雲林科技大學資訊管理系

實務專題提案報告

仿真全自動無人機協同系統

Simulation Autonomous Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Cooperative System

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 組員: | A11223032 | 林冠澔 |
|  | A11223023 | 柯竣升 |
|  | A11223040 | 楊惟州 |
|  | A11223052 | 李峻瑋 |

中華民國113年06月

Jun, 2024

目錄

[一、 專題動機 1](#_Toc168425688)

[1.1 技術背景與現狀 1](#_Toc168425689)

[二、 目的 2](#_Toc168425690)

[三、 方法 4](#_Toc168425691)

[3.1 AirSim 4](#_Toc168425692)

[3.2 Unreal Engine 4](#_Toc168425693)

[3.3 Socket 5](#_Toc168425694)

[3.3.1 TCP/UDP 6](#_Toc168425695)

[四、 預期應用 7](#_Toc168425696)

[4.1搜救任務 7](#_Toc168425697)

[4.2偵察監控 7](#_Toc168425698)

[五、 SWOT分析 8](#_Toc168425699)

[六、 附錄 9](#_Toc168425700)

# 專題動機

近幾年來，隨著科技的快速進步和無人機技術的飛速發展，無人機在各個領域的應用已經變得越來越普遍。然而，傳統的單一無人機在覆蓋範圍、運行效率和任務複雜度方面存在明顯限制，尤其在大面積區域或地形複雜的環境下，難以滿足需求。此外，單一無人機在處理大規模任務時時常會有效率低下的問題，容易造成運行效率不佳的產生，並且當單一機體發生異常或故障損壞的情形發生時，將直接影響任務執行，容錯力較低。

為了克服單一無人機的不足，通過無人機群協同控制和協同作業，能夠完成較為複雜的任務，也能在無人機發生故障時，接續執行其任務，提高系統的容錯性，並且同步並行地執行，顯著提升任務完成的效率，同時也能擴展任務覆蓋範圍，完成大面積的任務。透過協同系統可以根據任務需求靈活地添加或減少無人機數量，因此也具有良好的可擴展性，使得無人機協同系統能夠突破單一無人機的技術瓶頸，並且在各個領域發揮出最好的效能。

隨著協同技術的發展，新的技術創新和應用場景不段湧現，結合了人工智慧、機器學習和邊緣計算等技術，使其能夠開發出更多具有自主學習和自我優化的無人機應用，並根據環境變化做出相對應的決策，使得無人機協同系統更加智能、高效和可靠，提供各行各業全新的解決方案。

## 1.1 技術背景與現狀

目前，傳統無人機已在各個領域得到廣泛應用。

* 農業：無人機可用於精確農業，如農地監控、農藥噴灑和土壤分析等方面，以提升生產效率和資源利用率。
* 工業：無人機可進行橋梁、電塔、管道等基礎設施的檢查和監測，不僅提高檢測效率，還能減少人力成本和風險。
* 物流業：如亞馬遜的Prime Air和Google的Wing等公司正在測試和部署無人機配送服務，目的在提升物流配送效率，尤其是針對應急物資的配送及偏遠地區配送等服務。
* 軍事：

偵察與監視：軍事無人機廣泛運用於偵察、監視和情報收集，提供即時訊息。打擊與防禦：部分無人機能夠攜帶導彈或其他武器進行精確打擊，增加國家安全的防禦能力。

# 目的

仿真全自動無人機協同系統的目的是模擬一個能夠實現無人機之間協同傳輸的系統，並且能夠執行協同任務及資訊共享與處理，包含圖像傳輸、數據融合等功能。通過整合和協調多個無人機（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）或無人載具的行動，達到更有效、更靈活的任務執行。系統架構包含多個無人機之間的通信傳遞、協調執行和任務分配，以及數據共享和分析等功能，但重點將放在協同通訊系統的架構上，以實現無人機群之間的訊息傳遞和建立可靠的協同系統，使無人機能夠自主運行，無需使用者手動操控，同時在無人機通訊上選擇適當網絡拓撲在應對不同情況時能有效提升救災行動的效率和可靠性，我們利用分散式系統架構，以應對災區通訊基礎建設毀壞的挑戰，在基礎網絡被破壞的災區，能迅速建立臨時空中無線中繼骨幹網絡，提供關鍵的通訊支持。

使用Airsim 模擬器並且用於虛幻引擎 (Unreal Engine)上建構無人機和虛擬場景及模擬動態行為和感測器輸出以進行協同研究，測試無人機的深度學習、計算機視覺和強化學習算法，這樣可以在無需擔心實際損壞的情況下測試自主性解決方案，我們將探討以下的研究並探討以下的內容：

* 協同傳輸: 多架無人機之間的數據傳輸可以使用Socket通訊、無線通訊等技術建立無人機之間的通訊鏈結，以確保數據的可靠傳輸。
* 自主性飛行: 無人機可根據預設的航線或任務自動飛行，無需使用者進行手動操控，並通過加速度計、陀螺儀等慣性傳感器估算自身的動態行為。
* 智能避障: 無人機在飛行過程中可自動識別障礙物並進行避障，確保飛行安全。
* 數據分析: 無人機可以使用機器學習、數據挖掘等技術共享收集到的數據，進行整合分析，從而獲得更全面的訊息。

我們將使用Socket網路通訊技術建立不同運算設備之間的傳輸連線，以確保數據的可靠傳輸。同時使用Python來編寫通信代碼，確保其能夠與Airsim和Unreal Engine有較佳的兼容性。在集中控制系統中進行數據整合和分析以模擬無人機的動態行為，例如飛行及避障等功能。透過可靠性措施、安全性以及效率和性能指標，提高系統效率及其相關技術。這些技術和方法將有助於實現無人機協同系統的以下目標：

1. 分散式協同控制：實現無人機之間的分散式協同控制使其能夠在無需手動控制的情況下自主協同工作。
2. 通信協議的優化：開發和優化通信協議，確保數據傳輸的高效性和可靠性。
3. 能量管理策略：設計無人機的能量管理策略，延長其工作時間，避免因能量不足而中斷協同運行。
4. 環境感知：提升無人機的環境感知能力，增強其自主導航和避障能力，並做出相對應的反應。
5. 協同搜索與救援：無人機能夠協同進行搜索與災害救援任務，提高搜索效率和救援成功率。
6. 安全性和容錯機制：確保系統的安全性，防止數據泄漏和惡意攻擊，保障數據安全和系統穩定性，同時具備高容錯力。
7. 容錯轉移技術：無人機之間的鏈路具有韌性，當無人機需迫降或無法提供網絡連線時，系統會自動切換到其他無人機，待原無人機恢復後，自動恢復通訊鏈路。(可取代6.)
8. 分散式路由技術：每個節點使用智慧路由演算法計算權重，做出最佳路由決策，避免了單點失效問題。此技術允許網絡中存在多個對外連接點，自動選擇最優節點進行數據傳輸。
9. 網絡拓撲與通信：通過模擬實驗的測試，研究不同的網絡拓撲例如:集中式、分散式和混合式對無人機群通信、協作和資料交換的影響，以及如何設計和選擇適當的通信協議來提高數據傳輸的可靠性和效率。
10. 隊形控制策略：研究不同的隊形控制策略，如何幫助無人機群實現協調行為和維持特定隊形，並在面對環境變化或任務需求變更時進行動態調整。

# 方法

## 3.1 AirSim

Airsim是由微軟研究開發的一個開源模擬平台，用於測試和開發自動駕駛車輛和無人機的人工智能算法。它基於虛幻引擎 (Unreal Engine) 構建，提供高度真實的物理模擬和感知模擬，適合研究深度學習、計算機視覺和強化學習等技術。

將AirSim開發為一個人工智慧研究平台，用於試驗無人機的深度學習、電腦視覺和強化學習演算法，利用AirSim提供的API來實現影像檢索、狀態擷取、控制等行為，同時結合msgpack-rpc-python實現高效的網路通信，可以將複雜的控制邏輯和資料處理分佈到不同的服務中，從而提高系統的模組化和可擴展性，以下為安裝的相關軟體包。

1. #pip install msgpack-rpc-python
2. #pip install airsim

## 3.2 Unreal Engine

Unreal Engine是由Epic Games開發的一款遊戲引擎。是一種用於創建高品質、互動性強的數位內容的開發工具，最初是為了製作電子遊戲而設計的，但後來也被廣泛用於虛擬實境(VR)、擴增實境(AR)、電影 製作、動畫製作以及其他各種互動體驗的開發。

這個引擎提供了一整套工具和功能，包括圖形渲染、物理模擬、碰撞檢測、音訊管理、人工智慧、使用者介面設計等。使用Unreal Engine，開發者可以創建各種各樣的數位內容，從簡單的2D遊戲到複雜的三維世界，都可以實現。

AirSim是建立在Unreal Engine引擎之上的開源專案，因此利用了Unreal Engine 提供的圖形渲染、物理模擬和環境搭建等功能，執行開發和研究，如圖3.1。



圖3.1 AirSim 模擬環境

## 3.3 Socket

Socket是一種網路通訊機制，用於在不同運算設備之間建立和管理資料傳輸連線，因此會藉由Socket技術來研究與開發協同系統資料傳輸，然而傳輸是目前很重要的一環，其著重探討系統的效率與可靠性。本文將探討協同系統資料傳輸的常用技術、標準、安全性與可靠性措施，以及效率與性能指標，並提出提高效率的相關技術。

* 可靠性

因群體式無人機在執行協同任務時，依賴的資料作判斷的能力過於重要，因此在資料傳輸上的可靠性極為重要，包含冗餘、錯誤校驗及重傳等措施，確保在協同時不會有衝突等行為。

* 效率的技術

為了讓無人機能夠自主執行任務、進行飛行和決策等任務，自主性無人機將採取分布式架構，不依賴地面控制台進行操作和導航，因此效率指標將是一個重要的因素，將會探討與研究壓縮、暫存和優化路由等技術，提高了系統的效率和性能。

* 效率指標

協同系統資料傳輸的效率與性能是衡量一個系統優劣的重要指標，其中包含吞吐量、延遲和丟包率等，牽涉了系統許多層面，包含處理能力、效率、時效性及完整性等。

### 3.3.1 TCP/UDP

TCP和UDP協定是兩個最為常見的標準。TCP協定是一個廣泛應用於互聯網的通信協定，它提供了可靠的數據傳輸和錯誤處理機制，適用於對數據完整性和可靠性要求較高的應用場景。而UDP協定則是一個簡單的面向無連接的協定，它不保證數據傳輸的可靠性，但具有低延遲和高效率的特點，適用於對數據傳輸效率要求較高的應用場景。

# 預期應用

## 4.1搜救任務

模擬在自然災害或事故發生後，無人機可以在因地形被破壞或無法通行的災區，甚至是山區、森林等複雜環境，能夠快速進行搜索和探查，甚至將來可以應用到協同救援的任務。

驗證無人機群協同系統搜救任務的可行性，通過模擬並評估其效率、成本等指標，並且在不同場景下的應用模式，並提出優化的方案。

## 4.2偵察監控

模擬空中偵察監控，並且以自主性的方式進行協同，當收集及探索陣地等情報，有無人機發生錯誤或其他不可預期的問題，其他無人機群能獨自反應且重新佈署新的工作任務。例如六台自主性無人機以圓心向外呈60度角間隔進行區域偵察與監控任務，它們以自主方式收集和探索陣地資訊，當某一架無人機發生故障或出現不可預期的問題，其他無人機能夠獨立反應並重新部署新的任務，以確保偵察任務的連續性和覆蓋率。

驗證無人機群協同系統空中偵察監控的可行性，通過模擬並評估其效率、成本等指標，並且在不同場景下的應用模式，並提出優化的方案。

# SWOT分析

|  |  |
| --- | --- |
| 優勢Strengths | 劣勢Weaknesses |
| * 覆蓋範圍廣大 * 運行效率較高 * 容錯能力強 * 市場需求旺盛 | * 開發成本高 * 市場規模小 * 系統複雜性高 * 通信限制 |
| 機會Opportunities | 威脅Threats |
| * 政策逐步支持 * 發展與應用範圍擴大 * 5G通訊技術發展 | * 競爭加劇 * 技術壁壘較高 * 政策風險 * 安全性與隱私問題 |

優勢（Strengths）：

無人機群協同系統能夠利用多架無人機的飛行範圍和視角擴展任務覆蓋範圍，完成大面積的任務，同時能夠靈活地調整無人機數量和任務分配，適應不同任務場景，提高任務執行效率，並且能夠在單一無人機發生故障時，接手任務的執行，提高系統整體的容錯能力。隨著人工智能技術進一步的發展，無人機協同系統在各行各業上的需求也日益增加。

劣勢（Weaknesses）：

無人機協同系統涉及多架無人機的協同控制、訊息共享和任務分配等問題，需要可靠的通訊網路和較高的通訊速率以維持訊息之間的傳遞，也導致系統複雜性較高，因此也需要較高的技術水平和研發成本。由於無人機協同系統尚處於發展初期，因為發展還不完全，間接使得市場規模發展較慢。

機會（Opportunities）：

隨著無人機製造技術的進步和生產規模的擴大，無人機的成本將會逐漸下降以滿足更多市場上的需求，同時透過現在5G通訊科技高頻寬、低延遲等特點，改善多架無人機之間訊息的傳遞障礙，並在各國政府不斷地支持下，逐漸放寬相關的政策以促進無人機產業的發展，為協同系統的應用創造了良好的環境。

威脅（Threats）：

無人機協同系統涉及多種核心技術，例如無人機控制、資訊融合、人工智能等，技術壁壘較高，並且隨著無人機技術的發展，越來越多企業進入無人機市場，競爭日趨激烈，在各個國家之間對於無人機的管控政策也有所不同，存在著一定的政策風險，同時在系統運作過程中，也涉及訊息的收集、傳輸和處理，存在著安全性與隱私等相關問題。

# 附錄

<https://www.technice.com.tw/uncategorized/34150/>

<https://dronedj.com/2023/01/12/drone-delivery-cost/>

https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/future-air-mobility-blog/drones-take-to-the-sky-potentially-disrupting-last-mile-delivery

<https://www.digiknow.com.tw/knowledge/623bebc4382af>

<https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.abm5954>

<https://zhuoenbase.com/2030-global-drone-market-development-forecast-the-path-to-integration-across-industries/>

<https://www.automan.tw/magazine/magazineContent.aspx?id=8413>

<https://www.thedronegirl.com/2023/09/18/6-surprising-drone-industry-predictions-through-2030/>

<https://www.unmannedairspace.info/uncategorized/drone-industry-insights-market-report-predicts-7-7-cagr-to-reach-usd54-6m-by-2030/>

[Sensors | Free Full-Text | Designing UAV Swarm Experiments: A Simulator Selection and Experiment Design Process (mdpi.com)](https://www.mdpi.com/1424-8220/23/17/7359)

[無人機救災通訊應用 - 科技新知 - 產業學習網 (itri.org.tw)](https://college.itri.org.tw/Home/InfoData/f6e19f2d-f81c-421c-bc36-ea6409ba0a5d/a8900c46-600b-46ae-ab4d-02869c3c40b1)