



בי"ס להנדסת חשמל

פרויקט מס' 3049

תכנית עבודה

שם הפרויקט: מערכת SLAM לרכב אוטונומי

מבצעים:

שם: אורית

שם: תובל

מקום ביצוע הפרויקט: המעבדה לרכב האוטונומי של האוניברסיטה

לשימוש המנחה:

הנני מאשר את תכנית העבודה המצורפת

שם: _____ רועי רייך חתימה: _____ רועי רייך

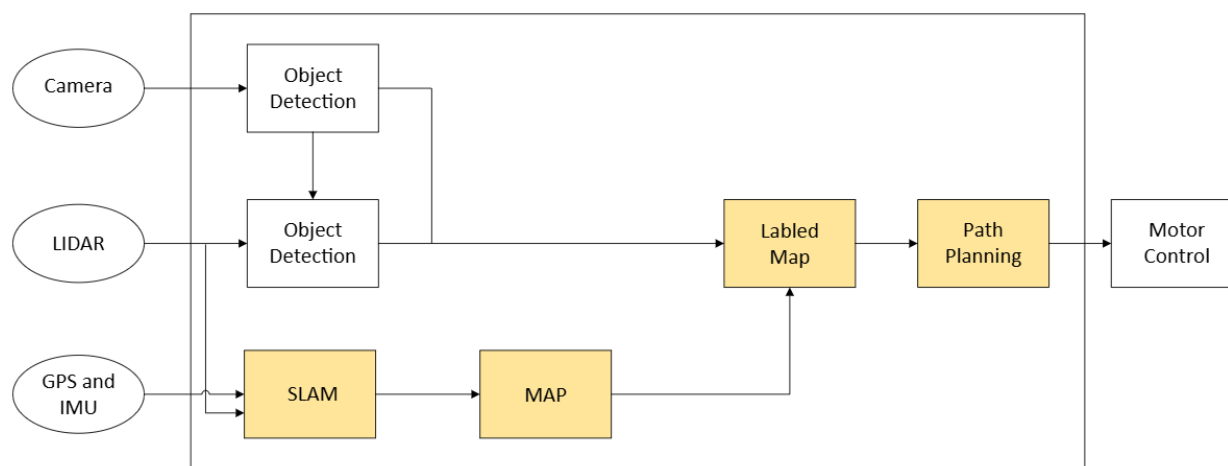
תקציר:

פרויקט זה הוא חלק מפרויקט הדגל של אוניברסיטת תל אביב – פרויקט המכונית האוטונומית. במעבדת הרכב האוטונומי מייצרים מספר אבני בניין שנדרשים לרכב אוטונומי כגון זיהוי עצמים, מיפוי סביבה, ניווט ועוד. הפרויקט שלנו יעסוק במיפוי הסביבה של הרכב, וגם בניווט של הרכב. לצורך כך, נשתמש באלגוריתם SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). אלגוריתם זה מקבל נתונים מהGPS, LIDAR וIMU, ובעזרתם הוא בונה מפה של הסביבה שלו ומזהה את מיקום הרכב בתוך המפה תוך כדי נהיגה.

בפרויקט זה נרצה להשתמש בנתונים המתקבלים מGPS, LIDAR ו-IMU על מנת לקבל מיפוי של סביבת הרכב בזמן אמת וזיהוי מיקום הרכב במפה זו, וכן שהרכב יוכל בעזרת מפה זו לתכנן את מסלול הנסיעה שלו לעבר נקודה מבוקשת. בנוסף, במפה שייצור אלגוריתם הSLAM נשתמש בתוצרים של צוות החישה על מנת לקבל מפה מתויגת.

דיאגרמת בלוקים:

דיאגרמת הבלוקים של פרויקט המכונית האוטונומית הינו:



כאשר החלקים שמסומנים בצהוב אלו החלקים עליהם נעבוד בפרויקט זה.

מוטיבציה:

העולם כיום מתקדם יותר ויותר לכיוון רכבים חשמליים ואוטונומיים בפרט, כאשר לנסיעה אוטונומית קיימות השפעות רחבות היקף כגון הפחתה בכמות תאונות הדרכים והקלה ושיפור נוחות ההגעה ממקום למקום.

על המכונית האוטונומית להגיע ממקום למקום ללא התערבות אנושית, ולכן, עליה להתמצא במרחב אשר משתנה בזמן אמת, ולנווט לעבר נקודה רצויה. בעזרת אלגוריתם ה-SLAM ניתן למפות את סביבת הרכב בסביבה דינאמית או סטטית, ולהשתמש במיפוי זה על מנת לנווט את המכונית לעבר היעד המבוקש.

בעזרת סקירה של אלטרנטיבות נוספות לבעיה זו, ניתן להתרשם מהצורך באלגוריתם ה-SLAM:

1. ניווט באמצעות GPS- נחשב לפתרון זול אך ללא דיוק גבוהה, רגיש להפרעות. כל זאת בניגוד לאלגוריתם ה-SLAM אשר מתבסס בין היתר גם על GPS אך גם על עיבוד נתוני חיישנים נוספים בזמן אמת אשר מאפשר דיוק מירבי תוך קבלת נתונים נוספים מסביבת הרכב.
 2. מערכת ניווט UWB- מערכת זו משתמשת ברדאר למדידת מרחקים. מערכת זו אינה עולה ביעילותה על אלגוריתם ה-SLAM מאחר והיא מדויקת אך זרקה למרחקים קצרים ועל כן אינה מייצרת סביבת מפה רחבה ומספקת.
 3. ניווט באמצעות LIDAR בלבד- ניווט זה מאפשר יצירת מפה תלת ממדית, אך זה איננו מספק מאחר וניווט דרך רכיב זה בלבד יכול לגרום לחוסר בזיהוי עצמים רכים. יעילות פחותה בתנאי תאורה שאינם מיטביים. וכן ניווט בעזרת LIDAR בלבד רגיש להפרעות. על מנת להתגבר על כל החסרונות הללו אנו נשלב את ה-LIDAR עם חיישנים נוספים אשר ישלימו את התמונה המלאה.
- מכל האמור לעיל ניתן לראות את חשיבותו ותרומתו של אלגוריתם ה-SLAM אשר יאחד את יתרונותיהם של החיישנים בפרויקט וייצור תמונת סביבה מלאה וחשובה לתפקוד הרכב האוטונומי.

תכולת עבודה:

בפרויקט זה אנו נרצה לממש אלגוריתם SLAM אשר יתממשק לחיישני הרכב ויעבוד הזמן אמת. במהלך הפרויקט נשתמש ב python לכתובת הקוד, וניהול הרכיבים באמצעות השפת ה ROS. ראשית כל על מנת להתחיל לעבוד על הפרויקט נצטרך להבין את הרקע התיאורטי הרלוונטי. הרקע התיאורטי שנצטרך ללמוד יכלול את מערכות הבאות:
שלב ראשון – סקירת מקורות, יצירת סביבת עבודה, והיכרות עם ROS2

1. הנושא המרכזי בפרויקט - SLAM - אשר מאפשר לנו לבנות מפה מדויקת אשר משתנה בזמן אמת לבניית תמונה תלת ממדית של סביבת הרכב.
המקורות הרלוונטיים:

- https://www.cs.columbia.edu/~allen/F19/NOTES/slam_pka.pdf
- https://people.eecs.berkeley.edu/~pabbeel/cs287-fa09/readings/Durrant-Whyte_Bailey_SLAM-tutorial-I.pdf
- <https://github.com/Kitware/pyLiDAR-SLAM/tree/master>
- <https://webthesis.biblio.polito.it/25489/1/tesi.pdf>
- <https://github.com/TixiaoShan/LIO-SAM>

2. ROS2 - תוכנת open source בעלת יכולת התממשקות לרכיבים חומריים בפרויקט.

- https://github.com/shakednathan/RQt_synced_recording_system
- קורס באתר ה udemy בשם ROS2 For Beginners (ROS Foxy, Humble-2024)
<https://www.udemy.com/course/ros2-for-beginners/?couponCode=KEEPLARNING>

3. מערכת אובונטו 20 - מערכת ההפעלה הקיימת העובדת עם הרכב האוטונומי.

- <https://ubuntu.com/tutorials>

4. מאגר המידע KITTI - מאגר מידע עבור רכבים אוטונומיים.

- <https://www.cvlibs.net/datasets/kitti/index.php>
- https://www.cvlibs.net/datasets/kitti/eval_road.php

שלב שני- בחירת אלגוריתמי SLAM וניווט מתאימים

ביצוע ניסויים על אלגוריתמי SLAM וניווט אותם מצאנו בשלב הראשון. הניסויים יתבצעו תוך שימוש במערך הנתונים KITTI. אלגוריתם ה-SLAM ואלגוריתם הניווט שנבחר יהיו האלגוריתמים שיפעלו בצורה הטובה ביותר על KITTI, וכמובן בצורה שתתאים לדרישות הפרויקט.

שלב שלישי ניסוי סטטי ודינאמי

נבצע התממשקות עם מערכת הרכב, ולאחר מכן נערוך ניסויים בזמן אמת בסביבת האוניברסיטה, ננתח את תוצאות אלו ונבצע התאמות בין האלגוריתם לרכב לצורך שיפור הביצועים.

שלב רביעי התממשקות לצוותי עבודה נוספים

בשלב זה נבצע התממשקות לצוותים נוספים כמו צוות ה-LIDAR אשר יתייג את האובייקטים במפה, וכך ניצור את תמונה הסביבה המלאה.

תוצרי הפרויקט

1. מציאת אלגוריתמי SLAM, ואלגוריתמי ניווט המתאימים לדרישות הפרויקט.
2. ביצוע ניסויים על מערך הנתונים KITTI עם אלגוריתמי SLAM והניווט.
3. אלגוריתם SLAM ואלגוריתם ניווט אשר רצים על מערך הנתונים KITTI בצורה טובה המתאימה לדרישות הפרויקט.
4. אלגוריתם SLAM אשר רץ על מערך הנתונים KITTI כך שמתקיימות דרישות הפרויקט.
5. מפת SLAM שמתעדכנת בזמן אמת ברכב האוטונומי של האוניברסיטה.
6. מפת SLAM מתויגת שמתעדכנת בזמן אמת ברכב האוטונומי של האוניברסיטה.
7. ניווט הרכב לעבר נקודה מבוקשת בצורה אוטונומית תוך שימוש באלגוריתם SLAM והניווט שבחרנו.

לפרויקט זה 3 דרישות כמותיות:

1. היענות SLAM בקצב של בין 10-20 [Hz].
2. דיוק מרחק סטטי – המרחק הנמדד במפה יהיה עם שגיאה של $\pm 10 [cm]$ ביחס למרחק הנמדד במציאות בעמידה.
3. דיוק מרחק דינאמי – המרחק הנמדד במפה יהיה עם שגיאה של $\pm 10 [cm]$ ביחס למרחק הנמדד במציאות בתזוזה.

תאריך יעד	אבני דרך
8.12.24	סקירת מקורות תיאורטיים, יצירת סביבת עבודה, והיכרות עם ROS2

18.12.24	חיפוש אלגוריתמי SLAM
29.12.24	בדיקת התאמה תיאורטית של האלגוריתמים שנמצאו לחומרה ברכב (Lidar 120, Lidar 360, 2 GPS).
12.1.25	התקנת אלגוריתם SLAM 1
26.1.25	התקנת אלגוריתם SLAM 2
21.2.2025	הגשת מצגת אמצע
28.2.25	ניסוי על אלגוריתם SLAM 1 על מאגר הנתונים KITTI
14.3.25	ניסוי על אלגוריתם SLAM 2 על מאגר הנתונים KITTI
אופציונלי	התקנה של אלגוריתם SLAM 3
אופציונלי	ניסוי על אלגוריתם SLAM 3 על מאגר הנתונים KITTI
21.3.25	התכנסות לבחירת אלגוריתם ה-SLAM המתאים ביותר
4.4.25	ניסוי סטטי - הרצת האלגוריתם עם הקלטות הרכב
18.4.25	ניסוי סטטי - הרצת האלגוריתם על הרכב במצב סטטי
25.4.25	התממשקות למערכות הרכב
8.5.25	ניסוי דינאמי על מערכות הרכב
15.5.25	ביצוע התאמות למערכת הרכב
25.5.2025	פוסטר
יולי- אוגוסט 2025	הגשת ספר הפרויקט ומצגת סיום

סקירת מקורות תיאורטיים, יצירת סביבת עבודה, והיכרות עם ROS2	8.12.24
SLAM חיפוש אלגוריתמי	18.12.24
בדיקת התאמה תיאורטית של האלגוריתמים שנמצאו (Lidar 120, Lidar 360, 2 GPS). לחומרה ברכב	29.12.24
SLAM 1 התקנת אלגוריתם	12.1.25
SLAM 2 התקנת אלגוריתם	26.1.25
הגשת מצגת אמצע	21.2.2025
KITTI על מאגר הנתונים SLAM 1 ניסוי על אלגוריתם	28.2.25
KITTI על מאגר הנתונים SLAM 2 ניסוי על אלגוריתם	14.3.25
SLAM 3 התקנה של אלגוריתם	אופציונלי
KITTI על מאגר הנתונים SLAM 3 ניסוי על אלגוריתם	אופציונלי
המתאים ביותר SLAM התכנסות לבחירת אלגוריתם ה וחיפוש אלגוריתמי ניווט	21.3.25
התממשקות למערכות הרכב	4.4.25
ניסוי סטטי -הרצת האלגוריתם עם הקלטות הרכב	18.4.25
ניסוי סטטי- הרצת האלגוריתם על הרכב במצב סטטי	25.4.25
ניסוי דינאמי על מערכות הרכב	8.5.25
ביצוע התאמות למערכת הרכב + מפה מתוייגת וניסוי תכנון מסלול	15.5.25
פוסטר	25.5.2025
הגשת ספר הפרויקט ומצגת סיום	יולי- אוגוסט 2025