236754
פרויקט במערכות נבונות
הפקולטה למדעי המחשב, טכניון

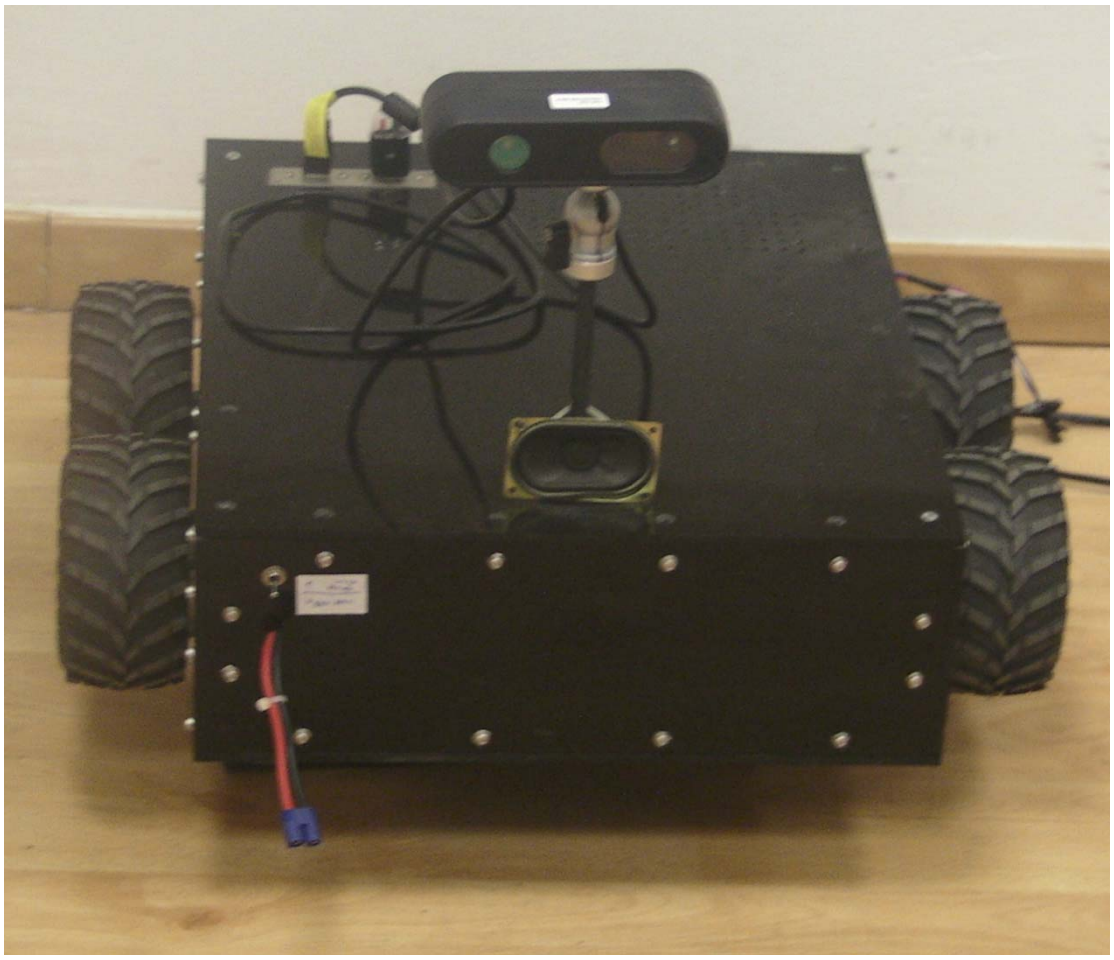
דו"ח מסכם

זיהוי נפילה בעזרת ערוצי צבע ועומק

גיל בן זאב
rincwind666@gmail.com

נועם סיאג
siagnoam101@gmail.com

בהנחיית:
אמיר גבע



תוכן עניינים

מבוא..... 3
מטרות הפרויקט..... 3
איכון מצלמת הKinect 3
זיהוי הנפילה 4
Refactoring ושיפור הקוד 6
שיפור ידידותיות למשתמש..... 6
רעיונות שלא הצליחו במבחן התוצאה..... 7
תוצאות..... 7
ביבליוגרפיה 7

מבוא

בפרויקט שקדם לפרויקט זה, נבנתה תוכנה שמטרתה להשתמש בתמונות צבע ועומק כדי לזהות אדם ולעקוב אחריו בעזרת רובוט.
מטרת העל בפרויקט זה הייתה בנייה של מנגנון לזיהוי נפילה של האדם אחריו עוקבים.

שימושים אפשריים לזיהוי נפילה יכולים לסייע רבות בעזרה ואף הצלת חיים של קשישים שנופלים ונפצעים או חולים במחלות כמו אפילפסיה העלולות לגרום לאדם ליפול ולהיפצע. החשיבות של טכנולוגיות לזיהוי נפילה היא היכולת להעניק לאדם בסיכון גבוה ליפול חופש מהשגחה מתמדת של מטפלים ובטחון שברגע שהוא נופל תתבצע קריאה מידית לעזרה.

מטרות הפרויקט

- למידת המערכת שנבנתה במסגרת פרויקט קודם על ידי הילה ששתיאל ואסף כהן. בפרויקט הקודם הרובוט ביצע עקיבה אחרי אדם לפי סגמנטציה של תמונות עומק וצבע ואלגוריתם למידה מסוג SVM.
- הוספת אפשרות של איכון מצלמת הKinect בצורה פשוטה למקרים בהם המצלמה הוסטה בשוגג מהמיקום המקורי בו בוצע אימון אלגוריתם הSVM.
- הוספת מנגנון לזיהוי נפילה של האדם אחריו עוקב הרובוט והתרעה קולית בזמן הזיהוי.
- שיפור הידידותיות של הרובוט על ידי הוספת תפריטים קוליים ברורים למשתמש ללא ידע טכני קודם על הרובוט.

איכון מצלמת הKinect

כדי לבצע את האיכון, מניח המשתמש מוט באורך 2-1 מטרים על הרצפה במקביל לחלק הקדמי של מארז הרובוט ובמרחק של 2 מטרים ממנו.

בכל לחיצה על כפתור מספר 5 בשלט, הרובוט מעניק חיווי קולי לגבי גובה המצלמה.
בהתאם לחיווי הקולי, המשתמש אמור להזיז את המצלמה מעלה או מטה תוך שמירה עליה באיזון אופקית על ידי פלס. מטרת הפלס הייתה פישוט הקוד לביצוע האיכון שיכול להניח שהמוט יראה מולו בצורה אופקית ובנוסף פישוט השימוש כך שהמשתמש מקבל חיווי קולי רק לגבי גובה המצלמה.

כדי להעניק למשתמש חיווי לגבי מצב האיכון, הקוד מקבל את התמונה המיוצרת מסגמנטצית תמונות הצבע והעומק. התמונה הזו נסרקת מלמטה למעלה תוך התעלמות משוליים שעלולים להיות קירות וברגע שמזהים שורה עם מספר פיקסלים לבנים גבוה מרף מסוים, שורה זו מוגדרת כשורה בה זוהה המוט והחיווי ניתן בהתאם לגובה השורה בתמונה בהשוואה לגובה בו היה המוט אמור להיראות.

זיהוי הנפילה

לכאורה, יכולנו לבסס את כל מנגנון זיהוי הנפילה באופן טריוויאלי על מנגנון העקיבה כך שנעקוב אחרי מרכז המסה של האדם המזוהה בכל תמונה. האתגר הגדול היה הצורך בשיפור ביצועים משום שהחומרה הנוכחית וביצוע הסגמנטציה בפרויקט של העקיבה גרמו לזיהוי אדם בערך כל חצי שניה. כדי להיות מסוגלים לקבל יותר תמונות לשנייה, פיצלנו את התכנית לשלושה חוטים: החוט הראשי שעוקב אחרי הבנאדם, החוט המשני שמזהה נפילה, וחוט המצלמה שמקבל תמונות מהמצלמה ומספק אותן לשני החוטים האחרים לפי דרישה. בכל זיהוי של אדם, מעביר החוט הראשי לחוט המשני את קואורדינטות המלבן החוסם את הגוף שזוהה בתור האדם אחריו עוקבים.

החוט הראשי מבצע בלולאה את השלבים הבאים:

- זיהוי אדם לצורך העקיבה וביצוע העקיבה כפי שהקוד עבד בפרויקט הקודם.
- מתוך הנחה שברגע הזיהוי, רוב המלבן החוסם את האדם שזוהה מורכב מהאדם או מגופים אחרים שברקע, ביצענו clustering של הצבע של הפיקסלים בתמונת העומק החסומים במלבן בשיטת 2-means כאשר הסנטרואיד הנמוך הוא האדם כי הוא קרוב יותר, והרחוק הוא הרקע. כמו כן הוספנו שלושה שיפורים לשיטה שהוסיפו רבות לביצועים לפי ניסויים:
  - במקום שהצבע שמהווה גבול בין שתי הקבוצות יהיה ממוצע של שני הסנטרואידים- $High_Mean, Low_Mean$, חישבנו אותו כממוצע משוקלל הקרוב יותר לצבע של האדם (הממוצע הנמוך) מאשר לרקע כדי לסנן חפצים ברקע שסווגו בתור חלק מהדמות. השתמשנו בנוסחה : $\frac{High_Mean + 3 \cdot Low_Mean}{4}$.
  - כדי להימנע מ-glitches בתמונת העומק, צבע הגבול המבדיל בין אדם לרקע- $Border_Color$ מהווה צירוף ליניארי של הצבע החדש שחושב- New_Border_Color שחושב עם הצבע הקודם- Old_Border_Color כך שלהיסטוריה יש משקל גדול יותר:
$$Border_Color = 0.75 \cdot Old_Border_Color + 0.25 \cdot New_Border_Color$$
  - משום שמצלמת הKinect מסמנת חפצים שלא מחזירים אינפרה אדום כמו כיסאות שחורים בתור פיקסלים שחורים, התעלמנו מפיקסלים שחורים לחלוטין, כלומר כשמחשבים את ה- 2-means לא מתחשבים בהם.
- שולחים לחוט המשני את קואורדינטות המלבן החוסם את האדם ואת צבע הגבול המסווג בתמונת העומק פיקסלים שהם אדם או רקע.

החוט לזיהוי נפילה מבצע בלולאה את השלבים הבאים:

- קבלת תמונת עומק בלבד שצולמה כרגע.
- שימוש במלבן החוסם ובצבע המבדיל בין אדם לרקע שחושבו בחוט הראשי. מתוך הנחה שהאדם לא מסוגל בזמן של חצי שניה לזוז ימינה או שמאלה רבות ומתוך ניסויים, החלטנו לחפש את מרכז המסה של הפיקסלים שסווגו בצבע (עומק) של האדם במלבן החוסם לאחר הגדלת רוחבו. כלומר אם הפינה השמאלית עליונה של האדם היא (X,Y) עם רוחב W וגובה H במקום לחפש בתחום $\{(x,y) \mid x \in [X, X+W], y \in [Y, Y+H]\}$ שהוא השטח של המלבן, חיפשנו בתחום $\{(x,y) \mid x \in [X-W, X+2 \cdot W], y \in [Y, Y+H]\}$ שרחב ממנו פי 3. על פי תחום זה חישבנו את מרכז המסה של הבנאדם.
- חישוב הנרמול של קואורדינטות Y,X של מרכז המסה על ידי הגובה והרוחב של המלבן שחוסם את האדם כדי להשיג אחידות במקרים בהם האדם במרחקים שונים מהמצלמה.

כלומר אם מרכז המסה התקבל בנקודה $\left(CenterX, CenterY\right)$ אזי השתמשנו בנרמול ביחס לשטח החיפוש:

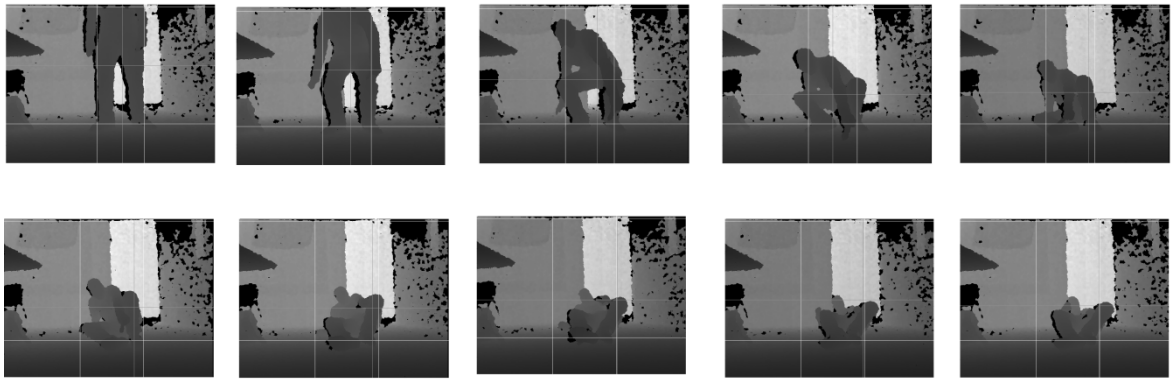
$$CenterY = \frac{\left(Y+H\right)-CenterY}{H}, CenterX = \frac{\left(X+2\cdot H\right)-CenterX}{3\cdot W}$$

- שמירת קואורדינטות מרכז המסה המנורמלות בחוצץ מעגלי בגודל 10.

לאחר שהסברנו את פעולות שני החוטים, ישנה עוד פעולה נוספת שמבוצעת בלולאה של החוט הראשי וכעת ניתן להסביר אותה:

- במידה ובמשך שתי הדגימות האחרונות (בערך שניה) לא זוהה אדם בתמונה, זהו חשש לכך שהוא נפל ולכן נבצע סריקה של הבאפר המעגלי.
- במידה והפער בין קואורדינטות Y המנורמלות המקסימלית $Y_{\max}$ והמינימלית $Y_{\min}$ גדול מרף קבוע, זוהי נפילה כיוון שמרכז המסה ירד (נחליט ככה רק אם $Y_{\max}$ קרה לפני $Y_{\min}$).
הרף שנקבע הוא $Y_{\max} - Y_{\min} > 0.1$ (נשים לב שהערכים מנורמלים לכן הם בתחום $\left(0,1\right)$)
- במידה והפער בין קואורדינטות X המנורמלות המקסימלית $X_{\max}$ והמינימלית $X_{\min}$ גדול מרף קבוע, נבטל את זיהוי הנפילה משום שזהו סימן לכך שהאדם הלך ימינה או שמאלה מטווח המלבן ולא נפל באמת. נבטל במקרה ש- $X_{\max} - X_{\min} \geq 0.3$.
- כמו כן אם הרובוט בתהליך פנייה נדחה את זיהוי הנפילה, כיוון שאז התמונה שהוא רואה כנראה שלא מייצגת בן אדם.

תמונות להמחשה של סימון מרכז המסה כאשר הקווים הלבנים מייצגים את קואורדינטות המלבן החוסם האחרון שהתקבל מהחוט הראשי והקווים האפורים מייצגים את קואורדינטות מרכז המסה של האדם בתמונת העומק הנוכחית (ההצטלבות שלהם):



Refactoring ושיפור הקוד

במסגרת הפרויקט ביצענו מספר פעולות לשינוי ושיפור הקוד כדוגמת הוספת תיעוד לקוד הישן והחדש. מלבד המחלקות שהוספנו, במסגרת הפיצול של התכנית לשני חוטים נאלצנו לבצע שינוי בארכיטקטורת התוכנה ופיצלנו את הדגימה מהמצלמה לחוט שדוגם מהמצלמה וחוט שמזהה נפילה.

כדי לשפר את מנגנון העקיבה ביצענו אימון מחדש של אלגוריתם הSVM של העקיבה בעזרת דוגמאות של תמונות של אדם ושל חפצים כאשר המצלמה מאוכנת.

שיפור ידידותיות למשתמש

כדי לאפשר למשתמש ללא ידע טכני קודם על הרובוט לתפעל אותו בקלות, הוספנו פקודות קוליות בעזרת אתר הממיר text to speech והוספנו תפריט ראשי המסביר את פעולת הרובוט כמתואר במדריך המשתמש. הקולות שהרובוט יודע להשמיע:

- xml fail- במידה וחסר קובץ הXML של אימון העקיבה בSVM.
- chase menu- התפריט הראשי שמוקרא למשתמש עם הדלקת התוכנה ומסביר לו אילו פעולות הוא מסוגל לבצע.
- initialization successful- אתחול מוצלח של האדם שמול הרובוט בתחילת העקיבה.
- initialization failed- אתחול לא מוצלח של האדם שמול הרובוט בתחילת העקיבה.
- paused- זיהוי פקודת הקפאה מהשלט שמפסיקה את פעולת העקיבה ופעולת זיהוי הנפילה.
- resuming- זיהוי פקודת ביטול ההקפאה מהשלט.
- target lost- התרעה שהאדם אחריו הרובוט עוקב הפסיק להיות מזוהה.
- found you- כאשר הרובוט מזהה מחדש את האדם שאבד לו.
- mayday- כאשר הרובוט מזהה שהאדם שמולו נפל.
- goodbye- כאשר מכבים את התוכנה בעזרת השלט.
- קולות הכוונת למצלמה- תיאור גובה המצלמה בזמן האיכון (גבוה או נמוך מהגובה הרצוי ועד כמה הגובה רחוק מהרצוי).

רעיונות שלא הצליחו במבחן התוצאה

במהלך הפרויקט העלינו מספר רעיונות וניסינו אותם עד למציאת הפתרונות היותר טובים, נציג שתי דוגמאות מתוך הרעיונות שלא צלחו:

- באיכון המצלמה ניסינו בהתחלה להיעזר בזיהוי קו המסמל את תחילת הרגליים אך הזיהוי היה לא מדויק ולפעמים רעש בתמונה יכול מאוד להשפיע על הדיוק. לעומת זאת, מכיוון שהמוט ארוך, ניתן להיעזר בפיקסלים רבים כדי לאמת שזהו האובייקט בעזרתו מאכנים ושהשורה בתמונה בו הוא מופיע מדויקת.
- אחת השיטות שניסינו לזיהוי הנפילה הייתה מדידת מהירות הירידה בין כל שני פריימים בהם נמדדו קואורדינטות מרכז המסה ואם מהירות זו גבוהה מרף מסוים, זוהי נפילה. מכיוון שglitches ורעש יכלו לגרום לזיהוי נפילה, קיבלנו תוצאות רבות של false positive וויתרנו על שיטה זו.

תוצאות

בתנאי מעבדה וכאשר הרובוט נייח, ביצועי זיהוי הנפילה שמדדנו הם:

התרעה כשיש נפילה- 85%

התרעה כשאין נפילה- 5%

כאשר משתמשים ברובוט בזמן עקיבה, ישנה ירידה בביצועים שנובעת בדר"כ מזיהוי של עצמים שאינם אנושיים בתור האדם אחריו עוקבים. מטרת הפרויקט שלנו הייתה לזהות נפילה כאשר הרובוט נייח אך בפרויקט עתידי סביר ששיפור הfeatures והאימון של מנגנון העקיבה ישפרו רבות את זיהוי הנפילה בזמן העקיבה.

סרטון הדגמה של איכון וזיהוי הנפילה ניתן למצוא בקישור הבא:

http://www.youtube.com/watch?v=Ch-x9q8Btek

ביבליוגרפיה

- דו"ח מסכם של פרויקט העקיבה של הילה ששתיאל ואסף כהן בהנחיית אמיר גבע
- מאמר בנושא שיטות לזיהוי נפילה:
http://cdn.intechopen.com/pdfs/12472/InTech-Monitoring_of_human_movements_for_fall_detection_and_activities_recognition_in_elderly_care_using_wireless_sensor_network_a_survey.pdf
- אתר לייצור קולות הרובוט בטכנולוגיית text to speech:
http://www2.research.att.com/~ttsweb/tts/demo.php#top