그래디언트 라돈변환을 이용한 만화영상의 외곽 경계사각형 검출

김동근^{*}, 양승범^{**}, 황치정^{***}

요 약

최근, 인터넷에 다양한 콘텐츠가 있으며, 특히 만화영상은 인기 있는 디지털 콘텐츠 중의 하나이다. 이러한 만화영상은 대부분 스캐너에 의해 스캔되며, 크기, 기울기, 경계선 부분의 여백 등이 정규화되어 있지 않다. 이와 같은 정규화 과정은 만화영상 분석에서 매우 중요한 단계로, 만화영상의 외곽 경계사각형을 검출하는 방법으로 정규화를 수행할 수 있다. 본 논문에서는 그래디언트 라돈 변환을 사용하여 만화영상에서 외곽의 경계사각형을 검출하는 방법을 제안한다. 만화영상에서 경계 사각형의 변의 후보인 선분을 검출하기 위하여 그래디언트 정보를 이용한 라돈 변환을 적용하고, 후보 선분과 지역 히스토그램을 이용하여 최종 외곽의 경계사각형 검출하였다. 제안 방법으로 만화 영상에서 효과적으로 외곽의 경계사각형을 검출함을 실험으로 보였다.

Out-Boundary Rectangle Detection in Comic Images Using the Gradient Radon Transform

Seung Beom Yang^{*}, Dong Keun Kim^{**}, Chi Jung Hwang^{***}

ABSTRACT

Today, there is a wide variety of digital contents on the Internet. Especially, comic images are one of popular digital contents. Most of them are scanned from comic books by digital scanners, but they were not normalized in sense of their size, skew and boundary margin. The normalization is very important step in comic image analysis. It can be achieved by finding out-boundary rectangles in comic images. In this paper, we propose a method for detecting the out-boundary rectangle using the gradient Radon transform in comic images. We applied the Radon transform using image gradients to extract line segments which are the out-boundary rectangle sides' candidates in comic images. The final out-boundary rectangle can be detected by local histogram and the candidate line segments. Experimental results show that our proposed method effectively detect the out-boundary rectangle in comic images.

Key words: Comic Image(만화영상), Radon Transform(라돈변환), Out-Boundary Rectangle Detection (경계사각형 검출)

1. 서 론

최근 인터넷의 활성화 함께 디지털 콘텐츠의 생성

및 서비스가 다양하게 이루어지고 있다. 만화는 매우 인기 있는 디지털 콘텐츠 중에 하나이다. 디지털 만화 콘텐츠는 응용 서비스를 고려하여 만화의 크기

※ 교신저자(Corresponding Author): 황치정, 주소:대전 유성구 궁동 220(305-784), 전화: 042)821-5449, FAX: 042) 822-9959, E-mail: cjhwang@cnu.ac.kr
접수일: 2010년 11월 18일, 수정일: 2011년 1월 13일
완료일: 2011년 3월 14일

^{*} 정회원, 공주대학교 컴퓨터공학부
(E-mail: dgkim@kongju.ac.kr)

^{**} 정회원, 충남대학교 컴퓨터공학과
(E-mail: ysb0327@nate.com)

^{***} 정회원, 충남대학교 컴퓨터공학과

및 구조가 일정하게 디지털 환경에서 생성하기도 하지만, 아직은 종이에 인쇄된 기존의 일반 만화를 스캐너를 이용하여 이미지 형태로 변환한 만화 콘텐츠가 더 많이 존재한다. 이처럼 스캔된 만화 영상은 영상의 크기가 서로 다르며, 스캐닝 과정에서 기울어짐이 발생할 수 있다. 만화의 여백 등으로 인하여 만화영상의 내용이 정규화되어 있지 않다. 이러한 정규화되지 않은 만화영상은 영상 뷰어를 통한 사용자 서비스에 적합하지 않을 뿐만 아니라, 만화영상을 자동 검색하는 등의 응용에서 영상 특징 추출을 어렵게 하는 요인이다. 만화영상으로부터 영상의 크기, 기울기 보정, 및 여백제거에 의한 영상 정규화는 만화영상 분석에 반드시 필요한 매우 중요한 단계이다. 만화영상은 대부분 사각형을 이용하여 내용을 배치하는 구조를 가지고 있으며, 만화의 내용은 각각의 작은 사각형으로 구분하며, 만화내용을 담고 있는 전체적인 구조 역시 사각형으로 이루어진 경우가 대부분이다. 이러한 경계부분의 사각형을 자동으로 검출하여 얻는 장점은 영상의 기울어짐을 보정할 수 있음은 물론, 만화영상의 내용만을 포함한 영상의 크기 정규화가 가능하다.

관련 연구로는 모바일 환경에서 기존의 만화 콘텐츠를 서비스하기 위한 연구[1-5]로 Yamada[1] 등은 휴대폰에서 만화영상을 압축하여 효율적으로 전송하기 위한 목적으로 여백인 흰색 영역을 추적하여 만화영상 내부의 작은 사각형을 검출하였다. 이 방법은 사각형 사이에 말 풍선 등이 있을 때는 검출하지 못하는 단점이 있으며, 기울어짐은 고려하고 있지 않고 있다. Kenji[2] 등은 만화영상을 모바일 서비스하기 위하여 DDA(digital differential analyzer) 직선 그리기 알고리즘을 이용하여 직선 위의 영상 그래디언트를 누적하고, 여백과 트리 구조를 이용하여 만화영상을 분석하였으며, 실험 영상에서 80%의 성능으로 구조를 분석하였다. 이러한 방법은 만화영상의 직선 성분을 효율적으로 이용한 반면, DDA알고리즘을 이용하여 모든 방향의 직선을 생성한 후에 직선상의 화소의 그래디언트를 누적시키는 방법은 효율적이지 못하며, 또한 내부의 컷을 나누는 방법만을 다루고 있으며, 만화영상의 외곽의 사각형 프레임의 검출을 다루지 않고 있다. 한은정[3] 등은 다층신경망을 이용하여 만화영상의 내부 컷 프레임을 사각형으로 분할하였다. 다층신경망의 입력으로 X-Y 프로파일을 사용하고, 프로파일에서의 분할 지점을 다층신경

망을 사용하여 계산하였다. X-Y 프로파일을 사용한 방법은 처리속도가 빠른 반면, 기울어진 문서영상은 기울어짐을 보정한 후에야 사용 가능한 단점이 있다.

본 논문은 만화영상의 스캔된 만화영상에서 그래디언트 라돈 변환을 이용하여 후보 직선의 선분(line segment)을 검출하고, 검출된 직선 선분을 이용하여 만화영상의 가장 외곽의 사각형을 자동으로 검출하는 방법을 제안한다. 대부분의 만화영상은 사각형 형태의 전체 구조와 부분적인 작은 사각형 영역으로 이루어져있다. 만화영상에서 외곽의 구조를 나타내는 사각형의 검출은 만화영상의 기울기 보정, 내용 영역만을 검출하여 일정 크기로 정규화, 내부의 사각형 검출, 만화영상 검색을 위한 영상 특징 추출 등에서 필수적인 단계이다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 라돈 변환(Radon transform)에 대하여 설명하고, 3장에서는 제안된 그래디언트 라돈 변환을 이용한 외곽의 사각형을 검출하는 방법에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안된 방법을 구현한 실험 결과를 분석하고, 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

2. 관련 연구

만화영상은 내용을 구분하기 위한 사각형 등 많은 에지 및 직선 성분을 포함하고 있다. 영상처리 및 컴퓨터 비전에서 영상의 직선 특징을 검출을 위한 변환으로 허프(Hough) 변환과 라돈(Radon) 변환이 있다. 허프변환은 임계치 적용 또는 에지 검출 연산후의 이진영상에서 모든화소를 지나가는 직선의 (ρ, θ) 를 계산하여 허프공간에 누적시킨 다음 지역 극값을 검출하는 방법으로 직선을 검출한다[6,7]. 허프공간에서의 누적된 값은 해당 직선위의 화소의 개수이다. 유사한 방법으로 라돈 변환은 x 와 y 로 구성된 2차원 좌표계의 영상을 선 적분하여 (ρ, θ) 로 표현되는 라돈 공간에 누적시킨 다음, 라돈 공간에서 지역 극값을 검출하는 방법으로 직선을 검출한다[8-11].

그림 1에서 직선은 $L(\rho, \theta)$ 로 표현할 수 있으며 ρ 는 원점과 직선 사이의 수직 거리이다. 2차원 영상 $f(x, y)$ 에 대한 라돈 변환은 식(1)과 같다.

$$\iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - \rho) dx dy \quad (1)$$

$$\begin{aligned} -\infty < x, y < \infty \\ -\infty < \rho < \infty \\ 0 \leq \theta < \pi \end{aligned}$$

그림 1. 2차원 공간에서의 직선에 대한 (ρ, θ)

식 (1)을 적용하여 2차원 영상에 대한 성분을 라돈 공간 (ρ, θ) 로 표현 한다. 2차원 영상에서의 직선은 라돈 공간상에 투영되어 하나의 점으로 표현된다.

그림 2의 (a)의 영상은 3개의 직선 성분을 포함하고 있으며, 이에 대한 (ρ, θ) 로 표현되는 라돈 공간은 그림 2의 (b)와 같다. 2차원에서의 직선 성분은 라돈 공간상에서 하나의 점으로 표현되며 직선의 특성이 강할수록 라돈 공간에서도 강한 특성을 보인다. 허프 변환과 라돈 변환은 기본 변환과정은 유사하며, 변환 공간에서 누적되는 값이 차이가 있다. 허프변환과 라돈변환 모두 화소에서의 일정간격의 모든 방향(θ)의 직선에 대한 원점에서의 수직거리(ρ)를 계산하여 허프 및 라돈 변환공간에 누적하는 방법으로 변환을 계산한다. 이러한 계산은 계산 속도가 늦을 뿐만 아니라 예지정보가 많은 만화영상에서 직선성분을 너무 많이 찾을 수 있다. 또한 허프 및 라돈 변환공간에서 지역 극값을 찾는 방법으로 직선의 파라미터 (ρ, θ) 만을 검출할 뿐, 선분(line segment)을 검출하기 위해서는 후처리가 필요하다. 본 논문에서는 라돈 변화에서 미분 연산자에 의해 계산된 그래디언트의 방향을 이용하여 직선의 방향(θ)를 계산하고, 후처리 과정을 통하여 선분을 검출하는 방법을 제안한다.

그림 2. (a) (x, y) 로 표현된 2차원 공간, (b) (ρ, θ) 로 표현된 라돈 공간

3. 제안된 만화영상의 외곽 경계사각형 검출

제안된 만화영상의 외곽 사각형 검출은 그림 3과

그림 3. 제안된 만화영상의 외곽 경계 사각형 검출

같이 3단계로 수행한다. 단계 1에서는 입력 만화영상으로부터 x, y 각 축으로 편미분하여 그래디언트를 계산한다. 단계 2에서는 그래디언트를 이용하여 라돈 변환을 수행하고 라돈 공간에서 임계값 이상 되는 곳에서 지역 최대값(local maxima)을 이용하여 만화영상내의 직선을 검출한다. 단계 3에서는 검출된 직선을 이용하여 만화영상의 내용만을 포함하는 외곽 경계 사각형을 검출한다.

3.1 그래디언트 라돈 변환을 이용한 경계선의 후보직선 검출

라돈 변환은 모든 방향에 대하여 영상을 누적시키기 때문에 변환 시간이 오래 걸리며, 직선에 기여하지 않는 곳에도 누적시킴으로 라돈 공간에서 임계값 설정에 어려움이 있다. 영상으로부터 그래디언트를 계산하여 그래디언트에 수직인 방향으로만 그래디언트의 크기 값을 누적시키면 예지 및 직선 성분이 많은 만화영상에서 보다 효율적으로 라돈 변환을 수행하여 직선을 검출할 수 있다. 식 (2)은 본 논문에서 사용하는 그래디언트 기반의 라돈 변환 수식이다.

$$R(\rho, \theta)[M, \phi] = \iint [M(x, y) \delta(\text{isgood}(x, y)) \delta(\text{mod}(\phi(x, y), \pi) - (\theta + \pi/2)) \delta(\rho - x \cos \theta - y \sin \theta)] dx dy \quad (2)$$

$$\text{여기서, } \text{isgood}(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{for } \text{Mag}(x, y) > th\text{Mag} \\ 0 & \text{O.w.} \end{cases}$$

여기서 $R(\rho, \theta)$ 는 영상 그래디언트의 방향과 크기에 기반한 그래디언트 라돈변환 함수이고, $\text{isgood}(x, y)$ 함수는 그래디언트의 크기, $\text{Mag}(x, y)$ 를 이용하여 영

상위치 (x, y) 가 에지 인지를 결정하는 함수이다. 델타 함수 $\delta(t)$ 는 t 가 0이면 1이고, t 가 1이면 0을 반환하는 함수로서, 첫 번째 델타 함수는 강도가 임계값 이상인 잡음에 강인한 화소를 선택하는 함수이고, 두 번째 델타 함수는 그래디언트의 각도와 직선 $L(\rho, \theta)$ 의 수직 정합성을 결정하고, 마지막 델타 함수는 직선 상위에 있는 점들을 정의한다. 그림 4는 식 (2)의 변환과정을 도식화한 것이다. $\phi(x, y)$ 는 그래디언트의 방향이며, $\text{mod}(\phi(x, y), \pi)$ 는 그래디언트 방향을 각도 0도에서 180도로 계산하는 함수이다.

그림 4. 그래디언트 기반 라돈변환

그림 5는 라돈공간에서 임계값 보다 큰 직선, $L(\rho, \theta)$ 을 검출한 다음, 이 직선의 선분을 검출하기 위하여 영상공간을 탐색하는 과정을 설명한다. 영상공간에서 직선상의 화소 중에서 그래디언트가 가장 큰 화소의 위치 $\text{Mag_maxima}(L(\rho, \theta))$ 를 찾고, 양쪽 방향으로 검색하면서 직선의 선분을 찾는다. 직선에 대한 연속성을 검사하는 과정으로 임계값에 의해 검출된 $\text{Mag_maxima}(L(\rho, \theta))$ 의 위치를 중심으로 하여 정방향과 역방향에 대한 연속성을 검사하고, $\text{Mag_maxima}(L(\rho, \theta))$ 로부터 그래디언트 방향의 일치성과 크기의 강인성을 가지고 CC(Connected Com-

그림 5. 영상공간에서 직선 선분 검출

ponent)를 연결한다. 즉 직선의 방향에 직각인 법선 벡터 방향과 그래디언트의 방향이 방향 임계값보다 작고 그래디언트 크기가 크기임계값보다 크면 두 화소를 CC로 생성한다.

$$\text{abs}(\cos(\text{modular_distance}(\theta_G, \theta + \pi/2, \pi))) \quad (3)$$

식 (3)은 직선에 수직인 법선 벡터의 각도와 그래디언트의 방향 일치성을 계산한다. 식 (3)에 의하여 화소의 연속성을 측정하며, 4개 이상의 화소가 연속성을 가질 때 직선의 특성을 가진다고 판단하며 CCL(Connected Component List)에 CC의 정보를 저장한다. CCL의 정보를 가지고 연속성을 가진 CC에 대한 병합과정을 수행한다. 본 논문에서는 영상 내에 존재하는 그래디언트 크기를 이용하여 직선의 강도를 측정하고 시작점과 끝점을 이용하여 계산한 길이 정보로 짧은 선분에 의한 잡음을 제거 한다.

그림 5의 ②번 CC의 경우 CC의 연속성이 임계값 미만이기 때문에 CCL에 정보가 삽입 되지 않은 예이며, ⑤번 CC의 경우 이웃하는 CC사이의 거리 임계값이 크기 때문에 잡음으로 판단한 예이다. 병합과정에 의해 1개의 선분에 대한 양 끝점에 대한 좌표 정보를 획득한다. 알고리즘의 기본적인 동작과정은 소수점 계산 없이 정수의 덧셈 연산과 시프트 연산만으로 시작점과 끝점에 대하여 선분을 생성하며, 선분에 가장 가까운 정수좌표를 찾는다. 영상으로부터 생성된 선분들 가운데 중복데이터를 제거하기 위하여, 직선의 일치성을 판단한다. 중복된 선분을 제거하며, 교차점이 발생하면서 직선이 이루는 각도가 작을 경우 (45도 기준)에도 중복된 선으로 판단하여 선분의 길이 성분이 작은 선분을 제거 한다. 검출된 선분으로부터 선분의 시작과 끝 위치, (ρ, θ) , 선분의 길이 및 크기 그리고 직선과 영상의 외곽선과의 교점 정보를 특징으로 추출할 수 있다.

3.2 후보 선분과 지역 히스토그램을 이용한 외곽의 경계 사각형 검출

본 논문에서 외곽의 경계 사각형은 만화영상에서 스캐닝 등으로 인하여 포함된 잡음 및 여백 등을 제외하고, 만화의 의미 있는 내용만을 포함하고 있는 사각형이다. 그래디언트 라돈 변환으로부터 검출된 선분의 길이 정보를 비교하여 임계 값 이상일 경우에 기준 각도를 설정하는 요소로 사용하며 임계 값 이상

인 선분에서 가장 많은 빈도수를 기준 각도로 설정한다. 기준 각도를 설정할 때는 영상의 테두리 외곽선 4개(X축 방향 2개, Y축 방향 2개)가 기준각도 설정에 영향을 주지 않아야 되며, 초기 외곽 사각형을 영상의 테두리 외곽선으로 설정한다. 검출된 기준 각도를 중심으로 ± 5 도 이내의 선분들만을 이용하여 영상의 테두리와 만나는 교점을 추출한다. 영상의 중심인 원점에서부터 가장외곽을 이루는 선분까지의 내각이 90도가 되는 지점까지의 거리가 ρ 이며 수평 축은 0도, 수직 축은 90도이다. 이와 같이 그래디언트 라돈 변환에 의해 검출된 후보선분과 초기 영상의 외곽 사각형과의 교점을 구한다.

그림 6은 각각의 후보 선분과 초기 경계사각형인 영상 테두리를 이용한 외곽 경계사각형 검출 알고리즘을 보여준다. 해당 선분의 θ 의 특성을 가지고 지역 히스토그램을 검출하며, 초기 외곽 경계선과 검출된 선분이 이루는 다각형의 히스토그램을 구한다. 그래디언트 라돈 변환으로부터 검출된 후보 선분 $seg(k)$ 에는 $\rho, \theta, length(k), Mag(k)$ 의 특징을 갖는다. 검출된 후보 선분을 이용하여 외곽 경계사각형을 검출하기 위하여, 영상의 외곽선을 초기 경계사각형으로 설정하고, 후보 선분 $seg(k)$ 를 경계사각형의 4개의 변, LEFT, RIGHT, TOP, BOTTOM에 대하여, 각각의 변과 거리가 가까운 순서로 정렬시켜 Left_list(k), Right_list(k), Top_list(k), Bottom_list(k)를 계산한다. 정렬된 후보선분과 이루는 다각형 영역에 대하여 영상 히스토그램을 계산한다. 영상 히스토그램에서 왜곡에 민감한 일정 범위의 양끝을 제거한 합계를 영역의 화소로 나누어 평균을 계산하여 여백과 내용을 판단한다. 정렬된 후보 선분과 이루는 다각형영역이 여백으로 판단되면, 그 다음 번째 정렬된 후보선분과 이루는 다각형이 여백인지를 판단하는 방법으로 여백을 찾아 여백을 없애는 방법을 4개의 변 각각에서 수행하여 여백을 제거한 경계사각형을 검출한다. 다음의 알고리즘은 제안된 경계사각형 검출 방법을 수행하는 과정을 나타낸다.

입력: 후보 선분

$seg(k) = (\rho(k), \theta(k), length(k), Mag(k)), k = 1, \dots, M$

영상의 크기 : $W = width, H = height$

출력: 외곽 사각형의 직선 세그먼트 (left, right, top, bottom)와 4 꼭지점, P0, P1, P2, P3을 계산한다.

단계1 : 영상의 크기로 외곽 경계사각형을 초기화 한다

LEFT = $(-(W-1)/2, 0, H, 0)$

RIGHT = $((W-1)/2, 0, H, 0)$

TOP = $(-(H-1)/2, 90, W, 0)$

BOTTOM = $((H-1)/2, 90, W, 0)$

단계2 : 각 방향에 대하여 거리를 기준으로 정렬한다.

Left_list(k) = $ASC_sort(dist(left, seg(k)), k = 1, \dots, M)$

Right_list(k) = $ASC_sort(dist(right, seg(k)), k = 1, \dots, M)$

Top_list(k) = $ASC_sort(dist(top, seg(k)), k = 1, \dots, M)$

Bottom_list(k) = $ASC_sort(dist(bottom, seg(k)), k = 1, \dots, M)$

단계3 : $k = 1$, Left_list(k)와 초기 외곽 경계사각형의 변을 이루는 다각형을 그림 4와 같이 계산한다. 계산된 다각형 영역의 영상 히스토그램, Hist_left(k)를 계산한다. 검정색과 흰색 영역의 카운트를 제거하기 위하여 Hist(k)의 일정크기의 양 끝의 빈값을 0으로 설정한다.

left = Left_list(k) if $Avg(Hist(k)) < Hist_Th$

$k = k+1$ 로 하고 단계 3을 반복한다.

단계 4 : Right_list(k), Top_list(k), Bottom_list(k)에 대하여, 초기 외곽 경계 사각형의 RIGHT, TOP, BOTTOM에 대하여 단계 3과 같이 수행하여 경계사각형의 변 right, top, bottom을 검출한다.

단계 5: 단계3과 단계 4에 의해 검출된 4개의 선분(left, right, top, bottom)의 교점을 계산하여, 찾고자 하는 외곽 경계사각형의 4 꼭지점(P0, P1, P2, P3)을 계산한다.

단계 6: P0, P1, P2, P3의 각각의 거리를 측정하여 일정 거리 임계값 Dist_Th 이상일 경우에는 경계선을 추출하고, 그렇지 않은 경우에는 선분의 기준각도를 찾아 기준각도가 일치하며 LEFT, RIGHT, TOP, BOTTOM에 가장 가까운 선분을 각 방향의 경계선으로 추출한다.

그림 6. 외곽 경계사각형 검출

4. 구현 및 실험

본 장에서는 그래디언트 라돈 변환을 이용하여 직선을 검출하고, 연결요소를 이용한 후처리 방법을 이용하여 유용한 선분을 검출하는 방법과 직선들로 이루어진 다각형 영역의 중간 밝기의 히스토그램 이용하여 만화영상으로부터 외곽의 경계사각형을 검출하는 실험에 대한 결과를 기술한다. 실험에 사용된 만화 영상은 서로 다른 만화책으로부터 구성된 총 300장이다. 각 장은 기울어짐이 없이 잘 스캐닝 된

영상, 기울어짐이 있는 영상, 잡음이 추가된 영상으로 구성되었다. 즉 기울어짐이 없이 잘 스캐닝 된 300장의 영상, 회전 영상 300장, 잡음이 추가된 300장의 영상에 대하여 실험하였다. 실험 환경은 Intel Core (TM) i7 CPU 860@2.80GHz, windows7(x86), visual studio 2010에서 수행 하였다. 테스트에 사용한 스캐너는 HP Scanjet 8270 이며 회전 영상은 5도 (175~5, 기준 0도)에서 임의로 회전시켰으며, 잡음영상은 가우시안 화이트 노이즈를 표준편차 0.01로 하여 생성하였다. 그림 7, 그림 8, 그림 9, 그림 10은 기울어짐이 있는 만화영상에서 직선 검출을 위한 허프변환과 제안된 그래디언트 라돈변환을 이용한 선분검출의 결과를 비교하여 보여준다. 그림 7, 그림 8, 그림 9, 그림 10의 (a)는 Canny 연산자를 적용하여 에지를 검출한 영상이다. 만화영상이 많은 에지를 포함하고 있음을 알 수 있다. (b)는 (a)의 에지영상을 입력으로 하여 OpenCV에 구현된 허프변환 함수 cvHoughLines2에 CV_HOUGH_PROBABILISTIC 옵션을 이용한

(a) 에지영상 (b) Hough (c) 제안방법

그림 7. 선분검출 실험결과 1

(a) 에지영상 (b) Hough (c) 제안방법

그림 8. 선분검출 실험결과 2

(a) 에지영상 (b) Hough (c) 제안방법

그림 9. 선분검출 실험결과 3

그림 10. 선분검출 실험결과 4

선분 검출 결과이다. 그래디언트의 방향을 고려하지 않고 직선을 허프공간으로 누적하고, 후처리 작업을 통하여 선분을 구하였기 때문에 실제 원하는 선분보다 많은 선분을 검출한 것을 확인 할 수 있다. (c)는 만화영상의 원본영상을 입력으로 제안된 그래디언트 라돈변환을 이용한 선분검출의 결과를 보여준다. 동일한 그래디언트 방향에 대해서면 그래디언트 크기를 누적하는 방법을 사용하였기 때문에, 그래디언트의 방향이 다른 에지의 영향을 적게 받아, 효과적으로 선분을 검출함을 알 수 있다.

표 1은 본 논문에서 제안된 외곽 경계 사각형 검출 방법의 실험결과이다. 만화 영상을 입력하여 만화의 내용만을 포함하는 실제 외곽의 경계사각형이 검출되었는지를 확인하고, 여백 및 잡음을 포함한 외곽 경계사각형을 검출하면 오검출로 판단하였으며, 만화 영상의 특성상 외곽으로 영상의 일부분이 돌출되는 현상이 존재할 경우는 외곽의 경계사각형을 검출했다고 판단하였다.

그림 11, 그림 12, 그림 13, 그림 14는 제안된 그래디언트 라돈 변환을 이용하여 다양한 배치구조를 갖는 만화영상에서 외곽 경계사각형을 검출한 결과의

표 1. 실험결과

	검출(장)	오 검출(장)	정확도(%)
일반영상	295	5	0.9833
회전영상	293	7	0.9766
잡음영상	295	5	0.9833

(a) 일반 (b) 회전 (c) 잡음

그림 11. 외곽 경계사각형 검출 실험결과 1

(a) 일반 (b) 회전 (c) 줌

그림 12. 외곽 경계사각형 검출 실험결과 2

(a) 일반 (b) 회전 (c) 줌

그림 15. 경계선이 잘못 추출된 예

(a) 일반 (b) 회전 (c) 줌

그림 13. 외곽 경계사각형 검출 실험결과 3

(a) 일반 (b) 회전 (c) 줌

그림 14. 외곽 경계사각형 검출 실험결과 4

에이다. 4개의 모서리 부분에 여백을 가지고 있는 일반만화 영상, 회전된 만화영상, 줌이 추가된 만화영상에 대하여 정확하게 외곽 경계사각형이 검출되었다. 영상에서 빨간색은 검출된 외곽의 경계사각형을 표시하며, 파란색은 그래디언트 라돈변환에 의해 검출된 후보 선분을 보여준다. 그림 13의 일반 만화영상은 외곽에 여백을 가지고 있지 않은 영상이다. 여백이 없는 경우는 후보 선분과 영상의 외곽의 경계선 사이의 다각형 영역에 히스토그램 값이 있기 때문에 여백으로 검출되지 않기 때문에 원본영상의 테두리가 외곽 경계사각형으로 검출된다. 그림 14의 일반 만화영상은 여백이 존재 하지 않고, 내부에 영역을 나누는 사각형이 없는 만화영상을 보여준다. 경계선 검출 과정에서 일정 길이 임계값 이상인 선분을 검출하여 사용하기 때문에 내부에 큰 직선 특성이 없는 영상인 경우는 영상의 테두리가 외곽 경계사각형으로 검출된다.

그림 15는 외곽 경계사각형이 오 검출된 경우의

예이다. 외곽 경계사각형이 잘못 추출된 경우는 여백 영역에 대하여 히스토그램 값이 존재한 경우이다. 흰색 영역으로 보이지만 실제 밝기 값을 갖고 있기 때문에 여백으로 검출되지 않았다. 일반 만화영상과 회전 영상의 경우에는 만화책의 표지, 또는 중간 밝기 영역이 많이 존재하지 않는 만화 영상에서 외곽 검출에 실패 하였다. 직선 성분을 검출하지 못했을 경우와 직선을 검출 하였다더라도 기준 이하의 특성을 가졌을 경우, 기준각도를 찾지 못하여 영상의 테두리를 외곽으로 추출한 경우와, 외곽에 다른 테두리 성분이 검출될 경우 정확한 외곽을 추출하지 못하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 그래디언트 라돈변환을 이용하여 만화영상에서 직선을 효율적으로 추출하고, 후처리를 통하여 만화영상의 외곽 경계선 검출에 유용한 선분만을 추출하였으며, 후보 선분과 영상의 테두리에 의한 다각형 영역에 대한 히스토그램을 분석하여 만화영역의 내용과 여백을 구분하여 만화 영상에 대한 외곽 경계사각형을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 영상의 그래디언트의 방향을 이용하여 라돈 변환을 효율적으로 계산하였으며, 추출한 직선의 그래디언트의 방향, 크기를 기반으로 영상에 존재하는 직선의 각도, 길이, 양 끝점의 위치 등의 특징을 추출하고 직선과 직선의 이루는 다각형 영역의 히스토그램을 이용하여 여백영역을 제거하는 방법으로 외곽의 경계사각형을 검출하였다.

본 논문에서 제안된 외곽 경계사각형 검출 방법을 이용하여 만화영상의 기울기 보정 및 크기 정규화를 효율적으로 할 수 있다. 만화영상 검색 및 저작권 보호 시스템 등에 활용할 수 있다. 향후 입력영상의 밝기에 따른 정규화와 라돈공간에서의 임계값 설정 및 오검출을 줄이기 위한 연구가 필요하며, 만화영상을

기울기 및 크기를 정규화한 다음, 만화영상으로 부터의 특징추출 및 특징 기술자를 통한 비교 분석에 활용하는 방안에 대한 연구, 만화영상 내에 존재하는 작은 사각형에 대한 구조 분석 등을 통해 다양한 분야에 활용할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Yamada et al, "Mamoru Endoo, and Shinya Miyazaki. Comic Image Decomposition for Reading Comics on Cellular Phones," *IEICE transactions on information and systems*, E87-D(6): 1370-1376, June 2004.
- [2] Kenji et al, "Layout Analysis of Tree-Structured Scene Frames in Comic Images," *IJCAI*, 2885-2890, 2007.
- [3] 한은정, 장창혁, 정기철, "다층 신경망을 이용한 모바일 자동변환 시스템," 멀티미디어 학회 논문지, Vol.12, No.2, Feb. pp. 272-280, 2008.
- [4] Yasuto Ishitani, "Document layout analysis by interaction between data-driven processing and concept-driven processing," *Journal of Information Processing Society of Japan*, 42(11): 2711-2723, Nov., 2001.
- [5] Tanaka et al., "Layout analysis of scene frames in comic images," In Proceedings of The 13th International Display Workshops (IDW'06), VHFp-20, Dec. 6-8 2006.
- [6] Duda, R. O. and P. E. Hart, "Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures," *Comm. ACM*, Vol.15, pp. 11-15, Jan., 1972.
- [7] D. Ballard and C. Brown Computer Vision, Prentice-Hall, 1982.
- [8] William H. Press, "Discrete Radon transform has an exact, fast inverse and generalizes to operations other than sums along lines," *PNAS*, Vol.103, No.51, pp. 19249-19254, 2006.
- [9] Peyrin.F, Goutte.R, "Image invariant via the Radon Transform," *Image Processing and its Applications*, pp. 458-461, 7-9, Apr., 1992.
- [10] T. S. Durrani and D. Bisset, "The Radon

transform and its properties," *GEOPHYSICS*, Vol.49, No.8, pp. 1180-1187, Aug., 1984.

- [11] Vahid Kiani, et al., "Offline Signature Verification Using Local Radon Transform and Support Vector Machines," *International Journal of Image Processing(IJIP)*, Volume (3), Issue(5)

김 동 군

1989년 충남대학교 계산통계학과 학사
1991년 충남대학교 계산통계학과 석사
1996년 충남대학교 전산학과 박사
1996년~2002 서남대학교 조교수

2002년~2005년 천안공업대학 컴퓨터과 조교수
2005년~현재 공주대학교 컴퓨터공학부 부교수
관심분야: 영상처리, 컴퓨터 비전, 멀티미디어 응용

양 승 범

2009년 충남대학교 컴퓨터공학과 학사
2011년 충남대학교 컴퓨터공학과 석사
관심분야: 머신러닝, 패턴인식, 멀티미디어

황 치 정

1976년 서강대학교 수학과 졸업(학사)
1979년 서강대학교 수학과 졸업(석사)
1981년 뉴욕주립대학 수학과 졸업(석사)

1985년 코네티컷주립대학 전산과 졸업(석사)
1987년 코네티컷주립대학 전산과 졸업(박사)
1987년~1988년 코네티컷주립대학전산과조교수
1998년~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야: 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식, 그래픽스