

# HSV 색상 모델과 영역 확장 기법을 이용한 동영상 프레임 이미지의 흑백 만화 카툰닝 알고리즘

## (A Black and White Comics Generation Procedure for the Video Frame Image using Region Extension based on HSV Color Model)

류 동 성 <sup>†</sup>      조 환 규 <sup>\*\*</sup>  
(Dong-Sung Ryu)      (Hwan-Gue Cho)

**요 약** 본 논문에서는 비디오 영상에서 추출한 이미지를 이용하여, 흑백 만화로 변환하기 위한 알고리즘에 대해 논의한다. 대부분의 흑백 만화는 사람의 얼굴이나 손과 같은 살색 계통은 흰색 내지 옅은 색상으로 표현되며, 이미지의 어두운 영역은 해칭과 같이 규칙적이면서도 불규칙한 형태로 묘사한다. 그러므로 단순한 임계값을 이용한 이진화 알고리즘으로 흑백 만화를 렌더링할 경우, 원본 색상 영상의 다양한 색상과 흑백 만화에서 사용되는 다양한 패턴을 렌더링 할 수 없다. 이러한 흑백 만화의 특징을 반영한 카툰닝을 수행하기 위해서, 본 논문에서는 다음과 같은 작업을 수행한다. 먼저, 원본 이미지 영상의 미세한 색상 변화를 제거하기 위해서, 1) Bilateral 필터를 적용한다. 그 후, 영상의 각 영역을 유사한 색상 정보로 클러스터링 하기 위해서, 2) Mean shift 세그멘테이션을 적용하였으며, 각 영역별 확장 작업을 수행하였다. 이때 각 영역의 색상이 유사한 정도를 계산하기 위해서, 사람의 색상 인지 능력과 유사한 특성을 가진 HSV 색상 모델을 사용하며, 각 영역의 색상 유사정도를 계산하였다. 최종적으로 세그멘테이션된 색상정보를 바탕으로 흑백만화에서 일반적으로 활용되는 색상과 프레임 이미지의 픽셀값을 고려한 3) 이진화를 수행하고, 4) 스트로크를 추가해 흑백 만화의 컷 이미지를 완성한다.

**키워드** : 흑백 만화, 카툰닝, 이진화

**Abstract** In this paper, we discuss a simple and straightforward binarization procedure which can generate black/white comics from the video frame image. Generally, the region of human's skin is colored white or light gray, while the dark region is filled with the irregular but regular patterns like hatching in most of the black/white comics. Note that it is not enough for simple threshold method to perform this work. Our procedure is decoupled into four processes. First, we use bilateral filter to suppress noise color variation and reserve boundaries. Then, we perform mean-shift segmentation for each similar colored pixels to be clustered. Third, the clustered regions are merged and extended by our region extension algorithm considering each color of their regions. Finally, we decide which pixels are on or off using by our dynamic binarization method based on the HSV color model. Our novel black/white cartooning procedure was so successful to render comic cuts from a well-known cinema in a reasonable time and manual intervention.

**Key words** : Black and white comics, Cartooning, Binarization

· 이 논문은 2008 한국컴퓨터종합학술대회에서 'HSV 색상 모델과 영역 확장 기법을 이용한 동영상 프레임 이미지의 흑백 만화 카툰닝 알고리즘'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것이다. Copyright © 2008 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

<sup>†</sup> 학생회원 : 부산대학교 컴퓨터공학과

dryu99@pusan.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 정 회원 : 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

hgcho@pusan.ac.kr

논문접수 : 2008년 8월 25일

심사완료 : 2008년 10월 28일

### 1. 서론

흑백만화는 실생활에서 다양하게 응용되고 있어 일반 사람들에게도 아주 친숙한 매체이며, 독자들이 이해하기 쉽고 직관적이기 때문에, 정보 전달에 대한 매개체로써 널리 활용되고 있다. 이러한 흑백 만화를 일반인들이 직접 제작하기에는 스토리 보드 설계와 만화 밑그림 작성 능력 부족과 같은 많은 문제점이 존재한다. 그러나 대부분의 비디오 영상은 스토리와 프레임 이미지가 자체적으로 내포되어 있기 때문에, 동영상 프레임 이미지를 흑백 만화로 변환한다면, 초보자들도 원하는 스토리와 밑그림의 흑백 만화를 쉽게 제작할 수 있다.

본 논문에서는 일반적인 비디오 이미지를 이용하여, 흑백 만화를 생성하기 위한 카투닝 기법에 대해 논의한다. 흑백 만화는 일반적인 콘텐츠와는 달리 제한된 색상과 세부적인 스트로크를 이용하여 흑백 만화를 묘사한다. 그림 1은 유명한 만화작가인 Frank Miller의 'Sin city'의 흑백 만화 컷이다. 그림에 있는 주인공의 얼굴을 살펴보면, 살색 계열의 색상은 흰색에 가까운 색상으로 표현되며, 세부적인 스트로크를 만화 컷의 분위기에 따라 추가하거나 배제한다. 예를 들어, 그림 (b)의 경우, 인물의 세부적인 표정을 묘사하기 위해서, 세선의 스트로크들을 추가하여 주인공의 비장한 표정을 묘사한다. 이와 같이 흑백 만화는 일반적인 색상 만화와는 달리 다양한 색상 분포를 0과 1의 제한된 픽셀과 세부적인 스트로크로 표현하기 때문에, 원본 이미지의 색상정보를 흑백만화의 특징에 맞게 변환하기 위한 동적인 이진화 알고리즘이 필요하다.

일반적으로 복잡한 색상 정보를 가진 동영상의 프레임 이미지를 흑백 만화로 변환하기 위해 고려해야 할 사항을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 픽셀값을 0과 1로 표현해야 하는 흑백 만화의 제한된 렌더링 환경에서 동영상 프레임 이미지의 복잡한 색상 정보를 간략화하고 사용자가 원하는 형태로 각 영역을 세그멘테이션 하기 위한 방법이 필요하다.

- 2) 원본 이미지의 명암 값을 고려하여, 같은 색상이지만 다른 이진화를 적용해야 한다.
- 3) 세부적인 분위기 묘사에 적합한 세선의 스트로크를 추출해야 한다.

본 논문에서는 위에 정리한 문제점들을 해결하기 위해서, 다음과 같은 방법을 적용하였다.

- 1) Bilateral 필터와 Mean shift 세그멘테이션 기반의 영역 확장 방법을 프레임 이미지에 적용하여, 잡음성의 색상 정보를 제거하고 복잡한 색상정보를 간략화된 형태로 클러스터링 하였다.
- 2) 색상 테이블 (HT)을 이용하여, 세그멘테이션된 영역의 대표 색상 값을 흑백 만화에서 주로 표현되는 색상 가중치 값으로 매핑 하였으며, 각 픽셀의 밝기값 (HSV 색상모델의 Value)을 고려한 이진화 기법을 적용하였다.
- 3) 만화에서 사용되는 지역적으로 가늘고 뚜렷한 스트로크를 추출하기 위해서, 다양한 스트로크 추출 기법들 중 캐니 에지 알고리즘을 사용하였다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 카투닝(Cartooning)

만화는 NPR(Non Photorealistic Rendering) 분야에서 오랫동안 연구되어 온 분야이며, 최근까지 동영상을 이용하여, 만화를 렌더링하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다. Wang 등[1]은 동영상의 키프레임을 활용하여, 사용자가 지정한 영역을 임의의 색상으로 렌더링할 수 있는 만화화(Tooning) 시스템을 제안하였다. 이 만화화 시스템은 키프레임의 유사한 색상영역을 세그멘테이션하기 위해서, 키프레임간의 시간일관성(Temporal Coherence)을 고려한 Mean shift 세그멘테이션 기법을 사용한다. 그리고 Preu 등[2]은 동영상의 자막(대본)을 이용하여, 각각의 말풍선들이 반자동으로 렌더링 되는 시스템을 제안하였다. 만화에서 주로 사용되는 각종 만화적인 요소들을 모델링하고 렌더링하기 위한 연구 또



(a) 스트로크가 추가되지 않은 컷



(b) 세부 표정을 위해 스트로크를 추가한 컷

그림 1 실제 상용화된 흑백 만화(Sin city)의 각 장면들. 만화적인 스트로크를 추가하거나 배제함으로써, 각 장면의 분위기나 인물의 세부적인 표정을 묘사한다.

한 많이 연구되고 있다. HWANG 등[3]은 만화에서 주로 활용되는 만화적 요소(말풍선, 스피드 라인, 효과글)를 모델링하고 렌더링하기 위한 방법에 관해 연구하였으며, Chun 등[4]은 읽는 순서(Reading order)를 고려한 말풍선의 자동 배치 알고리즘을 제안하였다.

앞에서 언급한 것과 같이 대부분의 카툰닝 관련 연구는 입력이 색상 영상에 대해 초점을 맞추어 진행되었기 때문에, 본 연구 주제와 관련된 흑백 만화를 카툰닝하기 위한 선행 연구는 거의 이루어져 있지 않았다. 그 중 본 논문과 유사한 주제인 Sykora 등[5]의 연구는 오래전에 종이에 그려진 그레이 스케일의 만화를 간략화된 색상 만화로 변환하기 위한 세그멘테이션 방법을 제시한다. Sykora는 유니폼 스케일의 LAB 색상 모델에서 LoG (Laplacian and Gaussian) 연산을 이용하여 에너지를 최소화하는 형태로 세그멘테이션을 수행하였다. 그러나 Sykora의 방법은 입력 영상이 색상 변화가 상당히 단순한 영상을 사용하였으며, 작은 영역의 홀을 제거하기 위해 사용자의 인터랙션이 필요하다. 그러므로 사용자 인터랙션을 최소화하고 복잡한 색상 변화를 가진 입력 영상으로부터 흑백 만화를 자동으로 생성하기 위한 카툰닝 기법에 대한 연구가 필요하다.

## 2.2 스트록의 양식화

흑백 만화에서는 만화적인 분위기를 묘사하기 위해서,

간결한 스트록을 사용하며, 이러한 스트록을 컴퓨터상에 적절하게 렌더링하기 위해 다음과 같은 연구가 이루어졌다. 사람이 수작업으로 그린 것과 같은 스트록을 렌더링하기 위해서, Winnemoller 등[6]은 3D 메쉬 모델을 바탕으로 사람이 스케치한 듯한 3D 스트록을 생성하였다. Winnemoller는 이 논문에서 사람이 선을 그을 때, 실수를 하면서 조금씩 어긋나게 선을 긋는다는 점에 착안하여, 이것을 불확실성 함수(uncertainty function)로 매개변수화하였다. Kang 등[7]은 에지의 탄젠트 필드와 DoG 필터를 이용하여, 전체 영상을 묘사하는 특징적인 윤곽선들을 추출하였다. 이 방법은 영상에서 추출한 에지들의 전체 흐름에 따라 DoG 필터의 커널을 확장하면서 선택적으로 에지를 추출하는 방법이기 때문에, 그림 3과 같이 이미지의 전체적인 윤곽선을 렌더링할 수 있다.

앞에서 언급한 것과 같이 비사실적인 스트록을 추출하기 위해서 많은 연구가 진행되었다. 이러한 대부분의 연구들 중 FDoG나 DoG 등의 연구는 전체적으로 일관성이 유지되는 스트록을 추출하기 위한 방법이기 때문에, 지역적으로 날카롭고 세부적인 윤곽선들을 고의적으로 억제한다. 그러므로 최근 연구된 스트록 추출 기법들은 그림 1의 (b)와 같이 세부적이면서 날카로운 스트록을 추출하기에는 적합하지 않다. 본 논문에서는 다양한 스트록 추출기법들 중 널리 사용되고, 세선의 스트록을



그림 2 Video Tooning의 세그멘테이션 결과[1]



(a) 입력 이미지

(b) 에지 탄젠트 플로우

(c) 렌더링 결과

그림 3 Kang[7]이 제안한 FDoG (Flow-based Difference of Gaussian)의 라인 드로잉 결과

추출할 수 있는 캐니 에지 검출 알고리즘을 사용하여, 그림 1(b)의 만화 효과 렌더링을 시도하였다.

### 3. 제안한 카툰닝 알고리즘

상용화된 흑백 만화는 그림 1에서 보는 것과 같이 동영상에서 추출한 프레임 이미지와는 달리 세부적으로 색상이 변하는 사실적인 부분을 간략화된 영역으로 묘사한다. 그러므로 동영상에서 추출한 사실적인 프레임 이미지를 흑백 만화로 변환하기 위해서는 각 영역을 유사한 색상으로 클러스터링하기 위한 방법이 필요하다. 이를 위해서, 본 논문에서는 Mean shift 세그멘테이션 [8]에 기반한 영역 확장 방법을 수행한다. 이러한 영역 확장 기법을 통해서, 그림 1과 같이 만화를 위한 잡음이 제거되고 동시에 색상 정보에 따라 클러스터링 된 각각의 영역들을 추출할 수 있었다. 그림 4는 본 논문에서 제안한 동영상 프레임 이미지의 흑백 만화용 카툰닝 알고리즘이다.

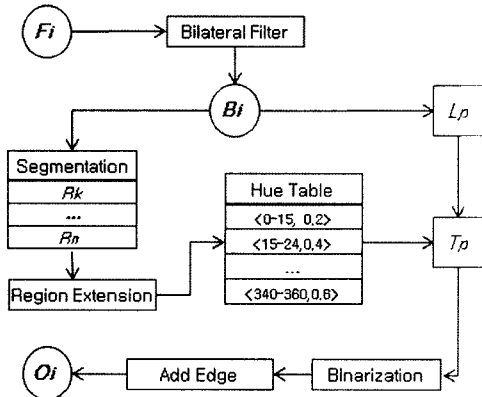
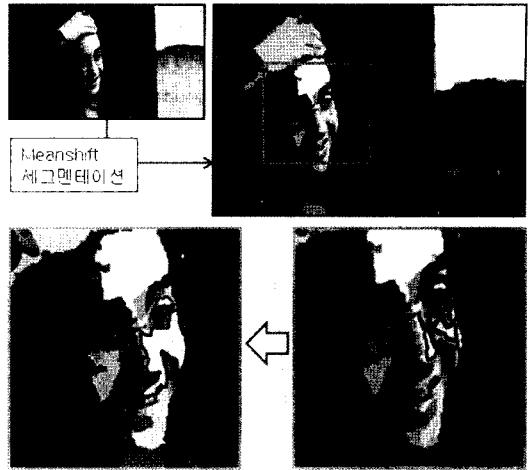


그림 4 제안한 흑백 만화의 카툰닝 알고리즘.  $F_i$ : 동영상에서 추출한  $i$ -th 프레임 이미지.  $L_p$ :  $P(x,y)$ 의 밝기값(Luminance).  $T_p$ : 이진화를 적용하기 위한 임계값.  $R_k$ :  $k$ -th 세그멘테이션된 영역

일반적으로 흑백 만화는 작가의 스타일에 따라 색상과 영상의 명암에 따라 만화를 묘사하기 때문에, 본 논문에서는 픽셀  $P(x,y)$ 의 이진화를 결정하기 위해서, 원본 이미지의 픽셀 밝기값  $L_p$ 와 픽셀  $P$ 가 속한 영역  $R_p$ 의 대표 색상 값 그리고 픽셀  $P$ 의 이웃 픽셀들을 고려하여, 흑백만화의 이진화를 수행한다. 최종적으로 Canny 기법으로 영상의 윤곽선을 추출한 후, 이를 추가하여 최종 흑백 만화를 렌더링 한다.

#### 3.1 카툰닝을 위한 영역 분할

일반적으로 만화는 프레임 이미지와는 달리 사실적인



(a) (b)의 인접 영역의 확장 (b) Mean shift 세그멘테이션  
그림 5 영화 해리포터의 한 장면을 (b)Mean shift 세그멘테이션을 적용(Color: 5, Space: 2) 한 영상과 (b) 영역 확장을 수행한 결과

색상변화를 생략한다. 그러나 실제 동영상에서 추출한 프레임 이미지  $F$ 는 흑백 만화에서 간략화된 사실적인 색상 변화를 포함하고 있기 때문에, 이러한 잡음성의 색상 변화를 제거하기 위한 방법이 전처리 과정으로 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 Bilateral 필터를 적용하였다. Bilateral 필터는 높은 색상 대조가 있는 경계선 영역은 보존하고 색상이 비슷한 영역은 블러링하여, 미세한 색상 변화를 제거하는 특성이 있다.

상용화된 흑백 만화는 유사한 색상 정보를 가진 영상의 각 영역을 동일한 패턴과 밝기로 묘사하기 때문에, Bilateral 필터가 적용된 결과 영상  $B$ 의 색상 정보를 유사한 색상에 따라 공간 분할하기 위한 방법이 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 Mean shift 세그멘테이션을 적용하여, 공간 분할을 수행하였으며,  $B$ 의 다양한 색상 정보를 각 영역( $R_k$ )별로 세그멘테이션 하였다. 여기서 사용한 Mean shift 세그멘테이션 방법[8]은 원본 영상의 색상을 고려하여, 유사한 색상끼리 클러스터링 해주는 색상 클러스터링 기법이다. 본 논문에서는 클러스터링 결과 형성된 각 영역( $R_k$ )을 컨벡스 헐( $C_k$ )로 근사화하고  $C_k$ 와 중첩된 다른  $C_l$ 를 인접 노드로 하는 그래프 자료구조를 구현하였다. 각 영역의 컨벡스 헐은 기하학적으로 영역을 대표할 수 있는 근사화된 형태를 제공하며, 컨벡스 헐이 중첩된 각 영역들은 서로 복잡하게 인접해 있으므로 같은 영역으로 확장할 수 있는 후보들이다. 그러므로 이 두 영역들은 서로 색상 정보가 유사하다면 병합될 가능성이 있는 영역이다.

$$M(R_i, R_k) = k(w_h \frac{\|H(R_i) - H(R_k)\|}{h} + w_s \frac{\|S(R_i) - S(R_k)\|}{s} + w_v \frac{\|V(R_i) - V(R_k)\|}{v}) \quad (1)$$

$$R_k = adj(R_i), (k, 0 \leq k \leq 1)$$

본 논문에서는 이러한 인접 영역들의 병합 여부를 결정하기 위해서, 식 (1)을 사용하였다. 사용자가 지정한 임계값이 식 (1)의 계산 값보다 작을 경우, 두 영역  $R_k$ 와  $R_{k-1}$ 는 병합된다. 여기서,  $H(R_i)$ 와  $S(R_i)$ , 그리고  $V(R_i)$ 는 영역  $R_i$ 의 색상(Hue)과 채도(Saturation) 그리고 밝기(Value)를 각각 의미하며,  $adj(R_i)$ 는  $R_i$ 의 인접 영역을 의미한다. 그리고  $h$ 와  $s$  그리고  $v$ 는 각각 밝기와 채도 그리고 색상을 정규화하기 위한 각 변수의 가변 범위이다.  $w_h$ 와  $w_s$  그리고  $w_v$ 는 두 영역을 병합할 때 고려하는 각 색상 정보의 가중치이며, 범위는 3개의 변수의 합( $w_h + w_s + w_v = 1$ )을 구성한다. 3개의 변수를 조절함으로써, 색상과 채도 그리고 밝기에 대한 가중치를 조절할 수 있다. 여기서 색상 값의 차  $\|H(R_i) - H(R_k)\|$ 는 Hue 색상의 각도 차이기 때문에, 구현상에서는 두 벡터의 내적을 이용한 각도를 고려하였다. 자세한 알고리즘은 알고리즘 1과 2에 기술하였다.

알고리즘 1은 영역 확장 및 병합 알고리즘을 수행하기 위한 전처리 단계이며, 알고리즘 2에서 각 노드의 병합

#### 알고리즘 1 영역 확장을 위한 그래프 생성 방법

```

1 : procedure construct_Graph(Bi)
2 :   R = Mean shift(Bi)
3 :   sort_region_order_by_area(R)
4 :   Graph<region r, edge e> G
5 :   for all r ∈ R do
6 :     G.new_node(r)
7 :   end for
8 :   for all n ∈ nodes(G) do
9 :     link_Adj_Region(G,r)
10:   end for
11: end procedure

12: procedure link_Adj_Region(G,r)
13:   for all n ∈ nodes(G) do
14:     nc = construct_convex(n)
15:     rc = construct_convex(r)
16:     if nc.intersect(rc) then
17:       G.new_edge(n,r)
18:     end if
19:   end for
20: end procedure

```

#### 알고리즘 2 영역 확장 및 병합 알고리즘

```

1 : procedure merge_Graph(G)
2 :   for all node n ∈ nodes(G) do
3 :     for all node m ∈ adj_nodes(G, n) do
4 :       if n is merged then
5 :         continue
6 :       float cn = GetRegionColorValue(n)
7 :       float cm = GetRegionColorValue(m)
8 :       if |cn-cm| ≤ T then
9 :         n = mergeRegion(m,n)
10:      end if
14:    end for
15:  end for
16: end procedure

```



그림 6 그림 5(a)의 세그멘테이션된 각 영역을 식 (1)에 따라 인접 영역들을 확장한 렌더링 결과. 833개의 영역들이 546개의 영역으로 간략화 되었다. ( $w_h=0.3, w_s=0.2, w_v=0.5, k=0.5$ )

및 확장 작업이 진행된다. 알고리즘 2의 6,7행의 각 변수  $cn, cm$ 은 두 노드  $n$ 과  $m$  영역의 색상 평가값을 식 (2)에 의해 계산한 값이며, 8행의  $T$ 는 두 영역의 병합 여부를 결정하기 위해서, 사용자가 지정한 임계값이다.

그림 6은 영화 '해리포터'의 한 장면을 추출하여, 세그멘테이션된 각 영역들을 확장한 결과를 보여준다. Mean shift 세그멘테이션 결과 생성된 833개의 각 영역들이 546개의 영역으로 병합되었고 좀 더 간략화된 영역을 얻을 수 있었다.

#### 3.2 색상 테이블과 밝기값을 고려한 이진화

상용 흑백 만화에서 만화가는 간략화된 영역에, 자신의 스타일에 따라 각 영역의 밝기와 색상을 다양한 패턴으로 묘사한다. 이를 위해서, 본 논문에서는 Mean shift 세그멘테이션 기반의 영역 확장 방법을 사용하여, 간략화된 영역을 생성하였다. 상용화된 흑백 만화와 같은 효과를 렌더링하기 위해서는 유사한 색상의 간략화된 영역에서는 동일한 패턴의 이진화가 적용되어야 한다. 일반

적으로 이진화는 영상을 구성하는 각 픽셀 P의 on과 off를 결정하는 임계값을 계산하는 과정이며, 본 논문에서는 이러한 임계값을 픽셀이 포함된 영역의 색상 값과 명암도 값을 고려하여 식 (2)와 같이 적용하였다.

$$T_{(x,y)} = L(d,m) \cdot w_{hue} \cdot w_{val} \quad (2)$$

제안한 알고리즘은 먼저 Bilateral 필터링된 영상으로부터 HSV 색상 모델의 V 채널을 생성하여 각 픽셀의 명암값을 설정한 후 이진화에 적용될 임계값( $T_{(x,y)}$ )을 계산한다. 식 (2)에서  $w_{hue}$ 는 표 1에 설정된 색상값에 의한 가중치값이며, L은 각 픽셀 p의 m 크기의 마스크 영역 내에 있는 이웃 영역 픽셀들이 d ( $0.0 \leq d \leq 1.0$ ) 비율로 off 되기 위한 임계값이다. L에 대해 예를 들어 언급하자면, 픽셀  $P_{(x,y)}$ 의 m 마스크 크기 인접 픽셀들은 그림 7과 같으며, d를 0.4로 설정할 경우, 총 25개의 픽셀들 중 d 비율에 의해 남겨져야 하는 픽셀 10(25개 중 40%)개를 필터링할 수 있는 값을 임계값으로 설정한다. 만약 d가 높게 설정될 경우, 이웃 픽셀들을 많이 off 되어야 하기 때문에, 임계값은 높아지며 해당 픽셀  $P_{(x,y)}$ 가 off 될 확률은 높아진다. 그러므로 사용자는 매 개변수 d를 이용하여 생성될 만화의 전체적인 명암을 조절할 수 있다. 또한 이진화 적용시 고려될 각 픽셀의 명암도를 비율로 설정( $w_{hue}$ )하여 식 (2)와 같이 임계값 설정에 반영하였다. 그러나 픽셀의 명암도를 고려할 때,

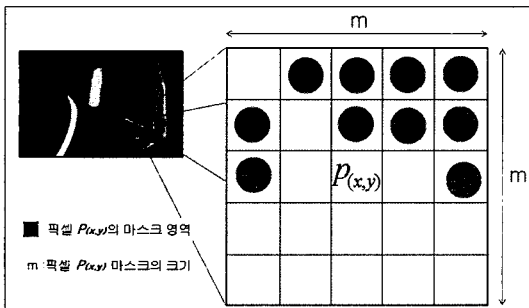


그림 7 픽셀  $P_{(x,y)}$ 의 임계값  $T_{(x,y)}$ 을 결정하기 위한 방법.  $d=10/25$  ( $d=0.4$ )

표 1 색상 테이블에 따라 알고리즘에 적용한 가중치 값 ( $w_{hue}, w_{val}$ )

색상 테이블과 임계값		
Hue	색상계열	Weight
(330,360][[0,30]	Red	0.3
(30,90]	Yellow	0.1
(90,150]	Green	0.4
(150,210]	Sky	0.4
(210,270]	Blue	0.7
(270,330]	Magenta	0.9
Value 값에 따른 Thresholding		
Value	[ 0~0.1 ]	Black [off]
	[ 0.9~1.0 ]	White [on]

표 1과 같이 픽셀의 명암값이 극도로 밝거나(0.9이상) 극도로 어두울 경우(0.1 이하)에는 Hue 값과 L 값에 상관없이 우선적으로 픽셀의 on, off를 결정한다.

### 3.3 윤곽선

흑백 만화는 대부분 간략화된 스트로크를 이용하여, 중요한 부분들은 강조하고 중요하지 않은 부분들은 생략하여 작가가 의도하는 만화적인 분위기를 묘사한다. 그러므로 스트로크는 흑백 만화의 특징을 표현하기 위해 중요한 역할을 한다. 본 논문에서는 이진화된 영상에 캐니 에지 알고리즘에 의해 추출된 윤곽선을 추가하여, 흑백 만화의 컷 이미지를 완성한다[9].

### 3.4 렌더링 결과

본 논문에서 사용한 입력 영상은 영화 ‘해리 포터’에서 추출한 프레임 이미지이며, 만화적 이진화를 수행한 결과 생성된 흑백 만화 컷은 다음 그림들과 같다. 그림 8은 입력 영상이며, 그림 9는 입력 영상을 Mean shift 세그멘테이션을 수행한 영상이다. 그리고 그림 10은 본 논문에서 제안한 영역 확장 알고리즘에 따라 그림 9의 각 영역들이 확장된 결과를 보여준다. 그림 11과 12, 13과 14는 이진화된 영상에 윤곽선을 추가한 렌더링 결과를 보여준다. 그림 11과 그림 12에는 단화에서 자주 사용되는 배경 효과인 나선 효과를 추가하였으며, 그림 13과 14에는 말풍선을 각각 추가하였다. 그림 11과 12 그



(a) 입력 영상 1



(b) 입력 영상 2

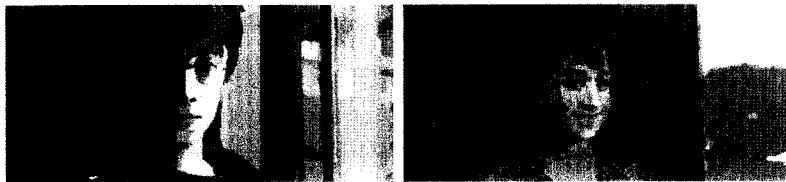
그림 8 해리포터에서 추출한 영상을 Bilateral 필터링한 결과



(a) 그림 8(a)의 세그멘테이션

(b) 그림 8(b)의 세그멘테이션

그림 9 그림 8의 세그멘테이션 결과



(a) 그림 9(a)의 영역 확장

(b) 그림 9(b)의 영역 확장

그림 10 그림 9의 영역 확장 결과. (a) 576개의 영역 중 408개의 영역으로 병합됨(식 (1)의  $k=0.3$ ), (b) 1422개의 영역 중 813개의 영역으로 병합됨(식 (1)의  $k=0.4$ )



그림 11 그림 8(a)의 이진화 결과( $m=8$ ,  $d=0.4$ , 나선형 배경효과 추가)



그림 13 그림 8(b)의 이진화 결과( $m=10$ ,  $d=0.4$ , 말풍선 추가)



그림 12 그림 8(a)의 이진화 결과( $m=15$ ,  $d=0.6$ , 나선형 배경효과 추가)



그림 14 그림 8(b)의 이진화 결과( $m=10$ ,  $d=0.7$ , 말풍선 추가)

리고 13과 14는 각각 명암도  $d$ 와 마스크 크기  $m$ 에 의해 픽셀의 이진화 수행시 적용되는 임계값을 조절함으로써, 다른 분위기의 흑백 만화를 생성한 결과이다.

#### 4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 동영상으로부터 흑백 만화를 렌더링하기 위한 카투닝 알고리즘을 제안하였다. 논문에서 제안한 알고리즘은 0과 1의 제한된 환경에서 원본 영상의

색상 정보를 고려하여 흑백 만화를 생성하기 위한 흑백 만화 카투닝 알고리즘이며, 사용자가 지정한 어둡기(식 (2)의  $d$ )와 색상 테이블에 따라 영상의 분위기를 제어할 수 있는 장점이 있다. 이 알고리즘을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 원본 영상의 색상 정보를 세그멘테이션한 후, 각 영역의 컨벡스 쉘을 생성한다.
- 2) 컨벡스 쉘이 교차하는 영역들의 병합작업을 수행함으로써, 클러스터링 되는 영역을 확장한다.
- 3) 확장된 영역을 바탕으로 각 영역의 밝기값과 색상정보를 고려한 마스크 기반의 이진화 작업을 수행한다.
- 4) 사용자가 지정한 매개 변수값(식 (2)의  $d$ 와 색상 테이블)에 따라 결과 영상의 분위기를 제어할 수 있다.

논문에서 구현한 알고리즘은 Mean shift 세그멘테이션에 기반한 영역확장 알고리즘을 사용한다. 그러나 세그멘테이션 결과 형성되는 각 영역은 복잡한 기하 도형으로 구성되며, 이 영역을 제어할 때, 기하학적인 수치 에러가 발생한다. 본 논문에서는 Non-Simple 다각형인 경우 컨벡스 쉘로 근사화하였다. 그리고 이진화 알고리즘을 적용할 때, 만화 스타일에 맞게 색상 테이블의 색상 값을 프리셋 형태로 설정한다면, 사용자가 원하는 스타일의 흑백 만화를 편리하게 설정할 수 있을 것이다. 그러므로 본 논문에서는 향후 연구 과제를 다음과 같이 제시한다.

- 1) 이진화 성능 향상과 스트록의 양식화한다.
- 2) 프리셋 형태의 색상 테이블 인터페이스를 제공한다.
- 3) 기하학적인 수치 에러 최소화한다.
- 4) 흑백 만화의 특징을 강조하기 위해서, 그림 1(b)와 같이 세부적이고 가는 윤곽선 추출 방법을 개선한다.

### 참 고 문 헌

[1] Jue Wang, Yingqing Xu, Heung-Yeung Shum, and Michael F. Cohen, "Video Tooning," ACM Transactions on Graphics 23, pp. 574-583, 2004.

[2] J. Preu, and J.Loviscach. "From movie to comic, informed by the screenplay," In SIGGRAPH '07: ACM SIGGRAPH 2007 posters, pp. 99, 2007.

[3] W.I. Hwang, B.K. Chun, D.S. Ryu and H.G. Cho, "Cinema Comics: Cartoon generation from video stream," In Proc. of GRAPP 2006, pp. 299-304, 2006.

[4] B.K. Chun, D.S. Ryu, W.I. Hwang and H.G. Cho, "An Automated Procedure for Word Balloon Placement in Cinema Comics," LNCS, Vol. 4292, pp. 576-585, 2006.

[5] Daniel Sykora, Jan Burianek, Jiri Zara, "Segmentation of black and white cartoons," In SCCG '03: Proceedings of the 19th spring conference on Computer graphics, pp. 223-230, New York, NY, USA, 2003. ACM.

[6] H. Winnemoller and S. Bangay. "Rendering optimizations for stylised sketching," AFRIGRAPH '03: Proc. of the 2nd international conference on Computer graphics, virtual Reality, visualisation and interaction in Africa, pp. 117-122, 2003.

[7] Henry Kang, Seungyoung Lee and Charles K.

Chui, "Coherent Line Drawing," NPAR '07: Proc. of the 5th international symposium on NPAR, pp. 43-50, 2007.

[8] D. Comaniciu and P.Meer, "Mean shift: A robust approach toward feature space analysis," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., Vol. 24, pp. 603-619, 2002.

[9] 류동성, 조환규, "디지털 이미지에서 흑백 만화를 위한 스트록 추출 방법", 한국컴퓨터그래픽스학회 2007 하계학술대회논문집, pp. 39-44, 2007.



류 동 성

2004년 창원대학교 정보통신공학과 졸업(학사). 2006년 창원대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사). 2006년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 박사과정(수료). 관심분야는 3D 그래픽스, 비사실적렌더링



조 환 규

1984년 서울대학교 계산통계학과 졸업(학사). 1986년 한국과학기술원 전자계산학과 졸업(공학석사). 1990년 한국과학기술원 전자계산학과 졸업(공학박사). 1990년~현재 부산대학교 정보컴퓨터공학부 정교수. 관심분야는 그래픽스, 생물정보학, 응용그래피 이론

학, 응용그래피이론