

無線感測網路應用於建築物防火資訊系統之開發

研究生：張瀨云

指導教授：洪士林 博士

國立交通大學土木工程學系

摘要

資訊科技的日新月異，使日常生活與工作的環境變得更舒適、便利。因此，我們開始追求智慧化的空間並促使以提升建築物功能與品質為目的的「智慧型建築」興起。營運初期由於設備管理、系統操作與維護上等知識技能尚未健全，導致使用上、管理上產生許多阻礙，故改善「智慧型建築」自動化與智慧化的軟硬體設備之應用與系統的整合管理將是發展「智慧型建築」的重要課題之一。而台灣的「智慧型建築」是以自動化系統來提供居住者更舒適、便利、安全、健康、節能、智慧化的環境，並訂定了七大指標，其中又屬「安全防災指標」最為重要且有迫切的需求，因此，本研究即以「智慧型建築」之建築自動化系統為主，提出應用無線感測網路來改善建築自動監測系統的偵測功能，以提升系統的感測能力與智慧化程度。應用無線感測系統的好處除了可偵測環境細微之變化外，還可透過感測器間的無線傳輸將訊號資料即時傳送至 PC 端，提供使用者作後續之處理與應用。本研究之重點為：(1)如何有效利用無線感測網路感測環境，以提升感測設備的感知能力與靈敏度，(2)開發一使用者網頁查詢介面，以利使用者控制、管理與分析感測資訊，以達到如「智慧型建築」之「中央監控系統」的效能，(3)由 e 化的查詢介面，提供更方便、更容易操作的系統，以利掌握更多的資訊，並藉此提升使用者與系統間的互動。本論文稱此資訊整合系統為「無線感測網路應用於建築之資訊系統」。系統主要架構是由無線感測系統與資訊系統所構成。開發之重點在無線感測系統如何與資訊系統結合，並提供智慧化、人性化的資訊查詢功能與自動化的警示及主動控制機制。本研究將系統應用於建築之防火系統中，以發揮系統感測與反應災害之能力，防止災情擴大，進而提升建築之功能與品質，使生活朝「智慧型建築」之安全、健康、節能、便利與舒適等理想邁進。

關鍵詞：無線感測、監測、防災、智慧型建築

Development of Wireless Sensor Networks web based fire information system in Buildings

Student: Ching-Yun Chang

Advisor: Dr. Shih-Lin Hung

Department of Civil Engineering
College of Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT



The information technology is change with each passing days, makes daily life and work space become more comfortable and convenient. In Taiwan, intelligent building provides live to be more comfortable, convenience, security, and health. This thesis proposes an intelligent wireless sensing system to improve the capability and intelligent degree of building. There are three main purposes of this system. (1) To use WSN to detect environment effectively and to promote the sensing capacity and sensitivity. (2) To develop a Wireless Sensor Networks web based information system in buildings (lets the user control, management and analysis to reach as control center of Intelligent Buildings). (3) The web based information system provides more convenient of controlling for user. This system aims at the fire proof system of building for responding the information of disaster. Via this system, the stage of the disaster, can be controlled, the casualties also can be reduced.

Keywords: Wireless Sensor Networks, Information System, Intelligent Building.

致謝

能夠完成碩士學位，首先我要感謝的是洪老師於研究所學習期間所給予我的指導，以及口試委員交大黃炯憲老師、林昌佑老師與高雄大學陳振華老師所給予的寶貴意見，方使本論文修正的更趨完善，再來我要感謝的是我最敬愛的爸爸與媽媽，這一路來對我無微不至得照顧與關懷。我的爸爸一直都很疼愛我，盡他所能的給予我一切實質的幫助，給我最好得成長環境、最無後顧之憂的讀書環境，栽培我直到碩士；而我最愛的媽媽，則是我勇敢的原動力，一直給予我精神上的鼓勵，讓我面對困難時還能有信心繼續不斷的努力，我知道你會一直為我加油一直給我鼓勵，我真的很感激您，也很愛妳。真的感謝您們所給予我的一切，在此我想要將這份榮譽獻給我最愛的爸爸與媽媽，感謝您們，讓我享有這麼多采多姿的求學生涯。再者我要感謝的是兩個疼愛我的姐姐與像媽媽般待我的乾媽，對我的愛護與包容以及幫我渡過很多難關的豆子。最後我要感謝這一年來指導我研究的子軒學長，對於資質駑鈍的我不厭其煩的指導，你對研究的認真與專業令我受益匪淺，感激您。還有我還要感謝這兩年來一直很幫助我的學長們、同學們與學弟們，其中特別要感謝的是研究室的勇奇、心農、忠錦學長，正剛、巍贏同學以及怡廷、世賢、承禹學弟對我的幫忙與照顧，讓我能夠充實且開心的渡過我研究所學習的生涯。

感謝在我生命中所有幫助過我的人，感謝你們讓我有機會順利的邁過每一個人生階段。無限感激！未來我將會更加油、更努力的勇敢面對我往後的每一個旅程。

目錄

摘要	i
Abstract	ii
致謝	iii
目錄	iv
表目錄	vii
圖目錄	ix
第 1 章 緒論	1
1.1 研究動機與目的	1
1.1.1 研究動機	1
1.1.2 研究目的	2
1.2 研究範圍與內容	2
1.2.1 研究範圍	2
1.2.2 研究內容	3
1.3 研究步驟、方法及流程	4
1.3.1 研究步驟	4
1.3.2 研究方法	5
1.3.3 研究流程	6
1.4 論文架構	7
第 2 章 文獻回顧	8
2.1 智慧型建築	8
2.1.1 智慧型建築之概述與背景	9
2.1.2 智慧型建築之定義與基本架構	10
2.1.3 智慧型建築自動化系統	14

2.1.4	智慧型建築之標章	21
2.1.5	智慧型建築未來之展望	28
2.2	無線感測網路概述	29
2.2.1	起源與概念	29
2.2.2	無線感測網路的硬體架構	32
2.2.2.1	感測器的硬體設計	34
2.2.2.2	Gateway	36
2.2.3	無線感測網路嵌入式作業系統 TinyOS	38
2.2.4	無線感測網路之應用	39
2.3	建築物防火系統概述	41
2.3.1	火災發生的原因、特性與危害	41
2.3.2	建築物之防火系統—火警自動警報系統	45
2.3.3	智慧型建築之防火系統	58
2.3.4	無線感測網路於防火系統之運用	62
2.4	網頁資料庫系統概述	66
2.4.1	網頁資料庫系統之基本概念	67
2.4.2	網頁資料庫系統之技術	69
2.4.2.1	資料庫系統	69
2.4.2.2	伺服器端之應用程式	74
2.4.2.3	使用者網頁介面	75
2.4.3	網頁資料庫系統的應用	76
第 3 章	無線感測網路應用於建築物防火資訊系統	78
3.1	系統介紹	79
3.1.1	系統目標	79

3.1.2 系統特色	79
3.2 系統架構與環境.....	80
3.2.1 系統架構	80
3.2.2 系統環境	82
3.2.2.1 無線感測網路	82
3.2.2.2 資訊系統.....	86
3.2.3 系統開發之流程	92
3.3 系統規劃與設計.....	93
3.3.1 系統功能	93
3.3.2 系統規劃	95
3.3.3 系統設計	96
3.3.3.1 防火機制之設計	97
3.3.3.2 資訊系統之設計	102
第 4 章 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」展示與驗證.....	107
4.1 資訊系統功能展示與驗證.....	107
4.1.1 系統使用者介面之介紹	107
4.1.2 系統功能展示與驗證	108
4.2 效益評估.....	116
第 5 章 結論與建議.....	118
參考文獻.....	121

表目錄

表 2-1 各國智慧建築之定義	11
表 2-2 建築物自動化系統之機能分類	16
表 2-3 安全防災指標評估項目及其意義表	26
表 2-4 暴露於有毒氣體中危險濃度的允許值	43
表 2-5 火警自動警報設備之功能	46
表 2-6 火警自動警報設備之系統構成	46
表 2-7 各類探測器之動作原理	48
表 2-8 探測器之靈敏度與動作相關規定	50
表 2-9 偵煙式探測器設置之有效探測範圍	54
表 2-10 差動式、補償式與定溫局限型之有效探測範圍	55
表 2-11 智慧建築「防火系統」之評分基準表	60
表 2-12 防火系統之設備與內容	62
表 2-13 資料庫軟體之比較表	72
表 3-1 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之無線感測網路設備	84
表 3-2 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之無線感測網路設備	85
表 3-3 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之無線感測網路設備	86

表 3-4 「智慧型建築之無線感測網路防火資訊系統」系統開發之工具.....	87
表 3-5 POSTGRESQL 之特點.....	89
表 3-6 智慧型建築防火系統之評估基準與「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」- 系統功能對照表.....	93
表 3-7 感測器之動作原理.....	100
表 3-8 複合式感測器 MTS-400 之資料表型式.....	103
表 3-9 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之資料表形式.....	103
表 3-10 歷時資訊查詢之方法.....	105



圖目錄

圖 2-1 「智慧型建築」構成的基本要素.....	12
圖 2-2 智慧型建築的基本機能系統圖.....	13
圖 2-3 建築自動化系統基本架構示意圖.....	14
圖 2-4 智慧型建築的建築自動化系統之機能.....	16
圖 2-5 建築自動化系統之控制架構圖.....	19
圖 2-6 智慧型建築模擬實驗室基礎系統之架構圖.....	21
圖 2-7 建築智慧化的目標.....	22
圖 2-8 智慧建築標章評估指標架構圖.....	23
圖 2-9 安全防災指標之指標項目.....	25
圖 2-10 安全防災整合系統示意圖.....	27
圖 2-11 無線感測網路系統組成與傳輸模式概念圖.....	30
圖 2-12 無線感測系統的硬體架構.....	33
圖 2-13 無線感測系統之感測端.....	33
圖 2-14 無線感測系統之接收端.....	34
圖 2-15 無線感測器架構圖.....	36
圖 2-16 基地台(GATEWAY)－MIB510.....	37

圖 2-17 TINYOS 層級架構圖，[24]	39
圖 2-18 可視度隨火災成長時間變化之情形	44
圖 2-19 火警自動警報系統作業之流程圖	57
圖 2-20 火警自動警報設備設計流程圖	58
圖 2-21 智慧型建築之防火系統-評估基準	59
圖 2-22 無線感測網路應用於隧道之感測節點佈設規劃	65
圖 2-23 網頁資料庫系統之軟體系統架構示意圖	68
圖 2-24 使用者與網頁資料庫系統的關係圖	68
圖 2-25 資料庫管理系統中之資料庫實體檔案存放位置	70
圖 2-26 資料表形式	72
圖 2-27 CGI 應用程式之架構	75
圖 2-28 「台灣地區颱風預報輔助系統」之網頁介面	76
圖 2-29 「行政院環保署環境資料庫系統」之網頁介面	77
圖 3-1 無線感測網路應用於建築物防火資訊系統	80
圖 3-2 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之系統架構圖	81
圖 3-3 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」系統運作的架構示意圖	82
圖 3-4 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」須有之感測能力示意圖	83
圖 3-5 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」系統軟體環境關係圖	87

圖 3-6	POSTGRESQL 系統概念架構圖.....	88
圖 3-7	ASP 與網頁資料庫系統之關係圖.....	91
圖 3-8	「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」-系統建置之流程圖.....	92
圖 3-9	系統功能說明 - 以防火為例.....	96
圖 3-10	防火系統設計之流程.....	97
圖 3-11	「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」系統運作之流程圖.....	98
圖 3-12	無線感測系統之佈設與分區.....	99
圖 3-13	「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之防火設計流程圖.....	101
圖 3-14	系統火災判斷之流程圖—溫度.....	101
圖 3-15	系統火災判斷之流程圖—含煙量.....	102
圖 3-16	「無線感測網路資訊系統」使用者網頁介面之架構.....	104
圖 4-1	「智慧建築標章」之安全防災指標之介紹.....	109
圖 4-2	顯示即時資訊之介面.....	111
圖 4-3	顯示即時資訊之介面—感測到火災之發生.....	111
圖 4-4	依感測目的查詢—溫度.....	112
圖 4-5	依感測區域查詢.....	113
圖 4-6	依感測區域查詢即時資訊圖.....	114
圖 4-7	警報系統之查詢介面.....	115

圖 4-8 偵測資訊圖之查詢介面..... 116

圖 5-1 未來展望--規劃藍圖..... 120



第1章 緒論

1.1 研究動機與目的

1.1.1 研究動機

隨著科技與資訊的發展，人類的生活變的便利與舒適，這也使得我們更加依賴這些人性化、自動化的科技產品，而資訊化的科技也逐漸影響到我們的生活空間，促使我們開始追求智慧化的居住空間，因而有了「智慧型建築」的誕生。早在二十年前美國 Connecticut 州 Hartford 市就已經提出了以自動化科技產品來改善居住環境的硬體設施，在當時創造了建築新視野也造就了「智慧型建築」這個建築新名詞。但「智慧型建築」營運之初並不順利，因為在設備上仍有設計不周全、使用不方便和維護上等等的問題，導致推行上有所阻礙。直至今日，高科技電子業與資訊業的蓬勃發展，建設「智慧型建築」已成為國家推動經濟與資訊化的基礎建設。近年來，各國亦紛紛以「智慧型建築」之數量作為都市資訊化之指標，因為「智慧型建築」的發展不僅能夠改善人類欲追求更好的生活環境之理念，更能進一步達到節約能源之功效，有助於將舒適、便利、安全與健康的環境擴散至整個地球，故今日我國政府與相關團體也都積極的推動「智慧型建築」發展的可能性與多元化，因此「智慧型建築」將會是未來建築發展的重要趨勢。

「智慧型建築」的設計概念是以自動化系統來提昇建築物之功能與品質，使建築物達到安全、健康、節能、便利與舒適之目的。而檢討過去「智慧型建築」窒礙難行的主要因素，主要是設備開發的技術面問題與管理維護上的問題。因此，要將使未來「智慧型建築」可以更順利的於建築產業中發展，改善「智慧型建築」自動化與智慧化的軟硬體設備之應用與系統的整合管理將是發展「智慧型建築」的重要課題之一。因此本論文研究的動機為：

1. 討論以無線感測網路導入於建築中，作為建築物自動化監測系統之硬體設施的可能性、應用性與功能性。
2. 針對無線感測網路於建築物的應用，開發結合無線感測網路技術的網頁資料庫系統作為「無線感測網路」技術整合的資訊平台。

3. 應用「網頁資料庫系統」之技術提供「無線感測網路」感測資料後處理的平台與使用者查詢以及管理控制的介面，並提供相當於「智慧型建築」自動化系統處理異常狀況與災害問題的反應機制。

1.1.2 研究目的

為達到如「智慧型建築」自動化、智慧化的軟硬體設備之功效與系統整合之管理，本研究將以「網頁資料庫系統」之技術，開發「無線感測網路應用於建築之資訊系統」來整合建築與「無線感測網路」的設備管理與系統整合等等之相關問題，並達到智慧化之目的與功能。因此本研究的目的為：

1. 以「無線感測網路」的技術取代一般建築物中之建築自動化偵測系統的設備功能。
2. 開發具有自動化的監測與智慧化之「無線感測網路資訊系統」並能達到如「智慧型建築」之「中央監控系統」的功效與能力。
3. 提供資訊化的服務平台，讓使用者與管理者更容易操作與使用「無線感測網路」的相關設備與服務功能，以提升建築之監測設備與系統間之管理與運用上的便利性。並藉由資訊化、e 化的操作介面提供一個更完善、方便且無時差、無距離的環境監控與資訊查詢之管理平台，使其更切合建築物智慧化的目的。

1.2 研究範圍與內容

1.2.1 研究範圍

「智慧型建築」於 2002 年訂定了「智慧建築標章」[1]以提供業界作為評定「智慧型建築」之依據。其中評估指標必須包含:建築自動化系統裝置、建築使用空間、建築運轉管理制度等三大部分，以涵蓋建築物之硬體設備與使用管理之整合。而根據「智慧建築標章」評估體系之架構，研訂「智慧型建築」建築物智慧化之標準應包括:「資訊通信」、「安全防災」、「健康舒適」、「設備節能」、「綜合佈線」、「系統整合」及「設施管理」等七大項指標。其中又以「設施管理」、「系統整合」作為申請

智慧建築標章之門檻值。故為了開發應用於建築之系統，本研究之「無線感測網路應用於建築之資訊系統」，必須先了解「無線感測網路」應用於建築的範疇與可提供之效能，並以「智慧型建築」之規範做為系統開發之整體架構。了解可應用的範疇後方能進一步依照偵測的目的與需求作細部的設備規劃和資訊系統服務功能之設計，而本研究以「安全防災」指標中之「防火系統」為主要開發的設計對象，最後再結合網頁資料庫系統之技術以提供有意義的資訊與智慧化的服務功能。

故本論文研究的範圍主要為：

1. 以建置「無線感測網路資訊系統」為目的，初期先提出可應用的範圍與架構，再以「智慧型建築」之「安全防災」指標中的「防火系統」為主要開發對象。
2. 討論「無線感測網路」應用於「智慧型建築」之防火系統的相關研究與應用。
3. 研究「無線感測網路」與「網頁資料庫系統」之技術的結合與應用，所能提供之功能與貢獻，以及如何實踐「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之開發。



1.2.2 研究內容

本研究是為了建置智慧化的「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」而作的相關研究，故研究與討論的內容包括：「智慧型建築」、「無線感測網路」、「建築物防火系統」與「網頁資料庫系統」四大領域。首先討論「智慧型建築」智慧化、自動化設備之規範與需求，再討論導入「無線感測網路」之技術於建築的應用面與可行性，作為開發「無線感測網路運用於建築之資訊系統」的依據與方針。而由於「智慧型建築」涵蓋之範圍相當廣泛，故建置「無線感測網路運用於建築之資訊系統」初期先提出可應用的範圍與架構，再以「智慧型建築」之「安全防災」指標中的「防火系統」為主要開發對象。故本研究之重點乃為「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」的開發，所以必須對「建築物防火系統」之智慧化規定有更進一步的研究與了解，以利於「無線感測網路」設備的選擇與建置以及「網頁資料庫系統」功能的開發與細部規劃之設計。

因此，本論文主要研究的內容將有以下幾個領域：

1. 研究「智慧型建築」智慧化與建築物自動化系統之設備與需求。

2. 研究「無線感測網路」的系統架構和模組的選擇與規劃以及相關之應用。
3. 研究「智慧型建築」與建築物之防火系統的相關規範與現行系統的使用概況以及「無線感測網路」於防火領域之相關應用。
4. 研究網頁資料庫系統之技術與應用。首先須研究如何結合無線感測系統之訊號資料，進而開發一個能即時擷取無線感測訊號並提供有意義之資訊和互動式的查詢介面與異常狀況之警示、通報及主動式控制之資訊平台，最後再結合資料庫系統可E化之功能，使本系統除了具有處理龐大資料量的基本資料存取能力外還能使資料成為有意義的資訊並透過網路使網頁資料庫系統的查詢與管理，讓系統變得更智慧與方便。

1.3 研究步驟、方法及流程

1.3.1 研究步驟



研究過程中我們必須先了解「智慧型建築」之定義與需求，再將無線感測網路的技術適切的導入於建築中，使其達成智慧化偵測系統之功效。首先我們必須先知道建築需要哪些感測設施，再依據感測目的選擇無線感測器與相關之設備方能依照實際環境作佈設之規劃。確立建築主體即感測目標，並設定無線感測網路扮演的角色與功能即感測目的後便可將無線感測器適當的佈設於建築物中，以發揮其感測的功效。再來是整合無線感測網路系統與網頁資料庫系統的應用，以開發資料庫系統並建置網頁介面來實踐，即可完成「無線感測網路應用於建築之資訊系統」的設備佈設與系統建置。本論文以實作防火系統之部分為例，並透過火災情境的模擬以驗證「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」的可行性與正確性。因此，步驟可為：1.選擇具火災感測能力之感測器、2.適當的佈設於建築空間中、3.模擬火災發生之可能狀況並偵測之、4.收集感測訊號並將資料儲存至資料庫系統中、5.透過網頁資料庫系統進行存取、分析、查詢與判斷的資料處理程序、6.即可做出適當的決策與控制動作，以達到建築防火的功能，同時也可驗證「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之無線感測網路具有準確之偵測能力，且資訊系統能有效的運作、正確的判斷異常狀況的發生並發出即時、適切的警告訊息與主動控制行為。

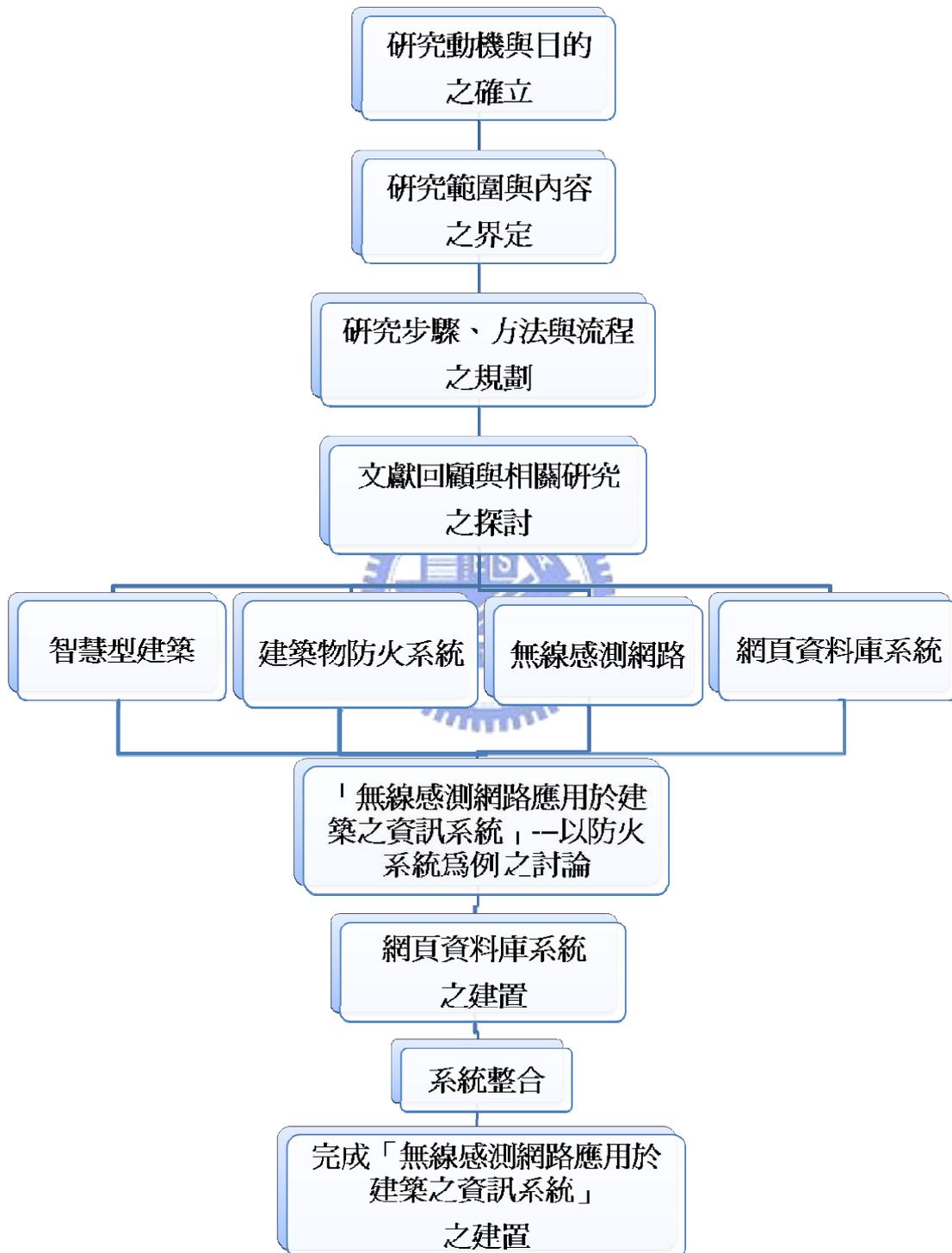
1.3.2 研究方法

1. 文獻回顧研究法:研究「智慧型建築」、「無線感測網路」、「建築物防火系統」與「網頁資料庫系統」之相關知識背景，以建立無線感測網路應用於智慧型建築之防火系統的可行性與方式。
2. 實際建置「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之網頁資料庫系統以提供系統的服務功能。
3. 以情境模擬的方式驗證系統的可行性。使用具有火災感測能力之無線感測器對火災可能發生之狀況作偵測，並收集相關之數據，透過資訊系統的運作以驗證系統之查詢、判斷與決策功能均可正常運作，且可提供正確之資訊與適當的防災處理機制。

透過文獻回顧可建立相關的知識背景並使無線感測網路於智慧型建築之防火系統的運用性成立，再透過實際環境的偵測以驗證本研究所開發之「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」的可行性與效益，以實踐改善建築之防火系統的目的。



1.3.3 研究流程



1.4 論文架構

本論文之內容將分為五章，各章節內容如下：

第一章 緒論：說明本論文之研究動機與目的、研究內容與範圍、研究步驟、方法及流程與各章節架構之概述。

第二章 文獻回顧：主要分為四個部份，分別為智慧型建築、無線感測網路、建築物防火系統與網頁資料庫系統，並分別針對這四個部份的發展、源起、應用做研究與討論。

第三章 「無線感測網路應用於建築之資訊系統」架構介紹：本論文主要是為了提升建築的智慧能力，故提出了以無線感測器取代傳統的感測技術並且開發以「智慧型建築」之智慧化需求為主的資訊系統，以提供使用者更方便使用與操控之資訊平台。本章之重點在於：1. 介紹系統之目標與特色、2. 系統之架構和系統開發之設備與環境之介紹、3. 介紹系統之規劃與設計，其中包括：系統功能、系統規劃與系統設計之介紹。

第四章 系統驗證：模擬發生火災可能產生之情況，設計火場情境，透過情境模擬，將偵測的結果收集至資料庫，以提供資訊系統對訊號作資料分析與處理作為決策時之依據。透過情境模擬的偵測以驗證本研究之「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」的可行性與正確性。

第五章 結論：結論與未來展望，針對開發「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」過程中所碰到的問題與防火系統的運用，提出建議與改進之方式以改善系統之缺點並強化系統之功能性，以提升整體的「無線感測網路應用於建築之資訊系統」之應用性，進而將應用範圍拓及至整個建築架構中，甚至是土木業或任何需要感測系統之環境的應用。

第2章 文獻回顧

人類嚮往舒適、便利與安全的環境，卻也同時為環境帶來了負面效應，如環境汙染、溫室效應等。因此，如何減少對環境的破壞，追求安全、舒適、健康、省能及環保生活環境的智慧型建築將是現在與未來建築設計的趨勢。而隨著科技與資訊的發展，以人性化、智慧化為設計概念的科技產品不斷推陳出新，也將我們的生活推向更舒適、便利與智慧的目標。智慧型建築是以建築物智慧化與自動化為目的，最初是以建築物的設備監控為主。隨著電子高科技儀器的蓬勃發展，追求自動化與智慧化的智慧型建築已逐漸與高科技、高度資訊化的技術結合，以符合現代人對環境舒適性、健康性、便利性與安全性之訴求。而以偵測為目的「無線感測」技術就是最新的科技產物，其具有無線傳輸與自組網路型態的能力，輕巧又容易佈設，因此其可應用的領域相當廣泛，以土木建築為例，有應用於結構物健康監測、有應用於隧道的環境偵測以及建築物防災、防火的感測等等的研究，故探討無線感測網路應用於建築並使其智慧化的可能性與可行性將是本論文研究的重點之一，而本論文的另一項研究重點與貢獻將是開發能結合無線感測網路之技術的網頁資料庫系統。本系統之目的是將無線感測網路的資訊化、e化，以提供使用者或管理者感測環境的資訊與狀況，透過網頁資料庫的分析與決策，亦能提供相關的主動控制機制或互動式查詢等功能，希望透過本系統將能整合無線感測網路與建築物的偵測，使系統能與感測設備和感測環境有良好的互動與管理效果，進一步提升建築智慧化的程度，以符合人類對居住環境之安全性、健康性、舒適性與人性化的訴求與期待。

本論文是以開發「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」為目的，因此本章文獻回顧的範圍將以「智慧型建築」、「無線感測網路」、「防火系統」與「網頁資料庫系統」為主。分別概述四個領域的相關背景與知識，研究四個領域結合的可能性與優勢，以及整合的方式、可提供的服務與貢獻。

2.1 智慧型建築

隨著科技突飛猛進，人性化的智慧型商品設備，平易近人，自動化的科技產品所打造出來的便利與舒適亦不再是夢幻的電影情節，故以設備自動化來提升建築物之功能與品質，並創造安全、健康、節能、便利與舒適之活空間的智慧型建築新趨勢其發展亦指日可待。以下為智慧型建築之介紹：

2.1.1 智慧型建築之概述與背景

首座舉世公認的智慧型建築 (Intelligent Building) 興起於西元 1984 年，美國 Connecticut 州 Hartford 市一 City Place，其為一棟出租行的辦公大樓。City Place 建造之初並非刻意塑造成智慧型建築，真正引領 City Place 走向智慧建築的是 United Technologies Building System(UTBS)，其為該大樓的住戶之一，並為 United Technologies(UT)公司的關係企業。UTBS 承包了 City Place 大樓的空調、電梯及防災設備等工程，並且以電腦與資訊、通訊設備的連線，提供大樓中其他的住戶，可以得到廉價的服務。而由於擁有了區域網路 (LAN) 電腦以及數位交換機(Digital)連線的關係，使大樓內的建築設備能予以統合及自動化。City Place 大樓當時採用最新型的空調、防災設備及電梯等系統之技術，以提高節約能源的效益與達到綜合性安全為目標，更首度創造住戶分享服務系統的制度(Share Hare Tenant Service)，使住戶可以不必花大筆經費購置各種昂貴的設備，即可以低廉的租金享受高效率的通訊與資訊設施，體驗通訊及辦公室自動化的服務。另外還有文字處理、電子傳遞及科技性計算機等資訊服務。在建築物安全設備上與資訊通訊上以及辦公室三方面大步跨出自動化的步伐，也因此創造出智慧型建築這個名稱[1, 2]。

智慧型建築之所以有發展的潛能，歸究其因可能為資訊科技發展急速，使得人們對於高科技的產品要求越來越高，更促成了周邊軟硬體設備不斷推層出新，以應需求，技術提升的同時功能也越來越強大而精密，運用範圍廣泛就連建築業也受惠不少；再者，由於資訊通信自由化，結合電腦設備使得商業資訊的傳遞更為便捷，更促成了經濟成長。而建築智慧化不僅可以提升機能上的使用性，更可以為建築物與使用者增加居住的安全性，總總原因都為建築本身帶來相當大的競爭力，是吸引人投資或使用的原因之一。

第一座智慧型建築的出現，帶領建築業跨向智慧化與資訊科技化的領域。與電腦設備、資訊通訊技術與自動化控制技術整合促使建築物高層化、大規模化、智慧化與人性化。因此配合數位化、網路化之時代潮流，推動電子商務化的同時，智慧型建築之建設也成為國家推動資訊化之基礎建設之一。近年來，各國亦紛紛的將智慧型建築的數量作為都市資訊化之指標。高資訊科技化的社會，人們的生活型態、居住與辦公的型態已漸漸的改變了，生活空間與環境對電子化、資訊科技化、E化、人性化的訴求越來越強烈，因此打造智慧化的建築、住宅是現在與未來積極推動的目標之一 [3]。1989 年我國引進智慧型建築之觀念，受到建築業高度的關心與重視，隨著建築物自動化理念的推動，各相關產業也隨之活絡，一時之間「智慧型建築」謂為風潮，同時亦出現「高科技智慧型辦公大樓」、「智慧型住宅」[4]、「網路住宅」等之名詞。但於當時建築物智慧化的理念與程度，往往因成本的高低而大打折扣。由[5]的調查中可知建設智慧型建築往往是為

了提昇企業形象，提高建築附加價值，進而提高出租或售價之價值，但對於智慧型建築之高度資訊通信機能、環境控制與節約能源效益、以及高效率使用管理等之概念就被忽視了。智慧型建築中智慧化與自動化之設施與系統規劃於早期多仰賴國外之技術，但由於我國於之法令制度、建築管理以及氣候環境的條件都與國外有所差別，導致推動智慧型建築上產生困難[6]。

1992 年內政部建築研究所制定了台灣版之「智慧型建築指標與基準」[7]其主要乃參考日本之「高度資訊化建築物整備事業融資推薦基準」。期間透過智慧型建築的現況調查及研究，溫琇玲等人於 1996 年「智慧型公寓大廈自動化系統設計準則研究」[8]中針對台灣提出智慧型建築物的定義，為「智慧型建築係指建築物及其基地設置建築自動化系統 (Building Automation System, BAS)，配合建築空間與建築體元件，從人體工學、物理環境、作業型態及管理型態角度整合，將建築物內之電氣、電信、給排水、空調、防災、防盜及輸送等設備系統與空間使用之運轉、維護管理予以自動化，使建築物功能與品質提昇，以達到建築之安全、健康、節能、便利與舒適等目的」；又定義「智慧型建築」基本之構成要素需包括：(1) 建築自動化系統裝置 (2) 建築使用空間 (3) 建築運轉管理制度，三部分。

2002 年內政部建築研究所委託溫琇玲教授等人，完成『「智慧建築標章」[3]之相關作業要點暨評估系統之建立』的研究。2003 年「智慧建築標章」之相關作業要點之評估方式已有可量化之指標評定基準。2003 年後，對於「智慧型建築」的評估準則與指標操作之解說都可以透過「智慧建築標章」來評估。2003 年「智慧建築標章」的制定進一步推動我國擁有屬於自己本土性的「智慧型建築」系統，而其主要設置的目的則為：(1) 智慧建築之建設乃是 21 世紀都市資訊化之標竿，透過智慧建築標章之推廣，促使我國建築自動化之技術更快速的成長與應用。建築物之管理更具人性化與智慧化。進而延長建物之壽命，節省能源、節約人力，並降低建物日後之營運費用。(2) 透過智慧建築標章之宣導與推廣，直接可提高我國建築之品質，間接更可提升國家競爭力。

2.1.2 智慧型建築之定義與基本架構

「智慧型建築」對美國而言是將結構、系統、服務、營運及其它性能作相互聯繫，以達到高效率、高功能與高舒適性等之最佳化的組合。對日本而言，智慧型建築是有效地利用現代資訊與通信設備，並採用建築自動化技術，使其成為具有高度綜合化管理功能的大樓。對於台灣而言，1996 溫琇玲教授對智慧型建築的定義說明為「建築物及其基地設置建築自動化系統 (BAS)，配合建築空間與建築體元件，從人體工學、物理環境、作業型態及管理型態角度整合，將建築物內之電氣、電信、給排水、空調、防災、防盜

及輸送等設備系統與空間使用之運轉、維護管理予以自動化，使建築物功能與品質提昇，以達到建築之安全、健康、節能、便利與舒適等目的。」，如表 2-1 所示；並定義「智慧型建築」構成的基本要素包括：(1) 建築自動化系統裝置(2) 建築使用空間(3) 建築運轉管理制度[8]，如圖 2-1 所示，而建築自動化系統裝置的部分將於下一小節介紹之。

表 2-1 各國智慧建築之定義

國家	智慧型建築之定義
美國	美國智慧建築學會(AIBI)定義智慧型建築乃是將結構、系統、服務、營運及其相互聯繫全面綜合，並達到最佳組合，所獲得的高效率、高功能與高舒適性的大樓。
日本	智慧型建築即是高功能大樓，是方便有效地利用現代資訊與通信設備，採用建築自動化技術，使其具有高度綜合管理功能。並以追求經濟性、機能性、可靠性與安全性為目的之建築物。
新加坡	智慧型建築必須具備3 個條件：第一具有保安、消防與環境控制等先進的自動化控制系統，以及自動調節大廈內的溫度、溼度、燈光等參數的各種設施，以創造舒適安全的環境；第二是具有良好的通信網絡設施，使數據能在大廈內進行流通；第三是能提供足夠的對外通信設施與能力。
中國大陸	智慧型建築係指利用系統集成方法，將智慧型計算機技術、通信技術、信息技術與建築藝術有機結合，通過對設備的自動監控、對信息資源的管理和對使用者的信息服務及其與建築的優化組合，所獲得的投資合理、適合信息社會需要並且具有安全、高效、舒適、便利和靈活特點的建築物。
台灣	是指建築物及其基地設置建築自動化系統(BAS)，配合建築空間與建築體元件，從人體工學、物理環境、作業型態及管理型態角度整合，將建築物內之電氣、電信、給排水、空調、防災、防盜及輸送等設備系統與空間使用之運轉、維護管理予以自動化，使建築物功能與品質提昇，以達到建築之安全、健康、節能、便利與舒適等目的。



圖 2-1 「智慧型建築」構成的基本要素

「智慧型建築」的定義中我們可以知道構成「智慧型建築」的三個要素中以建築自動化系統得設置最為重要，其目的是希望藉由自動化系統的設置來提升建築物的功能與品質，進一步達到省能化、省工化，以符合「智慧型建築」追求環境的舒適性、安全性，並且以最有效率安全的機能管理建築物。智慧型建築之基本機能之構成內容包括[9]：資訊通信自動化（CA）、辦公室自動化（OA）、建築物自動化（BA）及建築環境對應機能（AE）等四項機能，如圖 2-2 所示。而其內容包括：

(1) 資訊通信自動化系統（Communication Automation，CA）

即通訊處理機能－目的是將建築物內所有電話串連成通訊網路，再透過數位交換機（DPBX），構成整合式通訊網路，使建築物內外電話系統均可連接，藉此提供更多整合式的服務功能，如：聲音、文書、影像、傳真郵遞等多樣化通訊傳輸功能，並提供辦公室、公司低價且高效率的通訊網路、視訊會議和資料庫的連繫。

(2) 辦公室自動化系統（Office Automation，OA）

即辦公室自動化機能－利用區域網路（LAN）連接建築物內電話，個人電腦、工作站、電腦中心等多種辦公設施，提供文書製作、輸出及保存、管理等機能；並且將個人工作資訊傳遞至相關作業單位儲存，構成整體之工作網，以利辦公作業資訊的連續處

理，達到整合辦公室或全棟大樓的文書往返和資料處理工作，提昇工作環境的生產力及管理水準。

(3) 建築自動化系統 (Building Automation, BA)

即大樓管理控制機能－建築自動化系統是由大樓管理系統、安全系統以及省能源系統等三要素所組成。為達到建築物的營運管理上的安全、省力、便利、經濟的功能前提，藉由中央監控系統對於大樓內的空調、電氣衛生、電梯、消防、安全等各項設備，執行監視、測試、控制解析、設定、維修、記錄、計測等作業；並對設備做的系統化控制，同時室內分散設置的電子監控裝置，隨時感測室內環境的變化，並適時調整設備系統的運轉來對應，在確保工作或居住環境的舒適性、安全性為原則下，有效率的管理設備以節約能源。而本論文研究的範疇乃於「智慧型建築」防火系統的智慧化，故於 2.1.3 節與 2.3.3 節中將會對「智慧型建築」建築自動化系統與「智慧型建築」防火系統作一番介紹。

(4) 建築環境整合系統 (Architecture Environmental Integration, AE)

即建築環境對應機能－除上述自動化機能外，智慧型建築在規劃時，亦須對未來長遠之擴充性、工作環境之舒適性，以及提高效率之支援服務等建築環境的整合做考量。因此在建築環境對應方面，智慧型建築上所提供的機能可以分為建築空間、建築設備、通訊設備三方面的對應機能。

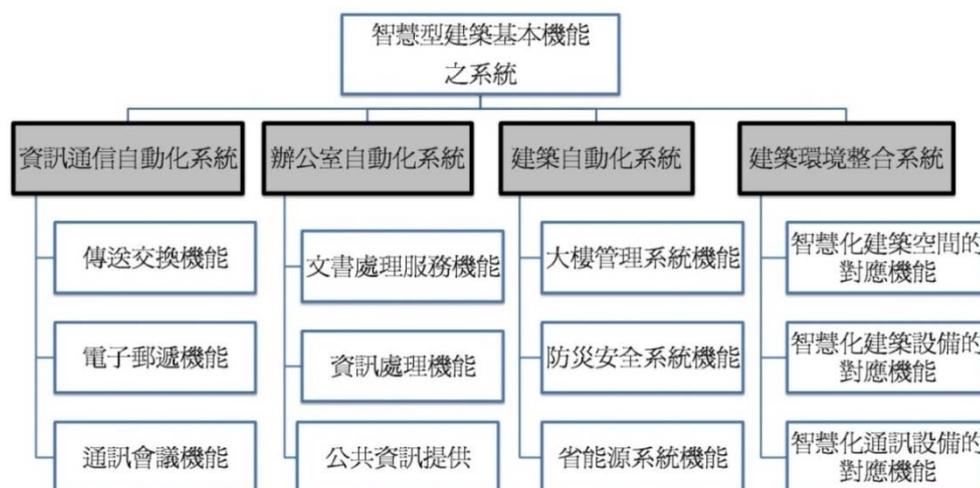


圖 2-2 智慧型建築的基本機能系統圖

2.1.3 智慧型建築自動化系統

建築自動化系統(Building Automation Systems, BAS)為「智慧型建築」基本機能中最為重要的一部分。但自動化系統功能與種類則因建築物使用性質與需求不同的而有所不同。建築自動化系統(BAS)基本技術必須包括三個部分：中央控制裝置、遠方控制裝置以及終端裝置。通常由現場處理裝置、中央控制裝置、感測裝置、動作裝置與配線構成，如圖 2-3 所示。基礎系統必須有一台電腦作為資料、數據收集以及分析、判斷並發出控制動作能力的設備。而自動化系統之技術可視為整體化之統合技術與系統工程技術，故必須具備下列所述之基本技術[10]：

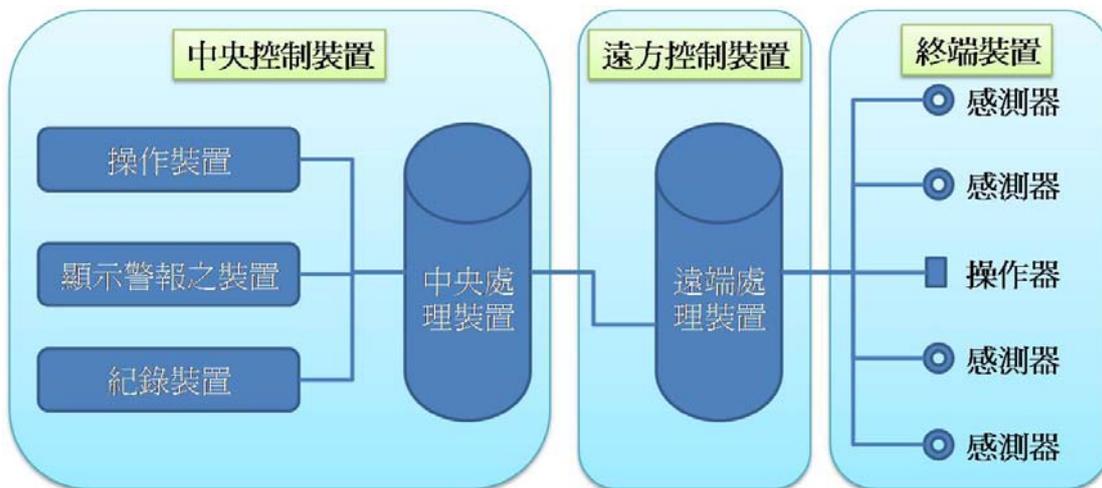


圖 2-3 建築自動化系統基本架構示意圖

(資料來源：[7])

(1) 感測器技術

利用感測器檢測室內的環境狀況，如溫度、濕度、風量、CO₂ 及冷、暖流水量的計測等，以控制最佳環境狀況，並節約能源的消耗量。

(2) 控制技術

如：最適化控制、回饋控制及預測控制等。

(3) 軟體技術

如：自動化的專用作業系統、資料庫、程式語言、應用程式等，為提高自動化系統的擴充性、可靠性、分散型作業系統、分散型控制程式和分散型資料庫等軟體技術之必要技術。

(4) 通信技術

利用電腦通信、區域網路(LAN)及通訊迴路等構築，減少中央控制裝置和遠方控制裝置間的配線量。

(5) 工程技術

為統合各設備系統及整合各項技術，必須具備良好的系統設計能力和現場調整之工程技術，方能使自動化系統發揮最大效用。

以建築自動化系統的基本機能而言，建築物設置自動化系統的目的，是運用電腦等科技技術，以整合建築物內的各項設備，使其運作與管理面都能達到省能、省力之目標，並且提供使用者及居住者更舒適、安全、便利與具有效率的工作、居住環境。依機能而言，可將自動化系統分為管理技術、機能分類與控制架構等三個層面，以下概述之：

(1) 管理技術層面：

在管理技術層面，建築物自動監控系統必須包含機器狀態監視、機器的操作控制及運轉記錄等三個技術層面。

(2) 機能分類層面：

於機能分類層面上，可將智慧型建築的建築自動化系統之機能概括分為三類：大樓的管理機能、大樓的防災安全機能及大樓的省能源機能，如圖 2-4 所示，其對應機能項目內容，如表 2-2。

(3) 控制架構層面：

建築自動化系統的基本控制架構包括 Input、Output 及 CPU。在 Input 部分則可包含各種感測、攝影所取得的訊號、影像資料等；Output 部分則針對 Input 輸送進來的資

料，經訊號處理後產生反應，進而可啟動警鈴、自動警報器等動作，如圖 2-5 所示。而在 CPU 部分則可包含各種資料庫、安全管理、能源管理、通訊資料庫等管理系統[11]。



圖 2-4 智慧型建築的建築自動化系統之機能

表 2-2 建築物自動化系統之機能分類

大樓管理系統	防災安全系統	省能源系統
1.設備機器最適起動控制	1.整合管理系統	1.照明設備的最適控制
(1)空調機器的最佳起動控制 (2)熱源機器的最適起動控制 (3)溫濕度的自動調整 (4)外氣量的最量控制 (5)設備機器小規模區域運轉控制 (6)設備機器的預程運轉控制 (7)設備機器的設定值變更控制 (8)停復電的對應控制	(1)中央監控室 (2)對子系統之監測與控制 (3)系統運轉控制	(1)自動調光控制 (2)自動點滅控制 (3)百葉窗簾的集中控制

大樓管理系統	防災安全系統	省能源系統
2.電梯群管理系統	2.防盜系統	2.電力設備的效率化運轉控制
	(1)防盜警報系統 (2)門禁管制系統 (3)人車監視系統 (4)電視對講系統 (5)停車管制系統	(1)契約容量控制 (2)變壓器的台數控制 (3)功率因數改善
3.設備狀態監視系統	3.滅火、防火控制系統	3.省能源空調系統
(1)電力設備的狀態監視 (2)衛生設備的狀態監視 (3)空調設備的狀態監視 (4)機械設備的狀態監視 (5)能源計劃	 (1)火災感知警報系統 (2)自動防火點檢系統 (3)自動滅火系統	(1)熱回收空調 (2)蓄熱槽利用系統 (3)熱運搬動力的節省 (4)外氣冷房運轉控制 (5)冷媒自然循環空系統
4.建築設備資訊計測系統	4.電梯防範系統	4.太陽能利用的熱水系統
(1)設備資訊的記錄、分析機能 (2)維護資訊的計測機能 (3)設備機器的更改計劃機能 (4)機器備品的儲備及調派機能	(1)火災時的管制運轉控制 (2)地震時的管制運轉控制 (3)停電時的管制運轉控制 (4)聲音應答的引導	

大樓管理系統	防災安全系統	省能源系統
5.停車場管理系統	5.防災監視系統	5.省水系統
	(1)瓦斯漏氣偵測控制 (2)漏氣偵測系統 (3)漏水偵測控制 (4)排煙控制 (5)避難時的自動引導系統 (6)緊急時對應控制	(1)中水道設備 (2)省水型自動清洗 (3)排水控制
6.垃圾集中管理系統	6.防振系統	
	 (1)耐震對策 (2)減振技術應用 (3)設備與管線耐振性 (4)結構安全監測與顯示狀態	
	7.防水系統	
	8.防毒系統	
	(1)有毒氣體偵測、排除及抑制擴散 (2)管材防洩阻斷裝置	

大樓管理系統	防災安全系統	省能源系統
	9.防爆系統	
	(1)爆裂物偵測系統 (2)防爆監控系統	

(資料來源：[10])

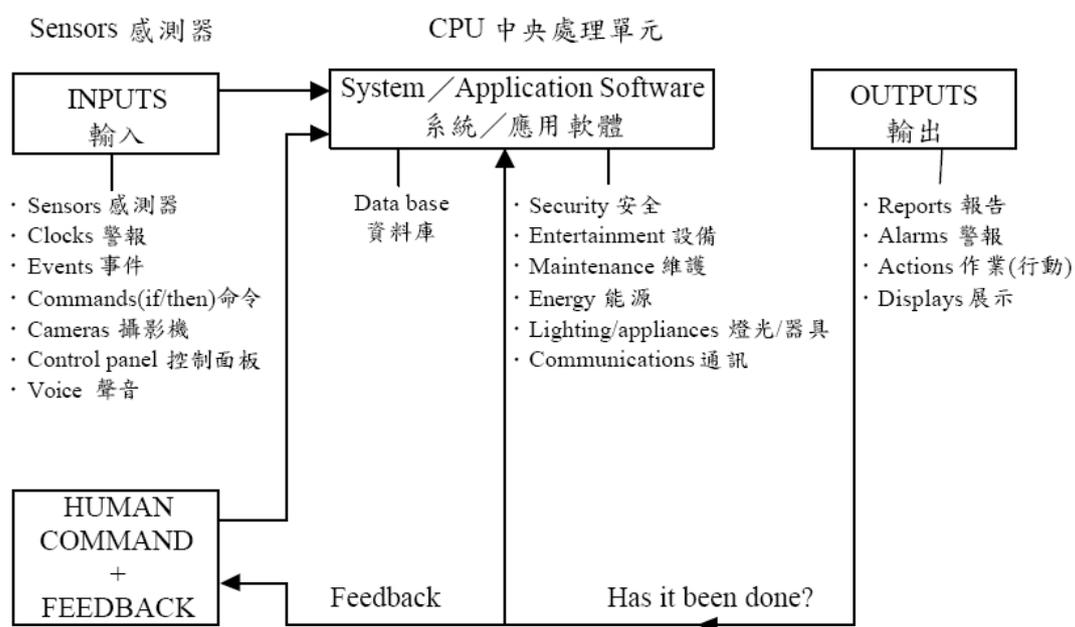


圖 2-5 建築自動化系統之控制架構圖

(資料來源：[11])

而建築自動化系統之設備因應技術又可分為監視、控制、記錄及管理四項機能。建築自動化系統之大樓管理、大樓防災安全與大樓省能源之三項機能又可透過電腦整合的功能，對建築物進行各項設備的管理，以達到大樓管理控制的效能[10]。

(1) 大樓管理系統方面：

有關建築物之機電及公共設備，包括設備控制系統（如照明、空調、衛生、給排水等）、電梯管理系統、設備計測系統、停車場管理系統(停車空間的出入管制)及垃圾集中管理系統等均納入。

(2) 防災安全系統方面

主要提供大樓的防盜、防災及電梯乘坐的安全監視。包括整合管理系統、防盜系統、滅火、防火控制系統、電梯防範系統、防災監視系統、防震系統、防水系統、防毒系統、防爆系統等。

(3) 省能源系統方面

以節約能源為目的，主要控制大樓的空調、使用水、照明等省能控制系統、電力效率化的自動控制以及太陽能系統也可以是設置省能系統的考慮項目之一。

以中國文化大學環境設計學系之智慧型建築模擬實驗室為例，以全開放分散式之網路控制技術來整合智慧型建築自動化系統，而其設置的項目包括：電力系統、照明系統、空調系統、門禁防盜系統、火警系統、電話遙控系統、標準佈線系統、系統整合、自動控溫節能系統等九項實驗系統，如圖 2-6 所示。

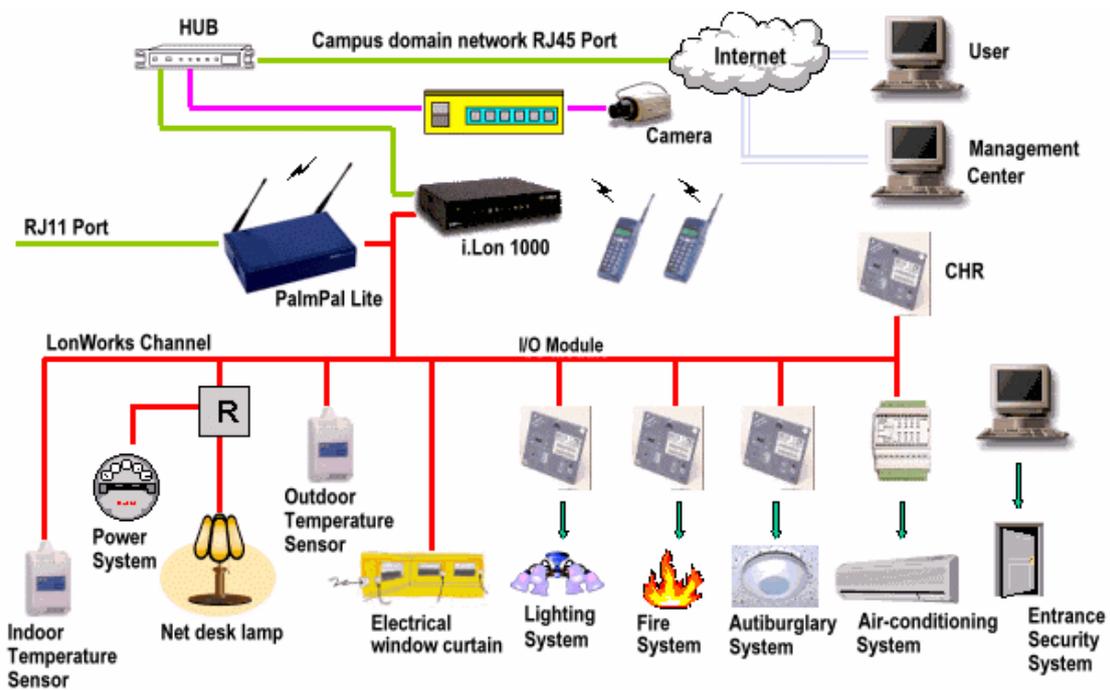


圖 2-6 智慧型建築模擬實驗室基礎系統之架構圖

(資料來源：[42])



本論文研究的主軸是「智慧型建築」的防火系統，故了解了防火系統之自動化設備設置之重點後，下一節將由「智慧型建築」之「智慧建築標章」來探討系統設置之重點與應用。

2.1.4 智慧型建築之標章

「智慧型建築」之標章設置的目的是為求智慧型建築出推廣之際可以有較容易執行的評估方式，盡量以簡化及可量化之指標作為評估之依據，進而提升我國建築品質與國家競爭力。透過「智慧建築標章」之推廣，促使我國建築自動化之技術更快速的成長與應用。使建築物之管理朝「智慧型建築」智慧化的目標邁進並達到安全、健康、便利、舒適、省能、環保以及人性化管理的目的，如圖 2-7 所示。

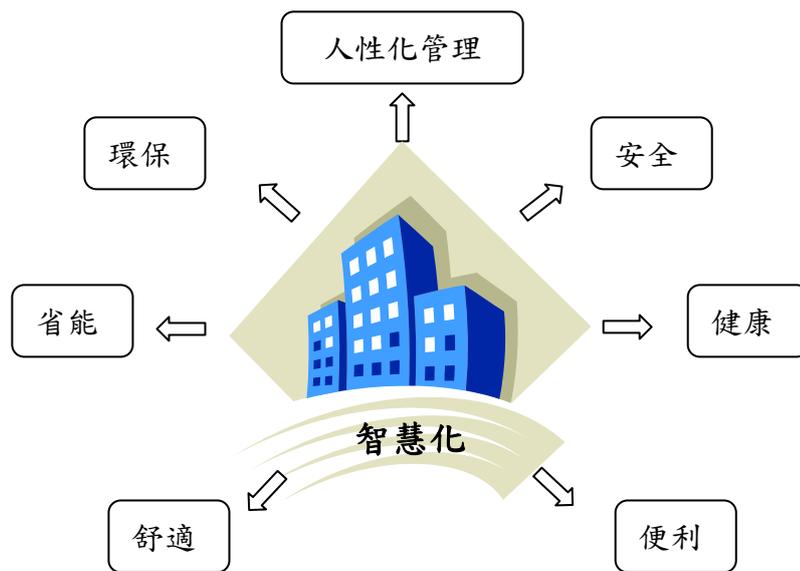
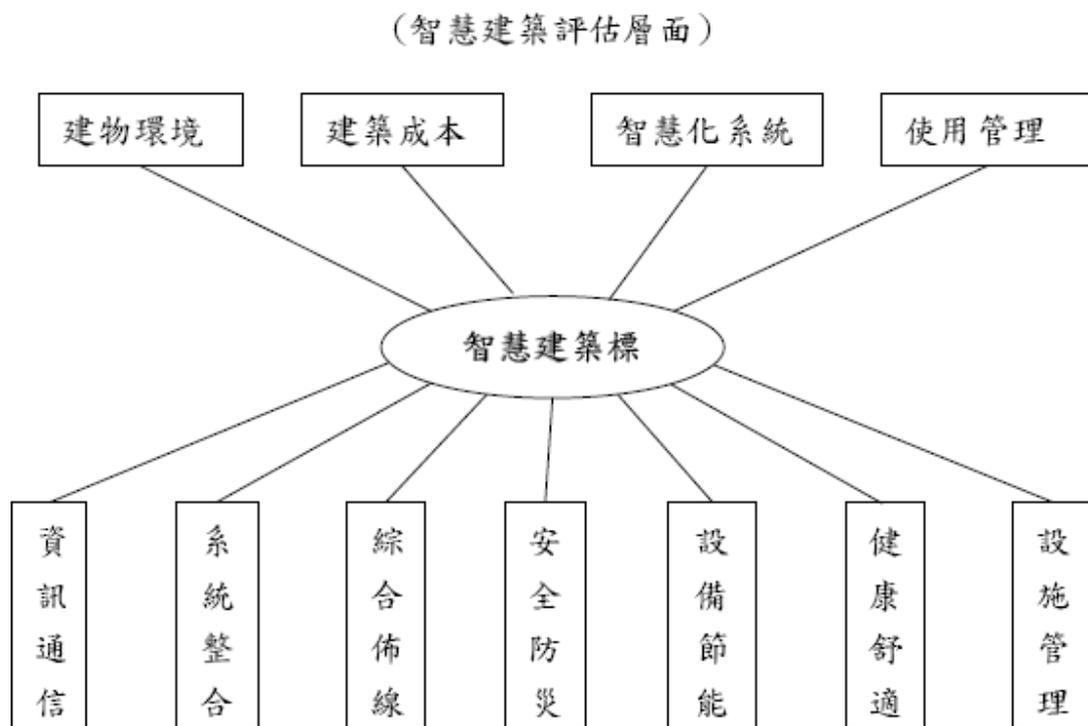


圖 2-7 建築智慧化的目標

而「智慧建築標章」是「智慧型建築」的評分依據，其評估指標項目包括：資訊通信、安全防災、健康舒適、設備節能、綜合佈線、系統整合及設施管理之七大項指標，如圖 2-8。「智慧建築標章」之申請，於初期七項指標中須符合最少四項指標之標準，其中必須包括「系統整合」與「設施管理」兩項門檻指標，其他則由申請者自行提出合格之指標申請，以符合「智慧建築標章」之評定規定。「系統整合」之所以重要乃因建築物智慧化程度與使用者操作自動化系統的方便性深受智慧型建築的系統整合技術與等級影響，因此建築物的整合邏輯、程序與技術是判斷建築物是否具智慧化與智慧化程度的依據；而「設施管理」則是為了落實智慧型建築之省能、省力與提高人性化空間之目的，因為有良好的設施管理理念與流程，方能將建築物之智慧化發揮至最高境界。換句話說，「智慧建築標章」是定義了「智慧型建築」可透過資訊通信之傳遞與綜合佈線及系統之整合以達到建築物智慧化之目的，並由自動化技術提昇安全防災之功能，設備連動監控之技術來達成節能之效益與提昇環境之健康舒適性，並藉由優良之設施管理以維持智慧化功能之正常運作，近而提昇建築物整體品質[12]。

「智慧型建築解說與評估手冊」[3]是為落實各項指標之量化評估基準與指標操作之解說而制定的，其已成為目前我國智慧型建築之評估依據，也是智慧型建築診斷的重要依據。以下為其對智慧型建築七項指標個別意義之說明：



(評估指標)

圖 2-8 智慧建築標章評估指標架構圖

(資料來源：[3])

(1) 資訊通信：智慧建築之資訊及通信系統應能提供建築物所有者及使用者最快速及最有效率的通信服務，以期能確實提高建築物及其使用者的競爭力；因此資訊及通信指標乃是評量建築物智慧化相當重要的一項指標。

(2) 安全防災：建築物除了要能滿足建築物的使用機能外，最重要的是要確保建築物能防範各種災害，使建築物本身隨時維持其使用機能並且能保障使用者的生命財產安全，避免造成任何傷亡或損失。然而在建築物的生命週期中，必然會遭受各種天然災害或人為的蓄意入侵或破壞，因此如何以各種自動化系統事先防範或防止各種災害的擴大以確保使用者的生命財產安全，成為評估智慧建築不可或缺的指標。

(3) 設備節能：為評估智慧型建築物之設備系統節能效益，以設備節能效益評量值為評估指標，建築物用電以空調、照明、動力設備等為主，因此評估指標是以空調、照

明、動力設備等設備系統之各項系統構成之節能手法為評量依據，並考慮利用再生能源之效益。

(4) 健康舒適：建築物除了要能滿足建築物的使用機能外，提供在室內工作者一個舒適健康工作之場所，亦為重要之建築目標之一。智慧型建築物應用高科技技術與設備，提供不同於一般建築物之空間服務功能時，若其能更臻於美質適意（AMENITY）之環境，將可幫助室內空間使用者主觀感受提昇舒適健康程度，有助於滿足室內空間活動之效益。

(5) 綜合佈線：綜合佈線系統是一套用於建築物或建築群內的傳輸網路。可將語音、數據、影像和控制信號連結，也可使上述設備與外部通訊數據網路箱連結。一個良好的佈線系統應具有開放性、靈活性和擴展性，且對其服務的設備有一定的獨立性。

(6) 系統整合：因應科技發展的潮流，系統整合目前已經一種必然趨勢，為了實現建築物內之訊息共享與綜合應用，而成為系統整合的理想目標，因此推行系統整合指標的評估，不但可以提高物業管理的效率與綜合服務的能力，降低建築物的營運成本，更可以發揮在建築物內發生突發事件之控制與處理能力，將災害損失減少到最低限度。

(7) 設施管理：設施管理指標的目的在確保各系統的正常運轉並發揮其智慧化的成效，且為使設施管理成效不因人而異，避免因人為之判斷及操控，導致管理作業標準成效不一，故須建立標準作業管理程序，以達到節省人力及提高經濟之效益。

「智慧建築標章」中，又以「安全防災系統」項目常被視為建築物自動化（BA）中一個非常重要的獨立子系統，整個系統的運作除可藉由建物中智慧化的綜合管理系統來做整合連動的操作控制外，更可於必要時可脫離其他系統或網路之情況下獨立運作。對於建築物各種災害的防制，首先須先滿足我國現有的法令與規範要求，尤其是防火及耐震等方面，目前已有各種相關法規加以規範，因此在「智慧建築標章」中所提出的安全防災指標著重的是「主動性防災」以及各自動化系統間之整合及連動程度的評估，鼓勵建築物朝向更優質的目標來規劃及建造，有別於要求建築物滿足最低設置標準的現有的法規，著重觀點大不相同。而本論文主要研究之目的為「智慧型建築」防火系統，故以下將介紹「智慧建築標章」中之「安全防災系統」的相關規定與建議，並於 2.3.3 節中加以探討「智慧建築標章」對「防火系統」設置之建議與要求。

「智慧建築標章」中之「安全防災指標」著重於「主動性防災」及各自動化系統間的整合與連動程度，因此智慧型建築物之設計除了須滿足建築技術規則[13]、耐震或防火等等之設計規範，還須對地震、水災、火災等災害有主動性的智慧化防範機智，以確

保建築物除了能滿足使用機能外，還能夠防範各種災害，並減少傷亡與生命財產的損失。建築物在使用的生命週期中難免會遭受到各種可能的災害，因此評定建築智慧化程度，自動化的防範或防止災難的系統是絕對不能遺漏的一項重要指標。而所謂的系統智慧化程度指的是該系統主動防制災害的性能及與其他系統連動的情形[14, 15]。而所謂的「安全防災」指標又可依目的可分為「建物防災」與「人身安全」兩個指標項目，如圖 2-9。其中，「建物防災」指標乃是用來評估建築物藉由自動化系統對地震、水災、火災等災害事先防範或防止其擴大的智慧化性能指標項目；而「人身安全」指標則是用來評估建築物藉由自動化系統對盜匪入侵或人為故意破壞或毒氣外洩等危害或威脅建築物使用者人身安全等事故事先防範或防止其擴大的智慧化性能指標項目[7, 16]。表 2-3 為「智慧建築解說與評估手冊」對於每一項指標之評定基準與評估項目之內容的說明。

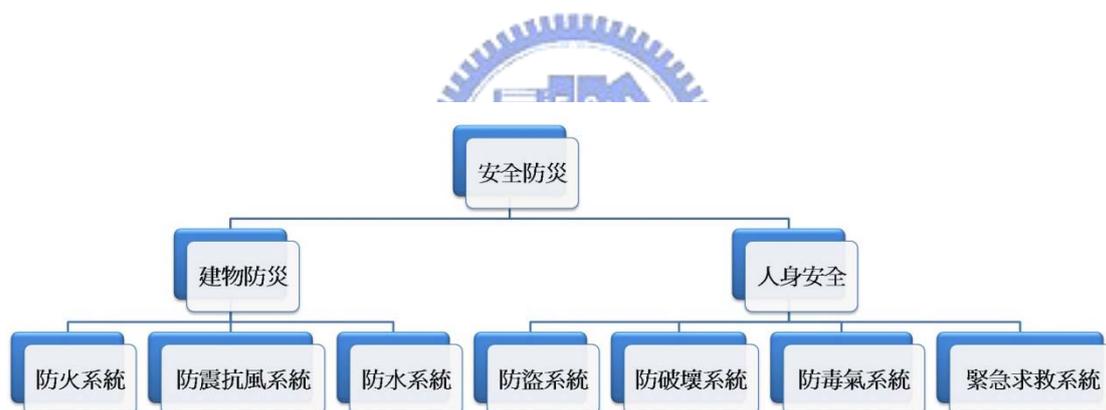


圖 2-9 安全防災指標之指標項目

表 2-3 安全防災指標評估項目及其意義表

指標名稱	指標項目	評估項目	評估內容說明
安全防災	建物防災	防火系統	評估建築物防火系統，如火警警報、人員疏散導引、自動滅火及消防設備監控的智慧化程度。
		防震抗風系統	評估建築物防震或抗風系統，如隔震、制震、抗風以及結構體安全狀態監測設備的智慧化程度。
		防水系統	評估建築物防水系統，如對滲漏水預警及滲漏水監視設備的智慧化程度。
	人身安全	防盜系統	評估建築物防盜系統，如門禁管制及防盜監控設備的智慧化程度。
		防破壞系統	評估建築物防破壞系統，如偵測爆裂物、防止人為蓄意破壞的智慧化程度。
		防毒氣系統	評估建築物防毒氣系統，如瓦斯外洩偵測及警報設備的智慧化程度。
		緊急求救系統	評估建築物緊急求救系統，如使用緊急按鈕求救設備的智慧化程度。

(資料來源：[3])

「智慧建築解說與評估手冊」雖為方便評估而設置了評分重點與可量化的評估方式，以將各種評估基準來加以界定，但最重要的規劃設計觀念，還是要配合「系統整合」之觀念，方能有更完善之規劃。圖 2-10 為安全防災整合系統之示意圖，可作為安全防災系統規劃設計之參考。

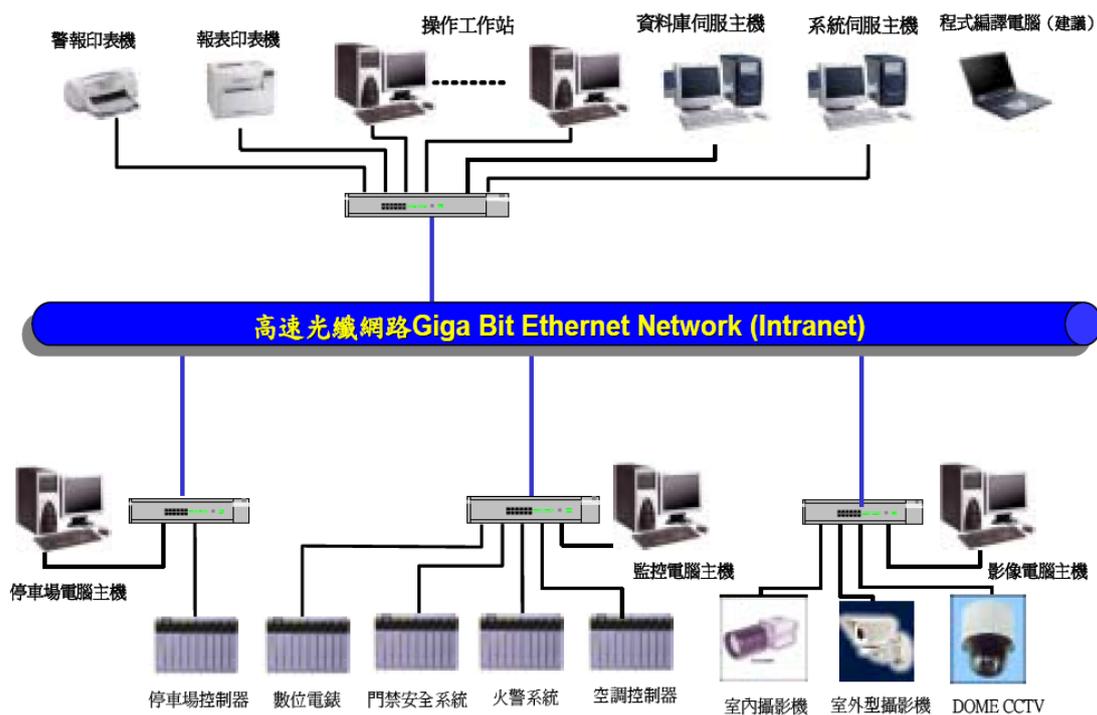


圖 2-10 安全防災整合系統示意圖

(資料來源：[43])

安全防災系統設置的重點除了各項硬體設備之整合外，還須能夠讓各子系統間有相互連動之功能，並彰顯系統智慧化之效能，例如：

1. 當防火系統確認發生火警時，能立即連動語音緊急廣播系統說明火警發生樓層及位置，並啟動具有聲響的避難指示燈，以導引人員順利疏散避難。運轉中之電梯強制運轉至地面層或避難層疏散人員，除緊急升降電梯於地面層待命以備消防人員使用外，一般電梯停止運轉。

2. 當盜匪入侵時，防盜系統除啟動防盜警報外，也能連動門禁系統關閉被入侵區域之門禁，啟動被入侵區域之照明設備以恫嚇盜匪，並以自動語音電話系統撥打 110 向警察機關報案。

3. 當有人使用緊急求救系統求救時，能連動照明系統及防盜系統之監視設備，以攝錄求救地點之畫面。

2.1.5 智慧型建築未來之展望

根據[1]對智慧型建築自動化之調查及分析可看出智慧型建築普遍存在的問題與實際運作或推廣之困難面，在於：

- (1) 智慧型建築於自用大樓之情況下較能完整發揮其智慧化之功能，而出租型大樓通常只對 OA 設備進行管線空間等之預留，實際設置之狀況仍需視建造成本及業主之需求而設置，絕大多數落實智慧化的程度偏低。
- (2) 許多建築物花費鉅資裝設自動化設備後，卻苦於業主及操作人員的不熟悉與設備未善加維護等因素以致設備荒廢無人操作管理之窘境。
- (3) 智慧型自動化設備大多數均仰賴國外之技術，於使用上容易產生產品兼相容性之問題或設備維護之困難，導致使用者與管理者對智慧型自動化設備之認知不高，學習興致缺缺。
- (4) 甚至有許多國外設備引進至台灣後因氣候及人為條件之不同，而導致產生適應不良及不合使用，



而本論文在此則是提出以無線感測網路的技術取代傳統智慧建築的感測系統，以增加感測之靈敏度與準確度，並改善感測系統的裝置、操作與維護之困難度，再以結合網頁資料庫系統之概念，提供使用者無線感測網路之感測資訊查詢平台。系統開發之目的乃希望透過無線感測網路與網頁資料庫系統之技術的整合，可以達到以最快速的處理機制管理感測資訊，並呈現最即時的感測資訊與主動控制服務，使此資訊平台有如智慧型建築之中央控制系統的效能卻不再侷限於某處，而是可以透過無遠佛界的網際網路，提供更多的使用者或關係人更充足、更智慧且即時的感測資訊。

而下面之小節則將針對本論文所欲開發之「智慧型建築之無線感測網路防火資訊系統」所運用到的相關背景知識做文獻回顧，其內容包括：2.2 節—無線感測網路、2.3 節—建築物防火系統與 2.4 節—網頁資料庫系統。

2.2 無線感測網路概述

無線感測網路(Wireless Sensor Network, WSN)是以感測為主要功能所發展出來的網路架構模式。近幾年來，由於微型製造的技術、通訊技術及嵌入式處理技術的迅速發展，促進了微小的電子裝置可以內嵌精密感測、計算及通訊等多樣化功能之發展。無線感測器不但能偵測及感應環境的變化，還能夠進一步分析所收集到的感測資料，並透過無線通訊的方式將感測資料傳遞至後端—PC 終端機，進行儲存、運算及傳輸，並作適當之回應。無線感測網路具有無線、長距皆通、網路可自動多重跳接、超省電電池長時使用等優點，亦可以做為即時感測的無線遠端監測設備，可應用的領域相當廣泛，真可謂：「上至太空，下至深海」。舉例來說包括：農業相關及環境監測、人員現況追蹤、貨物倉儲及物流、無塵室廠房監控、工業生產流程、智慧型居家保全、軍事後勤及警察巡邏等。未來，若能再與手機、PDA 等行動通訊技術整合，無線感測網路將更能達到無所不在 (Ubiquitous Computing) 的境界了。

無線感測器使用於一定的範圍內，受地形或環境的影響較小，限制不大，但實際的運用上，感測器的選用與感測架構整體的規劃仍需考量到實際感測環境的種種影響因素與感測目的，以選擇適當的感測器與感測模式。而本論文研究與討論的重點在於無線感測網路於智慧型建築防火系統的應用面與效益。故本節的重點將介紹無線感測網路與無線感測網路運用於防火系統的相關研究與應用之討論。

2.2.1 起源與概念

近年來由於無線網路技術及微電子機械系統(MEMS)技術的進步，電子設備能力提升且設計的越為輕巧。促使無線感測網路成為具備了體積小、無線通訊能力與可自組網路型態等特性與優點之小型嵌入式系統，這也是為什麼微型無線感測網路(Wireless Sensor Network)受到大眾注目並廣泛討論其應用於生活上的原因了。

無線感測網路最初開始於一項軍事應用計畫，是由美國國防部先進研究計畫局(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA)輔助的。主要目的是希望利用微電子機械系統(MEMS)的技術，開發出一種體積小且具無線通訊能力的感測器，並將此裝置散佈於戰場上，收集所需的相關環境資料，以達到在戰場上可以監控與了解敵軍的行蹤，而不必花費龐大的人力及資源，並可不冒生命危險及可適時掌握敵軍的狀況。這項軍事行動運用於無線感測網路之技術，不但可以得到更多敵軍的資訊，另一個好處則是透過廣微佈設的感測器，可減少被敵軍清除而造成的影響[17]。

無線感測網路(Wireless Sensor Network)是以「偵測」為目的，由數個具有無線通訊能力的資料收集器(Access Point)和眾多的感測器(Sensor Node)所構成的網路系統，如圖 2-11。可以提供使用者在不受地形或環境的限制下，於特定的範圍內，以感測器偵測簡單而大量的資料，透過一連串資料的收集、儲存及運算後再以無線傳輸方式傳送至資料收集器，再以有線傳輸的方式將資料傳送至 PC 端，以利使用者對資料進行分析，並做出適當的回應。

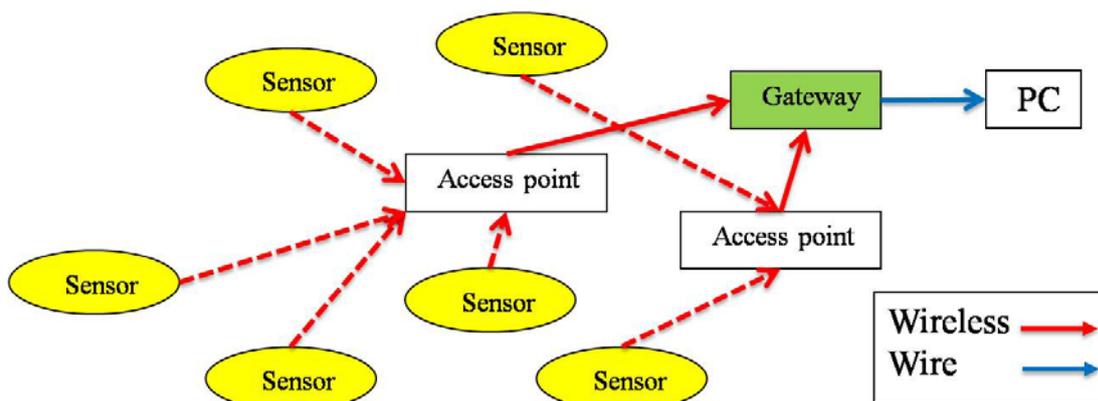


圖 2-11 無線感測網路系統組成與傳輸模式概念圖

無線感測網路之感測器的設計乃以省電、價格低廉、體積小且具有感應環境裝置為目標。感測器的概念就好比一台配有簡單的感測、運算、無線傳輸等裝置的小型電腦。使用者可針對欲偵測的事物進行偵測，所收集的資料將會先做簡單的運算處理再透過無線傳輸裝置將資料傳給資料收集器。無線感測器配置的方式，可大量潑灑在所偵測的範圍內，從數十個至上千個，能使網路成員數量相當龐大，但也由於感測器在任意散佈的情形下，感測器間並不知其相對位置，故在無線感測網路的通訊協定中須制定強大的定址能力，加上大部分的無線感測網路應用的環境容易影響網路成員的狀態，使網路拓樸型態有所改變（如位置改變或裝置被破壞等），故無線感測網路還具備了自我組態(Self-Organization)的能力，自動組織出一個通訊網路，使感測區域中的感測資料，均能透過自我組態建立網路，並將資料傳送到資料收集器。無線資料收集器的功能類似閘道器(Gateway)能將資料透過傳輸媒介(如:internet、衛星...等)，傳送到後端伺服器(Server)，即應用程式或管理者[18]。

上一段中提到無線感測網路可運用的範圍相當廣泛，在此舉例說明之，除了應用於軍事領域上，以偵測及監控敵軍為目的外，還可包括：應用於展覽館、博物館、畫廊、圖書館等，此類場所之應用主要是以保全為目的防止盜竊、觸摸或任意搬動等的情形；

應用於醫療上，可將體積很小的感測器放在病人身上，由遠端的家庭醫生對病人進行病情變化的監控、監測，以發揮遠端照顧之功能；應用於環境健康狀況上的感測，可透過持續性環境監測得到環境的氧氣濃度或環境汙染程度等之資訊；學術上的研究應用如生態監測，利用目標追蹤的技術去追蹤在野生環境裡的動物，研究其移動的路徑或習性[19]。另外，還有近年來廣為推行的智慧建築、智慧家庭等智慧化的運用，透過廣為佈設的感測器對建築物或居住環境加以監控並給予智慧化的判斷與調適。於室內環境主要是環境舒適度的監測與控制使人們可以有更舒適、便利的生活環境；於防災方面亦有相當多之研究與應用，如應用於隧道防火或室內防火系統之偵測，於火災現場，透過感測與系統定位之能力，將有助於消防隊員與救災人員掌握災害環境的狀況，以提升救難行動的效率與降低災情與損失，甚至可即時偵測到火災的發生，及早做出判斷，以增加逃生與救火的黃金時刻。由於無線感測網路於環境偵測的能力上相對於傳統感測器是具有優勢與前瞻性的，因此本論文研究重點即以防火為目的，討論無線感測網路取代傳統智慧型建築之感測器的可行性與效益、優勢。

無線感測網路的技術源至於美國，其中又以麻省理工學院、加州大學洛杉磯校區、加州柏克萊大學比較具有代表性且有美國國防部先進研究計畫局(DARPA)的贊助，其將無線感測網路技術分成幾項專案，以分工的方式進行各項研究。以下為研究無線感測網路之單位的相關簡介[17]：



(1) 麻省理工學院:

探討感測器網路的主要研究計畫為 μ AMPS (μ -Adaptive Multi-Domain Power Sensors)。LEACH(Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)與 SPIN(Sensor Protocols For Information Via Negotiation)為 μ AM 的兩項主要計畫。前者是為改善原有的叢業網路(Cluster/Group Network)，發展一個新的叢集式網路，目的是先在區域感測器端處理資料以降低全區域的通訊量，然後在隨機選擇叢集頭和遠端的基地台通訊，以便工作量可以分擔在所有的感測器端，使感測器網路減少不必要的能源耗損，進而增加系統生命週期。而後者是免除在網路上傳輸過多不必要的資料而耗損能量，特徵在各個感測節點須事先協商才傳送資料，以免除網路不必要的資料氾濫狀況，且各個感測節點可知道其現存能量多寡，以對路由作適當的調整，並提高能量使用的效率。

(2) 加州大學洛杉磯校區

加州大學研究領域主要分為四個部份:無線網路、低功率與能量探知系統、內嵌式網路及整合式無線網路感測器。

無線網路的部分-主要著重在低功率鏈結層的通訊協定，以及硬體上可重設定的節點、以低功率 I/O 為中心的無線多媒體節點。

低功率與能量探知系統部分：

主要研究剩餘能量探知系統，而因應低功率消耗網路系統，以乾電池為電力來源，為了達到持續幾個月不需要更換電池，則平衡運算與傳輸之間所耗能量的比例是其研究重點。

內嵌式網路系統部分：

主要研究將感測網路融入生活當中，並應用在我們生活週遭，因此其針對網路的探測、最佳化管理設計、以及應用的發展等，進行深入的研究。

整合式無線網路感測器(Wireless Integrated Network Sensors ; WINS)部分：

以分散式網路架構建立，並以監控能力對運輸業、製造工業、醫療發展、環境監視及安全監測為應用，並對整體提供感測、區域控制及內建智慧系統以提昇整體效能。

(3) 加州柏克萊大學



此校以 Smart Dust 專案與 WEBS 專案為主，前者以驗證感測器硬體最小化的可行性為目的，將感測器、微處理器、電源及雙向無線傳輸整合在一立方英吋的微小節點上，使感測器在整合最小化設計與能源管理方面，有了更進一步的革新。後者是一些有關實驗平台的開發研究，與 Crossbow 公司合作，開發出一個研究用實作的硬體(MICA)，並開發出專屬的內嵌式作業系統(TinyOS)；此外其模擬工具亦陸續開發中，此類工具可模擬實作情況，如:模擬器顯示路徑的選擇、能量之耗損情形等多項功能。

2.2.2 無線感測網路的硬體架構

無線感測系統的硬體基本架構主要是由感測端、接收端與個人電腦所組合而成的，如圖 2-12 所示。其中感測端即無線感測單元又包含了資料擷取模組、無線傳輸與控制模組，其元件組成如圖 2-13 所示；接收端即無線接收單元，其主要元件包含了無線傳輸與控制模組、基地台，其組成如圖 2-14 所示。當感測端偵測到訊號時，會將訊號透

過無線傳輸之方式傳遞至接收端，再藉由基地台(Gateway) 以 RS-232 有線傳輸的方式將資料傳送至個人電腦，使用者即可對資料加以處理與分析以得到更多資訊[20]。



圖 2-12 無線感測系統的硬體架構

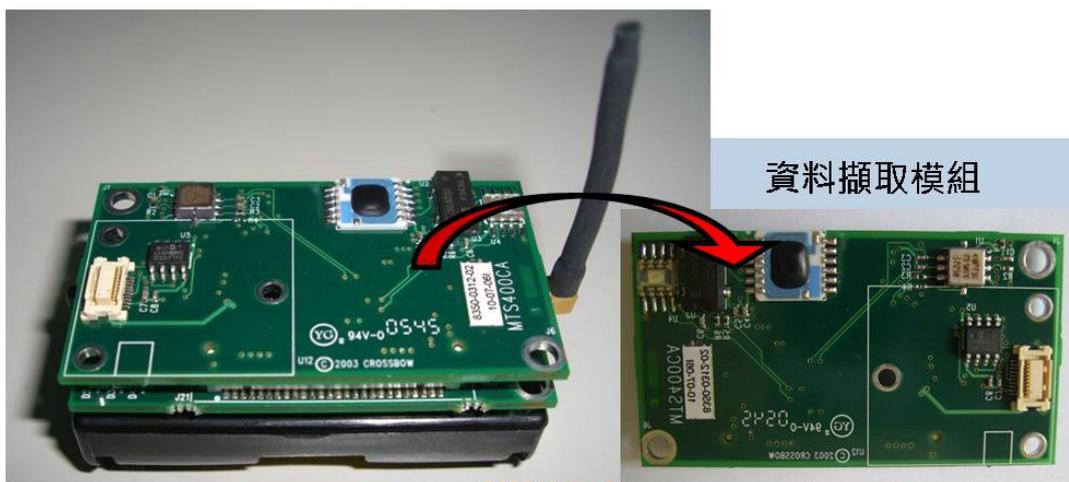


圖 2-13 無線感測系統之感測端

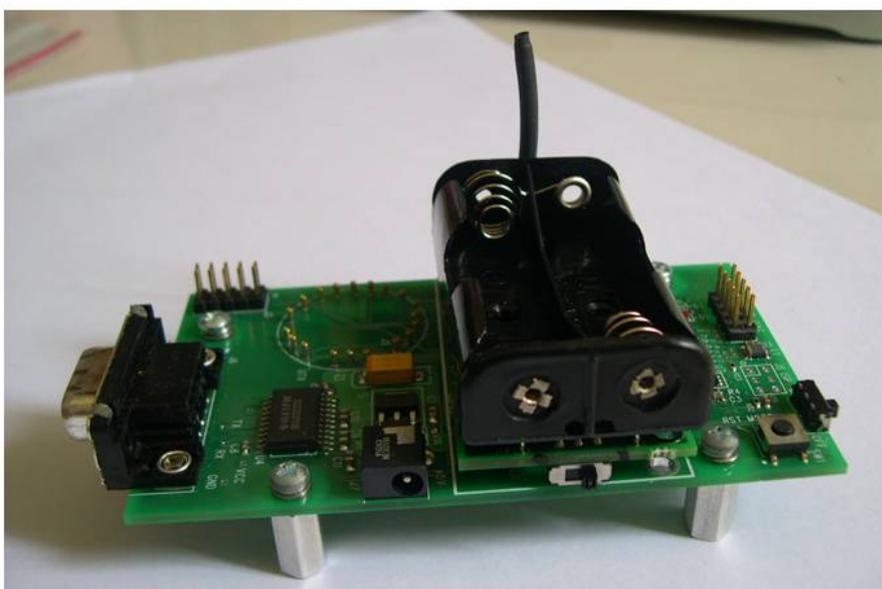


圖 2-14 無線感測系統之接收端

2.2.2.1 感測器的硬體設計

無線感測網路是由多個無線感測器所構成的感測節點所組成的。無線感測器本身就像一台配有簡單的感測、計算、無線傳輸等裝置之微電腦。感測裝置則可針對環境中要感測的物體(如溫度、光源、溼度、震動等)進行感測。而無線感測器又可分為四個主要部份[18]，如圖 2-15 所示：

(一) 感測單元(Senser Unit):

感測單位主要包含兩部份:一者是感測元件(Sensor)，負責感測四周環境資料，並將蒐集到的資料以類比訊號表示；另一者是訊號轉換元件(Analog-to-Digital Converters, ADC)，負責將感測元件感測到的類比訊號經過取樣轉換成數位訊號，並將資料送到微處理單位加以處理。根據不同的應用，可添加其他可相輔助的感測器，例如應用在火災感測上，可同時在感測器上增設溫度感測、煙霧感測及燈光感測等感測元件，用以增加資訊的完整性，使讀取的資料更完整。

(二) 微處理器與記憶體單元(Microprocessor and Memory Unit):

處理單元主要分成兩個部份:分別為處理元件(Processor) 與儲存元件(Storage)兩部份。處理元件(Processor)是整個感測器的核心，其功能則類似電腦的中央處理器(CPU)，負責計算及控制周邊單元的輸入與輸出，並可執行使用者預先儲存好的程式碼，並協調與控制感測器間不同的單位元件，還需考慮電力控制及簡單的工作排程；而儲存元件(Storage)功能與一般電腦中硬碟等儲存裝置類似，主要是儲存經過類比訊號轉換為數位訊號(A/D)後的資料，以及儲存在處理元件中需要被暫時保留的資料。執行流程可為處理元件根據使用者撰寫好的程式原始碼，於任意時機對感測元件下達感測命令，或是藉由遠端伺服器或是鄰近感測器觸發感測動作，將收集到的資料經過處理後透過傳輸單位將資料傳送回去；故亦可以透過傳輸單元對遠端下達自身要求的命令。

(三) 無線傳輸模組單元(Wireless module):

傳輸單位是每個感測器間通訊的橋樑，負責將處理單位需要收發的資料(如感測到資料後須送至後端伺服器，以及對其他感測器下達或被下達命令等資料)，透過介質發送或接收。而介質的使用則需依視使用者的應用及環境的不同來選擇，較常見的介質有紅外線(Infrared)、無線電波(Radio)、以及光纖介質(Optical Media)。無線傳輸模組則負責感測器與其他感測器之間的溝通，或將感測的資料傳輸給後端作處理。

(四) 電力供應單元(Power Unit):

電力供應單位是負責供應感測器中所有需要電源的元件。感測器中任何功能的運作都需要使用到電力，若無電力供應單位，感測器就無法工作。而通常感測器的電力是由電池供應，所以每個感測器能維持的生命週期是有限的，故在無線感測的軟硬體設計上均須考慮到省電的問題。此外為求電力訊號的穩定度，使用者在設計時加上一個直流對值轉換(DC to DC Conversion)，讓感測器不會因為能量消耗造成的電位改變，而使電路及資料變的不穩定。

在無線感測網路的應用中，感測器除了需要能夠長時間使用外，還必須具備簡單的計算能力，而長時間的使用勢必需要消耗更多的能量，若再加上必須具備的計算能力則勢必增加電力的耗損量，而縮短了感測器的生命週期，在加上感測器體積小，所能搭載的電力有限，因此關閉感測器之電力以節省電力是延長網路壽命的有效方法之一，但如此以一來，所影響的網路連結性與覆蓋率將成為另一項研究的議題。而根據[21]的實驗結果顯示當節點密度高時，其所提供的方法將可以大幅降低工作節點(Working Node)數，故如何延長感測器使用的期限與減少因計算而消耗的能量都是設計感測器所必須加以考慮的問題。

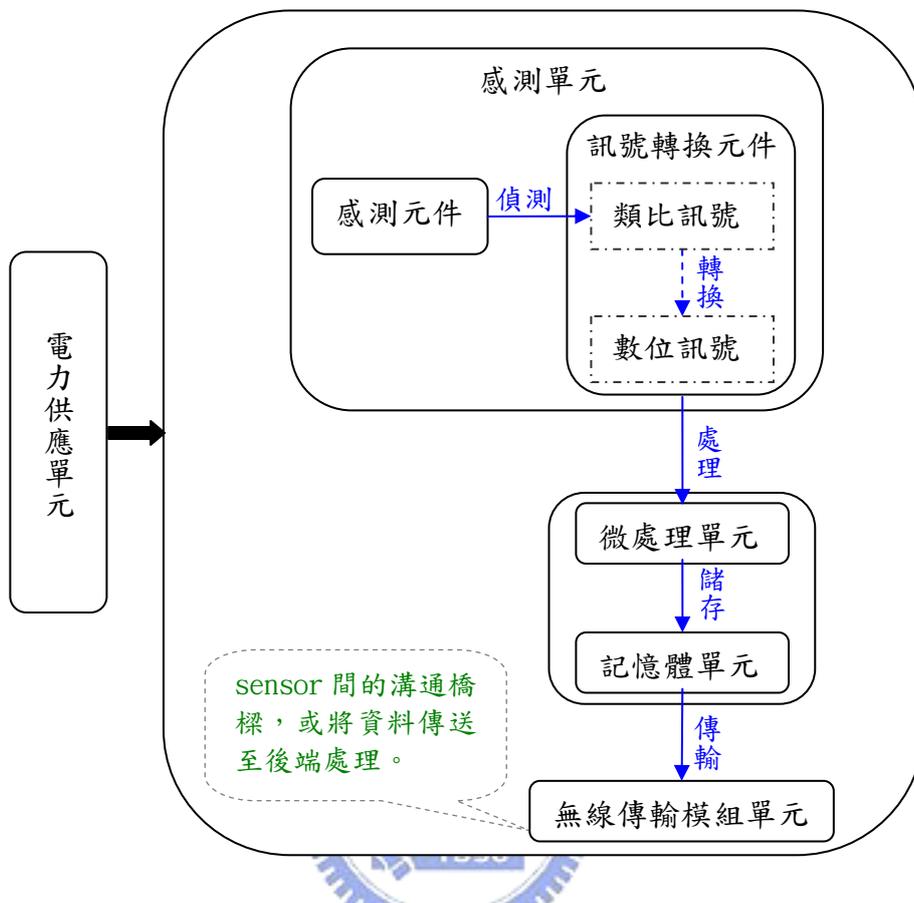


圖 2-15 無線感測器架構圖

無線感測節點除了由以上四個基本單位構成之外，也可以根據不同的環境及應用，增加新的功能單位，例如可以新增外接或內建提供電源的電源產生器 (Power Generator)、或是讓感測器具有行動能力且能夠攜帶感測資料的行動裝置 (Mobilizer) 等。雖然感測器內部包含了很多的元件，但在整體的設計上最重要的是以體積小、重量輕、成本低廉、以及高效能為設計主要原則。

2.2.2.2 Gateway

基地台 (Gateway) 又稱閘道器，如圖 2-16，由 Crossbow 研發的產品主要可分為兩種功能，一是 MIB510 CA (Mote Interface Broad)，目的是要讓 Mote 能與電腦作溝通，並負責把接收到的資料傳送至 PC 上，以利後續的處理與分析，也可以利用它將程式安

裝至無線傳輸與控制模組的微處理器上，以執行其他不同的任務。而另一種則是讓 Mote 能夠連結有線網路的 MIB600。

MIB510 是一支援性強大之介面電路板，以下為 MIB 介面板之功能介紹：

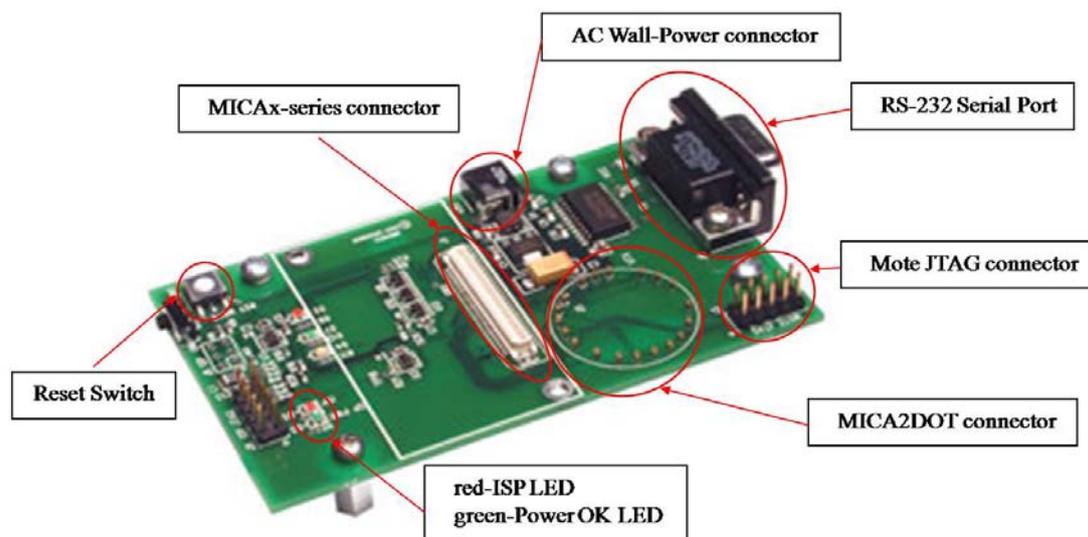


圖 2-16 基地台(Gateway)–MIB510

◇ AC Wall-Power connector

是主要電力來源。

◇ RS-232 Serial Port

是 USB 轉 RS-232 傳輸線的連接處。RS-232 可將使用者撰寫好之程式碼由 PC 端傳送至基地台(Gateway)

◇ ISP(In-System Process)

其內建系統編程處理器為 Atmega16L，可將使用者撰寫好的應用程式碼由 PC 端透過 RS-232 傳送至 ISP，由 ISP 將所輸入的程式碼完成編碼後，再傳送至 sensor mote 內執行。

◇ JTAG 介面

透過此介面，使用者可以對 sensor mote 做除錯及模擬的工作。

◇ MICAx-series connector、MICA2DOT connector

可連接 MICA 或 MICA2DOT 等 Mote 元件。

2.2.3 無線感測網路嵌入式作業系統 TinyOS

目前國內外於無線感測網路作業系統的使用上，最常見的是由加州柏克萊大學所發展的 TinyOS 作業系統，TinyOS 顧名思義為微型作業系統，是一套專為小型記憶體的通訊裝置所設計的。此作業系統可免費提供大眾下載，且能夠支援 Linux 與 Windows XP 等不同的作業平台。藉由此開放式的作業系統，使用者可以自行結合不同的硬體並開發其他的應用。

TinyOS [22]主要的設計目的為低電源的感測網路，設計上採物件導向的概念。主要的元素有感測、驅動、網路通訊與電力管理。其架構是建構於元件基礎(component-based)與事件驅動(event-driven)兩種觀念中。以開發的角度來說，所有的程序設計時皆須由事件與元件之觀點來思考，即採事件驅動的執行方式。TinyOS 是利用元件為基礎，來描述硬體與網路組成元件，其將每一個硬體裝置描述成一個元件，並稱為 graph of components，再加上一個排程器(tiny scheduler)即可建構出一個具有排程器與圖形化元件(scheduler + graph of components)的系統。TinyOS 的組成架構由圖 2-17 可看出，在 TinyOS Layer [23]中，可約分為使用者(User)、TinyOS(TOS)及硬體(Hardware, HW)三個部分。其中，使用者的部分包括應用介面(Application Interface)、應用的具體元件(Application Specific Component)與應用設定(Application Configuration)；而 TinyOS(TOS)的部分則包括：TOS 排程(TOS Scheduler)、TOS 元件介面(TOS Component Interface)、元件庫(Library Component)、系統元件庫(System Component)與硬體描述/抽象層(Hardware Presentation/Abstraction Layer)；硬體的部份則包括：感測部分，如 MTS400、MTS310 等相關之感測元件；感測器硬體部分，如 MPR2400、MPR510。

在應用程式的開發上，主要為使用 NesC 語言來開發自定的通訊演算規則，基本上為以 C 語言的架構下所發展出來的程式，因此使用者可以很快的適應它。TinyOS 也提供了現成的函式介面給撰寫 NesC 的開發者使用，可降低開發時的複雜度，縮短系統的開發時程 [20]。

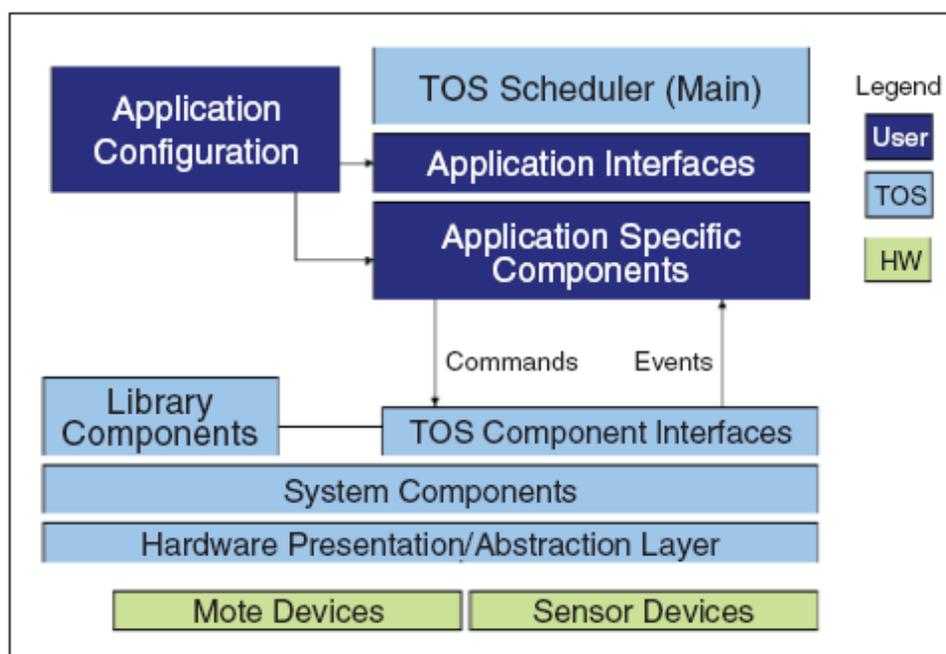


圖 2-17 TinyOS 層級架構圖，[24]

2.2.4 無線感測網路之應用

無線感測網路(WSN)除了具有無限的傳輸技術外，其各個節點本身還具備了感知、運算處理、與無線傳輸的能力，無線傳輸的能力還能達到降低網路佈設的成本與風險，並可與其他節點組成網路，彼此間相互傳遞資訊與溝通，因此可應用的層面相當廣。WSN 主要的應用市場，依現行發展趨勢可歸納為：軍事應用、環境監測、工業應用、商業應用、健康照護、居家應用、教育娛樂等七大領域。目前最早廣泛應用的乃屬於環境監測領域的應用，軍事方面的應用亦受到政府單位的重視，工業方面的應用亦屬當務之急。而居家應用、健康照護、與節能省能教育娛樂等之應用亦極具市場潛力，備受相關團隊的矚目，正積極開拓中[44]。

(1) 環境監測：

牽涉到的範圍包括：農牧業、生態環境、災害預防等，主要針對溫濕度、氣壓、地震等加以監測，目前已有相關團隊致力於土石流架設無線感測的研究，而台灣大學則以無線感測裝置進行果蠅追蹤研究，識方科技也在奧萬大楓葉生長期監探及蘭花培育上，架設無線感測的實體裝置。

(2) 軍事領域：

多為與國土安全、敵情監控、軍火設備管制等有關之應用，此部份的研究多由政府單位主導，再與民間廠商合作協力開發研究。

(3) 工業應用：

多以工業安全、產品流程管制、物流道路以及橋樑監控等之應用為主，現階段工研院亦有於馬達震動自動化監控、以及橋墩傾斜儀自動感測等方面之研究，台大與北科大則是投入於橋樑監測方面的研究。

(4) 健康照護的應用：

此項應用只的是針對個人生理健康的感測數據回報、通報技術，如：慢性疾病的人或老人等的健康行為之狀況監測，與醫藥處方的再確認等。投入這塊研究領域的包括：台大、北科大等，此項技術均與醫院進行合作，並於病人的身體進行生理參數及訊號的無線感測，對未來而言，將有更寬範的應用。

(5) 居家方面的應用：

此部分乃偏向為「智慧型居住空間」之應用，亦是本論文欲研究探討的部分。目前國內投入單位有：內政部建築研究所、台灣大學、交通大學、中正大學等單位。許多建築相關之業者及保全業者亦紛紛投入於此塊領域的技術研發與整合，希望能藉由 WSN 的技術，讓居家空間更為「智慧」。開發中之技術，以居家為例，可依個人需求調整室內溫濕度、光線，並可藉由單一介面遙控家電開關，且賦予自動感知的功能等；以保全業為例，裝設無線感測裝置不僅可達到即時監控、遙控開關、危險感知的效能外，又因其具有小巧且能無線傳輸的優點，故若於辦公大樓或一般住戶甚至是公共場所、百貨公司等，大量佈設

亦不會破壞外觀，極為便利。目前國外投入此領域研究的，如 Crossbow、Honey-well、Digital Sun 等。

在考慮選用 WSN 的解決方案及產品時，Sensor 的可信賴度、精準度、省電、因依不同環境的材質考量，以及涵蓋範圍、傳輸標準、欲應用的型態等，都是採用 WSN 時廠商所考量的參考因素。

而目前我國的感測器研發能力，仍無法與國外廠商之高精準度比擬，因此，一些需精準度高的應用（如化學或生物結構分析的感測、生產線的震度感測），系統整合商或 Operator 則多半還是需要向國外廠商購買。但在精準度要求並不十分高的應用上，如居家室內溫濕度的感測、一般生理參數如血壓脈搏的測量、及室外環境監測，則是國內可切入的。

2.3 建築物防火系統概述

建築物最常見且最具殺傷力之危害，可說是火災，其發生的機率相當頻繁，造成的傷害也都很嚴重，因此本論文欲開發之「智慧型建築之無線感測網路資訊系統」初步規劃將以與我們最為切身的防火問題作為研究之重點與系統開發之方向，故在此先研究建築物的防火規範以及智慧型建築對防火系統的要求與建議，以作為本「智慧型建築之無線感測網路防火資訊系統」之防火功能的依據，接著再討論無線感測網路於防火系統的應用與效益，以確立無線感測網路之技術導入智慧型建築的可行性與效能。

2.3.1 火災發生的原因、特性與危害

熙熙攘攘的街上，常常有呼嘯而過趕著救命的消防車駛過。腦袋閃過的是擔心、是問號，哪裡又著火了？火勢嚴不嚴重？為什麼會發生火災？有沒有人受困？等等。沒有人們會希望火災發生，但它卻是我們生命中最常發生之災害，而且它引發的災難往往無法掌控，嚴重的會使人喪命、財產付之一炬。究竟我們要怎麼做，才能避免災害發生、將傷害減到最低，減少傷亡與損失呢？因此了解火災發生的原因與特性是重要的，而避免與預防火災的發生更是不可缺少的，若有完善的防災的機制與措施即使真得不幸遇上火災也能將損傷降低，故防火機制與設備是不容忽視逃的保命之道。故下段將介紹有關火災的生成與防火對策。

火災發生的導火線很多，舉例來說有焚燒物品、有電器走火或瓦斯使用不當等，只要有溫度（如達到燃點或高溫）、可燃物（如一張紙）、助燃體（如氧氣），就可能引發火災。火災初期只有起火源附近在燃燒，室內的溫度並不會太高，之後火焰會隨著牆壁向天花板竄升而逐漸升高溫度，當天花板上方的可燃性氣體燃燒後，便釋放出大量的輻射熱並造成其他的可燃物開始熱分解，而熱分解的可燃性氣體進入燃燒範圍，形成激烈的燃燒，此時建築物以完全陷入火海的包圍了。而火災發生之因素、火場環境條件與氣候條件等皆會影響火勢與火場燃燒的狀況。但不可避免的，因為高溫，物體會受熱而燃燒產生化學變化，釋放有毒氣體與產生濃煙有毒氣體。而這些有毒的氣體、煙霧、高溫和缺氧的環境，都是導致人員在短時間喪命或中毒昏迷的主要因素。而火場中的致命因素濃煙除了會讓我們吸入過多的有害物質造成生命的威脅外，還會引起火場濃煙密佈，使得視線受到遮蔽，而無法直接觀看到四週的環境狀況，慌亂中，更會因此而失去判斷能力與逃生方向的辨識能力，增加了逃生的困難度與恐懼感。因此除了需要防範火災的安全措施外更需要有完善的救災通報與逃生機制。

建築物發生火災的過程可分為：著火(Ignition)、悶燒(Smoldering)、燃燒成長(Flaming growth)、全面燃燒(Fully developed)與衰退(Decay)五個階段，從火源對物體開始燃燒到著火即確定了火災生成了，火災所產生的熱能會向周圍擴散使室溫逐漸提高，火災發生的同時由於高溫使材料受到燃燒而產生有害物質，所產稱的煙與有毒氣體都足以對人造成威脅與生命財產的傷害。火災對環境與人造成的傷害其嚴重性往往要視現場環境與起火因素而定，總而論之，火場中主要生成物可歸納為煙、熱、光與輻射，其對人員生命之影響為下[45]：

(1) 煙〔Smoke〕

煙是材料燃燒或熱分解時所釋放出散播於空氣中之固態，液態微粒及氣體。煙是火災燃燒過程中一項重要的生成物，它會影響火場中的能見度〔Visibility〕，導致受困於火場中的人員或救災的消防人員視線被遮蔽，增加逃生的困難度，且煙具有刺激性因此往往比溫度更令人難以忍受，故其於火場中影響之深。

而煙霧的危害根據建築物火災中的調查，死於煙害的有百分之六十至八十的人。因為火場中建築材料多以木材、氟化物、氯化物、氮化物及硫化物為主，經過燃燒後會產生有毒物質 CO、CO₂、N₂O、NH₃、乙醛等等的混何物，長時間暴露於此種環境將會導致死亡。而根據調查顯示火災中因一氧化碳致死的人數佔總死亡人數的百分之四十以上，主要原因是一氧化碳的濃度比其他有毒性的成分高出許多。根據研究調查，人類對於有毒氣體所能承受的濃度是有限的，吸入過多時會導致意識不清、昏迷甚至死亡的狀

況。因此防止吸入過多的有毒氣體將是防火設計中防煙控制的重要課題。表 2-4 為人類對有氣體所能承受的濃度參考值，但仍受實際狀況、環境而異。

表 2-4 暴露於有毒氣體中危險濃度的允許值

化合物	對於長時間暴露於有毒氣體濃度的最大允許值(ppm)	短時間暴露在有毒氣體的危險濃度允許值(ppm)
二氧化碳	5000	100000
氨	100	4000
一氧化碳	100	4000
苯	25	12000
硫化氫	20	600
氫氰酸	10	300
氫氯酸	5	1500
二氧化硫	5	500
二氧化氮	5	120
氫氟酸	3	100
氯	1	50
碳_氯	1	25
三氯化磷	0.5	70
丙稀醛	0.5	20

化合物	對於長時間暴露於有毒氣體濃度的最大允許值(ppm)	短時間暴露在有毒氣體的危險濃度允許值(ppm)
溴	0.1	50

火場中，煙除了有毒性外，煙的濃度也會影響火場中的能見度，增加火場中逃生的困難度。能見度主要受煙的成分、濃度、微粒大小、分佈情況而有所影響，同時也受實際建築環境的照明設備與火場中人員的心理因素而影響。由圖 2-18 可知在火場中隨時間增加可視度快速降低[25]。

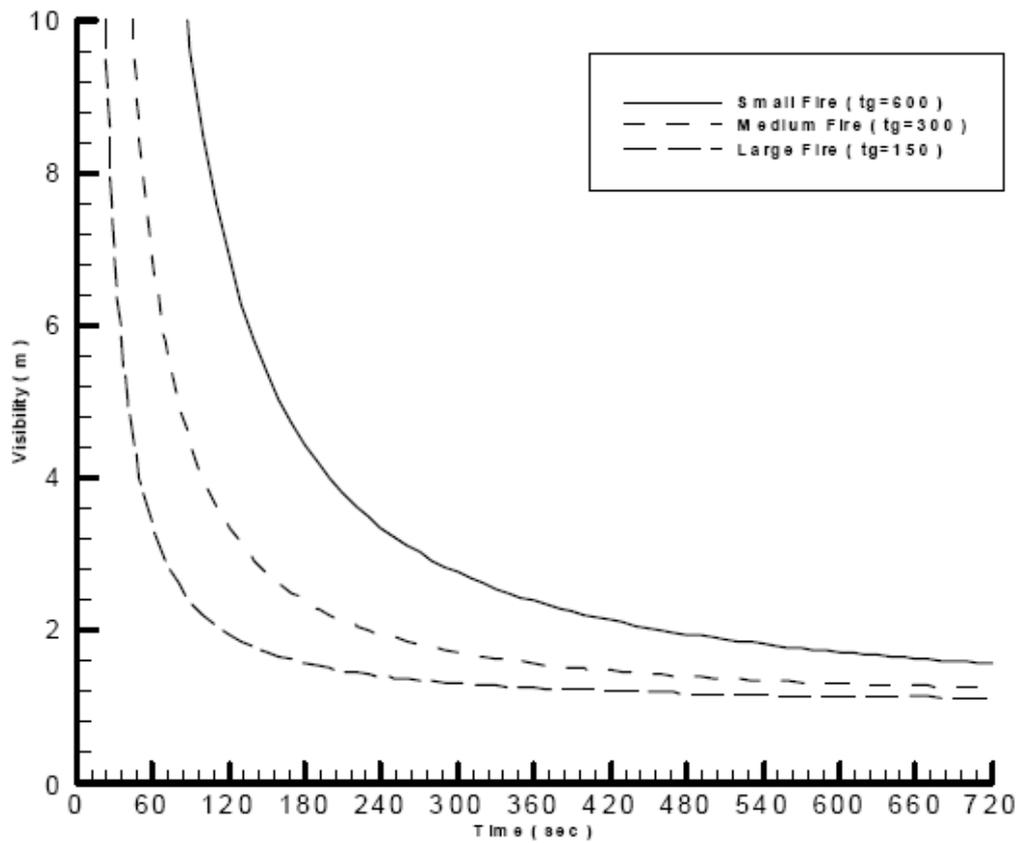


圖 2-18 可視度隨火災成長時間變化之情形
(資料來源：[25])

(2) 熱〔Heat〕：

熱對於燃燒系內及鄰接區域之人員皆具危險性。由火焰產生的熱空氣與氣體，會引致燒傷、熱虛脫、脫水及呼吸道閉塞〔水腫〕。人類生存極限之呼吸水平溫度〔Breathing level temperature〕約為 131°C；於室內氣溫高達 140°C 時仍有短暫存活的時間。呼吸水平高度〔Breathing level height〕，從地板向上算起一般約為 1.5 公尺以上之距離，而對於呼吸而言，超過 66°C 之溫度便難以忍受，此溫度領域可能會使消防人員救援及室內人員逃生遲緩。

(3) 火焰〔Flame〕：

受到火焰之直接接觸及熱輻射會有引起燒傷之可能性。由於火焰鮮少與燃燒物質脫離，所以對鄰接區域內之人員會產生直接的威脅性，這與燃燒氣體及煙有很大之不同。而人類之皮膚若維持在溫度 66°C〔150°F〕以上或受到輻射熱 3W/cm² 以上，僅須 1 秒便可造成燒傷，故火焰溫度及其輻射熱會導致立即性或事後的致命危機。

2.3.2 建築物之防火系統—火警自動警報系統

火災發生的因素與導火線很多，造成的傷害往往也都相當嚴重，因此如何避免、防範火災的發生與擴散均是防火系統設計與規劃的重要課題，因此本節將討論建築物防火系統與消防安全設備之火警自動警報系統設置的重要性與規劃的重點。

我國消防安全設備之規範[26]：

依據我國消防安全設備法規規定消防設備必需包含：滅火設備、警報設備、避難逃生設備與其他相關之消防搶救設備。其中警報設備種類又包括：火警自動警報設備、手動警報設備、緊急廣播設備與瓦斯漏氣火警自動警報設備。由於本論文研究之重點乃以開發智慧型建築之防火資訊系統為主，故在此以討論警報設備中的火警自動警報設備為主。

以消防安全設備對火警警報系統之規定可知，火警自動警報設備的定義是指需能自動偵知、感應火災生成物：煙、熱、光、輻射等，並能表示火災位置、發出音響警報以及能通知建築物關係人採行適當因應之行動，且能連動其他滅火、阻火、排煙等防災設備。火警自動警報設備主要是由火警自動探測系統、自動警報系統連動與表示及控制連動系統三個子系統構成的，其功能與系統的構成組件分別如表 2-5、2-6 所示：

表 2-5 火警自動警報設備之功能

項次	功能	相對安全設備
1.	自動偵知火災發生	探測器、人
2.	自動發出火警音響信號	主音響、地區音響
3.	自動表示火警災害發生處所之正確位置	受信總機
4.	自動連動其他滅火、排煙等防災設備動作	受信總機

(資料來源：[26])

表 2-6 火警自動警報設備之系統構成

火警自動警報設備	火警自動警報設備之子系統	主要構成組件
	1. 火警自動探測系統	偵煙式探測器、感熱式探測器、輻射式探測器、熱煙複合式探測器、多信號式探測器、配線與緊急電源。
	2. 自動警報連動系統	手動警報機、主警鈴、地區警鈴、緊急啟動裝置、揚聲器、配線、緊急電源。
	3. 表示及控制連動系統	受信機、配線、電源

(資料來源：[26])

火警自動警報設備之防火區劃：

依據火警自動警報設備之規定，建築物設置火警自動警報設備之防火區劃應為：

1. 每一火警分區不得超過一樓層，且不得超過樓地板面積六百平方公尺。但上下兩層樓地板面積之和不超過五百平方公尺者，得二層共用一分區。
2. 每一分區之任一邊長不得超過五十公尺。但裝設光電式分離型探測器時，其邊長得在一百公尺以下。
3. 如有主要出入口或直通樓梯出入口能直接觀察該樓層任一角落時，上述之規定六百公尺得增加為一千平方公尺。
4. 樓梯、斜坡通道、升降機之升降路及管道間等場所，在水平距離五十公尺範圍內且其頂樓相差在兩層以下時，得為一火警分區。但應與建築物各層之走廊、通道及居室等場所分別設置火警分區。
5. 樓梯或斜坡通道，垂直距離每四十五公尺以下為一火警分區。但其地下層部分應為另一火警分區。



火警自動探測器的類型與動作原理

探測器(Fire Detectors) 設置的意義在於當火災發生時，應能由火場中所產生的熱、火焰或煙自動感知判斷出火災的發生，並將此信號轉換成火災信號向受信總機通報。而探測器的種類繁多，功能亦不盡相同，故於表 2-7 列舉並說明探測器的類型與動作原理：

表 2-7 各類探測器之動作原理

	探測器	動作原理
感熱式	差動式局限型探測器	周圍溫濕度達一定溫度以上上升率時即動作，為局部場所之熱效果累積(即 1 種 10°C/min，2 種 15°C/min)。
	差動式分布型探測器	周圍溫度達一定溫度以上之上升率時及動作，為廣泛為之熱效果累積。
	定溫式線型探測器	當場所之周圍溫度達一定溫度以上時即動作者，此型探測器外觀電線狀者。
	定溫式局限型探測器	局部場所之周圍溫度達一定溫度以上時即動作者，此型探測器有金屬膨脹型，半導體感應型。
熱複合式	熱複合式局限型探測器	同時具有差動式局限型探測器之性能及定溫式局限型探測器之性能者，此型為多信號探測器。
	補償式局限型探測器	同時具有差動式局限型探測器之性能及定溫式局限型探測器之性能者。
偵煙式	離子式局限型探測器	周圍空氣達一定濃度以上之含煙量時即動作者，此型探測器局部場所之煙而產生之離子電流變化而動作。
	光電式局限型探測器	周圍空氣達一定濃度以上之含煙量時即動作者，此型探測器局部場所之煙而產生之光電元件受光量變化
	光電式分離型探測器	周圍空氣達一定濃度以上之含煙量時即動作者，此型探測器由廣範圍煙之累積而產生之光電元件受光量變化。

	探測器	動作原理
煙複合式	煙複合式局限型探測器	同時具有離子式局限型探測器之性能及光電式局限型探測器之性能者。
熱煙複合式	熱煙複合式局限型探測器	同時具有差動式局限型及離子式局限型探測器，或定溫式局限型及光電式局限型探測器之性能者。
火焰式	紫外線局限型探測器	由火焰放射之紫外線變化達一定量以上時即動作者，此型探測器由局部場所之紫外線而產生之光電元件受光量變化。
	紅紫外線局限型探測器	由火焰放射之紅外線變化達一定量以上時及動作者，此型探測器由局部場所之紅外線而產生之光電素子受光量變化。
	紫外線紅外線併用局限型探測器	由火焰放射之紫外線及紅外線變化達一定量以上時及動作者，此型探測器由局部場所之紫外線及紅外線而產生之光電元件受光量變化。
	火焰複合式局限型探測器	同時具有紫外線局限型及紅外線局限型探測器之性能者。

(資料來源：[26])

國家標準局對火警自動警報設備中各探測器的靈敏度與動作亦有相關之規定，如表格 2-8 所示：

表 2-8 探測器之靈敏度與動作相關規定

探測器類型	探測器之靈敏度與動作相關規定										
	差動式局限型探測器	種別	動作					不動作			
		階段上升			直線上升		階段上升			直線上升	
		K	V	N	T	M	k	v	n	t	m
1種		20	70	30	10	4.5	10	50	1	2	15
2種		30	85		15		15	60		3	
	1) 動作: ① 在室溫，加 K °C 之溫度下風速 V cm/sec 之垂直氣流直接吹向時，N 秒內動作。 ② 自室溫狀態下，以平均每分鐘 T °C 之直線升溫度之水平氣流吹向時，應在 M 分鐘以內動作。 2) 不動作: ① 較室溫高 k °C 而風速 v cm/sec 之高溫氣流以垂直方向吹向時，在 n 分鐘以內不動作。 ② 自室溫開始，以平均每分鐘 t °C 之升溫律之水平氣流吹向時，在 m 分鐘以內不動作。										
差動式分佈型探測器	種別	t1	t2								
	1種	7.5	1								
	2種	15	2								
	3種	30	4								
		1) 動作： 離檢出部位(感知部)最遠處之空氣管20公尺部份，每分鐘 t1°C 之升溫度速度下直線升溫時，應在1分鐘以內動作。 2) 不動作： 空氣管全部在每分鐘 t2°C 之昇溫速度上直線上升7分3秒內亦不動作。 PS：上述兩項之標準對差動式分布型探測器之不用空氣管型者之靈敏度亦可適用。									

探測器類型

探測器之靈敏度與動作相關規定

種類	動作						不動作				
	階段上昇			直線上昇			階段上昇			直線上昇	
	K	V	N	T	M	S	k	v	n	t	m
1種	20	70	30	10	4.5	55以上	10	50	1	2	10
2種	30	85		15		150以下	15	60		3	

補償式局限型探測器

➤ 定溫點之設定是以5.5°C至150°C之間為準。

1) 動作：

- ① 較室溫高K°C之氣溫，以風速V cm/sec之垂直氣流吹向時，應在N秒鐘以內動作。
- ② 自室溫開始以每分鐘T°C之直線昇溫速度之水平氣流吹向時，應在M分鐘以內動作。
- ③ 自室溫開始以每分鐘1°C之直線昇溫速度之水平氣流向時，應在較S低10°C溫度至較S高10°C溫度範圍內動作。

2) 不動作：

- ① 較室溫高k°C而已風速V cm/sec之垂直氣流吹向時，在n分鐘以內不得動作。
- ② 自室溫開始以每分鐘1°C之直線上升速度之水平氣流吹向時，應在較S低10°C溫度範圍下m分鐘以內不得動作。

離子式探測器

離子式探測器

種別	K	V	T1	t
1種	0.19	從		
2種	0.24	20~40	30	5
3種	0.28			

備註: K表公稱動作電離電流變化率。即加20V直流電壓時，由煙所引起之電離電流之變化率。

1) 動作:

含電離電流變化率1.35K濃度煙之氣流，以風速V cm/sec 之速度吹向時，非蓄積型應在T1秒內動作;而蓄積型者應在標稱蓄積時間以上動作，但此時間不可超過標稱蓄積時間加T1秒。(總時間不可超過60秒)

2) 不動作:

含有電離電流變化率0.65K濃度煙之氣流，以風速V cm/sec吹向時，在t分鐘內不動作。

探測器類型	探測器之靈敏度與動作相關規定				
定溫式探測器	室溫				
	種別	零度	零度以外		
	特種	40秒	室溫 θ_r (度)時之動作時間t(秒)案下列公式算出來		
	1種	120秒	$t = \frac{t_0 \log_{10} \left(1 + \frac{\theta - \theta_r}{\delta} \right)}{\log_{10} \left(1 + \frac{\theta}{\delta} \right)}$		
	2種	300秒			
	<p>1) 動作：</p> <p>標稱動作溫度125%熱風以1m/sec之垂直氣流吹向時應在上表之時間內動作。</p> <p>2) 不動作：</p> <p>用較標稱動作溫度低10°C而以每1m/sec之風速垂直吹向時在10分鐘以內不動作為準。</p> <p>註：t_0：表示室溫在零度°C時之動作時間(單位:秒)。 θ：表示標稱動作溫度°C δ：表示標稱動作溫度與做動作試驗溫度之差(°C)</p>				
光電式探測器	光電式探測器				
	種別	K	V	T1	t
	1種	5	從		
	2種	10	20~40	30	5
	3種	15			
	備註: K表標稱動作濃度。即用減光率來表示。				
	<p>1) 動作:</p> <p>含每公尺減光率1.5K濃度之煙，用風速 V cm/sec 之氣流吹向時，非蓄積型應在T1秒內動作;而蓄積型者應在標稱蓄積時間以上動作，但此時間不可超過標稱蓄積時間加T1秒。(總時間不可超過60秒)</p> <p>2) 不動作:</p> <p>含有每公尺減光率0.5K濃度之煙，用風速V cm/sec 之氣流吹向時，在t分鐘內不動作。</p>				

(資料來源：[26])

簡而言之，探測器動作的時間如表 2-9、2-10 所示：

表 2-1 熱探測器動作時間

探測器 類別	探測器種類		
	特種	一種	二種
差動式集中型 補償式集中型	— —	30 秒以內	30 秒以內
定溫式集中型	40 秒以內	60 秒以內	120 秒以內

(資料來源： [46])

表 2-2 煙探測器之動作時間

類別	非蓄積型		蓄積型	
	離子式	光電式	離子式	光電式
一種	30 秒以內	30 秒以內	60 秒以內	60 秒以內
二種	60 秒以內	60 秒以內	90 秒以內	90 秒以內
三種	90 秒以內	90 秒以內	120 秒以內	120 秒以內

(資料來源： [46])

有效探測區域：

表示探測器之探測區域，即探測器裝置面之四周以淨高四十公分以上之梁或類似構造體區劃包圍者。但差動式分佈型及偵煙式探測器，其裝置面之四周淨高應為六十公分以上。

探測器裝設位置之規定：

1. 天花板上設有出風口時，除差動式分布型及光電式分離型探測器外，應具離該出風口一點五公尺以上。
2. 牆上設有出風口時，應距離該出風口一點五公尺以上。但該出風口距天花板一公尺以上時，不在此限。
3. 天花板設排氣口或回風口時，偵煙式探測器應裝置於排氣口或回風口周圍一公尺範圍內。
4. 局限型探測器以裝置在探測區域中心附近為原則。
5. 局限型探測器之裝置，不得傾斜四十五度以上。但火焰式探測器，不在此限。



探測器有效探測範圍：

而各類探測器又因功能與產品特性不同，探測器的有效探測區域亦有些許差異，以差動式、補償式與定溫局限型、偵煙式探測器為例，有效探測面積如表 2-11、2-12 所示：

表 2-9 偵煙式探測器設置之有效探測範圍

裝置面高度	探測器種類及有效探測範圍(平方公尺)	
	一種或二種	三種
未滿四公尺	150	50
四公尺以上未滿二十公尺	75	-----

(資料來源：[26])

表 2-10 差動式、補償式與定溫局限型之有效探測範圍

裝置面高度	建築物構造	探測器種類及有效探測範圍 (平方公尺)						
		差動式局限型		補償式局限型		定溫式局限型		
		一種	二種	一種	二種	特種	一種	二種
未滿四公尺	防火建築物及防火構造建築物	90	70	90	70	70	60	20
	其他建築物	50	40	50	40	40	30	15
四公尺以上未滿八公尺	防火建築物及防火構造建築物	45	35	45	35	35	30	—
	其他建築物	30	25	30	25	25	15	—

(資料來源：[26])

受信總機：

受信總機為藉其與探測器或手動報警機之配線，將探測器或手動報警機所感知之火災信號，直接或由中繼器送至受信總機，並設有火災發生場所表示之裝置。當受信總機接收到火災信號時，應能藉紅色表示燈、火災音響信號及表式裝置，自動表示該火警分區已有火災發生，同時該地區知音響裝置亦應鳴動以通知建築物相關之人員並連動其他滅火、防災設備功能。

受信總機主要分為 P 型、R 型兩種，其中 P 型受信總機又因適用性能之不同分為 1 級、2 級。其功能應具有連接火警發信機、火警警鈴、標示燈以及防火連動控制設備者。

其中連動控制又可分為排煙受信總機、自動灑水受信總機、自動泡沫受信總機、滅火連動控制盤及其他相關之防火連動控制器。

而受信總機表示警報的方式又可分為火警表示裝置與斷線或故障兩類表示裝置。

(一) 火警之表示:

1. 當受信總機收到火警信號時，紅色火警表示燈點亮，主音響警報裝置鳴動，且在區域表示裝置自動表示該警戒區域已有火警發生，同時地區之警報音響鳴動且標示燈裝置變為閃亮；上述火警表示再用手動方式復舊前，應能保持該火警信號。(區域表示裝置單回路受信總機可免設)
2. 切換至預備電源時，不得影響上述火警警報之表示。但外部標示燈可不點亮。

(二) 斷線或故障之表示:

當受信總機探測器回路端至終端器間發生斷路或故障時，斷線表示燈點亮、斷線音響鳴動，且在區域表示裝置自動表示該回路已有故障或斷線發生。其表示方式應與火警警報表示方式有所區別。(區域表示裝置單回路受信總機可免設)



防火系統設計流程與要點：

火警自動警報系統的作業之流程如圖 2-19 所示，而設備設計之流程則可歸納如圖 2-20 所示，其中探測器的選擇又可依場所高度、空間特性、作業場所、建築物內部構造、建築物平時最高溫度、探測場所是否妨礙探測、可燃性物質存量及探測器數量來評估與選用。



圖 2-19 火警自動警報系統作業之流程圖





圖 2-20 火警自動警報設備設計流程圖

2.3.3 智慧型建築之防火系統

智慧建築標章中「安全防災指標」扮演了相當重要的角色，因為它直接影響的是使用者與人類生命財產安全。為了達到智慧型建築的目的，智慧型建築標榜於建築環境中導入建築自動化系統的裝置設備，方能有效的改善並提升建築物的安全性與使用性，進一步達到防範災害的發生、防止災害的擴大、保障生命及財產的安全。相對於傳統建

築來說智慧型建築的設備是較為先進且昂貴的，當然如果發生災害造成的損失亦會相對的比較嚴重。故如何應用自動化系統之技術，降低災害發生時所帶來的衝擊同時發揮最智慧化的防災機制是智慧型建築安全防災中最重要的課題。

而建築物最常見且總是造成最大災情與傷害的是火災，星星之火可以燎原，用火不慎或蓄意縱火，即使是一個小小的火源不及時撲滅，火勢便會迅速蔓延一發不可收拾。因此，防火系統、防火設備、救火、滅火與逃生機制的社至與建立更是缺一不可。以下將介紹「智慧型建築」之「智慧建築標章」對安全防災指標中之防火系統設置的建議與評分基準。

智慧型建築之防火系統依評分基準之基準類別可將其分為兩類，分別為必要性與鼓勵性，如圖 2.21 所示。必要性之評估基準項目又包括：1.設置防災中心或中央監控室、2.火警裝置可自動探測各種火災徵兆、3.可顯示火災發生樓層或區位、4.可自動啟動滅火設備及防止火災擴大、5.通過定期性之建築安全及消防設備檢查，其中基準項目 1、2、4 項最高評分得分可達十二分，而基準項目 3 與 5 的最高得分則可六分；而鼓勵性的基準項目則包括：1.可自動確認火災警報之正確性並通報，最高得分可為六分、2.火災發生後能引導人員避難，最高得分則可至九分。而「建物防災」指標之合格標準乃是以各項必要性基準所訂定的最高總分相加而得，故若建築物雖未設置任何鼓勵性基準之智慧化設施，但其評估項目均達到必要性基準之最高得分，亦可獲得此指標之獎勵。若經評估有某些必要性基準未得到最高得分，則可由鼓勵性基準之得分來彌補。又若有任何一項必要性指標項目之得分為零分，雖然總得分已超過合格標準，亦視為不合格[3]。



圖 2-21 智慧型建築之防火系統-評估基準

而防火系統各項評估基準之評分重點與項目又如表 2-13 所列：

表 2-11 智慧建築「防火系統」之評分基準表

評估項目	評估基準	基準類別	評分重點
防火系統	1. 設置防災中心或中央監控室	必要性	1. 建築物是否設置專屬之防災中心（或中央監控室）？
			2. 防災中心（或中央監控室）內設置設備之完善性程度？如系統主機、監控主機、火警廣播設備的控制設備及消防專用通信設備等。
	2. 火警裝置可自動探測各種火災徵兆	必要性	1. 系統設置火警自動探測設備種類之多寡？如探測煙霧濃度、溫度差、光電及可燃性氣體濃度等。
			2. 系統設置火警警報及避難系統之性能如何？如緊急廣播系統是否由消防控制中心直接分層監控，其電源是否連接至緊急供電系統？
	3. 可自動確認火災警報之正確性並通報	鼓勵性	1. 系統對火警自動探測設備之警報是否可自動檢測其正確性？
			2. 系統對火警自動探測設備是否可提供可靠的監測數據和警報資訊？
	4. 可顯示火災發生樓層或區位	必要性	1. 系統是否能顯示火警區域或火警點的狀態信號及其平面位置？
			2. 建築物各區域或樓層是否設置識別火警位置的聲光顯示裝置？

評估項目	評估基準	基準類別	評分重點
防火系統	5.可自動啟動滅火設備及防止火災擴大	必要性	1. 系統是否能顯示所有消防設備之狀態？
			2. 系統是否能擔負整體滅火的連絡與調度功能？
			3. 系統是否能監控排煙設備並與其他消防系統連動？
			4. 系統是否能監控防火門及防火鐵捲門？
	6.火災發生後能引導人員避難	鼓勵性	1. 系統是否設置緊急疏散廣播系統，以引導人員避難？
			2. 系統是否採用具有聲響的避難方向指示燈？
			3. 火災發生時，系統是否能以自動或手動方式控制升降機依次迫降於避難層，並使一般升降機停止運轉，而緊急升降機待命？
7.通過定期性之建築安全及消防設備檢查	必要性	1. 通過定期性之建築安全及消防設備檢查或榮獲防火標章。	

(資料來源： [3])

「智慧型建築」之建築物自動化的防火設計原則：須具有火警警報、人員疏散導引、自動滅火及消防設備監控等之功能。防火設備方面則需有：火災感知通報系統、滅火設備自動點檢系統、瓦斯洩漏感知控制系統等等，詳細內容如表 2-14 所列：

表 2-12 防火系統之設備與內容

設備名稱	內容
報警設備	漏電火災報警器、火災自動報警設備
自動滅火設備	灑水噴頭、泡沫、鹵化物、CO ₂
手動滅火設備	滅火器、室內外消火栓
防火排煙設備	探測器、控制盤、自動開閉裝置
通訊設備	緊急通訊裝置、無線通話裝置
避難設備	緊急照明裝置、誘導燈、誘導標示牌
火災相關設施	灑水送水設計、緊急插座設備、緊急電梯
避難設施	避難逃生陽台、特殊避難樓梯
其他相關設備	防範報警設備、瓦斯檢測設備

(資料來源：[26])

2.3.4 無線感測網路於防火系統之運用

本節將介紹無線感測網路於防火系統之相關應用，無線感測網路的應用領域很廣，於前面 2-2 節已有大略提及，故本節把重點著重於防火系統之應用，以下列舉一些研究，並介紹其應用之概念、方式與可提供之效益。

由江宗嶽，「室內火警感測網路之設計與實作」[27]之研究可知，作者藉由現今之具有前瞻性之科技產品—無線感測網路已可達到防火系統之功能，如：「室溫偵測」、「災情回報」與「逃生導引」之三項能力。此篇研究論文是針對室內建築環境的消防應用，設計一套智慧型的火警感測網路系統—「PHOENIX」，此系統乃運用無線感測網路的技術，並以安全性的考量，佈設一簡易且美觀之網路。而此系統主要提供的「室溫

偵測」、「災情回報」與「逃生導引」之功能，是改良現有以實體線路為基礎的建築消防系統。而其所使用之感測設備為美國加州柏克萊大學所研發的微塵感測器硬體平台 (Mote-MICA2)，並結合嵌入式微型作業系統 (TinyOS) 來實際操作此系統。此系統開發之效益將有助於降低火警災變所造成的傷害影響。

而由蔡岳洋「以無線感測器網路實作室內安全監控以及緊急逃生導引系統」[28]之研究亦可看到無線感測網路於防火系統上之應用與效益之展現。而蔡岳洋之研究重點乃為室內安全監控及緊急逃生系統之設置。其方法乃採用在監控端的電腦規劃邏輯連線的這種作法。由管理者決定佈建之網路模式，並將建築物平面圖載入此論文開發之程式，接著在程式中規劃感測器佈建的位置。每當管理者在程式中新增一個感測器節點，程式就會附予此感測器一個獨一無二的識別號碼(ID)。每佈建一個新點，此識別號碼就會累加。在規劃完感測器的位置後，管理者還需要替每個感測器設定一個角色。在此感測器節點可概分為三種不同的角色。第一種為一般的感測器，負責監測環境、回報數據以及導引；第二種為出口感測器，它佈建在出口的位置上，它除了有一般感測器的功能外，還要負責初始化導引功能；第三種為基地台，基地台不負責監測環境、回報或是導引，它主要的功能是做為電腦端與感測器網路端的閘道器(gateway)。最後，管理員決定感測器間的邏輯連線。此時程式將根據其所設計的連線計算出每個感測器鄰居節點的方位。當所有的邏輯連線規畫完成後，管理者便依照規劃完成的網路圖到建築物的相對地方佈建感測器。當感測器佈建完成，管理者就從電腦端下達一個初始化網路的動作，即完成系統之設定。其操作流程簡而言之為，1. 感測節點之建立(communication link table)、2. 建立展延樹、3. 基地台端建立源路由(Source routing)：建立源路由之目的在於網路監控者有可能會更改某些感測器的設定，例如：監控者可加快位於廚房附近的感測器回報速率。4. 基地台端發送邏輯鄰居資訊：當基地台端建立完源路由後，基地台隨即將方才在部署感測器時所建立之邏輯鄰居資訊傳遞給感測器，感測器會將邏輯鄰居的方位記錄於 NavigationLink Table 中，當有緊急災難發生時感測器使用此資訊來指示使用者安全的逃生方向。5. 預設逃生路徑。完成初始化的動作後，網路隨即進入正常的運作模式，在正常的運作模式底下，感測器們會定時的回報所偵測到的事件，而網路監控者可以透過監控介面來得知所監測網路的狀況，並且監控者也可以針對感測器下達所設計之指令。除此之外，無線感測器也會定期的發送 HELLO 封包，來隨時注意連線的狀態有無發生變化，如果連線狀態發生變化則會即時通報給網路監控者。

其系統之特色為利用 JAVA 語言來實作簡易的網路建置以及蒐集回報資訊介面。再透過網路建置者將建築物架構圖讀入介面中來規劃無線感測器擺放之位置，並且事先規劃可以行走之路徑作為爾後緊急急難發生時建築物內人員逃生路徑；並具有安全監控以及能即時維護之特點，當感測器部署完後，系統將會由監控室發出 Beacon 生成展延樹 (Spanning tree)，在網路無緊急事件發生時，無線感測器使用展延樹定期回報所監控之區

域之情況。監控室亦能追蹤回報之狀況來偵測有無節點發生故障，監控人員及能夠即時維護，保持整個網路正常運作；系統最大之特色乃其具有緊急逃生導引之能力，當網路上的感測器偵測到有緊急事件發生時，感測器發佈緊急訊息封包來通報網路中其他感測器，感測器收到緊急訊息封包後將會閃爍燈號來指引建築物內部人員逃生，所指引的逃生方向將會避開緊急事件發生的位置以及其鄰近區域，保障人員能夠安全地逃離急難現場。而此緊急逃生導引之能力乃採用分散式緊急逃生導引演算法(Distributed Emergency Navigation Algorithm)來設計之，以有效解決導引民眾逃離災難現場與如何快速反應緊急狀況發生時網路拓樸之變化等兩個課題。

其他防火之運用，如應用於隧道之防火的有李明儒「應用無線感測網路提高隧道防救災機制之研究」[29]，其乃應用無線感測網路系統於隧道中，目的是希望藉此提高隧道防救災之機制。根據其研究成果顯示，當隧道內發生火災事件時，應用無線感測網路感測，即可透過無線感測網路傳送即時之溫度訊號並傳遞至行控中心，在災害初期經由廣播設備、隧道內外資訊可變標誌，即可及早警示用路人，火災或災害之發生，增加救災與逃生、避難等相關措施執行之時間，以減少火災對用路人帶來的傷害與衝擊。同時消防人員或相關人員亦可透過無線感測網路所感測而得的溫度、災害發生之區位與災害現場等相關之感測資訊，作為隧道救災之參考依據，使救災指揮人員可以準確的掌握災情，並以最適當之方法進行滅火救援之工作，以避免隧道火災所造成的重大傷亡，故此研究驗證了無線感測網路系統應用於隧道是可以提高隧道防救災之機制的。

其中，此篇研究嘗試將隧道溫度量測之感測節點佈設於隧道左右兩側之隧道壁上，並分別設置一組感測節點(Sensor Node)與閘道器(Gateway)，共佈放 14 枚感測節點與 2 枚閘道器。其佈設之模式與相對位置如圖 2-22 所示：

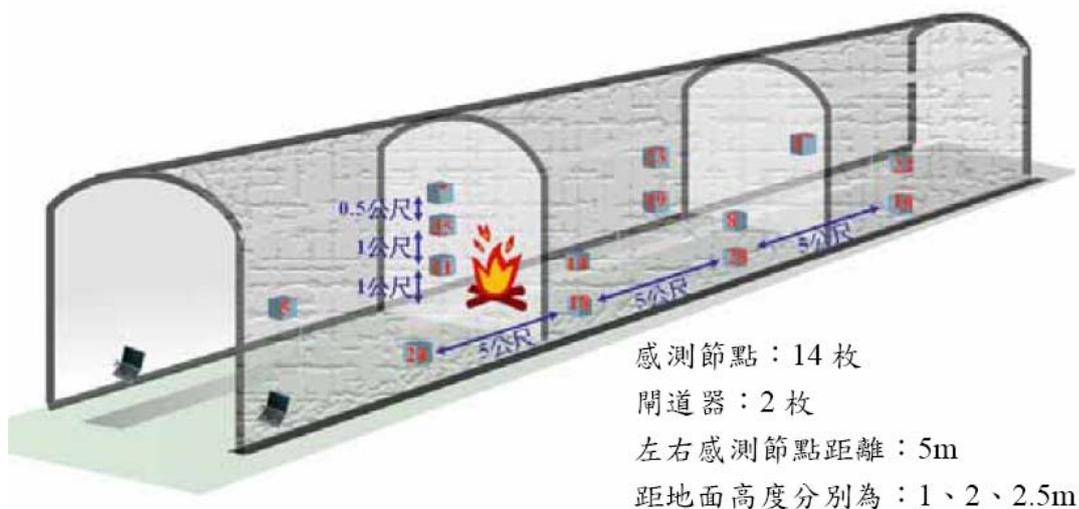


圖 2-22 無線感測網路應用於隧道之感測節點佈設規劃

(資料來源：[29])

故根據其研究與無線感測器量測之溫度值顯示，結論可歸納為以下幾點：1. 當火災發生，火源開始成長後，上游面溫度上昇幅度變化極微較符合避難或救難的安全性考量。2. 於火源處與火源下風 5 公尺處的感測節點對火災之發生有較顯著之反應，而上風 5 公尺處與下風 10 公尺處的溫度感測變化則相對的比較不明顯，故作者認為在火源 5 公尺內為感測器最佳之理想佈設距離。3. 又距離地面 2 公尺之感測節點對火源反應的速度最快，且與人類之身高度較為接近，故距離地面 2 公尺處為較理想之佈設高度。4. 而又因提早確認火源之位置將有助於救災，故使用無線感測網路之溫度感測系統，將能即時監控隧道內之溫度變化，當溫度發生異常變化時，系統能即時發出訊號連線至行控中心，進行災害確認工作。5. 當隧道火災發生時，在災情狀況不足的情況下，往往易喪失逃生的黃金時間，因此若能透過無線感測系統，提供隧道內即時溫度訊息，且提早發出警告，將可在災害發生之初期進行緊急避難與救災之措施，對於隧道之防災與救災將有大大之幫助。而若無線感測網路可全面佈設於感測環境中或增加其功能之連結如 PDA 等之結合，將能大幅提升感測之能力，與災情之通報對於救災與防災都有很大之效益。而若在超寬頻傳收機加上感測器 (Sensor) 並大量的佈建，將可以形成一個具定位功能的無線感測器網路 (Wireless sensor network)，如此一來便可以達到比傳統通訊系統更加有效的應用。

另外現在也有利用無線感測系統並應用於土壤濕度之感測，即可使用無線感測系統，達到無須透過人工即可自動澆水的自動照顧、自動給水的機制；以居家健康照護之

概念為出發點之無線感測網路的應用與研究等。由以上之介紹，在在都可以顯示以偵測為目的的可無線傳輸與小巧化的無線感測網路可運用的領域相當廣泛，故若能妥善利用其優勢，並研發、開創更多之整合與應用之設施，將能大幅改善我們的生活空間，進而使我們的生活更加舒適、安全與便利。

故吾即以無線感測網路具有較敏銳之感測能力，可於火災發生之初期即可準確的感測到溫度、光度與煙霧等火場生成物之變化，並判斷出火災的發生，在災害發生之初期及早發現災情，且可根據感測器之定位能力得知火災發生之區域與火場之情況，以增加救災之時效性並減少災害擴大之危機…等之優勢，提出以無線感測網路取代現今「智慧型建築」之火警感測設備，以無線感測系統作為智慧型建築之感測系統，以改善「智慧型建築」之各項感測設備之感測能力與功能機制，以提升居住之安全與品質以及工作之效率。而「智慧型建築」單只有感測系統而無整合之設施將無法構成一完整的智慧系統，因此吾在此提出以網頁資料庫系統作為感測系統資訊整合之工具，其功能佈景可以有效管理龐大的感測訊息，並可以透過程式之撰寫達到控制、管理與分析訊號之效果。而使用網頁資料庫系統做系統整合之平台的另一個原因乃於藉由網頁介面之開發，即可建置出一個能搭起使用者與感測系統之橋梁，並藉由查詢介面的建置即可達到使用者與系統介面之互動，對於感測系統與使用者的使用上都可以增加不少利益。以下將介紹網頁資料庫系統之概念、技術以及相關之應用。



2.4 網頁資料庫系統概述

無線感測系統是利用無線感測器對環境進行環境偵測，藉由感測訊號的變化，可以讓我們更了解環境的狀況。但佈設於環境中的感測器，數量龐大加上感測之動作往往是持續性的，因此如何有效的管理感測訊號是一門重要之課題，也是本論文研究的重點之一。無線感測的訊號資料透過無線傳遞與有線傳輸的方式，將感測訊號傳送至後端伺服器上，使用者只需透過無線感測網路的監測軟體即可得到相關的感測資訊。但此種觀測訊號的模式往往只侷限於有安裝感測系統之配套程式軟體之電腦主機上，對於使用者或相關管理人員來說相當不便利，因此，吾在此提出以網頁資料庫系統之技術建置一無線感測網路之資訊系統，希望藉由此資訊系統之建置可以有效管理資料庫之訊號資料，並達到建立感測系統與使用者間互動關係，進而提升使用者與感測系統、感測資訊的應用與管理。藉由網頁資料庫系統的開發，資訊系統的使用者網頁介面可以達到資訊e化的效果，將來透過網際網路即可讓更多使用者或管理者對訊號資料進行查詢、監測與分析，並獲得更多即時資訊、警示和主動控制之服務，以符合智慧型建築資訊化管理與系統整合之目的。以下為建置本資訊系統的網頁資料庫系統基本概念與相關應用之介紹。

2.4.1 網頁資料庫系統之基本概念

網頁資料庫系統之整體架構與相互間的關係如圖 2-23 所示。主要架構可依執行位置的不同分為客戶端與伺服器端。客戶端之網頁技術指的是程式碼於使用者客戶端瀏覽程式上執行，瀏覽程式本身即為直譯程式，只需瀏覽程式支援相關之直譯語言就可以執行客戶端之網頁技術。而伺服器端之網頁技術，則是指在 Web 伺服器上的執行程式，而不是在使用者客戶端的瀏覽程式執行。目前市面較為常用的伺服器端技術有：ASP.NET、ASP、CGI、JSP 與 PHP。

網頁資料庫系統為一主從式架構，其運作之模式簡而言之，即使用者於前端一客戶端透過互動式的網頁介面對系統進行查詢的要求或閱覽的動作，網頁介面之瀏覽程式即會透過伺服器端的應用程式向後端資料庫系統調閱使用者所需之相關資料，再透過伺服器端的應用程式回傳至使用者網頁瀏覽程式上。網頁資料庫的技術有別於一般網頁的模式，其增加了使用者與系統的互動，使用者可經由網頁介面即可查詢所需的資料，其互動之模式可謂為雙向之互動關係，大不如以往只是單向式的，只能透過網頁程式的管理人單方面的給予知識。此技術不僅可匯集更多的相關資料，也可以增加知識交換的互動，對於本「智慧型建築之無線感測網路防火資訊系統」的開發有相當大之助益。

而由圖 2-23 即可看出，網頁資料庫系統之架構大致又可分為三個階層，而此架構目前最新的規劃方式都是運用於 Web 網際應用系統中。此 Web 系統之三階層式(3-Tiers)系統架構可歸納：(1)Web 前端，即使用者端之介面程式、(2)後端應用程式伺服器(Application Server)程式，主要是以程式語言來規劃與實作資料採掘之運算邏輯設計、(3)後端資料庫伺服器端(資料庫維護管理及統計分析程式)。如圖 2-24 所示。其中，實作資料採掘運算邏輯時，資料庫為主處理邏輯，此時可使用預儲程序及使用者自訂函數與 SQL 指令來規劃主處理邏輯。下一小節將分別介紹此三階層各自的功能技術與相關之應用程式的應用。

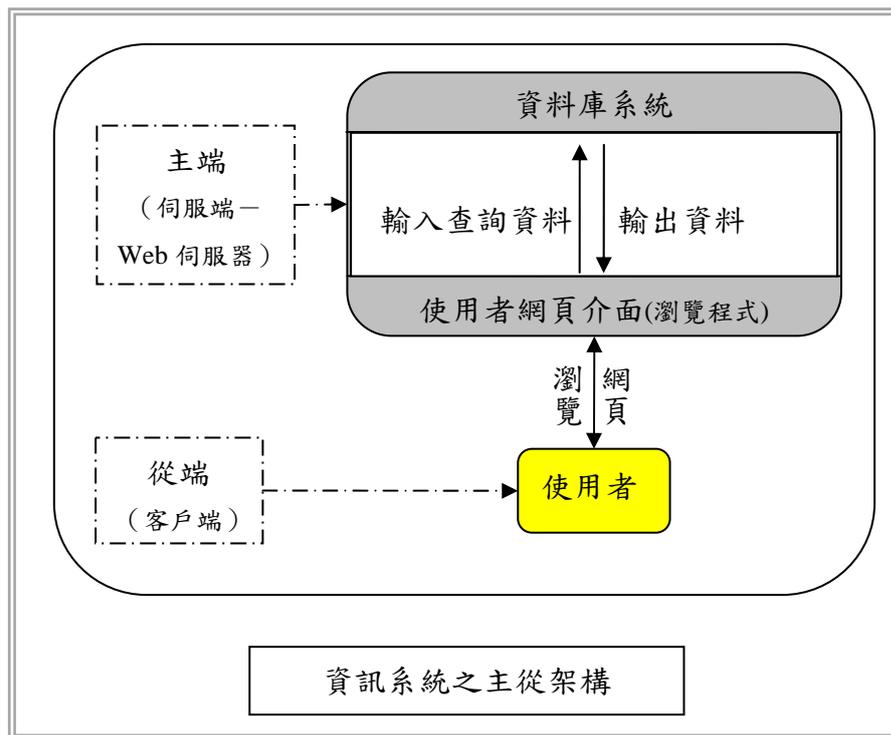


圖 2-23 使用者與網頁資料庫系統的關係圖



圖 2-24 網頁資料庫系統之軟體系統架構示意圖

2.4.2 網頁資料庫系統之技術

網頁資料庫系統主要是由後端的資料庫系統伺服器與應用程式伺服器(Application Sever)程式、前端的 Web 使用者介面程式所構成的三階層架構，其分別之功能與技術將於 2.4.2.1 節、2.4.2.2 節與 2.4.2.3 節介紹之。

2.4.2.1 資料庫系統

網頁資料庫系統架構中，資料庫系統的部分又可分為兩個部分:資料庫(Database)與資料庫管理系統(Database Management System, DBMS)。前者是用來接收與存取訊號資料的地方，在電腦中是對應到一個實體檔案；後者指的是負責資料庫與使用者間作溝通的資料庫管理軟體，是負責資料庫維護管理及統計分析之程式，故管理系統功能和性能的強弱對於整體系統而言影響甚大，不得不謹慎挑選資料庫管理系統之使用[30]。

而使用資料庫系統的好處是什麼呢？其優點可列舉為：具有簡潔性，可增快資料擷取與儲存的速度，也可以提高資料的保密性(Security)，最重要的是其可以有效的管理龐大的資料量，不僅可以不斷的更新資料(Up-to-Date Information)、減少資料重複儲存、減少資料的不一致性，還可讓資料保有其獨立性(Data Independence)的同時讓資料間可以得到共享與整合，且資料庫系統還可以提供決策支援的服務(Decision Support)，對於龐大而繁雜的資料量而言好的資料庫系統將可以扮演好一個有效的管理者角色。

(1) 資料庫(Database)

資料庫主要的功能是作為資料接收與儲存的實體空間，對於電腦而言其為一實體之檔案。如圖 2-25 所示：

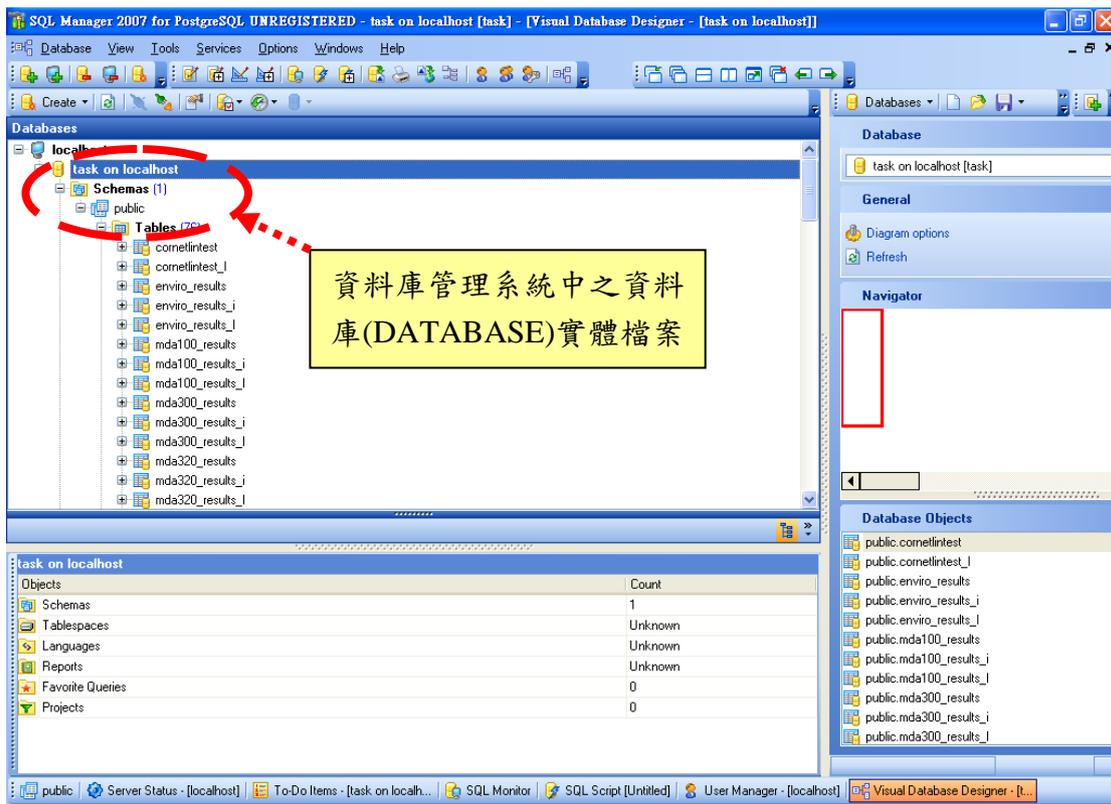


圖 2-25 資料庫管理系統中之資料庫實體檔案存放位置

(2) 資料庫管理系統

資料庫是網頁資料庫系統是後端應用程式的重要元件之一，除了提供資料儲存之空間與機制外，還提供了資料統計、分析與決策之功能，使龐大而繁雜的資料變成具有意義之資訊。資料庫管理系統在企業中是相當常用的基礎設備，它是一套軟體而不是一套硬體設備，其主要之功能為讓所有資料透過資料表單(Table)的形式，將資料有系統地分類與儲存，以節省更多的管理與搜尋時間。資料庫管理者 (DBA) 在建立資料庫後，即可對資料庫裡之資料進行分析，並建立合適的索引以有效的因應使用者的查詢與使用，由於使用者對資料庫的查詢會隨時間或需求的不同而改變，以致先建立的索引，必須隨著調整，以維持或提高資料庫之效能，因此資料庫索引調校 (Database Index Tuning) 工具扮演了重要角色，幫助資料庫系統管理者在有限的資源與時間中找到資料庫的最佳效能點。資料庫管理系統依用途與資料模型又可分為網狀資料庫、階層與關聯式資料庫三種[31]。

(a) . 網狀資料庫(Network data model) :

其為最先研發出來的資料形式，其資料組成的模式可視為一組網狀的結構型態。。

(b) . 階層式資料庫(Hierarchical data model) :

其資料的組成為樹狀結構的型態，即類似樹狀階層的模式。

(c) . 關聯式資料庫(Relational data model) :

關聯式資料庫是由許多個資料表 (table) 所組成的資料表內有很多筆之記錄 (record) ，每筆紀錄又是由數個欄位(field)組成的。我們可將這些資料之間的關聯性視為一表格。其為目前最成功之資料組成形式，如圖 2-26 所示。

關聯式資料庫又可分為單機資料庫、File Server 資料庫、Client Server 資料庫。其中單機資料庫是只能提供於本機使用，無法與人共享資料庫。因此架構也比較簡單，速度也較快。而 File Server 資料庫則是以分享資料庫檔案的方式，共同使用資料庫之資料，修改資料必須透過資料庫之應用程式，查詢資料庫時則必須透過網路傳送整個資料庫的資料，架構簡單，但速度、容量與安全性都較差。最後一類 Client Server 資料庫，其為透過資料庫管理系統處理所有工作站對資料庫的查詢修改與新增之要求可自動做到資料同步的效果。網路上傳遞要求與結果，可大幅降低網路寬頻的需求，利用 cache 等方式來提升工作效率，於速度容量安全性上都占有優勢。而目前較常用之資料庫管理系統為 Oracle、Informix、SQL Server，另外 Postgresql 與 MySQL 則是較強大且免費之系統。無線感測網路內嵌之存放訊號資料之資料庫程式則為 Postgresql，也是本資訊系統欲採用之資料庫管理系統。

result_time	epoch	nodeid	parent	voltage	humid	humtemp	prtemp	press	taosch0	taosc
2007/1/25 下午 03:07:3	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:07:4	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:07:4	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:07:4	Null	1	0	386	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:07:5	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:07:5	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:0	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:0	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:0	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:2	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:2	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:2	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:3	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:3	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:4	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:4	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:4	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:5	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:5	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:08:5	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:09:0	Null	1	0	387	Null	Null	Null	Null	Null	Null
2007/1/25 下午 03:12:0	Null	1	0	387	1,285	6,614	24,644	17,659	65,521	
2007/1/25 下午 03:12:0	Null	1	0	388	1,278	6,612	24,643	17,660	65,521	
2007/1/25 下午 03:12:1	Null	1	0	388	1,286	6,611	24,640	17,659	65,521	
2007/1/25 下午 03:12:1	Null	1	0	388	1,297	6,610	24,640	17,660	65,521	

圖 2-26 資料表形式

而目前市面上常運用的資料庫軟體程式種類繁多，每一種軟體皆有其自訂的資料格式，也都有其獨到的地方，例如 Microsoft 公司所出品的 Access 系列、SQL Server 系列、Visual FoxPro 系列，Oracle 公司出品的 Oracle 系列資料庫以及 Linux 環境下的 SyBase 與 MySQL 等，以下為各資料庫管理系統之軟體程式的比較，如表 2-15 所示。

表 2-13 資料庫軟體之比較表

資料庫軟體	資料庫軟體之介紹
PostgreSQL	Postgres 除了符合傳統關聯式資料庫管理系統 (DBMS) 有支援由資料表所組成的集合外，他還通過了一種讓用戶可以很容易擴展系統的方法，其整合了類/表 (classes)、繼承 (inheritance)、型態 (types) 與函數 (functions) 四種基本概念，其他特性還提供了附加的功能和靈活性，如：約束 (constraints)、觸發器 (triggers)、規則 (rules)、事務完整 (transaction integrity) 等。

資料庫軟體	資料庫軟體之介紹
<p>Microsoft Access</p>	<p>Access 是目前使用最為普及的資料庫系統，它既便宜又容易使用，但是它不適用來當作企業級資料庫使用。Access 對於小量資料及小規模的使用者來說，仍是不錯的解決方案。當然，所謂的小量資料是相對於其他資料庫來說的。根據它的規格書，Access 的每個資料表格可儲存 2 GB 的資料。然而，Access 只能支援到 255 個同時上線，這使得它無法支援大規模的使用者環境。Access 尤其適用於使用 Microsoft Office 套裝軟體為辦公環境的辦公室。Access 支援基本的交易鎖定，但是不能使用預存程序或觸發。它同時也支援使用者名稱及密碼的安全機制。</p>
<p>Microsoft SQL Server 2000</p>	<p>Microsoft 的企業級資料庫已經被很多大型公司諸如 Dell、Nasdaq 以及 Monster.com 所採用，其功能強大且易於使用的資料庫。不過 SQL Server 最大的缺點是，它只能在 Windows 的平台下執行，因此你必須有 Microsoft 作業系統才能使用它。對於使用 Windows 平台的公司來說，SQL Server 是最受歡迎的企業級資料庫。SQL Server 的每個資料庫可支援 4terabytes 的資料量。它同時也支援交易鎖定、預存程序以及觸發器。SQL Server 直接與 Windows NT 以及 MS 2000 Server 的使用者帳號及安全機制整合。</p>
<p>MySQL</p>	<p>MySQL 是一個快速、多線性(multithread)、多使用者和強壯的 SQL 資料庫伺服器。它可以在很多不同的平台上跑，包括 Linux、Windows、OS/2、Solaris、Unix 等，基本上 MySQL 是免費的，但是在 Windows 平台上使用則須付費。唯一的壞處是，MySQL 只提供有限的正式支援。MySQL 支援預存程序及觸發但是並不支援交易鎖定。（它使用一種叫做「純一作業」的機制）。交易鎖定預計在未來的版本提供。在大部分的作業系統下，MySQL 的每個資料表格檔可儲存 4GB 的資料。</p>
<p>Oracle 8i</p>	<p>Oracle 被認為是現今最強大以及最具安全性的資料庫。Oracle 可在 Windows 及大部分 Unix 系列的平台上執行。它並沒有資料容量的限制，而且支援功能強大的交易鎖定，預存程序及觸發器。因其具備效能、可靠性和安全性，且除了叢集等進階功能，還提供快速、簡易的安裝和廣泛的自助式管理，所以很多企業都選用 Oracle。</p>

資料庫軟體	資料庫軟體之介紹
IBM DB2	<p>IBM DB2 原先都是使用於 IBM 的大型專屬系統，近幾年已大幅改良跨平台的能力。考量成本與提供良好的效率，目前已能使用於多種不同平台，包括 Windows 及大部分 Unix 平台等，同時也可得到 IBM 公司有名的客戶服務。市面上也有很多第三者提供配合的應用程式及附加套件（add-on）。DB2 最大的特點是具有高度的穩定性，可以放心地作為資料庫引擎來發展應用程式處理其資料，除此之外，DB2 支援交易鎖定、預存程序、及觸發器。</p>

2.4.2.2 伺服器端之應用程式

伺服器端的網頁技術，即是資料庫與網頁介面間的溝通語言，讓網頁，目前市面較常用的應用程式為 ASP.NET、ASP、CGI、JSP 與 PHP，以下為各應用程式之特點概述[32]。

ASP.NET

最新版為 ASP.NET 2.0，其為 ASP 3.0 的下一個版本，是一種全新的伺服器端技術，其使用的是 Common Language Runtime (CLR) 架構的程式設計平台，只需具有支援 CLR 的語言就可以於伺服器端建立 Web 應用程式。

ASP

Active Server Pages (ASP)，其為一可讓網頁在伺服器端動起來的技術，能夠將 Script 語言直接內嵌至 HTML 的網頁中，並使伺服器產生動態的網頁內容，ASP 之技術可以多種語言來撰寫，如 JavaScript 和 VBScript，其非執行檔而是一在伺服器以直譯方式執行的網頁技術。

CGI

Common Gateway Interface (CGI)，共通閘道介面提供 Web 伺服器執行外部程式的管道，CGI 應用程式執行檔，屬於外部程式，可使用各種程式語言來開發，如 Visual Basic、C、C++、Perl，程式需要編譯成執行檔，以便於伺服器上直行，其應用程式的運

作流程為，當使用者透過瀏覽程式輸入資料時，即透過 Web 伺服器將資料使用 Stdin 傳送給 CGI 程式，執行 CGI 程式後取得所需之資料庫資料後，使用 Stdout 輸出變式 HTML 文件了，只需在經 Web 伺服器回送瀏覽程式即可顯示執行成果。CGI 程式和 Web 伺服器溝通的介面是 CGI，使用標準輸入和輸出之方式傳送資料，傳給 CGI 程式的資料式表單欄位和環境變數，屬於系統資料，傳回的則是 HTML 文件的網頁內容。其架構如圖 2-23 所示：

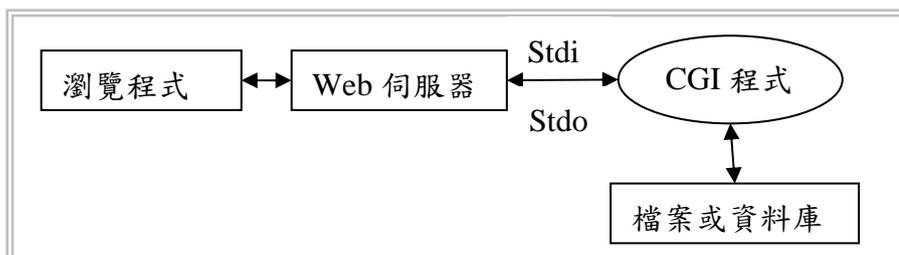


圖 2-27 CGI 應用程式之架構

JSP

Java Server Pages (JSP)，其亦屬於一種伺服端的技術，Java 語言是 Java Applet 式下載到客戶端的執行程式檔，而 Servlet 則是在伺服端執行，JSP 是結合 HTML 和 Java Servlet 的一種伺服端網頁技術。

PHP

PHP 是 PHP：Hypertext Preprocessor 的簡稱[33]，其為一通用、開放原始碼的伺服端 Script 語言，可以直接內嵌於 HTML 文件，特別適用在 Web 網站的開發，主要是使用於 Linux/Unix 作業系統的伺服端網頁技術，目前 Window 平台也一樣可以支援 PHP。

2.4.2.3 使用者網頁介面

使用者網頁介面通常以 HTML(Hypertext Markup Language) 語法撰寫，是 Web 瀏覽器用來控制文件顯示的方式，當透過瀏覽器的解譯之後，即可產生文字、鏈結圖片、聲音動畫等並以網頁之方式加以呈現。而現今市面上已有許多考慮到使用 HTML 語法開發網頁將耗費時日，因此設計了許多網頁的製作軟體，以減少程式撰寫的困難度，且可提供強大的視覺介面、內建的元件功能、圖形化的操作環境等，讓使用者更有效率的建

構更豐富且圖文並茂的網頁，重點是還可以與資料庫系統連結，創作出動態的網頁以提供既美觀又具人機互動與交談效果的介面平台。目前網頁開發工具較常見的有 Dreamweaver[34]、FrontPage、Fusions、Microsoft Visual Web Developer等，其功能與效能各不相同，當視欲使用之應用程式與欲展現之效果來挑選之。

2.4.3 網頁資料庫系統的應用

網頁資料庫系統可謂是建立起使用者與資料庫和網頁介面間之互動關係的技術。目前應用網頁資料庫系統的技術所開發的互動網頁包括：有商業行為、醫療行為、圖書館藏書、災害預報系統，如圖 2-28 所示、環境資料庫系統如圖 2-29 所示。故本研究嘗試以網頁資料庫之技術來整合無線感測網路之感測技術，並提供感測資訊的查詢、分析與決策之資訊平台。初期規劃將應用於「智慧型建築」中，並實作「智慧型建築」之建築物防火系統的部分，以驗證無線感測網路與網頁資料庫系統之結具有可行性與效益。

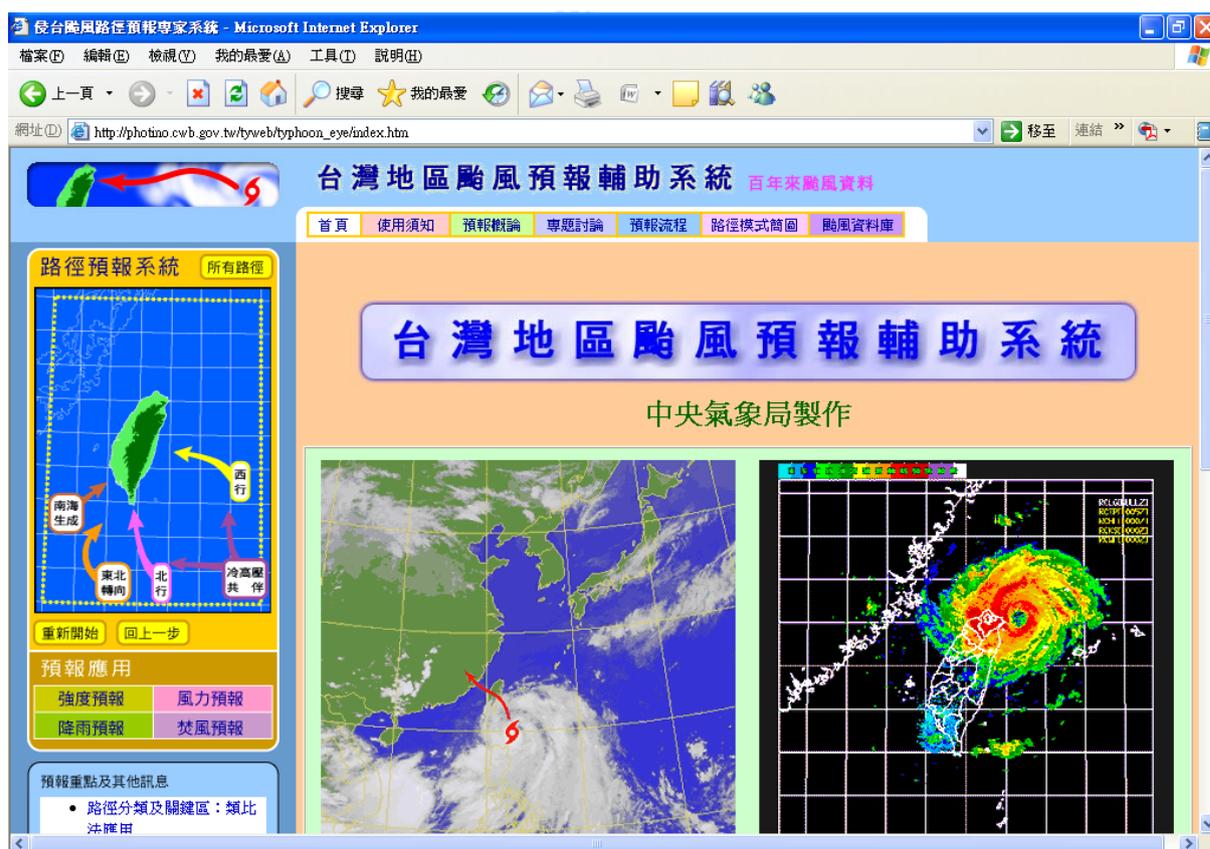


圖 2-28 「台灣地區颱風預報輔助系統」之網頁介面
(資料來源：[47])

環境資料庫 - Microsoft Internet Explorer

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 我的最愛(A) 工具(T) 說明(H)

http://ed.b.epa.gov.tw/index_air.htm

行政院環境保護署
環境資料庫

空氣

查詢範圍的： 上個月 | 下個月 更多檢測資料 →

監測日期	空氣污染指標(PSI)			監測項目濃度日平均值/單位				
	PSI	指標污染物	空氣品質等級	二氧化硫 SO ₂ (ppb)	二氧化氮 NO ₂ (ppb)	臭氧 O ₃ (ppb)	一氧化碳 CO(ppm)	懸浮微粒 PM ₁₀ (µg/m ³)
96/7/28	32	懸浮微粒	良好	3.8	7.3	19.5	0.26	32
96/7/27	25	臭氧	良好	2.9	7.6	19.4	0.24	24
96/7/26	34	臭氧	良好	2.3	7	23.6	0.25	30
96/7/25	67	臭氧	普通	2.8	6.6	41.2	0.28	40
96/7/24	42	懸浮微粒	良好	2.7	6.5	31.1	0.28	42
96/7/23	49	臭氧	良好	3.6	6.9	29.4	0.28	40
96/7/22	58	臭氧	普通	3	9	37.2	0.32	43
96/7/21	46	臭氧	良好	3.7	9.5	38.1	0.37	39
96/7/20	52	臭氧	普通	4.1	9.3	36.2	0.34	41
96/7/19	53	臭氧	普通	4.1	7.3	35.7	0.27	42
96/7/18	41	臭氧	良好	4.2	8	30.9	0.3	39
96/7/17	49	臭氧	良好	3.9	8	36.7	0.28	32
96/7/16	44	臭氧	良好	3.7	9.3	23	0.33	29
96/7/15	42	臭氧	良好	2.6	9.8	27.7	0.33	37

無障礙 Aaccessibility

網路網路

圖 2-29 「行政院環保署環境資料庫系統」之網頁介面
(資料來源：[48])

第3章 無線感測網路應用於建築物防火資訊系統

我們的生活環境正面臨著自然環境的衝擊與破壞，為了降低環境的負荷，有學者提出了「綠建築」的對策，以改善建築環境對自然環境的破壞提供安全、健康、環保與舒適的建築環境，。為了達成綠建築永續性的目標，除了提倡建築「綠建築」化，還有一項不可或缺的關鍵因素就是「建築智慧化」。「建築智慧化」是為了追求一個更無負擔的居住空間，以提升建築物的使用性與整合管理效能為目的，智慧型建築藉由智慧化系統的擴充與整合使建築物於使用管理上能發揮更強的功能與最大的效益。

本論文欲建置一個以無線感測網路作為環境偵測系統的「無線感測網路應用於建築之資訊系統」。本系統是以無線感測網路取代傳統建築物的監測工作，以資料庫系統作為訊號資料存取、分析與決策之倉儲、資訊站，並藉由網頁介面的建立，提供使用者與管理者一個人機溝通的資訊平台，系統基本的服務內容為顯示偵測資訊、提供查詢、通報警告與主動控制之智慧化功能。本系統初步構想是以無線感測網路導入於建築中作為環境偵測之系統。而本論文研究與實作之重點乃以「智慧建築標章」七項指標中之安全防災指標的防火系統為主，並實踐以無線感測網路作為智慧偵測系統的「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」。

本論文提出以網頁資料庫系統之技術整合具有無線感測網路設備之建築，目的是希望能提升對大量的感測訊號資料的管理，也希望能藉由網頁資料庫的技術，提供使用者與管理者對資料的應用及分析，使其更具實用性與便利性。同時改善建築物之感測設備與操作介面以及反應通報機制。正因為網頁資料庫系統的資料庫管理系統對於無線感測網路龐大且不斷增加之訊號資料量的處理是有利的，因此本論文將利用此技術來改善建築物的感測設備與系統整合介面並以智慧化、人性化為目的。

3.1 系統介紹

3.1.1 系統目標

佈設有無線感測網路之建築土木環境，猶如人類具有神經系統，對事物可以具有感知能力，當災難或異常狀況發生時亦可以即時查覺、即時反應。而對於已具有感測能力的建築物而言，如何讓建築物遇到災害、遇到狀況時也能有智慧的反應能力與機智呢？這個問題即為本研究的重點與系統開發之目的。無線感測網路可多元化的應用於智慧型建築的偵測系統，而本論文初步規劃將以與我們最為切身的防火問題作為研究之重點與系統開發之方向，並以達到智慧型建築對於防火系統智慧化之要求作為系統建置的目標。

3.1.2 系統特色

本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之特色是以無線感測網路取代建築之火災自動偵測系統，因為無線感測網路具有敏銳的感測能力，可偵測更細微的變化，故藉以提升系統的靈敏度與資料可靠度，進而增加建築物智慧化的程度，再結合網頁資料庫系統之技術，除了透過資料庫管理系統來處理為數龐大的感測資訊外，還能藉此將感測訊號變成有意義的資訊，甚至能使系統具有決策之能力。而本系統再藉由網頁介面的開發，能讓更多的使用者對資訊進行查詢、分析與了解。使系統達到自動偵測、資訊顯示與互動式查詢的目的，進一步達到警告、通報與主動控制之能力。以防火為例，本系統希望藉由無線感測網路對火場環境的偵測、資訊分析與判斷，能及早發現火災的發生，並顯示起火的位置與範圍與火場相關的資訊，使系統可快速的作出適當的警示、通報與主動控制的措施，增加救災的時效性，進一步降低災害擴散的範圍與損害的嚴重性。系統的另一項特色即是透過網頁介面，提供線上查詢之功能，讓使用者可隨時、隨地的透過網路就可以掌控到偵測環境的即時狀態與災情狀況，增加使用的便利性，以達成系統設計之初衷與符合智慧型建築設置自動化防火系統設計之原則，並期望提供更完善的系統整合之平台。

3.2 系統架構與環境

3.2.1 系統架構

本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」的基本組成架構可分為兩個部分：第一個部分是無線感測器所組成的無線感測網路，主要功能是對環境作持久性的自動偵測；第二個部分是網頁資料庫系統即本系統之資訊系統的部分，如圖 3-1 所示。本系統開發的重點在於與無線感測網路的結合，將感測訊號直接收集至本系統之資料庫中，經過本系統的處理分析後使資料資訊化，再透過網頁介面供使用者查詢、分析及應用。目的是希望可藉此提升使用者、管理者與感測系統、資訊系統有更好的人機互動。

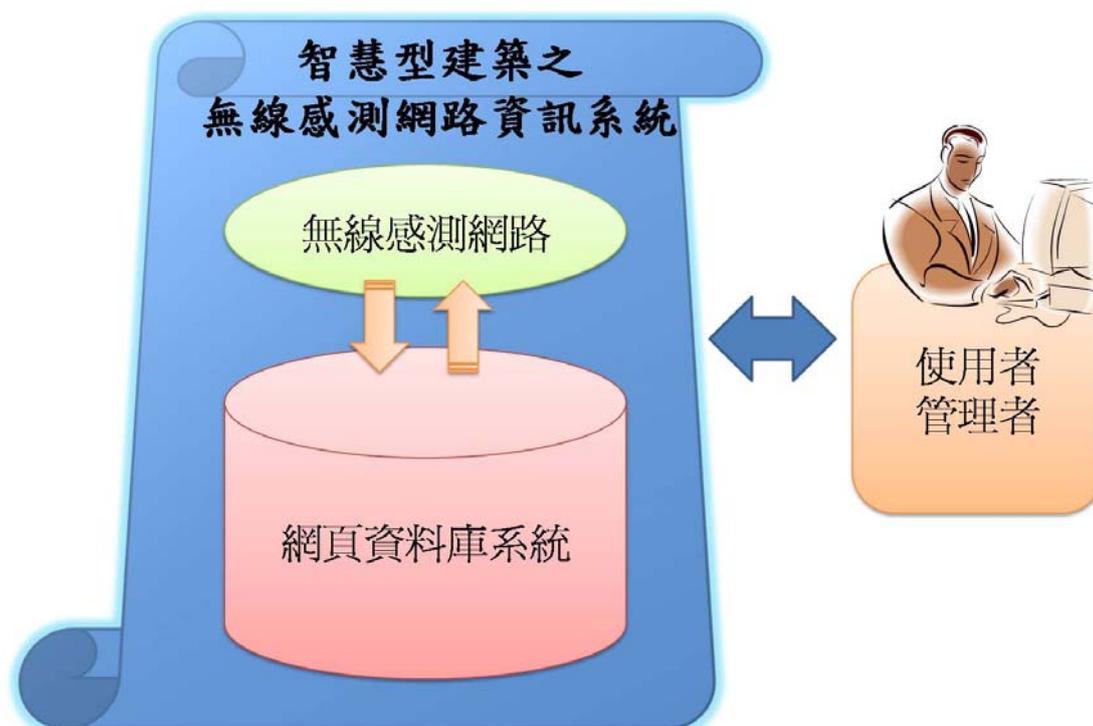


圖 3-1 無線感測網路應用於建築物防火資訊系統

無線感測器佈設於建築環境中，扮演的角色是環境的感知系統，利用感測器具有偵測環境的能力對建築物環境做持續性的偵測。無線感測網路中感測器又可分為感測端與接收端。接收端是負責感測環境再將感測訊號透過無線傳輸的方式傳送至接收端，接收端再將資料傳遞至基地台(Gateway)，藉由 RS232 USB 連接線將訊號資料傳遞至個人電腦中。而無線感測網路所接收到的訊號都透過 Crossbow 所開發的監測程式匯入至 PostgreSQL 資料庫中，此資料庫即為本資訊系統之 Database。經過資料庫系統對訊號做一連串的分析與處理後，使用者即可透過本資訊系統之網頁介面對感測資訊進行查詢與監控以獲得更豐富之感測資訊。此資訊系統即為本系統之第二個部分，也是本系統開發之重點所在。此部分乃是應用網頁資料庫系統之技術建置而成，故又可將本資訊系統分為三個階層，包含：第一層是負責資料庫維護管理及統計分析之後端資料庫系統伺服器 PostgreSQL，第二層是後端應用程式伺服器(Application Sever)，本系統應用 ASP.NET 程式撰寫之，而第三層 Web 前端及使用者介面程式則是以 Dreamweaver 建置而成。本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之系統架構如圖 3-2 所示：

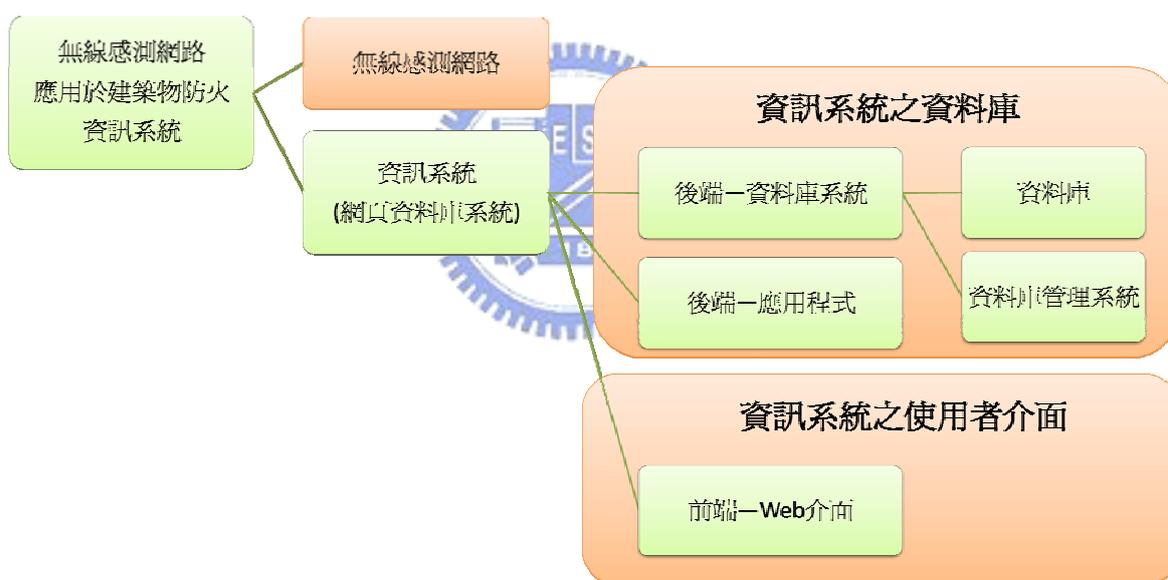


圖 3-2 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之系統架構圖

為方便介紹本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之組成與功能，吾將本系統概分為無線感測網路、資訊系統之資料庫以及資訊系統之使用者介面三個部分。資訊系統之資料庫的部分包括後端之資料庫系統與應用程式的部份，而資訊系統之使用者介面則為前端 Web 網頁介面的部分，可表示如圖 3-2 所示。相關之程式運用與系統開發則於後續小節介紹之。

3.2.2 系統環境

由上節可知本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之設備環境可分為兩個部分，第一個部份是硬體設備的部分，主要是由無線感測網路之硬體設備與個人電腦所組成。；第二個部分則是軟體系統的部分，即本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之資訊系統。系統運作的方式如圖 3-3 所示，是透過佈設於感測環境中之無線感測網路的感測端感測環境並將訊號以無線傳輸之模式傳送至接收端之基地台，再藉由 RS232 有線傳輸至電腦主機，並將感測訊號儲存置資訊系統資料庫中，以供系統存查與分析。本系統環境之介紹分別於 3.2.2.1 節與 3.2.2.2 節介紹之。

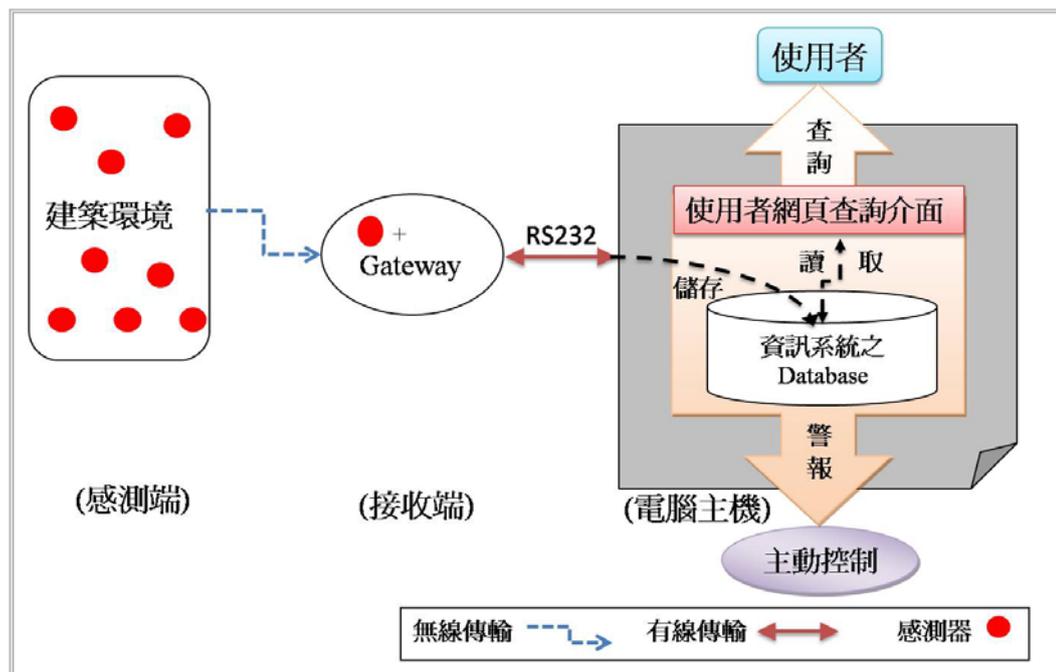


圖 3-3 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」系統運作的架構示意圖

3.2.2.1 無線感測網路

本系統之設計是以防火為目的。當火災發生時，初期火場環境的溫度會升高，一氧化碳和有害氣體之濃度也會逐漸增加，如果感測器能於此時發現環境的氛圍改變了將能及早發現並且防止災害再度擴大。因此，吾將利用無線感測網路做為建築物之感知系

統，並對環境做持續感測。當發現訊號有異常變化，如溫度急遽升高、降低或訊號停止時，系統都必須做出警示訊號，以提醒使用者注意。以降低火災所造成的人員傷亡與重大損失。

無線感測網路的選用與佈署，由於感測器的種類繁多，故應視感測目的與感測環境來選擇適合的感測設備與佈設模式。如欲感測火災的環境，感測器須選擇具有溫度感測、煙霧感測、光感測及可燃性氣體濃度感測功能之感測器與無線傳輸模組，如圖 3-4。當選定使用的感測設備後，再依據感測器的有效感測距離、建築物消防安全設備以及智慧型建築標章之規範來規劃感測器佈設的方式與數量。

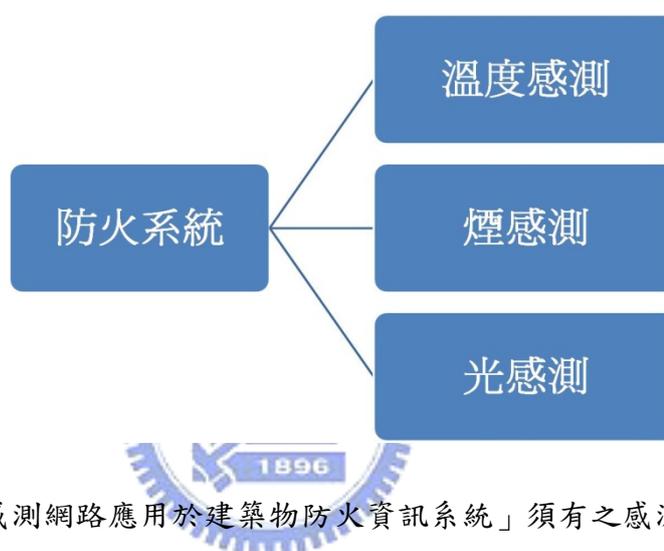


圖 3-4 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」須有之感測能力示意圖

而本研究在此使用的是美國 Crossbow 公司所研發的無線感測網路設備。無線感測系統包括無線傳輸模組 MICAZ、資料擷取模組(MDA100, Crossbow)、氣體感測器 HS 135 (Kwang Hwa Elect. Material Co, Ltd.)、基地台 Gateway(MIB510, Crossbow)與個人電腦。當系統感測端之感測器偵測到訊號時會將訊號傳送至資料擷取模組，資料擷取模組收到訊號後再傳送給無線傳輸與控制模組加以處理。接著藉由無線傳輸將訊號傳送至接收端之無線傳輸與控制模組，再經由基地台收集資料，並將資訊透過 RS-232 傳輸至個人電腦中，儲存至本資訊系統之資料庫中，以便後續資料處理與分析。表 3-1、3-2 與 3-3 分別為「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」所採用的無線感測網路硬體設備之規格說明表。

表 3-1 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之無線感測網路設備

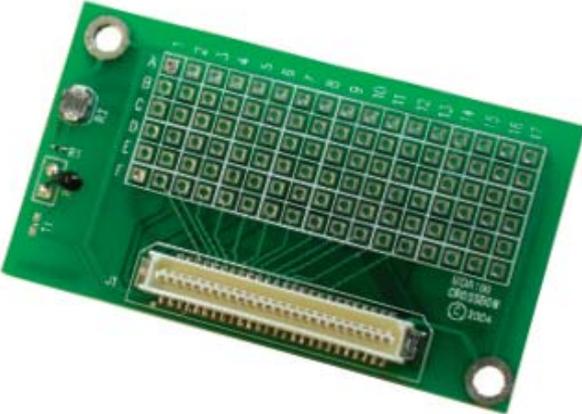
設備名稱	資料擷取模組—MDA100								
照片									
規格	Thermistor Specifications	Type	Time Constant			Base Resistance		Repeatability	
		YSI 44006	10 seconds, still air			10 kΩ at 25°C		0.2°C	
	Light Sensor	Temperature (°C)	-40	-20	0	25	40	60	70
		Resistance (Ohms)	239,800	78,910	29,940	10,000	5592	2760	1990
ADC5 Reading(% of VCC)		4%	11%	25%	50%	64%	78%	83%	
Prototyping Area	本研究接上 HS-135 Air pollution sensor(空氣污染感測器) [35]，可偵測煙、SO ₂ 、CO ₂ 、異丁烷、LPG、丙烷、、、等。偵測範圍為 300~5000ppm。								

表 3-2 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之無線感測網路設備

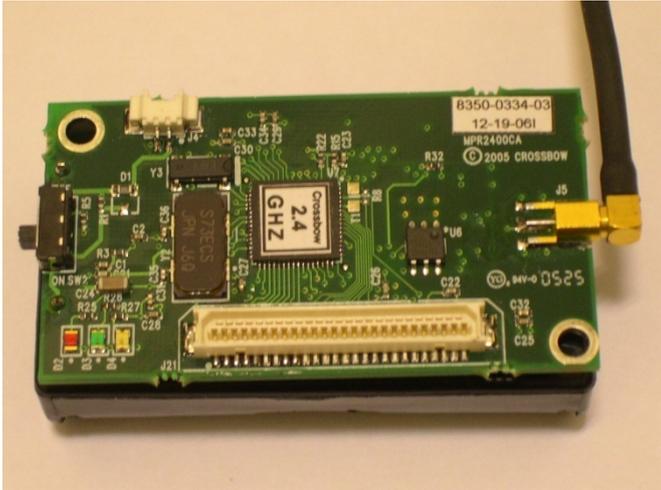
設備名稱	<p>無線傳輸模組－MICAZ</p>
照片	
規格	<ul style="list-style-type: none"> ■ ChipconCC2420, 802.15.4, Zigbee Radio ■ Same platform (Atmega128,flash···) as MICA2 ■ Ghz (same as Wi-Fi and Bluetooth) ■ Direct Spread Spectrum ■ 250 kps through put ■ Range: <ul style="list-style-type: none"> • Indoors 60 ft (~80% of 916 Mhz mica2) • Outdoors 150 ft (~50% of 916Mhz mica2) ■ Hardware MAC encryption ■ 128 byte Rx/Tx fifo ■ FCC certified

表 3-3 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之無線感測網路設備

設備名稱	<p>基地台 Gateway – MIB510</p>
照片	
規格	<ul style="list-style-type: none"> • Programming through the serial port. On board ISP uP is 3x faster than parallel port. • Shares serial port with mote for base station operation. • Voltage monitor to protect from low battery voltage • Supports Mica (Atmega128 uP only), Mica2, Mica2Dot • JTAG port powered directly.

3.2.2.2 資訊系統

本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」的資訊系統部分是由網頁資料庫系統之技術建置而成的。其可分為兩個部分來說明，一是資訊系統之資料庫，二則是資訊系統之使用者介面。前者包含資訊系統之後端資料庫系統與應用程式的部份，而後者則是資訊系統之前端 Web 網頁介面的部分。

而系統開發的軟體環境則如表 3-4 包括：後端資料庫系統—PostgreSQL，負責資料庫維護管理及統計分析；後端應用程式—ASP(Active Server Pages)，負責資料庫系統與網頁之間的溝通；前端 Web 網頁界面的部分則為可製作互動式網頁界面並可與資料庫系統結合的網頁製作軟體 Microsoft Visual Web Developer 2005 Express 版建置之。其相互間之關係如圖 3-5 所示：

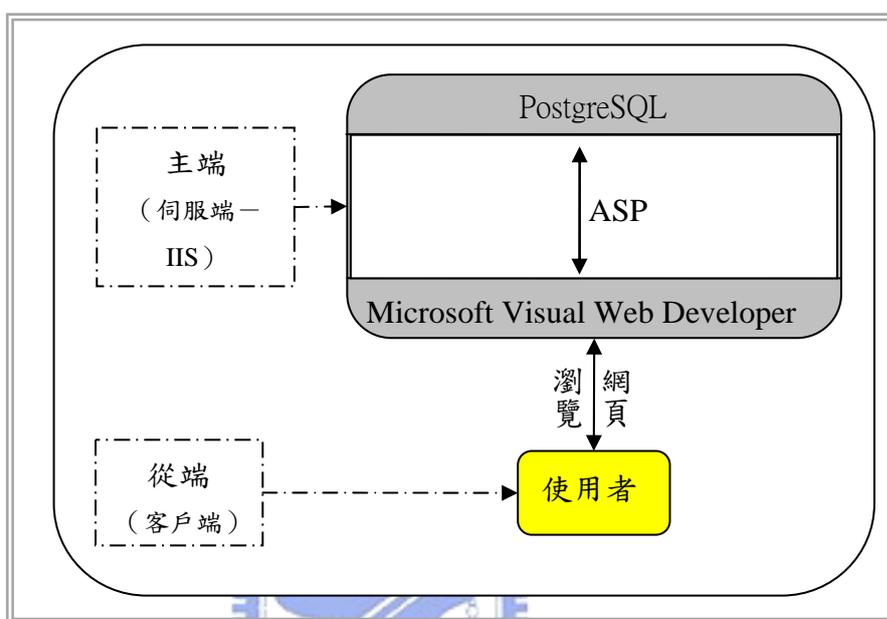


圖 3-5 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」系統軟體環境關係圖

表 3-4 「智慧型建築之無線感測網路防火資訊系統」系統開發之工具

類別	項目說明
作業系統	Window XP
網站伺服器	Microsoft Internet Information Server 5.0
資料庫	PostgreSQL8.0.0
伺服器應用程式	ASP.NET2.0
網頁編輯程式	Microsoft Visual Web Developer 2005 Express 版

資料庫系統介紹(PostgreSQL)

PostgreSQL 是由加州大學 UC Berkeley 分校計算機科學系開發的一種資料庫管理系統，是一套物件關聯式資料庫管理系統(ORDBMS)，如同此類性質的資料庫系統除了 PostgreSQL 外，現在市場上較為普遍的還有，如:Access、MySQL、Oracle、SyBase、Informix 等。PostgreSQL 是全球最先進的發放原始碼的資料庫系統，目前 PostgreSQL 已經發展至第八版，其擁有比 MySQL 更完整更相容的 SQL(Structured Query Language)國際標準支持，且可結合其他應用程式語言，包括 C、C++、Java、perl、tcl 和 python 等，具有高可用性，其數據品質均超越 Oracle、DB2 等商業資料庫管理系統[36]。

傳統的關聯式資料庫管理系統 (RDBMS) 支援名為關係表(Table)的集合 (包括特定類型的屬性與欄位)所組成的資料模型。在現代的商用系統中，人們普遍認為這個模型已經不能滿足未來的資料處理應用的需要了，PostgreSQL 提供了繼承、資料類型、函數、約束、觸發器、規則等附加功能，提升了系統的靈活性，其關聯式模型亦成功地取代了以前的模型[37]。表 3-5 所列為 PostgreSQL 之特點。

Postgresql 已經在許多研究與實際案例中得到了應用。包括有：財務資料分析系統、噴氣引擎性能監控軟體包、小行星跟蹤資料庫、醫療資訊資料庫和一些地理資訊系統的應用。而 Crossbow 為無線感測網路所開發的監測系統 MoteView 內建存取訊號資料的資料庫系統即為 PostgreSQL 系統，故本無線感測網路資訊系統即以 PostgreSQL 作為系統之資料庫管理系統，並配合此系統開發可結合應用的網頁資料庫系統。

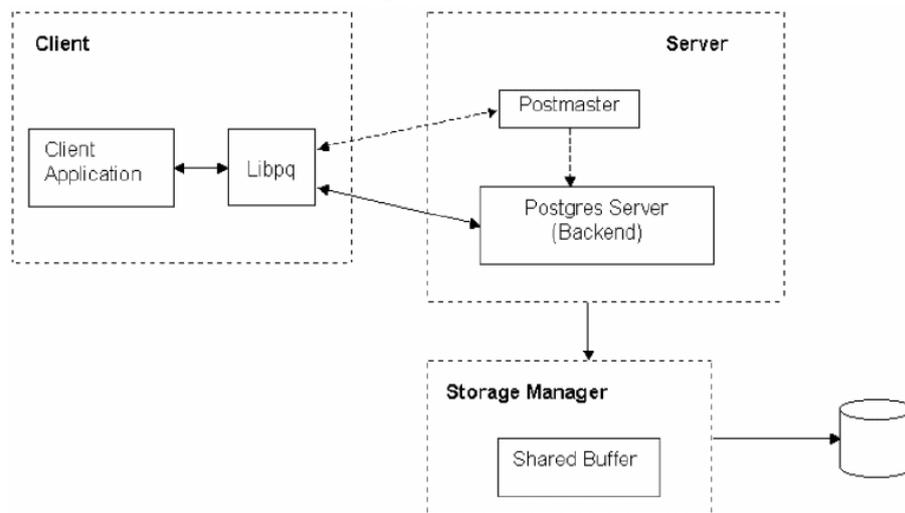


圖 3-6 PostgreSQL 系統概念架構圖

表 3-5 PostgreSQL 之特點

<p>PostgreSQL 之特點</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 為Open Source。 ◇ 無論是個人或商業用途使用上均為完全免費。 ◇ 支援絕大部分標準的 SQL92，也符合部分的 SQL3 資料型態，包含子查詢(subquery)、交易(transaction)等常用的 SQL 語法。 ◇ 在眾多的平台上安裝，如：Linux、Solaris、Windows、FreeBSD、OS/2 . . . 等。 ◇ 可支援多樣的程式設計語言，如：C\C++、JAVA(使用JDBC)、PHP、Perl、VB(使用ODBC)、Delphi(使用ODBC) . . . 等。 ◇ 國際化，採用多國語言標準，包括一些使用雙位元組的語言，如：簡繁體中文、日文、韓文等，以及可採用unicode 為編碼方式，更增加了PostgreSQL 在國際化的支援。 ◇ 使用物件關聯式資料庫為基礎，除了使用傳統的關聯式資料模型外，也支援物件關聯式資料庫模型，增加了如：繼承、陣列即可擴充的資料型態等特性[38]。 ◇ 採用主從式(client/server)架構(如圖3-6所示)，包含三個主要模組： <ul style="list-style-type: none"> ✚ 管理程式(Postmaster)，負責接受前端應用程式請求、接受請求後排入行程，以及管理資料庫的資源。 ✚ 前端應用程式(client Application)，如psql 或一般應用程式，當前端應用程式有請求時，會透過libpq 函式庫與後端資料庫作溝通。 ✚ 後端服務程式(Postgresql Server)，此即postgresql，是實際負責處理應用程式請求的部分[39]。
---------------------------	---

後端應用程式(ASP.NET, Active Server Pages)

開發「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」的網頁資料庫系統主要目的是建立資料庫使用介面和決策架構，並針對使用者的需求來存取資料庫內的記錄。資料庫本身則是負責管理與存取資料，使資料可以快速的排序與查詢，並做為應用系統的資料來源。因此，選擇可支援 Windows 作業系統的 ASP 程式語言來開發這個以無線感測為偵測系統的資訊系統網頁資料庫。ASP 全名 Active Server Pages，是一個 Web 服務器端的開發環境，利用它可以產生和運行動態的、交互的、高性能的 Web 服務應用程序。ASP 是 Microsoft 開發的動態網頁語言，也繼承了微軟產品的一貫傳統——只能運行於微軟的服務器產品，IIS(Internet Information Server) (windows NT)和 PWS(Personal Web Server)(windows 98)上。Unix 下也有 ChiliSoft 的插件來支持 ASP，但是 ASP 本身的功能有限，必須通過 ASP+COM 的組合來擴充，Unix 下的 COM 實現起來非常困難。ASP 採用腳本語言 VBScript、Java script 作為自己的開發語言。技術特點：

1. 使用 VBScript、JScript 等簡單易懂的腳本語言，結合 HTML 代碼，即可快速地完成網站的應用程序。

2. 無須 compile 編譯，容易編寫，可在服務器端直接執行。

3. 使用普通的文本編輯器，如 Windows 的記事本，即可進行編輯設計。

4. 與瀏覽器無關(Browser Independence)，用戶端只要使用可執行 HTML 碼的瀏覽器，即可瀏覽 Active Server Pages 所設計的網頁內容，如圖 3-7。Active Server Pages 所使用的腳本語言(VBScript、Jscript)均在 WEB 服務器端執行，用戶端的瀏覽器不需要能夠執行這些腳本語言。

5. Active Server Pages 能與任何 ActiveX scripting 語言相容。除了可使用 VB Script 或 JScript 語言來設計外，還通過 plug-in 的方式，使用由第三方所提供的其他腳本語言，譬如 REXX、Perl、Tcl 等。腳本引擎是處理腳本程序的 COM(Component Object Model) 物件。

6. 可使用服務器端的腳本來產生客戶端的腳本。

7. ActiveX Server Components(ActiveX 服務器元件)具有無限可擴充性。可以使用 Visual Basic、Java、Visual C++、COBOL 等編程語言來編寫你所需要的 ActiveX Server Component。

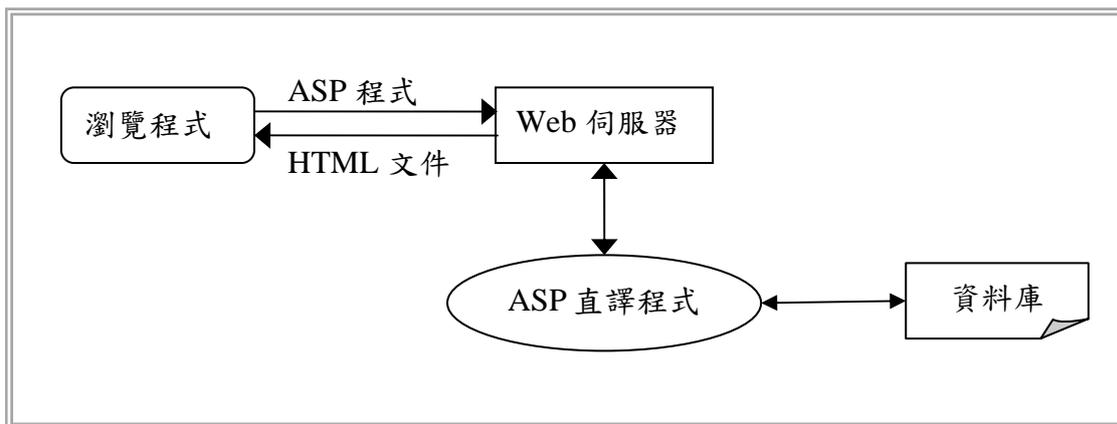


圖 3-7 ASP 與網頁資料庫系統之關係圖

網頁製作軟體 (Microsoft Visual Web Developer 2005 Express 版)

而本系統之使用者介面將以 Microsoft 所研發的網頁開發工具 Visual Web Developer 2005 Express Edition 來製作，因為它提供了完整的 ASP.NET 2.0 建立 Web 應用程式所需的每件工具，其優點包括[40]：

1. Visual 設計人員能輕易地透過容易使用的拖放介面來建立 Web 應用程式。
2. 功能強大的程式碼編輯器，具有豐富的功能，例如能夠讓您更快速地編寫程式碼及 HTML 的 IntelliSense 功能。
3. 使用內建的資料控制及整合存取 Microsoft SQL Server 2005 Express 功能，快速建立資料導向的 Web 應用程式。
4. 支援多種語言：Visual Basic、C# 及 J#。
5. 使用內建、例如 Personal Web 入門套件的全功能入門套件，進入 Web 開發領域。
6. 簡單管理—使用 Visual Web Developer 2005 Express Edition 建立應用程式後，可以輕鬆地藉由內建的 Copy Web 工具簡化部署程序。Visual Web Developer 2005 Express Edition 支援在多個瀏覽器中建立並使用 Web 服務及驗證應用程式，並在不需存取 IIS 情況下，輕鬆使用內建的測試 Web 伺服器來執行及偵測程式碼。

3.2.3 系統開發之流程

本系統開發的目的是希望可以建置一個以無線感測網路為基礎的資訊平台，透過佈設於建築物的無線感知系統，能感測出環境的變化，再進一步對感測環境作主動性的保護或調節。系統開發初期先以建置防火系統為例，建置「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」，此系統是根據智慧型建築對防火系統智慧化的要求所設計的。系統的開發流程，可分為三個階段，首先是無線感測網路的選擇與佈設規劃。先針對感測的目的選擇適合的無線傳輸模組與感測器，再將無線傳輸模組與感測器適當的佈設於欲感測的環境中，感測之。第二個階段是「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」的資訊系統建置與開發。依據感測訊號之資料規劃資訊系統資料庫與資料的存取模式，並依照功能的需要開發使用者查詢介面，最後再建立防火系統的警示功能，即完成本系統之資訊系統的建置與開發。如圖 3-8 所示，本系統之開發流程亦可適用於「智慧型建築」或其他以無線感測網路為基礎之資訊系統開發程序。

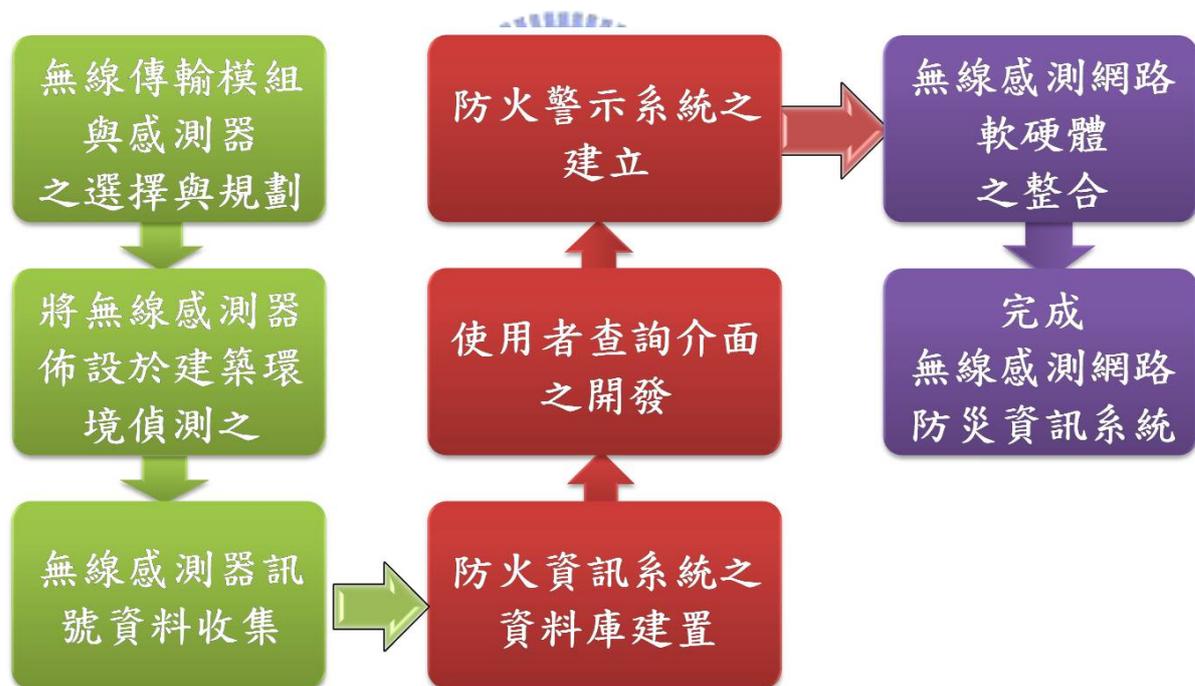


圖 3-8 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」-系統建置之流程圖

3.3 系統規劃與設計

3.3.1 系統功能

本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之系統功能主要是參考智慧型建築、建築防火系統、消防安全設備對防火系統的要求所規劃的，故本系統基本之功能有：1.顯示無線感測網路(WSN)佈設模式、2.顯示即時監測資訊、3.警報系統與主動控制(如：救災措施)、4.網頁查詢功能。本系統亦可針對不同的感測目的開發不同的服務功能。在此，本論文將以防火系統之建置為目的，規劃之功能有：1.設置火災資訊顯示、2.火災警報系統、3.消防主動控制機制。希望藉由無線感測網路靈敏的偵測、傳輸能力，與本防火資訊系統的結合能有效發揮即時偵測、即時監控與災害自動警示之機制，以符合防火與警示之作用，並且足以取代傳統的防火系統，進而提升建築物的智慧與生活環境的安全性、舒適性與便利性。

在「智慧型建築」之智慧建築標章中防火系統被歸納於安全防災指標的建物防災項目中，評估的標準有火警警報、人員疏散導引、自動點滅火及消防設備監控等的智慧化程度。而根據智慧型建築防火系統的評定基準[3]，本系統可落實的服務項目包括：設置可自動探測各種火災徵兆之設備、可顯示火災發生區位或樓層、可自動啟動滅火設備及防止火災擴大、可自動確認火災警報之正確性並通報，前三項乃成為智慧型建築必須具有的功能，最後一項則為鼓勵性質，建議設置之。表 3-6 為以「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」取代建築物防火系統所規劃之系統功能。

表 3-6 智慧型建築防火系統之評估基準與「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」
- 系統功能對照表

智慧型建築之 防火系統項目	智慧型建築指標基準	無線感測網路應用於 建築物防火資訊系統	
		無線感測網路	網頁資料庫系統
1. 設置防災中心或 中央監控室。			提供火災資訊、警報、通報及主動控制之功能。

智慧型建築之防火系統項目	智慧型建築指標基準	無線感測網路應用於建築物防火資訊系統	
		無線感測網路	網頁資料庫系統
2. 火警裝置可自動探測各種火災徵兆	系統設置火警自動探測設備種類之多寡？如探測煙霧濃度、溫度差、光電及可燃性氣體濃度等。	提供具有可自動探測溫度差、煙霧濃度、光度及可燃性氣體濃度等之功能的無線感測網路。	顯示感測器位置與相關資訊。
3. 可顯示火災發生樓層或區位。	系統是否能顯示火警區域或火警點的狀態信號及其平面位置？	依顯示異常訊號之感測器可判斷出火警區域、火警狀態與其平面位置。	將火警區域、火警狀態與其所在位置顯示於網頁介面上。
4. 可自動啟動滅火設備及防止火災擴大。	 1.系統是否能顯示所有消防設備之狀態？ 2.系統是否能擔負整體滅火的連絡與調度功能？ 3.系統是否能監控排煙設備並與其他消防系統連動？ 4.系統是否能監控防火門及防火鐵捲門？		1.顯示消防設備狀態。 2.主動控制排煙設備與其他消防滅火設備之連動。
5. 可自動確認火災警報之正確性並通報。(鼓勵性)	1.系統對火警自動探測設備之警報是否可自動檢測其正確性？ 2.系統對火警自動探測設備是否可提供可靠的監測數據和警報資訊？	可自動檢測無線感測網路之正確性。	可提供可靠的監測數據和警報資訊。
6. 火災發生後能引導人員避難。(鼓勵性)	系統是否設置緊急疏散廣播系統，以引導人員避難？		可主動控制緊急疏散廣播系統，以引導人員避難。

智慧型建築之防火系統項目	智慧型建築指標基準	無線感測網路應用於建築物防火資訊系統	
		無線感測網路	網頁資料庫系統
7. 通過定期性之建築安全及消防設備檢查。	通過定期性之建築安全及消防設備檢查或榮獲防火標章。		

「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」中所設置的可自動探測各種火災徵兆之設備乃以可自動偵測煙霧濃度、溫度差、光度以及可以偵測感然性氣體濃度之感測器與傳輸模組。故本研究所使用的資料擷取模組(MDA100, Crossbow)與偵煙感測器相結合，具有可偵測到火場溫度、光度與煙濃度變化的感測模組，並搭配無線傳輸模組 MICAZ 與基地台 Gateway(MIB510, Crossbow)構成一無線感測網路，其規格與特性於 3.2.2.1 節有詳細介紹。本系統即欲利用無線感測器之偵測能力與可自組網路型態，對環境進行感測，當發現溫度、光度與煙霧濃度異常升高時，無線感測網路可即時感測，並將訊號傳至本系統之資料庫，透過本系統「顯示即時資訊」的功能便能立即發現感測訊號的變化和異常，當經過系統分析與判斷發現是火災發生時系統便會立即於使用者界面上顯示火災發生並跳出警告、警示之視窗與聲響。透過系統判斷可得知火災發生，再藉由無線感測器的識別碼(ID)即可得知火災發生的位置、範圍、環境狀況與火場相關之資訊。同時系統亦會啟動警示與通報系統，通知管理人員與使用者、關係人，以供即時防範。當火災情況仍未解除，本系統即會啟動消防之連動控制，如啟動排煙設備、滅火設備等，以降低火災擴散的危機，並將危害與損失降至最低。

3.3.2 系統規劃

本系統依功能規劃成三個部分，分別為：無線感測網路、資訊系統之資料庫與資訊系統之使用者查詢介面。無線感測網路的部分主要的功能是偵測與感知環境的狀況以及訊號資料的傳輸與接收。資訊系統之資料庫的部分則是負責資料訊號的存取與將訊號資料資訊化的工作，以提供資料讓資訊系統與使用者分析與查詢。資訊系統之使用者查詢介面則是作為使用者與系統間的溝通平台，不僅提供 e 化的查詢功能，網頁介面上亦會

顯示即時感測狀態與火災資訊，如：火場環境狀況、警報系統運作情況與主動控制等狀態之資訊，如圖 3-9 所示。

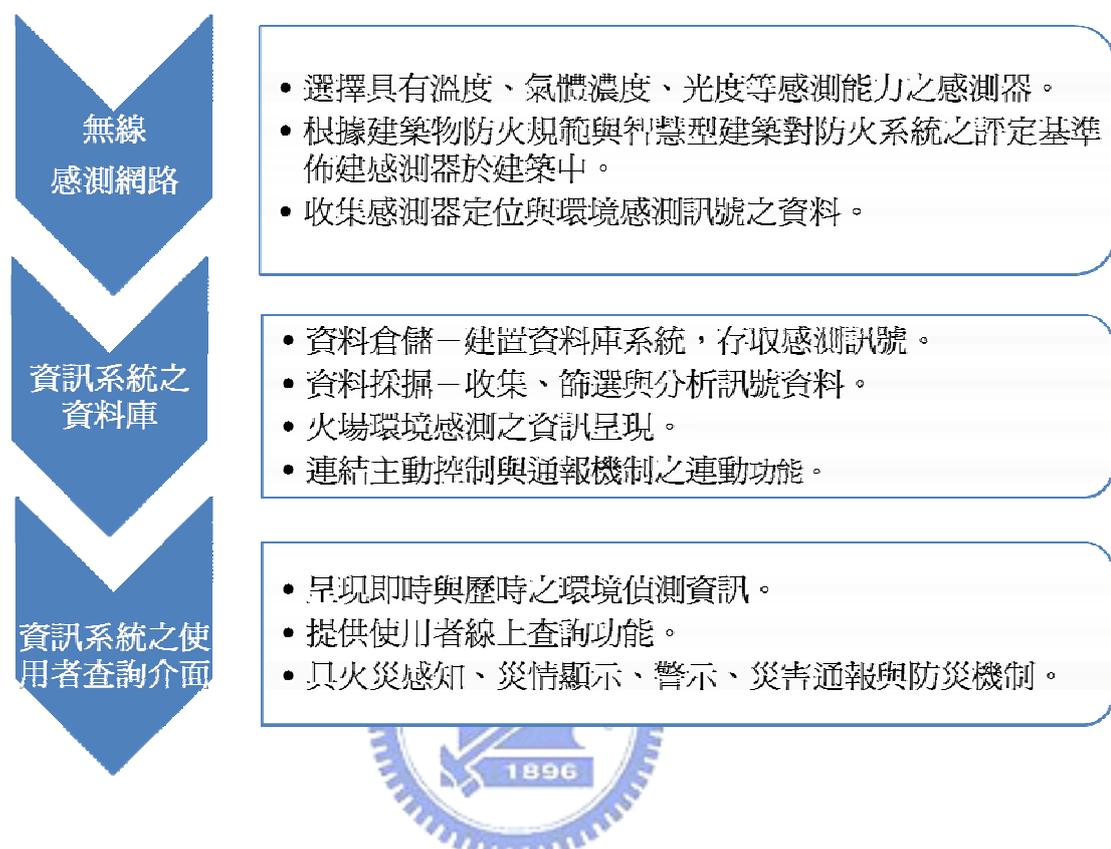


圖 3-9 系統功能說明 - 以防火為例

3.3.3 系統設計

本系統開發的目的除了應用無線感測網路作為防火系統的感知系統外並結合網頁資料庫系統的技術，將感測訊號資訊化，以供使用者可以透過網際網路直接觀察、查詢與控制我們的感測系統，此即本系統之資訊系統部分。其設計的重點在於：1. 資訊系統與無線感測網路的結合，因為無線感測網路感測而得的訊號資料是持續性且感測器數量是龐大的，故以資料庫管理的方式最為有利。2. 火災判斷，此部分乃防火系統機制啟動之依據。透過 ASP 與 SQL 程式語言，我們可以對訊號進行管理、存查、分析與判斷並做出適當之警報、通報或啟動主動控制的智慧防火機制。3. 使用者界面的功能設計，本系統的使用者界面是以網頁界面的方式呈現，設計之目的是以提供感測資訊之查詢為主，另外還有提供：即時偵測狀態、歷時偵測狀態與警報系統啟動狀態之相關資訊，使

用者還可以透過網頁進行資訊查詢。故此節將分為三個部分來介紹，首先是系統防火機制之設計，再者為資訊系統之設計，又包括資料庫之設計與使用者網頁介面之設計。

3.3.3.1 防火機制之設計

由圖 3-10 可知火災發生的過程與防火系統間運作與啟動之關係。消防系統設計之初應有充分之防火管理的規劃，當系統發現火災發生之時，便須立即通報並做初期滅火之動作與避難之措施，若火勢仍未受到控制則必須需防止其繼續延燒並開始正式滅火之動作。

本系統以無線感測網路作為火災自動感知、偵知系統，藉由溫度感測、含煙量感測與光度感測之功能感測環境溫度、煙量與光度的變化，並設置警戒值作為系統判斷火災與決策警報系統啟動與否之依據。當環境感測值超過警戒值時系統即會警示火災之發生。也因為無線感測器不僅是具有敏銳之偵測功能外，還可具有自組網路型態之功能，故透過訊號的傳遞取得火場資訊的同時也可以得知感測器相互間之位置與關係因而可以即時判斷出火災發生的位置、範圍以及嚴重性，並透過本系統之網頁介面顯示，以供使用者與救火人員掌握火場資訊，提升救火之效率。判斷出火災發生的同時，系統亦會啟動警報、警示之功能以提醒使用者與管理者，若火災情況仍持續系統則會發出主動控制，並採取滅火、阻火等之救火措施，如圖 3-11 所示。以下將介紹本系統設計之判斷火災之方式。

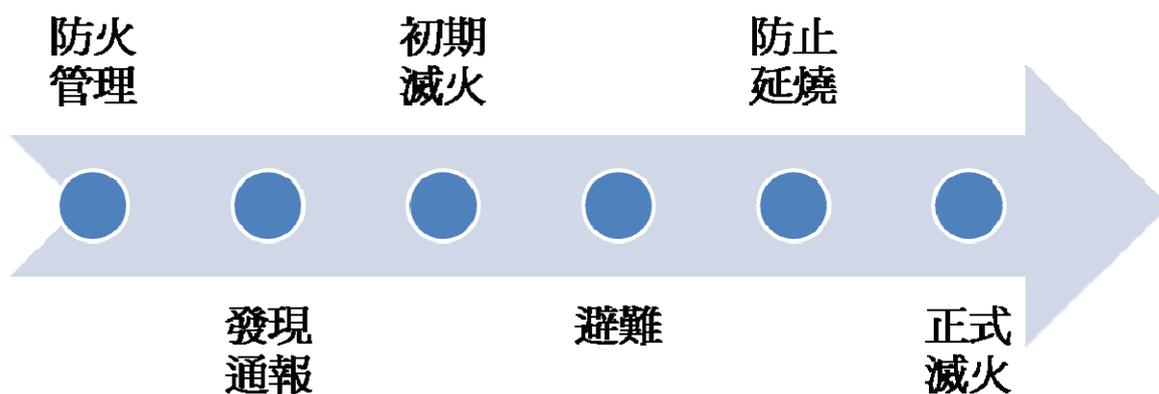


圖 3-10 防火系統設計之流程



圖 3-11 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」系統運作之流程圖

(一)、 無線感測系統的佈設

依照欲感測火場環境的目的選擇適當的無線傳輸模組與感測器，並根據感測器的特性與有效量測範圍以及消防安全設備對感測設備之規定對欲感測的環境作無線感測網路的配置設計，以形成一個防火的無線感測網絡。當無線感測網路佈設完畢後即可與本系統建立連線，並開始感測的工作。無線感測網路的基地台(Gateway) 收集感測訊號並傳遞至系統之資料庫中，訊號經由本系統的處理與分析後將可提供本系統透過使用者介面傳達資訊。而無線感測網路具有定址與可自我組態(Self-Configuration)的能力，因此將可以透過感測資料知道火災可能發生的位置與可能之範圍。而無線感測器與無線感測網路應如何有效的佈設於感測環境中方能發揮最大之效能且最經濟亦是一門大學問。

以消防設計之火警自動警報設備的規定來規劃火警分區，每一火警分區不得超過一層樓且樓地板面積不得超過 600 cm^2 ，同時，每一分區之任一邊長不可超過 50m [26]，而無線感測器之有效感測距離僅介於數公尺至一百公尺之內，又需考慮整體感測網路之連通性，故假設系統間之感測器距離不超過 25m [27]。以交通大學土木系館一樓為例，其樓地板面積為 1464.47 m^2 ，則火警分區至少需分為三個區塊，又此平面多受構造體包圍間隔，因此每一隔間內均需配置至少一個感測器。故本研究將於平面內規劃佈設三組無線感測網路並以 Group 命名，分別為 G1、G2 與 G3，而每一區域內又由多個無線感測器構成，故其編號依序為 G1-1、G1-2、G2-1、以此類推，共 18 個感測點，其佈設之方式與位置如圖 3-12 所示：

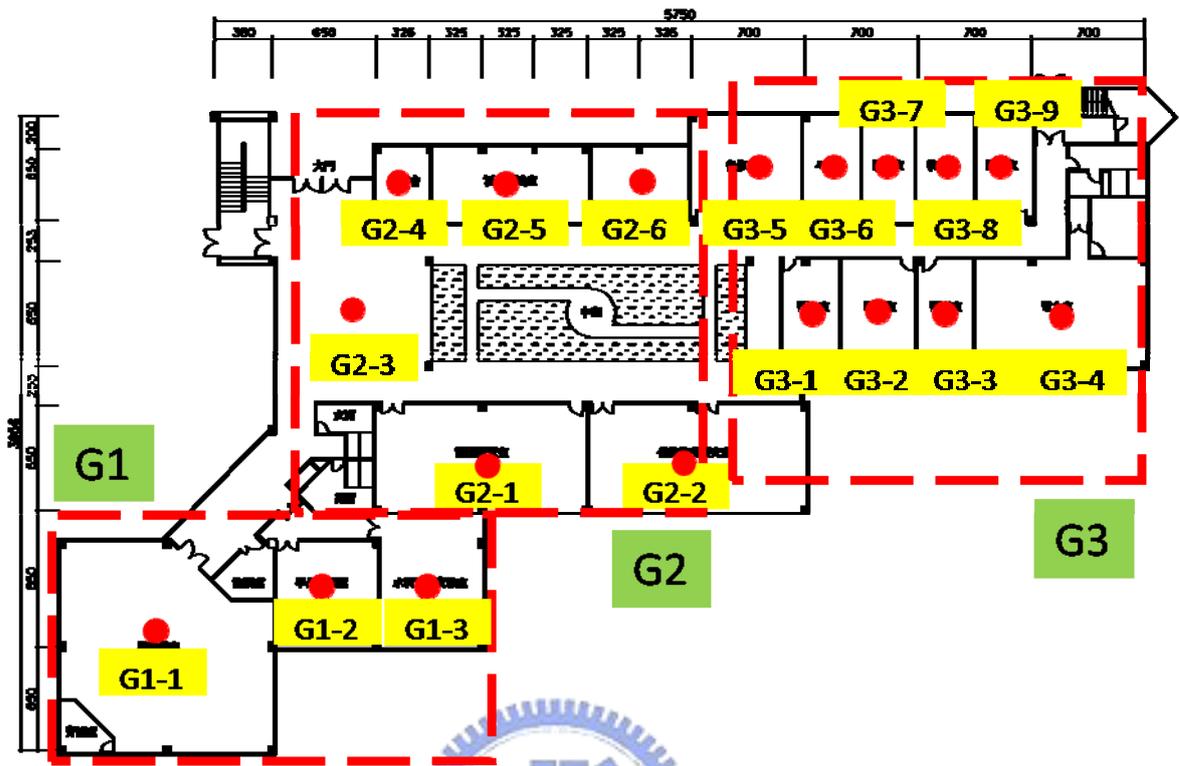


圖 3-12 無線感測系統之佈設與分區

(二)、 防火系統設計

火災的發生，主要是由火場中溫度、光度與含煙量來判斷的。藉由感測系統長時間持續性的感測可以得知室內環境變化的情形，故當室內環境感測到異常時便有可能是發生火災了。當然導致環境變化的因素相當多，但本研究以討論火災之問題為主，故本系統設計當室內環境溫度、光度與含煙量變化量超過安全範圍與警戒值時，系統即須作出火災發生之警告與防火相關之連動控制等動作。而本系統所使用之無線感測系統為具有感測溫度、煙量與光度之功能，符合火警自動探測系統之多信號探測器之定義，故其探測原理需與複合式探測器之規定相符。本無線感測系統乃屬於複合式局限型探測器中之熱煙複合式局限型之探測器，具有差動式局限型探測器與離子式局限型探測器之特性，故本研究將本系統之火災感測動作原理定義如表 3-7 所示，並根據國家標準局對火警探測器之差動式局限型探測器與離子式局限型探測器的動作與靈敏度規定，定義本防火系統判斷火災發生與系統發佈警報之依據。

本防火資訊系統假設當自室內溫度狀態下，溫度平均每分鐘上升 10°C 時，系統於 4.5 分鐘內會啟動警報系統，且當煙感測器之電離電流變化率達 1.35K 時，系統亦會於 30 秒內動作(K 為供稱動作電離電流變化率，在此定 K=0.19)。當感測器感測到溫度與含煙量的變化並到達系統所設定的動作點時即判定為火災發生，圖 3-14 與圖 3-15 分別為系統以溫度和含煙量之變化來判斷火災發生之流程圖。而當系統判斷火災發生了，本防火資訊系統便會立即啟動使用者網頁介面之警報系統，以跳出式窗之方式顯示、警示火災之發生並顯示火場資訊，以利管理與救災之相關人員對災情之掌控。當火災之狀況持續，本防火資訊系統亦會立刻通報相關之單位管理人員、使用者以及消防隊等等，並立即啟動主動控制之功能以防止災情擴大。圖 3-13 即本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之防火系統設計流程示意圖。

表 3-7 感測器之動作原理

防災項目	感測目的	感測器設備	定義無線感測器之動作原理
防火系統	火災發生時感測溫度之變化	溫度感測器	當發現周圍溫度達一定溫度以上之上升率時，應有立即通報之能力。 (為局部場所之熱效果之累積，即 10°C/min 之溫度累積量。)
	火災發生時煙霧濃度之變化	煙感測器	當周圍空氣達一定濃度以上之含煙量時，應有立即通報之能力。 (為局部場所因煙含量而產生之電離電流變化率。)
	能見度之變化	光感測器	能見度降低時，應有立即通報之能力。



圖 3-13 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之防火設計流程圖

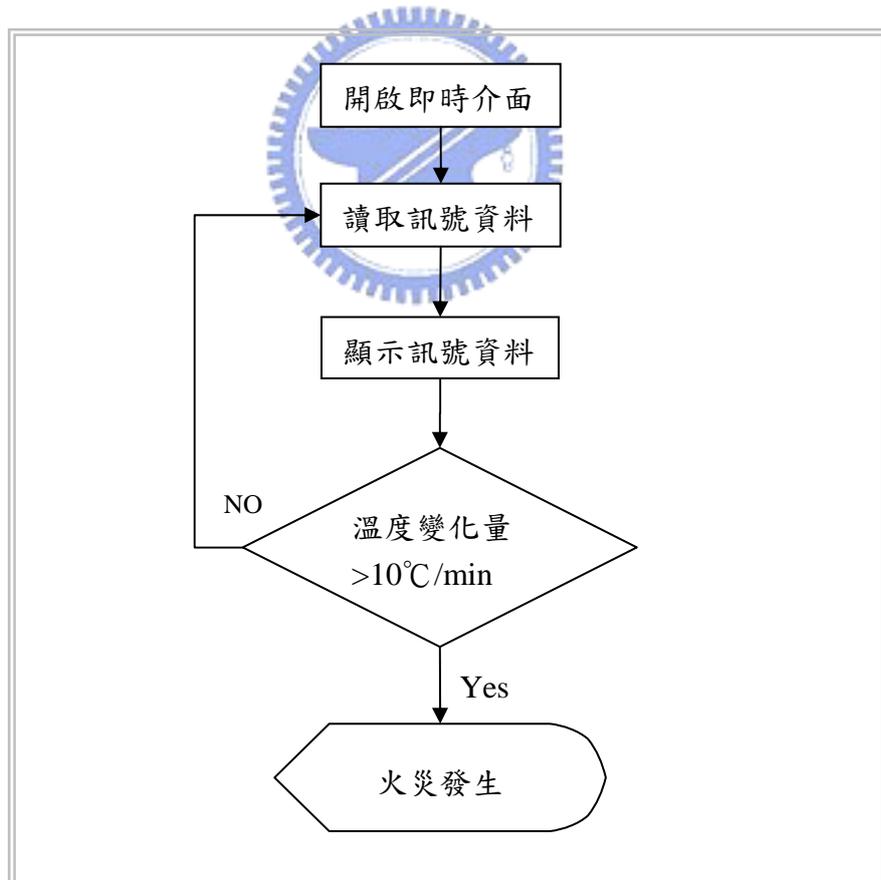


圖 3-14 系統火災判斷之流程圖－溫度

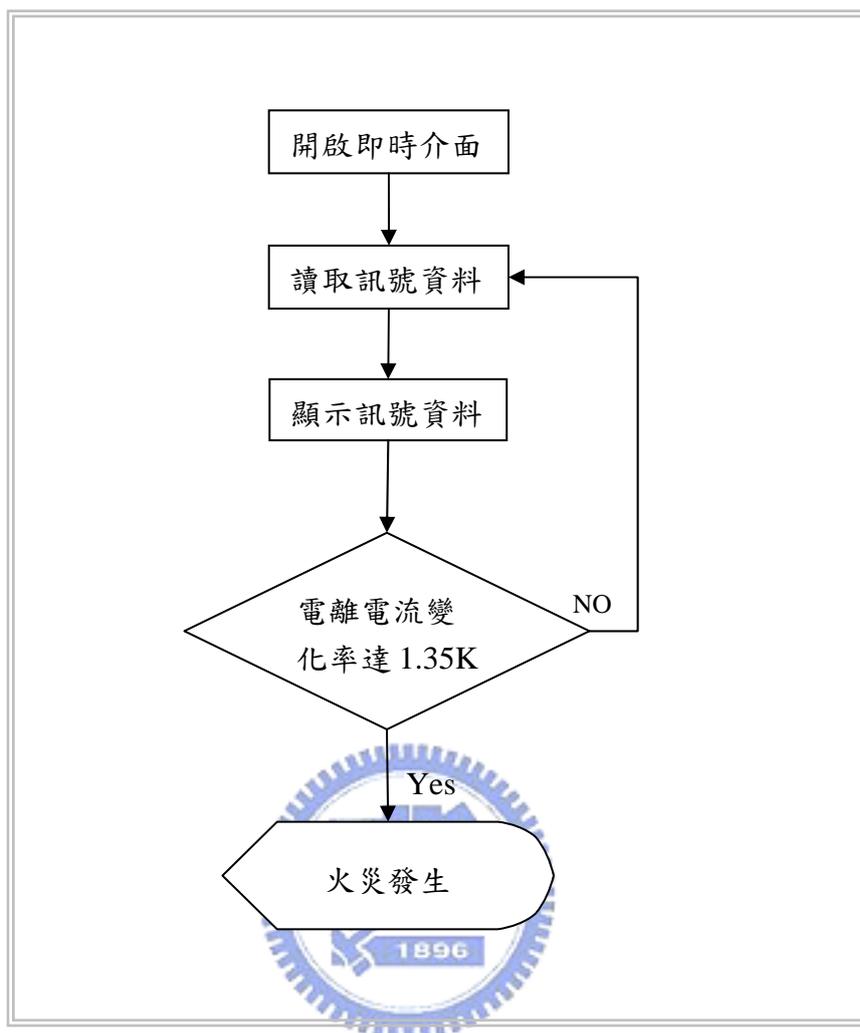


圖 3-15 系統火災判斷之流程圖—含煙量

3.3.3.2 資訊系統之設計

(一)、 資料庫之設計

本系統以資料庫管理系統 PostgreSQL 來管理無線感測網路所感測而得的訊號資料，利用 Crossbow 所研發的無線感測網路資料擷取系統 MoteView 接收與存取訊號資料於 PostgreSQL 資料庫系統。對於本論文所欲建置之無線感測網路資訊系統而言，資料庫的運作流程為：1.以無線感測網路對環境進行感測、2.取得感測資料並儲存至系統之資料庫中、3.透過資料庫管理系統，對訊號資料進行儲存、管理與分析、4.並將資料資訊化，作為本資訊系統的決策與查詢資料之來源[31]。無線感測器的種類相當多，其訊號資料儲存之模式乃以資料表(Table)與欄位的型式儲存與管理。資料表(Table)是以資料

擷取模組(sensing and data acquisition module)之型號命名。而每一種資料擷取模組又可同時擁有多種感測能力，如溫度感測、氣體感測或濕度感測等，故每一項感測能力之感測訊號即儲存於其資料表之欄位中，以複合式感測器 MTS-400 為例，資料表型式如表 3-8 所示：

表 3-8 複合式感測器 MTS-400 之資料表型式

result_time	epoch	nodeid	parent	voltage	humid	humtemp	prtemp	press	taosch0	taosch1	accel_x	accel_y
2007/5/28 下午 05:19:53	1	0	420	1932	7176	25400	17419	65451	0	484	509	
2007/5/28 下午 05:19:51	1	0	420	1932	7177	25400	17419	65451	0	484	509	
下午 05:19:49	1	0	420	1932	7178	25402	17418	65451	0	484	509	
下午 05:19:47	1	0	420	1932	7178	25402	17419	65451	0	484	509	

而本論文乃以火災之偵測為目的，所使用的資料擷取模組為 MDA100，所需的感測項目為溫度感測、光度感測及煙霧感測，故以防火系統為例，資料表中必須具有溫度感測、光度感測及煙霧感測之訊號資料，資料表(Table)之欄位設計形式如下表 3-9 所示：

表 3-9 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之資料表形式

result_time	nodeid	temperature	Light	Smoke

(二)、 使用者網頁查詢介面之設計

以使用者介面來介紹本「無線感測網路資訊系統」，可將本系統分為兩個大方向：一是以土木業為主，其主要內容可包括橋梁、結構等等之監測；另一項則是以建築物為

主的偵測活動。本論文在此以智慧型建築為主要偵測之目標。進入「智慧型建築」的首頁後又可以分為兩個部分：前者是系統介紹，介紹系統開發之相關背景知識，主要內容包括：「智慧型建築」、「無線感測網路」與「網頁資料庫系統」的之概述；而後者則是系統功能，主要是呈現本系統使用者網頁查詢界面的功能，包括資訊查詢、火警自動警報系統兩部分。使用者網頁界面的建置架構規劃如圖 3-14 所示：

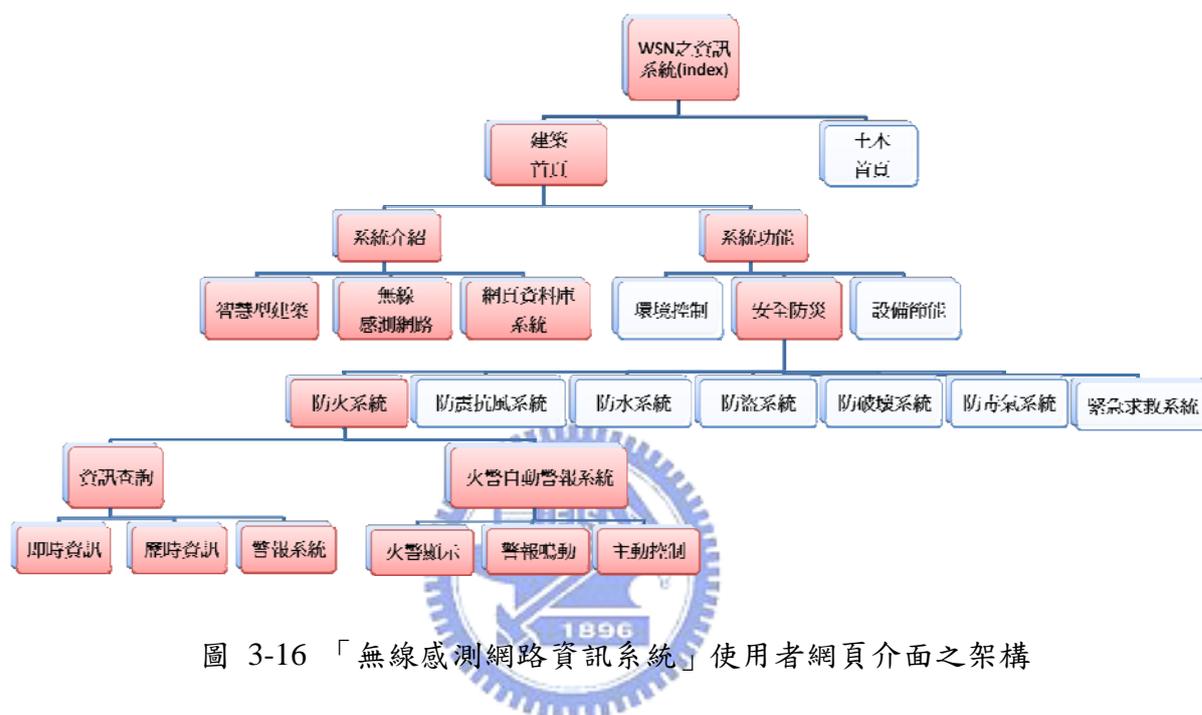


圖 3-16 「無線感測網路資訊系統」使用者網頁介面之架構

(1) 系統介紹：

此部分為概述本系統建置之背景知識，內容包括「智慧型建築」、「無線感測網路」與「網頁資料庫系統」三部分。

以「智慧型建築」為例，本系統應可包含「智慧型建築」之「智慧建築標章」中所建議需有自動偵測功能的項目，如「環境控制」、「安全防災」或「設備節能」等等，其中「安全防災」項目中又包含：「防火系統」、「防震抗風系統」、「防水系統」、「防盜系統」、「防破壞系統」、「防毒氣系統」與「緊急求救系統」。在此，本論文以「防火系統」作為「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」的開發主題，並命名為「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」。而此部分的知識介紹於第二章文獻回顧有詳細之介紹，在此不再贅述。

(2) 系統功能：

使用者網頁查詢界面的功能－資訊查詢、火警自動警報系統。

(a). 資訊查詢功能：

➤ 即時資訊－

顯示即時感測資訊，感測資料一分鐘更換一次。

➤ 歷時資訊查詢－

可依感測目的或依感測區域查詢，感測資料半小時更換一次，如表 3-10 所示。



表 3-10 歷時資訊查詢之方法

	查詢方式
依感測目的查詢	選擇欲查詢之感測目的，即可得到該感測目的的所有感測節點(Node)之感測資訊。
依感測區域查詢	可先選擇欲查詢之感測區域，再依所選取的感測區域選擇欲查詢之感測節點，即可得到該感測節點之相關感測目的之感測資訊。

➤ 警報系統查詢－

本項的主要目的是供使用者與管理者查詢警報系統的狀態，如火災是否發生，發生的區域在哪，且系統是否已發出通報、警告或消防

設備之連動控制是否已觸動，以便使用者與管理者掌握災害環境的資訊。

➤ 感測資訊圖查詢一

本項查詢功能是提供使用者可以任意的查詢某時段的感測資訊。所查詢的感測資訊以折線圖的方式呈現，以利使用者看出感測項目的變化，增加閱讀性與趨勢分析之效果。

(b). 火警自動警報功能

➤ 火警資訊之顯示一

當發現溫度、光度與煙濃度有異常之變化，系統便會跳出警示「異常」之視窗與聲響。當判斷為火災時便會以彈跳視窗與聲響警示「火災發生了」，並會即時通知使用者與管理人員或相關人員。同時並會顯示火災資訊，包括：起火點之位置、範圍與火場相關資訊。

➤ 警報鳴動一

當發現異常與火災時都會發出聲響與警示視窗。

➤ 主動控制一

參考消防設備之警報系統的規範，主動控制的消防設備項目應具有排煙設備、自動灑水設備、滅火連動控制、關閉電器設備與啟動其他防火連動控制等。而此部分因考量到設備連動的技術層面問題，故主動控制的部分之落實有待後續之開發與研究，本研究在此僅以網頁介面顯示主動控制項目之啟動狀態為主。

第4章 「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」展示與驗證

本章的重點是系統的功能展示與系統之驗證，透過火災情境的模擬，以確立本系統的可行性與正確性。火災情境的模擬是利用模擬火災發生時所產生的溫度、煙與光之變化，作為環境感測的變因，在以無線感測網路感測之，透過即時的訊號傳遞將資料即時呈現於資訊系統中，並展示系統面對火災發生時，系統判斷的正確性以及發生火災後系統警示、通報與主動控制的機制是否能即時產生，以發揮火警警示之效能。

本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」是以無線感測網路作為環境偵測之基礎的防火資訊平台，主要功能包括：提供使用者e化的網頁查詢功能與火災自動警報的機制。經由本資訊系統之使用者網頁介面可查詢的資訊包括：由無線感測網路感測而得的即時感測資訊、歷時感測資訊與警報系統啟動狀態以及感測資訊得趨勢圖。而火災自動警報機制則是當火災發生時，資訊系統可以立即顯示火場資訊。其中火場資訊包括可顯示火警發生之區位，且有警報、警示之功能，可以在最快的時間內警示或通報相關管理人員與關係人(使用者)，進一步主動控制相關之消防設備，以發揮無線感測網路與資訊系統結合之準確性與便利性，並達到智慧型建築對防火系統智慧化程度的要求與資訊資訊化的訴求。

4.1 資訊系統功能展示與驗證

4.1.1 系統使用者介面之介紹

使用者介面主要分為兩個部分，一部分主要是本資訊系統之資訊呈現、第二個部分是系統背景知識之介紹。本研究將「無線感測網路之資訊系統」之應用概分為土木業與建築業兩個領域，前者服務之內容可包括橋梁、結構等健康行為之監測，此部分非本論文研究之範疇故在此將不另行介紹；而另一項則是以建築物為主的偵測活動，本論文在此則以建築物為目標，並針對火災偵測的需求做偵測系統與資訊系統之整合開發與設計，並完成「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」。故當透過網際網路點選進入

本「無線感測網路之資訊系統」後，點選「建築」之項目即可進入「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之主頁面。本頁面又可以概分為系統功能與系統介紹兩個部分，前者是本防火資訊系統之重點，其主要提供之資訊包括：即時監測資訊、歷時監測資訊、火災自動警報系統與感測資訊趨勢圖之查詢，而此部分之系統功能與效果將於4.2.2節中介紹；後者主要則是介紹系統開發之相關背景與知識，內容包括：「智慧型建築」、「無線感測網路」與「網頁資料庫系統」。

4.1.2 系統功能展示與驗證

本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」之「資訊系統」介面包括：系統功能之介紹與系統功能之呈現兩個部份，此部分亦是本系統開發之重點。圖4-1為「智慧型建築」之資訊系統功能介紹，簡介「智慧建築標章」之安全防災指標的內容，並針對防火系統作系統之開發與研究，以完成「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」功能的建置。



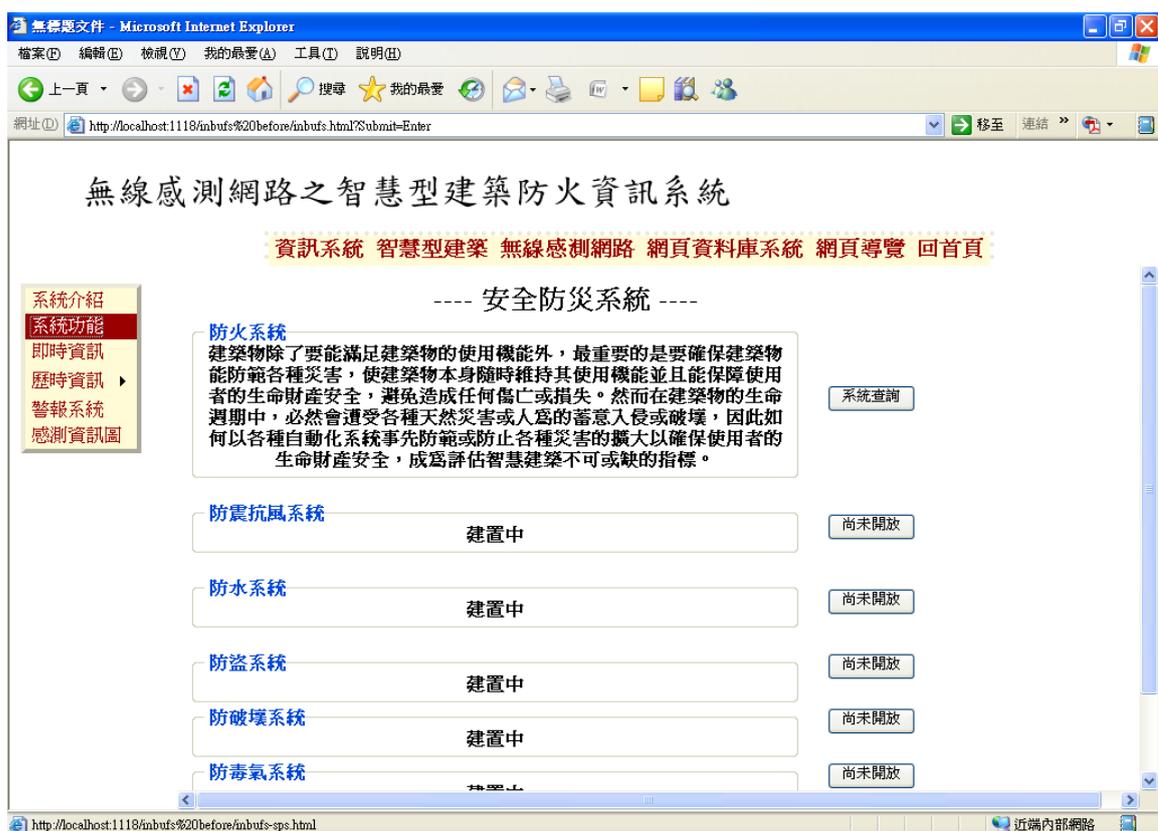


圖 4-1 「智慧建築標章」之安全防災指標之介紹

以防火為目的，資訊系統的功能又分為資訊查詢與火警自動警報系統兩部分。資訊查詢之功能包括：即時資訊之顯示、歷時資訊之查詢、警報系統之查詢與偵測資訊圖之查詢；而火警自動警報系統之功能則是當火災發生時才會顯示的功能，包括：火警資訊之顯示、警報系統之鳴動與主動控制之啟動狀態，以下分別以其功能介紹之。

(1) 即時資訊之顯示介面：

顯示即時感測資訊，本介面提供使用者查看無線感測網路佈設於建築空間的相對位置與環境感測的即時感測資訊，並有針對火災而設計的環境安全狀態之評估與火災警示、警報系統啟動狀態等功能之顯示與否，以供使用者參考。針對感測火災而設計之防火機制乃參考「消防安全設備之警報系統」所設計的，主要內容包括：無線感測器佈設的位置與數量、火災判斷的方式以及警報系統、防火設備啟動之時機與方式之設計。而感測感測區域之佈設與規劃乃須視感測環境與無線感測器之有效感測範圍佈署之。當無

線感測器佈設於實際環境後必須將感測訊號匯入本系統之資料庫中方能與本資訊系統建立連線關係。

本系統之驗證將以無線感測系統對環境做持續性的感測，並模擬火災發生時之溫度變化、煙霧濃度增加與能見度下降之狀況以驗證系統可判斷火災發生，且可適時發出警示與火災資訊。圖 4-2 與圖 4-3 分別為感測環境正常與模擬火災發生時之狀態。

而本使用者網頁介面所提供的資訊包括如下所列：

- (a). 無線感測器佈署之位置
- (b). 感測點之即時感測資訊(溫度、煙霧、光度)
- (c). 感測狀態正常或異常之判斷
- (d). 火警顯示(超過正常值時，即會跳出<火災發生了 !!>之警告訊息)
- (e). 顯示消防設施之主動控制啟動的狀態



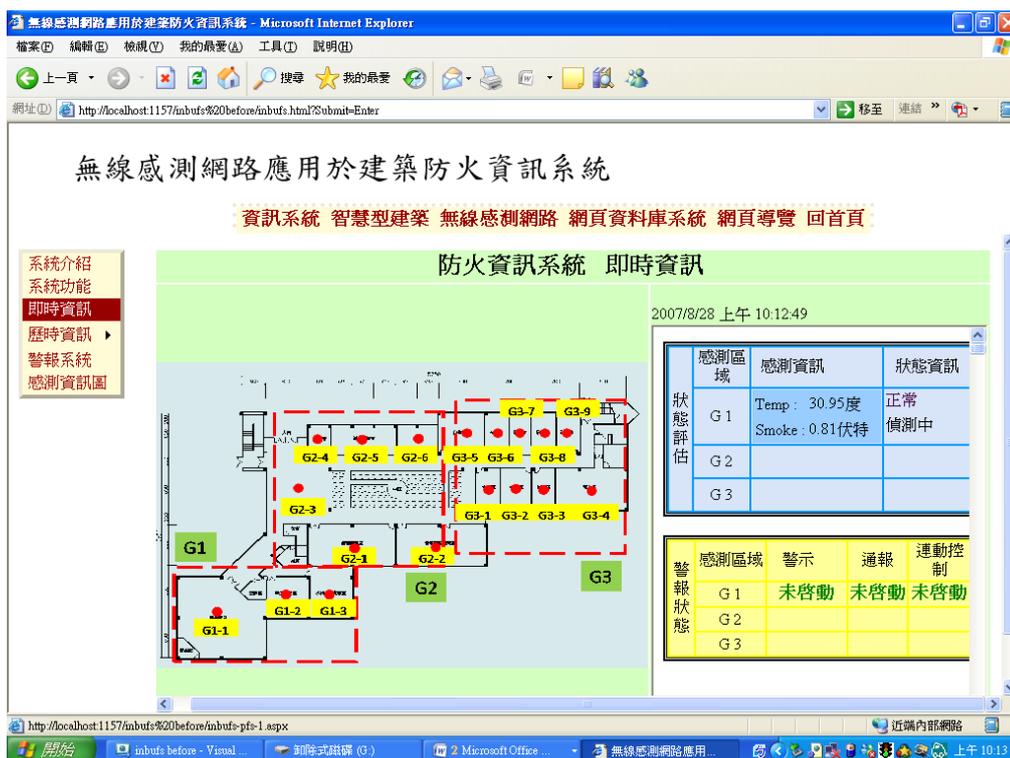


圖 4-2 顯示即時資訊之介面

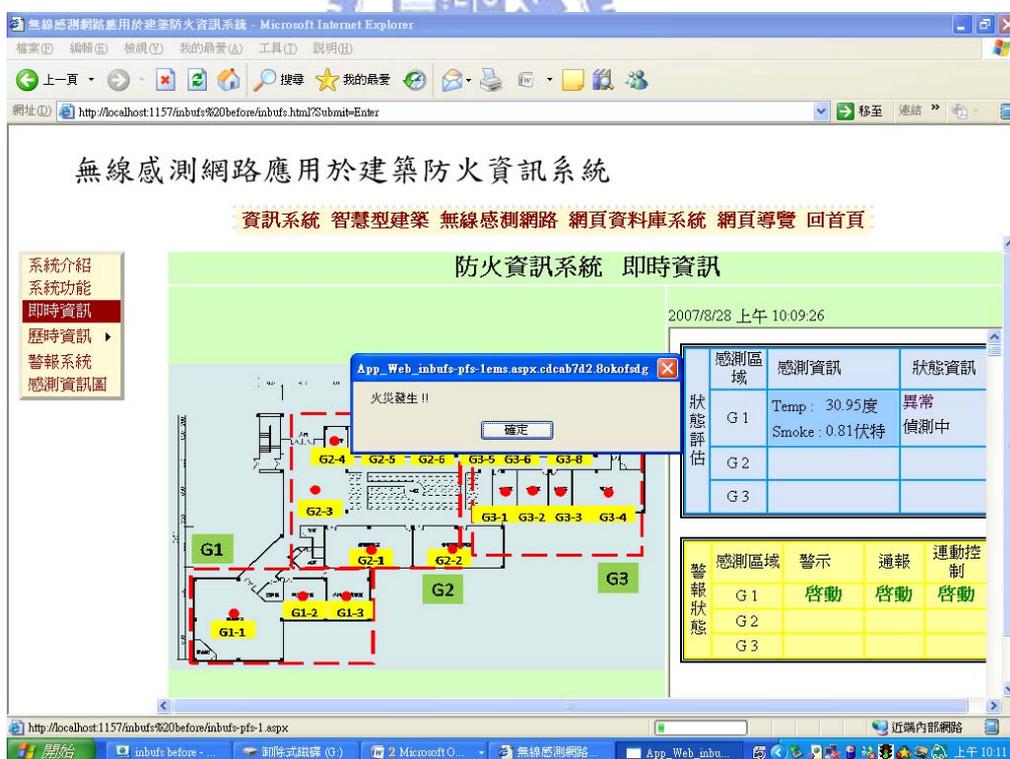


圖 4-3 顯示即時資訊之介面—感測到火災之發生

(2) 歷時資訊之查詢介面：

資訊查詢介面是提供使用者查詢歷時資料的資訊平台，歷時資訊之查詢方式可分為兩種方式：

(a). 依感測目的查詢，如圖 4-4 所示：

本介面可依感測目的來選擇欲查詢之項目(如：溫度、煙霧、光度)，並得到佈設於實際環境中之所有感測點之資訊。

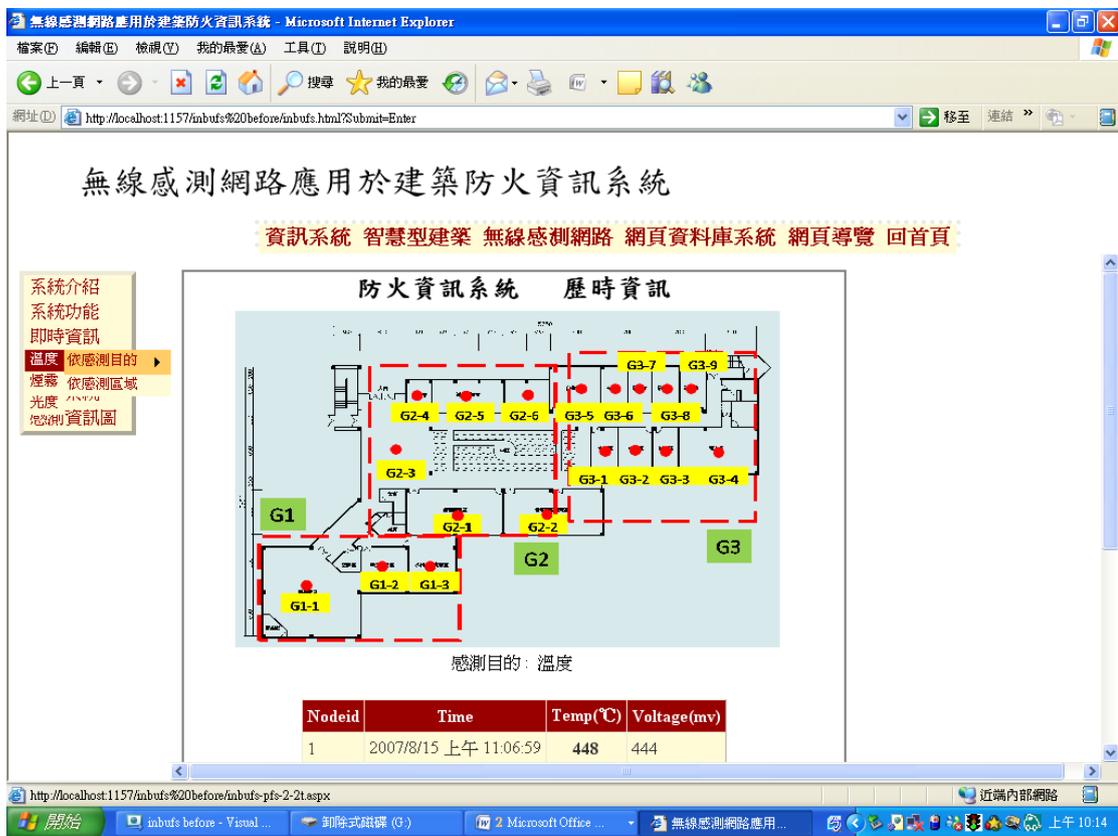


圖 4-4 依感測目的查詢—溫度

(b). 依感測區域查詢，如圖 4-5 所示：

以本系統以防火為例，當點選欲查詢之感測區後，便可查閱此感測區域之感測資訊(如：溫度、煙霧、光度、、、等)與該區域之即時感測資訊圖如圖 4-6。

無線感測網路應用於建築防火資訊系統

資訊系統 智慧型建築 無線感測網路 網頁資料庫系統 網頁導覽 回首頁

防火資訊系統 歷時資訊

感測節點查詢: G1-1 資訊圖查詢

result_time	node	temperature	smoke	light
2007/8/15 上午 11:06:59	1	448	298	238

圖 4-5 依感測區域查詢

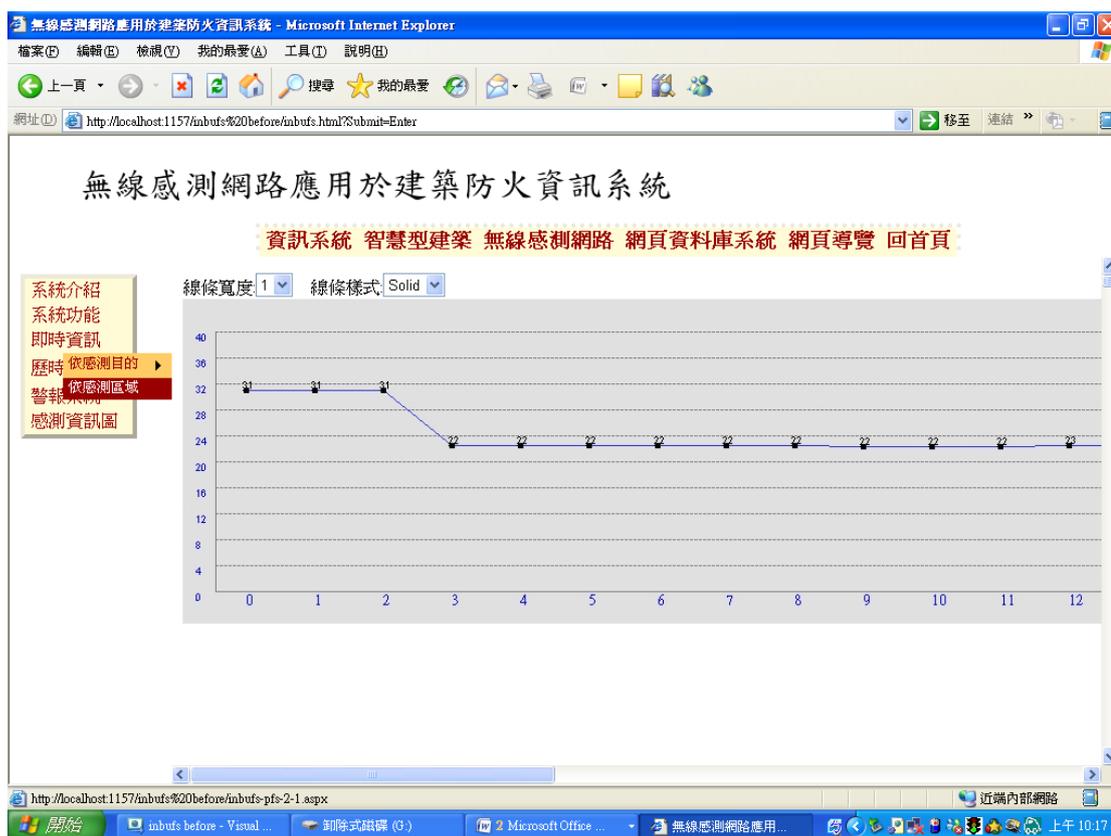


圖 4-6 依感測區域查詢即時資訊圖

(3) 警報系統之查詢介面，如圖 4-7 所示：

當火災發生時，室內之溫度、煙霧濃度與光度都會產生變化，透過佈設於室內環境之感測器可將感測訊號傳遞至電腦主機，透過系統程式之分析與判斷可以發現感測環境的變化，當環境溫度突然升高、煙霧濃度增加與光度能見度降低則系統根據經驗將會判斷是否發生火災，如判斷非火災發生則系統繼續對環境進行偵測；但若系統判斷為火災發生時，則本系統之即時資訊顯示介面將會顯示溫度、煙霧濃度與光度之感測訊號有異狀，同時跳出火災警示之視窗，當火災持續，系統將會啟動消防之主動控制，並於資訊顯示介面顯示警示、通報系統、消防之連動控制已啟動。而於系統發現火災發生時，系統即會跳出顯示火災相關資訊之資料，如：顯示火災發生之區位、警報鳴動、通報系統與消防系統主動控制之狀況與火場資訊。通報之對象如：建築物管理人、使用者、相關之關係人以及消防救災之救難人員。而消防主動控制之項目則包含：啟動排煙設備、啟動自動灑水設備、啟動滅火連動控制、啟動其他防火連動控制與關閉電器設備等。



圖 4-7 警報系統之查詢介面

(4) 偵測資訊圖之查詢介面，如圖 4-8 所示：

選擇欲查詢之起始日期與終止日期，挑選欲查詢之感測目的，按下折線繪製圖即可瀏覽到所欲查詢之偵測資訊折線圖。

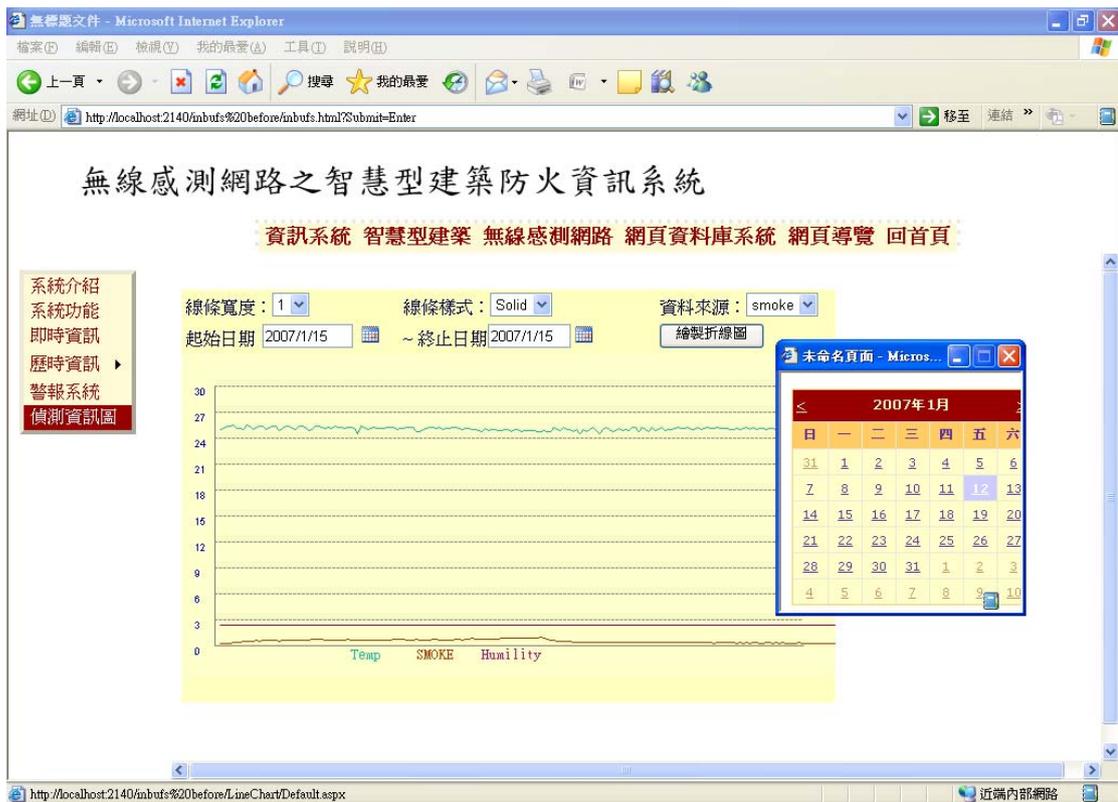


圖 4-8 偵測資訊圖之查詢介面

4.2 效益評估

透過無線感測系統與網頁資料庫的技術整合的應用，本系統成功的建立起與無線感測資訊溝通的互動式資訊平台，並達成了感測資訊e化的目的，讓使用者更方便、更容易的相關的感測資訊，從此不再苦於電腦或軟硬體設備不足的窘境，讓人機互動關係更為密切。本系統以「智慧型建築」智慧化的概念來建構系統之功能，實作防火系統的部分，已達到可顯示即時感測資訊與查詢歷時感測資訊的目標。還有以防火為目的所設計的防災警示機制，亦可以發揮提供資訊與通報、主動控制的功能。利用即時傳送訊號資料的特性讓本系統具有能掌握最快速、最即時環境狀況的能力，透過無線感測系統持續性的監測，不僅可以達到大量佈設感測器還能提升感測的靈敏度與正確性，並且可以及早發現災害的發生，掌握更精確的火場資訊以提升救災的效率。本系統透過訊號資訊的分析，能判斷火災的發生，同時於使用者網頁介面上發出即時的警示訊號，並通報或警

示相關人員，且對火場採取適當的消防主動控制，以有效的降低火災所引發的重大災情與人員損傷，以達到「智慧型建築」建立防火系統之目的。

本系統所建構的防火資訊平台，雖然仍有許多不足、系統規畫不盡周詳之處和有待改善的地方，但透過本次實作之經驗，我深深相信以無線感測網路為基礎所開發的資訊系統是具有開發之潛力與效益的，因此，吾希望日後透過本系統建立之架構與更周詳的規劃、更純熟的技術能有更智慧的發展。並希望藉由與更多感測目的整合，開發更多元化之系統服務項目，以強化本系統之功能，並達成「無線感測系統之資訊系統」的完整性與功能性的目標，使本系統可以發揮更精確與更好的效果，讓使用者生活的環境更為安全、便利與舒適，且充滿智慧。



第5章 結論與建議

建置本系統之緣起乃以提升建築物智慧化為目的，故參考「智慧型建築」設置之，並考量智慧化系統實際應用面的效益與優缺點，作為改善建築智慧化的依據。系統的初步概念是以改善建築空間中與我們息息相關的環境舒適度、防災與保全等等問題的感測與自動化機制之需求，並以此概念規劃系統所需之功能與機智，使系統達到具有感知、警示與主動控制之能力，並進一步降低人類對環境的破壞、降低災害發生或擴散的機會，以減少災害危及人員生命財產安全的機率。本論文所建置的「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」是以無線感測網路作為環境的感測系統，目的是希望建築物能達到如同人類般具有神經系統之感知能力，並對環境與災難做出靈敏且機制的反應。以防火為目的，開發以無線感測系統為基礎之防火資訊平台。開發資訊系統的目的是希望提供e化的感測資訊，使運用無線感測網路作為火災感測系統的使用者可以得到更立即與便利的監測資訊。為了增加資訊系統之功能性與使用性，本系統還建置了感測資訊的查詢功能，並以防火為目的設置火警警示、顯示火災資訊與通報之功能，使救災人員更容易掌握火災發生之狀況與資訊，以提升防火系統從發現火災到通報、救火的黃金時機。系統建置之過程，以系統開發以及擷取無線感測網路之訊號資料最為困難，故本研究已初步建構好資訊系統與感測系統之間的溝通橋梁，雖然十分粗糙與簡陋，尚不健全且不夠智慧化，但吾相信透過本研究所建構之系統雛形將有助於後續相關功能之建立。

本系統建置之最終目標乃建構一完整之「無線感測網路之資訊系統」，初期規劃系統之功能將以達到建築物智慧化之目的作為系統開發之依歸，並希望藉由本系統之開發可以提供更多、更立即的系統感測資訊。而為了強化資訊系統的功能，本研究規劃建置一個可資訊化、可查詢、可警示與主動控制之資訊平台，依據各種感測目的建立不同的系統功能，提供使用者更多與感測相關的資訊，以搭起感測系統與使用者之間的溝通橋梁，且資訊平台透過網路e化的功能將有助於提升使用者和相關人員與感測系統、資訊系統間的互動頻率，增加系統的使用性與便利性。故本研究將參考「智慧型建築」設置之目的與建議，規劃設計系統之功能。近程目標將先完成系統架構之規劃與系統開發之雛形，系統開發的初期將以建置「智慧型建築」「安全防火」指標中之防火系統為目的，規劃「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」的系統架構與系統功能的設計，並驗證「智慧型建築」、「無線感測網路」與「網頁資料庫系統」結合的可行性與效益，以作為後續系統開發或改善的借鏡。綜而言之，本研究之結論如下：

1. 以「無線感測系統」取代傳統建築自動化偵測設備，可有效地提升感測的靈敏度與準確性。
2. 本系統可及早發現火災的發生，掌握更精確的火場資訊，進而提升救災的效率。
3. 本研究已成功的建立以「無線感測系統」為基礎之資訊平台。
4. 可透過使用者網頁查詢介面，無時差、無距離的查詢感測資訊，達成開發無線感測網路之資訊平台之目的。
5. 可大幅提升「智慧型建築」監測設備與系統間管理與運作上之便利性與智慧化程度。

而針對本系統之開發，建議系統開發之中程目標為實踐「智慧型建築」中其他智慧化之指標項目，並朝「智慧型建築」系統整合之概念邁進，以整合「無線感測網路應用於建築之資訊系統」的完整性，且符合「智慧型建築」對智慧化之要求。故提出下列幾項建議：

1. 可以「智慧型建築」之「智慧建築標章」的相關規範做為系統落實的方針。項目包括：「資訊通訊」、「安全防災」、「健康舒適」、「設備節能」、「綜合佈線」、「系統整合」、「設施管理」等各項指標之細部功能，如圖 5-1 所示，以達到「智慧型建築」智慧化的系統整合之目的。
2. 同時亦可整合更多的感測目的，並建置更多的系統機制，讓資訊系統可以輔助管理與控制建築主體與環境。
3. 而遠程目標則是建議拓展「無線感測網路之資訊系統」的應用面，並落實強化系統的服務功能。初步規劃可將系統推廣至土木與建築業之相關監測行為上的應用，土木業方面可以應用於橋梁監測、結構安全等之監測行為上；而運用於建築業則可嘗試運用於廠房、百貨公司...等公共空間環境中以提升使用或居住上之安全性與智慧化。
4. 增加使用者管理權限，以提升系統管理的安全。



圖 5-1 未來展望--規劃藍圖

最後希望透過本「無線感測網路應用於建築物防火資訊系統」整體架構之建立與系統開發之雛形可以有助於提升建築物的安全性與防災的機制，並且可加快「無線感測網路之資訊系統」後續功能之建置，以具體落實無線感測網路於智慧型建築或其它監測目的上之應用，使建築之設備與系統整合更趨於完善與智慧化，同時也發揮「無線感測網路」之優點，並得到更多應用的機會。而本系統乃因尚於系統開發與建置之初期，故仍有許多設計不周詳、不成熟的地方，期盼各界人士不吝惜指正，以改善並強化本系統的功能性與使用性，使本系統更加完善、實用與充滿智慧，以滿足 e 世代的需求與期望。

參考文獻

1. 溫琇玲，「智慧型建築自動化現況調查及分析研究」，內政部建築研究所，台北(1991)。
2. 華東建築設計研究院編著，「智能建築設計技術」，同濟大學出版社，1996。
3. 溫琇玲，「智慧建築解說與評估手冊」，建築研究所，台北(2003)。
4. 趙家琪，「住宅建築智慧化的探討」，智慧型建築研討會論文集，內政部研究所，台北(1992)。
5. 溫琇玲等，「智慧型辦公大樓自動化設備使用狀況及法令研修建議」，內政部建築研究所，台北(1993)。
6. 溫琇玲，「台灣地區智慧型建築發展性之研究」，建築學報，台北(1993)。
7. 陳邁、楊逸詠、許宗熙，「智慧型建築指標基準及未來發展方向之研究」，內政部建築研究所，台北(1992)。
8. 溫琇玲等，「智慧型建築公寓大廈自動化系統設計準則之研究」，內政部建築研究所，台北(1995)。
9. 蘇良樺，「舊有辦公大樓智慧化方案之比較研究」，碩士論文，文化大學建築及都市計畫研究所，台北(2002)。
10. 余蔚莉，「建築物結構狀態之自動監測與監測資料之應用」，碩士論文，中國文化大學建築及都市計畫研究所，台北(2003)。
11. 簡立峰，「智慧型住宅、建築與人」，空間雜誌智慧型建築研討會，台北(1992)。
12. 溫琇玲，「智慧建築標章與建築物智慧化之診斷」，電機月刊智慧型大樓設備專輯，台北(2005)。
13. 建築技術規則，內政部營建署，台北(2007)。

14. 張家銘、洪慶雲，「智慧型辦公大樓智慧化設備設置成本與智慧化等級評估架構之研究」，中華民國建築學會第十二屆建築研究成果發表會論文集，台北(2000)。
15. 張家銘、洪慶雲，「智慧型辦公大樓自動化設備規劃諮詢系統之研究」，碩士論文，中國文化大學建築及都市計畫研究所，台北(2000)。
16. 溫琇玲、洪慶雲等，「建築物智慧化設計規範暨解說研訂」，內政部建築研究所，台北(2002)。
17. 曾煜棋、王友群、胡君琪，「感測網路將走入人類日常生活」，通訊雜誌第 116 期，台北(2003)。
18. 顏啟森，「無線感測網路之感測器定位系統實作」，碩士論文，中正大學工學院通訊工程研究所，台北(2005)。
19. 王力緯，「在無線感測網路中生態監測之多目標路徑追蹤」，碩士論文，大同大學資訊經營學系，台北(2005)。
20. 林子軒、洪士林、吳仁彰、黃裕清、陸翔寧、柴梅熙，「無線感測網路應用於醫院建築環境之監測」，科儀新知，p. 86-94，台北(2006/10)。
21. 鄭仰民，「一個無線感測網路中的節點密度控制機制」，碩士論文，中華大學資訊工程學系，新竹(2005)。
22. Technology 集，”Introduction to Smart Dust and Mote“，交通大學智慧塵研討會，新竹(2004)。
23. Technology 集，”TinyOS Overview and Installation“，交通大學智慧塵研討會，新竹(2004)。
24. Levis., P.，”Proceedings of the First International Conference on Embedded Networked Sensor Systems.”，(2003)。
25. 劉祥至，「防煙區劃之火災模式分析與實驗驗證之研究」，碩士論文，國立雲林科技大學機械工程系，雲林(2001)。

26. 何岫聰、詹鈞皓，「消防安全設備—警報系統」，鼎茂(消防警政) 台北(2007)。
27. 江宗嶽，「室內火警感測網路之設計與實作」，碩士論文，國立交通大學電信工程學系，新竹(2005)。
28. 蔡岳洋，「以無線感測網路實作室內安全監控以及緊急逃生導引系統」，碩士論文，國立交通大學資訊工程學系，新竹(2005)。
29. 李明儒，「應用無線感測網路提高隧道防救災機制之研究」，碩士論文，中原大學土木工程學系，中壢(2006)。
30. 周岱玲、蕭明誠，「SQL Server 2005 資料庫系統設計實務」，金禾資訊，台北(2007)。
31. 羅健豪，「資料庫」，PC Office，林文玲，p. 40，台北(2007)。
32. 王國榮，「Active Server Pages 網頁製作教本」，旗標出版股份有限公司，臺北市(2000)。
33. 陳會安、陳峰棋，「PHP 網頁設計範例教本」，學貫行銷股份有限公司，台北(2004)。
34. 葉彥志，「Dreamweaver 網頁設計教本」，學貫行銷股份有限公司，台北(2006)。
35. Kwang Hwa Elect. Material Co, L.，「HS-135 Air pollution sensor specification」，<http://www.cpu.com.tw>.
36. 黃建智，「PostgreSQL 資料庫伺服器上的索引調校工具」，碩士論文，國立中興大學資訊科學研究所，台中(2003)。
37. 石井達夫，「PostgreSQL 完全攻略」，碩博文化股份有限公司，台北(2001)。
38. 林世捷、林金微、蔡修偉編著，「Red Hat Linux 資料庫實務-使用 PostgreSQL」，文魁資訊股份有限公司，台北(2002)。
39. Xiao、H.C.H.L.J.，「Concept Architecture of PostgreSQL」
<https://styx.uwaterloo.ca/~h8chen/course/798/ConceptArch.pdf>.

40. 董大偉，「ASP.NET 2.0 深度剖析範例集」，博碩文化股份有限公司，台北(2007)。
41. Hung, T.-H.L.S.-L., “Pilot study of wireless sensor platform for existing tunnel environment monitoring.”, (2007).
42. 中國文化大學環境設計學系之智慧型建築模擬實驗室
<http://www.ibstudio.pccu.edu.tw>
43. 極致電子公司黃國書 <http://16065318.boss.com.tw/>
44. 徐愛蒂，「無線感測 讓居家空間更聰明」，Chip123 科技論壇，2007/07/15 工研院
<http://www.chip123.com/phpBB/viewthread.php?tid=8164&extra=page%3D1>
45. 火災背景知識 http://content.edu.tw/primary/society/ks_ck/new/shake/fbm.htm
46. 雷明遠，「建築內裝材料及區劃構件防火安全技術要點」，內政部建築研究所防火建材設計與應用技術研討會，台北(1998)。
47. 「台灣地區颱風預報輔助系統」http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/typhoon_eye/index.htm
48. 「行政院環保署環境資料庫系統」http://edb.epa.gov.tw/index_air.htm
49. 識方科技 <http://www.bandwavetech.com/index.html>
50. 電子工程專輯 <http://www.eettaiwan.com/>
51. 「無線感測網 (WSN) 面臨最大的挑戰是如何增進現地的應用」，Chip123 科技論壇，2007 工研院
<http://www.chip123.com/phpBB/viewthread.php?tid=6187&extra=page%3D1>