ISSN 0255-0075

機械工業雜誌

Journal of Industrial Mechatronics

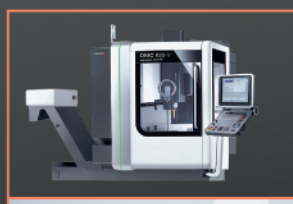
工業技術研究院
Industrial Technology Research Institute

- 德國智慧製造之資產管理技術與應用
- 智慧 3D模組應用於工件曲度品質回饋
- 人工智慧發展與工業影像檢測新方法
- 智慧化加工 - 公差估測與誤差趨勢監測

2018 / 8 425期

Made for Motion KTR
ROTEX SINCE 1967








台北國際自動化工業大展 2018 Automation 2018/8/1-4 台北南港展覽館1館1、4F
攤位號碼 德國館 K306

TAIPEI PLAS 台北國際塑橡膠工業展覽會 MAKING PLASTICS MAKE THE WORLD
2018 8月15-19日 台北南港展覽館1館
攤位號碼 外商區 L1218

提供免費教育訓練
來電請洽KTR
選型 計算 裝設

（德國）台灣開天傳動科技
407台中市西屯區工業36路30-1號
TEL:(04)2359-3278 info@ktrtaiwan.com.tw
FAX:(04)2359-7578 www.ktr.tw

Modbus 無線路由器研製與室內空氣品質遠端監測應用

Implementation of Modbus-based Wireless Router and Application on Remote Monitoring of Indoor Air Quality

蔡明忠[1]、蘇哲民[2]、李亞樵[2]、朱仁誠[3]、戴振榮[4]、張俊隆[5]*

[1] 臺灣科大 自動化及控制研究所 教授

[2] 臺灣科大 自動化及控制研究所

[3] 宇田控制科技股份有限公司 董事長

[4] 宇田控制科技股份有限公司 研發部經理

[5] 工研院機械所 工業物聯網技術組 工業視覺技術部 正研究員

摘要：工業 4.0 與物聯網 (IoT) 蓬勃發展，近年來利用無線傳輸技術開發出的產品也越來越多。本研究開發一個 Modbus 路由器，透過 RS-485 可擷取和寫入多個 RTU 通訊設備資料，並結合 Wi-Fi 模組以加入無線傳輸功能，實現具讀值與寫入雙向功能之 Modbus 無線路由器。此無線路由器經由 RS-485 傳收多台空氣品質感測器量測資料如溫度、濕度、二氧化碳、一氧化碳等感測資料，並於遠端或近端人機介面顯示室內品質監視器所量測的感測值。此外也可以人機介面改寫顯示器或儀表等的顯示數據，提供更多工業 4.0 相關應用，除了能排除佈線困擾，也能落實物聯網概念。

Abstract：With the rapid development of Industry 4.0 and IoT, more and more wireless related products have been developed. This study develops a Modbus-based Wi-Fi router with a built-in Wi-Fi module for data collection from multiple devices via RS-485. This Modbus-based wireless router can receive temperature, humidity, CO, CO2 data from sensors through RS-485. The readings are available from local or remote displays. The HMI (Human Machine Interface) display can be configured by users for Industry 4.0 related applications. It does not only simplify wired connection, but also achieves an implementation of IoT concept.

關鍵詞：工業 4.0、無線傳輸、Modbus、室內空氣品質

Keywords：Industry 4.0, Wireless transmission, Modbus, Indoor air quality

前言

隨著通訊科技的進步，萬物聯網的概念日趨熱門，除人可以取得機器的資訊外，機器與機器之間也可以相互通訊，形成以網際網路為基礎的物聯網。如今，物聯網的概念和技術應用在智能居家 [1][2]、機器人 [3][4] 等領域上有高度的實現。由於通訊技術的進步，無線通訊之應用將會日益普及。但礙於目前大多的工業用傳感器仍透過 RS-485 或其它模擬通訊接口傳輸數據，並使用 Modbus RTU 作為通信協議 [5]。如何將底層傳感器資料連接到互聯網，同時保持對工業應用的穩

表 1 無線通訊技術比較

	Wi-Fi	Bluetooth	Zigbee
速度	快 (54 MB/s)	中 (1Mb/s)	慢(250 kB/s)
距離	中 (0~100 m)	低 (0~10 m)	高 (0~3 km)
消耗功率	高 (數小時)	中 (數日)	低 (數年)
成本	高	中	低
安全性	低	高	中
普及程度	高	中	低

定性是一個大課題 [6]。

近年來，室內空氣品質的議題日漸受到重視，如 PM2.5、PM10 等空氣微粒之即時監控就顯得相當重要。一般室內品質監控器及市面上有許多工業傳感器，仍透過 RS-485 或類比傳輸介面傳收資料，大部份感測值都是在原機上呈現或連接到控制器，較少直接提供感測資訊傳送至遠端通訊介面，未來若想再做進一步應用會受較大侷限。

本研究之無線路由器，沿用 Modbus RTU 之通訊協定以符合工業相關應用，透過 RS-485 可整合底層多支感測器或致動器輸出裝置。但如果透過通訊介面 RS-485 傳送至 PC 端做監控，使用上還是有許多不便之處，RS-485 最大長度雖然可至 1000 公尺，但若想一次監控多支監視器，可能會造成佈線的困擾，或是電線遭破壞等。故本研究開發 Modbus 無線路由器模組，將以 RS-485 整合之多支感測器數據透過 Wi-Fi 無線傳輸的方式，可於遠端人機傳收感測資訊，以克服佈線及距離等問題。

表 1 為常用無線通訊之比較表，由表可知 Wi-Fi 的優勢在於通訊速度，且普及程度最高；Zigbee 優勢在通訊距離以及低消耗功率；Bluetooth 則是在安全性部份較高，其餘項目則介於 Wi-Fi 與 Zigbee 之間。考慮工業傳感器能夠快速傳送感測資訊給使用者，且透過 Wi-Fi 能直接將資訊透過路由器網路傳至雲端，未來也能在做進一步應用。另外，由於 Wi-Fi 通訊的普及率高，因此選擇使用 Wi-Fi 當做無線傳輸媒介。

系統簡介

本研究為開發 Modbus 無線路由器 [6]，開發方式為研發具有 Modbus RTU 通訊之 Master 端功能裝置，可與多個 RS-485 裝置進行連線。考慮傳輸距離、傳輸速度與方便性等因素，選擇利用 Modbus TCP 協議通訊的方式，透過 Wi-Fi 做為無線通訊的方式，進行改寫 Modbus 無線路配置資料 (Config Data) 及讀取 RS-485 感測器資料 (Sensor Data) 功能。其系統整合應用架構如**圖 1**。

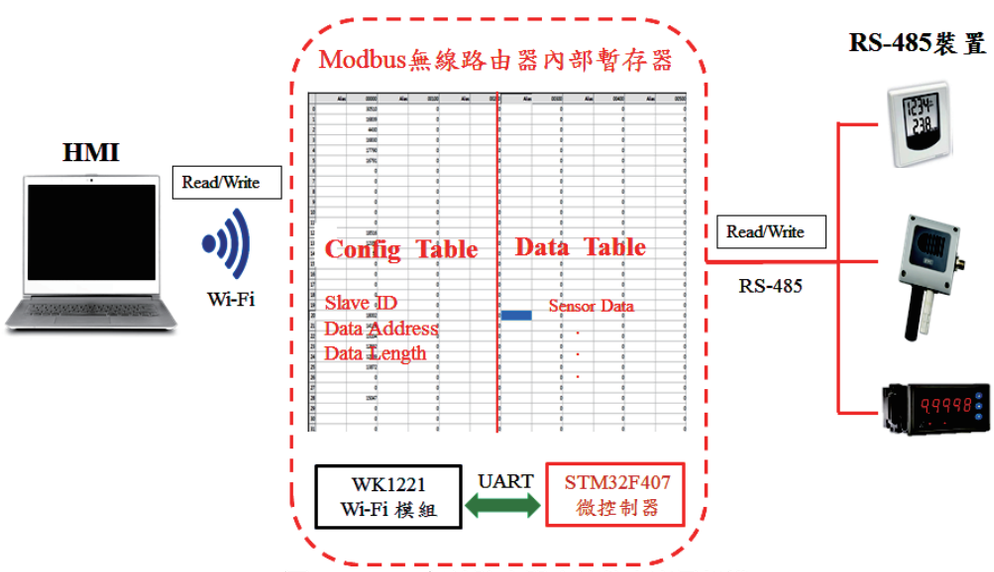


圖 1 Modbus 無線路由器系統整合應用架構

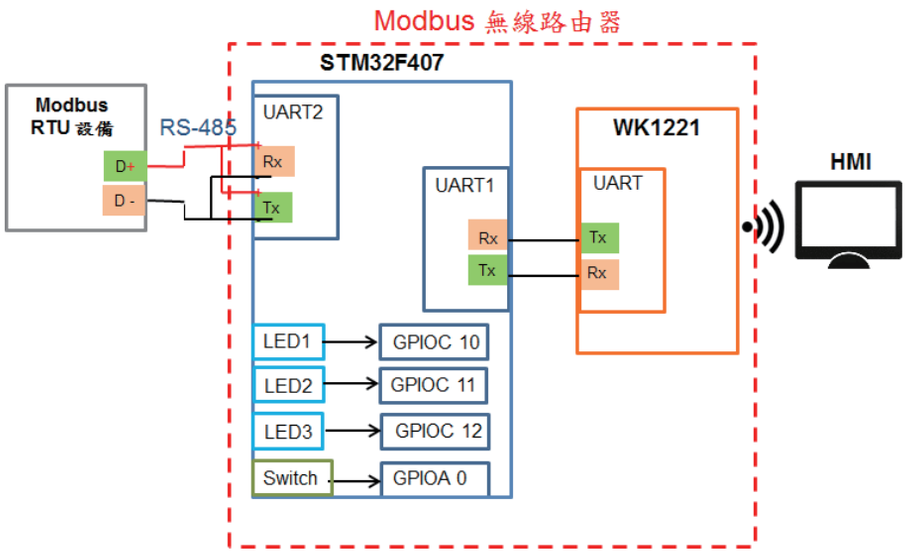


圖 2 Modbus 無線路由器硬體架構圖

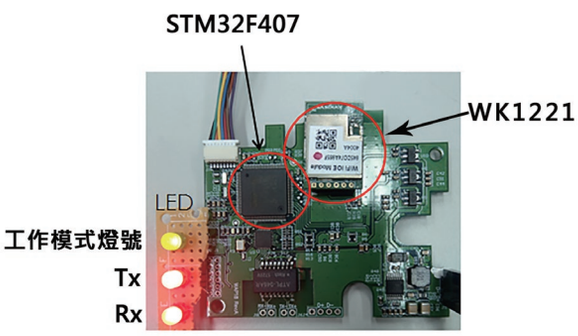


圖 3(a) Modbus 無線路由器實際硬體圖



圖 3(b) Modbus 無線路由器外觀

1. 系統架構與硬體 I/O 規劃

Modbus 無線路由器硬體架構圖如**圖 2**。控制電路接線 I/O 板如**圖 3(a)** 所示，除了微控制器和 Wi-Fi 模組外，另設置三顆提示燈號，包含 Wi-Fi 模組工作模式燈號；及 Modbus 無線路由器進行 RTU 通訊時 Tx、Rx 傳輸與接收資料時提示燈號；背面並設置 Reset 按鍵功能，**圖 3(b)** 為無線路由器外觀。

Wi-Fi 模式部分主要為 AP 模式與 Station 模式，考慮到未來使用者使用 Modbus 無線路由器可能發生不可預期問題，Wi-Fi 模式預設為 AP 模式，使用上若遇到任何問題，有設置 Reset 按鍵功能，可以恢復 Wi-Fi 模式至 AP 模式，及其他清除功能，詳細工作模式燈號及 Reset 按鍵功能描述規劃詳如**表 2** 所示。

表 2 Modbus 無線路由器硬體 I/O 功能規劃表

硬體	狀態	功能描述
工作模式燈號	亮	Wi-Fi 模式操作在 AP 模式
	暗	Wi-Fi 模式操作在 Station 模式
Reset 按鍵	按壓後	恢復到 AP 模式，回到預設 Wi-Fi SSID 及密碼
	持續按壓 10 秒以上	回預設 RS-485 配置參數，及清除 Config Table 資料

2. 系統功能與 Modbus 暫存器規劃

在使用 Modbus RTU 協定中，要讀取或寫入裝置，除了必須先知道該裝置的站號（Slave ID），還需知欲控制或讀取裝置之 Modbus 器位址，不同的產品、裝置，皆有專屬之暫存位址表，透過這些資訊得以和裝置進行溝通。

Modbus 無線路由器與人機介面透過 Modbus TCP 通訊協定，進行 Wi-Fi 無線通訊時，此時人機介面為 Master 端，發送詢問封包時，必須先知道要讀取或改寫的 Slave 端（Modbus 無線路由器）暫存器的位址（Slave Address），所以在 Modbus 無線路由器韌體開發時，必須去規劃內部 Modbus 暫存器的位址（Mapping Address），以下將列出本研究在韌體端開發時，針對不同需要的功能，Modbus 暫存器地址規劃的方式與介紹：

(1) Data Table(Mapping Address: 0000 - 1023):

Modbus 無線路由器在感測層透過 RS-485 通訊時為 Modbus RTU 協議，此時會將讀取感測層多支傳感器的資料，存到內部定義好的 Data Table 裡，**表 3** 為 Data Table 裡 Modbus 暫存器位址規劃方式。

表 3 Data Table 暫存器位址規劃方式

第一支 傳感器資料 (64bytes)	Modbus 暫存器規劃位址
感測器名稱 (Model Name)（16 bytes）	0000-0015
感測器序號 (Serial Number)（16 bytes）	0016-0031
感測資料（32 bytes）	0032-0063
第二支 傳感器資料 (64bytes)	Modbus 暫存器規劃位址
感測器名稱 (Model Name)（16 bytes）	0064-0079
感測器序號 (Serial Number)（16 bytes）	0080-0095
感測資料 (Sensor Data)（32 bytes）	0096-0127
第三支 傳感器資料 (64bytes) . (最多保留 16 支傳感器資料)	Modbus 暫存器規劃位址 - -

Data Table 保留從 0000-1023 的位址範圍，長度大小為 1K bytes，其定義每 64 bytes 存放一支傳感器資料，總共最多可以存放 16 支傳感器資料。每支感測器包括名稱、序號及感測資料供 64 bytes。

(2) Config Table(Mapping Address: 1024 - 2047):

Modbus 無線路由器在透過 RS-485 讀取傳感器資料到 Data Table 時 (功能碼 03)，必須先知道欲讀取的 Slave 裝置的站號（Slave ID）、資料暫存器位址（Slave Address），還有要讀取暫存器的資料長度（Data Length）等配置資料（Config Data），這些資料須由使用者透過人機介面 Wi-Fi 傳輸，Modbus TCP 通訊的方式寫入到 Modbus 無線路由器內部的 Config Table 的暫存器裡，**表 4** 是 Config Table 裡 Modbus 暫存器位址規劃方式。

Config Table 從 1024-2047 的位址，長度大小為 1K bytes，其定義每 64 bytes 的空間可以存放一

表 4 Config Table 暫存器位址規劃方式

第一支 傳感器 Config Data(64bytes)	Modbus 暫存器規劃位址
Slave ID (2 bytes)	1024-1025
Model Name Address (2 bytes)	1026-1027
Model Name Data Length (2 bytes)	1028-1029
Serial Number Address (2 bytes)	1030-1031
Serial Number Data Length (2 bytes)	1032-1033
Sensor Data Address (2 bytes)	1034-1035
Sensor Data Data Length (2 bytes)	1036-1037
Modbus Time Interval (ms) (2 bytes)	1038-1039
Reserved (48 bytes)	1039-1087
第二支 傳感器 Config Data(64bytes)	Modbus 暫存器規劃位址
(最多保留 16 支傳感器 Config Data)	1088-1151

表 5 SSID 及密碼變數暫存器位址規劃方式

變數暫存器功能描述	Modbus 暫存器規劃位址
AP Mode Wi-Fi SSID (16 bytes)	2048-2063
AP Mode Wi-Fi 密碼 (8 bytes)	2064-2071

支傳感器的 Config Data 資料，總共最多可以存放 16 支傳感器的 Config Data。

(3) Wi-Fi 網路 SSID 及密碼 (Mapping Address: 2048 - 2071):

使用者可以利用人機介面去更改 Modbus 無線路由器內部定義好的變數暫存器，Wi-Fi 模組會根據此變數暫存器去更改在 AP 模式下網路的 SSID 及密碼，**表 5** 是 SSID 及密碼的變數暫存器位址規劃方式。

(4) RS-485 特性參數設置 (Mapping Address: 2136 - 2143):

使用者可以利用人機介面去更改 Modbus 無線路由器內部定義好的變數暫存器，去更改 Modbus RTU 通訊時，RS-485 特性參數設置，**表 6** 是 RS-485 特性參數的變數暫存器位址規劃方式，系統內定值為鮑率為 9600、資料位元長度為 8、停止位元為 1、奇偶檢查碼為 None、Time out 時間為 400 (ms)。

(5) Write Data 到 Modbus RTU 裝置 : (Mapping Address: 2144 - 2153):

Modbus 無線路由器可透過 RS-485 寫入資料到底層 Modbus RTU 裝置的暫存器裡時 (功能碼 06)，一樣必須先知道欲寫入的 Slave 裝置的站號（Slave ID）、資料暫存器位址（Slave Address），還有要讀取暫存器的資料長度（Data Length）和欲寫入的資料值等配置資料，這些資料須由使用者透過人機介面，Modbus TCP 通訊的方式寫入到 Modbus 無線路由器內部的變數暫存器裡，**表 7** 是 Write Data 變數的 Modbus 暫存器位址規劃方式。

表 6 RS-485 特性參數暫存器位址規劃方式

變數暫存器功能描述	Modbus 暫存器規劃位址
鮑率 (Baud rate) (2 bytes)	2136-2137
停止位元 (Stop bit) (2 bytes)	2138-2139
奇偶同位 (Parity) (2 bytes)	2140-2141
Modbus Slave time out (ms) (2 bytes)	2142-2143

表 7 Write Data 變數 Modbus 暫存器位址規劃方式

變數暫存器功能描述	Modbus 暫存器規劃位址
Slave ID (2 bytes)	2144-2145
Write Data Address (2 bytes)	2146-2147
Write Data Length (2 bytes)	2148-2149
Write Data Vaule (4 bytes)	2150-2153

(6) Data Log 功能 (Mapping Address: 4096 - 12287):

Modbus 無線路由器可以讀取感測層多支傳感器資料，每讀取一支傳感器資料 (大小為 64 bytes，其格式如**表 4**)，就會將資料儲存到 Data Log 的 Modbus 暫存器裡，而 Data Log 暫存器位址從 4096-12287，大小 8K，最多可保存 128 筆傳感器資料，其 Modbus 暫存器位址規劃方式如**表 8**。

表 8 Data Log 暫存器位址規劃方式

第一筆儲存傳感器資料 (64bytes)	Modbus 暫存器規劃位址
感測器名稱 (Model Name) （16 bytes）	4096-4111
感測器序號 (Serial Number) （16 bytes）	4112-4127
感測資料 （32 bytes）	0032-4159
第二筆儲存傳感器資料 (64 bytes)	Modbus 暫存器規劃位址
感測器名稱 (Model Name) （16bytes）	4160-4175
感測器序號 (Serial Number) （16 bytes）	4176-4191
感測資料 (Sensor Data) （32 bytes）	4192-4223
第三筆儲存傳感器資料 (64 bytes)	Modbus
(最多保留 128 筆傳感器資料)	暫存器規劃位址

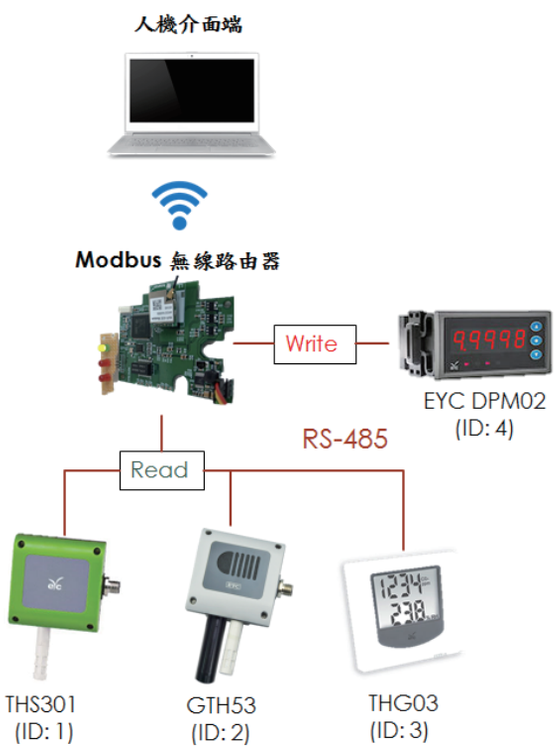


圖 4 Modbus 無線路由器測試環境架構圖

系統運作流程

Modbus 無線路由器在 Modbus RTU 中為主機 (Master) 之角色，開機後即開始依據內部 Config table 暫存器對從機 (Slave) 做 Modbus RTU 之封包發送及回覆之動作。而在 Modbus TCP 中為從機角色，若接收到主機發送之封包即中斷目前動作並收發 Modbus TCP 封包，根據 Request 封包的 Function Code 位判斷需要讀 / 寫 Modbus 暫存器。

本研究用到 Function Code 為 0x03（讀取多個暫存器）、0x06（寫入單一暫存器）。另外若按下 Reset 鍵系統目前動作也會暫停，並重設 SSID 及密碼，若按下超過 10 秒則清空內部所有記憶體，回復原廠狀態。

3. Modbus 路由器測試人機介面

系統設定人機介面是使用 C# 開發之人機介面，開啟人機介面後輸入 Modbus 無線路由器之 IP，人機介面便與 Modbus 無線路由器連線，隨後即可進入設定畫面，配置 Modbus 無線路由器參數

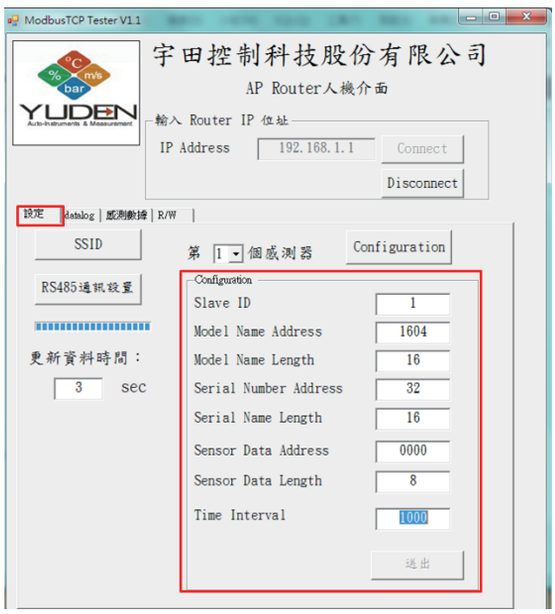


圖 5 人機介面 - 配置 THS301Config Data

及讀取感測資訊。

Modbus 無線路由器完整測試功能，在感測層 RTU 裝置由宇田科技股份有限公司所提供之多功能溫濕度傳送器、室內型空氣品質監測器、室內型二氧化碳溫濕傳送器及多功能訊號顯示監控器，其測試環境架構及產品型號如**圖 4** 所示。每台 Slave 裝置的 Modbus 暫存器位址資料，都可以在宇田控制科技官網查詢其產品附加檔案找到產品的 Modbus Protocol [7]。

(1) Config 功能測試 :

人機介面端可在「設定」分頁中，輸入欲連線之感測器的站號、暫存器位置資料長度等相關參數，如**圖 5**，按下「送出」鍵後人機介面會將 Config Data 透過 Wi-Fi 傳輸寫入到 Modbus 無線路由器內部 Config Table 的 Modbus 暫存器裡，即可與相對應之感測器暫存器位置做收 / 送值之動作。保留 16 支感測器空間，可依序透過下拉選單，將 16 支感測器支設置資訊填入人機介面，即可同時連接多支感測器。

(2) 讀取感測資料測試

人機介面經由 WiFi 收取無線路由器從感測器所取得的資料，放入 Modbus 無線路由器內部

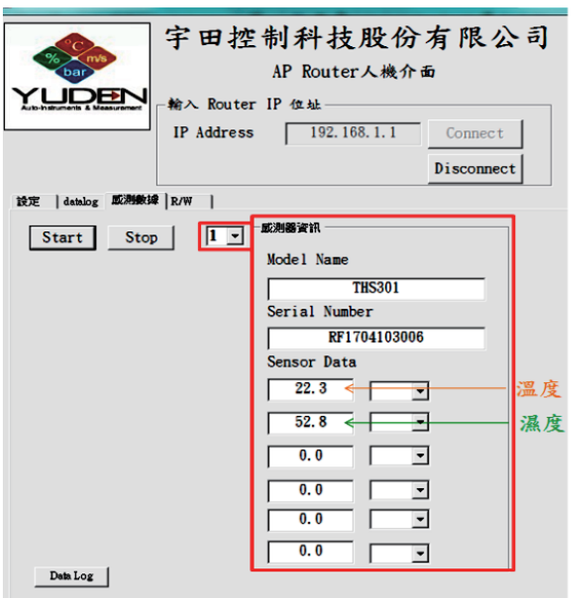


圖 6 人機介面 - 感測器讀取結果

Data Table 感測器的感測資料，並於「感測數據」頁面裡，其人機介面讀取測試狀況如**圖 6** 所示。

(3) RTU 端寫入功能測試 :

首先在人機介面端開啟「R/W」功能選項，在 Slave ID、Start Address、Lengh 及 Value 分別鍵入多功能監控顯示器之佔號、顯示數值暫存器位址、資料長度及欲顯示之數值，便可於顯示器上顯示欲顯示之數值，人機介面配置情形如**圖 7**(此

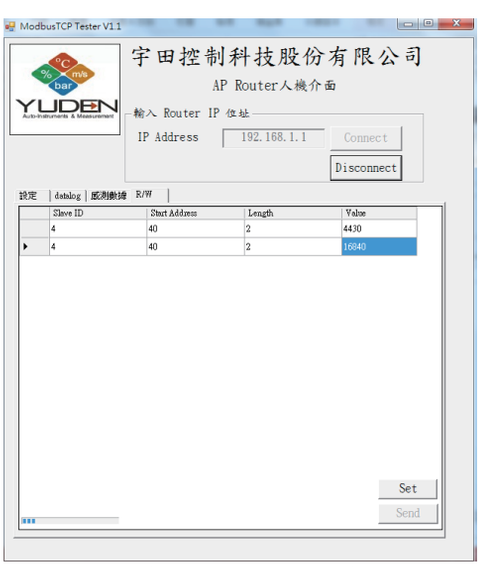


圖 7 人機介面 - RTU 端寫入參數配置



圖 8 EYC DPM02 經人機寫入功能顯示結果

顯示器採用 IEEE754 編碼，故**圖 7** Value 數值為編碼過之數字)。顯示器顯示情況如**圖 8** 所示。

(4) 更改 Wi-Fi 網路 SSID 及密碼 :

Modbus 無線路由器提供更改 Wi-Fi 的 SSID 及密碼功能，在未來使用上，同時使用多台裝置時，可以方便使用者區分多台 Modbus 無線路由器。而 Modbus 無線路由器韌體端預設在 AP 模式時，其 Wi-Fi 網路的 SSID 為 EYC_ROUTER，密碼為 00000000。

測試時點選人機介面上 "SSID" 鍵，可以開啟 Wi-Fi SSID 及密碼的設置介面，此次測試用輸入的 SSID 為 TEST0201，密碼為 12345678，按下 OK，待人機寫入成功後即修改完畢，配置狀況如**圖 9**。

(5) 配置 RS-485 通訊參數 :

人機介面上點選「RS-485 通訊設置」鍵，可



圖 9 人機介面 -Wi-Fi 網路 SSID 及密碼更改



圖 10 人機介面 - 配置 RS-485 通訊參數



圖 11 人機介面 -Data log 測試結果圖

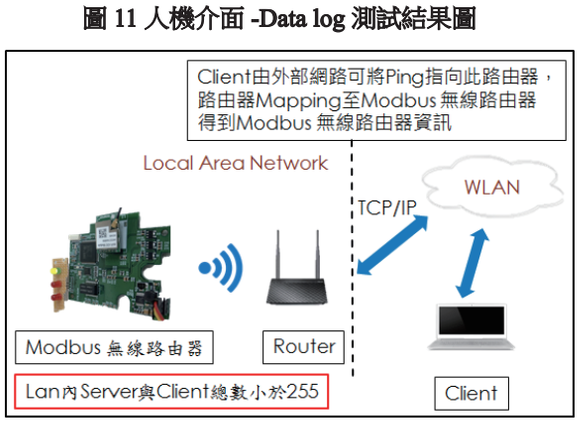


圖 12 透過遠端監控測試

設定 Modbus RTU 通訊時的配置參數，如鮑率、停止位元、奇偶檢查碼，資料位元長度內訂為 8，及 Modbus RTU 通訊時 Time out 時間等。測試時人機配置鮑率為 9600、停止位元為 1、奇偶檢查碼為 None、Time out 時間為 400 (ms)，如**圖 10**。

(6) Data Log 功能測試 :

Data Log 功能測試，Modbus 無線路由器讀取感測層多功能顯示器之顯示值，每讀取一筆資料，儀表顯示值增加 1。之後開啟 Data Log 人機介面並與 Modbus 無線路由器建立連線後，先後按下「OK」和「Start」鍵，等待藍條讀取進度滿後，人機讀取 Modbus 無線路由器內部 Data Log 感測資訊，即會顯示 128 筆感測器儲存資料，如**圖 11**。

Modbus 無線路由器應用測試

1.Modbus **無線路由器遠端連線功能範例** (Station **模式**)

Client 端人機介面透過外部網域連至 Modbus 無線路由器 (遠端測試)：先進入路由器網頁設定 Port Mapping，外部網域的 Client 端人機介面可直接透過路由器 IP 讀 / 寫 Modbus 無線路暫存器值，屬於廣域性網路，如**圖 12**。

外部網域連線測試 :

Modbus 無線路由器須先操作在 Station 模式下，在此以 D-Link 路由器為例，進入原廠提供設定頁面，在狀態資訊可以看到分配給 D-Link 路由器的真實 IP。

接下來在進階設定下的虛擬伺服器列表設定 Port Mapping，將設定 IP 指到 D-Link 路由器底下 Modbus 無線路由器 IP，私人服務埠設定為 8848，外部 Client 端應用程式連至此路由器真實 IP 和指定 Port，皆會指定到 Modbus 無線路由器。

將配有 C# 人機介面的筆電連至另一具有連網功能之網路熱點 (此範例用手機熱點分享)，並開啟人機介面，此時 Modbus 無線路由器與筆電在不同網域。人機介面的 IP address 輸入 Modbus

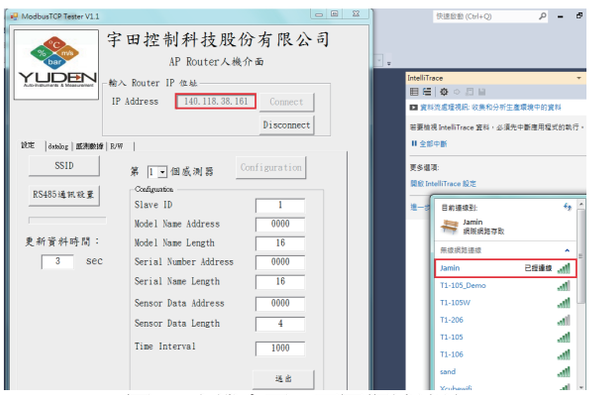


圖 13 人機介面－不同網域連線



圖 14 多功能 PM2.5 室內空氣品質監測器

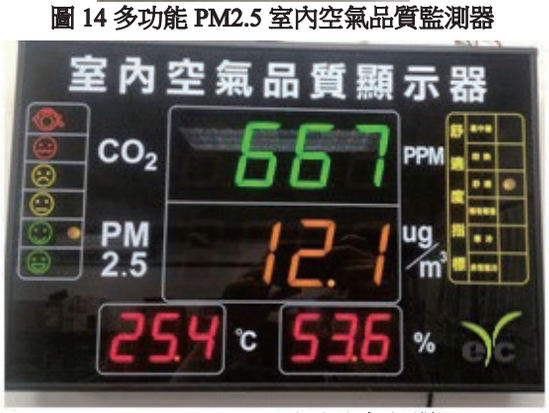


圖 15 EYC DMB04 + TGP03 室內空氣品質顯示器

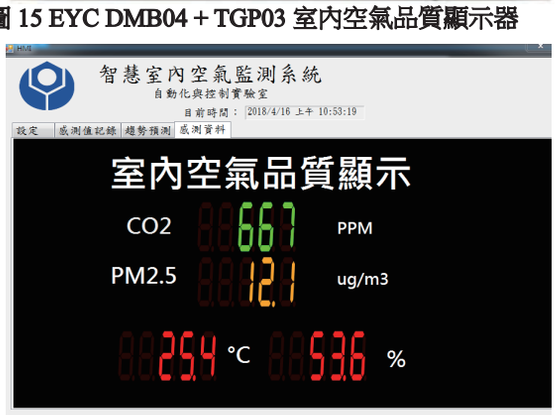


圖 16 人機監控畫面

無線路由器連線的 D-Link 路由器的真實 IP，為 140.118.38.161，按下 Connect 之後進入設定頁面，代表遠端功能連線成功，如**圖 13**。

2. Modbus 傳輸技術無線路由器應用案例

多感測器數據遠端監視應用：

市面上存在各式各樣的感測器，最常見的如溫濕度感測器、粉塵 (PM2.5) 感測器、二氧化碳感測器等。雖有如此多樣的感測器，卻由於大多數感測器皆是用 RS232、RS485 或類比等有線方式傳遞資料，因此使用上較限於作本地監控。透過此 Modbus 無線路由器，得以將在地端的感測器資訊傳送至遠端，供監控中心、戰情室作即時的資料分析及處理。且不限使用單支感測器，可一次讀取多達 16 支感測器的資訊，以便擷取最完善的感測數據做遠端之監控 [8]。

感測器數據遠端監控之案例：

在此使用由宇田控制科技之 TGP03(多功能 PM2.5 室內空氣品質監測器) 作為感測端，參考如**圖 14**。將此感測器由 RS-485 接口接至 Modbus 無線路由器後透過 Wi-Fi 方式即可由電腦之人機介面遠端監視此地之空器及溫濕度資訊。

室內空氣品質監控系統：

空氣品質是現代人普遍重視之議題之一，透過此無線路由器，可將溫濕度、粉塵 (PM2.5)、二氧化碳等資訊集中，並做一些簡易的舒適度判定。以下為室內空氣品質監控系統之案例：

在實作方面 ， 使用宇田控制科技生產之四合一感測器 TGP03+ EYC DMB04 （多功能 PM2.5 室內空氣品質監測器組合 [7]) 作為近端感測對照組，外觀可參考**圖 15**。

此四合一感測器為 RS485 輸出， 將此感測器以 RS485 接上已連接網際網路之 Modbus 無線路由器並經前述之設定，則遠端電腦可經由 Modbus TCP 通訊方式於遠端收取資料，以本研究設計之監控界面可對資料做即時的呈現及趨勢的預測等處理。**圖 16** 則為遠端人機介面之「感測資料」頁面，將由 Modbus TCP 收到之資料顯示於此分頁

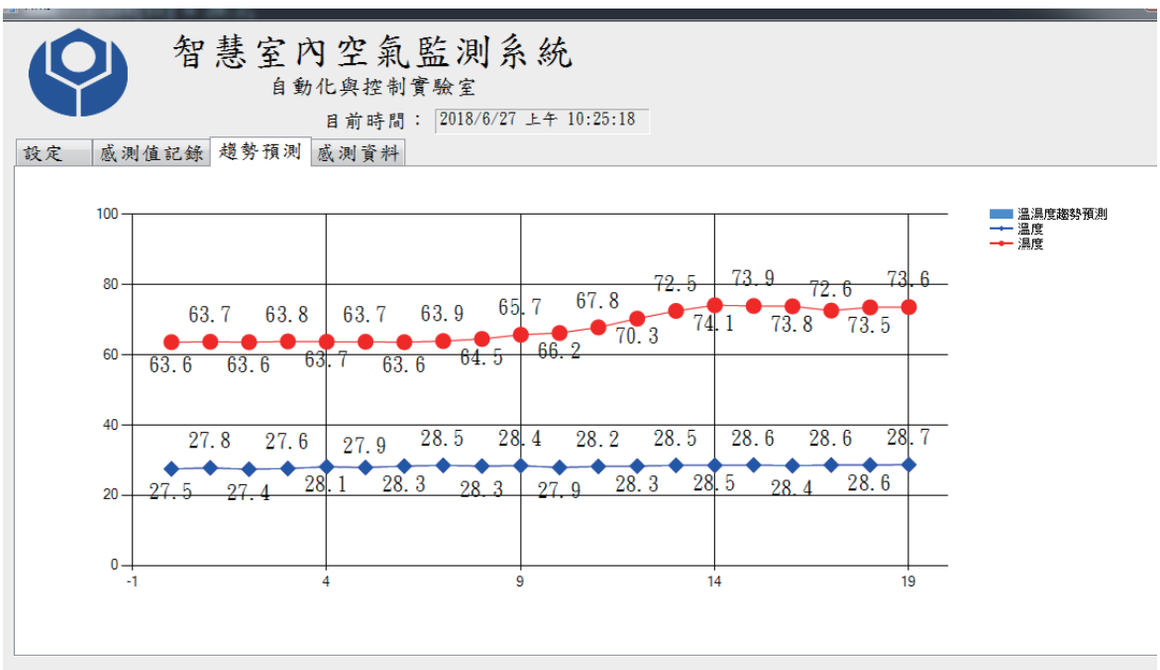


圖 17 數據預測分析

中，而後可對這些數據做預測分析，製作成折線圖顯示「趨勢預測分析」 如**圖 17**，可由目前及過去數據預估未來 20 分鐘內變化趨勢。

結論

許多工業用 Modbus RTU 感測裝置，都必須透過有線的方式去讀取資料到後端應用層，必造成許多佈線上的困擾。故本研究為開發 Modbus 無線路由器傳輸技術，其主要功能為收集多支感測層 RTU Slave 的感測器資料，無線通訊方式選擇使用 Wi-Fi 無線傳收感測資訊，並開發 C# 人機介面。使用者透過人機介面可以方便地去配置 Modbus 無線路由器內部參數的 Modbus 暫存器值，也可以透過 Wi-Fi 無線傳輸的方式去讀取 Modbus 無線路由器內部儲存的感測器資料。通訊協定部份感測層為 Modbus RTU，網路層為 Modbus TCP。經實驗證明使用者端能從人機介面收到正確的感測資訊，通訊協定也符合工業控制領域通訊協定標準，以下歸納出結論：

(1)Modbus 無線路由器具有 Modbus RTU 通訊，可透過 RS-485 讀取或寫入 Slave 端裝置 (如感測器) 的 Modbus 暫存器的資料，內部規劃最多可以保留 16 支 RS-485 感測器資訊的儲存空間。

(2)Modbus 無線路由器能夠經網路接收 Client 端人機介面傳送的 Modbus TCP Request 封包，且經 Modbus TCP 通訊協定無線傳送內部暫存器感測資料給 Client 端人機介面使用。

(3)Modbus 無線路由器能夠正確的依人機端配置的 Config Data，與 RS-485 裝置建立連線，並且透過 Wi-Fi 無線傳輸出 Modbus TCP 封包供人機介面使用。

(4) 經以室內空氣品質監測器實驗，證明終端裝置可透過外部網域，以遠端方式連線 Modbus 無線路及執行與 RS-485 裝置之連線及遠端監控工作，並可做未來之大數據分析與應用。

誌謝

本專案研究承宇田控制科技股份有限公司提供研究經費贊助，並提供相關測試設備與技術支援，特此致謝。

參考文獻

[1] S.P. Tseng, B.R. Li, J.L. Pan and C.J. Lin,"An application of Internet of things with motion sensing on smart house," Proc. Orange Technologies (ICOT), *2014 IEEE International Conference on*, 2014, pp. 65-68.

[2] M. Wang, G. Zhang, C. Zhang, J. Zhang and C. Li, "An IoT-based appliance control system for smart homes," *Proc. Intelligent Control and Information Processing (ICICIP)*, *Fourth International Conference*, 2013, pp. 744-747.

[3] C. Razafimandimby, V. Loscri and A.M. Vegni, "A Neural Network and IoT Based Scheme for Performance Assessment in Internet of Robotic Things," *Proc. 2016 IEEE First International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)*, 2016, pp. 241-246.

[4] Y. Qingquan, S. Lingling, J. Jin, F. Chen, C. Juan and L. Qishengbao, "The design of quad-rotor environmental monitoring system based on Internet of Things," *Proc. 2015 IEEE 16th International Conference on Communication Technology (ICCT)*, 2015, pp. 97-101.

[5] James Powell, "Profibus and Modbus:a comparison," *Siemens*, 13 Oct.,2013.

[6] 蔡明忠、蘇哲民、李亞樵，「Modbus 無線路由器與傳輸技術發展」，國立臺灣科技大學與宇田控制科技股份有限公司產學合作計畫成果報告，2017.12。

[7] 宇田科技股份有限公司官網 http://www.yuden.com.tw/index.html

[8] 張書愷，「基於 Wi-Fi 無線技術之智慧型家庭環境監控研究」，碩士論文，成功大學製造資訊與系統研究所，2013。