

## 유전자 알고리즘을 이용한 윤곽선 추출

박 찬 란\* 이 용 기\*\*

### Edge Detection using Genetic Algorithm

Chan-Lan Park\* Woong-Ki Lee\*\*

#### 요 약

기존의 윤곽선 추출 방법은 중첩된 두꺼운 선으로 추출되어 물체의 실제 경계선을 정확하게 표시하지를 못하거나 윤곽선에 끊어짐이 많아 연결성이 떨어지는 문제점을 지니고 있었다.

본 논문은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 윤곽선 추출에 유전자 알고리즘을 적용하였으며 에너지 함수는 픽셀의 윤곽선 만족도를 수치로 산정해 주는 식으로 함수로 화상구조 형에 대한 평가 에너지와 이웃 윤곽선과의 연속성에 대한 평가 에너지, 윤곽선이 정확한 위치에 1 픽셀로 나타났는지에 대한 평가함수로 구성하였다.

제안된 방법은 기존의 방법에 비해 잡음제거에 우수하였고 또한 연결성이 강하고 최적의 위치에 놓인 픽셀을 찾음으로서 보다 선명하고 정확한 윤곽선 추출을 가능케 하였다.

#### Abstract

The existing edge detection methods can not represent the real edge of object at fitting point or detect the edge which has insufficient connecting trait. Especially, the two-fold thick edge detected by these methods cannot coincide real boundary of subject and it's location.

To overcome these problems, we introduce the Genetic Algorithm(GA) in edge detection. The energy function is the value of fixel's satisfaction degree to edge condition. And it consists of the fitness value to image formation type, fitness value to connecting trait to it's neighboring edge and evaluation function which can represents the edge at fitting point as one fixel.

This method is superior to remove the noise in edge detection than the existing methods. And it also detects the clear and exact edge because it can find the one fixel which is located at fitting point and has strong connecting trait.

---

\* 목포전문대학 전산정보처리과 조교수

\*\* 조선대학교 자연과학대학 전산통계학과 교수

논문접수 : 98.4.8 심사완료 : 98.6.10

## 1. 서론

컴퓨터 비전(computer vision)의 궁극적인 목표는 컴퓨터 또는 로봇에게 인간처럼 시각적으로 물체를 인식할 수 있는 능력을 갖게 하는 것이다. 물체인식 능력은 영상해석의 하위단계에서 얼마만큼 정확하고도 유용한 정보를 획득하느냐에 따라 좌우되는데, 영상해석의 하위단계에서 얻어지는 윤곽선 정보는 영상의 물체를 인식하는 데 중요한 역할을 하기 때문에 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

윤곽선 추출이란 영상에서 물체와 배경사이에 위치하는 경계선의 점들을 찾는 작업으로서 일반적으로 입력화상에 대해 공간 미분을 실시하여 미분화상을 만들고 그것을 2치화 한 후 다시 세선화하는 순서로 처리한다. 기존의 윤곽선 추출 알고리즘 1, 2, 3)이 안고있는 문제점으로는 2치화 처리는 역치의 선택 방법이기 때문에 추출된 윤곽선의 중간에 끊어진 부분이 발생해 연결성이 떨어지거나 실제 물체의 경계선과는 관계없는 윤곽선 가지가 추출되어 물체의 윤곽선 판별을 어렵게 하고 세선화 처리에서는 세선화 한 선이 대상 물체의 경계선과 일치하지 않아 추출된 윤곽선이 정확하게 위치를 나타내지 못하였다. 또한 픽셀이 윤곽선 인가를 결정하는 과정에서 이웃하는 윤곽선과의 관계는 고려하지 않고 명암의 차만 가지고 결정하기 때문에 잡음등의 영향을 받기가 쉬운 문제점이 있었다.

본 논문은 물체의 실제 경계선과 일치하면서 이웃하는 윤곽선과의 관계 정보를 포함한 윤곽선 추출을 위해 유전자 알고리즘을 이용하였다.

윤곽선 추출을 위한 에너지 함수의 구성은 화상구조 형(type)에 대한 평가 에너지, 윤곽선의 연결성 평가 에너지, 윤곽선이 최적의 위치에 1개의 픽셀로 나타냈는지에 대한 평가 에너지를 기본 항목으로 하였고, 픽셀이 이에 대한 조건을 만족하는 정도가 클수록 높은 에너지 값을 갖도록 함수를 구성하였다.

본 논문에서 제안한 윤곽선 추출 알고리즘에서 에너지 함수의 가장 큰 장점은 비용함수를 계산하는데 있어서 윤곽선의 사전정보를 요구하지 않기 때문에 여러 응용분야에서 그 특성에 따라 윤곽선을 추출할 수 있는 유연성을 갖는 점이다.

## II. 윤곽선 추출 방법

윤곽선 추출의 기본적인 개념은 명암을 나타내는 그레이 레벨(gray level)이 물체와 배경 사이의 경계가 되는 s 부분에서 불연속성을 띄는 성질을 이용한 것으로 일반적으로 명암의 차를 계산하는 미분 연산자를 이용한다. 1차 미분 값은 영상에서 윤곽선의 존재를 검출하는데 사용되며, 2차 미분 값의 부호는 윤곽선 픽셀이 윤곽선의 밝은 쪽의 것인지 어두운 쪽의 것인지를 결정하는데 사용된다. 그러나 미분이나 라플라시언 방법은 이웃하는 윤곽선과의 관계는 고려하지 않기 때문에 잡음에 약한 결점이 있고, sobel 기법은 추출된 윤곽선의 두께가 일정하지 않고 두꺼운 선으로 나타내므로 실제 물체의 경계선을 정확하게 나타내지 못하는 문제점이 있었다.

따라서 본 논문에서는 원 화상 물체의 경계선 위치를 정확하게 나타내면서 끊어짐이 없는 연결된 윤곽선을 추출하기 위해 다음과 같은 4가지 조건을 만족시키는 방법을 제시하고자 한다.

- ① 추출된 윤곽선은 원 화상 물체의 경계선과 일치되는 위치에 나타내어야 한다.
- ② 윤곽선은 연결된 선으로 나타내야 한다.

원 화상에서 물체의 경계선은 연결된 선의 모양이므로 추출된 윤곽선 또한 중간에 끊어진 부분이 없는 연결된 선이어야 선명한 윤곽선의 조건이 되며, 연결성이 없이 고립된 윤곽선은 잡음일 확률이 크

다.

- ③ 가지가 없는 윤곽선을 나타내어야 한다.

원 화상에 존재하는 물체의 경계선과는 관계없는 윤곽선의 가지는 물체의 경계를 인식하는데 복잡함과 혼돈을 증가시키는 원인이 되므로 삭제되어야 한다.

- ④ 윤곽선의 두께는 1 개의 픽셀이어야 하고 일정하여야 한다.

기존의 sobel 기법 등을 이용한 윤곽선의 두께는 증착된 두꺼운 선으로 나타나기 때문에 물체의 실제 크기보다 더 크게 윤곽선 영상이 표현되었다. 따라서 원 화상에 있는 물체의 크기와 정확하게 일치하는 윤곽선의 조건은 최적의 위치에 1개의 픽셀로만 일정하게 나타내는 것이다.

### III. 유전자 알고리즘

1970년대 Holland<sup>4)</sup>가 제안한 최적화(optimization) 알고리즘의 하나인 유전자 알고리즘(GA, Genetic Algorithm)은 자연 생태계의 적자생존(survival of the fittest)의 원리를 모방한 이론으로서 정의된 함수  $Y = G(X)$ 의 최적화 문제를 전역적인 탐색을 통해 해를 찾는 알고리즘<sup>5)</sup>이다. 유전자 알고리즘은 평가함수(evaluation function), 유전 연산자, 그리고 문제의 해를 표현하는 염색체(chromosome)로 구성되며, 유전자 연산자로는 선택(selection), 교배(crossover)와 돌연변이(mutation)가 있다.

selection은 적합도값(fitness)의 비율에 따라 다음 세대를 구성하는 염색체들을 선택하는 연산자이다. 선택 방법은 일반적으로 roulette wheel selection<sup>5)</sup>을 사용하는데, 이 기법은 높은 적합도 값을 가진 염색체는 다음 세대의 구성에서 선택 될 확률이 높은 반면에 낮은 적합도를 가진 염색체는 선택 될 확률이 낮은 점을 모델로 한 것이다.

crossover는 선택된 두 부모에 대해 무작위로 비트 위치를 하나 또는 2개를 선택하고 그 구간 사이의 염색체 비트들을 서로 교환하는 것으로, 이는 새로운 자손을 생성해 주는 연산자로서 탐색 문제의 관점에서 보면 제한된 공간에서 탐색 공간을 넓히는 역할을 한다. 다음의 그림 1은 무작위로 선택된 두 구간 a, b 사이에 있는 비트들이 서로 교환되는 crossover의 실행 예를 나타낸 것이다.

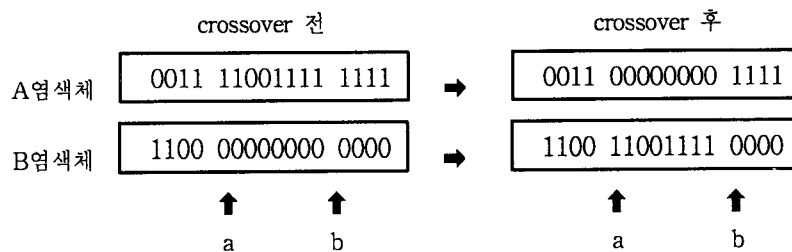


그림 1. crossover 연산(Fig. 1. Crossover operation)

mutation은 모든 염색체 비트들에 대해 임의로 선택된 확률이 mutation 확률  $P_m$ 보다 낮으면 그 비트 하나를 대립되는 비트로 변환시키는 연산자로 영역을 효과적으로 탐색하게 하고 국부적인 최소화 상태로부터 벗어나게 해주는 연산자이다. 그림 2는 mutation의 실행 예를 나타낸 것으로 5번째 비트에서 선택된 확률 값이 mutation 확률  $P_m$  보다 낮다면 비트 1이 0으로 바뀌게 된다.

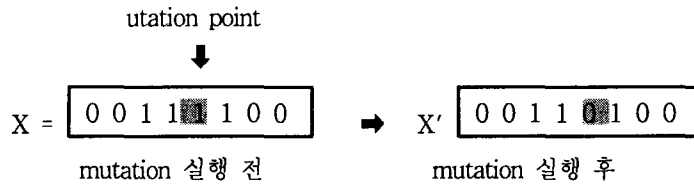


그림 2. mutation 연산(Fig. 2. Mutation operation)

#### IV. 유전자 알고리즘을 이용한 윤곽선 추출

##### 1. 2치화 영상

일반적인 윤곽선 추출 방법으로 sobel 기법을 이용하는데 추출된 윤곽선이 중첩된 두꺼운 선으로 나타나기 때문에 원 화상의 실제 물체보다 더 크게 나타나고 윤곽선의 중간에 끊어짐이 많아 정확한 결과를 얻지 못하였다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 원 영상 데이터를 sobel 연산을 이용해 계산한 명암의 차를 임계값에 따라 0과 1로 구성된 2치화 데이터로 변환시킨 다음 유전자 여기에 알고리즘을 적용시켰다.

##### 2. 유전자 알고리즘

###### 1) 염색체(chromosome)의 구성

제안한 방법에서 유전자 알고리즘을 구현하기 위한 염색체의 구성은 다음의 그림 3과 같이 픽셀의 위치를 지정해주는 x와 y의 좌표, 픽셀의 화상구조 형(type), 에너지 값(fitness)으로 구성되어 있다. 또한 염색체는 노드로서 나타내며, 이들 노드들이 모여서 윤곽선을 표현하는 경로를 나타낸다. 화상구조 형(type)은 다음의 3)절에서 제안한 것으로 현재 x, y 좌표의 픽셀이 잡음에 해당되는지, 윤곽선인지, 잡음도 윤곽선도 아닌 연속영역에 해당되는지를 결정한 값이고, 에너지 값은 픽셀이 윤곽선으로서의 조건을 어느 정도 만족하는지를 수치로서 산정한 값이다. 전체 윤곽선 영상은 그림 4와 같이 노드들이 연결된 연결 리스트(linked list)로 구성된다.

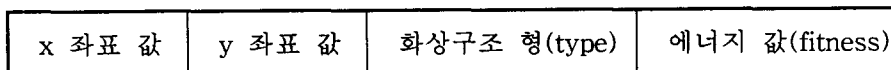


그림 3. 염색체의 구성(Fig. 3. chromosome formation)

###### 2) 평가 함수 정의

###### (1) 화상구조 형 에너지 함수

###### ① 화상구조 형 결정 마스크 적용에 의한 화상구조 형 (type) 결정

원 영상을 변환한 2치화 데이터에서 염색체 값인 x, y의 픽셀을 중심으로 한 3×3 윈도우가 어떤 화상구조 형(type)에 속하는가에 따라 에너지 값을 부여한다. 다음의 그림 5는 화상구조 형을 결정하기 위해 정의한 마스크로서 여기에서 0은 x, y의 픽셀이 임계치보다 명암값이 낮은지를 검사하는 마스크이며 1은 임계치보다 명암값이 높은 픽셀인지를 검사하는 마스크이고, \*는 0, 1 모두 가능한 경우를 말한다.

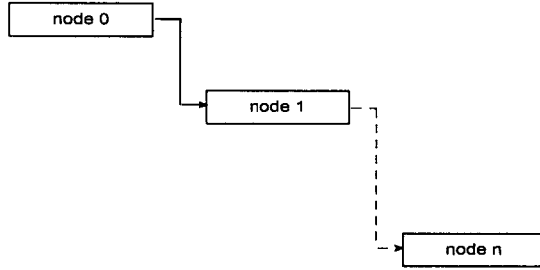


그림 4. 전체 윤곽선 영상의 연결리스트(Fig. 4. Formation of linked list for total edge image)

화상구조 형의 결정 방법은 2치화 데이터 중에서 염색체 값인 x, y의 픽셀을 중심으로 한 3×3 윈도우와 정의한 화상구조 형 마스크 1)번부터 27)번 모두를 각각 xor 비교연산을 해서 9개 픽셀 모두가 일치하는 마스크를 화상구조 형으로 결정한다. 일반적으로 화상구조형은 크게 잡음영역, 윤곽선영역, 잡음도 윤곽선도 아닌 연속영역으로 정의되는데, 해당되는 픽셀이 윤곽선 영역에 속하면 후보 윤곽선으로 간주하여 화상구조 형 에너지 값에 높은 값을 할당하고, 잡음영역과 연속영역에 해당되면 윤곽선으로서 의미가 없는 픽셀이므로 화상구조 형 에너지 값에 낮은 값을 할당한다. 이에 따른 화상구조 형의 결정 방법은 다음과 같다.

- i) 해당되는 픽셀이 (1) ~ (2)의 마스크와 일치하면 3×3 윈도우 9개 픽셀 모두의 농도가 낮거나 또는 그 반대로 높던지 하는 경우이므로 중심픽셀 x, y는 연속영역으로 결정한다.
- ii) (3) ~ (4)에 해당되면 3×3의 9개 픽셀 중에서 중심 픽셀이 주위의 픽셀들과 농도 차가 나는 경우로 중심픽셀 x, y는 잡음영역으로 결정한다.

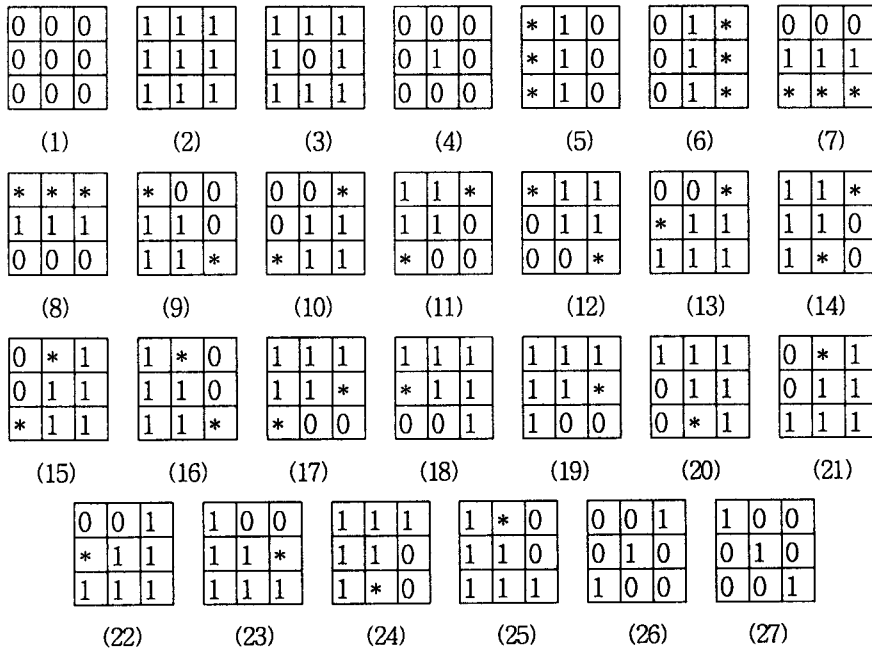


그림 5. 3×3 화상구조 형 결정 마스크(Fig. 5. Decision mask of 3×3 image formation type)

iii) x, y 위치의 픽셀이 (5) ~ (27)에 해당되면 윤곽선 후보로 결정된다.

영상에 따라 (5)~(27) 이외의 특별한 형태의 화상구조도 발생하는데 표준화된 윤곽선 추출을 위해서 23개 마스크로만 정의를 제한하였다. 따라서 여기에서 정의된 화상구조 형 마스크 외에 해당되는 경우는 간결한 윤곽선 추출을 위해 모두 잡음으로 처리하였다.

### ② 화상구조형에 따른 에너지 평가 함수

화상구조 형이 (5) ~ (27) 사이의 값으로 결정되었으면 윤곽선으로서 자격이 있다고 평가하여 에너지 값에 높은 값을 할당하고 잡음과 연속영역이면 다음 세대를 위한 염색체 선택 시 도태되도록 낮은 값을 부여하였다. 이에 대한 알고리즘은 다음에 나타내었고 g1은 화상구조 형의 평가함수에 대한 가중치 값이다. 이 가중치 값은 평가항목의 비중과 비례한 값을 갖기 때문에 응용 분야의 특성에 맞춘다든지 또는 영상의 물체가 주위의 배경과 뚜렷이 구별이 되지 않을 때는 가중치 값을 적절하게 부여함으로써 유연성 있는 윤곽선 추출을 할 수 있다.

```

if( 화상구조 형 == (5) ~ (27) )
{
    type = edge;
    fitness1 = 1;
}
else
if(화상구조 형 == (1)~(2) )
{
    type = continue;
    fitness1 = 0;
}
else
(화상구조 형 == (3)~(4) )
{
    type = noise;
    fitness1 = 0;
}
e_type = g1. fitness1;
}

```

### ③ 잡음 제거

화상구조 형으로 결정된 값이 (3) ~ (4)에 해당되는 경우는 잡음이므로 에너지 값은 0을 주어 다음 세대의 selection 실행에서 자동적으로 도태되어 제거되도록 한다.

### (2) 연결성 평가 함수

연결성 평가함수는 연결성과 기울기 2가지 평가항목으로 구성하였다. 화상구조 형에서 윤곽선 후보로 판정되었지만, 하나 또는 2개의 픽셀로만 구성되어 있다면 잡음에 해당된다. 따라서 잡음이 아닌 우수한 윤곽선의 조건은 자신의 이웃 픽셀들도 윤곽선으로 결정되어 연결성이 크면서 연결된 윤곽선끼리 기울기가 같

은 경우이다.

① 연결성 평가 함수

연결성 평가 에너지에 대한 조건은 x, y 위치의 픽셀을 중심으로 한 3×3 윈도우의 9개 픽셀 중에서 연속된 윤곽선 픽셀 개수가 3개이면 중심픽셀은 이웃과 연결되어 있는 윤곽선으로 평가하고 높은 에너지를 할당하였다. 그러나 9개 픽셀 중 윤곽선 픽셀 개수가 3개 미만인 경우는 그 중심픽셀이 잡음에 해당되므로 낮은 값을 할당한다. 단, 예외인 부분은 연결성이 큰 줄기가 되는 윤곽선의 끝 부분에 해당하는 픽셀은 3×3 윈도우로 보면 윤곽선의 개수가 2개로만 판단되어 잡음으로 평가된다. 이를 해결하기 위한 알고리즘은 다음의 (4)절에서 정의하였다.

② 기울기 평가 함수

기울기 평가 함수는 중심 픽셀의 기울기 값과 이웃하는 윤곽선의 기울기가 같다면 우수한 윤곽선 후보로 평가하여 높은 에너지를 부여한다.

③ 가지 윤곽선 평가함수

추출된 윤곽선 경로 중에서 연결성이 높고 기울기도 모두 같은 줄기가 되는 윤곽선을 기준 윤곽선이라고 하면 가지 윤곽선은 이 기준 윤곽선에 연결은 되어 있지만 기준 윤곽선과는 기울기가 달라 방향이 같지 않고 추출된 길이도 짧은 윤곽선을 말한다. 가지 윤곽선 픽셀에게는 낮은 값을 부여하여 다음 세대의 selection 실행 시 제거되도록 한다.

연결성 에너지 평가와 가지 윤곽선 평가에 대한 알고리즘은 다음에 나타내었고 여기에서 사용된 c는 중심픽셀의 기울기 값이고 |a-b| 는 두 픽셀간의 윤곽선 기울기 차를 나타낸 것으로 a 픽셀 기울기 각도와 b 픽셀 기울기 각도가 같으면 1의 값을 갖고 반대방향을 나타내는 반 회전의 각인 경우는 이웃 픽셀과 기울기가 같지 않는 경우이므로 0값을 갖게 하였다. 또한 count 변수는 중심 픽셀 x, y와 연결되어 있으면서 기울기가 같은 윤곽선의 총 개수 값을 갖으며 이 count 값이 5보다 크면 윤곽선의 줄기에 해당하는 기준 윤곽선으로 정의하였다.

```

count = 0;
if ( 윤곽선 개수 == 3 )
    fitness2 = 1;          /* 연결성 평가 함수 */
else
    fitness2 = 0;

c = (180 - |a-b|) / 180 ;    /* ( 단, 0 ≤ |a-b| ≤ 180 ) */

if (fitness2 = 1 && c = 1)
{
    count++;
    if(count > 5)
        fitness3 = 1;
    else
        fitness3 = 0;
}
if(fitness3 = 1 && c = 1)

```

```

fitness4 = 1;          /* 기준 윤곽선 */
else
  if(fitness3 = 0 && c = 0)
    fitness4 = 0;      /* (가지윤곽선) */
  else
    if(fitness2 = 0 && c = 1)
      fitness4 = 0 ;   /* (잡음) */

cont = g2 . fitness2 . fitness4;

```

(3) 명암의 차에 대한 평가함수

기존의 윤곽선 추출 방법 중에서 sobel 방법은 윤곽선이 중첩된 여러 개의 점으로 추출되므로 실제 물체의 크기보다 더 크게 나타내진다. 따라서 추출된 윤곽선이 실제 영상의 물체의 크기를 정확하게 나타내기 위해서는 물체의 경계에 해당하는 최적의 위치에 1 개의 픽셀로 표시되어야 하므로 중첩되어 추출된 여러 개의 픽셀 중에서 가장 명암의 차가 큰 1 개의 픽셀을 선택하여 윤곽선으로 결정한다. 이에 대한 알고리즘은 다음과 같다.

먼저 sobel 기법으로 추출된 2치화 영상 데이터에서 2개의 중첩된 윤곽선 픽셀이 추출되는 경우는 그림 6과 같이 x, y 픽셀을 중심으로 한 화상구조 형이 7로 결정되고 동시에 그 다음 줄인 x+1, y 픽셀을 중심으로 한 화상구조 형은 8이라면 x, y 와 x+1, y의 검정색 픽셀 2개가 윤곽선 후보로 결정된다. 따라서 2 개의 픽셀 중 명암의 차가 더 큰 픽셀을 선택하기 위하여 큰 값을 부여한다. 다음의 알고리즘에서 sobel\_bit 배열은 sobel 방법으로 추출된 2치화 영상 데이터 값이고 gra 배열은 원 영상의 명암 값을 의미하며 g3는 최적의 윤곽선에 대한 가중치 값이다.



그림 6. x, y를 중심으로 한 화상구조 형은 7이고 동시에 x+1, y를 중심으로 한 화상구조 형이 8인 이중 윤곽선  
 Fig. 6. Two-fold edge when the decision formation type centering x, y is 7 and the decision formation type centering x+1, y is 8.

```

if ((sobel_bit(x,y) == 7) && (sobel_bit(x+1,y) == 8)) ||
    (sobel_bit(x,y) == 7) && (sobel_bit(x+1,y) == 2) &&
    (sobel_bit(x+2,y) == 8))
{
  if(( gra(x,y) > gra(x+1,y)) ||
      (gra(x,y) > gra(x+1,y) && (gra(x,y) > gra(x+2,y)))
    fitness3 = 1;
}
else
  fitness3 = 0;

```



```

else
{
  if ((sobel_bit(x,y) == 8) && (sobel_bit(x-1,y) == 7) ||
      sobel_bit(x,y) == 8 && (sobel_bit(x-1,y) == 2) && sobel_bit(x-2,y)
      == 7 ))
  {
    if(( gra(x,y) > gra(x-1,y)) ||
        (gra(x,y) > gra(x-1,y) && (gra(x,y) > gra(x-2,y))
        fitness3 = 1;
  }
  else
    fitness3 = 0;
}
t = g3.fitness3;

```

(4) 끝 부분에 해당하는 윤곽선 추출

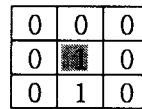
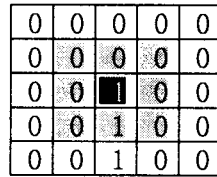
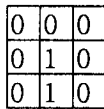
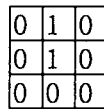


그림 7. 5×5 윈도우의 끝부분 윤곽선 픽셀  
Fig. 7. Fixel of edge tip in 5×5 window

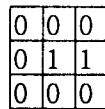
그림 8. 3×3 윈도우의 끝부분 윤곽선 픽셀  
Fig. 8. Fixel of edge tip in 5×5 window



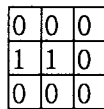
(28)



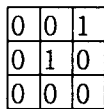
(29)



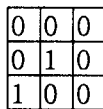
(30)



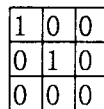
(31)



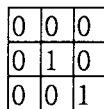
(32)



(33)



(34)



(35)

그림 9. 끝 부분 윤곽선 추출을 위한 화상구조 형 마스크  
Fig. 9. Image formation type mask for extracting edge tip

위의 그림들은 연결성이 큰 줄기 윤곽선에서 중심픽셀 x, y가 윤곽선의 끝 부분에 해당되는 경우 이 픽셀을 윤곽선으로 추출하는 방법이다. 예를 들어 위의 그림 7에서 처럼 5×5 윈도우로 보면 중심 픽셀인 검정 부분의 픽셀은 확실한 윤곽선 픽셀이며 또한 윤곽선 전체 영상으로 보면 끝 부분에 해당되는 경우이다. 그러나 제한한 화상구조 형 마스크는 그림 8과 같이 3×3 창만 가지고 화상구조 형을 결정하기 때문에 이 중심픽셀은 윤곽선으로 평가되지 않고 다음 행의 픽셀부터 윤곽선으로 결정되어 윤곽선 픽셀 한 개가 잘려지는 원인이 되어 실제 검출된 윤곽선은 원 영상보다 짧게 나타난다. 따라서 끝 부분에 해당하는 픽셀을

윤곽선으로 추출하기 위해 그림 9의 정의를 화상구조 형 마스크에 추가하였고 이에 대한 알고리즘은 다음에 나타내었다.

예를 들어 그림 10의 ㉔에서 화상구조 형이 (28)로 결정되었을때 x, y 픽셀이 잡음이 아니고 끝 부분에 해당하는 윤곽선인가를 판정하려면 그림 10의 ㉔와 같이 (x+2, y) 픽셀이 반드시 윤곽선이어야 하고 ㉔의 경우처럼 화상구조 형이 (32)로 결정되었다면 x, y 픽셀이 윤곽선일 조건은 다음의 ㉔처럼 (x-2, y+2) 픽셀이 반드시 윤곽선이어야 한다.

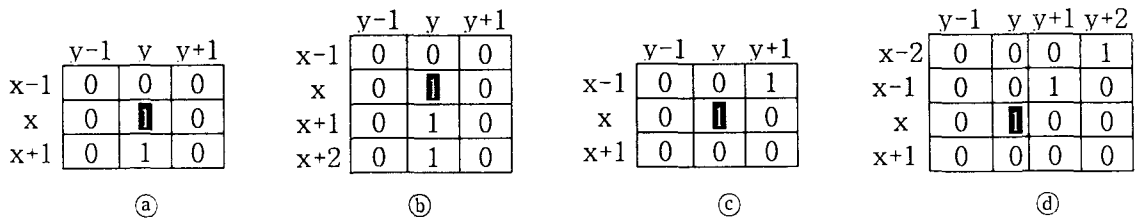


그림 10. 끝 부분에 해당하는 픽셀의 윤곽선 조건  
Fig. 10. Edge condition for fixel of edge tip

총 에너지 값은 경로상의 모든 점들에 대해서 계산되는데 단순히 경로상의 모든 점들에 대한 에너지의 합으로만 표현하면 경로가 길수록 높은 에너지 값을 갖게되어 최적해가 아닌데도 해로 선택될 수 있다. 따라서 총 에너지 값에 합해진 모든 경로상의 점의 개수로 나누어 평균값을 정규화로 취한다. x, y 위치의 픽셀에 대한 에너지 함수는 E(x, y)로 정의되고 평균에너지 값은 Eave, 찾는 해의 윤곽선 픽셀은 가장 큰 에너지 값을 갖는 픽셀이므로 가장 큰 값을 찾아주는 MAX 함수를 이용해 큰 값의 픽셀을 찾아 S 배열에 저장하였다.

$$E(x,y) = e\_type + cont + g + t$$

$$E = \left( \sum_{i=1}^{POPULATION} E_i \right) / (POPULATION) \quad (POPULATION = \text{전체인구수})$$

$$S(x, y) = \text{Max}(E [POPULATION][POPULATION])$$

### V. 실험 및 고찰

본 연구에서 제안한 유전자 알고리즘을 이용한 윤곽선 추출 방법은 원 화상의 물체와는 관계없는 잡음과 윤곽선 가지의 문제를 해결하고 끊어짐이 없는 연결성을 갖으며 실제 물체의 크기와 일치하는 윤곽선을 추출하기 위해 가장 적합한 위치에 1 픽셀로 나타내었다. 구현을 위한 실험은 IBM-PC에서 C 언어를 사용하였고, 실험데이터 화상의 크기는 100×100이며, 픽셀의 그레이 레벨이 0 ~ 255인 흑백 영상을 사용하였다. 제안한 방법의 잡음제거 효과를 확인하기 위해 원 영상에 가우시안 방법으로 σ = 30의 잡음을 첨부하였고, 제안한 유전자 알고리즘을 이용한 윤곽선 추출과 기존의 방법과 성능 비교를 위해 2 종류의 영상을 sobel, robert, kirsh 기법을 구현하였다. 그림 11과 12에서 (c)의 영상은 sobel 기법을 이용한 결과로 잡음은 많이 삭제되었지만 윤곽선이 두꺼운 선으로 나타내어 영상의 실제 물체보다 약간 크게 윤곽선이 나타났으며, 끊어진 부분도 많이 발생하는 결과를 보였고, (d)와 (e)의 robert와 kirsh 방법을 이용한 윤곽선도 선이 두껍게 추출되었고 실제 윤곽선에 해당하는 픽셀도 잡음으로 판정하여 제거되는 경우도 있어서 끊어진 부분이 많이 나타났다. 그러나 본 논문에서 제안된 윤곽선 추출 방법에서는 윤곽선 추출의 요구조건에 합당한 확

률적인 탐색을 이용한 윤곽선 추출이기 때문에 연결성이 큰 픽셀을 우수한 윤곽선으로 간주해서 높은 값을 주기 때문에 윤곽선이 연결되게 나타났고 실제 물체 경계선에 해당하는 가장 정확한 위치에 1개의 픽셀로 표현되어 원 물체의 크기와 일치하는 윤곽선 영상의 결과를 얻었다. 또한 잡음이 첨가된 경우에도 제안한 방법이 잡음 제거 능력에서 우수함을 보여 주었다.

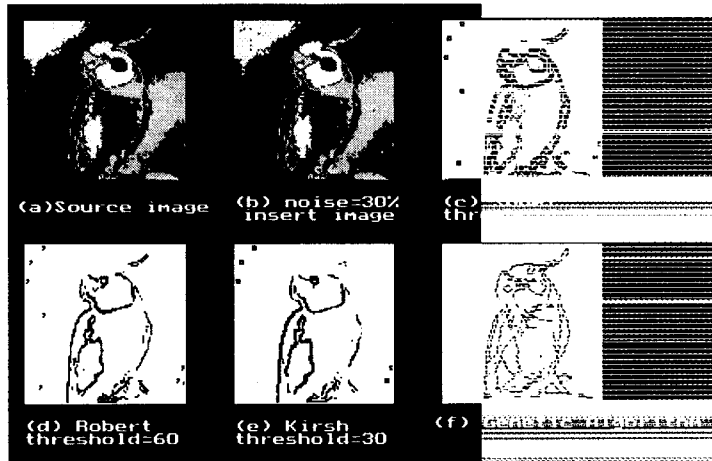


그림 11. (a) 원영상 (b) 잡음( $\sigma=30$ )이 첨부된 영상 (c) sobel 결과  
(d) Robert 방법 (e) Kirsh 방법 (f) 유전자 알고리즘 방법

Fig. 11 (a) Original image (b) Image with noise( $\sigma=30$ ) (c) Sobel method  
(d) Robert method (e) Kirsh method (f) Genetic algorithm method



그림 12. (a) 원영상 (b) 잡음 ( $\sigma=30$ )이 첨부된 영상 (c) sobel 결과  
(d) Robert 방법 (e) Kirsh 방법 (f) 유전자 알고리즘 방법

Fig. 12 (a) Original image (b) Image with noise( $\sigma=30$ ) (c) Sobel method  
(d) Robert method (e) Kirsh method (f) Genetic algorithm method

다음의 그림 13은 유전자 알고리즘이 세대를 진행하면서 가장 높은 에너지 값을 갖는 염색체가 향상되어 가는 상황을 도표로 나타낸 것으로 30세대까지는 진전이 늦었지만 그 다음부터는 빠른 진전을 보였고 90세대 다음부터는 진전의 차가 거의 없어 최적의 값이 90세대 근처에서 정해짐을 알 수 있었다.

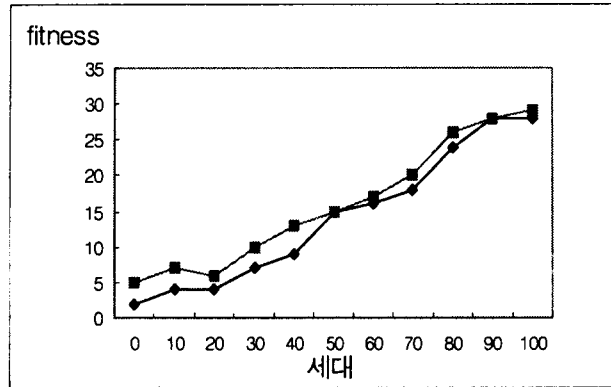


그림 13. 그림 11, 12 영상의 염색체 중 가장 높은 에너지 값의 변화  
 Fig. 13. Change of the highest fitness value among chromosomes of image in fig. 11, 12

## VI. 결 론

영상으로부터 물체의 윤곽선을 추출하는 작업은 영상인식의 첫 단계이며 또한 영상인식의 성능을 좌우하는 중요한 단계이다. 기존의 윤곽선 추출 방법은 기울기 연산자나 표면접합에 의한 수식의 적용 때문에 복잡함과 어려움이 존재하고 윤곽선이 이중의 두꺼운 선으로 추출되어 물체의 실제 경계선과 일치하지 않는 문제점을 지니고 있었다.

본 논문은 기존의 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 유전자 알고리즘을 이용하였는데 최적의 윤곽선이 있는 위치를 가장 높은 상태로 정의하고 영상 속에서 이 최적의 상태를 찾는 탐색문제로 규정하였다. 제안한 에너지 함수의 구성은 화상구조 형에 따른 에너지 값과 이웃 윤곽선과의 연속성 대한 에너지 값 그리고 최적의 위치에 1개의 픽셀로 나타냈는지에 대한 평가 에너지를 항목으로 하였고 총 에너지 값이 가장 큰 픽셀을 윤곽선으로 추출하였다.

제안한 방법은 기존의 방법에 비해 잡음제거에 강하였고, 또한 끊어짐이 없는 연결성을 지니며 최적의 경계 위치에 1개의 픽셀로 표현되어 보다 정확하고 선명한 윤곽선 추출을 가능케 하였다.

더욱 향상된 윤곽선 추출 결과를 위하여 추후 연구해야 할 방향은 에너지 함수에서 본 논문에서 제안한 항목 외에 픽셀이 윤곽선으로서의 조건을 갖추고 있는지를 평가하는 항목을 추가하는 것과 유전자 알고리즘에서 사용되고 있는 기존의 연산자 외에 효율적인 실행을 위한 새로운 연산자에 대한 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

## References

- [1] A. Rosenfeld and A. C. Kak, Digital Picture Processing, New York Academic, 1982, Vol 1 and 2.
- [2] D. E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search Optimization & Machine Learning, Addison. Wesley, 1989.
- [3] D. H. Vallard and C.M.Brown, Computer Vision, Prentice-Hall, 1982.
- [4] H. Kitano, "Empirical studies on the speed of convergence of neural network training using genetic algorithms .", In Proc. 8th JMIT National Conf. in Artificial Intelligence, vol. 2, pp. 789~796, 1994.
- [5] J.H. Holland, "Adaptation in natural and artificial systems", The Univ. of Michigan Press, 1975.
- [6] S. Sarker and K.L.Boyer, "On Optimal Infinite Impulse Response Edge Detection Filters", IEEE Transac. on PAMI, Vol.13, No.11, pp.699~714, November 1986.
- [7] T. Peli and D. Malah, "A study of Edge Detection Algorithms", Computer Graphics Image Processing, Vol. 20, pp. 1-21, 1982.
- [8] V. Torre and T. A. Poggio, "On Edge Detection", IEEE Trans . Patt. Anal. Machine Intel., Vol. PAMI-8, no 2, pp. 147-163, Mar, 1986.
- [9] 임영희. 박대회, "기울기 강하 유전 연산자.", 한국정보과학회 추계 학술발표 논문집, 제21권 2호, pp 339~342, 1989.

## ● 저자소개

**박 찬 란**

1984년 2월 : 조선대학교 전자계산학과 졸업(이학사)

1989년 2월 : 조선대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사)

1995년 9월 ~ 현재 : 조선대학교 대학원 전산통계학과 박사과정

1991년 3월 ~ 현재 : 목포전문대학 전산정보처리과 조교수

※ 관심분야 : 영상처리, 신경망 인식, 멀티미디어

**이 용 기**

조선대학교 자연과학대학 전산통계학과 교수