

Implementation of Dynamic Autonomous Navigation on Gmapping 在 Gmapping 上實現動態自動導航

組別：A122 指導教授：邱偉育教授
組員：劉家豪、蔡定芳、馬維昭、林冠騰、陳念平

ABSTRACT

有鑑於自動化趨勢的到來，工作機械化勢必是未來的走向。而機器人由於特別擅長處理重複性事項及對於使用者來說具有很高的可調整性而逐漸出現在現今社會的視野。其中，自動導航隨著自駕車的出現而變成一個具有發展性的領域。而 SLAM(simultaneous localization and mapping)作為自動導航中需取得自身位置及環境資訊的重要應用技術之一，在室內環境具有強大且成熟的建圖能力，因此被本專題選作欲研究之主題。然而 SLAM 雖有強大的定位及建圖能力，對於路徑規劃的能力的不足成為其軟肋。而對於自動導航來說，另一核心自然就是導航演算法的實施。如何正確且有效率地利用環境資訊，在行進的過程中安穩地到達目的地自然成為最大的課題。

Turtlebot3 burger(下文簡稱機器人)將作為本研究中自動導航機器人之載體，並利用其 LiDAR 提供周遭環境資訊進行後續 SLAM 的處理分析[3]、[4]。本專題將以 Gmapping 做為主要使用之 SLAM 技術，並使用與 SLAM 和 Turtlebot 最為適配的 ROS(機器人作業系統)作為主要開發的平台。再撰寫執行檔(launch file)將機器人與各節點(node)互相藉由訊息傳遞來操作機器人之行為。在 Gmapping 完成建圖後會將其建構的地圖傳輸到在 GUI 中提供使用者觀看及操作。最後藉由 GUI 指定終點，並搭配上導航演算法中前往目標(Go to Goal)、避障(Avoid Obstacle)、沿著牆走(Follow Wall)三者所形成的 FSM 抵達目的地。

本專題之導航部分是利用[2]中的論文進行發想，並經由改良其中的演算法進行 FSM(finite-state machine)的實施完成導航之部分。而本專題對於 SLAM 機器人提供另一種面向的導航方式，有別於目前大多的 SLAM 機器人需利用周遭的佔據柵格地圖 (Occupancy Grid Map) 提供導航的資訊，本研究中導航部分只需要提供起點及終點即能進行導航，並在遇到障礙物時與目的地之距離進行比對進行動態更改機器人行進路線，而最後實驗成果為能成功在 Gazebo 模擬以及

Real Map 上呈現在室內的未知地點進行任意兩點的自動導航，並可以用 GUI 進行目的地的指定。最後也以此證明了所提出的導航方式之可行性。

在未來發展部分，本專題希望利用在 ROS 中整合之各功能以及提供 source code 及相關安裝包至開源平台所建立的自動導航機器人模板(template)，能提供有需要的使用者作為基礎並根據自己的需求進行研發，以促使智能機器人的快速發展。並在最後提出不少可應用的領域供使用者參考。

INTRODUCTION

本專題目的為能夠在未知環境中進行任意點的自動導航，因此環境資訊及機器人所在之方向及相對位置就不可或缺。並由於目前的 SLAM 機器人需利用周遭的佔據柵格地圖 (Occupancy Grid Map) 提供導航的資訊，雖可以在未知環境中同時進行定位和建構地圖，但缺乏路徑規劃的能力。因此藉由 FSM 彌補 SLAM 所不足之動態路徑規劃能力，並提供使用者 GUI 進行想要的操作及環境資訊。

為此，我們藉由感測機器人作為 LiDAR 獲得周遭環境資訊後以 SLAM 的方式進行即時環境建圖，並將圖傳至自行設計的 GUI 上提供使用者能自由設定及控制機器人之目標並進行自動導航，而避障功能則得以確保機器人能夠隨著自動導航安穩地到達目的地。綜上所述，本專題有別傳統 SLAM 機器人需要地圖才能進行導航，使用 SLAM 提供機器人本身定位並建立周遭增量式地圖之優點。同時能利用機器人本身 LiDAR 獲取環境資訊進行路徑規劃及導航，以此獲得只需要起點及終點位置就能達成不須地圖的自動導航。加上 GUI 的顯示得以讓使用者清楚瞭解目前機器人的行進情況及在地圖中的位置，最後將所有的功能整合在 ROS 平台上。

本專題之核心在於利用 ROS 的節點訂閱及發布作為各功能與機器人間之溝通橋梁以達成訊息之傳遞，端看如何從 LiDAR 所得之環境資訊進行建圖與自動導航，並在過程中進行模擬來檢視機器人之操作是否符合預期並進行除錯，最後則在現實中的機器人呈現結果。以下為我們專題的系統架構(FIG.1)。

一、Turtlebot

Turtlebot 是一款可編程且基於 ROS 系統的開源機器人，我們所選用的是 Turtlebot3 burger 版本。Turtlebot 具備了完善的傳感器，採用 360 度的 LiDAR、9 軸慣性測量單元，與精密編碼器。控制板則是使用 OpenCR，內建 IMU 傳感器，此控制板功能強大，不僅能控制 Dynamixel，還可以精確地控制其他傳感器。

二、Arduino

指的是 Turtlebot 中所有與 Arduino 相關的硬件以及 OpenCR，負責整個機器人的控制，像是輪子的轉速及方向。

三、ROS

ROS 全名為機器人作業系統，負責機器人內部各個元件的溝通。本專題利用 ROS 撰寫節點的發行檔(launch file)互相訂閱話題(subscribe topic)及推行(publish topic)等方式，來傳遞各節點的訊息(message)及狀態(state)，使機器人有辦法有效的做出適當的動作。

四、Gmapping

作為使用 Laser Rangefinder 和 Odometry 輸入的 Gmapping 是一種基於 Rao-Blackwellized 粒子濾波器(Particle Filter)的 SLAM 技術，原理為利用粒子的分布去推測機器人可能的移動路徑。

五、Gazebo 模擬與 GUI 應用

Gazebo 是 ROS 中最常使用的模擬軟件，用來在電腦上顯示模擬的環境。而在本研究中將 rviz 作為 GUI 顯示的媒介，可標示目前機器人與目標的位置座標之距離以及機器人當前前往之方向。再將其結果而此 GUI 是利用滑鼠點擊之方式顯示目標位置(如下圖白色方塊處)，且目標可隨使用者之需求做即時的調整及改變。

六、Navigation

本專題中將自動導航分為三部分來實施，分別為 Go to Goal 、Avoid Obstacle 以及 Follow Wall，最終將其結合成 FSM。(FIG.2)

- Go to Goal
此項目的目標是希望機器人順利抵達目的地
- Avoid Obstacle
如何安全且穩定的抵達終點在導航中是不可或缺的，因此避障在自動導航中佔有非常重要的一席之地。
- Follow Wall
這部分的目的為當遇到障礙物時，上面的彎曲幅度仍不夠跨越或繞過障礙物時，就需要沿著牆走直到無障礙物的位置再進行 Go to goal

七、實驗結果

本專題中將實驗結果分為 Gazebo 模擬和 Real Map 之實體機器人運行兩部分進行探討。

- Gazebo 模擬
如 FIG.3 所示，機器人一開始的方向是朝著 goal 的方向前進，也就是執行 Go to Goal。在偵測到牆壁後會進行 Avoid Obstacle，故機器人會向後退保持在危險距離之外，等到向後退到危險距離外後，接著沿著牆壁執行 Follow Wall，最後在離開牆壁的區域後再一次地進行 Go to Goal 直至抵達目的地。
- Real Map 之實體機器人運行
如 FIG.4 所示，Turtlebot 在周遭環境相對凹凸不平整以及眾多障礙物的情況下，Gmapping 的建圖效果會因為 LiDAR 所掃過之環

境資訊較混亂使得 occupancy grid map 的呈現較差。雖仍然能抵達目的地，但 navigation 之效果也未能像 Gazebo 模擬中將三種情況的 FSM 的區隔這麼明顯。但考量若是以傳統的 SLAM 機器人使用 occupancy grid map 進行導航，在如此糟糕的環境下其運行結果可能會更加惡劣。

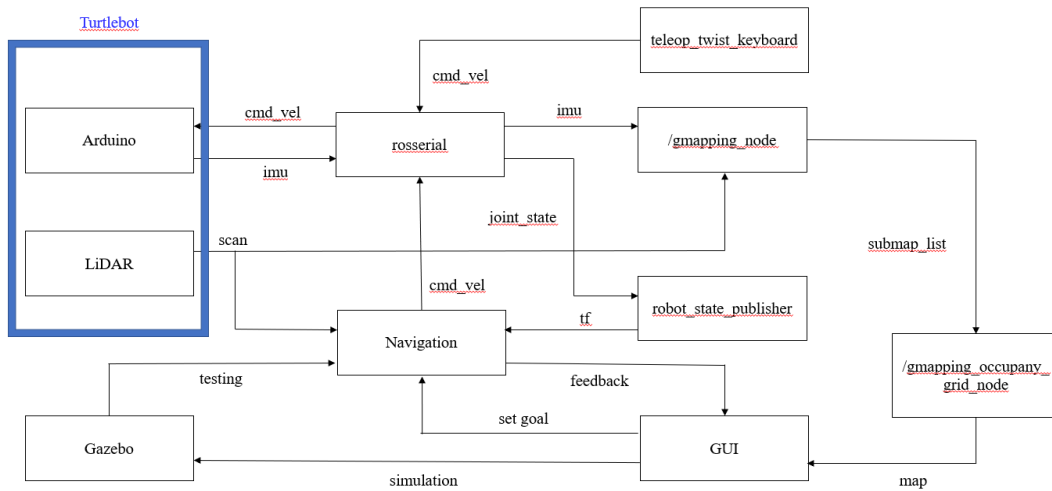


FIG.1 系統架構圖

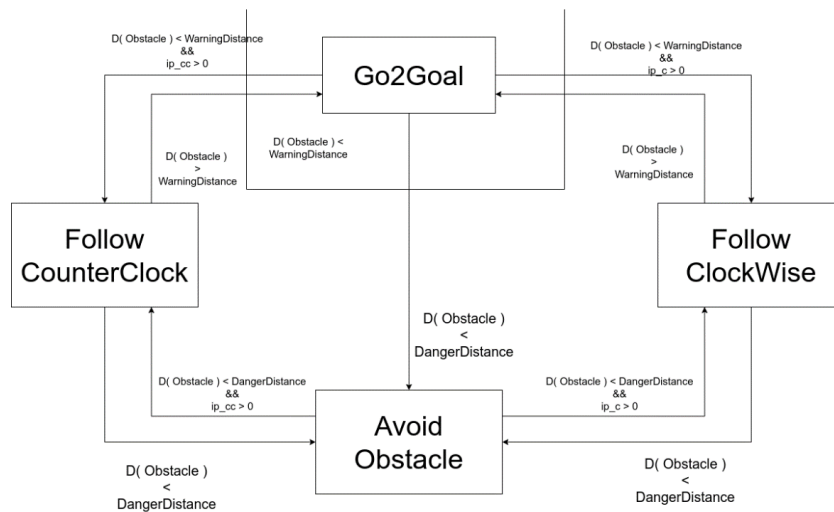


FIG.2 本專題改良自動導航之有限狀態機

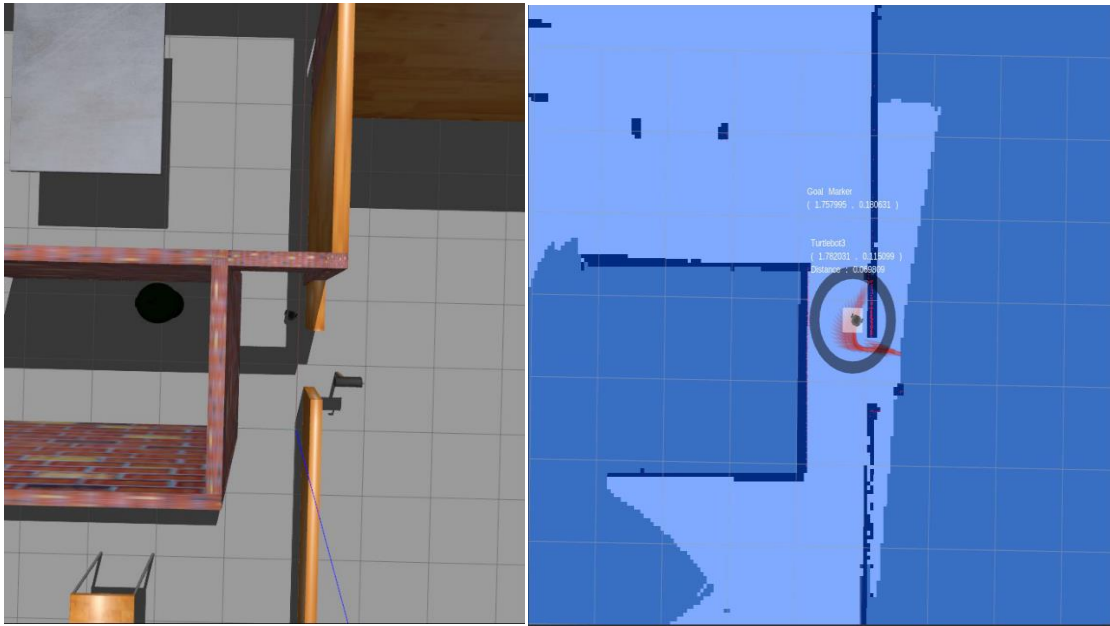


FIG.3 GUI 在 Gazebo 模擬上的 Navigation 狀況

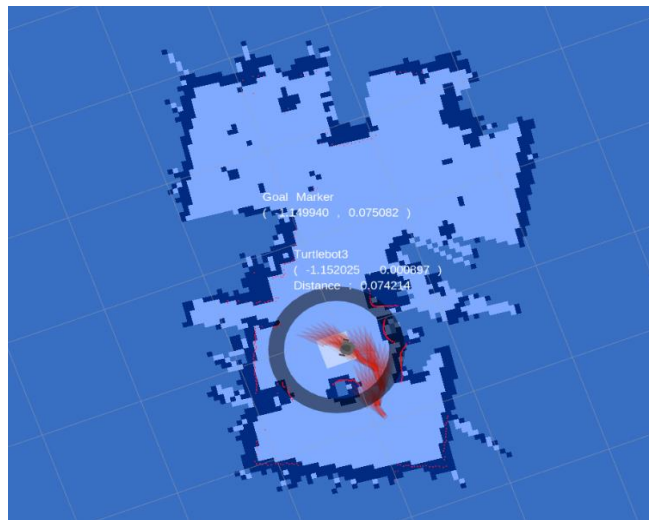


FIG.4 GUI 在 Real Map 的 Navigation 狀況

心得感想

劉家豪：

在這專題中學到了各種技術的整合，無論是 ROS、Gmapping、navigation 等部分都是需要時間適應和瞭解的部分。對這種實作的部分是在平常課程中是比較缺乏的，很幸運地在專題能夠進行各種領域的時做並整合。最後能在 Gazebo 模擬以及現實中都能達成未知地點的任意兩點導航非常開心。雖然後續想實施的 DQN 模型部分來不及完成，但在實作的過程中學到了很多溝通的技巧和問題的發想。非常謝謝邱偉育教授以及博士生 Harish 帶我們進行討論，也感謝我的組員們在分工上都很認真完成及配合。希望能藉由這次的學習經驗為

後續的團體合作機會或是研究能夠更容易地熟悉並切入要點。

蔡定芳：

謝謝組員們這一年來的辛苦，大家分工合作把這個專題完成，還有謝謝研究生 Harish 在接手之後每週抽空和我們開會，安排進度，讓我們有專題的有了更清楚的目標和方法，也學到不少東西，像是 ROS(Robot Operating System)、SLAM 實時建圖等，因為機器人導航和回饋控制是我以前沒遇過的領域，途中遇到很多問題，但在各組員一起討論並研究，最後成功讓機器人能移動到我們給定的目標。

馬維昭：

為期兩學期的專題已接近尾聲，這段時間很謝謝邱偉育教授以及博士生 Shri Harish Manoharan 的帶領及協助，才使得我們能夠完成這個專題。也感謝我的隊友們總是能提出許多不同的想法，在遇到瓶頸時也總是能迅速應對。這段時間感覺自己成長了許多，對於團隊合作以及研究如何進行也有了更多的了解，也期許自己以後在進行類似的研究時，那些走錯的路、繞遠的路，能夠避開並直入研究的重點。

林冠騰：

一開始就是被能夠做機器人這個題目所吸引而選擇了這項專題，而經歷了這一年來的時間學習以及成長了許多，對於這方面的領域等於是重頭學習一步一步的從無到有，最開始連 Ubuntu 系統也是第一次接觸，還有 ROS 機器人作業系統、Slam 等技術應用有了了解，雖然過程中時常遇到困難以及問題，但是都透過和組員間的互相交流以及和教授跟 Harish 之間的討論，才得以解決問題，而且我認為我們的專題屬於任務導向而非專注學習某一項東西，而這樣為了達到一個目的，而去廣泛的學習各種會需要用到的知識以及技術，我認為是一個很好的磨練。特別要感謝我的組員，這一年來的辛苦，大家分工合作努力完成總算是得出了成果，投入了相當的時間以及精力，還有研究生 Harish 從接手過後與我們 meeting，每個禮拜的關心進度、幫我們訂定目標，最重要的是提供我們相關的先備知識替我們解惑，著實幫助了我們不少，最重要的是要感謝教授，這一年來的指導，除此之外經費不遺餘力的支持，讓我們能夠買到想要的硬體設備，使我們專注在研究上面，也從這個專題中受益良多。

陳念平：

機器人的導航是個有趣的主題，雖然在做這專題時才發現自己完全沒有任何先備知識，不管遇到什麼都必須要重新學習。不管是上網搜尋答案、和教授與博士生討論，都讓我學到很多東西。最重要的就是溝通，如果和組員們沒有良好的分配任務，一切進度都會變得緩慢；如果與教授和博士生開會時，沒有進行良好的溝通，不但會沒有搞清楚他們交代我們的事情，更會走錯方向，浪費許多時間。很开心我們最後成功完成了讓機器人從 A 點到 B 點自動導航的任務，這一年來的努力都值得了。