

# 모자이크 (Mosaic)

류승택\* · 박진완\*\*

## 1. 개 요

모자이크는 깊은 역사로 짐작할 수 있듯이 인간에게 매우 친숙한 예술 표현 수단이다. 모자이크란 형식의 역사는 수천년을 거슬러 올라가며, 16세기의 Guiseppe Arcimboldo, 20세기의 Arthur Mole, Chuck Close 에 이르기 까지 예술적으로 성과를 이루어 왔다. 현대에는 많은 컴퓨터 사이언스 학자들이 이 분야를 연구했던 것도 당연한 일이다. 특히 Silver 와 Hawley의 포토모자이크 [1] 는 예술적으로 놀라운 감동을 안겨주었으며, 컴퓨터의 도움 없이는 완성 불가능한 예술과 공학의 접점에 있는 표현양식이다.

모자이크는 여러 가지 색상의 돌·유리조각, 도판(陶片)들을 사용하여 이것을 평면에 늘어놓고 모르타르나 석회·시멘트 등으로 접착시켜 무늬나 그림모양을 표현하는 기법이다. 건축 등에서는 바닥이나 벽면 등을 장식하고, 공예품에서는 표면에 회화효과나 장식성을 나타내는 미술방식이다.

컴퓨터로 이러한 효과를 표현하는 모자이크 렌더링은 영상을 입력으로 받아 모자이크된 결과 영상을 보여주는 것을 목표로 한다. 모자이크 렌더링에 관한 연구는 바닥이나 벽면에 타일들의 조합을 이용한 타일 모자이크, 색종이를 찢어 붙

이는 색종이 모자이크, 일반 사진을 격자형태로 조합하는 포토 모자이크, 다중 레이어를 이용한 스택커블 모자이크, 여러 장의 사진을 적당히 맞춰 하나의 작품을 만드는 포토 플라주등의 연구로 나눌 수 있다.

본 논문에서는 모자이크 렌더링 기술을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 대표적인 방법들을 개괄적으로 소개할 것이다. 여기에 포함되지 않은 기술들도 충분한 성과를 가지고 있는 방법들이며 본 연구자의 영상 기반 표현 기술들의 분류 방법과 지면상의 제한으로 언급하지 못하는 것을 아쉽게 생각한다.

## 2. 타일 모자이크

초기의 모자이크 렌더링에 대한 연구는 입력영상을 타일로 나누어 표현하였다. 타일을 생성하는 알고리즘으로 일반적으로 보로노이 다이어그램 방법을 사용하였다[2]. 그림 1은 포토샷에서 제공

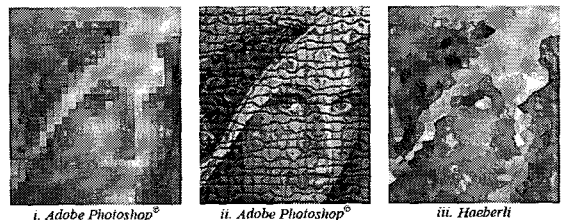


그림 1. 포토샷 타일 필터와 보로노이 다이어그램을 이용한 타일생성

\* 한신대학교 소프트웨어학과 교수

\*\* 중앙대학교 첨단영상대학원 교수

하는 타일 필터와 보로노이를 사용하여 생성한 모자이크 영상을 보여주고 있다.

데코레이티브 모자이크[3]에서는 무게중심 보로노이 다이어그램을 이용한 모자이크 렌더링 연구를 소개하였다. 무게중심 보로노이 다이어그램(CVD: Centroidal Voronoi Diagram)이란 보로노이 다이어그램 구성시 추가적으로 보로노이 포인트를 보로노이 다이어그램의 무게중심으로 변경하여 구성하는 방법을 말한다(그림 2).

Hausner는 CVD와 함께 에지회피(Edge Avoidance)방법을 사용하여 전통적인 모자이크 방법을 구현하였다(그림 3).

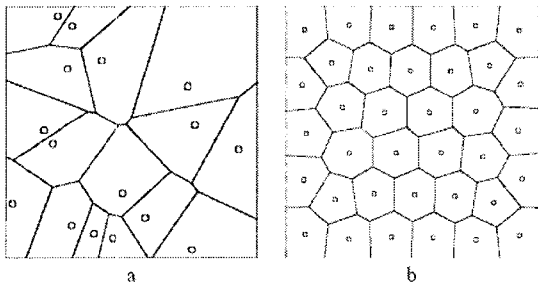


그림 2. 보로노이 다이어그램 vs. CVD

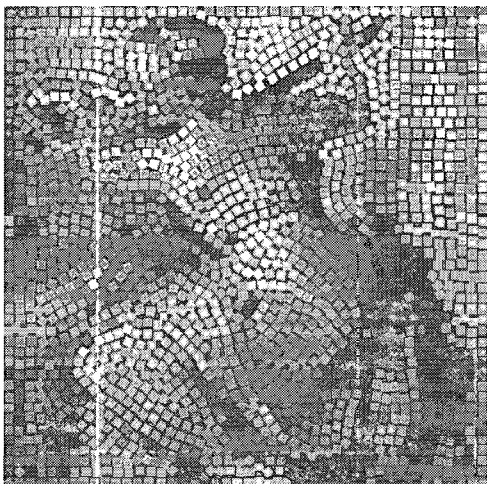


그림 3. 데코레이티브 모자이크

직소우 이미지 모자이크(JIM: Jigsaw Image Mosaic)에서는 격자 형태의 타일이 아닌 임의의 모양을 갖는 물체를 모자이크하는 방법을 소개하였다[4]. 이 방법은 입력영상을 영역별로 분할하여 분할 영역에 임의의 모양을 갖는 이미지(그림 4)를 채워 표현하였다. 그림 5는 JIM 모자이크의 결과영상을 보여주고 있다. 왼쪽 상단 부분의 영상은 분할된 입력 영상을 보여주고 있다.

[5]에서는 입력영상의 특징 커브를 이용하여 타일을 생성하는 기술을 소개하였다. 이 방법은 그림 6의 굵은 흰색선과 같이 입력영상으로부터 특징 곡선을 추출하여 추출된 곡선에 따르도록 타일들을 배치하여 모자이크를 표현하였다.

### 3. 색종이 모자이크

색종이를 찢어 붙여서 만드는 모자이크 방법[7]은 색종이라는 재료를 사용하여 만들기 때문에 색종이가 가지는 독특한 특징들이 잘 표현된다.



그림 4. JIM 입력 이미지들



그림 5. 직소우 이미지 모자이크

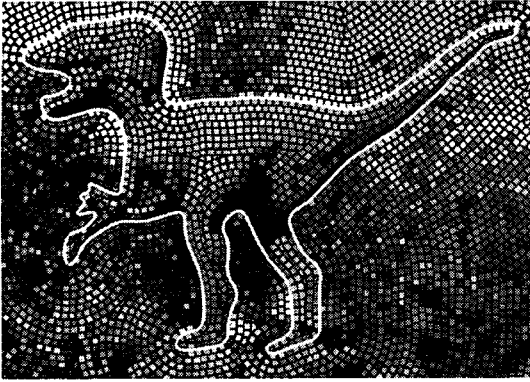


그림 6. 특징곡선을 따르는 모자이크



그림 7. 색종이 모자이크

색종이를 손으로 찢어 붙이기 때문에 인위적인 모양이 아니라 종이의 경계면이 불규칙하게 되고 흰색종이와 색종이를 겹쳐서 만드는 색종이의 특성상 찢어진 부분에는 밑면에 있는 흰색 부분이 드러나기도 한다(그림 7).

### 3.1 찢어진 색종이 표현 기술

색종이 모자이크는 색종이를 손으로 찢어서 붙이기 때문에 붙여지는 종이의 경계면이 직선이나 곡선이 아닌 불규칙하게 나타난다. 이것을 표현해 주기 위해서 주로 자연에서 나타나는 불규칙한 곡선이나 곡면 모델링에 사용되는 랜덤 프랙탈

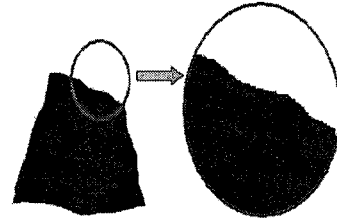


그림 8. 색종이의 찢어진 부분을 표현

기법을 사용한다(그림 8).

### 3.2 두 겹으로 구성된 색종이 합성 기술

색종이라는 재료의 두 겹으로 구성된 특징을 실제 색종이 모자이크 작품처럼 표현해주기 위해서 색종이를 찢었을 때 생기는 색종이의 뒷면인 흰색 부분이 보이게 만들어 주는 기술이다(그림 9).

### 3.3 색종이 모양과 크기 결정 기술

색종이 모자이크에서 색종이를 손으로 찢은 것처럼 만들기 위해서는 규칙적인 모양보다는 불규칙한 모양의 색종이를 생성해야 한다. 그러기 위해서 자동화된 다각형 생성을 위한 보로노이 다이어그램을 이용하였다. 그리고 색종이의 크기를 어느 정도 균일하게 만들어 주기 위해서 입력영상을 균일한 사이즈의 영역으로 분할한 후에 랜덤으로 특징 점을 생성해준다. 그런 다음에 보로노이 다이어그램을 적용해주면 어느 정도 균일한 사이즈의 불규칙한 모양의 색종이를 생성할 수 있다.

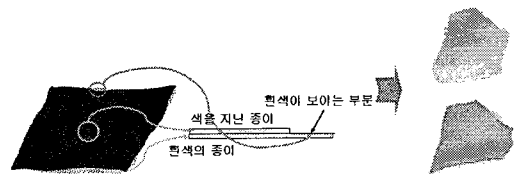


그림 9. 두 겹의 종이로 구성된 색종이

### 3.4 상세도를 표현하기 위한 쿼드트리 기술

입력영상에서도 이미지의 미세한 부분을 표현하기 위해서 색종이를 잘게 찢어서 붙여주기 위하여 쿼드트리 알고리즘을 사용하였다. 영역의 경계 부분에서는 세분화 수준을 높게 하여 색종이 셀들의 크기를 작게 조절해주고 그렇지 않은 영역에서는 색종이의 크기를 크게 조절하였다(그림 10).

### 3.5 색종이 질감 표현 기술

색종이의 질감을 표현해주기 위해서 Perlin 노이즈 함수를 이용하여 생성한 종이의 질감과 실제로 구겨진 종이를 스캔하여 만들어진 텍스처를 DB에 저장하여 원하는 종이의 질감 및 구겨진 효과를 표현하였다(그림 11).



그림 10. 쿼드트리를 이용한 상세도 표현

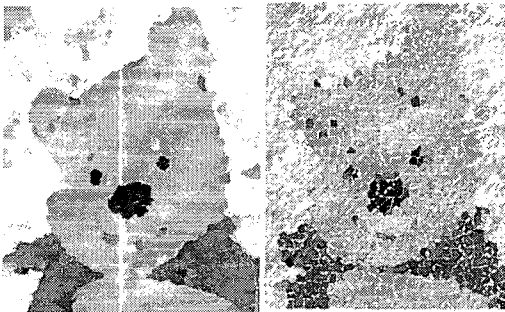


그림 11. 텍스처 질감 표현

## 4. 포토 모자이크

포토모자이크[1]란 사진 데이터베이스 안에 있는 서로 다른 사진들의 조합을 통해 하나의 이미지를 표현하는 방법을 말한다. 그림 12는 포토모자이크에 사용된 이미지 데이터베이스의 일부를 보여주고 있으며 그림 13은 이를 통해 표현된 포



그림 12. 포토모자이크에 사용된 타일이미지들



그림 13. 포토 모자이크

토포모자이크의 렌더링된 결과 영상[6]을 보여주고 있다.

많은 과학자들이 간과하는 포토모자이크의 상업적 성공요인이 있다. 이는 모든 모자이크 형식이 가지고 있는 작은 타일로만 만들어진 큰 이미지가 아니라, 각 타일이 그 자체로 전체에 맞먹는 인지 대상이라는 점이다. 모든 사진은 찍는 사람의 의견이 들어가 있다. 이런 사진들을 엘레먼트로 사용할 때, 전체와 엘레먼트가 변갈아가며 인지되는 상황을 맞게 되고, 이것이 관람자의 즐거운 혼란과 카타르시스를 유도하는 것이다. 타일안에 이미지가 전체 이미지와 조화를 하는 유사도(similarity)가 그 예이다.

비디오 모자이크[8]에서는 입력영상이 단일 사진이 아닌 비디오로부터 포토모자이크를 완성하는 연구도 소개하였다(그림 14).

### 5. 스택커블 모자이크

포토모자이크는 분명 엄청난 반향을 가져온 예술적 표현양식이기는 하지만, 좋은 결과물을 내기 위한 제약이 몇가지 있다. 첫째는 풍부한 라이브러리이다. 실제로 룩 실버는 포토모자이크를 실험



그림 14. 비디오 모자이크(한프레임)

하기 위해서 그는 네셔널 지오그래피의 수십만장의 사진을 사용했다. 또한 이후 서비스를 위해서 엄청난 양의 라이브러리를 갖추었다. 좋은 서비스의 조건중 하나는 얼마나 풍부하고 다양한 라이브러리를 가지고 있는냐이다. 다른 문제점은 첫번째 조건이 만족될 때에 자연스럽게 발생하는 문제로, 엄청난 양의 라이브러리를 어떻게 운용하는가이다. 데이터가 많을 수록 그만큼 비교해야 할 시간이 늘어나는 것은 당연하다. 그가 제안한 데이터 분류와 인텍싱으로 어느정도 효율적인 운용이 가능하지만, 근본적으로 데이터가 많을 수록 처리시간이 늘어나는 것은 피할 수 없다.

라이브러리 크기를 줄이기 위한 방법으로는 좌우를 플립하거나, 자체 색을 조금씩 바꾸어 데이터를 자기 복사하는 방법이 있긴 했지만, 너무 이를 많이 쓸 경우에는 포토모자이크의 놀라움이 감소되기 마련이다. 앞에서 언급했듯이 포토모자이크가 다른 모자이크와 다른점은 엘레먼트(타일)역시 전체 이미지 만큼이나 중요한 주제이므로 좌우를 바꾸건, 색을 보정하건 타일 내부에 들어가는 사진의 원 의미가 파괴될 가능성을 줄여야 한다. 다시 말해 관건은 타일 안의 이미지의 의미를 보전하면서도 최소한으로 제한된 라이브러리 사이즈를 최대한으로 늘이는 것이다. 스택커블 모자이크[9]에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 두가지 접근 방법(데이터 베이스를 확장하기 위해

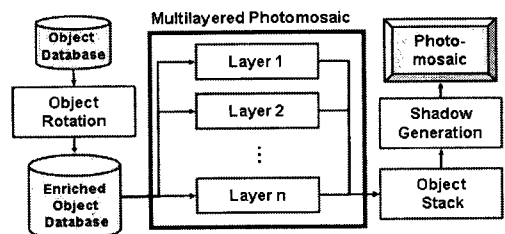


그림 15. 스택커블 모자이크 방법의 개괄도

내용을 파괴하지 않는 조건의 셀 내부 오브젝트 회전하는 방법과 이로 인해 발생하는 빈 공간을 채우기 위해 셀을 만드는 그리드의 변형을 통한 멀티 레이어화 방법을 제안하였다(그림 15).

5.1 물체의 회전을 이용한 데이터베이스 확장

스택커블 모자이크에서는 물체의 회전을 통해 제한된 이미지 데이터베이스를 확장하였다(그림 16). 회전변환의 특성상 회전되는 원안의 영상(의미영상)과 원밖의 영상(불필요한 영상)으로 나누어진다. 표현의 극대화를 하기위해 스택커블 모자이크에서는 의미데이터를 상실하지 않는 동전데이터를 사용하여 표현하였다.

5.2 다중 레이어를 이용한 모자이크 렌더링

물체의 회전의 통해 소실된 정보로 인해 단일 레이어로 모자이크를 표현할시 빈공간이 발생하는 이를 해결하기 위해 다중 레이어를 이용한 표현방법을 사용하였다. 그림 17은 세 개의 레이어를 사용하여 동전들을 쌓아올린듯한 스택커블 모자이크를 생성하는 영상을 보여주고 있다.

그림 19와 20은 동전 데이터베이스(그림 18)를 이용하여 완성된 스택커블 모자이크의 결과 영상을 보여주고 있다. 멀티 레이어를 시각화하기 위해 각 레이어에 그림자 효과 알고리즘을 추가하였다. 그림 21에서는 동전 뿐만이 아니라 임의의 모양을 갖는 물체를 표현한 결과 영상을 보여주고 있다.



그림 16. 동전의 회전

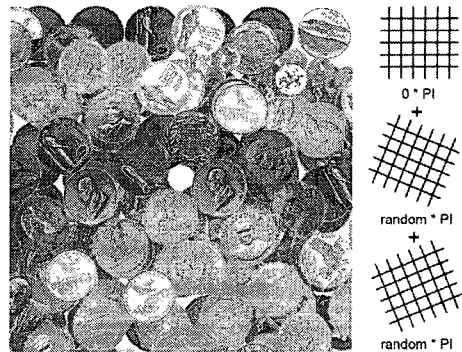


그림 17. 다중 레이어를 이용한 동전모자이크



그림 18. 사용된 동전이미지 데이터 베이스

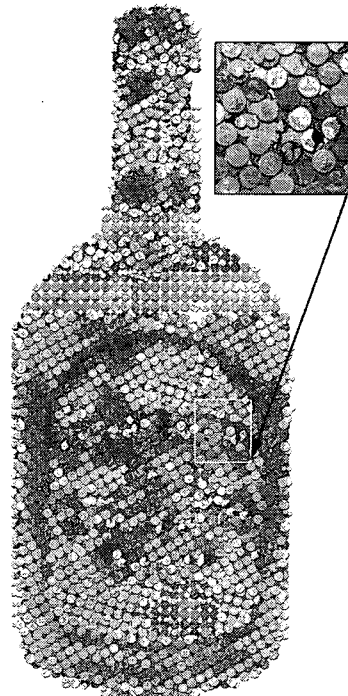


그림 19. 스택커블 모자이크 (그림자표현))

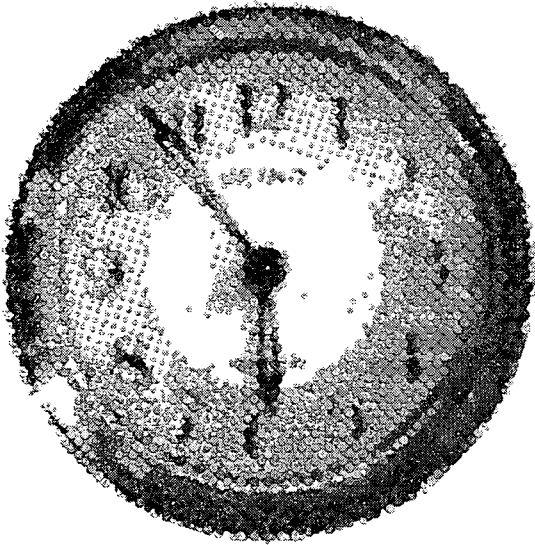


그림 20. 스택커블 모자이크 (동전)

### 6. 포토 플라주

포토 플라주란 플라주의 한 방법으로써 여러 장의 사진을 적당히 맞춰 하나의 작품을 만드는 것을 말한다. 사실에 가장 근접한 표현도구인 사진도 서터마다 다른 색채와 형태왜곡을 갖는다는 것을 의도적으로 드러냄으로서 그 불완전성을 폭로하고 피카소의 큐비즘을 현대적으로 재현하고 있다.

이러한 접근 방법은 컴퓨터를 이용한 영상 처리 관점과 상반된 흐름을 갖는다. 영상처리 분야에서는 여러 장의 영상들을 이음매없이 붙이고 주변 밝기의 톤을 맞추고자 다양한 스티칭 알고리즘이 개발되어왔다. 이와는 반대로 포토 플라주 기법은 공간의 인간친화적인 변형을 통해 환경을 표현한다. 또한 더 나아가서는 시간의 흐름을 한 장의 화폭에 담으려는 시도도 이루어지고 있다.

한 장의 디지털 영상으로부터 포토 플라주의 효과를 표현하기 위해서는 영상 분할, 모양 변환, 톤 리터칭, 영상 재배치의 과정이 필요하다(그림 22). 영상 분할에서는 사각 격자형태로 입력 영상을 분할한다. 분할된 영상들은 크기 변환, 밝기 조절 과정을 거친다. 변환된 영상들은 이동/회전과 같은 영상 재배치 과정을 통해 포토 플라주 렌더링된 최종적인 결과 영상을 얻을 수 있다[10].

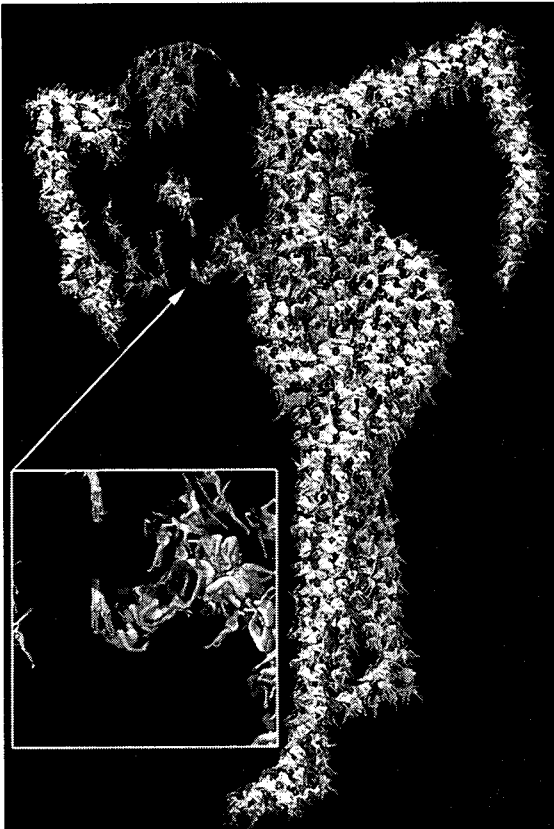


그림 21. 스택커블 모자이크 (임의의 모양)

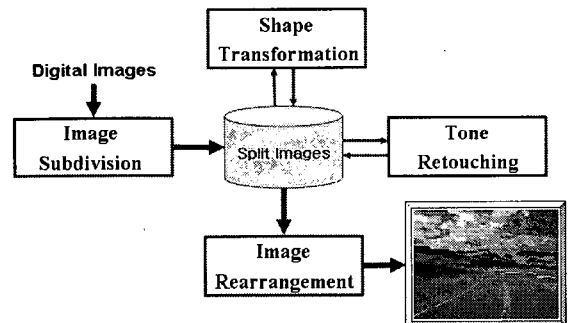


그림 22. 포토 플라주 렌더링의 흐름도

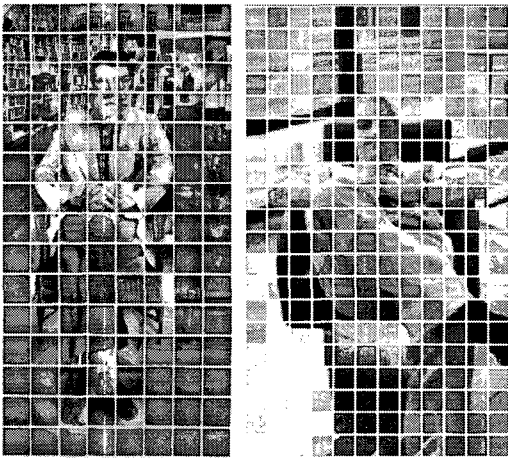
그림 23는 포토 폴라주의 실제 작품과 사각격자의 틀에 영상 변환만을 이용해 표현한 결과영상을 비교하여 보여주고 있다. 그림 24은 영상변환과

영상 재배치과정을 통해 생성된 포토폴라주 렌더링 영상을 보여주고 있다.

### 7. 결론

이 논문에서는 컴퓨터를 이용한 모자이크 렌더링 표현 기술을 타일 모자이크, 색종이 모자이크, 포토 모자이크, 스택커블 모자이크, 포토 폴라주로 구분하고 그 기본 기술에 대해 소개를 하였다.

비사실적 표현 기술의 한 분야인 모자이크 렌더링은 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 비전, 컴퓨터 아트와 같은 여러 분야의 전문가들에 의해 연구되어지고 있다. 여러 분야의 전문가들이 서로 협동하여 연구한다면 이러한 표현 기술은 더욱 발전된 분야로 발전할 것이다. 또한, 정지 영상이 아닌 비디오 영상에 대한 연구가 더욱 활발히 진행될 것으로 예상된다.



(a) 호크니 작품      (b) 시뮬레이션 영상

그림 23. 영상 변환 시뮬레이션



그림 24. 포토 폴라주 렌더링

### 참 고 문 헌

- [ 1 ] SILVERS, R AND HAWLEY, M. 1997. Photo-mosaics, New York: Henry Holt, 1997.
- [ 2 ] Haeberli P (1990) Paint by numbers: abstract image representations. Proceedings of SIGGRAPH' 90 24(4):207-214
- [ 3 ] Hausner A (2001) Simulating decorative mosaics. In: Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001. ACM SIGGRAPH, New York, pp 573-580
- [ 4 ] Junhwan Kim, "Jigsaw Image Mosaics" SIGGRAPH 2002.
- [ 5 ] Gershon Elber, George Wolberg, "Rendering traditional mosaics" The Visual Computer (2003), p 67-78.
- [ 6 ] 서상현, 박영섭, 김성예, 윤경현, "Colored Paper Mosaic Rendering", In SIGGRAPH 2001 Abstract and Application p156, 2001.
- [ 7 ] 박진완, 장나라 포토 모자이크 포스터/브로마이



드, 나라짱닷컴, 2003년 12월

- [ 8 ] Allison W. Klein and T. Grant, "Video Mosaics", NPAR 2002.
- [ 9 ] Jinwan Park, "Mosaic for Stackable Objects", SIGGRAPH 2004 Sketch, LA, 2004. 8
- [10] 류승택, 박진완, 조청운, 한 장의 영상으로부터 포토 콜라주 렌더링, 컴퓨터 그래픽스학회 논문지, 제 11권 3호, 2005. 9



박진완

- 1995년 2월 중앙대학교 전자계산학과 공학사
- 1999년 2월 Pratt Institute MFA(제작석사)
- 1999년 4월 CWI Incorporate, Art Director
- 2003년 9월 중앙대학교 첨단영상대학원 교수
- 관심분야 : Non-photorealistic Rendering, Computer Game, Future Media Art
- E-mail : jinpark@cau.ac.kr



류승택

- 1996년 2월 중앙대학교 전자계산학과 공학사
- 1998년 2월 중앙대학교 컴퓨터 공학과 컴퓨터 그래픽스 전공 공학석사
- 2002년 8월 중앙대학교 영상 공학과 공학박사
- 2002년 9월 중앙대학교 정보통신 연구원 연구 전담 교수
- 2004년 3월 한신대학교 소프트웨어학과 조교수
- 관심분야 : Image Based Rendering, Realtime Rendering, Non-photorealistic Rendering
- E-mail : sryoo@hs.ac.kr