

국가기본도를 사용하는 배전지리정보시스템에서의 전주위치 보정기법 연구

이봉재, 송재주, 신진호, 조선구  
전력연구원 전력계통연구실 정보통신그룹

A Study on the Electric Pole Positioning Technology for Power Distribution GIS using National Geographic Digital Map

Bong Jae Yi, Jae Ju Song, Jin Ho Shin, Seon Ku Cho  
Computer & Communication Group Power System Lab Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - 한전에서는 판매업무의 혁신을 기하기 위하여 지리정보시스템(GIS)을 운영기반으로 하는 신배전정보시스템(NDIS : New Distribution Information System) 구축사업을 적극적으로 추진하여 현재 일부 지사·지점에서 시범운영중에 있으며, 향후 전국적인 운영확산이 예정되어 있다. NDIS에서는 국가기본도를 GIS의 기초도면으로 활용하고 있으나 DB구축시 기존 설비도면과의 상대위치오차가 발생되고, 설비가 누락 또는 오분류되어 있는 경우가 있어 이를 보정하는데 많은 노력이 드는 실정이다. 국가기본도 사용을 전제할 때 이러한 문제점은 피할 수 없는 현상이며, 한전에서는 이를 보다 효과적으로 해결하고자 배전설비에서 위치의 기준이 되는 전주를 중심으로 기초도면 변경에 따른 설비도면 보정기법연구와 시스템 개발을 수행하였다. 본고에서는 한전에서의 설비도 위치보정 적용환경과 함께 연구개발된 내용을 소개하고자 한다.

1. 서 론

한전에서는 전국에 걸쳐 산재되어 있는 방대한 양의 배전설비를 효과적으로 관리하기 위한 수단으로 80년대 후반에 GIS를 도입, 실무적용연구 및 Pilot 시스템 개발을 거쳐 현재 GIS를 바탕으로 하는 신배전정보시스템(NDIS:New Distribution Information System)을 개발하여 전국 지사·지점을 대상으로 시범운영을 실시하고 있다. NDIS 구축 이전에 사용했던 도면은 지적도와 이를 바탕으로 전주 등 배전설비의 사양 및 위치를 표시한 설비도였으나 현재는 지적도 대신 국가GIS에서 제공된 국가기본도(이하 기본도라 함)를 기초도면(base map)으로 사용하고 있다. 그런데 기본도는 항공촬영을 통해 제작되었지만, 지적도의 경우 비가시적 정보인 지적경계가 측량을 통해 제작되어 동일한 지역이라 하더라도 설비도를 기본도 상에 중첩할 경우, 기본도와 지적도 사이의 위치정보 불일치로 인하여 설비가 부적당한 위치에 표기될 수 있어 설비위치를 정확히 이용하지 못할 수도 있다. 예컨대, 도로의 중앙이나 하천, 건물안 등에는 전주가 있을 수 없는데 기본도상에 이런 위치로 옮겨질 수 있으며, 실제 위치와의 거리오차가 기본도를 기초도면으로 사용하는 경우에도 그대로 유지된다. 이와 같은 문제는 비단 지적도에만 국한되는 것이 아니라 정확한 측량을 바탕으로 제작되지 않은 다른 도면에 대해서도 마찬가지이다. 따라서 기본도를 기초도면으로 잘 활용하기 위해서는 기본도에 나타나 있는 설비정보를 이용하여 설비도(기본도가 아닌 다른 도면을 기초도면으로 하여 제작된 설비도면)에서의 설비위치를 보정할 필요가 있다.

한전 등 각 기관에서 자체 보유한 설비도는 설비의 존재 유무에 대해서 가장 정확할 것이고, 설비의 위치는 기본도가 정확하므로 이를 활용하면 정확한 도면사용이 가능해진다. 이때 고려할 사항들은 첫째, 기본도에 있는 설비와 설비도에 있는 설비가 일치되는 경우 대응시켜야 하고, 둘째, 기본도에 있는 설비 중에서 부적당한 것을

제거하여야 하며, 셋째, 기본도에 설비가 없는 경우 설비도의 시설물을 오차가 가급적 적어지는 방향으로 기본도 위에 보정시켜야 한다. 그런데 이와같은 작업을 수작업으로 할 경우 많은 숙련노동이 필요하고, 비용과 시간이 많이 소요될 뿐만 아니라 일관된 결과를 얻기가 힘들며, 작업자의 실수도 많이 발생할 수 있다. 이러한 필요성에 의해 전력연구원에서는 설비위치를 보정하는 기법을 연구하였으며, 이를 토대로 NDIS DB구축작업에서 활용되는 설비도면 위치보정시스템을 개발하였다.

2. 설비도면 위치보정시스템 개발내용

2.1 전주위치 자동보정의 적용유형

기본도 사용을 전제할 때 기초도면이 달라짐에 따른 설비위치의 상대오차가 필연적으로 발생되며, 이를 자동보정하기 위한 적용유형을 생각해 볼 때, 기본도에 전주 등 설비의 위치가 기재된 1/1,000 도면과 기재되지 않은 1/5,000 도면은 기준점 설정방법이 달라져야 하기 때문에 처리과정에 차이가 있으며 이를 감안한 자동보정 적용유형은 아래 [표 1]과 같다. 아래 표에서 CP(Control Primitive)는 기본도와 설비도 간에 전주 위치가 허용범위 내에서 일치되는 점으로 위치보정의 기준점이 되는 점이다.

적용유형 항목	유형1 (자동CP설정)	유형2 (CP입력)
적용대상 기본도	1 / 1,000	1 / 5,000
적용상황	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기본도에 보정대상 설비의 위치정보가 표현되어 있고</li> <li>• CP설정률이 50%이상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기본도에 보정대상 설비의 위치가 표현되어 있지 않거나</li> <li>• CP설정률이 50%미만</li> </ul>
CP 설정방식	자동 CP설정 가능 →사용자의 CP입력 불필요	자동 CP설정 불가 →사용자의 CP입력 필요

$$*CP설정률 = \frac{CP로 설정된 설비의 수}{설비도 상에 있는 보정대상 설비의 수} \times 100$$

표 1. 자동보정 적용유형

설비에는 전력주나 맨홀처럼 하나의 점으로 표현되는 점(point) 설비와 전선, 가스관, 상수관 그리고 송유관처럼 여러 개의 점과 선분으로 표현되는 다각선분(polyline) 설비 등으로 크게 구분할 수 있다. 한편의 전주는 점 설비임과 동시에 배전설비의 위치기준이 되는 설비이므로 본 연구에서는 자동보정 대상으로 점설비를

중심으로 하여 알고리즘을 개발하였다. 다각선분을 이루는 기본요소는 점이므로 다각선분설비의 자동보정은 점설비의 자동보정 기법을 응용함으로써 가능할 것이다.

## 2.2 자동보정 시스템의 구조

전주위치 자동보정 시스템은 국가기본도와 배전설비도를 작업대상으로 받아들여 위치보정을 수행하며 자동보정 시스템 적용시 전제사항은 다음과 같다.

- ① 설비도 전주와 기본도가 수치지도화 되어 있을 것
- ② 설비의 존재여부는 설비도가 정확한 것으로 간주
- ③ 설비의 위치는 기본도가 정확한 것으로 간주
- ④ 양 도면간 서로 대응될 설비가 충분히 있을 것(CP설정률이 50%이상 될 것)

아래 [그림 1]은 수치지도 자동보정 시스템의 구조를 나타낸 것으로 각 구성요소의 기능 및 처리내용은 다음과 같다.

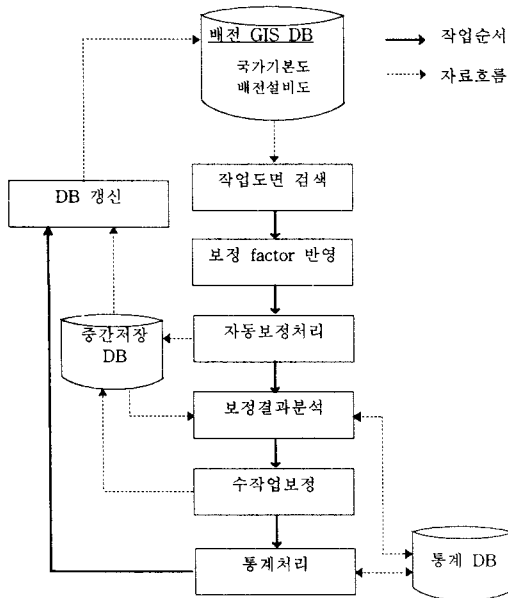


그림 1. 자동보정 시스템 개요도

### ○작업도면검색

배전 GIS DB에서 기본도와 설비도를 작업영역에 불러들이는 과정으로 설비도를 중심으로 하여 작업영역을 설정하면 이 영역과 동일한 영역의 기본도가 읽혀진다. 설비도의 작업영역은 설비도면을 관리하는 관리구번호의 좌표값에 의해 설정되며, 읽혀진 기본도에서 필요한 layer를 선택적으로 나타낼 수 있다.

### ○보정 factor 반영

검색된 도면의 상태를 육안으로 확인한 후, 자동보정의 기준점 설정에 영향을 주는 인자인 오차허용거리, 삼각형 유사도 검사 기준치 등의 값을 지정한다. 기준점이란 설비도와 기본도에서 동일한 지점으로 인식되는 점의 쌍인 변형(deformation) 기준을 말하며, 나머지 보정대상 점들은 이 점들을 기준으로하여 변형된다. 즉, 와핑이나 포핑 기법 적용시 필요한 공통의 특징(common feature)을 의미한다.

### ○자동보정처리

입력된 보정인자를 기준으로 하여 기준점을 설정한 다

음, 와핑 알고리즘을 이용하여 기본도에서 빠져 있는 시설물의 위치를 결정하고 그 결과를 중간 DB에 저장한다. 기준점을 설정하는 단계를 pre-processing이라 하고, 와핑을 이용하여 빠진 점의 위치를 결정하는 단계를 point mapping 단계라 한다. 여기서 한가지 고려할 사항은 1:1,000 기본도에는 보정대상과 동일한 설비에 대한 정보가 있어서 preprocessing 단계에서 자동으로 기준점을 설정할 수 있지만, 1:5,000이나 1:25,000 기본도에는 시설물에 대한 정보가 없기 때문에, 기존의 rubber sheeting 기능에서 지원하는 방법과 같이 사용자가 직접 기준점이 되는 좌표들을 입력해야 한다.

### ○보정결과분석

자동보정 결과를 이동된 방향과 거리 등에 대하여 유형별로 화면에 통계출력시켜 사용자가 보정결과를 분석하고 적정성을 판단할 수 있도록 지원해 주며, 보정된 위치의 논리적 오류를 찾아서 화면에 나타내는 기능을 한다. 이 과정을 post processing이라 한다. 보정결과가 만족스럽지 못할 경우 사용자는 보정인자의 값을 조정하여 자동보정처리를 반복할 수 있다.

### ○수작업보정

논리적 오류를 가지는 것으로 판별된 보정된 점을 사용자가 육안으로 판단하여 적절한 위치로 조정할 수 있도록 한다. 건물 안이나 도로중앙에는 전주가 있을 수 없는데 이런 위치로 전주위치가 옮겨지는 것이 논리적 오류의 예이다.

### ○통계처리

통계처리 단계에서는 보정작업관리에 필요한 여러 가지 정보를 통계DB로 관리하고 사용자나 시스템 관리자에게 필요한 정보를 제공한다. 보정작업 후 사용자가 DB로 저장한 보정결과는 NDIS에서 설비관리에 직접 이용되기 때문에 작업자는 신뢰성있게 보정작업을 해야 하며, 보정작업관리를 효과적으로 하기 위해서는 보정을 행한 사람과 작업일자 등에 대한 정보를 유지할 필요가 있다.

### ○DB 갱신

NDIS DB에 작업결과를 반영하는 단계로서, 보정결과는 바로 NDIS DB로 저장되지 않고 먼저 중간저장 DB에 유지되어 작업자가 최종적으로 DB 갱신 명령을 할 때 비로소 NDIS DB에 저장된다. 이때 보정 전의 위치 좌표가 보정결과로 직접 갱신되는 것이 아니라 보정 전의 좌표와 보정 후의 좌표는 별도로 관리된다.

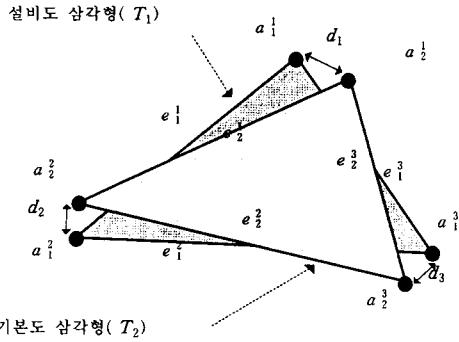
## 2.3 CP 설정 알고리즘

CP설정은 기본도와 설비도의 전주에서 기준점(CP)을 설정하는 단계로 크게 3단계로 구성된다.

STEP 1 : 설비도와 기본도간에 가장 인접한 거리가 긴 전주의 쌍을 구한다.

STEP 2 : STEP 1에서 쌍으로 설정된 기본도 전주에 대해서 델로니(Delaunay) 삼각분할을 적용하여 TIN(Triangulated Irregular Network) 구조를 생성한 다음, 이들 전주에 대응되는 설비도의 전주를 이용하여 설비도에서 대응되는 삼각형 쌍을 구한다.

STEP 3 : 설비도와 기본도간 삼각형 쌍에 대해서 유사도와 꼭지점간의 거리를 조사하여 CP로 판별되는 전주를 구한다. 유사도 한계치를  $s$ , 꼭지점간 거리 한계치를  $d$ 라 할 때 두 삼각형  $T_1, T_2$ 의 유사도  $S(T_1, T_2)$ 가  $s$  보다 크고 대응되는 꼭지점간의 거리  $d_i (1 \leq i \leq 3)$ 가  $d$  보다 작을 때 해당 전주 쌍은 CP로 설정된다.([그림 2] 참조).



$$S(T_1, T_2) = w_1 \times \left(1 - \frac{|a_1 - a_2|}{360 \text{ deg}}\right) + w_2 \times \left(1 - \frac{|e_1 \times e_2 - e_1 \times e_3|}{e_1 \times e_2 + e_1 \times e_3}\right)$$

(그림 2) 삼각형 유사도 측정방법 (단,  $w_1 = w_2 = 1/2$ )

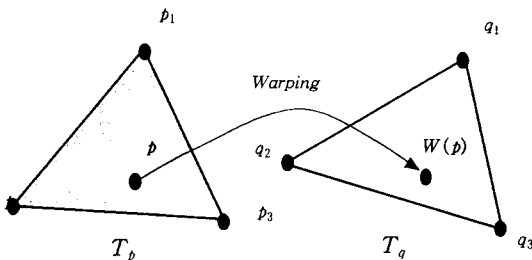
### 2.4 Point Mapping 알고리즘

Point Mapping 단계의 처리 내용은 preprocessing의 수행결과, 누락점으로 분류된 전주에 대해서 매핑 알고리즘을 수행하여 기본도 상의 위치 좌표값을 추정해 내는 것이다. 그런데, 설비도와 기본도가 일정한 방향이나 거리로 변형되어 있지 않기 때문에 전체영역을 mesh로 나누어 대응되는 mesh별로 와핑하는 것이 효과적인 방법이다. 한전에서 적용한 방법은 가장 단순하면서 점설비의 rubber sheeting에 매우 효율적인 방법인 Triangle Mesh 와핑이다. Triangle Mesh 와핑이란 와핑영역을 삼각형으로 분할한 다음 삼각형 단위로 적용되는 와핑기법을 말하며 이때 사용되는 제어선은 TIN구조에서 누락점인 전주를 내부에 포함하는 삼각형의 세변으로 내용은 다음과 같다.

STEP 1 : CP로 설정된 기본도 전주에 대해서 밀로니 삼각분할을 적용하여 TIN을 생성한 다음 설비도에서 대응되는 삼각형 쌍을 구한다.

STEP 2 : 누락점을 포함하고 있는 삼각형을 설비도 TIN에서 찾은 다음 그에 대응되는 삼각형을 기본도에서 찾는다.

STEP 3 : 각 누락점에 대해서 이를 포함하는 삼각형을 제어선으로 하여 기본도 위의 보정점을 구한다. 이는 삼각형  $T_p(p_1, p_2, p_3)$ 가  $T_q(q_1, q_2, q_3)$ 로 변형될 때, 삼각형상에 있는 임의의 점  $p(x_p, y_p)$ 가  $T_q$ 로 이동되는 위치를 매개변수의 값으로 계산해 내는 방식이다. (그림 3 참조).



(그림 3) Triangle Mesh Warping

### 3. 시스템 개발결과와 적용

설비도 위치보정시스템은 NDIS 운영환경에 맞게 PC베이스로 Window NT환경에서 Visual C++언어로 개발하였으며, 개발된 시스템의 성능검증을 위해 전주가 많이 있는 대도시 지역 일부(부산시 연제구 0.75km<sup>2</sup>, 전주 454본)를 대상으로 현장실사를 포함한 시험을 하였으며, 그 결과 94.6%의 보정 정확성을 확인할 수 있었다. 본 시스템은 NDIS 확대계획에 따라 GIS DB구축 사업소에서 현재 활용되고 있으며, DB구축 과정중 전주 위치보정작업에 소요되는 시간과 인력을 절감시키고 있다.

#### (참고 문헌)

- [1]. Yuefeng Zhang, "A Fuzzy Approach to Digital Image Warping", IEEE Computer Graphics and Applications, July 1996, pp. 34-41.
- [2]. Thaddeus Beier, "Feature-Based Image Metamorphosis", Computer Graphics(Proc. SIGGRAPH), Vol. 26, No. 2, 1992, pp. 35-42.
- [3]. Joseph O'Rourke, "Computational Geometry in C", Cambridge University Press, 1994, pp. 168-203.
- [4]. 건설부 국립지리원, "수치지도작성 작업내규", 1995
- [5]. 유 근배, "지리정보론", 상조사, 1996, pp. 139-147.2.
- [6]. 박 장근, "배전업무 분석자료집" 한국전력공사 정보처리처, 1996
- [7]. 한국전력공사, "판매SI 1단계 종합보고서", 1998.