SIMULATION AND TEST OF UAV TASKS WITH RESOURCE-CONSTRAINED HARDWARE IN THE LOOP

Questo documento mostra la struttura del progetto di un sistema di simulazione e test in grado di eseguire task di UAV (droni) su hardware con risorse limitate (Raspberry Pi 4).
Il sistema definisce simulazioni hardware-in-the-loop in cui un UAV virtuale equipaggiato con sensori virtuali, è controllato da un software under test (SUT) che viene eseguito su un target hardware.

Indice

1. Descrizione generale del sistema
2. Ambiente e settaggi
3. Buildings
4. Imgs
5. Parts
6. Plugins
7. Worlds
8. Client
9. Server
10. Test_platform
11. Esecuzione del codice
12. Risultati attesi

1) Descrizione generale del sistema

Il sistema è definito all'interno della cartella Gazebosim-main.
All'interno troviamo le cartelle: Buildings, client, imgs, parts, plugins, server, test_platform e Worlds.

La cartella Buildings contiene un model definito come Box 4x4, utilizzato per definire un box 4x4 all'interno dell'ambiente grafico Gazebo che servirà per le simulazioni.

La cartella client contiene il codice della parte client del sistema.

Imgs contiene risorse (immagini) utili alla definizione delle simulazioni.

Parts, invece, contiene altri model utili alle simulazioni grafiche per l'ambiente Gazebo.

La cartella plugins contiene tre plugin con relativo codice, utilizzati per le simulazioni.

La cartella server contiene il codice della parte server del sistema.

Test_platform è una cartella aggiuntiva, in quanto non è essenziale al funzionamento del sistema.

Infine, la cartella Worlds contiene i tre world in cui vengono eseguite le simulazioni, rispettivamente Basic_hallway, closed_path_test e rotation_test.

2) Ambiente e settaggi

Il sistema è stato definito per essere eseguito su un sistema Linux (distribuzione Ubuntu).
L'hardware target utilizzato è una Raspberry Pi 4.
Il software richiesto per l'esecuzione è il simulatore grafico per robot Gazebo (in particolare Gazebo 9).
Inoltre, è necessario installare la libreria software multipiattaforma nell'ambito della visione artificiale in tempo reale OpenCV (in particolare OpenCV 4.5).

Una volta scaricato il sistema in locale, si devono inserire i model all'interno dell'ambiente Gazebo, in particolare Box4x4 e gli altri model presenti all'interno della cartella "parts", devono essere posizionati sul percorso "home/{user}/.gazebo/models".

I world all'interno della cartella "Worlds" invece, devono essere posizionati sul percorso "usr/share/gazebo-9/worlds".

I tre plugin, vanno inseriti nella cartella "plugins" di Gazebo, cioè sul percorso "usr/include/gazebo/plugins".

Le cartelle non menzionate, non hanno bisogno di essere poste in posizioni particolari del file system.

3) Buildings

La cartella Buildings contiene il model Box4x4 utile alla definizione delle simulazioni grafiche in Gazebo.

4) Imgs

La cartella Imgs contiene due file immagine, anche queste risorse utili alla definizione delle simulazioni grafiche in Gazebo.

5) Parts

Parts contiene i restanti model utili alla definizione delle simulazioni grafiche in Gazebo.

6) Plugins

Un plugin è un chunk di codice che viene compilato come una libreria condivisa e inserito all'interno della simulazione. Il plugin ha accesso diretto a tutte le funzionalità di Gazebo attraverso le classi C++ standard.

I plugin sono utili perchè:

- Permettono agli sviluppatori di controllare quasi ogni aspetto di Gazebo
- Sono routine self-contained facilmente condivisibili
- Possono essere inseriti e rimossi da un sistema in esecuzione

I plugin sono flessibili e permettono agli utenti di scegliere quale funzionalità includere nella loro simulazione.

Per il sistema in esame, la cartella plugin contiene tre diversi plugin: building_plugin, IntelRealSensePlugin e movement_plugin.

Una volta inseriti nella cartella plugins di Gazebo, utilizzando il CMakeLists file, i rispettivi plugin vanno compilati.

7) Worlds

La cartella Worlds contiene i tre world di simulazione.
Il primo world consiste in una hallway, il secondo viene utilizzato per test su un percorso chiuso e il terzo per un test di rotazione del drone.

8) Client

La cartella client contiene la parte client del sistema, il programma va compilato all'interno di una cartella build, utilizzando il CMakeLists file a disposizione.

9) Server

La cartella server contiene la parte server del sistema, il programma va compilato all'interno di una cartella build, utilizzando il CMakeLists file a disposizione.

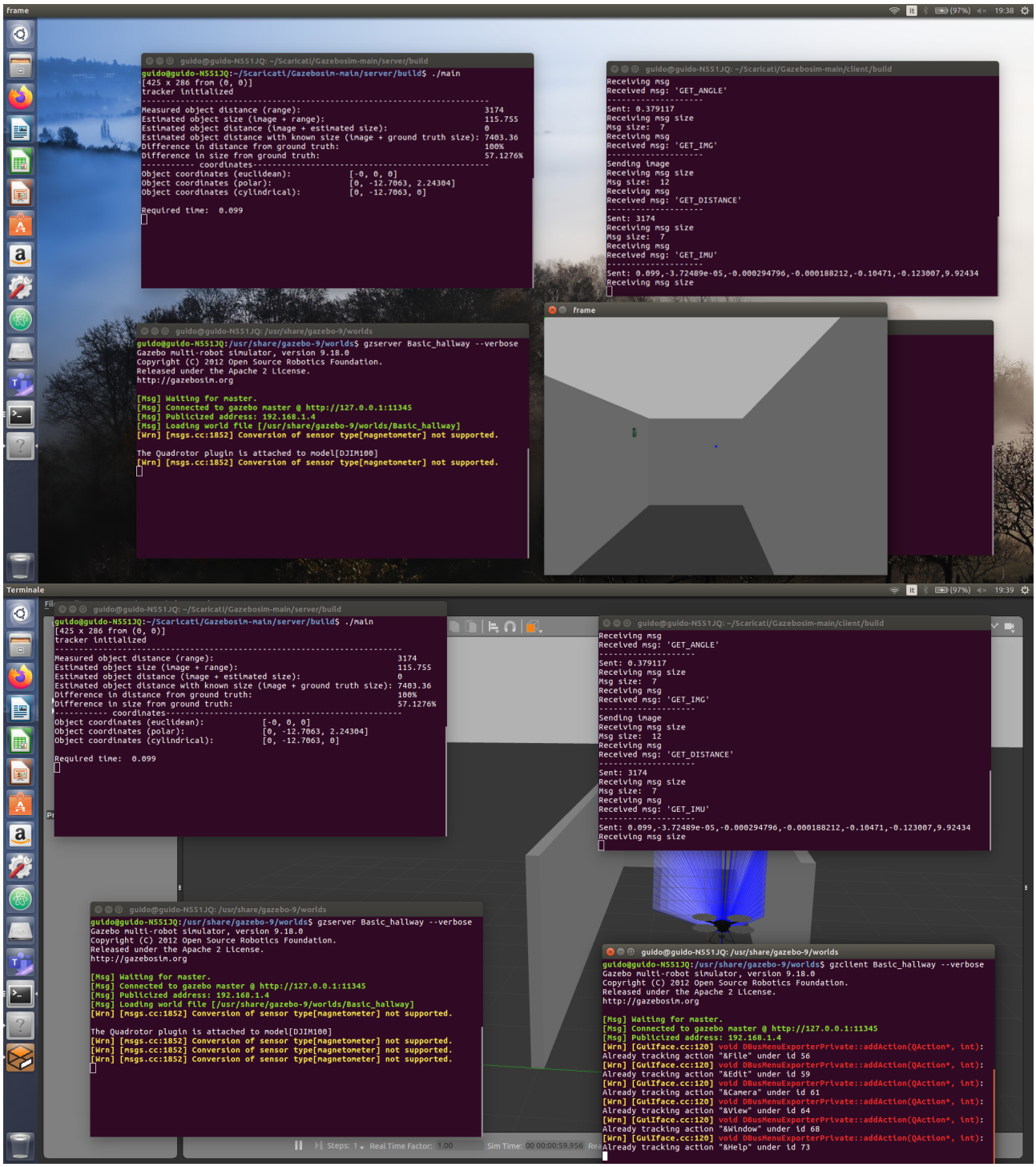
10) Test_platform

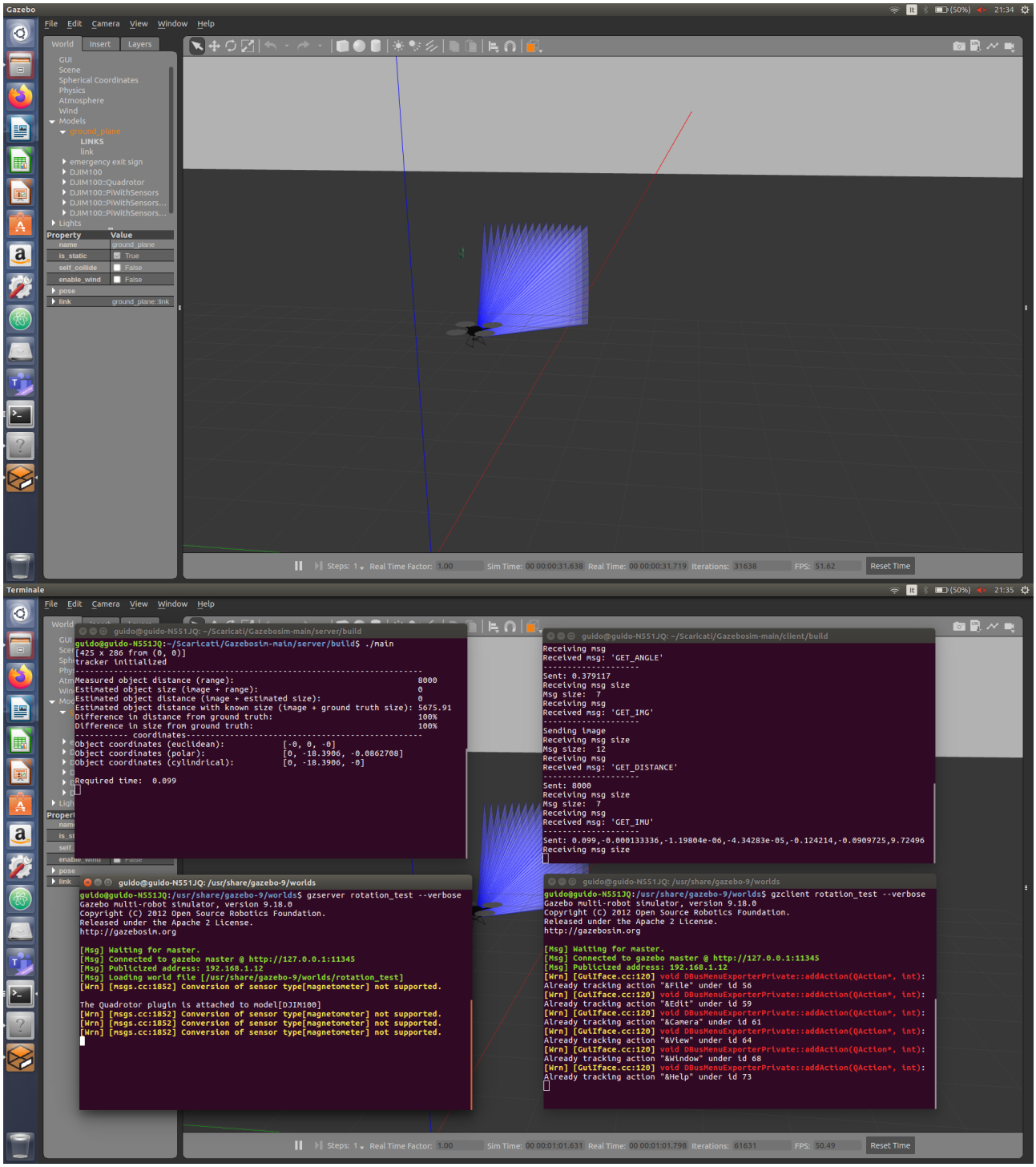
Cartella non necessaria ai fini del funzionamento del sistema di simulazione e test. E' stata definita per altri scopi che vanno al di là delle finalità del sistema.

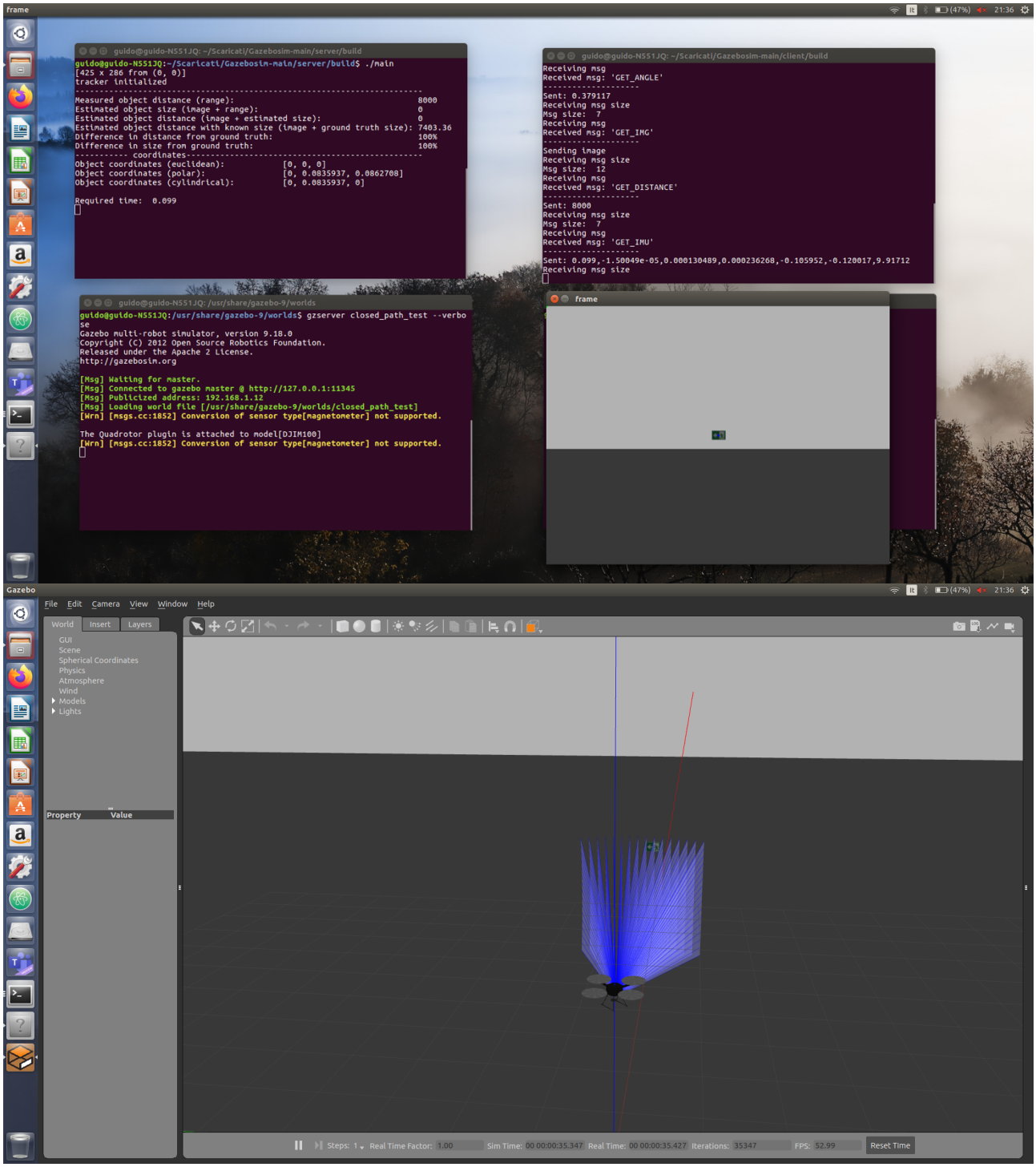
11) Esecuzione del codice

Per avviare il sistema si utilizzano i tre differenti world.
Inizialmente su due terminali differenti si avviano il client e il server del sistema. Successivamente si avvia col comando gzserver il world scelto su un altro terminale, inoltre col comando gzclient si avvia anche la simulazione grafica del world su Gazebo (sempre su un altro terminale).
Il processo va ripetuto per gli altri due world.

12) Risultati attesi




Gazebo
File Edit Camera View Window Help
World Insert Layers
GUI
Scene
Spherical Coordinates
Physics
Atmosphere
Wind
Models
ground_plane
LINKS
link
emergency exit sign
DJIM100
DJIM100::Quadrotor
DJIM100::PiWithSensors
DJIM100::PiWithSensors...
DJIM100::PiWithSensors...
Lights
Property Value
name ground_plane
is_static True
self_collide False
enable_wind False
pose
link ground_plane::link
Steps: 1 Real Time Factor: 1.00 Sim Time: 00 00:00:31.638 Real Time: 00 00:00:31.719 Iterations: 31638 FPS: 51.62
Reset Time
Terminale
File Edit Camera View Window Help
guido@guido-N551JQ: ~/Scaricati/Gazebosim-main/server/build
guido@guido-N551JQ:~/Scaricati/Gazebosim-main/server/build$ ./main
[425 x 286 from (0, 0)]
tracker initialized
Measured object distance (range): 8000
Estimated object size (image + range): 0
Estimated object distance (image + estimated size): 0
Estimated object distance with known size (image + ground truth size): 5675.91
Difference in distance from ground truth: 100%
Difference in size from ground truth: 100%
---------- coordinates----------
Object coordinates (euclidean): [-0, 0, -0]
Object coordinates (polar): [0, -18.3906, -0.0862708]
Object coordinates (cylindrical): [0, -18.3906, -0]
Required time: 0.099
guido@guido-N551JQ: ~/Scaricati/Gazebosim-main/client/build
Receiving msg
Received msg: 'GET_ANGLE'
Sent: 0.379117
Receiving msg size
Msg size: 7
Receiving msg
Received msg: 'GET_IMG'
Sending image
Receiving msg size
Msg size: 12
Receiving msg
Received msg: 'GET_DISTANCE'
Sent: 8000
Receiving msg size
Msg size: 7
Receiving msg
Received msg: 'GET_IMU'
Sent: 0.099,-0.000133336,-1.19804e-06,-4.34283e-05,-0.124214,-0.0909725,9.72496
Receiving msg size
guido@guido-N551JQ: /usr/share/gazebo-9/worlds
guido@guido-N551JQ:/usr/share/gazebo-9/worlds$ gzserver rotation_test --verbose
Gazebo multi-robot simulator, version 9.18.0
Copyright (C) 2012 Open Source Robotics Foundation.
Released under the Apache 2 License.
http://gazebosim.org
[Msg] Waiting for master.
[Msg] Connected to gazebo master @ http://127.0.0.1:11345
[Msg] Publicized address: 192.168.1.12
[Msg] Loading world file [/usr/share/gazebo-9/worlds/rotation_test]
[Wrn] [msgs.cc:1852] Conversion of sensor type[magnetometer] not supported.
The Quadrotor plugin is attached to model[DJIM100]
[Wrn] [msgs.cc:1852] Conversion of sensor type[magnetometer] not supported.
[Wrn] [msgs.cc:1852] Conversion of sensor type[magnetometer] not supported.
[Wrn] [msgs.cc:1852] Conversion of sensor type[magnetometer] not supported.
guido@guido-N551JQ: /usr/share/gazebo-9/worlds
guido@guido-N551JQ:/usr/share/gazebo-9/worlds$ gzclient rotation_test --verbose
Gazebo multi-robot simulator, version 9.18.0
Copyright (C) 2012 Open Source Robotics Foundation.
Released under the Apache 2 License.
http://gazebosim.org
[Msg] Waiting for master.
[Msg] Connected to gazebo master @ http://127.0.0.1:11345
[Msg] Publicized address: 192.168.1.12
[Wrn] [GuiIface.cc:120] void DBusMenuExporterPrivate::addAction(QAction*, int):
Already tracking action "&File" under id 56
[Wrn] [GuiIface.cc:120] void DBusMenuExporterPrivate::addAction(QAction*, int):
Already tracking action "&Edit" under id 59
[Wrn] [GuiIface.cc:120] void DBusMenuExporterPrivate::addAction(QAction*, int):
Already tracking action "&Camera" under id 61
[Wrn] [GuiIface.cc:120] void DBusMenuExporterPrivate::addAction(QAction*, int):
Already tracking action "&View" under id 64
[Wrn] [GuiIface.cc:120] void DBusMenuExporterPrivate::addAction(QAction*, int):
Already tracking action "&Window" under id 68
[Wrn] [GuiIface.cc:120] void DBusMenuExporterPrivate::addAction(QAction*, int):
Already tracking action "&Help" under id 73
Steps: 1 Real Time Factor: 1.00 Sim Time: 00 00:01:01.631 Real Time: 00 00:01:01.798 Iterations: 61631 FPS: 50.49
Reset Time


frame
guido@guido-N551JQ: ~/Scaricati/Gazebosim-main/server/build
guido@guido-N551JQ:~/Scaricati/Gazebosim-main/server/build$ ./main
[425 x 286 from (0, 0)]
tracker initialized
Measured object distance (range): 8000
Estimated object size (image + range): 0
Estimated object distance (image + estimated size): 0
Estimated object distance with known size (image + ground truth size): 7403.36
Difference in distance from ground truth: 100%
Difference in size from ground truth: 100%
---------- coordinates----------
Object coordinates (euclidean): [0, 0, 0]
Object coordinates (polar): [0, 0.0835937, 0.0862708]
Object coordinates (cylindrical): [0, 0.0835937, 0]
Required time: 0.099
guido@guido-N551JQ: ~/Scaricati/Gazebosim-main/client/build
Receiving msg
Received msg: 'GET_ANGLE'
Sent: 0.379117
Receiving msg size
Msg size: 7
Receiving msg
Received msg: 'GET_IMG'
Sending image
Receiving msg size
Msg size: 12
Receiving msg
Received msg: 'GET_DISTANCE'
Sent: 8000
Receiving msg size
Msg size: 7
Receiving msg
Received msg: 'GET_IMU'
Sent: 0.099,-1.50049e-05,0.000130489,0.000236268,-0.105952,-0.120017,9.91712
Receiving msg size
guido@guido-N551JQ: /usr/share/gazebo-9/worlds
guido@guido-N551JQ:/usr/share/gazebo-9/worlds$ gzserver closed_path_test --verbose
Gazebo multi-robot simulator, version 9.18.0
Copyright (C) 2012 Open Source Robotics Foundation.
Released under the Apache 2 License.
http://gazebosim.org
[Msg] Waiting for master.
[Msg] Connected to gazebo master @ http://127.0.0.1:11345
[Msg] Publicized address: 192.168.1.12
[Msg] Loading world file [/usr/share/gazebo-9/worlds/closed_path_test]
[Wrn] [msgs.cc:1852] Conversion of sensor type[magnetometer] not supported.
The Quadrotor plugin is attached to model[DJIM100]
[Wrn] [msgs.cc:1852] Conversion of sensor type[magnetometer] not supported.
frame
Gazebo
File Edit Camera View Window Help
World Insert Layers
GUI
Scene
Spherical Coordinates
Physics
Atmosphere
Wind
Models
Lights
Property Value
Steps: 1 Real Time Factor: 1.00 Sim Time: 00 00:00:35.347 Real Time: 00 00:00:35.427 Iterations: 35347 FPS: 52.99
Reset Time