

# LiDAR 및 WAVE 기반 동력수상레저기구 조종면허 실기시험 전자시스템 개발

문정환\*\* · 윤재준\*\*

\*, \*\* (주)카네비컴 기술연구소

## Development of a Boat Operator Computer Scoring System Based on LiDAR and WAVE

Jung-Hwan Moon\*\* · Jea-Jun Yun\*\*

\*, \*\* CARNAVICOM Co., Ltd. R&amp;D center

**요 약** : 본 연구에서는 동력수상레저기구 조종면허의 기존 수기채점방식을 전자채점방식으로 전환할 수 있도록 실기시험항목을 분석하여 현재의 실기시험 시스템의 개념을 해치지 않는 범위 내에서 디지털화할 수 있는 방안을 모색하고, LiDAR 센서와 WAVE 통신을 통한 전자채점 시스템을 개발했다. 연구를 통해 얻은 결과는 다음과 같다. 첫째, 시험선에서는 LiDAR 및 시험관 평가입력장치를 통해 입력된 채점 데이터가 통합처리장치에서 WAVE 통신을 통해 육상 관제센터로 전송되어 응시자의 데이터를 저장/관리할 수 있는 시스템을 구축 및 검증했다. 둘째, 사행 과제를 평가함에 있어서 기존에 목시관측 또는 막대기를 사용한 것을 대신하여 LiDAR를 이용함으로써 정확한 거리측정이 가능해졌고, 정확한 거리정보를 시험선 통합처리장치를 통해 시험관 평가입력장치에 신속하게 표출했다. 셋째, 시험선에서 취득한 평가점수 데이터를 육상 관제센터로 유실없이 고속으로 전송하기 위해 활용한 WAVE 통신에서 원활한 전송 및 처리가 가능함을 확인했다.

**핵심용어** : 수상레저기구 조종면허, 실기시험, 전자시스템, 라이다, 웨이브

**Abstract** : Practical test items were analyzed to extend the existing scoring method for boat operator licenses to an electronic scoring method. We have attempted to digitize the method within the current practical test system scope and have developed an electronic scoring system using LiDAR sensors and WAVE communication. The results of the study are as follows; the first, the scoring data entered into the LiDAR and examiner score device on the boat were transferred from an integrated processing unit to a land control center through WAVE communication. The system was constructed and verified to store and manage examinee data. Second, when testing the meandering task, accurate distance measurement was achieved by using LiDAR instead of visually observing the stick (3 m), and an accurate distance was displayed through the examiner score device quickly. Finally, we confirmed that it is possible to smoothly transmit and process the WAVE communication used to transfer the score data acquired from the boat to the monitoring center at a high speed without loss.

**Key Words** : Boat operator's license, Practical test, Computer scoring system, LiDAR, WAVE

### 1. 서 론

선진국의 수상레저산업 정착에 관한 사회·경제적 상황을 견주어 볼 때, 현재 국내에서는 국민소득의 지속적인 증가

와 더불어 국민들의 행복 추구에 대한 관심이 증가하고 있으며, 수상레저에 대한 관심 또한 증가하고 있다. 현재까지 수상레저인구가 443만 명을 기록함과 동시에 등록 수상레저 사업자도 2014년 893개소, 2015년 974개소, 2016년 1,014개소, 2017년 1,035개소로 꾸준히 증가하고 있다. 특히 모터보트나 요트 등 동력수상레저기구를 조종할 수 있는 연간 조종면허 취득자도 2014년 13,422명, 2015년 15,059명, 2016년 16,511명, 2017년 21,596명으로 증가하고 있다(Marina portal, 2019).

† Corresponding Author : phd.moonjh@daum.net, 070-4242-1177

※ 이 논문은 “동력보트 주변의 부유체 측정을 위한 LiDAR 센싱범위 시뮬레이션 분석”이란 제목으로 “2018년도 공동국제학술발표회(인천, 송도컨벤시아, 2018.06, p.5)에 발표되었음.

## LiDAR 및 WAVE 기반 동력수상레저기구 조종면허 실기시험 전자시스템 개발

국내에서는 5마력 이상의 동력수상레저기구를 운항하기 위해서는 일반조종면허(1, 2급)를 취득해야 한다. 동력수상레저기구 조종면허는 면제교육과 필기/실기를 통한 평가로 나누어서 취득할 수 있다.

필기시험은 시험지 및 PCT방식으로 진행되고 있다. 실기시험은 시험관이 시험채점표의 평가 항목에 따라 응시생의 조종사항에 대하여 100점 만점에서 감점하는 방식으로 진행되며 시험 후 집계하는 방식이다. 시험 항목 중 최대의 감점점수가 배정된 사행(蛇行) 과제의 경우 시험선이 일정 속도 이상을 유지한 채 부표사이를 3m의 안전거리를 이격하여 자연스러운 운항 여부를 평가한다. 우현 측에 앉아있는 감독관이 3m 이내 접근여부를 판단할 때 좌현은 목측(目測)으로 판정하며, 우현은 3m 폴대를 이용하여 판정함에 따라 시험의 객관성을 유지하는데 한계가 있다.

면허시험에 있어서 객관성을 확보하기 위해 전자채점 시스템을 활용할 수 있는데, 전자시스템을 도입한 사례를 살펴보면 국내에는 자동차 운전면허 도로주행시험 전자채점 시스템이 있다. 이는 자동차 도로주행시험 채점의 공정성과 객관성을 확보하고 시험의 실용성과 편의성을 제고하기 위해 「도로교통법 시행규칙」 제68조, 제69조, 124조에 따라 자동차 운전면허 도로주행시험 및 전문학원의 도로주행 기능검정에 사용되는 기기로 2012년 11월에 도입되었다(Implementing Regulations in Road Traffic Act, 2019).

해외의 경우, 수상레저기구 조종을 위한 면허는 국내의 취득방식과는 다르게 대부분의 국가에서 수상레저기구 소유자가 면허발급을 위한 신청서를 작성하여 발급받거나, 일정 교육을 이수하면 면허증이 발급되는 방식으로써 별도의 면허 취득시험 또는 전자시스템은 없다.

영국은 내수면에서는 등록 및 면허가 필요하며, 해수면에서는 반드시 등록이 필요하다고 명시하지 않는다. 이용하는 내수면의 관할기관에 등록하는데 3개월에서 1년까지의 유효기간, 이용가능 내수면 등 다양한 조건으로 발급된다(Hong et al., 2016). 호주는 보트면허 교육코스 이수, 신체검사, 신원증명 등 보트교육이수 프로그램을 마치면 면허증이 발급된다(Cho and Jang, 2013). 캐나다에서 모터보트 등 수상레저기구의 조종면허는 보트 소유자가 우편 및 온라인으로 신청하여 별도 시험과정 및 수수료 없이 PCELS(Pleasure Craft Electronic Licensing System)를 통해서 면허증을 발급받는다(Transport Canada, 2019). 싱가포르의 스포츠 및 레저활동을 위해 항만내 사용이 가능하지만, 여객을 위해 승객을 태우고 운항할 수는 없다. 면허증은 개인용(SZ)과 상업용(SZH)으로 구분하여 필요서류 제출 후 면허증(Pleasure Craft Licensing)을 발급한다. 파워보트는 PPCDL 또는 항만 책임자(Port master)가 발행한 APPCDL을 소지해야만 한다. 수상레저기구 소유자는 보트, 클럽하우스, 마리나 계류장 확인서 등을 신청시 제출

해야 한다(MPA Singapore, 2019). 홍콩은 해상 교통량 및 해역의 안전을 확보하기 위해 선박 소유자에게 증명서를 발급하는데 수상레저조종면허증 발급을 위해 신청서(MD 515)를 해양부(Marine department)로 제출하여 면허증(Licensing of Pleasure Vessels)을 발급받는다(Marine department, 2019).

국내에서는 면허 발급에 필요한 평가의 객관성을 확보하기 위해서 자동차 운전면허 실기시험이 부분적으로 전자채점을 도입하고 있으나 아직까지 수상레저기구의 실기시험에 전자채점을 도입한 경우는 없다.

따라서 본 연구에서는 수상레저의 대중화에 따른 동력수상레저기구 조종면허 실기시험의 객관성을 향상시키기 위해 기존 수기채점방식에서 전자채점방식으로 전환할 수 있도록 현재의 실기시험 시스템의 개념을 해치지 않는 범위 내에서 디지털화할 수 있는 방안을 모색하고, LiDAR센서와 WAVE통신을 통한 전자채점 시스템을 개발했다.

## 2. 수상레저기구 조종면허 실기시험 분석

### 2.1 실기시험 채점 항목 분석

실기시험은 채점표에 8가지 과제를 23개의 항목을 통해 평가된다(KCG, 2019). 8가지 과제는 실기시험 진행 순서에 따라 출발전 점검 및 확인 → 출발 → 변침 → 운항 → 사행 → 급정지 및 후진 → 인명구조 → 접안으로 평가되는데 100점 만점에서 각 항목마다 2~9점까지 차등된 점수를 감점하며 진행된다. 다만 합격점수 이하로 감점될 경우 중간점수 합격기준 미달로 시험은 종료된다. 또한 3회 이상 출발불가 및 응시자 시험포기, 조종능력부족으로 시험 진행 곤란, 현저한 사고위험, 음주상태, 지시 통제 불응 또는 임의 시험 진행의 경우에는 시험을 중단하고 실격 처리한다.

실기시험 23가지 항목은 크게 응시생의 조작상태(기술적)와 운항자세(행태적) 평가로 구분할 수 있다. 기술적 평가는 변침, 침로유지, 증속, 사행, 급정지 등 시험선을 어떻게 조작할 수 있는지 평가하며, 행태적 평가는 안전장비 착용 및 안전상태 확인, 신체 동요, 한손/서서/창틀에 팔을 괴는 등의 자세를 평가한다(Table 1).

Table 1. Practical test classification of boat operation

|           | Num. (%)  | Item   |
|-----------|-----------|--|
| Technique | 18 (78.3) | Departure failure - delay - unconfirmed, Speed lever controlling, Course keeping, Veering, Hull oscillation, Maintain speed, Sudden stop, Reverse, Lifesaving, Docking and docking speed, Meandering, Meandering opposite direction and course deviation, Lifesaving approaching and failure |
| Behavior  | 5 (21.7)  | Life jacket, Start-up check, Start-up, Bad attitude, Operation of handle,  |

평가항목을 전자채점하기 위해서 항목 중 센서와 장치를 통해서 측정하거나 수상레이저기구 실기시험의 특성상 시험관이 직접 판단해야 하는 항목을 구분했다. 또한 점수 입력 뿐만 아니라 실기시험 전반에 걸친 시스템 구축에 필요한 사항을 검토했다.

시스템을 구축하기 위해 실기시험의 23개의 세부항목을 입력할 수 있는 방법을 센서만으로 측정가능한 자동방식, 기존장비에 측정할 수 있는 센서를 추가해서 측정할 수 있는 반자동방식, 시험관이 입력하는 수동방식 3가지로 구분했다(Table 2).

Table 2. Scoring method and item of boat operator

| Method    | Input          | Num. (%)  | Item  |
|-----------|----------------|-----------|---|
| Auto      | Sensor only    | 1(4.4)    | Meandering  |
| Semi auto | Sensor add     | 11 (47.8) | Start-up, Lever controlling, Course keeping, Veering, Hull oscillation, Maintain speed, Sudden stop, Reverse, Lifesaving, Docking and docking speed   |
| Manual    | Examiner input | 11 (47.8) | Life jacket, Start-up check, Departure failure - delay - unconfirmed, Bad attitude, Meandering opposite direction and course deviation, Operation of handle, Lifesaving approaching and failure |

대부분의 시험항목은 시험관이 직접 응시자의 뒤에서 응시자의 행동이나 계기판을 관측하면서 평가하도록 되어 있는 특성 상 평가항목을 조정하지 않는 범위에서 모든 평가를 자동으로 할 수 없는 한계가 있다. 더욱이 반자동으로 구분한 기존 장비에 측정 센서를 추가하는 사항도 시험선마다 디지털과 아날로그 장비가 혼재되어 있으며, 임의적인 조작이 시험선의 성능 및 향후 A/S 등의 정비에도 악영향을 미칠 수 있는 상황으로 인해 반자동으로 측정할 수 있는 평가항목은 수동방식인 시험관이 입력하는 방식으로 진행했다.

따라서 본 연구에서는 사행 통과간격 불량률의 평가항목을 자동으로 구축하고 그 외 22개 항목은 시험관 입력을 통해 전자채점이 가능한 시스템으로 개발했다.

### 3. 실기시험 전자채점시스템 개발

본 연구에서는 수상레이저기구 조종면허 실기시험을 평가함에 있어서 시험선에서 LiDAR센서를 이용한 이격거리 측정, 운항데이터 취합, WAVE를 이용한 고속통신, 정밀측위 기술이 가능한 전자채점 시스템 개발했다.

먼저 시험선에서 측정된 데이터를 취합하고 전송하는 통합관리 모듈에는 시험선과 사행용 부표와의 거리를 측정하

기 위한 LiDAR(Light Detection And Ranging) 시스템, 시험선 내 각종 데이터를 취합하고 처리하는 통합처리장치, 시험관용 평가입력장치가 설치된다. 그리고 고속운항 중인 시험선과 관제센터 간 고속통신이 가능하도록 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)를 이용하여 시험선과 관제센터 간 고속통신 송수신 단말기를 통해 운항 및 평가 데이터를 전송한다(Fig. 1).

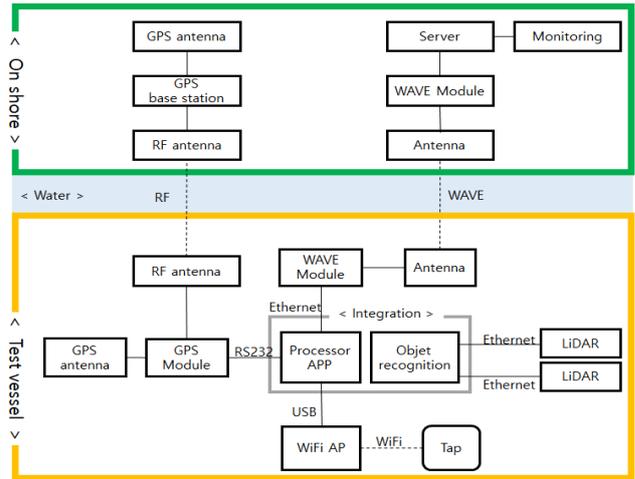


Fig. 1. System concept.

#### 3.1 사행 시 시험선-부표 이격거리 측정

사행 평가시 시험선이 사행부표 통과 시 간격을 정확하게 측정하기 위하여 LiDAR 센서를 사용했다. LiDAR는 PLD (Pulsed laser diode)에서 발사된 레이저 빔이 목표물에 반사되어 되돌아오는 레이저 빔 간 시간 차이(ToF, Time of flight)를 APD(Avalanche photodiode)로 인지하여 거리를 측정한다(Fig. 2).

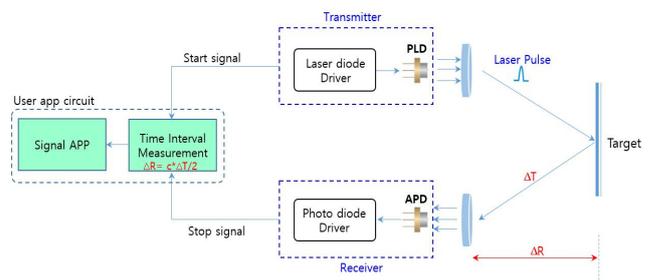


Fig. 2. Principle of LiDAR (Yun et al., 2018).

LiDAR로 사행부표를 측정하기 위해 센싱된 부표의 특징을 추출하여 부표 및 수면(배경)을 구별해야 한다. 이를 위하여 주변 물체의 특징을 추출하기 위해서 측정된 LiDAR 데이터의 연속성을 판단한 후, 수면에서 반사된 데이터에 대

한 클러터를 제거했다.

삼각요소에 의한 Point 사이의 거리의 분류와 LiDAR와 Point의 거리를 종합하여 해당 계측부분의 연속성을 판단하는 알고리즘을 정립하였다. 본 연구에 사용된 VL-S3는 120°의 FOV를 가지고, 각 Point의 LiDAR로부터의 거리와 그 사이의 각도로부터 Point 사이의 거리를 식(1)과 같이 계산할 수 있다.

$$D_{ij} = \sqrt{(D_j \times \sin(\angle_{ij}))^2 + (D_i - D_j \times \cos(\angle_{ij}))^2} \quad (1)$$

$D_i$  = Distance from LiDAR to Point  $i$

$D_{ij}$  = Distance from Point  $i$  to Point  $j$

$\angle_{ij}$  = Angle between Point  $i$  and  $j$

LiDAR 데이터의 연속된 Point 행렬에서 노이즈를 최소화하고 연속성을 검증하기 위해, 선형회귀(Line Regression)모델을 이용했다. 모델을 적용하여 구현된 사항을 검토하기 위해 Python의 Pygame 라이브러리를 활용하여 간이 뷰어를 제작하여 확인했는데, 각 Point의 거리의 합을 최소로 하는 최소선(Minimum line)과 추측되는 추세선(Trend line)을 산출한다. 그리고 각 Point들을 2차원 공간에 투영하여, 0.16°의 수평공간분해능으로 측정된 임의의 점  $P_i$ 과의 거리를  $D_i$ 를 측정할 때  $P_i$ 의 좌표값을 ( $P_{xi}, P_{yi}$ )로 정의했다.  $P_i$ 의  $x$ 값은  $i$ 번째에서 측정된 데이터를 좌우 대칭여부를 판별하고 FoV와 수평공간분해능을 고려하여 식(2)을 산출했으며, 신속한 데이터 처리와 측정위치 판별을 위해 60°를 기준으로 좌우 대칭의 값(+, -)으로 처리했다.

$$P_\xi = D_i \times \cos(0^\circ) \times \sin((|i-375| \times 120/750)^\circ) \quad (2)$$

$$\text{If } i < 375 \\ P_\xi = -P_\xi$$

측정된 데이터(Fig. 3. upper)와 선형회귀모델의 추세선(Fig. 3. down)을 뷰어를 통해 별도의 표출장비를 통해 확인했다.



Fig. 3. Raw LiDAR data (upper) and Clutter removal data & trend line (down).

### 3.2 시험선-관제센터 고속통신

고속으로 운항하는 시험선이 km단위로 떨어진 거리에 위치한 육상의 관제센터까지 손실없는 데이터 전송을 위하여 시험선보다 더 고속으로 주행하는 차량에서 차량과 차량간(V2V), 차량과 인프라간(V2I) 등에도 통신이 가능한 WAVE 통신을 사용했다.

기존 무선인터넷 표준인 IEEE 802.11a/g는 채널 대역폭을 20MHz로 사용하지만 IEEE 802.11p WAVE는 절반인 10MHz를 사용한다. 채널 대역폭을 줄임으로써 고속 이동, 실외 환경에서 많이 발생하는 주파수 선택적 페이딩의 영향을 줄여서 고속 이동에 적합하다(Hwang, 2017).

시험선에서 측정/취합된 데이터를 관제센터로 전송 가능한 WAVE 통신 모듈을 개발하기 위해 센싱 및 평가입력 데이터 전송 규격을 분석했다. 데이터 전송규격은 다양한 유형과 형태를 갖는 센싱데이터와 평가입력데이터를 수용하기 위하여 고정된 전송 필드를 정의하지 않았다. 다양한 유형의 데이터들이 유연성 있게 수납되어 전송될 수 있도록 수납 형식에 대해서만 정의된다. 시험선에서 취합된 데이터는 HTTP 프로토콜을 통해 관제센터의 수집서버로 전송된다.

V2X통신모듈의 주요 통신기능인 WAVE통신기능을 지원하는 프로토콜 스택 소프트웨어를 개발하였으며, V2X 통신 모듈 하드웨어 플랫폼 및 임베디드 리눅스 커널 버전에 맞게 포팅하였다. WAVE 통신 관련 기능은 모두 WAVE 프로토콜 스택 소프트웨어 내에 구현되며, 해당 소프트웨어는 모뎀 하드웨어에 접근하거나 제어함으로써 무선 통신 기능을 수행하고, 상위 소프트웨어에는 API를 제공하여 각 소프트웨어가 WAVE 통신기능을 사용할 수 있도록 지원한다.

WAVE 프로토콜 스택 소프트웨어는 WPM(①), WAVE API(②), iwconfig와 WSM과 IP application의 응용 S/W(③) 계층으로 구성된다(Fig. 4).

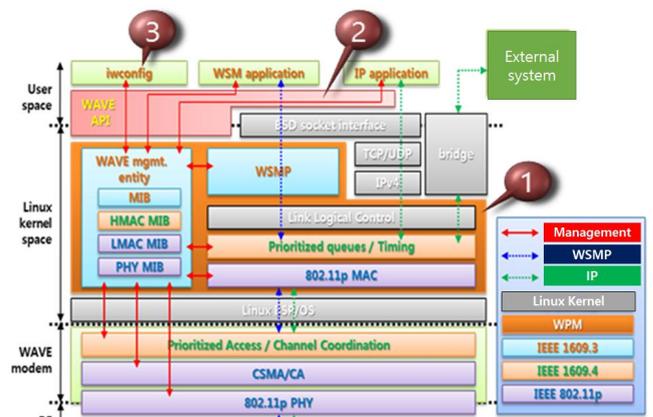


Fig. 4. WAVE protocol stack S/W structure.

### 3.3 입력 및 처리장치

시험관 평가입력장치는 수동방식으로 입력되는 평가항목에 대한 데이터를 입력하기 위해 장비의 H/W는 사용의 편리성 및 활용의 다양성을 위해 10.1"의 스마트 기기를 이용했으며, 평가항목을 입력할 수 있는 평가 어플리케이션을 개발했다. 시험선에서 측정되고 입력된 데이터를 통합하고 육상의 관제센터에 전송할 수 있는 브릿지 역할을 수행하는 시험선 통합처리장치는 TCP/IP를 기반으로 각 장치들과 연결되어있다. 육상의 관제센터에서 수상레저기구 조종면허 실기시험에 대한 모니터링을 위한 기술로서 응시자 및 시험 등의 정보 확인을 위한 관리모드와 대기자 및 시험 진행 등의 정보를 확인할 수 있는 정보제공모드로 구분된다.

## 4. 제안된 전자채점시스템 성능 테스트

### 4.1 전자채점시스템 성능 테스트 시나리오

시스템의 정상동작을 점검하기 위해 시스템의 준비상태부터 데이터의 발신과 수신, 관리 모니터링, 종료의 단계를 통한 시나리오로 테스트했다(Fig. 5).

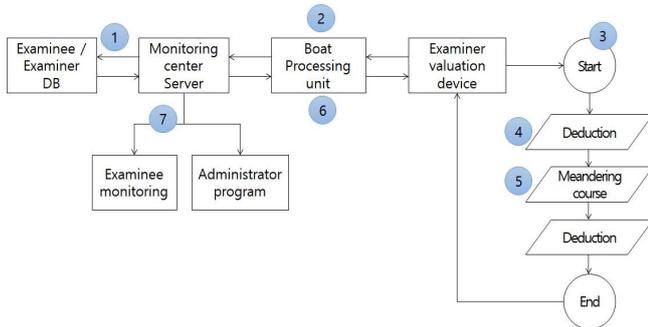


Fig. 5. Test scenario.

테스트 1은 실기시험을 응시한 응시자에 대한 성명, 성별 등의 기본적인 정보와 감독관의 성명, ID 등의 기본적인 정보가 육상관제센터의 서버로 저장된다. 테스트 2는 시험관 평가입력장치에서 시험 전 감독관의 요청(Request)으로 서버에 저장된 응시자와 감독관의 정보를 응답(Response)받는다.

테스트 3은 감독관은 본인의 정보를 확인하고, 응시자 정보와 일치될 경우 실기시험을 시작한다. 테스트 4는 실기시험 평가항목 중 감점된 항목에 대하여 시험관 평가입력장치로 입력(감점)한다. 테스트 5는 사행 평가를 실시함에 따라 LiDAR로 시험선 양현으로 지나가는 부표의 이격거리를 측정하고 3m 이내로 접근하면 감점한다. 테스트 6은 실기시험을 종료하고 취득한 데이터는 WAVE통신을 통해 육상 관제서버로 전송되고 데이터는 저장된다.

테스트 7은 육상 관제센터에서 실기시험 대기자에게 제공되는 현재 시험 진행상황과 대기자 현황에 대한 모니터링과 전자채점 시스템의 전반적인 상황을 확인할 수 있는 관리자 프로그램의 동작상태를 확인한다.

### 4.2 실기시험 전자채점 시스템 동작성능 테스트

성능테스트는 이스트보트하우스(인천 송도)에서 진행했다(Fig. 6). 테스트 보트의 선수부분에 시험선 통합처리장치를 설치하고 테스트 보트의 계류장에 관제센터를 구축하고 성능테스트를 진행했다. 통일된 시험선의 형태는 아니지만 대부분의 시험장의 시험선은 조종석 상부가 FRP등의 재질로 된 단단한 지붕이 있지만, 본 연구의 테스트 선박에는 지붕이 없는 관계로 선수부분에 고정하여 센싱 및 통신 등 데이터를 처리했다. 또한 시험장에서와 동일한 실기시험코스를 마련할 수 없기 때문에 시험절차에 따라 시험관 평가입력장치에서 임의의 평가점수를 입력하였고, 사행 평가는 정박 및 운항 중이 주변의 다른 선박에 대한 센싱 데이터를 취득하여 육상의 관제센터로 전송했다.

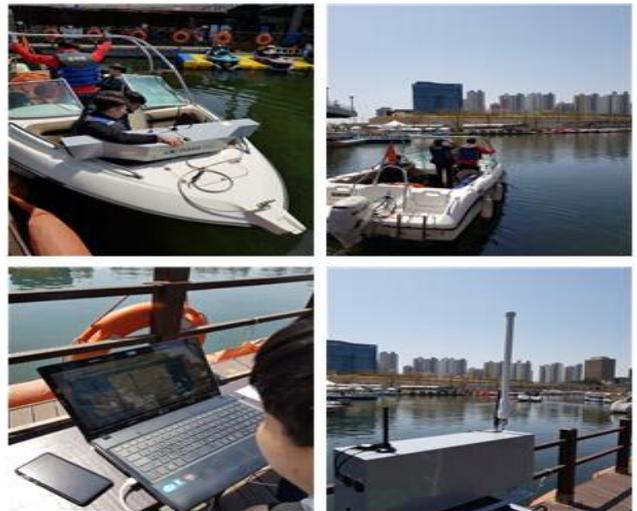


Fig. 6. Performance test.

#### ① 기본정보 관리 및 전송(테스트 1, 2)

현재 실기시험은 인터넷 및 전산으로 입력된 응시자 정보를 프린터로 인쇄하여 관리하고 있으며, 실기시험을 진행할 때 채점표에 응시자, 감독관, 참관인 등이 개별로 확인 및 작성하고 있다. 그러나 본 시스템을 통해서서는 전산입력된 데이터를 관제센터의 서버에 전달받아 관리할 수 있다.

그러나 응시자 및 감독관의 기본적인 정보를 사전에 제공받을 데이터가 없는 관계로 예시파일(감독관, 코스 종류, 시험 종류, 선박 번호)을 작성하여 해당 데이터가 서버에 저장된 상태를 관제센터 서버에서 확인했다(Fig. 7).

## LiDAR 및 WAVE 기반 동력수상레저기구 조종면허 실기시험 전자시스템 개발

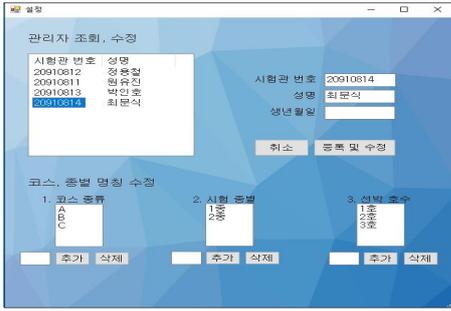


Fig. 7. Examiner Setup data.

시험관 평가입력장치에서 서버로 응시자와 감독관의 기본정보를 요청하면 서버에 저장되어 있는 예시파일이 시험관 평가입력장치에서 표출되는 것을 확인했다(Fig. 8).

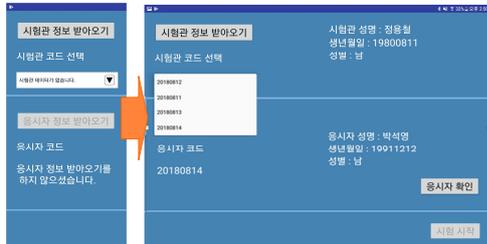


Fig. 8. Examiner data request and response.

### ② 평가항목 입력 및 측정(테스트 3, 4, 5)

시험관이 시험을 시작하면서 평가입력장치에서 시험시작을 개시하면 평가입력장치에서 시험소요시간이 표시된다. 22개의 항목을 시험관이 직접 입력(감점)할 수 있으며 입력 가능 여부를 확인했다(Fig. 9).



Fig. 9. Score check in examiner score device.

사행 평가는 시험선 양현에서 설치된 LiDAR로 지속적으로 센싱하여 시험선과 부표 간의 이격거리 데이터 중 3m로 접근하는 물체(교행하는 보트 또는 정박중인 보트)가 감지될 경우 감점처리된다. 그러나 본 성능 테스트에서는 사행

부표가 없기 때문에 이를 대체하기 위해 주변의 다른 선박을 센싱하며 레이저 거리측정기와의 거리를 비교검증했다.

1~3회는 시험선이 계류중일 때 LiDAR 앞에 물체를 접근시켜 측정했고, 4~15회는 6회씩 왕복하면서 취득된 데이터이다. LiDAR는 최대 3.94 m, 최소 2.25 m를 측정했으며, 레이저 거리측정기는 최대 3.81 m, 최소 2.10 m를 측정했다. LiDAR가 측정한 거리와 레이저 거리측정기로 측정한 거리는  $\pm 0.05 \sim \pm 0.15$  m 오차를 나타냈다(Fig. 10). 측정하는 방식에 있어서 레이저 거리측정기는 한 점(Point)의 거리가 측정된 데이터이며, LiDAR는 다수개의 선(Linear)에서 거리측정 알고리즘으로 처리된 데이터이기 때문에 발생한 오차라고 사료된다. 그러나 본 연구의 목표인 측정거리의 오차  $\pm 0.10$  m에는 수렴했으나 정확한 성능으로의 추가적인 안정화가 필요하다.

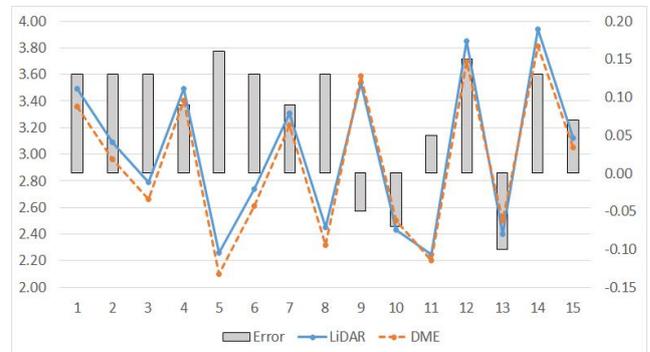


Fig. 10. Comparing check LiDAR and DME (distance measuring equipment).

### ③ 측정데이터 전송 및 관리(테스트 6, 7)

시험관 평가입력장치에서 시험종료가 선언되고 이때까지 취득된 모든 데이터가 시험선 통합처리장치에 취합되고 이 데이터는 WAVE통신을 통해 육상의 관제센터의 서버에 저장되고 저장된 데이터를 확인했다. 또한, 관리자 프로그램을 통해 전자채점 시스템의 상황 및 상태를 확인하고 실기시험을 통해 취득된 데이터를 확인했다(Fig. 11).



Fig. 11. Examinee management S/W.

육상 관제센터의 대기자 모니터링을 통해 현재 진행되고 있는 진행상황이 표시되고, 현재 응시자의 시험 종료 및 다음 응시자의 시험 대기 등 정보를 표출하는 것을 확인했다 (Fig. 12).

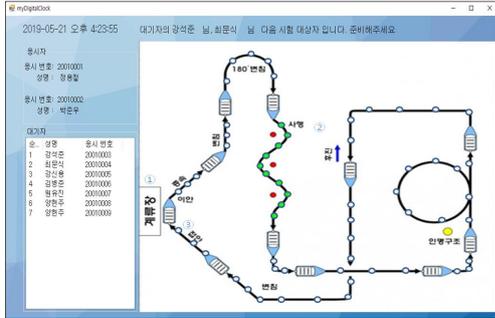


Fig. 12. Waiting room monitoring for examinee.

## 5. 결론

본 연구에서는 수상레저기구 조종면허 실기시험을 LiDAR와 시험관 평가입력장치를 통해서 평가한 데이터를 시험선 통합처리장치에서 WAVE통신으로 육상의 관제센터로 전송하고 저장/관리할 수 있는 전자채점 시스템 개발했다. 본 연구를 통해 얻은 결과는 다음과 같다.

첫째, 시험선에서는 LiDAR 및 시험관 평가입력장치를 통해 입력된 채점 데이터가 통합처리장치에서 WAVE통신을 통해 육상 관제센터로 전송되어 응시자의 데이터를 저장/관리할 수 있는 시스템의 구축 및 검증했다.

둘째, 사행 과정을 평가함에 있어서 기존에 목시관측 또는 막대기를 이용함에 따른 민원발생 및 시험의 정확성에 대한 논란에 대하여 LiDAR를 이용함으로써 정확한 거리측정이 가능해졌다. 측정된 물체와의 이격거리가 LiDAR와 레이저 거리측정기와 비교검증을 통해  $\pm 0.05 \sim \pm 0.15$  m 오차를 확인했으며, 성능목표인  $\pm 0.10$  m에는 부합되었지만 성능 안정화에 대한 추가연구가 필요하다.

셋째, 시험선에서 취득한 평가점수 데이터를 육상 관제센터로 유실없이 고속으로 전송하기 위해 활용한 WAVE통신에서 원활한 전송 및 처리가 가능함을 동작성능 테스트를 통해 확인했다.

이를 통해서 수상레저기구 조종면허 실기시험을 전자채점으로 실시할 수 있는 기초적인 시스템을 구축했으며, 향후 성능 안정화와 더불어 시험항목 중 자동으로 측정할 수 있는 기술개발과 나아가 전자채점이 가능한 시험선 제작을 통해 정확하고 신뢰성 높은 시스템으로 발전할 것으로 기대한다.

## 사 사

이 논문은 중소기업부 재원으로 중소기업기술정보진흥원의 지원을 받아 수행된 “보트\_사행용 부표 거리측정 다채널LiDAR를 이용한 수상레저기구 조종면허 전자채점 시스템 개발” 연구 결과 중 일부이다.

## References

- [1] Cho, W. J. and B. Y. Jang(2013), Analyses of the Advanced Countries' Related Regulations and Perceptions to Improvement Directions for Water Leisure Activation, J. Navig. Port, Vol. 37, No. 4, pp. 419-427.
- [2] Hong, J. W., J. Y. Mok, I. J. Yun and J. A. Lee(2016), Improvement Measures for Leisure Boat Management System in Korea, Korea maritime institute, pp. 73-74.
- [3] Hwang, T. W.(2017), IT convergence-based V2X vehicle communication technology development trend, Journal of Communications & Radio Spectrum, Vol. 54, p. 7.
- [4] Implementing Regulations in Road Traffic Act(2019), <http://www.law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=206373&efYd=20181231#0000>, Accessed at 17 May 2019.
- [5] Korea Coast Guard(2019), Water-Related Leisure Activities Portal, <https://imsm.kcg.go.kr/WRMS/WlLicWritten.do>, Accessed at 17 June 2019.
- [6] Marine department(2019), [https://www.mardep.gov.hk/en/pub\\_services/ocean/pleasure.html](https://www.mardep.gov.hk/en/pub_services/ocean/pleasure.html), Accessed at 14 May 2019.
- [7] Marina portal(2019), <http://marinaportal.kr/rb/?c=5/32&uid=4457>, Accessed at 21 May 2019.
- [8] MPA Singapore(2019), <https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home/port-of-singapore/craft-licensing-and-port-clearance/licensing-of-pleasure-craft/introduction-to-pleasure-craft-licensing>, Accessed at 14 May 2019.
- [9] Transport Canada(2019), Application type selection, <https://www.pcl-pep.snbsservices.ca/1001/pubweb/default.aspx?lang=en-CA>, Accessed at 14 May 2019.
- [10] Yun, J. J., J. C. Choi and J. H. Moon(2018), A design on Optical System of LiDAR Sensor for Unmanned Vessels, The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 43, No. 1, pp. 168-174.

Received : 2019. 05. 22.

Revised : 2019. 06. 19. (1st)

: 2019. 06. 26. (2nd)

Accepted : 2019. 06. 27.