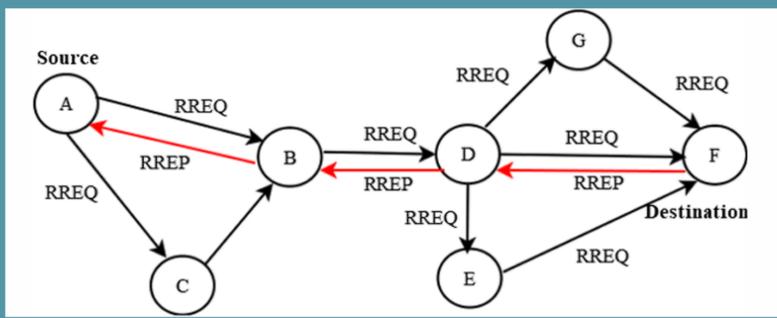


一、研究動機

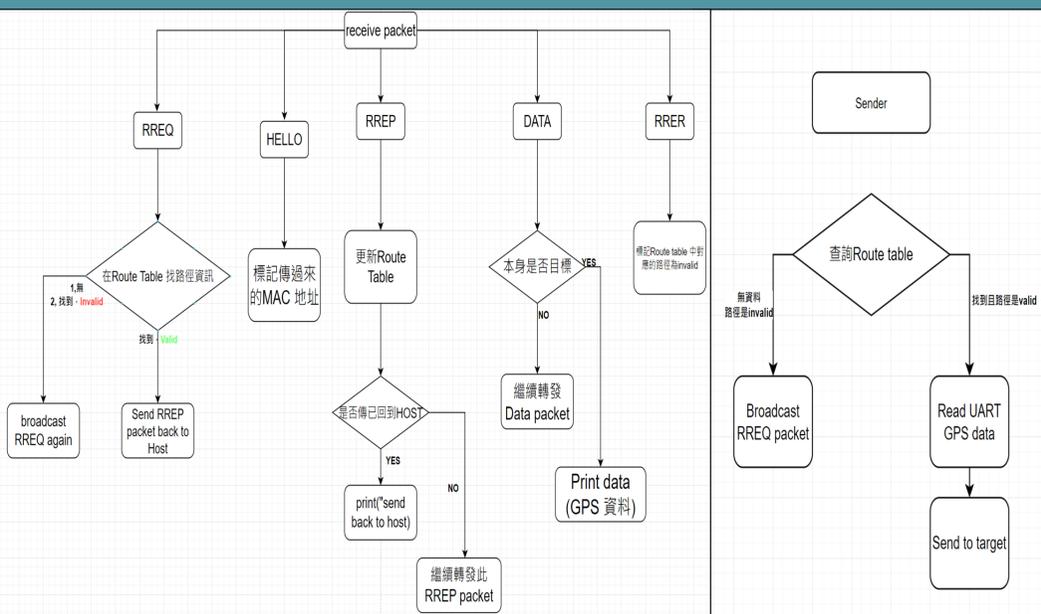
ESP32-NOW是可在ESP32架構上，無需互聯網或路由器，讓多個ESP32直接通訊的無線技術。但是如果要形成可以多點傳輸的多跳無線網路，就是還是需要導入AODV來形成具自我維護及擴展能力的 MESH 網路。本研究整合ESP32-NOW與AODV，來構建多節點 MESH 網路；在此網路下，每節點可互相通訊，即使某節點失效，其他節點仍能調整路由，維持網路穩定性。透過 AODV 協議實現動態路由，當節點無法到達時，也能迅速找到替代路徑，確保通訊不中斷，期望能應用在災後不穩定的通訊環境。

二、研究架構



圖一、AODV架構

AODV 會透過廣播 RREQ (Route Request) 封包來尋找目標節點的路徑，並在成功找到路徑後由目標節點回傳 RREP (Route Reply) 封包，建立雙向通訊路徑。一旦路徑失效，AODV 會發送 RERR (Route Error) 封包來通知相關節點。



圖二、Receiver 端與Sender 端的流程圖

- RREQ：當 HOST 傳送 GPS 數據包前，會查詢路由表有無目標路徑。若無或無效，則廣播 RREQ 包。接收 RREQ 的節點會查詢自身路由表：
 - 有路徑：產生 RREP 包回傳 HOST。
 - 無路徑/無效：再次廣播 RREQ。
- RREP：節點接收 RREP 時檢查是否已返至 HOST：
 - 已返至 HOST：路徑建立完成，HOST 開始傳送數據。
 - 未返至 HOST：繼續將 RREP 發回 HOST，並更新路由表。
- HELLO：每節點每 15 秒廣播 HELLO 包，記錄鄰居 MAC 地址，更新路由表。
- TASK1 & TASK2：
 - TASK1：定期發送 HELLO 包。
 - TASK2：每 60 秒更新無回應的路徑為無效。
- RERR：若 TASK2 標記路徑損壞，會廣播 RERR 包，其他節點接收後更新無效路徑。

三、實驗架設

- ESP32開發板
- NEO6MV2 GPS 模組 (使用UART 連接到 ESP32)
- 使用ESP-IDF開發程式



圖三、實驗設備

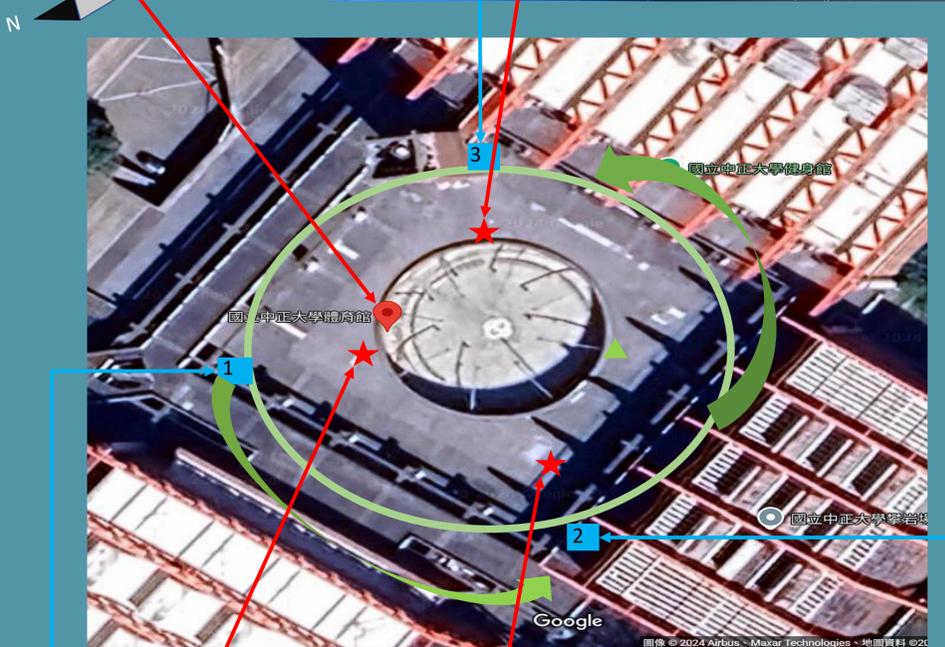
以一台ESP32為中心點(TARGET▲)，另外3台ESP32以三角陣行布置(中繼節點★)。測試者手持連接GPS模組的ESP32板子(HOST■)沿著圓圈繞行。沿著圓圈繞行，TARGET 不會直接收到來自 HOST 的 GPS data packet，而是要藉由中繼節點轉發來自 HOST 的 GPS data packet。

四、效能評估

實驗結果有展示出 Host 有成功利用 AODV 重新尋找，建立到達 TARGET(30:C9:22:12:EC:C4)的新路徑(訊息欄位 byte from 的 MAC address 代表來自哪個中繼點)。

```
Task2 running
0111100000
dest      nexthop      hop count    valid
30:C9:22:12:EC:C4  30:C9:22:12:EC:C4  0            true
A8:42:E3:AE:DA:CC  A8:42:E3:AE:DA:CC  1            true
E4:65:B8:75:87:F0  E4:65:B8:75:87:F0  1            true
A8:42:E3:AE:EA:38  A8:42:E3:AE:EA:38  1            true
8C:AA:B5:86:24:78  8C:AA:B5:86:24:78  1            true
```

23.565N, 120.473E
 (資料來源: Google Map)



```
124 byte from E4:65:B8:75:87:F0
type = 3
30:C9:22:12:EC:C4 matched 30:C9:22:12:EC:C4
[ata = [GPGGA,092211.00,2333.96003,N,12028.35960,E,2,08,.,.01,94.3,M,16.9,M,.,0000*63
****recv_callback end****

124 byte from A8:42:E3:AE:DA:CC
type = 3
30:C9:22:12:EC:C4 matched 30:C9:22:12:EC:C4
[ata = [GPGGA,092648.00,2333.93785,N,12028.36011,E,1,05,2.65,91.8,M,16.9,M,.,*6A
****recv_callback end****
```

圖四、繞行中正大學體育館中庭所得之GPS資料

五、結論

本專題成功使用 ESP32 和 ESP-NOW 技術結合 AODV 協議，構建了一個自我維護的 MESH 網路。實驗結果顯示，該系統能在多節點環境下可以傳輸資料，並具備路由自動調整功能。專題研究加深了我們對嵌入式系統、網路技術和程式設計的理解，為後續技術應用提供了可靠的參考。期望以後可擴展到更大的規模(整個中正校園)。