




4단계 BK21사업 자율주행 xEV 혁신 인재 교육연구단

해외연수 결과보고서



지원 기간	교육부, 한국연구재단	사업명	4단계 BK21사업
과제명	4단계 BK21사업 (자율주행 xEV 혁신 인재 교육연구단) 4차연도		
연구 기간	2023.12.23.~ 2024.01.14		

이름	최윤중 	학번	A2022105
장소	미국		
방문 기관	University of Florida, Gainesville		
일정	(22 박 23 일)		
목적	미국 플로리다 주에 위치한 University of Florida 의 Mechanical & Aerospace Engineering 학과 Prof.Kim 과의 안전한 자율주행 시스템을 구축하기 위한 공동연구 진행하고자 함. 2023년도 초에는 자율주행 기술을 위해 사용되는 많은 센서 데이터와 복잡한 알고리즘을 실시간으로 처리할 수 있는 최적화 기법에 대해 공동연구를 진행하였고 이어서 연구를 진행하려고 함.		

1. 해외연수 참가 세부 일정 및 활동 내역 (날짜순 기입)

NO	날짜	세부일정	활동내역
1	12/23	출국편 비행기 탑승 및 올랜드 이동	09:35 인천 출발 (ICN - DTW) 08:40 디트로이트 도착 10:14 올랜드 국내선 출발 (DTW - MCO) 13:05 올랜드 도착 15:00 올랜드 숙소 체크인 18:00 개인정비

2	12/24	실험 장비 및 비품 구매	10:00 장비 및 비품 구매 12:00 차량 센서부착 브라켓 설치 14:00 데이터 취득 테스트
3	12/25	워크스테이션 세팅	10:00 서버 pc 구축 11:00 차량-서버간 원격 통신 테스트 17:00 오후 보행자 데이터 취득 20:00 야간 도로 데이터 취득
3	12/26	플로리다 주립대 SOL 키오프 미팅	09:00 플로리다 대학 도착 10:00 연구실 및 캠퍼스 투어 13:00 공동연구 키오프 미팅 진행 15:00 연구 실무진 카운터 파트 미팅
4	12/27	실시간 센서데이터 취득 알고리즘 개발	10:00 다중 센서 데이터 취득 최적화 알고리즘 개발 13:00 4중 LiDAR 센서 데이터 실시간 처리 테스트 14:00 캠퍼스 내 보행자 데이터 취득 17:00 교내 자율주행을 위한 경사도 기반 지면제거 알고리즘 테스트
5	12/28	머신러닝 기반 로드마커 인식을 위한 데이터 취득	10:00 LiDAR 반사도 데이터 기반 로드마커 인식 테스트 13:00 LiDAR & 비전 센서 도로 데이터 취득 17:00 LiDAR & 비전 센서 차선 및 횡단 보도 인식 테스트 결과 비교
6	12/29		10:00 로드마커 인식 테스트 11:00 도심지, 교외도로, 고속도로 노면 데이터 취득 18:00 복귀 및 데이터 정리
7	12/30		08:00 실험장비 차량 세팅 09:00 잭슨빌~세인트 어거스틴 외곽도로 및 해안도로 데이터 취득 20:00 숙소 복귀 및 데이터 정리
8	12/31		10:00 플로리다주 올랜도 내륙 데이터 취득 17:00 데이토나 주변 도로 데이터 취득 22:00 숙소 복귀 및 데이터 정리

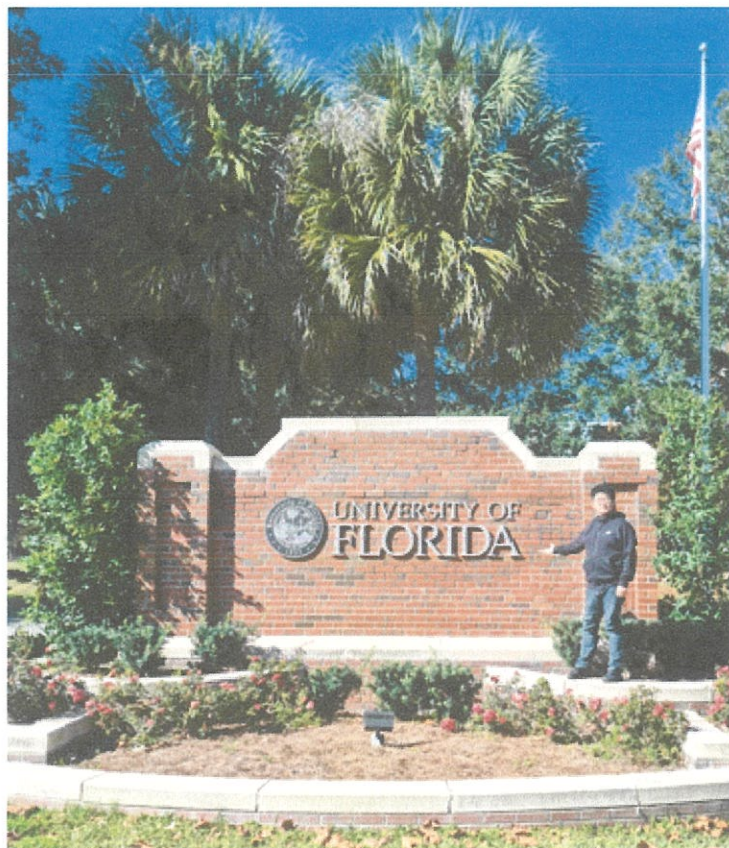
9	1/1		10:00 개인정비 19:00 데이터 정리, 주간미팅 준비
10	1/2	캠퍼스 무인셔틀 시스템 개발	09:00 주간 미팅 11:00 로드마커 인식 데이터 실제 차량 적용실험 13:00 동적 장애물 검출 알고리즘 적용 15:00 딥러닝 기반 장애물 검출 알고리즘 적용 테스트 17:00 네트워크 최적화 진행 실시간성 점검 19:00 기존 방법 비교 시뮬레이션 테스트
11	1/3		10:00 캠퍼스 내 승하차 way-point 위치 지정 12:00 셔틀 경로주행, map 데이터 구축 14:00 GNSS 기반 주행 테스트 16:00 3D pointcloud map 기반 주행 테스트
12	1/4		09:00 캠퍼스 자율주행 실도로 테스트(오전) 11:00 주행 데이터 정리 및 분석 13:00 캠퍼스 자율주행 오후 테스트 15:00 데이터 정리 및 분석 17:00 이벤트 플래너 설계
13	1/5		09:00 주행 시나리오 설계 11:00 시나리오 베이스 시뮬레이션 테스트 15:00 시스템 기능고장 테스트 17:00 고장진단 시스템 설계
14	1/6	시스템 및 중간점검	21:00 중간 경과점검
15	1/7		13:00 차량 시스템 점검 15:00 개인정비
16	1/8	자율주행 셔틀 컴포넌트 알고리즘 최적화	09:00 주간 미팅 11:00 Navigation 시스템 최적화 테스트 13:00 Localization 시스템 최적화 테스트 15:00 Object detection 시스템 최적화 테스트 17:00 Road marker detection 시스템 최적화 진행

17	1/9		10:00 이벤트 플래너 알고리즘 최적화 13:00 주행상태 플래너 알고리즘 최적화 15:00 교차로 시나리오 기반 플래너 설계 17:00 알고리즘 통합 실험
18	1/10	공동연구 마무리 및 페이퍼워크	10:00 국제 저널 제출용 Draft 초안 작성 13:00 주행 보고서 작성 14:00 데이터 서버 전송
19	1/11		09:00 논문 수치 데이터 정리 13:00 논문용 실험 및 데이터 사진 정리
20	1/12		09:00 Fairwell 미팅 13:00 숙소 복귀, 장비 정리 15:00 개인 짐 정리
21	1/13	귀국편 비행기 탑승	04:00 숙소 체크아웃 06:22 국내선 출발 (MCO - JFK) 12:00 국제선 출발 (JFK - ICN)
22	1/14	도착	17:45 인천 도착

2. 해외연수 결과 보고

1. 주요 면담자				
성명	소속, 지위	전공 담당 업무	전화	이메일
Nam-HO Kim	Professor of College Of Engineering University of Florida	Mechanical and Aerspce Engineering	352-575-0665	nkim@ufl.edu

2. 방문 기관에 대한 정보(상세 설명 및 사진 첨부)



방문한 대학은 플로리다 주립대학교(University of Florida)이다. 플로리다 주립대학교는 플로리다 주에서 가장 경쟁력 있는 대학으로 공학 비즈니스 심리학 예비 보건과 같은 다양한 대학을 포함 하고 있다. 지원자의 32%만 합격시키는 경쟁이 있는 대학교이다. 편입 역시 비슷한 경쟁률을 가진다. 입학 허가를 받은 지원자의 GPA는 일반적으로 3.7 이상이며 원하는 전공에 따라 다를 수 있다. SAT 점수는 1310~1450의 종합점수를 요구한다.

방문한 연구실은 구조 및 다학제 최적화 그룹(STRUCTAL & MULTIDISCIPLINARY OPTIMIZATION GROUP) 이다. 구조 및 다분야 설계 문제에 사용하기 위한 수학적 최적화 기술을 기반으로 하는 합리적이고 논리적인 설계 절차를 전문적으로 개발하는 연구실이다. 교수 2명과 대학원생 10명으로 구성되어 있다. 주요 연구 과제로 선형/비선형 구조 시스템에 대한 설계 민감도 분석등이 있다.

3. 연수 결과 (최대한 상세하게 1장 이상 작성)

- * 연구 결과 또는 주요 면담 결과를 중심으로 기재
- * 일정별 주요 논의사항 및 정보습득사항을 포함

1. University of Florida 공동연구 진행

미국 플로리다주의 플로리다 주립대학의 Mechanical & Aerospace Engineering 학과 Prof. Kim 교수와의 공동연구를 통하여 더욱 안전한 자율주행 시스템을 구축하기 위한 공동연구를 3주간 진행했다.

2023/12/23

출국

12/23	출국편 비행기 탑승 및 올랜드 이동	09:35 인천 출발 (ICN - DTW)
		08:40 디트로이트 도착
		10:14 올랜드 국내선 출발 (DTW - MCO)
		13:05 올랜드 도착
		15:00 올랜드 숙소 체크인
		18:00 개인정비

2023/12/24 ~ 2023/12/25

공동연구 전 사전작업

기존 연구실에서 사용중인 센서를 차량에 장착하고 실험하기 위한 준비를 하였다.

12/24	실험 장비 및 비품 구매	09:00 장비 및 비품 구매
		13:00 차량 센서부착 브라켓 설치
		15:00 데이터 취득 테스트

		20:00 숙소 복귀 및 테스트 결과 확인
12/25	워크스테이션 세팅	10:00 서버 pc 구축 13:00 차량-서버간 원격 통신 테스트 17:00 오후 보행자 데이터 취득 20:00 야간 도로 데이터 취득

1주차 공동 연구(2023/12/26 ~ 2023/12/31)

2023/12/26 ~ 2023/12/27

키오프 미팅 및 차량 세팅

공동연구를 위해 12/26 키오프 미팅과 캠퍼스 투어를 진행하였다. 오전에는 캠퍼스 미팅을 진행하였다. 캠퍼스는 굉장히 자유롭고 활기찬 분위기였다. 학생식당과 국민대학교의 복지관 역할을 하는 건물들도 세련되고 깔끔하였다. 키오프 미팅의 경우 영어로 진행되는 미팅이어서 집중하게 되었고 지체없이 어떤 업무를 해야 할지 빠르게 결정되었다.

자율주행 시스템은 실시간으로 여러 데이터를 받아와서 처리해야 한다. 그중에서도 필수적으로 사용하는 센서에는 Camera 센서와 LiDAR 센서, GPS, IMU 센서 등이 있고 Camera 센서와 LiDAR 센서의 경우 특히 처리 용량이 매우 크다. 좋은 성능의 센서를 사용한다면 GB/s 단위의 데이터 처리 속도를 요구한다.

고성능의 SSD 의 데이터 최대 처리 속도가 3.5 GB/s 임을 감안하면 데이터의 최적화와 알고리즘의 최적화가 필요하다. 특히 이번 공동연구에서는 상기한 Camera 센서와 LiDAR 센서들의 센서 융합과 최적화를 주목표로 진행하였다. 본인은 김명준 박사와 함께 LiDAR 센서와 획득한 데이터를 관리하는 업무를 맡게 되었다. 자율주행에 필요한 알고리즘은 정확성만 중요하게 보지 않는다.

어떤 돌발상황이라도 대비하기 위한 실시간성도 중요하게 판단한다. 이번 공동연구에서는 두 가지 센서의 융합 연구를 진행하기 위해서 실시간성을 중요하게 보는 알고리즘을 채택했다. 카메라 알고리즘에서는 대표적인 YOLO 알고리즘을 사용하고, LiDAR 센서에서는 기존 연구실에서 실시간성을 위해 사용하는 Squeeze Segment 알고리즘을 사용하였다.

실험에 앞서 실시간 센서 데이터를 취득하기 위해 LiDAR 여러개의 데이터를 병합하고 차량에 장착하였다. 교내 부지에 주차한 후, 캠퍼스 내 보행자와 차량 데이터 등을 취득하였다.

12/26	플로리다 주립대 SOL 키오프 미팅	09:00 플로리다 대학 도착 10:00 연구실 및 캠퍼스 투어 13:00 공동연구 키오프 미팅 진행
-------	------------------------	--

		15:00 연구 실무진 카운터 파트 미팅
12/27	실시간 센서데이터 취득 알고리즘 개발	10:00 다중 센서 데이터 취득 최적화 알고리즘 개발 13:00 4중 LiDAR 센서 데이터 실시간 처리 테스트 14:00 캠퍼스 내 보행자 데이터 취득 17:00 교내 자율주행을 위한 경사도 기반 지면제거 알고리즘 테스트

예비계획서보다 더 많은 데이터를 수집하고 정리하기 위해 계획을 수정하였다. 대한민국에서는 취득하지 못할 방대한 양의 데이터를 습득하였고 정리하였다. 본인은 잘 사용하지 않았던 비전 센서의 데이터 결과 분석은 정말 흥미로웠다. 기존 연구실에서는 새로운 차량을 구매하지 않아, 차량을 세팅하는 경험이 없었는데 새롭게 차량을 세팅하고 오류가 생기면 센서등의 위치를 수정하고, 전기적 작업까지 진행하였다.

2023/12/28 ~ 2023/12/29

머신러닝 기반 로드마커 인식 설정 테스트

로드마커는 도로의 특징을 알려주는 표식이다. 이러한 표식을 인식하고 분류할 수 있어야 자율주행 차량이 지역경로를 주행하는데 문제가 발생하지 않는다. 로드마커를 제대로 인식하는지 확인하는 기초적인 작업과 데이터를 습득하였다.

12/28	머신러닝 기반 로드마커 인식을 위한 테스트 및 데이터 취득	09:00 LiDAR 반사도 데이터 기반 로드마커 인식 테스트 12:30 LiDAR & 비전 센서 도로 데이터 취득 16:00 LiDAR & 비전 센서 차선 및 횡단 보도 인식 테스트 결과 비교
12/29		09:00 로드마커 인식 테스트 13:00 도심지, 교외도로, 고속도로 노면 데이터 취득 18:00 복귀 및 데이터 정리

2023/12/30 ~ 2023/12/31

내륙 및 해안도로 데이터 취득

로드마커를 인식하기 위해 세인트 어거스틴의 외곽도로와 데이토나 주변, 올랜도 내륙데이터를 취득하였다. 광활한 미국 플로리다의 고속도로와 끊임없이 이어진 해안도로를 운전하는 것은 색다른 경험이었다. 늦게까지 이어진 일정이었지만 습득한 데이터를 통해 연구할 생각을 하니 굉장히 보

람쳤다.

12/30	머신러닝 기반 로드마커 인식을 위한 데이터 취득	08:00 실험장비 차량 세팅 09:00 잭슨빌~세인트 어거스틴 외곽도로 및 해안도로 데이터 취득 21:00 숙소 복귀 및 데이터 정리
12/31		09:00 플로리다주 올랜도 내륙 데이터 취 득 16:00 데이토나 주변 도로 데이터 취득 23:00 숙소 복귀 및 데이터 정리

2024/01/01

신년이지만 모두 연구실에 출근하였다. 신년을 축하하고 각종 센서들이 제대로 장착되어있는지 확인하였다. 지난주에 획득한 데이터들을 용도에 맞게 정리하는 시간을 보냈다.

2주차 공동 연구(2024/01/02 ~ 2024/01/07)

두 번째 주차 공동연구에서는 습득한 데이터를 통해 플로리다 대학 내부 무인셔틀 시스템 개발을 도왔다.

2024/01/02

미팅 및 로드마커 알고리즘 적용 테스트

주간 미팅을 통해 예정된 만큼 업무가 진행되었는지 확인하였다. 미팅이 끝나고 지난 주차에 획득한 로드마커 데이터를 실제 차량에 적용하는 실험을 진행하였다. 오후에는 동적 장애물 검출과 딥러닝 네트워크 장애물 검출 알고리즘을 적용하여 비교하는 테스트를 진행하였다. 늦은 저녁 네트워크 최적화를 진행하였고 기존 두가지 방법과 비교, 시뮬레이션을 진행하였다.

1/2	캠퍼스 무인셔틀 시스템 개발	09:00 주간 미팅 11:00 로드마커 인식 데이터 실제 차량 적용 실험 13:00 동적 장애물 검출 알고리즘 적용 15:00 딥러닝 기반 장애물 검출 알고리즘 적용 테스트 17:00 네트워크 최적화 진행 실시간성 점검 19:00 기존 방법 비교 시뮬레이션 테스트
-----	-----------------	---

2024/01/03

캠퍼스 내부 위치정보 기반 자율주행 테스트

캠퍼스 내의 승하차 지점을 결정하였다. 셔틀이 주행하기 위해 버스에 각종 센서를 장착하였다. 셔틀을 수동운전을 통해 GNSS UTM 좌표계 데이터와 LiDAR 데이터, 카메라 데이터등을 취득하였다. 오후 14:00에는 GNSS 기반 MPC 제어 주행 테스트를 진행하였고 데이터 정리 이후 18:00 부터 LiDAR와 3D PCD Map 기반 주행테스트를 진행하였다.

1/3	위치정보 기반 자율주행 테스트	10:00 캠퍼스 내 승하차 way-point 위치 지정 12:00 셔틀 경로주행, map 데이터 구축 14:00 GNSS 기반 주행 테스트 18:00 3D pointcloud map 기반 주행 테스트
-----	------------------	---

2024/01/04

캠퍼스 자율주행 실도로 테스트, 정리 및 분석

1/3에 테스트로 안정성을 확인하였기 때문에 오전 09:00부터 캠퍼스 내부 자율주행 실도로 테스트를 진행하였다. 오전과 오후의 유동인구가 다르기 때문에 오전과 오후 모두 시간을 할당하여 테스트를 진행하였다. 캠퍼스 유동인구에 맞춰 이벤트 플래너를 설계하였고, 주행시나리오를 설계할 준비를 마쳤다.

1/4	캠퍼스 자율주행 실도로 테스트, 정리 및 분석	09:00 캠퍼스 자율주행 실도로 테스트(오전) 13:00 캠퍼스 자율주행 오후 테스트 17:00 데이터 정리 및 분석 19:00 이벤트 플래너 설계
-----	---------------------------	--

2024/01/05

주행 시나리오 설계 및 기능 고장 테스트

캠퍼스 무인셔틀 시스템의 마무리 단계를 진행하였다. 01/04에 나온 의견을 정리하여 주행 시나리오를 설계하였다. 작성된 시나리오에 따라 시뮬레이션과 실차 실험을 진행하였다. 이후 차량 센서에 문제가 생겼을 경우를 대비하여 시스템 기능고장, 자체 고장진단 시스템을 설계하였다.

1/5	주행 시나리오 설계 및 기능 고장 테스트	09:00 주행 시나리오 설계 11:00 시나리오 베이스 시뮬레이션 테스트 13:00 실차기반 테스트 15:00 시스템 기능고장 테스트 17:00 고장진단 시스템 설계
-----	---------------------------	---

2024/01/06~2024/01/07

시스템 중간점검 및 면담

차량 실제 실험의 마무리단계였기 때문에 데이터 정리와 차량 시스템 점검, 센서들의 점검을 진행하였다. 연구 이외에도 추후 외국에서 박사과정과 박사 후 연구원에 대한 면담등 진로에 관한 면담도 받게되었다. 박사과정과 박사 후 연구원이 미국 대학교에서 어떤 역할을 하고 논문은 최소 얼마나 집필하게 되는지 많은것들을 배웠다.

1/6	시스템 및 중간점검 면담	13:00 개인면담 21:00 중간 경과점검
1/7		13:00 차량 시스템 점검 15:00 개인정비

3주차 공동 연구(2024/01/08 ~ 2024/01/12)

마지막 주차 공동연구에서는 지금까지 진행한 시스템들의 최적화 테스트를 진행하였다.

2024/01/08 ~2024/01/09

자율주행 셔틀 컴포넌트 알고리즘 최적화

정해진 시간계획에 따라 각 시스템에 최적화 테스트를 진행하였다. 코드 한줄부터 알고리즘 전체적으로 최적화를 진행하였다. 미국인 연구원분이 담당하는 시스템은 이해하기 조금 벽찬감이 있었다. 그렇지만 2주동안 준비하고 실험한 시스템이 이상없이 작동하였고 매우 보람찼다. 01/09의 17:00에는 모든 알고리즘을 통합하여 구상한 대로 작동하는 지 테스트를 진행하였다.

1/8	자율주행 셔틀 컴포넌트 알고리즘 최적화	09:00 주간 미팅 11:00 Navigation 시스템 최적화 테스트
-----	--------------------------	---

		13:00 Localization 시스템 최적화 테스트 15:00 Object detection 시스템 최적화 테스트 17:00 Road marker detection 시스템 최적화 진행
1/9		10:00 이벤트 플래너 알고리즘 최적화 13:00 주행상태 플래너 알고리즘 최적화 15:00 교차로 시나리오 기반 플래너 설계 17:00 알고리즘 통합 실험

2024/01/10 ~ 2024/01/12

1월 10일부터 1월 12일까지는 논문 작성을 위해 데이터와 개인 짐, 연구자료 등을 정리하는 시간을 가졌다. 짧은 시간이지만 겨울에도 따뜻한 도시와 따뜻한 사람들 사이에서 연구 활동을 진행할 수 있어서 정말 뜻깊었다.

1/10	공동연구 마무리 및 페이퍼워크	10:00 국제 저널 제출용 Draft 초안 작성 13:00 주행 보고서 작성 14:00 데이터 서버 전송
1/11		09:00 논문 수치 데이터 정리 13:00 논문용 실험 및 데이터 사진 정리
1/12		09:00 Fairwell 미팅 13:00 숙소 복귀, 장비 정리 15:00 개인 짐 정리

2024/01/13 ~ 2024/01/14

귀국

1/13	귀국편 비행기 탑승	04:00 숙소 체크아웃 06:22 국내선 출발 (MCO - JFK) 12:00 국제선 출발 (JFK - ICN)
1/14	도착	17:45 인천 도착

4. 해외연수 참가 소감 및 BK21사업에 활용계획방안

- * 출장 소감, 연구, 사업 운영 등 BK21사업에 도움이 될만한 아이디어
- * 기타 건의 사항 등 자유롭게 기재

2023년도 석사 1학기를 마치고 생각지도 못하게 바로 해외연수에 갈 수 있어서 정말 좋다고 느꼈다. 다만 국민대를 졸업하기 전에 또다시 해외연수를 갈 수 있을 것이라고는 생각하지 못했는데 또다시 기회가 주어져서 정말 감사하다.

2023년도에는 선배들이 주도하여 연구를 진행하였으나 이번년도 연구에는 본인이 연구를 주도할 수 있어서 보람찼다. 해외환경의 데이터 취득 - 해안도로와 고속도로의 데이터 취득, 캠퍼스 내부의 데이터 취득, 메인 연구분야가 아닌 다른 센서로 진행한 연구 등 대한민국의 국내 연구실에서 혼자서는 진행하지 못할 대형의 연구를 진행할 수 있어서 좋은 경험이었다.

귀국행 비행기 환승 과정에서 가방이 찢어지고 여권을 분실하는 일을 겪었다. 하마터면 귀국하지 못할 수도 있었지만, 공항 직원 팀들의 대처로 빠르게 여권을 되찾을 수 있었다. 평생 동안 그 공항 팀을 잊지 못할 것이다.

이번에 본인은 공동연구만 진행하였으나 교수님들께서는 상호 협약을 맺었다. 연구실 대 연구실이 아니라 대학교 대 대학교로 더 많은 해외연수와 파견이 이뤄졌으면 좋겠다는 생각이 들었다.

석사 졸업 이후로 많은 진로를 생각하고 있는데 이런 길이 국민대학교에도 있다면 정말 좋을 것 같다. 서류상으로 끝내는 것이 아닌 실제로 플로리다 대학교 유학이 대학원생까지 가능해지길 희망한다.

*보고서는 가능한 자세히기록

*비행기내에서 숙박한 것은 숙박일수에 포함되지않음.

*반드시 해외연수종료후 30일이내에 제출해야함.

위와 같이 해외연수 결과보고서를 제출합니다.

2024년 2월 14일

신청인 : 최 윤 중 

참여교수 : 김 정 하 

자율주행 xEV혁신인재 교육연구단장 귀하

