

직기의 자동화를 위한 전문가 시스템 개발에 관한 연구
(직기의 정지 원인 분석을 중심으로)

조혜경*, 고명삼*, 이범희*, 이재근**

*서울대학교 제어계측공학과 **서울대학교 섬유공학과

A Study on the Development of an Expert System for Loom Automation

Hye-Kyung Cho, Myoung-Sam Ko, Bum-Hee Lee and Jae-Kon Lee
* Dept. of Control & Instrumentation Eng. Seoul National University
** Dept. of Textile Engineering Seoul National University

Abstract

This paper describes the development of a prototype expert system, which is designed to analyze loom production efficiency by employing a loom monitoring system. The problem field of the prototype expert system is the loom failure analysis which has a great effect on production efficiency, and the characteristic graph in which the loom failure causes are classified and organized, is used in the analysis.

The knowledge for characteristic graph is organized, and an effective inference engine is developed. The developed system is tested and modified using hypothetical loom failure causes, and the feasibility of the expert system application to extend the functions of the loom monitoring system is proved.

1. 서론

직기 모니터링 시스템이란, 직기 운전 상태를 감시하고 정지 원인, 정지 빈도, 정지 시간에 관계된 제반 통계 자료를 전산화하고, 과학적인 생산관리와 효과적인 경영합리화를 실현시키기 위한 생산관리 응용시스템이다[1]. 현재 모니터링 시스템의 소프트웨어는 직기들로부터 수집된 데이터를 생산관리 데이터와 조합하여 알아 보기 쉽도록 보고서 형태로 출력하는 단계이며, 이를 생산관리와 경영에 효율적으로 이용하기 위하여는 관리자의 다각적인 분석이 필요하다. 그러므로 모니터링 시스템을 충분히 활용하여 생산 공정 제어 및 분석과정을 자동화하기 위해서는, 모니터링 데이터의 분석에 관한 소프트웨어의 개발[2]이 요구된다.

본 논문에서는 분석이 요구되는 여러가지 내용 중에서 모니터링 데이터와 가장 밀접한 관계를 갖고 생산 효율에 영향을 미치는 직기 정지원인을 분석 대상으로 하였다. 직기 정지 원인 분석이란 직기정지와 생산 효율에 영향을 미치는 원인을 찾아 내는 것으로, 그림1에 보인 것과 같은 나무구조(tree structure)의 특성요인도가 많이 이용된다.

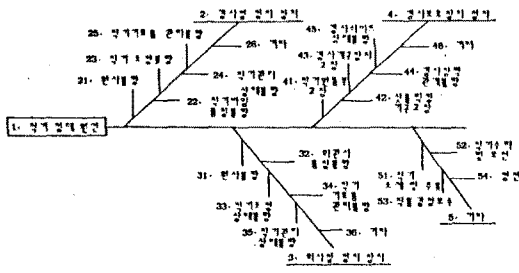


그림1. 직기 정지 원인에 관한 특성요인도

특성요인도란, 준 현상에 대한 원인을 요인별로 체계있게 늘어놓은 그래프로, 원인을 밝혀내는데 필요한 판단 기준은 공장내에서의 경험적 지식(heuristic knowledge)과 전문지식(expertise)에 의거하며, 필요한 자료들 또한 불확실성을 내포하므로 기존의 프로그램 기술로 구현하기에는 적당치 않다. 그러므로 직기 정지 원인을 모니터링 데이터를 사용하여 분석하는 과정을 새로운 소프트웨어 기술인 전문가 시스템(expert system)[3,4]을 이용하여 구현하였다.

본 논문에서는 특성요인도 분석과정에 있어서의 특징을 파악하고 그 특징에 따라 지식 베이스(knowledge base)의 구조를 설계하며, 지식 베이스를 이용하는 방법을 구상하여 알고리즘을 개발한다. 또한 그 과정에서 요구되는 각종 기능들을 검토하여 알고리즘을 보완한다. 마지막으로, 구성된 전문가 시스템의 틀에 직기 정지 원인 특성요인도 분석에 대한 자료와 지식으로 이루어진 지식 베이스를 작성하여 전문가 시스템 시작품(expert system prototype)을 구현한다. 본 시작품은 사용자를 고려하여 한글 사용이 가능한 HLISP로 구현하였으며, 이와 같이 구현된 시스템을 시험하고 성능을 분석하여, 전문가 시스템 개발에 있어 해결되어야 할 문제점들을 제시한다.

본 논문은 2장에서 전문가 시스템 구성의 문제분야 및 구현된 전문가 시스템의 구조를 설명하며, 3장에 전문가 시스템 시작품을 시험한 결과와 결과를 보인다. 마지막으로 4장에서는 본 전문가 시스템의 특성과 구현 과정에서 밝혀진 문제점 및 앞으로의 연구 과제에 대해 언급하고 결론을 맺는다.

2. 전문가 시스템 시작품의 구조

2.1 문제 분야의 설정 및 성격

제작 공정에서 사절(breaks of warp or weft)에 의한 직기의 정지는, 생산 효율을 낮추는 원인이 될 뿐만 아니라 생산품의 품질 저하를 초래하므로 공장의 생산성 입장에서 볼 때 매우 치명적인 손실의 원인이 된다. 그러므로 정지가 잦은 직기에 대해 그 원인을 분석하여 신속한 조치를 취하는 일은 매우 중요하다. 생산 라인에서는 이와 같은 정지 원인 분석 과정에 주로 특성요인도를 이용하는 데, 일반적인 직기 정지 원인뿐만 아니라 직기에서 발생하는 각종 고장에 대해서도 특성요인도가 존재하므로, 본 논문에서는 특성요인도의 해석을 시스템의 문제 분야로 설정하며, 그 중간 단계로 괄괄적인 직기 정지 원인 특성요인도의 분석을 시작품의 문제 분야로 택한다.

직기 정지 원인 특성요인도란 직기에서 발생하는 정지의 원인을 요인별로 분석해 놓은 나무구조(tree structure)의 그래프이다. 직기 정지는 크게 나누어 경사절(warp breaks) 정지장치에 의한 정지, 위사절(weft breaks) 정지장치에 의한 정지 및 경사(warp) 보호 장치에 의한 정지가 있으며, 이들은 각각 세부적인 정지 원인을 갖는다. 이와 같은 구조는 시스템 전체의 동작 원리가, 시스템으로부터 가장 큰 불확실성을 제거하는

표1. 직기 정지 원인 분석에 필요한 자료들

직기 정지 원인	경사철 정지 장치	취사철 정지 장치	경사 보조 정지 장치
-경사철 수	-직물치 요철	-직물치 요철	-직물치 장치
-취사철 수	-직물치 구멍	-취사 바깥	이상
-직기의 종류	-직물목치	-취사 말리	-직물치 형태
-직물치 종류	불균일	불어긋	불당
-장력 이상에 의한 사질수	-직물 부재지	-부직의 발생	-직물치 마디
-경사 비일치	불균일	-직물목치	음
-프롤	-직물치 수축	불균일	-취사 말리
-직기치 보편	-직물치 형태	불어긋	불어긋
	음	-취사 바깥	-취사 바깥
	-부직의 발생	불균일	-직물목치
	-경사 바깥	-변불량	-변불량
	-변불량	-직물치 수축	-직물치 수축
	-변불량		

방향으로 질문을 유도하는 방식인 규칙-가치 추론 방법(rule-value inference method)[5]에 적합하다. 즉 노드 1에서 모든 정보, 데이터와 지식을 이용해서 노드 2-5중에 정지 원인을 노드 2로 결정했다면, 시스템은 앞으로 노드 21-26을 노드 31-54와 거의 상관관계가 없는 독립적인 내용으로 보고, 노드 2에 연결된 가지에 대해서만 독자적인 수행을 진행한다는 의미이다. 직기 정지 원인 특성요인도를 분석하기 위해 필요한 정보는 모니터링 시스템에 의해 제공되는 보고서들과 제작 공정에 의한 생산품의 검색 데이터(inspection data)들이다. 이들 정보의 특징은 모니터링 후, 전 생산품에 검사 시스템을 이용하는 동안에는 변하지 않으며, 문서나 기록기에 의한 확실성은 사용자의 주관적인 응답에 비해 무시할 수 있을만큼 작다는 것이다. 각 노드에서 필요한 주요 자료들을 정리하면 표1과 같다.

2.2 시스템의 구현

구현된 전문가 시스템의 전체 구조는 다음과 같다.

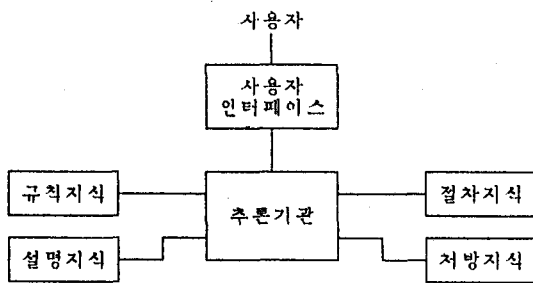


그림2. 구현된 시스템의 구조

각 모듈의 구성을 살펴보면 아래와 같다.

2.2.1 지식 베이스(Knowledge Base)

지식 베이스는 정지 원인 진단 절차에 필요한 과정을 진행시키는 절차 지식 베이스와 원인 진단에 필요한 규칙을 모아 놓은 규칙 지식 베이스, 정지 현인의 세부 원인과 대책을 모아 놓은 처방 지식 베이스, 사용자의 질문에 답하기 위하여 여러 용어를 정의해 놓은 설명 지식 베이스로 분리되어 있다. 이와 같은 분리하는 데는, 이와 같은 특성요인도의 구조적 특징에서 기인하는데, 이와 같은 분리를 통해 규칙 가치 추론법이 용이해진다.

(1) 규칙 지식 베이스

직기의 고장을 분석하는 효과적인 방법중의 하나는 나타난 현상들로부터 가설을 세워 정지의 원인에 이르

도록 하는 것이다. 이 과정을 표현하기 위해 본 논문에서는 IF-THEN 형태의 규칙을 이용한다. 규칙은 원인과 결과로 이루어져 그 형태가 사람이 생각하는 사고방식과 비슷하기 때문에 전문 지식을 표현하는데 많이 쓰이는데, 원인과 결과를 현상과 가설로 대신하여 지식을 표현한 예는 다음과 같다.

(RULE R40 (IF ((AND (청결상태 오염) (경사상태 비정상)))) (THEN ((가호 불량) 80)))

(DOCUMENT "직물이 오염되고 경사철이 잦은 것은" "대부분 가호가 잘못 되었기 때문이다.")

위에서 IF는 조건부를 THEN은 가설 및 그의 신뢰도를 나타내며, DOCUMENT는 규칙의 의미를 설명한다. 이 부분은 사용자에게 규칙을 설명할 때 이용된다. 또한 어떤 현상에 대한 가설을 추정할 때에는 확률 개념이 요구되는데 본 시스템에서는 위와같은 신뢰도값(confidence value)을 이용한다. 신뢰도값은 지식 공학자가 규칙에 대해 맞다고 확신하는 정도를 나타내며, -100에서 100 사이의 수치로 표현되고, 음의 값은 그 절대치가 그렇지 않은 정도를 나타낸다. 또한 본 시스템은 사용자에게 자신의 대답에 대해서 확인하는 정도를 질문하며, 지식 공학자의 규칙에 대한 신뢰도값과 더불어 그 가설의 신뢰도값을 추정할 수 있도록 한다. 본 규칙 지식 베이스에 이용된 신뢰도값들은 섬유 공학에서의 정량적이고 절대적인 값은 아니지만, 이용되는 현상과 가설 전체내에서 상대적으로 정해진 값이다.

(2) 절차 지식 베이스

정지 원인 특성 요인도에서 각 노드들은 다음 노드를 결정하는 데에 각기 다른 데이터를 요구한다. PROCEDURE는 절차 지식 베이스의 단위로써 임의의 노드에서 다음 노드를 선택하는 데에 필요한 모든 정보를 수집하고, 수집된 정보에 따라 다음 노드를 선택한다. 이를 수행하기 위해 다음과 같은 4가지 기본 술격으로 PROCEDURE를 구성한다: PROCEDURE 이름, PROCEDURE 목적, 정보 수집부 및 추론 기관 가동부이다.

• PROCEDURE 이름

예: (PROCEDURE 경사철정지장치 ()

그 PROCEDURE 이하를 대표한다. PROCEDURE이름이 일반 프로그램의 부프로그램 이름과 같이 이용되며 하나의 PROCEDURE가 다른 PROCEDURE의 목적중의 하나가 될 수 있는데 이 때 목적으로 결정되면 그에 해당하는 이름의 PROCEDURE를 수행한다.

• PROCEDURE 목적

예: (GOAL

'((경사불량) (직기비임품질불량) (경사부조정불량) (경사부관리상태불량) (경사부기포품질불량) (기타)))

그 PROCEDURE가 수행하여 도달해야 하는 목적들을 포함한다. 즉 그림1에서 임의의 노드의 PROCEDURE 목적은 자신의 자식 노드(children nodes)들로 이루어진다.

• 정보 수집부

임의의 노드에서 다음 가지를 택하는데 필요한 정보를 수집하며, 정보수집은 사용자로부터 직접 정보를 받아 들이는 ASK와, 제한된 보기에서 선택하는 SELECT로 이루어진다.

예: (ASK 경사철정지수 \$I)

(SELECT 청결상태 (청결 오염))

ASK는 값을 필요로 하는 변수와 변수의 종류를 나타내는 \$I, \$R, 또는 \$C로 이루어지며, 각각 정수, 실수와 문자를 나타낸다. SELECT 다음에는 ASK와 마찬가지로 변수가 나오며, 괄호안에 택할 수 있는 보기들을 넣는다.

시스템의 특성상, 고장 원인 진단 과정중에 모니터링 시스템에서 출력하는 보고서들을 보아야 하는 경우가 있다. 이를 위한 명령어로 FILE이 있다.

예: (FILE "loom.rep" 'open) (FILEEND "loom.rep" 'close)

FILE 명령어를 수행하면 보통 PROCEDURE안에서 디스플레이 방법과 달리 윈도우(window)를 이용하여 질의, 응답 과정중에 화일을 동시에 볼 수 있도록 한다.

추론 기관 가동부
PROCEDURE를 통해 필요한 정보가 수집되면, 모은 자료들과 주어진 규칙들을 추론 기관에 적용시켜 PRO-CEDURE의 목적에 도달하도록 한다.

(3) 처방 지식 베이스
추론 기관에 의해 정지 원인이 결정되면, 이의 세부적인 원인과 대책을 사용자에게 보여줄 때 이용된다.

예: (PROBLEM 검사장력관계 불량
(원인 "관련부분 불량"
"비입 불량")
(대책 "절검 조정, 수리"
"준비 공정 개선"))

(4) 설명 지식 베이스
시스템이 PROCEDURE에 따라 사용자에게 질문을 해 나가는 과정에서, 사용자가 따라 사용하지 못하는 경우를 표시하는 경우가 있다. 설명 지식 베이스에는 여러 용어가 섬유사전[6]의 정의대로 입력되어 이 경우 이용된다.

예: (WORD 부직
(meaning "경사가 깊어져 다른 경사와 엉켜 개"
"구름 방해한다든가, 경, 위사가 부분적으로"
"조각하지 않고 뜨거나 뭉치 생기는 현상을"
"말한다."))

2.2.2 추론 기관(Inference Engine)

추론 기관은 PROCEDURE의 명령어인 INFERENCE에 의해 동작되기 시작하는데 PROCEDURE를 진행하면서 받아 들인 정보와 지식들로부터 다음 가지를 찾아 나갈 수 있도록 하는, 본 전문가 시스템의 원동부이다. 추론 기관은 매치(match), 선택(select)과 수행(execute)의 3부분으로 나누어 볼 수 있다.

PROCEDURE 내에서 진행되는 추론 방법은 사용자로부터 받아들인 데이터와 정보들로부터 목적에 이르기 까지 규칙을 적용시키는 전진추론(forward reasoning) 방식이다. 특성요인도의 구성 특징에 의해 시스템 전체는 규칙-가치 추론 방식을 취하고 있으나, 각 PROCEDURE안에서는 전진추론 방식을 취하는 이중 구조이다.

(1) 매치(Match)

매치는 주어진 데이터에 적용 가능한 규칙의 집합을 찾는 방법으로, 전문가 시스템의 효율을 결정하는 중요한 부분이다. 기존의 간단한 매치 알고리즘은 규칙의 조건부와 받아들인 데이터를 일일이 비교하는 방법으로, 같은 조건을 여러번 비교해야 하므로 수행시간이 오래 걸리고, 데이터의 변화를 시스템에 효과적으로 전달하지 못한다.

본 시스템은 이러한 단점을 보완하기 위해 규칙을 내부적으로 compile 하여, 모든 규칙이 공통된 조건을 공유하며 데이터의 변화가 내부구조를 따라 매치된 규칙의 집합에 효율적으로 전달되게 한다. 이러한 규칙의 내부 구조 예로 규칙 R40과 R41에 대한 내부구조의 예를 그림2에 보인다.

(2) 선택(Select)

전문가 시스템은 그 문제 분야의 특성에 따라 가능한 답을 모두 찾아야 하는 경우와 하나도 충분한 경우로 분류될 수 있다[7]. 진단이나 모니터링 등, 주어진 자료에 대한 분석이 요구되는 분야는 전자에 해당하며, 계획(planning), 설계(design)나 예보(prediction) 등, 주어진 조건을 만족하는 종합적인 고안이 필요한 분야는 후자에 해당한다.

모니터링된 데이터를 분석하여 직기의 정지 원인을 진단하는 본 시스템은 전자에 해당하며 매치된 규칙중에서 규칙의 신뢰도값이 시스템 수행시에 잡거 규칙을 판단하는 기준값으로 제시되는 THRESHOLD값보다 클 때, 규칙을 선택하여 신뢰도값이 큰 규칙부터 수행된다. 규칙의 신뢰도란 규칙에 대한 지식 공학자의 신뢰도값과 데이터에 대한 사용자의 신뢰도를 복합시킨 값

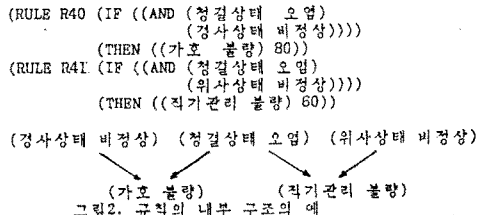


그림2. 규칙의 내부 구조의 예

으로 70년대에 개발된 학분야의 전문가 시스템인 MY-CIN에서 이용한 확신 계수(certainty factor)의 개념을 응용한 것이다[8,9].

규칙의 조건부에는 한개 이상의 조건이 AND나 OR로 연결되어 있으므로, 규칙의 신뢰도값을 계산하기 위하여는 간단한 계산 방법을 이용한다. 조건들을 s1, s2, s3, s4라고 표시하고 조건들간의 신뢰도값을 CV라고 표시한다면 다음과 같은 간단한 계산 규칙이 성립한다.

$$CV(s1 \ s2 \ or \ s3 \ s4) = \min[CV(s1), CV(s2 \ or \ s3), CV(s4)]$$
$$= \min[CV(s1), \max[CV(s2), CV(s3)], CV(s4)]$$

CV식에서 얻어진 조건의 신뢰도값은 지식 공학자의 규칙에 대한 신뢰도값과 곱해져 그 규칙의 가설에 대한 신뢰도값으로 된다.

(3) 수행(Execute)

수행 부분에서는 선택 부분에서 선택된 규칙의 가설을 이용하여 메모리를 갱신한다. 수행부는 크게 두 경우로 나뉘는데, 규칙의 가설이 처음으로 시스템에 등록될 경우는, 가설을 가설의 신뢰도와 함께 규칙의 내부 구조에 전달하고, 이미 시스템에 전달된 경우는 자신의 신뢰도값(X)과 기존하는 신뢰도값(Y)을 조합하는 아래식을 이용하여 신뢰도값을 변경하여 결과물 시스템을 전달한다. 다음은 확신계수(certainty factor)를 응용한 신뢰도 조합 식이다[8,9].

$$X + Y - XY / 100 \quad X, Y > 0$$

$$CVcombine(X, Y) = \frac{XY < 0}{100 - \min(|x|, |y|)} \quad XY < 0$$
$$-CVcombine(-X, -Y) \quad X, Y < 0$$

2.2.3 사용자 인터페이스(User Interface)

본 전문가 시스템에서는 시스템을 수행시키는 기본 기능 이외에 사용자에게 필요한 각종 기능을 제공한다. 2.2.1절에서 설명한 FILE 명령에 따라, 시스템 수행중에서 동시에 보고 싶은 화면을 볼 수 있도록, 화면을 몇 개의 윈도우(window)로 재구성하는 기능, 시스템의 문제에 대해 사용자가 의문을 가질 때 이를 설명할 수 있도록, 사용자가 자신의 신뢰도값을 편리하게 입력할 수 있도록 하는 그래픽기능으로 사용자의 잘못된 입력에 대한 정보 제공등이 그것이다.

3. 시스템 시험 결과

3절에서는 직기의 정지 원인을 가상하여 그에 따른 현상을 입력하고 시스템의 수행 결과가, 가상된 정지 원인을 포함하는가, 출력이 나온 과정이 전문가가 보통의 할만 한가, 그리고 사용자 인터페이스가 친숙한가의 확인하는 예로서, 제직공정에서 사정 원인의 가장 비중을 차지하는 가호불량을 택하여 시험한 결과를 보인다.

'가호'란 제직 준비 공정 즉, 제직에 앞서서 검사에 풀을 먹이는 작업을 말하며, 직기 비임의 품질을 좌우한다. 본 시스템에서 사용자로부터 얻을 수 있는 정보 및 데이터중, 가호 불량으로 인해 가능한 현상을 정리하면 다음과 같다[10].

- 검사절 발생 횟수가 정상보다 많다.
- 제직물이 오염되어 있다.
- 직물의 무게가 고르지 않다.
- 직물의 형태가 나쁘다.
- 바디 흠(reed mark)이 생긴다.
- 부직(unwoven fabric)이 생긴다.
- 검사가 누락되는 현상이 생긴다.

아래에 이것은 직기의 현상들을 입력하여 시스템을 수행하는 과정을 보인다.

그림4는 데이터 입력중의 화면 상태를 보여 준다. 사용자는 대담, 질문, 파일등의 모드를 선택할 수 있는데 대담은 시스템의 질문에 답하는 경우, 질문은 시스템의 질문에 의문을 표시하여 설명을 듣고자 하는 경우, 파일은 주어진 보고서의 화면으로 이동하려는 경우 이용되며, 복귀는 질의 응답 화면으로 돌아가게 하는 기능이 있다. 그림4는 모니터링 시스템의 출력과 고서를 보며 검사절에 의한 정지 횟수를 입력하는 과정이며, 그림5는 직물이 오염되었음을 91%로 확신함을 입력하는 상태이다. 그림6은 사용자가 질문 모드를 선택하였을 때, 부직의 정의 및 질문이유를 설명하는 화

면이다. 이러한 데이터의 입력의 결과를 그림7에 보였는데, 경사비입 품질 불량이가장 큰 신뢰도값의 원인인데, 이는원인내용과 대책이 가장큰 정지 원인에 대한 불명확한 내용과 대책이 가장큰 정지 원인인 '가호발'을 알려주어, 가장큰 정지 원인과 같이 같이 알려줄 수 있다. 그런데 그림7에서 보듯이, 가장큰 정지 원인을 알려주는 것은 지식의 양의 부족을 나타내므로, 이 부분에 추가 연구가 필요하다.

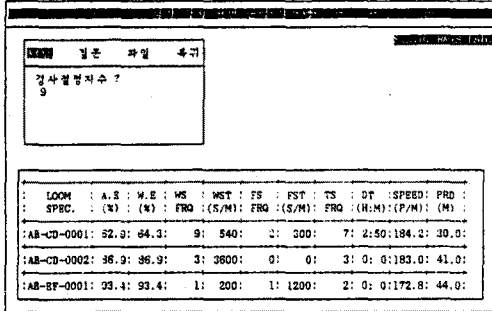


그림4. FILE 윈도우 사용 예

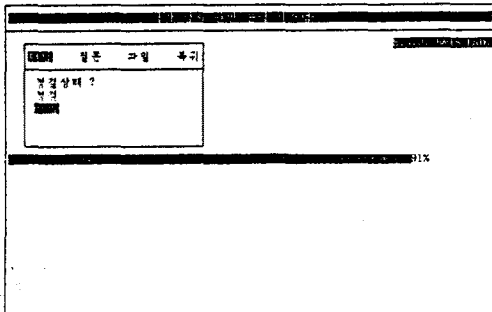


그림5. 데이터 및 신뢰도 입력 화면

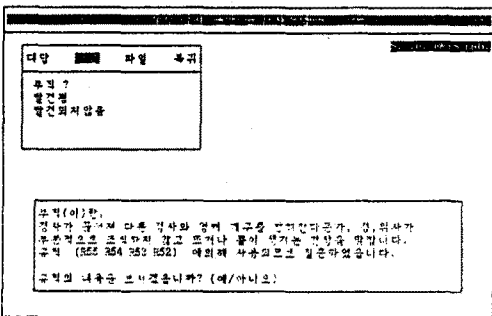


그림6. 설명 과정의 예

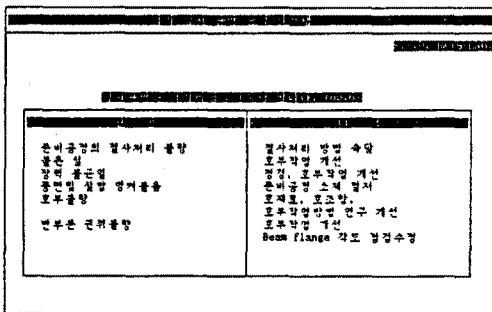


그림7. 시스템 수행 결과 화면

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 직기 운전 중 자동감시하는 시스템인 모니터링 시스템의 효과적인 활용 방안으로써 정지 원인을 찾아내는 방법인 지식과 경험적 구조를 활용하여 전문가 시스템 시제품을 개발하였다. 정지 원인을 찾아내는 방법인 지식과 경험적 구조를 활용하여 전문가 시스템 시제품을 개발하였다. 정지 원인을 찾아내는 방법인 지식과 경험적 구조를 활용하여 전문가 시스템 시제품을 개발하였다.

본 시스템은 객관적인 자료와 발견된 내용을 전달하는 모니터링 시스템의 단순한 기능으로부터, 가지고 있는 자료들을 스스로 이용하며 판단하고 결정하는 기능으로 발전시킬 수 있는 가능성을 확인하였으나, 아직 실제 공장에 설치된 모니터링 시스템에서 사용하기에는 고려해야 할 문제점이 남아있다.

우선 모니터링 데이터는 컴퓨터에서 자동 수집되어 바로 이용될 수 있는 자료이지만, 검색 데이터의 경우에는 아직 자동화 단계에 이르지 않아 사용자에게 일일이 입력되어야 한다. 시스템의 개발 편의상, 도둑감시 사용자에게의해 입력받게 하였으나, 현재 직물 결합기 출력에 관한 연구가 수행중이므로 [11] 검색 자동화 시스템 개발 경우에는 사용자의 부담을 줄이는 방향으로 시뮬레이션이나 다양한 문제 분야에 적용하여 생산공정 제어 및 분석과 과정을 자동화하기 위해서는 현재 부각되어 있는 것보다 더 많은 센서들이 필요하다 [12].

또, 현재 구현한 시스템에서 이용한 규칙이나 자료에 대한 신뢰도값이 정량적인 것이 아니며, 정지 원인을 예대 비교적 넓은 의미의 담이 얻어지게 되므로 실제 사용하기 위하여서는 이 분야에 대한 섬유 공학내에서의 지식의 체계화가 요구된다.

시스템은 여러 가지 경우에 대해 시험하여 많은 보완이 있었고, 시뮬레이션(simulation) 결과에 있어서 예대없이 수행되었지만, 실제 공장에 설치하였을 때 예상되는 예대에 대비하지 못하였다. 또 전문가 시스템 자체내에서도 답을 얻게된 과정을 명료히 설명하는 기능 등 설명 기능이 필요하다.

그러나 전문가 시스템의 본질인 지식과 추론 기관의 중 예대가 명확하게 구현되어 있으므로, 발견되는 각종 예대의 수정이 용이하고, 이에 따라 실제 공장에서의 사용될 수 있는 시스템으로의 발전이 용이하리라 생각된다.

참고 문헌

- [1] 고 명삼외, 직기시설 자동화 기술 개발에 관한 연구1, 과학기술처, 1986
- [2] 유 건아, "직기 모니터링 시스템을 이용한 고장 진단 전문가 시스템 시작점의 개발," 공학석사 학위논문, 서울대학교, 1987
- [3] D.A.Waterman, A Guide to Expert Systems, Addison Wesley, 1985
- [4] D.A.Waterman & B.Lenat, Building Expert Systems, Addison, Wesley, 1983
- [5] H.Schildt, Artificial Intelligence Using C, McGraw-Hill, 1987
- [6] 섬유사전, 한국 섬유 공학회, 1982
- [7] B.Rich, Artificial Intelligence, McGraw-Hill, 1983
- [8] B.G.Buchnan & E.H.Shortliffe, Rule-Based Expert Systems, Addison Wesley, 1985
- [9] D.D.Wolfram et al., Expert Systems for the Technical Professional, Wiley, 1987
- [10] 서 용부외, 제직기술, 한국섬유시험연구소, 1978
- [11] 고 명삼외, 직기 시설 자동화 기술 개발에 관한 연구2, 과학기술처, 1987
- [12] 민방 정보, 대한 방직학회 민방 정보 센터, 1986
- [13] 직기 정지 원인 분석 전문가 시스템 프로그램 리스트, 로보틱스 및 지능 시스템 연구실, 서울대학교, 1988