

무인수상선을 위한 경유점 추적 제어 알고리즘에 관한 연구

손남선† · 윤현규*

† 한국해양연구원 해양안전방제기술연구부 *창원대학교 조선공학과

Study on a Waypoint Tracking Algorithm for Unmanned Surface Vehicle (USV)

Nam-Sun Son† · Hyeon Kyu Yoon*

† Maritime Safety & Pollution Control Division, MOERI/KORDI, Yuseong P.O. Box 23, Daejeon 305-600, Korea

* Dept. of Ship Building Engineering, Changwon National University, Changwon, 641-773, Korea

요 약 : 워터젯이 탑재된 RIB(Rigid Inflatable Boat)형태의 무인수상선을 위한 경유점 추적 제어 알고리즘을 설계하였고, 성능 검증을 위해 실험역 시험을 수행하였다. 본 연구에서 사용된 RIB형 무인수상선의 경유점 추적제어를 위해서는 방향제어를 위해 버킷각을 제어하여야 한다. 우선, 육상 관제소에 미리 입력된 경유점들의 위경도 등의 위치정보들을 바탕으로, 목표 방향각을 실시간 계산한다. 그리고, 무인수상선에 탑재된 마그네틱컴파스 등의 센서로부터 받은 선수각 및 선수각속도의 값과 PD 제어기법을 이용하여, 버킷각 명령을 실시간 계산한다. 본 연구에서는, 바람 등의 외력으로 인한 표류각을 보정하기 위해 일정속도 이상에서는 실침로(Course Of Ground, COG)를 사용하였다. 또한, 설계된 경유점 추적 제어 알고리즘을 검증하기 위해 부산 광안대교 근처 해역에서 육상관제소를 설치하고, 실선 시험을 수행하였다. 본 논문에서는, 설계된 무인 경유점 추적 제어 알고리즘의 시험결과를, 유인으로 제어한 결과 및 상용추적제어기로 제어한 결과들과 비교 분석하였다.

핵심용어 : 무인수상선, 경유점 추적 제어, 워터젯 방향제어, 경유점 원격 갱신, 표류각 보정

Abstract : A waypoint tracking algorithm(WTA) is designed for Unmanned Surface Vehicle(USV) in which water-jet system is installed for propulsion. To control the heading of USV for waypoint tracking, the steering nozzle of water-jet needs to be controlled. Firstly, target heading is calculated by using the position information of waypoints input from the land control center. Secondly, the command for the steering nozzle of water-jet is calculated in real time by using the heading and the rate-of-turn(ROT) from magnetic compass. In this study, in order to consider the drift angle due to external disturbance such as wind and wave, the course of ground(COG) can be used instead of heading at higher speed than a certain value. To test the performance of newly-designed WTA, the tests were carried out in actual sea area near Gwang-an bridge of Busan. In this paper, the sea trial test results from WTA are analyzed and compared with those from manual control and those from commercial controller.

Key words : unmanned surface vehicle(USV), waypoint tracking control, waterjet steering control, waypoint replanning, drift compensation

1. 서 론

무인수상선(USV, Unmanned Surface Vehicle)은 유인선박의 기능을 대체하거나, 황천시에 유인선박이 수행하기 힘든 임무를 위해 개발되었는데, 원격 조종되거나, 자율적으로 통제되는 선박을 의미하며, 길이 약 1.5m-15m, 무게 약 0.5t-9t 사이의 선박들을 통칭한 바 있다(Moire, 2003).

USV는 처음에 군사용으로 사용하기 위하여 개발이 시작되었는데, 미국의 SPARTAN 프로젝트의 목표는 일반 선박의 선체를 그대로 이용하면서, 내부의 운항제어부를 자동화하고, 모선이나 육상의 기지에서 원격으로 조종할 수 있는 시스템을 만드는 것이었다. SPARTAN의 실험역 시험성공을 바탕으로, 현재는 첩보, 감시, 정찰과 함께 무인잠수정(UUV) 및 무인항

공기(UAV) 지원기능을 갖추면서, 연안수륙양용전을 위한 소해기능까지 갖춘 다기능 무인선 개발을 앞두고 있다(Moire, 2003).

국내에서는 한국해양연구원의 "무인해양탐사선의 핵심기술개발" 과제가 수행되어 국내 USV의 개발 가능성을 확인하였고 (Son et al., 2004), 2005년부터 시작된 민군겸용기술개발 과제인 "원격선박통제 제어기술 개발" 에서 2009년까지 USV의 실용화를 위해 시험개발이 진행 중인데, RIB(Rigid Inflatable Boat) 시험선에 대한 실험역 시험을 통해 조종성능이 연구된 바 있다(윤 등, 2007; 손 등, 2006).

본 논문에서는, 현재 시험개발로 진행 중인, 워터젯이 탑재된 RIB형태의 무인수상선을 위한 경유점 추적 제어 알고리즘을 설계하였다. 워터젯의 경유점 추적제어를 위해 방향제어를 위한 버킷각 제어기도 함께 구성하였다. 또한, 설계된 경유점

† 교신저자 : 손남선(정회원), namsun76@moeri.re.kr 042)868-7278

* 정회원, hkyoon@changwon.ac.kr 055)213-3683

추적 제어 알고리즘을 검증하기 위해 부산 광안대교 근처 해역에서 육상관제소를 설치하고, 실선 시험을 수행하였고, 이에 대한 실선 성능을 유인 제어경우와 상용제어기를 사용한 경우와 비교하여 나타내었다.

2. 무인 수상선(USV)

RHIB(Rigid Hull Inflated Boat)로도 불리우는 RIB 선박은 선체가 손상을 입어도 주위의 부유체에 의한 부상(浮上)이 가능하고, 해상 중 어느 곳이라도 이접안이 용이하고 충돌위험이 적다는 편리성 때문에, 레저용, 구조/구난용 그리고 정찰/수색용 등 여러 분야에 사용되고 있다. 특히, 미국은 SPARTAN 프로젝트에서 군용으로 RIB를 무인화하여, 실해역 시험을 수행한 바 있다(Thomsen et al., 2007).

Table 1 Principal dimensions of RIB-type USV

Length	9.6 m (overall)
	7.9 m (rigid)
Breadth	3.3 m (overall)
	2.0 m (rigid)
Max. Speed	> 35 knots
Propulsion system	Diesel E/G : Volvo Penta (KAMD43P) Waterjet : Hamilton jet (HJ213)

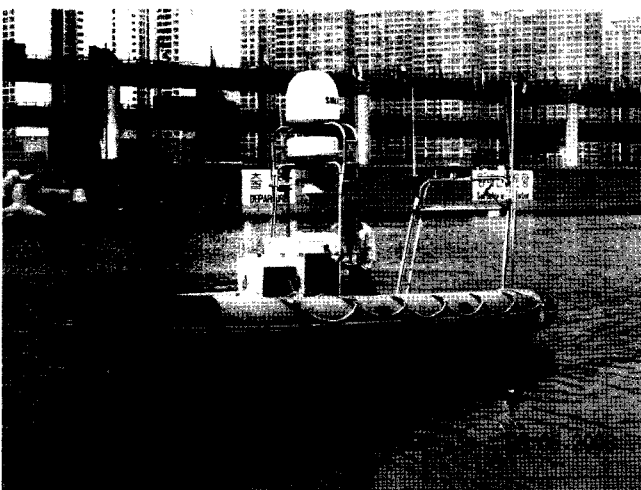


Fig. 1 Photograph of RIB-type USV(RUSV)

본 논문에 사용된 RIB형 무인수상선(이하 RUSV)의 주요 제원은 Table 1 과 같다. 최고 속도가 35knots 이상으로, 이를 위해 워터제트와 디젤엔진을 탑재하고 있다. Fig. 1은 대상선박의 실물사진을 보여주고 있다.

3. 경유점 추적 제어 알고리즘 설계

경유점 추적 제어 알고리즘을 설계하면서, 우선 고려한 것

이, 무인 수상선과 같은 무인체계의 자율제어수준(Autonomous Control Level)이다. Table 2에서 보는 바와 같이, 무인체계의 자율제어수준은 크게 10단계로 구분해서 사용하고 있다(Deyst et al., 2005). 이와 같은 자율도는 통신성능과 밀접한 연관성을 가지고 있는데, 자율도가 낮을수록 통신에 의존하여, 원격 수동 제어와 같은 형태로 운용이 가능하나, 운용거리가 멀거나 통신 성능이 떨어지면, 원격관제소의 명령을 받을 수 없게 되어, 자율도가 그만큼 높아져야 한다(Huntsberger and Buzzell, 2008).

Table 2 Levels of autonomy

Level	Level Description	Decision-Making Ability
1	Remote Control	None
2	Remote Control w/ vehicle state knowledge	Reporting of basic health and state of vehicle
3	External Preplanned mission	Auto Navigation System (ANS)-commanded steering based on externally planned path
4	Knowledge of local and planned path environment	Local plan/replan world model correlation with local perception
5	Hazard avoidance or negotiation	Path planning based on hazard estimation
6	Object detection, recognition, avoidance or negotiation	Planning and negotiation of complex terrain and objects
7	Fusion of local sensors and data	Robust planning and negotiation of complex terrain, environmental conditions, hazards, and objects
8	Cooperative operations	Advanced decisions based on shared data from other similar vehicles
9	Collaborative operations	Collaborative reasoning, planning, and execution
10	Full autonomy	Total independence to plan and implement to meet defined objectives

본 논문에서 대상으로 한 RUSV의 운용성능은 주어진 경로를 주행하거나, 중간에 경로를 바꿔 재지정할 수 있는 자율도 3 정도의 수준이다. 따라서, 본 연구에서는 자율도 3을 구현하기 위한 경유점 추적 제어 알고리즘을 설계하였다(손 등, 2004).

RUSV에서 경유점 추적제어를 하기 위해서는, 선수각을 제어하여야 하는데, 일반선박의 타에 해당하는 버킷이 그 제어대상이다. 본 논문에서는 엔진은 고정RPM으로 설정하고, 선수각만을 제어대상으로 상정하였다. Fig. 2는 경유점 추적제어 알고리즘의 개념을 보여준다. 여기서, WP_k 는 k번째 경유점 (X_k, Y_k) 이며, P_t 는 RUSV의 현재 위치 (X_t, Y_t) 와 선수각 (Ψ_t) , 그리고 워터젯 버킷각 (δ_t) 을 의미한다. 목표 선수각 (Ψ_{TC}) 은 주시선(Line of sight, LOS)을 이용한 유도법칙을 통해 식(1)과 같이, k번째 경유점과 자선의 위치를 이용하여 계산된다.

$$\Psi_{TC} = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \left(\frac{Y_k - Y_t}{X_k - X_t} \right) \quad (1)$$

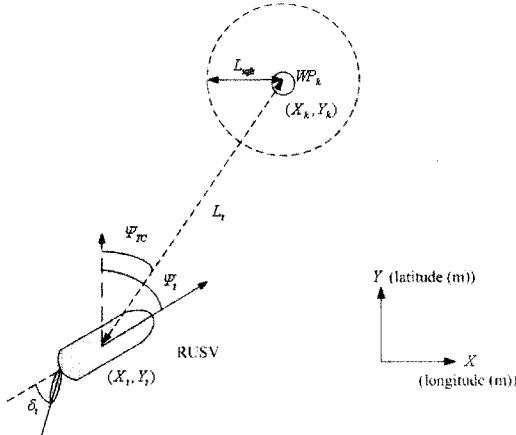


Fig. 2 Concept of waypoint tracking algorithm

Fig. 3의 흐름도는 본 논문에서 설계한 경유점 추적 제어 알고리즘을 개략적으로 나타낸 것이다. 본 알고리즘을 통해 워터젯 버킷각 명령($\delta_{com,t}$)이 계산된다.

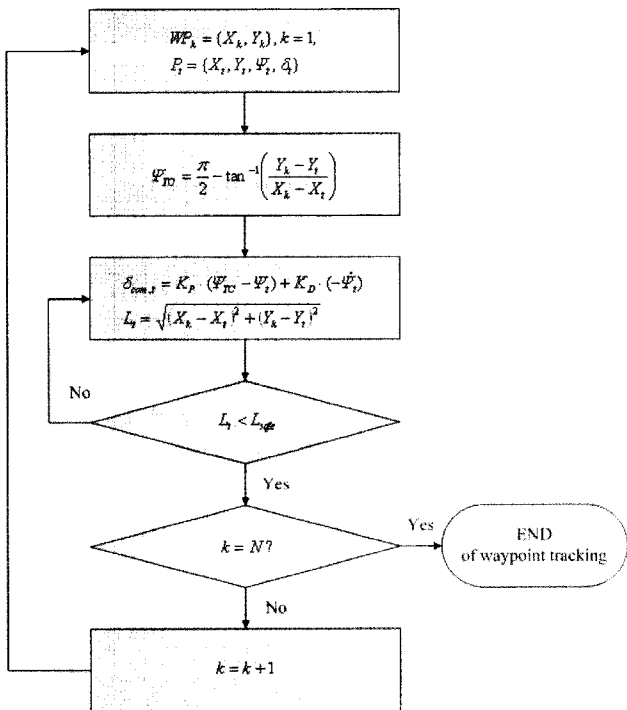


Fig. 3 Flowchart of waypoint tracking algorithm

Fig. 3에서 보는 바와 같이, 앞서 계산된 목표 선수각과 현재 선수각 사이의 오차($\Psi_{TC} - \Psi_t$)와 선수각속도 오차($0 - \dot{\Psi}_t$)를 이용한 PD제어기법을 적용하여 경유점 추적 제어 알고리즘을 설계하였다 (Fossen, 2001). 버킷각 명령($\delta_{com,t}$)은 선수각 오차와 각속도 오차, 그리고 비례이득(Proportional

gain, K_p)과 미분이득(Derivative gain, K_D)을 이용하여 계산된다. 따라서, RUSV는 계산된 버킷각 명령($\delta_{com,t}$)을 가지고 워터젯의 버킷을 작동하여, 경유점을 추적하게 되며, 경유점과 현재 RUSV간의 거리(L_t)가 미리 지정된 수렴반경(L_{safe}) 내로 들어올 경우에, 다음번 경유점(WP_{k+1})으로 목표 경유점이 자동 갱신된다. 수렴반경(L_{safe}) 3L로 설정하였다.

또한, 본 연구에서는 바람과 조류 등 외력으로 인한 표류각을 보정하기 위해 일정 속도 이상에서는 다음 식(2)와 같이, 마그네틱 콤파스의 선수각이 아닌, GPS의 실험로(Course of ground, COG)를 사용하였다.

$$\Psi_t = \begin{cases} \Psi_{t,magnetic\ compass} & \text{if } 0 \leq |V| < 1m/s, \\ \Psi_{t,COG\ of\ GPS} & \text{else if } |V| \geq 1m/s, \end{cases} \quad (2)$$

4. 경유점 추적제어 실험역 실험 및 결과

4.1 무인선 시스템과 원격제어시스템 구축

본 논문을 통해 설계된 RUSV의 경유점 추적 제어 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 RUSV 탑재 시스템에 해당 알고리즘을 구현하였고, 지상에서 경유점 정보를 입력하거나, 수검 및 계획화를 위해 지상 이동형 관제소를 구축하였다.

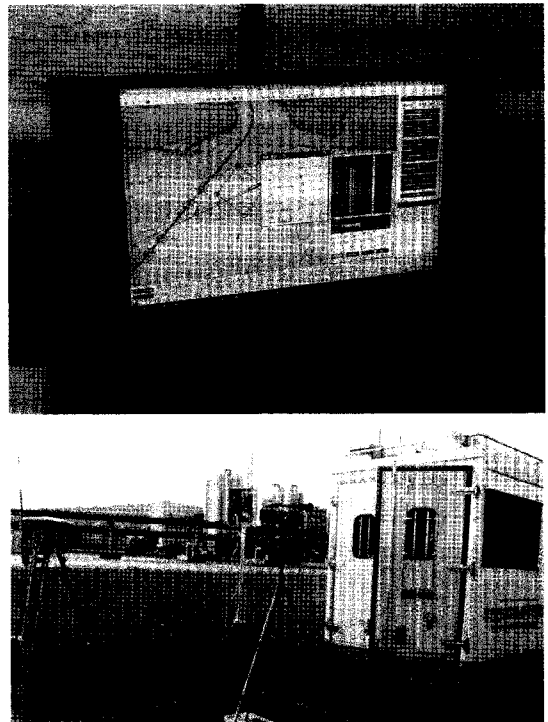


Fig. 4 Land control center for USV

지상에 설치된 이동형 관제소는 Fig. 4와 같다. 상단은 이동형 관제소 내에 구축된 원격제어프로그램의 GUI이며, 하단은 좌측부터 RTK-GPS 원형안테나, 900Mhz 통신용 안테나, 그리고 시험장면을 촬영하기 위한 캠코더를 보여주고 있다.

RUSV 탑재시스템과 지상 관제시스템의 주요 구성은 Fig. 5와 같다. Fig. 5에서 보는 바와 같이, 지상에는 이동형 관제소에 관제용 클라이언트 PC가 설치되고, RUSV에는 임베디드형 서버 PC가 설치된다. 지상과 RUSV 간의 통신을 위해 900MHz 무선모뎀을 사용하였다. 육상의 관제용 PC는 초기 경유점 정보의 입력 및 경유점의 수정 및 재계획과 원격모니터링을 위해 사용되며, RUSV의 서버 PC는 각종 항행데이터의 수집 및 워터젯 제어를 위해 사용된다.

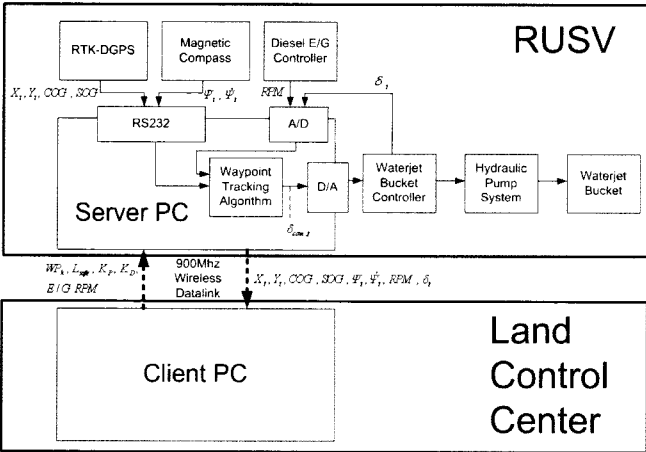


Fig. 5 System configuration of RUSV and land control center

Fig. 5에서 보는 바와 같이, 경유점 추적 알고리즘(Waypoint tracking algorithm)은 RUSV에 탑재된 임베디드형 서버 PC (ARK-3381)내에 구현되었다. Fig. 6은 탑재 프로그램의 GUI를 보여준다. 워터젯 버킷각 명령($\delta_{com,t}$)은 육상에서 입력된 경유점(WP_k)과 탑재된 센서로부터 받은 각종 항행정보를 바탕으로, 앞 3절에서 설계되어 구현된 경유점 추적제어 알고리즘에 의해 매 1초마다 실시간으로 자동으로 계산되고, 워터젯 제어기로 자동 전달된다. 그리고, 워터젯 제어기에 연결된 유압펌프를 이용해 워터젯 버킷을 제어하게 된다.

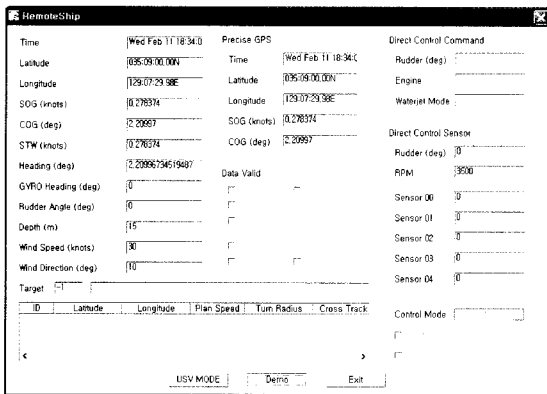


Fig. 6 GUI for waypoint tracking algorithm

주요 측정항목과 해당 센서는 Table 3과 같다. RUSV에는 경로점 추적을 위한 센서로서, 위치측정시스템인 RTK-DGPS,

선수각 및 각속도 측정을 위한 마그네틱 콤파스, 그리고 엔진과 워터젯 제어기가 위치한다.

Table 3 Sensor and measurement

Sensor	Measurement
RTK-DGPS	Latitude(deg), Longitude(deg), Course of Ground(COG;deg) Speed over ground(SOG;knots)
Magnetic Compass	Heading(deg), Rate of turn(ROT;deg/s)
Waterjet Controller	Steering(Bucket) angle (deg)
E/G Controller	E/G RPM

4.2 경유점 추적 제어시험 시나리오

RUSV의 경유점 추적 제어 알고리즘의 성능 시험은 부산의 광안대교 근처의 실해역에서 수행하였다. Fig. 7은 계획된 경유점을 보여주고 있는데, 해당 해역에서는 서북쪽의 광안리 해안으로 통하는 항로로 선박들이 자주 드나들고, 수영만 앞의 윈드 서핑이나 요트들이 많은 점을 고려하여, 묘박지 근처에서 항로 사이의 구간에 사각형 형태로 4개의 경유점을 가지는 경로로 계획하였다. 또한, 이전 연구(윤 등, 2008)에서 수동 경유점 추종 시험을 수행한 결과와 비교를 위해, 각 변은 약 400미터로 유사한 시나리오로 구성하였다. 시험이 수행된 2008년 10월 25일 광안대교 해상상태는 이전연구(2008년 7월 28일)와 동일한 Sea state 2이하(유의파고 0.2m 이하)였다(기상청, 2008).

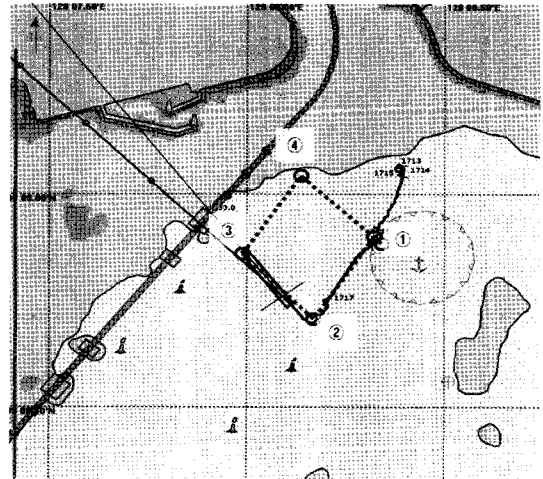


Fig. 7 Route planning near Gwang-An bridge of Busan

또한, 속도변화에 따른 경유점 추적 제어 성능 변화를 살펴보기 위해 Table 4와 같이, 10knots와 20knots 두 속도에 대해서 시험을 수행하였다. Fig. 8은 광안대교 근처 해역에서 수행중인 RUSV의 경유점 추적제어 시험의 한 장면을 보여 주고 있다. 현행법상 사람이 타지 않고 운행하는 선박은 불법이므로, 사진에서는 RUSV에 사람이 2명 탑승해 있는 것을 볼 수 있는데, 경유점 추적 시험 중에는 설계된 경유점 추적알고리즘에 의한 자

동조타를 수행하고, 입출항 시 혹은 비상상황에만 필요에 따라 수동 조타를 수행하였다.

Table 4 Scenarios for waypoints tracking test

Scenario No.	Speed of RUSV
WT14	10 knots
WT23	20 knots

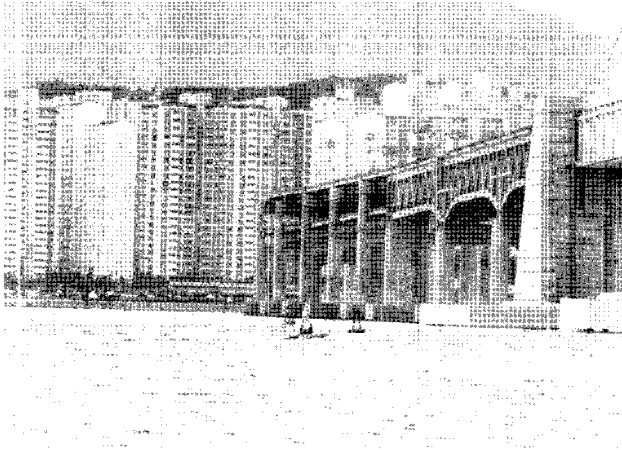


Fig. 8 An example photograph of waypoint tracking test

4.3 시험 결과 및 토의

Fig. 9에서부터 Fig. 12는 경유점 추적 실험에 의한 시험결과를 보여준다. 10knots 와 20knots에서의 경유점 추적 시험의 궤적은 각각 Fig. 9와 Fig. 11과 같고, 각 속도에서 워터젯 버킷각 제어이력은 각각 Fig. 10과 Fig. 12와 같다.

또한, 본 연구에서 설계한 경유점 추적제어 알고리즘에 의한 시험의 결과와 함께, 이전 연구에서 수행한 NAVMAN의 상용경유점 추적제어기(Tracker5600)에 의한 추적시험의 결과와 항해사에 의한 수동 추적시험의 결과도 함께 도시하였다. 본 연구에서 경유점 추적 시나리오의 순서가 Fig. 7에서 1번 경유점을 시작으로 시계방향으로 진행된 것과는 달리 이전 연구에서는 경유점 추적이 2번 경유점에 해당하는 지점에서 반시계 방향으로 진행되었다 (윤 등, 2008). 시험은 2회 반복시험을 수행하였다. Fig. 9와 Fig. 11의 궤적 결과에서 보듯이, 본 연구에서 설계한 경유점 추적 제어기는 계획된 경유점을 잘 추적하고 있음을 볼 수 있다.

경로이탈 거리는 항로로부터 수직방향으로 벗어난 거리를 계산하였다. Fig. 13에서 보는 바와 같이, 최대 경로이탈거리를 기준으로 볼 때, 설계한 경유점 추적제어기는 10knots에서는 항해사에 의한 추적과 경로이탈이 거의 비슷하였고, 20knots에서는 1.6L정도 더 벗어나는 것을 볼 수 있다. 그러나, 상용제어기(NAVMAN Tracker)에 의한 경유점 추적의 경우, 본 RUSV에서 목표로 하는 경유점 이탈 제한 거리인 5L을 크게 상회하였다. Table 5는 각 시험별 경로이탈거리의 시간별 평균값과 표준편차를 보여준다.

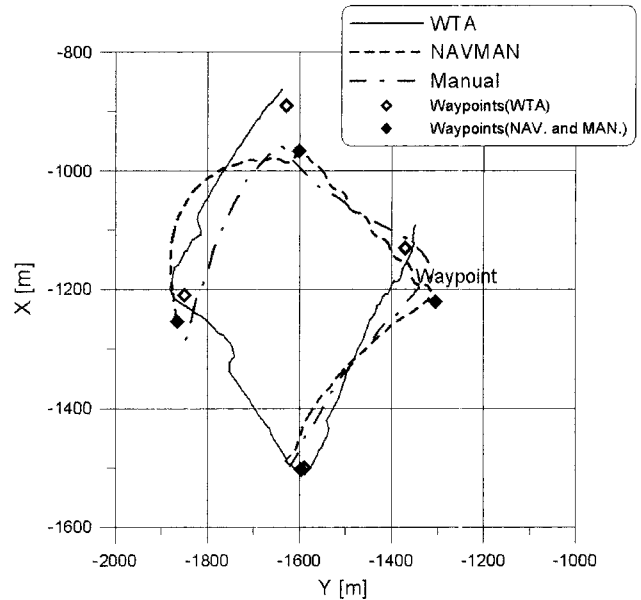


Fig. 9 Trajectory results of waypoint tracking by Waypoint Tracking Algorithm(WTA), commercial auto-tracker(NAVMAN) and manual steering at 10 knots

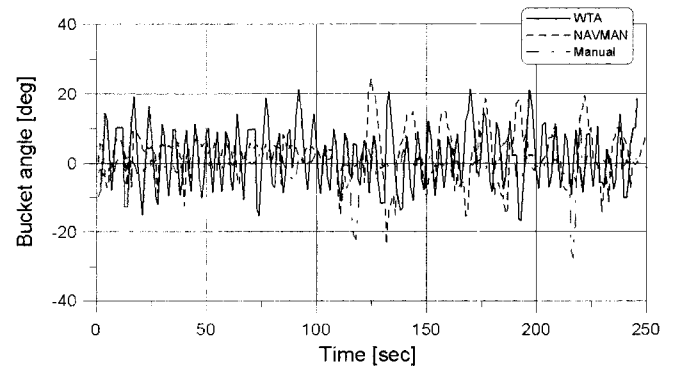


Fig. 10 Time histories of bucket angle in waypoint tracking at 10 knots

경유점 추적 성능을 비교하기 위해, 경로 이탈 거리와 함께 워터젯 버킷각 사용지수(Bucket Usage Index, ϵ_δ)를 다음과 같이 정의하였다. 워터젯 버킷각 사용지수는 타사용지수와 유사한 개념으로, 예정된 항로를 운항하는 동안 버킷제어기의 평균적인 사용량을 아래 식(3)에 의하여 산출하였다 (Rhee et al., 2001).

$$\epsilon_\delta = \frac{1}{T} \left\{ \int_0^T \frac{|\delta(t)|}{\delta_{Max}} dt \right\} \times 100(\%) \quad (3)$$

여기서 T는 전체 운항 시간, δ_{Max} 는 RUSV의 최대 버킷각, $\delta(t)$ 는 매시간의 버킷각을 의미한다. ϵ_δ 이 작을수록 운항 중의 워터젯 버킷 사용량이 작았음을 나타낸다.

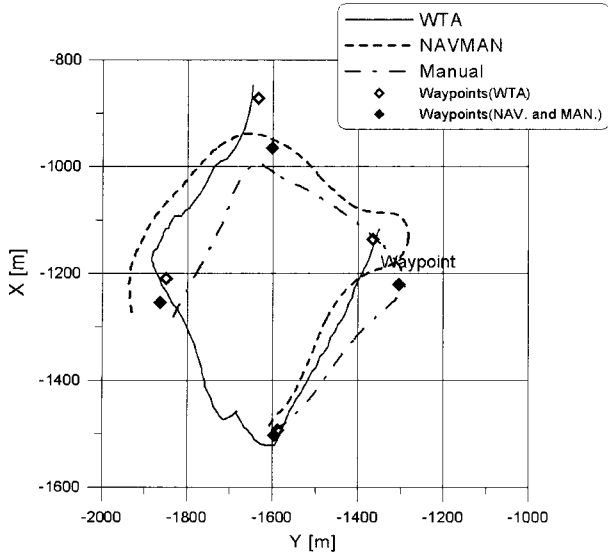


Fig. 11 Trajectory results of waypoint tracking by Waypoint Tracking Algorithm(WTA), commercial auto-tracker(NAVMAN) and manual steering at 20 knots

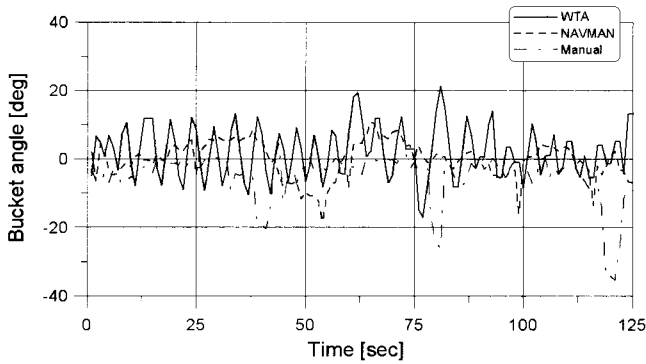


Fig. 12 Time histories of bucket angle in waypoint tracking at 20 knots

Fig. 14의 워터젯 버킷각 사용지수를 기준으로 볼 때, 설계한 경유점 추적 제어기는 10knots와 20knots에서, 상용제어기보다 사용량이 약 10% 정도 큰 것을 알 수 있다. 항해사에 의한 수동 추적의 경우, 10knots에서는 사용량이 가장 적고, 20knots에서는, 상용제어기보다는 워터젯 버킷 사용량이 약 9% 정도 크면서, 설계한 경유점 추적 제어기와 비슷하게 사용되는 것을 확인할 수 있다.

이와 같이, 상용제어기는 제어기 사용량은 적으나, 본 RUSV에서 목표로 하는 경로 이탈제한거리를 초과하는 문제점이 있으며, 항해사의 수동 추적의 경우에는 최대 경로이탈거리는 적으나, 속도가 증가하면서 제어기 사용량이 증가하였다.

반면, 본 연구에서 설계한 경로점 추적 제어기는 속도가 증가하더라도 버킷 사용량에 큰 변화가 없고, 수동 추적하는 정도로 버킷을 사용하면서도, 최대 경로이탈거리가 수동추적의 경우보다 약간 크지만, 본 RUSV에서 목표로 하는 제한 거리인 5L을 넘지 않았다. 향후 설계한 제어기의 성능을 개선하면, 항해사가 수동으로 추적하는 정도의 성능을 가질 수 있을 것이다.

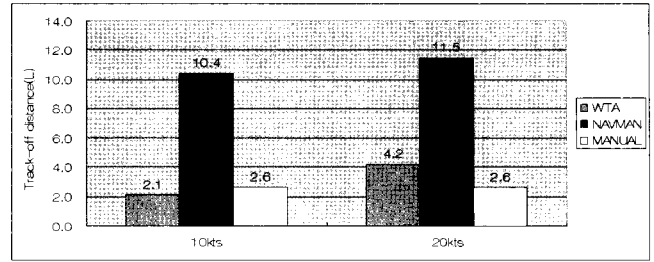


Fig. 13 Comparison of maximum track-off distance in waypoint tracking experiments

Table 5 Mean value of track-off distance and standard deviation

Tracker	10 knots		20 knots	
	Mean Value (L)	Standard deviation(L)	Mean Value (L)	Standard deviation(L)
WTA	0.5	1.7	0.2	2.3
NAVMAN	1.9	3.9	4.7	3.2
MANUAL	0.8	1.6	0.5	1.1

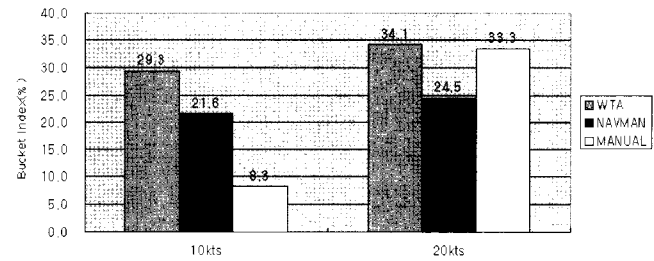


Fig. 14 Comparison of bucket usage index in waypoint tracking experiments

5. 결론

본 논문에서는 워터젯이 탑재된 RIB(Rigid Inflatable Boat) 형태의 무인수상선을 위한 경유점 추적 제어 알고리즘을 설계하였다. 바람 등의 외력으로 인한 표류각을 보정하기 위해 일정속도 이상에서는 실침로(Course Of Ground, COG)를 사용하였고, 설계된 경유점 추적 제어 알고리즘을 검증하기 위해 10knots와 20knots 두 속도에 대해, 부산 실험역에서 실선 시험을 수행하였다. 이를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 본 논문에서 설계한 경로점 추정 제어기는 버킷사용량은 약 30% 정도로서, 속도가 증가하더라도 사용량에 큰 변화가 없이, 항해사가 수동으로 추적할 때와 유사한 정도로 버킷을 사용하였다.

(2) 본 논문에서 설계한 경로점 추정 제어기는 최대 경로이탈거리가 2L에서 4L 정도로서, 항해사의 수동추적의 경우보다 약간 크지만, 본 무인수상선에서 목표로 하는 제한 거리인 5L을 넘지 않아, 제어기의 성능을 개선하면, 항해사가 수동으로

추적하는 정도의 성능을 가질 수 있을 것이다.

향후, 자율도 5이상을 갖는 무인선을 개발하기 위해서는, 본 경유점 추적 알고리즘과 함께, 장애물과의 충돌회피를 위한 알고리즘을 개발할 필요가 있다.

후 기

본 논문은 방위사업청 민군겸용기술개발사업인 “원격 선박 통제 제어기술 개발” 과제의 협동과제로 한국해양연구원서 수행중인 “무인선 제어시스템 알고리즘 최적화 기술 개발 (PNS110A)” 과제의 지원하에 수행되었다.

참 고 문 헌

[1] 기상청(2008), “국내해양기상자료”, http://www.kma.go.kr/marine/marine_01/marine_01_01.jsp

[2] 손남선, 김선영, 반석호, 이창민(2004), “근거리용 무인탐사선의 자동운항시스템 개발”, 대한조선학회 추계발표논문집.

[3] 손남선, 이창민, 윤현규, 김선영, 강남선, 유재훈(2006), “RIB 선박의 조종특성에 관한 연구”, 대한조선학회 춘계 발표논문집.

[4] 윤현규, 여동진, 황태현, 윤근항, 이창민(2007), “RIB형 표적정의 수평면 조종운동 간략모델”, 대한조선학회논문집, 제44권, 제6호, pp. 572-578.

[5] 윤현규, 윤근항, 박인홍(2008), “해상시험 결과를 이용한 RIB의 4자유도 동력학 식별 (I)”, 대한조선학회 추계발표 논문집.

[6] Deyst, J. J. (2005), “Autonomous vehicles in support of naval operations”, national research council, The national academies press, pp.54-55.

[7] Fossen, T. I. (2001), “Guidance and control of ocean vehicles”, JOHN WILEY & SONS, pp. 259-291.

[8] Huntsberger, T. and Buzzell C. (2008), Intelligent autonomy for unmanned sea surface and underwater vehicles, Proceedings of AUVSI 2008.

[9] Rhee, K. P., Kim, S. Y., and Son, N. S. (2001), “Review OF IMO maneuvering standards in view of maneuvering sea trial data”, Proceedings of Mini Symposium on Ship Maneuverability.

[10] Son, N. S., Kim, S. Y., and Van, S. H. (2004), “Design of an operation control and remote monitoring system of small unmanned ship for close-range observations”, Proceedings of IEEE OCEANS 2004.

[11] Thomsen, J. E., Guillory V. G., and Benes T. A. (2007), “The navy unmanned surface vehicles(USV) master plan”, pp. 3-4.

[12] The growing US market for unmanned surface vehicle (2003), Moire Inc.

원고접수일 : 2009년 1월 7일
 심사완료일 : 2009년 2월 24일
 원고채택일 : 2009년 2월 25일