

# AIoT 在防止一氧化碳中毒之應用

蔡許宏(Hsu-Hung Tsai)  
中華大學土木系博士班

賴淑貞(Shu-Chen Lai)  
中華大學營建管理學系

莊季灃 (Ji-Yun Jhuang)  
中華大學科技管理博士學位學程

蕭炎泉(Yan-Chyuan Shiau)  
中華大學景觀建築學系

## 摘要

一氧化碳是一種無色無味的氣體，中毒後的症狀不易被察覺，因而成為潛藏於居家環境中的隱形殺手。為了預防一氧化碳中毒，本研究使用人工智慧及物聯網技術，開發『一氧化碳中毒防治系統』。本系統包含：(1)在家中的浴室等位置裝設一氧化碳感知器，在測得一氧化碳濃度過高時，馬上激發警報器以警告住戶；(2)啟動電動開窗設備及風扇進行強制換氣，以降低一氧化碳濃度；(3) 啟動瓦斯切斷器關閉瓦斯之供氣；(4) 以 Line 通報家人及社區管理中心，進行緊急搶救行動；(5) 開啟大門門鎖以方便屋外人員入屋搶救。透過本研究之結果，可以減低台灣冬天一氧化碳中毒之案例及死傷人數。

**關鍵字：**一氧化碳中毒、Line 通報系統、人工智慧、物聯網

## Application of IoT in the Prevention of Carbon Monoxide Poisoning

### Abstract

Because carbon monoxide (CO) is a colorless and odorless gas, symptoms of CO poisoning are difficult to recognize, making CO a hidden killer in home environments. To prevent CO poisoning, we used artificial intelligence and Internet of Things technology to develop a CO poisoning prevention system with the following functional features. (1) A CO sensor, which was installed in the bathroom at home and immediately activated to warn the household when the CO concentration was excessively high; (2) an electric window opener and fan, which when activated

performed forced ventilation and thereby reduced CO concentration; (3) a device that cut off the gas supply; (4) a Line application that notified family members and signaled the community management center to conduct emergency rescue operations; and (5) a mechanism for unlocking the door to allow people to enter for emergency rescue. The obtained results may help reduce the number of CO poisoning cases and casualties in the winter in Taiwan.

**Keywords:** Carbon Monoxide Poisoning, Line-based Notification System, Internet of Things, Arduino

## 一、緒論

### 1.1 前言

依據內政部消防署於 2018/12/16 統計[1, 2]，2018 年至 12 月中為止，全台灣已經有一氧化碳中毒事故 54 例，造成 11 人死亡、171 人受傷。一氧化碳是一種無色無味的氣體，中毒後的症狀不易被察覺，因而成為潛藏於居家環境中的隱形殺手。一般人在吸入過多一氧化碳後，經常只有疲倦、昏眩等輕微不適症狀，往往在中毒而不自覺的狀況下，在昏睡中死亡。

瓦斯燃燒所需的空氣量，約為其體積的 25 至 31 倍。在氧氣充足的環境，會完全燃燒變成無危害的二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)。但是在氧氣不足時，燃燒便會不完全，產生一氧化碳(CO)。一氧化碳對血液中的血紅素的結合力，為氧氣的 200-250 倍，因此會取代氧氣搶先與血紅素結合，而形成一氧化碳血紅素 (COHb)，降低血紅素帶氧能力，這時體內組織無充足含氧，因而產生各種一氧化碳中毒的症狀。

### 1.2 研究動機及目的

物聯網將感測技術融入日常生活的應用，這解決了農村地區醫療服務的問題。因應了醫療保健要求，台灣各地政府紛紛以物聯網以及感測技術照顧居民[3]。居家生活中天然氣熱水器一氧化碳(CO)中毒是一種常見的家庭事故，Chen 等人在前期研究中，應用智慧閘道技術發送 wi-fi 警報和通過互聯網通知移動設備，從而減少一氧化碳中毒事故[4]。為了預防一氧化碳中毒，本論文將探討一氧化碳中毒防治相關議題，並以下述方法解決前述問題：

本研究要提供一套完整的防止一氧化碳中毒機制，要解決的問題包括：

- (1) 因為一氧化碳是沒有味道的氣體，當它的濃度過高時，住在屋內的居民無法判別，所以要有感知元件來偵測，並發出警報的燈光與聲響來警示。
- (2) 當一氧化碳濃度飆高時，往往裡面的人已經會有中毒、行動反應遲緩之問題，所以需要自動切斷瓦斯之供氣、自動開啟窗戶、自動啟動風扇強制通風，以降低一氧化碳之濃度。

- (3) 一氧化碳中毒時，人可能失去意識，需要馬上通知管理中心或急救單位的人員來救助，但是如果大門還是鎖著，可能會影響救助的黃金時間，所以系統要自動把門鎖打開以方便外人進入急救。

### 1.3 待解決的問題

隨著數十億智能傳感器連接到互聯網，一種流行的物聯網（IoT）應用程序具有智能家庭網關，成為監控家庭環境的智能傳感器的中心連接點[5, 6]。結合物聯網傳感器的應用隨著網路技術的發展應用非常廣泛。

本研究要提供一套完整的防止一氧化碳中毒機制，要解決的問題包括：

- (1) 因為一氧化碳是沒有味道的氣體，當它的濃度過高時，住在屋內的居民無法判別，所以要有感知元件來偵測，並發出警報的燈光與聲響來警示。
- (2) 當一氧化碳濃度飆高時，往往裡面的人已經會有中毒、行動反應遲緩之問題，所以需要自動切斷瓦斯之供氣、自動開啟窗戶、自動啟動風扇強制通風，以降低一氧化碳之濃度。
- (3) 一氧化碳中毒時，人可能失去意識，需要馬上通知管理中心或急救單位的人員來救助，但是如果大門還是鎖著，可能會影響救助的黃金時間，所以系統要自動把門鎖打開以方便外人進入急救。

## 二、 文獻回顧

### 2.1 一氧化碳中毒課題

#### A. 一氧化碳中毒之可能發生時機

一氧化碳是從由熱水器、炭燃燒、汽車、天然氣和其他家庭或工業燃料燃燒過程的碳基化合物的不完全燃燒有毒產物[7-9]。一氧化碳中毒的原因，依據分析如圖 1 所示[10]。一般而言，一氧化碳中毒情況有：

- (1) 瓦斯熱水器裝設在室內，造成洗澡時昏迷；或熱水器雖裝在陽台上，但因為陽台加蓋，紗窗積塵使得空氣流通量不足，導致燃燒不完全，產生一氧化碳中毒。
- (2) 天冷緊閉門窗使用瓦斯罐、燃燒木炭型的火烤鍋具吃火鍋、烤肉。
- (3) 在車庫等通風不良處，吸入汽車引擎排出的廢氣，導致一氧化碳中毒。
- (4) 火災前後悶燒產生的濃煙。
- (5) 停電時於密閉空間內使用燃油發電機。
- (6) 停水用戶開水龍頭洗澡，見沒有水時未隨手關閉水龍頭，而市售熱水器均為水點火，水來時熱水器自動點火起動，而室內未保持通風，造成一氧化碳中毒。

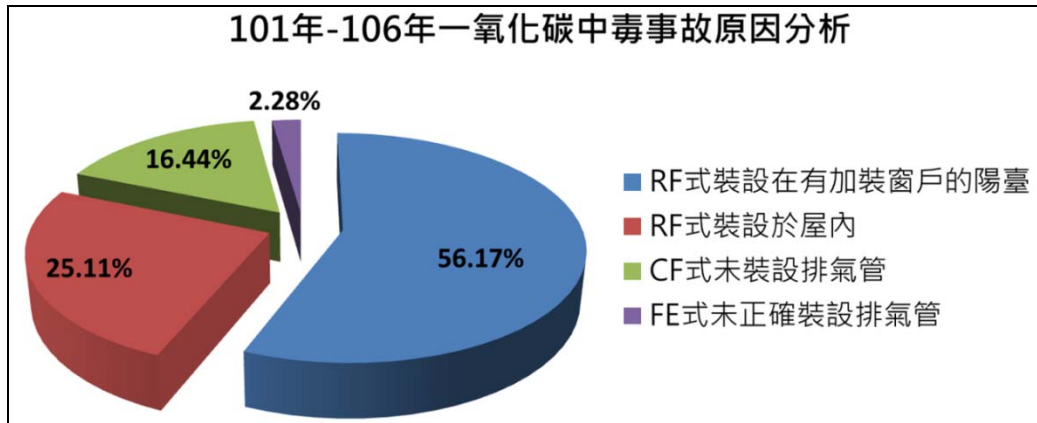


圖 1. 一氧化碳中毒原因分析圖

註：RF 為屋外型、CF 為自然排器型、FE 為強制式排氣

### B. 一氧化碳影響人體的嚴重性

美國哈佛健康出版社(Harvard Health Publications)[11]，提出一氧化碳含量對於人體吸入時間及中毒症狀，如表 1 所示：

表 1. 一氧化碳含量及人體暴露時間之生理症狀表

一氧化碳含量	人體暴露時間及生理症狀
0.01%、(100ppm)	6-8 小時內，會產生頭痛、昏沈、噁心、肌肉無力、判斷力喪失等症狀。
0.02%、(200ppm)	2-3 小時產生輕微頭痛。
0.04%、(400ppm)	2.5 小時-3.5 小時頭痛加劇。
0.08%、(800ppm)	45 分鐘會頭暈、反胃、抽筋。
0.16%、(1,600ppm)	20 分鐘會頭痛、暈眩，2 小時死亡。
0.32%、(3,200ppm)	5-10 分鐘會頭痛、暈眩、嘔吐，30 分鐘會死亡。
0.64%、(6,400ppm)	1-2 分鐘內會頭痛、暈眩，10-15 分鐘內會死亡。
1.28%、(12,800ppm)	1-3 分鐘內可能會死亡。

### C. 一氧化碳中毒之防範

由於一氧化碳中毒初期會出現類似「感冒」或「食物中毒」的症狀（疲倦、腸胃不適、嘔吐等），所以很容易被忽略，造成多人或全家同時中毒的悲劇，而且一氧化碳吸入人體後會妨礙氧氣與血紅素結合，導致組織缺氧或細胞功能受傷害，許多受害者發覺異狀時已經虛弱無力，導致想求救也無能為力。在安裝熱水器時，為了有效防範一氧化碳中毒，需要確實遵照以下五項原則 [12]。

- (1) 要保持環境的「通風」：避免陽台違規使用、加裝門窗、紗窗不潔及晾曬大量衣物等情形。
- (2) 要使用安全的「品牌」：熱水器應貼有 CNS（國家標準）及 TGAS（台灣瓦斯器具安全標誌）檢驗合格標示。

- (3) 要選擇正確的「型式」：屋外式 (RF)、開放式、半密閉自然排氣式 (CF)、半密閉強制排氣式 (FE)、密閉強制排氣式 (FF) 熱水器。
- (4) 要注意安全的「安裝」：由合格技術士依安裝標準安裝。
- (5) 要注意平時的「檢修」：熱水器應定期檢修或汰換，如發現有水溫不穩定現象或改變熱水器設置位置或更換組件時，均應請合格技術士為之。

## 2.2 物聯網

IoT 技術 (Internet of Things, 縮寫 IoT) 是網際網路、傳統電信網等資訊之承載體，讓所有能行使獨立功能的普通物體實現互通的網路。IoT 一般為無線網，而由於每個人周圍的裝置可以達到一千至五千個，所以 IoT 可能要包含 500 兆至一千兆個物體。在 IoT 上每個人都可以應用電子標籤將真實的物體上網聯結，在 IoT 上都可以查出它們的具體位置。通過 IoT 可以用中心電腦對機器、裝置、人員進行集中管理、控制，也可以對家庭裝置[13]、汽車進行遙控，以及搜尋位置、防止物品被盜等，類似自動化操控系統，同時透過收集這些小事的資料，最後可以聚整合巨量資料，包含重新設計道路以減少車禍、都市更新、災害預測與犯罪防治、流行病控制等等社會的重大改變。IoT 將現實世界數位化，應用範圍十分廣泛，IoT 拉近分散的資訊，統整物與物的數位資訊，IoT 的應用領域主要包括以下方面：運輸和物流領域、工業製造、健康醫療領域範圍、智慧型環境 (家庭、辦公、工廠) 領域、個人和社會領域等，具有十分廣闊的市場和應用前景[14]。

## 2.3 智慧住宅

智慧住宅，乃是將各種家庭自動化設備，利用網路系統之連結，使其發揮整體性高效率之服務功能，以確保居家之安全、居住環境之健康及生活之便利，並提供舒適之生活品質，創造人性化之居住環境[15]。

住宅類建築是以居住用途為目的，提供安全便利、健康舒適的居家環境為訴求，以滿足現代生活需求為導向，因此應用科技產業發展的技術，建構因應生活需求的智慧化住宅為現階段住宅建設的必然趨勢[16]。住宅智慧化主要在建構住宅必須提供之生活功能，如安全防災、健康照護、便利舒適、及賴以永續發展之節能減碳功能[17]。而建構這些功能，則須仰賴各種資通訊與新服務技術，透過基礎設施平台，進行整合及妥善管理維運，方能發揮具體功效，以提昇居住空間品質，達成住宅智慧化之目的。

智慧住宅的定義，隨著不同年代、使用者需求、研究主題或是產業產品特性的不同，其定義也各有不同背景與意涵，近年來隨著普適運算 (Ubiquitous Computing) 時代的來臨，電子以及資通訊產業與生活空間整合的智慧化居住空間平台逐漸受到資通訊產業以及建築產業的重視。雲端運算產業的投入，更加速了住宅智慧化服務技術的發展，智慧住宅、智慧辦公空間以及智慧城市等議題，成為產業與學術研究的重點發展方向。



圖 2. 智慧住宅示意圖[18]

## 2.4 人工智慧

人工智慧 (Artificial Intelligence, 縮寫為 AI) 亦稱機器智慧, 指由人製造出來的機器所表現出來的智慧。通常人工智慧是指通過普通電腦程式的手段實現的人類智慧技術。隨著人工智慧的應用, 人類的無數職業也將逐漸被其取代。約翰·麥卡錫於 1955 年的定義是「製造智慧機器的科學與工程」[19, 20]。安德里亞斯·卡普蘭 (Andreas Kaplan) 和麥可·海恩萊因 (Michael Haenlein) 將人工智慧定義為「系統正確解釋外部資料, 從這些資料中學習, 並利用這些知識通過靈活適應實現特定目標和任務的能力」[21, 22]

## 2.5 有關防止一氧化碳中毒的研究現況

本研究經由全球專利檢索系統作相關專利發明之搜尋, 有以下之結果:

### A. 案號 TW201317946A[23]

該案係一種家庭式多重防災預警系統, 包括三軸重力加速度感測模組、煙霧偵測模組、一氧化碳偵測模組、微控制器、無線模組可收發簡訊及控制遠端開關之啟閉; 警報裝置可於發生地震、火災或一氧化碳過濃時發出警示訊號; 該三軸重力加速度感測模組偵測到發生地震時, 微控制器將驅動該警報裝置發出警示訊號, 同時透過無線模組關閉瓦斯開關及開啟大門門鎖。

該專利與本研究之比較: 該專利與本研究相同的有一氧化碳偵測模組、警



報裝置、瓦斯切斷器、開啟大門門鎖；但是該專利缺少的有自動開窗器、自動風扇以及 Line 信息通報。

## B. 案號 TWM552220U[24]

該案是一基於物聯網架構的環境監控系統，包含有環境監控裝置、環境控制裝置、無線終端傳輸裝置、及一終端電腦。該環境監控裝置用以獲取環境中的環境參數，並由環境控制裝置調整環境品質。

該專利與本研究之比較：該研究揭露一種環境監控系統，其中環境控制裝置已包括本提案提出的自動開窗器以及自動風扇；但是該研究並未揭露 Line 信息通報的技術。

## 三、 研究設計

### 3.1 本研究所使用之軟硬體設備

本研究使用的感知元件如下所述：

#### A. Arduino

Arduino [25]是製作電腦硬體和軟體的公司，該公司設計和製造單板微控制器和微控制器套件，用以構建數位裝置和互動式物件，以便在物理和數位世界中感知和控制物件。

Arduino 電路板使用各種微處理器和控制器。這些電路板配有系列數位和類比輸入/輸出 (I/O) 引腳，可以連接各種擴充板、感知器及其他可控制元件。這些電路板具有串列埠，包括某些通用串列匯流排，也用於從個人電腦載入程式。微控制器通常使用 C/C++ 程式語言。除了使用傳統的編譯工具鏈之外，Arduino 專案還提供了一個基於 Processing 語言專案的整合開發環境(圖 3)。

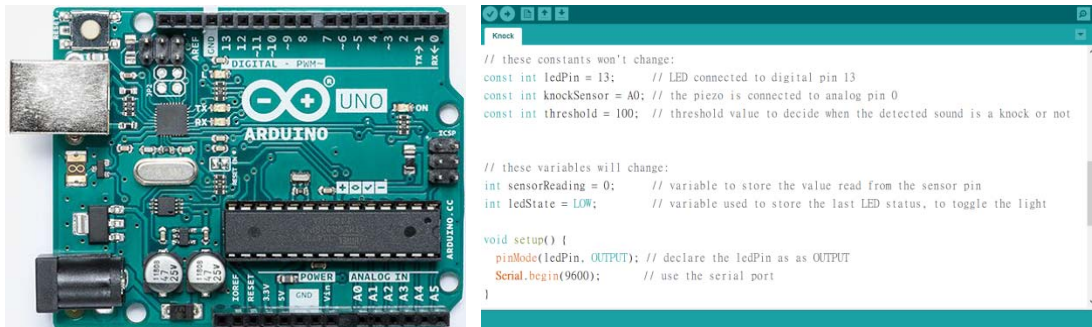


圖 3. Arduino UNO 控制板及編譯軟體畫面

#### B. Webduino

Webduino [26] 就是 Web + Arduino 的合稱，除了可以讓原本的 Arduino 上網，更可以從雲端更新韌體程式、用多種程式語言開發以及使用 Wi-Fi 來控制。它不再只能用 C/C++ 才能進行開發，更因為可以跨平台、多裝置的網頁技術，不再受限於 Arduino 環境，包含 Resberry Pi、esp8266 等類的開發板也都適用，也逐漸開始有許多的網頁工程師相繼投入開發，讓物聯網能發揮出真正的價值與意義。

### C. 一氧化碳及瓦斯感知器

本研究使用之一氧化碳感知器為 MQ-7 (如圖 4 所示)[27]，用於家庭居家的一氧化碳探測裝置。適宜於一氧化碳、煤氣等的探測。MQ-7 氣體傳感器對一氧化碳的靈敏度高，這種傳感器可檢測多種含一氧化碳的氣體，是一款適合多種應用的傳感器。



圖 4. 一氧化碳感知器

### 3.2 本研究所使用之智慧控制機制

智慧建築之功能，乃藉著各種感知器，測得居家環境之各種指標數值後，藉由控制板及軟體，來啟動相關控制機制，以達警告通知、改變物理指標數值，營造一個安全、舒適、宜人的居家環境。本研究用來控制硬體環境及發出警示的元件及設施包含：

#### A. 聲光警報器

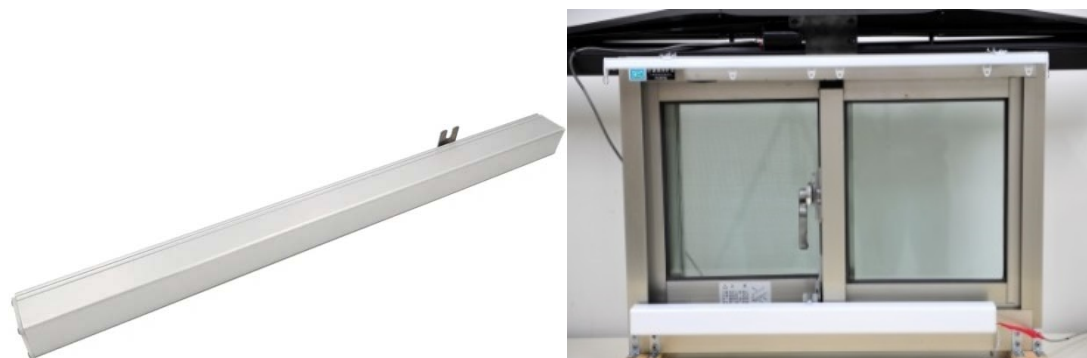
在偵測到有一氧化碳時，聲光警報喇叭(圖 5)能發出警報聲響及閃光，以通知居民做相關因應措施。



圖 5. 聲光警報器

#### B. 電動開窗器

當系統偵測到一氧化碳濃度過高時，會啟動電動開窗器(圖 6) [28]，以打開窗戶進行換氣。



a. 電動開窗器

b. 裝置於窗戶之電動開窗器

圖 6. 電動開窗器



### C. 風扇

風扇乃被設計來做強制通風，以快速降低一氧化碳濃度，減輕對居民的傷害。本研究以 L9110 風扇模組模擬(圖 7) [29]，實際應用時則接上繼電器對實體風扇做控制。

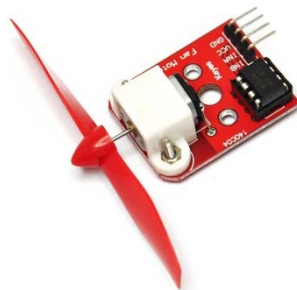


圖 7. 模擬用 12V 直流風扇

### D. 瓦斯切斷器

當偵測到一氧化碳濃度過高時，馬上啟動瓦斯切斷器(圖 8)[30]，將開關閥順時針旋轉 90 度以切斷瓦斯之供氣，以保障居民之安全。



圖 8. 瓦斯切斷器

### E. IFTTT

IFTTT[31] 是一個網路自動連結服務平台，通過其他不同平台的條件來決定是否執行下一條命令。IFTTT 為 "if this then that" 的縮寫。IFTTT 是基於任務的條件觸發，類似程式語言，即：「若 XXX 進行 YYY 行為，則執行 ZZZ。」。每一個可以觸發或者作為任務的網站叫做一個 Channel，觸發的條件叫做 Triggers，之後執行的任務叫做 Actions，綜合上面的一套流程叫做 Task。

### F. Line 通報系統

Line[32]通訊與網路之結合及群組之便利性，近年在國內外造成相當大的風行。該通訊平台可以提供文字、圖片、影片等之傳遞，且在群組中對議題的溝通及回應，形成一個被廣泛使用在社群交流、溝通及管理之工具。本研究使用 IFTTT 平台，建立智慧建築各項感知元件測得之信息，適時的傳遞到 Line 相關用者/群組，工作項目包括：

- (1). 到 IFTTT 註冊成會員。
- (2). 在 Line 軟體中新增通知功能(Create Trigger)。

- (3). 在設定信息內容畫面，輸入相關事件/信息內容，例如『一氧化碳濃度過高，可能發生危險』。
- (4). 使用 Flag' s Block 開發連結 WiFi 程式，設定程式相關資訊及使用密碼。
- (5). 測試硬體之裝置及與電腦間之連線是否正確，並驗證 Line 通知功能，在畫面發出請求給 IFTTT 網站，讓它發 Line 信息給我們。  
使用打火機噴射一氧化碳感測器的感應頭，並觀察/確認該警報系統之功能，發佈在 Line 之火災信息如圖 9 所示。

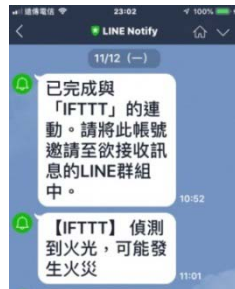


圖 9. Line 通報畫面

### G. 門鎖

當偵測到一氧化碳濃度太高時，系統會自動開啟大門門鎖(圖 10)，以方便管理人員或急救人員進入屋內急救。



圖 10. 電動、手動控制門鎖

### H. 顯示器

本研究使用的顯示器為 1602/16x2 單色字元型 LCD 液晶顯示模組[33] (圖 11)，用以顯示所測得環境之一氧化碳濃度數值。



圖 11 顯示器

## 四、 結果

本研究所建立之『一氧化碳中毒防治系統』之架構圖如圖 12 所示。

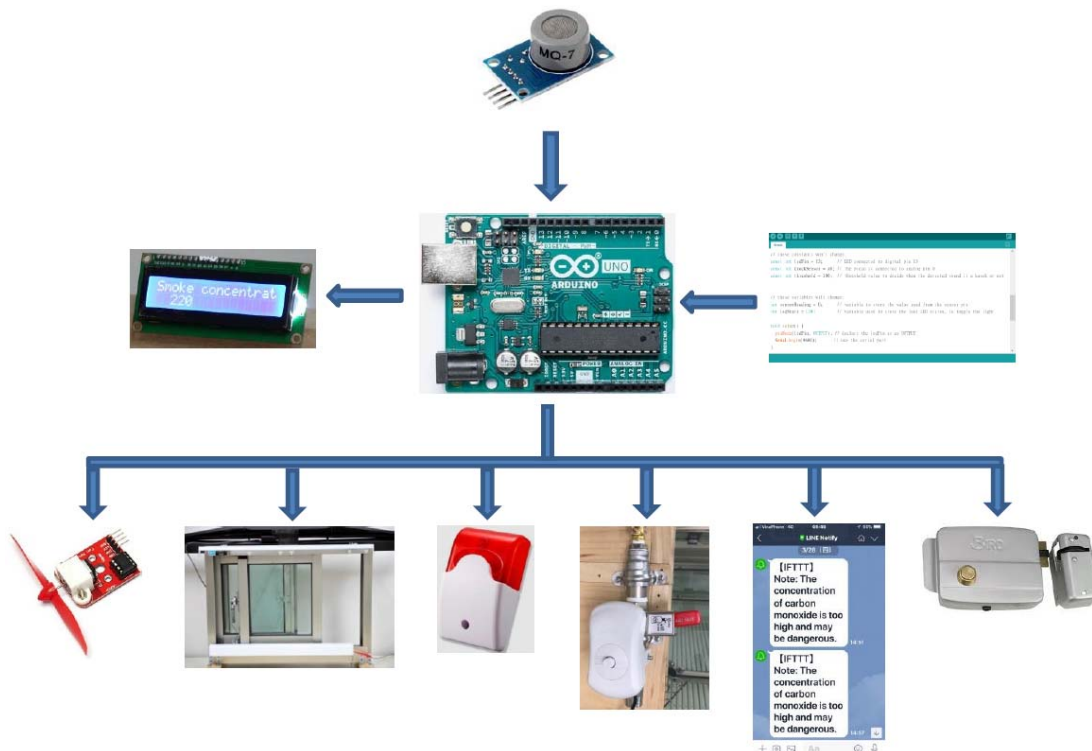


圖 12. 本研究建構之『一氧化碳中毒防治系統』架構

本研究透過物聯網、人工智慧、資訊及通訊技術，開發『一氧化碳中毒防治系統』，透過相關感知元件、控制板及被控制設施之連結，及管理軟體之開發，可以整合 AI、IoT 及 ICT 技術，並提出『一氧化碳中毒防治系統』架構，並且以相關之感測元件結合控制板及被控制設施，以及軟體之開發及 Line 通訊之設定，提出一可供參考之居家災害防治機制。

本研究使用之一氧化碳感知器為 MQ-7，可以同時偵測瓦斯。由於一氧化碳濃度高之環境不易建立，且對人體有害，所以本研究以打火機噴出的瓦斯來模擬一氧化碳濃度，以觸發感知器。

在經過控制板與感知器、被控制機制等之連線、測試後，當打火機噴出瓦斯後，顯示器顯示的一氧化碳濃度變化如圖 13 所示。當一氧化碳濃度達設定值時，警報器會閃警示燈及聲響(圖 14)、風扇會啟動(圖 15)、窗戶會自動開啟(圖 16)、瓦斯切斷器會轉 90 度切斷瓦斯供應(圖 17)、手機會接收到 Line 通報(圖 18)，且大門門鎖會被打開(圖 19)。

濃度值 98	濃度值 125	濃度值 867	濃度值 886

圖 13. 一氧化碳濃度變化畫面

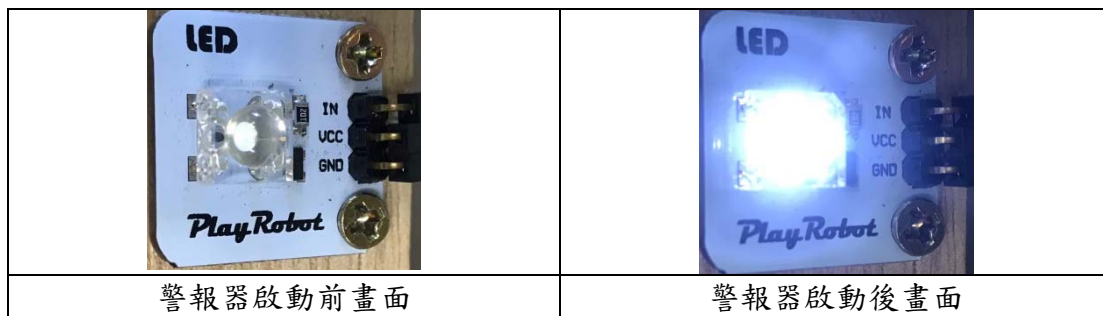


圖 14. 警報器啟動畫面

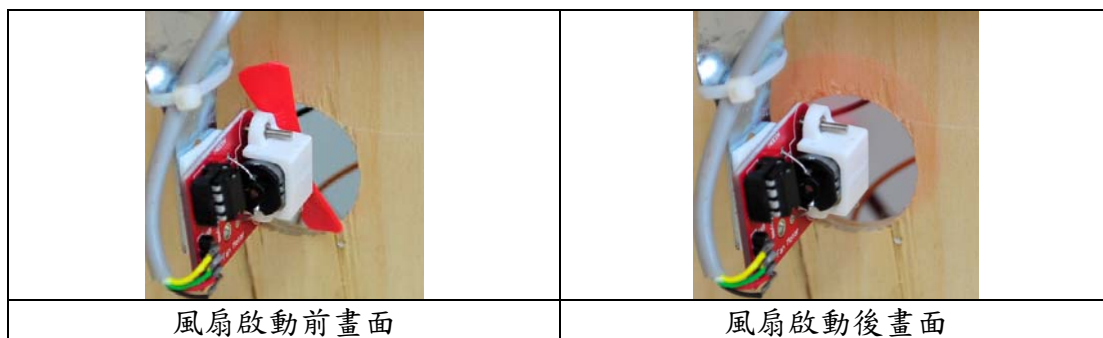


圖 15. 風扇啟動畫面

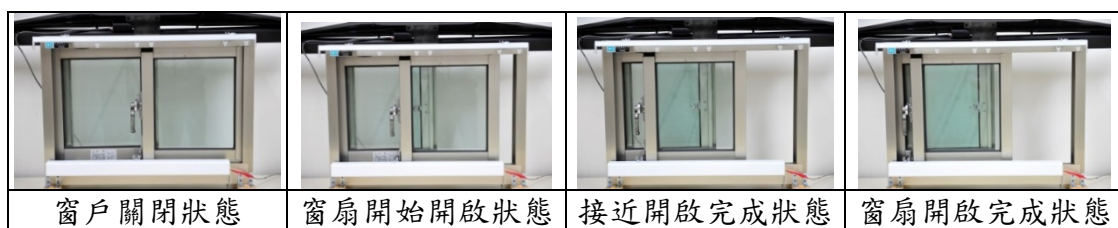


圖 16. 窗戶會自動開啟畫面

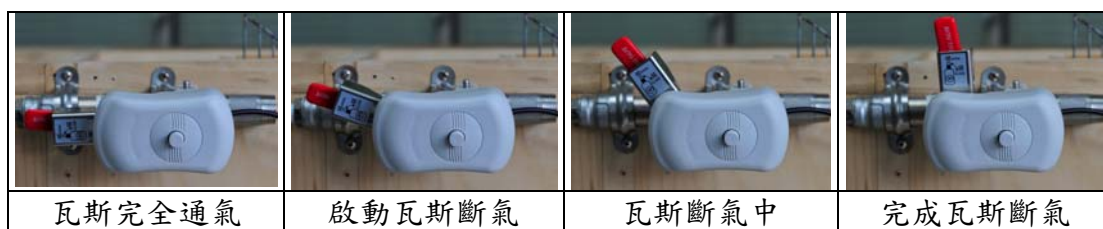


圖 17. 瓦斯切斷器轉 90 度切斷瓦斯供應畫面

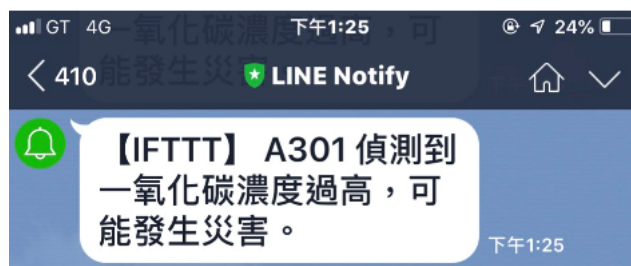


圖 18. 手機接收到 Line 通報畫面

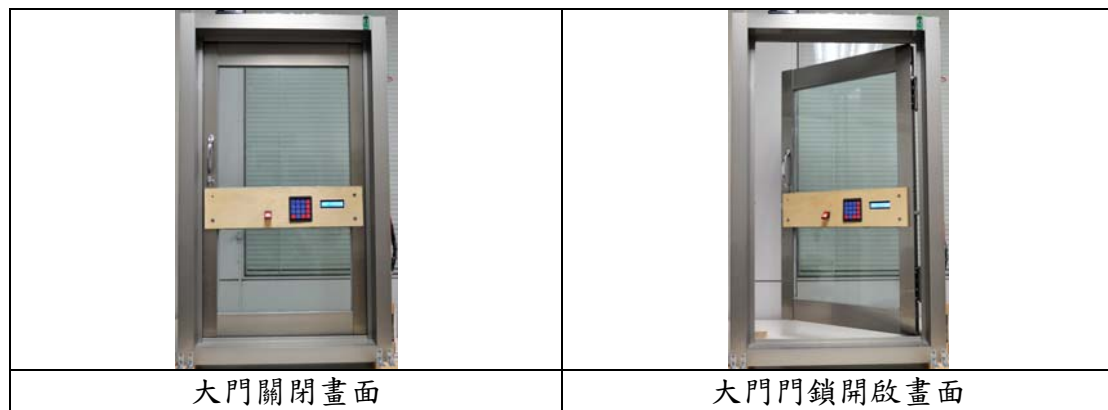


圖 19. 大門門鎖被打開畫面

## 五、 貢獻

由於 MQ-9 之感測數值為由高到低，也就是偵測到噴出之氣體濃度高時，其讀取到之數值越低，為了模擬偵測值之駭人效果，本研究在系統中以 1000 減去測得之數值顯示出來。

- A. 本研究一開始在瓦斯切斷器方面原使用常開式電磁閥開關(圖 20)，在使用後發現通電後才會關閉，且須一直通電才能關閉瓦斯，這對阻斷瓦斯的供應是一個相當不合適的方式，因為當停止通電時瓦斯會繼續供氣，反而造成危險。為了徹底切斷瓦斯供氣，本研究使用上偉科技的 AD-704T 瓦斯切斷器，在一氧化碳感知器測得一氧化碳濃度過高時，便能直接順時針轉 90 度，將瓦斯的供氣切斷，以維護居民的安全。



圖 20. 常開式電磁閥

- B. 本研究與案號 TW201317946A 相同，具一氧化碳偵測模組、警報裝置、關閉瓦斯開關、開啟大門門鎖等模組，但是卻多了自動開窗器、自動風扇以及 Line 信息通報，使得防止一氧化碳中毒的系統更為完備。
- C. 另本研究與案號案號 TWM552220U 相同，提供環境監控系統，其環境控制裝置已包括本提案提出的自動開窗器以及自動風扇；但是本研究同時提供 Line 信息通報的技術，以通知管理團隊及相關救助單位能及時的投入救災工作。
- D. 本研究建構了一套一氧化碳中毒防止機制，能在屋內側得一氧化碳濃度過高時，馬上啟動警報器警告屋內居民、切斷瓦斯供應、開啟窗戶並啟動風扇強制通風以降低一氧化碳濃度，並且以 Line 通知管理人員及急救單位，



並打開門鎖讓外人入內急救，能有效降低我國每年因一氧化碳中毒死傷的人數。

### 參考文獻

- [1] A. L. Llano and T. A. Raffin, "Management of carbon monoxide poisoning," *Chest*, vol. 97, pp. 165-169, 1990.
- [2] 內政部消防署. (2018, April 28). 一氧化碳預防日、全民動員防中毒. Available: [https://www.nfa.gov.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=45&article\\_id=540](https://www.nfa.gov.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=45&article_id=540)
- [3] C.-L. Chen, Y.-Y. Deng, C.-F. Lee, S. Zhu, Y.-J. Chiu, and C.-M. Wu, "An Internet-of-Things-based Sensing Rural Medical Care System," *Sensors and Materials*, vol. 31, pp. 1037-1063, 2019.
- [4] C.-C. Chen, G.-N. Sung, W.-C. Chen, C.-T. Kuo, J.-J. Chue, C.-M. Wu, *et al.*, "A Wireless and Batteryless Intelligent Carbon Monoxide Sensor," *Sensors*, vol. 16, p. 1568, 2016.
- [5] O. Galinina, K. Mikhaylov, S. Andreev, A. Turlikov, and Y. Koucheryavy, "Smart home gateway system over Bluetooth low energy with wireless energy transfer capability," *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, vol. 2015, p. 178, 2015.
- [6] H. Ghayvat, S. Mukhopadhyay, X. Gui, and N. Suryadevara, "WSN-and IOT-based smart homes and their extension to smart buildings," *Sensors*, vol. 15, pp. 10350-10379, 2015.
- [7] C.-C. Huang, C.-H. Ho, Y.-C. Chen, C.-C. Hsu, Y.-F. Wang, H.-J. Lin, *et al.*, "Impact of Hyperbaric Oxygen Therapy on Subsequent Neurological Sequelae Following Carbon Monoxide Poisoning," *Journal of Clinical Medicine*, vol. 7, p. 349, 2018.
- [8] C. f. D. Control and Prevention, "Unintentional non-fire-related carbon monoxide exposures--United States, 2001-2003," *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, vol. 54, p. 36, 2005.
- [9] L. D. Prockop and R. I. Chichkova, "Carbon monoxide intoxication: An updated review," *Journal of the Neurological Sciences*, vol. 262, pp. 122-130, 2007/11/15/ 2007.
- [10] 內政部消防署. (2017, April 28). 防範一氧化碳中毒宣導. Available: [https://www.nfa.gov.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=984&article\\_id=5324](https://www.nfa.gov.tw/cht/index.php?code=list&flag=detail&ids=984&article_id=5324)
- [11] Medically reviewed by Drugs.com. (2018, April 28). *Carbon Monoxide Poisoning*. Available: <https://www.drugs.com/health-guide/carbon-monoxide-poisoning.html>



- [12] Fire Bureau Hsinchu County Government. (2012, April 28). *The Five Needs Principle of Preventing Carbon Monoxide Poisoning*. Available: <http://fire.hsinchu.gov.tw/sense/show.php?itemid=59>
- [13] P. Spachos and D. Hatzinakos, "Real-time indoor carbon dioxide monitoring through cognitive wireless sensor networks," *IEEE sensors journal*, vol. 16, pp. 506-514, 2016.
- [14] S. Abraham and X. Li, "A cost-effective wireless sensor network system for indoor air quality monitoring applications," *Procedia Computer Science*, vol. 34, pp. 165-171, 2014.
- [15] V. G. Sanchez, C. F. Pfeiffer, and N.-O. Skeie, "A Review of Smart House Analysis Methods for Assisting Older People Living Alone," *Journal of Sensor and Actuator Networks*, vol. 6, p. 11, 2017.
- [16] M. Chan, D. Estève, C. Escriba, and E. Campo, "A review of smart homes—Present state and future challenges," *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 91, pp. 55-81, 2008.
- [17] S. Helal, B. Winkler, C. Lee, Y. Kaddoura, L. Ran, C. Giraldo, *et al.*, "Enabling location-aware pervasive computing applications for the elderly," in *Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2003.(PerCom 2003)*. 2003, pp. 531-536.
- [18] Easy control Technology Co. Ltd. (2019, April 28). 台中市政府夢想館智慧住宅展示屋. Available: <https://www.ezcon.com.tw/works2.php?catid=29>
- [19] J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester, and C. E. Shannon, "A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955," *AI magazine*, vol. 27, pp. 12-12, 2006.
- [20] J. McCarthy and M. L. Minsky. (1955). *A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence*. Available: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>
- [21] A. M. Kaplan and M. Haenlein, "Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media," *Business Horizons*, vol. 53, pp. 59-68, 2010/01/01/ 2010.
- [22] A. Kaplan and M. Haenlein, "Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence," *Business Horizons*, vol. 62, pp. 15-25, 2019/01/01/ 2019.
- [23] 林照峰 and 吳毓軒. (April 28). 家庭式多重防災預警系統，公開號：201317946. Available: <https://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?@@1592558688>
- [24] 蔡必祺 and 宋文財. (April 28). 基於物聯網架構的環境監控系統，公開號：M552220. Available: <https://twpat-simple.tipo.gov.tw/tipotwoc/tipotwkm?.e8410665010010A0000>

