

통신프로토콜을 포함한 자동창고 운용소프트웨어 개발*

손경준** · 정무영** · 이현용*** · 송준엽***

Development of operating software for AS/RS including communication protocol

Kyoung Joon Son · Moo Young Jung · Hyun Yong Lee · Joonyeob Song

(Abstract)

Automated Storage and Retrieval System (AS/RS), which is an element of Computer Integrated Manufacturing (CIM), is a widely used material handling equipment with conveyors and Automatic Guided Vehicles (AGVs). Until now the evaluation of operational policies of AS/RS and control algorithms is done theoretically or by computer simulations.

In this study, a real-time control and communication software for an AS/RS is developed for actually moving AS/RS miniature. A PC-based real-time operational program can control the AS/RS directly through the communication port. The operational system has additional functions such as storage/retrieval management, inventory management, statistics management, and protocol simulation. The communication protocol simulator of S/R machine can be used for the controller of an S/R machine.

1. 서론

자동창고는 공간의 활용률을 최대화하자는 기본 개념에서 출발하여 설비의 자동화 및 무인화로 물자흐름의 효율화를 달성하자는 것이다. 전통적인 창고관리에서 벗어나 제품의 입출고에 관한 각종 문서 작성 및 수작업에 의한 저장 관리 방식을 자동화하여 재고관리의 강화를 통한 보다 경제적이고 유연성있는 재고관리를 시도하려는 기업이 점차 늘고 있다. 또한 자동창고는 FMS 및 CIM의 구축에 있어서 빠질 수 없는 요소이기 때문에 많은 기업들이 자동창고 시스템을

을 설치하여 이용하고 있다. 그러나 고가로 설치한 자동창고를 전체 생산시스템의 관점에서 적절히 활용하고 있는 기업은 많지 않다. 여러가지 원인이 있겠으나 그중 중요한 요인의 하나로 하드웨어에만 치중한 나머지 정작 운영에 핵심적인 요소인 소프트웨어 개발을 등한히 한 결과를 들 수 있다. 따라서 자동창고를 성공적으로 활용하기 위해서는 창고자체의 제어뿐만 아니라 전체 생산관리 시스템과의 인터페이스가 충분히 고려된 소프트웨어 개발이 필수적이다[1]. 이를 위해서 자동창고의 컨트롤은 컴퓨터 컨트롤이 요구된다. 이는 자동창고의 물리적 운영뿐 아니라 창고

* 본 논문은 한국기계연구원의 일부지원에 의하여 연구되었음.

** 포항공과대학교 산업공학과

*** 한국기계연구원 자동화연구부 생산시스템실

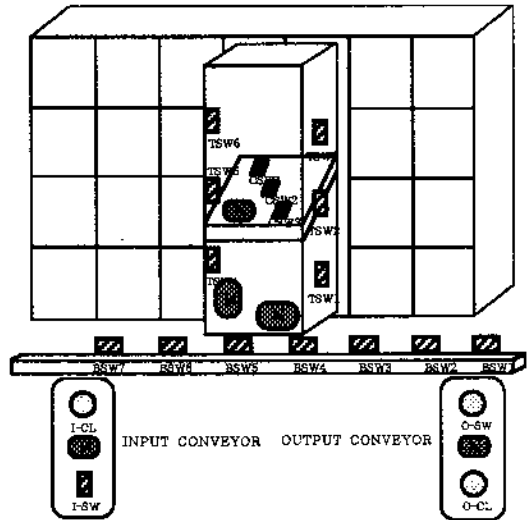
시스템을 정보 시스템과 통합할 수 있게 해준다[2]. 본 연구에서는 CIM 구축을 위한 일환으로 자동창고 시스템에서 창고를 제어함과 동시에 MRP (Material Requirement Planning)와 같은 재고통제 시스템이나 다른 생산관리 프로그램과 연결이 가능한 자동창고 운용 소프트웨어의 개발을 목적으로 한다. 이를 위해서는 다른 생산관리시스템과의 인터페이스를 위해 필요한 정보를 저장하는 데이터베이스가 구축되어야 하며, 이는 그 데이터가 S/R(Stacker Crane) 머신의 실시간 운영을 통해 얻어져야 함은 물론이다[3]. 이를 위해서는 호스트 컴퓨터와 S/R 머신의 실시간 통신이 필요하다. 본 논문에서는 S/R 머신의 제어 및 운용 소프트웨어의 개발과 아울러 시스템의 운용시 필요한 통신 프로토콜 및 통신 시뮬레이터 개발을 위한 연구를 수행하였다.

2. 자동창고시스템

본 연구에 이용된 자동창고 모형은 단일랙으로 구성된 유닛로드(unit load) 입체창고로 한대의 S/R 머신과 입출고 컨베이어를 각각 가지고 있다. 이는 자동창고시스템에서 가장 기본적인 모형으로서 실제 이와 유사한 사양을 가진 자동창고 시스템의 운용 및 통제뿐 아니라 랙(rack)이 여러개인 보다 복잡한 시스템 구축에 참조모형으로서 사용될 수 있다. 자동창고 모형은 실제적인 치수가 길이 126 cm, 폭 15 cm, 높이가 60 cm 이며 한대의 S/R 머신을 가지고 있다. 4단 7번지인 모형의 bay 갯수는 28개이나 제일 아랫단에는 캐리어의 동작 때문에 파렛이 저장될 수 없으므로 가용한 bay수는 21개이다. 각 컨베이어는 길이가 32 cm, 폭이 13 cm 이다. 창고모형의 전체적인 모습이 [그림 1]에 나타나 있다. 또한 컨트롤을 위해 17개의 리미트 스위치, 3개의 근접센서, 그리고 크레인과 컨베이어의 구동을 위해 5개의 DC 모터가 모형에 부착되어 있으며 이들의 자세한 위치는 [그림 2]에 나타나 있다. [그림 2]에서 보는 바와 같이 주행 방향으로 7개의 센서, 승강 방향으로 6개의 센서, 그리고 캐리어의 전후진을 감지하기 위한 3개의 센서가 있다. 승강 방향의 6개 센서중 왼쪽의 3개는 캐리어의 pick-



[그림 1] 자동창고모형



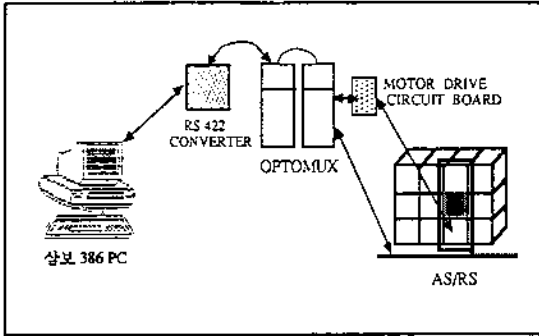
[그림 2] 센서구성

up동작을 감지하기 위한 것으로 오른쪽보다 약간 높게 설치되어 있다.

자동창고를 컨트롤하는 방식에는 오프라인(off line) 및 온라인(on line)이 있다. 전자는 미리 제어프로그램을 PLC 등에 기억시켜 놓고 시스템 시동시 그 프로그램에 의해서 창고를 제어하는 방식이다. 그러나 이러한 방식은 원하는 데이터의 수집에 제한이 있기 때문에 창고의 제어에는 적합하지 않다. 후자의 경우는 컨트롤 보드에 의한 직접 제어와 통신라인에 의한 제어방식이 있다. 자동창고의 제어는 통신라인을 이용한 원격제어가 일반적이다. 본 연구에서도 PC의 통신

포트를 이용하여 자동창고모형을 제어하였다. 본 소프트웨어 개발에 이용된 자동창고 컨트롤 시스템은 크게 PC, 모형 자동창고, OPTOMUX보드, RS-422신호 변환 보드, 그리고 모터 구동회로로 구성되어 있으며 그 개략적인 구성도는 [그림 3] 과 같다. 컨트롤러

해서는 시스템에서 요구되는 통신 프로토콜이 사전에 개발 되어야 한다. 세째는 자동창고 관련 통계자료의 산출기능이다. 이에는 재고상태, 입출고 정보, 운행 정보등이 있을 수 있다. 이러한 통계자료를 바탕으로 하여 생산관리 프로그램에 필요한 데이터 화일들을 출력해줄 수 있어야 한다.

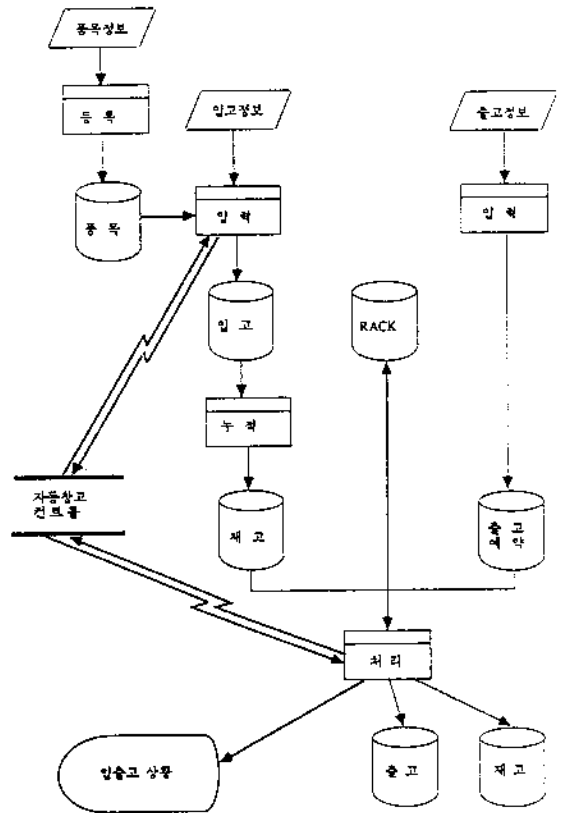


[그림 3] 컨트롤시스템 구성도

(controller)로는 OPTO사의 OPTOMUX보드를 이용하였다.[6, 7] OPTOMUX는 PC와 연결하여 일반 프로그래밍 언어로 제어가 용이한 범용 컨트롤러이다. 본 연구에 사용한 자동창고모형은 입력이 20개, 출력이 8개로 2개의 OPTOMUX보드를 이용하였다. 또한 OPTOMUX는 자체의 통신방식으로 RS-422를 사용하기 때문에 PC의 RS-232신호를 변환해 주는 신호변환기를 이용하였다.

3. 실시간 운용 소프트웨어

자동창고 운용 소프트웨어는 크게 세가지의 기능을 가지고 있어야 한다. 첫째는 창고의 컨트롤 기능이다. 창고의 자동화가 단지 재래식 창고의 입출고 기능을 기계화한 것에 불과하다면 자동창고의 도입은 무의미할 것이다. 그러므로 자동창고시스템은 저장 대상품의 입고와 출고를 신속하게 하고 이에 관련된 사무 절차 및 저장 대상품의 정리 보관 작업을 합리화 함으로써 불필요한 노력의 낭비를 막을 수 있어야 한다. 이를 위해서는 자동창고 소프트웨어 시스템의 지능화가 도입 되어야 한다. 둘째로 시스템의 운영 상황을 실시간에 호스트에 전송 하는 기능을 들 수 있다. 이를 위

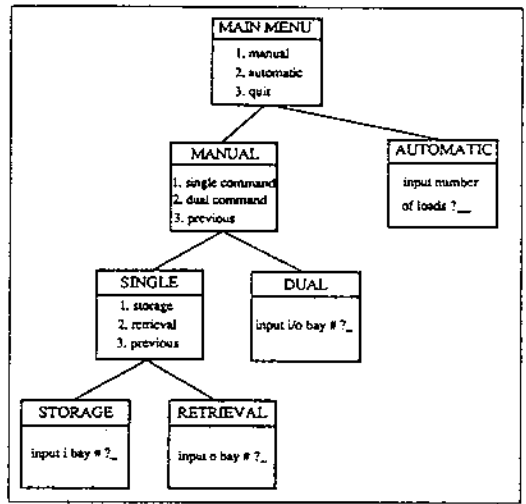


[그림 4] 운용프로그램의 시스템 흐름도

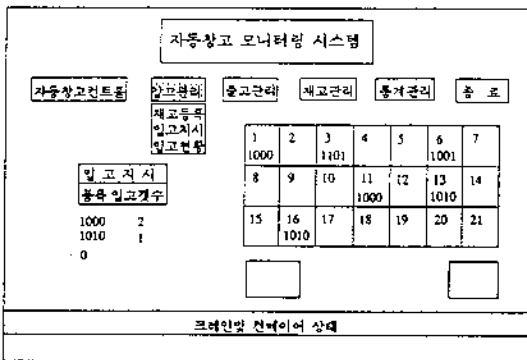
본 연구에서는 위의 세가지 기능을 실시간 운용 소프트웨어 개발에 반영하였다. 운용 프로그램의 시스템 흐름도는 [그림 4]와 같다. [그림 4]에서 보는 바와 같이 운용 시스템은 크레인을 직접 컨트롤 하는 부분, 운행 상황 정보를 나타내 주는 부분, 그리고 필요 통계 화일들을 산출하는 부분으로 구성되어 있다.

3.1 입·출고관리

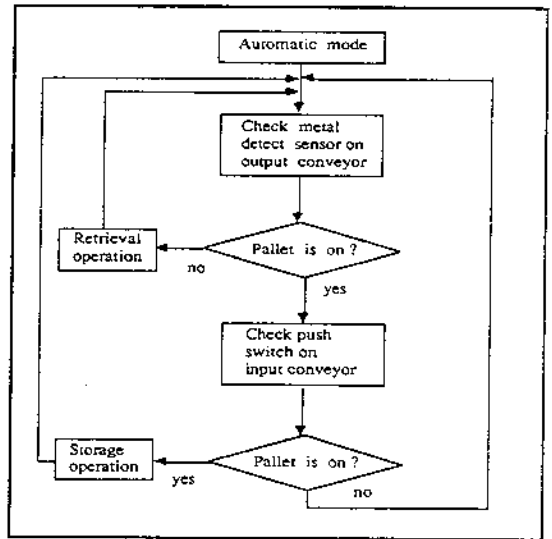
입고관리는 재고등록, 입고지시, 입고현황의 세가지 기능을 가진다. 먼저 재고등록은 이전의 재고상태를 화일로부터 읽어들인다. 이때 입출고 실적화일도 같이 읽어들이므로 시스템 시동시 먼저 재고등록을 선택하여야 한다. 입고지시는 저장할 품목과 갯수를 사용자로부터 입력받는다. 입고현황은 시스템사용시 제일 마지막에 발생한 입고동작을 나타내준다. 여기에는 입고한 품목, 입고시간, 입고한 위치등이 나타난다. [그림 5]에 사용예가 나타나 있다. 출고관리에는 출고지시와 출고현황이 있다. 이의 기능은 입고지시 및 입고현황과 유사하다.



[그림 6] 컨트롤 프로그램 메뉴구성



[그림 5] 입고지시의 사용예

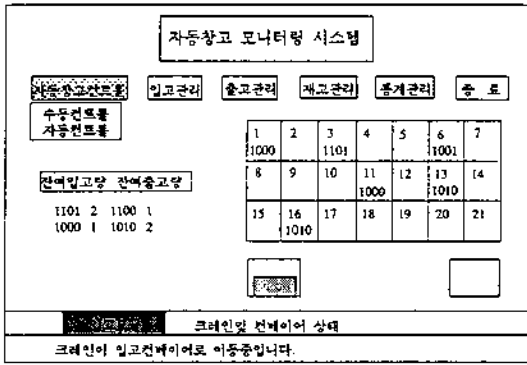


[그림 7] 자동컨트롤 시퀀스

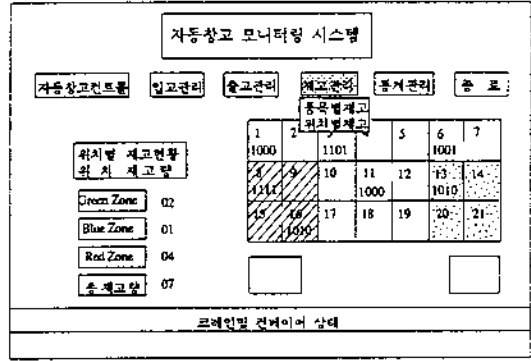
3.2 자동창고 컨트롤

프로그램은 자동창고를 수동 또는 자동으로 운영할 수 있도록 구성되어 있다. 모든 수동컨트롤은 다시 single 오퍼레이션과 dual 오퍼레이션으로 나누어지며 single 오퍼레이션은 단일입고동작과 단일출고동작으로 다시 나누어진다. 단일입고동작을 선택하면 저장할 품목과 저장할 장소를 물어오고 이에 답하면 크레인 과 입고컨베이어가 작동을 시작한다. 단일출고동작은 인출할 장소를 사용자로부터 입력받아 출고작업을 한다. dual 오퍼레이션은 출고와 입고작업을 연속적으로 수행한다. 컨트롤 프로그램의 메뉴구성이 [그림 6]에 나타나 있다. 자동컨트롤에서는 이전에 입고지시와 출

고지사에서 입력받은 해당요구물량이 모두 처리될 때까지 운영자의 개입이 없이 동작을 수행한다. 이때 크레인의 동작은 출고 우선으로 되어 있으며 출고요구가 없으면 입고작업을 수행한다. 입출고 작업시 크레인 과 컨베이어의 동작 및 입출고 요구신호가 화면에 실시간으로 표시된다. 출고할 품목과 수량이 화면상에 표시되며 이는 작업이 진행되는 동안 계속 수정된다. 작업처리 물량이 남아 있는데도 입출고 요구가 들어



[그림 8] 자동컨트롤의 사용예



[그림 9] 위치별 재고상태

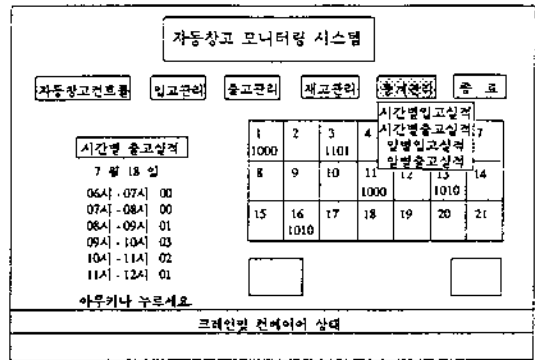
오지 않으면 메시지를 내보내면서 입출고 신호를 기다린다. [그림 7] 은 자동컨트롤에 있어서 자동창고의 입출고 동작의 순서를 나타내며, [그림 8] 은 그 사용예를 보여준다. [그림 8] 에서 보는 바와같이 자동모드에서는 입고와 출고요구가 동시에 있을때 출고 우선으로 창고를 컨트롤 한다. 먼저 출고 컨베이어에 있는 센서로부터 출고 컨베이어에 팔렛이 얹혀져 있는가를 체크하여 팔렛이 얹혀져 있으면 출고요구가 있는 것으로 판단하여 출고동작 신호를 보낸다. 그렇지 않으면 입고 컨베이어를 조사하여 입고요구가 있으면 입고 동작신호를 보내고 입고요구가 없을 시는 입출고 요구가 발생할 때까지 대기한다.

3.3 재고관리

재고관리는 품목별재고와 위치별재고로 나누어진 다. 품목별재고는 현재의 재고상태를 품목별로 보여주며 위치별재고는 자동창고의 특정한 부분에 몇개의 재고가 있는지를 나타내준다. 일반적으로 입체창고는 수개에서 수십개의 랙(rack)을 가진다. 따라서 어느 특정한 랙에 어느정도의 재고가 있는지를 알 필요가 있다. 본 프로그램 개발에 이용된 자동창고모형은 21개의 bay 를 가진 단일랙이기 때문에 [그림 9]에서 보는바와 같이 편의상 3개의 구역으로 나누어 보았다.

3.4 통계관리

통계관리는 시간별 입고실적, 시간별 출고실적, 일별 입고실적, 일별출고실적의 4가지로 구성된다. 시간별 입출고 실적은 사용자로부터 날짜를 입력받아서 각 시간대별 입출고 갯수를 보여주며, 일별 입출고실적은 한달간의 입출고 상황을 보여준다. 시간별 출고실적의 사용예가 [그림 10]에 나타나 있다. 시스템의



[그림 10] 시간별 출고실적

사용이 끝나면 메인메뉴로 돌아와서 종료를 선택하여 빠져 나간다. 이때 재고상태를 나타내는 화일과 이벤트화일을 갱신한다. 시스템의 종료시에 두개의 데이터화일이 저장된다. 하나는 각 저장위치에 저장된 품목을 나타내는 재고화일이고 다른하나는 입출고실적을 누적시킨 이벤트(event)화일이다.

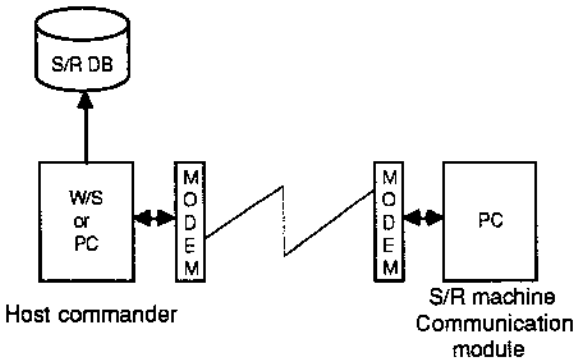
4. S/R 머신용 통신프로토콜

자동참고 시스템의 운행상황은 곧 S/R 머신의 운행 데이터로 볼 수 있다. 일반적으로 S/R 머신에는 전용의 컨트롤러를 탑재하여 입출고 및 시스템진단 기능을 수행한다. 이에 상위시스템과의 통신기능을 부가하여 실시간 참고관리가 가능하도록 하자는 것이 현재의 추세이다.

본 연구에서는 특정한 머신에 구애되지 않는 S/R 통신프로토콜을 제시하여 S/R 머신의 컨트롤러 및 통신 프로그램 개발에 기여하고자 한다.

4.1 시스템 구성

일반적으로 호스트 컴퓨터와 S/R 머신간의 통신시스템 구성은 [그림 11]과 같으나, 본 연구에서는 크레인에 입출고지시를 내리는 명령송출기인 호스트컴퓨터와 S/R 머신에 탑재되어 있는 통신모듈을 PC로 simulate 하고자 한다. 즉 두대의 PC를 RS232C로 연결하여 [그림 12]와 같이 한쪽은 명령송출기인 호스트 컴퓨터를, 다른 한쪽은 S/R 머신의 통신모듈을 simulate 하는 것이다.

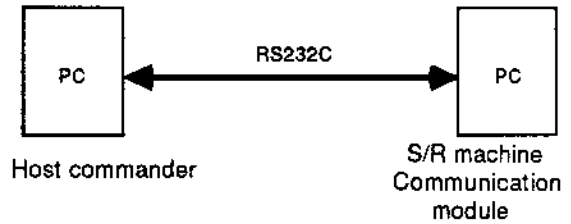


[그림 11] 일반적인 통신 시스템

4.2 통신 프로토콜

통신시뮬레이터를 만들기 위한 기본 프로토콜은 다음과 같다.

- (1) 가능회로 : Private line (4 line type)



[그림 12] 통신 시스템 구성

- (2) 송신 속도 : 300,600,1200,2400 BPS
- (3) 회로 형태 : Point-to-point
- (4) 통신 시스템 : Half-Duplex 통신 시스템
- (5) 동기 시스템 : Start-stop 시스템
- (6) 송신 코드 : 7 채널 코드 (JIS 규약)
- (7) 시작 비트 : 1 비트
- (8) 종료 비트 : 1 비트
- (9) 에러 보정 시스템 : LRC 시스템
- (10) 비트 전송 순서 : 아래 비트부터 ($2^0, 2^1, 2^2, \dots, 2^6$)

두 시뮬레이터간의 데이터 교환은 문자열 전송에 의하며, 정상 작동시 한 문자를 수신한 다음 문자를 받을 때까지 관리스태이션과 부속스태이션 모두 100ms를 대기하여야 한다. 송신 후 5초 내에 수신이 없을 때에는 같은 문자를 다시 송신한다. 3번 째에도 수신 이 없을 시에는 c통신에러를 내보낸다. 만약 수신 문자순열번호와 문자가 같을 때에는 제대로 수신되었음을 알린다. 중복에러와 순서 에러를 제외한 비정상 응답을 수신하였을 때, 0.1 초 후에 같은 문자를 송신하게 된다. 세번 연속 실패하면, 명령송출기는 접속을 끊는다.

4.3 명령송출기(Commander)와 S/R 통신시뮬레이터

통신 프로토콜을 바탕으로 명령송출기는 각종 S/R 명령 송출, S/R 응답 표시, S/R 상태 표시등의 기능을 가지며 명령송출기의 명령어에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 1. 상태질의(Status Inquiry)
- 2. 에러질의(Error Inquiry)
- 3. 이동명령(Move Command)

4. 저장명령(Store Command)
5. 인출명령(Retrieve Command)
6. 랙간이동(Rack-to-rack Transfer)
7. 목적지변경(Change Destination)
8. 스테이션간이동(Station-to-station Transfer)
9. 시작명령(Start Command)
10. 실행제거(Clear Execution)
11. 홈포지션(Return to Home position)
12. 리셋명령(Reset Command)

해당 명령이 다른쪽 PC의 S/R 통신시뮬레이터에 전달되면 요구되는 정보나 S/R 머신의 동작상황이 응답으로 돌아온다. S/R 통신 시뮬레이터는 S/R 머신의 위치표시, 랙 내용물 유무표시, 통신장치의 인위적 발생 등의 기능을 가진다. 통신장치의 인위적 발생은 실제 창고시스템에 있어서 일어날 수 있는 모든 장애를 설정하여 이들이 통신 S/W를 통해 통보될 수 있는가를 보기위한 것이다.

5. 결론

자동창고 시스템의 도입시에는 창고자체의 시스템 뿐만 아니라 기타 다른 생산 시스템과의 관계를 고려해야만 한다. 더욱이 각 생산 부분 시스템이 긴밀한 관계를 맺으면서 정보를 교환해야 하는 통합 생산시스템에 있어서 그 중요성은 말할 필요도 없다. 본 연구에서는 자동창고를 제어함과 동시에 실시간으로 필요한 데이터를 수집해주는 운용 프로그램을 개발하였다. 또한 이에는 자동창고 컨트롤, 입출고관리, 재고관리, 통계관리 기능 등이 있으며, 자동창고의 제어와 동시에 화면상에 재고현황과 크레인및 컨베이어의 현재 상태가 표시된다. 또한 S/R 통신시뮬레이터는 나중에 크레인 컨트롤러와 연결되어 직접 호스트의 입출고 명령을 수행하는 상위 컨트롤러로 쓰여질 수 있다.

소프트웨어개발”, *Technical Report*, IE-TR-91-02, 포항공과대학 산업공학과, 1991.

- [2] Mikell P.Groover, *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*, Prentice-Hall, 1987.
- [3] 손경준, 오구일, 정무영, 이현용, “CIM 구축을 위한 자동창고의 실시간 제어 및 모니터링 소프트웨어”, 한국자동제어학술회의논문집, pp.826-831, 1991.
- [4] POSCO 자동창고 S/W 사용자 지침서, 포항제철, 1985.
- [5] Muratec AS/RS system specifications, Murata Machinery LTD., 1993
- [6] Opto 22 - Programming Note, Opto 22, California, U.S.A.
- [7] OPTOMUX User's Guide, Opto 22, California, U.S.A.



손경준(孫京俊)

한양대학교 공과대학 산업공학과를 졸업하고 포항공과대학 산업공학과에서 석사학위를 취득하였다. 현재 포항공과대학 산업공학과 박사과정에서 재학중이며, 주요관심 분야는 조립계획, Shop floor control 등이다.



정무영(鄭武永)

현재 포항공과대학교 산업공학과 교수로 재직 중이며 서울대학교에서 항공공학석사, 미국 캔사스 주립대학교에서 산업공학 석사 및 박사 학위를 취득하였다. 주요관심 분야는 공정 모델링, 자동공정계획 및 조립계획, Agile Manufacturing System 등이다.

References

- [1] 정무영, 손경준, 황종현, “자동창고 제어및 운용



이현웅(李鉉鎔)

1973년 인하대학교 산업공학과 졸업(학사)

1980년 동대학원 산업공학과 졸업(석사)

1977~현재 한국기계연구원 자동화연구부 책임연구원

관심분야: 생산관리기술(GT, MRP, JIT...) 및 통제관리기술(DNC, FMS, CIM, 물류...)



송준엽(宋浚燁)

1983년 숭실대학교 산업공학과 졸업(학사)

1985년 동대학원 산업공학과 졸업(석사)

1994~현재 부산대학교 대학원 산업공학과(박사과정)

1985~현재 한국기계연구원 자동화연구부 선임연구원

관심분야: CIM, FMS 등 자동화시스템의 운영 및 통제관리기술(DNC, POP, 물류시스템) 등