의 제공에 대응하여 레저선박을 위한 추천항로 시스템을 제안한다.

추천항로 시스템의 프로세스를 Figure 9에 나타내었다. 항로 설계는 안전 항해를 최우선 목표로 하며 사용자와 탑승자의 목적, 기상조건 및 해상조건을 포함한 환경조건, 관광개발계획, 해상교통망 구축 기본방향, 항해보조시설 이용가능성, 해상레저활동, 관광지 및 자연경관, 경제성, 레저금지구역 등에 대한 자료를 분석하여 절차에 따라 최적의 항로를 제공한다. 특히 레저활동은 기상정보에 유의하여 행해져야하며 변화하는 기상에 대한 대응과 보다 안전한 항해를 돕기 위해 실시간 정보를 수신하고 항로의 기상 예보를 확보하여 계획에 반영하여야 한다. 따라서 지구상의 국가/도시별로 부여된 WOEID(Where on Earth Identifier) 코드를 사용하여 웹상으로 해당 지역의 기상 정보를 수신하고 나타낸다.

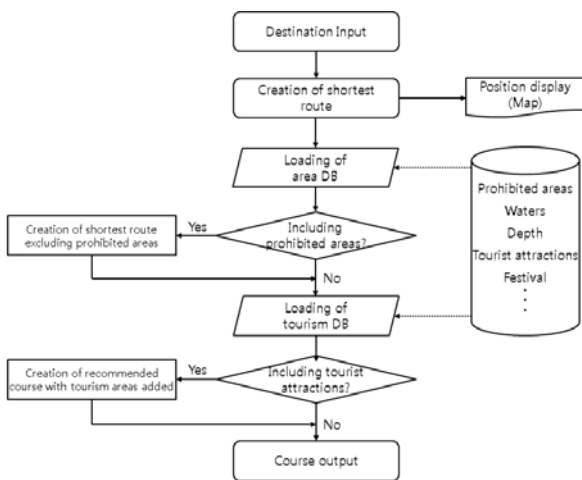


Figure 9: Course recommendation system processor

3.3 해양레저 금지구역 경고 시스템

해양레저선박은 해상상태에 대하여 전문적인 지식이나 기술을 갖추지 못한 비전문가가 운용함에 있어서 해상교통환경의 다양한 위험에 노출될 수 있다. 대형선박이 입출항

하는 항로뿐만 아니라 양식장, 군사작전지역 등은 해양레저활동이 엄격히 금지하고 있음에 불구하고 해양레저를 즐기는 일반인들 대부분이 이러한 해양레저금지 구역을 잘 알지 못하고 있으며 이로 인한 사고가 종종 발생하고 있는 실정이다. 따라서 해양레저 금지구역에 대한 위험상황을 미리 파악하고 레저 활동자에게 경고를 할 수 있는 시스템을 추가하였다.

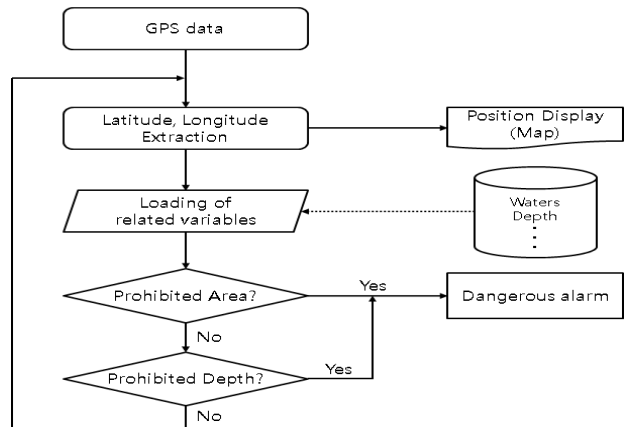


Figure 10: prohibition area warning processor

Figure 10은 해양레저 금지구역에 대한 경고 시스템의 프로세스를 나타내었고 해양경찰청에서 지정한 수상레저 활동 금지구역 182개소(해수욕장-164, 유원지-6, 수로-2, 수문-4, NLL부근-3, 수중암초-2, 기타-1)를 참조하였다.

4. 구현 및 검증

앞서 설계한 내용을 바탕으로 해양레저선박 모니터링 시스템, N2K/WIFI Gateway, 추천항로 시스템, 해양레저 금지구역 경보 시스템을 구현하여 목적에 맞도록 올바르게 동작하는지를 검증하였다.

Figure 11은 해양레저선박 모니터링 시스템을 위해 선박 네트워크 아키텍처를 기반으로 구현된 N2K/WIFI Gateway 모듈과 동작 검증을 위한 데이터 전송 시험에 관하여 나타내었다.

Figure 12은 해양레저선박의 센서 및 장비에 의해 계측된 데이터를 수신하여 출력하는 모니터링 프로그램을 나타내었고 선박에 탑재가 가능하도록 실제 구현된 모니터링 시스템 사진을 Figure 13에 나타내었다.

Figure 14은 WIFI 무선랜을 이용하여 계측된 데이터를 스마트기기로 전송하여 수신된 결과를 나타내었다.

Figure 15은 추천항로 시스템의 프로세스에 따라 제작된 프로그램이다. 출발지 및 목적지를 입력하고 목적을 선택하면 저장된 정보를 바탕으로 사용자나 탑승자가 원하는 최적의 항로를 설계하여 제공한다. 또한 실시간 기상 정보를 활용하여 항로 설계에 반영함으로써 안전 항해를 지원한다.

설계된 해양레저 금지구역 프로세스에 따라 제작된 프로그램을 나타낸 Figure 16는 레저선박 운전자에게 금지구역에 대한 정보를 제공하여 근처 지역으로 운항 및 항로 계획 시 주의할 수 있도록 하였다.



Figure 11: Gateway development and data transfer test

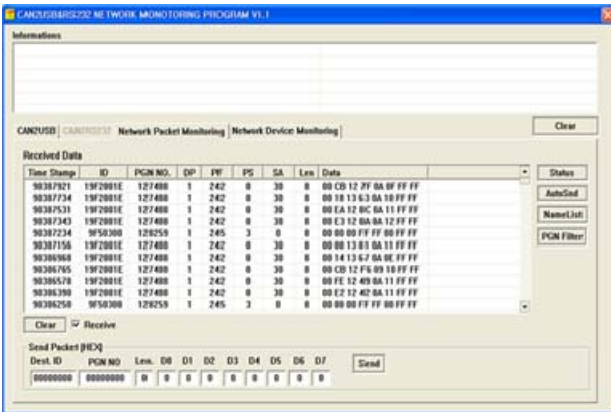


Figure 12: Monitoring program



Figure 13: Monitoring system



Figure 14: NMEA2000/WIFI data transfer test



Figure 15: Course recommendation program

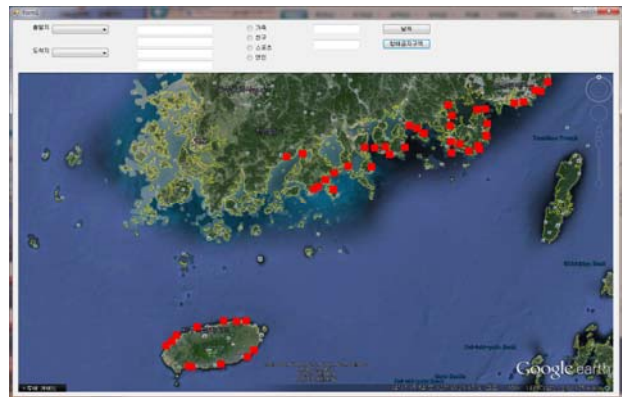


Figure 16: prohibition area warning program

5. 결 론

전체 시스템을 통합하여 레저선박을 대상으로 선박의 상태 계측 및 모니터링을 할 수 있는 해양레저선박의 항해 안전 지원시스템의 설계와 구현에 대하여 설명하였다. 또한 스마트기기로 쉽고 편리하게 선박 상태에 대한 실시간 모니터링이 가능하도록 하였다. 연계한 해상 위험상황 경고 및 추천항로 시스템을 레저선박 운전자들에게 제공하여 서비스의 품질을 향상시켰다.

따라서 본 논문에서 제안한 해양레저선박의 항해 안전 지원시스템은 레저선박의 안전한 항해를 보장하고, 운항자의 편의증진과 효율적인 통합관리 및 모니터링에 유용할 것으로 판단된다.

향후 연구과제로는 연료 잔량에 대한 항해가능거리를 나타내고 스마트기기와 연동하여 시스템을 제어하고 통합하여 처리할 수 있도록 시스템을 고도화하는 것이다. 또한 시스템을 임의의 실험 환경이 아닌 실제 선박에 탑재하여 시험하고 검증하는 것이다.

후 기

본 연구는 3D 전자해도와 증강현실 기술을 적용한 해양 레저선박용 통합운용시스템 개발 사업으로 수행된 연구결과이다.

References

- [1] W. J. Cho, "Analyses of consumer preferences and perceptions regarding activation of yacht tourism industry," *Journal of Korean Institute of Navigation and Port Research*, vol.36, no. 5, pp. 401-407, 2012. (in Korean).
- [2] Y. Y. Kim and Y. J. Kim, *Developing Policies for the Activity of the Leisure Boat*, Korea Culture & Tourism Institute, Korea, 2012 (in Korean).
- [3] S. H. Park, "Problem and status of marine leisure (Yacht) industry in Korea," *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, vol. 30, no. 3, pp. 337-343, 2006 (in Korean).
- [4] M. Y. Kang, *Technology Trend and Enhancement Methods of Marine Communication Systems for Safe Ship Navigations*, Thesis (M.S.), Department of Information and Communication Engineering, Changwon National University, Korea, 2012 (in Korean).
- [5] C. S. Han, "A study on the Applications Implementation using Smartphone in the e-Navigation," *Collected Paper of Korean Institute of Navigation and Port Research*, no. 1, pp. 545-550, 2010 (in Korean).
- [6] S. H. Park and S. H. Noh, "The embedded remote monitoring diagnosis for integration vessel system," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no. 11, pp. 2708-2716, 2013 (in Korean).
- [7] IEC 61162-3, "Maritime navigation and radio-communication equipment and systems -Digital interfaces- Part 3: Serial data instrument network"
- [8] K. Y. Kim, S. Y. Shin, K. S. Bae, and S. Chae, "Design and implementation of NMEA 2000 based universal gateway," *Journal of the Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 39, no. 2, 191-198, 2014 (in Korean).
- [9] C. U. Lee, D. Y. Kim, Y. H. Yu, and O. K. Shin, "Development of embedded vessel monitoring system using NMEA2000," *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, vol. 33, no. 5, pp. 746-755, 2009 (in Korean).
- [10] NMEA Organization, "NMEA 2000 PGN information," www.nmea.org, Accessed July 25, 2014.