

지능형 수배전반 시스템 구현을 위한 지식기반 추론기법에 관한 연구

박찬업, 홍창호, 이승철, 문운철
 중앙대학교 전자전기 공학부

A Knowledge-based Inference Technique for Development of Intelligent Distribution Panel System

Chan-Eom Park, Chang-Ho Hong, Seung-Chul Lee, Un-Chul Moon
 School of Electronic and Electrical Engineering, Chung-Ang University.

Abstract - 최근 통신 및 컴퓨터 기술이 급속하게 발달되고 전기설비의 계측 및 보호계전기의 디지털화가 본격적으로 진행됨에 따라 수배전 설비분야에서도 고 신뢰도와 및 고품질의 전력을 공급하기 위한 많은 기술들이 개발되고 있다. 그에 따라 기존 아날로그 방식의 유도형 수배전반의 단점을 보완하기 위한 디지털 보호계전기 기반의 전자화 및 일체형 수배전반의 수요가 점차 증가하고 있다.

본 논문에서는 수배전반의 구성과 부하설비에 관한 정보를 기반으로 설비 및 부하운영상태의 이상 유무를 판단하고 대처할 수 있는 지능 시스템 구현의 기초가 되는 지식기반 추론기법의 접근방법을 논하고자 한다.

1. 서 론

최근 각종 Plant 및 대형 빌딩의 전기 설비가 첨단 자동화 되어 가면서 전기설비에도 전자기술, 컴퓨터 및 통신 기술을 응용한 설비의 고 기능화, 고 신뢰도화, 소형화 및 표준화가 활발히 진행되고 있다.[1] 수배전 설비분야에서도 양질의 전력을 공급하기 위한 많은 기술들이 개발되고 있으며 그로 인해 기존 아날로그 방식의 유도형 수배전반의 단점을 보완한 디지털 보호계전기 기반의 전자화 및 일체형 수배전반의 수요가 급증하고 있는 추세이다. 전기기구나 설비의 상태를 모니터링하고 분석하기 위한 정보의 대부분이 디지털화됨에 따라 이를 바탕으로 전력품질의 이상검출 뿐만 아니라 수배전 설비 자체의 유지 보수에 관련된 문제들에 대해서도 보다 효과적으로 있게 대처할 수 있는 계기가 마련되었다.

또한 전력 수용가에 고품질의 전력을 공급하고 편리하고 안정적인 전기설비 및 기기의 유지보수를 통해 합리적인 전기 에너지의 사용을 위한 전기에너지의 원격 관리 시스템들의 적용도 확대되고 있다.

본 논문에서는 수배전반의 구조에 관한 정보를 기반으로 설비운영상태의 이상 유무를 판단하고 대처할 수 있는 지능 시스템 구현을 위한 지식기반 추론기법에 대하여 논의하고자 한다.

2. 본 론

2.1 지식기반 추론기법

전자화 수배전 시스템 및 원격 관리 시스템의 적용으로 설비 운용이 편리해지고는 있으나 사고 발생 시 신속한 대처와 원인분석, 사고의 원인요소를 미리 예측한 효과적인 사고의 예방을 위해서는 보다 더 지능 자동화된 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 수배전반 시스템의 구성정보, 계측기 정보, 계전기정보와 실시간 계측 및 상태정보 등을 기반으로 추론을 하고 결과를 제시하는 JESS(Java Expert System Shell)를 이용한 Rule 기반의 추론기법에 대하여 논의하고자 한다. 추론기관에서는 수배전반 시스템의 구성정보를 바탕으로 각각의 Feeder에 설치되어 있는 센서 및 보호계전기들의 상태를 모니터링 하여 추론을 통해 전력품질의 수준을 판정하고 적절한 조치를 내리게 된다.

2.2 JESS 추론 기관

JESS 추론 기관은 Sandia National Laboratory 의 Ernest Friedman-Hill에 의해 JAVA Language로 구현되었으며 JAVA 응용 프로그램과의 연계를 쉽게 할 수 있다는 특징을 가지고 있다. JESS의 추론방식 및 Rule 구성을 위한 Syntax는 전문가 시스템 구현에 많이 적용되었던 CLIPS (C Language Integrated Production System)를 기반으로 하고 있다. [2]

JESS 추론기관의 구성요소를 간단히 살펴보면 다음과 같다.

- 1) Fact : 구성된 Rule을 집행하기 위한 데이터로써 작업메모리(Working Memory)내에 포함되어 있다. 본 논문에서 예시로 제시한 수배전반 시스템에서 설비 구성 정보, 전압, 전류 및 역률 그리고 차단기와 계전기의 상태정보 등이 이에 해당한다.
- 2) Rule : 주어진 Fact들을 가지고 추론을 할 수 있는 지식의 표현이며 사용자가 임의로 업데이트 할 수 있고 집행된 Rule의 결과 또한 Fact로 추가될 수 있다.
- 3) Template : slot을 이용하여 다양한 Facts들을 분류하는데 사용한다. 본 논문에서 예시로 제시한 수배전반 시스템의 구조에 대한 가상모델을 구현하는 방법으로 사용하였다.

2.3 수배전반의 가상모델 구현

추론기관을 이용해 수배전반 시스템 운용 상태에 대한 추론을 하기 위해 실제 시스템의 구조를 나타내는 가상 모델을 구축하였다. 그림1은 주변압기 2차 측에 10개의 분기 Feeder가 연결된 수배전반 예시 결선도를 나타낸다.[3] 그리고 그림 2에 Template 구조를 이용한 수배전반 가상모델의 예를 나타내었다.

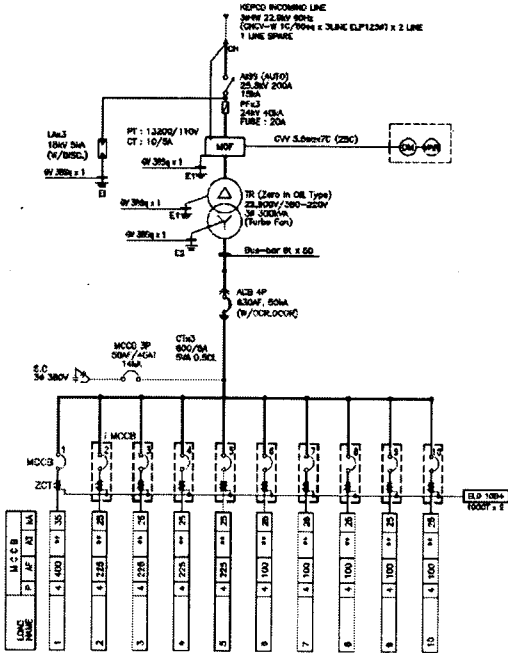


그림 1. 수배전반 시스템 단선 결선도

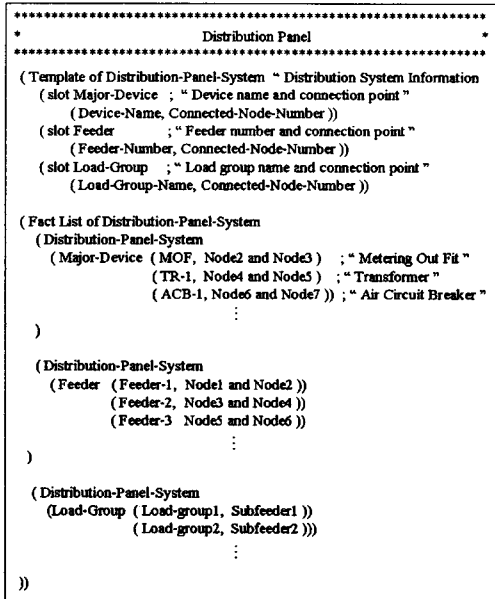


그림 2. 수배전반 시스템의 구성모델

그림 2에서 slot 으로 나타낸 것들은 MOF, 변압기, Feeder, 보호계전기 및 계측기기 등 수배전반을 구성하고 있는 기기들에 정보로써 기기들의 명칭, 설치된 위치를 표현할 수 있는 연결점 등이 나타나 있는 것을 알 수 있다.

가상모델은 실제 수배전반 시스템의 구조와 일치하며 구조를 구성해주는 메인 프로그램을 통해 추론 기관과 연계됨으로써 추론기관이 정확한 진단을 하고 결과를 도출할 수 있게 해주는 기능을 한다.

2.4 수배전반 시스템의 운영상태 추론

수배전반 시스템에 대한 가상모델을 기반으로 육내 배전 시스템의 이상여부 감시 및 이상발견 시 적합한 대처 방안 제시를 위한 지식을 표현하는 방안의 하나로 Rule 을 사용한다. 추론을 위한 Rule은 조건을 나타내는 LHS (Left Hand Side) 과 결론을 나타내는 RHS (Right Hand Side)로 구성되어 있다. 즉 Fact 리스트에 LHS에서 사용할 해당 Fact가 존재할 경우 조건이 만족되어 RHS인 결론을 내릴 수 있는 구조로 되어 있다. 이때 LHS를 만족하는 Fact가 존재하지 않을 경우에는 해당 Fact를 확인하기 위한 역방향 추론(Backward chaining) 이 시작 (trigger) 된다.

Rule은 지능시스템 구현 대상이 되는 수배전 시스템이 바뀌어도 쉽게 적용시키기 위하여 가능한 한 그 값을 반복 치환해가며 적용될 수 있는 변수들로 구성된다. 이때 변수 값이 Fact로써 이미 주어져 있을 경우에는 그 값을 치환되고 아직 Fact 값으로 주어지지 않았을 경우에는 전기한 대로 그 변수 값을 추론하기 위한 역방향 추론이 트리거 된다. Rule의 집행은 크게 3가지 원인으로 시작 된다. 첫째 주기적으로, 둘째 계전기나 차단기동작 등의 이벤트의 발생 시 그리고 셋째로 외부로부터의 문의 또는 요구 사항에 대한 답변이 필요할 때 각각 집행된다. 연속적으로 수집되어 들어오는 각종계측 및 상태 데이터들을 기초로 주기적으로 집행되는 Rule중 최상위 추상레벨 Rule의 예를 들면 아래와 같다.

주어진 Feeder의 전압상태와 전류상태가 안정이면 해당 Feeder는 안정 상태이다.

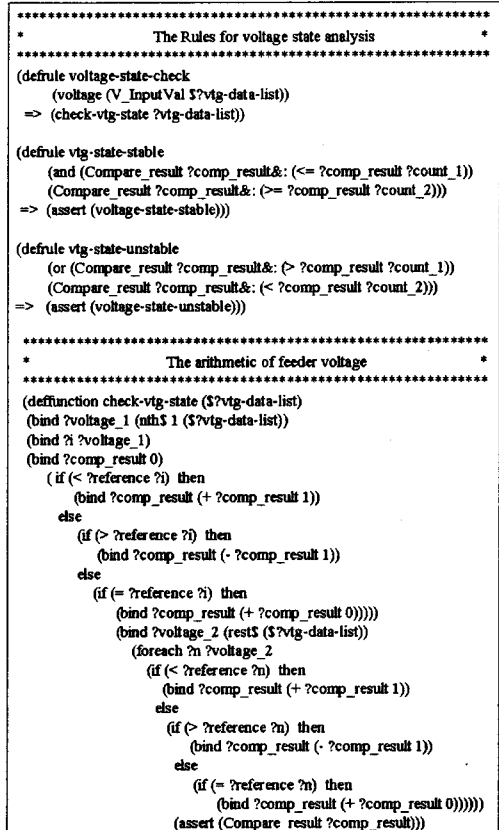


그림 3. Rule의 최하위 추상 레벨 표현

상기 Rule에서 Feeder는 Feeder 리스트로 대체되며 Feeder 내의 각 Feeder가 순차적으로 대입되어 집행된다. 전압과 전류의 안정 상태 여부는 다시 이를 확인하기 위한 Rule들의 집행을 통해 이루어진다. 전압의 안정 상태를 확인하는 Rule은 그 결론부에 전압이 안정이라는 assert를 하는 Rule이 된다. 추상레벨로 표현된 단어들은 이러한 Rule들의 집행을 통해 점차 구체화 되어가며 그 의미가 해석된다. 최하위 레벨의 Rule에서는 전압을 안정 상태를 판별하기 위한 상세한 기준이 명시되고 필요시 함수 (Function) 로 구현될 수도 있다. 그림 3에 전압의 상태를 판정하는 최하위 추상레벨 Rule의 예를 보았다.[4][5]

3. 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 수배전반 시스템 지능감시 시스템의 추론을 위한 전압, 전류 및 보호계전기의 상태 변화를 시뮬레이션을 통해 야기하였다. 그림 4에서 시뮬레이션 툴로는 National Instrument사의 LabVIEW 프로그램을 사용하였다.

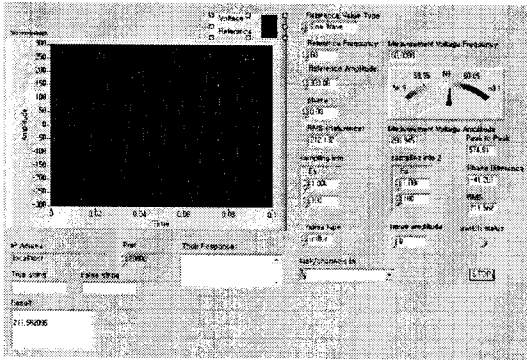


그림 4. 데이터 수집 시뮬레이션 프로그램

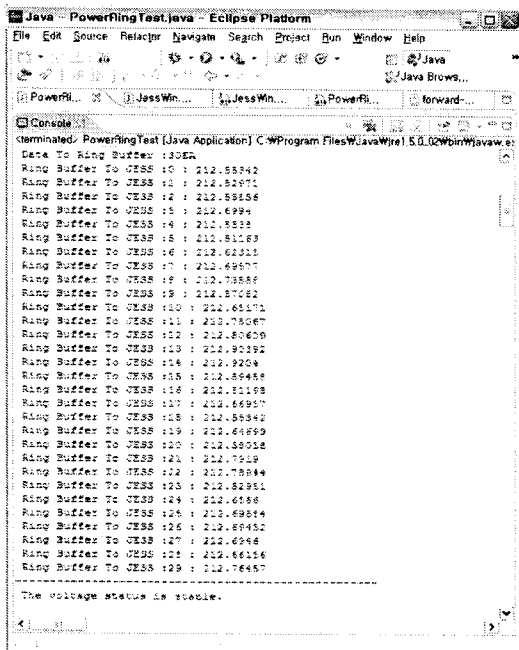


그림 5. 전압안정 상태 판별 룰의 추론 결과

그림 4는 데이터 수집을 나타내기 위한 시뮬레이션 프로그램으로서 전압 값을 생성하여 메인 프로그램의 circular 버퍼에 값을 보내준다. 그림 5에 버퍼에 저장된 값에 기초하여 추론한 결과의 예를 나타내었다.

4. 결 론

입력데이터들로부터 설비의 운영 상태를 나타내는 다양한 상위 추상레벨의 언어적 표현을 위하여 퍼지 로직의 적용을 검토하고 있으며 입력데이터의 관리의 수집빈도와 데이터의 중요도에 따라 critical 및 non-critical 데이터로 구분하여 각기 따로 circular 버퍼 자료구조를 개발하여 수행하였다. 앞으로 상세 Rule의 구현 및 자유로운 chaining기법에 대하여 계속적인 연구가 필요하다.

현재 본 지능시스템 연구결과를 전력계통의 광역정전 감시 및 대처에 확장 적용키 위하여 편리한 GUI (Graphic User Interface) 환경의 구성과 원격보고 및 감독을 위한 웹기반 정보교환 기술에 관한 연구가 진행 중이다.

[감사의 글]

본 연구는 산업자원의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2005-B-203) 주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] LS 산전, "GIPAM-GIMAC 제안서(K)_(2)_2004년08월_staff
- [2] JESS, the Rule Engine for Java platform, <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess>
- [3] 단전결선도, 단독면 일방향, <http://kdpower.co.kr>
- [4] Ernest Friedman-Hill, "JESS IN ACTION", Manning, 2003
- [5] Joseph Giarratano, Gary Riley, "EXPERT SYSTEM : Principles and Programming", PWS Publishing Company, 1998