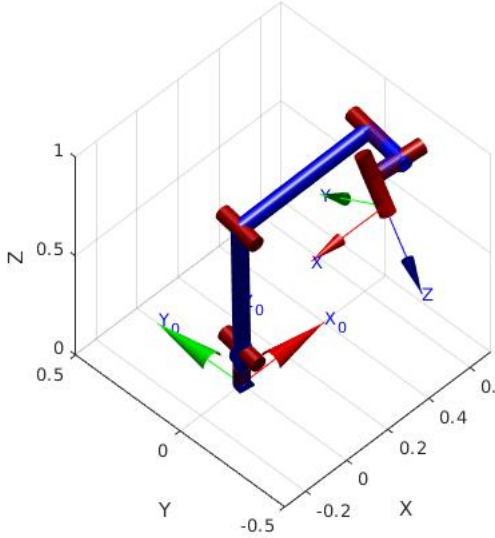
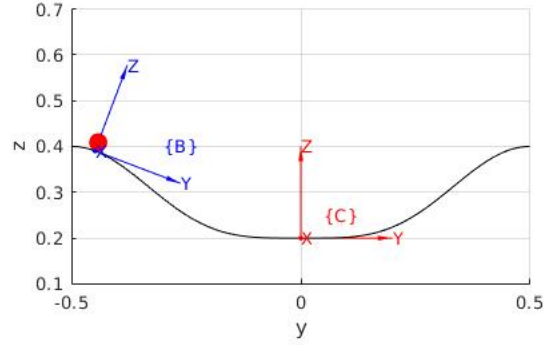


Τμήμα Α



Σχήμα 1:



Σχήμα 2:

Έστω ο βραχίονας ur10e 6 βαθμών ελευθερίας, του οποίου το κινηματικό μοντέλο δίνεται για το robotics toolbox χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση

$$\text{robot} = \text{mdl_ur10e}()$$

Οι αρχικές τιμές των αρθρώσεων είναι

$$q_0 = [-0.140 \quad -1.556 \quad -1.359 \quad 1.425 \quad -1.053 \quad -1.732] \text{ rad}$$

όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Ο βραχίονας δέχεται εντολές ταχύτητας αρθρώσεων $\dot{q}_r \in \mathbb{R}^6$ με το αδρανειακό πλαίσιο $\{0\}$ στη βάση του και $\{E\}$ το πλαίσιο του άκρου. Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόλυτη ταχύτητα των αρθρώσεων είναι:

$$\dot{q}_{r,max} = [120 \quad 120 \quad 180 \quad 180 \quad 180 \quad 180]^\circ / \text{sec}$$

ενώ η μέγιστη επιτάχυνση είναι 250 rad/s^2 .

Έστω το πλαίσιο μιας σταθερής κάμερας $\{C\}$ το οποίο είναι τοποθετημένο στη θέση $p_{0C} = [0.4 \quad 0 \quad 0.2]^T$ με προσανατολισμό $R_{0C} = I_3$ όπου I_3 ο μοναδιαίος πίνακας διάστασης 3 όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.

Στον χώρο εργασίας του βραχίονα κινείται μια σφαίρα ακτίνας $r = 2 \text{ cm}$ λόγω του βάρους της πάνω στην καμπυλωτή τσουλήθρα που βρίσκεται στο επίπεδο $x = 0.4$ του $\{0\}$ όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Τοποθετούμε το πλαίσιο επαφής $\{B\}$ στο σημείο επαφής της σφαίρας με την τσουλήθρα έτσι ώστε ο άξονας \bar{z} του πλαισίου $\{B\}$ να είναι κάθετος στην επιφάνεια επαφής και ο \bar{y} εφαπτόμενος όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Την χρονική στιγμή $t = 0$ ο άξονας \bar{y} του $\{B\}$ βρίσκεται στην κατεύθυνση $[0 \quad 0.9351 \quad -0.3543]^T$.

Η θέση $p_{CB}(t) \in \mathbb{R}^3$, η μεταφορική και η γωνιακή ταχύτητα $v_{CB}(t)$, $\omega_{CB}(t) \in \mathbb{R}^3$ αντίστοιχα, του πλαισίου $\{B\}$ δίνονται κάθε χρονική στιγμή ως προς το πλαίσιο μιας κάμερας $\{C\}$. Η κίνηση της σφαίρας προσομοιώνεται μέσω της κλάσης Wspace. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιώντας την συνάρτηση

$$[p_cb, v_cb, w_cb] = Wspace.sim_ball(Ts)$$

προσμοιώνουμε την κίνηση της σφαίρας για ένα κύκλο ελέγχου. Η συνάρτηση επιστρέφει τη θέση p_cb , τη μεταφορική ταχύτητα v_cb και τη γωνιακή ταχύτητα w_cb του πλαισίου $\{B\}$ ως προς το πλαίσιο της κάμερας $\{C\}$ για τη χρονική στιγμή $t + T_s$. Καλώντας την παραπάνω συνάρτηση με όρισμα $T_s = 0$ παίρνουμε την αρχική θέση και ταχύτητα του πλαισίου $\{B\}$.

1. Βρείτε τη θέση και τον προσανατολισμό του άκρου του ρομποτικού βραχίονα για τις αρχικές τιμές των αρθρώσεων q_0 .
2. Σχεδιάστε κατάλληλο σήμα ελέγχου \dot{q}_r ώστε το άκρο του βραχίονα να παρακολουθεί την κινούμενη σφαίρα με προσανατολισμό $R_{BE} = \text{Rot}(y, 180^\circ)$ και θέση $p_{BE} = [0 \ 0 \ 0.45]^T$. Προσμοιώστε κινηματικά το ρομποτικό σύστημα σε περιβάλλον Matlab χρησιμοποιώντας το robotics toolbox, με σταθερό βήμα $T_s = 2ms$.

Για να αποφύγετε την υπέρβαση των ορίων ταχύτητας των αρθρώσεων $\dot{q}_{r,max}$ χρησιμοποιείτε συνάρτηση κορεσμού στο σήμα \dot{q}_r ενώ για να αποφύγετε την υπέρβαση των ορίων επιτάχυνσης χρησιμοποιείτε κατάλληλο χαμηλοπερατό φίλτρο για το \dot{q}_r .

Παραδοτέα εργασίας

1. Αναλυτική αναφορά (.doc, .pdf) που να περιέχει τη θεωρητική ανάλυση, γραφήματα και σχολιασμό για όλα τα παραπάνω. (θα γίνονται δεκτές μόνο εργασίες γραμμένες στον υπολογιστή).
2. Κατάλληλο m-file script το οποίο θα υλοποιεί όλα τα παραπάνω και στο τέλος θα εμφανίζει την κίνηση. Επίσης θα πρέπει να εμφανίζονται τα εξής διαγράμματα συναρτήσεως του χρόνου: Η θέση του άκρου του βραχίονα p_{BE} ως προς το πλαίσιο $\{B\}$, ο προσανατολισμός R_{BE} σε μορφή ισχύοντος άξονα/γωνίας, οι αποκρίσεις θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης των αρθρώσεων.

Μπορείτε να βρείτε το robotics toolbox καθώς και το εγχειρίδιο χρήσης του στον σύνδεσμο <https://petercorke.com/toolboxes/robotics-toolbox/>