

## 신경망과 모폴로지 필터를 이용한 스크래치 검출

김경태, 김은이

건국대학교 인터넷미디어공학부 (시각정보처리연구실)  
{kkt1341,key}@konkuk.ac.kr

### Film Line Scratch Detection using Neural Network and Morphological Filter

Kyung-tai Kim, Eun yi Kim

Dept. of Internet and Multimedia Eng., Konkuk Univ. Visual information processing Lab.

#### 요 약

본 논문에서는 스크래치 텍스처 및 형태특성을 이용하여 모든 종류의 스크래치를 자동으로 검출할 수 있는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 텍스처 분류 단계와 형태 필터링 단계를 구성된다. 텍스처분류단계에서는 스크래치의 텍스처 정보를 이용하여 입력영상의 각 화소를 스크래치와 비스크래치 영역으로 분류한다. 이때 분류기로 신경망을 사용한다. 형태필터링단계에서는 스크래치의 형태정보에 기반하여 설계된 원소구조를 사용하는 모폴로지 필터를 사용하여 잘못된 분류된 스크래치 영역을 제거한다.

제안된 방법의 평가를 위해 다양한 종류의 스크래치를 가진 영화 및 애니메이션 데이터에 대해 실험이 이루어졌고, 그 결과 제안된 방법의 강건함과 효율성이 입증되었다.

#### 1. 서 론

필름 복원은 최근 많은 사람들로 부터 관심을 받고 있는 연구 분야이다 [1,2]. 고품질의 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해서는 먼저 오래된 필름에서 먼지와 스크래치 및 flick에 의해 손상된 영역이 복원되어야 한다.

많은 손상 요인 중 가장 빈번하게 나타나는 손상이인 스크래치이다. 스크래치는 필름을 영상화 하거나 복사하는 과정에서 필름이 벗겨짐으로써 발생하는 손상이인이다. 오래된 영화에는 다양한 스크래치들이 포함되어 있는데 이들은 길이, 움직임 및 주변과의 관계에 따라 다음과 같이 분류될 수 있다.

표 1. 스크래치의 종류

스크래치의 종류	설명
<i>Static scratch</i>	연속한 프레임에서 같은 위치에 나타난다.
<i>Moving scratch</i>	프레임에 따라 위치가 바뀐다.
<i>Principal scratch</i>	프레임의 높이의 95% 이상을 차지한다.
<i>Secondary scratch</i>	Principal scratches 제외한 그 외 것들
<i>Alone scratch</i>	항상 단독으로 나타난다.
<i>Not-alone scratch</i>	인접한 영역의 다른 스크래치들과 함께 나타난다.
<i>Positive scratch</i>	스크래치 화소가 주변보다 밝게 나타난다.
<i>Negative scratch</i>	스크래치 화소가 주변보다 어둡게 나타난다.

이러한 스크래치들은 주변에 비해 밝거나 어두운 명암을 가진 직선으로 육안으로 쉽게 구별 될 수 있다.

현재까지 스크래치 복원에 대한 많은 연구가 진행되어 왔지만 상대적으로 스크래치의 자동 검출에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다 [3-7]. 지금까지 개발된 대부분의 방법들은 특히 static/alone/ principal 스크래치의 검출에만 제한되어 사용될 수 있으며, 표 1에 기술된 모든 종류의 스크래치를 검출을 하는 데 제약이 있다. 영상 내 스크래치의 자동 복원을 지원하기 위해

서는 오래된 필름에서 생기는 모든 스크래치들은 반드시 검출해야 한다.

기존 방법의 한계점을 극복하기 위해서 본 논문에서는 스크래치의 텍스처와 형태 정보를 이용하는 스크래치 검출방법을 제안한다. 제안한 방법은 텍스처 분류 단계와 형태 필터링 단계를 구성된다. 텍스처분류단계에서는 스크래치의 텍스처 정보를 이용하여 스크래치와 비스크래치 영역으로 분류한다. 이때 분류기로 신경망을 사용한다. 형태필터링단계에서는 스크래치의 형태 정보에 기반하여 설계된 원소구조를 사용하는 모폴로지 필터를 사용하여 잘못된 분류된 스크래치 영역을 제거한다.

#### 2. 제안된 시스템의 개요

본 논문에서는 모든 종류의 스크래치를 자동으로 검출하기 위해 신경망기반의 텍스처 분류기와 모폴로지 필터링을 이용한다. 일반적인 스크래치 특성의 다음과 같다.

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

즉, 특징(1)은 스크래치의 텍스처적인 특성을 나타내며 특징(2)는 형태적인 정보를 나타내고, 특징(3)은 시간적 정보를 나타낸다.

제안된 시스템은 이러한 3가지 특성 중 스크래치의 영역의 텍스처 정보와 형태 정보의 특징에 기반하여 설계되었다. 따라서 그림 1와 같이 텍스처분류 단계와 형태필터링 두단계로 구성된다. 텍스처분류 단계에서는 입력 영상의 각 픽셀을 신경망 기반

에 텍스처 분류기를 이용하여 스크래치와 비스크래치로의 영역으로 분류한다. 이때 연산시간을 줄이기 위해 에지 영역만을 신경망에 의해 처리된다. 형태필터링 단계에서는 스크래치의 형태 정보에 기반하여 만든 원소구조로 이진영상에서 잘못 분류된 스크래치 영역을 모폴로지 필터링 한다. 마지막으로 연결성분 분석하여 최종적으로 분류한다.

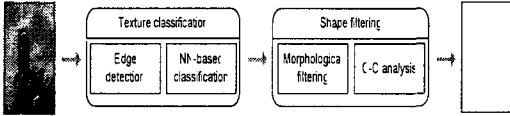


그림 1. 제안된 방법의 구조

### 3. 텍스처 분류

제안한 방법에서는 입력 영상을 스크래치 영역과 비스크래치 영역으로 구분하기 위한 텍스처 분류기로 신경망을 사용한다.

#### 3.1 Edge 검출

스크래치와 비스크래치로 분류하기 위해서 본 논문에서는 텍스처 분류기를 사용하는데, 이 분류기를 전체 영상에 적용하는 것은 많은 연산시간을 필요로 한다. 이러한 계산시간의 낭비를 줄이기 위해서 에지부분의 화소에 대해서만 텍스처 분류기를 적용한다. 이는 일반적으로 스크래치 화소는 주변에 화소보다 밝거나 어두운 특성을 가지고 있다는 사실에 근거한 것이다. 그림 2는 원래 입력영상에 대한 에지영상을 보여준다.

그림 2(a)는 원래 영상을 보여주며, 그림 2(b)는 추출된 에지를 보여준다. 그림 2(c)는 그림 2(b)에 평행 연산을 적용한 결과이다. 그림 2(b)에는 스크래치 외에도 많은 가장자리 및 윤곽선 정보를 포함하고 있다. 이러한 에지 영상에서 실제 스크래치 부분과 비 스크래치 부분을 분류하기 위해서 텍스처 분류기에 적용하기로 한다.

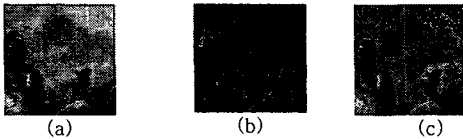


그림 2. (a)입력 영상, (b) edge 검출, (c)분류기의 입력 데이터

#### 3.2 신경망기반의 텍스처 분류

신경망은 스크래치의 텍스처 특성을 분석함으로써 스크래치와 비스크래치의 클래스로 영상의 화소를 분류하게 된다. 신경망은 전처리 과정에서 에지 화소로 판별된 화소를 찾을 때까지 입력영상을 스캔한다. 에지로 분류된 화소를 만나면, 그 화소를 센터로 한 M×N 윈도우상에 있는 인접한 화소들을 신경망에 입력 받는다. 그림 3은 신경망을 기반으로 한 텍스처 분류기를 보여준다.

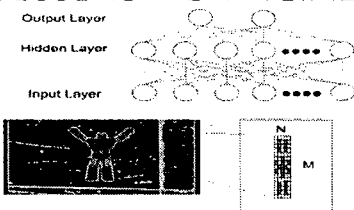


그림 3. 텍스처 분류기의 신경망구조

신경망은 입력 층은 L0 개의 노드, 은닉 층은 L1 개의 노드 그리고 출력 층은 2개의 노드로 구성된다.

출력노드는 0과 1사이의 값을 가지는 2개의 실수의 벡터로 표현된다. 첫 번째 노드 값이 두 번째의 노드 값보다 크면 윈도우의 가운데 화소는 스크래치 클래스로 분류되고, 그렇지 않으면 비스크래치 클래스로 분류된다. 분류 결과는 스크래치는 하얀색으로 비스크래치는 검은색으로 분류된 이진 영상이다. 그림 4은 분류된 결과의 예를 보여준다. 이때 그림 4에서 보이듯이 실제 스크래치가 아닌 영역이 스크래치로 잘못 분류 되어진 경우가 있다. 이러한 잘못 분류된 화소는 형태 필터링 과정을 통해 제거된다.



그림 4. (a)입력영상, (b)텍스처 분류 결과

### 4 형태 필터링

신경망 기반의 텍스처 분류 과정을 거쳐 얻어진 이진영상은 각 이미지 화소의 분류를 지역적인 윈도우 기반으로 수행하기 때문에 출력의 필터링 작업이 필요하다. 필터링은 스크래치의 형태 정보를 기반으로 하여 설계된 모폴로지 필터링에 의해 수행된다.

#### 4.1 스크래치 검출을 위한 모폴로지 원소구조

많은 모폴로지 연산은 오픈링과 클로징 연산으로 이진영상에서 노이즈를 제거하는 필터로 사용된다. 주어진 이미지를 I라하고 원소구조 B라 하였을 경우, 일반적인 모폴로지 연산은 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
 \text{Dilation} & : \quad \varepsilon_B(I) = \min_{(k,l) \in B} I(k,l) \\
 \text{Erosion} & : \quad \delta_B(I) = \max_{(k,l) \in B} I(k,l) \\
 \text{Closing} & : \quad \gamma_B(I) = \delta_B(\varepsilon_B(I)) \\
 \text{Opening} & : \quad \varphi_B(I) = \varepsilon_B(\delta_B(I))
 \end{aligned} \tag{1}$$

본 논문에서는 스크래치가 다음과 같이 형태정보를 가진다고 가정한다.

- 1) 스크래치의 최소 굵기는 3픽셀이다.
- 2) 스크래치는 수직성분을 가진다.

각각의 가정에 기반하여 아래의 원소구조가 설계된다.

$$B_s = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \tag{2} \quad B_v = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \tag{3}$$

수직 성분의 영역만을 필터링 하기 위해 스크래치의 형태 정보를 이용하여 수직 성분을 이용하여 다음과 같은 원소구조가 설계된다.

#### 4.2 모폴로지 필터를 이용한 형태필터링

신경망 분류결과를 N이라 하고 스크래치의 특성을 이용하여 설계된 원소구조 B<sub>v</sub>과 B<sub>s</sub>를 가지고 모폴로지 필터를 적용한 결과를 S는 다음과 같이 정의된다.

$$S = \varphi_{B_v}(N - \gamma_{B_s}(N)) \tag{4}$$

S는 신경망을 통해 얻어진 영상 N을 원소구조 B<sub>v</sub>를 이용하여

오프닝 연산을 하여, 신경망 결과로부터 빼주며, 잘못 분류된 스크래치와 스크래치의 영역을 분류하게 된다. 그 결과에 원소구조  $B_i$  로 클로징 연산을 하면 수직형태의 스크래치만으로는 영상은 이루어진다..

최종적으로 형태필터링후에 연결성분 분석을 통해 아주 작은 성분은 노이즈라고 가정하여 제거 되어 진다.

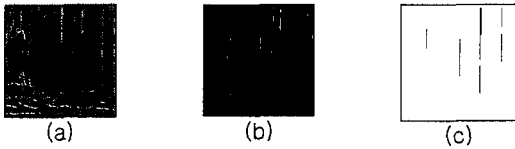


그림 5. (a)입력영상, (b)모폴로지 결과, (c)스크래치 영역 검출

### 5 실험

제안된 스크래치 검출 방법은 오래된 필름 및 애니메이션에 적용 되었다. 영화 데이터로 "knight," "star," "Sit-down"이 사용되었고, 애니메이션 데이터로는 "태권V"가 사용되었다. 이 영화 및 애니메이션에는 표 1에 기술된 다양한 스크래치들을 가지고 있다.

실험을 위해 스크래치를 가진 영상들 중 100개의 이미지를 수동으로 선택한 후 각 영상에서 스크래치 화소들을 검출하여 스크래치 클래스로 할당하였다. 이 장면 중 20개의 이미지는 학습을 위해 이용하고, 나머지 80개의 이미지는 테스트 영상으로 사용하였다. 각 장면에서 스크래치 영역은 사각형으로 표시된다. 이것은 분류기의 출력과 실제 클래스를 비교하기 위한 ground truth로 사용된다.

그림 6, 7, 8는 스크래치 검출 결과를 보여준다. 그림 9는 영화 "knight"와 "태권V"에서 'negative' 스크래치를 포함하고 있는 영상에 대한 실험 결과이다. 이 영상에 포함된 대부분의 스크래치는 static/secondary/alone의 특징을 가지고 있다. 그림 6(a)는 입력된 원 영상을 보여주고, 이에 대응하는 검출결과가 그림 6(c)에 나타난다. 이 실험결과는 제안된 방법이 스크래치의 길이에 상관없이 static/secondary/alone/negative 스크래치를 모두 자동적으로 정확히 검출할 수 있음을 보여준다.

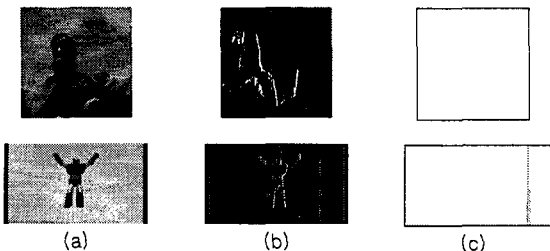


그림 6. 스크래치 검출의 예 : (a)입력영상, (b)분류결과, (c)필터링 결과

그림 7은 오래된 영화 "sit-down"에 대한 스크래치 검출 결과를 보여준다. 이 영화에는 secondary/static/positive/not-alone의 특징을 가진 스크래치들이 포함되어 있다. 그림 7(a)는 not-alone/secondary인 스크래치를 포함하고 있으며, 이에 대한 신경망의 분류결과가 그림 7(b)에 보인다. 그리고 후처리 과정을

거쳐 추출된 최종적인 스크래치 영역들이 그림 7(c)에 나타난다. 이 결과는 제안된 방법이 이전까지의 연구와 달리 영상에 포함된 not-alone 및 secondary인 스크래치들을 정확하게 자동으로 검출할 수 있음을 보여준다.



그림 7. 스크래치 검출의 예 : (a)입력영상, (b)분류결과, (c)필터링 결과

그림 8은 우리나라 최초의 애니메이션 데이터인 "태권 V"에 대한 실험결과를 보여준다. 이 실험 영상은 기존의 영화 데이터에 비해 보다 많은 정보의 손상이 있었으며, 인위적인 수직의 직선들을 많이 가지고 있다. 또한 principal/secondary/static/positive 이며 not-alone인 특징을 가진 스크래치를 비롯하여 다양한 형태의 스크래치를 포함하고 있기 때문에 스크래치 자동 검출에 어려움이 있다.

그림 8(a)는 입력된 영상을 보여주며, 그림 8(b)는 신경망으로 분류한 결과를 보여준다. 마지막으로 필터링을 통해 스크래치 영역으로 분류된 최종 결과가 그림 11(c)에 보인다.

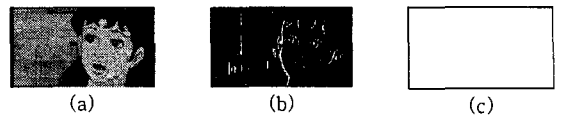


그림 8. 스크래치 검출의 예 : (a)입력영상, (b)분류결과, (c)필터링 결과

### 6 결론

본 논문에서는 오래된 필름으로부터 자동으로 스크래치를 검출하기 위해 신경망을 기반으로 한 텍스처 분류기와 다양한 원소구조를 가진 모폴로지 필터링을 제안하였다. 제안된 방법은 다양한 종류의 스크래치를 가진 영상에 대해 평가되었다. 실험결과는 다양한 종류의 스크래치를 검출하는데에 강건함을 보였으며, 상업적으로 사용될 수 있는 잠재력을 보였다.

### 참고문헌

- [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 44-49, 2004
- [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. 265-268, 2001
- [6] Maddalena, L., " Efficient methods for scratch removal in image sequences." IEEE ICIP' 2001. 547-552, 2001
- [7] Kokaram, A. C., "Detection and removal of line scratches in degraded motion picture sequences." Signal Processing, Vol. 1, 5-8, 1996