



Received: 2018/05/23
Revised: 2018/07/16
Accepted: 2018/07/18
Published: 2018/07/31

***Corresponding Author:**

Chang-Bong Kim
Tel: +82-55-680-1553
E-mail: cbkim@koje.ac.kr

지형 탐색 및 측량용 무인수상정 (USV) 개발

Development of Unmanned Surface Vehicle for Geographical Surveying

김창봉*

거제대학교 기계공학과

Chang-Bong Kim*

Dept. of Mechanical Engineering, Kojje College

Abstract

본 연구에서는 지형 탐색 및 측량용 무인수상정(USV, Unmanned Surface Vehicle)을 개발하였다. 먼저, 지형 탐색 및 측량용 무인수상정의 개념을 정리하였으며, USV 시제품과 지상관제시스템(GCS, Ground Control System)를 개발하였다. GCS의 운영 S/W는 Open Source를 이용하여 개발하였다. 개발된 USV는 저수지의 깊이 측량에 적용되었다. 향후, 바다에 적용하기 위하여 롤(Roll)과 피치(Pitch)를 최소화하기 위한 선체 개발을 진행 중이다.

In this paper, USV(Unmanned Surface Vehicle) for geographical surveying was developed. Firstly, the concept of USV for geographical surveying was established. Then, we developed prototypes for USV and GCS(Ground Control System). The operating software of GCS was developed using open source. The USV was used to measure the depth of rivers and agricultural reservoirs. In the future, we plan to minimize the roll and pitch of the hull and apply it to the sea.

Keywords

USV(Unmanned Surface Vehicle, 무인수상정), Geographical Surveying(지형조사), Autonomous Navigation System(자동항법시스템), Single/Multi Beam Echo Sounder(단빔/멀티빔 음향측심기), Side Scan Sonar(측면 주사 음향측심기)

본 논문은 해군과학기술학회 2018 하계학술대회 발표논문을 기반으로 작성되었습니다.

1. 서론

일반적으로 사람이 타지 않는 비행기, 헬리콥터, 무인잠수정(UUV, Unmanned Underwater Vehicle), 무인수상정(USV, Unmanned Surface Vehicle) 등을 드론이라 한다. 과거 드론은 군사용을 목적으로 개발되었으나, 최근에는 공공용, 상업용(건설, 에너지, 농업, 통신 등), 그리고 취미용(소비자용)으로 구분되어 다양한 분야로의 활용 가능성이 높아지면서 산업 및 민간용 시장으로 빠르게 확산되고 있다[1,2]. 특히, 드론은 군수분야에서 초기 표적기 및 정찰용도로 발전되고, 민수분야에서 방송 및 감시, 농업 등의 활용을 넘어 택배배송 및 개인용도 등 활용분야가 급성장 중이다. 드론을 활용하기 위한 각종 S/W, 센서, 비행제어 등의 항공기술과 정보통신기술의 융합이 진행되고 있다[3]. 특히 4차 산업에서 IT 기술 및 다양한 서비스와 융합되어 시너지를 창출하고 있다.

Fig. 1에 글로벌 드론 시장의 전망을 제시하였다. 2015년 8,090백만 달러를 시작으로 2020년 11,530백만 달러로 예측되며, 정부의 수요가 드론 시장을 지속적으로 견인할 것으로 분석된다[4]. 최근 급성장하고 있는 무인선은 매년 10.9%씩 성장하여 2020년에는 1,929백만 달러에 이를 것으로 전망되고, 무인선에 대한 정부의 적극적인 관심으로 최근 무인선 R&D 과제가 증가하고 있다[5].

과학기술정보통신부는 보도자료(2017년 12월 07일)를 통하여 무인인동체 기술혁신과 성장 10개년 로드맵을 발표하였으며, 그 요약을 Fig. 2에 나타내었다. 4차 산업혁명의 기술집약체인 무인인동체(자율주행차, 드론, 무인선박, 무인잠수정)에 함께 쓰이는 공통핵심기술 6개 분야를 선정하고, 2030년까지 세계 기술경쟁력 3위, 일자리 창출 9만2천명, 시장점유율 10

%를 목표로 하는 내용이다[6]. 또한, 국토교통부는 2018년 3월까지 드론 측량을 위한 제도를 정비한다고 발표하였다. 공공측량에 드론을 활용하여 측량성과에 적용하여 공간정보산업과 드론 산업의 수요를 확대하고자 하는 정책으로 분석된다[7].

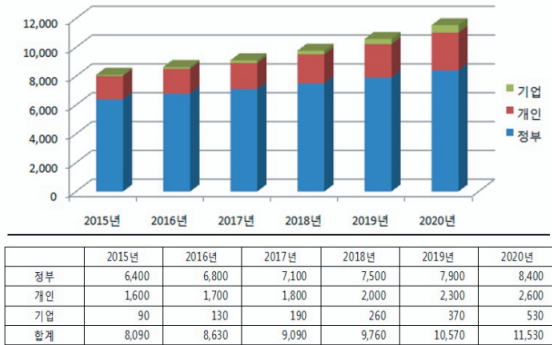
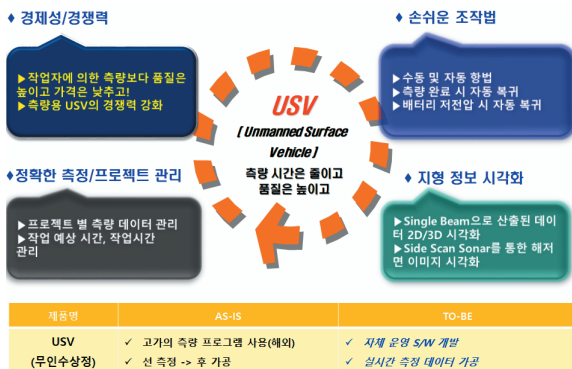


Fig. 1. Global drone market forecast. (Unit: \$ million)



Fig. 2. Common core technology of unmanned vehicle.

본 연구에서 개발한 지형 측량용 USV의 개발 목적을 Fig. 3에 제시하였다. 기존 작업자에 의한 측량보다 품질은 높이고 가격은 낮추고 동시에 광범위한 측량 지역을 자동 항법을 이용하여 효율적으로 측량함에 있다. 또한, 자체 운영 S/W를 개발하여 측량된 데이터의 정보를 실시간으로 보여줌으로써 지형 정보의 시각화를 이루고자 하였다.



제품명	AS-IS	TO-BE
USV (무인수상정)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 고가의 측량 프로그램 사용(해외) ✓ 선 측정 -> 후 가공 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 자체 운영 S/W 개발 ✓ 실시간 측정 데이터 가공

Fig. 3. Purpose of USV development for geographical surveying.

Fig. 4에 저수지, 연안(바다)의 기존 측량 방식을 제시하였다. 먼저 저수지 경우를 살펴보면, 저수지의 관리주체인 한국농어촌공사에서는 고정센서를 이용하여 실시간 수위 모니터링을 실시한다. 이 경우 특정 지점의 수위만 실시간 측정하므로 저수지의 전체적인 지형을 파악하고 용적량을 산정하는데 어려움이 있다. 또 다른 방법으로 필요시 과업지시서(용역)를 통한 내용적 측량을 실시한다[8]. 이 경우 작업자가 보트를 타고 GPS와 단빔 음향측심기(Single Beam Echosounder)를 사용하여 여러 특정 지점의 수심을 측정한다. 과업의 목적은 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 시험구역 내 저수지 내용적을 파악하는 것이며, 두 번째는 저수지 유·출입량 산정의 기초자료 활용하는 것이며, 세 번째는 유역 유출 및 물수지분석 자료로 활용하는 것이다.

연안(바다) 지형 측량의 경우도 저수지의 측량 방법과 거의 유사하다. 다만 측량밀도에서 차이가 발생하는데 종/횡방향 간격으로 25~50m 간격 이내로 지형을 반영하여 측정하여야 한다. 기존의 측량은 과업기간이 많이 소요(대략 3주 정도)되며, 작업자가 물에 빠져서 익사할 수 있는 위험이 항상 존재한다. 이러한 위험을 해결하기 위하여 드론을 활용한 농업용저수지의 내용적 측정관리시스템 개발이 진행되어 왔다[9]. 또한, 위치기반 무인 수상 드론의 설계와 구현에 관한 연구[10]와 자율형 무인수상정의 군집 주행을 위한 제어기 설계 기술에 대한 연구도 수행되었다[11].



Fig. 4. Conventional survey method of reservoir/coastal(ocean).

2. 지형 측량용 USV 개발

USV 개발을 진행하기 전에 먼저 지형 측량용 USV의 개념을 확립하였고, 시제품 제작을 16개월에 걸쳐서 진행하였다. 시제품 개발이 완료되고 USV를 운영하기 위한 지상관제

시스템(GCS, Ground Control System)을 설계 및 제작하였으며, 끝으로 GCS에 탑재되는 운영 S/W를 개발하였다. 이러한 개발 프로세스를 이후 자세히 살펴보기로 한다.

2.1. 지형 측량용 USV의 개념

Fig. 5에 지형 측량용 무인수상정의 개념을 제시하였다. GCS에서 측량을 하고자 하는 경계(Reservoir Outline)를 Google Map 기반으로 지정할 수 있으며, 경계 결정방법은 Table 1과 같이 3가지 방법을 적용할 수 있다.

측량 경계가 결정되면 종/횡 방향 일정한 간격으로 Way Point(Main, Sub)를 자동으로 생성하여 그 정보를 텔레메트리(Telemetry)을 이용하여 USV에 전송한다. 컨트롤러에 할당된 자동 항법 채널을 ON하면 USV는 RTK GPS를 이용하여 자동항법을 수행함과 동시에 GPS 정보, 수심, 영상정보를 APC(Access Point Controller)를 통하여 GCS에 전송한다.

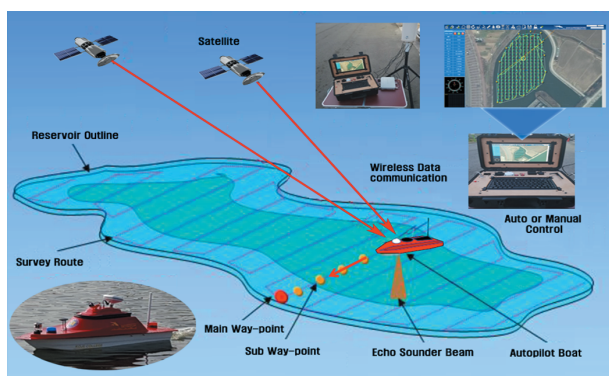


Fig. 5. USV concept map for geographical surveying.

Table 1. How to determine the boundary of the survey.

경계 결정방법	설명
Google Map 탐색	Google Map에서 사용자가 지정
USV 탐색	작업자가 USV를 운전하면서 지상관제시스템에서 경계를 지정
드론 탐색	상용 드론을 통한 측량, Pix4D 경계 데이터 추출

2.2. 지형 측량용 USV 시제품 개발

시제품 개발 단계를 Fig. 6에 제시하였다. 지형 측량용 USV의 개념을 적용하기 위하여 최초 적절한 선체를 선정(2016년 11월)하고 추진력 및 배터리 방전 테스트(2017년

1월)를 실시하였다. 그리고 단범 음향측심기 및 DGPS(Differential Global Positioning System)를 장착(2017년 3월)하였다. 10Ah 리튬 폴리머 배터리가 양쪽에 존재하는 구조를 개선하고 화재 위험을 피하기 위하여 50Ah 일체형 배터리(용량 : 577Wh, 최대출력 : 277W)로 변경(2017년 10월)하였다. 최종 개발된 시제품은 고가의 단범 음향측심기의 방수를 위하여 박스에 내장하였다.

물에 닿으면 화재가 발생하는 리튬 이온 배터리의 위험성을 감소시키기 위하여 배터리는 완전 방수가 되는 박스에 내장시켰으며, 드라이브 샤프트(Drive Shaft) 구조로 된 USV의 추진력을 증가시키기 위하여 Underwater Thruster를 선체 하부 양쪽에 장착하여 배의 직진성 및 선 회성을 확보하였다.

선체 하부에는 단범 음향측심기를 설치하였다. 제공되는 제원은 2가지로 100m와 300m이다. 100m 급은 USV에 탑재된 컴퓨터의 USB 연결 포트로 전원을 공급받지만, 300m 급은 12V의 외부 전원이 필요하다. 개발된 USV에는 300m 급의 단범 음향측심기가 설치되었으며 그 제원을 Fig. 7에 제시하였다. 측량된 정보는 국제해상전자위원회의 NMEA 0183(National Marine Electronics Association 0183)이며 시간, 위치, 수심, 그리고 방위 등의 정보를 ASCII 형태로 USV에 탑재된 컴퓨터의 시리얼 포트에 입력된다.



Fig. 6. Prototype development stage.

USV의 자이로 센서(Gyro Sensor)에서 획득된 선체의 롤(Roll)과 피치(Pitch) 값, DGPS의 위치 값, 수심 값 등은 내장된 컴퓨터의 시리얼 포트(Serial Port)로 수집되고, 최종으로 APC를 통하여 GCS에 전송된다.



Fig. 7. Single beam echo sounder specifications.

선체 상부에는 DGPS와 RTK GPS가 탑재되었으며, DGPS의 제원을 Fig. 8에 나타내었다. DGPS의 위치 정밀도는 0.5m 미만이며 업데이트 속도는 최대 10Hz이다. 개발된 USV에는 APC를 이용하여 데이터를 전송하므로 연속적으로 처리되는 데이터의 부하를 줄이고 손실을 최소화하기 위하여 업데이트 속도를 5Hz로 설정하였다.



Fig. 8. DGPS specifications.

개발된 USV는 자동항법에 의하여 지형을 측량한다. 즉, 이동 중 실시간 위치정보를 수 Cm 이내에서 유지하는 최첨단 GPS 시스템인 RTK(Real-Time Kinematic) GPS를 활용하여 USV의 자동항법에 적용하여 위치 오차를 최소화 할 필요가 있다. USV 적용된 RTK GPS의 오차는 수평 1cm + 1ppm이며, 수직 2cm + 1ppm이다. RTK GPS의 지상 기준(Base)는 개발된 GCS에 설치하였으며, 그 제원을 Fig. 9에 제시하였다. Fig. 9에서 둥근 원 안에 설치된 것이 지상 기준이다.

본 연구에서 개발된 USV에는 DGPS와 RTK GPS가 선체 상부에 모두 설치되어 있으며, 그 위치 정밀도를 파악하여 최적의 GPS를 선정하기 위해서 필드에서 실험을 실시하였다. 그 결과는 이후 논의되는 GPS 정밀도 비교에서 살펴보기로 한다.



RTK GPS	
정확도	수평 1cm +1 ppm, 수직 2cm +1 ppm
방향 정확도	(0.2/R)° R은 미터로 측정된 기준선 거리
사용 주파수	글로벌 버전: GPS L1&L2, GLONASS F1&F2 아시아 태평양 버전: GPS L1&L2, BEIDOU B1&B2

Fig. 9. RTK GPS specifications.

USV와 GCS의 통신은 APC를 통하여 수행된다. Fig. 10에 APC 및 무지향 안테나를 나타내었으며, 그 상세한 제원은 아래와 같다.

- 실외에서 Wireless Enterprise 환경 제공
- 실시간 데이터 및 영상 전송
- 무지향 안테나 사용
- 작동범위: 약 2km
- Operation frequency: 2.4GHz, 5GHz
- 출력: 24 dBm



Fig. 10. APC and omnidirectional antenna.

적용된 APC의 경우 데이터 전송 거리가 최대 2km이지만 USV와 APC의 위치 단차가 큰 경우와 거리가 1km 정도로 멀어지면 데이터 손실이 발생하였다. 손실된 데이터는 GCS S/W에서 적용 가능한 데이터만 추출하여 사용하거나 손실이 큰 경우에는 무시하도록 개발하였다.

2.3. 지상관제시스템(GCS) 개발

필드에서 측량 프로젝트를 관리하고 관련 정보를 조회하기

위해서는 지형 측량에 최적화된 GCS의 개발이 필요하다. Fig. 11에 개발된 지상관제시스템을 나타내었다. USV가 Way Point를 자동항법으로 진행시 GCS를 통하여 실시간 항로 정보를 보여줘야 하며, 사용자는 원거리에서 USV를 제어할 수 있어야 한다. GCS의 제작을 위하여 IP 방수, 방진 등급 67을 만족하는 케이스를 활용하였다. 배터리, 모니터, 키보드, 외부전원 등 부품의 효율적인 배치를 위하여 Siemens사의 NX10을 이용하여 3D 설계를 수행하였다. 내부 커버는 2D 도면을 활용하여 레이저 절단기를 사용하여 제작하였다. 각각의 장치를 고정하는 여러 부품들은 모델링한 데이터를 기준으로 3D 프린터로 출력하여 개발하였다. 그리고 GCS에서 APC 및 기타 장비의 외부전원을 사용하기 위하여 내부에 장착된 배터리(50Ah, 12V)를 220V로 승압하여 2개의 플러그로 제공된다.



Fig. 11. Ground control system.

2.4. GCS 운영 S/W

필드에서 측량 프로젝트를 관리하고 관련 정보를 조회하기 위해서는 지형 측량에 최적화된 GCS 운영 S/W 개발이 필요하다. Fig. 12에 개발된 GCS 운영 S/W를 나타내었다. GCS 운영 S/W는 <http://ardupilot.org> 오픈소스 기반으로 Mavlink를 파이썬, C#, C++을 이용하여 개발하였으며 펌웨어는 Rover를 이용하였다. 개발된 운영 S/W는 USV의 배터리가 사용자가 설정한 10.2V로 강하되면 자동으로 GCS 위치로 복귀하는 기능, USV를 Google Map 기반으로 특정 위치까지 보내는 기능, 기본적인 측량(거리, 총거리, 면적 등) 기능, 그리고 2000개 이상의 Way Point를 사용자가 영역을 분할하여 자동항법을 수행하는 기능을 제공한다.

Fig. 12에서 Way Point 중간 부분에서 강한 바람의 영향으로 일부 경로를 벗어나는 경향을 보이지만 이내 안정성을 찾고 정확히 경로를 지나간 결과를 확인할 수 있다.



Fig. 12. The user interface of GCS.

USV가 자동항법으로 Way Point를 진행시 모든 데이터는 APC를 통하여 GCS에 전송된다. GCS S/W서 보여주는 세부적인 정보는 Table 2에 제시하였다. 사용자는 실시간 측량정보를 GCS에서 확인할 수 있으며 필요시 USV를 원격제어 할 수 있다. 측량에 중요한 경도, 위도, Roll, Pitch, 그리고 수심은 0.2초 간격으로 보여준다. 작업자는 USV가 최종 Way Point에 도달하기 위한 예상시간, USV의 전체 이동거리 등의 정보도 실시간 확인할 수 있다. 또한, Way Point를 USV가 자동항법으로 진행시 경로 관련한 그래픽 세부 정보는 Table 3에 제시하였다. 그래픽 정보는 1초에 5번 실시간으로 업데이트 되어 Way Point를 기준으로 진행 중인 USV의 위치와 Way Point 정확하게 통과하는지를 작업자는 항상 확인을 할 수 있다.

Table 2. Real-time acquisition information from GCS.

정보	설명	단위
WP	목적지인 Way Point	
MODE	Auto, Manual(자동, 수동항법)	
WP 지름	Way Point의 지름	m
WP 간격	Way Point간 거리	m
예상시간	최종 Way Point까지의 도달 시간	초
경도	GPS의 경도 값	도(°)
위도	GPS의 위도 값	도(°)
속도	Way Point 간의 USV 속도	m/s
Roll	센서에서 획득한 USV의 Roll	도(°)
Pitch	센서에서 획득한 USV의 Pitch	도(°)
총거리	전체 Way Point의 거리	km
이동거리	현재까지 이동거리	km
면적	측량 경계의 면적	m ²
조종거리	USV와 GCS의 거리	m
수심	음향측심기로 측량한 물의 깊이	m
방위각	USV가 선수가 향하는 각도	도(°)

Table 3. Route details of GCS operation S/W.

정보	설명
측량 경계	노란색 Pin Point, 하얀색 Polyline
Way Point	하늘색 Pin Point
Guide Line	노란색 Polyline
USV 이동경로	연두색 Spline

개발된 운영 S/W는 USV의 배터리가 사용자가 설정한 볼트(10.2V)로 강하되는 경우에 자동으로 GCS 위치로 복귀하는 기능, USV를 Google Map 기반으로 특정 위치까지 보내는 기능, 기본적인 측량(거리, 총거리, 면적 등) 기능, 그리고 2000개 이상의 Way Point를 사용자가 몇 개의 영역으로 분할하여 자동항법을 수행하는 기능을 제공한다.

Fig. 13은 Way Point를 생성하기 위한 GUI를 보여준다. 생성될 Way Point의 간격, 지름, 그리고 생성 방향을 지정할 수 있다. 또한, 가로, 세로, 그리고 정방향의 Way Point 경로를 지정할 수 있다. 사용자는 측량 대상의 여러 요구사항에 맞도록 설정하여 탐색 및 측량 작업을 수행할 수 있다.

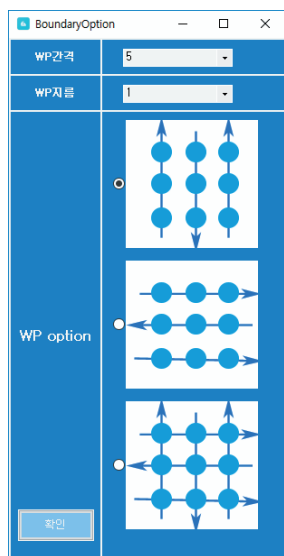


Fig. 13. GUI for way point Creation.

2.5. 지형 측량용 USV 완제품

개발이 완료된 USV 완제품은 Fig. 14에 제품사양은 Fig. 15에 제시하였다. 완제품은 측량용 USV, GCS, APC, 무지향 안테나, 조정기로 구성된다. USV의 선체는 FRP(Fiberglass Reinforced Plastic) 소재이며 선체

(Hull) 길이는 1300mm이며 배터리를 제외한 무게는 17kg이다. 순항거리는 대략 23km이며 최대속도는 4m/s이며, 배터리 지속은 6시간 정도이다.



(a)



(b)

Fig. 14. USV setting for surveying (a) and loaded in vehicle (b).

[Boat Hull]
Material : Fiberglass Reinforced Plastic
Body Size : 1,300 x 450 x 400(LxWxH/mm)
Weight : Approx.17kg (excluded Battery &Pedestal)
Operating Distance : 23km Max.
Cruising Speed : 2.0m/s normal(4.0m/s Max.)
Operating Hour : 6Hr
Power : 12VDC Battery
[Propulsion]
High-power Brushless Electric Speed Controllers

Fig. 15. USV specifications.

3. 적용

개발된 USV를 필드에서 적용하기 위해서는 DGPS와 RTK GPS의 위치 정밀도 비교가 요구되며, 얇은 하천에서 깊이가 정확히 측정되는지 파악할 필요가 있다. 끝으로, 한국농어촌공사에서 관리하는 저수지에서 수심 측량을 실시하였다.

3.1. GPS 위치 정밀도 비교

개발된 USV에는 DGPS와 RTK GPS 2종이 설치되어 있으며 모두 USV 내부에 탑재된 컴퓨터에 GPS 정보를 0.2초 간격으로 전송한다. Fig. 16은 Way Point를 자동항법으로 운항 시 DGPS와 RTK GPS의 실시간 위치 정보를 나타낸 결과이다.

Way Point는 Google Map에서 설정한 이상적인 목적지로 간격은 5m, 지름은 1m이다. DGPS에서 획득한 GPS 정보는 Way Point 기준으로 최대 2.5m 정도 차이를 나타내었다. 하지만 RTK GPS에서 획득한 GPS 정보는 Way Point 기준으로 최대 0.5m 정도의 양호한 결과 값을 보였다. USV가 자동항법으로 Way Point를 정확히 지나가지 못한 가장 큰 이유는 측량 시 바람(6m/s)의 영향과 드라이브 샤프트와 프로펠라를 사용하여 직진성 및 선회성을 보장하지 못한데 기인한다. 이러한 이유로 최종 완제품에는 Underwater Thruster를 Twin으로 적용하였다. 그 결과 13m/s의 강풍에서 2m/s 속도로 순항하였으며 RTK GPS를 최종 적용하여 Way Point 기준으로 0.5m 이내 오차로 측량할 수 있도록 개선되었다.

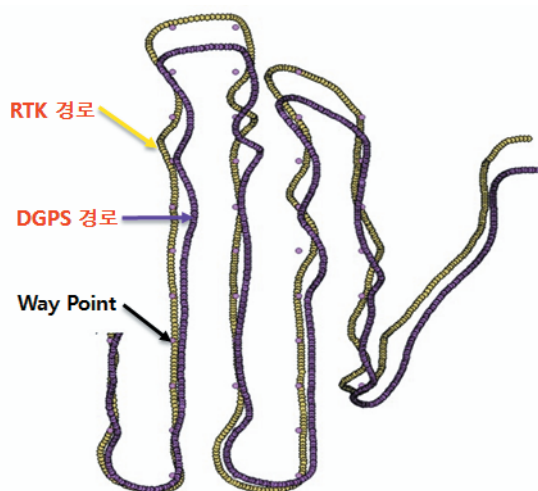


Fig. 16. The comparison result of GPS position accuracy.

3.2 하천 측량

지형 측량용 USV의 신뢰성은 GPS 위치와 수심 정보에 있다. 위치 정보의 신뢰성은 GPS의 위치 정밀도 비교에서 확보가 되었으며 남은 것은 측량 수심의 정밀도이다. 음향측심기를 통한 깊이의 측정에서 가장 문제가 되는 것은 바

람과 선회에 의한 선체의 Roll과 추진속도의 변화에 의한 Pitch이다. 수면을 기준으로 평행한 USV에 정확히 수직으로 음향측심기가 설치되어도 빠른 속도로 움직이는 배의 특성상 Roll, Pitch를 0으로 하는 것은 한계가 있다. 본 연구에서는 USV에 자이로 센서를 설치하여 USV를 수면과 수평성을 유지하도록 선체의 밸런스를 고려하여 제작하였고, USV에 정확히 수직하게 음향측심기를 설치하였다.

자동항법 시 Roll, Pitch 정보를 0.2초 간격으로 GCS에 실시간 전송하여 지정한 값 이상인 경우 모터의 동력을 제어하여 속도를 감소시켜 Pitch를 최소화 시켰다. 또한, Roll을 최소화 시키고 USV의 전복을 방지하기 위하여 사용자가 필드의 환경을 고려하여 양쪽 옆에 밸런스 날개를 설치할 수 있도록 선체가 개발되었다.

측량을 수행한 하천은 부산시 강서구에 위치하며, 낙동강으로 최종 방류하기 전의 수문이 위치한 곳이다. 이곳은 인공적으로 준설을 완료하여 바닥의 깊이가 1m 내외로 일정한 관계로 수심을 시각적으로 파악하는 것이 가능하다. 본 측량에서는 바람이 2m/s 정도이므로 밸런스 날개를 설치하지 않고 실시하였으며, 선체의 Roll, Pitch 최소화를 위하여 USV의 평균속도를 1m/s 이내로 운항하였다. 측량된 하천의 정보를 Table 4에 제시하였고, 측량 결과의 일부를 Table 5에 나타내었다. Fig. 17에 운항경로에 따른 깊이를 2D Mapping하여 나타내었다. 2D Mapping은 오픈 소스 지리 정보 체계(GIS) 응용 프로그램인 QGIS(Quantum Geographic Information System)를 이용하였다. QGIS는 3D Mapping 기능을 제공할 뿐 아니라 오픈 소스라는 장점을 가지고 있으므로, 향후 지형 측량용 USV에 최적화된 사용자 환경을 개발할 수 있다는 장점이 있다.

Table 4. Survey information.

정보	설명
Way Point	211개, 5m 간격, 지름 1m
평균속도	1m/s
측량시간	20분
총 이동거리	1.2km
측량면적	5200m ²

Table 5. Survey results.

WP	경도	위도	Roll	Pitch	수심(m)
1	35.11012	128.88939	-1.3245	0.8229	1.11
2	35.11012	128.88939	-1.2223	0.9223	1.08
3	35.11010	128.88934	-1.4323	1.0502	1.02

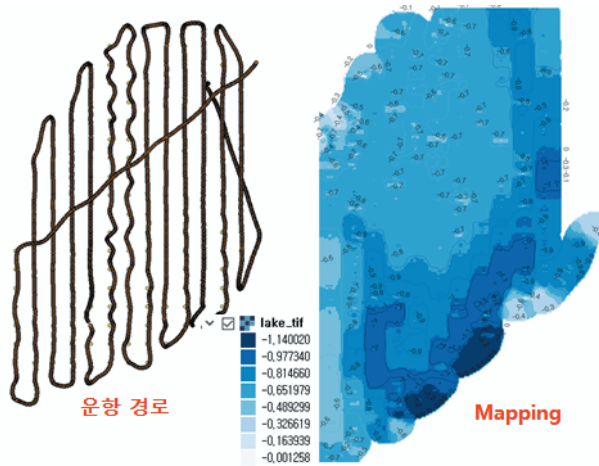


Fig. 17. Survey results and QGIS Mapping

Fig. 15에서 측량 결과는 평균 깊이 1m 정도이며 측량한 날에는 낙동강으로 배수를 한 전날인 관계로 만수위인 1.6m 보다는 낮게 측량되었다. 측량 결과를 검토하기 위하여 사람이 직접 경계면에 들어가서 막대자를 이용하여 측량한 결과 그 오차는 5% 이내로 나타났다. 이 오차는 선체의 Roll, Pitch, 그리고 USV와 사람이 측량한 위치 차이에 기인하는 것으로 분석된다.

3.3 저수지 측량

필드 테스트를 수행하기 위하여 선정된 곳은 경상남도 김해시 진례면에 위치한 진례 저수지이다. 저수지의 폭은 244m이며 길이는 451m 정도이다. 측량을 실시한 날짜는 2018년 2월 7일이며 겨울의 한파로 저수지의 1/2 정도는 얼음으로 덮여 있어 전체 저수지 측량을 수행할 수 없었으며, 한 해 동안에 물이 가장 적은 갈수기임을 인지할 필요가 있다. 대상 지역의 측량이 완료된 평균 깊이는 9m 정도이며, QGIS를 활용하여 2D Mapping 결과를 Fig. 18에 제시하였다.



Fig. 18. Reservoir surveying.

4. 결론

본 연구에서는 지형 측량용 USV를 개발하기 위하여 먼저 지형 측량용 USV의 개념을 확립하였으며, USV, GCS, 운영 S/W 시제품 개발을 수행하였다. 개발된 USV를 활용하여 하천과 농업용 저수지의 수심을 자동항법으로 측량하였지만, 밸런스 날개를 양쪽에 설치하면 해양에서도 해저 지형의 측량이 가능하다.

5. 향후 연구

APC의 작동범위가 2km로 제한적이라 그 이상에서 USV가 자동항법 시 데이터 및 영상 정보를 실시간 확인하는 것은 기술적 한계가 존재한다. 해결책으로는 LTE(Long Term Evolution) 이동통신 규격을 이용하는 방법과 2018년 하반기 상용화로 예정된 5G 스마트드론 통신 장치를 활용하는 것이다. 또한, 해양에서 USV를 이용하여 측량 시 선체의 Roll과 Pitch를 최소화하기 위한 선체 설계와 제어 장치를 개발 것이다. 끝으로, 싱글/멀티빔 음향측심기, 사이드 스캔 소나 등을 장착하기 위하여 선체에 효율적으로 장착하기 위한 지그(Jig) 형태의 구조 변경이 요구된다.

참고문헌

- [1] 테헤란씨씨 “드론 시장조사보고서”, 2017.
- [2] 국토교통부, “민수용 드론 시장 규모 전망”, 2016.
- [3] 한상철 외, “무인항공기(Drone) 기술동향과 산업전망”, Korea Evaluation Institute of Industrial Technology, PD Issue Report, Vol. 15-7, 2015, pp. 51~69.
- [4] Business Insider, IHS Janes Intelligence Review, GSV Asset Management.
- [5] 김종현 외, “무인선 기술 개발 동향 및 산업 현황”, Korea Evaluation Institute of Industrial Technology, PD Issue Report, Vol. 15-3, 2015, pp. 83~95.
- [6] “4차 산업혁명 기술의 집약체, 무인이동체 기술혁신과 성장 10개년 로드맵 발표”, 과학기술정보통신부, 2017.
- [7] “도로·철도·공항·택지개발 등 공공측량 분야에 드론 뜬다”, 국토교통부 공식블로거(<https://blog.naver.com/mltmkr/221216804493>), 2018.
- [8] Park Seungki, Jung Jaehoon, “Calculation of Sediment Volume of the Agriculture Reservoir Using DGPS Echo-Sounder”, Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, Vol. 13, No. 3, 2005, pp. 297~305.
- [9] 김진택 외, “Agricultural Reservoir Capacity Survey and

Management System with Autopilot Echo Sounding”, 한국농어촌공사 농어촌연구원 과제 보고서, 2009.

- [10] Lee Kimyung, Kim Kisu, Kim Bobae, Lim Byungsu, Lee Sangjun, “Design and Implementation of a Location-based Unmanned Drone Unmanned surface Drone”, Journal of Computing Science and Engineering, 2014, pp.1448~1449.
- [11] Lee Jaeyong, “Controller Design to Coordinate Autonomous Unmanned Surface and Underwater Vehicles”, Journal of the Korean Society of Ocean Engineers, Vol. 26, No. 3, 2012, pp. 6~12.
- [12] 우중식 외, “자율운항무인선박”, 대한민국특허청 공개특허, 등록번호 10-0734814, 2007.
- [13] 대우조선해양 주식회사, “수중, 수면 및 수상 복합 검사 시스템”, 대한민국특허청 공개특허, 출원번호 10-2015-0142382, 2017.
- [14] 최종락, “군사용 무인선 개발동향”, Journal of the society of naval architects of Korea, Vol. 51, No. 2, 2014, pp. 3~8.