

모바일 기기를 이용한 아나모포시스 가변형상 구현에 관한 연구

최병수[†], 엄종석^{**}, 조 열^{***}

A Study on Anamorphosis variable Images Using Mobile Device

Byongsu Choi[†], Jongseok Um^{**}, Youl Cho^{***}

ABSTRACT

This paper tries to converge computer and art by applying anamorphosis principle in drawing technique to mobile application. As comparing to current anamorphosis which shows one image at the round cup, we focus on the variability which shows several variable images at the mobile device according to the color board. The usage of the proposed algorithm is able to extended to various areas such as souvenir and public relation.

Key words: Anamorphosis, Variable Image, Fuzzy C means Clustering

1. 서 론

아나모포시스(Anamorphosis)는 그리스어로 ‘변형시키다’라는 뜻으로 르네상스 시대로부터 내려온 회화의 원근법을 이용한 왜상화법이다. 즉, 어떤 특정한 각도에서 본다면, 곡면 거울 등에 비추면 그때서야 비로소 바른 형으로 보이는 왜곡된 상을 말한다. [1]에서 Jean Francois Miceron이 아나모포시스의 종류를 단축왜곡상, 반사왜곡상, 굴절왜곡상이라고 설명하고 있으며, 단축왜곡상은 길이를 단축해서 보이도록 하는 것이며, 반사왜곡상은 거울을 통해 사물을 투사하는 방식이며, 굴절왜곡상은 렌즈나 프리즘을 통해 굴절된 상을 투사하는 방식이라고 설명하였다.

wiki 백과에서 anamorphosis를 검색하면 Fig. 0을 볼 수 있는데, 이것은 바닥에 왜곡된 상을 놓고 원기

둥을 세웠을 때, 원기둥에 바닥의 그림과는 다른 새로운 형태의 그림이 나타나도록 설계된 아나모포시스의 예이다[2].

조열[3]은 거울을 이용한 많은 작품을 만들어 왔다. 그의 작품 세계는 아나모포시스의 반사 왜곡상에 해당한다고 볼 수 있으며, 특히 시점의 변화에 따른 가변형상에 집중되고 있다. 아래 그림 Fig. 2와 Fig. 3은 “몬로와 헵번”이며, Fig. 4의 색지를 이용하여 특정위치에서 보았을 때 마틸린 몬로가 나타나며, 또 다른 특정위치에서 보았을 때는 오드리 헵번이 나타나도록 설계된 작품이며, Fig. 5와 같은 원형 거울을 사용하고 있다.

조열의 기존작품을 정리하고 시각적 효과를 토대로 거울의 반사에 대해 [4]에서 논의하였고, [5]에서는 위의 작품을 토대로 바닥 색지의 변화에 따른 가변형상과 시점의 변화에 따른 가변형상을 컴퓨터 알

※ Corresponding Author: Jong Seok Um, Address: (136-792) Samseongyoro-16gil, Seongbuk-gu, Seoul, Korea, TEL: +82-2-760-4133, FAX: +82-2-760-4488, E-mail: jsum@hansung.ac.kr
Receipt date: Aug. 21, 2015, Revision date: Oct. 7, 2015
Approval date: Oct. 20, 2015

[†] Dept of Multimedia Engineering, Hansung University (E-mail: cbs@hansung.ac.kr)

^{**} Dept of Multimedia Engineering, Hansung University

^{***} Dept of Visual & Image Design, Hansung University (E-mail: choyoul@hansung.ac.kr)

※ This research was financially supported by Hansung University.



Fig. 1. An example of anamorphosis.

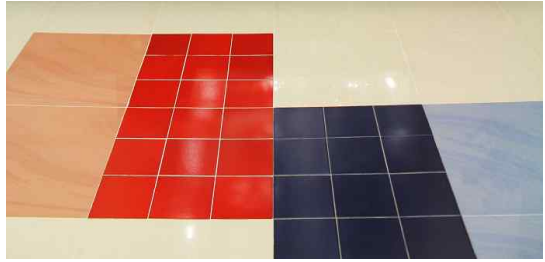


Fig. 4. Color paper of variable Image.



Fig. 2. The Image of Marilyn Monroe.



Fig. 5. Circled mirror.



Fig. 3. The Image of Audrey Hepburn.

고리즘으로 계산될 수 있도록 하였다.

본 연구는 시점의 변화에 따른 가변형상의 컴퓨터 알고리즘을 모바일 디바이스에 적용하여 색지그림을 스마트폰의 카메라에 비추면 카메라에 색지와 다른 그림이 나타나도록 하는 것이며, 이를 아동의 상징물인 하회탈과 아동 양반캐릭터에 적용하였다.

기존의 아나모포시스가 한 가지의 상을 표현하고 있는데 반해 본 연구에서는 다른 색지그림을 비추었을 때 다른 상이 나타나도록 하는 가변성에 중점을 두고 있으며, 이를 모바일 디바이스에서 구현되도록 하고 있다.

2. 시스템 구성도

k 개의 그림을 표현할 시스템은 k 개의 색지그림으로 구성되며, 각각의 색지그림을 비추었을 때 화면에는 다른 그림이 나타나게 된다. 색지그림은 아나모포시스 기법에서처럼 화면에 나타난 그림과는 관계가 없는 새로운 그림으로 설계된다. 화면에 나타난 그림은 제작자에 의해 설계되고 색지그림에서 추출된 색상에 의해 새로운 그림으로 그려지게 된다.

Fig. 6은 시스템 구성도이며, 색지그림이 카메라를 통해 입력되면, 색지를 인식하여 특정위치에서 색상정보를 획득하게 된다. 입력된 원그림은 색축소과정을 거쳐 그림을 그리기 쉽게 조작되고, 앞에서 얻은 색상정보에 의해 그려지게 된다. 색지의 구성이 가로축인지 세로축인지를 판단하여 각각의 그림의 소개가 간단히 표기되고, 그 그림에 맞는 동영상을 재생시키게 된다.

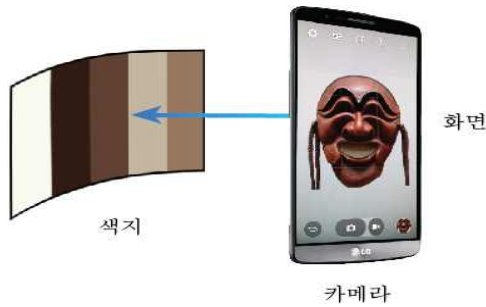


Fig. 6. System configuration,

3. 색축소 알고리즘

이미지의 색상을 축소하기 위하여 기존의 이미지가 갖고 있는 색상을 대표하는 몇 개의 색상을 골라내는 작업이 필요하다. 대표적으로 많이 사용하는 클러스터링 기법들은 클러스터의 중심점을 기준으로 원형으로 클러스터를 형성함으로 이미지가 갖고 있는 타원형 형태의 색상 변화를 고려할 수가 없다. 이 논문에서는 타원형 형태의 색상 변화를 반영하기 위하여 분산-공분산 행렬을 사용한 Gustafson-Kessel Fuzzy 알고리즘을 클러스터링에 사용한다[6]. 먼저 픽셀 k 의 색상이 클러스터 i 의 색상과의 거리함수를 다음 식 (1)과 같이 정의한다.

$$d_{ik}^2 = (x_k - v_i)^T A_i (x_k - v_i) \tag{1}$$

여기서 $x_k, k=1,2,\dots,n$,은 픽셀 k 에서의 색상을 말하고 $v_i, i=1,2,\dots,c$ 는 클러스터 i 에서의 중심 색상을 말하며 n 은 이미지에서 픽셀의 개수이며 c 는 클러스터 개수이다. 또한 A_i 는 클러스터 i 에서의 색상의 분포를 나타내는 양정치 행렬로서 분산-공분산 행렬의 역행렬이다.

3.1 K-means algorithm

원래의 이미지는 많은 색으로 구성되어 있기 때문에 색상의 수를 통제 가능한 범위내로 줄일 필요가 있다. 여기서는 다음과 같은 K-means algorithm을 이용하여 이미지의 색상을 필요한 색상수로 축소한다 [7].

단계 1: 전체 n 개의 픽셀 중에서 K 개의 픽셀을 임의로 선정하여 군집의 중심으로 한다.

단계 2: 픽셀이 더 이상 군집(cluster)의 이동이 없을 때까지 단계3과 4를 반복한다 .

단계 3: 식 (1)을 이용하여 각 픽셀의 클러스터를 정한다. 여기서 A_i 는 항등행렬이 된다.

단계 4: 단계 3에서 결정된 클러스터로부터 클러스터의 중심을 계산한다. 더 이상 클러스터를 이동하는 픽셀이 없을 경우 각 군집의 평균값이 축소된 색상이 되면 각 각의 픽셀은 소속 클러스터의 평균값으로 대체된다.

3.2 Fuzzy Clustering Method

Gustafson-Kessel Fuzzy 알고리즘의 목적함수는 아래 식 (2)와 같으며 이를 최소화하는 소속 함수 (membership function)와 클러스터 중심을 구하면 c 개의 클러스터링이 완성된다[6].

$$J(U, V) = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n u_{ik}^m d_{ik}^2 \tag{2}$$

여기서 u_{ik} 는 픽셀 k 의 색상이 클러스터 i 에 속할 가능성이며 $0 \leq u_{ik} \leq 1, i=1,2,\dots,c$ 그리고 $k=1,2,\dots,n$ 이며 $\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1, 0 < \sum_{k=1}^n u_{ik} < n$ 이다. m 은 fuzziness를 나타내는 상수로서 주로 2를 사용한다. 식 (2)의 최소화는 A_i 의 선형식인 관계로 직접 구할 수 없으며 식 (3)과 같은 조건식을 필요로 한다.

$$|A_i| = \rho_i, \rho_i > 0 \quad \forall i \tag{3}$$

식 (3)과 같은 조건이 주어지면 A_i 는 식 (4)와 같이 구할 수 있다. 여기서 F_i 는 $(u_{ik})^m$ 을 가중치로 갖는 클러스터 i 의 분산-공분산 행렬이다.

$$A_i = \sqrt{\rho_i \det(F_i)} F_i^{-1}, \quad i = 1, 2, \dots, c \tag{4}$$

여기서 h 는 색상이 갖는 차원에 해당되며, 색상은 RGB로 구성되어 있기 때문에 3차원 벡터이므로 $h=3$ 이 된다. 식 (4)와 식 (5)를 식 (1)에 대입하여 얻는 결과는 분산-공분산 행렬이 반영된 Mahalanobis 거리가 된다.

$$F_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m (x_k - v_i)(x_k - v_i)^T}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m}, \quad i = 1, 2, \dots, c \tag{5}$$

색상 축소에 Gustafson-Kessel Fuzzy 클러스터링 알고리즘을 아래와 같은 절차로 적용한다.

단계 1: 클러스터 개수 c 와 fuzziness를 나타내는

가중치 모수 m 과 A_i 의 행렬식 값의 조건인 ρ_i 를 정한다.

단계 2: 수식 (2)를 최소화하는 u_{ik} 와 v_i 를 구하기 위하여 반복적 기법을 적용하는데 반복적 기법의 종료 조건인 최대 반복 가능 횟수 λ 와 허용오차 ϵ 을 정하고 반복횟수 카운터 변수 α 를 설정한다.

단계 3: 소속 함수의 가능성 변수 $U=(u_{ik})$ 의 초기값을 준다.

단계 4: 클러스터 i 의 중심 값인 v_i 를 식 (6)과 같이 계산한다.

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m}, \quad i = 1, 2, \dots, c \quad (6)$$

단계 5: 식(5)에 의해 F_i 를 계산한다.

단계 6: 식 (4)에 의해 A_i 를 계산한다.

단계 7: 식 (1)에 의해 모든 픽셀과 클러스터에 대해 거리를 구한다.

단계 8: 이레 식 (7)에 의해 u_{ik} 를 수정한다.

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ik}}{d_{ij}}\right)^{\frac{2}{m-1}}}, \quad i = 1, 2, \dots, c, \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

만약 $d_{ik} = 0$ 인 경우는 u_{ik} 를 계산할 수 없으므로 $d_{ik} > 0$ 인 경우에는 u_{ik} 에 0을 할당하고 $d_{ik} = 0$ 인 경우의 u_{ik} 는 0과 1사이의 값을 임의로 할당하되 합이 1이 되도록 한다.

단계 9: 식 (8)의 조건이 만족하면 종료하고 그렇지 않으면 카운터 변수 α 값을 1 증가하고 단계 4로 되돌아가서 반복 수행한다.

$$\max |U^{(\alpha)} - U^{(\alpha-1)}| < \epsilon \quad \text{혹은} \quad \alpha \geq \lambda \quad (8)$$

3.3 색 축소 알고리즘의 결과

색 축소 알고리즘 구현에 사용될 이미지는 Fig. 7에 안동의 상징물인 하회탈과 안동 양반 이미지를



Fig. 7. Original image. (a) Hahoetal, (b) Andong Yangban.

이용하였다. 이 이미지는 RGB에 각 각 8비트가 할당된 트루컬러 이미지로서 각각 가로 100픽셀, 세로 100픽셀로 구성하였다. 하회탈 이미지는 6674개, 안동 캐릭터 이미지는 3996개의 서로 다른 색으로 구성되었다.

먼저 $k=5$ 인 K-means algorithm을 적용하여 5개의 색상으로 축소한 이미지가 Fig. 8에 있다. 클러스터의 중심점이 대표 색상이며, 대표 색상을 중심으로 원형의 클러스터가 형성된다.



Fig. 8. 5 Color reduced Image by k-means (a) Hahoetal (b) Andong Yangban.

Gustafson-Kessel Fuzzy 알고리즘을 적용하기 위하여 fuzzyness를 결정하는 모수 $m=2$ 로 정하고 사전정보가 없을 경우인 경우이므로 $\rho_i = 1$ 설정하였다. 소속 함수의 가능성 변수인 u_{ik} 는

$\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1, 0 < \sum_{k=1}^n u_{ik} < n$ 의 조건을 만족하는 범위 안에서 임의로 설정하였다. 그 결과는 5개로 축소된 색상의 이미지를 Fig. 9에서 볼 수 있다.



Fig. 9. 5 Color reduced Image by FCM. (a) Hahoetal. (b) Andong Yangban.

4. 가변형상을 위한 색지그림의 구성

k 개의 그림이 각각 c 개의 색으로 그려져 있다면, 임의의 위치에 대한 색지에서의 값 $T = \sum_{i=1}^k X_i c^{i-1}$ 이고, 여기서, X_i 는 0부터 $c-1$ 까지 값을 갖는다. 이 경우 총 색의 수는 c^k 이다. 예를 들어, 표현해야 할 그림의 수가 3개이고, 각 그림에 대한 색의 수가 3개로

Table 1. Design of color paper

						Y
	0	1	2	3	4	0
	5	6	7	8	9	1
	10	11	12	13	14	2
	15	16	17	18	19	3
	20	21	22	23	24	4
X	0	1	2	3	4	

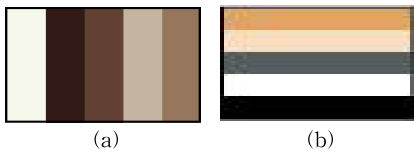


Fig. 10. Color paper for Image. (a) Andong Yangban Character (b) Hahoetal.

구성되어 있고, 1번 그림에서 0번 색을, 2번 그림에서 3번 색을, 3번 그림에서 1번 색을 나타낼 때 색지에서의 값은 $T = 0 * 1 + 2 * 3 + 1 * 3^2 = 15$ 이다.

k 개의 그림을 나타낼 총 색의 수는 $N = c^k$ 이며, 색지 그림으로부터 N 개의 색을 추출하게 된다. k 개의 색지 그림 각각에 대해 임의의 추출될 점은 동일한 위치에 숨겨지며, 각각의 색지 그림을 카메라에 입력했을 때 추출된 위치에서 획득한 색상의 값으로 그림이 그려지게 된다. 색상의 값으로 획득되지 않는 부분은 아무 그림으로나 채워지게 되므로 아나모포시스 그림이 되며, 색지그림과 화면의 그림이 다르게 설계될 수 있다.

본 연구는 5개의 색상으로 된 두 개의 그림을 표시해야 하므로 Table 1과 같이 구성된 색지를 설계하게



Fig. 11. App start frame. (a) First frame, (b) Select frame.

된다. 안동 양반 캐릭터를 X, 하회탈을 Y라고 할 때 각각의 그림의 색상은 0~4까지를 갖게 되며, 세로로는 안동 양반 캐릭터를 구분하며, 가로로는 하회탈을 구분하도록 설계된다. 안동 양반캐릭터와 하회탈을 각각 5색으로 축소하였기 때문에 가로, 세로 5줄로 총 25가지 색상영역을 나타낼 수 있도록 Fig. 10의 (a)와 (b)와 같은 색지를 구성한다.

5. 모바일 디바이스에서 재현 과정

모바일 디바이스에서 Click&Color 앱을 실행하면 Fig. 11의 (a)와 같은 시작화면이 나온다. 이 화면에서 카메라 아이콘을 누르면 Fig. 11의 (b)와 같은 업로드 할 이미지 선택화면으로 가서 사진촬영을 할지 앨범에서 선택할 지를 결정하는 화면으로 넘어간다.

세로 색지를 인식하는 과정은 Fig. 12에 나타나 있다. 세로 색지를 화면에 비추면 Fig. 12의 (a)에서와 같이 인식계산 시간을 절약하기 위한 자름선이 나타나고, 그 자름선을 조정한 다음 화면을 누르면 인식에 성공했을 때 Fig. 12의 (c)와 같은 성공화면이 나타난다. 인식에 실패했을 때엔 재촬영 하도록 한다.



Fig. 12. Execution process of Column paper color. (a) cutting of camera image, (b) recognition of camera image, (c) display of success, (d) display of Andong Yangban Character, (e) Introduction of Andong, (f) link of Andong video clip.

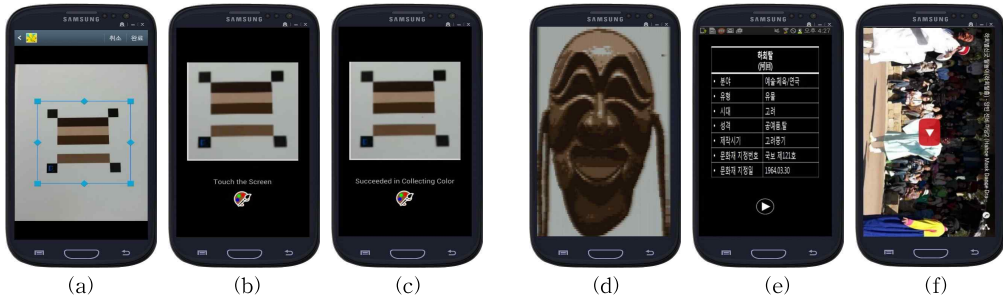


Fig. 13. Execution process of Coloumn paer color, (a) cutting of camera image, (b) recognition of camera image, (c) display of success, (d) display of Hahoetal, (e) Introduction of Hahoetal, (f) link of Hahoetal video clip.

세로 색지를 카메라에 비추었을 때, 인식된 색상을 가지고 각 픽셀에 색칠을 하여 (d)와 같은 안동캐릭터를 그려주고 잠시 기다리면 (e)의 간단한 안동의 소개와 함께 (f)의 안동 홍보 동영상에 링크되어 동영상이 재생된다.

가로 색지를 카메라에 비추었을 때에는 세로 색지를 비추었을 때처럼 반응하여 하회탈을 그려주고 잠시 기다리면 간단한 하회탈의 소개와 함께 하회탈 공연 동영상으로 링크된다. 이 과정은 Fig. 13.에서 볼 수 있다.

이러한 색지는 Fig. 14와 같이 티셔츠에 새겨서, 티셔츠의 색지를 촬영하면 위의 과정을 재현할 수 있으며 이 원리를 이용하여 다양한 홍보물을 제작할 수 있다.



Fig. 14. Color paper of T-shirts.

6. 결 론

본 연구는 거울 반사각을 이용한 예술작품 중, 시점의 변화에 따른 가변형상의 컴퓨터 알고리즘을 모바일 디바이스에 적용하였다. 색지그림을 스마트폰의 카메라에 비추면 카메라에 색지와 다른 형태의 그림이 나타나도록 하는 것이며, 이를 안동의 상징물인 하회탈과 안동 양반캐릭터에 적용하였다. 즉, 회화기법에서 다루어지던 아나모포시스의 원리를 스

마트폰 앱에서 구현하는 과정으로 컴퓨터와 예술과의 융합을 시도하였다.

기존의 아나모포시스가 등근 컵을 이용하여 한 개의 상을 표현하고 있는데 반해 본 연구에서는 다른 색지그림을 비추었을 때 다른 상이 나타나도록 하는 가변형상에 중점을 두고 있다. 본 연구에서 구현한 원리를 이용하여 기념품이나 홍보물을 제작할 수 있으며, 본 연구의 알고리즘을 이용하면, 컴퓨터 게임이나, 암호놀이 등 다양한 형태로 확장될 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCE

[1] Y. Cho, B. Choi, and S. Jeon, "A Study on Variable Figure Production by Controlling the Reflection Angle-Focused on Visual Effect-," *Bulletin of Korean Society of Basic Design & Art*, Vol. 15, No. 1, pp. 359- 368, 2014.

[2] Y. Cho, S. Jeon, S. Kim, B. Choi, and J. Um, "A Study on the Production of Variable Figures using the Light and the Shadow 2-Focused on Application of Digital Media Technology-," *Bulletin of Korean Society of Basic Design & Art*, Vol. 15, No. 2, pp. 535-544, 2014.

[3] Reverse Perspective and Anamorphosis, <http://hi0ju.tistory.com/249> (accessed Apr., 01, 2015).

[4] Anamorphosis, <https://en.wikipedia.org/wiki/Anamorphosis> (accessed Apr., 01, 2015).

[5] Homepage of luycho, <http://www.luycho.com> (accessed Apr., 01, 2015).

- [6] K. Zagoris, N. Papamarkos, and I. Koustoudis, "Color Reduction using the Combination of the Kohonen Self-Organized Feature Map and the Gustafson-Kessel Fuzzy Algorithm," *Proceeding of 5th International Conference Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition*, pp. 703-715, 2007.
- [7] Faliu Yi and Inkyu Moon, "K-means based Clustering Method with a Fixed Number of Cluster Members," *Journal of Korea Multi-media Society*, Vol. 17, No. 10, pp. 1160-1170, 2014.



최 병 수

1980년 성균관대학교 통계학과 (학사)
 1982년 성균관대학교 통계학과 전산통계전공(석사)
 1991년 성균관대학교 통계학과 전산통계전공(박사)

1988년 8월 ~ 현재 한성대학교 멀티미디어공학과 교수
 관심분야: 통계계산 및 수학적 계산 알고리즘



엄 종 석

1982년 연세대학교 응용통계학과 학사
 1984년 연세대학교 응용통계학과 석사
 1991년 Ohio State University (Ph.D in Statistics)

1992년 8월 ~ 현재 한성대학교 멀티미디어공학과 교수
 관심분야: 데이터마이닝, 컴퓨터비전, 컴퓨터그래픽



조 열

1980년 홍익대학교 응용미술학과 (학사)
 1985년 츠쿠바 대학교 디자인과 구성전공(석사)
 1988년 8월 ~ 현재 한성대학교 시각영상디자인학과 교수

관심분야: 시지각, 아나모포시스, 3D 커뮤니케이션디자인