색종이 타일 생성을 기반으로 한 이미지 모자이크

지용재 박영섭 서상현 윤경현
중앙대학교 컴퓨터 공학과 그래픽스 연구실
{yj1023, cookie, shseo}@cglab.cse.cau.ac.kr, {khyoon}@cau.ac.kr

Image Mosaic based on generation of color paper

Yong-Jea Gi, Young-Sup Park, Sang-Hyun Seo Kyung-Hyun Yoon
Computer Graphics Lab, CS&E, Chung-Ang University

요 약

본 논문은 색종이 리스트를 미리 생성하여 필요할 때마다 불러들여 찢어 붙이는 방법의 색종이 모자이크 렌더링 기법을 소개한다. 색종이 리스트는 색종이 이외에도 잡지와 같은 다양한 종이들을 미리 생성하여 사용할 수 있기 때문에 여러 가지 형태의 모자이크를 표현 할 수 있다는 장점을 가진다. 색종이 모자이크를 생성하기 위해서는 색종이 타일의 선택, 모양 결정, 그리고 배치의 3가지 과정을 거쳐야 한다. 먼저 색종이 타일을 붙일 위치에서 가장 알맞은 타일을 리스트로부터 선택하고, 적절한 모양으로 찢는다. 마지막으로 입력 영상의 특징(경계선 등)이 유지될 수 있도록 타일을 배치하여 최종 결과 영상을 생성한다.

1. 서론

모자이크는 타일이라 불리는 작은 이미지들로 구성된 큰 이미지를 생성하는 예술의 한 분야이다. 모자이크 예술은 타일의 모양, 종류, 배치 등에 따라서 다양한 표현이 가능하다.

본 논문에서는 색종이 타일들로 구성된 모자이크 이미지를 생성하기 위한 새로운 알고리즘을 제시한다. 실제 사람이 색종이 모자이크 작업을 하는 것과 비슷하게 시뮬레이션 하기 위해서 본 시스템은 사각형의 색종이 정보들을 파일로 저장 및 리스트 생성해 두고 필요할 때마다 불러서 찢은 다음 결과 이미지에 붙이는 방법으로 수행된다. 먼저 입력 이미지를 Mean-Shift 방식[4]을 사용하여 비슷한 색상을 가지는 영역들로 분할한다. 그 다음, 각 분할 된 영역으로부터 색종이가 붙여질 초기 위치 및 그 위치에서의 적당한 크기를 결정하고 색종이 리스트로부터 비슷한 색상의 색종이를 생성한다. 그리고 결정된 크기만큼 색종이 타일을 찢는다. 찢어진 색종이 타일은 영역의 가중치 값에 따라 회전, 이동함으로써, 그 영역에서 가장 알맞은 위치를 찾아서 색종이 타일을 렌더링하게 된다.

기존의 모자이크 연구들과 같이 본 논문에서도 타일(색종이)의 선택, 모양 결정, 그리고 배치의 문제에 초점을 맞춘다. 첫 번째, 색종이 타일의 선택 기준은 타일이 붙여질 위치의 입력 이미지의 평균색상과 유사한 색상으로 한다. 이는 색종이 타일이 하나의 색상을 가진다는 것을 전제로 한다. 만약 타일이 다양한 색상을 가진다면 픽셀 단위의 비교가 필요하게 될 것이다. 두 번째, 색종이 타일의 모양은 보로노이 다이어그램[5]을 사용하여 결정한다. 리스트로부터 선택된 색종이에 결정된 크기에 따라 격자를 구성하고 각 격자마다 하나의 보로노이 사이트를 위치시킨다. 그 다음 이 사이트들로부터 보로노이 다이어그램을 생성한다. 이렇게 생성된 보로노이 다이어그램에서 하나의 보로노이 폴리곤을 선택하여 이를 폴리곤 클리핑 방법으로 색종이에서 잘라낸다. 이 방식은 색종이가 잘려진 부분이 누적이 되기 때문에 기존 연구에서

표현하지 못했던 오목 다각형과 같은 타일의 형태도 얻을 수 있다. 마지막으로, 색종이 배치 문제는 가장 어려운 부분이다. 실제 사람이 색종이 모자이크 작업을 수행할 때는, 타일과 타일 또는 타일과 이미지 경계선 사이의 빈 공간을 제거, 이미지 경계 유지, 그리고 타일이 겹쳐지는 것을 가능한 한 줄이는 방향으로 색종이 타일을 붙여나간다. 그러나 본 논문에서는 위 3가지 중, 이미지 경계선 유지와 타일의 겹침 효과를 줄이는 방법만을 제시한다. 타일의 배치 문제는 영역의 각 픽셀에 대한 가중치 값에 따라 가장 맞는 위치에 타일을 렌더링하게 된다.

2. 기존 연구

기존 모자이크 연구들은 타일의 선택, 모양 결정, 배치 문제에 초점을 맞춘다. [1]에서는 타일의 모양 결정, 배치를 사용자의 입력으로 처리하였다. 사용자가 입력한 폴리곤이 타일의 모양이 되고, 입력된 위치에 배치가 된다.

[2]에서는 타일의 모양, 배치를 자동화하는 방법을 제시했다. 타일의 모양을 결정하기 위해서 위 논문은 보로노이 다이어그램을 사용한다. 입력된 이미지를 색상에 따른 쿼드트리로 분할하고 각 분할된 영역에 하나의 보로노이 사이트를 위치하여 보로노이 다이어그램을 생성한다. 생성된 다이어그램의 각각의 폴리곤은 색종이 타일이 되고, 폴리곤이 생성된 위치에 배치하게 된다.

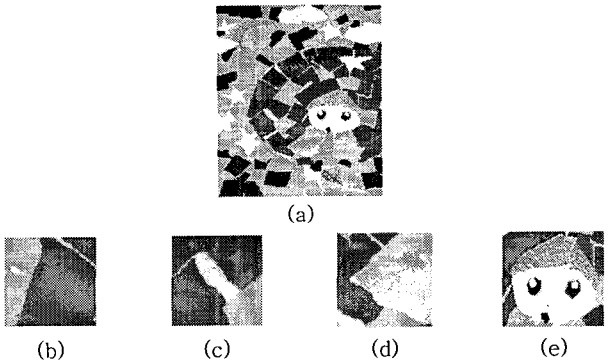
[3]에서는 영역 분할 기법을 사용하여 이미지의 특징(경계선)을 유지할 수 있도록 하였다. 그러나 여전히 입력 이미지 상에 보로노이 다이어그램을 적용하여 모자이크 타일을 생성하기 때문에 근본적인 문제의 해결책은 아니다.

실제 사람이 작업한 색종이 모자이크 이미지인 [그림 1]을 보면 색종이 타일의 모양이 다양하고, 타일과 타일이 겹쳐짐, 원본 이미지의 특징(경계선)이 유지되는 특징을 가진다. 그러나 기존 연구[2,3]에서는 입력 이미지에 보로노이 다이어그램을 적용함으로써, 위와 같은 3가지 특징을 표현하지 못한다. 보로노이 폴리곤은 볼록 다각형의 형태로 생성이 되기 때문에 오목 다각형과 같은 형태의 폴리곤의 생성이 불가능하다. 즉 타일 모양의 다양성이 떨어지게 되고 각 보로노이 폴리곤은 인접한 폴리곤의 영역을 침범하지 않으므로 타일과 타일의 겹침을 표현하기도 힘들다. 또한 이미지의 경계선을 고려하여 폴리곤이 생성된 것이 아니기 때문에 입력 이미지의 특징을 유지하지 못한다.

본 논문에서는 색종이 타일 모양의 다양화, 타일과 타일의 겹침, 원본 이미지 특징 유지에 초점을 맞추어 이를 개선하기 위해서 새로운 방향을 제시한다.

3. 색종이 모자이크의 특징

색종이 모자이크를 컴퓨터로 시뮬레이션 하기 위해서는 실제 사람이 만든 색종이 모자이크 이미지에 대한 분석이 필요하다. [그림 1]는 실제 색종이를 이용한 모자이크 작품([그림 1(a)])에서 나타나는 중요한 4가지 특징을 보여주고 있다. [그림 1(b)]과 [그림 1(c)]는 종이가 찢어질 때 불규칙하게 잘린 단면과 염색되지 않은 아래 면(흰색)이 드러난 것을 보여준다. [그림 1(d)], [그림 1(e)]는 각각 붙인 색종이가 겹쳐진 것과 원본 이미지의 특징이 유지되는 것을 보여준다.



[그림 1] 실제 사람이 만든 색종이 모자이크 이미지의 특징. (a) 찢은 단면의 불규칙성, (b) 종이의 겹침, (c) 종이를 찢을 때, 나타나는 흰색 종이 및 불규칙성, (d) 색종이 겹침, (e) 입력 영상의 특징 유지

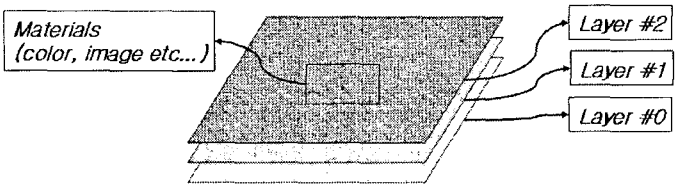
4. 모자이크 프로세싱

4.1. 색종이 리스트 생성

본 알고리즘은 입력 이미지 외에 색종이의 정보가 저장된 파일을 입력으로 받는다. [그림 1(c)]를 보면 찢어진 색종이의 단면에 흰 종이가 나타나는 것을 확인할 수 있

다. 위의 특징을 고려하여 색종이는 [그림 2]과 같이 다수의 레이어로 구성되어 있다고 가정한다. 각각의 레이어는 폴리곤의 정보(정점의 리스트)와 함께 텍스처 정보 등을 포함한다.

색종이 정보로는 색종이의 색상 수, 크기, 레이어 수, 레이어 텍스처 정보, 색상 정보 등이 포함된다. 이런 정보는 색종이 리스트에서 관리를 하며 요구에 따라 색종이가 리스트에 없을 경우, 파일로부터 읽어서 넘겨주고, 리스트에 있으면 바로 넘겨주게 된다.



[그림 2] 종이의 구성

4.2. 초기 타일의 위치 및 크기 결정

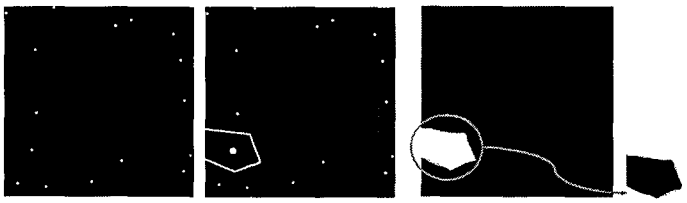
입력 영상은 비슷한 색상을 가지는 영역들로 분할시킨다. 그 다음으로 각각의 분할된 영역마다 색종이들이 붙여질 초기 위치 및 크기를 결정한다. 초기 위치는 랜덤 값으로 시작하여, 그 위치에서의 가장 가까운 이미지 또는 붙여진 타일의 경계선과 멀어지는 방향으로 밀어낸다. 이렇게 함으로써, 가능한 한 경계선과 먼 곳을 초기 위치로 결정한다. 그 위치에서의 타일 크기는 경계선과의 거리가 된다.

4.3. 색종이 타일 선택 및 모양 결정

색종이 타일이 붙여질 초기 위치 및 크기가 결정되면 색종이 리스트로부터 그 위치에 가장 알맞은 색상의 색종이를 선택한다. 색종이의 선택은 입력 영상에서 결정된 위치와 크기에 따른 사각영역의 평균색상과 유사한 색상을 기준으로 하여 색종이 리스트로부터 선택한다.

색종이가 선택되면 결정된 초기의 크기 만큼의 격자를 구성하여 각 격자마다 하나의 보로노이 사이트를 위치시킨다. 그리고 이 사이트를 기준으로 보로노이 다이어그램을 생성한다. 여기서 실제 사람이 색종이를 찢을 때를 생각해 보면, 대부분 색종이의 모서리 부분부터 찢어나가기 시작한다. 이를 고려하여 보로노이 사이트를 결정할 때, 각각의 격자 안에 레이어 상의 폴리곤 정점 정보가 포함되면 그 사이트에 의해서 생성되는 폴리곤을 클리핑 할 후보로 선정한다.

보로노이 다이어그램이 생성되어 후보로 선정 된 보로노이 폴리곤이 구성되면 색종이 객체로부터 생성 된 폴리곤에 따라 2개의 클리핑 점을 계산하여 폴리곤을 클리핑한다. [그림 3]에 폴리곤 클리핑에 관한 과정이 표시되어 있다.

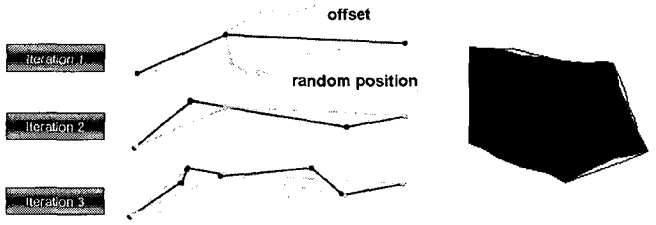


(a) (b) (c)

[그림 3] 색종이 타일 폴리곤의 클리핑 과정. (a)는 색종이에 보로노이 다이어그래을 적용한 결과, (b)는 클리핑할 보로노이 폴리곤 표시, 흰색 선은 Random point distribution 알고리즘이 적용될 부분, (c)는 클리핑 최종 결과

4.4. 색종이가 찢어졌을 때의 불규칙한 단면 표현

색종이의 찢어짐 효과는 기존 연구[2]에서의 랜덤 중간 분산 값을 약간 변형하여 클리핑 되는 선([그림3(d)]에서의 흰색 선)에만 적용한다. 기존의 방법은 선분의 중간 값에서 랜덤 수직방향으로 값의 변형을 주어 불규칙한



<그림 4> Random Point Distribtion 알고리즘에 의해서 생성된 찢어진 색종이의 불규칙한 단면 표현

단면을 표현하였다. 이와 비슷한 방식을 사용하여 본 논문에서는 종이의 각각의 레이어마다 따로 중간 위치가 아닌 랜덤 한 위치에서 수직 방향으로 값의 변형을 주어 불규칙한 단면을 표현[그림 4]하였다.

4.5. 색종이 타일의 배치

색종이로부터 알맞은 크기로 색종이를 클리핑한 다음 문제로 그 클리핑 된 타일을 결과 이미지의 어디에 배치할지에 대한 문제가 남는다. 타일의 배치는 가장 어려운 문제가 되겠지만, 본 논문에서는 영역의 가중치 값을 사용하는 간단한 알고리즘을 소개한다.

타일 배치의 기본 이론은 색종이 타일을 렌더링 할 때, 각 픽셀들의 위치, 영역 안/밖, 경계선 위, 다른 타일 위 등의 상황을 고려하여 가중치를 부여하고 가중치의 합(식 1)이 가장 큰 위치를 최종 타일이 배치될 위치로 결정한다.

$$S = P_o * W_o + P_t * W_t + (P_i - P_t) * W_i + (P_b - P_t) * W_b \quad \text{(식 1)}$$

위 식의 P_o, P_i, P_b, P_t는 각각 분할된 영역 밖의 픽셀, 안의 픽셀, 경계선 상의 픽셀, 다른 타일과 겹쳐진 픽셀을 의미한다. W_o, W_i, W_b, W_t는 각각의 픽셀에서의 가중치 값을 의미한다. S 값의 합이 가장 큰 위치가 타일이 영역에 가장 알맞은 위치로 결정된다.

먼저 색종이 타일의 초기 위치에서 가중치의 합을 구한다. 그 다음 색종이 타일을 가장 가까운 경계선 쪽 또는 반대 쪽으로 이동 및 회전시키면서 이전의 가중치의 합과 비교하여 그 값이 가장 큰 위치를 찾는다.

5. 결과 이미지

[그림 5,6,7]은 본 논문에서 제시한 알고리즘을 적용하여 얻은 결과 이미지이다. [그림 5,6]의 경우는 타일의 크기를 최소 8에서 최대 80까지 제한을 두었을 때의 결과 영상이고, [그림 7]의 경우는 최소 4에서 최대 100까지 제한을 두었을 때의 결과 영상이다. 결과 이미지([그림 5,6,7])을 보면 원본 이미지의 특징(경계선)이 유지되는 것과 타일들이 겹쳐지는 것을 볼 수 있다. 결과 이미지에서 빈 공간이 나타나는 것은 영역 분할 알고리즘에 의해서 영역이 너무 작게 분할되었기 때문이다. 이는 영역 통합 알고리즘을 통해서 해결이 가능할 것이다.

결과 이미지를 보면 너무 작은 타일들이 큰 타일들 사이에 많이 붙어 있는 것을 볼 수 있다. 이는 색종이 타일의 배치에 있어서 타일과 타일의 경계선 또는 이미지의 경계선 사이에 빈 공간을 채우도록 배치하지 못했기 때문에 생긴 빈 공간에 작은 타일들이 채워진 것이다.

6. 결론 및 향후 과제

기존 연구의 단점인 타일 모양의 다양성, 겹쳐짐, 그리고 입력 영상의 특징을 유지하기 위해서 본 논문에서는 새로운 방법을 제안 하였다. 파일로부터 색종이 정보를 읽어서 리스트를 구축하고 필요에 따라 리스트로부터 색종이를 얻어서 이를 찢어 붙이는 방식이다. 결과 이미지([그림 5,6,7])을 보면 타일 모양의 다양성과 겹쳐짐, 그리고 이미지의 특징이 유지되는 것을 볼 수 있다.

그러나 결과 이미지([그림 5,6,7])를 자세히 보면 큰 타일들 사이에 작은 타일들이 채워져 있는 것을 볼 수 있다. 실제 사람이 색종이 모자이크를 할 때, 작은 타일들로 빈 공간을 채워 나가지는 않는다. 이는 타일의 배치 문제로 큰 타일을 빈 공간이 제거 될 수 있는 방향으로 배치하는 알고리즘을 적용해야 한다. 그리고 종이의 레이어에 따라 높이 맵을 계산하여 붙여진 타일의 질감 효과를 나타내는 것도 좋은 방법이 될 것이다.

참고문헌

[1] 박영섭, 김성예, 조청운, 윤경현, "색종이를 위한 모자이크 기법", 한국컴퓨터그래픽스학회, pp.42- 47,2000.

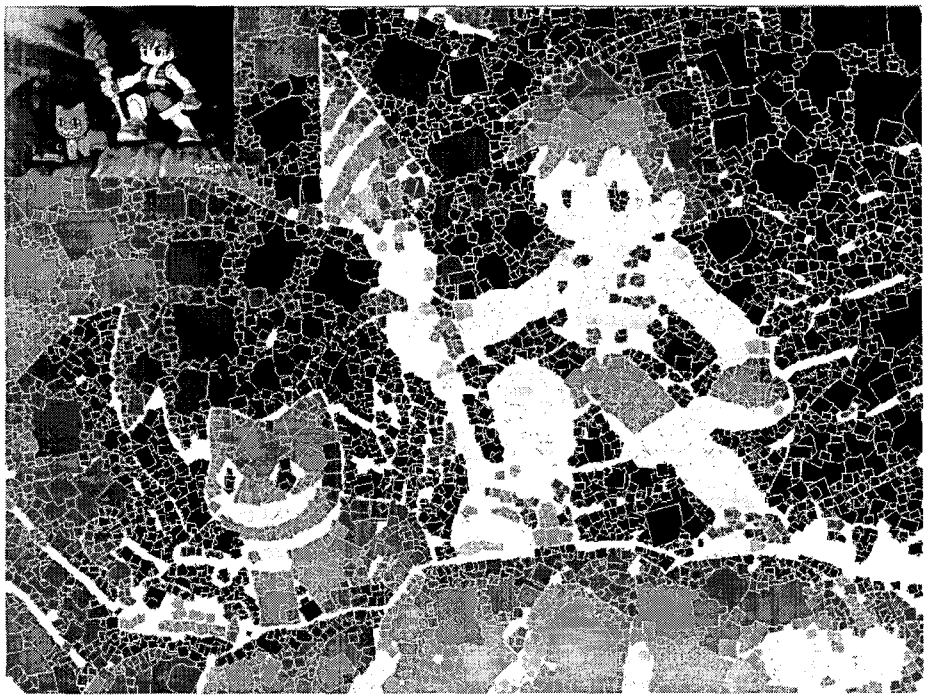
[2] 서상현, 박영섭, 김성예, 윤경현, "Colored Paper Mosaic Rendering", In SIGGRAPH 2001 Abstrac ts and Applications, p.156, 2001.

[3] 서상현, 강대욱, 박영섭, 윤경현, "영역 분할에 기반한 자동화된 색종이 모자이크 렌더링", 한국컴퓨터그래픽스학회, pp27-34, 2001.

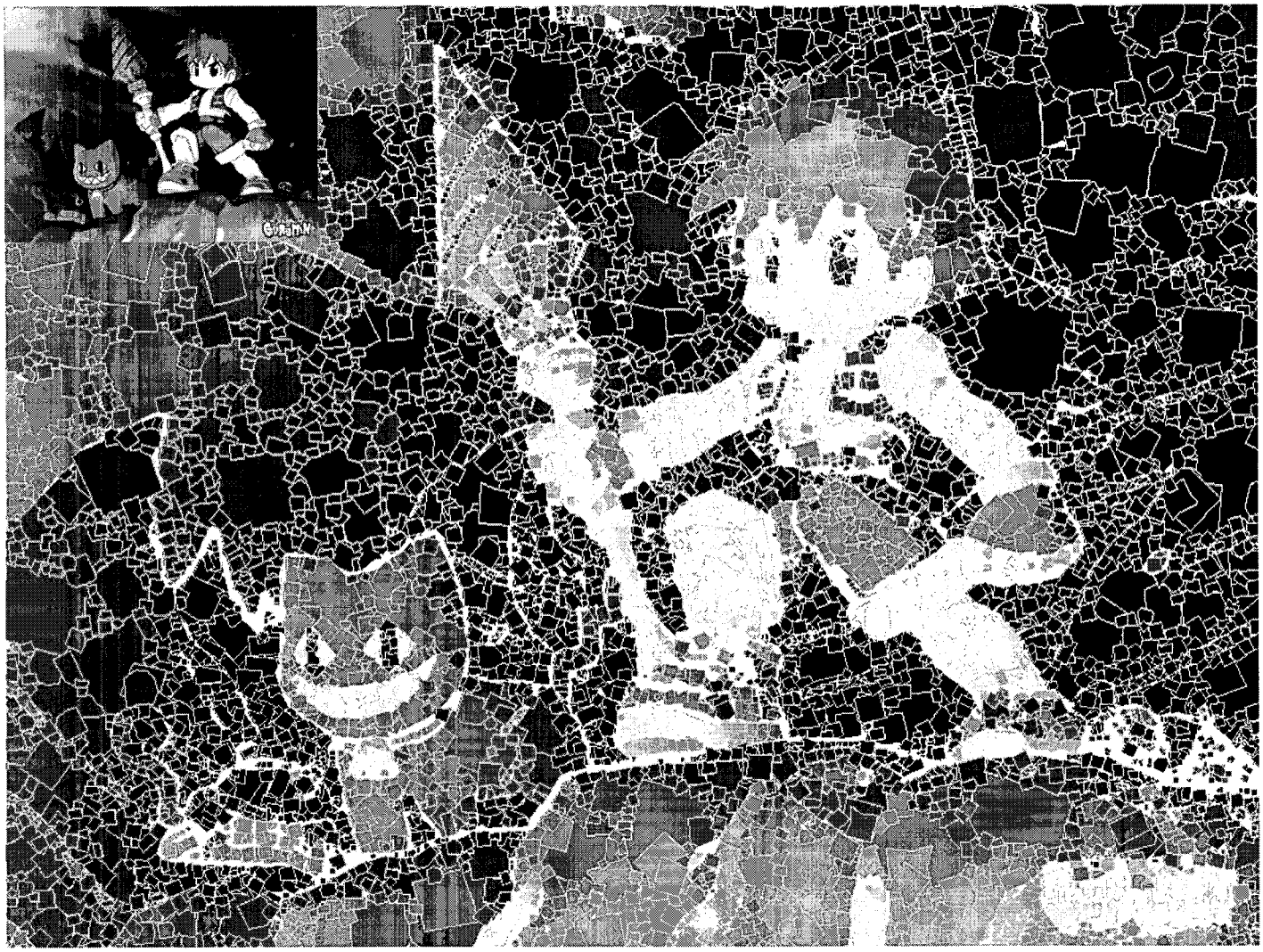
[4] D. Comanicu, P. Meer: "Mean shift: A robust approach toward feature space analysis." IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 24, 603-619, May 2002

[5] Mark de Berg, M. V. Kerveld, M. Overmars and O. Schwarzkopf, Computational Geometry Algorithms and Applications, Springer, pp.145-161, 1997.

[그림 5] 결과 이미지 (최소 : 8, 최대 : 80, 좌측 상단은 입력영상)



[그림 6] 결과 이미지 (최소 : 8, 최대 : 80, 좌측 상단은 입력영상)



[그림 7] 결과 이미지 (최소 : 4, 최대 : 100, 좌측 상단은 입력영상)