

영상처리기술과 최근 동향

황 병 원
한국항공대학 교수

1. 서 론

우리가 외계로부터 얻는 정보의 7 할은 시각에 의한 것이고, 시각에 의해서 얻어진 정보는 주로 2 차원정보이다. 2 차원의 정보를 영상정보 또는 영상이라고 한다. 또, 기계에 의해서 영상을 인식하기 쉬운 형태로 변형하는 것을 영상처리라고 한다. 영상을 디지털량으로 표시하고, 이것을 사용하여 행하는 영상처리를 디지털영상처리(Digital Image Processing, Digital Picture Processing)라고 한다.

영상처리의 역사는 디지털계산기(Computer)가 제 2 세대(1958~1966)에 들어가고 나서부터이며, 컴퓨터의 성능의 향상과 더불어 영상처리도 진보해 왔다. 최초의 영상처리는 우주탐사에서 얻어진 우주영상의 강조와 그 영상에 포함되어 있는 잡음의 제거 등에 이용되었다. 최근의 영상처리는 하드웨어의 급격한 진보로 통신, 기상, 의료, 산업의 모든 분야에서 응용되고 있다.

광의의 영상처리는 영상의 형태로 표시되는 정보의 모든 처리를 의미하며, 여기에는 영상의 생성, 표시, 관측, 전송, 기록, 축적, 검색, 변환, 계측, 인식, 해석, 식별 등이 포함된다. 여기에서는 이들 전부를 취급할 수는 없고, 영상의 해석, 계측, 인식, 이해를 목표로 그 범위를 좁히고, 이들에 대한 기본적인 처리방법

의 개요를 소개하기로 한다. 이와 같이 분야를 제한해도 본문 속에서 직접 설명할 수 있는 부분은 극히 일부에 지나지 않기 때문에 될 수 있는대로 많은 참고문헌을 삼입하려고 노력했다.

2. 디지털 영상

2.1 연속영상과 디지털영상

2 차원의 농담영상(濃淡映像)은 화면상에 적당한 좌표축(x - y 축)을 잡고, 점(x, y)의 농도치를 $f(x, y)$ 로 표시하는 것에 의해서 2변수 스칼라함수 $Z=f(x, y)$ 로 표시할 수 있다. 종이 등과 같은 불투명 매개체 위에 그려진 영상에 대해서는 점(x, y)에의 입사광 강도를 I_0 , 반사광 강도를 I_1 라고 하면 $f(x, y) = k \cdot I_0/I_1$ 휘도라고 한다. 또는 $f(x, y) = -k \cdot \log(I_0/I_1)$ (농도라고 한다)가 사용되는 경우가 많은데, 이외에도 여러가지의 물리적 내용을 가지는 경우도 있다. 본문에서는 특히 언급하지 않는 한 f 의 값을 그 내용에 관계없이 단지 농도치라고 한다. 필름 등과 같은 투명매개체인 경우에는 I_0 로서 투과광 강도를 사용한다. 이와 같이 표시한 함수 $Z=f(x, y)$ 를 연속영상이라고 한다.

디지털영상처리에서는 연속영상을 다음의 처

리에서 디지털화한다.⁽¹⁻³⁾ ① 화면 전체에 적당한 방법으로 대표점(표본점이라고 한다)을 배치한다. 또는 화면 전체를 작은 영역(화소, 점, Pixel 등이라고 한다)으로 나눈다(표본화, sampling). ② 표본점의 농도치(또는 화소의 평균적 농도치)를 유한자리의 수치로 할당한다(양자화, quantization). 표본점의 배치는 여러가지가 있지만, 일반적으로 좌표축(직4각형의 화면의 변)에 평행한 직4각형의 격자 위에 놓는다(정4각형의 화소로 분할한다). 앞으로 특히 언급하지 않는 한, 이 경우만을 취급한다. 이외에 6각형 화소의 예도 있다⁽⁴⁾. 또, 표본점이 화소의 중앙에 있다고 하면, 디지털화의 다음에서는 화소와 표본점을 구별할 필요가 없기 때문에 하기 쉬운 방법으로 생각하면 된다(그림 1). 디지털화에 의해서 영상은 표본점에서의 농도치의 집합으로 표시된다. 이것을 디지털영상이라고 한다. 제 i 행 j 열의 표본점의 농도치가 f_{ij} 인 디지털영상을 $F = \{f_{ij}\}$ 과 같이 쓴다. 농도치도 양자화되기 때문에 f_{ij} 의 값은 정수로 해도 일반성은 잃지 않는다. 그러나 치리의 중간결과 등도 포함해서 통일적으로 취급하기 위해서는 f 의 값을 실수치로 해 두는 편이 바람직하다. 따라서, 앞으로는 특히 언급하지 않는 한 디지털영상의 농도치는 실수로 한다.

본문에서는 원칙적으로 연속영상에서는 화면의 중심 또는 좌하(左下)에 원점을 잡는다. 또, 디지털영상에서는 화면의 좌상각(左上角)에 원점(1, 1)을 두고, 제 1 점자는 하방(下方), 제 2

점자는 우방(右方)으로 향해서 증가시킨다(수학의 행렬과 동일)(그림 1).

2.2 영상의 디지털화

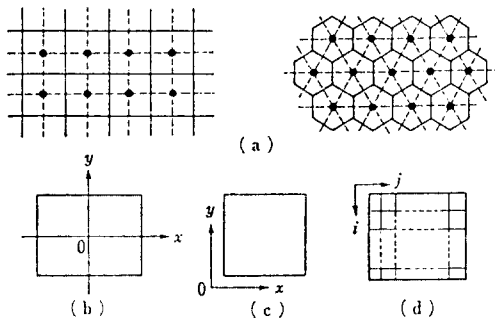
아날로그신호(연속신호)를 디지털신호(이산적인 신호)로 변환하기 위해서는 표본화(sampling)와 양자화(quantization)의 2개의 조작을 행할 필요가 있다. 이것을 영상의 디지털화라고 한다.

(1) 표본화^(1-3, 5, 6)

표본화할 때에는 표본점 간격이 중요한 문제로 된다. 표본화 정리에 의하면 연속영상 $f(x, y)$ 의 공간주파수 스펙트럼이 U (cycle/단위 길이) 이상에서 0이면, 간격 π/U 에서 표본화한 결과로부터 원영상(原映像)은 정확하게 재현할 수 없다. 그러나, 실제에는 다음과 같은 문제가 있기 때문에 이 정리는 반드시 좋은 지침을 준다고는 할 수 없다. (1) 농담영상의 최대 주파수 U 는 미리 알기 어렵다, (2) 패턴 인식에 유효한 정보와 공간주파수 스펙트럼의 값은 반드시 명확하게 대응하지는 않는다, (3) 농도치 f 의 값도 실제에는 양자화 되어 있다, (4) 상기의 정리를 이용하여 원영상을 복원하기 위해서는 소위 표본화 함수를 사용하지 않으면 안된다. 사용할 수 있는 함수로 제약된다면, 정확한 복원은 불가능하다. 결국, 표본점 간격은 현재의 상태에서는 실험적, 경험적으로 결정할 수밖에 없다.

(2) 양자화^(7, 10)

영상함수 $f(x, y)$ 는 표본화 조작에 의해서 함수 $f_1(m, n) = f(mT_x, nT_y)$ ($m, n \in \mathbb{Z}$: 정수의 집합)이고, T_x 및 T_y 는 표본점 간격)로 변환된다. $f_1(m, n)$ 은 변수 m 과 n 이 정수로서 디지털화 되어 있지만, 함수 f_1 자체는 아날로그량 그대로이다. 이것을 디지털화하는 조작을 양자화라고 한다.



〈그림 1〉 화소(실선으로 둘러싸여진 소영역)와 표본점(검은 점) (a) 및 좌표축을 잡는 방법(연속영상) (b), (c), 디지털 영상 (d)

3. 영상의 성질

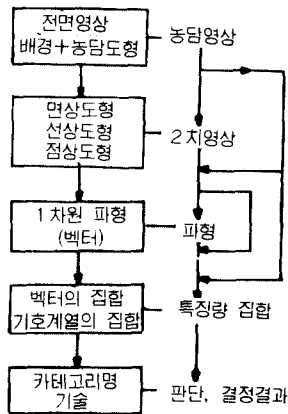
3.1 영상정보의 종류

영상처리 시스템을 설계할 때에는 먼저 대상인 영상의 성질을 알지 않으면 안된다. 여기에서는 개개의 응용분야에서의 영상의 내용에 관한 정보(소위 지식)에 들어가기 전에 영상만으로부터 형식적으로 추출되는 정보를 정리하여 둔다.

영상이 갖는 정보는 형상, 농담 및 색채로 분담된다. 이들의 상태에 의해서 영상을 편의상 다음과 같이 구분한다.

- 1) 농담영상: 색채정보를 갖지 않는 일반적인 영상.
- 2) 색채영상: 흑백이 아니라 색이 들은 영상. 3원색 성분으로 분해하여 다중영상으로 보면 그 각각은 농담영상이다.
- 3) 2치영상: 농도치가 2종류 밖에 취할 수 없는 것. 일반적으로 농도치는 0, 또는 1로 한다(예: 도면).
- 4) 전면영상: 영상 속에서 "배경"의 부분이 기타의 부분과 구별되지 않는 것(예, 국토수치 정보).
- 5) 배경이 붙은 농담영상: 영상 속에서 처리대상으로 유의한 부분(도형)과 기타의 부분(배경)이 구별되는 것, 도형과 배경은 공통부분은 갖지 않는다. 앞으로 배경의 농도치는(특히 언급하지 않는 한) 0으로 한다.

영상패턴처리의 과정에서는 일반적으로 농담영상으로부터 2치영상으로, 그것도 목적으로 하지 않는 정보는 차례로 버리는 것에 의해서 단순한 형태의 것으로 변환하여 간다(그림 2).



(그림 2) 영상패턴처리에서의 정보형태의 변화

3.2 농도치의 통계량

1) 히스토그램⁽¹¹⁻¹³⁾

농도치의 일반적인 도수분포로 1차원 히스토그램과 2차원 히스토그램이 있다.

2) 농도치의 통계량⁽¹⁴⁾

농도치로부터 계산되는 통계량은 가장 기본적인 특징량으로, 중요한 것을 들면 직률(積率), 분포함수의 형상, 2조의 농도치 집합, 자기상관함수 및 상호상관함수 등이 있다.

3.3 2차원 유니터리 변환⁽¹⁻²⁾

연속영상 $f(x, y)$ 에 대한 2차원 푸리에변환

$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \cdot \exp\{-2\pi J(ux + vy)\} dx dy \quad (1)$$

$$J = \sqrt{-1}$$

을 영상 f 의 공간주파수 스펙트럼(spatial frequency spectrum)이라고 한다. $F(u, v)$ 는 원영상 $f(x, y)$ 를 여러가지의 주기의 정현파상으로 농도치가 변화하는 성분의 가중치(加重値)의 형식으로 분해했을 때, x 방향으로 u (cycle/단위 길이), y 방향으로 v 의 주파수로 변화하는 성분의 진폭과 위상을 준다. 이것들에 기초를 두고, 영상을 공간주파수의 관점으로부터 보면, 독자적인 정보가 얻어진다. 어떠한 화면상에서 무엇인가의 주기구조를 갖는 영상의 특징은 그 스펙트럼상에서 현저하게 나타난다.

디지털영상에 대해서는 다음과 같은 형식로의 변환을 생각할 수 있다. 먼저, 디지털영상 $F = \{f_{ij}\}$ (M 행 N 열이라고 한다)에 대하여 유니터리행렬 A (M 행 M 열)과 B (N 행 N 열)를 사용하여

$$\tilde{f} = \{ \tilde{f}_{uv} \} = AFB \quad (2)$$

를 생각한다. 단, 우변은 일반적인 행렬의 곱을 표시한다.

$\tilde{f} = \{ \tilde{f}_{uv} \}$ (M 행 N 열)을 영상 F 의 2차원 유니터리 변환이라고 한다. \tilde{f} 로부터 다음의 식(역변환)

$$F = A^{-1} \tilde{f} B^{-1} \quad (3)$$

로 본래의 영상 F 가 얻어지기 때문에, \tilde{f} 는 F 와 등가인 정보를 갖는다.

여기에서

$$A = A_M, \quad B = A_N$$

$$W_M = \exp\{-2\pi j/M\}, \quad j = \sqrt{-1}$$

$$A_M = \frac{1}{\sqrt{M}}$$

$$\begin{bmatrix} W_M^0 & W_M^0 & W_M^0 & \cdots & W_M^0 \\ W_M^0 & W_M^1 & W_M^2 & \cdots & W_M^{M-1} \\ W_M^0 & W_M^2 & W_M^{2M-1} & \cdots & W_M^{2M-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_M^0 & W_M^{M-1} & W_M^{2M-1} & \cdots & W_M^{(M-1)^2} \end{bmatrix} \quad (4)$$

라고 할 때, \mathcal{F} (또는 식(4), (2))를 디지털영상 \mathcal{F} 의 2차원 이산푸리에변환(Discrete Fourier Transform-DFT)이라고 한다. \mathcal{F} 는 F 의 공간 주파수 스펙트럼이라고도 한다. 디지털영상에서는 스펙트럼으로서 상기의 \mathcal{F} 를 사용하는 것이 보통이다. F 로부터 \mathcal{F} 를 구하기 위해서는 소위 고속 푸리에변환(Fast Fourier Transform FFT)의 알고리즘이 사용된다.

다음에

$$H_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

$$H_{2^N} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} H_N & H_N \\ H_N & -H_N \end{pmatrix} \quad N = 2, 3, \dots, \quad (5)$$

로 놓을 때, H_{2^N} 을 $2^N \times 2^N$ 의 아다마르행렬(Hadamard matrix)라고 한다. 디지털영상 F 가 2^N 행 2^N 열이면, 식(2)에서 $A = B = H_{2^N}$ 이라고 할 때, \mathcal{F} 를 영상 F 의 아다마르변환이라고 한다. 이외에 식(2)의 A, B 를 적당히 선택하는 것에 의해서 여현(cosine)변환, 정현(sine)변환, 하르(Haar)변환, 경사(Slant)변환, KL(Karhunen - Loe've)변환, 특이치분해(singular value decomposition)변환 등의 여러가지 변환이 얻어진다.

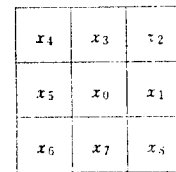
이들의 변환결과 \mathcal{F} 는 본래의 영상 F 와 동일한 크기의 2차원배열(이것도 영상의 일종으로 취급된다. 다중영상으로 되는 경우도 있다)이지만, 그 일부의 비교적 소수개의 요소를 제외하고 절대치가 충분히 적어지면 특징 추출이나 정보압축에 유용하게 이용할 수 있다.

4 디지털 영상의 기하학

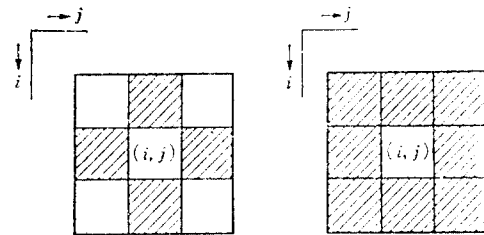
정 4 각형 화소의 집합으로 구성되는 디지털 영상은 고유한 성질을 갖는다. 대상물의 영역의 형상을 해석하기도 하고, 그 특징을 측정하기 위해서는 기하학적인 개념을 필요로 한다. 여기에서는 디지털영상의 기하학(digital geometry)²⁾의 기초적인 사항을 간단하게 소개하기로 한다.

4.1 근방과 연결성^{2), 15)}

어떤 화소를 x_0 , 그 근방의 8개의 화소를 그림 3의 기호로 표시한다. x_1, \dots, x_8 을 x_0 의 8근방, x_1, x_3, x_5, x_7 을 x_0 의 4근방이라고 하고, 각각 $N_8(x_0), N_4(x_0)$ 로 표시한다. $\mu \in N_k(x)$ 일 때 화소 μ 는 x 에 k 인접한다고 한다($k = 4, 8$).



(a)



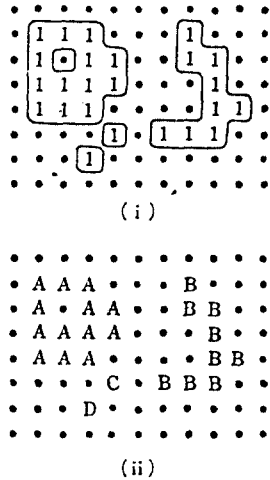
(b)

(c)

(그림 3) 화소 $x_0^{(a)}$ 와 그 근방(4근방(b), 및 8근방(c))

농도치가 0과 1밖에 취할 수 없는 영상(2치영상)을 생각하고, 값 0, 1의 화소를 각각 0-화소, 1-화소라고 한다. 2개의 1-화소 x, y 에서 x 로부터 출발하여 차례로 k 인접하는 1-화소로 이동하는 것에 의해서 y 까지 되돌아올 때 " x 와 y 는 k 연결이다"라고 한다. 또, 서로 k 연결하는 화소는 동일한 부류에 넣는 것에 의해서 완전히 1-화소를 분류했을 때 각 분류를

만드는 화소의 집합을 연결성분 (connected component)이라고 한다. 연결성분은 직관적으로 말하면 화면상에서 분리되지 않는 하나의 도형을 표시한다(그림 4). 디지털영상의 토폴로지컬(topological, 위상기하학적)한 성질에 관련되는 처리에서는 상기 2종류 중 어느 것을 사용하는가를 명확하게 하여 두지 않으면 안된다.



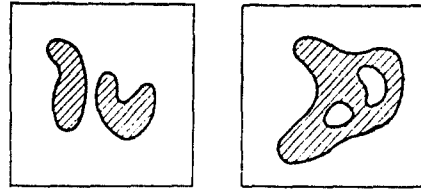
〈그림 4〉 연결성분(i)과 그 라벨링(ii) (그림은 4 연결인 경우이고, 8 연결에서는 A, C, D의 성분은 1개의 연결성분으로 된다.)

4.2 도형의 토폴로지컬한 성질

상기의 연결성분의 각각을 단지 도형이라고 한다. k 연결도형의 1-화소 x 의 \bar{k} 근방($k=4$ 이면 $\bar{k}=8$, $k=8$ 이면 $\bar{k}=4$ 로 한다. 0-화소에 대해서는 1과 0을 반전시킨 후 같은 방법으로 생각한다)이 전부 1-화소일 때, x 를 내부점, 그 이외일 때 경계점이라고 한다.

어떤 영상에서 1-화소의 연결성분의 갯수로부터 구멍(hole)의 갯수를 뺀 수를 그 영상의 오일러수(Euler number)라고 한다(그림 5). 어떤 도형으로부터 1-화소 x 를 제외(0-화소로 바꾼다)할 때 그 도형의 오일러수가 변화하지 않으면 화소 x 는 소거가능(delatable)하다고 한다.

그림 3의 9개의 화소 x_i 의 농도치(0또는 1)을 f_i 로 표시하고, 다음과 같은 양을 도입한다.



(a) 연결성분수=2
구멍의 수=0
오일러 수= E
 $E=2-0=2$

(b) 연결성분수=1
구멍의 수=2
오일러 수= E
 $E=1-2=-1$

〈그림 5〉 오일러수

간단히 하기 위해 4 연결인 경우만을 표시한다 (16-17)

$$N_c^{(4)}(x_0) = \sum_k (x_k - x_k x_{k+1} x_{k+2}),$$

$$R^{(4)}(x_0) = 1 - \frac{1}{2} \sum_k x_k - \frac{1}{4} \sum_k x_k x_{k+1} x_{k+2}$$

단, \sum_k 는 $k=1, 3, 5, 7$ 에 대한 합. 전자들 연결수, 후자를 곡률계수라고 한다. 이 2개의 특징량은 2차영상처리에서 극히 유용하다. N_c , R 의 성질을 이용하면, 화소의 분류, 도형의 분류, 세선화(thinning)⁽¹⁶⁻²⁰⁾, 윤곽추적⁽²²⁾, 구조특징추출⁽²³⁻²⁵⁾ 등의 알고리즘 구성과 기능평가에 중요한 역할을 한다.

4.3 패스와 거리함수⁽²⁶⁻²⁷⁾

화소의 계열 $x_0(=A)$, $x_1, \dots, x_n(=B)$, ($x_i \in N_k(x_{i+1})$, $i=0, 1, \dots, n-1$, $k=4, 8$)를 A 로부터 B 로의 k 연결패스(path)라고 한다. 화소 $x=(i, j)$, $y=(p, q)$ 사이의 거리를 $d(x, y)$ 로 표시한다. 일반적으로

$$d(x, y) = |i-p| + |j-q| = d_1(x, y),$$

$$d(x, y) = \max(|i-p|, |j-q|) = d_s(x, y)$$

$$d(x, y) = \sqrt{(i-p)^2 + (j-q)^2} = d_E(x, y)$$

중 어느 것인가를 사용한다. 위식 중 앞의 2식을 각각 4 근방거리(4-neighbor distance, city block distance 등), 8 근방거리(8-neighbor distance, square distance 등)라고 하며, 디지털영상이 갖는 독자적인 것이다. 2점간의

k 근방거리는 그 2 점을 연결하는 최단 k 연결 패스의 길이와 같다. 패스와 거리관계에 관한 보다 더 일반적인 고찰에 대하여는 문헌(26 - 31)을 참조하기 바란다.

5. 기본처리도구

여기에서는 영상해석을 수행할 때, 기본적인 처리로서 중요하고 유효한 도구에 대하여 소개하기로 한다.

5.1 필터링⁽³⁶⁻⁴¹⁾

영상처리의 과정에서 최초로 이루어지는 디지털처리, 즉 영상의 복원 및 강조에 필요한 것이 디지털 필터에 의한 필터링(filtering) 또는 국소병렬처리(Parallel Local Operator-PLO)이다. 즉, 관측장치로부터 얻어지는 영상신호는 주사 스폿(spot)의 확산(영상의 motion blur라고 한다)이나 영상신호 증폭기의 높은 주파수 대역에서의 이득의 저하 등에 의해서 찌그러짐을 받는다. 이들의 찌그러짐을 복원시키기 위해서는 고역을 강조하는 필터를 통과시켜야 한다. 또, 영상에 잡음이 포함되어 있는 경우에는 이 잡음의 공간주파수 성분 중 영상의 높은 주파수 성분은 남기고, 그 이외의 성분은 제거(이것을 대역제거라고 한다)하지 않으면 안 된다. 이들의 조작은 각각의 상태에 적용할 수 있는 최적필터에 의한 잡음의 제거로 이루어진다⁽²⁸⁻³⁴⁾.

필터링 중 여기에서는 위치불변한 것만을 생각한다. 즉

$$\begin{aligned} \text{필터링} : F = \{f_{ij}\} &\rightarrow G = \{g_{ij}\} \\ g_{ij} = \varphi(f_{ij}), f_{ij} &= \{f_{ikjk}; k=1, 2, \dots, N, \\ &\quad (ik, jk) \in R((i, j))\} \end{aligned}$$

2 치영상처리에서의 PLO는 셀논리연산(cellular logic operator), 근방연산(neighborhood logic)라고도 한다⁽³⁵⁾. PLO의 기능은 함수 φ 의 형태로 정해진다. 이하 중요한 것을 열거해 둔다.

1) 선형 필터^(1, 42-45)

φ 로서 f_{ikjk} 의 가중화(加重和)를 사용한다. 가중의 배열을 무게함수(weight function), 또는 마스크라고 하는데, 이 조작을 마스크 조작(Mask operation)이라고도 한다. 2 차원의 유한 임펄스 응답(Finite Impulse Response-FIR) 필터와 동일한 것이다. 무게함수의 형식은 평활화로부터 시작하여 많은 용도에 사용된다.

2) 차분형 필터⁽³⁸⁾

함수 φ 의 값이 그 변수인 입력의 농도치 F 의 요소의 차분치로 정해지는 필터로, 농담영상의 윤곽이나 에지(edge)의 검출에 많이 이용된다. 그림 5에 예를 표시한다.

3) 평활화 필터⁽⁴⁴⁻⁴⁶⁾

주로 랜덤잡음억제를 목적으로 설계된 필터로, 무게일정 선형필터, 가우스함수형 선형필터, 에지보존 평활화 필터 등이 대표적이다.

5.2 스레시홀드치 처리

영역분할에 사용하는 속성(屬性)이 1개인 경우에는(여기에서는 속성을 농도로 하고, 부분집합 Γ 는 1 개의 스레시홀드치(threshold value) T 를 주는 것에 의해서 정해지고, 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$B(i, j) \triangleq \begin{cases} 1, & x \leq T \\ 0, & x > T \end{cases}$$

따라서, 2 치처리에서는 영상 $f(x, y)$ 를 대상물의 영역과 배경의 영역으로 분할할 수 있다. 이와 같은 농도 스레시홀드 처리에는 모우드법(mode method⁽⁴⁹⁻⁵⁰⁾과 차분영상을 이용하는 방법⁽⁵⁰⁾이 있다.

5.3 연결성분처리

연결성분은 2 치영상 속에 존재하는 개개의 도형이라고 보아도 지장이 없기 때문에 그 처리는 2 치영상처리의 기본이다.

1) 라벨링⁽²⁾

컴퓨터 속에서의 연결성분의 기억은 라벨영상의 형식으로 기억된다. 2 치영상으로부터 라벨영상을 얻는 처리를 라벨링(labeling)이라고 하며, 기본적인 알고리즘의 하나이다(그림 6).

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(a)

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

(b)

1	1	1
1	1	1
1	1	1

(c)

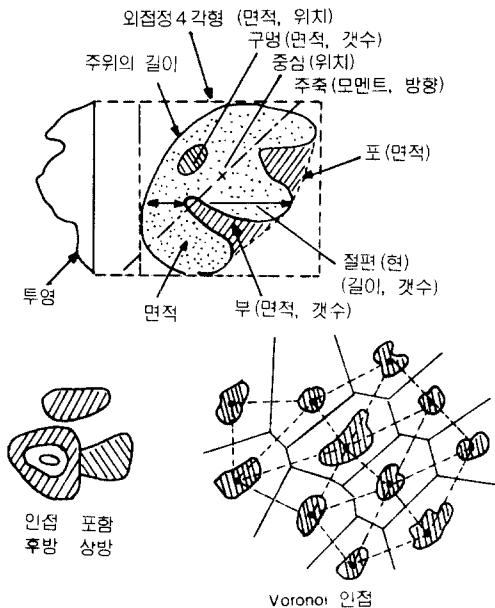
〈그림 6〉 선형필터의 마스크의 예
 (a) 차분형 (sobel operator), (b) 차분형 (Laplacian),
 (c) 평활화, 어느 것도 그림속의 값을 해당 위치의
 입력영상의 값에 곱하여 취한 것을 중심위치에서의
 출력치로 한다)

2) 세선화

폭이 있는 도형을 선상도형(폭이 1인 화소
 분의 도형)로 변화시키는 처리를 세선화(thin-
 ning, skeletonization)라고 한다. 도형의 본질
 적인 정보는 윤곽선이나 심선(心線) 등의 선도
 형으로 표시되기 때문에 영상해석에서는 반드시
 어딘가에서 필요로 하는 처리이다. 또, 농
 도치를 이용하는 방법도 있다.

5.4 형상해석

단일도형인 경우, 연결성분(도형)의 형태적



〈그림 7〉 형상특징의 예

특징은 .가지각색의 특징량을 거쳐서 포착되는
 데, 개별문제마다 연구되기 때문에 체계적 정
 리는 어렵다. 이하에 극히 일부를 열거해 둔다
 (88) (그림 7)

1) 기하학적 특징

a) 단순특징 - 직접 계측하는 것

- ① 면적 : 도형, 도형+구멍, 외접직 4 각형, 凸포
- ② 현 : 길이와 방향, 특정위치의 현
- ③ 도형폭 : 상하, 좌우, 특정방향
- ④ 투영과 절편 : 특정방향의 폭, 주변분포곡 선
- ⑤ 주위의 길이 : 도형자체, 외접직 4 각형, 凸포
- ⑥ 위치 : 중심 (中心), 중심 (重心).

2) 경계곡선 및 관련특징

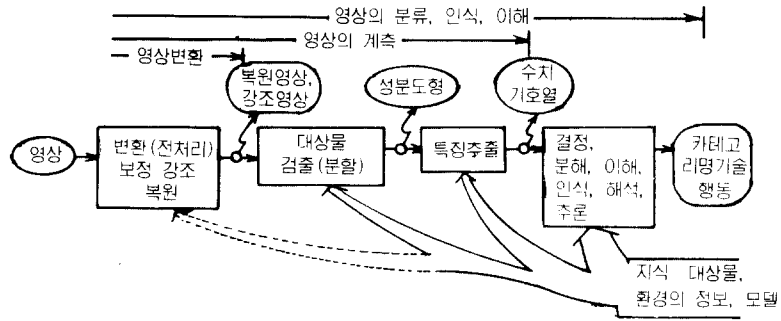
경계선의 조직적인 추출은 경계추적 알고리
 즘에 의한다. 형상 특징의 대부분은 경계화소
 리스트 만으로부터 직접 계산할 수 있다. 더우
 기 경계화소좌표 또는 접선의 방향을 경계선에
 연한 호의 길이의 함수로 표현한 것(고유함수,
 또는 편각함수)의 푸리에전개계수가 도형의 특
 징으로 자주 이용된다²⁾.

6. 영상처리기술의 최근의 동향

영상의 해석·인식 시스템을 구성하고자 할
 때, 기본적인 부분은 대부분은 지금까지 설명
 해 온 방법의 조합으로 실현할 수 있지만, 그
 이외에 고려해야 할 사항이 있다. 여기에서는
 그 중에서도 중요한 것(단, 하드웨어의 문제는
 제외한다)에 대하여 설명하기로 한다.

6.1 인식과정의 제어와 지식의 이용

영상의 해석·인식은 입력인 디지털영상으로
 부터 출력의 개념(카테고리명)에 이르는 대폭
 적인 정보삭감의 과정으로, 일반적으로는 몇단
 계인가의 과정을 거쳐서 조금씩 최종결과에 접
 근하여 가는 것이다(그림 8). 또, 복잡한 내용
 을 갖는 영상을 해석하기 위해서는, 그 속에 포



〈그림 8〉 영상패턴처리 과정의 일예

함되는 몇 종류인가의 부분도형의 인식이 필요하기 때문에, 각각의 인식에 대응하여 복수개의 서브시스템을 준비하지 않으면 안된다. 한편, 인식의 대상에 관한 정보(최근에는 지식이라고 한다)를 미리 인식시스템에 집어 넣는 일이 고도의 지적기능의 실현에는 필요불가결하다. 이와 같은 상황으로부터 실제의 인식시스템을 구성할 때에는, ① 인식의 각 과정 및 서브시스템군의 처리의 진행(제어) 양식, ② 지식의 기억과 이용의 방법이 중요한 문제로 된다⁵³.

1) 지식의 형식과 이용법

지식은 인식대상의 성질(넓은 의미로는 정의, 이상적인 대상-흔히 모델이라고도 한다)의 기술(記述)로, 구체적으로는 여러가지의 형식을 취한다(예를 들면, 문장에 의한 기술, 수식적인 정의, 특징량의 값 등). 지식의 삽입 형태로서는 다음과 같은 것이 있다. ① 처리알고리즘과 대등한 데이터의 형식을 취한다. ② 처리 순서 속에 순서자체 또는 그속의 파라미터의 값 등의 형식으로 삽입한다. 또, 처리과정의 제어와의 관계로부터 보면, 다음과 같은 2종류가 자주 언급된다. ① 모델을 먼저 가정하고, 그것에 맞는 처리를 진행한다. 대국적인 처리로부터 국소적인 처리로 향한다(top-down analysis), ② 특정대상에 그다지 의존하지 않는 범용적인 방법(보통 국소적처리)을 적용하여 정보를 집약하고, 어떤 단계까지 온 후에 모델, 지식과 조합(照合)한다(bottom-up analysis).

2) 처리과정의 제어

다음과 같은 방법이 생각된다. ① 처리순서를

를 미리 지정하여 프로그램화하여 둔다(프로그램 제어). 순서는 입력 데이터에 따라서 정해진 방식으로 변경되는 것도 있다. 복잡한 경우에는 피이드 백 루우프로드 사용한다. ② 데이터의 상태에 중심을 두고, 각 처리(서브시스템)는 그것에 적합한 데이터가 도착했을 때 처리를 시작한다(data driven), ③ 서브시스템을 병렬적으로 동작시키고, 그 결과를 적당한 방법으로 조장한다(relaxation method)⁵⁴.

최근에는 알고리즘의 특징이나 이용법에 관한 지식도 삽입하고, 입력과 목적에 따라서 처리순서를 세우는 능력까지도 시스템에게 갖게 하려고 하는 시도도 있다. 상세한 사항은 문헌⁵⁵을 참조하기 바란다.

6.2 영상처리 전용 프로세서

영상처리가 종래의 컴퓨터에 의한 처리에 어울리지 않는 최대의 원인은 2차원 평면상에 분포하는 정보를 동시에 처리할 수 없는 것에 있다. 그러나, 집적회로기술의 발달로 보다 소형의 프로세서를 대량으로 사용할 수 있는 길이 열려지게 되는 것과 동시에 다수의 프로세서를 2차원 배열의 형식으로 배치하고, 각 프로세서가 1개의 화소의 처리를 담당하는 방식의 전용 프로세서가 시작(試作) 되기에 이르렀다(완전병렬방식). 한편, 일반적인 영상처리의 과정은 입력으로부터 최종 결과에 이르기까지는 여러 단계의 처리를 경유하기 때문에 서로 다른 단계의 처리를 병렬적으로 실행하면, 화면상의 개개의 화소에 대해서는 차례로 실행

되어도 처리시간의 단축은 가능하다(pipeline 방식). 이 2 방식은 서로 일장 일단이 있기 때문에, 그들은 부분적으로 조합시키는 많은 아키텍처가 제안, 시작되고 있지만⁵⁴⁻⁵⁵⁾, 결정적인 것은 아직 없다. VLSI 기술의 발달과 함께 더욱 새로운 시도가 급속히 진행되리라고 기대된다.

6.3 패턴의 인식과 이해

영상을 미리 지정된 카테고리의 어느 것인가로 분류하는 것이 요구되는 경우에는 영상을 수치의 조(vector), 또는 기호열로 변환한 후에 고전적인 패턴인식(pattern recognition, pattern classification이라고도 한다)의 세 방식이 적용된다⁵⁶⁾. 대표적인 방법으로는 나무 구조의 다단계결정(decision tree)⁵⁷⁾, 다차원 패턴공간의 분할에 기준을 둔 식별함수법(discriminant function method)⁵⁸⁾, 패턴의 집단의 확률분포의 지식에 기초를 두는 통계적 결정법(statistical decision method)⁵⁶⁾, 기본구성 요소와 그것의 조합의 규칙을 형식언어의 이론에서 정식화(定式化)하는 구문적 방법(syntactic method)⁵⁸⁾, 각 카테고리의 표준적 패턴과의 조합(照合)에 기초를 둔 템플레이트 매칭법(template matching method)⁵⁹⁾, 등이 있는데, 상세한 것은 전문서적을 참조하기 바란다. 또, 구문적 방법에 의한 도형의 생성과 인식은 형식언어이론의 2차원 영상으로의 확장으로 흥미를 끌었지만⁶⁰⁾, 현실의 복잡한 영상에의 적용은 어려울 것 같다.

한편, 보다 일반적인 처리능력, 예를 들면 임의의 영상을 부여하고, “거기에 무엇이 보이는가”라는 물음에 대답할 수 있는 기능을 실현한다고 하는 문제는 인공지능의 분야에서의 커다란 문제로 되고 있지만(흔히 영상이해(image understanding)라고도 한다), 완전한 해결까지는 아직 거리가 멀고, 또 “어느 정도의 지식을 제공하여 두면 어떠한 능력을 갖는 시스템이 가능한가”를 실험적으로 모색하고 있는 단계이다⁶⁰⁾. 또, 영상(혹은 패턴)이해라는 말의 내용은 아직 확립되어 있지는 못하고, 현재의 상태에서는 여러가지의 의미로 사용되고 있다⁶⁰⁾.

7. 결 론

여기에서는 주로 영상의 해석·인식을 목표로 하는 디지털 영상처리의 기본적인 사그나 대표적인 방법의 개요를 소개하였다. 처음에도 언급한 바와 같이 막대한 내용을 한정된 종이에 넣기 위하여 설명을 대폭적으로 간략화하지 않을 수 없었는데, 다행히 우수한 전문서적, 논문집, 학회지 특집 등이 수없이 나와 있기 때문에 본문을 살마리로 삼고, 그것들을 참고하여 주기 바란다.

(참고문헌)

- (1) W. K. Pratt, "Digital Image Processing", John Wiley, 1978.
- (2) A. Rosenfeld and A. C. Kak, "Digital Picture Processing", 2nd ed., Vol. 1,2, Academic Press, 1983.
- (3) E. L. Hall, "Computer Image Processing and Recognition", Academic Press, 1979.
- (4) K. Preston Jr., et al., "Basics of Cellular Logic with some applications in medical image Processing", Proc. IEEE, 67, 5, pp. 826~856, May, 1979.
- (5) D. H. Ballard and C. M. Brown, "Computer Vision", Prentice-Hall, 1982.
- (6) V. Cappellini, A. G. Constantines and P. Emiliani, "Digital Filters and their Applications", Academic Press, 1978.
- (7) R. A. Gabel and R. A. Roberts, "Signals and Linear Systems", John Wiley and Sons, 1973.
- (8) K. L. Short, "Microprocessor and Programmed Logic", Prentice-Hall, 1981.
- (9) E. L. Hall, "Computer Image Processing and Recognition", Academic Press, 1979.
- (10) D. F. Hoesehele, "Analog-to-Digital/Digital-to-Analog Conversion Techniques", John Wiley & Sons, 1968.
- (11) S. Wilks, "Mathematical Statistics", John Wiley, 1962.
- (12) E. H. Hall, "Almost uniform distributions for computer image enhancement, IEEE, Trans. Comput. C-23, No. 2, pp. 207~208, 1974.
- (13) T. G. Stockham, Jr, "Image Processing in the context of a visual model, Proc. IEEE, Vol. 60, No. 7, pp. 828~842, 1972.
- (14) W. Frei, "Image Enhancement by Histogram Hyperbolization", Computer Graphics and Image Processing, Vol. 6, No. 3, pp. 286~294, 1977.
- (15) A. Rosenfeld, "Adjacency in Digital Picture", Information and Control, Vol. 26, pp. 24~33, Sept., 1974.

- (16) A. Rosenfeld and E. Johnston, "Angel Detection on Digital Curves," IEEE Trans. Computers, Vol. C-22, pp. 875~878, 1973.
- (17) J. R. Bennett and J. S. MacDonald, "On the Measurement of Curvature in a Quantized Environment," IEEE Trans. Computers, Vol. C-25, No. 8, pp. 803~820, August, 1975.
- (18) C. J. Hilditch, "Linear Skeletons from Square Cupboards," Machine Intelligence 4, University Press, Edinburgh, pp. 403~420, 1969.
- (19) R. Stefanelli and A. Rosenfeld "Some Parallel Thinning Algorithms for Digital Parallel Thinning Algorithms for Digital Pictures", Journal of the Association for Computing Machinery, Vol. 18, No. 2, pp. 255~264, 1971.
- (20) E. S. Deutsch, "Thinning Algorithms on Rectangular, Hexagonal, and Triangular Arrays", communications of the ACM, Vol. 15, No. 9, pp. 827~837, 1972.
- (21) H. Tamura, "A Comparison of Line Thinning Algorithms from Digital Geometry Viewpoint," Proc. Fourth International Joint Conference on Pattern Recognition, pp. 715~719, 1978.
- (22) 李, 横井, "交差点記述法による2値図形の輪郭追跡と復元", 元, 信学論(D), J65-D, 10, pp. 1203~1210, 昭57-10.
- (23) J. Toriwaki and T. Fukumura, "Extraction of structural information from digitized grey pictures", Comput. Graphics & Image Proc. 7, 1, pp. 30~51, Feb. 1978.
- (24) K. Fukunaga, "Introduction to Statistical Pattern Recognition", Academic Press, 1976.
- (25) R. O. Duda and P. E. Hart, "Pattern Classification and Scene Analysis", New York, Wiley, 1973.
- (26) A. Rosenfeld and J. L. Pfaltz, "Distance function on Digital Pictures", Pattern Recognition, 1, pp. 33~61, 1968.
- (27) N. Okabe, J. Toriwaki, and T. Fukumura, "Paths and distance functions on three-dimensional digitized pictures", Pattern Recognition Lett. 1, pp. 205~212, 1983.
- (28) D. P. McAdam, "Digital Image Restoration by Constrained Deconvolution", J. Opt. Soc. Am., 60, 1617, 1970.
- (29) C. W. Helstrom, "Image Restoration by the Method of Least Squares" ibid, 57, 297, 1967.
- (30) A. Habibi, "Two-Dimensional Bayesian Estimate of Images", Proc. IEEE, 60, 878, 1972.
- (31) N. E. Nahi, "Role of Recursive Estimation in Statistical Image Enhancement", Proc. IEEE, 60, 872, 1972.
- (32) N. E. Nahi and C. A. Franco, "Recursive Image Enhancement-Vector Processing", IEEE Trans. Communication, COM-21, 305, 1973.
- (33) N. E. Nahi and T. Asefi, "Bayesian Recursive Image Estimation", IEEE Trans. Computer, C-21, 734, 1972.
- (34) A. K. Jain and E. Angel, "Image Restoration, Mode Modeling, and Reduction," IEEE Trans. Circuits and Systems, CAS-22, 286, 1975.
- (35) K. Preston Jr., et al., "Basics of cellular logic with some applications in medical image processing", Proc. IEEE, 67, 5, pp. 826~856, May 1979.
- (36) D. E. Johnson, "Introduction to Filter Theory", Prentice-Hall, 1976.
- (37) V. Cappellini, A. G. Constantinides and P. Emiliani, "Digital Filters and their Applications", Academic Press, 1978.
- (38) A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, "Digital Signal Processing", Prentice-Hall, 1975.
- (39) L. R. Rabiner and B. Gold, "Theory and Application of Digital Signal Processing", Prentice-Hall, 1975.
- (40) A. Antoniou, "Digital Filters: Analysis and Design", McGraw-Hill, 1979.
- (41) R. C. Gonzales and P. Wintz, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, 1977.
- (42) R. M. Mersereau and D. E. Dudgeon, "Two-Dimensional Digital Filtering", Proc. IEEE, 1975.
- (43) J. V. Hu and L. R. Rabiner, "Design Techniques for Two-Dimensional Digital Filters," IEEE Trans. Audio Electroacoustics, AU-20, 1972.
- (44) N. E. Nahi and A. Habibi, "Decision Directed Recursive Image Enhancement", IEEE Trans. Circuits and Systems, CAS-22, 286, 1975.
- (45) G. L. Anderson and A. N. Netravali, "Image Restoration on a Subjective Criterion", IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, SMC-7, 1977.
- (46) F. Tomita and S. Tsuji, "Extraction of Multiple Regions by Smoothing in Selected Neighborhoods", IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, SMC-7, 1977.
- (47) H. R. Keshavan and M. D. Srinath, "Sequential Estimation Techniques for Enhancement of Noisy Images", IEEE Trans. Computers, C-26, 971, 1977.
- (48) H. R. Keshavan and M. D. Srinath, "Enhancement of Noisy Image Images Using an Interpolative Model in Two Dimensions", IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, SMC-8, 247, 1978.
- (49) J. M. S. Prewitt and M. L. Mendelsohn, "The Analysis of All Image", Annals N. Y. Acad. Sci., 128, pp. 1031~1053, 1966.
- (50) J. S. Weszka and A. Rosenfeld, "Histogram Modification for Threshold Selection", IEEE, Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-9, No. 1, pp. 38~52, January, 1978.
- (51) J. S. Weszka, R. N. Nagel and A. Rosenfeld, "A Threshold Selection Technique", IEEE, Trans. Computers, Vol. C-23, pp. 1322~1326, 1974.
- (52) T. Pavlidis, "Algorithms of shape analysis of contours and waveforms", IEEE Trans. Pattern Anal. & Mach. Intell., PAMI-2, 4, pp. 301-312, July 1980.
- (53) M. Nagao, "Control strategies in pattern analysis", Proc. 6th ICPR, pp. 996~1006, Aug. 1982.
- (54) M. J. B. Duff and S. Levialdi, "Languages and for Image Processing", Academic Press, Architectures, London, 1981.
- (55) K. Preston, Jr and L. Vhr, "Multicomputers and Image Processing: Algorithms and Programs", ibid, 1982.
- (56) R. O. Duda and P. E. Hart, "Pattern classification and

Scene Analysis", Wiley-Interscience, NY, 1973.
 (57) B. M. E. Maret, "Decision trees and diagrams",
 Comput. Surv. 14, 4, pp. 593~623, Dec. 1982.
 (58) K. S. Fu, "Syntactic Pattern Recognition and
 Applications", Prentice-Hall, NY, 1982.

(59) R. C. Gonzalez and P. Wintz, "Digital Image
 Processing", Addison-Wesley, 1977.
 (60) D. H. Ballard and C. Brown, "Computer Vision",
 Prentice-Hall, 1982.

(용 어 해 설)

Antiope (안티오페) : CCITT에 의해 프랑스에서 개발된 새로운 시스템으로 개인의 원격자료 처리에 목적을 둔다. 이는 하나의 중앙처리국으로 구성되는데, 중앙 처리국은 정보를 기억하고 이를 지면에 배열하여 광대역 전송(TV)을 하고 선택한 지면의 메커니즘을 망에 연결하며, 따라서 TV수신기에 전달한다. 이는 종이 원통형 전송형태로 선택된 양이 TV화면에 나타난다. ⇨ 통신망(Network)

Components (소자 부품) : 시스템의 일부로 구성되는 요소 또는 단위 전자산업에서 소자는 저항, 컨덴서, 전자 튜브 TR, IC 등과 같이 전자장치에 상호 연결할 수 있는 기본적인 부분이다. 전자소자는 주로 수동소자(커패시터, 저항, 컨덴서 등)와 능동소자를 포함하는데, 이들은 함수를 증폭한다. 현재 가장 중요한 전자소자는 IC인데, 이는 하나의 칩에 많은 TR회로의 복잡한 함수 및 그룹이 구성되어 있다. ⇨ IC, Microprocessors, Discrete Transistor

Utilization System (이용자 시스템) : 이용자 시스템은 데이터 처리 시스템에 지정된 여러 가지 일들을 실행할 수 있게 해 주는 모든 기본적 소프트웨어를 포함한다. 특히 이것은 컴퓨터의 내부적 리소스를 최적화하면서 연속적인 일을 조정하는 역할을 수행하며 자동적으로 입·출력을 통제한다. 더 나아가 이용자 시스템은 여러 이용자가 상호간에 간섭없이 동시에 작업을 가능하게 해 준다. 그러므로 이것은 작업의 흐름과 진행을 연속적으로 모니터하도록 보장해 준다. 이것은 많은 이점을 주지만 이용자 시스템 자체는 데이터 처리 시스템 자원의 부분을 차지하므로 이의 실행을 축소하여야 한다. ⇨ 시분할, 실시간, 일괄처리