

점군 데이터를 이용한 딥러닝 기반의 Natural Head Position 예측 방법

유지용^{1*}, 양수², 이원진³

서울대학교 융합과학기술대학원 방사선융합의생명전공¹

서울대학교 융합과학기술대학원 응용바이오공학과²

서울대학교 치과대학 영상치의학교실³

Deep Learning-based Natural Head Position Prediction Method Using Point Cloud Data

Ji-yong Yoo^{1*}, Su Yang², Won-jin Yi³

Department of Biomedical Radiation Sciences, Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University, Korea

Department of Applied Bioengineering, Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University, Korea¹,

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Seoul National University, Korea²

*gd_yoo@snu.ac.kr

Abstract

The natural head position (NHP) has been used throughout the dental field for many years. There are several ways to implement NHP, such as using the Frankfort horizontal plane, Cephalometric radiograph, and POSIT algorithm. However, these processes are performed manually by experts, take a lot of time, and may cause deviations between surgeons. In this study, we propose a NHP prediction method based on deep learning from point cloud data.

1. 연구 배경

정확한 머리 위치는 치과 치료 전반, 특히 양악 수술의 결과를 향상 시키기 위해서 파악하는 것이 중요하다. 올바른 머리 위치를 얻기 위해 머리를 똑바로 세우고 눈높이의 먼 지점에 눈을 맞추는 Natural head position(NHP)가 도입되었다. NHP를 구현 하는 방법으로 Frankfort horizontal plane, Cephalometric radiograph 및 POSIT 알고리즘을 이용하는 방법 등 여러 가지 방법이 있다[1]. 수술 전에 외과의들은 정확한 수술 계획과 결과를 시뮬레이션 하기위해 여러 가지 방법으로 NHP를 구현한다. 이러한 방법들은 결국 최종적으로 수술하는 외과의의 결정이 중요하므로 마지막엔 수작업으로 할 수밖에 없다. 이러한 이유로 시간이 많이 소요되고, 과정이 복잡하고, 외과의의 불편차가 생길 수 있다. 본 연구에서는 점군(point cloud) 데이터에서 딥러닝 기반으로 NHP 재현 방법을 소개한다.

2. 연구 방법

Materials

총 100명의 양악수술한 환자를 대상으로 그들의 CT를 이용하여 3차원 두개골 모델의 점군 데이터를 획득하고 두명의 전문의가 최종 결정했던 100명의 NHP 모델과 CT 사이의 정합을 수행하여 rotation matrix를 추출하였다.

Preprocess

환자 CT 데이터(DICOM)를 vertice와 mesh로 구성되어 있는 3D 모델 데이터(STL)로 변환하여 총 2048개의 점군들로 샘플링하고 centroid와 정규화를 하였고, NHP 모델과 CT 사이에서 획득한 rotation matrix(3x3)의 9개의 원소(element)를 딥러닝 네트워크 학습에 사용하였다

Network

본 연구에서는 CT 영상에서의 NHP를 구현하기 위해 두개골 점군 형태의 입력과 rotation matrix(3x3) 형태의 출력을 가지는 PointNet++를 제안한다. 제안한 딥러닝 네트워크 구조는 PointNet++으로 구성되어 있다 (그림1). PointNet++는 set abstraction (SA module)과 multi-layer perceptron (MLP),

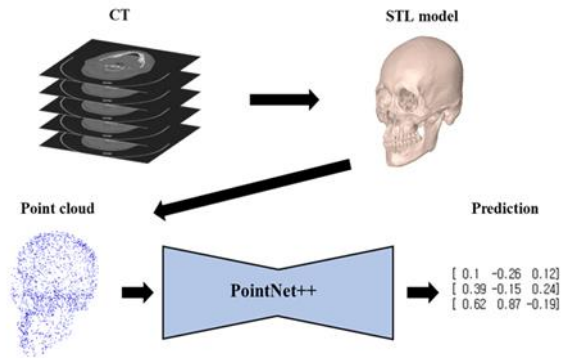


그림 1. Preprocessing and deep learning network structure

linear output layer로 이루어져 있고[2], 두개골 점군을 입력으로 받아 rotation matrix(3x3)을 출력한다. 입력으로 받는 두개골 점군에 대하여 NHP를 재현하는 rotation matrix를 예측하도록 학습시킨다.

Mean squared error (MSE)를 손실함수(loss function)로 사용하여 딥러닝 네트워크를 학습시켰다. MSE는 다음과 같이 정의된다.

$$MSE = \sum |(a - \hat{a}) + (b - \hat{b}) + \dots + (i - \hat{i})|$$

여기서, a, b, ..., i는 각각 실제 수술에 사용된 NHP에서 추출한 rotation matrix의 원소값, $\hat{a}, \hat{b}, \dots, \hat{i}$ 는 딥러닝 네트워크가 예측한 rotation matrix의 원소값을 의미한다.

Environment

딥러닝 네트워크 학습을 위해 80개를 학습 데이터, 20개를 평가 데이터로 사용하였다. 딥러닝 네트워크를 최적화하기 위해 초기 학습률이 0.0001인 Adam optimizer를 사용하였고, batch 크기를 1로 설정하여 200 epochs 만큼 학습하였다.

rotation matrix 검출 성능을 평가하기 위해 실제 NHP에서 추출한 rotation matrix와 예측한 rotation matrix를 각각

Euler angle로 변환하여 roll, yaw, pitch 값의 차이를 계산하였다.

Health & Welfare, the Ministry of Food and Drug Safety) (1711137883, KMDF_PR_20200901_0011, 1711138289, KMDF_PR_20200901_0147)

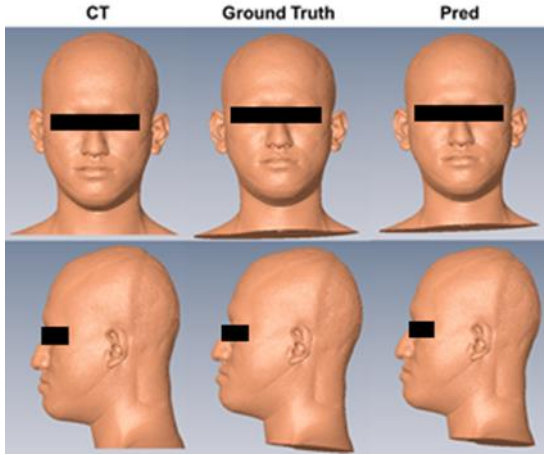


그림 2. Result of applying NHP to skin model after detecting rotation matrix

표 1. Comparison of rotation matrix detection performance [deg]

	roll	yaw	pitch
1	1.11	0.51	0.43
2	0.09	1.45	0.37
3	0.32	0.50	2.10
4	2.78	2.17	0.59
5	1.16	0.04	0.63
6	0.64	0.77	0.11
7	0.39	0.16	2.81
8	1.44	0.96	0.48
9	1.49	0.25	0.07
10	0.71	0.40	0.58
11	0.56	0.80	1.23
12	0.20	0.40	0.42
13	0.12	0.28	1.14
14	0.55	1.37	1.38
15	0.34	0.16	2.06
16	0.72	0.35	0.45
17	1.18	1.08	2.35
18	0.35	0.21	2.11
19	0.43	0.36	0.95
20	0.29	0.64	0.88
평균	0.74±0.63	0.64±0.52	1.06±0.79

3. 연구 결과

본 연구는 점군 데이터를 이용하여 PointNet++를 통해 NHP rotation matrix 검출 오차를 roll, yaw 및 pitch 각각 평균 0.74±0.63°, 0.64±0.52°, 1.06±0.79°로 확인하였고, 수초내로 NHP를 자동 재현할 수 있음을 증명하였다. 제안한 기술을 활용하여 악교정수술 시뮬레이션 등에 NHP 재현 과정을 자동화할 수 있을 것으로 기대한다

4. Acknowledgements

This work was supported by the Korea Medical Device Development Fund grant funded by the Korea government (the Ministry of Science and ICT, the Ministry of Trade, Industry and Energy, the Ministry of

5.참고 문헌

- [1] Kim, D.-S., et al. "Three-dimensional natural head position reproduction using a single facial photograph based on the POSIT method." J. Cranio-Maxillofac. Surg. 42.1315-1321 (2014)
- [2] Qi, Charles Ruizhongtai, et al. "Pointnet++: Deep hierarchical feature learning on point sets in a metric space." Advances in neural information processing systems 30 (2017)