

# 능동 데이터베이스를 이용한 직접부하제어

(Direct Load Control Using Active Database)

최상열\* · 김학만

(Sang-Yule Choi · Hak-Man Kim)

## 요 약

본 연구에서는 우선순위기반의 동적 프로그래밍 기법을 이용하여 제안된 기존의 직접부하제어 알고리즘과 본 연구에서 제시되는 능동 데이터베이스를 연동시킨 직접부하제어시스템을 제안하였다. 능동 데이터베이스 구축을 위해, 데이터베이스의 요구 사항을 분석하여 E-R Diagram을 이용한 개념을 도입하여 데이터베이스를 설계 후 이를 시스템으로 구현하였다. 그 후 현재 부하량 또는 15분 후의 부하량이 목적 부하량을 초과하는 경우에 사용자의 개입 없이 직접부하제어가 이루어지도록 하기 위해 기존의 직접부하제어 알고리즘을 능동 규칙으로 모델링 하여 데이터베이스에 부과하였다. 그 결과, 직접부하제어 시스템의 데이터 관리에서 빈번한 부하의 ON/OFF에 따른 이들 데이터의 갱신 등이 발생할 경우 반드시 지켜져야 되는 무결성 검증과 현재 전력량 또는 15분 후의 전력량이 갑작스럽게 증가할 경우, 이를 해결하기 위해 사용자의 개입 없는 시스템이 자동적으로 대처할 수 있도록 하였다.

## Abstract

The existing DLC system functionally has two defects. One is it has to be controlled by operators whenever customer's portion of loads are increased more than predefined objected load. Therefore, it may be possible for propagating uncontrolled loads if operators make a mistake. The other one is that currently used DLC algorithm is usually focused on ON/OFF load control not concerning about relieving participated customer's inconvenience. Therefore, that is a major obstacle to attract customer participating in demand response program. This paper represents direct load control system using active database. By using active database, DLC system can control customer's load effectively without intervening of operator. And by using dynamic programming based on the order of priority for DLC algorithm, it is possible to maximize participating customer's satisfaction.

Key Words : Direct Load Control, Power IT, Active Database

## 1. 서 론

직접부하제어(Direct Load Control)란 전력회사 계통의 첨두부하를 효율적으로 억제하기 위하여 전력회사와 수용가가 약정을 체결하고 피크부하 발생 시 전력회사는 약정에 의한 시간 및 회수만큼 수용

\* 주저자 : 인덕대학 컴퓨터정보전자응용계열 전임강사  
Tel : 02-950-7427, Fax : 02-950-7439  
E-mail : ppk99@induk.ac.kr  
접수일자 : 2006년 4월 10일  
1차심사 : 2006년 4월 12일  
심사완료 : 2006년 4월 19일

## 능동 데이터베이스를 이용한 직접부하제어

가의 전력사용 설비를 제어하는 것을 말한다. 기존의 직접부하제어 시스템은 시스템 관리의 측면에서 다음과 같은 문제점을 안고 있었다. 즉 직접부하제어 시스템 서버에 사용되는 데이터베이스 관리상의 문제점이다. 기존의 데이터베이스는 단순히 상태감시요소 DB저장 및 보고서의 기능을 위주로 하는 수동형(passive) 데이터베이스이다. 즉 질의 혹은 갱신이 명확한 경우에 한하여 사용자에게 의해서 수행되는 프로그램 구동식으로, 데이터의 갱신이나 또는 대상 부하의 급증으로 인한 목적 부하초과 시 이에 대한 부하 관리 조치가 사용자에게 의해서 수행되는 방식이다. 따라서 이와 같은 방식은 숙련된 사용자에게도 많은 부담으로 작용하여 예기치 않은 사고 발생을 유발시킬 수 있다. 이에 반하여 능동형(active) 데이터베이스는 데이터베이스 상태의 변화를 항상 감시하고 그에 상응하는 일련의 행동들을 능동 규칙에 의해 수행하도록 되어 있다. 이러한 능동 규칙으로 인하여 데이터의 삽입, 삭제 및 수정이 발생 시 사용자의 개입 없이 자동적으로 수행이 가능하다.

따라서 본 논문에서는 직접부하제어 시스템의 효율적인 관리와 참여 수용가의 불편을 최소화시키기 위해 참고문헌[11]에서 제시된 동적 프로그래밍을 이용한 직접부하제어 알고리즘과 능동 데이터베이스와 연동시킨 직접부하제어 시스템을 제안한다. 이러한 시스템으로 참여 수용가의 만족을 최대화시키고 동시에 특정 시간대에 발생하는 최대부하를 사용자의 개입이 없이 데이터베이스가 자동적으로 제어할 수 있게 함으로써, 인위에 의한 사고를 최소화함과 동시에 전력공급의 안정을 추구하였다.

## 2. 능동데이터베이스 기반 부하제어

### 2.1 능동 데이터베이스

능동 데이터베이스는 사용자의 개입이 없더라도 데이터베이스에 입력되는 고장 감시 장치의 상태 데이터 변화 유무만을 감시하여 정의된 능동 규칙을 이용함으로써 자동적으로 고장에 대한 감시 및 복구 방안을 수행한다.

#### ○ 능동 규칙

능동 데이터베이스의 능동 규칙은 전문가 시스템에서 이용하는 것과 유사한 생성 규칙(production rule)으로 표현되며, 이와 같은 규칙들은 데이터베이스 내에서 정의되어 저장, 관리된다. 데이터베이스 시스템의 관리를 능동적으로 수행하기 위한 능동 규칙으로는 크게 무결성 제약조건(integrity constraints)과 생성 규칙으로 분류될 수 있다. 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.

능동 데이터베이스 기반 직접부하제어 시스템에서 적용되는 능동 규칙의 예는 다음과 같다.

- ① Event : 갱신 to 전력 수요량
- ② condition : 전력 수요량 > 목표전력량
- ③ action : A지역 에어컨 군 가동 10분간 가동중지

①의 event는 수용가의 전력 수요량이 데이터베이스에서 갱신되었음을 의미한다.

②의 condition은 갱신된 전력 수요량이 데이터베이스에 설정된 목표 전력량을 초과함을 의미한다.

③의 action은 condition이 TRUE일 경우 A지역 에어컨군의 가동을 10분간 가동 중지 제어를 발생시킨다.

## 2.2 데이터베이스 구축을 위한 데이터 요구 분석 및 개념 디자인

직접부하제어 시스템 데이터베이스 구축을 위해 요구되는 데이터 테이블 및 속성은 다음과 같다.

### ○ 부하

부하번호, 수용가 번호, EMD 번호 우선순위, 제어 시간, 부하상태(ON/OFF), 부하유형(산업용 : 1, 업무용 : 2, 가정용 : 3), DLC 참여 여부, R상 전압, S상 전압, T상 전압, R상 전류, S상 전류, T상 전류, 역률, 주파수, 유효전력, 무효전력, 피상 전력, 15분 전력량, 제어 불능 Alarm, 통신 불능 Alarm, 기준 전력

### ○ 시스템 정보

15분후 수요전력량, 15분후 목표 전력량, 현재 전력량, 목표 전력량, 제어 주기, 차단 가능 전력량, 차단된 전력량

### ○ 보고서 정보

일보, 월보, 연보, 제어일자, 제어시간, OFF 제어된 부하 번호, 절감 전력량, 제어 불능 부하번호, 제어 불능 EMD번호

### ○ 수용가

수용가 번호, 전력사용량, 차단가능 용량, 차단된 용량, 15분후 수요전력량, 15분 전력량, 제어 불능 EMD 번호, 통신 불능 EMD 번호

### ○ EMD(직접부하제어 주 단말장치)

EMD 번호, EMD 상태, 수용가 번호, 단말장치 상태, 유효전력, R상 전압, S상 전압, T상 전압, R상 전류, S상 전류, T상 전류, 역률, 주파수, 15분후 수요 전력량, 15분 전력량, 제어 불능 Alarm, 통신 불능 Alarm

제시된 각 테이블간의 관계를 ERD(Entity Relation Diagram)를 사용하며 표현하면 다음의 그림 1과 같다.

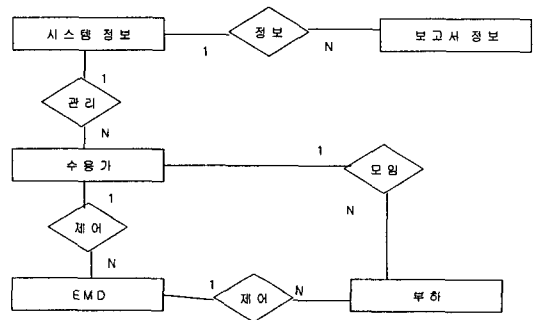


그림 1. 직접부하제어 시스템 데이터베이스를 위한 ERD  
Fig. 1. ERD of direct load control system

## 2.3 능동 규칙

본 연구에서는 제시되는 능동 규칙을 고장 감시 능동 규칙, 직접부하제어 능동 규칙으로 분리하여 연구하였다.

### 2.3.1 고장 감시 능동 규칙(Alarm Processing)

직접부하제어 시스템과 참여부하 간에 제어 불능 또는 통신 불능이 발생되면 감시 기구에 의해 감지되고 이에 따라 경고(alert) 체계를 기동(activate)하게 된다. 그런데 하나의 고장은 여러 감시 기구에 의해 감지되고 이에 따라 수많은 경보를 발생 시킨다. 이에 대한 해결 방법으로 고장 발생 지점에 대한 정보를 능동적으로 시스템에 알려 주기 위해서 고장 근원지 탐지를 위한 능동 규칙을 정의한다.

능동 데이터베이스를 이용한 직접부하제어

- R1  
 EVENT : update to 부하. 부하상태  
 CONDITION : (New 부하. 부하상태=ON)  
 &&(부하. 유효전력= 0)  
 &&(부하. 통신 불능 Alarm = 정상)  
 ACTION : alarm(“부하. 부하번호 제어불능”)
- R2  
 EVENT : update to 부하. 부하상태  
 CONDITION : (New 부하. 부하상태=OFF)  
 &&(부하. 유효전력>=0)  
 &&(부하. 통신 불능 Alarm=정상)  
 ACTION : alarm(“부하. 부하번호 제어불능”)
- R3  
 EVENT : alarm(“부하. 부하번호 제어불능”)  
 CONDITION : TRUE  
 ACTION : 부하. 제어불능 alarm = 제어 불능
- R4  
 EVENT : alarm(“부하. 부하번호 제어불능”)  
 CONDITION : TRUE  
 ACTION : 보고서 정보. 제어불능 부하 번호 = 부하. 부하 번호
- R5  
 EVENT : update 부하. 유효전력  
 CONDITION: (NEW 부하. 유효전력 = 0)  
 &&(부하. 부하상태= ON)  
 &&(부하. 제어불능 Alarm= 정상)  
 ACTION : alarm(“부하. 부하번호 통신 불능”)
- R6  
 EVENT : alarm(“부하. 부하번호 통신 불능”)  
 CONDITION : TRUE  
 ACTION : 부하. 통신 불능 alarm= 통신 불능
- R7  
 EVENT : update to EMD. EMD상태  
 CONDITION : (NEW EMD. EMD상태 = ON)
- R8  
 EVENT : update to EMD. EMD상태  
 CONDITION : (NEW EMD. EMD상태 = OFF)  
 &&(EMD. EMD유효전력>=0)  
 &&(EMD. 통신 불능 Alarm=정상)  
 ACTION : alarm(“EMD. EMD번호 제어불능”)
- R9  
 EVENT : alarm(“EMD. EMD번호 제어불능”)  
 CONDITION : TRUE  
 ACTION : EMD. 제어불능 alarm = 제어 불능
- R10  
 EVENT : alarm(“EMD.EMD번호 제어불능”)  
 CONDITION : TRUE  
 ACTION : 보고서 정보. 제어불능 EMD번호 = EMD.EMD번호
- R18  
 EVENT : update 부하. 유효전력  
 CONDITION : (NEW 부하. 유효전력 > 0)

2.3.2 직접부하제어 능동 규칙

수용가의 부하에 설치된 LCU와 EMD에서 부하의 전류, 전압, 주파수, 현재 전력량, 15분 후의 전력량 등이 검출되어 실시간으로 데이터베이스로 전달하여 데이터베이스의 부하와 EMD 객체의 속성을 갱신시킨다. 이때 속성 값의 변화로 현재 전력량 및 15분 후의 전력량 상태를 감지 할 수 있으므로 감지된 조건을 검사하고 이에 따른 적절한 행동을 직접부하제어 능동 규칙으로 모델링 한다. 이러한 능동 규칙으로 ON/OFF되어야 할 부하가 선택되고 선택된 부하의 상태를 갱신시킴과 동시에 갱신 신호를 직접부하제어 시스템 말단에 연결된 LCU에 전달하여 부하의 ON/OFF를 수행함으로써 시스템의 전체 전력량을 목적된 전력량 이내로 운용하도록 한다.

&&(부하, 부하상태= ON)  
 &&(부하, 제어불능 Alarm=정상)

ACTION : update 시스템정보, 현재전력량

R19

EVENT : update EMD, 15분 후 수요전력량  
 CONDITION : (NEW EMD, 15분 후 수요전력  
 량 > 0)  
 &&(EMD, EMD상태= ON)  
 &&(EMD, 제어불능 Alarm=정상)  
 ACTION : update 시스템정보, 15분 후 수요전  
 력량

R20

EVENT : update to 시스템 정보, 15분후 수요  
 전력량  
 CONDITION : 시스템정보.15분후 수요 전력량>  
 시스템정보.15분후 목표 전력량  
 ACTION : DLC programming

R21

EVENT : update to 시스템 정보, 현재 전력량  
 CONDITION : 시스템정보, 현재 전력량  
 >시스템정보, 목표 전력량  
 ACTION : DLC programming

R22

EVENT : update to 시스템정보.15분후 목표전  
 력량  
 CONDITION : 시스템정보.15분후 목표 전력량  
 <시스템정보.15분후 수요 전력량  
 ACTION : DLC programming

R23

EVENT : update to 시스템 정보, 목표 전력량  
 CONDITION : 시스템정보, 목표 전력량  
 <시스템정보, 현재 전력량  
 ACTION : DLC programming

R24

EVENT : update to 부하.DLC 참여 여부  
 CONDITION : (NEW 부하.DLC 참여 여부=참여)  
 &&(OLD 부하.DLC 참여 여부=불참여)  
 ACTION : update (시스템정보, 목표전력량)  
 &&(시스템정보, 15분후 목표 전력량)

R25

EVENT : update to 부하.DLC 참여 여부  
 CONDITION : (NEW 부하.DLC 참여 여부=참여)  
 &&(OLD 부하.DLC 참여 여부=불참여)  
 ACTION : update 수용가, 차단가능 용량

R26

EVENT : update to 부하.DLC 참여 여부  
 CONDITION : (NEW 부하.DLC 참여 여부 =  
 불참여)&&(OLD 부하.DLC 참여 여부=참여)  
 ACTION : update (시스템정보, 목표전력량)  
 &&(시스템정보, 15분후 목표 전력량)

R27

EVENT : update to 부하.DLC 참여 여부  
 CONDITION : (NEW 부하.DLC 참여 여부 =불  
 참여)  
 &&(OLD 부하.DLC 참여 여부 = 참여)  
 ACTION : update 수용가, 차단가능 용량

R28

EVENT : DLC programming  
 CONDITION : TRUE  
 ACTION : update (보고서.제어일시=현재시간)  
 &&(보고서, 절감 전력량=result1)  
 &&(부하.부하상태=result2)

여기서,  
 result1 = DLC programming 수행 후의 손실 경감량  
 result2 = DLC programming 수행 후의 부하 상태

R29

EVENT : update to 부하, 부하상태  
 CONDITION : NEW 부하, 부하상태=ON  
 ACTION : signal to LCU

R30

EVENT : update to 부하. 부하상태  
 CONDITION : NEW 부하. 부하상태=OFF  
 ACTION : signal to LCU

3. 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. 능동 규칙들 간의 트리거링 관계를 표현하기 위해 트리거링 그래프[14]를 이용한다.

3.1 고장 감시 능동 규칙을 위한 트리거링 그래프

사용자 혹은 DLC programming의 결과로 데이터베이스 내의 부하 객체의 상태가 OFF에서 ON으로 되었으나 유효전력이 여전히 0이고 또한 통신 상태도 정상이면 제어 불능 상태이므로 R1의 condition이 만족되어 R1이 실행된다. 실행결과로 부하 제어 불능 Alarm이 실행되고 그러한 Alarm으로 R3과 R4가 실행된다. 마찬가지로 부하 유효전력이 0으로 갱신되었으나 부하의 상태가 여전히 ON이면 제어상태도 정상인 경우는 통신상태가 불량인 것이므로 R5의 condition이 만족되어 R5가 실행된다. 그 결과 부하 통신 불능 Alarm이 실행되어 R6이 실행된다. 그림 2~6은 직접부하 제어 시스템과 부하의 제어 또는 통신에 이상이 생긴 경우 규칙을 표현한 트리거링 그래프(Triggering Graph)이다.

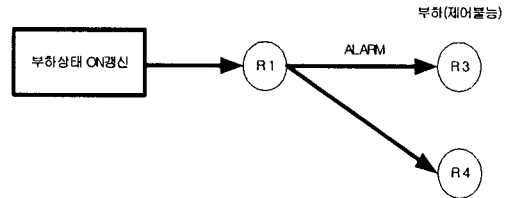


그림 2. 부하상태 ON갱신으로 인한 트리거링 그래프  
 Fig. 2. Triggering graph for updating ON of Load Status

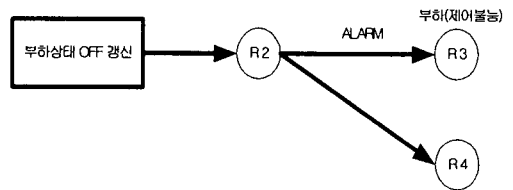


그림 3. 부하상태 OFF갱신으로 인한 트리거링 그래프  
 Fig. 3. Triggering graph for updating OFF of Load Status

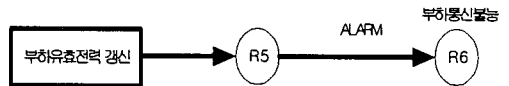


그림 4. 부하유효전력 갱신으로 인한 트리거링 그래프  
 Fig. 4. Triggering graph for updating loadings of Load

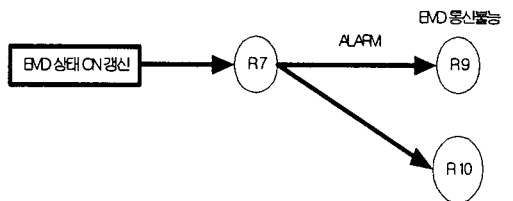


그림 5. EMD상태 ON갱신으로 인한 트리거링 그래프  
 Fig. 5. Triggering graph for updating ON of EMD Status

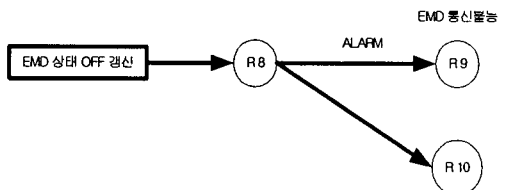


그림 6. EMD상태 OFF갱신으로 인한 트리거링 그래프  
 Fig. 6. Triggering graph for updating OFF of EMD Status

### 3.2 직접부하제어를 위한 트리거링 그래프

부하의 현재 전력량이 변경되면 변경된 값은 LCU에서 데이터베이스로 전송되어 데이터베이스의 부하 객체의 현재 전력량을 갱신시킨다. 이러한 갱신이 정상적인 것인 경우 R18이 수행되어 시스템 정보 객체의 현재 전력량을 갱신시킨다. 현재 전력량이 미리 설정된 목적 부하량 보다 크면 총체적인 시스템내의 전력량을 감소시키기 위해 DLC programming이 수행된다. 이러한 프로그램의 수행으로 R28이 수행되고 또한 결과로 R30과 R29가 수행되어 제어 신호를 부하단의 LCU로 전송하여 부하의 ON/OFF가 이루어진다. 이때 만약 제어불능 혹은 통신 불능 신호가 발생되면 고장 감시에 관한 능동 규칙이 실행되어 Alarm을 발생 시킨다. 그림 7은 직접부하제어를 위해 각 규칙의 종속적인 트리거링 관계를 보여주는 그래프이다.

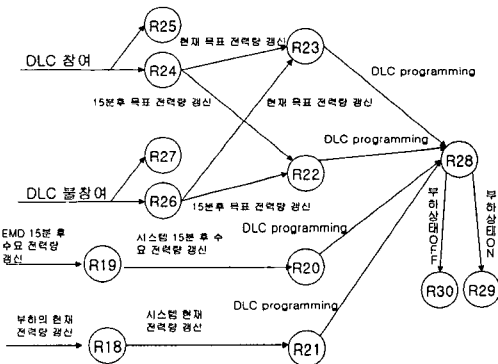


그림 7. 직접부하제어를 위한 트리거링 그래프  
Fig. 7. Triggering graph for direct load control

### 3.3 능동 데이터베이스 기반 직접부하제어 시스템의 구조

본 연구에서 제안된 능동 데이터베이스기반 직접부하제어시스템의 구조는 다음의 그림 8과 같다. 부하의 현재 전력량과 15분 후의 예상 전력량을 LCU와 EMD에서 감지하여 데이터베이스로 전송하여 부하, EMD, 시스템의 현재전력량과 15분 후의 전력량을 갱신시킨다. 이때 전송된 개폐기 객체 속성 값 갱신을 Event Detection이 검사하고 만약 정의된 능동

규칙의 조건이 만족되면 능동 규칙 관리자가 정의된 규칙을 차례로 수행한 후 그 결과를 데이터베이스에 저장한다.

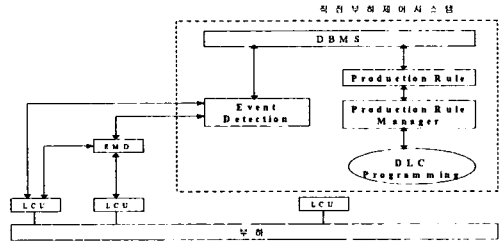


그림 8. 능동 데이터베이스 기반 직접부하제어 시스템의 구조  
Fig. 8. Direct load control system architecture based on active database

## 4. 시뮬레이션

본 연구에서 제시된 능동 데이터베이스기반 직접부하제어 시스템의 유용성을 검증하기 위해 9개의 수용가군과 총 54개의 부하를 다음이 그림 9와 같이 모델링하여 시뮬레이션 하였다. 각 부하들의 우선순위는 3단계로 분류되며 직접부하가 이루어지기 1시간 전에 수용가들의 필요에 의하여 자발적으로 미리 결정된다.

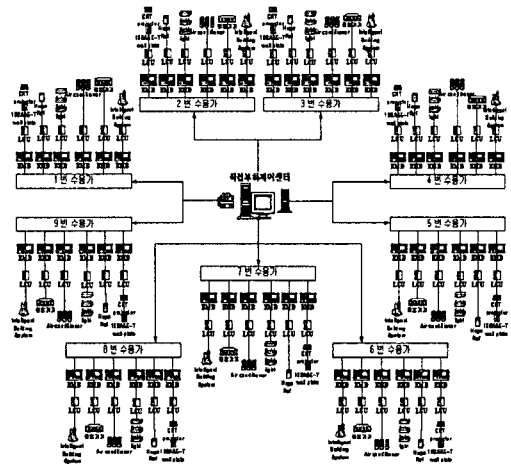


그림 9. 직접부하제어 시스템내의 수용가  
Fig. 9. Customers participating in direct load control

## 능동 데이터베이스를 이용한 직접부하제어

직접부하제어가 이루어지는 총 제어시간은 오전 10:00시부터 17:00까지로 하였으며 총 제어 하고자 하는 목적 전력량은 4000[kw]로 설정 하였다. 각 시간대별로 적용되는 제어 시간(time step)은 15분 간격으로 설정 하였으며 따라서 제어가 실행되는 시간동안의 총 제어횟수는(총 시간/제어시간=28회)가 된다. 또 한 현 단계에서 제어를 실시하였던 부하들은 다음 단계의 제어대상에서 배제하여 동일 수용가의 연속적인 OFF제어가 수행되지 않도록 하였다.

### 4.1 시나리오

한여름 직접부하제어에 참여하는 수용가의 부하가 오후 1시 이후에 에어컨 사용 등으로 현재 전력량이 급격히 증가하게 되면 이러한 증가된 값은 부하에 연결된 LCU에서 직접부하제어 시스템내의 부하객체의 현재 전력량 속성을 갱신시킨다. 현재 전력량의 갱신은 R18을 트리거 시켜서 시스템 객체의 현재 전력량 4320[kw]로 갱신시킨다. 이와 같이 갱신된 시스템 객체의 현재 전력량이 목적 전력량인 4000[kw]를 초과하므로 R21이 트리거 되어 직접부하제어 프로그램인 DLC programming을 수행시킨다. 이러한 DLC 프로그램으로 수행 후 ON/OFF로 제어되어야 할 부하가 선택되어 R26을 트리거 시켜서 데이터베이스 내의 부하 객체를 갱신시킴과 동시에 R29, R30을 트리거 시켜서 부하단에 설치된 LCU에 OFF신호를 보낸다. 이와 같이 능동규칙 갱신 전파현상을 데이터베이스 객체 테이블을 이용하여 표현하면 그림 10과 같다.

그림 10에서 최초 모두 ON 상태였던 부하들 중 (12, 30, 48) 부하들은 DLC 프로그램 수행 후 OFF로 바뀌었다. 여기서 48번 부하는 OFF로 제어되었고 또한 통신상태 Alram도 정상임에도 불구하고 갱신된 현재 전력은 0으로 바뀌지 않았다. 따라서 이러한 경우는 제어 불능 상태이고 R2가 트리거 되어 "48번 부하 제어불능"을 사용자에게 제시한다. 이러한 제어 불능 Alarm은 R3을 트리거 시켜서 부하 테이블의 제어 불능 Alarm 속성을 "불능"으로 갱신시킨다. 이러한 Alarm Processing의 절차를 표현하면 그림 11과 같다.

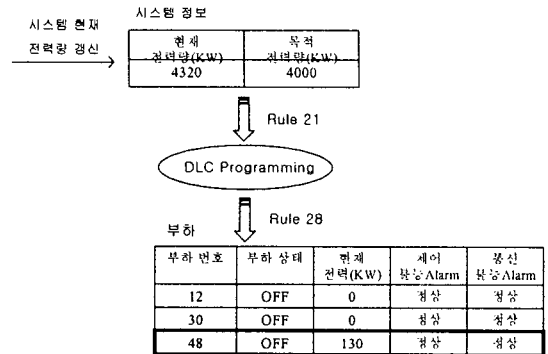


그림 10. 시스템 현재 전력량 갱신 신호 후의 능동 규칙 갱신 전파

Fig. 10. Update propagation of active rules after system current loadings updating signal

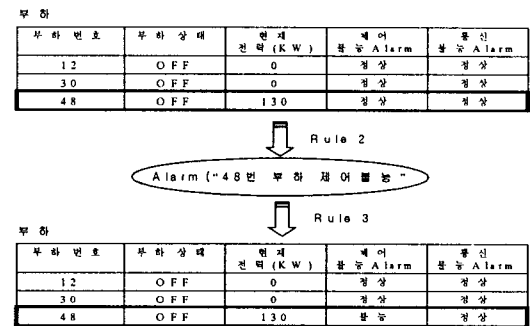


그림 11. 시스템 경보 능동 규칙 갱신 전파

Fig. 11. Update propagation of system alarm active rules

### 4.2 직접부하제어 알고리즘의 유용성 입증

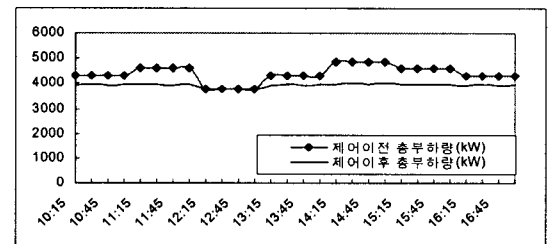


그림 12. 직접부하제어 시행 전·후의 부하 패턴의 변화 비교

Fig. 12. Comparison with load pattern after DLC control

다음의 그림 12는 총 제어시간을 오전 10:00시부



터 17 : 00까지로 하였을 경우 직접부하제어 프로그램 수행 전후의 직접부하제어 시스템내의 부하 변화량을 보여준다.

제시된 우선순위 기반 동적 프로그램을 이용함으로써 약 7%의 부하 절감을 이룰 수 있었다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 참고문헌[11]에서 제시된 우선순위 기반의 동적 프로그래밍 기법을 이용하여 직접부하제어 알고리즘과 능동 데이터베이스를 연동시킨 시스템을 제안했다. 능동 데이터베이스 구축을 위해, 데이터베이스의 요구 사항을 분석하여 E-R Diagram을 이용한 개념디자인으로 데이터베이스를 설계 후 구현한다. 그 후 현재 부하량 또는 15분 후의 부하량이 목적 부하량을 초과하는 경우에 사용자의 개입 없이 직접부하제어가 이루어지도록 하기 위해 직접부하제어 알고리즘을 능동 규칙으로 모델링 하여 데이터베이스에 부과함으로써 능동 데이터베이스를 구현하였다. 그리고 능동 규칙 모델링에서는 직접부하제어 시스템 내에서 발생할 수 있는 제어와 통신에 대한 고장을 감시하기 위한 능동 규칙과 직접부하제어를 수행하기 위한 능동규칙으로 분리 하여 모델링하였다. 제시된 직접부하제어 알고리즘과 능동 데이터베이스의 병합은 직접부하제어 시스템의 데이터 관리에서 빈번한 부하의 ON/OFF에 따른 이들 데이터의 갱신 등이 발생할 경우 반드시 지켜져야 되는 무결성 검증과 현재 전력량 또는 15분 후의 전력량이 갑작스럽게 증가할 경우, 이를 해결하기 위해 사용자의 개입 없는 시스템이 자동적으로 대처해야 하는 상황에 부합된다.

본 연구는 인덕대학의 학술연구지원에 의해서 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

## References

- [1] Yuan-Yih Hsu, Chung-Ching Su "Dispatch of Direct Load Control Using Dynamic Programming", IEEE Transaction on Power Systems, Vol.6, No.3, August 1991.
- [2] Deh-chang Wei, Nanming Chen, "Air Conditioner Direct

Load Control By Multi-Pass Dynamic Programming", IEEE Transaction on Power Systems, Vol.10, No.1, February 1995.

- [3] K. Bhattacharyya, and ML.Crow, "Fuzzy Logic Based Approach to Direct Load Control", IEEE Trans. On Power Systems. Vol. PAS-99, No. 2, May 1995.
- [4] K. Y. Huang, H. T. Yang, C. C. Liao, C. L. Huang, "Fuzzy Dynamic Programming for Robust Direct Load Control", Proceedings of EMPD 98, Vol. 2, pp.564-569, March 1998.
- [5] H. Salehfar, et.al "Fuzzy Logic-Based Direct Load Control of Residential Electric Water Heaters and Air Conditioners Recognizing Customer Preferences In a Deregulated Environment", Power Engineering Society Summer Meeting, 1999. IEEE, Vol. 2, pp. 1055-1060, July 1999.
- [6] E. Anwar, L. Maugis, and S. Charkravarthy, "A New Perspective on Rule Support for Object-Oriented Database", In Proc. ACM Int'l, Conf. on Management of Data, pp.99-108, 1993.
- [7] U. Dayal, et.al, "The HIPAC Project: combining active database and timing constraints", ACM SIGMOD Record, 17, pp. 51-70, 1988.
- [8] U. Dayal, et. al, "Roganizing long running activities with triggers and transactions", In Proc. ACM Int'l conf. on Management of data. pp.204-214, 1990.
- [9] C. Beerl and T. Millo, "A Model for active object-oriented databases" In proc. Int'l Conf. On Very Large database, 1991.
- [10] N. Gehani and H. V. Jagadish, "Ode as an active database: constriants triggers", In Proc., Int'l Conf. on Very Latge Database, pp. 327-336, 1991.
- [11] Tae-Hyun Kim. et.al " Direct Load Control Using Priority Based Dynamic Programming", pp,78 - 83, November, 2004.

## ◇ 저자소개 ◇

### 최상열 (崔相烈)

1970년 8월 24일생. 1996년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 2002년 성균관대 대학원 전기전자 및 컴퓨터 공학부 졸업(박사). 2002~2004년 안양대학교 디지털미디어학부 전임강사. 2004년~현재 인덕대학 컴퓨터정보전자융계열 전임강사.

### 김학만 (金學萬)

1966년 2월 11일생. 1991년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1998년 성균관대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 한국전기연구원 선임연구원.