

선박 Night Vision 시스템용 Pedestal의 제어부 개발

김정근⁺ · 김종민⁺⁺ · 박기량⁺⁺ · 백승훈⁺⁺ · 송세훈⁺⁺ · 진상훈⁺⁺ · 정인⁺⁺⁺ · 황승욱⁺⁺⁺⁺ · 진강규⁺⁺⁺⁺

Design of a Shipboard Night Vision System

Jung-Keun Kim⁺ · Jong-Min Kim⁺⁺ · Ki-Rang Park⁺⁺ · Se-Hun Song⁺⁺

Seung-Hun Baek⁺⁺ · Sang-Hun Jin⁺⁺ · In Jung⁺⁺⁺ · Seung-Wook Hwang⁺⁺⁺⁺ · Gang-Gyoo Jin⁺⁺⁺⁺

Abstract : This paper presents the design of a night vision system for vessels. Both a hardware system and software modules for stabilization control are developed. In order to stabilize each control axis, the two-degree of freedom(TDF) PID controller is designed and its parameters are tuned using a real-coded genetic algorithm(RCGA). Simulation demonstrates the effectiveness of the proposed system.

Key words : night vision system, TDF PID controller, real-coded genetic algorithm

1. 서론

해상 감시용 Night Vision(NV) 시스템은 해상 범죄 행위에 대한 증거 확보를 위한 장치로서, 고성능 탐조등과 주/야간 카메라가 함께 장착되는 고정도 pedestal의 설계/제작 기술 및 pedestal의 안정화(stabilization) 기술이 요구된다.^{[1],[3]}

해상 감시용 Night Vision 시스템용 안정화 Pedestal은 운항중인 선박의 운동을 실시간으로 보상하면서 알과 레이더로부터 수신되는 목표물을 찾아서 추종하는 기능을 갖는다.

본 연구는 2축 Pan-Tilt 형태의 NV용 pedestal을 대상으로 하는 목표물 추종 제어시스템을 구성하기 위한 내용이다. 먼저 2자유도 PID 제어기^[3](Two-degree of freedom PID controller)를 사용하였으며, 설계된 시스템으로부터 모델을 얻고, 실수코딩 유전알고리즘(RCGA)^[4]으로 그 매개변수를 추정하였다. 이 추정된 모델에 기초하여 2자유도 PID 제어기의 시뮬레이션을 통해 제안하는 방법의 유효성을 검토한다.

2. Pedestal 구조 및 테스트 환경

선박에 장착되는 NV용 Pedestal은 선박의 6자유도(6-Degree) 운동을 실시간으로 보상하여 목표물을 추종하고, 원거리에 있는 목표물을 지향하기 위한 고정도 안정화(Stabilization) 기능을 갖아야 한다.

선박에서 목표물을 지향할 경우, 회전운동 성분은 지향각에 절대적인 영향을 미치게 된다. 특히 회전운동 중 롤링과 피칭 성분은 Pedestal의 수평오차를 요잉 성분은 방향오차를 발생시키는 요인이 된다.

본 연구에서 선박용 Night Vision 시스템 개발용 테스트 환경은 Fig. 1과 같이 2축 Pedestal, Ship motion sensing unit, Pedestal Control Unit(PCU), 모션베이스(Motion Base) 등으로 구성된다.

모션베이스는 실제 선박의 6자유도 운동을 만들어주는 선박 운동 시뮬레이터이며, pedestal은 방위각(Azimuth), 고각

(Elevation)의 2축으로 회전운동을 할 수 있도록 설계된 Pan-Tilt이다. Ship motion sensing unit는 3 개의 각속도 센서(Angular Rate Sensor) 및 2 축의 각 센서 및 온도 센서로 구성된다. 본 테스트 환경에서 Ship motion sensing unit 모션베이스의 운동 성분을 계측하여 PCU로 전송한다. PCU는 Ship motion sensing unit에서 검출된 선박운동 데이터를 받아서, 이 데이터를 축 변환(Coordinate Transformation) 하여 pedestal을 제어한다. PCU는 pedestal의 초기화, 안정화 및 목표 추종 기능을 수행하며, 그 구성은 Fig. 2와 같다.

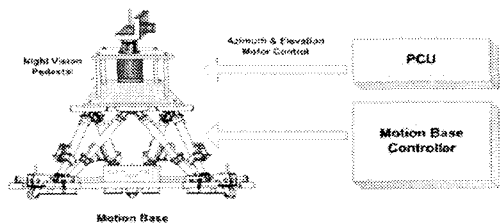


Fig. 1 The shipboard night vision system

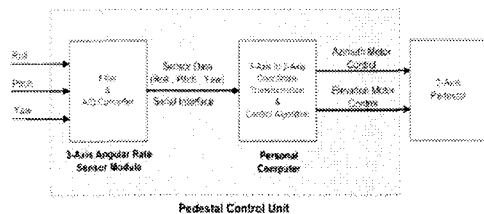


Fig. 2 The pedestal control unit

3. 2자유도 PID 제어기 설계

Night vision 시스템은 파도, 바람 등 예측할 수 없는 외란이 존재하는 환경에서 증거물 확보를 위해 목표물을 정확히 추

+ 김정근 (한국해양대학교 대학원 제어계측공학과), E-mail: miyari@bada.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4903

++ 김종민, 박기량, 백승훈, 송세훈, 진상훈, 한국해양대학교 대학원 제어계측공학과

+++ 정인, 한국조선기자재연구원

++++ 황승욱, 진강규, 한국해양대학교 IT공학부

중하고 또 안정화 기능을 갖고 있어야 한다. 2축 지그의 롤링축과 피칭축은 각각 독립적으로 제어되고 제어시간은 외란의 변화 시간에 비해 매우 짧은 것으로 간주한다. 제어대상은 센서를 포함한 2축 지그이고, 제어기로는 목표치 추종과 외란제거 성능을 동시에 개선할 수 있는 TDF PID 제어기가 사용된다. 전체 제어시스템은 Fig. 1과 같으며, 각각의 전달함수는 (1)-(3)으로 주어진다.

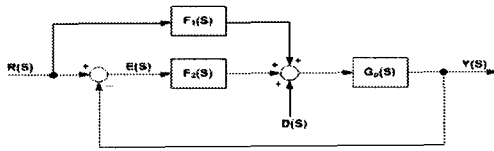


Fig. 3 The TDF PID control system

$$G_i(s) = \frac{K_i}{s(1+T_i s)} \quad (i = a, e) \quad (1)$$

$$F_1(s) = -(\alpha + \beta \tau_d s) \quad (2)$$

$$F_2(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \frac{\tau_d s}{1 + \frac{1}{N} s} \right) \quad (3)$$

그림에서 r , y , d 는 각각 목표치, 출력, 외란이고, K_i , T_i ($i = a, e$)는 제어대상의 매개변수이고 첨자 a 는 방위각을, e 는 고각을 의미한다. TDF PID 제어기의 전달함수 F_1 은 목표치 신호의 피드포워드 보상이며, F_2 는 오차에 대한 피드백 보상을 의미하며 $\alpha, \beta, K_p, \tau_i, \tau_d, N$ 은 제어기의 매개변수이다. 특히 N 은 미분 동작의 필터링 효과를 주는 요소이고, 경험적으로 결정된다.

TDF PID 제어기는 모델과 RCGA^[4]를 기반으로 동조되며 다음 과정으로 수행된다^[5].

- Step 1: Get data set $\{u, y\}$ through experiment;
- Step 2: Estimate the model parameters K_i, T_i ($i = a, e$) of the controlled object using the model and a RCGA;
- Step 3: Tune the TDF PID controller parameters $\{\alpha, \beta, K_p, \tau_i, \tau_d\}$ using the estimated model and another RCGA.

모델의 매개변수 추정에서 RCGA는 시스템의 출력과 모델의 출력 차 $e(t) = y(t) - y_m(t)$ 의 제곱적분값이 최소가 되도록 2축 지그 모델의 매개변수를 조정하게 된다.

$$J_1(\Phi) = \int_0^{t_f} e^2(t) dt \quad (5)$$

여기서 $\Phi = [K_i, T_i]^T$ ($i = a, e$)이고, t_f 는 최종적분 시간이다. 또한 TDF PID 제어기의 동조에서 RCGA는 목표치와 출력의 차 $e(t) = r(t) - y(t)$ 의 함수가 최소가 되도록 제어기의 계수를 조정하게 된다.

$$J_2(\Phi) = \int_0^{t_f} e^2(t) dt \quad (6)$$

여기서 $\Phi = [\alpha, \beta, K_p, \tau_i, \tau_d]^T$ 이다.

4. 실험 및 시뮬레이션

본 절에서는 방위각에 대해서만 다룬다. 실험을 통해 데이터를 얻고 제어대상의 매개변수 $K_e=1, T_e=0.02$ 를 얻었다. $N=10$ 을 사용하고 제어기를 동조한 결과 $\alpha=0.1, \beta=0.3, K_p=30, \tau_i=130.43, \tau_d=0.03$ 을 얻었다. Fig. 5(b)의 외란을 가정하여 Fig. 4의 블록선도로 시뮬레이션을 실시한 결과 Fig. 5(a)의 응답 결과를 얻었다.

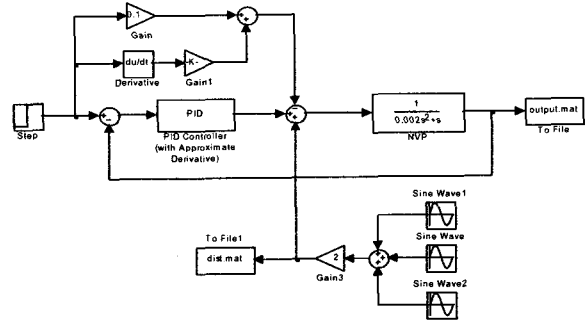
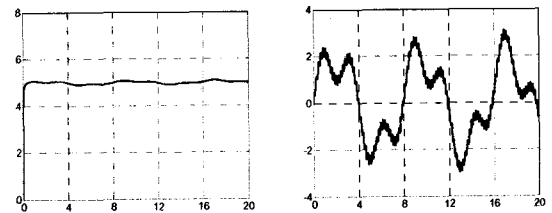


Fig. 4 The simulation diagram



(a) Output (b) Disturbance
Fig. 5 Output and disturbance

5. 결론

본 연구는 선박용 Night Vision 시스템용 Pedestal의 안정화에 대한 내용으로써, 먼저 1차 시간지연 모델에 대해서 RCGA는 각 성능지수를 최소화하도록 PID계수들을 결정하고, 계산된 계수와 동조규칙 모델과 또 다른 RCGA를 이용하여 PID 동조규칙을 유도하였다. 시뮬레이션을 통하여 제안한 시스템의 제어 성능을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] KVH Industries Inc, KVH Active Stabilized Antenna Pedestal Technical Manual, 1994.
- [2] I. M. Horowitz, Synthesis of feedback systems, Ionnia International, Llc, MI, 1963.
- [3] 고운용, 황승욱, 진강규, "선박용 위성 안테나용 트래킹 알고리즘", 박용기관학회지, 제25권, 제5호, pp.1115-1121, 2001.
- [4] 진강규, 유전알고리즘과 그 응용, 교우사, 2004.
- [5] 김도웅, 진강규, "RCGA를 이용한 PID 제어기의 모델기반 동조규칙", 제어·자동화시스템공학회 논문지, 제8권, 제12호, pp. 1056-1060, 2002.