

# 基於物聯網架構之電器導向雲端能源管理平台

林偉益<sup>1</sup> 陳璋哲<sup>1</sup> 賴權峰<sup>2</sup> 黃悅民<sup>1</sup> 鄭鈺霖<sup>3</sup>

<sup>1</sup>國立成功大學 工程科學系

<sup>2</sup>國立中正大學 資訊工程系

<sup>3</sup>財團法人資訊工業策進會 雲端系統軟體研究所

cinfon@ieee.org

## 摘要

近年來由於物聯網議題逐漸受到重視，政府與研究單位已積極合作進行物聯網基礎架構之建置，同時隨著智慧聯網與雲端能源管理系統議題之興起，而透過電器識別之技術將可有效地協助使用者了解現正使用中的電器，進一步改善自我用電決策。然而針對一般雲端用戶之用電習慣，同時開啟與關閉多台電器的可能性是存在地，因此本研究探討於平行狀態進行多電器辨識，亦即提供多台電器同時開啟與關閉之電器辨識。本研究提出基於物聯網架構之電器導向雲端能源管理平台的設計，利用電器偵測得知電器使用狀況進而提供能源管理的能力進而提供異質裝置整合的服務，同時，本研究透過建立資料庫機制、電器特徵分群與波形辨識方法，解決當前電器辨識系統大資料量的問題。且相對於其他電器辨識系統，本研究採用低階嵌入式系統晶片提供低功耗的優勢，同時具備高度擴充性與易用性。在實驗過程有別於其他電器辨識系統之研究環境，考量到並行式多電器辨識與普遍使用者之用電習慣，本研究在實驗於一般日常用電習慣下，總系統辨識率可達 86.14%，而單一電器總辨識率可達 96.14%，顯示本研究具有高度可行性。

**關鍵詞：**物聯網，雲端能源管理平台，電器辨識。

## 1. 前言

近年來由於雲端運算(Cloud Computing)與智慧聯網(Internet of Things)技術的日漸茁壯，智慧雲端發展趨勢儼然進入另一個嶄新階段，各國產業界與專家學者開始著眼於智慧電網(Smart Grid)、雲端服務(Cloud Computing Service)與綠色建築(Green Building)等方向發展，而適逢能源危機與全球暖化的問題不斷被提出，能源議題亦成為各國迫切解決的國際性問題。

以智慧電網領域而言，主要可以區分為三階段探討：城鎮地區建置智慧型電錶基礎建設(Advanced Metering Infrastructure, AMI)，其中包括能源生產、管理與運輸之系統建設。配電站與雲端之間則提供自動化電錶讀取系統(Automatic Meter Reading, AMR)，取代人工抄錶造成的人為錯誤及成本。而在雲端方面則透過智慧電錶(Smart Meter)的技術，

將智慧雲端控制與能源議題整合，提供一般雲端用戶即時了解雲端能源使用情況與家電控制服務，也就是所謂的雲端能源管理系統(Home Energy Management System, HEMS)。其中 HEMS 主要提供雲端之能源管控，目前產業界已有相關研究團隊進行智慧電錶開發，然而這類電錶產品多半以能源管理與控制為主且單價較高，無法受到使用者青睞，造成雲端能源管理系統無法普及。

針對智慧雲端 IoT 服務的問題，在我們先前的研究 [6, 7] 中，所提出的電器識別技術可對家電裝置提供一項有效且無須額外裝置的識別方式。然而，這些技術不適合用於並行式多電器的辨識，也無法使用在輕量級的嵌入式系統上。因此本研究中，為了克服之前研究所遇到的問題，自行設計與實作了智慧電錶與其控制軟體。另外，也提出了一套電器導向的 IoTs 能源管理平台，該系統除了具有整合底層異質裝置的能力之外，透過智慧電錶能提供電器的使用資料，這些資料能進一步提供給能源管理或行為辨識模組使用。

此研究工作共有三項貢獻。第一，所提出的系統能單純利用電器偵測得知電器使用狀況進而提供能源管理的能力。該系統也符合 IoT 架構，透過服務導向的標準與設計，使得雲端使用者方便管理電器。第二，系統能提供異質裝置整合的服務。對於現今物聯網系統之實現，其最大的挑戰在於如何有效地整合各種不同協定之裝置，達到物與物溝通之服務，本系統將設計包含現今家用裝置如何加入物聯網路以及提供各種不同協定之溝通機制。第三，Smart meter 的設計與實作。在硬體方面，為了提供簡易安裝與低成本之特性，智慧電錶的設計以延長線為基礎；採用較低階的嵌入式系統為核心架構來提供低功耗，低成本的特性。採用低階嵌入式系統硬體後，系統必須面對運算量與空間相關的問題。此研究提出了輕量化的並行式多電器辨識演算法於中介軟體中實作，使得智慧電錶上的少量電器能同時有效地被辨識。另外，因為電器的辨識在智慧電錶中進行，所以電能感測的資料不需要一直送往能源管理平台分析，平台僅需要儲存辨識後的結果。完整的波形資料庫只會放置在平台伺服器中，smart meter 只會儲存最近使用到的電器波形。

## 2. 相關文獻

美國牛津大學的氣候變遷協會研究指出「當使用者有辦法取得家中用電資訊，可節省 5%~10% 能源」。在 T. Ueno et al. [8] 的研究中提出一能源消耗資訊系統(Energy Consumption Information System)，根據統計可省下 12% 能源消耗。J. E. Petersen et al. 的研究[9]指出當使用者可即時獲得監控系統之能源訊息，可節省 32% 的能源消耗。C. Fischer et al. [10] 的研究也再次驗證若使用者可以了解用電資訊，可省下約 12% 的能源消耗。由此可見，因不同地域環境與用電習慣下對於能源的損耗量略有不同，然而當使用者有效掌握用電資訊，將可有效降低能源的損耗。故適時地提供使用者用電資訊，可有效改善使用者的用電習慣，進而達到節約能源的效果，因此智慧電錶的議題也就成為能源研究趨勢之一。除了能源管理議題，由於目前感測器的發展越趨進步，無論是在居家照護[18,19]、無線感知網路的相關應用[20]以及感測器網路的安全性[21]等均有許多探討。

智慧電錶(Smart Meter)是智慧電網的最後一層，藉由電錶的自動化可提供使用者更詳盡的用電資訊，直接影響到使用者的用電狀況，並且提供自動抄錶的服務。現今智慧電錶的研究可分為兩大方向，第一電力線設計，現今一般雲端用戶所使用的無熔絲開關總錶可承受 50A 之電流源，此類設計由於針對的是大功率的總線，故需要高階儀錶進行測試。第二種是延長線設計[11,15,16,17]，延長線設計又稱智慧插座(Smart Socket)，此類電錶有單個或多個插座並包含電壓以及電流的感測器，有的亦具有網路傳輸模組可將量測資料透過有線或無線網路傳遞，而有的則具有控制功能，可藉由繼電器來控制插座上的電器。但如果要精確地達成電器控制，那麼藉由智慧電錶來實現電器辨識將是必須的。智慧電錶有三項主要設計目的。第一，提供延長線的家電控制服務，包括繼電器(Relay)控制、紅外線遠端控制。第二，降低電流感測範圍，提供更完善且安全的能源資訊系統。第三，與環境無縫整合，電力線電錶設計由於裝設不易，因此擴充性較差，反之，延長線設計提供智慧雲端更大的擴充彈性。而這類智慧電錶通常會內建一組 LCD 顯示幕，提供使用者較簡略之用電資訊與相關建議內容。

針對智慧插座設計，Hyun Sang Cho et al.[11]提出了智慧型多電源插座(Smart Multi-Power Tap, SMPT)來取得智慧插座之位置資訊，以備往後情境感知系統可以使用。在 Seunghyun Park et al.[12]的研究針對智慧電錶因其資料量大，進行資料簡化並進行預測以減少資料傳遞之負擔，並驗證其準確率。Smart Energy-saving Power Module (SEPM) 於 YE Yingcong et al.[13]的研究工作中發表，該模組設計由一低成本邏輯電路實作並配合微處理器來讀取電能資訊，針對量測到之電能資訊進行相關分析。同時也設計了 Self-Locking loop，當電器進入待機狀態或使用者設定之門檻值時，系統會自動關閉微

處理器與電器的運作，藉此降低待機時間所消耗之電能。

另外一類智慧插座提供有線/無線輸出設備將資訊輸出至網頁伺服器、智慧型手機端或電腦系統中。Naoyuki Morimoto et al.提出智慧插座的研究[14]，其中插座內提供電器控制與能源感測器，收集到的資訊將會透過 Wi-Fi 或乙太網路回傳至 Server 端處理，藉此讓使用者可以遠端查看家中能源管理系統資訊。

本研究所提出的非侵入式智慧電錶除了感測電能資訊之外也進行資料分析以取得插座上的電器的資訊。透過無線傳輸模組，少量的資訊會送往能源管理平台儲存，這能避免大量 raw data 的傳送，降低傳輸層的壓力。這智慧電錶不僅能整合進 iot 架構的系統也提供低成本與易安裝的特性。

## 3. 系統架構

為了有效整合 IoT 與 HEMS，在本研究中，我們提出了一項以 OSGi 為中介軟體的 Appliance-oriented HEM Platform (AOHEMP) 設計。系統架構如圖 1 所示。系統採用 Service-Oriented Architecture (SOA)模型標準，User Client 非常容易存取系統資訊。系統的底層能連結各種協定的末端裝置；在本研究中，將以 ZigBee、Bluetooth 和 TCP/IP 的溝通協定的裝置為主。

依據功能與架構，系統能視為由三層結構所組成。第一層結構是 Heterogeneous Network Packet Model。現今許多裝置的網路傳輸界面都各自不同，其中有些裝置同時擁有多種界面。異質網路裝置是指一群擁有不同傳輸界面的裝置。這些裝置透過此模型將可有效轉換其傳輸封包及格式，以方便向上遞送至中介軟體模組，進行註冊及協定溝通。Appliance-oriented Middleware (AOM) 是第二層結構，包含中介軟體模組、隨插即用系統的處理 Bundle、異質網路協定轉換 Bundle, Smart Meter Module, Service Bundle。這些元件是系統的核心軟體，能使上下層結構正常協同運作。最後一層結構是應用與服務中介軟體模組。它能提供一個軟體開發框架和雲端電器應用服務。

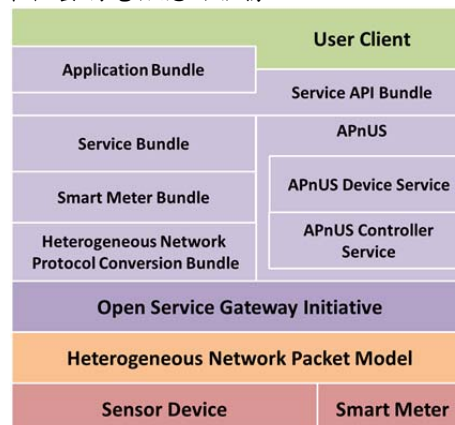


圖 1 系統元件架構

### 3.1 Heterogeneous Network Packet Model

Heterogeneous Network Packet Model 的功能對末端裝置與 AOM 兩者在相容性整合方面有非常大的效用。根據 iot 架構，圖 1 中的 sensor device & smart meter 屬於感知層。感知層上的物件其資料匯整與控制由 AOM 指揮或協調。感知層與 AOM 之間的資料傳輸由此模型定義封包規範。傳輸層中的同質網路裝置能自行互相交換資料，而異質網路裝置則需要透過 AOM 的交涉來連結。因此，在各種不同異質網路的通訊前，必須根據模型封包規範來轉換封包格式。模型目前定義三種封包格式：初始化封包(Init Packet)，命令接收封包(Command Packet)，狀態回傳封包(Respond Packet)。

圖 2 為其封包格式，初始化時會傳送五個最基本內容，分別為 State、Protocol、Addr、Device name、Service 以及 Description。State 為此封包的用途，Protocol 是為無線通訊模組溝通協定，Addr 是無線通訊模組上述位置，若以 Zigbee，其夾帶就會是 PanID、Address、Channel 之類。Device name 則是此末端裝置名稱。Service 則是敘述此末端裝置是屬於何種服務，Description 為比較常一串描述裝置的資訊。除了上述基本內容，其後面還會有 Number of Action 和 Action，來敘述此末端裝置可以有的服務控制。Action 封包裡面有控制名稱(name)、控制描述(Description)、控制資料流向(Dir)、控制參數與參數數量(Arg)、控制狀態數值(Val)。初始化封包是此三個最長的，這是因為跟 OSGI Framework 註冊時須告知其裝置詳細資訊，因此在命令接收封包則會減少，基本只保留 State、Addr 跟 Device name，後面一樣為 Number of Action 和 Action，Action 減少為 name、Dir、Arg。在狀態回傳封包基本跟命令接收封包一樣，後面的 Action 不一樣，改為 name、Dir、Val。

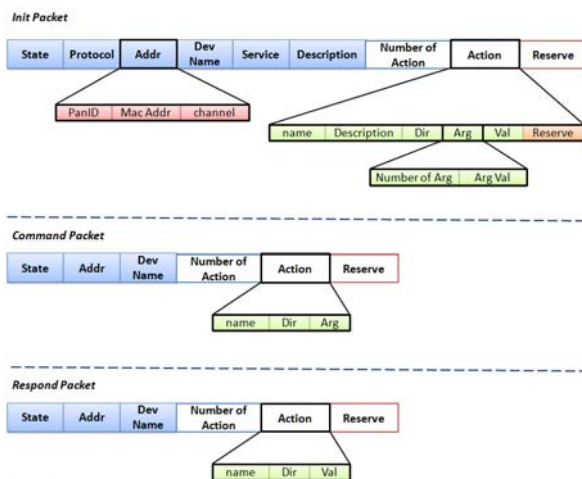


圖 2 傳輸封包格式

### 3.2 Appliance-oriented HEM Platform

在 iot 三層架構中，AOM 屬於應用層與傳輸層的 middleware，所以 AOM 在整個 AOHEMP 中扮演著核心的角色。由於目前 iot 裝置使用的網路協定

眾多，缺乏共同依循的標準，會造成不同網路協定互通性的問題。對於要讓物與物之間能夠互相溝通，這種不相容的情形不僅會造成相當多困擾。因此，讓這些網路協定與控制方法能夠協同運作，必須要設計 Middleware 來處理此項事務。除了建構中介軟體之外，還需考慮提到 AOHEMP 的特性，例如可彈性客製化加入中介軟體、末端裝置的服務告知等。因此在 AOHEMP 與末端裝置間會有裝置的註冊，事件處理，命令控制等相關功能。

#### 3.2.1 Heterogeneous Network Protocol Conversion Bundle

異質網路協定轉換 bundle 負責配接傳輸層中的網路界面，提供非 TCP/IP 通訊協定的異質網路溝通。AOM 採用 UPnP 技術來連接感知層，其他的傳輸協定使用虛擬 APnUS 裝置支援。異質網路裝置由 AOM 中的虛擬裝置配接傳輸界面並遞送資料。此 bundle 需與異質網路末端裝置整合，根據末端裝置與 AOHEMP 的溝通制定其相關的溝通協定。由於一般末端裝置使用的網路協定可以分為長距離有線通訊、長距離無線通訊、短距離有線通訊、短距離無線通訊，由於為數眾多，為了長途發展，在異質網路協定轉換 bundle 會規劃保留其擴充性，以便未來可以相容更多的網路通訊協定。異質網路協定轉換 bundle 將以 OSGI Framework 為基底，開發異質網路協定轉換 bundle，其特性有底下幾點：

1. AOHEMP 支援接收傳輸網路通訊協定的驅動程式。
2. 需持續監聽 iot 末端裝置狀態，提供註冊服務功能。
3. 可讓與 AOHEMP 相連的末端裝置變成虛擬的 APnUS 裝置。
4. 匯集末端裝置的資訊與功能，提供生成 APnUS 控制點需要的 description.xml 檔案。
5. 對於 UPnP 控制點的控制命令轉換成與 iot 末端裝置可溝通的封包欄位。

圖 3 是整個異質網路協定轉換 bundle 的基本架構，為了保留擴充性，在 bundle 中設計了幾個功能。核心為 Device Management Service，提供兩大應用程式介面功能，一是對 iot 末端裝置提供 Device Plug-In API，其二是對 APnUS AV bundle 提供描述功能與控制方式服務的 Virtual APnUS Device API。Device Management Service 主要是針對物聯網末端裝置提供註冊功能，當末端裝置對異質網路協定轉換 bundle 註冊時，服務包會把末端裝置所提供的資訊紀錄於其表單上，並且對末端裝置有監聽(Listen)功能，來監看目前末端裝置的狀態，除此之外還會對 Device Plug-In Bundle 做出呼叫控制功能。

Device Plug-In Bundle 是額外的 bundle，主要是給之後要擴充的末端裝置不同的網路協定來使用，本研究會為之設計其功能介面以及 Device Plug-In API 開發介紹，讓之後開發者可以對自己的末端裝置開發其符合本計畫架構的 bundle 並與 AOHEMP 相容，所開發完的 Device Plug-In Bundle 可以透過系統的網路管理模組來進行載入。

Virtual UPnP Device API 的用途就如同前文所敘述，非 TCP/IP 的裝置將透過 Device Management Service 進行註冊後模擬成 APnUS 裝置，在這裡會將 APnUS 中的定址(Addressing)和探索(Discovery)重新設計，取代掉 TCP/IP 的傳輸方式，匯集末端裝置描述檔，並儲存成 description.xml 檔案，釋出 Virtual APnUS Device API 提供 APnUS AV bundle 呼叫。

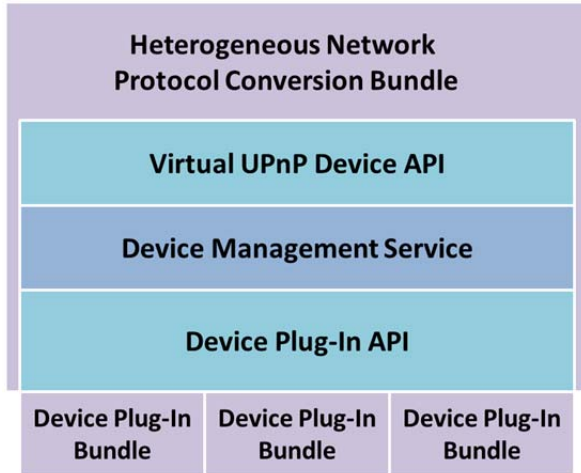


圖 3 異質網路協定轉換 bundle

### 3.2.2 Smart Meter Bundle

此 bundle 除了處理 smart meter 要求的相關事務之外，還要負責波形特徵分群與波形資料庫管理。smart meter 要求的事務有波形特徵學習與搜尋波形資料。當 smart meter 在學習流程時，會擷取出當下的電器波形與特徵資料，這兩種資料會送給 Smart Meter Bundle 進行波形特徵學習。Smart Meter Bundle 會把收到的波形資料合併已儲存的其他波形，並判斷是否需要重新建立特徵索引。如果要重建特徵索引，就會接著進行波形特徵分群，並儲存新的索引值到資料庫。在辨識流程時，smart meter 會要求 database proxy 回傳波形比對目標。如果 proxy 找不到目標，就會要求 Smart Meter Bundle 去搜尋波形資料庫。

### 3.3 Application and Service Middleware Module

該模組在系統設計中是最高階層的結構，包括 Service Bundle, Service API Bundle, Application Bundle。其功能是提供電器應用服務與軟體開發框架給使用者。Application Bundle 主要負責裝置應用服務，包含裝置的管理與節能建議。Service Bundle 匯集所有的服務，像是系統原生服務和雲端裝置服務。Service API Bundle 提供類似軟體開發框架的功能。透過 API，使用者能存取 AOHEMP 中的資源或是與 Bundle 互動。

由於在設計服務導向中介軟體平台時考慮到 SOA，SOA 主要目的是降低異質系統整合成本的分散架構，其包含了五種特性：

1. 具有模組性架構。
2. 模組可以達到跨平台使用。
3. 定義服務介面以及模組溝通。

4. 服務介面(Interface)與服務實現(Implement)須分離。
5. 服務可被不同系統呼叫應用，具有分享性。

SOA 最普遍的架構即是 Web Service 的架構。在 Web Service 規格中，UDDI (Universal Description, Discovery, and Integration)是核心標準之一。它是一個基於 XML 的跨平台的描述規範，可以使世界範圍內的企業在網際網路上發布自己所提供的服務，也使企業在網際網路上可以互相發現並且定義業務之間的交互。互動流程 Service Provider 使用 Web Services Description Language (WSDL) 發佈服務到 Discovery Agencies，Discovery Agencies 用 UDDI 規範提供服務描述，讓 Service Requestor 可以找到，之後 Service Requestor 和 Service Provider 會建立起互動關係，並透過 SOAP 去完成服務交易。

軟體開發框架根據 SOA 標準模型來定義設計，它可以開發系統未來可擴充的特性。為了達到 SOA 的特性，系統由 Service API Bundle 來曝露相關的功能，讓使用者透過 web Service 做終端開發，其架構如同圖 4。本系統的軟體開發框架 API 規格有 AOHEMP 資訊設定 API, AOHEMP 隨插即用 API, 裝置服務描述 API, 裝置服務控制 API 這四類。

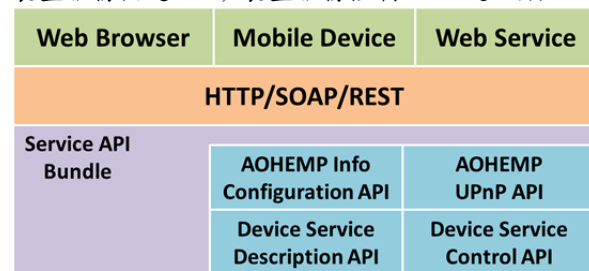


圖 4 Service API Bundle

AOHEMP 資訊設定 API 主要是針對 AOHEMP 本身機器的設定或是取得其本身資訊。AOHEMP 隨插即用 API 則是針對在中介軟體中的隨插即用的功能，而裝置服務描述 API 與裝置服務控制 API 為在 AOHEMP 上註冊的裝置描述與控制方法。此 API 在未來乃會針對需求做擴充。

在資料交換標準方面，通常會以 SOAP 或者是 REST 為主。但考慮末端裝置的即時性與 footprint 的大小較高，一般通常使用 REST，REST 是使用 HTTP、URI 在加上請求方式，像是 GET、PUT、POST、DELETE。

## 4. 智能電錶

本研究設計的 smart meter 主要由電能感測模組，Microcontroller Unit (MCU), transmitter 組成，其架構設計如圖 5，依功能可區分為三種的層狀結構。Smart meter 最大的能力只在電器辨識，如果有更高階的功能，如智慧雲端與智慧電網的應用，會在 AOHEMP 中設計，由 service Bundle 提供。

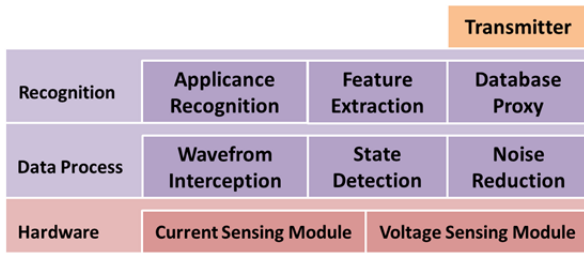


圖 5 異質網路協定轉換 bundle

硬體層為 smart meter 的硬體設計層面，主要負責電能訊號之處理，包含完整電能訊號感測，訊號擷取、資料調整等方法，提供資料處理層初步之原始電壓與電流訊號。資料處理層與辨識層兩者皆在 Microcontroller Unit (MCU) 內部進行運算。資料處理層是進階處理硬體感測資料的部分，包括內部電流波形擷取方法、雜訊抑制與狀態偵測三大部分。主要負責提供電器辨識演算法所需要之電器特徵的前處理，藉由此階段的資料處理可大幅降低硬體層所造成之雜訊，同時增加系統之辨識率與準確度。辨識層為本論文之核心方法，包括波形辨識演算法、資料庫代理與特徵擷取。其主要負責從資料處理層遞交的電器波形中擷取出電器特徵，這些特徵能視為波形資料的索引透過資料庫代理來取得要比對的波形類型。資料庫代理是波形資料庫的快取，這是為了提供核心波形辨識演算法有較佳的辨識對象，也藉此降低辨識運算之時間複雜度。

4.1 Smart Meter Working Process

Smart Meter 的運作有兩種工作流程，學習流程與電器辨識流程。這兩種流程有部份步驟是相同的，即電能訊號感測，波形資料處理，特徵擷取。完成整套的學習流程需要 Smart Meter 與 smart meter bundle 一起參與；smart 只參與前部份，而其餘部份會在 AOHEMP 上完成。在學習流程中，smart meter 從感測電能訊號一直到擷取波形特徵的運算，都是它的工作。接著會把完整電器波形與波形特徵透過 transmitter 送往 AOHEMP 進行後續的學習流程，smart meter bundle 會把學習的結果存放在 AOHEMP 中的資料庫。電器辨識流程就如 smart meter 三層結構，在 hardware layer 感測電能訊號，在 data process layer 進行電器波形處理與校正，最後在 recognition layer 處理電器特徵和辨識電器種類。

電器辨識流程基本上所有步驟都在 smart meter 中完成，除非在 database proxy 中沒有可比對的波形資料時，才會去跟 AOHEMP 要求比對目標 (target)。database proxy 儲存著最近比對過的波形資料與其特徵索引；而完整的波形資料庫只放置在 AOHEMP 中的資料庫。圖 6 描述了辨識流程的詳細步驟。當電器插進 smart meter 後，meter 將擷取到的電壓值作為觸發取出電流瞬間值集合，並將其儲存至滑動視窗的視窗區間中。接著透過滑動視窗進行狀態偵測與雜訊抑制的過程，得到取樣的電流波形與波形特徵。根據波形特徵值在 database proxy

中找出要比對的目標。最後，smart meter 利用 Dynamic Time Warping algorithm 完成電器辨識。

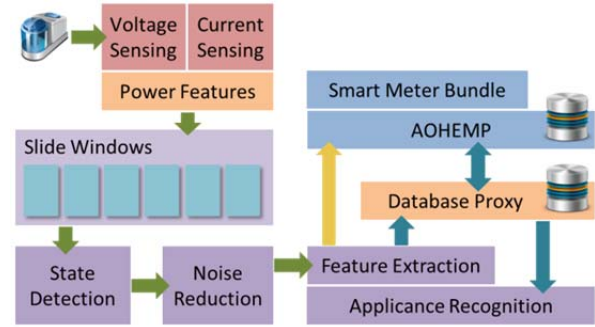


圖 6 電器辨識流程

5. 實驗結果

5.1 實驗環境

本研究採用下列五種電器作為分析資料組，如表 5.1 所示，分別為循環扇、筆記型電腦、LCD 螢幕、檯燈與熱熔槍。

表 5.1 實驗用電器列表

Type	Status			
Recirculation Fan	Close	Weak	Medium	Strong
Notebook	Close	Power saving	High performance	N/A
LCD Monitor	Close	Open	N/A	N/A
Bulb	Close	Open	N/A	N/A

5.2 平行式多電器辨識

為了測試本研究提出之電器辨識系統於平行式多電器環境之準確度，此章節將針對所有電器狀態之組合進行分析。而為了模擬電器在同一時間開關之情況，本研究透過市面販售之多孔延長線進行輔助，透過多孔延長線所附之開關可以同時開啟多台電器。其中本研究使用之數據驗證部分是採用資料探測之正確性評估法。

精確率 (precision) 代表在“所有被判定為 a 電器類別之集合中，取出真正為 a 電器的資訊”，精確率越高表示誤判率越低，如式 5.1 所示。

$$p = TP / (TP + FP) \dots \dots \dots (式 5.1)$$

回復率 (recall) 則代表“實際為 a 電器的取樣中，同時也被判斷為 a 電器之比率”，定義如式 5.2 所示，在此本研究採用回復率為樣本空間中辨識率 (Recognition Rate) 的依據。

$$r = TP / (TP + FN) \dots \dots \dots (式 5.2)$$

平行式多電器辨識測試中，本研究將透過隨機抽取不同電器組合的方式，並且透過本研究採用之電器辨識演算法進行電器的判斷。

此階段由四種電器中隨機抽取兩部進行辨識，本研究於此進行 174 次電器辨識過程，結果分析如下表 5.3 所示，其中評估法採用二元分類方式，也就是當兩部電器完全被辨識到時就是 TP，反之就是 FN。

表 5.2 兩電器組合辨識結果

No.	Combination	TP	FN	FP	TN	Recognition Rate (%)
1	Fan (Strong) Monitor	13	2	1	158	86.67
2	Fan (Medium) Monitor	18	3	2	151	85.71
3	Fan (Weak) Monitor	15	0	3	156	100.00
4	Bulb Monitor	14	1	0	159	93.33
5	Monitor NB(Power saving)	12	3	0	159	80.00
6	Fan (Strong) Bulb	12	3	2	157	80.00
7	Fan (Medium) Bulb	13	2	4	155	86.67
8	Fan (Weak) Bulb	15	1	0	158	93.75
9	Bulb NB (High performance)	10	5	0	159	66.66
10	Fan (Strong) NB (High performance)	12	3	0	159	80.00
11	Fan (Weak) NB (Power saving)	16	1	0	157	94.12
Total						86.21

從表中可以看出筆記型電腦與循環扇中的狀況較差。經過分析後發現，循環扇中等狀態的電流波形與波幅與循環扇弱狀態相差十分微小，推斷其為造成循環扇誤判的主要原因。

此外，由於此階段採用之電器辨識是同時針對兩部電器進行辨識，然而整體辨識率為 86.21%，為了分析影響整體系統辨識率之原因，其個別之辨識率也是本論文所感興趣的結果。

## 6. 結論

本論文提出基於物聯網架構之電器導向雲端能源管理平台，透過 SOP 協定可以快速且方便地將訊息在物與物之間進行傳遞，電器辨識方面，由於等量分割分群演算法可能因為特徵密度不均衡導致 Skewed cluster tree，就算使用一般的分群演算法也無法避開這個問題，此研究未來待解決的議題。

## 致謝

“本研究依經濟部補助財團法人資訊工業策進會「102 年度雲端運算系統及軟體技術研發計畫(2/3)」辦理“以及國科會編號”102-2219-E-194-002”，“101-2628-E-194-003-MY3”計畫

## 參考文獻

- [1] Appliance-aware Activity Recognition Mechanism for IoT Energy Management System
- [2] An Intercommunication Home Energy Management System with Appliance Recognition in Home Network

- [3] Multi-appliance Recognition System with Hybrid SVM&GMM Classifier in Ubiquitous Smart Home
- [4] Home Energy Management System for Interconnecting and Sensing of Electric Appliances
- [5] An Intercommunication Home Energy Management System with Appliance Recognition in Home Network
- [6] Multi-appliance recognition system with hybrid SVM/GMM classifier in ubiquitous smart home
- [7] T. Ueno, R. Inada, O. Saeki, and K. Tsuji, “Effectiveness of Displaying Energy Consumption Data in Residential Houses: Analysis on how the residents respond,” In Proceedings of European Council for an Energy-Efficient Economy Summer Study, pp. 1289-1299, 2005.
- [8] J. E. Petersen, S. Vladislav, K. Janda, G. Platt and K. Weinberger, “Dormitory residents reduce electricity consumption when exposed to real-time visual feedback and incentives,” Sustainability in Higher Education, Vol. 8, No. 1, pp. 16-33, 2007.
- [9] C. Fischer, “Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy?,” Energy Efficiency, Vol. 1, No. 1, pp. 79-104, 2008.
- [10] H. S. Cho, M. Hahn, T. Kato and T. Yamazaki, “Simple and robust method for detecting the electrical appliances using markers and programmable logic devices,” In Proceedings of the IEEE 13th International Symposium on Consumer Electronic, pp. 334-338, 2009.
- [11] S. Park, H. Kim, H. Moon, J. Heo, and S.Yoon, “Concurrent Simulation Platform for Energy-Aware Smart Metering Systems,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 56, No. 3, pp. 1918-1926, 2010.
- [12] Y. Yingcong, L. Binqiao, G. Jing and S. Yehui, “A Design of Smart Energy-saving Power Module,” In Proceedings of the IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, pp. 898-902, 2010.
- [13] N. Morimoto, M. Tanaka, T. Akehi, M. Yoshida, H. Yoshimizu, M. Takiyamada and Y. Kamimura, “The Design and Implementation of a Smart Tap for Policy-based Power Management,” In Proceedings of the IEEE Consumer Communications and Networking Conference, pp. 280-284, 2012.
- [14] H.Serra, J.Correia, A.J. Gano, A.M. de Campos, and I.Teixeira, “Domestic Power Consumption Measurement and Automatic Home Appliance Detection”, Proceedings of the IEEE International Workshop on Intelligent Signal Processing, pp.128-132, September 2005.
- [15] M. Ito, R. Uda, S. Ichimura, K. Tago, T. Hoshi, and Yutaka Matsushita, “A Method of Appliance Detection Based on Features of Power Waveform”, Proceedings of the International Symposium on Applications and the Internet, pp. 291-294, August 2004.
- [16] J. Heo, C.S. Hong, S.B. Kang, and S.S. Jeon, “Design and Implementation of Control Mechanism for Standby Power Reduction”, IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 54, No. 1, pp. 179-185, February 2008.
- [17] 18. Y. M. Huang, M. Y. Hsieh, H. C. Chao, S. H. Hung, and J. H. Park, “Pervasive, secure access to a hierarchical sensor-based healthcare monitoring architecture in wireless heterogeneous networks”, IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 27, NO. 4, MAY 2009.
- [18] C. F. Lai, Y. M. Huang, J. H. Park, and H. C. Chao, “Adaptive Body Posture Analysis for Elderly-Falling Detection with Multisensors”, IEEE Journal on Intelligent System, Vol.25, No.2, pp.20-30, March 2010.
- [19] H. C. Huang, Y. M. Huang, and J. W. Ding, “An implementation of battery-aware wireless sensor network using ZigBee for multimedia service”, Proceedings of the IEEE International Conference on Consumer and Electronics, pp. 369-370, February 2006.