

# iFurniture: 無線感測網路在群體交流互動傢俱應用

## iFurniture: The Application of Wireless Sensor Network in Community Interactive Furniture

劉士達 Shih-Ta Liu

國立臺北藝術大學 科技藝術研究所  
研究生  
mfa.stliu@gmail.com

許素朱 Su-Chu Hsu

國立臺北藝術大學 科技藝術研究所  
教授  
suchu.hsu@gmail.com

### 摘要

iFurniture 是一套智慧型互動傢俱，結合了藝術創意、互動科技及無線感測網路(Wireless Sensor Network)，可應用於群體交流的公共生活空間中。我們整合 Arduino 互動模組、XBee 無線模組、三軸加速計、三色 LED 矩陣顯示器設計出 iBox 身份玩樂標章、iChair 互動椅、iTable 互動桌。在群體聚會中，只要將個人的喜好與心情用搖晃方式輸入 iBox，當使用者坐下 iChair 時，iBox 所儲存的資訊會傳遞至 iChair，iChair 便會出現對應關連的 LED 彩色變化。若聚會中人與人之間有相同的喜好時，iTable 會以音樂與創意影像作回饋反應，聚會中的人因這種微妙互動關係產生樂趣並進而交流結為朋友。此系統主要傳遞一種「WSN 隱性身份辨識與互動回饋」概念，透過創意的互動學習與參與，它可消除聚會中人們在初始溝通之礙，可增加聚會中社群(community)的凝聚性、活潑性與趣味性。這些具有網路傳遞與智能藝術傢俱，未來可運用在居家生活、社交場合、會議室中，不但能夠發揮藝術與科技融合所帶來的驚喜感，在藝術上也隱含表現了許多人們內心情感，讓冰冷的傢俱不只是有外觀設計的美感而已。

**關鍵詞：**無線感測網路、互動傢俱、互動科技、社群、數位藝術

### Abstract

iFurniture is a type of smart and interactive furniture. We combined ideas from art, interactive technology and wireless sensor network to develop a creative integration that can work in community and a living or public space. This system uses iBoxes, iChairs and iTable, which we constructed from Arduino Development Tools, XBee Wireless Sensor Model, Three-axis Accelerometers, and Triple Color LED Matrix. When a user joins a group gathering, he shakes an iBox until it correctly

displays his mood and personal information (gender, personal hobbies, etc.). When the user sits on the iChair, the iBox transmits the mood and related information to the iChair. Ultimately, all of the user's iFurniture displays LED colors and images matching the user's information. When people in the gathering have common interests, the iTable plays music. The iFurniture helps people meet and start conversation. This system demonstrates the use of hidden identity information over wireless sensor networks together with interactive feedback. It can help people meet, help them begin interesting discussions, and thus can add to a lively atmosphere. We suggest the use of intelligent furniture with local network communication abilities for the home, social occasions, and meeting rooms. Art used in iFurniture can reflect personal feelings and make the iFurniture part of a warm, inviting environment.

**Keywords:** Wireless Sensor Network, Interactive Furniture, Interactive Technology, Community, Digital Art.

### 1. 前言

在眾多聚會場合或公共生活空間中，人與人之間的交流，內心情感往往不易在他人面前表現出來。若能隱藏個人身份資訊藉由物件隱約表達出來，人與人之間的互動關係，便能經由「隱性身份識別」方式，讓彼此之間的距離更加接近。

為了能夠在群體聚會場合中，抵除人們之間認識之初的障礙，我們設計了iFurniture智慧型互動傢俱，整個傢俱系統以無線感測網路技術為基礎，整合Arduino互動模組<sup>1</sup>、XBee無線

<sup>1</sup> Arduino 互動模組為開放原始碼的電路原型發展平台，包含了 Arduino 集成開發環境與 Arduino 電路版。http://arduino.cc

模組、三軸加速計、三色LED矩陣顯示器.....等。

iFurniture 系統包含了手持的 iBox 身份玩樂標章，以及 iChair 互動椅與 iTable 互動桌。在聚會的場合中，人們可以手持著 iBox 用搖晃方式改變與選擇 iBox 代表喜好與心情的動態圖樣，這些圖樣代表著個人的喜好及心情。iChair 為一個互動回饋裝置椅子，當參與者持 iBox 靠近任一張 iChair 坐下時，iChair 會發出對應心情與喜好的顏色光，以暗示坐下者之喜好與心情。若有兩個以上 iChair 顯示相同顏色時，表示群體聚會場合中有人有著相同的喜好，這時 iTable 會發出相對應的音樂與創意影像。藉由 iFurniture，聚會中的民眾可依椅子顏色尋找同好進行交流溝通，可消除聚會中人們在初始溝通之礙，進而增加社交的樂趣。

透過這樣的系統，人與人間的溝通方式可透過生活家具間接進行，使群體交流有更高的互動性與趣味性。在未來，iFurniture 不但可運用在居家生活、社交場合、會議室中，也能應用於不同小型聚會場合中。



圖 1：iFurniture 智慧型互動傢俱

## 2. 群體互動技術相關人文藝術應用

群體交流時，物件往往被運用來扮演情感交流的一種管道，增加人與人之間的互動關係。「物件」可賦予發光功能或動態圖樣做為識別，以反應使用者的心情或身份。瑞典的 M. Jacobsson 等人在 2007 年提出「GlowBots」研究(Jacobsson et al., 2007)，乃從群體的觀點來探討人與機器人間交流的互動行為。GlowBots 是個安裝有 LED、音樂與滑輪的圓形小機器人。參與者可以搖晃圓形小型機器人，一來讓小機器人可以充電，亦可改變小型機器人圓形面板上的 LED 動態圖樣。當小機器人被下桌面

時，它會與周圍的小型機器人進行溝通，分享新的動態圖樣直到同一群機器人融合出同樣的動態圖樣。



圖 2：M. Jacobsson 等人的「GlowBots」作品 (2007)

國際上發展群體互動的技術相當多，有透過影像辨識技術達到個別識別的方法，也有運用無線網路、GPS 衛星定位或藍芽.....等技術達成。但近年來無線感測器網路的興起，也普遍被運用在群體互動的相關研究，無線、體積小、省電、可靠性高又具個人辨識的多重優點，慢慢解決了過去解決群體交流的技術上的瓶頸。無線感測網路近年在人文藝術創作之應用形式上更扮演著重要突破的角色。

英國 Bill Fontana 在 2006 年提出以無線感測網路技術運用的「和聲之橋」(Harmonic Bridge) 作品。Fontana 在倫敦的千禧橋 (Millennium Bridge) 周圍佈署許多無線感測節點，當人走過或是風力產生橋面震動，透過感測器收集與傳遞，系統會使橋面發出不同的和聲音樂(Fontana, 2006)。

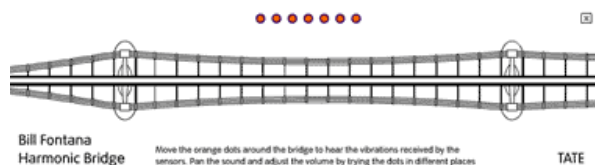


圖 3：Bill Fontana 的「Harmonic Bridge」作品示意圖(2006)

美國 Jed Berk 於 2006 年提出「自動光飛行船」(Autonomous Light Air Vessels, ALAVs)，它是一件運用無線感測網路傳輸的作品，讓飛行船可以與人溝通也能夠彼此溝通。過程中，飛船如同一種生物一般，會有進食的需求反應(Berk and Mitter, 2006)。在這個作品中，參與者可持一個「餵食器(Feeder)」靠近一艘飛行船，當飛行船上的 LED 閃爍紅色時，表達它想要吃東西，而參與者持餵食器靠近飛船時，飛船上的 LED 會轉變為藍色，表示它已

經吃飽。另外，飛行船若聚集且閃爍著綠燈，則是表示出一種友好的回應，當都飛離參與者時，則是表達出嫌惡的情緒。



圖 4：Jed Berk 的「ALAVs」作品(2006)

在博物館創意學習之應用與研究，臺北藝術大學許素朱教授在 2006 年提出「智慧型互動博物館」(許素朱、林經堯，2006)，主要運用 ZigBee 無線感測器網路結合互動科技以及內容管理系統(CMS)於「未來博物館<sup>2</sup>」中，建立一個互動學習行為回饋系統，讓互動學習內容可因學習者男女性別、年齡層不同而有不同之互動學習內容，而學習過程中並可蒐集學習者的學習行為資料，這些資料被視覺化處理後以互動式數位藝術在展場呈現。展場中整個系統讓所有學習者不知不覺參與了一個「隱形問卷調查」，隨時反應展場中參與者的學習行為。

在 2006 年的第一屆台北國際數位藝術節與 ACM Multimedia 研討會，許素朱、林經堯、陳家文等人提出「一百萬個心跳」互動藝術作品(Hsu, Lin, and Chen, 2007)，主要乃運用無線感測網路讓展場所有參與者的身份與行為，決定作品的最後結果。參與者帶著身份標章(Sensor Node)進入展場參與作品，輸入個人身份資料並透過心跳偵測器捐贈心跳，當系統蒐集一百萬個心跳後，數位雙胞胎將依展場所有參與者行為來決定雙胞胎的性別、血型、生肖、...等。



圖 5. 左、中：「一百萬個心跳」  
圖右：「智慧型博物館」

<sup>2</sup> 「未來博物館」觀念乃結合互動科技與數位藝術把數位典藏文化內容再設計成互動式裝置藝術作品，展示於博物館空間中作活化展示。

本文作者在 2008 年提出的「無線 Ad hoc 網路在群異地互動之應用」(劉士達、許素朱，2008)，也以無線感測網路作為基礎提出一個系統透過自行研發的無線感測節點，使群體間得以在不同地點、同一時間、同步/異步完成一項互動任務。此系統應用在兩個數位藝術作品：「Let's Ad hoc 過生日」作品，使多人在異地一同吹氣，透過無線 Ad hoc 網路傳遞可為遠端朋友慶生；另外一件是應用在「樹林裡放風箏」作品，透過無線 Ad hoc 網路的方式，讓不同的觀賞者在展場內外異點處，吹著感測節點作無線傳遞，讓畫面上不同風箏因之互動飛起、墜落、盤旋掙扎於樹林中。群體互動的技術方法已經趨近成熟，多人互動的可能性也進步至展場之外，透過無線感測網路的建構模式，能夠快速且穩定的發展群體互動藝術作品，大為提升互動式藝術作品的可看性與深度。

在現今的無線感測網路科技中，由美國 Honeywell、Motorola、日本 Mitsubishi、Philips 等各大廠商所組成的 ZigBee Alliance<sup>3</sup> 共同制定了 ZigBee 協定，是目前商業應用較為廣泛使用的架構。在國際上 Zigbee 開發平台產品相當多，較為知名的有 Ember、Jennic、XBee、ZigBit、MeshNetics、... 等相關 Zigbee 開發平台，各具有不同的硬體特性與優點。過去從事 Zigbee 開發平台的研究中，義大利的 M. Bordignon, E. Pagello 與瑞典的 A. Saffiotti 在 2007 年 ACM RoboComm 提出的「PEIS-Mote」整合架構，以 XBee 無線模組打造最便宜又具開放性的 ZigBee 開發平台(Bordignon, Pagello, and Saffiotti, 2007)。

在本論文中，我們同樣依據低價格、高性能、使用簡便的原則，選擇 XBee 無線模組做為此系統的無線傳輸介面，並整合 Arduino 開發我們需要的無線感測節點。這種設計模式容易組裝、容易維護，可提供給人文藝術工作者使用。

### 3.iFurniture 系統建置

關於 iFurniture 系統建置，我們將分為互動模式設計、硬體與系統架構設計、無線網路傳輸架構設計等三個部分來說明。

#### 3.1 互動模式設計

<sup>3</sup> About Zigbee (2008). <http://www.zigbee.org/en/index.asp>

iFurniture 系統包含了手持的 iBox 身份玩樂標章，以及 iChair 互動椅與 iTable 互動桌，其互動模式設計分述如下：

(1) **iBox**：是個手持互動裝置，在這中裝置包含了可以反應參與者的「喜好」以及「心情」，可透過搖晃與按鈕方式選擇與確認輸入，反應的方式分成四種顏色與七種動態圖樣。

表 1：iBox 喜好模式

喜好	閱讀	音樂	運動	攝影
顏色	藍色	綠色	紅色	橙色
動態圖樣				

表 2：iBox 心情模式

心情	普通心情	開心	不開心
顏色	橙色	綠色	紅色
動態圖樣			

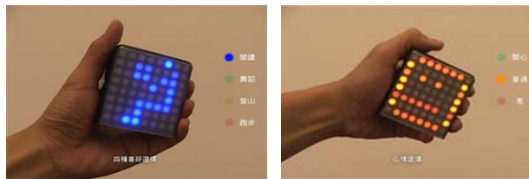


圖 6：搖晃 iBox 選擇喜好與心情動態圖樣

(2) **iChair**：是個可即時反應的互動回饋椅子。為了即時反應 iBox 上所儲存的個人資訊，iChair 是利用光線的「顏色」與「快慢」方式做為喜好與心情之隱約暗示。當沒人坐下時，iChair 呈現白色漸亮漸滅的發光；若有人坐下時，則改變為所持的 iBox 的喜好顏色相同。

表 3：iChair 喜好模式

喜好	閱讀	音樂	運動	攝影
顏色	藍色	綠色	紅色	橙色

表 4：iChair 心情模式

心情	普通心情	開心	不開心
光線閃爍變化	中	快	慢

(3) **iTable**：是個可回饋群體交流互動桌。群聚會場中若有 2 人以上有著相同興趣時，

互動桌會有對應的回饋，所運用的表現形式是發出悅耳的聲音與創意影像連結，這些隱約性的提示可反應參與者間的互動關係。

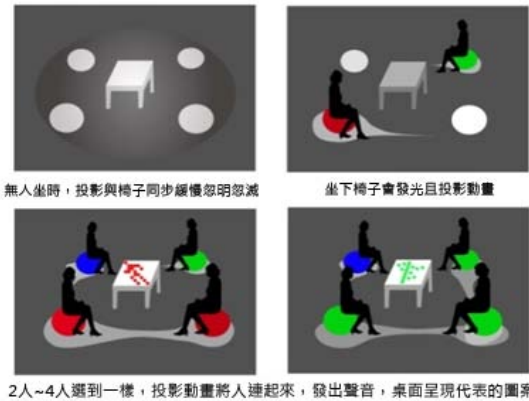


圖 7：iTable 的創意影像內容

iTable 的互動反應是根據 iChair 所接收到 iBox 的訊息，將收集到的這些數據資料，經過分析並控制 MP3 模組，當出現有兩位以上的參與者有著相同喜好時，便會發出悅耳的音樂提示在場參與者，並且相同顏色的 iChair 之間會產生視覺上的相連動畫，iTable 中間則會出現對應相同參與者所選的 iBox 動態圖樣。同樣的，有多位以上的參與者有著相同喜好時，對應的 iChair 下的地板會出現類似細胞增長的關連影像，如圖 7 所示。

從上述三種不同的互動裝置設計中，我們歸納出各個裝置所需的互動模式及互動反應，包含輸入方式及反應內容，如表 5 所示：

表 5：iFurniture 系統互動模式

裝置名稱	iBox	iChair	iTable
輸入方式	搖晃選擇 按鈕選擇	由 iBox 觸發	由 iChair 觸發
反應方式	LED 顏色 動態圖案	LED 光線 閃爍速度	音樂 視覺效果
反應內容	4 種顏色 7 種動態	5 種光線顏色 3 種速度	1 種音樂 1 種效果
所要反應的情感	喜好、心情	喜好、心情	喜好

### 3.2 硬體與系統架構設計

iFurniture 的硬體與系統架構設計主要是運用 Arduino 互動模組做為電路開發的基礎，我們將 Arduino 電路板上的 Atmel ATmega168 微處理器作為運算單元，並依據各種互動裝置設計連接所需的感測器，自行重新設計電路板與

設定XBee無線模組。以Arduino IDE、<sup>4</sup>撰寫ATMega168的韌體程式，使ATMega168能夠接收感測器數值或分析網路封包。

(1) iBox 的硬體設計含四部分：

- Arduino 單晶片版(ATMega168 微處理器)
- 三軸加速計
- 三色 LED 矩陣顯示器
- XBee 無線模組

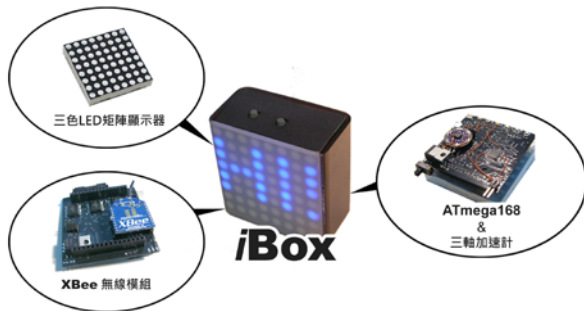


圖 8：iBox 的硬體元件組成

三色 LED 矩陣顯示器 (Triple Color LED Matrix) 主要是顯示已設計好的心情、喜好等不同動態圖樣；三軸加速計 (3D Accelerometer) 乃用來偵測 iBox 的晃動狀態，當被晃動時所偵測的數值會經由 ATMega168 的處理，可立即改變動態圖樣。配合當參與者透過晃動方式選擇不同喜好或心情時，選擇好後可按下 iBox 上的按鈕來確認選項。最後所選定的參數會經過 ATMega168 的運算，將參數包含在網路封包內，並透過 XBee 無線模組傳遞至 iChair 接收。

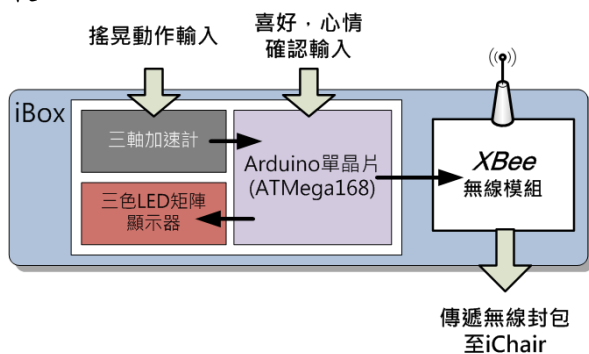


圖 9：iBox 硬體架構圖

(2) iChair 硬體設計含五部分：

- XBee 無線模組
- Arduino 單晶片版(含 ATMega8 微處理器，負責偵測壓力感測與網路封包分析)

- Arduino 單晶片版(含 ATMega168 微處理器負責 LED 高亮度控制)
- 高亮度 LED 模組
- 壓力感測器



圖 10：iChair 的硬體元件組成

iChair 硬體設計較為特殊之處乃採用兩顆 ATMega 系列的微處理器，一顆負責分析從 iBox 所傳遞的網路封包，另一顆負責偵測是否有人坐下。當一位參與者持 iBox 靠近 iChair 時，iChair 內的 XBee 無線模組會收集 iBox 網路封包，並經由 ATMega8 分析出喜好與心情參數，若 ATMega8 所連接的壓力感測器偵測到有人坐下時，則控制另外一顆 ATMega168 改變高亮度 LED 模組，使 iChair 的光線及閃爍變化對應喜好及心情參數一致，並轉送此 iBox 的參數至 iTable。

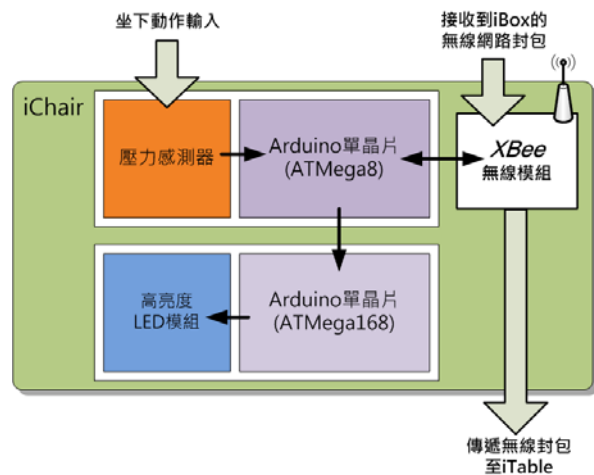


圖 11：iChair 硬體架構圖

(3) iTable 硬體設計含三部分：

- XBee 無線模組
- Arduino 單晶片版(ATMega168 微處理器)
- MP3 模組
- 投影機

<sup>4</sup> Arduino IDE 是一套開放原始碼的集成開發環境軟體，可撰寫與編譯 Arduino 語法並上傳至 Arduino 單晶片版。

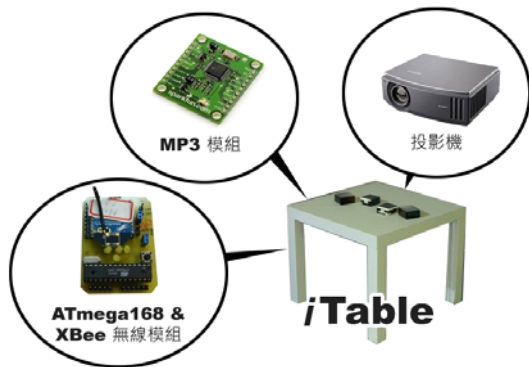


圖 12：iTable 的硬體元件組成

當 iTable 的 XBee 無線模組接收 iChair 網路封包時，ATMega168 會負責分析封包訊息，過濾出有 2 組以上相似喜好的使用者，並會驅動 MP3 模組播放音樂，以及控制伺服器電腦所連接的投影機，顯示對應的類似細胞增長的關連創意影像。

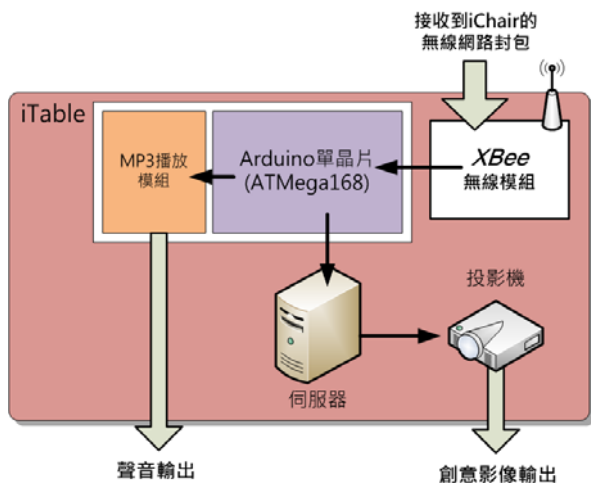


圖 13：iTable 硬體架構圖

### 3.3 無線網路傳輸架構設計

為了運用 XBee 無線模組佈署群體交流互動模式，首先我們分析互動裝置之間的關連性，設計出感測節點間的封包傳輸方式，其定義如下：

$$f_{u,v}(r,h,m)$$

- u: 封包起始傳送點
- v: 封包接收點
- r: 接收信號強度指標
- h: 喜好
- m: 心情

定義中的  $u$  為起始感測節點裝置， $v$  為接收端節點的裝置，在傳輸過程中，從  $u$  到  $v$  所傳送的無線網路封包內，包含了  $r, h, m$  三個參數，其中  $r$  為接收信號強度指標 (Received Signal Strength Indication, RSSI)，當  $r$  值越小，表示從  $u$  到  $v$  的距離越靠近。而  $h$  與  $m$  分別代表  $u$  傳輸給  $v$  接收的喜好及心情參數。

下圖 14，假設會場有  $n$  把 iChair 與  $n$  個 iBox，其中  $B_i$  為會場中的 iBox 節點 ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )， $C_j$  為其中一把 iChair 裝置 ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ )， $T$  為 iTable 裝置。當  $B_i$  會持續傳輸網路封包至  $C_j$  接收，當  $C_j$  接收到各  $B_i$  參數時，會先分析從  $B_i$  到  $C_j$  之間的  $r$  值，定位出目前最靠近  $C_j$  的  $B_i$  裝置，若參與者正好持  $B_i$  坐在  $C_j$  上時，則  $C_j$  會轉送該  $B_i$  的封包參數給  $T$  接收，完成傳輸的過程。

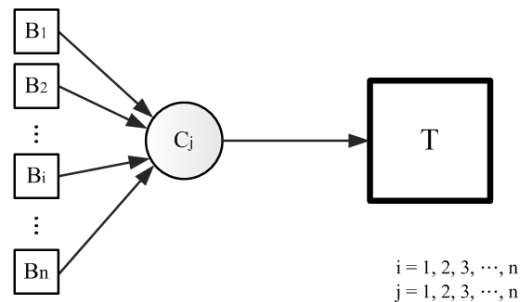


圖 14：iChair 與 iBox 及 iTable 封包傳輸關係圖

傳輸的過程中，封包的內容會因參與者介入而一直改變，上圖 14 中，當  $B_i$  傳輸至  $C_j$  時，透過我們所設計的封包傳輸方法，其封包內容為  $f_{B_i,C_j}(r, h, m)$ ，參數  $r$  會依據  $B_i$  到  $C_j$  間的距離一直變化， $h$  與  $m$  內容是  $B_i$  參與者所輸入的喜好及心情。若  $C_j$  接收到  $B_i$  封包要轉送至  $T$  時，封包內容為  $f_{C_j,T}(h, m)$ ，由於 iChair 本身是固定裝置不會移動，原有的參數  $r$  不傳送至  $T$  接收，因此只需包含原有的  $h$  與  $m$  內容即可。

在  $C_j$  轉送封包的過程中，會先分析  $B_i$  是否有傳輸新的封包內容，並找出最靠近  $C_j$  的  $B_i$  感測節點。若參與者持  $B_i$  節點靠近  $C_j$  並坐下時， $C_j$  中的壓力感測器會進行觸發，並改變  $C_j$  對應的 iChair 椅子的高亮度 LED 模組，使閃爍反應與  $B_i$  節點的  $h$  與  $m$  參數對應。 $C_j$  會自動轉送  $B_i$  的參數至  $T$  (iTable) 接收，最後  $T$  會分析全部 iChair 所轉送的封包內容，找出相同的喜好及心情，控制 MP3 模組播放與創意關連影像內容變化。

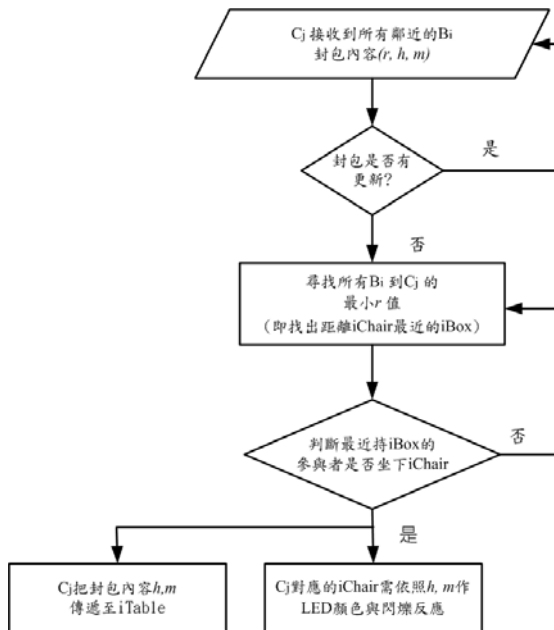


圖 15：iChair 接收封包與處理流程圖

#### 4. 結論

「iFurniture：無線感測網路在群體交流互動傢俱應用」的設計，不但結合了科技與藝術裝置的整合，使其不只是傢俱而已，而是具有智慧性與互動性。未來希望我們所設計的iFurniture系統也能夠運用在不同的場域中，如教室、會議室、居家生活、社交場合、展場、...等。甚至未來iFurniture可運用在醫療照顧，讓病人的身體狀況可透過智慧傢俱反應出來。

在本研究的實作過程中，我們已完成iFurniture的整個系統設計，但仍有一些問題值得探討與未來作延伸研究：

1. 由於在此實驗設計中，僅先以小規模的測試iFurniture系統架構，尚未實驗至大規模群眾的互動場域。未來可試驗更多iBox與iChair數量，當規模較大時，在同場域的群體互動交流的資訊傳遞將更複雜，網路的架構設計必須作更多穩定性研究。
2. 增加無線訊息傳遞的安全性，擴充更多不同的個人資訊輸入方式，使參與者能夠透過iBox互動裝置加入更為隱私的資訊內容，並經由可靠的加密系統在網路當中傳輸，保障參與者在iFurniture系統中，所輸入的更隱私性內容得以受到保護。

3. 互動裝置的電力消耗問題。iBox當中因整合多種模組裝置，在電力消耗上相當快速，使得實際運用上只能運作2~3小時時間。未來可將裝置上消耗電流較大的部分加上省電功能，增加iBox的使用壽命。

#### 誌謝

感謝臺北藝術大學FBI Lab陳家文先生在iFurniture系統設計的整個過程參與與協助。本研究由經濟部學界開發產業技術計畫「數位創意生活應用技術研發計畫(III)」贊助，計畫編號：96-EC-17-A-02-S1-049(許素朱，2007)。

#### 參考文獻

- [1] 許素朱(2007)。《數位創意生活應用技術研發(III)》。經濟部學界科專計畫，96-EC-17-A-02-S1-049。
- [2] 許素朱、林經堯(2006)。《無線感測網路在數位創意學習之應用》。第五屆數位典藏技術研討會。
- [3] 劉士達、許素朱(2008)。《無線 Ad hoc 網路在群體異地互動之應用》。2008 資訊科技應用學術研討會。臺灣，新竹。
- [4] Berk, J. and Mitter, N. (2006). "Autonomous light air vessels (ALAVs)". In Proceeding of The 14th ACM International Conference on Multimedia.
- [5] Bordignon, M., Pagello, E., and Saffiotti, A. (2007). "An inexpensive, off-the-shelf platform for networked embedded robotics". 1st international conference on Robot communication and coordination.
- [6] Fontana, B. (Artist). (2006). Harmonic Bridge.
- [7] Hsu, Su-Chu., Lin, Jin-Yao., Chen, Car-Ven., et al. (2007). "One Million Heartbeats". In Proceeding of The 15th ACM International Conference on Multimedia(ACM Multimedia 2007), Augsburg, Germany, Sept. 23-29, 2007.
- [8] Jacobsson, M., Ljungblad, S., Bodin, J., Knurek, J., and Holmquist, L. E. (2007). "GlowBots: robots that evolve relationships". ACM SIGGRAPH 2007 (E-tech).