

AGV시스템의 메커니즘 개량화 연구

송준엽*, 이승우*, 김갑환**

A Study on Improved Mechanism of AGV System

Jun-Yeob Song*, Seung-Woo Lee*, Kap-Hwan Kim**

ABSTRACT

In this research, we have developed a load/unload device capable of correcting the position automatically. Characteristic technologies such as compensation, control, guidance and communication have been modified and implemented on an existing electromagnetic guided AGV, helping to realize open system and distributed cooperation. We have applied the developed AGV with remote control and heterogeneous load/unload mechanisms in a machining system composed of various equipment such as machining centers, CMM and AS/RS and found that the AGV provided position error within $\pm 2\text{mm}$.

Key Words : AGV System(무인운반차), Stationary Layout Control(지상제어), Loading & Unloading Device(이재장치), Position Compensation(위치보정), Wireless Communication(무선통신)

1. 서 론

공장자동화의 추세는 자동화 기능을 집약한 단위시스템(공작기계, CMM, AS/RS 등)을 분산, 배치시키고, 이를 자동화된 운반시스템(AGV, TTS, Conveyor 등)을 대상물에 따라 선별도입, 연계시켜 토탈시스템(Total System)을 구축하는 네트워크형의 생산시스템 형태로 발전, 전개되고 있다^[3,5].

이러한 개념이 생산현장에 확산되고, 생산라인 내에서의 각종 작업물의 이동이 복잡·다양해지고 있기 때문에 이를 해결하기 위한 수단으로 무인운반차(AGV : Automated Guided Vehicle)시스템이 도입되게 되었다^[1,6].

최근 시스템기술에도 자동화기술 외에 지능화,

고정도화, 생산성 향상기술 등이 도입되면서 지능형 생산시스템(Intelligent Manufacturing System)개념이 대두되고, 단위 자동화 기기, 특히 물류시스템에 까지 이러한 기술도입을 유도하고 있다^[3]. 물류시스템을 대표하는 AGV시스템의 특징적인 면과 향후 기술개발방향을 연계시켜 보면 Table 1처럼 요약할 수 있다.

그러나 상기 기술개념을 AGV시스템에 모두 적용시키기에는 상반적인 기술개발 방향과 시스템의 특성화 때문에 많은 제약을 내포하고 있다. 따라서 본 연구에서는 AGV시스템에 상기 개념을 도입함에 있어 상반되는 요소, 즉 Flexible화와 고정도화의 기술을 상호 보완할 수 있는 메커니즘으로 구현시켜 성능향상을 유도하고, 개방화, 분산 협조화 등

* 한국기계연구원 자동화연구부

** 부산대학교 산업공학과

을 지원할 수 있도록 단위 특성요소기술(보정, 제어, 유도, 통신기술)을 연구하여 적용토록 하였다.

특히 개발된 기술을 기존 전자유도식 AGV system에 개조·구성시키고, 이기중 단위기기 및 이 재메커니즘들로 구성된 가공시스템에 운용하여 기술검증을 실시하였다.

Table 1 Characteristics and Technical Trend of AGV System

AGVS 특징	기능내용	기술 방향성
자유도	운반선, 경로, 동작의 변경이나, AGV의 증감에 대응	개방화 Flexible화
자기제어 자기진단	기계상태모니터링과 복수대 운전시의 충돌이나 장애발 등의 감지/대응	자율화
협조기능	타설비 등과 동기성을 갖고 동작 가능	분산협조화
정확도/신뢰성	반복정지정도 등의 유지 및 고장 최소화	고정도화

2. AGV시스템의 기술개발 현황

AGV가 개발되어 실용화된 1970년 후반부터 현재의 성숙기에 이르기까지 용도(종류), 유도방식에 따라 기술과 실용화 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 특히 AGV기술의 핵심인 유도기술은 Fig. 1에 제시된 것처럼 초기는 고정경로운행법에 기초한 전자유도, 자기유도, 광학유도 경로방식이 개발되었고, 최근에는 자유(무경로)운행방식을 채용한 추측유도, 관성유도, 레이저/초음파유도, 적외선유도방식 등이 개발되고 있다^[2]. 상기 유도방식들의 특징을 요약하면 Table 2와 같다.

상기 유도방식 중 산업현장에 설치·적용되고 있는 AGV system을 살펴보면 아직까지는 고정경로 운행법에 의한 전자/자기유도(90%)가 주류를 이루고 있다. 그 이유는 여러 가지가 있었지만 보수성, 안정성, 정확도, 경제적 측면에서 아직까지는 고정경로방식이 실용적이라 할 수 있다.

그러나 상기방식은 시공 기간이 길고, 레이아웃 변경이 곤란하여 유연성이 떨어지는 점 및 보수성이 낮다는 면에서 문제점을 가지고 있다.

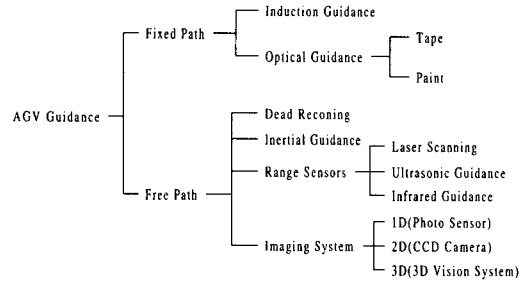


Fig. 1 Guidance Classification for AGV

따라서 본 연구에서는 보유하고 있는 전자유도 방식의 AGV system을 대상으로 특징요소, 즉 자유도, 자기제어기능, 협조기능, 정확도, 신뢰성, 자기진단기능 등을 최대한으로 확보시킬 수 있도록 메커니즘 및 성능향상기술을 AGV system의 제어, 통신, 유도, 보정기술 측면에서 연구하였다.

3. AGV 메커니즘 향상기술

3.1 지상제어(Stationary Layout Control)

대부분의 AGV system은 구동, 조향, 통제기능을 차체의 전용컨트롤러 혹은 PLC 등에 의해 순차 제어하는 차상제어(Mobile Layout Control)방식을 채용하고 있다. 그러나 이와 같은 제어방식은 상위기기 혹은 시스템 구성기기와의 인터페이스에 많은 제약을 갖고 있어 본 연구에서는 개방화된 시스템 네트워크환경과 보다 유연한 제어 및 감시기능 등의 대응을 위해 기존 차상제어방식을 수정·보완한 지상제어방식을 개발하였다^[12]. 즉 지상제어 컨트롤러로 퍼스널 컴퓨터(PC)를 기반으로 한 개방형 컨트롤러를 채용하였다. 개발한 제어방식은 Fig. 2에 제시한 것처럼 구동(drive), 조향(steering), 이/적재(loading/ unloading) 등의 AGV 고유기능은 AGV 차체에서 처리하게 하고, 이를 제어/감시하는 명령, 상위 기기와의 정보통신 I/F, 레이아웃정보 등의 AGV system 운영정보는 개방화된 PC-Based 컨트롤러에서 지원토록 하는 메커니즘이다. 이 제어방식을 채용함으로써 표준 네트워크 접속방식의 이용에 따른 시스템 개방화 및 I/F작업의 단순화와 전체 레이아웃 변경시 지상컨트롤러 상에서 AGV Route, 속도, 회전, 이/적재명령 등의 제어/감시기능의 수 용 등에 유연하게 대처할 수 있다.

Table 2 AGV Guidance and its Characteristics

경로행	유도방식	특징
고정모형	전자유도	일정한 조향주파수(2~10kHz)를 갖는 교류신호전선(Guide-wire)을 Floor에 페루프 되도록 설치하여 AGV에 장착된 코일(Pick-up Coil)에 의해 자계를 감지하며 조향시스템으로 하여금 교류신호전선과 평행하게 운행되도록 하는 방법
	자기유도	유도방식은 전자유도방식과 동일하나 교류신호전선 대신 자성을 띤 테이프(마그네틱)나 페라이트 테이프의 자계를 감지하는 센서에 의해 유도, 운행되는 방법
	광학유도 (Optical Guidance)	형광페인트, 알루미늄 혹은 백색 테이프로 설치된 유도선을 AGV에 장착된 두 개의 포토센서(Photo Sensor)가 광물질의 밀도를 탐지하며 유도, 운행되는 방법
자유행	추측유도 (Dead Reconing)	차량의 바퀴회전도를 엔코더(Encoder)로 측정하여 (Odometry) 차량내의 제어시스템이 AGV의 위치(x,y) 및 방향(θ)을 알아내는 방법으로 바퀴의 미끄러짐(slippage) 등으로 인한 위치추정의 오차 때문에 페루프제어방식의 구동시스템을 채용하고 있다.
	관성유도 (Inertial Guidance)	AGV의 운동방향과 평행한 자이로스코프의 축을 이용하여 예정된 길에서 이탈할 경향우 자이로로 탐지하여 차량의 시보구동메커니즘이 방향을 수정시키며 유도하는 방법
	레이저유도 (Laser Scanning)	AGV에 탑재된 레이저가 주위의 Reference Point의 Beacon이나 Marker를 탐지하고 삼각법에 의해 위치 및 방향을 계산하여 유도하는 방법
	초음파유도 (Ultrasonic Guidance)	초음파 반향을 이용한 AGV의 유도방법이지만 음의 반사각도나 음속의 온도영향 때문에 아직까지는 주로 장애물 탐지 및 회피하는 감지방식으로 이용되고 있다.
	적외선유도 (Infrared Guidance)	LED나 Reflector와 AGV에 탑재된 IR(Infrared) 센서를 결합시킨 적외선을 이용한 유도 방법

그러나 PC-Based 컨트롤러에서 지상제어방식을 수용하기 위해서는 통신용 규약(Protocol)에 의한 인터페이스가 지원되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 3에 제시된 것처럼 상태제어, 경로전송, 상태보고 등에 활용할 통신규약을 설계·개발^[11]하

여 AGV system 운용에 활용토록 하였다.

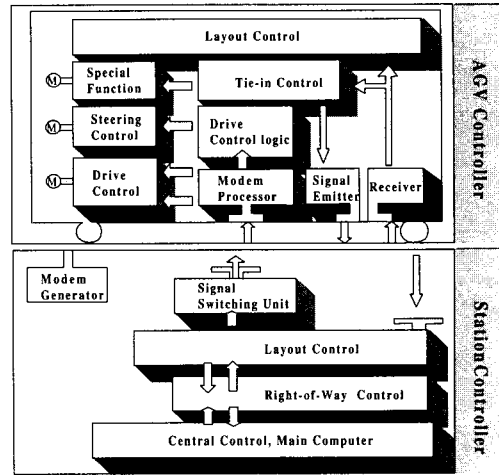


Fig. 2 Stationary Layout Controls of AGV System using PC-Based Controller

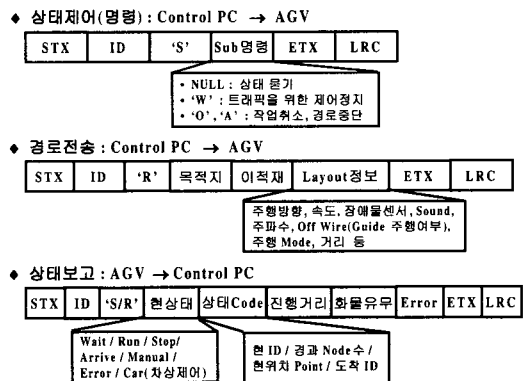


Fig. 3 Communication Protocol for Control & Monitoring of AGV System

3.2 AGV 통신방식

AGV의 제어/감시명령 송·수신을 위한 통신방식으로는 적외선모뎀(Infrared, IR Modem), 무선모뎀(Wireless, RF Modem)통신방법 등이 사용되고 있다.

적외선 통신방식은 통신과장(5~20kHz)이 길어 가지거리 반경 25m 이내의 실내에서 우수한 통신 성능을 나타내고 있지만^[4](Fig. 4 참조), 그 이상의

거리에서는 태양광(가시광)의 간섭으로 통신성능이 급격히 저하되는 단점을 가지고 있다. 또한 적외선 통신장치를 이용하기 위한 별도의 기구, 주파수발생기(Frequency Generator) 등이 필요하기 때문에 시스템의 구성이 복잡해지는 경향이 있다.

따라서 본 연구에서는 무선주파수 459MHz를 갖는 무선모뎀을 이용한 통신방식을 채용하였다. 무선모뎀 통신방식은 통신영역이 적외선 통신보다 크고(최대 150m), 특정 통신속도(9,600bps 이상) 영역에서도 전송에러가 거의 없으며, 제어용 PC 내부 혹은 RS-232C와 같은 시리얼 통신(Serial Communication)을 사용하여 인터페이스 되기 때문에 시스템 구성을 간단하게 할 수 있다. 특히 구성된 통신방식은 PC-Based 컨트롤러와 AGV 차체컨트롤러와의 통신수단으로 이용되어 AGV system 운용에 필요한 제어명령과 상태정보 등을 교환, 전송하게 된다.

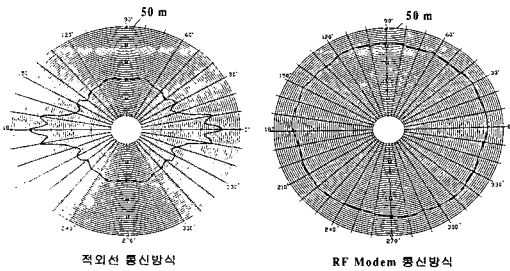


Fig. 4 Comparison of Wireless Communication Methods for AGV System

3.3 AGV 유도방식

AGV의 유도방식은 Fig. 1에 제시된 것처럼 크게 고정유도, 자유유도방식으로 구분되어 발전되어 오고 있으나, 산업현장에 도입·적용되고 있는 AGV system의 약 90% 정도가 고정유도, 전자과 유도방식이다. 전자과 유도방식은 정밀도 측면에서 우수한 성능을 보이고 있으나 중량 AGV(300 kg 이상)에서는 반드시 유도선의 매설이 필요하므로 레이아웃변경, 유도 Route의 자유도 부여 등에서 부가적인 작업을 필요로 하는 단점을 갖고 있다.

따라서 본 연구에서는 상기 문제점을 보완하며 정밀도를 유지할 수 있는 방안으로 AGV system에 자기유도방식을 채용토록 하였다. 본 유도방식을 적용함으로써 자유롭게 레이아웃을 재구성하거나,

추가 Route 구성시 별도의 주파수 발생기가 증설 없이 유도센서의 분기명령에 따라 새로운 Route를 설정하며 자유롭게 레이아웃을 재구성할 수 있다.

또한 유도방식 변경에 따른 추가적인 문제점, 즉 자기유도 Route(유도Tape)의 붕괴를 해결하기 위해 Fig. 5처럼 유도센서를 한쪽으로 편심시켜 유도토록 하였으며, 정밀도 보완측면에서는 다음 3.4장에 기술할 자동위치 보정형 이/적재장치의 탑재를 통한 상호보완적 구조를 채용하여 이와 같은 문제점을 해결토록 하였다¹⁰⁾.

3.4 자동 위치정도 보정기술

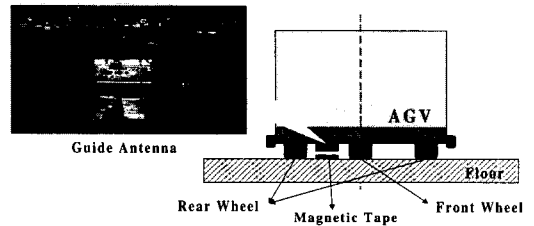


Fig. 5 AGV Guidance Unit using Electricity of Guided Antenna

AGV의 위치결정정도는 감속속도, 반송물의 부하 토크, 브레이크의 토크, 검출기의 정도 및 제어기의 응답성능이 복합적으로 작용하여 결정되는데 일반적으로 $\pm 10\sim 20\text{mm}$ 이며, 고정도인 경우에도 $\pm 5\text{mm}$ 정도이다. 그러나 이러한 위치정도로써는 정밀한 위치정도를 요구하는, 예를 들면 Machining Center와 같은 가공기계와의 이적재 작업(위치정도 : $\sim \pm 2\text{mm}$)은 불가능하게 된다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 보조적으로 Centering기구를 AGV System에 장착하고, Fig. 6과 같은 원리에 의한 위치보정 방법이 제시⁸⁾되고 있지만 지상 바닥에 Centering Corn을 설치하는 불편과 레이아웃 변경에 따른 위치결정기구의 이전설치 등으로 시스템 설치의 유연성을 반감시키고 있다.

따라서 본 연구에서는 이/적재장치에 보정기능을 부가한 구조를 채용하여 AGV의 위치오차를 2차적으로 보정하는 개념을 도입하였다. 구상한 개념의 이/적재장치는 Fig. 6에 제시된 것처럼 AGV가 주행중 이/적재작업을 수행할 스테이션에 자체적인 위치정도를 가지고 정지하면 위치센서에서 오차정도를 감지하고, 오차정도에 따라 이/적재장치부만

으로 자동 위치보정(보정범위 : $\pm 10\text{mm}$)을 실시하며 이/적재작업을 수행하는 장치이다¹⁰⁾.

개발한 자동 위치보정형 이/적재장치의 주요 기구부는 Fig. 7 처럼 반송물의 Feeding부와 Slide부로 구성된다.

Feeding부는 기존 AGV의 이/적재장치에 해당되는 부분으로 어떠한 이/적재방식, 예를 들면 Roller Conveyor방식, Push-Pull방식, Fork-Lifting방식 등을 수용하는 구조를 갖고 있다. 본 연구에서는 상기 방식 중 Roller Conveyor방식을 채용하고, Roller의 회전방향에 따라 좌/우 이/적재작업이 이루어짐과 동시에 반송물 탑재에 의한 AGV의 이동시에는 Feeding부 Center Positioning에 의해 반송물의 트러짐이 없이 안정된 상태에서 반송물의 이동이 가능토록 하였다.

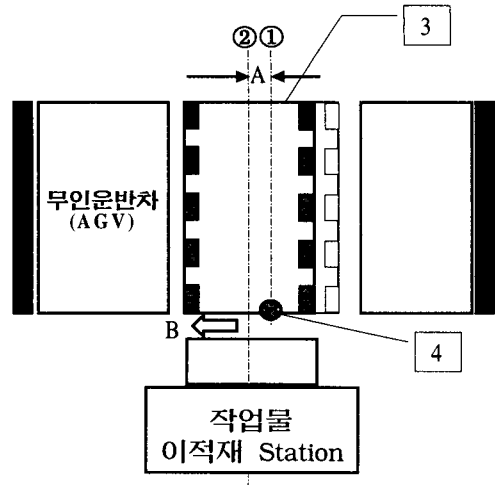
Slide부는 고안한 이/적재장치의 핵심기구부로 Feeding부를 Fig. 8처럼 구조적으로 탑재하고, AGV의 위치오차에 따른 보정량을 Feeding부에 확보시켜 주는 위치보정장치부로 다음과 같은 원리로 오차보정을 실시한다.

AGV의 위치센서에서 감지한 위치오차(위치보정량)가 Slide부의 Geared모터의 출력치(RPM)로 입력되면 Geared모터에서 1:10으로 1차 감속하고, Screw Jack에서 1/24로 2차 감속하여 모터의 회전운동을 직선운동으로 변환시켜 위치보정 시킨다. 특히 개발한 Slide부는 아래와 같은 특징을 갖도록 고안되었다.

- 1) Feeding부에 대한 전체 하중의 마찰계수를 줄이기 위해 양쪽에 LM Guide부착
- 2) 모터 출력축의 회전운동을 직선운동으로 변화하기 위해 Worm Screw Jack사용
- 3) 진척도 확보를 위해 고효율의 Worm 감속기 사용
- 4) Worm Wheel에 Screw Shaft Guide를 구성시켜 Screw Shaft의 흔들림을 방지하는 구조 사용

본 개발안을 AGV에 채용함으로써 기존 Centering 보조기구의 채용에 따른 단점을 해결하며, AGV 채용의 장점인 반송물 이/적재작업의 자동화, 시스템설치의 유연성 확보 등을 극대화하면서 AGV의 고정도 위치정도($\sim \pm 2\text{mm}$)를 보정·지원할 수 있다.

4. 적용연구 및 성능평가



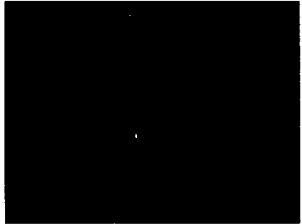

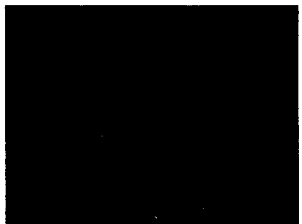
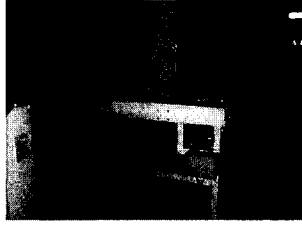
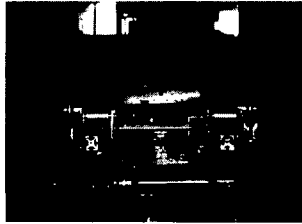
- ① : AGV 현재지위에서 이/적재장치의 중심
- ② : 위치보정된 이/적재장치부의 이동중심
- ③ : AGV 이/적재장치부
- ④ : 이/적재(정지)위치 검출용 광센서
- A : AGV 위치오차 보정량
- B : 이/적재장치부의 이동방향

Fig. 6 Automatic Position Compensation Mechanism of AGV System

본 연구에서는 AGV system 개량화 연구결과를 수직, 수평형 머시닝센터(VMC, HMC), 자동측정검사장치(CMM), 자동창고시스템(AS/RS)로 구성된 자동화 가공시스템(KIMM Pilot Plant)의 하드웨어 통합용 운반시스템으로 도입·적용하였다. 적용할 가공시스템의 단위기기들은 시스템 통합을 전제로 한 도입설비가 아니고 Table 3에 제시된 것처럼 이/적재장치부(Loading & Unloading Device) 메커니즘이 상이한 장치로 구성되어 있다. 따라서 개량된 AGV system이 상이한 이/적재메커니즘을 수용하고 위치정지정밀도($\sim \pm 2\text{mm}$)를 확보할 수 있는가를 검증하는 성능실험을 실시하였다.

실험방법은 AS/RS-VMC-HMC-CMM 순서로 배치된 각 스테이션을 AGV system이 자동반복 주행·정지하면서 Fig. 8에 제시된 위치정도, 즉 1)AGV와

Table 3 Mechanism of Loading/Unloading for composed machine of Pilot System

단위기기	이/적재장치	이/적재메커니즘	비 고
수직형 머시닝센터 (VMC)	Automatic Pallet Changer(APC)	<ul style="list-style-type: none"> • Push-Pull방식 • 이/적재암(Stroke Arm)의 후크가 팔레트의 고리 밑에서 Up/ Down에 의한 팔레트 연결 • 이/적재 Stroke : 115mm 	
수평형 머시닝센터 (HMC)	Automatic Pallet Changer(APC)	<ul style="list-style-type: none"> • Push-Pull방식 • 이/적재암의 후크가 팔레트의 고리와 수평방향으로 직선운동을 하면서 팔레트연결 • 이/적재 Stroke : 78mm 	
자동측정 검사장치 (CMM)	Automatic Pallet Changer(APC)	<ul style="list-style-type: none"> • Push-Pull Chain방식 • 이/적재암이 체인구동에 의한 회전운동을 하면서 팔레트 고리를 걸면서 팔레트 연결 • 이/적재 Stroke : 49mm 	
자동창고시스템 (ASRS)	I/O Dolly장치	<ul style="list-style-type: none"> • Roller-Conveyor방식 • 이/적재 Stroke : 20mm 	
AGV system (AGV)	Loading & Unloading장치	<ul style="list-style-type: none"> • Roller-Conveyor방식 • 이/적재 Stroke : 20mm 	

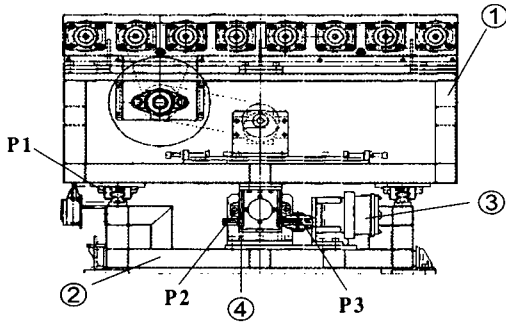
스테이션 이/적재장치의 평행도 유지여부인 (좌우) 위치정도 a와b, 2)AGV의 (전후)정지정도 c를 측정하였다. 그 측정결과를 Fig. 9, 10에 나타내었다.

본 연구에서 개량한 AGV system의 성능평가결과는 다음과 같다.

1) 각 단위기기의 이/적재장치 좌우선단에서 AGV 이/적재장치 좌우선단까지의 기준거리(15±0.5mm)에 95% 이상의 정지정도, 유도선과의 평행도 유지여부를 확보함으로써 편심 자기유도방식의 실증확인

2) AGV 자체의 위치정지정도 ± 5mm 이내 확보

3) 가공기계와의 이/적재 작업을 위한 위치정도 (± 2mm) 확보여부는 Fig. 10에 제시된 것처럼 5% 이내의 편차를 보이고 있지만 자동 위치정도 보정 메커니즘에 의해 오차보정이 가능



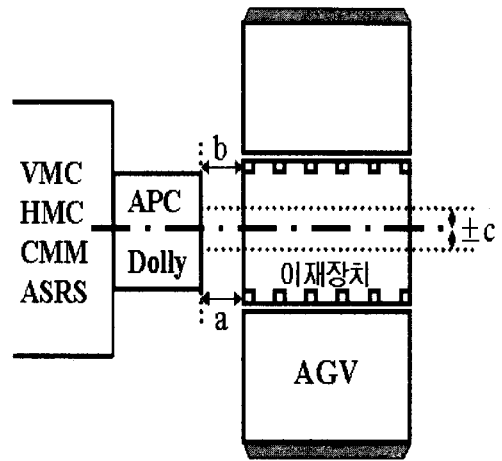
- ① : 이/적재장치 Feeding부
- ② : 이/적재장치 Slide부
- ③ : Slide부 Motor Bracket
- ④ : Slide부 Power Jack Bracket
- P1 : LM Guide P2 : Power Jack
- P3 : Hyper Flex Coupling

Fig. 7 Loading & Unloading Unit of Developed AGV System with Automatic Revising Position Model

5. 결론

본 연구에서는 AGV System을 지능형 시스템으로 발전시키기 위한 하드웨어적 준비단계로

Flexible화와 고정도화의 기술을 상호·보완할 수 있는 메커니즘 및 AGV system의 성능향상기술을 구현시켰다. 특히 Fig. 11에 제시된 것처럼 시스템의 개방화, 분산협조화 등을 지원할 수 있도록 단위 요소 기술, 즉 보정, 제어, 유도, 통신기술 등을 개량·개발하여 기존 전자유도 AGV system을 적용 가공시스템에 맞게 자기유도 방식으로 개조하고 정지정밀도 향상을 위한 이/적재장치를 구현하였다.



- a, b : 각 단위기기의 이/적재장치 좌우선단에서 AGV 이/적재부 좌우선단까지의 거리
- c : AGV의 정지위치 중심에서의 벗어난 정도

Fig. 8 Performance Parameters for improved AGV System

또한 다양한 구성기기로 구성된 가공시스템의 운반장치로서의 운용을 통해 여러 가지 기술검증을 실시하였다. 그 결과 위치정도 ± 2mm이내, 지상제어메커니즘의 실현, 이기종 이/적재메커니즘 수용 등의 기술확보를 달성하게 되었다.

향후에는 AGV system의 좌우방향 정도보정 기능을 부가한 이/적재장치의 고안, 고속주행 중의 위치정도 검증과 AGV system의 운용측면에서의 지원 기술, 즉 원격감시에 의한 진단·보정기술, 레이아웃 정보의 자동생성 등 AGV system 컨트롤러의 개발 기술 등을 진행시킬 예정이다.

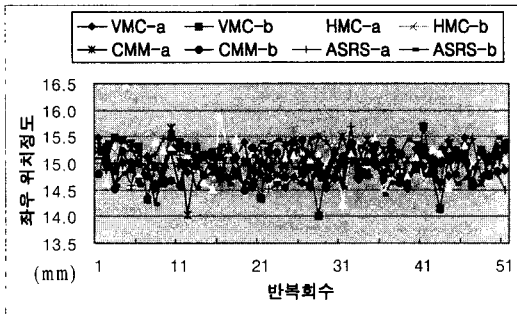


Fig. 9 Analysis of Precise Position of AGV in Left & Right Direction

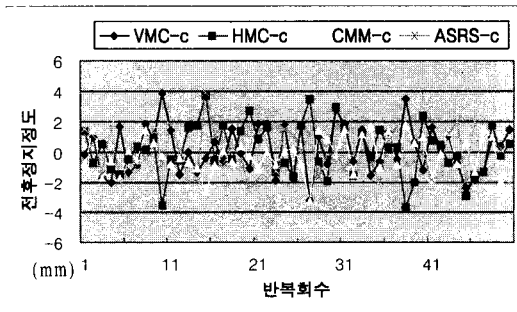


Fig. 10 Analysis of Stopping Accuracy of AGV System in Front & Rear Direction

Manufacturing," Chapman & Hall, 1994.

2. Ann Dunkin, "Automated Guided Vehicle Systems : An Introduction," Jr. of IE, pp. 47-51, August, 1994.
3. P.K. Wright, D.A. Bourne, "Manufacturing Intelligence," Addison Wesley, 1988.
4. F. Kleeberg, B. Spier, "Dokumentation of R-BDE-BUS System," Willich Co., 1990.
5. FA技術調査研究委員會, "FA技術の現状と動," 國際ロボット・FA技術センタ, 1986.
6. 吉本好夫, "自動搬送システム-導入實戰ガイ," 電氣書院, 1991.
7. 不二越搬送システム研究グループ, "知れた搬送," ジャパンマシニスト社, 1990.
8. 宮下政和, "高精度位置決め制御技術," (株)總合技術センタ, 1982.
9. 송준엽, 이승우 외, "AGV 위치정도 및 메커니즘 향상기술," 한국정밀공학회 추계학술대회는문집, 556-559, 1998.
10. 송준엽, 이승우 외, "무인운반차 자동 위치보정형 이/적재장치 및 그 방법," 특허출원 (98-34266), 1998.
11. 이현용, 송준엽 외, "고기능 자율가공시스템 개발," 한국기계연구원, 1998.
12. 이승우, 송준엽 외, "Stationary Layout Control 방식의 AGV 시스템 개발," '92KACC, 906-911, 1992.

② RF Modem 통신방식

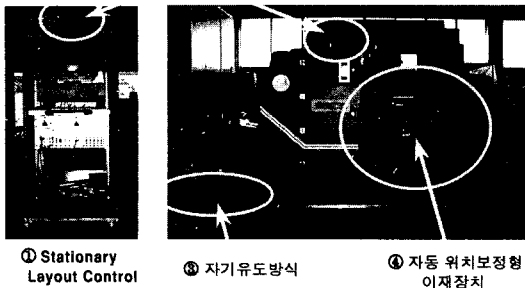


Fig. 11 Improved AGV System and its Mechanism

참고 문헌

1. J.M.A. Tanchoco, "Material Flow Systems in