

크린룸용 자기부상반송시스템의 開發動向

임달호 · 권병일

(한양대 공대 전기공학과 교수)

1. 서론[1]

종래, 반도체공장 등에 있어서의 크린룸(Clean Room : 실내의 청결도(Clean度)를 어느 수준이상으로 유지하기 위하여, 먼지제거처리 및 온도, 습도제어를 행하는 공간)내의 반송시스템으로서, 車輪支持의 自走式 台車(Bogie)方式이 많이 사용되어 왔다. 이들 시스템은, 구동차륜이나 集電子로부터 먼지가 발생한다. 이 때문에, 이들은 비교적 청결도가 낮은 크린룸 사이를 연결하는 공정간 반송에 쓰이는 것에 그쳤다.

하지만, 근년 超LSI의 집적도가 높아지게 됨에 따라, 초미세가공을 가능하게 하며, 제품의 향상을 꾀하기 위해서는, 인간이 그안에서 작업하는 것 자체가 크린룸을 유지하는데에 장애가 될 정도의 청결도가 높은 크린룸내에서의 工程內 자동반송시스템기술을 확립하는 것이 시급하게 되었다.

이를 위한 반송시스템은, 적재물 및 환경을 오염시키지 않을 것, 운전비용이 저렴할 것, 공간을 적게 취할 것, 신뢰성이 높을 것 등이 요구된다. 이상에서 설명한 부상반송시스템의 필요성을 그림1에 체계적으로 설명한다.

이러한 요구에 대한 최적시스템으로서, 차량을 비접촉으로 지지하고, 비접촉으로 구동하는 부상식 반송시스템이 유망하다. 各種 부상식시스템방식을 설명하고, 외국의 크린룸용 자기부상식반송시스템 개발 예를 소개한다.

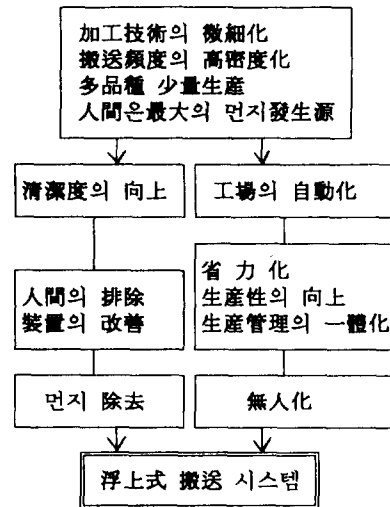


그림 1. 부상식반송시스템의 필요성

2. 각종 부상반송시스템

물체를 비접촉으로 지지하여 구동하는 기술은, 高速 回轉體를 지지하는 자기베어링, 超高速 또는 低公害鐵道로서의 부상식철도의 개발에 의해 각종 방식의 기술개발이 진행되어 왔다. [2-6] 이들 비접촉 차량지지방식과, 리니어모터(Linear Motor)에 의한 비접촉구동방식을 결합시킨 시스템은, 차량지지계에 의한 기계적인 주행저항이 없고, 구동輪의 테두리와 레일 사이의 마찰에 대한 제약도 없기 때문에, 높은 가속속도가 얻어지는 새로운 철도 시스템으로서 실

용화를 향한 기술개발이 진행되고 있다.

한편, 최근 OA, FA분야에서는 건물내의 물품반송용으로서, 몇가지의 부상식반송시스템의 개발이 진행되고 있다. 이와 같은 시스템에 있어서, 被搬送物의 중량은 수 kg으로부터 數十 kg, 부상공극장은 수 mm, 반송차의 주생속도는 수 m/s, 搬送路 길이는 수 m로부터 수십 m정도의 규모이다.

이러한 소형의 부상식반송시스템에 대해서는, 먼지발생의 방지, 소음발생의 방지 등의 환경특성과 함께, 소형화, 궤도의 간소화 및 구동시스템의 가감속특성의 우수성 등이 요구된다. 따라서, 이들 시스템의 개발에 있어서는, 부상철도용으로 개발된 기술을 기초로하여, 위에서 설명한 소형시스템 고유의 요구에 대한 기술개발이 필요하다.

이들 용도에 대해서는, 공기압에 의해 반송차량을 지지하는 공기부상식(그림2(a)), 영구자석의 반발력에 의해 차량을 지지하는 영구자석반발식(그림2(b)), 强磁성이이드레일과 전자석의 흡인력에 의해 차량을 지지하는 상전도흡인식(그림2(c)) 등이 제안되었다. [7,8] 하지만, 공기부상식은 공기압발생원의 소음, 영구자석반발식은 궤도측 영구자석에의 磁性粉塵의 흡착, 상전도흡인식은 車上전자석여자전력의 집전에 따르는 먼지의 발생 등의 문제점이 있다.

이들 方式 外에도, 상전도흡인식의 개량형으로서, 전자석 起磁力의 일부를 영구자석에 부담시키는 복

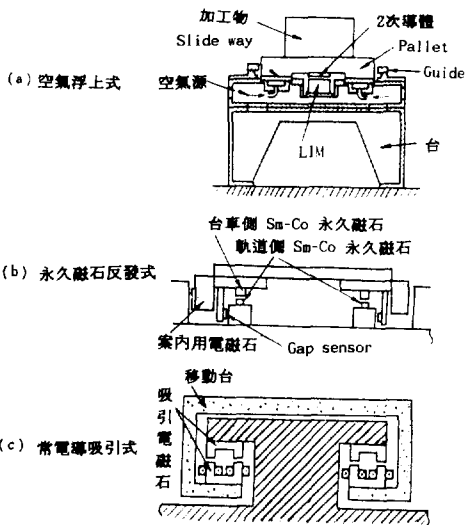


그림 2. 각종 부상차량 지지방식

합자석(Hybrid Magnet : HM)을 채용하므로써, 차량을 부상상태로 유지하기 위한 전자석 소모전력을 경감하며, 車載의 배터리를 電源으로 하므로써 먼지의 發生源인 集電子를 없앨 수 있는 시스템이 제안되었다.

이들에 대한 연구는 일본이 선두를 유지하여, (株)東芝(Toshiba Corp.) 등이 연구결과를 발표하여 실용화 하고 있는 것으로 알려져 있다. [9,10] 또한, 최근에는 유사한 시스템을 (株)住友(Sumitomo Corp.)가 개발하여 발표하였다. [12] 여기에서는 (株)東芝의 시스템을 설명하기로 한다.

3. 크린룸용 자기부상반송시스템[11]

3.1 완전비접촉부상제어시스템

반송차를 비접촉으로 지지하기 위한 흡인력을 발생하는, 영구자석과 전자석으로 구성된 복합자석의 개략도를 그림3에 나타낸다. HM은 영구자석과 그것을 감싸는 2개의 제어용전자석으로 구성된다.

이러한 구성은 高保磁力이며, 直線狀의 減磁特性을 갖는 영구자석의 출현으로 가능하게 된 것으로, 제어용전자석의 起磁力를 적게 설계할 수 있어, HM의 소형화가 실현됨과 동시에, 반송차를 부상상태로 유지하기 위한 전자석의 소비전력이 대폭 節減된다.

제어용전자석이 盧磁되어 있지 않은 경우, 영구자

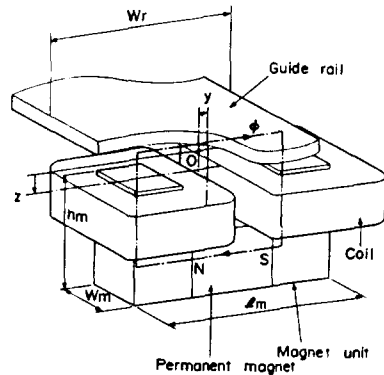


그림 3. 복합자석의 구성

3.2 완전비접촉주행시스템[11]

이상의 부상기술을 이용하여 SPACE LINEAR라 명명된 자기부상 반송 시스템이 개발되었다. 以下에서는 이 시스템의 구성요소인 반송차, 가이드웨이, 스테이션, 콘트롤러 및 시스템의 운전에 대해 설명한다.

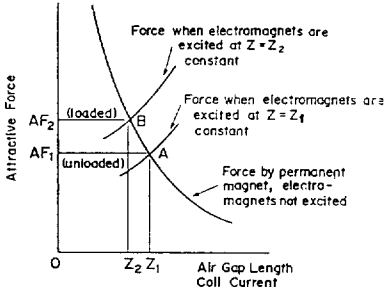


그림 4. 복합자석의 흡인력특성

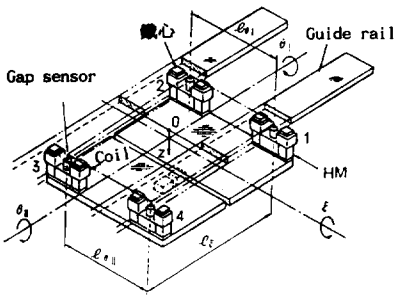


그림 5. 반송차량台車의 단면도

석만의 기자력에 의한 흡인력은, 그림4에 나타내듯이 공극장의 자승에 반비례하여 변화한다. 차량이 空車인 경우에는, 영구자석에 의한 흡인력이 차량의 自動 F_1 에 같아지는 공극장 z_1 을 목표로 하여 제어전자석을 제어하며, 차량에 負荷가 탑재되어 총중량이 F_2 로 변하면 공극장 목표치를 z_2 로 제어용전자석을 제어한다. 이러한 제어법에 의해, 정상적인 외란, 즉 반송차의 負荷에 관계없이, 코일전류 편차를 零으로 함으로써 항상 영구자석의 흡인력만으로 부상상태를 유지할 수 있다. 따라서, 반송차를 부상상태로 유지하기 위한 제어용전자석의 소요전력은 극히 적어 질수 있어, 車載전지에 의해 무충전으로 장시간 연속부상할 수 있다.

이 HM은 2개의 강자성가이드레일의 下面에 대향하도록 그림5와 같이 차량의 네 귀퉁이에 부착된다. 각각 2개의 HM을 갖는 2장의 프레임은 서로 회전 가능하도록 연결되어 있다. 이와 같은 구성에 의하여, 各各의 HM은 磁氣特性이 상이하고, 부담하는 중량이 다를 경우에도, 개개의 전자석코일 전류가 영이되도록 부상공극장을 유지할 수 있어, 위에서 설명한 제어특성을 달성할 수 있다.

3.2.1 반송차(Carrier)

그림6은 반송차의 단면도이며, 그림7은 직경 6인치의 실리콘 기판(Si wafer) 25개를 담고 있는 카세트가 두 개 매달려 있는 반송차와 SPACE LINEAR 시스템의 가이드웨이를 보여준다. 또한 표1에 그들의 仕様을 나타낸다.

반송차에는 4개의 복합자석이 배치되어 있는데, 각각의 영구자석은 한 쌍의 전자석과 공극 검출기로 쓰이는 반사형 광검출기를 갖는다. 그 외에도 반송차는 제어회로기판, 전자석을 勵磁시키는 전력 증폭기, 탑재된 전기장비의 戰力源인 배터리, SLIM의 2

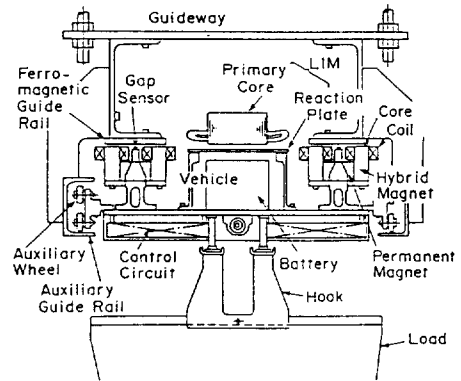


그림 6. 차량의 단면도

표 1. 반송차의 사양

Vehicle dimensions	490mm Lx325mm Wx 95mmH
Vehicle weight	8 kg
Guide rail	60 mm W - 6mm t
Gap length	4mm - 5 mm
Permanent magnet	Samarium - cobalt magnet
Battery	24V - 1500mAH x 2
Charge interval(case1)*1	min. 8 hours
(case2)*2	min. 5 hours

* 1) Under static conditions
* 2) Under runnig conditions

차 도체판, 부하를 지지하기 위한 고리, 그리고 비상시를 대비한 보조바퀴 등으로 구성된다.

한 쌍의 집약된 인쇄회로기판은, 최신제어이론을 적용하여 코일의 기준전류를 계산하기 위한 기능과, 전자석을 여자시키기 위한 전력증폭기, 스무스한 정지와 기동을 위한 개폐회로, 스테이션 콘트롤러와의 통신을 위한 광학소자 등을 포함하고 있다.

1500mAh용량의 니켈카드뮴 배터리 한 쌍이, 반송기 내의 전기장비에 $\pm 24V$ 를 공급하기 위해 탑재되어 있다. 배터리는 스테이션에서 자동적으로 충전되기 때문에 오퍼레이터는 탑재된 배터리를 충전시키거나 교환하기 위해 신경을 쓸 필요가 없다. 이와같은 배터리는 수명시간에 따라 매달 혹은 매년 보수기간에 교환하게 된다.

SLIM의 2차 도체판은, 두 강자성가이드레일의 중앙에 아래쪽으로 면하게 설치된 1차측 철심과 마주 보며, 반송차의 맨 위에 장착되어 있다. 이러한 구성으로, 다음절(b)에서 설명하듯이 한 쌍의 강자성가이드레일과 片側式리니어인덕션모터(SLIM)의 1차측을 적당하게 구성하면, 반송차가 어떠한 방향이라도 비접촉으로도 분기할 수 있게 된다.

보조바퀴는 반송차가 떨어지거나 레일을 이탈하거나 복합자석이 레일과 들러붙거나 하는 것을 방지하기 위하여 설치되어 있다.

약 10kg의 반송차는 4mm의 공극으로, 약 5~6kg의 부하를 싣고, 최고 속도 약 1.4m/s의 속도로 이동한다. 반송차는 탑재된 배터리가 가득 충전되었을 때 부하를 싣고 8시간 정도 연속적으로 부상할 수 있으며, 스테이션에서 부하를 싣고 내리는 동안 배터리가 자동적으로 충전될 경우 24시간동안 연속으로 사용될 수 있다.

3.2.2 가이드웨이(Guideway)

이 시스템은, 차량의 구동시스템으로서 전원을 지상에서 공급하는 지상1차식의 SLIM을 채용하고 있다. SLIM의 1차측고정자는, 표면이 가이드레일의下面과 동일면이 되도록 배치되어, 차량의 상부중앙에 배치된 2차도체와의 상호작용으로 추력과 제동력을 발생하고, 차량을 비접촉으로 가감속한다.

SLIM의 고정자는, 스테이션部, 분岐部 등의 요소 요소에 배치되어 있어, 차량은 여자되어 있는 고정자 밑을 통과할 때만 가감속력을 받아, 고정자가 없

는 부분에서는, 관성에 의해 惰性주행한다. 또, 각 SLIM 1차측 고정자는, 속도센서, 위치센서의 출력 신호에 기준하여, 인버터에 의해 반송차를 가감속, 정지제어한다.

本線으로부터 지선의 分岐는 그림8에 나타내는 직선가이드웨이유니트, 곡선가이드웨이유니트, 횡방

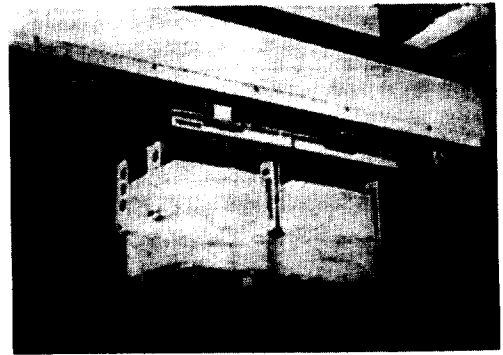


그림 7. 반송차와 궤도

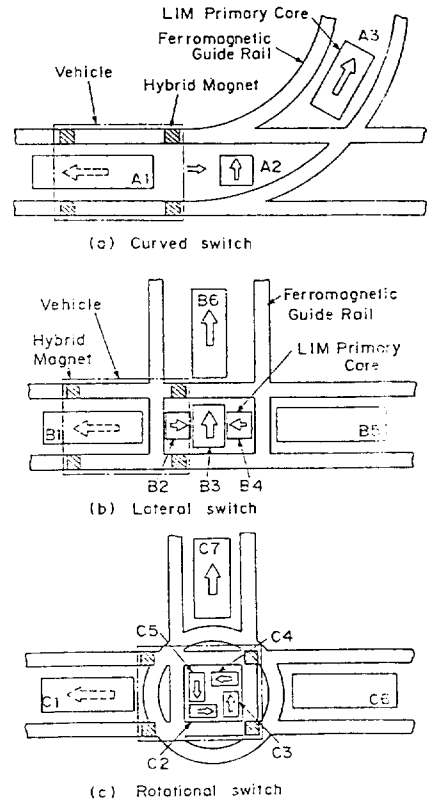


그림 8. 리니어인덕션모터 비접촉스위치

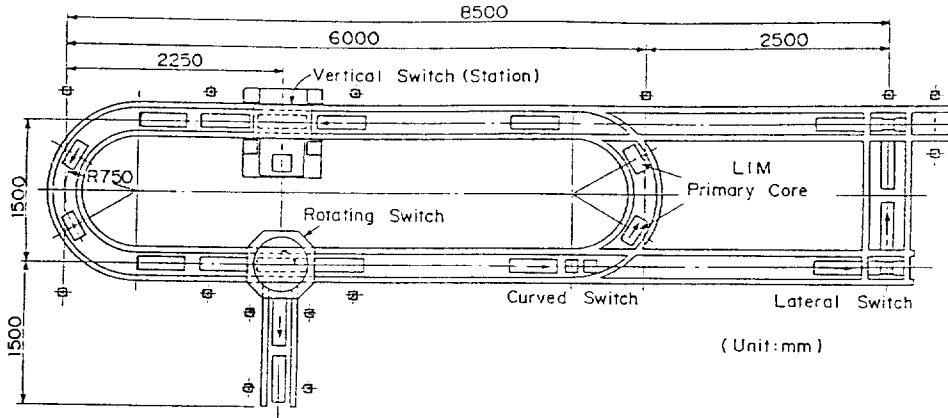


그림 9. 실험궤도

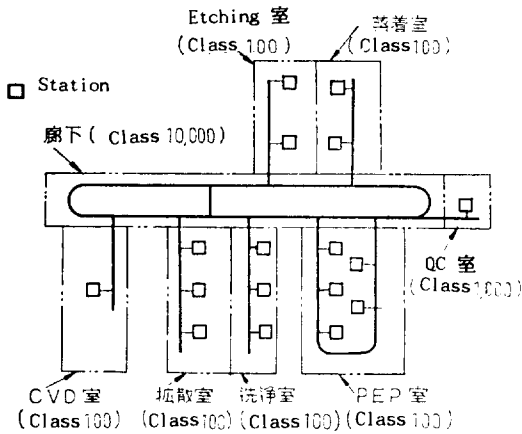


그림 10. 반도체공장내의 크린룸용 반송시스템예

향분기유니트, 회전분기유니트의 조합으로 이루어진다. 그림8(a)에 나타내듯이 가이드레일을 배치하여, 분기부에 설치한 소형의 SLIM 고정자 A2를 그림에서 표시한 방향으로 이동자계가 발생하도록 여자하므로서 電磁力에 의해 차량을 분기할 수가 있으므로, 기계적으로 레일을 변화시키는데 따르는 먼지의 발생을 방지하고 있다. 또한, 그림8(b)와 같은 구성에 의해 직각방향으로도 용이하게 비접촉분기할 수 있다. 그림8(c)와 같은 구성에 의해 비접촉회전도 가능하다.

실험이 이루어진 실험궤도를 그림9에 나타낸다. 청결도가 다른 크린룸사이를 왕래하며 기판 등을 운반하는 예이다.

각 가이드웨이유니트는 원칙적으로 한 쌍의 강자

성 레일, SLIM 1차측 철심, SLIM 1차측 권선을 여자시키는 인버터 및 위치 속도 검출기와 인버터를 제어하기 위해 장착된 한 개의 마이크로프로세서기판으로 구성된다. 반송차와 자동 배터리 충전시스템 사이의 통신을 위한 접속회로는 스테이션의 가이드웨이 안에 설치되어 있다. 가이드웨이는 천정에 매달므로써 공간을 절약하고 있다.

그림 10에 나타내는 반송궤도의 예는, 청결도가 서로 다른 크린룸 사이를 왕래하는, 기판 등을 반송하는 예를 나타낸다.

3.2.3 스테이션(Station)

스테이션 상자는, 그 위를 지나가는 반송차를 방해하지 않기 위하여, 가이드웨이에서 약간 떨어진 위치에 설치되었다. 스테이션 상자의 맨 위에는 횡방향분기가이드웨이유니트가 설치되어 있으며, 下部에는 負荷를 떠나보내고 도착시키기 위한 받침대가 있다. 운동 중에 먼지를 발생시키지 않도록 만들어진 승강기가 슬라이드테이블과 함께 스테이션 상자에 설치되어 있어, 횡방향분기가이드웨이에 의해서 스테이션상자에 인도된 부하를 하부의 받침대로 이동시킨다. 기판카세트를 떠나보내기 앞서 받침대에 놓여진 기판카세트의 고유번호를 검출하기 위하여 바코드 입력기가 받침대에 설치되어 있다. 스테이션 상자 외면에 오퍼레이션 판넬이 붙어 있어, 기판카세트의 출발과 도착 등의 정보를 표시하며, 원하는 경우에는 오퍼레이터가 개입하여 작업지시를 하도록 한다.

3.2.4 컨트롤러(Controllers)

SPACE LINEAR 시스템의 컨트롤러는 그림11에서와 같이 4가지 영역으로 구분된다. 이들은, SLIM의 1차측 권선의 여자전류를 제어하는 SLIM 컨트롤러, 보조 크린룸사이에 운행되는 반송차를 관리하는 내부/相互컨트롤러(Intraprocess Controller/Interprocess Controller), 운송을 총감독하는 컨트롤러(Supervisory Transportation Controller) 및 생산관리를 위한 호스트 컴퓨터(Host Computer) 등이다. 負荷를 싣고 내리는 것과 자동 배터리 충전을 관리하는 스테이션 컨트롤러는 SLIM컨트롤러와 같은 순위로 구분된다.

SLIM 컨트롤러는 PWM형 전압 인버터와, 속도와 위치 검출기로 부터의 출력신호로 반송차의 가감속 또는 위치제어를 위한 인버터의 출력주파수를 제어하는 한 개의 내장 마이크로프로세서 기판으로 구성된다.

내부/相互 컨트롤러는 보조크린룸의 가이드웨이위를 운행하는 반송차의 통행을 제어한다.

운송 총감독 컨트롤러는 전체의 시스템을 관리하고 감시하며, 호스트 컴퓨터와 스테이션에서 오퍼레이터에 의해 지시된 운송작업을 수행하기 위한 최적의 시간과 순서로 반송차를 분배한다.

호스트 컴퓨터는 모든 크린룸의 생산제어 또는 전

체 공정을 관리하며, 운행 총감독 컨트롤러에게 운행작업에 관한 명령을 내린다.

3.2.5 시스템의 운전

SPACE LINEAR 시스템은 스테이션에서 기판카세트를 사람이 다루는 것 이외에는 전적으로 자동화되어 있다. 오퍼레이터가 스테이션에서 기판카세트를 출발시키기 위하여 받침대 위에 올려놓을 때, 바코드 입력기는 기판카세트의 고유번호(Lot Number)를 자동적으로 검출한다(①). 이 정보는 지역 통신망(Local Area Network)에 의해 스테이션 제어기, 내부제어기 그리고 총감독 제어기를 통해 호스트컴퓨터로 보내진다(②—④).

호스트컴퓨터는 공장의 생산제어시스템에 근거한 로트번호에 따라 기판카세트에 할당된 목적지를 결정한다. 이와같은 운행에 관한 정보는 총감독 제어기(⑤)에 넘겨지며, 이 제어기는 그 시점에서 작업에 사용될 수 있는 최적의 반송차를 선택하고 반송차가 목적지에 효과적으로 갈 수 있도록 최적의 경로를 결정한다.

반송차 고유번호와 그 경로 등의 정보는, 관련된 내부/相互 제어기(⑥)에 전달된다. 이들 제어기들은, 반송차 고유번호, 가속이나 감속 또는 원하는 위치등의 제어모드에 관한 정보를, 구상된 경로에

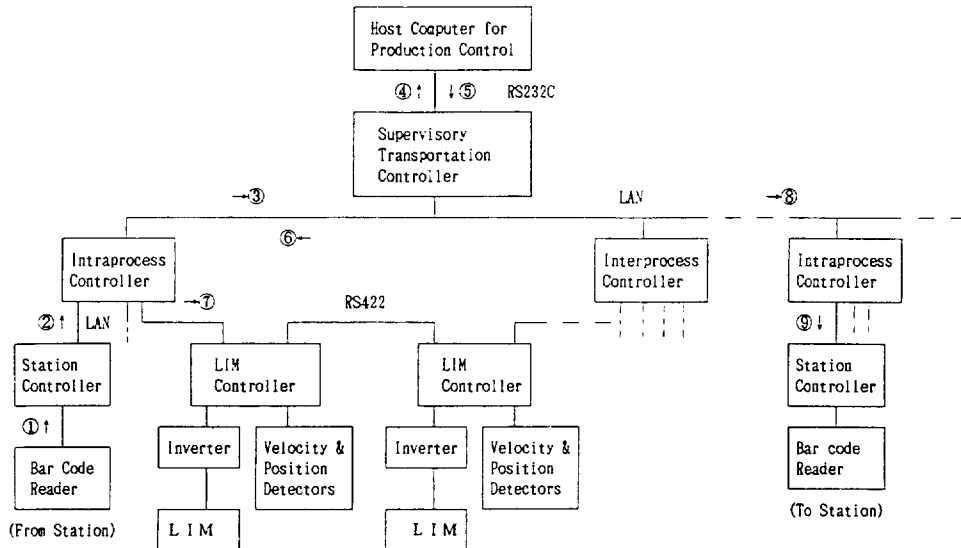


그림 11. 시스템운전 및 신호흐름도

위치한 개개의 SLIM 제어기에 보낸다(⑦). 이 제어 정보가 각각의 SLIM 제어기에 보내진 후, 운행 총감독 제어기는 반송차를 목적지로 출발시킨다.

負荷를 실지 않은 반송차가 출발스테이션에 도착하였을 때 받침대 위에 있던 기판카세트는 슬라이드 테이블과 승강기에 의해서 자동적으로 반송차에 적재된다. 이와 같이 적재시킬 때 소요되는 시간은 약 35초 정도이다. 그 다음, 반송차는 미리 결정된 경로를 따라서 목적지로 이동하기 시작한다.

반송차가 목적한 스테이션에 도착하면, 다른 반송차들의 통행을 방해하지 않도록, 횡방향분기가이드웨이를 따라 스테이션상자內로 인도되며, 그 다음에 기판카세트는 승강기와 슬라이드테이블에 의해 인도되어 받침대에 놓여진다. 지역 통신망(⑧⑨)에, 의해 내부/相互 제어기를 통하여 총감독 제어기로부터 보내진, 도착된 기판의 정보는 스테이션 제어기의 조작 판넬에 표시된다.

負荷를 내려놓은 반송차는, 배터리 충전을 위해서 일시적으로 작업을 행하지 않는 경우를 제외하고는 다음에 행할 반송작업을 위해서 스테이션에서 대기한다.

4. 결 론

완전비접촉부상, 비접촉구동을 실현하는 크린룸용 자기부상반송시스템을 소개하였다.

이 시스템은 스테이션과 각 프로세스장치 사이의 loading/unloading에는 인간이 개입하지만, 스테이션과 각 프로세스장치를 직접 접촉하고 loading/unloading도 자동화하면 無人의 완전 無塵자동반송 시스템을 실현할 수 있을 것이다. (이와 같은 문제점을 개선시킨 시스템을 Sumitomo가 개발하여 발표하였고 이에 대해서는 참고문헌[12]를 참고하기 바란다).

소개한 시스템은, 구조의 간단화로 건설코스트 저감을 꾀하고 있으므로, 강자성 가이드레일의 구조가 평판이다. 이러한 구조에 의하여 안내력이 부족하여, 분기가이드웨이부분에서의 안정을 위한 전력의 소모가 많은 것이 지적되었다. 이의 개선을 위하여 안내력의 향상과 제어기법의 연구가 이루어지고 있다. [13-17]. 이 연구 결과는 소요전력을 더욱 감소시킬 수 있을 것이다.

또한, HM에 있어서 전자석과 영구자석의 위치에 따라서는 부상력이 달라지므로 이에 대한 연구도 진행되고 있다. [18-21]. 이러한 연구성과에 의하여 同一중량을 지지하는 영구자석이 절약되면, 더욱 경량의 반송차가 실현될 것이다.

국제적인 경쟁력을 갖는 고품질의 超LSI생산 및 공정의 자동화를 위해서는, 국내에서도 이러한 크린룸용 자기부상시스템의 개발은 시급한 과제라 할 수 있겠다.

참 고 문 헌

- [1] 小豆澤, 他, “磁氣浮上無塵搬送システム,” 日本電學誌, Vol. 106, No. 7, pp. 677-680, 1986.
- [2] 正田英介, 권병일, “자기부상철도의 현상과 전망”, 대한전기학회지, Vol.37, No.4, pp. 58-70, 1988.
- [3] 正田英介, 他, “리ニア모-타카-實用化의動向,” 日本電學論D, Vol.110, No.1, pp. 2-13, 1990.
- [4] 김용주, “초고속 자기부상시스템의 세계적 기술현황과 실용화 타당성.” 대한전기학회지, Vo.,38, No.6, pp. 26-36, 1989.
- [5] 임달호, “상전도 자기부상열차의 주행모듈 개발,” 대한전기학회지, Vol.39, No.5, pp. 68-75, 1990.
- [6] 권병일, “초고속 자기부상열차의 자동운전 시스템.” 대한전기학회지, Vol.40, No.8 pp. 54-60, 1991.
- [7] 日本電氣學會アクチュエ-タ調査専門委員會 編, “리ニア모-타とその應用(book),” 電氣學會, 1984.
- [8] 正田英介 編著, “리니아드라이브” 技術とその應用(book),” 오-ム社, 1991.
- [9] M. Morisita, et al., “A New Maglev System for Magnetically Levitated Carrier System,” Int. Conference of Maglev & Linear Drives, Vancouver, May, 1986.
- [10] T. Azukizawa, et al., “A Linear Induction Motor Control System Magnetically Levitated Carrier System,” Int. Conference of Maglev & Linear Drives, Vancouver, May, 1986.
- [11] S. Tagagi, et al., “Dust Free Wafer Transportation System for Semiconductor Plant,” Int. Conference of Maglev & Linear Drives, Las Vegas, May, 1987.
- [12] T. Minakata, et al., “Magnetically Levitated Transportation System for Automated Production

- Lines in Factories," Int. Conference of Maglev & Linear Drives, Tokyo, July, 1989.
- [13] M. Morishita, et al., "A New Electromagnetic Guidance Technology with no Guidance Magnets," Int. Conference of Maglev & Linear Drives, Tokyo, July, 1989
- [14] 권병일, "복합자석형 자기부상차량의 제어특성 개선," 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, pp. 127-131, 1991. 7.
- [15] 권병일, "자기부상 마그네트의 PID 제어와 FUZZY제어," '91 한국자동제어학회대회, pp. 699-703, 1991. 10
- [16] 小貫, 權, 他, "複合磁石吸引式磁氣浮上システムの改善," 平成2年 日本電氣學會産業應用部門全國大會論文集, No.184, pp. 767-772, 1990
- [17] 八木, 古賀, 權, 小貫, "複合磁石吸引式磁氣浮上システムにおける受動的適應制御", 平成2年電氣學會全國大會講演論文集, 1990
- [18] H. Amano, et al., "Design of the Hybrid Magnet in the Magnetic Levitation System by the Boundary Element Method," Int. Conference of Maglev & Linear Drives, Tokyo, July, 1989.
- [19] Takashi Onuki, Syunsaku Koga, Byung Il Kwon, "Design of the Hybridmagnet in a Magnetic Levitation System Using the Boundary Element Method," Second Int. Symposium on Applied Electromagnetics in Materials, Jan. 1990
- [20] Takashi Onuki, Kenji Yagi, Byung Il. Kwon, "Calculaton of Electromagnetic Forces in Magnetic Levitaton System by 3—D Magnetic Field Analysis," Third Int. Symposium on Applied Electromagnetics in Materials, Jan. 1991.
- [21] 권병일, 他, "복합자석형 흡인식자기부상차량의 전자력해석과 제어특성," 제11차국내외한국과학기술자종합학술대회논문집, 정보산업분과, pp. 1308-1312, 1990. 6.



임달호(任達鎬)

1933년 7월4일생. 1958년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1964년 동 대학원 졸업. 1972년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박) 1989~90년 당학회 부회장. 1989년~현재 와세다대학 이공학연구소 객원연구원. 현재 한양대 공대 전기공학과 교수. 당학회 평의원



권병일(權丙一)

1956년 2월생. 1983년 한양대 대학원 전기공학과 졸업. 1989년 일본동경대학원 전기공학과 졸업(공박). 1989년~현재 일본와세다대학 이공학연구소 객원연구원. 1990년 기계연구소 자기부상열차개발국책연구사업단 선임연구원. 현재 한양대 공대 전기공학과 교수.