

南華大學科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士論文

Master Program of Green Technology for Sustainability

College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

鼠害即時監測與防治反饋系統

Real-Time Monitoring, Control, and Prevention

Feedback System Design for Rat and Mouse Damage



謝佩君

Pei-Chun Hsieh

指導教授：莊文河 博士

Advisor: Wen-Ho Juang, Ph.D.

中華民國 110 年 12 月

December 2021

南華大學

永續綠色科技碩士學位學程

碩士學位論文

鼠害即時監測與防治反饋系統

Real-time monitoring, control, and prevention feedback system

design for rat and mouse damage

研究生：謝佩君

經考試合格特此證明

口試委員：葉文河

黃冠雄

賴信正

指導教授：葉文河

系主任(所長)：

洪耀明

口試日期：中華民國 110 年 12 月 28 日

摘要

本研究主要係提供一個網頁平台，讓使用者可以即時查看老鼠是否侵入環境之活動率數據及實施防治措施之反饋系統，利用紅外線技術來統計老鼠活動率，並透過在場域安裝多個監測器來達到預測老鼠進出的路線。藉由 WiFi 及 LoRa 將每個監測器的資料傳送到資料庫儲存，使用者可透過讀取資料庫之數據及資料庫提供之圖表清楚目前老鼠出沒範圍及活動率，透過這些數據來訂定有效之防治計畫，執行防治計畫後再經過本研究監測數據來驗證防治計畫是否有效，提升滅鼠率外亦可降低傳染病的傳播，有效的解決鼠患問題。

中文關鍵詞：紅外線感測器、鼠患

Abstract

This study is mainly focused on providing a web platform that allows users to view the activity rate data of whether rats have invaded the environment in real time and a feedback system for implementing prevention and control measures. To efficiently count the activity rate of rats, an infrared technology with multiple monitors is applied and set up in the field to predict the route of rats. For data storage, the WiFi and RoLa module are employed to transfer the real-time data of each monitor to the database, and the user can not only read the data from the database but also understand the current activity range and activity rate of the mouse, and use these data to determine the effective rate. In addition to improving the rate of rodent eradication, it can also reduce the spread of infectious diseases and effectively solve the problem of rodent infestation.

Keywords : Infrared Sensor, Rodent, Arduino

目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
目錄.....	iii
表次.....	v
圖次.....	vi
第 1 章 緒論.....	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	3
1.3 研究目的	4
1.4 論文架構	6
第 2 章 背景知識與相關研究	7
2.1 傳統捕鼠方式	7
2.2 新興之捕鼠裝置	9
2.3 序列通訊傳輸協定	11
2.3.1 SPI 通訊協定	11
2.3.2 I ² C 通訊協定.....	12
第 3 章 提出之系統架構與研究方法	14
3.1 系統架構	14

3.2	電路設計概念	15
3.2.1	遮光型及反射型感測器設計	16
3.2.2	資料彙整收集器電路	19
3.3	韌體設計概念	20
3.3.1	Atmega328p 與 LoRa 傳輸介面	20
3.3.2	紅外線感測器傳輸設定	21
3.3.3	LoRa 傳輸協定.....	24
3.3.4	WiFi 傳輸協定.....	26
第 4 章	實現結果與討論	27
第 5 章	結論與未來展望	37
5.1	結論.....	37
5.2	未來展望	37
參考文獻	38

表次

表 1.1 臺灣齧齒類動物引發疾病之統計表 (2016-2021)	3
表 3.1 紅外線感測器使用元件明細表	18
表 3.2 本研究使用 SX1278 DataSheet 之暫存器列表	25
表 4.1 感測器電流量統計表	36



圖次

圖 1.1 臺灣他病毒症候群感染人數趨勢圖 (2016-2021)	2
圖 2.1 捕鼠籠.....	7
圖 2.2 捕鼠夾.....	8
圖 2.3 黏鼠板.....	8
圖 2.4 滅鼠藥 (毒餌)	9
圖 2.5 市售超音波驅鼠器樣式	10
圖 2.6 Goodnature A24 老鼠撞擊器外觀.....	11
圖 2.7 SX1278 提供之 SPI 資料傳輸時序圖	12
圖 2.8 I ² C 通訊協定資料傳輸時序圖.....	13
圖 3.1 整體場域建置示意圖	14
圖 3.2 本研究之系統架構	15
圖 3.3 遮光型感測器示意圖	16
圖 3.4 反射型感測器示意圖	17
圖 3.5 感測器整體電路圖	18
圖 3.6 感測器電源之串聯鋰電池保護板	19
圖 3.7 資料彙整收集器電路圖	20
圖 3.8 自定義 SPI 協定傳送資料封包格式	21
圖 3.9 偵測老鼠有限狀態圖	21

圖 3.10 感測器偵測動物流程圖	23
圖 3.11 WiFi 傳送流程圖	26
圖 4.1 遮光型感測器電路實體圖	28
圖 4.2 反射型感測器電路實體圖	29
圖 4.3 資料彙整收集器電路實體圖	29
圖 4.4 紅外線感測器實際架設情形	30
圖 4.5 資料彙整收集器實際架設照片	31
圖 4.6 實際拍攝老鼠進出活動照片截圖	31
圖 4.7 Serial Port 訊息	32
圖 4.8 網頁頁面進版畫面	32
圖 4.9 網頁頁面提供之功能介紹	33
圖 4.10 查詢無盡藏當月數量畫面	34
圖 4.11 查詢單間教室功能的網頁介面	35
圖 4.12 長條圖顯示老鼠出洞數據	35

第1章 緒論

1.1 研究背景

「病媒」係指病原體的媒介會將病原體傳播給人，使人生病或是成為帶原者，繼續傳播疾病。臺灣處於溫帶與亞熱帶地區，氣候溫暖潮溼，環境適合各種病媒之生長與繁殖。許多傳染病可以透過一些生物做為媒介散播，如蚊子、蒼蠅、老鼠、蟑螂是我們在日常生活中常見的四大病媒，影響公共衛生環境。以上這些害蟲除了影響、干擾我們日常生活，更多的是伴隨著一些病原傳播人類疾病，如常在新聞中看到的登革熱、霍亂、傷寒、瘧疾及鼠疫等，影響人類生體健康及經濟[1]。

四大病媒中，經由鼠類傳播最典型的疾病為漢他病毒。如衛生福利部疾病管制署專題報導[2]，由於漢他病毒是人畜共通傳染病，人類只要接觸或是吸入帶有漢他病毒之鼠糞尿等污染物或是被帶有病毒之齧齒類動物咬傷，就有被感染的風險，感染後潛伏期為數天至兩個月，主要症狀為突然且持續性發燒、結膜充血、虛弱、背痛、頭痛、腹痛、厭食、嘔吐等，約第3至6天出現出血症狀，隨後出現蛋白尿、低血壓或少尿，部分患者會出現休克或輕微腎病變，並可能進展成急性腎衰竭，雖經治療後病況可改

善，但死亡率可達到 15%。根據臺灣衛生福利部疾病管制署於 2016 年至 2021 年 9 月止之疫情資料[3][4]，全臺感染漢他病毒症候群之確診個案共有 23 例，其中 2020 年到目前為止之漢他病毒症候群之確診個案多達 18 位，如圖 1.1。

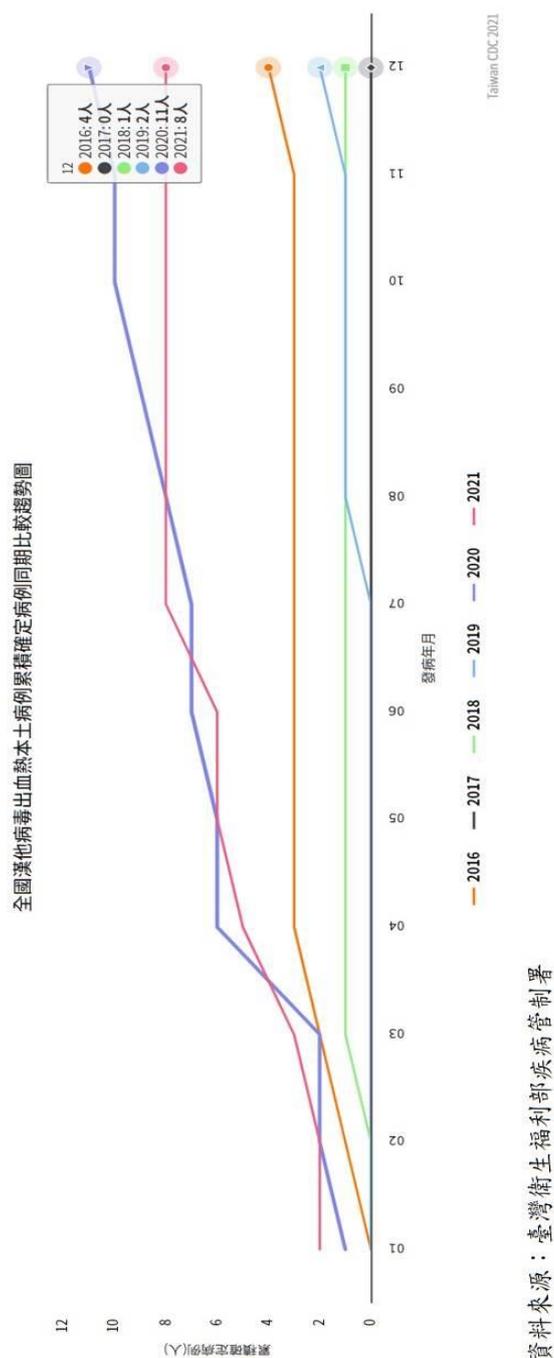


圖 1.1 臺灣他病毒症候群感染人數趨勢圖 (2016-2021)

根據臺灣衛生福利部疾病管制署從 2016 年至 2021 年 9 月調查，藉由齧齒類動物所引發之疾病，如鉤端螺旋體、恙蟲病及傷寒等疾病統計表如表 1.1，其中恙蟲病確診人數為 2345 例及鉤端螺旋體確診人數為 522 例，由此可見鼠疫防治之重要性。

表 1.1 臺灣齧齒類動物引發疾病之統計表 (2016-2021)

病名 年份	傷寒	副傷寒	恙蟲病	鉤端螺旋體	漢他病毒
2016	5	3	484	113	3
2017	3	1	421	86	0
2018	4	1	384	83	1
2019	4	3	442	106	1
2020	7	0	422	78	10
2021(9月)	1	1	192	56	8
總計(人)	24	9	2345	522	23

資料來源：臺灣衛生福利部疾病管制署

1.2 研究動機

食衣住行為日常生活不可或缺的四大元素，病原體往往會透過病媒經由食衣住行之行為傳播細菌及病毒給人類。在眾多的病媒中，經由齧齒類動物帶原所引起的傳染性疾病遠比其他病媒來的多，我們在環境中常見的代表性齧齒類動物為鼠類。鼠類可傳播鼠疫(黑死病)、鼠咬熱、沙門瓦菌病、鼠型斑疹傷寒、恙蟲病、漢他病毒、鉤端螺旋體等疾病[5]。而且一旦發生疾病大多會演變成群聚感染。又因為老鼠的生活習慣為夜晚活動，所以我們很少可以感覺

它的存在，除非在環境中有看到老鼠屎、抓痕和咬痕才知道老鼠入侵了我們的環境。

我們都知道最好的防治鼠類最好的方法就是斷絕食物，但是談何容易，傳統捕捉老鼠的方式大約分為放置黏鼠板、捕鼠籠、投遞滅鼠藥。捕捉老鼠前提要先猜測老鼠的路徑及動向，才能順利捕捉，黏鼠板及捕鼠籠有時需要多個，使用前也需要將周遭的食物及物品清理乾淨，避免食物及環境遭受汙染；投遞老鼠藥部份，要是無法準確猜測老鼠方位，放置多處則會造成環境汙染，破壞環境[6]。

所以本研究想要製作一個裝置來偵測鼠類是否在場域出沒及彙整老鼠活動數據供使用者查詢，如果老鼠出沒的數據高，表示在這個場域內的老鼠數量很多，活動率很高，讓管理者可以透過網頁來觀看、查詢老鼠出沒在各場域之數據，並藉由這些數據，來制訂一些鼠類的防治計畫，來達到控制場域鼠類之數量，而使用者也可以因此使用最佳的方式，如精準地使用滅鼠藥，來降低對於環境之傷害，兼顧環境永續之目的。

1.3 研究目的

近十幾年，面對地球環境上有限或是即將枯竭的能源、資源及越來越多生物的滅絕，我們意識到地球上的資源「永續經營」的重

要性。在台灣常見的滅鼠行為，是用傳統的黏鼠板、捕鼠器或是毫無節制的大量投遞滅鼠藥，但是這些都是屬於沒有目標的捕抓老鼠方法，無法有效控制鼠類的數量，也無法得知鼠類出沒的路徑。

舉例來說，如果工作場域是食品廠，我們將很多黏鼠板放置在地板及工作檯，當老鼠經過時，老鼠的尺寸過大，一個黏鼠板的黏著力無法使老鼠固定，這樣老鼠就會拖曳黏鼠板之沾黏物質，場域就會佈滿老鼠的毛屑及分泌物，反變成了污染場域環境；同樣，在食品廠的場域內，如果我們亂投遞滅鼠藥，會不會有人不小心摸過滅鼠藥，經滅鼠藥帶到食物原料內，這樣滅鼠藥就會污染食物原料，製作成食物，最後進入到人類的食物鏈。

不單單是人類，當滅鼠藥投遞在室外的場域，環境中有很多生態會遭到破壞，比如田野間的野鼠會影響農夫收穫成果，但是如果我們為了滅鼠而投遞大量滅鼠藥，生態中的鳥類及其他動物吃了毒餌或是吃了中毒的老鼠，亦會殃及到這些生物圈，當毒素累積到一定程度，會讓這些動物造成滅絕[7]。

所以為了即時偵測老鼠是否侵入環境及老鼠的活動率，本研究利用紅外線技術製作感測器，並透過在場域安裝多個感測器以收集老鼠出沒之數據，將每個感測器收集的資料傳送到資料庫儲存，供使用者透過網頁頁面觀看資料庫之數據及圖表。使用者掌握目前老

鼠出沒的活動率後，再利用這些數據推敲老鼠出沒之路徑，讓使用者可沿著路徑投藥或是擺放黏鼠板、捕鼠器來達到控制鼠類的數量。另一優點，當我們採取滅鼠動作後，也可利用此套系統監測鼠類出沒及活動率相關數據是否已降低，以矯正老鼠防治計畫。

1.4 論文架構

本論文共有五個章節，第一章敘述本研究之研究背景、動機、目的，說明目前滅鼠的原因及使用者的需求；第二章為傳統捕鼠方式及目前市面上販售的裝置介紹與相關的技術、文獻的探討；第三章為系統的整體架構，其中包含：電路設計架構及韌體設計相關概念；第四章結果與討論針對設計出的電路實際場域偵測後的討論，以及說明優缺點；最後，第五章結論與未來可行性方向的評估。

第2章 背景知識與相關研究

2.1 傳統捕鼠方式

常見的傳統捕鼠方式有捕鼠籠、捕鼠夾、黏鼠板及毒餌（滅鼠藥），以下將介紹這幾種裝備的如何運作：

- 捕鼠籠

在捕鼠籠中擺放誘餌，讓老鼠進入籠中，趁機捕捉，防止老鼠逃跑。缺點是捕鼠後必需清洗籠子或是用火燒烤籠子，不然籠子殘留老鼠氣味後就不易再捕捉下一隻，且捕捉後在處理過程中有可能會感染到病菌，如果擺放的食物老鼠不喜歡，就無法捕捉到老鼠。圖 2.1 為目前常見之捕鼠籠樣式，其中踏板式捕鼠籠效果比左邊單門捕鼠籠好。

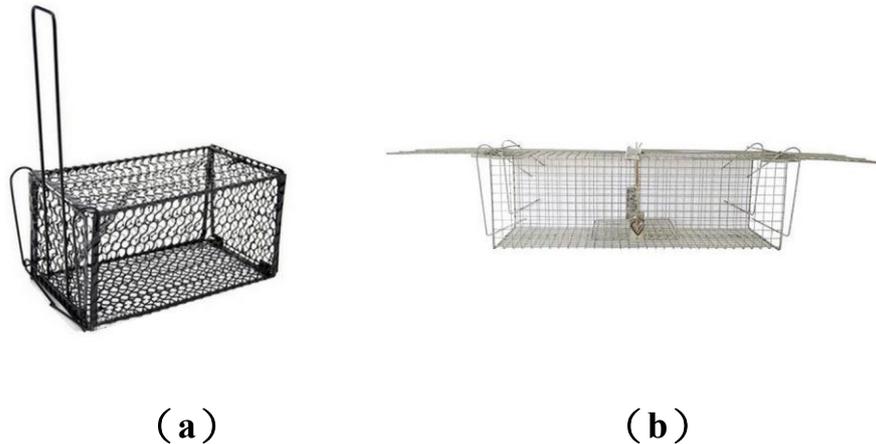


圖 2.1 捕鼠籠：(a) 單門捕鼠籠；(b) 踏板式捕鼠籠

- 捕鼠夾

捕鼠夾比較常見在野外的場域，一樣需要放置誘餌或是

猜測目前老鼠會進出之路徑放置捕鼠夾，缺點是如果擺放位置在比較多人出入的地點，有人誤踩陷阱就會造成傷害，捕鼠夾的外觀如圖 2.2 所示。

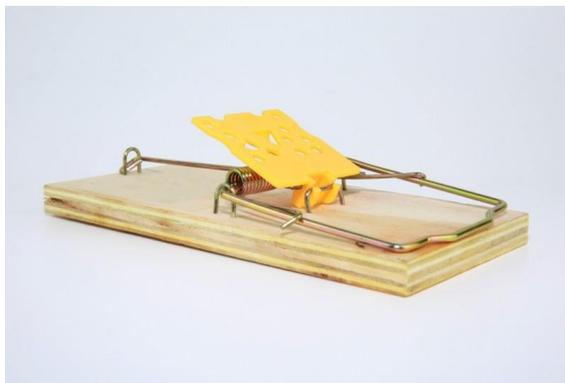


圖 2.2 捕鼠夾

- 黏鼠板

在一塊板子上塗抹黏稠物質，使老鼠動彈不得。這種方法就環保觀點來說，沾黏到的板子就必須拋棄，而且需要人工去處理黏鼠板，在處理過程中感染病菌的機率很高，缺點是通常如果老鼠的體積太大隻，就無法有效的沾黏，如果放置的位置不是老鼠經常路過的路徑，那成效不彰，無法有效率的捕抓老鼠，黏鼠板的樣式如圖 2.3 所示。



圖 2.3 黏鼠板

- **毒餌（滅鼠藥）[8]**

在臺灣大部分的滅鼠藥的成分有一種叫做抗凝血劑的物質，會讓老鼠的血液無法凝固，再慢慢的出血死亡；另一種滅鼠藥是會讓老鼠中毒，中毒後的老鼠不會馬上死亡，而是會慢慢中毒後呆滯再死亡。這些方式，通常必須處理老鼠的屍體，如果老鼠死在隱蔽處，無法及時找到屍體，就會引發惡臭，屍體亦會招來蒼蠅等昆蟲，造成環境髒污。雖然滅鼠藥價格便宜，但是如果沒有節制的在環境中大量投遞，將會造成環境汙染，而且太常使用滅鼠藥，會讓老鼠產生抗藥性。另外，最怕的是滅鼠藥外觀有些跟零食相似，最怕家中老人、小孩誤食，存放位置需要小心，如圖 2.4 所示。



圖 2.4 滅鼠藥（毒餌）

2.2 新興之捕鼠裝置

隨著科技日益進步，現在捕鼠方式或是驅鼠方式加上了一些智慧科技應用，下面就分別介紹有關於市售上科技化之捕鼠裝置：

- 超音波驅鼠器

製造人類聽不到的音頻噪音，讓老鼠自動遠離場域，不會造成汙染。此方法不會處理老鼠屍體也不用擔心造成環境汙染，但是超音波會建議在空曠的地方，因為如果遇到如牆壁、樓層或家具等障礙物就會音響音頻的傳遞，而且如果在潮濕的地方也不適合擺放超音波驅鼠器。市面上雖然已經販賣此類產品，因為無法查看到相關老鼠活動數據，所以成效如何其實有待商榷，市面上目前有很多款超音波驅鼠器，所以款式有很多種，圖 2.5 為目前市面上某兩款樣式。



圖 2.5 市售超音波驅鼠器樣式

- Goodnature A24 老鼠撞擊器[9]

此款裝置的外型像水龍頭，外觀如圖 2.6 所示，中間有一個二氧化碳瓶子，使用時固定在牆壁或是樹上，裝置內部有放置可以吸引鼠類之氣味誘餌，所以可以吸引老鼠進去裝置，當鼠類鑽進管內時，就會瞬間觸發擊發器，擊中老鼠頭部而死亡。此裝置費用較高，而且需要先以誘餌了解老鼠出沒的路徑後再固定裝置，此裝置在氣壓瓶尚未卸載前不可任意移除，不然會觸發擊發器讓手受傷。



圖 2.6 Goodnature A24 老鼠撞擊器外觀

2.3 序列通訊傳輸協定

本系統使用 Atmega328p 做為主要 MCU，運用序列介面做為溝通橋樑，使之與周邊模組、各項元件進行溝通，一般常見序列傳輸協定有 SPI 及 I²C，以下分別介紹這兩種通訊協定。

2.3.1 SPI 通訊協定

本研究在 Atmega328p 與 LoRa (SX1278-Ra02) [10]之間的傳輸介面，使用的是 SPI (Serial Peripheral Interface, 串列週邊介面) [11]，SPI 屬於同步序列傳輸，使用 MOSI (主出從進)、MISO (主進從出)、SCLK (時脈訊號)、NSS (晶片致能) 四條線路連接，SCLK 由 master 段產生並控制，傳送次序為由最高有效位至最低有效位，故資料由第 7 位元至第 0 位元傳送，NSS 致能線初始化為高電位傳送資料時設定為低電位，封包傳送結束後再設定為高電位，表示傳送完成，傳輸時序圖如圖 2.7。

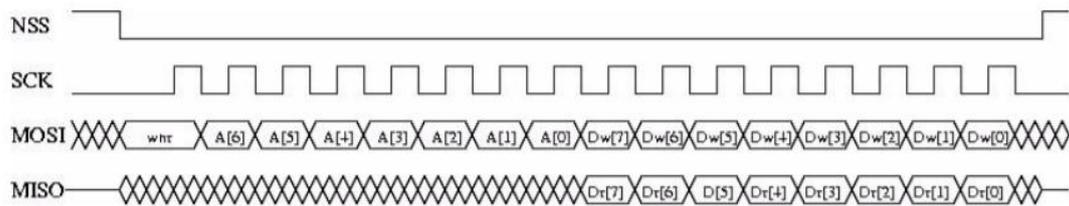


圖 2.7 SX1278 提供之 SPI 資料傳輸時序圖

2.3.2 I²C 通訊協定

本研究於 Atmega328p 與 DS3231 RTC 模組[12]之間的傳輸行為，使用的是 I²C (Inter-Integrated Circuit) 通訊協定[13]。I²C 又名為積體匯流排電路，它是一種串列通訊匯流排。由 Philips 公司在 1980 年代為了讓主機板、嵌入式系統或手機用以連接低速週邊裝置而發展。此協定與 SPI 相同採同步序列傳輸，使用 SDA (串列資料線) 與 SCL (串列時脈線) 兩條線進行傳送，工作電壓範圍相當大，典型的電壓是+3.3V 或+5V。

常見的匯流排會依照傳輸速率不同而有不同的模式，有標準模式 (100 kbit/s) 及低速模式 (10 kbit/s)，新一代的傳輸模式提供更快的速率從 400kbit/s 到 5Mbit/s，依據不同速率共有五種模式可以選擇使用。

I²C 資料傳輸時由一個 START 啟動，當 SCL 保持高電位而 SDA 開始往下降時表示開始傳輸數據，期間資料一直傳送，直到 SCL 電

位維持高電位時，SDA 從低點上升到高點表為 STOP 訊號，即停止數據傳輸，完整 I²C 傳輸時序圖如圖 2.8。

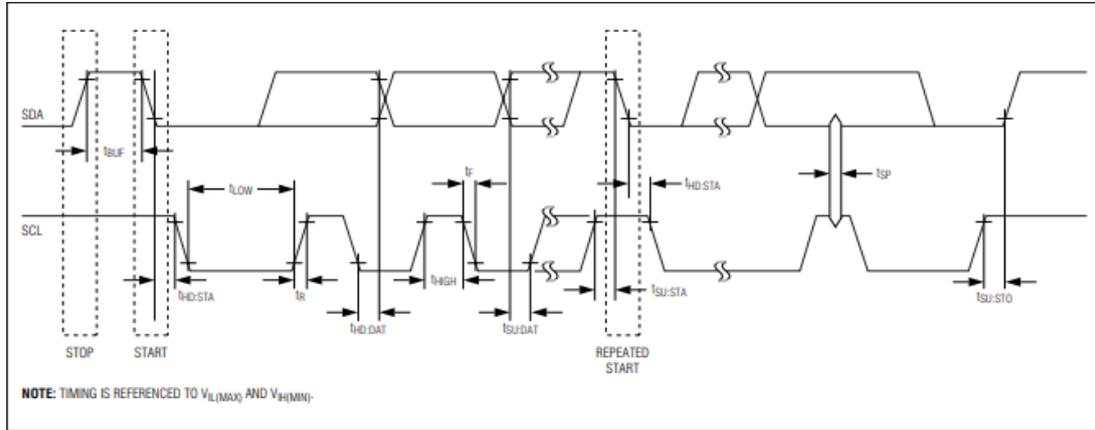


圖 2.8 I²C 通訊協定資料傳輸時序圖

第3章 提出之系統架構與研究方法

3.1 系統架構

本系統主要目的為藉由即時偵測老鼠出沒之數量來提供使用者得知目前場域內是否有老鼠出沒及老鼠活動率如何，讓查看這些數據執行有效之防治方法，降低由老鼠傳播之疾病發生機率，同時也因為節制使用老鼠藥及黏鼠板之行為降低化學物質對於環境所造成之傷害，提高生活居住環境衛生品質。

整體場域建置示意圖如圖 3.1。藉由各感測器偵測老鼠動態，再由資料彙整收集器透過 LoRa 收集各節點資料後，將各節點資料經由 ESP32 的 WiFi 功能傳送並儲存到伺服器端，供使用者可以透過網頁頁面進行數據查詢。

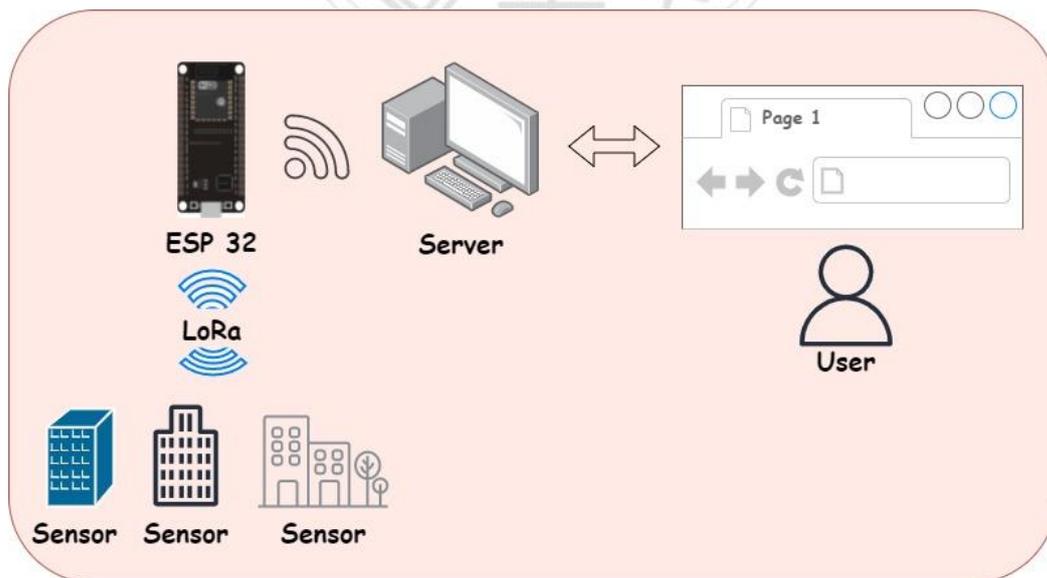


圖 3.1 整體場域建置示意圖

本系統架構主要可分為四個部分：使用者介面（User Interface）、伺服器（Server）、資料彙整收集器（Data Collection）及感測器（Sensor），如圖 3.2 所示。有關於本研究之架構，會在以下各章節介紹。

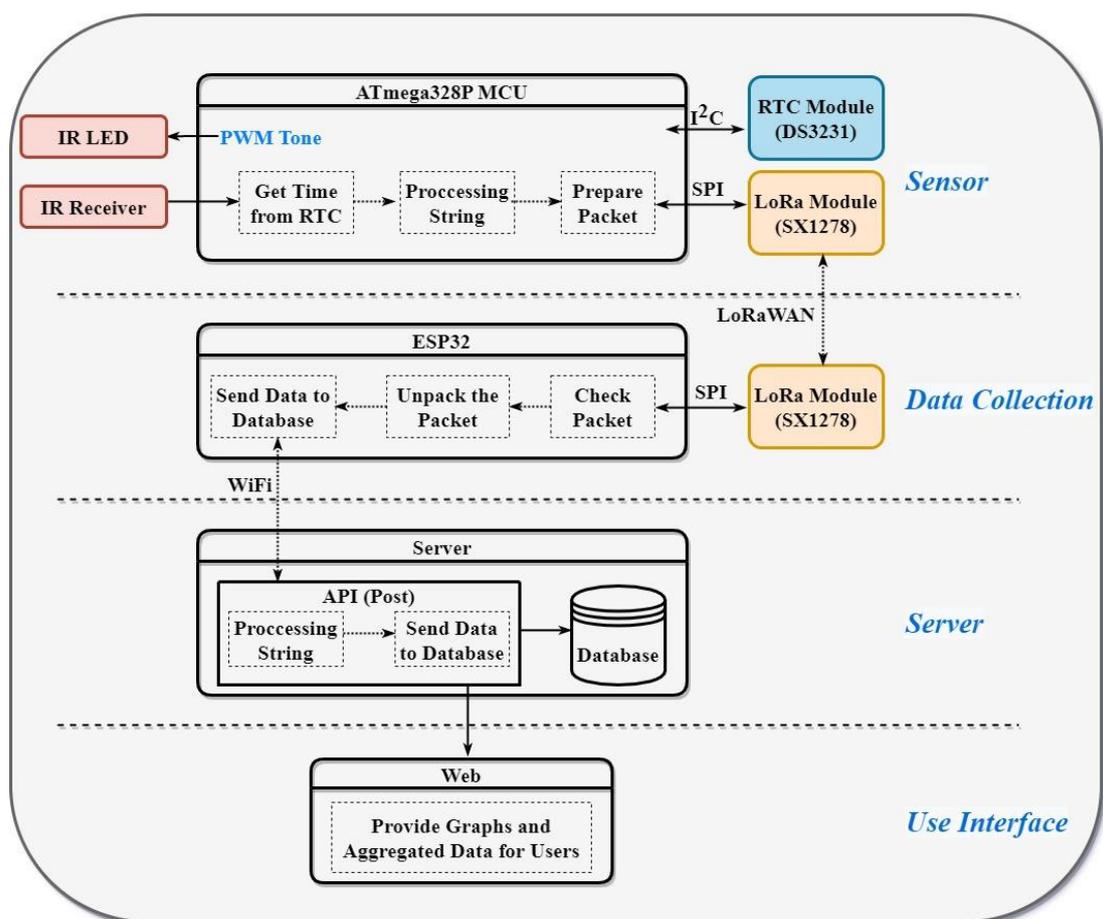


圖 3.2 本研究之系統架構

3.2 電路設計概念

本章節主要介紹感測器與資料彙整收集器架構。

3.2.1 遮光型及反射型感測器設計

本系統為了提供不同場域型態來偵測老鼠動向，設計之感測器可分為兩種，分別為遮光型感測器及反射型感測器。

遮光型感測器之發射器與接收器在不同邊，發射器須放置在接收器之對側，藉由物體經過時遮蔽紅外線訊號，使接收器接收不到訊號資料以此來做為觸發機制，此種感測器的優點可架設在較寬廣之洞口，或是管線比較粗厚的機房，如圖 3.3 所示。

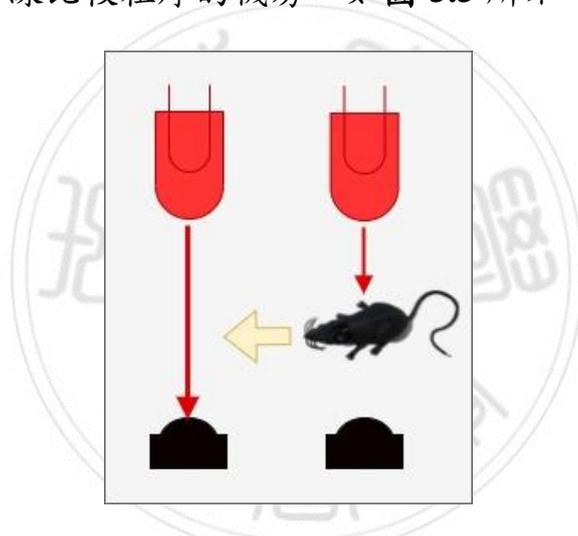


圖 3.3 遮光型感測器示意圖

反射型感測器之發射器與接收器放置在同一邊，藉由物體經過時反射紅外線訊號，使接收器收到訊號來觸發訊號，此感測器的優點在可架設於空間有限的場域，如圖 3.4 所示。

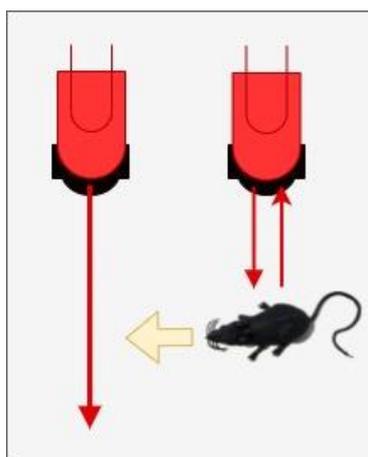


圖 3.4 反射型感測器示意圖

本研究設計之感測器整體電路圖及使用元件明細表，分如圖 3.5 及表 3.1 所示。本研究微處理器採用 ATmega328p-PU 做為核心處理元件，並外接一顆 16MHz 石英震盪器來做為 MCU 的參考時脈 (Clock) 來源。LED 指示燈、紅外線發射與接收器則直接使用 MCU 的數位腳位 D3~D7 進行控制。RTC 時間模組[12]規格為 DS3231 AT254C32，LoRa 通訊模組使用規格為 Ro-02 頻段為 433MHz。本研究電源供應採用兩顆 3.7V 型號 18650 之鋰電池串聯供電，並在電池盒外殼加上兩串鋰電池保護板 (HX-2S-A10)，以防止充電時過度充電或忘記換電池導致過度放電等損害行為發生，如圖 3.6 所示。穩壓部分，因 MCU 工作電壓為 5V，所以使用穩壓 IC-AMS1117-5V[14]將 7.4V 穩壓為 5V；LoRa 通訊模組使用 3.3V 供電，為了防止元件燒壞，因此使用 AMS1117-3.3V 的 IC 再將 5V 電壓穩成 3.3V。

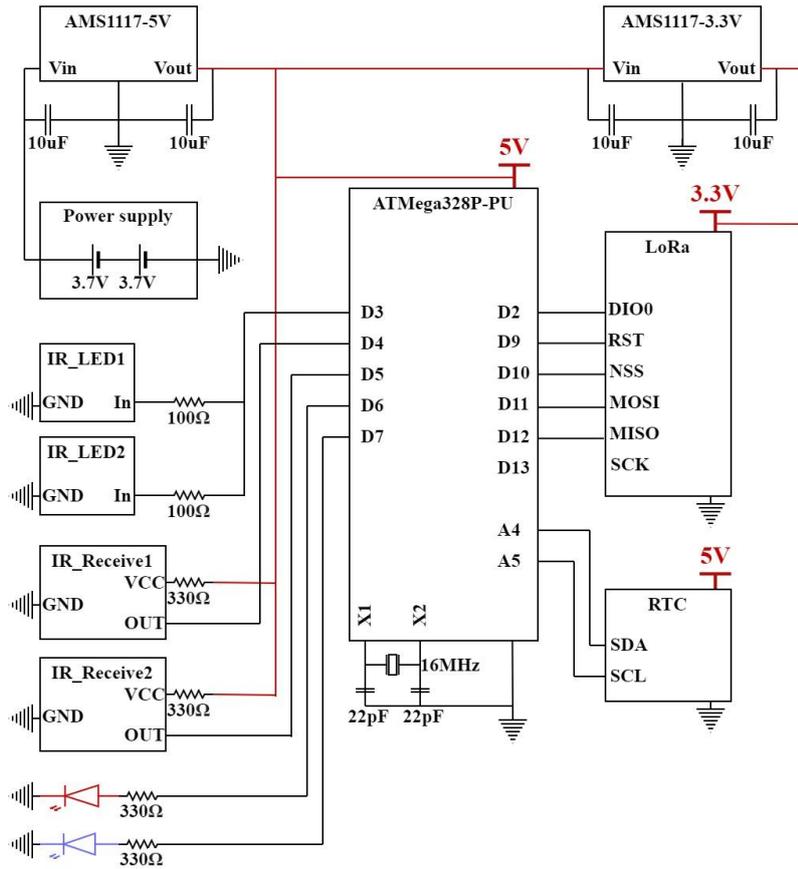


圖 3.5 感測器整體電路圖

表 3.1 紅外線感測器使用元件明細表

元件名稱	規格	數量	元件名稱	規格	數量
MCU	ATMega328P-PU	1	LoRa 模組	Ro-02/ SX1278 433MHz	1
穩壓器	AMS1117-5V	1	紅外線接收器	IR HS0038BD	2
穩壓器	AMS1117-3.3V	1	紅外線發射器	IR 5mm	2
電容	10uF	4	LED	紅 5mm	1
電容	22pF	2	LED	藍 5mm	1
鋰電池	3.7V 18650	2	時間模組	DS3231 AT254C32	1
兩串聯保護板	HX-2S-A10	1	電阻	330 歐姆	4
石英震盪器	16MHz	1	電阻	100 歐姆	2
按鈕		1			

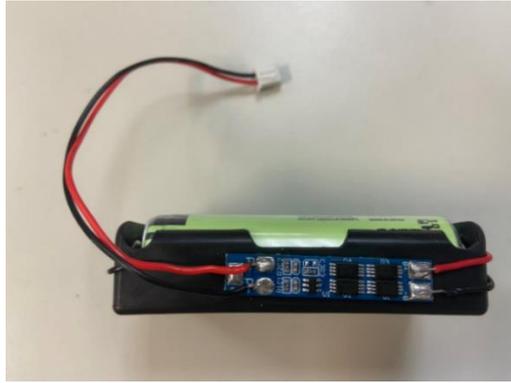


圖 3.6 感測器電源之串聯鋰電池保護板

3.2.2 資料彙整收集器電路

本研究之資料彙整收集器主要由 ESP32、LoRa 通訊模組以及 LoRa 天線構成，資料彙整收集器電路圖如圖 3.7 所示。功能是将同一棟大樓所有感測器的資料彙整，回傳資料庫後提供使用者從網頁來觀看資料。資料彙整收集器電源供應系統可由 ESP32 內建的 Micro USB 或是從外部電源提供，若使用 Micro USB 連接電腦，可由 Serial Port 查看傳輸訊息，也可直接用外部電源將資料彙整收集器設置在網路訊號良好的地方。

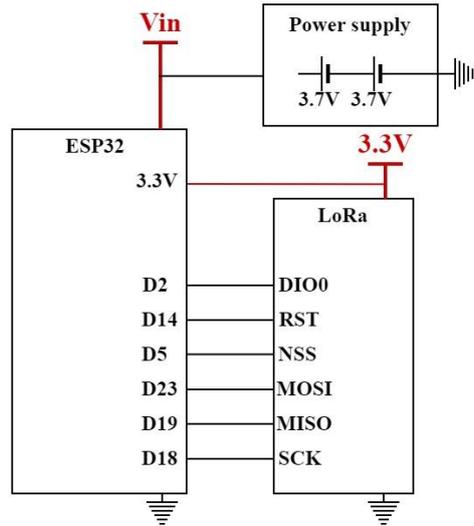


圖 3.7 資料彙整收集器電路圖

3.3 韌體設計概念

3.3.1 Atmega328p 與 LoRa 傳輸介面

本研究 MCU Atmega328p 採用 SPI 協定與 LoRa 進行傳輸，有關於 SPI 通訊協定相關介紹請參見章節 2.3.1。在此只將針對封包格式作說明，其自訂傳輸資料封包格式如圖 3.8 所示，依序為“Place”、“,”、“year”、“-”、“month”、“-”、“day”、“space”、“hour”、“:”、“minute”、“,”及“status”。以下分別介紹欄位代表之意義：“Place”代表空間代號；“year”、“-”、“month”、“-”、“day”、“space”表示老鼠出沒之日期，包含西元年、月份及日期；“hour”、“:”、“minute”表示老鼠出沒之時間，包含時和分；“status”代表老鼠回洞與出洞狀態。



圖 3.8 自定義 SPI 協定傳送資料封包格式

3.3.2 紅外線感測器傳輸設定

本研究紅外線接收、發射器使用 ATmega328p，控制採用標準頻率 38KHz 進行偵測，然後透過自訂的有限狀態機 (FSM) 判斷進出狀況，有關於偵測老鼠狀態圖如圖 3.9 所示，狀態機初始狀態為 Detests，如果有偵測到老鼠訊號，狀態轉移至 Record 並紀錄，沒有偵測到老鼠訊號就會結束本次偵測，回到 Detests 狀態。

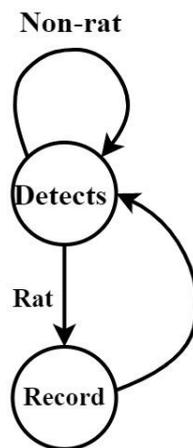


圖 3.9 偵測老鼠有限狀態圖

為了判斷動物是否經過感測器，本研究不管是遮光型感測器或是反射型感測器都用兩組紅外線接收、發射器進行 input 及 Output 的感測。

反射型感測器 A、B 兩組紅外線接收發器初始狀態分別為 0、0，當偵測到動物訊號就會觸發紅外線收發器 A，並記錄電位為 1，如果沒有觸發就會記錄電位 0。接下來判斷是否觸發紅外線收發器 B，如果觸發 B，則記錄電位為 1，如果沒有觸發，則記錄電位為 0。這些狀態一直重複到 A 和 B 都回到初始值 0 後表示動物已經離開感測器。

遮光型感測器 A、B 兩組紅外線接收發器初始狀態分別為 1、1，當偵測到動物遮斷訊號就會觸發紅外線收發器 A，並記錄電位為 0，如果沒有觸發就會記錄電位 1。接下來判斷是否觸發紅外線收發器 B，如果觸發 B，則記錄電位為 0，沒有觸發就會記錄電位為 1。這些狀態一直重複到 A 和 B 都回到初始值 1 後表示動物已經離開感測器。為使兩種感測器判斷機制能夠一致，在反射型感測器電路部分加入反向器，本研究感測器流程圖如圖 3.10 所示。

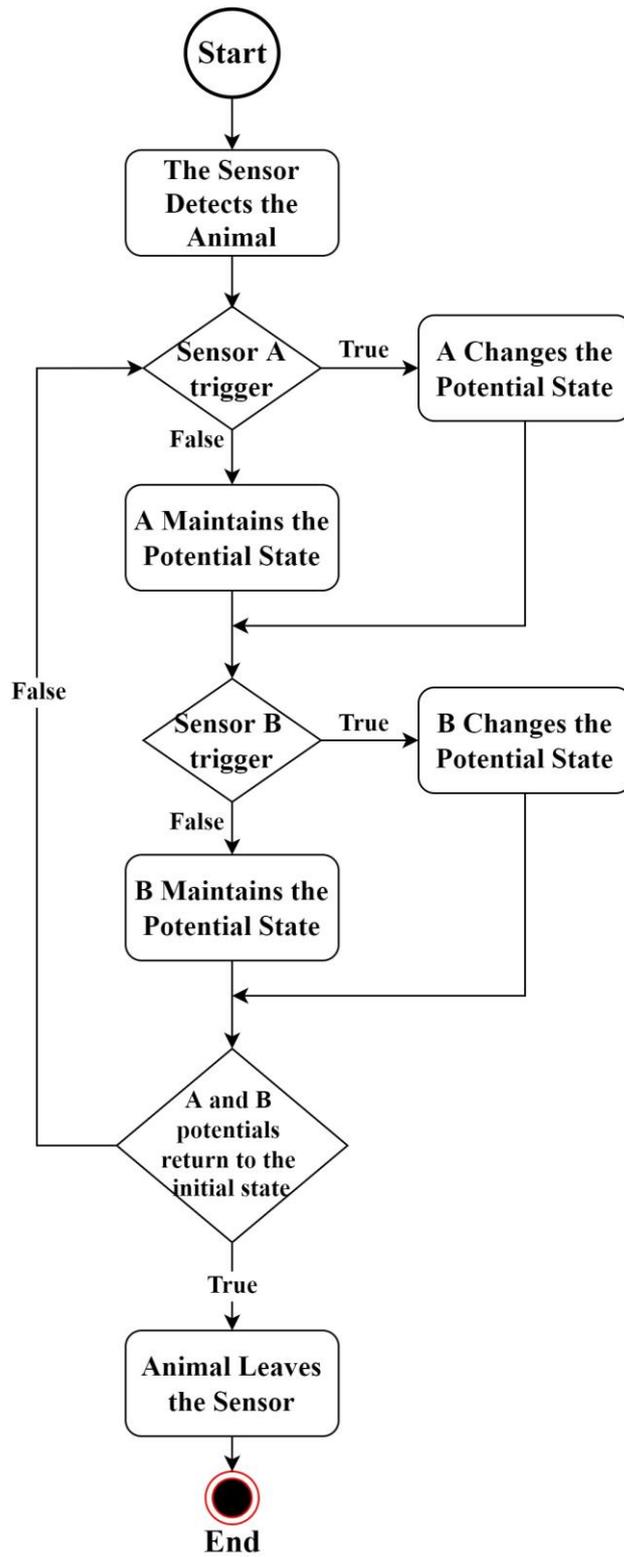


圖 3.10 感測器偵測動物流程圖

3.3.3 LoRa 傳輸協定

本研究可以收集不同建築物所偵測資料，所以需要本身耗能較低之裝置，故採用 LoRa 來做為資料彙整收集器與 Sensor 的傳輸橋樑，使用 LoRa 的特點是因為 LoRa 本身可以做到低耗能，且傳輸距離遠，非常符合本研究的需求，本研究之 LoRa 主要設定的暫存器為 RegModemConfig、RegPaConfig 和 RegOpMode，此三個暫存器主要功能設定說明分別為：

- **RegModemConfig**

此暫存器有四個變數，主要設定 Spreadingfactor 這個變數，此變數的特點是設定 7-12，因為本研究之傳輸距離較遠而且不需要快速的傳送所以選擇設定值為 12。

- **RegPaConfig**

此暫存器有四個變數，本系統因為傳輸的範圍比較廣，需要跨越建築物或是障礙物，所以 MaxPower 變數需要設定到最強。

- **RegOpMode**

因本研究安裝的場域不一定有電源插座，所以使用鋰電池的方式供電，為了徹底執行省電行為，希望將 LoRa 閒置時休眠。此暫存器有五個變數，變數 Mode 主要控制位元 2-0，本系統設定為當位元 2-0 為 000 時轉換傳輸狀態為休眠狀態。

其暫存器之細節設定說明如表 3.2 所示。

表 3.2 本研究使用 SX1278 DataSheet 之暫存器列表

Register Name	bit	Variable Name	Address	DefaultValue	Feature
RegModem Config	7-4	Spreadingfactor	0x1E	0x07	Setting SpreadingFactor Value Between 7~12
	3	TxContinuousMode		0	0 → normal mode 1 → continous mode
	2	RxPayloadCrcOn		0x00	Enable CRC generation 0 → disable 1 → enable
	1-0	SymbTimeout(9:8)		0x00	RX Time-Out MSB
RegPaConfig	7	PaSelect	0x09	0x00	Select PA output 0 → RFO 1 → PA_BOOST
	6-4	MaxPower		0x04	Set PAPOWER Max
	3-0	OutputPower		0x0f	Calculation PA OUTPUT
RegOpMode	7	LongRangeMode	0x01	0x00	0 → FSK/OOK Mode 1 → LoRaTM Mode
	6-5	ModulationType		0x00	Modulation scheme 00 → FSK 01 → OOK 10 → 11 → reserved
	4	reserved		0x0	reserved
	3	LowFrequencyModeOn		0x01	Access Low Frequency Mode registers 0 → High Mode 1 → Low Mode
	2-0	Mode		0x01	Transceiver modes 000 → Sleep mode 001 → Stdby mode 010 → FS mode TX (FSTx) 011 → Transmitter mode (Tx) 100 → FS mode RX (FSRx) 101 → Receiver mode (Rx) 110 → reserved 111 → reserved

本研究為了預防封包漏傳與確定封包傳輸完整性，使用 ACK 機制，此機制是一種如果接收端成功接收到資料後就會回覆一個 ACK 封包，就表示當下所傳的封包已被接收。此機制的特點是會有一個固定的時間偵測是否有接收到回傳的 ACK 封包，而不是將資料一直不斷傳送，可降低封包遺失的機率。如果接收端接收封包失敗，就將封包內容暫存至 ATmega328p 的 EEPROM 內，等待重新傳送。

3.3.4 WiFi 傳輸協定

本研究為了將 LoRa 接收到的資料傳送至 Server 中做儲存，因此採用具 WiFi 功能之 ESP32 做為 LoRa 與 Server 的資料橋接使用，透過應用程式介面（API）讓資料執行寫入至資料庫，並同時接收網頁 Request 當作是否重新傳送的依據[15]，如圖 3.11 所示。

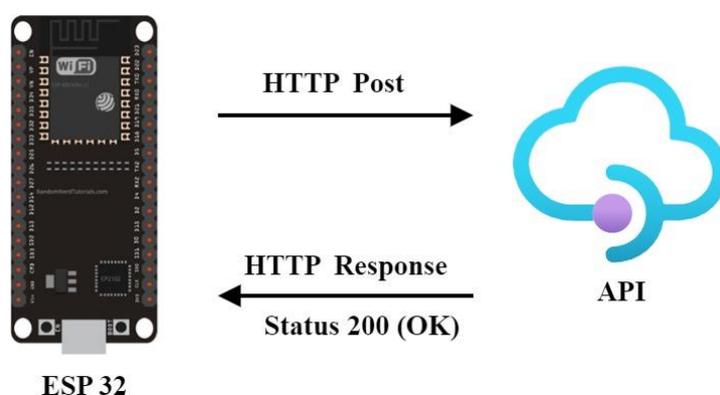
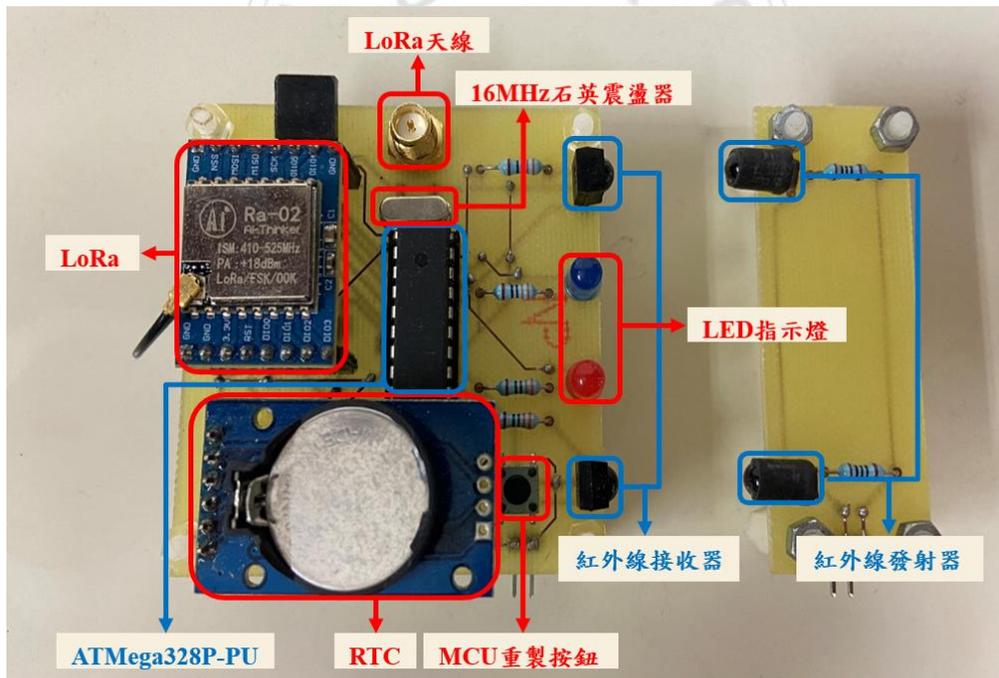


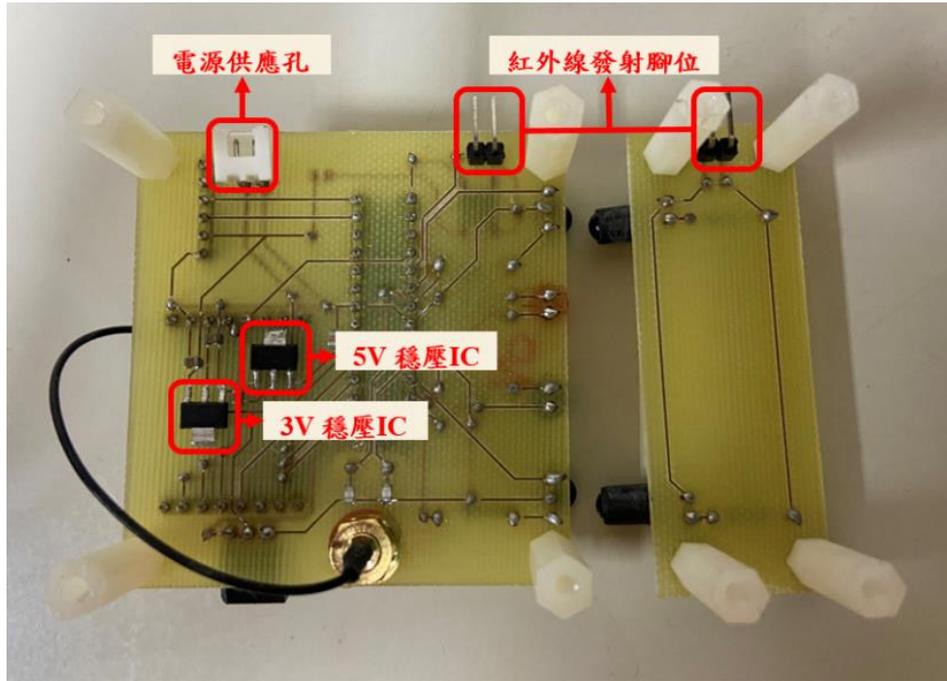
圖 3.11 WiFi 傳送流程圖

第4章 實現結果與討論

紅外線感測器方面，因本研究分別有遮光型及反射型兩種，這兩種不同的地方在於紅外線接收器及發射器擺放位置，本研究將 Atmega328p、LoRa 模組、紅外線接收與發射器及時間模組整合在同一塊電路板上，因為紅外線接收器及發射器需要在不同邊，所以有兩塊模組板，遮光型感測器正、反面電路實體圖如圖 4.1.a 及圖 4.1.b 所示，反射型感測器正、反面電路實體圖如圖 4.2.a 及圖 4.2.b 所示。

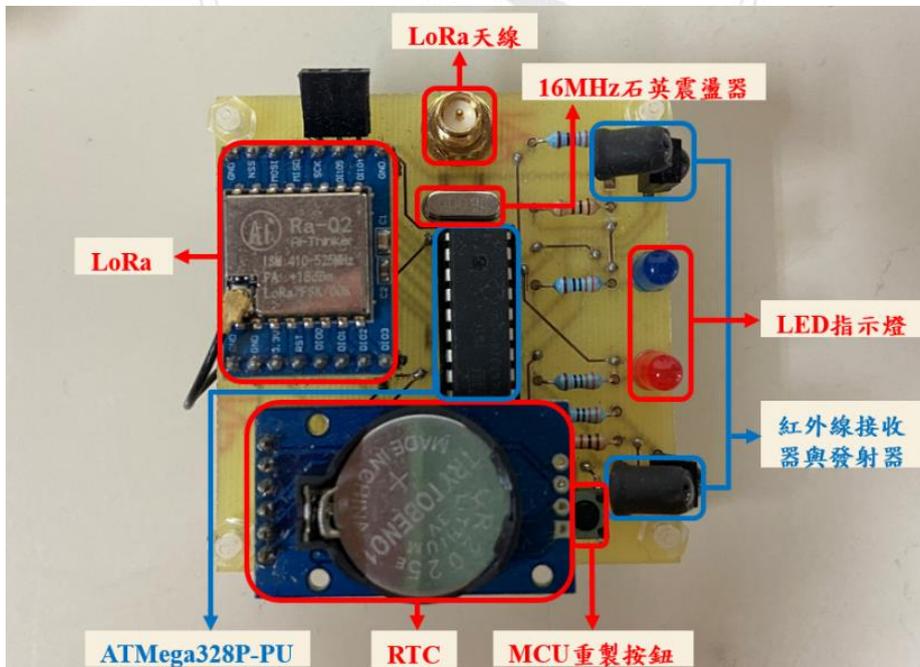


(a)

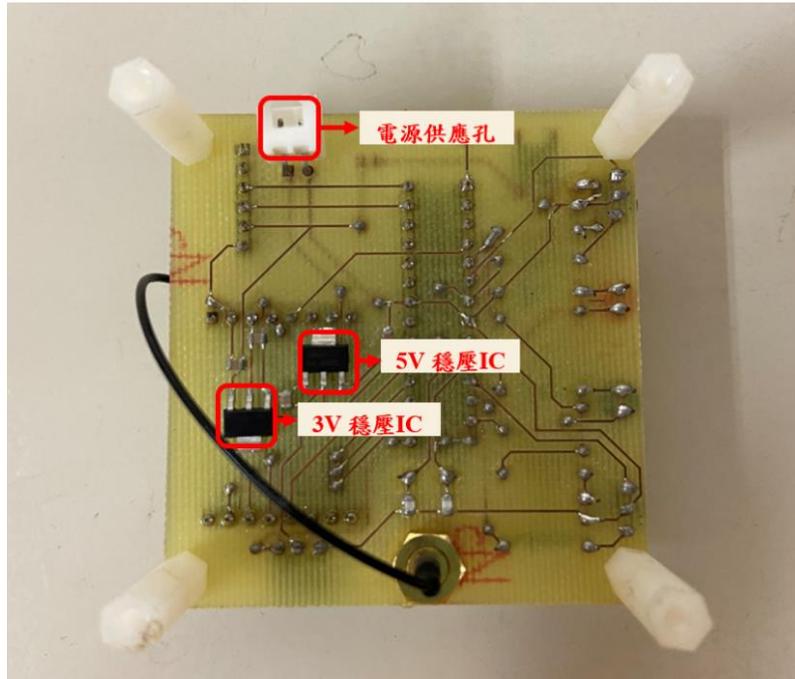


(b)

圖 4.1 遮光型感測器電路實體圖：(a) top layer；(b) button layer



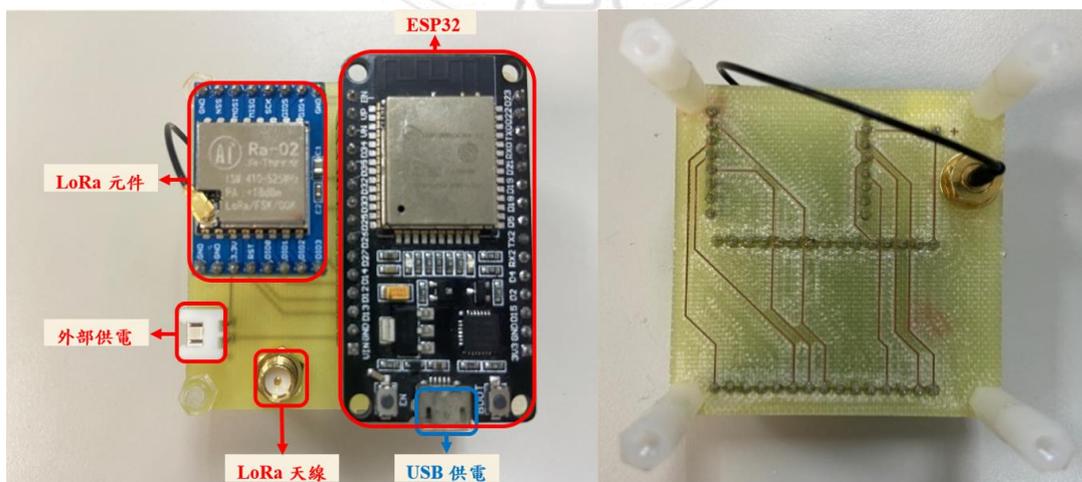
(a)



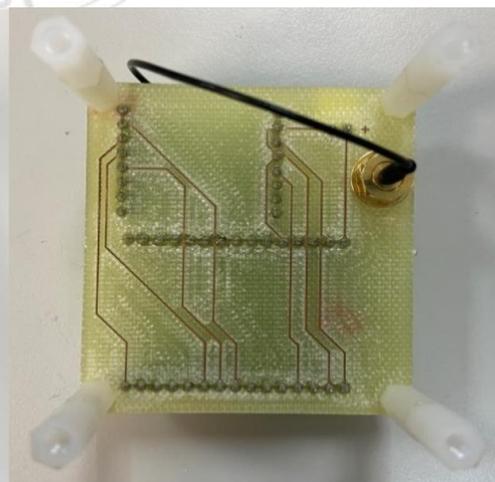
(b)

圖 4.2 反射型感測器電路實體圖：(a) top layer；(b) button layer

本研究資料彙整收集器方面，將 LoRa 模組、ESP32 整合在同一個電路板上，正、反面電路實體圖如圖 4.3 所示。



(a)



(b)

圖 4.3 資料彙整收集器電路實體圖：(a) top layer；(b) button layer

本研究以南華大學辦公室當作實驗場域，因該場域曾有老鼠的糞便還有咬痕等跡象，表示該場域有老鼠出沒，故本研究至該辦公室進行一個月的時間收集老鼠活動數據之實際偵測，並架設一座攝影機錄影，可以驗證紅外線感測器裝置是否可以即時偵測老鼠出沒及將收集到的老鼠出沒的數值寫入到資料庫。

場域勘查後因老鼠洞口與壓條呈現直線狀，所以猜測老鼠應該會沿著壓條下來覓食，本研究決定架設反射型之紅外線感測器，其實際架設方式與位置如圖 4.4 所示。



圖 4.4 紅外線感測器實際架設情形

此裝置偵測到的資料需要透過資料彙整收集器彙整後將資料儲存到伺服器，因此在場域中同時也架設該平台，實際架設方式如圖 4.5 所示。

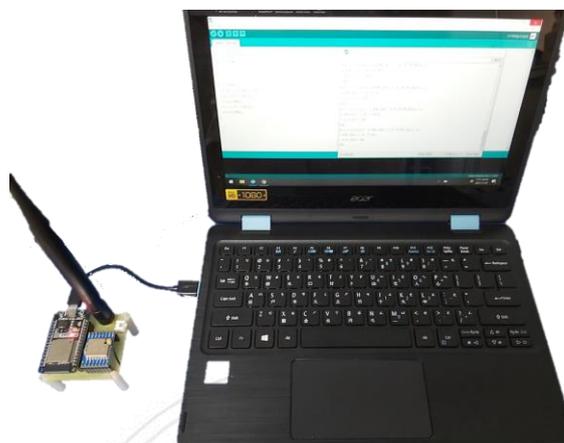


圖 4.5 資料彙整收集器實際架設照片

圖 4.6 為透過攝影機拍攝在場域裝置畫面，畫面中本裝置偵測到老鼠離開洞口時實景照。當裝置偵測到老鼠進出後，這時 Serial Port 會有訊息傳到伺服器端並寫入資料庫內。Serial Port 訊息如圖 4.7 所示。



圖 4.6 實際拍攝老鼠進出活動照片截圖

```
Received packet 'w-406,2021-11-13 2:2,1Data is  
w-406,2021-11-13 2:2,1  
' with RSSI -68  
200
```

圖 4.7 Serial Port 訊息

本研究為了讓使用者方便查詢老鼠活動率，提供網頁頁面讓使用者可以查詢，網頁介面設計如圖 4.8 所示，其相關功能說明如下述：



圖 4.8 網頁頁面進版畫面

第一種為使用者直接使用網頁提供之功能按鈕查詢，如圖 4.9。紅色框線區塊分別為各建築物之「今年」、「當月」及「當日」之快

速查詢連結按鈕，使用者只要直接點擊想要查詢之連結按鈕，即可快速顯示對應之統計圖表；藍色框線區塊分別為查詢各棟建築物之單間辦公室統計圖表，由使用者自行輸入欲查詢之辦公室，統計方式可依之「年」、「月」及「日」呈現老鼠進出統計圖表。

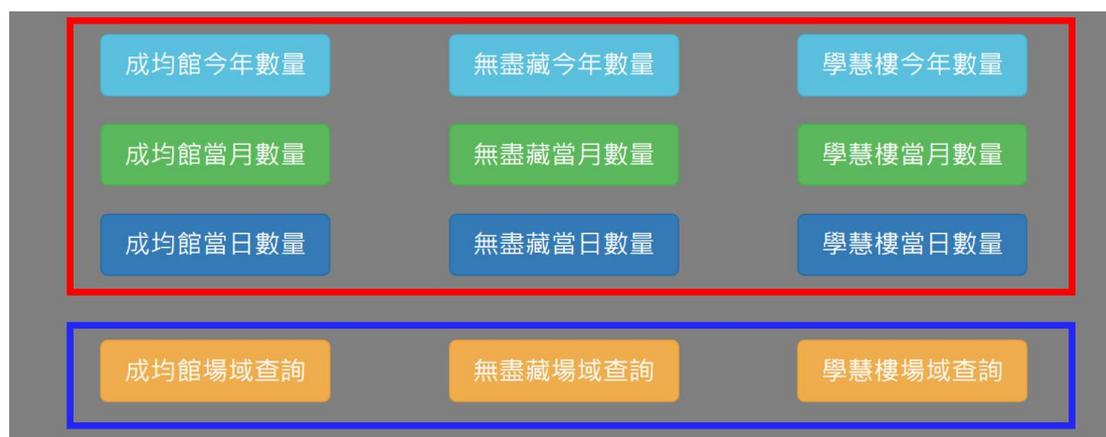


圖 4.9 網頁頁面提供之功能介紹

點擊紅色框線區塊查詢後出現的畫面如下圖 4.10 所示，此圖為選擇建築物「無盡藏當月數量」之查詢結果，在查詢功能下方即顯示「無盡藏當月數量」統計圖表。



圖 4.10 查詢無盡藏當月數量畫面

第二種為查詢單間辦公室統計數據之網頁頁面，此頁面可提供使用者直接輸入想查詢之「場域名稱」及「年份」，若沒填寫則跳出「請填寫這個欄位」的警告。「月份」及「日」的欄位可輸入也可不輸入，按下查詢後統計圖表會在下方區塊顯示結果，畫面一次最多可以同時顯示四次查詢之統計圖表。以南華大學建築物「無盡藏空間 406」為例，輸入「場域名稱」、「年」及「月」後下方區塊顯示該場域 2021 年 11 月數據統計圖，圖內藍色部分為老鼠回洞裡之數量統計，紅色部分為老鼠出洞之數量統計，橫軸為 11 月份老鼠出沒的日期如圖 4.11 所示。使用者將滑鼠移動到長條圖上可顯示當天老鼠之數量如圖 4.12 所示。



圖 4.11 查詢單間教室功能的網頁介面

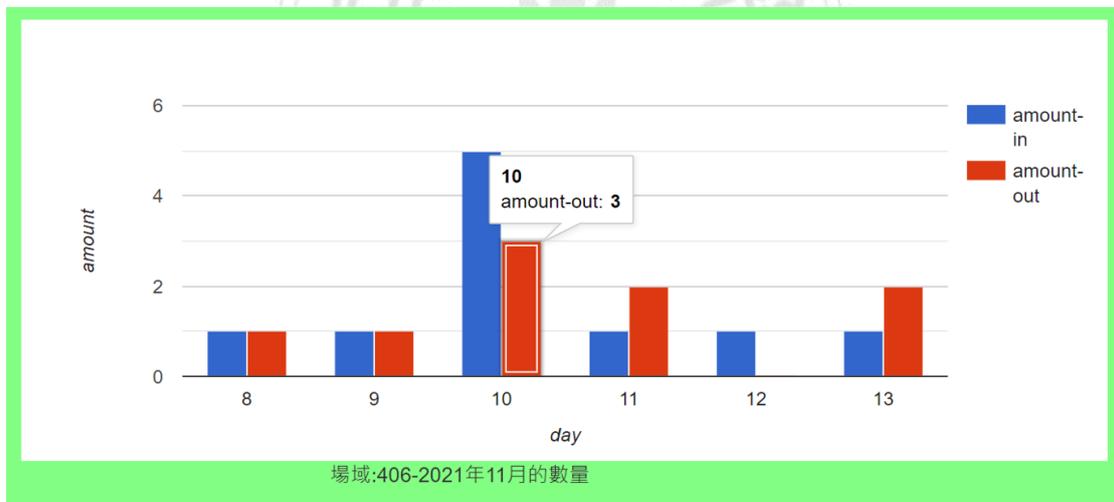


圖 4.12 長條圖顯示老鼠出洞數據

本實驗於 2021 年 11 月 10 日老鼠出沒數據增加，所以本研究訂定防治計畫，開始沿著老鼠習性擺放老鼠籠，於 11 月 13 日有捕捉到老鼠，捕捉到老鼠後本研究繼續使用裝置監測場域是否有老鼠出

沒，接下來 11 月 14 日至 11 月 30 日就沒有監測到老鼠出沒之相關數據，表示防治計畫有效。由此可知，提供使用者老鼠出沒率相關數據是相當重要的，在防範鼠患確實有成效。

本研究感測器之功耗電流如表 4.1，從此表可看到本裝置常態時各個模組所需要之電流及傳輸資料時所需要之電流，整體裝置常態電流為 41.58mA，當裝置感測到老鼠經過開始傳送資料時，使用電流快速上升至 106.39mA。其中因 LoRa 本身有低耗能之功能，本研究有將 LoRa 模組設定為沒有傳輸資料時進入休眠狀態，所以可以看到 LoRa 模組之常態電流為 2.5mA，一旦開始傳輸資料時所需要之電流快速升高為 67.3mA。

表 4.1 感測器電流量統計表

感測模組名稱	常態電流	資料傳送時電流
ATMega328p-PU 及紅外線收、發器模組	32.9mA	32.9mA
LoRa 模組	2.5mA	67.3mA
RTC 時間模組	6.18mA	6.19mA
總電流	41.58mA	106.39mA

目前本研究之感測裝置裝設之鋰電池為型號 18650 3.7V 兩顆，電流為 3400mAh，整體感測器模組如果都在常態狀況下可以使用約 81 小時，大約使用 3-4 天，裝置電源的持久性不佳，這讓使用者使用上不是很方便，裝置電源之持久性是未來要改良方向。

第5章 結論與未來展望

5.1 結論

整體來說，本研究是一個可以讓使用者即時看到場域內老鼠之活動率，除了可以有效偵測老鼠出沒的熱區，還可以配合防治計畫針對該熱區進行驅逐的動作，整個作品體積小、重量輕，讓使用者方便架設在各種地形。由此可見，鼠類控制通常需要使用很多方式並行，才能將老鼠慢慢在場域內減少或者是消滅。時至今日已有多種滅鼠、捕鼠的新思維與裝置，但卻尚未有支援數據監視的機制，因此透過本研究開發一個新方向，讓更多人在驅鼠、捕鼠這方面得到更多的便利性、精準度，也藉由偵測數據來有效控制滅鼠藥的使用，降低大量使用化學物質所造成的環境生態破壞，也讓我們在環境永續的經營上，添加一份心力，減少環境的汙染。

5.2 未來展望

因目前裝置電源部分大約使用 3-4 天後就會完全斷電，為了提升使用者方便性，未來需將本裝置電源部份進行改良，提升裝置使用之持久度。

參考文獻

- [1] 王凱淞 (2015)。病媒管制學。新文京。
- [2] 衛生福利部疾病管制署 (2020 年 6 月 23 號)。避免鼠患，請落實防鼠「三不」措施【新聞群組】。取自：
<https://www.cdc.gov.tw/Category/ListContent/RNewy5yBj4zj3XIEZep-Lg?uaid=63gxF46w5CHd3dVP5ch2SQ>
- [3] 衛生福利部疾病管制署。漢他出血熱統計數字。取自：
<https://nidss.cdc.gov.tw/nndss/Cdcwnh07?id=0786>
- [4] 張淑芬、楊凱蓉、舒佩芸 (2018)。2016 年高雄市漢他病毒出血熱事件與鼠類之血清流行病學調查。疫情報導，34(14)，241-248。
- [5] 王錫傑、林鼎翔 (1995)。臺灣地區鼠種與鼠類傳播之疾病。疫情報導，11(10)，266-272，取自：
<https://www.cdc.gov.tw/File/Get/ZXGXG791IdZDBBK6oakO3w>
- [6] 臺灣行政院環保署 (2021)。「認識漢他病毒」與鼠類防治。取自：
<https://www.epa.gov.tw/DisplayFile.aspx?FileID=B2404342C33EE9>。
- [7] 廖靜蕙。毒餌滅鼠 生態損失不容忽視。2012 年 01 月 12 日，取自：<https://e-info.org.tw/node/73218>。

- [8] 衛生署暨台北榮總毒藥物防治諮詢中心。家庭防毒照過來，滅鼠藥。取自：
<https://www.pcc-vghtpe.tw/tc/%E9%A0%90%E9%98%B2%E4%B8%AD%E6%AF%92%E6%89%8B%E5%86%8A/page/P46-47.pdf>
- [9] Goodnature A24 老鼠撞擊器官方網站：<https://goodnature.co.nz/>
- [10] Semtech. (2015, March 1). SX1278 Datasheet. Available：
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/800241/SEMTECH/SX1278.html>
- [11] 維基百科。序列周邊介面。取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%BA%8F%E5%88%97%E5%91%A8%E9%82%8A%E4%BB%8B%E9%9D%A2>
- [12] Maxim Integrated. (2015). DS3231 Datasheet. Available：
<https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3013/DS3231.pdf>
- [13] 維基百科。I²C。取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- [14] Advanced Monolithic Systems, Inc. (n.d.). AMS1117 Datasheet.
Available：<http://www.advanced-monolithic.com/pdf/ds1117.pdf>
- [15] RandomNerdTutorials.com. (n.d.). ESP32 HTTP GET and HTTP POST with Arduino IDE. Available：
<https://randomnerdtutorials.com/esp32-http-get-post-arduino/>