

ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ II

8ο ΕΞΑΜΗΝΟ 2019-2020

2η Εξαμηνιαία Εργασία(Part A)

Καθηγητής: Κωνσταντίνος Τζαφέστας

Φοιτητές: Γεώργιος-Ταξιάρχης Γιαννιός, Α.Μ.:03116156

gianniosgeorgios45@gmail.com

Δημήτριος Κρανιάς,

Α.Μ.:03116030

dimitriskranias@gmail.com

Ομάδα: 5

A. Θεωρητική Ανάλυση

Αρχικά, προτού εκτελεστεί ο αλγόριθμος, μεταβάλαμε τον αρχικό προσανατολισμό (ως προς z) βάσει των τελικών ψηφίων των επιμέρους Α.Μ. Πιο ειδικά

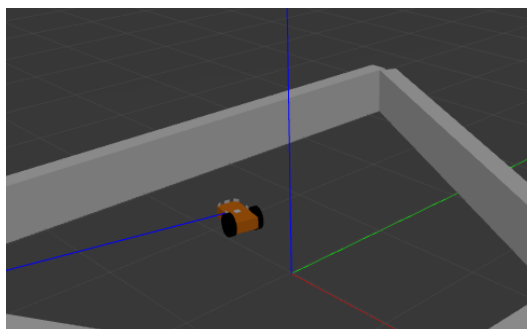
$$X = 6 + 0 = 6$$

$$\text{angle} = \text{mod}(6, \pi) \approx 2.86$$

,ενώ η κίνηση θα γινόταν στο εξής αριστερόστροφα (CCW)

Για να προσομοιώσουμε την παράλληλη κίνηση του οχήματος με τα εμπόδια, υλοποιήσαμε έναν αλγόριθμο αποφυγής εμποδίου, που αποτελείται από **3 καταστάσεις (states)**, καθεμία από τις οποίες έχει διαφορετικές τιμές τόσο στη γραμμική ταχύτητα x, όσο και γωνιακή z.

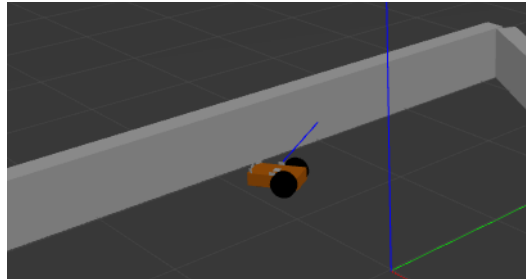
State 1 (Προσέγγιση Εμποδίου από Αρχική Κατάσταση):



Εικόνα 1: Κίνηση στο State 1

Η πρώτη κατάσταση αφορά την κίνηση από το κέντρο (που βρισκόμαστε στην αρχή) έως να πλησιάσουμε τον τοίχο μέχρι ένα σημείο που ορίσαμε εμείς. Σε αυτή την κατάσταση έχουμε μόνο μια **σταθερή γραμμική** ταχύτητα ως προς τον άξονα x και **μηδενική γωνιακή** ταχύτητα ως προς τον z, ενώ παράλληλα λαμβάνουμε υπόψιν την τιμή του Front Sensor (για να μεταβούμε στην επόμενη κατάσταση).

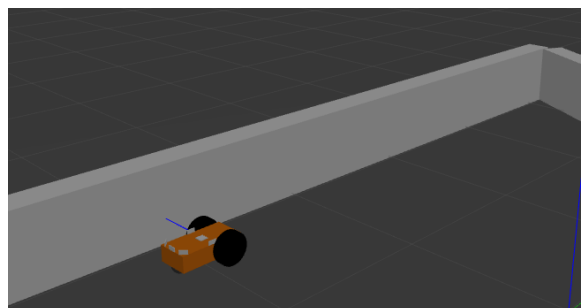
State 2 (Στροφή)



Εικόνα 2: Κίνηση στο State 2

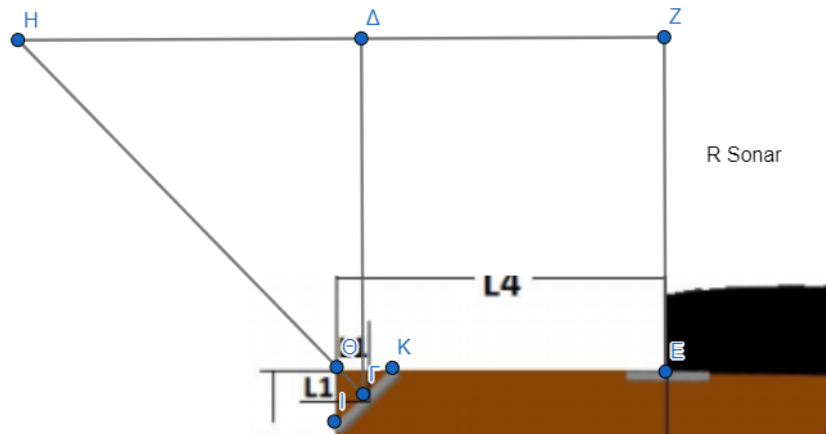
Αν φτάσουμε σε απόσταση μικρότερη του 0.5 (για το front sonar) από τον τοίχο, θα μπούμε στην δεύτερη κατάσταση. Σε αυτήν ελαττώνουμε την ταχύτητα ως προς τον άξονα x και αρχίζουμε να στρέφουμε το όχημα μέχρι αυτό περίπου να ευθυγραμμιστεί με τον τοίχο. Αυτή η κατάσταση, θα χρησιμοποιείται κάθε φορά που θέλουμε να στρέψουμε αρκετά το όχημα. Όταν οι αποστάσεις του right και front-right συν κάποιες σταθερές γίνουν μικρότερες του front sonar, τότε αυτό σημαίνει ότι έχουμε επαρκή χώρο στην ευθεία, οπότε περνάμε στην τρίτη κατάσταση.

State 3 (Wall Following σε Ευθεία):



Εικόνα 3: Κίνηση στο State 3

Target Distances:



Στο τρίγωνο $\Theta ΙΚ$ (ισοσκελές) , το ευθύγραμμο τμήμα $\Theta Γ$ είναι διάμεσος(Γ -αισθητήρας στο μέσο του $ΙΚ$) και ύψος ($\Theta Γ \perp ΙΚ$ και $\Theta Γ = 90$ μοίρες). Οπότε είναι και διχοτόμος της γωνίας $\Theta ΙΚ$. Συνεπώς, $\Theta Ι Γ = \Gamma Θ Κ = 45$ μοίρες.

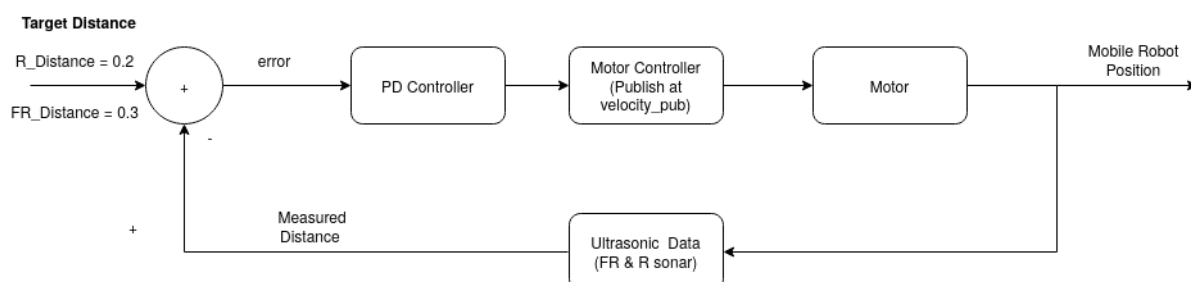
Οι γωνίες ΔΗΓ και ΓΘΚ είναι ίσες ως εντός εκτός επί-ταυτά. Άρα ΔΗΓ = 45 μοίρες. Συνεπώς αν ΕΖ = Rsonar, ΗΓ = FRsonar:

$$\sin(45^\circ) = \frac{\Delta\Gamma}{H\Gamma} = \frac{R_{sonar} + L1}{FR_{sonar}} \Rightarrow FR_{sonar} = 2 \frac{0.2 + 0.018}{\sqrt{2}} = 0.3082 \approx 0.3$$

οπότε σαν target distance κατά το wall following θα έχουμε:

- $R_{\text{sonar}} = 0.2$
- $FR_{\text{sonar}} = 0.3$

Οπότε, προκειμένου να επιτύχουμε ευθύγραμμη πορεία, παράλληλα με τον τοίχο, απαιτούμε οι αισθητήρες να έχουν τις παραπάνω τιμές. Για να επιτευχθεί αυτό προφανώς θα χρειαστεί ελεγκτής και για τις δυο παραπάνω τιμές. Η διαδικασία περιγράφεται απο το ακόλουθο σχήμα:



Στην τρίτη κατάσταση, αυξάνουμε πάλι την γραμμική ταχύτητα (του άξονα x) και χάρη σε έναν PD-ελεγκτή (βλ Σχήμα) χειριζόμαστε την γωνιακή ταχύτητα (του άξονα z). Αν η απόσταση τουλάχιστον ενός από τους right, front-right αισθητήρες συν τις ίδιες σταθερές γίνει μεγαλύτερη του front αισθητήρα, τότε επιστρέφουμε πάλι στην κατάσταση 2. Αυτό συμβαίνει επειδή πλησιάζουμε σε κάποιον τοίχο και πρέπει να στρέψουμε το όχημα.

Να τονιστεί ότι η απόσταση από τον τοίχο δεν μπορεί να μείνει σταθερή όταν στρέφουμε το όχημα (επειδή αλλάζει ο τοίχος τον οποίο θέλουμε να ακολουθήσουμε και μας ενδιαφέρει η αλλαγή προσανατολισμού), αλλά στις υπόλοιπες περιπτώσεις (δηλαδή στην τρίτη κατάσταση) επιτυγχάνει μια ασφαλή και αρκετά σταθερή απόσταση από τον τοίχο χάρη στον PD-ελεγκτή.

B. Προσομοίωση

Να σημειωθεί ότι όλα τα παραπάνω θεωρητικά στοιχεία, ενσωματώθηκαν στον κώδικα, αλλά έγιναν επίσης και οι κάτωθι παραδοχές για την επιτυχή εκτέλεση:

Στην τρίτη κατάσταση (state 3), προσθέτουμε στο dt του D όρου του ελεγκτή έναν μικρό αριθμό (10^{-9}), για να αποφύγουμε μηδενισμό του παρονομαστή, κάτι που συνέβη 1-2 φορές κατά τις προσομοιώσεις μας.

Επειδή ορισμένες φορές ο PD ελεγκτής υπολόγιζε και έστειλε μεγάλες ¹ τιμές στον publisher της γωνιακής ταχύτητας (angular z), κρίθηκε αναγκαίο να περιορίσουμε το εύρος τιμών που αποστέλλει στο [-0.5, 0.5].

Γραφικές Παραστάσεις:

Προκειμένου να απεικονίσουμε κάποια **errors** (Target Distances - Measured Distances) αλλά και την **γραμμική ταχύτητα** κατά x, δημιουργήσαμε 3 topics (βλ `__init__(self,rate)`), ώστε να κάνουμε publish τις τιμές των μεταβλητών και να πάρουμε τα γραφικά αποτελέσματα.

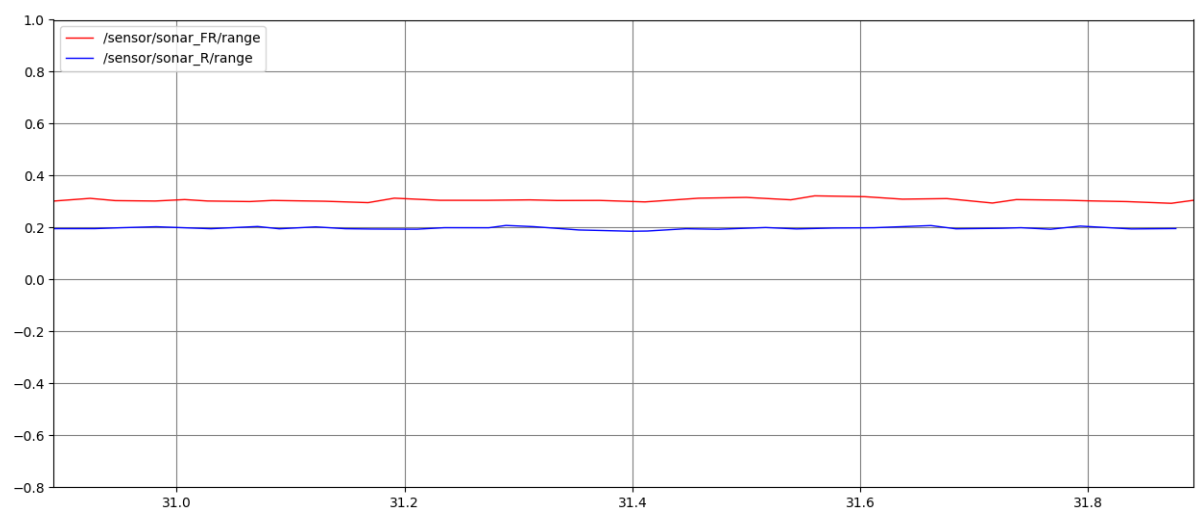
¹ Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι οι αποστάσεις που διαβάσαμε από τους αισθητήρες (σε ορισμένες χρονικές στιγμές) δεν ήταν αντιπροσωπευτικές.

Με τη χρήση της εντολής:

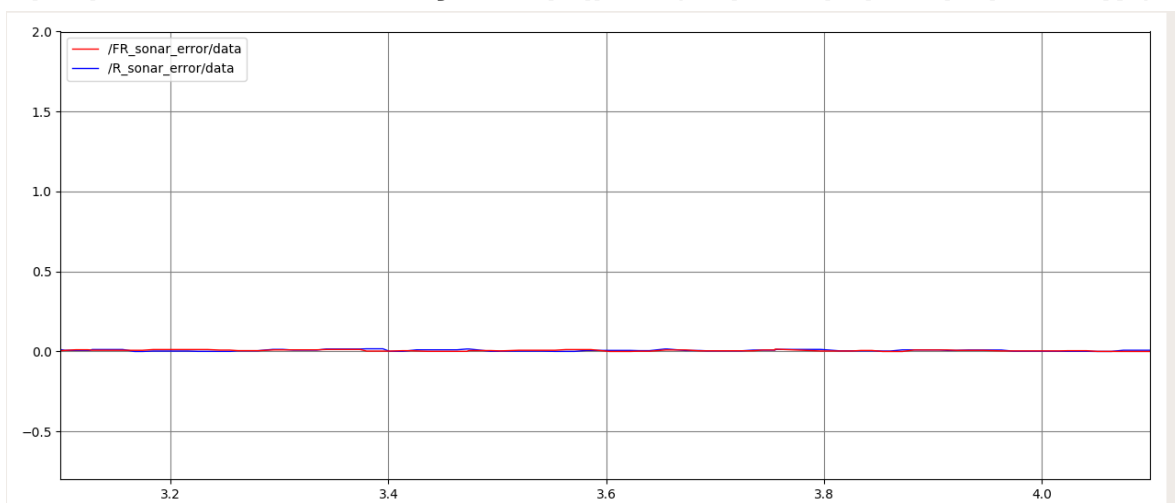
```
$ rqt_plot rqt_plot
```

απεικονίσαμε γραφικά την απόσταση από τον τοίχο. Έτσι στα ακόλουθα διαγράμματα απεικονίζεται η απόσταση των R_sonar, FR_sonar καθώς και η απόλυτη τιμή του σφάλματος για τις δύο αυτές “μεταβλητές”:

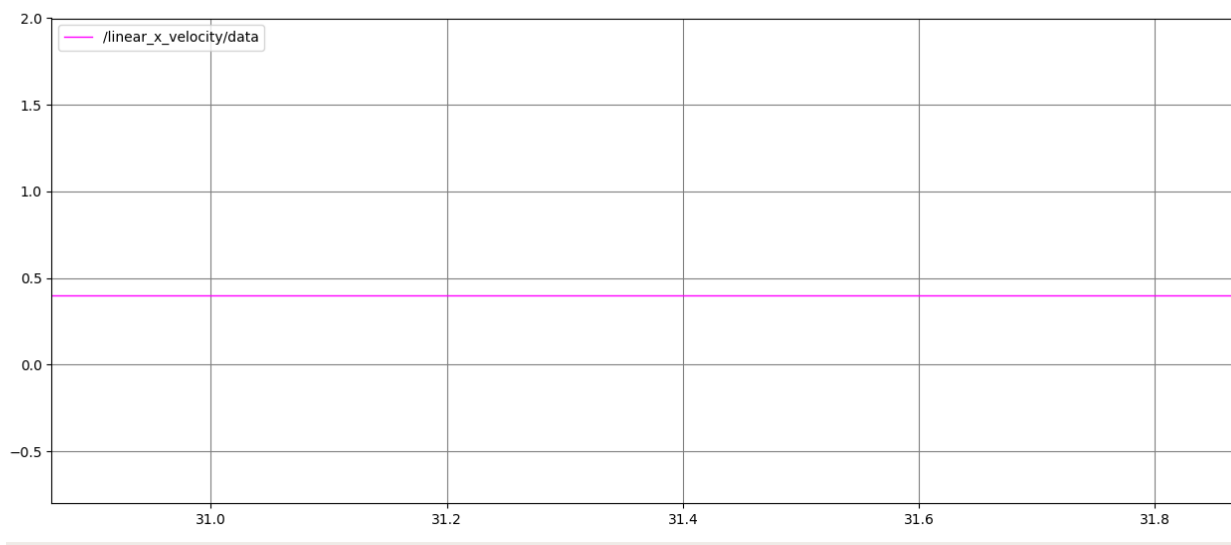
Μετρούμενες αποστάσεις Αισθητήρων (Παράλληλη κίνηση σε τοίχο)



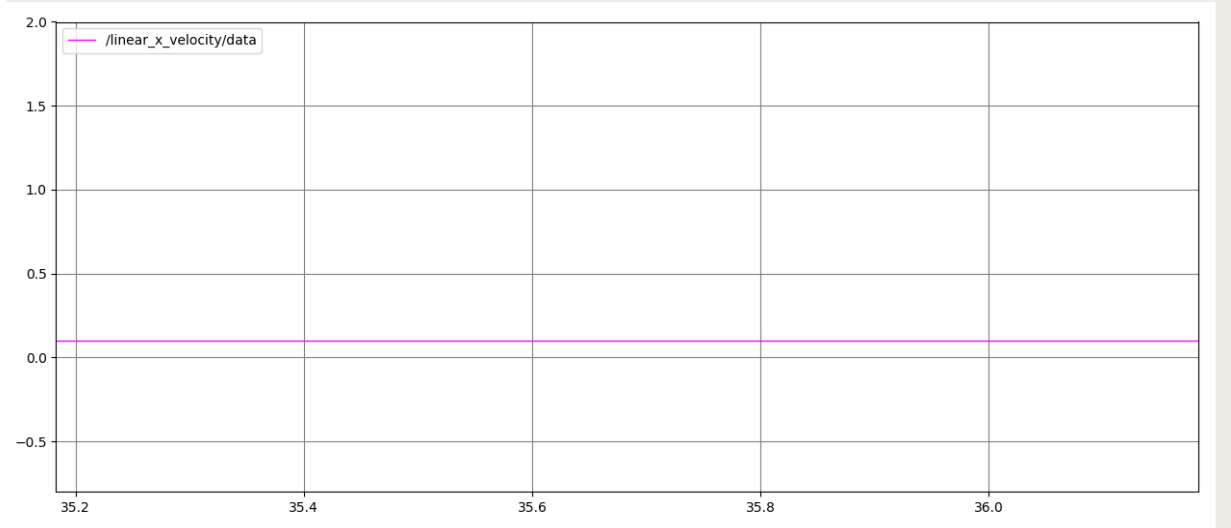
Σφάλματα απο αποστάσεις Αισθητήρων (Παράλληλη κίνηση σε τοίχο):



Γραμμική Ταχύτητα κατά x (Ευθεία Κίνηση):



Γραμμική Ταχύτητα κατά x (Στροφή):



Πηγές- Χρήσιμα Links:

Βασική Ιδέα:

<https://www.theconstructsim.com/wall-follower-algorithm/>

Υλοποίηση PID:

<https://onion.io/2bt-pid-control-python/>

https://en.wikipedia.org/wiki/PID_control