

회전체 기계진단을 위한 Hybrid 진단 시스템

A hybrid diagnosis system for rotary machine

박홍석*, 강신현*, 이재종**

Hong Seok Park*, Shin Hyun Kang*, Jae Jong Lee**

ABSTRACT

In modern plant Industry, diagnosis system is an essential implement because a human operator cannot check the state of system all the time. The recent facility needs a computer system which is able to replace and extense the function of the human expert. Checking the state of the plant system, the computer system uses signals from sensors attached to the plant systems. But, It is difficult to predict the cause of the failure from the sensing signals. Because the relationship among the signals cannot be easily represented by mathematical models. So expert system based on a fuzzy rule and Neural network method is suggested. Expert system decide whether a state of the system is ordinary or failure by the evaluation of the signals. If the state of the system is unstable, expert system preprocess the signals. When fault is occurred in the machine, the expert system diagnoses the state of the system and find the cause as a primary tool. If the expert system does not find the adequate cause successfully, neural network system uses the preprocessed signals as an input and propose a cause of the failure.

Key Words : Expert system, Neural Network, Intelligent diagnosis, case-base system

1. 서론

제조산업분야의 주요설비는 항상 주의하여 적시에 고장을 진단하여 회사의 손실을 최소화하는 일이 아주 중요한 사항이다. 그러나 시스템이 복잡해짐에 따라 소수의 진단요원들이 이러한 고장을 적시에 발견하고 그에 대한 대책을 수립하는 일은 쉬운일이 아니다. 이러한 기계들의 고장징후등을 알아내는 데는 많은양의 데이터처리라든가 고도의 기계공학적인 전문지식을 갖춘 전문가가 필요하며, 또한 그 해석이나 고장을 판정하기가 쉽지 않다. 그래서 현대의 제조분야에서는 진단시스템을 도입하여 적시에 고장을 발견하고 원인을 진단하는데 도움이 되도록 하고 있다.

* 울산대학교 기계공학부

** 한국기계연구원

본 연구에서는 회전설비의 운전 상태를 진단하기 위해 case에 근거를 둔 전문가 시스템을 사용하였다. 그리고 현장에서 나오는 신호를 바탕으로 기존과 다른 새로운 신호나 갑작스러운 변동등에 대해서는 신경망 기법을 이용하여 대처하도록 하였다.

2. 시스템의 구성

회전체 설비 고장진단을 하기 위해서는 우선 각각의 필요한 신호값들을 PLC를 통해서 Database화 할 필요가 있는데, 이러한 역할은 상용 monitoring software를 이용하여 구현을 한다[1]. Monitoring program이 신호 database를 생성하면 진단시스템은 이것을 이용하여 설비의 이상유무를 판단하게 된다. 이러한 개발된 시스템의 구성을 아래와 같이 그림으로 나타냈다(그림 1).

전문가 시스템은 Monitoring program이 만든

signal database에 있는 신호값들을 이용하여 rule base와 추론 모듈을 통해 진단을 실시하게 된다. Casebase에 들어 있는 기존의 고장 유형들 중에서 유사 고장여부를 찾아내기 위해 신호들의 값을 변환하게 된다. 이렇게 하는 이유는 casebase에 들어있는 고장 유형들과의 비교의 용이성과 나중에 쓰일 신경망 프로그램에서의 입력으로 사용할 수 있기 때문이다.

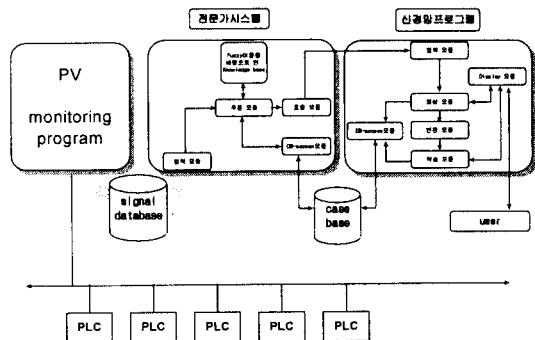


그림 1. 전체 시스템의 구성

추론 모듈이 적절한 원인을 찾아내지 못하면, 전문가시스템은 신경망프로그램을 호출하게 되는데, 이 신경망프로그램이 가능성있는 원인을 제시하게 된다.

3. 진단시스템의 동작

개발된 진단시스템의 전체적인 logic의 흐름을 그림 2에 나타내었다.

Monitoring program에 의해서 저장된 신호들은 전문가 시스템에 의해서 설비의 이상유무가 진단된다. 신호값들은 전문가시스템안에 있는 rulebase에 의해 폐지화된 값으로 바뀌게 된다. 추론모듈은 이 변환된 값을 이용하여 설비의 이상유무를 진단하는데, 이상이 감지될 경우 우선적으로 기존의 고장파고에 따른 조치들이 저장된 case들과 비교를 하게 된다. 유사한 case가 존재할때는 casebase내에 있는 조치와 원인을 보여주게 된다. 만약, casebase내에 유사한 case가 존재하지 않을 경우에는 이 폐지화된 값은 신경망프로그램의 입력값으로써 신경망프로그래밍의 입력모듈로 들어가게 된다. 기존의 case들에 의해 망이 구축된 신경망프로그램은 새로운 Input이

들어오면 그에 따른 적절한 원인을 나타낸다. 작업자가 판단해서 적절한 해라고 생각되면 casebase에 새로운 case로서 저장이 되고, 이것으로 신경망을 재학습시킬수 있다. 이러한 학습방법으로 구성된 신경망은 새로운 값에 대해 좀더 사실적인 해를 제시할수 있게 된다. 전문가에 의해서 만족할만한 결과인가를 판단하게 되고 전문가의 수정을 거쳐 신경망의 학습에 이용이 되고 또한 casebase의 추가에 쓰인다.

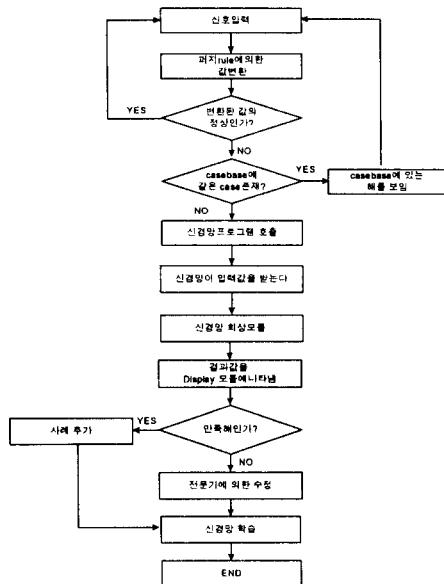


그림 2. 전체 시스템의 흐름도

4. 진단시스템의 모듈들

4.1 전문가시스템

Knowledge base는 전문가의 직관과 경험, 기기에 관한 매뉴얼과 전공서적, 그리고 설비의 분석을 통하여 지식공학자에 의해 만들어진다[2].

현장에서 넘어온 신호들은 Knowledge base의 rule에 의해서 폐지화된 값들로 계산이 된다. 이 값들은 유사한 case를 찾거나 유사한 case가 존재하지 않을 경우 원인을 제안할 수 있는 신경망프로그램의 입력으로 사용이 된다. 전문가 시스템 내의 Knowledge base에는 각 파라메터(온도, 전류, 전동 등)에 대해 5가지 영역으로 분류가 되어 저장된 rule들로 구성

되어 있다. 즉, 정상영역, 조금높음영역, 조금낮음영역, 높음영역, 낮음영역으로 나누어져 있다.

현장전문가들에 의해서 오랜 기간동안 축적된 고장이력정보를 가지고 casebase를 구성하게 된다. Casebase내에는 각 파라메터별로 5가지 영역중의 어느영역에 속해있을때 그에 따른 원인과 조치가 무엇인지를 사례별로 저장이 되어있다. Rule에 의해서 페지화된 값들은 casebase내에 유사한 case가 존재하는지를 비교하기 위해서는 어느정도의 수정이 요구된다.

유사한 case를 찾기 위해서는 각각의 파라메터가 5 가지 영역중에 어디에 속하는지를 판단할 필요가 있다. 각각의 파라메터에 대해서 영역은 fuzzy화 되어 있는데 Rule과 추론모듈에 의해 만들어진 페지화된 값이 어떤 영역에 85%정도 속하게 되면 이 파라메터는 이 영역에 속하는 것으로 한다. 만약 어느 영역과도 85%에 속하지 않을 경우 이 파라메터는 case의 비교대상에서 제외된다. 이 경우에는 case를 찾더라도 이 파라메터가 제외되므로 전체적인 case의 유사성은 떨어지게된다. 이렇게 각 파라메터들에 대해서 어느영역에 속해있는지 결정이 되면 이것을 가지고 casebase내에서 가장 유사한 case를 찾게 된다. 유사도는 전체파라메타의 개수중에 같은 파라메터가 몇 개가 있느냐로 결정이 된다. 이때 가장 유사한 case의 유사도가 80%를 넘지 않을 경우에는 가능한 원인을 제안할수 있는 신경망프로그램을 호출하게 된다.

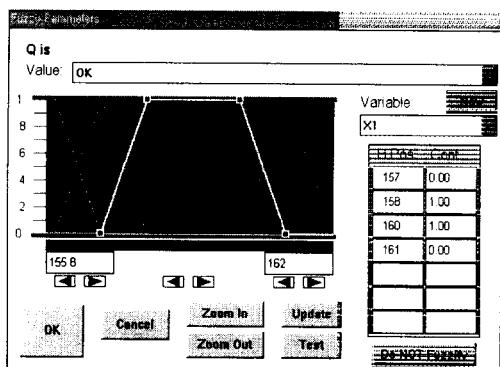


그림 3. 멤버쉽 함수를 위한 interface

그림 3은 전문가 시스템에서 전문가의 지식을 fuzzy에 의한 방법으로 표현하는 것을 보이는 화면

이다. 그림에서 나타난 오른쪽은 멤버쉽함수를 숫자로 표현하였고 이에 따라 왼쪽에 그림으로 표현이 된다. 즉, 이 가로축 영역은 측정량의 값을 나타내고 세로는 그 때의 멤버쉽 함수의 값을 나타내는데, 왼쪽의 숫자들을 수정함으로써 이 rule의 멤버쉽함수를 고칠 수 있다. 그러면 어떤 측정값에 대해 각각의 Knowledge base의 rule들이 정의된 멤버쉽 함수를 이용하여 fuzzy 값을 계산하여 나누어진 범위의 어느영역에 속하는지를 판단한다.

4.2 신경망 프로그램

신경망 프로그램은 정보저장에 있어서 특정한 응용 목적에 따라 뉴런사이의 연결강도를 학습에 의해 변화시킨다. 여기에 사용된 신경망프로그램은 전문가시스템이 판단하기 힘든 신호가 발생할 경우에 실행이 된다. 신경망프로그램은 과거의 고장이력정보를 이용하여 만든 입력과 출력을 가지고 망을 구성하게 된다. 여기서 사용된 신경망은 입력층에 5개의 뉴런을 가지고, 출력층에 5개의 뉴런과 한 개의 은닉층으로 구성했다. 신경망프로그램은 전문가시스템의 요구에 의해 수행이 되고 전문가 시스템으로부터 입력값을 넘겨 받는다. 그러면 신경망프로그램은 이 값을 가지고 전문가시스템이 해를 제시하지 못한 것에 대해 추론하게 된다.

Q	T0	A	V1	V2		1	2	3	4	5
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	→	0	0	0	0	0
0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	→	1	0	0	0	0
:	:	:	:	:	→	:	:	:	:	:

표 1. 신경망 학습에 이용된 case의 예

진단시스템에 이용되는 신경망은 표 1에서 보인 내용을 가지고 망을 구성하게 된다. 왼쪽은 rule에 의해 변한 값들이다. 신경망을 학습시킬때 표의 왼쪽은 망의 입력층에, 그리고 오른쪽은 출력층에 이용된다. 즉, 표에서 오른쪽에 있는 숫자들은 각 패턴에 대한 원인을 나타낸 것인데, 이것들의 내용은 아래와 같다.

- 1 : PUMP에 전체적으로 부하가 조금씩 증가
- 2 : PUMP 후단의 관로저항이 약간 증가
- 3 : PUMP IMPELLER에 손상

- 4 : IMPELLER SHAFT 및 IMPELLER CRACK
으로 인한 UNBALANCE
- 5 : IMPELLER SHAFT 결단
- 6 : CAVITATION 가능성

위에 제시된 것들은 흔히 발생할 수 있는 원인들인데, 신경망은 위의 원인들을 확률에 의해 가능성 있는 순으로 제시하게 된다. 이렇게 진단된 신호와 원인들은 한 개의 case로서 현장전문가의 확인과 적절한 수정을 거친후 진단시스템의 casebase에 등록되고, 이 현상이 신경망프로그램의 재학습에 이용이 된다. 이렇게 함으로써 진단시스템이 지속적으로 upgrade된다.

5. 응용예

이렇게 구성한 진단시스템이 진단예를 전문가시스템만으로 진단할 때와 신경망프로그램을 실행하여 원인을 제시할 때를 나누어 나타내었다(그림 4).

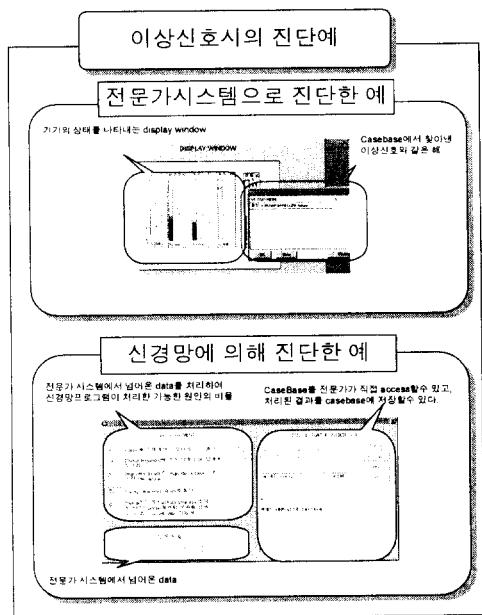


그림 4. 진단시스템의 진단예

그림 4에서 위의 그림은 전문가시스템이 유사한 case를 찾아내어 원인을 보인 것이다. 원쪽의 window는 현장에서 가져온 실제 data를 보인것이고 오른쪽은 찾아낸 원인을 보인 것이다. 그리고 아래

의 그림은 전문가 시스템이 유사한 원인을 찾지 못해서 신경망에 의해서 진단된 결과를 나타낸 것이다. 여기에서는 진단된 신호의 가능성있는 원인들과 전문가가 이들이 어느정도 정확한지를 판단하는데 도움이 되도록하는 DB-access를 할 수 있는 부분이 오른쪽에 나타내었다. 그리고 아래에 입력신호부분은 전문가시스템에서 넘어온 값으로 신경망의 입력 층에 입력되는 값을 나타내고 있다. 이를 통해서 전문가는 casebase를 관리할 수 있고, case의 확장이 가능하도록 기능을 부여하였다.

6. 결론

본 연구에서는 회전체 설비의 진단을 전문가시스템과 신경망을 이용하여 구성한 hybrid시스템을 이용하여 고장진단을 하는 시스템을 개발하였다. 새로운 고장에 대하여 원인과 결과를 진단시스템에 저장하고 학습하여 좀 더 지능적으로 대처할 수 있도록 구성하였다. 본 논문에 소개된 진단시스템은 다음과 같은 특징을 가진다.

- ◎ 기존의 예지보전기능을 이용하여 유사한 경우에 대한 즉각적인 대처
- ◎ Fuzzy method를 이용하여 급격한 신호의 변화에도 유연하게 대처 가능
- ◎ 신경망 프로그램을 이용하여 새로운 고장에 대해서도 적절한 원인들을 가능성 있는 순으로 제시
- ◎ 새로운 case를 다음에 생길수 있는 고장에 대처 할 수 있도록 저장하는 학습기능의 부여

참 고 문 헌

1. Barbara a.o., Ming s.h. and Gregory R.]M., "A neural network model for fault detection in conjunction with a programmable logic controller", J. of intelligent manufacuting, 5, 67-78, 1994
2. 김화수, 조용범, 최종욱, 전문가시스템, 집문당, 1995
3. N. Ye and B. Zhao, A hybrid intelligent system for fault diagnosis of advanced manufacturing system, INT. J. PROD. RES. , vol. 34, No2, pp 555-576, 1996