

論 文

2차원 영상의 투영을 이용한 복합패턴인식시스템에 관한 연구

正會員 潘 在 景* 正會員 朴 漢 奎*

A Study on the Hybrid-Pattern Recognition System using Projection of 2-D Image

Jae Kyung PAN* , Han Kyu PARK* *Regular Members*

要 約 본 논문에서는 Radon 변환을 이용한 새로운 복합 패턴인식 시스템을 제안하고, 시뮬레이션을 통하여 성능을 확인하였다. 2차원 영상을 1차원투영데이터로 변환한 후, A/0를 이용하여 1차원 투영 데이터를 Fourier 변환하여 각도에 따른 fourier 스펙트럼을 구하였다. Fourier 스펙트럼 및 투영 데이터로부터 적절한 특징을 추출한 후, 제곱 Mahalanobis 거리를 이용하여 패턴을 인식하였다. 시뮬레이션의 결과는 입력패턴으로 선정된 10개의 패턴에 대해서 100%인식율을 보였다.

ABSTRACT In this paper, new hybrid-pattern recognition system is proposed using Radon transform. Transforming the 2-D image into the 1-D projection data, Fourier spectrum at each projection angle is obtained by the Fourier transforming the projection data using the A/0. After extracting the suitable features from the Fourier spectrum and projection data, the input pattern is recognized using the squared Mahalanobis distance. The results of this system showed the 100% recognition rate for the 10 input patterns.

1. 서 론

광 영상특징으로부터 물체를 신속하게 구별하는데 사용된 패턴인식은 특히 산업적인 검사과정에서 많이 이용된다. 전형적인 패턴인식 시스템은 렌즈를 이용하여 TV 카메라등 2차원 검출기에 영상을 맺힌 후 digitizer를 이용하여 컴퓨터

에 입력시켜 패턴인식을 행하게 된다. 실시간 처리를 위하여 고속으로 특징추출(feature extraction)과 분류(classification)를 하기 위한 시스템에서는 특징추출 과정에서 계산적인 병목현상이 나타난다. 이러한 병목현상은 광학적 계산을 이용한 빠른 병렬처리로 피할 수 있다.

Vander Lugt⁽¹⁾ 업적 이래 패턴인식은 정합여파기(matched filter)를 이용한 광상관 기술이 이용되어 왔으며, 또한 렌즈를 이용하여 입력영상을 직접 Fourier 변환한 후 주파수 특징을 추출하고 영상을 직접 입력시켜 디지털 처리한 후 특징을 추출하는 방법⁽²⁾ 등이 있다.

*延世大學校 工科大學 電子工學科
Dept. of Electronics Yonsei University,
Seoul, 120 Korea.
論文番號 : 86 - 45 (接受 1986. 10. 27)

본 논문에서는 Radon 변환을 이용하여 2 차원 영상을 1 차원 투영 데이터로 변환한 후 패턴인식에 필요한 특징을 광학적으로 빠르고 쉽게 구할 수 있는 패턴인식 시스템을 제안하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 본 시스템 성능을 밝혔다. 판별과정에서 10개의 입력패턴에 대하여 특징벡터의 평균값과 표준편차를 구하여 제곱Mahalanobis 거리⁽³⁾를 계산했으며, 임의의 입력패턴에 대하여 제곱Mahalanobis 거리를 비교하여 패턴종류를 판별하였다.

2. 라돈 변환 및 Central Slice 정리

2 차원 함수를 투영한 라돈(Radon) 변환은 다음과 같이 정의된다.

$$\lambda(x', \phi) = \int f(\mathbf{r}) \delta(x' - \mathbf{r} \cdot \hat{\mathbf{n}}) d^2\mathbf{r} \quad (1)$$

여기에서 $\mathbf{r} = (x, y)$ 은 대상 영역에서 위치 벡터이고, $f(\mathbf{r})$ 은 대상을 나타내며, $\hat{\mathbf{n}}$ 은 그림 1에서 나타낸 x 축에 관한 각도 ϕ 를 이루는 단위벡터이다. 1 차원 델타(delta) 함수는 y 축에 대한 각도 ϕ 와 원점으로부터 수직거리 x' 을 유지하는 선을 따라 면적분을 선적분으로 줄인다.

용이한 해석을 위하여 축 x' 에 함수 $f(x, y)$ 를

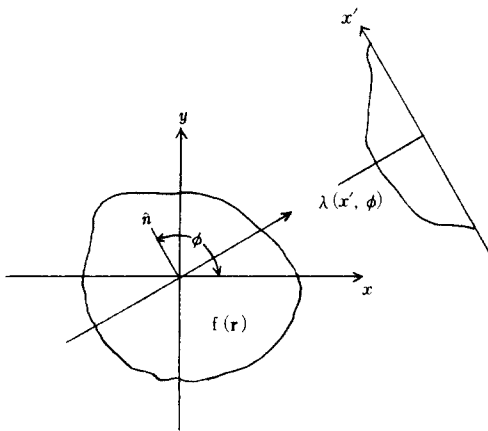


그림 1 라돈 변환의 기하학적 구조
Geometry for the Radon transform.

투영하는 라돈변환을 고려한다. 여기에서 x' 은 x 축으로부터 각도 ϕ 만큼 회전된 축이며, 식 (1)을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\lambda(x', \phi) = \int f(x, y) dy' \quad (2)$$

여기에서

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \phi & \sin \phi \\ -\sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (3)$$

은 각도 ϕ 만큼 회전된 좌표계를 나타낸다.

고정된 각도 ϕ 에 대해서 $\lambda(x', \phi)$ 는 x' 의 1 차함수이다. 이제부터 이 함수를 각도 ϕ 에서 $f(x, y)$ 의 투영이라 하고 완전한 2 차원 분포 $\lambda(x', \phi)$ 를 투영데이터로 간주한다.

central slice 정리(central slice theorem; CST)는 $f(\mathbf{r})$ 의 Radon 변환과 fourier 변환에 관련되며, 그림 2와 같이 각도 ϕ 로 투영된 데이터의 1 차원 fourier 변환은 2 차원 fourier 영역에서 투영방향을 나타내는 단위벡터 $\hat{\mathbf{n}}$ 에 평행한 선을 따라 구해지는 $f(\mathbf{r})$ 의 2 차원 fourier 변환과 동일하다. 즉, 투영 데이터의 1 차원 fourier 변환은 영상의 2 차원 fourier 변환의 중심선을 따른 조각과 같다.

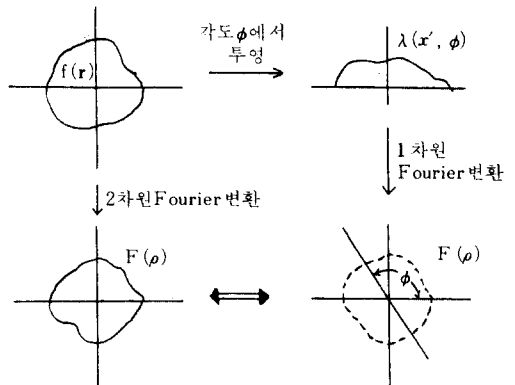


그림 2 Central Slice 정리
Central Slice Theorem.

3. 특징 추출 및 판별 함수

3-1 Fourier 스펙트럼의 특징 추출

Coherent 영상은 렌즈에 의해서 fourier 변환 되고 대상 패턴의 fourier 스펙트럼은 렌즈의 후 방 축점면에 나타난다. $g(x, y)$ 를 대상 패턴이라 하고 $G(u, v)$ 는 대상 패턴의 fourier 변환이라 가정한다.

$$G(u, v) = FT[g(x, y)] \quad (4)$$

여기에서 $FT[]$ 는 fourier 변환이다. fourier 변환의 고유한 특성은 다음과 같다.

i) $g(x, y)$ 가 실수일 때, 스펙트럼의 광세기 분포는 주파수가 0인 점 ($u=0, v=0$)에 대해 대칭적이다.

$$|G(u, v)|^2 = |G(-u, -v)|^2 \quad (5)$$

ii) 광세기 분포는 입력면에서의 입력 영상의 변위에 대하여 불변이다.

$$|FT[g(x, y)]|^2 = |FT[g(x-a, y-b)]|^2 \quad (6)$$

여기에서 a 와 b 는 각각 x, y 축으로의 변위이다.

iii) 입력 영상의 회전에 따라 회절 패턴은 주파수가 0인 점을 중심으로 같은 각도로 회전한다.

$$\begin{aligned} & |FT[g(x \cos \phi - y \sin \phi, x \sin \phi + y \cos \phi)]|^2 \\ &= |G(u \cos \phi - v \sin \phi, u \sin \phi + v \cos \phi)|^2 \quad (7) \end{aligned}$$

여기에서 ϕ 는 회전각도이다.

그림 3과 같이 fourier 스펙트럼의 광도측정을 fourier 변환면에서 할 수 있다면, sector 뒤에 있는 광 검출기에 입사하는 광 세기는 다음과 같다.

$$I(\theta) = \int_0^{\theta+\Delta\theta} \int_{r_1}^{r_2} |G(r, \theta)|^2 r dr d\theta \quad (8)$$

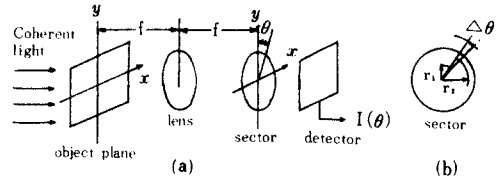


그림 3 아날로그 영상처리를 위한 기본적 광학시스템
(a) 광학시스템 (b) sector의 구성
Basic optical system for analog image processing.
(a) optical system (b) configuration of sector.

여기에서 r 과 θ 는 fourier 변환면에서의 극좌표이며 r_1 과 r_2 는 각각 sector의 안쪽과 바깥쪽의 반지름이며, $\Delta\theta$ 는 sector의 개구각이다. 광검출기로부터의 출력신호는 주기 π 인 θ 의 주기 함수이고 입력면에서의 입력 영상의 변위에 무관하다.

동일한 모양을 가진 sector가 주파수가 0인 점에 대칭된다면 광검출기에 입사하는 광세기는 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} I'(\theta) &= \int_0^{\theta+\Delta\theta} \int_{r_1}^{r_2} \{|G(r, \theta)|^2 \\ &+ |G(r, \theta+\pi)|^2\} r dr d\theta \quad (9) \end{aligned}$$

이때 $g(x, y)$ 가 실수일 필요는 없으며, 식 (8)에서 구한 신호와 동일한 특성을 가진다.

광검출기의 출력 신호에 비례하고 입력영상의 변위와 회전에 무관한 새로운 함수 $J(\theta)$ 를 $I(\theta)$ 또는 $I'(\theta)$ 로부터 구할 수 있다. θ 축에서 기준점을 $I(\theta)$ 또는 $I'(\theta)$ 가 최대치를 가지는 θ_m 으로 하고, θ 좌표는 기준점 θ_m 으로부터의 각도라면, 함수 $J(\theta)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$J(\theta) = C I(\theta - \theta_m) \quad (10)$$

$$J(\theta) = C I'(\theta - \theta_m) \quad (11)$$

여기에서 C 는 비례상수이다. 함수 $J(\theta)$ 는 입력영상의 회전에 무관하고 $I(\theta)$ 또는 $I'(\theta)$ 와 동일한 모양을 하므로 변위 및 회전에 불변인 특성함수를 얻을 수 있으며, 입력 영상의 방향도 θ_m 으로부터 구할 수 있다.

본 논문에서는 변위 및 회전 불변 특성을 가진 함수 $J(\theta)$ 로부터 다음 6가지 특징을 추출한다.

첫번째 특징 α_1 은 함수 $J(\theta)$ 한 주기 내에서의 침두치 갯수로 정의하고, 두번째 특징 α_2 는 최대치와 뒤이어 나오는 침두치 사이의 각도로 정의한다.

$$\alpha_2 = \theta_2 \tag{12}$$

여기에서 θ_2 는 최대치 다음 침두치가 나타나는 θ 값이다. 세번째 특징은 α_3 는 다음과 같은 비로 정의한다.

$$\alpha_3 = \frac{\int_{\pi/4}^{3\pi/4} J(\theta) d\theta}{\left[\int_0^{\pi/4} J(\theta) d\theta + \int_{3\pi/4}^{\pi} J(\theta) d\theta \right]} \tag{13}$$

네번째 특징 α_4 은

$$\alpha_4 = \pi J(0) / \left[\int_0^{\pi} J(\theta) d\theta \right] \tag{14}$$

다섯번째 특징 α_5 은

$$\alpha_5 = J(0) / \left[J^2(0) + J^2(\pi/4) + J^2(\pi/2) + J^2(3\pi/4) \right]^{1/2} \tag{15}$$

이고, 여섯번째 특징 α_6 은

$$\alpha_6 = [J(0) - J(\theta)_{\min}] / [J(0) + J(\theta)_{\min}] \tag{16}$$

로 정의한다. 여기에서 $J(\theta)_{\min}$ 은 $J(\theta)$ 의 최소치이다.

본 논문에서는 위의 6 가지 특징을 추출하기 위하여 입력 영상 $g(x, y)$ 를 렌즈를 통하여 2차원 fourier 변환하는 대신 앞에서 밝힌 central slice theorem을 이용하여 1차원 투영데이터의 fourier 변환으로부터 2차원 fourier 스펙트럼을 구한다. 각도에 따른 fourier power 스펙트럼 성분은 각 투영각도에 대한 1차원 fourier power 스펙트럼을 적분하여 구한다. 1차원 fourier power 스펙트럼을 구하는데 디지털 방법으로는 실시간 처리에 부적당하다. 따라서 A/O (Acou-

sto/Optic) cell을 이용하여 실시간 처리가 가능한 fourier power 스펙트럼을 구한다.

그림 4에 나타낸 복합 패턴인식 시스템에서 dove 프리즘을 이용하여 영상을 회전시키면서 원기둥렌즈를 이용하여 1차원 검출기 어레이에 광을 집속시켜 $\lambda(x', \phi)$ 의 전기적인 신호로 바꾸어 A/O 1 변조기를 통하여 광세기 변조한다. triple-product algorithm에 근거하여 시간영역 신호를 광대역 fourier 변환하며, A/O 2 변조기의 carrier는 선형 주파수 변조(linear frequency modulation)를 하기 위한 신호이다.

3-2 불변 모멘트

투영 데이터로부터 변위, 회전 및 기하학적 크기에 불변인 모멘트를 구할 수 있다. 불변모멘트 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_7$ 은 기하학적 영상모멘트 m_{pq} 의 다항식의 조합으로 나타난다.

$$m_{pq} = \iint x^p y^q f(x, y) dx dy \tag{17}$$

불변 모멘트 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_7$ 은 10개의 모멘트 $m_{00}, m_{01}, m_{10}, m_{11}, m_{20}, m_{02}, m_{12}, m_{21}, m_{30}$ 및 m_{03} 에 관계하므로 이를 구할 수 있다면 쉽게 불변모멘트를 구할 수 있다. 영상 데이터 자체보다는 투영데이터로부터 직접 모멘트를 구할 수 있으며, 기하학적 모멘트와 투영 데이터의 관계를 나타내기 위하여 먼저 y 축과 각도 ϕ 를 이루는 중심축에 관해서 $f(x, y)$ 의 n 차 모멘트를 계산한다.

$\lambda(x', \phi)$ 의 n 차 모멘트 m_n^{ϕ} 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} m_n^{\phi} &= \int x'^n \lambda(x', \phi) dx' \\ &= \int \int x'^n f(x, y) dx' dy' \end{aligned} \tag{18}$$

식(3)과 (18)로부터

$$\begin{aligned} m_n^{\phi} &= \iint (x \cos \phi + y \sin \phi)^n f(x, y) dx dy \\ &= \sum_{i=1}^n \binom{n}{i} \cos^{n-i} \phi \sin^i \phi m_{n-i, i} \end{aligned} \tag{19}$$

식(19)는 모멘트 m_{pq} 와 투영데이터로부터 구한 모

멘트 m_{pq}^{ϕ} 의 관계를 나타낸다. m_{pq} 를 구하기 위해서는 식(19)의 역이 필요하며, 구하는 방법은 여러가지가 있지만 편리한 방법은 다음과 같다.

$$m_{00} = m_0^{\phi}, \quad (\text{임의의 } \phi) \quad (20 \text{ a})$$

$$m_{j0} = m_j^{\phi} \quad (j = 1, 2, 3, \dots) \quad (20 \text{ b})$$

$$m_{0j} = m_j^{\pi/2} \quad (j = 1, 2, 3, \dots) \quad (20 \text{ c})$$

$$m_{11} = m_2^{\pi/4} - \frac{1}{2} (m_2^{\phi} + m_2^{\pi/2}) \quad (20 \text{ d})$$

$$m_{21} = \frac{1}{3} [\sqrt{2} (m_3^{\pi/4} + m_3^{3\pi/4}) - m_3^{\pi/2}] \quad (20 \text{ e})$$

$$m_{12} = \frac{1}{3} [\sqrt{2} (m_3^{\pi/4} - m_3^{3\pi/4}) - m_3^{\phi}] \quad (20 \text{ f})$$

본 시스템에서 필요한 모멘트 m_{pq} 를 구하기 위해서는 다만 $\phi = 0, \pi/4, \pi/2, 3\pi/4$ 의 4개의 투영을 측정하면 된다.

변위불변 성질을 가진 중심 모멘트(central moment)는 다음과 같이 주어진다.

$$\mu_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x-\bar{x})^p (y-\bar{y})^q f(x, y) dx dy \quad (21)$$

$$\text{여기에서 } \bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

중심 모멘트로부터 변위 및 회전에 대한 불변 모멘트는 다음과 같이 주어진다.

$$\phi(1) = \mu_{20} + \mu_{02} \quad (22 \text{ a})$$

$$\phi(2) = (\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2 \quad (22 \text{ b})$$

$$\phi(3) = (\mu_{30} - 3\mu_{12})^2 + (3\mu_{21} - \mu_{03})^2 \quad (22 \text{ c})$$

$$\phi(4) = (\mu_{30} + \mu_{12})^2 + (\mu_{21} + \mu_{03})^2 \quad (22 \text{ d})$$

$$\begin{aligned} \phi(5) = & (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{30} + \mu_{12}) \{ (\mu_{30} + \mu_{12})^2 \\ & - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2 \} + (3\mu_{21} - \mu_{03}) \cdot \\ & (\mu_{21} + \mu_{03}) \{ 3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2 \} \end{aligned} \quad (22 \text{ e})$$

$$\begin{aligned} \phi(6) = & (\mu_{20} - \mu_{02}) \{ (\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2 \} \\ & + 4\mu_{11}(\mu_{30} + \mu_{12})(\mu_{21} + \mu_{03}) \end{aligned} \quad (22 \text{ f})$$

$$\begin{aligned} \phi(7) = & (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{30} + \mu_{12}) \{ (\mu_{30} + \mu_{12})^2 \\ & - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2 \} - (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{21} + \mu_{03}) \cdot \\ & \{ 3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2 \} \end{aligned} \quad (22 \text{ g})$$

함수 $\phi(1), \phi(2), \dots, \phi(7)$ 은 다음과 같은 정규화된 중심모멘트 η_{pq} 를 대입하므로써 크기 변화에 불변인 모멘트 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_7$ 을 구할 수 있다.

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^{\gamma}} \quad (23)$$

$$\text{여기에서 } \gamma = \frac{p+q}{2} + 1$$

본 논문에서는 fourier 스펙트럼으로부터 구한 특징 외에 m_{00} 와 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_7$ 의 모멘트 값을 특징 파라미터로 채택하며, 각각을 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{14}$ 의 특징벡터로 간주한다.

3-3 판별 (Discrimination) 함수

입력패턴이 속하는 정확한 패턴 종류의 결정은 앞에서 정의한 특징 벡터 $\alpha(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ 를 이용하므로써 행할 수 있다. Bayes 이론으로부터 다음과 같은 가정을 한다.

- i) α 에 대한 상태 경우 확률밀도 함수는 다변수 정규분포이다.
- ii) 각각의 특징은 독립적이다.
- iii) 패턴종류 갯수는 상수이다.
- iv) 입력패턴의 전치확률(priori probability)은 모든 종류의 패턴에 대해서 동일하다.

위와 같은 가정하에 최소오차분류(minimum-error-rate classification)는 다음과 같은 판별함수를 이용하여 얻는다⁽³⁾.

$$D_{i(\alpha)} = -\frac{1}{2} \sum_{j=1}^n \left(\frac{\alpha_j - \bar{\alpha}_{ij}}{\sigma_{ij}} \right)^2 - \frac{1}{2} \log \left(\prod_{j=1}^n \sigma_{ij} \right) \quad (24)$$

여기에서 α_j 는 입력패턴에 대한 특징 벡터 α 의 j 번째 특징이며, $\bar{\alpha}_{ij}$ 는 i 번째 패턴종류에 속하는 모든 패턴에서의 j 번째 특징의 평균값이고, σ_{ij} 는 α_{ij} 의 표준편차이다. 식(24)의 우변 첫항의 절대값은 특징영역에서 제곱 Mahalanobis 거리와 같다.

본 논문에서 제안한 복합 패턴인식시스템의 분류는 판별함수 $D_i(\alpha)$ 를 이용한다. 함수 $D_i(\alpha)$ 를 먼저 모든 종류의 패턴에 대해서 계산하고, 입

력 패턴이 판별함수가 최대값을 가지는 패턴종류에 속한다고 결론짓는다.

4. 시뮬레이션 및 결과고찰

본 논문에서 제안한 복합 패턴 인식 시스템의 개략도는 그림 4 와 같다. 이 시스템은 기능별로 dove 프리즘을 이용한 회전기능, 원기둥 렌즈를 이용하여 2 차원 영상을 투영한 1 차원 신호로 바꾸는 Radon 변환 기능, 1 차원 광신호를 CCD 어레이를 이용하여 전기적인 신호로 바꾼 후 A/O를 이용한 fourier 변환하는 기능, Radon 변환된 데이터 및 fourier 변환된 데이터로부터 앞에서 밝힌 특징을 추출하는 기능으로 나눌 수 있다.

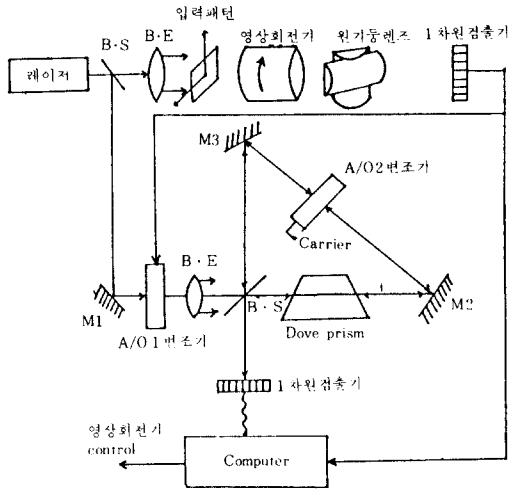


그림 4 제안한 복합 패턴인식 시스템 블록도
Block-diagram of proposed hybrid-pattern recognition system.

제안한 복합 패턴 인식시스템의 성능을 확인하기 위한 시뮬레이션과정을 그림 5에 나타내었다. Digitizer를 통하여 64×64 2 차원 영상을 컴퓨터에 입력시킨 후 회전각도 1° 로 하여 180° 회전 시키면서 투영 데이터를 얻었다. 각각의 투영각도에 따른 투영 데이터는 128개의 데이터로 형성되었으며 1 차원 FFT를 취하므로써 fourier 스펙트럼을 구하였다.

위에서 구한 투영 데이터로부터 모멘트 m_{00} 와 불변 모멘트 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_7$ 를 구하고 각도에 따른

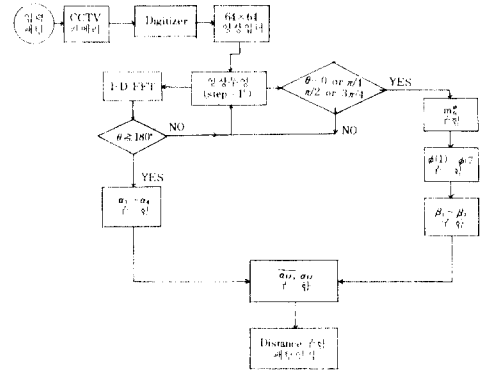


그림 5 시스템 시뮬레이션을 위한 흐름도
Flow-chart for the system simulation.

fourier 스펙트럼으로부터 앞에서 나타낸 특징들을 추출하였다.

시스템 시뮬레이션을 위한 입력패턴은 디지털 처리와 2 차원 fourier 스펙트럼을 이용한 시스템⁽²⁾과 비교하기 위하여 그림 6의 패턴을 선정하였다. 각각의 입력 패턴에 대하여 각도에 따른 투영 데이터로부터 fourier 스펙트럼과 모멘트를 구한 후 본 패턴 인식 시스템에서 필요한 특징을 추출하고, 판별 거리(distance)를 구하였다. 그림 6의 투영각도에 따른 fourier 스펙트럼을 그림 7에 나타내었다.

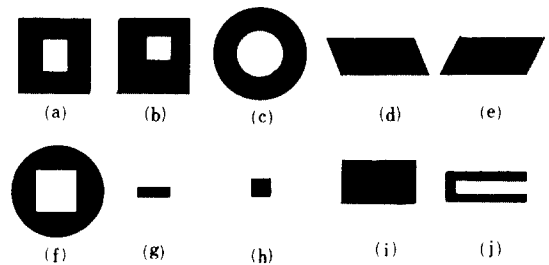


그림 6 시뮬레이션용 입력패턴
Input patterns for simulation.

시뮬레이션은 각각의 입력패턴에 대하여 20 번을 행하였으며 입력패턴을 인식할 수 있는 각 패턴에 해당하는 판별거리는 표 1 과 같으며 100%의 인식율을 보였다.

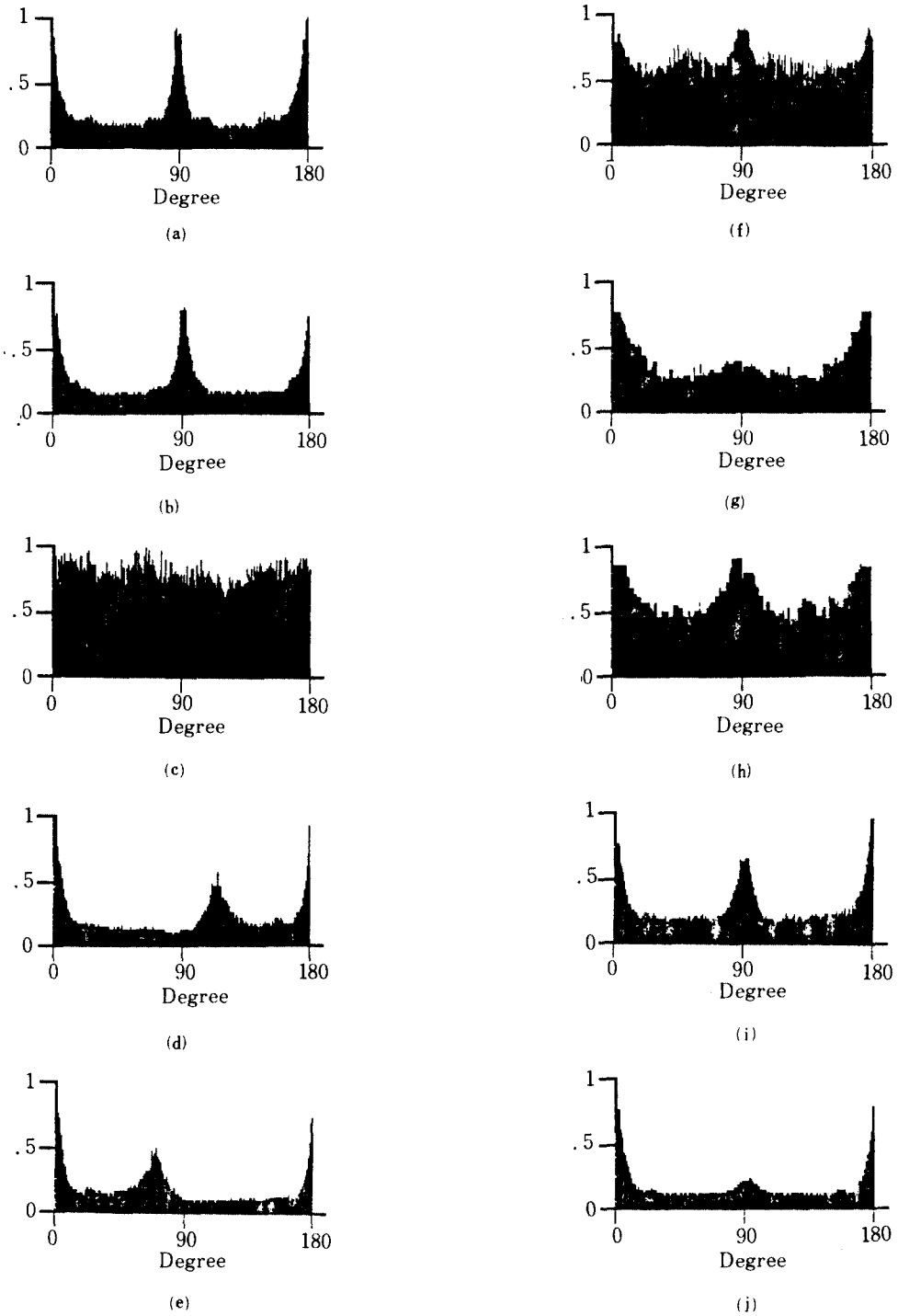


그림 7 입력패턴에 대한 투영각도에서의 fourier 스펙트럼
 Fourier spectrum of input patterns at each projection angle.

표 1 입력패턴에 대한 제곱Mahalanobis 거리의 시뮬레이션 결과
Simulation results of squared Mahalanobis distance for input patterns.

입력 패턴 \ 종류	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-1.655939	-40.74117	-2E+20	3158.353	5890.589	-706.1921	33024.84	-115634.3	-19360.2	-5E+19
2	-68.33901	-2.891314	2E+20	2808.337	5529.348	990.7707	-34576.63	-121084.5	12733.81	5E+19
3	-2E+20	-2E+20	-6.788535	-8189.93	-11207.85	754.0441	-19482.28	-67519.29	-2E+20	-5E+19
4	-20241.39	-65397.13	-2E-20	-4.376273	-49.53174	-19821.01	10741.55	-38021.86	10189.06	-5E+19
5	-5E+19	-5E+19	-5E+19	-34.87697	11.92465	-23943.00	10326.5	-36621.32	-5E+19	1233.773
6	-1138.808	-1345.818	-2E+20	-6220.14	9844.231	-8628917	-25913.79	-90052.35	43430.26	-5E+19
7	-8.21E+15	-3.12E+16	-2E+20	-3.32E+13	2.50E-13	-6.09E+15	5.744873	-133.2786	-1.50E+14	-5E+19
8	-2.45E+21	-2.45E+21	-4.05E+21	-2.97E+14	-2.30E+14	5.68E+16	288.0712	-2.158813	-2.45E+21	-3.2E+21
9	-9592.219	-34836.02	-2E+20	-1149.832	-1757.434	8904.134	-12197.55	-43153.36	-3.643175	-5E+19
10	-5E+19	-5E+19	-5E+19	-163364.3	-139071	-2.75E+07	-2742.58	-9975.033	5E-19	-5.602169

가장 큰 판별거리는 두번째 큰 판별거리에 비하여 3배 이상 됨을 볼 수 있다.

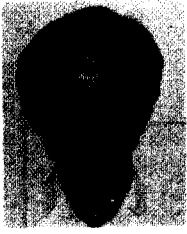
5. 결 론

패턴인식 시스템에서 계산적인 병목현상을 없애기 위하여 라돈 변환을 이용한 새로운 복합 패턴인식시스템을 제안하였으며, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 만족할 만한 결과를 얻을 수 있음을 확인하였다. 2차원 영상을 1차원 투영데이터로 변환하여 투영 각도에 따른 fourier 스펙트럼을 구하므로 패턴인식을 하기 위한 특징들을 fourier 스펙트럼 및 투영데이터로부터 쉽고 빠르게 추출할 수 있다. A/O를 이용하여 투영데이터를 triple-product algorithm에 근거하여 fourier 변환할 수 있다.

실시간 패턴인식을 가능하게 하기 위한 시간적인 문제는 입력영상을 회전하는 dove 프리즘의 회전속도가 가장 중요한 요소로써 현재의 기술수준으로 미루어 450rpm 정도의 스텝모터를 사용하므로써 영상의 video frame time (1/30 sec) 으로 처리 가능하다. 또한 인코히어런트 광을 코히어런트 광으로 변환하는 BSO ITCC를 사용하면 film을 제작하지 않고 대상을 직접 TV카메라로 입력하여 실시간 처리 가능하다.

參 考 文 獻

- (1) A. VanderLugt, "Signal Detection by Complex Spatial Filtering," IEEE Trans. Inf. Theory, vol. IT-10, pp. 139-, 1964.
- (2) T. Minemoto & J. Narano, "Hybrid Pattern Recognition by Features Extracted from Object Patterns and Fraunhofer Diffraction Patterns," Appl. Opt., vol. 24, pp. 2914-2920, Sep. 1985.
- (3) R. O. Duda & P. E. Hart, Pattern Classification and Scene Analysis, Wiley, New York, 1973.
- (4) A. Rosenfeld & A. C. Kak, Digital Picture Processing, Academic Press, New York, 1976.
- (5) G. G. Lendaris & G. L. Stanley, "Diffraction-Pattern Sampling for Automatic Pattern Recognition," Proc. IEEE, vol. 58, pp. 198-216, Feb., 1970.
- (6) G. R. Gindi & A. F. Gmitro, "Optical Feature Extraction via the Radon Transform," Opt. Eng., vol. 23, pp. 499-506, Sep. / Oct. 1984.
- (7) F. Merkle & T. Lörch, "Hybrid Optical-Digital Pattern Recognition," Appl. Opt., vol. 23, pp. 1509-1516, May 1984.
- (8) T. Minemoto et al, "Hybrid Pattern Recognition using the Fraunhofer Diffraction Pattern," Opt. Comm., vol. 51, pp. 221-226, Sep. 1984.
- (9) D. Casasent, "Pattern Recognition: A Review," IEEE Spec., pp. 28-33, Mar. 1981.
- (10) S. Maitra, "Moment Invariants," Proc. IEEE, vol. 67, pp. 697-699, Apr. 1979.
- (11) H. Glünder, "Integrals along Central Slices through the Power Spectrum and the Auto-correlation Function," Opt. Comm., vol. 57, pp. 3-9, Feb. 1986.



潘在景(Jae Kyung PAN) 正會員
1956年2月19日生
1976. 3 ~1980. 2 延世大學校電子工學
科卒業(工學士)
1980. 3 ~1982. 2 延世大學校 大學院
電子工學科(工學碩士)
1982. 9 ~現在: 延世大學校 大學院 電
子工學科 博士課程



朴漢奎(Han Kyu PARK) 正會員
1941年6月21日生
1964年2月: 延世大學校電氣工學科卒業
1968年2月: 延世大學校大學院電氣工學
科卒業(工學碩士)
1973年: 불란서 파리대학교(소르본느대
학교) 博士課程修了(DEA)
1975年: 불란서 파리6 대학(ph. D)
1976年~現在: 延世大學校工科大学電子
工學科教授