
Urban Bigdata and AI
Institute of University
of Seoul
슈퍼컴퓨터 사용법 교육

01 교육프로그램 및 UBAI 소개

교육 목차

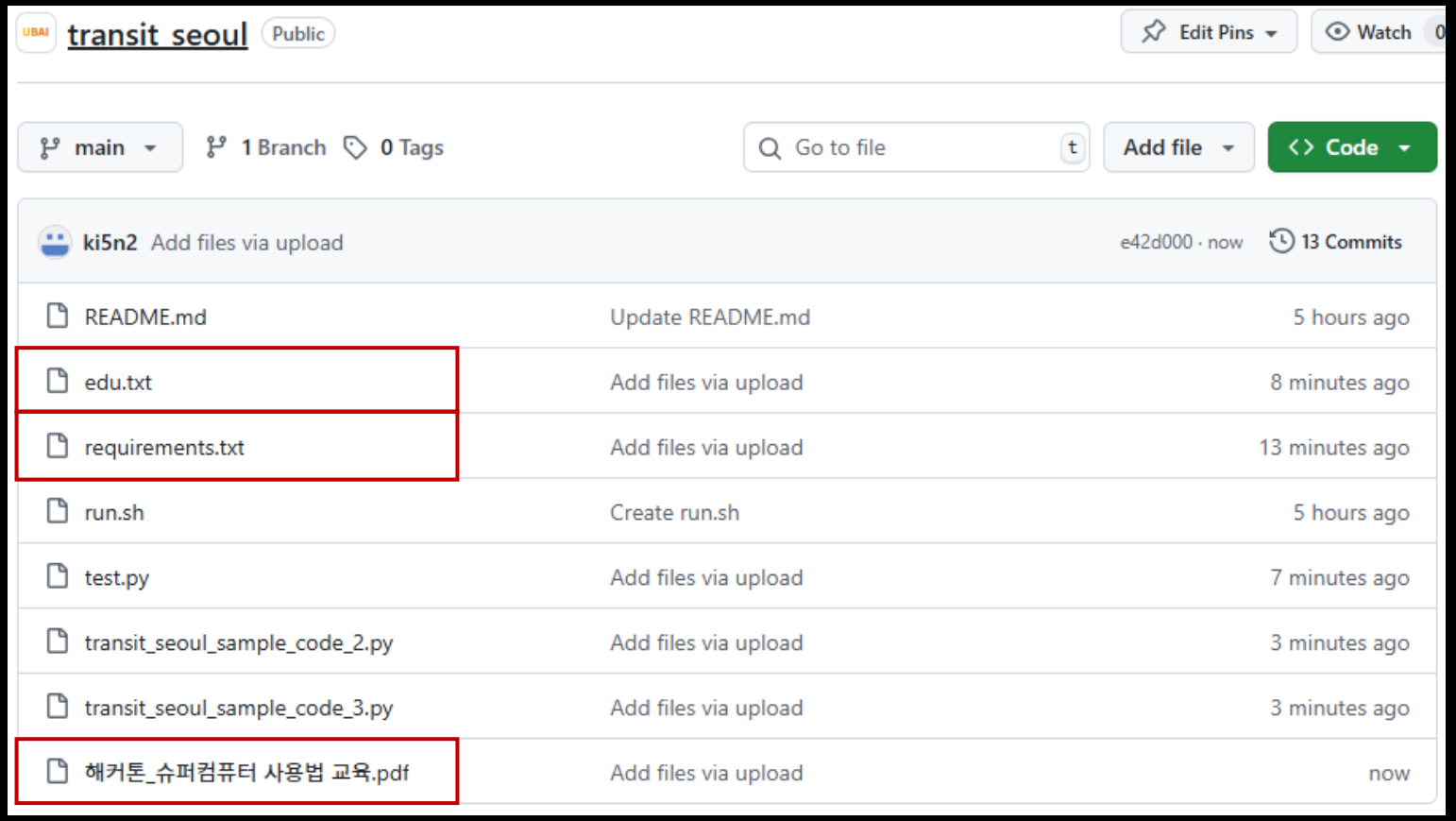
시작 시간	종료 시간	소요 시간	교육 내용
17:30	17:40	10min	교육 프로그램 및 UBAI 소개
17:40	18:10	30min	UBAI 서버 접속
18:10	18:30	20min	Python 환경 구축 (Miniconda)
18:30	18:40	10min	쉬는 시간
18:40	19:30	50min	슈퍼컴퓨팅 환경 이해 및 Job 제출

- WIFI: UBAI_CO_SPACE_01_5G/6G 또는 UBAI_CO_SPACE_02_5G/6G 로 접속
  - *PW: bigdata2025*

01 교육프로그램 및 UBAI 소개

교육 자료 다운로드

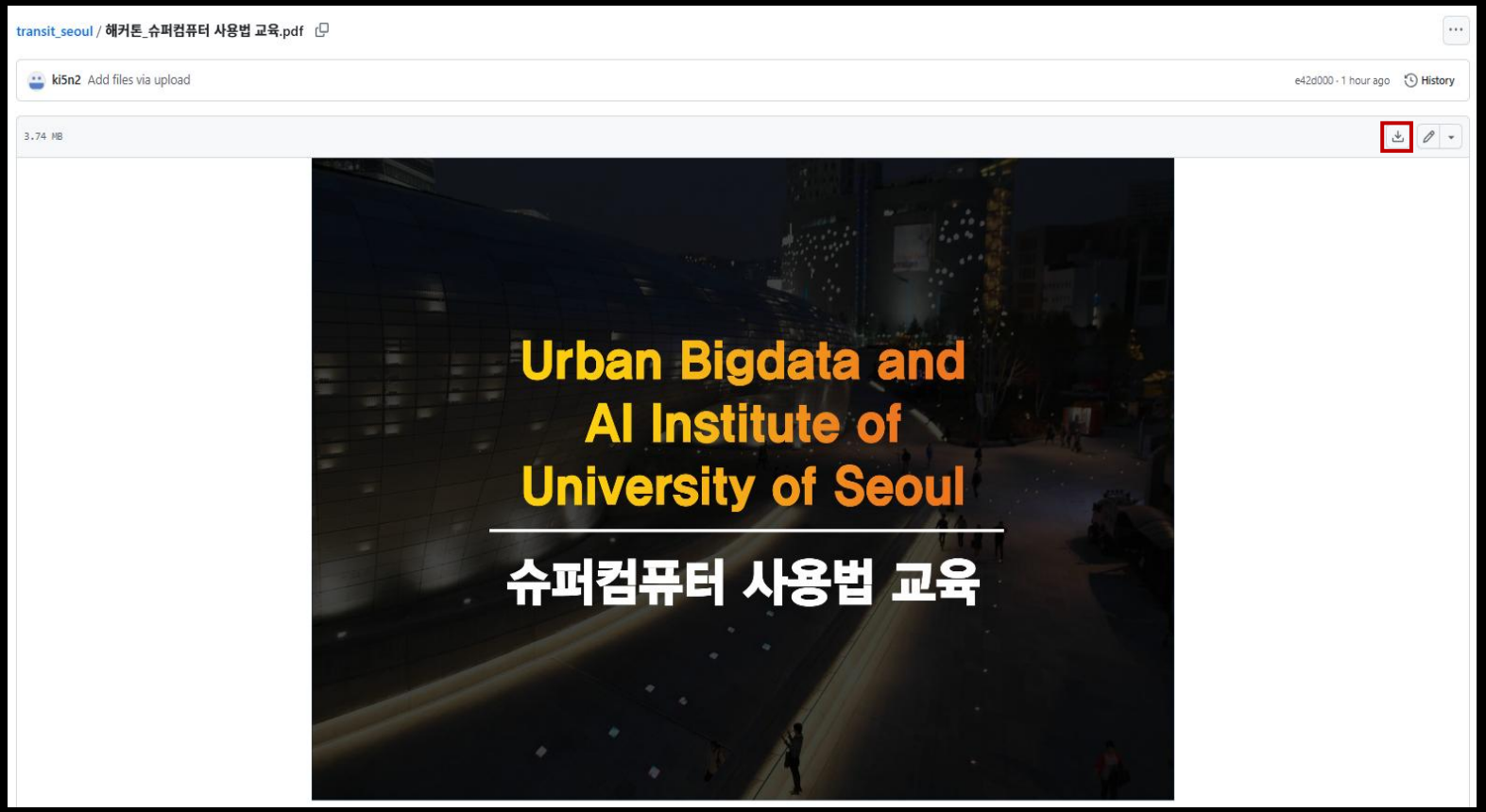
- https://github.com/uos-ubai/practice_november
- 슈퍼컴퓨터 사용법 교육.pdf와 edu.txt 그리고 requirements.txt를 다운 받아주세요.



01 교육프로그램 및 UBAI 소개

교육 자료 다운로드

- https://github.com/uos-ubai/practice_november
- 슈퍼컴퓨터 사용법 교육.pdf와 edu.txt 그리고 requirements.txt를 다운 받아주세요.



슈퍼컴퓨터란 무엇인가?

- 슈퍼컴퓨터(Supercomputer)는 일반 컴퓨터보다 훨씬 빠른 속도로
  방대한 계산을 수행할 수 있는 고성능 컴퓨터(HPC, High Performance Computing)입니다.

- 일반 PC가 1개의 CPU로 일처리를 한다면,
  슈퍼컴퓨터는 수많은 CPU, 또는 GPU를 동시에 사용하여 병렬로 작업을 처리합니다.

- 주로 기후 및 분자 시뮬레이션, 유전체 분석, 인공지능 모델 학습 등과 같은
  대규모 과학 및 공학 문제 해결에 사용됩니다.

도시과학빅데이터·AI연구원(UBAI) 운영방향

01 도시과학 연구

도시 경쟁력을 갖춘 선도도시의 기반이 되는
도시과학 연구

02 인재양성

빅데이터와 인공지능 분야의
역량을 갖춘 인재 양성

03 시스템 구축

창업 및 신규 첨단산업 생태계 구축
최첨단 빅데이터·인공지능 기술 개발 및 인프라
제공

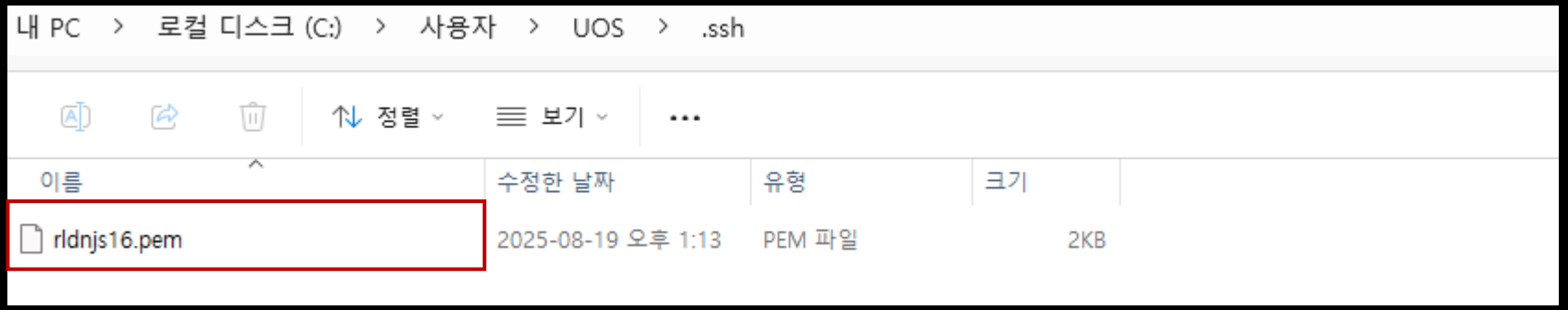
04 대·내외 협력

서울 및 국내외 기관과의 대내외 협력

02 UBAI 접속

계정 생성

- UBAI Cluster 사용을 위해서는 사용자 계정을 발급받아야 합니다.
- 키 파일을 받은 상태에서 실습에 참가해야 합니다.

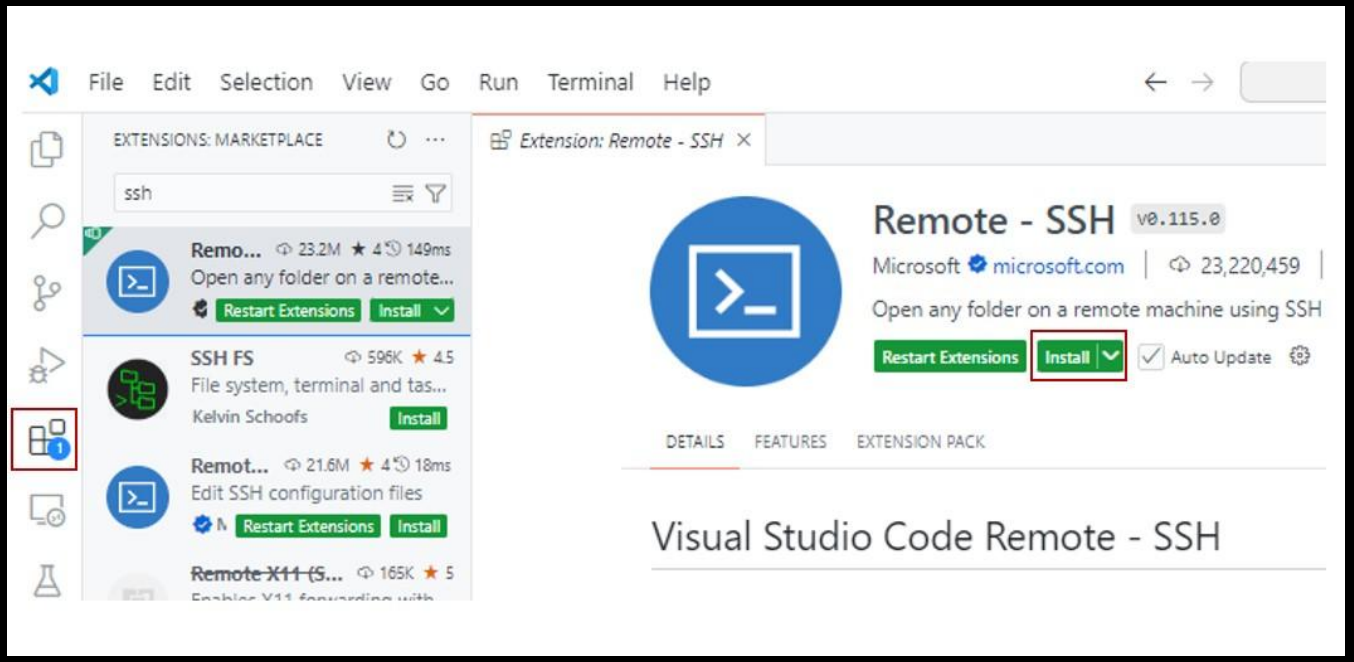


C:₩User₩{사용자이름폴더}₩.ssh₩

02 UBAI 접속

접속 방법

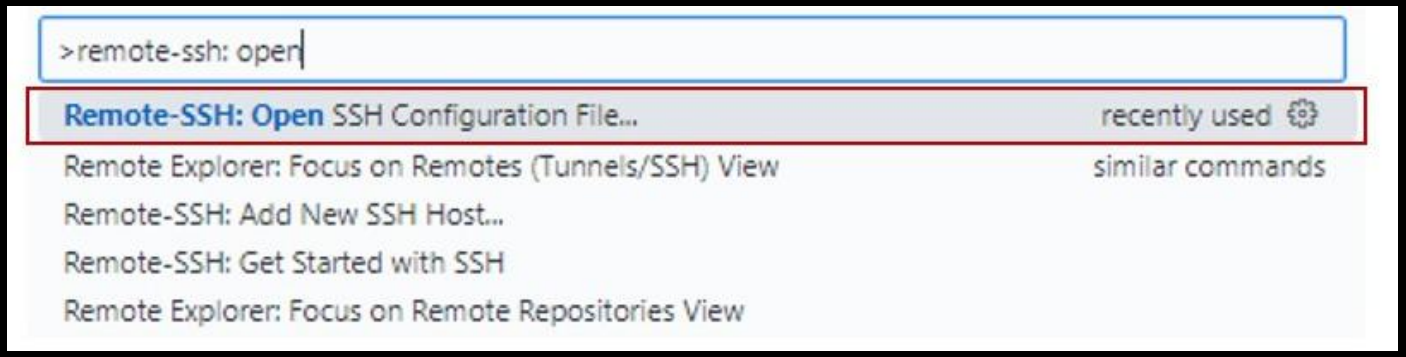
- Visual Studio Code 다운로드 및 접속
  - https://code.visualstudio.com/download
- Remote-SSH Extension 설치



02 UBAI 접속

접속 방법

- Config 파일 수정
  - Ctrl + Shift + P
  - Remote-SSH: Open SSH Configuration File...

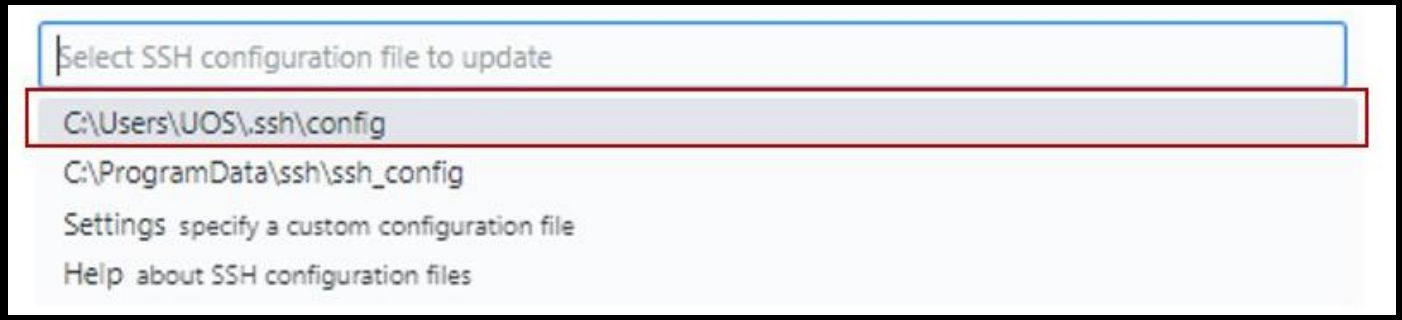


  - .ssh폴더가 없는 경우에는 .ssh폴더와 config파일을 같이 생성
  - .ssh폴더가 있는 경우에는 config파일만 생성

02 UBAI 접속

접속 방법

- Config 파일 수정
  - 이후, 입력창에 C:₩Users₩사용자₩.ssh₩config 선택



02 UBAI 접속

접속 방법

- Config 파일 수정
  - Host:
    - gate1
    - gate2
  - HostName:
    - 172.16.10.36(gate1인 경우)
    - 172.16.10.37(gate2인 경우)
  - Port: 22
  - User: 사용자ID
  - IdentityFile: 키파일 경로
    - Windows : C:₩Users₩사용자 이름₩.ssh₩key.pem
    - MacOS : /Users/사용자 이름/.ssh/key.pem

config ●

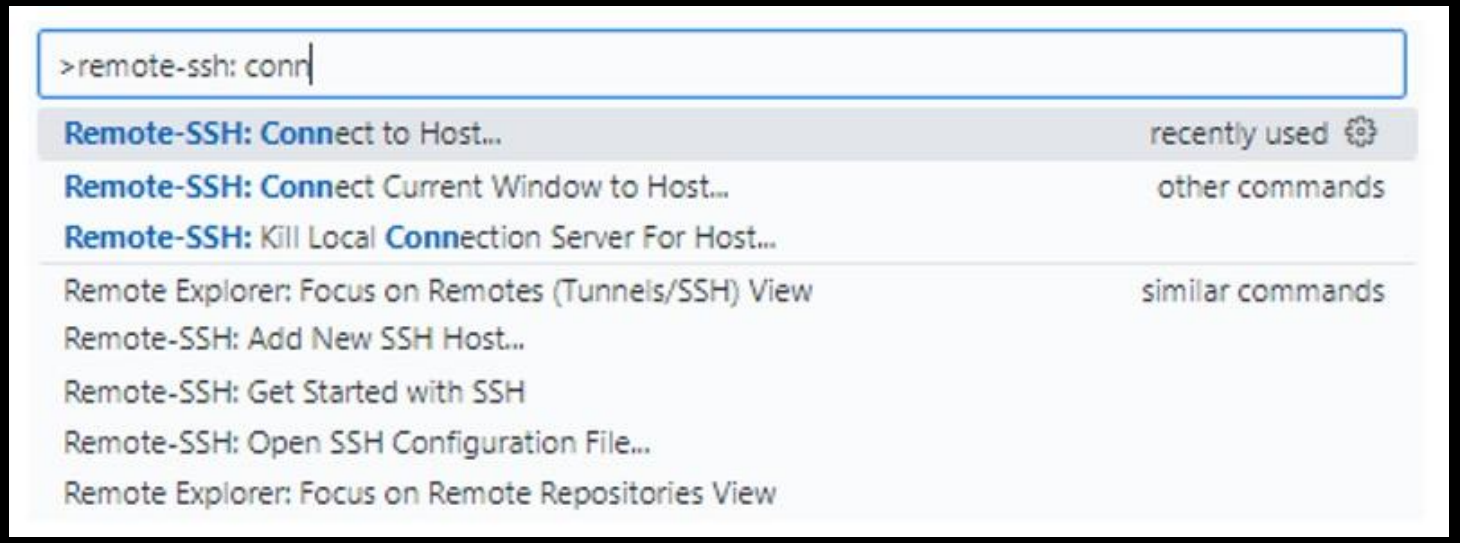
C: > Users > UOS > .ssh > config

```
1   Host gate1
2       HostName 172.16.10.36
3       Port 22
4       User rldnjs16
5       IdentityFile C:\Users\UOS\.ssh\rldnjs16.pem
6
7   Host gate2
8       HostName 172.16.10.37
9       Port 22
10      User rldnjs16
11      IdentityFile C:\Users\UOS\.ssh\rldnjs16.pem
12
```

02 UBAI 접속

접속 방법

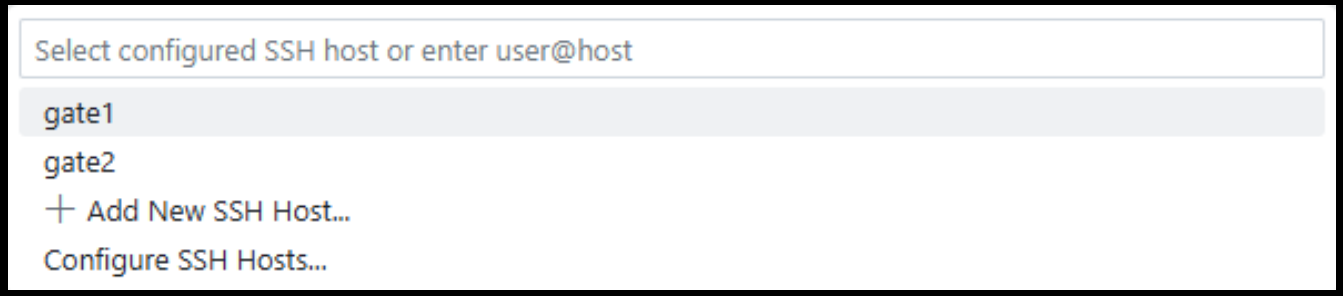
- SSH 접속
  - Ctrl + Shift + P
  - > Remote-SSH: Connect to Host...



02 UBAI 접속

접속 방법

- SSH 접속
  - gate1 또는 gate2로 접속

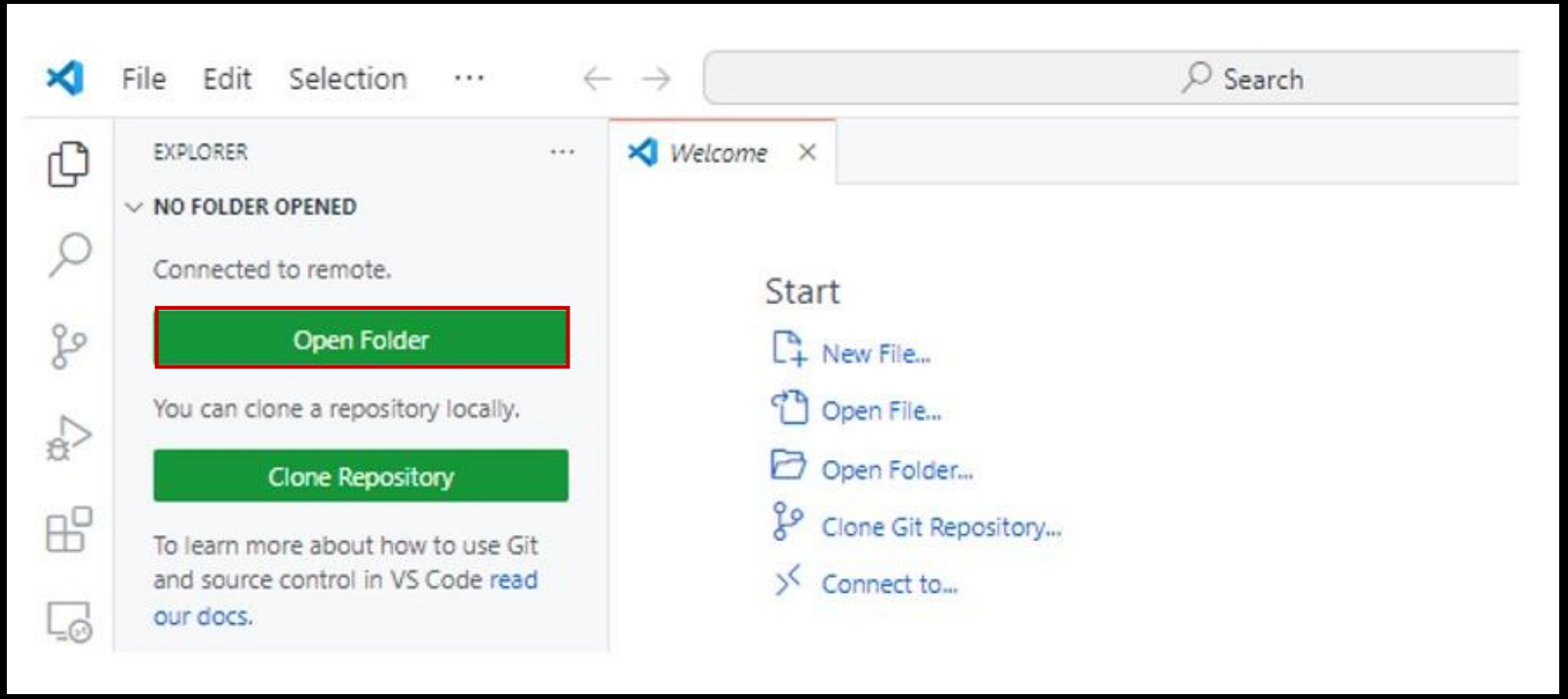


  - 운영체제 반드시 Linux로 선택(★ ★ ★)
  - Continue 선택
  - Gate 접속 확인 (왼쪽 하단)

02 UBAI 접속

접속 방법

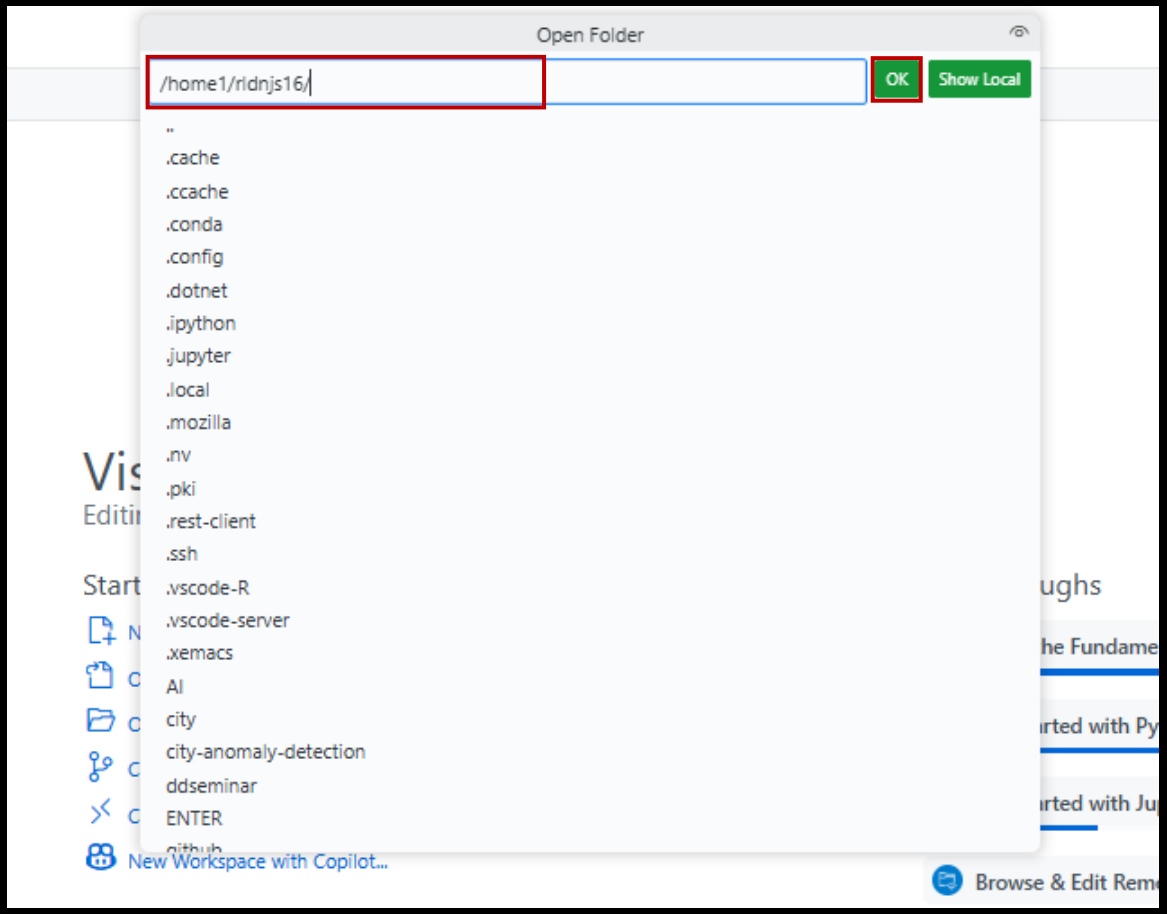
- 디렉토리 접속



02 UBAI 접속

접속 방법

- 디렉토리 접속
  - 팀 계정 폴더로 접속합니다.



03 Python 환경 구축

Python

- Python은 웹 어플리케이션, 소프트웨어 개발, 데이터 사이언스, 머신러닝, 딥러닝에 널리 사용되는 프로그래밍 언어입니다.
- 오픈소스 환경을 가지고 있으며, 많은 사람들이 이용하는 언어입니다.

- Python을 활용하기 위해서는 보통 Anaconda를 활용하지만 리눅스 컴퓨팅 환경에서는 Miniconda를 활용합니다.
- UBAI 슈퍼컴퓨터에서도 Python을 이용하기 위해서는 Miniconda를 사용해야 합니다.

03 Python 환경 구축

Miniconda

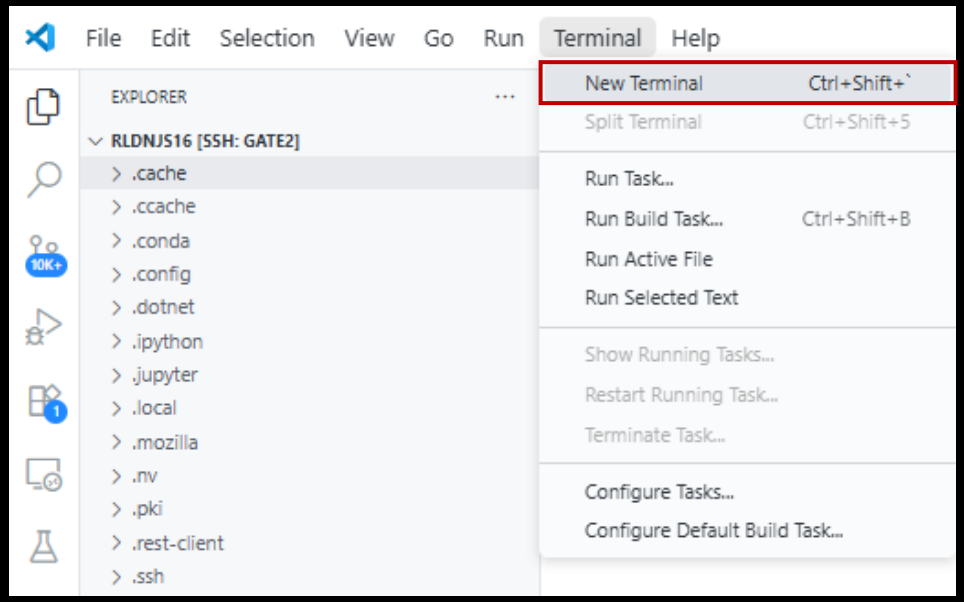
- Anaconda는 머신러닝이나 데이터 분석 등에 사용하는
  여러가지 패키지가 기본적으로 포함되어있는 파이썬 배포판입니다.
- Python의 가상환경을 구축하는데 매우 유용하게 사용됩니다.

- Miniconda는 Anaconda의 경량 버전이라고 볼 수 있습니다.

03 Python 환경 구축

Miniconda 설치

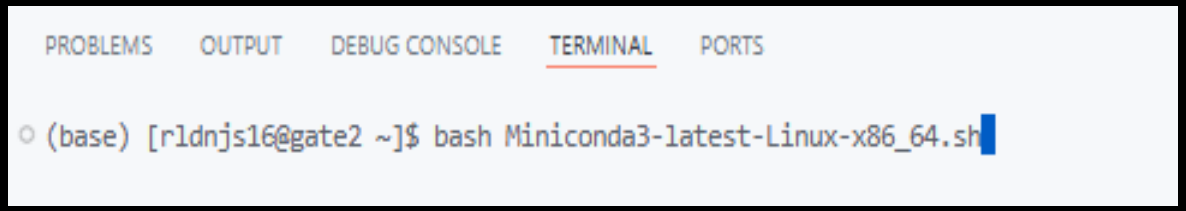
- Terminal 접속



Miniconda 설치

- Miniconda 설치 파일 다운로드
  - 앞서 github에서 다운로드한 edu.txt에 저장된 명령어를 복사 후 붙여 넣어줍니다.
  - wget https://repo.anaconda.com/miniconda/Miniconda3-latest-Linux-x86_64.sh

- Bash 명령어를 통해 Miniconda 설치
  - bash Miniconda3-latest-Linux-x86_64.sh



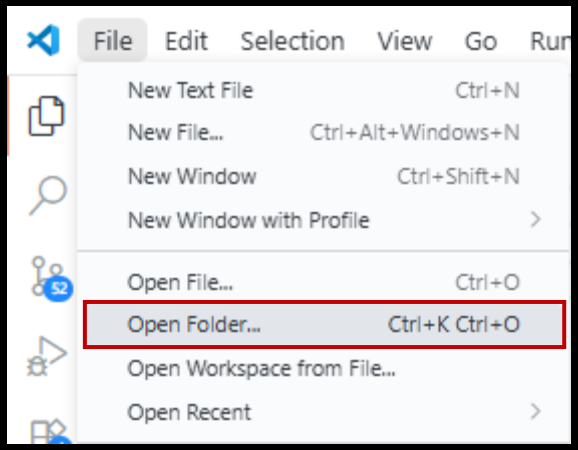
  - 라이센스 동의에 대한 내용이 모두 나타날 때까지 Enter를 꾹 눌러줍니다.
  - 그 후 라이센스 동의 확인에 대한 질문에 yes라고 입력해줍니다.
  - Enter를 너무 오래 눌러 동의 화면이 바로 넘어가지 않게 주의해주세요.

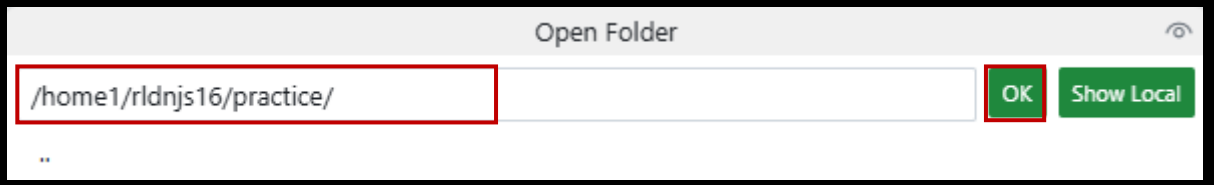
Miniconda 설치

- Bash 명령어를 통해 Miniconda 설치
  - 화면에서 해당 경로가 자신의 서버에 있는 경로와 맞는지 확인 후 Enter를 눌러줍니다.
  - 처음 접속 시, conda init 진행 선택에 대한 질문이 나타납니다.
  - Yes를 입력하신 후 enter를 눌러 주시면 됩니다.
  - 변경사항 반영을 위해 지금 작업한 창을 닫고 새로 접속해주세요.
  - 재접속 시, termina에 (base)[사용자ID@사용자_gate1/2]가 보인다면
    성공적으로 설치가 완료된 것입니다.
  - 설치 후 왼쪽의 탐색기(Explorer) 목록에 miniconda 폴더가 있는지 꼭 확인해주세요.

Miniconda 실행

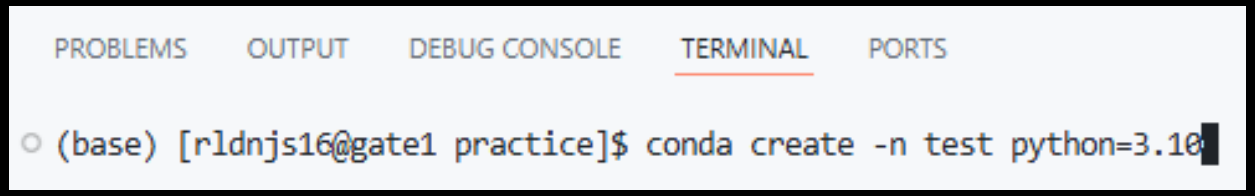
- 팀 계정 폴더 내 transit_seoul 폴더로 이동합니다.





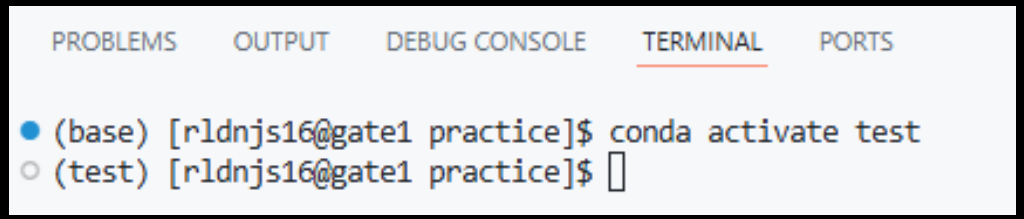
Miniconda 실행

- 가상 환경 생성
  - conda create –n {가상환경_이름} python={설치할_python_version}



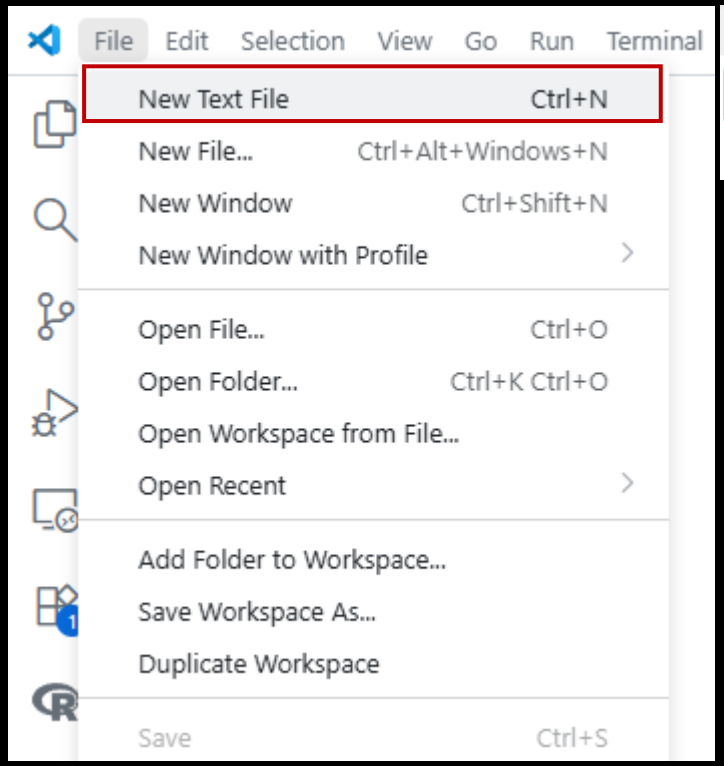
  - Proceed ([y]/n)? y

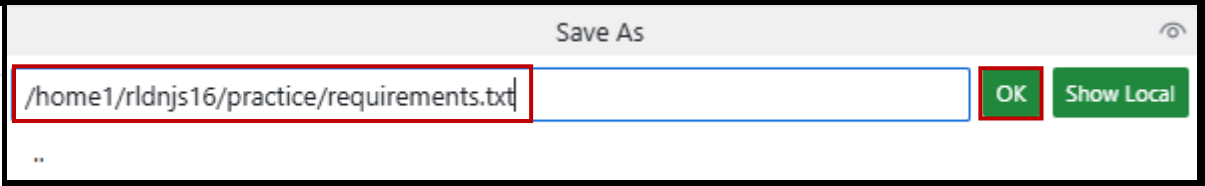
- 가상 환경 실행
  - conda activate {가상환경 이름}



Miniconda 실행

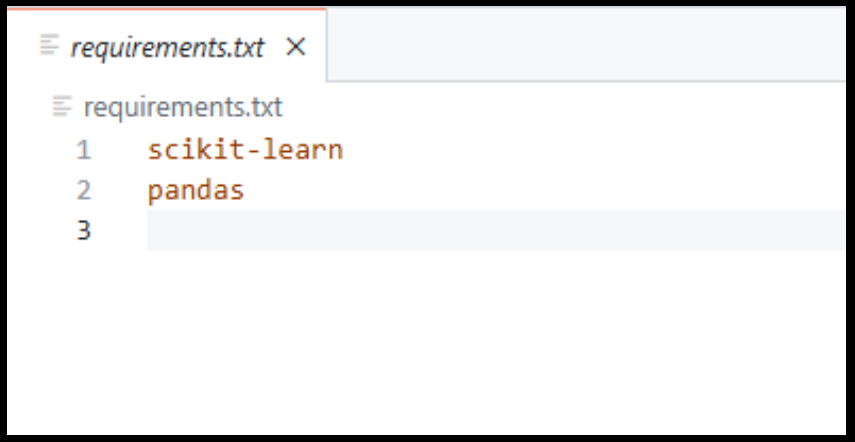
- requirements.txt
  - 앞서 Github에서 다운로드한 requirements.txt의 내용을 복사한 후,
    새 파일에 붙여넣고 requirements.txt라는 이름으로 저장해 주세요.

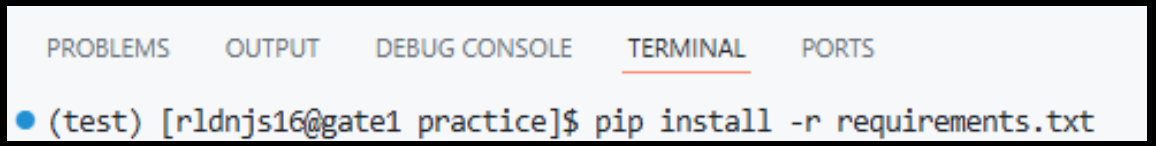




Miniconda 실행

- requirements.txt
  - terminal에서 가상환경 접속 후 pip install –r requirements.txt를 입력합니다.
  - 설치하고자 하는 패키지들을 한 번에 설치합니다.
  - 이후 가상환경에서 별도 설치 없이 패키지를 사용할 수 있습니다.






Break Time

04 Slurm 개념 및 Job 제출

Slurm

- 도시과학빅데이터·AI연구원은 사용자에게 고성능컴퓨팅(HPC) 자원을 제공합니다.
- 사용자는 Slurm을 통해 독점적인 자원을 할당받고
  AI학습 및 추론, 연산, 시뮬레이션 등의 작업(Job)을 수행할 수 있습니다.

- Slurm은 다양한 사용자들의 다양한 요구를 수용하고(Job Submit),
  각 사용자들의 작업을 스케줄링하며(Task Scheduling),
  자원을 관리(Resource Management)하는 Linux 유틸리티 입니다.
- 여러 명의 사용자가 UBAI 클러스터를 이용하는데 있어서
  원활한 실험 및 계산을 위한 중재자 역할을 수행합니다.

- UBAI는 여러 명의 사용자에게 UBAI Cluster를 제공하기 위해 Slurm을 사용합니다.

04 Slurm 개념 및 Job 제출

Cluster

- 여러 대의 컴퓨터들이 연결되어 하나의 시스템처럼 동작하는 컴퓨터들의 집합을 말합니다.

Partition

- Partition은 특정 자원 그룹을 정의하는 논리적 단위입니다.
- 사용자들이 작업을 제출할 때 특정 Partition을 지정하여 자원을 할당받을 수 있습니다.

Partition	# of Nodes	# of Cores /node	CPU	GPU/node	Memory/node	Scratch
gpu1	14(n001-n014)	48	Intel Xeon Gold 6240R	**RTX3090(4EA)**	768GB	500GB
gpu6	25(n015-n039)	48	Intel Xeon Gold 6240R	**A10(4EA)**	768GB	500GB
cpu1	10(n040-n049)	48	Intel Xeon Gold 6240R	-	768GB	500GB
gpu2	11(n051-n061)	56	Intel Xeon Gold 6348R	**A10(4EA)**	1024GB	500GB
gpu3	10(n062-n071)	56	Intel Xeon Gold 6348R	**A6000ada(4EA)**	1024GB	500GB
gpu4	29(n072-n100)	56	Intel Xeon Gold 6348R	**A6000(4EA)**	1024GB	500GB
gpu5	6(n101-n106)	64	Intel Xeon Platinum-8358	**A6000(4EA)**	1024GB	500GB

04 Slurm 개념 및 Job 제출

Node

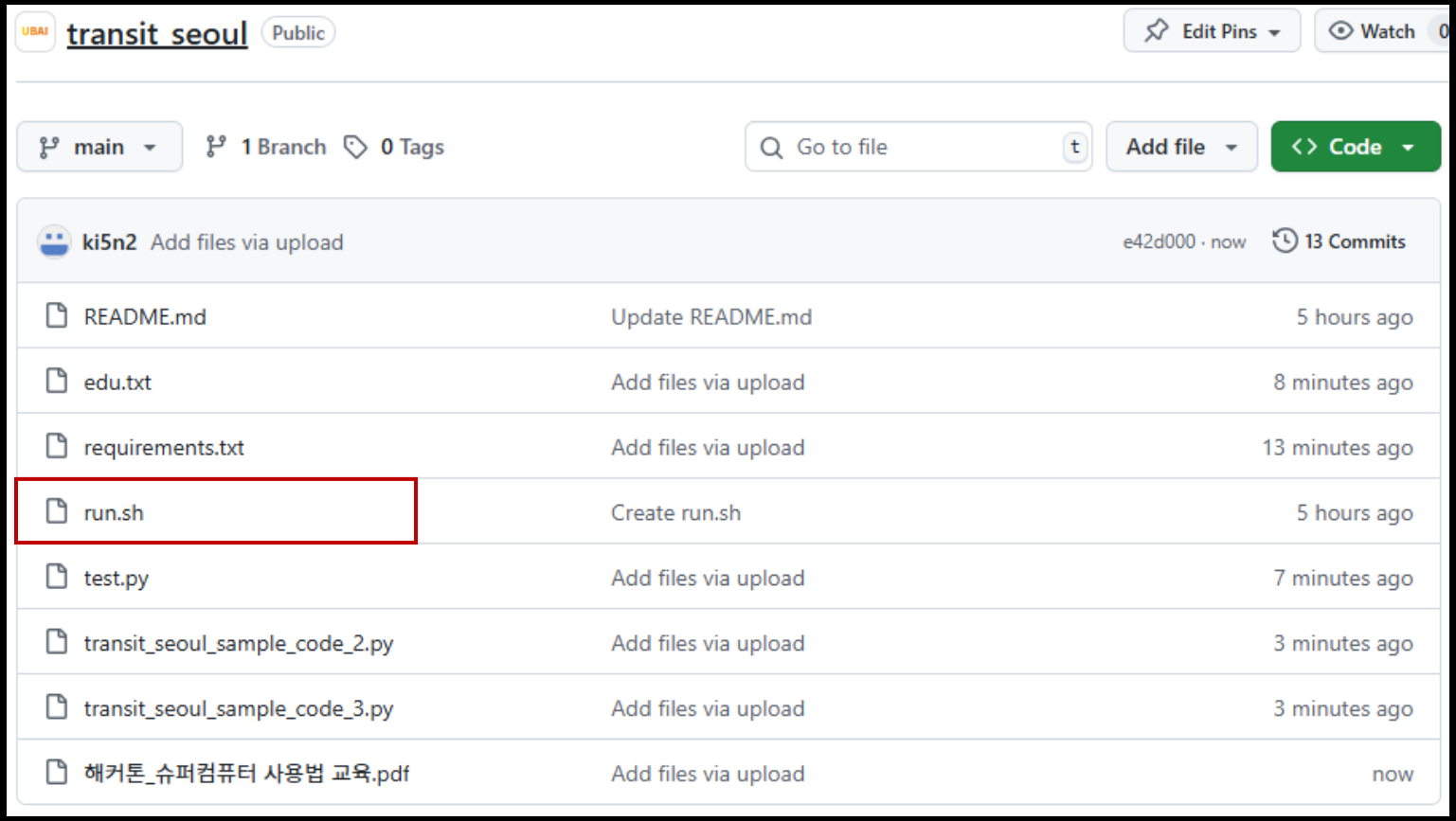
- 클러스터를 구성하는 개별 컴퓨터(서버)를 의미합니다.
- 각 Node는 CPU, 메모리, GPU, 디스크 등의 자원을 갖습니다.
- 대회 기간 동안 각 팀은 한 개의 노드를 독점적으로 사용합니다.

Job

- 컴퓨터 클러스터와 같은 경우
  스케줄러(이하 Slurm)를 사용하여 컴퓨터 자원에 접근하기 위한 요청을 합니다.
- 이를 작업(Job)이라고 부르며,
  이는 유저가 원하는 프로그램이나 스크립트를 실행하고 싶을 때의 행동을 지칭하기도 합니다.

04 Slurm 개념 및 Job 제출

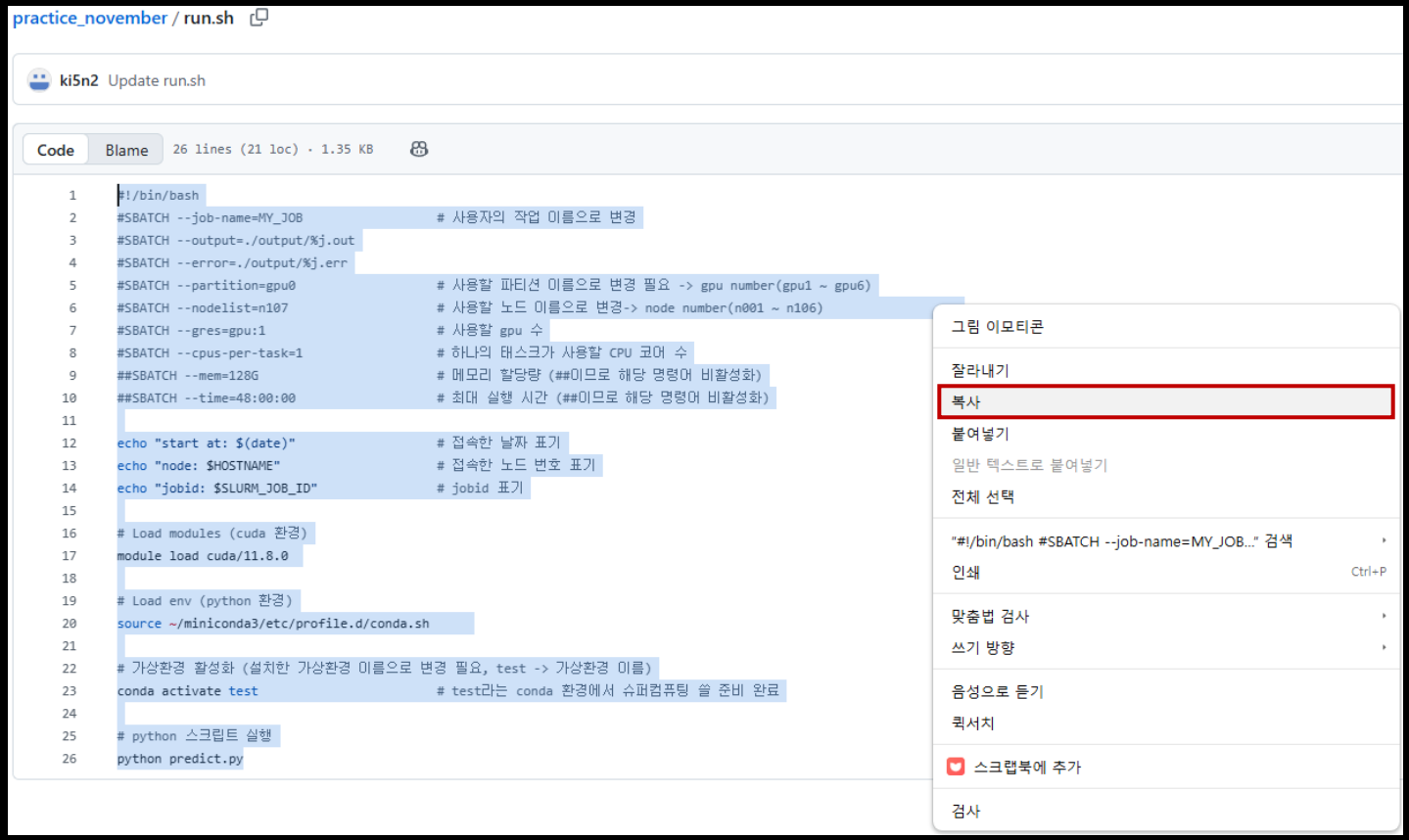
배치 파일 생성



04 Slurm 개념 및 Job 제출

배치 파일 생성

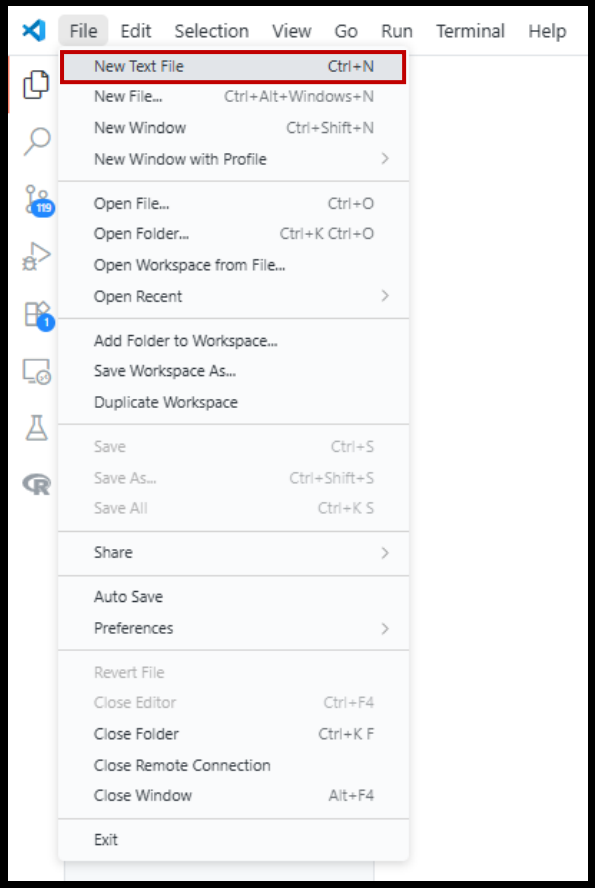
- 배치 파일을 만들어주기 위해, 파일을 전부 복사해줍니다.



04 Slurm 개념 및 Job 제출

배치 파일 생성

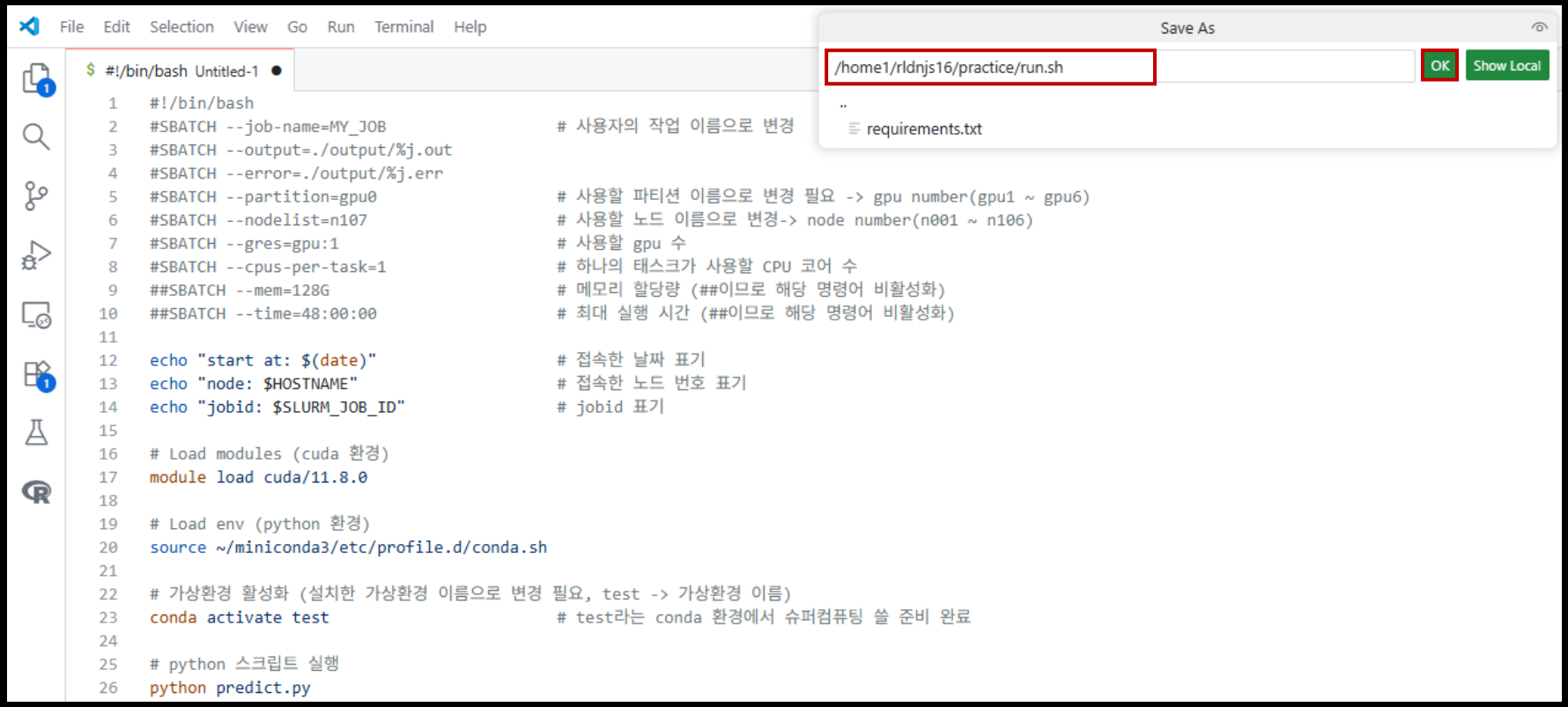
- 배치 파일 생성을 위해 새로운 텍스트 파일을 만들어줍니다.



04 Slurm 개념 및 Job 제출

배치 파일 생성

- *파일명*.sh로 저장해줍니다.(예시, run.sh)



04 Slurm 개념 및 Job 제출

배치 파일 생성

- 프로젝트 수행을 위한 배치 파일을 생성합니다.

- 다음의 사항을 본인의 작업(job)에 맞게 입력한 후, 본인이 원하는 파일의 이름을 지정하여 filename.sh 형식으로 파일을 저장합니다.
- 예를 들어, run.sh로 저장해보겠습니다.

- 파일명이 .sh 형식인지 반드시 확인해주세요.

$ run.sh

```
#!/bin/bash
#SBATCH --job-name=MY_JOB                  # 사용자의 작업 이름으로 변경
#SBATCH --output=./output/%j.out
#SBATCH --error=./output/%j.err
#SBATCH --partition=gpu0                   # 사용할 파티션 이름으로 변경 필요 -> gpu number(gpu1 ~ gpu6)
#SBATCH --nodelist=n107                    # 사용할 노드 이름으로 변경-> node number(n001 ~ n106)
#SBATCH --gres=gpu:1                       # 사용할 gpu 수
#SBATCH --cpus-per-task=1                  # 하나의 태스크가 사용할 CPU 코어 수
##SBATCH --mem=128G                        # 메모리 할당량 (##이므로 해당 명령어 비활성화)
##SBATCH --time=48:00:00                   # 최대 실행 시간 (##이므로 해당 명령어 비활성화)

echo "start at: $(date)"                   # 접속한 날짜 표기
echo "node: $HOSTNAME"                     # 접속한 노드 번호 표기
echo "jobid: $SLURM_JOB_ID"                # jobid 표기

# Load modules (cuda 환경)
module load cuda/11.8.0

# Load env (python 환경)
source ~/miniconda3/etc/profile.d/conda.sh

# 가상환경 활성화 (설치한 가상환경 이름으로 변경 필요, test -> 가상환경 이름)
conda activate test                        # test라는 conda 환경에서 슈퍼컴퓨팅 쓸 준비 완료

# python 스크립트 실행
python predict.py
```

04 Slurm 개념 및 Job 제출

배치 파일 생성

#SBATCH --job-name=JOB_NAME

- 작업 이름을 지정하는 명령어입니다.
- Ex) #SBATCH --job-name=MY_JOB

#SBATCH –output=./output/%j.out

- 작업 결과 파일의 저장 위치를 지정하는 명령어입니다.
- Ex) #SBATCH --output=./output/%j.out

#SBATCH –error=./output/%j.err

- 작업 중 발생하는 오류 메시지의 파일 저장 위치를 지정하는 명령어입니다.
- Ex) #SBATCH --error=./output/%j.err

배치 파일 생성

#SBATCH --partition=gpu_n

- 사용할 Partition을 지정하는 명령어입니다.
- 지정된 노드가 속한 파티션을 입력해줍니다.
- 사용할 노드 대응되는 Partition 번호로 변경해줍니다. (gpu1 ~ gpu6, 27page 참고)

#SBATCH –nodelist=n107

- 사용할 노드를 지정하는 명령어입니다.
- 사용하고자 하는 노드 번호로 변경해줍니다. (n001 ~ n106, 27page 참고)
- 지정한 노드 번호에 맞추어 Partition 번호도 변경해줍니다.
- 노드 번호와 Partition 번호가 올바르게 대응되지 않은 경우, 다음과 같은 에러가 발생합니다.

```
(test) [rldnjs16@gate1 practice]$ sbatch run.sh
sbatch: error: Batch job submission failed: Invalid node name specified
```

04 Slurm 개념 및 Job 제출

배치 파일 생성

#SBATCH --gres=gpu:1

- 몇 개의 GPU를 사용할 것인지 지정하는 명령어입니다.
- 각 노드는 4개의 GPU를 가지고 있으며, 해당 옵션을 사용하면 해당 노드의 GPU 중 1개를 현재 작업에 할당함을 의미합니다.

#SBATCH --cpus-per-task=1

- 총 필요한 CPU 코어의 개수를 지정하는 명령어입니다.
- 각 파티션 마다 CPU 코어의 개수가 다릅니다.
- 사용자의 작업에 따라 요구하는 CPU 자원이 다르므로, 작업에 맞게 코어 개수를 설정합니다.

04 Slurm 개념 및 Job 제출

배치 파일 생성

#SBATCH --mem=128G

- 작업을 실행할 때 필요한 메모리를 요청합니다.
- 요청한 메모리 이상을 초과해서 사용하려고 한다면, 해당 작업은 자동으로 중단됩니다.
- 따라서 메모리를 충분히 설정하거나, "**##SBATCH --mem=128G**"을 통해 기본값(메모리 제한 없음)으로 실행합니다.
- 그럼에도, 각 노드가 갖는 메모리(1024G)를 초과하여 사용할 경우, 해당 작업은 중단됩니다.

#SBATCH --time=24:00:00

- 최대 실행 시간을 설정할 수 있습니다.
- 작업에 필요한 시간을 알기 어려우므로, "**##SBATCH --time=24:00:00**"을 통해 기본값(48시간, 최대)으로 실행합니다.

04 Slurm 개념 및 Job 제출

배치 파일 생성

echo "start at: $(date)”

- 접속 날짜가 표기됩니다.

echo "node: $HOSTNAME"

- 접속한 노드 번호가 표기됩니다.

echo "jobid: $SLURM_JOB_ID"

- jobid가 표기됩니다.

04 Slurm 개념 및 Job 제출

배치 파일 생성

module ~

- 원하는 Linux 환경을 구축할 수 있고, 기본적으로 CUDA/11.2.2 실행으로 셋팅되어 있습니다.
- 지금과 같이 다른 GPU 환경을 원할 경우, 해당 모듈을 unload한 후, 원하는 모듈을 load 합니다.
- GPU 환경을 사용하고 싶은 경우에만 해당하며, GPU 환경을 사용하지 않을 경우(CPU Partition 사용) 지우셔도 무관합니다.

source ~/miniconda3/etc/profile.d/conda.sh

- Conda 환경을 사용하기 위한 초기 설정을 불러오는 작업입니다.
- 해당 명령을 통해 conda activate 등 Conda 관련 명령어들을 사용할 수 있도록 설정합니다.

배치 파일 생성

conda activate test

- 본인이 생성한 가상환경을 활성화시켜,
  해당 환경에서 설치된 패키지들을 사용하여 작업을 진행할 수 있습니다.

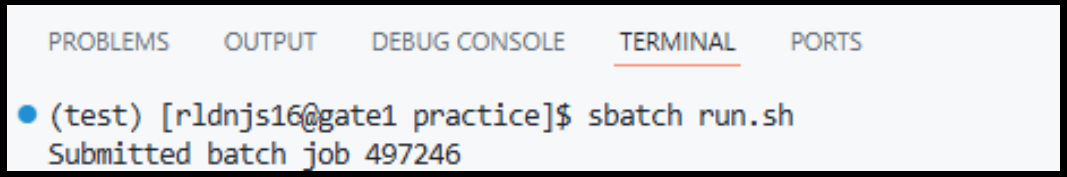
python predict.py

- 원하는 Python 파일을 실행합니다.
- 실행하려는 파일은 .py 파일의 형태로 존재해야 합니다.
- Ex) predict.py

04 Slurm 개념 및 Job 제출

배치 파일 실행

- Terminal에 sbatch 명령어를 이용하여 배치 파일명을 입력 및 실행하세요.
- 다음과 같이 배치 파일을 실행합니다.
  - 작업 제출 전 ls –al 명령어를 통해 현재 작업 디렉토리에 run.sh 파일이 존재하는지 확인합니다.
  - 존재하면, sbatch filename.sh를 통해 작업을 제출합니다.
  - EX) sbatch run.sh
- 이는 할당받은 노드에 작업(job)을 제출한다는 의미입니다.
  - 작업(job) 제출이 정상적으로 진행되었다면, output 폴더 안에 해당 작업에 대한 err/out 파일이 각각 생성됩니다.



04 Slurm 개념 및 Job 제출

배치 파일 실행

- 작업 상태 확인
  - 만일 해당 파일이 생성되지 않았다면, 해당 노드가 이미 제출한 다른 작업(job)으로 모두 할당되어 작업 대기 중일 가능성이 큽니다.
    - terminal에 **qstat** 명령어를 입력하여, 본인의 ID를 확인해 작업 현황을 점검하시기 바랍니다.
  - 배정이 되어 실행되고 있다면, Use 란에 **R**이라고 표시되어 있지만, 작업을 대기하고 있는 경우 **Q**라고 표시되어 있습니다.
  - 작업이 대기(**Q**)에 걸린 경우, 앞선 작업들이 끝나는 것을 기다려야 합니다.

04 Slurm 개념 및 Job 제출

제출 작업 확인

- qstat: 모든 제출된 작업 상태를 확인
  - 사용시 특정 사용자가 제출한 작업만을 확인하기 위해서는 –u 옵션이 필요합니다.
  - qstat –u <user_name>
  - Ex) qstat –u rldnjs16

```
PROBLEMS  OUTPUT  DEBUG CONSOLE  TERMINAL  PORTS

(ubai) [rldnjs16@gate2 transit_seoul]$ qstat -u rldnjs16

gate2.hpc:

                                                                  Req'd  Req'd   Elap
Job id                Username Queue    Name                SessID NDS   TSK   Memory Time Use S Time
--------------------- -------- -------- ------------------- ------ ----- ----- ------ ----- - -----
455426                rldnjs16 gpu6     transit_seoul       --         1     1     -- 48:00 R 00:00
```

제출 작업 취소

- 제출한 작업을 취소하기 위해서는 scancel 명령어를 사용하세요.
  - scancel <job_id> : 특정 작업만 취소합니다.
    - Ex) scancel 455426

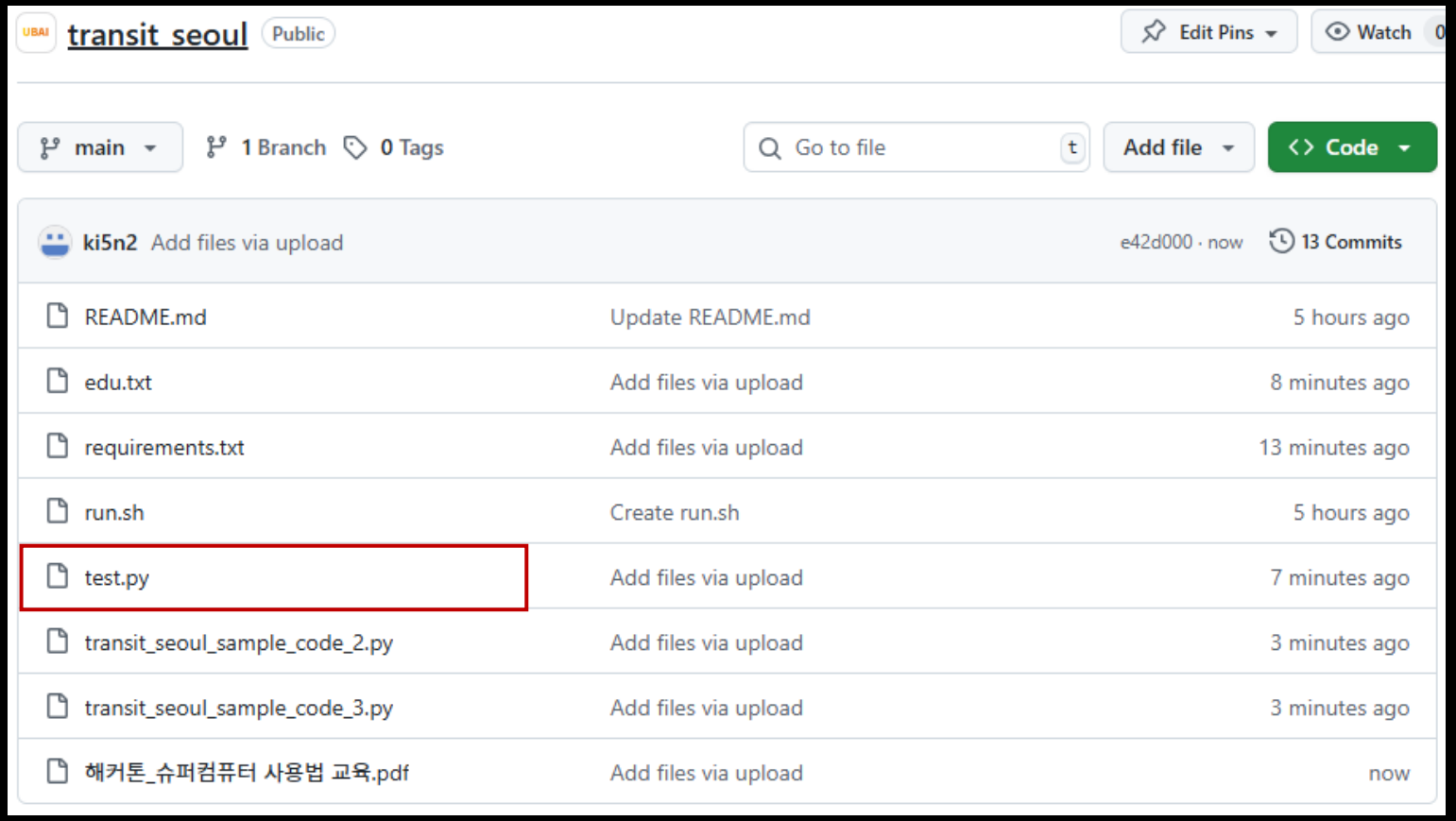
```
(ubai) [rldnjs16@gate2 transit_seoul]$ scancel 455426
(ubai) [rldnjs16@gate2 transit_seoul]$ qstat -u rldnjs16

gate2.hpc:

                                                                  Req'd  Req'd   Elap
Job id               Username Queue    Name                SessID NDS   TSK   Memory Time Use S Time
-------------------- -------- -------- ------------------- ------ ----- ----- ------ ----- - -----
455426               rldnjs16 gpu6     transit_seoul       --         1     1     -- 48:00 C 00:00
```

  - scancel –u <user_name> : 자신이 제출한 모든 작업을 취소합니다.
    - Ex) scancel –u rldnjs16
  - Use 란에 C가 나타났다면, 정상적으로 작업이 취소된 것입니다.

04 Slurm 개념 및 Job 제출

Python 프로젝트 생성

- 캘리포니아 집값 예측 테스트
  - https://github.com/uos-ubai/practice_november/blob/main/predict.py



04 Slurm 개념 및 Job 제출

UBAI

Python 프로젝트 생성

- 캘리포니아 집값 예측 테스트
  - https://github.com/uos-ubai/practice_november/blob/main/predict.py

transit_seoul / test.py

ki5n2 Add files via upload — 4d2f9d1 · 1 hour ago — History

Code | Blame | 32 lines (26 loc) · 1.01 KB | Raw

```python
from sklearn.datasets import fetch_california_housing
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import r2_score
import pandas as pd

# 1. 데이터 로딩 (sklearn 내장)
housing = fetch_california_housing()
X, y = housing.data, housing.target
print(f"데이터 로딩: {len(X):,}개 집")

# 2. 훈련/테스트 분할
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# 3. 모델 학습
model = RandomForestRegressor(n_estimators=100, random_state=42)
model.fit(X_train, y_train)
print("모델 학습 완료")

# 4. 예측 및 평가
predictions = model.predict(X_test)
score = r2_score(y_test, predictions)
print(f"예측 정확도: {score:.3f} ({score*100:.1f}%)")

# 5. 예측 예시
print("\n예측 예시:")
for i in range(3):
    actual = y_test[i]
    pred = predictions[i]
    print(f"실제: ${actual:.1f}만, 예측: ${pred:.1f}만 (오차: ${abs(actual-pred):.1f}만)")

print("분석 완료")
```

04 Slurm 개념 및 Job 제출

UBAI

Jupyter 사용법

- 캘리포니아 집값 예측 테스트
  - https://github.com/uos-ubai/practice_november/blob/main/predict.py

transit_seoul / test.py

ki5n2 Add files via upload — 4d2f9d1 · 1 hour ago — History

Code | Blame | 32 lines (26 loc) · 1.01 KB | Raw

```python
from sklearn.datasets import fetch_california_housing
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import r2_score
import pandas as pd

# 1. 데이터 로딩 (sklearn 내장)
housing = fetch_california_housing()
X, y = housing.data, housing.target
print(f"데이터 로딩: {len(X):,}개 집")

# 2. 훈련/테스트 분할
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# 3. 모델 학습
model = RandomForestRegressor(n_estimators=100, random_state=42)
model.fit(X_train, y_train)
print("모델 학습 완료")

# 4. 예측 및 평가
predictions = model.predict(X_test)
score = r2_score(y_test, predictions)
print(f"예측 정확도: {score:.3f} ({score*100:.1f}%)")

# 5. 예측 예시
print("\n예측 예시:")
for i in range(3):
    actual = y_test[i]
    pred = predictions[i]
    print(f"실제: ${actual:.1f}만, 예측: ${pred:.1f}만 (오차: ${abs(actual-pred):.1f}만)")

print("분석 완료")
```

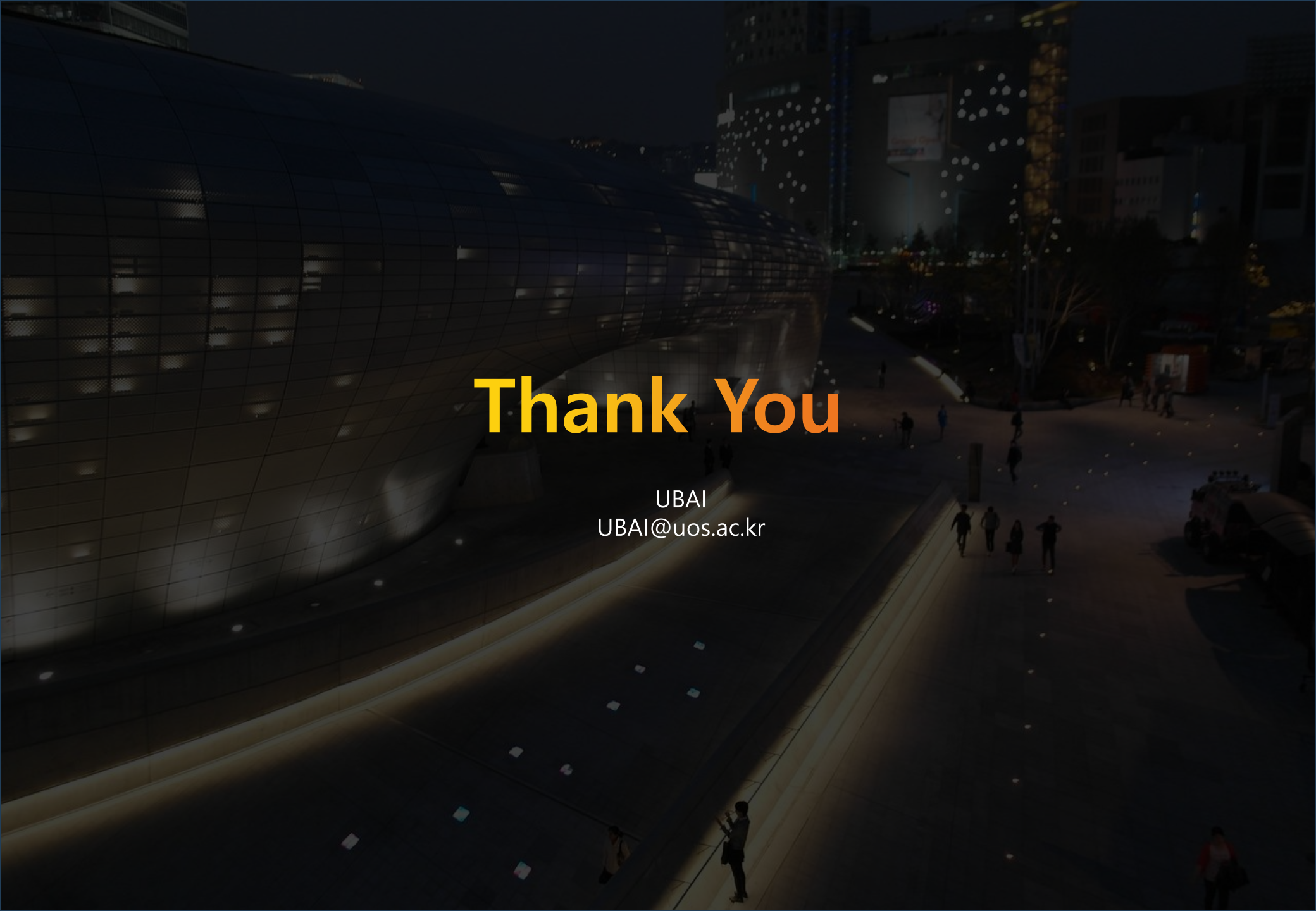
사사의 글 안내

도시과학빅데이터AI연구원의 슈퍼컴퓨터 자원을 이용하신 분들은
논문, 프로젝트, 통계 등 실적에 다음과 같이 연구원 사사를 적어주시기 바랍니다.

(국문) 본 논문은 서울시립대학교 도시과학빅데이터AI연구원의 슈퍼컴퓨팅 자원을 지원 받아 수행되었습니다.

(영문) The authors acknowledge the Urban Big data and AI Institute of the University of Seoul supercomputing resources (http://ubai.uos.ac.kr) made available for conducting the research reported in this paper.

UBAI



UBAI
UBAI@uos.ac.kr