

능동 데이터베이스 이용한 배전선로 운전자동화

(An feeder Automation System Using Active Database)

최상열*

(Sany - Yule Choi)

요 약

본 연구에서는 능동 데이터베이스를 이용하여 배전선로의 운전을 자동화하는 방안을 제시하였다. 기존의 선로운 전자동화 시스템에서는 수동형 데이터베이스를 사용으로 인위에 의한 실수로 광역정전 또는 과부하 구간의 과급등이 발생할 우려가 있었다. 그러나 제시된 능동 데이터베이스는 선로운전 자동화 시스템 데이터베이스의 상태를 항상 감시하고 스위치의 상태나 계통의 전류 또는 부하량이 변경되었을 경우 그에 상응하는 일련의 작업을 사용자의 개입없이 능동 규칙이용하여 데이터베이스 스스로 수행하도록 함으로써 인위에 의한 실수를 최소화 할 수 있다. 제시된 방식을 설 계통인 서울의 K지점의 모의 배전계통에 적용하여 그 유용성을 입증하였다.

Abstract

This paper presents active management of feeder automation systems using active database. DAS(Distribution Automation System) has been managed for feeder automation in passive manner. Therefore, feeder automation system has to be managed by operator when feeder overloadings is detected. It may be possible for propagating the feeder overloadings area by operator's mistake. To overcome this defect, the author proposed the feeder automation technique with active manner to obtain feasible feeder reconfiguration. Active database can manage feeder automation system by data driven monitoring of events and by corresponding actions without operator's intervening. To manage feeder automation system with active manner, production rule, active rule manager are designed. And active database system architecture for feeder automation system is proposed. Test results on the KEPCO's 108 bus distribution system show that the performance is efficient and robust.

Key Words : Feeder Automation System, Active Database, Active Rule

1. 서 론

* 주저자 : 안양대학교 디지털미디어학부 전임강사
Tel : 031-467-0942, Fax : 031-467-0942
E-mail : ppk99@aycc.anyang.ac.kr
접수일자 : 2003년 6월 11일
1차심사 : 2003년 6월 16일
심사완료 : 2003년 7월 30일

수용가에 직접 전력을 공급하는 배전설비는 수적으로도 많고 광범위하게 산재되어 있어 인력에 의해서 더 이상 효과적인 관리가 어렵게 되었고, 사회가 고도 정보화로 진전되면서 수용가는 한층 더 높은 공급 신뢰도와 고품질의 전력공급을 요구하고 있다. 이에 따라 배전계통에 설치된 배전설비를 컴퓨터

터와 통신 수단을 이용하여 원방에서 감시 제어할 수 있는 배전자동화 시스템(DAS : Distribution Automatic System)에 대한 연구가 오래 전부터 이루어져 상용화중이다. 우리나라는 서울의 K지점을 배전자동화 시범지역으로 지정하여 하드웨어적인 계측분야와 계측된 데이터를 이용한 정전복구 알고리즘 분야에 많은 성과를 이루었으나 계측된 데이터를 통합적으로 일관성 있게 저장 관리하기 위한 데이터베이스 분야에 관한 연구는 상대적으로 미흡한 실정이다.

본 논문과 관련하여 현재까지 전력계통의 데이터베이스 구축에 관한 연구 동향은 다음과 같다.

참고문헌 [1]에서는 수지상 구조의 배전계통이 트리 형태인 것을 착안하여 데이터베이스를 트리로 구성하여 데이터의 참조나 계통추적시에 탐색효율을 향상시키는 방법을 제시되었고, 송전계통에 산재되어 있는 계전기의 정정 전산화에 요구되는 데이터들을 효율적으로 관리하기 위한 데이터베이스 구축방안이 [2]에서 제시되었다. 또한 객체지향 개념을 에너지관리시스템 데이터베이스 모델링에 적용하였다[3].

그러나 [1~3]와 같이 적용된 데이터베이스는 수동적인 데이터베이스로서 질의 혹은 갱신은 그것이 명백한 경우에 한하여 사용자에게 의해서만 수행되는 프로그램 구동식[4]이다. 즉 데이터베이스 상의 무결성 위반이나 예상치 않은 배전선로의 사고로 고장 발생시 이를 해결하기 위해서는 시스템을 중단시키고 반드시 사용자의 개입이 필요한 방식이다. 따라서 이러한 수동형 데이터베이스를 선로운전자동화를 위한 데이터베이스에 적용할 경우 미숙한 사용자의 실수로 인한 오동작 발생으로 광역 정전이 발생될 우려가 있다. 이와 같은 오동작을 사전에 방지하기 위해서는 사용자의 개입 없이 가동적인 상태에서 무결성 제약조건 방지 및 사고를 복구 할 수 있는 능동적인 데이터베이스 방식이 요구된다. 한편 참고문헌[5]에서는 배전자동화시스템의 데이터베이스를 객체지향 개념을 이용하여 설계하고 배전계통에 사고 발생 시 이에 대한 복구방안을 사용자의 개입 없이 데이터베이스 시스템이 스스로 수행하는 능동 데이터베이스 구축을 시도하였으나 적용된 생성규칙이 배전계통의 특성을 표현하는데 미흡하였다. 즉

[5]에서 적용된 생성 규칙은 단순히 배전선로의 사고나 과부하 발생시 단순히 그러한 구간을 계통으로부터 분리시키는 것이었으나 실제적으로 과부하 해소는 단순히 과부하 구간을 기존의 계통으로부터 분리시키는 것이 아니라 과부하 구간내의 부하를 인접된 피더로 절체시키서 피더들간의 부하를 균등화하여 이루어지고 또한 재구성 뒤에도 반드시 배전계통은 방사상의 구조를 이루어야 한다. 따라서 보다 효과적으로 능동 데이터베이스를 배전계통에 적용하기 위해서는 선로운전자동화 알고리즘과 연동되는 능동 데이터베이스가 필수적으로 요구된다.

본 논문에서는 배전계통 효율적인 관리와 선로의 스위칭 자동화를 위하여 능동 데이터베이스 기반의 배전선로 운전자동화 기법을 제시한다. 제시하는 능동 데이터베이스는 [6]에서 제시한 선로운전자동화 알고리즘과 연동하여 모델링된 생성 규칙을 제안하였고 그리고 능동적으로 배전계통의 스위칭을 수행할 수 있는 능동 데이터베이스 기반의 선로 운전자동화 시스템 구조를 제안하였다. 그리고 실제 배전계통인 서울 K지점의 108모선에 적용하여 그 유용성을 입증하였다.

2. 능동 데이터베이스 기반의 배전선로 운전자동화

2.1 능동 데이터베이스

능동 데이터베이스는 시스템 측면에서 시스템의 상태를 감시하여 시스템 내에서 정의된 제약조건 위반이 발생하면 데이터베이스가 이에 상응하는 일련의 규칙들을 능동적으로 수행하도록 되어 있다. 따라서 능동 데이터베이스는 사용자의 개입이 없더라도 데이터베이스에 입력되는 고장 감시장치의 상태 데이터 변화 유무만을 감시하여 정의된 능동 규칙을 이용함으로써 자동적으로 고장에 대한 감시 및 복구 방안을 수행한다.

2.1.1 능동 규칙

능동 데이터베이스의 능동 규칙은 전문가 시스템에서 이용하는 것과 유사한 생성 규칙(production rule)으로 표현되며, 이와 같은 규칙들은 데이터베이

능동 데이터베이스 이용한 배전선로 운전자동화

스내에서 정의되어 저장, 관리된다. 데이터베이스 시스템의 관리를 능동적으로 수행하기 위한 능동 규칙으로는 크게 무결성 제약조건(integrity constraints)과 생성 규칙으로 분류될 수 있다. 무결성 제약조건은 정의된 데이터가 어떤 곳에서든지 동일한 속성으로 적용되어야하는 조건을 명시한 것이고, 생성규칙은 특별한 상태나 사건이 만족되었을 때 정해진 연산을 수행하도록 일련의 연속적인 작업을 표현한 것이다. 무결성 제약조건과 생성규칙은 사건-조건-행동(E-C-A : Event-Condition-Action)으로 표현되며 일반적인 형태는 다음과 같다.

Event : external_operation

Condition : condition

Action : action

◎ 사건 (Event)

명시된 능동규칙을 트리거(trigger)할 수 있도록 한다. 즉 능동 규칙 행동의 원인 행위로 데이터베이스 연산(update(갱신), insert(삽입), delete(삭제))나 DBMS의 외부 응용프로그램(감시 프로그램)으로 부터의 신호이다.

◎ 조건 (Condition)

사건 발생에 따른 행동의 선행 조건으로, 데이터베이스에 대한 질의를 포함한 상태가 참(TRUE)으로 평가되면 행동을 수행하고 만약 거짓(FALSE)으로 평가되면 행동은 수행되지 않는다.

◎ 행동 (Action)

사건 발생의 결과로 수행되도록 기술된, 본래 사건과 별개의 작업순서로, 조건의 만족을 전제로 수행되며 수행되는 행동은 새로운 데이터베이스 연산을 발생시키거나 또는 외부 응용프로그램을 동작시키도록 한다.

생성 규칙의 간단한 예를 들면, 정상시 배전선로의 부하가 허용 용량의 80[%]이상이면 중부하 상태로 가정하고 해당 선로의 중부하 감소 및 손실 최소화를 위하여 배전선로의 재구성을 수행하는 것으로 정의한 능동 규칙은 다음과 같다.

① event : 갱신 to 선로 객체.부하량

② condition : 새로이 갱신된 선로 객체.부하량 > 선로허용 용량 × 0.8

③ action : reconfiguration()

위에서 제시한 능동 규칙중 ①의 event는 데이터베이스 선로 객체의 일부 속성인 부하량이 갱신된 것을 의미한다. ②의 condition은 갱신된 선로 객체의 부하량 속성이 데이터베이스에서 설정된 허용 용량의 80[%]보다 크다는 것을 의미한다. ③의 action은 ②의 condition이 TRUE일 경우 선로 재구성을 위한 프로그램을 자동적으로 수행시키는 것을 의미한다.

일반적으로 능동 데이터베이스 시스템을 위한 구조는 레이어 구조(layered architecture), 빌트인 구조(built-in architecture), 그리고 컴파일 구조(compiled architecture)와 같이 세 가지 범주로 분류될 수 있으며[9] 본 연구에서는 레이어 및 빌트인 구조를 사용한다. 이러한 구조는 그림 1과 같다.

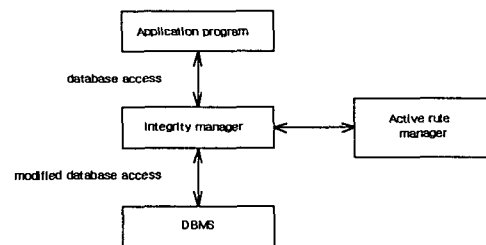


그림 1. 레이어 및 빌트인 구조방식

Fig. 1. Layered and built in architecture

무결성 관리자(integrity manager)는 그림 1과 같이 응용 프로그램의 모든 데이터베이스 연산들을 중간에서 가로채어 상응하는 규칙 코드들을 실행하며, 만약 제약 조건들이 만족되면 데이터베이스 시스템에 그 연산들을 전달한다.

2.1.2 능동 규칙 관리자

ECA 규칙에서 하나의 사건은 여러 개의 명시된 능동 규칙을 트리거(trigger)할 수 있으며 트리거된(triggered) 규칙은 다시 다른 규칙을 트리거 할 수

있다. 즉 명시된 각 규칙들 간에는 트리거링(triggering)종속성이 존재한다. 능동 규칙 관리자는 각 능동 규칙간의 트리거링 관계를 정의하여 각 객체의 삽입, 삭제, 수정 등의 사건이 발생시 종속적으로 정의된 각 규칙들 간의 트리거링에 대한 책임을 갖는다.

2.2 데이터베이스 구축을 위한 데이터 요구 분석

배전선로 운전자동화를 위한 데이터베이스는 변전소, 변압기, 선로, 선로 구간, 개폐기, 재구성 정보 테이블로 구성되며 배전선로 운전자동화 알고리즘 수행을 원활히 지원하도록 구성되어야 한다. 선로운전자동화를 위한 프로그램 수행 후 재구성된 결과는 재구성 정보 테이블에 저장된다. 이와 같은 기능을 만족하기 위해 요구되는 데이터는 다음과 같다.

2.2.1 변전소

변전소번호(psn), 변압기번호(tsn)

2.2.2 변압기

변압기번호(tsn), 변전소번호(psn), 정격 용량(tnc), 공급 허용 용량(tac), 연결된선로(fsn), 부하량(premva), 투입/개방 상태(st)(투입: 1, 개방:0)

여기서, 부하량은 변압기와 직접 연결되어 있는 선로들의 부하량의 합이다.

2.2.3 선로

선로 번호(fsn), 전원을 공급받는 변압기 번호(tsn), 선로 부하량(fsnmva), 급전 선로 구간 번호(fsnsec), 투입/개방 상태(st)(투입:1, 개방: 0),

여기서, 부하량은 선로에 포함되는 선로 구간 부하의 합이다.

2.2.4 선로 구간

선로 구간 번호(fsnsec), 개폐기 번호(ssn), 허용 용량 1(fnc), 허용 용량 2(fanc), 저항(rr), 리액턴스(xx), 선로 번호(fsn), 사고 유무(fst)(정상 0, 사고 1), 시작 위치 번호(fsnfbsn), 끝 위치 번호(fsntbsn), 구간 부하(ssnmva), 전압(vv), 최소허용전압(min_vv),

투입/개방 상태(st)(투입:1, 개방: 0)

여기서, 전압(vv) = VL - Vdrop

VL : 선로 구간에 연결된 개폐기의 전압

Vdrop : 선로 구간의 전압강하

허용 용량 1은 선로 구간 허용 용량의 80[%]에 해당되는 값이고 허용 용량 2는 선로 구간 허용 용량의 100[%]에 해당되는 값이다. 부하량과 투입/개방 상태는 연결된 개폐기에서 검출된 구간 부하, 현재 투입/개방 상태와 일치된다.

2.2.5 개폐기

개폐기 번호(ssn), 선로 구간 번호(fsnsec), 검출된 구간 부하(ssnmva), 전류(aa), 전압(vv), 투입/개방 상태(st)(투입:1, 개방: 0)

여기서, 구간 부하, 전류, 전압, 개폐기의 투입/개방 상태는 개폐기에 설치된 감시장치가 이것을 감지하여 데이터베이스로 전송하여 개폐기 객체의 속성을 갱신시킨다고 가정하였다.

2.2.6 재구성 정보

식별자(rsn), 손실량(ploss), 손실변화량(dploss)

2.3 개체간의 관계 분석을 이용한 개념 디자인

본 연구에서는 ERD(Entity Relation Diagram)를 사용하며 각 개체간의 관계를 표현하였으며 각 개체간의 관계는 다음과 같다.

2.3.1 변전소와 변압기

변압기가 변전소에 설치되므로 설치 관계로 설정하였다. 하나의 변전소에 여러 대의 변압기가 설치될 수 있으므로 변전소 : 변압기는 1 : N의 관계이다.

2.3.2 변압기와 선로

변압기가 여러 선로에 전원을 공급하므로 공급 관계로 설정하였다. 하나의 변압기로부터 여러 선로가 전원을 공급받으므로 변압기 : 선로는 1 : N의 관계이다.

2.3.3 선로와 선로 구간

선로는 다수의 선로 구간으로 이루어짐으로 모임

능동 데이터베이스 이용한 배전선로 운전자동화

관계로 설정하였다. 하나의 선로에 다수의 선로 구간이 존재하므로 선로 : 선로 구간은 1 : N 관계이다.

2.3.4 선로와 재구성 정보

재구성 정보는 선로에 재구성 발생후의 결과를 포함하고 있으므로 발생 관계로 설정하였다. 하나의 선로에 여러 번의 재구성이 이루어 질 수 있으므로 선로 : 재구성 정보는 1 : N의 관계이다.

2.3.5 선로 구간과 개폐기

개폐기는 선로 구간을 개폐하므로 개폐 관계로 설정하였다. 하나의 선로 구간에 한 개의 개폐기가 있으므로 1 : 1 관계로 설정하였다.

이와 같은 관계를 토대로 개념 디자인을 수행하면 그림 2와 같다.

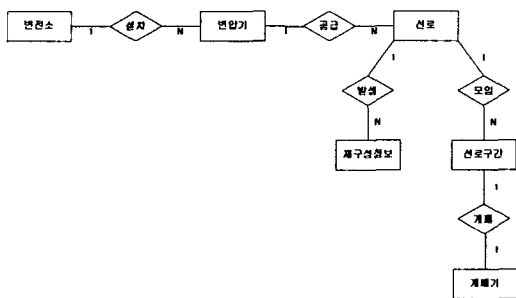


그림 2. 선로운전자동화 데이터베이스를 위한 ERD
Fig. 2. ERD of feeder automation database

2.4 배전선로 운전자동화를 위한 능동 규칙 정의

배전계통의 개폐기에 설치된 감시장치는 개폐기로 흐르는 전류, 구간 부하, 개폐기 양단 전압, 개폐기의 투입/개방 상태 등을 감지하여 변경된 데이터를 실시간으로 중앙의 데이터베이스로 전달하여 데이터베이스의 개폐기 객체의 속성을 갱신시킨다. 이때 속성 값의 변화로 배전계통의 상태를 감지 할 수 있으므로 감지된 조건을 검사하고 검사 결과 중부하 상태로 판정된 경우 이에 따른 적절한 행동을 배전선로 운전자동화 능동 규칙으로 모델링 한다. 이러한 능동 규칙으로 투입/개방되어야 할 개폐기가 선택되고 선택된 개폐기의 상태를 갱신시킴과 동시에 갱신 신호

를 배전계통에 설치된 자동화 개폐기에 전달하여 스위칭을 수행함으로써 배전계통이 언제나 최적의 상태로 운전되도록 한다. 그리고 특정 개폐기의 투입/개방 상태가 개방에서 투입으로 수정되는 경우, 방사상 구조를 유지하기 위해 또 다른 개폐기의 투입/개방 상태를 투입에서 개방으로 수정되도록 하는 능동 규칙을 규정한다. 그리고 개폐기의 상태가 새로이 투입으로 갱신되면 개폐기가 설치된 선로 구간의 투입/개방 상태도 투입으로 갱신되도록 하는 능동 규칙을 규정한다. 이와 같이 각 객체의 속성 값이 수정됨으로써 발생하는 갱신 전달 현상(update propagation)의 기능을 능동 규칙으로 정의함으로써 배전계통의 방사상 구성제약 위반을 미연에 방지한다.

Rule 1) 최초 개방 상태로 운전되던 개폐기가 투입 상태로 갱신된 경우 해당 개폐기가 연결된 선로 구간도 역시 개방 상태에서 투입 상태로 갱신되는 것으로 규정한다.

R1 :

event : update to 개폐기.st
condition: (NEW 개폐기.st = 투입)
action : update 선로 구간.st = 투입
where 선 로 구간.ssn = 개폐기.ssn

Rule 2) 최초 투입 상태로 운전되던 개폐기가 개방 상태로 갱신된 경우 해당 개폐기가 연결된 선로 구간도 역시 투입 상태에서 개방 상태로 갱신될 것을 규정한다.

R2 :

event : update to 개폐기.st
condition: (NEW 개폐기.st = 개방)
action : update 선로 구간.st = 개방
where 선로 구간.ssn = 개폐기.ssn

Rule 3) 개폐기에서 검출된 구간 부하가 갱신되면 연결된 선로 구간의 구간 부하도 같은 값으로 갱신 될 것을 규정한다.

R3 :

event : update to 개폐기.ssnmva
condition : TRUE

action : update 선로 구간.ssnmva =
 개폐기.ssnmva where 선로 구간.ssn=개폐기.ssn

Rule 4) 새로이 갱신된 선로 구간의 구간 부하가 허용 용량의 80[%]를 초과할 경우 [8]에서 제시한 손실최소화 알고리즘을 수행시킬 것을 규정한다.

R4 :
 event : update to 선로 구간 .ssnmva
 condition : New 선로 구간 .ssnmva
 > 선로 구간 .fnc
 action : cyclic-reconfiguration()

Rule 5) 손실최소화 프로그램 수행 사건이 발생되고 수행 결과로 선택되는 개폐기의 투입/개방 상태를 갱신할 것을 규정한다.

R5 :
 event : cyclic-reconfiguration()
 condition : TRUE
 action : (update 개폐기.st = 개방 where 개폐기.ssn= open_result) && (update 개폐기.st = 투입, where 개폐기.ssn = close_result
 여기서, close_result : 선로운전 자동화 프로그램의 결과로 구해진 투입되어야 할 개폐기
 open_result : 선로운전 자동화 프로그램의 결과로 구해진 개방되어야 할 개폐기

Rule 6) 개폐기의 전압이 갱신되면 개폐기와 연결된 선로 구간의 전압도 갱신될 것을 규정한다.

R6 :
 event : update 개폐기.vv
 condition : TRUE
 action: update 선로 구간.vv = 개폐기.vv+Vdrop
 where 선로 구간.ssn = 개폐기.ssn
 여기서, Vdrop는 개폐기가 연결된 선로 구간에서의 전압 강하

Rule 7) 갱신된 선로 구간의 전압이 허용 전압 이하인 경우 손실 최소화를 위한 프로그램이 수

행될 것을 규정한다.

R7 :
 event : update to 선로 구간.vv
 condition : (New 선로 구간.vv
 < 선로 구간.min_vv)
 action : cyclic-reconfiguration()

Rule 8) 개폐기 객체의 투입/개방 상태가 투입으로 갱신되면 계통에 설치된 자동화 스위치에 투입 신호를 보낼 것을 규정한다.

R8 :
 event : update to 개폐기.st
 condition : (New 개폐기.st = 투입)
 action : signal to 자동화 개폐기 투입

Rule 9) 개폐기 객체의 투입/개방 상태가 개방으로 갱신되면 계통에 설치된 자동화 스위치로 개방 신호를 보낼 것을 규정한다.

R9 :
 event : update to 개폐기.st
 condition : (New 개폐기.st = 개방)
 action : signal to 자동화 개폐기 개방

Rule 10) 손실 최소화 프로그램이 수행 후 결과를 재구성 정보 객체에 저장할 것을 규정한다.

R10 :
 event : cyclic-reconfiguration()
 condition : TRUE
 action : update (재구성정보.rsn = history) &&
 (재구성정보.ploss= result_of_cycle) &&
 (재구성정보.dploss
 result_of_change_of_loss)
 여기서, history : 재구성 정보 객체의 순서
 result_of_cycle : 손실 최소화 수행후의 손실량
 result_of_change_of_loss : 손실 변화량

2.5 선로운전자동화를 위한 능동 규칙 관리자

능동규칙들간의 트리거링 관계를 표현하기 위해 트리거링 그래프[9]를 이용한다.

능동 데이터베이스 이용한 배전선로 운전자동화

정의 : 트리거링 그래프는 directed graph $G(V,E)$ 로 표현되며, V 는 vertex(노드)들의 집합이고 E 는 directed edge(방향성 가지)들의 집합이다. 규칙 베이스에서 각 규칙은 vertex로 표현되고 규칙들간의 트리거링 순서는 directed edge로 표현된다. 만일 vertex v_1 에 해당하는 규칙의 행동이 vertex v_2 에 해당하는 규칙의 사건으로 고려될 수 있으면 v_1 에서 v_2 를 향한 edge e_1 이 존재한다.

그림 3은 각 규칙의 종속적인 트리거링을 관계를 보여주는 트리거링 그래프이다.

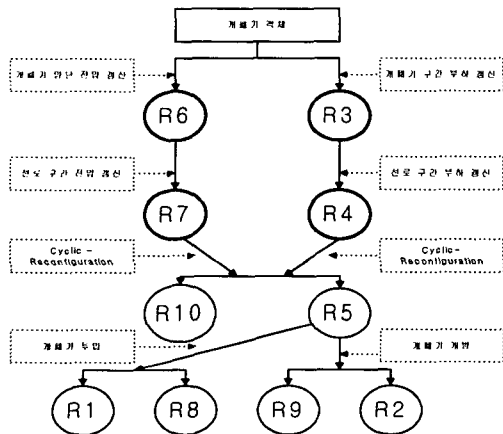


그림 3. 자동 스위치 조작에 의한 트리거링 그래프
Fig. 3. Triggering graph for Feeder automation

2.6 선로운전자동화 시스템의 구조

본 연구에서 제안된 능동 데이터베이스 기반의 선로운전자동화 시스템은 배전계통에서 발생하는 중부하 상태를 배전계통의 개폐기에 설치된 감시장치가 이것을 감지하고 데이터베이스로 감지된 값을 전송하여 개폐기의 속성 값을 변화시킨다. 이때 전송된 개폐기 객체 속성 값 갱신을 Event Detector가 검사하고 만약 정의된 능동 규칙의 조건이 만족되면 능동 규칙 관리자가 정의된 규칙을 차례로 수행한 후 그 결과를 데이터베이스에 저장한다.

이와 같이 속성 값의 변화를 데이터베이스가 감지한 후 이에 대한 대처를 사용자의 개입 없이 데이터베이스 스스로 수행한다. 그림 4는 본 연구에서 제안

한 능동 데이터베이스 기반의 선로 운전자동화 시스템의 구조이다.

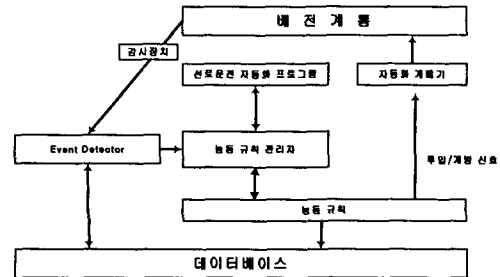


그림 4. 능동 데이터베이스 기반의 선로운전자동화 시스템의 구조
Fig. 4. Active database system architecture for feeder automation

여기서, 배전계통내에 설치된 개폐기는 원격지에서 투입/개방이 가능한 자동화 개폐기이고 또한 개폐기에 설치된 감시 장치는 개폐기의 구간 부하, 전류, 전압, 투입/개방 상태를 검출하여 그 값을 데이터베이스로 전송하는 것으로 가정하였다.

3. 사례 연구

본 연구의 타당성을 입증하기 위하여 실제 시스템의 일부분인 서울의 k지점의 108모선에 대해서 제시된 능동 규칙을 적용하였다. 그림 5에서 108개의 구분개폐기는 실선으로 표시하였고 14개의 연계개폐기는 점선으로 표시하였다. 기준전압은 22.9[KV], 전체부하는 72.27[MW], 32,78[MVAR], 그리고 각 피더의 허용용량은 20[MVA]로 가정하였고 능동 규칙에 적용되는 손실최소화 알고리즘은 참고 문헌[8]의 Cyclic_reconfiguration()알고리즘을 사용하였다.

표 1. 108모선 각 선로의 부하량
Table 1. Feeder loadings for 108 bus system

각 선로의 부하량 [MVA]						
선로 1	선로 2	선로 3	선로 4	선로 5	선로 6	선로 7
14.47	5.17	13.04	8.38	14.34	9.88	13.80

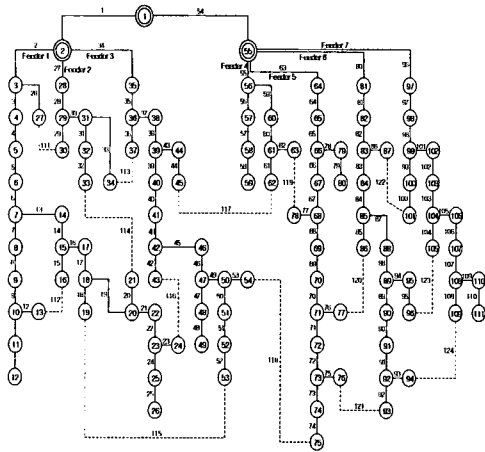


그림 5. 108 모선 시스템의 초기구성
Fig. 5. Initial configuration of 108 bus system

1번 선로에 연결된 모선들의 부하가 급격히 증가하여 1번 선로의 총부하량이 17[MVA]로 증가되면 배전계통의 자동화 개폐기에 설치된 감시장치가 이러한 변경 사항을 감지하고 데이터베이스의 개폐기 객체의 구간 부하 속성값을 갱신시킨다. 이러한 갱신으로 R3이 트리거되어 개폐기가 연결된 선로 구간의 구간 부하도 갱신된다. 이때 갱신된 구간 부하가 허용 용량의 80[%]인 16[MVA]를 초과하므로 R4가 트리거 되어 손실 최소화화를 위한 프로그램인 Cyclic_Reconfiguration()이 수행된다. 이와 같이 능동규칙 갱신 전과현상을 데이터베이스 객체 테이블을 이용하여 표현하면 그림 6과 같다.

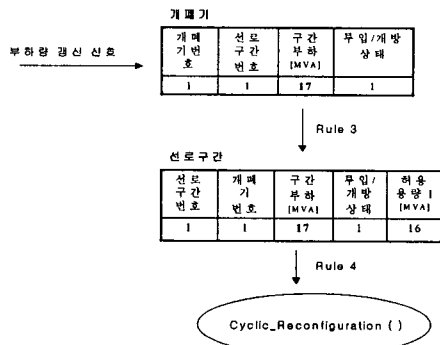


그림 6. 부하량 갱신 신호 후의 능동 규칙 갱신 전파
Fig. 6. Update propagation of active rules after feeder loadings updating signal

다음의 그림 7은 손실최소화 프로그램 실행 후의 능동규칙의 갱신 전과과정을 보여준다.

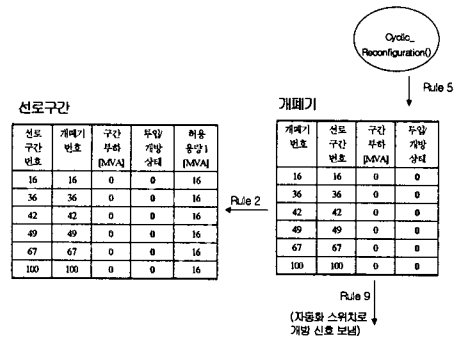


그림 7. 손실최소화 수행 후 능동규칙 갱신 전파
Fig. 7. Update propagation of active rules after feeder reconfiguration

그림 7에서 최초 on 상태였던 {16, 36, 42, 49, 67, 100} 개폐기 들은Cyclic_Reconfiguration() 프로그램의 수행으로 off로 바뀌었고 최초 off 상태였던 {113, 114, 115,116, 119, 122} 개폐기들은 on 상태로 바뀌었다. 이러한 개폐기 투입/개방 상태의 변경으로 R1, R2, R8, R9를 트리거 시켜서 선로 구간의 투입/개방 상태를 갱신시키고 동시에 배전계통에 설치된 자동화 개폐기에 투입/개방시키는 신호를 보낸다

4. 결 론

본 연구에서는 능동 데이터베이스를 이용하여 배전선로의 운전을 자동화하는 방안을 제시하였으며 주요 연구내용 및 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 배전계통의 선로운전자동화 데이터베이스를 구축하기 위해 요구되는 데이터와 기능들을 분석하여 개념 디자인을 수행 하였고, 그 후 선로운전자동화 알고리즘을 능동 규칙으로 모델링 하여 제시하였다. 또한 제시된 능동 규칙들간의 순서를 규명하는 능동 규칙 관리자를 제시하였다.

(2) 능동 규칙과 능동 규칙 관리자 그리고 선로운전자동화 알고리즘을 통합한 능동 데이터베이스 기반의 선로운전자동화 시스템의 구조를 제안하였다.

(3) 연구된 능동 데이터베이스는 이미 구축되어 있는 수동형 데이터베이스의 전위장치 또는 후위장

능동 데이터베이스 이용한 배전선로 운전자동화

치에 적용이 가능하다. 따라서 기존의 데이터베이스를 변경하지 않고 저렴한 비용으로 기존의 시스템을 능동형으로 업그레이드 시킬 수 있다.

- 감사의 글 -

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행된 과제이며 이에 감사드립니다.

References

- [1] S. H. Kim, B. Y. Choi, Y. H. Moon, "An Expert System for Fault Restoration Using Tree Search Strategies in Distribution System", Trans. KIEE. Vol. 43, No. 3, MAR. 1994.
- [2] Y. T. Ahn et al "A Development of Power Transmission Protection Database for Korea Electric Power Company", Trans. KIEE. Vol. 48A, NO. 7, July, 1999.
- [3] S. Y. Choi, J. Y. Kim, M. C. Shin, E. M. Kim, and H. M. Kim, "Object-Oriented Application to EMS Database Design", International Conference on Electrical Engineering(ICEE), Kyungju, Vol. 2, pp. 353 - 356, 1998.
- [4] M. Karma, G. Lausen, and G. Saake, "Updates in a Rule-Based Language for Objects", in Proc. Int'l. Conf. on Very Large Databases, pp. 252 - 262, 1992.
- [5] H. N. Park, U. M. Kim, J. P. Yoon, "Active Management for Distribution Automation Systems Using an Object-oriented Model", Trans. KIEE. Vol. 47, No. 11, NOV. 1998.
- [6] S. Y. Choi, M. C. Shin, "Loss Reduction in Heavy Loaded Distribution Networks Using Cyclic Sub Tree Search", Trans. KIEE. Vol. 50A, NO. 5, May, 2001.
- [7] J. Widom and Ceri, S. "Active Database Systems - Triggers and Rules for Advanced Database Processing." Morgan Kaufmann Publishers, 1996.
- [8] Herry F. Korth and Abraham Silberschatz, "Database System Concepts", McGraw-Hill, Inc., 1991.
- [9] E. Baralis, S. Ceri and S. Paraboschi "Compile-Time and Runtime Analysis of Active Behavior", IEEE Trans. On Knowledge and Data Engineering, Vol. 10, No. 3, pp 353 - 370, 1998.

◇ 저자소개 ◇

최상열 (崔相烈)

1970년 8월 24일생. 1996년 성균관대 전기공학과 졸업. 2002년 성균관대 대학원 전기전자 및 컴퓨터 공학부 졸업(공학). 2002년~ 현재 안양대학교 디지털미디어학부 전임강사.