

사례추론에 의한 S/C 이상진단에 관한 연구

김 동 훈* · 송 준 엽**

Study on Trouble Diagnosis of Stacker Crane by Case Base Inference

Dong-Hoon Kim · Joon-Yeob Song***

ABSTRACT

At present, a lot of researches on AS/RS(Automatic Storage and Retrieval System) are being performed and also applied to realization of FA, FMS and CIM. Especially facility management and diagnosis of stacker crane that is major equipment of AS/RS, is recognized more importantly.

In this paper, Case Base is designed for manager that is non-expert and it is implemented according to possible trouble case for the purpose of trouble diagnosis and maintenance of stacker crane.

1. 서 론

최근의 생산시스템은 조립부문과 기계가공부문의 자동화가 급속도로 이루어지고 있으며, 이러한 추세는 각 공정간의 원자재와 재공품, 완제품 등의 흐름을 효과적으로 관리하는 것이 성공의 필수 요건이 되었다. 생산시스템의 자동화가 발전되어감에 따라 자동창고 시스템이 전체 시스템에 미치는 영향이 점점 커지고 있으며 생산과정에서의 물류의 비중도 점차 높아지고 있는 추세이다.[1] 따라서 자동창고 관련 설비의 고장을 진단하는 문제는 공장자동화라는

측면에서 볼 때 매우 중요한 문제이며, 기계의 고장이 발생하였을 경우, 어느 정도로 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 위해 자동창고 시스템의 핵심장치인 Stacker Crane에 대하여 전

* 자동화연구부 연구원

** 자동화연구부 선임연구원

문지식이 없는 현장의 작업자가 쉽게 고장의 원인을 분석해 낼 수 있는 시스템이 필요하게 되었다. 이러한 필요성에 따라 이 연구에서는 초보자나 비전문가도 Stacker Crane의 이상 현상을 대화형 인터페이스로 손쉽게 진단할 수 있는 사례베이스 진단추론 시스템을 구축하였다. 또한 각 질문과 조치사항에 대해 위치정보 및 조치내용을 참조할 수 있도록 해당부분의 도면과 조치방법을 제공하는 시스템을 구축하였다.

2. Case Base

생산 및 물류시스템의 자동화가 진전됨에 따라 전체 시스템의 물류합리화에 중요한 역할을 담당하는 자동창고 시스템에 대한 설비관리 체계 구축이 필요함으로 경험이 적은 비전문가도 설비의 예방 및 보전을 함에 있어서 보다 효율적인 접근이 가능한 경험적 지식 및 사례에 대한 정보 및 이의 응용에 따른 관리기법이 요구된다. 즉, 이상 원인진단과 회복지원을 위한 이러한 사례정보구조가 Case Base이다.

구축한 Case Base는 비전문가를 위한 사례베이스 진단추론 시스템으로서 자동창고의 종합적인 이상진단 및 유지관리를 위해 Stacker Crane에서 발생가능한 사례별로 문제해결을 위한 조사항목, 결과 및 이에 대한 대처내용 등을 포함한다.

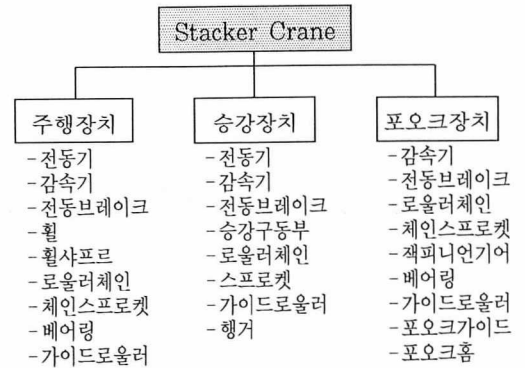


Fig. 1 S/C 장치별 주요 Unit

3. Stacker Crane 보전 항목

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 한다. Stacker Crane은 레일을 통해 수평 및 수직으로 움직일 수 있어야 하고 랙에 보관품을 밀어 넣거나 또는 랙에서 보관품을 끌어낼 수 있어야 한다.[1] Stacker Crane이 수평으로 움직이도록 하는 장치를 주행장치, 수직이동을 위한 장치를 승강장치라 하며, 랙에 보관품을 밀어 넣거나 끌어내기 위한 장치를 포크 장치라 한다. Stacker Crane의 장치별 주요 부품은 그림 1과

Table 1 진단추론방법별 장단점

	장 점	단 점
Rule-Based Reasoning	<ul style="list-style-type: none"> - 대상영역에 관련성이 깊고 과거에 발생하였던 고장에 대해서 빠른 시간내에 진단이 가능하다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 대상영역의 전문가로부터 체계적으로 지식을 획득하는 것이 어렵다. - 대상시스템이 바뀌는 경우 대부분의 규칙을 사용할 수 없다. - 경험하지 못한 고장이 발생하였을 때 진단이 어렵다.
Model-Based Reasoning	<ul style="list-style-type: none"> - 인과관계를 이용하므로 진단과정에 대한 설명기능을 제공할 수 있다. - 과거에 발생하지 않은 고장도 진단 할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 고장의 원인을 추론하는데 시간이 많이 걸린다. - 경험하지 못한 고장이 발생하였을 때 진단이 어렵다.

Table. 2 S/C Machine관련 에러

에러종류	에러의 상태	조치방법
밀립에러	주행, 승강 시작때 발생	- Fork 1단과 2단을 연결하는 Chain Tension 조정
	Fork가 정지하면서 발생	- Fork 구동 Motor Base를 조정하여 Chain Tension을 조정.
	주행 목적번지에서 발생	- 주행 Motor Brake의 간극을 조정한다. - 주행 Sensor XF, XR의 간격을 조정한다. - 구동 Chain Tension을 조정한다.
	승강 또는 하강 목적단에서 발생 (주로 하강시 많이 발생 함.)	- 승강 Motor Brake의 간극을 조정한다. - 승강 Sensor YD, YCT, YU의 간격을 조정한다
한 계 점 정 지	전진, 후진 끝 번지에서 발생.	- 바닥에 설치된 Bracket 후진 조정 - Limit Switch 조정
	상승, 하강 끝 단에서 발생.	- 상승 하강 Limit 위치 변경 및 입력 확인
시간초과	주행 지속 구간에서 발생	- Wheel 조정. - Roller Shaft 편심부정 조정. - 주행 센서 교체.
	주행 전진 후진시 구속구간에서 지속만 구동.	- 고속 Cut 센서 교체.
	상승, 하강 신호 출력 후 구동하지 않는 상태.	- DIO 및 Relay 점검 교체.
	Fork 좌우 끝에서 화물대가 Down은 하였으나, 시간초과인 경우.	- YD Sensor 및 입력 점검.
	Fork가 좌우 끝에서 화물대가 Up은 하였으나, 시간 초과인 경우.	- YU Sensor 및 입력 점검.
	Fork가 좌측 또는 우측에서 중심으로 이동중 약50 ~ 100m/m 사이에서 중심에 미도착한 상태에서 Stop된 경우	- Fork 1단 교체. - 임시로 Fork 2단의 끝부분 Grinding.
COUNT	입고대 또는 Rack에서 출고중 입고대 상면 또는 Rack상면과 Pallet와의 간섭으로 발생.	- 단 차광판 조정. - 화물대 수평 조정.
	주행 원점에서 주행 시작하여 다음 번지에 가면 발생 또는 주행중에 발생	- 원점 Limit (Sensor) 및 입력 신호 점검 - 통로내 청소
	주행중에 발생	- 주행 차광판의 위치 조정. - 주행 센서 및 입력 점검.
MISS	주행 후진시 고속 CUT구간에서 발생	- 후진고속 CUT 차광판 및 고속 CUT 센서 점검
	주행 전진시 고속 CUT구간에서 발생	- 전진고속 CUT 차광판 및 고속 CUT 센서 점검
	승강중에 발생 DISPLAY의 번지, 단의 깜박거림 발생.	- 승강 원점 LIMIT 및 입력 점검 - PANEL내의 AC 100V LINE FUSE 점검. - CPU POWER LINE 점검 - POWER 공급장치인 Trolley Duct 점검
MOTOR 과 부 하	주행, 승강 동시작동 또는 주행중, 승강중에 발생	- 과부하 Relay와 입력 점검
	주행 출발 가속시 발생	- Inverter Accell Time 조정.
	주행중 속도를 감속하면서 발생.	- Inverter Decell Time 조정. - 주행 속도를 낮춘다.
화물붕괴	주행, 승강 또는 Fork에서 빈번히 발생.	- Brake간극 조정
	화물입고시 Fork 중심에서 발생	- 화물붕괴 센서 및 입력 점검 - Fork 좌우 Storke 조정. - 입고대 위치 수정 또는 Guide 수정을 통해 Pallet가 Fork Center와 동일하게 조정.
화물이상	Forking중에 발생.	- 입고대의 End Stopper조정. - 센서 입력 확인 점검
	출고대에서 Pallet를 내려놓고 Fork중심에서 발생	- LOC Sensor 및 입력 점검 - LOC Sensor Bracket의 Bolt이완 점검
	입고시 랙에 Pallet를 내려 놓고 Fork 중심에서 발생	- LOC Sensor 및 입력 점검 - LOC Sensor Bracket의 Bolt이완 점검
화 물 대 처 짐	입고대에서 화물을 싣고 Fork중심에서 발생	- LOC Sensor 및 입력 점검 - Pallet 또는 화물사이로 센서 빛 투과여부 점검.
	Fork가 좌끝, 우끝 상태에서 발생	- 비상 S/W를 ON하고 저속으로 조금씩 승강한 후, 하단에서 수평작업
	수동 조작중 하단에서 발생	- 하단 Unit S/W 입력 점검.

같다.[6]

Stacker Crane에서 발생하는 에러는 보통 Machine에 관련된 에러와 Data에 관련된 에러로 나눌 수 있는데, 공출고 이중입고 등의 Data관련 에러들은 주로 자동창고 운영시스템과 관련되는 에러들이므로 본 연구에서는 Machine에 관련된 에러만으로 연구범위를 한정하였다.

Machine 관련 에러에는 밀림에러, 한계점 정지, 시간초과, Count Miss, Motor 과부하, 화물붕괴, 화물이상, 화물대 처짐 (Wire 늘어짐)에러 등이 있으며[3], 본 연구에서는 이상의 에러를 베이스로 표 2에 제시된 것처럼 종류별 상태 및 조치방법을 조사하여 사례베이스에 활용토록 하였다.

4. S/C 이상진단용 Case Base 구축

4.1 개요

일반적으로 전문가시스템에서 사용되는 고장진단 문제의 추론방법은 경험을 바탕으로 하는 규칙기반 추론(Rule-Based Reasoning)방법과 시스템의 구조(structure), 형태(behavior) 및 기능(function)의 정보를 바탕으로 구성된 모델의 심층 지식을 바탕으로 하는 모델기반추론(Model-Based Reasoning) 방법이 있다.[2]

본 연구에서는 고장진단문제를 푸는 다양한 방법 중에서 앞에서 서술한 두가지 추론방법의 장단점(표 1 참조)을 보완한 사례기반추론(Case Based Reasoning)방법을 이용하였다. 실제로 전문가가 문제를 해결하는 방법도 예전의 문제를 기억하고 해를 적용하는 사례기반 추론방식이다. 이 방식은 전문가의 경험을 사례로서 기억하며, 문제가 주어지면 과거의 경험 중에서 유사한 경우를 추출하여 그 결과를 직접 또는 부분적으로 이용하는 문제해결 방법이다.[5] Stacker Crane을 비롯한 설비의 이상진단 문제도 위와 같은 방법으로 해결할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 Inference사의 CBR Express를 사용하여 S/C 이상진단용 사례베이스를 구축하였다.

4.2 사례의 입력 및 검색

사례베이스에 사례를 입력할 때는 실제 발생한 과거의 문제와 그 대응을 구체적으로 기술해야 하는데, 다음의 세가지 요소를 고려하여야 한다.

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

그림 2의 사례입력화면에 있는 예를 살펴보면, 밀림에러가 발생하였고, Fork장치의 1단과 2단 사이의 Chain Tension의 이완여부를 조사한 결과 Chain Tension의 이완이 확인되어 조치내용으로 Fork장치 1단과 2단 사이의 Chain Tension을 조정하였음을 알 수 있다. 그림 3은 실제 조사항목을 질문형식으로 입력하는 화면이다.

조사항목에 대한 조사결과를 입력하는 방법은 조

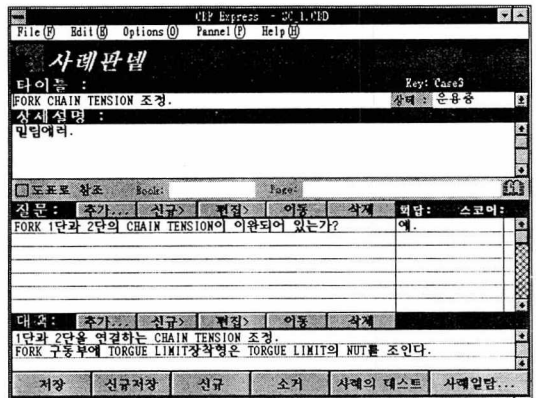


Fig. 2 사례입력화면

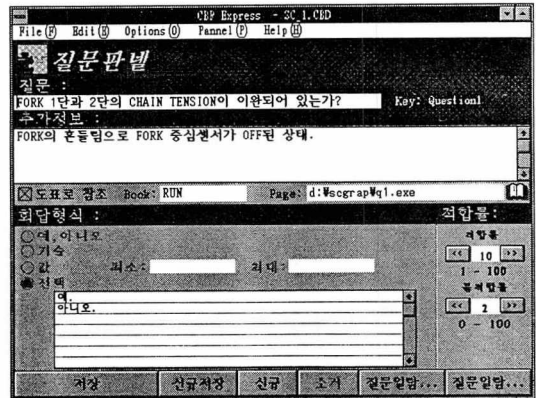


Fig. 3 질문입력화면

사항목의 성질에 따라 구체적으로 기술하는 방법, 수치를 입력하는 방법, 다수의 보기에서 선택하는 방법 등이 있으나, 본 연구에서는 작업자와의 MMI(Man-Machine Interface)를 고려하여 Yes/No 형태로 단순화 하였다.

사례베이스에 사례의 등록이 완료되면, 등록된 사례에 중복이 발생하지 않았는지, 사례의 각 구성요소들 간에 문제의 적합성 및 중요성이 적절하게 반영되었는지, 사용된 용어들의 통일이 이루어 졌는지를 검토하여야 하고 시스템을 운용하면서 사례를 갱신하거나 새로운 사례를 추가하는 등의 사례베이스관리를 하여야 한다.

본 연구에서 구축한 사례베이스 시스템은 현장의 작업자가 설명하기 어려운 현상의 사례를 쉽게 검색할 수 있다. 모니터링 시스템 등에 의해 진단된 이상현상이 자동으로 사례베이스 진단추론 시스템에

입력되거나 작업자가 자연언어로 이상현상을 입력하면, 진단 대상에 대한 보다 자세한 정보를 이끌어내기 위해 문자열 비교를 통해 그림 4에서와 같이 관련성 있는 사례의 질문들을 하게된다. 이 질문들에 대한 응답에 따라 적절한 사례를 찾아서 그에 대한 대책을 제시한다. 또한 작업자가 질문의 내용이나 조치방법을 정확하게 이해하지 못하는 경우, 질문참조 또는 대책참조 기능을 이용하여 그림 5에서와 같이 점검위치나 조치방법에 대한 안내를 제공하도록 하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 자동창고 시스템의 핵심장치인 Stacker Crane의 이상 현상을 초보자나 비전문가도 쉽게 진단할 수 있도록 대화형 인터페이스를 가지는 사례베이스 진단추론 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 또한 해당부분의 도면과 조치방법을 조회하여 각 질문과 조치사항에 대한 위치정보 및 조치 내용을 참조할 수 있도록 하였다.

향후 연구방향으로는 진단결과 및 조치사항에 대한 이력DB를 구축하여 이상발생 횟수와 점검내용 등을 조회할 수 있도록 하고, 또한 이를 통해 이상이 발생하는 주기별 횟수와 점검주기를 산출하여 고장이 발생할 수 있는 시기를 미리 계산하여 예방보전활동을 위한 기초자료로 활용할 수 있도록 하며, 자동화 생산라인 전체의 이상진단 시스템과의 통합이 이루어지도록 할 예정이다.

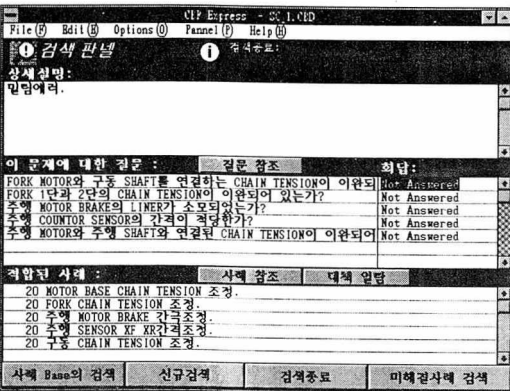


Fig. 4 사례검색화면

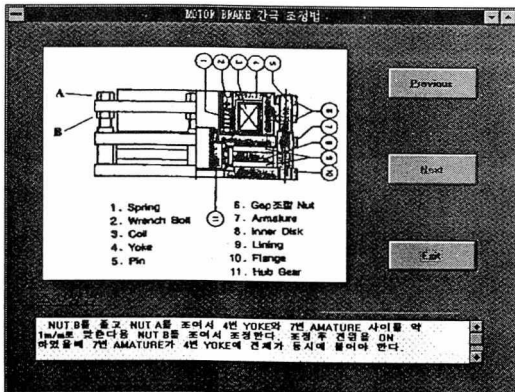


Fig. 5 조치방법 안내화면

참 고 문 헌

- [1] Mikell P.Groover, "Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing", Prentice-Hall, 1987
- [2] D. Waterman, "A Guide to Expert Systems", Addison Wesley, 1986
- [3] Automated Storage & Retrieval System Specification, 신흥기계, 1993
- [4] 최승영, 김선호, "크레인의 전기고장 진단시스템 개발", 산업공학회 '94춘계학술대회 논문집,

pp.660~666, 1994

- [5] CBR Express/Windows 1.2 User's Guide,
Inference, 1992

- [6] 송준엽, 김동훈, 안철홍, "Stacker Crane 이상
진단 시스템 설계", 제3회 첨단생산시스템
Workshop 논문집, 생산기술연구원, 1995