

ΠΛΗ 412 – Αυτόνομοι Πράκτορες – 2025

Διδάσκων: Μ. Γ. Λαγουδάκης 3η Εργαστηριακή Άσκηση Παράδοση: 25.11.2025, 23:59

Εισαγωγή

Στόχος της παρούσας εργαστηριακής άσκησης είναι η γνωριμία με έναν από τους πλέον διαδεδομένους προσομοιωτές ρομποτικών συστημάτων, τον προσομοιωτή Gazebo [<http://gazebo.org/>], ο οποίος άρχισε να αναπτύσσεται στο University of Southern California (USC) στις Η.Π.Α. το 2002 από τους Nate Koenig (υποψήφιο διδάκτορα) και Andrew Howard (επιβλέποντα καθηγητή). Μετά από διάφορες φάσεις εξέλιξης, το 2012 τέθηκε υπό την αιγίδα του πάλαι ποτέ Open Source Robotics Foundation (OSRF), τώρα πια Open Robotics [www.openrobotics.org], και πλέον αναπτύσσεται με σταθερό ρυθμό από μια έμπειρη ομάδα προγραμματιστών. Το 2019, η ίδια ομάδα παρουσίασε τον νέο προσομοιωτή *Ignition*, ο οποίος το 2022 μετονομάστηκε σε *Gazebo*, αφήνοντας τον παλιό με το κοινότυπο όνομα *Gazebo Classic*.

Ο προσομοιωτής Gazebo (στη νέα ή στην κλασσική του μορφή) αναπτύχθηκε για να αποτελέσει βασικό εργαλείο στην εργαλειοθήκη του κάθε ερευνητή της ρομποτικής. Επιτρέπει τον γρήγορο έλεγχο ρομποτικών σχεδιασμών και αλγορίθμων σε ρεαλιστικά σενάρια. Μέσα στο Gazebo κρύβεται μία ισχυρή μηχανή φυσικής (για την ακρίβεια, υποστηρίζονται συνολικά τέσσερις μηχανές φυσικής), η οποία σε συνδυασμό με υψηλής ποιότητας γραφικά και φιλική προγραμματιστική διεπαφή, επιτρέπει την ακριβή και αποτελεσματική προσομοίωση πολυ-ρομποτικών συστημάτων σε πολύπλοκα, περιβάλλοντα εσωτερικού και εξωτερικού χώρου στις τρεις διαστάσεις του φυσικού κόσμου. Και το σημαντικότερο απ' όλα, το Gazebo προσφέρεται δωρεάν στους ενδιαφερόμενους χρήστες και ήδη υποστηρίζεται από μια μεγάλη, ενεργή κοινότητα χρηστών.

Εγκατάσταση

Για να δουλέψετε με την τελευταία έκδοση του προσομοιωτή Gazebo **Jetty** (LTS), διαθέσιμη για Ubuntu (24.04 LTS noble), Windows (10), MacOS (Ventura, Sonoma), ακολουθήστε τις κατάλληλες οδηγίες:

- εκκίνηση (get started): <https://gazebo.org/docs/jetty/getstarted/>
- εγκατάσταση (installation): <https://gazebo.org/docs/jetty/install/>
- εκδόσεις (releases): <https://gazebo.org/docs/jetty/releases/>

Προτιμήστε να δουλέψετε σε λειτουργικό σύστημα Linux. Αν δεν έχετε άμεση πρόσβαση σε τέτοιο μηχάνημα, μια εύκολη λύση είναι να εγκαταστήσετε το Virtual Box (freeware) [www.virtualbox.org] και να δημιουργήσετε ένα virtual machine στο οποίο θα εγκαταστήσετε Linux. Προτιμήστε τη διανομή Ubuntu 24.04 LTS [www.ubuntu.com] που προκρίνεται ως προτιμώμενη. Θεωρώ δεδομένο ότι όλοι αυτοί οι όροι δεν σας ξενίζουν· αν αναρωτιέστε τι είναι το virtual machine και το Linux, τότε φροντίστε άμεσα να μάθετε! Θα σας χρειαστούν αργά ή γρήγορα! Παρακάτω, υποθέτουμε ότι η εγκατάσταση έχει γίνει χωρίς λάθη ή προβλήματα.

Gazebo Tutorials

Τα εγχειρίδια εκμάθησης (tutorials) για το Gazebo περιλαμβάνουν λεπτομερείς οδηγίες για την εκμάθηση της χρήσης του, αλλά και τεχνικές λεπτομέρειες για κάθε βιβλιοθήκη που υποστηρίζεται. Τα χείμενα αυτά είναι προσβάσιμα από την ιστοσελίδα <https://gazebo.org/docs/jetty/tutorials/>.

Διαδικασία

Ξεκινήστε τον προσομοιωτή Gazebo στον υπολογιστή σας γράφοντας `gz sim` σε κάποιο terminal. Στην πραγματικότητα, θα τρέξουν δύο προγράμματα: ο *Sim server* που είναι ο καθ' εαυτός προσομοιωτής και το *Sim GUI* που είναι η γραφική διεπαφή, τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους βάσει ενός πρωτοκόλλου που χρησιμοποιεί Google Protocol Buffers. Τα δύο αυτά προγράμματα μπορούν να τρέξουν και ανεξάρτητα χρησιμοποιώντας το flag `-s` ή `-g` αντίστοιχα στο command line. Μάλιστα, μπορούμε να έχουμε πολλούς *clients* για διαφορετική γραφική παρουσίαση κάποιας προσομοίωσης, η οποία εκτελείται στον ίδιο *server*.

Δοκιμάστε με τη σειρά τα πέντε demo περιβάλλοντα που περιλαμβάνονται στο quick start window για να δείτε τις δυνατότητες του προσομοιωτή. Στη λίστα που βρίσκεται στα δεξιά υπάρχουν κι άλλοι έτοιμοι κόσμοι, τους οποίους επίσης μπορείτε να εξετάσετε. Στο πάνω δεξιά μέρος υπάρχουν τα κουμπιά ελέγχου της προσομοίωσης. Κάτω δεξιά (ίσως χρειαστεί λίγο scrolling για να το δείτε) σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχουν sliders για τον έλεγχο των αθρήσεων του εκάστοτε ρομπότ. Παίξτε λίγο με τις επιλογές που δίνονται στο γραφικό περιβάλλον (αλλάξτε την προοπτική, τον φωτισμό, μετακινήστε/περιστρέψτε αντικείμενα, κλπ.). Μην ανησυχείτε αν «χαλάσετε» τον κόσμο, μπορείτε πάντα να τον ξαναοιζείτε από την αρχή. Πάνω αριστερά στο γραφικό περιβάλλον θα δείτε το εικονίδιο μιας κάμερας· πατώντας εκεί μπορούμε να αποθηκεύσουμε ένα screenshot του κεντρικού γραφικού παραθύρου. Ψάχνοντας στα plugins (από τις 3 τελείες πάνω δεξιά) το "Video Recorder", θα δείτε πώς μπορείτε να καταγράψετε βίντεο.

Gazebo Models

Κάθε φυσική οντότητα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε μια προσομοίωση στο Gazebo, από ένα απλό γεωμετρικό αντικείμενο μέχρι ένα πολύπλοκο ρομποτικό σύστημα, ονομάζεται μοντέλο (model). Κάθε κόσμος αποτελείται από ένα ή περισσότερα τέτοια μοντέλα. Ακόμη και το έδαφος στην προσομοίωση είναι ένα τέτοιο μοντέλο! Κάθε μοντέλο περιλαμβάνει πληροφορία σχετικά με τις δυναμικές, κινητικές, γραφικές ιδιότητες της οντότητας που περιγράφει, καθώς και τα όποια πρόσθετα (plugins) επηρεάζουν την συμπεριφορά του. Παραδείγματα μοντέλων (από κόσμους που έχετε ανοίξει) θα βρείτε κάτω από τον φάκελο \$HOME/.gz/fuel/. Κάθε μοντέλο model έχει τον δικό του υποφάκελο που περιλαμβάνει τα εξής:

- model.sdf: (υποχρεωτικά) περιγραφή σε Simulator Description Format [<http://sdformat.org>]
- model.config (προαιρετικά): αρχείο xml με βασικές πληροφορίες για το μοντέλο
- meshes (προαιρετικά): φάκελος με αρχεία COLLADA και STL για το μοντέλο
- materials (προαιρετικά): φάκελος με υφές, εικόνες και OGRE scripts για το μοντέλο
- thumbnails (προαιρετικά): φάκελος με εικονίδια για το μοντέλο

Το βασικό αρχείο .sdf περιγράφει με xml tags τα στοιχεία που μας ενδιαφέρουν: συμπαγή τμήματα, γεωμετρία, μάζες, μεγέθη, αρθρώσεις, αδρανειακές ιδιότητες, γεωμετρία συγκρούσεων, κλπ.

Πειραματισμός

Αρχικά, εξοικειωθείτε με το γραφικό περιβάλλον του προσομοιωτή μέσω των [GUI tutorials](#), εκτελώντας βήμα-βήμα τις διαδικασίες που περιγράφονται στις ενότητες [Understanding the GUI](#), [Manipulating Models](#), [Model Insertion from Fuel](#). Όπως θα διαπιστώσετε, υπάρχει ένα μεγάλο αποθετήριο μοντέλων, τα οποία είναι διαθέσιμα στους χρήστες του προσομοιωτή: <https://app.gazebosim.org/fuel/models>.

Κατόπιν, εξασκηθείτε στη δημιουργία ρομποτικών μοντέλων μέσω του tutorial [Building Your Own Robot](#), ακολουθώντας τα βήματα που περιγράφονται αναλυτικά, για να φτιάξετε το μοντέλο ενός απλού δίτροχου ρομπότ. Μπορείτε να αντιγράψετε από το tutorial τα τμήματα κώδικα που χρειάζονται σε κάθε βήμα. Μπορείτε επίσης να παρακολουθήσετε και το σχετικό walk-through video που βρίσκεται στο τέλος του εν λόγω tutorial. Φροντίστε να αποθηκεύσετε το μοντέλο σας σε κάποιον δικό σας φάκελο, όπου θα έχετε όλα τα σχετικά αρχεία.

Προχωρήστε στην ενσωμάτωση της δυνατότητας κίνησης στο ρομποτικό μοντέλο σας, εκτελώντας τα βήματα που περιγράφονται στην ενότητα [Moving the robot](#). Στην πράξη, θα δείτε πώς γίνεται να προσθέσετε διαφορική κίνηση στους τροχούς και να ελέγξετε τελικά την κίνηση του ρομπότ από το πληκτρολόγιο μέσω μηνυμάτων. Και εδώ, μπορείτε να παρακολουθήσετε το σχετικό walk-through video.

Στη συνέχεια, εξασκηθείτε στην δημιουργία κόσμων (περιβαλλόντων), ακολουθώντας τις οδηγίες που παρέχονται στην ενότητα [SDF Worlds](#). Στον κόσμο που θα φτιάξετε φροντίστε να συμπεριλάβετε και το ρομποτικό μοντέλο που δημιουργήσατε νωρίτερα, πιθανότατα και σε πολλαπλά αντίγραφα. Φυσικά, μπορείτε να συμπεριλάβετε και οποιοδήποτε από τα έτοιμα μοντέλα θέλετε. Ο κάθε κόσμος αποθηκεύεται σε έναν δικό του φάκελο, σε όποιον δικό σας χώρο θέλετε. Για να τον ξανανοίξετε, θα πρέπει να δώσετε στο command line την εντολή `gz sim <path-to-my-world>/<my-world-name>.sdf`.

Τέλος, δώστε στοιχειώδη αυτονομία στο ρομπότ σας, ενσωματώνοντας κάποιους αισθητήρες, ώστε να μπορεί τουλάχιστον να αποφεύγει συγκρούσεις! Ακολουθήστε τα βήματα που περιγράφονται στην ενότητα [Sensors](#) για να ενσωματώσετε τρεις αισθητήρες (IMU, contact, lidar) και να πετύχετε την αποφυγή εμποδίων με το lidar. Και εδώ, μπορείτε να παρακολουθήσετε το σχετικό walk-through video.

Τα παραπάνω Tutorials δεν θα σας δυσκολέψουν ιδιαίτερα, καθώς οι οδηγίες που δίνονται στο κείμενο και στα βίντεο είναι αρκετά αναλυτικές. Στόχος είναι να γνωρίσετε τις δυνατότητες του προσομοιωτή.

Ασκήσεις

Τι;;; Πρέπει να κάνουμε και ασκήσεις τώρα; Δεν αρκούν τα παραπάνω; Βεβαίως και αρκούν!!! Και ελπίζω τα κάνετε όλα! Για να δώσετε όμως έναν πιο προσωπικό χαρακτήρα στην παραπάνω διαδικασία εκμάθησης του Gazebo, φροντίστε σε κάποια βήματα του κάθε tutorial να κάνετε μικρές παραλλαγές κατά την κρίση σας (διαφορετικά νούμερα, διαφορετικές διαστάσεις, διαφορετική γεωμετρία, διαφορετικά χαρακτηριστικά κόσμου, διαφορετικούς συντελεστές, ...), ώστε να αφήσετε την δική σας πινελιά στο μοντέλο, στον κόσμο, στην κίνηση και στη συμπεριφορά που θα δημιουργήσετε. Κάθε φορά που ολοκληρώνετε κάποια σημαντικά βήματα του κάθε tutorial, φροντίστε να βγάζετε ένα (ή περισσότερα) screenshot(s) για να μπορείτε να δείξετε τι ακριβώς κάνατε. Στο τέλος, καταγράψτε και ένα βίντεο με τη συμπεριφορά αποφυγής εμποδίων του ρομποτικού μοντέλου σας.

Αναφορά/Παράδοση/Βαθμολογία

Συγκεντρώστε και συμπίεστε τους δύο φακέλους με τα αρχεία xml κώδικα για το ρομποτικό μοντέλο και τον κόσμο προσομοίωσης αντίστοιχα που δημιουργήσατε. Επίσης, ενσωματώστε την ακολουθία από screenshots της εργασίας σας σε μια σύντομη αναφορά (αποκλειστικά σε PDF), όπου θα περιγράψετε τι κάνατε και ιδιαίτερα τις όποιες διαφοροποιήσεις από τα tutorials υιοθετήσατε. Παραδώστε κώδικα, αναφορά και βίντεο ως τρία ξεχωριστά αρχεία μέσω του eClass, επιλέγοντας τη σωστή εργαστηριακή άσκηση από την Ενότητα Εργασίες. Η βαθμολογία θα προκύψει από την πληρότητα της εργασίας σας.