

내수면 선박의 안전운항을 위한 스마트폰기반 어플리케이션 개발

Development of Smart Phone Application for the Safe Operation of Inland Vessels

조병완*, 이윤성*, 김도근*, 김정훈*, 김길용**
한양대학교 건설환경공학과*, ㈜지엠티**

Byung-Wan Jo(joycon@hanmail.net)*, Yun-Sung Lee(nikeshoo@nate.com)*,
Do-Keun Kim(dk76kim@nate.com)*, Jung-Hoon Kim(junghoon3301@hotmail.com)*,
Kil-Yong Kim(yonjjang@gmtc.kr)**

요약

최근 주 5일제 근무로 인한 여가시간 증가와 국민 소득수준의 향상으로 내수면에서의 레저 활동 및 관광인구가 증가함에 따라 내수면을 운항하는 선박과 레저장비는 지속적으로 증가할 전망이다. 이로 인해 내수면에서의 선박사고와 인명 사고 발생 가능성도 크게 높아지고 있다. 내수면에서 발생하는 선박의 안전사고를 미연에 방지하기 위해서는 선박의 항해정보와 위험상황 경고 및 긴급구조 지원시스템이 요구된다. 본 논문에서는 내수면에서 운항하는 선박 및 승객의 안전 확보를 위하여 현재 보급률이 우수한 스마트폰 기반의 운항도우미 어플리케이션을 개발하였다. 운항도우미 어플리케이션은 화면상에 내수면 전자해도와 자선 정보를 표시하고, 선박 사고 시 관제센터 및 주변 선박과 긴급구조 메시지를 송수신할 수 있는 기능을 지원한다. 이러한 운항도우미 어플리케이션을 구현하기 위해서는 내수면 전자해도의 구축이 필수적이다. 따라서 선박통행량과 거주인구가 가장 많은 한강(영등포, 광진구)일대를 대상으로 멀티빔 수심측량용을 통해 수치지형도를 작성하고, 이를 기반으로 전자해도를 제작하였다.

■ 중심어 : | 내수면 | 선박 | 안전사고 | 운항도우미 어플리케이션 | 전자해도 |

Abstract

Recently, due to the increment of national income and the living standard of citizens, the leisure business has been dramatically expanded. Among the business, inland water activities such as cruise tour or water taxi have drawn attention from the people. As more people come for a new pleasure, the frequency and the number of services continues to rise yet the safety of people values less recently. In fact, the number of relating accidents also has risen accordingly. In order to prevent such accidents in inland waters, the vessels' real time voyage data, the advanced warning system and the emergency rescuing system are required.

In this paper, we have developed navigation guiding application for safety of passengers and vessels in inland waters. Navigation guiding applications not only provide Inland Electronic Navigational Chart(IENC) and vessel information but also allows communication between traffic service center and nearby vessels in case of an emergency situation.

In order to implement Navigation guiding applications, developing Inland Electronic Navigational Chart was inevitable. Therefore, IENC of Han River, has developed based on measuring the water depth using multi-beam echo sounder system.

■ keyword : | Inland Water | Vessel | Accident | Navigation Guiding Applicaion | IENC |

I. 서론

우리나라는 국가하천 및 지방하천이 약 3800개소, 하천연장 약 3만 Km에 달하고, 지정학적으로 3면이 바다로 둘러싸여 있는 형태로 과거부터 활발한 수상 활동을 해오고 있다[1].

또한 최근 꾸준한 경제성장으로 국민 소득수준의 향상과 주 5일제 근무로 인한 생활의 선진화 및 4대강 정비 사업으로 강, 하천, 호수(댐) 등 내수면(Inland)에서의 레저 활동이 증가하고 있는 추세이다. 이와 더불어 내수면을 운항하는 선박과 승객, 레저장비 또한 지속적으로 증가하고 있다. 이에 따라 내수면에서의 선박사고와 인명 사고 발생 가능성도 크게 높아지고 있는 실정이다.

선박 사고는 그 특성상 수많은 인적·물적 피해를 동반하게 되는데, 실례로 1994년 충주호 유람선 화재사건의 경우 33명이 부상, 30명이 사망하는 대형 참사로 이어졌다. 2014년 295명의 사망자를 발생했던 세월호 참사의 경우에는 승객들이 위험상황을 제대로 인지하지 못한 채 선장의 부적절한 통제에만 의존해서 발생했던 인적재난으로서 이러한 인명피해를 예방하기 위해서는 승객들이 자신이 탑승한 선박의 항해정보와 사고 발생 시 주변 상황을 위험을 정확히 인지하여 효과적인 대응을 할 수 있는 장비가 필요하다[2].

현재 선박사고를 방지하기 위한 장비로는 세계적으로 전자해도표시정보시스템(ECDIS : Electronic Chart Display & Information)이 많이 사용되고 있으나, 고성능의 처리능력이 필요한 시스템 구축이 필요하며 숙련된 항해사가 아니면 사용이 어렵고, 선박의 승객들은 정보에 접근할 수 없다는 단점이 있다[3][4]. 또한 매우 고가의 장비로 주로 해상을 운항하는 선박용으로 개발되어 내수면 항해용으로 활용하기는 어려운 측면이 있다.

따라서 본 논문에서는 내수면 선박의 안전운항과 사고 발생 시 승객의 안전 확보를 위해 스마트폰 기반 운항도우미 어플리케이션을 개발하였다. 본 논문에서 개발한 운항도우미 어플리케이션은 내수면 및 인근 해안에서 사용가능하며, 항해사 및 선박의 승객들도 손쉽게 사용할 수 있도록 설계하였다. 운항도우미 어플리케이션

의 주요기능으로는 사고 발생 시 선박운행자와 승객이 위험상황에 효과적으로 대응할 수 있도록 사고 지점을 알려주고, 관제시스템과 주변 선박에 스마트폰을 통해 SOS 요청 메시지를 송수신할 수 있다. 또한 내수면 전자해도를 화면상에 표시하고 선박이 위험구역에 진입 시 스마트폰을 통해 경보메시지를 발송하여 예기치 못한 사고에 대비할 수 있도록 하였다. 이를 위해 국내 내수면 중 통행량이 많은 한강일대를 대상으로 멀티빔을 이용해 수심측량을 실시하고, 위험지역을 조사·분석하여 스마트폰과 같은 모바일 장치에서 사용가능한 내수면 전자해도(IENC)를 제작하였다.

II. 관련 연구 동향

1. 전자해도표시정보시스템

선박 안전 운항을 위한 기술은 1911년 1,500명 이상의 사망자를 발생한 타이타닉호 침몰사고를 계기로 해상에서의 선박사고를 방지하기 위해 꾸준히 발전되어 왔다[5]. 현재 세계적으로 선박의 사고를 예방하기 위한 장비로는 전자해도표시정보시스템을 주로 사용하고 있다. 전자해도표시정보시스템은 국제해사기구(IMO : International Maritime Organization)와 국제수로기구인 IHO(International Hydrographic Organization)에서 제정한 S-52의 규격에 맞춰 제작되며, 항해용 센서들과 연결되어 실시간으로 해도정보, 위치정보, 선박의 침로, 속력 등을 컴퓨터 스크린에 표시하는 항해 장비이다[6-9]. 이 시스템을 통해 항해자는 선박의 정확한 위치를 파악하여 최적항로를 선정하고, 좌초 및 선박충돌과 같은 대형 사고를 사전에 예방할 수 있다. 이러한 전자해도표시정보시스템에는 기본적으로 전자해도(ENC : Electronic Navigational Chart), GPS/DGPS, 레이더, 컴퍼스, 속력계로 구성된다. 이중 선박의 항해와 관련된 모든 해도정보를 표시하는 전자해도(ENC)는 국제수로기구(IHO)에서 제정한 디지털수로데이터의 국제표준 사양서인 S-57에 기반하여 제작된다[10][11]. 전자해

1 Specification for Chart Content and Display Aspects of ECDIS
2 IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data

도는 기본적으로 바다에서 운항되는 대형선박의 전자해도표시정보시스템에서 사용되기 위해 국제표준에 맞춰 개발된 것으로, 전자해도표시정보시스템으로 인증되지 못한 장비에는 적용이 어려운 실정이다[10].

2. 전자해도

국제협약³⁾이 존재하는 해상과 달리 내수면의 통항 규정은 각 나라별로 다르기 때문에 해상에서 사용 중인 전자해도를 일괄적으로 적용하여 사용하기는 어렵다[12]. 이러한 이유로 각 나라의 통항규정에 적합한 내수면 전자해도의 개발이 필요하다. 내수면 전자해도는 내수면을 통항하는 선박에서 사용되는 내수면 전자해도 표시시스템(Inland ECDIS)에 탑재하기 위한 목적으로 내용, 구조, 포맷 측면에서 표준화된 데이터베이스를 의미한다.

미국의 경우 미 육군 공병단(USACE)이 1999년 국가 운송 안전 위원회의 권고안에 따라 미국 내의 주요 내륙 수로 시스템을 위한 전자해도 제작과 적용을 촉진시키기 위한 프로젝트를 진행하였고, 최근까지 미국 내 8200마일의 내륙 수로 중 약 7000마일에 해당하는 내수면 전자해도의 제작을 완료하였다[13-15].

유럽의 경우 2002년 내수면 전자해도표시정보시스템 표준을 유럽 내륙 수로 시스템의 권고사항으로 채택하여 활용하고 있으며, 4000Km 이상을 포함하는 유럽 내수면 전자해도를 제작하였다[15-17].

국내의 경우 국립해양조사원에서 연안과 바다에 대하여 전자해도를 개발하고 있으며, 내수면 전자해도의 경우 국립해양조사원 해도 수로과 주관으로 2011년 수행한 해도제작 사업을 통해 경인 아라뱃길 및 부근해역에 대한 전자해도를 제작한 것이 유일하다[18][19]. 따라서 국내 내수면을 운항하는 유·도선의 안전운항을 위한 시스템을 구축하기 위해서는 국내 주요 내수면의 전자해도 제작 작업이 우선적으로 수행되어야 한다.

III. 내수면 전자해도 제작

1. 대상 지역 선정

국내의 내수면을 운항하는 선박은 2014년 기준1,352척(유선 1,292척, 도선 60척)으로, 한강, 충주호, 남이섬 등 휴양지가 많은 곳에 주로 분포되어 있었으며, 본 논문에서는 선박통행량과 거주인구가 가장 많은 한강(영등포, 광진구)일대를 대상으로 전자해도를 제작하였다[20]. 전자해도의 제작을 위해서는 기본적으로 수치지형도가 필요하며, 수치지형도 제작은 [표 1]과 같은 절차에 따라 수행하였다.

표 1. 수심측량 방법

구분	주요 내용
작업 계획	한강(영등포, 광진구) 수준점 확인
	사전 답사 및 조석 확인
	측량구역, 항적선 작성 및 측심 위치결정
현지 조사	DGPS에 의한 수상 위치점 측량 오차 보정
	음속단면 취득 및 보정, 표적관측
자료 처리	패치테스트 실시
	오측심 자료 수동, 자동 제거
	수층별 음속도 적용, 조석 보정 및 패치테스트
산출물 작성	각 센서별 거리 오차 보정 및 패치테스트 결과값 적용
	수심원도 및 항적도
	2-D 수치지형도
	음속자료, 수위자료

2. 장비 제원

본 논문에서는 한강(영등포, 광진구)일대의 정확한 측량을 위하여 해저지형 측량에서 주로 사용되는 멀티빔 음향측심기를 사용하였다. 멀티빔 음향측심기는 음원을 수신하는 송파기, 음파를 수신하는 수파기, 신호처리를 위한 처리시스템과 영상기 등으로 구성된다. 또한 수십 개 이상의 빔이 송수신되므로 음원발생기의 움직임을 추적하는 모션센서와 방위를 측정하는 자이로컴퍼스가 필요하다. [표 2-표 5]는 수심측량을 위해 사용한 주요 장비의 제원을 나타낸다.

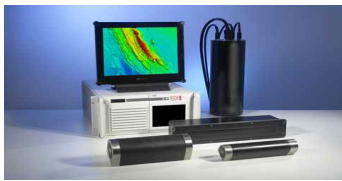
3 COLREG(Convention on the International Regulation for Preventing Collisions at Sea) : 국제해상충돌예방규칙협약으로 해상교통의 안전을 도모하기 위해 항행방법, 충돌회피 등을 규정하고 있다.

표 2. 인공위성위치측정기(DGPS)



구분	주요 내용
모델	Hiper -Ga/Gb
제작회사	일본 Topcon
Satellite Receiving Channel	40 Channel
Tracking Code	P-Code, Full Code & Carrier
Static Surveying	3mm+0.5ppm (수평) 5mm+0.5ppm (수직)

표 3. 멀티빔 음향측심기



구분	주요 내용
제작회사	미국 Reson Incorporation
주파수	400 KHz
빔 수	256개
최대 수심측정	300m
해상도	0.5cm
전체/빔별 각도	128° / 0.5°
자료취득 SW	PDS2000 TM
자료취득 SW	Caris Hips & Sips TM

표 4. 모션센서 및 자이로컴퍼스



구분	주요 내용
제작회사	Ixsea & Oceano
기종	Octans TM
출력 주파수	0.001~300Hz
정확도	Heading : 0.1° Roll & Pitch : 0.01°
작동온도	-40°C~80°C
무게	4.5Kg
전원	24V DC / 12W

표 5. 음속측정기



구분	주요 내용
제작회사	Reson Incorporation
측정음속범위	1,350~1,600m/s
주파수	2Mhz
정확도	±0.25m/s
해상도	0.1m/s
메모리 용량	SVP-70(6,000 Measurements) SVP-15(400 Measurements)
작동 온도	0~45°C
Depth Range	SVP-70(10m) SVP-15(200m / 0.5m Steps)
전원	SVP-70(24V DC / 120mA) SVP-15(24V DC / 1W)

3. 대상지역 현장 조사



그림 1. 위치도1(영등포)



그림 2. 위치도2(광진구)

[그림 1][그림 2]는 내수면 전자해도 제작을 위해 선정한 한강(영등포, 광진구)일대의 위치도를 나타내며, [표 6]은 측량을 위해 조사한 대상 구역의 국가수준점

이다.

표 6. 수심 측량 지역 국가수준점

지역	수준점 번호	높이	경도	위도
영등포 지역	11-02-05-01	15m	126도 54분 24초	37도 31분 59초
광진구 지역	08-04-21-02	37m	127도 03분 26초	37도 31분 08초

4. 수심측량

각 지역의 수준점을 확인 한 뒤 수심을 측량하기 위하여 선박에 장착한 측량장치에서 256개의 빔을 0.5° 각도로 총 128° 범위에 부채꼴 형태로 발진하였다. 수심자료는 빔의 왕복시간과 수중 음속을 보정하여 자료 취득 프로그램인 PDS2000TM을 통하여 취득하였다. [그림 3]은 멀티빔 수심측량 모식도와 측량 범위를 나타내고, [그림 4]는 PDS2000TM의 구현모습이다.

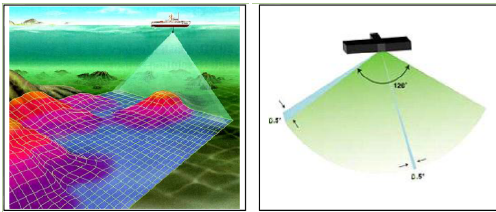


그림 3. 멀티빔 수심측량 모식도

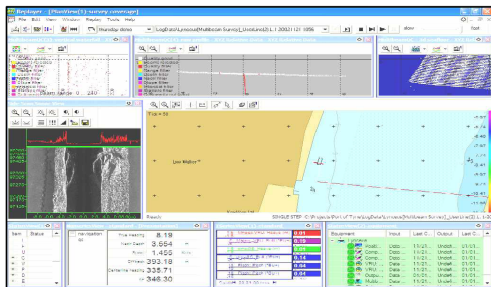


그림 4. PDS2000TM

4.1 패치테스트(Patch test)

패치테스트는 최초 장비가 설치되는 조사선에 대해서 실시하는 캘리브레이션의 일종으로 특정 해저면에서 얻어진 두 수심자료를 비교하여 수심자료의 오차가 최소가 되는 소나헤드의 오프셋 각도를 구하기 위한 측심 과정이다. 이러한 패치테스트는 [표 7][21]과 같이 Roll, Pitch, Yaw 및 Latency를 보정하기 위하여 특정 지역에서 연장이 300m~500m인 라인을 중첩하여 실시

한다.

표 7. 패치테스트 실행방법

구분	주요내용
ROLL	 깊고 평탄한 해저면인 곳에서 서로 다른 방향, 같은 속도로 조사
LATENCY	 경사지거나 퇴(bank)지역에서 같은 방향, 다른 속도(약 2배)로 조사
PITCH	 경사지거나 퇴(bank)지역에서 다른 방향, 같은 속도로 조사
YAW	 특정물체가 있는 해저면이나 퇴(bank)지역에서 다른 방향, 같은 속도로 수심의 두 배 간격으로 조사

본 조사해역은 대조차 환경임을 고려하여 최단 시간, 동일한 해상 조건 및 조위 조건하에서 패치테스트를 수행하였다. 선박의 움직임에 대해서 시스템 보정을 위한 3성분의 지향각(Pitch, Roll, Yaw)과 Latency의 값은 조사선에 부착되는 각 센서의 위치에 따라 큰 영향을 받으므로 각 센서의 오프셋을 측정하여 패치테스트에 반영하였다[그림 5][그림 6].

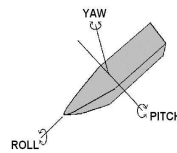


그림 5. 선박 3성분 지향각

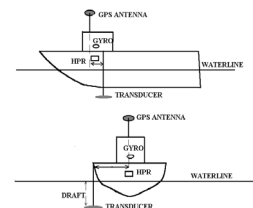


그림 6. 센서 옵셋

4.2 음속도 측정

수심은 음파가 해저면에 도달한 후 되돌아오는 시간을 환산하여 계산한다. 수중 음파속도는 일반적으로 1,400~1,600m/s 사이의 값을 갖으며, 수온과 염분에 의해 영향을 받는다. 따라서 정확한 수심을 계산하기 위해서 모든 음향측심기는 반드시 음속도를 보정해야 하

며 염분과 수온, 수압 등을 고려한 음속단면측정기(SVP-15)에 의해 계산된다[그림 7]. 음향 측심기의 기계적 오차 및 수중 음속도의 변화 등에 의해 야기되는 측량 오차를 측정하기 위해 수층음속단면을 취득하였으며, 가능한 한 측심 해역의 최심부에서 수행하였다.

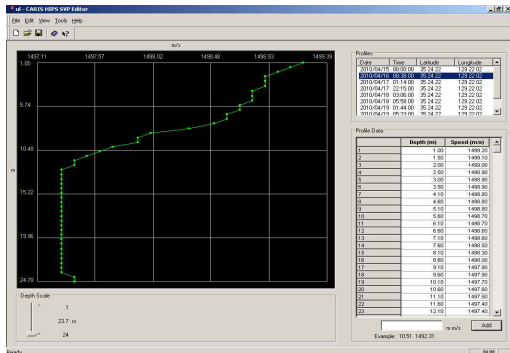


그림 7. 음속도 프로파일

4.3 자료처리

멀티빔음향측심의 원 자료는 PDS2000에서 정의하고 있는 PDS포맷 형식으로 저장되며, 수심자료 이외에 후방산란에 의한 음압(Side scan)자료도 함께 포함된다. [그림 8]은 멀티빔 자료처리 흐름도를 나타낸다.

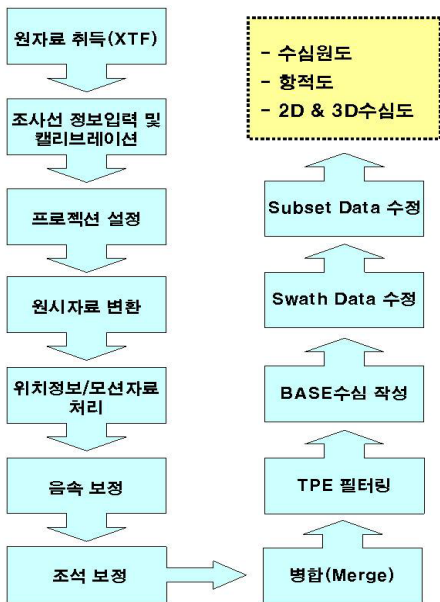


그림 8. 자료처리 순서도

4.3.1 조사선 정보입력

조사선의 정보입력은 조사선의 무게중심(Reference Point)을 기준으로 트랜스듀서를 포함한 각 센서(DGPS, 모션센서, Gyro, 송수파기)의 오프셋(Offset)을 하나의 파일로 만드는 과정이다. 이러한 오프셋 거리는 조사선의 선수방향을 전면으로 위치하였을 때 좌우방향 이 X축, 전후방향이 Y축, 상하방향이 Z축을 의미하며, 각 축은 거리기준을 중심으로 각각 음과 양의 부호를 나타낸다. X축은 우측, Y축은 전면, Z축은 아랫방향이 양(+)수로 정의한다. 이러한 정보는 멀티빔 자료처리 시 기본이 되는 정보이며, 하나의 파일(Hips Vessel Editor)로 만들어져 각 파일에서 수심정보의 기준면을 설정하게 된다[그림 9]. 또한 이 파일의 이름은 프로젝트 설정 시 동일하게 적용되어 최상위 폴더를 구성한다.

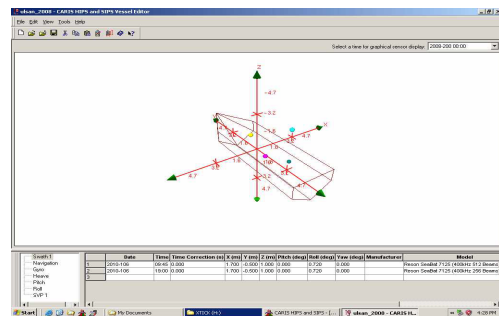


그림 9. 센서오프셋을 포함한 Vessel Editor작성

4.3.2 위치(Navigation) 및 모션자료(Attitude) 처리

위치자료보정은 조사선 속도(Speed), 거리(Distance) 및 진행방향(Course)에 대한 오측자료를 제거하는 과정이다. 조사선의 속도는 3~8 knots의 범위로 설정하여 필터링하였으며, 거리와 진행방향자료의 처리는 연속된 자료 내에서 발생하는 이상변위 값을 선택하여 제거하였다.

모션자료보정은 Roll(°), Pitch(°), Heave(m)의 연속된 값에 대하여 오측자료가 발생할 때 이를 제거하는 과정이다. 모션자료에 대한 필터링 설정은 연속된 자료에서 Roll과 Pitch는 0.5°, Heave 0.6 m 이상의 값이 발생할 때 이를 필터링 후 자료를 연결하였다.

4.3.3 수위 및 음속 보정

취득된 시간의 조위 자료와 수층의 음속 단면자료는 수심의 기준면과 오차를 최소화하기 위한 기본 자료이다. 특히 조위자료는 조석간만의 차가 큰 지역에서는 수심 오차의 최대원인으로 작용할 수 있다. 따라서 조석파일 산정에 정확성을 도모하였으며, 조석보정을 위해 생성된 자료는 10분 간격의 조석자료를 *.TID형식으로 변환하여 Caris Hips에 적용하였다.

4.3.4 오측심 수동(자동) 제거

오측심에 대한 보정은 수심의 범위, 빔 각도, 빔의 질 (Poor, Low, Bad Quality) 등에 따른 수심 자료를 자동 및 수동으로 제거하는 방법을 사용한다. 오측심 수동 제거는 Swath Data 수정 및 Subset Data 수정으로 나뉜다. Swath Data 수정 [그림 10]은 해저면의 측면과 후면에서 보았을 때 현저하게 차이가 나는 수심 자료를 제거하는 과정이며, Subset Data 수정[그림 11]은 해저 지형을 면으로 잘라서 현저한 수심자료를 제거하는 과정이다.

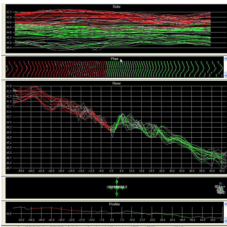


그림 10. Swath Editor

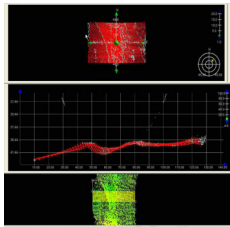


그림 11. Subset Editor

4.3.5 자료 구현

Caris HipsTM는 자료처리를 거쳐 생성된 수심을 XYZ파일, 2-D이미지 및 CARIS map으로 변환하여 생성할 수 있다. 본 조사에서 수심의 최종결과물은 'HIPS to ASCII'를 이용하여 처리가 완료된 자료를 XYZ(*.xyz) 파일로 생성하였다. 생성된 파일은 Hypack MaxTM에서 도면생성용 수심자료로 변환하였으며, Auto CadTM를 통하여 횡단도면으로 출력하였다. 또한 최종 처리된 XYZ자료는 FledermausTM에서 수심범위에 따라 각각의 픽셀로 표현되는 2-D 수심도를 작성하였다[그림

12][그림 13].

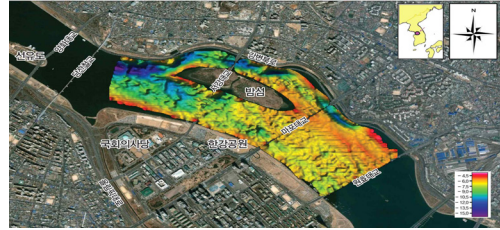


그림 12. 영등포 일대 수심도

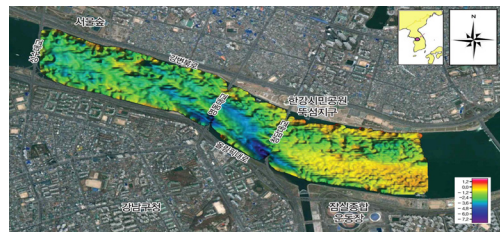


그림 13. 광진구 일대 수심도

본 논문에서 측량한 영등포 일대의 수심 분포는 -3.5 ~ -16.0m(WL 하)의 범위를 나타냈다. 밤섬과 안선인 강변북로를 사이로 유속의 영향에 의한 것으로 사료되는 깊은 골 모양의 지형이 나타났으며, 당산철교까지 이어져 조사구역에서 가장 깊은 수심을 형성하였다. 원효대교에서 밤섬까지는 -6.0m내외의 완만한 수심을 보이고 있었고, 서강대교에서 한강 하류쪽까지 수심이 깊어지는 경향이 나타났다. 광진구 일대의 수심분포는 2.3 ~ -7.3(MSL)의 범위에서 형성됐다. 잠실종합운동장부근으로 곡류에 의한 퇴적물의 영향으로 판단되는 낮은 수심을 형성하고 있으며, 안선인 올림픽대교를 따라 영등대교 부근까지 깊은 수심의 골 형태의 지형이 나타났다.

5. 위험지역 조사 및 데이터베이스 구축

5.1 위험지역 조사

해수면과 달리 내수면은 하천 바닥 공사, 인공 구조물의 설치 등으로 운항에 위험을 미치는 구역이 다수 존재하게 된다. 따라서 수심측량 후 제작되는 전자해도에는 위험지역의 표출이 필요하며, 본 논문에서는 소방

방재청과 협조하여 대상구역 수난구조대 인터뷰를 통하여 위험지역을 조사하였다.

표 8. 영등포 일대 위험지역

순번	위치	비고
1	성산대교 북단 둔치 3번째 통로	저수심지역으로 지휘정 선저 접촉
2	성산대교 남단 하류 약 50m지점	콘크리트 구조물 지역
3	가양대교 북단, 방화대교 북단 지역	어망 및 부위 존재 저수심 지역
4	행주대교 교각	교각 우물통 존재
5	양화대교와 선유교 중간부분	수중 콘크리트 관로 존재
6	선유도 직상류 50m지점	암초 지역
7	당산철교중간 북단	저수심 지역
8	당산철교 남단상류 택시승강장 200미터구간	2011년도 여름 홍수로 퇴적층 형성
9	서강대교남단 첫 번째 교각 상류200m 구간	2011년도 여름 홍수로 퇴적층 형성
10	동작대교 북단 첫번째 교각 둔치사이	저수심 및 각족 암석 지역
11	동작대교 북단 주운수로 상행선 옆 교각	철재 구조물 수중 존재
12	발성하류	퇴적층이 형성된 저수심 지역
13	여의도하류 서울요트마리나	풍수해시 피항지로 저수심 지역
14	한강철교북단 하류 ~ 마포대교북단 하류	저수심 지역
15	여의도상류 저수부지 ~ 한강철교남단	저수심 지역
16	동작대교남단 인공섬 입구 ~ 반포대교 남단	저수심 지역

표 9. 광진구 일대 위험지역

순번	위치	비고
1	잠실 수중보 앞	암석 40m 이상 존재
2	잠실 윈드서핑장 우측 끝단 약 100m 지점	가스파이프 매설
3	잠실 수상택시 승강장 앞 약 100m지점	가스파이프 매설
4	자연학습장 앞 약 200m 이격 지점	수상 구조물
5	스크린분수 주변 해상	수중 구조물
6	청담대교 남단 ~ 탄천 입구	저수심 지역
7	영동대교남단 ~ 청담대교 약 200m 지점	다수의 바위 존재
8	동호대교 항행구역을 제외한 구역	저수심 지역
9	동호대교 남단 4~5번 교각	교각 사이 장애물
10	한남대교 남단 하류방향 약 350m 부근	수중물체 존재

영등포는 강서구 개화동에서 반포대교까지 22.1km 구간을 조사하였으며, 조사결과는 [표 8]과 같다. 광진구는 강동구 상일동에서 반포대교까지 19.4km 구간을 조사하였으며, 조사결과는 [표 9]와 같다.

5.2 위험지역 데이터베이스 구축

기 조사된 위험 지역의 위치 및 범위, 위험정보 등을 운행도우미 어플리케이션에서 사용하기 위해서는 디지털 데이터로 변환이 필요하다. 본 논문에서는 기 조사된 위험 지역을 수치화 하여 디지털 데이터로 저장하기 위해 [표 10]과 같이 데이터 구조를 정의 하였다.

표 10. 위험지역 데이터 구조 정의(영역 기본)

컬럼명	이름	자료형
AM_ID	객체번호	VARCHAR2(30)
AM_NM	객체명	VARCHAR2(50)
AM_FIGURE_AT	객체종류	VARCHAR2(1)
AM_CENTER_LAT	중심점위도	NUMBER(8,6)
AM_CENTER_LONG	중심점경도	NUMBER(9,6)
AM_ANGLE	회전각도	FLOAT
AM_FONT_NM	폰트명	VARCHAR2(30)
AM_FONT_CL	폰트칼라	INTEGER
AM_FONT_ST	폰트스타일	INTEGER
AM_FONT_SZ	폰트사이즈	INTEGER
AM_PEN_AP	펜알파	INTEGER
AM_PEN_CL	펜칼라	INTEGER
AM_PEN_WD	펜굵이	INTEGER
AM_PEN_ST	펜스타일	INTEGER
AM_BRUSH_AP	브러쉬 투명도	INTEGER
AM_BRUSH_CL	브러쉬 색상	INTEGER
AM_BRUSH_ST	브러쉬 스타일	INTEGER
AM_BRUSH_FL	브러쉬 채우기	INTEGER
AM_BRUSH_TP	투명도	VARCHAR2(1)
AM_IMAGE	이미지	BLOB
AM_IMAGE_WD	이미지넓이	INTEGER
AM_IMAGE_HG	이미지높이	INTEGER

[표 10]의 영역 기본 테이블에 있는 하나의 영역은 그 영역 고유의 ID와 이름, 색상 정보를 가지고 있으며, 각 영역의 폴리곤 꼭지점에 해당하는 [표 11]의 영역 상세 테이블과 관계를 가지게 된다.

표 11. 위험지역 데이터 구조 정의(영역 상세)

컬럼명	이름	자료형
AM_ID	객체번호	VARCHAR2(30)
AD_ID	일련번호	INTEGER
AD_LAT	위도	NUMBER(8,6)
AD_LONG	경도	NUMBER(9,6)
AD_HIDDEN	감추기 여부	VARCHAR2(1)

위험지역의 경우 위와 같이 수치화하여 저장되며, 전자해도 상에 표출 할 수 있도록 [표 12]와 같이 디지털화되어 데이터베이스에 구축된다.

표 11. 위험지역의 DB구축 샘플

이름	값
Area Index	1
Vertex Count	6
Vertex Latitude	207154.41
Vertex Longitude	546611.40
...	6회 반복 저장
Area Color	0 (비어있음)
Area Shape	0 (비어있음)
Edge Color	0000FF (청색)
Edge Shape	1 (점선)
Area Name	"저수심 지역"(문자열)

IV. 운항도우미 어플리케이션 개발

1. 요구사항 분석 및 주요기능 도출

내수면 선박의 안전운항을 위한 운항도우미 어플리케이션 개발에 앞서 내수면 선박의 항해사와 승객, 국내 각 지역 수난구조대, 그리고 우리나라에서 유일하게 내수면 관제를 목적으로 만들어진 경인 아라뱃길 VTS 센터를 방문하여 운항도우미 어플리케이션에 필요한 기능 요구사항에 대해 조사하였다.

조사결과, 현재 수난구조대의 선박 및 내수면에서 운항하는 대부분의 여객선에 설치되어 있는 지도기반 통신장비는 육상지도 이외의 내수면에 대한 상세 정보가 제공되지 않아, 내수면의 수신 및 위험지역에 대한 표시 기능에 대한 요구사항이 있었다. 또한 조난사고 발생 시 지역 주민의 경우 정확한 위치 전달이 가능하나 외부 레저객들 또는 관광객의 경우 위치 전달이 힘들기 때문에 긴급구조 요청을 위한 SOS기능을 지원하면 유용할 것이라는 의견이 있었다. [표 12]는 본 논문에서 조사한 주요 기능 요구사항을 나타낸다.

표 12. 주요 요구사항

순번	주요 요구사항
1	내수면 상세 지도 표시 필요
2	긴급 구조 요청을 위한 SOS 기능
3	보급을 위한 저가형 시스템
4	익수 사고 발생 시 신속한 구조를 위한 효율적인 위치보고 기능
5	내수면의 위험지역에 대한 표시기능
6	최근 사용자에게 익숙한 터치 스크린 지원
7	무동력선박 대상으로 안전기능 제공
8	야간에도 안전운항 할 수 있는 기능 지원

위에서 조사한 실무자와 전문가의 요구사항을 수렴하고, 국내외 선진사례를 분석하여 운항도우미 어플리케이션에 적용할 주요기능을 [표 13]과 같이 도출하였다.

표 13. 주요기능 도출

순번	기능사항	주요내용
1	내수면 전자해도 표시	-내수면 전자해도에 수심 및 위험지역을 표시 -터치 입력을 통한 화면 이동 및 축척 변경
2	자선 정보표출	-선박의 기본정보(선명, 선장연락처 등) 표시 -선박의 위치와 운항정보(속력, 방향) 표시
3	SOS 전송	조난사고(익수, 충돌, 좌초, 기타) 발생 시 SOS 요청
4	SOS 수신	주변 선박의 SOS 요청 메시지 수신 및 사고지점 표시
5	위험구역 진입 경보	위험 구역 진입 시 알람 표시

2. 주요기능 정의 및 설계

스마트폰에 익숙하지 않은 사용자도 편리하게 사용할 수 있도록, 사용자의 입력 사항을 최소화하고 사용이 편리한 GUI(Graphic User Interface) 환경으로 설계하여 사용자 편의성을 향상시켰다.

사고발생시 위치기반 구조요청을 할 수 있는 SOS기능과 주변에서 구조 요청 시 사고지점을 지도에 표시하여 긴급구조를 할 수 있는 기능을 우선적으로 적용하였다. 또한 육상에 설치된 관제시스템으로부터 송신된 안전관련 단문자 정보를 수신할 수 있도록 설계하였다.

스마트폰 어플리케이션의 경우 3G 또는 LTE를 통한 통신방식을 사용하기 때문에 AIS 장비를 장착한 타선박과 통신에 제한적이고 위치정보에 대한 보안 문제로 인해 타선 정보는 표시를 하지 않되 주변 선박의 구조 신호 요청에 따른 사고지점은 화면에 표시를 하여 구조를 할 수 있도록 하였다.

마지막으로 본 논문에서 개발한 운항도우미 어플리케이션은 화면상에 선박의 위치를 표시하여 내수면 전자해도에 표시된 수심정보와 위험구역 정보를 바탕으로 안전운항을 할 수 있도록 기능을 제공한다. [표 14]는 운항도우미 어플리케이션에 적용된 주요기능을 나타낸다.

표 14. 주요기능 정의

ID	기능사항	주요내용
SMT-01	전자해도 제어	전자해도 표시 및 확대/축소 이동
SMT-02	자선 정보표출	자선 위치 수신정보표출
SMT-03	타선 정보표출	타선 선택 시 수신정보표출
SMT-04	전자해도 설정	전자해도객체설정(상세, 표준, 기본) 및 화면설정(아간, 새벽, 주간)
SMT-05	타켓 설정	자선 및 선종별 표출정보설정
SMT-06	충돌분석관리	충돌 분석 정보를 설정
SMT-07	항로이탈관리	항로입력 및 분석항로지정
SMT-08	위험영역관리	위험영역목록관리 및 분석여부설정
SMT-09	단문자관리	단문자 입력 및 전송
SMT-10	SOS 전송	SOS 입력 및 전송
SMT-11	항적관리	항적을 조회하고 표출
SMT-12	SOS 수신	알람창 표출 및 지점 표출
SMT-13	단문자 수신	알람창 표출
SMT-14	위험구역 진입 수신	알람창 표출
SMT-15	수심정보 수신	알람창 표출하고 수심영역 표출
SMT-16	충돌 알람창 표출 메시지 전송	충돌 분석하여 충돌 예측 시 알람창을 표출하고 메시지 전송
SMT-17	항로이탈 알람창 표출 메시지 전송	항로이탈 분석하여 이탈 시 알람창을 표출하고 메시지 전송
SMT-18	위험구역진입 알람창 표출 메시지 전송	위험구역진입 분석하여 진입 시 알람창을 표출하고 메시지 전송
SMT-19	선박관리	수신 선박 목록 현황 조회
SMT-20	편집	마크 및 편집 객체 삽입

3. 주요 서비스 시나리오

3.1 내수면 전자해도 표시

스마트폰과 같은 모바일 장치에서 운항도우미어플리케이션을 실행하면 [그림 14]와 같이 내수면 전자해도와 선박의 위치를 표시하고 이동방향에 따라 지도가 회전하게 된다.



그림 14. 내수면 전자해도 및 선박 위치 표시

3.2 긴급구조 요청

조난, 익수, 충돌, 좌초와 같은 사고 발생 시 화면 왼쪽 상단에 있는 SOS버튼을 눌러 구조대에 신속하게 신고할 수 있다[그림 15].



그림 15. 긴급구조 요청

3.3 위험구역 진입 경보

선박이 위험구역에 진입하면 [그림 16]과 같이 안전경보 메시지를 발령하여 사고를 미연에 방지하고, 돌발 상황에 대비할 수 있도록 한다.

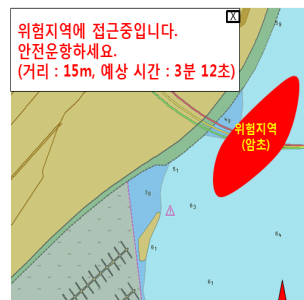


그림 16. 위험구역 진입 경보 메시지

V. 현장적용 및 성능평가

본 연구에서는 개발된 운행도우미 어플리케이션의 성능을 검증하기 위해 내수면지도를 작성한 구역을 대상으로 현장 적용성 평가를 수행하였다.



그림 17. 현장적용 및 성능평가

현장 적용성 평가는 소형 모터보트를 대상으로 내수면 지도 표출과 항해 안내, 위험구역 진입 시 경고 알람 기능 및 긴급 상황 발생 시 신속한 SOS구조메시지 전송 기능이 효과적으로 구현되는지에 중점을 두었다. 우선 내수면 지도 표출기능의 경우 [그림 18]과 같이 스마트폰 상에서 등록된 내수면 지도가 제대로 표출되었음을 확인하였다.

선박의 긴급구조 요청 및 위험구역 진입 경고 시스템 검증을 위해 전자해도상 주황색으로 표시된 위험구역으로 [그림 19]와 같이 진입하였다. 선박이 위험구역에 진입하였을 경우, 스마트폰 어플리케이션 상에 진입 경고 메시지가 제대로 작동하는지 확인하였다. 또한 조난 사고를 가정 하에, 어플리케이션을 이용해 [그림 20]과 같이 구조 요청을 실시하였고, 이러한 현장적용 실험을 통해 성능을 검증하였다.



그림 18. 실 지형과 전자해도 비교



그림 19. 위험구역 진입 시 경고 메시지

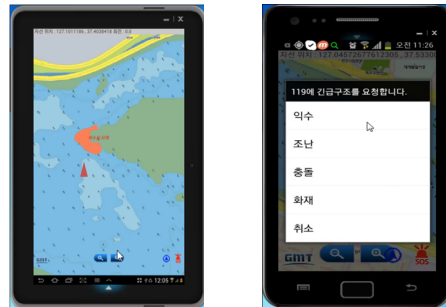


그림 20. 조난사고 발생 시 SOS요청

VI. 결론

본 논문에서는 국내에 유일한 전자해도인 경인 아라뱃길외에 한강(영등포 일대, 광진구 일대)지역에 대한 내수면 전자해도를 제작하고, 내수면 선박의 안전운항과 사고발생 시 긴급구조를 위해 항해사와 승객 모두가 이용할 수 있는 스마트폰 기반 운행도우미 어플리케이션을 개발하였으며, 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

국내의 내수면 운항 선박현황을 조사한 결과 2014년 기준 1,352척(유선 1,292척, 도선 60척)으로 조사되었으며, 주로 한강, 충주호, 남이섬 등 휴양지가 많은 곳에 분포되어 있다. 국내 내수면 전자해도 제작현황을 보면, 국립해양조사원주관으로 2011년 제작된 경인 아라뱃길 및 부근해역에 대한 전자해도가 유일한 것으로 조사되었다.

따라서 본 논문에서는 운행도우미 어플리케이션 개발을 위해 한강(영등포, 광진구)일대를 대상으로 멀티빔 수심측량을 수행하여, 측량수심데이터를 기반으로

전자해도를 제작하였다. 우선, 멀티빔 수심측량을 통해 영등포 지역 9개 도엽과 광진구 지역 10개 도엽의 수심 정보를 구축하였고, 자체보유하고 있는 안전 부근의 구조물 및 지형지물(건물, 도로, 교량, 선착장, 공원지구)의 형태 및 명칭을 추가로 구축 하였다. 추가적으로 선박 운항구간 내 위험 지역의 위치 및 범위, 위험정보 등을 전자해도 상에 표시하기 위하여 영등포 일대 강서구 개화동에서 반포대교까지 22.1km 구간과 광진구 일대 강동구 상일동에서 반포대교까지 19.4km 구간을 조사하였다. 조사결과 총 26개의 위험지역(영등포 일대 16개, 광진구 일대 10개)을 파악하였고, 데이터베이스를 구축 하였다.

국내의 내수면 운항 선박 실무자와 대상지역 수난구조대 전문가의 기능 요구사항을 수렴하고, 선박 사고 시 긴급구조를 위해 꼭 필요한 주요기능을 검토하여 스마트폰 기반 운항도우미 어플리케이션을 개발하였다. 운항도우미 어플리케이션의 주요기능으로는 내수면 전자해도 표시, 자선 정보표시, 긴급구조메시지 송수신 및 위험구역 진입 경보 기능이 있다.

내수면 전자해도 표시 및 자선정보 표시 기능은 스마트폰 화면상에 내수면 전자해도와 선박의 현 위치를 실시간으로 표시하여, 선박 주변의 각종 항해 정보를 제공하여 효과적인 운항을 할 수 있도록 지원한다. 긴급구조메시지 송수신 기능은 익수, 조난, 충돌, 화재 사고 발생시 SOS버튼을 통해 자동으로 주변 선박과 육상 관제 센터로 사고지점과 사고유형, 신고자 상세 정보가 표시되도록 하였다. 위험구역 진입 경보는 기 구축된 데이터베이스를 활용하여 선박이 위험구역에 진입 시 경보 메시지를 발령하여 돌발 상황에 대비할 수 있는 기능이다. 위험영역관리목록을 통해 새롭게 위험지역을 추가하거나 삭제할 수 있다.

마지막으로, 본 논문에서 개발한 운항도우미 어플리케이션의 성능을 검증하기 위해 내수면지도를 작성한 구역을 대상으로 현장 적용성 평가를 실시하여, 그 유효성을 입증하였다.

향후 국내 주요 내수면 전자해도를 체계적으로 제작하여, 본 논문에서 개발한 운항도우미 어플리케이션을 모든 지역의 선박과 승객이 활용되게 된다면, 국내 내

수면 선박 사고와 인명피해를 줄이는데 크게 기여할 것이라 판단된다.

참고 문헌

- [1] 정철민, 양기근, “효율적 내수면 안전관리 : 수난 구호 및 수상안전을 중심으로,” 한국콘텐츠학회 논문지, 제15권, 제3호, pp.101-113, 2015.
- [2] 신동영, 이병문, “효과적인 응급대응을 위한 소형 선박의 위치기반 스마트케어시스템,” 한국콘텐츠학회논문지, 제12권, 제8호, pp.59-68, 2012.
- [3] 정성훈, 임재홍, “전자해도 기반의 해상작업 모니터링 시스템 설계 및 구현,” 한국항해항만학회지, 제20권, 제3호, pp.189-195, 2006.
- [4] 박계각, 홍태호, 서기열, “퍼지이론을 이용한 운항도우미시스템의 구축,” 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 제15권, 제3호, pp.369-374, 2005.
- [5] 한국방송통신전파진흥원, “디지털 해상통신 기술 개발 동향과 미래,” 방송통신기술 이슈&전망, 제41호, 2014.
- [6] 정성훈, 임재홍, “전자해도 기반의 해상작업 모니터링 시스템 설계 및 구현,” 한국항해항만학회지, 제30권, 제3호, pp.189-195, 2006.
- [7] 김창제, 예병덕, 송재욱, 김원욱, 김국주, “전자해도의 정보를 이용한 해상환경 데이터베이스 기본 모듈의 개발,” 해양환경안전학회지, 제9권, 제1호, pp.73-77, 2003.
- [8] IHO, Specifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS,” Special Publication No.52, 1996.
- [9] IMO, “IMO Performance Standard for ECDIS,” 1995.
- [10] 박종민, 오세웅, 유기현, “전자해도 통합공급서비스 체계구축 연구,” 한국항해항만학회지, 제34권, 제1호, pp.1-8, 2010.
- [11] IHO, “IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data Edition3.0,” Special publication

No.57, 1996.

- [12] <http://www.chartworld.com/web/products/inland-encs>
- [13] <http://www.tec.army.mil/echarts/>
- [14] US Army Corps of Engineers, "USACE Inland Electronic Navigational Charts(IENC)," BUILDING STRONG, 2014.
- [15] 국토해양부, *차세대 전자해도 개발연구 최종보고서*, 2008.
- [16] 박종민, 오세웅, 송용수, "다이나믹 전자해도 개발연구," 한국해양환경공학회지, 제12권, 제4호, pp.296-301, 2009.
- [17] Inland Electronic Navigational Chart Encoding Guide Edition 1, Version 3.1, 2008.
- [18] 국립해양조사원, *수로도서지 목록*, 2015.
- [19] <http://www.khoa.go.kr/>
- [20] 강성진, 박문수, 김창제, "내수면 선박의 항행안전에 관한 연구," 한국해양항만학회 추계학술대회 논문집, pp.66-68, 2013.
- [21] D. R. Herlihy, B. F. Hillard, and T. D. Rulon, "National Oceanic and Atmospheric Administration Sea Beam Patch Test Manual : Ocean Mapping Section," Office of Charting and Geodetic Services, Nos, 34, 1989.

저 자 소 개

조 병 완(Byung-Wan Jo)

정회원



- 1979년 : 한양대학교 토목공학과 (공학사)
- 1985년 : Ohio. University 토목공학과(공학석사)
- 1988년 : University of Florida 토목공학과(공학박사)
- 1993년 ~ 현재 : 한양대학교 건설환경공학과 교수
<관심분야> : ICT기반컨텐츠, 시설물 유지관리, 무선 센서 네트워크, ICT기반재난관리컨텐츠

이 윤 성(Yun-Sung Lee)

정회원



- 2009년 : 한양대학교 토목공학과(공학사)
- 2011년 : 한양대학교 건설환경공학과(공학석사)
- 2014년 : 한양대학교 건설환경공학과(박사수료)
- <관심분야> : ICT기반컨텐츠, 구조건전성모니터링, ICT기반재난관리컨텐츠

김 도 근(Do-Keun Kim)

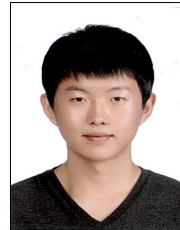
정회원



- 2003년 : 조선대학교 토목공학과(공학사)
- 2005년 : 한양대학교 토목공학과(공학석사)
- 2007년 : 한양대학교 토목공학과(박사수료)
- <관심분야> : 교량 유지관리, 시설물 자산관리, 센서 네트워크, 안전관리

김 정 훈(Jung-Hoon Kim)

준회원



- 2015년 : Rensselaer Polytechnic Institute, Civil Eng.(공학사)
- 현재 : 한양대학교 건설환경공학과(석사과정)
- <관심분야> : 에너지 하베스팅, 구조건전성모니터링, 안전관리

김 길 용(Kil-Yong Kim)

정회원



- 2009년 : 한국해양대학교 컴퓨터 정보공학과(공학사)
- 현재 : ㈜GMT
- <관심분야> : e-Navigation, 선박자동식별시스템, 소프트웨어 품질보증