

### 능동 데이터베이스를 이용한 배전선로 스위칭 자동화

최상열  
안양대학교

윤창대, 신명철  
성균관대학교

## Feeder Switch Automation Using Active Database

S.Y. Choi  
Anyang Univ

C.D. Yun, M.C. Shin  
SungKyunKwan Univ

**Abstract** - Since DAS(Distribution Automation System) has been typically managed for feeder automation in passive manner, it has to be managed by operator when feeder over loadings are detected, therefore it may be possible for propagating the over loaded area by operator's mistake. To overcome the defect, The author proposed the feeder switch automation using active database

스에서는 [8]에서 제시한 선로운전자동화 알고리즘과 연동하여 모델링된 생성 규칙을 제안하였고 그리고 능동 규칙간의 순서를 규명하는 능동 규칙관리자를 제시하였다.

### 1. 서 론

### 2. 능동 데이터베이스 기반의 배전선로 운전자동화

사회가 고도 정보화로 진전되면서 수용가는 한층 더 높은 공급 신뢰도와 고품질의 전력공급을 요구하고 있다. 이에 따라 배전계통에 설치된 배전설비를 컴퓨터와 통신 수단을 이용하여 원방에서 감시 제어할 수 있는 배전자동화 시스템(DAS : Distribution Automatic System)에 대한 연구가 오래 전부터 이루어져 상용화 단계에 접어들었다. 우리나라는 서울의 강동지점을 배전 자동화 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.

### 2.1 능동 데이터베이스

능동 데이터베이스는 시스템 측면에서 시스템의 상태를 감시하여 시스템 내에서 정의된 제약조건의 위반이 발생하면 데이터베이스가 이에 상응하는 일련의 규칙들을 능동적으로 수행하도록 되어 있다.

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

### 2.1.1 능동 규칙

능동 데이터베이스의 능동 규칙은 전문가 시스템에서 이용하는 것과 유사한 생성 규칙(production rule)으로 표현되며, 이와 같은 규칙들은 데이터베이스내에서 정의되어 저장, 관리된다[11]. 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.

김세호 등[1]은 수지상 구조의 배전계통이 트리 형태인 것을 착안하여 데이터베이스를 트리로 구성하여 데이터의 참조나 계통추적시에 탐색효율을 향상시키는 방법을 제시하였고 김광호[2]는 배전계통 데이터베이스 구축을 위한 데이터베이스를 디자인하고 구축하는 과정을 설명하였다. 안영태 등[3]은 송전계통에 산재되어 있는 계전기의 정정 전산화에 요구되는 데이터들을 효율적으로 관리하기 위한 데이터베이스를 구축하였고 김인섭 등[4]은 전력계통의 영역별 수요를 분석하기 위한 관계형 데이터베이스 구축사례를 소개하였다.

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

그러나 [1~4]와 같이 적용된 데이터베이스는 수동적인 데이터베이스로서 질의 혹은 갱신은 그것이 명백한 경우에 한하여 사용자에 의해서만 수행되는 프로그램 구동식[6]이다. 즉 데이터베이스 상의 무결성 위반이나 예상치 않은 배전선로의 과부하 또는 고장 발생시 이를 해결하기 위해서는 사용자의 개입이 필요한 방식이다. 따라서 이러한 수동형 데이터베이스를 선로운전자동화를 위한 데이터베이스에 적용할 경우 사용자의 실수로 인한 오동작 발생으로 광역 정전의 발생될 우려가 있다. 따라서 이와 같은 사용자의 실수를 최소화하기 위해서는 사용자의 개입 없이 자동적인 상태에서 무결성 제약조건 방지 및 사고를 복구 할 수 있는 능동적인 데이터베이스 방식이 요구된다.

### ◎ 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 부

본 논문에서는 배전계통 효율적인 관리와 선로의 스위칭 자동화를 위하여 능동 데이터베이스 기반의 배전선로 운전자동화 기법을 제시한다. 제시하는 능동 데이터베이스

하가 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 > 선로.허용용량 × 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.

### 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

- (1) 변전소
  - 변전소번호(psn), 변압기번호(tsn)
- (2) 변압기
  - 변압기번호(tsn), 변전소번호(psn), 정격 용량(tnc), 공급 허용 용량(tac), 연결전선로 (fsn), 부하량(premva) 투입/개방 상태(st)(투입: 1, 개방:0)
- (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),
- (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(fsnfbsn), 구간 부하(ssnmva), 전압(vv), 최소허용전압(min\_vv), 투입/개방 상태(st)(투입:1, 개방: 0)
  - 여기서, 전압(vv) =  $V_L - V_{drop}$   
 $V_L$  : 선로 구간에 연결된 개폐기의 전압  
 $V_{drop}$  : 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.
- (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)
- (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.

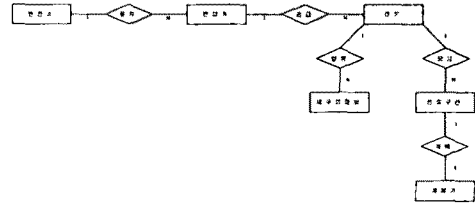


그림 1 선로운전자동화 데이터베이스를 위한 ERD

### 2.4 배전선로 운전자동화를 위한 능동 규칙 정의

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

R1 :  
 event : update to 개폐기.st  
 condition: (NEW 개폐기.st = 투입)  
 action : update 선로 구간.st = 투입 where 선로 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= result of open switching\_pair()) && (update 개폐기.st = 투입, where 개폐기.ssn = result of close switching\_pair())  
 여기서, result of close switching\_pair() : 선로운전 자동화 프로그램의 결과로 구해진 투입되어야 할 개폐기  
 result of open switching\_pair() : 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,  $V_{drop}$ 는 개폐기가 연결된 선로 구간에서의 전압 강하

Rule 7) 갱신된 선로 구간의 전압이 허용 전압 이하인 경우 손실 최소화를 위한 프로그램이 수행될 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.dloss = 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

그림 2는 각 규칙의 종속적인 트리거링을 관계를 보여주는 트리거링 그래프이다.

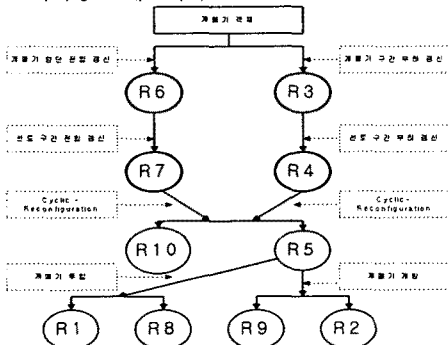


그림 2 자동 스위치 조작에 의한 트리거링 그래프

배전계통의 부하량이 변경되면 자동화 개폐기에 설치

된 감시장치가 이러한 변경 사항을 감지하고 데이터베이스의 개폐기 객체의 구간 부하 속성값을 갱신시킨다. 이러한 데이터베이스상의 갱신으로 R3이 트리거되어 개폐기가 연결된 선로 구간의 구간 부하도 갱신된다. 이때 갱신된 구간 부하가 허용 용량의 80[%]를 초과하는 경우 R4가 트리거 되어 손실 최소화를 위한 프로그램이 수행된다. 이러한 프로그램의 수행으로 R5와 R10은 동시에 트리거 되고 R5에서 손실 최소화를 위해 사용되는 스위치의 투입/개방 상태를 갱신시킨다. 이러한 상태의 변경은 R1, R2, R8, R9를 트리거 시켜서 선로 구간의 투입/개방 상태를 갱신시킴과 동시에 배전계통에 설치된 자동화 개폐기에 투입/개방시키는 신호를 보낸다. 그리고 개폐기의 양단 전압이 변경되면 R6이 트리거되어 개폐기가 연결된 선로 구간의 전압이 갱신된다. 이때 갱신된 전압이 선로 구간의 최소 허용 전압 이하인 경우 R7이 트리거 되어 손실 최소화를 위한 프로그램이 수행된다.

## 3. 결론

본 연구에서는 능동 데이터베이스를 이용하여 배전계통의 스위칭을 자동화 할 수 있는 방안을 제시하였다. 제시된 데이터베이스는 데이터베이스의 상태를 항상 감시하고 스위치의 상태나 계통의 전류 또는 부하량이 변경되었을 경우 능동 규칙 관리자가 그에 상응하는 일련의 연속적인 규칙을 수행하도록 정의되어 제시된 것이다. 이러한 데이터베이스를 이용함으로써 사용자의 명백한 개입이 없이 자동적으로 스위칭이 수행될 것으로 사료된다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 김세호, 최병운, 문영현, "트리탐색법을 이용한 사고복구 전문가시스템", 대한전기학회 논문지, Vol.43, NO. 3, pp. 363 - 371, 1994. 4.
- [2] 김광호, "배전 자동화 시스템을 위한 데이터베이스 설계", 대한 전기 학회 하계학술대회 논문집, 50권 C호, pp. 754 - 757, 1997
- [3] 안영태 외 6인, "한국전력 송전계통 보호 데이터베이스 구축", 대한전기학회 논문지, Vol.48A, NO. 7, pp. 847 -854, 1999. 7
- [4] 김인섭 외 5인, "영역별 수요분석을 위한 데이터베이스의 개발", 전기 학회지, Vol. 49, NO. 3, pp.21 - 25, 2000, 3
- [5] S. Y. Choi, J. Y. Kim, M. C. Shin, E. M. Kim, and H. M. Kim, "Object-Oriented Application to EMS Database Design", ICEE, KyungJu, Vol. 2, pp. 353 - 356, 1998.
- [6] 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
- [7] 박현남, 김응모, 윤종필, "객체지향모형을 이용한 배전자동화시스템의 능동적관리" 대한전기학회 논문지, Vol. 47, No. 11 1998, 11
- [8] 최상열, 신명철, "순환적 부분트리 탐색법을 이용한 중부하 배전계통의 손실최소화" 대한전기학회 논문지, Vol. 50A, No. 5, pp 241 - 247
- [9] C. Batini and S. Cero and S. B. Navathe, "Conceptual Database Design An Entity-Relationship Approach", Benjamin /Cummings Publishing Company, Inc. California, 1992.
- [10] J. Widom and Ceri, S. "Active Database Systems - Triggers and Rules for Advanced Database Processing." Morgan Kaufmann Publishers. 1996
- [11] 남광우, 박정석, 류근호 "원전감시 시스템을 위한 능동적 시간지원 규칙모델", 한국정보처리학회 논문지 제6권 제9호 1999. 9