

객체 기반 고장 진단 전문가 시스템

권경봉 · 김정년 · 백영식
경북대학교 전자 전기공학부

Object-Based Fault Diagnosis Expert System

Kyung-Bong Kwon · Jung-Nyun Kim · Young-Sik Baek
Dept of Electronic & Electrical Eng. Kyungpook National Univ

Abstract - In this paper we developed an object-based expert system for electric power system fault diagnosis. The object corresponds to a hardware or event in real world and they are independent each other. The expert system is designed to estimate the fault sections and identify the false operation, nonoperation of protective devices. The expert system was developed using C++ language in pentium PC. We applied the expert system in various sample systems and showed that making up a knowledge base is easier and diagnosis was done in a approximately real time.

1. 서 론

전력계통은 외부에 노출되어 있기 때문에 자연 재해나 여러 가지 원인에 의해 고장이 발생하게 되며, 전력의 안정적인 공급이라는 측면에서 전력계통 고장에 대한 진단, 복구, 계통 보호에 관한 문제는 중요한 관심사가 되었다. 그 중 전력계통의 고장진단은 입력된 계전기와 차단기의 정보로부터 고장이 발생한 위치를 전체 계통에서 정확히 판별하는 문제이다. 현재까지의 고장진단은 주로 숙련된 전문가의 경험에 의존하여 해결되어 왔으며, 전력계통이 점차 대형화되고 그에 따른 계통 보호 시스템이 복잡해짐에 따라 계통의 고장의 양상은 점점 복잡, 다양화되고 있다.

또한 계통자동화를 위한 실시간 고장진단에는 경험적인 판단이 시간이 많이 소요되고, 정확한 진단에 어려움이 있어 최근에 이의 해결을 위한 전문가 시스템의 적용이 연구되어지고 있다.

지금까지 전력계통의 고장진단분야에 적용되고 있는 전문가 시스템에서의 지식 표현방법으로는 생성규칙, 프레임, 신경회로망, 논리등이 있으며 계속 연구가 진행되고 있는 상태이다.

본 논문에서는 전력계통의 고장진단을 위한 객체 기반 전문가 시스템을 제안하였다. 객체 기반 전문가 시스템은 지식을 구성하는 각각의 사실을 독립적인 객체로 표현하고 지식을 객체들간의 상호연결로서 나타내며, 추론은 객체들

간의 메시지 전달로써 행하게된다. 지식베이스는 객체들간의 상호 연결 상태의 집합으로서 구성되어진다. 그리고 관계 기술에 사용된 객체들은 현실 세계의 하드웨어에 대응되도록 구성하여 각각의 독립성을 유지하도록 하였다. 이렇게 구성된 전문가 시스템을 여러 가지 모의 계통의 고장진단에 적용함으로써 탐색의 효율성과 지식베이스 구성의 용이함에 따라 실시간 운용이 가능함을 보였다.

2. 객체 기반 전문가 시스템^[2]

2.1. 개요

객체 기반 전문가 시스템은 현실 세계의 사물이나 사실을 독립적인 객체로 모델링 하고 객체들간의 메시지 전달로써 추론을 하게된다. 지식을 독립적인 객체간의 연결로 나타내어 지식베이스의 구성이나 변경이 쉬우며, 추론은 메시지를 받은 객체들에서만 행하여지게 되어 추론시간 역시 매우 짧게 된다. 객체는 객체의 상태를 나타내는 데이터 및 스스로 추론을 할 수 있는 추론메소드를 가진다. 추론메소드로써 한 객체는 다른 객체와 상호 메시지 교류가 가능하게 된다. 또 각각의 객체는 현실 세계에서 직접적으로 메시지를 받아 추론을 하고, 메시지를 받은 객체는 다른 객체들에게 메시지를 전달함으로써 결론에 도달 할 수 있다.

2.2 전문가 시스템의 구성

전문가 시스템을 구성하기 위해 필요한 지식은 고장을 진단하기 위한 규칙, 오,부동작 기기를 판별하기 위한 규칙, 그리고 계통의 구성에 대한 정보이며, 전문가 시스템의 입력은 계전기와 차단기의 동작여부이다.

전문가 시스템은 추론을 위한 객체와 시스템 구성을 인식하기 위한 객체로 구성되어 있다. 객체간의 계층도는 그림1과 같다.

추론을 위한 객체는 Fact, Gate, Link 객체가 존재한다. Fact객체는 어떤 사건,사실을 표현한 것이며 Gate객체는 각 사건에 대한 논리적으로 연산을 하는 객체로써 연산이 참일 경우 다른 객체로 메시지를 전달하게 된다. OR연산과 AND연산이 가능하다. Link객체는 객체들을 서로 연결하기

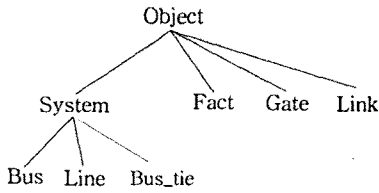


그림 1. 객체의 계층도

위한 객체로 메시지를 전달하는 경로가 된다. 시스템을 인식하기 위해 필요한 객체는 Bus, Line, Bus-tie 이며, System 이라는 부모 객체를 상속받게 된다.

Bus, Line, Bus_tie 객체는 데이터로 Fact객체를 가지고 있다. 이 Fact객체는 Bus, Line 에 연결된 계전기나 차단기의 상태를 나타내며 앞에서 기술한 바와 같이 서로간에 Link 객체와 Gate객체를 통해 연결되어 있으며 입력이 들어올 경우 추론을 하게 된다.

2.3. 객체 기반 전문가 시스템의 추론

다음과 같은 규칙을 객체를 이용하여 구성하면 그림 2와 같이 된다.

$$A * B * (C + D) \rightarrow G1$$

$$(C + D) * E * F \rightarrow G2$$

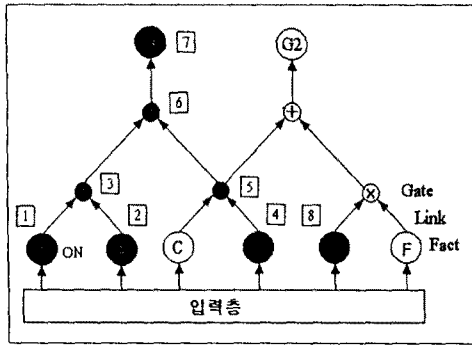


그림 2. 객체 기반 전문가 시스템의 지식 표현과 추론

A, B, D, E에 입력이 들어올 경우의 객체사이의 메시지 흐름은 다음과 같다.

- A객체 → a1객체 : a1객체 대기상태
- B객체 → a1객체 : a1객체 AND연산, 메시지 전달
- a1객체 → a4객체 : a4객체 대기상태
- D객체 → a2객체 : OR연산, 메시지 전달
- a2객체 → a4객체 : a4객체 AND연산, 메시지 전달
- a4객체 → G1객체 : 결론 도달

E객체 → a3객체 : a3객체 대기상태, 더 이상의 입력이 없어 결론에 도달 못함

Fact객체와 Gate객체는 Link객체를 통해 연결되며, 전후의 Link객체의 주소를 포인터로 가지고 있게 되므로 전방향으로의 메시지 전달뿐만 아니라, 목적사건으로부터 역방

향 탐색도 가능하게 구성되어 있어 보호 기기의 오동작, 부동작검출에 이용할 수 있다. 목적사건에서 시작하여 참인 경로를 따라 깊이탐색을 하게된다. G1에서 시작하여 참인 경로를 따라 AND객체에 이르게 되고 AND와 OR객체중에서 먼저 AND객체부터 탐색하게된다. AND객체에 연결된 A, B객체를 탐색한 후에 다시 AND객체에 OR객체에 연결된 D객체를 탐색하게된다. E객체에는 결과사건으로부터 참인 경로가 존재하지 않으므로 탐색을 할 수 없게되므로 오동작임을 검출하게된다.

3. 사례 연구

3.1 모의 송전 계통

객체 기반 전문가 시스템을 그림3의 계통^[3]에 대하여 적용하여 보았다.

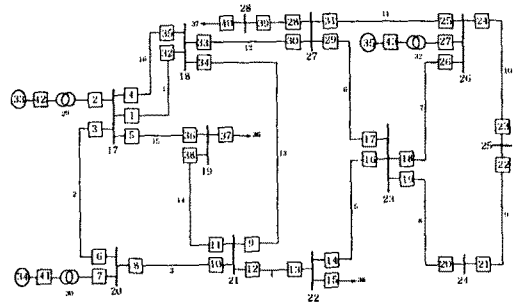


그림 3. 모의 계통 1

그림3의 계통은 16개의 선로(번호 1-16), 12개의 모선(17-28)과 4개의 변압기(29-32)등으로 구성되어있다. 선로 양단에는 계전기와 차단기가 연결되어 있다. 그림에는 차단기만 표시되어 있지만 차단기 번호와 동일한 주보호계전기와 후비보호계전기가 연결되어 있다.

그림4는 객체로 모델링된 간략화된 모의 계통이다.

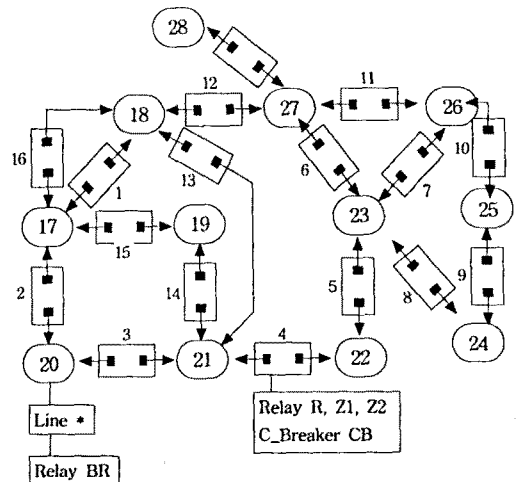


그림 5. 간략화된 모의 계통

(사례1)

동작한 계전기, 차단기 : R14 Z116 CB14 CB17 CB18
CB19

고장진단 결과 : FL5 (부동작 계기 : CB16)

설명 : 사례1은 선로 5양단의 14번 주보호계전기와 16번 1차 후비보호계전기가 동작하고 14번 차단기가 동작하였지만 16번 차단기가 부동작하여 16번 차단기의 후비보호 차단기인 17,18,19번 차단기가 동작한 경우이다.

(사례2)

동작한 계전기, 차단기 : Z221 Z224 CB21 CB24

고장진단 결과 : FL9 (부동작 계기 : R22 Z112 Z222)
FL10 (부동작 계기 : R23 Z123 Z223)
FBUS9 (부동작 계기 : RBUS9)

설명 : 사례2는 21번 2차 후비보호 계전기와 24번 2차 후비보호 계전기가 동작한 경우로 3가지 고장진단이 가능하다. 첫 번째는 9번 선로의 21번 2차 후비보호계전기가 동작하고 22번 계전기는 주보호계전기와 1,2차 후비보호계전기가 모두 부동작하여 24번 2차 후비보호계전기가 동작한 경우이다. 두 번째는 10번 선로의 24번 2차 후비보호계전기가 동작, 23번 주보호계전기, 1,2차 후비보호계전기가 부동작하여 21번 2차 후비보호 계전기가 동작한 경우이다. 세 번째의 경우는 25번 모선의 주보호계전기가 부동작하여 21,24번 후비보호 계전기가 동작한 경우이다. 첫 번째와 두 번째의 해는 많은 계전이 부동작한 경우로 실제로 발생하기 어려우므로 세 번째의 해가 가장 가능성이 있는 경우가 될 것이다.

객체 기반 전문가 시스템은 해가 한 개거나 또는 여러개인 경우 모두에 대해서 정확한 고장진단 결과를 출력하였다. 고장진단 결과와 함께 부동작계기와 오동작계기도 함께 나타내어 고장진단 결과에 대한 이해를 도모하였다.

3.2 모의 변전소 계통

객체 기반 전문가 시스템을 그림5과 같은 변전소 계통^[1]에 적용하여보았다.

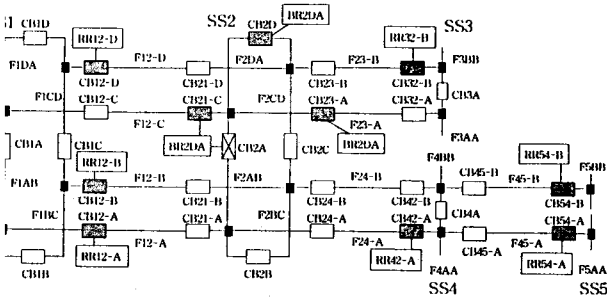


그림 5. 모의 계통 2

변전소 SS1, SS2는 4개의 버스타이를 가진 이중모선이며, 두 모선사이에는 4개의 진송선이 있다.

(사례1)

동작한 계전기-BR2DA RR12-A RR12-B RR12-D
RR32-B RR42-A RR54-A R54-B

동작한 차단기-CB2D CB12-A CB12-B CB12-D CB21-C

CB23-A CB32-B CB42-A CB54-A CB54-B

고장진단결과-F2DA(부동작계기 : CB2A, RR42-B)

설명-모선 F2DA에 고장이 발생하여 모선보호계전기 BR2DA가 동작하였지만, 차단기 CB2A가 부동작하여 후비보호계전기인 RR12-A, RR12-B, RR12-D, RR32-B, RR42-A가 동작하였다. 그러나 RR42-B가 동작하지 않아 RR54-A, RR54B, CB54-A, CB54-B가 동작하였다.

제한한 전문가 시스템을 여러 가지 모의 계통의 고장진단에 적용하여 본 결과 고장영역과 부동작 보호 기기를 정확히 검출하여 내었으며 고장진단의 해가 여러개인 경우도 정확히 검출하였다. 이와 같은 객체 기반 전문가 시스템은 지식베이스 구성이 용이하며, 지식의 변경이나 시스템의 변경에 따라 지식베이스 변경이 쉽고, 추론 시간이 짧아 실시간 운용이 가능할 것으로 사료된다.

4. 결론

본 논문에서는 전력 계통의 고장진단을 위한 객체 기반 전문가 시스템을 구성하였다.

이전의 전문가 시스템의 지식 표현 방법과는 달리 지식을 구성하는 사실을 실제 하드웨어(계전기, 차단기 등)에 대응하도록 객체로 구성하였고 객체들끼리 연결을 통해 지식을 표현하였다. 그 결과 지식간의 독립성이 유지되어 지식의 변경시 지식베이스의 재구성이 용이하게 되었다. 계전기나 차단기의 동작 정보를 입력으로 하여 연결된 객체끼리의 전,후방향 메시지 전달로써 결론을 도출하여 추론과정의 효율성도 기하였다.

제한한 전문가 시스템을 여러 가지 모의 계통의 고장진단에 적용하여 본 결과 고장영역과 오,부동작 보호 기기를 정확히 검출하였다.

이와 같은 객체 기반 전문가 시스템은 지식베이스 구성이나 변경이 용이하며, 추론 시간이 짧아 실시간 운용이 가능할 것으로 사료된다.

5. 참고 문헌

- [1] Chihro Fukui, Junzo Kawakami, "An Expert System for Fault Section Estimation Using Information from Protective Relays and Circuit Breakers", *IEEE Trans. on PWRD*, Vol. 1, No. 4, pp. 83-90, October 1986.
- [2] 김정년, 백영식, "객체기반 전문가 시스템", 대한전기학회 춘계학술발표대회, pp.88-91, May 1997.
- [3] 박영문, 이홍재, "전력계통의 고장진단 전문가 시스템에 관한 연구", 대한전기학회 논문지 39권, No. 10, pp.1021-1028, October 1990.
- [4] George F.Luger, William A. Stubblefield, "Artificial Intelligence and the Design of Expert System", The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. 1989.