

신경망을 이용한 오래된 필름에서의 스크래치 검출

김경태, 김은이

건국대학교 인터넷미디어공학부 (시각정보처리연구실)

{kkt1341, eykim}@konkuk.ac.kr

Film line scratch detection using neural networks

Kyung-tai Kim, Eun-yi Kim

Visual information processing Lab, Dept. of Internet and Media Eng. Konkuk University

요 약

스크래치는 오래된 필름에서 가장 많이 나타나는 손상 요인이다. 고화질의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 이러한 스크래치들은 반드시 검출 및 복원되어야 한다. 이러한 중요성 때문에 지금까지 많은 복원 알고리즘이 개발되어 왔으나, 스크래치 영역의 자동검출에 대한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다. 따라서 본 논문에서는 자동으로 스크래치영역을 추출할 수 있는 신경망 기반의 검출 방법을 제안한다. 다층 퍼셉트론 (multi-layer perceptron: MLP)을 이용하여 스크래치영역과 비 스크래치영역을 구분하는데, 이 MLP는 다양한 크기의 스크래치를 검출하기 위해 다양한 크기의 입력 영상에 대해 적용된다. 제안된 방법의 평가를 위해 principal/ secondary 스크래치, alone/not-alone 스크래치, moving/static 스크래치등의 다양한 종류의 스크래치를 가진 영상에 대해 실험이 이루어졌고, 그 결과 제안된 방법의 강건함과 효율성을 입증되었다

1. 서론

필름 복원은 최근 많은 사람들로 부터 관심을 받고 있는 연구 분야이다. 고화질의 멀티미디어 서비스의 공급을 지원하기 위해서는 오래된 필름상에서의 먼지와 스크래치 및 flick 에 의해 손상된 영역의 복원이 반드시 선행되어야 한다.

많은 손상 요인 중 가장 많은 영향을 끼치는 것은 스크래치이다. 오래된 영화에는 다양한 스크래치들이 포함되어 있는데 이들은 길이, 움직임 및 주변과의 관계에 따라 다음과 같이 분류될 수 있다.

표 1. 스크래치의 종류

스크래치의 종류	설 명
Static scratches	연속한 프레임에서 같은 위치에 나타난다.
Moving scratches	프레임에 따라 위치가 바뀐다.
Principal scratches	프레임의 높이의 95%이상을 차지한다.
Secondary scratches	Principal scratches 제외한 그 외 것들
Alone scratch	주변에 다른 스크래치들이 존재하지 않으며, 항상 단독으로 나타난다.
Not-alone scratch	인접한 영역의 다른 스크래치들과 함께 나타난다.

이러한 스크래치들은 주변에 비해 밝거나 어두운 명암을 가진 직선으로 육안으로 쉽게 구별 될 수 있다. 그림 1은 스크래치의 예를 보여준다. 그림 1(a)와 1(b)는 각각 'not-alone scratch'와 'negative' 스크래치를 포함하고 있다.

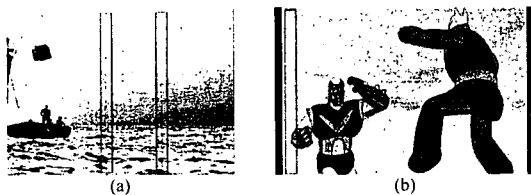


그림 1. scratch 의 예: (a) not-alone scratch, (b) negative scratch

현재까지 스크래치 복원에 대한 많은 연구가 진행되어 왔지만 상대적으로 스크래치의 자동 검출에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

지금까지 개발된 대부분의 방법들은 static/alone/principal 스크래치의 검출에만 제한되어 사용될 수 있으며, 표 1에서 기술된 모든 종류의 스크래치를 검출하는 적용하기에는 제약이 있다. 영상 내 스크래치의 자동 복원을 지원하기 위해서는 오래된 필름에서 생기는 모든 스크래치들이 반드시 검출되어야만 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문은 신경망 기반으로 오래된 필름에서 스크래치를 검출하는 방법을 제안한다. 그림 2는 제안된 스크래치 검출 시스템을 보여준다. 그림에서 보듯이 입력영상은 다양한 해상도로 변화된다. 각각의 입력 영상에 대해서 신경망을 이용하여 영상의 각 화소를 스크래치 클래스와 비스크래치 클래스로 구분한다. 분류된 결과는 스크래치는 1로 비스크래치는 0인 이진영상으로 나타난다. 분류된 이진 영상은 스크래치의 특성에 기반한 후처리 과정을 거친 후 최종적으로 스크래치 영역으로 구분된다

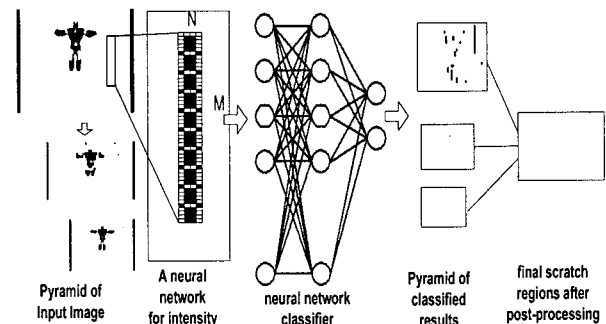


그림 2. 제안된 스크래치 검출 시스템

2. 신경망 기반의 텍스처 분류기

제한한 방법에서는 입력 영상을 스크래치 영역과 비스크래치 영역으로 구분하기 위한 텍스처 분류기로 신경망을 사용한다. 분류된 결과는 스크래치 화소는 흰색으로, 비스크래치 화소는 검은색으로 하는 이진 영상이다. 신경망 기반의 텍스처 분류기를 설계하기 위해 우선 스크래치의 특성을 분석하였으며, 그 결과 일반적으로 스크래치는 다음의 특성을 가진다.

- (1) 스크래치는 주변의 화소보다 밝거나 어두운 명암을 가진다.
- (2) 스크래치는 수직의 직선이다.
- (3) 스크래치는 시간적 연속성 때문에, 연속된 프레임상에서 나타난다.

이러한 특성들은 스크래치와 비스크래치의 구분을 쉽게 도와준다. 제안된 시스템은 (1)과 (2)의 특성만을 이용하여 신경망 기반의 분류기를 개발하였다.

2.1 신경망 구조

신경망은 영상의 밝기정보를 이용하여 스크래치 화소를 추출한다. 본 논문에서는 스크래치 화소는 스크래치 클래스로 그 외에 모든 화소는 비스크래치 클래스로 분류하였다. 그림 2는 신경망 기반의 분류기를 보여준다.

신경망은 입력층은 L_0 개의 노드, 은닉층은 L_1 개의 노드 그리고 출력층은 2 개의 노드로 구성된다. 인접한 층은 완전 연결 되어있다. 은닉층은 특징 추출기로 사용되고 출력층은 화소를 스크래치와 비스크래치로 분류하는데 사용된다.

입력층에서는 입력 값으로 미리 정해진 $N \times M$ 사이즈의 윈도우 내에 있는 화소의 밝기값을 사용한다. 신경망은 역전파 알고리즘을 이용하여 학습되었다.

2.2 분류

신경망은 스크래치의 텍스처 특성을 분석함으로써 스크래치와 비스크래치의 클래스로 영상의 화소를 분류하는 필터처럼 사용되었다.

학습과정 동안 정의된 패턴은 신경망 네트워크의 가중치를 학습하기 위해, 각 패턴은 화소의 실제 클래스를 통해, 화소와 그 주변의 밝기값으로 구성되었다. 클래스는 0 과 1 사이의 값을 가지는 2 개의 실수의 벡터로 표현된다. 첫 번째 값이 두 번째의 값보다 크면 스크래치 클래스 이고 적으면 비스크래치 클래스이다. 패턴은 입력층으로부터 공급되었고 출력노드의 활성화된 값은 화소의 클래스를 결정하는데 사용되었다.

출력 노드 중에 더 높은 값을 가진 클래스가 입력된 $N \times M$ 윈도우 내의 가운데 화소에 클래스로 주어진다. 이 결과는 부여된 실제 클래스와 비교된다. 만약 클래스가 실제클래스로부터 다르게 분류되어 보고 된다면 오류의 결과로 간주된다. 가중치는 최종적으로 오류 값이 최소화된다.

실험을 위해 입력영상으로부터 패턴이 결정된 것은 신경망 네트워크를 통해 보내진다. Feed-forward 패턴이 네트워크를 지난 후에 두 개의 출력 값은 각각 다르게 비교되고 화소의 클래스가 결정된다. 클래스를 잘못 분류한 화소는 후처리 과정을 통해 변경된다.

분류 결과는 스크래치는 검은색으로 비스크래치는 흰색으로 분류된 이진 영상이다. 그림 3은 분류된 결과의 예를 보여준다.

오류 검출을 위해, DB의 각 이미지의 모든 화소에 실제 클래스를 수동으로 모든 스크래치에 기술하였다. 분류 오류들은 각 화소로부터 대응하는 실제 기술된 클래스와 신경망의 출력 값을 비교하여 자동적으로 계산되었다. 분류 오류의 값은 모든 픽셀로부터 잘못 구별한 비율이다.

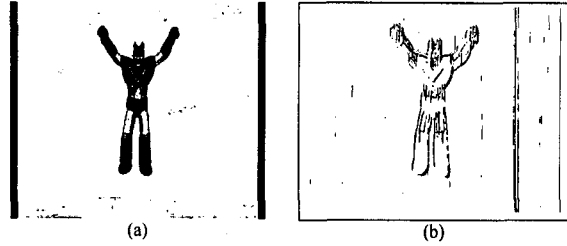


그림 3. 스크래치 분류의 예:(a) 입력이미지 (b) 분류된 이미지

3. 후처리

신경망은 각 이미지 화소의 분류를 지역적인 윈도우기반으로 수행하기 때문에 출력의 후처리 작업이 필요하다. 후처리를 위해서 분류된 이진영상에 연결성분 분석과정을 수행한다. 스크래치 영역의 길이와 방향성을 이용하여 분류된 이미지를 필터링한다.

이를 위해 아래의 3 가지 휴리스틱 정보를 이용한다.

- (1) 3×3 윈도우 내의 주변 화소중 스크래치로 분류된 화소의 수가 임계치보다 적은 경우, 그 화소는 비스크래치로 필터링 된다.
- (2) 스크래치 영역의 높이 \geq 이미지의 높이 $\times 0.1$
- (3) 스크래치 영역의 orientation 이 수직이어야만 한다.

위에 기술된 특징을 위반하는 영역은 더 이상 스크래치로 간주하지 않았다. 그림 4는 그림 3의 후처리 결과를 보여준다.

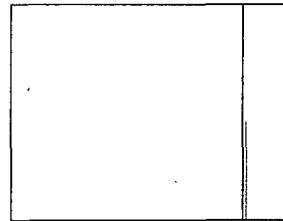


그림 4. 후처리의 예

4. 실험결과

제안된 스크래치 검출 방법은 오래된 필름 및 애니메이션에 적용 되었다. 영화는 "knight," "star," "Sit-down"이 선정되고, 애니메이션은 "태권 V"가 사용되었다. 이 영상들은 다양한 스크래치들을 가지고 있다.

실험을 위해 스크래치를 가진 영상들 중 100 개를 수동으로 선택하였다. 이 장면 중 50 개는 학습을 위해 이용하고, 나머지 50 개는 테스트 영상으로 사용하였다. 각 장면에서 스크래치 영역은 사각형으로 표시된다. 이것은 분류기의 출력과 실제 클래스를 비교하기 위한 ground truth로 사용된다.

신경망의 구조는 실험에 의해서 75 개의 입력노드와 18 개의 은닉노드 그리고 2 개의 출력노드를 가지도록 설계되었다. 5×15 윈도우 안에 있는 1 개의 중앙 화소와 74 개의 주변 화소들의 밝기값으로 구성된 패턴이 입력 된다.

그림 5, 6, 7은 스크래치 검출 결과를 보여준다. 그림 5는 'negative' 스크래치를 포함하고 있는 영상에 대한 실험 결과이다. 그림 5는 하나의 static scratch와 여러 개의 secondary scratch를 포함하고 있다. 그림 5 (a)는 입력된 원 영상을 보여주고, 이에 대응하는 검출결과가 그림 5(b)에 나타난다. 이 실험결과는 제안된 방법이 스크래치의 길이에 상관없이 static scratch와

secondary scratch 를 모두 자동적으로 정확히 검출 할 수 있음을 보여준다.

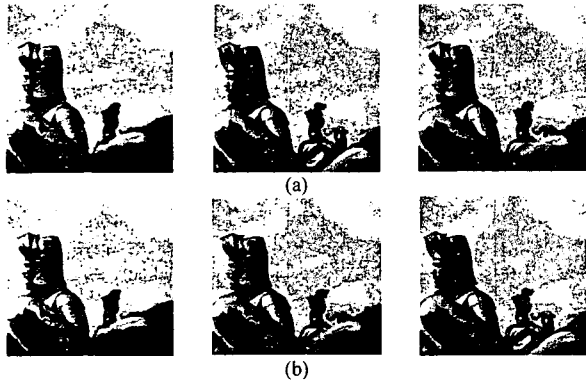


그림 5. "knight" 영상에서 스크래치검출의 예:(a) 입력된 원래의 영상들 (b) 스크래치 영역 검출 결과

그림 6 은 오래된 영화 "star"에 대한 스크래치 검출 결과를 보여준다. 이 영화에는 secondary scratch 들이 많이 포함되어 있다. 그림 6(a)는 not-alone 이고 secondary scratch 를 포함하고 있으며, 이에 대한 신경망의 분류결과가 그림 6(b)에 보인다. 그리고 후처리 과정을 거쳐 추출된 최종적인 스크래치 영역들이 그림 6(c)에 나타난다. 영상에 포함된 Alone 이고 principal scratch 만을 검출할 수 있었던 이전의 방법과는 달리 제안된 방법은 not-alone scratch 와 secondary scratch 를 모두 정확하게 스크래치 검출을 할 수 있었다.

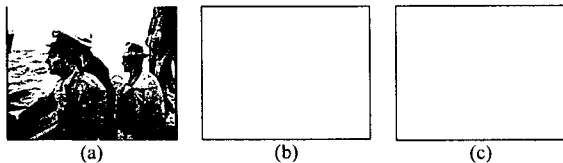


그림 6. "star"영상에서 스크래치검출의 예:(a)입력영상 (b)신경망으로 분류된 이미지 (c) 후처리 결과

그림 7 은 영화 "sit down"에 대한 실험 결과를 보여준다. 이 영상에는 한 장면에 여러 개의 secondary 와 principal 스크래치를 가지고 있다. 특히 이 영화필름은 손상이 심하고 다른 요인에 의해 손상된 영역도 많이 포함하고 있다. 그림 7(a)는 not-alone 이며 secondary 인 스크래치를 포함하고 있는 원래의 영상을 보여주고, 그림 7(b)는 신경망으로 분류한 결과를 보여준다. 마지막으로 후처리를 통해 스크래치영역으로 분류된 최종 결과가 그림 7(c)에 보인다. 결과에서 보이듯이 제안된 방법은 영상에 포함된 몇 개의 스크래치를 검출하는데 실패하였다. 이는 실제 스크래치와 주변 배경간에 낮은 대비와 원 영상의 낮은 해상도 때문이다.

다양한 영상에 대해 실험한 결과 제안된 방법은 모든 스크래치를 자동적으로 검출하는데 효율성을 가진다는 것이 입증되었다.

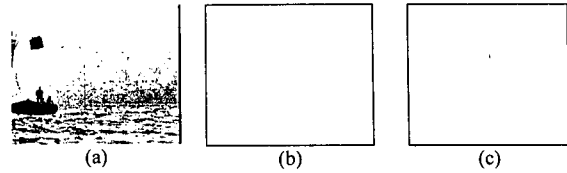


그림 7. "Sit-down"영상에서 스크래치검출의 예:(a)입력영상 (b)신경망으로 분류된 이미지 (c) 후처리 결과

6. 결론

신경망을 이용하여 오래된 필름으로부터 자동으로 스크래치를 검출하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법의 주된 장점은 alone 이며 principal 인 스크래치를 검출할 수 있을 뿐만 아니라, not-alone 이며 secondary 인 스크래치의 검출에도 성공적으로 적용될 수 있다는 것이다. 더욱이 제안된 방법은 연속한 이웃 프레임의 정보, 즉 시간적 정보를 사용하지 않고, 현재 프레임에 포함된 공간 정보만을 이용하여 스크래치를 정확히 검출할 수 있기 때문에 연산 시간을 줄일 수 있다는 장점을 가진다.

다양한 영상에 실험한 결과는 제안된 방법이 상업적으로 사용되기에는 아직까지 몇 가지 한계점을 가지고 있음을 보였다. 이는 낮은 해상도와 스크래치와 주변 영역의 낮은 대비로 인해 발생한 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 향후에는 낮은 해상도로 입력된 영상의 고해상도 영상으로의 변환하는 연구결과와 통합하는 과정에 대해서 연구 중 이다.

참고 문헌

- [1] Schallauer, P., Pinz, A. and Hass, W.: Automatic restoration algorithms for 35mm film. VIDERE: J. Comput. Vis. Res., vol. 1, No. 3, (1999)
- [2] Joyeux, L., Boukir, S. and Besserer, B.: Film line scratch removal using kalman filtering and Bayesian restoration. WACV2000, Palm Springs, CA, Dec. (2000)
- [3] Bruni, V. and Vitulano, D.: A generalized model for scratch detection. IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 13, No. 1 (2004) 44-49
- [4] Joyeux, L. et al.: Film line scratch removal using Kalman filtering and Bayesian restoration. IEEE Workshop on the Application of Computer Vision. (2000)
- [5] Tegolo, D. and Isgro, F.: Scratch detection and removal from static images using simple statistics and genetic algorithms. IEEE ICIP' 2001. (2001) 265-268
- [6] Maddalena, L.: Efficient methods for scratch removal in image sequences. IEEE ICIP' 2001, (2001) 547-552
- [7] Kokaram, A. C.: Detection and removal of line scratches in degraded motion picture sequences. Signal Processing, Vol. 1. (1996) 5-8
- [8] Kokaram, A. C.: Motion Picture Restoration: Digital Algorithms for Artifact Suppression in Degraded Motion Picture Film and Video. Springer-Verlag. (1998)