

國立暨南國際大學資訊工程學系

碩士論文

基於 6LoWPAN 上的無線感測網路之網路管理系統研究

An Enhanced Network Management System for

6LoWPAN-based Wireless Sensor Network

指導教授：吳坤熹博士

研究生：王雅玲

中華民國一〇一年七月二十三日

國立暨南國際大學資訊工程學系

碩士論文

基於 6LoWPAN 上的無線感測網路之網路管理系統研究

An Enhanced Network Management System for

6LoWPAN-based Wireless Sensor Network

指導教授：吳坤熹博士

研究生：王雅玲

中華民國一〇一年七月二十三日

學位考試委員會審定書

國立暨南國際大學碩（博）士論文考試審定書

_____ 資訊工程 _____ 學系
研究生 _____ 王雅玲 _____ 所提之論文

基於 6LoWPAN 上的無線感測網路之網路管理系統研究
An Enhanced Network Management System for 6LoWPAN-based Wireless
Sensor Network

經本委員會審查，符合碩士學位論文標準。

學位考試委員會

謝守全

_____ 委員兼召集人

楊吟璇

_____ 委員

吳坤熹

_____ 委員

中華民國 一〇一 年 七 月 二十三 日

致謝

終於到了論文即將完稿，可以寫致謝詞的時候了。時光匆匆，回首我的碩士班生活，包含大學部也是在同一間學校，五年一貫的身分讓我覺得這一切的過程相當匆促但充實。這篇論文，單靠自己的能力尚不足以在這麼短的期間內完成，背後需要許多師長、同學、朋友及家人的協助與鼓勵，點點滴滴的力量才能付梓成冊。

首先要誠摯的感謝我的大學專題以及研究所指導教授，吳坤熹 老師。感謝老師不遺餘力的指點，不論是在論文题目的啟發、研究設計或實作方法的分析上，都給予相當寶貴的建議與方向。在論文的寫作上更不厭其煩地指點寫作上需注意的事項，使得本論文能夠漸趨完整。在老師的指導下，我從這間實驗室不只學到了如何發現問題、解決問題，還有很多研究以外的知識，譬如時間管理、待人處事的人情義理。老師如同嚴師慈父般，在大學專題時鼓勵我把成果投稿到國外的會議發表。越南河內的第一次出國，多虧老師的照顧，讓我能見識到亞太地區的學術網路專家與迥異不同的風土民情。轉眼間碩一時也在老師教導之下獲得遠赴韓國參加 IEEE 國際會議報告、並至大會滑雪場體驗的機會。擔任老師的課程助教時，更獲得傑出教學助理的殊榮。從沒想過自己有能力可以達到這些優異的表現，這都是當初我進入大學時始料未及的。所有的一切都必須歸功於老師無私的傾囊相授。永遠不忘老師對我們的耳提面命：做研究的態度「嚴謹、勤奮、求實、創新」，訓練的重點「實作、研究、表達」，實驗室的要求「Acknowledge、Backup、Constant progress、Documentation、English」。還記得去年教師節時老師對我說過的話：「身為老師最高興的，是看到指導的學生有了很好的成就。」而身為學生的我，最幸運的就是能跟隨老師的指引，造就了現在的我。

實驗室 409 這個大家庭，擁有許多不吝於分享、願意彼此幫助的好戰友們！書丞

學長總是會拿著有趣新奇的東西，雀躍的向我介紹；即使我聽得一知半解，也會受學長的熱忱鼓舞，認真的琢磨了一下，而因此學到了不少新的知識。實驗室最早出現最晚離開的揮雄學長，不論是研究或是人生處事，都給了我很多指引與幫忙。學長們的專業技術與滔滔不絕的指導總讓我受益匪淺，銘感五內。謝謝佳紋學姊的照顧，您的認真與堅持是我想效法的榜樣；多虧了鈺萍學姊提供的腳踏車，讓我研究所這一年在校園內往返能更加順利。以及我最親愛的夥伴伯岡，大一時你無私地額外幫我惡補C++，帶領我度過那段第一次面對寫程式時的無所適從。從大二同一個專題老師開始，我們互相扶持、彼此攜手相助，分不清有幾次的合作報告經驗、有幾次的共同修課難關。直至研究所同一間實驗室、同門課程助教，中間經歷了摩擦、口角、溝通、釋懷，難以相信待在暨大這五年都有你的相伴。唯二的出國經驗都有你一同參與的身影，面對你我總覺得自己很渺小，還有很多該學、要認識的東西；但也因為你我對自己多了點自信。感謝你在我徬徨疑惑時總是如此肯定我的能力、提供這麼宏觀的視野，因為與你的深交讓我見識這世界的另一面。還有勤奮的便當小天使意姍、草帽海賊團副船長大威、博學多聞的惟綸學長、很有緣在大二社團幹部訓練營就認識的遠博，感謝大家在實驗室多方的照顧，讓艱辛的研究所學習過程能變得較為有趣；因為有大家的笑聲，才能讓這一路充滿歡笑。

除了實驗室，在暨南國際大學計算機中心網路組工讀的三年之中，每位同仁對我也都非常的照顧，雖然我只是個小小的工讀生，但他們卻不因為我的才疏學淺而不耐煩；相反的，他們總是盡全力依據各人不同的專長指導我。對我而言，在網路組打工的這三年，就猶如多了五位名師不遺餘力的傾囊相授。感謝負責校內網路骨幹管理與無線網路維護的瑛杰，剛到網路組這個陌生的環境，您是所有工讀生主要接洽的窗口。帶領我們這些工讀生，您就像個孩子王；既能有條不紊的分配工作、解釋架構圖、如何開始撰寫程式的流程，也能嘻嘻哈哈的與我們玩成一片、隨時關心我們是否工作壓力會過重。在管理代理伺服器上、路由器的設定與管理上、建置校內無線網路認證

機制網頁的修改上，從您身上我學到了培養多方領域專長的重要。感謝負責不斷電系統維運、宿舍網路管理的文龍，您多次帶領我至宿舍網路維修、巡查，讓當時大三的我第一次能看到交換器、路由器，了解更細節的線路規劃。總記得您詳細地解釋環境架構，不厭其煩的回答我問題的神情。即便在周末，您一得知學校網路有狀況就馬上趕回學校的敬業，讓我對於自己的工作更不敢馬虎。從您身上，我學會對事情皆需保持著認真、負責的態度。感謝負責伺服器管理、校園 SNG 錄影、光纖線路維護的世偉，還記得網路組開會完，老師在詢問我在網路組的進度時，您還不放心我的進度，特地跑過來告訴我有什麼資料可以放上去網頁。第一次面對光纖單模、雙模不同的線，是您耐心的指導我該如何分類、解釋不同線的差異。隨著您參與畢業典禮的校園 SNG 轉播時，也是我第一次有機會能瞭解 SNG 的相關原理。在討論 DHCP 網頁修改反覆的過程中，您對我如何撰寫 HOWTO 文件的肯定，也讓我明白可以努力的方向為何。您對於專業的進修也讓我學習到，不論身處哪個職位，都必須充實自己的重要。感謝負責交換機電話、網路電話維護的家祿，購買了一大箱的葡萄汁，您還千叮嚀萬囑咐的要我記得稀釋過後再喝以免太甜；炎炎夏日的一杯西瓜汁，您也不忘提醒我要趕快認真準備研究。雖然我很喜歡打羽球，但來到大學後總是沒有機會能讓我再次好好玩玩。那次您的白色車子載我到埔里鎮上的維農羽球場，讓我再次重拾對羽球的熱愛，您抱著一大堆羽球堆到我腳邊，指導我好好練習發球的那畫面讓我永難忘懷。您八面玲瓏的人際處理關係與豐富人生經驗，隨時提供給我珍貴的指引。感謝負責南投區網計畫、主辦活動的育瑄，您是我 23 年來，第一個參加婚禮，也看到小貝比出生的大姐姐。看到可愛的小兔寶貝比，對您快樂的幸福感到真摯的高興！您在辦活動時的每項流程都能隨時掌握的能力，讓我深感佩服。從您身上我學到了在辦活動時，所有應該注意的「眉眉角角」。在你們的訓練之下，現在辦活動時，我也有能力擔任獨當一面的工讀生總召了呢！

更要感謝口試委員：賴守全老師與楊峻權老師，你們的建議讓這篇論文有著更完

善的架構。還有計中的順德組長、奇芳、美鈴；圖書館的戴姐、明珊、蓉荷、素綾；已畢業的瑋勵學長、冠達學長、霓雅學姊、麗雯學姊、玉蘋學姊、文仁學長；大學部的導師阮姐；實驗室的學弟妹們：湘婷、正華；總是在我心情沉悶時逗我開心的嘉澤。感謝你們對我無私的愛護與包容，沒有你們的鼓勵，這一路研究無法如此順利。

最後感謝摯愛的父母親與姐妹的支持，才能讓我無憂的完成學業。尤其是電話中聽到媽媽為我打氣的加油聲、爸爸無時的叮嚀、姐姐殷切照顧大家的健康、妹妹不顧汗流浹背為我尋找東西的身影，這一切總讓我感動的流淚。你們不間斷的鼓勵，是我完成這份研究最大的動力！

謝謝這群一直愛護我、指導我、給予我力量的老師、家人和朋友們。因為你們的幫助，我才能順利完成這份論文，在此致上我最真誠的感謝，願將碩士班畢業的這份喜悅與榮耀分享給大家。

王雅玲 謹誌於

國立暨南國際大學 資訊工程研究所

中華民國 一百零一年七月

論文名稱：基於 6LoWPAN 上的無線感測網路之網路管理系統研究

校院系：國立暨南國際大學科技學院資訊工程學系

頁數：57

畢業時間：中華民國一〇一年七月

學位別：碩士

研究生：王雅玲

指導教授：吳坤熹博士

摘要

近年隨著技術的提升以及相關應用的蓬勃發展，無線感測網路以低成本、低耗電量、容易佈建等特性，受到廣泛的運用。IETF 於 2007 年提出 6LoWPAN 標準，能讓無線感測網路與常用的 IPv6 協定互相結合，未來將有大量的感測裝置藉由網際網路供使用者控制。本研究探討基於 6LoWPAN 環境上的無線感測網路管理機制之改良，運用事件觸發機制與裝置節點本身的功能，透過已成熟發展的簡單網路管理協議 (Simple Network Management Protocol)，幫助使用者能更方便且直覺的管理無線感測環境中數量龐大的感測裝置。

關鍵詞：6LoWPAN；事件觸發；簡單網路管理協議

Title of Thesis: An Enhanced Network Management System for 6LoWPAN-based Wireless Sensor Network

Name of Institute: Department of Computer Science and Information Engineering, College of Science and Technology, National Chi Nan University

Pages: 57

Graduation Time: July 2012

Degree Conferred: Master

Student Name: Ya-Ling Wang

Advisor Name: Dr. Quincy Wu

Abstract

Wireless sensor networks (WSNs) have become widely used because of their low cost and low power consumption. With the IPv6 Low-power Wireless Personal Area Network (6LoWPAN) standard proposed by Internet Engineering Task Force (IETF), WSN can be seamlessly integrated with Internet devices running IPv6. With 6LoWPAN, it will be easy to manage a lot of sensors via the Internet. This thesis illustrates the design and implementation of an enhanced network management system for 6LoWPAN-based WSNs. Through the simple network management protocol (SNMP) and an event-driven mechanism, the system can help users to manage a large number of sensor devices efficiently.

Key words: 6LoWPAN; Event-Driven; SNMP

目錄

學位考試委員會審定書	I
致謝	II
摘要	VI
Abstract VII	
目錄	VIII
圖目錄	X
表目錄	XIII
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	2
1.3 論文架構	4
第二章 背景知識及文獻探討	5
2.1 網際網路	5
2.2 IPv6	7
2.3 IEEE 802.15.4	10
2.3.1 實體層	11
2.3.2 媒體存取控制層	12
2.4 6LoWPAN	14
2.4.1 適應層	15
2.5 簡單網路管理協議	17
2.5.1 架構	17
2.5.2 管理資訊庫	18
第三章 系統實作	21

3.1	DMA-2440L 平台移植	22
3.1.1	交叉編譯器	24
3.1.2	Linux 核心移植	25
3.1.3	根檔案系統	27
3.1.4	Net-SNMP	30
3.1.5	發光二極體	32
3.2	Atmel RZRAVEN 開發板移植.....	34
3.3	系統伺服器	37
3.3.1	流量監控工具	38
3.3.2	即時通訊軟體	41
3.3.3	事件驅動	44
3.4	系統平台實際運作.....	46
第四章	效能分析	48
4.1	實驗環境與方法.....	48
4.1.1	記憶體使用量	48
4.1.2	網卡流量	49
4.2	數據量測與分析.....	52
第五章	結論及未來展望	54
	參考文獻.....	55

圖目錄

圖 1-1、無線感測網路系統示意圖	1
圖 1-2、農業害蟲監測環境.....	2
圖 1-3、家庭中的智慧家電.....	3
圖 2-1、OSI 與 TCP/IP 的參考模型	6
圖 2-2、IPv4 標頭格式[9]	7
圖 2-3、IPv6 標頭格式[11]	8
圖 2-4、EUI-64 位址轉換.....	10
圖 2-5、全功能設備與精簡功能設備	11
圖 2-6、(a) 非同步傳送模式 (b) 同步資料傳送模式.....	13
圖 2-7、競爭存取時段與非競爭存取時段示意圖	13
圖 2-8、TCP/IP 與 6LoWPAN 參考模型.....	14
圖 2-9、6LoWPAN 協定架構.....	15
圖 2-10、(a) 第一個切割標頭格式 (b)後續的切割標頭格式.....	16
圖 2-11、SNMP 架構圖.....	18
圖 2-12、物件識別碼樹.....	20
圖 3-1、系統環境圖	21
圖 3-2、系統模組圖	22
圖 3-3、DMA-2440L 平台外觀.....	23
圖 3-4、交叉編譯器環境.....	24
圖 3-5、嵌入式 Linux.....	25
圖 3-6、核心配置畫面.....	26
圖 3-7、檔案系統配置畫面.....	28
圖 3-8、嵌入式 Linux 系統啟動畫面.....	29

圖 3-9、查詢記憶體使用量	31
圖 3-10、使用 Extension OID 查詢	32
圖 3-11、DMA-2440L 周邊介面	33
圖 3-12、RZRaven 開發版套件	35
圖 3-13、核心編譯加入 RNDIS	36
圖 3-14、RZ-USB 網路連接示意圖	37
圖 3-15、伺服器模組	38
圖 3-16、Cacti 架構圖	39
圖 3-17、Cacti 運行流程	39
圖 3-18、Cacti 基本設定頁面	40
圖 3-19、監控 IPv6 主機設定	41
圖 3-20、6LoWPAN 介面流量圖	41
圖 3-21、sendMSG 流程圖	42
圖 3-22、sendMSG 傳送信息	43
圖 3-23、目標使用者收到的訊息	43
圖 3-24、事件驅動程序	44
圖 3-25、以 snmpget 收集資料	45
圖 3-26、6LoWPAN 傳輸封包	46
圖 3-27、sendMSG 套件運作結果	46
圖 3-28、Cacti 網頁運作圖形	47
圖 3-29、平台使用發光二極體	47
圖 4-1、記憶體可用量減少情形	49
圖 4-2、記憶體可用量監控	49
圖 4-3、Ping 的運作原理	50
圖 4-4、使用 Ping 指令的測試結果	51

圖 4-5、使用 Ping 指令後，流量的增加情形.....	51
圖 4-6、收到通知的時間.....	52

表目錄

表 2-1、實體層頻帶	12
表 2-2、IPv6 標頭壓縮比較表	16
表 2-3、MIB 物件所含之資訊	19
表 3-1、自建檔案系統的必要目錄	28
表 3-2、Net-SNMP 配置編譯選項	30
表 3-3、檔案放置位置.....	32
表 3-4、發光二極體使用的函式	34
表 3-5、事件處理器驅動參數表	45
表 4-1、記憶體使用量.....	52

第一章 緒論

1.1 研究背景

由於近來微型製造、通訊及嵌入式處理技術的快速提升，促使微小的裝置可以內嵌精密感測、計算及通訊等多樣的功能；其中當屬微型無線感測網路（Wireless Sensor Network；WSN）最受大家的矚目。2003 年美國 MIT 技術評論（Technology Review） [1] 認為，有十種新興技術很快就可以改變計算、醫療、運輸和我們的基礎設施。其中排名第一的，即是無線感測網路。

無線感測網路的發展最初起源於美國加州柏克萊，David Culler 教授主持的研究計畫「智慧灰塵（SmartDust）」，以低成本、體積小、耗電量低的感測設備，在戰場監測、蒐集資料並回報。原先的構想雖是軍事用途，近年來更逐漸廣泛使用在商業、工業、醫藥等各個領域。一般無線感測網路系統架構如圖 1-1 所示，首先將大量的感測器散佈在待感測區域中蒐集各種資料，再藉由無線網路將資訊透過資料蒐集器傳回後端處理裝置，供管理者或使用者進一步利用。

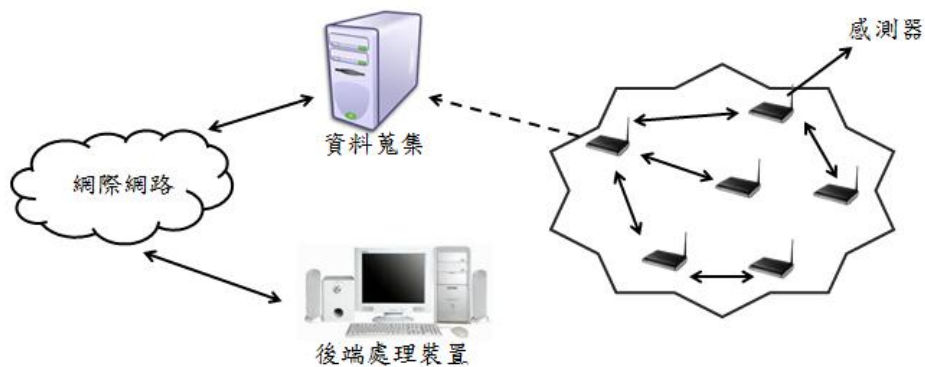


圖 1-1 、無線感測網路系統示意圖

美國電氣和電子工程師學會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers ; IEEE) 在 2003 年發佈了 802.15.4 低功率無線個人區域網路 (Wireless Personal Area Network ; WPAN) 標準, ZigBee[2]和 6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Network) [3][4]是目前此標準上較受歡迎的兩種網路協定。在無線嵌入式網路應用的部分, ZigBee 著重在小規模的個人區域網路 (Personal Area Network ; PAN), 但其可擴展性、可演進性及網際網路融合性等議題都尚待突破; 6LoWPAN 則解決了在低頻寬無線網路中, 於低功率、處理能力有限的嵌入式設備上使用 IPv6 的障礙。

1.2 研究動機

在 6LoWPAN 無線感測環境中, 可能會佈建很多外型相同的嵌入式設備。例如以農業害蟲監測之應用為例[5], 其系統環境圖如圖 1-2。其系統運用機電整合, 結合 GSM 無線傳輸技術、網際網路技術、無線感測器網路技術, 建構一套適用於田間蟲害生態監測之無線感測器網路害蟲監測與預警系統。在此環境中, 就必須應用大量的感測節點來偵測環境。

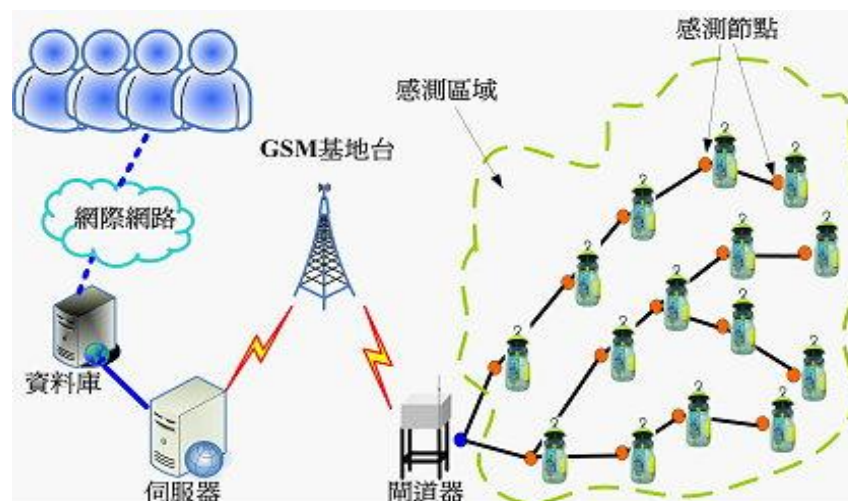


圖 1-2 、農業害蟲監測環境

除了應用在生態環境的研究領域裡，6LoWPAN 也可應用在智慧電網中[6]。如圖 1-3 所示，家庭環境中可能會有各種感測器，例如門窗報警器、燃氣偵測、煙感報警器、燈泡型網路攝影機等。通常在家庭環境中，使用者就是自家環境的設備管理者；當有裝置故障時，如果家人有多部同型的設備，使用者往往需要花時間來確認哪一台才是異常的設備。排除異常狀況所花時間越久，對服務的影響就越大。

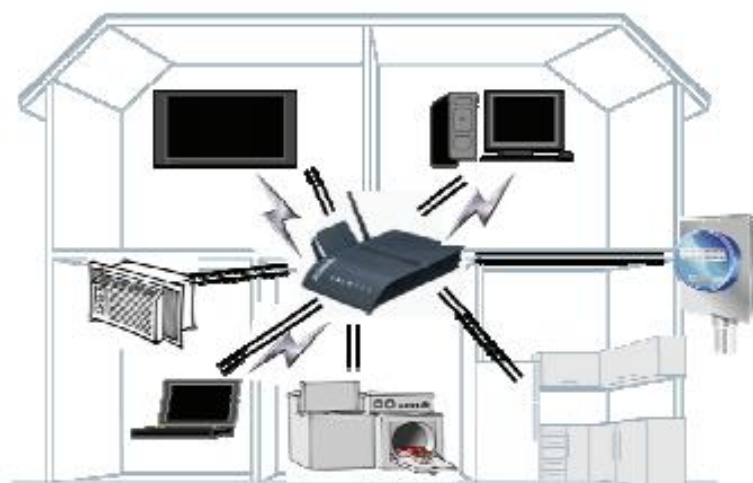


圖 1-3 、家庭中的智慧家電

另外當設備無法正常運作時，使用者要能盡早收到通知，及早做出處理，才能減小受影響的範圍。過去在網管系統中，大部分的通知都是經由電子郵件；可惜的是信件無法達到即時通知之目的；若能搭配手機簡訊即時通知，將可有效令使用者提早得知訊息。此外，在網路管理領域中，事件觸發機制（Event-Driven）[7]允許網管人員自行定義事件的判斷條件，即時做出相關管制。

既有的網路管理系統除了擁有基本的功能（如蒐集數據、視覺化圖形顯示、訊息通知等），本研究特別加入事件觸發機制應用於無線感測網路環境中。當設備出現異常時，即時訊息能立即通知使用者，嵌入式設備也能有明顯的 LED 亮燈訊號。即便使

用者沒有即時看到系統給予的郵件或簡訊通知，也能透過裝置異常閃燈訊號辨認出狀況。以設備監控為例，當裝置記憶體不足時，能經由裝置亮燈提示；當裝置的流量過高時，也能使用即時訊息通知使用者。本研究提供一套直覺化且自動有效率的機制，以利使用者方便地管理擁有大量裝置的無線感測網路系統。

1.3 論文架構

全文共分為五個章節。第一章是緒論，主要描述本論文的研究背景及動機；第二章將介紹相關網路傳輸協定的架構與相關知識，另外包含低速率無線個人區域網路協定之探討，以及網路管理協議相關研究；第三章的系統實作主要分為三個部分作說明，分別是平台、傳輸器及系統端三大部分；第四章會針對最後實作出來的環境，作效能的量測與解析；第五章為本論文之總結與未來展望。

第二章 背景知識及文獻探討

2.1 網際網路

網際網路 (Internet) 又稱互聯網，是網路與網路之間所組成的龐大網路，它能將世界各地大大小小的區域網路 (Local Area Network ; LAN)，以一套通用的協定互相連接，成為一個全球的電腦網路，讓網路上的所有節點 (Node)，都能透過網際網路來通訊並交換資料。

開放式通訊系統互連參考模型 (Open System Interconnection Reference Model ; 簡稱 OSI 模型)，是國際標準化組織 (International Standard Organization ; ISO) 針對開放式網路架構所制定的電腦互連標準。此模型是一種概念性架構，透過觀念的描述，協調各種網路功能發展時的參考。依據網路運作方式，OSI 模型共分為七個層級，如圖 2-1(a)，每一層皆具有各自的功能。OSI 模型的優點在於，它細分每項功能，在網路功能發展及教育訓練上有很大的幫助；但缺點是，過於嚴謹與複雜的定義使得實現起來很困難。

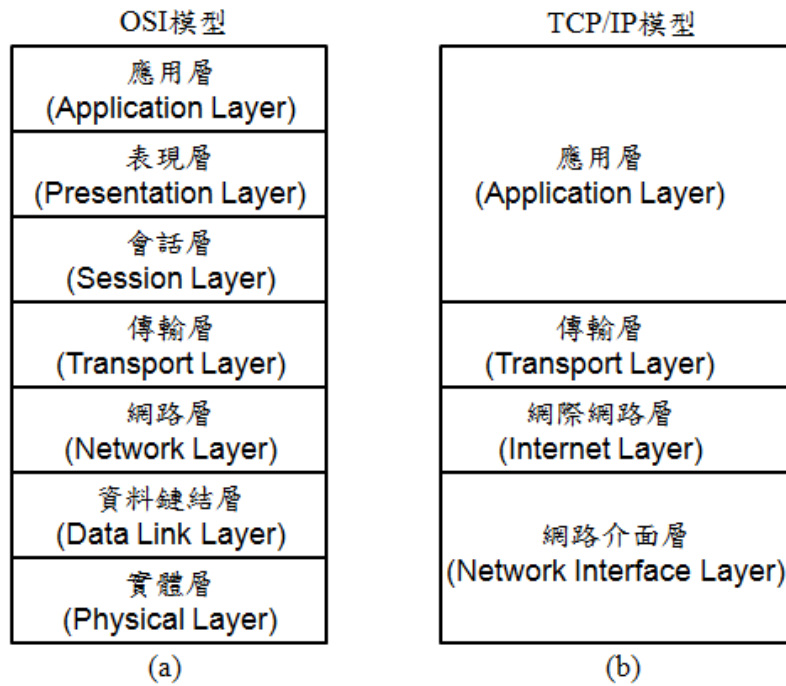


圖 2-1 、OSI 與 TCP/IP 的參考模型

美國國防部為了奠定國內電腦網路的技術，於 1967 年成立了國防部尖端研究企劃署（Defense Advanced Research Project Agency；DARPA），從那個時候開始，美國高等研究規劃網路（Advanced Research Project Agency NETwork；ARPANET）開始萌芽。由 ARPANET 所發展的 TCP/IP 模型，也稱為 DoD 模型（Department of Defense Model），將 OSI 模型簡化成四個階層的架構，如圖 2-1(b)。TCP/IP 模型是一個抽象的分層類型，每一抽象層建立在低一層提供的服務上，並為高一層的提供服務。它的名稱來源於其中最重要的兩個協定：傳輸控制協定 TCP（Transmission Control Protocol；TCP）[8]與網際網路協定（Internet Protocol；IP）[9]。

TCP 是傳輸層的通訊協定，它提供的是一個可靠的資料流傳送服務；相對而言，同階層的 UDP（User Datagram Protocol；UDP）[10]提供的是一個不可靠的非連線型資料流傳送服務。IP 是網際網路層的通訊協定，根據來源主機和目的主機的位址傳送資

料，使用最為廣泛的是網際網路協定第四版（Internet Protocol version 4；IPv4）。IPv4 封包的標頭如圖 2-2 所示，橫軸線上的刻度每格為 1 位元（bit）。每個欄位提供不同的功能標示，例如 IHL（Internet Header Length）表示 IP 標頭長度、Total Length 以 Byte 為單位表示封包的總長度、Time to Live 紀錄封包可以在網路停留的最長秒數（實際運作時，本欄位代表封包可以通過的路由器數量）、Source Address 與 Destination Address 欄位記錄著來源端與目的端的 IP 位址。由圖上可以看出，IPv4 位址由 32 位元所組成。

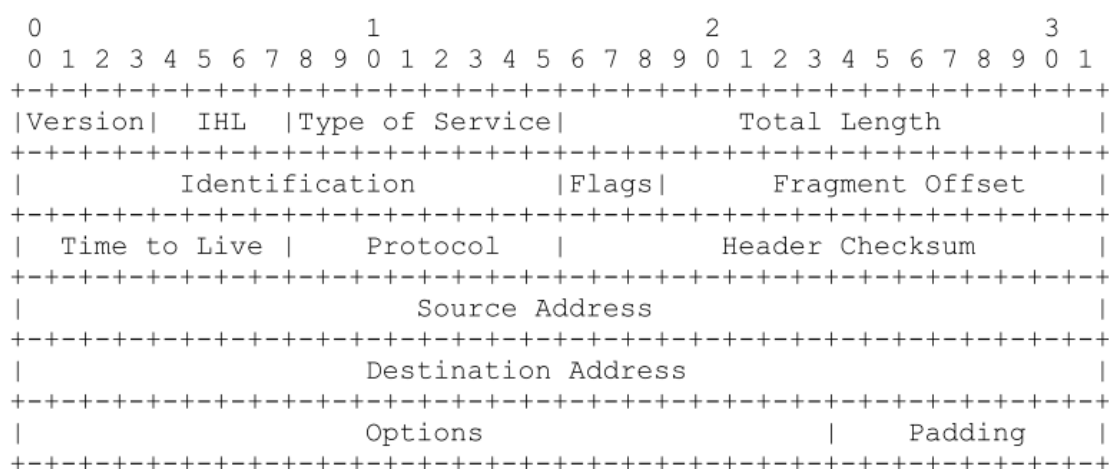


圖 2-2 、IPv4 標頭格式[9]

2.2 IPv6

網際網路通訊協定第六版（Internet Protocol version 6；IPv6）[11]被指定為網際網路通訊協定第四版（Internet Protocol version 4；IPv4）繼任的下一代網際網路協議版本。由於網際網路快速發展，全球連網裝置不斷增加，使得 IP 位址快速消耗。自從 90 年代網路開始蓬勃發展後，其成長速度就令人擔心 10 年內 IPv4 位址即將消耗殆盡，驅使網際網路工程任務小組（Internet Engineering Task Force；IETF）重新設計

IPv6 位址由兩個部分組成，分別為前半段的 64 位元網路字首碼 (Prefix)，以及後半段 64 位元的主機位址。其中主機位址一般都依據 MAC 位址所產生，亦稱為 EUI-64 位址[14]，如圖 2-4。IPv6 支援自動組態 (Auto-configuration) 的定址方式，以便簡化主機 IP 位址的設定，此機制包含以下兩種方法：

1. 全狀態位址自動配置 (Stateful Address Auto-configuration)

由動態主機設定協定第六版 (Dynamic Host Configuration Protocol version 6 ; DHCPv6) [15]自動配置網路主機 IP 位址及相關組態設定。

2. 無狀態位址自動配置 (Stateless Address Auto-Configuration ; SLAAC)

根據此網路區域內的路由器取得的 64 位元網路字首碼，以及由 MAC 自動產生的 64 位元主機位址得到 IPv6 位址。再經由重複位址檢測 (Duplicate Address Detection ; DAD) [16]，確定此為唯一存在的位址。

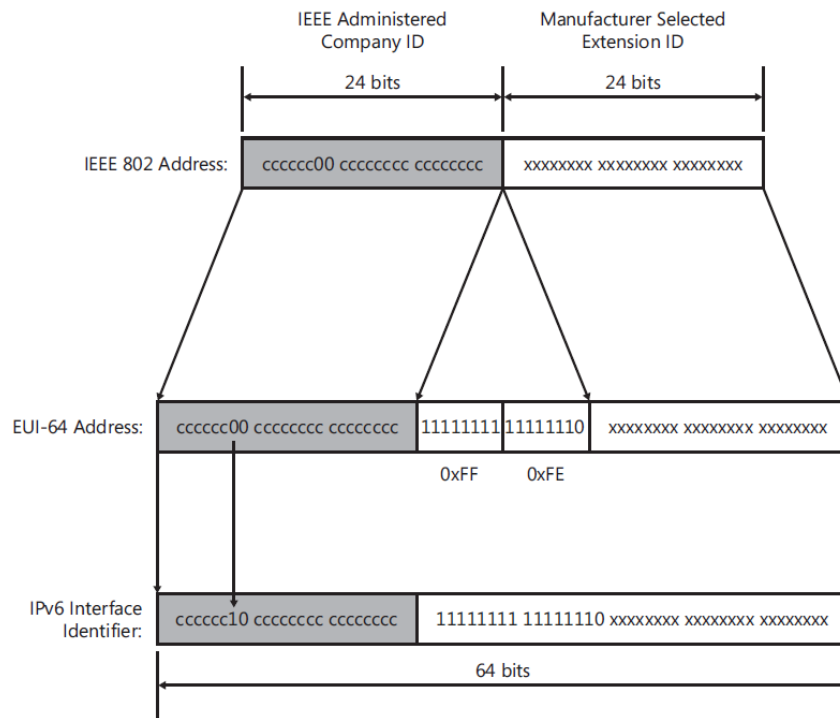


圖 2-4 、EUI-64 位址轉換

2.3 IEEE 802.15.4

2003 年由電機電子工程師學會（Institute of Electrical and Electronics Engineers；IEEE）所提出的 IEEE 802.15.4[17] 低速無線個人區域網路（Low-Rate Wireless Personal Area Networks；LR-WPAN）通信標準，定義了實體層（Physical Layer；PHY）與媒體存取控制層（Media Access Control Layer；MAC）的規範。以低能量消耗、低速率傳輸、低成本作為重點目標，支援無線感測器間通訊。這個網路由眾多裝置所組成，至少包含一個網路協調者（PAN Coordinator）與一個網路裝置（Network Device）。依據設備具有的通信能力，可以分為全功能設備（Full Functional Device；FFD）與精簡功能設備（Reduced Functional Device；RFD），如圖 2-5 所示。全功能設備是網路的核心部分，可以擔任網路協調者形成個人區域網路（WPAN），擁有同時與全功能設備與精簡功能

設備進行資料傳輸的能力。精簡功能設備僅能與全功能設備通訊，只擁有最少、最簡單的應用功能，例如溫度、濕度感測等，用於蒐集資料並將資料傳送給全功能設備；一般網路中大部分是此類設備。

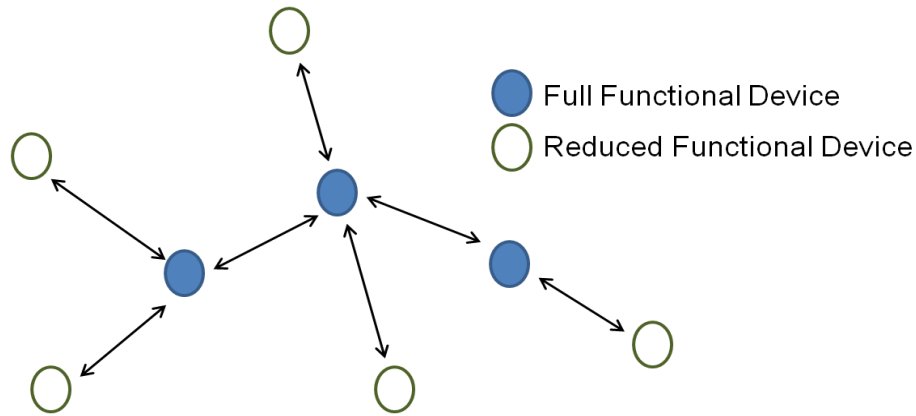


圖 2-5 、全功能設備與精簡功能設備

2.3.1 實體層

實體層（Physical Layer；PHY Layer）是電腦網路 OSI 模型中最低的一層，主要工作是啟動與關閉無線傳輸接收器、傳輸與接收資料，在頻道上使用信號能量偵測，針對接收的封包執行鏈路性能指示。實體層採用直接序列展頻（Direct Sequence Spread Spectrum；DSSS）技術，使用此技術的目的，在於可以降低類比電路開發的複雜度與成本。物理層定義了 868MHz、915MHz 與 2.4GHz 三個頻段，共劃分了 27 個通道，編號從 0 到 26，這些頻段上所採用的相關細節可參考表 2-1。不同的地區分別使用不同的頻段，傳輸速率約介於 20kbps 至 250kbps 之間，可使用的通道也從 1 至 16 個不等。使用者可經由設定通道介面與通道數目，選定要用的頻道頻率與使用的頻道數目。

表 2-1 、實體層頻帶

地區	頻率	通道	資料傳輸速率
歐洲地區	868 MHz	1(0)	20 kbps
美國地區	915 MHz	10(1~10)	40 kbps
全球	2.4 GHz	16(11~26)	250 kbps

2.3.2 媒體存取控制層

媒體存取控制層（Media Access Control Layer；MAC Layer）提供 MAC 資訊服務與管理服務，負責信標（Beacon）管理、通道接取、保障時槽（Guaranteed time slots；GTS）管理、訊框驗證、回覆訊框的傳輸以及建立關聯（Association）與解除關聯（Disassociation）。此控制層支援全功能及精簡功能設備，定義了兩種傳輸模式：有信標的同步模式（Beacon Mode）與無信標的非同步模式（Non-Beacon Mode）。無信標模式採用 CSMA/CA（Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance；CSMA/CA）[18] 協定競爭可傳送資料的存取權。其運作原理是在資料傳輸之前，就先檢查通道是否有資料正在傳送，若通道無資料傳輸，才開始進行資料傳輸動作，以避免傳輸中的資料彼此產生碰撞。而信標模式是 IEEE 802.15.4 中比較特別的規格，兩者的傳送行為比較圖可參考圖 2-6。使用圖 2-6(b)的同步模式傳送資料時，網路協調者（Coordinator）就會定時發送信標，同一個網域（WPAN）內的裝置都必須以此當作時間同步的參考信號。

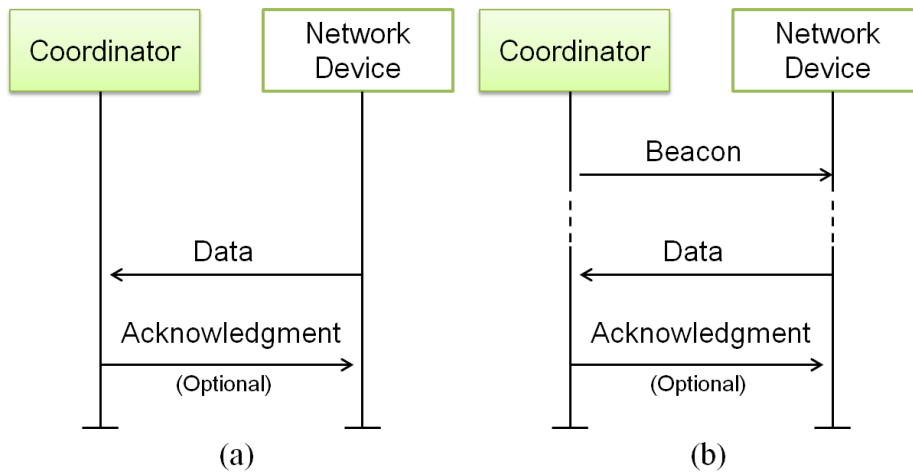


圖 2-6 、 (a) 非同步傳送模式 (b) 同步資料傳送模式

信標與信標之間，又分為 16 個時間時槽 (Time Slot)。傳送情況可細分為兩者：競爭存取時段 (Contention Access Period) 與非競爭時段 (Contention Free Period)，如圖 2-7 所示。在競爭存取時段，所有裝置依然使用 CSMA/CA 協定，彼此競爭；而在非競爭時段裡，若分配到協調者准許的保障時槽 (GTS)，這段時間提供穩定的傳輸頻寬，不會有其他裝置一起競爭，因此只要時間一到，就能直接傳送資料。GTS 由協調者決定與分配，最多只能有七個裝置使用。協調者藉由信標公佈哪個裝置、哪些時間區段可供使用，因此所有裝置都可以藉由同步信標獲得系統的傳輸狀態。

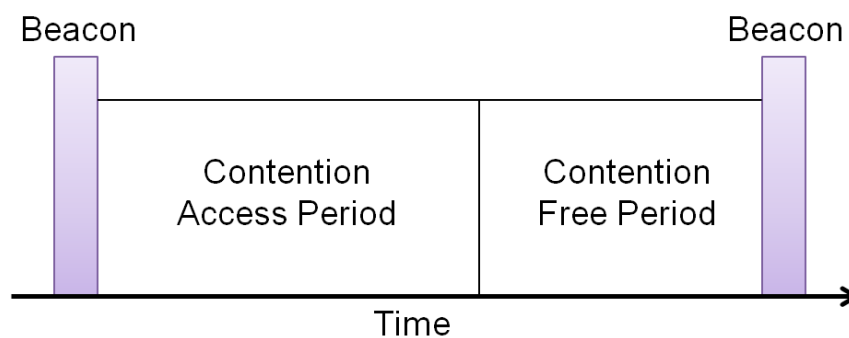


圖 2-7 、競爭存取時段與非競爭存取時段示意圖

2.4 6LoWPAN

6LoWPAN(IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks ; 6LoWPAN) [19][20] 是 IETF 於 2004 年 11 月成立的工作小組，研究如何讓無線感測網路最常使用的 IEEE 802.15.4 標準與 IPv6 協定相互結合，即 IPv6 over IEEE 802.15.4，並確保與現存 IP 設備之互通性 (Interoperability)。6LoWPAN 與 TCP/IP 的參考模型大致相似，如圖 2-8，差別在於底層的物理層與媒體存取控制層採用 IEEE 802.15.4 標準，在低速率無線個人區域網路協定傳輸 IPv6 封包，可用於建置無線感測網路。

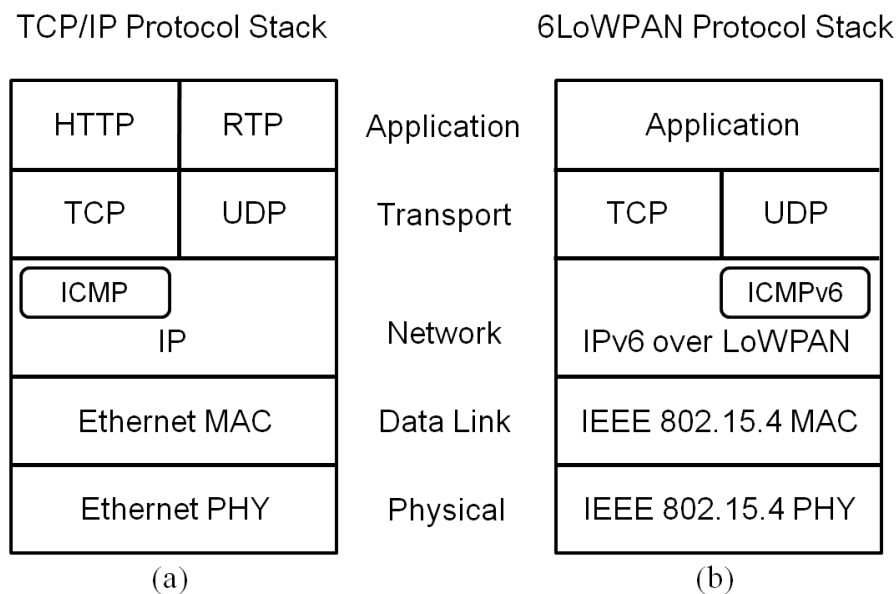


圖 2-8 、TCP/IP 與 6LoWPAN 參考模型

IEEE 802.15.4 標準在媒體存取控制層所定義的最大傳送訊框為 127 個位元組，扣除標頭的 25 位元組、IPv6 基本標頭 40 位元組、傳輸層 UDP 協定的標頭 8 位元組或 TCP 協定的標頭 20 位元組，最後能供應用層傳送的位元組所剩無幾。而且，IPv6 最小的最大傳輸單元需為 1280 位元組，遠大於此環境所能提供的最大傳送訊框 127 個

位元組，因此封包勢必得經過切割、重組或壓縮等技術。為了解決上述的問題，6LoWPAN 工作小組在媒體存取控制層與網路層之間加入適應層（Adaptation Layer），如圖 2-9，對於切割封包、重組、標頭壓縮技術、路由技術等提出相應的解決方法[20]。

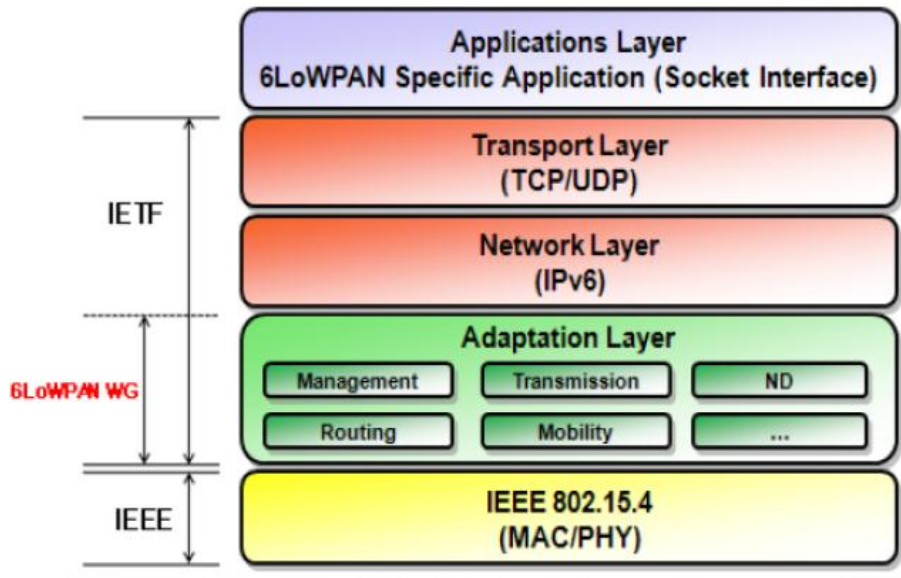


圖 2-9 、6LoWPAN 協定架構

2.4.1 適應層

6LoWPAN 標頭的壓縮方式定義在 RFC4944 中，使用 HC1（Head Compression 1；HC1）編碼壓縮方式，在最理想的情況下，可以將 IPv6 完整的 40 Bytes 壓縮至僅 2 Bytes。壓縮前與壓縮後的比較表可參考表 2-2，基本上只保留有效數據訊息，消除了原標頭中多餘或不必要的相關欄位。例如版本的欄位，由於所有節點都使用 IPv6，因此就不用再使用欄位多加註明；描述長度與位址的欄位，可以透過資料鏈結層標頭來推斷或使用 EUI-64 尋址方式取得；跳數限制不壓縮。透過上述欄位的相關修改或壓縮，可以有效減少標頭所佔的大小。

表 2-2 、 IPv6 標頭壓縮比較表

Header Field	IPv6 header length	6LoWPAN HC1 length	Explanation
Version	4 bits	-----	Assuming communicating with IPv6.
Traffic class	8 bits	1 bit	0 = Not compressed. The field is in full size. 1 = Compressed. The traffic class and flow label are both zero.
Flow label	20 bits		
Payload length	16 bits	-----	Can be derived from MAC frame length or adaptation layer datagram size (6LoWPAN fragmentation header).
Next header	8 bits	2 bits	Compressed whenever the packet uses UDP, TCP or Internet Control Message Protocol version 6 (ICMPv6).
Hop limit	8 bits	8 bits	The only field always not compressed.
Source address	128 bits	2 bits	If Both source and destination IPv6 addresses are in link local, their 64-bit network prefix are compressed into a single bit each with a value of one. Another single bit is set to one to indicate that 64-bit interface identifier are elided if the destination can derive them from the corresponding link-layer address in the link-layer frame or mesh addressing header when routing in a mesh.
Destination address	128 bits		
HC2 encoding	-----	1 bit	Another compression scheme follows a HC1 header.
Total	40 bytes	2 bytes	Fully compressed, the HC1 encoding reduces the IPv6 header to two bytes.

適應層也支援封包切割與重組機制，當封包大於最大傳輸單元時，就必須將封包切成數份，透過多個訊框傳送封包給接收端，再由接收端負責重組，因此需要設計切割標頭（Fragmentation Header）。圖 2-10(a)為經過封包切割後的第一個封包格式，Datagram size 欄位表示封包的總長度、Datagram tag 用來標示同一系列的封包；除了第一個封包，如圖 2-10(b)，之後的封包標頭都會再增加 1 個位元組的 Offset 欄位，用以記錄此封包的偏移量。

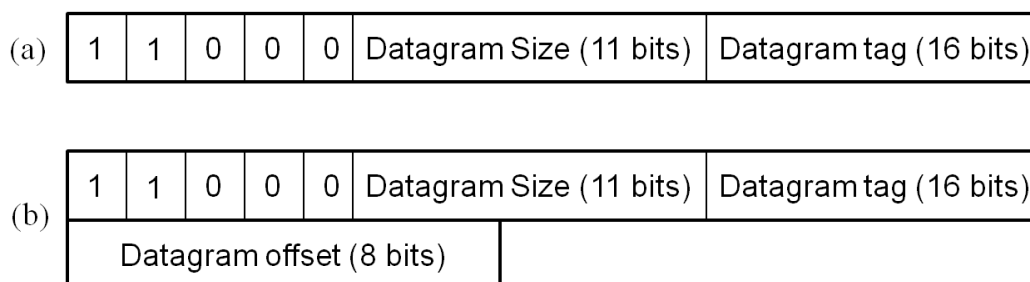


圖 2-10 、 (a) 第一個切割標頭格式 (b)後續的切割標頭格式

2.5 簡單網路管理協議

簡單網路管理協議（Simple Network Management Protocol；SNMP）[21]是由網際網路工程工作小組（Internet Engineering Task Force；IETF）於應用層所定義的一套網路管理協議。此協定制定標準化的網路管理通訊協定與管理資訊庫（Management Information Base；MIB），提供一個簡易的系統架構，來進行網路上資料的蒐集、狀態報告或網路使用狀況與異常通報（Trap）等網路管理功能。目前 SNMP 支援多個版本，典型三個版本為：SNMPv1、SNMPv2c 以及 SNMPv3。SNMPv1 在 1988 年出現，但因為其脆弱的安全性而備受爭議；SNMPv2c 為 SNMPv1 的加強版，包含在安全、機密性和管理者之間通訊這些領域的改進；SNMPv3 提供重要的安全性功能：資訊完整性、認證、封包加密等，擁有更高的安全性。

2.5.1 架構

SNMP 的網路管理架構由三個基本元件所組成：管理裝置（Station）、管理代理人（Agent）、管理資訊庫（Management Information Base；MIB）；運行架構如圖 2-11 所示。管理裝置專職為網路管理系統（Network Management System；NMS），執行相關應用程式來監控被管理的設備，負責收集各代理人所傳回的資訊，並提供整體的分析、統計等圖表。管理代理人可以是任何型態的網路設備，在受管理、監視的網路節點上接收並回應管理裝置的要求。管理資訊庫使用階層性的方式描述受管理設備的屬性，經由物件識別碼（Object Identifier；OID）向受管理的設備查詢到所需要的資料。

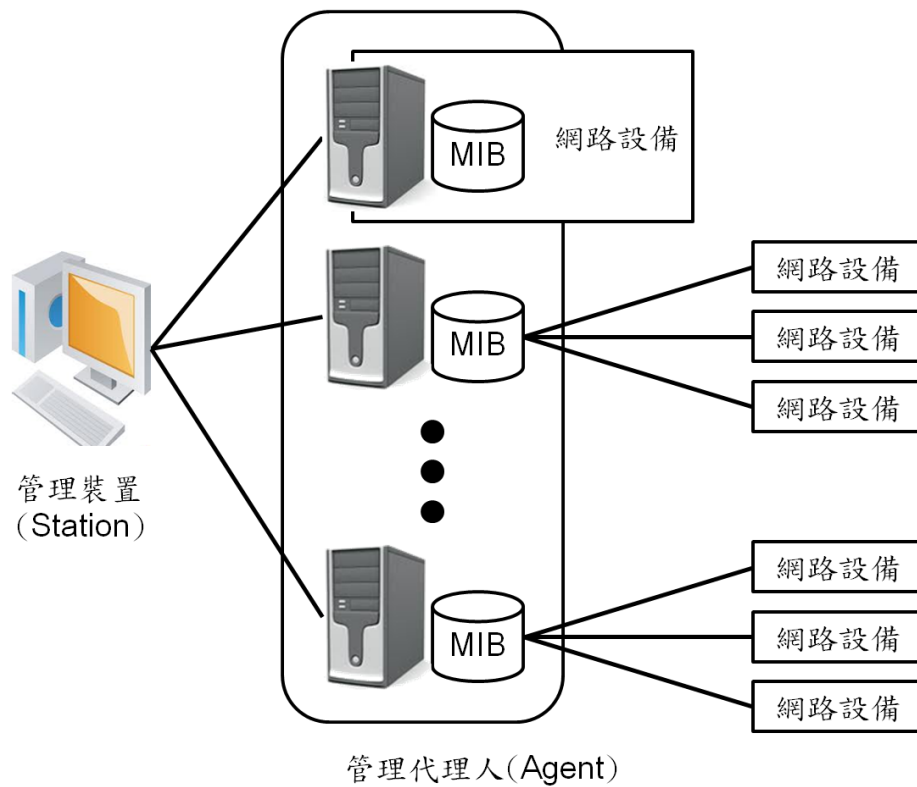


圖 2-11、SNMP 架構圖

2.5.2 管理資訊庫

SNMP 以管理資訊結構 (Structure of Management Information ; SMI) 為基礎來監視被控管的資源，使用此結構建立的數據集合稱為管理資訊庫 (Management Information Base ; MIB)。SMI 運用物件導向觀念去定義 MIB 架構，使用階層性的方式定義所有受管理資訊的屬性與功能。MIB 採用樹狀結構，每個節點以易於辨識的單字標記，被監控的對象都處於樹狀末端的葉子節點上。不論是網路上的硬體或是軟體，以網路管理的角度都以物件來加以表示。每個網管物件都包含以下五種資訊：物件名稱、描述文字、物件資料型態、物件讀寫方式與物件識別值 (Object Identifier ; OID)，其功能如表 2-3。

表 2-3 、MIB 物件所含之資訊

資訊名稱	內容
物件名稱	物件的稱呼名稱
描述文字	描述此物件相關資訊的文字
物件資料型態	定義其資料的型態，例如整數、字串等
物件讀寫方式	唯讀、唯寫、可讀寫與不可讀寫
物件識別值 (OID)	在 MIB 中每個物件的唯一識別值

物件識別值 (OID) 是 MIB 中每個物件的唯一識別值，由一連續的數字所組成，紀錄這些物件在樹狀圖中的位置，圖 2-12 為 MIB 樹狀基本結構圖。MIB 樹狀架構的根擁有三個分支，由不同的標準所管理：ITU-T 管理分支 0、ISO 管理分支 1、ITU-T 和 ISO 聯合管理分支 2。ISO 將分支分配給幾個組織，分支 3 為國際組織 (Org)，其下其中的一個組織是美國國防部，分配在分支 6、標示為 dod。Dod 的第一個分支為 Internet 物件，由根至此的路徑 { iso org dod internet }，因此物件識別碼是 1.3.6.1。子樹 Internet 又定義了 7 個小分支：directory (1)、mgmt (2)、experimental (3)、private (4)、security(5)、snmpV2(6)與 mail(7)。IANA (Internet Assigned Numbers Authority；IANA) 負責規劃 experimental 與 private 分支，private 分支底下的分支 1 為 enterprise，可供不同階層的組織、團體利用，能讓企業申請自己公司的子樹，例如 cisco 的 OID 即為 1.3.6.1.4.1.9。

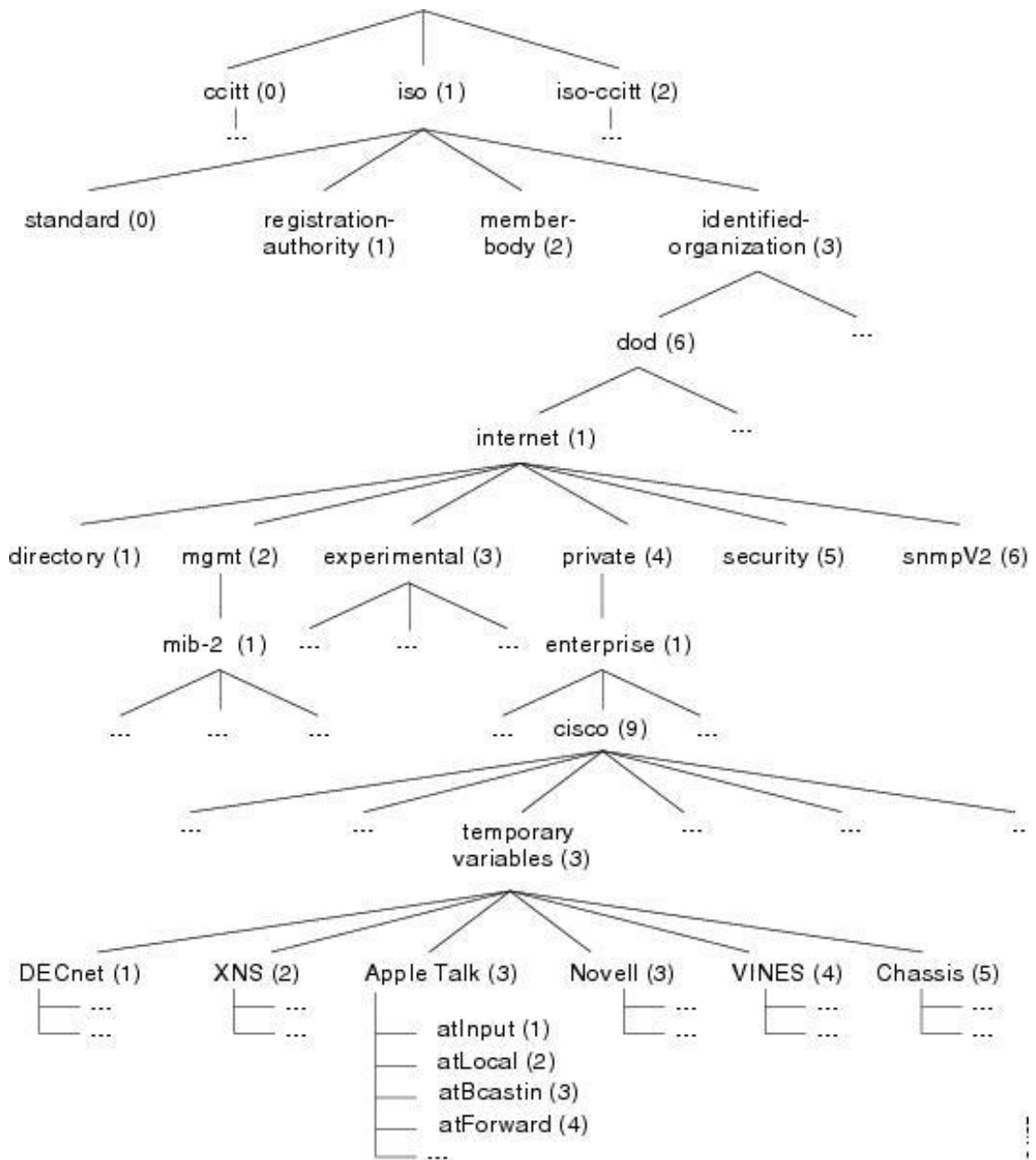


圖 2-12、物件識別碼樹

每個被管理的裝置都擁有自己的管理資訊庫，存放此設備各種狀態的數據，透過物件識別碼能讓 SNMP 管理代理人了解該回傳哪些資料給網路管理系統。

第三章 系統實作

本論文的系統實作環境如圖 3-1。在本系統環境裡，終端設備選擇長高科技 (DMATEK) [22] 的 DMA-2440L 平台做為嵌入式系統移植平台；伺服器設備選用能讓管理者方便攜帶的筆記型電腦。伺服器與終端設備間透過 Atmel RZRAVEN 開發版套件的 RZ-USB STICK 模組，經由 IEEE802.15.4 傳輸介面彼此通訊；管理者則可使用網際網路隨時察看伺服器上的流量統計資訊。

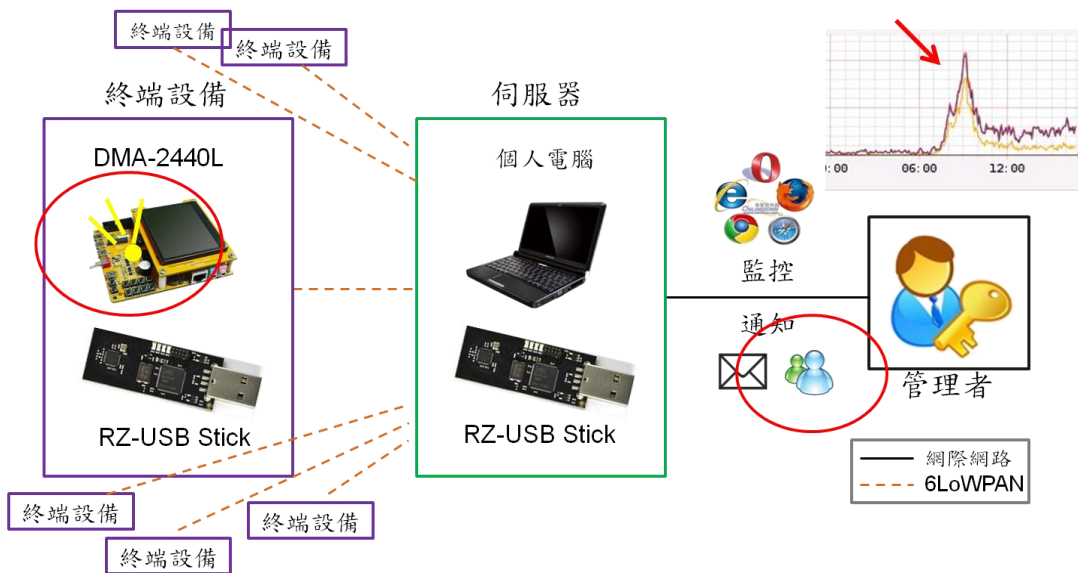


圖 3-1 、系統環境圖

圖 3-2 為系統模組圖，伺服器端能經由事件觸發機制的定義來啟動其他模組。透過這套系統，管理者能在終端設備異常時，收到經由即時訊息模組所送出的即時訊息，平時則經由 Cacti 模組觀察設備流量圖。而終端設備也能在出現異常時，由 LED 模組讓設備經由發光二極體 (Light-Emitting Diode ; LED) 發出信號，提供設備管理員更直覺化的管理。伺服器與終端設備間彼此透過 Net-SNMP 模組通訊，採用 6LoWPAN 介面傳送 SNMP 的相關指令。

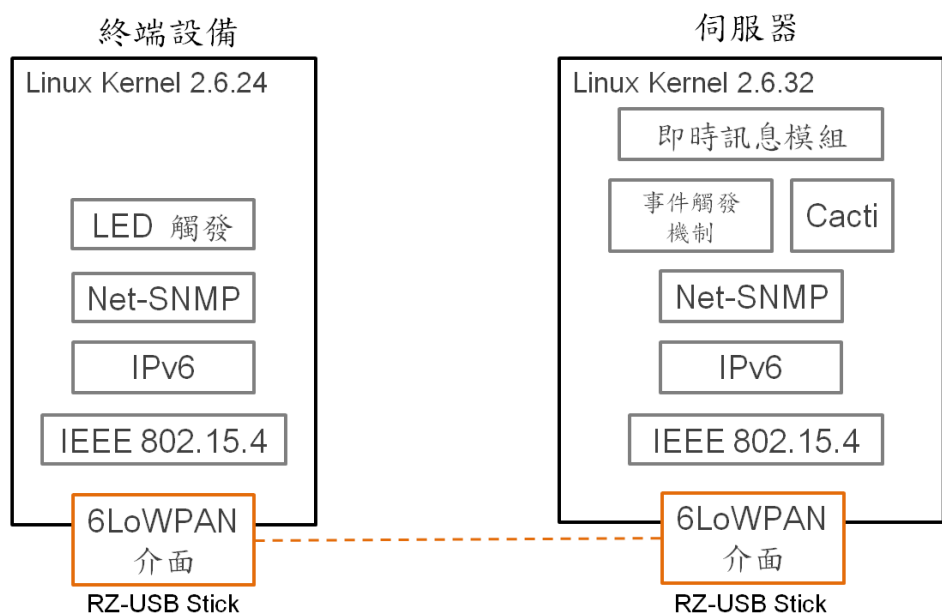


圖 3-2 、系統模組圖

3.1 DMA-2440L 平台移植

本研究的終端設備選擇長高科技的 DMA-2440L 平台。此平台採用 Samsung 公司 ARM9 系列中的 S3C2440A 處理器，核心為 ARM920T，時脈穩定運行在 400MHz（最高可達 533MHz）。DMA-2440L 為一低成本及高效能之硬體平台，擁有豐富周邊介面及高度可擴展性空間，支援多種作業系統，包括 WinCE5.0 和 Linux2.6.24。廣泛提供各外圍介面的驅動程式分析、各驅動的上層應用範例，可善用長高科技網站論壇交流區互相討論，視不同功能需求，掌握此平台的各種功能應用。圖 3-3 是 DMA-2440L 的平台外觀。



圖 3-3 、DMA-2440L 平台外觀

隨著晶片、網路和感測器等技術持續發展，嵌入式系統是繼個人電腦與網路發明後，逐漸成為後 PC 時代資訊產業裡的主力軍。根據英國電器工程師協會（U.K. Institution of Electrical Engineer）的定義，嵌入式系統為控制、監視或輔助設備、機器或用於工廠運作的裝置，是一種「完全嵌入受控器件內部，為特定應用而設計的專用計算機系統」。目前廣泛被應用於科學研究、工程技術、軍事支援、交通以及商業等方面。而嵌入式硬體系統和 Linux 系統的結合，也在嵌入式領域蓬勃發展。它不僅繼承了 Linux 原始碼開放、應用軟體眾多、核心穩定性高的特性，而且幾乎支援市面上所有的主流處理器與硬體平台，並且還在不斷的被移植到新的晶片上，在後 PC 時代有明顯的發展潛力和市場需求。

當然，嵌入式 Linux 作業系統本身會有一定的局限，例如相較於一般個人電腦，嵌入式平台上所具備的快閃記憶體相對較小，處理效能也沒有個人電腦強大。而且，系統程式與硬體架構相依性高、系統程式工程師必須熟悉硬體架構，使得開發難度較高。但是成功開發後的嵌入式系統，運行上往往擁有極高的效能，是其一大優點。

3.1.1 交叉編譯器

由於 DMA-2440L 平台預設的功能較精簡，因此本研究必須重新編譯 Linux 核心，以加入所需的 IPv6 功能。

由於嵌入式設備資源有限，直接在上頭開發程式往往不容易。為了避免受到硬體的限制，嵌入式系統的軟體往往先在另一個平台上開發完畢，再移到嵌入式平台上執行，這樣的方法稱為交叉平台開發（Cross-platform Development），對於作業系統和應用軟體都是透過此方式來發展。開發的平台稱為宿主機器（Host），執行的平台稱為目標機器（Target），交叉編譯環境透過交叉編譯器（Cross Compiler）來開發。在宿主機器上編譯生成可以在目標機器上執行的程式碼，再通過串列埠或網路將目標程式碼傳輸並裝載到目標機器上執行。

圖 3-4 顯示對應於本研究的執行環境。目標機器是本研究的終端設備 DMA-2440L，宿主機器使用 Linux CentOS 5.8 環境的設備，交叉編譯器使用 GCC（GNU Compiler Collection）[23]的 arm 版本：arm-gcc，版本為 arm-linux-gcc-4.0.3。

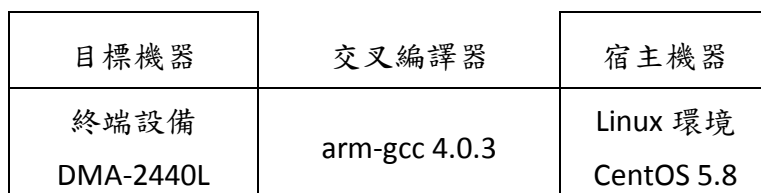


圖 3-4 、交叉編譯器環境

3.1.2 Linux 核心移植

開發平台的 Embedded Linux 分為三部分，如圖 3-5 所示，分別為 Bootloader、Linux 核心（kernel）及根檔案系統（Root file system）。Bootloader 是開啟平台電源後執行的程式，目的是完成硬體的設定並載入作業系統，U-Boot 為通用的 Bootloader。之後的 Linux 核心與根檔案系統燒寫方式都是透過 U-Boot 的命令終端，經由網路連線（Trivial File Transfer Protocol；TFTP）[24]分別下載至 NAND FLASH 對應的 kernel 分區中。

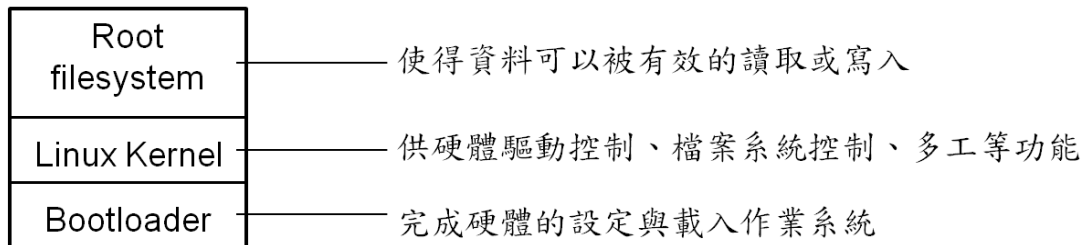


圖 3-5 、嵌入式 Linux

Linux 核心移植一般包括核心配置、核心編譯及核心載入三大部分。本研究的核
心基礎為 Linux 2.6.24 核心原始碼，在終端機視窗輸入命令# make menuconfig，
會出現核心配置介面，如圖 3-6。

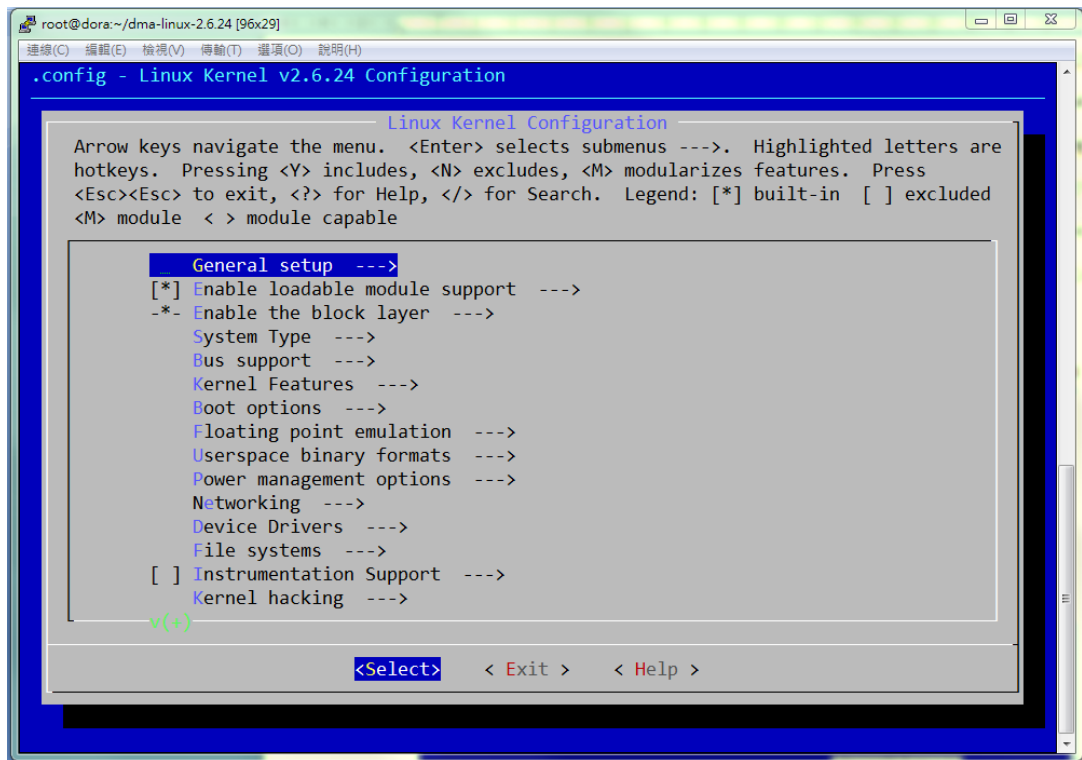


圖 3-6 、核心配置畫面

除了要讓系統能運行網際網路通訊協定第 6 版（Internet Protocol version 6；IPv6），並且之後能將 IEEE802.15.4 傳輸介面擴充至 DMA-2440L 上，核心還必須支援 RNDIS(Remote Network Driver Interface Specification；RNDIS)。RNDIS 能將 USB(Universal Serial Bus；USB) 設備模擬為網路介面的驅動程式，因此必須在核心配置時將這兩個相關的驅動加入。

根據本研究的需求，在核心配置設定勾選了 IPv6 與 RNDIS 相關選項，然後輸入 # make zImage，交叉編譯完成後產生 image 和 zImage 兩個核心映像檔，image 為正常大小的映像檔，zImage 為壓縮後的映像檔，因此選擇將 zImage 載入終端設備 DMA-2440L，使用 # run kernel 指令燒寫進終端裝置 DMA-2440L，即可正常開機。

3.1.3 根檔案系統

檔案系統也是作業系統正常工作時的必要部分。當系統啟動時，核心需要檔案系統來掛載，使資料可以被有效的讀取或寫入。

在嵌入式 Linux 中較常見的檔案系統有 RomFS、NFS (Network File System)、EXT2 (The Second Extended Filesystem)、Cramfs (The Compressed ROM Filesystem) [25] 等，由於類型眾多，一般會依據檔案系統的性能和用途做為考量。Cramfs 的設計理念為簡單且可壓縮的檔案系統，當系統要存取資料時，Cramfs 會動態的去計算出資料壓縮後所儲存的位置，再即時的解壓縮到記憶體中。由於 Cramfs 可以提供較大容量的快閃記憶體與記憶體供應用程式使用，因此本研究最後選擇 Cramfs 作為嵌入式 Linux 平台的檔案系統。本研究利用 BusyBox[26] 工具包建構 Cramfs 檔案系統。BusyBox 整合了一百多個最常用的 Linux 命令和工具的軟體，並支援 Blibc 與 uClibc 兩種函式庫，使用者可以在 BusyBox 裡方便的制定所需要的應用程式。而且，採用動態鏈結的 BusyBox 二進位檔，能有效減小程式二進位檔的大小，也能簡化製作嵌入式檔案系統的過程，因此 BusyBox 工具在嵌入式系統開發中受到廣泛使用。

本研究選用的版本是 BusyBox-1.11.1 版本，在終端機視窗輸入命令 # make menuconfig 命令進行配置，會出現如圖 3-7 所示的配置選項。

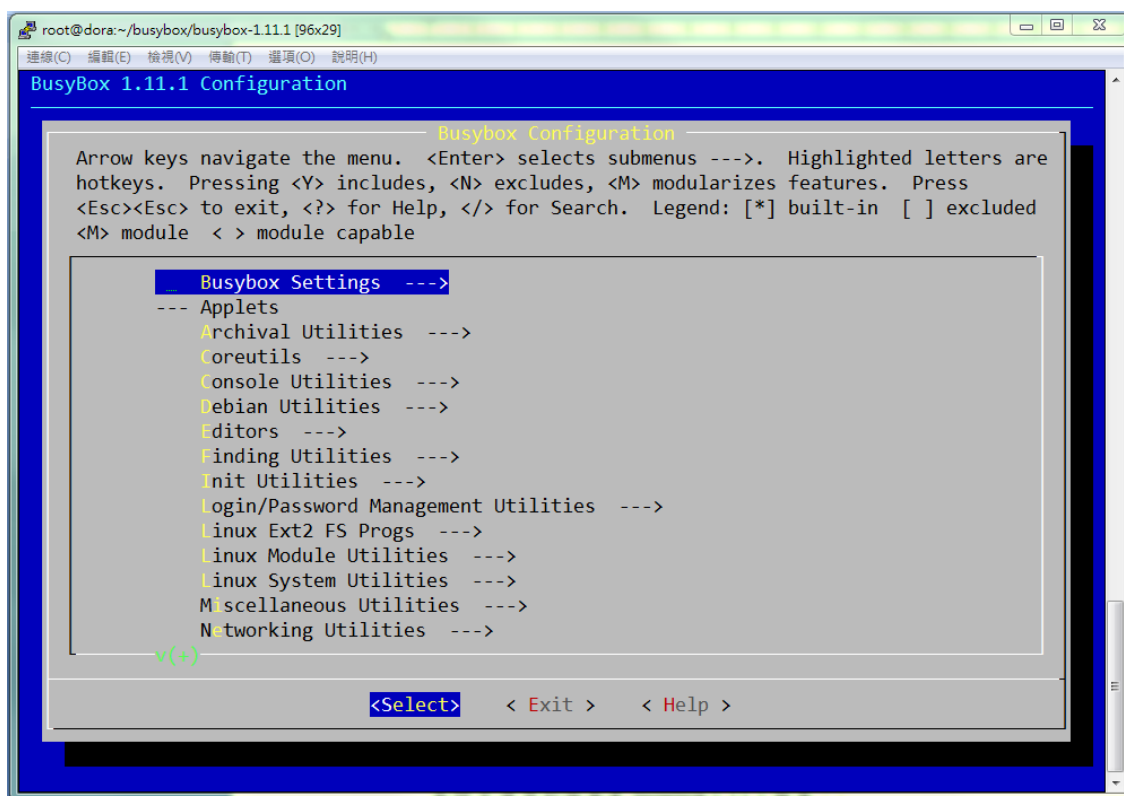


圖 3-7 、檔案系統配置畫面

接著在終端機輸入指令# make 編譯 BusyBox，並使用# make install 指令安裝，安裝成功後的檔案會放在_install 目錄內。然後再另外創建 rootfs 目錄，建立檔案系統的幾個必須目錄，目錄內容如表 3-1。接著再將_install 目錄的內容複製至此 rootfs 目錄下。

表 3-1 、自建檔案系統的必要目錄

目錄名稱	簡介
bin	存放基本的使用者命令二進位檔
dev	存放設備文件檔案或其他特殊文件
etc	存放系統配置文件，包括啟動文件
lib	基本的系統函式庫
proc	核心虛擬檔案系統

sbin	基本的系統命令，用於啟動系統、修復系統等
sys	掛載 sysfs 的文件系統
usr	包含許多應用程式和文件
var	一些具變動性質的檔案
tmp	暫存檔案的目錄

創建好的 rootfs 目錄就是之後會燒寫到終端設備的檔案系統，因此除了要建立系統的必要設定檔，關於圖 3-2 系統模組圖中的 Net-SNMP 模組及 LED 模組相關檔案，也必須放置至此目錄的相關目錄下。最後使用 mkcramfs 工具將 rootfs 目錄做成檔案系統 root_dma.cramfs，並透過 TFTP 協定，使用 # run rootfs 指令將檔案燒寫到終端設備的 NAND FLASH 中。再次將終端設備重新啟動，即可正常開啟本研究移植的嵌入式 Linux 系統了，啟動畫面如圖 3-8。

```

COM4 - PuTTY
SCTP: Hash tables configured (established 2048 bind 4096)
ieee80211: 802.11 data/management/control stack, git-1.1.13
ieee80211: Copyright (C) 2004-2005 Intel Corporation <jketreno@linux.intel.com>
VFS: Mounted root (cramfs filesystem) readonly.
Freeing init memory: 144K
init started: BusyBox v1.11.1 (2011-02-16 16:26:01 CST)
starting pid 836, tty '': '/etc/init.d/rcS'
Processing etc/init.d/rc.S
Mount all
Starting mdevd..
*****
RootFS by Cramfs, DMATEK2440
Created by Ryan @ NCNU
http://www.dmatek.com.cn
*****
starting pid 846, tty '': '/usr/etc/rc.local'

Please press Enter to activate this console. eth0: using half-duplex 10Base-T (R

starting pid 848, tty '': '-/bin/bash'
Processing /etc/profile

[root@dmatek ]#

```

圖 3-8 、嵌入式 Linux 系統啟動畫面

3.1.4 Net-SNMP

Net-SNMP 是簡單網路管理協議 (Simple Network Management Protocol ; SNMP) 的開放原始碼套件，用於遠端監控、管理 IP 網路上各種裝置。它實現了標準的 SNMP 協議，提供了各種 SNMP 工具，支持許多版本的 Unix，並可使用 IPv4 與 IPv6 來傳送。Net-SNMP 支援 SNMP v1、SNMP v2、SNMP v3 等各種版本。在本研究裡將會使用這個套件來協助管理設備，因此必須將這個套件的代理程序 snmpd 移植至嵌入式 Linux 系統中。

本研究選擇使用穩定版本 5.6.1.1，使用與嵌入式系統核心相同的交叉編譯器來編譯這個套件，配置編譯選項如表 3-2。

表 3-2 、Net-SNMP 配置編譯選項

參數	說明
CC=arm-linux-gcc	指名交叉編譯器
--enable-ipv6	支援 IPv6
--with-mib-modules="mibII/ipv6"	
--with-mib-modules="agent/extend"	支援 extension MIB
--with-endianness=little	指定目標所需的大小
--enable-mini-agent	編譯一個最小化的執行檔
--with-tranports="UDPIPv6 TCPIPv6"	僅安裝必要功能
--enable-as-needed	
--disable-scripts --disable-ucd-snmp-compatibility --disable-manuals --disable-snmptrapd-subagent --disable-embedded-perl --disable-applications --without-perl-modules	取消不必要的功能 (其他功能程式、用戶手冊、PERL 腳本等)

安裝完還需要配置 `snmpd.conf` 設定檔文件，設定檔有四個部份需要注意：定義使用者來源、群組與網段、查詢的限制、群組權限等相關訊息。除了這些基本的必要訊息，本研究將會使用 Net-SNMP 所提供的 `extend` 來查詢終端設備的資訊。Net-SNMP 提供一個 `extension MIB` (`NET-SNMP-EXTEND-MIB`)，可讓使用者執行一個自行撰寫的 Shell 腳本程式，取得所需查詢的資訊。

例如以本研究將要查詢記憶體使用量為例，由於此終端裝置 DMA-2440L 預設功能未提供以 SNMP 查詢記憶體使用量，因此必須自行撰寫一個 shell script 程式來取得所需的資訊。在 Linux 環境能透過 `# free` 指令得知記憶體的使用情況。圖 3-9 顯示指令執行後的結果，`Mem` 那一行顯示了實際記憶體的使用率；`Swap` 顯示的是系統 swap 空間的使用率；而 `-/+ buffers/cache` 則是目前撥給系統緩衝區的實體記憶體容量。

```
$ free
      total        used        free      shared    buffers     cached
Mem:   1034708     966004     68704         0      167008     563812
-/+ buffers/cache:  235184     799524
Swap:   1060280         60     1060220
$
```

圖 3-9 、查詢記憶體使用量

建立一個檔名為 `check_memtotal.sh` 的程式檔，撰寫相關程式透過 `# free` 這個指令取得記憶體的總量。最後在 `snmpd.conf` 設定檔裡加入如下設定：

```
extend Mem_total /bin/sh /usr/local/bin/check_memtotal.sh
```

如此一來，當終端設備的 `snmpd` 正常運作時，就可以使用 `nsExtendObjects` OID 查詢到所需的資料。圖 3-10 為查詢到的結果，顯示系統中共有 61,060 KBytes 記憶體。

```
# snmpwalk -v2c -c dma udp6:[aaaa::12:13ff:fe14:1516] NET-SNMP-EXTEND-MIB::nsExtendObjects
NET-SNMP-EXTEND-MIB::nsExtendCommand."Mem_free" = STRING: /bin/sh
NET-SNMP-EXTEND-MIB::nsExtendCommand."Mem_used" = STRING: /bin/sh
NET-SNMP-EXTEND-MIB::nsExtendCommand."Mem_total" = STRING: /bin/sh
NET-SNMP-EXTEND-MIB::nsExtendArgs."Mem_free" = STRING: /usr/local/bin/check_memfree.sh
NET-SNMP-EXTEND-MIB::nsExtendArgs."Mem_used" = STRING: /usr/local/bin/check_memused.sh
NET-SNMP-EXTEND-MIB::nsExtendArgs."Mem_total" = STRING: /usr/local/bin/check_mementotal.sh
NET-SNMP-EXTEND-MIB::nsExtendOutputLine."Mem_free" = STRING: 46656
NET-SNMP-EXTEND-MIB::nsExtendOutputLine."Mem_used" = STRING: 14404
NET-SNMP-EXTEND-MIB::nsExtendOutputLine."Mem total" = STRING: 61060
```

圖 3-10、使用 Extension OID 查詢

配置好設定檔後，最後僅需要移動三份檔案即可：snmpd 客戶端回應程式、mib 資料夾、snmpd.conf 設定檔，將檔案移至新創建的 rootfs 相關目錄底下。本研究所放置的相關路徑請參考表 3-3。

表 3-3、檔案放置位置

檔案內容	絕對路徑
snmpd	rootfs/usr/local/sbin/
snmpd.conf	rootfs/usr/local/share/snmp/
mib	rootfs/usr/local/share/snmp/mibs/

最後使用 mkcramfs 工具將 rootfs 目錄做成檔案系統 root_dma.cramfs，並將檔案燒寫到終端設備的 NAND FLASH 中，將終端設備重新啟動，就會在相關目錄下，看到這些所放置的檔案並可執行相關程式。

3.1.5 發光二極體

DMA-2440L 平台擁有豐富周邊介面及高度可擴展性空間，其架構包含一個乙太網路介面，採用 DM9000 支援 10/100M 乙太網路、三個串列埠、USB 介面、SD 卡介面、音效介面、攝影機、JTAG 介面、四個發光二極體（Light Emitting Diode；LED）及 3.5

吋 LCD (Liquid Crystal Display ; LCD) 面板等，詳細介面說明如圖 3-11。

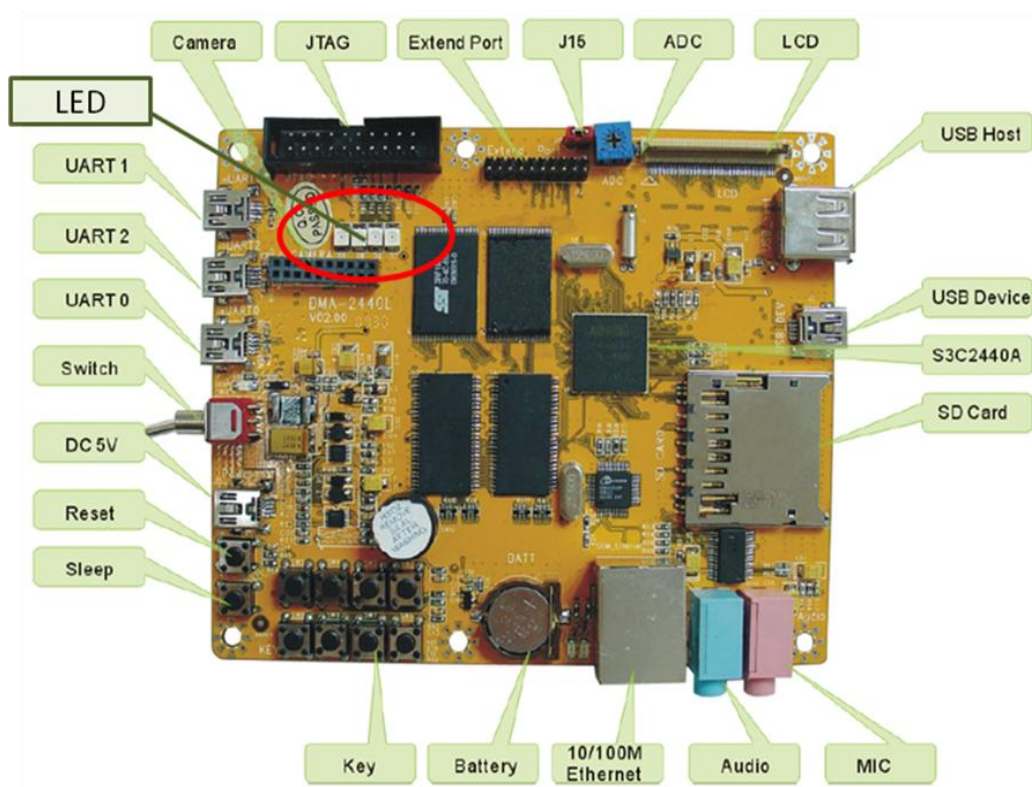


圖 3-11 、DMA-2440L 周邊介面

本研究將會使用發光二極體來顯示設備異常提示，因此需要載入 LED 相關驅動程式。Linux 設備驅動模組屬於核心的一部分，可以透過兩種方式被編譯和載入：方法一是直接配置編譯 Linux 核心，隨同 Linux 啟動時載入；方法二是編譯一個可載入和卸載的模組。此方法可以控制核心大小，而且方便調整測試，因此本研究選擇第二種方法進行動態載入 LED 驅動程式。

發光二極體是一種半導體設備，當電流通過它時，可以產生可見光。其驅動程式所使用的函數如表 3-4。

表 3-4 、發光二極體使用的函式

函式名稱	功能
led_open()	開啟發光二極體設備
led_release()	關閉發光二極體設備
led_ioctl()	改變發光二極體狀態

驅動程式部分參考長高科技所提供的上層 LED 應用測試程式，完成設定後採用交叉編譯的方式對驅動程式進行編譯，若編譯成功就會得到發光二極體驅動載入模組 led.ko 檔。開啟終端設備 DMA-2440L 平台，下載此驅動模組，並使用 # insmod 命令進行動態載入，再透過 # mknod 建立發光二極體的設備節點，至此完成驅動程式的載入。

要能實現發光二極體的開與關僅需要特別注意一個函式：led_ioctl()，函式定義如下：

```
static int led_ioctl(struct inode *inode, struct file *file,
unsigned int cmd, unsigned long arg)
```

此函式為控制發光二極體狀態，先判斷 cmd 命令碼，命令碼會有兩種：LED_ON 為點亮 LED；LED_OFF 為熄滅 LED。然後從使用者緩衝區讀取資料並寫到控制單元中，控制 LED 亮或滅的狀態。完成控制發光二極體的程式後，將交叉編譯後的執行檔下載到終端設備上，增加可執行的權限，就可以直接執行程式控制發光二極體的亮暗了。

3.2 Atmel RZRAVEN 開發板移植

本研究的實驗環境中，須使用 IEEE802.15.4 傳輸介面，但 DMA-2440L 平台僅有乙

太介面，因此本研究採用 Atmel RZRAVEN2.4GHz 開發版[27]套件作為 6LoWPAN 的傳輸擴充介面。

Atmel 針對全球快速成長的 2.4GHz ISM 頻段的低功耗無線應用市場，推出 AVR RZRaven 工具套件，為設計人員開發易用的開發平台。RZRaven 開發版套件包含兩塊 AVR Raven 模組、一個 RZ-USB stick 模組，以及相關的韌體應用程式，如圖 3-12。AVR Raven 模組可作為 LCD 圖形化介面的節點，內含兩個微控制器：驅動 LCD 顯示與用戶介面的 ATmega3290P 與驅動 AT86RF230 802.15.4 2.4GHz 無線電收發器的 ATmega1284P。RZ-USB stick 模組則是一個無線 USB 傳輸器（USB dongle），內嵌 AT90USB1287 微控制器，可賦予設備擁有 IEEE 802.15.4 介面。

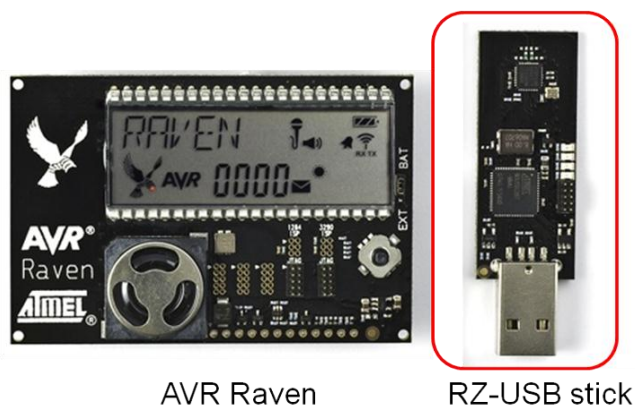


圖 3-12、RZRaven 開發版套件

對於 RZ-USB Stick 模組所要使用的作業系統，本研究選擇 Contiki[28]。Contiki 是一種小型、開放原始碼作業系統，具有高度的移植力，亦提供 IPv4 與 IPv6 兩種網路協定。在基本的配置中，Contiki 系統僅需 2Kb 的記憶體與 40Kb 的唯讀記憶體（Read-Only Memory；ROM），適用於記憶體受限的嵌入式系統和無線感測網路，已廣泛移植到多種系統中，例如微型控制器、遊戲機平台、電腦等。

本研究所使用的版本為 Contiki2.5 -rc1，透過 git 取得 Contiki 的原始碼，參考原始碼中的範例程式，編譯安裝產生二進位檔 ravenusbstick.elf，再將這個檔案透過 JTAGICE mkII 模擬器（搭配 AVR Studio 軟體）燒寫至 RZ-USB Stick 的 AT90USB1287 微控制器上。由於終端設備與伺服器設備皆須使用 RZ-USB Stick 通訊，因此使用同樣的方法燒寫兩支 RZ-USB Stick。如同每張乙太網路卡在出廠時皆會賦予一組獨一無二的網路卡卡號，即媒體存取控制位址（Media Access Control；MAC）位址，RZ-USB Stick 在編譯時要做相關的修改，避免兩端 USB 擁有相同的 MAC Address。

這種硬體（RZ-USB Stick）與韌體（Contiki）的結合稱為“Jackdaw”，Jackdaw 的運行方式是透過遠端網路驅動程式介面規格 RNDIS（Remote Network Driver Interface Specification）模擬成一個網路介面。RNDIS 是一種將 USB 硬體設備模擬為網路介面的驅動程式，這部份需要在編譯嵌入式核心時配置相關設定，如圖 3-13 所示。

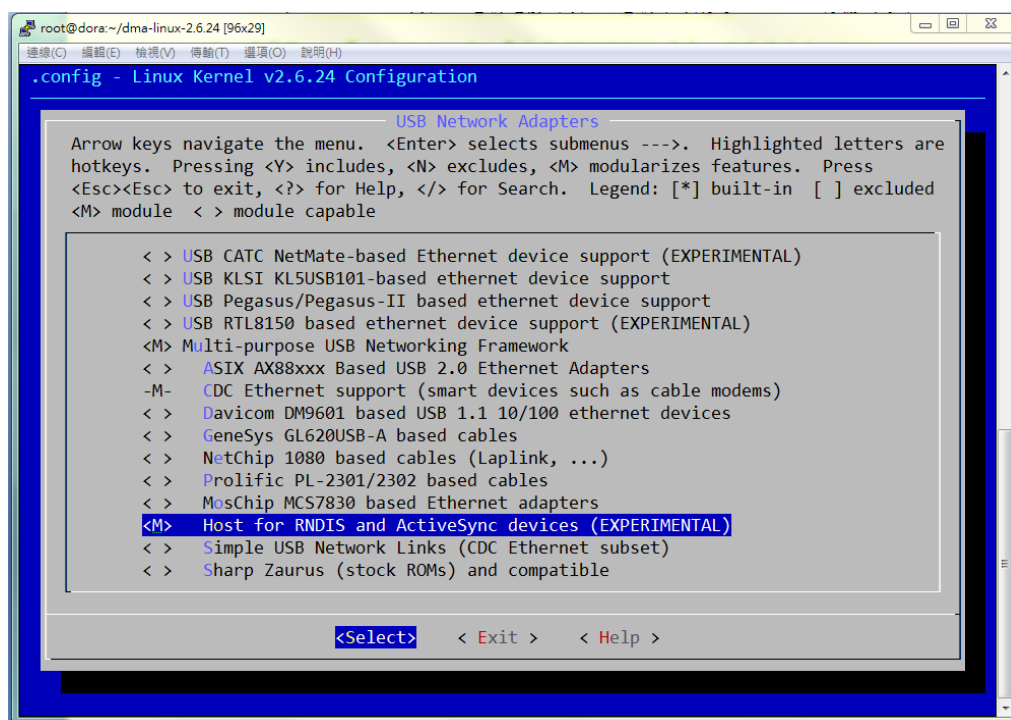


圖 3-13、核心編譯加入 RNDIS

完成後直接把兩支 RZ-USB Stick 分別與個人電腦、終端裝置連接，則彼此即可成為 6LoWPAN 傳輸網路中的節點。如圖 3-14，個人電腦的乙太網路介面可以與 IPv6 網路通訊，RZ-USB Stick 則成為一個橋接介面 (Bridge) 與終端裝置傳輸。外部的 IPv6 節點能經由個人電腦的幫忙，隨時存取到 6LoWPAN 環境底下的設備。

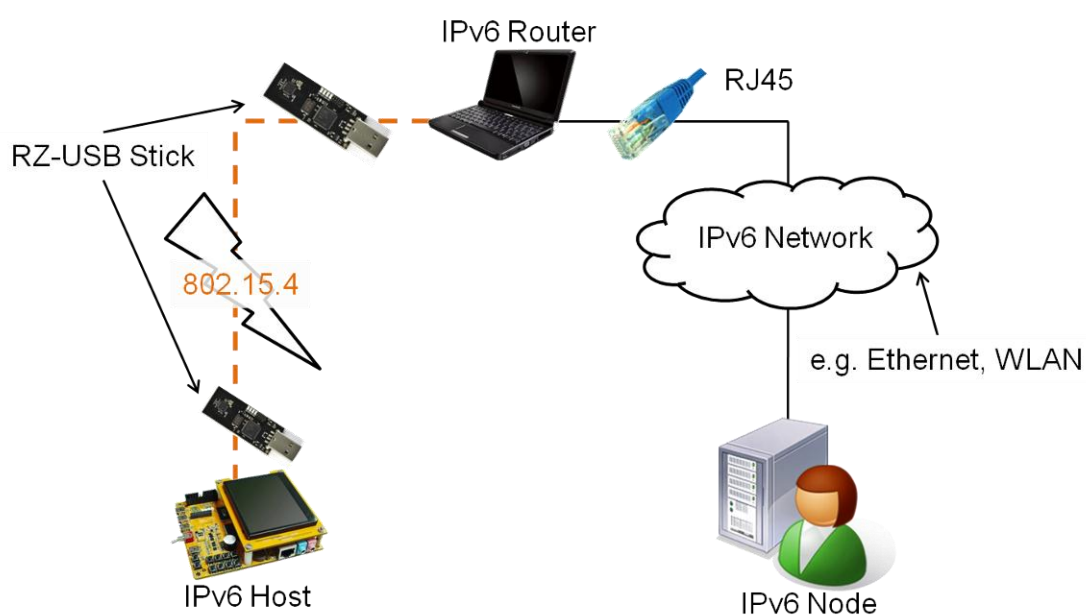


圖 3-14、RZ-USB 網路連接示意圖

3.3 系統伺服器

本研究的伺服器模組如圖 3-15，關於各個模組將於以下各小節仔細介紹。產生視覺化圖表的為 Cacti 模組，蒐集完資料後產生流量圖；發送即時訊息給管理者的為即時訊息模組；事件觸發模組則決定需要驅動其餘哪一部份的模組。

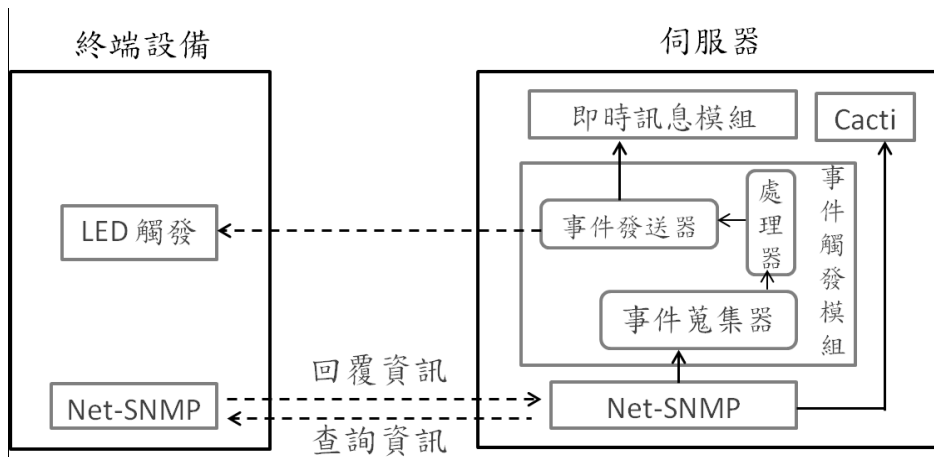


圖 3-15、伺服器模組

3.3.1 流量監控工具

本研究的流量監控工具使用 Cacti 套件，Cacti 是一套基於 PHP、MySQL、SNMP 及 RRDtool 開發的網路流量監測圖形分析工具。RRDtool 是一個強大的繪圖引擎，使用 rrd 儲存格式，數據能重複使用，且能畫出任意時段的圖形；缺點是使用的參數非常多，命令非常複雜，且無管理功能。而 Cacti 則能善用 RRDtool 的工具，並加入管理的功能。Cacti 在英文中是仙人掌的意思，因此這個套件的代表圖形為仙人掌，其架構圖如圖 3-16。它提供了強大的數據與用戶管理功能，可以針對每個主機畫出不同的流量圖，每個主機又可以指定掛載在不同的樹狀圖結構上。除了基本的 snmp 流量跟資源監控外，Cacti 也可以外掛程式腳本 (Scripts) 或加上模版 (Templates) 來作出各式各樣的監控圖，提供管理者方便且有彈性的方式來管理眾多圖表。

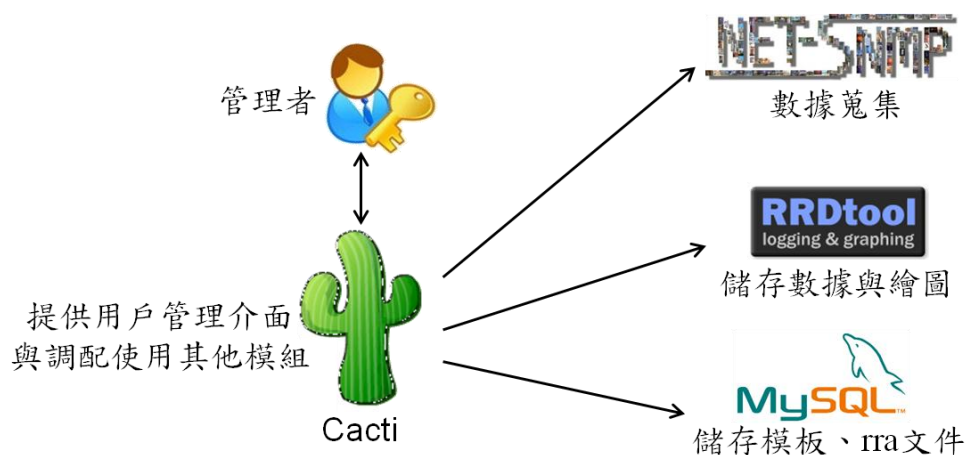


圖 3-16、Cacti 架構圖

Cacti 的運行流程如圖 3-17，透過 Net-SNMP 定時蒐集數據，並由 RRDtool 儲存資料。當使用者想要查詢設備的流量圖時，可以連線到 Cacti 的網頁管理介面，Cacti 再由資料庫 MySQL 查詢所要查詢的圖表，並呈現圖表。

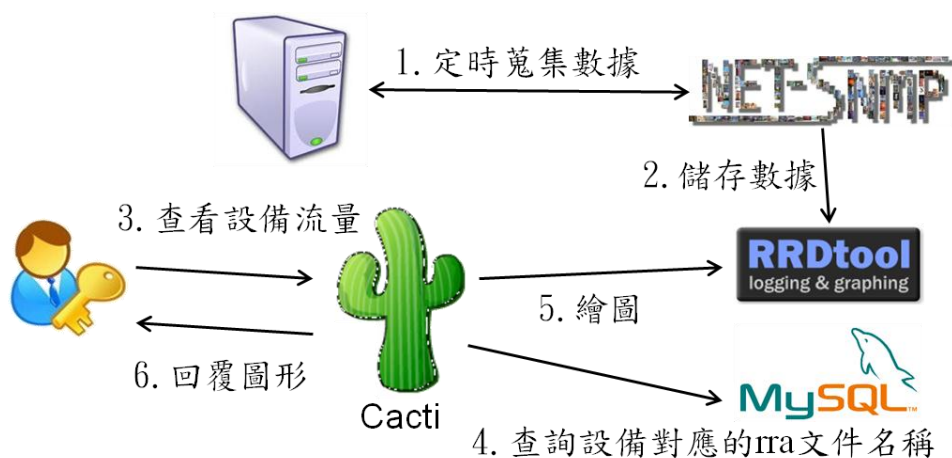


圖 3-17、Cacti 運行流程

本研究所使用的版本是 Cacti 0.8.7e，安裝套件時會需要用到 PHP、MySQL、Apache、Cacti-spine、RRDtool 等。使用終端機命令模式安裝好必要套件後，即可透過

瀏覽器輸入網址 http://server_ip/cacti 進入 Cacti 的基本設定頁面，如圖 3-18。

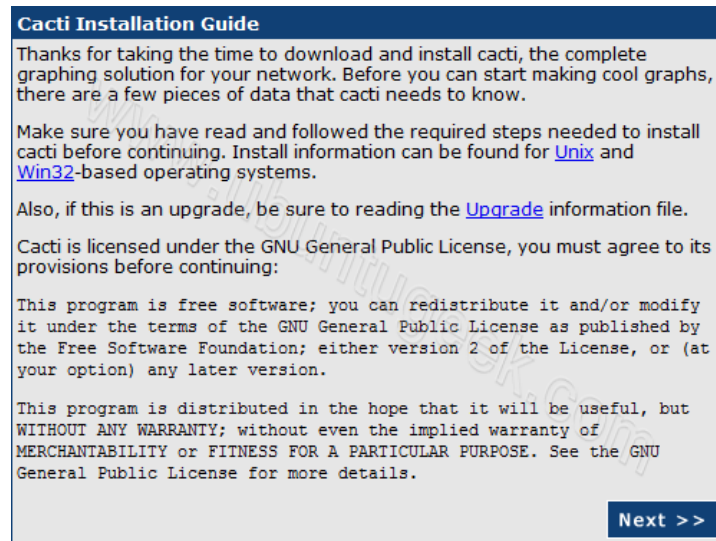


圖 3-18 、Cacti 基本設定頁面

基本設定完後，通過帳號與密碼的認證，可進入 Cacti 的網頁介面管理頁面。此套件允許使用者透過這個頁面設定所有要監控的主機、想監測的服務。在監控本研究的終端設備 DMA-2440L 時，特別注意的是必須使用 IPv6 位址，因此在 Hostname 的設定欄位必須使用 `udp6:[IPv6 Address]` 格式，如圖 3-19。設定完後就可以依時間繪製出流量圖，圖 3-20 為監控 RZ-USB Stick 介面 usb0 的圖表。

DMA2440L (udp6:[aaaa::12:13ff:fe14:1516])

SNMP Information

System:Linux (none) 2.6.24 #49 Wed May 23 20 29 CST 2012 armv4t1
Uptime: 34482445 (3 days, 23 hours, 47 minutes)
Hostname: (none)
Location: NCNU
Contact: root@localhost

*Create Graphs for this
*Data Source List
*Graph List

Devices [edit: DMA2440L]

General Host Options

Description

Give this host a meaningful description.

Hostname

Fully qualified hostname or IP address for this device.

Host Template

Choose the Host Template to use to define the default Graph Templates and Data Queries associated with this Host.

Number of Collection Threads

The number of concurrent threads to use for polling this device. This applies to the Spine poller only.

Disable Host

Check this box to disable all checks for this host.

 Disable Host

Availability/Reachability Options

Downed Device Detection

The method Cacti will use to determine if a host is available for polling.

圖 3-19、監控 IPv6 主機設定

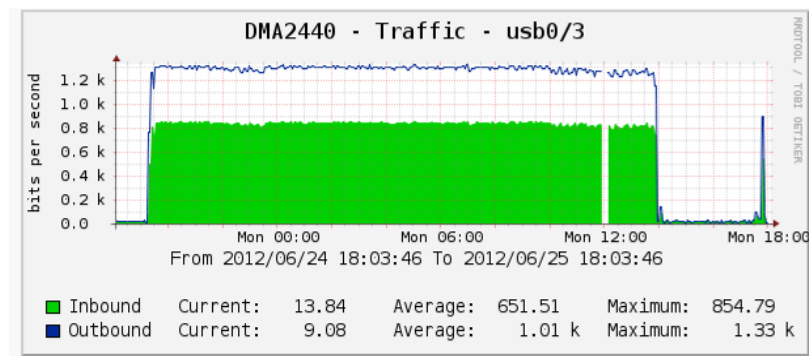


圖 3-20、6LoWPAN 介面流量圖

3.3.2 即時通訊軟體

當裝置發生異常時，必須要有通知管理者的相關機制。大部分的網路管理軟體通常都是透過電子郵件通知；但是這無法達到即時通訊的目的，管理者可能會經過一段時間收信時，才發現服務停止運作了。因此使用即時通訊服務通知，在時效上是有必

要的。例如微軟的 Windows Live Messenger，假設管理者處於上線狀態，就能即時收到任何的通通知，因此本研究整合 MSN 機器人 sendMSG 套件來傳送即時訊息。

sendMSG 由 PHP 語法所寫成，允許使用者傳送訊息給特定的帳戶。它必須先登入、改變成上線的狀態、創建一個新的即時訊息 IM Session、傳送訊息，最後結束通訊，流程圖如圖 3-21。

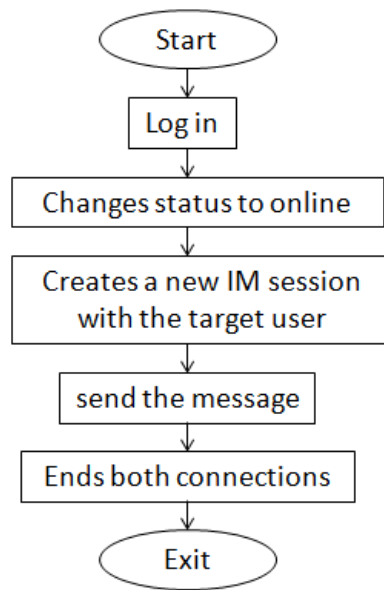


圖 3-21、sendMSG 流程圖

所有傳送訊息者與接收訊息者的定義都記錄在設定檔上。設定檔範例如下：

```
if ($_SERVER['REQUEST_METHOD'] == 'GET')
{
    $sendMsg = new sendMsg ();
    $sendMsg->login ('sender@hotmail.com', 'password');
    $sendMsg->createSession ('recipient@hotmail.com');
    $sendMsg->sendMessage ('message', 'Times New Roman', 'FF0000');
}
```

設定檔完成後，將 sendMSG 這個套件放至網頁伺服器底下，可以透過 URL 連結去傳送訊息給已定義在設定檔裡的使用者，如圖 3-22。藉由傳送 HTTP request，程式由 GET 方法取得問號後面的參數值，就可以傳送訊息給目標使用者。



圖 3-22 、sendMSG 傳送信息

只要自行撰寫一個 Shell 腳本程式，將欲傳送的訊息寫入一份檔案裡，執行這個 URL 連結時，帶入檔案作為參數，如此一來就能靈活運用這個套件，依據不同事件傳送不同的內容。所收到的訊息如圖 3-23。



圖 3-23 、目標使用者收到的訊息

3.3.3 事件驅動

事件驅動是運行事務管理過程中，進行決策的一種策略；跟著當前時間點發生的事件，調動可用資源來執行相關任務，使不斷出現的問題得以解決。如圖 3-24 結構圖所顯示，事件驅動程序基本結構由一個事件收集器、一個事件發送器和一個事件處理器所組成，運作型態為<模式 (Pattern) >與<行為 (Action) >。事件收集器專門負責收集所有事件；事件處理器做具體的判斷事件以及決定是否要觸發事件發送器；事件發送器負責將所需執行的指令送出。

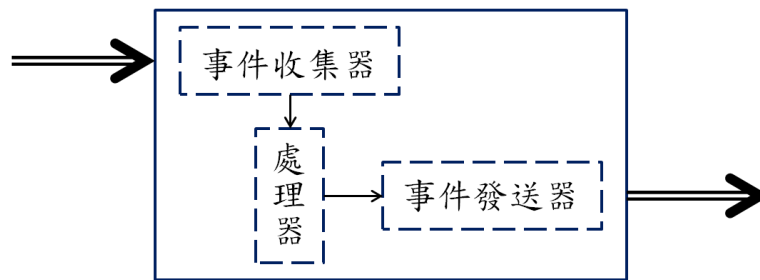


圖 3-24、事件驅動程序

事件驅動程序可以由任何程式語言來實作，本研究使用程式化腳本 (Shell Script) 達成目標。Shell Script 是利用 Shell 的功能所寫的一個「程式」，在 Linux 作業系統環境底下，能幫助我們與系統核心溝通。這類程式使用 Shell 的語法與指令，搭配正規表示法、管線命令與資料流重導向等功能，讓使用者很輕易的就利用一個檔案，在系統中執行多項指令，藉以達到我們所想要的目的。

在事件收集器的部分，依照上述說明移植 Net-SNMP 套件至終端裝置上，即可與伺服器透過 6LoWPAN 傳輸資訊，因此能透過這套軟體的 snmpget 取得所需監測的數據，如圖 3-25 所示。

```
$ snmpget -v2c -c dma udp6:[aaaa::12:13ff:fe14:1516] sysContact.0
SNMPv2-MIB::sysContact.0 = STRING: root@localhost
$
```

圖 3-25 、以 snmpget 收集資料

在事件處理器的部分，由於必須使用<模式>與<行為>的型態來判斷事件，為了之後能方便擴充的考量，在本研究裡選用參數定義的方式，後續可以加入不同參數動態運用。參數清單如表 3-5 所示，所定義的判斷事件為監控記憶體或網路流量，可以依據不同的事件決定要觸發發光二極體亮燈，或是傳送即時訊息給特定使用者。

表 3-5 、事件處理器驅動參數表

參數	判斷事件/執行事件	值
-m	監控記憶體， 記憶體使用量/總記憶體超過<數字>	<數字>
-f	監控流量，每秒超過<數字>單位	<數字>
-l	驅動發光二極體，改變狀態	<開/關>
-M	傳送即時訊息，給特定使用者	<信箱位址>

如此一來，使用者可以透過執行這個 Shell Script，並加入不同的參數以達到不同的監控目的。

在事件發送器的部分，由於之前的模組裡已分別介紹了即時通訊模組與 LED 驅動模組，因此透過事件觸發模組的整合，能在符合判斷條件時決定要去啟動哪一個模組。在伺服器端只要直接呼叫即時訊息模組即可；在嵌入式設備端，則必須透過 Net-SNMP 的指令去驅動 LED 觸發模組。

3.4 系統平台實際運作

以下將會顯示幾張系統平台實際運作的圖片，圖 3-26 為伺服器端與終端裝置彼此使用 RZ-USB Stick 所擷取的封包圖；圖 3-27 為即時通訊模組所送出的訊息；圖 3-28 為 Cacti 套件實際的運作流量圖；圖 3-29 為終端裝置的發光二極體實際亮燈圖片。

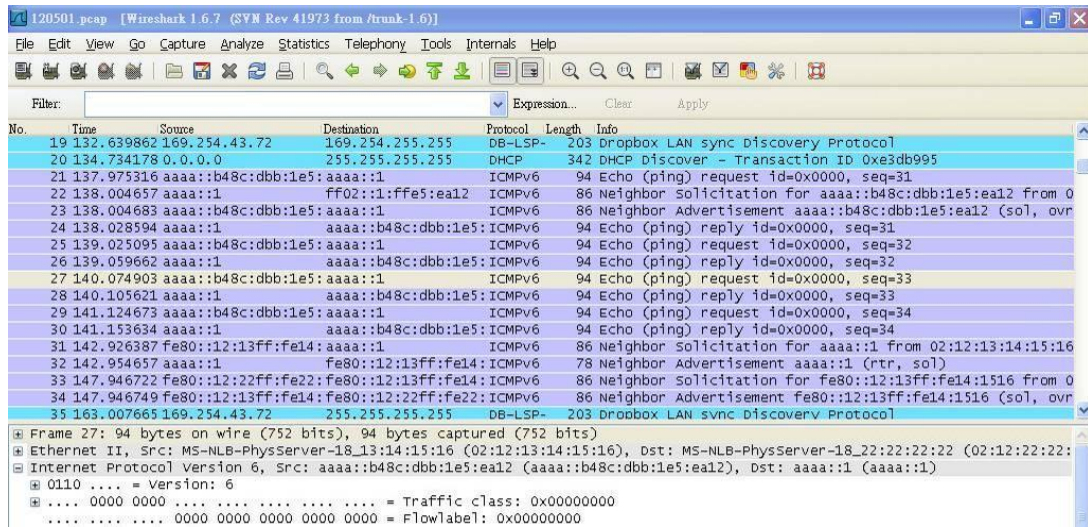


圖 3-26、6LoWPAN 傳輸封包



圖 3-27、sendMSG 套件運作結果

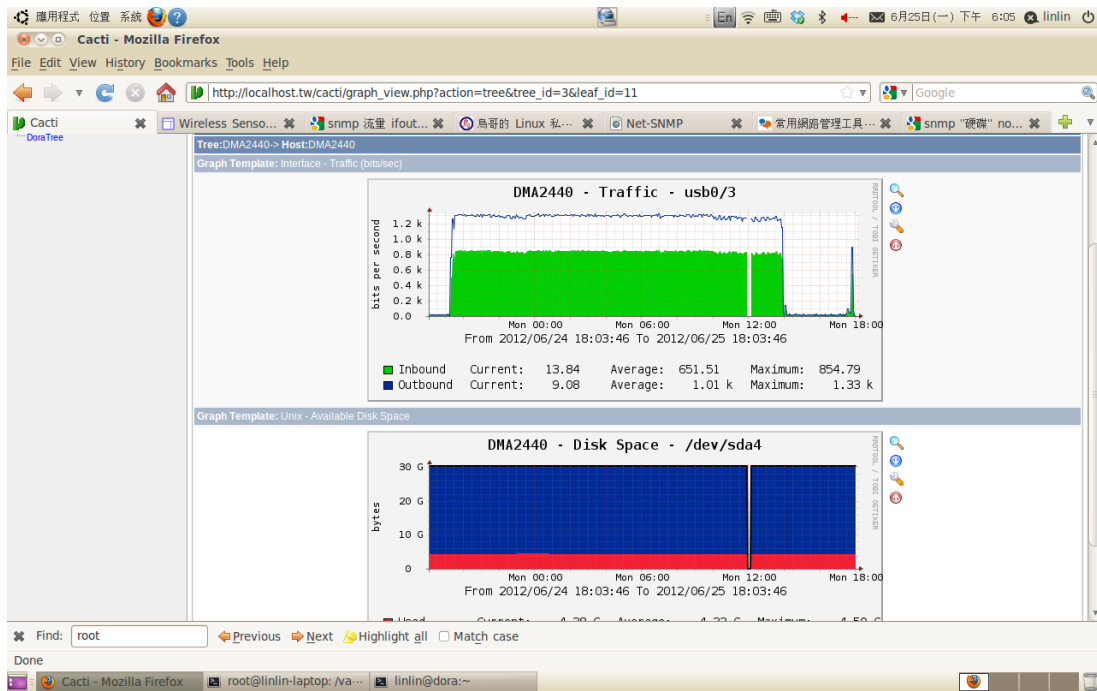


圖 3-28、Cacti 網頁運作圖形



圖 3-29、平台使用發光二極體

第四章 效能分析

4.1 實驗環境與方法

本研究的效能分析主要針對當異常發生時，使用者能多快收到通知。測試情境為以下兩項：記憶體使用量過高時，發光二極體的燈號顯示；網卡流量過高時，所收到的即時訊息通知時間。系統設定為每一分鐘查詢裝置的訊息

4.1.1 記憶體使用量

由於在無線感測網路環境中，終端裝置節點本身所配備之電源、記憶體以及運算能力均受到極大的限制，因此實驗的情境之一是偵測當記憶體可用量低於 40% 時，能經由發光二極體提示。

測試方法是手動觸發一個程式，此程式會使得終端裝置 DMA-2440L 的記憶體可用量低於 40%，系統偵測到此異常後，傳送指令使發光二極體亮燈。程式使用 C 語言撰寫，記憶體可用量減少情形如圖 4-1，執行程式後能立即使可用記憶體降至 20Mbytes 下。程式必須要用交叉編譯器來編譯，隨後透過 rz 傳輸工具將執行檔載入嵌入式 Linux 系統內。最後透過網路封包解析軟體 Wireshark[29]，擷取兩端的網路封包，取得傳送指令的執行時間，以得知事件發生至裝置顯示所花的時間。

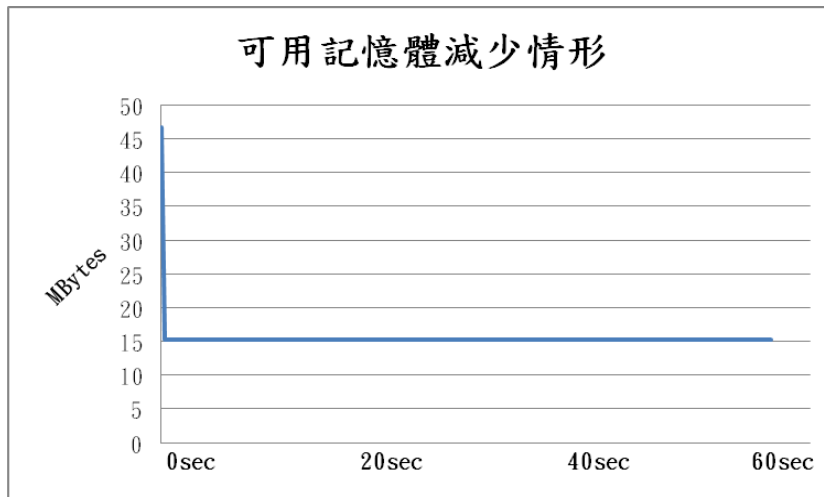


圖 4-1 、記憶體可用量減少情形

除了能經由發光二極體顯示，也能透過 Cacti 的圖形畫面顯示記憶體使用情形。圖 4-2 所監控的是終端裝置 DMA-2440L 的可用記憶體，發現當 Fri 12:00 左右的時候，分別執行了兩次程式使得記憶體可用量低於 40%。

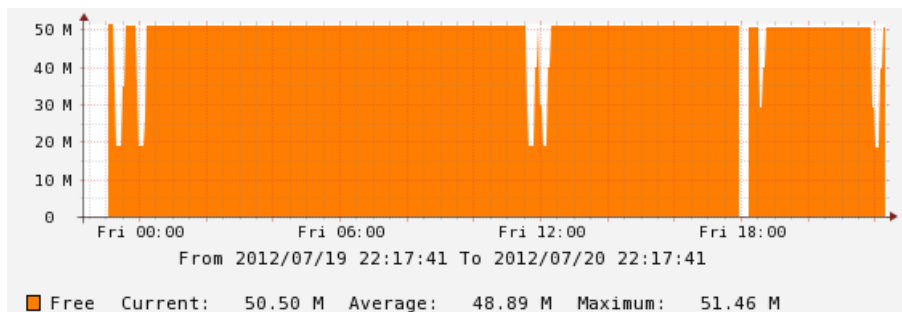


圖 4-2 、記憶體可用量監控

4.1.2 網卡流量

在無線感測網路環境中，終端裝置節點中往往攜載各式感測器，測量溫度、溼度、

光度、加速度、壓力、聲音等，再透過無線網路將感測器蒐集到的資訊回傳到監控端。每次所收送的資訊流量應在一固定的範圍，以確保資料傳送順暢。因此實驗的情境之二是偵測當網路流量超過數值時，能透過即時訊息通知使用者。

流量的增加方法使用 ping 指令，這個指令是一個電腦網路工具，能偵測雙方網路的連線狀況。此工具的運作原理是：向終端裝置發送一個 ICMP echo 要求封包，等待接收 echo 的回應封包。圖 4-3 由 Wireshark 所擷取的封包顯示出詳細的網路封包資料；圖 4-4 則是透過這個指令所產生的明顯流量圖。

24	138.028594	aaaa::1	aaaa::b48c:dbb:1e5:	ICMPv6	94	Echo (ping) reply id=0x0000, seq=31
25	139.025095	aaaa::b48c:dbb:1e5:	aaaa::1	ICMPv6	94	Echo (ping) request id=0x0000, seq=32
26	139.059662	aaaa::1	aaaa::b48c:dbb:1e5:	ICMPv6	94	Echo (ping) reply id=0x0000, seq=32
27	140.074903	aaaa::b48c:dbb:1e5:	aaaa::1	ICMPv6	94	Echo (ping) request id=0x0000, seq=33
28	140.105621	aaaa::1	aaaa::b48c:dbb:1e5:	ICMPv6	94	Echo (ping) reply id=0x0000, seq=33
29	141.124673	aaaa::b48c:dbb:1e5:	aaaa::1	ICMPv6	94	Echo (ping) request id=0x0000, seq=34
30	141.153634	aaaa::1	aaaa::b48c:dbb:1e5:	ICMPv6	94	Echo (ping) reply id=0x0000, seq=34


```

Frame 25: 94 bytes on wire (752 bits), 94 bytes captured (752 bits) on interface 0
    Ethernet II, Src: MS-NLB-PhysServer-18_13:14:15:16 (02:12:13:14:15:16), Dst: MS-NLB-PhysServer-18_22:22:22 (02:12:22:22:22:22)
    Internet Protocol Version 6, Src: aaaa::b48c:dbb:1e5:ea12 (aaaa::b48c:dbb:1e5:ea12), Dst: aaaa::1 (aaaa::1)
    ICMP Echo (ping) reply id=0x0000, seq=31 (94 bytes)
    Payload length: 40
    Next header: ICMPv6 (58)
    Hop limit: 128
    Source: aaaa::b48c:dbb:1e5:ea12 (aaaa::b48c:dbb:1e5:ea12)
    Destination: aaaa::1 (aaaa::1)
    [Source GeoIP: Unknown]
    [Destination GeoIP: Unknown]
  
```

圖 4-3 、Ping 的運作原理

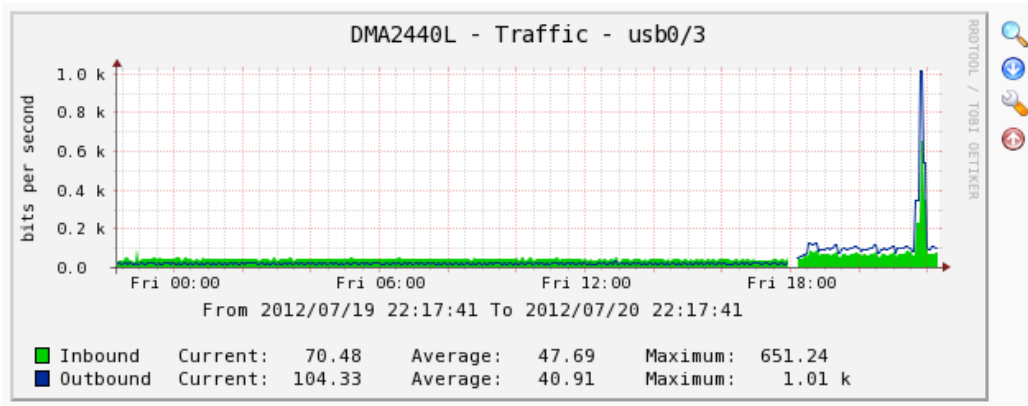


圖 4-4 、使用 Ping 指令的測試結果

持續使用 ping 指令後，在一分鐘內的流量增加情形如圖 4-5，共增加了 4.06Bytes。在測試時的傳輸流量，正常情況下每分鐘約有 450Bytes 的 SNMP 查詢流量、458Bytes 的回覆流量。本研究所設定的監控條件為每分鐘超過 5Bytes 定為異常。當系統偵測到此狀況後，傳送指令發送即時訊息通知使用者。

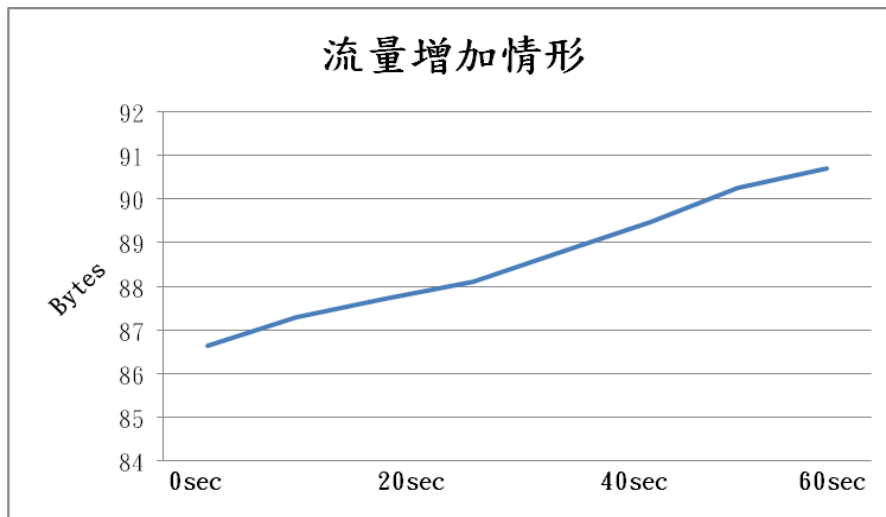


圖 4-5 、使用 Ping 指令後，流量的增加情形

4.2 數據量測與分析

圖 4-6 呈現以上兩種實驗情境所得到的資料：當記憶體使用率低於 20% 以後，大約在 30 秒左右即會透過發光二極體 LED 明顯顯示；流量部分由於還要與微軟 MSN 建立連線、登入、發送訊息，因此相較之下大約 60 秒後才會收到通知。

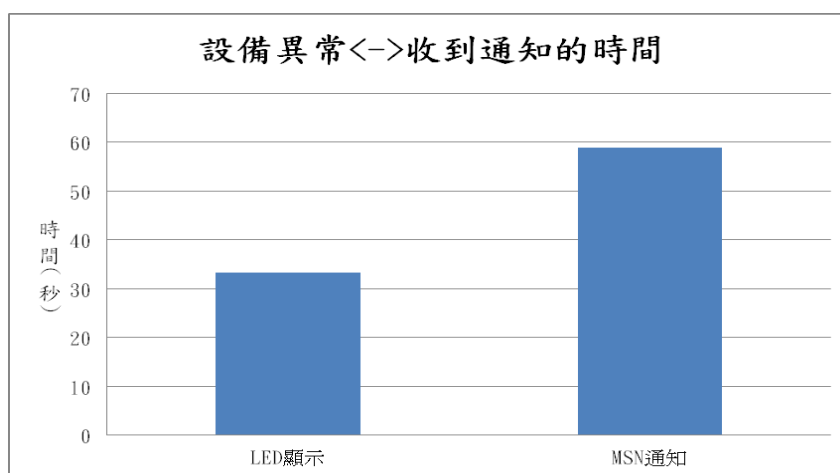


圖 4-6 、收到通知的時間

表 4-1 列出此系統執行前後所損耗的記憶體使用量，程式執行所佔用的記憶體大約為 1736Kbytes。

表 4-1 、記憶體使用量

		total	used	free	shared	buffers	cached
執行前	Mem	1034708	872928	160044	0	188416	443040
	-/+ buffers/cache:		243208	791500			
	Swap	1060280	0	1060280			

執行後	Mem	1034708	874664	161780	0	188416	443036
	-/+ buffers/cache		241476	793232			
	Swap	1060280	0	1060280			

第五章 結論及未來展望

本研究已實做出完整的 6LoWPAN 網路管理系統環境，終端裝置使用長高科技的 DMA-2440L，經過 Linux 核心移植與 Cramfs 檔案系統的掛載，實現 IPv6 與簡單網路管理協議的相關功能。傳輸介面部分，採用選擇 Contiki 作業系統的 Atmel RZRAVEN 無線網卡。使用者能經由 6LoWPAN 網路隨時監看由 Cacti 所產生的圖表，了解嵌入式設備網路流量或記憶體狀態；經由簡單網路管理協議 Net-SNMP 套件中 Extension OID 的設定，與事件觸發機制相互配合，當終端裝置記憶體使用量出現異常時，使用者除了能收到即時訊息的通知，也能透過裝置本身的發光二極體明顯標示得知。最後搭配網路封包解析軟體 Wireshark，協助系統的運作效能分析。

目前是採用系統定時查詢裝置的資訊，以定時輪詢（polling）的方式來判斷是否出現異常；若能搭配 SNMP trap 的設定，則能由設備主動通知管理系統，效率將會更佳。此外。未來可依據各種不同的環境加入不同事件觸發條件，例如以健康監測為例，使用者可以自行定義當心跳或脈搏高達一定數值時，讓無線感測裝置亮燈，這樣可以讓所有人隨時掌握患者身心狀況；並將匯集的資料以流量圖呈現，看出患者最近一周的身體狀況，讓系統能自動化有效率的發揮設備功用。在事件觸發系統上，目前加入事件定義都需人工修改設定檔，未來除了允許手動加入事件，也可開發智慧型事件觸發系統，學習使用者所定義的事件觸發條件，讓使用者不用手動修改設定檔。除此之外，許多網路管理系統會包含網頁管理介面，這可以提供管理者更方便的設定方法。本研究希望未來能豐富網路管理研究領域，藉此幫助網管人員能更有效率且簡易的管理無線感測環境中數量龐大的感測裝置。

參考文獻

- [1] 2003 Technology Review, <http://www.technologyreview.com/>
- [2] Paolo Baronti, Prashant Pillai, Vince W.C. Chook, Stefano Chessa, Alberto Gotta, Y. Fun Hu, "Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards," *Computer Communications*, Vol. 30, No. 7, pp. 1655-1695, May 26, 2007.
- [3] N. Kushalnagar, G. Montenegro, C. Schumacher, "IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals," RFC4919, Aug. 2007.
- [4] G. Montenegro, N. Kushalnagar, J. Hui, D. Culler, "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks," RFC4944, Sep. 2007.
- [5] 江昭皚、盧福明、楊恩誠、曾傳蘆 (2008)。無線感測器網路技術在農業害蟲監測之應用。生物產業機電工程學系專書，73-76。
- [6] Sridhar Rajagopal, Mark Trayer, Nhut Nguyen and Kong Posh Bhat, "Architecture Model Choices for a Smart Grid Home Network", 2011 IEEE Online Conference on Green Communications (GreenCom), pp. 52-57, Sep. 26-29, 2011.
- [7] Pollo, L.F., "A network-oriented power management architecture ", IFIP/IEEE Eighth International Symposium on Integrated Network Management, pp. 693-706, Mar. 24-28, 2003.
- [8] J. Postel, "Transmission Control Protocol," RFC793, Sep. 1981.

- [9] J. Postel, "Internet Protocol," RFC791, Sep. 1981.
- [10] J. Postel, "User Datagram Protocol," RFC768, Aug. 28, 1980.
- [11] S. Deering, R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," RFC2460, Dec. 1998.
- [12] Number Resource Organization (NRO) - Free Pool of IPv4 Address Space Depleted.
[<http://www.nro.net/news/ipv4-free-pool-depleted>]
- [13] R. Hinden, S. Deering, "Internet Protocol Version 6 (IPv6) Addressing Architecture," RFC3513, Apr. 2003.
- [14] Joseph Davies, "Understanding IPv6," Second Edition, Microsoft Press (ISBN 978-0735624467), Jan. 19, 2008.
- [15] R. Droms, Ed. J. Bound, B. Volz, T. Lemon, C. Perkins, M. Carney, "Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6)," RFC3315, Jul. 2003.
- [16] N. Moore, "Optimistic Duplicate Address Detection (DAD) for IPv6," RFC4429, Apr. 2006.
- [17] Wei Yuan, Xiangyu Wang, J.-P.M.G. Linnartz, "A Coexistence Model of IEEE 802.15.4 and IEEE 802.11b/g", 14th IEEE Symposium on Communications and Vehicular Technology, pp. 1-5, Nov. 15, 2007.
- [18] Jae Hyun Kim, Jong Kyu Lee, "Capture effects of wireless CSMA/CA protocols in Rayleigh and shadow fading channels", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 48, No. 4, pp. 1277-1286, Jul. 1999.
- [19] Zach Shelby, Carsten Bormann, "6LoWPAN: The Wireless Embedded Internet," Wiley (ISBN 978-0470747995), Jan. 2010.
- [20] Xin Ma and Wei Luo, "The Analysis of 6LowPAN Technology ", Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application (PACIIA'08), Vol. 1, pp. 963-966, Dec. 19-20, 2008.

- [21] You-Sun Hwang, Eung-Bae Kim, “The management of the broadband wireless access system with SNMP “, 10th International Conference on Telecommunications (ICT 2003), Vol. 1, pp. 225-228, Feb. 23- Mar. 1, 2003.
- [22] 長高科技股份有限公司 (DMATEK). [<http://www.dmatek.com.tw>]
- [23] GCC, The GNU Compiler Collection. [<http://gcc.gnu.org/>]
- [24] K. Sollins, “The TFTP Protocol (Revision 2),” RFC1350, Jul. 1992.
- [25] Cramfs, The Compressed ROM Filesystem. [<http://sourceforge.net/projects/cramfs/>]
- [26] BusyBox: The Swiss Army Knife of Embedded Linux. [<http://www.busybox.net/>]
- [27] Atmel RZRAVEN kit.
[http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=4291]
- [28] Contiki: The Operating System for Connecting the Next Billion Devices - the Internet of Things. [<http://www.sics.se/contiki/>]
- [29] Wireshark - the world’s foremost network protocol analyzer.
[<http://www.wireshark.org/>]