

# 적응적 타일링 및 블록 매칭을 통한 포토 모자이크 알고리즘

서 성 진<sup>†</sup> · 김 기 웅<sup>†</sup> · 김 선 명<sup>\*\*</sup> · 이 해 연<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

모자이크란 여러 가지 빛깔의 재료를 조각조각 붙여서 무늬나 영상을 만드는 기법을 말하며, 최근에는 디지털 이미징 기술의 발달로 인하여 사진을 이용하여 영상을 만드는 포토 모자이크 기술들이 활용되고 있다. 본 논문에서는 적응적 타일링 및 블록 매칭을 통하여 포토 모자이크 영상을 만드는 컴퓨터 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 사진 데이터베이스의 생성 단계와 포토 모자이크 생성 단계로 구성된다. 사진 데이터베이스란 모자이크에 사용되는 사진(또는 타일)을 의미하며, 타일을 4×4로 분할한 후에 각 영역의 RGB 평균값을 특징값으로 저장한다. 포토 모자이크 생성 단계는 입력 영상에 대하여 기 설정된 블록 크기로 분할한 후에 특징을 추출하는 과정, 인접한 블록들 사이의 유사도를 비교하여 병합하는 적응적 타일링 과정, 적응적 타일링을 통해 생성된 블록들을 사진 데이터베이스의 타일들과 유클리드 차이로 유사도를 비교하여 유사한 타일을 찾는 블록 매칭 과정 및 매칭된 타일의 명암값을 해당 블록의 명암값으로 교체하여 영상의 유사도를 높이는 밝기값 조정 과정으로 구성된다. 또한 인접 블록간 타일의 중복성을 최소화하는 기법을 적용하여 영상의 품질도 향상하였다. 제안한 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 안드레아 모자이크 소프트웨어와 비교하였고, 정량적인 분석 및 정성적인 분석에 있어서 제안한 알고리즘이 우수한 것으로 나타났다.

키워드 : 포토 모자이크, 적응적 타일링, 블록 매칭, 유클리드 거리

## Photomosaic Algorithm with Adaptive Tiling and Block Matching

Sung-Jin Seo<sup>†</sup> · Ki-Wong Kim<sup>†</sup> · Sunmyeng Kim<sup>\*\*</sup> · Hae-Yeoun Lee<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Mosaic is to make a big image by gathering lots of small materials having various colors. With advance of digital imaging techniques, photomosaic techniques using photos are widely used. In this paper, we presents an automatic photomosaic algorithm based on adaptive tiling and block matching. The proposed algorithm is composed of two processes: photo database generation and photomosaic generation. Photo database is a set of photos (or tiles) used for mosaic, where a tile is divided into 4×4 regions and the average RGB value of each region is the feature of the tile. Photomosaic generation is composed of 4 steps: feature extraction, adaptive tiling, block matching, and intensity adjustment. In feature extraction, the feature of each block is calculated after the image is splitted into the preset size of blocks. In adaptive tiling, the blocks having similar similarities are merged. Then, the blocks are compared with tiles in photo database by comparing euclidean distance as a similarity measure in block matching. Finally, in intensity adjustment, the intensity of the matched tile is replaced as that of the block to increase the similarity between the tile and the block. Also, a tile redundancy minimization scheme of adjacent blocks is applied to enhance the quality of mosaic photos. In comparison with Andrea mosaic software, the proposed algorithm outperforms in quantitative and qualitative analysis.

Keywords : Photomosaic, Adaptive Tiling, Block Matching, Euclid Distance

## 1. 서 론

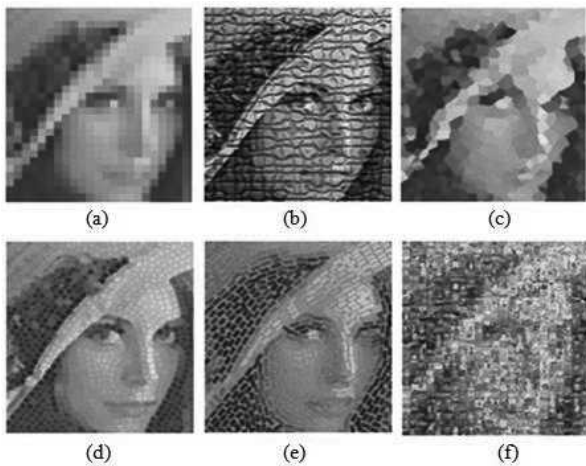
모자이크는 기본적인 밑그림에다가 여러 가지 빛깔의 작은 조각 또는 타일들을 붙여서 무늬나 영상을 만드는 장식 미술의 하나이다[1]. 모자이크 영상은 가까운데서 보면 작은 조각

들을 볼 수 있으며 멀리서 보면 그 조각들이 만들어 내는 하나의 큰 형상을 알아볼 수 있게 된다. 이러한 모자이크 작업은 과거에 예술가들에 의해서 대부분 진행이 되어 왔으며 현대에 와서 컴퓨터 그래픽스 연구자들에 의해서 비사실적 렌더링 기법 중의 하나로 자리잡게 되었다. 이러한 기법으로 만들어진 영상들은 이미지의 흥미성이나 예술성을 높여준다.

기존에는 이러한 모자이크를 위해서는 오랜 시간동안 많은 자료를 수집해야 했다. 하지만 현대에는 저가 디지털 디바이스가 많이 출시되면서 이러한 문제는 많이 해소되고, 일반 사용자들도 손쉽게 사용할 수 있는 소프트웨어들의 등

※ 본 연구는 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 지원된 논문임.  
† 준 회 원: 국립금오공과대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 학사과정  
\*\* 정 회 원: 국립금오공과대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 조교수  
\*\*\* 정 회 원: 국립금오공과대학교 컴퓨터공학부 교수(교신저자)  
논문접수: 2011년 9월 15일  
수정일: 1차 2011년 11월 1일  
심사완료: 2011년 11월 1일

장으로 모자이크 처리에 대한 관심이 높아졌다. 이에 최근 비사실적 렌더링 기법은 일부 연구자들의 기술이 아니라, 많은 그래픽 디자이너들에게도 구현의 대상이 되고 있고, 다양한 방식의 모자이크가 소개되고 있다. (그림 1(a))와 (그림 1(b))는 어도비사의 포토샵에서 제공하는 모자이크 필터를 이용한 결과물이다. (그림 1(c))는 Haerberli[2]가 제안한 보로노이 다이어그램을 이용한 모자이크이고 (그림 1(d))는 Blashi and Gallo[3]가 제안한 모자이크이다. (그림 1(e))는 Hausner[4]의 모자이크로 무게중심 보로노이 다이어그램과 에지기법을 이용하여 모자이크를 생성하였다. (그림 1(f))는 Silvers[5]에 의해서 제안된 포토 모자이크이다.



(그림 1) 다양한 기술들로 만들어진 모자이크

본 논문에서는 다양한 모자이크 방법 중에서 사진을 이용한 포토 모자이크 알고리즘에 대하여 다루고자 한다. 포토 모자이크란 여러 개의 작은 사진을 모아서 하나의 큰 사진을 만드는 것을 말한다. 최근 디지털 이미징 기술의 발달로 인하여 포토 모자이크 기술들이 잡지와 포스터, 설치, 뮤직 비디오와 TV광고 등에서 적극적으로 활용되고 있다[5]. 그러나 모자이크 영상의 생성 작업들은 대부분 전문 그래픽 디자이너들에 의해 수작업으로 생성되고 있어서, 일반 사용자들이 포토 모자이크 영상을 생성하는 것은 어려우며, 전문 그래픽 디자이너라고 하더라도, 수작업으로 이루어지므로 모자이크 영상의 생성에 상당한 시간이 소요되는 문제점들이 있다. 포토 모자이크 알고리즘을 자동화하기 위한 소프트웨어의 개발이 이루어지고 있지만, 아직 상용화된 프로그램도 거의 없으며, 그 성능 또한 만족스럽지 않다.

본 논문에서는 적응적 타일링 및 블록 매칭을 통하여 자동화된 포토 모자이크 영상을 만드는 컴퓨터 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 사진 데이터베이스의 생성 단계와 포토 모자이크 생성 단계로 구성된다. 사진 데이터베이스 생성 단계에서는 모자이크에 사용되는 사진(또는 타일)의 특징값을 추출하여 저장한다. 포토 모자이크 생성 단계는 입력 영상을 블록 단위로 분할한 후에 특징을 추출하고, 인접한 블록들 사이의 유사도를 비교하여 병합하는 적응적

타일링을 수행한 후에, 적응적 타일링을 통해 생성된 블록들을 사진 데이터베이스의 타일들과 비교하여 유사한 타일을 찾는 블록 매칭을 수행한다. 마지막으로 매칭된 타일의 명암값을 해당 블록의 명암값으로 교체하여 영상의 유사도를 높이는 향상한다. 또한, 인접 블록간 타일의 중복성을 최소화하는 기법을 적용하여 모자이크 영상의 품질도 향상하였다. 제안한 알고리즘을 안드레아 모자이크 소프트웨어와 비교하여 성능의 우수성을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 모자이크와 관련된 기술에 대하여 요약하고, 3절에서는 적응적 타일링 및 블록 매칭을 통한 포토 모자이크 생성 기술을 제안한다. 4절에서는 실험 결과를 제시하고, 5절에서 결론을 짓도록 하겠다.

## 2. 관련 연구

포토 모자이크가 Silvers[6]에 의해 소개된 후에 몇몇 개발자들에 의해서 자동화된 프로그램이 연구되기는 했지만, 속도 개선이나 품질 향상의 측면에서 아직은 미약하다. 또한 사업화되어 활용되고 있는 포토 모자이크 영상의 경우 대부분 수작업을 통하여 생성되고 있다.

Klein et al.[7]은 비디오 모자이크 알고리즘을 제안하였다. 동영상에 대한 것으로 YIQ 도메인에서 색에 대한 평균값과 3차원 웨이블릿 분해를 통한 특징을 이용하여 유사도 비교를 수행함으로써 블록 사이의 매칭을 수행하였다. (그림 2)는 YIQ 도메인에서 컬러 매칭을 통하여 생성한 결과이고, (그림 3)은 컬러 보정 과정에서 오버레이를 통하여 원본 영상과 매칭된 영상을 합성하여 생성한 모자이크 결과이다. (그림 3)과 같이 오버레이를 통하여 영상을 합성할 경우 단 순한 컬러 매칭 보다는 전체적인 영상의 자연스러움은 높지만, 각 타일 영상의 품질은 급격히 저하되며 영상 콘텐츠에 왜곡이 발생한다. 그리고, 컴퓨터 성능에 따라 차이가 나겠지만, 10초 길이를 가지는 동영상을 제작하기 위해서는 3시간 47분의 상당한 시간이 소요된다. 따라서, 본 방법은 포토 모자이크된 영상에서 세부적인 타일에 대한 이미지를 보여 줄 수 없고 단순한 모자이크 효과만 전달될 뿐이며, 중복되는 타일 영상의 제거 그리고 다양한 사이즈의 타일을 고려하여 정성적인 품질을 향상하는 등의 기술은 없다.

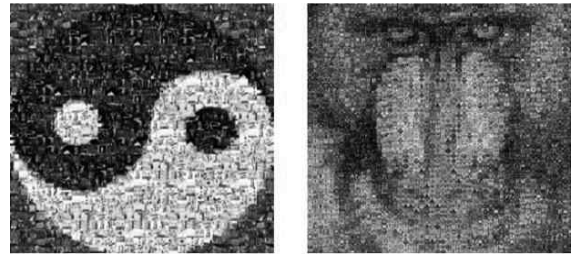


(그림 2) Color Matching 후 결과



(그림 3) Color Correction 후 결과

Blasi and Petralia[8]은 fast 포토 모자이크 알고리즘을 제안하였으며, 기존 포토 모자이크 알고리즘에 비하여 속도를 향상하였다. 입력 영상에 대하여 RGB 도메인에 대하여 3×3로 분할한 후에 컬러 매칭을 적용하였다. 특히, Antipole 클러스터링을 통하여 성능의 향상을 도모하였다. 구체적인 알고리즘이 제시되지 않았고, 기존 연구들과도 비교된 실험이 없으나, 컴퓨터의 성능 차이를 고려하더라도, 320×240 크기 포토 모자이크를 생성하는데 5.98초가 소요되며, 1024×768 크기의 모자이크 영상의 생성에는 32.487초가 소요된다. 또한, (그림 4)와 같이 생성된 결과물에 있어서 사용된 타일 영상도 알아보기 어려우며, 타일의 색상 조정도 이루어지지 않아서 포토 모자이크의 품질이 만족스럽지 않다.

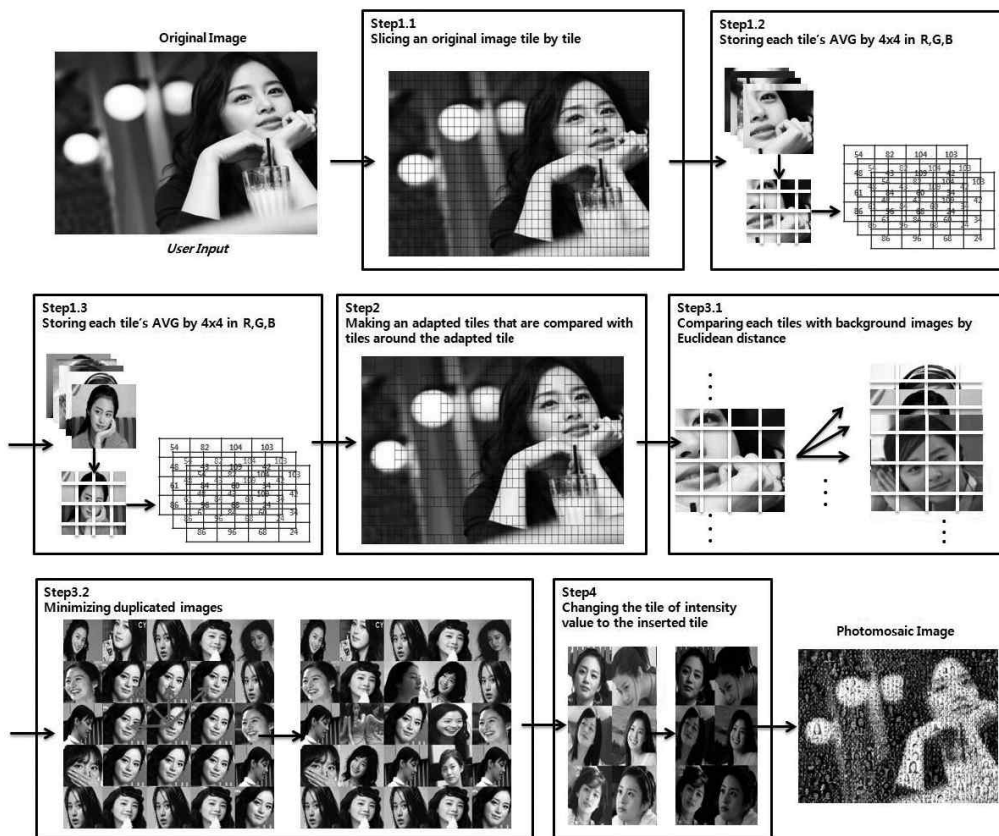


(그림 4) Fast photomosaic을 통한 포토 모자이크 영상[8]

### 3. 제안하는 포토 모자이크 알고리즘

제안한 포토 모자이크 알고리즘은 사진 데이터베이스 생성 단계와 포토 모자이크 생성 단계로 구성된다. 사진 데이터베이스란 모자이크에 사용되는 사진(또는 타일)을 의미하며, 사진 데이터베이스 생성 단계에서는 타일을 4×4로 분할한 후에 각 영역의 RGB 평균값을 계산하여 특징값으로 저장한다. 즉, 총 48개의 특징값이 해당 타일의 밝기값 특성을 대표한다. 포토 모자이크 생성 단계에서는 입력된 영상에 대하여 사진 데이터베이스를 사용하여 모자이크된 영상을 생성하며 특징 추출 과정, 적응적 타일링 과정, 블록 매칭 과정 및 밝기값 조정 과정으로 구성되어 있다.

포토 모자이크 생성 단계에 대한 대략적인 수행 과정은 (그림 5)와 같다. (단계 1) 입력 영상에 대하여 기 설정된



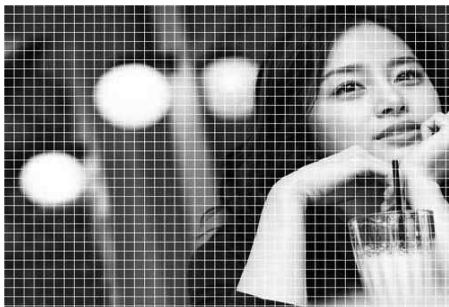
(그림 5) 적응적 타일링 및 블록 매칭을 통한 포토 모자이크 생성 과정

블록 크기로 분할한 후에 특징을 추출한 후에, (단계 2) 인접한 블록들 사이의 유사도를 비교하여 병합하는 적응적 타일링을 수행하고, (단계 3) 적응적 타일링을 통해 생성된 블록들을 사진 데이터베이스의 타일들과 유사도를 비교하여 유사한 타일을 찾는 블록 매칭을 수행한다. 또한 인접 블록간의 타일 중복성을 최소화 및 반복적 타일 사용을 줄이기 위한 처리도 수행한다. 마지막으로, (단계 4) 매칭된 타일의 명암값을 해당 블록의 명암값으로 교체하여 영상 유사도를 높이는 밝기값 조정 과정을 통하여 포토 모자이크 영상을 생성한다. 다음 절에는 각 과정에서 이루어지는 처리에 대하여 구체적으로 설명하도록 하겠다.

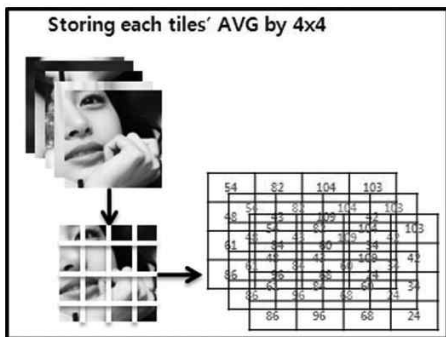
3.1 (단계 1) 이미지 특징 추출

포토 모자이크 생성의 첫 번째 과정은 이미지를 작은 블록으로 분할한 후에, 각 블록의 특징을 계산하는 과정이다. 이와 같이 계산된 특징은 적응적 타일링 및 블록 매칭 과정에서 활용된다.

입력된 영상을 (그림 6)과 같이 미리 설정된 크기의 블록들로 분할하고, 각 블록에 대해서 (그림 7)과 같이 4x4개의 16 영역으로 나누어서 각 영역에 대하여 RGB 평균값을 계산하여 각 블록의 특징으로 사용한다. 따라서, 각 블록에 대하여 48개의 특징값을 추출할 수 있다. 이와 같은 특징값을 계산하는 과정은 이전에 설명한 사진 데이터베이스에 포함된 타일(또는 사진)의 특징을 추출하는 과정과 동일하다 (본 실험에서는 64픽셀 단위로 블록 크기를 설정하였다). 이와 같은 특징값의 개수는 Blasi and Petralia[8]의 방법에 비하여 2배 정도 많다.



(그림 6) 64x64픽셀 블록으로 분할된 영상

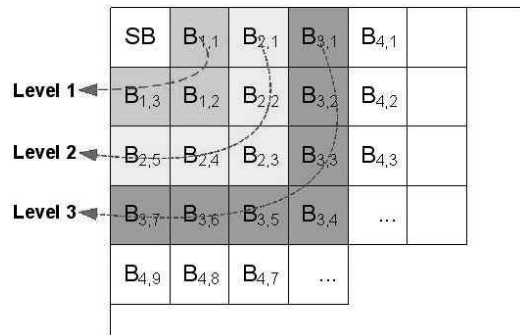


(그림 7) 블록을 16등분하여 평균값 추출

3.2 (단계 2) 적응적 타일링

포토 모자이크 영상을 생성함에 있어서 동일한 타일의 크기가 아닌 다양한 크기의 타일을 포함하여 생성할 경우 타일로 사용된 사진의 내용이 잘 표현되어 정서적인 품질이 향상된다. 따라서, 적응적 타일링 과정에서는 (단계 1)에서 생성한 블록에 대해서 인접한 블록들 사이에 특징값이 유사하다면 블록들을 병합하여 블록의 크기를 확장한다.

적응적 타일링의 과정을 설명하기 위하여 (그림 8)과 같이 블록들이 분할되어 있다고 하면, 블록 SB는 인접 블록들과 병합을 위하여 비교의 대상이 되는 고정 블록이고, 블록 B<sub>i,j</sub>는 블록 SB를 기준으로 레벨 i에 해당하는 j번째 블록을 의미한다. 적응적 타일링에서는 고정된 블록 SB와 레벨 i에 해당하는 모든 블록 B<sub>i,j</sub>의 특징값들 사이의 오차가 ±10인 경우 레벨 i에 포함된 블록의 내용이 유사한 것으로 판정하여 병합을 수행한다. 만약 레벨 i의 블록 중에 하나라도 오차 범위를 벗어날 경우 해당 레벨의 병합은 수행하지 않으며 고정된 블록 SB에 대한 적응적 타일링 과정을 멈춘다.



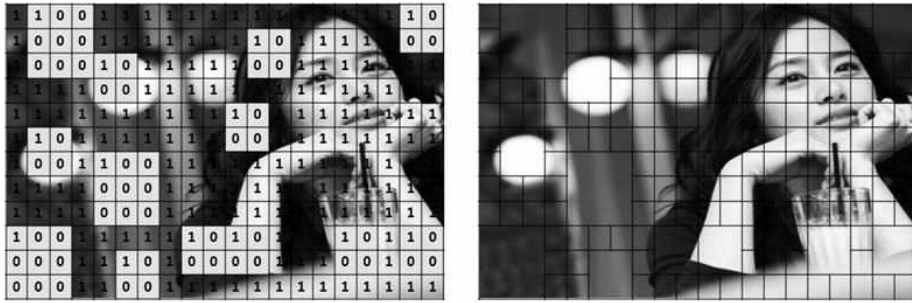
(그림 8) 비교를 위한 고정블록(SB)과 주변블록(B<sub>i,j</sub>)들과의 연관 관계

예를 들어 블록 SB를 레벨 1의 블록 B<sub>1,1</sub>, B<sub>1,2</sub>, 및 B<sub>1,3</sub>과 비교하여 유사도가 ±10 이내인 경우 타일을 병합할 수 있음을 의미하며, 레벨 2의 블록들 B<sub>2,1</sub>, B<sub>2,2</sub>, B<sub>2,3</sub>, B<sub>2,4</sub>, 및 B<sub>2,5</sub>와 유사도 비교를 계속 진행한다. 만약 레벨 2의 블록들 중에 하나라도 오차의 범위를 벗어날 경우 레벨 2의 블록들과 병합을 수행하지 않으며, 블록 SB는 크기는 x, y축으로 2배 확장된 크기로 결정된다. 레벨이 증가할수록 병합되는 블록의 크기는 커지지만, 블록이 너무 클 경우 모자이크 영상의 품질이 저하되므로 레벨의 횟수를 제한하였다.

블록의 유사도 비교는 아래 식과 같이 블록의 특징값들 사이의 차이값을 계산하여 사용하였고, i는 블록의 레벨이고, j는 레벨안에서의 블록 번호이며, k는 특징값을 의미한다.

$$Difference = \sum_{k=1}^{48} (SB(k) - B_{i,j}(k))^2$$

(그림 9)에는 이와 같은 적응적 타일링을 수행한 후에 블록의 확장된 모습을 나타내는 그림을 도시하였다. 1이 표시



(그림 9) 적응적 타일 생성 방법

된 블록은 고정된 블록을 의미하며, 0이 표시된 블록은 고정된 블록을 기준으로 확장된 블록의 모습을 나타낸다. 이와 같이 1과 0의 블록에 대한 특성을 활용함으로써 적응적 타일링 과정에서 0이 표시된 블록의 경우 이미 병합된 블록으로서 적응적 타일링의 과정에서 고정 블록으로 활용하여 타일의 확장을 시도하지 않도록 하였고, 다음 단계의 블록 매칭의 과정도 수행하지 않음으로서 속도의 향상을 도모하였다.

3.3 (단계 3) 블록 매칭 및 타일 중복성 최소화

블록 매칭은 입력된 영상의 분할된 각 블록들에 대하여 사진 데이터베이스에 정합되는 사진(또는 타일)을 찾기 위하여 매칭을 하는 과정이다. 타일 중복성 최소화는 인접한 블록에 동일한 사진이 삽입되는 경우 정성적인 품질이 저하되므로 중복성을 최소화하여 인접 블록에 동일한 영상의 삽입을 방지하는 과정이다.

블록 매칭의 과정에서 블록 간의 유사도 측정의 기준으로 두 점 사이의 거리를 계산하는 유클리드 거리(Euclid Distance)를 변형하여 루트 계산을 제거하여 활용함으로써 수행 속도의 향상을 도모하였다. 블록 매칭을 통하여 정합되는 영상은 아래 수식과 같이 유사도 값들 중에서 최소한 유사도 값을 갖는 영상에 해당한다. 여기서  $SB(k)$ 는 분할된 각 블록의  $k$ 번째 특징값을 의미하며,  $DB_i(k)$ 는 사진 데이터베이스에 있는 사진  $i$ 의  $k$ 번째 특징값을 의미한다.

$$MatchBlock = \min \left\{ \sum_{k=1}^{48} (SB(k) - DB_i(k))^2 \right\}$$

포토 모자이크 영상을 생성함에 있어서 동일한 타일의 중복 및 고정된 타일 크기를 사용하는 것은 정성적인 품질을 저하시킨다. 타일 중복성 최소화 과정에서는 타일의 중복성을 최소화하기 위해 주변 블록에 해당 타일이 사용되었다면, 다른 최선의 값을 갖는 타일을 정합된 영상으로 검색하여 사용하게 된다. 또한 사진 데이터베이스의 타일의 사용 횟수를 측정하여 반복적인 사용도 제한하였다.

블록들에 대하여 블록 매칭의 과정은 좌상단에서 시작해서 우하단 방향으로 진행된다. 따라서, 임의의 블록에 대해 블록 매칭이 진행되는 시점에서는 좌측과 상단에 있는 블록들만 이미 매칭이 완료되어 있다. 제안한 알고리즘에서는 중

복성 검사를 위하여 (그림 10)과 같이 매칭 대상 블록을 기준으로 45도에서 180도 범위에 포함되는 주변 블록에 대한 검색을 수행하였으며, 검색에 대한 깊이는 3으로 설정하였다. 매칭 대상 블록을  $B_{ij}$ 라고 하고, 주변 블록을  $B_{k,l}$ 이라고 하면  $\max(|i-k|, |j-l|)$  값 즉 거리 차의 최대값이 검색의 깊이를 의미한다. 검색의 깊이가 작은 경우 유사한 사진이 나타날 확률이 높으며, 검색의 깊이가 큰 경우 블록 매칭의 과정에서 비교해야 하는 대상 블록이 많으므로 수행시간이 많이 소요된다. 또한, 적응적 타일링이 수행되었으므로 비교하는 주변 블록이 기 병합되어 확장된 블록일 경우 해당 블록을 대표하는 고정 블록 SB에 할당된 타일 정보를 활용하였다.



(그림 10) 깊이가 3인 경우 중복성 최소화를 위한 비교 대상 주변 블록들(파란색)

이와 같이 블록 매칭 및 중복성 최소화 기법을 적용하여 생성한 결과를 (그림 11)에 도시하였다. 좌측에는 중복성을 제거하기 전의 결과이며, 우측에는 중복성을 최소화한 결과로서 정성적인 모자이크 영상의 품질이 향상된 것을 알 수 있다.



(그림 11) 중복이미지 최소화를 적용한 예

3.4 (단계 4) 밝기값 조정 및 이미지 병합

블록 매칭을 통하여 사진 데이터베이스에서 최적의 값으로 정합된 영상을 그대로 사용하여 포토 모자이크 영상을 생성할 경우 원본 영상과 비교할 경우 (그림 12)와 같이 색감이 많이 다른 것을 알 수 있다.

밝기값 조정 과정에서는 사진 데이터베이스에서 정합된 타일에 대하여 원본 영상 블록의 밝기값과 유사하도록 조정함으로써 정성적인 품질을 향상한다. 이를 위하여 정합된 타일 및 원본 영상 블록을 HSI 도메인으로 변경한 후에 정합된 타일의 밝기값 데이터를 원본 영상 블록의 밝기값 데이터로 대치한 후에 RGB 도메인 영상으로 변환함으로써 정합된 타일의 밝기값을 조정한다. (그림 12)에 나타난 것과 같이 조정 전에 비하여 경계선 부분 등에서 정성적인 품질이 향상된 것을 확인할 수 있다. 또한, 이와 같은 과정을 통해서 원본 영상을 중첩(Overlapping)하지 않아도 자연스러운 영상을 만들 수 있다.



(그림 12) 타일의 명암값 교체 전과 교체 후의 영상

이와 같이 적응적 타일링, 블록 매칭 및 밝기값 조정의 과정을 거쳐서 생성한 포토 모자이크 영상을 (그림 13), (그림 14) 및 (그림 15)에 제시하였다. 그림에서 나타난 것과 같이 다양한 크기의 타일을 포함하여 밝기값을 조정함으로써 정성적인 품질이 향상된 것을 확인할 수 있다. 특히 타일 크기가 커짐에 의해서, 전체 윤곽 뿐만 아니라 타일로 사용된 사진의 내용이 더 잘 표현되므로, 품질에 대한 만족도가 향상된다.

4. 실험결과

제안한 포토 모자이크 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 공개된 안드레아 모자이크 소프트웨어[9]의 결과와 비교 분석을 하였다. 알고리즘은 Intel(R) Core i5 650 프로세서, nVidia GeForce 310, 메모리 3GB DDR3 컴퓨터 환경에서 동등한 조건으로 테스트하였다.

제안한 포토 모자이크 알고리즘은 적응적 타일링이 포함된 알고리즘과 적응적 타일링을 포함하지 않은 경우로 구분하여 분석하였으며, 사용된 타일의 수는 266장으로 제한하였다. <표 1>에는 10 장의 영상에 대해서 실험한 결과에 대하여 정리하였으며, 제안한 알고리즘과 안드레아 모자이크 소프트웨어로 생성한 포토 모자이크 영상의 크기가 다르

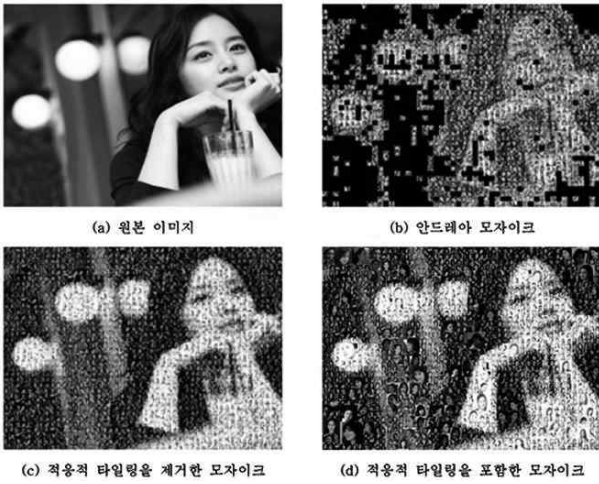
로 직관적인 비교는 어렵겠지만, 제안한 알고리즘이 메모리 사용량은 높지만 CPU의 점유율이 낮은 것을 확인할 수 있으며, 수행 시간도 적응적 타일링을 적용하지 않는 경우 안드레아 모자이크보다 조금 빠르게 수행되는 것을 확인할 수 있다. 그러나 모자이크 영상의 정성적인 품질을 향상하기 위하여 적응적 타일링을 도입할 경우 사용된 타일의 개수는 적지만, 수행 시간이 일부 저하되는 것을 확인할 수 있다.

<표 1> 10장의 영상에 대한 평균적인 알고리즘 성능 분석 결과

	적응적 타일링을 제거한 포토 모자이크 알고리즘	적응적 타일링을 포함한 포토 모자이크 알고리즘	안드레아 모자이크 소프트웨어
사이즈(pixel)	3072 x 2304	3072 x 2304	4281 x 3425
타일 갯수(개)	1728	1728~1353	2068
타일 크기(pixel)	64 x 64	64 x 64	98 x 73
메모리 사용량	400mb	400mb	100mb
중복이미지 허용 수	5장 or 10장	5장 or 10장	5장 or 10장
사용된 이미지 수	266장	266장	266장
CPU 사용율	30%	30%	80 ~ 100%
수행시간	4.3~5.2초	9.7~11.4초	7~8초

(그림 13)에는 사용하는 타일의 중복 횟수를 5회로 제한하여 수행한 포토 모자이크 결과를 도시하였고, (그림 14) 및 (그림 15)에는 사용하는 타일의 중복 횟수를 10회로 제한하여 수행한 포토 모자이크 결과를 제시하였다. 제안한 알고리즘에서는 인접한 블록들 사이의 타일 중복을 피하기 위한 기술을 도입함으로써 타일의 반복 사용이 최소화 되었고, 그로 인하여 최대한 사진 데이터베이스의 타일을 사용할 수 있는 장점이 있다. 그러나 안드레아 모자이크의 경우 (그림 13(b))에 나타난 것과 같이 중복된 이미지 수의 제한으로 인하여 입력 영상의 전체 타일을 채우지 못하여 빈공간으로 나타나게 된다. 중복된 이미지의 제한을 10개로 설정한 경우 (그림 14(b)) 및 (그림 15(b))와 같이 정상적인 포토 모자이크 결과가 생성되지만 여전히 포토 모자이크 영상의 정성적인 품질에 부족한 측면이 있다. 그러나 제안한 알고리즘으로 생성한 포토 모자이크는 밝기값 조정 및 적응적 타일링의 과정 등을 통하여 원본의 색감과 유사한 고품질의 포토 모자이크 영상을 생성할 수 있다.

포토 모자이크 영상의 수행 시간 등은 정량적인 평가가 가능하지만, 모자이크 된 영상의 품질에 대해서는 정량적인 평가가 어렵다. PSNR (dB) 등을 사용하여 원본과 모자이크 영상의 차이를 정량적인 분석을 할 수 있지만, 이는 실제 모자이크 사진의 품질과는 거리가 있다. 따라서, 본 논문에서는 118명의 사용자에게 제안한 적응적 타일링을 포함한 알고리즘으로 생성한 모자이크 영상, 적응적 타일링을 제거한 알고리즘으로 생성한 모자이크 영상 및 안드레아 모자이크



(그림 13) 중복된 타일의 수를 5개로 제한한 경우의 포토 모자이크 결과

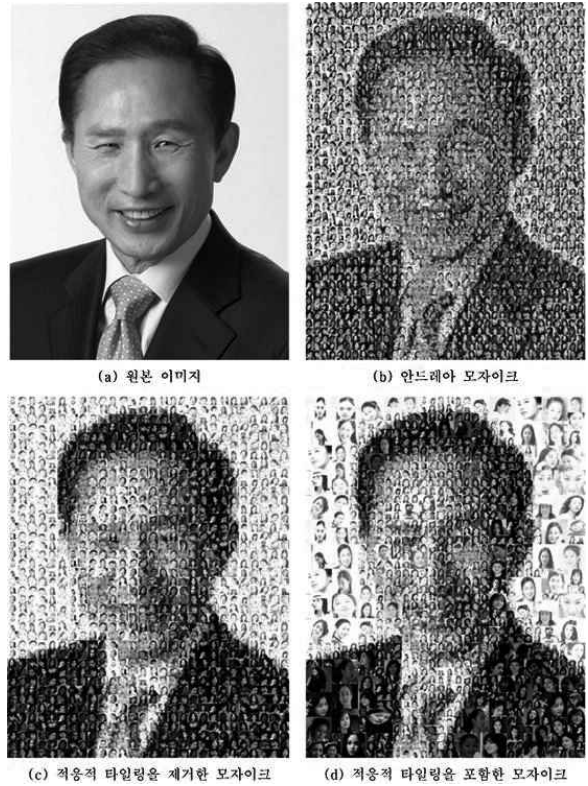


(그림 14) 중복된 타일의 수를 10개로 제한한 경우의 포토 모자이크 결과

크 소프트웨어를 사용한 모자이크 영상을 제시하고, 품질 측면에서 우수한 것에 대하여 선정을 하도록 정성적인 품질에 대한 분석을 수행하였다. 분석한 결과는 <표 2>에 정리되어 있으며, 제안한 포토 모자이크 알고리즘에 대한 선호도가 89% (37%+52%)로 안드레아 모자이크에 비하여 매우 높음을 알 수 있다. 또한 적응적 타일링을 사용하는 경우 타일 크기가 커짐에 의해서, 전체 윤곽 뿐만 아니라 타일로 사용된 사진의 내용이 더 잘 표현되므로, 사용자들의 품질에 대한 만족도가 조금 높게 나타났다.

<표 2> 118명의 사용자에게 의한 포토 모자이크 영상의 정성적인 품질 평가

	적응적 타일링을 제거한 포토 모자이크 알고리즘	적응적 타일링을 포함한 포토 모자이크 알고리즘	안드레아 모자이크
선호도	44명 (37%)	61명 (52%)	13명 (11%)



(그림 15) 중복된 타일의 수를 10개로 제한한 경우의 포토 모자이크 결과

### 5. 결론 및 향후과제

디지털 이미징 기술의 발달로 인하여 사진을 이용하여 영상을 만드는 포토 모자이크 기술들이 활용되고 있다. 그러나 대부분의 포토 모자이크 기술들이 전문 디자이너에 의하여 수작업에 의하여 이루어지고 있어서 많은 시간이 소요되며, 일반인의 경우 기술적인 난이도에 의하여 손쉽게 접근하지 못하고 있다.

본 논문에서는 적응적 타일링 및 블록 매칭을 통하여 자동화된 포토 모자이크 영상을 만드는 컴퓨터 알고리즘을 제안하였다. 사진 데이터베이스를 통하여 모자이크에 사용되는 타일을 생성하여 활용하였고, 포토 모자이크 생성 단계에서는 영상 특징 추출, 적응적 타일링, 블록 매칭 및 밝기 값 조정의 과정을 통하여 높은 정성적 품질을 갖는 모자이크 영상을 생성하였다.

또한 공개되어 있는 안드레아 모자이크 프로그램과 정량적 및 정성적인 비교를 통하여 제안한 알고리즘이 수행시간과 메모리 사용률에 있어서 큰 문제가 없음을 보였고, 정성적인 모자이크 영상의 품질에 있어서 매우 우수함을 제시하였다. 그러나 현재 제안한 알고리즘의 수행 시간은 적응적 타일링, 블록 매칭 등의 복잡한 시간이 소요되는 계산 과정을 포함하고 있으나 최적화가 가능한 부분이 있어서 상용화에 있어서 개선해야 할 점들이 남아 있다.

### 참 고 문 헌

[1] Wikipedia, "Mosaic", <http://en.wikipedia.org/wiki/Mosaic>

[2] P. Haeberli, "Paint by Numbers: Abstract Image Representation," Proc. of the Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, 1990, pp.207-214.

[3] G. Di Blasi and G. Gallo, "Artificial Mosaic," The Visual Computer, Vol.21, No.6, 2005, pp.373-383.

[4] A. Hausner, "Simulating Decorative Mosaics," Proc. of the Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, 2001, pp.573-580.

[5] S. Battiato, G. Di Blasi, G. M. Farinella, and G. Gallo, "A Survey of Digital Mosaic Techniques," Proc. of Eurographics Italian Chapter Conference, 2006, pp.129-135.

[6] R. Silvers and M. Hawley, "Photomosaics," Henry Holt and Co., Inc. New York, 1997.

[7] A. W. Klein, T. Grant, A. Finkelstein, and M. F. Cohen, "Video Mosaics," Proc. of International Symposium on Non Photorealistic Rendering, 2002, pp.21-28.

[8] G. Di Blasi and M. Petralia, "Fast Photomosaic," Proc. of International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, 2005.

[9] "Andrea Mosaic", <http://www.andreaplanet.com/andreamosaic/>



### 서 성 진

e-mail : [urloverme@naver.com](mailto:urloverme@naver.com)  
 2004년~현 재 국립금오공과대학교  
 컴퓨터소프트웨어공학과 학사과정  
 관심분야 : 영상처리, 디지털위터마킹 등



### 김 기 웅

e-mail : [wongki02@kumoh.ac.kr](mailto:wongki02@kumoh.ac.kr)  
 2004년~현 재 국립금오공과대학교  
 컴퓨터소프트웨어공학과 학사과정  
 관심분야 : 영상처리, 콘텐츠보안, 텔레매  
 틱스, 홈네트워크 등



### 김 선 명

e-mail : [sunmyeng@kumoh.ac.kr](mailto:sunmyeng@kumoh.ac.kr)  
 2000년 아주대학교 정보및컴퓨터공학부  
 (학사)  
 2002년 아주대학교 정보통신공학과  
 (공학석사)  
 2006년 아주대학교 정보통신공학과  
 (공학박사)

2006년~2008년 플로리다대학교 박사후연구원  
 2008년~현 재 국립금오공과대학교 컴퓨터소프트웨어공학과  
 조교수  
 관심분야 : 무선 LAN, PAN, 및 MESH 네트워크 등



### 이 해 연

e-mail : [haeyeoun.lee@kumoh.ac.kr](mailto:haeyeoun.lee@kumoh.ac.kr)  
 1997년 성균관대학교 정보공학과(학사)  
 1999년 한국과학기술원 전산학과(공학석사)  
 2006년 한국과학기술원 전자전산학과  
 전산학전공(공학박사)  
 2001년~2006년 (주)세트랙아이 선임연구원

2006년~2007년 코넬대학교 박사후연구원  
 2008년~현 재 국립금오공과대학교 컴퓨터공학부 교수  
 관심분야 : 멀티미디어, 영상처리, 콘텐츠보안, 디지털위터마킹 등