

BK 장기연수 결과보고서

연수기간	2022.09.15. - 2022.10.26.
연수기관	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
연구주제	Develop AI-based CBCT image motion compensation technology

1. 연수활동 내용

연수목적	<p>1) Cooperate the research with the team from the Pattern Recognition unit of FAU to develop AI-based CBCT image motion compensation technology</p> <p>2) Workshop on AI-based healthcare data processing and discussion on the direction of collaboration between by the BK21 Four System Health Science & Engineering program at EWHA and the Pattern Recognition unit of FAU</p>
연수내용	<ul style="list-style-type: none"> - Prepare 2D head phantom data with motion - Joint research to develop AI-based CBCT image motion compensation technology - Workshop on AI-based healthcare data processing and discussion on the direction of collaboration between by the BK21 Four System Health Science & Engineering program at EWHA and the Pattern Recognition unit of FAU
결과 및 시사점	<ul style="list-style-type: none"> - 2D head phantom data에 3차원 모션을 적용한 이미지를 생성하고 keypoint 기반으로 모션을 보정하는 모델을 개발하고자 함 - CONRAD 프로그램을 사용해서 backprojection 이미지를 생성하고 이를 기반으로 Landmark Detection을 진행해서 주요 keypoint를 예측하는 딥러닝 모델 개발하고 선행연구 벤치마크 진행함. HRNet-w32가 가장 좋은 성능을 보임 (5.2958 ± 7.4726mm MRE) - 독일팀과 협력하여 reconstruction을 진행하고 3D 모션 이미지 생성하는 부분을 기존 Landmark Detection 부분과 함께 하나의 프레임워크로 만들고자 함 - reconstruction 후 mean reference point를 forward projection 해서 얻은 keypoint와 우리 제안 Landmark Detection 모델로 얻은 keypoint를 사용해서 motion compensation 진행 - 다양한 landmark 정보를 사용하여 motion compensation 진행함 (0.66656 SSIM, 28.82544 PSNR, 9.43386 RMSE) - Evaluation은 모션 보정된 keypoint를 다시 reconstruct해서 3D이미지와 비교 - 독일팀과 네트워크를 형성해서 추후에도 협동 프로젝트 진행.
향후 연구에 대한 적용방안	<ul style="list-style-type: none"> - single-view가 아니라 multi-view 모델로 확장하여 여러 슬라이드를 활용함으로써 더 정확한 모션 보정을 하는데 기여하도록 모델 고도화 - 제안하는 모션 보정 딥러닝 기반 모델을 하나의 end-to-end 프레임워크로 만들고자 함

2. 일자별 활동내역(사진 첨부하여 구체적으로 기술 요망)

1주차 (9/15~9/22)

9/14 독일팀 미팅: 프로젝트 설명, 나아갈 방향 정리, 조언 구함

9/16 랩원들과 인사, 소개, 교수님 만남, 소개

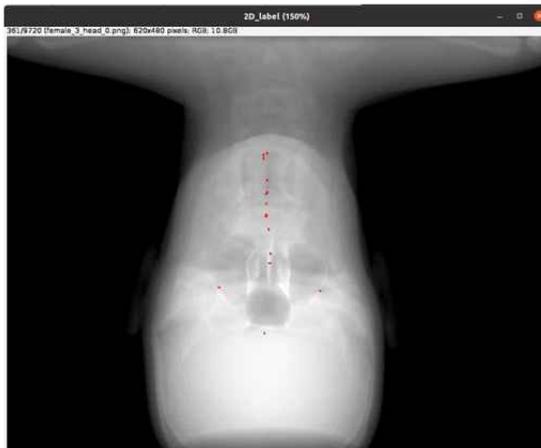
9/20-9/22

- <https://github.com/open-mmlab/mmpose/blob/master/docs/en/install.md>
참고해서 openmmlab/mmpose 관련 환경 설정, 다운로드
- mmpose/docs/en/tutorials/ 속지
- single-view 모델에서 사용할 딥러닝 기반 모델 개발

2주차 (9/23~9/30)

9/23

- IPA 콜로키움 참가 <Explaining human actions and states>
invited guest talk by 'Math Grzegorzek' from Lubeck university
- Landmark Detection을 위해 19명 환자의 16 landmark 재검토
- 2D projection image에서 문제가 있는 slice 찾고 이를 각 환자에 대해서 정리함



Missing landmark

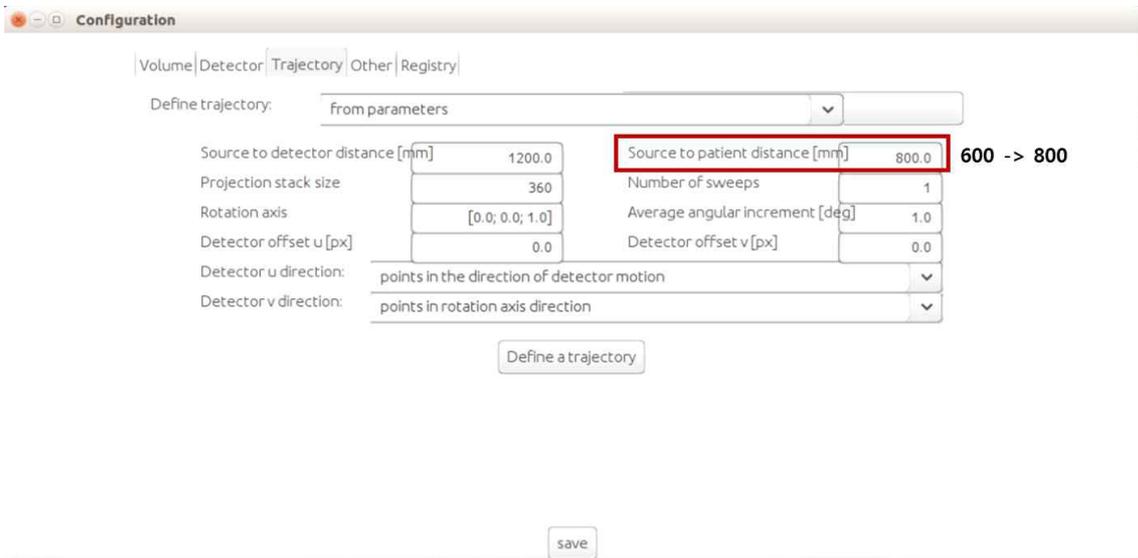


Wrong position landmark

9/26 CONRAD 구동해서 2D projection 이미지 재생성.

```
Problems Javadoc Declaration Console x
ReconstructionPipelineFrame [Java Application] C:\Users\User\p2\pool\plugins\org.eclipse.justj.openjdk.hotspot.jre.full.win32.x86_64_17.0.4.v20220903-1038\
Projection Matrices: 360
Total available Memory on graphics card:2047
Required Memory on graphics card:611
New volume z min: -0.5 new volume z max: 249.5
Cannot invoke "edu.stanford.rsl.conrad.filtering.rampfilters.RampFilter.configure()" because "ramp" is null
```

Trajectory > Source to patient distance (mm): 800으로 수정해서 잘리는 부분 없이 projection 이미지 생성

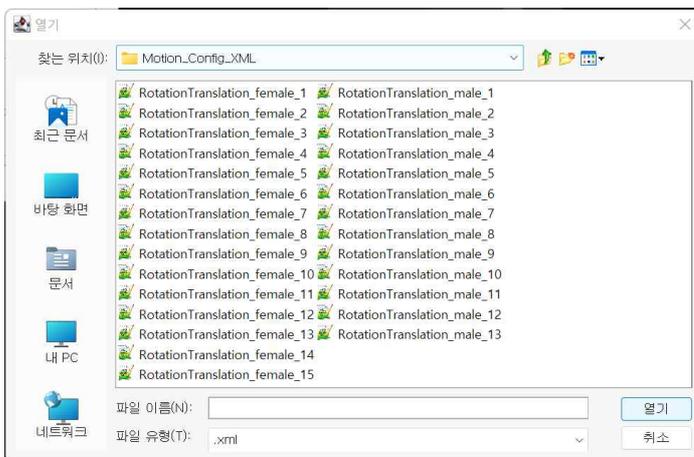


9/27 2D projection image 문제점 파악, 논의

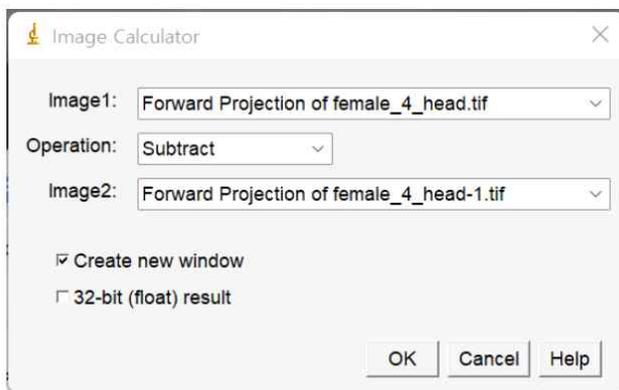
정확한 2D reference image를 위해 각 환자에 맞는 equation 수정

9/29 - 모션이 있는 Forward projection images 생성, 저장

- Plugin > CONRAD > OpenCL Forward Projector with Motion을 통해 Motion_Config_XML 파일 내 rotation, translation 정보 읽어와서 생성



- Motion img 잘 생성되었는지 확인



9/30 IPA 콜로키움 줌미팅 참석

: 'Invertible Neural Networks for Inverse Problems' by Noah

- 3D 공간에서의 수정된 landmark와 이를 기반으로 생성된 2D projection image 데이터셋과 해당 JSON파일 업로드

3주차 (10/1~10/7)

- 2D projection image에 대해서 다양한 벤치마크 Landmark Detection 딥러닝 모델 코드 돌리고 결과 정리

landmark_detection_project ☆ 🗑️ 🔄

파일 수정 보기 삽입 서식 데이터 도구 확장 프로그램 도움말 Than

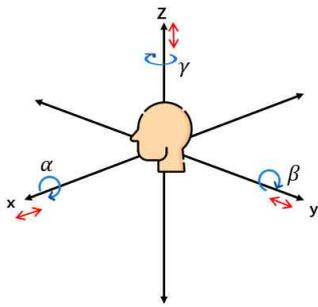
100% \$ % .0 .00 123 기본값 (Ari... 10

A1 fx Pixel space = 1mm

	A	B	C	D	
1	Pixel space = 1mm				
2	Model	Backbone	Head	Loss	M
3					
4	Natural Image				
5	DeepPose	ResNet101	Regression Head	Smooth L1 loss	
6	CPM	CPM	Multistagehead_no deconv	MSE Loss	
7	Hourglass	Hourglass	Multistagehead_no deconv	MSE Loss	
8	HRNet	HRNet_w32	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	
9		HRNet_w48	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	
10	HRnet v2	HRNet_w18	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	
11		HRNet_w32	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	
12	HRFormer	HRFormer_base	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	
13		UNet	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	

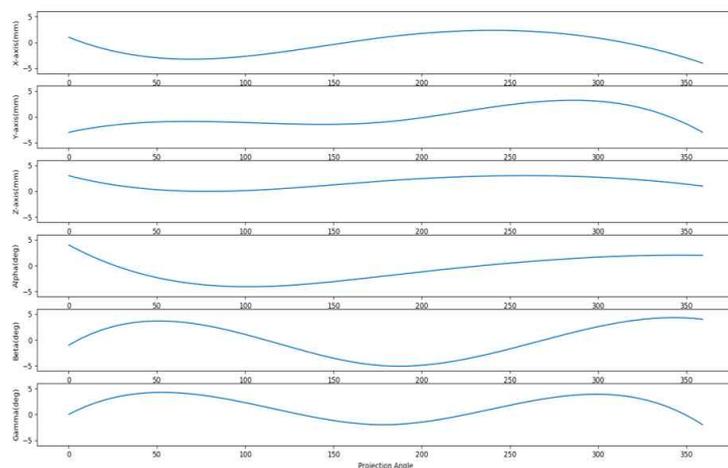
- motion이 추가된 3D와 2D head phantom CT 이미지 데이터셋 FAU팀과 공유

Head Dataset with motion Generation



- **Human Motion Limitation:**
 - 10 mm for translation
 - 10° for rotation

• Human Motion Profile:



- 10/7
- IPA 콜로키움 : Lena의 Master's thesis 발표
 - 독일팀과 협력하여 Pyronn 프레임워크를 사용하여 reconstruction 진행

리모트 사이트: /home/gyeon/pyronn/reco_example_code

파일명	크기	파일 ...
..		파일 ...
__pycache__		파일 ...
filters.py	3,371	Python...
projections.tif	857,152,174	TIF 파일
reco.tif	67,154,526	TIF 파일
reconstruction.py	2,512	Python...
simulated_projection_images.tif	428,608,174	TIF 파일

4주차 (10/10~10/14)

- 모션 없는 2D projection head phantom 이미지에 대해서 딥러닝 landmark detection 모델의 결과 정리

Pixel space = 1mm	Model	Backbone	Head	Loss	Our Head Dataset					
					MRE	MRE_std	SDR			
							2 mm	2.5 mm	3 mm	4 mm
	Hourglass	Hourglass	Multistagehead_no deconv	MSE Loss	5.7386	7.191	18.927	27.562	36.59	52.716
	HRNet	HRNet_w32	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	5.2958	7.4726	26.318	36.256	45.606	60.341
	HRNet v2	HRNet_w18	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	5.3461	6.8278	22.834	32.222	41.792	57.517
	HRNet v2	HRNet_w32	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	6.1587	6.7034	12.34	18.113	25.272	41.152
	HRFormer	HRFormer_base	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	5.4656	7.0283	22.064	31.298	40.424	56.63
	Simple Baselines	UNet	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	6.6458	14.388	24.844	33.638	42.7681	57.23
		ResNet50	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.831	7.052	18.426	26.25	34.437	49.655
		ResNet101	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.9178	7.2658	19.664	27.807	36.076	50.569
		ResNeXt101	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.8185	6.9302	18.9	27.116	35.367	50.569
		ShuffleNetv2	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	6.146	7.1206	16.273	23.841	31.833	46.474
		VGG16	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.5648	6.8566	20.137	28.704	37.4788	53.0961
		VGG19	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.9852	7.0054	16.705	24.626	33.038	48.819
		PVT-t	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.851	7.0049	17.888	25.6076	33.6747	48.7712
		PoolFormer	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	8.8701	11.2503	10.204	15.179	20.716	32.027
		Conformer	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	6.9051	9.9957	15.1157	22.137	29.313	43.206
	Proposed Backbone	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.61521	6.99756	21.206	30.052	38.565	53.906	

- 모션이 추가된 2D projection head phantom 이미지에 대해서 딥러닝 landmark detection 모델의 결과 정리

Pixel space = 1mm	Model	Backbone	Head	Loss	Our Head Dataset					
					MRE	MRE_std	SDR			
							2 mm	2.5 mm	3 mm	4 mm
	Hourglass	Hourglass	Multistagehead_no deconv	MSE Loss	6.27348	7.42207	17.556	25.251	32.934	47.166
	HRNet	HRNet_w32	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	5.5032	7.1926	22.159	31.348	40.284	55.758
	HRNet	HRNet_w48	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	5.5228	7.16864	21.655	30.671	39.688	55.079
	HRnet v2	HRNet_w18	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	5.5377	6.9972	21.487	30.488	39.2708	54.619
	HRnet v2	HRNet_w32	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	6.40972	6.7658	10.611	16.451	23.885	39.724
	HRFormer	HRFormer_base	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	5.77992	7.06001	20.627	29.23	37.741	52.271
	Simple Baselines	UNet	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	7.2345	16.6094	24.649	33.302	41.252	54.834
		ResNet50	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	6.07026	7.10619	16.985	24.437	32.249	46.435
		ResNet101	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.88554	6.95005	18.499	26.433	34.369	49.72
		ResNeXt101	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.75776	6.88327	18.866	27.037	34.967	49.975
		ShuffleNetv2	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	6.45642	7.03618	14.182	20.584	27.35	40.309
		VGG16	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.857183	6.98984	17.739	25.731	33.725	48.846
		VGG19	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	6.230111	7.036603	15.741	23.221	30.586	44.763
		PVT-t	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.94703	6.89899	17.33	24.902	32.537	47.234
		PoolFormer	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	9.41362	12.1182	9.145	13.553	18.328	28.601
		Conformer	SimpleHead, 0 deconv	MSE Loss	7.49029	10.43431	13.688	19.979	26.51	39.159
	Proposed Metho	SimpleHead, 3 deconv	MSE Loss	5.85627	7.13234	19.068	27.174	35.322	50.108	

10/12 새로운 퍼블릭 데이터셋 CQ500 라벨 검토

10/13 독일팀과 미팅 진행

10/14 IPA 콜로키움 참가



Which Training Methods for GANs do actually Converge?

Timo Klemm, IPA 14.10.2022

Which Training Methods for GANs do actually Converge?

Lars Mescheder¹ Andreas Geiger^{1,2} Sebastian Nowozin³

Introduced at International Conference on Machine Learning 2018



- 참고문헌으로 모션 보정 방법 파악

Choi, Jang-Hwan, et al. "Fiducial marker-based correction for involuntary motion in weight-bearing C-arm CT scanning of knees. II. Experiment." Medical physics 41.6Part1 (2014): 061902.

5주차 (10/17~10/21)

10/18 팀미팅: Motion compensation 프레임워크 논의, 전체 프레임워크 정리

10/19 backprojection하는 코드 생성하고 reference point 저장

파일명	크기	파일 ...	최종 수정	권한
..				
female_10_ref.txt	1,243	텍스트...	2022-10-20 오후 11:1...	-rw-rw...
female_3_ref.txt	1,236	텍스트...	2022-10-20 오후 11:1...	-rw-rw...
female_4_ref.txt	1,242	텍스트...	2022-10-20 오후 11:1...	-rw-rw...
female_6_ref.txt	1,242	텍스트...	2022-10-20 오후 11:1...	-rw-rw...
female_7_ref.txt	1,244	텍스트...	2022-10-20 오후 11:1...	-rw-rw...
male_12_ref.txt	1,241	텍스트...	2022-10-20 오후 11:1...	-rw-rw...
male_3_ref.txt	1,243	텍스트...	2022-10-20 오후 11:1...	-rw-rw...
male_4_ref.txt	1,241	텍스트...	2022-10-20 오후 11:1...	-rw-rw...
male_7_ref.txt	1,244	텍스트...	2022-10-20 오후 11:1...	-rw-rw...

10/21 IPA 콜로키움 참가: Motion compensation 관련

Upcoming tasks

Optimization-based motion compensation

- Relative IQM: Sufficient for optimization-based motion compensation
- **Condition:** Optimizer works based on ordinal ranking of datapoints

→ Simplex optimizers

Inference inside gradient-free Nelder-Mead (NM) optimizer:

- Have: motion-affected trajectory (N acquired views)
- Motion modeled by Akima spline with K uniformly distributed knots
- Each knot: 6 motion parameters (3 rot & 3 trans)
- Each iteration: Update the spline knots, reconstruct and sort trajectories

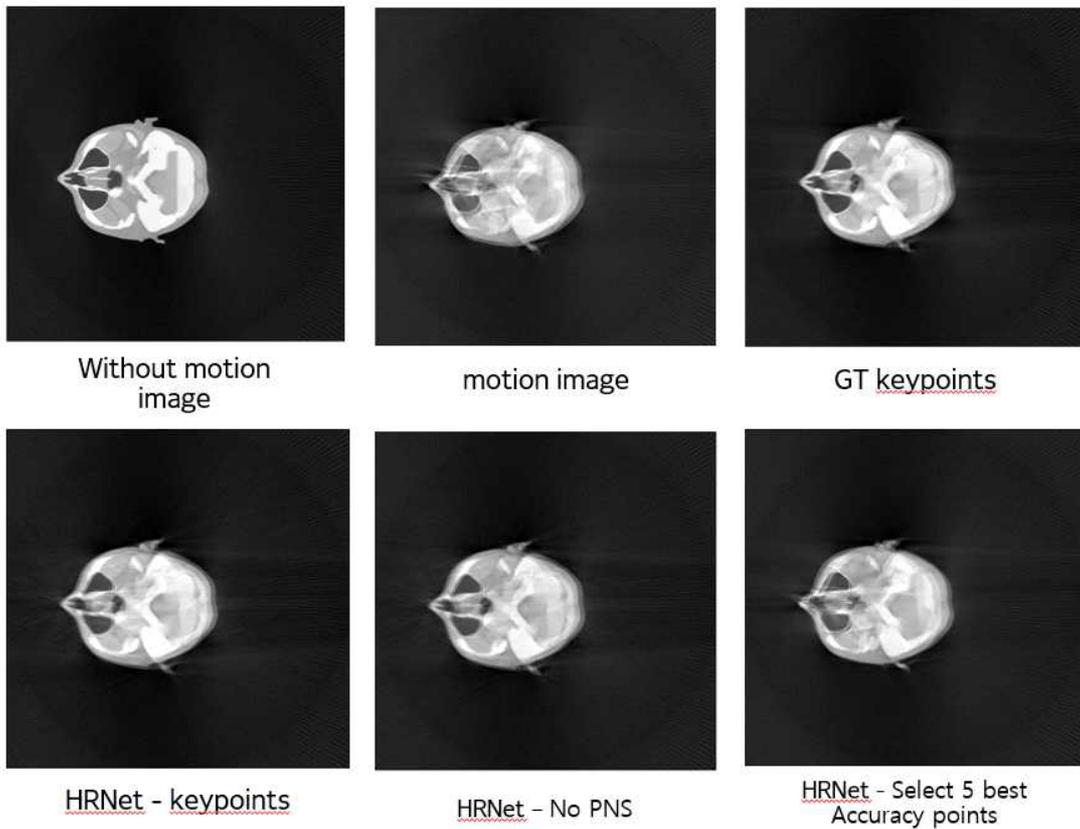
OrdinalNet: orders motion trajectories inside the algorithm

Nelder-Mead simplex: updates the motion compensation estimate

6주차 (10/24~10/27)

- reconstruction 코드를 우리 데이터에 맞게 파라미터 수정
: (620,480) → (slide#, 800, 800)
- 예측된 landmark를 사용해서 모션 있는 phantom CT이미지에 대해서 모션 보정
Method 1. 2D linear transformation (shift)
Method 2. TPS 사용
- 모션 보정 결과

Pixel space = 1mm						
Detection Method	Detection Backbone	Motion Compensation Method	SSIM	PSNR	RMSE	
motion_image			0.63254	28.46701	9.77606	
GT motion		simple_projection_shifting	0.62484	28.42424	9.79799	all points
HRNet	HRNet w_32	simple_projection_shifting	0.60188	28.07624	10.13928	all points
HRNet	HRNet w_32	simple_projection_shifting	0.60549	28.11445	10.10149	NO_PNS
HRNet	HRNet w_32	simple_projection_shifting	0.66114	28.75221	9.50608	Best 5
HRNet	HRNet w_32	simple_projection_shifting	0.66266	28.72299	9.531891	Best 5 + bregma
HRNet	HRNet w_32	simple_projection_shifting	0.65693	28.71895	9.54638	Best point



위와 같이 해외연수 결과보고서를 제출합니다.

2022 년 11 월 24 일

장기연수자
지도교수

김기현
최장환

※ 유의사항

1) A4 3장 이상으로 상세히 제출바랍니다.