

선경계 검출에 의한 특징점 추출

○ 김지홍 김남철  
경북대학교 전자공학과

Extraction of Feature Points Using a Line-Edge Detector

Ji Hong Kim , Nam Chul Kim

Dept. of Electronics, Kyungpook National Univ.

Abstract

The feature points of an image play a very important role in understanding the image. Especially, when an image is composed of lines, vertices of the image offer informations about its property and structure. In this paper, a series of process for extracting feature points from actual IC image is described. This result can be used to acquire CIF ( Caltech Intermediate Form ) file.

1. 서 론

영상을 이해하고 분석하는데 있어서 특징점은 많은 정보를 제공해 주는데 특히, 선경계 성분을 가지는 영상에 있어서 직선들의 교차점인 vertex는 영상의 구성 및 특징에 관한 정보를 나타내어 줄 뿐 아니라, 영상을 전송하는데 있어서도 vertex 만큼 전송함으로써 영상·정보를 감축시킬 수 있다. 본 연구에서는 선경계 성분으로 이루어져 있으면서도 비교적 복잡한 구조를 가지는 실제의 집적회로 영상을 대상으로 먼저 선경계를 검출한 후 세선화(thinning) 및 잡음 가지 (noisy branch) 제거의 과정에 이어, 각 폐회로(loop)에 대한 vertex 를 추출하였다. 그리고 난 뒤 추출된 특징점들이, 집적

회로의 변환이 가능한 데이터 형태인 CIF (Caltech Intermediate Form)를 구성할 수 있도록 칩의 각 층(layer)에 대해서 특징점들을 재 조정하였다.

2. 선경계 검출

입력 영상으로 사용한 집적회로 영상은 polysilicon, metal, diffusion, contact, well 등이 큰 명암도의 차이가 없이 선경계에 의해 구분되어 있으며, 잡음 성분도 많이 존재함을 알 수 있다. 따라서, 선경계를 추출하기 위하여, 영상분할 방법을 이용하거나 또는 기존의 경계 연산자 및 선경계 검출기를 이용할 경우 좋은 결과를 얻기 힘들기 때문에 본 연구에서는 새로운 선경계 검출기를 제안하였다. 제안된 알고리즘을 간단히 설명하면 다음과 같다.

$$\begin{matrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & P & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{matrix}$$

1) 위의 5x5 창 내에 포함되는 총 8개의 직선 및 직각 성분(  $a_{11}P a_{44}a_{55}$ ,  $a_{55}P a_{44}a_{21}$ ,  $a_{11}P a_{44}a_{35}$ ,  $a_{13}P a_{43}a_{55}$ ,  $a_{13}P a_{43}a_{31}$ ,  $a_{15}P a_{45}a_{35}$ ,  $a_{11}P a_{41}a_{35}$

$a_n, a_{n-1}, \dots, a_1, P, a_1, a_2, \dots, a_n$ ) 에 대해 각각의 평균치를 구하고, 그 중에서 최대치를 A 라 한다.

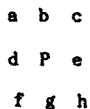
- 2) 최대치 A 를 가지는 직선 혹은 직각 성분을 제외한 나머지 화소들의 평균치를 B 라 한다.
- 3)  $|A - B| >$  역치이면 5x5 창 내의 중심 화소는 선경계 성분에 포함되는 것으로 추정한다.

그림 1의 집적 회로 영상에 대하여 역치를 4로 두었을 때 추출된 선경계 성분들을 이전 영상으로 나타내면 그림 2와 같다.

### 3. 세선화 및 잡음가지 제거

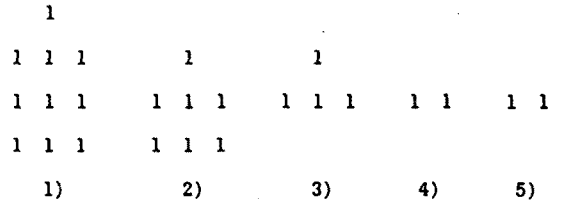
원래의 집적 회로 영상이 가지는 특성으로 인하여, 추출된 선경계 성분이 굵게 나타날 뿐 아니라 잡음 가지가 나타나게 된다. 그러므로, 먼저 굵게 나타나는 선을 세선화시키기 위한 과정이 필요한데 이를 위해 본 연구에서는 Rosenfeld<sup>[1]</sup> 등이 제안한 세선화 알고리즘을 사용하였다. 이 알고리즘의 적용을 위한 몇가지 정의들을 살펴보면 다음과 같다.

디지털 영상이 "0" 과 "1"의 값을 가지는 이진 영상이라고 할때 "1"의 값을 가지는 부분을 S 라고 하자. 이때 S 상의 한 점 P는 8개의 neighbor로 구성되어 있다.



이때, 점 P 는  $b=0$  이면 north border point,  $g=0$  이면 south border point,  $e=0$  이면 east border point,  $d=0$  이면 west border point라고 부른다. 8개의 neighbor 모두가 "0" 일때 점 P 는 8-isolated이며, S 에 있는 임의의 두점 P,Q에 대해서  $P_i$  가  $P_n (1 \leq i \leq n)$ 의 8-neighbor 중의 한점이 되도록  $P=P_0, P_1, \dots, P_n=Q$  로 연결될때 점 P,Q 는 서로

8-connected라고 한다. 8-neighbor 중의 한 점만 "1" 이고 나머지는 모두 "0" 일때 점 P 는 8-endpoint라고 한다. 그리고, S 의 점 P 를 "1"에서 "0"으로 바꿀때 점 P 의 8-neighbor에서 "1"의 connectedness가 변하지 않으면 8-simple이라고 한다. 이상과 같은 정의하에서, line을 세선화시키기 위해서는 endpoint 혹은 isolated point를 제외한, simple인 모든 border point 들을 제거하면 되는데, 이때 north border point 에서 시작해서 n,s,e,w,n,s,e,w,...의 순서로 더 이상의 변화가 없을 때까지 수행하면 된다. 간단한 예를 든다면 아래 그림과 같다.



- 1) 디지털 영상의 S 부분
- 2) north border point들이 제거된 결과
- 3) south border point들이 제거된 결과
- 4) east border point들이 제거된 결과
- 5) 더 이상의 변화가 없는 최종 결과

이상에서 설명한 과정을 선경계가 추출된 영상에 적용하여 세선화 시킨 결과는 그림 3과 같다. 이 그림에서 볼 때, 사용한 세선화 알고리즘이 endpoint와 isolated point를 제거하지 않는 특성으로 인하여 많은 잡음 가지가 존재함을 알 수 있다. 그래서, 잡음 가지를 제거하기 위한 과정이 필요한데, 집의 각 층이 폐회로로 구성되어 있음을 이용하여 폐회로를 구성하지 않거나 폐회로를 구성하더라도 그 원주의 둘레가 어떤 역치이하인 점들을 제거하였다. 역치를 25로 두고 잡음 가지를 제거한 결과를 그림 4에 나타내었다.

4. Vertex 추출

세선화 및 잡음 가지 제거 과정을 거친 이진 영상으로부터 vertex를 추출하기 위해서는, 각 점의 연결 상태를 chain code화 한 뒤, 이 이진 영상을 구성하는 최소개의 폐회로를 설정한다. 그리고, 각각의 폐회로에 대하여 vertex 추출 알고리즘을 적용한다. 알고리즘을 간략히 설명한다면 우선 폐회로상의 한 점  $P_i$ 에 대하여, k-vector를

$$\vec{a}_{ik} = (x_i - x_{i+k}, y_i - y_{i+k})$$

$$\vec{b}_{ik} = (x_i - x_{i-k}, y_i - y_{i-k})$$

k-cosine을

$$\text{COS } C_{ik} = (\vec{a}_{ik} \cdot \vec{b}_{ik}) / |\vec{a}_{ik}| |\vec{b}_{ik}| \text{ 로 나타낸다.}$$

그리고,

$$\bar{C}_{ik} = \frac{1}{k+2} [\text{COS } C_{ik} + \text{COS } C_{i,k+1} + \dots + \text{COS } C_{i,k/2}]$$

for k:even

$$= \frac{1}{k+3} [\text{COS } C_{ik} + \text{COS } C_{i,k+1} + \dots + \text{COS } C_{i,k/2}]$$

for k:odd

로 나타낼 때  $\bar{C}_{ik} < \bar{C}_{j,k} < \dots < \bar{C}_{ik} < \bar{C}_{j,k} =$  폐회로의 원주/10 을 만족하는  $\bar{C}_{ik}$ 를 찾아내고 이를 점  $P_i$ 의 cosine value라고 하고  $\bar{C}_i$ 로 표시한다. 폐회로내의 각 점에 대해 cosine value가 구해지면  $|i - j| \leq \frac{h}{2}$ 의 범위내에서  $\bar{C}_i \geq \bar{C}_j$ 이면 점  $P_i$ 에 vertex가 존재하는 것으로 추정한다. 이상과 같은 방법을 세선화된 이진 영상에 적용하여 구한 vertex들을 표시하면 그림 5와 같다. 이 그림에서 보면 각각의 폐회로에 대해 vertex 추출 알고리즘을 적용하였기 때문에 실제로는 하나인 vertex에 대해 인근의 몇 개 점들을 vertex로 인식하는 경우가 있다. 그러므로, 이진 영상에 나타난 칩의 각 층에 대해 혹은 이진 영상 전체에 대해 특징점을 추출하고자 할 때는 이러한 인근의 vertex들을 grouping 시켜주는 과정이 필요한데, metal 층에 대해서 위의 과정을 적용시킨 후 각 vertex를 직선으로 연결시킨 결과는 그림 6과 같다.

5. 결 론

실제의 집적회로로부터 얻은 현미경사진을 대상으로하여 특징점을 추출해 보았다. 이 실험에서 행한 일련의 과정에 약간의 인공 지능 개념을 도입하여 칩의 각 층의 hidden part까지 추정한다면 칩의 결함 유무와 칩의 기능을 알아내는 데에도 응용될 수 있으리라 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Azriel Rosenfeld, Larry S. Davis. "A Note on Thinning" IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics. March 1976
- [2] Azriel Rosenfeld, Joan S. Weszka. "An Improved Method of Angle Detection on Digital Curves" IEEE Transactions on Computers. September 1975

\* 본 연구는 한국 과학 재단의 목적기초 연구비 지원으로 수행된 것임.

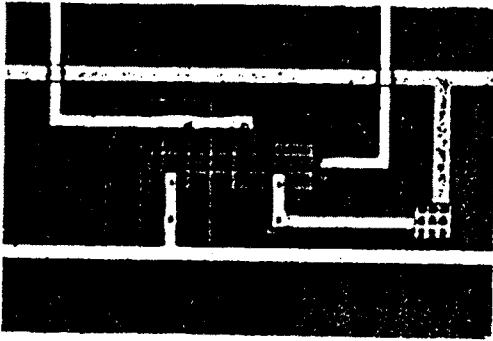


그림 1. 집적 회로 영상

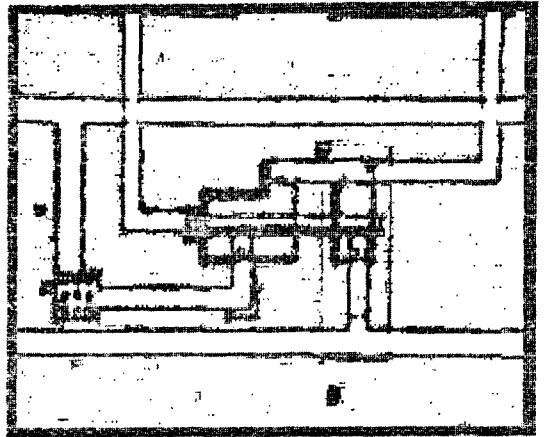


그림 2. 선경계가 검출된 영상

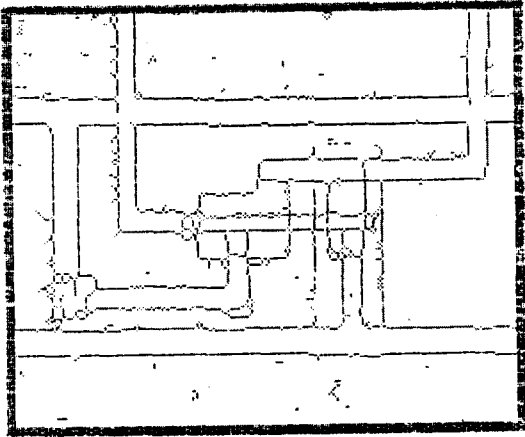


그림 3. 세선화된 영상

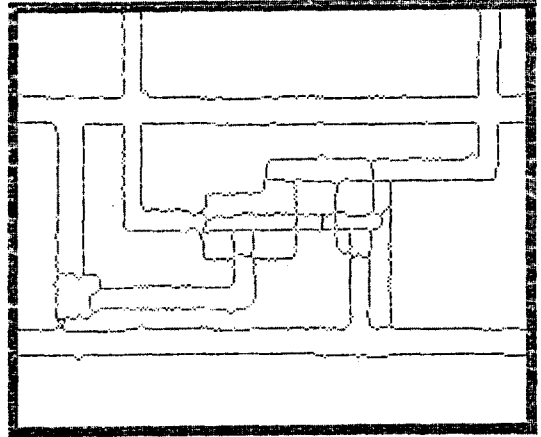


그림 4. 끊음 가지가 제거된 영상

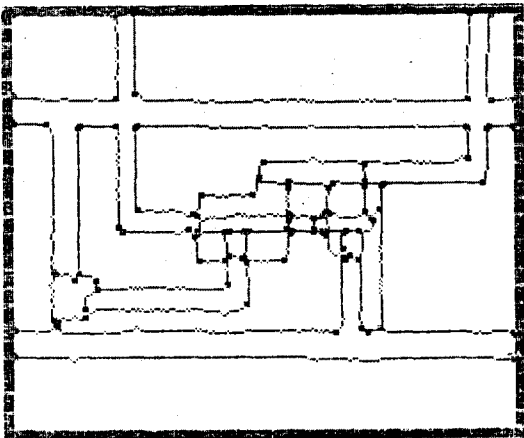


그림 5. vertex 가 추출된 영상

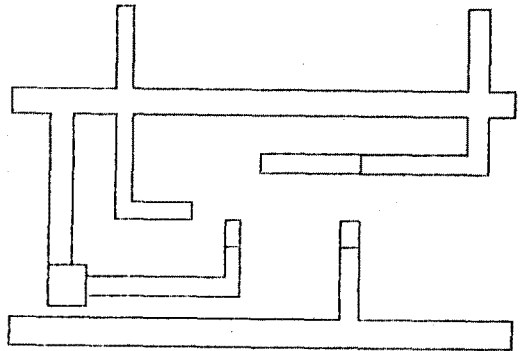


그림 6. metal 층의 영상