

109 年度

移動式機械手臂目標物辨識與穩定夾取於

威脅物體清除任務

期中報告書

目錄

威脅性物體追蹤技術發展與驗證

摘要與動機	1
實驗方法	1
影像辨識	1
障礙物識別	2
路徑規劃	2
機器人控制	3
實驗結果	4

移動式機械手臂平台開發

系統需求	5
系統介紹	5

威脅性物體追蹤技術發展與驗證

摘要與動機

隨著深度學習的發展，越來越多影像辨識的演算法及架構可以進行物體偵測，甚至有許多人將其方法應用至機器人上，能夠辨識出前方物體的分類及位置，而此實驗除了原本的影像辨識之外，加上了 action 讓該機器人追蹤跟隨目標物，並測量兩個移動的物體是否能夠維持在固定的距離內。

本實驗使用 Facebook Research 的 LoCoBot 於真實環境中進行 Track and Trail 的跟隨行為，故該實驗分為兩部分，

(一) 影像辨識：辨識是否為要追蹤之物品。

(二) 路徑規劃：使用影像辨識之 Output Bounding Box 加上 A* Search Algorithm 為控制 Robot 移動之依據，以 Bounding Box 中心做為目標點去路徑規劃，讓 Robot 知道當下該往哪個方向移動。

實驗方法

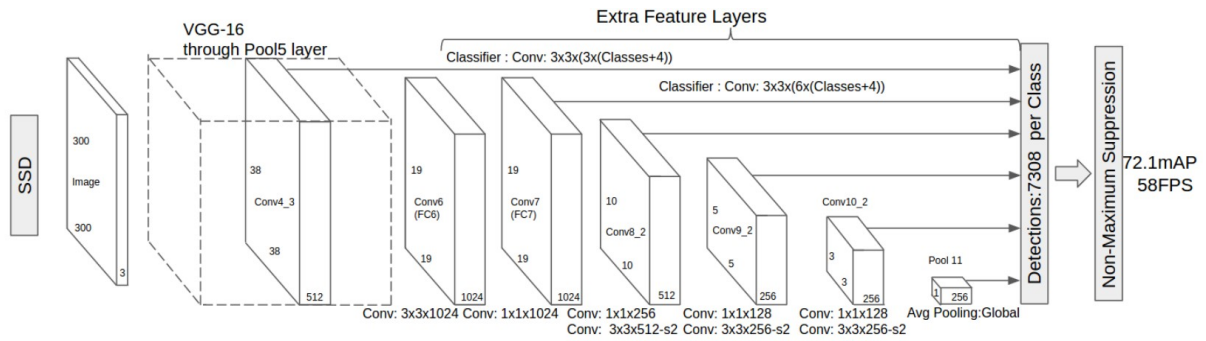
此次實驗使用 LoCoBot 是一台能夠移動並且具有 D435 深度攝影機的機器人。原本搭載的 NUC 電腦沒有 GPU，而我們需要進行 Deep Learning 的運算所以我們特別安裝了 NVIDIA Jetson TX2，使其可以進行 GPU 運算。

影像辨識

研究中使用深度學習 MobileNet SSD 輕量級網路，約使用 1000 張威脅性物品照片進行訓練，在嵌入式開發板 nvidia Jetson-TX2 上進行預測時偵數可以到每秒 5 幀以上，代表能夠即時的預測威脅性物品並做接下來的路徑規劃。此網路架構可預測各種物品，例如：機器人、背包、假人、頭盔、繩子、滅火器、電鑽等等（皆可在五公尺外預測到）。

	Survivor	Husky (robot)	Backpack	Helmet	Drill
Range	20m	25m	18m	10m	5m

表一，各種威脅性物品可被預測距離



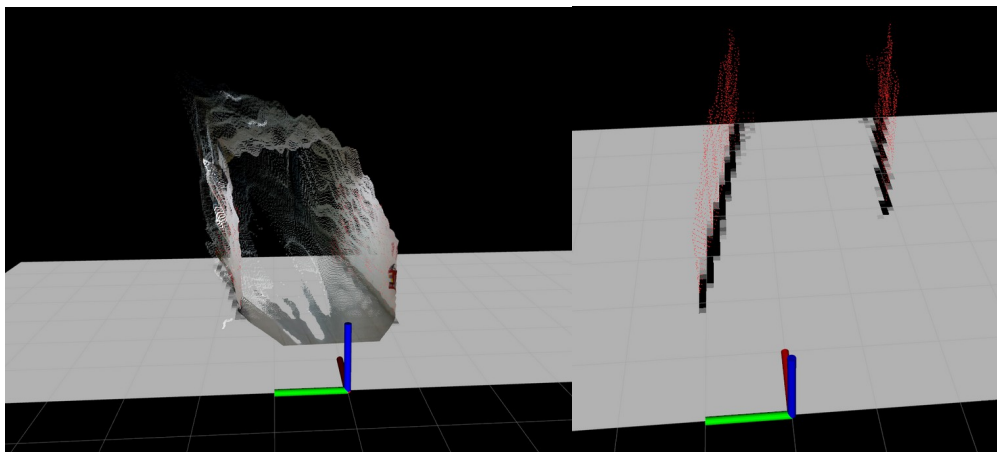
圖一，MobileNet SSD 網路架構



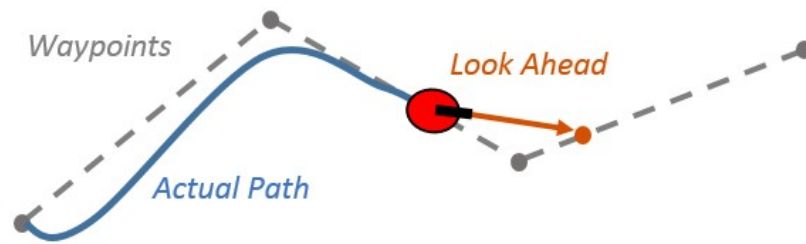
圖二，Bounding Box 預測

障礙物識別

為了讓機器人在追蹤靠近目標物時能夠閃避障礙物，本研究使用 intel D435 紅外線深度攝影機來建立機器人前方的三圍點雲空間資訊，並且經過體積像素化(voxelize)處理，使得資訊有效利用，接著將點雲投影至機器人位在的二維平面上，並計算投影在平面上的量，當總量超過閾值，即將此二維座標點視為障礙物，隨著機器人的移動，以次方法不斷建立起機器人前方七公尺左右各七公尺之二維障礙物地圖。



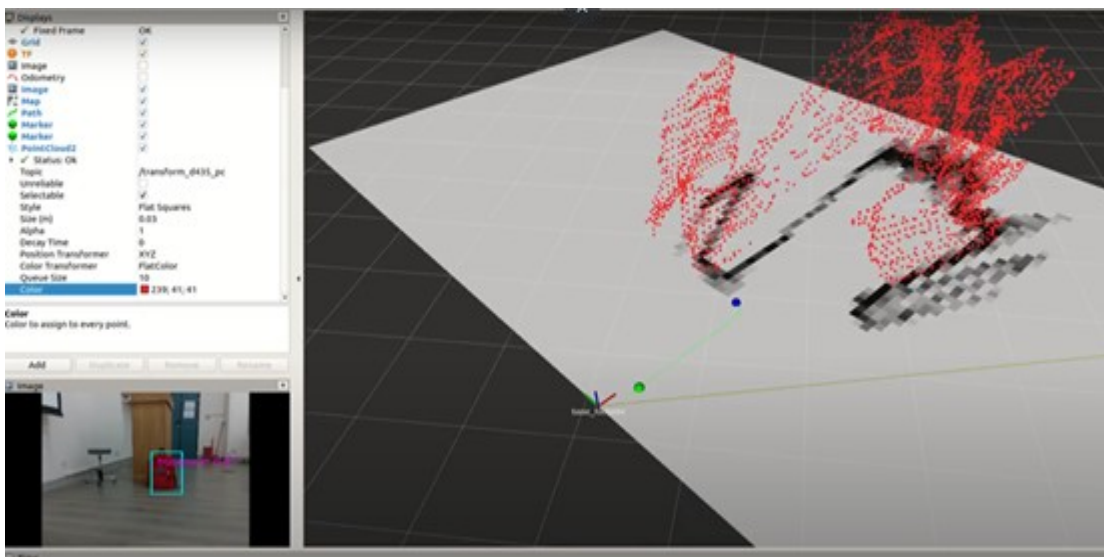
來計算機器人的旋轉角誤差以及距離誤差，並接著使用 PID 控制器來縮小此誤差，使機器人能夠平穩順暢的移動至指定位置。



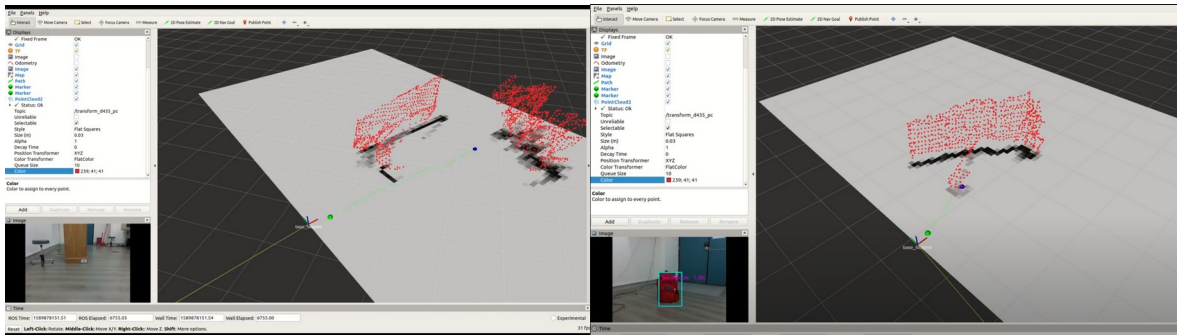
圖五，waypoints 為規劃路徑上之連續座標點，Look Ahead 為設定之前方偵測範圍，交點即為此一時間之目標點，Actual path 為機器人實際行走之路徑。

實驗結果

實驗中，機器人會透過深度學習網路去預測[某距離內]是否有目標物，並標記出目標物於 2D 影像中之位置，如圖六左下角。得知目標物位置後會將目標物標記於圖六右方藍色點，同時識別出機器人前方之障礙物，接著透過 A* 演算法規劃出路徑後（如圖六中綠色線段），利用 PurePursuit 演算法以及 PID 控制器進行自動導航。



圖六，使用 A* 路徑規劃之結果，左下角為 Bounding Box 預測。右邊綠色點為 LoCoBot 位置，藍色點為目標點，紅色為障礙物(牆壁等)，路徑規劃時會避開此區域。



圖七，（左）追蹤到之目標物放置於櫃子後方，機器人透過預先歸劃路徑移動。（右）發現威脅性物體後修正規劃路徑並靠近威脅性物體。

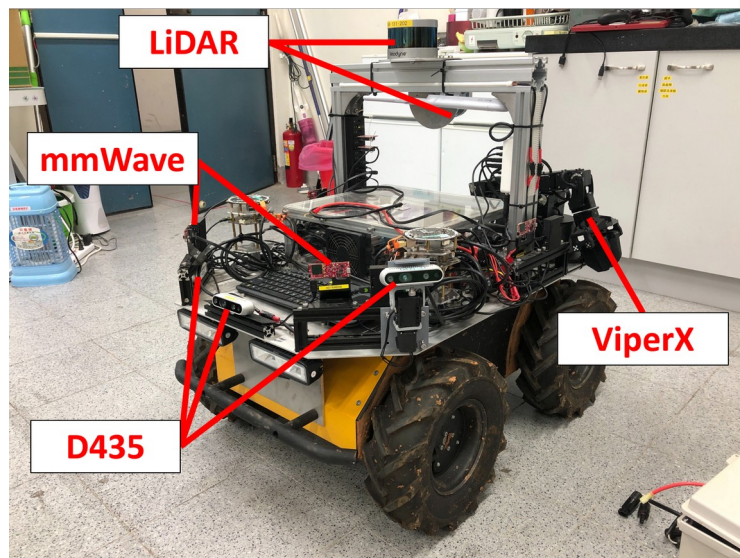
移動式機械手臂平台開發

系統需求

本計畫利用行動載具搭載機械手臂以抓取危險爆裂物，需要使用行動載具追蹤並靠近標記之危險爆裂物，再由機械手臂進行夾取與收回之動作。此之任務訴求要求精準，行動載具需可穩定行駛於崎嶇地表，亦必須要適應戶外地形，並搭載深度攝影機、光達、慣性測量設備、毫米波雷達等等感測器；機械手臂部分為求夾取之穩定性，需能夠載重達 3 公斤，並能夠有適度的伸展範圍。

系統介紹

本行動載具搭載機械手臂之系統，選用 Husky 作為我們的行動載具；前方搭載三顆深度攝影機（Intel RealSense D435）以及四組毫米波雷達（mmWave）、上方兩個光達（Velodyne LiDAR 16 Beams）、車身內側一個慣性測量設備（Inertial Measurement Unit, IMU）。我們將機械手臂（ViperX 300s）裝載於 Husky 後側作為夾取裝置（圖九）。

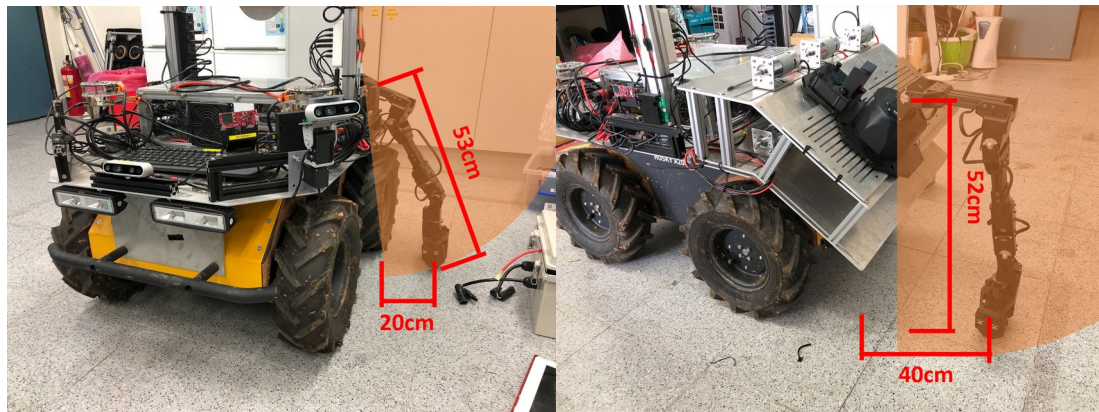


圖九，系統架構圖

我們使用深度攝影機 D435 進行影像辨識以及視覺追蹤，在偵測並鎖定目標物後，Husky 將會靠近目標物，並運用 LiDAR、mmWave，以及 IMU 進行障礙物偵測以及自動導航，使用 D435 進行即時回饋確認目標物與系統相對位置。機械手臂置於行動載具後面，目前在規劃於

載聚後方設置兩支 ViperX 手臂以進行雙手臂之協作，增加手臂之應用範圍，並於載具後方放置深度攝影機或是相關感測器以在機械手臂進行作業時提供後方視覺。

ViperX 機械手臂單一之載重於靜止時可達 2 公斤，於移動時可達 1.5 公斤，預計可設置兩支 ViperX 機械手臂進行雙手臂協作，增加載重以及相關作業。ViperX 之作業範圍為手臂底座中心往外 53 公分，手臂往下可達地板範圍為從 Husky 往外 20 公分處（圖十左），經評估需要外接手臂平台以增加工作範圍。



圖十、（左）手臂放上 Husky 平台之作業範圍。（右）外接斜坡平台設置。

依據前述之問題，我們在 Husky 與 ViperX 之間設置一斜坡平台，以斜坡之特性增加手臂之工作範圍。平台之傾斜角度為 30 度，地面與手臂基底平台底座中心之高度為 52 公分，此設置可以將手臂之延展範圍由離 Husky 往外 20 公分增加至往外 40 公分（圖十右），增加兩倍的近地面工作範圍。



圖十一、使用 ViperX 進行威脅物夾取示意圖

我們使用 ViperX 進行與 Husky 結合之行動載具機械手臂平台進行威脅物夾取，在這裡我們以紅色背包視為危險威脅物進行威脅物夾取（圖十一），結合前述之影像辨識以及追蹤導航

以執行任務。這裡我們將會進行第二支 ViperX 之製作，以及雙 ViperX 之測試評估，並同時評估斜坡平台之設計、相關控制之校正、後方相機擺設之問題。