

무게중심법을 이용한 무인 운반차(AGV)의 운전제어[†]

(Driving Control of Automated Guided Vehicle Using Centroid of Gravity Method)

탁 한 호¹⁾, 권 성 갑²⁾

(Han Ho Tack and Sung Gab Kwon)

요 약 제조공장 또는 물류 창고의 화물운송 자동화를 위하여 AGV가 많이 사용되고 있다. AGV는 주로 정해진 장소 간에 화물을 운송하는 목적으로 사용되며, 매우 고가이다. 산업현장에서는 AGV 전용 메인제어장치를 자체적으로 PLC를 사용하여 간이적으로 개발하는 경우가 많다. 간이적으로 개발한 AGV는 단순 기능으로만 국한되어 있어 주행 중에 많은 오류를 범한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 전용 AGV 제어가 개발되어 있지만, 이 또한 각 생산 공장의 특징과 구조에 따라서 용도에 맞게 변경이 불가능하다. 본 연구에서는 AGV 주행 흔들림 개선과 공장의 특성에 따라 자유롭게 변경이 가능한 PLC 연동형 AGV 전용 제어 시스템의 설계 방법을 제안하였으며, 실험을 통하여 여러 가지 주행 성능을 분석한 결과, 제안된 AGV 시스템이 운영상에 효율적임을 알 수 있었다.

핵심주제어 : 무인운반차, 자동화, 제어장치, PLC, 제어 시스템.

Abstract AGV is most often used for the automation of freight transportation in the manufacturing industry or the distribution warehouses. AGV is fairly costly and used in goods transport between the determined location. The main control device dedicated to AGV is often autonomously developed for simplification using PLC in industry field. However, AGV developed for simplification makes many errors in traffic because it is developed for the limited simple function. Control device dedicated to AGV has been developed to solve the problem but it is almost impossible to revise the device according to the character and structure of every manufacturing industry. The purpose of this study is to propose the design method of the control system interlocked with PLC and dedicated to AGV. The control system should be to improve the problem of traffic rolling and possible to be revised according to the character of factory. It is apparent the proposed AGV system is efficient in operation in the result of several traffic performance analysis through the tests.

Key Words : AGV, automation, control device, PLC, control system.

1. 서 론

산업 환경의 변화와 국제적인 경제 여건의 변화에 따른 제품의 원가 상승, 물류비 상승, 인건비 상승 등이 급속도로 달라지고 있으며, 이러한

[†] 이 논문은 2012년도 경남과학기술대학교 연구비 지원에 의하여 연구되었음

1) 경남과학기술대학교 전자공학과, 제1저자

2) 경남과학기술대학교 전자공학과,
교신저자(fmtack@gntech.ac.kr)

상승들이 기업 간의 경쟁으로 이루어지고 있다. 이러한 환경변화와 제품생산에 있어 인건비 상승을 대처하기 위해 생산 라인에서는 비용의 절감으로 공장의 자동화나 무인화를 지속적으로 추진하고 있다. 그 중 대표적인 인건비의 절감 방안으로 무인운반차(Automated Guided Vehicle : AGV)가 다양한 방법으로 개발되어 이용되고 있다[1-6, 12, 13].

AGV는 수십년 전부터 기계의 자동화가 전자기술의 발달로 인하여 개발된 로봇으로 제어기에 의해 자체의 구동력으로 지정된 궤도를 마그네틱 가이드 센싱이나 다른 센싱 방법을 통하여 궤도를 이동하는 무인 운반 로봇이다. 그리고 AGV는 제어기에 의해 자체의 구동력으로 지정된 경로를 따라 이동하는 운반 시스템의 일종으로 Conveyor 나 Rail 방식의 대차와는 달리 주변 이동물체와의 공존이 가능하고 목적에 맞는 이재장치를 쉽게 결합할 수 있으며, 이동경로를 원하는 위치에 수시로 가변이 가능하다[7-10].

이는 공장의 생산라인의 이재 장치와 쉽게 결합할 수 있으며, 주변 기기와의 연결 및 시스템의 확장 시 수정이 비교적 용이한 장점을 지니고 있다. 또한 AGV를 설치함으로써 인력의 감소, 생산성과 품질의 향상, 작업 환경과 안정성 개선, 물류의 실시간 제어, 요구 공간의 감소, 제품의 관리개선, 자재관리 비용감소, 제품의 관리 개선, 주변 자동 기기와의 조합이 용이, 시스템의 적응성 및 유용성 증대, 생산 장비의 현대화에 대응, 플랜트의 변경 및 확장성이 용이, 생산 의뢰의 빠른 응답 등 실현할 수 있다. 이러한 AGV의 많은 장점에도 불구하고 국내 생산 산업계에 도입이 활성화 되지 않는 이유는 핵심 부품인 제어기를 해외에서 수입하는 경우가 다반사 이며, 유지 보수비 증가 등으로 매우 고가이기 때문이다.

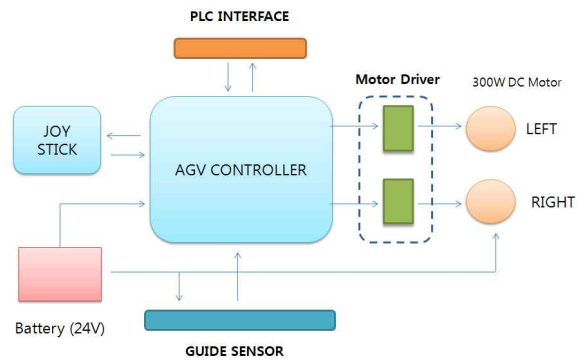
그러나 산업현장에서는 AGV 전용 메인제어장치를 수입에 의존하거나 자체적으로 PLC (Programmable Logic Controller)를 사용하여 간이적으로 개발하는 경우가 많다. 간이적으로 개발한 AGV는 단순 기능으로만 국한되어 있어 생산라인의 궤도를 주행에서 궤도를 탈선하거나 좌우 흔들림이 많아 적재되어 있는 운반물이 낙하하는 현상이 발생한다. 한편 이러한 문제점을 해결하기 위해 전용 AGV 제어가 개발

되어 있지만[6, 11], 이 또한 각 생산 공장의 특징과 구조에 따라서 용도에 맞게 변경이 불가능하다.

따라서 본 논문에서는 AGV 주행 흔들림 개선과 궤도탈선의 방지 및 공장의 특성에 따라 자유롭게 변경 가능한 무게중심법 가이드 센싱 필터를 이용한 PLC 연동형 AGV 전용 제어 시스템의 설계 방법을 제안하고자 한다.

2. PLC 연동형 AGV의 설계

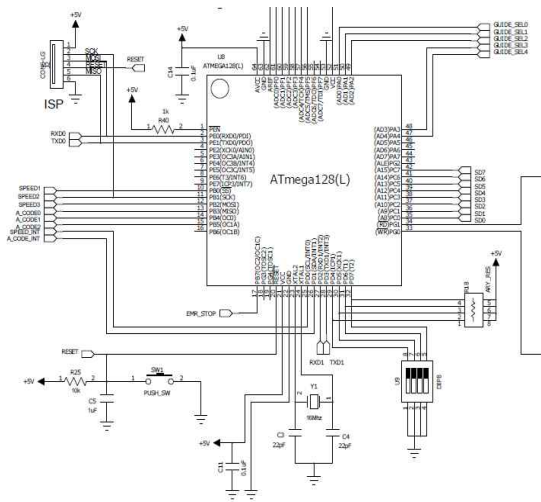
본 연구에서는 최대 1 Ton의 적재물을 운반할 수 있는 기능을 가질 수 있도록 8bit/16bit 혼합 사용이 가능한 가이드 센서 인터페이스 기능을 채택하였으며, 수동 제어를 위한 조이스틱 제어와 PLC 연동에 의한 확장형 기능 등을 보유한 AGV를 설계하였다. 전반적인 시스템 구조는 <그림 1>과 같으며, AGV 제어기의 CPU는 8bit형 저가의 CPU를 사용하여 설계 하였다. 특히 가이드센서와 PLC 인터페이스로부터 발생하는 과전류 유입을 방지하게 위해 아이솔레이션 회로를 구성하여 설계하였으며, 모터 드라이버는 AGV 제어기에서 전달되는 신호를 300W DC 모터에 가해져도 과부하가 걸리지 않도록 설계하였다.



<그림 1> PLC 연동형 AGV 제어기의 구조
<Fig. 1> Structure of interlocked of PLC type AVG controller

2.1 메인 콘트롤러 설계

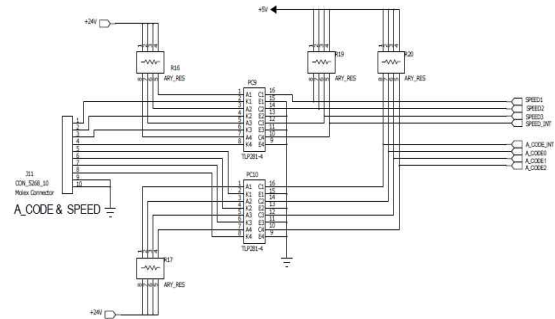
본 연구의 저가형 AGV 컨트롤러를 설계함에 있어 ATMEL사의 ATMEGA128 CPU를 사용하여 <그림 2>와 같이 설계 하였으며, AGV 제어속도와 조이스틱 통신 오류를 고려하여 7.37MHz의 클럭으로 동작할 수 있게 설계 하였다. 특히 가이드센서의 종류와 동작 상태를 결정하기 위해 4bit DIP 스위치를 추가하여 기능을 다양화 하였다.



<그림 2> AGV 콘트롤러의 CPU부 회로
<Fig. 2> CPU circuit of AGV controller

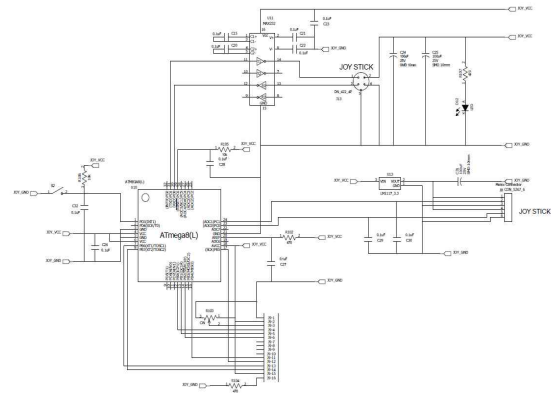
2.2 PLC 인터페이스 설계

PLC 인터페이스의 설계에 있어 PLC 전원과 독립되도록 설계하고, 과전류에 의한 AGV 컨트롤러의 고장을 사전에 방지하기 위해 TLP281-4인 포토 아이솔레이터를 사용하여 입출력 신호 전달을 안정성이 향상되도록 <그림 3>과 같이 설계하였다. 이 회로를 통하여 PLC는 AGV의 출발, 정지, 좌회전, 우회전, 전/후진 제어, 속도제어, AGV 상태 등을 제어 및 모니터링을 할 수 있도록 하였다.



<그림 3> PLC 인터페이스부 회로
<Fig. 3> Circuit of PLC interface

2.3 조이스틱 설계



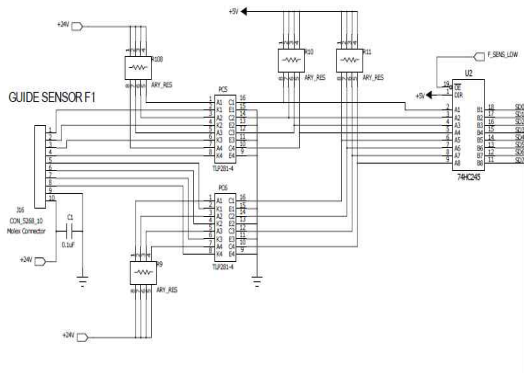
<그림 4> 조이스틱 회로
<Fig. 4> Circuit of joystick

AGV 제어 있어 대부분이 자동제어로 이루어지나 AGV 사용처에서 AGV 오동작 또는 위험 사항, 별도 작업 등이 필요할 때 AGV를 수동 제어할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 사용의 편리함을 제공하기 위해 조이스틱 인터페이스부와 조이스틱 컨트롤러를 <그림 4>와 같이 설계하였으며, 조이스틱 인터페이스는 조이스틱 컨트롤러인 ATMEGA8을 이용하여 RS232C 시리얼 통신을 하도록 하였다.

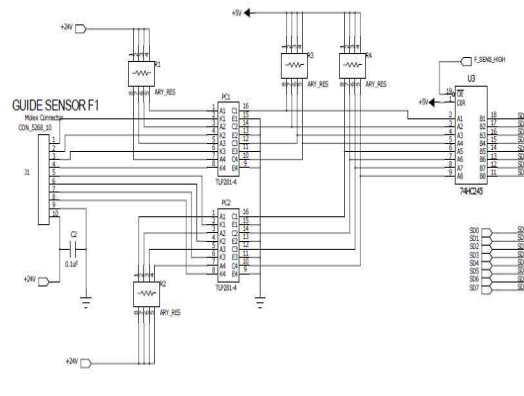
2.4 가이드센서 혼합 인터페이스 설계

본 연구에 사용된 조향 제어용 가이드센서는

마그네틱 센서로 응답속도가 빠르고 유리관에 봉입 되어 접촉과 신뢰성이 높은 장점으로, 현재 전자 제어장치, 기계 제어장치 등 자동기기의 스위칭 소자로서 널리 활용되고 있는 것으로 AGV의 가이드 역할을 하는 센서이다. AGV가 이동하기 위해서는 마그네틱 테이프와 이를 인지하기 위한 가이드센서가 필요하며, AGV의 중심간의 이격 거리를 전압형태로 주 제어기에 전달하므로 AGV는 항상 이 센서의 값을 감시하고, AGV를 마그네틱 Tape의 중앙에 위치할 수 있도록 제어한다. 그리고 분기 지점을 만나면 직진 또는 좌분기, 우 분기 세 가지의 분기 명령 중 분기신호의 조합으로 AGV가 원하는 경로로 이동할 수 있도록 전압출력을 가변시킨다.



(a) 전방 8bit 가이드센서 인터페이스



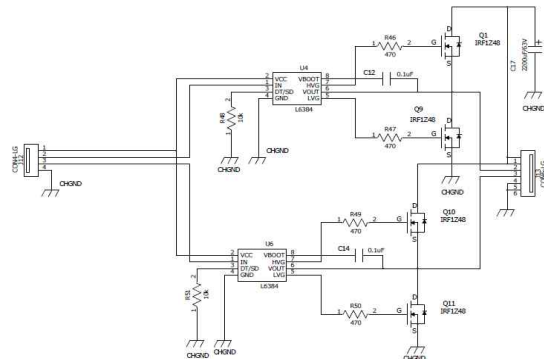
(b) 전방 16bit 확장을 위한 가이드센서 인터페이스

<그림 5> 가이드 센서 인터페이스 회로도
<Fig. 5> Circuit of guide sensor interface

본 연구에서는 일반 산업현장에서 사용하는 마그네틱 가이드센서가 2종류(8bit, 16bit)로 사용되고 있어, 호환성을 높이기 위해 2종류 모두 인터페이스가 되도록 <그림 5>와 같이 설계하였으며, 특히 AGV를 운전함에 있어 AGV 주행 흔들림 개선과 궤도탈선의 방지와 공장의 특성에 따라 자유롭게 변경 및 전·후진이 가능하도록 무게중심법 가이드 센싱 필터의 역할을 가능하게 하는 가이드 센서 인터페이스싱 회로를 설계하였다.

2.5 모터 드라이버 개발

AGV의 모터를 제어를 위해 가장 필수적인 요소는 속도제어이며, 본 연구에서 이 속도 제어를 위해 PWM(펄스폭 변조)방식을 적용하였고, 15[A] 대전류를 사용하는 모터를 구동하기 위해 브릿지 제어용 대전력 MOS-FET와 PWM 제어 방식에 적합한 L6384 소자를 사용하여 <그림 6>과 같이 설계하였다.



<그림 6> 모터 드라이버 회로도
<Fig. 6> Motor driver schematic

3. 실험 및 성능분석

본 연구에서 개발한 AGV 컨트롤러의 성능 분석을 위해 설계한 이산형 PID제어기는 디지털 컴퓨터나 신호처리장치를 사용하여 PID제어기를 구현하기에 적합한 형태로서 Sampling Time h 의 간격으로 이산화시키는 시스템방정식은 다음과 같다.

$$u(k) = u_o + u_p(k) + u_i(k) + u_d(k) \quad (1)$$

여기서 u_o 는 제어신호의 초기치이며,

$$u_p(k) = K_p e(k)$$

$$u_i(k) = u_i(k-1) + K_p \alpha e(k)$$

$$u_d(k) = \nu u_d(k-1) - K_p \nu N [y(k) - y(k-1)]$$

$$\alpha = h / T_i$$

$$\nu = T_d / (T_d + hN)$$

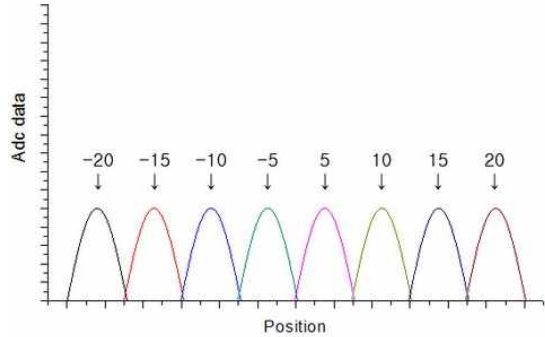
이다. 그리고 이산형 PID제어기의 과도응답 특성을 줄이기 위해 Sampling Time h 를 작게 잡으면서 $K_p = 195$, $T_i = 2.16$, $T_d = 0.39$ 으로 설정하여 제어기의 성능을 개선시켰다.

본 논문에 사용된 무게중심법 가이드 센싱 필터는 라인트레이서의 선을 인식하는 방법으로 정규화된 센서 데이터를 이용하여 각각의 정규화된 센서값에 중심으로부터의 거리값을 곱하여 라인의 중심을 구하는 방법으로 각각의 센서는 ADC 분해능 범위 사이의 값이 입력되고, 이를 정규화시키면 선의 위치에 따라 0~100% 사이의 값을 가진다. 그리고 센서의 위치에 따라 센서 중심으로부터의 거리값을 <그림 7>과 같이 각각의 센서값에 곱해주면 센서 이득이 되며, <그림 8>과 같이 된다. <그림 8>의 값을 그대로 사용하면 센서와 센서 사이에서의 값의 합이 센서 중심에서의 값보다 작기 때문에 정확한 선의 중심을 찾을 수 없으므로 입력되는 센서값을 아래의 코딩과 같이 총합으로 나누어 주행 흔들림 개선과 궤도탈선의 방지를 실행시켰다.

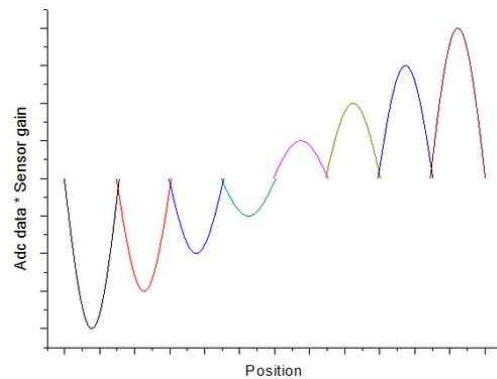
```

    Adc_data_sum1+=Adc_data[i]*Sensor_gain[i];
    Adc_data_sum2+=Adc_data[i];
    position=Adc_data_sum1/Adc_data_sum2;
    
```

따라서 무게중심법을 사용할 경우 전체 데이터로부터 무게중심을 구하는 방법이기 때문에 AGV가 경로를 추종하는 과정 중에서 경로가 대각선으로 걸쳐 여러 센서에 값이 인식되어도 정확한 중심위치를 찾을 수 있다.

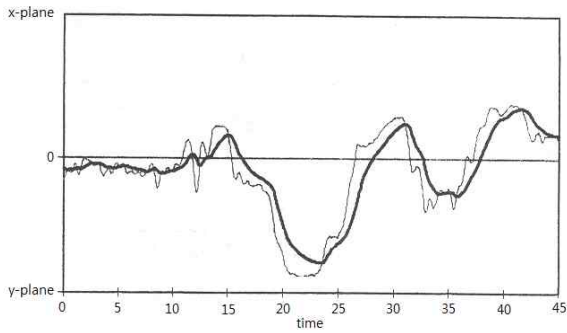


<그림 7> ADC 분해능과 위치 값
<Fig. 7> Value of ADC resolution and position

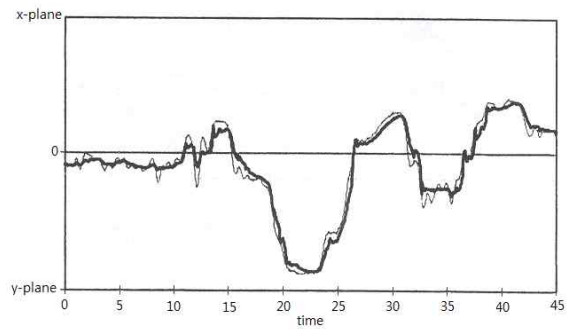


<그림 8> ADC 분해능과 센서이득을 곱한 값
<Fig. 8> Value of ADC resolution and sensor gain

<그림 9>는 무게중심법 가이드 센싱 필터를 이용하여 모의 실험한 결과로서 (a) 가이드 센싱 필터만 있는 경우와 (b) 무게중심법 가이드 센싱 필터가 있는 경우를 비교한 것으로 무게중심법 가이드 센싱 필터가 있는 경우 흔들림이 적으면서 원하는 경로를 더 정확하게 따라감을 알 수 있었다.



(a) 가이드 센싱 필터만 있는 경우



(b) 무게중심법 가이드 센싱 필터가 있는 경우

<그림 9> 무게중심법 가이드 센싱 필터
 <Fig. 9> Guide sensing filter using center of gravity

실제 실험을 위해 개발한 AGV 컨트롤러의 성능 분석을 위해 마그네틱 LINE 로드맵과 AGV 시뮬레이터를 <그림 10>과 같이 제작하여 실험하였다.

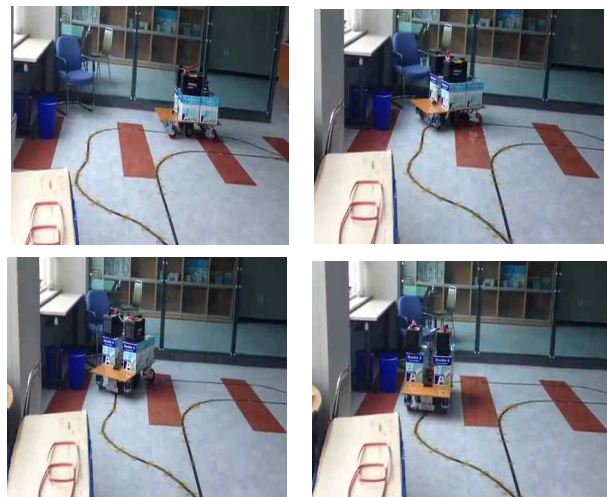


<그림 10> 제작된 AGV 시스템
 <Fig. 10> AGV system for experimental

<그림 11>은 직선주행을 위한 실험으로 직선을 아무런 흔들림 없이 주행하였고, <그림 12>는 곡선주행을 위한 실험으로 자세제어에 대해서는 AGV의 흔들림이 일부 존재하였으나, PID Gain을 조절을 한 후에 안정적인 자세 제어가 이루어짐을 확인하였다. 그리고 모의실험과 비교한 결과에서도 만족하는 성능을 보여주었다. 향후 상품화하기 위해서는 PLC 제어기와 연동하여 전방센서, 범퍼스위치, 거리센서 등을 부착하여 종합적인 실험을 시도하여 수정 및 보완과정이 필요하다고 판단된다.



<그림 11> 직선주행
 <Fig. 11> Direct travel



<그림 12> 곡선주행
 <Fig. 12> Curve travel

4. 결 론

본 연구에서는 제조공장 및 물류 창고에서 화물 운반용으로 사용하는 무인 이동 로봇인 AGV 설계법에 대하여 제안하고 개발하였다. 제안된 방법은 기존 제조회사의 전용 AGV 제어기의 문제점을 해결하기 위해 PLC 연동형 무게중심법 가이드 센싱 필터를 이용하여 AGV를 설계하였다. 설계된 AGV의 성능을 평가하기 위해 모의실험과 직선, 곡선 및 분기점이 있는 마그네틱 로드를 설정하여 실험하였으며, 그 실험결과는 실제 산업현장에 적용이 가능함을 입증하였고, 흔들림이 적으면서 원하는 경로를 더 정확하게 따라감을 알 수 있었다. 이 실험의 결과를 통하여 여러 가지 주행 성능을 분석한 결과, 제안된 AGV 시스템이 운영상에 효율적임을 알 수 있었다.

References

- [1] Vis, I.F. A., "Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems". European Journal of Operational Research Vol. 170, No.3 pp. 677-709, 2006.
- [2] Le-Anh T. and Koster M.B., "A review of design and control of automated guided vehicle system". Eur J Oper Res, Vol. 171, No. 1, pp. 1-23, 2006.
- [3] Qui L, Hsu W.J., Huang S. Y. and Wang H. "Scheduling and routing algorithms of AGVs: a survey". Int J Prod Res, Vol. 40, No. 3, pp.745-760, 2002.
- [4] Ho T. C.. "A dynamic-zone strategy for vehicle collision prevention and load balancing in an AGV system with a single-loop guide path". Comput Ind, Vol. 42, No.2-3, pp. 159-176, 2002.
- [5] Hwang H. and Kim S. H.. "Development of operation Rules for automated guided vehicle systems in heterarchical manufacturing system". Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers. Vol. 23, No. 2, pp.233, 1997.
- [6] Moorthy R.L., Guan W.H., Cheong N.W. and Piaw T.C. "Cyclic deadlock prediction and avoidance for zone-controlled AGV system". Int J Prod Econ Vol. 83, No.3, pp. 24-30, 2003.
- [7] T. E. Kim, S. Y. Lee, K. S. Kwon and S. H. Park, "Autonomous Wheelchair System Using Gaze Recognition", Jour. of the Korea Industrial Information System Society, Vol. 14, No. 4, pp.91-100, 2009.
- [8] K. H. Choi and H. W. Kim, "A Caching Scheme to Support Session Locality in Hierarchical SIP Networks". Jour. of the Korea Industrial Information System Society, Vol. 18, No. 1, pp. 1-10, 2013.
- [9] Rajotia S, Shanker K, and Batra J.. "A semi-dynamic time window constrained routing strategy in an AGV system". Int. J Prod Res , Vo.36, No. 1, pp. 35 - 50, 2003.
- [10] Ardavan A.Vi, Marc G., "Dual track and segmented single track bidirectional loop guide path layout for AGV systems". European Journal of Operational Research, 2006.
- [11] Ayoub Insa Corréaa, Andrée Langevina and Louis-Martin Rousseaua. "Scheduling and routing of automated guided vehicles: A hybrid approach", Computers & Operations Research, Vol. 34, No.6, pp.1688-1707, 2007.
- [12] L. Choi, T. J. Park and K. L. Roo. " Deadlock-free Routing of an AGV in Accelerated Motion". Journal of navigation and port research, Vol. 30 No. 10, pp.855-860, 2006.
- [13] Pooya Farahvash, Thomas O. Boucher. "A multi-agent architecture for control of AGV systems" Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 20, pp. 473-478, 2004.



탁 한 호 (Han Ho Tack)

- 종신회원
 - 부경대학교 전자공학과 공학사
 - 동아대학교 전자공학과 공학석사
 - 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사
- 경남과학기술대학교 융합기술공과대학 전자공학과 교수
 - 관심분야 : 멀티미디어시스템, 신경회로망, 퍼지시스템, 로봇틱스, 공장자동화, 트랜스포메이션, 기계진동 및 동역학



권 성 갑 (Sung Gab Kwon)

- 경남과학기술대학교 전자공학과 공학사
 - 경남과학기술대학교 전자공학과 석사과정
- 관심분야 : 임베디드시스템, 멀티미디어시스템, 통신시스템

논문 접수일 : 2014년 02월 27일
1차 수정 완료일 : 2014년 03월 25일
2차 수정 완료일 : 2014년 04월 08일
게재 확정일 : 2014년 04월 15일