

GIS를 이용한 배전설비고장예측 알고리즘의 구현

Implementation of Distribution Outage Prediction Algorithm

Using GIS

배명석

Myung-Suc Bae

한전KDN 주식회사 전력GIS부

E-mail : tooblack@kdn.com

Tel. : 02-3429-6816

요 약

본 논문에서는 배전분야 설비관리 시스템을 대상으로 배전설비 고장시 GIS 기능을 이용하여 고장설비를 예측할 수 있는 방법과 구현 실례를 소개하고자 한다. 배전설비관리를 위한 지리정보 데이터 모델은 가공과 지중, 전기와 비전기, 점형과 선형의 특성을 가지는 배전설비의 특성을 분석하여 모델링된다. 모델링의 결과 생성된 데이터베이스는 실세계에 존재하는 대부분의 객체에 대한 정보를 포함하고 있으므로 매우 크고 그 구조 또한 복잡하다. 그러므로 응용프로그램이 필요로 하는 데이터를 추출하기 위하여 많은 시간이 요구된다. 그러나 고장복구업무를 위한 시스템은 사용자의 만족도를 위하여 추론의 정확성과 더불어 응답속도를 최소화하는 것이 필수조건이다. 이를 위하여 GIS 데이터베이스 모델을 좀 더 개량할 필요가 있으며, 본 논문에서는 이에 대한 한가지 방안으로 배전설비의 GIS 모델의 축약된 형태인 관계형 데이터베이스 모델을 제시한다. 고장점 추론은 이렇게 만들어진 축약모델을 이용하여 진행되며 고장신고 고객별로 회선, 개폐기, 변압기, 인입주 등 정보를 추출하고 추출된 설비들의 계통상 위치의 유사성을 추론하여 최종 예측점을 파악한다.

1. 서론

근래에 들어 가스, 통신, 전력, 상하수도 등 매우 많은 분야에 걸쳐 GIS응용을 위한 설비DB 구축작업이 진행되고 있다. 우리나라의 GIS산업도 단순히 종이도면을 전산화된 정보로 구축하는 GIS발전의 초기단계를 넘어 공간분석 시도를 통하여 보다 고급 정보를 재생산하는 수준에

접근하고 있다. 본 논문에서는 설비의 관리 구조가 매우 복잡하고 관리대상 개체수가 그 어느 설비보다 많은 배전분야 설비관리 시스템을 대상으로 배전설비 고장시 GIS 기능을 이용하여 고장설비를 예측할 수 있는 방법과 구현 실례를 소개하고자 한다.

GIS는 공간상의 각종 지리 자료를 입력, 저장 및 관리하고, 목적에 따라 분석 처리

하여 결과를 출력하는 시스템이다[1]. GIS는 다음과 같은 세가지 관점으로 인식할 수 있다. 첫째, 지도를 다루는 관점이다. 시스템은 지도를 정밀하고 정확하게 관리할 수 있는 기능을 가져야 한다. 둘째, 데이터베이스 처리 관점이다. 이러한 관점은 시스템이 공간 자료를 효과적으로 처리하는 자료구조를 가져야 함을 강조한다. 마지막으로 공간 분석 수단으로 GIS를 인식하고 있다. 지리 자료의 분석과 모형화라는 측면을 강조한 관점이다[2]. 본 논문에서는 두번째와 세번째 관점으로 GIS를 인식하기로 한다.

전력은 발전소에서 생산되어 송전선을 통하여 변전소까지 전달되고, 변전소에 전달된 전력은 배전선로를 통하여 수용가까지 전달이 된다. 배전시스템이라 함은 변전소와 수용가 사이에 설치된 수많은 설비를 데이터베이스화하여 설계, 시공관리, 설비관리 등의 업무를 자동화하는 시스템이다. 기존의 배전시스템은 종이도면을 중심으로 현장설계시 발생하는 공사비산출내역, 업체내역, 설비점검내역, 고장실적내역 등을 단순히 기록하였다가 통계데이터로 활용하는데 그쳤다. 그러나 근래에 한국전력에서 개발한 신 배전정보시스템(NDIS: New Distribution Information System)의 경우 Small-world GIS를 이용하여 컴퓨터 시스템 화면에 마우스 및 키보드를 사용하여 배전설비 및 선로를 입력하므로써 설계자재산출, 공사비계산, 도면관리, 설비통계 데이터 생성 등과 같은 업무가 자동으로 처리된다[3].

본 논문에서는 배전설비관리를 위한 GIS 데이터베이스 모델을 소개하고, 구축된 설비DB와 배전설비관리업무를 분석하여 축약된 형태의 관계형 데이터베이스 모델을 제시하고 이 모델을 이용하여 보다 효과적인 고장점 추론을 가능하게 하는 시스템구현 방법을 제시한다.

2. 배전설비의 특성

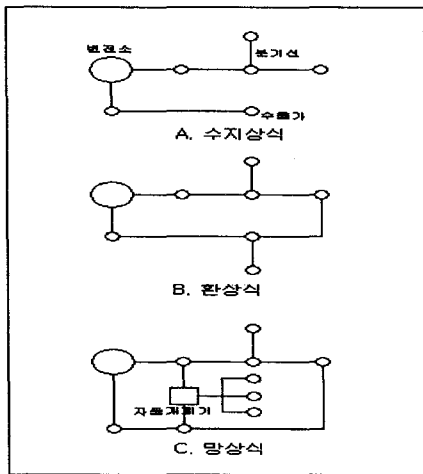
배전설비는 크게 가공(가공)과 지중(지중), 전기설비와 비전기설비, 점형(점형)설비와 선형(선형)설비 등으로 나눌 수 있다.

가공설비는 전주를 지지물로 하여 지상에 설치되어 있는 설비를 뜻하며 지중설비는 지하에 설치된 설비를 뜻한다. 전기설비는 전류가 흐르는 설비를 의미한다. 비전기설비는 전류가 흐르지 않는 설비를 의미한다. 전선류, 변압기류 등은 전류가 직접 통하지만 전주 등의 지지물, 전력구, 관로 등의 토목설비는 전류가 흐르지 않는다. 점형설비는 도면에 표시할 때 점형으로 표현되는 전주, 맨홀 등의 설비를 말하며, 선형설비는 선형으로 표시되는 고압전선, 고압케이블 등의 설비를 말한다. 응용시스템에 따라 맨홀, 수용가 등과 같은 점형 설비는 면형 설비로 모델링 될 수 있다.

배전선로는 수요설비 부하의 종류에 따라 수지상식(樹枝狀式), 환상식(環狀式), 망상식(網狀式) 등으로 구성이 가능하다. <그림 1>에서와 같이 수지상식은 트리모양으로 배전선로를 구성하여 수요에 따라 자유롭게 분기가 가능한 형식이며, 환상식은 선로가 밀폐되어 전압변동이 적고 전력손실이 적어 신뢰도가 높은 방식이다. 망상식은 환상식

간선을 조합하여 수용가에 다수개의 전력공급원을 위치한 방식이며 신뢰도가 대단히 높은 특징을 가진다.

한국전력의 경우 비용을 고려하여 수지상 식방식을 적용하여 전력을 공급하고 있다. 이 방식은 사고시 정전의 범위가 넓어지는 단점을 가지고 있다. 그러므로 고장위치를 신속하게 파악하여 고장시간과 고장범위를 단축하는 노력이 반드시 필요하다.



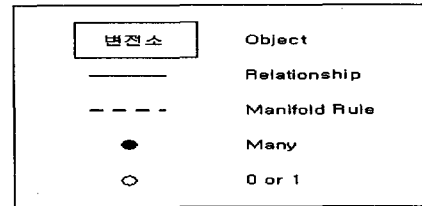
<그림 1> 배전선로의 구성방식

배전선로의 고장은 고압고장과 저압고장으로 분류할 수 있는데 고압고장은 회선별 부하의 증감정보를 이용하여 개략적인 예측이 가능하며 저압고장 발생은 수용가의 신고에 의존하여 고장의 여부를 알아낸다. 고장이 발생하여 고객이 신고를 하면 고장복구요원은 현장에 출동하여 수용가 옥내, 인입선, 인입주, 저압전선, 변압기의 순서로 고장발생 여부를 점검한다. 다수의 수용가가 고장을 신고할 경우 고압고장으로 인지하고 변압기, 고압전선, 선로용개폐기,

CB(Circuit Breaker)등의 설비를 순차적으로 검사하여 고장점을 색출한다.

3. 배전설비관리를 위한 데이터모델링

배전설비를 관리하기 위한 지리정보 데이터 모델 설계시 사용한 기호는 <그림 3>과 같다.



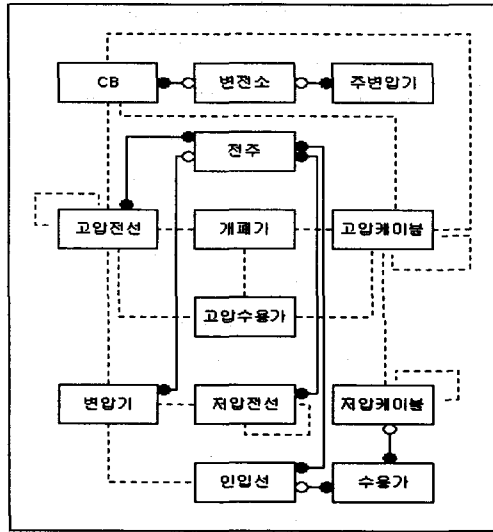
<그림 2> 설비모델링을 위한 표기법

Object는 배전설비 객체를 표시하며 속성 데이터를 가진다. Relationship은 각 Object간의 관계성을 표현하기 위하여 사용하였다. Manifold Rule은 Object간의 물리적인 연결상태를 표현하며 위상(Topology) 관계를 표현하기 위하여 사용하였다. Smallworld은 VMDS (Version Managed Data Store)라는 자체 데이터베이스를 가지고 있으며 VMDS에 탑재하기 위한 데이터 모델을 Case Tool이라는 제품을 이용하여 작성한다. Manifold Rule은 Smallworld에서 위상관계를 표현하기 위한 표기법이다.

Many는 Relationship 표현시 해당 Object가 다수개가 존재가능함을 표현한다. 마지막으로 0 or 1은 해당 Object가 존재하지 않거나 1개가 존재가능함을 표현한다.

<그림 3>은 배전설비의 가공 및 지중모델의 예이다. 맨홀, 관로, 전력구 등의 토목설비 부분은 고장예측과 관련이 없는 사항이므로 생략하였다. 그리고 개폐기단자, 전

압조정기, 피뢰기 등은 고장예측과 관련이 없는 설비는 모델링에서 제외하였다.



<그림 3> 배전설비관리를 위한 모델링에

고압전선과 전주간에는 Relationship이 설정되어 있으며 'Many:Many' 특성을 갖는다. 이를테면 하나의 고압전선은 전주 두개에 의해 지지 받으며 하나의 전주에는 다수개의 고압전선이 설치될 수 있음을 의미한다. 고압전선과 변압기간에는 Manifold Rule이 설정되어 있다. 이것은 전기적으로 고압전선은 변압기와 연결되어 있음을 뜻한다.

4. 고장점 추론을 위한 설비모델의 축약

실제 모델에서는 Object 개수가 <그림 3>보다 매우 많으며 Object에 저장된 개체수 또한 매우 많으므로 계통 추적을 통한 고장점 추론 작업은 상당히 좋은 성능을 가지는 컴퓨터 시스템이라 할지라도 오랜 시간이 소요된다.

계통 추적 성능을 개선하기 위하여 선택할 수 있는 방법은 여러 가지가 있을

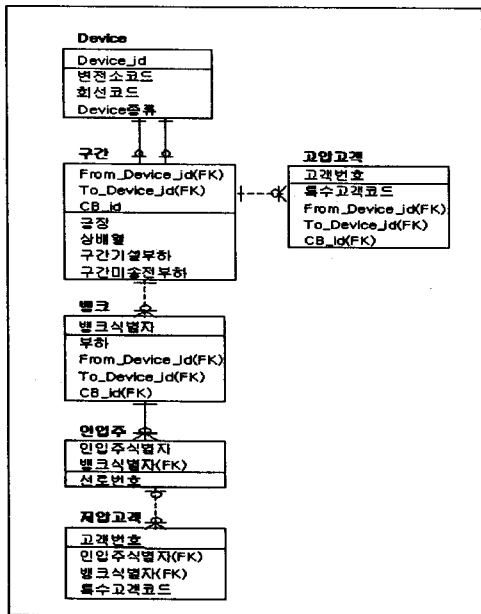
것이다. 첫째, 고장예측의 결과의 신뢰도를 떨어뜨리는 방법을 생각해볼 수 있다. 이 방법은 계통 추적을 통하여 배전선로상의 설비를 추적하면서 고장이라고 예측되는 설비의 가짓수를 줄이므로써 보다 적은 정보를 탐색하므로 탐색의 시간을 줄이는 것이다. 이 방법은 시스템의 부하는 다소 줄어들지만 정확도가 떨어져 현장작업자의 고장 복구 시간을 늘이는 결과를 초래하므로 업무처리 측면에서는 바람직하지 않다.

둘째, 데이터모델링을 계통 추적이 용이하도록 변형하여 사용하는 것이다. 계통 추적을 이용하여 처리하는 업무의 비중이 높고 수행 성능이 절대적인 경우 유효하며, 시스템 구성 초반에 의사결정을 하여 데이터모델링을 수행 할 필요가 있다. 그러나 타 업무에서의 활용도와 업무의 확장성을 충분히 고려하지 않으면 통합시스템의 전체적인 성능이 저하될 수 있다.

셋째, 고장예측만을 위한 별도의 축약모델을 만들어 사용하는 방법이 있다. 대부분의 GIS시스템은 공간데이터(Spatial Data)와 비공간데이터(Non-Spatial Data)를 별도로 저장한다. 공간 데이터는 GIS 툴에서 제공하는 특수한 데이터베이스에 저장하며 비공간 데이터는 상용 DBMS에 저장하여 비공간데이터를 다루는 시스템의 성능을 향상시킨다. 이러한 특성을 이용하여 고장예측시 필요한 정보를 GIS 데이터베이스에서 미리 추출하여 상용 DBMS에 축약된 형태로 저장한 후 고장예측시 상용 DBMS를 이용하여 정보를 추출하게 하는 방법이다.

<그림 4>는 배전선로의 고장 유형을 분석하여 주요 고장지점간의 관계를 관계형데이

타 베이스의 표현식을 사용하여 모델링한 예이다. 배전선로를 다수개의 구간으로 나누고 구간의 양끝은 Device가 존재한다. 고압고객은 구간에 직접 연결되어 있으며 배크 또한 구간에 직접 연결되어 있다. 배크는 다수개의 인입주를 포함하고 있으며, 인입주는 다수개의 저압고객과 연결되어 있다.

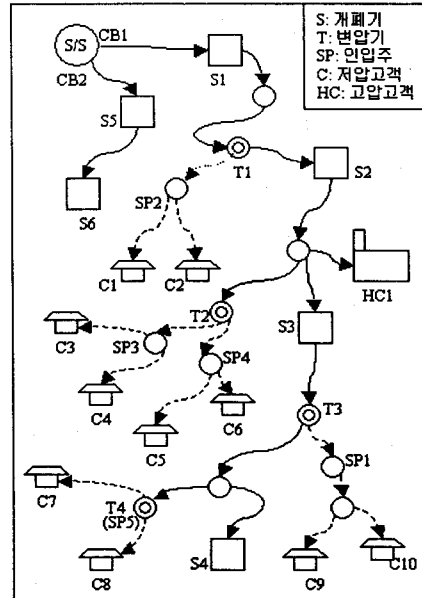


<그림 4> 고장점 추론을 위한 축약모델

5. 고장점 추론 알고리즘

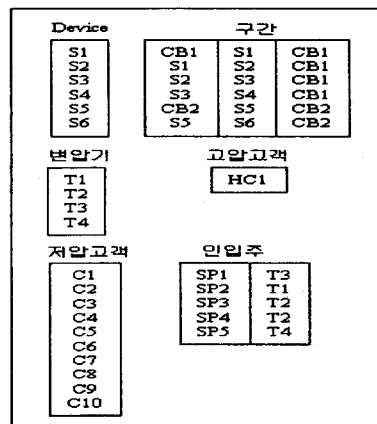
<그림 5>는 배전선로 고장점 추론 엔진 구현을 위한 배전선로 구성의 예이다. 앞서 설명한 바와 같이 우리나라의 배전선로는 수지상식으로 되어 있으며 일반적으로 변전소(S/S:SubStation)에서 다수개의 선로가 CB를 경유하여 구성되며 선로 부하절체 및 고장점 축소를 위하여 개폐기(S:Switch)가 중간에 설치되어 있으며 개폐기와 개폐기, 개폐기와 분기점, 개폐기와 말단점을 구간으로 정의하여

구간에 변압기(T:Transformer), 고압고객(HC:High Voltage Customer)가 존재하며 변압기 이하에는 인입주(SP: Service Pole), 저압고객(C:Low Voltage Customer)가 존재한다.



<그림 5> 배전선로 구성 예

<그림 6>은 <그림 5>를 고장점 추론을 위한 축약모델로 구성하였을 때 실제로 테이블에 저장되는 예이며, <그림 4>의 키(Key) 부분만을 다루었다.



<그림 6> 배전선로의 축약모델 구축 예

고장점 추출을 위한 알고리즘은 가장 말단지점인 저압고객의 위치 정보를 기초로 고장설비를 찾아내는 과정이다. 만약 저압고객 C5, C6이 고장신고를 하였을 경우 인입주 SP4를 고장예측 설비로, 저압고객 C3, C4, C5, C6이 고장신고를 하였을 경우 변압기 T2가 고장임을 예측할 수 있다. 이러한 방법으로 저압고객, 인입주, 변압기, 개폐기, CB의 순으로 고장설비를 추론한다.

<그림 7>은 고장점 추론 알고리즘의 예이다. 먼저, 고장신고 정보를 수집하여 고객번호에 해당되는 인입주 변압기, 개폐기, CB정보를 추출하고 같은 인입주하에 두 고객이상의 신고가 접수되었으면 인입주의 고장으로 파악하고, 같은 방법으로 두개이상의 고장 인입주가 한 변압기에 속하면 변압기 고장으로 추론한다.

```

char* OutagePrediction(CustNoList)
{
    /*고객별로 관련 정보들을 호출한다.*/
    GetCustInfoFromReduction();
    /*고객정보를 초기화한다.*/
    MakeCustRecord();
    /*고객고장정보를 분석하여 인입주고장정보를 만든다.*/
    MakeSPRecord();
    /*인입주고장정보를 분석하여 변압기고장정보를 만든다.*/
    MakeBankRecord();
    /*변압기, 고압고객고장정보를 분석하여 구간고장정보를 만든다.*/
    MakeDeviceRecord();
    /*구간고장정보를 분석하여 CB고장정보를 만든다.*/
    MakeCBRecord();
    /*고장정보 구조체를 읽어 최종고장 점을 예측한다.*/
    Prediction();

    Return(OutageList);
}
    
```

<그림 7> 고장점 추론 알고리즘

고장신고결과를 검증하여 고장점 추론

엔진을 기동시키는 주기와 한 설비의 하위 설비 몇 개가 고장일 때 해당 설비를 고장으로 인식할 것인지는 현업무 적용 후 수정할 수 있도록 변수화할 필요가 있다.

6. 결론

GIS시스템은 기본적으로 매우 많은 개체를 가지므로 데이터 처리시 성능상 문제점이 빈번히 발생한다. 본 논문에서 제시한 바와 같이 업무시스템을 위하여 GIS를 재추출하여 사용할 필요가 있으며, 특히 업무수행시 응답속도가 중요한 요소가 되는 정보시스템의 경우 필수적이다. 본 논문에서 제시한 GIS에서 설비정보 추출시 축약모델을 이용하여 시스템의 성능을 향상시키는 방법은 수치상식 계통 구조를 기반으로 관리되는 응용프로그램의 고장점 추론에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] R. H. Guting, "An Introduction to Spatial Database systems," The VLDB Journal, Vol. 3, No. 4, pp.357-399, 1994.
- [2] 배명석, GIS에서 공간 연산자의 설계 및 구현, 서울시립대학교, 1997.
- [3] 한국전력공사, 판매관리를 위한 통합시스템 구축 보고서, 한국전력공사, 2001.