



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧ/ΚΩΝ & ΜΗΧ/ΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

Μάθημα: "Ρομποτική II: Ευφυή Ρομποτικά Συστήματα" (8^ο εξάμηνο, Ακαδ. Έτος: 2021-22)

Διδάσκων: Κων/νος Τζαφέστας

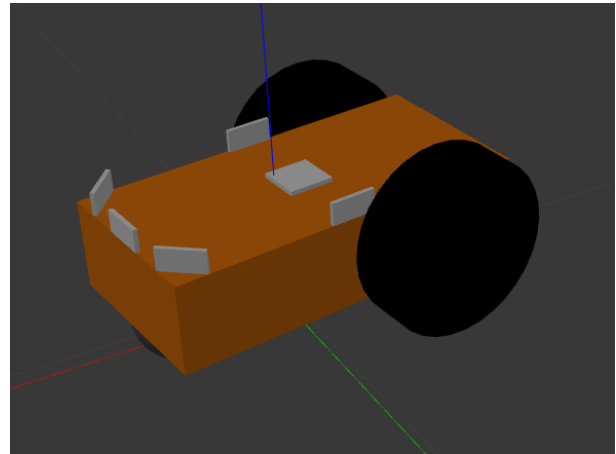
Εξαμηνιαία Εργασία 2:

Αυτοκινούμενα ρομπότ: Παρακολούθηση εμποδίου (Mobile robots: Wall Following)

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ

A. Το ρομπότ

Στην **Εικόνα 1** φαίνεται ένα ρομπότ διαφορικής οδήγησης (differential-drive) με δύο τροχούς διαμέτρου 20 cm το οποίο δημιουργήθηκε σε περιβάλλον προσομοίωσης. Η συγκεκριμένη ρομποτική διάταξη με διαστάσεις οι οποίες απεικονίζονται στην Εικόνα 2 σχεδιάστηκε και εξοπλίστηκε καταλλήλως για τους σκοπούς της παρούσας εξαμηνιαίας εργασίας με τους ακόλουθους αισθητήρες: (1) 5 αισθητήρες υπερήχων σόναρ, οι οποίοι μετρούν απόσταση από εμπόδια, καθώς και (2) ένα IMU (Inertial Measurement Unit) 9 βαθμών ελευθερίας, το οποίο μετράει στροφικές ταχύτητες, γραμμικές επιταχύνσεις, καθώς και περιστροφή γύρω από κάθε άξονα.



Εικόνα 1 - Mobile Robot (in Gazebo)

B. Πλαίσιο αναφοράς και διαστάσεις

Στην **Εικόνα 2** διακρίνεται το τοπικό πλαίσιο αναφοράς του ρομπότ, καθώς και τα μεγέθη που το χαρακτηρίζουν. Επισημαίνεται ότι είναι συμμετρικό ως προς το τοπικό επίπεδο xz.

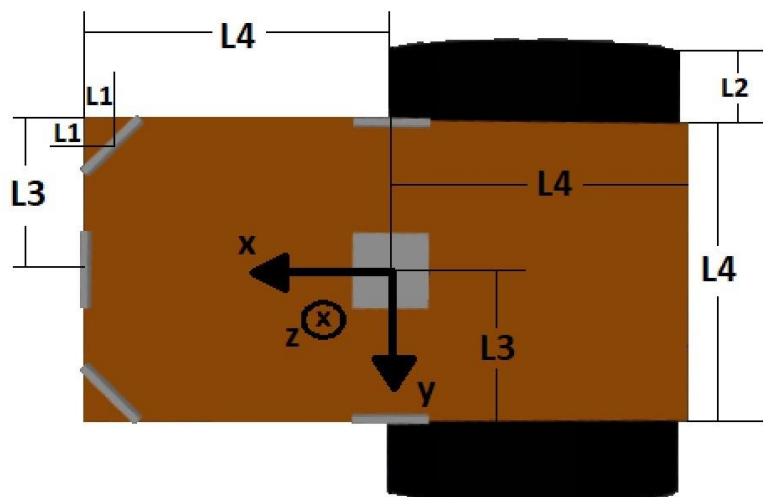
Οι τιμές των μεγεθών είναι:

$$L1 = 0.018 \text{ m}$$

$$L2 = 0.05 \text{ m}$$

$$L3 = 0.1 \text{ m}$$

$$L4 = 0.2 \text{ m}$$



Εικόνα 2 - Scheme Design

Γ. Εκτέλεση προγραμμάτων

Η εκτέλεση προγραμμάτων ελέγχου του ρομπότ γίνεται σε περιβάλλον *ROS (Robot Operating System)*. Το λογισμικό περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών ROS είναι μια συλλογή από εργαλεία, βιβλιοθήκες και συμβάσεις εργασίας η οποία έχει ως βασικό στόχο να απλοποιήσει τη δημιουργία σύνθετου και αξιόπιστου ρομποτικού λογισμικού, διευκολύνοντας επιπλέον τη φορητότητα, τη διαλειτουργικότητα και το διαμοιρασμό κώδικα.

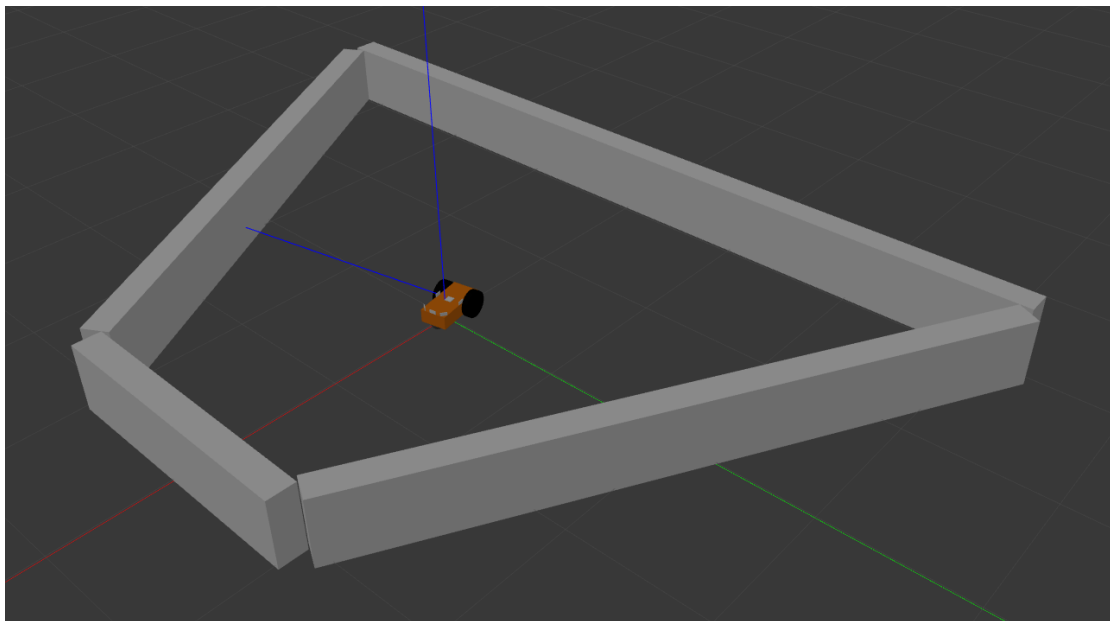
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ

Η προγραμματιστική υλοποίηση για τις ανάγκες εκπόνησης της εργασίας μπορεί να γίνει με χρήση του περιβάλλοντος προσομοίωσης «*gazebo*»: <http://gazebo.org/>

Το συγκεκριμένο περιβάλλον προσομοίωσης παρέχει ρεαλιστικές υλοποιήσεις ενός μεγάλου αριθμού ρομποτικών διατάξεων και μπορεί ως εκ τούτου να χρησιμοποιηθεί (αντί ή συμπληρωματικά/προκαταρκτικά μιας πειραματικής/εργαστηριακής υλοποίησης επί του πραγματικού ρομπότ) για την ανάπτυξη και δοκιμή των προγραμμάτων ελέγχου του ρομπότ και την ολοκλήρωση των στόχων της εργασίας που περιγράφονται ακολούθως. Ο συγκεκριμένος τύπος προσομοιωτή έχει την δυνατότητα συνεργασίας με το *ROS*.

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Στόχος της εργασίας είναι η υλοποίηση ενός αλγορίθμου για την παρακολούθηση εμποδίου, το οποίο φαίνεται στην **Εικόνα 3**, εκτελώντας μια πλήρη περιφορά με παράλληλη κίνηση στα εμπόδια, και διατηρώντας σταθερή απόσταση (της επιλογής σας) από αυτά, χρησιμοποιώντας την προαναφερθείσα ρομποτική διάταξη.



Εικόνα 3 - The robot surrounded by obstacles (in Gazebo)

Κάθε ομάδα προτού εκτελέσει τον αλγόριθμο καλείται να μεταβάλλει κάποιες παραμέτρους αρχικοποίησης, βάσει του τελευταίου ψηφίου του αριθμού μητρώου κάθε μέλους της. Πιο συγκεκριμένα, έστω ότι το τελευταίο ψηφίο του συνεργάτη 1 είναι $X1$, ενώ για τον συνεργάτη 2 είναι $X2$. Τότε ο κωδικός αριθμός της ομάδας είναι το άθροισμά τους:

$$X = X1 + X2$$

Βάσει αυτού θα μεταβληθούν τα εξής:

1. Αρχικός προσανατολισμός του ρομπότ (περιστροφή ως προς τον άξονα z):
 $angle = \text{mod}(X, \pi) \text{ (in rad)}$

Για τη μεταβολή του αρχικού προσανατολισμού (ως προς τον άξονα z) του ρομπότ, ανοίγουμε το αρχείο **mymobibot_world_wf.launch** στο φάκελο:
`~/catkin_ws/src/mymobibot/mymobibot_gazebo/launch/`

και θέτουμε την τιμή *angle* που υπολογίσαμε παραπάνω στην εντολή:
`<arg name="yaw_init" default="angle" />`

2. Φορά περιστροφής: Βάσει του κωδικού αριθμού της ομάδας Χ, καθορίζεται και η φορά με την οποία θα πραγματοποιηθεί η παρακολούθηση του εμποδίου. Πιο συγκεκριμένα αν το Χ είναι ζυγός αριθμός τότε η παρακολούθηση θα γίνει με ωρολογιακή φορά (CW) ως προς το παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων, ενώ αν είναι περιττός με αντι-ωρολογιακή (CCW).

A. Θεωρητική Ανάλυση

Να περιγραφεί αναλυτικά ένας τρόπος εφαρμογής της θεωρητικής μεθοδολογίας για την παρακολούθηση εμποδίου από το αυτοκινούμενο ρομπότ με επενέργεια στη γραμμική και γωνιακή ταχύτητά του και χρήση των διαθέσιμων αισθητηριακών εισόδων.

B. Προσομοίωση

Να υλοποιηθεί η μέθοδος αυτή για το συγκεκριμένο πρόβλημα, και να γίνει η προσομοίωσή της. Εκτός της απεικόνισης του ρομπότ κατά την εκτέλεση της απαιτούμενης εργασίας, να γίνει καταγραφή στο χρόνο διαφόρων άλλων μεταβλητών τις οποίες κρίνετε σημαντικές για την καλύτερη αποτύπωση, επεξήγηση και αξιολόγηση της λειτουργίας του αλγορίθμου (όπως μετρήσεις ορισμένων αισθητήρων, ταχύτητες, κλπ.) ο σχολιασμός των οποίων θα γίνει εντός της αναφοράς.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ

Να παραδοθούν (σε ένα αρχείο .zip):

- (α) Αναφορά (PDF) με τη θεωρητική ανάλυση του προβλήματος και της μεθοδολογίας ελέγχου, καθώς και επεξήγηση των διαγραμμάτων εξόδου της προσομοίωσης
- (β) το πακέτο ROS που υλοποιήθηκε.

Σημείωση: Για οποιαδήποτε απορία απευθυνθείτε στο σχετικό φόρουμ που υπάρχει στη σελίδα του μαθήματος στο <https://helios.ntua.gr/>, αφού πρώτα αναζητήσετε στο αρχείο προηγούμενων ετών ενδεχόμενη απάντηση/λύση στο πρόβλημά σας.

Η αποστολή των εργασιών γίνεται αποκλειστικά μέσω του **helios**.

Μεταπτυχιακοί Συνεργάτες:

- Πάρης Οικονόμου oikonpar@mail.ntua.gr
- Αθανάσιος Δομέτιος athdom@mail.ntua.gr