

## 無線感測器網路在醫療檢測之應用

黎俊豪 楊宗穎 李明怡 程彥輔 吳佩穎 陳彥錚  
國立暨南國際大學資訊管理學系 ycchen@ncnu.edu.tw

### 摘要

無線感測器網路是近幾年學術界重要之研究課題，醫療保健被視為其一可能重要的應用領域，如何運用無線感測器網路技術於醫療檢測之應用是本論文的研究主題。本論文提出一個以 Web 為基礎的無線醫療檢測系統架構，並設計以 ZigBee 無線通訊為基礎的醫療檢測無線通訊架構，醫護人員使用可攜式的無線醫療檢測設備直接對病人進行檢測，檢測結果立即利用無線感測器網路傳送至後端伺服器，醫護人員並可利用網頁介面立即取得即時動態更新的檢測結果。本論文並依所提無線醫療檢測系統架構與 ZigBee 無線通訊架構進行系統實作，系統實作在硬體部分採用低成本之 Arduino 平台，並結合 XBee 無線通訊模組，以建置支援 ZigBee 無線通訊之無線感測器與閘道器。在以 Web 為基礎的軟體實作上，除基本的 Web 應用程式設計，並利用 AJAX 與 HTML5 技術實作具動態更新功能的檢測結果圖表，提供醫護人員方便的醫療檢測操作介面。

關鍵詞：無線感測器網路、醫療檢測、Arduino、ZigBee

# 無線感測器網路在醫療檢測之應用

## 1. 簡介

無線感測器網路是近幾年學術界重要之研究課題，感測器節點所感測或蒐集之資料，藉由無線通訊網路傳遞彙集，以達到特殊的應用目的。過去無線感測器網路相關研究多注重理論之研究，包括網路的形成、路由選擇、資料彙集、省電設計、以及資訊安全等議題。由於無線感測器網路觀念有助於智慧生活環境的建立，相關的軟硬體與通訊設備產品亦日趨成熟，近年來開始有實際的系統實作實現無線感測器網路，無線感測器網路之應用充滿許多可能性，Akyildiz 等學者(I.F. Akyildiz et al., 2002)指出無線感測器網路的可能應用包括軍事用途、環境周遭感測、醫療保健、智慧家庭、以及商務應用。另一方面，ZigBee 聯盟也提出使用結合感測器與 ZigBee 無線通訊於醫療保健的標準(ZigBee Alliance, 2011)。近幾年，國外已有將無線的血壓計(Walker et al., 2006)、血氧飽和儀(Pulse oximeter)、心電圖(Hande et al., 2006)、坐站起走測試(Baumgartner et al, 2011)結合無線感測器網路之應用，這些無線感測器網路在醫療檢測之應用，需要特殊的醫療儀器結合自行開發的無線網路設備或平台，屬於封閉式的應用。本論文將探討使用開放式的無線感測器網路應用於醫療保健領域之系統實作技術，藉由此研究，建立無線感測器網路在醫療保健可能的應用模式、了解目前可採行的軟硬體與通訊平台、研究其軟硬體之系統整合，以累積無線感測器網路之系統實作技術。

在探討無線感測器網路於醫療保健的可能應用模式，本論文提出以醫療檢測儀器為感測器的應用模式，以期建立一個可以即時進行檢測的醫護環境，方便醫療檢測之實行。關於無線感測器網路軟硬體與通訊平台之研究，本論文探討以 Arduino I/O 控制器(Arduino, 2011)為開發平台，並結合 ZigBee 無線通訊建置無線感測器網路。Arduino 是一個低成本並具開放授權的互動軟硬體開發平台，不需要額外的硬體開發成本；ZigBee 無線通訊技術具有低耗電、低頻寬之特性，並有可擴充性的網路架構，非常適合無線感測器網路之建置(Baronti et al., 2007)。本研究在實作上將採用 XBee 無線傳輸模組(Digi (1), 2011)，其設備體積小且較省電，使用上不受空間限制，並很容易與 Arduino 平台整合。關於軟硬體之系統整合，具醫療檢測功能之感測器結合 XBee 通訊模組，將檢測之數據經由無線感測器網路送至後端的之醫療檢測資訊系統，醫護人員可利用醫療檢測資訊系統之網頁介面存取儲存於資料庫之檢測資料。在後端的醫療檢測資訊系統之開發，我們將使用 PHP 網頁程式與 MySQL 資料庫，進行醫療檢測資料之查詢、新增、更新與刪除。無線醫療感測器，可用來測量病人身體之生理資訊，透過 XBee 無線傳輸，可以將醫療檢測行動化。醫療檢測資訊系統並有助於電子化病歷資料庫之建立，使病患的病歷資訊與檢測資料得以整合，讓醫護人員能夠即時瀏覽、更新病歷以隨時掌握病人的生理狀況。

在現代醫院醫療系統中，常會使用相關醫療設備來為病患做量測，而在過程中，經常需耗費龐大的人力資源來為這些資訊建檔、整理、更新與備份，使得量測流程顯得很

沒效率，因此本論文探討以醫療檢測儀器為感測器的應用模式，並以實際的系統實加以驗證，最終目標是期望能將此無線醫療感測器的應用架構與現行的醫療資訊系統結合，使得整個醫療管理更有效率。

## 2. 相關技術探討

### 2.1 ZigBee

ZigBee 是由 ZigBee 聯盟 (ZigBee Alliance) 所制定的無線通訊協定，具低速、低耗電、低成本之特性，非常適合使用於無線感測器，ZigBee 採四層通訊架構，如圖 1 所示，低層通訊採用 IEEE 802.15.4 標準之媒體存取層 (MAC) 與實體層 (PHY)，使用 2.4GHz 無須執照之通訊頻段，在 802.15.4 之上為網路層與應用層，應用層中並定義應用支援子層，在其上各廠商可以各自發展其應用。除此之外，ZigBee 聯盟並定義相關的系統管理與安全機制，對於醫療檢測應用的嚴格安全需求，提供了較為完整的解決方案。

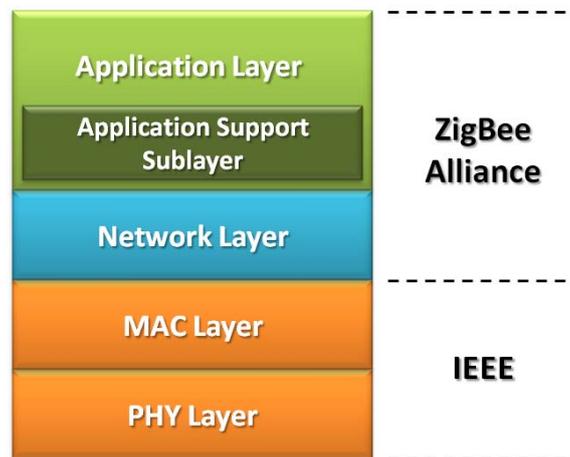


圖 1 ZigBee 通訊堆疊架構

ZigBee 通訊裝置種類有三：ZigBee 末端裝置 (End Device)、ZigBee 路由器 (Router)、ZigBee 協調器 (Coordinator)，ZigBee End Device 為一般單純的 ZigBee 通訊設備，如本系統之醫療檢測無線感測器。ZigBee Router 為具有轉送封包能力之 ZigBee 通訊設備，ZigBee 協調器則負責協調管理同一網路的 ZigBee 通訊設備之通訊，由於 ZigBee 通訊距離不足於涵蓋整個通訊應用範圍，為讓可能分散於醫院各處之各式醫療檢測無線感應器能夠將檢測資料送至網路之資料庫，必須在有醫療檢測無線感應器之地方，建置一個可靠與安全的無線網路，無線感應器可藉由此無線網路連結至醫院內部網路，將資料送至網路上之資料庫。此支援 ZigBee 之無線網路，可採星狀 (Star)、樹狀 (Tree)、或網狀 (Mesh) 拓撲架構，以延伸 ZigBee 之通訊範圍。此外，無線網路中必須有無線閘道器 (Wireless Gateway)，用來連結有線與無線網路，無線網路中之醫療檢測無線感應器先將檢測資料以 ZigBee 通訊方式送至閘道器，再由閘道器之有線端送至資料庫。整個系統通訊之可靠性，主要在於無線網路，由於無線感測器由醫護人員持有，隨著人員移動，可能無法隨時連上無線網路，因此使用無線感測器進行檢測時所得之檢測資料，可

在連上無線網路時，再傳送至資料庫，因此無線感測器在實務的設計上，可以考量是否支援暫存檢測資料能力，亦即資料傳遞可以支援即時 (real-time) 以及聚集批次 (Aggregated) 兩種方式，以提供一個可靠的無線通訊環境。

目前 ZigBee 通訊產品中，以 XBee 通訊模組最為常見，XBee 是由 Digi 公司所生產支援 ZigBee 標準之通訊模組，是全球少數以通過 ZigBee 標準認證之 ZigBee 通訊產品。它藉由簡單的串列埠來達到無線通訊的目的。XBee 是天線、接腳以及一塊模板所組成的，XBee 可藉由 X-CTU 軟體進行設定(Digi (2), 2011)。它的接腳有 6 個 10-bit 的 ADC input pins 以及 8 個 digital I/O pins，天線有三種選擇：RPSMA、U.FL、Chipor Whip。XBee 使用的工作頻率為 ISM 2.4GHz，通常世界各國皆有保留一些無限頻段作為工業、科學、醫療等特定用途使用，保留的這些頻段就稱為 ISM 頻段。而 2.4GHz 為各國通用的 ISM 頻段，因此除了 XBee，無線區域網路 (IEEE 802.11b/IEEE 802.11g) 以及藍芽，均可工作在 2.4GHz 頻段上。

XBee 使用的標準是 IEEE 802.15.4 協定的無線個人區域網路 (Wireless Personal Area Networks)。IEEE 802.15.4 標準定義了低速無線個人網域的物理層和媒體接入控制層這兩個規範，它使用了 AES 16-bits 的加密方式來保證資料傳輸的可靠性。XBee 最大的傳輸速率為 250kbps，傳輸距離則因地點不同而有所不同，室內最高傳輸距離達 30 公尺，室外最高可達 100 公尺，這是單跳連接的距離限制，一個 XBee 的網路最多可以包含 255 個 XBee 的網路節點，若是通過 Router，整個網路可支援超過 65,000 個網路節點，其傳送的距離比起單跳連接又可傳的更遠。XBee 的省電特性在於若使用一顆 AAA 電池作為電源，電池的壽命可達一年。且平價的 XBee 對於系統在未來建置相關設備時，硬體的成本門檻比較低。

## 2.2 Arduino I/O 控制板

上述 XBee 通訊模組需要一個可以控制它傳送與接收的通訊應用程式，在實作上有簡訊軟硬體整合問題，本論文將採用 Arduino I/O 控制板(圖 2.(1))作為其整合之平台。Arduino (Arduino, 2011) 是一個開放授權的互動軟體開發平台，使用具有使用類似 Java、C 語言的開發環境。由於其高開發性，低入門門檻、以及便宜等優勢，Arduino 已累積不少愛用者，更因為其程式碼簡單易懂，也吸引了不少的程式設計師加入行列，運用在眾多非專業電子電機領域當中，創造了各式各樣的互動式創新運用。

另一方面，Arduino 可與各種感測器以及各式各樣的電子元件連接，例如紅外線、超音波、熱敏電阻、光敏電阻、伺服馬達、LE 等，並且支援多種互動程式，例如 Flash, Max/Msp, VVVV, PD, C, Processing 等。Arduino 價格之所以便宜，是因為其使用低價格的微處理控制器 (ATMEGA8-16)，此外，其設定是透過 USB 介面連接電腦電源，因此不需外接電源即可操作，在實際應用上，作為獨立運作的設備時，可改為以 9V DC 的電源輸入。

Arduino 基本上是一個一般用途的 I/O 控制平台，各式的 I/O 或通訊應用仍需其他軟硬體模組之支援，本論文研究在 Arduino 與 XBee 間之連結，必須使用 XBee 擴充版 (Shield) (圖 2.(2))，此外本論文在 ZigBee 開道器之實作上，必須同時支援 ZigBee 與

Ethernet，可經由 Ethernet Shield (圖 2.(3))連結有線網路，將資料傳送至遠端的資料庫，作進一步的醫療資訊存取。



圖 2 Arduino I/O 控制板與擴充板

### 2.3 醫療檢測感測器

感測器 (Sensor)是接收信號或刺激並反應的器件，能將待測物理量或化學量轉換成另一對應輸出的裝置。有時稱為感應器、偵測器、察覺器、檢測器、傳感器或轉換器等。功能主要用來代替人類感官檢測外界訊息，包括視覺、聽覺、觸覺、嗅覺、味覺。有些感測器還可偵測人類無法檢測到的外界訊息，如電磁感測...

感測器種類包括以物理、化學、生物原理等，做為檢出對象的感測器，例如：IR紅外線感測器、超音波距離感測器、壓力感測器、溫溼度感測器、表面溫度感測器、陀螺儀與加速度計、傾斜儀與定向計、RFID Reader模組、脈搏/心跳感測器等。Shnayder等學者(Shnayder et al., 2005)於其實驗室自行開發無線的血氧飽和儀、心電圖儀(EKG/ECG)、以及筋電儀器(electromyographic, EMG)均是可用於無線感測器網路。唯以上相關設備難以取得，這是本論文研究於實作上之面臨的困難。目前市面上可取得與醫療檢測相關之設備，能與Arduino結合者，最常見的便是心率接收器(圖3.(1))，事實上，心率接收器並非感測器，而是接收綁在受測者胸前的無線心率傳輸器(圖3.(2)) (Polar, 2011) 所傳送的ECG資料。嚴格而言，此設備非正式的醫療檢測儀器，較適用於健身檢測參考，本論文使用該心率感測器設備，只是用來驗證本論文所欲探討的應用模式。此外，心率接收器與心率傳輸器間亦以無線通訊方式進行資料傳遞，此部份之傳輸不屬於本論文無線感測器網路之範疇。



圖 3 本論文使用的心率感測器設備

### 3. 系統架構

本研究以現有的互動式設計平台來模擬無線感測器在醫療檢測上之應用，結合 Arduino 與 XBee 低成本低耗電的優點，設計出無線醫療感測器系統；由於此系統可以使用無線技術立即的傳送病人生理資料，並採取分散式或集中式管理，當醫護人員啟動系統接收數據的功能後，再將感測器固定於病人身上，感測器會自動偵測數據，並將此數據以無線傳輸的方式傳至資料庫，系統可將接收到的資料轉換成圖表資訊，當傳回的資料位於異常範圍，系統將會顯示警示範圍，使醫療人員即時察覺異狀，且可以透過瀏覽圖表資訊更加了解病患之身體狀況，以達成遠距監測之即時、便利及提升醫療品質。

為了達成遠距監測之功能，本研究系統將使用 Web 應用架構，可以讓醫護人員利用個人電腦之瀏覽器遠端存取相關檢測的資料。在支援 Wi-Fi 的無線區域網路環境，醫護人員亦可使用平板電腦，直接於病人檢測現場讀取檢測資料。傳統的 Web 網頁式架構，會將資料內嵌於 HTML 標籤，以網頁方式呈現，採用此方式可能較不利於資料以豐富的圖表呈現。因此本論文研究亦將探討新興的 HTML5 技術，採用 Google Chart 工具(Google, 2011)呈現即時動態的檢測結果。圖 4 顯示本論文規劃建置之無線醫療檢測系統架構，具醫療檢測功能之感測器，將感測資料利用無線感測器網路送至閘道器(Gateway)，閘道器再將感測資料以 HTTP 訊息送至 Web 伺服器，經 Web 應用程式儲存至資料庫。另一方面，醫護人員可利用 Web 用戶端的瀏覽器至 Web 伺服器管理與讀取檢測資料，檢測資料如具即時性，Web 用戶端會利用 AJAX 程式，至 Web 伺服器讀取檢測資料，檢測資料將以 XML 格式提供，以方便用戶端處理。

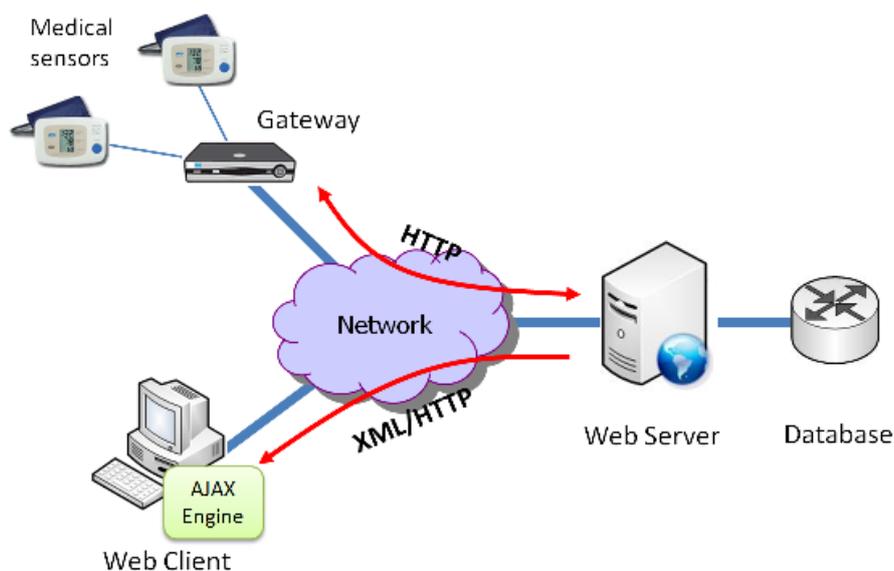


圖 4 無線醫療檢測系統架構

除此之外，本研究之重點在於架構一個無線通訊環境，於此我們將採用 ZigBee 無線通訊技術之標準。以 ZigBee 無線通訊方式，將檢測之即時 (real-time) 或聚集批次 (Aggregated) 醫療檢測資料透過無線感測器送至位於網路上之醫療檢測系統。使用

ZigBee 建置無線感測器網路 (Wireless Sensor Network, WSN) 的技術，近年來逐漸受到重視，主要的運用範圍在於中短距離、低資料量的傳輸。無線感測器網路之建置包括醫療檢測無線感測器 (Wireless sensor) 之建置、無線閘道器 (Wireless Gateway) 之設計、無線網狀網路建置。一個 ZigBee 的網路主要有三種設備，協調器 (Coordinator)、路由器 (Router)、末端設備 (End Device)。協調器的用途為維持整個網路的運行，是三種設備中占用記憶體最大、計算能力強大；而路由器是連接協調器與終端設備的中繼器，能夠使網路的通信範圍拓展；終端設備的主要功能是與其父節點溝通，比起 Coordinator 與 Router 它需要的記憶體較少，而製造成本也較低。圖 5 說明本研究規劃建置的醫療檢測無線通訊架構。具檢測功能之感測器為 ZigBee 終端設備，只負責將檢測資料傳送給附近的 ZigBee 路由器或協調器。若醫療院所幅員廣大、檢測感測器分布各處，可適當建置 ZigBee 路由器，負責轉送附近的檢測資料至 ZigBee 協調器。如圖 5 所示，無線閘道器橫跨無線感測器網路與有線網路，以無線感測器網路觀點，無線閘道器即為 ZigBee 協調器，負責收集無線感測器網路內所送來之感測資料，這些感測資料再經由無線閘道器之有線網路介面，進入現有的醫院有線網路，送至後端的 Web 伺服器。

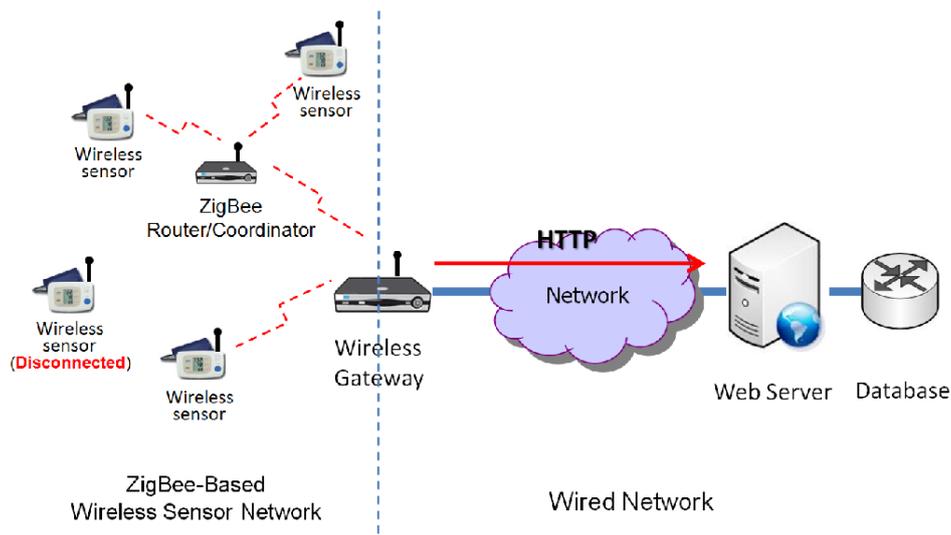


圖 5 醫療檢測無線通訊架構

#### 4. 醫療檢測資料流程

本論文除了設計上述無線醫療檢測系統架構以及醫療檢測無線通訊架構，欲進一步探討使用無線醫療檢測的可能資料流程，並嘗試與病歷系統進行結合。為此本章節先就系統之可能使用案例(Use Cases)找出之實體(Entity)，包括病人、檢測設備、檢測活動、檢測項目、及檢測數據，並設計實體對應之資料表格與欄位，以呈現具體的資料流程。茲針對所設計之資料表格與欄位說明如下：

**PatientTable:** 用來儲存病人之個人資料，資料欄位包括病人識別碼 pid、病人姓名 pname、性別 sex、生日 birthDay、以及血型 bloodType，PatientTable 之主鍵為 pid。此表格只記錄與檢測相關之病人資料，未來可擴充為完整的病歷資料表，或直接引用系統已

建置之病歷資料表。

**EquipTable:** 用來儲存無線生醫檢測設備之相關資料，資料欄位包括設備識別碼 eid、設備名稱 ename、設備敘述 description、以及設備之網路位址 address(例如 ZigBee 裝置之位址)。EquipTable 之主鍵為 eid。

**ItemTable:** 用來儲存檢測項目之相關資料，資料欄位包括項目編碼 itCode、項目名稱 itemName、檢測數據之單位 unit、檢測之最高正常值 up、以及檢測之最低正常值，ItemTable 之主鍵為 itCode。例如尿素氮之檢測項目儲存資料: itemName: B.U.N., unit: mg/dL, up: 22.0, low: 5.0。以上欄位名稱之選定，係參考 MedXML Consortium 所制定 Medical Markup Language (MML) 相關元素與屬性名稱(MedXML Consortium, 2009)。

**EqItTable:** 用來記錄各檢測設備所支援之檢測項目，為一個 EquipTable 與 ItemTable 間的對應表格，以支援兩個表格間之多對多關係，意即一個檢測設備可以支援多個檢測項目，例如一個血壓計支援舒張壓、收縮壓、脈搏三種檢測項目。因此 EqItTable 只包含 eid 與 itCode 兩個欄位，兩個欄位組合為該資料表之主鍵。

**TestTable:** 用來儲存檢測活動之資料表，每一列記錄對應一次的檢測，每一筆檢測記錄包括檢測識別碼 tid、受檢病人之識別碼 pid、所使用檢測設備之識別碼 eid、檢測註冊之時間 registTime、以及檢測狀態 state。State 包括三種狀態: 已註冊(Registered)、檢測中(Testing)、已完成(Finished)。該資料表之主鍵為 tid。

**TestDataTable:** 用來儲存檢測數據之資料表，每一筆檢測數據包括檢測數據識別碼 tdid、對應的檢測識別碼 tid、檢測項目識別碼 itCode、檢測時間 sampleTime、以及檢測值 value。每一次的檢測活動可能會有許多筆檢測數據，這些檢測數據知 tdid 不同，但都對應至相同的 tid。例如一次的檢測活動同時量測舒張壓與收縮壓，或一次的檢測活動包括持續十分鐘的每分鐘一次的心跳次數檢測。

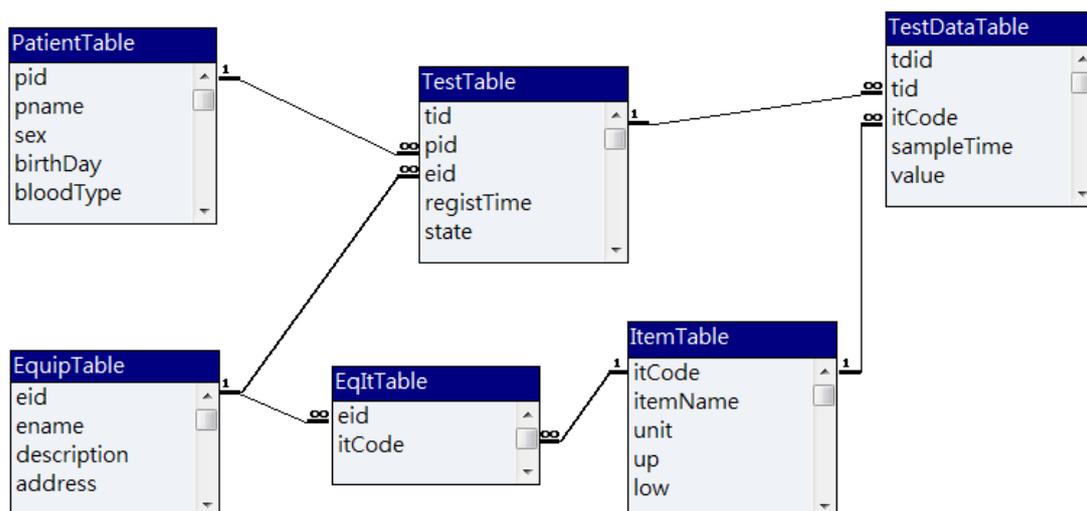


圖 6 無線醫療檢測資料表關聯圖

依據以上實體之關係所設計之資料表，其關聯圖如圖 6 所示。基於以上之資料表設計，以下說明本論文建議之檢測步驟：

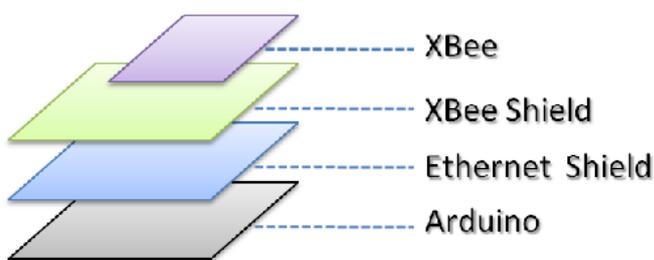
- (1). 當醫護人員對病人進行檢測前，先經由本系統註冊一筆檢測活動，TestTable 將記錄此次檢測活動之受檢病人之識別碼 **pid**、使用檢測設備之識別碼 **eid**、以及註冊時間 **registTime**，並將檢測狀態 **state** 設為 **Registered**。
- (2). 檢測人員使用檢測設備開始進行檢測，檢測設備經由無線 ZigBee 通訊，將檢測結果送至 ZigBee 閘道器 (Gateway/Coordinator)，ZigBee 閘道器將檢測數據(包括檢測設備之位址 **address**、檢測項目編碼 **itCode**、檢測數值 **value**)送至檢測網站伺服器。
- (3). 檢測網站伺服器程式依據收到訊息之 **address** 資料，至 EquipTable 取得檢測設備之識別碼 **eid**。再依據 **eid** 值，至 TestTable 找到一筆含此 **eid** 值且狀態為 **Registered** 或 **Testing** 之檢測活動記錄。若目前狀態為 **Registered**，則將狀態更新為 **Testing**。然後取得此記錄之 **tid** 值。
- (4). 檢測網站伺服器程式新增一筆檢測數據至 TestDataTable，記錄此次檢測對應之 **tid** 值、**itCode**、**value**、以及目前的時間 (存於 **sampleTime**)。
- (5). 若一次檢測活動包括持續多次的相同檢測，則重複 (2)~ (4) 步驟，若欲結束本次檢測活動，檢測人員經由本系統之操作畫面進行結束的動作，此系統將至 TestTable 將此次檢測活動對應記錄之 **state** 值設為 **Finished**。

## 5. 系統實作

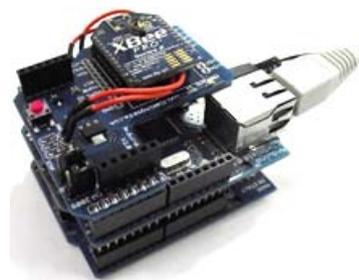
本論文針對所提之架構與系統設計，進行系統實作，以驗證所提架構之可行性，並希望能從實作中累積經驗，並找出在實務上可能的問題。系統實作分為硬體與軟體兩個部份，茲分別說明如下：

### 5.1 硬體實作

本系統之硬體實作均以 Arduino 為平台，因此在硬體實作只需利用支援 Arduino 之硬體設備進行堆疊連結便可完成。硬體實作主要包括無線閘道器與無線檢測器兩部分，無線閘道器在無線通訊端為 ZigBee 協調器，在有線端則支援 Ethernet 網卡。為同時支援兩種網路通訊，無線閘道器之實作必須於 Arduino I/O 控制板上堆疊兩種通訊模組，圖 7.(1)顯示 Arduino I/O 控制板上模組堆疊之順序，圖 7.(2)顯示無線閘道器之實體照片，由於無線閘道器獨立存在於醫療院所之有線網路提供的存取點處(例如：牆壁網路孔)，如附近沒有電源，可使用電池接於 Arduino 之直流電源供應介面。



(1) Arduino 模組堆疊



(2) 實體照片

圖 7 無線閘道器硬體

無線檢測器本身是 ZigBee 終端設備，在通訊上只需支援 ZigBee 通訊模組即可，另外則需有能接收心率資料之心率接收器，圖 8.(1)顯示 Arduino I/O 控制板上模組堆疊之順序，圖 8.(2)顯示無線檢測器之實體照片，由於無線檢測器為一可攜式無線檢測設備，其所需電源，必須使用電池接於 Arduino 之直流電源供應介面。



圖 8 無線檢測器硬體

## 5.2 軟體實作

本系統為 Web-Based 系統，軟體實作與網站建置相仿，採用之 Web 伺服器平台為 Apache，伺服器端網頁程式開發使用 PHP 撰寫，資料庫則使用 MySQL 建構。Web 用戶端除了表單處理，尚需以即時動態方式持續顯示檢測結果，在實作上需利用 JavaScript 撰寫 AJAX 程式，並利用 Google Chart 工具應用程式介面撰寫動態圖表顯示程式。本系統主要功能選項包含：病患資料、檢測設備、檢測項目以及檢測活動等選項，如圖 9 所示。系統使用者新增、修改、刪除病患資料，並可查看病患歷史檢測紀錄及新增一筆檢測活動等動作；點選檢測活動選項可以開啟檢測活動、觀察檢測時所傳入之數據，亦可以刪除預定的檢測活動。

# 無線醫療資訊系統

關於此系統

病患資料

檢測設備

檢測項目

檢測活動

編號	病人	設備	檢測日期	狀態	
28	黎俊豪	溫度計	2011-07-20	untest	<a href="#">開始</a> <a href="#">刪除</a>
29	黎俊豪	心跳帶	2011-07-20	untest	<a href="#">開始</a> <a href="#">刪除</a>
33	Lucy	聲波感測器	2011-07-20	untest	<a href="#">開始</a> <a href="#">刪除</a>
34	Lucy	心跳帶	2011-07-20	untest	<a href="#">開始</a> <a href="#">刪除</a>
36	Mark	溫度計	2011-07-20	untest	<a href="#">開始</a> <a href="#">刪除</a>
39	Mark	心跳帶	2011-09-24	untest	<a href="#">開始</a> <a href="#">刪除</a>

圖 9 系統主畫面及檢測活動

當醫護人員使用無線檢測器開始對病人進行檢測時，醫護人員亦可從圖 9 找到對應的檢測活動，點選”開始”，即可立即觀看持續檢測之結果，檢測結果以 Google Chart 方式呈現，使用支援 HTML5 之瀏覽器，即可看到如圖 10 所示之即時檢測圖表。圖 10 顯示即時心率資料，圖表隨著時間更新變動，圖表中紅線表示心率正常之上限值(90)。

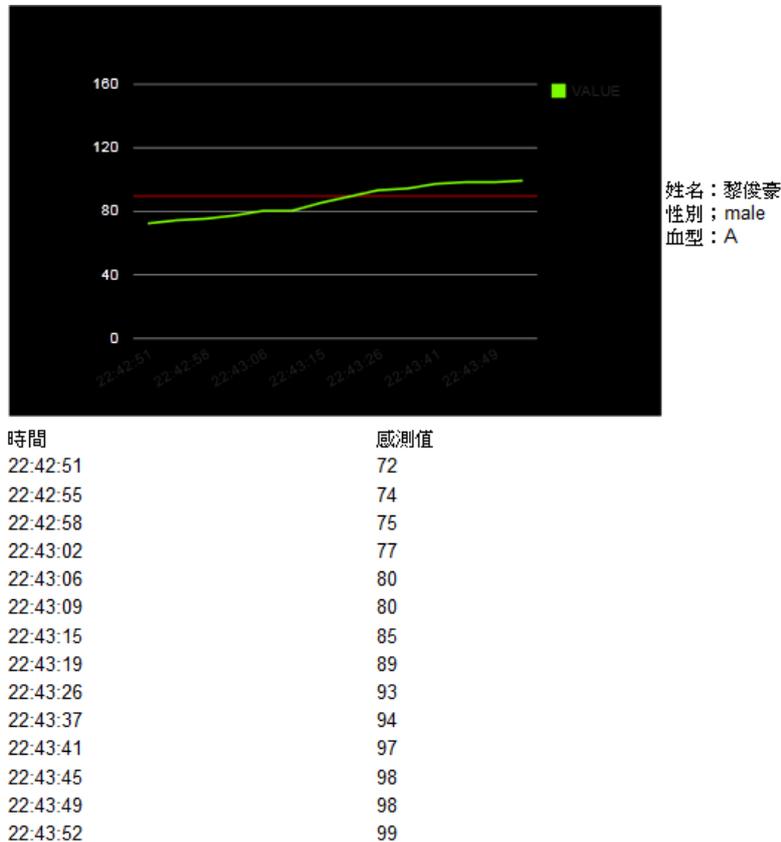


圖 10 使用 Google Chart 即時顯示心率檢測結果

## 6. 結論及未來展望

本論文探討使用 ZigBee 無線感測器網路技術應用於醫療檢測之系統實作技術，我們提出一個以 Web 為基礎的無線醫療檢測系統架構，並設計以 ZigBee 通訊為基礎的醫療檢測無線通訊架構，以扮演 ZigBee 協調器角色之無線閘道器將無線感測網路連結既有醫療院所之企業內部網路，可以讓可攜式的無線醫療檢測設備直接對病人進行檢測，令拜 web 架構之賜，醫護人員只有在有網路的地方，便可即時觀看檢測結果。本論文並以實際的軟硬體實作，印證所提架構之可行性。在系統實作上，本論文採用近開放性的 Arduino 平台，並採用已獲認證之 XBee 通訊模組，成功於實驗室建置所需之硬體。雖然採用此方式所建置之設備在體積與外觀上不及真正產品或客製化設備，然能以極低之成本，短時間內建立系統雛型，仍屬不易。未來期望能擴充檢測設備之檢測項目功能，讓 Arduino 平台之功能多元化，以達到更有效降低醫療器材成本的目標，並加強無線傳輸之資訊安全，完成一套安全性高、低成本及機動性高的醫學資通應用。

## 參考文獻

1. Akyildiz, I.F., Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci "Wireless sensor networks: a survey", *Computer Networks* 38 (2002) 393–422.
2. Arduino, <http://arduino.cc/>, May 5, 2011.
3. Baronti, P., Prashant Pillai, Vince W.C. Chook, Stefano Chessa, Alberto Gotta, Y. Fun Hu "Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards" *Computer Communications* 30 (2007) 1655–1695.
4. Baumgartner, T., Sándor P. Fekete, Tom Kamphans, Alexander Kröller, Max Pagel, Matthias Gietzelt, Reinhold Haux "Using a Sensor Network to Enhance a Standardized Medical Test" 8th European Conference on Wireless Sensor Networks (EWSN 2011), 2011.
5. Digi International Inc. (1) "XBee-PRO® 802.15.4 OEM RF Modules" <http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/point-multipoint-rfmodules/xbee-series1-module>, 2011.
6. Digi International Inc. (2) "X-CTU (XCTU) software" <http://www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdet1.jsp?kb=125>, 2011.
7. Google "Google Chart Tools" <http://code.google.com/intl/zh-TW/apis/chart/>, 2011.
8. Hande, A., T. Polk, W. Walker and D. Bhatia "Self-Powered Wireless Sensor Networks for Remote Patient Monitoring in Hospitals" *Sensors*, 6, 2006, pp. 1102-1117
9. MedXML Consortium "Medical Markup Language (MML) Specification Version 3.0" [http://www.medxml.net/E\\_mml30/mmlv3\\_E\\_index.htm](http://www.medxml.net/E_mml30/mmlv3_E_index.htm), 2009.
10. Polar Electro Inc. "T31 心率傳輸器" [http://www.polar taiwan.com.tw/tw-zh/products/accessories/T31\\_transmitter](http://www.polar taiwan.com.tw/tw-zh/products/accessories/T31_transmitter), 2011.
11. Shnayder, V., Chen, B., Lorincz, K., Fulford-Jones, T.R.F., and Welsch, M. Sensor Networks for Medical Care. in Harvard University Technical Report TR-08-05, 2005.
12. Walker, W., Polk, T., Hande, A., Bhatia, D. "Remote Blood Pressure Monitoring Using a Wireless Sensor Network" Proceedings of the IEEE Sixth Annual Emerging Information Technology Conference, Dallas, Texas, 2006.
13. ZigBee Alliance "ZigBee Wireless Sensor Applications for Health, Wellness and Fitness" <http://www.zigbee.org/imwp/download.asp?ContentID=15585>, 2011.