

원형성과 선의 연결성에 근거한 배전설비도면 인식

김 계 영[†] · 이 봉 재[†] · 한 칠 성^{††} · 조 선 구^{†††}

요 약

본 논문에서는 변전소에서 수용가까지의 전력공급설비를 나타내는 도면인 배전설비도면의 주요 기호인 전주와 전선인식 방법에 관하여 기술한다. 제안하는 방법은 원형성에 근거하여 전주후보를 추출한 후 이들 사이의 연결성에 근거하여 전선을 인식한 다음, 전주후보들 중에서 전주를 확인하는 방법으로 다음과 같이 네 개의 단계로 구성된다. 첫 번째는 히스토그램 분석을 통하여 얻어진 임계값을 사용하여 입력영상에서 배전설비영역을 추출하는 단계이고, 두 번째는 추출된 배전설비영역을 세신화 하는 단계이다 세 번째는 세선영상의 분기점 근처에 정의된 탐색영역에서 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. 제안된 방법은 한국전력공사의 배전설비도면들 중에서 무작위로 추출한 표본 약 30매를 대상으로 실험하고 그 결과를 제시한다.

A Recognition of Power Distributed Facility Map Based on Circularity and Connectivity of Line

Gye-Young Kim[†] · Bong-Jae Lee[†] · Chil-Sung Han^{††} · Seon-Ku Cho^{†††}

ABSTRACT

In this paper, we describe a recognition technique of electric poles and electric wires which are drawn on a power distribution facility map. The map represents power supply facility from substation to consumer. The proposed technique is based on circularity and connectivity, and consisted of four phases. One extracts a power distribution facility image using threshold value which is obtained by histogram analysis. Another generates a thinned image which is obtained by applying a thinning operator. A third extracts electric pole candidates based on circularity. The circularity is calculated on the search area which is defined at a branch points on the thinned image. A fourth recognizes electric wires based on connectivity between two branch points, and then confirms electric pole candidate to electric pole which has at least an electric wire. The proposed technique is tested on 30 power distribution facility maps, which are randomly sampled, and the result is presented.

1. 서 론

최근 들어서 지리정보시스템(GIS : Geographic Information System)은 넓은 지역에 분포된 방대한 지리공간자료를 효율적으로 관리하여 각종 유용한 정보를 제

공하는 효율성이 인정되어 그 관심이 증대하고 있다.

그러나 지리정보시스템을 구축하기 위해서는 대상지역의 공간정보와 함께 기초도면을 데이터베이스화하는데 많은 비용과 시간을 필요로 하는 문제점이 있다. 지리정보시스템용 자료의 초기취득 방법으로 측량을 통하여 취득하는 방법과 기존의 도면으로부터 취득하는 방법이 있다[1]. 이 중에서 기존 도면을 이용하는 방법이 상대적으로 적은 비용으로 지리정보시스템에서

† 경 회 원 한국전력공사 전력연구원 선임연구원
†† 정 회 원 한국전력공사 전력연구원 전덕계통연구실
††† 정 회 원 한국전력공사 전력연구원 책임연구원
논문접수 : 2000년 4월 10일, 심사완료 : 2000년 9월 20일

필요로 하는 자료를 취득할 수 있다. 도면으로부터 지리정보를 취득하는 방법에는 다시 다음과 같이 두 가지 방법으로 나눌 수 있다. 첫 번째는 스캔된 도면을 사용하여 수작업으로 필요한 정보를 취득하는 방법이고, 두 번째는 컴퓨터 프로그램을 통하여 스캔된 도면으로부터 자동으로 취득한 후 오인식되거나 미인식된 요소를 수작업으로 수정하는 방법이다. 두 번째 방법은 첫 번째 방법보다 비용 및 시간을 절약하는 이점이 있어 효과적인 것으로 고려되고 있다[2]. 본 논문에서는 변전소에서 수용가까지의 전력공급설비를 나타내는 배전설비도면의 주요설비인 전주와 전선 기호들을 인식하는 방법에 관하여 기술한다.

도면인식에 관한 연구는 이미 1970년대부터 시작하여 전자회로도면[3], 기계도면[4], 논리회로도면[5], 지도[6] 등을 자동인식할 수 있는 시스템은 이미 실용화 단계에 있지만[7], 국가기간설비도면 인식에 관한 연구는 지리정보시스템 구축의 필요성을 느껴면서부터 시작되어 참고문헌 [2]와 [8] 등의 연구결과가 있지만 도면특성과 기계형태가 달라 이미 연구된 방법을 직접적으로 적용하기는 불가능하다.

도면인식의 기본적인 절차는 입력영상을 이진영상으로 가정하고 이 영상을 세선화한 후, 세선화된 영상으로부터 기호를 인식한다. 기호를 인식하는 방법에 따라 폐곡선에 근거한 방법[3], 그래프에 근거한 방법[6], 지식에 기반한 방법[2], 확률적 완화법에 의한 방법[8] 등으로 분류할 수 있다. 이들은 기본적으로 기호들이 인접된 선으로 되어 있다는 가정 하에서 도면에 있는 기호들을 인식한다. 그러나 배전설비도면에 있는 인식대상기호들 중에서 저압전선은 점선으로 구성되어 있다. 따라서, 배전설비도면을 자동인식함에 있어서 가장 큰 문제점은 절단된 선분을 해석하는 방법이라 할 수 있다. 즉, 노화나 글씨로 절단된 선분은 연결된 것으로 가정하고 인식결과를 추론해야 하지만, 절단되어 있는 경우는 절단된 것을 인정하고 인식결과를 추론하여야 한다. 이 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 원형성(circularity)에 근거하여 전주후보를 추출한 후 이들 사이의 연결성(connectivity)을 고려하여 전선을 인식한 다음 전주후보들 중에서 전주를 확인하는 방법을 통하여 전주와 전선을 인식하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 한국전력공사 배전설비도면들 중에서 무작위 선택한 표본 약 30매를 대상으로 실험하고 그

결과를 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 1장 서론에서는 본 논문의 기본방향에 관하여 기술하였다. 제 2장에서는 본 논문에서 제안하는 도면인식시스템의 전체개요에 관하여 설명한 후, 제 3장에서는 배전설비영역 추출 방법에 대하여 기술한다. 제 4장에서는 기호인식 방법을, 제 5장에서는 전선인식 방법에 관하여 각각 설명한다. 제 6장에서는 실험결과 및 성능평가에 관하여 기술한 후, 마지막으로 제 7장에서는 결론 및 향후연구에 관하여 논술한다.

2. 제안하는 시스템의 개요

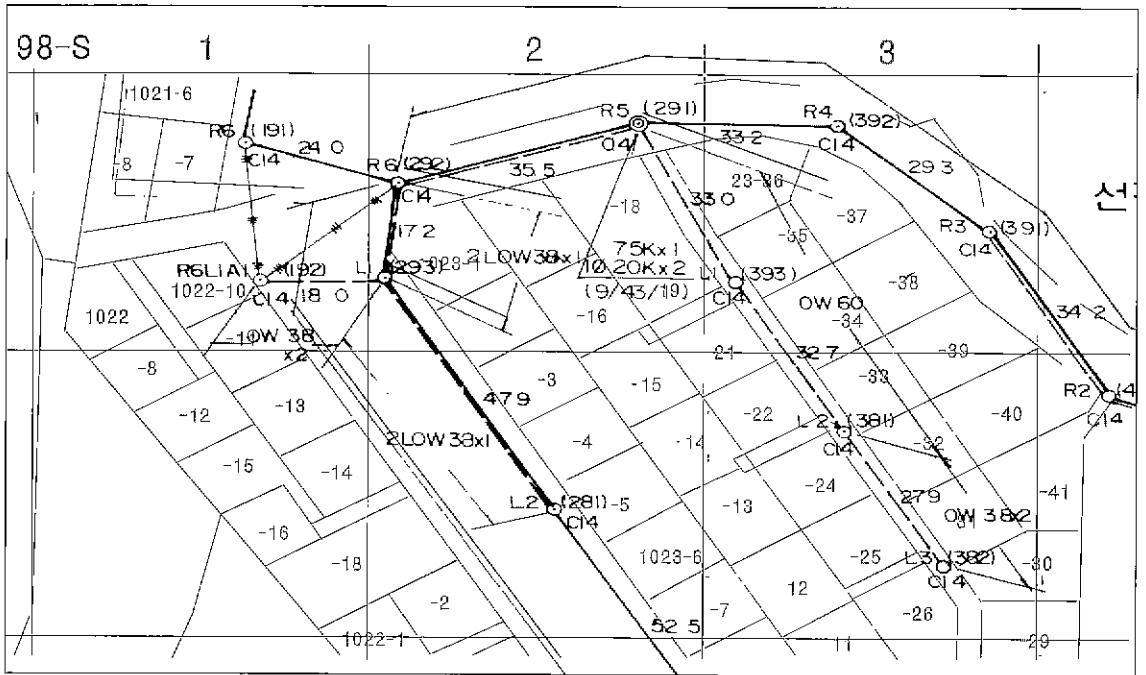
배전설비도면은 지적정보(cadastral information)를 나타내는 도면과 배전설비정보를 나타내는 도면 그리고 구간정보를 나타내는 좌표표시선이 함께 기재되어 있다. 원도 상에서 이들은 다른 칼라값으로 구분하지만 256 등급을 가지는 명암스캐너를 사용하여 입력하면 (그림 1)과 같다. (그림 1)은 배전설비도면의 일부로 흰색은 배경영역이며 검은색은 배전설비영역이고 회색은 지적도영역과 구간표시영역을 각각 나타낸다.

본 논문에서 인식하고자하는 대상 기호는 <표 1>과 같으며, 본 논문의 목표는 전주를 인식하여 전주위치를 추출한 후, 두 개의 전주가 전선에 의하여 연결되어 있는지 여부와 연결되어 있을 경우 전선종류를 인식하는 것이다. 따라서, 두 개의 전주사이에서 여러 종류의 전선이 있을 경우는 고압선, 저압선, 수평지선 순으로 하나만 인식한다.

<표 1> 인식대상기호

전 주		전 선	
기호	이름	기호	이름
○	단주	———	고압전선
◎	반대주	- - -	저압전선
		≡≡≡	수평지선

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 인어진 임계값을 사용하여 이루어지며 이로부터 생성된 영상은 배전설비영상이라



(그림 1) 배전설비도면의 예

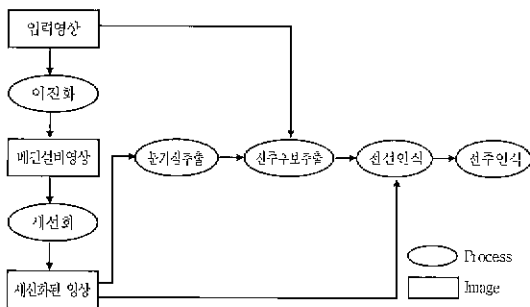
한다. 두 번째 단계에서는 전주 및 전선을 인식할 때 판단을 용이하게 하기 위하여 배전설비영상을 세선화한다. 세 번째는 세선영상의 분기화소(branch pixel)를 추출한 후, 이 화소 근처에서 원형성을 측정하여 전주 후보를 추출하는 단계이다. 네 번째는 전주후보들이 가지는 분기점들 간의 연결성을 측정하여 전선을 인식하는 단계이다. 전선인식이 완료되면 전주후보들 중에서 전선을 가지는 후보들만을 추출하여 전주를 인식한다(그림 2)는 본 논문에서 제안하는 시스템의 개요도를 도시한 것이다.

3. 배전설비영역추출

배전설비도면에 있는 전주 및 전선 기호를 인식하기 위하여 먼저 입력영상에서 지역영역과 구간표시영역을 제거하여 배전설비영역만을 추출하기 위한 이진화를 수행하여야 한다. 이진화는 임계값을 통하여 이루어지는데, 본 논문에서는 이 임계값을 T_{h1} 이라 하며 히스토그램 분석을 통하여 추출한다[9]. 임계값을 산출하기 위하여 입력영상의 명암값 분포를 나타내는 히스토그램을 구해야 하는데 이는 식 (1)에 의하여 얻어진다. 식 (1)에서 $I(x, y)$ 는 입력영상의 x 번째 행과 y 번째 열의 명암값을 의미한다

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

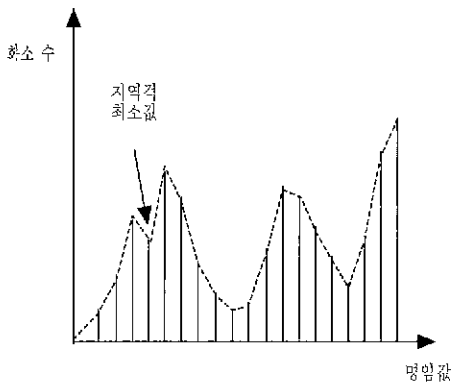
식 (1)에 의하여 얻어진 히스토그램은 대부분(그림 3)과 같다. (그림 3)을 보면 지역적 최소(local minima)가 발생함을 알 수 있는데, 이는 목적하는 임계값을 찾는 데 방해요인이 된다. 따라서 이를 피하기 위하여 본 논문에서는 히스토그램 평활화(smoothing) 작업을 수행한다. 이는 식 (2)에 의하여 이루어진다. 요구하는



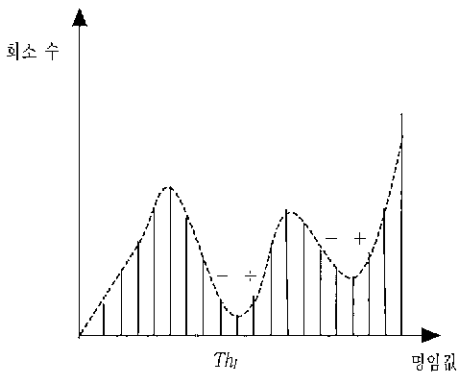
(그림 2) 배전설비도면 인식의 개요도

히스토그램을 얻기 위해서 식 (2)를 반복적용해야 하는데, 이때 반복횟수가 너무 적으면 지역적 최소를 파악하기 어렵고, 너무 많으면 히스토그램의 골이 없어져 목적하는 임계값을 찾지 못하는 경우가 발생한다. 평활화를 위한 반복횟수는 입력영상의 특성에 다르므로 경험적으로 결정한다. 본 논문에서의 인식대상인 배전설비도면을 위해서는 약 10회 정도가 적절하다. 이 값은 표본으로 추출된 배전설비도면 약 30매를 사용하여 실험한 결과로부터 얻어진 것이다. 식 (2)를 10회 반복적용하여 얻어진 평활화된 히스토그램은 (그림 4)과 같다.

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



(그림 3) 히스토그램의 예



(그림 4) 평활화된 히스토그램

배전설비영역을 추출하기 위한 임계값은 배전설비영역이 검은색에 가깝기 때문에 평활화된 히스토그램의

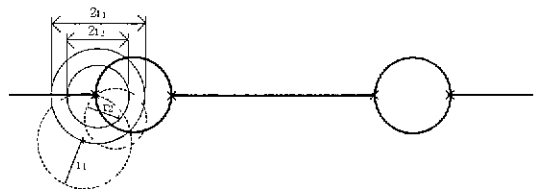
첫 번째 골이다. 이 골의 위치는 식 (3)을 사용하여 얻어진 값이 감소에서 증가로 변하는 첫 번째 위치를 찾음에 의하여 산출된다.

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

임계값 Th_1 을 사용하여 추출된 배전설비영상은 전주와 전선을 인식하는 과정에서 의사결정을 용이하게 하기 위하여 참고문헌 [10]의 방법에 따라 세션화함, 이 결과 얻어진 세션화된 영상을 본 논문에서는 $T(x, y)$ 로 표기한다.

4. 원형성에 근거한 전주후보 추출

본 논문에서는 배전설비도면의 주요 구성요소인 전주, 변대주, 고압선, 저압선, 그리고 수평지선을 인식하기 위하여 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. 전주와 전선은 반드시 연결되어 있기 때문에 세션화된 영상에서는 전주근처에는 반드시 분기점이 발생하므로 전주후보를 추출하기 위한 방법으로 본 논문에서 제안하는 방법은 다음과 같다. 먼저, 세션화된 영상을 참조하여 분기화소의 위치를 찾은 후, 이 위치 근처의 정의된 탐색영역에서 최대원형성을 가질 때를 찾은 다음, 최대원형성의 값이 사전에 정의된 값(약 0.85)보다 크면 전주후보로 인정하는 과정을 통하여 전주후보를 추출한다.



(그림 5) 전주후보추출을 위한 탐색 방법

전주후보를 추출하기 위한 탐색영역은 (그림 5)와 같다. (그림 5)에서 굵은 실선은 입력된 도면을, “×” 표

시는 선분이 갈라지는 분기점을, 가는 점선은 원형성 추출에 사용되는 화소들을, 가는 실선은 원형성을 추출할 때 사용되는 화소들의 중심점이 되는 화소들을 표시한 것이다. 본 논문에서는 전자의 화소를 탐색영역이라 하며 후자는 중심점영역이라 한다. 중심점영역은 반지름이 r_1 부터 r_2 까지인 원으로 구성된다. r_1 과 r_2 는 도면에 있는 전주 중에서 가장 작은 전주와 가장 큰 전주의 지름을 각각 나타내는 것으로 인식 전에 주어지는 사전 정보(prior knowledge)이다. 탐색영역은 중심점영역에 있는 각 화소를 중심점으로 하고 이때의 반경에 의하여 형성되는 원 상에 있는 화소들이다. 원형성은 이 화소들이 가지는 명암값들을 평균함으로써 산출된다. 따라서, 하나의 분기점에서는 다수의 원형성이 산출되므로 이들 중에서 가장 큰 값을 선택하여 해당 분기점의 원형성으로 한다. 이 원형성이 사전에 정의된 값보다 크면 전주후보로 인정한다.

분기점은 <알고리즘 1>과 같이 세션화된 영상의 화소 값 $T(x, y)$ 가 물체 즉, 1의 값을 가지며 진이횟수가 3이상인가를 판단함에 의하여 이루어진다

<알고리즘 1 : 분기점 추출>

```

extracteBranchPoint(x,y) {
  if (( T(x, y) == 1) AND
      ( TransitNum(x, y) ≥ 3)) return TRUE;
  else return FALSE;
}
    
```

<알고리즘 1>에서 $TransitNum$ 는 진이횟수로 식 (4)에 의하여 얻어진다 즉, $T(x, y)$ 화소의 주변 8화소를 (그림 6)과 같이 순서화한 후, 이 순서에 따라 1에서 0으로 전이가 발생하는 회수이다. (그림 7)는 분기점의 예이다 즉, 첫 번째의 $TransitNum$ 은 3이며 두 번째는 4이므로 중심점 $T(x, y)$ 는 분기점이 된다.

$$TransitNum(x, y) = \sum_{i=0}^7 \Delta n_i \quad (4)$$

Where,

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

원형성은 식 (5)를 사용하여 계산된다. 즉, 탐색영역의 위치와 동일한 위치의 명암값을 입력영상에서 읽어서 이

N_0	N_1	N_2
N_7	$T(x, y)$	N_3
N_6	N_5	N_4

(그림 6) 주변화소의 순서

1	0	1
0	1	0
0	0	1

1	0	1
0	1	0
1	0	1

(그림 7) 분기화소의 예

값과 이전화힐때 산출된 임계값 Th_1 과 비교하여 임계값보다 작으면 10을 누적하고, 크면 명암값과 임계값과의 차를 비율로 환산하여 누적한다. 탐색영역의 모든 화소들을 처리한 후, 누적된 값을 탐색영역의 화소수로 나눈 것이 원형성이다. 원형성을 산출하기 위하여 임계값보다 큰 경우에도 임계값에서 떨어진 정도를 비율로 환산하여 누적하는 것은 전주가 잡음으로 인하여 세션화된 영상에서 절단되어 있다 할지라도 공현도를 고려하기 위해서이다 따라서 잡음에 의하여 절단된 전주라 할지라도 그 정도가 적으면 전주후보로 추출되어 다음 단계에서 전주로 고려될 수 있다.

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

Where,

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

(그림 5)에서 보는 것처럼 하나의 전주에는 여러 개의 분기점이 있을 수 있다. 따라서 분기점이 하나의 전주를 공유하는지 공유하지 않는지를 판단하여 공유할 경우는 전주후보의 분기점리스트에 추가하여야 한다. 공유여부는 중심점간의 거리로 판단한다. 즉, 이미 추출된 전주후보를 각각의 중심점이 새로이 추출된 후보의 중심점과의 거리가 최대전주크기 이하이면 공유한 것으로 한다 전주후보를 추출하기 위하여 지금까지 기술한 방법을 알고리즘 형태로 기술하면 <알고리즘 2>와 같고 이 결과는 전주후보리스트에 저장되어 전선을 인식한 후 전주만을 추출할 때 사용한다.

<알고리즘 2 . 전주후보추출>

```

extractePoleCandidates() {
  for(세션화된 영상의 모든 분기점 (bx, by)에 대하여) {
    
```

```

for (i=최소전주크기; i<=최대전주크기; i++) {
    전주반경 r(i/2)을 계산;
    for (j=-r; j<=r; r++) {
        반경 j에 의하여 형성되는 원의 경계좌표
        (cx, cy) 계산;
        중심점이 (cx, cy)이고 반경이 j인 원의
        원형성을 계산;
        원형성이 최대한 중심위치와 반경 그리고
        최대원형성의 값 저장;
    }
}
if (최대원형성 > LOWERBOUND) {
    전주후보리스트에서 인접한 중심이 있는지
    탐색,
    if (YES) {
        전주후보리스트에 있는 전주후보의 인자값
        변경 및 분기점을 분기점리스트에 추가;
    }
    clsc {
        poleCandidate = new PoleCand;
        poleCandidate에 인자값을 설정하고
        전주후보리스트에 추가;
    }
}
}

```

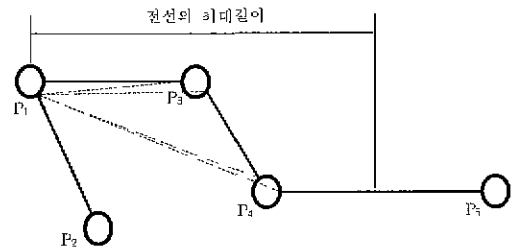
5. 연결성에 근거한 전선인식

전선은 반드시 두 개의 전주를 연결하고 있으므로 이로 인하여 전주와 연결되는 부분에서 분기점이 발생한다. 따라서 전선길이 범위 이내에 있는 두 전주가 가지는 분기점들의 사이에 인식하고자 하는 전선의 존재 여부를 판단함으로써 전선을 효과적으로 인식할 수 있다.

(그림 8)에서는 전선인식을 위한 탐색영역을 나타낸 것이다. 굵은 실선은 도면에 있는 전주와 전선을 나타낸 것이고 가는 점선은 전선이 가질 수 있는 최대길이 이내에 있는 전주들이 가지는 분기점과 분기점을 연결하는 직선 상에 있는 화소와 이 화소의 좌측 및 우측화소들로 구성된다 이와 같이 직선 상에 있는 화소 및 좌우화소를 고려하는 것은 직선식 산출은 실수계에서 이루어지지만 화소위치는 자연수계이므로, 실수계에서 자연수계로 변환할 때 발생하는 오차에 의하여 영상에서 원하는 위치를 정확하게 산출할 수 없기 때문이다.

본 논문에서 인식하고자 하는 전선인 고압선, 저압선, 수평지선은 배전설비도면 상에서 <표 1> 즉, 고압선은 굵은 실선으로, 저압선은 가는 점선으로, 수평지

선은 가는 실선에 3개 또는 6개의 짧은 직교선들이 추가된 것으로 각각 표기되어 있다. 이들을 인식하기 위한 특징으로 먼저 점선과 실선을 구분하는 것이라 할 수 있다. 실선은 고압선 또는 수평지선을, 점선은 저압선 또는 잡음을 대표한다. 잡음으로 인하여 실선이 절단되어 분리되는 경우가 종종 있는데, 이 경우 실선으로 인식하기 위해서 본 논문에서는 (그림 8)과 같이 설정된 탐색영역에 있는 흑화소의 비율을 추출하여 점선과 실선을 구분한다.



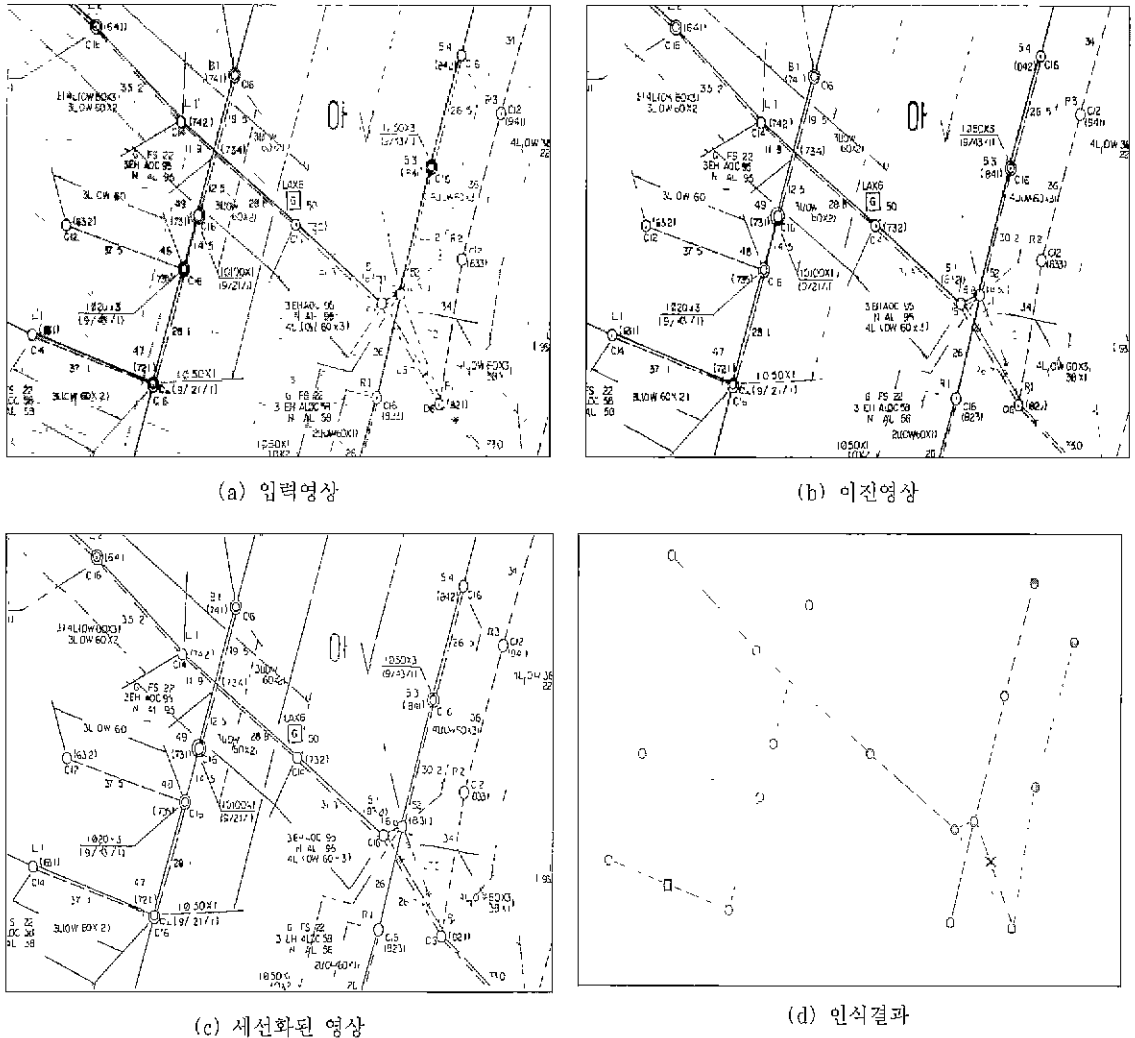
(그림 8) 전선인식을 위한 탐색영역

고압선과 수평지선의 차이는 굵은 실선과 가는 실선 그리고 직교선의 유무이다. 따라서, 인식을 위한 특징으로 선폭의 크기가 고려될 수 있지만, 선폭은 도면에 따라 변동이 클 뿐아니라 그 부분이 모호한 경우가 많아 부적당하다 그러나 직교선은 유용한 정보가 되므로 직교선에 의하여 형성되는 분기점의 간격과 개수로 고압선과 수평지선 구분한다. 즉, 탐색영역에서 작은 간격을 두고 발생하는 분기점이 2개에서 4개 발생하면 수평지선이고 그렇지 않으면 고압전선으로 인식한다.

저압선은 점선이므로 일정한 크기 이상의 연결선이 적어도 2개 이상 있어야 한다. 따라서, 이 정보의 유무로 저압선과 잡음을 구분할 수 있다. 전선인식을 위한 특징들은 세션화된 영상에서 추출하는 것이 용이하므로 전선인식과정에서는 세션화된 영상을 참조하여 이루어진다. <표 2>에서는 전선인식을 위한 특징들의 적

<표 2> 전선인식을 위한 특징값

특징	고압선	수평지선	저압선
흑화소의 비	85%이상	85%이상	60%
간격이 2~8화소인 분기점의 수	0	2~4개	무고려
최장 연결선의 길이	무고려	무고려	20 이상
연결선의 수	무고려	무고려	2이상



(그림 9) 실험결과

도를 나타낸 것이다. 전선으로 인식된 경우는 다른 건 주후보에 의하여 중복하여 인식되는 것을 방지하기 위하여 탐색영역에 있는 모든 화소를 삭제한다.

<알고리즘 3>은 지금까지 기술한 전선인식 방법을 알고리즘 형태로 기술한 것이며 이 결과는 전선인식결과리스트에 저장된다.

<알고리즘 3. 전선인식>

```

recogLine() {
for (전선크기 아래에 있는 두 전주 (u, j)에 대하여) {
for (i 전주의 모든 분기점 k에 대하여) {

```

```

for (j 전주의 모든 분기점 l에 대하여) {
k와 l 분기점에 의하여 형성되는 직선식 추출.
if (확장된 직선이 1전주의 중심과 j 전주의
중심 근처를 지나면) {
확화소의 비, 간격이 2-8회소인 분기점의
수, 최대연결선의 길이, 연결선의 수 산출;
if (회소의 비 ≥ 85%) {
if (2 ≤ 분기점의 수 ≤ 4) 수행직선으로
인식,
else 교합선으로 인식,
}
else {

```

```

if ((축화소의 비 ≥ 60%) AND
    (최장 연결선의 길이 ≥ 20) AND
    (연결선의 수 ≥ 2))
    저압선으로 인식,
else 무인식;
}
if (무인식이 아니면) {
    eLine = new ELine;
    cLine에 인지값을 설정하고 전선인식결과
    리스트에 추가,
    분기점 및 직선 상에 있는 화소삭제;
    전주후보리스트의 i번째와 j번째 전주의
    hasELine의 값을 TRUE로 변경,
}
}
}
}

```

전주와 전선은 반드시 연결되어 있으므로 전주후보 들 중에서 전선을 가지는 후보는 전주로 인식한다. 그러나 전선인식 과정에서 전선을 인식하지 못하는 경우가 있으므로 전선이 없는 전주후보 중에서 원형성이 매우 큰 경우(약 95%)에는 전주로 인식한다.

6. 실험 및 성능평가

이 장에서는 실험결과 및 성능평가에 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 9)에서는 대전지역의 배전설비도면 중에서 부작위로 선택한 영상에 대한 실험결과를 보인 것이다. (a)는 스캐너로 입력한 배전설비도면의 일부이고, (b)는 히스토그램 분석을 통하여 산출한 임계값을 사용하여 추출한 배전설비영상이다. 이때 사용된 임계값은 123이다. (c)는 (b)영상을 세선화한 영상이고, (d)는 인식결과를 표시한 것이다. 본 논문의 목표는 전주를 인식하여 전주위치를 추출한 후, 두 개의 전주가 전선에 의하여 연결되어 있는지 여부와 연결되어 있을 경우 전선종류를 인식하는 것이므로, 두 개의 전주사이에 여러 종류의 전선이 있을 경우는 고압선, 저압선, 수평지선 순으로 하나만 인식한다. (d)는 이 목표에 따라 인식한 결과를 표시한 것으로, 기호 “●”는 전주 또는

번대주를, 실선은 고압전선을, 점선은 저압전선을, 실선의 중간에 기호 “■”를 표기한 것은 수평지선을 실선의 중간에 “X” 표시한 것은 미인식 또는 오인식된 기호를 각각 나타낸다

본 논문에서 제안하는 배전설비도면 자동인식 방법은 한국전력공사의 배전설비도면들 중에서 무작위로 추출한 표본 약 30매를 대상으로 성능평가를 수행하였다. 성능평가는 다음과 같이 두 가지 관점에 주안점을 두었다. 첫 번째 관점은 실험대상도면의 질에 따른 성능변화를 관찰하는 것이다. 이를 위하여 실험대상도면을 그 질에 따라 좋음, 보통, 나쁨으로 분류하여 각 그룹의 평균인식율을 산출하였다. 두 번째는 대상설비별 인식율의 변화를 관찰하는 것이다. 이를 위하여 전주/번대주, 고압선, 저압선, 수평지선에 대한 각 그룹의 평균인식율을 산출하였다. 실험결과 인식율 통계는 <표 3>과 같으며 처리시간은 약 5분에서 7분 소요된다.

<표 3> 인식율 통계

도면의 질	설비종류	오인식율	미인식율	인식율(%)
좋음	전주	2.10	1.02	96.88
	고압전선	3.92	1.85	94.23
	저압전선	3.45	11.70	84.85
	수평지선	6.50	13.50	80.00
	소계	3.80	3.04	93.16
보통	전주	1.70	3.95	94.35
	고압전선	1.44	14.51	84.05
	저압전선	6.23	16.66	77.11
	수평지선	4.17	21.33	74.50
	소계	4.18	7.98	87.84
나쁨	전주	1.33	8.66	90.01
	고압전선	7.83	15.07	77.10
	저압전선	11.66	15.97	72.37
	수평지선	14.00	26.81	59.19
	소계	2.64	16.99	80.37

<표 3>을 보면 전주는 도면의 질이 나쁜 경우에도 인식율이 매우 높은 반면, 고압선의 경우는 도면의 질이 나빠질수록 인식율이 점차 감소하며, 저압전선과 수평지선은 도면의 질이 나빠질수록 인식율이 급격히 감소함을 알 수 있다. 도면의 질에 따라 저압전선과 수평지선의 인식율이 급격히 감소하는 것은 처음 도면을 작성할 때, 저압전선과 수평지선은 흐리게 도시하여 시간의 경과에 따라 노화의 정도가 상대적으로 심하여 이진화 과정에 삭제되었기 때문이다.

배전설비도면 자동인식을 위한 대표적인 연구결과는 일본의 동경전력연구원에서 발표한 확률적 완화법을 이용한 방법이 있다[8] 참고문헌 [8]에 따르면 기호 닛

선분 인식율은 <표 4>와 같지만, 배전 설비도면에 적용하여 실험결과는 <표 5>와 같으며 처리시간 약 10분에서 12분 정도 소요된다 <표 3>과 <표 5>를 비교해 보면 다음과 같음을 알 수 있다. 오인식율은 본 논문의 방법이 적은 반면, 미인식율은 참고문헌 [8]의 방법이 적음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 본 논문에서의 방법은 인식대상을 직접적으로 탐색하여 인식하지만 참고문헌 [8]에서는 선분조합을 통하여 인식하기 때문이다. 오인식율과 미인식율의 합계는 본 논문의 방법이 더 적으므로 전체 인식율을 본 논문의 방법이 더 높다. 따라서 배전설비도면을 인식하기 위해서는 참고문헌 [8]의 방법보다 본 논문의 방법이 더 우수함을 알 수 있다

<표 4> 확률적 완화법에 의한 방법의 인식율(제시된 자료)

실험도면	D1	D2	D3	D4
기 호	92.8	98.8	96.9	94.9
선 분	80.1	92.1	86.6	87.4

<표 5> 확률적 완화법에 의한 방법의 인식율(실험결과)

도면의 질	오인식율	미인식율	인식율
종 음	5.89	2.91	91.30
보 통	7.01	7.12	85.84
나쁨	9.45	10.54	80.01

배전설비도면 자동인식을 위한 대표적인 연구결과는 일본의 동경전력연구원에서 발표한 확률적 완화법을 이용한 방법이 있다[8]. 참고문헌[8]에 따르면 기호 및 선분 인식율은 <표 4>와 같지만, 배전설비도면에 적용하여 실험결과는 <표 5>와 같으며 처리시간 약 10분에서 12분 정도 소요된다. <표 3>과 <표 5>를 비교해 보면 다음과 같음을 알 수 있다. 오인식율은 본 논문의 방법이 적은 반면, 미인식율은 참고문헌[8]의 방법이 적음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 본 논문에서의 방법은 인식대상을 직접적으로 탐색하여 인식하지만 참고문헌[8]에서는 선분조합을 통하여 인식하기 때문이다. 오인식율과 미인식율의 합계는 본 논문의 방법이 더 적으므로 전체 인식율은 본 논문의 방법이 더 높다. 따라서 배전설비도면을 인식하기 위해서는 참고문헌[8]의 방법보다 본 논문의 방법이 더 우수함을 알 수 있다.

7. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 한국전력공사의 배전지리정보시스템을 효과적으로 구축하기 위하여 주요 설비 즉, 전주/변대주, 고압전선, 저압전선, 및 수평지선을 인식하기 위한 방법으로 원형성과 선의 연결성에 근거한 방법을 제안하고 무작위로 추출한 표본 도면 약 30매를 대상으로 성능평가를 수행하였다.

성능평가를 위하여 도면의 질에 따른 인식율의 변화와 설비별 인식율의 특성을 조사하였다. 그 결과 전주/변대주 및 고압전선의 인식율은 비교적 높은 반면, 저압전선과 수평지선은 도면의 질이 나쁜 경우 인식율이 매우 나쁨을 알 수 있었다. 이는 처음 도면을 직상할 때 저압전선과 수평지선은 흐리게 도시하여 시간의 경과에 따라 노화의 정도가 심하여 이진화 과정에서 삭제되었기 때문이다. 따라서 인식을 향상을 위하여 입력영상으로부터 배전설비도면만을 효과적으로 추출할 수 있는 방법에 관한 연구가 향후연구라 사료된다.

참 고 문 헌

- [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] J. E. Den Hartog, "Knowledge-based interpretation of utility maps," *Computer Vision and Images Processing*, Vol.63, No.1, pp.105-117, Jan. 1996.
- [3] Akio Okazaki, Takashi Kondo, Kazuhiro Mori, Shou Tsunckawa, and Eiji Kawamoto, "An automatic circuit diagram reader with loop-structure-based symbol recognition," *IEEE Transaction on Pattern Recognition and Machine Intelligence*, Vol.10, No.3, pp.331-341, May 1988
- [4] S. H. Joseph and T. P. Pridmore, "Knowledge-Directed Interpretation of Mechanical Engineering Drawings," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.14, No.9, pp.928-940, Sept. 1992.
- [5] Wei Wu, Wei Lu, Masao Sakauchi, "An Object-Oriented Model for Drawing Understanding and Its Ability of Noise Absorption," *Proceedings of Third*

International Conference on Document Analysis and Recognition, pp.261-264, Aug. 14-16, 1995.

- [6] Yuhong Yu, Ashok Samal, and Sharad Seth, "Isolating symbol from connection lines in a class of engineering drawings," *Pattern Recognition*, Vol.27, No.3, pp.391-404, 1994
- [7] Satoshi Suzuki and Toyomchu Yamada, "MARIS Map recognition input system," *Pattern Recognition*, Vol 23, No.8, pp 919-933, 1990.
- [8] Osamu Hori, Shigeyoshi Shimotsuji, Fumihiko Hoshino, and Toshiaki Ishii, "Line-drawing interpretation using probabilistic relaxation," *Machine Vision and Applications*, Vol6, pp.100-109, 1993.
- [9] P. K. Sahoo, S. Soltani, and A. K. C. Wong, "A survey of thresholding Techniques," *Computer Vision, Graphics, and Images Processing*, Vol.41, pp 233-260, 1988
- [10] Louisa Lam, Seong-Whan Lee, and Chung Y. Suen, "Thinning Methodologies-A comprehensive survey," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.14, No 9, pp.869-885, September 1992.



김 계 영

e-mail : kingy@kepn.re.kr
 1990년 숭실대학교 전자계산학과 졸업(학사)
 1992년 숭실대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학석사)
 1996년 숭실대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학박사)

1996년~1997년 한국전자통신연구원 박사후연수연구원
 1997년~현재 한국전력공사 전력연구원 선임연구원
 관심분야 : 컴퓨터비전, 멀티미디어, 가상현실 등



이 봉 재

e-mail : bjlee@kepn.re.kr
 1982년 성균관대학교 수학과 졸업(학사)
 1985년~현재 한국전력공사 근무, 전력연구원 선임연구원
 관심분야 : AM/FM/GIS, 자동인식, S/W공학



한 칠 성

e-mail : hancs@kepn.re.kr
 1980년 경희대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1980년~현재 한국전력공사 근무, 전력연구원 전력계통연구실, 정보통신그룹 책임연구원 (과제책임자)

관심분야 : 데이터베이스 설계분석, 지리정보시스템, 컴퓨터그래픽



조 선 구

e-mail : csk9306@kepn.re.kr
 1974년 숭실대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1997년 충남대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 1976년~1992년 한국전력공사 정보처리처 과장

1993년~현재 한국전력공사 전력연구원 책임연구원(그룹장)
 관심분야 : 정보시스템 설계분석, 지리정보시스템응용, 패턴인식