

적응적 타일크기를 이용한 모자이크

한명훈* 윤경현

중앙대학교 컴퓨터공학과

mengddor@cglab.cse.cau.ac.kr

Mosaics using Adaptive Tile Size

Myoung-hun Han* Kyunghyun Yoon

Dept. of Computer Science & Engineering, Chung-Ang Univ.

요 약

본 논문에서는 타일의 크기를 적응적으로 결정하는 모자이크 방법을 제안한다. 우리는 이미지에서 에지(Edge)를 추출한 뒤, 결과 영상이 이 에지 정보를 보존하고, 각 타일들이 이 에지를 따르도록 한다. 에지 정보를 보존 하기 위하여 무게중심 보로노이 다이어그램(CVD: Centroidal Voronoi Diagram)을 계산할 때 에지 회피기법을 적용하며, 에지를 따르는 타일을 생성하기 위하여 에지를 따르는 방향과 맨해튼 거리(manhattan distance)가 적용된 무게중심 보로노이 다이어그램을 사용한다. 이때, 우리는 그래픽 처리 장치(GPU: Graphics Processing Unit)를 이용하여 방향맵이나 보로노이 다이어그램을 더욱 빠르게 구할 수 있다. 우리는 타일의 크기를 각 보로노이 영역의 넓이에 비례하게 정함으로써, 기존의 모자이크 방법들이 해결하고자 했던 타일의 겹침 문제와 타일간의 빈 공간 문제를 개선하였다.

1. 서 론

모자이크는 돌, 유리조각, 도판 등의 타일들을 평면 위에 늘어놓고 모르타르나 석회, 시멘트 등으로 접착 시켜 무늬나 그림모양 등을 표현하는 기법으로 고대 그리스로부터 현대에 이르기 까지 많은 예술가들에게 관심의 대상이었다.

현대의 컴퓨터 과학자들 역시 모자이크에 관한 연구를 활발히 진행하여 왔고, 단순한 포인트 샘플링 에서 타일 모자이크, 포토 모자이크까지 많은 연구들이 있었다. Sebastiano Battiato 외 3인의 조사[1]는 모자이크를 주어진 이미지를 작은 이미지타일을 이용하여 채워가는 문제, 혹은 검색과 최적화의 문제라고 하였다. 즉, 타일의 겹침과 타일간의 빈 공간을 최소화 하는 모자이크 생성결과를 찾는 것이라 볼 수 있다.

본 논문에서는 기존의 연구인 Simulating Decorative Mosaics[2]의 방법을 확장하여 모자이크 이미지를 생성 하고, 타일의 겹침과 타일간의 빈 공간을 줄이는 방법을 소개한다.

뒤에서 우리는 기존의 모자이크 연구들에 대하여 좀 더 살펴 본 뒤, 우리의 알고리즘에 대하여 살펴볼 것이다. 다음으로 우리의 결과들을 살펴볼 것이며, 마지막으로 결론과 향후 과제에 대하여 이야기 하겠다.

2. 관련연구

Haerberli[3]는 랜덤으로 위치시킨 보로노이 다이어그램을 사용하여 각 지역을 이미지에서 가져온 색으로 색칠하는 방법으로 모자이크이미지를 생성하였다. 이는 에지 정보를 보존하지 못했다.

Dobashi 외[4]는 Haerberli의 방법에 더하여 입력영상과 출력영상의 색상차이가 가장 작아지도록 반복하면서 보로노이 영역의 중심을 이동시켰다. 그 결과 입력영상의 에지 정보를 유지하는 모자이크 이미지를 생성할 수 있었다.

Faustino와 Figueiredo[5]는 Dobashi의 방법과 비슷하지만 에지 정보를 이용하여 밀도함수를 가지는 무게중심 보로노이 다이어그램을 사용하여 보로노이 다이어그램의 중심점을 쿼드트리의 리프노드의 중심점에 위치시킨 뒤 모자이크 이미지를 생성하였다.

Hausner[2]의 모자이크는 무게중심 보로노이 다이어그램(CVD: Centroidal Voronoi Diagram)와 에지 회피(edge avoidance)기법을 이용하여 에지 정보를 유지하며 타일을 배치시켰다. 이때부터 이미지에 타일을 붙여서 결과를 생성하게 되었고, 그로 인해 타일의 겹침과 타일간의 빈 공간문제가 나타나게 되었다.

Elber and Wolberg[6]는 B-스플라인 커브처럼 표현된 에지를 기준으로 타일을 확장해 나갔다. 결과는 좋았

지만 하나의 달힌 에지커브를 사용자가 정해줘야만 하는 단점이 있었다.

Di Blashi와 Gallo[7] 그리고 Battiato 외[8]는 영역 분할을 이용하여 배경과 전경을 나누고 양쪽에 서로 다른 타일생성 방법을 적용할 수 있게 하였다.

Schlechtweg 외[9]는 하나의 분산 시스템에서 같은 파이프라인을 거쳐서 여러 NPR효과를 낼 수 있었다. 또 하나의 이미지 안에 여러 NPR효과를 동시에 표현할 수도 있었다.

본 논문은 타일을 붙여서 모자이크 결과를 생성하게 된 이후에 발생한 타일의 겹침과 타일간에 빈 공간이 최소화 될 수 있도록 하는데 관심을 두고, 이를 개선하는 방법을 제시한다.

3. 알고리즘

[그림 1]은 본 논문에서 제안하는 모자이크생성기법의 시스템 흐름을 보여주고 있다. 우리는 먼저 입력 이미지를 받아 에지정보를 추출한다. 본 논문에서는 소벨(sobel) 필터를 적용하여 에지를 구했다. 그 뒤, 모든 픽셀에 대하여 가장 가까운 에지를 향하는 방향을 저장하는 방향맵을 만든다. 이제 N개 보로노이 사이트의 초기 위치를 정한 뒤, 전체 보로노이 사이트의 위치가 변하지 않을 때까지 다음을 반복 한다:

- 방향맵과 맨해튼 거리(manhattan distance)가 적용된 보로노이 다이어그램을 그린다.
- 보로노이 사이트의 위치를 보로노이 영역의 중심점으로 이동시킨다.

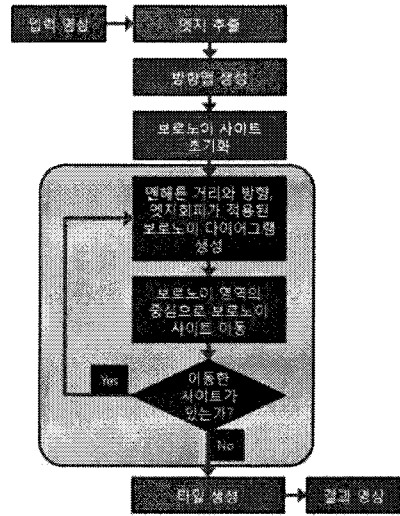
결과 보로노이 영역을 구했다면, 이제 보로노이 사이트의 위치에, 방향맵의 방향을 따르는 사각타일을 생성한다.

우리는 이 방법의 결과가 만족할만한 결과를 보일 것으로 기대하지만, 여전히 타일의 겹침과 타일간의 빈 공간은 남아있다. 우리는 이를 개선하기 위하여 보로노이 영역의 넓이에 비례하여 타일크기를 조절할 것이다.

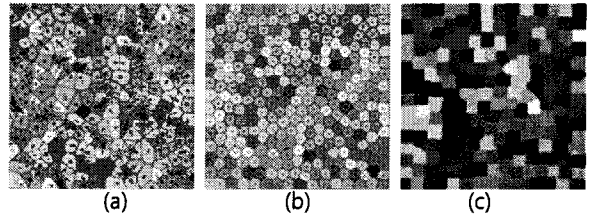
3.1 방향맵

방향맵은 현재 위치에서 가장 가까운 에지로의 방향을 나타낸다. 본 논문에서는 에지에 향해 정렬된 방향의 타일을 생성하기 위해 방향맵을 미리 계산한다.

방향맵의 계산은 그래픽 처리 장치(GPU)를 이용하여 모든 에지 픽셀에 원뿔을 그린 뒤, 깊이 버퍼(depth buffer)의 값을 이용, 그라디언트(gradient)를 계산하여 처리하였다.



[그림 1] 알고리즘의 시스템 흐름도



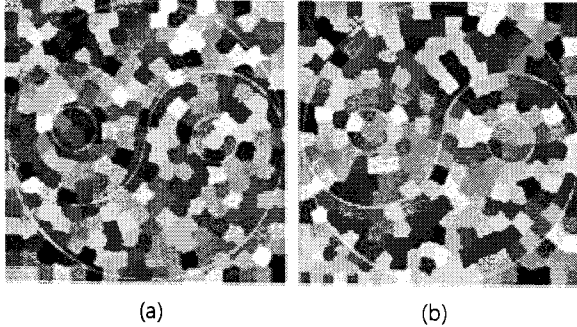
[그림 2] 보로노이 다이어그램들의 차이. (a)보로노이 다이어그램, (b)무게중심 보로노이 다이어그램, (c)맨해튼 거리를 적용한 무게중심 보로노이 다이어그램

3.2 무게중심 보로노이 다이어그램(CVD)

기존의 연구[2]처럼 우리는 타일을 생성할 위치를 정하기 위해 무게중심 보로노이 다이어그램을 이용한다. 무게중심 보로노이 다이어그램[그림 2-b]은 보로노이 다이어그램[그림 2-a]에 비하여 규칙적인 분포를 가지게 되고, 이는 타일을 생성함에 있어서 유리하다. 하지만 보통의 무게중심 보로노이 다이어그램의 결과로는 보로노이 영역들이 육각형에 가까운 모양을 하고 있어 사각타일을 생성하기에 어려움이 있다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 유클리디안 거리(Euclidean distance - $d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$)가 아닌 맨해튼 거리(manhattan distance - $d = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$)를 이용하여 무게중심 보로노이 다이어그램을 계산 함으로써[그림 2-c] 사각타일을 생성하기에 좋은 결과를 얻었다. 이는 그래픽 처리 장치(GPU)를 이용하여 피라미드를 그리는 방법으로 처리될 수 있다.

이에 더하여, 에지 정보를 유지하는 모자이크 결과를

만들기 위해, 무게중심 보로노이 다이어그램을 구할 때 생성할 사각타일의 방향을 적용하고[그림 3-a], Hausner [2]의 에지 회피(edge avoidance)기법을 확장하여 적용하였다.



[그림 3] 방향이 적용된 무게중심 보로노이 다이어그램 (a)과 방향과 에지 회피가 적용된 무게중심 보로노이 다이어그램(b)

3.3 에지 회피

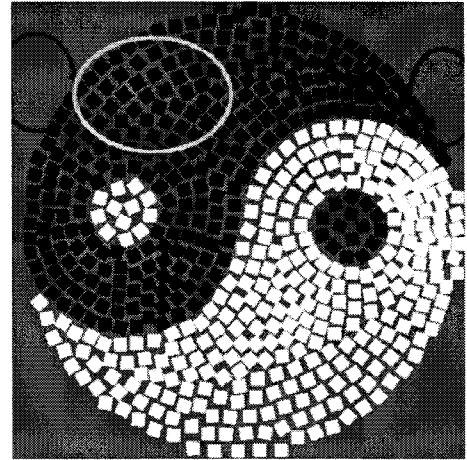
모자이크 작품에서 에지를 표현하는 방법은 크게 두 가지로 볼 수 있다. 하나는 에지를 기준으로 두 타일을 마주보도록 위치시키는 것이고, 다른 하나는 타일을 에지 위에 위치시켜 에지를 표현하는 것이다. 본 논문에서는 전자의 표현방법을 사용한다.

에지를 피하고 에지를 기준으로 두 타일이 마주보게 하기 위하여, 우리는 먼저 에지를 굵게 만들어 표현했다. 그 뒤, 무게중심 보로노이 다이어그램을 계산할 때, 에지 영역을 빼고 계산함으로써 에지 정보를 유지하는 결과를 생성하였다. 최종 결과는 에지 영역을 제거 하고 보로노이 다이어그램을 그리는 것으로 얻을 수 있다[2]. 이 방법은 에지 영역을 한번에 제거하기 때문에 에지에 가까울수록 보로노이 영역의 넓이가 큰 결과를 얻게 된다. 우리는 이를 에지 영역의 제거가 조금씩 여러 번 일어나도록 하여 좀더 균일한 영역을 가지는 너비의 무게중심 보로노이 다이어그램을 생성하도록 개선했다. 우리는 [그림 3]에서 에지 회피가 적용되기 전과 후의 차이를 확인할 수 있다.

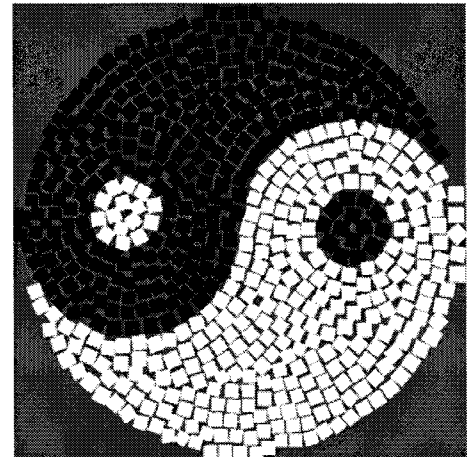
3.4 적응적 타일 크기

Hausner[2]는 원본 이미지의 크기(h, w)와 보로노이 사이트의 개수 n , 그리고 δ 를 이용하여 타일의 한 변의 크기 d 를 정하는 식(1)을 제안했다.

$$d = \delta \sqrt{hw/n} \quad (1)$$



(a)



(b)

[그림 4] 고정 타일크기의 결과(a)와 적응적 타일크기의 결과(b)의 비교

δ 는 1이하의 상수로, 방향을 가지는 사각 타일들이 겹쳐지는 현상에 의하여 공간을 가득 채우도록 타일을 생성할 수 없기 때문에, 크기의 비율을 조절하도록 사용된 변수이다. Hausner는 경험적으로 δ 의 값으로 0.8을 사용하였다. 하지만 이는 모든 보로노이 영역의 넓이가 같지 않기 때문에, 타일의 겹침과 타일간의 빈 공간 사이를 조절 하는 변수로 사용될 수 없다. 우리는 δ_i 가 타일의 겹침과 타일간의 빈 공간 사이를 조절 할 수 있게 하기 위하여, 전체 넓이와 사이트의 개수에 의하여 타일의 크기를 정하는 것이 아니라 해당 보로노이 영역의 넓이에 의하여 타일의 크기를 정하도록 (1)의 식을 변경하여, 보로노이 사이트 i 에 그려질 타일의 한 변의 크기 d 를 구하는 식(2)를 제안한다.

$$d_i = \delta \sqrt{S_i} \quad (2)$$

S는 보로노이 영역 i의 넓이이다.

[그림 4]는 식 (1)을 적용했을 때와 식 (2)을 적용했을 때의 차이를 보여준다. 고정 타일크기를 사용한 경우, 파란색 원 안에서 타일의 겹침 현상이 발견 되었고 초록색 원 안에서 타일간의 빈 공간이 매우 넓게 나타나는 것을 볼 수 있다. 반면에 적응적 타일크기를 사용한 경우는 타일의 겹침 현상이나 타일간의 빈 공간 문제가 전체적으로 적게 나타난다.

4. 결 과

앞의 [그림 4]에서 고정 타일크기의 결과와 적응적 타일크기의 결과를 비교했었다.

[그림 5]는 부채 춤 이미지를, [그림 6]은 새 이미지를 우리의 방법을 통하여 모자이크 이미지로 재현한 영상이다.

우리는 intel Core2Duo E6600 CPU와 Geforce 7900GS 그래픽카드를 사용하는 PC에서 OpenGL 라이브러리를 사용하여 532*800이미지의 방향맵을 계산하는데 1초 미만의 시간이 걸렸고, 2500개 사이트를 가지는 결과 이미지를 생성하는데에는 3초 정도의 시간이 걸렸다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문은 기존의 타일모자이크 방법을 확장하여, 기존의 방법이 가지고 있던 문제점인 타일의 겹침과 타일간의 빈 공간문제를 개선하는 방법을 제시하였다. 결과 이미지를 통하여 우리는 기존의 결과보다 타일의 겹침과 타일간의 빈 공간이 줄어들었음을 확인 할 수 있었으나, 이 방법 만으로는 문제를 완전히 해결할 수는 없었다. 자동으로 추출된 에지 정보가 부정확 하여 잘못된 결과가 나오기도 하였다. 불필요한 에지 정보는 복잡한 방향을 가지는 방향맵을 생성하여 타일의 겹침 현상 또한 유발하였다.

향후에 진행할 연구는 타일 방향의 보간과 함께 주변 타일과의 방향차이에 따른 직각이 아닌 각을 가지는 사각형을 이용한 방법에 관한 것들이다. 이 방법들은 타일의 겹침과 타일간의 빈 공간 문제를 크게 개선 할 수 있을 것으로 기대 된다.

에지 추출에 관한 연구 또한 필요하다. 기존연구처럼 수동적이 아닌 자동적인 방법으로 에지를 추출하기 위해서는 불필요한 에지 정보를 무시할 수 있는 확실한 방법의 에지 추출 알고리즘이 필요하다. 우리는 이와 관련하여 영역분할에 기반한 방법을 구상 중에 있다.



[그림 5] 부채 춤 이미지의 결과 2500개 타일



[그림 6] 새 이미지의 결과 2000개 타일

감사의 글

본 논문은 서울시 산학연 협력사업(10557)의 연구 결과로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Sebastiano Battiato, Gianpiero Di Blasi, Giovanni Maria Farinella, Giovanni Gallo, "A Survey of Digital Mosaic Techniques." In Proc. Eurographics Italian Chapter Conference, 2006.
- [2] Alejo Hausner, "Simulating Decorative Mosaics." In Proc. SIGGRAPH2001, 2001.
- [3] Haeberli P., "Paint by Numbers: Abstract Image Representation." In Proc. SIGGRAPH1990, 1990.
- [4] Dobashi J., Haga T., Johan H., Nishita T., "A Method for Creating Mosaic Images Using Voronoi Diagrams." In Proc. Eurographics2002, 2002.
- [5] Faustino G.M., De Figueiredo L.H., "Simple Adaptive Mosaic Effects." In Proc. SIBGRAPI2005, 2005.
- [6] Elber E., Wolberg G., "Rendering Traditional Mosaics." The Visual Computer 19, 1, 2003, pp. 67-78.
- [7] Di Blasi G., Gallo G., "Artificial Mosaics." The Visual Computer 21, 6, pp. 373-383, 2005.
- [8] Battiato S., Di Blasi G., Farinella G.M., Gallo G., "A Novel Technique for Opus Vermiculatum Mosaic Rendering." To appear in ACM/WSCG2006, 2006.
- [9] Schlechtweg S., Germer T., Strothotte T., "RenderBots - Multi-Agent Systems for Direct Image Generation." Computer Graphics Forum 24, 2, pp. 137-148, 2005.