

環境感知導盲機器人

Environmental Perception Guide Robot

指導教授：李國川教授

學生：柯昀翰、潘柏仲、許凌嫣

國立聯合大學 資訊工程學系

苗栗市南勢里聯大2號

gcllee@nuu.edu.tw

摘要

本研究旨在設計一款環境感知導盲機器人，以替代傳統動物導盲犬，為特殊群體提供安全與便捷的協助。

機器人以 Jetson Xavier NX 為運算核心，整合 YDLidar X2 和 YOLOv8 技術進行障礙物偵測與物件辨識，並運用多線程架構完成動態地圖繪製及語音播報功能。系統採用 Python、ROS 與網頁等技術，實現即時的物件與距離數據可視化，提供環境感知與導航資訊。本系統具備障礙物辨識能力及引導功能，結合語音廣播和即時畫面展示，進一步提升使用者體驗與輔助效果。

關鍵詞：環境感知、導盲機器人、YOLOv8、YDLidar、避障

Abstract

The aim of this study is to design an environmental perception guide robot to replace traditional animal guide dogs and provide safe and convenient assistance for special groups.

The robot uses Jetson Xavier NX as its computing core, integrates YDLidar X2 and YOLOv8 technologies for obstacle detection and object recognition, and uses a multi-threaded architecture to complete dynamic map drawing and voice broadcasting functions. The system

adopts technologies such as Python, ROS, and web to achieve real-time visualization of object and distance data, providing environmental awareness and navigation information. This system has obstacle recognition capability and guidance function, combined with voice broadcasting and real-time visual display, further enhancing user experience and auxiliary effects.

Keyword: Environmental Perception, Guide Robot, YOLOv8, YDLidar, Obstacle Avoidance

一、研究背景及目的

構想開發一款環境感知導盲機器人，以科技代替動物導盲犬的功能，為有特殊需求的人提供協助。主要功能有：

- (一) 障礙物位置偵測及避障：雷達偵測障礙物的位置，機器人馬達根據數據進行避障。
- (二) 物件辨識及動態地圖呈現：YOLOv8模型辨識物件類型，根據雷達偵測的距離及角度在雷達圖相對應位置貼上物件圖片。

二、系統架構

以 Jetson NX 為核心運算平台，機器人移動由 ESP32-S 控制，搭載 YDLidar X2 偵測障礙物的距離及角度。

透過 YDLidar 的資訊進行避障，同時使用 Webcam 拍攝機器移動沿途的環境，並透過 YOLOv8模型來辨識物件的類型。ROS 為傳輸資料的核心架構，node 和 topic 為主要應用機制——node 藉由 publish 資料至 topic、subscribe 特定 topic 的資訊，將 YDLidar 的資訊與 YOLOv8 的辨識結果整合，並使用 Python 繪製地圖，最終網頁前端使用 HTML、CSS、JavaScript 實現可視化界面來呈現動態地圖。

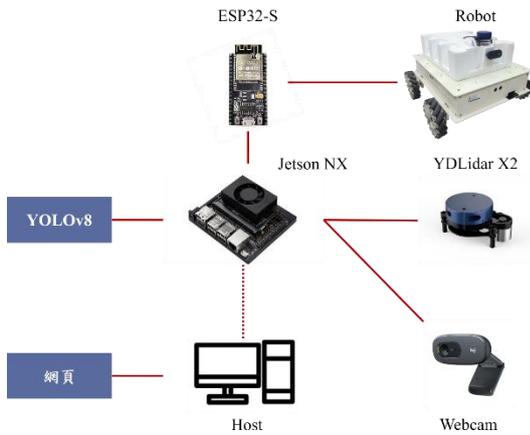


圖1 系統架構圖

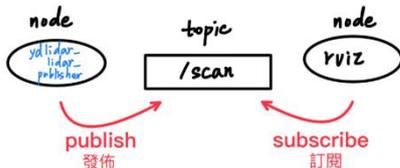


圖2 ROS 架構圖

三、專題理論與實作

(一) 多線程

多線程是指在同一個腳本中同時運行多個程式，僅在需要並行處理時才會使用。為了實現在雷達偵測數據的同時啟動其他功能，我們採用了多個子線程的方式，透過啟動多個並行線程來分工協作。其中，主線程負責維持 ROS 節點的活躍狀態，直到手動停止程式。這種設計讓我們能夠同時處理多項任務，例如持續獲取雷達數據、確保機器人保持運動，以及在雷達偵測的同時生成對應的影像等。

(二) 雷達偵測數據

| Angles (degrees): | | | | | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.42, | 1.26, | 2.1, | 2.94, | 3.78, | 4.62, | 5.45, | 6.29, |
| 7.13, | 7.97, | 8.81, | 9.65, | 10.49, | 11.33, | 12.17, | 13.01, |
| 13.85, | 14.69, | 15.52, | 16.36, | 17.2, | 18.04, | 18.88, | 19.72, |
| 20.56, | 21.4, | 22.24, | 23.08, | 23.92, | 24.76, | 25.59, | 26.43, |
| 27.27, | 28.11, | 28.95, | 29.79, | 30.63, | 31.47, | 32.31, | 33.15, |
| 33.99, | 34.83, | 35.66, | 36.5, | 37.34, | 38.18, | 39.02, | 39.86, |
| 40.7, | 41.54, | 42.38, | 43.22, | 44.06, | 44.9, | 45.73, | 46.57, |
| 47.41, | 48.25, | 49.09, | 49.93, | 50.77, | 51.61, | 52.45, | 53.29, |
| 54.13, | 54.97, | 55.8, | 56.64, | 57.48, | 58.32, | 59.16, | 60, |
| 60.84, | 61.68, | 62.52, | 63.36, | 64.2, | 65.03, | 65.87, | 66.71, |
| 67.55, | 68.39, | 69.23, | 70.07, | 70.91, | 71.75, | 72.59, | 73.43, |
| 74.27, | 75.1, | 75.94, | 76.78, | 77.62, | 78.46, | 79.3, | 80.14, |
| 80.98, | 81.82, | 82.66, | 83.5, | 84.34, | 85.17, | 86.01, | 86.85, |
| 87.69, | 88.53, | 89.37, | 90.21, | 91.05, | 91.89, | 92.73, | 93.57, |
| 94.41, | 95.24, | 96.08, | 96.92, | 97.76, | 98.6, | 99.44, | 100.28, |
| 101.12, | 101.96, | 102.8, | 103.64, | 104.48, | 105.31, | 106.15, | 106.99, |
| 107.83, | 108.67, | 109.51, | 110.35, | 111.19, | 112.03, | 112.87, | 113.71, |
| 114.55, | 115.38, | 116.22, | 117.06, | 117.9, | 118.74, | 119.58, | 120.42, |
| 121.26, | 122.1, | 122.94, | 123.78, | 124.62, | 125.45, | 126.29, | 127.13, |
| 127.97, | 128.81, | 129.65, | 130.49, | 131.33, | 132.17, | 133.01, | 133.85, |
| 134.69, | 135.52, | 136.36, | 137.2, | 138.04, | 138.88, | 139.72, | 140.56, |
| 141.4, | 142.24, | 143.08, | 143.92, | 144.76, | 145.59, | 146.43, | 147.27, |
| 148.11, | 148.95, | 149.79, | 150.63, | 151.47, | 152.31, | 153.15, | 153.99, |
| 154.83, | 155.66, | 156.5, | 157.34, | 158.18, | 159.02, | 159.86, | 160.7, |
| 161.54, | 162.38, | 163.22, | 164.06, | 164.9, | 165.73, | 166.57, | 167.41, |
| 168.25, | 169.09, | 169.93, | 170.77, | 171.61, | 172.45, | 173.29, | 174.13, |
| 174.97, | 175.8, | 176.64, | 177.48, | 178.32, | 179.16, | 180, | |

圖3 角度數據

| Distances: | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [2.39, | 2.36, | 2.34, | 2.33, | 2.32, | 2.32, | 2.51, | 2.54, | 2.51, | 2.49, |
| 2.51, | 2.6, | 2.58, | 2.57, | 2.57, | 2.56, | 2.56, | 2.55, | 2.55, | 0, |
| 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, |
| 0, | 0, | 0, | 0, | 1.86, | 1.87, | 1.89, | 1.91, | 1.93, | 1.94, |
| 1.96, | 1.98, | 2, | 2.02, | 2.04, | 2.06, | 1.53, | 1.5, | 1.47, | 1.48, |
| 1.5, | 1.51, | 1.53, | 1.55, | 1.57, | 1.59, | 1.61, | 1.63, | 1.65, | 1.6, |
| 1.51, | 1.49, | 1.47, | 1.46, | 1.45, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, |
| 1.27, | 1.26, | 1.26, | 1.26, | 1.25, | 1.25, | 1.25, | 1.24, | 1.24, | 1.24, |
| 1.24, | 1.24, | 1.23, | 1.23, | 1.24, | 1.23, | 1.23, | 1.24, | 1.24, | 0, |
| 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 1.16, | 1.16, | 1.15, | 1.15, | 1.14, |
| 1.13, | 1.12, | 1.12, | 1.11, | 1.11, | 1.1, | 1.09, | 1.09, | 1.09, | 1.08, |
| 1.08, | 1.07, | 1.06, | 1.06, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, |
| 0, | 0, | 0, | 0, | 1, | 0.99, | 0.99, | 0.98, | 0.98, | 0.98, |
| 0.97, | 0.97, | 0.96, | 0.96, | 0.96, | 0.95, | 0.95, | 0.95, | 0.94, | 0.94, |
| 0.94, | 0.94, | 0.94, | 0.93, | 0.93, | 0.93, | 0.93, | 0.93, | 0.93, | 0.93, |
| 0.93, | 0.93, | 0.93, | 0.93, | 0.93, | 0.93, | 0.93, | 0.93, | 0.93, | 0.94, |
| 0.94, | 0.94, | 0, | 0, | 0, | 2.08, | 2.07, | 2.09, | 2.1, | 2.11, |
| 2.12, | 2.14, | 2.17, | 2.19, | 2.2, | 2.22, | 2.23, | 2.25, | 0, | 0, |
| 2.81, | 2.8, | 2.79, | 2.84, | 2.91, | 2.78, | 2.75, | 2.73, | 2.71, | 2.66, |
| 2.73, | 2.83, | 2.77, | 0, | 0, | 2.76, | 2.85, | 2.83, | 2.82, | 2.76, |
| 2.67, | 2.75, | 2.61, | 0, | 0, | 2.95, | 2.97, | 2.96, | 2.97, | 2.96, |
| 2.96, | 2.96, | 2.95, | 2.96, | 2.95] | | | | | |

圖4 距離數據

(三) 雜訊處理

Webcam 拍攝範圍只有60°，因此將雷達角度範圍設定在60°到120°來篩選出可以配合 Webcam 的數據。接著，對距離數據進行去除雜訊處理，過濾掉異常或不合理的數值。

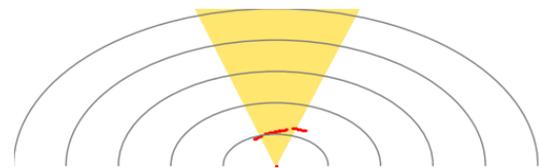


圖5 去雜訊後的雷達圖

(四) 障礙物位置偵測

YDLidar X2 是一款能夠進行 360 度全方位掃描的 2D 雷達，每秒可進行數次障礙物距離偵測，測距範圍涵蓋 0.12 至 8 公尺。每次掃描會產生一

組包含弧度和距離的數據陣列，這些數據會隨每次偵測而有所變化，之後將數據發佈到指定的 Topic 上，提供即時的环境障礙物資訊。

(五) 避障

在雷達掃描過程中，雜訊可能會導致數據誤差。為了提升偵測的準確性，透過計算特定範圍內連續出現的數據次數以及其他數據處理，來判斷是否確實存在障礙物。一旦偵測到障礙物，機器將左右平移進行避障。當偵測到左邊與右邊皆存在障礙物，且都小於安全距離時，機器人就會停止。

(六) 底圖繪製

根據處理後的數據，繪製多個同心橢圓形，並將符合角度範圍的數據點繪製在這些橢圓上。然後，會繪製一個黃色的多邊形區域，表示雷達數據的特定範圍。

(七) YOLOv8辨識物件

1. 模型訓練：要訓練模型我們需要先將我們需要準備好數據集，數據集要將它進行標註(Label)物件，標註完後將數據做劃分分成 訓練集(test)、驗證集(valid)、測試集(test)，分好後，再使用 yolov8的預訓練模型下去訓練。
2. 即時影像處理：即時從 Webcam 捕捉畫面並處理，利用訓練好的模型對每一幀進行物件檢測。
3. 物件框繪製：為每個偵測到的物件繪製邊框並標註物件名稱與信心度。將類別數字與名稱（如 "box", "chair"）做對應。
4. 儲存檔案：每次偵測到物件時，將畫面儲存為圖片並更新物件列表 (TXT 文件)。偵測到的物件會根據它們的 x1 座標（即物件框的左邊）進行排序，確保物件從左到右排列。接著將物件編號（1, 2, 3...）寫入一個名為

detected_objects.txt 的文件，每次偵測後更新此文件。

(八) 物件貼圖

根據物件類型（由 YOLO 檢測結果提供的數字標註）在背景圖像上貼上對應的物件圖片（如箱子、椅子等）。在每個物件的圖片上會添加標註文字，並調整物件圖片的位置，根據雷達數據中的距離和角度來確定貼圖的具體位置。

(九) 網頁

使用 HTML、CSS 和 JavaScript 來呈現網站，包含首頁、系館介紹、辨識類型介紹以及動態地圖展示頁面。每個頁面都可以通過左側清單進行切換，實現頁面之間的快速導航。



圖6 首頁



圖7 系館介紹頁面

1. 辨識類型

介紹辨識類型，主要有 {標籤:類型}={1:box, 2:cabinet, 3:chair, 4:flowerpot, 5:host, 6:human} 等六種物件。



圖8 辨識類型頁面

2. 動態地圖呈現

結合 YOLOv8 物件識別與 YDLidar X2 雷達數據，產生動態地圖。首先，對雷達數據進行去雜訊處理，然後將距離陣列進行分組。接著，利用 YOLOv8 辨識環境中的物件，並生成從左到右的物件數據。每組距離數據將對應到一個物件，將 2D 攝影機與雷達數據結合，達成 3D 攝影機的環境感知能力。接下來，使用 Python 繪製雷達圖，並根據物件識別結果將物件圖片貼到對應的雷達圖區域。最終，這些整合後的地圖將以動態方式呈現在前端網頁中，實現環境感知、物件辨識和視覺化展示。

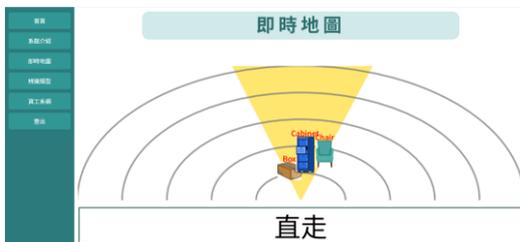


圖9 即時動態地圖頁面

(十) 播報語音現狀

根據機器人的狀態改變，程式會決定對應的音頻指令，並發送要求至後端播放相對應的音檔。例如：機器人正在前進的當下，因為遇到左側障礙物，開始往右邊移動，這時就會播放“向右閃避左側障礙”。

(十一) 硬體限制

1. 機器人移動偏移問題

前幾屆學長因使用不當，將過多重量附加在機器人上，導致馬達軸承

與車輪之間出現偏移。現在，隨著移動，車輪無法以固定角度接觸地面，每次轉彎時，這個偏移會造成角度變化，使得機器人無法保持直線行駛。

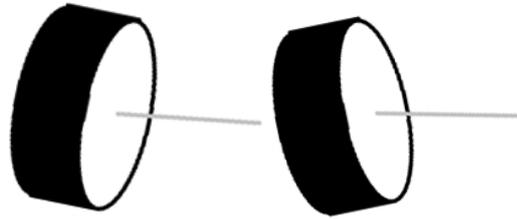


圖10 偏移情形一 圖11 偏移情形二

2. 物件辨識延遲及精準度

當 YOLO 模型在電腦上執行時，辨識效果良好，但在 Jetson Xavier NX 上執行時卻會遇到嚴重的效能瓶頸。由於 YOLO 是一個大型的模型，Jetson Xavier NX 的效能無法充分支援，這不僅會導致數據延遲，還會降低辨識準確度。

3. 動態地圖延遲以及畫面不完整

當 Jetson Xavier NX 同時執行 YDLidar X2、ESP32-S 和 YOLO 辨識時，YOLO 模型的運算量非常龐大，導致硬體負荷過重，進而產生嚴重的延遲問題。這些延遲會造成障礙物的位置與影像無法正確對應，從而導致位置錯誤和畫面閃爍的情況。

四、參考文獻

- [1] 君莫笑. (2024, June 7). YOLOv8+BotSort 多目標檢測及跟蹤介紹. 大大通. <https://www.wpgdatong.com/blog/detail/74886>
- [2] 陳觀中. (2024, March 22). 部屬 YOLOV8 至 Jetson Xavier NX 開發板. HackMD. <https://ithelp.ithome.com.tw/users/20112348/ironman/1965>
- [3] 蛤 (chiaho). (2018). ROS 自學筆記. IT 邦幫忙. <https://ithelp.ithome.com.tw/users/2>

0112348/ironman/1965

- [4] Jease. (2020, February 11). Python — 多線程. Medium. <https://medium.com/jeasee%E9%9A%A8%E7%AD%86/python-%E5%A4%9A%E7%B7%9A%E7%A8%8B-eb36272e604b>
- [5] Requests 模組. (n.d.). Python. <https://diveintopython.dev.org.tw/learn/modules/popular-modules/requests>
- [6] Ykma. (2022, April 10). Multi-Thread(多執行緒、多線程). HackMD. <https://hackmd.io/@no4sms04/H10xNAs7q>
- [7] (N.d.). YDLIDAR. https://www.ydlidar.com/service_support/download.html?gid=6.