

영상처리를 이용한 도서 위치 추정 시스템

조 동 옥*

요 약

본 논문에서는 도서관이나 대형서점의 서고에서 일반인들이 보고난 도서가 제자리에 있지 않아 이를 사서가 찾아야 할 시 문제점이었던 직접 탐색을 제어탐색으로 행할 수 있는 방법론을 제안하고자 한다. 이를 위해 영상처리 기술을 적용하고자 한다. 즉, 현재는 사서가 제자리에 못혀 있지 않은 도서를 찾기 위해 전체 서고를 직접 탐색해야 하는 문제가 있었다. 이 같은 문제를 영상카메라에 의해 촬영된 영상에서 도서의 경계 영역을 에지연산자와 Hough 변환을 적용하여 찾는다. 이후 추출된 도서들의 경계 영역으로부터 부영역에 의한 히스토그램을 생성하여 이로부터 타이틀 영역을 추출하고, 도서명의 문자수, 저자명의 문자수, 출판사명의 문자수 그리고 이의 나열 순서 등을 토대로 도서가 있을 수 있는 후보 영역을 추출한다. 최종적으로 곡선적합과 회귀직선 추출 등을 통해 도서위치 최종 후보 영역을 추출할 수 있었으며 실험에 의해 본 논문의 유용성을 입증하고자 한다.

Books Location Estimation System by Image Processing

Dong-Uk Cho*

ABSTRACT

In this paper, we will show that a control search methodology is a alternative method of a sequential search which is difficult in finding books for arrangement at library or a bookstore when books are out of place. To solve the problem of the sequential search, we apply a edge operator and the Hough Transform to boundary of a taken photograph image book. We generate histogram by a projected image from boundary range of selected books and select title areas from this and possible areas which are a character number of title, authors, a publishing company and an array sequence. Finally, we can select the final possible area of a book location by a curve fitting and a regression line extraction, and show utility through experiment.

키워드 : 도서위치 추정(Books Location Estimation), 영상 처리(Image Processing)

1. 서 론

최근의 영상처리 기술은 그 이론의 발전보다는 적용의 유용성에 맞추어 발전해 나가는 추세이다[1-3]. 지문인식, 홍채인식, 서명인식 등과 같은 생체측정 시스템[4,5]에서부터 시작하여 차량인식과 같은 ITS[6]에 이르기까지 일상 생활에 활용 가능한 방향으로 그리고 이를 통한 부가가치 창출 쪽으로 그 흐름이 바뀌고 있다. 이 같은 추세에 맞춰 영상처리를 효과적으로 적용할 수 있는 분야를 찾아보면 일반 도서관이나 대형서점 등에서 열람실의 도서를 열람자가 제 위치에 꽂아 놓고 가지 않은 경우 이의 정리 작업이 사서들에게 지루하고 단순한 작업이 되므로 이를 영상처리로 해결하면 효과적인 적용 대상이 되리라 여겨진다.

통상 일반적으로 빌려간 도서는 사서에게 반납하는 관계

로 도서관리에 아무런 문제가 없지만 열람실에서 열람 후 해당 도서를 제자리에 반납하지 않은 도서는 사서들이 이를 직접 찾아 정리해야 하는 문제를 가지게 된다. 특히 이 작업은 사서들이 해당 도서를 찾기 위해 찾고자하는 도서가 어디에 있는가를 일일이 찾아 다녀야하므로 단순해 보이지만 대단히 지루한 작업에 해당되는 일이다. 이 같은 문제를 해결키 위해 영상처리를 적용하여 도서가 위치해 있을 후보영역을 알려준다면 영상처리의 적용분야 확장과 도서관의 도서관리 측면에서도 유의한 일이 아닐 수 없다. 즉, 본 논문은 일반 열람실에서 열람자가 제 자리로 도서를 반납치 않아 이를 찾기 위해 사서가 서고의 곳곳을 찾아 다녀야 하는 단순하고 지루한 직접탐색(sequential search) 작업을 영상처리에 의해 해당 도서가 있을만한 후보영역을 알려주어 제어탐색(controlled search)을 행할 수 있는 방법을 개발하고자 한다.

이를 위해 기존에 연구 되어 온 방법은 도서가 갖는 색 상정보를 이용하여 도서위치를 제어 탐색하는 방법이 있다

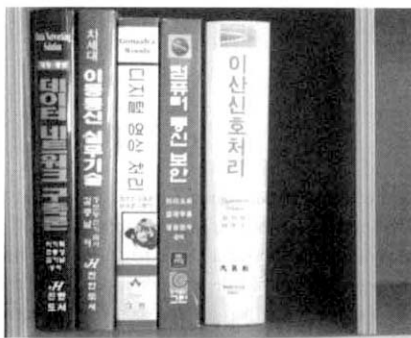
* 본 논문은 충북대학교 유비쿼터스 바이오정보기술센터의 연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

† 정 회 원 : 충북과학대학 정보통신학과 교수
논문접수 : 2004년 10월 7일, 심사완료 : 2005년 2월 7일

[7]. 그러나 이 방법은 색상정보를 처리해야 하므로 처리시간의 과다와 또 같은 색상의 책들이 함께 놓여 있는 경우 처리가 불가능한 문제가 존재하였다. 본 논문에서는 이를 위해 에지 연산자[8,9]와 Hough 변환[10,11]에 의해 도서의 경계영역을 추출한다. 그 후 X, Y축 프로제션에 의해 형성된 히스토그램으로부터 도서명의 문자수, 저자명의 문자수 등과 같은 타이틀 영역의 특징들을 추출하여 찾고자 하는 도서의 후보영역을 추정해 주는 방법을 개발하고자 한다. 끝으로 곡선적합과 회귀직선추출 등을 통해 유일한 최종 후보 영역을 추정해 주고자 하며 실험에 의해 본 논문의 유용성을 입증하고자 한다.

2. 전체 시스템의 구성

도서들의 특징은 아래 (그림 1)과 같이 도서명, 저자명, 출판사명 등으로 구성되어 있다.

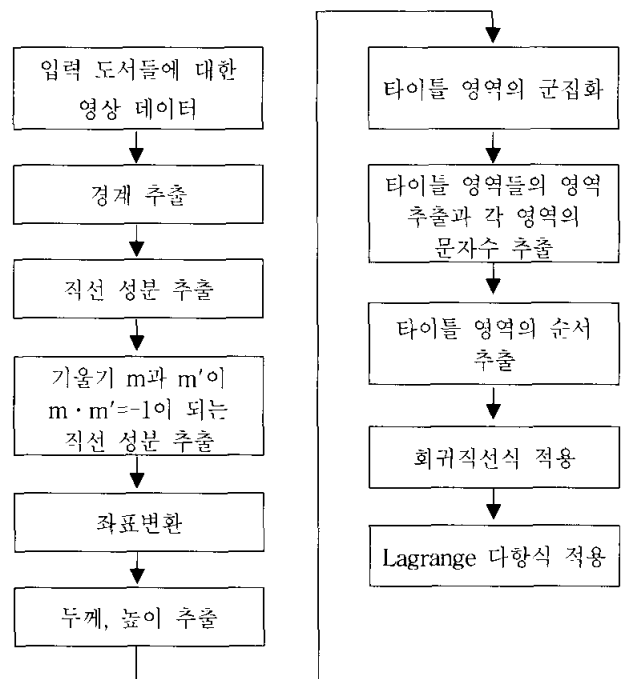


(그림 1) 도서들의 전형적인 형태

물론 도서들의 타이틀 영역이 항상 도서명, 저자명, 출판사명 등의 순서로 되어 있는 것은 아니고 이 순서는 도서들마다 다르다. 따라서 타이틀 영역의 3대 요소(도서명, 저자명, 출판사명)에 대한 순서도 도서에 대한 특징 값이 될 수 있다. 또한 도서의 위치 파악을 위한 시스템은 도서들의 영역 추출, 도서들의 타이틀 영역 추출, 도서들의 타이틀 영역에 대한 특징 추출과 정합 등의 항목으로 크게 구분될 수 있으며 이에 대한 흐름도를 아래 (그림 2)에, 그리고 이에 따른 개발 방법에 대한 개략적인 소개를 <표 1>에 나타내었다.

도서 위치 추정 알고리즘은 도서 인식과는 그 방법을 달리한다. 왜냐하면 도서 인식은 책의 경계를 찾은 후 일일이 정확한 문자 인식을 행해주어야 한다. 그에 비해 도서 위치 추정은 도서 인식이 아닌 찾고자 하는 도서가 어디에 있다는 정보를 제공해 주는 시스템이다. 따라서 도서 위치 추정 시스템은 도서 인식 시스템과 달리 일일이 도서의 문자 인식을 하는 처리 과정을 행할 이유가 없다. 다시 말해 앞에서 언급한대로 도서에 있어 도서명 문자수, 저자명의 문자수, 출판사명의 문자수 그리고 이의 나열 순

서 등만 가지고도 찾고자 하는 도서가 어디에 있을 수 있다는 정보를 제공해 줄 수 있다. 그 결과 만일 후보 영역이 여러 개가 나올 경우 곡선 적합과 회귀 직선 분석에 의해 각 특징들의 분포 모양까지 고려하기 때문에 그리고 이 작업들이 OR작업이 아닌 AND작업인 관계로 유일한 도서 위치를 추정해 줄 수 있을 것으로 사려되기 때문에 우리가 목표로 하는 도서 위치 추정은 충분히 달성 할 수 있게 된다. 결론적으로 말해 도서 위치 추정 방법은 도서 인식 시스템과 같이 도서들의 경계는 구하지만 정합을 위한 특징 추출은 그 방법이 달리 되어야 하고 이를 통한 최종 정합과정도 다르게 되어야 하는 것이 두 시스템의 가장 큰 차이가 된다.



(그림 2) 전체 시스템에 대한 흐름도

<표 1> 개발 항목과 이에 대한 방법론

개발 항목	개발 방법
도서 영역 추출	<ul style="list-style-type: none"> • 에지 연산자 적용 • Hough 변환을 이용한 직선 성분 추출 • $m \cdot m' = -1$을 통해 도서 영역 추출 • 좌표변환 수행 • 도서의 두께, 높이 추출
도서들간의 타이틀 영역 추출	<ul style="list-style-type: none"> • X, Y축 프로제션으로부터 히스토그램 생성 • 생성된 히스토그램으로부터 타이틀영역의 클러스터링 수행 • 타이틀영역의 3대 요소에 대한 문자수, 순서 추출
유일한 위치 선정 작업	<ul style="list-style-type: none"> • 회귀직선식을 통한 정합 • 라그랑지 다항식을 통한 정합

3. 도서들의 경계 추출

도서 영역을 추출하기 위해서는 우선 도서들의 경계선을 추출하여야 한다. 도서들의 경계를 추출하기 위해 에지 연산자인 소벨(Sobel) 연산과 도서들의 경계는 직선 성분으로 이루어져 있고 그 이루는 각도가 90도라는 사실을 이용하여 Hough변환을 수행한다. 우선 소벨 연산은 다음과 같다.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

(그림 3) Sobel 연산을 위한 3×3 창

여기서

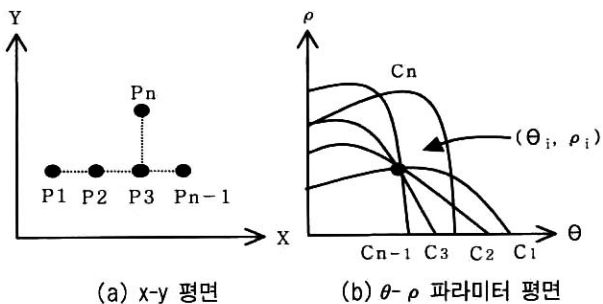
$$S_x = |c + 2f + i| - |a + 2d + g| \quad (1)$$

$$S_y = |a + 2b + c| - |g + 2h + i| \quad (2)$$

이며, 소벨 연산의 임계치는 하식과 같다.

$$S_x + S_y \geq TH_1 \quad (3)$$

이제 소벨 연산의 결과에 도서들의 경계는 직선 성분으로 되어 있다는 사실에 입각하여 직선들을 추출기 위한 Hough 변환을 수행한다. 이때 도서들의 경계는 이루는 각이 90도라는 사실을 이용하여 직선들간에 기울기의 곱이 -1이 되는 직선식만을 도서 영역 추출에 필요한 직선식으로 간주한다.



(그림 4) 직선 검출을 위한 Hough 변환

$$S_i : c = -X_i \cdot m + Y_i \quad (4)$$

$$Y = X \cdot m_i + c_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

$\theta - \rho$ 파라미터 평면에 의한 Hough 변환은 식 (4) 대신 식 (6)을, 식 (5) 대신 식 (7)을 이용한다.

$$C_i : \rho = X_i \cos \theta + Y_i \sin \theta \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (6)$$

$$Y = -(\cos \theta / \sin \theta) \cdot X + (\rho / \sin \theta) \quad (\theta \neq 0)$$

$$X = \rho i \quad (\theta = 0) \quad (7)$$

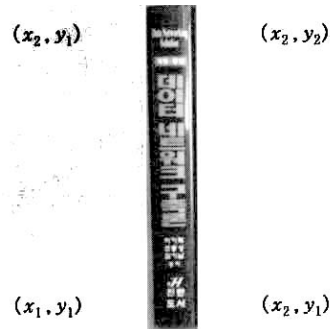
하나의 직선식의 기울기를 m , 또는 다른 직선식의 기울기를 m' 라고 하면 도서 영역 추출에 필요한 직선 식은 하식과 같다.

$$m \cdot m' = -1 \quad (8)$$

또한 만일 도서가 비뚤게 꽂혀 있다면 아래와 같은 좌표 변환을 수행한다.

$$[x' \ y' \ 1] = [x \ y \ 1] \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

아울러 도서의 두께와 높이도 특징 정보로 활용 가능함으로 책의 경계로부터 식 (10), (11)에 의해 책의 높이와 두께를 측정한다.



(그림 5) 도서들의 높이와 폭 측정

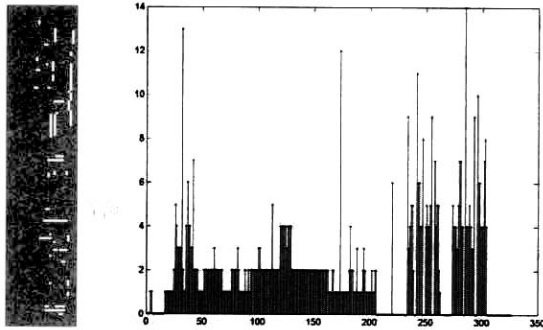
$$\text{높이} = \sqrt{(y_2 - y_1)^2} \quad (10)$$

$$\text{폭} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2} \quad (11)$$

4. 추출된 도서들의 경계로부터 특징 추출을 위한 도서 타이틀 영역 추출

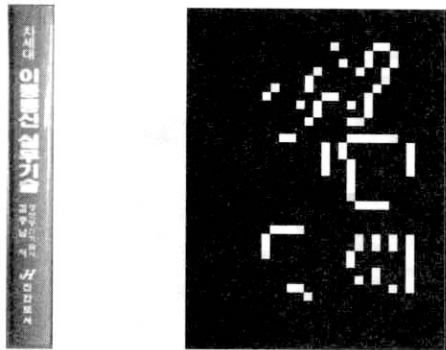
이제 소벨 연산과 Hough 변환으로부터 얻어진 도서들의 경계로부터 도서들의 위치 추정을 행하기 위해서는 도서들의 영역으로부터 타이틀 영역을 추출하여 이를 바탕으로

로서의 도서명 영역, 저자명 영역 그리고 출판사명 영역을 추출한다. 이를 위해 우선 추출되어 있는 도서들의 경계로부터 이미 소벨 연산자에 의해 검출된 에지성분에 대해 Y축 프로젝션과 X축 프로젝션을 행한다. 우선 아래 (그림 6)과 같이 Y축 프로젝션을 행하면 도서 타이틀 영역 추출을 위한 1차적인 클러스터링 작업이 가능케 된다. 즉, Y축 좌표상에 유클리드 거리가 일정한 값 이상이면 이를 도서 타이틀 영역 추출을 위한 클러스터링의 1차 작업값으로 선정한다.

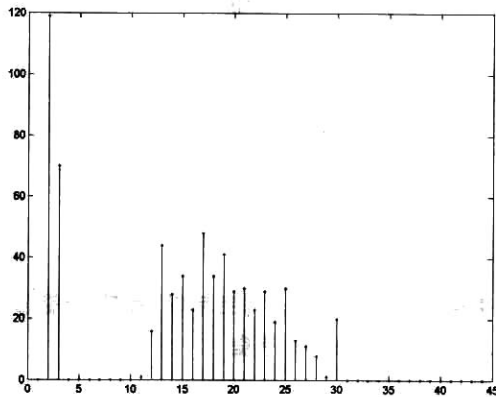


(a) 경계 추출된 도서 (b) Y축 프로젝션

(그림 6) 1차 클러스터링을 위한 Y축 프로젝션의 예



(a) 도서 형태 (b) 경계추출 결과



(c) X축 히스토그램

(그림 7) 공동 저자에 대한 X축 프로젝션의 예

이때 위의 그림에서 알 수 있듯이 프로젝션에서 가장 히스토그램의 분포가 큰 영역이 도서명 영역이 되고, 맨 아래에 있는 영역은 출판사명 영역이 됨을 알 수 있다. 최종적으로 Y축 프로젝션에서 얻어진 2차 클러스터링 작업에서 각 영역의 문자수를 계산하는 것이 가능하고 이를 도서 위치 추정을 위한 특징값으로 선정하여 도서 위치 추정에 대한 1차 특징값으로 삼는다. 아울러 이때 1차 특징값으로부터 도서의 3대 타이틀 영역(도서명 영역, 저자명 영역, 출판사명 영역)에 대한 순서를 파악할 수 있게 되어 이에 대한 특징값도 추출하여 1차적인 특징값으로 선정하는 것이 가능하게 된다. 이제 X축에 대한 프로젝션을 수행해야 하는데 이는 크게 저서명에서 단독 저서와 공동 저서의 구분을 가능케 하고, 한 줄 이상으로 되어 있는 도서명에 대한 문자수의 추출이 가능하기 때문에 X축 프로젝션을 행한다. 아래 (그림 7)에 공동저자에 대한 예를 보인다.

5. 도서 위치 추정을 위한 도서들의 타이틀 영역 인식

찾고자 하는 해당 도서들이 어디에 있는가를 추정하기 위해서는 지금까지 구한 1차 특징 추출값 외에 아래 <표 2>와 같은 3단계의 작업을 순차적으로 적용한다.

<표 2> 타이틀 영역 인식을 위한 과정

인식 단계	내용
제1단계	도서명의 문자수, 저자명의 문자수, 출판사명의 문자수, 타이틀영역들의 순서, 도서 폭, 도서의 높이
제2단계	회귀직선 분석
제3단계	Lagrange 다항식 적용

우선 제1단계에서 찾고자하는 도서에 대한 후보 도서가 여러 개가 나올 경우 제2단계를 행하게 된다. 이는 제2단계 작업으로서 회귀직선 분석을 통한 정합 작업을 의미한다. 이때 회귀직선으로 곡선 적합을 수행해야 하기 위해서는 아래의 작업을 행한다.

$$L(X) = a + bX \tag{12}$$

여기서 a, b 값을 구하기 위해 식 (13)을 최소화하는 a, b 값을 구해야 한다.

$$E(L) = \sum_{k=1}^m [a + bXk - Yk]^2 \tag{13}$$

윗 식에서 $\frac{\partial E(L)}{\partial a} = 0, \frac{\partial E(L)}{\partial b} = 0$ 가 되어야 하므로

$$\begin{aligned} ma + (\sum Xk)b &= \sum Yk \\ (\sum Xk)a + (\sum Xk^2)b &= \sum XkYk \end{aligned} \tag{14}$$

최종적으로 a 와 b 의 값은 하식과 같이 하여 구해진다.

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \frac{1}{m\sum Xk^2 - (\sum Xk)^2} \begin{bmatrix} \sum Xk^2 - \sum Xk \\ -\sum Xk \\ m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum Yk \\ \sum XkYk \end{bmatrix} \tag{15}$$

회귀지선분석을 통해서도 단독적인 도서 위치 후보 선정이 안될 시 제3단계 작업인Lagrange 다항식의 과정을 수행한다. $(n+1)$ 조의 n 차식 다항식은 (16)식과 같으며 Lagrange 다항식은 식(17)과 같다.

$$P_n(X) = C_0 + C_1X + \dots + C_nX^n \tag{16}$$

$$\begin{aligned} L_x(X_i) &= 0 \quad \text{if } i \neq k \\ &= 1 \quad \text{if } i = k \end{aligned} \tag{17}$$

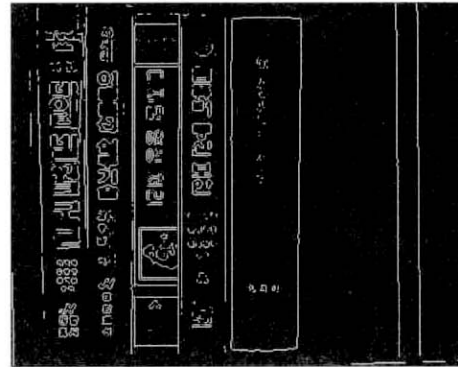
최종적으로 Lagrange 다항식은 하식과 같다.

$$P_n(X) = \sum_{k=0}^n [L_{i=0, i \neq k}^m \frac{X - X_i}{X_k - X_i}] y_k \tag{18}$$

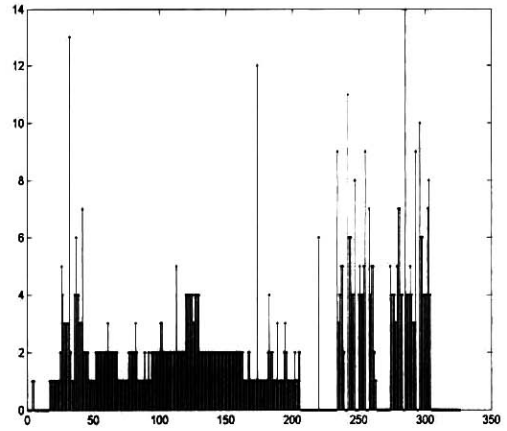
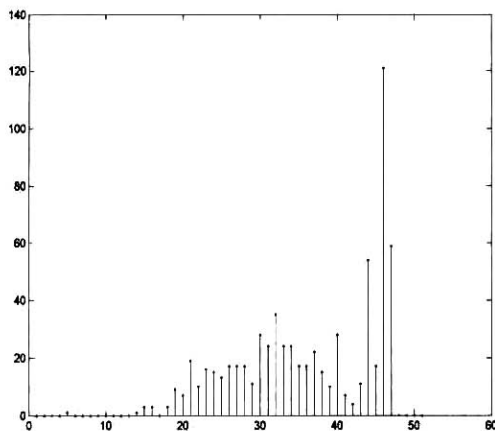
이상과 같은 제3단계 작업을 통해 찾고자 하는 도서위치에 대한 후보 영역 추정이 이루어지게 된다. 그러나 실제 적용시 사서들에게 제어 탐색을 행하게 할 시는 제1단계 작업만으로도 찾고자 하는 도서가 있음직한 후보 위치 추정은 충분히 가능하다. 제2단계와 제3단계 작업은 도서 위치 추정이 유일하게 후보 영역을 추정하고자 할시 행하는 작업이며 이 같은 작업을 통해 충분히 도서들의 위치 추정은 가능한 작업이 된다. 다시 말해 도서 위치를 찾는 시스템은 도서 인식 시스템과 달리 문자 인식을 위한 특징을 추출하여 작업을 행하는 것보다 본 연구에서 수행한 방법들로 시스템을 개발하는 것이 보다 효과적인 접근 방법이라 여겨진다.



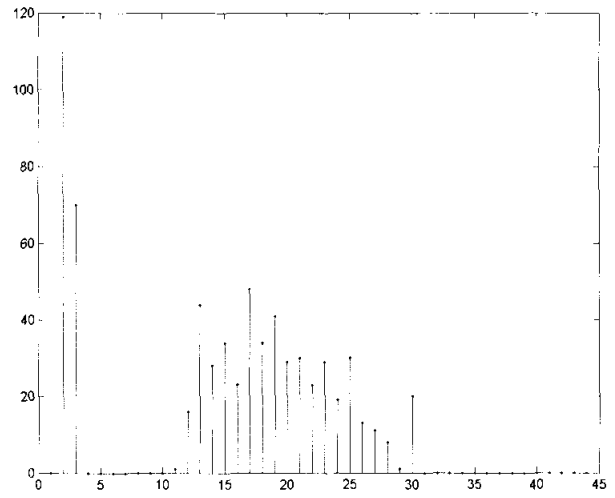
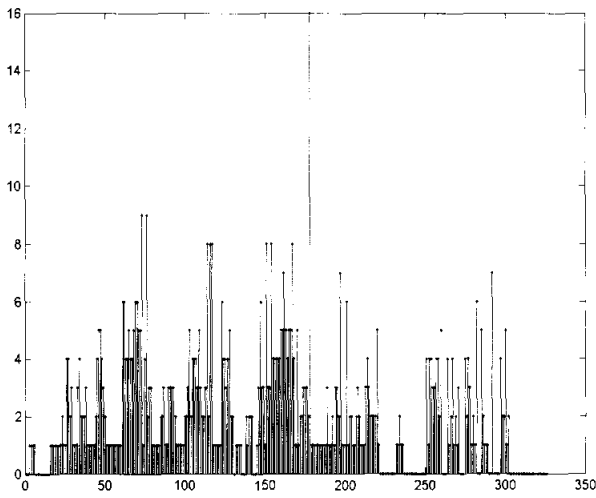
(그림 8) 실험 도서 영상



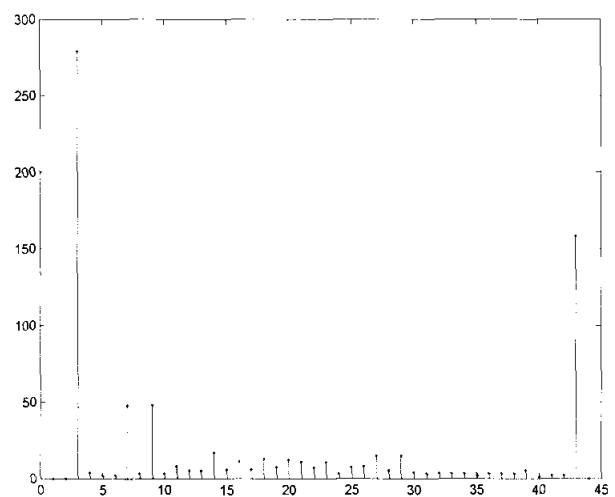
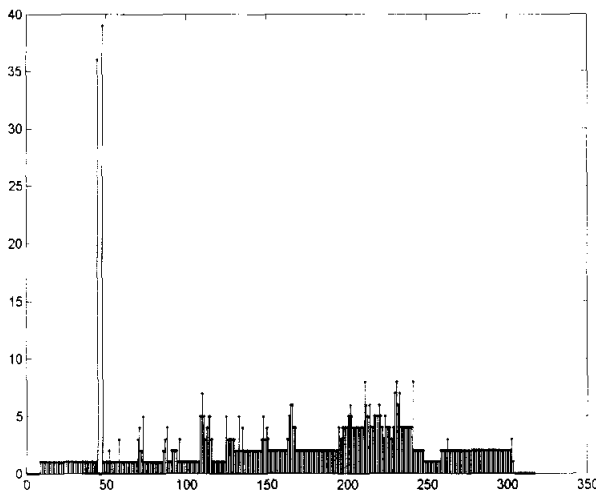
(그림 9) 에지 연산과 Hough변환에 의한 도서들의 경계선 추출결과



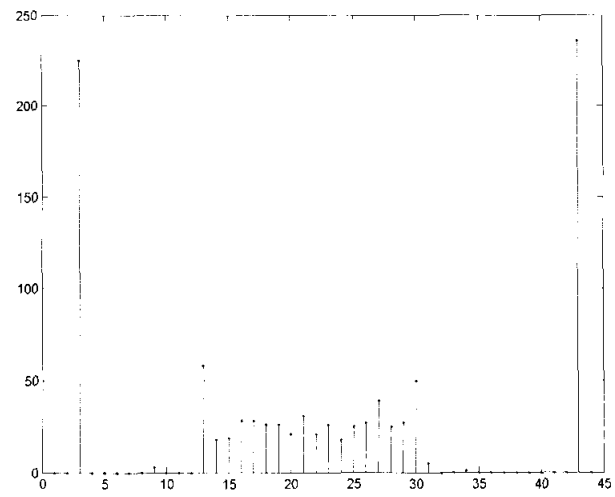
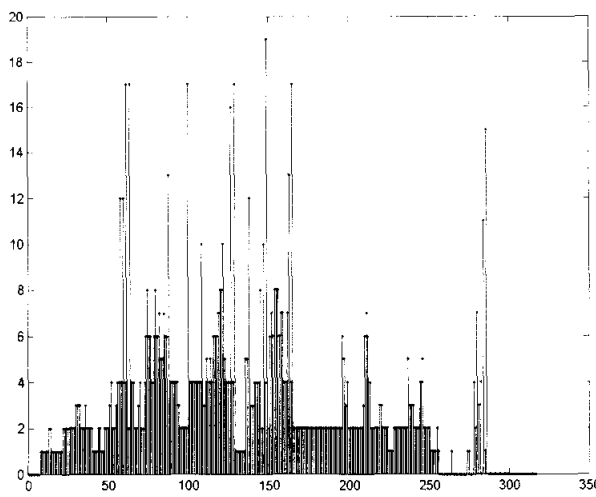
(그림 10) 프로젝션(Y축, X축)



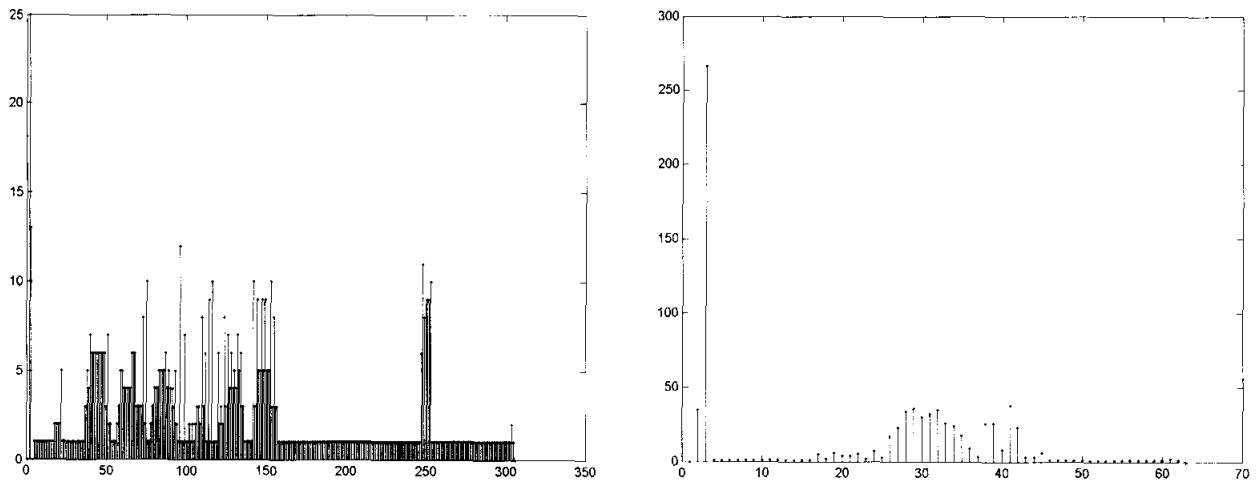
(그림 11) 프로젝션(Y축, X축)



(그림 12) 프로젝션(Y축, X축)



(그림 13) 프로젝션(Y축, X축)



(그림 14) 프로잭션(Y축, X축)

<표 3> 특징 추출 결과

도서위치	도서명 문자수	저자명의 문자수	출판사명의 문자수	타이틀 영역들의 순서	회귀직선식
1	13	4	5	1-2 3	$y = 0.035$
2	11	3	5	1-2-3	$y = -0.0022x + 0.0237$
3	9	5	4	1-2-3	$y = 0.0014x + 0.0221$
4	8	4	5	1-2-3	$y = -0.0017x + 0.0242$
5	7	4	6	1-2-3	$y = -4.0396x + 0.0352$

6. 실험 및 고찰

본 논문에서의 실험은 PC상에서 사용하여 행하였다. 우선 (그림 8)이 실험에 사용된 도서들의 영상이며, (그림 9)가 에지 추출 결과, 그리고 (그림 10)부터 (그림 14)까지가 Y축 프로잭션과 X축 프로잭션을 도서 위치순으로 나타낸 것이다. 아울러 <표 3>에 도서들의 특징 추출값을 나타내었다. 실험 결과에서 알 수 있듯이 에지 연산과 Hough변환에 의해 도서들의 위치 파악을 위한 전단계(pre-processing)로서 도서들의 경계 부분 추출이 효과적으로 행해질 수 있음을 보였다. 아울러 도서 위치 파악을 위한 도서들의 특징 추출 즉, 도서명 문자수, 저자명의 문자수, 출판사명의 문자수, 타이틀 영역의 순서 등을 정확히 추출할 수 있었으며 최종적으로 유일한 도서 위치 추정을 위한 특징 정보값인 회귀직선식도 정확히 추출할 수 있음을 확인 할 수 있었다. 그리고 개발한 시스템은 도서 위치 추정 시스템이기 때문에 도서들의 경계를 추출한 후 문자 인식을 행할 필요가 없으며 <표 3>에서 알 수 있듯이 지금 구한 특징값들로 도서 위치를 추정해 주는 것이 보다 효과적인 접근 방법이라 여겨진다.

향후는 일반도서가 아닌 CD 타이틀을 대출시 훼손, 분실 그리고 미반납자관리 및 대출 관리와 같은 작업을 하나의 대출용 서버에 저장하여 고속 인터넷이 설치된 곳이라면 어

디서나 대출을 받아 콘텐츠를 손쉽게 이용할 수 있는 시스템의 구축, 사용자에 대해 아이디어와 패스워드뿐만 아닌 생체 인증을 자동으로 행할 수 있는 시스템을 개발하여 전체적으로 안전하고 효율적인 도서관 관리 시스템을 구축하는 것이 과제이며 이를 위한 연구를 지속적으로 수행하고 있는 실정이다.

7. 결 론

본 논문에서는 일반 도서관이나 대형 서점에서 열람자가 보고 난 도서를 제자리에 반환하지 않아 발생하는 사서들의 단순하고 지루한 직접 탐색을 영상처리에 의해 제어 탐색할 수 있는 방법을 제안하였다. 이를 위해 우선 영상 카메라가 획득한 서고영상에 대해 도서들의 경계를 에지 연산자와 Hough변환에 의해 추출하였다. 이후 추출된 에지로부터 X축, Y축 프로잭션을 생성하여 도서명 문자수, 저자명의 문자수, 출판사명의 문자수와 타이틀 영역의 순서등과 같은 특징추출을 행하여 도서 위치에 대한 탐색범위를 줄여주는 제어 탐색을 행할 수 있게 하였다. 또한 곡선적합과 이를 통한 회귀직선 등을 통해 단일 후보의 도서 위치 선정등도 행할 수 있었으며 실험에 의해 제안한 방법의 유용성을 확

인할 수 있었다. 차후로 출판사의 로고를 인식하는 방법론을 추가하는 것, 일반 도서뿐만 아니라 CD타이틀 등에 대한 대출 관리, 사용자에 대한 보다 확실한 사용 인증을 위한 생체 인증 등의 시스템을 함께 개발하여 종합화된 도서 관리 시스템으로의 확장 등에 대해서도 연구가 지속적으로 행해져야 하리라 여겨진다.

참 고 문 헌

[1] IAPR Workshop on Machine Vision Application, Anually Opened Int'l Conference.

[2] 양영규 외, 영상처리관련논문집, 한국전자통신연구원 영상처리연구부 발행, 2000.

[3] Biometrics System, ETRI Anual Final Report, 2000.

[4] W. S. Wijesoma, M. Mingming, E. Sung, "Selecting Optimal Personalized Features for On line Signature Verification Using GA," in Proc. SMC 2000, Vol.4, pp.2740-2745, 2000.

[5] T. Wessels and C. W. Omlin, "A Hybrid System for Signature Verification," in Proc, IJCNN 2000, Vol.5, pp.509-514, 2000.

[6] ITS, ETRI Anual Final Report, 2000.

[7] Yukaki Akiyama and Minoru Ito, "Book Recognition from Color Images of Book Shelves," IAPR Workshop on Machine Vision Application, pp.17-19, Nov., 1998.

[8] 김태균, 최형진, 화상처리기초, 정익사, 1990.

[9] Martin D. Levine, Vision in Man and Machine, McGraw-Hill, 1985.

[10] M. Tomimage, K. Kato, K. Murakami and H. Koshimizu, "Fine Line Detection at Specified Angle by Extended Hough Transform," Proc. of IEICE, General Conf., D-12-6, 1997.

[11] M. Morimoto, T. Shakanaga, S. Akamatsu and Y. Suenaga, "A High-Resolution Hough Transform Using Variable Filter," Trans. on IEICE, D-II, Vol.J 75-D-II, No.9, 1992.

조 동 욱



e-mail : ducho@ctech.ac.kr

1983년 한양대학교 전자공학과(공학사)
 1985년 한양대학교 전자공학과(공학석사)
 1989년 한양대학교 전자통신공학과
 (공학박사)
 1991년~2000년 서원대학교 정보통신공학과
 부교수

2000년~현재 도립충북과학대학 정보통신학과 교수
 2002년 한국컨텐츠학회 학술상
 2004년 한국정보처리학회 우수논문상
 2004년 한국통신학회 우수논문상
 2004년~현재 한국통신학회 충북지부장
 관심분야 : 영상 처리 및 이해, 한의학의 신호 처리 분야(膵診, 聽診 등), 사상 의학, 외형진단학