

Scale Space에서 리지 검출을 통한 스크래치 검출

*국중갑 **안재현 ***조남익

서울대학교 전기컴퓨터 공학부

*jg-kuk@ispl.snu.ac.kr

Scratch Detection Based on Ridge Extraction in Scale Space

*Kuk, Jung-Gap **Ahn, Jae-Hyun ***Cho, Nam-Ik

Department of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University

요약

오래된 영상에는 여러 가지 물리적 요인에 의하여 스크래치가 발생하고 이 스크래치는 화질의 열화를 야기한다. 이러한 스크래치는 다양한 길이, 다양한 너비로 발생하므로, 이를 반영하기 위하여 본 논문에서는 스크래치를 리지로 간주하고 scale space에서 리지를 검출한다. 검출된 리지는 영상의 화질이 좋지 않아 조각난 채로 검출되므로 본 논문에서는 검출된 리지를 수직 방향으로 그룹핑하여 최종적으로 스크래치를 검출한다.

1. 서론

스크래치는 영사기의 작동 시 먼지 등이 필름에 영향을 주어 발생하는 것으로 그림 1에서 보이는 바와 같이 영상에 가늘고 긴 선의 형태로 나타난다. 이러한 스크래치는 매 프레임마다 다른 위치에서 다른 너비로 발생하므로 자동으로 검출 및 제거될 필요가 있다.

스크래치는 일반적으로 다양한 길이, 다양한 너비의 수직방향으로 위치한 선으로 표현된다. 이러한 특성을 이용하여 대부분의 기존 방법들에서는 영상을 수직방향으로 투영시켜 일차원 신호로 바꾼 후 그 일차원 신호를 분석하여 스크래치를 검출한다. [1,2]에서는 수직방향의 평균을 구하여 일차원 신호를, [3]에서는 수직방향으로 픽셀값들의 분산을 구하여 일차원 신호를 형성한다. [4,5]에서는 영상을 웨이블릿 변환을 수행한 후 계수들의 평균을 구하여 일차원 신호를 만든다. 일반적으로 이러한 방법들은 스크래치의 수평 방향의 위치만을 찾을 뿐 실제 스크래치가 위치한 이차원적 위치는 찾지 못한다. 이를 극복하기 위하여 [6]에서는 영상을 수평방향의 여러 밴드로 나누어 각각의 밴드에서 스크래치를 구하지만, 스크래치의 길이를 미리 알 수 없으므로 밴드의 높이를 정하는데 한계가 있다.

본 논문에서는 스크래치의 이차원적 위치를 정확히 찾기 위하여 리지 검출기를 이용한다. 리지는 주변보다 밝거나 주변보다 어두운 선의 특성을 가지는 특징점을 의미하고, 이러한 리지를 검출하게 되면 스크래치를 검출할 수 있다. 이 때 스크래치 너비에 상관없이 리지를 검출하기 위하여 scale space를 고려한다. 스크래치는 수직방향으로 분포하므로 검출된 리지들 중 수직방향으로 위치한 리지만을 다시 검출한 후, 이러한 리지들이 적당히 길게 분포한 경우, 이들을 묶어 스크래치라 간주한다.

2. 제안하는 방법

가. scale space에서 리지 검출



그림 1 스크래치 영상

스크래치는 다양한 너비로 존재하므로 scale space에서 검출할 필요가 있다. 이를 위해 먼저 원 신호 $I(x, y)$ 를 표준편차가 t 인 가우시안 함수와 컨볼루션하여 3차원 이미지 피라미드 $L(x, y, t)$ 를 구성한다. 그리고 모든 3차원 포인트 (x, y, t) 에 대하여 다음과 같이 r 정규화된 리지의 세기를 구한다 [7].

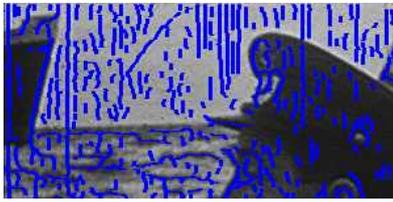
$$M(x, y, t) = t^{2r} (\lambda_1(x, y, t) - \lambda_2(x, y, t))^2 \quad (1)$$

이 식에서 $\lambda_1(x, y, t)$ 과 $\lambda_2(x, y, t)$ 는 각각 $L(x, y, t)$ 의 헤시안 매트릭스의 eigen value를 뜻한다. 이 때 $\lambda_1(x, y, t) > \lambda_2(x, y, t)$ 이다. 그리고 t 방향으로 리지의 세기가 지역적으로 최대가 되는 점을 찾으면 리지의 3차원 위치가 검출된다.

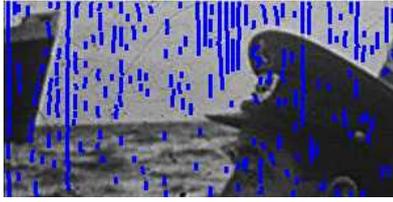
그러나 위와 같은 방법으로 하면 그림 2(a)와 같이 수직으로 분포하지 않은 리지들까지도 검출되므로 본 논문에서는 수직으로 분포한 것만 찾을 수 있도록 식 (1)에서 정의된 리지 세기를 다음과 같이 수정한다.

$$M_s = t^{2r} e^{-(\mathbf{v}_2 \cdot \mathbf{e})/\sigma^2} (\lambda_1(x, y, t) - \lambda_2(x, y, t))^2 \quad (2)$$

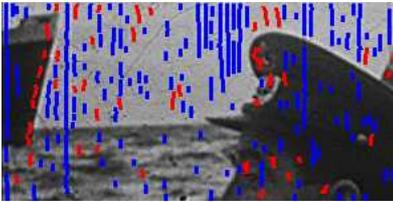
이 식에서 \mathbf{v}_2 는 λ_2 에 해당하는 eigen 벡터이고 $\mathbf{e} = (0, 1)$ 이다. 추가한 가중치 $e^{-(\mathbf{v}_2 \cdot \mathbf{e})/\sigma^2}$ 는 리지의 방향이 수직인 경우 1에 가깝고 수평인 경우 0에 가깝게 되므로 수직으로 분포하지 않은 곳에서 검출된 리지의 세기를 줄일 수 있다. 그림 2(a)에서 보이는 바와 같이 제안하는 방법을 이용하면 거의 수직으로 되어있는 리지들만 검출됨을 알 수 있다.



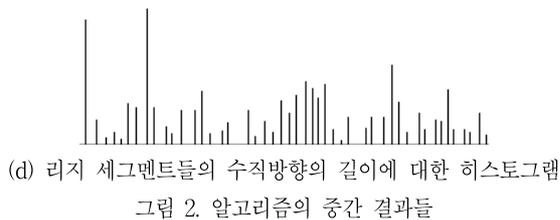
(a) 기존의 리지 세기를 이용한 결과



(b) 제안하는 리지세기를 이용한 결과



(c) 수직으로 표현되지 않은 CC 제거 결과



(d) 리지 세그먼트들의 수직방향의 길이에 대한 히스토그램
그림 2. 알고리즘의 중간 결과들

나. 리지 그룹핑을 통한 스크래치 검출

Scale space에서 검출된 리지들로부터 최종적으로 스크래치를 검출하기 위하여 먼저 connected component (CC) 분석을 하여 리지들을 연결하여 세그먼트를 구한다. 비록 식 (2)에서 이미 수직으로 분포하지 않는 리지들이 어느정도 제거되지만 세그먼트 단위로 한번 더 그 방향을 분석하여 그 방향이 수직으로 분포하지 않는 경우 다시 한번 제거한다. 이 방향성은 각 CC내의 리지들의 방향 (v_2)의 평균으로 구하고, 그 값을 문턱치와 비교함으로써 제거한다. 그림 2 (c)에서 빨간색으로 표시된 리지 세그먼트들이 이 단계에서 제거된다.

최종적으로 남은 리지 세그먼트들로부터 스크래치를 검출하기 위하여 수직 방향으로 같은 위치에 있는 리지 세그먼트들의 길이를 더하여 그림 2 (d)와 같이 히스토그램을 구하고 그 히스토그램에서 큰 순서로 N 개의 위치를 선택한다. 이는 스크래치가 세로 방향으로 길게 분포한다는 가정에 기반한다.

3. 실험 결과 및 결론

비교를 위하여 sit-down 영상에 제안하는 방법을 적용하고 [6]에서 제안된 방법과 비교 한다. 그 결과는 그림 3과 같다. 그림 3(a)는 기존 방법의 결과이고 그림 3(b)는 제안하는 방법의 결과인데, 그림 3(a)의 빨간색으로 구분된 박스 안의 결과를 보면 기존의 방법에서는 스크래치의 이차원적 위치를 잘 찾지 못함을 알 수 있다. 왜냐하면 밴드안에 존재하는 스크래치가 충분히 길지 않기 때문이다. 그러나 그 길이를 미

리 알고 밴드를 나눌 수 없으므로 기존의 방법은 이에 한계를 지닌다. 반면 제안하는 방법은 그림 3(b)에서 보이는 바와 같이 리지의 위치를 정확히 검출함을 알 수 있다. 그리고 그림 3(a)와 그림 3(b)에서 녹색 부분은 잘못 검출된 스크래치를 나타내고, 이렇게 스크래치가 잘못 검출된 이유는 빗줄이나 사람으로부터 수직 방향의 리지가 검출되었기 때문이다. 이러한 경우는 사용자의 개입을 허용함으로써 해결가능하다.

감사의 글

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2010년도 콘텐츠 산업기술지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] V. Bruni and D. Vitulano, "A generalized model for scratch detection," *Image Processing*, IEEE Transactions on, vol. 13, no. 1, pp. 44-50, Jan. 2004.

[2] A. C. Kokaram, "Detection and removal of line scratches in degraded motion picture sequences," in *Proc. Signal Processing VIII*, vol. 1, Sept 1996, pp. 5-8.

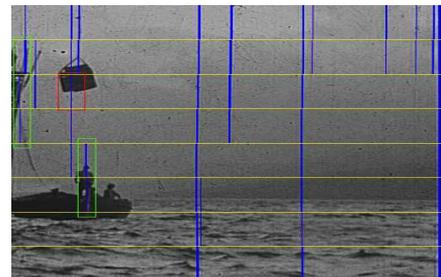
[3] D. Tegolo and F. Isgro, "A genetic algorithm for scratch removal in static images," in *International Conference on Image Analysis and Processing*, Sep 2001, pp. 507-511.

[4] J. Xu, J. Guan, X. Wang, J. Sun, G. Zhai, and Z. Li, "An owe-based algorithm for line scratches restoration in old movies," in *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, May 2007, pp. 3431-3434.

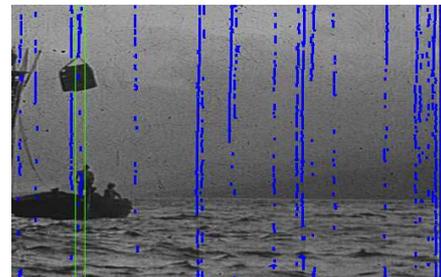
[5] V. Bruni, D. Vitulano, and A. Kokaram, "Fast removal of line scratches in old movies," in *International Conference on Pattern Recognition*, vol. 4, Aug. 2004, pp. 827-830.

[6] Y.-T. Kao, T. Shih, H.-Y. Zhong, B. Tsai, and W.-J. Tsai, "Defects detection on aged films," in *IEEE Conference on Signal-Image Technologies and Internet-Based System*, Dec. 2007, pp. 636-641.

[7] T. Lindeberg, "Edge detection and ridge detection with automatic scale selection," in *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Jun 1996, pp. 465-470.



(a) 기존의 방법 결과



(b) 제안하는 방법의 결과

그림 3. 실험 결과