

마이크로 프로세서를 이용한 무인운반차량의 주행제어에 관한 연구

김병기³, 김진태³, 김윤상³, 오현철³, 이해기³, 안두수³
§ 성균관대학교 §§ 충청대학교

A Study on the Driving Control for the Automated Guided Vehicle using Microprocessor

B.K Kim³, J.T.Kim³, Y.S.Kim³, H.C.Oh³, H.K.Lee³, D.S.Ahn³
§ Sungkyunkwan University . §§ Chung Cheong University

Abstract - Recently, For the material transport is increased, the AGV(Automated Guided Vehicle) is the most important part in the industrial factory. So we treat the navigation control problem and experimental results using microprocessor. In navigation control, we have faced with velocity control problem related to guide path tracking problem. Carefully, In the straight line, the AGV moves at its high speed, but in the curve line, especially when the radian ratio is very big it is difficult to follow guide line. So, Using fuzzy controller we have simulated the guide path following AGV according to the varying velocity and experimented it with microprocessor.(Intel 80C196KC) Now, If we use the AGV industrial factory, we will improve the product and efficiency in spite of changing the factory environment.

1. 서 론

최근 산업계에서는 생산성을 향상시키기 위하여 생산 공정의 자동화에 대한 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있다. 이중 물류 흐름의 자동화 문제는 상호 연관성 있는 공정들 간의 작업 수행에 필요한 물류 흐름을 일관성 있게 관리·통제할 수 있는 시스템을 개발함으로써, 생산공장의 운영에 큰 유연성을 부여함과 동시에 생산성의 극대화 및 JIT (Just-in-Line) 생산개념을 실현하는데 중요한 역할을 하고 있다. 또한 최근에는 FMS개념이 산업현장에 확산됨에 따라 작업장 내에서의 각종 작업물, 부품 및 공구의 이동이 다양하고 복잡해지는 추세임으로 콘베이어, 벨트, 로울러와 같은 기존이동 수단으로는 수시로 변화하는 반송 수요에 효과적으로 대처할 수 없는 형편이다. 이를 해결하기 위한 수단으로 작업장 내에서의 물류 흐름의 제어 및 관리를 실시간으로 효율적으로 처리할 수 있는 차량주행차량(Automated Guided Vehicle : AGV)이 개발되어 실용화되고 있다. 그러나, 대부분의 AGV는 차량을 유도경로와 일치시키기 위하여 조향부만을 변화시켰고, 곡선인 경우 특히 곡률 반경이 큰 경우에는 직선에서의 속도를 계속 유지하면서 곡선을 추종하기가 어려웠다.

이에 본 연구에서는 과제제어기를 이용하여 곡률 반경에 따라 속도를 조절하고 조절된 속도의 변화에 따라 조향각을 변화시킴으로써, 곡선의 변화에 능동적으로 대처하여 AGV가 작업환경이 변하여도 유도경로의 추종이 용이하도록 하였다. 그리고 마이크로 프로세서를 이용하여 구현함으로써 실제 생산공장에 이용될 경우 생산라인의 변화에 적절히 대처하여 생산성을 극대화 할 수 있도록 하였다.

2. 본 론

2.1 무인이동차량의 운동학적 고찰

무인이동차량은 운동학적인 면으로 볼 때 크게 3가지방

식으로 나눌 수 있다.

첫 번째로 Tricycle 방식인데 단순하면서도 주로 사용되는 방식이다. 이는 제작이 용이한 반면, 전방에 있는 1개의 바퀴로 조향과 구동을 함께 함으로 에너지 손실도 크고 센서에 의한 오차나 외란에 대해서도 민감하게 반응하기 때문에 정교한 제어를 할 수 없다.

두 번째로 차동조정 방식인데 이는 2개의 바퀴에 의한 속도차를 이용하는 방식으로 변위와 속도에 관한 매우 정교한 측정은 추측항법(Dead Reckon-ing)을 계산하는데 유용하나, 많은 시스템적인 문제와 외부요소에 의한 오차가 결과에 영향을 미치는 단점을 가지고 있다.

세 번째로 전방향성 두바퀴 방식의 결점을 보완하기 위한 다륜조향·구동방식이다. 다륜조향이란 독립적으로 조향이 가능한 4개의 구동바퀴를 적절히 조정하여 자유로운 운행을 가능하게 하는 것이다. 회전하기 힘든 조건에서도 쉽게 회전할 수 있으며, 4개의 모터가 각각 움직이기 때문에 짐을 운반할 수 있는 능력이나 견인력의 면에서 우수한 것으로 알려져 있다. 그러나, 이 방식은 과도한 제약조건(즉, 4개의 독립적인 모터)으로 인하여 제어하기가 어렵고, 각 구동바퀴의 축은 AGV의 회전중심 (center of rotation : CM)에서 만나고 있기 때문에 만약 한 개 이상의 구동축이 회전중심을 지나지 않는다면 AGV 자체는 정지상태가 되거나, 바닥과 바퀴와의 미끄러짐이 일어나면서 운행제어가 불가능하게 된다. 따라서, 다륜조향·구동방식을 실현하기 위해서는 운행 특성에 따라서 매 순간마다 정교한 제어를 통해서 각 구동바퀴축을 원하는 회전중심에 정렬시켜서 시스템의 운행성을 유지시켜야 하고 추진력을 적절히 조화시켜서, 여유구동 (redundant actuation) 상황에서 구동 장치를 사이의 대립으로 인한 구동 바퀴들과 바닥과의 미끄러짐과 에너지의 과다한 소모를 방지해야 한다.[1]

2.1.1 시스템 설계

본 연구에서는 다륜 조향·구동방식과 3륜 구동 방식을 혼합한 방식을 사용하여 각 방식의 단점을 보완하고자 한다.

구동부는 다륜 조향·구동방식에서의 문제점인 운행 특성에 따라서 각 구동 바퀴축을 원하는 회전중심으로 정렬시키고 각각의 바퀴에 대하여 정확하게 제어를 해야하는 하는 단점을 보완하여 동일 축으로 구성되어 있으나 차동 기어 (differential gear)가 장착되어 있는 구동장치를 사용하였고, 조향부 역시 동일 축으로 구성되어 있으나 각각 따로 회전하는 2개의 바퀴를 사용하여 구동장치들 사이의 대립으로 인한 구동 바퀴들과 바닥과의 미끄러짐을 방지하였다. 이렇게 함으로써 3륜 구동장치의 단점인 고정된 1 자유도 (first degree of freedom)의 운동학적인 특성에 의한 운행상의 제약을 보완하여, 보다 안정된 상태로 AGV를 구동 및 조향할 수 있도록 하였다. 또한 구동부 및 조향부가 실제의 차량과 거의 흡사한 구조를 가지고 있으므로 유도경로의 변화에 따른 구동부의 속도 조절 뿐 아니라, 도로상에서 무인이동차량의 응용에 이용할 수 있다.

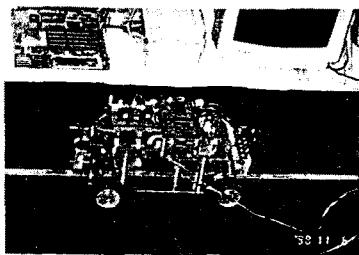


그림 1. AGV 시스템

2.1.2 시스템 구성

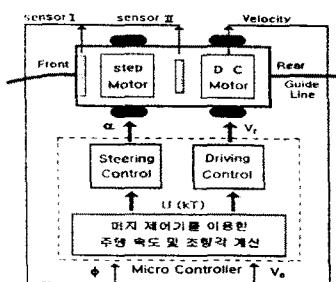


그림 2. 실험용 AGV 시스템 블럭선도

- V_r : 기준속도(직선 및 곡선 주행에 따른 속도 보상값)
 V_0 : 주행속도(엔코더에 의해 측정된 실제 속도값)
 α : 조향각도(유도경로 추종시 이탈 각도에 의한 오차를 최소화하기 위한 조향부의 조정 각도)
 ϕ : 이탈각도(AGV 중심축과 유도경로와의 이탈각도)
 $U(kT)$: 제어입력(FLC에 의한 구동속도 및 조향각도)
sensor I : 전방 센서(조향각도 계산에 이용)
sensor II : 후방 센서(이탈각도 계산에 이용)
Microcontroller : Intel 80C196KC-20MHz

2.1.3 시스템 모델링

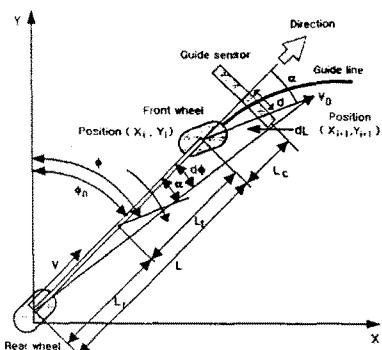


그림 3. 경로추종에 대한 AGV의 동적모델

AGV가 주행할 때 이격거리 d 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.[6]

$$d(k+1) = d(k) + \Delta d \quad (1)$$

단위시간 동안에 이탈거리 Δd 에 대한 이산화된 상태 $d(k+1)$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.[6]

$$\begin{aligned} d(k+1) &= d(k) + \Delta d \\ &= d(k) + V_0 \sin(\Phi(k) - \alpha(k)) T \end{aligned} \quad (2)$$

이탈각도 Φ 는 차량의 중심과 유도경로와의 각도임으로 다음과 같이 표현 할 수 있다.[6]

$$\Phi(k+1) = \Phi(k) - \Delta \alpha \quad (3)$$

$\Delta \alpha$ 에 대하여 정리하면,

$$L d \alpha(k) = d L \sin(\alpha(k)) \quad (4)$$

$$\alpha(k) = \frac{\sin(\alpha(k))}{L} \frac{dL}{dt} dt \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Phi(k+1) &= \Phi(k) - \frac{V_0 T \sin \alpha(k)}{L} \\ &= \Phi(k) - \frac{V_0 T \alpha(k)}{L} \end{aligned} \quad (6)$$

조향각도를 수식으로 표현하면 다음과 같다.[6]

$$\alpha(k+1) = \alpha(k) - k_{pulse} \cdot U(k) \quad (7)$$

$U(k)$: pulse 수 × 방향

k_{pulse} : 0.00589 [rad/pulse] (기어비 24(스텝모터)/28(조향축) × 스텝모터 0.0314 [rad/pulse])

AGV 조향부의 이산상태 방정식을 표현하기 위하여

상태 변수를 $X_1(k+1) = d(k)$, $X_2(k+1) = \Phi(k)$, $X_3(k+1) = \alpha(k)$ 로 설정하고, 입력을 $U(k)$ 로 하면, 다음과 같은 이산 상태 방정식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X_1(k+1) \\ X_2(k+1) \\ X_3(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & V_0 T & -V_0 T \\ 0 & 1 & (-V_0 T)/L \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1(k) \\ X_2(k) \\ X_3(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -k_p \end{bmatrix} U(k) \quad (8)$$

$$Y(k) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1(k) \\ X_2(k) \\ X_3(k) \end{bmatrix} \quad (9)$$

2.2 Fuzzy Logic을 이용한 제어기 설계

AGV의 주행제어를 위하여 이격거리에 따른 조향각의 결정과 조향각에 따른 운행속도의 결정, 그리고 기준속도추종을 위한 퍼지제어기를 사용하였다.

2.2.1 퍼지화부(Fuzzifier)

명령속도와 직류전동기의 출력 속도와의 오차(E)와 오차의 변화량(DE)을 퍼지 집합으로 사용하였으며 이 값들은 $-10 \sim 10$ 사이의 값으로 양자화(quantization) 하였다. 조향각에 따른 운행속도의 결정에서는 4개의 언어변수를 사용하였고 나머지 서보 제어에서는 7개의 언어변수를 사용하였다.

$$M_1 \in \{SS, MS, MS, BB\}$$

$$M_2 \in \{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB\}$$

2.2.2 지식기반부 (KnowledgeBase)

AGV의 조향각의 변화에 따른 운행속도를 결정하기 위한 제어규칙은 표1과 같으며, 이는 조향각의 변화가 심한 부분에서는 운행속도를 감소시키고 조향각의 변화가 유연해질수록 서서히 운행속도를 증가시키도록 하였다.

DE E	SS	MS	MB	BB
SS	SS	SS	MS	MB
MS	SS	MS	MB	MB
MB	MB	MB	MB	BB
BB	BB	BB	BB	BB

표1. 제어규칙

2.2.3 퍼지추론 및 비퍼지화 (Defuzzifier)

추론은 Min-Max 직접법(Direct Method)에 의하여 추론을 수행하였고, 비퍼지화는 같이 무게 중심법(Center of Gravity)을 사용하여 제어기 출력값을 구하였으며 실제 입력값은 이러한 비퍼지화 과정에서의 출력값에 출력이득을 곱하여 사용하였다.

2.3 시스템 블럭선도

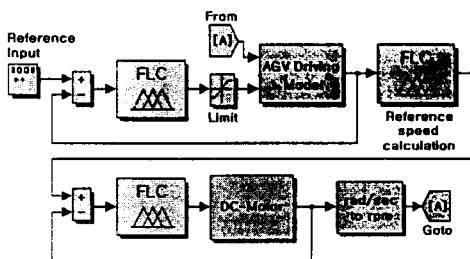


그림 4. 시스템 블럭선도

2.4 시뮬레이션

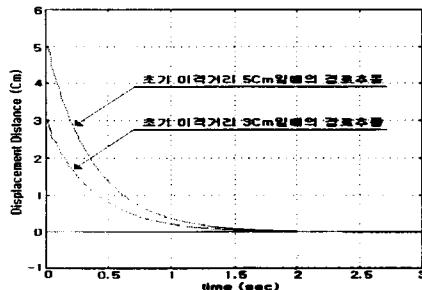


그림 5. 이격거리에 따른 경로추종

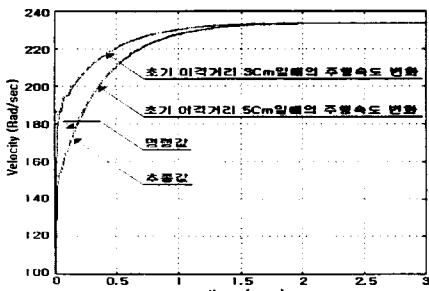


그림 6. 이격거리에 따른 주행속도 변화

2.5 실험결과

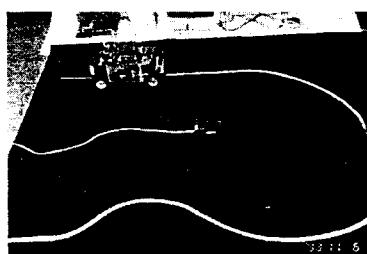


그림 7. 유도경로 추종 실험

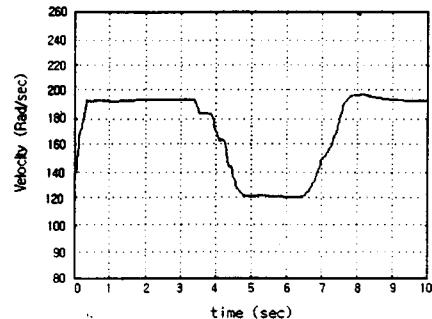


그림 8. 유도경로 변화에 대한 AGV 속도변화

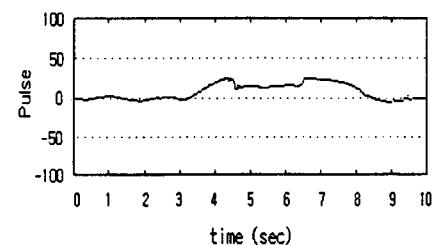


그림 9. 유도경로의 변화에 대한

Step Motor Pulse 변화

실험은 AGV가 주행시작 3초까지는 직선으로 주행하다가 이후부터는 곡선구간을 주행한 후 다시 직선구간으로 유도경로를 추종하도록 하였다. 그림9의 결과를 보면 조향부를 조절하는 스텝모터의 pulse수가 직선구간에서는 거의 변화가 없다가 곡선구간으로 갈수록 pulse가 완만하게 증가하였다. 또한 그림8의 결과에서는 직선에서는 주행속도가 일정하다가 곡선구간으로 들어갈수록 속도가 감소되고 다시 직선구간으로 들어서면 기준속도로 증가하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 퍼지 제어기를 이용하여 유도경로의 변화에 따른 조향각의 변화와 그에 상응하는 속도를 변화시킴으로써 AGV의 주행성능을 향상시켰으며 시뮬레이션 및 실험을 통하여 입증하였다. 그 결과 공장에서 생산량을 증가시킬 경우에도 AGV가 경로를 이탈하지 않고 안정된 상태로 임무를 수행할 수 있도록 하였다. 보다 개선된 퍼지 규칙 설계가 추후과제로 남는다.

[참 고 문 헌]

- (1) Yuan F. Zheng, *Recent Trends in Mobile Robots*. World Scientific Series in Robotics and Automated Systems-Vol. 11, 1993.
- (2) Emil M. Petriu, "On the Position Measurementof Automated Guided Vehicles Using Pseudorandom Encoding", IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement. Vol. 38 No. 3 June, 1989.
- (3) Shigeyuki Funabiki,"A Steering Control of Automatic Guided Vehicles by Successive Learning Neural Network", T. IEE Japan, Vol. 115-D, No. 2, 1995.
- (4) Winston L. Nelson, "Continuous Steering-Function Control of Robot Carts", IEEE. Trans. on Industrial Electronics, Vol. 36, No. 3, August 1989.
- (5) Rorand Jurgen, *Automotive Electronics Handbook*. McGraw-Hill, Inc. 1997.
- (6) 이 종성, "AGV의 경로 추종에 관한 연구", 성균관 대학 교석사학위논문, 1995.