



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

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

## Μάθημα: "Ρομποτική II: Ευφυή Ρομποτικά Συστήματα" (8<sup>ο</sup> εξάμηνο, Ακαδ. Έτος: 2018-19)

Διδάσκων: Κων/νος Τζαφέτσας

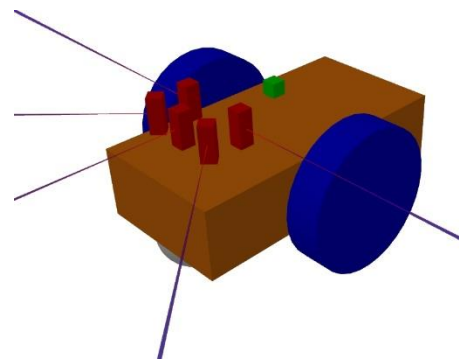
### Εξαμηνιαία Εργασία 2 (Μέρος Β):

**Εκτίμηση θέσης και προσανατολισμού κινούμενου ρομπότ σε γνωστό χάρτη (Mobile robot Localization)**

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ

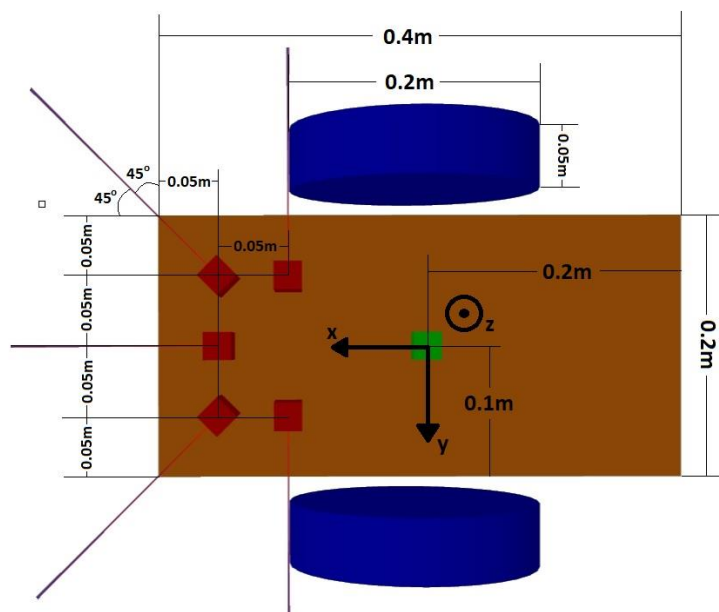
#### A. Το ρομπότ

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 τις ακόλουθους αισθητήρες: (1) 5 αισθητήρες υπερήχων σόναρ, οι οποίοι μετρούν απόσταση από εμπόδια, με μέγιστη δυνατότητα μέτρησης τα 2m, και θόρυβο που ακολουθεί **κανονική κατανομή με τυπική απόκλιση 0.01m**, καθώς και (2) ένα IMU (*Inertial Measurement Unit*) 6 βαθμών ελευθερίας, το οποίο μετράει γραμμικές επιταχύνσεις, γωνιακές ταχύτητες, καθώς και περιστροφή γύρω από κάθε άξονα, με θόρυβο μέτρησης που ακολουθεί **κανονική κατανομή με τυπική απόκλιση 0.002m/s<sup>2</sup>, 0.002rad/s, και 0.002rad**, αντιστοίχως.



Εικόνα 1 Ρομπότ Προσομοίωσης

#### B. Πλαίσια αναφοράς και διαστάσεις



Εικόνα 2 Διαστάσεις και πλαίσια αναφοράς της ρομποτικής διάταξης προσομοίωσης

## Γ. Εκτέλεση προγραμμάτων

Η εκτέλεση προγραμμάτων ελέγχου του ρομπότ γίνεται σε περιβάλλον ROS (*Robot Operating System*) το οποίο υποστηρίζεται από λειτουργικά συστήματα τύπου UNIX. Το πλαίσιο εργασίας ROS είναι μια συλλογή από εργαλεία, βιβλιοθήκες και συμβάσεις εργασίας η οποία έχει ως βασικό στόχο να απλοποιήσει την δημιουργία σύνθετου και αξιόπιστου ρομποτικού λογισμικού.

## ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

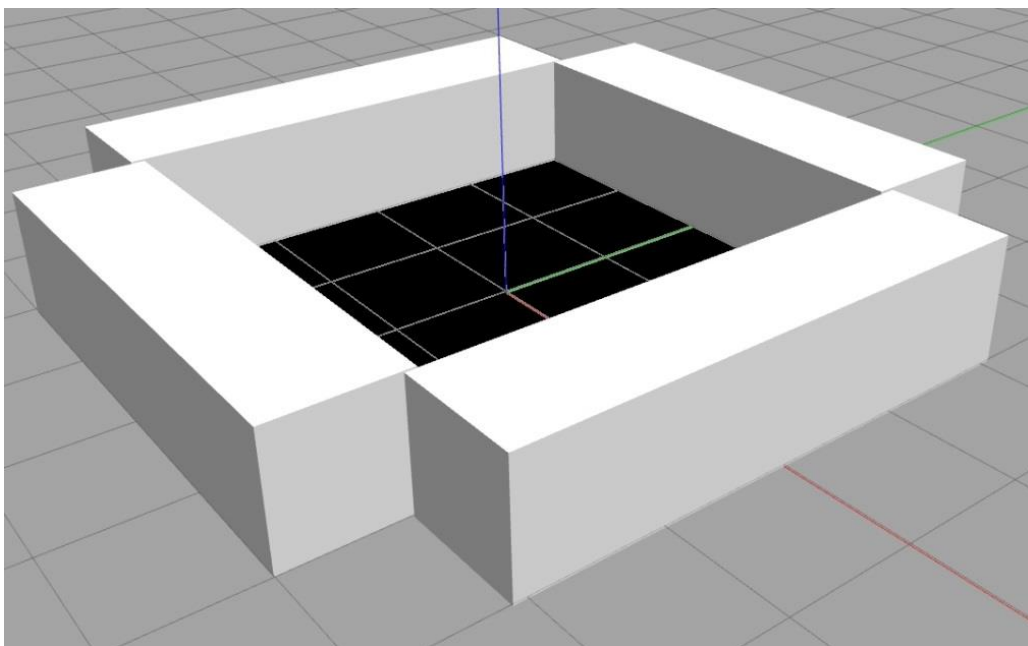
Η προγραμματιστική υλοποίηση για τις ανάγκες εκπόνησης της εργασίας θα γίνει με χρήση του περιβάλλοντος προσομοίωσης «**gazebo**»: <http://gazebo.org/>

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.

## ΣΤΟΧΟΣ-ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ

### Α. Στόχος

Στόχος της εργασίας είναι η υλοποίηση ενός αλγορίθμου για την *εκτίμηση της θέσης* του κινούμενου ρομπότ, το οποίο περιγράφηκε παραπάνω, μέσα σε ένα χώρο γνωστών διαστάσεων ο οποίος φαίνεται στην **Εικόνα 3**. Ο χώρος κίνησης έχει διάσταση 4m x 4m. Το ρομπότ θα εκτελεί *τυχαία κίνηση περιπλάνησης* (και αποφυγής εμποδίων-τοιχών) στον χώρο για χρονική διάρκεια τριών (3) λεπτών. Καλείστε να υλοποιήσετε έναν αλγόριθμο εκτίμησης θέσης και προσανατολισμού (**localization**) σε κάθε χρονικό βήμα της κίνησης, βασιζόμενο στην υλοποίηση ενός Επεκταμένου Φίλτρου Kalman (Extended Kalman Filter), κάνοντας χρήση του μοντέλου κίνησης διαφορικής οδήγησης με σύμμιξη αισθητηριακών πληροφοριών (sonar, IMU).



**Εικόνα 3** Διάταξη χώρου κίνησης στο περιβάλλον Gazebo

Η αρχική διάταξη του ρομπότ θα αρχίζει από την θέση  $(x,y) = (0,0)$ , η οποία θεωρείται ότι βρίσκεται στο κέντρο του χώρου κίνησης (στο μεσοδιάστημα της απόστασης μεταξύ των τοίχων που συνθέτουν την διάταξη του χώρου κίνησης). Κάθε ομάδα προτού εκτελέσει τον αλγόριθμο καλείται να μεταβάλλει τον αρχικό προσανατολισμό του ρομπότ, 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, ο αρχικός προσανατολισμός του ρομπότ (περιστροφή ως προς τον άξονα z) δίνεται από τη σχέση:

$$angle = mod(X, \pi) \text{ (in rad)}$$

Για τη μεταβολή του αρχικού προσανατολισμού (ως προς τον άξονα z) του ρομπότ, ανοίγουμε το αρχείο **mybot\_world.launch** στο φάκελο:

```
~/catkin_ws/src/mybot_ws/src/mybot_gazebo/launch/
```

και θέτουμε την τιμή *angle* που υπολογίσαμε παραπάνω στην εντολή:

```
<arg name="yaw" default="angle"/>
```

## B. Παραδοτέα

Να παραδοθούν:

(α) Συνοπτική αναφορά με την παρουσίαση και ανάλυση του αλγορίθμου που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε για την εκτίμηση της θέσης και του προσανατολισμού του ρομπότ, συνοδευόμενο από τα διαγράμματα που επιδεικνύουν την εξέλιξη στον χρόνο των μεταβλητών κίνησης  $(x,y,\theta)$  όπως αυτές εκτιμήθηκαν από τον αλγόριθμο σε αντιδιαστολή με την εκτίμηση της οδομετρίας όπως περιγράφεται στο παράρτημα της άσκησης, καθώς και

(β) το πακέτο ROS που υλοποιήθηκε σε γλώσσα C++ ή Python

Μεταπτυχιακοί Συνεργάτες:

- Αθανάσιος Δομέτιος [athdom@mail.ntua.gr](mailto:athdom@mail.ntua.gr)
- Παρασκευάς Οικονόμου [oikonpar@mail.ntua.gr](mailto:oikonpar@mail.ntua.gr)