

자동창고의 예방보전 및 진단시스템 개발 -Maintenance & Diagnosis System of AS/RS-

이현용

Hyun-Yong LEE

송준엽

Joon-Yeob SONG

김동훈

Dong-Hoon KIM

최근에는 수요자 요구의 다양화, 전문인력의 부족, 고임금화, 열악한 작업장에서의 작업기피 현상 등의 영향으로 인해 생산 및 물류의 자동화가 활발히 추진되고 있다. 생산 및 물류시스템의 자동화가 진전됨에 따라 전체 시스템의 물류합리화에 중요한 역할을 담당하는 자동창고 시스템에 대한 설비관리 체계 구축이 필요하게 되었고, 그 일환으로 본 연구에서는 자동창고에 대한 예방보전 및 원인진단을 지원하는 자동창고의 예방보전 및 진단시스템을 개발하였다.

특히 자동창고의 이상을 진단하는데 과거의 트러블내용을 사례로 등록시키고, 전문가가 문제해결에 사용한 경험데이터, 즉 조사항목, 조사결과 및 대처내용을 진단용 사례기반 추론베이스로 구축하여 활용하는 사례기반추론(Case Based Reasoning)방법으로 접근시켰다. 또한 자동창고시스템의 예방보전, 사후보전, 이력관리 기능을 수행할 수 있는 운영소프트웨어를 개발하였다.

1. 서 론

최근 생산계획의 빈번한 변화, Life Cycle의 단축, 단납기화, 품질의 고신뢰성 등에 대응하기 위해 공장자동화가 활발히 추진되고 있고, 유연생산시스템(FMS : Flexible Manufacturing System)과 CIM(Computer Intergrated Manufacturing)이 차세대 생산 시스템으로 주목을 받고 있다.

FMS는 자동화된 가공시스템을 중심으로 반송시스템이 유기적으로 연결되어 통합 제어장치와 통합 생산정보처리 시스템에 의해 제어.관리되어 유연성과 다양성을 갖는

가공시스템이며, CIM은 제품설계, 개발, 제조, 판매, 물류등 제조업의 각 기능 부문을 통합한 컴퓨터 통합시스템이다.

생산시스템의 자동화가 발전되어감에 따라 자동창고 시스템이 전체 시스템에 미치는 영향이 점점 커지고 있으며, 생산과정에서의 물류의 비중도 점차 높아지고 있는 추세이다. 따라서 자동창고 관련 설비의 고장을 진단하는 문제는 공장자동화라는 측면에서 볼 때 매우 중요한 문제이며, 기계의 고장이 발생하였을 경우, 어떻게 효율적으로 진단하고 대처하느냐가 생산라인 전체의 효율적 운영의 관건이 될 수 있다.

그러나 현장에서 자동창고 관련 설비의 보전에 대한 전문적인 지식을 얻는데는 많은 노력과 시간이 소모되며, 이상이 발생할 때마다 전문가를 부르는 것도 많은 비용과 시간이 소요된다. 이러한 이유로 단순한 고장조차 수리를 위해 많은 시간과 인력을 필요로 하게 되었고, 이를 해결하기 위해서는 자동창고에 대하여 전문지식이 없는 현장의 작업자가 쉽게 고장의 원인을 분석해 낼 수 있는 시스템이 필요하게 되었다.

2. 자동창고의 예방보전 S/W 개발

2.1 개 요

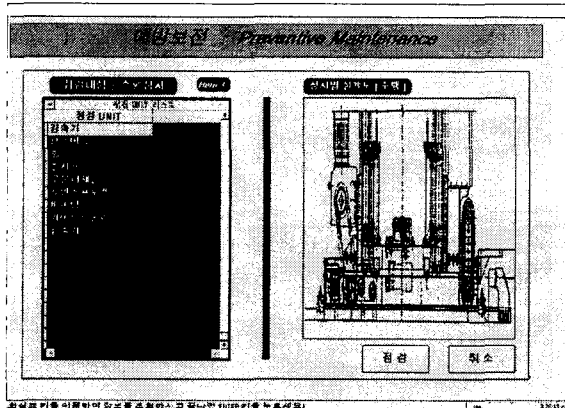
자동창고의 상태를 최적상태로 관리하기 위해서는 예방보전이 필요하다. 자동창고의 예방보전을 위해서는 사후보전(Break-down Maintenance ; BM)과 더불어 이력관리, 예방보전(Preventive Maintenance ; PM)을 포함하는 종합적인 설비관리 체계의 구축이 불가피하다. 이에 본 연구에서는 자동창고를 구성하는 핵심기기인 Stacker Crane를 대상으로 회복지원 기능을 포함하는 사후보전 기능, 정기적 점검을 지원하는 예방보전 기능과 지식베이스를 기초로 한 진단 이력관리 기능을 포함하는 예방보전 소프트웨어를 개발하였다.

2.2 예방보전

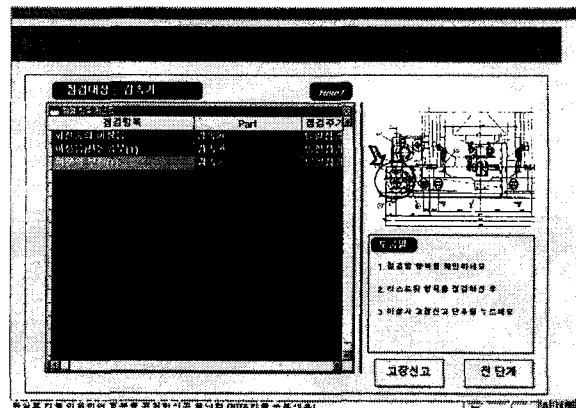
예방보전에는 Stacker Crane의 정상적인 가동과 유지를 위한 정기적인 점검항목들을 관리하는 기능으로 점검항목을 주행, 승강 및 포오크 장치로 구분하여 지정된 날짜를 기준으로 하여 점검일이 오면 그 날짜에 해당되는 점검항목 및 점검위치를 작업자에게 제시하게 된다. 주요 장치별 예방보전을 위해 구분된 주행, 승강 및 포오크 장치는 보다 상세한 점검위치 및 안내를 위하여 세부 점검 유니트 리스트로 정의되어 관리된다. 주행장치의 세부 유니트별 예방보전을 위한 시스템 운용화면이 그림 1이다.

주행장치를 구성하고 있는 전동기, 감속기, 전동브레이크, 휠, 휠샤프트, 로울러체인, 체인스프로킷, 베어링 및 가이드로울러 등의 장치 유니트중 하나를 선택하면 주행장치의 세부유니트에 관련된 일/월/년별 점검항목 리스트 중 날짜와 기준일에 따라 점검항

목 및 점검위치를 그림 2처럼 제시하게 된다. 작업자는 이러한 점검항목 및 위치를 안내받아 설비를 점검한 후 기기이상이나 고장을 발견시 고장신고를 선택하여 고장신고 화면에서 고장관련 내용을 입력할 수 있으며, 이는 DB화 되어 이력관리 모듈에서 조회 및 편집이 가능하고, LAN 시스템을 통해 관련부서 Client에 상황을 제시하게 된다.



<그림 1> 주행장치 예방보전 화면



<그림 2> 감속기의 일별 점검항목

2.3 사후보전

사후보전 모듈에서는 S/C 운전 중 고장이나 이상발생시 그 내용을 시스템 운영측에 알려주고(고장접수), 그 원인을 분석(원인진단)하여 회복활동을 지원 및 조치방법을 제시(회복지원)한다. S/C Controller에서 이상이 감지되면 고장을 접수하여 진단추론 Mechanism을 거쳐 등록된 사례베이스 중에서 최적의 진단사례 즉, 원인진단을 대화형 MMI 절차를 통해 제시 받는다.

또한 본 모듈은 제시받은 진단결과를 전달받아 그래픽에 의한 위치안내 및 조치방법을 제시받아 전문가의 지원없이 이상에 대한 현장조치가 이루어질 수 있도록 하는 기능으로 구성된다.

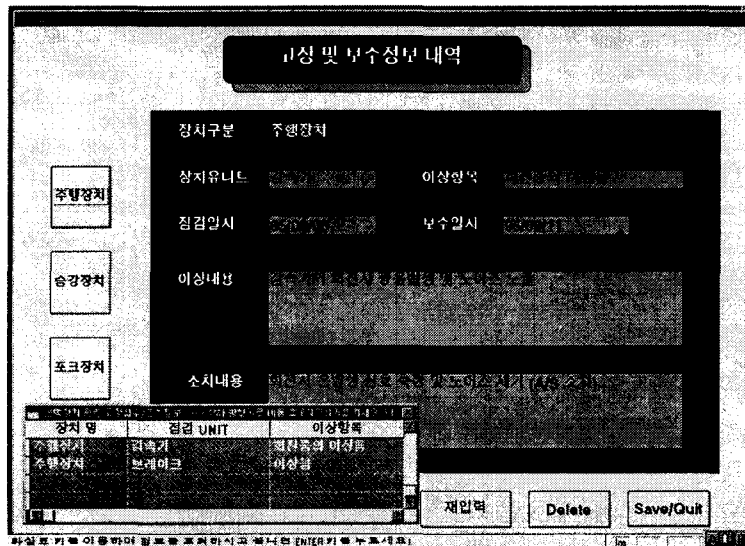
특히 전문가시스템을 통해 분석된 고장 및 기능저하의 원인과 그에 대한 작업자의 조치내용 및 회복결과를 이력DB화 하여 사례추론 및 신규사례에 대한 부품화에 활용토록 하고 있다.

2.4 이력관리

예방보전 및 사후보전 활동에 대한 이력을 관리하여 동일원인 고장의 재발방지 및 효과적인 보전활동을 지원하기 위해 필요시 언제든지 정보를 조회할 수 있도록 하는

기능으로 예방보전 이력관리와 사후보전 이력관리 기능으로 구성된다.

이력의 DB화에는 그림 3에 제시된 것처럼 정기점검 관리 및 상태진단 활동의 수행 결과, 사후보전에 대한 날짜, 시간, 조치사항, 결과 등에 대한 자료를 토대로 작업이 이루어진다.



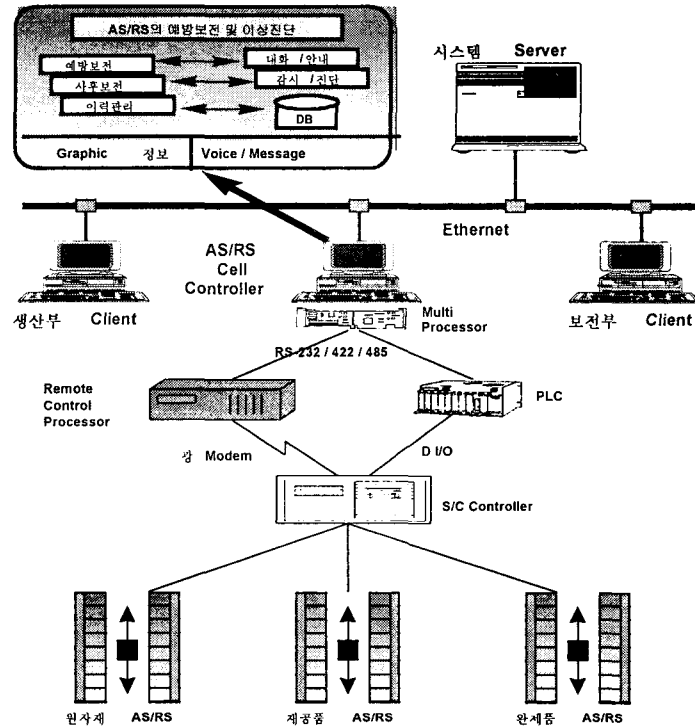
<그림 3> 고장접수 및 보수정보 조회

3. 자동창고의 이상진단체계

이제까지 자동창고의 감시 및 이상조치는 현장중심의 담당자 관리 하에서 이루어지고 있으며, 이상발생에 대해서는 설비보전 요원의 지원하에서 이루지고 있는 실정이다. 따라서 생산시스템 차원에서 자동창고시스템(Automatic Storage & Retrieval System : AS/RS)의 효율적인 운영과 보수관리가 체계화될 수 있도록 본 연구에서는 자동창고의 이상감시 및 진단체계를 그림 4와 같이 Client/Server 환경 하에서 수정된 계층적 구조(Hybrid Control)로 설계하였다.

자동창고의 감시정보는 AS/RS에 부착된 S/C controller에서 일차적으로 모니터링되고, 그 결과를 이중으로 광모뎀 및 디지털 입/출력 릴레이에 의해 Remote Control Processor(RCP)와 PLC에 전송토록 한다. 특히 S/C 고장발생시는 RCP와 PLC의 데이터 전송 Protocol을 통해 일정한 형식으로 AS/RS Cell Controller에 입력시켜 모니터링 결과가 S/C 이상진단시스템의 사후보전 체계로 변환될 수 있도록 시스템을 구성하였다.

한편 S/C의 이상현상은 진단시스템 외에 전사적인 전산화, 즉 LAN시스템의 지원 하에서 관련부서, 생산부, 보전부의 Client측에서도 AS/RS의 트러블 내용을 인식하고, 생산 및 설비보전 업무진행에 반영시킬 수 있도록 하였다.



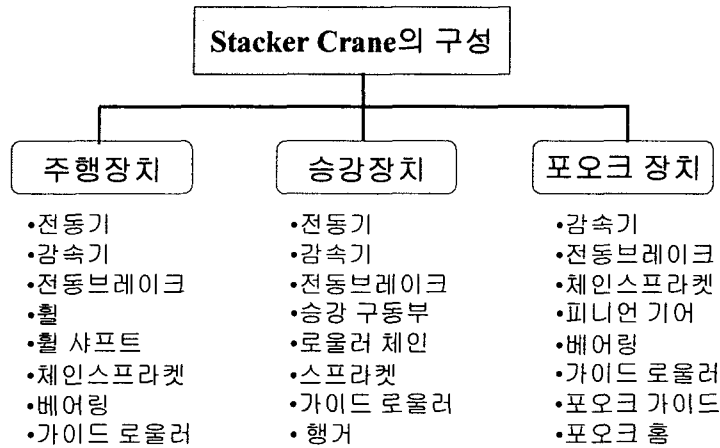
<그림 4> AS/RS 이상진단체계 구성도

4. AS/RS시스템의 이상진단용 사례베이스 구축

Stacker Crane은 자동창고시스템의 핵심설비로서 입력 스테이션으로부터 랙안으로 보관품을 배송하거나 랙으로부터 보관품을 꺼내서 출력 스테이션에 배송해주는 보관거래를 수행하는 설비로 S/R Machine (Storage/Retrieval Machine)이라고도 하며 본 연구에서는 Stacker Crane을 중심으로 연구하였다. Stacker Crane은 그림 5와 같이 가이드레일을 통해 수평 및 수직으로 움직이는 주행 및 승강장치, 랙에 보관품을 밀어 넣거나 또는 랙에서 보관품을 끌어내는 포크장치로 구성된다. 그러나 장치별 주요 부품들은 Stacker Crane이 운행/구동되면서 부품열화, 조정불량, 센서위치변경 등 하드/소프트웨어적이고, 환경적인 영향에 의해 트러블을 발생시킨다.

S/C Controller에서는 상기 장치와 연계된 Machine 에러와 기능수행 상 정보처리와 관련된 소프트웨어 에러를 감지할 수 있는데 공출고, 이중입출고 등의 데이터 관련 에

러들은 AS/RS 운영시스템과 연계된 에러들로서 본 연구에서는 하드웨어적인 Machine 에러를 대상으로 이상진단용 사례베이스를 구축토록 하였다.



<그림 5> S/C의 H/W 구성도

4.1 사례베이스 구축절차

일반적으로 전문가시스템에서 사용되는 고장진단 문제의 추론방법은 경험을 바탕으로 하는 규칙기반추론(Rule Based Reasoning)방법과 시스템의 구조(structure), 행태(behavior) 및 기능(function)의 정보를 바탕으로 구성된 모델의 심층지식을 바탕으로 하는 모델기반추론(Model Based Reasoning)방법이 있다.

본 연구에서는 앞에서 서술한 두가지 추론방법의 장단점을 보완한 사례기반추론(Case Based Reasoning)방법, 즉 전문가의 경험을 사례로서 기억하며, 문제가 주어지면 과거의 경험 중에서 유사한 경우를 추출하여 그 결과를 직접 또는 부분적으로 이용하는 문제해결 방법을 채용하였다.

사례베이스를 구축하는 절차는 사례작성, 사례베이스의 부품화 작업, 사례의 검토로 이어지는 사례수집(사례설계)에서 사례등록, 사례베이스의 재구성단계로 이루어진다. 특히 사례수집단계 중 사례작성/입력 시에는 다음의 세가지 요소를 고려하여 실제 발생한 과거의 문제와 그 대응을 구체적으로 기술할 수 있도록 하였다.

- ① 어떤 문제가 발생하였는가?
- ② 문제해결시 무엇을 조사하였는가(실제조사항목 및 조사결과 입력)?
- ③ 조사결과로부터 구체적으로 어떤 대처방안을 마련하였는가?

조사된 사례들의 등록이 완료되면, 등록된 사례의 중복여부, 각 사례의 구성요소간에 문제의 적합성 및 중요성에 대한 적절한 반영여부, 사용된 용어들이 통일되게 이루어 졌는지 등을 검토하여 시스템을 운용하면서 사례를 갱신하거나 새로운 사례를 추가하는 등 사례베이스의 재구축작업을 병행할 수 있게 시스템을 구성시켰다.

<표 1> Stacker Crane의 Error Code

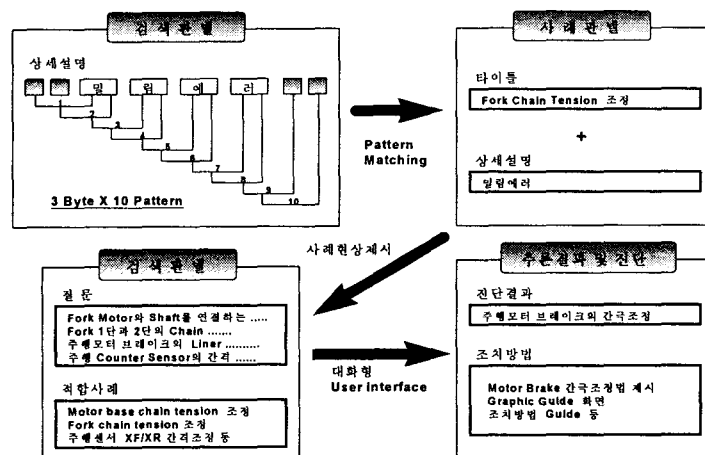
Error 내용	Code	Code별 내용
화물포크 이상	01	화물대 위의 화물 높이가 입력된 좌표에 수용될 수 없음
	02	화물대 위에 화물이 감지되지 않음
	03	접수된 Rack 좌표에 화물대 위의 화물이 수용될 수 없음
	04	화물대 위에 화물이 감지되지 않음
	05	화물대 위에 화물이 감지됨
	06	화물대 위에 화물이 감지됨
	07	화물대 위에 화물이 감지되지 않음
	08	화물대 위에 화물이 감지됨
	09	화물대 위에 화물이 감지됨
	10	화물대 위에 화물이 감지되지 않음
	11	화물대 위에 화물이 감지되지 않음
	12	화물대 위에 화물이 감지됨
	13	화물대 위에 화물이 감지됨
	14	화물대 위에 화물이 감지되지 않음
	15	화물대 위에 화물이 접수된 Rack에 수용될 수 없음
화물붕괴	00	화물 사이즈를 감지하는 WW 센서중 1개 이상의 입력이 감지됨
	01	화물붕괴를 감지하는 2조의 WD 센서중 1개 이상 입력이 1초 이상 감지됨
	02	화물 사이즈를 감지하는 2조의 WW 센서중 1개 이상의 입력이 감지됨
	04	화물 사이즈를 감지하는 2조의 WW 센서중 1개 이상의 입력이 감지됨
	05	WD 센서가 감지됨
시간초과	01	임의의 주행중심 위치에서 Table에 정의된 XL10 시간안에 XR, XF 센서가 주행 스트라이크를 벗어나지 못했음
	02	주행 스트라이크를 XF XR 센서가 벗어나 다음 스트라이크가 Table에 정의된 시간안에 감지되지 않음
	03	전진(후진)중 XR(XF) 센서가 감지되고 Table에 정의된 XL33 시간안에 XF (XR) 센서가 감지되지 않음
	04	임의의 상 또는 하위치에서 Table에 정의된 YL10 시간안에 YD YCT YU 센서가 스트라이크를 벗어나지 못했음
	05	임의의 상 또는 하위치에서 Table에 정의된 YL10 시간안에 YD1 YCT1 YU1 센서가 스트라이크를 벗어나지 못했음
	06	작업테이타가 Old(New) 영역인 경우 YD YCT YU(YD1 YCT1 YU1) 센서가 스트라이크를 완전히 벗어난 다음 스트라이크가 Table에 정의한 YL30 시간안에 감지되지 않음
	07	하강(상승)중 YU(YD) 센서가 감지된 후 Table에 정의된 YL31 시간안에 화물이 없는 경우 하위치, 화물이 있는 경우 상위치가 되지않음
	08	하강(상승)중 YU1(YD1) 센서가 감지된 후 Table에 정의된 YL31 시간안에 화물이 없는 경우 하위치, 화물이 있는 경우 상위치가 되지않음
	09	Table에 정의된 ZTD20 시간안에 ZR 센서가 감지되지 않음
	10	Table에 정의된 ZTD20 시간안에 ZO 센서가 감지되지 않음
	11	Table에 정의된 ZTD20 시간안에 ZL 센서가 감지되지 않음
	12	Table에 정의된 ZTD20 시간안에 ZO 센서가 감지되지 않음
	...	
18	Table에 정의된 BL10 시간안에 UBID 센서가 감지되지 않음	

이상의 방법으로 본 연구에서 조사분석한 표 1를 토대로 50여개의 사례베이스를 부 품화하고, 등록하였다. 그 결과 트러블내용 “밀림에러”에 대한 진단추론시 복수의 질문 과 적합사례를 유도할 수 있었다. 특히 본 연구에서는 질문들에 대한 조사결과 입력방 법을 비전문가도 쉽게 추론을 진행시킬 수 있게 대화형 MMI(Man-Machine Interface) 를 고려한 Yes/No형태로 단순화하였으며, 작업자가 질문의 내용이나 조치방법을 정확 하게 이해하지 못하는 경우, 질문참조 또는 대책참조 기능을 이용하여 GUI기능으로 점 점위치나 조치방법에 대한 안내를 제공하도록 하였다. 본 연구에서는 Inference사의 CBR Express를 추론엔진으로 사용하여 S/C 이상진단용 사례베이스를 구축하였다.

4.2 사례베이스의 추론Mechanism

S/C Controller에서 감지된 이상에러는 자동으로 사례베이스 진단추론시스템의 사례 검색판넬 상세설명으로 입력되거나 경우에 따라서는 작업자가 자연언어로 이상현상을 수동입력하여 진단추론절차를 수행하게 된다.

구체적인 사례베이스의 추론mechanism은 그림 6에 제시한 것처럼 검색판넬의 상세 설명 문자열을 3 byte단위(/1 패턴)로 분해하여 문자열 비교에 필요한 패턴을 발생시킨 다. 발생된 패턴은 사례검색판넬의 타이틀정보와 상세정보의 문자열을 패턴매칭 (Pattern Matching)하여 사례베이스에 등록된 사례에서 적합사례와 관련질문 등 사례 현상을 제시받는다. 제시된 사례는 사용자와 대화형 인터페이스로 질문에 대한 응답이 이루어져 최종적으로 진단결과 및 조치방법에 대한 대책을 제시받게 된다.



<그림 6> 사례베이스 추론 Mechanism

4. 결 론

본 연구에서는 자동창고 시스템의 핵심기기인 Stacker Crane의 이상 현상을 초보자나 비전문가도 쉽게 진단할 수 있도록 대화형 인터페이스를 가지는 진단추론용 사례베이스를 구축하고, 원인진단에 따른 회복지원 기능과 설비의 예방보전을 지원하는 Stacker Crane 이상진단 시스템을 개발하였다. 본 시스템의 특징은 다음과 같다.

- 전문가의 경험적 데이터 및 트러블 사례에 의한 진단용 사례베이스 구축
- 자동창고의 체계적 관리 및 진단차원의 운영소프트웨어 개발
- 구성장치 분류 및 점검항목의 비중에 따른 정기점검 지원기능의 예방보전
- 모니터링 및 이상관련 질문입력을 통한 원인진단/회복지원 기능의 사후보전
- 설비 기본정보 및 고장신고/보수정보의 DB화를 통한 이력관리

참 고 문 헌

- [1]. Murata AS/RS System Specifications, Murata Machinery Ltd., 1993
- [2] Automated Storage & Retrieval System Specification, 신흥기계, 1993
- [3] CBR Express/Windows 1.2 User's Guide, Inference, 1992
- [4] Mikell P. Groover, "Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing", Prentice-Hall, 1987
- [5] D. Waterman, "A Guide to Expert Systems", Addison Wesley, 1986
- [6] 石村和彦, 生産 Systemの FA化 設計, 日刊工業新聞社, 1993.
- [7] 최승영, 김선호, "크레인의 전기고장진단시스템 개발", 산업공학회 '94추계학술대회 논문집, pp.660~666, 1994
- [8] 송준엽, 안철홍, 김동훈, "Stacker crane 이상진단용 Case Base구축", 대한산업공학회, '95추계학술대회논문집 PP131-135, 1995