유·무인운용 가능한 수심측량을 위한 측량선 설계 및 구현

최 현*

Design and Running of a Surveying Ship for Bathymetry of The Manned and Unmanned Control System

Hyun Choi*

이 연구결과물은 2009년도 경남대학교 학술진흥연구비를 지원에 의한 것임.

요 약

지상 또는 해상에서 주로 이루어지고 있는 수심측량은 측량선을 타고 사람이 직접 측량하거나 측량선을 이용하여 목표지점을 측정하는 방법 등이 주로 이용된다. 그러나 현재 이용되는 측량선은 유인과 무인시스템으로 나누어져 있어 수심의 상태 또는 기상상태에 따라 능동적인 대처가 어려웠다. 따라서 본 연구에서는 악천후나 광활한 지역과 같이 접근성이 어려운 곳은 무인 원격제어를 이용하여 수심 측정이 가능한 측량선을 구현하고자 한다. 본 연구에서 개발된 유·무인 측량선의 제어시스템은 무선통신을 이용하여 사용자에 의해 미리 설정한 경로대로 움직이는 자동제어방식과 제어국에서 직접 측량선의 방향과 속도 등을 제어 할 수 있는 최적화 된 수동제어방식의 측량이 가능하게 하였다.

ABSTRACT

Bathymetry which is mainly used on the earth or the sea can be surveyed directly by a person who is on a surveying ship or in a way one estimates the target through a surveying ship. However, the surveying ship which is being used now is divided into a manned and unmanned system and it's difficult to deal with it appropriately according to the water depth or the condition of weather. Therefore, this study will invent the surveying ship that can measure the water depth with the unmanned remote control system in the place where it's difficult to for man access because of a bad weather or a vast area. There are two methods in the control system of the manned and unmanned surveying ship which has been developed in this study. One is an automatic control which moves on the path set by the user in advance and the other is the optimized passive control in which the control station can manage the direction and speed of a surveying ship directly.

키워드

수심측량, 측량선, 원격제어, 자동제어

Key word

bathymetry, surveying ship, telecontrol, unmanned control system

* 종신회원 : 경남대학교 토목공학과 교수 (hchoi@kyungnam.ac.kr)

접수일자 : 2010. 10. 18
심사완료일자 : 2010. 11. 13

Ⅰ. 서 론

수심측량이란 해양 또는 저수지등에서 수심을 측정하는 작업을 말하며, 측심이라고도 불린다. 수심측량은 보통 음향측심기에 의해서 실시되며 기계오차, 수중음속 변화오차, 조고 등의 보정이 필요하다. 현재 수심측량은 기존의 음향측심기와 달리 음파의 송수신 범위 안에서는 바다 및 횡단면 전체를 동시에 측정할 수 있는 다중빔 음향측심기를 이용하고 있다. 이 장비는 배가 이동하면서 다중 음향신호를 발사하고 이를 다시 수신함으로써 수심과 해저지형을 동시에 관측하여 기록하는 방법이 주로 이용되고 있다. 해양조사원에서는 활용목적에 따라 1: 10,000 축척으로 항만에서 시행되는 항만측량 뿐만 아니라 항로측량, 연안측량, 대륙붕 획선・해저구조규명・광물자원탐사 등 종합적 목적으로 시행되는 해양측량을 시행하고 있다.

최근에 들어서 음향측심기와 GPS측량기기를 연동한 연구가 이루어지고 있으며 어느 한곳의 대상에 집중된 연구가 아니라 해양, 저수지, 댐 등의 다양한 장소에서 대상지역의 관리 및 개발시스템의 관한 연구가 이루어지고 있다. 김천영은 GPS와 음향측심기 조합에 의해 하구, 하상 모니터링 시 효율성을 높이기 위해 하구 지질특성을 고려한 수조실험을 통해 음향측심기의 오차 보정량을 산출하고, 하구, 하상 3차원 모니터링을 위한 S/W를 개발하여 현장실험에 적용하였다[1]. 그리고 신규 댐 건설 또는 기존 댐의 용량증대를 위한 설계에서 이용될 수 있는 저수지 용량 결정을 위한 내용적 측량의 기법을 기존의 측량기법에서 탈피 하여 GPS와 음향측심기의 조합에 의한 3차원적 위치데이터를 취득 할 수 있다[2].

기존의 연구에서는 수심 또는 해저지형에 대한 정보를 취득하기 위해 측점지점까지 수동으로 측량선을 이동하였으나 최병길)은 GPS와 음향측심기를 이용하여 획득한 위치 및 수심데이터를 통합처리하고 조향을 자동화방안에 대해서 연구하였다[3]. 홍정수는 조위관측소에 설치된 고정식검조기만을 사용하여 해양 수직기준면을 결정하는 방법에서 벗어나 GPS 측위의 장점을 이용하여 해양에 직접 띄워 해수면 관측이 용이한 GPS 부이 시스템을 제작한 후, 해수면의 실시간 움직임과 물리학적 특성을 관측하였다[4]. 아울러 관측대상지역의 하상에 수압식검조기를 설치하여 파고와 파랑 빈도주기 등 해면의 물리적인 특성을 관측하여 GPS 부이 관측값의 산출에 활용하였다. 현재까지 수심측량은 측량선에 GPS, Echosounder, 운영소프트웨어 등의 복합시스템으로 구성되어 있다. 그리고 측량선을 사람이 직접 현장까지 선박을 조향하도록 이루어져 있다. 특히 댐 및 저수지에서는 측량선을 이용하기 어려우며 측량선 자체의 무게로 인해 수심 1.5m 이하의 얕은 지역에 대해서는 접근이 어렵기 때문에 이들 지역에 대한 수심정보를 얻지 못하고 있는 실정이다. 또한 개발된 원격측정 로봇선은 DGPS를 이용한 자동화 유도방법에 의하여 정형화된 정보를 취득이 가능하나 유인조정이 필요한 부분에서는 무용지물이 되는 경우가 많았다[6]. 따라서 본 연구에서는 기존의 문제점인 인력과 비용 및 시간적 비효율적인 측면을 보완하기 위하여 원격측량과 유인측량이 동시에 가능하게 하여 기존측량에 비해 효율성 및 경제성을 높이면서 정밀한 측정데이터의 취득이 가능한 측량선을 설계하고 구현하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같이 이루어져 있다. 2장에서는 측량선에 필요한 주요 장비의 제원 및 구성을 살펴보고자 한다. 3장에서는 본 논문에서 설계 및 구현될 측량선의 시스템 및 구성에 대해서 설명한다. 4장에서는 설계된 측량선을 저수지에서 시험 운용하여 원활히 동작함을 구현한다. 마지막으로 연구결과를 결론으로 기술하였다.

Ⅱ. 본 론

2.1 음향측심기

수심측량 시 가장 중요한 장비는 음향측심기(Echo Sounder)이며, 최근 그와 더불어 중요한 장비로는 수심측량의 위치를 정확히 확인해주는 GPS(Global Positioning System)를 들 수 있다. 현재 국내에는 음향측심기와 RTK-GPS간에 연동 가능한 제품과 음향측심기에 DGPS가 내장된 제품들이 시중에 판매되고 있으나 대부분의 제품들은 수입된 고가의 제품이며 이런 제품들은 다른 기업에서 판매된 제품들 간에 호환이 되지 않아 취득된 데이터의 처리 및 활용범위가 넓지 못하는 단점이 있다.

최근에 들어 우리나라의 실정에 맞게 음향 측심기를 개발하여 판매 하는 국내 중·소 업체가 있으나 업체의 수 나 개발 제품의 수 는 많지 않으며, 음향측심기의 처리소프트웨어를 개발 및 판매하는 국내업체 또한 별반 다르지 않고 판매 되고 있는 처리소프트웨어의 수 는 3~4종류에 불과하다. 음향측심기는 일반적으로 단일 빔 음향측심기(Single Beam Echo Sounder)와 다중 빔 음향

측심기(Multi Beam Echo Sounder)로 나눌 수 있으며, 국내에서는 아직 고가의 다중 빔 음향측심기 보다 단일 빔 음향측심기가 주로 사용되고 있다. 음향측심기의 원리는 측심봉(Transducer)에서 나오는 송신음파와 지면에서 반사되어 나오는 수신음파의 시간의 간격을 측정하고, 음파의 전파속도가 전달되면 다음의 식(1)에 의해 수심을 구할 수 있다.

$$Z = \frac{1}{2} VT \quad (1)$$

여기서 t는 측정된 시간(sec), V는 해수 중 음파의 평균전파속도 1,500m/s로 설계된다. 그리고 실제 수중의 음속은 염분, 수온 그리고 수압 등에 따라 변하며 정밀한 값을 구하기 위해 관측당시의 실제음속을 구하여 음속보정을 한다. 그리고 조석보정, 측심 시 측심봉과 수면과의 차이를 고려하는 흘수 보정 등이 필요하다. 그림 1은 우리나라 중소기업에서 출시된 음향측심기로 고정밀 수심측량, 준설측심 등 수중측심에 사용되는 대표적인 장비이다.

그림 1. AquaRuler-5T
Fig. 1 AquaRuler-5T

2.2 GPS

음향측심기에 GPS측량기기를 연동하는 이유는 측량하고자 하는 정확한 지점에 위치하여 수심측량을하기 위해서다. 기존의 수심측량은 토털스테이션을 이용하여 위치를 확인하였으나 최근에는 이보다 정확한 RTK-GPS나 DGPS를 이용하여 수심측량이 이루어지고 있다. 그러나 국내 GPS측량기기의 생산업체는 없으며, 대부분 중·소 업체에서 수입을 하여 판매와 A/S관리를 하고 있다. 국내에서 사용되는 GPS측량기기는 대부분 Trimble, Sokkia, Leica 등 세계적인 대기업의 제품들이며, 외국 업체의 GPS측량기기 기술개발은 위성개발과 더불어 빠르게 발전되고 있다. GPS측량기기의 성능은 대부분 비슷하다. 최근에 2주파(2-channel) GPS시스템에서 3주파 GPS시스템으로 빠르게 변화되는 특징을 보인다. 특히 GNSS(Global Navigation Satellite System ; 광역위성항법시스템)는 수신기 1대를 독립적으로 운영하는 절대측위(Point Positioning ; PP)방식과 기준국의 보정값을 활용하는 상대측위(Differencing Positionning ; DGPS)방식으로 크게 나눌 수 있고 상대측위방식은 오차의 보정값 산출기술 및 적용시점에 따라 실시간 및 사후처리 방법으로 구분된다. 수신기 1대로 운용이 가능한 GNSS시스템은 상시 관측망을 활용하여 실시간 많은 연산과 많은 양의 자료전송이 가능하여 높은 정확도와 실시간 처리가 가능하다.

Ⅲ. 시스템 구현

3.1 연구방법

유·무인 운용이 가능한 측량선은 유·무인 제어가 가능한 보트와 음향측심기, 3주파 GPS 시스템이 결합된 제품으로 기존의 수심측량의 문제점을 보완한 원격측량과 유인측량이 동시에 가능하게 하여, 효율성 및 경제성을 높였다. 유·무인 운용이 가능한 수심측량시스템의 구성은 음향측심기, GPS측량기기, 모터보트, 실시간 처리시스템이 결합된 것으로 연구 방법은 그림 2와 같으며 내용을 살펴보면 GPS와 에코사운더를 탑재한 유무인 보트를 설계한다.

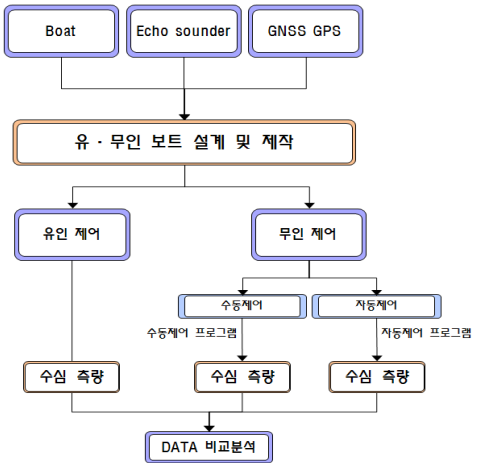

그림 2. 연구 방법
Fig. 2 How to study

그리고 유인제어와 무인제어가 동시에 가능하도록 한다. 유인제어에서는 인력이 직접 측정하는 것이며, 무인제어에서는 경로좌표를 설정해두면 설정된 경로 좌표로 측량선이 이동하면서 수심을 자동으로 측정한다. 수동제어에서는 측량선을 원격제어를 하여 무인으로 제어하는 시스템을 구축한다.

3.2 유·무인 측량선 설계

수심측량법에 따르면 파도 1m 이내에서 측정하도록 규격 되어 있다. 따라서 측량선은 파랑에 배가 흔들림이 없어야 하고 엔진의 진동에 의한 오차를 최소화해야 한다. 본 연구에서는 유·무인 측량선은 유인 측량시 2~3인이 탈 수 있는 공간과 무인 측량을 실시 할 경우 파랑에 배가 흔들려도 장비의 손실되지 않도록 3 × 1.2 × 0.5(m)의 규격으로 설계 하였으며, 보트의 재질은 충격에 강한 FRP(Fiber-Reinforced Polyester ; 강화 플라스틱 섬유)로 제작하였다. 보트의 추진모터는 측량결과에 영향을 최소화 하도록 하였다. 원격제어가 가능한 12V 전기엔진을 사용하여 최소한의 진동이 발생하도록 하여 효과를 극대화 시켰다. 또한 추후 수자원 관리시스템의 장착이 용이하도록 측량선의 앞부분에 연결고리와 설치 공간을 만들어 두었다. 측점지점까지 1ton 트럭으로 이동이 용이하도록 설계 하였다. 또한 측량선은 전복에 따른 위치정보 손실 및 장비의 결손을 방지하고 안정적인 조향이 가능하도록 하였다. 또한 수심측량시 x, y, z 좌표를 맞추기 위해서 GPS와 음향측심기의 위치를 일치가 되게 설계하였다.

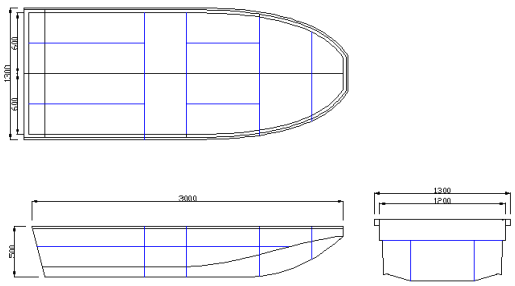

그림 3. 측량선 설계도
Fig. 3 Design for surveying ship

3.3 측량선 제어시스템

유·무인 측량선의 제어시스템은 무선 통신을 이용하여 사용자에 의해 미리 설정한 경로대로 움직이는 자동제어 방식과 제어국에서 직접 보트의 방향과 속도 등을 제어 할 수 있는 수동제어 방식의 알고리즘을 개발 하였다. 자동제어 방식은 GPS에서 실시간으로 현재의 위치를 전송 받아 다음 위치에 대한 경로를 계산 하여 산출한 뒤 이동경로를 예측함으로써 유·무인 보트의 방향과 속도를 제어한다. 수동제어시스템은 조작자가 직접 노트북에서 수동제어시스템을 실행시켜 진행방향과 속도의 조절이 가능하다. 파랑과 바람에 의해 자동제어 방식이 곤란하거나 사람이 보트에 탑승하여 직접 측량 할 수 없을 때 제어국에서 보트의 방향과 속도 등을 직접 제어할 수 있는 방법이다. 제어 방법은 노트북에 설치된 프로그램을 이용하여 키보드 A와 Z는 전진속도 조절, S와 X는 후진속도 조절, D와 C는 모터의 기둥과 날개의 각도 조절을 할 수 있으며 방향은 화살표 키를 이용하여 제어 할 수 있다. 제어시스템은 C 언어와 ACC, 그리고 Lab View를 사용하여 개발하였다. 제어창을 보면 FW는 전진, BW는 후진을 나타내며 속도는 1~5까지 단계별로 조절이 가능하게 하였다. 실행 조작키는 키보드의 방향키로 간단하게 조절이 가능하게 하였다.

그림 4. 측량선제어를 위한 프로그램
Fig. 4 Surveying ship control program

본 연구를 위해 개발된 유·무인 측량선의 제어시스템은 무선 통신을 이용하여 사용자에 의해 미리 설정한 경로대로 움직이는 자동제어 방식과 제어국에서 직접 보트의 방향과 속도 등을 제어 할 수 있는 수동제어 방식의 알고리즘을 개발 하였다. 자동제어 방식은 GPS에서 실시간으로 현재의 위치를 전송 받아 다음 위치에 대한 경로를 계산 하여 산출한 뒤 이동경로를 예측함으로써 유·무인 보트의 방향과 속도를 자동으로 제어하는 방법이다. 유·무인 보트와 제어국간의 사용 할 수 있는 통신 시

스템은 무선인터넷과 RF(Radio Frequency ; 무선 주파수) 모뎀 등 여러 가지 있으나 산간지역과 같이 통신이 되지 않는 지역을 고려하여 본 개발 시스템는 블루투스 형식의 XBee_Conv_RS232을 사용하였다[그림 5]. 본 연구에서의 통신시스템 구조는 그림 6과 같다.

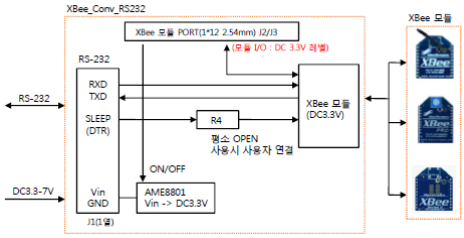

그림 5. X-bee 모듈
Fig. 5 X-bee Module

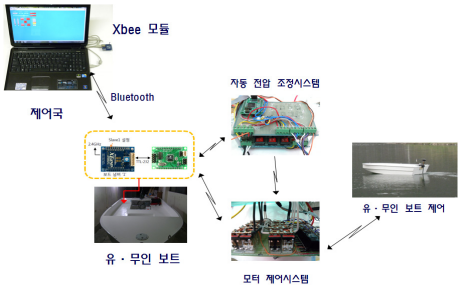

그림 6. 통신시스템의 구조
Fig. 6 Composition of communication system

Ⅳ. 시험 운용

유·무인 보트의 제어 시스템과 측량 성과를 분석하기 위하여 연구대상 지역은 경상남도 함안군 산이면 입곡리 입곡저수지를 선정했다. 함안군의 입곡저수지는 농업기반공사에서 2003년에 저수지 내용적 측량을 실시한 지역으로 본연구의 측량결과와 검증이 가능하기 때문에 연구대상지역으로 선정하였다. 유·무인 보트와 제어국간의 사용 할 수 있는 통신 시스템은 무선인터넷과 RF(Radio Frequency ; 라이오 주파수) 모뎀 등 여러 가지 있으나 산간지역과 같이 무선인터넷과 라디오 주파수가 잡히지 않는 지역을 고려하여 본 개발 시스템는 블루투스 형식의 XBee_Conv_RS232을 사용하였다.

그림 7. 입곡저수지 현황
Fig. 7 the front view of Ip-gok reservoir

그림 8. 유인제어 모습
Fig. 8 a manned control scene

그림 9. 자동제어 모습
Fig. 9 a automatic control scene

제어국에서 유·무인 보트로 보낸 신호들은 일정한 전압을 유지시켜주는 자동 전압 조정시스템과 보트의 방향과 속도 등을 조절한는 모터 제어시스템으로 전달되고 모터 제어시스템은 다시 한번 자동 전압 조정시스템에서 신호를 받은 뒤 모터로 전달하여 속도와 방향 등을 제어한다. 이러한 통신 시스템은 추후 여러 대의 유·무인 보트가 사용될 경우 XBee 모듈만 추가 하여 사용할

수도 있다. 자동제어시스템의 정확도 분석을 위해서 제어국 노트북에서 연구대상지역(입곡저수지)의 수치지도를 열어 측정하고자 하는 지점 73개를 지정한 후 자동제어시스템의 정확도를 분석하였다.

실험 결과 지정된 측점으로 이동도중 바람과 파랑의 영향으로 중간 경로이탈 현상이 나타났지만, X : 6.49, Y : -4.58 정도의 평균오차를 보이며 종합적으로 미리 지정된 좌표에 측정 되었다. 공공측량 작업규정 세부기준 운용세칙에 따르면 측정간격의 범위가 GPS를 이용할 경우 5~20이고, 농업기반공사에서 제시하고 있는 측정간격의 범위가 20~40임을 감안할 때 제어시스템에 따른 유·무인 보트의 이동 경로는 정확하게 이동한다고 할 수 있다. 수동제어시스템의 정확도 검증 실험에서는 조작자가 직접 노트북에서 수동제어시스템을 실행시켜 진행방향과 속도를 조절하였다. 실행 조작키는 키보드의 방향키로 간단하게 조절이 가능하였고, 속도는 1~5까지 단계별로 조절이 가능하였다.

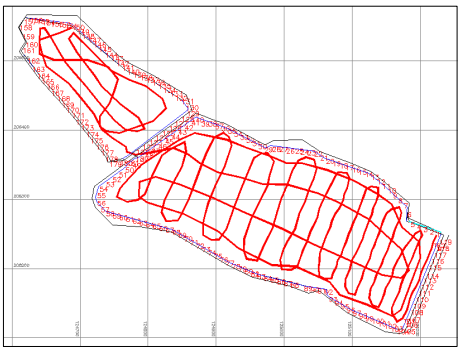

그림 10. 유인측량 항적도
Fig. 10 A sailing ship map by manned surveying

V. 결 론

본 연구에서 개발된 유·무인 운용이 가능한 수심측량 시스템은 무인·유인 제어가 가능한 보트에 음향측심기와 3주파 GPS(Global Positioning System)를 장착 하여 유·무인 제어시스템은 수동제어 방식과 자동제어 방식이 가능하게 하였다. 유·무인 제어시스템은 측량 인원의 단축과 측량 장비의 간소화 및 일체화를 통해 이동의 편리성까지 확보하였고 유·무인 제어시스템에 사용된 통신 시스템 역시 산간 지방 같은 인터넷 및 RF 모뎀 등이 사용하기 어려운 곳에서도 사용할 수 있도록 블루투스 형식의 XBee 모듈을 사용하여 통신제약 없이 200까지 제어 할 수 있도록 하였다. 그동안 전문인력과 고가의 장비 및 일부 측량업체에서만 이루어졌던 수심측량이었지만, 유·무인 운용이 가능한 수심측량시스템은 기존 수심측량시 2~3인이 필요했던 시스템을 1인 운용이 가능하도록 하였다. 또한 유인측량과 무인측량을 각각 실행 할 수 있는 시스템으로 수심측량 시 환경조건에 맞추어 선택하여 측량이 가능하도록 되어 있어 인명의 피해와 장비의 손실 등의 문제를 해결 할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] 김천영, 2002, GPS와 Echo Sounder조합에 의한 하구 하상 모니터링, 박사학위논문, 동아대학교.

[2] 이종출, 서정훈, 서동주, 2002, “GPS와 음향측심기의 조합에 의한 저수용량 산정”, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제 10권 제1호, pp.27- 35.

[3] 최병길, 조광희, 2003, “GPS와 Echosounder 데이터의 통합처리에 관한 연구”, 2003년 대한토목학회학술발표회논문집, 대한토목학회, pp.4328 -4330.

[4] 홍정수, 2006, GPS 부이 관측데이터를 이용한 해양기준면 결정, 박사학위논문, 동아대학교.

[5] 최병길, 2005, 무선인터넷과 DGPS를 이용한 원격측정로봇선개발, 보고서, 건설교통부.

[6] 최병길, 조광희, 2008, “수중정보 획득을 위한 무인원격선체 개발”, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제 16권 제 3호, pp.65-69

저자소개

최 현(Hyun Choi)

1998년 부경대학교
토목공학과(공학사)
2000년 부산대학교 대학원
토목공학과(공학석사)
2004년 부산대학교 대학원 토목공학과(공학박사)
2006년 ~ 현재 경남대학교 토목공학과 교수
※관심분야 : 원격탐사, 사진측량학, GIS, 3D-GIS, Virtual Reality, ITS, GPS.