

科技部補助

大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* ***** *
* 計 畫 *
* : 智慧導盲機器人 *
* 名 稱 *
* ***** *

執行計畫學生： 陳柏叡

學生計畫編號： NSC 102-2815-C-142-017-E

研 究 期 間： 102 年 07 月 01 日至 103 年 02 月 28 日止，計 8 個月

指 導 教 授： 孔崇旭

處理方式： 本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2 年後可公開查詢

執 行 單 位： 國立臺中教育大學資訊工程學系(含碩士班)

中華民國

103 年 10 月 23 日

摘要

本計畫結合 NXT 機器人、嵌入式系統與 ZigBee 無線感測，機器人程式設計方面，利用 JAVA 匯入 leJOS NXJ 的方法，可以在實作時有效的利用 JAVA 語言來撰寫 NXT 樂高機器人，透過程式可以控制機器人的各項 Sensor，本計畫使用到了 3 種 Sensor，分別是超音波感測器、NXT 機器人馬達以及指北針，超音波感測器是用來偵測障礙物，馬達可以讓機器人做前進、後退、左、右轉，指北針以北為 0 度，順時鐘一圈為 360 度，用來了解機器人方位。

leJOS NXJ 它也可以和 I²C 傳輸應用、嵌入式系統作結合，I²C 是嵌入式系統與 NXT 機器人的傳輸溝通方式，嵌入式系統是使用 Seeedurino，將 Seeedurino 與 ZigBee、I²C 傳輸，使用麵包板連接，本計畫在測試的環境下佈建了大量的 Zigbee 感測元件，結合後的嵌入式系統用來接收佈建的 ZigBee 感測元件資料，並分析、整理所接收的資料，再將資料傳送到 NXT 機器人端做判斷，這邊透過所偵測訊號強度來控制機器人的前進方向並移動，再由雙超音波感測器與指北針進行避障與校正路線，實作出一台室內導盲機器人，指引盲人在室內環境中安全的到達目的地。

本計畫成果主要是使用在大型的室內環境下，因為訊號強度會受到環境的影響，所以佈建的感測元件需要大量的測試，減少干擾、修正機器人的前進方向，也希望能夠結合智慧型手機，讓此計畫能更加完整。

目錄

一、 研究動機.....	5
二、 相關研究.....	6
三、 系統架構.....	8
四、 研究方法.....	9
五、 流程圖、計畫成果.....	15
六、 軟體、硬體.....	20
七、 研究結論與未來展望.....	21
八、 參考文獻.....	22

圖、表目錄

圖1 NXT語音接收控制器.....	6
圖2 NXT Color Sensor.....	7
圖3 系統架構圖.....	8
圖4 接收端ZigBee.....	9
圖5 傳送端ZigBee.....	10
圖6 嵌入式系統與ZigBee線路連接圖.....	10
圖7 嵌入式系統擷取ZigBee資料.....	11
圖8 嵌入式系統與I ² C線路連接圖1.....	12
圖9 嵌入式系統與I ² C線路連接圖2.....	12
圖10 超音波感測器.....	13
圖11 超音波避障流程圖.....	14
圖12 指北針感測器.....	14
圖13 整體流程圖.....	15
圖14 室內平面圖.....	16
圖15 機器人起點.....	16
圖16 機器人調整方位.....	17
圖17 障礙物偵測.....	17
圖18 障礙物閃避.....	18
圖19 XBee偵測.....	18
圖20 目的地到達.....	19
圖21 本計畫成品圖.....	19

圖22 紅外線、超音波比較圖.....	20
圖23 無線通訊技術比較圖.....	20
表1 NXT機器人主機規格.....	13

一、 研究動機

在日常生活中，電視新聞時常報導盲人生活中處處遇到的種種困難，例如：對普通人來說過馬路、走街道不是什麼問題，可是盲人因為沒有視力的關係，既不知道有沒有障礙物，也不知道馬路紅綠燈的變化，只能倚靠聽力的部分，時時刻刻都要害怕自身安全問題，這無疑是他們的一大挑戰。

根據內政部統計，全台領有身心障礙手冊的視障人口近 6 萬人，但目前工作中的導盲犬不到 40 隻，國際導盲犬聯盟建議，理想的視障者與導盲犬的比例應是 100 比 1，台灣卻是 1500 比 1，比例嚴重失調。因導盲犬訓練過程困難，又 Lego 機器人的發展流行，希望藉由具有導盲犬功能的 Lego 機器人來幫助盲人，本計畫可以有 GPS 定位系統、障礙物感測、辨別顏色、藍芽等等功能的機器來幫助盲人，使得盲人安全受到保障。

而現今生活周遭的環境，雖然有許多身心障礙人士輔助的設施，但盲人光靠導盲磚是不夠的，導盲磚通常設置在外的走道上，障礙物的問題還是會存在，以及如果到達較大的室內環境下，幾乎沒有盲人的輔助設施，因此我才會想要研究此計畫題目，希望能保障盲人他們在日常生活中行動的安全。

因為 ZigBee 室內定位，目前有相關研究但是技術尚未純熟，未來可以有許多的應用，而其中一種應用可以用來幫助盲人，由於機器人的種類繁雜，本計畫在這邊選擇比較容易開發的機器人，LEGO Mindstorms NXT。

二、 相關研究

在 NXT 機器人中，本計畫會運用到障礙物感測、GPS 定位、辨別顏色、語音辨識、手機應用等技術。首先，考慮至盲人使用者無法正確的判斷階梯或者坑洞，而造成行走上的不便利性，因此本計畫需要在 NXT 機器人安裝上障礙物的感測器，它總共有兩種方式可以探測障礙物，其中一個則是使用到超音波來做測量，在文獻[1]可以知道超音波的定義，文獻[2]當中明確說明了超音波的感測與應用原理，便可以依循這些定理，做出超音波的感測器。第二種使用了紅外線[3]，在文獻[4]也將紅外線感測器的使用原理大致上的說明清楚，同樣也可以參考這些文獻，進而製造出屬於紅外線式的障礙物感測器。對於需要採取哪種障礙物的感測器，會進行比較二者的優缺點，採取較適合國內的感測器。

本計畫之機器人應該是要帶領盲人使用者到達目的地，為此加入了 GPS[5]來做為引導盲人使用者的技術，全名稱為 Global Positioning System，其大略的方式是利用衛星基本三角定位原理[6]來計算使用者的所在座標，三角定位的概念，就是及時偵測使用者離三個參考點(衛星)的距離。透過 GPS 衛星與地面上的接收站具有同時接收三個來自衛星之各種訊號，然後再以該衛星為圓心，利用其訊號求得衛星與地面使用者接收機具之距離為半徑畫出三個圓，則該三個圓的相交點即為使用者座標。不過在室內環境下不能由時間差決定使用者和參考點的距離為何，主要是室內環境較小，且障礙物較多，因此在室內能會採用例如 Wi-Fi、Bluetooth、RFID、超音波等數種無線技術，這些技術均具可於非直視 (No Line of Sight) 的條件下運作的特性，因此不會有室內接收不到訊號的問題。



圖 1 NXT 語音接收控制器

有了導盲之後，盲人使用者可能會跟電子導盲機器人進行溝通，為此需要有語音的相關配備，如圖 1 所示，NXT 自己附有的語音接收裝置[7]，與此裝置進行溝通時，需要有任何的行動裝置，目前考慮至國人的普及性，以 Android 系統最為一般大眾所接受，因此採用 Android 系統的行動裝置並且安裝其應用程式[8]，便能用講話的方式，將由本計畫的行動裝置傳送指令給電子導盲機器人進行動作，例如:前後左右的行動、原地旋轉等一些較基本的動作。



圖 2 NXT Color Sensor

如圖2所示，可以看到這是一個顏色的感應器，這是考量到盲人使用者若要經過馬路時，難免會碰上紅綠燈的情況，這個感應器可以幫助智慧導盲機器人辨析「紅燈停、綠燈行」的簡單道路守則，對於盲人使用者行進的安全又多一層保障。至於在校調方面，可以參閱文獻[9]，便可以有效地將回傳資料做個處理，之後使用語音提示盲人使用者，在使用上完全無虞，而智慧型手機與NXT樂高機器人作結合的部分，可以參閱文獻[10]。

三、系統架構

整體的室內導盲機器人系統架構如圖 3 所示，當盲人一啟動機器人後，機器人先判斷方向是否為第一個 XBee 所在方向，再從起點往第一個 XBee 方向前進，沿途偵測障礙物並閃避，閃避後自動校正方位。接收到第一顆 XBee 後，改變機器人移動方位，朝向第二顆 XBee 所在方位前進，同樣在前進的時候會偵測障礙物並閃避。接收到第二顆 XBee 後，在一次改變機器人方位，往第三顆 XBee 方位移動，同時也是本計畫實驗的終點。接收到第三顆 XBee，機器人就會停止並發出聲響提醒盲人到達目的地。

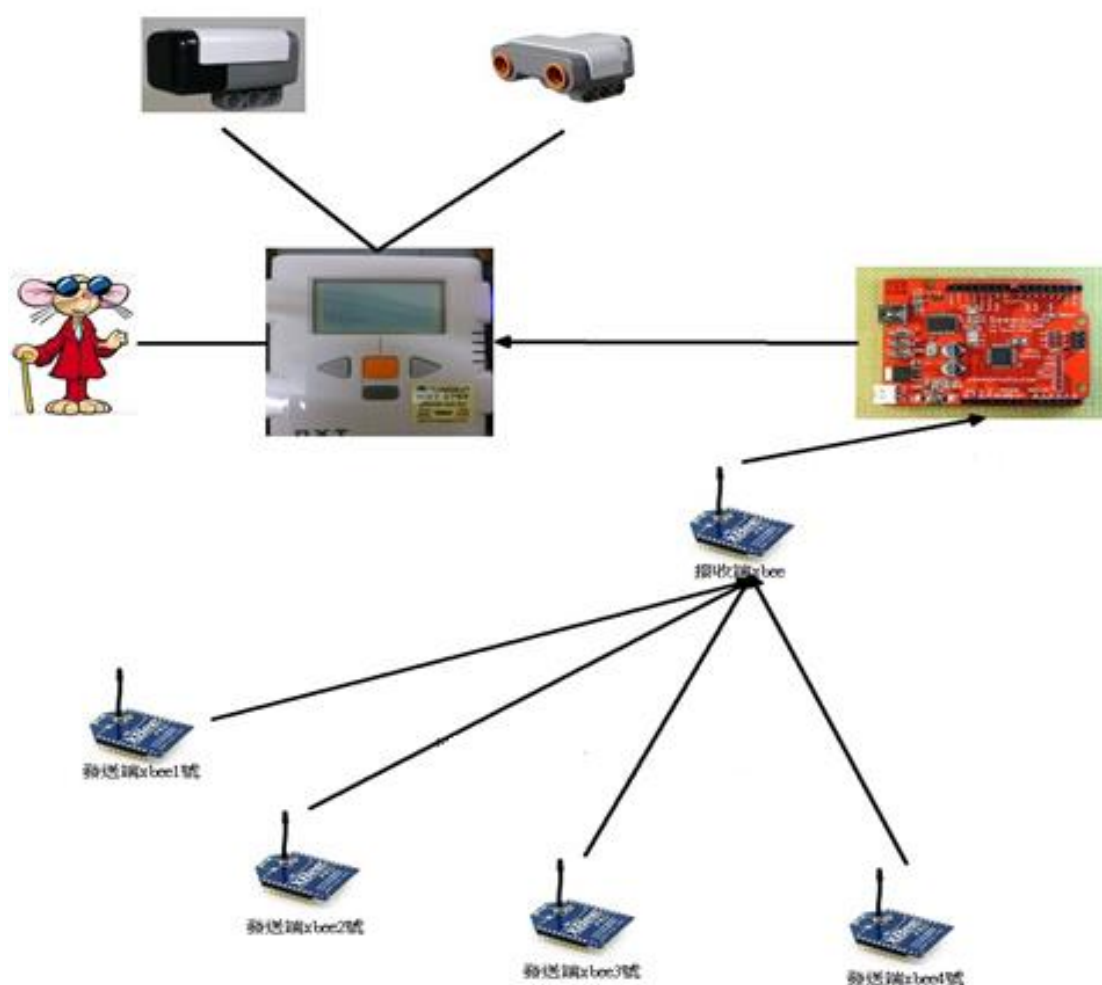


圖3 系統架構圖

四、 研究方法

經過相關論文研究分析和多方的文件參考，室內導盲機器人的設計與實作的部分，分為以下 4 個步驟。分別為「如何擷取 ZigBee 封包」、「嵌入式系統分析 ZigBee 封包」、「嵌入式系統與 NXT 機器人的資料傳輸」、「NXT 機器人與各個感測器的運用」。在「如何擷取 ZigBee 封包」中，主要目的為透過各個設定且佈建好的 ZigBee 感測元件傳送封包自接收端 ZigBee；在「嵌入式系統分析 ZigBee 封包」中，主要目的是將接收進來的 ZigBee 封包，透過嵌入式系統做分析並得到所需要的欄位資料；在「嵌入式系統與 NXT 機器人的資料傳輸」中，主要目的為將所需要的欄位資料，透過 I2C 傳輸協定送到 NXT 機器人；在「NXT 機器人與各個感測器的運用」中，主要目的為接收資料後，判斷資料並達到相對應的動作。

➤ 如何擷取 ZigBee 封包

如圖 4、圖 5 所示，接收端與傳送端 ZigBee 設定，傳送端 ZigBee 設定廣播模式，每秒送出一次訊息，接收端 ZigBee 設定為 API 模式。

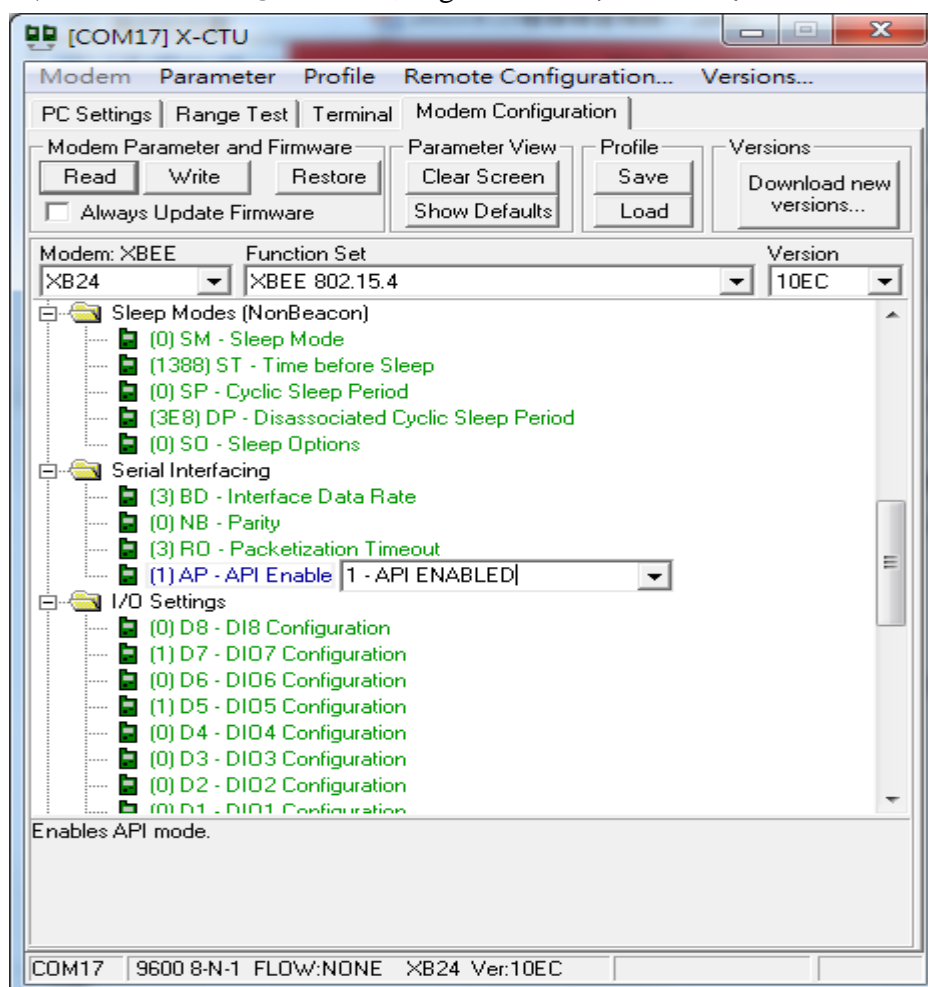


圖 4 接收端 ZigBee

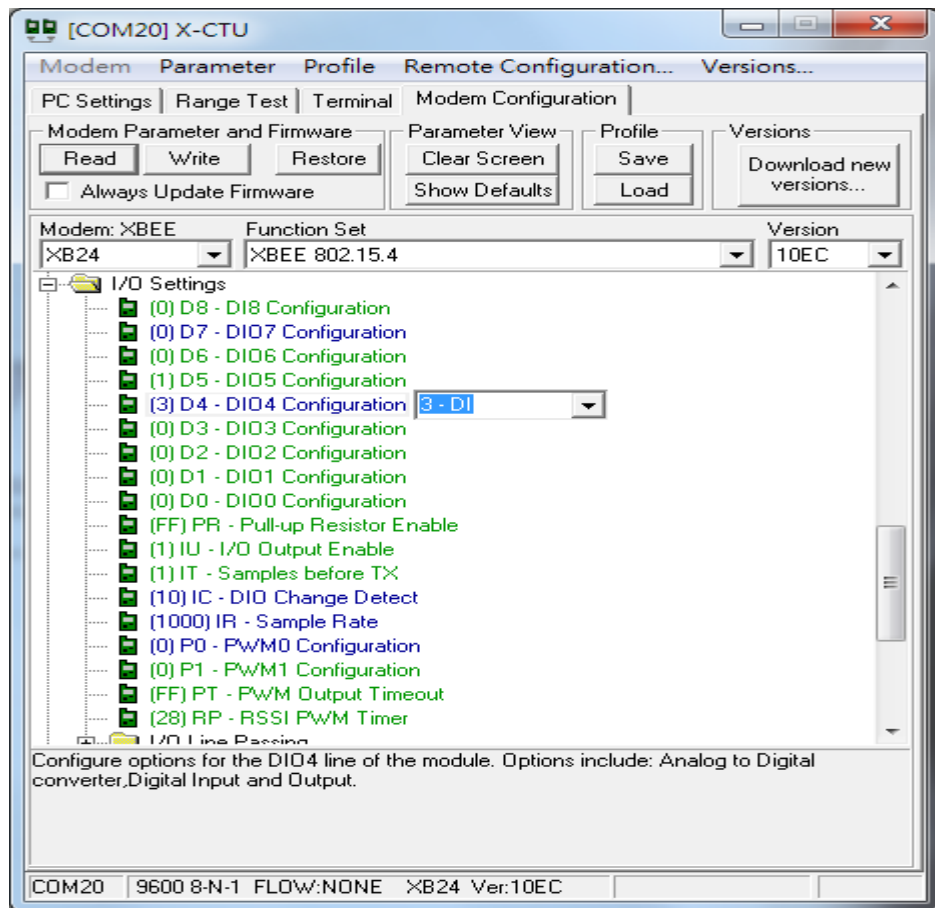


圖 5 傳送端 ZigBee

➤ 嵌入式系統分析 ZigBee 封包

在此步驟，連接嵌入式系統與 ZigBee 的方式主要是透過嵌入式系統上的 UART (RX/TX) 與 ZigBee 上的 DIN/ DOUT 相連接，GND 對 GND，而 ZigBee 上的電量來源則是透過 Vcc 跟嵌入式系統上的 5V 相接，如圖 6 所示。資料上的傳輸是透過 TX 跟 RX，TX 是 transmit 傳送，RX 是 receive 接收，如圖 7 所示，而收到 ZigBee 的封包後擷取本我需要的欄位資料， MY 值，也就是 API identifier。

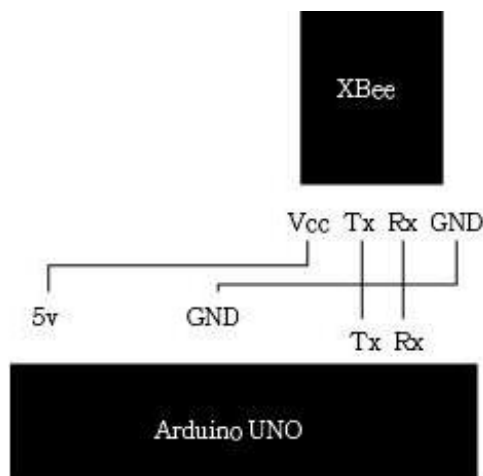


圖 6 嵌入式系統與 ZigBee 線路連接圖

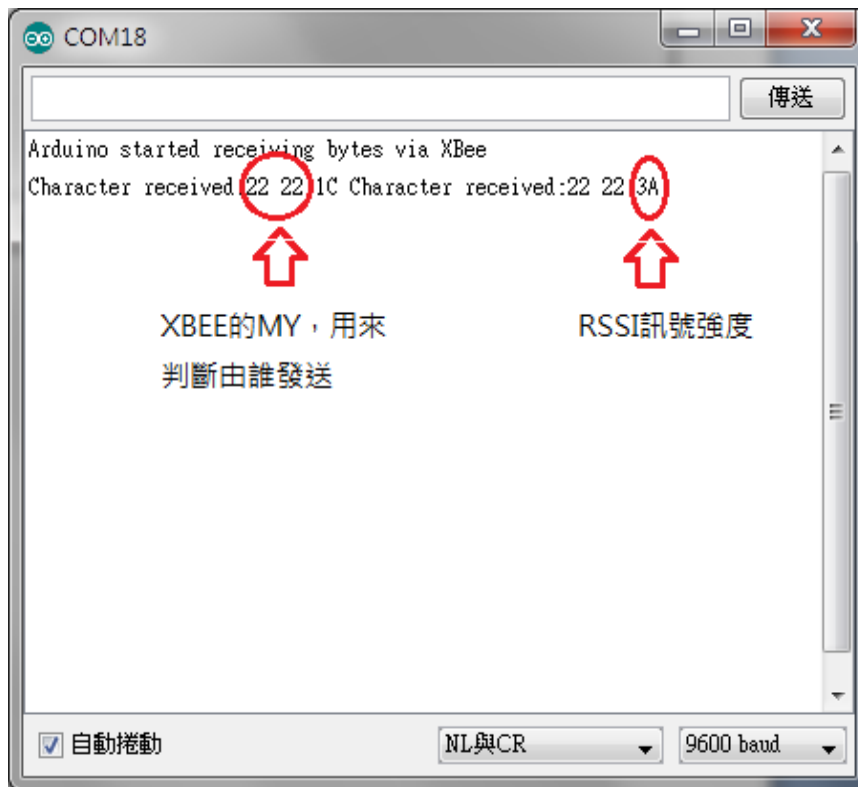


圖 7 嵌入式系統擷取 ZigBee 資料

7E	Start delimiter
00 0A	Length bytes
01	API identifier
01	API frame ID
50 01	Destination address low
00	Option byte
48 65 6C 6C 6F	Data packet
B8	Checksum

➤ 嵌入式系統與 NXT 機器人的資料傳輸

在此步驟，我透過 I²C（Inter-Integrated Circuit）是內部整合電路的稱呼，是一種串列通訊匯流排，使用多主從架構。

I²C 只使用兩條雙向開放集極（Open Drain）（串列資料（SDA）及串列時脈（SCL））並利用電阻將電位上拉。I²C 允許相當大的工作電壓範圍，但典型的電壓準位為 +3.3V 或 +5v。

分別對應的腳位為嵌入式系統上的 A5/SCL 對 NXT 上 Port 5 黃色的 SCL，A4/SDA 對 NXT 上 Port 6 藍色的 SDA，NXT Port 4(綠色)(4.3V Power) → Arduino 5V，NXT Port 2/3(黑/紅)(GND) → Arduino GND，如圖 8、圖 9 所示。

I²C Communication Library 為：<Wire.h>，撰寫操作 NXT I²C 裝置的 Arduino 程式即可以運用這個 Library 的 methods。在此我將資料透過 I²C 傳給 NXT 機器人上做判斷。

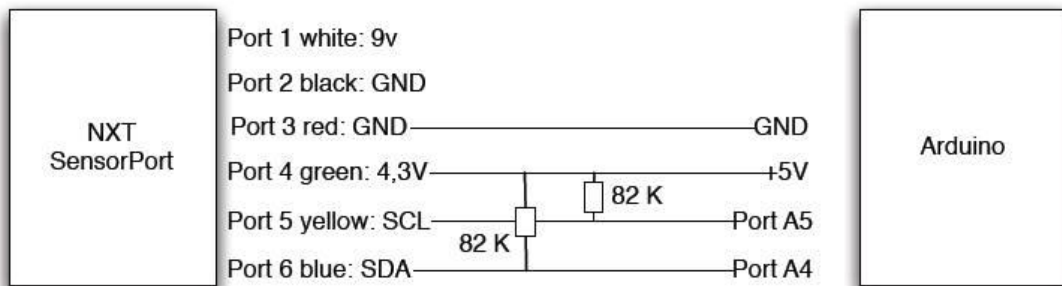


Figure 2: connector scheme NXT-Arduino

圖 8 嵌入式系統與 I²C 線路連接圖 1

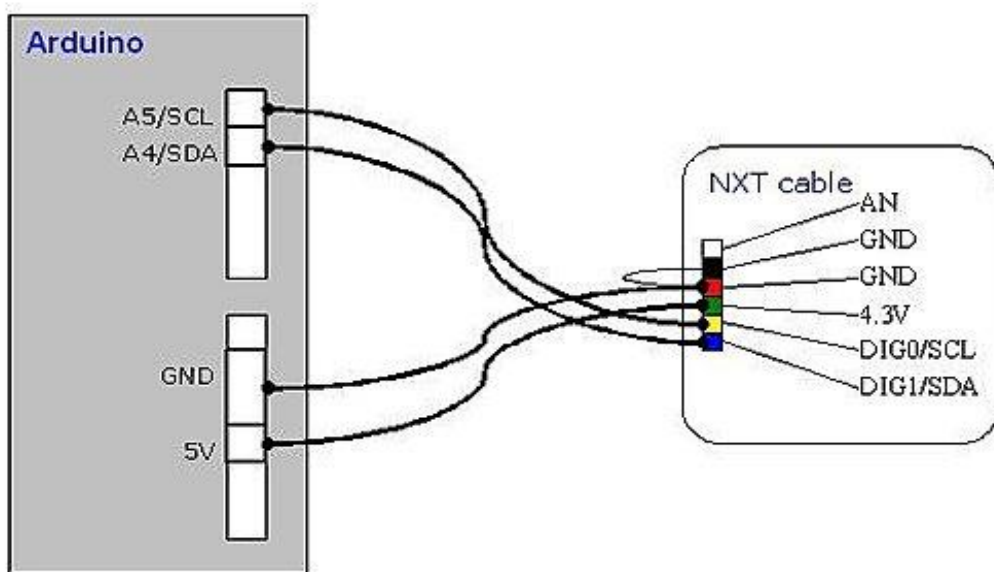


圖 9 嵌入式系統與 I²C 線路連接圖 2

➤ NXT 機器人與各個感測器的運用

樂高機器人 Mindstorms NXT 是樂高集團所製造的下一代的可程式即可組合機器人玩具。整組的套件包含了感測器及連接線。樂高 (LEGO) 已於 2006 年 9 月上旬推出樂高公司和美國麻省理工學院共同開發的機器人組件新款「教育用 LEGO Mindstorms NXT」。Mindstorms 是將配備微處理器的 LEGO 公司的塑膠積木組裝起來，通過個人電腦製作的程式來控制的機器人。最新的版本為 2009 年 8 月的 Lego Mindstorms NXT 2.0。此為樂高機器人最重要的核心元件，擁有四個輸入端（連接感應器）、三個輸出端（連接伺服馬達），以及一個 USB 連接埠（連接電腦）。除了使用 USB 連線，NXT 可程式積木也可以透過藍芽通訊協定連接至個人電腦。

硬體項目	說明
微處理器	32 位元 ARM7 微處理器 記憶體：256 Kbytes FLASH, 64 Kbytes RAM
輔助處理器	8 位元 AVR 處理器 記憶體：24 Kbytes FLASH, 512Byte RAM
通訊方式	藍芽無線傳輸 (Bluetooth Class II V2.0) 與 USB (12 Mbit/s)
輸入端	4 個 (可連接觸碰、聲音、光源與超音波感應器)
輸出端	3 個 (可連接馬達與燈泡)
顯示設備	100 x 64 像素液晶顯示面板
聲音輸出	音效品質 8KHz。8 位元解析聲音頻道， 2-16 KHz 取樣頻率
電池	3 號 AA 電池 x 6 (或安裝專用鋰電池)

表 1 NXT 機器人主機規格

圖 10 為超音波感測器，NXT 超音波感應器酷似人類的眼睛，可以偵測距離的遠近（有效範圍約 225 公分），其測量單位為英吋或公分。其操作原理是由右邊的眼睛將超音波打出，並且由左邊接收。但若單一只靠一個超音波感應器會稍嫌不足，因此我將兩個超音波感應器放置前方，分別判斷左右兩邊的距離，為盲人更多添一份安全，超音波避障流程圖如圖 11 所示。



圖 10 超音波感測器

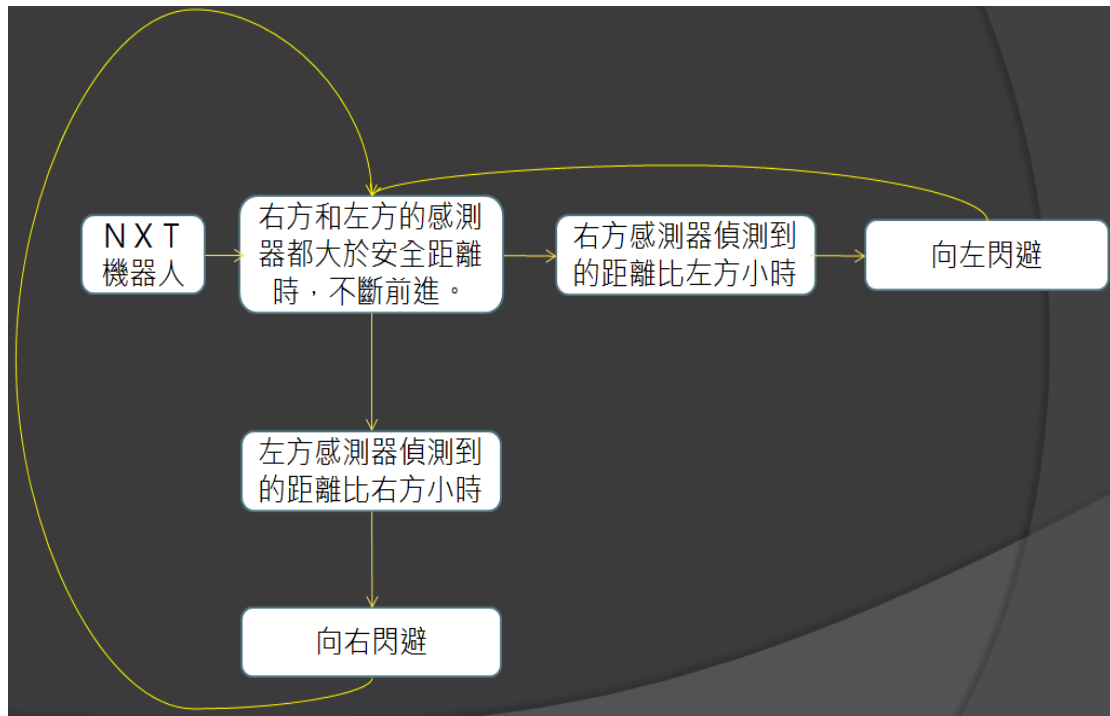


圖 11 超音波避障流程圖

圖 12 為指北針感測器，在 NXT 指北針傳感器包含一個數字磁羅盤測量的地球磁場和計算方位角。指北針傳感器連接到一個 NXT 傳感器端口使用標準的 NXT 線，並使用 I²C 通信協議。偵測目前的方位計算至最接近的 1°，並且以每秒刷新 100 次。在室內導航中，會先以目前的方位當作一次基準，隨著接收到不同 ZigBee 訊息，會隨著偏向不同的方位，使得路徑是絕對正確的，萬一路上的障礙物使得機器人帶領盲人偏轉，則會依照最後接受的方位進行校正後才會繼續直行。



圖 12 指北針感測器

五、 流程圖、計畫成果

而 NXT 機器人的障礙物偵測、指北針校正方位，以及 XBee 判斷的流程可參考圖 13，判斷方位為第一優先執行動作，方位正確後機器人才會開始前進，同時在前進時偵測障礙物且閃避，如接收到 XBee 訊號值，才轉換方位數值，重複以上這些動作直到接收到最後一顆 XBee 訊號值，NXT 機器人才會停止。

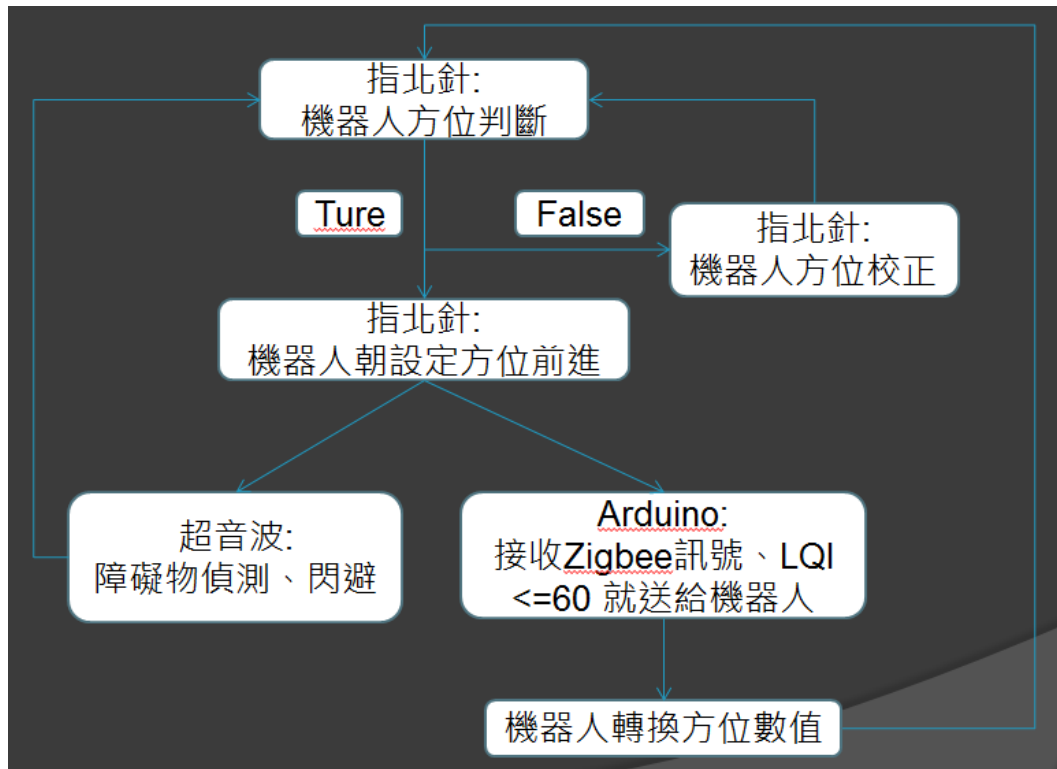


圖 13 整體流程圖

本計畫研究成果，在本校的求真樓2樓進行實作，讓機器人從梯廳的位置開始出發，最終目的地為實驗室K203b的大門口，行走路徑上擺設3個XBee感測節點與2個障礙物，機器人偵測到對應的XBee後會轉向相對應的方位，並繼續前進，而靠近障礙物時會偵測障礙物距離以進行閃避，最後到達實驗室門口時，偵測到最後1個XBee時，機器人會停止並發出聲音提醒盲人到達目的地。

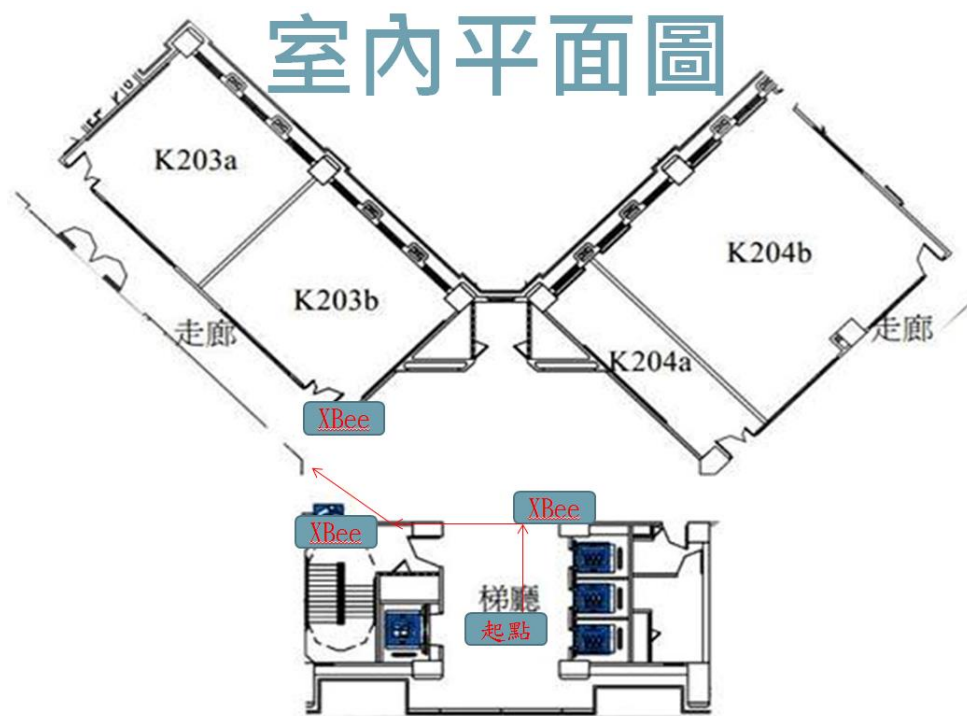


圖 14 室內平面圖

如圖 15、16 所示，從起點我隨意擺放機器人的方位，機器人會判斷方位是否正確，如果不正確機器人會自動調整方位，回到要行走路徑的方向。



圖 15 機器人起點



圖 16 機器人調整方位

如圖 17、18 所示，機器人行走路徑上遇到障礙物時，會自動閃避障礙物，閃避完障礙物後會機器人會偵測行走方位是否正確，並進行調整，經我測量的結果發現，機器人與障礙物保持 25 公分的這個距離，既可以保障盲人的安全且避障效果較好。



圖 17 障礙物偵測



圖 18 障礙物閃避

如圖 19、20 所示，當機器人偵測到 XBee 之後，會調整其相對應的方位，當調整完方位的時候繼續進行行走，一樣遇到障礙物時會閃避，並調整方位，直到到達最後目的地，也就是機器人會偵測到最後一個設置的 XBee 時，機器人會停止動作並發出逼逼的聲響，提醒盲人到達目的地了。如圖 21 所示，此為本計畫之成品。

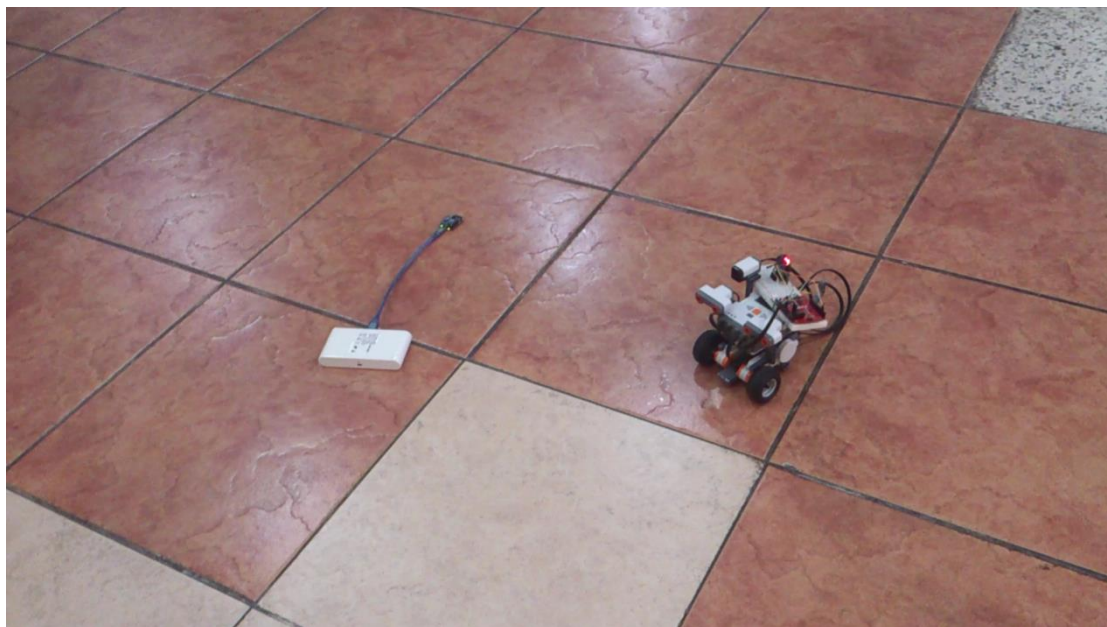


圖 19 XBee 偵測



圖 20 目的地到達

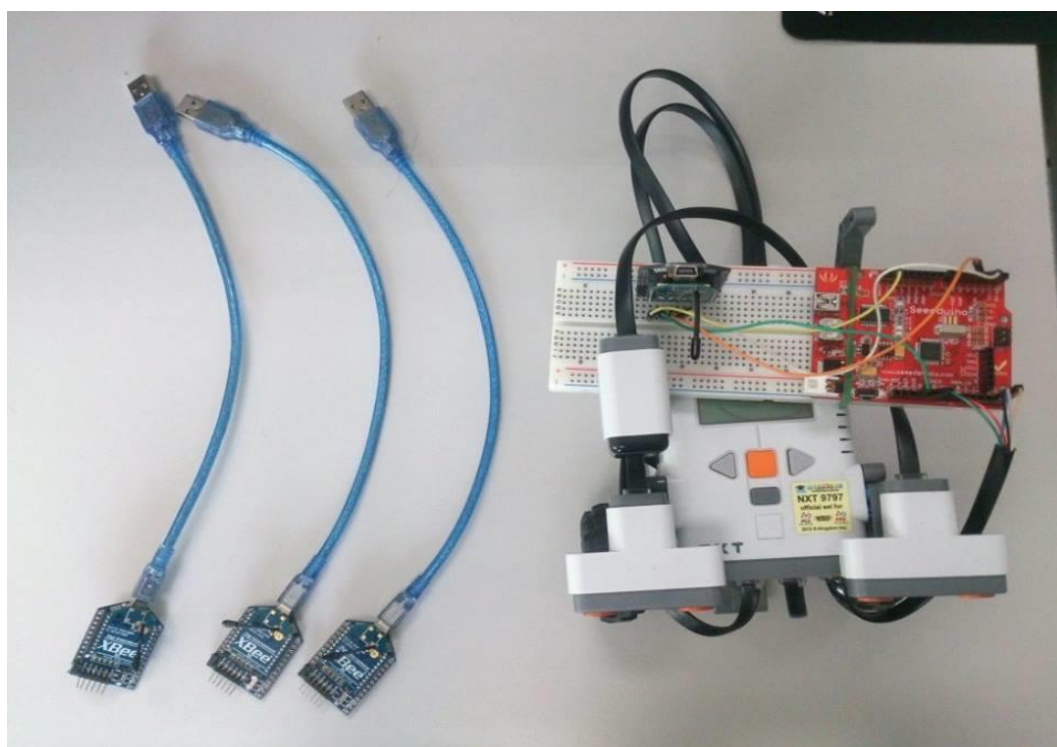


圖 21 計畫成品圖

六、軟體、硬體

➤ 軟體、環境

本計畫是在 Windows7 32bit 環境下，安裝 JDK1.7.1_45 版本，以及 NXT 機器人的驅動程式，NXTUSBDriver_32bit，程式語言為 JAVA 並安裝 leJOS_NXJ0.8.5 beta 來撰寫 NXT 機器人程式，且使用 X-CTU、Arduino 作為開發輔助工具。

➤ 避障感測器選擇

圖 22 是紅外線、超音波比較圖，超音波較不易受溫度或環境影響，超音波的優點為能使用在惡劣之環境中，如：光線不足或強烈光線之場所及充滿灰塵的環境。紅外線是利用人體溫度與周圍環境溫產生的電荷現象變化來進行感測，對於低速物體與熱源被隔絕之材質的感應率會大幅下降。

	偵測距離	範圍	可提供資料	外在影響
紅外線	短	廣角較大	方向	容易
超音波	遠	廣角	距離	不易

圖 22 紅外線、超音波比較圖

➤ 無線通訊技術選擇

圖 23 為無線通訊技術比較圖，相比藍芽，ZigBee 的優點明顯來的較多，例如：省電、低延遲、範圍較大、擴展性高…等等，所以計畫中選擇 ZigBee 來做無線傳輸工具。

	ZigBee	Bluetooth
電力供給	省電	耗電
複雜度	簡單	複雜
延遲時間	30 ms	10 s
範圍	70~300 m	10 m
擴展性	高	無
傳輸速度	250 Kbps	1 Mbps
安全性	128 bit AES and Application Layer user defined	64、128 bit

圖23 無線通訊技術比較圖

七、 研究結論與未來展望

➤ 研究結論

本計畫成功的將嵌入式系統結合 NXT 機器人與無線感測，實現出一台室內導盲機器人。成果可在室內安全的引導盲人行走到達目的地，透過室內大量佈置感測元件，讓搭載在 NXT 機器人上的嵌入式系統能偵測到感測元件的資料，再經由資料分析，讓 NXT 機器人執行相對應的動作。

本計畫實作出的室內導盲機器人有一定的技術限制，因 NXT 機器人上只使用超音波感測作為避障，所以本計畫的機器人沒辦法閃躲坑洞，以及階梯的辨識，只能閃避靜態的障礙物。因超音波的偵測，是一邊打出去另一邊接收傳回來的值，所以障礙物的部分需有一定的面積，不能過小。而在機器人在調整行進方位的時候，這時候是沒辦法避障的。以及機器人必須利用繩線牽引盲人行進。

➤ 未來展望

未來的部分本計畫會結合現今普遍的智慧型手機當作媒介，因為我想要透過這個行動裝置讓使用者知道樂高機器人是如何操作的，雖然盲人在使用手機這方面可能較不方便使用，之後會設計成盲人專用的行動裝置。

故本計畫目前先以智慧型手機當作盲人的行動裝置，所以盲人會透過藍芽耳機來告訴智慧型手機他要做什麼，而智慧型手機會「再」告訴機器人；例如：當一個盲人要從一個地方走回家時，設想他會遇到哪些障礙，遇到牆壁的時候會按照障礙物感測告訴他前方有障礙物的資訊回傳給手機，然後手機會再告訴盲人此狀況，接著盲人再決定要向左還是向右，也會提醒盲人前方障礙物距離幾公尺所以需要暫停，遇到上坡下坡時也會依照障礙物感測的方式來提醒盲人，還有辨別紅綠燈的顏色以判斷路口現在可以走還是不行走等等。

八、參考文獻

[1]. 超音波:

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B6%85%E8%81%B2%E6%B3%A2>

[2]. 超音波障礙物之偵測:

<http://www.auto.fcu.edu.tw/wSite/publicfile/Attachment/f1254187129651.pdf>

[3]. 紅外線:

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%BA%A2%E5%A4%96%E7%BA%BF>

[4]. 紅外線感測器工作原理:

<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2007/10/2007102921240835.pdf>

[5]. GPS: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

[6]. GPS 定位原理: <http://gnss.cncc.ntou.edu.tw/class5>

[7]. NXT 語音接收裝置: http://www.nxtprograms.com/voice_car/steps.html

[8]. NXT Speech Control app:

https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_sebastian_trella.NXT_Sprachsteuerung_free&hl=zh_TW

[9]. NXT Color Sensor:

<http://tw.myblog.yahoo.com/lego-caveschool/article?mid=4097>

[10]. 林毓祥、曾吉弘、CAVE 教育團隊,

“Android/NXT 機器人大戰”, 2012 年 12 月

[11]. Cave 教育團隊: <http://www.cavedu.com/>

[12]. Arduino 無線通訊與 XBee:

<http://deathhell1121.blogspot.tw/2013/05/arduino-xbee.html>

[13]. Arduino: <http://forum.arduino.cc/index.php/topic,18320.0.html>

[14]. Sjef Fransen: “Techno Class process report: Lego beyond toys, connect lego NXT to the internet” 4 December 2009.

[15]. 孫駿榮、吳明展、盧聰勇, “Arduino 一試就上手”