

라돈 변환을 이용한 회전된 물체의 효과적인 보정

조보호⁰ 정성환

창원대학교 컴퓨터공학과

choboho@sarim.changwon.ac.kr, sjung@changwon.ac.kr

The Efficient Correction of Rotated Object Using Radon Transform

Bo-Ho Cho⁰, Sung-Hwan Jung

Dept. of Computer Engineering, Changwon National University

1. 서론

컴퓨터 비전 시스템은 자동 검사, 물체 인식, 물체 추적 등 많은 응용 분야에서 연구되고 활용되고 있다. 특히 선을 비롯한 코너(corner), 커브(curve)와 같은 기하학적인 요소들을 영상 내에서 찾아내는 것은 비전 분야에 있어서 기본적인 작업이라 할 수 있다. 기하학적인 요소들을 찾는 도구로 여러 가지가 있지만 그 중에 하나가 라돈 변환(Radon transform)이다. 라돈 변환은 1917년 독일의 Johann Radon에 의해 최초로 제안되었고[1], 그 이후에 컴퓨터단층촬영 기법, SAR(Synthetic Aperture Radar) 분석, 영상 검색, 영상 처리, 정보 보호 그리고 선 구조 분석 등에 널리 사용되고 있다. 특히, 선 구조 분석을 위하여 하프 변환(Hough transform)도 많이 사용되고 있으나, 실제로 하프 변환은 라돈 변환의 특수한 경우이다[2]. 라돈 변환을 이용한 선 구조 분석은 영상 내에 존재하는 직선과 코너, 커브 그리고 노이즈(noise)가 심한 영상 내에 존재하는 선 구조 등을 효과적으로 분석할 수 있다. 본 논문에서는 컴퓨터 비전 시스템의 전처리 과정으로서 회전된 물체를 효과적으로 보정하기 위하여, 라돈 변환의 문제점인 계산량과 기억용량의 증가를 개선하고, 실시간으로 회전된 물체를 보정하는 방법을 연구하고자 한다.

2. 본론

라돈 변환은 영상 내의 선 구조 분석을 위해 투영 각도와 투영 거리에 대하여 투영 영상 내에 존재하는 모든 화소 값들을 누적하기 때문에, 영상의 크기가 커짐에 따라 영상 크기에 비례하여 계산량이 증가하게 되고, 변환 결과 데이터를 저장하기 위한 기억 용량 증가의 문제점을 가지고 있다[3-4].

따라서 본 논문에서는 라돈 변환의 이러한 문제점들을 개선하고, 비전 시스템을 통하여 입력된 영상내의 회전된 물체를 효과적으로 보정하기 위하여 그림 1과 같은 방법을 제안한다.

이 과정은 크게 그림 1의 왼쪽 부분의 전처리 과정과 오른쪽 부분의 라돈변환을 통한 회전각 추출 및 보정으로 구성되어 있다. 먼저는 전처리로서 비전 시스템을 이용하여 컬러 영상을 입력받고, 컬러 영상을 NTSC(National Television Systems Committee)가 제안한 방법으로 그레이 영상으로 변환한다[5]. 변환된 그레이(gray) 영상을 그래디언트(gradient) 방법을 이용하여 에지(edge) 영상으로 변환한 후[6], 오프(Otsu) 방법을 이용하여 이진 영상을 획득한다[7]. 그리고 획득된 이진 영상에 대하여 투영을 실시하여 배경 영상이 제거된 물체 영상을 추출한 후, 추출된 물체 영상에서 효과적인 데이터 처리를 위하여 기울기(slope)를 고려하여 축소된 영상을 획득한다. 다음으로 축소된 영상을 라돈변환의 입력으로 사용하여 회전각을 추출한 후 회전된 물체를 보정한다. 그 결과, 라돈 변환의 처리 속도 향상과 기억용량 개선 그리고 물체의 기울어진 경계선과 직접적으로 관계없는 외부 정보를 배제함으로써 보다 효과적으로 기울어진 물체의 각도를 추출하여 회전된 물체를 보정할 수가 있다.

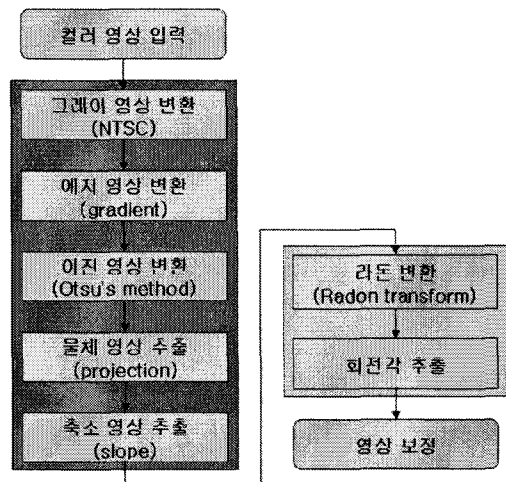


그림 1. 회전된 물체 보정 과정

3. 실험 및 결과

본 논문에서는 다양한 환경에서 획득한 컬러 영상에 대하여 선 구조 분석 도구인 라돈변환을 이용하여 영상 내의 회전된 물체를 보정하는 실험을 실시하였다. 라돈 변환의 θ 의 범위는 $0 \sim 179$ 이고, θ 의 값은 1씩 증가하는 것으로 하였다. 그림 2는 영상 내의 회전된 물체를 보정하는 전체 과정을 보여준다. 본 논문에서는 제안한 방법의 효과를 평가하기 위해 현재 대부분 사용하는 일반적인 방법과 성능을 비교하였다. 일반적인 방법의 영상으로는 비전 시스템을 통하여 입력된 컬러 영상을 이진 영상으로 변환한 물체 영상을 사용하였고, 제안한 방법의 경우는 기울기를 고려하여 추출한 축소된 입력 영상을 이용하였다. 이 두 방법의 영상에 대한 라돈 변환의 결과는 다음과 같다.

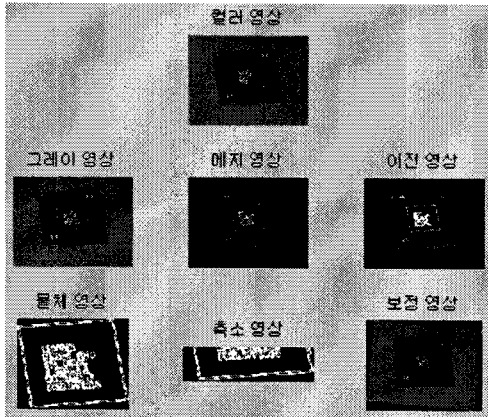


그림 2. 회전된 물체 보정 예

두 방법의 영상에 대한 라돈 변환의 처리 시간은 제안 방법(0.08 sec.)이 일반 방법(0.22 sec.) 보다 약 64% 개선되었고, 두 입력 영상에 대하여 라돈 변환을 할 때 처리된 결과를 저장하기 위해 필요한 기억 용량은 제안한 방법(6498 byte)이 일반 방법(7960 byte)보다 약 18% 개선할 수 있었다. 그리고 영상 내의 기울어진 선 검출율은 제안한 방법(95%)이 일반 방법(77%)보다 약 18% 향상되었다.

본 실험은 Microsoft Windows XP, Core2 CPU, 1.86 GHz, 1G RAM에서 다양한 환경의 회전된 88개의 컬러 영상을 대상으로 실험을 실시하였다.

4. 결론

본 논문에서는 컴퓨터 비전 시스템을 통하여 입력된 영상 내의 회전된 물체를 라돈 변환의 선 구조 분석을 이용하여 보정하는 연구를 하였다. 라돈 변환은 선 구조 분석의 훌륭한 도구이지만, 입력되는 영상의 크기($N \times N$)와 입력 영상에 대한 투영 회전각의 수(M)에 따라 N^2M 의 계산이 필요하고, 라돈 변환의 결과를 저장하기 위한 기억용량의 문제를 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 라돈 변환의 이러한 문제를 해결하고, 보다 정확하고 효과적으로 회전된 물체의 회전각을 추출하기 위하여 보정하기 위한 연구를 하였다. 라돈 변환의 입력 영상을 전처리 과정을 통하여 간소화함으로써 처리속도와 기억 용량을 개선할 수 있었고, 회전각을 효과적으로 추출하여 회전된 물체를 보정할 수 있었다. 실험 결과, 제안한 방법은 약 64%의 속도 개선과 약 18%의 기억 용량을 개선하였고, 약 18%의 선 검출율을 향상을 이룰 수 있었다.

참고 문헌

- [1] J. Radon, "Über die Bestimmung von Funktionen durch ihre Integralwerte längs gewisser Mannigfaltigkeiten," Berichte Sächsische Akademie der Wissenschaften, Leipzig, Mathematisch-Physikalische Klasse, Vol. 69, pp. 262-277, 1917.
- [2] Nguyen Dinh Thuc and Duong Anh Duc, "The Hough Transform-A Radon-Like Transform," International Conference on Electronics, Information, and Communications, pp. 274-275, 2004.
- [3] 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.
- [4] Cris L. Luengo Hendriks *et al.*, "The generalized Radon transform: Sampling, accuracy and memory considerations," Pattern Recognition, Vol. 38, No. 12, pp. 2494-2505, 2005.
- [5] John A. Martiney, Uriel Rodriguez, and Michael Nechyba, "An automated implementation of beam lets to classify frames of triggered lightning," FCRAR 2003, pp. 1-6, 2003.
- [6] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1992.
- [7] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram," IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics SMC-9, pp. 62-66, 1979.