

부분확장에 의한 배전설비도면의 자동인식 대상영역 추출 방법

論 文
48A-10-24

An Extraction Technique of Automatic Recognizing Regions on Power Distribution Facility Map by Partial Extension

金啓榮*·李倖在*·趙善九*·禹熙坤*
(Gye-Young Kim · Bong-Jae Lee · Seon-Ku Cho · Hee-Gon Woo)

Abstract - A power distribution facility map is drawn on cadastral map. Besides, grid lines are added on the map for sectionalization. For automatic recognition of the map, we first extract recognizing regions. In this paper, we propose an extraction method of recognizing regions by partially extending thinned image. The proposed method is consist of three phases, binarization phase, thinning phase and partial extending phase. The first phase generate a binary image using threshold value which is obtained by histogram analysis. The binary image contains many part of recognizing regions, but not all. The second phase generate thinned image which is generated by applying thinning operator to the binary image. And the third phase extends thinned image from terminal point until satisfying termination condition. The proposed method is tested on several power distribution facility maps, and the results are presented.

Key Words : Power distribution facility map, Drawing Image, Map recognition, Region extraction, Region extension

1. 서 론

도면인식 기술은 영상자료 형태의 도면을 컴퓨터를 사용하여 사용자가 취급하기 용이하면서 필요한 정보를 추출할 수 있는 상태의 자료로 변환하는 기술이다. 도면인식에 관한 연구는 이미 1970년대부터 하기 시작하여 논리회로도면 및 전자회로도면을 자동 입력할 수 있는 시스템은 이미 실용화 단계에 있다[1]. 최근에는 지리정보시스템(Geographic Information System)을 효과적으로 구축하기 위하여 통신망 또는 전력망과 같은 국가 기간망과 관련된 도면에 있는 구성요소를 인식하여 자동으로 입력할 수 있는 기술의 필요성이 급증하고 있다[2].

국가 기간망 도면의 특성 중 하나는 지적 정보를 나타내는 지적도와 기간망 정보를 나타내는 설비도 그리고 구간표시선이 함께 기재되어 있으며 이들은 서로 다른 칼라값으로 구분한다. 이와같은 도면을 256 등급을 가지는 명암 스캐너를 사용하여 입력하면 그림 1과 같다. 그림 1은 전력수송 정보를 나타내는 배전설비도면의 일부이다. 그림 1에서 흰색은 배경영역, 검은색은 배전설비영역, 회색은 지적영역을 각각 의미한다. 이 도면을 자동인식하기 위해서 무엇보다 먼저 수행할 작업은 인식대상영역인 배전설비영역을 추출하는 것이다.

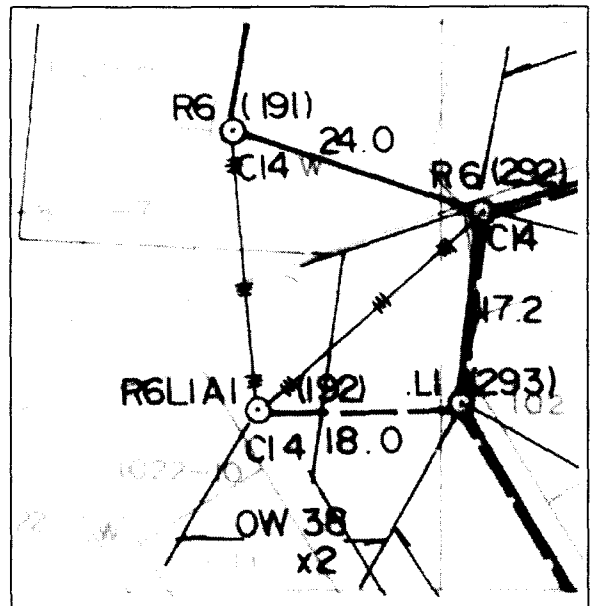


그림 1 배전설비도면의 예

Fig. 1 An example of power distribution facility map

본 논문에서는 배전설비도면에서 인식대상영역인 배전설비영역을 효과적으로 추출하는 방법에 관하여 기술한다. 그림 1에서 검은색으로 표시된 영역인 배전설비영역이다. 그림 1을 보면 배전설비영역의 많은 부분은 선명하지만 그렇지 않은 부분도 적지 않음을 알 수 있다.

영상인식에서 영역 구분을 위하여 사용하는 일반적인 방법

* 正 會 員 : 韓 國 電 力 公 社 情 報 通 信 組
接受日字 : 1999年 8月 13日
最終完了 : 1999年 10月 1日

은 다음과 같다. 먼저, 입력영상의 명암값 분포를 나타내는 히스토그램(histogram)을 만든 후, 이를 분석하여 추출하고자 하는 물체가 속하는 임계값을 산출한 후 명암값이 이 구간에 포함되는 화소는 물체영역으로 포함되지 않는 화소는 배경영역으로 정의함에 의하여 이루어진다[3]. 이와 같이 특정한 임계값을 사용하여 물체와 배경으로 구분하는 과정을 이진화라 하며, 이 결과는 입력영상의 노화 또는 인쇄 상태에 따라 물체영역이 배경영역으로 되는 경우와 배경영역이 물체영역으로 되는 경우가 있다. 배경영역이 물체영역으로 되는 경우는 인식기에서 제외시킬 수 있지만, 물체영역이 배경영역으로 되는 경우는 인식 대상으로 고려되지 않으므로 인식율을 저하시키는 주요 원인이 된다. 이진화 과정에서 인식대상으로 포함되지 않은 물체영역을 포함시키기 위하여 임계값을 그림 2에서와 같이 임의적으로 변경할 경우는 물체영역들이 서로 합병되어 인식 불가능한 상태가 되는 문제점과 변경의 정도가 도면마다 다르므로 그 값을 결정하기 어려운 문제점이 있다.

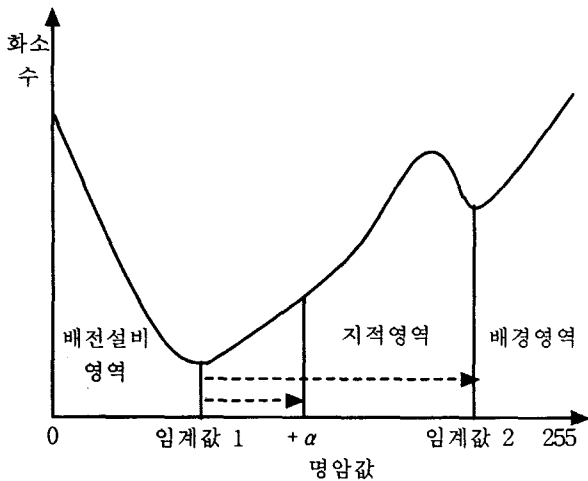


그림 2 임계값 변경의 예
Fig. 2 An example of threshold value change

위 문제를 해결할 수 있는 기존의 대표적인 연구로는 다음과 같은 두가지가 있다. 첫 번째는 물체가 있을 것으로 예상되는 영역에서 그 물체를 가장 잘 인식할 수 있는 임계값을 사용하는 방법이다[4]. 이 방법은 인식 대상이 있을 것으로 예상되는 영역을 정의하는 것이 매우 어려운 문제점이 있다. 두 번째는 이진화 단계에서는 배경과 물체 즉, 인식대상으로 배전설비영역과 지적영역 모두를 추출한 후 인식단계에서 구분하는 방법이다[5]. 이 방법은 히스토그램 상에서 배경영역과 지적영역이 명확히 구분되지 않는 경우가 많은 문제점과 인식기가 두 종류의 인식대상 모두를 인식할 수 있어야 하므로 그 규모가 크고 복잡한 문제점이 있다.

본 논문에서는 인식하기 이전 단계인 전처리 단계에서 배전설비영역을 보다 완전히 추출하는 방법에 관하여 기술한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 세션영상을 부분적으로 확장하는 방법으로 그림 3과 같이 세가지 단계로 구성된다. 첫 번째 단계는 이진화 단계로 히스토그램 분석을 통하여 얻어진 임계값을 사용하여 물체와 배경으로 구분된 이진영상을 생성한다. 두 번째 단계는 다음 단계에서 의사결정논리의 단

순화를 위하여 물체영역의 선 폭을 하나의 화소로 만드는 세션화 단계이다. 세 번째 단계에서는 세션영상의 선분들 중에서 끝점에서부터 확장을 시작하여 종료조건을 만족할 때까지 확장하는 단계이다.

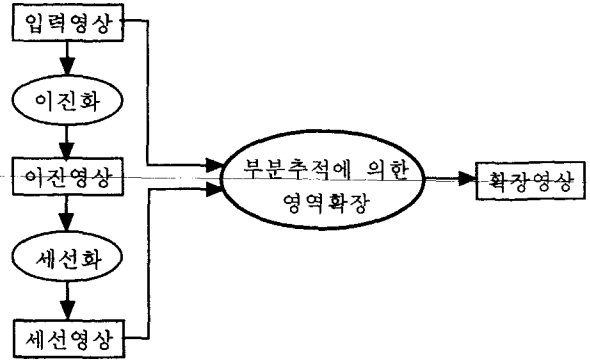


그림 3 본 논문에서 제안하는 방법의 개요도

Fig. 3 Overview of proposed method

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 1 장에서는 본 논문의 기본 방향에 대하여 기술했다. 제 2장에서는 이진화와 세션화 방법에 관하여 기술하고, 제 3장에서는 부분추적에 의한 세션영상 확장 방법에 관하여 설명하고, 제 4장에서는 실험 결과를 보인다. 마지막으로 제 5장에서는 결론에 관하여 논술한다.

2. 이진화와 세션화

이진화를 위하여 배전설비영역과 지적영역을 구분하기 위한 임계값과 지적영역과 배경영역을 구분하기 위한 임계값을 결정해야 한다. 이 임계값을 각각 Th_1 과 Th_2 라 한다. 이들을 추출하는 방법으로 본 논문에서는 히스토그램 분석에 의한 방법을 사용한다[2]. 임계값 결정을 위하여 먼저 입력영상에 대한 히스토그램을 구하여야 한다. 이는 식 1과 같다.

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

식 1에 의하여 얻어진 히스토그램은 그림 4와 같다. 그림 4를 보면 지역적 최소(local minima)로 인하여 목적하는 임계값을 추출할 수 없다. 따라서 이를 피하기 위하여 히스토그램 완만화(smoothing) 작업을 수행한다. 이는 식 2에 의하여 이루어진다. 요구하는 히스토그램을 얻기 위해서 식 2를 반복 적용해야하는데 적용하는 회수는 입력영상의 특성에 다르므로 경험적으로 결정한다. 본 논문의 주요 고려대상인 배전설비도 영상은 약 10회 정도가 최적이다.

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

본 논문의 주요 고려대상인 배전설비도 영상은 약 10회 정도가 최적이다.

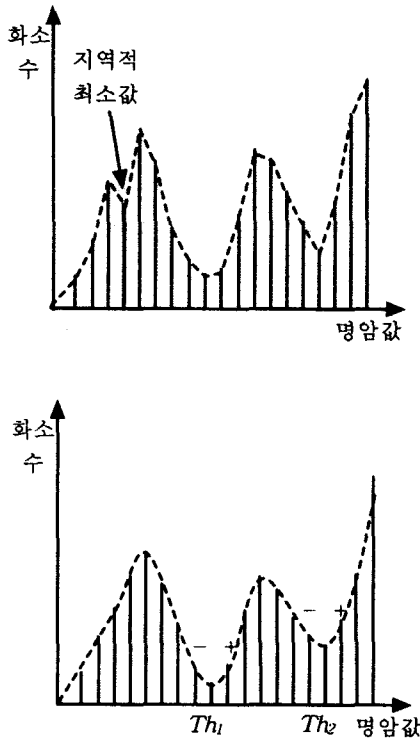


그림 4 히스토그램과 히스토그램 완만화의 예
Fig. 4 An example of histogram and histogram smoothing

식 2의 히스토그램에서 Th_1 은 식 3의 값이 감소에서 증가로 변화하는 첫 번째 위치이며, Th_2 는 두 번째 위치이다.

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

상기와 같이 추출된 임계값 중에서 Th_1 는 배전설비영상을 생성하는데 사용되고, Th_2 는 부분추적시 배경을 판단하는데 사용된다. Th_1 를 사용하여 추출된 배전설비영상은 영역확장시 의사결정을 용이하게 하기 위하여 세선화 한다. 세선화를 통하여 추출된 영상은 선 폭이 1이며 이를 세선영상이라 한다. 세선영상은 식 4를 통하여 얻어진다. 식 4는 현재 처리중인 화소 $P(x,y)$ 의 값이 1 이고 $ThinnCond$ 을 만족할 때 삭제하는데, 이 과정을 전체영상에 적용하여 변화가 없을 때까지 수행하는 것을 의미한다. 삭제는 $P(x,y)$ 에 0을 할당함에 의하여 이루어진다. 여기서 1은 물체화소를 0은 배경화소를 각각 나타낸다. 식 4에서 $ThinnCond$ 는 삭제 가능한 화소와 삭제 불가능한 화소를 구분하는 함수이다. 삭제 불가능한 화소는 그림 5에서와 같이 종료화소와 삭제할 경우 두 개의 영역으로 분리하는 경우이다. 이를 수식으로 나타내면 식 5와 같다.

$$\text{do } \{ \quad (4) \\ \text{for (all (x,y) pixels on binary image) } \{$$

```

if ((  $P(x,y) \equiv 1$  ) && (  $ThinnCond \equiv 1$  )) {
     $P(x,y) = 0$ ;
    change = TRUE;
}
else change = FALSE;
}
while (change == TRUE);

```

$$ThinnCond = \{ 2 \leq NZ(P) \leq 6 \} \quad (5)$$

$$\text{and } \{ Z(P_0) = 1 \}$$

$$\text{and } \{ \{ N_0 \cdot N_2 \cdot N_6 = 0 \} \text{ OR } \{ Z(N_0) \neq 1 \} \}$$

$$\text{and } \{ \{ N_0 \cdot N_2 \cdot P_6 = 0 \} \text{ OR } \{ Z(N_2) \neq 1 \} \}$$

where, $NZ(P)$: the number of nonzero neighbors of P

$Z(P)$: the number of nonzero to zero transitions in the ordered set $N_0, N_1, \dots, N_7, N_0$

N_1	N_0	N_7
N_2	P	N_6
N_3	N_4	N_5

1	1	0	0	0	0	1	0	1
1	P	1	1	P	0	0	P	0
0	0	0	0	0	0	1	1	1

(a) 주변화소의 순서

(b) 삭제 불가능한 화소의 예

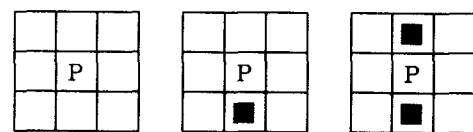
그림 5 주변화소의 순서와 삭제 불가능한 화소의 예

Fig. 5 Sequence number of neighbor pixels and examples of undeleteable pixel

3. 부분추적에 의한 세선영상 확장

임계값 (Th_1)을 사용하여 추출한 배전설비영상에는 배전설비영역 전부가 포함되었다고 할 수 없으며 배전설비영역이 아닌 영역도 포함되어 있다. 배전설비영역이 아닌 영역은 인식단계에서 제외시킬 수 있지만 포함되지 않은 영역은 인식단계에서 고려되지 않으므로 인식 전에 이를 추출하여야 한다. 이 절에서는 배전설비영상에 포함되지 않은 배전설비영역을 추출하기 위하여 부분추적에 의한 세선영상 확장 방법에 관하여 설명한다.

영역확장을 통하여 배전설비영상에서 포함되지 않은 물체영역을 추출하기 위하여 반드시 정의해야 하는 것은 확장시 작점, 확장방향, 확장후보이다. 본 논문에서는 확장시작점을 세선영상에 있는 선분의 시작 또는 끝 화소인 종료화소 (terminal pixel)로 한다. 세선영상에서 어떤 화소와 그 주변 3×3 화소들에 의하여 구성될 수 있는 형태는 그림 6과 같다.



(a) 독립화소

(b) 종료화소

(c) 연결화소

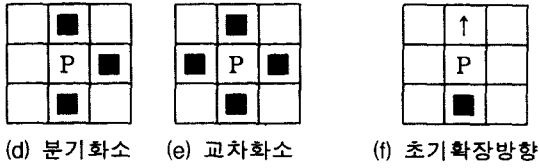


그림 6 3×3 영역에서 화소의 구성형태와 초기확장방향
 Fig. 6 Typical point types and initial extension orientation on 3×3 area

그림 6에서 보인 형태에서 종료화소를 방향에 독립적으로 추출하는 방법은 식 6과 같다[7]. 즉, 현재화소 $P(x, y)$ 가 배경이 아니고, 주변 8화소가 순서번호에 따라 물체에서 배경으로의 전이가 한번이 있는 경우이다. 식 6에서 $Z(P)$ 는 식 5와 같은 의미이지만 식 5에서 사용하는 영상은 이진영상이고 식 6에서 사용하는 영상은 세션영상이다.

$$P(x, y) \neq 0 \text{ and } Z(P) = 1 \quad (6)$$

식 6을 만족하는 화소는 현재위치 $P(x, y)$ 에서부터 영역확장을 시작한다. 영역확장을 수행하기 위하여 다음으로 정의해야하는 것은 확장방향이다. 초기의 확장방향은 물체에서 배경으로의 전이가 발생한 위치의 반대 방향이다. 이 값이 음수가 되지 않도록 하기 위하여 식 7과 같이 모듈라(modular) 연산을 사용하여 산출된다.

$$\text{trcOrient} = (i-4+8) \bmod 8 \quad (7)$$

여기서, i 는 $N(i) = 1$ 이고 $N(i+1) = 0$ 인 위치

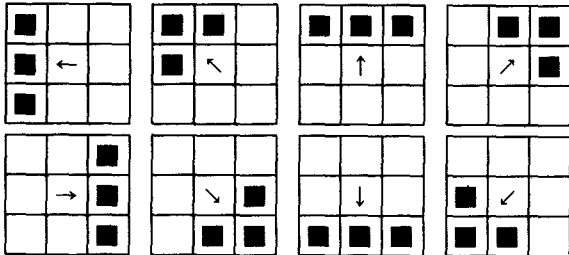


그림 7 진행방향에 따른 탐색화소
 Fig. 7 Search pixels for tracing orientation

확장방향이 결정되면 영역확장을 위한 확장후보화소를 정의하여야 한다. 확장후보는 그림 7과 같이 확장진행방향의 화소와 이 화소의 좌측과 우측화소 등의 3개이다. 이들 중에서 확장 가능한 화소로 받아지는 화소는 입력영상에서 이들 위치의 명암값이 최소인 화소이다. 세 화소 중에서 최소값을 가지는 화소가 종료조건을 만족하지 않으면 확장 가능한 것으로 보고 이 위치를 확장화소리스트에 추가한 후 역추적을 방지하기 위하여 후보화소들에 최대명암값(255)을 할당한다. 확장 진행을 위하여 현재위치를 확장가능한 화소로 옮기고, 확장방향은 확장 가능한 화소의 위치번호로 변경한다. 이 과정을 종료조건을 만족할 때까지 수행한다. 종료조건은 최소 명암값이 Th_2 보다 크거나, 세션영상 또는 확장영상의 현재

위치 주변 3×3 화소 중에서 물체영역이 하나라도 있는 경우이다. 세션화와 부분확장 동안에서 현재화소의 주변화소를 x-축과 y-축의 좌표로 사용하지 않고 정의된 순서번호를 사용하는 것은 프로그램의 단순화와 중복회피 및 계산을 용이하게 하기 위해서이다.

종료조건이 발생하면 먼저 확장 가능한 화소의 평균명암값을 계산한 후, 식 8을 사용하여 평균명암값과 임계값 Th_1 과의 거리를 비율로 산출한다. 산출된 값이 적으면 확장화소 리스트에 있는 모든 화소를 확장화소로 받아들이고, 그렇지 않으면 받아들이지 않는다.

$$R_{ext} = \frac{(\text{averageGray} - Th_1)}{(Th_2 - Th_1)} \quad (8)$$

이 과정을 모든 종료화소에 대하여 수행함으로써 영상전체에서 배전설비영상에 나타나지 않은 배전설비영역을 추출할 수 있다. 지금까지 설명한 내용을 알고리즘 형태로 기술하면 알고리즘 I과 같다. 알고리즘 I은 세션영상의 모든 종료화소에 적용한다.

<알고리즘 I : 부분추적에 의한 확장영상 생성> {

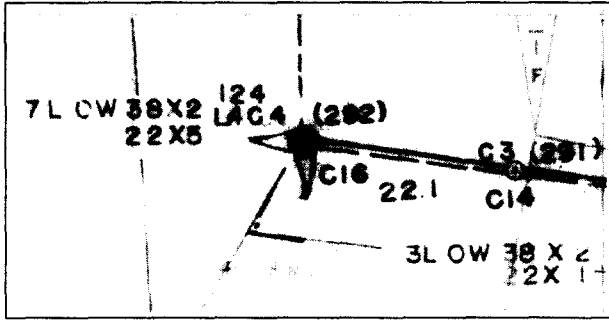
1. 종료화소 탐색 및 초기추적방향 계산
2. 추적방향에 있는 화소와 좌우화소 중에서 최소명암값을 가지는 화소의 좌표와 명암값 추출한다.
3. 역추적 방지를 위하여 추적방향의 직교방향(좌측과 우측 각각)으로 이진영상에서 물체영역일 때까지 명암영상의 동일한 위치에 배경값 할당한다.
4. 종료조건을 만족하지 않으면 최소명암값을 가지는 좌표를 확장화소리스트에 추가, 현재위치와 진행방향 수정 후 Step 2-4를 반복 수행한다.
5. 종료조건을 만족하면, 확장화소리스트에 있는 화소들의 평균명암값을 계산한 후, 이것이 확장 가능한 범위 내에 있으면 확장화소리스트에 있는 좌표들을 확장영상에 인식대상화소로 기록한다.

}

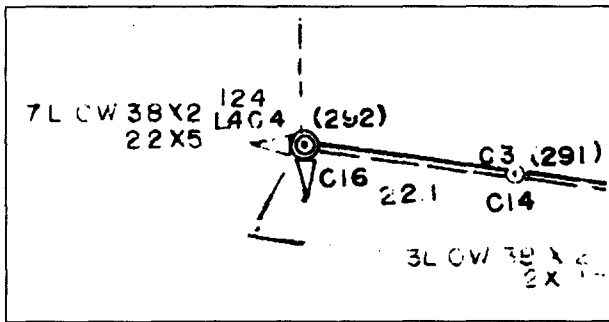
4. 실험결과

이 장에서는 실험결과를 보인 후 결론 및 향후연구에 관하여 기술한다. 실험에 사용한 컴퓨터는 IBM-PC/586 으로 CPU 속도는 450Mhz이다. 영상입력은 Vidar TruScan 500 스캐너를 사용하여 입력하였다. 입력영상의 화소밀도는 300dpi이며 한 화소가 나타낼 수 있는 밝기의 종류는 256이다.

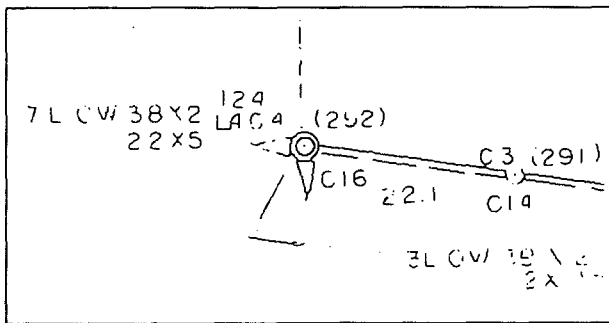
그림 8에서는 입력영상의 질이 비교적 나쁜 경우에 대한 실험결과이다. (a)는 스캐너를 사용하여 입력한 배전설비도면의 일부이고, (b)는 히스토그램 분석을 통하여 산출한 임계값을 사용하여 추출한 배전설비도면영상이다. 이때 사용된 임계값은 123이다. (c)는 (b) 영상을 세션화한 영상이고, (d)는 본 논문에서 제안하는 방법인 부분추적에 의한 방법으로 세션영상을 확장한 것이다. 그림 8의 (c)와 (d)를 비교해 보면 (c)에서 나타나지 않은 많은 부분이 (d)에서 나타남을 알 수 있다.



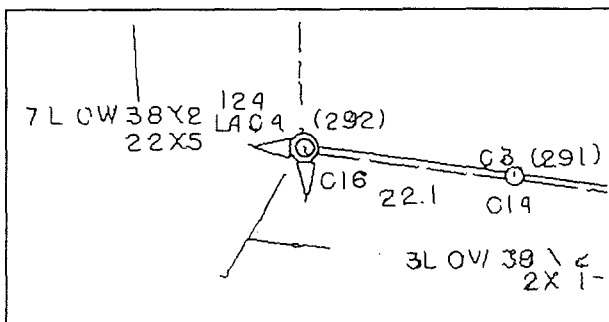
(a) 입력영상



(b) 이진영상



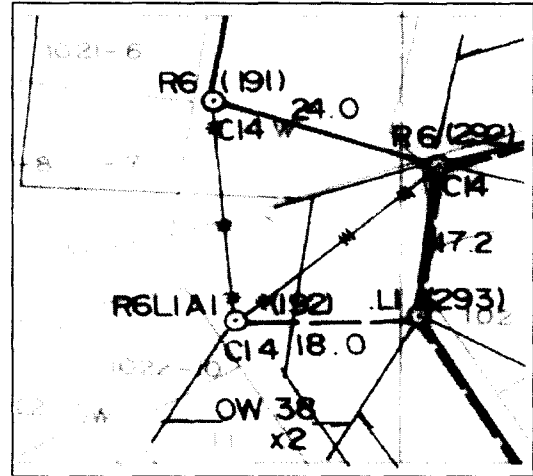
(c) 세션영상



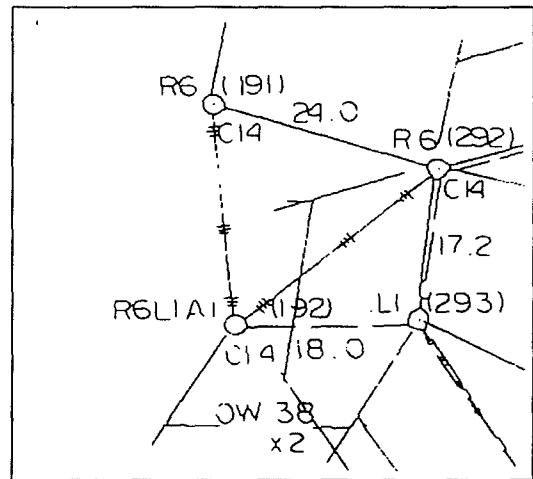
(d) 확장영상

그림 8 입력영상의 질이 나쁜 경우의 실험결과
Fig. 8 A test result for bad quality image

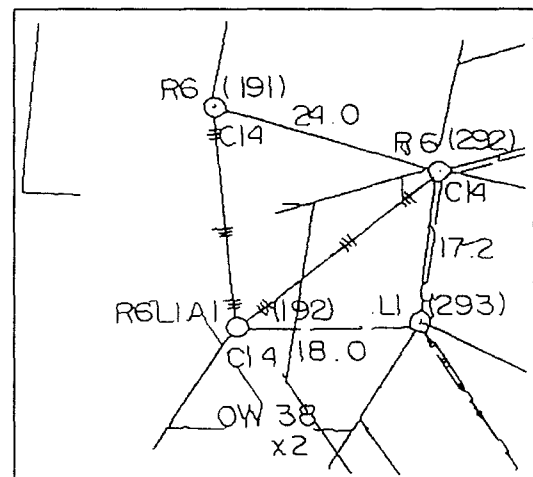
그림 9에서는 입력영상의 질이 비교적 좋은 경우에 대한 실험결과이다. (a)는 입력영상이며, (b)는 히스토그램 분석을 통하여 산출한 임계값을 사용하여 추출한 영상을 세션화한 영상이고, (c)는 확장영상이다.



(a) 입력영상



(b) 세션영상



(c) 확장영상

그림 9 입력영상의 질이 좋은 경우의 실험결과
Fig. 9 A test result for good quality image

그림 8과 9의 실험결과를 보면 세션영상에서 나타나지 않은 선분들이 부분 확장을 수행한 후에 나타나는 경우와 나타나기를 원하는 선분 중에서 일부는 부분 확장을 수행한 후에도 나타나지 않는 경우가 있다. 먼저, 나타난 경우에 대하여 논술했다면 다음과 같다. 그림 8의 경우는 새로이 배전설비영역으로 추가된 선분들의 많은 부분이 인식에 도움될 것으로 고려되지만, 그림 9의 경우는 도움이 되는 것도 있는 반면 도움이 되지 않는 것도 다수 있는 것으로 사료된다. 그러나 도움이 되지 않는 선분들은 인식단계에서 삭제되므로 확장된 영역은 인식을 향상의 긍정적인 방향으로 작용한다. 이는 표 1의 실험결과로부터 알 수 있다.

표 1 인식율 비교

Table 1 Comparison of recognition ratio

입력영상의 질	인식율(%)		향상도(%)
	세션영상	확장영상	
좋음	83.7	88.7	+5.0
보통	71.1	77.3	+6.3
나쁨	50.4	61.2	+10.8

표 1은 다수의 배전설비도면을 대상으로 배전설비도면의 기호인 원, 사각형, 삼각형을 인식한 결과를 비교한 것이다. 기호인식은 기호크기 이내에 있는 선분들에 의하여 형성되는 경로들 중에서 식 9와 식 10의 원형성과 사각성의 값이 표 2의 범위에 대하여 최적인 경로를 찾음에 의하여 이루어졌다. 식 9의 원형성은 먼저 입력선분들에 의하여 형성되는 중심점을 산출한 후, 입력선분의 각 화소위치와 중심점과의 거리를 계산하여 누적한 다음, 최대 누적값과 이 위치의 좌우값을 합하여 화소 수를 나눔에 의하여 추출된다. 식 10의 사각성은 먼저 입력선분들에 의하여 형성되는 기울기를 산출하여 입력선분의 화소들의 좌표를 중심점에 대하여 기울기만큼 회전한 후, 중심점에서의 x-축에 대한 거리와 y-축에 대한 거리를 각각 계산하여 누적한 다음, 각각에서 최대값과 이 위치의 좌우값을 합하여 화소 수를 나눔에 의하여 추출된다.

$$C = \frac{\sum_{i=\max\text{Pose}-1}^{\max\text{Pose}+1} \text{CDistCount}_i}{\text{NumOfPixel}} \quad (9)$$

$$\text{CDistCount}_{j++}, \quad j = \text{int}(\sqrt{(x_i - c_x)^2 + (y_i - c_y)^2})$$

$$c_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad c_y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

$$R = \frac{\sum_{i=x\text{MaxPose}-1}^{x\text{MaxPose}+1} \text{TXCount}_i + \sum_{i=y\text{MaxPose}-1}^{y\text{MaxPose}+1} \text{TYCount}_i}{\text{NumOfPixel}} \quad (10)$$

$$\text{TXCount}_{x++}, \quad \text{TYCount}_{y++} \quad (10)$$

$$t_x = \text{int}(|x \cos \theta + y \sin \theta|), \quad t_y = \text{int}(|-x \sin \theta + y \cos \theta|)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[\frac{2\mu_{1,1}}{\mu_{2,0} - \mu_{0,2}} \right]$$

$$\mu_{p,q} = \sum_{i=1}^n (x_i - c_x)^p (y_i - c_y)^q$$

표 2 특징값 범위와 인식결과

Table 2. Feature and recognition ratio

인식대상	원형성	사각성
원	0.9 이상	don't care
사각형	don't care	0.9이상
삼각형	don't care	0.3±0.05

입력영상에서 나타나기를 원하는 배전설비영역들 중에서 일부는 나타나지 않는 경우가 있는데, 이것은 추적할 단서가 없어서 선분 확장을 수행하지 못했기 때문이다. 이러한 현상은 입력영상의 질이 좋은 경우는 극히 드문 현상이지만 나쁜 경우에는 종종 있는 현상이다. 그러나 전체 영상에서 이와 같은 현상은 입력영상의 질에 따라 그 정도의 차이는 있지만 무시할 수 있는 정도로 사료된다.

5. 결론

본 논문에서는 배전설비도와 지적도 그리고 구간표시선으로 구성된 배전설비도면에서 배전설비영역을 효과적으로 추출하기 위하여 부분추적에 의한 세션영상 확장 방법을 제안하고 그 실험결과를 보인 후, 배전설비도면에 있는 기호인 원, 삼각형, 사각형의 인식율을 비교 평가했다. 그 결과 입력영상의 질이 좋은 경우보다 나쁜 경우에 본 논문에서 제안 방법이 인식을 향상에 더 많이 공헌함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 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.
- [2] J. E. Den Hartog, T. K. Ten Kate, and J. J. Gerbrands, "Knowledge-based interpretation of utility maps," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol 63, No. 1, pp. 105-117, 1996.
- [3] P. K. Sahoo, S. Soltani, and A. K. C. Wong, "A survey of thresholding Techniques," *CVGIP* Vol. 41, pp. 233-260, 1988.
- [4] T. Matsuyama and T. S. Hwang, "SIGMA : A Knowledge-based aerial image understanding system," *New York: Plenum*, 1990.
- [5] Osamu Hori, Shigeyotsuji, Fumihiko Hoshino, and Toshiaki Ishii, "Line-drawing interpretation using probabilistic relaxation," *Machine Vision and Applications*, Vol 6, pp. 100-109, 1993.
- [6] Louisa Lam, Seong-Whan Lee, and Ching Y. Suen, "Thinning Methodologies-A comprehensive survey,"

IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 14, No. 9, pp. 869-885, 1992.

[7] Chin-Shyung Fahn, Jhing-Fa Wang, and Jau-Yien

Lee, "A topology-based component extractor for understanding electronic circuit diagrams," CVGIP, Vol. 44, pp. 119-138, 1988.

저 자 소 개



김 계 영 (金 啓 榮)

1964년 10월 1일생. 1990년 숭실대학교 전자계산학과 졸업(학사). 1992년 숭실대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사). 1990년 숭실대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학박사). 1996년 3월~1997년 11월 한국전자통신연구원 박사후연수연구원. 1997년 12월~현재 한국전력공사 전력연구원 선임연구원.

Tel : (042) 865-5962

E-mail : kimgy@kepri.re.kr



이 봉 재 (李 俸 在)

1959년 1월 13일생. 1982년 성균관대학교 수학과 졸업(학사). 1985년 2월 ~ 현재 한국전력공사 재직.

Tel : (042) 865-5961

E-mail : bjlee@kepri.re.kr



조 선 구 (趙 善 九)

1951년 1월 18일생. 1974년 숭실대학교 전자공학과 졸업(학사). 1997년 충남대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1976년~1992년 한국전력공사 정보처리처 과장. 1993년~현재 한국전력공사 전력연구원 책임연구원.

Tel : (042) 865-5960

E-mail : csk9306@kepri.re.kr



우 희 곤 (禹 熙 坤)

1947년 9월 20일생. 1974년 동아대 전자공학과 졸업(학사). 1983년 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1995년 충남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1967년~1978년 한국전력공사 통신보수 및 통제 요원. 1978년~1983년 한국전력공사 서울연수원 부교수. 1983년~현재 한국전력공사 전력연구원 수석연구원.

Tel : (042) 865-5930

E-mail : hgwoo@kepri.re.kr