

# 유전밴드 영상의 위치 인식 및 기울어짐 보정

## Position Recognition and Leaning Correction of DNA Band Images

황덕인 · 공성곤

Dug-In Hwang and Seong-Gon Kong

숭실대학교 전기공학과

### 요 약

이 논문에서는 직선 허프변환을 이용하여 유전밴드 영상의 위치를 인식한 다음, 영상의 기울어짐을 검출하고 보정하는 방법을 연구하였다. 먼저 스캐너로 입력된 그레이 스케일 유전밴드 영상을 이진화한 후 직선 허프변환에 의하여 유전밴드 영상에 포함되어 있는 직선성분을 추출하고, 직선성분들이 직교하는 점을 찾아내어 입력하고자 하는 영상의 위치를 인식한다. 그리고 스캐너를 통하여 많은 양의 유전밴드 영상 데이터를 효과적으로 입력할 수 있도록, 위치인식 과정에서 실시한 직선 허프변환에 의해 영상의 기울어짐을  $\pm 1$ 도 이내의 정확도로 검출하고, 기울어짐을 자동으로 보정한다.

### ABSTRACT

This paper proposes a method using the straight line Hough transform(SLHT) that recognizes the position of DNA band images from the scanner. The method also detects and corrects automatically the leaning angle of the image. After binarization of a gray-scale DNA band images, the SLHT detects line components involved in the image and recognizes the position of the image using the cross points of the line components assuming the image is in rectangular shape. To improve efficiency of reading many DNA band images through the scanner, this method finds and corrects the leaning angle accurately as less than  $\pm 1$  degree.

## 1. 서 론

스캐너를 통하여 문서나 그림을 입력할 때 사용자가 올려놓은 자료가 원하는 위치에 정확하게 놓여지지 않았거나, 또는 입력하고자 하는 영상이 자료내에서 원래부터 어느 정도 기울어져 있는 경우가 흔히 있다. 이러한 경우에는 입력하고자 하는 자료의 위치를 재지정하거나 스캐너로 읽고난 후 기울어짐 각도를 수동으로 보정하여야 하는 추가적인 작업이 필요하다. 이러한 작업은 특히 많은 양의 자료를 스캐너를 통하여 입력하여야 하는 경우에 문제가 되므로 스캐너 입력의 자동화를 위하여 반드시 해결되어야 한다. 따라서 입력하고자 하는 자료의 위치를 컴퓨터가 스스로 찾아내고, 기울어짐의 각도를 인식한 다음 이를 자동적으로 보정해 줄 수 있어야 한다.

영상에 존재하는 곡선이나 직선성분을 검출하는 것은 영상신호내에 포함되어 있는 물체를 인식하기 위해서 반드시 필요한 과정이다. 영상에 존재하는 직

선성분을 찾기 위한 방법으로 최소자승법, ESPRIT, 그리고 직선 허프변환을 이용한 방법 등이 있다. 최소자승법에 의한 검출방법은 근사화하려는 곡선과 실제 영상의 곡선과의 차의 제곱의 합이 최소가 되도록 하는 파라미터를 찾는 과정이다[1,2]. ESPRIT (Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques)[3]는 흑백영상에서 직접 직선에 대한 정확한 각도와 직선의 갯수를 검출할 수 있지만 계산과정이 복잡하므로 에지점들이 많아질수록 계산량이 많아지는 단점을 가지고 있다. 직선 허프 변환(SLHT; Straight Line Hough Transform)[4-7]은 영상 공간의 에지점들을 매개변수 공간으로 변환시키고 군집화를 이루는 에지점들을 추출하는 과정이다.

이 논문에서는 직선 허프변환을 이용하여 스캐너로 입력하고자 하는 유전밴드 영상의 위치를 찾아내고, 기울어짐을 검출한 다음 이를 보정하는 방법을 연구하였다. 유전밴드 영상은 생물체의 세포를 포함한 추출물을 화학처리한 다음 전기영동 과정을 거쳐 얻

어지는 영상으로 수직방향으로 여러개의 레인과 각 레인마다 여러개의 직사각형 형태의 유전밴드들로 이루어져 있다. 유전밴드의 인식은 지문보다 더 높은 정확도를 가지고 동일인을 식별하는 데 널리 이용되고 있다. 실험을 통하여 얻어진 유전밴드 영상을 컴퓨터로 처리하기 위해서는 스캐너를 통하여 입력하여야 하는데, 많은 양의 유전밴드 영상을 올바르게 입력하기 위해서는 스캐너 상에서 유전밴드 영상의 위치를 찾아내어야 한다. 또한 유전밴드 영상이 올바르게 놓여지지 않았다면 기울어짐 각도를 계산하고 기울어짐을 보정하여야 한다. 먼저 스캐너로 입력한 그레이 스케일 영상을 이진화하고 유전밴드 영상이 포함되어 있는 직선성분을 추출한다.

그림 1은 본 논문에서 택하고 있는 유전밴드 영상의 위치 인식 및 기울어짐 보정과정의 흐름을 나타낸 것이다. 먼저 스캐너 위에 유전밴드 영상을 올려 놓고 전체 자료를 스캔하여 전체 그레이 스케일 영상을 얻고, 이것을 이진화한다. 직선 허프변환에 의해 유전밴드 영상의 4개의 변에 해당하는 직선성분을 찾아내어 유전밴드 영상의 꼭지점의 위치를 검출한다. 입력하고자 하는 영상의 위치는 이 꼭지점들을 연결하여 생성되는 직사각형 부분으로 정하고, 이 부분을 파일로 저장한다. 직선 허프변환의 결과로부터 입력하고자 하는 영상의 기울어짐을 계산하고 기울어짐 각도만큼 영상을 반대로 회전시킴으로써 기울어진 영상을 보정한다.

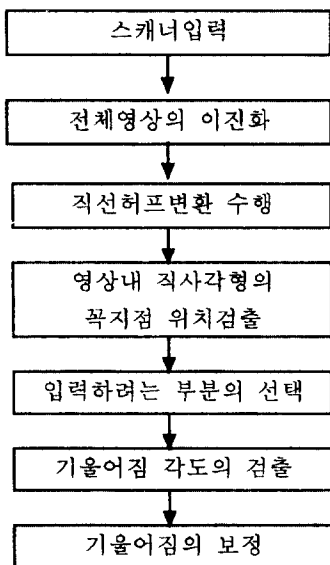


그림 1. 유전밴드 영상의 위치와 기울어짐 검출 및 보정 과정

## 2. 영상의 이진화

스캐너로 입력된 전체 유전밴드 영상에서 입력하고자 하는 직사각형 형태의 부분자료의 위치를 검출하기 위해서는 먼저 직사각형의 에지에 해당하는 직선성분을 구해야 한다. 영상의 이진화에 의하여 그레이 스케일 영상을 0과 1의 두가지 밝기레벨을 가지는 이진영상으로 변환시킨다. 밝기의 변화가 거의 없는 부분은 0으로 하고 밝기의 변화가 큰 부분은 1로 하면 영상내에 포함되어 있는 에지성분을 검출할 수 있다. 그레이 스케일로 표현된 영상데이터를 이진화하기 위해서는 그림 2와 같은 두가지 Sobel 연산자들과 영상데이터를 컨볼루션한 다음 그 결과를 임계치와 비교하여 이진화할 수 있다[8]. 그림 2(a)는 수평 방향의 에지, 그리고 그림 2(b)는 수직 방향의 에지를 구

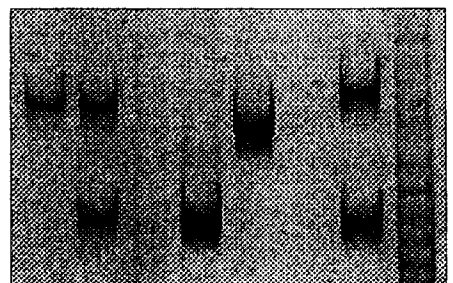
-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

(a) 수평방향

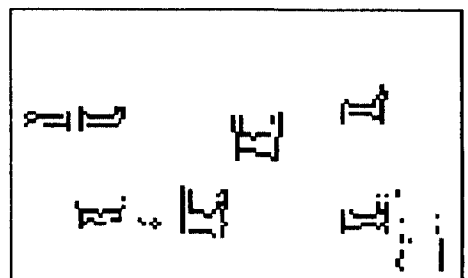
-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

(b) 수직방향

그림 2. 그레이 스케일 영상의 이진화에 사용한 Sobel 연산자



(a)



(b)

그림 3. 원래 유전밴드 영상 및 Sobel 연산자에 의해 이진화한 영상

하기 위한 Sobel 연산자를 나타낸다.

그림 3(a)는 스캐너를 통하여 입력한 유전밴드 영상의 한 예이고 각 화소는 256개의 밝기레벨을 가진다. 그림 3(b)는 이 영상을 Sobel 연산자에 의해 이진화하여 에지를 검출한 결과를 나타낸다. 밝기의 변화가 거의 없는 부분은 흰색으로, 밝기의 변화가 큰 에지 부분은 검정색으로 표시되었다.

### 3. 파라미터에 의한 직선의 표현

직선 허프변환에서는 이진영상에 포함되어 있는 직선성분을 두 개의 파라미터인  $s$ 와  $\theta$ 로 나타낸다. 여기서  $s$ 는 원점에서 이 직선에 이르는 거리를 나타내며,  $\theta$ 는 이 직선이  $y$ 축과 이루는 각도를 나타낸다. 그림 4는 2차원 평면상에서 정의된 한 직선  $l$ 을 파라미터  $s$ 와  $\theta$ 로 나타낸 것이다.

2차원 평면상에서 직선  $l$ 을 방정식  $y=ax+b$ 로 표현하였을 때,  $a$ 는 이 직선의 기울기이고  $b$ 는 이 직선이  $y$ 축과 만나는 점의  $y$ 좌표를 나타낸다. 그림 4에서 직선의 기울기는  $\tan(-(90-\theta))$ 이고 이 직선이  $y$ 축과 만나는 점의 좌표는  $(0, b)$ 이므로 직선의 방정식은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$y = \tan(-(90-\theta))x + b \tag{1}$$

이 식을 정리하면 다음과 같이 된다.

$$y = \frac{\sin(\theta-90)}{\cos(\theta-90)}x + b \tag{2}$$

$$b \sin\theta = x \cos\theta + y \sin\theta \tag{3}$$

$$s = x \cos\theta + y \sin\theta \tag{4}$$

따라서 직선  $l$ 은 식 (4)와 같이 두 개의 파라미터  $s$ 와

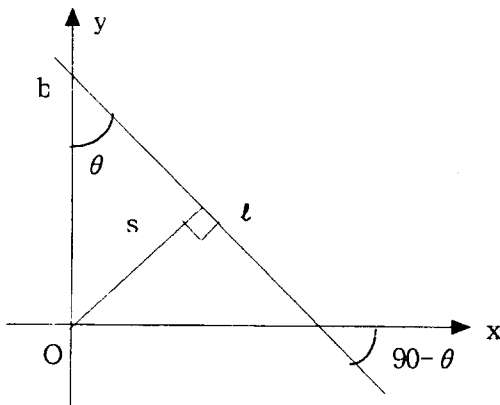


그림 4. 파라미터  $s$ 와  $\theta$ 로 나타낸 2차원 평면에서의 직선

$\theta$ 를 이용하여 나타낼 수 있다.

### 4. 이진화된 영상에서의 직선성분 추출

직선 허프변환은 이진화된 영상에 포함되어 있는 직선성분의 존재 여부를 확인하고 이 직선을 나타내기 위한 파라미터  $s$ 와  $\theta$ 를 찾는 데 사용된다. 직선 허프변환의 결과로부터 영상에 존재하는 임의의 점들이 직선을 구성하는데 기여하는 정도를 알 수 있다. 이진화된 영상에서 왼쪽 상단의 꼭지점을 직선 허프변환의 기준점  $O$ 로 정하고 왼쪽에서 오른쪽으로 차례로 이동하면서 만나는 점들의 좌표를  $(x_i, y_i)$ 로 정한다. 어떤 점에서의 직선 허프변환은 그 점을 제외한 다른 모든 점들에 대해서 수행된다.

그림 5는 이진화된 영상에서 두 개의 점만 존재한다고 하였을 때 점  $(x_i, y_i)$ 에서의 직선 허프변환 과정을 나타낸다. 두 점이 하나의 직선을 나타내고 있다고 하였을 때, 극좌표로 나타낸 두 점  $(r_i, \phi_i)$ 와  $(r_{i+1}, \phi_{i+1})$ 은 직선 허프변환 영역에서 동일한 파라미터값  $(s, \theta)$ 을 갖는다. 점  $(x_i, y_i)$ 를 지나는 임의의 직선을 파라미터로 표현하면 다음과 같다.

$$s = r_i \cos(\theta - \phi_i) \tag{5}$$

여기서  $r_i$ 와  $\phi_i$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$r_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \tag{6}$$

$$\phi_i = \tan^{-1} \frac{y_i}{x_i}$$

점  $(x_{i+1}, y_{i+1})$ 을 지나는 임의의 직선도 마찬가지로 나타낼 수 있다. 그림 5와 같이 두 점이 하나의 직선에 포함되어 있다고 하면 두 점에 대한  $s$ 와  $\theta$ 가 서로

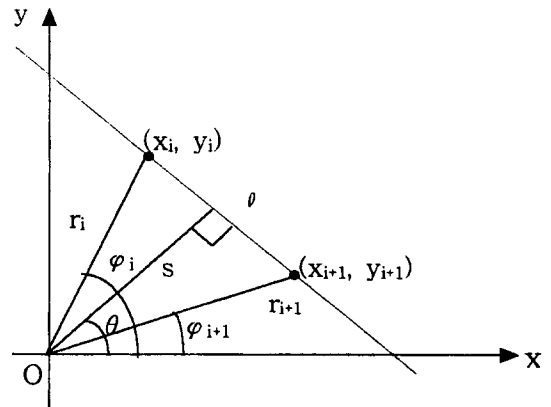


그림 5. 이진화된 영상에서의 직선 허프변환과정

같으므로 식 (7)과 같이 쓸 수 있다.

$$r_i \cos(\theta - \phi_i) = r_{i+1} \cos(\theta - \phi_{i+1}) \quad (7)$$

$$(r_i \cos \phi_i - r_{i+1} \cos \phi_{i+1}) \cos \theta = (-r_i \sin \phi_i + r_{i+1} \sin \phi_{i+1}) \sin \theta \quad (8)$$

이것을 식 (9)의 형태로 놓으면

$$p \cos \theta - q \sin \theta = 0 \quad (9)$$

계수  $p$ 와  $q$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$p = r_i \cos \phi_i - r_{i+1} \cos \phi_{i+1} \quad (10)$$

$$q = -r_i \sin \phi_i + r_{i+1} \sin \phi_{i+1} \quad (11)$$

이 때 식 (9)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sqrt{p^2 + q^2} \cos(\theta' + \theta) = 0 \quad (12)$$

식 (12)의 해는  $\theta' + \theta = n\pi + \frac{\pi}{2}$ 인데  $\theta' = \tan^{-1} \frac{q}{p}$ 이고  $n=-1$ 로 하면  $s$ 와  $\theta$ 는 식 (13)과 식 (14)와 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \theta &= -\frac{\pi}{2} - \theta' \\ &= -\frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{q}{p} \end{aligned} \quad (13)$$

$$s = \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \cos\left(\theta - \tan^{-1} \frac{y_i}{x_i}\right) \quad (14)$$

여기서 우리가 계산하고자 하는 값의 범위는  $0 < \theta < 90^\circ$ 이므로  $-\pi < \tan^{-1}(q/p) < -\pi/2$ 가 되어야 한다. 따라서 이것을 만족하는  $p$ 와  $q$ 에 대해서만 식 (13)을 계산하고, 이 조건을 만족하지 않는 직선성분에 대해서는 계산하지 않는다. 지금까지는 임의의 두 점을 연결하는 직선성분을 계산하는 과정에 대해서 살펴보았다. 직선 허프변환은 모든 점들에 대해 이와같은 과정을 통하여 직선성분을 계산한 다음, 가장 많이 포함되어 있는 직선성분을 찾아냄으로써 영상내에 포함되어 있는 직선성분을 인식한다. 카운터 행렬은 직선 허프변환에서 점들 사이에 존재하는 가장 많은 직선성분을 찾아내기 위해서 사용된다. 파라미터  $s$ 와  $\theta$ 를 이산화하여 각각  $m$ 개와  $n$ 개의 값만을 가지도록 한 다음,  $m \times n$ 크기의 카운터 행렬  $H(s, \theta)$ 을 정의하고 0으로 초기화하고 위에서 구한  $s$ 와  $\theta$ 값에 해당하는 카운터 행렬값을 하나 증가시킨다. 파라미터  $s$ 가 가질 수 있는 값의 범위는 0부터 영상의 대각선의 길이이므로, 1부터 대각선의 길이에 해당하는 정수  $m = \sqrt{X^2 + Y^2}$ 가

지로 하였으며  $X$ 와  $Y$ 는 각각 영상의 가로 및 세로의 길이이다. 또한 직선이 기울어진 각도는 항상 0부터 180도까지 나타나므로  $\theta$ 는 0부터 180도까지의 정수값을 갖게 하였으며 이때  $n=181$ 이다.

그림 6은 두 개의 직선성분을 포함하고 있는 실제 유전밴드 영상에서 직선 허프변환을 통하여 직선성분을 검출하는 과정을 예시하고 있다. 그림 6(a)는 실제 유전밴드 영상이고, 그림 6(b)는 이진화시킨 영상이며, 주된 두 개의 직선성분을 파라미터로 표현하였다. 직선성분 A에 대한 실제 파라미터 값은 (121, 151)이고, 직선성분 B에 대한 파라미터는 (88, 73)이다. 영상에 포함되어 있는 직선성분을 모두 찾아내기 위해서는 왼쪽모서리  $O_L$ 과 오른쪽 모서리  $O_R$ 을 각각 기준점으로 하여 직선 허프변환을 수행하여야 한다.

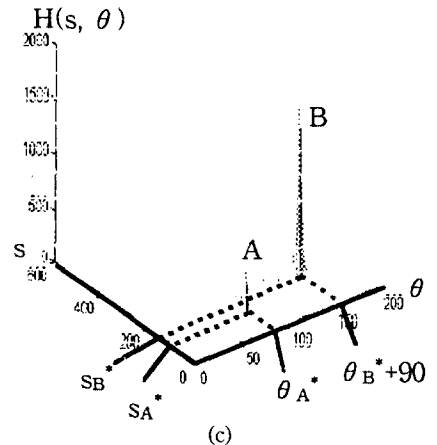
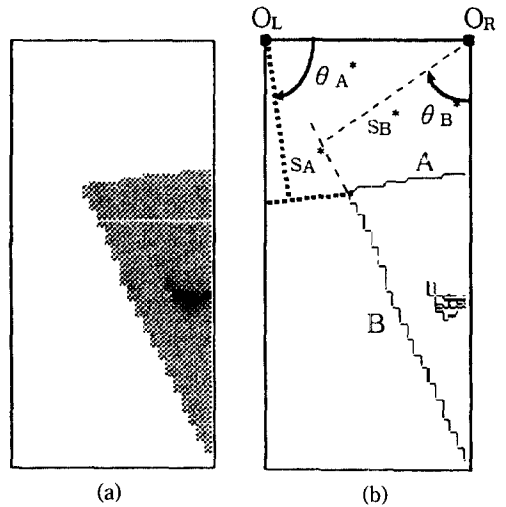


그림 6. (a) 원래 영상 (b) 이진화한 영상 (c) 직선 허프변환 결과로 주어지는 카운터 행렬

그림 6(c)는 직선 허프변환하였을 때 결과로 주어지는 카운터 행렬이다. 주된 직선성분이 두 개 있으므로 카운터 행렬에서도 피크가 두 개 존재한다는 것을 알 수 있다. 첫번째 피크에 해당하는 파라미터는  $(s_A^*, \theta_A^*) = (89, 73)$ 이고 두 번째 피크의 파라미터는  $(s_B^*, \theta_B^*) = (121, 150)$ 로서 실제값과 비교하였을 때 거의 정확하게 직선성분을 검출할 수 있었다.

### 5. 유전밴드 영상의 위치 인식

입력하고자 하는 영상의 위치를 검출하기 위해서는 유전밴드 영상의 꼭지점의 위치를 인식하는 것이 필요하다. 유전밴드 영상의 꼭지점의 위치를 인식하기 위해서 먼저 주어진 영상에 직선 허프변환을 적용하여 유전밴드 영상의 가장자리에 해당하는 4개의 주된 직선성분을 찾아낸 다음, 이들 직선성분에 해당하는  $s$ 와  $\theta$ 값들로부터 직사각형의 꼭지점들을 구한다.

그림 7은 임의의 기울어진 유전밴드 영상이 주어졌을 때, 직선 허프변환을 이용하여 직선성분을 찾아낸 다음, 이를 이용하여 유전밴드 영상의 꼭지점을 구하는 과정을 나타낸다. 그림 7(b)는 그림 7(a)의 영상을 직선 허프변환하였을 때 네 개의 직선성분 A, B, C, 그리고 D에 해당하는 카운터 행렬의 네 개의 주된 피크들을 표시한 것이다. 두 개의 직선성분이 직교하는 곳이 바로 직사각형의 꼭지점에 해당하는 곳이므로, 피크값에 해당하는  $\theta$ 에 대한 차이  $\theta_A^* - \theta_B^*$ 와  $\theta_C^* - \theta_D^*$ 가 90에 가까운 값일 때 두 직선은 직교한다고 할 수 있다. 이 논문에서는 여유를 두어 이 값이 87과 93 사이에 있으면 직교하는 것으로 가정하여 직사각형의 위치를 검출하였다. 노이즈의 영향을 피하기 위해 직선 허프변환에 의해 검출하려고 하는 직선성분의 최소 길이를 정해주어야 한다. 직선의 최소길이를  $k$ 픽셀로 하면, 카운터 행렬  $H$ 의 피크가  $k$ 보다 큰 경우에 대해서만 직선이라고 보는 것을 의미한다.

직선 허프변환 영역에서 그림 7(b)에서 D의 위치를 찾기 위해 가장 큰 값을 구하면 되고 그림 7(b)에서 B의 파라미터  $s_B^*$ 의 결정은 D에 해당하는  $s_D^*$ 를 중심으로  $s_D^* - k > s$  또는  $s < s_D^* + k$ 의 영역에서 가장 큰 값을 구하면 된다. 같은 방법으로 A와 C의 파라미터를 구할 수 있다. 본 논문에서는 영상의 크기를 고려하여  $k = 80$ 으로 설정하였다.

그림 7(b)의 직선성분 A, B, C, 그리고 D에 해당하는 파라미터  $s$ 와  $\theta$ 를 각각  $(s_A^*, \theta_A^*)$ ,  $(s_B^*, \theta_B^*)$ ,  $(s_C^*, \theta_C^*)$  그리고  $(s_D^*, \theta_D^*)$ 로 놓았을 때 4개의 값을 식 (4)에 대입하여 A와 C에 해당하는 직선을 식 (15)와 식 (17)로 나타내고, B와 D에 해당하는 직선은 식 (16)과 식

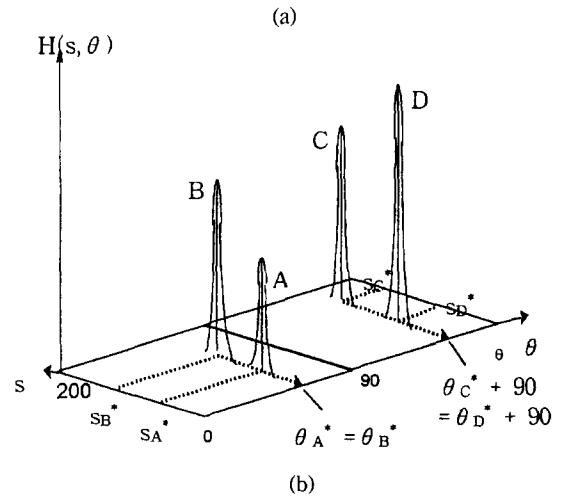
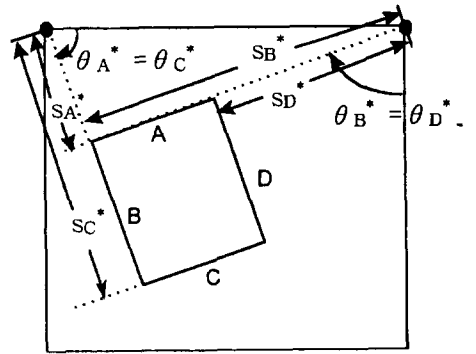


그림 7. (a) 임의로 기울어진 유전밴드 영상 이진화 결과 (b) 유전밴드 영상의 직선성분 검출결과

(18)로 나타낸다. 이 때 허프변환의 기준점을  $O_R$ 로 바꾸기 위해  $x$  대신  $x-X$ 을 대입하며 이는 그림 5의  $y$ 축을  $x$ 의 양의 방향으로  $X$ 만큼 이동시키는 것을 의미한다. 여기서  $X$ 는 전체 영상의 가로 크기이다. 그림 6(b)에 나타내었듯이 4개의 직선의 방정식이 구해지면 식 (15)와 식 (16), 식 (15)와 식 (18), 식 (17)과 식 (16), 그리고 식 (17)과 식 (18)의 해로부터 4개의 직선의 교점을 구할 수 있는데, 이 해가 바로 직사각형의 4개의 꼭지점의 좌표에 해당한다. 예를 들어 그림 8에서 식 (15)와 식 (16)의 방정식의 해는  $(\hat{x}_1, \hat{y}_1)$ , 식 (15)와 식 (18)의 해는  $(\hat{x}_2, \hat{y}_2)$ , 식 (16)과 식 (17)의 해는  $(\hat{x}_3, \hat{y}_3)$ , 그리고 식 (17)과 식 (18)의 해는  $(\hat{x}_4, \hat{y}_4)$ 에 해당한다.

$$s_A^* = x \cos \theta_A^* + y \sin \theta_A^* \tag{15}$$

$$s_B^* = (x-X) \cos \theta_B^* + y \sin \theta_B^* \tag{16}$$

$$s_C^* = x \cos \theta_C^* + y \sin \theta_C^* \tag{17}$$

$$s_B^* = (x-X) \cos \theta_B^* + y \sin \theta_B^* \quad (18)$$

그림 8은 어느정도 각도만큼 기울어지도록 한 실제 유전밴드 영상을 스캐너를 통하여 읽어들었을 때, 직선 허프변환을 이용하여 직선성분을 찾아내고, 유전밴드 영상의 네 개의 꼭지점을 구한 후에 입력하고자 하는 부분의 위치를 인식하는 과정을 보여준다.

그림 8에 주어진 유전밴드 영상의 크기는 144×126이므로 s는 1부터 191까지, 그리고  $\theta$ 는 0부터 180까지의 정수값을 갖도록 하였다. 그림 8(b)에서 직선성분 A, B, C, 그리고 D의 위치에 해당하는 직선 허프변환 영역에서의 파라미터는  $(s_A^*, \theta_A^*)=(53,77)$ ,  $(s_B^*, \theta_B^*)=(26,167)$ ,  $(s_C^*, \theta_C^*)=(121,77)$ , 그리고  $(s_D^*, \theta_D^*)=(139,167)$ 로 측정되었다. 이 값들을 식 (15)-(18)에 대입하고, 연립방정식을 풀면 4개의 꼭지점의 좌표를

구할 수 있다. 예를 들어  $s_A^*$ ,  $\theta_A^*$ ,  $s_B^*$  그리고  $\theta_B^*$ 를 식 (15)와 식 (16)에 대입한 다음, 이 연립방정식을 풀면  $x=14$ ,  $y=51$ 로 계산되므로 구하고자 하는 꼭지점의 좌표는  $(\hat{x}_1, \hat{y}_1)=(14,51)$ 가 된다. 마찬가지로 다른 연립방정식을 풀어 나머지 꼭지점의 좌표들을  $(\hat{x}_2, \hat{y}_2)=(123,26)$ ,  $(\hat{x}_3, \hat{y}_3)=(26,118)$ , 그리고  $(\hat{x}_4, \hat{y}_4)=(139,91)$ 와 같이 계산하였다. 직선 허프변환에 의한 위치인식 성능을 확인하기 위하여 계산된 꼭지점의 좌표들을 실제 꼭지점들의 위치  $(x_1, y_1)=(13,50)$ ,  $(x_2, y_2)=(122, 23)$ ,  $(x_3, y_3)=(30,115)$ , 그리고  $(x_4, y_4)=(140,89)$ 와 비교하였다. 그 결과 4개 좌표들의 오차의 평균은 2.95로서 실제 영상에 대해서도 매우 정확하게 찾아낼 수 있었다.

### 6. 유전밴드 영상의 기울어짐 검출 및 보정

지금까지는 스캐너로 입력된 전체 영상가운데서 입력하고자 하는 유전밴드 영상의 위치를 인식하는 과정을 설명하였다. 이 과정에서 입력하고자 하는 유전밴드 영상이 기울어져 있는지를 조사하고 기울어져 있으면 기울어짐 각도를 검출하고 보정하는 과정이 필요하다. 영상의 기울어짐 각도는 직선성분 A의 기울기에 의해서 결정되므로 단순히  $(x_1, y_1)$ 과  $(x_2, y_2)$ 을 지나는 직선의 기울기가 된다. 영상의 직선성분 A의 기울어짐 각도  $\hat{\theta}$ 는 식 (19)과 같이 계산된다.

$$\hat{\theta} = \tan^{-1} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (19)$$

실제의 기울어짐 각도는 점  $(x_3, y_3)$ 과 점  $(x_4, y_4)$ 사이를 지나는 직선성분 C의 기울기도 고려하여 식 (19)에서 구한 기울기와의 평균값으로 설정하여 정확도를 높이도록 하였다. 이와같이 기울어짐 각도  $\hat{\theta}$ 를 계산하고 이 각도와 반대방향으로 영상을 회전시키면 기울어짐을 보정할 수 있다. 2차원 공간의 영상에서 한 점을  $-\hat{\theta}$ 만큼 회전시키는 과정은 다음과 같은 변환을 통하여 실현된다.

$$\begin{bmatrix} x_{new} \\ y_{new} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(-\hat{\theta}) & \sin(-\hat{\theta}) \\ -\sin(-\hat{\theta}) & \cos(-\hat{\theta}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{old} \\ y_{old} \end{bmatrix} \quad (20)$$

여기서  $(x_{old}, y_{old})$ 는 회전시키기 전의 픽셀의 직교좌표이고,  $(x_{new}, y_{new})$ 는 회전시킨 후의 픽셀의 직교좌표를 나타낸다. 그림 9는 그림 8의 영상데이터에서 기울어짐 각도  $\hat{\theta}$ 를 검출하고 이것을 보정한 결과를 나타낸다.

직선 허프변환을 이용하여 스캐너로 입력하고자 하는 자료의 위치를 인식한 다음, 기울어짐 각도를 검

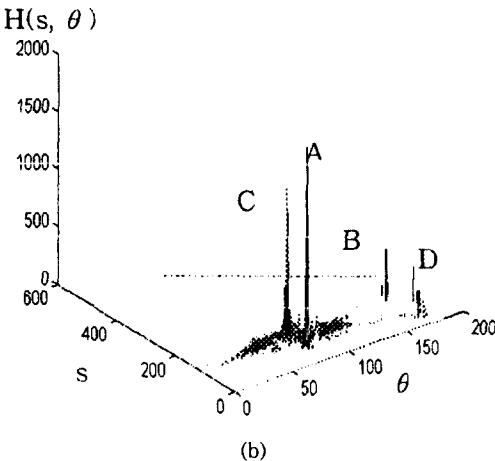
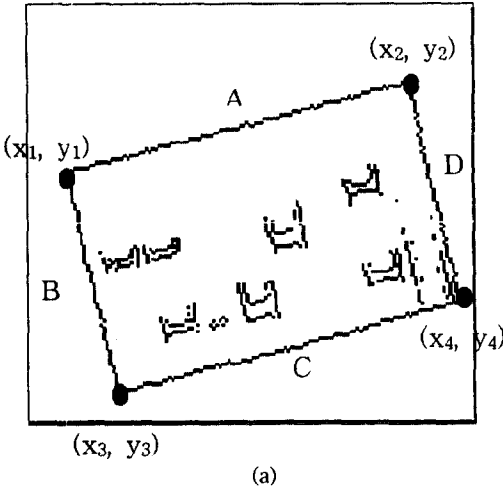


그림 8. (a) 이진화된 기울어진 영상신호 (b) 검출한 꼭지점의 위치

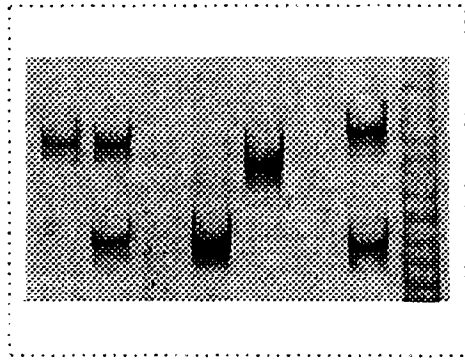


그림 9. 기울어진 유전밴드 영상을 보정한 결과

표 1. 직선허프변환을 이용한 위치인식 및 기울어짐 각도의 검출 성능

실험 횟수	직선허프변환에 의해 검출한 4개의 꼭지점 위치의 평균오차	기울어짐 각도 (단위: 도)	
		실제값	직선허프변환
1	2.95	14	14
2	1.23	-16	-16
3	4.72	-6	-5
4	2.43	9	9
5	4.89	6	7
6	3.09	-20	-20
7	2.11	2	1
8	3.25	-3	-2
9	1.40	19	20
10	2.59	-10	-9

출하고 이를 보정하는 과정의 성능을 확인하기 위하여, 여러개의 다른 종류의 실제 영상데이터에 대하여 이 방법을 적용해 보았다. 표 1은 임의의 각도만큼 기울어져 있는 10개의 실제 영상데이터에 대해서 직선 허프변환을 이용하여 기울어짐 각도를 검출하고 실제 각도와 비교한 것이다. 직선 허프변환을 이용하여 입력하고자 하는 직사각형 형태의 영상의 꼭지점을 정확하게 인식하였으며, 영상의 기울어짐의 각도는 1도 정도의 오차이내에서 실제값에 가깝게 검출하여 보정할 수 있었다.

## 7. 결 론

이 논문에서는 스캐너를 통하여 읽어들이는 영상중

에서 입력하고자 하는 유전밴드 영상의 위치를 인식하여 필요한 부분만을 선택적으로 입력하였으며, 유전밴드 영상이 기울어져 있을 때 자동적으로 기울어짐 각도를 검출하고, 기울어짐을 보정하여 스캐너를 통한 많은 양의 유전밴드 영상의 입력과정을 자동화하였다. 먼저 유전밴드 영상을 이진화하고 직선 허프변환을 이용하여 유전밴드 영상에 포함되어 있는 네개의 주된 직선성분을 구하고 그 교차점을 계산하여 꼭지점의 위치를 인식하였다. 직선 허프변환을 이용한 직선성분 추출과정은 잡음에 대한 영향을 크게 받지 않고 영상내에 포함되어 있는 직선성분을 얻을 수 있었다. 또한 직선 허프변환 과정에서 계산되는 카운터 행렬을 이용하여 실제 영상으로부터 기울어짐의 각도를  $\pm 1$ 도 이내로 정확하게 검출하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] S. L. Carnie, *A Survey of Least Square Ellipse-Fitting Algorithm*, Report of Computing Project 594, School of Computing Science, Curtin University of Technology, 1990.
- [2] W. Y. Wu and M. J. Wang, "Elliptical Object Detection By Using Its Geometric Properties," *Pattern Recognition*, Vol. 26, 1499-1509, 1993.
- [3] R. Roy and T. Kailath, "ESPRIT-Estimation of signal parameters via rotational invariance techniques," *IEEE Trans. on ASSP*, Vol. 37, No. 7, 984-995, Jul. 1989.
- [4] C. W. Pao, "Shape Recognition Using Straight Line Hough Transform: Theory and Generalization," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 14, No. 11, Nov. 1992.
- [5] D. Casasent, "Curved Object Location By Hough Transformation and Inversion," *Pattern Recognition*, Vol. 20, 181-188, 1987.
- [6] H. K. Aghajan, "Sensor Array Processing Techniques for Super Resolution Multi-Line-Fitting and Straight Edge Detection," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 2, No. 4, 454-465, Oct. 1993.
- [7] M. Atiquzzaman, "Multiresolution Hough Transform-An Efficient Method of Detecting Patterns in Images," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 14, No. 11, 1090-1095, Nov. 1992.
- [8] A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image processing*, 1989.



**황덕인 (Dug-In Hwang) 정회원**

1995년: 호서대학교 제어계측공학과 졸업 (학사)

1997년: 송실대학교 전기공학과 대학원 졸업 (공학석사)

1997년~현재: (주)어플라이드 엔지니어링 부설연구소 연구원

**공성곤 (Seong-Gon Kong)**

제 7권 제 4호 P.28 참조

현재: 송실대학교 전기공학과 부교수