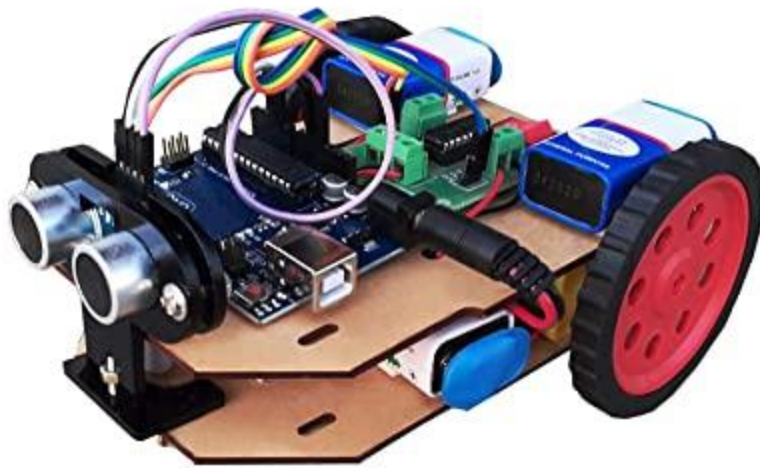


Ρομποτική II

2η εξαμηνιαία εργασία :

Αυτοκινούμενα ρομπότ :
Παρακολούθηση εμποδίου

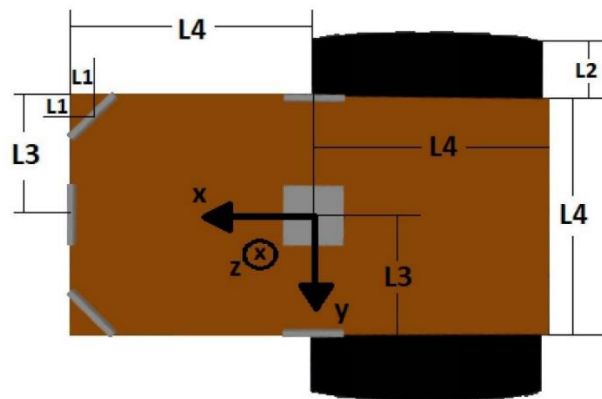


Περιεχόμενα

Περιγραφή Εργαστηρίου	3
Στόχος Εργαστηρίου	4
Θεωρητική Ανάλυση	5
Προσομοίωση	6

Περιγραφή Εργαστηρίου

Σε αυτό το εργαστήριο το ενδιαφέρον επικέντρωση σε ένα ρομπότ διαφορικής οδήγησης (differential-drive) με προσαρτημένους επάνω του διάφορους αισθητήρες για τον έλεγχο της κίνησής του. Για τις ανάγκες προσομοίωσης αυτού του εργαστηρίου δημιουργήθηκε στο περιβάλλον προσομοίωσης gazebo το ακόλουθως απεικονιζόμενο ρομπότ.



Εικόνα 1.Ρομπότ διαφορικής οδήγησης

Συγκεκριμένα, για τον έλεγχο της τροχιάς του διαθέτει τους ακόλουθους αισθητήρες :

- **5 αισθητήρες υπερήχων σόναρ** (για τη μέτρηση της απόστασης από εμπόδια)
- **1 IMU (Inertial Measurement Unit) 9 βαθμών ελευθερίας** (για τη μέτρηση στροφικών ταχυτήτων, γραμμικών επιταχύνσεων και περιστροφή γύρω από κάθε άξονα)

Οι θέσεις αυτών των αισθητήρων, όπως φαίνονται στην παραπάνω εικόνα, βρίσκονται σε αποστάσεις σύμφωνα με τις ακόλουθες τιμές των παραμέτρων L_i :

- $L_1 = 0.018 \text{ m}$
- $L_2 = 0.05 \text{ m}$
- $L_3 = 0.1 \text{ m}$
- $L_4 = 0.2 \text{ m}$

- Τροχοί Διαμέτρου : 20 cm

Στόχος Εργαστηρίου

Ο στόχος αυτού του εργαστηρίου είναι , λοιπόν, η υλοποίηση ενός αλγορίθμου έτσι ώστε το ρομπότ να εκτελεί κυκλική κίνηση μέσα στο χωρίο, που καθορίζεται από τα εμπόδια, σε παράλληλη διεύθυνση με αυτά, χωρίς να προκαλείται κάποια σύγκρουση με τα τοιχώματα.

Σε αυτή την προσομοίωση το ρομπότ πριν την εκτέλεση της εργασίας του τοποθετείται στο κέντρο της κατασκευής των τοιχωμάτων με αρχικό προσανατολισμό που καθορίζεται από το τελευταίο ψηφίο των Αριθμών Μητρώων μας. Συγκεκριμένα :

$$X = X_{AM1} + X_{AM2} \Leftrightarrow$$

$$X = 9 + 8 \Leftrightarrow$$

$$X = 17$$

Άρα, ο αρχικός προσανατολισμός του ρομπότ θα είναι σε γωνία angle από τον άξονα z, που δίνεται από τη σχέση :

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

$$\text{angle} = \text{mod}(17, \pi)$$

$$\text{angle} = 0.1416$$

Επιπλέον, μιας και ο αριθμός X είναι περιττός το ρομπότ καλείται να εκτελέσει κυκλική κίνηση με αντι-ωρολογιακή φορά

Θεωρητική Ανάλυση

Αρχικά ορίζεται ένα πολυώνυμο 3^{ου} βαθμού ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλότητα της κίνησης. Διαχωρίζουμε την ζητούμενη παρακολούθηση εμποδίου σε δύο υποεργασίες : μία ευθύγραμμη κίνηση του ρομπότ στο xy επίπεδο ,κίνηση παράλληλα στα εμπόδια, και μία στροφική κίνηση γύρω από τον κατακόρυφο άξονα z μέχρι την επιθυμητή διάταξη κίνησης. Για τις ανάγκες της πρώτης υποεργασίας αξιοποιούμε την εξίσωση ευθείας στον δισδιάστατο χώρο $y=ax$ όπου a είναι η κλίση της ευθείας η οποία δίνεται απο τον IMU αισθητήρα(`self.imu_yaw`). Συνεπώς , εφόσον γνωρίζουμε επιπλέον τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλεται η τιμή του x μέσω του πολυωνύμου παρεμβολής το y καθίσταται γνωστό και άρα με μία απλή παραγωγή είναι γνωστές και οι ζητούμενες ταχύτητες. Να σημειώσουμε πως στο κομμάτι αυτό της κίνησης η ταχύτητα γύρω απο τον z άξονα είναι μηδενική εφόσον δεν έχουμε περιστροφή. Η περιστροφή λοιπόν εμπίπτει στο δεύτερο κομμάτι της κίνησης όταν ικανοποιείται κάποια από τις ακόλουθες συνθήκες για μία απόσταση ασφαλείας που έχουμε ορίσει εμείς:

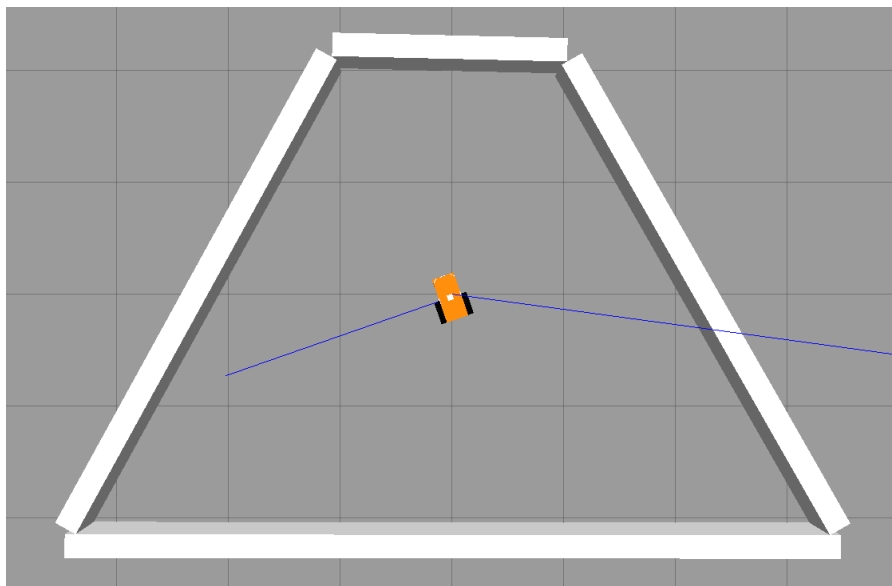
```
if (sonar_front < d_safe or  
    sonar_right<d_safe-0.2 or  
    sonar_frontright* cos(klish)-L1)<d_safe-0.2 )
```

Όλες οι συνθήκες προκύπτουν από την γεωμετρία του κινούμενου ρομπότ. Αξίζει να σταθούμε στην 3η συνθήκη σύμφωνα με την οποία για να είναι η κίνηση μας παράλληλη με τα εμπόδια θα πρέπει η x συνιστώσα της ένδειξης του `front_right` αισθητήρα μειωμένη κατά μία συγκεκριμένη τιμή ώστε το σημείο αναφοράς μας να βρίσκεται στην περίμετρο του ρομπότ να είναι ίση με την ένδειξη του δεξιού αισθητήρα. Εάν λοιπόν ικανοποιηθεί η `if` loop μεταβάλλεται η ταχύτητα γύρω από τον z άξονα (με αρνητικό πρόσημο ώστε να έχουμε anti-clockwise κίνηση) ενώ μηδενίζονται οι υπόλοιπες δύο γραμμικές συνιστώσες της ταχύτητας.

Προσομοίωση

Για την προσομοίωση της εργασίας του ρομπότ ακολουθήθηκε η λογική, που αναλύθηκε στη θεωρητική ανάλυση, δίνοντας τα ακόλουθα αποτελέσματα.

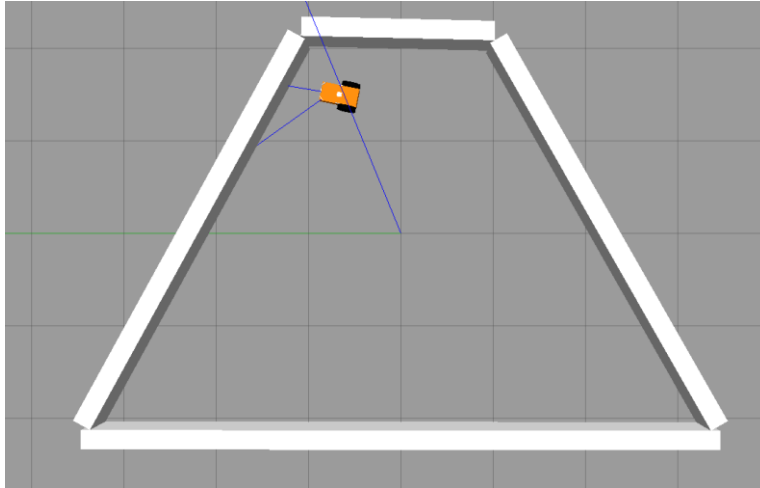
Για αρχή, με τα δεδομένα AM η θέση αρχικοποίησης του ρομπότ φαίνεται ακολούθως.



Εικόνα 2.Η θέση αρχικοποίησης του ρομπότ διαφορετικής οδήγησης

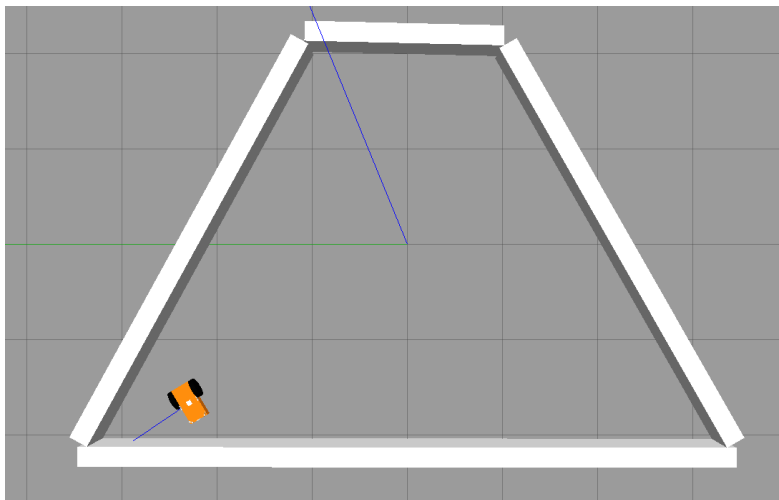
Ύστερα, το ρομπότ εκτελεί την αντι-ωρολογιακή κίνηση, που του ανατέθηκε, διανύοντας επαναληπτικά τα παρακάτω σημεία $(1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 1)$.

Wall Following 1 :



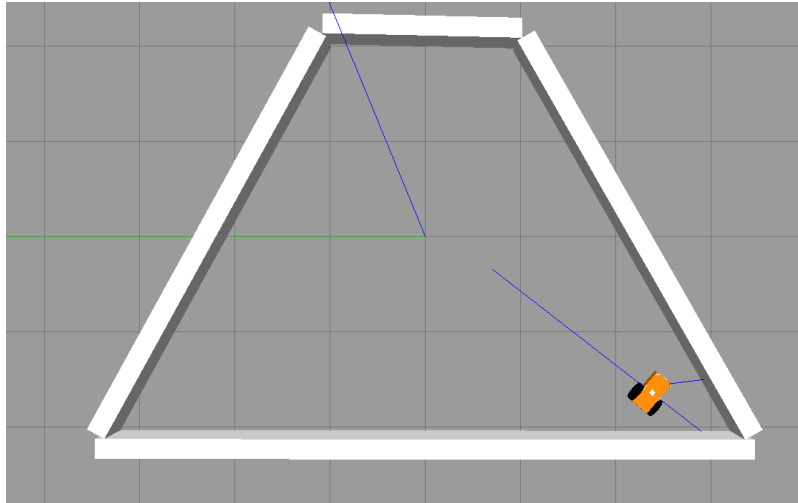
Εικόνα 3. Η θέση 1 του ρομπότ διαφορετικής οδήγησης

Wall Following 2 :



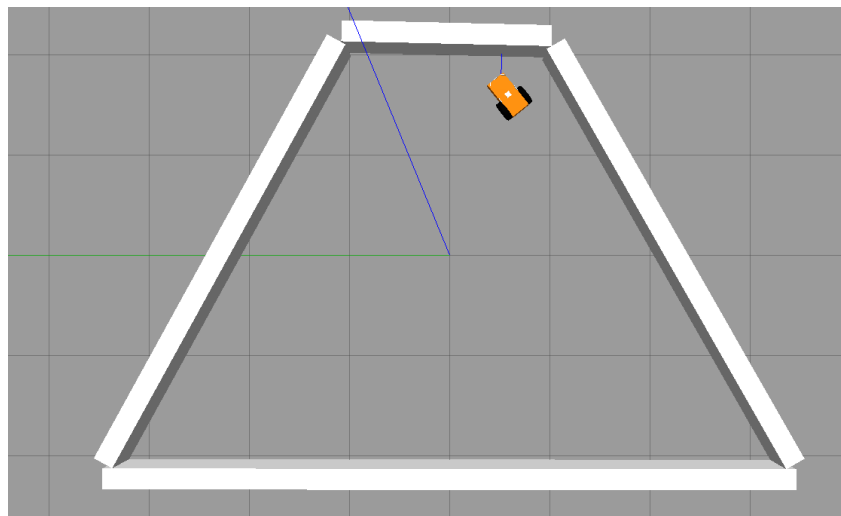
Εικόνα 4. Η θέση 2 του ρομπότ διαφορετικής οδήγησης

Wall Following 3 :



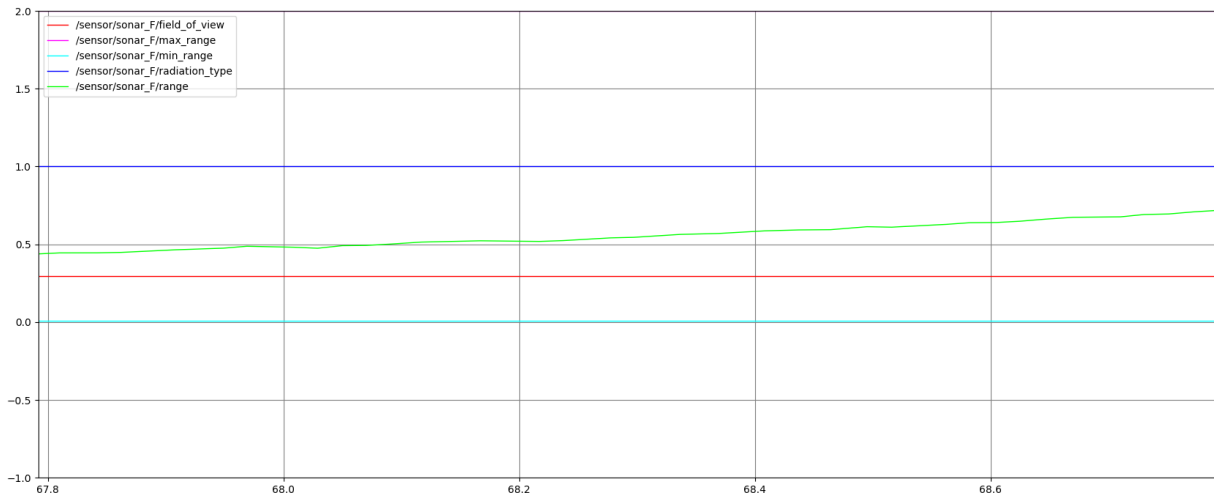
Εικόνα 5. Η θέση 3 του ρομπότ διαφορεικής οδήγησης

Wall Following 4 :

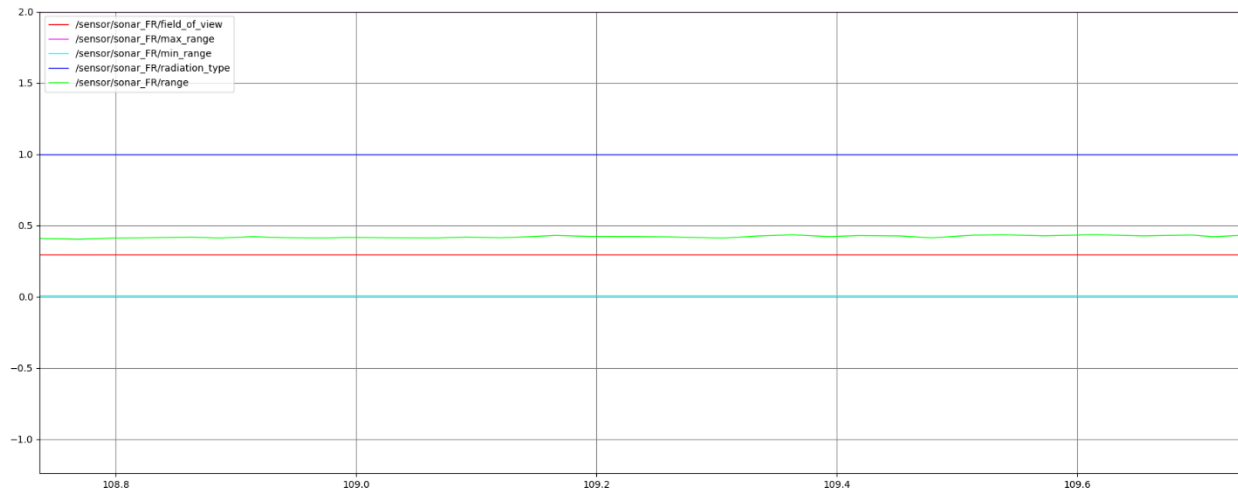


Εικόνα 6. Η θέση 4 του ρομπότ διαφορεικής οδήγησης

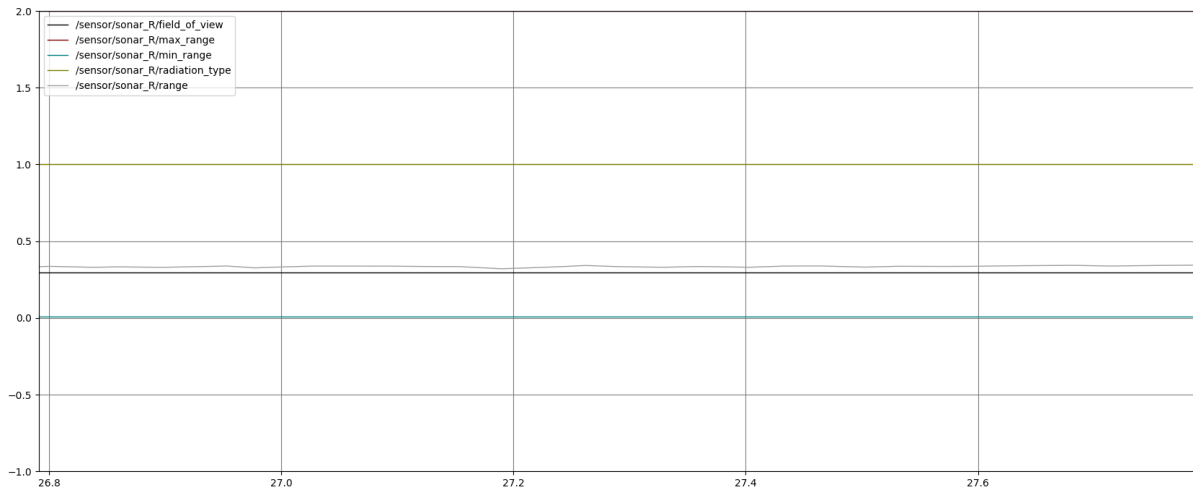
Με τη βοήθεια της `qt_plot` προκύπτουν οι ακόλουθες γραφικές παραστάσεις για κάποια ενδιαφέροντα μεγέθη, δηλαδή τις μετρήσεις των αισθητήρων, την ταχύτητα του ρομπότ και τη στροφή γύρω από τον άξονα z.



Εικόνα 7.Η γραφική παράσταση του μπροστά αισθητήρα sonar του ρομπότ

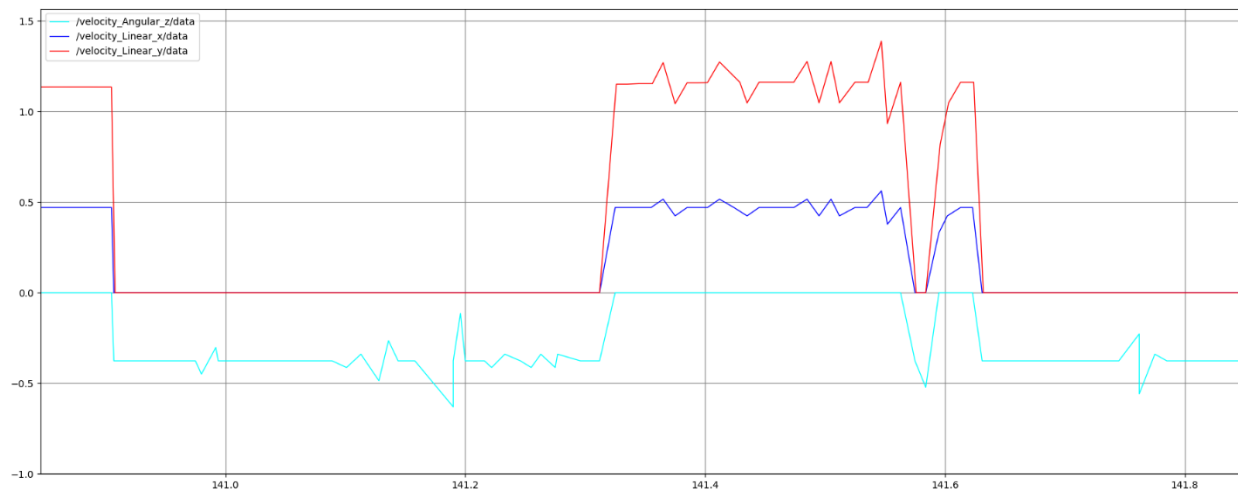


Εικόνα 8.Η γραφική παράσταση του μπροστά και δεξιά αισθητήρα sonar του ρομπότ



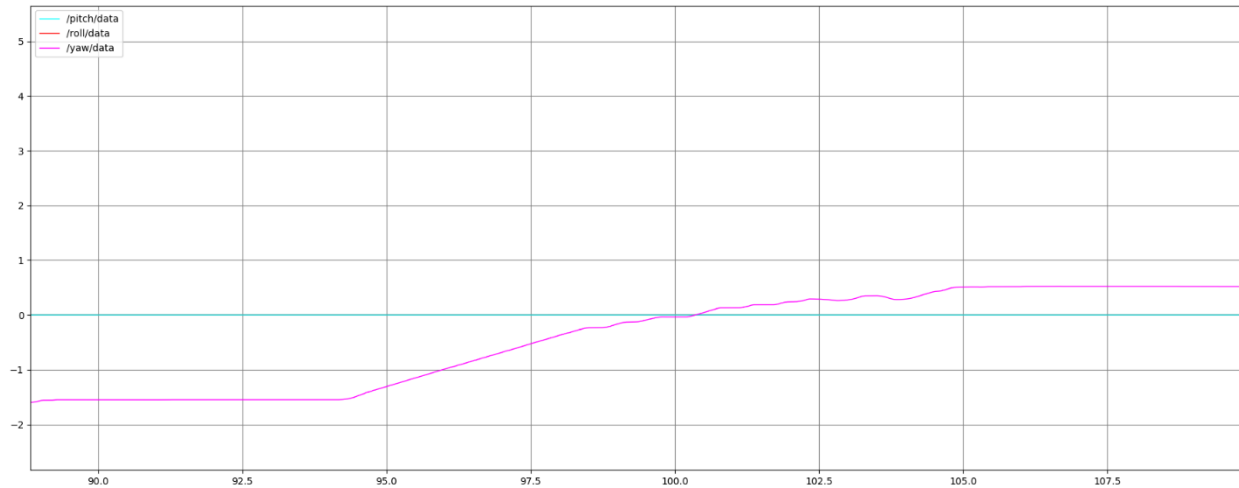
Εικόνα 9. Η γραφική παράσταση του δεξιού αισθητήρα sonar του ρομπότ

Από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις φαίνεται η λειτουργία των αισθητήρων sonar, που είναι τοποθετημένοι μπροστά και δεξιά στο ρομπότ. Επιλέχθηκαν αυτοί οι αισθητήρες μιας και το ρομπότ εκτελεί αντι-ωρολογιακή περιστροφή και είναι αυτοί που ελέγχουν τη θέση του ρομπότ για την αποφυγή των εμποδίων.



Εικόνα 10. Η γραφική παράσταση της ταχύτητας του ρομπότ διαφορικής οδήγησης

Από την παραπάνω γραφική παράσταση φαίνονται οι απότομες μεταβολές στην ταχύτητα του ρομπότ. Αυτές οι απότομες μεταβολές οφείλονται στον έλεγχο της θέσης του μιας και το ρομπότ σε αυτές τις περιπτώσεις θα πλησίαζε πολύ κοντά στα τοιχώματα με αποτέλεσμα την απότομη μείωση της ταχύτητας για να αποφευχθεί η σύγκρουση.



Εικόνα 11. Η γραφική παράσταση της στροφής γύρω από τον άξονα z του ρομπότ διαφορικής οδήγησης

Από την παραπάνω γραφική παράσταση φαίνονται οι μεταβολές στην γωνιακή ταχύτητα γύρω από το άξονα z. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, η γωνιακή ταχύτητα για μεγάλο χρονικό διάστημα παραμένει σταθερή, λόγω ευθύγραμμης κίνησης του ρομπότ. Σε ορισμένα σημεία, όμως, παρατηρείται μεταβολή ως προς τη γωνιακή ταχύτητα, που οφείλεται σε στροφή του ρομπότ μιας και το ρομπότ πλησίασε πολύ κοντά σε τοίχωμα και πρέπει να εκτελέσει περιστροφή για να αποφευχθεί η σύγκρουση.