

ETRI-한양대학교 용역과제

(자율소프트웨어)

운영 설명서 (매뉴얼)

작성자 : 박강래

연락처 : gang31115@gmail.com

010-4870-1708

□ 프로그램 매뉴얼

Git Address

<https://github.com/Gangrae/ETRI2023.git>

How to install (OS : Ubuntu, Mac)

0. 미리 있어야 할 것들)

- git, make, vim(option), python 3 (3.8 **recommend**)
sudo apt install git make vim
- CUDA (optional)

https://developer.nvidia.com/cuda-11-8-0-download-archive?target_os=Linux&target_arch=x86_64&Distribution=Ubuntu&target_version=20.04&target_type=runfile_local

: 예측 학습시 필요함, 없어도 학습할 수는 있지만 시간이 n배 이상 차이남

motion prediction을 학습할 경우

1. build & dependency installation

- cd taesooLib;
- make install_dependencies;
(dependencies 완료 후)

1-1) muscle_simulator

- cd ../muscle_simulator/src/;
- make install_dependencies;
- make;

1-2) motion_prediction

- cd ../motion_prediction/src/;
- make install_dependencies;
- make;

※ (중요) 송부된 dif16_vec.pt, vqvae_category.pt를
motion_prediction/work/trained_models에 복사

※ 처음 dependency 설치/build 시 시간이 꽤 소요될 수 있습니다

※ muscle_simulator와 motion_prediction 기능을 분할하였기 때문에 각각
build해야 함

How to install (OS : Mac)

0. 미리 있어야 할 것들)

- homebrew, pip3(21.x version recommend)
- git, make, python 3 (3.8 **recommend**)

1. build & dependency installation

1-1) muscle_simulator

- cd ETRI2023/muscle_simulator/src;
- make install_dependencies_mac;
- (※ intel mac인 경우, make install_dependencies_mac)
- make;

1-2) motion_prediction

- cd ETRI2023/motion_prediction/src;
- make install_dependencies_mac;
- (※ intel mac인 경우, make install_dependencies_mac)
- make;

※ 처음 **dependency** 설치/**build** 시 시간이 꽤 소요될 수 있습니다.

※ **muscle_simulator**와 **motion prediction** 기능을 분할하였기 때문에 각각 **build**해야 함

1-2. 빌드 중 PC 환경에 따라 발생할 수 있는 에러 및 해결책

1. **error message** : error: externally-managed-environment
sol :
<https://velog.io/@mystic/%EB%A7%A5%EB%B6%81-Homebrew-python%EC%84%A4%EC%B9%98%EC%8B%9C-pip-%EB%AC%B8%EC%A0%9C>
2. **error message** : subprocess-exited-with-error numpy
sol : pip3 version 문제 21.2 version으로 변경

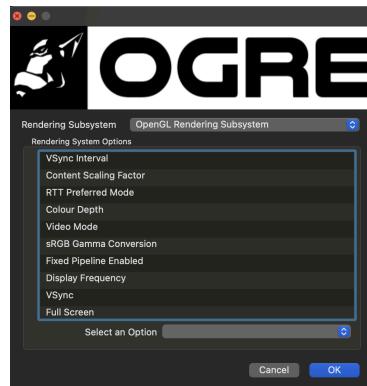
==Muscle Simulator==

Run)

- cd ETRI2023/muscle_simulator/work;
 - make deepmimic_walk_muscle;
- option) 처음 실행 시 simulator 화면 initialization 수행해 줘야함 아래의 화면 나오면 Ogre 화면 셋팅 해줘야함



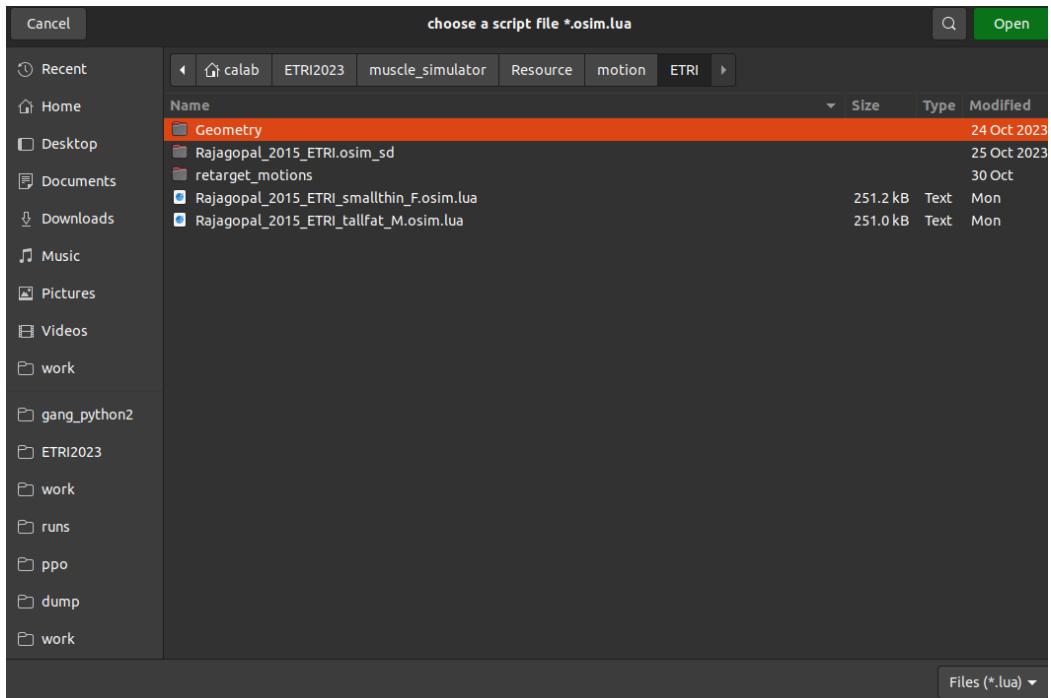
< Ubuntu >



< mac >

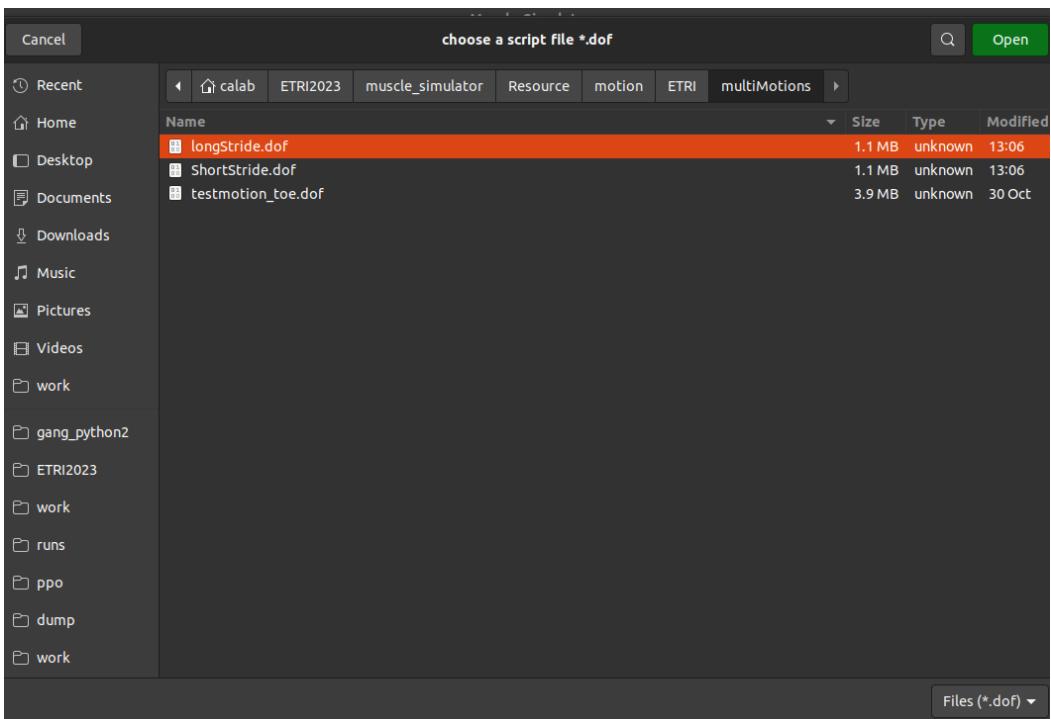
(mac은 Full Screen)

- make various_models;

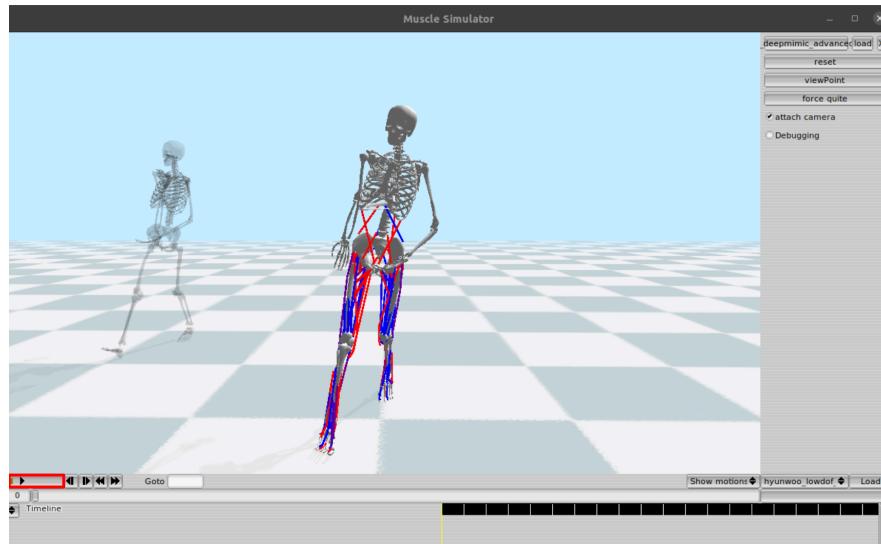


제어하고자하는 근골격 모델 선택 (미선택 시 기본 모델 선택)

- make multimotions;



- muscle-based simulation 환경



기능

viewpoint : 현재 카메라 viewpoint 출력

capture : 현재 시뮬레이션 화면 capture 기능 (ctrl+c로도 가능)

캡쳐된 결과는 muscle_simulator/dump/dump에 저장됨. 프로그램
(avidemux등)으로 영상화 가능

force quit : 시뮬레이션을 강제로 종료하고 처음부터 다시 시작하는 기능
(ctrl+q로도 가능)

재생 : 좌측 하단 재생 기능

Console build)

만약 학습을 하고 싶으신 경우 console 빌드를 수행해야 함.

- cd ETRI2023/muscle_simulator/src;

- make console;

- cd ../work;

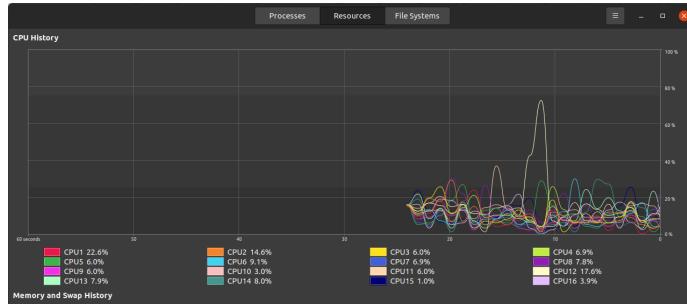
- make train_deeppmimic_walk_muscle

option) vi Makefile; 아래와 같이 코드를 보시면 num-process 갯수를 설정할 수 있음
(우분투 system monitor *2 로 하시는거 추천)

```
train_deeppmimic_walk_muscle: # works after "make consolelib" in the src directory
```

```
    python3 gym_deeppmimic_muscle/train_deeppmimic_advanced.py --env-name "walkm-v1" --num-processes 1
```

work/Makefile (multi environment 갯수 세팅)



System Monitor 화면

※ run & console 빌드는 서로 기능을 수행할 시 빌드를 새로 해주셔야 합니다

즉, run => cd muscle_simulator/src/; make;
console => cd muscle_simulator/src/; make console;

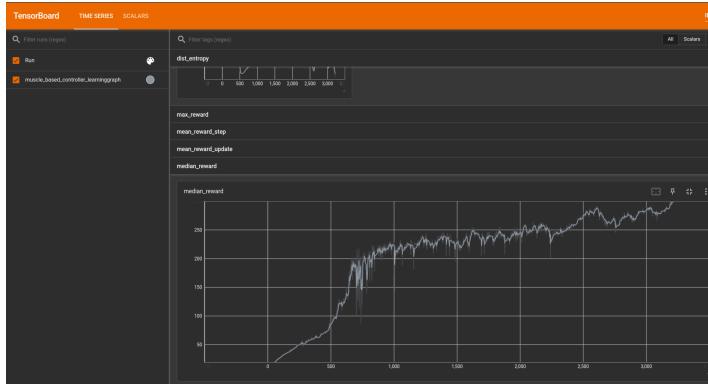
Learning Graph)

- cd ETRI2023/muscle_simulator/work;
- make graph;

```
lhh@calab-M5-710:~/jet/muscle_simulator/work$ make graph
tensorboard --logdir="runs/"
2023-07-20 19:52:44.040661: I tensorflow/tsl/cuda/cudart_stub.cc:28] Could not find cuda drivers on your machine, GPU will not be used.
2023-07-20 19:52:44.068886: I tensorflow/tsl/cuda/cudart_stub.cc:28] Could not find cuda drivers on your machine, GPU will not be used.

More information: https://developers.google.com/protocol-buffers/docs/news/2022-05-06#python-updates
Serving TensorBoard on localhost; to expose to the network, use a proxy or pass --bind_all
TensorBoard 2.13.0 at http://localhost:6007/ (Press CTRL+C to quit)
```

- 아래 TensorBoard link 열기 (<http://localhost:xxxx>)



기존에 저희가 학습한 결과 그래프 하나 추가해 놓았습니다

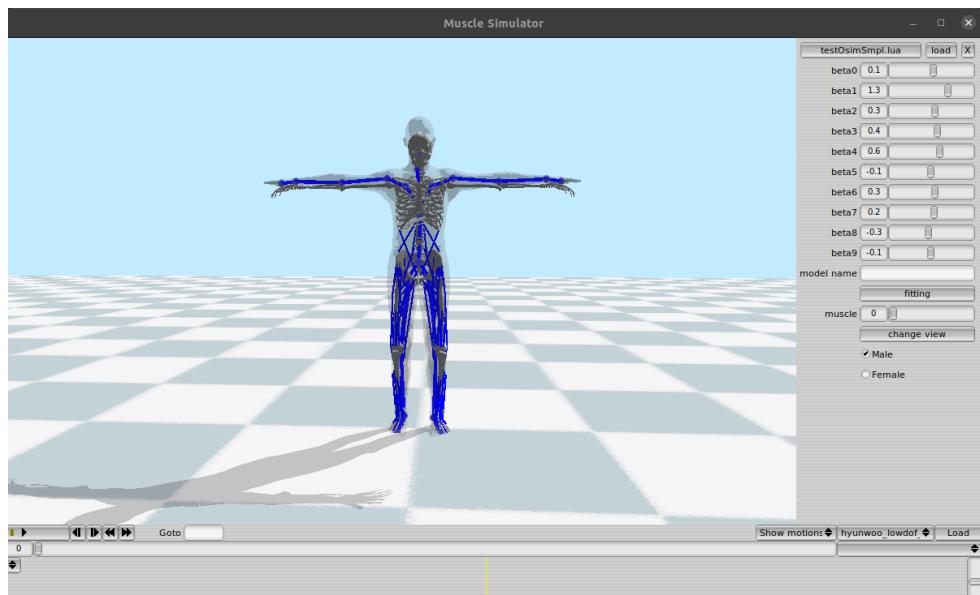
※ tensorboard 명령어는 설치 후 재부팅 한번 한 뒤부터 활성화 됩니다.

==Model Editor==

SMPL 데이터 기반 근골격 모델 편집 기술

Run)

- cd ETRI2023/muscle_simulator/work;
- make model_editor;



기능

beta 0~9 : shape vector β 조절

model name : 편집된 근골격 모델 이름 지정

fitting : bake된 skeleton 기준으로 근골격 모델 retaregetting

(근육 길이, 크기, 체중 등등)

※ fitting으로 수정된 결과는 muscle_simulator/Resource/motion/ETRI/ 폴더에 저장됨

muscle : 근육 index drawing 기능, 근육 번호를 선택하면 붉은색으로 해당 근육 표시

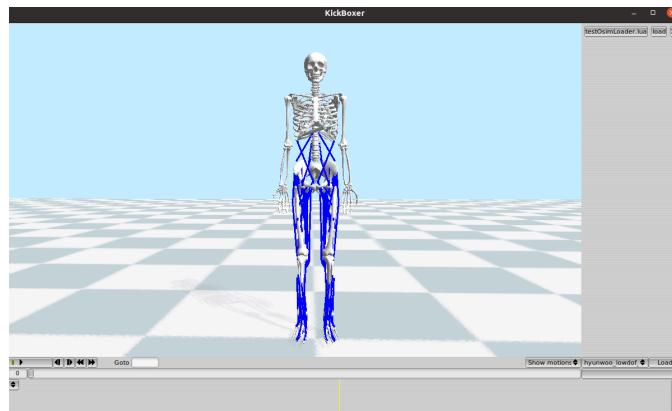
change view : 카메라 시점 변경 (정면, 측면)

Male / Female : SMPL 성별 선택 기능 남/여 선택 가능

==Model(.osim) Viewer==

ETRI Rajagopal model view 기능

- cd ETRI2023/muscle_simulator/work;
- make osimViewer;



기능

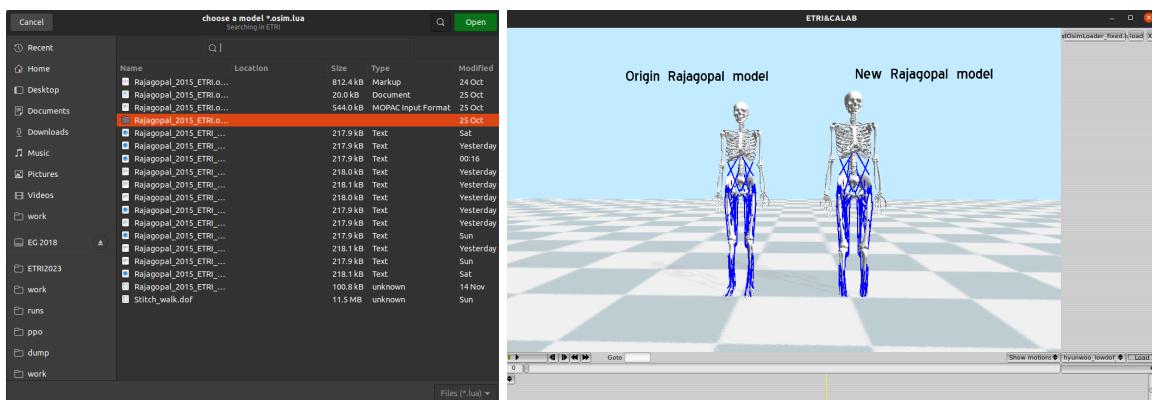
파싱(parsing)된 근골격 모델 한양대 라이브러리에서 보는 기능

==Model(.osim) Viewer2==

기본 근골격 모델 (Rajagopal)과 수정된 모델 비교하여 보는 기능

Run)

- cd ETRI2023/muscle_simulator/work;
- make osimViewer_fixed;



확인하고자 하는 모델 선택 (.osim.lua파일)

기능

기존의 근골격 모델과 수정된 근골격 모델을 비교하여 보는 기능

CSV exporter

cd muscle_simulator/work/gym_deeppmimic_muscle;

```

vi deepmimic.lua
    CSV={
        export_=true,
        export_freq=120
    }

```

export_ 옵션 true = csv 파일 저장 (frequency = 120)

false = 저장 하지 않음

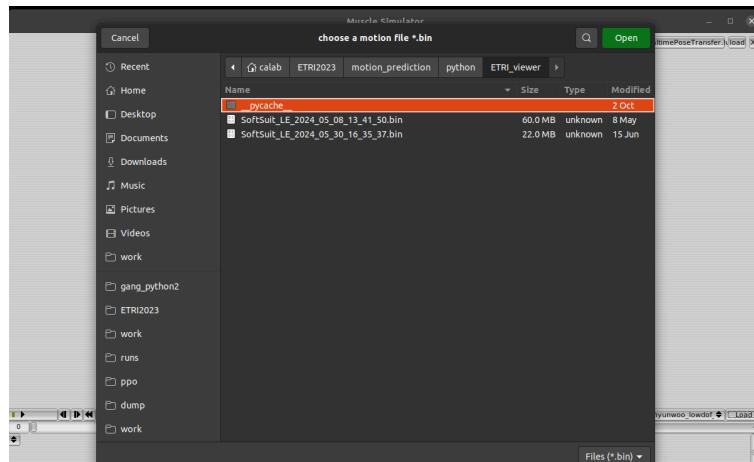
※ 저장 위치 : work/motion_datas

==ETRI Sensor Data viewer==

ETRI 내부 모션 캡쳐 결과를 내부 라이브리(프로젝트)로 자동 변환하여 시각화(visualization)하는 기능

Run)

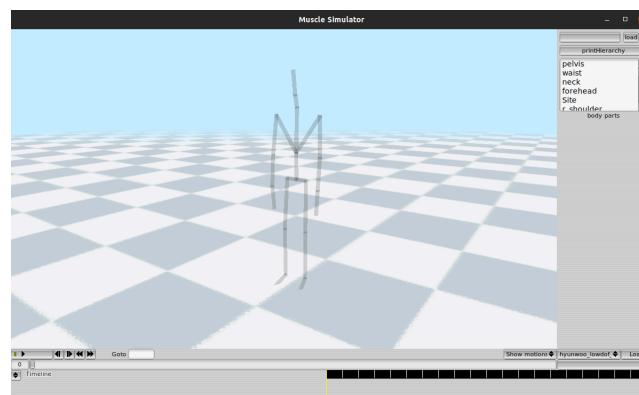
- cd ETRI2023/motion_prediction/work;
- make record_viewer; (동작 크기에 따라 loading시간 차이 발생)



확인하고자 하는 모델 선택 (.bin파일)

※ 유의사항 : SoftSuit_LE_2023_11_15_09_29_14.bin의 파일의 경우 파일의 용량이 너무 커서 git에 포함하지 않음. 자체적으로 추가 필요

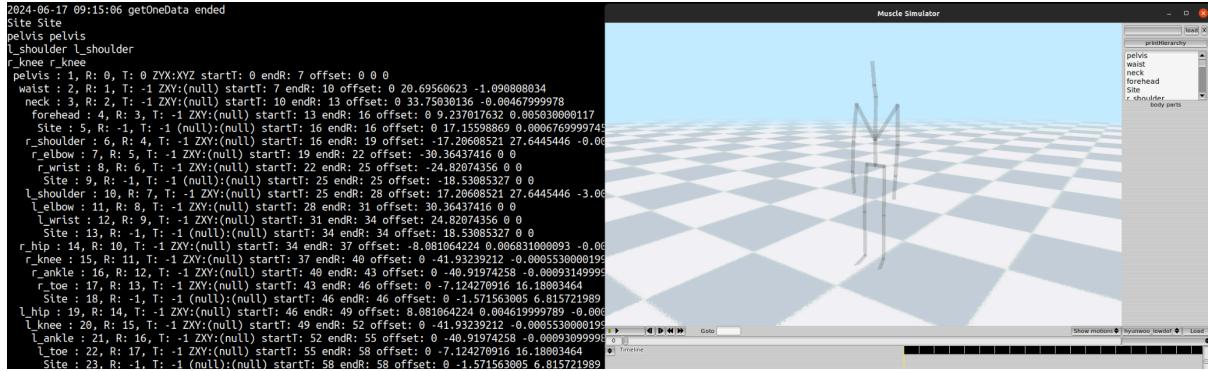
ETRI2023 디렉토리에 예제 결과포함(SoftSuit_LE_2024_05_30_16_35_37)



기능)

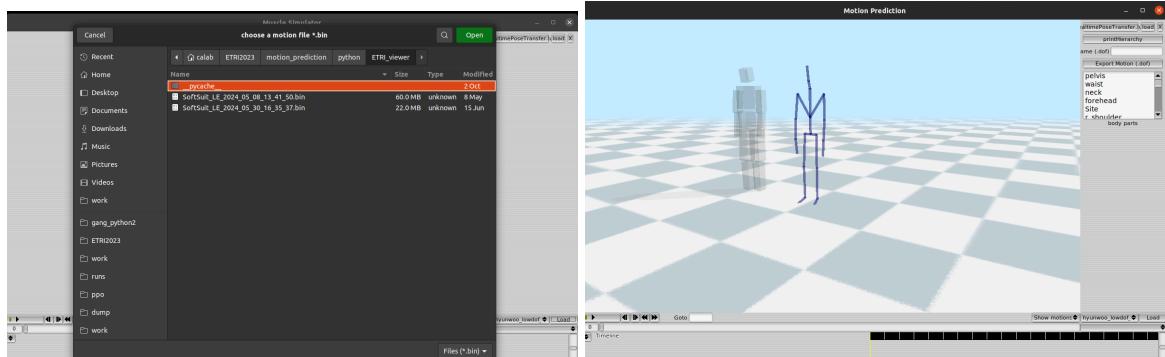
printHierarchy : 모션 파일에서 변환된 모델 구조를 출력하는 기능

재생 : 캡쳐된 동작을 재생하는 기능



printHierarchy 출력 결과

==ETRI Sensor Data Pose Transfer==



ETRI 모션 캡쳐 정보를 한양대 내부 라이브러리 모델로 동작을 변형하는 기술 및 동작 추출 기술

(동작 예측에 사용하는 모델을 사용하기 위함)

Run)

- cd ETRI2023/motion_prediction/work;
- make record_transfer;
- 재생할 동작 데이터 선택 (.bin 파일)
- 하단 재생 버튼을 통해 실행 (view)
- + 동작 추출 기능)

Input : File name (.dof) (text input):

ETRI 동작 (.bin)을 한양대 동작 (.dof) 파일로 변환하는 파일 이름

Export Motion (.dof) (button) : 변환된 결과를 저장하는 기능

* 저장 위치 : ETRI2023/motion_prediction/python/ET

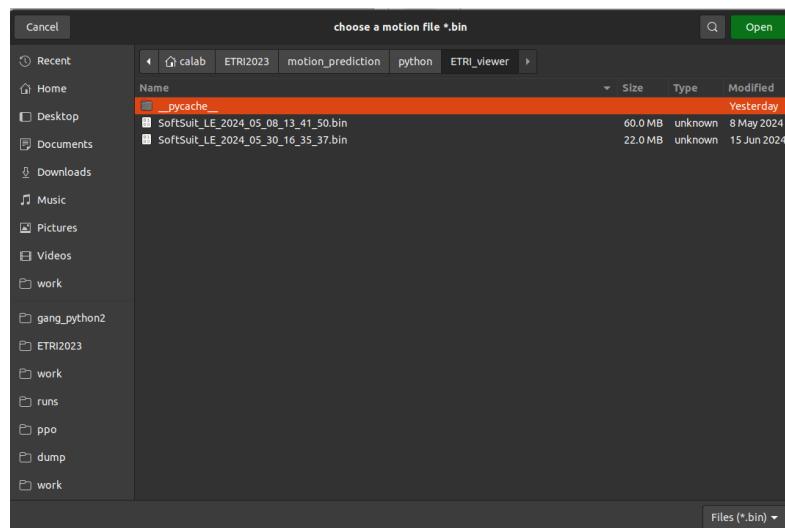
- 파란색 모델 : ETRI 모델, 회색 모델 : 한양대 모델

==ETRI Sensor Data viewer (with Hanyang motions)==

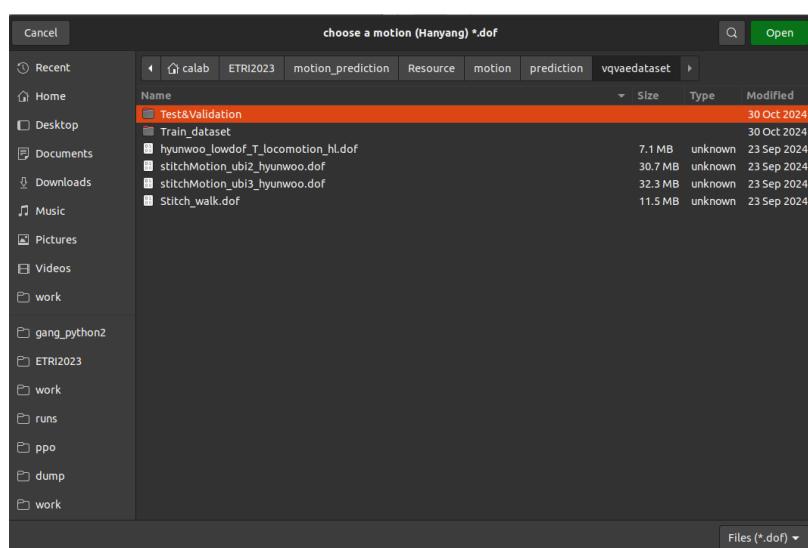
ETRI 내부 모션 캡쳐 결과와 한양대 예측 모듈에서 사용하는 예제 동작의 FPS를 비교하여 보는 기능

Run)

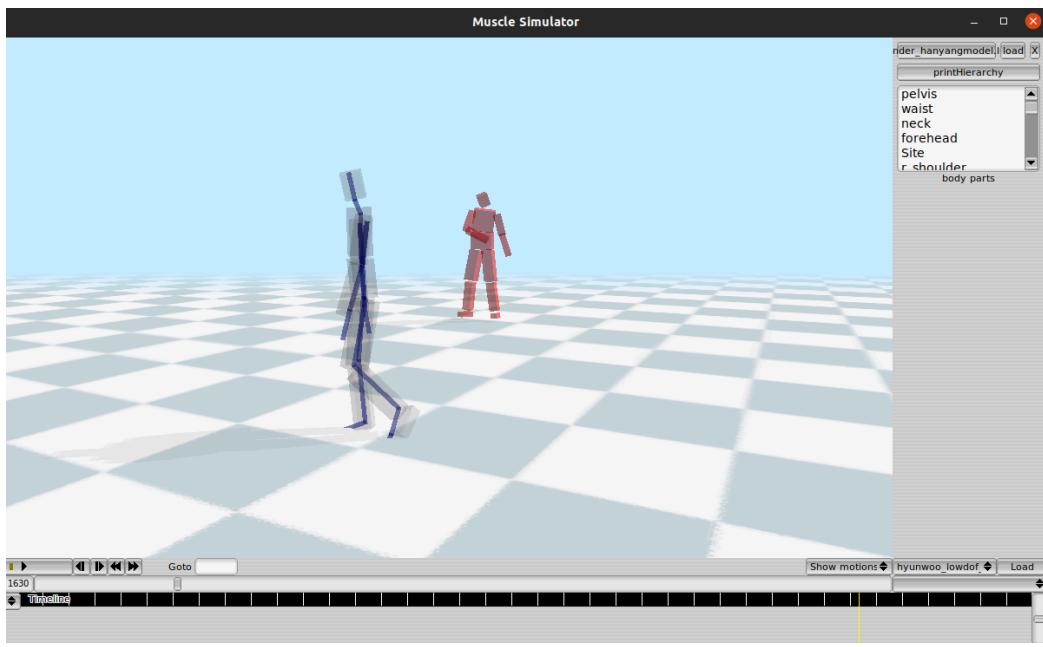
- cd ETRI2023/motion_prediction/work;
- make record_compare; (동작 크기에 따라 loading시간 차이 발생)



확인하고자 하는 ETRI 동작 파일 선택 (.bin파일)



비교하고자하는 한양대학교 자체 동작 파일 선택 (.dof파일)



결과 화면

기능

재생 버튼 : ETRI & 한양대 모델 재생

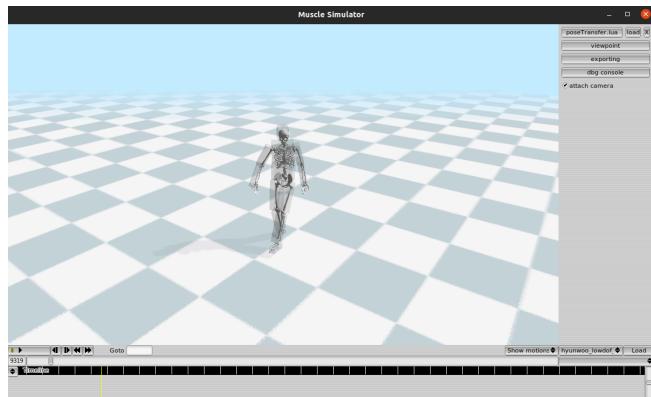
붉은색 모델 : 한양대 예측 동작

회색 모델 : ETRI동작을 retargeting한 결과 모델

파란색 모델 : ETRI동작 결과

- ETRI 동작 추가 : ETRI2023/motion_prediction/python/ETRI_viewer 디렉토리에
bin파일 추가

==Muscle PoseTransfer==



대용량 동작 데이터를 근골격 모델에 실시간 pose transfer (동작 리타겟팅)하는 기술,
대용량 동작 제어를 위한 선행 기술

Run)

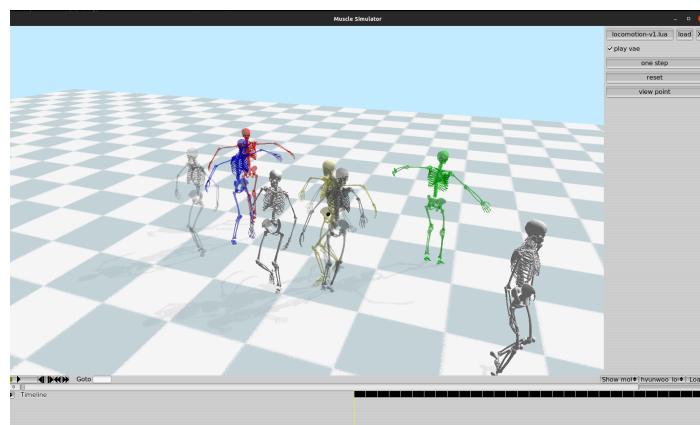
- cd ETRI2023/muscle_simulator/work;
- make muscle_poseTransfer;
- 하단 재생 버튼을 통해 실행

==Muscle VAE==

근골격 모델을 대규모 예제 동작 (reference dataset)을 생성 모델 (Generative Model, VAE)를 통해 다양한 동작을 생성하는 기능
▣ 현재 아직 완성된 버전은 아님, 수정 진행 중

Run)

- cd ETRI2023/muscle_simulator/work;
- make play_cvae_muscle;



기능

play vae : 학습된 VAE 기반 동작 생성 시각화 기능 (10가지 모델, 다양한 동작)

one step : VAE의 1 step 씩 진행하는 기능

reset : 환경 (environment)을 reset하여 다시 실행

view point : 카메라 시점 출력

Train)

- cd ETRI2023/muscle_simulator/work;
- make train_cvae_muscle;

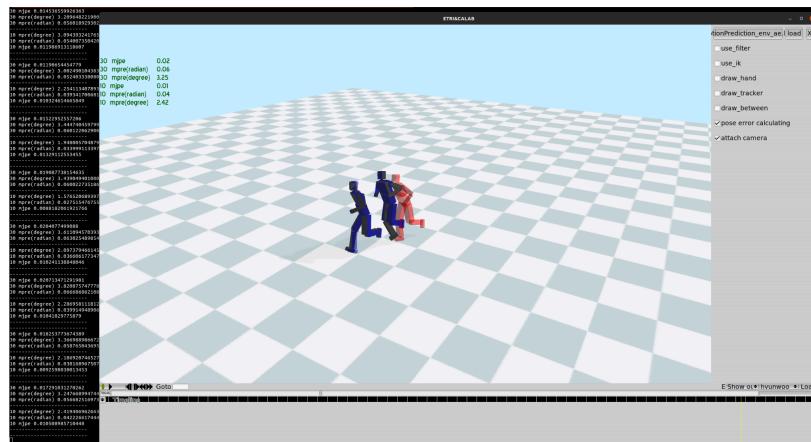
□ VAE모델을 새로 학습하는 기능

==Motion Prediction(AE)==

Run)

- cd ETRI2023/motion_prediction/work;
- make motionprediction_ae;

AE(Auto-Encoder)를 통해 미래 (**1~30frame**) 자세를 예측



붉은색 캐릭터 - 현재 **frame** 자세, 파란색 캐릭터 - **10,30 frame** 후 미래 자세(예제동작),
검은색 캐릭터 - **10,30 frame** 후 미래 예측된 자세

기능

use_filter, use_ik : footskating issue를 줄이기 위한 기능 (On/Off)

draw_hand : 학습된 모듈 중 손 모델 drawing 기능 (default - false)

draw_between : 현재 => 미래 (30frame) 사이의 예측된 자세를 그리는 기능

pose_error_calculating : 예측된 자세의 오차 계산 (mpJPE, mpJRE)

attach camera : 카메라가 캐릭터에 맞춰서 이동하는 기능 (On/Off)

Learning)

- cd ETRI2023/motion_prediction/work;

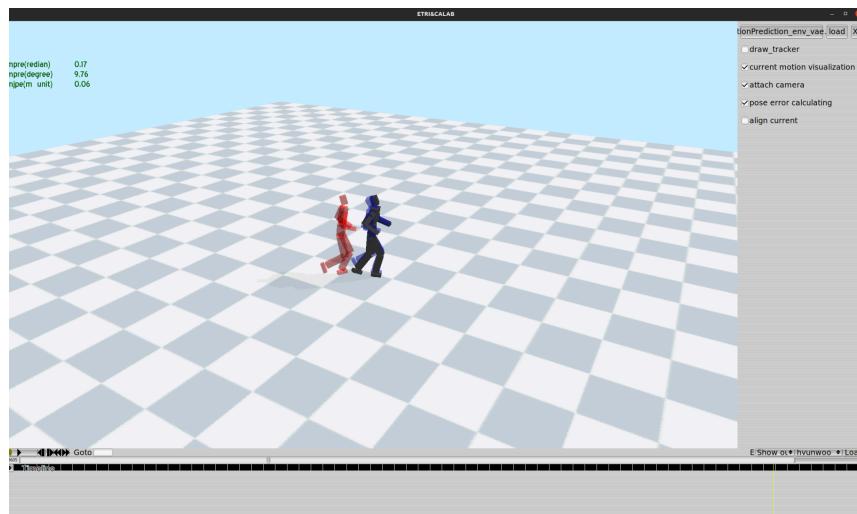
- make train_motionprediction_ae;
- make train_hand_model;
- Optional) Cuda 미설치 후 학습시 학습 시간이 n배로 늘어남, 설치하는 것을 권장

==Motion Prediction(VAE)==

Run)

- cd ETRI2023/motion_prediction/work;
- make motionprediction_vae;

생성 모델(Generative model)인 VAE (Varieational Auto-Encoder)를 통해서 미래 10 프레임 (330msec)동작을 예측하는 기능



붉은색 캐릭터 - 현재 **frame** 자세, 파란색 캐릭터 - **10 frame** 후 미래 자세
(reference),
검은색 캐릭터 - **10 frame** 미래에 예측된 자세

기능

draw_tracker : 10frame 미래의 마커 정보 visualization 기능 (On/Off)

current motion visualization : 현재 pose 정보 visualization 기능 (On/Off)

attach camera : 카메라가 캐릭터에 맞춰서 이동하는 기능 (On/Off)

pose_error_calculating : 예측된 자세의 오차 계산 (mpJPE, mpJRE)

align current : 예측된 자세의 align 위치

(off : 현재 기준으로 visualization, on : 10 frame 후 기준 visualization)

Learning)

- cd ETRI2023/motion_prediction/work;
- make train_motionprediction_vae;

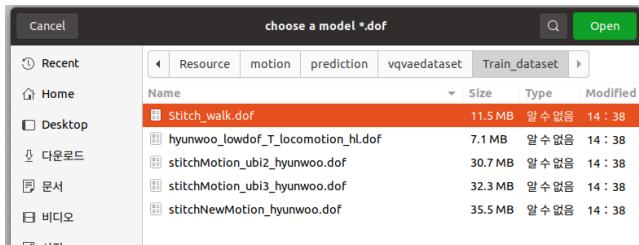
- Optional) Cuda 미설치 후 학습시 학습 시간이 n배로 늘어남, 설치하는 것을 권장

==VQ-VAE Learning==

(학습을 할 때는 **CUDA** 환경을 권장)

- cd ETRI2023/motion_prediction/work;
- make train_mp_vqvae_categorical;

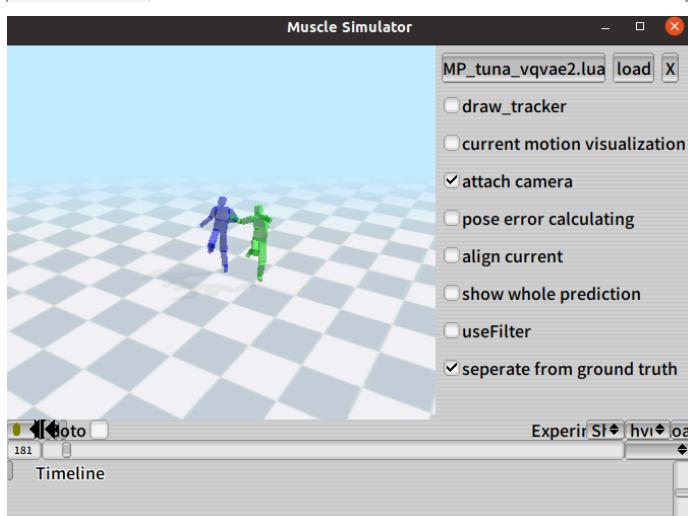
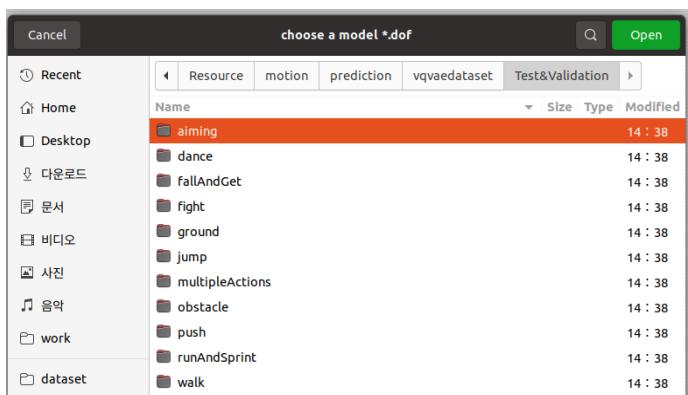
(환경에 따라 다르지만 Linux, CUDA 환경시 대략 3~4시간 정도 시간 소요 예상)



- 학습시 해당 데이터셋 중 하나로 선택해서 학습 가능
 - 권장 데이터셋 : **stitchNewMotion_hyunwoo.dof**

==VQ-VAE Test==

- cd ETRI2023/motion_prediction/work;
- make motionprediction_vqvae;
- 아래와 같이 lafan 데이터 선택이 가능



기능)

- **ctrl + p** 를 눌러서 재생이 확인 가능 (혹은 좌하단 재생표시)
- **붉은색**이 현재 프레임의 동작, **초록색**이 예측한 10 프레임 이후의 동작 (Prediction), **파란색**이 실제 10 프레임 이후의 동작 (Ground Truth).

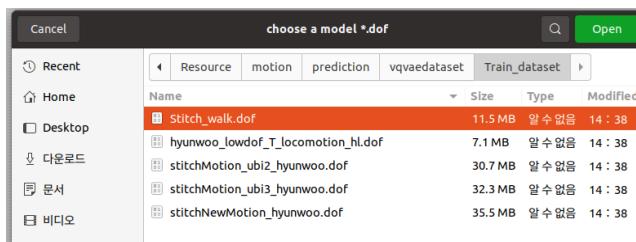
기능은 다음과 같으며 체크박스로 (on/off) 선택이 가능.

- draw tracker : 10 frame 후 머리, 힙, 양팔, 양 다리에 좌표계를 붙임
- current motion visualization : 현재 모션을 표현 (붉은 색 캐릭터로 표현)
- attach camera : 예측 결과에 카메라를 고정
- pose error calculating : pose error (MPJPE MPJRE(degree) MPJRE(radian) 계산) 를 계산해서 터미널에 표시
- align current : 예측된 미래를 현재 포즈의 루트 위치에 정렬
- show whole prediction : 10개의 예측 프레임을 한번에 렌더링
- useFilter : 필터를 사용해서 조금 더 부드럽게 생성 (권장X)
- seperate from ground truth : 예측 결과물을 실제 결과물과 분리해서 렌더링함 off하면 원래대로 돌아옴

==Latent-Diffusion Learning==

(학습시 CPU 사용)

- cd ETRI2023/motion_prediction/work;
- make train_mp_dif16;

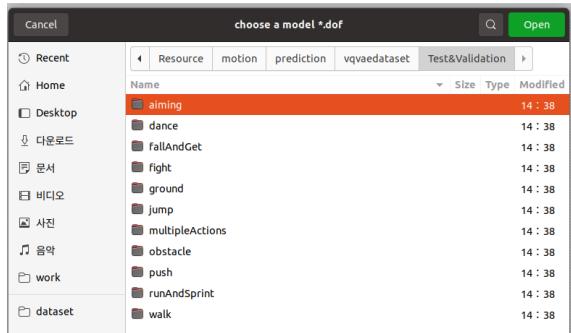


- **stitchMotion_ubi3_hyunwoo.dof** : 권장데이터 세트

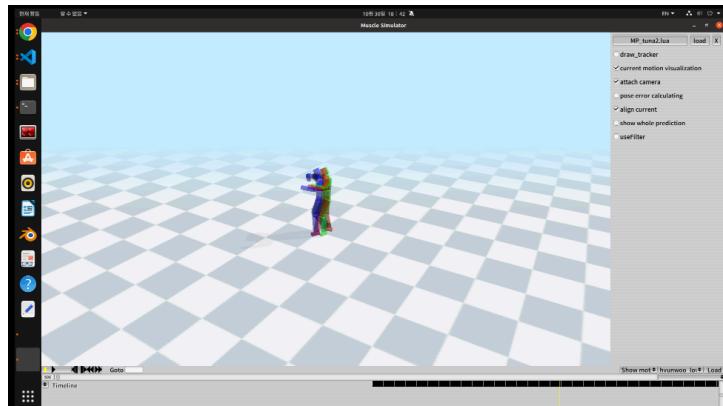
==Latent-Diffusion Test==

- cd ETRI2023/motion_prediction/work;
- make motionprediction_dif16;

- 아래의 시작 화면에서처럼 lafan 데이터를 선택



작동 화면 및 기능

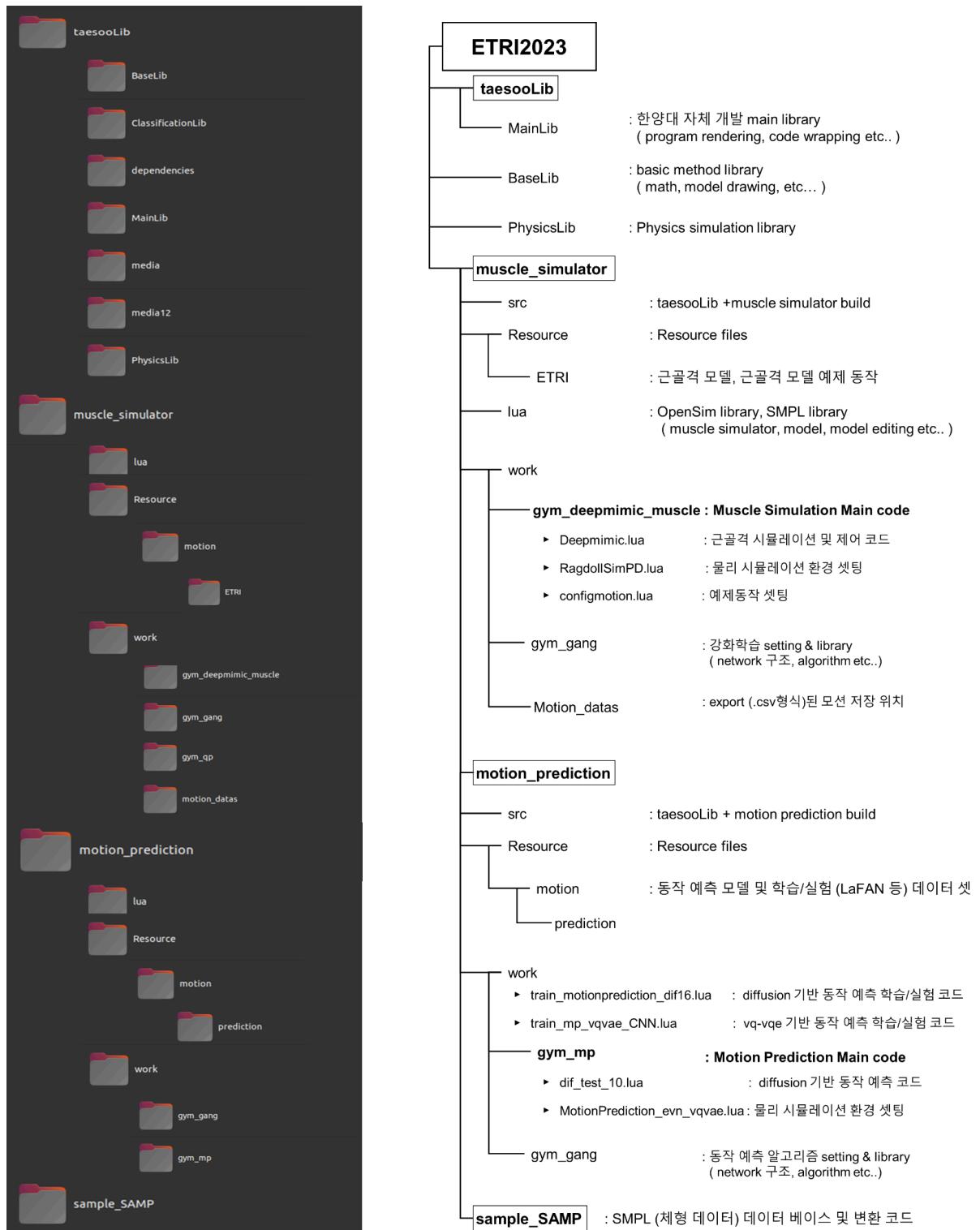


기능)

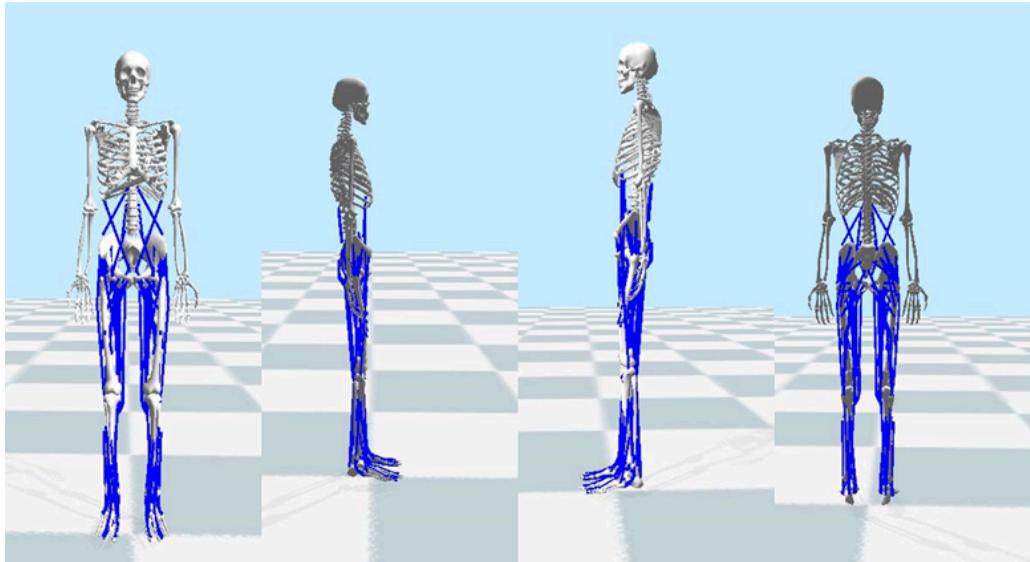
- **ctrl + p** 를 눌러서 재생이 확인 가능 (혹은 좌하단 재생표시)
- **붉은색**이 현재 프레임의 동작, **초록색**이 예측한 10 프레임 이후의 동작 (Prediction), **파란색** 실제 10 프레임 이후의 동작 (Ground Truth).
- **draw tracker** : 10 frame 후 머리, 힙, 양팔, 양 다리에 좌표계를 붙임
- **current motion visualization** : 현재 모션을 표현 (붉은 색 캐릭터로 표현)
- **attach camera** : 예측 결과에 카메라를 고정
- **pose error calculating** : pose error (MPJPE MPJRE(degree) MPJRE(radian) 계산) 를 계산해서 표시
- **align current** : 예측된 미래를 현재 포즈의 루트 위치에 정렬
- **show whole prediction** : 10개의 예측 프레임을 한번에 렌더링
- **useFilter** : 필터를 사용해서 조금 더 부드럽게 생성 (권장X)
- **seperate from ground**: ground 와 prediction 을 떨어뜨려 렌더링 함

□ 프로그램(시스템) 및 디렉토리 구조

프로그램 디렉토리 구조 & 주요 **Library & Code** 설명)



□ 근골격 모델 구조



[Rajagopal 근골격 모델]

관절 개수 (DOF) 23 (38)

총 모델 무게 : 77.337kg

근육 개수 및 근육 파라미터

총 근육 수 : 92

max isometric force (92 차원) :

[819,573,653,270,285,323,1288,410,896,804,156,627,429,381,343,488,233,266,162,573,819,552,1073,1113,38
1,164,444,1169,1294,1365,1871,1558,683,3549,1588,310,322,905,435,943,180,512,162,819,573,653,270,285,3
23,1288,410,896,804,156,627,429,381,343,488,233,266,162,573,819,552,1073,1113,381,164,444,1169,1294,13
65,1871,1558,683,3549,1588,310,322,905,435,943,180,512,162,2500,2500,900,900,900,900,]]

max tendon strain (92 차원):

max muscle strain (92 차원) :

모델 관절 구조 :

```
pelvis : 1, R: 0, T: 0 ZXY:XYZ startT: 0 endR: 7 jointId: 0 numJoints:1 offset: 0 0 0
femur_r : 2, R: 1, T: -1 ZXY:(null) startT: 7 endR: 10 jointId: 1 numJoints:3 offset: -0.056276 -0.07849 0.07726
tibia_r : 3, R: 2, T: -1 A:(null) startT: 10 endR: 11 jointId: 4 numJoints:1 offset: -0 -0.404425 -0.001265
talus_r : 4, R: 3, T: -1 ZXY:(null) startT: 11 endR: 14 jointId: 5 numJoints:3 offset: 0 -0.43 0
calc_r : 5, R: -1, T: -1 (null):(null) startT: 14 endR: 14 jointId: 8 numJoints:1 offset: -0.04877 -0.04195 0.00792
toes_r : 6, R: 4, T: -1 A:(null) startT: 14 endR: 15 jointId: 9 numJoints:1 offset: 0.1788 -0.002 0.00108
patella_r : 7, R: 5, T: -1 A:(null) startT: 15 endR: 16 jointId: 10 numJoints:1 offset: -0.00809 -0.40796 -0.00275
femur_l : 8, R: 6, T: -1 ZXY:(null) startT: 16 endR: 19 jointId: 11 numJoints:3 offset: -0.056276 -0.07849 -0.07726
tibia_l : 9, R: 7, T: -1 A:(null) startT: 19 endR: 20 jointId: 14 numJoints:1 offset: -0 -0.404425 0.001265
talus_l : 10, R: 8, T: -1 ZXY:(null) startT: 20 endR: 23 jointId: 15 numJoints:3 offset: 0 -0.43 0
calc_l : 11, R: -1, T: -1 (null):(null) startT: 23 endR: 23 jointId: 18 numJoints:1 offset: -0.04877 -0.04195 -0.00792
toes_l : 12, R: 9, T: -1 A:(null) startT: 23 endR: 24 jointId: 19 numJoints:1 offset: 0.1788 -0.002 -0.00108
patella_l : 13, R: 10, T: -1 A:(null) startT: 24 endR: 25 jointId: 20 numJoints:1 offset: -0.00809 -0.40796 0.00275
torso : 14, R: 11, T: -1 ZXY:(null) startT: 25 endR: 28 jointId: 21 numJoints:3 offset: -0.1007 0.0815 0
head : 15, R: 12, T: -1 ZXY:(null) startT: 28 endR: 31 jointId: 24 numJoints:3 offset: 0 0 0
humerus_r : 16, R: 13, T: -1 ZXY:(null) startT: 31 endR: 34 jointId: 27 numJoints:3 offset: 0.003155 0.3715 0.17
ulna_r : 17, R: 14, T: -1 A:(null) startT: 34 endR: 35 jointId: 30 numJoints:1 offset: 0.013144 -0.286273 -0.009595
radius_r : 18, R: -1, T: -1 (null):(null) startT: 35 endR: 35 jointId: 31 numJoints:1 offset: -0.006727 -0.013007 0.026083
hand_r : 19, R: -1, T: -1 (null):(null) startT: 35 endR: 35 jointId: 32 numJoints:1 offset: -0.008797 -0.235841 0.01361
humerus_l : 20, R: 15, T: -1 ZXY:(null) startT: 35 endR: 38 jointId: 33 numJoints:3 offset: 0.003155 0.3715 -0.17
ulna_l : 21, R: 16, T: -1 A:(null) startT: 38 endR: 39 jointId: 36 numJoints:1 offset: 0.013144 -0.286273 0.009595
radius_l : 22, R: -1, T: -1 (null):(null) startT: 39 endR: 39 jointId: 37 numJoints:1 offset: -0.006727 -0.013007 -0.026083
hand_l : 23, R: -1, T: -1 (null):(null) startT: 39 endR: 39 jointId: 38 numJoints:1 offset: -0.008797 -0.235841
-0.01361
```