

IEEK 2010 FALL CONFERENCE

# 박막스플라인을 이용한 얼굴피부 깊이맵

Facial soft-tissue depth mapping  
Using Thin-plate spline

**Chung-yeon Lee**

Visual and & Virtual Computing Laboratory

Division of Multimedia Engineering

Sungkyul University

Facial soft-tissue depth mapping using  
Thin-plate spline

# Outline

- Introduction
- Motivation
- Related works
- Methodology
  - Facial tissue depth library
  - Interpolation using Thin-plate spline
  - Depth mapping to 3D face model
- Experimental results
- Conclusion

# Introduction

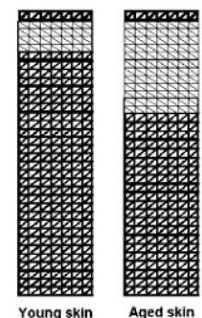
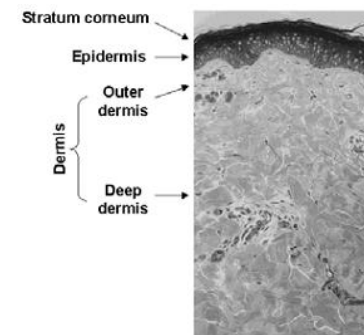
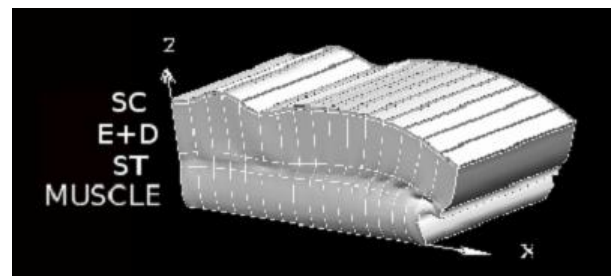
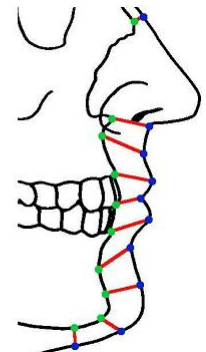
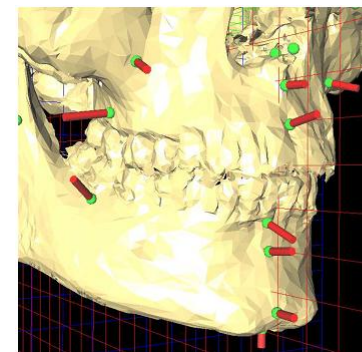
- 얼굴피부 깊이

- 얼굴은 복잡한 형태의 뼈들로 구성되어 있으며 부위별 피부깊이가 다름
- 두개골로부터 얼굴을 복원하기 위해 법의학 분야에서 연구가 활성화됨



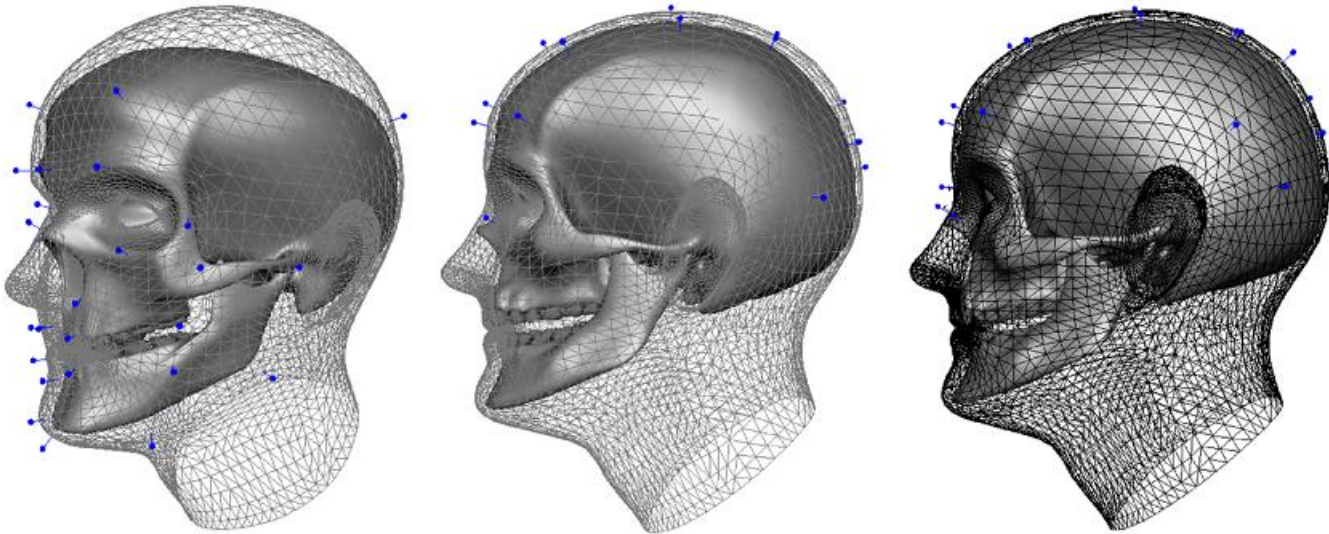
# Introduction

- 극사실적 3차원 얼굴 모델링 기술
  - 해부학적 요소를 고려한 표정이나 주름, 상처 등의 사실적인 표현
  - 장력, 투명도 등의 피부 특성을 나타내기 위해 피부 깊이값이 필요함



# Related Works

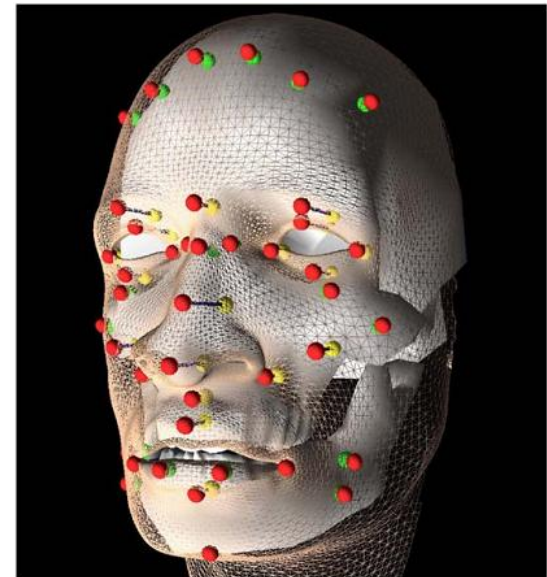
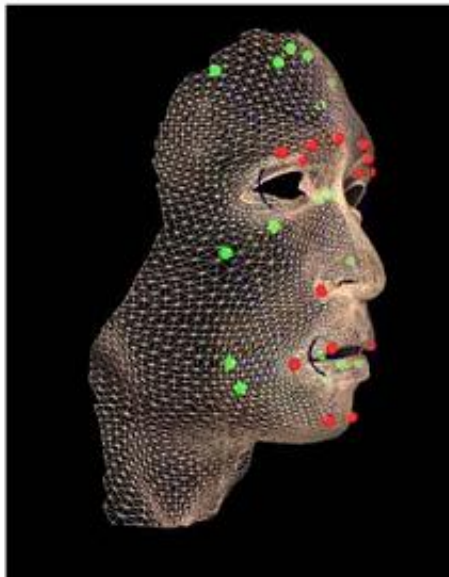
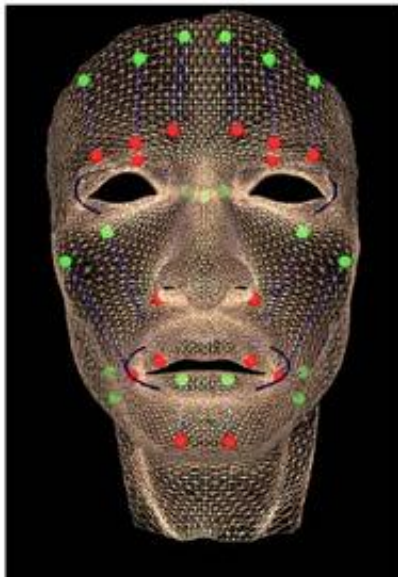
- Olusola O. Aina, 2009.
  - Generating anatomical substructures for physically-based facial animation.  
*Part 1: A methodology for skull fitting*, *The Visual Computer*, 25(5), 2009.
  - 사실적인 얼굴 모델링을 위해 기본 skull 모델을 얼굴 모델에 맞추어 변형하는 방법을 제시하였으며, 이때 피부 깊이값을 활용함.





# Related Works

- Yu Zhang et al., 2006.
  - *Anatomy-based face reconstruction for animation using multi-layer deformation, Journal of Visual Languages and Computing, Vol.17, 2009.*
  - 사실적인 얼굴 애니메이션을 표현하기 위해 얼굴을 tissue, muscle, skull로 구성된 여러 층으로 나누어 활용하였으며, 이때 부위별 피부 깊이값을 고려함.



# Motivation

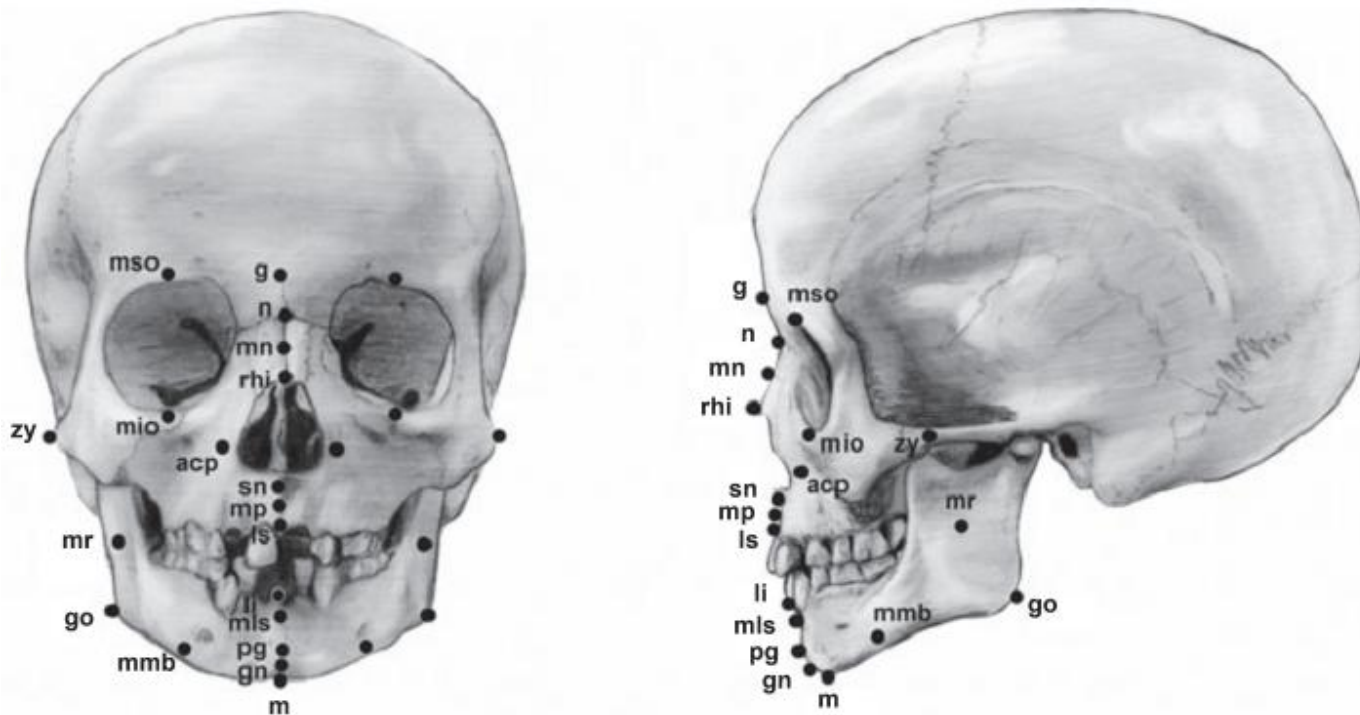
- 얼굴피부 깊이 계측 및 활용 방법
  - 직접 탐침법 (고전적 방법)
  - 방사선 영상 계측법
    - 진단용 초음파
    - 전산화 단층촬영 (CT)
    - 자기공명영상 (MRI)
  - 특정 위치에서만 계측하기 때문에 얼굴 전체에 적용이 어려움 (디자이너/저작도구에 의존)
  - 많은 비용과 시간, 전문인력 소요
  - **얼굴 전체에 대한 피부깊이 자동 생성 및 3D 얼굴 모델에 대한 깊이 맵핑 방법 필요**



# Methodology

- Facial tissue depth library

- 해부학적으로 유의한 총 35개 안면 계측점에서 측정된 피부깊이값
- Stephan and Simpson, “Facial soft tissue depths in craniofacial identification,” *Journal of Forensic Sciences*, 53(6), 2008.





# Methodology

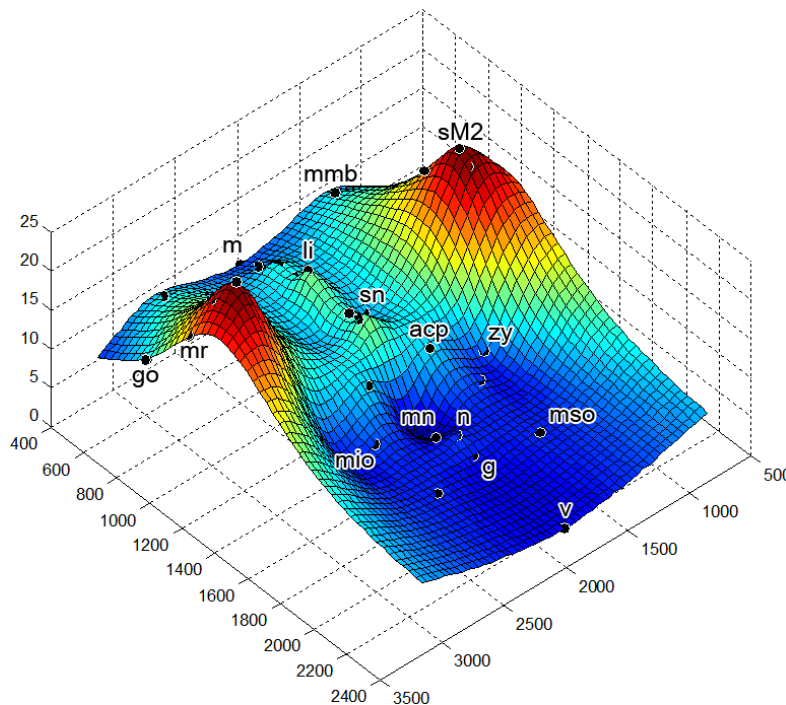
## 2010 Tallied-Facial-Soft-Tissue-Depth-Data: ADULTS (≥18 years)

Soft Tissue Depth Measurement	Total Weighted Mean	<i>n</i>	No. of Samples	Weighted Mean for <i>s</i> Studies	<i>s</i>	<i>n</i>	No. of Samples	Estimated Minimum (Mean - 3 z-scores)	Estimated Maximum (Mean +3 z-scores)
<b>Median points</b>									
op-op'	6.5	1452	54	7.0	2.0	1171	36	1.5	12.5
v-v'	5.0	1402	46	4.5	1.0	1132	32	1.0	8.0
g-g'	5.5	6342	173	5.5	1.0	5005	122	2.5	8.5
n-n'	6.5	6786	169	6.0	1.5	5072	114	1.0	10.5
mn-mn'	4.0	1272	67	4.0	1.0	918	37	0.5	10.5
rhi-rhi'	3.0	6022	153	3.0	1.0	4848	105	0.0	6.0
sn-sn'	13.0	1823	80	13.0	3.0	1225	45	4.0	21.5
mp-mp'	11.5	6094	127	11.0	2.5	4501	83	3.5	18.5
ls-ls'	11.5	5491	138	11.5	3.0	4561	100	3.0	19.5
li-li'	13.0	5271	115	13.0	2.5	4362	80	5.0	21.0
mls-mls'	11.0	6396	170	11.0	2.0	5132	117	5.5	16.5
pg-pg'	11.0	7382	179	11.0	2.5	5518	115	3.5	18.5
gn-gn'	8.5	545	18	8.5	3.0	381	10	-1.0	18.0
m-m'	7.0	5088	153	7.0	2.0	4249	110	0.5	13.5
<b>Bilateral points</b>									
mso-mso'	6.0	2795	89	6.0	1.5	2366	56	1.5	10.5
mio-mio'	6.5	2866	100	7.0	3.5	2438	68	-3.5	17.5
acp-acp'	9.5	1558	44	9.5	2.5	1408	32	2.5	16.5
go-go'	10.5	4746	123	10.5	6.0	3858	85	-7.5	28.5
zy-zy'	6.5	4660	112	6.0	2.5	3550	69	-1.0	13.0
sC-sC'	9.5	3289	52	9.5	2.0	3264	50	3.5	16.0
iC-iC'	10.5	1335	29	10.5	2.0	1308	27	4.5	16.5
sM <sup>2</sup> -sM <sup>2</sup> '	24.0	1943	48	24.5	5.5	1710	38	8.5	41.0
iM <sub>2</sub> -iM <sub>2</sub> '	18.5	1535	43	19.0	5.0	1302	33	4.0	33.5
mr-mr'	17.5	3009	62	17.5	4.0	2788	39	5.5	30.0
mmb-mmb'	10.5	1086	28	10.5	4.5	699	23	-2.5	23.5

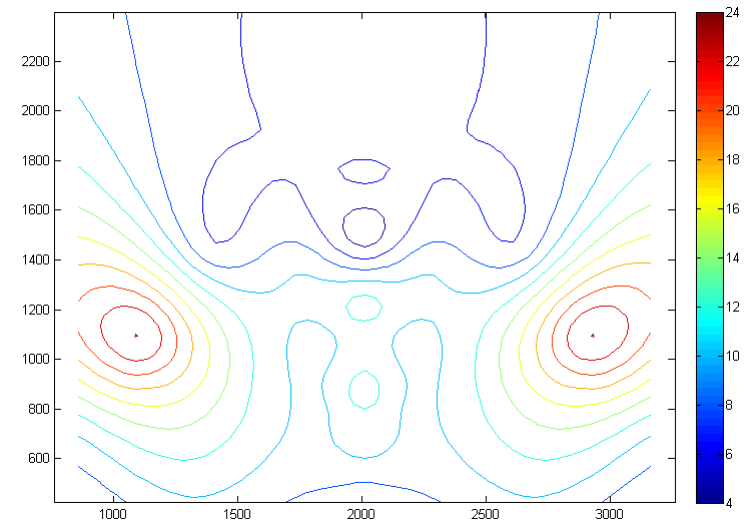
# Methodology

## ■ Interpolation using TPS

- 특정 위치에 대한 피부깊이값을 보간하여 얼굴 전체 영역에 대한 깊이값 도출
- 데이터의 특성상 박막스플라인 (thin-plate spline, TPS)을 사용



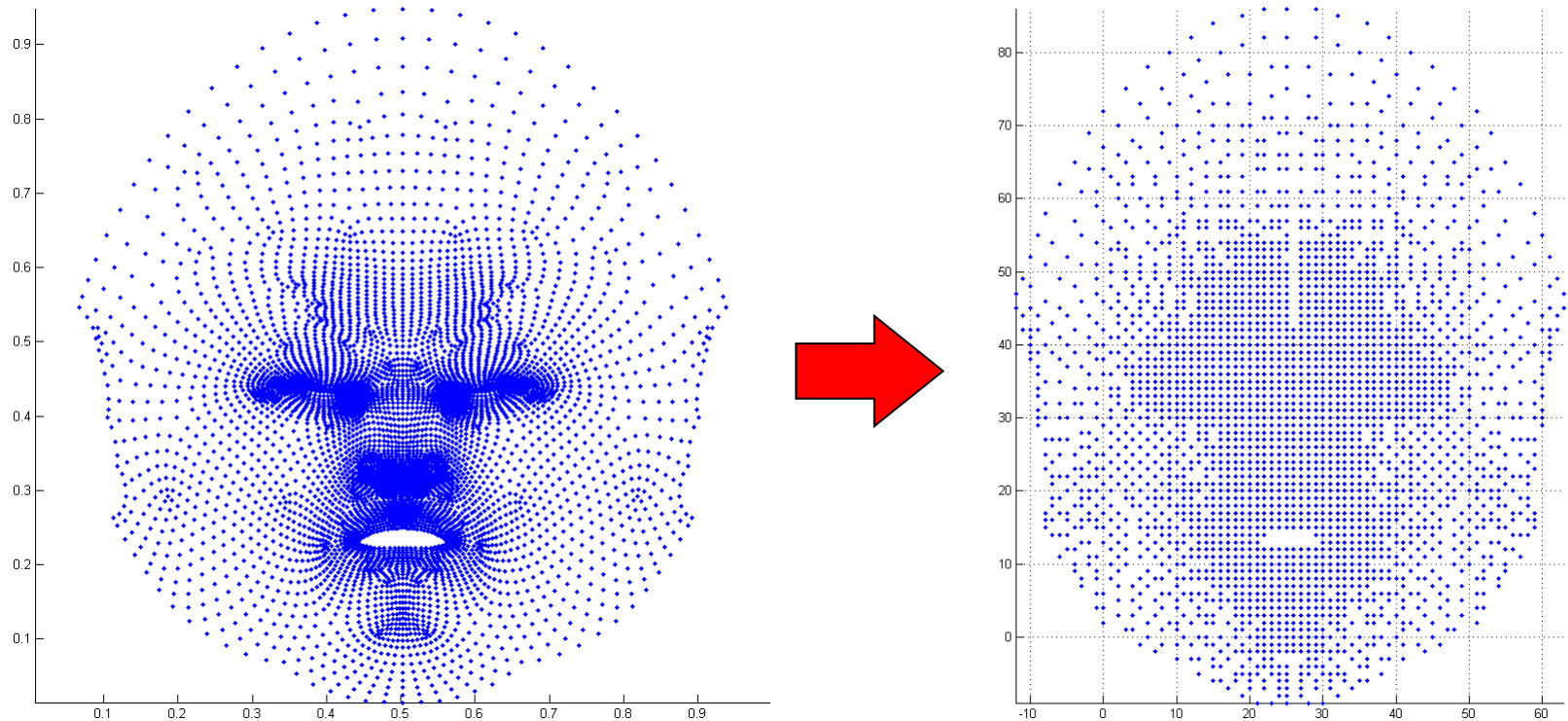
**TPS** : 평면상의 점들에서 주어지는 데이터값을 보간하는 곡면을 찾는 방법, 주어진 데이터값을 모두 지나는 최소의 변형된 부드러운 곡면을 찾는 방법



# Methodology

## ■ Depth Mapping to 3D Face

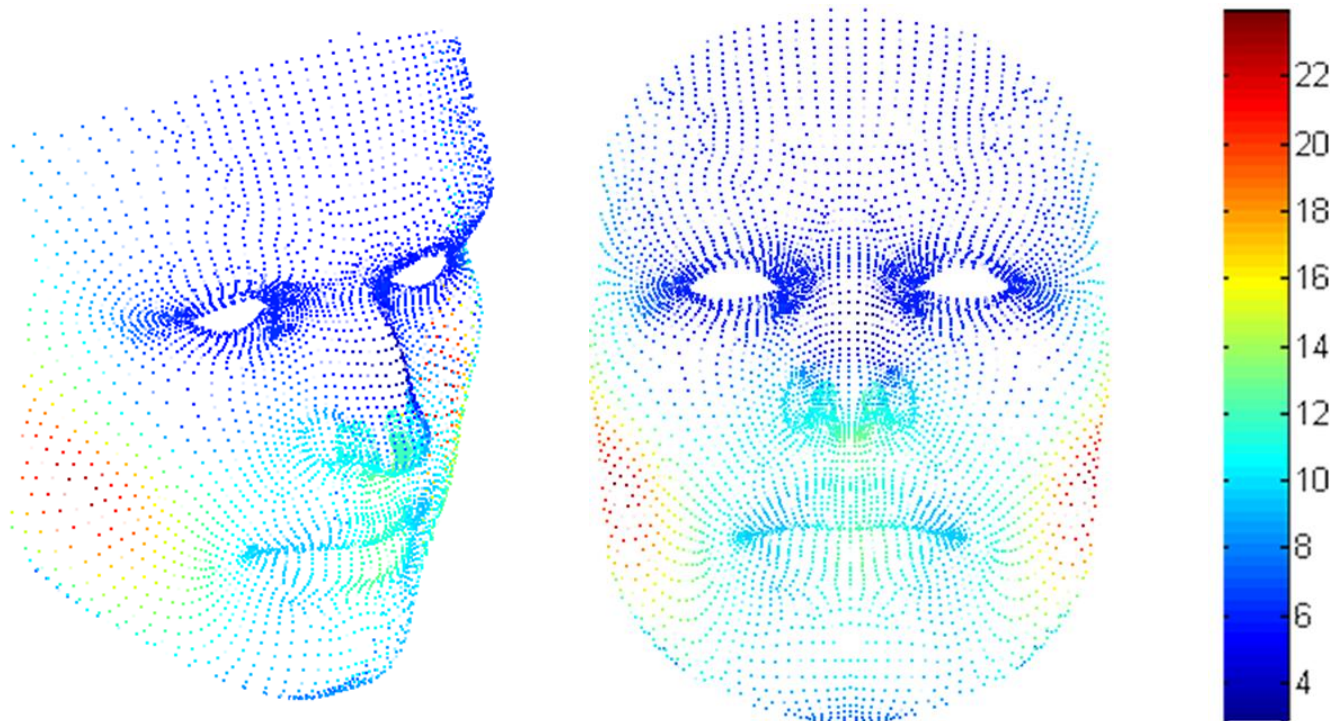
- 균등한 간격으로 생성된 보간 결과값을 3D 얼굴 모델의 정점 좌표에 맵핑
- 모델 정점들을 동일한 간격으로 정규화하여 보간 결과값을 대입



# Experimental Results

## ■ Depth Mapping to 3D Face

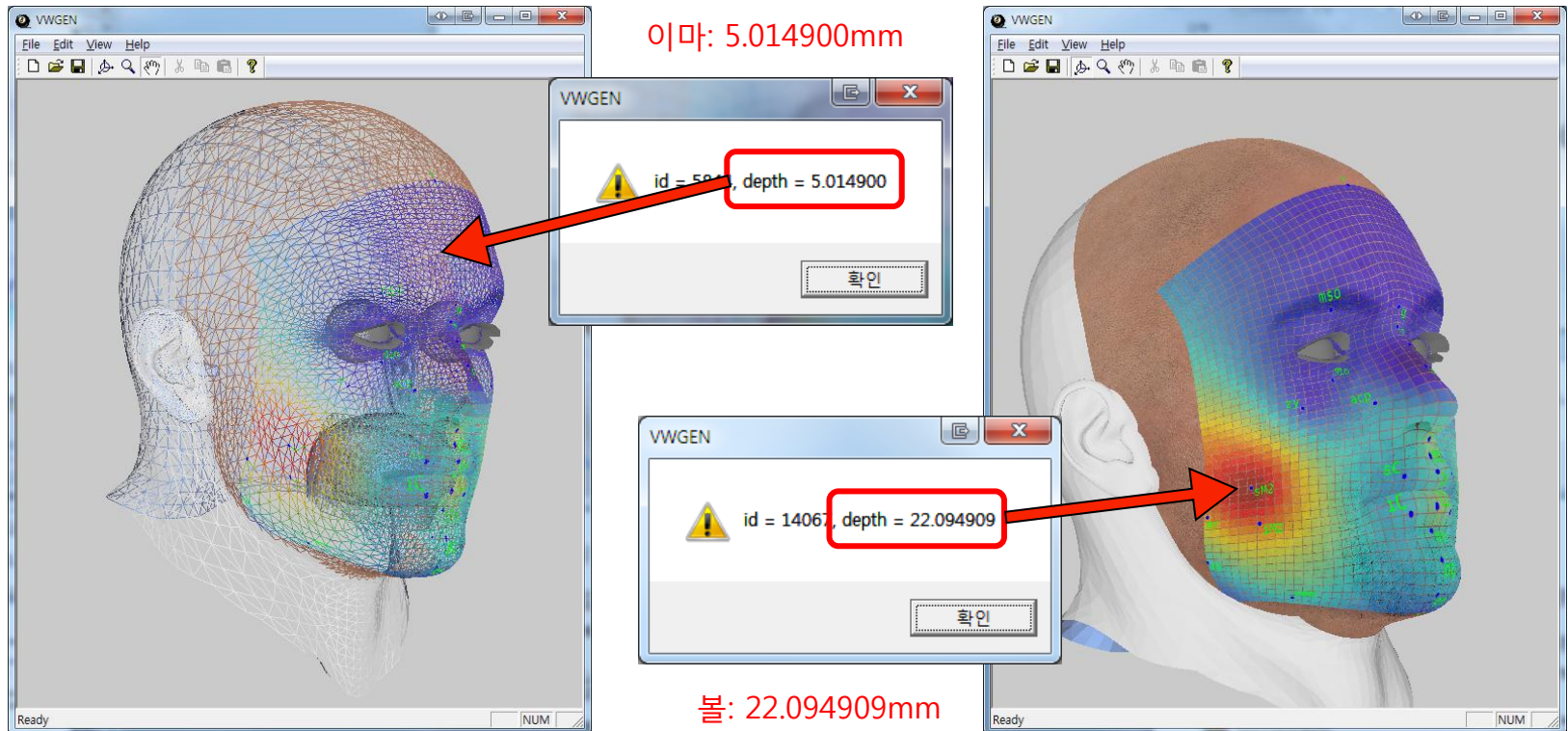
- 얼굴피부 깊이맵 데이터를 3차원 얼굴모델 정점에 적용한 결과
- 최소깊이값을 가진 두피부위부터 최대깊이값을 가진 양측 뺨(cheek)까지 각 계층점의 깊이(mm)를 반영하여 부드럽게 보간됨.



# Experimental Results

## ■ Application

- OpenGL과 MFC를 이용한 3차원 얼굴 시뮬레이션에 얼굴피부 깊이맵을 적용
- 마우스 클릭으로 해당 위치의 피부깊이값을 실시간으로 출력





# Conclusion

- 사실적인 3차원 얼굴 모델링을 위한 얼굴 피부 깊이맵 생성 방법
- 해부학적으로 유의한 총 35개 안면 계측점에서 측정된 피부 깊이값을 박막스플라인(TPS)으로 보간
- 보간 결과값을 3차원 얼굴 모델의 정점 좌표에 맵핑하여, 이후 얼굴 모델의 정점을 변형시에 유연하도록 함.
- 게임, 애니메이션, 가상수술, 의료교육, 법의학 등에서 활용 가능

# Thank-you!

## **Acknowledgement**

This work was partially supported by Korea Science and Engineering Foundation (KOSEF) grant funded by the Korea government (No. 2010-0008673).