

## 배전 자동화 시스템을 위한 데이터베이스 설계

김 상욱\*, 김 광호\*\*

\*강원대학교 정보통신공학과 \*\*강원대학교 전기공학과

### Database Design for the Automatic Distribution System

Sang-Wook Kim\* and Kwang-Ho Kim\*\*

\*Dept of Infor. & Telecom. Eng. and \*\*Dept. of Electrical Eng., Kangwon National University

Abstract - Effective design of a database is essential for operating application systems efficiently. This paper discusses database design for the automatic distribution system. Database design is a complex process for specifying the structure of information and is decomposed in three phases: conceptual, logical, and physical design. In this paper, we first collect and analyze the requirements for the automatic distribution system, our target application. We also perform database design for these requirements through three design phases. We believe that our results would contribute to the effective construction of a database for the automatic distribution system.

체-관계 모델(entity-relationship model)[9]을 이용한 개념적 설계 과정을 보인다. 셋째, 개념적 설계의 결과를 대상으로 관계형 모델(relational model)을 이용한 논리적 설계 과정을 보인다. 넷째, 논리적 설계의 결과와 가정하는 질의 집합을 이용하여 물리적 설계 과정을 보인다. 본 연구 결과를 이용하여 배전 자동화를 위하여 필요한 각종 데이터를 파악할 수 있으며, 이들을 효과적으로 데이터베이스화 할 수 있다.

### 2. 요구사항 분석

본 절에서는 배전 자동화 시스템을 위한 요구사항들에 대한 분석 결과를 제시한다. 이것은 CODAS[1][2]에서 배전 기기 제어, 배전 관리 정보 수집 등의 기능을 지원하기 위하여 분석한 데이터에 부하 제어 및 무인 원격 검침 등의 기능을 추가로 제공하기 위하여 필요한 데이터를 통합한 것이다<sup>1)</sup>. 여기서는 배전 자동화 시스템에서 실제로 나타나는 데이터 객체(object)들의 특성을 요약한다.

### 1. 서 론

배전 자동화 시스템은 (1) 배전 기기 제어, (2) 배전 관리 정보 수집, (3) 부하 집중 제어, (4) 무인 원격 검침 등을 컴퓨터를 이용하여 자동적으로 수행한다[1][2][3][4]. 배전 자동화 시스템의 원활한 기능 수행을 위해서는 이러한 기능들과 연관된 각종 정보들을 효과적으로 데이터베이스화 하여야 한다. 본 논문에서는 배전 자동화 시스템을 위한 데이터베이스 설계(database design)에 관하여 논의하고자 한다.

데이터베이스 설계는 응용에서 관리해야 하는 데이터를 구조화하는 과정이며, 크게 개념적 설계(conceptual design), 논리적 설계(logical design), 물리적 설계(physical design)의 세 단계로 구분된다[6][7][8]. 개념적 설계는 응용의 요구사항 분석을 통하여 파악한 데이터의 내용과 이들간의 연관성을 명확하게 제시한다. 논리적 설계는 개념적 설계 결과를 대상으로 특정 데이터베이스 관리 시스템(database management system:DBMS)이 제공하는 데이터 모델을 이용하여 데이터를 조직화한다. 물리적 설계는 논리적 설계 결과를 대상으로 응용의 특성에 맞는 저장 구조와 액세스 방법 등을 결정함으로써 시스템이 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 한다.

본 논문에서는 첫째, 요구사항 분석을 통하여 배전 자동화 시스템에서 사용되는 데이터 집합을 정의한다. 둘째, 이러한 데이터 집합을 대상으로

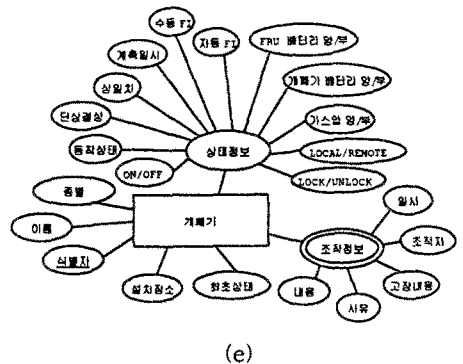
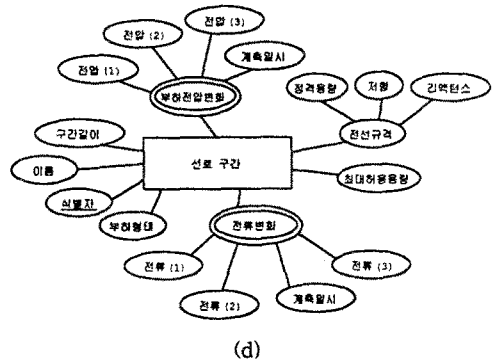
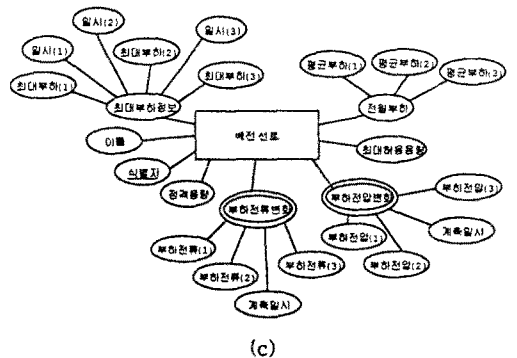
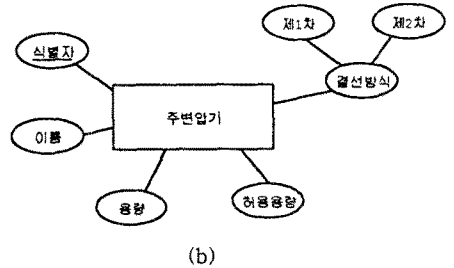
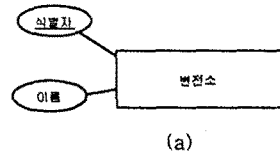
- 변전소
  - 식별자, 이름 등의 특성을 갖는다.
  - 각 변전소에는 다수의 주변압기들이 설치된다.
- 주변압기
  - 식별자, 이름, 용량, 허용용량 등의 특성을 갖는다.
  - 결선방식정보로서 제 1차 및 제 2차 결선방식을 특성으로 갖는다.
  - 각 주변압기에는 다수의 배전선로들이 연결된다.
- 배전선로
  - 식별자, 이름, 정격용량, 최대허용용량 등의 특성을 갖는다.
  - 최대부하정보로서 세가지 최대부하들과 각각을 계측한 일시들을 특성으로 갖는다.
  - 전월부하정보로서 세가지 전월 평균부하들을 특성으로 갖는다.
  - 부하전류변화로서 세가지 부하전류와 각각을 계측한 일시들을 특성으로 갖는다. 이러한 특성값들은 지속적으로 측정된다.
  - 부하전압변화로서 세가지 부하전압과 각각을 계측한 일시들을 특성으로 갖는다. 이러한 특성값들은 지속적으로 측정된다.
  - 각 배전선로에는 대응되는 유일한 차단기가 존재한다.
  - 각 배전선로는 다수의 선로구간들로 구성된다.

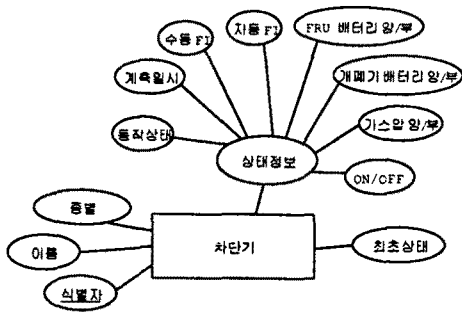
1 여기서 제시한 데이터는 배전 자동화의 필수 기능을 지원하기 위하여 필요하다고 판단되는 것들을 가상으로 수집한 것이다. 따라서 이것이 완전하다고는 볼 수 없으며, 추후 개발시 필요한 데이터들 보다 구체적으로 수집하여야 한다. 그러나 본 논문에서 다루고자 하는 데이터베이스 설계의 절차와 기본적인 아이디어는 실제 개발 시에도 유사한 방식으로 적용될 수 있다.

- 선로구간
  - 식별자, 이름, 부하형태, 구간길이, 최대허용용량 등의 특성을 갖는다
  - 전선규격정보로서 정격용량, 저항, 리액턴스 등을 특성으로 갖는다.
  - 전류변화로서 세가지 전류와 각각을 계측한 일시들을 특성으로 갖는다.
  - 부하전압변화로서 세가지 전압과 각각을 계측한 일시들을 특성으로 갖는다.
  - 각 선로구간과 대응되는 고유의 전단개폐기와 후단개폐기가 존재한다.
  - 각 선로구간에서 발생된 다수의 고장내역들이 지속적으로 유지된다.
  - 각 선로구간에서 전기를 공급하는 다수의 수용가들이 존재한다.
  - 각 선로구간에서 발생된 다수의 정전내역들이 존재한다.
- 개폐기
  - 식별자, 이름, 종별, 설치장소, 최초상태 등의 특성을 갖는다.
  - 상태정보로서 동작상태, ON/OFF, 단상결상, 상일치, 수동 FI, 자동 FI, FRU 배터리 양/부, 개폐기 배터리 양/부, 가스압 양/부, LOCAL/REMOTE, LOCK/UNLOCK 등과 이들을 계측한 일시들을 특성으로 갖는다.
  - 조작정보로서 조작내용, 사유, 조작자, 고장내용, 일시들을 특성으로 갖는다. 이러한 특성값들은 지속적으로 축적된다.
- 차단기
  - 식별자, 이름, 종별, 최초상태 등의 특성을 갖는다.
  - 상태정보로서 동작상태, ON/OFF, 수동 FI, 자동 FI, FRU 배터리 양/부, 개폐기 배터리 양/부, 가스압 양/부 등과 이들을 계측한 일시들을 특성으로 갖는다.
- 정전내역
  - 정전구분, 종별, 고장코드1, 고장코드2, 정전시각, 복구시각, 복구내역 등의 특성을 갖는다.
  - 전단개폐기정보와 후단개폐기정보로서 각각 자동 FI 상태, 수동 FI 상태, 계측일시 등을 특성으로 갖는다.
- 수용가
  - 식별자, 이름, 용량 등의 특성을 갖는다.
  - 주소정보로서 시, 구, 동, 번지 등을 특성으로 갖는다.
  - 원격검침정보로서 전력사용량과 검침일시들을 특성으로 갖는다. 이러한 특성값들은 지속적으로 축적된다.
  - 각 수용가에는 다수의 부하제어대상이 존재한다.
- 부하제어대상
  - 식별자, 이름, 우선순위, 상태 등을 특성으로 갖는다
  - 강제OFF시간정보로서 시작시간과 종료시간 등을 특성으로 갖는다.

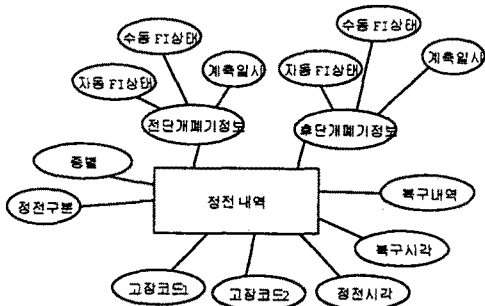
### 3. 개념적 설계

본 절에서는 제 2장에서 제시한 요구사항들을 기반으로 배전 자동화 시스템을 위한 개념적 설계를 결과물 제시한다. 본 연구에서는 개념적 설계를 위하여 가장 널리 사용되는 개체-관계 모델(entity-relationship model)[5][6][7][8]을 이용하였으며, 이 모델에서 사용되는 각 기호는 참고 문헌 [6]에서 제시한 것을 참조하였다. 그림 1은 제 2장에서 제시한 각각의 객체들을 속성으로 구성되는 개체(entity)로 표현한 것이며, 그림 2는 제 2장에서 제시한 모든 개체들간의 관계들을 표현한 것이다.

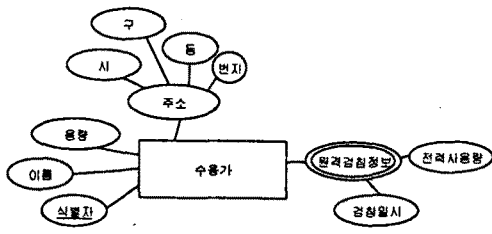




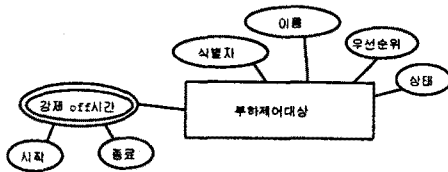
(f)



(g)



(h)



(i)

그림 1. 개체와 속성들.

#### 4. 논리적 설계

본 절에서는 제 3장에서 제시한 개념적 설계 결과를 기반으로 배전 자동화 시스템을 위한 논리적 설계 결과를 제시한다. 본 연구에서는 논리적 설계를 위하여 현재 가장 많은 상용 DBMS에서 제공하는 관계형 모델(relational model)[5][6][7][8]을 이용하였으며, 이 모델에서 사용되는 각 기호는 참고 문헌 [6]에서 제시한 것을 참조하였다. 그림 3은 논리적 설계 결과인 릴레이션들을 나타낸 것이다. 밑줄친 속성은 각 릴레이션의 키를 구성하는 속성임을 의미하며, 굵은글자체의 속성은 외래키(foreign key)에 해당되는 속성임을 의미한다.

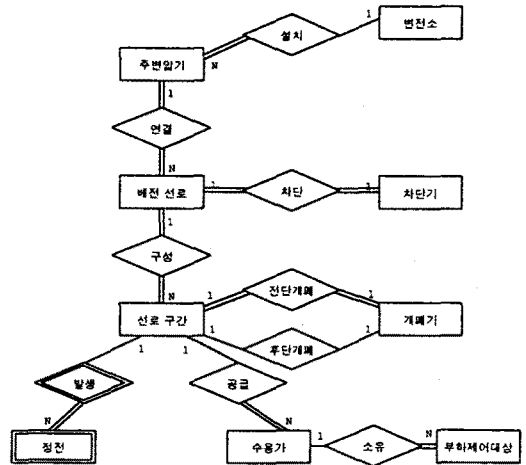


그림 2. 개체들간의 관계.

#### 변전소

식별자	이름
-----	----

#### 주변입기

식별자	이름	용량	허용용량	제1차 결선방식	제2차 결선방식	변전소 식별자
-----	----	----	------	----------	----------	---------

#### 배전선로

식별자	이름	경계용량	최대 허용용량	전월평균 부하 (1)	전월평균 부하 (2)	전월평균 부하 (3)
최대 부하 (1)	최대 부하 (2)	최대 부하 (3)	일시 (1)	일시 (2)	일시 (3)	주변입기 식별자

#### 부하전류변화

부하전류 (1)	부하전류 (2)	부하전류 (3)	계속일시	배전선로 식별자
----------	----------	----------	------	----------

#### 부하전압변화

부하전압 (1)	부하전압 (2)	부하전압 (3)	계속일시	배전선로 식별자
----------	----------	----------	------	----------

#### 차단기

식별자	이름	종별	최초상태	동작상태	수동 FI	자동 FI	ON/OFF
-----	----	----	------	------	-------	-------	--------

FRU 배터리 양/부	개폐기 배터리 양/부	가스압 양/부	계속일시	배전선로 식별자
-------------	-------------	---------	------	----------

#### 개폐기

식별자	이름	종별	최초상태	설치장소	수동 FI	자동 FI	ON/OFF
-----	----	----	------	------	-------	-------	--------

FRU 배터리 양/부	개폐기 배터리 양/부	가스압 양/부	LOCAL/REMOTE	LOCK/UNLOCK	상일치	단상결함
-------------	-------------	---------	--------------	-------------	-----	------

#### 동작상태

계속일시
------

#### 개폐기조작정보

조작자	내용	사유	고장내용	조작일시	개폐기 식별자
-----	----	----	------	------	---------

그림 3. 릴레이션 집합 (뒤에 계속).

#### 5. 물리적 설계

본 절에서는 제 4장에서 제시한 논리적 설계 결과를 기반으로 배전 자동화 시스템을 위한 물리적 설계 결과를 제시한다. 본 연구에서는 각 릴레이션내의 어떤 속성에 대하여 현재 대부분의 상용 DBMS에서 제공하는 클러스터링 인덱스(clustering index)와 이차 인덱스(secondary index)를 제공할 것인가를 제시한다. 물론, 물리적 설계를 위해서는 응용에서 사용되는 질의 집합이 주어져야 하지만,

선로구간

식별자	이름	구간길이	부하량	최대 허용용량	전선규격 식별자	배전선 식별자	전단개폐 식별자	후단개폐 식별자
-----	----	------	-----	---------	----------	---------	----------	----------

전류변화

전류 (1)	전류 (2)	전류 (3)	계측일시	선로구간 식별자
--------	--------	--------	------	----------

부하전압변화

전압 (1)	전압 (2)	전압 (3)	계측일시	선로구간 식별자
--------	--------	--------	------	----------

전선규격

전선규격 식별자	장격용량	저항	리액턴스
----------	------	----	------

정전내역

종별	정전구	고장코드	고장코드	정전시간	복구시간	복구내역
전단개폐 자동F	전단개폐 수동F	전단개폐 계속일시	후단개폐 자동F	후단개폐 수동F	후단개폐 계속일시	선로구간 식별자

수용가

식별자	이름	용량	시	구	동	번지	선로구간 식별자
-----	----	----	---	---	---	----	----------

원격검침내역

전력 사용량	검침일시	수용가 식별자
--------	------	---------

부하제어대상

식별자	이름	우선순위	상태	수용가 식별자
-----	----	------	----	---------

강제OFF시간

시작시간	종료시간	부하 식별자
------	------	--------

그림 3. 릴레이션 집합 (앞에서 계속).

본 논문에서는 단순히 각 릴레이션내의 이름 속성 및 키에 대한 검색 질의와 외래키를 이용한 조인 질의 등이 가장 빈번하게 사용됨을 가정한다.

- 변전소
  - 클러스터링 인덱스: 불필요
  - 이차 인덱스: 이름, 식별자
- 주변압기
  - 클러스터링 인덱스: 변전소식별자
  - 이차 인덱스: 이름, 식별자
- 배전선로
  - 클러스터링 인덱스: 주변압기식별자
  - 이차 인덱스: 이름, 식별자
- 부하전류변화
  - 클러스터링 인덱스: 배전선로식별자
  - 이차 인덱스: 계측일시
- 부하전압변화
  - 클러스터링 인덱스: 배전선로식별자
  - 이차 인덱스: 계측일시
- 차단기
  - 클러스터링 인덱스: 배전선로식별자
  - 이차 인덱스: 이름
- 개폐기
  - 클러스터링 인덱스: 불필요
  - 이차 인덱스: 이름, 식별자
- 개폐기조작정보
  - 클러스터링 인덱스: 개폐기식별자
  - 이차 인덱스: 조작일시
- 선로구간
  - 클러스터링 인덱스: 배전선로식별자
  - 이차 인덱스: 이름, 식별자, 전선규격식별자, 전단개폐기식별자, 후단개폐기식별자
- 전류변화
  - 클러스터링 인덱스: 선로구간식별자

- 이차 인덱스: 계측일시
- 부하전압변화
  - 클러스터링 인덱스: 선로구간식별자
  - 이차 인덱스: 계측일시
- 전선규격
  - 클러스터링 인덱스: 불필요
  - 이차 인덱스: 전선규격식별자
- 정전내역
  - 클러스터링 인덱스: 선로구간식별자
  - 이차 인덱스: 정전시간
- 수용가
  - 클러스터링 인덱스: 선로구간식별자
  - 이차 인덱스: 식별자, 이름
- 원격검침내역
  - 클러스터링 인덱스: 수용가식별자
  - 이차 인덱스: 검침일시
- 부하제어대상
  - 클러스터링 인덱스: 수용가식별자
  - 이차 인덱스: 부하식별자, 이름
- 강제OFF시간
  - 클러스터링 인덱스: 부하식별자
  - 이차 인덱스: 시작시간

6. 결 론

효율적인 배전 자동화 시스템의 운영을 위해서는 적절한 데이터베이스 구축이 필수적이다. 본 논문에서는 배전 자동화 시스템을 위한 데이터베이스 설계에 관하여 논의하였다. 먼저, 요구분석을 통하여 배전 자동화를 위하여 필요한 정보들을 수집하고, 이들에 대하여 개념적 설계, 논리적 설계, 그리고 물리적 설계를 통하여 데이터베이스 구조를 선정하였다. 이러한 연구 결과는 실제 배전 자동화 시스템의 개발시에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한국전력공사 기술연구원, 국산 배전 자동화 시스템 설계통 실증연구, 제 1차년도 중간보고서, 1995.
- [2] 한국전력공사 기술연구원, 국산 배전 자동화 시스템 설계통 실증연구, 제 2차년도 중간보고서, 1996.
- [3] 한국전력공사, 배전처, 정보처리처, 배전설비 관리 시스템, 1993.
- [4] 일본 배전 자동화 연구회(김영록 역), 배전 자동화 시스템 입문, 성안당, 1992.
- [5] 이석호, 데이터베이스 개론, 제1판, 정익사, 한국, 1996년.
- [6] Elmasri, R. and Navathe, S. B., Fundamentals of Database Systems, Second Edition, Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1994.
- [7] Korth, F. H. and Silberschatz, A., Database System Concepts, Second Edition, McGraw-Hill Inc., 1991.
- [8] Ullman, J. D., Principles of Database and Knowledge-Base Systems, Vol. 1, Computer Science Press, 1988.
- [9] Batini, C., Ceri, S., and Navathe, S. B., Conceptual Database Design: An Entity-Relationship Approach, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1992.