

## 3차원 얼굴 복원을 위한 구조 광 영상에서의 2차원 메쉬 추출

### Extracting 2D-Mesh from Structured Light Image for Reconstructing 3D Faces

이득용, 오일석

전북대학교 전자정보공학부 컴퓨터공학전공

Lee Duk-Ryong, Oh Il-Seok

Computer Engineering Major, Division of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National University

#### 요약

본 논문은 3차원 얼굴 영상을 복원하기 위해 구조 광 (structured light) 영상에서 2차원 메쉬를 추정하는 방법을 제안한다. 프로젝터를 사용하여 얼굴에 구조 광을 투영하고 카메라로 찍어 구조 광 영상을 획득한다. 획득한 영상에서 투영된 격자점을 추출한다. 격자점들의 위치와 각도를 사용하여 2차원 메쉬를 추출한다. 추출 과정에서 발생한 오류를 편집하고 정확한 2차원 메쉬를 추출한다.

#### Abstract

In this paper, we are propose a method to estimate the 2-D mesh from structured light image for reconstruction of 3-D face image. To acquire the structured light image, we are project structured light on the face using the projector. we are extract the projected cross points from the acquire image. The 2-D mesh image is extracted from the position and angle of cross points. In the extraction processing, the error was fixed to extract the correct 2-D mesh.

## I. 서론

### 1. 연구배경

과거 3차원 콘텐츠는 의복 전자상거래 시스템, 온라인 게임, 애니메이션과 같은 한정된 분야에 활용되었다. 하지만 인터넷이 대중화됨에 따라 3차원 콘텐츠의 활용 분야는 특정 영역에서 개인으로 점차 확대되고 있다. 즉 개인의 성향을 반영한 3차원 콘텐츠의 개발이 필요하게 되었다. 다양한 3차원 콘텐츠들 가운데 개인의 성향을 반영하는 가장 효과적인 방법은 3차원 얼굴을 생성하는 것이다. 3차원 얼굴을 생성하기 위해서는 고가의 3차원 입체 스캐너가 필요하기 때문에 개인이 3차원 콘텐츠를 생성하는 것은 힘들다[1][2].

### 2. 기존 연구

국내외에서 2차원 얼굴 영상을 사용하여 3차원 얼굴을 복원하는 것에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 대표적인 방법으로 예제 기반 방법[3][4], Shape From Shading[5][6], Shape From Structured Light[7][8] 등이 있다. 예제 기반 방법은 높은 성능을 보이지만 입력 영상과 예제의 Correspondence 문제를 내포하고 있다. Shape From Shading 방법은 많은 계산량에 비해 높은 성능을 보이지 못한다. Shape From Structured Light에 관한 연구는 구조 광을 구현하기 위해 하드웨어를 설계해야 하는 단점을 가지고 있다.

## 3. 연구 내용

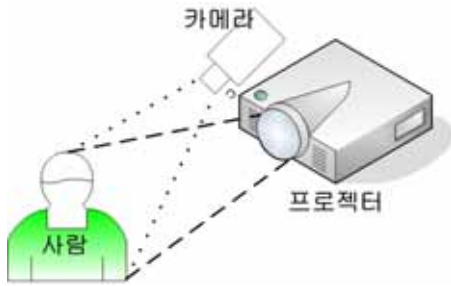
본 논문에서는 3차원 입체 스캐너에 비해 저가인 프로젝터를 이용하여 구조 광 영상을 획득하고, 획득한 영상에서 2차원 메쉬를 추출하는 방법을 제시한다. 현재 프로젝터는 웬만한 사무실, 강의실, 실험실에 갖추어져 있다.

제안하는 알고리즘은 그림 1의 순서대로 간략하게 설명할 수 있다. 먼저 프로젝터로 얼굴에 구조 광을 투영하고, 구조 광 영상을 획득한다. 획득한 영상에서 격자점을 찾고 이를 기반으로 2차원 메쉬를 추출한다. 추출된 2차원 메쉬는 노이즈의 영향으로 투영한 구조 광의 메쉬와 일치하지 않는다. 따라서 사용자가 2차원 메쉬를 편집하여 정확한 2차원 메쉬로 변환한다.

본 논문의 II장에서는 2차원 메쉬 추출 알고리즘을 설명하고 III장에서 본 논문의 결론을 제시한다.



▶▶ 그림 1. 2차원 메쉬 추출 과정



▶▶ 그림 2. 하드웨어 구성

## II. 2차원 메쉬 추출

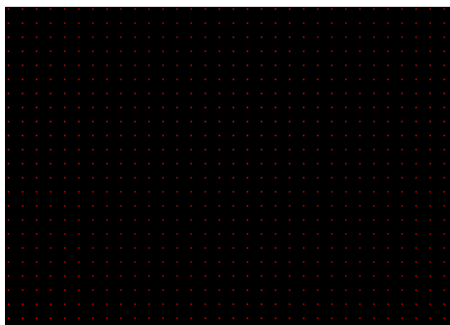
### 1. 구조 광 영상 획득

구조 광을 투영하기 위한 시스템은 그림2와 같이 프로젝터와 카메라로 이루어진다. 이전 연구들은 구조 광을 투영하기 위해 별도의 하드웨어를 설계하여 사용하였으나 본 논문에서는 프로젝터를 사용한다. 프로젝터를 사용하면 다음과 같은 장점을 가진다.

- 1) 고가의 하드웨어를 구축하지 않는다.
- 2) 구조 광의 모양을 쉽게 바꿀 수 있다.
- 3) 구조 광의 색상을 다양하게 조절 할 수 있다.

본 논문에서 투영하는 구조 광의 형태는 그림 3과 같이 네 점이 정사각형을 이루는 메쉬의 형태이다. 각 점은 컬러를 표현하는 RGB 세 채널 중 R(red) 채널만을 사용하여 붉은 색으로 설정한다. 그림 4는 특징 점 들이 투영된 구조 광 영상을 보여준다. (a)는 컬러 영상이며 (b)는 R 채널만을 분리한 영상이다.

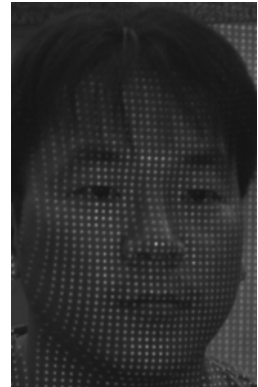
붉은 색 점을 투영한 이유는 투영된 구조 광을 쉽게 제거하기 위함이다. 2차원 메쉬를 추출 한 후 3차원 얼굴 영상을 복원과정에서 texture를 추출해야 하는데 이를 위해서는 투영된 구조 광을 제거해야 한다. 한 채널만 사용하면 나머지 두 채널에서 구조 광을 제거하지 않아도 된다.



▶▶ 그림 3. 구조 광의 형태



(a) 컬러 영상

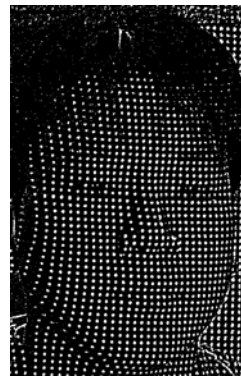


(b) R 채널 영상

그림 4. 격자점들이 투영된 영상

### 2. 격자점 추출

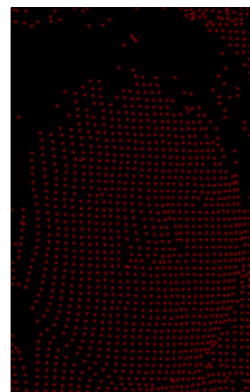
그림 4의 (b)와 같은 R 채널 영상에서 투영된 구조 광의 위치를 찾는다. 먼저 적응적 이진화 방법으로 영상을 이진화하고, 모폴로지 열림 연산을 사용해 노이즈를 제거 한다. 그림 5의 (a)는 이진화를 수행한 영상이고, (b)는 이진 영상에 열림 연산을 수행한 결과이다. 이진 영상에서 연결요소를 추출한 뒤, 이들 각각을 격자점으로 간주한다. 이 점의 무게 중심을 구하여 그것을 그 점의 좌표로 삼는다. 그림 5의 (c)영상은 이렇게 얻은 격자점을 보여준다.



(a)적응적 이진화 영상



(b) 노이즈가 제거된 영상



(c) 격자점 영상

▶▶ 그림 5. 격자점 추출 과정

### 3. 2차원 메쉬 추출

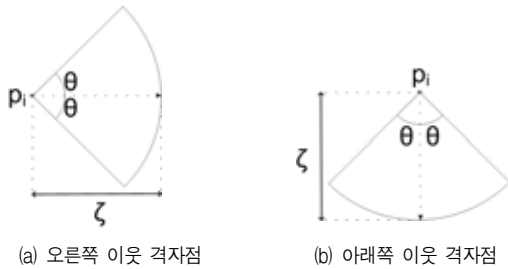
격자점들을 연결하여 2차원 메쉬를 추출한다. 2절에서 추출한 격자점의 집합을  $P=(p_1, p_2, \dots, p_m)$ 이라 하자. 격자점을 연결하는 순서는 점  $p_i$ 의 오른쪽 이웃점을 연결한 후 아래쪽 이웃을 연결 한다. 먼저  $p_i$ 에 대해 그림6의 (a)의 범위에 포함되는 점들을  $Rneighbor(p_i)$ 에 추가하고 식 (1)을 계산해 오른쪽 이웃으로 설정한다. 오른쪽 이웃을 찾은 후 그림 6의 (b) 범위에 포함되는 격자점들을  $Bneighbor(p_i)$ 에 추가하고 식 (2)와 같이 아래쪽 격자점을 연결한다. 위 과정을 P의 모든 원소들에 대해 수행하면 2차원 메쉬를 추출 할 수 있다. 본 논문에서는  $\theta$ 는 40,  $\tau$ 는 20으로 설정했다. 격자점 추출 과정은 그림 7에서 확인 할 수 있다.

$$right(p_i) = \arg \text{Min} ( \text{distan} ( p_i, p_k ) ) \quad (1)$$

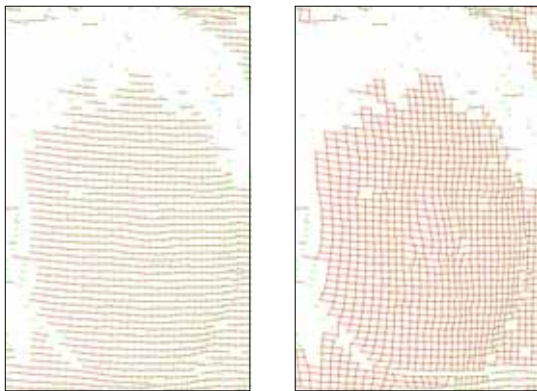
$p_k \in Rneighbor(p_i)$

$$bottom(p_i) = \arg \text{Min} ( \text{distan} ( p_i, p_k ) ) \quad (2)$$

$p_k \in Bneighbor(p_i)$



▶▶ 그림 6. 이웃 격자점 조건



(a) 오른쪽 이웃 격자점 연결 (b) 아래쪽 이웃 격자점 연결

▶▶ 그림 7. 2차원 메쉬 추출 과정

### 4. 2차원 메쉬 편집

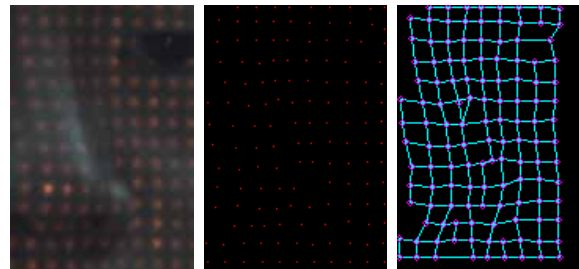
#### 4.1 격자점 편집

제안하는 격자점 추출 알고리즘에 따라 격자점을 추출하면 얼굴에 존재하는 점이나 상처 등의 외부적 요인으로 가짜 격자점이 발생한다. 또한 눈썹, 눈, 콧구멍등 얼굴의 검은 영역에서는 격자점이 손실된다. 손실 격자점과, 가짜 격자점을 영상

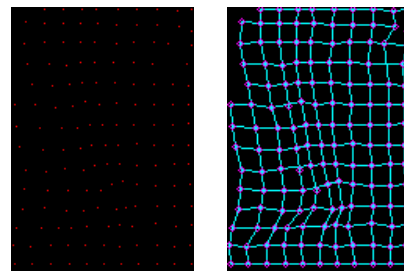
처리 알고리즘으로 찾아내는 것은 매우 어려운 문제이다. 따라서 본 논문에서는 손실 격자점과 가짜 격자점을 편집 할 수 있는 모듈을 개발하여 격자점을 편집하였다.

#### 4.2 2차원 메쉬 편집

2차원 메쉬를 추출하는 과정에서 코와 입 등의 격자점이 인접한 부분에서는 오른쪽 격자점과 아래쪽 격자점을 찾는데 혼동이 일어나 정확한 2차원 메쉬를 찾기 어렵다. 따라서 2차원 메쉬를 편집 할 수 있는 모듈을 개발하였다. 그림 8은 편집과정을 거치지 않은 격자점과 2차원 메쉬 영상들과 편집 후 영상을 확인 할 수 있다.



(a) 구조 광 영상 (b) 편집 전 격자점 (c) 편집 전 메쉬

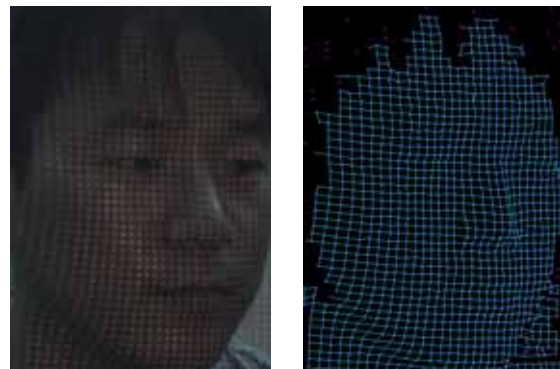


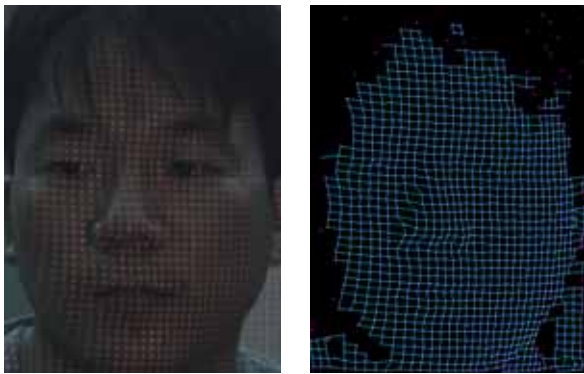
(d) 편집 후 격자점 (e) 편집 후 메쉬

▶▶ 그림 8. 편집 전후 영상 비교

#### 4.3 예제 영상

그림 9는 본 논문이 제안하는 방법을 통해 2차원 메쉬를 추출한 영상을 보여준다. 좌측의 영상은 구조 광 영상이며, 우측은 2차원 메쉬 영상이다.





▶▶ 그림 9. 예제 영상

- [8] G. Hu and G. Stockman, "3-D surface solution using structured light and constraint propagation," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 11, No. 4, pp. 390-402, 1989.

### III. 결 론

본 논문에서 제안한 알고리즘을 통해 2차원 메쉬를 추출할 수 있음을 보였다. 또한 구조 광을 투영하는데 프로젝터를 사용함으로써 고가의 장비를 사용하지 않고 구조 광 시스템을 구축 할 수 있음을 보였다.

추후 연구로는 2차원 메쉬를 사용해 법선 벡터를 추출하고 3차원 얼굴 영상을 구성하는 부분까지 연구를 진행해야한다. 또한 2차원 메쉬를 추출 할 때 사용자의 편집 없이 자동으로 추출 할 수 있는 알고리즘을 개발해야 한다.

#### ■ 참고 문헌 ■

- [1] 정일홍, 조세홍 "실시간 감정 표현 아바타의 설계 및 구현," *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 7, No. 4, pp.235-243, 2006.
- [2] 여영인, 서혜원, 원광연 "이미지 입력을 이용한 3차원 아바타의 데이터기반 생성기법," *정보과학회, 학술발표논문집*, pp.682-684, 2005.
- [3] Thomas Vetter and Volker Blanz, "Estimating coloured 3D face models from single images: An example based approach," *Proc. European. Conference on Computer Vision*, pp.499-513, 1998.
- [4] W.A.P. Smith and Hancock, E.R., "Recovering facial shape using a statistical model of surface normal direction," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 28, No. 12, pp.1914-1930, 2006.
- [5] Ruo Zhang, Ping-Sing Tsai, James Cryer, and Mubarak Shah, "Shape from shading: A survey," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 21, No. 8, pp. 690-706, 1999.
- [6] R. Dovgard and R. Basri, "Statistical symmetric shape from shading for 3d structure recovery of faces," *Proc. European. Conference on Computer Vision*, pp.99-113, 2004.
- [7] Datong Chen, Wen Gao and Xilin Chen, "A new approach of recovering 3-D shape from structure-lighting," *International Conference on Signal Processing*, Vol. 2, pp.839-842, 1996.