

멀티센서기반 해양레저용 웨어러블 디바이스 연구

하연철¹ · 백찬욱² · 박재문³ · 이인성⁴ · 김봉주⁵ · 서정관[†]

(Received December 5, 2018 ; Revised January 14, 2019 ; Accepted April 7, 2019)

Wearable device for a marine-leisure-based multi sensor

Yeon-Chul Ha¹ · Chan-Wook Baek² · Jae-Moon Park³ · In-Sung Lee⁴ · Bong-Ju Kim⁵ · Jung-Kwan Seo[†]

요약: 해양레저 활동에 대한 관심의 증대에 따라 사용자가 쉽게 각종 환경 데이터를 획득하고 접근할 수 있는 융합센서 기반의 항해 정보 시스템의 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 해양레저 인구 확대 및 항해 안전정보 제공을 위해 멀티센서 기반의 해양레저용 웨어러블 디바이스를 제안한다. 웨어러블 기반의 하드웨어 단독 사용 가능한 디바이스와 안드로이드 기반의 어플리케이션을 결합하고, 다수의 소형화된 환경센서와 위치센서를 활용하였다. 이를 통해 실시간으로 입력되는 해양 환경정보 데이터를 웨어러블 디바이스의 디스플레이를 통해 사용자에게 전달할 수 있도록 하였고 이를 검증하였다.

주제어: 멀티센서, 해양, 레저, 웨어러블

Abstract: For users to easily acquire and respond to actual ocean environmental data, an integrated navigation information system base on sensors must be developed to meet the increasing interest in marine leisure activities. Therefore, this study proposes a multi-sensor-based wearable device for marine leisure that can be used by the expanding marine leisure population and provide navigation safety information. The wearable device is developed by combining wearable-based hardware stand-alone and Android-base applications and by utilizing several miniaturized environmental and position sensors. The system can provide environmental information data that are transmitted in real time to users onto a display on the wearable device.

Keywords: Multi sensor, Ocean, Leisure, Wearable

1. 서 론

웨어러블 디바이스(Wearable Device)는 “신체에 부착하여 컴퓨팅 행위를 할 수 있는 모든 전자기기를 지칭하며, 일부 컴퓨팅 기능을 수행할 수 있는 어플리케이션까지 포함”이라고 MIT 미디어랩(MIT Media Lab)에서 정의하고 있으며, 이용자가 신체나 의복에 착용하여 자유롭게 소통할 수 있는 차세대 전자기기를 의미하고 있다[1].

이러한 웨어러블 디바이스는 현재 다양한 레저 스포츠에서 사용자에게 환경정보 및 활동에 대한 데이터를 실시간으로 전달하기 위해 활용되고 있다. 예를 들어 산악의 경우, 고도, 기압, 온도, 걸음걸이 등 개인의 운동량 정보 및 환경정보를 실시간으로 사용자에게 알려줄 수 있는 각종 멀티 디바이스들이 출시되고 있으며 해외를 비롯한 국내에서의 판매량이 점차 증가하고 있다. 또한, 자전거의 경우도

자전거에 부착하는 형태의 디바이스와 다양한 멀티센서를 활용하여 심박수, 운동 거리, 현재 위치, 칼로리 소모, 속도 등 다양한 부가 정보를 제공하고 있다.

본 연구는 웨어러블 디바이스의 해양 레저 활동에 적용 가능한 시스템을 구성해 보고 이를 재연해 보는데 목적이 있다.

국내 소득 수준 향상 및 해양레저 활동에 대한 관심의 증대에 따라 다양한 해양레저 활동을 추구하는 인구가 늘어나고 있고, 새로운 레저 활동 중에서 세일링 요트에 대한 관심이 점차 증대하고 있다[2][3]. 하지만 세일링 요트는 엔진을 이용하는 요트와는 달리 바람과 돛을 이용하여 선박을 운행하고 세일링 요트의 특성상 항해 관련 전자장비의 설치가 어렵고 운항 기술의 전문성 때문에 일반인들의 접근이 쉽지 않다. 또한 해양에서 GPS(Global Positioning System)는 법정 장착 장비로 규정되어 운항하는 모든 선박

† Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3721-2432>): Professor, The Korea Ship and Offshore Research Institute, Pusan National University, 2, Busandaehak-ro, Geumjeong-gu, Busan 46241, Korea, E-mail: seojk@pusan.ac.kr, Tel: 051-510-2415

1 Associate Professor, The Korea Ship and Offshore Research Institute, Pusan National University, E-mail: ycha@pusan.ac.kr, Tel: 051-510-3281

2 Ph.D Candidate, Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Pusan National University, E-mail: cwbaek@bistep.re.kr, Tel: 051-795-5043

3 Senior Researcher, Research Institute, OSLab.co.,Ltd., E-mail: jmpark@oslab.co.kr, Tel: 055-247-1120

4 Senior Researcher, Research Institute, OSLab.co.,Ltd., E-mail: handcool@oslab.co.kr, Tel: 055-247-1120

5 Associate Professor, The Korea Ship and Offshore Research Institute, Pusan National University, E-mail: bonjour@pusan.ac.kr, Tel: 051-510-2338

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.

Table 1: Garmin's Wearable device

Division	Model	Function	Product Features
	vivoactive	<ul style="list-style-type: none"> · GPS Smart Watch · Over 15 indoor sports apps like yoga, running, swimming · Heart rate and Stress measurement · Smart alerts of physical age 	<ul style="list-style-type: none"> · Full color touch screen · Size: 43.4mm×43.4mm×11.7mm · Weight: 43g · Battery: Up to 8days available, up to 13hours in GPS mode · Waterproof: 5ATM · Connection function: BLE, ANT+ · Price: 398,000won
	fenix 5S	<ul style="list-style-type: none"> · Wrist measurement heart rate · Various sports mode functions such as swimming mode, golf mode, ski/board mode · Hunting/Fishing Calendar · Sun and Moon Information · E-mail, text, live tracking, and social media sharing 	<ul style="list-style-type: none"> · Full color backlight with high resolution · Superior readability · Size: 42mm×42mm×14.5mm · Weight: 67g · Battery(Replaceable Li-ion): GPS mode up to 12hours / Smart mode up to 9days · Waterproof: 10ATM · Sensors: GPS, GLONASS satellite reception, 3-axis compass, Gyroscope, and Barometric altimeter · Connection function: BLE, ANT+, WiFi · Price: 749,000won
	quatix	<ul style="list-style-type: none"> · Sensitive GPS navigation marine detector · Wireless streaming of data such as wind speed, direction and depth · Check the final distance and transit time to your destination · Wireless streaming function including depth, speed, water temperature · Remote autopilot function while moving boat or yacht deck · Altimeter, barometer and 3-axis compass · Provides accurate tidal data, covering more than 3,400 locations · Built-in temperature sensor and wireless communication function 	<ul style="list-style-type: none"> · Size: 31mm×31mm · Weight: 82g · Battery: GPS mode up to 16hours · Waterproof: 5ATM · Sensor: Navigation(GPS), heart rate meter, barometer, altimeter, accelerometer, 3-axis electronic compass · Storage capacity: 32MB · Price: 989,000won
	quatix 5	<ul style="list-style-type: none"> · Data streaming, including speed, depth, temperature, and wind, connecting to compatible devices · Activity profile for paddle boarding, swimming and canoeing · Sports tracker functions and Autopilot · display remote waypoints and add waypoints · Altimeter, barometer, and 3-axis compass · Wrist heart rate measurement and calorie consumption measurement · E-mail, text notification and social media sharing 	<ul style="list-style-type: none"> · Size: 47mm×47mm×15.5mm · Weight: 156g · Battery: GPS mode up to 24hours / Smart watch mode 2weeks · Waterproof: 10ATM · Sensor: GPS, GLONASS, heart rate meter, barometer, altimeter, accelerometer, 3-axis electronic compass, thermometer · Connection function: BLE, ANT+, WiFi · Storage capacity: 64MB · Price: 740,000won

에 탑재되어야 하지만 세일링 요트의 경우 탑재하지 않는 경우가 대부분이다. 따라서, 세일링 요트는 해상 사고 방지를 위하여 조종 특성 및 운항 능력 향상을 위한 다양한 정보가 필요하다. 특히, 세일링 요트의 경우 속도, 자세변화 범위가 일반 선박에 비해 크므로 실시간으로 사용자에게 다양한 운항 관련 정보를 제공할 수 있어야 한다[4].

해양레저용 스마트 웨어러블 디바이스에 대한 국내 제품

은 거의 존재하지 않고 전통적 해양레저 강국인 유럽 및 북미 지역에서 거의 개발되어 있다.

Table 1은 글로벌 포지셔닝 시스템과 각종 네비게이션을 설계 제작하는 다국적 전자기업인 가민(Garmin)사의 대표적인 레저용 웨어러블 디바이스의 기능과 제품특징을 나타내었다[5]. 쿼티스(Quatix) 제품의 경우 해양 레저에 특화된 웨어러블 디바이스로서 보트나 요트에 적용 가능한 제품이

지만 가격이 매우 고가이기 때문에 일반인들이 구입하여 활용하기에는 부담이 될 수 있다.

따라서 저렴하면서도 사용자가 쉽게 현재 위치 및 이동 방향에 대한 정보, 속도, 자이로 정보 등 다양한 데이터를 획득하고 접근할 수 있고 초기 교육 및 전문가들도 활용할 수 있는 융합센서 기반의 항해 정보 제공용 웨어러블 디바이스의 개발이 필요하며 차후 해양레저 인구 확대에 따른 항해 및 안전정보로서 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

2. 해양레저용 웨어러블 디바이스

2.1 개발환경

본 연구에서 개발된 해양레저용 웨어러블 디바이스는 기본적으로 해양 환경 정보, 위치 정보, 방향 정보, 그리고 사용자 안전 정보를 제공하기 위하여 GPS, 심박센서, 기압센서, 온·습도센서를 탑재한 스마트 위치와 측정된 데이터의 수집 및 항해 정보 수집을 위한 스마트폰을 적용하였다. 스마트 위치는 멀티센서부, 통신부, 전원부, 제어부로 구성하였으며 블루투스 통신을 통해 안드로이드 기반의 스마트폰과 연동한다.

MCU(Main Control Unit)는 고성능 웨어러블 애플리케이션에 이용되는 노르딕 세미컨덕터사의 nRF52832 QFN을 사용하였으며 사용된 블루투스 버전은 4.0x이다. 안드로이드 스마트폰의 운영체제는 안드로이드 7.0 누가(Nougat) 버전이다. 개발 툴은 안드로이드 스튜디오 3.1.0을 사용하였으며 SDK 버전은 1.2.1을 사용하여 개발하였다.

2.2 시스템 구성

해양레저용 웨어러블 디바이스는 기본적으로 해양 환경 정보, 위치 정보 및 방향 정보 등을 획득하여 항해 및 안전정보로서의 데이터로 가공하여 사용자에게 제공하여야 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 웨어러블 디바이스에 내장된 센서 출력 데이터를 활용하여 세일링 요트 사용자에게 필요한 항해 및 안전정보를 제공하고자 하였다.

2.2.1 웨어러블 디바이스 시스템 구성

기본적으로 세일링 요트에 필요한 해양환경정보는 웨어러블 디바이스에 내장된 센서에 의해 온도, 습도, 기압, 위치 및 방향 데이터를 제공하게 된다.

시스템 구성을 위하여 사용된 세부 센서 및 구성장비는 관련 기성품에 대한 제품 정확도 및 정밀도에 대하여 검증된 공인기관의 성적서가 확보된 제품군을 대상으로 선정하였다.

선정된 센서는 현재 위치와 진행방향 정보 제공을 위한 GPS센서와 모션(Motion)센서, 사용자 심박수 정보 제공을 위한 광학식 PPG(Photo-Plethysmography)센서, 해양 환경 정보를 제공하기 위한 온도센서, 습도센서, 압력센서 등으로 구성하였다.

Figure 1은 웨어러블 디바이스의 시스템 구성도를 나타낸다.

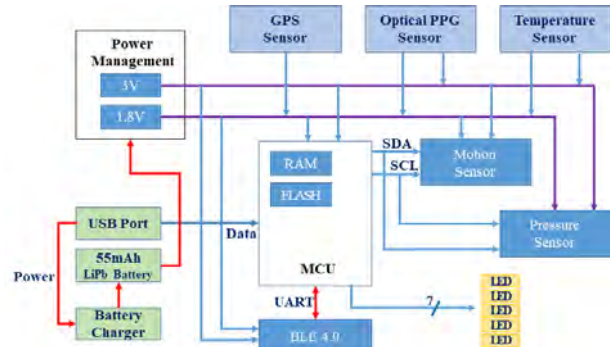


Figure 1: System Configuration Drawings

먼저, MCU는 노르딕 세미컨덕터사의 nRF52832 QFN을 사용한다고 앞서 설명하였으며 48MHz에서 운용되며 초저전력 소비 특성을 가지고 있다. 웨어러블 디바이스의 사용 시간을 늘리기 위해서는 모든 제품이 전력을 적게 소비하는 제품으로 구비하고 있는 실정이다. 운영체제(OS)는 임베디드 운영체제(Embedded OS)를 이용한다.

Figure 2는 디바이스의 핵심인 MCU 파트 PCB 회로 설계이다.

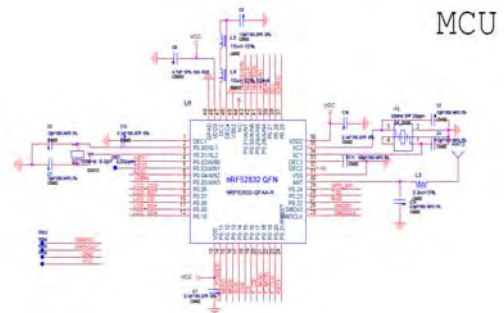


Figure 2: Wearable Device MCU PCB Circuit Design

MCU에 연결된 블루투스는 NORDIC SEMICONDUCTOR사의 nRF52832를 사용하였으며[6], 2.4GHz 트랜시버(Transceiver)를 구비하였으며, 이 또한 저전력 에너지 모드를 구비하고 있다. 그리고 MCU와 범용 비동기화 송수신기(UART) 통신으로 연결된다.

모션센서는 BOSCH사의 BMM150 지자기 센서(Geomagnetic Sensor)를 사용하였으며[7], 3축 자이로스코프(Gyroscope), 3축 가속도계(Accelerometer), 3축 자력계(Magnetometer) 기능을 포함하고 있다. 자이로 데이터인 롤(roll), 피치(pitch), 요(yaw) 데이터와 가속도데이터, 그리고 지자기데이터를 활용하여 방향데이터를 획득한다.

광학식 PPG(Photo-Plethysmography)센서는 ACP2702 PWM 발생칩을 포함하는 소형 칩LED(ChipLED) 표면 실장 패키지로 구성하였다.

GPS는 SKYLAB사의 SKG09BL 제품을 사용하였다[8]. GPS는 UART 통신 타입의 소형 GPS 모듈이며, 안테나 내

장형이고, GPS 데이터를 MCU에 직접 전달하도록 구현하였다.

시스템구성을 위한 전원부는 CX9058A 칩을 사용하였으며 내장 타입으로 배터리 충전부를 구성하였고, 입력전원은 3.7V로 설계하여 반영하였다.

전체적으로 웨어러블 디바이스는 해상환경을 고려한 내부식성, 방수성 등을 고려한 하드웨어 선정이 필요하다. 따라서 웨어러블 디바이스 시스템의 표면 재질은 스테인레스 스틸 및 실리콘이며, 배터리는 평균 세일링 시간을 기준으로 72시간 수명 용량을 가졌으며, 방수는 IP67 기준을 적용하였다. 무게는 50g 이하를 목표로 설계 및 제작하였다.

2.2.2 웨어러블 디바이스 디자인

Figure 3은 웨어러블 디바이스의 3D 컨셉 디자인으로 웨어러블 디바이스의 외형은 초기 개발의 편의성을 감안하여 사각형 형태의 디자인으로 선택하였다. 세부적으로 LCD를 통해서 시간 및 멀티센서 데이터가 확인 가능하도록 전면부를 디자인하였고, 후면부는 심박 측정이 가능하도록 설계하였다.

시제품 제작을 위하여 Figure 4는 대상 웨어러블 디바이스 케이스 설계 도면으로 컨셉 디자인을 바탕으로 웨어러블 디바이스의 3D 모델을 수행하였다. 이를 통하여 시제품 제작을 위한 세부적인 외형, 치수, 소재 검토를 수행하였다.

Figure 5는 해양레저용 웨어러블 디바이스 시제품의 PCB ARTWORK 거버 파일이다. 거버는 총 4층 기판으로 설계하였으며, 순서대로 Top, Bottom, Power side, Ground side, Top overlay, Bottom overlay를 표현하였다.



Figure 3: Wearable Device Concept Design

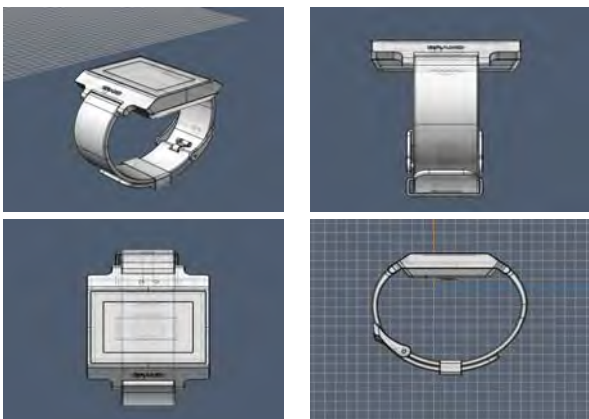


Figure 4: Wearable Device Case 3D Modeling

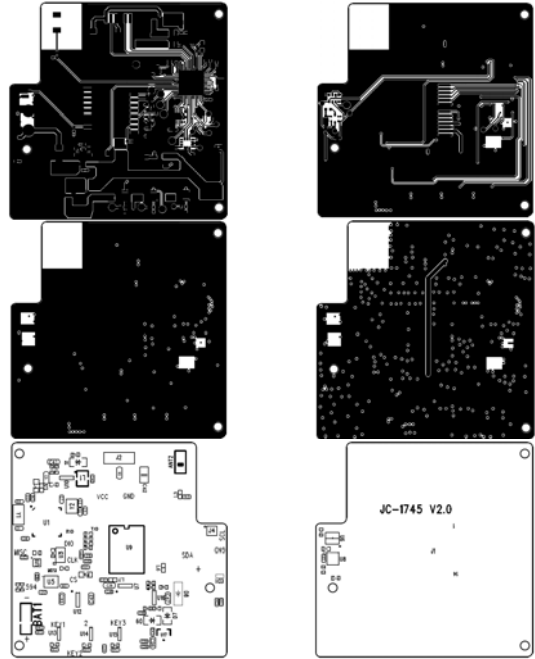


Figure 5: Wearable Device Layout

2.2.3 웨어러블 디바이스 설계 및 구현

웨어러블 디바이스는 멀티 센서 설치 최적화, 사용자 편의, 해상환경에서의 사용성, 디바이스에 부가된 동작 기능의 신뢰성 등을 고려하여 설계에 반영하기 위해 노력하였다. 또한, 해상에서 사용자에게 필요한 정보를 제공하기 위한 환경 센서, 해상에서 충분한 동작 시간을 확보하기 위한 배터리, 외부 충격에서 디바이스를 보호하기 위한 견고한 외장을 모두 포함하는 웨어러블 디바이스를 구현하고자 하였다.

Figure 6는 해상환경에서 사용하기 위해 개발내용을 기반으로 디바이스를 설계한 해양레저용 웨어러블 디바이스의 실제 시제품으로 디바이스의 내부 모습을 나타낸다. 구현된 웨어러블 디바이스는 Main MCU와 센서 및 외부장치를 하나의 보드에 실장 시킨 On-board type의 디바이스로 제작하였다. 커넥터 및 파트 부품 및 반드시 분리가 필요한 파트만 분리하여 제작하였다.



Figure 6: Wearable Device Prototype



Figure 7: Wearable Device Assembly

3. 멀티센서 기반 항해용 어플리케이션

3.1 멀티센서 기반 항해용 어플리케이션 구성

멀티센서 기반의 웨어러블 디바이스를 이용한 항해용 어플리케이션을 구현을 위하여 선정된 GPS센서, 모션센서, 온·습도센서, 기압센서, 심박수센서를 통해 데이터를 수집하고, 수집된 데이터는 안드로이드 기반의 휴대기기인 스마트폰으로 전송되어 위치데이터, 방향데이터, 온·습도 데이터, 기압데이터, 심박수 데이터를 관리가 가능한 어플리케이션을 목표로 하였다. **Figure 8**은 멀티센서 기반 항해용 어플리케이션 서비스 구성도를 나타낸다. 어플리케이션은 웨어러블 디바이스 세부적인 센서, 디바이스, 데이터의 저장 및 분석 등에 항목으로 구성하였다.



Figure 8: Application Service

3.2 멀티센서 기반 항해용 어플리케이션 구현

Figure 9은 멀티센서 기반 웨어러블 디바이스의 항해용 어플리케이션 스마트폰 페이지를 나타낸다. 어플리케이션의 페이지에는 웨어러블 디바이스에서 전송되는 멀티센서 개별 데이터를 요약하여 사용자에게 제공하게 된다.

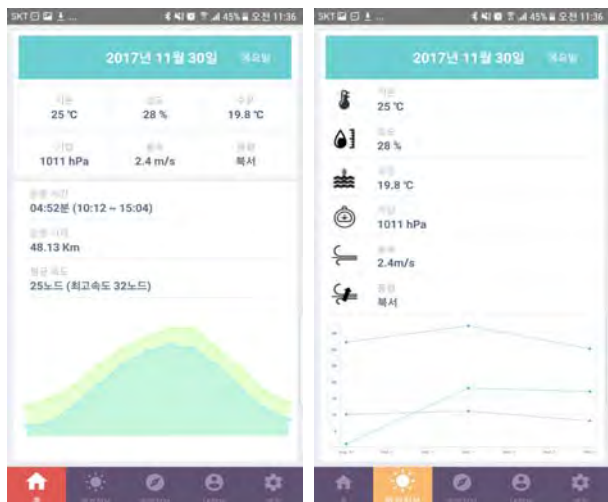


Figure 9: Smart Phone Application Page of Main and Environmental Information

기온, 습도, 기압, 심박 등 웨어러블 디바이스 센서에서 전송되는 데이터를 표기하고 하단의 그래프를 통해 각 세부 파트별 변화량을 손쉽게 확인 가능하게 하였다.

환경정보 탭을 통해 다양한 해양환경에 대한 데이터를 확인가능하며 온도, 습도, 기압 데이터를 통해 사용자의 시간대별 운항 상태정보를 수집/분석 가능하게 하였다. 웨어러블 디바이스 이외의 외부 기기 연결을 통해 풍향, 풍속 정보 데이터를 연계하면 정보 확인이 가능하다. 또한 각 항목에 대한 데이터 수집값을 그래프를 통해 확인 가능하다. 기압데이터는 해양환경에서 발생할 수 있는 급격한 날씨 변화를 감지하고 이를 사용자에게 알리기 위해 활용된다.

Figure 10은 운항정보와 심박수 정보를 나타내는 페이지이다. 운항정보 페이지를 통해 사용자의 GPS 위치, 이동방향, 이동속도, 평균속도, 최대속도 등 다양한 요트의 운항정보에 대하여 확인 가능하다. 시간대별 GPS 데이터를 구글 맵의 위치데이터와 매칭하여 요트의 실시간 이동 경로를 확인 및 분석할 수 있다. 또한, 외부와 연계된 자이로박스를 통해 선박의 시간대별 모션 데이터를 수집하고 이를 통해 선박의 제사 데이터 수집 및 분석이 가능하다.

내정보 페이지를 통해 사용자의 심박 상태를 확인할 수 있으며 사용자의 심박정보는 현재 심박수, 평균 심박수, 최대 심박수, 최저 심박수로 표시된다. 수집된 심박 데이터를 기반으로 사용자의 시간대별 심박 상태를 확인 가능하며 환경정보, 운항정보 등과 연계하여 해양환경, 운항환경 상황별 사용자의 심박수 데이터 분석이 가능하다.

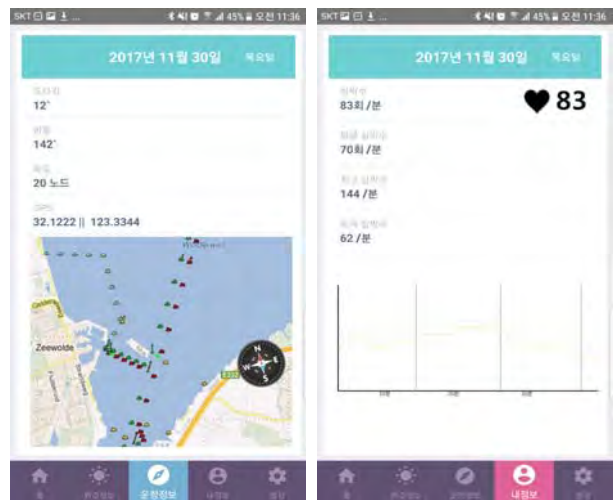


Figure 10: Navigation and Heart Rate Information Page

4. 기능 동작 시험

4.1 해양레저용 웨어러블 디바이스 동작 시험

멀티센서 기반의 해양레저용 웨어러블 디바이스에 대하여 구현 목적에 따른 동작에 대하여 기능 동작 시험을 수행하였다.

4.2 해양레저용 웨어러블 디바이스 기능 동작

Figure 11에 나타난 바와 같이 멀티센서 기반 해양레저용 웨어러블 디바이스는 사용자의 편의에 맞추어 디스플레이됨을 확인할 수 있었으며 기본적인 항해와 안전정보를 확

득할 수 있었다.

Figure 11 (a)는 일반 모드에서의 디스플레이이며, 디바이스가 슬립(Sleep) 모드에서 웨이크업(Wake up) 모드로 동작 시 나타나는 화면으로서, 날짜, 시간, 요일, 센서 가동 유무 등을 나타낸다.

Figure 11 (b)는 해양환경 정보 데이터를 표시하는 동작에 대한 검증을 나타내었고, 기압, 온도, 습도 데이터를 디스플레이 하고 있다.

Figure 11 (c)는 멀티 센서 기반 항해용 어플리케이션 중 위치정보인 GPS 데이터를 나타내고 있다.

Figure 11 (d)는 멀티센서 기반 항해용 어플리케이션 중 운항정보를 나타내고 있으며 방향 정보 데이터를 표시하고 있으며, **Figure 11 (e)**는 멀티센서 기반 항해용 어플리케이션 중 운항속도를 나타내고 있으며 세일링요트의 현재 속도를 나타내고 있다.

마지막으로 **Figure 11 (f)**는 멀티센서 기반 항해용 어플리케이션 중 사용자의 심박수 정보를 나타내고 있다.

개발된 제품 신뢰성을 위하여 개발된 제품에 대한 기존 제품과의 상대성능평가가 필요하다. 그러나 기존의 개발제품은 본 개발품에 사용된 동일한 제품군으로 비교평가를 대체할 수 있다. 따라서 본 개발품은 향후 해양 및 선박용 등의 관련 웨어러블 성능고도화를 위한 기초적인 비교대상 제품으로 활용될 것으로 판단된다.



Figure 11: Wearable Device Information

5. 결론 및 고찰

해양에서 활용할 수 있는 멀티센서 기반의 웨어러블 디바이스에 대한 시스템 개발 및 실제 시제품 제작을 통한 기능시험을 통하여 구현성을 확인하였다. 해양레저용 웨어

러블 디바이스는 웨어러블 디바이스의 단독 사용 및 안드로이드 기반 어플리케이션을 결합하여 사용할 수 있도록 개발되었다. 다수의 소형화된 환경센서와 위치센서를 활용하여 웨어러블 디바이스를 통해 여러 환경에서 손쉽게 사용자의 데이터를 기록하고 이를 활용할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어를 개발하였다.

구현된 디바이스는 실시간으로 입력되는 환경정보 데이터를 웨어러블 디바이스의 디스플레이를 통해 사용자에게 전달할 수 있도록 하고, 여러 센서의 데이터를 효율적으로 수집, 분석, 제곱함으로써 사용자의 위험 상황 인지 및 해양에서 발생할 수 있는 안전사고 예방 등에 활용이 가능할 것으로 판단된다. 또한 제안된 디바이스는 향후 다양한 목적의 해양용 웨어러블 제작시 사용자의 편의에 맞추어 디자인을 수정, 추가적인 외부환경(풍향풍속, 자이로센서 등)과의 연결을 통해 다양한 정보 제공용 디바이스개발에 활용이 가능할 것이다. 다만 이번 연구가 제품의 기능 구현 및 제연에 집중된 부분이 있으므로 향후 다양한 실증적 실험연구를 통해 관련 기술의 성능 고도화를 이루어야 할 것으로 판단된다.

후 기

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

Author Contributions

Conceptualization, Y. C. Ha; Methodology, Y. C. Ha; Investigation, C. W. Baek; Hardware, J. M. Park; Software, I. S. Lee; Validation, Y. C. Ha and J. M. Park; Formal Analysis, Y. C. Ha; Writing-Original Draft Preparation, Y. C. Ha and J. K. Seo; Writing-Review & Editing, J. K. Seo and B. J. Kim; Visualization, Y. C. Ha; Supervision, Y. C. Ha and J. K. Seo; Project Administration, Y. C. Ha; Funding Acquisition, Y. C. Ha.

References

- [1] B. S. Choi, S&T Market Report, Commercializations Promotion Agency for R&D Outcomes, vol. 26, Korea, 2015 (in Korean).
- [2] 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).
- [3] Y. Y. Kim and Y. J. Kim, Developing Policies for the Activity of the Leisure Boat, Korea Culture & Tourism Institute, Korea, 2012 (in Korean).
- [4] I. S. Shin, B. S. Kim, and Y. H. Yu, "Development

of a navigation safety support system,” Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 39, no. 3, pp. 261-267, 2015 (in Korean).

- [5] GARMIN, <https://www.garmin.com>, Accessed November 1, 2018
- [6] NORDIC SEMICONDUCTOR, nRF52832 Product Brief Version 2.0, <http://www.nordicsemi.com>, Accessed March 20, 2019.
- [7] BOSCH, BMM150 Geomagnetic Sensor Datasheet, <http://www.bosch-sensortec.com>, Accessed March 20, 2019.
- [8] SKYLAB, GPS Module Datasheet, <http://skylab.com.cn>, Accessed March 20, 2019.