

藍芽無線環境下機器人之研製-以樂高機器人為主

The Study and Implementation of Bluetooth-enabled Robotic with Lego Mindstorms

徐緯鐘
s91115101@
mail.student.stu.edu.tw
樹德科技大學

陳武男
dancer@
mail.stu.edu.tw
樹德科技大學

徐玉村
ytshyu@
mail.nkmu.edu.tw
國立海洋科技大學

謝文川
wch@
mail.stu.edu.tw
樹德科技大學

摘要

隨著電子元件製程技術的蓬勃發展，許多邏輯運算單元皆被整合至同一顆晶片上（SOC：System On Chip），因此也帶動了人工智慧技術的蓬勃發展，其中最明顯且典型的例子為眾所皆知的機器人。

目前國內在機器人通訊方面的研究，往往採無線電射頻模組（RF：Radio Frequency），但電磁波的干擾卻時常影響傳輸品質。

本研究將以樂高機器人團隊為例，並將原樂高上紅外線通訊介面改由藍芽通訊模組嵌入取代，透過藍芽跳頻技術，用以降低電磁波的干擾，無傳輸角度限制。

本研究提供對於研發移動主從式架構，例如：機器人足球隊、機器人團隊、太空機器人軍團探險，機器人團隊溝通等，一個典型可參考且容易架構的通訊模型。

關鍵字：藍芽（Bluetooth）、機器人（Robot）、樂高（LEGO）

ABSTRACT

In recent years, the implementation of electronics in consumer goods has been increasing rapidly and led to the generation of new “smart” electronic robotics, such as Lego MindStorm, and the Sony Aibo dog. However, the above robots lack of fully function of wireless communications. In this research, we

rebuilt a bluetooth-enabled robot on lego mindstorms robotic suite by redesigning the RF module of RCX. The proposed system could decrease the traditional limits, such transmission rate, angle and distance caused by the infrared ration which is adopted on lego robot mindstorms and could be applied for and commercially viable in children’s products and toys.

Keywords: Bluetooth、Robot、Lego

1. 研究背景與目的

隨著系統晶片（SoC：System on Chip）發展潮流的影響，許多產品上漸漸出現了小型的人工智慧系統（artificial intelligence AI），例如：自動洗碗機、自動洗衣機等等，其中最明顯且典型的例子為眾所皆知的機器人。

機器人發展可分為許多領域，但以機器人自主性與機器人團隊通訊為主要研究方向。例如：國立中正大學機電光工程研究所，陸一宏先生在 2002 年所發表的碩士論文「具加強式學習機制之嵌入式足球機器員行為」[1]、國立中正大學電機工程研究所，李青煌先生在 2002 年所發表的碩士論文「加強式學習應用於足球機器人多重策略之合作」[2]、國立中正大學電機工程研究所，陳建成先生在 2002 年的碩士論文「以適應性 Q-Learning 為基礎發展足球機器人合作策略」[3]。然而綜觀國內所有機器人在通訊方面的研究，以往皆採用無線電射頻（RF：Radio Frequency）來當作接收傳送資料的模

組，但當機器人互相溝通時，電磁波往往會互相干擾導致資料的正確率降低。

基於這個問題，國立中正大學電機工程研究所就提出了改進方案，改用藍芽跳頻式無線傳輸技術來改進通訊互相干擾的問題，研發出以主從式架構為主的藍芽機器人。此機器人可經由伺服端電腦來做一種區域性的遠端遙控。而且機器人之間也可做簡單的溝通。但此種架構僅能使用在固定的範圍內，伺服端沒有辦法跟隨機器人一起移動，所以其應用及延展性空間微小。

本研究將以樂高機器人團隊為例，並將原樂高上紅外線通訊介面改由藍芽通訊模組嵌入取代，使無傳輸角度限制。此外藍芽微網 (Piconet) 實現可相互溝通的移動主從式架構 (Client-Server)，使得整體機器人團隊具可移動性，破除了伺服端僅能在固定的範圍內遙控機器人。而機器人自主性，使之可以互相傳遞訊息，而不單只是受伺服端的控制

本研究提供對於研發移動主從式架構，例如：機器人足球隊、機器人團隊，機器人團隊溝通等，一個典型可參考且容易架構的通訊模型。

2. 文獻探討

首先來了解，何謂藍芽通訊、自主性機器人、Lego Mindstorms Robots Invention System，以及目前國內機器人所採用的通訊模組與開發情況。

2.1. 機器人自主性定義

在科技世界中，科學家對於每一個名詞都有明確的定義，但機器人問世已有幾十年，卻智者見智，沒有一個統一的想法。原因是因為機器人還在研發中，時時刻刻都會有新的發展，新的機型、新的功能不斷湧現。其根本的原因，是因為機器人涉及到人的觀念，而成為一個難以回答的哲學問題。機器人一詞被應用在科幻小說之中，人們對機器人充滿了幻想。也許正是由於機器人定義的模糊，才給了人們充分的想像和創造空間。

目前世界上所使用的機器人定義是在 1967 年日本召開的第一屆機器人學術會議上。森政弘與合田周平提出：“機器人是一種具有移動性、個體性、智慧性、通用性、半機械半人性、自動性、奴隸性等 7 個特徵的柔性機器”。從這一定義出發，森政弘又提出了用自動性、智慧性、個體性、半機械半人性、作業性、通用性、資訊性、柔性、有限性、移動性等 10 個特性來表示機器人的形象；另一個是加藤一郎提出的具有如下 3 個條件的機器稱為機器人：

1. 具有腦、手、腳等三要素的個體
2. 具有非接觸感測器（用眼、耳接受遠方資訊）和接觸感測器
3. 具有平衡覺和固有覺的感測器

此定義強調了機器人應當和人一樣的含義，即它靠手腳來實現動作、移動，而由腦來統一指揮。利用非接觸感測器以及接觸感測器當機器人的五官，使機器人能夠識別外界環境，而平衡感覺和固有感覺則是機器人感知本身狀態所不可缺少的感測器。擁有上述的機器人，我們就稱為此機器人為自主機器人[37]。

2.2. Lego Mindstorms Robots Invention System

近幾年來，由於系統單晶片 (System on Chip SoC) 市場的蓬勃發展，許多東西幾乎都擁有小部分的人工智慧 (artificial intelligence AI)，並會自動判斷需求，完全取代以往人工的所有步驟。

基於這個理由，樂高公司也整合了單晶片、馬達、感光元件、觸控等元件，生產了一套稱為樂高機器人發明系統 (Lego Robots Invention System) 的新產品。此系統可以利用購買時所附贈的軟體，自行編寫設計程式。並利用接在電腦上的紅外線裝置傳入到樂高的單晶片上，使用者可利用所有的元件，來搭建自己所想要的成品[39][40]。其系統配件，如下列幾項：

- ◆ 一顆可程式系統單晶片 (RCX)
- ◆ USB 紅外線發射器 (USB Tower)
- ◆ 兩個觸控元件 (Touch sensor)

- ◆ 兩個直流馬達 (DC Motor)
- ◆ 一個光感應元件 (Light sensor)
- ◆ 齒輪元件組(Gears)
- ◆ 一條光纖傳輸線
- ◆ 皮帶
- ◆ 樂高積木塊(bricks)

2.3. RCX

系統核心如圖 1 所示，此單晶片可簡稱做 RCX。RCX 全名 Robotics Command Explorer，也可稱做 programmable brick。RCX 內部，由一顆 Hitachi H8 系列的微電腦處理器所控制，以及一個液晶體顯示器、三個輸入埠 (input port/sensor port)、三個輸出埠 (output port)、四個控制按鈕和紅外線發射及接收器所組成。RCX 可以簡單的想像為 LEGO 機械人的腦袋，如負責接收真實世界的訊息，例如：碰撞、環境光暗、溫度和控制機械人反應及活動等，您可以在個人電腦上編寫控制 LEGO 機械人的程式，然後經由電腦的紅外線發射器傳送程式到 RCX 上，最後由 RCX 執行您的程式，幾個簡單的幾個步驟，就可以使 RCX 來控制您自己設計的機器人。



圖 1 RCX 與感測控制元件[40]

2.4. leJOS

樂高機器人發明系統 (Lego Robots Invention System) 上 RCX 的程式，除了可以 Lego 所提供的軟體外亦可使用 leJOS 開發。

leJOS 由 Jose Solorzano 最初開發的 TinyVM 改進而成的 LEGO Java Operating System (leJOS)，使用 Java 語言來控制 RCX 的運作，因此可以享有 Java 純物件導向程式設計的好處。加上個人電腦標準版的 Java，使 RCX 與電腦之間的通訊非常簡便。leJOS 要使用專屬的 leJOS firmware 在 RCX 上才可運作。leJOS 是免費軟件，根據 Mozilla Public License (MPL) 發放。[52][53]，其特色如下所示：

- Java 純物件導向程式設計及龐大的程式庫作支援。
- RCX 與個人電腦可同時執行 Java 程式，編寫兩者的通訊程式較為簡便。
- 使用專屬的 leJOS firmware，比原裝 LEGO RCX firmware 功能更強大。

2.5. 藍芽 (Bluetooth)

藍芽 (Bluetooth) 是一種新興的短距離無線通訊技術，其具有低功率 (Low Power)、低價格 (Low Cost) 及體積小 (Small Size) 等特性。例如：無線鍵盤、滑鼠、PDA、藍芽耳機、無線網路、筆記型電腦等設備。其在無須申請許可的 2.4GHz 頻段運作，並使用 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 技術進行資料傳輸。此外 Bluetooth 的媒體存取控制 MAC 與 PHY 層區段發展已被 IEEE 協會整合至 802.15 標準上。

藍芽的傳輸範圍在 10 公尺到 100 公尺左右，也可加上放大器使距離增加。採用每秒 1600 次跳頻展頻技術。在資料傳輸上，藍芽以 ACL(Asynchronous Connection-Less)的連線方式，提供最高下傳 723.2kbps 及上傳 57.6kbps 的非對稱性傳輸速率或 433.9kbps 的對稱性傳輸速率。在語音部分，以 SCO(Synchronous Connection-Oriented)的連線方式，提供 64kbps 的傳輸速率[46][47][48]。

2.6. 藍芽傳輸架構

如圖 2 所示，藍芽規定主動要求連線的裝置為藍芽主裝置 (Bluetooth Master)，而被要求連線者為藍芽從屬裝置 (Bluetooth Slave)。而傳輸架構是由一個 Master 裝置與其他七個 Slave 裝置所形成一個微網 (Piconet) 架構，而 Slave 必須透過 Master 來傳送資料，當 Slave 裝置超過七個以上連線時，就必須採用橋接器 (Bridge)，來連接兩個微網 (Piconet) 而形成散網 Scatternet。

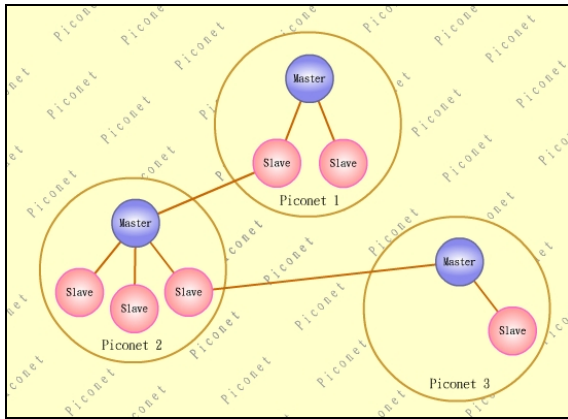


圖 2 藍芽架構圖 [本研究]

2.7. 藍芽協定及各層簡介

如圖 3 所示，藍芽通訊協定主要分為 Radio、Baseband、Link Manager、L2CAP、HCI 及 Application Framework 等部分，其中 Radio 主要負責頻率的合成及雜訊過濾，Baseband 主要處理訊息編碼，碼錯誤重送及跳頻機制等工作，Link Manager 負責有關 Link 的建立、釋放，甚至於保密等工作，L2CAP 主要負責不同通訊協定的多工處理、封包的切割及重組及服務品質等。HCI 則提供 Bluetooth 與 Host 間的介面控制，為一種與硬體無關的標準控制命令。至於 Application Framework 部分，則依據應用所需提供如 TCP/IP、HID (Human Interface Device) 及 RFCOMM 等應用程式介面，其中 RFCOMM 源自於 GSM TS0710，為一種用來模擬序列埠的標準。此外，藍芽技術還規範了 SDP 通訊協定，以得到附近其他藍芽裝置的服務等資訊。另一方面，語音則直接架構在 Baseband 上 [1]。

如圖 4 所示，為藍芽硬體相互連結時，封包流程以及各層架構。

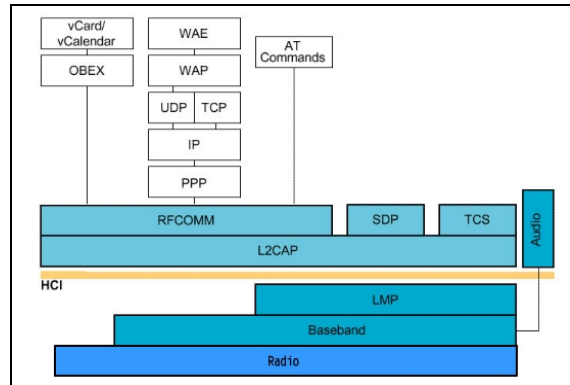


圖 3 藍芽通訊協定架構 [48]

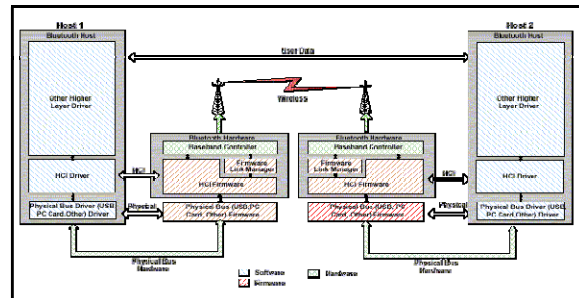


圖 4 藍芽通訊架構 [45]

2.8. 國際相關組織及目標

目前藍芽技術已於 2002 年 6 月訂定為 802.15.1 之全球標準。以現階段而言，IEEE 802.15.1 主要將藍芽技術中有關實體層及媒體擷取層的規格標準化，IEEE 802.15.2 則討論解決藍芽與其他使用同頻帶之無線通訊技術的共存性問題。此外，IEEE 802.15.3 訂定高速的藍芽規格，而 IEEE 802.15.4 則負責訂定低速藍芽規格。

另外 Bluetooth 2.0 工作小組專注在下一代藍芽技術的開發上，如提昇藍芽傳輸速率並強化 Baseband 功能的 Radio 2.0 以及開發藍芽在個人區域網路上之應用的 PAN Profile 等。Bluetooth 3.0 工作小組則規劃將射頻頻率提高到 5GHz，並將傳輸位元率提升至 20Mbps 左右。

2.9. 研究問題

目前國內機器人的通訊開發研究，大部分是採用無線電射頻 (RF: Radio Frequency) 在傳遞機器人通訊上的訊息，但由於無線電射頻 (RF: Radio Frequency) 具有電磁波互相干擾的問

題，導致資料傳輸準確率降低。於是[4]國立中正大學電機工程研究所採藍芽跳頻無線傳輸技術來改進通訊互相干擾的問題，研發出以主從式架構為主的藍芽機器人團隊[5]。機器人可經由伺服端電腦來做平面區域性的遠端遙控。但此種架構僅能使用在固定的範圍內，伺服端無法跟隨機器人一起移動，導致其應用的延展性空間微小。

本研究以樂高機器人團隊為例，將 RCX 與藍芽通訊模組結合，以藍芽微網實現移動主從式架構，改善 RCX 傳輸角度上的限制以及伺服端跟隨移動機制。

3. 研究方法與步驟

3.1. 硬體方面

本研究將以機器人團隊為例，但由於筆者的專長在於通訊方面，對於機器人的外部機械設計架構，並不是那麼的了解，但為了解決這個問題，在尋找可替代方案時，發現了 Lego Mindstorms 系列中的機器人發明系統（Robotics Invention System）以及其外部視訊系統（Vision Command），此系統除了具高度有趣的吸引力外，其結構簡單對於各年齡層的人都容易理解、建構、使用之，是一種很適合用來快速建立“元件模型”的建模工具，對於非機械控制專長的研究員想要開發類似機械方面的硬體架構來說，樂高機器人發明系統更是一個很好選擇應用的開發工具。此系統也已被許多大專院校採用，例如：美國麻省理工學院、國立交通大學、國立台灣師範大學、彰化師範大學、臺北市立師範學院等等，用以開發元件系統模型的常用工具。

3.2. 藍芽通訊取代 RCX 紅外線模組

如圖 5 所示，原 RCX 上採用串列傳輸介面（RS232）的紅外線通訊模組，對於樂高搭建者在做資料通訊傳遞時，會遇到紅外線傳輸距離以及傳輸範圍上的限制，導致研究遇到許多阻礙。

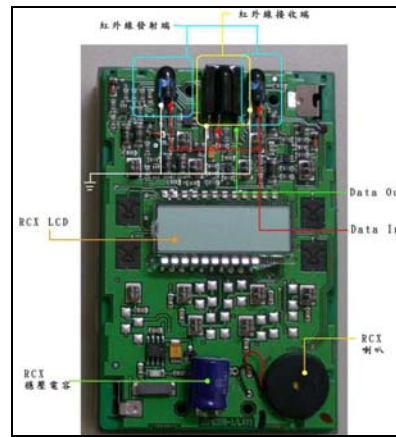


圖 5 原 RCX 上的紅外線通訊模組 [本研究]

如圖 6 所示，本研究將 RS232 轉藍芽無線發射接收模組的轉接介面嵌入 RCX 系統晶片上，取代原 RCX 上串列傳輸介面（RS232）的紅外線通訊模組，用以善紅外線傳輸資料遇到的距離以及傳輸範圍問題。

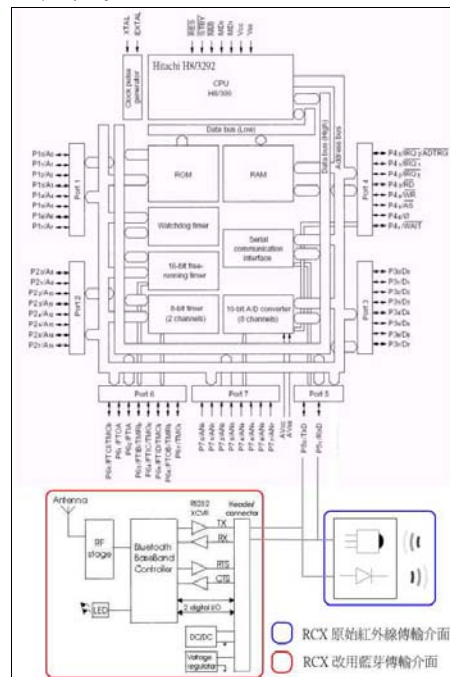


圖 6 以藍芽無線發射接收模組取代紅外線傳輸介面 [41]

3.3. 軟體方面

3.3.1. 藍芽協定（HCI）程式流程

本研究中將以 leJOS 來開發樂高 RCX 上的藍芽通訊 L2CAP、HCI 等及應用層介面。

3.4. 研究步驟

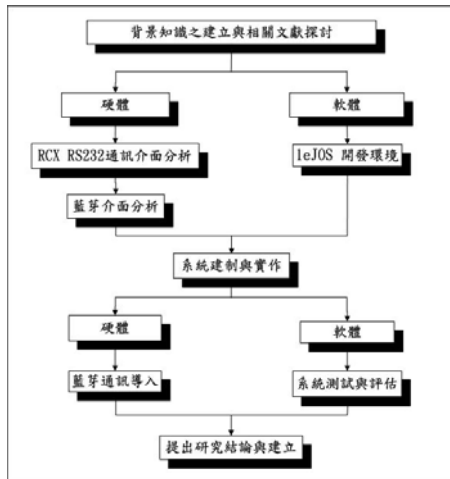


圖 7 研究步驟流程圖 [本研究]

如圖 7 所示，研究步驟流程圖。

- Step 1：蒐集研究中所有相關目前國內外研究的資訊。
- Step 2：對樂高 RCX 上的通訊介面做分析，以及與欲嵌入的藍芽裝置做結合。
- Step 3：對 leJOS 的程式與法、開發環境，做適度的了解。
- Step 4：將藍芽硬體遷入樂高 RCX 上以取代紅外線的通訊介面。
- Step 5：撰寫樂高 RCX 上的藍芽 HCI、L2CAP 等應用層介面。
- Step 6：提出研究結論與建立。

4. 研究結果

本研究採藍芽無線取代 RCX 紅外線傳輸介面，如圖 8 所示，藍芽微網 (Piconet) 與散網 (Scatternet) 提供對於研發移動主從式架構，例如：未來家用自動化吸塵器、家庭用無樓層限制保全機器人團隊、機器人足球隊、機器人團隊、太空機器人軍團探險，機器人團隊溝通等，一個典型可參考且容易架構的通訊模型。

此外本研究破除了以往樂高上的有限制傳輸問題，提供未來欲以樂高為通訊建模工具的研究員來說，有很大的幫助。

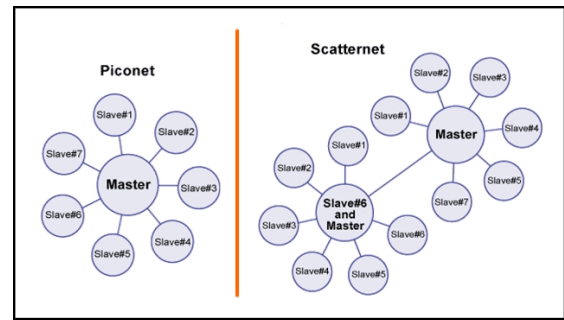


圖 8 藍芽微網 (Piconet) 與散網 (Scatternet) [56]

5. 系統展示

本計畫將 LEGO MIDSTORM RCX 上原有的紅外線通訊介面，更改成無傳輸範圍限制的藍芽通訊環境，不僅提升 RCX 在通訊上的範圍限制，對於研究移動主從式架構，例如：機器人足球隊、機器人團隊、太空機器人軍團探險，機器人團隊溝通等，一個典型可參考且容易架構的通訊模型；整體開發流程將會在下列文章中詳盡敘述。

5.1. 建構外部終端機

本研究利用 PIC16F84 單晶片，並撰寫 RS232 串列資料進出之韌體，接著把單晶片輸出輸入之信號送至 MAX232C 做 RS232 EIA 準位調變，再將此調變過的信號利用 RS232 纜線傳達至 PC 伺服端，建構一模擬 RCX 之外部硬體終端機，模擬 RCX 與 PC 溝通的情況。PIC16F84 接收 PC 送出的字元串流後，將此串列字元透過 RS232 傳輸介面回傳至 PC，接著利用終端機軟體來檢測資料傳收狀況。此為本研究在 RS232 串列通訊上的基礎步驟。(如圖 9、圖 10、圖 11、圖 12 所示)

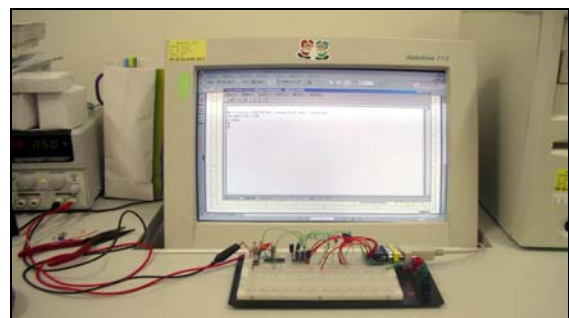


圖 9 外部終端機模擬 RCX [本研究]

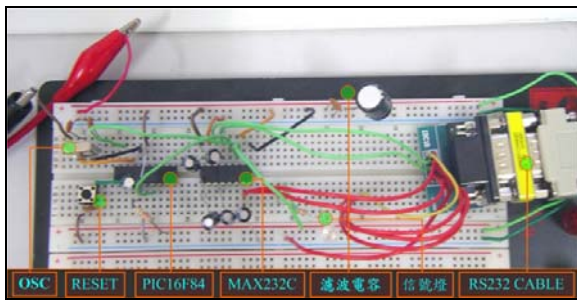


圖 10 PIC16F84 模擬終端機電路 [本研究]

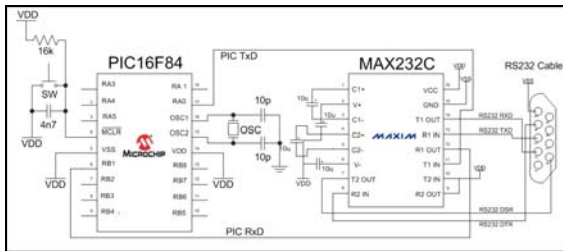


圖 11 PIC16F84 模擬終端機電路圖 [本研究]

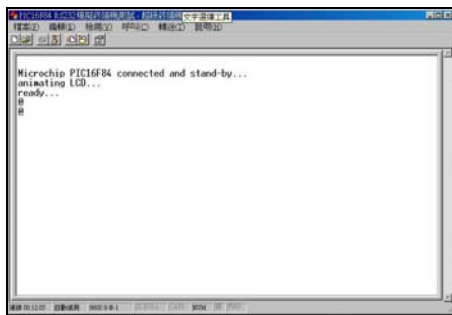


圖 12 PIC16F84 資料發送狀況 [本研究]

5.2. RS232 Bluetooth CABLE 設定

RS232 Bluetooth CABLE 提供了兩種連線方法，在此採第一種藍芽連線模組，使 RCX 尋找連線伺服器，並自動建立連線訊息。RCX 上 H8/3292 單晶片採 RS232 串列通訊 (SCI: Serial Communication Interface)，傳輸速率 Baud Rate 為 2400 bit/sec，封包格式 1 Start Bit、8 Data Bits、odd Parity、和 1 Stop Bit，所以標準 RCX 資料一次是以 11 bits 傳送。在藍芽設定方面，伺服端需設定成 Slave、Peer Address 為 FF:FF:FF:FF:FF:FF 以及開啟 Discoverable 待連結功能，等待其他藍芽裝置建立連線；Master 方面，Discoverable 功能依使用環境不同而有不同之設定方式；其他參數就比照 RCX 在通訊參數做設定；硬體線路方面，RS232 9 Pin 接頭第 2

傳輸腳、第 3 接收腳、第 5 接地腳以及第 7、8 腳位互接，方可使 RCX 與伺服端建立連線，如圖 13、圖 14、圖 15 所示。

To meet different applications, there are two types of products offered.

1. RS232 DTE adater (BCR01 DTE)

This device is configured as RS232 DTE unit that allows any RS232 DCE device (a Null modem converter required for DTE device) to be Bluetooth enabled without running any Bluetooth stack on it. This unit will allow other Bluetooth devices to connect to it.

2. RS232 cable replacement kit (Two BCR01 DTE unit and one null modem converter)

This kit provides plug-n-play cable replacement for any RS232 applications. Just plug each BCR01 unit into both end RS232 terminals to replace RS232 cable without caring the type of "master" or "Slave". Be noted that to connect to a DTE device, the null modem converter is required in between such DTE device and BCR01 DTE unit.

圖 13 RS232 Bluetooth CABLE 使用規範 [54]

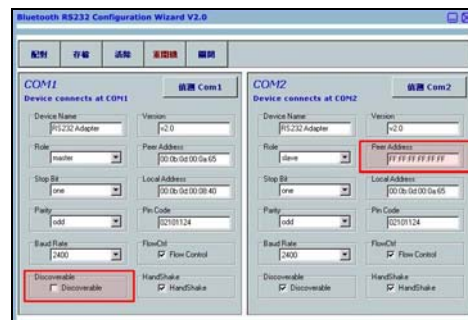


圖 14 RS232 Bluetooth CABLE 通訊參數設定 [本研究]

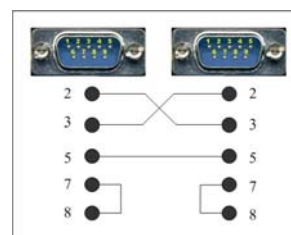


圖 15 RS232 Bluetooth CABLE 接線情況 [本研究]

5.3. Bluetooth 無線取代 RS232 Cable

RS232 Bluetooth CABLE 設定完成後，接著取代外部硬體終端機與 PC 伺服端的 RS232 纜線，以實現藍芽無線傳輸的環境，並與使用 RS232 纜線時的情況做比較。在 RS232 Bluetooth CABLE 使用下，使用 PIC16F84 所製作之模擬 RCX 外部硬

體終端機能夠將正確的資料，傳遞回 PC 伺服端，如圖 16、圖 17 所示。出之信號相位相反。

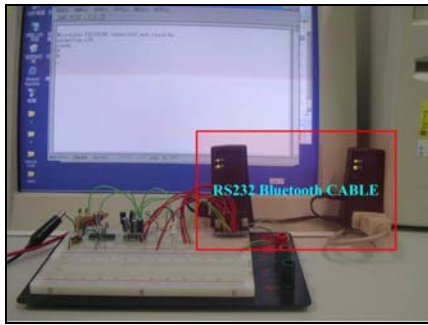


圖 16 無線 RS232 Bluetooth CABLE 系統實體畫面 [本研究]

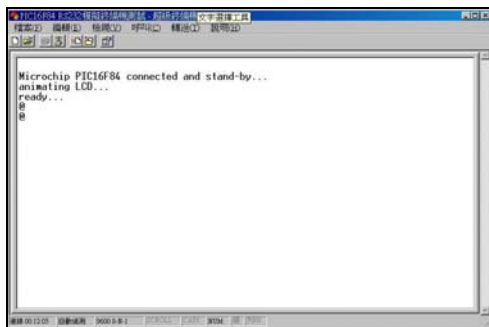


圖 17 RS232 Bluetooth CABLE 資料收發情況 [本研究]

5.4. RCX 信號調變、相位檢測

確定外部終端機可透過 RS232 Bluetooth CABLE 正確的將資料傳遞給 PC 伺服器後，接著對 RCX 收發訊息時的信號電壓、準位、載波等...，進行檢測。首先對 RCX 傳送接收電路做初步的了解；如圖 18 所示，此為 RCX 紅外線傳送電路模組，橘色區塊為 RCX 上 H8/3292 單晶片信號傳送腳所接出來的部份；紅色區塊為信號調變電路，由圖中可知信號調變的頻率是由 H8/3292 內部單晶片所控制，此種作法可降低硬體設計上的成本以及產品的擴充性；綠色區塊為 RCX 傳送資料時所採用的 Irda LED，其工作電壓約在 0.7 左右，此電壓與輸出之波形將會有極大的關係；藍色區塊為一電流鏡的做法，此外下方的電晶體受上方傳送資料脈波電晶體輸出的電流大小做負迴授動作，其用意在於保護傳送資料脈波電晶體不會因為短路或是電流過大而燒毀，此外由 Irda LED 是接在電晶體的集極來看，輸出的資料相位，會與實際送

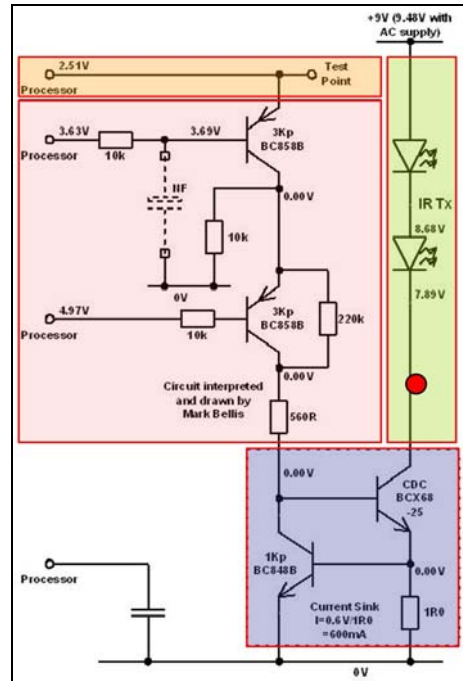


圖 18 RCX 紅外線發射電路 [55]

如圖 19 所示，此為 RCX 紅外線接收電路模組，紅色區塊為穩壓電容，作用為提供穩定的電壓源給 TK19 紅外線接收器使用；藍色區塊為 TK19 紅外線接收器接收信號輸出腳，當 TK19 接收到傳送信號時，便會對資料做解調變、信號電壓調整至 0V 到 5V 以及相位反向，並將此完整信號直接傳送至 H8/3292 做處理；其餘白色區塊作為提供 TK19 紅外線接收器工作電壓的電晶體直流偏壓電路，此外 H8/3292 亦會利用此電路檢測 TK19 紅外線接收器工作電壓的情形。

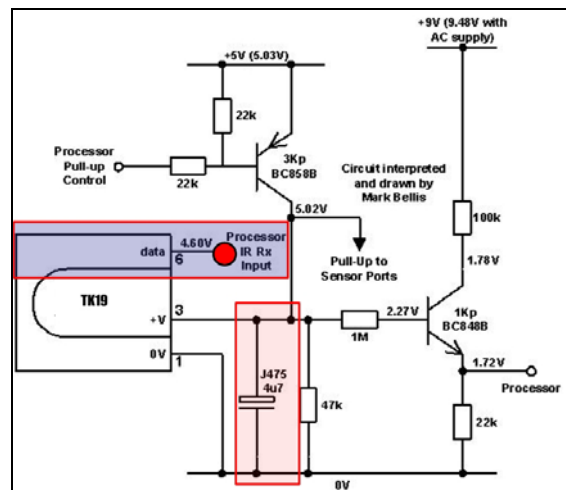


圖 19 RCX 紅外線接收電路 [55]

在此採用兩台 RCX，分別做資料發送機和資料接收機，並在訊息傳遞模式下，對兩台 RCX 檢測發送以及接收信號的電壓、準位、載波等...變化；由於 RCX 採 PCB 硬刷電路板，許多零組件皆採用 SMD 規格焊接，在不易尋找 H8/3292 信號輸出腳的情況下，發送接收電路上紅色點，為本研究檢測信號的節點。發送機輸出信號採 38.5K HZ 的載波調變資料信號，並利用 Irda LED 將資料以紅外光的方式傳遞出去，信號電壓大致維持在 6V 左右，信號振幅約在 2 V 左右，而 DV offset 約 4V，所以這表示藍色區塊的電流鏡，不論是否有信號傳輸，皆有一直流偏壓存在。接收機接收之信號經 TK19 紅外線接收器做解調變、準位及相位處理，其輸出之信號直接送至 H8/3292 信號接收腳，所以可以確定此信號是未調變前的信號且為原始正確傳送端 H8/3292 所傳送之資料。實作畫面如圖 20、圖 21 所示。

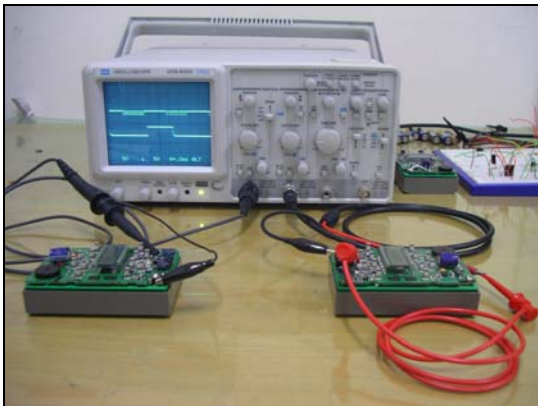


圖 20 RCX 信號檢測畫面 [本研究]

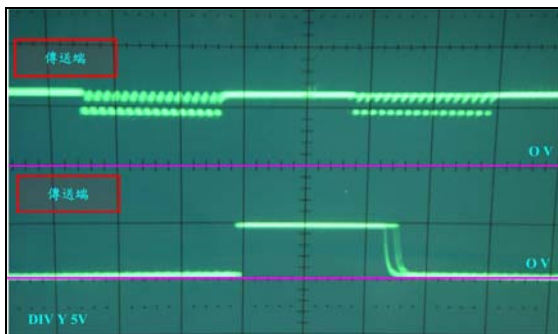


圖 21 傳送接收端信號電壓、頻率及相位比較 [本研究]

5.5. TK19 紅外線接收器解決發送端載波信號傳送問題

RCX 傳送與接收時的電壓、頻率及相

位皆不同，這導致傳送端無法直接將信號經 EIA 電壓準位調變器將信號送入 RS232 Bluetooth CABLE 中。於是便將接收機的 TK19 紅外線接收器卸下，使發送機發送出來的信號先經過 TK19 紅外線接收器，利用 TK19 紅外線接收器對信號做解調變、準位調整以及相位轉換，再將轉換出來正確的信號經過 MAX232C 做 EIA RS232 準位調整，再送入 RS232 Bluetooth CABLE 將信號輻射出去。如圖 22、圖 23 所示。

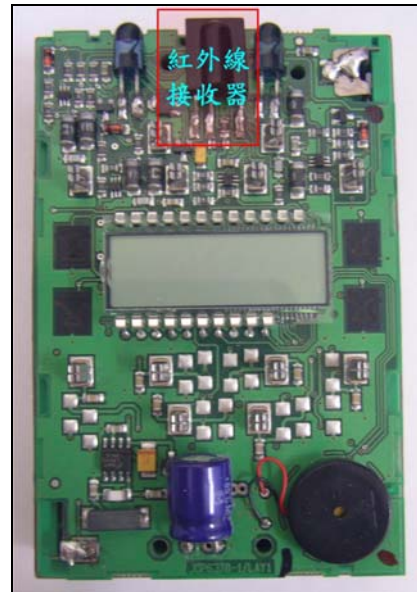


圖 22 TK19 紅外線接收器 [本研究]

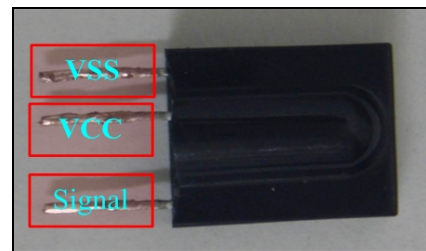


圖 23 TK19 紅外線接收器接腳說明 [本研究]

5.6. RCX 取代 PIC16F84 外部硬體終端機與通訊協定

如圖 24 所示，RCX 與藍芽無線模組連線的實體線路情況；藍芽模組透過 TK19 紅外線接收器接收 RCX 所傳遞之信號，並將信號做準位與電壓上的轉換，經由 Max232C 做 EIA 之電壓準位轉換，並以藍芽無線傳輸模組，將信號資料發送至 PC 端電腦上。當藍芽模組接收到 PC 端所發送之封包時，便直接將所接收到之

5.7. PC 伺服端對 RCX 下達控制命令

RCX 傳送封包以 PC 伺服端接收後，便可對封包進行分析及判斷，接著再以 PC 伺服端將此封包回傳給 RCX，此作法除了再次檢測封包的正確性，亦可對 RCX 做遠端遙控通訊控制。如圖 29 所示，為遠端遙控 RCX 之實際狀況，接著利用 JAVA 終端機將 FE 數值”55 FF 0 F7 8 FE 1 F5 A”總共 9 Bytes 的封包以 RS232 Bluetooth CABLE 的方式，將資料傳遞至 RCX 上，如圖 30、圖 31 所示。

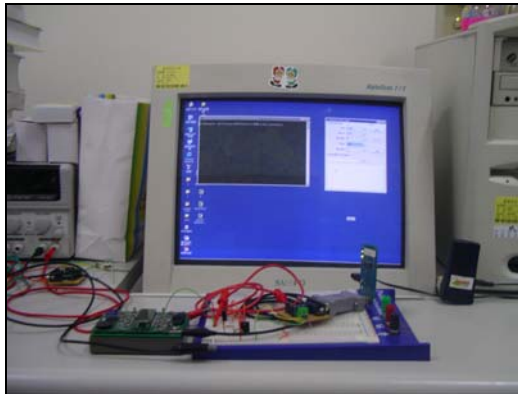


圖 29 RCX 利用藍芽接收 PC 資料實際畫面 [本研究]

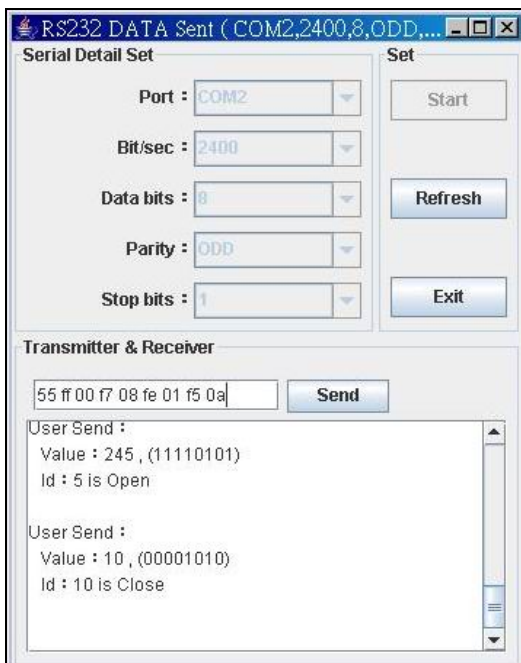


圖 30 對 RCX 傳送 254 數值為 FE 之封包傳送實際畫面 [本研究]

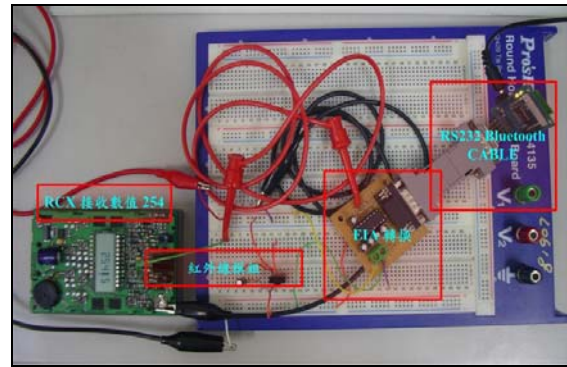


圖 31 RCX 利用藍芽接收 FE 資料電路 [本研究]

5.8. 移除傳送時所需之紅外線模組

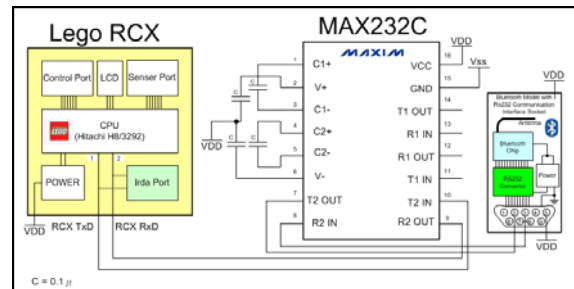


圖 32 藍芽模組與 RCX CPU 直接連線 [本研究]

到此 RCX 在接收資料時，可直接由藍芽模組取得資料，但在傳輸資料時，RCX 上的 CPU 仍需透過紅外線傳輸模組將準位與電壓做調整與轉換，才可使得 RCX 之 CPU 接收到正確的資料。然而紅外線模組在於整體電路的封裝上，卻占了許多的空間以及而外的電力。如圖 32 所示，本研究將原本在傳送資料時所需之紅外線模組移除，並直接將 Max232C 上第 10 之腳位與 RCX CPU 之第一支傳送腳位相連接。使得 RCX 在傳輸資料時不需在透過本身的紅外線發射電路，直接便可將資料傳送至 Max232C，並交由 Bluetooth Rs232 Cable 將資料傳送至 PC 端。

5.9. 系統實作

本研究以兩個系統實際應用範例，提供給研究移動主從式架構，例如：機器人足球隊、機器人團隊、太空機器人軍團探險，機器人團隊溝通等，一個典型可參考且容

易架構的通訊模型。

5.9.1. 應用 1—LEGO 藍芽機器足球員控制

在此應用範例中，將藍芽手機，採遠端的方式直接對 RCX 藍芽機器足球員控制其運動方向，如圖 33 所示，Bluetooth 手機利用藍芽搜尋功能與 RCX 藍芽機器足球員取得連線，接著 RCX 便把服務項目傳回至 Bluetooth 手機螢幕上待用端選擇。當連線已建立後，使用者可利用 Bluetooth 手機上的搖桿遠端遙控 RCX 藍芽機器足球員，在足球場內進行比賽。



圖 33 Bluetooth 手機與 RCX 藍芽機器足球員連線情況 [本研究]

硬體方面如圖 34 所示，採 LEGO 零組件搭建的 RCX 藍芽機器足球員，前端兩支向內的大螯，為 RCX 藍芽機器足球員在足球場比賽時運球的裝置，以外大螯的後端配有碰撞偵測機制，當 RCX 藍芽機器足球員相互碰撞或越邊線檢查時，便會自動退後並採取反向旋轉的方式，避開障礙物。RCX 藍芽機器足球員正前方搭載球類取得偵測裝置，透過此裝置可使 RCX 藍芽機器足球員了解目前取球及運球狀況。



圖 34 RCX 藍芽機器足球員 [本研究]

5.9.2. 應用 2—LEGO 藍芽機器手臂控制

除了 RCX 藍芽機器足球員上的遠端無線控制外，工廠內生產線流程、隔離式高危險性化學實驗、炸彈爆破機械手臂亦是一具有區域性無線控制的應用範例，在此應用中，使用者亦可以利用藍芽手機對 RCX 藍芽機器手臂加以控制其方向以及機械式物品抓取手臂控制。如圖 35 所示，Bluetooth 手機利用藍芽搜尋功能與 RCX 藍芽機器手臂取得連線，接著 RCX 便把服務項目傳回至 Bluetooth 手機螢幕上待用端選擇。



圖 35 Bluetooth 手機連線情況 [本研究]

如圖 36 所示，當連線已建立後，使用者可利用 Bluetooth 手機上的搖桿以及數字鍵遠端遙控 RCX 藍芽機器手臂，此範例用以提供開發工廠內生產線流程、隔離式高危險性化學實驗、炸彈爆破機械手臂等...區域性無線控制，一個安全且容易建構且模擬的機制。

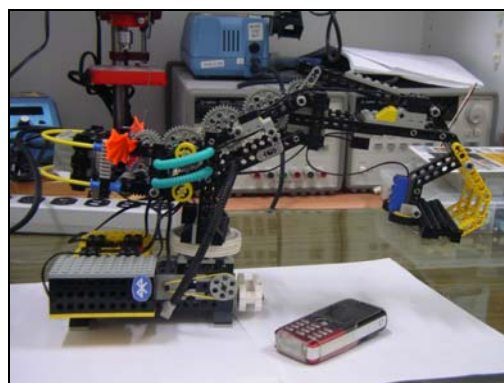


圖 36 RCX 藍芽機器足球員 [本研究]

6. 未來展望

目前國內在於機器人通訊方面的研究，往往採用無線電的方式來傳輸信號資

料，而無線電傳輸時的電磁波互擾情況，時常使得接收資料的品質下降。

本研究以藍芽無線的方式取代傳統無線電傳輸模組，透過藍芽跳頻技術，提升資料在傳遞與接收上的準確率，大幅提升通訊品質，並以國內外大專院校時常採用來建構模擬環境的樂高機器人發明系統為例，建構出一「藍芽無線環境下機器人之研製-以樂高機器人為主」，透過樂高積木塊容易拼裝與模擬實際建構的優點，提供對於研發移動主從式架構，例如：機器人足球隊、機器人團隊，機器人團隊溝通等，一個典型可參考且容易架構的通訊模型。

藍芽雖有高品質的資料傳輸速率，但對於 Server 與 Client 雙方在初始化連線時的情況而言，所花費的連接時間比傳統無線電來的許久，此外藍芽微網與散網架構，使得 Client 與 Client 之間的連線，還需透過 Server 端才可達到資料互傳的目的。有鑒於此，本研究正以 Zigbee 無線網路進行多方面的改良，並以 Mesh 網路實現每一裝置多點連線的網路環境，實現一容易建置與架構之 Zigbee 無線環境。如所示，Zigbee Mesh 網路。

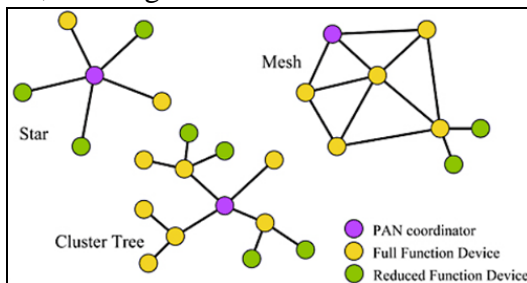


圖 37 Zigbee Mesh 網路

致謝：

本計劃承蒙國科會補助：

計畫編號：93-2815-C-366 -002 -E

參考文獻

- [1]. 陸一宏；2002；「具加強式學習機制之嵌入式足球機器員行為」；國立中正大學機電光工程研究所碩士論文
- [2]. 李青煌；2002；「加強式學習應用於足球機器人多重策略之合作」；國立中正大學電機工程研究所碩士論文
- [3]. 陳建成；2002；「以適應性 Q-Learning 為基礎發展足球機器人合作策略」；國立中正大學電機工程研究所碩士論文
- [4]. 翁松佑；2002；「足球機器人影像處理與競爭策略」；國立中興大學電機工程學系碩士論文
- [5]. 洪宗銘；2001；「三對三足球機器員競賽之設計與實現」；國立成功大學電機工程學系碩博士班碩士論文
- [6]. 李錫慶；2002；「五對五機器足球員競賽之設計與實現」；國立成功大學電機工程學系碩博士班碩士論文
- [7]. 陳智揚；2002；「以角色派任機制設計實現五對五機器足球員競賽」；國立成功大學電機工程學系碩博士班碩士論文
- [8]. 林義峰；2000；「一對一機器人足球賽之設計與實現」；國立成功大學電機工程學系碩士論文
- [9]. 陳柏堯；1999；「機器人足球員之硬體製作、路徑規劃與競爭策略」；雲林科技大學電機工程技術研究所博士論文
- [10]. 唐志青；1997；「多機器人合作架構及其在機器人足球比賽之應用」；國立交通大學電機與控制工程系碩士論文
- [11]. 林叔伶；2003；「藍芽網路的排程及路徑通訊協定」；中華大學資訊工程學系碩士論文
- [12]. 張宏義；2003；「一個新的建構藍芽聯網通訊協定」；中華大學資訊工程學系碩士論文
- [13]. 吳力文；2003；「在藍芽散網內的微網間的資料傳輸排程演算法」；國立清華大學資訊工程學系碩士論文
- [14]. 林水池；2002；「藍芽散網之封包傳輸協定」；逢甲大學電子工程所碩士論文
- [15]. 高雁鵬；2002；「Bluebell - 一個建立藍芽散網的方法」；國立清華大學資訊工程學系碩士論文
- [16]. 鄭昇弘；2002；「適於動態環境下建構藍芽 Scatternet 之方法」；國立臺灣大學資訊工程學研究所碩士論文

- [17]. 盧永仁；2002；「在藍芽擴散式網路上具移動性知覺的建構協定」；元智大學資訊工程學系碩士論文
- [18]. 張雅淇；2000；「藍芽技術應用於遠端監控系統」；國立中正大學電機工程研究所碩士論文
- [19]. 蕭立浩；2000；「藍芽模組鏈結控制系統之設計與實作」；國立交通大學資訊科學系碩士論文
- [20]. 王清松；2003；「IA 系統上藍芽應用之實現」；亞東技術學院電子工程系
- [21]. Luigi Pagliarini and Henrik Hautop Lund；「The Musical Glove」
- [22]. Westin Hotel Santa Clara, California；「Java in Robots」
- [23]. Robert Morrow；BLUETOOTH OPERATION AND USE
- [24]. Sebastian Læbel；「LEGO MindStorms Bluetooth module」
- [25]. Brian Bagnall.；Core LEGO MINDSTORMS Programming: Unleash the Power of the Java Platform
- [26]. Jin Sato；Jin Sato's LEGO Mindstorms
- [27]. Jin Sato；LEGO MindStorms マスターへの道 RoboBooks
- [28]. Programming LEGO® Mindstorms™ with Java E-book
- [29]. LEGO Software Power Tools, Including LDraw, MLCad, LPub, and LSynth E-book
- [30]. LEGO Mindstorms Masterpieces: Building and Programming Advanced Robots E-Book
- [31]. Building Robots with LEGO® Mindstorms™ E-Book
- [32]. 10 Cool LEGO® MINDSTORMS™ Dark Side Robots, Transports, and Creatures E-book
- [33]. 10 Cool LEGO MINDSTORMS Robotics Invention System 2 Projects: Amazing Projects You Can Build in Under an Hour E-book
- [34]. 10 Cool LEGO Mindstorm Ultimate Builder Projects
- [35]. 「Bluetooth AnBindung an lego MindStroms」
- [36]. H.A.James, J.E.Story and R.G.Shepherd；「An Architecture for Swarm Robots；K.A.Hawick」；Technical Report DHPC-121
- [37]. 機器人定義；
<http://www.yf.gov.cn/boot/kpzc/kjqy/kjqyf18.htm>
- [38]. 樂高歷史；
<http://www.geocities.com/legoasia/history.htm>
- [39]. 樂高 RCX；
<http://lego.mpworks.net/productintro/>
- [40]. RCX介紹；
http://www.itd.ge.cnr.it/td/vetr_bsd/robot_hardware.html
- [41]. RCX晶片電路；
http://www.ieap.uni-kiel.de/plasma/ag-piel/elektronik/f26_30.jpg
- [42]. 樂高進階應用；
http://www.semia.com/innovate/deve_01.htm
- [43]. 中正大學藍芽網路機器人
- [44]. http://www.eng.uts.edu.au/~kumbes/ra/Wireless_Networks/Bluetooth/bluetooth.htm
- [45]. 藍芽 HCI；
<http://www.palowireless.com/infotooth/tutorial/hci.asp>
- [46]. 藍芽無線技術發展簡介；
<http://www.iii.org.tw/ncl/document/bluetooth.html>
- [47]. 藍芽封包結構；
http://www.microvision.co.kr/bluetooth/LECTURE/lecture_9.htm
- [48]. HCI Layer；
<http://atenea.unicauca.edu.co/~dabravo/bluetooth/quees.htm>
- [49]. HCI Layer；
http://www.microvision.co.kr/bluetooth/lecture/lecture_protocol_2.htm
- [50]. <http://www.Bluetooth.com>
- [51]. <http://www.bluetooth.org/>
- [52]. <http://lego.mpworks.net/programming/>
- [53]. <http://lejos.sourceforge.net/>
- [54]. Bluetooth RS232 Wireless Cable Solution User Guide
- [55]. <http://www.brickshelf.com/>
- [56]. http://www.korwin.co.kr/pro_n_solu/product.asp