

以 IEEE 11073 概廓設計與開發之 Continua 心血管運動系統

Design and Development of a Continua Cardiovascular Fitness System Using IEEE 11073 Profiles

李元發

Yuan-Fa Lee

隨著國人健康意識的提高，個人化運動健身管理的趨勢，運動器材具有通訊功能已經成為重要的趨勢。舊有的運動健身器材，並未採用標準的通訊傳輸協定，屬於私有的系統設計。該運動健身器材僅能與可搭配之閘道器及後端伺服器系統介接。Continua 採用 ISO/IEEE 11073 做為個人化醫療器材通訊標準；其中，運動健身器材的標準概廓也被囊括其中。使得醫療／運動健身器材在應用層具有互通性之標準。再者，藍芽協會制定了 Health Device Profile 用以作為醫療器材在傳輸層的標準通訊協定。藍芽 Health Device Profile 標準能夠完全無縫的與 ISO/IEEE 11073 醫療／運動健身器材通訊協定標準介接，以達成設備之間的互通性與資訊之分享性。本研究所提之 Continua Cardiovascular Fitness 系統是基於藍芽 Health Device Profile 所設計，並且符合 Continua Design Guidelines V4.0 及 ISO/IEEE 11073 醫療器材標準規範。Continua Cardiovascular Fitness 感測使用者之運動生理量測資訊，並且將這些資訊轉換成符合 IEEE 11073 為主之資訊格式。透過 Continua Cardiovascular Fitness 之藍芽無線傳輸介面，將這些標準化之運動生理資訊傳送到服務閘道器及後端伺服器系統。實驗結果顯示，使用者能成功地透過 Bluetooth 介面，傳送運動量測值到任何 Continua 認證之應用伺服器主機。

With the increase of health concept and the threat of sport and fitness management, fitness device with communication ability becomes important functionality. Old sports and fitness facilities designed without standard communication protocol were private communication systems. These fitness devices only connect to the specific gateway and server. The ISO/IEEE 11073 specifications adopted by the Continua Health Alliance are the international personal healthcare device communication standards. In which, the fitness and activity profiles are included in these standards. By these standards, the fitness devices can intercommunication and exchange measurement data within a single system. In addition, the Bluetooth Health Device Profile defined by Bluetooth SIG is the transport standard for medical devices. The Bluetooth Health Device Profile is seamlessly connected with the ISO/IEEE 11073 Personal Health Device standards to exchange measurement data. The design for the Continua Cardiovascular Fitness system proposed in this paper is based on the Bluetooth Health Device Profile (HDP) as well as the Continua Design Guidelines V4.0 and ISO/IEEE 11073 Personal Health Device standards. The Continua Cardiovascular Fitness system senses the physical activities from the users, and then transmits these data to the application hosting device (AHD) and server in compliance with IEEE 11073 data format and protocol standards via the Bluetooth HDP interface. Based on the testing results, users can transmit exercise measurement to any application hosting device certified by the Continua Health Alliance over the Bluetooth HDP interface successfully.

一、前言

隨著健康意識提高，運動系統之相關研究近年來不斷的被提出，具有通訊功能之運動器材成為重要探討之議題。Sornanathan 等人⁽¹⁾ 提出一個 CaszOxiSys 系統，包括血氧計，CaszOxiSys Client Monitor (Fitness User) 及 CaszOxiSys Server Monitor (Fitness Trainer)。CaszOxiSys 是一個用於健身過程中及時監測與分析生理參數之系統。透過藍芽無線傳輸，將使用者之心跳與血氧濃度傳送到 CaszOxiSys Client Monitor；再透過 WiFi 介面，由 CaszOxiSys Client Monitor 傳送生理參數值到 CaszOxiSys Server Monitor 以進行不同的訓練課程或參數分析及設定。

Gupta 等人⁽²⁾ 提出一個 Digital Fitness Connector (DFC) 系統用以追蹤健身者之心跳，韻律，速度，距離，Pace，Power 等參數。系統架構包含：智慧型手機 (支援 iPhone，Android，Windows 等) 及運動健身器材。使用者透過攜帶 Digital Fitness Connector，透過藍芽用以接收及儲存生理資訊；再與智慧型手機連結後，系統可用以提供即時回饋。系統允許使用者監測及時的身體活動情形以及過去的訓練 (Workout)。

Noh 等人⁽³⁾ 提出一個可適用於 Fitness Club 環境之 Sports Healthcare 系統，包括 Bio-Module，Exercise Equipment Control Module，以及 Exercise Management Server。Bio-Module 負責收集及分析即時的生理資訊，透過藍芽無線傳輸將這些生理量測資訊傳送到 Exercise Equipment Control Module 及 Exercise Management Server。Exercise Equipment Control Module 依據 Bio-Module 送出的資訊，分析處理後判斷是否採用生物回饋 (Bio-Feedback) 進而改變運動練習的內容。

這些系統都採用通訊的方式，將生理資訊傳送到後端伺服系統，但是都未考慮到資訊之互通性與分享性。本研究提出一個具備互通性與運動資訊共享之 Continua Cardiovascular Fitness 系統，可連接支援國際醫療器材通訊標準之個人化健康照護系統。透過 Continua Cardiovascular Fitness 系統提供之互通性平台，Continua Cardiovascular Fitness

系統以符合 Continua 健康聯盟⁽⁴⁾ 所採用之國際醫療器材通訊標準 ISO/IEEE 11073 PHD 之資料格式與服務閘道器交換彼此訊息⁽⁵⁻⁷⁾。此外，服務閘道器與 Continua Cardiovascular Fitness 系統兩者之間交換訊息之傳輸層介面是透過 Bluetooth Health Device Profile (HDP) 技術⁽⁸⁻¹⁰⁾。透過藍芽 HDP 介面，服務閘道器和 Continua Cardiovascular Fitness 系統很容易的建立一個無線之連結。基於此互通性之平台，Continua Cardiovascular Fitness 系統可以和不同之標準應用伺服主機彼此互通，並且在個人化之網域內彼此交換健康資訊。

二、醫療通訊標準介紹

Continua Health Alliance 所採用之 ISO/IEEE 11073 包含 ISO/IEEE 11073-20601 通訊交換協定和 ISO/IEEE 110731-104zz 系列之設備規格^(6, 7)。ISO/IEEE 11073-20601 通訊交換協定，提供各設備規格一個開放式的通訊交換平台。透過此通訊交換平台，使個人化之遠距照護設備 (Agent Role) 和運算引擎 (Manager Role) 交換資料及生理量測資訊。其中，ISO/IEEE 110731-104zz 系列之設備規格，目前計有：ISO/IEEE 11073-10404 (血氧設備規格)、ISO/IEEE 11073-10406 (基本心電圖機 1-3 導程)、ISO/IEEE 11073-10407 (血壓設備規格)、ISO/IEEE 11073-10408 (體溫設備規格)、ISO/IEEE 11073-10415 (體重設備規格)、ISO/IEEE 11073-10417 (血糖設備規格)、ISO/IEEE 11073-10418 (國際標準化凝血酶原時間比值設備規格)、ISO/IEEE 11073-10419 (胰島素幫浦設備規格)、ISO/IEEE 11073-10421 (吐氣流量設備規格)、ISO/IEEE 11073-10441 (心血管運動設備規格)、ISO/IEEE 11073-10442 (強度訓練設備規格)、ISO/IEEE 11073-10471 (行動集線設備規格)，以及 ISO/IEEE 11073-10472 (用藥提醒設備規格)等。ISO/IEEE 11073-20601 定義共通性的設備規格、應用層之各項服務以及通訊交換協定。而 ISO/IEEE 110731-104zz 就特定之設備定義其通訊規格。圖 1 顯示 ISO/IEEE 110731-104zz 系列之各種設備規格與 ISO/IEEE 11073-20601 通訊交換協定之關係。

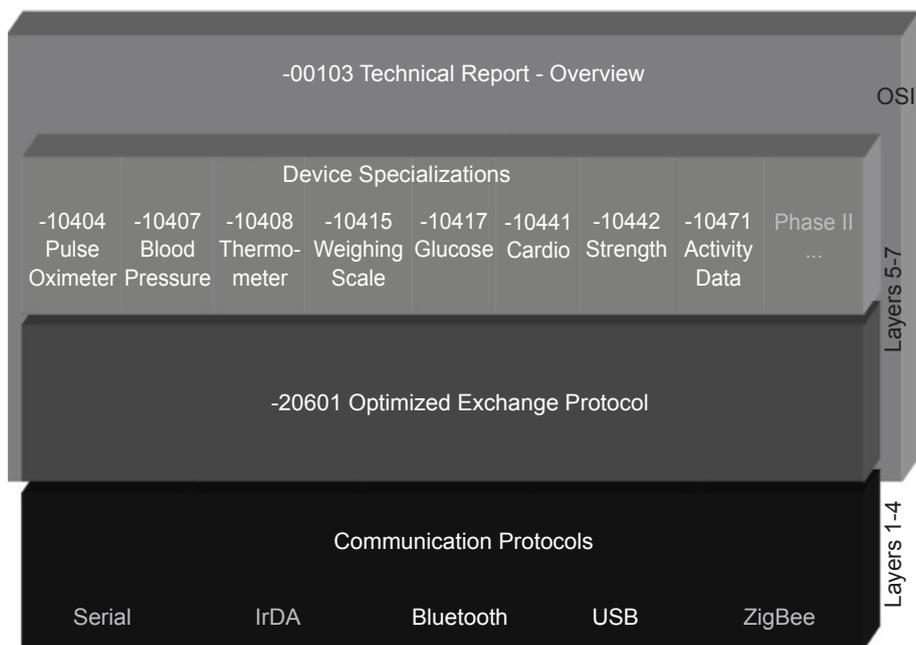


圖 1. IEEE 11073-20601 通訊協定與 IEEE 11073-104zz 設備規格之相互關係圖。

為了達到 Continua Cardiovascular Fitness 系統之設計目標，本系統採用以下醫療器材通訊標準，並分述如下：

1. ISO/IEEE 11073-20601 Application Profile - Optimized Exchange Protocol

ISO/IEEE 11073 系統模式採用物件導向 (Object-Oriented) 之系統管理模式，整體系統區分為三個主要元件：Domain Information Model (DIM)，Service Model，以及 Communication Model。ISO/IEEE 11073-20601 採用抽象語意標記法定義共通的設備規格，並描述設備特徵及其能力。透過抽象語意標記法以具象化 (Model) 各種設備，以及設備相關屬性和生理量測資訊等。

DIM 為一個階層式之模組，描述 Agent 由某一群物件所組成，這群物件及物件屬性 (Attribute) 代表 Agent 之狀態、行為，以及 Agent 與 Manager 之間互相通訊之資訊。DIM 負責將設備之資訊特徵化成一系列之物件，每一個物件可能有一個或多個屬性。屬性用以描述 Agent 和 Manager 通訊之生理量測資訊，以及表示 Agent 控制行為或狀態報告。Manager 與 Agent 連結後，透過定義明確的命

令格式或方法，例如 Get 或 Set，和 Agent 互相交換資訊。Agent 之量測生理資訊透過 Event Report 方式傳送給 Manager。圖 2 以 Unified Modeling Language (UML) 表示個人化健康照護器材之 Domain Information Model。

Service Model 定義抽象的資料交換服務機制，這些服務對應 Agent 與 Manager 之間之交換訊息，以抽象語意標記法 (Abstract Syntax Notation One；ASN.1) 表示訊息內容。Communication Model 支援一個或多個 Agent，在點對點連接的架構上，與一個 Manager 互連。此外，Communication Model 亦支援互相連接的狀態機 (Connection State Machine)，使每一個點對點能連接。

2. ISO/IEEE 11073-10441 Device Specification-Cardiovascular Fitness and Activity Monitor

ISO/IEEE 11073-10441 為心血管運動設備規格，主要以制定 Agent 端量測個人身體的活動情形，以及記錄對於該項活動生理之反應情形。ISO/IEEE 11073-10441 亦包含上述三個主要部

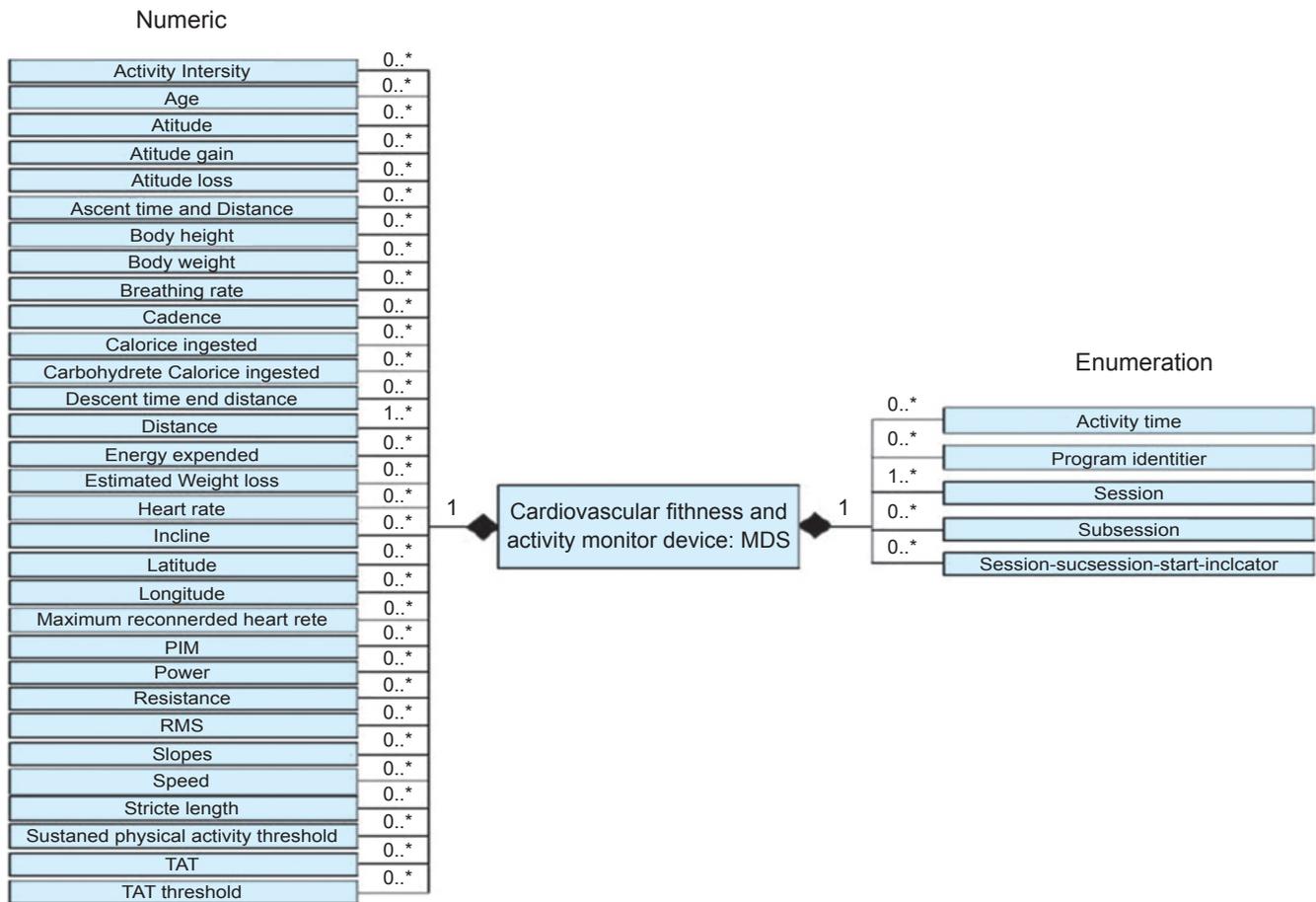


圖 2. Domain Information Model of Continua Cardiovascular Fitness System。

分：Domain Information Model (DIM)，Service Model，以及 Communication Model。其中，Domain Information Model 的部分明確制定一個 Cardiovascular Fitness and Activity Monitor Device 必須要有一個 Medical Device System (MDS)，其下可以有 0 個到數個 Numeric 型別之物件 (包括：Activity Intensity，Age，Altitude Gain，Body Height，Body Weight，Breathing Rate，Calories Ingested，Distance，Energy Expended，Estimated Weight Loss，Heart Rate，PIM，Resistance，RMS，Speed，TAT...)，0 個到數個 RT-SA 型別之物件 (包括：3D Acceleration_X，3D Acceleration_Y，3D Acceleration_Z，3D Acceleration_Z with gravity offset...)，0 個到數個 Enumeration 型別之物件 (包括：Activity Time，Program Identifier，Session，Subsession，Session-Subsession-Start-

Indicator)，0 個到數個 Scanner 型別之物件 (包括：PeriCfgScanner，EpiCfgScanner)，以及 0 個到數個 PM-Store 型別之物件 (Activity Monitor Observations)。此些定義不同於 ISO/IEEE 11073-20601 針對一般性的醫療器材之定義。

此外對於 Domain Information Model，ISO/IEEE 11073-10441 明確定義：某些物件內之屬性必須使用 (例如：System-Type-Spec-List，Dev-Configuration-Id)，某些物件內之屬性選擇使用 (例如：Measurement-Status，Metric-Id)，某些物件內之屬性建議使用 (例如：Metric-Structure-Small，Power-Status)，以及某些物件內之屬性不建議使用 (例如：Unit-Code，Unit-LabelString) 等等。而對於 Service Model 部分以及 Communication Model 部分，則完全遵行 ISO/IEEE 11073-20601 規格內制定之內容。

3. Bluetooth Health Device Profile

舊有的醫療器材，例如血壓計、血糖計、血氧計甚至體溫計，雖是透過藍芽無線功能傳送生理資訊至 Bluetooth 伺服端設備，但卻是採用非標準的通訊規格。現今，Bluetooth 協會訂出 Bluetooth Health Device Profile (HDP)⁽⁸⁻¹⁰⁾，用以作為醫療器材 (Source) 與 Bluetooth 伺服端設備 (Sink) 互相操作之標準概廓，並於此概廓中支援眾多種類的醫療器材與伺服端設備。

Bluetooth HDP 標準為一個應用層之概廓，其內定義符合藍芽健康照護設備之需求。此概廓將透過無線之方式，用以連接藍芽 Source 端設備 (例如：血壓計、血糖計、體溫計、血氧計及體重計等) 與 Sink 端設備 (手機、電腦)。此概廓採用 Multi-Channel Adaptation Protocol (MCAP) 與 L2CAP 之功能，例如 Enhanced Retransmission Mode、Streaming Mode，以及 Frame Check Sequence (FCS) 以支持多通道傳輸及資訊正確傳輸之需求。

在 Bluetooth HDP 標準中，明確訂出 Generic Access Profile (GAP)，藍芽連線雙方對 Bonding 與 Authentication 之需求。此外，也訂出 Maximum Transmission Unit (MTU) 及 Quality of Service (QOS) 之需求性。最重要的特點是，在其 Service Record 內 Bluetooth HDP 標準以 ISO/IEEE 11073 個人化健康照護器材交換協議和設備規格作為其標準化之資料傳輸格式，使達到在應用層級之資料具相互操作性。

接下來，第三章節介紹 Continua Cardiovascular Fitness 系統之設計、第四章節介紹實作與測試，以及第五章節提出實作結果與討論。

三、Continua 心血管運動系統設計

本研究所提之 Continua 心血管運動系統包含兩個主要元件：Continua Cardiovascular Fitness Manager (心血管運動管理者) 及 Continua Cardiovascular Fitness Agent (心血管運動代理

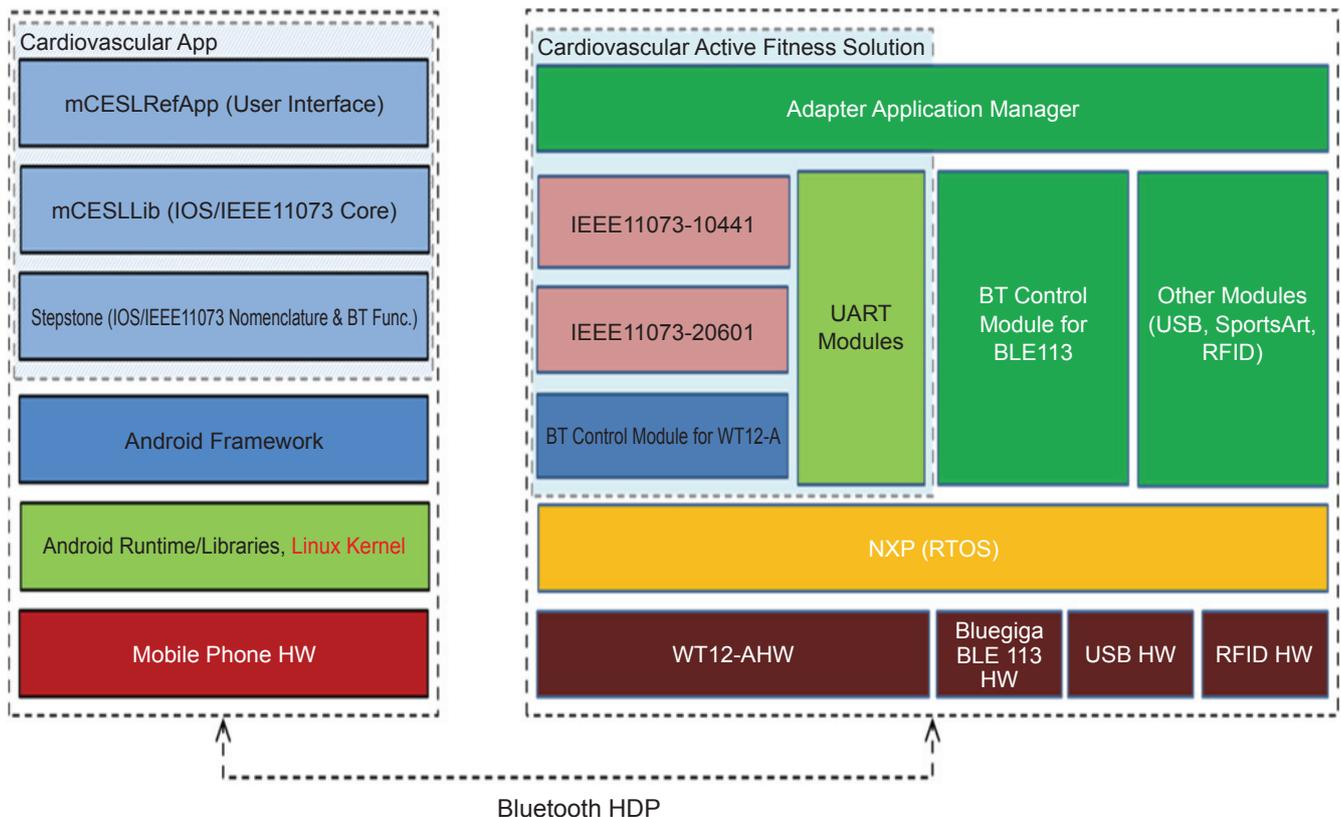


圖 3. Continua 心血管系統架構圖。

者)。Continua Cardiovascular Fitness Manager 之 App 軟體透過 Bluetooth HDP 介面連接 Continua Cardiovascular Fitness Adapter (即為代理者)。Continua Cardiovascular Fitness Adapter 透過 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) 介面連接前端運動系統。量測所得之運動資訊，透過 Continua Cardiovascular Fitness 系統提供之互通性平台 (解析/轉換)，交換於 Continua Compliant-Gateway 與前端運動系統。圖 3 顯示 Continua 心血管運動系統之架構圖。

概觀而言，透過 Bluetooth HDP 介面，Continua Cardiovascular Fitness Manager (App) 與 Continua Cardiovascular Fitness Adapter 建立藍芽實體連線通道。Continua Cardiovascular Fitness Manager (App) 開始與 Cardiovascular Fitness Adapter 建立符合國際醫療器材標準 (ISO/IEEE 11073-20601 及 ISO/IEEE 11073-10441) 之互通性平台。於此平台中，進行心血管運動資訊的交換。

1. Continua 心血管運動系統之需求分析

本研究所提出之 Continua Cardiovascular Fitness 系統，包含兩個部份：其一為 Continua Cardiovascular Fitness Manager (App)，採用 Continua 官方釋出之 mCESL Application 作為 Android 平台之解決方案；另一為 Continua Cardiovascular Fitness Adapter，採用 Bluegiga WT12-A 模組與其 Bluetooth Stack 作為嵌入式系統之解決方案。Continua Cardiovascular Fitness 系統是具有藍芽 HDP 支援功能，並符合 Continua 規範之運動監測系統。依據系統主要運行功能之關係，圖 4 顯示 Cardiovascular Fitness 系統之需求分析圖。

圖 4 是以 UML (Unified Modeling Language) 描述系統之使用案例，圖中顯示以 Continua Cardiovascular Fitness Adapter 為核心，具有 4 個主要功能：Start System、Stop System、BT HDP Connection，以及 11073 Data 等。其中，Start System 提供系統初始化功能並且使 Continua Cardiovascular Fitness Adapter 變成 Discoverable 模式；Stop System 提供系統結束功能；BT HDP Connection 提供藍芽 HDP 為基礎之資料通道建

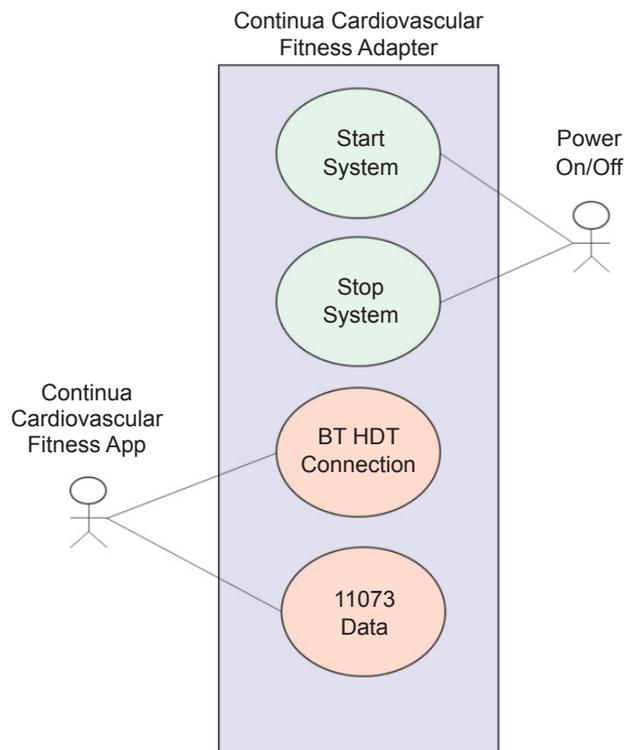


圖 4. Continua 心血管系統需求分析。

立；以及 11073 Data 提供 11073 資訊通道之建立及傳送生理量測資訊。

透過電源功能致使 Continua Cardiovascular Fitness Adapter 在系統初始化成功後，成為可被連線之狀態。Bluetooth LED 用以顯示藍芽連線成功之結果。Continua Cardiovascular Fitness Adapter 與 Continua Cardiovascular Fitness Manager (App) 建立藍芽連線之資訊通道後，並且透過此資訊通道用以交換運動量測資訊。

2. 管理者與代理者之訊息流程設計

Continua Cardiovascular Fitness Manager (標記為 Gateway) 與 Continua Cardiovascular Fitness Adapter (標記為 WT12-A) 之訊息流程設計如圖 5 所示。連線雙方基於藍芽作為實體連線通道，進行 IEEE 11073 之連線建立。

Continua Cardiovascular Fitness Adapter 送出 Association Request 訊息。Continua Cardiovascular Fitness Manager 收到後，回覆 Association Response (Accepted 且需要提供 Configuration Table) 之訊息。接著，Continua Cardiovascular Fitness

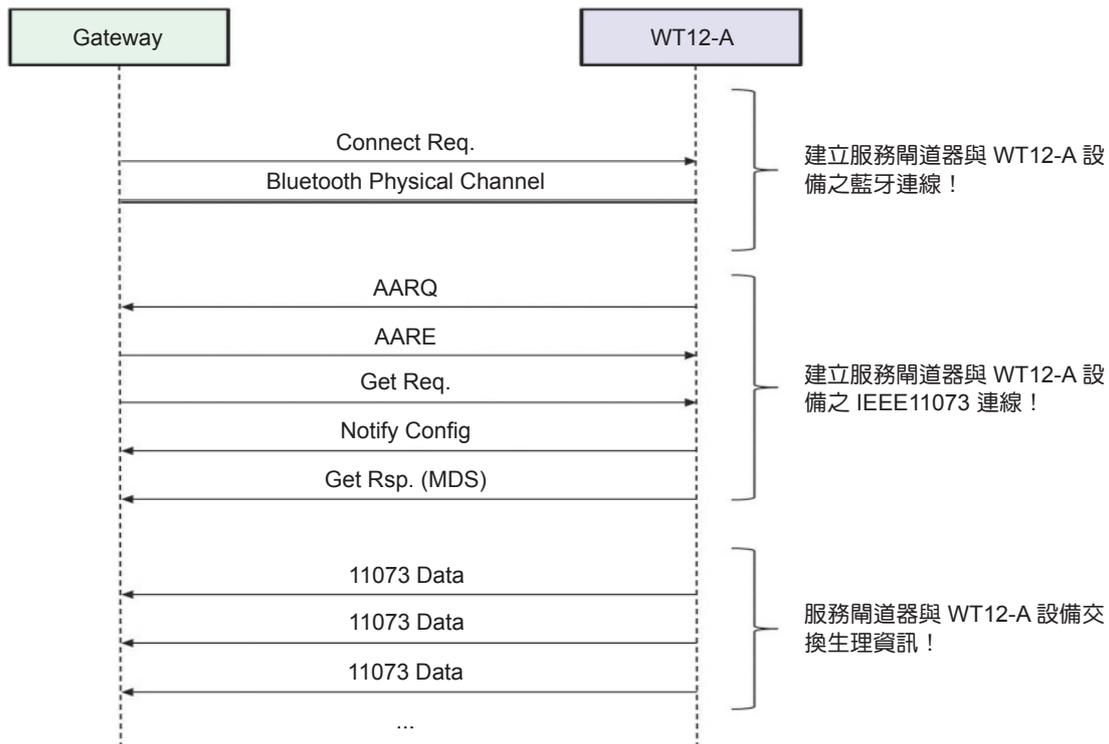


圖 5. Continua 心血管運動系統之訊息流程圖。

Manager 又送出 Get MDS Request 訊息，藉以請求 Continua Cardiovascular Fitness Adapter 回覆 MDS 資訊。Continua Cardiovascular Fitness Adapter 先收到 Association Response (Accepted 且需要提供 Configuration Table) 之訊息，立即回覆 Notify Configuration 訊息，訊息內容包含其 Configuration Table 所有內容。接著，Continua Cardiovascular Fitness Adapter 收到 Get MDS Request 訊息，並回覆 Get MDS Response 訊息，訊息內容包含其 MDS (及其屬性) 及其子物件 (及其屬性) 等所有內容。連線雙方進入到 Operation State。於此狀態下，Continua Cardiovascular Fitness Adapter 開始送出 11073 Data，此訊息內容包括所有欲傳送之運動資訊。

3. Continua 心血管代理者之 Domain Information Model

圖 2 顯示 Continua Cardiovascular Fitness 之 Domain Information Model。此 Domain Information Model 主要包含一個 MDS (Medical Device System) 物件及若干個子物件，用以描述 Continua

Cardiovascular Fitness 之系統設備資訊。圖 2 所示，包含一個 MDS 物件、一個 Numeric 型別之 Distance 物件，以及一個 Enumeration 型別之 Session 物件。

MDS 物件內具有以下幾種屬性 (Attribute)：Handle、System-Type-Spec-List、System-Model、System-Id、Dev-Configuration-Id、Attribute-Value-Map、Reg-Cert-Data-List，以及 Production-Specification。

Distance 物件屬於 Numeric 型別，Continua Cardiovascular Fitness Adapter 設計以下幾個屬性作為其組成元件，包括：Handle、Type、Metric-Spec-Small、Metric-Structure-Small、Unit-Code、Attribute-Value-Map、Source-Handle-Reference、Absolution-Time-Stamp、Basic-Nu-Observed-Value，以及 Measure-Active-Period。

Session 物件屬於 Enumeration 型別，Continua Cardiovascular Fitness Adapter 設計以下幾個屬性作為其組成元件，包括：Handle、Type、Metric-Spec-Small、Measure-Status、Absolution-Time-Stamp、Measure-Active-Period、Attribute-

Value-Map、Absolution-Time-Stamp，以及 Enum-Observed-Value-Simple-Oid。

透過 MDS 物件、Numeric 型別之 Distance 物件，以及 Enumeration 型別之 Session 物件組成 Configuration Table，使 Manager 了解 Agent 端之系統設備資訊，並進而根據此 Configuration Table 解析由 Agent 端傳送之量測資訊。

4. Continua心血管之系統架構設計

圖 3 顯示 Continua Cardiovascular Fitness 之系統架構。Continua Cardiovascular Fitness 之系統架構包括兩個元件：一為 Continua Cardiovascular Fitness Manager (App)；另一為 Continua Cardiovascular Fitness Adapter。以下分別說明之：

Continua Cardiovascular Fitness Manager (App) 如圖 3 所示，是基於 Android 平台架設 IEEE 11073 Manager 之 Solution。此 Solution 主要來自 Continua 官方釋出之 mCESL Application⁽¹¹⁾。mCESL 主要區分為 3 層：mCESLRefApp (為使用者介面層)，mCESLLib (為 ISO/IEEE 11073 核心層)，及 Stepstone (為介接 Android 平台以提供藍芽連/斷線功能及 ISO/IEEE 11073 之基礎支援層)。各層級互相合作，傳遞訊息，以提供 IEEE 11073 Manager 之所有功能。

Continua Cardiovascular Fitness Adapter 如圖 3 所示，是基於 RTOS 平台之上架設藍芽控制 (BT Control Module for WT12-A) 及 ISO/IEEE 11073 所

有功能 (IEEE 11073-20601及IEEE 11073-10441)。選擇 NXP LPC1758FBD80 (ARM Cortex-M3) 作為其 MCU 及 Bluegiga WT12-A 作為其藍芽 HDP 之 Solution。透過 UART 介面，NXP 控制 WT12-A 模組之行為，並且取得 WT12-A 模組傳送之事件與資料。此外，Continua Cardiovascular Fitness Adapter 透過 UART Module 介接運動感測模組。開發測試的過程中，主要以模擬的運動量測資訊為主，使 Continua Cardiovascular Fitness Manager (App) 能夠獲得運動量測資訊。

四、實作與測試

Continua Cardiovascular Fitness Adapter 之硬體由工研院/生醫所自行研發，選用 Bluegiga WT12-A 模組作為其藍芽 HDP 之解決方案。基於 Bluegiga 提供之 iWRAP5 Bluetooth Stack，Continua Cardiovascular Fitness Adapter 在 NXP Cortex-M3 硬體平台上完成所有軟/韌體功能。閘道器方面，基於 Continua 所釋出之 mCESL Application，在此基礎之上研發 Cardiovascular Fitness Manager 所有功能。此外，在研發過程中架設 Continua 官方標準測試平台 Continua CESL Manager 及 Continua Test Management Lite⁽¹²⁾⁽¹³⁾，用以驗證本研究所提之 Continua Cardiovascular Fitness 系統。圖 6 顯示系統之實際測試情況。表 1 顯示實驗室設備一覽表。



圖 6. Continua Cardiovascular Fitness System。

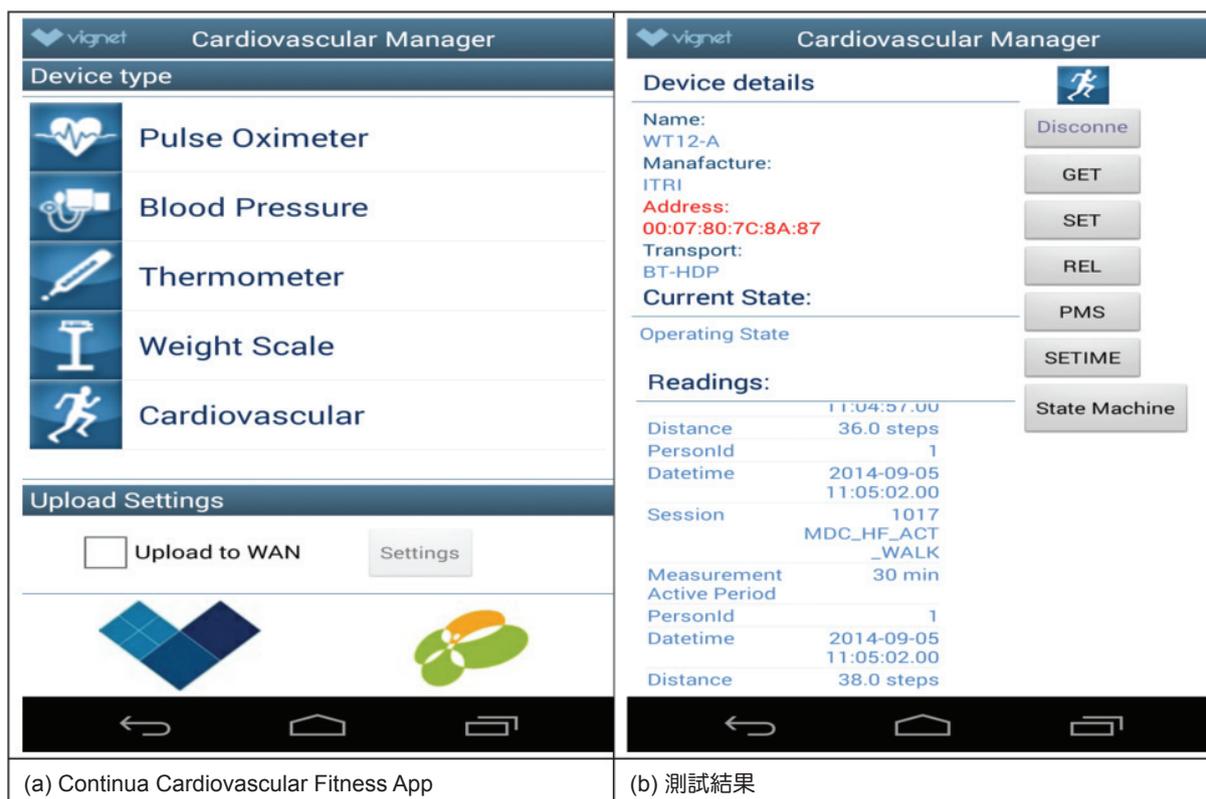


圖7. Continua Cardiovascular Fitness App 及其測試結果顯示於 UI 畫面。

Continua Cardiovascular Fitness 系統之測試包含 3 個主要項目：(1) Continua Cardiovascular Fitness Manager (App) 與 Continua Cardiovascular Fitness Adapter 之測試；(2) Continua CESL Manager/Agent 與 Continua Cardiovascular Fitness 系統之測試；(3) Continua Test Management Lite 與 Continua Cardiovascular Fitness 系統之測試。其中，Continua CESL Manager/Agent 與 Continua Test Management Lite 皆是 Continua 官方釋出用以研發

或測試醫療器材通訊標準之平台，透過此標準平台得以驗證 Continua Cardiovascular Fitness 系統。以下就三個主要測試分別說明之：

1. Cardiovascular Fitness Manager (App) 與 Continua Fitness Agent (Adapter) 之測試

將 Cardiovascular Fitness App 安裝於 Google Nexus 4 手機且其 Android 版本是 4.4.4。圖 7(a) 顯

表 1. 實驗室設備。

| Device Name | Personal Healthcare System | |
|---|----------------------------|---|
| | Item | Used in the test |
| Continua Cardiovascular Fitness Manager | Hardware/Software | Google Nexus 4 or 7 Android 4.3 or up *Act as Bluetooth Master |
| Continua Cardiovascular Fitness Agent (Adapter) | Hardware/Software | NXP (Cortex-M3 Microcontroller) plus RTOS Bluegiga WT12-A *Act as Bluetooth Slave |

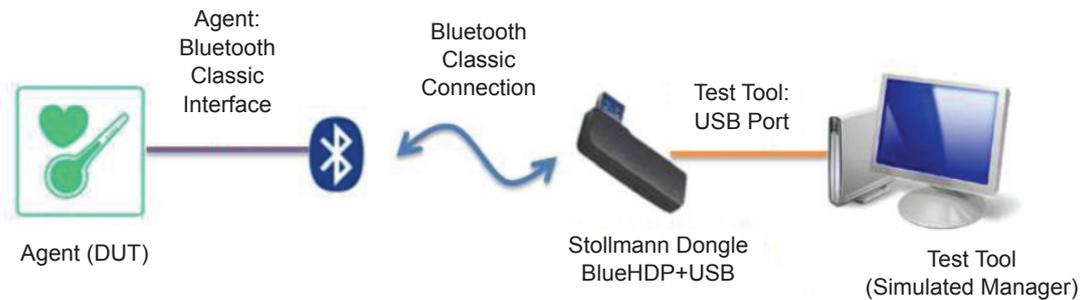


圖 8. Cardiovascular Fitness系統與Continua官方測試工具之測試架構圖。

示 Cardiovascular Fitness App 之 UI。Gateway (以 Android 為基礎之手機) 與 Cardiovascular Fitness Adapter 之測試架構圖如圖 6 所示。測試結果顯示，當 Cardiovascular Fitness Adapter 啟動系統後，Cardiovascular Fitness App 能夠找到 (Discovery) 此設備，且與之完成 IEEE 11073 Configuration Table 之訪問並建立 11073 連線，最後上傳運動量測資訊。圖 7(b) 顯示所有量測資訊完整顯示於 Cardiovascular Fitness App 之 UI 畫面。

2. Continua CESL Manager/Agent 與 Continua Fitness System 之測試

Cardiovascular Fitness 系統與 Continua CESL Manager 之測試架構圖如圖 8 所示。以 PC 為硬體平台，架設 Continua CESL Manager。Continua CESL Manager 為標準之 Continua 測試閘道器 (Gateway)，用以測試互通性 (Interoperability)，其可以支援 USB PHDC，Bluetooth HDP，ZigBee HC，以及 BTLE 等傳輸介面。Continua CESL Manager 採用 Stollmann BlueMod+P25/G2 HDP 開發公板作為藍芽 HDP之Transceiver/Receiver。

圖 8 顯示 Cardiovascular Fitness 系統與 Continua CESL Manager 之測試架構圖。測試結果顯示，當 Cardiovascular Fitness Adapter 啟動系統後 (當作 DUT)，Continua CESL Manager 能夠找到 (Discovery) 此設備，且與之完成 IEEE 11073 Configuration Table 之訪問並建立 11073 連線，最後上傳運動量測資訊。另外，以 Continua CESL Agent 與 Cardiovascular Fitness Manager (App) 做為測試標的時，Cardiovascular Fitness Manager 同樣能與 Continua CESL Agent 完成藍芽及 IEEE 11073 連線，並且上傳運動量測資訊。表 2 顯示詳細之測試結果。

3. Continua Test Management Lite 與 Continua Fitness System 之測試

同樣以 PC 作為硬體平台，架設 Continua Test Management Lite，並採用 Stollmann BlueMod+P25/G2 HDP 開發公板作為藍芽 HDP之Transceiver/Receiver。Continua Test Management Lite 為標準之 Continua Pretest 平台，用以測試 IEEE 11073

表 2. 測試結果一覽表。

| 項次 | Continua Cardiovascular Fitness Adapter | Continua Cardiovascular Fitness Manager App |
|-------------------------------|--|---|
| App | PASS | N/A |
| Adapter | N/A | PASS |
| Continua CESL Manager | PASS | PASS |
| Continua Test Management Lite | Optimal Exchange Protocol (OXF) : 65 (PASS) Device Class Spec.: 7 (PASS) Transport (TR): 16 (PASS) Total: 88 (PASS) | Optimal Exchange Protocol (OXF) : 131 (PASS) Device Class Spec.: 19 (PASS) Transport (TR): 15 (PASS) Total: 165 (PASS) |

表 3. 藍芽模組比較一覽表。

| 項次 | Bluegiga WT12-A | Stollmann BlueMod+P25/G2 HDP (26MHz, 14.7456 MHz and optional 32 kHz for deep sleep) |
|-------------------------|---|---|
| Bluetooth Specification | Bluetooth v2.0+EDR, v2.1+EDR | Bluetooth v2.0+EDR, v3.0+EDR |
| Range | 40m, Class 2 | 70m, Class 2 |
| Maximum Throughput | 2, 1 Mbps | 2 Mbps |
| Operating Voltage | 2.7V-3.6V | 3.3V |
| Memory | 48KB SRAM, 8Mbit Flash | 20KB SRAM, 128KB Flash |
| Chip | BlueCore-04 | Cortex-M3 ST32F103 core |
| Certification | Bluetooth, CE, FCC, and IC | Bluetooth 3.0+EDR, CE, FCC, IC, ARIB |
| Firmware Options | iWRAP 5.0.1, HCI, Custom | LTP based HDP/SPP Firmware |
| Profiles | SPP, DUN, HFP, HSP, HID, AVRCP, DI, PBAP, OPP, FTP, HDP | SPP, HID, HDP |

通訊及設備規格，且其除了可以支援 PAN (包括 USB, Bluetooth HDP, ZigBee, 以及 BTLE 等) 傳輸介面測試外，還提供 WAN 及 HRN 之測試。圖 8 顯示 Continua Test Management Lite 與 Cardiovascular Fitness 系統之測試架構示意圖。測試結果顯示，當 Cardiovascular Fitness Adapter 啟動系統後 (當作 DUT)，Continua Test Management Lite 能夠找到 (Discovery) 此設備，且與之完成 IEEE 11073 Configuration Table 之訪問並建立 11073 連線，且所有測試項目 (包含傳輸層規格、通訊規格及設備規格) 皆有正向之測試結果。反之，以 Continua Test Management Lite (模擬成 Agent 角色) 與 Cardiovascular Fitness Manager (App) 做為測試標的時，Cardiovascular Fitness Manager 同樣能與 Continua Test Management Lite 完成藍芽及 IEEE 11073 連線，並且通過所有測試項目。表 2 顯示以 Continua Test Management Lite 測試 Cardiovascular Fitness 系統之結果一覽表。

五、實作結果與討論

研究所提之 Continua Cardiovascular Fitness 系統，Bluetooth HDP 之解決方案，除了採用 Bluegiga WT12-A 模組之外，也使用 Stollmann BlueMod+P25/G2 HDP 模組，表 3 是此兩個藍芽模

組之比較一覽表。探討此兩個模組之使用情形與結果如下：

1. Bluegiga WT12-A 模組：此模組是以 Host-Client 方式作為其使用架構。Bluegiga WT12-A 模組作為 Client 端，透過 UART 等實體硬體介面由外部之 Host MCU 加以控制。Bluegiga WT12-A 模組提供控制命令供外部之 Host MCU 使用。控制模組的方式包括兩種方式：Command Mode 及 Data Mode。其中 Command Mode 為 Default 模式，藍芽連線雙方尚未建立連線前，在 Command Mode 設定各種連線參數或下達各種連線指令等。一旦藍線實體連線建立完成，則切換至 Data Mode，此時連線雙方傳送的資料將透過此模式下之各種命令協助遞送資訊。Bluegiga WT12-A 模組本身也實作出幾種 IEEE 11073 Agent 之功能 (包括 IEEE 11073-10407、IEEE 11073-10417、IEEE 11073-10415、IEEE 11073-10404、IEEE 11073-10408 等)，提供製造商快速開發產品使用。當考慮 (1) 產品規格需要客製化時，(2) 模組韌體內提供之 IEEE 11073 功能無法通過 Continua 官方認證時，(3) 有任何問題發生在模組韌體內時，(4) 欲製作之產品設備規格是韌體沒有提供者時，這些因素都將阻礙後續研究開發的時間。故本研究之系統開發架構，僅使用此模組之藍芽 HDP 功能，而 IEEE 11073 之所有功能全部在

Host MCU 實作完成。另外，Bluegiga 模組價格較 Stollmann 模組為低，且國內有代理商提供模組購買及技術支援服務。

2. Stollmann BlueMod+P25/G2 HDP 模組：此模組也是以 Host-Client 方式作為其使用架構。Stollmann BlueMod+P25/G2 HDP 模組作為 Client 端，透過 UART 等實體硬體介面由外部之 Host MCU 加以控制。控制模組的方式包括兩種方式：LTP 模式及 Configuration Mode。其中 LTP 為 Default 模式。Stollmann BlueMod+P25/G2 HDP 模組提供所謂的 Local Transfer Protocol (LTP) 協定供外部之 Host MCU 使用；而 Configuration Mode 則用以支援 AT 命令。透過 LTP Protocol，操作者不需要特別考慮 Command 及 Data 之命令切換問題，因為此些部分經過 LTP Protocol 包裝後，由模組內之韌體處理完成。BlueMod+P25/G2 HDP 模組同樣提供：連線雙方尚未建立連線前，各種連線參數之設定或下達各種連線指令等。一旦藍線實體連線建立完成，則透過各種命令協助遞送資訊。本研究之系統開發架構，也僅使用此模組之藍芽 HDP 功能，而 IEEE 11073 之所有功能全部在 Host MCU 實作完成。價格較 Bluegiga 模組為高，國內沒有代理商(購買模組等待的時間較久)，有任何問題需要透過原廠直接提供支援(透過電話或 E-mail 往返解決問題)。

另外，根據調查發現 Stollmann 推出一款新的模組專用於 Continua 藍芽產品之解決方案：BlueMod+P2x/G2/IEEE。此模組內以實作出部分 IEEE 11073 之設備規格功能，包括：IEEE 11073-10404、IEEE 11073-10407、IEEE 11073-10415、IEEE 11073-10417等。但同上述之討論結果 1-4 點，此模組是否能夠廣泛被使用，仍須經過市場之考驗。

此外，在研發測試的過程中，發現：無論使用 Bluegiga WT12-A 模組或是採用 Stollmann BlueMod+P25/G2 HDP 模組作為 Bluetooth HDP 之解決方案，其結果皆可通過 Continua 在 Wireless PAN 之所有測試與規範。

六、結論與未來方向

在此論文中，作者提出以藍芽 Health Device Profile 為基礎之 Continua Cardiovascular Fitness 系統。此 Cardiovascular Fitness 系統，以藍芽 HDP 作為介面，能夠與符合 Continua 標準閘道器相連接及上傳生理量測資訊。本架構基於 ISO/IEEE 11073 個人健康照護醫療器材之最佳交換通訊協定技術標準與 Continua Design Guidelines V4.0 規範，以及藍芽 Health Device Profile 標準，提供一個互通性之健康照護平台。經由這些標準之採用，此架構提供一個資訊標準化與通訊標準化之個人健身系統。此研究之成果可助益於家庭成員之健康管理，以及個人或醫療照護組織做好個人健康之管理。未來，本研究之後續工作將著眼於，將藍芽低功耗技術應用於運動器材，以及行動照護閘道器之開發，以及增加與後端應用伺服主機互相操作之功能。

誌謝

本研究為工研院生醫所生醫電子與影像技術組執行經濟部「生理訊號通訊軟體技術」成果之一，計畫代號為「E356EB8200」。計畫的研究過程，感謝古光輝同事及家人(太太與丸子三兄弟)於本計畫執行期間，所提供之一切支援。

參考文獻

1. L. Sornanathan and I. Khalil, *Fitness Monitoring System Based on Heart Rate and SpO2 Level*, 10th IEEE Intl. Conf. on Information Technology and Applications in Biomedicine (ITAB), 1 (2010).
2. N. Gupta and S. Jilla, *Fitness Monitoring System Based on Heart Rate and SpO2 Level*, Intl. Conf. on Informatics and Computational Intelligence (ICI), 118 (2011).
3. Y.-S. Noh, Y.-M. Han, U.-J. Yoon, I.-S. Hwang, J.-H. Jung, H.-R. Yoon, and I.-C. Jeong, *Development of sports health care system suitable to the fitness club environment*, IEEE EMBS Conf. on Biomedical Engineering & Sciences (IECBES), 93 (2010).
4. Continua Health Alliance, <http://www.continuaalliance.org>.
5. IEEE Std. 11073-20601, *Health Informatics-Personal Health Device Communication-Application Profile-Optimized Exchange Protocol*, (2008).

6. IEEE Std. 11073-10441, *Health Informatics-Personal Health Device Communication-Device specification-Cardiovascular fitness and activity monitor*, (2013).
7. Continua Health Alliance Std., *Continua Design Guidelines*, (2013).
8. Bluetooth SIG Std., *Bluetooth Specification Version 4.0*, (2010).
9. Bluetooth SIG Std., *Health Device Profile*, (2008).
10. Bluetooth SIG Std., *Health Device Profile - Implementation Guidance Whitepaper*, (2009).
11. Continua mCESL Library Download, <https://cw.continuaalliance.org/wg/members/home/new-member-resources>
12. Continua CESL Library Download, <https://cw.continuaalliance.org/wg/members/home/new-member-resources>
13. Continua Test Management Lite Download, <https://cw.continuaalliance.org/wg/members/home/new-member-resources>



李元發先生為台灣科技大學電子工程系碩士，現任工業技術研究院生醫與醫材研究所計畫主持人。

Yuan-Fa Lee received his master at National Taiwan University of Science and Technology. He is currently a project leader at Biomedical Technology and Device Research Laboratories at Industrial Technology Research Institute.