

# PD제어기를 이용한 AGV의 경로추종에 관한 연구

\*이종성, \*원영진, \*성홍석

부천대학 전자과

e-mail : ljs@bc.ac.kr, wonyj@bc.ac.kr, hsseong@bc.ac.kr

## A Study on the Path-tracking of an Automated Guided Vehicle Using Digital PD Controller

\*Jong-Sung Lee, \*Young-Jin Won, \*Hong-Seok Seong

Department of Electronic Engineering

Bucheon College

### Abstract

This paper treats the guide path tracking problem of an experimental automated guided vehicle. An experimental guide path is made of aluminium foil which has width of 2[cm]. A digital Proportional and Derivative controller is used to manipulate the steering system and it is verified by laboratory experiments that the designed AGV tracks the guide path within the range of 3.2[cm] deviation.

### I. 서론

AGV(Automated Guided Vehicle)는 자동화된 무인 차량이라 할 수 있으며, 최근 공장 자동화 추세에 따라 자재 및 생산품의 운반에 다양한 형태의 AGV가 활용되고 있지만 레일 설치에 비하여 상대적으로 AGV 주행 시 안정성이 떨어지는 경향이 있다. 이러한 단점을 보완하고 유도 경로 추종에 관한 성능을 향상시키기 위해서는 AGV의 조향 동작에 영향을 미치는 요소의 동적 효과를 이해하는 것이 중요하게 되었다. 본 논문

에서는 AGV가 일정 속도 주행 시 조향 제어 시스템에 영향을 미치는 요소를 기초로 하여 역학적 모델을 구하고, 디지털 비례-미분(PD)제어기를 설계하여 제작한 AGV의 조향제어 시스템이 얼마만큼의 안정성을 가지고 경로를 추종하는지 검증하였다.

### II. 본론

#### 2.1 AGV시스템의 모델링

AGV시스템 조향부의 중요한 변수는 측면 이탈 거리  $d$ , 이격각  $\phi$ , 조향각도  $\alpha$ 이며, 다음과 같이 이산 상태 변수로 모델링 할 수 있다.

2.1.1 측면 이탈 거리 :  $d$

$$d(k+1) = V_0 T \phi(k) - V_0 T \alpha(k) + d(k) \quad (1)$$

2.1.2 주행 방향과 경로 중심선과의 이격각 :  $\phi$

$$\phi(k+1) = \phi(k) - \frac{V_0 T \sin \alpha(k)}{L} \approx \phi(k) - \frac{V_0 T \alpha(k)}{L} \quad (2)$$

2.1.3 조향각도 :  $\alpha$

조향각  $\alpha(k)$ 로 이동중인 AGV는 단위시간  $T$  동안의 입력 양에 의해 다음 상태로 표시된다.

$$\alpha(k+1) = \alpha(k) - k_{pds} \cdot U(k) \quad (3)$$

### 2.2 AGV시스템의 이산 상태 방정식

$$\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \\ x_3(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & V_0 \cdot T & -V_0 \cdot T \\ & 0 & 1 \\ & & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -k_{pulse} \end{bmatrix} U(k)$$

$$y(k) = [1 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \end{bmatrix} \quad (4)$$

### 2.3 디지털 제어기 설계

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0.001 & -0.001 \\ & 0 & 1 \\ & & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0.00589 \end{bmatrix}$$

$$C = [1 \ 0 \ 0], \quad D = [0] \quad (5)$$

AGV의 주행 속도  $V_0 = 0.3[m/sec]$ 일 경우 개루프 전달 함수는 식(6)이 된다.

$$G(z) = \frac{10^{-5} \times (0.5890z - 0.5833)}{(z-1)^3} \quad (6)$$

그리고 영점 : 0.9903, 극점 : 1, 1, 1 이 되며, AGV시스템에 적용한 디지털 비례-미분(PD)제어기의 일반적인 표현은 식(7)이 된다.

$$D(z) = K_p + \frac{T_d(z-1)}{T \cdot z} : K_p : 325 \quad K_d : 1820 \quad (7)$$

제어기를 포함한 영점과 극점은 다음과 같다.

$$\begin{array}{ll} \text{영점: } 1.0 \times 10^{10} \times (-3.9789) & \text{극점: } 0.9884 + j0.0768 \\ 1.0 \times 10^{10} \times (0.0000) & 0.9884 - j0.0768 \\ 1.0 \times 10^{10} \times (0.0000) & 0.9906 + j0.0000 \\ & 0.0106 + j0.0000 \end{array} \quad (8)$$

### III. 실험 및 고찰

AGV시스템의 하드웨어는 구동부, 센서부, 제어기부로 구성하였다. 그리고 실험에 적용된 유도 경로는 직선 유도 경로(유도 경로1)와 완급을 달리하는 2개의 곡선 경로(유도 경로2, 유도 경로3)이다. 설정 이유는 차체의 길이 0.31[m], 조향각도 좌, 우 25°, AGV 주행 속도 0.3[m/s]를 고려하여 설정하였다.

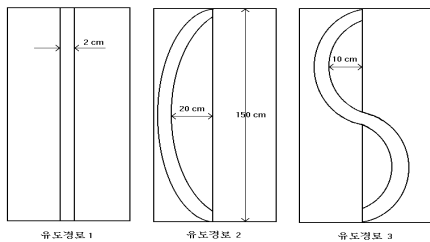


그림 1. 유도경로의 형태

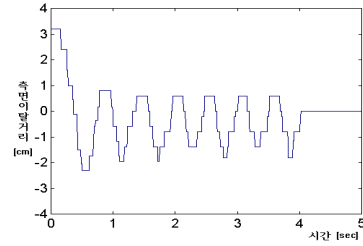


그림 2. 유도경로1의 측면이탈거리

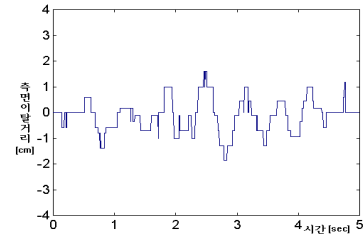


그림 3. 유도경로2의 측면이탈거리

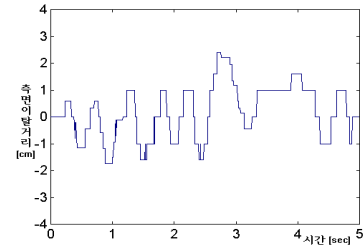


그림 4. 유도경로3의 측면이탈거리

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 경로 추종에 영향을 미치는 조향 장치를 제어 대상으로 하여, 디지털 비례-미분(PD)제어기를 조향장치에 적용하여 실험하였다. 실험결과 어느 정도의 측면 이탈 거리가 발생하였지만 3.2[cm] 범위 내에서 실험용 유도 경로를 안정적으로 추종함을 확인할 수 있었다.

### 참고문헌

[1] Eric Sung, Na Kok Loon, and Yee Ching Yin, "Parallel Linkage Steering for an Automated Guided Vehicle", IEEE Control Systems Magazine, pp. 3-8 October(1989)  
 [2] Clarence W. de Silva, Control Sensors and Actuators, Prentice-Hall Inc.(1989)  
 [3] Frank L. Lewis, Applied Optimal Control and Estimation, Prentice-Hall Inc.(1992)