

# 지적 PID를 적용한 라인 트레이스 로봇에 관한 연구

이동헌\* · 김민\* · 정재훈\* · 박원현\* · 최명훈\* · 임재준\* · 변기식\* · 김관형\*\*

\*부경대학교 · \*\*동명대학교

## Study on the line tracer robot applying the intellectual PID

Dong-Heon Lee\* · Min Kim\* · Jae-Hoon Jeong\* · Won-Hyeon Park\* · Myoung-Hoon Choi\* · Jae-Jun

Lim\* · Gi-Sik Byun\* · Gwan-Hyung Kim\*\*

\*Pukyong National University · \*\*Dongmyung University

E-mail : dhlee@pukyong.ac.kr

### 요약

라인 트레이서의 기본적인 목표는 주어진 주행선을 센서로 검출하여 목적 위치까지 정확하고 빠르게 이동하는 것이다. 이를 응용하여 현재 무인 운송 차량, 레이저 절단기, 자율이동 및 주행이 가능한 무인 로봇 등 여러 분야에 활용되고 있고, 응용에 따라 많은 발전의 가능성을 가진 분야로 여러 대학교에서 매년 대회를 개최하고 있다. 하지만, 하드웨어적인 설계와 제어방식에 따라 주행 성능에 많은 차이가 생긴다. 본 논문에서는 라인트레이서의 특성을 향상시키고자 지적 PID를 적용한 제어기를 설계하여 시스템의 특성을 향상시키는 방안을 강구하고자 한다.

### ABSTRACT

The primary goal of the line tracer is to accurately and quickly detect the movement up to the target position given by the sensor juhaengseon. It has been used in applications in various fields such as the current unmanned transport vehicles, laser cutting machine, autonomous mobile robots and unmanned driving is possible, and is held annually at various universities in the competition field with the possibility of great progress, depending on the application. However, there arises a large difference in running performance, depending on the hardware design and control. In this paper, improving the characteristics of the tracer line and characters to design a PID controller is to apply the point on ways of improving the properties of the system.

### 키워드

라인트레이서, 지적 PID, MATLAB, 적외선 센서

## I. 서론

현재 많은 산업 현장에 자동화 설비가 갖춰지며 센서를 활용한 무인 시스템이 증가하는 추세이다. 라인트레이서는 무인 운송차, 레이저 절단기 등 산업 현장에서 자동화 시스템을 구성하는 기기 일 뿐 아니라 임베디드 시스템을 공부하는 학생들도 쉽게 접할 수 있는 장치이다. 또한, 하드웨어적인 구성 방법과 소프트웨어적인 구성 방법에 따라 다양한 설계가 가능하고, 설계에 따라 성능면에서 큰 차이를 보인다.

본 논문에서는 임베디드 시스템의 기초 토대를 마련하고 있는 장치 중 하나인 라인트레이서를 MATLAB의 Simulink에 지적 PID를 적용함으로써 성능 개선을 통해 산업 현장에서 안전성을 향상 할 방안을 강구하고자 한다.

## II. 지적 PID

지적 PID 제어는 제어대상의 모델을 거의 필요로 하지 않고, PID 제어와 비슷하게 구조가 간단

하고, 파라미터의 변화에 강인하며, 고차 시스템에 대해서도 파라미터 조정이 간단하다는 장점을 가져 기존의 PID를 대체할 수 있는 유망한 제어 기법으로 현재 많은 플랜트에 적용하여 실험결과를 관찰하고 있는 실정이다. [1][2]

지적 PID의 일반적인 입출력 관계에 대한 미분 방정식은 다음식 (1)과 같다. [3]-[7]

$$f(y^{(m)}(t), y^{(m-1)}(t), \dots, y'(t), y(t), u^{(l)}(t), \dots, u'(t), u(t)) = 0 \quad (1)$$

와 같이 표현되며 이 식은 (2)로 나타낼 수 있다.

$$y^{(n)}(t) = F(t) + \alpha u(t) \quad (2)$$

여기서 출력  $y$ 의 지수  $n$ 은 1 또는 2가 되며,  $\alpha$ 는 적절히 선정할 수 있다.  $F(t)$ 는  $y(t)$ ,  $u(t)$  및 이들의 고차미분의 함수로서 제어대상의 모든 미지의 항을 포함하는 항으로, 임의 시간에 입력과 출력값을 이용하여 추정이 가능하다.  $F(t)$ 가 추정 가능하다면 페루프 시스템에서 제어대상의 바람직한 출력을 위해 입력  $u(t)$ 는 다음 식(3)으로 나타낼 수 있다. [3]-[7]

$$u(t) = \frac{1}{\alpha}(-F(t) + y^{*\prime}(t) + K_P e(t) + K_I \int e(\tau) d\tau + K_D e'(t)) \quad (3)$$

여기서  $y^*(t)$ 는 출력 신호의 목표값이고 추종 오차는 다음 식(4)와 같다. [3]-[7]

$$e(t) = y^*(t) - y(t) \quad (4)$$

여기서  $K_P, K_I, K_D$ 는 PID 제어기의 비례, 적분, 미분 이득 값이다.  $F(t)$ 는 식 (2)에 대입하면 식 (5)로 나타낼 수 있다. [3]-[7]

$$\alpha u(t) = (-y^{*\prime}(t) + \alpha u(t) + y^{*\prime}(t) + K_P e(t) + K_I \int e(\tau) d\tau + K_D e'(t)) \quad (5)$$

페루프 응답의 오차방정식은 다음 식(6)과 같다. [3]-[7]

$$e''(t) + K_P e(t) + K_D e'(t) + K_I \int e(\tau) d\tau = 0 \quad (6)$$

양변을 라플라스 변환하면 식(7)이다. [3]-[7]

$$g(s) = S^3 + K_D S^2 + K_P S + K_I \quad (7)$$

식(7)을 이용해  $K_P, K_I, K_D$ 를 적절하게 선정할 수 있다. 식(3)의  $F(t)$ 가 미지의 항이기 때문에 식(2)를 이용해 실시간으로 계산이 필요하다. 이를 위해 식(2)의  $u(t)$  값에 미소한 이전 시간 값 ( $h>0$ )인  $u(t-h)$ 을 대입하면 다음의 식(8)을 얻을 수 있다. [3]-[7]

$$|F(t)|_e = y^{*\prime}(t) - \alpha u(t-h) \quad (8)$$

단,  $u(t-h) \cong u(t)$ 의 추정값을 사용한다. 식(8)을 기존의 식(3)에 대입하여 실제 제어입력식을 구하면 다음 식(9)와 같으며 이를 지적-PID라고 부른다. [3]-[7]

$$u(t) = \frac{1}{\alpha}(-y^{*\prime}(t) + \alpha u(t-h) + y^{*\prime}(t) + K_P e(t) + K_I \int e(\tau) d\tau + K_D e'(t)) \quad (9)$$

### III. Simulink를 이용한 시뮬레이션

지적-PID를 시뮬레이션 하기 위한 DC 모터의 입출력에 따른 전달함수는 다음 식(10) 같다.

$$\frac{W(s)}{V(s)} = \frac{K_m/J}{s + (K_m K_v/J)} \quad (10)$$

위 식(10)을 토대로 Simulink에서 회로를 구성하면 아래 그림(1)과 같다.

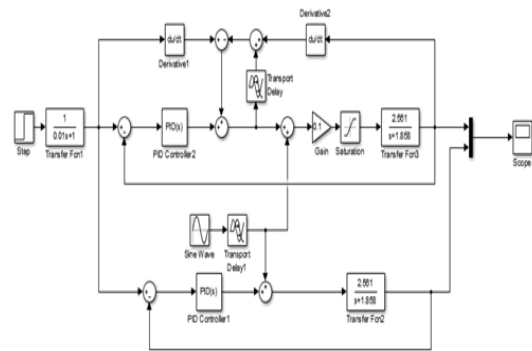


그림 1 I-PID 시뮬레이션 블록도

그림1의 시뮬레이션을 실행하면 다음 그림(2)와 같은 결과를 얻을 수 있다.

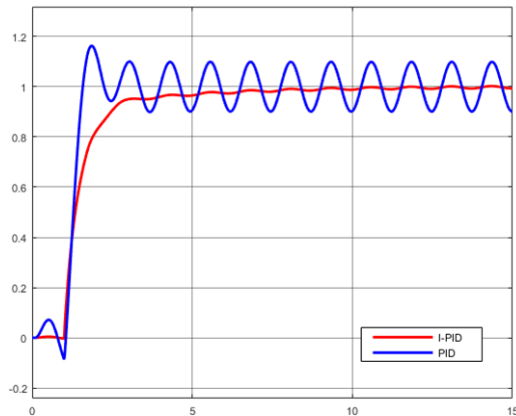


그림 2. 출력 응답 특성

그림2 를 보면 파란색 응답 곡선은 PID 제어를 수행하였을 때 결과이고, 빨간색 응답 곡선은 지적 PID를 수행한 결과로써 오버슈트가 발생하지 않고, 정상 상태 오차가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서 지적 PID를 이용하여 라인트레이서를 제어하는 방안에 대해 연구하였다. 이 시뮬레이션을 바탕으로 실제 산업 현장에서 안전성을 더욱 향상할 수 있는 방안을 제시한다.

#### 참고문헌

- [1] M. Fliess and C. Join, "Model-free control and intelligent PID controllers: Towards a possible trivialization of nonlinear control ?", *Proceedings of the 15th IFAC Symposium on System Identification*, pp. 1531~1541 (2009)
- [2] J.Wang, H. Mounier, A. Cele and S.I. Niculescu, "Event driven intelligent PID controllers with applications to motion control", *Proceedings of the 18th IFAC World Congress*, pp. 10080~10085 (2011)
- [3]M. Fliess and C. Join, "Intelligent PID controllers", *Proceeding of the 16th Mediterranean Conference on Control and Automation*, pp.326-331, 2008.
- [4]H. k. Lee, S. H. Kim, H. S. Kim, G. R. Kim, G. H. Kim "Control techniques for improving response of the AVR" *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering* Vol. 19, No. 11 : 2534-2539 Nov. 2015
- [5]W. W. Choe "Intelligent PID Controller and its application to Structural Vibration Mitigation with MR Damper" *The Transactions of the Korean Institute of*

*Electrical Engineers* Vol. 64, No. 8, pp. 1224 ~ 1230, 2015

[6]M. Fliess and C. Join, "Model-free control and intelligent PID controllers: Towards a possible trivialization of nonlinear control ?", *Proceedings of the 15th IFAC Symposium on System Identification*, pp. 1531~1541 (2009)

[7]J. Wang, H. Mounier, A. Cela and S.I. Niculescu, "Event driven intelligent PID controllers with applications to motion control", *Proceedings of the 18th IFAC World Congress*, pp. 10080~10085 (2011)