

投稿類別：工程技術類

篇名：

生物產業機電應用－無線區域定位與傳感器整合之研究與實作

作者：

許景琛。臺北市立松山高級工農職業學校。日間部。電機科三年級智班

指導老師：

張鈺楨老師

壹●前言

一、研究動機

現今，感測裝置已普遍地裝置在各種農業設施的環控上。然而，在一些特定溫室、禽舍內，由於受到植栽或畜禽設備的阻礙，常易造成溫室或禽舍內各微細角落環控不均的現象。在講究精緻、精準環控的當下，為此，就需要在溫室或禽舍內各角落大量、廣泛地設置感測器作為裝置精細環控設施的依據。

然而，大量佈置感測器需耗費相當龐大的設置與維護成本，且不具移動與可變性。在實務上很難做到。因而往往只得降低感測器的佈設密度，如此，實難達到精緻、精準的控制。

遂構思，若能研究、設計出壹種具備整合區域定位資訊與無線感測傳感器的裝置並架設在自動巡曳或可攜式的裝置上，再藉由無線通道傳遞感測、位置資訊給環控主機。如此，便可省去大量佈置、維護感測器的困擾，以利精緻、精準環控的需求。

此裝置當亦可設計成穿戴型式，適合用在畜牧業上，如：配掛在牛隻上，監視其生理狀況與活動行爲。

二、研究方向

依前述研究動機，擬定研究、實作方向如下：

- 1、選取，並完成無線區域定位裝置的研究。
- 2、分析，並完成能兼容多種異質感測器輸出介面的傳感器。
- 3、以無線射頻為基礎，完成傳感器與無線區域定位裝置的整合。
- 4、裝置必需儘量小型化、低耗電，並適合嵌入自動巡曳與可攜式的設施上。

貳●正文

一、相關知識、技術、組件的準備

(一)、區域定位技術

區域定位有別於全球定位系統，是壹種小區域範圍的定位技術。全球定位系統又名全球衛星定位系統，顧名思義乃是一種利用衛星作三維定位的技術。然而，衛星信號易受地面設施，如：建築物、高大樹林、等阻擋，所以近年來世界主要定位裝置開發商無不積極地投入適用室內或小地域範圍內之區域定位技術的開發。

其相關採行的技術眾多，略整理可大致歸納有：WiFi 無線網路、藍芽、Zigbee、音波、光通訊、三軸加速規、陀螺儀、電子羅盤、等，其實際相關衍用技術概述如下：

1、慣性演算定位

以三軸加速規、電子羅盤、…，演算得估測位置，再配合無線傳輸。若整合高精度陀螺儀，其定位精度可達 20mm。(陳俊瑋、郭家賓、郭靜宜，2010)

2、RSSI 演算定位

其方法乃先在室內環境分布大量信標，再利用射頻電波訊號接收強度演算得估測位置。此種方法普遍會有約 2~3 公尺的測距誤差。(簡志豪、黃培壠，2011)

3、光通訊

利用發光二極體(LED)、…等，發出肉眼看不到的明暗閃爍訊號來傳輸訊息。讓燈光除了具有基本的照明應用，同時也變成資訊傳輸的媒介。

此方式最大優點乃：燈泡是室內空間普遍存在且易架設的物件，不需另外部署其他感測元件，也不存在電磁干擾問題。只是光通訊信號的傳輸必須要在光線能夠照射到的地方。(林萬豐、林炤男、鄒志偉，2014)

4、音波

其應用原理主要是透過揚聲器發出人耳聽不到的音域聲音來傳輸訊息，達到定位演算的目的。(盧樹台，2007)

5、無線展頻

與 RSSI 演算方式相同，也是壹種無線射頻技術。具體方法是將傳輸訊號打散到其載波的原始頻譜(spectrum)上，擴展傳輸頻寬，使得在相同時間內能夠傳遞更大量的資訊，以利距離的演算。(Nanotron Technologies GmbH，2010)

本研究、實作即是選擇 Nanotron 公司以此技術開發出的 NanoLoc TRX 模組作為點對點測距引擎(圖 2-1)(載波頻率：2.4GHz)。



其具體演算技術為：利用線性調變技術加載信號，計算信號來回時間(ToF)作點與點間的測距，其各點間最大標準誤差約為 3.5 公尺。

(二)、感測器

常用在農業環控上的感測器種類如下：(陳加忠，1993)

- (1)、溫度感測器。
- (2)、溼度感測器。
- (3)、光量計
- (4)、照度計。
- (5)、二氧化碳濃度計。
- (6)、風速計。

而其電器信號可歸類大致如下：

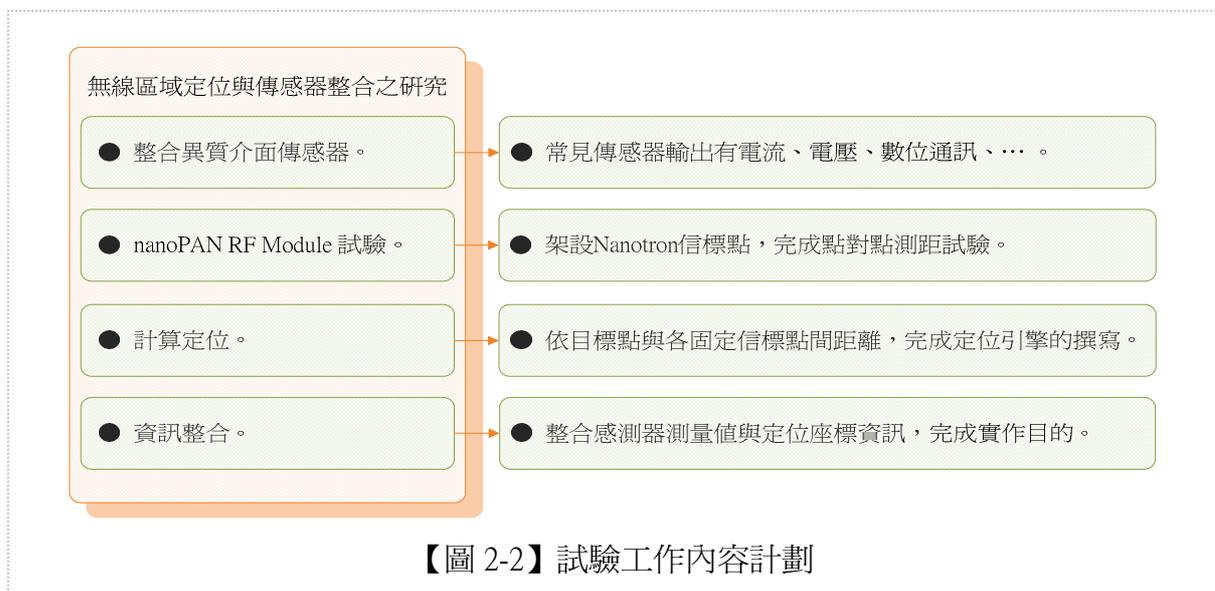
- (1)、4~20mA，類比電流介面。
- (2)、0~5V、0~10V，類比電壓介面。
- (3)、已整合成晶片，以數位通訊通道輸出，如：UART、I²C、單總線、…。

類比電流與電壓為感測器常見的輸出介面，通常透過運算放大器可統一將電流信號轉成電壓，再透過 A/D 轉換器，以單晶片處理器讀出。

隨著晶片技術的進步，很多新式的感測器已整合入晶片中，並透過各種數位通道，直接輸出量測值。使用時只要選擇適當的單晶片處理器，藉著元件廠商所開放的協定，透過資、通訊的技術讀出即可。

二、擬定工作內容計劃

依“前言●：二、研究方向”所述，擬定研究、實作工作內容計劃如下(圖 2-2)：



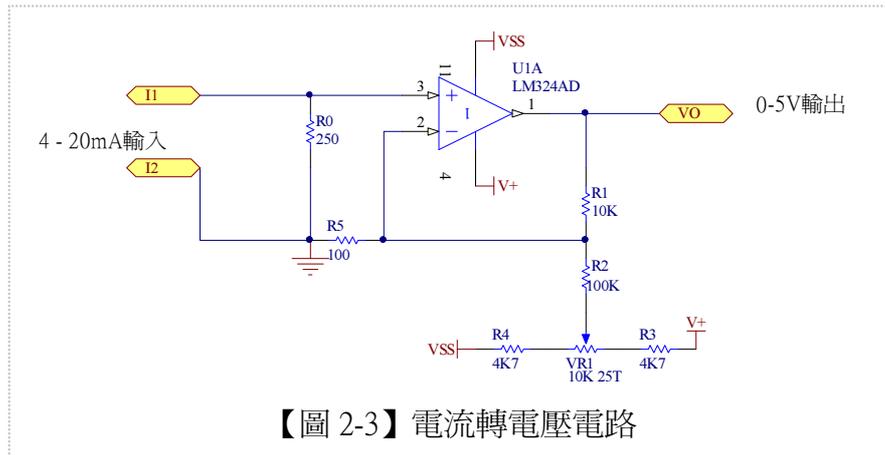
【圖 2-2】試驗工作內容計劃

三、研究、實作過程

(一)、整合異質輸出介面感測器

如前所述，常見感測器輸出有電流、電壓、數位通訊、…。為整合諸此多類異值輸出介面，經多次嘗試，本研究、實作最終採用的方法如下：

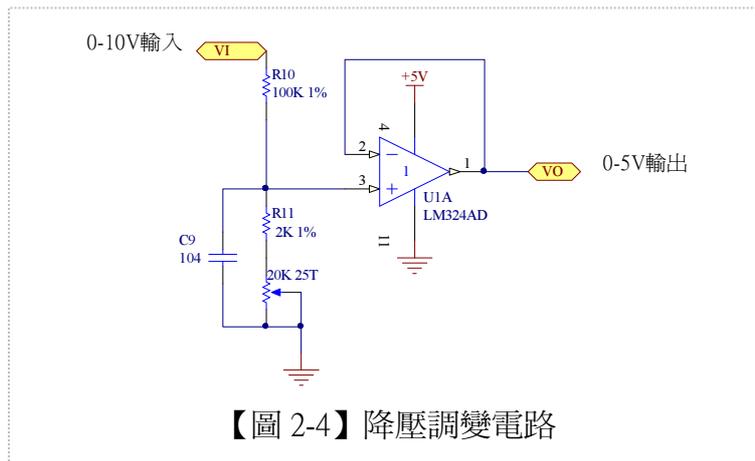
1、將電流類信號轉成電壓



【圖 2-3】電流轉電壓電路

但凡電流輸出類傳感器輸出信號以 4~20 mA 居多。本研究實作將 4~20mA 電流信號調變為 0~5V 電壓（圖 2-3）。調變後的 0~5V 電壓即可直接輸入具備 A/D 介面的微處理器讀取。

2、將電壓類信號降壓調變



【圖 2-4】降壓調變電路

一般常見的電壓類輸出傳感器輸出信號多為 0~5V 或 0~10V 輸出。如果為 0~5V 輸出則可直接串入具備 A/D 介面的微處理器(MCU)讀取。

若為 0~10V 輸出，由於 MCU 所用電源多為 DC5V（省電型為 DC3.3V），所以必需先作降壓調變(圖 2-4)。降壓調變後的信號同樣輸入具備 A/D 介面的微處理器讀取。

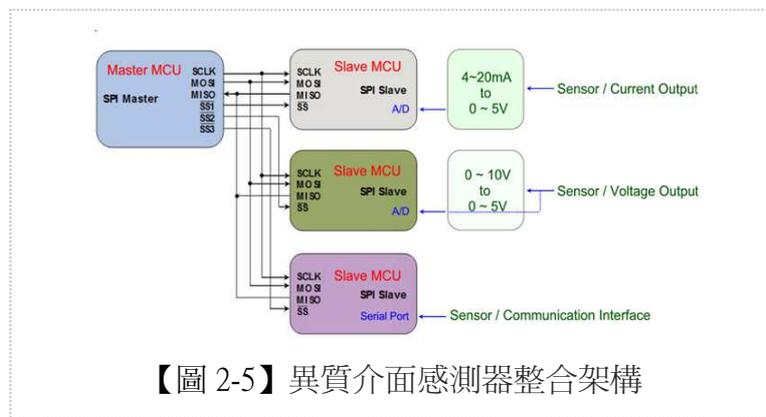
3、數位通訊介面輸出類

隨著微機電的進步，感測元件也有縮小化的趨勢，部份傳感器本身已內嵌處理器，並將測得資訊以 UART、I²C、單總線、等，串列通道輸出。

面對此類型的感測元件，本實作直接以 MCU 對應的串列埠串接，並撰寫相對應的通訊程式讀取其感測資訊。

4、各類異質輸出介面傳感器最終的整合

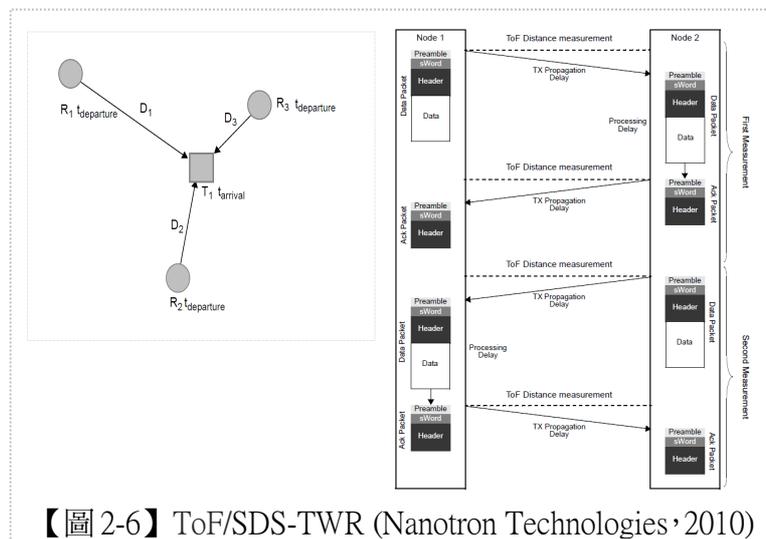
經過上述：電流轉電壓調變、電壓降壓調變、串列埠輸出介面撰寫通訊程式、等方法後，本研究、實作再另擇壹主要 MCU 並借 SPI (Serial Peripheral Interface Bus) 介面 (圖 2-5) 串接各別感測模組之微處理器以完成各類異質輸出介面傳感器的整合。



(二)、nanoPAN 5375 RF Module、測距引擎試驗

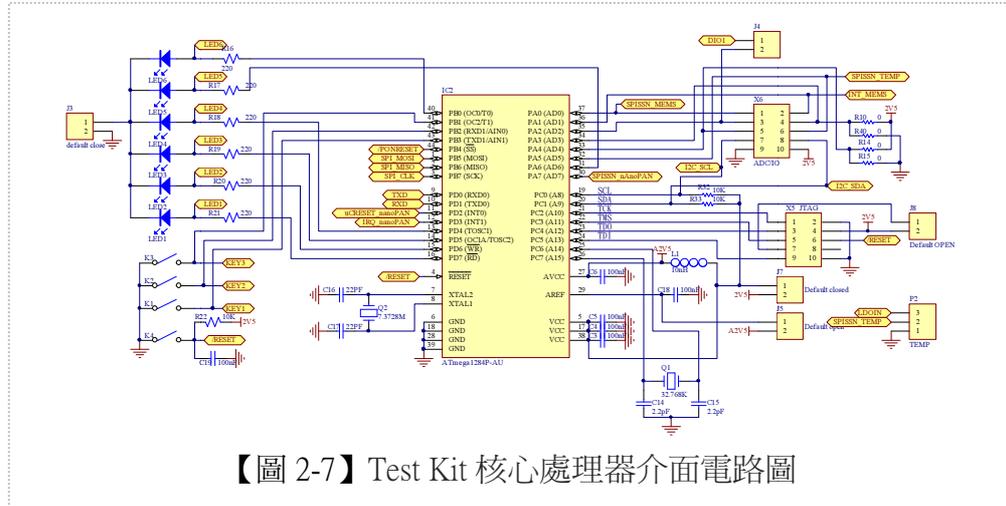
1、認識 nanoPAN 5375 RF Module 無線測距引擎模組

nanoPAN 5375 RF Module 為 Nanotron 公司所開發的無線區域測距模組 (圖 2-1)。是一種使用無線展頻技術，利用線性調變(CSS)以航行時間法(ToF) 與對稱雙邊雙向測距法(SDS-TWR)(圖 2-6)演算出點對點距離的即時定位系統(RTLS)工具。



2、Nanotron Test Kit 實作、試驗

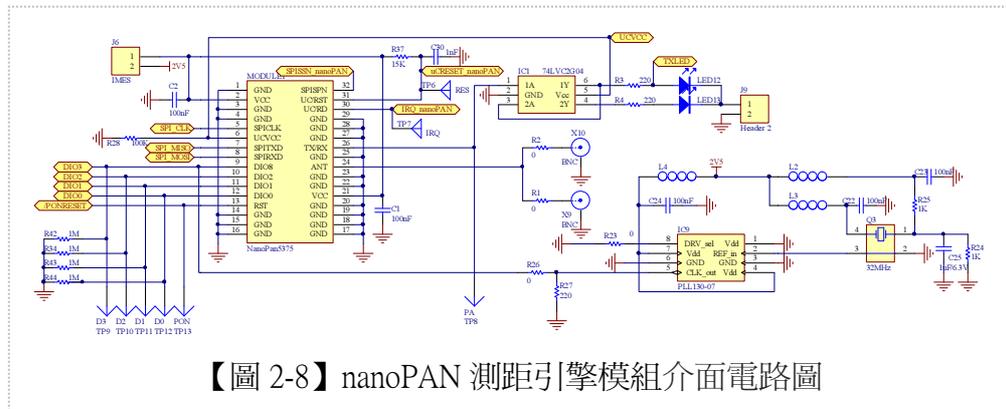
(1)、取 nanoPAN 5375 RF Module (圖 2-1)，參考 Nanotron 公司原廠技術手冊，繪製電路、PCB 佈線、製作 Test Kit。



【圖 2-7】Test Kit 核心處理器介面電路圖

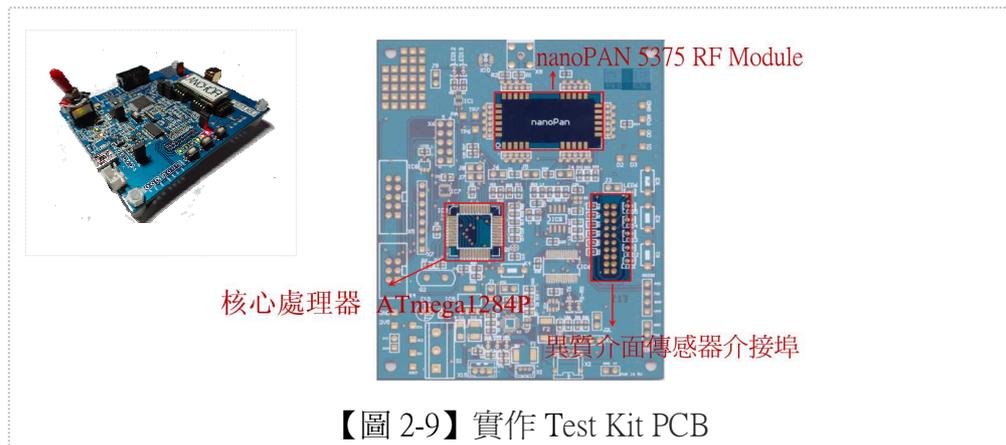
ATmega1284P 內建有 A/D、SPI、I²C 等多重介面，利於整合測距引擎模組、異質介面傳感器。所以本研究、實作取之作為主要的核心處理器。(圖 2-7)

nanoPAN 測距引擎模組與核心處理器間的介接電路如下(圖 2-8)：



【圖 2-8】nanoPAN 測距引擎模組介面電路圖

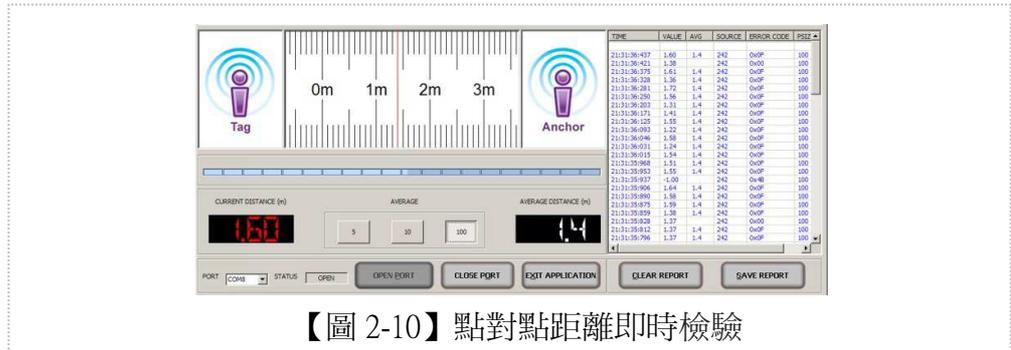
製作完成的 Test Kit PCB 板 (圖 2-9)：



【圖 2-9】實作 Test Kit PCB

(2)、Test Kit 試驗

取貳組製作好的 Test Kit：壹組嵌入 Anchor 引擎軟件、壹組嵌入 Tag 引擎軟件。以檢驗程式(圖 2-10)試驗點對點距離。



【圖 2-10】點對點距離即時檢驗

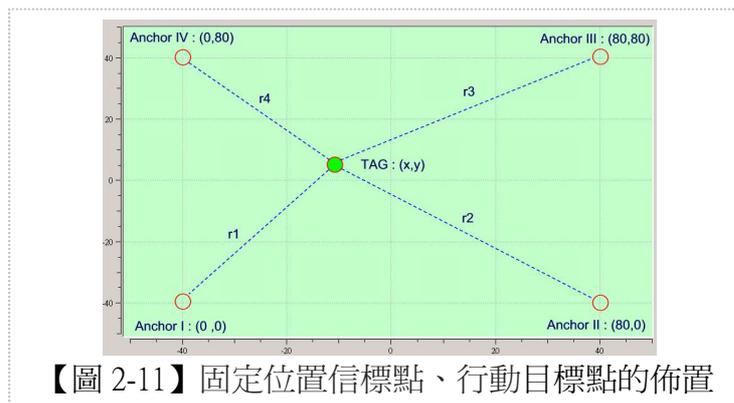
檢視測試結果，驗證 Test Kit 工作正常。測試得到如下結果（表 2-1）：

【表 2-1】Test Kit 測量值與實際距離

實際距離 (公尺)	Test Kit 測量值(50 筆平均)	50 筆擷取時間(秒)
5	4.50	1.3
10	9.67	1.3
15	15.80	1.3
20	20.18	1.3
25	25.16	1.3
30	30.50	1.3
35	34.80	1.1
40	40.75	1.2
45	44.37	1.3
50	50.54	1.3

(四)、定位引擎演算、開發

本研究實作共製作完成伍組 Test Kit：肆組作為信標（Anchor）基地台（固定位置），佈置在區域內四個角落，壹組作為行動目標點（TAG）。（圖 2-11）

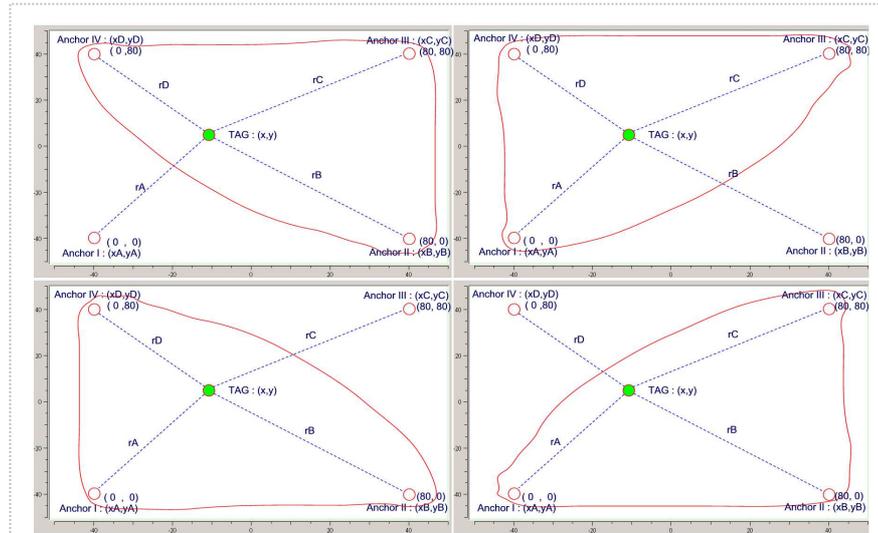


【圖 2-11】固定位置信標點、行動目標點的佈置

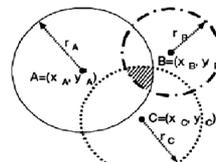
肆組固定位置信標基地台試驗座標定為：Anchor I : (0,0)、Anchor II : (80,0)、Anchor III : (80,80)、Anchor IV : (0,80)。

首先檢出 TAG (行動目標點) 距各 Anchor 點的距離為 r_A 、 r_B 、 r_C 、 r_D (取 50 筆移動平均值後匯入 MS.Excel 資料表內)。

再交差互取三點 (圖 2-12)，依三點定位公式 (圖 2-13) 估算出四點 TAG 點可能位置座標，篩選掉乖離過大的壹點。最終再計算保留的三點位置座標之重心點作為 TAG 點位置座標 (實作取 MATLAB 軟件試算)。



【圖 2-12】交差互取三點、估算出四點 TAG 點可能座標



$$\sigma_{x,y} = |\sqrt{(x-x_A)^2 + (y-y_A)^2} - r_A| + |\sqrt{(x-x_B)^2 + (y-y_B)^2} - r_B| + |\sqrt{(x-x_C)^2 + (y-y_C)^2} - r_C|$$

求 x, y 使得 $\sigma_{x,y}$ 最小

【圖 2-13】三點定位公式(王信智, 2010)

(五)、整合傳感器測量值與定位座標資訊，完成研究實作目的

實作最後改寫 TAG Kit 軟件 (工具：AVR Studio 4)，將傳感器量測值 (實作：單總線輸出介面溫、濕度傳感器) 與 r_A 、 r_B 、 r_C 、 r_D 測距值，上傳至工作 PC (圖 2-14)。



【圖 2-14】TAG Kit：整合傳感器測量值與 r_A 、 r_B 、 r_C 、 r_D

當工作 PC 收到來自 TAG Kit 的四點測距值後，利用 MATLAB 軟件計算出 TAG Kit 的座標（依前述：“(四)、定位引擎演算、開發”內容）。

最終再整合傳感器測量值、MATLAB 計算出的 TAG Kit 座標值，完成本研究、實作期望的資訊；如：表 2-2 所列。

【表 2-2】本研究、實作最終達成的資訊封包

上傳內容	#35.5 : 42.8 : 183 : 072
說明	#Tag Kit-X 軸座標 : Tag Kit-Y 軸座標 : 溫度 : 濕度 * 溫度(183) : 18.3°C、濕度(072) : 相對濕度 72%

至此，完整達成研究、實作目標（所有軟件程式皆在 ATMEL AVR Studio 4 環境中開發）。

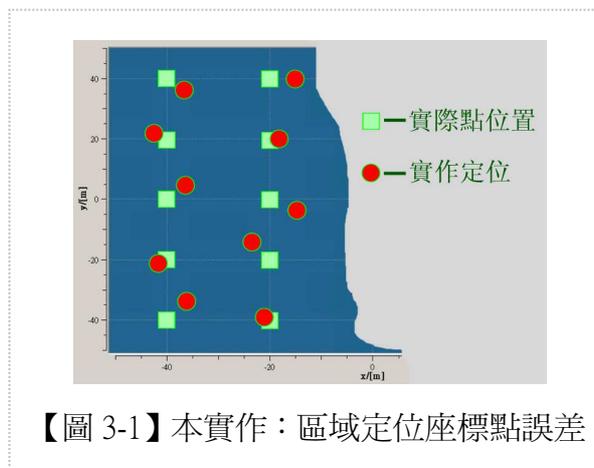
參●結論

本研究、實作內容，完成下列諸項：

- 一、實作確實達成能兼容電流、電壓、通訊、等，諸多異質輸出介面的無線傳感器。
- 二、實作透過 nanoPAN 5375 測距引擎，達成研究、認識、實作驗證「無線區域定位」的目的。
- 三、實作最終完成無線區域定位與傳感器整合，建構出「具區域定位資訊的無線感測系統」。

其中，亦存有下列諸項未臻完善：

- 一、區域定位計算結果存在若干誤差(參閱：圖 3-1)，約 0.5 米到 1 米。這樣的誤差若用在環境溫、濕度、等的監測上已遠比全球定位系統（GPS）來的好。但若要應用在自動巡曳的機具上，如：農用自走車、等，恐仍嫌不足。所以測距與定位引擎的演算是將來必須再努力研究的重點。



- 二、實作內容有關定位座標計算仍依賴 PC 軟件(MATLAB)，並未完成可攜式平台的建置。將來亦必須完成此部份：嵌入式可攜定位引擎的軟件製作。

肆●引註資料

- 一、陳瑞和(1991)。感測器。台北市：全華。
- 二、陳加忠(1993)。農業感測系統介紹。台灣省農業試驗所技術服務季刊，第四卷，第 13 期，頁 9-11。
- 三、曾煜棋(2006)。無線區域及個人網路。台北市：加樺國際。
- 四、張義和(2009)。例說 89S51 C 語言。台北市：新文京。
- 五、莊鎮嘉、鄭錦聰(2011)。MATLAB 程式設計實務。台北市：全華。
- 六、盧樹台(2007)。超音波定位系統之設計策略。科學與工程技術期刊，第三卷，第四期，頁 41-47。
- 七、盧昆民、黃俊燁、陳冠達、陳俊豪(2009)。ZigBee 室內定位系統。崑山科技大學電腦與通訊系：專題製作報告。
- 八、陳俊瑋、郭家賓、郭靜宜(2010)。基於慣性感測元件之機人位置估測模組。工業技術研究院機械所：2010 數位科技與創新管理研討會。
- 九、王信智(2010)。無線感測網路室內定位分析與應用。國立台北科技大學自動化科技研究所：碩士論文。
- 十、簡志豪、黃培壇(2011)。無線感測網路中使用 RSSI 及路徑資訊之定位演算法。大葉大學資訊工程所：第十七屆資訊管理暨實務研討會。
- 十一、許統揚(2013)。應用無線射頻技術於農業環境定位系統之研究。國立中興大學生物產業機電工程學系研究所：碩士論文。
- 十二、林萬豐、林昭男、鄒志偉(2014)。LED 可見光通訊技術。國立交通大學：光電工程學系系刊，第四十二期。
- 十三、Nanotron Technologies (2010)。nanoPAN 5375 Development Kit。2014年03月05日，取自 http://www.nanotron.com/EN/PR_products。
- 十四、Atmel Corporation(2010)。ATmega1284P Datasheet。2014年03月05日，取自 <http://www.atmel.com>。