



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

변 혜 원 교수지도

석사학위청구논문

MLS를 이용한  
심슨화 캐리커처 생성

2012

성신여자대학교 대학원

컴퓨터 학과

이 지 예

MLS를 이용한  
심슨화 캐리커처 생성

변 혜 원 교수지도

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2012년 5월

성신여자대학교 대학원

컴퓨터 학과

이 지 예

# 인 준 서

이지예의 석사학위 논문으로 인준함.

심사위원 \_\_\_\_\_ 서 동 수 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 김 호 성 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 변 혜 원 \_\_\_\_\_ 인

성신여자대학교 대학원

## 논문 개요

본 논문은 캐리커처 아티스트인 쥐스탱 작가의 스타일대로 심슨화 캐리커처를 생성하는 새로운 기법을 제안한다. 심슨화 캐리커처는 심슨화와 캐리커처를 접목시킨 새로운 개념의 캐리커처로써 심슨화란 사람의 얼굴을 만화 심슨 특유의 스타일로 바꿔 심슨과 비슷한 캐릭터를 만드는 것이고 캐리커처란 사람이나 사물의 특징을 과장하여 희화화 시키는 그림이다. 본 논문에서는 컴퓨터를 이용해서 캐리커처를 생성하기 위하여 쥐스탱의 캐리커처 작성 기법을 조사, 분석하여 이를 알고리즘으로 자동화하는 규칙을 정하고 그 규칙에 따라 사용자와 닮은 만화 심슨 캐릭터를 생성한다. 극도의 양식화로 알려진 쥐스탱은 얼굴형을 삼각형, 사각형, 마름모 등의 도형으로 표현하고 눈, 코, 입, 얼굴형을 표현할 때 최대한 직선을 사용하여 캐리커처를 그리는 특징을 가지고 있다.

본 시스템은 먼저, AAM(Active Appearance Model) [3]을 사용하여 평균얼굴과 사용자의 얼굴 정보를 구하고 이를 비교하여 사용자의 특징을 검출한다. 검출된 특징을 과장하기 위하여 과장 규칙은 쥐스탱의 기법 [4]을 이용한다. 부가적으로 사용자와 비슷한 영상을 만들기 위해 사용자의 헤어스타일, 액세서리 등을 적용하여 카툰화 한다. 이 연구는 실제 캐리커처 작가 기법의 분석을 통해 신뢰성 있고 완성도 높은 캐리커처를 나타낼 수 있다. 또한 기존에 연구 되고 있는 만화 캐릭터 화에 캐리커처 방식을 접목시킴으로써 사용자의 특징이 잘 나타나는 만화 캐릭터 기반의 캐리커처를 생성한다. 특히 요즘 온라인에서 자신의 사진을 만화 캐릭터인 심슨(Simpson) 스타일로 그리는 것이 화제가 되고 있는데 본 논문은 심슨화된

캐릭터를 자동으로 생성한다.

과장하는 기술은 미리 정의된 만화 캐릭터 영상을 기반으로 MLS(Moving Least Squares) 근사 기반 이미지 변형 방법 [1]을 이용한다. MLS는 균등한 격자를 기반으로 격자위의 점들의 변형 전과 변형 후의 차이를 최소화시키는 변형 기법이다. 일반적으로 MLS는 입력 이미지의 내용에 상관없이 이미지를 균등한 격자로 나누는데 이는 변형에 불필요한 점들도 계산을 해야 하기 때문에 계산 속도가 느리고 비효율적이다. 그래서 본 논문에서는 에지 밀도를 기반으로 기존의 균등 격자를 비 균등 격자로 대체한다. 영상의 복잡한 부분에는 크기가 작은 격자를 조밀하게 배치하여 세밀한 변형이 가능하게 하고 단순한 부분에는 큰 격자를 배치하여 계산횟수를 줄인다. 이를 통해 결과 영상의 품질을 향상시키고 이미지 변형에 필요한 처리 속도를 개선한다.

# 목 차

## 논문개요

제 1장. 서 론	1
제 2장. 관련 연구	4
1. 캐리커처 생성	4
2. 이미지 변형	7
제 3장. 시스템 구성	9
제 4장. 얼굴 특징 검출 및 분석	12
1. AAM을 이용한 특징 점 검출	12
2. 입력 얼굴의 특징 검출	14
1. 얼굴 세로 비율 분석	14
2. 얼굴 구성 요소 분석	16
제 5장. 캐리커처 생성을 위한 얼굴 특징 과장	18
1. 쥐스탱 기법의 형태 변형	18
2. 얼굴 세로 비율 과장	22
3. 얼굴 구성 요소 과장	24
제 6장. 비 균등 격자 기반의 MLS 변형	25
1. 에지 밀도 계산	26
2. 에지 밀도를 이용한 쿼드 트리 분할	27
3. MLS 변형	28
제 7장. 카툰화	31
1. 카툰화	31
2. 부가 기능	31

제 8장. 결 과 ————— 32

제 9장. 결 론 및 향 후 연구 ————— 39

참고문헌

ABSTRACT(영문초록)

## 표 목 차

[표 1] 얼굴 구성 요소 분류 항목 및 정의	15
[표 2] 얼굴 비율 요소 분류 항목 및 정의	17
[표 3] 형태 변형을 위한 규칙 정의	21
[표 4] 기존 연구와 본 연구의 프로세스 속도 비교	37

## 그림 목 차

[그림 1] 심슨화된 예능 프로그램 출연진	1
[그림 2] 심슨화 프로그램 ‘심스나이즈미’	2
[그림 3] 수동 캐리커처 방법론 및 결과	4
[그림 4] 예제 기반의 캐리커처 생성 기법	5
[그림 5] 규칙 기반의 캐리커처 생성 기법	6
[그림 6] 캐리커처를 응용한 휴머노이드 크리처 디자인 생성	6
[그림 7] 중간 왜곡을 최소화 시키는 강제 변환	7
[그림 8] 강제 변환 기반의 쌍방향 시스템	7
[그림 9] 균등 격자 기반의 MLS 변형	8
[그림 10] 시스템 구성도	9
[그림 11] 얼굴 특징의 검출 및 분석	12
[그림 12] 평균 얼굴과 AAM을 이용해 특징 점을 검출한 사용자의 얼굴	13
[그림 13] 얼굴 요소 분석을 위한 비율 정보	14
[그림 14] 얼굴 비율 요소의 계산	15



[그림 30] 유명 연예인의 캐리커처 결과	34
[그림 31] 변형된 사진의 캐리커처 결과	35
[그림 32] 원본 사진	36
[그림 33] 비 균등 기반의 MLS 변형 결과	37
[그림 34] 다양한 캐리커처 결과	38

## 제 1장 서론

현재 온라인에서는 심슨화라는 것이 많은 화제가 되고 있다. 심슨화란 폭스사의 유명한 만화인 더 심슨의 캐릭터와 같이 노란 얼굴이나 동그란 눈 등으로 사람의 얼굴을 표현하는 것을 말한다. [그림 1]과 같이 예능 프로그램의 출연진들도 심슨화로 표현되고 있다. 대부분의 심슨화는 아티스트에 의해서 그려지고 일반인들에게는 힘든 작업이다.



[그림 1] 심슨화된 예능 프로그램 출연진

그래서 폭스사와 버거킹에서는 심스나이즈미(Simpsonize Me)라는 컴퓨터상에서 사용자의 얼굴을 심슨 스타일로 바꿔주는 심슨화 프로그램을 제공하였다. 하지만 이는 자동으로 심슨 캐릭터가 생성되지 않고 [그림 2]와 같이 사용자가 템플릿을 선택해야하는 등의 조작이 많다. 또한 사용자의 특징을 과장하지 않아서 사용자의 특징이 심슨 캐릭터에 많이 나타나지 않는다. 그래서 본 논문에서는 자동으로 심슨화를 생성하는 알고리즘을 제안하고 사용자의 특징을 표현하기 위하여 캐리커처를 접목시킨다. 이를 위해 미리 정의된 만화 캐릭터 이미지에 MLS 근사 변형 기법을 적용하여 심슨화 시킨다.



[그림 2] 심슨화 프로그램 ‘심스나이즈미’

캐리커처는 인물 또는 의인화된 동식물을 제재로 외관상의 특징을 과장하거나 왜곡하여 익살, 유머, 풍자 등의 효과를 노려서 그린 그림이다. 최근에 컴퓨터 그래픽의 발달로 인해 컴퓨터를 이용하여 캐리커처를 생성하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 기존의 캐리커처에 관한 연구는 수동으로 눈, 코, 입, 얼굴 형태 등의 특징을 과장하는 연구와 자동으로 외관상의 특징을 과장하는 연구로 나눌 수 있다. 수동 과장은 사용자가 직접 입력 사진의 특징에 따라 눈, 코, 입 등의 특징을 과장하는 방법으로서 아티스트가 아닌 일반인들에게는 조작이 쉽지 않다. 그래서 현재는 자동으로 입력 사진의 얼굴을 과장 하는 기법이 일반적으로 사용되고 있는데 대부분의 캐리커처 자동 생성에 관한 연구는 아티스트가 직접 그린 그림을 예제로 하여 얼굴 영역 별 템플릿 매칭 방법으로 캐리커처를 생성하고 있다. 이는 완성도 높은 결과를 얻을 수 있지만 많은 양의 예제가 필요하고 그 예제를 만들기 위해 아티스트의 많은 노고가 필요하다.

본 연구에서는 특정 아티스트 ‘쥐스탱’의 스타일을 분석하여 캐리커처 생성 규칙을 설정하고 그 규칙에 따라 사용자의 특징을 자동으로 과장하는 캐리커처 생성 기법을 제시한다. 이는 스케치에 익숙하지 않은 사람도 쉽게 사용할 수 있으며 예제 개수의 제한이 없기 때문에 기존의 예제 기반 캐리커처 방식에 비해 다양하고 개성 있는 캐리커처를 생성할 수 있다. 그리고 캐리커처 장르의 유명한 작가인 쥐스탱의 기법에 따라 캐리커처를 생성함으

로써 실제로 아티스트가 그린 것과 같은 결과를 나타내는 장점을 가지고 있다.

특히, 강체(As-rigid-as possible) 변형 기법은 MLS를 기반으로 하는 이미지 변형 기술로서 강체의 전체적인 형상을 유지하면서 최초 형상과의 차이를 최소화하는 방식으로 작동한다. 이 방법은 입력 영상을 균등한 크기의 삼각형 또는 격자로 분할하고 격자의 교차점을 기준으로 이미지를 변형시킨다. 균등 격자로 인해 대상으로 하는 물체의 변형뿐만 아니라 주변에 있는 다른 물체 또는 배경 부분에 의도하지 않은 변형이 발생할 수 있다는 단점이 존재한다. 이와 같은 단점을 개선하기 위해서 본 논문에서는 에지 밀도 정보를 사용하여 영상을 쿼드트리 방식으로 분할하는 기법을 적용한다. 에지 밀도에 따라 격자의 크기를 다르게 배치하여 대상으로 하는 물체 주변의 불필요한 변형을 최소화할 뿐만 아니라 영상의 중요도를 고려하여 빠른 연산이 가능하게 한다.

## 제 2장 관련 연구

### 2.1 캐리커처 생성

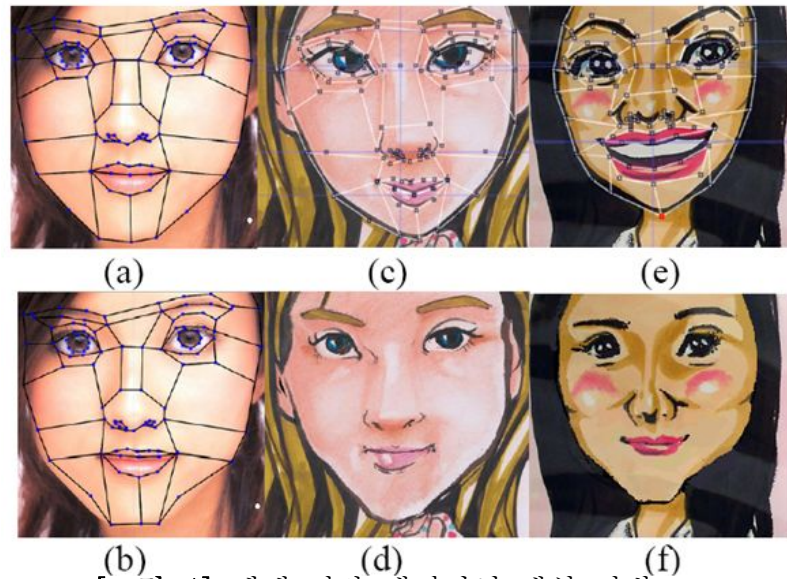
캐리커처에 관한 연구는 크게 수동 과장과 자동 과장으로 나눌 수 있다. 먼저 수동 과장은 사용자가 직접 과장할 부분을 선택하거나 과장율을 조절하여 캐리커처를 생성한다. Brennan[5]은 평균 얼굴과 입력 얼굴의 차이만큼 수동으로 과장을 조절할 수 있는 캐리커처 생성 프로그램을 제안하였다. Akleman[6]은 사용자가 입력 얼굴의 구성요소에 선분을 긋고 이 선분의 위치를 움직이며 얼굴을 과장하는 인터페이스를 개발하였다.



[그림 3] 수동 캐리커처 방법론 및 결과

이와 같이 수동으로 캐리커처를 생성하는 방법은 사용자가 직접 조절하기 때문에 사용자가 만족하는 결과를 얻을 수 있지만 객관적이지 않고 비전문가가 사용하기에는 어려움이 따른다. 그리하여 자동으로 캐리커처를 생성하는 연구들이 진행되고 있다. Liang[7]은 입력 얼굴과 아티스트가 미리 그린 예제를 결합시켜 자동으로 예제 기반의 캐리커처를 생성하였다. 이는 아티스트 성향이 반영되어 자연스러운 캐리커처를 구현할 수 있으나 예제의 양에 따라서 결과가 달라진다. Chiang[8]은 얼굴의 특징 점을 MPEG-4 포

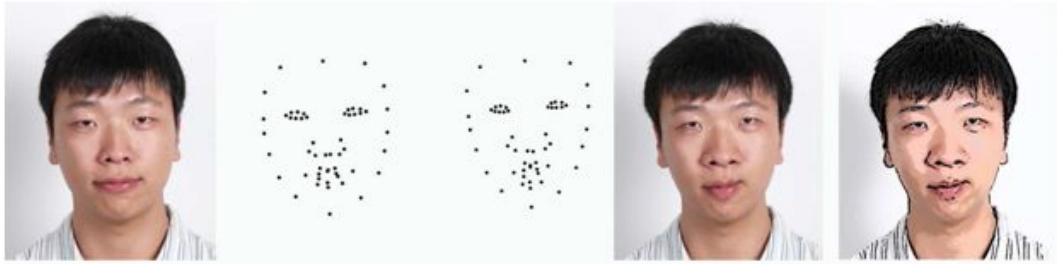
준에 맞게 정의하고 입력 얼굴의 특징 점을 아티스트가 그린 예제 얼굴의 특징 점으로 와핑하여 과장시켰다. 아티스트가 그린 캐리커처 예제인 (c),(e)의 특징점들을 과장이 된 입력 얼굴(b)의 특징점으로 와핑하여 (e)나 (f)와 같은 캐리커처 결과물을 생성하였다. 그러나 이 방법 역시 아티스트가 그린 캐리커처 예제에 의존적이다.



[그림 4] 예제 기반 캐리커처 생성 기법

Lee[9]는 아티스트의 예제에 의존하지 않고 자동으로 캐리커처를 생성할 수 있는 규칙을 설정하였다. 일반인들의 평균적인 얼굴을 구한 평균 얼굴과 입력 얼굴의 차이만큼 눈, 코, 입 그리고 얼굴형을 과장 시키는 규칙이다. 이는 예제에 구애받지 않고 다양한 결과를 나타낼 수 있는 장점을 가졌지만 아티스트의 스타일을 반영하지 않아 현실성이 없다.

본 논문에서는 Lee[9]와 같이 자동으로 캐리커처를 생성할 수 있는 규칙을 설정하되 특정 아티스트의 기법을 사용하여 규칙을 정의함으로써 완성도 높은 결과를 생성한다.



[그림 5] 규칙 기반의 캐리커처 생성

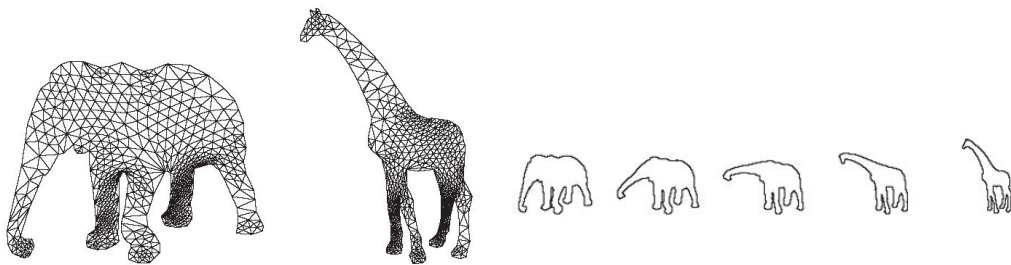
캐리커처에 관한 연구는 단지 얼굴을 희화화 하는데 그치지 않고 애니메이션, 영화, 얼굴 인식 등의 분야에 광범위하게 활용되고 있다. Suk[10]에서는 정확한 인물인식을 위하여 캐리커처를 응용해 휴머노이드 크리처 디자인을 생성하였다. 고블린과 원본 얼굴을 합성한 결과 보다 고블린을 특정 요소를 과장한 얼굴이 인물 인식률이 높았다. 이와 같이 본 논문에서도 사용자와 비슷한 만화 캐릭터를 생성하기 위해 캐리커처 컨셉을 적용하였다.

원본얼굴	고블린과 원본얼굴 합성	특징요소 과장	특징요소를 과장한 얼굴과의 합성
A			
B			
C			
D			

[그림 6] 캐리커처를 응용한 휴머노이드 크리처 디자인 생성

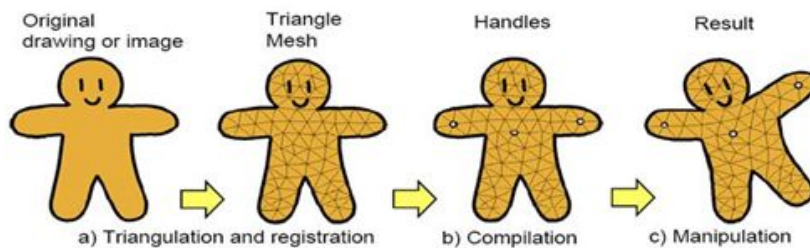
## 2.2 이미지 변형

이미지 변형에 대한 기존 연구는 변형을 수행하는데 합당한 변형의 종류를 연구하는데 중점을 두고 있다. Marc[11]는 보간을 할 때 중간 왜곡을 최소화시키기 위해 강제 변환을 제안하였다. 이는 이미지 변형에서 단단한 부분과 탄력 있는 부분을 분리하여 보간 하는 방법으로 시어링, 크기 조정을 뺀 이동과 회전만으로 변형을 한다. 또한 물체 내부를 삼각형으로 분할하여 에러를 최소화한다.



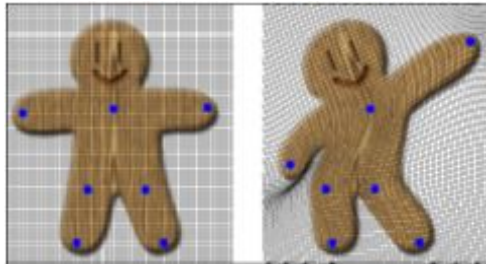
[그림 7] 중간 왜곡을 최소화 시키는 강제 변환

Igarashi[12]는 Marc의 강제 변환을 응용하여 사용자가 2차원 형상을 움직이고 변형할 수 있는 쌍방향 시스템을 제안하였다. 형상을 삼각형 격자로 표현하고 그 삼각형의 왜곡을 최소화하는 방법을 사용하였다. 그리고 각 최소화 문제를 선형방정식 시스템이 될 수 있도록 2차의 에러 행렬을 이용하였다.



[그림 8] 강제 변환 기반의 쌍방향 시스템

Scott[1]는 MLS기반의 어과인, 닳음, 강제 변환을 사용한 이미지 변형 기술을 보여주었다. 기존의 Igarashi는 입력 이미지를 삼각 화하고, 삼각 화 된 점의 개수와 같은 수 의 식에 대해 선형방정식으로 풀어야 했다. 하지만 Scott는 가중치의 합으로 각 점을 변형하고 균등한 격자에서 각 점에 대한 작은 선형시스템(2x2)을 풀어 변형했기 때문에 속도가 빠르다.



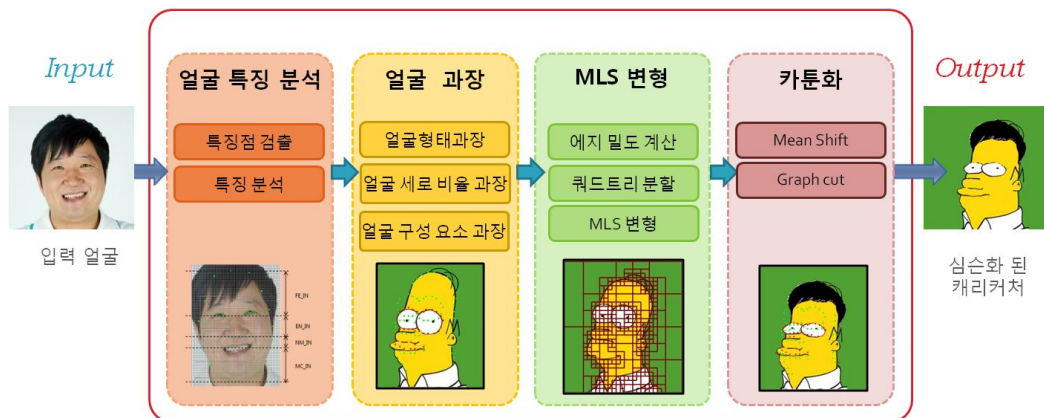
[그림 9] 균등 격자 기반의 MLS 변형

하지만 이전 연구들은 형태의 변형에만 집중했기 때문에 배경의 의도치 않은 변형에는 간과했다. 그래서 Yanzhen[13]은 Shape aware splitting method를 사용하여 대상만을 격자로 나누었다. 하지만 이 방법은 배경이 복잡하거나 대상과 비슷하면 격자 분할 규칙에 어긋난다. Sykora[14]도 이미지와 분리된 격자의 기하학적 변형을 제안하면서 대상만을 격자로 표현했지만 이 역시도 미리 배경과 대상을 분리 시켜 놓았다.

그리하여 본 논문에서는 쿼드 트리를 이용하여 실시간으로 대상과 배경을 분리시켜 변형 시킬 대상만을 조밀한 격자로 표현하였다. 이는 대상의 주변에 불필요한 변형을 최소화 하고 속도를 빠르게 해준다.

## 제 3장 시스템 구성

본 논문의 궁극적인 목표는 사용자와 닮은 심슨 캐릭터를 생성하기 위해 쥘스탱 작가 스타일의 캐리커처를 생성하는 것이다. 먼저 입력된 얼굴의 특징을 분석하고 그 특징에 맞게 눈, 코, 입 그리고 얼굴형을 과장하는 규칙을 설정한다. 그 규칙에 따라 이미지를 MLS 변형을 이용하여 과장시키고 마지막으로 카툰화를 적용시켜 심슨화된 캐리커처 결과를 생성한다. [그림 10]은 본 논문에서 제안하는 캐리커처 시스템의 전체 프로세스를 보여준다. 제안하는 시스템은 크게 특징 분석, 특징 과장, MLS 변형, 카툰화와 같이 네 가지 과정으로 나뉠 수 있다. 특징 분석은 다시 입력된 영상에 대해서 특징 점들을 검출하는 특징점 검출 단계와 검출된 입력 얼굴의 특징 점을 평균 얼굴과 비교하여 특징을 분석하는 특징 분석으로 나뉜다. 과장 단계는 얼굴형을 과장하는 형태 과장, 얼굴 세로 비율을 과장하는 인비트위너 과장, 눈, 코, 입 과 같은 얼굴 구성 요소를 과장하는 컴퍼넌트 과장단계로 나눌 수



[그림 10] 시스템 구성도

있다. MLS 변형은 입력 사진을 비 균등 격자로 분할하기 위해 에지 밀도 계산, 쿼드 트리 분할 단계를 거치고 이를 기반으로 MLS 변형을 한다. 마지막으로 카툰화 단계에서는 입력 사진을 세그멘테이션 하는 Meanshift와 선택 영역을 자르는 Graphcut으로 나뉜다. 본 장에서는 시스템 프로세스의 세부적인 과정을 설명한다.

## 1. 특징 분석

특징 분석 단계 중 특징점 검출 단계에서는 AAM(Active Appearance Model)을 통하여 입력 사진의 눈, 코, 입, 얼굴형을 검출하는 단계이다. 특징 분석의 기준이 될 평균 얼굴을 구하는데 이는 20개의 얼굴 사진들을 트레이닝 시켜 얻을 수 있다. 입력 사진의 눈, 코, 입, 얼굴형과 같은 특징점들을 검출 했으면 그 정보를 가지고 입력 사진의 특징을 구한다. 특징 검출 단계에서는 특징 과장을 위해 입력 사진의 눈, 코, 입, 얼굴형과 평균 얼굴의 눈, 코, 입, 얼굴형을 비교하는 규칙을 설정하고 상대적인 특징 정보를 분석한다.

본 논문에서 제안하는 특징을 분석하는 방법은 4장에서 자세하게 설명한다.

## 2. 특징 과장

특징 분석 단계에서 분석한 특징들을 가지고 입력 사진의 특징을 과장하는 규칙을 설정한다. 얼굴 형태 과장은 캐리커처 작가인 쥐스탱의 기법을 이용하여 전체적인 얼굴 형태를 과장한다. 얼굴 형태는 쥐스탱 방식으로 정의된 8개의 얼굴형으로 대체하여 과장된다. 얼굴 세로 비율 과장은 Redman[15]이 제안한 인비트위너를 이용하여 얼굴 구성 요소 간의 비율을 과장하는 단계이다. 평균 얼굴에 대한 입력 얼굴의 얼굴 세로 비율만큼 과장되어 특징을 강조할 수 있다. 마지막으로 얼굴 구성 요소 과장 단계는

얼굴의 컴퍼넌트로 정의되어 있는 눈, 코, 입에 해당하는 특징 점에 대하여 각각의 컴퍼넌트의 특징에 맞게 정해진 규칙에 따라 과장한다. 그래서 평균 얼굴에 대한 입력 얼굴의 비율만큼 구성 요소의 크기나 각도가 강조된 결과를 얻을 수 있다.

본 논문에서 제안하는 특징을 분석하는 방법은 5장에서 자세하게 설명한다.

### 3. MLS 변형

과장을 하기 위한 MLS 변형은 에지 밀도를 계산하는 단계와 쿼드 트리로 분할하는 단계, MLS 변형을 적용하는 단계로 나눌 수 있다.

에지 밀도를 구하기 위해 소벨 에지 검출법을 통해 에지를 검출한다. 검출된 에지 영상으로 주어진 영역안의 에지 밀도를 계산한다. 입력 사진을 비균등 격자로 나누기 위해 사용자가 정한 기준 밀도보다 에지 밀도가 작을 때 까지 쿼드 트리를 이용한다. 이 방법으로 비균등하게 분할된 영상은 MLS 변형 기법을 이용하여 변형된다.

본 논문에서 제안하는 특징을 분석하는 방법은 6장에서 자세하게 설명한다.

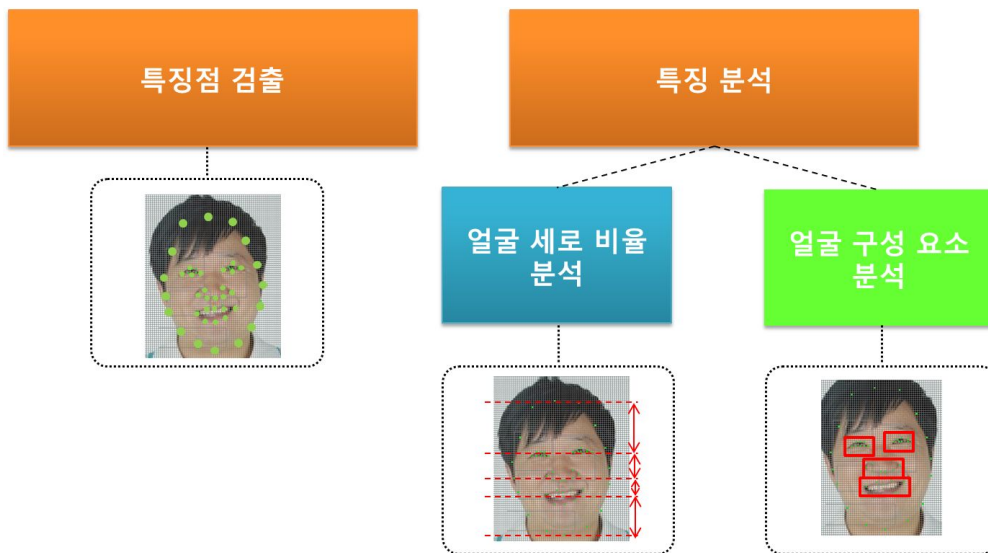
### 4. 카툰화

카툰화 단계에서는 보다 사용자와 닮은 결과를 생성하기 위해 사용자의 입력 얼굴을 카툰화 시켜 헤어스타일, 액세서리 등을 결과 영상에 적용한다. 만화적인 영상을 만들기 위해 Meanshift를 이용하여 세그멘테이션을 하고 Grabcut의 방식으로 입력 사진의 머리, 액세서리등을 잘라내어 심슨화 결과에 적용 시킨다.

본 논문에서 제안하는 특징을 분석하는 방법은 7장에서 자세하게 설명한다.

## 제 4장 얼굴 특징 검출 및 분석

본 장에서는 입력 얼굴의 특징점을 검출하고 검출된 특징점을 평균 얼굴과 비교하여 입력 얼굴만의 특징을 분석한다. 특징을 분석할 때는 얼굴의 세로 비율과 얼굴의 눈, 코, 입 등의 구성 요소를 분석한다. [그림 11]은 특징점을 검출하고 특징을 검출하는 과정을 보여준다.

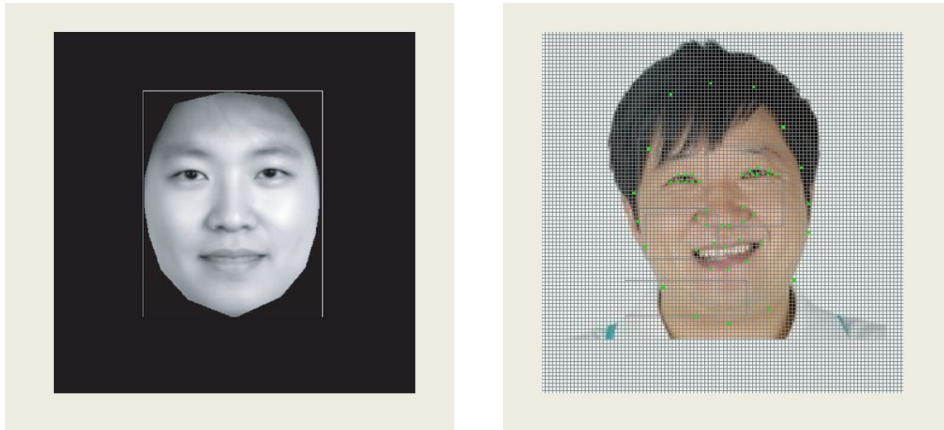


[그림 11] 얼굴 특징의 검출 및 분석

### 4.1 AAM을 이용한 특징점 검출

AAM(Active Appearance Model)은 물체의 형태와 텍스처 정보를 학습시켜 이 정보를 바탕으로 새로운 이미지 내의 물체를 찾는 방법으로 주로

얼굴을 추적할 때 사용되는 알고리즘이다. 본 연구에서는 특징을 분석할 때 비교될 수 있는 평균 얼굴을 구하였는데 이는 20장의 얼굴 사진을 AAM을 통해 트레이닝 시켰다. 입력 얼굴의 눈, 코, 입, 얼굴 형 등의 특징점을 찾기 위해서는 [그림12]와 같이 54개의 특징점들을 입력하였다. 입력된 54개의 특징점들을 바탕으로 얼굴 사진이 입력되었을 때 얼굴의 특징점을 검출할 수 있다. 하지만 특징점을 검출 하는 실험을 했을 때 앞머리가 있는 경우, 정면 사진이 아닌 경우, 입력된 사진이 흐린 경우 등의 상황에서는 정확하게 얼굴의 눈, 코, 입, 얼굴형을 검출 하지 못했다. 얼굴의 특징점들이 잘 못 검출 되어서 특징을 부정확하게 분석하는 것을 막기 위하여 수동으로도 조절할 수 있도록 하였다.



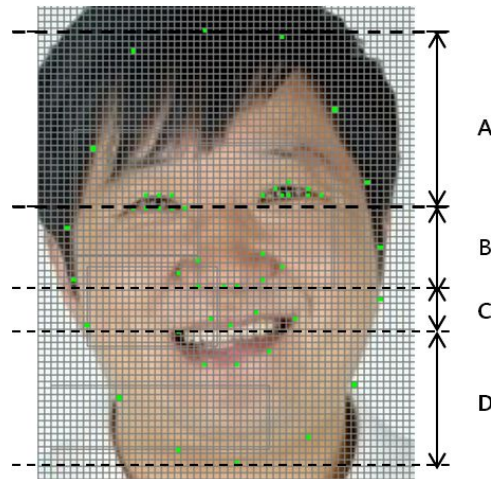
[그림 12] 평균 얼굴과 AAM을 이용해 특징 점을 검출한 사용자의 얼굴

## 4.2 입력 얼굴의 특징 검출

Redman의 How to Draw Caricature에서는 캐리커처를 그리기 위하여 상대성의 원리를 제시하였다. 얼굴의 눈, 코, 입 등의 특징은 다른 사람들과 비교하여 얻을 수 있다. 본 논문에서는 4.1장에서 구한 AAM을 이용하여 얻은 평균 얼굴과 입력된 얼굴과 비교하여 입력 얼굴의 특징을 분석한다. 이는 5장에서 과장을 하기 위한 규칙을 설정할 때 과장 비율을 계산하기 위하여 사용된다. 입력 얼굴의 특징을 검출하기 위해서는 이마에서 눈까지의 길이, 눈에서 코까지의 길이 등과 같은 얼굴 비율 요소와 눈의 너비, 코의 길이 등과 같은 얼굴 구성 요소로 나뉘어 특징을 검출한다.

### 4.2.1 얼굴 세로 비율 분석

AAM을 이용해 정의된 54개의 특징 점으로부터 이마에서 눈까지의 길이, 눈에서 코까지의 길이 등과 같은 얼굴 세로 비율 요소를 추출한다.

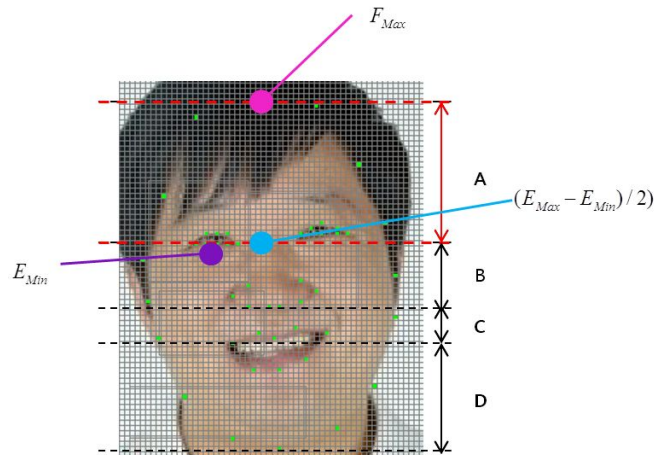


[그림 13] 얼굴 요소 분석을 위한 비율 정보

세로 비율 요소는 이마에서 턱 사이의 눈, 코, 입과 같은 얼굴 구성 요소들의 세로 비율로 이마-눈, 눈-코, 코-입, 입-턱 과 같이 4개의 비율 정보로 분류되어 있다. 이는 [그림 13]의 A, B, C, D 으로 나타낼 수 있다. 분류한 정보들과 평균얼굴을 비교하여 사용자의 특징을 얻을 수 있다. [표 1]은 정의된 세로 비율 요소의 길이를 구하는 계산 방법이다. 이마에서 눈 사이의 길이인 FE\_IN을 구하는 계산 방법은 얼굴 집합의 최대값인 Fmax 에 눈 집합의 최대값 Emax 와 눈 집합의 최소값 Emin의 중간값 즉, 눈 사이의 점을 빼서 구할 수 있다.

Ratio of the face elements	Definition	Calculation
Forehead to eyes	A	$\frac{F_{Max} - (E_{Min} + ((E_{Max} - E_{Min}) / 2))}{F_{Max} \in F, E_{Min}, E_{Max} \in E}$
Eyes to nose	B	$\frac{E_{Min} + ((E_{Max} - E_{Min}) / 2) - N_{Min}}{N_{Min} \in N, E_{Min}, E_{Max} \in E}$
Nose to mouth	C	$\frac{N_{Min} + (M_{Min} + ((E_{Max} - E_{Min}) / 2))}{N_{Min} \in N, M_{Min}, M_{Max} \in M}$
Mouth to chin	D	$\frac{(M_{Min} + ((E_{Max} - E_{Min}) / 2)) - F_{Min}}{F_{Min} \in F, M_{Min}, M_{Max} \in M}$

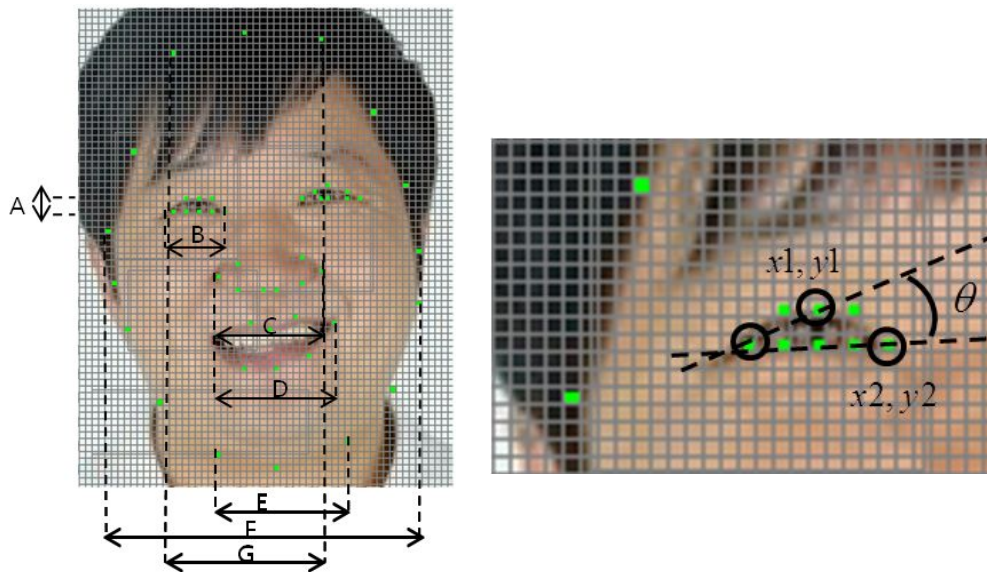
[표1] 얼굴 비율 요소 분류 항목 및 정의



[그림 14] 얼굴 비율 요소의 계산

#### 4.2.2 얼굴 구성 요소 분석

얼굴 구성 요소는 크게 눈, 코, 입, 얼굴형과 같이 네 가지 요소로 나뉠 수 있다. 구성 요소들은 다시 너비, 높이와 같은 거리 정보와 눈꼬리의 방향인 각도 정보로 정의 된다. 얼굴 특징의 거리 정보는 [그림 15]과 같이 눈은 A, 코는 B, 입은 C, 얼굴형은 D, E, F로 각각 정의하였다.

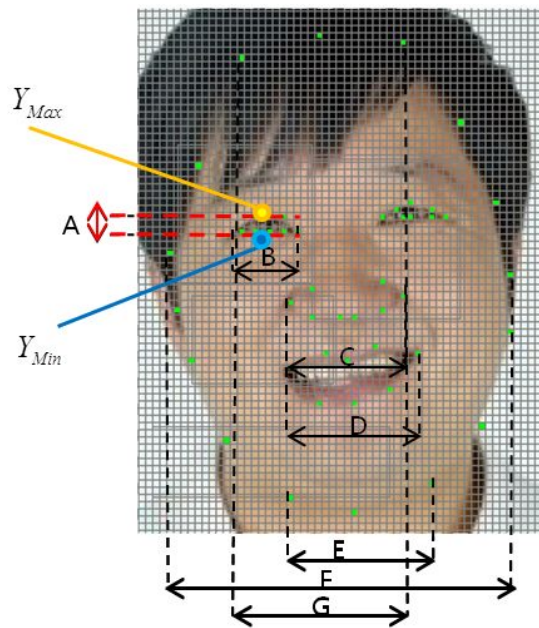


[그림 15] 얼굴 요소 분석을 위한 거리, 각도 정보

또한 얼굴 특징의 각도 정보는 [그림 15]의 오른쪽 그림과 같이  $\theta$ 로 표현하였다. 정의된 얼굴 요소들의 거리와 각도는 [표 2]와 같이 계산하였다. 눈의 너비인 B는 눈의 집합 E 중 X의 최대값에서 X의 최소값을 뺀 값이고 눈의 높이인 A는 Y의 최대값과 Y의 최소값의 차이를 계산한 값이다. 코, 입, 얼굴형도 [표2]와 같은 계산 방법을 사용하여 입력된 얼굴의 특징을 분석한다.

Facial component	Categories	Definition	Calculation
Eye	Size of eye (Height, Width)	A	$A = Y_{Max} - Y_{Min}$
		B	$B = X_{Max} - X_{Min}$
	Orientation of eye	$\theta$	$\theta = \arccos \left( \frac{x_1 * y_1 + x_2 * y_2}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2} * \sqrt{x_2^2 + y_2^2}} \right)$
Nose	Width of nose	C	$C = X_{Max} - X_{Min}$
Mouth	Width of mouth	D	$D = X_{Max} - X_{Min}$
Face	Facial shape	E	
		F	
		G	

[표2] 얼굴 구성 요소 분류 항목 및 정의



[그림 16] 얼굴 구성 요소의 계산

## 제 5장 캐리커처 생성을 위한 얼굴 특징 과장

캐리커처는 일반 사람들과 다른 자신만의 특징을 더욱 부각되도록 과장되게 표현한다. 캐리커처를 자동적으로 생성할 수 있도록 이 장에서는 캐리커처 아티스트 쥐스탱의 기법을 정리하여 규칙으로 정의하였다. 과장을 하기 위해 정의된 규칙은 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 먼저 쥐스탱 기법을 이용한 전체적인 형태 변형이다. 그리고 얼굴 내부의 세로 비율을 과장하는 인비트위너 과장과 얼굴 요소들의 형태를 강조하는 컴퍼넌트 과장을 한다. 이는 앞에서 구한 사용자의 얼굴 특징을 이용하여 과장한다.



[그림 17] 캐리커처 생성을 위한 특징 과장

### 5.1 쥐스탱 기법의 형태 변형

얼굴의 형태를 과장하기 위해 캐리커처 아티스트인 쥐스탱 스타일을 사용하였다[4]. 극도의 양식화로 유명한 쥐스탱의 캐리커처 기법은 네 가지 단계로 나뉜다.



[그림 18] 쥐스탱의 캐리커처 생성 기법

첫 번째 단계는 사진, TV나 비디오 자료를 수집하여 그 중 가장 적합한 포즈를 선택해 인물화를 그린다. 다음은 그 얼굴형에 적합한 사각형, 삼각형, 원 등의 기본 형태를 찾아 얼굴형을 도형으로 대체한다. 그리고 얼굴의 어떤 부분에 비중을 두어야 하는 가를 결정한다. 마지막 단계인 최종적인 데생 단계에서는 최대한 직선으로 결과를 양식화 시킨다.

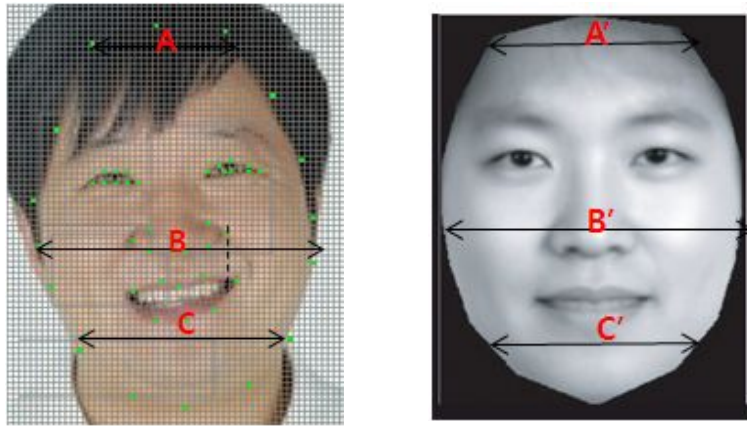
본 논문에서는 도형으로 얼굴형을 변형하는 쥐스탱 기법의 두 번째 단계를 사용하여 얼굴형을 과장한다. 얼굴형에 적합한 도형을 선택하기 위해서 먼저 입력 얼굴과 평균 얼굴의 이마, 볼, 턱을 검출한다.

우리는 검출된 입력얼굴과 평균얼굴의 형태 요소들을 비교하여 [표3]과 같은 규칙을 정의하였다. 각각 형태 요소들의 비교식에 따라 8개의 도형 중 하나가 선택되고 얼굴형은 선택된 도형으로 대체된다.

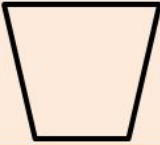



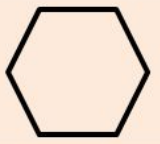

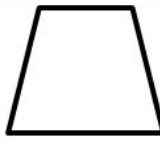





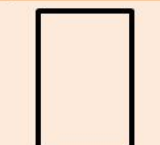

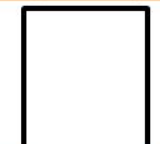

**쥐스탱 (Justin) : 극도의 양식화**

- ① 적합한 포즈 선택하여 인물화 생성
- ② 기본 형태(원,사각형,삼각형 등 도형)선택
- ③ 얼굴의 어떤 부분에 비중을 들지 결정
- ④ 최대한 직선으로 양식화

[그림 19] 쥐스탱의 캐리커처 생성 기법 단계



[그림 20] 평균 얼굴과 입력 얼굴의 형태 요소 비교

Elements of feature	Justin's Definition	Shape samples
$\Delta A = \max$		
$\Delta A = \max$ $\Delta B = \Delta C$		
$\Delta B = \max$		
$\Delta C = \max$		
$\Delta C = \max$ $\Delta A = \Delta B$		
$\Delta A$ $\Delta B$ $\Delta C$ $> \alpha$		
$\Delta A$ $\Delta B$ $\Delta C$ $< \alpha$		
Default		

[표 3] 형태 변형을 위한 규칙 정의

## 5.2 얼굴 세로 비율 과장

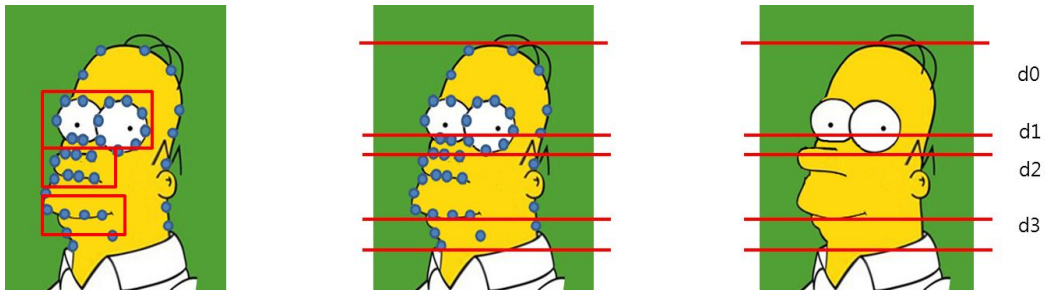
캐릭터에서는 얼굴 내부의 상대적인 비율로 얼굴의 비례 정보를 구할 수 있다. 얼굴 세로 비율을 과장하기 위하여 인비트위너 선을 생성하여 인비트위너 선을 기준으로 얼굴 비율을 과장한다. 본래 인비트위너란 애니메이터가 기본 그림의 비율을 스케치 하는 것을 일컫는다. 우리는 AAM을 통해 구한 특징 점들을 사용하여 인비트위너를 정의하고 인비트위너 선을 생성한다.

$$\frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{2} \quad Y_{\max}, Y_{\min} \in SE \quad (1)$$

이때 SE는 눈에 해당하는 특징 점들의 집합을 나타내고  $Y_{\max}$ 는 집합 SE 중 Y가 최대인 값이다.

$$\bar{d} = d_i + (d_i - d_{\text{mean}_i}) \quad (2)$$

인비트위너 선들 간의 거리를  $d_i$ 로 정의하여 평균 얼굴의  $d_i$ 과  $d_i$ 의 차이만큼 과장 시킨다.



[그림 21] 인비트위너 과장: (a) 과장할 만화 캐릭터 템플릿의 집합 설정  
(b) 인비트위너 선 정의 및 과장 규칙 선정

### 5.3 얼굴 구성 요소 과장

인비트위너 과장 단계를 거쳐서 캐릭터 얼굴 요소들 간의 비율은 과장 되었지만 얼굴 구성 요소들의 형태를 과장할 수는 없다. 본 논문에서는 얼굴 구성 요소들을 컴퍼넌트라 칭하고 컴퍼넌트 과장 단계에서는 캐릭터의 눈, 코, 입의 크기와 각도를 과장한다. 예를 들어 올라가거나 처진 눈, 크거나 작은 코의 형태로 얼굴 요소들을 강조할 수 있다. 평균 얼굴과 입력 얼굴의 구성 요소들을 비교한 후 그 차이를 이용해 캐릭터 얼굴 요소들의 크기나 각도를 조절하면서 이미지를 과장시킨다. 컴퍼넌트 과장 규칙은 [9]의 방법을 사용하여 발전시켰다.

#### 5.3.1 눈의 형태 과장

입력 얼굴의 특징 검출 단계에서 구했던 입력 얼굴의 눈과 평균 얼굴의 눈의 상대적인 크기 차이를 계산한다. 그 후, 다음과 같은 과장 규칙을 적용하여 눈의 크기를 과장한다.

$$X' = \bar{X} + (X - \bar{X}) * ratio * s,$$

$X \in E, \bar{X}$ 은  $E$ 의 평균점

(3)

$$Y' = \bar{Y} + (Y - \bar{Y}) * ratio * s,$$

$Y \in E, \bar{Y}$ 는  $E$ 의 평균점

$E$ 는 입력 사진의 눈 집합에 해당하고  $ratio$ 는 평균 얼굴의 눈 크기에 대한 입력 얼굴의 눈 크기의 비율을 뜻한다.  $s$ 는 크기 조절 상수로써 본 논문에서는 0.9를 사용하였다.

$$\begin{aligned}
X' &= \bar{X} + (X - \bar{X}) * \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \\
Y' &= \bar{Y} + (Y - \bar{Y}) * \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}
\end{aligned}
\tag{4}$$

마찬가지로 눈의 각도도 입력 얼굴의 눈과 평균 얼굴의 눈의 각도 차이를 측정하여 차이를 나타내는 각도인  $\theta$  만큼 회전 시킨다.

### 5.3.2 코의 형태 과장

얼굴 구성 요소인 코의 크기 역시 평균 얼굴의 코와 입력 얼굴의 코의 크기를 비교하여 그 차이를 이용하여 계산한다.  $N$ 은 입력 사진의 코 집합에 해당하고  $ratio$ 는 평균 얼굴의 코의 크기에 대한 입력 얼굴의 코 크기의 비율을 나타내고  $s$ 는 0.9를 사용하였다.

$$\begin{aligned}
Y' &= \bar{Y} + (Y - \bar{Y}) * ratio * s, \\
Y &\in N, Y \text{는 } N \text{의 평균점}
\end{aligned}
\tag{5}$$

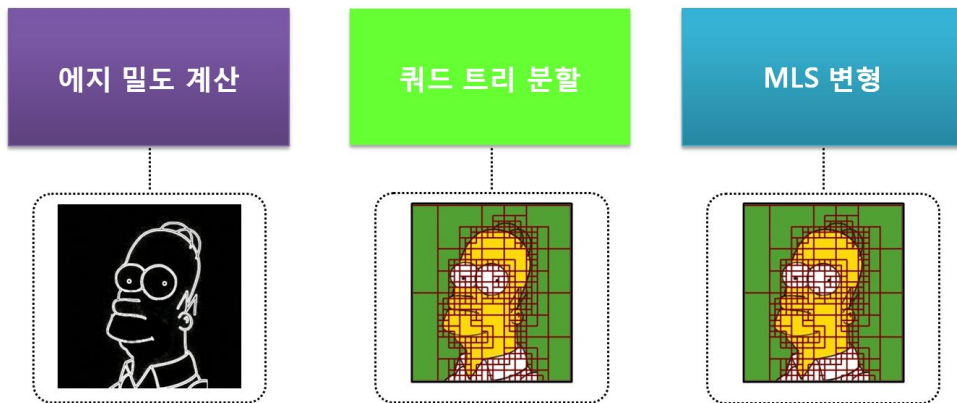
### 5.3.3 입의 형태 과장

입의 크기도 평균 얼굴의 입 크기에 대한 입력 얼굴의 입 크기의 비율만큼 과장시킨다.  $M$ 은 입력 사진의 입 집합에 해당하고  $ratio$ 는 평균 얼굴의 입 크기에 대한 입력 얼굴의 입 크기의 비율이다.

$$\begin{aligned}
X' &= \bar{X} + (X - \bar{X}) * ratio * s, \\
X &\in M, \bar{X} \text{은 } M \text{의 평균점}
\end{aligned}
\tag{6}$$

## 제 6장 비 균등 격자 기반의 MLS 변형

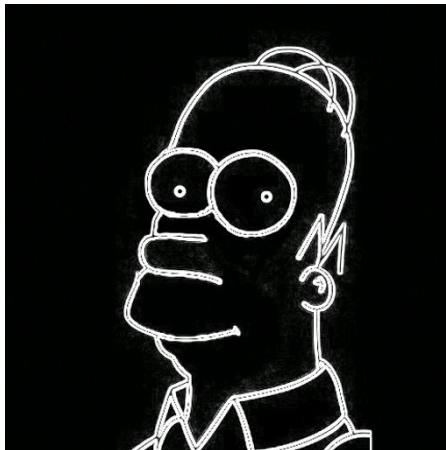
MLS(Moving Least Squares)란 변형 시, 변형 전과의 거리 차이로 격자마다 가중치를 다르게 정의하여 최소화하는 방식이다. 이미지 변형에 관한 연구는 대부분 균등 격자를 기반으로 한다. 하지만 이는 모든 점들을 계산해야 하기 때문에 시간이 오래 걸리고 조밀한 격자마다 변형 함수가 계산되기 때문에 다른 물체 또는 배경 부분에 의도 하지 않은 변형이 이루어진다. 본 논문에서는 이와 같은 균등 격자의 단점을 보완하기 위하여 이미지의 복잡한 부분은 조밀한 격자로 복잡하지 않은 부분은 큰 격자로 분할하는 비 균등 격자를 생성한다. 비 균등 격자를 분할하는 조건은 이미지의 에지 밀도로 결정한다. 본 장에서는 에지 밀도를 구하는 계산 방법을 소개하고 계산된 에지 밀도로 비 균등 격자를 생성한다. 이렇게 생성된 비 균등 격자를 기반으로 MLS 변형을 하는 방법론에 대해서 설명한다.



[그림 22] 비 균등 격자 기반의 MLS 변형

## 6.1 에지 밀도 계산

먼저 에지 밀도를 측정하기 위하여 입력 영상의 에지를 검출한다. 에지는 영상의 밝기가 낮은 값에서 높은 값으로, 또는 높은 값에서 낮은 값으로 변하는 지점에 존재한다. 따라서 물체의 모양이나 크기, 텍스처가 어떠한지 검출할 수 있다. 이는 소벨 에지 검출 방법을 이용한다. 에지 검출을 하기 위하여 유사 연산자를 수행해야 하는데 이것은 출력 화소 주위의 8개의 화소를 중앙값에서 뺀 값 중 최대값을 그 출력 값으로 한다. 그리하여 화소 간의 편차가 클 경우 그 값이 커지게 되고 그만큼 밝게 표현된다. [그림 23]은 소벨 에지 영상 처리를 통해 얻은 에지 영상이다



[그림 23] 에지 검출

에지가 검출 되었으면, 검출된 에지를 이용하여 에지 밀도를 계산한다. 에지 밀도를 구하는 방식은 [2]의 방법을 참조하여 사용하며 주어진 영역 안의 에지 픽셀 수를 영역의 넓이로 나누어 구할 수 있다. 소벨 에지 검출 방법의 에지 영상에서 에지의 RGB픽셀 값은 255를 가지고 그 외의 영역은 0의 RGB픽셀 값을 가진다. 따라서 에지밀도는 에지 영상의 RGB픽셀 값을

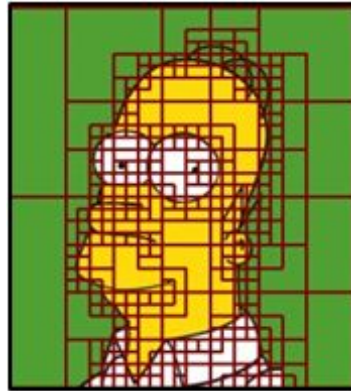
추출하여 구하고 에지 영상에서 RGB픽셀 값이 255인 픽셀 수를 더하여 이미지의 넓이로 나누어 구한다. 이는 식(7)과 같이 계산한다.

$$ED = \frac{\sum_{i=0}^w \sum_{j=0}^h if(RGBij = 255)}{w \cdot h} \quad (7)$$

RGBij는 현재 픽셀의 RGB값을 나타내며 w와 h는 주어진 영역의 너비와 높이를 의미한다.

## 6.2 에지 밀도를 이용한 쿼드 트리 분할

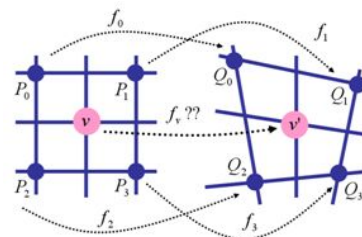
쿼드 트리는 여러 크기의 노드로 이미지의 영역을 분할할 수 있는 계층적인 자료구조이다. 쿼드 트리에서 각 노드는 4개의 자식 노드를 가지거나 최하위 레벨인 말단 노드이다. 최상위 레벨의 노드는 전체의 영역을 나타내며 첫 번째 레벨은 이 최상위 노드를 동등한 크기의 4개의 영역으로 분할한다. 이후 분할 규칙에 따라 각 자식 노드들을 더 나눌지 말단 노드로 할지 판단한다. 이 과정은 앞서 계산했던 에지 밀도를 이용하여 에지 밀도의 값을 사용자가 지정한 기준 밀도(SD)와 비교하여 에지 밀도의 값이 기준 밀도보다 작아질 때까지 쿼드 트리 기법을 사용해 분할해 나간다. 본 논문에서는 기준 밀도를 사용자가 지정하는데 에지를 많이 찾으려면 값을 크게 주고 에지를 적게 찾고 싶으면 값을 상대적으로 적게 준다. 기준 밀도의 값이 클수록 조밀한 격자로 나뉘어져 세밀한 변형이 가능하다.



[그림 24] 쿼드 트리 분할

### 6.3 MLS 변형

앞서 정의한 과장 규칙에 따라 대상을 과장하는 기법은 [1]의 방식인 MLS 변형 기법을 이용하여 변형한다. MLS 변형이란 컨트롤 하는 점의 집합을 기반으로 가중치를 달리 하여 이미지를 변형하는 기법이다.



[그림 25] MLS 변형 기법

이미지의 점  $v$ 가 주어졌을 때 식(8)을 최소화하는 변형 함수  $lv(x)$ 를 구한다. 이때  $p$ 는 컨트롤 포인트의 집합이고  $q$ 는 컨트롤 포인트  $p$ 의 변형된 위치이다. 또한,  $lv()$ 는 변형 함수이며 어파인 변환, 닳은 변환, 강제 변환 등으로 표현할 수 있다. 본 논문에서는 강제 변환을 이용하여 이미지를 변

형한다.

$$\sum_i w_i |l_v(p_i) - q_i|^2 \quad (8)$$

식(8)을 최소화 할 때, 가중치  $w$ 는 평가 값  $v$ 의 점에 의존적이다.  $w$ 는 식(9)와 같이 표현할 수 있다.

$$w_i = \frac{1}{|p_i - v|^{2\alpha}} \quad (9)$$

식(9)로 인하여 이미지의 점  $v$ 가 주어졌을 때, 가중치는 컨트롤 포인트의 집합에 반비례 한다는 것을 알 수 있다. 즉, 이미지의 점  $v$ 는 컨트롤 포인트와 가까울수록 가중치가 크다.

한편, 변형 함수  $l_v(x)$ 는 식(10)과 같이 표현할 수 있다.

$$l_v(x) = xM + T \quad (10)$$

$M$ 은 선형 변형 행렬을 뜻하고  $T$ 는 translation이다. 변형 행렬  $M$ 의 종류에 따라 변형기술은 어파인 변환, 닮은 변환, 강제 변환으로 나뉘는데 본 논문에서는 강제 변환을 사용하였다. 강제 변환을 하기 위해서는 변형 행렬  $M$ 이 직교 행렬이라는 조건을 만족해야 한다. 식(11)은 식(8)에 변형 행렬  $M$ 의 두 벡터가 직교 하는 제약을 추가한 식으로써 강제 변환을 나타낸다.

$$\min_{M^T M = I} \sum_i w_i |p_i M - q_i|^2 \quad (11)$$

식(11)으로부터 얻은 변형 행렬  $M$ 을 이용하여 점  $v$ 의 변환된 좌표  $v'$ 를 구함으로써 이미지를 변형할 수 있다.

$$v' = (v - p^*)M + q^* , \quad (12)$$

## 제 7장 카툰화

### 7.1 카툰화

입력 사진의 특징을 더 나타내기 위해 MeanShift를 이용하여 입력 사진을 카툰화 하고 Graphcut[16]을 사용하여 입력 사진의 악세서리, 머리등을 결과에 적용시켰다. MeanShift는 반복되는 색 분할 계산에 의해서 색상 클러스터가 발생되고 초기 지정한 색 영역에 기반 경계를 결정하여 만화와 비슷한 영상을 생성하였다.



[그림 26] 카툰화된 입력 영상

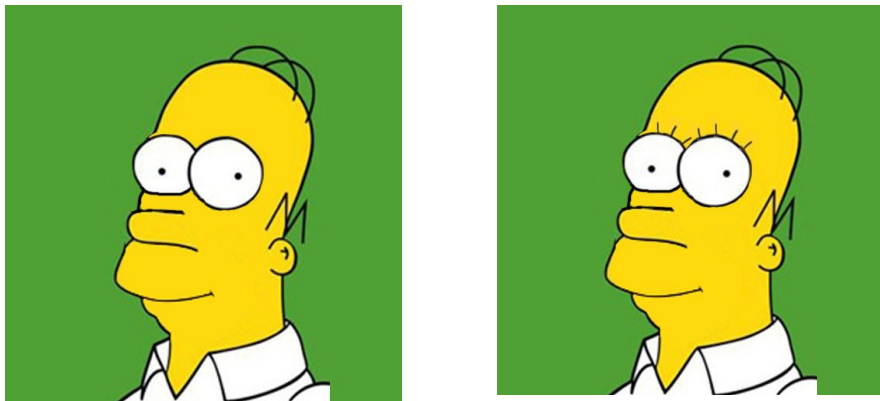
### 7.2 부가 기능

부가적으로 사용자와 닮은 심슨 캐릭터를 생성하기 위해 Graphcut[12]을 이용하여 사용자의 특징이 잘 나타나는 머리, 악세서리와 같은 부분을 잘라내어 결과 영상에 적용 시킨다. 잘라낸 머리카락이나 악세서리 이미지의 크기, 방향은 수동으로 조절하고 있다.



[그림 27] Graphcut을 이용한 머리, 악세서리 적용

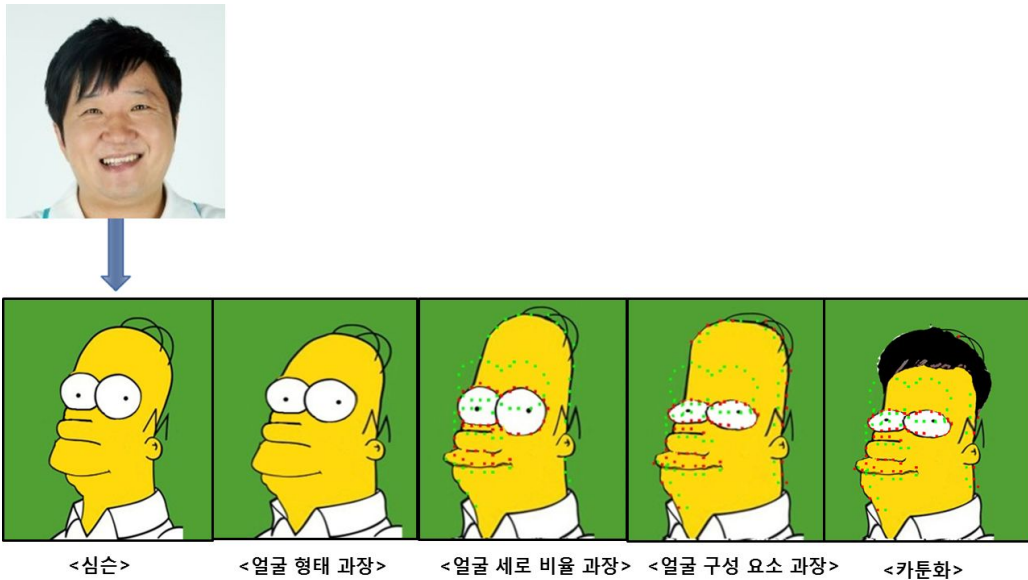
두 번째, 부가 기능은 성별 선택이다. 사용자가 입력 사진의 성별이 남성인지 여성인지를 선택하면 그에 맞는 성별을 나타내는 심슨 템플릿이 선택되어 캐리커처가 생성된다.



[그림 28] 남성 심슨 템플릿과 여성 심슨 템플릿

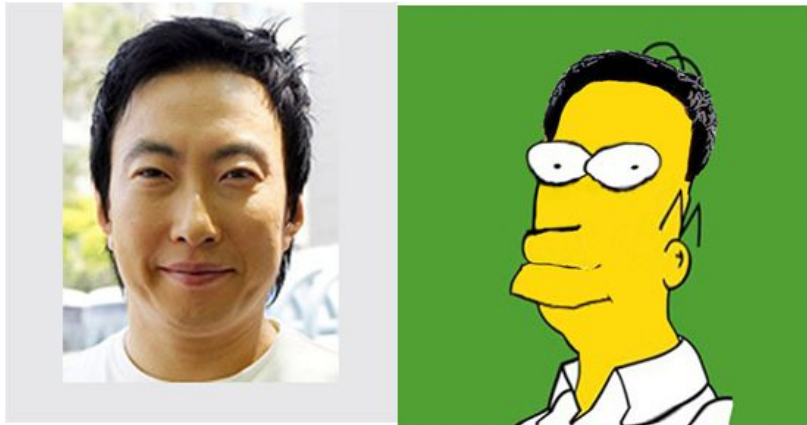
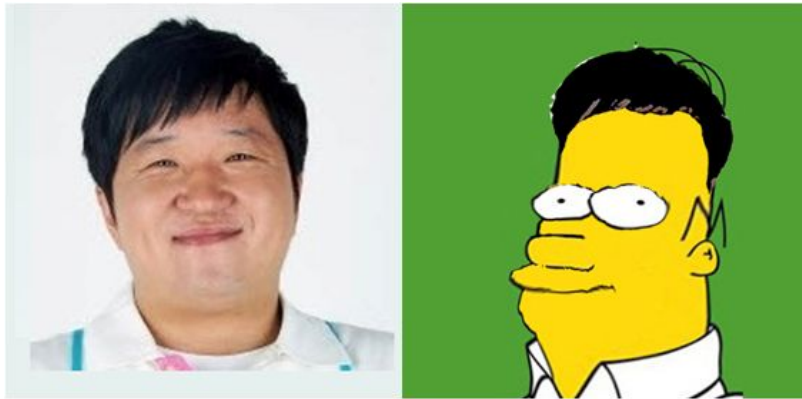
## 제 8장 결 과

본 장에서는 본 연구에서 제안하는 쥐스탱 기법을 사용하여 사용자와 닮은 만화 캐릭터를 생성한 결과를 보여준다. 사용자의 특징을 과장시켜 캐리커처로 표현함으로써 심슨 캐릭터가 입력 사진과 매우 닮아 있는 것을 확인할 수 있다. [그림 29]은 본 연구에서 제안하는 알고리즘에 따라 단계별로 입력 얼굴의 사진이 심슨화 되는 과정을 보여준다.



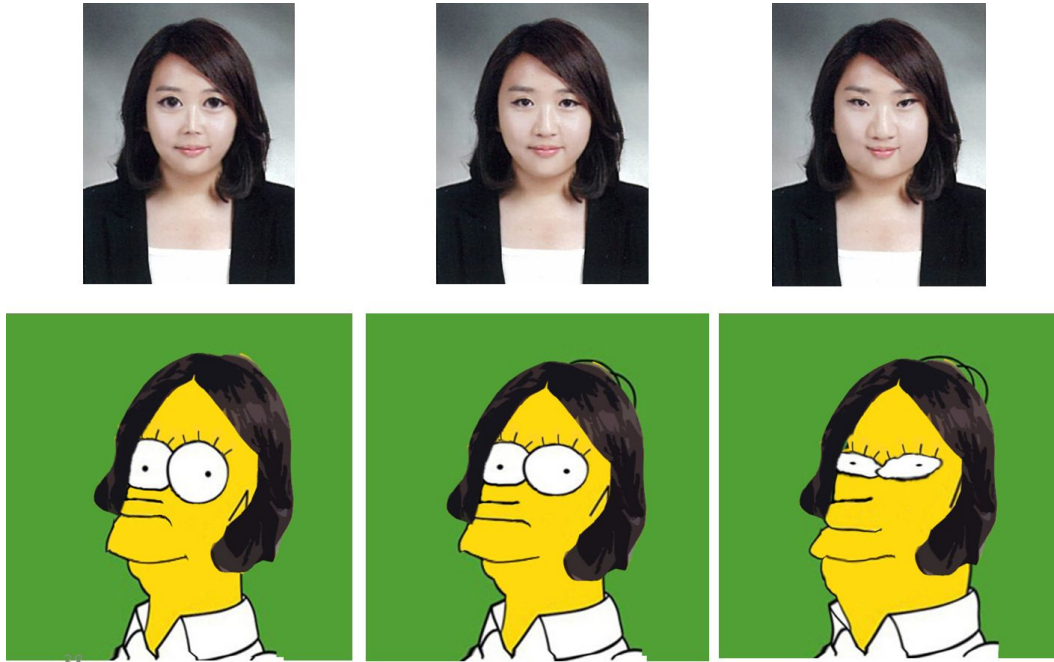
[그림 29] 시스템의 과정 결과

[그림 30]은 유명한 연예인의 심슨 캐릭터 화 된 모습이다. 첫 번째 사진인 정형돈의 특징인 볼이 넓고 눈이 작고 처져 있는 모습이 심슨 캐릭터 결과에 잘 표현되어 있다.



[그림 30] 유명 연예인의 캐리커처 결과

보다 정확한 비교를 하기 위해 같은 사진을 변형시켜 각기 다른 결과를 나타내보았다. 원본 사진에 비해 왼쪽의 사진은 눈이 크고 얼굴이 좁고 코가 작다. 그리고 오른쪽 사진은 얼굴이 크고 눈이 작고 올라가 있다. 그에 대한 특징이 캐리커처 결과에 잘 나타나 있다.

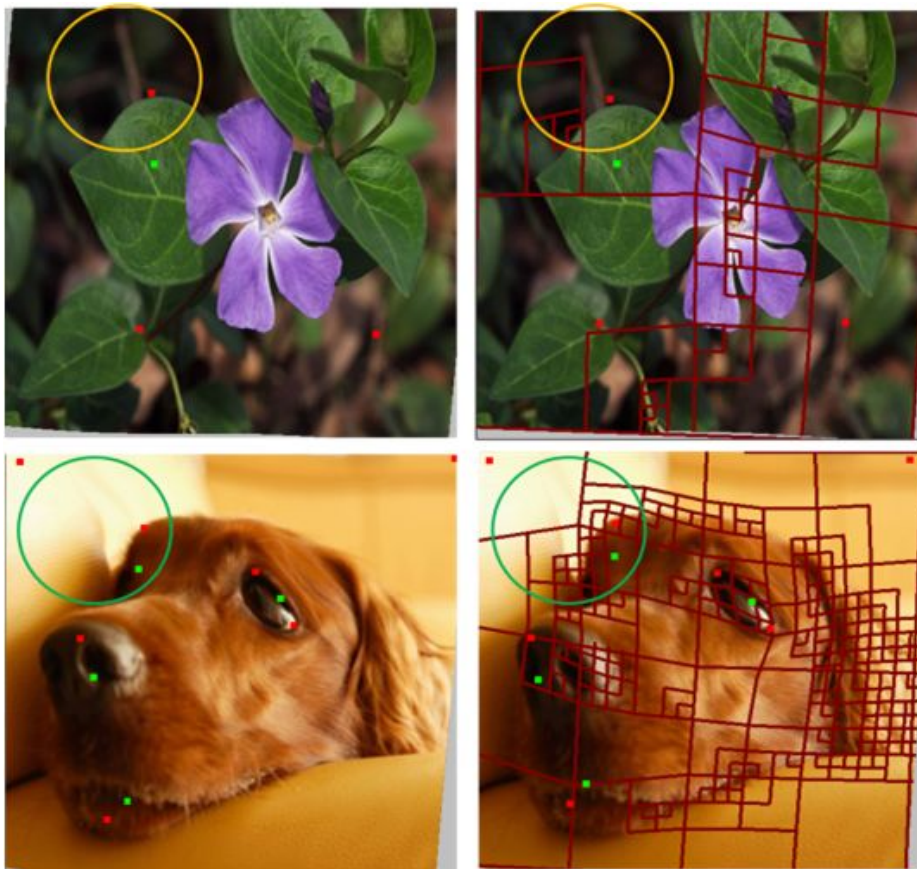


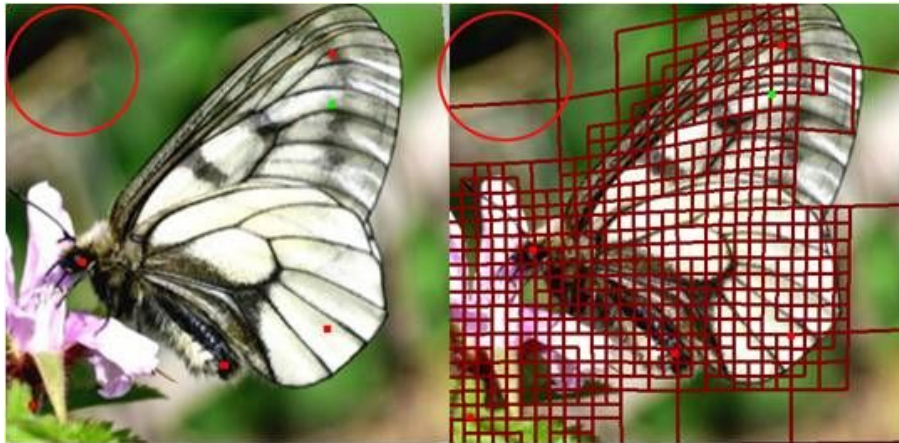
[그림 31] 변형된 사진의 캐리커처 결과

또한 비 균등 격자 기반의 MLS를 사용함으로써 [표4]와 같이 계산 시간을 단축 할 수 있었다. 그리고 기존의 방법에 비해 영상의 품질이 향상되었다는 것을 알 수 있었다. [그림 33]은 기존의 방법과 본 연구에서 제안하는 방법의 구현 결과를 비교 하고 있다. 확실한 결과 차이를 위하여 배경이 복잡한 영상으로 실험해보았다. 그림과 같이 기존 방법의 결과 영상은 배경이 변형된 것에 비해 제안 방법은 배경의 변형이 적다. 또한 자세한 부분은 조밀하게 격자가 나누어졌기 때문에 섬세한 변형이 가능하다.









[그림 32] 원본 사진



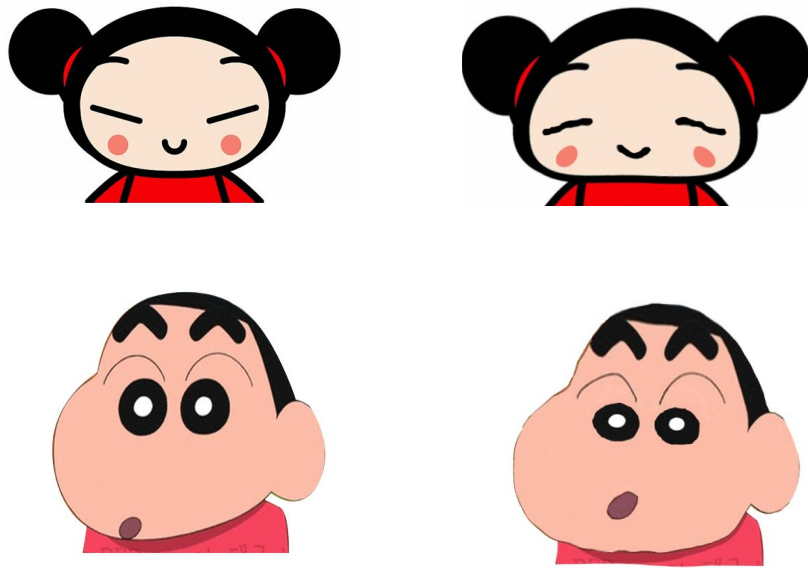


[그림 33] 비 균등 기반의 MLS 변형 결과

Input	Output	Previous Work		Our Work	
		The number of Points	Time (sec)	The number of Points	Time (sec)
		2,500	1.1	102	0.7
		2,500	1.1	477	0.8
		2,500	1.1	707	0.8

[표 4] 기존 연구와 본 연구의 프로세스 속도 비교

다양한 캐릭터 사진을 변형시켜 캐리커처 결과를 나타내보았다. [그림 30] 상단의 정형돈 사진의 특징을 푸카, 짱구 캐릭터에 반영하여 정형돈과 닮은 다양한 캐릭터를 생성하였다. 기존 캐릭터 사진에 비해 캐리커처 결과 사진은 넓은 얼굴형과 작고 쳐진 눈의 특징이 표현되었다.



[그림 34] 다양한 캐릭터의 캐리커처 결과

## 제 9장 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 자동으로 사용자와 닮은 만화 캐릭터를 생성하고자 입력 얼굴의 특징을 검출하여 쥐스탱 스타일의 캐리커처를 생성하는 새로운 캐리커처 시스템을 제시하였다. 이 시스템은 기존의 심슨화에 캐리커처를 접목시키면서 사용자의 개성이 강조되는 심슨 캐릭터를 생성할 수 있었고 특정 아티스트의 캐리커처 스타일을 참조하였기 때문에 현실성 있는 캐리커처 결과를 얻을 수 있었다. 또한 예제를 기반으로 하지 않고 아티스트의 기법을 분석해 규칙으로 정함으로써 예제에 의존할 수밖에 없는 한계를 극복하였다. 그리고 많은 사람들의 관심이 되고 있는 만화 캐릭터 화를 자동으로 생성할 수 있어 비전문가도 손쉽게 사용할 수 있다.

또한 기존 연구 결과 영상의 품질을 향상시키고 처리속도를 개선하고자 에지 밀도를 이용하여 이미지 변형을 하는 방법을 도입하였다. 전처리 단계를 통해 영상의 에지를 검출하고 검출된 에지의 밀도를 고려하여 비 균등 격자로 영상을 분할하였다. 이로 인해 배경의 불필요한 변형을 줄이고 속도를 증가시켰다. 또한 대상이 되는 물체의 세밀한 변형도 가능하게 되었다.

현재는 정면인 얼굴로만 제한하여 캐리커처를 생성하지만 향후에는 정면뿐만 아니라 측면, 후면 등 다양한 각도에서도 가능한 캐리커처 기법이 연구되어야 할 것이다. 또한 2D 이미지에서만 국한되지 않고 3D 모델을 이용한다면 다양한 캐리커처를 생성할 수 있을 것이다.

본 논문은 PC기반으로 캐리커처를 생성할 수 있는데 향후에는 스마트폰을 이용한다면 실시간으로 사진을 찍고 캐리커처를 생성하기 때문에 편리하게

사용할 수 있고 상용화도 가능해 질 것이다.

## 참고 문헌

- [1] S.Schaefer , T. McPhial, J. Warren, Image deformation using moving least squares, ACM Transactions on Graphics (TOG),v.25 n3, July (2006)
- [2] Ho chang Lee, Young sup Park, Sang hyun Seo, Kyung hyn Yoon, Painterly rendering using density of edges, Korea Computer Grraphics Society Vol.12 (2006) pp.7~15
- [3] AAM Library, <http://www.2.imm.dtu.dk/amm>
- [4] Jan Op Beeck, L' Art de la caricature, B and B Press (2001)
- [5] Susan E.Brennan, Caricature generator: The dynamic exaggeration of faces by computer, Leonardo, Vol.18, No.3, (1985), pp.170-178
- [6] E.Akleman, Making Caricature with Morphing Siggraph' 97 visual proceeding: The art and interdisciplinary programs of SIGGRAPH (1997), pp.145
- [7] L.Liang,Hchen,Y.Q.Xu and H.Y.Shum , Example-Based Caricature Generation with Exaggeration, 10th Pacific conference on Computer Graphics and Applications Proceeding, (2002)
- [8] P.YChiang,W.H.Liao and T.Y.Li, Automatic Caricature Generated by Analyzing Facial Features ACCV ' 04 Proceeding, (2004)
- [9] Eun-jung Lee, Ji-yong Kwon and In-kwon Lee, Caricature video, Computer animation and virtual worlds (2007), pp.279-288
- [10] Hae-jung Suk, Yun-jin Lee, Applying Caricature Concept for Face Recognizable Humanoid Creature Design, The journal of the Korea Contents Association vol.11, Issue12 (2011), pp.19-27

- [11] Marc Alexa, Daniel Cohen-Or and David Levin, As-rigid-as-possible shape interpolation, Siggraph 00' Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp.157-164 (2000)
- [12] Takeo Igarachi, Tomer Moscovich, John F.Hughes,As-rigid-as-possible manipulation, ACM Transactions on Graphics (TOG) - Proceedings of ACM SIGGRAPH 2005 Vol.24 Issue 3, July (2005) pp.1134-1141
- [13] Yanzhen Wang, Kai Xu, Yueshan Xiong, Zhi-Quan Cheng,2D shape deformation based on rigid square matching, Computer Animation and Virtual Worlds vol.19 Issue 3-4, pp.411-429 (2008)
- [14] Daniel John Di, Steven Collins, As-rigid-as possible Image Registration for Hand-drawn Cartoon Animations,NPAR' 09 Proceedings of the 7th International Symposium on Non-photo realistic Animation
- [15] Lenn Redman, How To Draw Caricature, Contemporary Books (1984)
- [16] Carsten Rother, Vladimir Kolmogorov, Andrew Blake, "GrabCut" : interactive foreground extraction using iterated graph cuts, ACM Transactions on Graphics(TOG)—Proceedings of ACM SIGGRAPH 2004,Vol.23 Issue 3, August(2004),pp.309-314

# Abstract

## A Caricature System of Justin' s style using Moving Least Squares

Jiye Lee

Dept. of Computer Science

The Graduate School

Sungshin Women' s University

In this paper, we propose a new automatically generation system of caricature which emphasizes the Justin's style who is a caricature artist. This system can create the cartoon character similar to user' s features by using set rules adopted a particular artist's technique. Input image is transformed by using MLS(Moving Least Squares) approximation based on a predefined cartoon character' s image. To improve the speed and quality of MLS method, the unequal grids, which are based on the density of edges, were used for the dividing criteria in the MLS (Moving Least Squares)

approximation in image deformation. In this method, we introduce the image partition method using the quad tree for densely placing the small mesh in complex part with lots of edge in the image. By using this method, we can improve the quality of the images and increase the processing speed of image deformation. The validity of this method will be shown by the presentation of the results of deformed images with unequal grids.

In this system, at first, the unique characteristics of user can be detected by comparing the information between the mean face feature and the input face feature extracted by AAM(Active Appearance Model).

In this paper, to exaggerate the detected unique characteristics, we set-up the exaggeration rules using the technique of Justin who is caricature artist. In addition, during the cartooning process, user's hairs and accessories are applied to the deformed image to make a close resemblance. Reliable and matured caricature can be represented through the exaggeration rules of the actual caricature artist's techniques. From this study, we can easily create a cartoon caricature appearing user's feature by combining a caricature with existing cartoon researches.