

## 배전설비도면 인식 기술

김계영, 이봉재, 한칠성  
한국전력공사 전력연구원 정보통신그룹

### A Recognition Technique of Power Distribution Facility Map

Kim Gye-Young, Yi Bong-Jae, Han Chil-Sung  
Computer&Communication Group, Korea Electric Power Research Institute, KEPCO

**Abstract** - 본 논문에서는 변전소에서 수용가까지의 전력공급설비를 나타내는 도면인 배전설비도면의 주요 기호인 전주와 전선인식 방법에 관하여 기술한다.

본 논문에서는 원형성에 근거하여 전주 후보를 추출한 후 이들 사이의 연결성에 근거하여 전선을 인식한 다음, 전주후보들 중에서 전주를 확인함으로써 전주와 전선을 인식하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 다수의 배전설비도면에 적용하여 실험하고 그 결과를 제시한다.






#### 1. 서 론

전력이나 상수도 와 같은 사회간접시설을 운용하는 기관에서는 설비관리를 위하여 복잡하고 다양한 형태의 도면들을 사용하고 있다. 설비관리를 보다 효과적으로 수행하기 위하여 전통적인 종이도면을 CAD와 호환되며 지리정보시스템 구축에 사용할 수 있는 형태의 전자도면으로의 변환에 대한 필요성이 증대하고 있다[1].

종이도면을 전자도면으로 변환하는 방법에는 다음과 같이 세 가지 접근방법이 고려될 수 있다. 첫 번째는 스캔된 도면에 있는 객체의 위치 및 관련 정보를 수작업으로 입력하는 방법이며, 두 번째는 벡터화(vectorization)하는 방법이고, 마지막으로 세 번째는 자동인식에 의한 방법이다. 위의 세 가지 방법 중에서 세 번째 방법인 자동인식에 의한 방법이 가장 효과적인 것으로 고려되고 있다[2].

본 논문에서는 변전소에서 수용가까지의 전력공급설비를 나타내는 배전설비도면의 주요 구성설비인 전주와 전선 기호들을 인식하는 방법에 관하여 기술한다. 인식하고자 하는 대상 기호는 표 1과 같다.

< 표 1 > 인식대상기호

전 주		전 선	
기호	이름	기호	이름
	단주		고압전선
	변대주		저압전선
			수평지선

도면에 있는 기호를 자동인식하는 방법으로는 선분추적(line following)[3], 경계추적(border tracing)[4], 허프 변환(Hough transform)[5] 등에 의한 방법이 있다. 첫 번째와 두 번째 방법은 선분을 조합에 의한 방법이므로 계산시간이 적게 소요되는 장점이 있는 반면 선분이 절단된 경우는 인식하지 못하는 단점이 있다[6]. 세 번째 방법은 패턴정합(pattern matching)의 문제를 매개변수 공간(parameter space)에서의 지역적 최대값 탐색문제로 변환시켜 처리하므로 잡음(noise)에 매우 강한 장점이 있는 반면 패턴을 표현하는데 필요한 매개변수의 개수에 따라 처리시간(computational time)과 기억공간(memory space)이 지수적으로 증가하는 단점이 있다[7]. 본 논문에서는 원형성(circularity)에 근거하여 전주 후보를 추출한 후 이들 사이의 연결성(connectivity)을 고려하여 전

선을 인식한 다음 전주후보들 중에서 전주를 확인함으로써 전주와 전선을 인식하는 방법을 제안한다.

배전설비도면은 지적정보(cadastral information)를 나타내는 도면과 배전설비정보를 나타내는 도면 그리고 구간정보를 나타내는 좌표표시선이 함께 기재되어 있다. 원도 상에서 이들은 다른 칼라값으로 구분하지만 256 등급을 가지는 명암스캐너를 사용하여 입력하면 배경영역은 흰색, 배전설비영역은 검은색, 지적도영역은 회색으로 각각 나타낸다.

배전설비도면에서 주요 기호인 전주와 전선을 인식하기 위하여 제안하는 방법의 주요 처리 과정은 다음과 같이 네 개의 단계로 구성된다. 첫 번째 단계에서는 입력영상에서 지적영역을 제거하여 배전설비영역만을 추출하기 위하여 이진화를 수행한다. 이진화는 히스토그램 분석을 통하여 얻어진 임계값을 사용하여 이루어지며 이후부터 생성된 영상은 배전설비영상이라 한다. 두 번째 단계에서는 전주 및 전선을 인식할 때 판단을 용이하게 하기 위하여 배전설비영상을 세선화 한다. 세 번째는 세선영상의 분기화소(branch pixel)를 추출한 후, 이 화소 근처에서 원형성을 측정하여 전주후보를 추출하는 단계이다. 네 번째는 전주후보들이 가지는 분기점들 간의 연결성을 측정하여 전선을 인식하는 단계이다. 전선인식이 완료되면 전주후보들 중에서 전선을 가지는 후보들만을 추출하여 전주를 인식한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 1장 서론에서는 본 논문의 기본방향에 관하여 기술하였다. 제 2장에서는 배전설비영역 추출 방법에 대하여 기술한다. 제 3장에서는 전주후보추출 방법을, 제 4장에서는 전선인식 방법에 관하여 각각 설명한다. 마지막으로 제 5장에서는 실험결과를 보이고 향후연구 및 결론에 관하여 논술한다.

#### 2. 배전설비영역추출

배전설비도면에 있는 전주 및 전선기호를 인식하기 위하여 먼저 입력영상에서 지적영역을 제거하여 배전설비영역을 추출하는 이진화를 수행하여야 한다. 이진화는 임계값을 통하여 이루어지는데 이 임계값을 본 논문에서는  $Th_1$ 이라 하며 히스토그램분석을 통하여 추출된다[8].

임계값을 산출하기 위하여 먼저 입력영상에 대한 히스토그램을 구하여야 하는데 이는 식 1에 의하여 얻어진다. 식 1을 통하여 얻어진 히스토그램으로 임계값을 찾는 것은 지역적 최소(local minima)로 인하여 목적하는 임계값을 산출할 수 없는 경우가 있다. 이를 피하기 위하여 히스토그램 완만화(smoothing) 작업을 수행해야 하는데, 이는 식 2에 의하여 이루어진다. 요구하는 히스토그램을 얻기 위해서 식 2를 반복 적용해야 하며 그 적용횟수는 입력영상의 특성이 다르기 때문에 경험적으로 결정한다. 본 논문에서는 인식대상인 배전설비영상을 위해선 약 10회 정도가 최적이다. 식 2의 히스토그램에서 임계값  $Th_1$ 은 식 3의 값이 감소에서 증가로 변화하는 첫 번째 위치이다.

$$H[I(x, y)]++, \text{ for all pixels on input image} \quad (1)$$

$$Sh[i] = \frac{H[i-1] + H[i] + H[i+1]}{3}, \quad 0 < i < 255 \quad (2)$$

$$Diff[i] = Sh[i] - Sh[i+1], \quad 0 < i < 255, \quad (3)$$

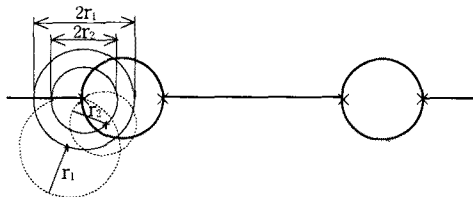
$Th_1$ 를 사용하여 추출된 배전설비영상은 전주와 전선을 인식하는 과정에서 의사결정을 용이하게 하기 위하여 세선화 한다[9]. 세선화를 통하여 추출된 영상인 세선영상의 특성은 선분의 폭은 1이다. 세선영상은 배전설비영상의 좌상단에서 우하단으로 처리하면서 현재 처리중인 화소의 값이 1 즉, 흑화소인 경우 주변  $3 \times 3$  화소 중에서 흑화소가 2개 이상이고, 1에서 0으로 전이하는 회수가 1회이며, 현재화소를 삭제할 경우 분기가 발생하지 않는 경우에만 현재화소를 삭제하는 과정을 영상전체에 적용하여 변화가 없을 때까지를 반복수행하여 얻어진다.

### 3. 원형성에 근거한 전주후보 추출

배전설비도면의 주요 구성요소인 전주, 변대주, 고압선, 저압선, 그리고 수평지선을 인식하기 위하여 본 논문에서는 가장 먼저 전주와 변대주의 후보를 추출한다. 도면에서 전주는 단일원으로 변대주는 이중원으로 나타나는데, 변대주는 전주 중에서 변압기가 설치된 전주이므로 전주의 위치를 추출하기 위해서는 이들을 구분할 필요가 없으므로 구분하지 않고 전주라 한다.

전주후보를 추출하기 위하여 본 논문에서 제안하는 방법은 다음과 같다. 세선영상을 참조하여 분기화소의 위치를 찾은 후, 이 위치 근처의 정의된 탐색영역(search area)에서 최대의 원형성을 가질 때를 찾은 다음, 최대 원형성의 값이 수용할만한 값(acceptable value)이면 전주후보로 인정하는 과정을 통하여 전주후보를 추출한다.

전주후보를 추출하기 위한 탐색영역을 그림 1과 같다. 그림 1에서 굵은 실선은 입력된 도면을, 교차선(x)은 분기점들, 가는 실선은 탐색영역을, 그리고 가는 점선은 정합영역(matching area)을 각각 표시한 것이다. 탐색영역이 되는 원은  $r_1$ 부터  $r_2$  까지이다.  $r_1$ 과  $r_2$ 는 도면에 있는 전주 중에서 가장 작은 전주와 가장 큰 전주의 지름을 각각 나타내는 것으로 인식 전에 주어지는 사전정보(prior knowledge)이다. 정합영역은 탐색영역에 있는 점을 중심으로 하고 이때의 탐색영역반경에 의하여 형성되는 원 상에 있는 화소들이다. 원형성은 이 화소들이 가지는 명암값들을 평균함으로써 산출된다. 이때 다수의 원형성이 산출되므로 이들 중에서 가장 큰 값을 선택하여 해당 분기점의 원형성으로 한다. 이 원형성의 값이 수용할 수 있을 정도로 높으면 전주후보로 인정한다.



(그림 1) 전주후보추출을 위한 탐색 방법

분기점은 세선영상의 화소값  $P(x,y)$ 가 물체 즉, 1의 값을 가지면 식 4를 사용하여 1에서 0으로 전이하는 횟수를 계산한 후, 이 전이회수가 3이상인가를 판단함에 의하여 이루어진다.

$$T(x, y) = \sum_{i=0}^4 \Delta n_i \quad (4)$$

$$\text{Where, } \Delta n_i = \begin{cases} 1 & N_i \neq 0 \text{ and } N_{(i+1) \bmod 8} = 0 \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

원형성은 식 5를 사용하여 계산된다. 즉, 탐색영역에

있는 입력영상의 명암값이 이전화할때 산출된 임계값  $Th_1$ 보다 적으면  $Th_1$ 값을 누적하고, 크면 명암값  $I(x, y)$ 를 누적인 다음 누적인 값을 탐색영역의 화소수로 나눈 것이다.

$$\text{circularity} = \frac{1}{n} \sum_{(x,y) \in \text{정합영역}} G(x, y) \quad (5)$$

$$\text{Where, } G(x, y) = \begin{cases} 2 - \frac{I(x, y)}{Th_1} & \text{if } (I(x, y) > Th_1) \\ 1.0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

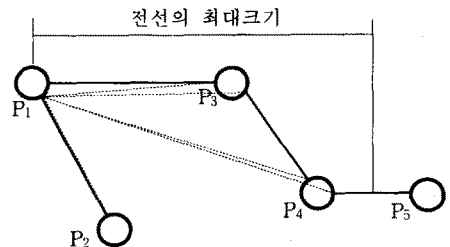
하나의 전주에는 여러 개의 분기점이 있을 수 있다. 따라서 현재의 분기점이 이전에 전주후보로 판단된 다른 분기점과 전주를 공유하는지 공유하지 않는지를 조사하여 공유할 경우는 이전에 추출된 전주후보의 분기점리스트에 현재의 분기점을 추가하여야 한다. 공유여부는 중심점간의 거리로 판단한다. 즉, 이미 추출된 전주후보들 각각의 중심점이 새로이 추출된 후보의 중심점과의 거리가 최대 전주크기 이하이면 공유한 것으로 한다. 공유하지 않을 경우는 새로운 전주후보를 생성하여 관련된 인자들의 값을 설정한 다음 전주후보리스트에 추가한다. 추출된 전주후보의 자료구조는 식 6과 같고 이 결과는 전주후보리스트에 저장된다.

$$\text{poleCand} = (CP, \text{poleRatio}, \text{hasELine}, [BP]_{0..n}) \quad (6)$$

### 4. 연결성에 근거한 전선인식

본 논문에서 인식하고자 하는 전선인 고압선, 저압선, 수평지선은 배전설비도면 상에서 표 1과 같이 나타난다. 즉, 고압선은 굵은 실선으로, 저압선은 가는 점선으로, 수평지선은 가는 실선에 3개 또는 6개의 짧은 직교선들이 추가된 것으로 각각 표기되어 있다. 전선은 반드시 두 개의 전주를 연결하고 있으며 이로 인하여 전주와 연결되는 부분에서 분기점이 발생한다. 따라서 전선 크기 범위이내에 있는 두 전주가 가지는 분기점들의 사이에 인식하고자 하는 전선의 존재여부를 판단함으로써 전선을 효과적으로 인식할 수 있다.

그림 2에서는 전선인식을 위한 탐색영역을 나타낸 것이다. 굵은 실선은 도면에 있는 전주와 전선을 나타낸 것이고 가는 점선은 전선인식을 위한 탐색영역이다. 탐색영역은 전선이 가질 수 있는 최대크기 이내에 있는 전주들이 가지는 분기점과 분기점을 연결하는 직선 상에 있는 화소들이다.



(그림 2) 전선인식을 위한 탐색영역

전선인식을 위한 특징은 세선영상으로부터 추출된다. 즉, 전주후보리스트에 있는 전주후보들 중에서 전선크기 이내에 있는 두 개의 전주가 가지는 분기점들에 의하여 형성되는 직선 상에 표 2의 특징을 세선영상에서 추출하여 이 특징값이 포함되는 범위를 확인함으로써 전선을 인식한다. 저압선의 경우는 고압선이나 수평지선이 아닌 경우에만 적용된다. 인식된 경우는 다른 전주후보에 의하여 중복하여 인식되는 경우를 방지하기 위하여 해당 분기점 및 인식에 참여한 화소들을 삭제한다. 인식된 전

선의 자료구조는 식 7과 같으며 그 결과는 전선인식결과 리스트에 저장된다.

<표 2> 전선인식을 위한 특징값

특징	고압선	수평지선	저압선
흑화소의 수	85%이상	85%이상	60%
거리가 2-8화소인 분기점의 수	0	2-4개	무
최대 런의 길이	don't care	don't care	20 이상
런의 수	don't care	don't care	2이상

$$ELine = \{ELType, startPoleIndex, endPoleIndex\} \quad (7)$$

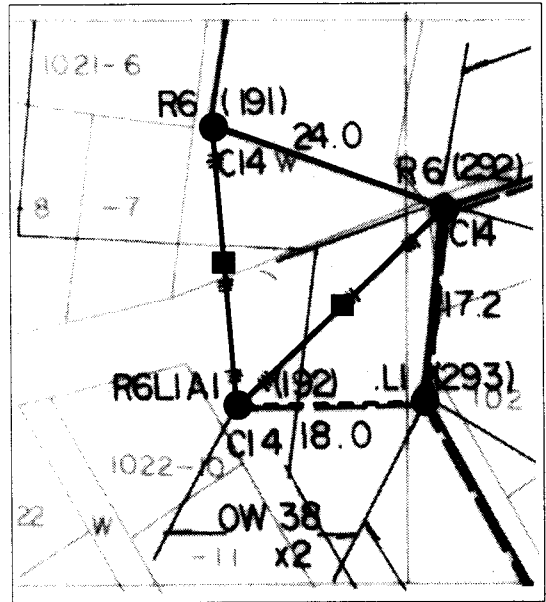
전주후보리스트에 있는 전주 중에서 전선을 가지고 있거나 전주인식율이 95%이상인 전주만을 추출하여 전주를 인식한다.

### 5. 실험결과 및 결론

이 장에서는 실험결과를 보인 후 결론 및 향후연구 방향에 관하여 기술한다. 실험에 사용한 컴퓨터는 IBM-PC/586으로 CPU 속도는 450Mhz이며, 프로그래밍 언어는 Visual C++이다. 영상입력은 Vidar TruScan 500 스캐너를 사용하여 입력하였다. 입력영상의 화소밀도는 300DPI이며 영상크기는 7568×5433 화소이고 한 화소가 나타낼 수 있는 밝기의 종류는 256이다.

그림 3에서는 대전지역의 배전설비도면 중에서 임의적으로 선택한 영상에 대한 실험결과를 보인 것이다. a는 스캐너로 입력한 배전설비도면의 일부이고, b에서는 인식결과를 표시한 것이다. b에서 원(●)은 전주 또는 변대주를, 실선은 고압전선을, 점선은 저압전선을, 실선의 중간에 사각형을 표기한 것은 수평지선을 각각 나타낸다.

다수의 배전설비도면을 대상으로 실험한 결과 인식대상 기호인 전주/변대주, 고압전선, 저압전선, 그리고 수평지선의 평균인식율은 표3과 같다. 실험결과 전주와 고압전선은 대부분 성공적으로 인식하여 인식이 매우 높은 반면, 수평지선이나 저압전선의 경우는 인식하지 못하는 경우도 종종 있음을 알 수 있다. 이러한 원인은 저압선이나 수평지선은 고압선이나 전주에 비하여 매우 흐리게 도시되어 있어 이진화 과정에서 삭제되었기 때문이다.



(b) 인식결과영상  
(그림 3) 실험결과

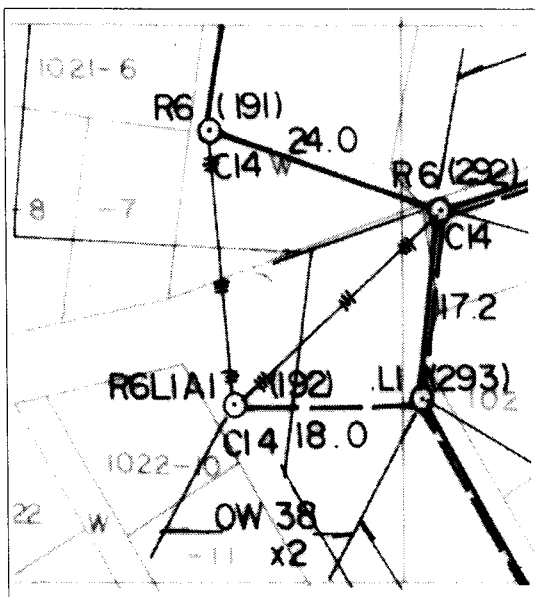
<표 3> 인식대상별 평균인식율

인식대상	전주/변대주	고압전선	저압전선	수평지선
인식율	93%	90%	84%	84%

본 논문에서는 원형성과 선의 연결성을 측정하여 배전설비도면에 있는 전주 및 전선들 인식하는 방법을 제안하고 그 실험결과를 기술하였다. 향후 연구로는 방향에 독립적인 문자 및 문자열인식이라 사료된다.

### [참고문헌]

- [1] Gerd Maderlechner and Helmut Mayer, "Conversion of high level information from scanned maps into geographic information systems," Proceedings of the third international conference on document analysis and recognition, pp. 253-256, Aug. 14-16, 1995.
- [2] Yuhong Yu, Ashok Samal, and Sharad Seth, "Isolating symbols from connection lines in a class of engineering drawings," *Pattern Recognition*, Vol. 27, no. 3, pp. 391-404, 1994.
- [3] Dominique Antoine, Suzanne Collin, and Karl Tombre, "Analysis of technical documents: The REDRAW systems," *Structured Document Image Analysis*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 385-402, 1992.
- [4] Satoshi Suzuki and Toyomichi Yamada, "MARS: Map recognition Input System," *Pattern Recognition*, Vol. 23, no. 8, pp. 919-933, 1990.
- [5] Leavers, V. F., "Survey: Which Hough transform," *CVGIP* Vol. 58, no. 2, pp. 250-264.
- [6] 장경식, 김재희, "선분들간의 관계를 이용한 지도 인식," 대한전자공학회논문지, 제 34권 C편 10호, pp. 833-841, 1997.
- [7] 이성천, 김민환, "산림용 비전 시스템에서의 빠른 원 인식 방법," 한국정보과학회논문지, 제 24권 B편 12호, pp. 1419-1427, 1997.
- [8] P. K. Sahoo, S. Soltani, and A. K. C. Wong, "A survey of thresholding Techniques," *CVGIP* Vol. 41, pp. 233-260, 1988.
- [9] Louisa Lam, Seong-Whan Lee, and Ching Y. Suen, "Thinning Methodologies-A comprehensive survey," *IEEE Transaction on PAMI*, Vol. 14, No. 9, pp. 869-885, 1992.



(a) 입력영상