

Intraoral Laser Scan Data와 Dental CT 영상 접합 및 개별 치아 분할

2015년 10월 2일

TEAM C

강명구, 박유균, 이상호

Contents

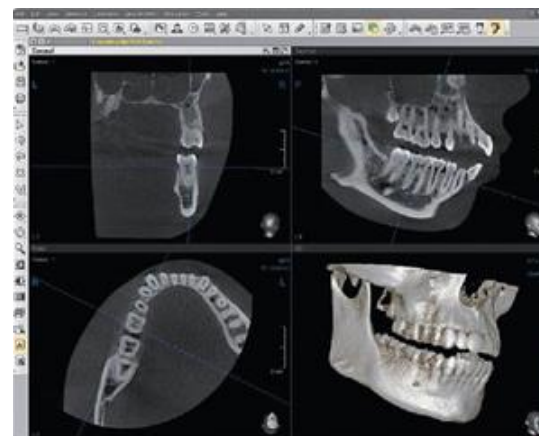
- Overview
- Goal/Problem & Requirement
- Approach
- Architecture
- Further Plan
- Basic Spec
- Development Environment
- Current Status
- Division and Assignment of Work
- Schedule

Overview

- 연구 주제: Dental Image Registration & Segmentation
 - Dental CT 영상 데이터와 Intraoral laser scan data의 정합
 - 정합된 Volume data로부터 개별 치아 분할 및 numbering
- 연구 단계
 - Image processing에 관한 사전 지식 이해
 - 세 점 입력 UI 및 CT-Mesh registration 모듈 구현
 - 개별 치아 분할 인터페이스 및 알고리즘 구현

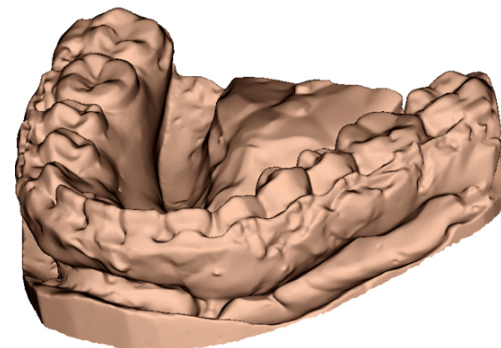
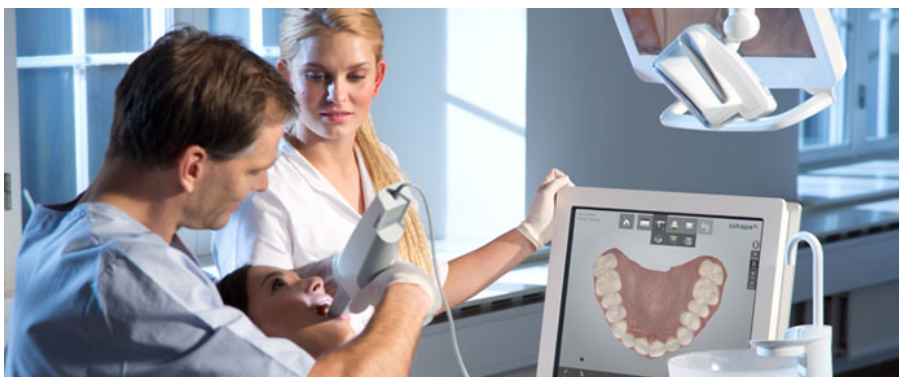
Goal / Problem & Requirement

- CT volume data
 - 2D image를 쌓은 3D volume data
 - 내부 구조의 정보 획득 가능
 - 해상도가 높지 않고 noise 발생 및 artifact 영향 고려 필요



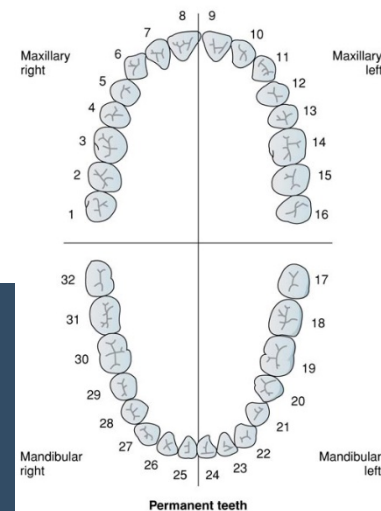
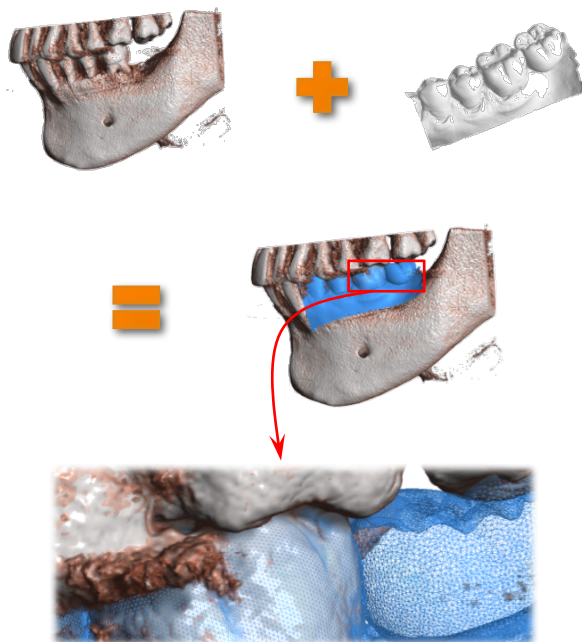
Goal / Problem & Requirement

- Laser scan mesh data
 - 레이저 기반 거리 측정 기술로 구강 내 위치 정보 획득
 - 높은 정밀도의 치아 및 잇몸의 표면 정보
 - 내부 구조의 정보 획득 불가



Goal / Problem & Requirement

- CT-Mesh Registration
- Tooth Segmentation



❖ 치과 수술 정밀도 향상 및 가이드 설계 간편화

Approach : CT-Mesh Registration

1. Transformation Model : Rigid Transformation
 - Rotation + Translation
 - 6 DoF(Degree of Freedom)

$$T_{\text{rigid}}(x, y, z) = \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

Approach : CT-Mesh Registration

2. Similarity Metric

- Feature-based vs. ~~Voxel-based~~
- Multi-Modality Registration
 - Similarity metric based on point to point correspondence
 - Finding correspondences also needed.

$$E(\mathbf{R}, \mathbf{t}) = \min_{\mathbf{R}, \mathbf{t}} \sum_i \|\mathbf{q}_i - (\mathbf{R}\mathbf{p}_i + \mathbf{t})\|^2$$

Approach : CT-Mesh Registration

3. Optimization Method

- Initialization + Local Optimizer
- Initial Transformation Calculation
 - User input : 3 pairs of points
- Noise / Outliers : particle filtering / RANSAC*

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{p_2 - p_1}{|p_2 - p_1|} & R &= R_l R_r^T \\
 y &= (p_3 - p_1) - [(p_3 - p_1) \cdot x]x & t &= p_{l1} - R p_{r1} \\
 y &= \frac{y}{|y|} \\
 z &= x \times y
 \end{aligned}$$

RANSAC* : Random sample consensus

<https://www.youtube.com/watch?v=Wi1WJlAlwBs>

Approach : CT-Mesh Registration

3. Optimization Method (Contd.)

- Local Optimizer : Iterative Closest Point(ICP)
- Closed-Form Solution Using SVD

$$\mathcal{S} = - \sum_i ||y_i - T(p_i)||^2$$

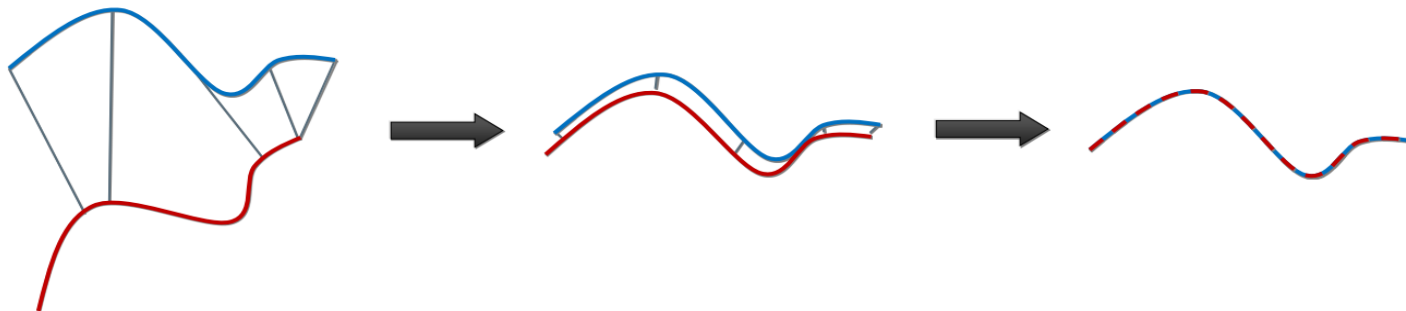
$$y_i = \min_{q_j \in \mathbf{q}} \{ ||q_j - T(p_i)||^2 \}$$



p, p' : the centroid of data set p_i and p'_i .

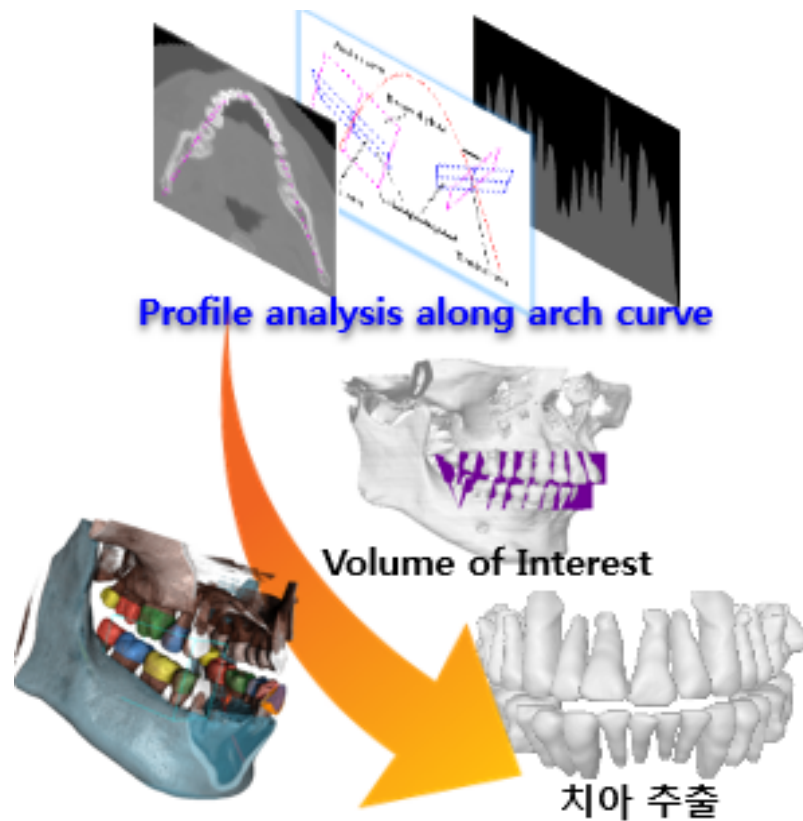
$$q_i = p_i - p; \quad q'_i = p'_i - p'$$

$$R = VU^T, \text{ where } H = \sum_{i=1}^n q_i q_i'^T = U \Lambda V^T \text{ (SVD)}$$



Approach : Tooth Segmentation

- CT Data vs. Scanned Mesh
- Using full 3D data
 - Without loss of information
 - The segmentation plane can be used for both 2D and 3D.

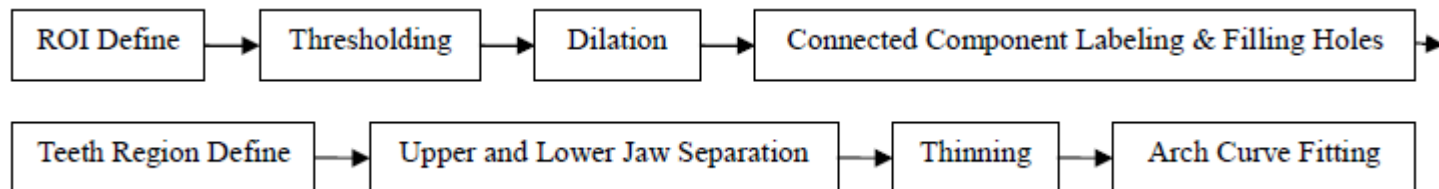


Based on Hui Gao and Oksam Chae, "Automatic Tooth Region Separation for Dental CT Images," ICCIT Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, vol. 1, 2008.

Approach : Tooth Segmentation

1. Automatic Dental Arch Fitting

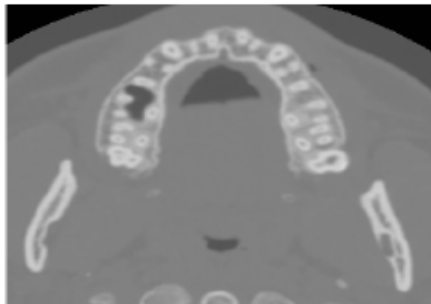
- Segmentation of Teeth Region
 - Using oral cavity structure
- Segmentation of Maxilla and Mandible
 - Assumption : open bite constraint
- Arch Curve Fitting
 - Assumed to be fourth order poly.



Based on Hui Gao and Oksam Chae, "Automatic Tooth Region Separation for Dental CT Images," ICCIT Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, vol. 1, 2008.

Approach : Tooth Segmentation

1. Automatic Dental Arch Fitting (Contd.)



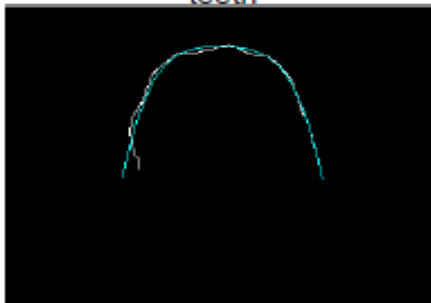
(a) Original image for upper teeth



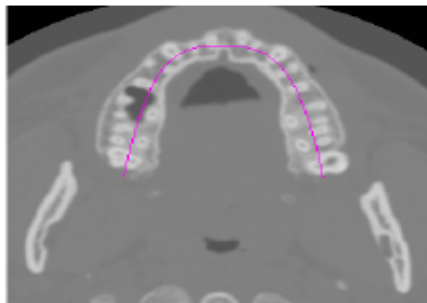
(b) Thresholded image



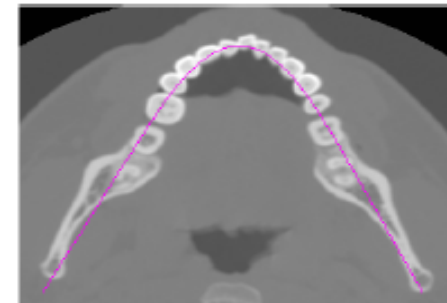
(c) Teeth region



(d) Fitted arch curve
(cyan curve)



(e) Arch curve with original
image (magenta curve)



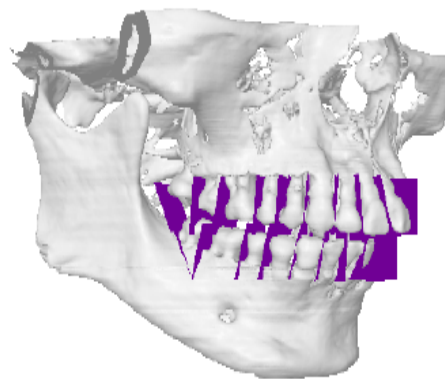
(f) Arch curve for another
slice image

Based on Hui Gao and Oksam Chae, "Automatic Tooth Region Separation for Dental CT Images," ICCIT Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, vol. 1, 2008.

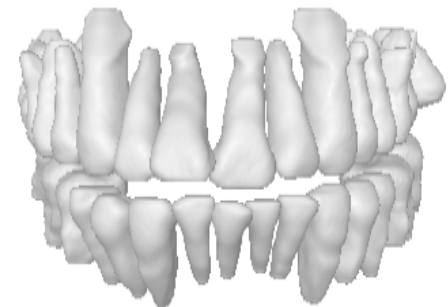
Approach : Tooth Segmentation

2. Individual Tooth Segmentation

- Profiling Integral Intensity on Arch Curve
 - local minimum at separating point



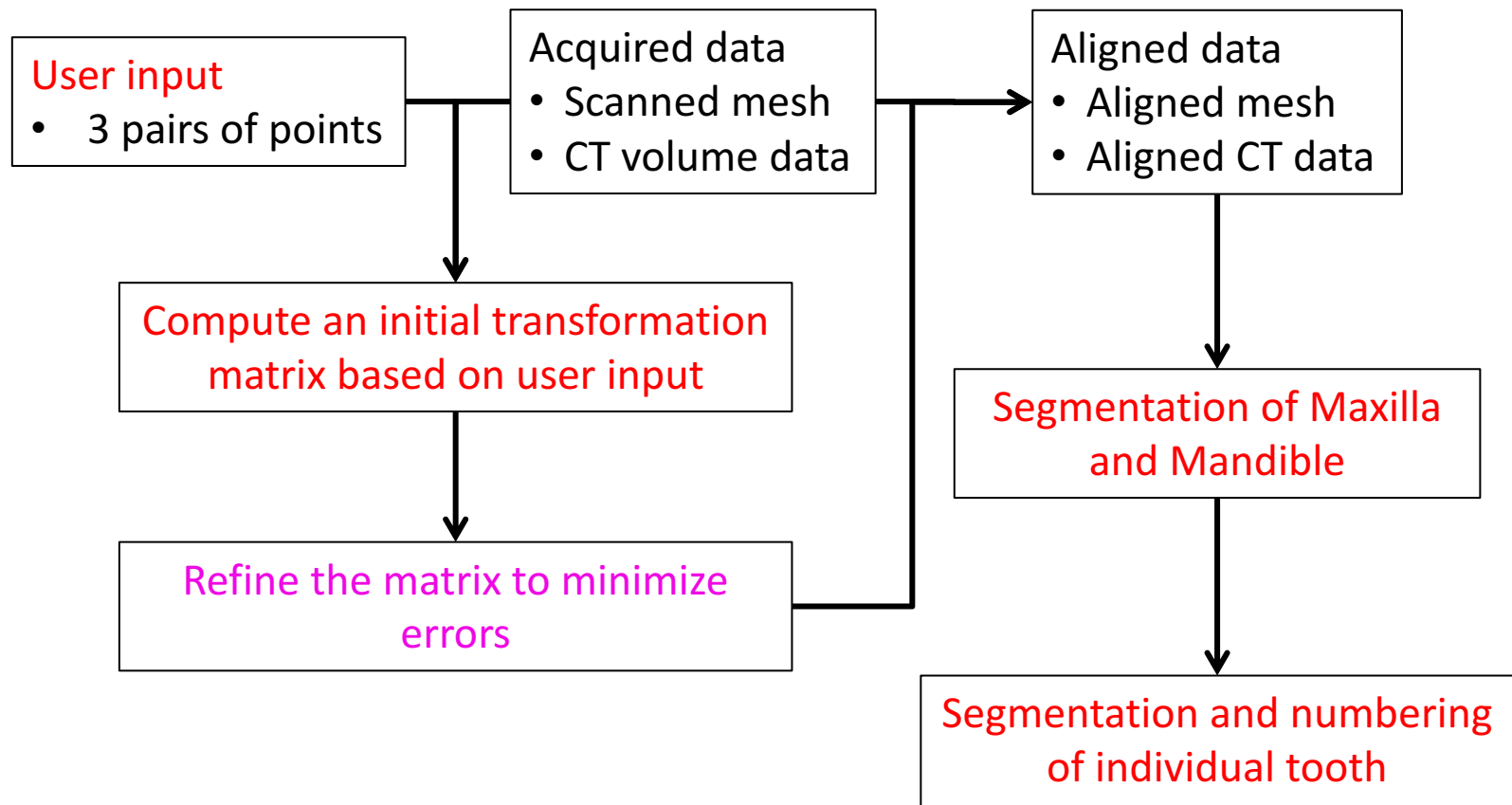
(a) Separation planes



(b) Separated individual tooth models

Based on Hui Gao and Oksam Chae, "Automatic Tooth Region Separation for Dental CT Images," ICCIT Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, vol. 1, 2008.

Architecture



Further Plan

- CT-Mesh 정합 과정의 자동화
 - 사용자 입력을 받지 않고 자동으로 대응점을 검출하여 정합 수행
 - feature detection의 활용
- 치아 결손, 부정교합 데이터에 대한 치아 분할
 - 자동적인 치아 분할이 불가능한 경우
 - 사용자로부터 가이드라인을 입력 받을 필요가 있음
 - 입력을 받기 위한 사용자 친화적인 UI 설계

Basic Spec

- CT-Mesh Registration
 - 정합된 mesh와 ground truth의 각 대응점간 평균 제곱근 오차 (RMSE) 1mm 이하
 - 512x512x200, 12bit CT 영상과 최대 100만개의 vertex를 가지는 mesh의 registration 수렴 시간 30초 이하
- Tooth Segmentation
 - 치열 이상이나 금속이 없는 정상적 데이터에 대해 수동으로 분할한 결과와 비교하여 분할이 옳지 않은 치아의 수 2개 이하
 - 512x512x200, 12bit CT 영상의 전체 치아 분할 시간 1분 이하

Development Environment

- Windows 7/8.1
- C++ / C#
- 현재 회사 제품에 사용 중인 framework 제공
- Microsoft Visual Studio
- Open source libraries

Current Status

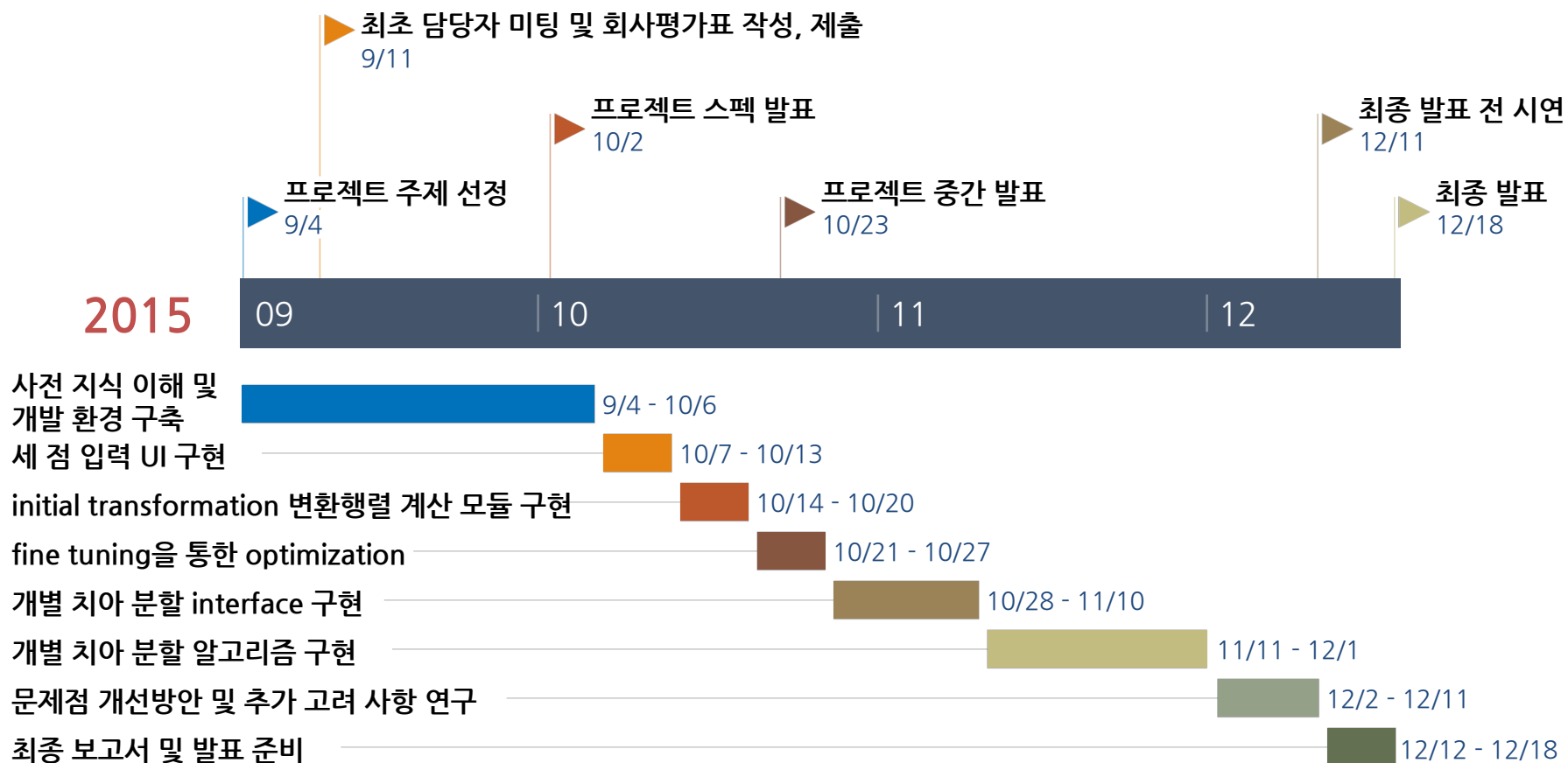
- 담당자와 프로젝트 방향 설정
 - 프로젝트 개괄 이해, 평가 기준표 작성
 - 구현 범위 구체화 및 구현 방안 선택
 - 향후 일정 협의, 구현을 위한 framework 요청
- 사전지식 이해
 - 3D 좌표계와 image processing 기본 이론 이해
 - Image registration과 segmentation을 위한 이론과 실제 구현 알고리즘 이해

Division and Assignment of Work

항목	담당자
세 점 입력 UI 구현	팀 전원
initial transformation 행렬 계산 모듈 구현	
fine tuning을 통한 optimization	
개별 치아 분할 interface 구현	
개별 치아 분할 알고리즘 구현	
문제점 개선방안 및 추가 고려 사항 연구	필요할 시 분담

- 연구주제 특성상 팀원 모두 구현 방법과 과정의 이해 필요
- 문제점 개선방안 연구는 구성 단위 별로 분담할 수 있음

Schedule



감사합니다.
