

원전 비상 발전기의 고장진단시스템을 위한 클래스 및 인과관계 모형 설계

하 창 승*, 박 종 일**

Design of Class and Causality Model for Diagnosis System of an Emergency Generator in Nuclear Plant

Chang-Seung Ha *, Jong-Il Park**

요 약

원자력 발전소에서 비상사태가 발생하는 경우를 대비하여 비상 발전기의 고장진단시스템을 구축할 필요가 있다. 고장진단시스템의 지식베이스를 구현하기 위해서는 클래스와 인과관계 모형을 설계해야 한다. 클래스와 인과관계 모형을 설계하기 위해 먼저 진단대상을 선정하고, 정상과 비정상의 상태정보를 조사하여 시스템의 작동 원리를 외부지식인 개체와 활동으로 추출한다. 추출된 외부지식을 내부지식으로 표현하기 위해 개체를 클래스로 정의하고 활동을 인과관계로 변환한다. 인과관계의 반복적인 설정과 타당성 검토를 통해 지식베이스에 이식할 수 있는 수준의 진단지식을 완성한다. 본 연구는 결정테이블을 통한 설계 모형의 독립성을 고려하였기 때문에 이식성 높은 지식베이스의 구현이 가능하다.

Abstract

The construction of an emergency generator's diagnosis system for the preparation of emergency in nuclear plant is vital. To construct a knowledge base of the diagnosis system, the classes and a causality model should be designed. In order to design those elements, at first, object of the diagnosis system should be defined. After the investigation of normal and abnormal states, the external knowledge such as entities and activities is extracted, that the operational principle of the system.

For the conversion of the extracted external knowledge to the internal one, the entities are defined as classes and the activities converted into the causality. Through the recursive configuration of the causality and proper examination, the diagnosis knowledge applicable to the knowledge base is completed. In this paper, it is possible to construct a knowledge base with high portability since the independence of design model is considered through the decision table

▶ Keyword : emergency generator, diagnosis system, class, causality model, decision table, knowledge base

• 제1저자 : 하창승
• 접수일 : 2006.06.15, 심사일 : 2006.06.30, 심사완료일 : 2006.07.16
* 동명대학교 항만물류학부 조교수 ** 한국해양대학교 컴퓨터공학과 박사과정

I. 서론

원전 비상 발전기는 원자력 발전소에서 정전과 같은 비상 사태가 발생하는 경우를 대비하여 설치된 디젤 발전기(EDG : Emergency Diesel Generator)이다. 원전 비상 발전기는 원자로의 잔열을 제거하는 등 발전소 안전계통 주요 기기에 비상전원을 공급하기 위해 10초 내에 긴급 가동되고 1분 이내에 에너지를 제공하여야 한다. 그러나 국내 원전의 비상 전원계통으로 이용되고 있는 EDG는 활용빈도가 높지 않다는 이유로 그 중요성이 실제보다 낮게 평가되고 있다[1].

국내에서는 EDG의 긴급성과 위험성에도 불구하고 최근 예야 원전 비상 발전기 계통에 대한 열화특성 및 신뢰도 등에 관심을 가지기 시작하고 있다[2]. 그러나 목적이 비상용이므로 상시 감시에 소홀해지기 쉬우며 고도의 전문지식을 가진 전문가를 채용하는 것에도 어려움이 따르게 된다. 그러므로 보다 체계적이고 종합적인 진단 분석 기술을 확보하고 효율적인 진단시스템을 활용하여 엔진 고장 또는 비정상 운전 시에 당직자에게 시스템의 이상상태 정보를 제공해줌으로써 전문지식을 가지지 못한 엔지니어가 근무 중이라도 위급한 상황에 쉽게 대처할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 비상디젤발전기에 대한 지능적인 진단기능을 가진 시스템의 개발이 필수적이다.

진단형 전문가시스템은 발생 가능성이 있는 이상상태, 계측항목간의 인과관계 및 관찰된 시스템의 동작에 대한 정보로부터 이상의 원인을 찾아내는 시스템을 말한다[3]. 적용분야에 따라 의료진단시스템, 고장진단시스템 등으로 분류할 수 있다. 고장진단시스템은 시스템의 운행에 있어서 극도의 안전성과 고장에 대한 빠른 조치를 요구하는 원자력 또는 화력 발전소의 온라인 고장진단시스템[4][5], 통신망 고장진단시스템, 전력계통 고장진단시스템 등에 많이 적용되고 있다.

진단형 전문가시스템을 구축하기 위해서는 먼저 대상 분야에 적합한 지식표현법을 선정하여 지식베이스를 구축하여야 하며, 또한 이에 합당한 추론기구를 갖추어야 한다[6]. 진단시스템에 사용되는 지식표현법으로는 생성규칙(Production Rule), 의미망(Semantic Network), 프레임(Frame), 객체(Object) 등이 있다. 실제로 시스템을 구축하는 경우에는 이들 중 하나 혹은 복합된 형태를 이용하지만, 시스템이 복잡해질수록 복합적인 지식표현법을 이용하는 경향이 있다[7]. 그러나 객체지향적 방법론이 일반화되고 객체지향개발 도구들이 일반적으로 활용되면서 진단시스템에도 객체지향적인 지식표현법을 점차 활용하고 있다.

본 연구에서는 'JRULES'와 'IRE'와 같은 전문가시스템 개발 도구에 적용하도록 객체지향적 지식표기법에 따라 원전 비상 발전기의 진단지식을 추출하고 지식베이스구현을 위한 객체 클래스 모형과 객체 상호간의 인과관계를 설계한다. 이러한 클래스 설계 방법은 원전 비상 발전기의 정확한 고장 진단을 지원하고 신속한 예측 진단이 가능한 전문가시스템 개발에 활용된다.

II. 원전 비상 발전기의 구조 및 이상상태 분석

2.1 원전 비상 발전기의 구조와 고장 원인 분석

원전 비상 발전기는 일반 디젤 엔진의 프로펠러 구동 부분에 연결된 발전기를 통해 전기를 발생시킨다. 원전 비상 발전기의 메커니즘에 대한 이해는 일반 디젤 엔진의 구조와 기능의 이해를 통해 접근 할 수 있기 때문에 본 연구에서는 원전 비상 발전기용 디젤엔진인 'Pilestick PC2-5V'를 대상으로 하고, 울진 5, 6호기의 감시시스템에서 획득된 DMDS의 데이터를 입력 인자(Parameter)로 사용한다.

발전기 디젤 엔진의 구성요소는 흡배기계통, 윤활계통, 냉각계통, 열교환기계통, 연료계통, 발전계통으로 분류된다. 그림 1은 엔진의 주요 구성요소를 중심으로 표시한 구조도이다. 각 구성요소에는 계통별 작동상태를 감시할 수 있는 센서들이 부착되어 있다. 원전 비상 발전기는 1977년 San Onofre 원전에서 TDI엔진이 운전되기 시작한 이후 엔진구조계통, 연료계통, 윤활계통, 냉각계통, 발전계통, 흡배기계통 등 시스템의 전 부분에서 고장이 발생하고 있다.

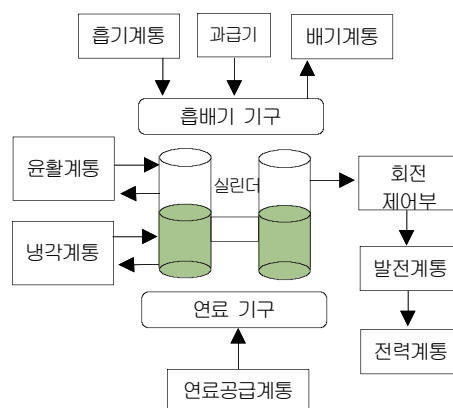


그림 1. 발전기용 디젤엔진의 주요 구성요소
Fig. 1 Essential part of diesel engine for generator

먼저 연료공급계통에서는 이물질과 생물학적 오염에 의한 연료의 정상적인 공급의 방해, 동한기 연료유의 유동성 악화문제, 운전중 연료유의 누설문제 등이 있다. 윤활계통은 원전 비상 발전기 사고의 가장 많은 부분을 차지하고 있는데, 시동초기의 윤활부족에 따른 과급기 사고, 윤활계통의 불량에 따른 윤활부족, 라이너, 메인베어링의 손상문제, 윤활유와 연료유의 불친화성 문제, 진동에 의한 압력센서의 고장 등이다.

흡배기계통은 과급기와 흡기메니폴드 사이에 위치하여 엔진의 운전중 엔진의 부하에 따라 연소용 흡입공기를 엔진에 공급하는 밸브의 탈락사고, 연관의 열팽창에 의한 지지물의 파손사고와 통풍계통의 설계오류 등이 있다.

2.2 원전 비상 발전기의 이상상태 분석 및 분류

원전 비상 발전기의 비정상적 운영인 이상상태는 운행중 이상, 시동기능 이상, 정지기능 이상, 돌연정지 이상 등으로 분류할 수 있고 운행중 이상은 엔진자체 이상과 감시계기 이상으로 나누어진다. 엔진자체 이상은 연료공급 이상, 흡배기 이상, 가동부 이상, 윤활 이상, 외기 이상, 냉각 이상, 제어기 이상, 고정부 이상, 발전기 이상으로 나누어진다. 본 연구에서는 원전 비상 발전기의 운전중 이상만을 진단의 대상으로 설정하였다. 그림 2는 엔진 이상상태의 분류 트리이다.



그림 2 원전 비상 발전기의 비정상 상태 분류 트리
Fig. 2 Classified tree of abnormal state for emergency generator in nuclear plant

원전 비상발전기의 비정상 상태를 측정하기 위해 계측이 필요한 주요 계통마다 센서를 부착하고 이 센서들로부터 획득된 데이터를 계측항목이라 한다. 그림 3에는 엔진의 주요

구성요소를 기준으로 진단 대상을 6계통으로 분류하였다.

- 저온냉각수 계통(LT Water Circuit)
- 고온냉각수 계통(HT Fresh Water Circuit)
- 윤활유 계통(Lubricating Oil Circuit)
- 연료유 계통(Fuel Oil Circuit)
- 소기 계통(Scavenger Air Circuit)
- 배기가스 계통(Exhaust Gas Circuit)

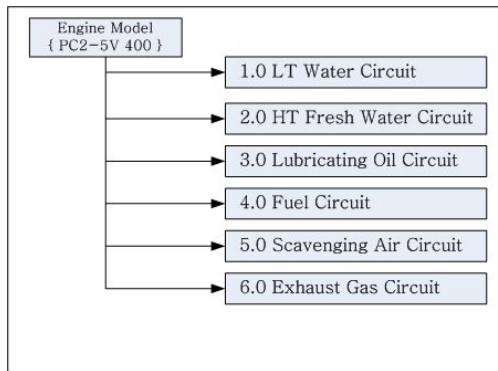


그림 3 디젤 엔진 계통도
Fig. 3 Subsystem of diesel engine

III. 진단지식의 표현과 상태 다이어그램

3.1 진단용 지식베이스의 설계 과정

원전 비상 발전기용 지식베이스를 설계하기 위해서는 먼저 진단대상인 디젤엔진을 선정한 후, 디젤엔진 전문가와 엔진계통의 구조와 기능을 협의하고 정상과 비정상 상태 정보를 조사하여 엔진계통의 작동 원리를 개체(Entity)와 활동(Activity)으로 표현하는 개념적 설계를 통해 외부 진단지식이 추출된다. 개체는 진단대상의 실체이며 활동은 개체간의 관계를 확인하는 과정이다. 외부 진단지식을 컴퓨터가 인식할 수 있는 내부 진단지식으로 표현하기 위해 개체를 클래스 형식으로 정의하고 활동(Activity)을 인과관계(Causality)로 변환하는 논리적 설계 과정이 필요하다. 이때 클래스의 형식에 따라 인과관계를 정의하는 것을 클래스화(Classification)라고 한다. 인과관계의 반복적인 설정과 타당성 검토를 통해 지식베이스에 이식할 수 있는 수준의 내부 진단지식이 완성된다.

인과관계의 표현은 개발도구에 독립적이며 이식성을 높이기 위해 결정테이블(Decision Table)을 사용한다. 결정

테이블은 전문가시스템 개발도구를 이용하여 지식베이스로 구현되고, 최종적으로 감시모듈과 진단모듈을 연결함으로써 고장진단시스템이 구성된다. 그림 4는 진단대상의 선정에서 진단지식의 표현까지의 전 과정을 표현하고 있다.

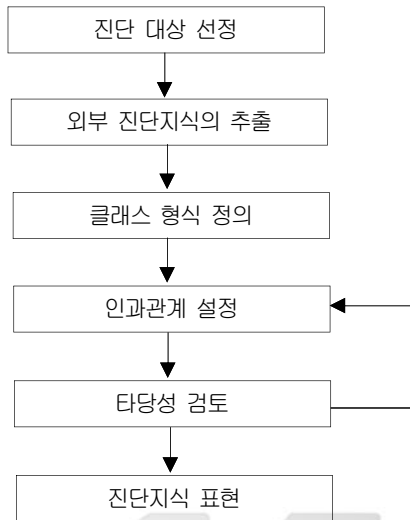


그림 4. 진단용 지식베이스의 설계 과정
Fig. 4 Design process for knowledge base of diagnosis

3.2 개체의 선정과 상태 다이어그램

개체(Entity)는 실제계에 존재하는 진단대상들을 컴퓨터 내부의 정보로 표현하기 위해 추상화라는 처리 과정을 거쳐 선정되는 기본 정보단위이다. 개체는 정보대상 및 처리단위이며 내부에 가장 작은 논리적 요소인 속성(Attribute)들을 포함하고 있다. 개체의 선정과 추상화는 정보 공학자의 선행적 지식에 주로 의존한다. 본 연구에서 개체는 디젤 엔진의 구성요소인 흡배기계통, 유허계통, 냉각계통, 열교환기계통, 연료계통, 발전계통 등이 하나의 개체로 선정될 수 있고 증상, 진단, 조치들이 속성으로 표현될 수 있다.

진단 대상에서 일어나는 또 다른 특징은 사건이나 시간에 따라 시스템 내의 개체들이 자신의 상태를 바꾸게 된다. 상태다이어그램은 진단 시스템의 개체들 간의 변이를 동적으로 표현하고 이들 간의 행위적인 관련성을 이해하는데 필요한 도구이다. 즉, 상태다이어그램을 통해 이러한 사건이나 동적인 변화에 따른 시스템의 흐름을 활동(Activity)으로 표현하도록 지원한다.

진단대상에 대한 개체와 속성이 결정되면 대상의 하부기

기 및 계통 간에 관련성을 추출해야 한다. 관련성은 진단대상의 인과관계를 의미하며 인과관계와 관련된 지식의 추출은 전문가의 경험적 지식과 관련 문헌을 통해 수집한다. 수집된 지식과 자료는 계통별로 분류하고 분석하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 발전기 분야 전문가의 도움을 받아 대상의 각 계통별 증상, 진단, 조치에 대한 상호간의 관계를 설정하였다. 그림 5는 저온냉각수 계통(LT Water Circuit)의 증상에 관한 진단 및 조치의 흐름을 상태다이어그램으로 나타낸 것이다. 이 상태다이어그램에서는 에어컨러의 출구 CCW 냉각수 온도가 상승했을 때 증상별로 진단과 조치가 전파되어 가는 과정을 보여주고 있다.

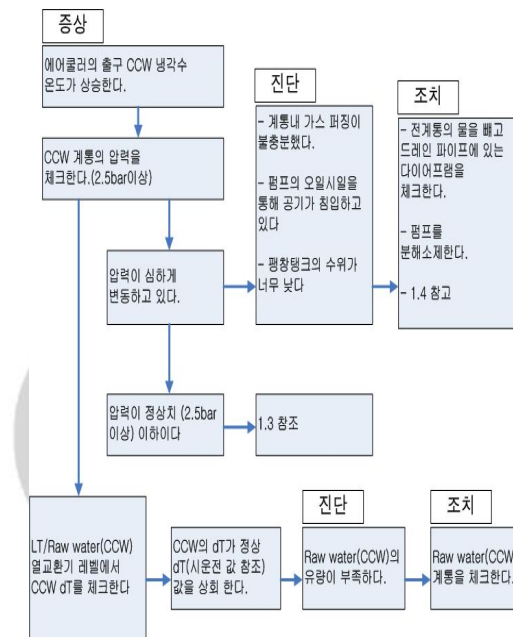


그림 5. 저온 냉각수 계통의 상태다이어그램
Fig. 5 Condition diagram of LT Water Circuit

3.3 진단지식의 표현 방법

추출된 외부 진단지식을 내부 진단지식으로 표현하는 방법은 규칙, 의미망, 프레임, 객체 등이 있다[8]. 첫 번째, 규칙을 이용한 지식 표현법은 일반적으로 가장 널리 알려진 방법이다. 이는 정성적인 내용을 생성규칙(Production Rule)의 형태로 표현하며 각각의 규칙 자체가 독립적인 의미를 가지고 있다. 규칙의 추가 및 수정이 쉬우며, 또한 결과에 대한 설명기능이 자동적으로 해결된다[9]. 그러나 규칙의 수가 많아지면 지식을 분류, 검색하기가 어렵게 되는 문제점을 지니고 있다.

두 번째, 의미망(Semantic Network)을 이용한 지식 표현법은 연관기억의 심리 모형을 근거로 하고 있다. 이는 특정 객체나 개념을 표현하기 위한 노드(Node)와 노드간의 관계를 표기하기 위한 호(Arc)로 구성되는 네트워크 구조이다. 의미망은 이해하기 쉽고 표현이 유연하다. 그러나 노드의 구조가 단순함으로 말미암아 어느 객체에 속한 속성(Property)들도 객체와 같이 독립된 노드로서 표현되어야 하고 노드가 담고 있는 정보의 양이 적기 때문에 조금만 문제가 복잡해져도 의미망의 탐색이 길어지는 문제점이 있다[10].

세 번째, 프레임을 이용한 지식 표현법은 대상 및 객체에 대한 여러 개의 상황정보들을 표현할 수 있는 자료구조이다 [9]. 하나의 프레임은 여러 개의 슬롯으로 구성되며, 각 슬롯은 프레임이 나타내고자 하는 대상의 특성을 나타낸다. 또한 프레임은 하나 이상의 메소드(Method)를 이용하여 절차적 정보도 표현할 수 있다. 이 표현법은 개념적인 형태의 지식을 표현하는 데는 우수한 반면, 규칙 형태의 지식을 표현하는 데는 문제점이 있다.

네 번째, 객체지향 지식표현법은 프레임을 이용한 지식표현의 확장된 표현 방법으로 클래스(Class)를 이용한다. 이 표현법은 클래스의 추상화, 클래스의 계층적 구조, 상속, 클래스의 인스턴스, 메소드, 모듈화와 캡슐화 등과 같은 객체지향의 여러 이점을 제공한다. 또한 개체의 모듈화, 재사용, 확장성, 변경의 유연성 등을 통해 대상의 특성 표현이 용이하고 객체의 상속 기능과 절차의 재활용 기능을 지닌다. 본 연구에서는 'JRULES'와 'IRE'와 같은 객체지향형 전문가시스템 개발도구와의 호환성을 고려하여 객체지향 지식표현법을 이용한다.

IV. 클래스 형식 정의 및 인과관계 모형화

4.1 클래스 형식 정의

추출된 개체(Entity)들을 내부 진단지식으로 변경하기 위해서는 개체들을 계층별로 분류하고 클래스의 기술 형식을 정의해야 한다. 본 연구의 클래스 형식의 표기법은 '(Class_Name, Attribute, Value_Type, Value)'의 구조를 갖는다. 표 1은 이 표기법에 따라 원전 비상 발전기용 디젤엔진의 진단지식을 클래스 형식으로 나타낸 것이다.

원전 비상 발전기용 디젤엔진의 각 계통을 Class명으로 하고 각종 센서들을 Attribute로, 센서 값을 Value로 정의한다. 표 1에서 배기가스(EG System) 클래스의 속성은

'Cylinder Exhaust Gas' 와 'Turbine Inlet Gas', 'Turbine Outlet Gas'로 나타내고 있고, Value는 아날로그 값을 갖는 상태와 시계열 값을 갖는 증상으로 구성된다.

상태는 VL(Very Low), L(Low), N(Normal), H(High), VH(Very High)의 5가지 값을 가지며 증상은 Increase, Decrease, Steady값 중 하나의 값을 가진다. 상태 값은 실시간 데이터의 순간 데이터로부터 얻어지고 증상 값은 순차적인 시계열 데이터를 분석하여 현재 데이터 값이 '증가하는가', '감소하는가', 또는 '일정한가'를 판단하여 결정된다.

표 1. 디젤엔진의 6 계통에 대한 클래스 형식
Table. 1 Class type for six subsystem of diesel engine

Class	Attribute	Value Type	Value	
			상태	증상
EG System	Cylinder Exhaust Gas	Temperature	High	Increase
	Turbine Inlet Gas		Low	Steady
	Turbine Outlet Gas			Decrease
SA System	Engine Inlet Air Pressure	Pressure	High	Increase
	Engine Inlet Air Temperature	Temperature	Low	Steady, Decrease
LO System	Engine Inlet LO Pressure	Pressure	High	
	Bearing Temperature (NI-N9)	Temperature	High	Increase
	Thrust Bearing Temperature (NI-N9)			
	Generator Bearing Temperature			
	Engine Inlet LO Temperature			
Thrust Bearing Temperature OI				
Thrust Bearing Temperature OE		Decrease		
			Steady	
	LO Level	Level	Low, Very Low	
	Crankcase Gas Pressure	Pressure	Low	
HT Water System	Engine Outlet HT Water Temperature	Temperature	Low	Increase
	HT Water Tank Level	Level	High	Steady, Decrease
	HT Water Pressure	Pressure	Low	
LT Water System	Air Cooler CC Water Temperature	Temperature	Low	Increase
	LT Water Pressure	Pressure	High	Steady, Decrease
	LT Water Tank Level	Level	Low	
FO System	DO Daily Tank Fuel Leakage Level (A, B)	Level	Low, Very Low	
	DO Storage Tank Level	Level	Low	High
	DO Pressure	Pressure	Low	
	DO Strainer Differential Pressure	Pressure	High	

4.2 인과관계 설정을 위한 결정테이블의 구성

진단대상의 클래스 형식이 정의되면 활동(Activity)으로부터 계통별 증상 및 상태 간의 관계를 도출해야 한다. 이상 상태의 인과관계는 '상태나 사건의 변화에는 반드시 그것을 발생시키는 이유가 있다'라는 논리에 의존 한다. 이때 이유를 '원인'이라 하고 원인에 의해 발생하는 현상을 '결과'라 한다. 일반적으로 동일한 원인에서 동일한 결과가 발생하기 때문에 인과관계는 고장의 진단과 현상을 해석하는 규칙으로 많이 활용된다.

그림 6은 배기계통에서 배기가스 온도가 High라는 상태 값이 측정되면 배기밸브가 이상일 것이라는 증상이 예측되고 이것을 통해 배기계통과 연관된 다른 계통의 고장도 함께 예측 될 수 있음을 예시하고 있다.

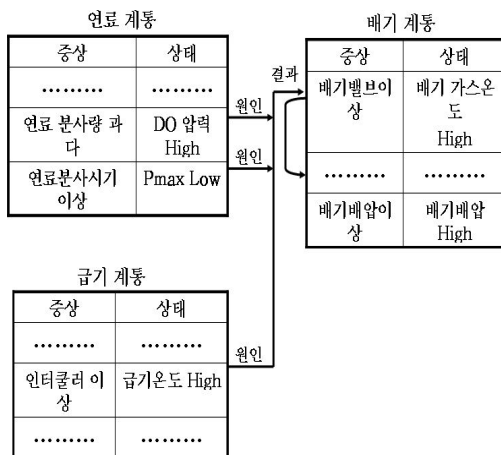


그림 6. 계통별 증상 및 상태 간의 관계
Fig. 6 Relations between subsystems with condition and symptom

이러한 관계를 도출하기 위해서는 일반적으로 센서로부터 설정 레벨의 상태 값을 추출하고, 시계열 데이터 관계에 의해서 증상을 추출한다. 그리고 증상과 상태간의 관계를 설정함으로써 계통별 인과관계를 확인 할 수 있다. 그림 7은 분류된 각 계통별 기기 간의 인과관계를 객체지향 표기법으로 정의하는 방법을 보여주고 있다.

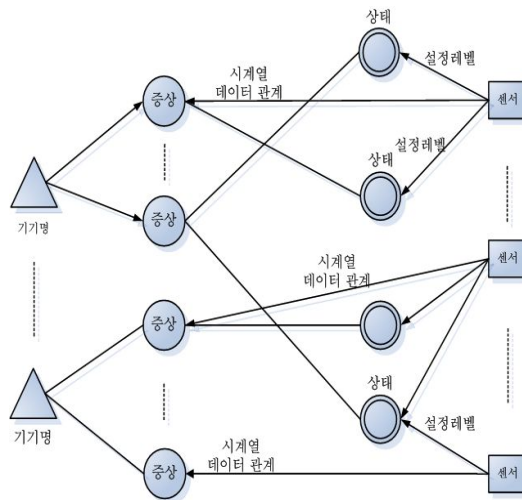


그림 7. 객체지향 표기법에 의한 각 계통별 기기간의 인과관계 모델
Fig. 7 Causality model between subsystems by object oriented method

센서에서 실시간으로 측정되는 데이터들은 아날로그와 디지털 값으로 이루어져 있기 때문에 이 값들을 진단에 직접 사용하면 진단지식이 매우 복잡해진다. 따라서 센서의 상태 값과 시계열에 의한 경향(Trend)을 파악하여 정당화하였다. 이러한 정당화를 통해 측정값을 체계화하고 진단시간도 단축할 수 있는 이점을 갖는다. 인과관계 모델을 다양한 고장진단시스템에 적용하기 위해서는 대상의 계통별 증상과 상태를 추론지식으로 일반화 시켜야 한다.

본 연구에서는 추론지식의 일반화를 위해 결정테이블(Decision Table)을 이용한다. 이 결정테이블은 연역적 추론을 위해 진단 항목과 상태 항목을 속성으로 갖고 항목 간의 확신도(Degree of Confirmation)를 추정하기 위해 연관정도 항목을 속성으로 갖는다. 결정테이블을 이용한 설계 모형은 증상과 상태의 인과관계만을 요소로 갖기 때문에 추론의 독립성과 이식성이 높은 지식베이스의 구현을 가능하게 한다.

디젤기관의 인과관계 모델은 연료유계통, 저온냉각수계통, 고온냉각수계통, 윤활유계통, 소기계통, 배기가스계통을 별도의 독립된 결정테이블로 나누어 구성한다. 표 2는 연료계통의 인과관계를 모델링한 결정테이블이다. 이러한 결정테이블들은 'JRULES'와 'IRE'와 같은 객체지향형 고장진단시스템의 추론 지식으로 바로 활용 될 수 있다.

표 2 연료계통의 결정테이블
Table. 2 Decision table of fuel oil circuit

증상	상태	연관 정도
연료성상 불량	배기계통 저	중
	기관진동 대소	중
	발전기주파수 감	중
	기관회전수 감	중
연료유량 부족	발전기주파수 감	강
	연료유량 소	강
	기관회전수 감	강
연료분사량 부족	배기계통 저	강
	발전기주파수 감	강
	기관회전수 감	강
연료분사량 과대	배기계통 고	강
	기관진동 대소	약
	발전기주파수 증	약
	기관회전수 증	강
연료분사시기 이상	배기계통 고	중
	배기계통 저	강
	기관진동 대소	강
연료배관 파손	연료유량 대	강
흡입공기온도 고	배기계통 고	강
	흡입공기온도 고	강
	연료유량 대	약
흡입공기계 이상	배기계통 고	강
	급기압력 저	강
	발전기주파수 감	중
	연료유량 대	중
	기관회전수 감	중

V. 결 론

본 연구는 원전 비상 발전기의 고장을 진단하고 고장 부위를 예측하기 위해 기기별 사고 원인을 분석하고 이상상태를 분류하여 진단 지식을 추출하였다. 추출된 진단지식은 지식베이스에 적용하기 위해 객체지향 기술을 이용하여 클래스 형식과 인과관계 모형을 설계 하였다. 인과관계는 추

론엔진의 추론 과정을 통해 대상 기기의 고장을 진단하고 고장 부위를 예측하기 위한 기반 지식이 된다. 인과관계 모형은 결정테이블로 구성하여 'JRULES'와 'IRE'와 같은 전문가시스템 개발도구의 지식베이스에 바로 적용 가능하도록 하였다. 본 연구는 고장진단을 위한 클래스 및 인과관계 모형의 설계를 통해 다음과 같은 성과를 얻었다.

- (1) 객체지향 표현기법을 적용하여 복잡한 원전 비상 발전기의 여러 계통을 클래스로 표현하고 각 계층항목이 가지는 특성을 속성으로 정의함으로써 대상시스템을 체계적으로 분석 가능하도록 하였다.
- (2) 추론을 위한 인과관계의 설계 모형을 결정테이블로 구현하였기 때문에 다양한 개발도구를 통한 이식성 높은 지식베이스의 구현이 가능하다.
- (3) 기존 운영되고 있는 원전의 모니터링시스템의 데이터 수집 기능과 경보점검 기능을 그대로 이용하여 각 계통을 클래스로 설계함으로써 원전 모니터링시스템의 감시체제와 통합된 고장진단시스템을 구현할 수 있다.

참고문헌

- [1] 조권희, “국의 원전 고장사례 분석을 통한 국내 비상디젤엔진 계통 신뢰도개선 연구”, 한국 박용기관학회, 춘계학술대회 논문집, pp.137-147, 2004
- [2] 조권희 외 4명, “국의 원전 고장사례 분석을 통한 국내 비상디젤엔진 계통 신뢰도개선 연구”, 한국 박용기관학회, 춘계학술대회 논문집, pp.137-147, 2004
- [3] 이재규 외 5명 공저, “전문가시스템 원리와 개발”, 법영사, 1996.
- [4] 모경주 외 3명, “화학 공정의 이상진단을 위한 조업지원 시스템의 개발”, 전문가시스템학회지, 제 2권, 제 1호, pp.11~26, 1996.
- [5] 정학영, 박현신, “경보처리 기반 진단 시스템 개발”, 전문가시스템학회지, 제 4권, 제 1호, pp.103~113, 1998.
- [6] R. Khosla and T. Dillon, “Enabling Technology for Diagnostic Applications”, (Industrial and Engineering Application of Artificial Intelligent and Expert Systems) : Proceedings of the Eight International conference on held in Melbourne, Australia, pp.263~272, 1995.

- [7] 최옥현, “하이브리드 지식표현을 이용한 선박 엔진 고장 진단 전문가시스템의 구현에 관한 연구”, 석사학위 논문, 1999.
- [8] R. Khosla and T. Dillon, Enabling Technology for Diagnostic Applications, Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligent and Expert Systems : proceedings of the eight international conference held in Melbourne, Australia, p263~272, 1995.
- [9] John Durkin, Expert Systems Design and Development, Prentice Hall, 1994.
- [10] 이재규 외 5명 공저, 전문가 시스템 원리와 개발, 범영사, 1996.

저 자 소개



하 창 승

1984년 2월 한국해양대학교 항해학과 졸업 (공학사)
1992년 2월 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
2004년 2월 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학박사)
1996년 9월 - 2006년 2월 동명대학 모바일웹마스터과 부교수
2006년 3월 - 현재 동명대학교 항만물류학부 조교수

관심분야



박 종 일

2003년 2월 동명대학 평생교육원 컴퓨터공학과 (공학사)
2005년 8월 한국해양대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
2006년 2월 - 현재 한국해양대학교 컴퓨터공학과 (박사과정)

관심분야

