

GRB 編號：PG11102-0029

智慧防火防災科技關鍵技術 及應用規劃之研究

受委託單位：財團法人工業技術研究院
計畫主持人：王榮豪
共同計畫主持人：吳佳隆
研究員：簡仁德、吳偉民
研究期程：中華民國 111 年 1 月至 111 年 12 月
計畫經費：新臺幣壹佰壹拾萬壹仟元

內政部建築研究所業務委託計畫報告

中華民國 111 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	VII
Astract.....	XIII
第一章 緒論.....	1
第一節 緣起	1
第二節 計畫目標	3
第三節 計畫執行流程	4
第四節 工作成果與評估基準	6
第二章 國內外智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用.....	7
第一節 智慧防火防災科技定義	7
第二節 美國智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用	8
第三節 日本智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用	14
第四節 中國智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用	17
第五節 歐洲地區與香港智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用	21
第六節 國內智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用	22
第七節 建築物導入智慧防火防災科技應用架構	28
第八節 小結	31
第三章 國內外智慧防火防災科技關鍵技術應用案例說明.....	33
第一節 資訊整合消防運用	35
第二節 火災情資感知偵蒐與模擬整合	39
第三節 AI 消防機器人/無人機	41
第四節 消防戰力 AI 升級	44
第五節 消防員穿戴式生理監測及預警通知	46
第六節 廣域人員避難智慧引導系統	48
第七節 智慧型早期火災預警系統	49
第八節 耐高溫材料研發	52

第九節 小結	53
第四章 專家訪談與專家學者座談會.....	55
第一節 專家、學者與廠商訪談意見	55
第二節 3場專家學者座談會議舉辦	57
第三節 第一場專家學者座談會議討論與建議	58
第四節 第二場專家學者座談會議討論與建議	62
第五節 第三場專家學者座談會議討論與建議	63
第五章 智慧防火防災科技關鍵技術與應用發展課題與架構.....	67
第一節 研究課題規畫之目標	67
第二節 智慧防火防災科技關鍵技術與應用研究課題架構	67
第三節 研究計畫分期規劃與預期效益	72
第四節 研究計畫經費及人力需求	78
第五節 研究成果推廣落實應用方式與途徑規劃	79
第六章 結論與建議.....	81
第一節 結論	81
第二節 建議事項	82
參考文獻.....	85
附錄.....	89
附錄 一、評選審查意見與回覆.....	89
附錄 二、期中報告審查意見與回覆.....	91
附錄 三、期末報告審查意見與回覆.....	99
附錄 四、第一次專家學者座談會意見.....	105
附錄 五、第二次專家學者座談會意見.....	107
附錄 六、第三次專家學者座談會意見.....	109
附錄 七、國內防火防災科技研究現況 (106 年-111 年).....	113
附錄 八、專家、學者與廠商訪談紀錄.....	119
附錄 九、國內外智慧防火防災科技相關資料蒐集研析說明.....	127
附錄 十、四年期策略報告草案.....	131
附錄 十一、參與單位意願調查.....	157

表 次

表 1 工作成果與評估基準.....	6
表 2 美國智慧消防技術框架.....	11
表 3 各類建物所需之消防設備[41].....	23
表 4 政府中長期計畫案.....	26
表 5 106-111 年縣市政府合辦計畫案.....	26
表 6 智慧防火防災科技關鍵技術.....	34
表 7 定位與偵蒐系統以及信息共享平台行動支援效益[43].....	38
表 8 現階段火災預警系統.....	39
表 9 消防無人載具分類比較表.....	41
表 10 智慧防火防災科技關鍵技術與應用規劃之研究專家學者座談會議規劃表.....	57
表 11 國內推動建築智慧防火防災科技研究之 SWOT 分析.....	69
表 12 智慧防火防災科技相關研究課題規劃期程.....	72
表 13 災前(防災)相關研究課題及預期成果.....	74
表 14 災時(救災)相關研究課題及預期成果.....	77
表 15 災後(調查)相關研究課題及預期成果.....	78
表 16 智慧型防火防災相關研究經費及人力需求.....	79

圖次

圖 1 近年國內外重大火災事故.....	1
圖 2 本計畫工作項目與執行流程.....	4
圖 3 ProeTEX 項目研究成果[11].....	9
圖 4 Smart Emergency Response Systems[12].....	10
圖 5 智慧消防雲服務平台[15].....	18
圖 6 SureFire 系統.....	22
圖 7 建築防火系統架構[38].....	23
圖 8 5G 數位 AI 救援平台系統架構示意圖.....	25
圖 9 106-111 年 科技部學術補助以及機關自行/委託研究計畫	27
圖 10 智慧型防火防災技術動程圖[39].....	28
圖 11 智慧防火防災科技關鍵技術心智圖.....	29
圖 12 建築物導入智慧防火防災科技應用架構.....	30
圖 13 智慧防火防災科技關鍵技術關聯圖.....	31
圖 14 宜蘭縣公眾場所室內 3D 資訊服務平台[40].....	37
圖 15 採用 G 空間和 ICT 技術研究開發大型建物防火安全[43].....	38
圖 16 分時區住宅火災死亡人數 (排除縱火與自殺) (2018 年期間) [44]	40
圖 17 AiSEG2 (Home IoT) 與 住警器 (Panasonic Life Solutions Co., Ltd.).....	40
圖 18 視覺型極早期煙火偵測預警系統(VFDS).....	40
圖 19 小型無人機在室內空間利用研究[46].....	42
圖 20 力中滅火機器人[47].....	42
圖 21 紐約消防局購買了兩個 Spot 機器人，併計劃使用它們冒險進入危險情況 ...	43
圖 22 P-Flash - 閃燃預測模型[48]	45
圖 23 透過數值模擬分析，預測強風期間消防救援[49].....	45
圖 24 Smart Firefighting Jacket[50]	47
圖 25 C-THRU 超級消防帽[51]	47
圖 26 瑞德感知動態導引系統[52].....	49
圖 27 VESDA 極早期火災預警系統[53].....	50
圖 28 日本清水建設早期火災檢測 AI 系統“Fire Detection@Shimz.AI.evo”0.....	51
圖 29 工研院極早期火災預警-異常溫升智能偵測方案	51
圖 30 氣凝膠材料.....	53
圖 31 智慧防火防災科技關鍵技術及應用中長期大綱 (草擬).....	54

圖 32 建築物導入智慧防火防災科技應用架構.....	60
圖 33 災前(防災)與災後(調查)關鍵技術關連圖	70
圖 34 災時(救災)關鍵技術關連圖	71
圖 35 結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統.....	73
圖 36 機器人、建築物資訊與人工智慧在集合住宅自動化滅火與智慧避難導引系統	73
圖 37 圖資介接與火情模擬於安全救災的應用	76
圖 38 火情模擬提供現場指揮官對於安全救災戰略建議.....	76
圖 39 消防人員安全裝置與定位系統提供現場指揮官遠端監控人員與火場情況.....	76
圖 40 研究成果推廣落實應用方式與途徑.....	80

摘要

關鍵字：智慧防火防災科技、物聯網、大數據、人工智慧、機器人、關鍵技術

一、研究緣起

隨著科技技術日新月異，防火防災如何融合運用科技技術減少災損，已是國際防火防災技術未來發展重要趨勢。智慧防火防災科技係建立在以火警探測器、消防控制器，以及可燃氣體探測器等信息採集設備的基礎上，結合物聯網建置與大數據分析，並採用科技救災，以及災後分析與重建，達到智慧防火防災的效益。而隨著科學技術的發展，越來越多的新技術元素導入防火防災應用。為了達到「警報早、資訊全、配備良、損失小」，如何能及時且有效地了解火災現場資訊、消防救災裝置有效性是「智慧消防」的主要智慧體現。此外，為強化消防救災能力，提高救災資訊即時掌握效率及增進消防人員救災安全，國內消防機關近年來與民間企業合作採用無線通訊、火警監測，以及人員定位追蹤等技術，發展各式消防指揮、管制、即時影像傳輸，以及消防機器人(履帶式)等裝備器材，協助特殊場域(如鐵皮工廠)火災滅火，減少人員傷亡財物損失。雖然已有部分新科技技術的導入，但仍然有許多可以再擴展應用及精進之處。

本計畫透過蒐集國內外智慧防火防災科技關鍵技術現況與未來發展資訊，歸納整理我國發展目標、效益及可達成之實施機制與落實途徑，就以下領域，包括：(1)資訊整合消防運用；(2)火災情資感知偵蒐；(3)AI 消防機器人/無人機；(4)消防戰力 AI 升級；(5)消防員穿戴式生理監測及預警通知；(6)廣域人員避難智慧引導系統；(7)智慧型早期火災預警系統；(8)耐高溫材料研發，系統化研擬規劃出研究發展課題，做為消防救災之重要資訊平台，並與決策系統整合，望可具體落實於實際防火、救災以及災後相關應用。

本計畫之成果如下：

- (一) 完成內外智慧防火防災科技產業關鍵技術現況、應用現況以及未來發展規劃相關資料蒐集與分析；
- (二) 完成專家、學者與廠商訪談以及座談會舉辦，瞭解國內智慧防火防災科技發展與場域應用之現況，包括技術缺口、場域擴散應用，以及法規補強等領域，做為研究發展課題之基礎；
- (三) 完成系統性建構建築物導入智慧防火防災科技應用架構，以及火災各期程重要之智慧防火防災科技關鍵技術評估；
- (四) 基於研發整合(Proof of Concept, PoC)與應用場域(Proof of Service, PoS)，以及雛型產品商轉須進行驗證(Proof of Business, PoB)，草擬智慧防火防災科技關鍵技術及

應用規劃策略中長期大綱，從關鍵技術開發與精進、實驗室場域測試驗證，到實際場域測試驗證，規劃 4 年期 12 項執行課題方案，說明研究內容、預期成果、經費與研究人力需求。

二、 研究發現

計畫執行期間為 111 年 1 月 27 日至 111 年 12 月 31 日止，計畫進度與目標皆依進度目標達成 (請見第 6 頁評估基準)。而本計畫研究成果與結論如下：

(一) 研議我國智慧防火防災科技發展目標、效益及可達成之實施機制與落實途徑：

1. 國內外智慧防火防災科技因發展目的擬定策略有所不同，而關鍵技術研發與應用案例，主要分別以系統平台、分析與模擬技術、機器人/無人機，以及消防員人員安全為主要研究內容 (請閱第二、三章)；
2. 並透過與相關專家、學者以及消防業者進行訪談，瞭解智慧防火防災科技之應用可能會面臨三大問題，影響防火防災科技導入火災防控應用之困難。(第三章 第一節「專家、學者與廠商訪談意見」)；
3. 因此，台灣應朝向整合建築防火安全設計與工程技術及其應用發展，以遠端監控、信息共享，與教育訓練為執行目的，以實現遠距離的遠端監控、遠端發佈指令等操作，以便能夠針對火災現場實況進行動態跟蹤和調查等，以及實現異常情況的快速有效處理，積極主動地落實不同的防火防災任務。

(二) 舉辦專家座談會議 3 場 (請閱附錄四、五、六)。

分別於 5 月 30 日、9 月 23 日以及 11 月 14 日共舉辦 3 場專家座談會，結論如下：

1. 針對建築技術規則與各類場所消防安全設備設置標準，透過智慧防火防災科技重新定義說明；
2. 應用系統與場域驗證在災害偵蒐與救援極為關鍵，解決資訊隱私權問題，讓災情資訊共享，提高預防、減災與救災效益；
3. 相關設備研發與引進導入可行性都很高，但關鍵技術的使用訓練與決策養成是關鍵重點；
4. 除預防與救災外，應加強民眾對於火警的意識，才能有效擴散智慧防火防災科技；

5. 建議以預防部分先行執行，針對智慧型大樓與公共場所，有特定多數人使用，能夠進行簡單驗證，才有機會持續規劃案的執行。

(三) 基於研發整合與應用場域，以及雛型產品商轉驗證，規劃 4 年期智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之策略報告草案 1 份 (附錄十)。

1. 本研究計畫提出「智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃四年期策略報告草案」，依據不同火災階段個設備所需連動之機制，有系統地規劃 12 項方案，期能達成提升防火與救災安全之目標；
2. 基於落實在實際場域擴散終端應用與產品商品化流程，規劃實驗室以及實際場域測試驗證，並輔以策略與法規之研究，輔導廠商自主建立認證基準；
3. 對於防災系統之整合，規劃由大型公共建築開始再擴及民間建築物，建立防災中心防災設備，提升我國建築安全。

三、 研究建議事項

本計畫經過相關的資料蒐集整理、專家訪談，以及座談會舉辦，提出下列建議：

建議一

採用成熟火災探測技術與自動化消防設備建構新式智慧物聯網型態火災情資感知偵測系統及防火防災安全系統，進行實際場域測試並蒐集相關數據，以做為消防資訊整合與數據應用系統之使用：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所、消防署

協辦單位：各直轄市、縣(市)消防局

- 國內外物聯網型或智慧型火警探測器已開始應用在智慧消防領域，智慧物聯網(AIoT)整合型火情感知偵測系統可進行開發，透過輔導廠商自主建立規範、基準或是標準進行認證，以利擴散；
- 智慧型火警探測器輔以邊緣運算技術，使整合型(早期)火情感知偵測系統能有效發揮作用，且能自我發現探測器問題，避免發生誤警報；
- 透過物聯網與通訊技術讓使用者能重複確認火災情況，進行簡單救災或者是通知消防單位進行救災，達到早期防災與減災之效益；

- 大數據蒐集與火災資料庫建立，可提供火災發生潛勢評估、事故原因鑑定確定、安全救災應案規劃，以及確保設備效能管理使用。

建議二

透過火情偵測分析與模擬，建立火災潛勢評估以及預判火情延燒的可能情況，規劃火災預防、緊急避難以及安全救災等相關方案，並提供災後鑑定評估相關資訊：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦單位：內政部消防署

- 透過火災資料庫數據分析，評估火災潛勢區，加強火災預防工作；
- 藉由可燃物燃燒後所釋放出的能量和燃燒產物（包括煙及其它有毒氣體）、通風流動，以及熱傳、氣體溫度、煙濃度等，預判閃燃等可能發生的情況，供救災人員與建築物使用者了解火災之多變與危害性；
- 藉由火情偵測分析與模擬，規劃緊急避難與安全救災等相關應案，疏導建築物使用者快速緊急避難，以及救災人員進行隔絕輻射熱與抑制閃燃發生等處置方式，達到安全救災之目的；
- 災後透過相關感測數據分析與火情模擬，提供火災發生原因與建築物安全性評估等相關資料。

建議三

結合智慧防火防災科技技術發展，應持續就「建築技術規則」建築設計施工編第 259 條規範以及「各類場所消防安全設備設置標準」第 192-1 條相關內容加強研究，增益智慧防火防災科技之擴散使用：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦單位：內政部營建署、消防署

- 依「建築技術規則」建築設計施工編第 259 條，達 25 層或 90 公尺以上之高層建築物之防災中心應具備防災、警報、通報、滅火、消防及其他必要之監控系統設備，並具有「相關設備運動功能」、「提供動態資料功能」、「逃生引導廣播功能」、「配合系統型式提供模擬之功能」等。

- 依「各類場所消防安全設備設置標準」第 192-1 條，防災中心應設置防災監控系統綜合操作裝置，以監控或操作自動滅火、火警自動警報、緊急發電機、排煙等消防設備。
- 本研究將智慧防火防災科技初分為「建築物防火防災安全系統」、「火災情資感知偵測技術」、「資訊整合與數據應用系統技術」、「廣域人員避難引導系統/平台」，以及「消防救援系統平台」五大類技術，未來隨著智慧建築發展日益成熟，防災防火有關監控系統之智慧化技術發展，就上述法規揭櫫之設備功能，未來應持續進行相關研究，俾利智慧防火防災科技之擴散使用。

Astract

Keywords: Intelligent Fire/Disaster Protection, Internet of Things, big data, Artificial Intelligence, Robot, Key Technology

1. Research Background

With the rapid advancement of technology, the integration of fire prevention and disaster prevention technology to reduce disaster losses is an important trend in the future development of international fire prevention and disaster prevention technology. Intelligent fire prevention technology is based on information gathering equipment such as fire detectors, fire controllers and combustible gas detectors, combined with network construction and big data analysis, and the use of technology for disaster relief, as well as post-disaster analysis and reconstruction, to achieve the benefits of intelligent fire prevention. With the development of science and technology, more and more new technological elements are being introduced into fire prevention and disaster prevention applications. In order to achieve "early warning, complete information, good equipment and minimal damage", the main intelligence of "intelligent fire prevention" is how to understand the information at the fire scene and the effectiveness of fire-fighting devices in a timely and effective manner. In addition, in order to strengthen fire-fighting capabilities, improve the efficiency of real-time information and enhance the safety of fire-fighting personnel, domestic fire-fighting authorities have in recent years cooperated with private enterprises to develop various kinds of fire-fighting command, control, real-time video transmission and fire-fighting robots (tracked) and other equipment and devices to help fight fires in special areas (e.g. tin factories) by using technologies such as wireless communication, fire monitoring and personnel location tracking. To reduce casualties and damage to property. Although some of the new technologies have already been introduced, there is still much room for further expansion and refinement.

Through collecting information on the current status and future development of key technologies for intelligent fire prevention and control, this project summarizes the development objectives, benefits, and achievable implementation mechanisms and channels for implementation in Taiwan, including the following areas: (1) information integration for firefighting; (2) fire information detection; (3) AI firefighting robots/drones; (4) firefighting AI upgrade; (5) fire fighter wearable (6) Wide area personnel evacuation intelligent guidance system; (7) Intelligent early fire warning system; (8) Research and development of high temperature resistant materials, systematic research and development is planned

as an important information platform for firefighting and disaster relief, and integration with decision making system, which is expected to be implemented in actual fire prevention, disaster relief and post-disaster related applications.

The results of this project are as follows.

- (1). Completion of data collection and analysis of the current status of key technologies, applications and future development plans of the internal and external intelligent fire and disaster prevention technology industry.
- (2). To complete interviews and seminars with experts, scholars, and manufacturers to understand the current status of the development and application of intelligent fire and fire prevention technology in Taiwan, including technology gaps, field expansion and application, and the reinforcement of regulations, as a basis for research and development topics.
- (3). To complete the systematic construction of a framework for the application of intelligent fire prevention technology in buildings, as well as the evaluation of key technologies of intelligent fire prevention technology in all phases of fires.
- (4). Based on the integration of R&D (Proof of Concept, PoC) and application areas (Proof of Service, PoS), and the need to validate prototype products for commercialization (Proof of Business, PoB), draft a medium and long-term outline of the key technologies and application planning strategy for smart fire prevention technology, from key technology development and refinement, laboratory field testing and validation, to actual field testing and validation, and plan a 4-year, 12-item implementation plan. The research content, expected outcomes, funding and research manpower requirements are described.

2. Important Results

The current year's plan covers the period from 27 January 111 to 31 December 111 and progress and targets have been achieved in accordance with the progress targets (see benchmarks on page 6). The following are the findings of the study

- (1) To consider the objectives, benefits and achievable implementation mechanisms and channels for the development of intelligent fire and disaster prevention technologies in Taiwan.
 - a. To develop different strategies for the development of intelligent fire and disaster prevention technologies in China and abroad, and to develop key technologies and

applications, mainly focusing on system platforms, analysis and simulation technologies, robots/drones, and firefighter safety (please refer to Chapters 2 and 3).

- b. Interviews with experts, academics and firefighters to understand the three major problems that may be faced in the application of intelligent fire prevention and control technology, which affect the difficulties of implementing fire prevention and control technology into fire prevention and control applications. (Chapter 3, Section 1, "Interviews with Experts, Academics and Manufacturers").
- c. Therefore, Taiwan should develop towards the integration of building fire safety design and engineering technologies and their applications, with remote monitoring, information sharing, and education and training as the implementation purposes, in order to realise remote monitoring and remote issuance of commands over long distances, so as to be able to carry out dynamic tracking and investigation of the actual situation at the fire scene, as well as to realise rapid and effective handling of abnormal situations, and to proactively implement different fire prevention tasks.

(2) Three expert seminars were organised (please refer to Appendices 4, 5 and 6).

A total of three expert seminars were held on 30 May, 23 September and 14 November respectively.

- a. To redefine the technical rules of construction and the standards for the installation of fire safety equipment in various types of premises by means of intelligent fire prevention technology.
- b. Application systems and field validation are crucial in disaster detection and rescue, solving the problem of information privacy, allowing the sharing of disaster information, and improving the effectiveness of prevention, mitigation and relief.
- c. The development and introduction of relevant equipment is highly feasible, but training and decision making in the use of key technologies is a key focus.
- d. In addition to prevention and relief, public awareness of fire should be enhanced in order to effectively disseminate intelligent fire prevention technology.
- e. It is recommended that the prevention component be implemented first, and that smart buildings and public places, which are used by a specific majority of people, be able to carry out simple validation before the implementation of the plan can be sustained.

- (3) A draft report on the strategy for the planning of key technologies and applications of smart fire and disaster prevention technologies over a four-year period, based on R&D integration and application areas, and commercial validation of prototype products (Appendix X). 1.
 - a. This research project proposes a four-year draft strategy report on the key technologies and applications of smart fire prevention technology, which systematically plans 12 solutions based on the mechanisms required to link individual devices in different fire stages, with the aim of achieving the goal of enhancing fire prevention and disaster relief safety.
 - b. To plan laboratory and field testing and validation based on the implementation of the process of spreading end-use and product commercialisation in the real world, supplemented by the study of strategies and regulations, and to provide guidance to manufacturers in establishing their own validation benchmarks.
 - c. To integrate disaster prevention systems, starting with large public buildings and then extending to private buildings, to establish disaster prevention centres and equipment to enhance building safety in China.

3. Recommendations

The following recommendations have been made as a result of the data collection, interviews with experts and seminars held for this project.

- (1) Using mature fire detection technology and automated firefighting equipment to construct a new type of intelligent Internet of Things (IoT) type fire information sensing detection system and fire prevention and safety system, to conduct actual field tests and collect relevant data for the use of firefighting information integration and data application system: medium and long-term proposal.

Major Initiator: Architecture and Building Research Institute, National Fire Agency

Associate Initiator: Fire Bureaus/Departments of Municipality/City/County Governments

- a. Based on the advanced information and communication technology in Taiwan, integrated fire detection devices can be developed and certified by guiding manufacturers to establish norms, benchmarks or standards on their own to facilitate their diffusion.

- b. Intelligent fire detectors complemented by edge computing technology to enable integrated (early) fire awareness detectors to function effectively and self-detect detectors to avoid false alarms.
 - c. Through the Internet of Things and communications technology, users can repeatedly confirm fire conditions and carry out simple fire-fighting or notify fire-fighting units to achieve early disaster prevention and mitigation benefits.
 - d. The collection of big data and the establishment of a fire database can provide an assessment of fire potential, identification of the cause of the incident, planning for safe disaster response, and ensuring the efficient management of equipment use.
- (2) To re-interpret the regulations in accordance with Article 259 of the Building Design and Construction Division of the Building Technology Regulations and Article 192-1 of the Standard for the Installation of Fire Safety Equipment in Various Types of Premises through the use of advanced intelligent fire and disaster prevention technology, in order to facilitate the expansion of the use of intelligent fire and disaster prevention technology: medium and long-term recommendations

Major Initiator: Architecture and Building Research Institute

Associate Initiator: National Fire Agency

- a. Through literature collection, expert interviews, and symposium recommendations, we have initially divided our smart fire prevention technology into five categories: "Building Fire Prevention and Safety System", "Fire Information Sensing and Detection Technology", "Information Integration and Data Application System Technology", "Wide Area Personnel Evacuation Guidance System/Platform", and "Fire Rescue System Platform".
- b. Through the advancement of key technologies and the analysis of regulations, the regulations will be recapitulated to facilitate the establishment of various types of building disaster prevention centres, improve the technological framework of intelligent fire prevention and disaster control in Taiwan, and facilitate the expansion of its use.

- (3) Through fire detection analysis and simulation, establish fire potential assessment and prediction of possible fire prolongation, plan fire prevention, emergency evacuation and safety response, and provide information on post-disaster assessment: medium and long-term recommendations

Major Initiator: Architecture and Building Research Institute

Associate Initiator: Construction and Planning Agency, National Fire Agency

- a. Assessing fire potential areas through analysis of fire database data to enhance fire prevention efforts.
- b. To predict the possible occurrence of flash fires by using the energy and combustion products (including smoke and other toxic gases) released from combustible materials, ventilation flow, heat transfer and gas temperature, smoke concentration, etc., so that rescuers and the public can understand the variability and hazards of fires.
- c. Through fire detection and analysis and simulation, emergency evacuation and safe disaster response plans are planned, and people are guided to take quick emergency evacuation, as well as to isolate radiant heat and suppress the occurrence of flash fires to achieve the purpose of safe disaster response.
- d. Post-disaster analysis of sensory data and fire simulation will provide information on the causes of fire and building safety assessment.

第一章 緒論

第一節 緣起

鑑於近來國內外建築火災仍頻，如 106 年 6 月 14 日英國倫敦公寓大樓(格蘭菲塔)大火造成 71 人死；107 年 4 月 28 日桃園市平鎮區敬鵬工廠火災，造成包含 6 位消防人員共 8 人死亡；109 年 4 月 26 日台北市林森北路錢櫃 KTV 大火造成 6 人死亡；110 年 10 月 14 日高雄市城中城大樓大火造成 46 死 41 傷；111 年 1 月 9 日美國紐約布朗克斯區公寓大火則是 19 死 63 傷；111 年 3 月 10 日桃園市蘆竹區美福倉儲大火，則是延燒超過 3 週，造成嚴重的財物損失。其中英國倫敦公寓大樓大火調查報告指出消防設施「不合規定」，尤其是採用易燃建材的兩屏外牆，以及失當的火災救援指示這 2 項致命的關鍵因素，吞噬了大樓住戶死裡逃生的黃金時間。美國紐約布朗克斯區公寓大火則是發現大樓濃煙警報與火災偵測系統，雖然都「正常運作」，但時常會因為住戶生活習慣或系統故障而發出「誤報火警」，因此造成中高樓層的住戶對火災警鈴聲習以為常，沒有即刻動作，直到濃煙竄到家裡為止，此外，可疑起火點的住家大門是開啟、沒有關閉的，造成火煙快速擴散，也可能是導致火煙失控釀禍的主要原因。高雄市城中城大樓肇事原因主要在於安全防火門和部份廢棄電梯門遭拆除，造成濃煙急速向上延燒形成煙囪效應，因此傷亡者多集中在 7 樓以上。綜觀上述火災肇事原因，在於防火設計、火警警報與消防設備無法起到防火救災之功效。



圖 1 近年國內外重大火災事故

近年來，隨着城市城鎮化建設的快速發展，消防安全面臨的形勢日趨嚴峻。火災隱患總量呈逐年增長趨勢，傳統與非傳統消防安全因素相互交織、相互滲透，維護火災形勢的風險和壓力不斷增加，人民羣衆對包括消防工作在內的社會管理創新和服務優化提出了更高的期盼和要求。而社會公共消防基礎力量薄弱、監管對象衆多且複雜，給消防工作帶來巨大壓力。依據內政部消防署 109 年度全國火災統計分析，獨立與集合住宅火災發生次數各占約 4 成左右。108 年火災財物損失達新臺幣 14 億 4,220 萬 5,000 元，109 年火災財物損失雖然降低，但仍達到新臺幣 6 億 4,071 萬 8,000 元 (減少 55.6%)。近年因民眾的防火防災意識增加跟消防設備提昇，但人員傷亡跟財物損失仍無法避免，與此同時，科技不斷地進步，技術硬件條件逐漸發展完善、產業規模快速壯大，更重要的是國家政策的有力支持，防火防災如何融合運用科技技術減少災損，已是國際防火防災技術未來發展重要趨勢。

一般研究與分析報告認為智慧防火防災科技是借助物聯網、雲端運計算、大數據等新一代技術，立足於消防的職能需求，從獲取的資訊中分析研判，以實現防火防災安全智慧評估，和滅火救援智能決策。但智慧防火防災科技應建立在以火警探測器、消防控制器，以及可燃氣體探測器等信息採集設備的基礎上，結合物聯網建置與大數據分析，並採用科技救災，以及災後分析與重建，達到智慧防火防災的效益。而隨著科學技術的發展，越來越多的新技術元素導入防火防災應用。為了達到「警報早、資訊全、配備良、損失小」，如何能及時且有效地了解火災現場資訊、消防救災裝置有效性是「智慧防火防災」的主要智慧體現。此外，為強化消防救災能力，提高救災資訊即時掌握效率及增進消防人員救災安全，國內消防機關近來與民間企業合作採用無線通訊、火警監測，以及人員定位追蹤等技術，發展各式消防指揮、管制、即時影像傳輸，以及消防機器人(履帶式)等裝備器材，協助特殊場域(如鐵皮工廠)火災滅火，減少人員傷亡財物損失。

但我國消防救災在執行勤務上，仍因為資訊不對等造成火場安全與事故原因疑慮的情況，對於消防人員一直是無法跨越的門檻。反觀國內資訊科技產業發達，近年雷射雷達(LiDAR)、第五代行動通訊技術(5G)、智慧物聯網(AIoT)、人工智慧(機器學習或深度學習)，以及擴增實境(AR)/虛擬實境(VR)/混合實境(MR)等技術在醫療健康照顧、交通設施規劃管控、智慧物流及智慧建築等領域之應用都有相當程度進展，但對於智慧防火防災科技之應用卻仍顯不足。隨著科學技術的發展，應有越來越多的新科技技術的導入應用在智慧防災防火領域。

因此期許在早期探知、避難監控、快速有效救援，以及災後事故正確鑑定與精確重建等方面，規劃一套運用人工智慧技術並有助於消防救災應用之系統，整合終端設備(如早期偵測預警系統、無人偵搜與救災載具等)連結與物聯網平台，達成即時性的資訊探知，完成數據監控與分析，並於必要時給予使用者警示，有效提升環境監控安全成效，包括：

- 一、結合建築物空間定位與環境監控技術、人工智慧演算法以及雲端系統資訊統合，強化系統運作效能，給予早期預警、即時性的避難導引、快速有效的救災行動，以及災後事故鑑定與精確重建提供準確穩定的支援與應用；
- 二、將感測器部分之數值紀錄儲存至資料庫，後續提供數據研析與探討；
- 三、透過人工智慧分析判讀事件發生情形，提供分析結果，給予使用者做為避難逃生甚至是救援行動的重要依據，也可提供在不同地區、建材、樓層、起火範圍之情況下，分析各類型無人載具對於各場域之搜查與救援能力，進行合適之無人載具機器人輔助運用。
- 四、採用穿戴式裝置，隨時監控消防人員身理狀況，透過聲、光、電等方式以提醒消防人員的安全狀態，避免消防人員的傷亡。

第二節 計畫目標

依據「國家科學技術發展計畫（民國 110 年至 113 年）」[1]，其策略與重要措施「目標四：升級智慧生活，實現安心社會」項下「三、建造安居家園」，於「策略一、完善調適精進災害預警」中項「3.完備智慧災防系統與科技」，即於「(1) 發展智慧防火科技」項揭示發展智慧防火災科技發展方向及應用功能：

- 一、應用環境多重監測大數據分析可提前正確預警及火點定位，防患火災於未然；
- 二、應用多元資通訊技術提供正確快速且穩定的預報及報警功能；
- 三、可精確判識起火物及位置，即時啟動智慧滅火及煙控系統；
- 四、應用智慧推播及導引系統即時提供避難人員安全順暢路徑資訊；
- 五、整合消防救災指揮系統，即時提供室內火場動態資訊供指揮人員參考；
- 六、可提供救災人員定位，並運用機器人協助救災，以確保消防人員安全；
- 七、應用人工智能系統協助火災後建築物結構安全診斷，判識受損程度及範圍，提供修復或補強參考。

本「智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究」將參酌上述國家科學技術發展計畫之內涵與防災領域之需求，目的如下：

- 一、透過偵測感知智慧物聯網，結合大數據資訊整合與 AI 人工智慧技術，以及無人載具等技術應用，促進我國防火防災科技與技術之精進，增進防火防災量能

二、提升國人生命安全保障，有進一步研究的急迫性與重要性。

期達成目標包括：

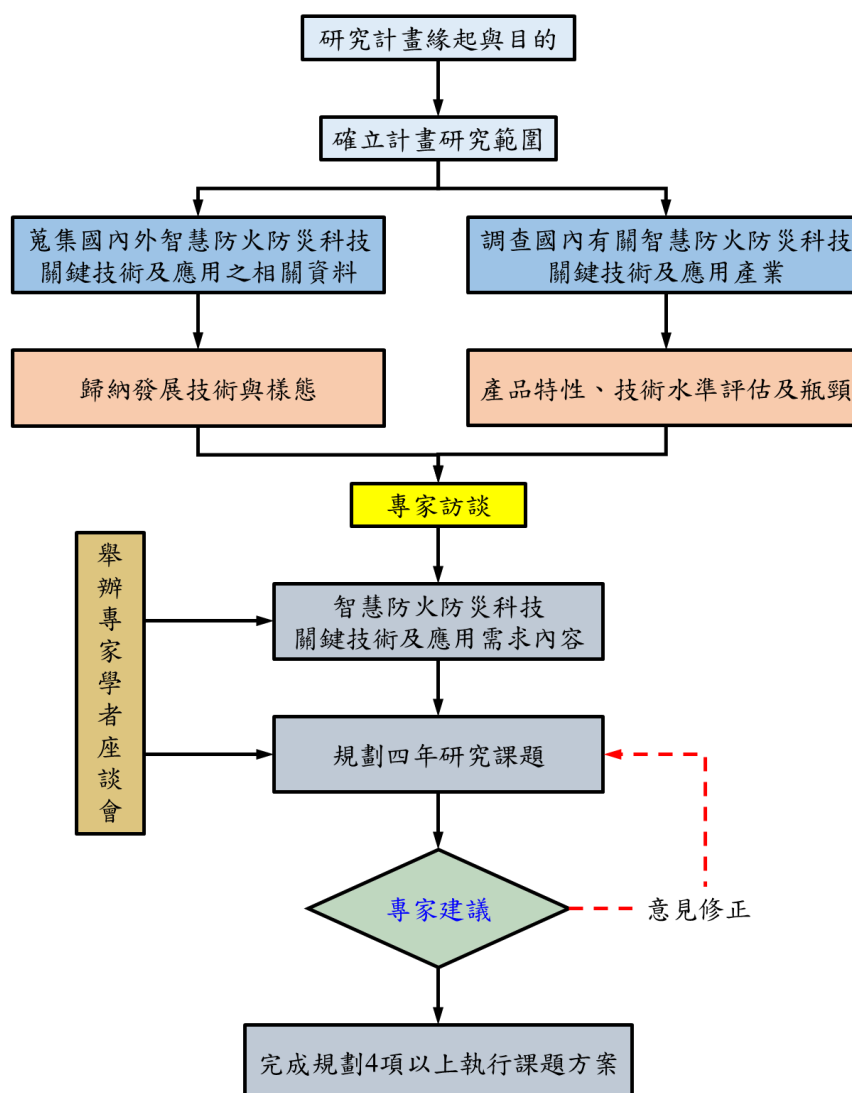
一、研議我國智慧防火防災科技發展目標、效益及可達成之實施機制與落實途徑。

二、舉辦專家座談會議 3 場。

三、基於研發整合與應用場域，以及雛型產品商轉驗證，規劃智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之策略報告草案 1 份。

第三節 計畫執行流程

根據前節計畫緣起與背景闡述，以及計畫目標說明，本計畫團隊就各工作項目規劃執行流程如圖 2 所示：



資料來源：本計畫整理

圖 2 本計畫工作項目與執行流程

本研究計畫主要在進行智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃，包含建築之智慧防火防災科技關鍵技術與應用，以及應用性能驗證與評估工具，落實於智慧防火防災科技。因此採用以下的研究方法：

一、相關文獻資料分析法：

資料分析法乃蒐集國內外與本計畫主題相關之文獻資料，並分析其與本計畫之相關性，以定義本計畫相關關鍵名辭與用語、確認本計畫之範圍(避免重複他人已完成之工作)、提供所需之工具與領域知識。擬回顧之文獻，包括智慧型建築之發展、國內外 ICT 技術之發展、國內外智慧消防系統平台與技術之經驗、國內外智慧防火防災科技之發展等文獻。

二、專家深度訪談法：

本計畫邀集專家進行深度訪談，先針對國內智慧防火防災科技技術與應用之業者，運用深度訪談掌握產業規模、產品特性、技術水準、產值評估及瓶頸之產業調查；另外，對於國內熟稔智慧防火防災科技技術研究之學者專家，透過訪談了解應用智慧防火防災科技技術之驗證分析情境與可能課題。

三、學者專家座談法：

透過學者專家會議，議題討論方式，規劃整合應用課題。

本計畫先透過蒐集國內外智慧防火防災科技關鍵技術現況與未來發展資訊，歸納整理我國發展目標、效益及可達成之實施機制與落實途徑，進行智慧防火防災科技關鍵技術與應用之執行規劃。

研究內容如下：

- (一) 蒐集國際智慧防火防災科技關鍵技術現況與未來發展資訊，研議我國發展目標、效益及可達成之實施機制與落實途徑。
- (二) 進行以下領域之研發項目規劃：(1)資訊整合消防運用；(2)火災情資感知偵蒐；(3)AI 消防機器人/無人機；(4)消防戰力 AI 升級；(5)消防員穿戴式生理監測及預警通知；(6)廣域人員避難智慧引導系統；(7)智慧型早期火災預警系統；(8)耐高溫材料研發。
- (三) 智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃策略研究：基於研發整合與應用場域，以及離型產品商轉須進行驗證，規劃中長期大綱與研究計畫。
- (四) 專家意見蒐集彙整及舉辦專家座談會。

第四節 工作成果與評估基準

表 1 工作成果與評估基準

1. 提交期中、末報告各 30 冊，並配合建研所辦理之期中、末審查作業。 2. 提交符合驗收標準，完成智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究成果報告 30 冊及 2 份電子檔光碟。			
計畫	工作項目	成果驗收標準	成果交付項目
智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究	1. 國內外智慧防火防災科技相關資料蒐集與研析	■ 完成國內外智慧防火防災科技相關資料蒐集研析與專家訪談，並提出研析說明 1 式 (3 月)	執行進度： ■ 完成國內外智慧防火防災科技相關資料蒐集研析與專家訪談，並提出研析說明 1 式 ■ 符合目標與進度。(詳見內文第 7-57 頁，以及附錄七-九)
	2. 研發項目研議與規劃	■ 完成項目研議與規劃 ■ 初步規劃 (5 月) ■ 規劃修正 (8 月) ■ 規劃確認 (9 月)	執行進度： ■ 完成項目研議與初步規劃 ■ 符合目標與進度。(詳見內文第 28-31、53-54、67-80 頁)
	3. 專家學者座談會舉辦	■ 完成第一次專家學者座談會議召開 (5 月) ■ 完成第二次專家學者座談會議召開 (9 月) ■ 完成第三次專家學者座談會議召開 (11 月)	執行進度： ■ 完成三次專家學者座談會議召開 ■ 符合目標與進度。(詳見內文第 57-66 頁，以及附錄四-六)
	4. 研究計畫與成果推廣途徑規劃	■ 完成研究項目未來發展藍圖與規劃策略，並提出規劃策略草案 1 式 (10 月)	執行進度： ■ 完成研究項目未來發展藍圖與規劃策略草擬 ■ 符合目標與進度。(詳見內文第 28-31、53-54、67-80 頁，以及附錄十-十一)

第二章 國內外智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用

所謂的智慧防火防災科技，其重點在於“智慧”二字，簡單來說就是利用現代創新的物聯網技術、雲端計算技術、大資料技術和通訊技術，促使消防管理工作品質得到提升，從而實現全方位、多角度感知和分析一切的消防安全資訊，包含火災隱患資訊、消防系統的運行狀態等。另外，智慧防火防災還可以依據現行的安全消防規定進行程式的預設，在 3D 技術和繪圖軟體的說明之下，能夠將建築空間結構和消防設施的佈局等資訊資料呈現出來，從而智慧化生成適用性比較強的消防救援方案。

依據近年以來應用的智慧防火防災大資料平臺不難看出，在現代功能多樣化的智慧終端機設備的說明之下，可以依據不同的需求作出回應，同時這些設備能夠實現遠端監控工作，一旦出現火災安全隱患，及時提供視覺化的警報資料。同時針對消防通道進行監控，保障社會大眾的人身安全。此外，智慧消防還可以自動識別不同崗位工作人員是否到位，其中各種新媒體平臺還能夠進行新時期消防安全知識的宣傳，進而提升社會大眾的消防安全意識，這是高品質消防工作的重要前提之一。即便出現不同的火災事故，智慧消防也支援安全疏通路徑的生成、消防安全資訊的提供和資料的自動化查詢等，對於實際的火災消防工作能夠提供很大的便利。

第一節 智慧防火防災科技定義

2009 年 IBM 正式公佈「智慧城市」的理念後，世界各國都以其為突破口，不斷發展突破資訊技術，加快推進「智慧城市」的規劃建設，並推動眾多領域向智慧化轉變[2]。而消防作為城市公共安全的一部分，在智慧城市建設發展的熱潮中，也必須適應形勢，實現消防資訊化、智慧化。由此，「智慧消防」應運而生，如何更好地將資訊技術，應用於消防領域，進而實現滅火救援和火災防控智慧化，是當前消防部門和公共安全領域專家學者，研究的熱點問題。當前“智慧消防”仍是一個理念，國家在法律層面上還沒有明確“智慧消防”的具體定義和標準[3]，各專家學者對智慧消防的定義也不同。傅永財認為智慧消防是借助物聯網、雲計算、大資料等新一代技術，立足於消防的職能需求，從獲取的資訊中分析研判，以實現防火安全智慧評估和滅火救援智慧決策[4]；丁祥郭對數字消防和智慧消防做了比較，他認為前者重點在於資訊的採集與傳輸，後者更注重是資訊的綜合分析和輔助決策等[5]；金輝從知識創新應用的角度指出，智慧消防不單是物聯網、大資料等資訊技術的應用，更重要的是通過知識理論的創新應用，推進消防事業創新的一種方法[6]。究其實質，智慧消防就

是綜合運用各種先進的資訊化技術，採集、傳輸、挖掘、分析海量的消防資料，實現消防管理服務和滅火救援智慧化。

而智慧消防的特徵包括以下三點：

一、 資訊全面感知：

智慧消防建設的基礎是建立集中式消防大資料網路，利用各類智慧感測器、地理資訊系統和各種智慧終端機設備，獲取各類消防資訊，實現對城市各區域消防資料的即時感知和處理，進而實現全域化監測和全時空管理。

二、 系統互聯共用：

智慧消防不能只靠感知，還需要實現資訊系統的互聯互通。運用物聯網和雲計算平臺對消防多源異構資料進行整合，同時要打破相關部門的資訊資源保護壁壘，形成統一的資源體系，搭建成智慧消防的資訊基礎平臺，實現資訊共用。

三、 服務智慧可靠：

智慧消防能夠匯總所感知到的海量資料，但真正體現出“智慧”的是對海量資訊進行不同深度處理、分析和挖掘的能力，根據不同部門和使用者的需求，提供不同層次的智慧化服務。

以下就針對國內外智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用進行說明：

第二節 美國智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用

美國對於智慧防火防災科技的研究源於資訊物理系統 (cyber physical system, CPS) 的發展和應用。由於被認為可能成為新的經濟引擎，資訊物理系統在美國得到了有力的研究與推廣，並應用於社會各行各業，如“智慧城市”、“智慧建築”、“智慧交通”、“智慧消防”等。

2012 年，美國標準技術研究院 (National Institute of Standards and Technology, NIST) 發起名為“智慧消防 (Smart Fire Fighting)”的研究專案，開始了對智慧消防的研究。其目標是通過開展對測量科學的研究，使建築、設備、個人保護裝備及機器人中的資訊物理系統得以融合，達到提升態勢感知、操作效能及消防員個人安全的目的。研究包括三項任務：智慧建築技術與機器人、智慧消防員裝備與機器人、智慧滅火儀器與設備。該項目主要成果是作為智慧城市一部分而建設的智慧消防試驗平臺，該平臺將用於消防用資訊物理系統的開發[7]。

2013 年美國標準技術研究院資助美國消防研究基金會開展了對美國智慧消防研究路線圖的研究。該研究的目標是制定美國智慧消防研究的路線圖，確立在美國實現智慧消防所需的科技基礎。同時該路線圖還明確了將智慧防火防災技術及系統應用於消防隊所存在的研究困難、技術障礙及發展差距。該專案研究報告《美國智慧消防發展路線圖總結報告》(research roadmap for smart fire fighting summary report) 已於 2014 年正式完成並發佈。研究期間，美國消防研究基金會舉辦了兩次相關學術會議，分別是 2014 年在美國維吉尼亞州召開的“智慧消防：大數據和消防的聯合”研討會，及 2015 年在加利福尼亞州召開的“智慧住宅峰會”。目前，智慧消防已被美國消防研究基金會列為未來五年的研究重點，將持續開展相關研究[8] [9] [10]。

消防員智慧防護服 ProeTEX 專案於 2006 年開始，2010 年結束，集合了歐洲 8 個國家 23 個機構的力量，專門開發應急災害人員用及受傷人員用的可穿戴織物系統，成果包括：帶有心率傳感器、呼吸感測器和溫度感測器的 T 恤，如圖 3(a)；帶有溫度感測器、檢測活動的加速計，資料處理單元 (個人電子盒子)，通訊用織物天線，柔性電池，聲、光警報的外套，如圖 3(b)；帶有氣體傳感器的靴子，如圖 3(c) 與 (d)[11]。



圖 3 ProeTEX 項目研究成果[11]

智慧應急回應系統 (smart emergency response system, SERS) 的原型是在美國政府舉辦的“智慧美國挑戰賽 2013-2014”中出現的一項成果。該系統由 MathWorks 公司領導的團隊創建開發，並於 2014 年 6 月在白宮被重點介紹。系統主要功能是在災難發生時為倖存者和急救人員提供資訊，用以定位和相互協助 (如)。SERS 系統允許用戶向一個基於 MATLAB 的任務中心提交幫助請求，該任務中心連接首批回應人員、應用程式、搜索和救援犬、一個人形機器人、機器人、無人機、自動駕駛飛機和地面車輛。指揮和控制中心優化現有資源，服務於每一個進入的請求，並為任務生成一個行動計畫。其中 WiFi 網路由配備有天線的無人機在飛行中創建。此外，為了能夠對大規模作業進行觀察，系統還採用 Simulink 對自動駕駛旋翼機、飛機和地面車輛進行了模擬，並且在三維環境 (例如 Google Earth) 中實現了可視化。MathWorks 公司計畫將該系統用於嵌入式系統的開發[12]。



圖 4 Smart Emergency Response Systems[12]

根據美國智慧消防研究規劃[13]，智慧消防的實現需要三個階段技術的提升與融合作為支援：

- 一、資料收集；
- 二、資料處理；
- 三、資料使用。

其中，資料收集階段應實現對社區基礎資訊、建築物人員資訊、建築物資訊、消防員及其所用工具資訊的全面準確獲取，且保證資料資源的可交互操作。資料處理階段需要對來源資訊進行編譯處理和整合，將其轉化為可用於行動的知識，同時隨著事件的發展及時更新，實現對事件態勢的即時預測。資料使用階段，應基於分析和預測，向相關社區、消防部門、事故指揮員和消防員傳送結果，提供有針對性的決策。在基本框架的基礎之上，智慧消防還可劃分為 11 個研究領域並各自針對一定的研究範圍，即現階段美國智慧消防的技術框架，其具體內容總結如表 2 所示。

表 2 美國智慧消防技術框架

資料來源：本計畫整理

基本框架	研究領域	研究範圍	
通信 (資料收集)	通信技術與傳輸方法	即基於通信技術和傳輸方法的資料獲取，包括消防員隨身攜帶的無線個域網小組點對點通信、火場指揮網路以及轄區間通信	
	感測器	個人防護裝備PPE	即消防員隨身電子安全設備ESE的傳感技術，包括但不限於環境監測、生理監測、感官支援、追蹤/定位和電子織物
		移動式	移動消防傳感技術，包括移動設備(非消防員攜帶)、陸地車輛、空中飛機與水上船隻、機器人、無人機/衛星
		固定式	涉及定點技術的感測通訊技術，包括建築內感測器、人員及普通群眾攜帶的感測器、公共和公用事業基礎設施中的通訊系統、室外感測器
	資料收集	利用現有資料庫的資訊收集及資料庫的未來發展趨勢	
計算 (資料處理)	軟體/硬體	即硬體和軟體的資料計算問題，包括與相容性、集成和互通性	
	即時資料分析	包括即時資料分析技術(如資料採擷和大資料應用)，以及基於知識的消防員決策和分析(如建模、逆向建模/資料通話、演算法和資料庫分析)	
目標決策 (資料使用)	消防隊數據端應用	事件前、事件後	用於事件前後的消防隊資料使用者使用的應用程式，可包括檢查人員、執法人員、前期規劃、培訓和教育以及火災調查用應用程式
		事故過程中	用於火場上和時間過程中的消防隊資料使用者應用程式，包括建築物、交通系統、林地和特殊應用(接近度、技術救援、危險品等)應用程式
	非消防員資料使用者應用		除消防員以外的資料使用者應用程式，如呼叫處理中心與應急聯絡點、一級和二級應急接收方(醫院、醫療檢查人員、環境清理方、財產搶救人員、保險公司)、普通群眾與建築內人員、政府管理部門
	使用者介面傳遞方式		使用者介面傳遞方式，包括但不限於手持設備、抬頭顯示、現實增強設備等

而各技術領域重點工作如下：

一、通信技術和傳輸方法：

(一) 對傳統通信基礎設施的評價，明確傳統通信基礎設施是否適用於火場；

(二) 整體的互通性，尤其是單一系統的互操作性。

二、個人防護裝備（PPE）感測器：

(一) 環境感測器技術；

(二) 系統化的 PPE 感測器，尤其是資料記錄、通信和運行協定；

- (三) 感測器的互通性、易用性和可維護性，以及成本幾個因素將對 PPE 傳感器在消防環境中的應用有較大影響。

三、移動感測器：

- (一) 制定針對可攜式資料設備及其資料的標準，提高事件指揮水準；
- (二) 可靠的射頻和移動網路技術與可攜式裝置的集成；
- (三) 自主/群集無人機/機器人的開發。

四、固定感測器：

- (一) 全面推行建築資訊模型 BIM 框架，為固定感測器網路的形成創造條件；
- (二) 應急通信協定，在消防隊和固定感測器網路之間建立具有隱私性、安全性、可靠的、無縫的應急協議；
- (三) 人體感應技術，將重要的人體感應技術無縫同步到建築內人員的日常生活中。

五、資料收集：

- (一) 開展研究工作，將回應資料集的具體要素納入雲端；
- (二) 對圖形介面系統（GIS）工具的研究。

六、軟體/硬體領域：

- (一) 對於任何給定的系統，其子系統和元件應具有完全的互通性及良好的功能預期，必須具備完全的可擴展性，確認具有硬體和軟體的正常功能；
- (二) 模擬虛擬世界的模擬不僅可用于應急救援人員的教育和培訓，還可用於面向社會開展現場作業和類似的關鍵活動的教育；
- (三) 對於支援智慧消防的概念及技術的商業模式必須加以明確並推廣。

七、即時資料分析：

- (一) 將有效的資料分析模型在美國三大城市部署和全球部署；
- (二) 將基於數據的環境感測器性能化標準及規範在一個美國主要城市部署，以及在全球重要城市部署。

八、消防隊資料使用者應用（事件前和事件後）：

- (一) 現有資料庫的數位化，將連接到通用資料庫格式的硬拷貝資料進行數位化；
- (二) 資料庫適應，利用工具將資料重新格式化成資訊和知識的形式；
- (三) 資料格式標準化。

九、消防隊資料使用者應用（事件程序中）：

- (一) 設備、網路和通信的可靠性與穩定性；
- (二) 運行的安全性，即終端至終端運行的信心 and 安全性，包括硬體及系統的環境保護，及來自於感測器資訊的可信度；
- (三) 態勢感知系統，包括降低工作飽和度，基於可用條件動態地對基礎設施和分析進行無縫整合，設計易於操作的介面、儀錶盤及手機應用程式。

十、非消防員資料使用者應用程式：

- (一) 資料介面的應急入口，在緊急事件中，消防員及公民通過該入口可獲取建築相關資料；
- (二) 公民介面，應易使用，人性化，應激情況下能保持可用，提供關鍵信息；
- (三) 交通路線與標識，應為能夠根據應急情況靈活可變的數位識別碼。

十一、使用者介面傳遞方式：

- (一) 將以人為本的設計作為貫穿技術開發過程中不可分割部分加以實施；
- (二) 利用系統整體觀，而不是從一個單獨元件的視角，以便更好地解決互通性和集成問題；
- (三) 建立廣泛的可用性和測試試驗，以便隨時間的推移反復涵蓋每一個物件系統。

美國智慧消防的發展得益於資訊物理系統的應用與發展，在政府的大力支持下開展了初步的探索與研究，制定出綜合了技術研究、標準化及商業應用的多角度智慧消防發展路線。但智慧消防涉及的技術廣泛，綜合性強，各領域發展水準參差不齊，現實技術與智慧消防需求之間仍存在大量空白，需通過標準化，相關技術的研究推動其發展與應用。

第三節 日本智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用

日本消防是以與當地社會緊密聯繫的地方自治體消防成立，從科學技術方面適當應對以老齡化和人口減少為代表的社會結構的重大變化、能源狀況的變化等圍繞消防的變化和問題。因此日本消防局製定了《消防與防災科技進步戰略規劃》作為研發的中期總體規劃，大約每五年修訂一次。綜上所述，在 2018 年 3 月修訂的《2018 年消防與防災科技進步戰略規劃》中，除了應對自然災害風險增加和社會脆弱性增加外，主要重點還是推動研究成果的實施。

關於智慧城市中超老齡化社會的防火和安全措施推動，日本消防廳按照時間序列分為三個階段進行組織[14]，以使表達更容易理解。這三個階段分別為：既有建物持續防火和安全措施、智慧建築防火和安全措施，以及智慧城市消防安全措施：

一、既有建物持續防火和安全措施

日本消防廳努力採取多項防火和安全措施，包括針對老年人的防火措施，是智慧城市所需要，因此需要積極繼續進行。

(一) 積極延續常規住宅防火措施

自 2010 年以來強制在現有房屋中安裝住宅用火災警報器，死亡率進一步下降的趨勢。因此推動住宅火災報警器的安裝、住宅滅火器的普及與使用培訓、防火產品的普及、防火理念的普及與啟發以及消防人員上門及防火指導的防火防災診斷等。超老齡化社會將成為智慧城市，在這種情況下，應該積極延續目前已經實施的住宅防火措施。

(二) 開展針對老年群體的住宅防火相關活動

住宅防火措施中，隨之而來的房屋裝修，其共同點是需要準備期和成本負擔。除了目前高齡的一代，即將高齡的 40-50 歲（預備高齡）這一代人，到了高齡後，將意識到自己居住的房屋消防安全措施問題，相關活動發展被視為安全預投資公共關係。

(三) 加強與當地社區合作負責支援

與鎮議會、自治會等合作，例如建立社區支持系統，在發生災害時協助難以單獨避難的老年人或殘疾人等需要特別照顧的人進行避難，並引入住房防災措施設備，以及推動防火防災指導工作。此外，充分利用東京消防廳和 SNS 的官方申請，努力使向不屬於居委會、自治會等的居民的防火和防災指導推廣渠道多樣化。

(四) 加強政府機構間的合作

隨著向智慧城市的轉變，通過改進通信技術與改善通信基礎設施，提高政府機構之間的信息共享效率，才能提高共享所需人力效率，降低浮動資源。

二、 智慧建築防火和安全措施

在先進防火和安全措施在智慧城市普及之前，積極利用通過選擇和組合已經商業化的技術和設備，同時，從成本負擔的角度來看，可容易引入這些措施。

(一) 住宅火災報警器更換的宣傳推廣

住宅火災報警器定期檢查，由於電子元件老化和電池沒電，可能無法檢測到火災或容易發生故障，建議更換主機。如不能確認正常運作而進行更換，將無法檢測到火災的住宅火災報警器數量將會增加，這與沒有住宅火災報警器的房屋數量增加是同義的。此外，聯鎖式房屋火災報警器應廣為人知，以便在更換主體時可以根據每個房屋的結構和家庭組成進行選擇。

(二) 推廣安裝戶外報警裝置等

積極推廣使用戶外報警裝置，通過將發生在室內的火災向外預警，向路人通報火災的發生，鼓勵通報和撲滅最初的火災。

(三) 根據火災特性選擇報警器等

對於住宅火災報警器（包括火災自動報警設備），根據房間的用途選擇和安裝煙霧型和熱型報警器（用於火災自動報警設備的傳感器）。普遍認為，煙霧型報警器比熱型報警器檢測速度更快。另一方面，在無焰燃燒中 CO 報警器可以比煙霧報警器和熱報警器檢測得更快。

沒有優於所有火災屬性的警報器或探測器，將根據房屋居民的生活方式和習慣、假設房屋可能發生火災及其火災屬性進行應對。通過靈活選擇住宅火災警報、CO 警報和其他火災檢測方法，應該以更快的檢測為目標。

三、 智慧城市消防安全措施

在智慧城市應利用快速發展的技術和通信基礎設施，推測可行的防火和安全措施，並推薦其開發利用。另一方面，消防安全措施可能不符合現行消防法律法規規定的標準，因此有必要從發展階段考慮利用和推廣措施。

另外，在正常的生活中遇到火災的機會很少，很多人都想知道發生火災時消防設備和防災設備是如何工作的，如何使用它們。因此，新的住宅防火安全措施不是發生火災時第一時間接觸到的設備和系統，而是日常使用的設備應具備防火安全措施的功能。

此外，防火安全措施的功能不需要專門的知識或培訓，居民可以在不知道它是防火安全措施的功能的情況下將其用作日常使用的延伸，是智慧城市消防安全措施目標之一。

(一) 通過物聯網控制電力和消防設備/設備來防止火災的系統建置

燃氣和電力的使用狀況系通過智能電錶等來掌握。另一方面，在住宅內，通過家庭控制器等檢測住宅內的異常，控制相關電力或燃氣的熱源。可引入一個系統來防止火災，通過智能電錶和家庭控制器收集、分析和共享家庭中發生的異常情況，並推動建立信息反饋機制，以提高智慧城市的安全性。

但收集的信息包括用戶的地址和姓名等個人信息，以及使用電煤氣的時間段，在處理時必須小心。

(二) 利用各種傳感器技術實現火災早期偵測測和火災檢測設備的使用

除了現有的熱量和煙霧檢測方法外，將開發用於早期發現火災及其跡象的方法和設備，例如檢測燃燒和燃燒過程中產生的氣味和氣體的方法以及圖像分析。

(三) 使用能夠及時向居民和周邊社區通報火災發生並通報消防部門的設備

通過與住宅用火災警報器鏈接來通知任何終端例如智能手機發出住宅火災警報的設備和系統，從火災生成到初步滅火和疏散通知的初步行動，減少獨自生活或有殘疾或的居民，以及火災發生時居住不同的房間且反應遲緩的居民，能夠更早地通知鄰近居民發生火災的跡像或發生情況，並通過與前兩次檢測火災跡象的系統聯動來通知消防部門，則初步反應將比以前更快速，進而抒解與接受舉報系統相關的運營問題。

(四) 確保從屋內到屋外的有效疏散路線

通過發生火災時檢測到的住宅用火災警報器聯動，利用可以解鎖入口門和一樓窗戶的智能鎖，鄰近居民和路人可進行安全確認和初步滅火，初步確認是有效可行。另一方面，開鎖前門等會增加預防犯罪的風險，因此對於使用物聯網技術的開鎖方法，仔細比較和檢查發生火災時的響應案例和增加預防犯罪的風險是也進行。

此外，為了確保從發生火災的房屋撤離所需的時間和路線，自動滅火等機制可抑制房屋內客廳、走廊、樓梯等的火勢蔓延是有效的。在自動滅火方面，已有住宅用灑水器、下放式住宅用自動滅火裝置等產品。

未來的挑戰則包括：

一、 智慧城市防火安全新措施的挑戰

智慧城市新防火安全措施將在常規防火安全措施中起到輔助作用，或取代常規防火安全措施，讓人們的生活更加安全、更有保障。尤其是取代常規防火安全措施將是主要措施，具有“可靠運行”、“適當維護/管理”和“確保可靠運行和適當維護/管理的法律發展”三點。

二、 向智慧城市過渡的挑戰

無法利用新技術和信息的使者或者是管理者係屬於高風險群體，可能導致火災風險方面的差異。為了防止差距，使用信息和通信技術最低的要求就是通信基礎設施的開發，以及挖掘需要協助須要幫忙的弱勢群體協助隨身攜帶裝置。

隨著智慧城市的轉變，消防部門將提高現有業務的效率，並將因效率提高而可以提取的人力等資源重新分配給未來火災高風險群體的消防安全措施。

第四節 中國智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用

中國智慧消防起步比國際稍晚幾年，2012 年頒布了《武警消防部隊「十二五」資訊化建設項目總體規劃》，要求推進資訊技術與消防的深度融合；2016 年 6 月，中國湖北省宜昌市舉辦「全國創新社會消防管理會議」，在官方層面正式宣佈由傳統消防轉型為智慧消防；2017 年 10 月，中國消防部局發佈《關於全面推進“智慧消防”建設的指導意見》，要求加速實現消防服務向智慧化轉型升級。在智慧消防建設方面，丁宏軍提出智慧消防應當先建設消防物聯

網，獲取所需的消防資訊，而後建立依託網路建立物聯網消防，實現智慧化應用[15]；張福好提出建設一個集中式雲平臺進行資訊收集和匯總，開發火災防控網路和滅火救援網路的建設框架[3]。目前，各城市智慧消防建設也取得了一定的成果，江蘇省鎮江市建立了城市消防設施聯網監測系統，實現消防設施的監測維保以及日常巡檢等功能[16]；湖南省搭建了全省統一的“消防資料中心”，應用於消防大資料指揮平臺和火災監控預警平臺。

在智慧消防建設方面，有專家提出智慧消防，應當先建設消防物聯網，獲取所需的消防資訊，而後建立依託網路，建立物聯網消防，實現智慧化應用[17]；另外有專家提出，建設一個集中式雲端平台，進行資訊收集和匯總，開發火災防控網路，和滅火救援網路的建設框架。目前，中國專家學者將研究總體分為火災防控精細化、滅火救援智慧化和後勤管理高效化等其他方面[18]。

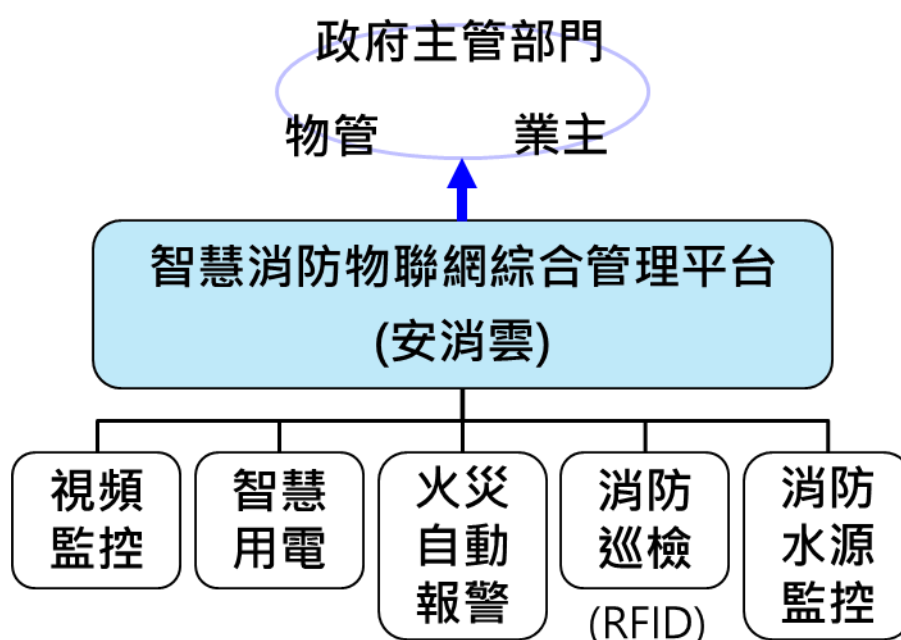


圖 5 智慧消防雲服務平台[15]

一、火災防控精細化

在消防設施聯網監控建設方面，國家制定了《城市消防遠端監控技術規範》，要求城市建立消防物聯網，採集和匯總消防設施運行、火警和維保管理等資訊，但系統缺乏在消防水箱水位、噴淋管網壓力和移動滅火裝置等資料資訊的監測。李黎麗等利用 RFID 技術，對水帶、滅火器、逃生器材等移動設施進行位置監測[19]。楊成鋼在消防管理系統加入壓力感測器、水位感測器等監測室內消防給水系統，接入智慧視頻

分析裝置，監視感知疏散通道和逃生門[20]。以上研究大多利用物聯網實現了獨立消防監控系統的集中管理，對於消防資料統計分析和深度挖掘等方面較少涉及。

在火災預警和智慧風險評估方面，祝錫永等提出在消防物聯網監測系統中引入 CEP (複雜事件處理) 技術，通過編碼實現火警誤報、漏報的判別[21]。李園園就火災精確探測方面，提出根據樣本資料訓練感測器 BP 神經網路和圖像 BP 神經網路，並結合模糊演算法進行火災預測[22]。董秋根利用 Hadoop 和 Spark 等大資料技術構建“智慧消防”系統，對消防大資料進行深度挖掘和融合，實現火災風險評估和預警，但對於具體的火災風險評估模型以及火災預警的實現方法沒有具體的說明[23]。

在社會消防安全管理方面，陳國良等利用 BIM (建築資訊模型) 建立三維視覺化的消防系統，能夠動態呈現防火分區、疏散路線等相關要素，可應用於防火監督檢查和應急疏散逃生指示等[24]。江濤提出利用大資料平臺，根據火災規律和突發趨勢提出預防措施，根據系統上消防知識閱讀量等資訊進行針對性的宣傳教育[25]。

二、滅火救援智能化

在數位化預案建設方面，張亮學者提出運用 3D 實景和虛擬模擬等全景技術製作滅火救援數位化預案，戰時可快速瞭解建築資訊並制定相應滅火戰術，日常可佩戴 VR 眼鏡在編制的重點單位數位化中預案開展“六熟悉”工作[26]。邱華依據 C/S 模式、GIS 技術構建了數位化預案，通過建立三維視覺化的預案資料庫，可在 GIS 和 3D 場景中進行預案的製作、查詢、推演等操作[27]。若在此系統中能動態再現火災和煙氣蔓延情況與救援疏散流程等功能，會使系統功能更全面。

在大資料指揮平臺建設方面，張鵬等提出搭建一體化作戰指揮平臺，整合靜態和動態資料，集 119 接處警系統、GPS 定位系統和視覺化調度指揮系統等子系統為一體，進行指揮調動、協調聯動和智慧輔助決策[28]。黃凱提出構建應急處置系統模組，其中接警出動和戰評總結模組應用 GIS 系統進行路線規劃，救援行動模組應用多核協同指揮系統和室內人員定位系統進行輔助指揮決策，執勤戰備模組應用消防裝備物聯網管理系統和重點單位網格化管系統進行裝備和人員管理[29]。

在單兵作戰監測方面，郭仁宇等提出基於物聯網技術建立消防員生理資訊監控系統，通過為消防員配備的感測器或火場其他部位的感測器，收集其各類生理數指標資訊及火場環境和位置參數等，即時傳輸至現場指揮系統[30]。禰永哲等在消防員移動端除了配置各類感測器外，還設計了網路攝像頭和語音傳輸模組，進行視頻傳輸和語

音通信；並提出了基於消防員運動軌跡，結合動態感測器和 GPS 系統，實現消防員室內環境定位[31]。

三、 後勤管理高效化

就車輛物聯網建設方面，侯忠輝提出構建消防 GPS 車輛管理系統，利用 GPS 定位車輛，GIS 動態監控車輛和交通狀況等，實現即時監控當前案件、歷史案例重播、執勤越界報警等功能[32]。穆楠採用 LORA 電子標記卡載入車載的裝備和人員資訊，再融合 OBD 模組，採集上傳各種車輛基本資訊和載水量、泡沫量等資訊，實現消防車輛資訊動態監管和調度[33]。

在裝備物資管理方面，付明月提出將 RFID 電子標籤嵌入裝備中，通過在裝備庫房和車庫門口設置固定式讀寫器，監測車輛和裝備出入庫情況，掌上型讀寫器登記清點單個裝備，使裝備管理從各個環節均能實現資訊化[34]。但是在應用大資料分析評估隊伍裝備管理的水準以及預測隊伍裝備的需求等方面還需要進一步研究。段彬針對 RFID 技術同時採集多個資訊時存在的標籤衝突或碰撞問題，建議採用二進位樹演算法以減少干擾，以準確獲取多個資料參數[35]。

四、 其他

在戰評方面，薑自清提出精細化戰評理念，運用大資料技術對指揮中心的接處警分析，對轄區中隊、增援中隊、全勤指揮部、聯動力量的作戰分析[36]。在思想政治方面，文獻裡提出建設政治教育訓練系統，利用自媒體和“慕課”等線上學習平臺，收集各種因素建立風險資料庫，預測分析監督管控的重點和盲點。在戰鬥力評估方面，吳君提出運用資料評估與分析戰鬥力，依據 3 個理論指標因素和 2 個實戰指標因素，利用大資料技術分析收集的基礎資訊，採用一張圖展示和評估消防隊伍戰鬥力[37]。

基於“智慧城市”的建設背景，從內涵和應用等角度探討了智慧消防的定義，提出了智慧消防資訊全面感知、系統互聯共用和服務智慧可靠的三點特徵。在此基礎上，闡述了中國內外智慧消防的發展歷程和建設成果，重點研究了中國智慧消防的研究領域，從火災防控精細化、滅火救援智慧化和後勤管理高效化等方面進行分類綜述，並歸納了各個領域的具體研究成果。通過對現有研究文獻的回顧和分析，下一步研究方向大致可從以下三個方面展開：

- (一) 加強具體功能實現方面的基礎理論研究。目前研究多停留在體系和框架的設計上，對於實現功能所需的理論支撐和技術手段等研究往往比較籠統，如依據何種理論實現區域火災風險評估，建立哪些模型進行火災預警等，都需要進一步進行理論和技術層面的研究。
- (二) 明確智慧消防的建設思路和研究重點。智慧消防是個大領域，研究時應分輕重緩急，不能片面追求大而全，應著重研究和發展對於社會建設和隊伍管理急需的方面，加強頂層體系的規劃和研究。
- (三) 加強工程應用中實際問題的解決研究。目前純理論層面研究較多，對於實踐應用層面上的研究較少，如何解決不同消防設備間的技術壁壘、統一通訊協定，如何在不能給防火單位造成額外負擔的基礎上推進智慧消防建設，在這些方面還需理論上的探討和研究。

第五節 歐洲地區與香港智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用

粵港澳大灣區擁有高密度人口的城市環境，本質上更具可持續性，非常適合智慧城市技術。世界各地越來越多的高層建築火災表明，建築環境的演變已經改變了火災威脅的性質。由於規定的消防安全策略不再適用，城市環境面臨更大的風險。正如 2017 年倫敦格倫費爾塔大火悲劇性地證明的那樣，消防員面臨著不可預知的危險，他們既沒有經過培訓也沒有能力應對。除了人力成本外，火災造成的損失估計每年約佔全球 GDP 的 1%。

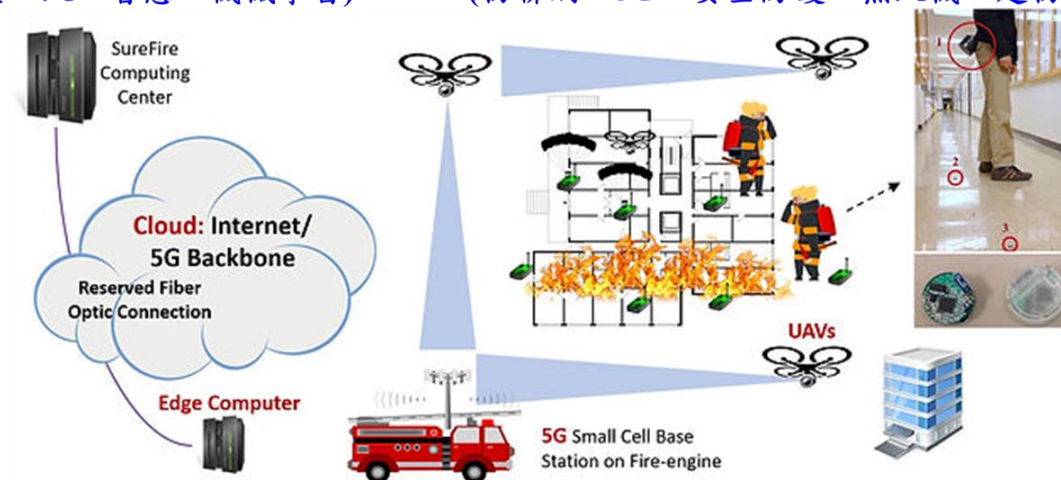
作為智慧城市藍圖的一部分，SureFire 系統採用複雜的數據生成網絡，能夠實時監測城市環境和災害的演變。基於人工智能對這些數據的適當分析可以提供持續確定系統狀態和演變的信息，並診斷緊急病狀並支持決策制定，如圖 6 所示。該計畫執行聚集了香港本地和國際領先的研究人員和研究實驗室、政府機構(FSD)和多家高科技公司組成的多學科團隊，以尋找開發智能消防基礎技術所需的基本研究問題的答案利用網絡物理系統快速發展的技術環境的系統。

■ 火警預測

(火災模型，人工智慧，機械學習)

■ 通訊

(物聯網，5G，安全防護，無人機，建物資訊)



■ 科學化救災指揮訓練

圖 6 SureFire 系統

第六節 國內智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用

建構安全防災系統的安心生活，結合資通訊科技的自動偵測與訊息傳輸系統，可即時掌握火場現況、警報通報、避難引導與自動滅火或是強化消防救災的科技技術等，皆是保護生命財產安全需求符合大眾期待的安全防災方案。目前國內正大力發展智慧型建築產業，該產業包含建築業與資通訊產業的整合，因此整合兩個產業技術推動智慧型防火防災技術，對於建築物火災安全防護提升有其重要性。

有關於現行建築物防火系統架構現況說明，許多結構體以防火材料建造的房屋，在發生火災時仍然造成嚴重的人命傷亡及財物損失；由此可見，只規範建築結構體本身具有防火性能並不夠，必須考量在火災發生時如何使濃煙及有毒氣體的產生率降至最低，而且不會擴散到他處；同時也必須設法將建築物內的使用者，能夠在緊急事件發生時，順利從容且安全地離開危險地區。

建築研究所安全災害組王鵬智研究員將火災發生之不同時段分成六階段，包括：正常期、火災發生期、火災初期、火災成長期、火災最盛期、滅火及事後處理等，並整理與歸納出各階段對於相關防火/消防安全設備所要求具備之功能，分別探討各防火系統所需提供之功能之連結關係之動程如圖 7 所示[38]。

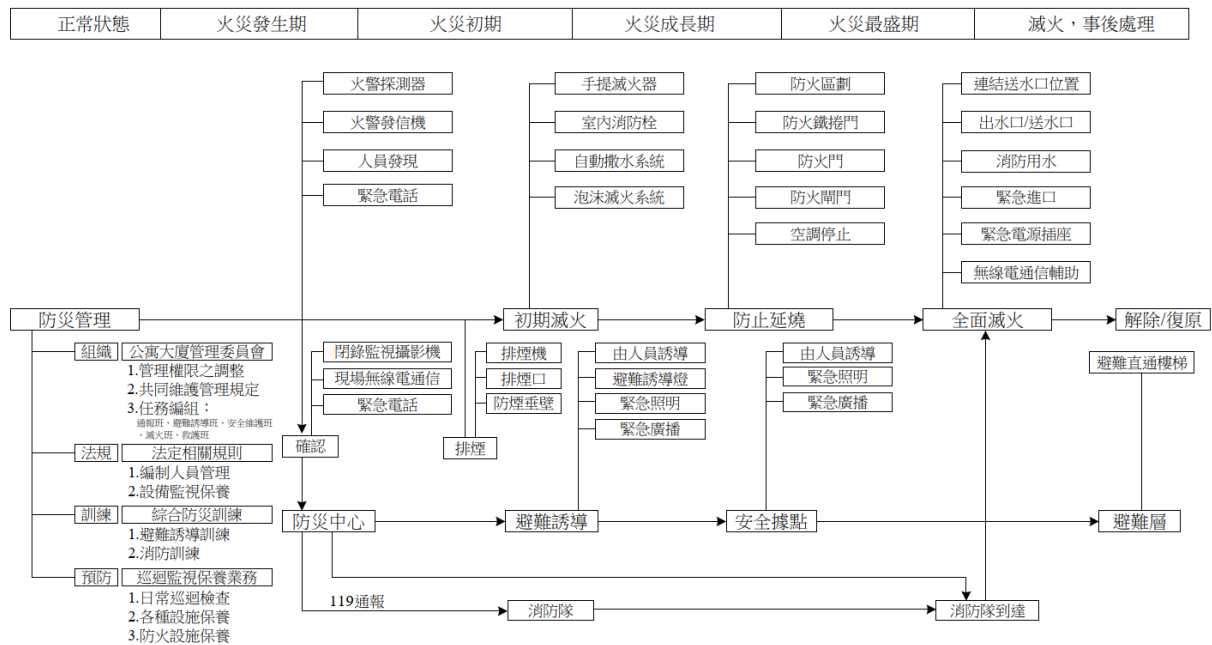


圖 7 建築防火系統架構[38]

而依據我國「各類場所消防安全設備設置標準」第 12 條各類場所按用途分類為六大類 28 種場所[41]，針對住/商/辦大樓、一般住宅/公寓、集合住宅、小型醫療福利設施，以及大型空間建物，依其所需的滅火設備、警報設備，以及消防搶救上之必要設備，整理如表 3 所示：

表 3 各類建物所需之消防設備[41]

建物類型	主要消防設備	建物類型	主要消防設備
住/商/辦大樓	- 火災警報器 - 火災預警感知系統 - 火災自動報警系統 - 滅火設備 - 防火、防排煙設備 - 避難引導設備 - 緊急廣播設備	大型空間建物	- 火災警報器 - 火災自動報警系統 - 中大型空間滅火設備 - 防火、防排煙設備 - 避難引導設備 - 緊急廣播設備
一般住宅/公寓	- 住宅用火災警報器 - 滅火器 - 災害應變儲備物資	小型醫療福利設施	- 火災警報器 - 火災自動報警系統 - 火災報警系統 - 滅火設備 - 防火、防排煙設備 - 避難引導設備 - 緊急廣播設備
集合住宅	- 區域防災信息網路系統 - 防災支援系統	文化財產	- 火災警報器 - 紅外線火焰探測器 - 滅火設備

現今建築物逐漸往高層化、大型化、集合化、高密度化及多元複合化發展，當上述建築物發生災害時，災害類型將更多變化，防救災工作須以更先進之方式進行，若建築物設置智慧型防災設備，將使建築安全更進一步提升。我國「建築技術規則」建築設計施工編第 259 條規範高層建築設置防災中心[42]，僅對其設置位置、面積、區劃、設備顯示裝置、控制及監控進行要求，另針對 25 層或 90 公尺以上之高層建築物，除應符合上述規定外，其防災中心應具備防災、警報、通報、滅火、消防及其他必要之監控系統設備功能，但未針對各項功能明確定義內容。

相同地，我國「各類場所消防安全設備設置標準」第 126 條規定火警受信總機位置、第 138 條規定擴音機及操作裝置、第 142 條規定瓦斯漏氣受信總機、第 146 條至第 156 條規定標示設備，第 192-1 條防災監控系統綜合操作裝置規定防災中心樓地板面積、構造、位置、防災中心應設置防災監控系統綜合操作裝置[41]，但未對監控信號來源與操作之項目進行規範，亦未對監控系統之整合進行說明。因此，對於防災系統之整合實屬必要，可由大型公共建築開始再擴及民間建築物，而大型建築物、高火災風險廠房等，若建立防災中心防災設備應具備功能及整合資訊應用技術規範，並規範大型建築物及高火災風險廠房設置智慧型防災設備，如具有人員避難引導、消防感測等功能之設備系統，將可提升我國建築安全。

近觀國內政府中長期計畫案，從 104 年至 107 年由內政部建築研究所所執行的「建築防火安全工程創新科技及應用研發計畫」，為我國政府部會唯一有關建築防火安全科技計畫，其總目標經向為保障人命安全（減少因火災事故死傷及消防救災人員的生命安全）、減少財物損失（降低個人財產及社會成本之直接或間接損失）、維持建築物結構功能（使建築物免於崩塌而能重複利用）以及建立居住環境之公共安全、生態保護（確保供公眾使用建築物之防火安全，並在防救災措施或手段實施時能降低環境的衝擊），緯向則研發具備「可靠性（Reliability）」、「人本（Human-based）」、「永續性（Sustainability）」等之防火安全設計及工程技術，以防火科技研發及應用促進國人生命與財產安全保護，進而增進全民生活品質保障。而 108 年至 111 年所執行的「前瞻建築防火避難及結構防火科技研發整合應用計畫」，研發具備「可靠性安全（Reliable Safety）」、「有效性避難（Effective Evacuation）」、「永續性調和（Harmonization with Sustainability）」等之防火安全設計及工程技術，以及因應我國多災環境下精進多重性災害作用下鋼結構防火科技之研發，以保障人命、減少財物、建築物損傷及確保公共安全，俾達成人與建築環境俱能安心安全之目標。而為健全公共安全防災體系、提升緊急救護服務、積極推動各項消防專業系統與制度、強化消防救災效能，以確保民眾生命財產安全，且 5G 將進入全球商用階段，代用各項創新應用服務，驅動產業創新升級，引導典範移轉及社會成長，因此政府透過「前瞻基礎建設計畫 - 數位建設」委託內政部消防署執行「消防 5G 場域計畫」，將因應行動通訊最新發展技術，運用 5G 超高頻寬

(eMBB)、超大連結(mMTC)及超高可靠度與低延遲(uRLLC)等三大特性，並結合 AI、AR/VR、物聯網、雲端運算、4k/8k 影音等技術，打造消防救災業務公私協力，建置垂直應用場域，如圖 8 所示，建立 5G 創新應用標竿實例，進而達成智慧消防救災、為民眾帶來智慧好生活、帶動相關產業發展轉型等目標。顯見國內研究與應用漸將建築防火安全設計及工程技術與智慧防火防災科技重要性提高，而以先前第一節提到的國外發展應用趨勢，整合建築防火安全設計及工程技術與智慧防火防災科技必是未來發展應用的趨勢。而三個中長期計畫比較如表 4 所示。

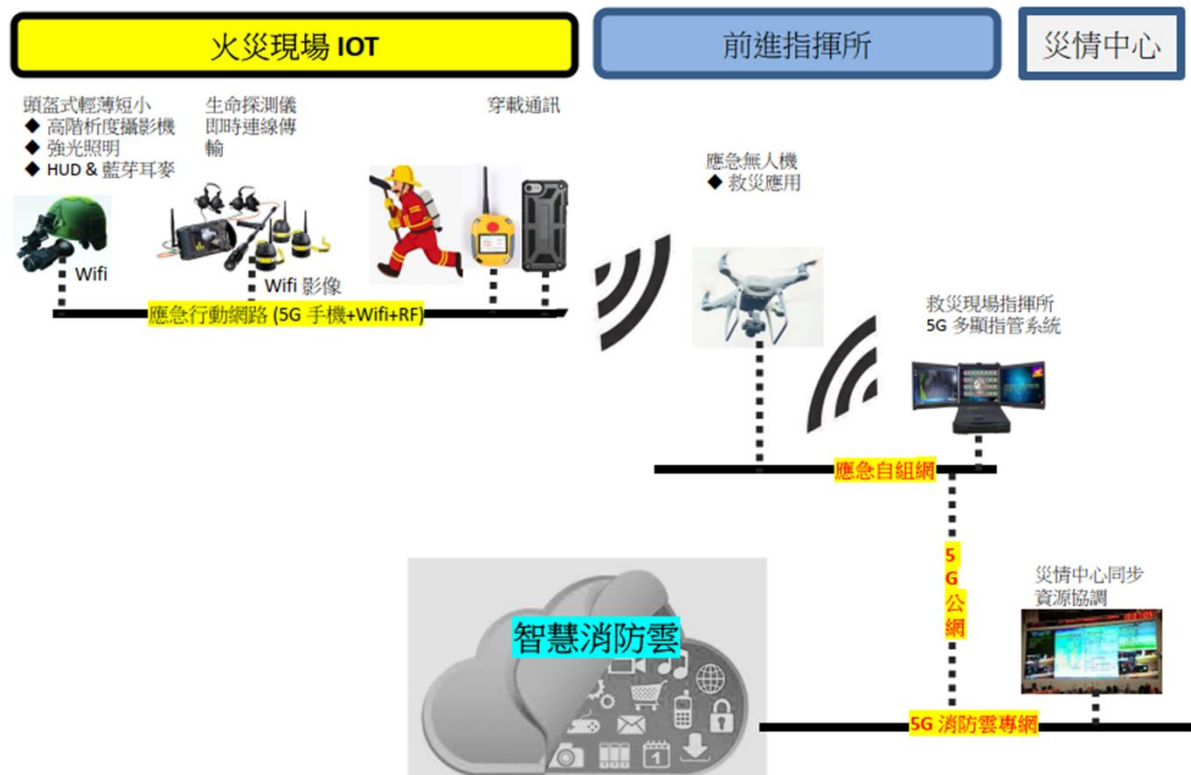


圖 8 5G 數位 AI 救援平台系統架構示意圖

表 4 政府中長期計畫案

資料來源：本計畫整理

計畫名稱	計畫來源	計畫摘要	執行單位	執行期間
建築防火安全工程創新科技及應用研發計畫	科技發展計畫	1. 研發防火安全風險評估技術 2. 研發防火安全與綠建築設計、綠建材及綠能科技調合創新技術 3. 精進避難行動安全與順暢性之防火、煙控及避難技術 4. 創新火災延燒控制、煙控及避難設計及驗證技術 5. 研發創新耐火技術及評估驗證規範。	內政部 建築研究所	104-107年
前瞻建築防火避難及結構防火科技研發整合應用計畫	科技發展計畫	1. 研發具備可靠性安全、有效性避難、永續性調和等之防火安全設計及工程技術 2. 因應我國多災環境下所進行多重性災害作用下鋼結構防火科技之精進研發	內政部 建築研究所	108-111年
消防 5G 場域計畫	前瞻基礎建設計畫-數位建設	1. 智慧防災教育-虛擬實境課程與跨域兵棋推演訓練試驗場域建置 2. 臺灣特種搜救隊 5G 數位 AI 救援平臺建置 3. 消防車輛行車安全管控計畫(消防一路通)	內政部 消防署	110-112年

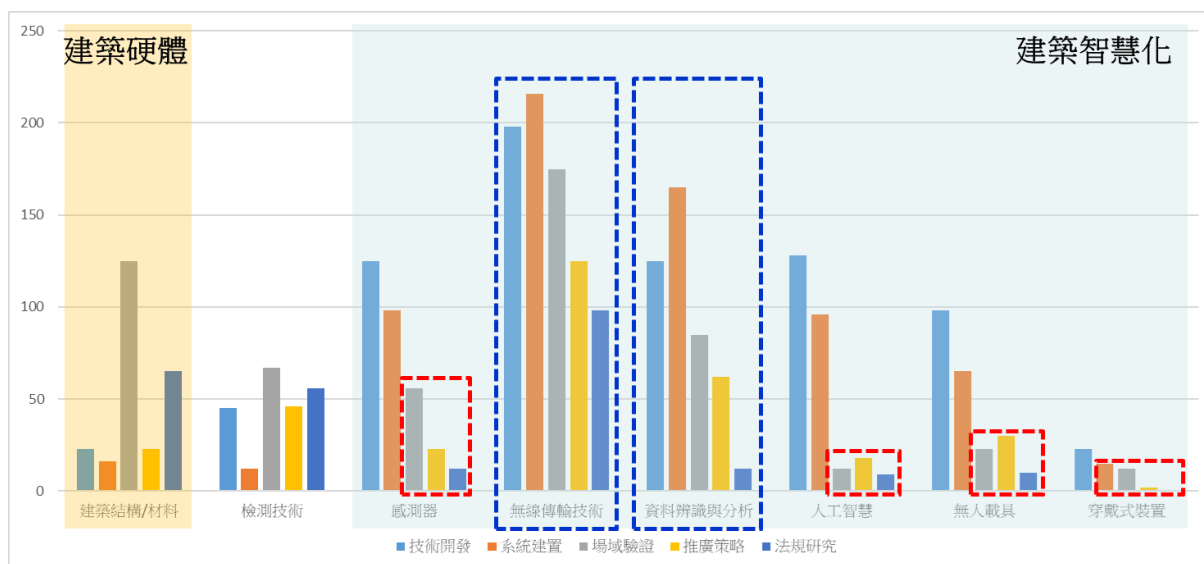
而地方縣市府也積極與民間業者共同合作，透過經濟部工業局「智慧城鄉生活應用補助計畫」補助執行智慧防火防災科技研發與應用，主要以遠端監控、信息共享，以及教育訓練為計畫執行目的，相關列表如表 5 所示。

表 5 106-111 年縣市政府合辦計畫案

資料來源：本計畫整理

計畫名稱	計畫來源	計畫產出	執行單位	執行期間
智慧減災效能服務-開發虛擬實境防災訓練設施(新竹市)	經濟部工業局 智慧城鄉生活應用 補助計畫	● 結合VR、MR與720度擬真無線互動技術	寶碩財務科技股份有限公司	107-109年
「智慧三維消防實境管制系統」-智能火場管理平台建置計畫(宜蘭縣)		● 公眾場所室內3D圖資服務平台	宜眾資訊股份有限公司 杰悉科技股份有限公司	109- 年
屏東縣政府消防局3D環景式協防救災輔助計畫		● 建築物內部3D環景式圖資	兆群科技有限公司	109- 年
救災空間快速佈建平台建置案(新竹市)		● 「救災人員安全管制」系統	宜眾資訊股份有限公司	110-111年
AI CloudXR智慧防救災模擬訓練系統計畫(新竹市)		● 開發XR智慧防救災模擬訓練系統	全球動力科技股份有限公司	110-111年

再者，透過政府研究資訊系統(Government Research Bulletin, GRB)，鍵入“火災”、“防火”，以及“防災”字眼，排除自然災害預防與警示等研究計畫，從 106 年至 111 年共有 276 件相關研究計畫 (如附錄二)，而透過統計分析 (如圖 9 所示)發現：研究計畫案以無線傳輸與資料辨識分析技術，以及系統平台建置研究案最多，而建築物導入智慧防火防災科技場域驗證、推廣策略，以及法規等相關研究案則是較少。



資料來源：本計畫整理

圖 9 106-111 年 科技部學術補助以及機關自行/委託研究計畫

其中內政部建研所也逐步辦理智慧型防火避難引導系統、早期火災多元感知人工智慧技術、消防機器人智慧化功能加值模組、結構材料火害探傷人工智慧判識系統等研發，例如在 2010 年內政部建築研究所即針對建築防火防災智慧型技術之發展趨勢與整合進行研究[39]，引進國際安全防災新趨勢與結合國內研發的新成果，擬就各項技術系統化規劃出智慧型防火防災技術研究發展課題 (如圖 10 所示)。配合目前網路通訊、ZigBee 無線傳輸等先進通訊技術，建立智慧型防火工程系統架構，規劃結合火災模擬軟體或避難程式之應用，歸納分析發展趨勢與整合之研究，以求具體落實於實際防火工程設計中。另一方面，並可做為消防救災之重要資訊平台，同時與決策系統整合，提供救災單位最佳之輔助工具。另外，建築研究所並針對早期火災探測預警人工智慧技術與消防救災結合應用進行研究，在早期探知與避難監控的方面，規劃一套運用人工智慧技術並有助於消防救災應用之系統，透過整合物聯網平台，連結終端設備，達成即時性的資訊探知，完成數據監控與分析，並於必要時給予使用者警示，有效提升環境監控安全成效。

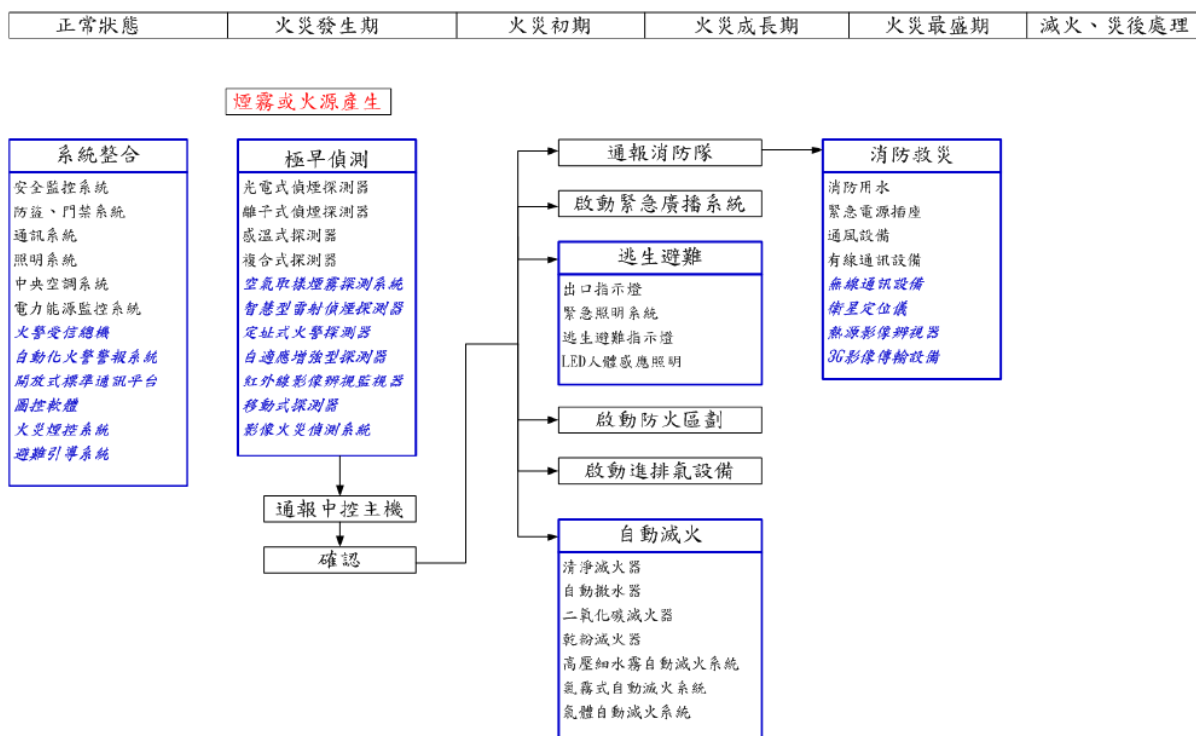


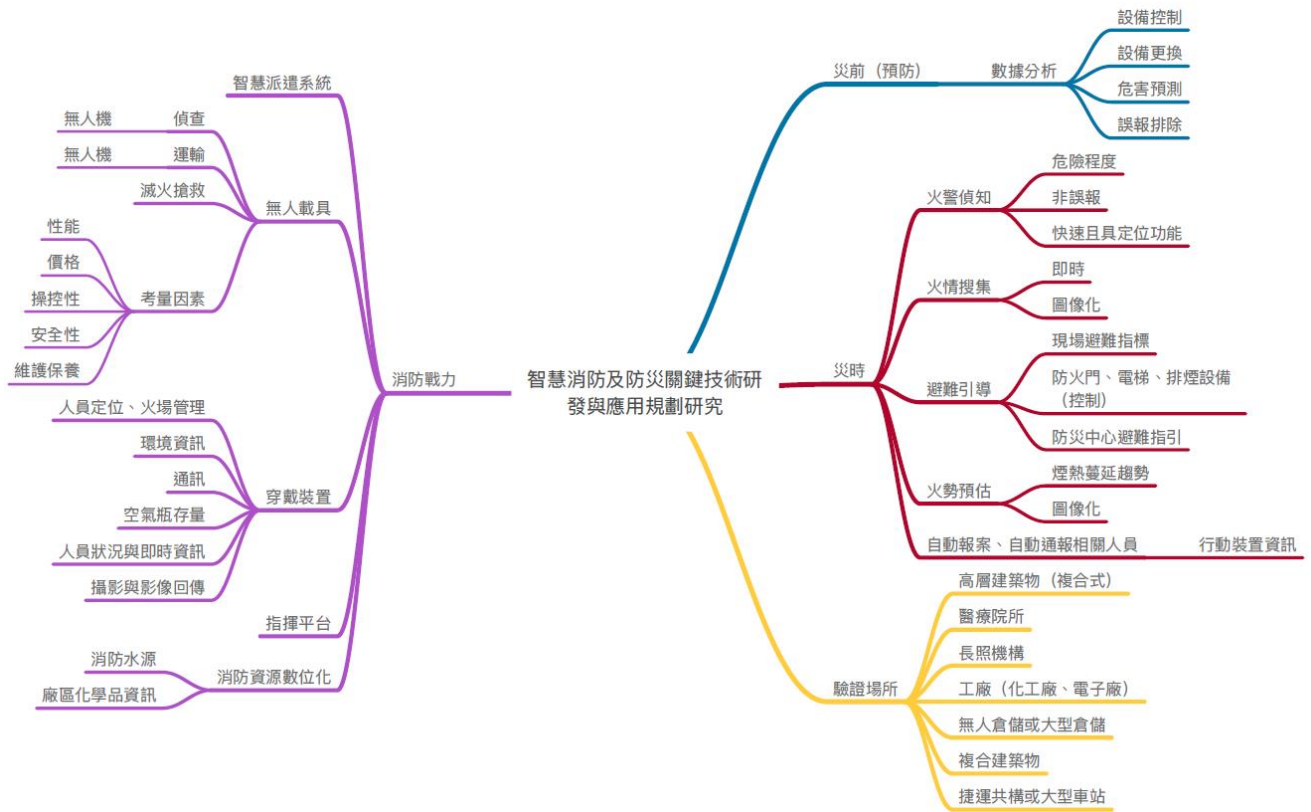
圖 10 智慧型防火防災技術動程圖[39]

而基於「國家科學技術發展計畫 (民國 110 年至 113 年)」，揭示發展智慧防火科技發展方向及應用功能，內政部消防署透過 5G 實現新一代智慧消防訓練場域，建置 VR 虛擬實境訓練課程及跨域兵棋推演與影像整合平台，E 化培訓救災人才，以推廣智慧防災教育。但建置的設備多是專案採購規格產品，雖經使用單位驗收，各項單元組件或為成熟產品，惟其整體是否可作為廣泛應用仍缺乏相關防火工程相關理論基礎支持。目前之組合系統(尤其軟體、軟體方面)實際於火場實境運用自如情形畢竟不多(如受限建築物特性)，加上維護保養及日後設備更新(尤其資訊產品技術發展快速)等仍有很大改善空間。

第七節 建築物導入智慧防火防災科技應用架構

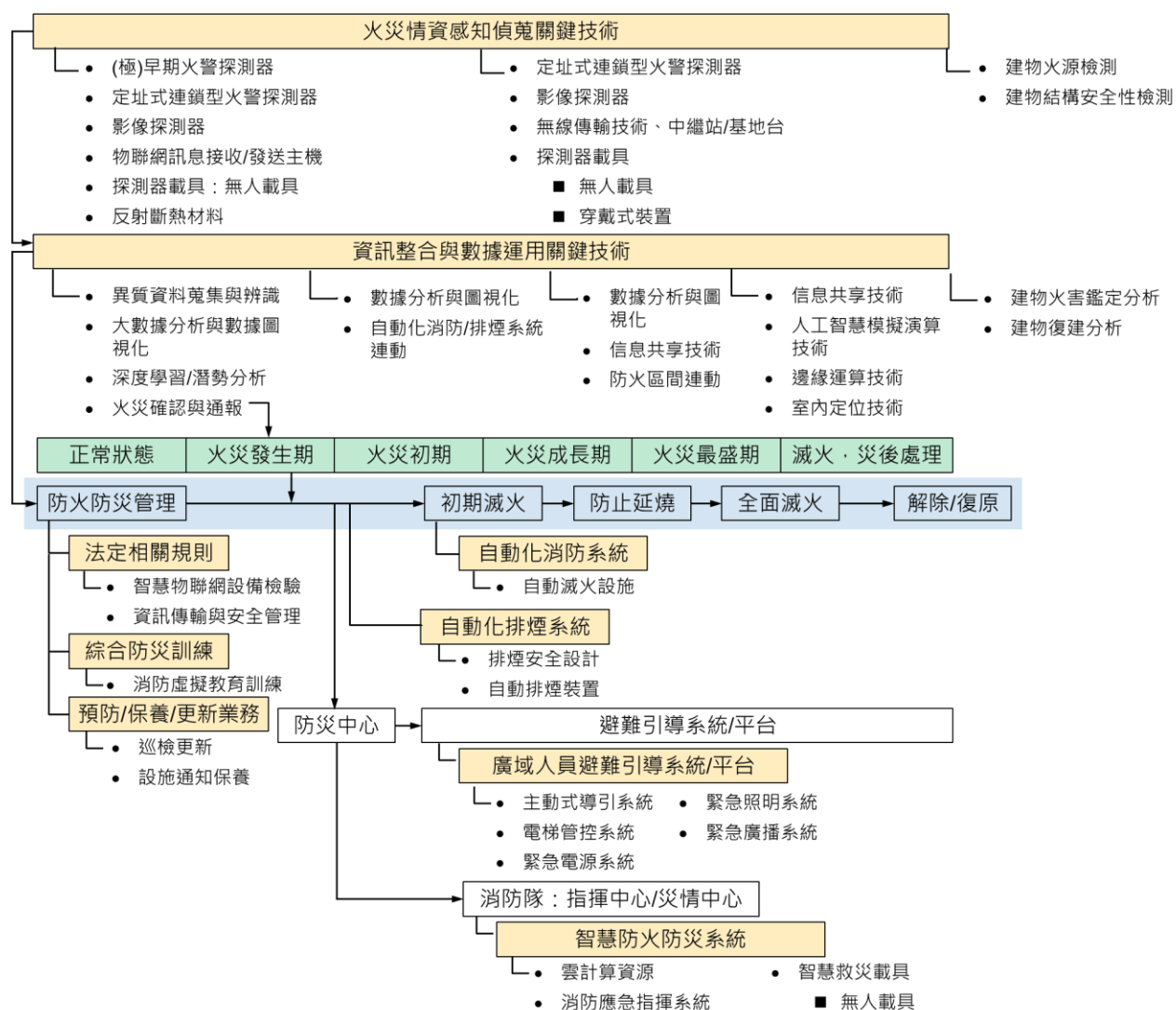
依據第一節與第二節國內外智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用的說明與分析，並透過心智圖規劃 (圖 11)，本計畫將智慧防火防災科技以「建築物中央管理系統」、「建築物防火防災安全系統」、「火災情資感知偵測系統」、「廣域人員避難引導系統/平台」、「資訊整合與數據運用系統」五大類作為技術分類之類別以及相關所屬設備，依據不同火災階段個設備所需連動之機制，歸納一般火災發生時建築物導入智慧防火防災科技應用架構，如圖 12

所示，並作為不同建築類型智慧防火防災科技修改之基礎架構，並建立出智慧防火防災科技相關技術 (圖 13)。



資料來源：本計畫整理

圖 11 智慧防火防災科技關鍵技術心智圖



資料來源：本計畫整理

圖 12 建築物導入智慧防火防災科技應用架構

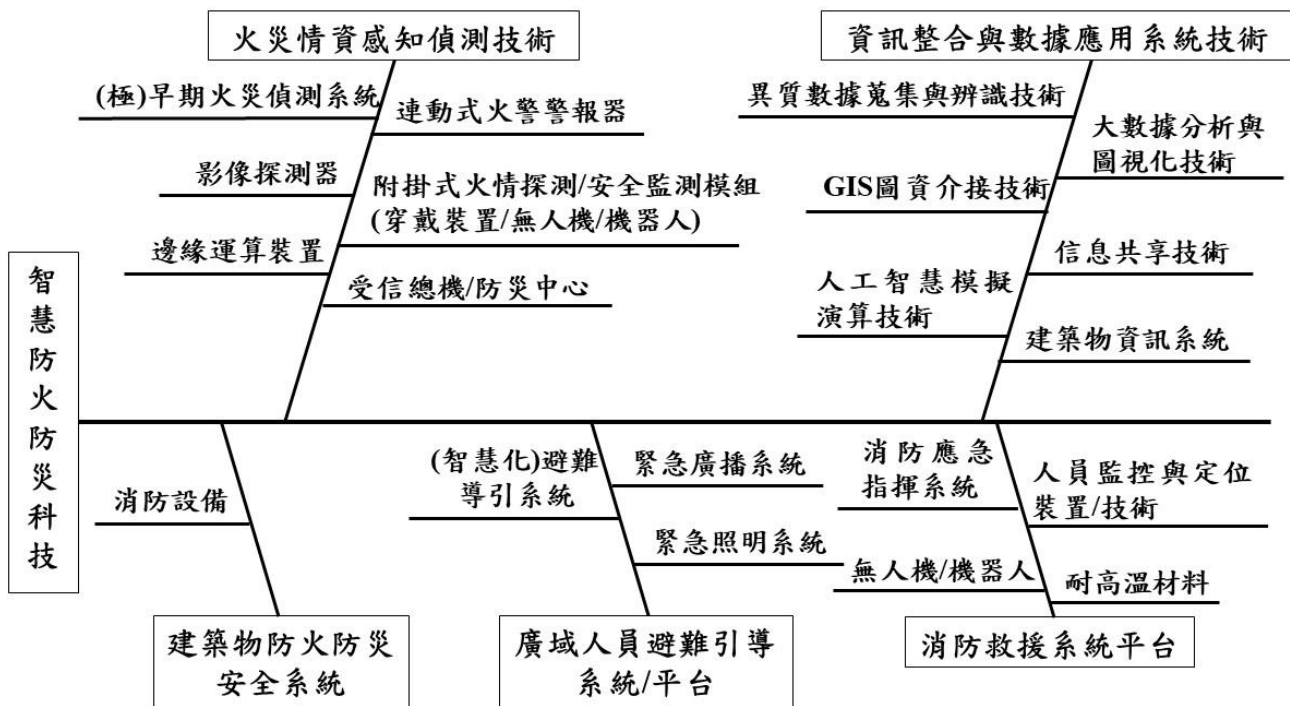


圖 13 智慧防火防災科技關鍵技術關聯圖

第八節 小結

在智慧防火防災科技建置成功之後，可以實現遠距離的遠端監控、遠端發佈指令等操作，以便能夠針對火災現場實況進行動態跟蹤和調查等，同時在這一過程中還可以實現異常資料的快速有效處理，依據於此，國內的消防安全部門就能夠積極主動地落實不同的巡查任務，促進防火防災安全的資訊化和智慧化發展。

目前國內社會經濟和科學技術發展迅速，現代社會發展過程中不同電子設備的使用頻率得到提升，消防安全隱患也變得更多。而且這些消防安全隱患，依靠傳統人工為主的消防安全管理工作模式難以發現、處理，而在智慧消防的幫助之下，可以有效應對新型消防隱患，從而促使國內的消防安全工作再上一個嶄新的臺階，這無論是對於現代社會發展，還是對於國民群眾的人身財產安全都是極為重要的，這也是近年以來國內大力發展智慧消防的主要原因之一。

第三章 國內外智慧防火防災科技關鍵技術應用案例說明

通過對國外研究的整理，可總結為以下四個方面：

- 一、以系統平台為研究物件的研究，如智慧火災應急系統、火災風險預警系統、火災救援系統等。
- 二、以電腦技術為研究物件的研究，如基於大資料、人工智慧、遙感技術、神經網路、演算法、深度學習、機器學習、視圖挖掘、虛擬實境等。
- 三、以機器人為研究物件代替人力進行各類消防工作的研究。
- 四、以消防員為研究物件的研究內容，如消防員智能防護服、可攜式升溫預警設備、智慧防火紡織物等。

可見，國外智慧消防研究中滲入了更為先進且成熟的電腦技術，但是實用性不夠強，這些研究的應用價值在日常消防工作中未充分體現。本計畫期許在早期探知、避難監控、快速有效救援，以及災後事故正確鑑定與精確重建等方面，規劃一套運用人工智慧技術並有助於消防救災應用之系統，整合終端設備(如早期偵測預警系統、無人偵搜與救災載具等)連結與物聯網平台，達成即時性的資訊探知，完成數據監控與分析，並於必要時給予使用者警示，有效提升環境監控安全成效。基於研發整合與應用場域，以及離型產品落實與驗證，本計畫將提出中長期大綱與研究計畫策略規劃，並依據一般火災發生時之智建築物導入智慧防火防災科技應用架構，列出智慧防火防災科技關鍵技術，並針對災前、災時，以及災後列出其重要性，如表 6 所示。透過國內外智慧防火防災科技關鍵應用案例的瞭解，提出研究項目建議。

表 6 智慧防火防災科技關鍵技術

資料來源：本計畫整理

主系統	關鍵技術	災前 (防災)	災時 (救災)	災後 (調查)	技術備註
建築物防火防災安全系統	消防設備管理系統	⊙	○	△	連動式滅火動作，自動巡檢與報修
火災情資感知偵測系統	(極)早期火災偵測系統	⊙	△	○	整合多重火警探測器，人工智慧邏輯判斷火災發生
	火警探測器 (溫度、煙霧、火焰，以及可燃氣體感測器)	⊙	◎	○	物聯網整合型探測器，整合邊緣運算裝置
	影像探測器	⊙	◎	○	整合邊緣運算裝置，精進影像探測精度，強化火災辨識準確度
	受信總機	⊙	◎	○	智慧化，介接多組定址式火警探測器、CCTV 跟自動通報系統
	附掛式火情探測/安全監測模組 (穿戴裝置/無人機/機器人)	△	◎	○	耐高溫附掛式多重感測器開發，整合邊緣運算裝置，強化火警探測精準度
	邊緣運算裝置	⊙	◎	○	透過機械學習，將人工智慧演算，加強火焰、煙霧與氣體濃度等早期判斷火警發生
廣域人員避難引導系統/平台	(主動式)避難導引系統	⊙	○	△	接收火警警報位置，判斷決定與修正避難逃生路線，透過影音指示避難逃生路線
	緊急廣播系統	⊙	○	△	數位化廣播通知火警位置，告知避難逃生方向
	緊急照明系統	⊙	○	△	透過連動方式告知逃生路線
資訊整合與數據運用系統	異質數據蒐集與辨識系統	⊙	◎	○	辨識與整合感測器以及攝像機不同資料格式之數據

	大數據分析與圖示化平台	◎	●	○	數據歸納分析，並配合建物資訊進行圖示化展示，提供安全救災決策
	GIS 圖資介接系統	◎	●	○	介接建物與周遭環境圖資，提供滅火設備與路徑資訊
	信息共享系統	△	●	△	解決屏蔽、高溫與濃煙造成通訊障礙問題，使救災人員與現場指揮人員可以訊息共享
	人工智慧模擬演算系統	●	●	●	基於大數據與機械學習，模擬提供火災淺勢與火災延燒可能模式
	建物資料系統	◎	●	○	藉由法規規定，由建物使用者提供或者取得緊急授權
消防救援系統平台	消防應急指揮系統	△	●	△	基於精確數據與科學判斷，制訂救援策略
	人員監控與定位裝置/技術	△	●	△	穿戴式裝置，保障人員安全與確認人員位置
	無人機/機器人	△	●	△	協助火場偵蒐與救援
	耐高溫材料	△	●	△	保護重要電子與機械安全設備承受火場高溫

●：極重要；◎：非常重要；○：重要；△：普通

第一節 資訊整合消防運用

在物聯網基礎上，建立起的智慧防火防災科技監控平台，包括：

- 一、監控消防通道系統：即時監控消防通道，對消防通道內的雜物、消防通道的堵塞情況進行即時監控，保障通道的順暢性。
- 二、自動報警系統：在發生火災的初期階段，會產生較多的熱量、煙霧和火焰等，這時可以利用火警探測器將其轉化成電信號，並將其傳遞給火災報警器，報警器會將發

生火災的位置、時間等資訊記錄下來，促使人們可以及時發現火災，並及時作出處理。

三、監控消防水源的系統：對消防水源和消火栓水壓等進行即時監控，借助壓力感測器把獲取的壓力值轉變成為類比信號，再利用物聯網技術，將通過監控獲取的資料傳遞給監控平台，以此更好地完成消防安全工作。

四、監控消防設施的系統：即時監控經常處於關閉狀態的防火門開關、應急疏散照明燈與發生老化的滅火器等；借助門磁感測器和光感測器，實現對數位信號的轉換，將其轉換成類比信號，並利用物聯網技術向監控平台發送相應的資訊，以此監控防火設施。

五、遠端監管移動端：創建 App，利用移動端進行線上即時遠端監管；通過短信的方式發出隱患提醒；明確發生隱患的具體位置。

六、管理火災隱患：該平台可以借助監控系統對火災隱患進行監控，並且還可以實現遠端監控火災，此外，該系統還可以準確預警火災隱患，並自動報警，利用短信、微信等方式將相關資訊傳遞給存在隱患問題的社會單位。

在物聯網的基礎上，建立智慧防火防災科技監控平台，就是將“智慧化”消防與消防服務功能有機結合在一起。國內有許多實施案例，以縣市政府為主要單位，與民間業者配合共同合作，透過經濟部工業局「智慧城鄉生活應用補助計畫」補助執行智慧防火防災科技研發與應用[40]，主要以遠端監控、信息共享，以及教育訓練為計畫執行目的。例如：宜蘭縣公眾場所室內 3D 資訊服務平台計畫，如圖 14 所示，其須要解決的問題是提升消防人員救火安全，針對宜蘭縣觀光產業及工廠為目標，透過技術整合，將空拍環景(Panoramic)、地面環景、室內環景、三維點雲(Point Cloud)、數值地表模型(DSM)、建築資訊模型(BIM)數值建模、室內訊號定位等空間資訊，進行整合，並透過跨平台三維圖台整合呈現，滿足防救災與縣內工商、觀光、導航需求，達到「人員管制、靈活指揮」、「資訊視覺化」、「導航全面化」等功效。平時供民眾導覽查詢以及場所業者空間展示、廣告宣傳；災時提供民眾避難引導資訊，減少人民生命財產損失。

服務概念架構



圖 14 宜蘭縣公眾場所室內 3D 資訊服務平台[40]

日本消防廳令和元年研究開發課題：「採用 G 空間和 ICT 技術研究開發大型建物防火安全措施 (G 空間と I C T を活用した大規模防火対象物にける防火安全対策の研究開発)」[43]，係在建置一室內使用定位與偵蒐系統 (圖 15)，以及信息共享平台，來提高救災效率和速度，增加受難人員與消防人員的安全。其場預測試驗正成果顯示，如表 7 所示，系統使用後起火點可以在 1 分 9 秒內發現，比未使用該系統發現起火點時間短少 57 秒，而發現第一位受難人員更比未使用該系統減少 2 分 50 秒，顯示此室內使用定位與偵蒐系統，以及信息共享平台能有效發揮救災與人員救援工作。

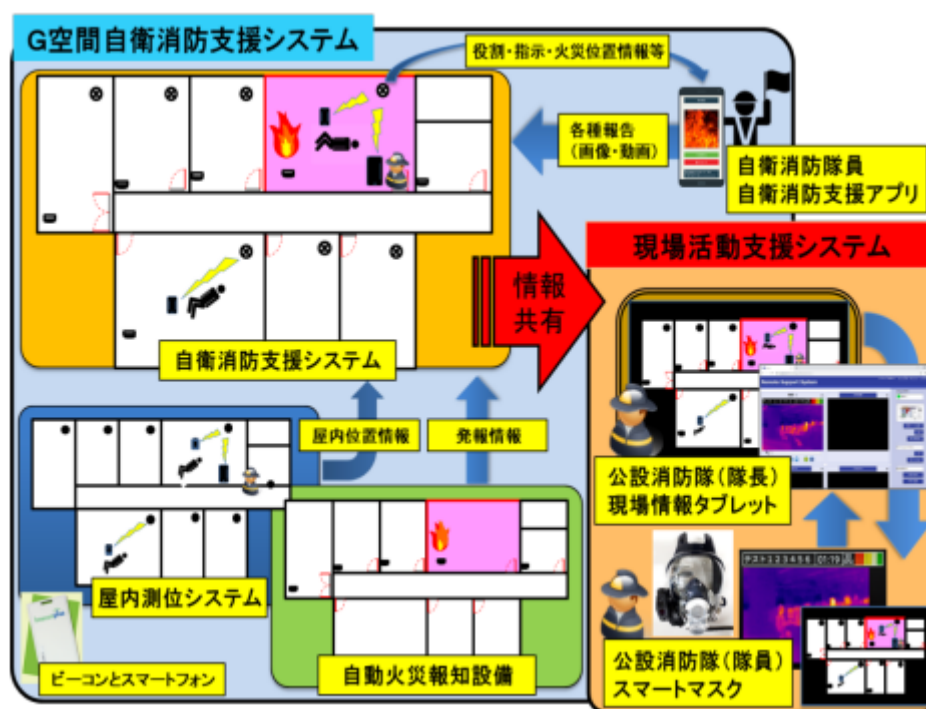


圖 15 採用 G 空間和 ICT 技術研究開發大型建物防火安全[43]

表 7 定位與偵蒐系統以及信息共享平台行動支援效益[43]

資料來源：本計畫翻譯整理

行對內容	未使用	使用
起火點發現	2分6秒	1分9秒
聯繫指揮中心	3分18秒	1分12秒
開始滅火	3分58秒	1分53秒
發現第一位受難人員	5分12秒	2分22秒
發現第二位受難人員	6分22秒	3分17秒

■ 研究議題規劃：

- 一、基於大數據，依託開放資訊網，評估運用區塊鏈、雲計算、移動網際網路、地理信息等技術，採取邊界接入平台和 GIS 地圖，實現火災預防、滅火救援指揮、調度、分析與決策的可行性。

二、評估重點建築，包括戰略能源設施，在預防與滅火過程中的現場災情、滅火救援力量及應急聯動資源，建立決策指揮提供參考依據的準確性。

第二節 火災情資感知偵蒐與模擬整合

火災嚴重威脅著人民群眾的生命和財產安全，所以有必要加強火災的預防和早期預警研究工作，此為影響是否有效安全「應變(Response)」之關鍵研究議題。·現有的火災預警系統參數單一、功能簡單，如所示，存在對不同位置及起火原因的火災預警不能準確判斷是否起火或判斷有誤導致誤報等問題，給後續的火災撲救帶來不確定因素。而採用多感測器資料融合系統進行採集和分析資料，可以有效降低系統判斷結果的不確定性，將系統預警的準確性和可靠性進一步提升。現階段火災預警系統所採用的感測器種類，如表 8 所示。

表 8 現階段火災預警系統

資料來源：本計畫整理

應用場域	感測器種類
一般住家	Heat/Smoke Detector
集合式住宅	Heat/Smoke Detector, CCTV
一般廠房	Heat/Smoke Detector, CCTV
精密廠房	Heat/Smoke Detector, Combustible Gas Detector, Thermal imaging cameras
油庫、鑽油場	UV/IR/multi-spectrum Flame Detector

隨著感知技術、通信技術、嵌入式技術和物聯網技術的崛起，火災報警系統智慧化程度越來越高，並朝著融合多傳感資料的方向發展。日本 Panasonic Life Solutions Co., Ltd.研究發現夜間就寢時間死亡率偏高 (圖 16)[44]，且避難支援對獨自避難有困難的老人尤為重要，於是透過新開發的 IoT 住警器可相互連結，同時與 AiSEG2 (Home IoT)主機[45] 進行溝通，完成自動化系統間整合及連動，於火災發生時所有聯鎖型住警器發出警報 (圖 17(a))，同時連接照明開關，打開全部房內燈源 (圖 17(b))，協助安全疏散，並向 AiSEG2 和智能手機發送火警推送通知。此項系統即為物聯網感測器、致動裝置與信息系統/平台整合連動的基本模式，同時也可能是既有建築物智慧防火防災設備建置問題的解決方案。



圖 16 分時區住宅火災死亡人數 (排除縱火與自殺) (2018 年期間) [44]

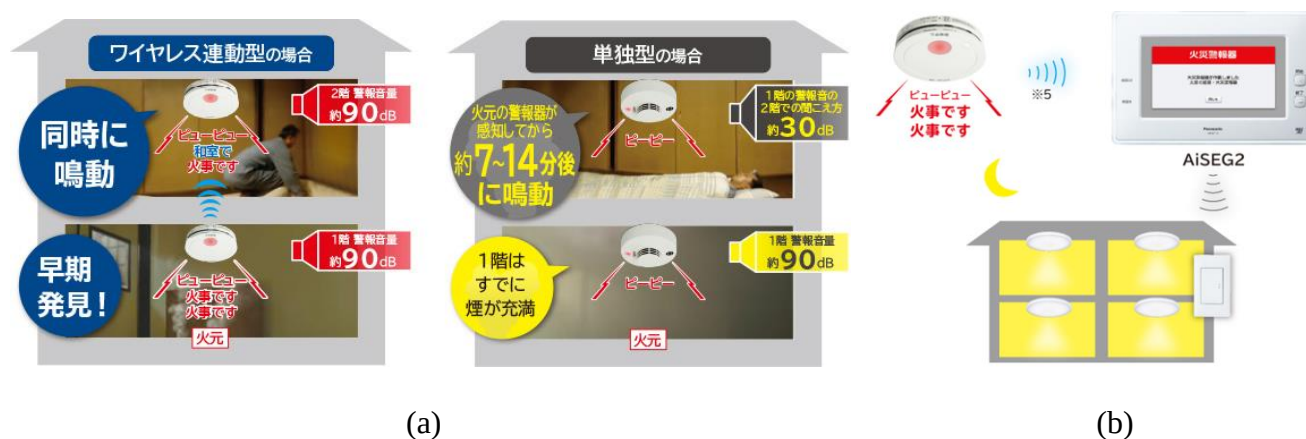


圖 17 AiSEG2 (Home IoT) 與 住警器 (Panasonic Life Solutions Co., Ltd.)

此外，近年因攝影機景深與精度的精進，以及影像辨識技術的提升，影像監測技術也被採用於火災監測系統中，以補足住警器不足之處。國內中美強科技股份有限公司自主研發即時影像監測整合技術，透過自主研發的「視覺型極早期煙火偵測預警系統(VFDS)」(如圖 18 所示)可發揮即時火警警報功能進行介紹，其藉由 CCTV 攝影機或其他相容視訊裝置擷取影像後，利用創新演算與統計方法分析即時視訊影像，偵測影像中是否有火焰或是煙霧存在，並發出警報給相關人員進行立即處置。截至目前已在台灣跟東協國家已經建立許多成功案例，例如：石化廠極早期火災預警系統、古蹟安全維護系統、科技廠房極早期火災預警系統...等。



圖 18 視覺型極早期煙火偵測預警系統(VFDS)

■ 研究議題規劃：

- 一、研析建築物感測器(氣體、溫度與)及外遣偵蒐設備等基礎設備在防火防災偵蒐與預警可能會碰到的問題與瓶頸。特別是須建構並整合可能的閃燃、爆燃現象及其發生之前的重要關鍵因子分析，以降低救災風險。
- 二、分析與討論結合無線感測技術與模擬軟體，建構即時救災資訊系統，提供災害指揮人員掌握救災資訊的可行性與困難點。

第三節 AI 消防機器人/無人機

火災的主要特點有溫度高、煙霧濃、火勢猛和蔓延快。為及時監測火情的發生，監測資料的感測器需要具有很高的靈敏度和準確性。當前應用在監測火情上的感測器存在安裝位置固定、測量範圍有限等方面的局限性。將火災監測感測器安裝在移動無人載具上，可以有效解決上述局限性，實現火災監測的無人化與準確性。目前火災監測與救援所採用的無人載具可分類如下表 9 所示：

表 9 消防無人載具分類比較表

資料來源：本計畫整理

類型	適用環境	優點	缺點
輪式載具 	平坦地形	速度快、穩定性高、結構簡單、控制簡單	越障性能較差
履帶式載具 	複雜地形	穩定性高 承載能力高	速度較慢
飛行載具 	(超)高樓	快速獲取地理信息及三維模型	易受濃煙與高溫氣旋影響
機器人載具 	任何地形	越障性能佳、速度快、穩定性高	使用時間較短

目前無人機以大幅應用於防火防災救援行動上，但均是以戶外偵搜與救援為主要目地，若要進入室內執行偵搜與救援任務，則仍有許多問題仍待解決。日本消防廳令和元年研究開發課題：小型無人機在室內空間利用研究（屋内空間での小型無人航空機（ドローン）の活用に関する研究）[46] 中，使用配備測量儀器和各種感測器的無人機在室內空間進行飛行實驗，並研究可用於室內發生災害的無人機所需的要素和功能（圖 19），例如無人機飛行性能、耐熱性能、氣體檢測性能等來確定是否可以在當前情況下使用，並室內空間的運行是必需的提出建議。

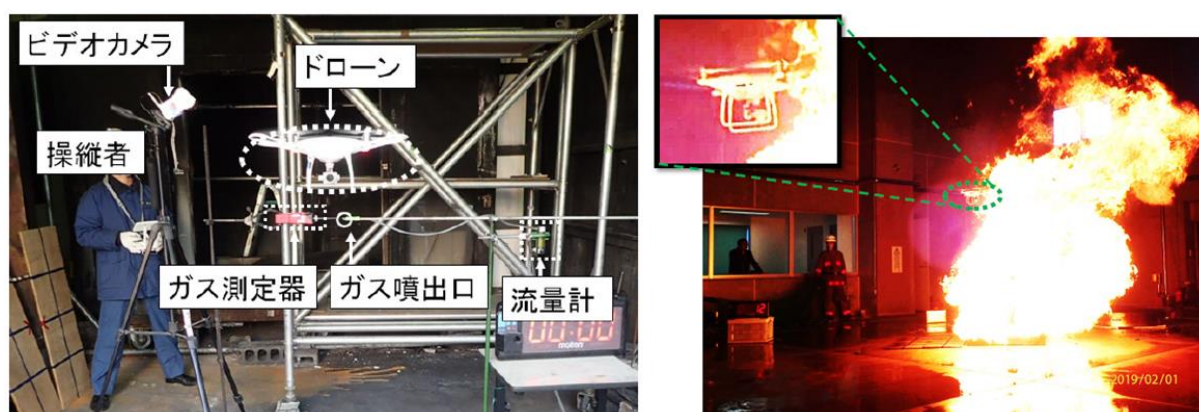


圖 19 小型無人機在室內空間利用研究[46]

除了無人機的應用以外，輪式/履帶式無人載具也被積極應用在智慧防火防災科技上。力中滅火機器人為台灣力中國際有限公司研發[47]，用於消防人員無法接近之火災場域，其底盤採用履帶系統，具有直線射水、水霧射及泡沫滅火功能，且能自行配選輔助設備，可擴增五用氣體探測器、熱影像儀系統及夜視等功能，如圖 20 所示。



圖 20 力中滅火機器人[47]

紐約市消防局（Fire Department of the City of New York, FDNY）在 2014 年購買了 Super Droid 地面機器人，該紅色機器人具有類似軍用坦克的履帶可在障礙物上向前或向後推進，用於檢測危險材料，但執行基本功能較麻煩，比如在陡峭的樓梯上或在大堆瓦礫上移動。2022 年紐約消防局向機器人公司波士頓動力公司購買兩個 Spot 機器人（如圖 21），用於協助困難的搜救行動與傳輸重要數據，有助於重塑人們對將機器人用於公共安全目的的看法。Spot 機器人有能力在蒸氣洩漏後深入地下，收集有關危險碎片的圖像和數據；還可以在建築物倒塌後立即部署，以測量結構完整性或測量一氧化碳等有毒易燃氣體的濃度，以便更好地通知消防員對現場做出反應。



圖 21 紐約消防局購買了兩個 Spot 機器人，併計劃使用它們冒險進入危險情況

■ 研究議題規劃：

- 一、評估無人載具之使用模式與操作方式，以符合蒐集災害現場作業之要求。
- 二、分析執行作業前，需評估現場區域之地形特性有無需特別注意之處，以避免無人載具失控及耗損的情形。
- 三、評估無人載具結構穩固，以及搭配的器具包含機架系統、飛控系統、遙控設備、鏡頭等等，歸納分析關鍵技術與問題，以進行提升無人載具性能的策略規劃。
- 四、此議題規劃之前提需基於所需關鍵之火災情資感知偵蒐結果。

第四節 消防戰力 AI 升級

人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 作為多學科交叉融合的先進技術，已在多個領域得到廣泛應用。隨著人工智慧、大資料、5G 網路等先進技術的快速發展，社會層面對消防裝備的技術水準和應用需求也在不斷提高，基於現有技術的傳統消防裝備，已不能夠滿足當前社會對於消防救援裝備的智慧化、時效性、便捷智慧操作等的需求。

例如：閃燃 (Flashover) 是一種非常危險的現象，在一個封閉的區域內，所有暴露的可燃材料幾乎同時被點燃。然而，得益於一種新的基於人工智慧的系統，消防員可能很快就會收到閃燃即將發生的警告。P-Flash 閃燃預測模型 (圖 22) 是由美國國家標準與技術研究院 (NIST) 的科學家設計，利用機器學習算法，在 4033 個不同的計算機模擬燃燒的三居室、一層樓的牧場式住宅上進行訓練[48]。當房屋中的虛擬熱感測器在 150°C 時將無法發生作用，但根據溫度上升的速度等變量，算法學會了預測房屋內的溫度大約何時會達到 593°C。當 P-Flash 隨後在其他燃燒屋模擬中進行測試時，它在預測閃燃發生前一分鐘的準確率為 86%。

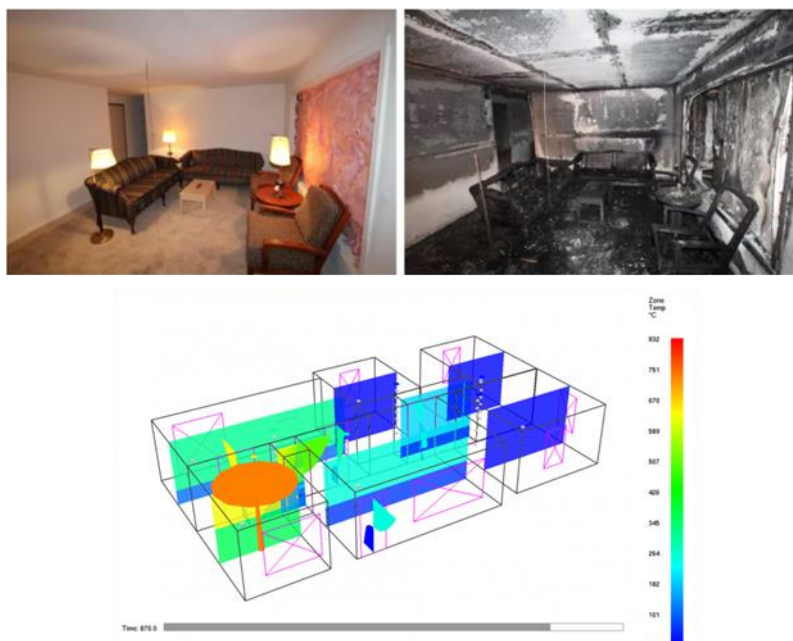


圖 22 P-Flash - 閃燃預測模型[48]

在舉個案例，日本消防廳平成 31 年研究開發課題：城市火災蔓延模擬應用在消防活動規劃（消防活動計画の立案支援のための物理的市街地火災延焼シミュレータの高度化），透過數值模擬分析，預測強風期間消防救援如何避免城市火災擴散，如圖 23 所示[49]。透過建築物、城市與潛勢資料的建置，採用火災模擬軟體結合物聯網感測器之火災範圍與救災安全模擬，降低火災擴大的災害，尤其日本仍以木造建物為主，如何避免災害擴大就是一個極為重要的課題。

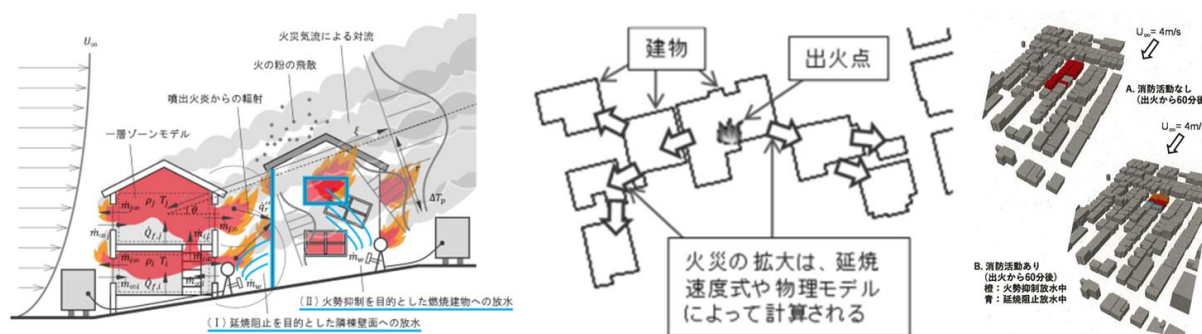


圖 23 透過數值模擬分析，預測強風期間消防救援[49]

■ 研究議題規劃：

一、評估引入複雜事件處理技術與 AI 運算，通過編碼實現火警誤報、漏報判別等之可行性。

二、研析根據樣本資料訓練感測器神經網路和圖像神經網路，並結合模糊演算法進行火災預測的準確性。

三、利用大資料技術對消防大資料進行深度挖掘(Data-mining)和融合，實現火災風險評估和預警的規劃策略。

第五節 消防員穿戴式生理監測及預警通知

本章開始有提及國外研究的整理，第一項即為以消防員為研究物件的研究內容，如消防員智能防護服、可攜式升溫預警設備、智慧防火紡織物等。在消防人員深入執行滅火與搜救等任務過程中，可能會因為長時間、高強度的體力勞動而出現體力不支、過度疲勞的問題，在十分危險的環境下無法自主撤離災害現場，使消防人員的生命健康安全受到十分嚴重的威脅。消防隊在保護人民生命財務安全的同時也要意識到自身也是人民群眾的富貴財富，這就需要綜合運用各種先進的技術手段來輔助消防人員的工作，最大程度上確保消防人員在執行任務的過程中不會受到嚴重的損傷。而根據依據 NFPA1982 第 8 章規範，消防員身上所配戴的電子設備模擬救災人員於火場中救災之情境於 260°C 之保溫箱中 5 分鐘，以及模擬閃燃之情境，以平均溫度 950°C 之火焰噴燈持續加熱 10 秒，所有功能必須正常，因此穿戴式裝置的設計應符合該項規範之要求。

除了先前所提及的消防員智慧防護服 ProeTEX 專案[11]，來自於 University of West Bohemia 的 Prof. Tomas Blecha 則設計出一智慧消防夾克 (Smart Firefighting Jacket)[50]，係將感測器，以及無線通訊集成到消防員防護服中，如圖 24 所示，能夠監測心率，檢測消防員的動作，以及環境中有毒和可燃氣體，並測量防護服內外的溫度和相對濕度。該防護服還包括室內和室外定位單元，基於慣性傳感器的室內定位單元放置在防護靴上，用於在 GPS 信號丟失的情況下對消防員進行遠程跟踪。



圖 24 Smart Firefighting Jacket[50]

此外，為了提高救援效率，美國 Qwake Tech 公司藉助目前火熱的 AR 技術，研發了一款 C-THRU 超級消防帽 (圖 25)[51]，經測試能讓消防員作業速度提高 3 倍。C-THRU 採用封閉式的頭盔設計，其上搭載了熱成像攝像頭、毒性傳感器、邊緣檢測器和 AR 顯示屏。通過配備的 Tegra 移動傳感器，可對濃煙籠罩的房間進行實時掃描，實現資源的快速調動和管理，給消防員帶來遠高於傳統紅外透視濃煙的觀察效果。

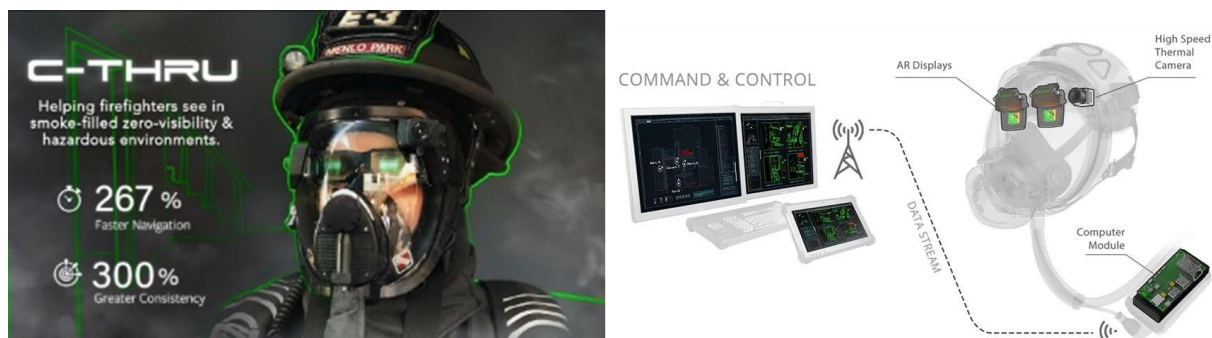


圖 25 C-THRU 超級消防帽[51]

■ 研究議題規劃：

- 一、評估消防員佩戴上穿戴式攝錄機，以主觀視角拍攝消防員周圍的環境畫面，於火災救援應用可靠度。

二、討論消防員配戴多種感應器、全球定位系統（GPS）設備、氣壓計等，自動收集多種重要數據，包括：消防員的各種生理數據、氧氣樽剩餘氣量，以及準確位置、高度、溫度、煙霧情况等，透過聲、光、電等特殊警告方式，對於消防員自身安全保障的關鍵問題。

三、此議題規劃之前提需基於所需關鍵之火災情資感知偵蒐結果。

第六節 廣域人員避難智慧引導系統

大型公共建築物的緊急避難疏散，由於空間場域面積廣大、建築複雜性，以及容留人數較多，導致內部收容人員的疏散時間（egress time）較長，且難以掌握路徑上危險情況。

智慧避難疏散系統研發思考方向：

- 一、「動態逃生指示系統(ADSS)」除了否定危險的出口外，也需要同時提供正確的替代方向
- 二、軟體技術上要做到自動分析運算逃生路徑，並動態修正指示方向的避難疏散指示
- 三、配合導入廣域建築空間資訊，進行多樓層、廣域人流避難疏散模擬及實證
- 四、室內空間人員定位技術與資訊傳輸整合

火災的發生無法預期，智能疏散透過系統自檢功能讓消防疏散指示隨時待命；另一方面，透過遠離火災報警位置的避難方向指示功能，則打破過去傳統逃生避難燈被動消極顯示出口的方式，而能進一步指引相對安全的出口，幫助民眾在濃煙密佈的火場中判斷逃生方向。瑞德感知科技 (HEX) 於 2011 年便著手開發研究「動態導引系統」（圖 26）[52]，並將此科技導入消防產業；「HEX 動態導引主機」可自動偵測建築物內的危險程度，即時規劃火場逃生路線，有效提升建築物公共安全標準。透過最新 LoRa 低功耗廣域 (LPWAN) 傳輸技術，遠端控制「動態導引號誌」會根據不同火場現況運算最安全的逃生路線、以顯眼的閃爍箭號引導群眾前往安全出口。除了結合消防探測器獲知起火點，輔以內建溫／濕度感測器的動態導引系統以提供最佳疏散動線，亦可與其他通訊技術互聯，針對感測器和燈板設備做監控。最後，還能配合數位廣播系統實現智慧消防，即時發布相關訊息。



圖 26 瑞德感知動態導引系統[52]

而整合無線感測網路技術、無線射頻技術與人流識別技術作環境資訊蒐集與監控，配合運用避難者在緊急環境中的心理影響與環境狀況計算出環境中逃生之最佳狀況，並使用視覺導引技術、聲音傳導技術配合數位看板與智慧型手機相互應用，建構出一套智慧型聲光避難導引系統，為廣域人員避難智慧引導系統建置的關鍵技術

■ 研究議題規劃：

- 一、探討各類大型場域避難需求，研析以 IoT 智慧化引導技術提升人員避難疏散系統功能，結合並升級緊急避難智慧引導系統功能；
- 二、以電腦技術模擬多樓層、廣域人流避難疏散情境，以火災疏散模擬進行防火避難疏散規劃，透過多次模擬累積數據，最後再選擇適當場域進行實際驗證，建立更加完善的火場避難疏散計畫。
- 三、此議題須透過不同類型高火災風險樣態建構模擬與因子研判後，才可達到智慧引導之 AI 學習目標。

第七節 智慧型早期火災預警系統

智慧型早期火災預警系統的建置目的系透過建築物固定感測器與機動儀器設備等，整合進行室內溫度、各種氣體微粒與光色彩變化等環境資訊，智能判讀進行熱點分析與通報巡檢，

消除潛在源頭威脅，此將影響是否有效初期「減災(Mitigation)」之關鍵研究議題。而火災極早期定義為因物質先遇熱源而熱分解出現熱釋粒子，再產生可見煙，然後產生火焰、高溫，而根據 NFPA76 定義「極早期警報火災探測系統」中「低能量火災現象」的解釋，「火災極早期」階段現象可採用「不可見的熱釋粒子」來代表。而現階段極早期火災預警系統為空氣取樣型偵煙探測器 (Air Sampling Type Detector)，又稱抽氣式偵煙探測器 (Aspiration Smoke Detector System, ASD)，以 VESDA 極早期火災預警系統為代表廠商[53]。VFSDA 是一種基於光學空氣監測術發展的微處理器控制樣品煙霧檢測裝置，如圖 27 所示。該儀器運用了最先進的數位微處理器術，用於火災初期（過熱、悶燒、或低熱輻射和低產煙效率）的探測與報警，報警時間比傳統的早數小時以上，在火災初期消除火災隱患，使火災的損失降到最小。VFSDA 系統分佈在地鐵控制 OCC 樓、車輛段信號樓、停車場信號樓、車站等地的設備房間內，如通信機械室、信號設備室、AFC 室、中央控制室等。但缺點在於建置成本偏高，此外，取樣氣體沒有經前處理，容易受溫濕度變化、結露…等高背景訊號影響。



圖 27 VESDA 極早期火災預警系統[53]

近期日本清水建設 (Shimizu Corporation) 為物流設施開發早期火災檢測 AI 系統“Fire Detection@Shimz.AI.evo”，並確認有效探測木質建築中的火災，如圖 28 所示 0。“火災探測@Shimz.AI.evo”是根據各地發生的物流設施大規模火災而進行開發的系統，主要開發原因在於配送設施中燃燒大量瓦楞紙板時產生的獨特氣體“二十烷”比煙霧擴散得更快，通過氣體傳感器檢測出來的，AI 綜合分析檢測信息，及早發現火災的發生。由於配電設施的天花板很高，而且空間很大，所以火災的煙霧被稀釋了，所以假設一個高度為 8m 的大空間，僅使用傳統的火災報警器從發生火災到檢測到大約需要 30 分鐘，這是導致大規模火災的一個因素。由於該系統可以在大約 1 分鐘內檢測到，因此可以將其安置在可以用水桶撲滅的火災中。另一

方面，具有高文化價值的傳統木結構建築被大火燒毀的案例也很多，透過演示實驗，可驗證檢測木材初始燃燒過程中產生和擴散的包括一氧化碳在內的獨特氣體的可能性。



圖 28 日本清水建設早期火災檢測 AI 系統“Fire Detection@Shimz.AI.evo”0

此外，工研院材化所感測團隊黑盒子紀錄器-異常溫升智能感溫偵測安全物聯網模組（圖 29），藉由溫度上升系統釋放特殊氣味分子之感測器辨識演算達到預警目的，可多組安裝聯動大數據資訊監測。

開關座組件與發熱位置

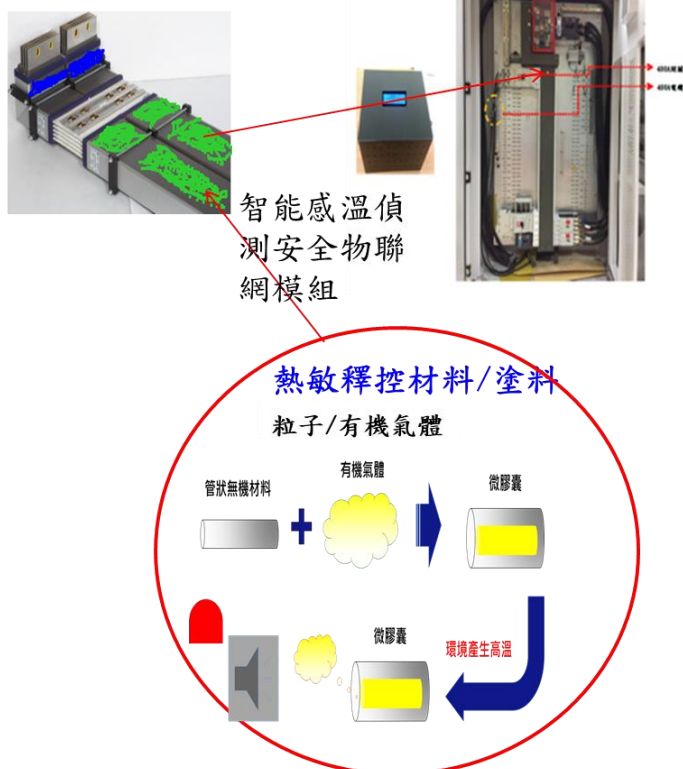


圖 29 工研院極早期火災預警-異常溫升智能偵測方案

■ 研究議題規劃：

- 一、研析運用感知模組測量場域環境中所需之感測資訊，對於驗證火場火勢發展之進行、進行火場溫度與氣體變化之差異，使用人工智慧技術進行各式火災情景分析，作為火點探知，早期火災情境探測之研究分析的準確性。
- 二、分析關鍵技術的缺口，評估後續開發之策略。

第八節 耐高溫材料研發

火災發生後的高溫環境造成包括感測器、穿戴式裝置以及無人載具等的內部電子元，會面臨自身工作發熱和外部高溫引起失效問題，導致避難與施救人員安全受到影響。為保證火警感測器、穿戴式裝置，以及無人載具等正常工作，有必要對內部電子元件做出相對應之熱防護設計，有以下三類方式：

- 一、內部散熱方案設計：針對在高溫環境下常見的對流散熱不能起到散熱效果的問題，一般會採用相變儲熱的方式，吸收電子元件自身工作產生的熱量。
- 二、外部隔熱方案設計：為應對火災現場的外部高溫環境，大部分均採用多層隔熱對電子元器件進行防護。
- 三、整體防護效果：將內部相變儲熱部分和外部隔熱結合做為一體的整體防護。

在隔熱技術中，隔熱材料始終佔據著基礎地位，其發展水準會對隔熱技術整體的運行效果產生直接的衝擊，就隔熱材料而言，使用頻次比較高的隔熱材料有以下四種類型，即金屬基、陶瓷基與樹脂基複合型材料，以及氣凝膠材料。一般情況下，需要結合隔熱工作的需求，挑選合適的金屬基複合材料，若是溫度大於 500°C，則選擇鈦合金材料，若是溫度小於 500°C，熱輻射水準相對較低，通常不會選擇鈦合金材料。若是溫度介於 500 到 900°C 之間，通常會選擇以鐵鈷鎳為基礎的高溫合金材料。若是溫度介於 1000 到 1650°C 之間，通常會選擇經過抗氧化處理後的難熔性金屬材料。力學性能較強是陶瓷基複合材料存在著的主要優勢，且有高度熱穩定性，不過由於缺乏韌性，導致容易出現斷裂的情況。研究陶瓷基材料中，如何協調任性是其中主要分析方向。樹脂基複合材料的優質性能主要表現為耐高溫、高強度、耐疲勞等特點方面。氣凝膠材料則是可塑性很強，如圖 30 所示。

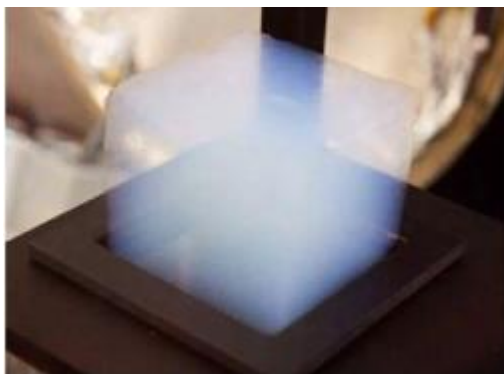


圖 30 氣凝膠材料

近年來由於國外新型高效能無機反射粒子材料的發展，也推動了無機型隔熱塗料的開發。因此，可透過採用無機矽酸鹽和矽溶膠為基底，並添加反射率較高的無機紅外線反射粒子作為填料，製備一新型水性無機反射隔熱塗料，可提高反射率和隔熱溫差。

■ 研究議題規劃：

- 一、研析防火無人載具、穿戴式裝置或者是消防衣隔熱機理和評價方法，討論熱源造成設備損壞與對消防人員產生危害的原因，以規劃溫度特性檢查方式，以及耐熱材料的設計與製作。
- 二、取得內部無線電執照並確認溫度特性，研議耐熱保護通信設備裝載方法的研製。

第九節 小結

近年國內消防機關為強化消防救災能力，提高救災資訊即時掌握效率及增進消防人員救災安全，近年亦與民間企業合作應用物聯網、人員定位追蹤、建築建模、無線傳輸等技術發展各式消防指揮、管制、即時影像傳輸等裝備器材，亦有在小規模場域進行驗證經驗，惟尚缺大型模擬場域及實際場域應用驗證。然而嵌入式資通訊技術與自主性的可動式構件開發應用，已成為當今設計領域發展之趨勢，本計畫期能透過相關設計模擬流程與雛型實作實驗，提供一整合智慧建築與綠建築之模組化產品設計流程，並有助於跨領域整合研究的進展。透過內外智慧防火防災科技關鍵技術應用案例的瞭解，進而研議建立研究開發計畫中長期大綱，以「PoC (Proof of Concept)-PoS (Proof of Service)-PoB (Proof of Business)」方式提出草擬智慧防火防災科技關鍵技術及應用中長期大綱 (如圖 31)，以及智慧防火防災科技研發項目建議。

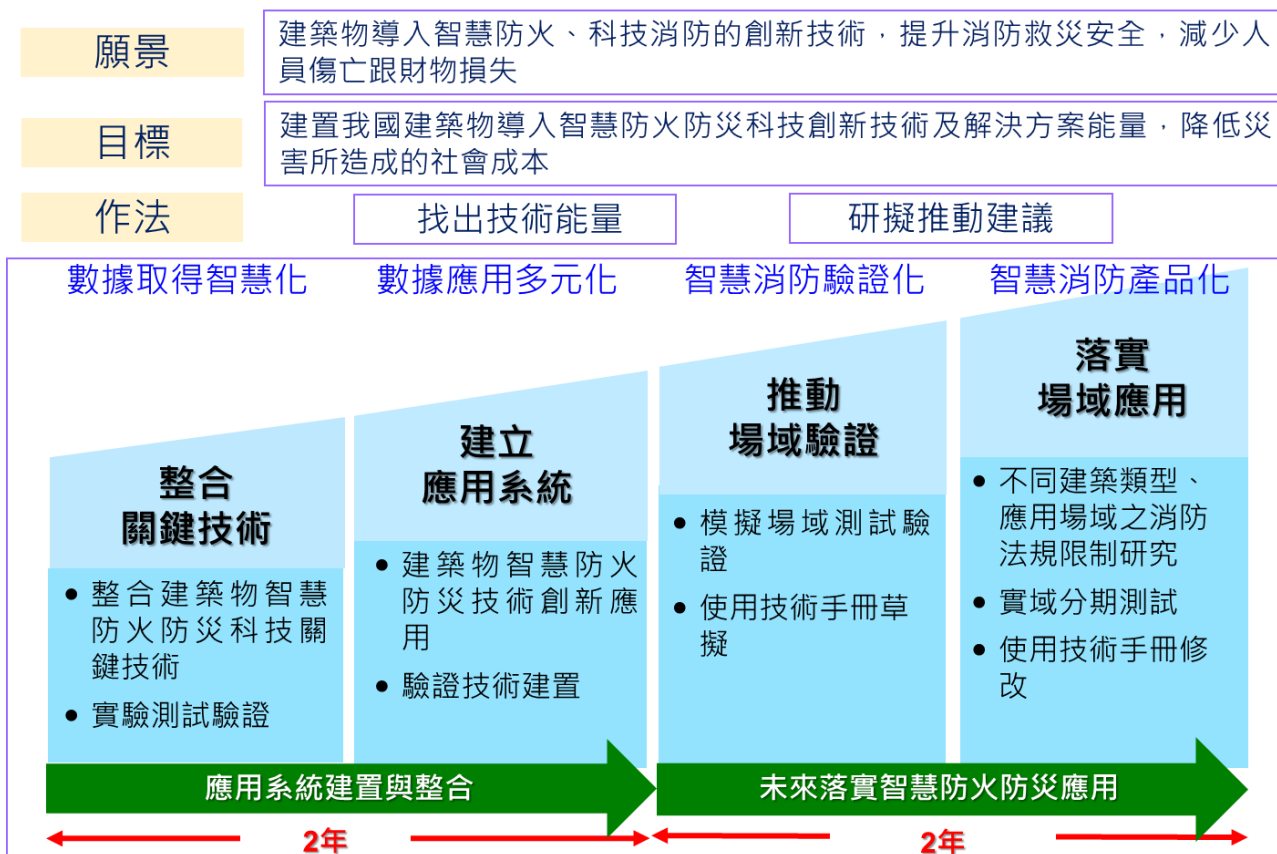


圖 31 智慧防火防災科技關鍵技術及應用中長期大綱 (草擬)

中長期大綱說說明如下：

- 一、透過消防相關設備/平台關鍵技術與應用課題之權重分級，於第 1-2 年規劃關鍵技術開發、精進或者是引進的研究課題順序，以期能在第 3 年進行應用場域驗證。
- 二、規劃第 3-4 年以應用場域驗證計畫執行，透過應用場域的布建與模擬測試，與實際場域實質測試，來確認產品使用於消防救災行動或建置於建築物內，其品質穩定性及實用性。

第四章 專家訪談與專家學者座談會

第一節 專家、學者與廠商訪談意見

與專家、學者以及消防業者進行訪談過程中，認為傳統消防由於各建築物地理隔絕導致消防管理分散低效，且當報案群眾發現火情時，消防人員所需要的資訊覈實和救援的時間成本較高，有時又遇到報案人員對於消防知識匱乏和緊張導致火情資訊描述不清楚，致使火情蔓延，耽誤了寶貴的救援時間，往往造成重大損失。並且傳統的消防系統主要通過「人防+技防」的手段，將聯網使用者資訊傳輸到遠方的監控管理平臺的單一智慧化特點，實現監測、巡檢防範的目的。在運營中凸現出執行維護成本高、裝置不相容（介面和通道不暢），政策支撐不配套，聯網監控普及率不高等問題，致使城市消防遠端監控覆蓋率不高。

此外，現階段智慧消防有資訊化建設能力，但是在消防行業中缺乏足夠的經驗與底蘊，而傳統消防設備廠商雖然對業內的發展與應用有所瞭解，但對於資訊化使用仍有待訓練與經驗累積。主要在於智慧消防系統中各個模組之間缺乏資訊聯通，也缺乏適應及應變的能力。智慧消防對於資料處理的要求是縱向貫通、橫向交換。在縱向貫通方面，不同層級組織的資料在打通共用通道並與智慧消防平臺相容的過程中都面臨著不少障礙；在橫向交換方面，由於跨部門調閱資料，如個人通訊、住建等資訊，需層層審批，不僅難度係數大，且容易延誤最佳時機，會造成不必要的損失。就系統之間的聯通性來看，當前個別地區的消防救援部門未與警政、交通、供水、廣電等部門建成聯動機制，進而使得在滅火救援等方面的分析與決策陷入困境。

8月26日拜訪災防辦，與吳武泰主任等進行智慧防火防災科技應用討論，提出強化手機（移動式裝置）在火場救援的應用、確保機器人或者無人機鋰電池使用安全性、針對電器起火的智慧化火源控制、著重既有建物火警通報問題、加強資料介接安全性跟場域測試驗證的重要性，並從防火與防災同時進行規劃，而基於數位轉型，對於通訊、即時分析與資料分享及保護詳細評估，而判讀結果除給消防人員使用外，更重要的就是一般民眾可以查詢，加強一般民眾對於訊息信賴。對於人工智慧或者機械學習，例如透過FDS建模、機械學習跟人工智慧預判，可進行規劃。此外，教育訓練除了資料介接跟軟硬體建置來進行不同場域訓練，但如何強化救援能力，例如讀圖跟救援路徑規劃，軟體應配合有經驗人員進行撰寫。

9月15日至新北市消防局緊急應變指揮學院ERCA進行訪談，該單位係透過虛擬環境進行救災訓練，全球類似單位包括：新加坡ACTS、韓國ICTC，以及法國ENSOSP，而ERCA使用訓練系統為美國ADMS模擬系統，採用重慶場景建模，與臺灣建築風格類似，共有12

種場域，特別是臺灣特有建築鐵皮屋模組的建置，可模擬鐵皮屋火災情況與可能坍塌情形，擬真性較高，包括煙流、氣候與風向，與現實情況較為相同。ERCA 將教育訓練分為三級：金級(中隊長以上)以戰略訓練為主、銀級(小隊長以上)以戰術訓練為主，以及銅級(一般消防隊員以上)，以戰技(前線救災)訓練為主，並作為升遷評鑑之一。評鑑過程採核心教官與戰術教官共同評分，透過指揮官操控，以及眼動與臉部表情判斷指揮救災是否確認與正確。此外，三間互相獨立訓練室，可進行指揮中心、現場指揮車，以及前線救災人員同時訓練，達到團隊配合與各階指揮人員分層負責等訓練。

而針對智慧防火防災科技提出可能問題進行討論，彙整三項重點意見：

一、認知程度較低

在當前防火防災工作中，對於傳統措施和手段的依賴程度較高，限制了工作效率的提升，難以及時發現火災隱患，引起重大事故。對於智慧防火防災建設工作不夠重視，缺乏先進的經驗和技術，導致其建設成效不佳，無法在實踐中得到推廣應用。在先進消防設施及配套設備的購置中缺乏資金，無法與智慧消防系統形成有效銜接，在防火防災工程中出現了形式化問題。

二、專業人才匱乏

由於智慧消防融合了多種先進技術，具有專業性，對於操作人員的專業素養要求較高。但是，由於缺乏大量的專業人才，導致智慧防火防災的應用受到限制，無法充分發揮智慧防火防災的優勢和價值，限制了現代化消防體系的建設。部分消防工作人員的學習能力不高，無法針對當前新技術、新設備進行系統化學習，導致無法掌握智慧消防的操作要點和難點，在實踐工作中的利用率較低。未能對相關工作人員進行專業化培訓，導致其工作理念和方法十分落後，無法適應目前火災防控要求。

三、長效機制缺失

防火防災工作不是一朝一夕的事情，而是要結合社會發展狀況實施長效管理，但是在智慧消防建設中無法長效管理機制，也會對實踐工作的開展造成限制。在系統建設中過於追求設備的先進性，未能結合防火防災的特點選擇合理的硬體及軟體，導致系統運行實效性較差，出現嚴重的資源浪費狀況。軟硬體之間的協同配合度較低，只滿足簡單的工作需求，無法實現火災資訊的深入分析，未能體現“智慧性”的特點。此外，也存在“重建設、輕管理”的問題，在後期維護中的資金投入較少，導致智慧消防設備出現老化，無法在火災防控中發揮作用。

消防行業是事關人民生命財產安全的重要事業，各項短板都應盡可能完善，才能保障信心，為人民群眾爭取最大程度的止損。傳統消防渴望與時俱進，而智慧消防又需要經驗支撐。因此，並不是智慧消防就高於傳統消防，而是共同協調，實現“新智慧消防”建設的基本要義和發展使命。

第二節 3場專家學者座談會議舉辦

為研議我國智慧防火防災科技發展目標、效益及可達成之實施機制與落實途徑，規劃舉辦3場專家學者座談會進行廣泛意見蒐集彙整。本工作項目實施方法如下所示：

表 10 智慧防火防災科技關鍵技術與應用規劃之研究專家學者座談會議規劃表

項次	主題活動	舉辦時間	活動對象
1	專家學者座談會議 ● 國內外智慧防火防災科技關鍵技術及應用趨勢分析與討論	5 月	國內消防相關單位 國內消防研究學者/專家 消防設備/平台廠商
2	專家學者座談會議 ● 集合住宅智慧防火防災科技通訊網絡建置與火災訊息通知 ● 圖資介接與火情模擬於集合住宅安全救災的應用問題	9 月	國內消防相關單位 國內消防研究學者/專家 消防設備/平台廠商
3	專家學者座談會議 ● 集合住宅智慧防火防災科技研究 ● 智慧防火防災科技技術推廣策略	11 月	國內消防相關單位 國內消防研究學者/專家 消防設備/平台廠商

其各場次會議目的如下：

- 一、第一次專家學者座談會議：確認研究項目未來發展藍圖(Roadmap)與規劃策略
- 二、第二次專家學者座談會議：依據專家訪談與第一次座談會建議，針對研究項目的應用與關鍵技術召開第二次專家學者座談會議進行討論
- 三、第三次專家學者座談會議：彙整發展藍圖(Roadmap)、執行策略，以及關鍵技術與應用，依據研究項目的重要性與急迫性，召開第三次專家學者座談會議確認研究課題與執行策略，並擬定中長期計畫大綱以及各階段預期成果

第三節 第一場專家學者座談會議討論與建議

在完成前述智慧防火防災科技國內外發展趨勢以及文獻蒐集與分析，並進行專家訪談等工作項目，依照規劃於5月份召開第1場專家座談會議，擬先就確認研究項目未來發展藍圖(Roadmap)與規劃策略進行討論與建議，會後將依據與會專家建議進行修正或調整。會議時間視與會人員可出席時間，並訂於5月30日舉行第1場專家學者座談會議。

舉辦第1場專家學者座談會議，針對國內外智慧防火防災科技關鍵技術及應用趨勢分析與討論，以及研究項目未來發展藍圖(Roadmap)與規劃策略，在討論前先進行「建築物導入智慧防火防災科技應用趨勢」報告。

簡報內容先行敘述建物火災災害所造成的人員傷亡以及財產損失，指出火災發生在於防火設計、火警警報，以及消防消防救援無法有效達到防火防災之功效。緊接著透過建築物與防火防災科技智慧化相同的衍進歷程，包括：

- 一、自動化：發展的初期階段，普遍的弱電系統以及消防警報設備系統皆為自動化的一環，為個別獨立的系統，而不是整個智慧建築與智慧防火防災科技的整合系統。
- 二、資訊化：在網路技術的普及化後，進入到將建築與消防資訊化，在2000年後，系統整合技術趨近成熟，尤其在2010年後，網路與資訊技術的具體落實，主要技術特色為資訊整合和平臺化，為智慧建築與防火防災科技帶來了巨大的影響。
- 三、智慧化：隨著「智慧城市」的興起，智慧建築與防火防災科技間的資訊連結互通，而邁向人性化與智慧化之系統。以此前提下，5A弱電系統與消防警報設備系統加上物業管理(Property Management, PM)，是智慧建築安全、有效管理必須具備的整合系統。更是以IoT、BIM、Big Data、AI、5G、Cloud/Edge Computing等新技術為代表，為「智慧建築」帶來了無限的可能性。

而智慧防火防災科技與建築的關係，依照內政部建築研究所「智慧建築標章」認證指標中，安全防災指標著重「主動性防災」與「各自動化系統間整合及連動程度的評估」，意指在遭受各種天然災害或人為的蓄意入侵或破壞，以各種自動化系統事先防範或防止各種災害的發生及擴大以確保使用者的生命財產安全。而安全防災指標則包含火災報警(Fire Alarm System, FAS)及消防聯動控制系統，也是非常重要的一個子系統，關鍵因素在於：

- 一、建築面積大、豎向孔洞多(電梯井、電纜井、空調及通風管等)、設備材料多，增加火災發生的可能性

➔解決策略：防火安全設計及工程技術精進

二、智慧建築較傳統建築增加許多技術先進、價格昂貴的設備和系統，發生火災事故的損失較一般建築物嚴重許多

→解決策略：智慧化整合，及時預警，主動防災

三、老人與避難弱者由於注意力較低及行動緩慢，當火災發生時，因避難不及而於火場喪生

→解決策略：防火區劃、消防設備與避難系統整合連動強化

接著簡介國內防火防災科技研究現況，包括政府中長期計畫、縣市政府合辦計畫，以及科技部學術補助或者是機關自行/委託研究計畫相關分析，其中地方縣市消防局與業者合作，以遠端監控、信息共享，以及教育訓練為計畫執行目的，而科技部學術補助或者是機關自行/委託研究計畫則是以無線傳輸與資料辨識分析技術以及系統平台建置研究案最多，但較少關於建築物導入智慧防火防災科技場域驗證、推廣策略，以及法規研究。詳細研究計畫與文獻資料蒐集與分析可參見「第二章 國內外智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用 第二節 國內防火防災科技發展及應用」。透過國內防火防災科技發展及應用的計畫與文獻蒐集以及分析，提出智慧防火防災科技導入建築系統之關鍵技術架構（如圖 12），詳細列出相對應的系統與關鍵技術。同時也介紹國內外案例說明（可參見「第三章 國內外智慧防火防災科技關鍵技術應用案例說明」），以及透過國內外發展應用案例提出建築物導入智慧防火防災科技應用架構（如圖 32）。

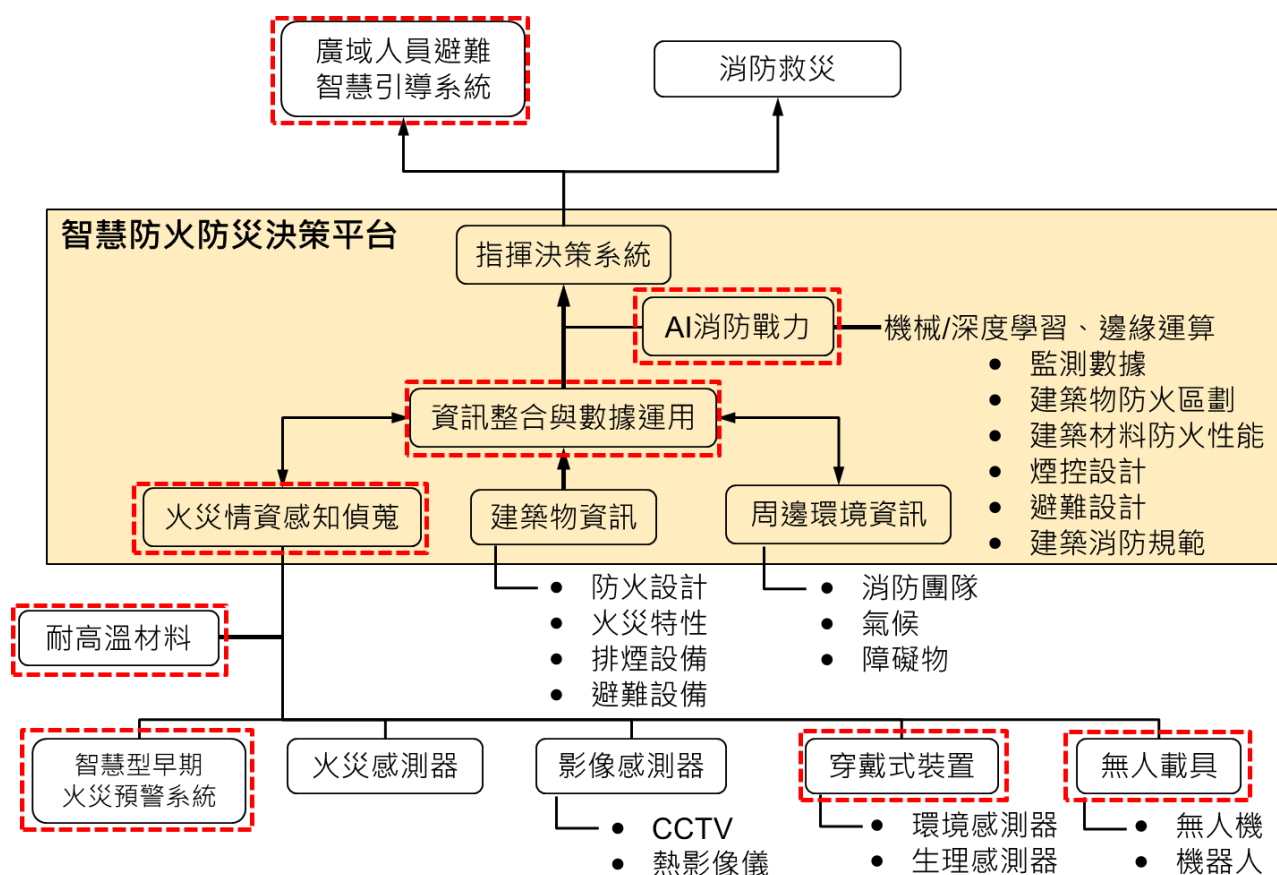


圖 32 建築物導入智慧防火防災科技應用架構

最後提出草擬智慧防火防災科技關鍵技術及應用中長期大綱，以及智慧防火防災科技研發項目建議，包括資訊整合消防運用、消防戰力 AI 升級、廣域人員避難智慧引導系統、火災情資感知偵蒐與模擬整合、智慧型早期火災預警系統、AI 消防機器人/無人機、消防員穿戴式生理監測及預警通知，以及耐高溫材料研發。

簡報完畢後，則以下列議題進行討論：

一、建築物與火情資料取得整合以及辨識分析，在預防、減災和救災的運用

二、建築物導入智慧火災情資感知偵搜技術缺口與解決方案

與會的專家、學者均踴躍發言，並且給於建議，詳細發言內容請參照附錄五第四項，在此僅摘錄重要問題與建議：

一、智慧消防、智慧警報部分須即早偵知並減少誤報機率，而具備學習能力進來增加靈敏度，並針對環境干擾與元件老化發出警示功能；

- 二、因火災發生概率小，廣布感測器對於業主而言則是無感，因此發展偵知型邊緣運算之感測器，讓其有事件偵知功能，除平常運算、環境學習，以及人工智慧學習，遇災害事件再進行通報、警示。感測器本身具有運算能力，不須大量資料傳輸，也能減少維運成本；
- 三、以自行救災為前提，未來可進行遠端操控執行救災動作的應用研究，避免災情擴大；
- 四、加強災害通報系統，透過智慧建築的聯網設備讓使用者確認災情發生，並與受信總機同時進行通報，避免災害誤報；
- 五、物聯網生態系已有足夠成熟技術，精確情資的提供與整合，進行預佈署，可減少現場蒐集時間，有效精準定位消防人員、受困民眾與火點，但建築物私有資訊上傳至公共資料庫的意願，仍是整合系統須突破的困難點；
- 六、透過資料異質整合技術進行極早期火災判斷與預測，而資料有效傳輸會受到火場干擾，可採用邊緣運算技術加以改善；
- 七、整合獨立智慧化系統衍伸兼用功能，降低建置成本，擴大應用效益，易於推廣，另落實產品化及場域應用仍須進行法規檢核，尚要有產品檢驗標準與認證規範之建立；
- 八、除了政策與法規制訂外，也須要民間業者參與，透過保險要求或者是保全作業來推動智慧居家系統；
- 九、依照智慧防火防災科技目的，建議研究規劃得以災前(防災)、災時(救災)、災後(調查)等階段進行研究探討與規劃，針對使用者、資情資料蒐集，救災方式以及法規等，建置應用系統與關鍵技術，盤點既有與現行技術，規劃未來整合應用技術，以及相關法規的配套實施。

針對簡報內容以及專家、學者所提供的建議進行小結：

- 一、建築物智慧防火防災科技關鍵技術與應用，係屬跨領域整合，涉及應用場域、使用者、管理機關與法規等，應明確分群定義，才能正確建置應用系統以及盤點關鍵技術。
- 二、即時災情資訊偵蒐以及低建置成本下減少誤報，讓災情資訊共享，可提高預防、減災與救災效益，數據蒐集與分析應用更顯重要，但面臨資訊穩私權問題，須從政府規定著手來規劃推動策略。

三、考量安全防災系統建置成本與實用價值，應先導入成熟技術進行整合。

第四節 第二場專家學者座談會議討論與建議

第二場專家學者座談會將智慧防火防災科技關鍵技術與應用著重在集合住宅，主要討論集合住宅智慧防火防災科技通訊網絡建置與火災訊息通知，以及圖資介接與火情模擬於集合住宅安全救災的應用問題，詳細發言內容請參照附錄五，在此僅摘錄重要問題與建議：

- 一、公司產品具有機械學習功能，可提供火災預警功能
- 二、各產品相對應用 App 之整合須有 API 對應對接之格式，整合困難度較高，可採用 Line 系統，end user 使用較方便，也可對裝置斷線與離線進行監測，以及覆歸操控
- 三、有線通訊傳輸比無線通訊傳輸穩定
- 四、提高民眾火警意識，才可望推動智慧防火防災科技
- 五、建議以救災人員穿戴設備進行智慧科技整合，避免穿戴裝備遺落
- 六、一般民眾或工廠使用品質不佳的電器產品，容易造成假日電壓偏高，引發火災，宜加強民眾對於電器造成火警發生的意識
- 七、結合 CCTV 跟人工智慧消防編組自我學習，並結合 Line 自我通報
- 八、火災預防：
 - (一) 系統監測：自動巡檢、開閉狀況監測
 - (二) 火災動作回覆(裝置是否動作)
 - (三) 系統整合，例如：瓦斯爐加裝氣體偵測器與截斷器，著重交換標準化
 - (四) 新式設備測試方法標準化，由廠商自主認定/制定
 - (五) 災害發生，主動避難與導引系統，包含暫時避難據點、分階段廣播，預行規劃
- 九、救災：透過 App，進行無線對講機與手機聯集，對火災情況監聽與推播
- 十、災後調查：現階段著重起火原因，但應著重火災資料庫建立，可進行預防行政、人員傷害調查，以及確保設備效能管理使用

- 十一、警報系統整合與推播之認證，會因建築材料耐燃性質、或者偵測器動作與靈敏度等不同，會有不同標準，建議可納入歐美產品認證標準，如 UL 等標準加以參考
- 十二、系統整合係屬螻蛄科技(系統多樣性)，其系統整合著重在訊號整合，現階段是切入點，但要注意潛在風險
- 十三、可從法規面進行系統整合分析，例如建築技術規則第 259 條防災中心，以及各類場所消防安全設備設置標準第 192-1 條防災監控系統綜合操作裝置，可透過智慧防火防災科技重新定義說明
- 十四、智慧化產品往往不是單一設備而是許多設備組成之系統，功能上往往客製化，因此難有一定之規格標準，未來如能建立智慧化防火防災產品之主要構成設備規格、功能基準、驗證方法等具體文件，則有利於產品有關研發及產銷，上述文件可循序漸進經由產業規範進而提升至國家標準。

針對簡報內容以及專家、學者所提供的建議進行小結：

- 一、新式消防設備應用可透過輔導廠商自主建立規範、基準或是標準進行認證，以利擴散
- 二、火警推播除 App 的整合開發，可透過簡易的 Line 推播，或者無線電與手機聯集監聽火災情況，有效進行避難導引與安全救災
- 三、智慧防火防災科技可針對現行法規重新定義說明，確認法規執行的可行性
- 四、除預防與救災外，應加強民眾對於火警的意識，才能有效擴散智慧防火防災科技

第五節 第三場專家學者座談會議討論與建議

第三場專家學者座談會延續第二次座談會議，以集合住宅為標的，規劃導入智慧防火防災科技，以通訊網路建置、火警訊息通知與確認，以及安全救災，發現包括消防設備應有之認證推廣、火警推播與有效進行避難導引，以及安全救災之設備與資料應用等，對一般建物智慧防火防災科技數據研究對於使用者在預防、救災與調查的應用仍有可修改方向，以及對智慧防火科技在國內市場推廣模式可行性。本次座談會邀請行政院災害防救辦公室 吳武泰

主任、永揚消防安全設備股份有限公司 孫建宏 協理，以及國立陽明交通大學土木工程系 單信瑜 副教授等進行討論，詳細發言內容請參照附錄六，在此僅摘錄重要問題與建議：

- 一、火情感知偵蒐系統與建築資訊模型(BIM)整合形成防災中心或是中控室，首先是針對的建築物管理人員使用，後續才是外來救災人員的使用與處理，透過監視控制與資料擷取系統(SCDA)或是資料備援，都可取得以進行人工判斷或者是智慧決策。
- 二、智慧決策，以瑞德感知動態導引系統為例，市場接受度不如預期，可能牽涉系統可靠度以及法律責任，對於沒有標準驗證程序進行驗證的系統，在法律責任上需承擔較高風險。
- 三、後端救災應用，包括消防人員的智慧眼鏡、透過有線或無線方式的火災偵測警報系統，以及運用藍芽定位等技術的人員定位裝置，都曾經有相關計劃進行驗證，但仍無法全面性地去掌握運用，主要在於沒有瞭解應用過程中所發生的問題，才無法順利去做相關運用。
- 四、關鍵技術的研發不是難事，但怎麼去做相關運用才是關鍵點。建議計畫規劃是以關鍵技術研發、制度面強化，還是市場面的提升，要有明確的方向。
- 五、建築類型跟火災類別都不一樣，關鍵技術所能夠適用的範圍也不竟相同，建議聚焦建築類型，譬如超高層大樓，從防災中心建置到值班人員的教育訓練，以及各縣市現行法規，進行瞭解與規劃。
- 六、場域應用是非常重要的，對於物聯網或者是人工智慧導入，很多業者或是消防人員不會將其使用在第一線救災上，因此應思維現階段可應用甚至尚未開發的關鍵技術，做全方位或是全面盤點，不只是平時消防演練，更能真正落實在消防救災。
- 七、就現有技術發展重點，應著重現行各階段，如災前預防階段，災時階段，以及災後調查階段，現有技術發展現況與重要方向須要突破部分，真的應用於救災，而非示範場域展示，才能符合本計畫需求，以及時間與人力限制下可完成的成果。研究範圍從預防、災時跟災後，未來研究案或者是推動，仍應分階段實施。
- 八、可由預防部分先行進行，也較易有成果。而建築物防火安全防災系統關鍵技術除消防設備管理系統，也應包括建築設備區劃，從火災未發生前的感知偵蒐技術與資料進行整合，較容易也可迅速進入實場驗證。
- 九、(2) 透過智慧眼鏡傳送心律與影像資料，示範場域測試驗證大概沒有問題，但火災現場是非常嚴峻狀況，所以當初設定目標是在於救護現場，藉由無線傳送將相關

訊息傳到指揮中心或者醫院，在被救護人員送達前，醫院端已有被救護人員的身理情況可立即進行救護工作，而因醫院端無法配合導致計畫終止，也是智慧消防一大困難點。

十、以防火防災科技而言，本計畫的目的之一是要建立創新應用模式，會牽涉到法令問題，但政府法令的訂定與修改是相當嚴謹，尤其牽涉安全相關的法定就更為嚴謹，所以應針對政府防火防災相關法令的研討進行規劃。就創造產業價值而言，消防工程本來就比較缺乏產業推動，主要是認為臺灣市場較小，產值無法提升，而是應將全世界各種場域做為推動市場，雖然本研究案是4年初階規劃，其目的性對國內帶動智慧消防產業卻非常重要。

十一、在進行統整規劃過程中，驗證測試是關鍵技術整合的重點，也是推動產業的重要步驟。臺灣缺乏就是實驗測試驗證，除了實驗室測試驗證量能外，也牽涉到國家對基礎科學的投入。對於相關法令部分，則先透過產業的開發並自訂認證機制，再由政府召開專家委員審查會議做決定。後續設備裝置的有效性是否去探究，牽扯到維護與裝設方式等問題，都應涵蓋在認證範疇裡。

十二、針對模擬場域部分，可連結地方政府規劃小範圍私人場域進行智慧科技的測試驗證，推動法規問題的解決，而由中央制定一體適用的規定較不可行，可先由地方政府訂定規範進行認證推動，從集合住宅進行場域測試驗證。場域的落實驗證會有阻力，只要系統的目的跟實用性，以及需求者使用方便，對於安全有保障，就會帶動場域的落實與推廣，須要進行各單位的界面協調就不會有太大問題。

十三、因整個課題包括場域與範圍牽涉較蠻廣，面對的建築物特性與差異性相對也蠻大的，而且關鍵科技的發展仍屬於各自研發，沒有一個單位完整地整合規劃這些關鍵科技，因此首先應完整地探討關鍵科技與應用深入方向與發展程度，再去討論是否因為技術門檻太高、法令問題，或是使用端的疑慮。

十四、關於規範部分，短時間由政府訂定相關規範的可行性較低，可先從積極輔導與整合業界力量，仿效國際做法，以日本為例，由產業聯盟共同協商規定品質規範，慢慢成熟到形成工業規格，政府可就既有規範以同等設備、技術與工法進行專案審查，就不須再另訂規定。

針對簡報內容以及專家、學者所提供的建議進行小結：

- 一、把 ICT 產業跟消防產業做結合，創造新的應用產值，後續將針對裝置與系統的認驗證進行規劃修正，尤其是以使用者角度切入，瞭解應用問所在，以及從示範與實際場域進行認驗證方法的確認，並以業界聯盟方式推動認驗證機制。
- 二、智慧防火防災科技產業推動除了設備業者外，更需要使用者與管理者的參與，才能瞭解智慧防火防災科技關鍵問題的所在，因此結合保險業者或者是物流業者，智慧消防關鍵科技的應用與推廣才能更順暢。
- 三、規劃風險比較高的不特定多數人場所，例如機場、高鐵站、捷運站，以及百貨公司等進行實際場域測試驗證，主要在於發生災害風險高、災害發生時疏散避難困難，以及救災不易，比較有可能執行相關的設備裝設與場域測試。相關設備研發與引進導入可行性都很高，主要在於使用者如何運用，因此關鍵技術的使用訓練與決策養成，都是關鍵重點。以預防部分先行執行，針對智慧型大樓與公共場所，有特定多數人使用，能夠進行簡單驗證，才有機會持續規劃案的執行。

第五章 智慧防火防災科技關鍵技術與應用發展課題與架構

第一節 研究課題規畫之目標

本計畫為達成有系統地規劃智慧防火防災科技關鍵技術與應用發展課題與架構，其系統化的流程與方法步驟說明如後，1.首先針對國內外探討智慧型防火防災技術文獻進行蒐集；2.整理歸納出國外發展現況以及國內技術發展現況以及未來發展需求；3.將國內外現階段發展之差異進行歸納，並且邀集國內專家學者以及廠商進行座談與訪談；4.研擬出國內發展智慧型防火防災技術之目標，包括「災前(防災)」、「災時(救災)」、「災後(調查)」三項研究方向，各目標之內容說明如下：

- 一、災前(防災)：智慧型技術應用 ICT 技術可強化探(感)測功能，提供早期探測並正確警報，因此能提供有效的探測功能，方能爭取較寬裕的應變時間。以及應用 ICT 技術將災害現場感測資料，結合避難軟體分析，可提供正確的避難資訊，減少災害的人員傷亡。
- 二、災時(救災)：應用 ICT 技術整合探測資訊與人工智慧，可以提供救災人員詳實的情資，提升救災能力。
- 三、災後(調查)：災害分析與建築物安全評估

本計畫發展之智慧型防火防災發展課題與架構，詳細內容說明於後。

為能夠分析國內外針對智慧型防火防災相關技術能夠進行比較，本計畫將所蒐集到之文獻中有提到智慧型防火防災技術內容詳列於表 6 中，並分成極早偵測、逃生避難、自動滅火、消防救災、系統整合五大類進行分析，並繪製成特性要因圖如圖 13 所示，由表 6 與圖 13 中內容可得知，多數研究課題技術與內容多屬我國尚未發展之技術，顯示我國於智慧型防火防災已落後於國際之發展，並有很大之進步與發展空間。

第二節 智慧防火防災科技關鍵技術與應用研究課題架構

為能使我國未來能於發展智慧防火防災科技之發展，能夠急起直追國際間技術領先之強國，需要進行 SWOT 分析，以了解目前我國自身發展智慧型防火防災之內部環境中之優勢(Strength)與劣勢(Weakness)，以及外部環境中之機會(Opportunity)與威脅(Threat)，以提供未來

國內結合國內目前之優勢與機會，發展智慧型防火防災之方向，避免朝向我國對之劣勢以及威脅發展。經 SWOT 分析結果如表 11 所示，我國之優勢多屬於過去所累積大量之火災防救經驗、產業結構、資通訊 ICT 技術能力以及通訊協定的統一，若能整合上述項目將是我國提昇智慧防火防災科技研究能量之強項優勢；另一方面，我國過去老舊住宅區域之建築設計與都市計畫，並未充分考量智慧型生活空間以及智慧型防火防災的需求，因此除公共工程以及特殊建築物對於智慧防火防災科技之需求外，約莫有七百萬戶之住宅（屋齡超過二十年佔四百五十萬戶）即成為未來智慧型防火防災技術之潛在使用客戶。在機會發展上，未來國外以及中國大陸簽之市場需求劇增，加上國內政府中央相關單位政策方向的支持，將有助於提昇我國智慧防火防災科技於全世界相關產業市場之佔有率。

在劣勢方面，我國礙於現行消防法規要求中，並無特別針對智慧防火防災科技進行規範，以及國內產業結構多數中小企業，自行研發之能量不高等因素，即便我國具有發展智慧防火防災科技之知識與技術條件，相關劣勢若無充分解決將形成我國發展智慧防火防災科技之不利因素；在外部之威脅上，國際間之技術研發強國美、歐、日等國家無不充分投入於智慧型技術之研發，對於我國而言將形成技術進入之障礙與高牆；另一方面對於世界自由貿易，我國雖可進入於中國大陸龐大的市場，反之，大陸相關產業亦挾帶低成本之人力與材料進入本國市場，使國內市場競爭更加激烈。

表 11 國內推動建築智慧防火防災科技研究之 SWOT 分析

資料來源：本計畫整理

優勢 (Strength)	劣勢 (Weakness)
1. 國內擁有優異的 ICT 技術與研發人才，且有上下游完整之相關設備製造產業，對於開發智慧防火防災設備產品，在國際上具有優勢。 2. 台灣因地狹人稠，過去所累積之火災防救經驗豐富，有利未來發展智慧型防火之整合技術。 3. 結合智慧防火防災科技可減少火警自動警報感測網路之誤報率，提高火警通報之可靠度。不但可減少災害人員財產的損失，對於消防實務單位，並可減少因誤報所造成的疲於奔命，徒勞之人力物力。因此，發展智慧防火防災科技較傳統技術更具優勢。 4. 智慧防火防災科技與無線感測網路連結，則所發展的系統便利安裝不影響建築物之結構，可推廣至一般性之老舊建築，此為技術上的優勢。 5. 台灣中小型製造業之產業特性，使得廠商對於市場較為敏感，且應變能力佳。如此，有利於快速研發市場所需要之創 6. 新技術，對於競爭力提昇具有助力。	1. 目前國內消防法規並未訂立相應的智慧防火防災科技的規範以為研發設計憑藉。如此，將導致市場混亂，不利於產品之推廣應用。 2. 國內智慧防火防災科技整合性不足，使得個別設備製造商僅專注於其相關裝置產品之功能，而非基於防火功能之整體需求。如此，將不利於整體技術之提昇。 3. 國內 ICT 技術研發人才對於建築防火防災之應用領域較不熟悉，對於相關功能需求亦不明瞭，若無法建立整合研究能量，則無法開發出市場所需要的設備產品。 4. 國內防火器材設備商大多規模小，大部份不注重技術研發，造成技術提升之瓶頸。 5. 由於國內無線通訊協定上未統一，使得廠商在研發新廠品時無法掌握未來市場之趨勢。如此，不但影響相關技術之整合能力，更降低廠商投入之意願。
機會 (Opportunity)	威脅 (Threat)
1. 由於台灣住宅特性、氣候環境及使用習性類似與大陸及東南亞國家，有利於台灣智慧防火防災科技在上述市場之發展潛力。 2. 國際無限通訊技術逐漸統一，使得過去阻礙智慧防火防災科技創新研發之障礙降低，有利於全球相關市場之成長。 3. 政府大力推動智慧型建築標章，使得智慧型建築技術之價值逐漸深入民心，易將有利於智慧防火防災科技之發展。	1. 無線感測網路產品其產業及技術正在醞釀崛起的階段，有相當的門檻。雖前途看好，但相對地，若無足夠的人力、物力相繼投入，將來在生存上將難以跟先投入者競爭。 2. 歐、美與日本等先進大廠產業技術與資本具雄厚基礎，挾其市場優勢，一旦加入競爭的行列，會有鉅大的影響。 3. 國內若無此類智慧型技術之產品規範或技術規範，恐不肖廠商冒智慧之名，以低價劣質系統(低準確率)，不但影響防火防災之公共安全，更扼殺智慧型防火技術產業發展之契機。

經分析國外有關於智慧防火防災科技相關文獻以及結合本計畫之專家座談與廠商訪談相關課題結果彙整於圖 33、圖 34 以及表 12。表 12 之研究課題欄位中，並將研究課題依照「災前(防災)」、「災時(救災)」、「災後(調查)」三個方向進行分類；在政策面：

例如引進新規範、新防災系統、防災雲端科技.....等；及研發面：例如人工智慧、辨識技術、系統整合、救災機器人等創新研發，規劃出未來四年中各研究課題之發展期程。

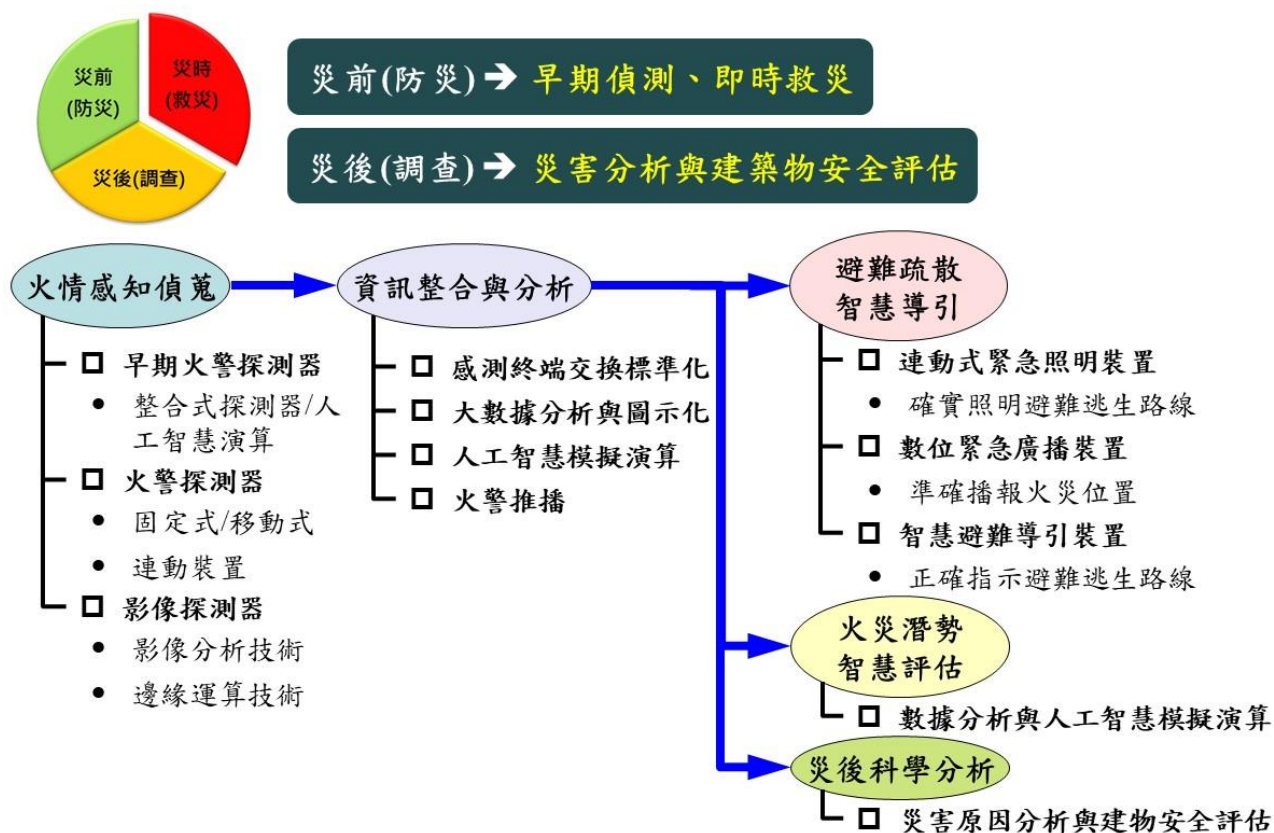


圖 33 災前(防災)與災後(調查)關鍵技術關連圖

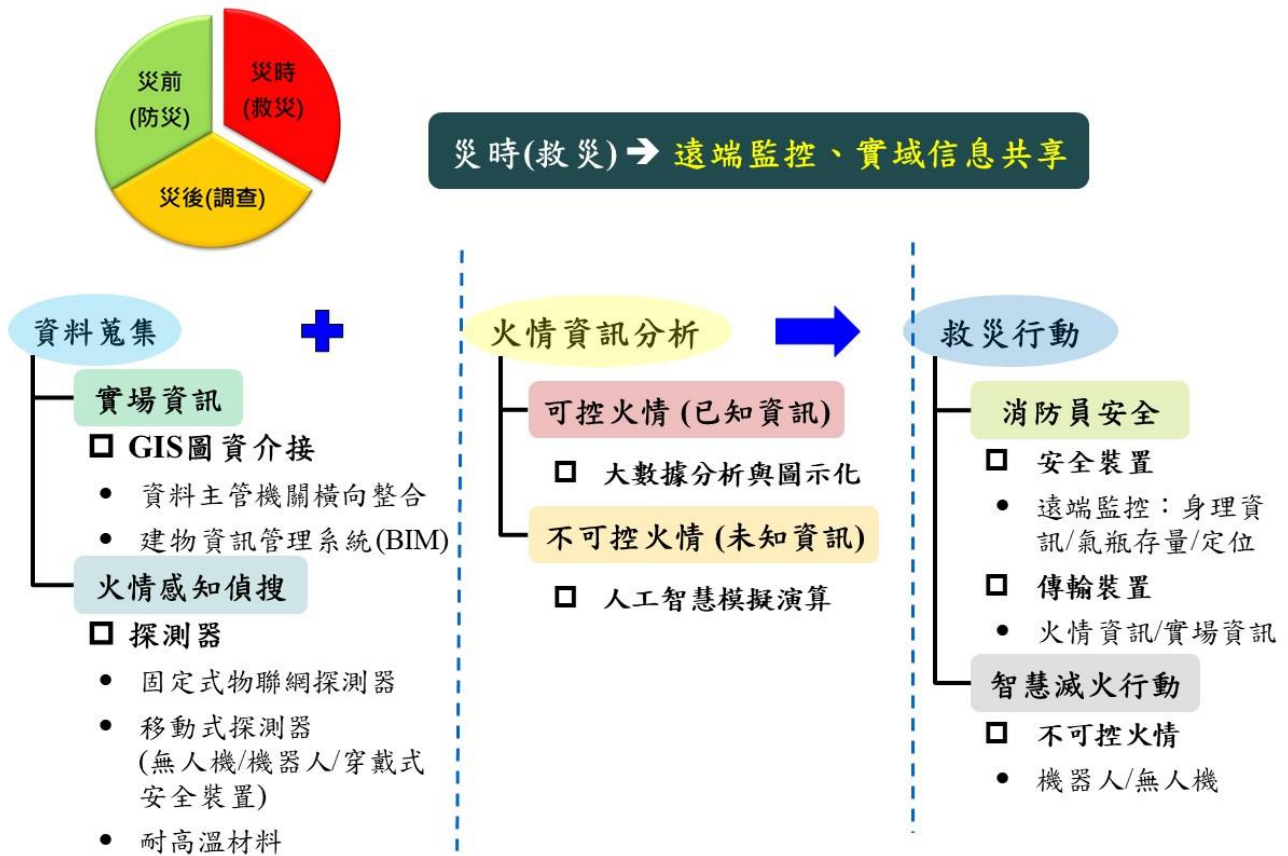


圖 34 災時(救災)關鍵技術關連圖

表 12 智慧防火防災科技相關研究課題規劃期程

資料來源：本計畫整理

目標	研究課題	1 st	2 nd	3 rd	4 th
A. 災前 (防災)	1.導入智慧決策之智慧化空間火警自動警報無線感測網路		√	√	√
	2.結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統	√	√		
	3.探測器附掛式火災辨識及警報監視機器人		√	√	
	4.智慧型火源偵測技術發展與分散式即時滅火防火控制之研究	√	√		
	5.智慧型主動預警暨導引之多重感測控制網路	√	√		
	6.結合感測技術之室內 3D 緊急避難導引系統		√		
	7.火災模擬軟體結合極早期探測器之避難安全模擬		√	√	√
B. 災時 (救災)	1.建築資訊模型(BIM)導入防火救災系統之研究	√	√		
	2.探測器附掛式火災探測及救援機器人	√	√	√	
	3.透過無線感測技術與火災模擬軟體之即時救災資訊分析		√	√	√
	4.感測器附掛式穿戴安全裝置	√	√	√	√
C. 災後 (調查)	1.災害原因分析與建物安全評估之研究			√	√

第三節 研究計畫分期規劃與預期效益

本計畫針對國內智慧型防火防災相關研究課題發展課題規畫以及研究課題路徑，規劃出以下之研究課題，包括：

一、災前(防災)相關研究課題(代號為 A，相關預期成果如表 13 所示。)：

A1：導入智慧決策之智慧化空間火警自動警報無線感測網路；

A2：結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統(圖 35)；

A3：探測器附掛式火災辨識及警報監視機器人(圖 36)；

A4：智慧型火源偵測技術發展與分散式即時滅火防火控制之研究；

A5：智慧型主動預警暨導引之多重感測控制網路(圖 36)；

A6：結合感測技術之室內 3D 緊急避難導引系統(圖 36)；

A7：火災模擬軟體結合極早期探測器之避難安全模擬(圖 36)。



圖 35 結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統

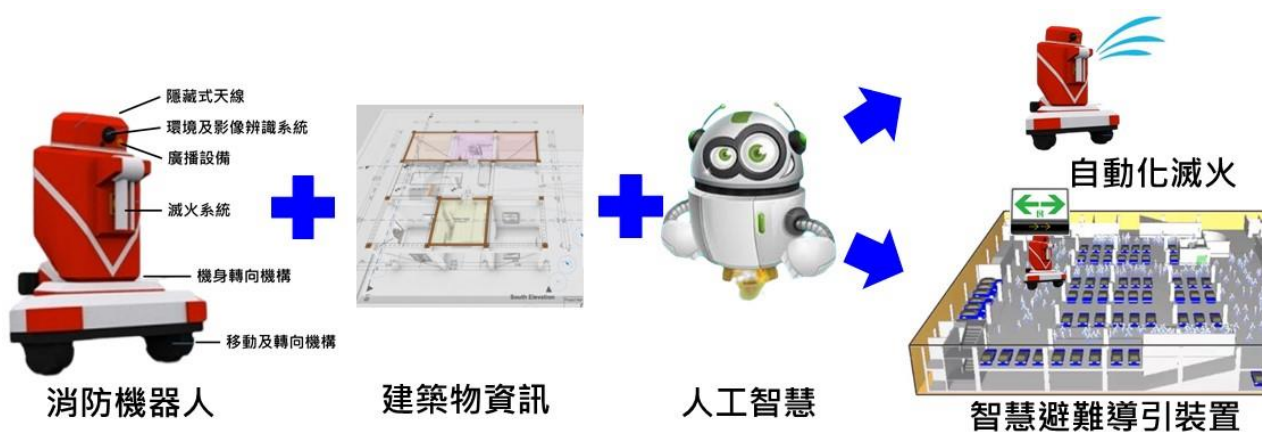


圖 36 機器人、建築物資訊與人工智慧在集合住宅自動化滅火與智慧避難導引系統

表 13 災前(防災)相關研究課題及預期成果

資料來源：本計畫整理

編號	研究課題	預期成果
A1	導入智慧決策之智慧化空間火警自動警報無線感測網路	第二年預期成果項目： - 有效的火警動態訊號特徵指標的文獻收集、實驗調查、建構分析、實驗驗證以確立模型。 - 小尺寸火警自動警報之實驗量測平台製作、實驗、驗證、與展示。 第三年預期成果項目： - 前端無線感測火警感測器與後端人工智慧火警受信總機之整合與調校。 - 人工智慧資訊系統規畫建立，與圖控介面與通訊介面之規導入人工智慧、機器學習建構群體偵煙感測器火警預警模型。劃建立。 第四年預期成果項目： - 系統整合，調校。 - 全尺寸實境功能測試、與展示。
A2	結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統	第一年預期成果項目： - 透過偵測煙霧或火焰的功能並內建於數位式監錄系統(DVR)的邊緣運算技術，辨識確認火災發生，即時錄下起火原因及火災形成過程，並即時透過網路連線至安控中心，以便快速地反應至消防救災單位。不僅可提供最早的火警預報功能，也是最具成本效益及最先進的防火作法。 第二年預期成果項目： - 研究成果可做為「早期煙火偵測與火警預報系統」之示範計畫，並進而做為建築防火防災智慧型技術開發與推廣之政策參考。
A3	探測器附掛式火災辨識及警報監視機器人	第二年預期成果項目： - 開發技術兼具消防巡邏保全，及在火災發生時，掌握最佳滅火時機，進行消防滅火動作。 第三年預期成果項目： - 具有(1)遠端即時監控技術(2)結合保全監視系統(3)極早偵測：自行偵查巡邏及消防保全功能(4)滅火救災功能之獨特性及創新性。
A4	智慧型火源偵測技術發展與分散式即時滅火防火控制之研究	第一年預期成果項目： - 完成紅外線影像式火源偵測之火源模型發展與火源定位後之即時滅火防火整合。 - 影像式與紅外線感測式火源辨識技術提供建築物內之早期偵測，且正確的警報能力與即時滅火防火整合界面。 第二年預期成果項目： - 早期火源偵測警報與分散式即時自動滅火防火裝置發展整合，進行實際場域測試驗證。

表 13 災前(防災)相關研究課題及預期成果 (續)

編號	研究課題	預期成果
A5	智慧型主動預警暨導引之多重感測控制網路	第一年預期成果項目： • 提出一套發展建築智慧型多重感測網路方法論及效能評估機制 • 建構一智慧型建築感測控制網路系統。 • 提供具部分溝通能力的感測網路，更可透過其具主動預警暨導引的功能，建構一先進的智慧型建築防火防災網路系統。 第二年預期成果項目： • 結合多重感測網路技術，並藉電源線與無線網路達到傳 • 接送資料，以動態逃生指示方式，達成疏散人群的目的。
A6	結合感測技術之室內3D緊急避難導引系統	第二年預期成果項目： • 利用無線感測器網路之特性實作一室內安全監控以及緊急逃生系統之系統雛形，在平時，系統中無線感測器監控建築物有無異常之事件發生，當所監控的網路有緊急事件發生時，無線感測器會自動的標示逃生路徑，導引人們遠離危險區域通往安全的出口。除此之外無線感測器也會迅速的通報室內監控中心有緊急狀況發生，再由室內監控中心進一步回報該地的救援機構請求支援。
A7	火災模擬軟體結合極早期探測器之避難安全模擬	第二年預期成果項目： • 評估建築物應用極早期探測器對於避難時間之影響。 第三年預期成果項目： • 提出避難時間計算之修正模式。 第四年預期成果項目： • 實際場域測試驗證，以進行模式修正

二、災時(救災)相關研究課題（代號為 B，相關預期成果如表 14 所示。）：

B1：建築資訊模型(BIM)導入防火救災系統之研究 (圖 37)

B2：探測器附掛式火災探測及救援機器人

B3：透過無線感測技術與火災模擬軟體之即時救災資訊分析 (圖 38)

B4：感測器附掛式穿戴安全裝置 (圖 39)

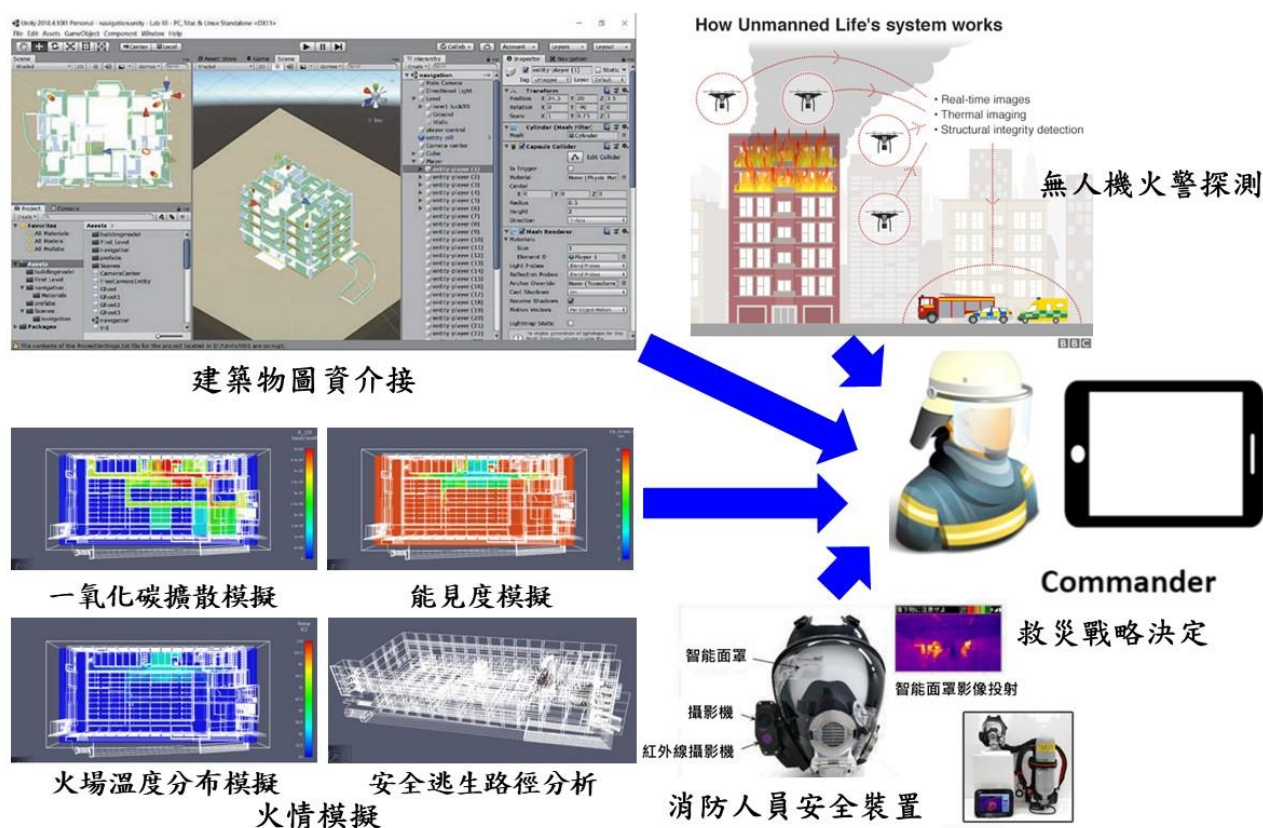


圖 37 圖資介接與火情模擬於安全救災的應用

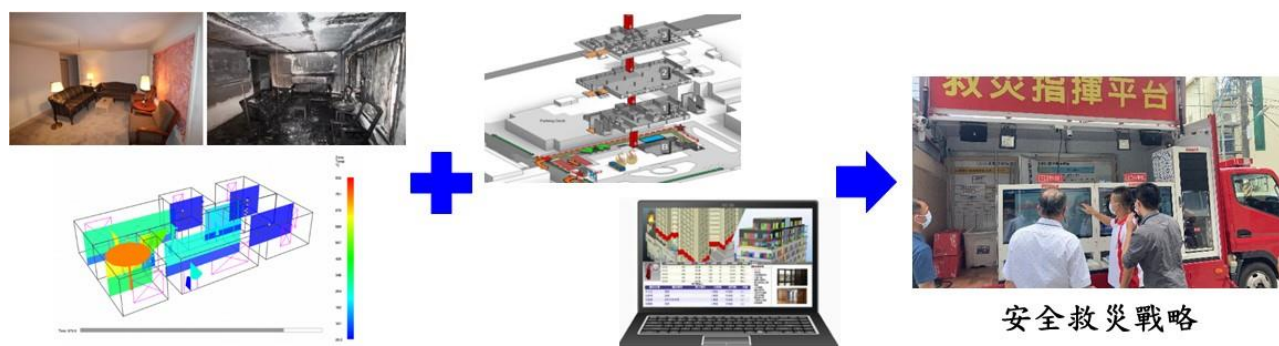


圖 38 火情模擬提供現場指揮官對於安全救災戰略建議

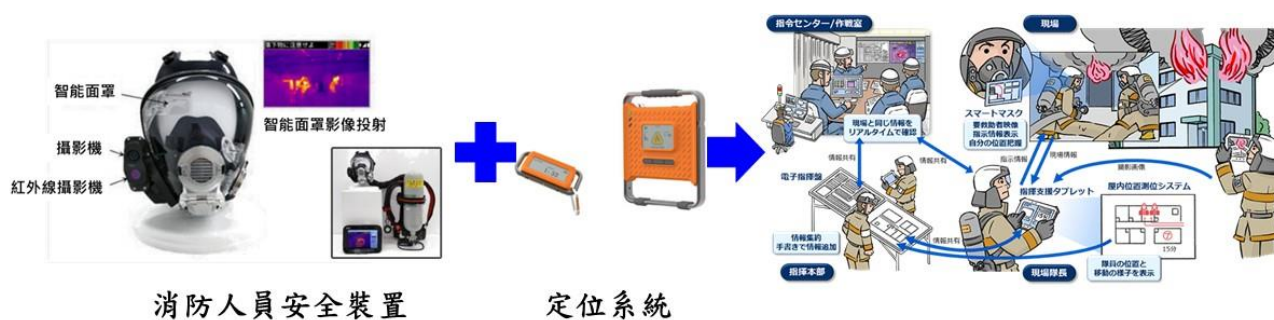


圖 39 消防人員安全裝置與定位系統提供現場指揮官遠端監控人員與火場情況

表 14 災時(救災)相關研究課題及預期成果

編號	研究課題	預期成果
B1	建築資訊模型(BIM)導入防火救災系統之研究	第一年預期成果項目： - 探討運用電腦網路與資料庫技術於防災警報之應用，評估並規劃適合之感測器連線網路架構，透過網路將感測器之發報位置編號傳回中央監控主機，結合資料庫搜尋及整合防災與救災相關資料(如平面圖、逃生路線圖、警報歷史紀錄、故障維修紀錄、檢測紀錄)，提供決策判斷參考。 第二年預期成果項目： - 探討 BIM之架構，並與消防警報器及監視器結合，開發警報監視系統。在警報器被觸發時判別警報之真偽，避免錯誤警報引發之困擾，提升警報的正確性，減少民眾對於警報的疲乏。同時也能藉由監視器監控災區的情況，規劃出逃生路線。同時也能迅速的找出起火點，幫助消防隊在大型的建築中，快速的到達起火點進行滅火救援工作。
B2	探測器附掛式火災探測及救援機器人	第一年預期成果項目： - 開發探測技術兼具載重功能，在火災發生時，掌握火災情況，進行消防滅火動作。 第二年預期成果項目： - 具有遠端即時監控技術與滅火救災功能之獨特性及創新性。 第三年預期成果項目： - 實際場域測試驗證在高溫與濃煙情況下，探測器感度與精度符合設計，且載重功能符合規格。
B3	透過無線感測技術與火災模擬軟體之即時救災資訊分析	第二年預期成果項目： - 結合無線感測技術與模擬軟體，建構即時救災資訊系統，可提供災害指揮人員掌握救災資訊。 第三年預期成果項目： - 分析無線感測技術與火災模擬軟體系統之整合參數與介面環境。 第四年預期成果項目： - 實際場域測試驗證並修正模擬模型。
B4	感測器附掛式穿戴安全裝置	第一年預期成果項目： - 附掛式穿戴式感測器開發，包含定位裝置，以及頭帶式顯示器。 第二年預期成果項目： - 附掛式穿戴式裝置實驗室模擬場域測試。 第三年預期成果項目： - 穿戴式裝置實際場域測試驗證 第四年預期成果項目： - 穿戴式裝置自主認證，以及測試驗證規範草擬

三、災時(救災)相關研究課題（代號為 C，相關預期成果如表 15 所示。）：

C1：災害原因分析與建物安全評估之研究

表 15 災後(調查)相關研究課題及預期成果

編號	研究課題	預期成果
C1	災害原因分析與建物安全評估之研究	第二年預期成果項目： - 蒐集歷年重大相關之建築物火災案例，整理分析建築物火災原因、種類及型態，建立建築物火災危害因子。 第三年預期成果項目： - 彙整分析建築與消防相關法規、辦法、制度，及現行縣市政府檢查、檢修之作為，建立既有住商複合建築物火害潛在危險評估之架構、項目、潛在危險等級與安全對策。

第四節 研究計畫經費及人力需求

本計畫規劃四年期程各研究課題之經費預估及人力需求，詳表 16 所示。

表 16 智慧型防火防災相關研究經費及人力需求

研究課題	總人力	研究員級 (含)以上	副研究 員級	助理研 究員級	研究 助理級	技術 人員	其他	研究經費需 求 (仟元)
A1.導入智慧決策之智慧化空間火警自動警報無線感測網路	30	6	8	4	8	4	0	9,522
A2.結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統	16	4	4	2	6	0	0	3,200
A3.探測器附掛式火災辨識及警報監視機器人	14	4	4	2	4	0	0	2,000
A4.智慧型火源偵測技術發展與分散式即時滅火防火控制之研究	16	4	4	0	8	0	0	3,400
A5.智慧型主動預警暨導引之多重感測控制網路	22	4	6	4	8	0	0	3,436
A6.結合感測技術之室內3D緊急避難導引系統	6	2	1	0	3	0	0	800
A7.火災模擬軟體結合極早期探測器之避難安全模擬	15	6	6	0	3	0	0	2,700
B1.建築資訊模型(BIM)導入防火救災系統之研究	14	4	2	4	4	0	0	1,982
B2.探測器附掛式火災探測及救援機器人	19	6	6	4	3	0	0	3,600
B3.透過無線感測技術與火災模擬軟體之即時救災資訊分析	13	6	2	4	1	0	0	950
B4.感測器附掛式穿戴安全裝置	20	6	4	8	2	0	0	3,964
C1.災害原因分析與建物安全評估之研究	11	4	1	0	6	0	0	6,000
合計	196	56	48	32	56	4	0	41,554

第五節 研究成果推廣落實應用方式與途徑規劃

研究成果推廣落實應用方式與途徑規劃如圖 40 所示，計畫研究經費可透過中央政府計畫進行申請，對於法規以及規格與驗證規範，應由內政部建築研究所與消防署主辦，而關鍵技術研究與發展則可透過國科會進行計畫申請，以精進關鍵技術，對於關鍵技術的推廣則有賴於經濟部相關計畫執行；最主要的是研究成果要落實擴散，則需經過實際場域驗證其成效才能取得消防人員與民眾的認可，這一部份則需要縣市政府消防局協助。

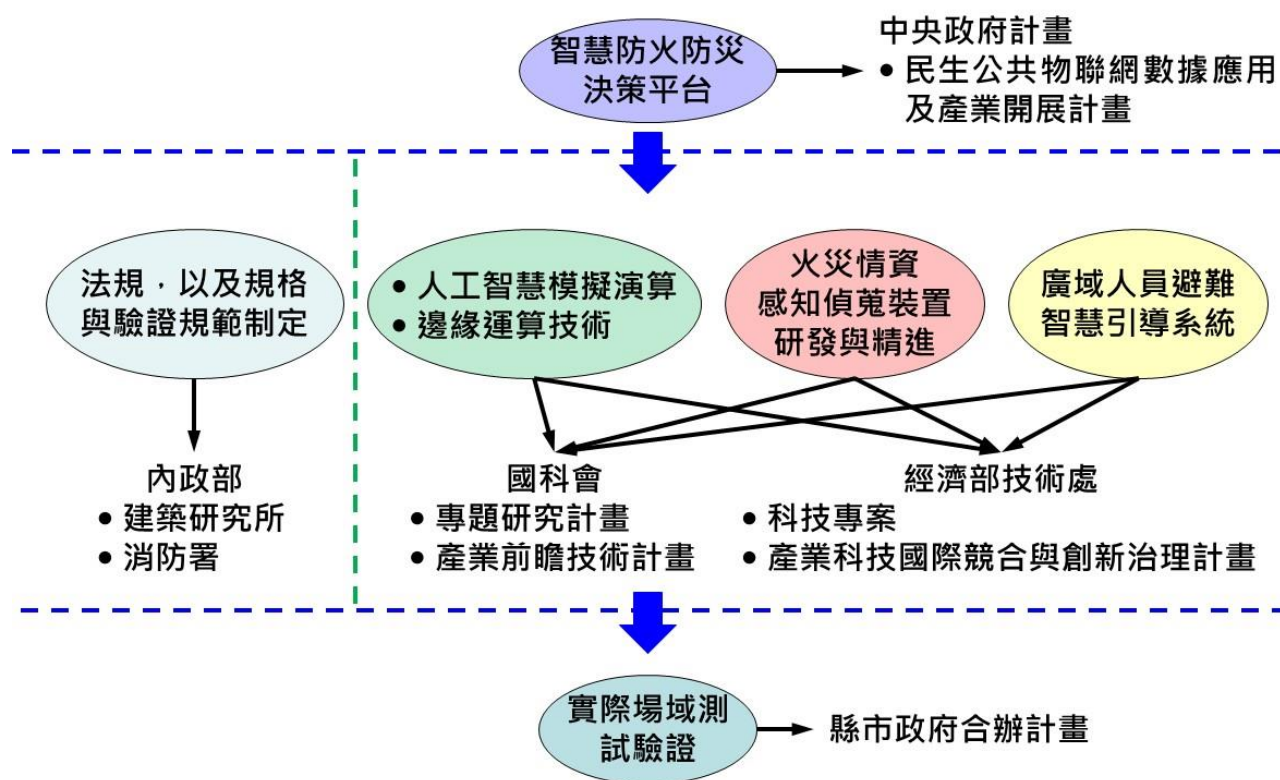


圖 40 研究成果推廣落實應用方式與途徑

第六章 結論與建議

第一節 結論

本計畫係從總體建築防火科技與消防救災角度進行整合，導入智慧防火、科技消防的創新技術，改善當前國內建築防火設計、火警警報、消防設備與救災安全相關問題，降低災害風險，提升消防救災效益，減少人員傷亡跟財物損失，並帶動 ICT 產業與傳統消防產業結合，建立創新應用模式，提高消防產業產值。

計畫執行期間為 111 年 1 月 27 日至 111 年 12 月 31 日止，計畫進度與目標皆依進度目標達成（請見第 6 頁評估基準）。而本計畫研究成果與結論如下：

一、研議我國智慧防火防災科技發展目標、效益及可達成之實施機制與落實途徑：

- (一) 國內外智慧防火防災科技因發展目的擬定策略有所不同，而關鍵技術研發與應用案例，主要分別以系統平台、分析與模擬技術、機器人/無人機，以及消防員人員安全為主要研究內容（請閱第二、三章）；
- (二) 並透過與相關專家、學者以及消防業者進行訪談，瞭解智慧防火防災科技之應用可能會面臨三大問題，影響防火防災科技導入火災防控應用之困難。（第三章 第一節「專家、學者與廠商訪談意見」）；
- (三) 因此，台灣應朝向整合建築防火安全設計與工程技術及其應用發展，以遠端監控、信息共享，與教育訓練為執行目的，以實現遠距離的遠端監控、遠端發佈指令等操作，以便能夠針對火災現場實況進行動態跟蹤和調查等，以及實現異常情況的快速有效處理，積極主動地落實不同的防火防災任務。

二、舉辦專家座談會議 3 場（請閱附錄四、五、六）。

分別於 5 月 30 日、9 月 23 日以及 11 月 14 日共舉辦 3 場專家座談會，結論如下：

- (一) 針對建築技術規則與各類場所消防安全設備設置標準，透過智慧防火防災科技重新定義說明；
- (二) 應用系統與場域驗證在災害偵蒐與救援極為關鍵，解決資訊隱私權問題，讓災情資訊共享，提高預防、減災與救災效益；
- (三) 相關設備研發與引進導入可行性都很高，但關鍵技術的使用訓練與決策養成是關鍵重點；

(四) 除預防與救災外，應加強民眾對於火警的意識，才能有效擴散智慧防火防災科技；

(五) 建議以預防部分先行執行，針對智慧型大樓與公共場所，有特定多數人使用，能夠進行簡單驗證，才有機會持續規劃案的執行。

三、基於研發整合與應用場域，以及雛型產品商轉驗證，規劃 4 年期智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之策略報告草案 1 份（附錄十）。

(一) 本研究計畫提出「智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃四年期策略報告草案」，依據不同火災階段個設備所需連動之機制，有系統地規劃 12 項方案，期能達成提升防火與救災安全之目標；

(二) 基於落實在實際場域擴散終端應用與產品商品化流程，規劃實驗室以及實際場域測試驗證，並輔以策略與法規之研究，輔導廠商自主建立認驗證基準；

(三) 對於防災系統之整合，規劃由大型公共建築開始再擴及民間建築物，建立防災中心防災設備，提升我國建築安全。

第二節 建議事項

本計畫經過相關的資料蒐集整理、專家訪談，以及座談會舉辦，提出下列建議：

建議一

採用成熟火災探測技術與自動化消防設備建構新式智慧物聯網型態火災情資感知偵測系統及防火防災安全系統，進行實際場域測試並蒐集相關數據，以做為消防資訊整合與數據應用系統之使用：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所、消防署

協辦單位：各直轄市、縣(市)消防局

- 國內外物聯網型或智慧型火警探測器已開始應用在智慧消防領域，智慧物聯網(AIoT)整合型火情感知偵測系統可進行開發，透過輔導廠商自主建立規範、基準或是標準進行認證，以利擴散；
- 智慧型火警探測器輔以邊緣運算技術，使整合型(早期)火情感知偵測系統能有效發揮作用，且能自我發現探測器問題，避免發生誤警報；

- 透過物聯網與通訊技術讓使用者能重複確認火災情況，進行簡單救災或者是通知消防單位進行救災，達到早期防災與減災之效益；
- 大數據蒐集與火災資料庫建立，可提供火災發生潛勢評估、事故原因鑑定確定、安全救災應案規劃，以及確保設備效能管理使用。

建議二

透過火情偵測分析與模擬，建立火災潛勢評估以及預判火情延燒的可能情況，規劃火災預防、緊急避難以及安全救災等相關方案，並提供災後鑑定評估相關資訊：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦單位：內政部消防署

- 透過火災資料庫數據分析，評估火災潛勢區，加強火災預防工作；
- 藉由可燃物燃燒後所釋放出的能量和燃燒產物（包括煙及其它有毒氣體）、通風流動，以及熱傳、氣體溫度、煙濃度等，預判閃燃等可能發生的情況，供救災人員與建築物使用者了解火災之多變與危害性；
- 藉由火情偵測分析與模擬，規劃緊急避難與安全救災等相關應案，疏導建築物使用者快速緊急避難，以及救災人員進行隔絕輻射熱與抑制閃燃發生等處置方式，達到安全救災之目的；
- 災後透過相關感測數據分析與火情模擬，提供火災發生原因與建築物安全性評估等相關資料。

建議三

結合智慧防火防災科技技術發展，應持續就「建築技術規則」建築設計施工編第 259 條規範以及「各類場所消防安全設備設置標準」第 192-1 條相關內容加強研究，增益智慧防火防災科技之擴散使用：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦單位：內政部營建署、消防署

- 依「建築技術規則」建築設計施工編第 259 條，達 25 層或 90 公尺以上之高層建築物之防災中心應具備防災、警報、通報、滅火、消防及其他必要之監控系統設備，並具有「相關設備運動功能」、「提供動態資料功能」、「逃生引導廣播功能」、「配合系統型式提供模擬之功能」等。
- 依「各類場所消防安全設備設置標準」第 192-1 條，防災中心應設置防災監控系統綜合操作裝置，以監控或操作自動滅火、火警自動警報、緊急發電機、排煙等消防設備。
- 本研究將智慧防火防災科技初分為「建築物防火防災安全系統」、「火災情資感知偵測技術」、「資訊整合與數據應用系統技術」、「廣域人員避難引導系統/平台」，以及「消防救援系統平台」五大類技術，未來隨著智慧建築發展日益成熟，防災防火有關監控系統之智慧化技術發展，就上述法規揭櫫之設備功能，未來應持續進行相關研究，俾利智慧防火防災科技之擴散使用。

參考文獻

- [1] 國家科學技術發展計畫（民國 110 年至 113 年），中華民國 110 年 5 月。
- [2] 徐振強，智慧城市新思維，中國科學技術出版社，中國，2017 年。
- [3] 張福好，關於“智慧消防”建設的實踐與思考，中國消防，第 8 期，第 40-43 頁，2017 年。
- [4] 傅永財，探索大資料思維下的智慧消防，消防科學與技術，第 12 期，第 1758-1762 頁，2016 年。
- [5] 丁祥郭，“智慧消防”建設與發展的思考，電腦安全，第 10 期，第 66-69 頁，2012 年。
- [6] 金輝，如何在智慧城市“建設的背景下推進”智慧消防的建設，2017 年中國消防協會科學技術年會論文集，第 410-412 頁，2017 年。
- [7] Smart firefighting Project [EB/OL].
http://www.nist.gov/el/fire_research/firetech/project_sff.cfm
- [8] Developing a research roadmap for smart fire fighter of the future [EB/OL].
<http://www.nfpa.org/news-and-research/resources/fire-protection-research-foundation/current-projects/developing-a-research-roadmap-for-the-smart-fire-fighter-of-the-future>.
- [9] Anthony Hamins, et al. NIST Special Publication 1174: Smart Firefighting Workshop Summary Report [R]. Virginia: National Institute of Standards and Technology, 2014.
- [10] Casey Grant, Smart Homes Proceedings [R]. California: Fire Protection Research Foundation, 2015.
- [11] Curone D, Secco E L, Tognetti A, et al., Smart garments for emergency operators: the ProeTEX project. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 2010, 14:694-701.
- [12] Smart Emergency Response System[EB/OL].<http://smarta-merica.org/teams/smart-emergency-response-system-sers/>
- [13] Casey Grant, et al. NIST Special Publication 1191: Research Roadmap for Smart Fire Fighting Summary Report [R] National Institute of Standards and Technology, 2015.

- [14] 東京消防庁，第 23 期火災予防審議会地震対策部会答申書地震時等における火災情報等の活用方策，平成 31 年 (2019 年)。
- [15] 丁宏軍，基於物聯網技術的智慧消防建設，消防技術與產品資訊，第 5 期，第 67-69 頁，2017。
- [16] 尤琦，沈陽，城市消防設施聯網監測系統的建設與應用，消防技術與產品資訊，第 4 期，第 58-61 頁，2017。
- [17] 鄒忻辰，智慧消防在防火監督業務中的應用現狀與前景分析，裝備維修技術，第 37 期，2021 年。
- [18] 李棟，張雲明，智慧消防的發展與研究現狀，軟體工程與應用，第 8(2)期，第 52-57 頁，2019 年。
- [19] 李黎麗，董淑量，基於物聯網技術的消防遠端監控系統的探究，消防技術與產品資訊，第 11 期，第 14-18 頁，2014 年。
- [20] 楊成剛，基於物聯網的消防管理系統的設計與實現，吉林大學，長春，2015 年。
- [21] 祝錫永，韓會平，基於 CEP 的消防物聯網火警誤報監測，電腦系統應用，第 24(3)期，第 57-62 頁，2015 年。
- [22] 李園園，智慧消防系統監控分機軟體的設計與實現，重慶郵電大學，重慶，2017 年。
- [23] 董秋根，基於大資料技術的“智慧消防”應用體系研究，消防技術與產品資訊，第 4 期，第 59-63 頁，2018 年。
- [24] 陳國良，曲毅，基於 BIM 的消防安全管理綜合應用系統探討，員警技術，第 1 期，第 91-93 頁，2015 年。
- [25] 江濤，如何利用大資料平臺破解消防工作存在的難題，消防技術與產品資訊，第 10 期，第 83-85 頁，2016 年。
- [26] 張亮，全景技術在消防戰訓工作中的應用，水上消防，第 4 期，第 12-14 頁，2016 年。
- [27] 邱華，數位化消防滅火救援預案系統設計與實現，山東大學，濟南，2014 年。
- [28] 張鵬，李增，蘭月新，等，大資料背景下消防應急救援指揮決策平臺的構建，內江科技，第 8 期，第 48-49 頁，2017 年。

- [29] 黃凱，智慧消防背景下應急處置模組的構建和應用，消防技術與產品資訊，第3期，第30-34頁，2018年。
- [30] 郭仁宇，尹必玉，基於物聯網技術的“智慧消防”建設探索，上海公安高等專科學校學報，第44-53頁，2017年。
- [31] 禰永哲，詹萬匯，陳少鋒，等，基於物聯網的消防指揮系統，現代電腦，第9期，第75-79頁，2018年。
- [32] 侯忠輝，基於GPS/GPRS/GIS平臺的消防GPS車輛管理系統構建，電腦與現代化，第1期，第158-160頁，2013年。
- [33] 穆楠，王愛國，基於LORA技術的消防車輛資訊動態監管系統設計，資訊與電腦(理論版)，第20期，第104-107頁，2017年。
- [34] 付明月，基於物聯網的消防智慧化裝備管理系統設計，中國新技術新產品，第13期，第19-20頁，2017年。
- [35] 段彬，基於物聯網技術設計智慧型消防裝備管理系統，電子技術與軟體工程，第10期，第69頁，2014年。
- [36] 薑自清，大資料條件下的消防精細化戰評，消防科學與技術，第8期，第1086-1088頁，2015年。
- [37] 吳君，基於大資料的消防部隊戰鬥力評估與分析，消防科學與技術，第12期，2017年。
- [38] 王鵬智，智慧化居住空間有關建築防火避難系統之應用研究，內政部建築研究所計畫報告，2008年。
- [39] 鄭紹材，建築防火防災智慧型技術之發展趨勢與整合，內政部建築研究所計畫報告，2010年。
- [40] 宜眾資訊股份有限公司、杰悉科技股份有限公司，「智慧三維消防實境管制系統」- 智能火場管理平台建置計畫，經濟部工業局智慧城鄉生活應用補助計畫，2010年。
- [41] 「各類場所消防安全設備設置標準」，內政部消防署，民國106年
- [42] 「建築技術規則」，內政部消防署，民國100年

- [43] 一般財団法人日本消防設備安全センター, G空間とICTを活用した大規模防火対象物にける防火安全対策の研究開発, 研究開発課題, 日本総務省消防庁, 令和2年(2021年)。
- [44] 令和元年版消防白書, <https://www.fdma.go.jp/publication/hakusho/r1/47787.html>
- [45] AiSEG2 (HOME IoT), <https://www2.panasonic.biz/jp/densetsu/aiseg/aiseg2/>
- [46] 東京消防庁消防技術安全所, 屋内空間での小型無人航空機(ドローン)の活用に関する研究, 研究開発課題, 日本総務省消防庁, 平成30年(2018年)。
- [47] Hub 中科智慧機器自造基地 Ai, 【電子報#28-01】「消防機器人」保護消防員安全, 深入火場最前線!, 中科智慧機器自造基地 Ai robotics Hub, 2008年。
https://ctsphub.org.tw/news/info_more?id=e462b554571c4f0
- [48] Thomas Cleary, et al., P-Flash - A Machine Learning-based Model for Flashover Prediction using Recovered Temperature Data, Fire Safety Journal, 2021, 122:1-17.
- [49] 西野智研, 消防活動計画の立案支援のための物理的市街地火災延焼シミュレータの高度化, 研究開発課題, 日本総務省消防庁, 令和元年(2020年)。
- [50] Tomas Blecha, et al., Smart firefighter protective suit - functional blocks and technologies, 2018 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics (ICSE), 2018.
- [51] Qwake Technologies, <https://www.qwake.tech/>
- [52] 瑞德感知—動態導引主機, <https://www.hexsave.com/panel.html>
- [53] VESDA 極早期火災預警系統, <https://www.dawnhoof.com.tw/products.php>
火災檢知@Shimz.AI.evo, <https://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/2021/2020047.html>

附錄

附錄 一、評選審查意見與回覆

內政部建築研究所 111年度「智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究」委託研究計畫案 審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	本委託研究將進行資訊整合消防運用、火災情資感知偵蒐、AI 消防機器人/無人機...等 8 個研發項目之規劃，建議亦應就這 8 個研發項目彼此間之整合妥為規劃。	謝謝委員指教，本計畫規劃主軸在於導入新科技技術進行整合，重點也是在於各項裝置、系統與平台之整合，未來亦將加強各項目彼此間之整合。
2	本委託研究將規劃 3 場專家學者座談會就不同主題進行探討。建議可考慮於完成 4 年期智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之策略草案之後，再邀請專家學者做整體性的建議。	謝謝委員建議，為落實規劃案的執行進而提出策略草案，草案也將邀請專家學者進行討論確認完整性，如果無法進行實體會議，也會透過紙本方式邀請專家學者確認。
3	本案將蒐集國際關鍵技術況與未來發展趨勢，服務建議書中已提出美國、日本及中國之概況，建議說明挑選這些國家之原因並一併蒐集歐盟目前之現況。	謝謝委員建議，將在後續會議與研析報告中加以補充說明。
4	建議本計畫案研究蒐集有關消防系統及性能評估性能測試之項目(新科技、新材料)為研究案例。	謝謝委員建議，本計畫將納入資料蒐集評估。
5	美國有關 SERS (Smart Emergency Response System)系統的推動與研究亦是非常重要之研究課題，尤其有關人員安全(含建築物使用人員及消防應變人員)。	謝謝委員建議，本計畫規劃目的即為確保有效防災跟避免人員傷亡，因此相關智慧避難系統、消防人員人身安全之研議及推動亦為本計畫規劃重點之一。
6	在智慧設備的研究上亦請將設備之設置成本與維護生命周期的經濟成本與其傳統式設備做成本效益分析與比較，才能夠使設備達到建築物整個生命周期的安全防火防災功效。	謝謝委員建議，計畫規劃將提出配合建築物生命週期之智慧化設備設置相關成本效益評估。
7	智慧防火防災科技關鍵建議考量火災成長階段因應作為有關建築物本身自救能力是否優良。	謝謝委員建議，本計畫的執行將參考納入建築物本身自救能力的發展評估。
8	火災預防技術方案建請考量極早期、漏液、漏氣、漏電監控之整合方案。	謝謝委員建議，計畫執行將參考並廣納專家學者意見，進行相關火災預防有關影響因子之監控系統整合評估

		與規劃。
9	火災情資蒐集項目應包含煙氣、溫度、氧氣、現場錄影等。	謝謝委員指教，本研究將納入火災情資蒐集項目評估規劃。
10	緊急應變及自衛消防啟動應包含訊息通報、疏散、初期滅火等。	謝謝委員指教，計畫執行將參考並納入評估。
11	如何提升消防滅火設備的有效性。	謝謝委員指教，計畫執行將參考並納入評估。
12	災害搶救階段，建議結合消防主管機關之需求：a.火場範圍可估算監測設備受損失效之數量。b.消防衣等救災裝備，有消防機關的考量。	謝謝委員建議，本計畫訪調或座談時將邀請消防機關參與並將參考建議，研議符合實際需求之相關發展目標。
13	建議將消防署、台北市消防局、新北市消防局的消防科技應用現況納入探討及我國需求進行盤點，並將我國與國際狀況做比較分析，以進一步確定未來發展目標與不同期程之重點項目。	謝謝委員建議，計畫執行時將納入並加強應用需求探討及盤點，確認中長期發展目標與重點，避免重複執行。
14	除了因應現況需求外，是否視自然環境及社會變遷納入，如氣候變遷、高齡社會變遷將其他災害類型(如自然災害之地震、洪災之回應納入)。	謝謝委員建議，計畫執行會適度考量環境變遷的因應。
15	本計畫期望智慧科技落實後發揮何種績效，如社會貢獻、地方執政消防應變技術績效或防災產業的發展。	謝謝委員指教，本計畫之目的在於提升智慧消防功能，避免人員傷亡與財產損失，對於災防應變技術與產業的發展影響，以及社會貢獻，亦將在策略草案詳加說明。
16	智慧科技的應用可能也可考量發揮減災功能。	謝謝委員指教，本計畫係以火災預防與救災進行規劃，其規劃亦考量火災初期減災執行策略，避免災情擴大，降低救災成本及災後復原成本。
17	本計畫也要考量整個應用領域關係人的參與及分工，才能發揮目標功能，其內容亦應予納入。	謝謝委員建議，計畫執行將邀請各級政府單位、產業領域代表參與研討，透過團隊的分工規劃整個智慧防火防災科技計畫的執行與推動。

附錄二、期中報告審查意見與回覆

智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究

期中審查意見回應表

出席人員	審查意見（依發言順序）	廠商回應
王金樹	1. 計畫重點分為災前、災時、災後，目前尚缺具體項目、具體方法與步驟，建請補充，以利期末審查。	謝謝委員指教，已針對火災期程進行重要性分析與執行規劃。
	2. 消防救災變因之煙及水霧需加以考慮，方符合消防所需之應用。	謝謝委員意見，會將火場變因納入測試重點之規劃。
	3. 本計畫智慧防火防災科技研究，要先確定目的、修改法規、消防安全教育或消防設備之有效進度等，宜先確認，才不會讓計畫失焦，利於期末方便驗收。	謝謝委員建議，將具體明確計畫目標，再進行執行策略規劃。
	4. 四年跨領域計畫必須有更具體之每年軟、硬體之驗收項目。	謝謝委員意見，執行策略年度驗收標準將納入期末報告中。
韓欽銓	1. 書面報告中第五章第二節的標題應為後續工作，而非建議事項。	謝謝委員指教，已進行標題修正。
	2. 本計畫為技術調查與應用規劃屬性，其研究方法採專家訪談和座談會方式，進行方法和時程合宜。	謝謝委員指教。
	3. 計畫結論大多採用正面建議事項，而實務上，卻往往無法用於實際場域，建議調查檢討方向可探討無法使用於現場的原因，以逆向思考現階段遭遇困境及原因。	謝謝委員建議，執行困難度的相關結論將納入期末報告中。
劉國隆	1. 請就各國之智慧防火防災科技技術、防火隔熱材料研究及應用，加強深入分析，以供參用。	謝謝委員意見，將加強文獻資料蒐集與彙整，後續分析結論亦納入期末報告中。
	2. 建議依據各項關鍵技術所需之預算進行分析，排出預算之各項目優先順序，以利未來研究發展之排序。	謝謝委員意見，將進行工作項目與預算分析，排序出規劃之各項目執行優先順序。

	3. 建議有“即早偵知”與“誤報率”之容許度分析，才可以依其預算大小而定其標準。	謝謝委員意見，偵錯容許度分析結論將納入期末報告中。
	4. 本研究案係以全面性智慧防火科技技術發展作為論述，是非常值得探討的方向，如此才能降低火災災損以及人命傷亡之機會。	謝謝委員指導。
何明錦	1. 國內外智慧防火防災科技相關資料蒐集與研析，確有助於中長程智慧防火防災科技計畫之研訂，值得肯定。	謝謝委員指教。
	2. 建議「建築物中央管理系統」、「建築物防火防災安全系統」、「火災情資感知偵測系統」、「廣域人員避難引導系統/平台」、「資訊整合與數據運用系統」五大技術分類作為智慧建築物導入智慧防火防災科技應用架構，具有參考價值，但智慧防火防災科技之適用範圍，似不宜僅限於智慧建築；一般建築物，尤其供公眾使用建築均宜列為研究之範圍。	謝謝委員意見建議，針對所有建物持續進行通用技術蒐集與分類，以完整相關技術分類，明確具體規劃執行項目。
	3. 建構 BIM+AIoT 之防災系統架構建議可列為重要之課題。	謝謝委員意見，將針對建構 BIM 與 AIoT 之防災系統架構進行評估。
	4. 消防員穿戴式生理監測及預警通知可配合智慧型消防偵蒐機器人之研究同時併行，考量其相互替代或整合支援之功能。	謝謝委員建議，相互替代或者整合支援將納入工作項目評估。
	5. 耐高溫材料研發有助於火災高溫環境造成感測器、穿戴式裝置以及無人載具等內建電子元，因高溫引起失效問題，確有研究之價值與迫切需求；唯因此種研究非建研所專長，且須大量經費支持，建議透過科技部與經濟部協商，另籌經費並指定合宜部會與機構進行。	謝謝委員意見，將與相關部會、機關進行討論，結論將納入期末報告中。
李明智	1. 未來智慧建築與 AI 互聯網及各類設備結合，為防火研究不可或缺之方向，故此研究方向值得肯定。	謝謝委員指教。

	2. 就智慧救災而言，理論上仍不離主、被動防火防災設備，亦即從建築上防火區劃、隔間、天花板、裝修、防火門、避難通道與智慧化結合；於消防上則不離各類偵測警報、標示、滅火、搶救設備與智慧化結合，更於主、被動設備兩者運用組合平台上，整合預防、搶救或災後調查之應用；若能釐清各種運用有何需求與智慧(AI 互聯網)的目標，或許較有利於未來實務運用及法規落實，同時在系統分類上也較為清楚。	謝謝委員意見，已針對各防火防災設備、火災期程與智慧化之關聯性進行分析，具體明確執行策略之目的，有效規劃執行項目。
莫懷祖	1. 火場救災時資訊之聯通需考慮通訊議題，建議納入火場無線通訊。	謝謝委員建議，會將火場通訊問題規劃為執行項目。
	2. 應納入消防機關、消防設備師及其他相關領域之意見，建議邀請消防機關、消防設備師團體及相關領域訪談及參與研討。	謝謝委員建議，將與消防團體或專家、學者進行訪談討論，廣納執行策略意見。
	3. 建議召開座談會聽取各產業及領域意見。	謝謝委員建議，將透過座談會議蒐集各產業與領域意見，納入執行策略規劃。
	4. 建議應注意建物內已建置之設備，與救災時蒐集資料鏈結運用間之資料保存、運用、整合議題。	謝謝委員建議，防火防災科技之資料保存與整合運用將納入執行策略規劃評估項目。
	5. 研究範疇為防火防災，對於防災部分之研討分量宜加重。	謝謝委員建議，防災部分牽涉範圍更廣泛，將逐步增加防災部分之討論。
	6. 建議對於相關可投入之產業進行盤點、輔導及跨域整合。	謝謝委員建議，透過廠商訪談，將成熟技術導入進行整合，縮短落實應用時程。。
陳崇岳	1. 利用台灣資通訊產業優勢可建構創新的防災搶救裝備器材與整合系統平台，例如消防衣植入 RFID 晶片整合救災管制與後勤管理系統，才能以科技救災來增進搶救效能、消防救災人員的安全及裝備器材的管理效能。	謝謝委員意見，整合業界成熟技術應用於防火防災科技，為執行策略規劃目的之一。

	2. 建議可至新北市消防搶救後勤管理中心與消防分隊了解實際運作，掌握實際需求進行技術導入，以使用者需求來開發設計產品以切合實用。	謝謝委員建議，將安排拜訪行程，以瞭解需求以切合實際應用。
	3. 近年來隨著智慧物聯網技術日益成熟，各種智慧物聯應用推陳出新，並已擴散到各種領域與產業，其中又以智慧建築為主要代表，智慧建築內部設計因不同的使用需求而複雜化，建築內若有火災發生，室內人員可能會因無法快速找到出口或資訊掌握不足致使錯失黃金逃生時間，而且複雜的環境將使避難者難以迅速避難。	謝謝委員意見，已針對廣域人員避難智慧引導系統進行工作項目規劃。
	4. 相關研究更指出在避難過程中，避難者往往會因為緊張與焦慮等因素，展現出從眾性的逃生心理，使大部分的避難者跟隨前者往人群移動，迫使單一逃生出口處於壅塞狀態，造成大量死傷的慘劇。	謝謝委員意見，透過瞭解災害發生後，逃難者的心理狀態，嚴格規劃避難導引系統之執行項目。
	5. 建議可以透過多媒體數位電子看板與聲光避難引導等模組，並透過模組化方式讓資料能快速傳遞與分享，縮短避難警覺時間與避難行動時間，不僅可協助避難者掌握避難逃生的最佳黃金時間，亦可以協助專業人員進行救災避難之規劃。	謝謝委員建議，除了數位聲光電避難引導模組，透過信息共享與遠端監測，儘早疏散人員，將是執行工作項目重點。
周立德	1. 本計畫期中報告書包括國內外智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用、國內外智慧防火防災科技關鍵技術應用案例、專家訪談與專家座談會等，執行成果符合預期進度。	謝謝委員指導。
	2. 第二章蒐集了美國、日本、中國及臺灣的智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用，建議也蒐集歐洲之發展現況。	謝謝委員意見，已蒐集歐洲國家發展趨勢，將納入期末報告進行比較。
	3. 第 8 頁第二節的標題為「美國智慧防火防災科技發展趨勢及相關應」，最後少了一個「用」字。	謝謝委員意見，更正部分將納入期末報告中。

	4. 附錄二表格的字體過小，不容易閱讀。	謝謝委員意見，修正部分將納入期末報告中。
	5. 本計畫之預期成果共有 3 項，建議在期末報告書中逐一說明達成的情況。	謝謝委員意見，期末報告將說明三項預期成果達成情況。
林志瑞	1. 本報告內文研究資料蒐集及內容扎實，深度與廣度也夠，給予肯定。	謝謝意見。
	2. 建議可以探討無人機應用火災情資感知偵測，附掛形式感知偵測模組，機動彈性附掛於無人機進入火災現場偵蒐。目前無人機構造專利以及全球市場幾乎由中國品牌佔領，台灣欲追趕不容易，以台灣電子科技實力前述附加模組之開發與運用，運用於本研究智慧防火防災外更可用於其他研究與軍事等用途。	謝謝寶貴意見，附掛形式感知偵測模組將列入工作項目規劃進行評估。
	3. 建議公共建築物和重要特殊建築物，於公安申報時室內隔間逃生動線，一併檢討更新於建築物 BIM 模型，以便於以後消防救災時資料之存取。	謝謝寶貴意見，建物維運申報圖資更新將列為法規評估項目，以確保災害救援的資訊準確性。
	4. P.38 表 8 消防無人載具分類比較表，表內「越帳性」有錯別字，請修正為「越障性」。	謝謝意見，修正部分將納入期末報告中。
吳曉峯	新建建築物消防安全設備可以運用 BIM 及 3D GIS 技術，結合物聯網及大數據分析，建立智慧型的防火防災建築物。但是上述技術如何運用在既有的建築物，尤其是火災風險高的大型供公眾使用建築物或場域，是否研究盤點後，未來整合導入現有成熟技術，以既有場域驗證可行性及建置成本評估，再依據驗證成果配合修法配套推動，提升現有建築物或場域之防火防災性能及防火管理策略。	謝謝寶貴意見，針對既有建物導入成熟技術，建立災防資訊，將列入工作項目評估。
洪嘉飛	1. 本研究觀其範圍與目的，在智慧消防的應用發展有很廣的涉獵與想像，對期中報告內容部分並無建議，惟分享以下 2 點，請參考。	謝謝意見。

	2. 建築物的智慧消防可以從警報設備（受信總機）著手，平時就可以收集一些背景資訊與狀態資訊，但這並非所有的設備都能有紀錄搜集的功能，未來可以與警報設備廠商合作。（畢竟除了大陸以外，消防系統的資訊情報屬於客戶資產）。	謝謝寶貴意見，將與設備商論討工作項目可行性。
	3. 針對大型建築物的部分，現階段（可能未來幾年）國內開始會有防災監控系統綜合操作裝置的應用，這對於搜集消防情資是很有幫助。	謝謝寶貴意見，將提高防災監控系統綜合操作裝置的應用納入工作項目進行評估。
陳安中	1. 新領域的應用建議配合中央主管機關的政策及法規修訂時程，來進行規劃及研究項目排序。	謝謝寶貴意見，針對中央主管機關的政策與法規修訂時程，進行工作項目執行順序。
	2. 中長期目標建議是否能加入輔導廠商產品研發項目。	謝謝寶貴意見，已訪談廠家進行導入規劃。
傅建峰	有關本案期中報告研究內容成果豐碩，故非常期待期末研究成果，可供未來智慧防火及防災相關研究單位參考，亦可供本中心有關智慧與防火防災等發展方向作為依據。	謝謝寶貴意見，執行策略目的與工作項目亦會與建築中心進行討論。
雷明遠	1. 專家訪談工作建請持續訪談產、官、學(研)界專家，建議增加訪談對象廣度，如中央及地方消防官員、學者。	謝謝寶貴意見，將擴大訪談對象確認工作項目可納入執行策略規劃中。
	2. 關於國內智慧防火/消防產業能量盤點，建請可洽請消防器材工會、消防安全中心基金會、消防技術顧問基金會等專業團體協助調查，以利兼顧廣度及深度。	謝謝寶貴意見，將與專業團隊合作進行技術盤點，以導入執行策略規劃中。
王順治	1. 可從消防法的消防安全設備(系統)，如各類場所消防安全設備設置標準，包括：滅火設備、警報、避難逃生、消防搶救上之必要設備，以及其他中央主管機關認定項目，針對導引避難、火災預防、災害搶救、災害調查與鑑定及民力運	謝謝寶貴意見，將從系統面與火災期程進行比較，相關結論將納入期末報告中。

	用等架構，與美、日之發展應用趨勢列表進行比較。	
	2. 瞭解消防署對於智慧防火防災科技智慧化與定位的想法，從感知與設備確認偵蒐、運算與傳輸(通訊)的新應用。	謝謝寶貴意見，消防單位對於智慧化與定位想法將於期末報告與執行策略規劃中呈現。
	3. 關於智慧防火防災技術目標確定，包括救援受困民眾或是保護消防人員安全(由指揮官判斷)、滅火及火災原因調查。	謝謝寶貴意見，計數目標將於期末報告與策略規劃中呈現。
	4. 持續更新智慧防火防災科技成熟技術。	謝謝寶貴意見，資料更新與比較也將納入期末報告中。
樂中丕	1. 請加強研究文獻資料蒐集整理，使本案計畫目標更為具體明確。	謝謝寶貴意見，為使將持續加強資料蒐集與彙整。
	2. 期待本計畫在智慧及前瞻的願景前提下進行規劃未來計畫內容，並請注意通訊傳輸是否易受火場環境影響及加強調查國內產業界發展近況。	謝謝寶貴意見，執行策略將基於災害應用需求，導入相對成熟技術，讓智慧防火防災科技能落實應用。

附錄 三、期末報告審查意見與回覆

出席人員	審查意見（依發言順序）	廠商回應
王金樹	1. 請說明離型產品有那幾項？其商轉驗證機構為那單位？	謝謝委員建議，已詳述離型產品與驗證機構。
	2. 未來是否可以有機械狗來協助消防之可行性，如美國 Boston Dynamics 製造之機器狗。	謝謝委員意見，已針對機械人或是機械狗的可行性進行評估。
莫懷祖	1. 報告書內容詳盡。	謝謝委員指教。
	2. P.8 有關發展趨勢及相關運用資料缺漏。	謝謝委員意見，已在報告中完整說明展趨勢及相關運用資料。
	3. P.21 第五節請在充實內容。	謝謝委員意見，已報告中完整說明歐洲智慧防火防災科技相關發展趨勢及相關運用資料。
	4. 建議應能與產業密切配合，輔導產業進行研發，避免淪為課題研究。	謝謝委員建議，已與相關產業研討推動意願。
	5. 建議對於相關可投入之產業進行盤點，並提出輔導及跨域整合的建議策略。	謝謝委員建議，已盤點國內相關產業與驗證單位，並規劃跨域整合推動策略。
何明錦	1. 回歸防火關鍵技術問題在於：(1)防止起火、(2)防止延燒、(3)防止閃燃、(4)避免結構體倒塌，並以人命安全第一，同時防止財產損失，因此考量智慧防火科技之關鍵技術必須回應上述基本問題。	謝謝委員意見，以針對基本問題進行回覆。
	2. 續上，智慧安全監控—感知微小火源，智慧回應自動滅火，甚至智慧引導逃生避難、構件災損警示等課題，均應納入。	謝謝委員意見，相關關鍵技術以納入課題規劃。
	3. 未來救災機器人之研發，尤其特重於毒化物火災，亦為研究重點之一。	謝謝委員意見，救災機器人之開發已規劃為研究課題。
	4. 對於火場救援之智慧監控、信息傳遞及人員救援之指揮管理系統，可充分利用 BIM 圖資及感知、定位等 AIoT+BIM 技術，提昇消防戰力，發揮救援效益。	謝謝委員意見，BIM 在智慧防火防災科技之應用亦規劃為研究課題。
周立德	1. 本研究案期末報告已完成國內外智慧防火防災科技發展趨勢及相關應用之研析、關鍵技術應用案例	謝謝委員指導。

	說明、專家訪談與專家學者座談會、研究課題與架構等章節，並提出具體的建議，內容豐富，研究成果大致符合預期。	
	2. P.55 說明本研究案有三場專家學者座談會議，但是第四章僅於第三節及第四節呈現第一場及第二場座談會的討論及建議，並未看到第三場座談會之相關資料。	謝謝委員意見，第三場座談會以於 11 月 14 日舉辦，與會委員的意見亦補充在報告中。
	3. 期中審查意見的回應大多為將納入期末報告中，但無法確定是在期末報告的哪個地方。建議於附錄一與附錄二之審查意見回應表中，就每一審查意見逐一列出對應之修訂內文所在頁碼。	謝謝委員意見，會詳列章節與頁碼。
	4. P.64 有「錯誤！找不到參照來源」，請修定之。	謝謝委員意見，已修訂。
陳崇岳	1. 肯定研究團隊研究結果。	謝謝委員指導。
	2. 穿戴式監測裝置建議可結合幹部頭盔攝影機進行影像定位，救災同仁裝備結合 RFID 來整合救命器、空氣呼吸器以及定位系統資訊，以保障消防人員安全。	謝謝委員意見，已規劃納入研究課題。
	3. 未來人員定位建議與消防裝備有關法規規定結合，並要求建築物 BIM 圖資建立。	謝謝委員意見，亦規劃納入研究課題。
韓欽銓	1. 首先肯定團隊的努力，花很多時間收集資料、整理、分析，也將研究課題分類成災前、災時與災後三階段，此分類讓研究課題更清楚，值得肯定。	謝謝委員指導。
	2. 表 12 研究課題，針對三階段分別歸納出 7 項、4 項，以及 1 項研究課題，但是將辦理期程分不同年度，其分類的立意為何？個人認為每項都是可以立即進行研究的課題。	謝謝委員意見，已在報告中說明。
	3. 表 13 也針對每項課題不同年度規劃預期效果，然而技術日新月異，是否將設限研究範圍？又 P.73 中，其標題錯誤，內容也有缺漏，年度也錯誤，請再次檢視。	謝謝委員意見，已在報告中說明。

	4. 團隊舉辦的 2 次專家座談，專家們也提供不少寶貴的意見，但對於專家的看法，團隊是否針對專家的看法進行研究探討，並融入至研發成果，希請再予檢視。	謝謝委員意見，針對座談會與會者的意見進行研討並納入規劃策略。
劉國隆	1. 智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究，本研究希望能與現有的消防人員配備相互連結，將現有的消防人員穿戴設備，例如攝影設備等，都能夠共同考量加入研究項目。	謝謝委員意見，已規劃納入研究課題。
	2. 本研究希望能夠運用智慧防災科技相關技術，同時有研究偵測火場內受困民眾之項目，讓消防人員能夠獲知有哪些受困民眾及需要在第一時間救援的座標地點。	謝謝委員意見，已規劃納入研究課題。
	3. P.40 之表 9 錯別字，輪式載具缺點應為越「障」性。	謝謝委員意見，已修正。
莊勛誠	目前建築物防火避難區劃是開放固定的設計概念，依建築法規，大部分 3 樓以上建築面積超過 240 平方公尺，就會規劃二條以上避難動線(二座樓梯及通道)，社福及長照機構會規劃當樓層避難或緊急等待救援空間，但這些通道或避難空間在災害發生時，可能僅剩一側是安全的。從近年長照機構火災案例就知道，火警警報響起當下，選擇原地避難或引導安全路徑避難是困難的抉擇，因為第一時間無法確認外部環境條件來判斷避難模式，因此若能藉助智慧防災設備整合，有效結合網路及偵蒐設備，應能彌補傳統建築物在防火避難設計上的缺失。類似傳統導航的概念，若能加上即時資訊就能避開塞車路段提供不同選項，因此災害發生時，利用智慧防災設備即時告知危險的避難動線及空間，並透過廣播系統引導正確避難方向或就地避難，將是系統整合的可行方向。	謝謝委員意見，已規劃納入研究課題。
黃培誠	1. 摘要第 4 行「火災探測器」建議修正為「火警探測器」(餘下全文同)。	謝謝委員意見，已修正。
	2. 建議二第 6 行「火災情資感知偵測器」建議修正為「智慧型火警探測器」	謝謝委員意見，已修正。

	器」。	
	3. 第XI頁B2研究方案：「探」測器附掛式，以及B4研究方案：「感」測器附掛式，建議名詞統一。	謝謝委員意見，已修正。
	4. P.3第4行「感測器」建議修正為「探測器」(餘下全文同)。	謝謝委員意見，報告中所提及之「感測」器非全指「火警探測器」，仍會保留「感測器」用詞。
	5. P.8第5行「智慧感測器」建議修正為「智慧型火警探測器」(餘下全文同)。	謝謝委員意見，已修正。
	6. P.14、15「住宅火災警報器」建議修正為「住宅用火災警報器」(餘下全文同)。	謝謝委員意見，已修正。
	7. P.23表三避難「誘」導設備建議修正為避難「引」導設備。	謝謝委員意見，已修正。
	8. P.24第二段火「災」受信總機建議修正為火「警」受信總機，擴音「器」建議修正為擴音「機」。	謝謝委員意見，已修正。
	9. P.64第2行「錯誤！找不到參考來源」是否刪除？	謝謝委員意見，已修正。
	10. P.66第8行第238條建議修正為第192-1條防災監控系統綜合操作裝置，P.76第10行亦同。	謝謝委員意見，已修正。
郭全豐	火災現場千變萬化，也有各種的情境發生，如何結合各面向智慧化的科技係屬跨域的整合，如何理出及規劃出關鍵的研究方向決定未來成果是否能有效的結合，此乃重要的課題，規劃出關鍵課題的整合更是重中之重。	謝謝委員意見，已完成跨領域研發與應用驗證規劃。
雷明遠	1. 國內產業產品、涵蓋範圍及技術能力，希請補充並與國外技術進行比較，另研提對應輔導、推動產業發展智慧防火防災科技的優先順序。	謝謝委員意見，以補充國內相關產業資料，並進行研究課題規劃。
	2. 本案第3場次座談會希請於11月中旬召開完畢，以利後續成果報告彙整。	謝謝委員建議，第三次座談會已於11月14日完成舉辦。
王順治	建議持續從使用者角度，更詳細區分災害管理、預防、救災指揮、調查分析等階段主要工作，提出最主要研究項目或值得發展之產業，例如：預防階段探測	謝謝委員意見，已完成跨領域研發與應用驗證規劃。

	器主要應用於於避難導引系統，救災階段則屬於資訊傳輸最為重要，調查階段則著重在火場分析、整合與驗證判斷。	
樂中丕	有關建議一部分，其主辦及協辦機關建請再檢討。	謝謝委員意見，執行策略將基於災害應用需求，導入相對成熟技術，讓智慧防火防災科技能落實應用。

附錄 四 、第一次專家學者座談會意見

(一)中央警察大學消防學系 曾偉文 副教授	(1) 物聯網生態系已有足夠成熟技術，但建築物私有資訊上傳至公共資料庫的意願，仍是整合系統須突破的困難點。 (2) 除了政策與法規制訂外，也須要民間業者參與，透過保險要求或者是保全作業來推動智慧居家系統。
(二)內政部消防署災害搶救組 劉宏儒 組長	(1) 加強災害通報系統，透過智慧建築的聯網設備讓使用者確認災情發生，並與受信總機同時進行通報，避免災害誤報。 (2) 災害發生即時透過雲端報案，尤其在輔助人力不足場所，可縮短通報流程，同時提供詳細災情資料，提高災害勤務派遣效益。 (3) 以自行救災為前提，未來可進行遠端操控執行救災動作的應用研究，避免災情擴大。
(三)新北市消防局副局長 陳崇岳 副局長	(1) 災害發生的及時偵知通報、連帶啟動救災設備，以及提供最佳避難動線，可針對不同場所，例如地下室、超高層大樓與高科技廠房，進行分析規劃。 (2) 精確情資的提供與整合，進行預佈署，減少現場蒐集時間，可有效精準定位消防人員、受困民眾與火點。 (3) 新北市消防局已有效運用圖、情資建模，供消防人員熟悉環境及決策練習，並將 SCBA 升級為電子式，記錄消防人員身理狀況與氣量，以及消防一路通之運用，減少消防車奔馳時間。 (4) 既有建物之圖資難以取得或準確度不高，可針對特定建物或新建物提倡繪製 BIM 圖，可透過 BIM 圖資源平台加以應用。
(四)財團法人消防安全中心基金會 洪嘉飛 副執行長	(1) 為防範於未然，智慧消防、智慧警報部分須即早偵知並減少誤報機率，類比式探測器可程度性量化判斷，有效降低突發性誤報，此外也具備學習能力進而增加靈敏度，並針對環境干擾與元件老化發出警示功能。 (2) 新式偵測器具隨時自我診斷系統，於故障或異常時可發出警報。而對既有之場所如高齡化社會(獨居老人)、高齡建築(舊式大樓、古蹟)於災情發生時可自行通報或者透過第三方通報，提高消防安全性。 (3) 智慧消防、智慧設備可藉由總機或衍生之平台進行接收，而消防安全設備、防火避難設施、大樓訊息等整合至圖控平台如電腦、手機等為國外發展趨勢，並於出勤時即可接收地點、平面圖等資訊。
(五)中美強科技股份有限公司 鄭義仁 董事長	(1) 火災預警系統影像產品已取得 FM 認證，並積極發展第二、三代影像產品，目前產品已應用於泰國曼谷捷運、電廠，其中也結合消防受信總機進行連動。 (2) 目前產品往 AIoT 趨勢發展，需跨領域整合，但牽涉資安問題，大企業僅接受企業內部網路，無法讓外部系統取得災情資訊。

(六)瑞德感知科技股份有限公司 陳寶琳 董事長	(1) 在火災蔓延時通常是發現太遲，而量化型感測器可早期偵測通報並消除誤報。 (2) 因火災發生概率小，廣布感測器對於業主而言則是無感，而發展偵知型邊緣運算之感測器，讓其有事件偵知功能，除平常運算、環境學習，以及人工智慧學習，遇災害事件再進行通報、警示。感測器本身具有運算能力，不須大量資料傳輸，也能減少維運成本，是瑞德近期發展之趨勢。 (3) 偵知型邊緣運算感測器的開發，結合動態導引系統、雲端管理系統，能讓未來智慧建築能有更好的火災偵知與預防功能。
(七)中華大學資訊工程學系 游坤明 副校長	(1) 運用區塊鏈蒐集資料，要先行確認資料種類，而基於資料取得難易度與救災時效性，是否進行資料深度挖掘與融進行評估預警，仍有待討論。 (2) 建築物資訊具有隱私權保護，取得方式須進行探討。 (3) 透過資料異質整合技術進行極早期火災判斷與預測，而資料有效傳輸會受到火場干擾，可採用邊緣運算技術加以改善。 (4) 智慧化機器人整合災情感知偵蒐技術，可應用於火場災情探測。
(八)國立高雄科技大學環境與安全衛生工程系 蔡匡忠 教授	(1) 規劃案的推廣與應用，須考量產品化法規配套措施與民間業者參與可行性，建議針對防災中心法規與政策進行探討。 (2) 從使用者立場來進行關鍵技術盤點與整合應用規劃。
(九)內政部建研所 雷明遠 研究員	(1) 智慧化防火防災科技目的是確保人員安全並減少財物損失，應從使用者角度進行考量，透過建築防火安全設計與工程技術，結合防火防災科技技術應用於災情預防與救援。 (2) 整合獨立智慧化系統衍伸兼用功能，降低建置成本，擴大應用效益，易於推廣。 (3) 可透過既有法規(如高層建築物防災中心有關防災設備規定)推動建築物智慧防火防災科技產品的設置，另尚須要有產品檢驗標準與認證規範之建立。
(十)內政部建研所 王順治 組長	(1) 依照智慧防火防災科技目的，建議研究規劃得以災前(防災)、災時(救災)、災後(調查)等階段進行研究探討與規劃，針對使用者、資情資料蒐集，救災方式以及法規等，建置應用系統與關鍵技術，盤點既有與現行技術，規劃未來整合應用技術，以及相關法規的配套實施。 (2) 以系統應用面進行盤點與規劃，關鍵技術可持續精進與更新。
(十一)內政部建研所 王鵬智 研究員	(1) 建議詳細瞭解系統應用的關鍵技術並確進行盤點，才能有效進行整合。 (2) 針對中長期大綱，落實產品化及場域應用仍須進行法規檢核。

附錄 五、第二次專家學者座談會意見

清谷電子 李岱瑾 特助	(1) 公司產品具有機械學習功能，可提供火災預警功能 (2) 各產品相對應用 App 之整合須有 API 對應對接之格式，整合困難度較高，可採用 Line 系統，end user 使用較方便，也可對裝置斷線與離線進行監測，以及覆歸操控 (3) 有線通訊傳輸比無線通訊傳輸穩定 (4) 提高民眾火警意識，才可望推動智慧防火防災科技
新北市消防局 搶救科 蕭柏恆 科長	(1) 近年不同火災場域發生率偏低，新北市消防局 ERCA 透過虛擬火災情境進行搶救訓練，利用影像辨識判斷消防人員訓練成果 (2) 新北市消防局以新科技進行災害救援，包括消防人員救災場域定位(建議持續研發)、無人機救援(做為通訊基地台進行定位)，以及花蓮地震 3D 建模救災行動演練 (3) 建議以救災人員穿戴設備進行智慧科技整合，避免穿戴裝備遺落 (4) 一般民眾或工廠使用品質不佳的電器產品，容易造成假日電壓偏高，引發火災，宜加強民眾對於電器造成火警發生的意識 (5) 結合 CCTV 跟人工智慧消防編組自我學習，並結合 Line 自我通報
內政部消防署 火災預防組 莫懷祖 組長	(1) 智慧防火防災科技係跨域整合，採購跟擴散較不容易，將會透過輔導廠商自主建立規範、基準，或者是標準 (2) 落實輔導消防人員訓練，強化安全事故、救災訓練與事故調查能力
臺灣警察專科學校 邱文豐 老師	(4) 火災預防： 甲、系統監測：自動巡檢、開閉狀況監測 乙、火災動作回覆(裝置是否動作) 丙、系統整合，例如：瓦斯爐加裝氣體偵測器與截斷器，著重交換標準化 丁、新式設備測試方法標準化，由廠商自主認定/制定 戊、災害發生，主動避難與導引系統，包含暫時避難據點、分階段廣播，預行規劃 (5) 救災：透過 App，進行無線對講機與手機聯集，對火災情況監聽與推播 (6) 災後調查：現階段著重起火原因，但應著重火災資料庫建立，可進行預防行政、人員傷害調查，以及確保設備效能管理使用 (7) 4 年計畫架構與進度，應針對問題點進行，例如既有建築物可透過中繼器改善 P 型受信總機接收探測器數量與定址問題
國立中央大學 土木系 周建成 教授	(3) BIM 對於建築師、營造廠有不同程度解讀，但公有建築完工一定要交付，其中樑柱都有準確標註，可做為救災路線規劃依據 (4) 室內通訊訊號衰減可做為火警偵測依據進行研究 (5) 電梯井與樓梯可透過 BIM 的運用做為逃生通道，設置逃生設備應用

西門子 林柏志 經理	(4) 警報系統整合與推播之認證，會因建築材料耐燃性質、或者偵測器動作與靈敏度等不同，會有不同標準，建議可納入歐美產品認證標準，如 UL 等標準加以參考 (5) 系統整合係屬螻蛄科技(系統多樣性)，其系統整合著重在訊號整合，現階段是切入點，但要注意潛在風險
建築研究所 雷明遠 研究員	(5) 可從法規面進行系統整合分析，例如建築技術規則第 259 條防災中心，以及各類場所消防安全設備設置標準第 238 條，可透過智慧防火防災科技重新定義說明 (6) 智慧化產品往往不是單一設備而是許多設備組成之系統，功能上往往客製化，因此難有一定之規格標準，未來如能建立智慧化防火防災產品之主要構成設備規格、功能基準、驗證方法等具體文件，則有利於產品有關研發及產銷，上述文件可循序漸進經由產業規範進而提升至國家標準。

BIM 在安全救災的應用

新北市消防局 搶救科 蕭柏恆 科長	(1) 對於消防人員進入火場救災定位相當重要，若無 BIM 則透過外部裝置進行定位，有則需考量定位準度，包括即時定位、演算負載，以及 BIM 精確度、規格與來源(法規要求)，為長遠策略
內政部消防署 火災預防組 莫懷祖 組長	(1) BIM 與定位為不同系統整合，BIM 的 mobox 與 IP 等內碼型資料提供，除了法規強制外，將限縮資料提供的態度
建築研究所 雷明遠 研究員	(1) BIM 應用在智慧防火防災科技應進行資料篩選，簡化 BIM 輸出成果的資訊量，以利消防不同領域之火災預防、搶救指揮應用。

附錄 六、第三次專家學者座談會意見

國立陽明交通大學 土木工程系 單信瑜 副教授	(1) 火情感知偵蒐系統與建築資訊模型(BIM)整合形成防災中心或是中控室，首先是針對的建築物管理人員使用，後續才是外來救災人員的使用與處理，透過監視控制與資料擷取系統(SCDA)或是資料備援，都可取得以進行人工判斷或者是智慧決策。 (2) 智慧決策，以瑞德感知動態導引系統為例，市場接受度不如預期，可能牽涉系統可靠度以及法律責任，對於沒有標準驗證程序進行驗證的系統，在法律責任上需承擔較高風險。 (3) 後端救災應用，包括消防人員的智慧眼鏡、透過有線或無線方式的火災偵測警報系統，以及運用藍芽定位等技術的人員定位裝置，都曾經有相關計劃進行驗證，但仍無法全面性地去掌握運用，主要在於沒有瞭解應用過程中所發生的問題，才無法順利去做相關運用。 (4) 關鍵技術的研發不是難事，但怎麼去做相關運用才是關鍵點。建議計畫規劃是以關鍵技術研發、制度面強化，還是市場面的提升，要有明確的方向。 (5) 建築類型跟火災類別都不一樣，關鍵技術所能夠適用的範圍也不竟相同，建議聚焦建築類型，譬如超高層大樓，從防災中心建置到值班人員的教育訓練，以及各縣市現行法規，進行瞭解與規劃。 (6) 建議規劃風險比較高的不特定多數人場所，例如機場、高鐵站、捷運站，以及百貨公司等進行實際場域測試驗證，主要在於發生災害風險高、災害發生時疏散避難困難，以及救災不易，比較有可能執行相關的設備裝設與場域測試。 (7) 相關設備研發與引進導入可行性都很高，主要在於使用者如何運用，因此關鍵技術的使用訓練與決策養成，都是關鍵重點。 (8) 建議以預防部分先行執行，針對智慧型大樓與公共場所，有特定多數人使用，能夠進行簡單驗證，才有機會持續規劃案的執行。
國立聯合大學 資訊工程學系(所) 韓欽銓 教授	(1) 本計畫應定位在於就現況準備與將來可能情況做規劃，雖然常號稱臺灣 ICT 技術非常領先，可在消防應用實務少之少，無法執行的原因是本計畫須要去探討的，以及借鏡日本消防廳執行計畫，跟國內的差異與可以借鏡的地方，規劃後續相關機關的執行工作與預算安排。另外，現行無法執行智慧消防的原因，是在於業者想法，還是政策或者是法規部分問題，可加以釐清。 (2) 場域應用是非常重要的，對於物聯網或者是人工智慧導入，很多業者或是消防人員不會將其使用在第一線救災上，因此應思維現階段可應用甚至尚未開發的關鍵技術，做全方位或是全面盤點，不只是平時消防演練，更能真正落實在消防救災。 (3) 對於本計畫技術規劃，甚至於預算制訂都有所依據。

中央警察大學 消防學系 沈子勝 教授	(1) 廣義的避難，有類似大型踩踏事件，以及核災發生後大區域的人員避難，會因災害類型不同造成避難路線的變化，而對於建物火災災害，僅是廣義避難的一部分，建議名確定義範圍與對象。 (2) 就現有技術發展重點，應著重現行各階段，如災前預防階段，災時階段，以及災後調查階段，現有技術發展現況與重要方向須要突破部分，真的應用於救災，而非示範場域展示，才能符合本計畫需求，以及時間與人力限制下可完成的成果。研究範圍從預防、災時跟災後，未來研究案或者是推動，仍應分階段實施。 (3) 可由預防部分先行進行，也較易有成果。而建築物防火安全防災系統關鍵技術除消防設備管理系統，也應包括建築設備區劃，從火災未發生前的感知偵蒐技術與資料進行整合，較容易也可迅速進入實場驗證。 (4) 救災部分則以人員安全性比較重要，但一直來未有重大突破，應做為重要發展部分。 (5) 未來示範場域的選擇相當重要，對於未來發展動力與推動會有影響，以及在推動過程中一定要有緩衝時段進行配合法規的轉變，也會影響推動的快慢與成效。 (6) 每一個階段的教育訓練也是重點，除消防單位外，學術單位、研究機構與產業界等都應納入教育訓練實施單位，是構成研究案完整性的一部分，建議應列入規劃。
永揚消防安全設備股份有限公司 孫建宏 協理	(1) 以現有場所進行整合，例如人員定位與影像部分，要將這些資訊結合，受限於法規跟隱私權，建議由政府機關明確規定，而在現實面落實場域，則須有相關罰則跟規定，進而達到預防與事後調查的效益。 (2) 所有消防設備都應納入必認驗證之產品，如推動自主認驗證，業者或設備廠商會對於產品是否要認驗證，或者是檢驗機關認為設備是否須要證書產生困擾，所以建議對日後救災或是預防有用的消防設備都要有明確規定進行設備認驗證，避免設備認驗證的缺口。
基隆市 消防局 唐鎮宇 前局長	(1) 關於一般建築物智慧防災應用，建築感測偵測在開始時候能夠傳送訊息資料，但真正傳送到救災運用單位，很多感測偵測裝置都已喪失功能，無法傳輸相關訊息。 (2) 透過智慧眼鏡傳送心律與影像資料，示範場域測試驗證大概沒有問題，但火災現場是非常嚴峻狀況，所以當初設定目標是在於救護現場，藉由無線傳送將相關訊息傳到指揮中心或者醫院，在被救護人員送達前，醫院端已有被救護人員的身理情況可立即進行救護工作，而因醫院端無法配合導致計畫終止，也是智慧消防一大困難點。 (3) 關於救災人員管制部分，僅透過大樓裡面所設計的感測裝置與無線傳輸，無法發揮真正的功效，因此採用穿戴系統，讓消防人員直接進入火場去偵搜相關訊息並將定位系統一併傳送出去，除了高

	科技廠房的屏蔽效益外，現階段能依靠無線傳輸完成資訊傳送。另外電信系統傳輸是指揮現場前進指揮所大隊長使用，針對人員報到、位置，以及撤離確認。但實際火場傳輸系統仍會有傳輸中斷問題，不管超高層建築或者是地下室，可通過洩波電纜傳輸，但對接接頭仍須是確認。 (4) 智慧消防數據運用理論上可行，但實際救災仍存在問題，須面對面溝通才能有解決方案的產生。
行政院 災害防救辦公室 吳武泰 主任	(1) 以防火防災科技而言，本計畫的目的之一是要建立創新應用模式，會牽涉到法令問題，但政府法令的訂定與修改是相當嚴謹，尤其牽涉安全相關的法定就更為嚴謹，所以應針對政府防火防災相關法令的研討進行規劃。 (2) 就創造產業價值而言，消防工程本來就比較缺乏產業推動，主要是認為臺灣市場較小，產值無法提升，而是應將全世界各種場域做為推動市場，雖然本研究案是 4 年初階規劃，其目的性對國內帶動智慧消防產業卻非常重要。 (3) 在進行統整規劃過程中，驗證測試是關鍵技術整合的重點，也是推動產業的重要步驟。臺灣缺乏就是實驗測試驗證，除了實驗室測試驗證量能外，也牽涉到國家對基礎科學的投入。對於相關法令部分，則先透過產業的開發並自訂認驗證機制，再由政府召開專家委員審查會議做決定。 (4) 後續設備裝置的有效性是否去探究，牽扯到維護與裝設方式等問題，都應涵蓋在認驗證範疇裡。 (5) 針對模擬場域部分，可連結地方政府規劃小範圍私人場域進行智慧科技的測試驗證，推動法規問題的解決，而由中央制定一體適用的規定較不可行，可先由地方政府訂定規範進行認驗證推動，從集合住宅進行場域測試驗證。場域的落實驗證會有阻力，只要系統的目的跟實用性，以及需求者使用方便，對於安全有保障，就會帶動場域的落實與推廣，須要進行各單位的界面協調就不會有太大問題。 (6) 建築物防災管理系統中，對於異質數據收集跟辨識系統，整合困難度較高。在建築與消防法規所規定的設備會有各自的中繼器或者是控制盤，且國內外規格不同，其偵蒐的數據來自多處且精確度不同，在短時間內進行數據資料的辨識與整合透過智慧機器人進行演算，並由人工進行判斷確認，發出警報提供給使用者，是未來要漸進式地去完成。 (7) 建築內外消防設備的偵蒐資料在災情發生時能自動抓取，或是平常民眾透過社群媒體通報，自動攀爬抓取相關災情資訊，再提供給管理者會是使用者自我判斷，是一很好的前瞻關鍵技術整合跟運用。

建築研究所 雷明遠 研究員	(1) 本計畫冀望結合國內 ICT 產業與防災防火產業，進一步推動政府在智慧防火防災科技的研發，對民眾的生命財產保護有所保障，更能藉此扶持臺灣智慧防火防災科技產業。 (2) 因整個課題包括場域與範圍牽涉較蠻廣，面對的建築物特性與差異性相對也蠻大的，而且關鍵科技的發展仍屬於各自研發，沒有一個單位完整地整合規劃這些關鍵科技，因此首先應完整地探討關鍵科技與應用深入方向與發展程度，再去討論是否因為技術門檻太高、法令問題，或是使用端的疑慮。 (3) 關於規範部分，短時間由政府訂定相關規範的可行性較低，可先從積極輔導與整合業界力量，仿效國際做法，以日本為例，由產業聯盟共同協商規定品質規範，慢慢成熟到形成工業規格，政府可就既有規範以同等設備、技術與工法進行專案審查，就不須再另訂規定。
--------------------------	--

附錄 七、國內防火防災科技研究現況 (106 年-111 年)

資料來源：本計畫整理

計畫中文名稱	執行單位名稱	計畫年度	計畫主管機關	計畫主持人	共同/協同主持人
火害後建築物之結構耐震性能評估(3/3)--鋼構造構架屋與高強度鋼筋混凝土柱火害後之耐震性能研究	國立成功大學	111	內政部建築研究所	洪崇展	劉光晏;周中哲;鍾興陽;
智慧全人居家預警防災系統之研究	中華大學建築與都市計劃學系	111	內政部建築研究所	蕭炎泉	何明錦;楊明玲;
智慧型消防偵蒐機器人之核心功能加值及邊緣運算技術應用研究	中華大學資訊工程學系	111	內政部建築研究所	游坤明	陳昀暄;
智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究	財團法人工業技術研究院	111	內政部建築研究所	王榮豪	吳佳隆;
建築結構高強度鋼板及螺栓於火害後殘餘機械性質之研究	國立陽明交通大學	110	內政部建築研究所	陳誠直	林克強;
智慧型消防機器人核心功能加值模組與消防人員火場定位技術之先期研究	中華大學	110	內政部建築研究所	游坤明	陳昀暄;
火害後建築物之結構耐震性能評估(2/3)--鋼筋混凝土造構架屋火害後之耐震性能研究	國立成功大學	110	內政部建築研究所	劉光晏	黃世建;洪崇展;鍾興陽;
縮短精神科病房火災災害緊急應變時間之成效探討	臺中榮民總醫院嘉義分院	110	國軍退除役官兵輔導委員會	李貞葵	
建築物防火安全性能提昇暨推廣計畫	財團法人台灣建築中心	110	內政部建築研究所	許世杰	陳盈月;
以高強度螺栓預力作為建築鋼結構損傷評估指標之研究	國立中興大學土木工程學系(所)	110	科技部	張惠雲	林克強;
壓力本身及於不同溫度惰性物質含量下壓力對燃燒範圍的影響	國立高雄科技大學工學院環境與安全衛生工程系	110	科技部	廖宏章	
以循環經濟材料幾丁聚醣製備環保型難燃劑及其聚胺基甲酸酯複合材料防火性能之研究	弘光科技大學環境與安全衛生工程系(所)	110	科技部	江金龍	
膠帶業之有機溶劑火災爆炸危害預防研究	勞動部勞動及職業安全衛生研究所	110	勞動部勞動及職業安全衛生	林光邦	
小型既存護理之家與老福機構災害風險辨識與公共安全對策調和性研究-小型既存護理之家及老福機構遭遇地震與震後火災情境下韌性調適策略研究(子計畫五)(II)	國家災害防救科技中心	110	科技部	劉怡君	
小型既存護理之家及老福機構災害風險辨識與公共安全對策調和性研究-小型既存護理之家與老福機構等待救援空間與水平避難規畫最佳設計組合模式效益之性能驗證研究	國立臺灣科技大學建築系	110	科技部	林慶元	莊英吉;
用於火災即時搜索和救援的網宇實體系統	國立成功大學製造資訊與系統研究所	110	科技部	蔡佩璇	
應用於避難弱者場所之水滅火系統功能導向設計及驗證研究	國立雲林科技大學機械工程系暨研究所	110	科技部	鍾基強	
高溫下鋼筋混凝土握裹強度研究	中原大學土木工程學系	110	科技部	吳崇豪	
以表面波群波波速頻散特徵評估RC構件災後火害深度及鋼筋握裹狀況II	朝陽科技大學營建工程系(所)	110	科技部	鄭家齊	
小型既存護理之家及老福機構災害風險辨識與公共安全對策調和性研究-小型既存護理之家及老福機構災害風險辨識與公共安全對策調和性研究(總計畫及子計畫四)	中央警察大學消防學系	110	科技部	簡賢文	蘇崇輝;
建立關鍵基礎設施之脆弱度評估系統與規劃災後復原之決策模型-高樓層建築物緊急避難安全時間驗證與分析(子計畫)	中央警察大學消防學系	110	科技部	吳貫遠	
小型既存護理之家及老福機構災害風險辨識與公共安全對策調和性研究-小型既存護理之家及老福機構大夜班人員火災虛擬實境模擬演練應用開發(子計畫二)(I)	長榮大學職業安全與衛生學系	110	科技部	陳清峯	陳佑任;林揚智;
結合HSI三參數進行火災辨識技術之研發	長榮大學職業安全與衛生學系	110	科技部	蒲永仁	
異質成核作用影響油池火災燃燒行為應用於海洋漏油去除之研究	國立高雄科技大學工學院環境與安全衛生工程系	110	科技部	蔡匡忠	
「充實精進防救災訓練量能及設施(備)計畫」委託研究勞務採購案	民營企業/公司-I[瑞鉅災害管理及安全事務顧問股份有限公司]	110	內政部消防署	盧彥佑	王价巨;

計畫中文名稱	執行單位名稱	計畫年度	計畫主管機關	計畫主持人	共同/協同主持人
「直轄市、縣(市)消防專用無線電系統現況分析及策進」勞務委託服務採購案	民營企業/公司-111(健訊企業有限公司)	110	內政部消防署	廖致宏	許家福;
建築物昇降設備遠端監控技術應用推廣計畫	中華大學	110	內政部建築研	蕭炎泉	何明錦;徐春福;
基於人工智慧的即時消防網宇實體系統	國立成功大學製造資訊與系統研究所	109	科技部	蔡佩璇	
三成分混合溶液的極端閃火點行為	國立高雄科技大學工學院環境與安全衛生工程系	109	科技部	廖宏章	
火害後建築物之結構耐震性能評估(1/3)--鋼筋混凝土造與鋼構造構件火害後耐震性能研究	國立成功大學	109	內政部建築研究所	鍾興陽	洪崇展;黃世建;劉光晏;
原有合法場所既設消防安全設備有效性及改善技術與工法之研究	財團法人消防安全中心基金會	109	內政部建築研究所	沈子勝	何岫璵;
人工智慧物聯網與多元異質感知技術整合應用於建築物火災偵測之研究	中華大學[中華大學資訊工程系]	109	內政部建築研究所	游坤明	陳昀暉;
外牆上非承重立面材料及構法之耐燃與延燒關聯性研究	內政部建築研究所	109	內政部建築研	陳佳玲	
實尺寸鋼構屋火害實驗資料彙編之研究	內政部建築研究所	109	內政部建築研	李其忠	
防爆電氣設備之檢查管理研究	勞動部勞動及職業安全衛生研究所	109	勞動部勞動及職業安全衛生	蘇文源	
可燃性粉塵危害預防之英美標準探討	勞動部勞動及職業安全衛生研究所	109	勞動部勞動及職業安全衛生	張承明	
小型既存護理之家與老福機構災害風險辨識與公共安全對策調和性研究-小型既存護理之家及老福機構遭遇地震與震後火災情境下韌性調適策略研究(子計畫六)(I)	國家災害防救科技中心	109	科技部	劉怡君	
防災科技思維下文化資產防災之調和性研究-運用現代科技執行文化資產內重要文物災害潛勢與風險評估(子計畫)	逢甲大學歷史與文物研究所	109	科技部	李建緯	岩素芬;
應用於災害即時預警技術之NB-IoT與物聯網系統晶片設計	明志科技大學電機工程系	109	科技部	陳瓊安	
長照機構全尺寸滅火系統及智慧火警系統試驗及模擬之研究	臺灣警察專科學校消防安全科	109	科技部	邱晨瑋	
小型既存護理之家及老福機構災害風險辨識與公共安全對策調和性研究-小型既存護理之家及老福機構火災緊急應變計畫與演練脚本之調和策略研究(總計畫及子計畫)	中央警察大學消防學系	109	科技部	簡賢文	
小型既存護理之家及老福機構災害風險辨識與公共安全對策調和性研究-小型既存護理之家及老福機構排煙設備/排煙設計模式與效益開發研究(子計畫二)(I)	國立高雄科技大學工學院環境與安全衛生工程系	109	科技部	蘇崇輝	
壓力本身及於不同溫度惰性物質含量下壓力對燃燒範圍的影響	國立高雄科技大學工學院環境與安全衛生工程系	109	科技部	廖宏章	
小型既存護理之家及老福機構災害風險辨識與公共安全對策調和性研究-小型既存護理之家及老福機構大夜班人員火災虛假環境模擬演練應用開發(子計畫三)(I)	長榮大學職業安全與衛生學系	109	科技部	陳清峯	林揚智;
小型既存護理之家及老福機構災害風險辨識與公共安全對策調和性研究-小型既存護理之家與老福機構等待救援空間與水平避難規畫最佳設計組合模式效益之性能驗證研	國立臺灣科技大學建築系	109	科技部	林慶元	莊英吉;
智慧工廠安全偵測與防災系統之研究	國立臺灣科技大學資訊工程系	109	科技部	洪西進	
基於智慧聯網技術之先進配電盤檢測專家系統建置	國立勤益科技大學電機工程系	109	科技部	王孟輝	呂學德;
防災科技思維下文化資產防災之調和性研究-現代科技應用於有形文化資產災害風險評估與滅災策略(子計畫)	中國科技大學建築系	109	科技部	湯潔新	邵珮君;
以表面波群波速頻散特徵評估RC構件災後火害深度及鋼筋握裹狀況II	朝陽科技大學營建工程系(所)	109	科技部	鄭家齊	
具難燃性能乙基酯樹脂奈米複材之製備與性質探討	中原大學化學系	109	科技部	蔡宗燕	
基於緊急火災救災觀點之高效滅火藥劑結合救災型無人機性能提升研究	長榮大學職業安全與衛生學系	109	科技部	張慈蓓	葉冰蘭;
深度學習邊緣運算應用於火焰燃燒成長辨識之研究	中華大學資訊管理學系	109	科技部	陳昀暉	
物聯網之災害應變輔助廣播系統	明新學校財團法人明新科技大學多媒體與遊戲發展系	109	科技部	彭亦暉	李佩君;
長照機構防火避難安全性能改善參考手冊精進研究	內政部建築研究所	109	內政部建築研	雷明遠	
開發虛擬實境教育訓練技術加強化學品管線維護保養危害預防研究	勞動部勞動及職業安全衛生研究所	109	勞動部勞動及職業安全衛生	劉立文	

附錄 七、國內防火防災科技研究現況 (106 年-111 年)

計畫中文名稱	執行單位名稱	計畫年度	計畫主管機關	計畫主持人	共同/協同主持人
邁向智慧永續城市的建築安全主動管理系統再研究	國立臺灣大學土木工程學系暨研究所	108	科技部	謝尚賢	
利用實驗-FEM熱固耦合分析探討輕鋼構建築之火場結構行為(1)(11)	國立成功大學土木工程學系(所)	108	科技部	賴啟銘	
三成分混合溶液的極端閃火點行為	國立高雄科技大學工學院環境與安全衛生工程系	108	科技部	廖宏章	
老人福利機構防災量能的培力：演習與風險溝通的創新與服務	中央警察大學防災研究所	108	科技部	盧鏡臣	
老人安養機構(含銀髮社區)災害管理計畫與風險溝通策略之研究	銘傳大學建築學系	108	科技部	王价巨	
實尺寸鋼構屋角柱之火害結構行為研究	財團法人成大研究發展基金會	108	內政部建築研究所	鍾興陽	朱聖浩;
長照機構居室全尺度火災特性實驗及應用研究	財團法人台灣建築中心	108	內政部建築研究所	陳盈月	莊英吉;
建築外牆隔熱板中尺度立面延燒研究	內政部建築研究所	108	內政部建築研	陳佳玲	
實尺寸鋼構屋邊柱之火害結構行為研究	內政部建築研究所	108	內政部建築研	李其忠	
應用CNS國家標準大尺度試驗驗證建築外牆立面隔熱材防	內政部建築研究所	108	內政部建築研	王天志	
早期火災探測預警人工智慧技術與消防救災結合應用研究	中華大學(資訊工程系)	108	內政部建築研究所	游坤明	陳昀暉;
智慧建築效益評估架構及評估基準之研究	中國文化大學建築及都市設計學系	108	內政部建築研究所	溫琇玲	游璧菁;
建築物防火避難安全推廣計畫	財團法人台灣建築中心	108	內政部建築研究所	許世杰	陳盈月;
Sky Arrow 55型無人飛行系統升級計畫	民營企業/公司-I[經緯航太科技股份有限公司]	108	科技部南部科學園區管理局	羅正方	
運用虛擬實境技術於加強化學品危害通識教育訓練研究	勞動部勞動及職業安全衛生研究所	108	勞動部勞動及職業安全衛生	劉立文	
長照機構火災安全因子風險分析以台灣護理之家火災現場搶救作業指標之研究為例	中央警察大學消防學系	108	科技部	林宜君	
隧道火災安全設計與應變救援整合性策略及性能提升方案-子計畫:縱向通風與點排通風之隧道火災危害因子評估與火害情境(III)	中央警察大學消防學系	108	科技部	吳貫遠	林元祥;
隧道火災安全設計與應變救援整合性策略及性能提升方案-總計畫暨子計畫:公路長隧道火災緊急避難與消防救援可及性評估與調和性策略之研究(III)	中央警察大學消防學系	108	科技部	簡賢文	李維森;謝蕙如;
基於人工智慧的即時消防網宇實體系統	國立成功大學製造資訊與系統研究所	108	科技部	蔡佩璇	
共構式捷運站體尖峰時段人流疏散避難模擬與災時疏散對策研究——以桃園捷運站為例	中央警察大學防災研究所	108	科技部	邵俊豪	
建築環境脆弱性與火災人命傷亡分析	中央警察大學防災研究所	108	科技部	林元祥	吳榮平;
新型奈米難燃劑之結構設計與性質探討	中原大學化學系	108	科技部	蔡宗燕	
跨域氣候變遷與災害社會調適與韌性機制、行為與策略之研究-子計畫:因應氣候變遷與社經災害下產業園區之脆弱度評估、韌性分析與調適策略規劃(I)	國立政治大學地政學系	108	科技部	白仁德	
防災科技思維下文化資產防災之調和性研究-子計畫:現代科技應用於有形文化資產災害風險評估與減災策略(I)	長榮大學土地管理與開發學系	108	科技部	邵珮君	
災害引導之智慧動態圖像符號指標系統之設計研究-以大樓火災逃生為例(II)	大同大學媒體設計學系	108	科技部	陳立杰	
隧道火災安全設計與應變救援整合性策略及性能提升方案-子計畫:隧道火災安全性能驗證及其撤水與排煙交互作用性能評估與虛擬實境應用(II)	長榮大學職業安全與衛生學系	108	科技部	張慧蓓	沈子勝;
防災科技思維下文化資產防災之調和性研究-子計畫:運用現代科技執行文化資產內重要文物災害潛勢與風險評估	逢甲大學歷史與文物研究所	108	科技部	李建緯	
以表面波群波波速頻散特徵評估RC構件災後火害深度及鋼筋握裹狀況	朝陽科技大學營建工程系(所)	108	科技部	鄭家齊	
水自動滅火系統對建築物區劃內火災能見度改善性能評估研究	國立雲林科技大學機械工程系暨研究所	108	科技部	鍾基強	
住宿式長照服務機構之離室避難界限時間簡易評估表與FIG參考準則之研究	中國文化大學建築及都市設計學系	108	科技部	楊欣潔	

計畫中文名稱	執行單位名稱	計畫年度	計畫主管機關	計畫主持人	共同/協同主持人
地下停車空間自動撤水系統水力設計及機車火災抑制之研究	臺灣警察專科學校消防安全科	108	科技部	邱晨瑋	
隧道支撐構材受火害傷損之體波/導波與聲-光耦合非破壞檢測暨其碳化特徵	國立臺灣科技大學營建工程系	108	科技部	陳堯中	陳立憲;
隧道火災安全設計與應變救援整合性策略及性能提升方案-子計畫:以火災風險評估方法提升隧道火災安全設計與建置安全評估模式之研究(III)	南亞科技學校財團法人南亞技術學院環境科技與管理系	108	科技部	李伊平	
跨維度勘災及防爆型無人載具系統建構與整合之研究(1)	國防大學電機電子工程學系	108	科技部	楊家宏	
非對稱開口型高大空間之火場中性面變化與自然式排煙效率分析	國立高雄科技大學工學院環境與安全衛生工程系	108	科技部	蘇崇輝	
以高效前照式太陽能電池自我供電之智慧型溫度感測器設計	國立臺灣科技大學電子工程系	108	科技部	陳伯奇	
熱影像分析於無人機上的安防新應用	國立聯合大學電機工程學系	108	科技部	陳翔傑	
火害後螺栓殘餘強度快速診斷方法之開發	國立高雄科技大學工學院營建工程系	108	科技部	楊國珍	
雙手臂救災機器人技術整合研究與實踐(II)	正修學校財團法人正修科技大學電子工程學系	108	科技部	張法憲	
實尺寸耐火鋼構實驗屋之現地結構火害實驗與數值模擬(IV)	國立成功大學土木工程學系(所)	108	科技部	鍾興陽	
天眼：無人機影音串流近即時物件影像識別系統之研製	東海大學資訊工程學系	108	科技部	楊朝棟	
歐盟都市防災應變與建築風環境先進試驗技術參訪觀摩研	內政部建築研究所	108	內政部建築研	王榮進	
迷你倉庫火災行為研究	國立臺灣科技大學建築系	107	科技部	林慶元	
以新型態滅火劑：蒸氣抑制顆粒探討對油池火災突沸(boilover)之影響研究	國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程學系(所)	107	科技部	蔡匡忠	
防煙垂壁耐震性能研究	國立成功大學建築學系(所)	107	科技部	姚昭智	
混合溶液的特殊閃火點行為	國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程學系(所)	107	科技部	廖宏章	
老人福利機構火警探測、自動撤水設備驗證基準及避難器具檢討之研究	學會/協會{社團法人美國消防工程師學會台灣分會}	107	內政部建築研究所	鍾基強	
火害現場結構材料探傷檢測系統軟體研發及應用研究	國立台北科技大學土木工程系	107	內政部建築研究所	陳立憲	林俊宏;
實尺寸鋼樑屋切削減弱式接頭鋼梁(RBS)與梁柱接頭之火害結構行為研究	財團法人成大研究發展基金會	107	內政部建築研究所	朱聖浩	朱世禹;鍾興陽;
停車塔自動滅火設備設計及滅火效能之研究	學會/協會{社團法人美國消防工程師學會台灣分會}	107	內政部建築研究所	沈子勝	張慧蓓;
建築物外部空間避難疏散評核指標之研究	中央警察大學防災研究所	107	科技部	邵俊豪	鄧子正;
剪力釘對混凝土鋼承板耐火性能影響之研究	內政部建築研究所	107	內政部建築研	李其忠	
編擬建築用防火設備相關國家標準制修訂草案建議稿	財團法人成大研究發展基金會	107	經濟部標準檢驗局	林子傑	
研提建築物鋼骨構造用噴附式防火材料檢驗標準 修訂建議稿	財團法人成大研究發展基金會	107	經濟部標準檢驗局	林子傑	
建築物防火避難安全推廣計畫	財團法人台灣建築中心	107	內政部建築研究所	許世杰	陳盈月;
建築外牆飾板防火性能研究初探	內政部建築研究所	107	內政部建築研	陳佳玲	
全尺度框組壁式木構造承重牆加熱加載驗證及相關規範研	內政部建築研究所	107	內政部建築研	蘇鴻奇	
研製適用於動態逃生導引系統之自動重置降壓調節飛馳式轉換器積體電路	國立臺北科技大學電子工程學系	107	科技部	古頤榛	王三輔;
運用無人飛行載具於災害(難)現場勘查以強化救災現場即時資源指揮調度功能研究案	民營企業/公司-I{原資系統整合股份有限公司}	107	內政部消防署	林正昀	
建築火災與現場熱煙試驗火源產生機制之建立	內政部建築研究所	107	內政部建築研	蔡銘儒	
適用於既有合法老人福利機構的火害抑制設備整合開發及優化設計研究(II)	國立雲林科技大學機械工程學系暨研究所	107	科技部	鍾基強	

附錄 七、國內防火防災科技研究現況 (106 年-111 年)

計畫中文名稱	執行單位名稱	計畫年度	計畫主管機關	計畫主持人	共同/協同主持人
利用文式屋頂之風導效應強化自然排煙系統效能之分析	國立高雄科技大學 工學院環境與安全 衛生工程系	107	科技部	蘇崇輝	
利用實驗-FEM熱固耦合分析探討輕鋼構建築之火場結構行為(I)(II)	國立成功大學土木 工程學系(所)	107	科技部	賴啟銘	
熱膨脹塗料應用在木質材料表面之防火特性研究	國立中山大學機械 與機電工程學系(所)	107	科技部	許聖彥	
火災救援智慧系統之設計與實作	國立高雄科技大學 工學院土木工程系	107	科技部	吳翌禎	
自動撒水系統水力計算模式及風險管理分析之研究	臺灣警察專科學校 消防安全科	107	科技部	邱晨璋	
三成分混合溶液的極端閃火點行為	國立高雄科技大學 工學院環境與安全 衛生工程系	107	科技部	廖宏章	
實尺寸耐火鋼構實驗屋之現地結構火害實驗與數值模擬(III)	國立成功大學土木 工程學系(所)	107	科技部	鍾興陽	
可視度與避難路徑干擾對一般護理之家的居室避難時間之影響	中國文化大學建築 及都市設計學系	107	科技部	楊欣潔	
子計畫:以火災風險評估方法提升隧道火災安全設計與建置安全評估模式之研究(II)	南亞科技學校財團 法人南亞技術學院 環境科技與管理系	107	科技部	李伊平	
新型態之國產木材與結構用單板層積材複合直交集成板之研發及其工程性能探討	國立中興大學森林 學系(所)	107	科技部	楊德新	
整合深度學習、萬用啟發式演算法、視覺化工具之物聯網應用—以早期預警監測系統之開發為例(I)	元智大學工業工程 與管理學系(所)	107	科技部	梁韻嘉	
火災危險度評估	中央警察大學防災 研究所	107	科技部	林元祥	
總計畫暨子計畫:公路長隧道火災緊急避難與消防救援可及性評估與調和性策略之研究(II)	中央警察大學消防 學系	107	科技部	簡賢文	李維森;
有形文化資產火災/地震火災災害回復力性能驗證技術	中央警察大學消防 學系	107	科技部	黃育祥	簡賢文;
子計畫:縱向通風與點排通風之隧道火災危害因子評估與火害情境(II)	中央警察大學消防 學系	107	科技部	吳貫遠	林元祥;
邁向智慧永續城市的建築安全主動管理系統再研究	國立臺灣大學土木 工程學系暨研究所	107	科技部	謝尚賢	
子計畫:過港隧道/車行地下道等U型隧道火災安全設計與性能驗證研究(II)	國立高雄科技大學 工學院環境與安全 衛生工程系	107	科技部	蘇崇輝	
總計畫暨子計畫一:運用人工智慧與大數據分析於太陽能電池之故障診斷與運維系統研製	國立臺灣科技大學 電機工程系	107	科技部	張宏展	彭成瑜;李俊耀;
災害引導之智慧動態圖像符號指標系統之設計研究-以大樓火災逃生為例(I)	大同大學設計科學 研究所	107	科技部	林家華	陳立杰;
基於深度學習之視覺型火災偵測系統	開南大學資訊管理 學系	107	科技部	洪國銘	
可燃性粉塵物質之危害預防研究	勞動職業安全衛生 研究所	107	勞動部勞動及 職業安全衛生	張承明	
膨脹防火塗料之實驗測試與理論模型建立	國立中山大學機械 與機電工程學系(所)	106	科技部	許聖彥	
防煙垂壁耐震性能研究	國立成功大學建築 學系(所)	106	科技部	姚昭智	
混合溶液的特殊閃火點行為	國立高雄第一科技 大學環境與安全衛 生工程系(所)	106	科技部	廖宏章	
以BIM輔助建築防火避難性能驗證之研究	臺灣建築學會	106	內政部建築研	郭詩毅	莊英吉;
實尺寸鋼構屋簷矩連接與剪力連接鋼梁之火害結構行為研究	財團法人成大研究 發展基金會	106	內政部建築研 究所	朱聖浩	朱世禹;鍾興陽;
高強度鋼構造梁柱接頭之耐火性能研究	國立交通大學	106	內政部建築研	陳誠直	陳垂欣;
智慧型避難引導系統輔助消防救助行動之應用研究	中華大學	106	內政部建築研	游坤明	連振昌;
複合式聲-光探測技術應用於鋼筋混凝土破壞特徵預測及火害傷損判識之研究	國立台北科技大學	106	內政部建築研 究所	陳立憲	徐國偉;林俊宏;
我國建築物排煙設備設置及施工規範之研究	國立台北科技大學 [電能科技研發中 心]	106	內政部建築研 究所	蔡允溪	
中央與地方防救災情資整合管理研究試辦計畫-中央與地方防救災情資整合管理研究試辦計畫-新北市	國立臺灣大學生物 環境系統工程學系 暨研究所	106	科技部	譚義績	林永峻;黃尹男;賴進松;

計畫中文名稱	執行單位名稱	計畫年度	計畫主管機關	計畫主持人	共同/協同主持人
實尺寸鋼構屋火害後修復混凝土鋼承板之耐火行為研究	內政部建築研究所	106	內政部建築研	李其忠	
框組壁式木構造承重牆耐火性能驗證研究	內政部建築研究所	106	內政部建築研	蘇鴻奇	
新型高強度混凝土高溫爆裂行為研究	內政部建築研究所	106	內政部建築研	王天志	
彎矩連接式鋼梁之標準試驗與真實火害之比較研究	內政部建築研究所	106	內政部建築研	陳柏端	
從日本防災公園實施經驗探討我國都市公園之防災分工與建置方針	內政部建築研究所	106	內政部建築研 究所	白櫻芳	
106年補助計畫—研提建築物鋼骨構造用噴附式防火材料檢驗標準修訂建議稿	基金會(財團法人成大研究發展基金會)	106	經濟部標準檢 驗局	林子傑	
住宿式長照機構防火及避難設計改善案例研究	內政部建築研究所	106	內政部建築研	雷明遠	
迷你倉庫火災行為研究	國立臺灣科技大學建築系	106	科技部	林慶元	
實尺寸耐火鋼構實驗室之現地結構火害實驗與數值模擬(II)	國立成功大學土木工程學系(所)	106	科技部	鍾興陽	
適用於既有合法老人福利機構的火害抑制設備整合開發及優化設計研究	國立雲林科技大學機械工程系暨研究所	106	科技部	鍾基強	
以新型態滅火藥劑：蒸氣抑制顆粒探討對油池火災突沸(boilover)之影響研究	國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程系(所)	106	科技部	蔡匡忠	
單一房間火災歷程暨細水霧滅火效能評估之模擬與實驗研究	國立交通大學機械工程學系(所)	106	科技部	陳俊勳	徐一量;
遠端呈現全方位煙霧偵測系統之開發與研究	廣亞學校財團法人育達科技大學資訊管理系	106	科技部	藍天雄	
隧道火災安全設計與應變救援整合性策略及性能提升方案-子計畫：過港隧道／車行地下道等U型隧道火災安全設計與性能驗證研究(I)	國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程系(所)	106	科技部	蘇崇輝	
隧道火災安全設計與應變救援整合性策略及性能提升方案-子計畫：縱向通風與點排通風之隧道火災危害因子評估	中央警察大學消防學系	106	科技部	吳貫遠	林元祥;
隧道火災安全設計與應變救援整合性策略及性能提升方案-子計畫：以火災風險評估方法提升隧道火災安全設計與建置安全評估模式之研究(I)	南亞科技學校財團法人南亞技術學院環境科技與管理系	106	科技部	李伊平	
天然災害之早期監測與預警系統之發展—基於物聯網概念(I)	元智大學工業工程與管理學系(所)	106	科技部	梁?嘉	
自主式火災監測與消防輔助機器人系統-子計畫二：群組機器人合作控制系統研製(II)	銘傳大學電腦與通訊工程學系	106	科技部	張嘉文	陶金旺;
自主式火災監測與消防輔助機器人系統-子計畫三：LTE小型基地台物聯網架構之智慧型火場預警與逃生疏散系統設	淡江大學電機工程學系	106	科技部	李揚漢	陳懷恩;許騰尹;
抗氣爆消防衣用新穎性氣凝膠複合料開發與應用	崑山科技大學材料工程學系(所)	106	科技部	陳建宏	
隧道火災安全設計與應變救援整合性策略及性能提升方案-總計畫暨子計畫：公路長隧道火災緊急避難與消防救援可及性評估與調和性策略之研究(I)	中央警察大學消防學系	106	科技部	簡賢文	李維森;何三平;吳貫遠;
自主式火災監測與消防輔助機器人系統-總計畫兼子計畫一：群組機器人之設計實現(II)	淡江大學電機工程學系	106	科技部	李祖添	吳政郎;張嘉文;李揚漢;許駿飛;翁慶昌;
106年度建築物防火避難安全推廣計畫	財團法人台灣建築中心	106	內政部建築研 究所	許世杰	陳盈月;莊英吉;
建築火災煙控性能設計現地排煙驗證精進計畫	內政部建築研究所	106	內政部建築研	蔡銘儒	
智慧型火場搜救機器人設計與開發	國立臺北大學電機工程學系	106	科技部	乎曼薩馬尼	
基於ZigBee RSSI定位技術建置智慧倉儲與環境監測系統	國立勤益科技大學電機工程學系	106	科技部	宋文財	

附錄 八、專家、學者與廠商訪談紀錄

時間	111 年 2 月 10 日
訪談方式	Line 視訊訪談
訪談對象	瑞德感知 陳寶琳 董事長
訪談內容	1. 吸入火場煙霧不 影響步行的速度和逃生時間，更可能造成永久性的傷害、甚至死亡。科學研究證明吸入少量煙霧即可造成人員致死率超過 50%。利用動態導引選擇最安全、避免經過有毒氣體含量高之路徑，能有效防止人員進入危險區域造成傷亡； 2. 依據火場情況即時規劃逃生路線，給予清楚的方向指示、有效銳減民眾猶豫不決的避難決策時間。經歐美大型場域實驗證明，動態的導引可以讓號誌被注意到，提高兩倍的群眾注意力，疏散速度可比以往快三倍，讓民眾在黃金避難時間內安全逃離火場，把災害傷亡降到最低； 3. 除了在台灣獲得智慧建材標章認可，成為智慧建築技術彙編當中的示範產品外，以提升建築物公共安全標準的概念加上耀眼的工業設計、友善的使用者介面榮獲； 4. 平時常態下，可提供設備狀態監控、自檢及推播回報功能；當用戶設備故障時，雲端服務系統同時以簡訊、Line、或電郵方式通告用戶； 5. 同時也結合地震速報信號與動態導引系統之裝置，利用介接地震速報預警訊號發佈警報，提醒民眾提前避難外，另可結合智慧開關控制系統與動態導引系統，提供多元化應用的智慧防災功能，達到地震應變減災之目的。

時間	111 年 2 月 11 日
訪談方式	Line 視訊訪談
訪談對象	財團法人消防安全中心基金會 洪嘉飛 副執行長
訪談內容	1. 近年來的國家防災日活動報導，大都圍繞著總統視察災防中心、抗震演練、救難操演等，其實這些都只是屬於以三級機關消防署為主的「避難、救災」業務，沒看到國家高度的防災等級； 2. 消防安全中心基金會從事消防產品認證，對國際新產品可提供相關經驗參考。建築物火災預防從警報設備說起，國內傳統式定溫、差動等探測器平時監控無訊號，有動作時才會有短路訊號，偵測器最怕對環境、時間、無線、有線干擾污染元件老化等造成誤報效應；第二種是 R 型定值探測器以數位傳輸受信總機溝通方式可量化數據，為防範於未然，智慧消防、智慧警報部分除可即早偵知以外要能減少誤報機率，國外十幾年前就有類比式探測器其感測模式可程度性量化非舊式 0 跟 1 判斷而是程度間判斷，能有效降低突發性誤報且有紀錄。第三種是類比式總機，探測器對環境有學習能力且能增加其靈敏度，並隨環境變化及時間造成元件之老化會做?值的變化直至發出警示功能(如環境太髒或偵測器有污染等) 3. 若要智慧消防、智慧設備可藉由總機或衍生之平台進行接收，近期資訊整合使用認定基準之防災資訊除接收消防安全設備、防火避難設施、大樓訊

	息等可整合至圖控平台如電腦、手機等此為國外發展趨勢。 4. 對於災前即時偵知、即早通報部分，舊式偵測器靠人員定期檢修確認功能是否異常，新式偵測器則有隨時自我診斷系統，於故障或異常時可發出警報。對於 5G 可應用於既有之場所如高齡化社會(獨居老人)、高齡建築(舊式大樓、古蹟)如無管委會、無消防設備或甚至損壞；如何提高消防安全程度?是否可運用 5G 住警器做群的聯繫，需緊急救援時由第三方通報以無線傳遞至受理平台，於出勤時即可接收地點、平面圖等資訊。
--	--

時間	111 年 3 月 4 日
訪談方式	(中華大學行政大樓八樓副校長室) 現場訪談
訪談對象	中華大學 游坤明 副校長
訪談內容	1. 機器學習是透過從過往的資料中學習並找到其運行的規則，最後達到人工智慧的方法，而不是用特定的規則編寫運作模式；並從資料或樣本中得到複雜的函數學習，來預測母體行為，可想像它從日常生活中選擇模型，再經由資料樣本進行學習得到最佳擬合函數以創造現實生活的運作模式，並應用於現實生活中； 2. 隨著行動通訊系統的演進，無線系統架構變得更加多層且異質，頻譜的分佈更為寬廣，其通道特性也各有不同，許多新興的通訊技術如：裝置間通訊、全雙工通訊、多維的高空和衛星通訊等，更是增加干擾環境的複雜度。除此之外，各式新型應用的興起也對於傳輸速率、可靠度、延遲等系統規格產生更多元且嚴格的需求； 3. 以資料為導向的人工智慧技術在未來系統中將會扮演重要的角色。人工智慧將廣泛運用於通訊系統的各個層面，包含傳收機設計、通道編碼、多天線處理、資源分配、傳輸排程等。在接收端的訊號處理方面，深度學習可用於提升訊號偵測、通道估計、同步、等化、干擾消除等的效能，並降低系統的運算複雜度。 4. 相關火情資訊都是由感測器提供，但火場因高溫與濃煙濃容易造成感測器失效，如果可以開發一耐高溫材料來製作感測器，將會使的災情分析更為常校而且精準。

時間	111 年 3 月 4 日
訪談方式	(中華大學行政大樓八樓副校長室) 現場訪談
訪談對象	中華大學 陳昀暄 助理教授
訪談內容	1. 為了室外火災監控預警的問題，許多學者開始利用數位影像進行火焰的偵測，希望能達到火災預警的效果，救助更多可以挽救的生命。儘管如此，在數位影像火災偵測管理的系統上，若系統經常性的誤報，使監控管理人員怠慢而疏忽，就會導致火災無法達到即時的預警效果，如何降低系統對火災的誤報率，成為數位影像火災偵測預警的重要關鍵； 2. 過去利用嵌入式系統將圖形處理硬體嵌入攝影機內，確實能達到即時性的監控效果並減少誤報率；不過這類嵌入圖形處理硬體的攝影機，除了原本

	架設的成本較普通攝影機高以外，攝影機的維護與設備更換，也會使成本再次提高； 3. 為了能有效達到僅利用數位影像就能正確判斷火災的效果，利用結合深度學習與火災模型的火災偵測判斷系統，達到一般攝影機擷取影像中偵測火焰，同時降低誤報情況，達到有效的火災管理預警系統； 4. 此外，透過真實數據、環境感知或擬真模擬數據方式來取得環境中起火時的感知數據，但這些數據在尚未經過處理，不僅無法了解其數據的內容，也無法得知環境中變化的狀況，因此需要透過人工智慧來進行分析提升判斷起火點的探知，而為了能達成此目的，必須要先透過數據清理將所有的數據進行最佳化整理，並將不符合邏輯之數據進行排除後，將有效的數據進行訓練集或測試集的分割，以利後續訓練模型的測試與比對。
--	---

時間	111 年 3 月 25 日
訪談方式	2022 智慧城市論壇暨展覽 (台北南港展覽館 2 館)，現場訪談
訪談對象	亞拓電器 葛禮綱 資深協理
訪談內容	1. 隨著技術的進步，消防無人機在現場勘查方面，發揮的作用，要比當年的有人駕駛飛機大得多。這些無人機上，搭載紅外線探測設備，或者彩色高分辨率 CCD (Charge Coupled Devices)設備，能夠在距離地面，500-2000 米的空中，對火災現場進行即時監控；紅外線設備可以感知到，人類肉眼難以察覺的暗火、陰燃等情況，對火場或者剛剛撲救之後的場地的瞭解，更為全面。採用特殊波段，進行探測的傳感器，還能夠透過火災現場的濃煙毒霧，感知消防人員想要迫切瞭解的，火災中心的具體情況； 2. 無人機的個頭兒，通常要比有人駕駛飛機小很多，而火場附近，往往有著複雜的橫風和切變風，對無人機的姿態穩定系統，提出了更高的挑戰；能夠進入火災現場的無人機，通常要具備在 5 級以上的風速中，可在 1 米範圍內懸停的能力，以確保現場圖像的拍攝品質，能夠滿足判讀人員的需求； 3. 雖然消防無人機能夠深入現場，但也為其帶來了更多的危險。此類無人機的結構要針對高溫、高腐蝕的飛行環境，進行特殊強化； 4. 在高層建築發生火災的時候，消防人員面臨的一大難題就是救援困難，在出現高層建築火警的時候，如果消防無人機能夠攜帶繩索上升到制高點，並在建築物上，構造一個高空吊載支點的話，將會給高層建築的被困人員，提供一個寶貴的逃生機會； 5. 但在市區內使用無人機進行救災，會受限於飛航管制，這方面則需要法律面的配合，才能達到救災效果； 6. 另外，無人機操作需要專業技術與豐富的經驗，所以人員的專業訓練是必須要的，再者，雖然近年來無人機蓬勃發展，製作的成本也降低，但還是有一定的價格，所以無人機的保養與維修，則需要長期的經費來支援。

時間	111 年 3 月 25 日
訪談方式	2022 智慧城市論壇暨展覽 (台北南港展覽館 2 館)，現場訪談
訪談對象	新北市政府消防局勤務中心
訪談內容	1. 在 119 緊急事件的處理流程中，執勤員擔任了關鍵性的角色，他/她必需根據事件過程中不斷收到的通話訊息，判斷事件的性質與發展狀態，並即時提出應對措施，包括調度適當的急救單位前往救援，以及通知相關單位協同處理； 2. 緊急事件的應變流程相當地依賴執勤員的技能、經驗和成熟度，執勤員不僅需將多件通話訊息持續進行人工的過濾，且需即時地將事件的狀態作人工的判斷及更新，並需立即提出應對措施。完成了緊急事件的處理後，執勤官還需將碎片化的通話紀錄過濾、摘要成事件報告，是一個耗時且費力的過程； 3. 目前勤務中心所使用的系統介面操作複雜，選項多且雜，雖然可以依據執勤員的技能、經驗和成熟度，快速處理報案事件，但選擇過程中常因選項過多，造成系統超負荷而影響差勤派遣工作；消防單位到達後進行回報，或者勤務中心進行消防工作確認，也經常會友無回應狀態； 4. 花大錢建置的系統，無法減輕勤務人員的壓力，還要學習如何快速使用，以及系統維護等等，均造成勤務工作的負擔。

時間	2022 年 4 月 28 日
訪談方式	台北國際防火防災應用展 (台北南港展覽館 2 館)，現場訪談
訪談對象	協富消防安全設備股份有限公司 呂泰文 總經理
訪談內容	1. 逃生避難過程原本就充滿不確定性，從建築避難設施到避難輔助設備、引導設備，都是按照法規規劃設計及安裝施工的，也都是靜態的，要如何讓人有效利用這些設施、設備便成為能否成功逃生避難的關鍵； 2. 規劃安全的逃生路徑，透過聲、光動態導引告示板或智慧手持裝置，正確引導人員避難，必將極大地降低傷亡率； 3. 有鑒於節能減碳議題及公共場所之安全避難防火防災知識日趨重視，為此開發出各式誘導標示燈及信號裝置整合成智慧型避難引導系統。有積極引導功能的「音聲引導系統」、「光流誘導系統」，及具有節能減碳功能的「消燈、減光系統」，皆能透過物聯網連結，應用至智慧城市之居家安全系統。

時間	2022 年 4 月 28 日
訪談方式	台北國際防火防災應用展 (台北南港展覽館 2 館)，現場訪談
訪談對象	漢威聯合股份有限公司消防事業部 張道涵 需求創新資深經理
訪談內容	1. 高科技與智慧化的智慧建築將成為未來建築的新趨勢，而整合安防監控、消防逃生避難、樓宇自動控制等系統將扮演非常重要的角色； 2. 火災防控是家庭及人員密集場所牢不可破的底線，隨著時代的發展，火災防控的壓力越來越大，人防、物防、技防的要求逐漸增大，因此，必須藉助更加精細化、智能化的技術和管理，真正做到"減早、減小、減初期"； 3. 傳統消防模式下主要採用的是"人防+技防"的手段去實現火情預警和處理。但是由於低度風險及小(微)型場所的管理人員素質不一，在其檢查消防安全隱患及匯報火情時，總存在意外和延時，導致傳統消防一般只能以"消"為主，通過不斷加大消防設備的功率，加強滅火設備的功能來達到滅火的目的，這在城市安全隱患日益增多的情況下，已然不再適應社會的需求； 4. 漢威智慧消防依託集團先進的感測器技術，結合集團智慧安全、智慧城市的戰略部署，自主研發出集遠程預警去中心化、消防風險自動評估、消防視頻聯動、智能信息於一體的消防物聯網綜合管理平台、小微場所消防管理平台、移動消防監督管理平台等一系列專業安全應用，配合公司研發的水壓、液位、煙霧報警器、可燃氣體報警器等智能遠傳消防設備，供予消防機構、社企事業單位、群眾使用，實現智能預警、迅速響應、合理調配、消防聯動。

時間	2022 年 4 月 29 日
訪談方式	台北國際防火防災應用展 (台北南港展覽館 2 館)，現場訪談
訪談對象	橙信科技實業有限公司 魏敬澄 總經理
訪談內容	1. 由於市售的偵測器，多為一對一偵測，且市售偵測器是以傳統電子電路製作，易受溫濕度或灰塵影響，而產生誤報，或是僅可針對單一氣體做偵測，在維修上，需以人工檢測電路是否正常； 2. 現在安裝極早期火災偵測系統，費用相當昂貴，在台灣沒有公司行號願意花錢安裝； 3. 橙信科技所研發出的「橙信災害預警器」，可在短時間有效偵測有害氣體(已燃及未燃氣體)，提前預知警報外，輔以 APP 程式及 GSM 系統，可符合現行大眾對於防盜及求救需求 4. 除偵測有害氣體外，透過自行研發的 APP 程式及 GSM 系統，可強化系統在防盜及求救功能上，且能搭配網路攝影機，即時監控掌握災害應變，集結防災、防盜、求救三項功能合一。

時間	2022 年 8 月 26 日
訪談方式	災害防救辦公室，現場會議討論
訪談對象	吳武泰主任、陳建男科長、徐明謹科員、陳俊才助理員、周孟蓉諮議、陳榮裕科長
訪談內容	1. 陳建男 科長 (a). 強化手機(移動式裝置)應用：目前手機通訊與運算功能相當完善，透過手機上的攝影機、應用程式與運算功能，讓消防人員攜帶手機進入火場，透過手機蒐集現場資訊，再傳送給現場指揮車與救援中心，協助救援進行。 (b). 手機已具備一定防水性，且消防人員依據退避權不須一定要進入高溫火場，所以手機應用可以參考進行規劃研究。 ➔ 現場回應：手機應用在火場救援可以進行考量，但救災人員身上裝置相當多且有一定重量，如何不增加消防人員的負擔是在穿戴式裝置應用規劃上首要考量。 2. 徐明謹 科員 (a). 規劃中所提及的機器人，採用鋰電池作為動力來源，在高溫火場是不是會有碰撞爆炸的危險？ ➔ 現場回應：鋰電池防護架構設計具有一定安全性，但高溫防護仍採用多重耐高溫結構設計，造成機器人的行動效益較低，所以針對感測器、機器人與無人機規劃耐高溫材料開發，希望減少多重耐高溫結構組裝。 3. 陳俊才 助理員 (a). 火源控制：火災發生經常是由電器所造成的，例如冷氣機濾網沒有清潔，造成用電負荷過大引發火災，能不能透過電器智慧化，提醒更換耗材或者是濾材清洗，避免電器用電過大。 ➔ 現場回應：電器智慧化跟應用程式為產品的附加價值，也具有一定安全防護，智慧消防應是透過智慧微電網的規劃應用，查察用電量過大電器，避免火災的發生。 4. 周孟蓉 諮議 (a). 對於既有建物，尤其針對獨居老人跟殘疾人士，對於智慧消防要如何實施？ ➔ 現場回應：既有住宅在火警發生時，主要在於通報問題，經由無線火警探測器發送火警警報，透過以警安系統建立的區域防災信息網路系統進行通報，在智慧消防規劃中也有進行規劃。 5. 陳榮裕 科長 (a). 智慧防火防災科技對於如何進行資料介接，應要有法規配合，而 AI 判斷是用來預判火情，牽涉到消防人員的退避權，要有場域測試結果來支持。 6. 吳武泰 主任 (a). 智慧防火防災科技應該可以從防火與防災同時進行規劃 (b). 智慧防火防災科技應基於數位轉型，對於通訊、即時分析與資料分享

	及保護都要詳細評估，也就安管系統的考量 (c). 早期預防，對於既有建物可以拜訪永揚消防與中興科技，針對他們目前開發與應用成果，討論有沒有須要精進或者改善地方 (d). 火場溫度，在腰部以下平均都在 100°C 以下，而消防人員有退避權，在火場溫度太高可以不用進入火場救援，所以身上裝備安全性不用考慮過高温度的承受性，應考量救援人員使用的 CP 值 (e). 防火中心有立法規定自設，但沒有強迫性，而資訊要介接到哪邊要明確，如何推撥給使用者相關資訊可詳細思考，以及火災資料如何介接跟透過軟體撰寫來進行火災救援訓練，也是一個規劃方向 (f). 人工智慧或者機械學習，例如透過 FDS 建模、機械學習跟人工智慧預判，可進行規劃，但是不是導入 BIM，要加以評估 (g). BIM 應結合細胞廣播服務(CBS)推播地震、水災跟火災相關資訊，例如地震造成建物損毀情況、火災發生地點跟避難資訊等等 (h). 資訊整合與數據運用，主要在於判讀，判讀結果可以給消防人員使用外，更重要的就是一般民眾可以查詢，如氣象預報可以直接被查詢或者是推播給一般民眾得知，強調一般民眾對於訊息信賴 (i). 教育訓練除了資料介接跟軟硬體建置來進行不同場域訓練，但如何強化救援能力，例如讀圖跟救援路徑規劃，軟體應配合有經驗人員進行撰寫。 (j). 建議規劃 10 年願景，以預防性為觀念，強化資訊推播透明化，加強民眾的信賴
--	--

時間	2022 年 9 月 15 日
訪談方式	新北市消防局緊急應變指揮學院 ERCA
訪談對象	• 新北市消防局：陳崇岳 副局長、搶救科 蕭柏恆 科長 • 建築研究所：工程技術組 蔡緯芳 組長、厲妮妮 研究員 • 財團法人臺灣建築中心 李明浩 主任工程師、莊憶 工程師 • 中央大學土木工程系 周建成 教授
訪談內容	1. 陳崇岳 副局長 (a). 介紹 ERCA 成立源由與經費來源 2. 蕭柏恆 科長：ERCA 簡報 (a). 類似單位：新加坡 ACTS、韓國 ICTC，以及法國 ENSOSP (b). 訓練系統： • 美國 ADMS 模擬系統 (ERCA 採用、整系統買斷、建模經費：10 萬美金起跳) • 荷蘭模擬系統 (韓國 ICTC 採用，系統租用，每年繳租金) • 法國 ENSOSP 模擬系統 (c). 美國 ADMS 模擬系統採用重慶場景建模，與臺灣建築風格類似，共有 12 種場域，特別是臺灣特有建築鐵皮屋模組的建置，可模擬鐵皮屋火災情況與可能坍塌情形

	(d). 美國 ADMS 模擬系統擬真性較高，包括煙流、氣候與風向，與現實情況較為相同，也包括模擬兩階段雲梯車操控救災訓練 (e). ERCA 將教育訓練分為三級： • 金級：中隊長以上，以戰略訓練為主 • 銀級：小隊長以上，以戰術訓練為主 • 銅級：一般消防隊員以上，以戰技(前線救災)訓練為主 (f). 透過虛擬教育訓練作為升遷評鑑之一，評鑑採核心教官與戰術教官共同評分，透過指揮官操控，以及眼動與臉部表情判斷指揮救災是否確認與正確 (g). 透過模擬訓練系統，消防人員的戰技訓練可完全進行 4 視 5 景戰技訓練 (h). 三間互相獨立訓練室，可進行指揮中心、現場指揮車，以及前線救災人員同時訓練，達到團隊配合與各階指揮人員分層負責等訓練 3. 中央大學土木工程系 周建成 教授 (a). 建築資訊應用於 VR 逃生避難導引訓練 4. 建築研究所：工程技術組 蔡綽芳 組長 (a). 戶外梯推廣
--	---

關鍵技術分析 (I)：智慧型早期火災預警系統

- **火災應用階段：A**
- **目的**

透過建築物固定感測器與機動儀器設備等，整合進行室內溫度、各種煙霧微粒與光學色彩變化等環境資訊，**智能辨識進行熱點分析**與通報巡檢，**消除潛在火源威脅**
- **火災早期定期定察：**
 - 因物質先遇熱源而熱分解出現熱釋粒子，再產生可見煙，然後產生火焰、高溫
 - 根據NFPA72 定義「火警早期報火災探測系統」中「低能量火災現象」的解釋：「火災極早期」階段現象可採用「不可見之熱釋粒子」來代表
- **現階段早期火災探警系統：**
 - 空氣取樣型偵煙探測器 (Air Sampling Type Detector)：又稱抽氣式偵煙探測器 (Aspiration Smoke Detector System, ASD)



VESDA極早期火災預警系統 **火災檢知@Shimz.AI.evo**

- **關鍵問題：**
 - 場域複雜不易進行偵測採樣：氣流場與可燃區域區域不易感測
 - 建置成本高昂：為解決場域複雜問題，需建置客製化採樣系統
 - 偵測靈敏度不足：極早期威脅事件的微量物質釋放
 - 訊號放大(高靈敏)易造成false事件：濕溫度、濕度、粒結露...等高背景訊號
- **解決方案：智慧型早期火災預警系統**
 - 整合溫度以及(可選)氣體感測器 (CO, NH₃, 以及 VOC)
 - **採用「智慧化早期濃煙辨識」進行分析**
 - 製作成本低，不需客製化採樣系統



- 以“防患於未然”概念，消除潛在源頭威脅
 - 節省消防動員人力物力成本，進而增加社會安全

關鍵技術分析 (III)：資訊整合消防運用

- 火災應用階段：A - E
 - 目的
 - 平穩進行即時監測，火災釀禍/起火期可立即進行小型明火處理，火災成長/全盛期則進行環境監測蒐集，以進行有效救災，主要影響 **牽涉到消防人員與工具派遣安排**
 - 現階段資訊整合消防運用系統：
 - a. 災害決策整合服務系統（現行各防災中心操作平台）
 - a. 地圖化資訊展示（遙端監控）；
 - b. 防災通報、災情傳遞、訊息發布
- 
- (中國) 消防雲平台



- **關鍵問題**
 - 災害現場定位：多層樓所內部確認火災後之通報行
 - 場所內部火情狀況無法確認：延燒情形與所得資訊無直接比對或直接使用
 - 系統穩定度：異質資料傳輸，以及多重資料蒐集分析，易使系統負載增加，延緩災情判斷時機，造成派遣負荷
- **解決方法**
 - 資料庫建置：強化即時情資持續蒐集與研析
 - **AI machine-learning**模型開發：
 - 運用串組網等技術，實現火災預防、滅火救援分析與決策，減低災害決策整合服務系統的負擔
 - 建築能源設施建置：
 - 預防與防災過程中能提供救援力量及應急資源

- 效益
- 建立決策指揮系統(Decision making)提供參考依據的準確性

關鍵技術分析 (V)：AI消防機器人/無人機

- 火災應用階段：B-D
- 目的
 - 於(極)早期進行巡檢監測以及小型火災處理，並在火災發生時進行環境監測蒐集以及協助救災，於危險環境，可遠程監控，進行偵災救援，**保障人員安全**
- 測測機器人/無人機分類：

類型	適用環境	優點	缺點
輪式載具 	平坦地形 	速度快 穩定性高 結構簡單 控制簡單	越障性能較差
履帶式載具 	複雜地形 	穩定性高 承載能力高	速度較慢
飛行載具 	(超)高樓 	快速獲取地理信息 及三維模型	易受障礙與高溫高壓影響

類型	適用環境	優點	缺點
輪式載具	平坦地形	速度快 穩定性高 結構簡單 控制簡單	越障性能較差
履帶式載具	複雜地形	穩定性高 承載能力高	速度較慢
飛行載具	(超)高樓	快速獲取地理信息 及三維模型	易受障礙物及風旋影響

- **關鍵問題**
- **超延性/操控性：**
 - (陸上載具) 可穿越性和靈巧性，以便在無法進入區域進行偵察和動作
 - (無人機) 在強風和湍流中的飛行能力有限
- **耐熱/耐輻射：**
 - (陸上載具) 車載設備和儀器，如感測器、機床和其他車載部件也必須具有耐熱性
 - (無人機) 包含導線纜與機翼，容易因高溫熔融
- **定位問題：**
 - (陸上載具) 室內因訊號弱而，不易定位
 - (無人機) 因高度限制，造成都市不易定位
- **解決方法**
- **輕量化耐高溫材料開發：**
 - 開發輕量化耐高溫材料，將保護載具上的感測器，同時減輕載具重量，益於載具移動
- **5G定位系統建置：**
 - 準確定位載具位置，有效避免周遭環境資訊並進行救援
- **效益**
 - 有效協助救援，避免劫持與人員傷亡

關鍵技術分析 (VII)：消防員穿戴式生理監測及預警通知

- 火災應用階段：C、D
- 目的
 - 提供服務包括人員定位（火場管理）、環境資訊、通訊、空氣感存量、人員狀況與即時資訊、攝影與影像傳回，**確保人員安全**。
- 消防員穿戴式裝置：
 

A central illustration of a firefighter in full gear is surrounded by various wearable devices connected by lines to descriptive labels. The devices include:

 - Left module**: A small black rectangular device.
 - Integrated temperature sensors**: Two small circular sensors on the chest area.
 - Alert module**: A red circular device with a bell icon.
 - Sensor module**: A yellow circular device with a grid pattern.
 - Integrated Illumination**: A small rectangular light source.
 - Send data**: A black mobile phone.
 - Base station (BSU)**: A black rectangular device.
 - Commander control unit (CCU)**: A tablet computer displaying a map and data.
 - Smart glove with integrated temperature sensor**: A black firefighting glove.
 - Diking, noise insulation**: A pair of black earmuffs.
 - Diking, noise insulation**: A small circular device on the boot.

身理資訊	環境資訊	人員定位	其它
●溫度感測器 ●HR/ECG ●氣體量感測器(空氣組)	●溫度感測器 ●(可燃)氣體感測器 ●相對濕度感測器	●慣性感測器 ●RFID/ZigBee/藍牙 ●AoA/UWB	●移動式通訊裝置 ●警告裝置

- 消防員穿戴式裝置係以減少人員傷亡為主要目標，現階段相關裝置商品與研究資料數量：
- 1.人員定位；2.溫度感測器；3.HR/ECG；4.氣體量感測器（空氣瓶）
- 關鍵問題
- 人員定位：
僅能確定大致方位，無法準確定位
 - 耐熱/耐輻射重複使用性：
承受高溫及高溫輻射極端條件下，仍可多次重複使用
- 解決方法
- 慣性感測器定位技術開發：
輔助慣性感測器定位技術，
準確定位人員位置
 - 耐高溫感測器開發：
開發耐高溫材料，保護載具上的感測器
- 效益
- “減少人員傷亡”，避免社會成本的增加

關鍵技術分析 (II)：火災情資感知偵蒐

- **火災應用階段：A - D**
 - **目的**
透過建築物或測器及外通偵測設備等，整合進行室內溫度、含煙氣濃度等環境資訊及產生人員之偵測。
影響是否有效安全「應變(Response)」
 - **現階段火災預警系統：**

應用場景	感測器種類
一般住家	Heat/Smoke Detector
集合式住宅	Heat/Smoke Detector, CCTV
一般廠房	Heat/Smoke Detector, CCTV
精密廠房	Heat/Smoke Detector, Combustible Gas Detector, Thermal imaging cameras
油庫、鑽油場	UV/IR/multi-spectrum Flame Detector



**FLIR Boson® thermal
imaging camera module**



**ORINCOM Ultra Fast UV
Flame Detector**



FLIR Boson® thermal
imaging camera module

- 關鍵問題
 - 誤警報 (false alarm):
 - (1) 溫度、濕度以及粉塵等環境因素影響
 - (2) 感測器失效：包括老化以及火災高溫環境
 - 通訊：數據與影像為不同格式，異質數據串流整合才能進行智慧化火災推測判斷
- 解決方法
 - 感測器自動化校正模組開發：
 - 多重感測器整合，降低環境干擾因素，並進行自動校正模組開發，確保感測器正常運作
 - 2D 影像數據智慧分析：
 - 採用 2D 影像傳輸，降低異質數據傳輸整合難度，以及精化火災分析，加快火災判斷速度
 - 耐高溫感測器開發：
 - 開發耐高溫之感測材料，延長感測器在火災發生時仍可正常運作
- 效益
 - 異質感測器資料整合能更精準研判災情，能有效進行安全應變

關鍵技術分析 (IV)：廣域人員避難智慧引導系統

- 火災應用階段：B - D
 - 目的
 - 強化對內部火災環境的態勢感知，提升居住者和救援人員之間的溝通效率以及系統性分析疏散策略
 - 現階段資訊整合消防運用系統：
 - 瑞德動態導引系統
-
- [日本] 消防防白皮書 (令和元年) 研究課題：
 - G空間とICTを活用した大規模防火対象物における防火安全対策の研究開発（利用G空間和ICT研究開發大型防火對象的防火安全措施）
-



Copyright 2021 IT

- ## ■ 關鍵問題
- 火災現場信息不充分：
 - 如火災發展情況、急救及後續消防资源配置、疏散過程等
 - 缺乏有效的溝通手段進行提醒：
 - 公共廣播 (PA) 系統無法有效運作，或沒有其他有效通信方式告知火災情況與逃生安排
 - 組織有效疏散行動有其困難：
 - 突然斷電也會導致樓梯間大量聚集，降低疏散效率
- ## ■ 解決方法
- 火災情實與建築能源設施設備
 - 透過行動資訊提供疏散隊伍相關資訊
 - 5G室內定位系統建置：
 - 捕捉公眾單位位置，組織疏散隊伍，進行導引疏散
- | | RFID | ZigBee | Wi-Fi | mesh網路定位技術 | 藍牙LE | UWB |
|------|------|--------|-------|------------|--------|--------|
| 定位精度 | 厘米級 | 5-10m | 3-5m | 0.5-1m | 0.5-5m | 0.1-1m |
| 定位原理 | 無線電波 | 無線電波 | 無線電波 | 無線電波 | 無線電波 | 無線電波 |
| 定位設備 | 標籤卡 | 標籤卡 | 標籤卡 | 標籤卡 | 標籤卡 | 標籤卡 |
| 定位設備 | 讀卡器 | 讀卡器 | 讀卡器 | 讀卡器 | 讀卡器 | 讀卡器 |
| 定位設備 | 讀卡器 | 讀卡器 | 讀卡器 | 讀卡器 | 讀卡器 | 讀卡器 |
- ## ■ 效益
- 掌握火災監控及警報，迅速有效傳遞疏散指令，動態引導疏散

關鍵技術分析 (VI)：消防戰力AI升級

- 火災應用階段：C,D
 - 目的
 - 火災成長期：閃燃前的提早發現與滅火
 - 火災極盛期：避免突然重大危險或危害發生
 - AI於火場安全的應用：
 - Bahrepour etc., "Use of AI Techniques for Residential Fire Detection in Wireless Sensor Networks," AIAI 2009 Workshop Proceedings
- The diagram illustrates a process flow starting with 'Image from front line camera'. This leads to a box labeled 'Edge and Contour detection', which contains two small grayscale images showing detected edges and contours. From there, the process moves to a final box labeled 'Identifying objects like doors and humans', which displays a color photograph of a room interior with green bounding boxes identifying specific features.

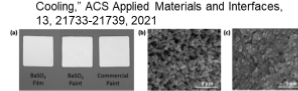


Copyright © 2011

- **關鍵問題**
 - **分類決策問題：**
建立穩定合理的模型，才能高準確率預測未知樣本所屬的類別
 - **災情資訊正確性：**
無法深入火場，蒐集真正火場資訊，進而判斷預測模型可能的閃燃(flashover)、爆燃(backdraft)是否發生
- **解決方法**
 - **決策樹演算法建立：**
根據資料集的樣本構造一個分類函數或者分群模型，運用此函數或模型能夠把未知類別的樣本映射到給定分類類別中的某一個
 - **耐高溫多重感知系統構建：**
場所相對溫度之比較，提高熱輻像儀之適用性，並攝取第一時間的溫度、能見度、氣體濃度等資訊
- **效益**
 - 降低火災發生時工人生命傷殘風險以及提升對於重大火災災情的評估。**強化安全決策能力**

關鍵技術分析 (VIII)：耐高溫材料

- **火災應用階段：C, D**
 - **目的**
 - 成長期：避免火災延播，避免影響監測器的準確性
 - 全盛期：保護監測器繼續提供監測數據，以及救災隊正常運作
 - **耐高溫材料研究：**
 - Liu et al., "Nanofibrous Kevlar Aerogel Threads for Thermal Insulation in Harsh Environments," ACS Nano, 13, 5703-5711, 2019
-
- (a)
- (b)
- (c)
- Schematic diagram illustrating the fire protection system components and their interaction during different stages:
- (a) Initial state showing the Heat Source, Sensor, Protective Layer, and Cooling Layer.
 - (b) Fire stage showing the presence of Flame.
 - (c) Cooling stage showing the active role of the Cooling Layer.
-
- (a)
- (b)
- (c)
- SEM images showing the morphology of the nanofibrous Kevlar aerogel threads:
- (a) Single thread morphology.
 - (b) Bundle of threads.
 - (c) Cross-sectional view of the threads.



Copyright 2021 ITRI

- ### ■ 關鍵問題
- **蓄熱性：**
耐高溫材料長時間處於高溫環境，仍會蓄熱傳導影響檢測器量測
- ### ■ 解決方法
- 無機紅外線反射耐高溫材料開發：**
1. 水性無機材料：避免有機溶劑使用，易於噴塗
 2. 紅外性反射：減少紅外線吸收，造成蓄熱問題
- 
- ### ■ 效益
- 延長監測器偵測火災現場資訊，以及**確保既有救災裝置有效運作**

火警分級

國家	火警分級
美國	十級：一級最輕微，十級最嚴重
加拿大	五級、六級 (僅多倫多)
中國大陸	● 特別重大火災：指造成30人以上死亡，或者100人以上重傷，或者1億元以上直接財產損失的火災； ● 重大火災：指造成10人以上30人以下死亡，或者50人以上100人以下重傷，或者5000萬元以上1億元以下直接財產損失的火災； ● 較大火災：指造成3人以上10人以下死亡，或者10人以上50人以下重傷，或者1000萬元以上5000萬元以下直接財產損失的火災； ● 一般火災：是指造成3人以下死亡，或者10人以下重傷，或者1000萬元以下直接財產損失的火災
臺灣	五級：僅台北市、桃園市及新竹市實施。 ● 一級 (一般服務案) ● 二級 (普通火災) ● 三級 (成災火災) ● 四級 (重大火災) ● 五級 (特殊重大火災)：台北市於2013年6月15日刪去第五級

Copyright 2021 ITRI

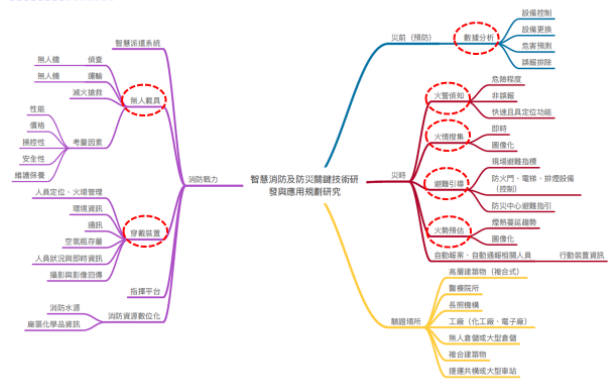
21

附件

Copyright 2021 ITRI

18

智慧防火防災科技關鍵技術及應用心智圖



Copyright 2021 ITRI

19

附錄 十、四年期策略報告草案

智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃四年期策略報告草案

壹、 現況與理念

近年來，隨着城市城鎮化建設的快速發展，消防安全面臨的形勢日趨嚴峻。火災隱患總量呈逐年增長趨勢，傳統與非傳統消防安全因素相互交織、相互滲透，維護火災形勢的風險和壓力不斷增加，人民羣衆對包括消防工作在內的社會管理創新和服務優化提出了更高的期盼和要求。而社會公共消防基礎力量薄弱、監管對象衆多且複雜，給消防工作帶來巨大壓力。依據內政部消防署 109 年度全國火災統計分析，獨立與集合住宅火災發生次數各占約 4 成左右。108 年火災財物損失達新臺幣 14 億 4,220 萬 5,000 元，109 年火災財物損失雖然降低，但仍達到新臺幣 6 億 4,071 萬 8,000 元（減少 55.6%）。近年因民眾的防火防災意識增加跟消防設備提昇，但人員傷亡跟財物損失仍無法避免，與此同時，科技不斷地進步，技術硬件條件逐漸發展完善、產業規模快速壯大，更重要的是國家政策的有力支持，防火防災如何融合運用科技技術減少災損，已是國際防火防災技術未來發展重要趨勢。

但我國消防救災在執行勤務上，仍因為資訊不對等造成火場安全與事故原因疑慮的情況，對於消防人員一直是無法跨越的門檻。反觀國內資訊科技產業發達，近年雷射雷達(LiDAR)、第五代行動通訊技術(5G)、智慧物聯網(AIoT)、人工智慧(機器學習或深度學習)，以及擴增實境(AR)/虛擬實境(VR)/混合實境(MR)等技術在醫療健康照顧、交通設施規劃管控、智慧物流及智慧建築等領域之應用都有相當程度進展，但對於智慧防火防災科技之應用卻仍顯不足。隨著科學技術的發展，應有越來越多的新科技技術的導入應用在智慧防災防火領域。

因此期許在早期探知、避難監控、快速有效救援，以及災後事故正確鑑定與精確重建等方面，規劃一套運用人工智慧技術並有助於消防救災應用之系統，整合終端設備(如早期偵測預警系統、無人偵搜與救災載具等)連結與物聯網平台，達成即時性的資訊探知，完成數據監控與分析，並於必要時給予使用者警示，有效提升環境監控安全成效，包括：

1. 結合建築物空間定位與環境監控技術、人工智慧演算法以及雲端系統資訊統合，強化系統運作效能，給予早期預警、即時性的避難導引、快速有效的救災行動，以及災後事故鑑定與精確重建提供準確穩定的支援與應用；
2. 將感測器部分之數值紀錄儲存至資料庫，後續提供數據研析與探討；
3. 透過人工智慧分析判讀事件發生情形，提供分析結果，給予使用者做為避難逃生甚至是救援行動的重要依據，也可提供在不同地區、建材、樓層、起火範圍之情況下，分

析各類型無人載具對於各場域之搜查與救援能力，進行合適之無人載具機器人輔助運用。

4. 採用穿戴式裝置，隨時監控消防人員身理狀況，透過聲、光、電等方式以提醒消防人員的安全狀態，避免消防人員的傷亡。

貳、 政策依據

依據「國家科學技術發展計畫（民國 110 年至 113 年）」，其策略與重要措施「目標四：升級智慧生活，實現安心社會」項下「三、建造安居家園」，於「策略一、完善調適精進災害預警」中項「3.完備智慧災防系統與科技」，即於「（1）發展智慧防火科技」項揭示發展智慧防火災科技發展方向及應用功能：

- I. 應用環境多重監測大數據分析可提前正確預警及火點定位，防患火災於未然；
- II. 應用多元資通訊技術提供正確快速且穩定的預報及報警功能；
- III. 可精確判識起火物及位置，即時啟動智慧滅火及煙控系統；
- IV. 應用智慧推播及導引系統即時提供避難人員安全順暢路徑資訊；
- V. 整合消防救災指揮系統，即時提供室內火場動態資訊供指揮人員參考；
- VI. 可提供救災人員定位，並運用機器人協助救災，以確保消防人員安全；
- VII. 應用人工智能系統協助火災後建築物結構安全診斷，判識受損程度及範圍，提供修復或補強參考。

參、 智慧防火防災科技定義

防火防災工程作為城市公共安全的一部分，在智慧城市建設發展的熱潮中，也必須適應形勢，實現消防資訊化、智慧化，如何更好地將資訊技術，應用於消防領域，進而實現滅火救援和火災防控智慧化。究其實質，智慧防火防災科技是綜合運用各種先進的資訊化技術，採集、傳輸、挖掘、分析海量的消防資料，實現防火防災管理服務和滅火救援智慧化。

而智慧消防的特徵包括以下三點：

1. 資訊全面感知：

智慧防火防災科技建設的基礎是建立集中式防火防災大資料網路，利用各類智慧感測器、地理資訊系統和各種智慧終端機設備，獲取各類災防資訊，實現對城市各區域災防資料的即時感知和處理，進而實現全域化監測和全時空管理。

2. 系統互聯共用：

智慧防火防災科技不能只靠感知，還需要實現資訊系統的互聯互通。運用物聯網和雲計算平臺對災防多源異構資料進行整合，同時要打破相關部門的資訊資源保護壁壘，形成統一的資源體系，搭建成智慧防火防災科技的資訊基礎平臺，實現資訊共用。

3. 服務智慧可靠：

智慧防火防災科技能夠匯總所感知到的海量資料，但真正體現出“智慧”的是對海量資訊進行不同深度處理、分析和挖掘的能力，根據不同部門和使用者的需求，提供不同層次的智慧化服務。

肆、 國內推動建築智慧防火防災科技研究之 SWOT 分析

為能使我國未來能於發展智慧防火防災科技之發展，能夠急起直追國際間技術領先之強國，需要進行 SWOT 分析，以了解目前我國自身發展智慧型防火防災之內部環境中之優勢(Strength)與劣勢(Weakness)，以及外部環境中之機會(Opportunity)與威脅(Threat)，以提供未來國內結合國內目前之優勢與機會，發展智慧型防火防災之方向，避免朝向我國對之劣勢以及威脅發展。經 SWOT 分析結果(表 1)顯示我國之優勢多屬於過去所累積大量之火災防救經驗、產業結構、資通訊 ICT 技術能力以及通訊協定的統一，若能整合上述項目將是我國提昇智慧防火防災科技研究能量之強項優勢；另一方面，我國過去老舊住宅區域之建築設計與都市計畫，並未充分考量智慧型生活空間以及智慧型防火防災的需求，因此除公共工程以及特殊建築物對於智慧防火防災科技之需求外，約莫有七百萬戶之住宅(屋齡超過二十年佔四百五十萬戶)即成為未來智慧型防火防災技術之潛在使用客戶。在機會發展上，未來國外以及中國大陸簽之市場需求劇增，加上國內政府中央相關單位政策方向的支持，將有助於提昇我國智慧防火防災科技於全世界相關產業市場之佔有率。

在劣勢方面，我國礙於現行消防法規要求中，並無特別針對智慧防火防災科技進行規範，以及國內產業結構多數中小企業，自行研發之能量不高等因素，即便我國具有發展智慧防火防災科技之知識與技術條件，相關劣勢若無充分解決將形成我國發展智慧防火防災科技之不利因素；在外部之威脅上，國際間之技術研發強國美、歐、日等國家無不充分投入於智慧型

技術之研發，對於我國而言將形成技術進入之障礙與高牆；另一方面對於世界自由貿易，我國雖可進入於中國大陸龐大的市場，反之，大陸相關產業亦挾帶低成本之人力與材料進入本國市場，使國內市場競爭更加激烈。

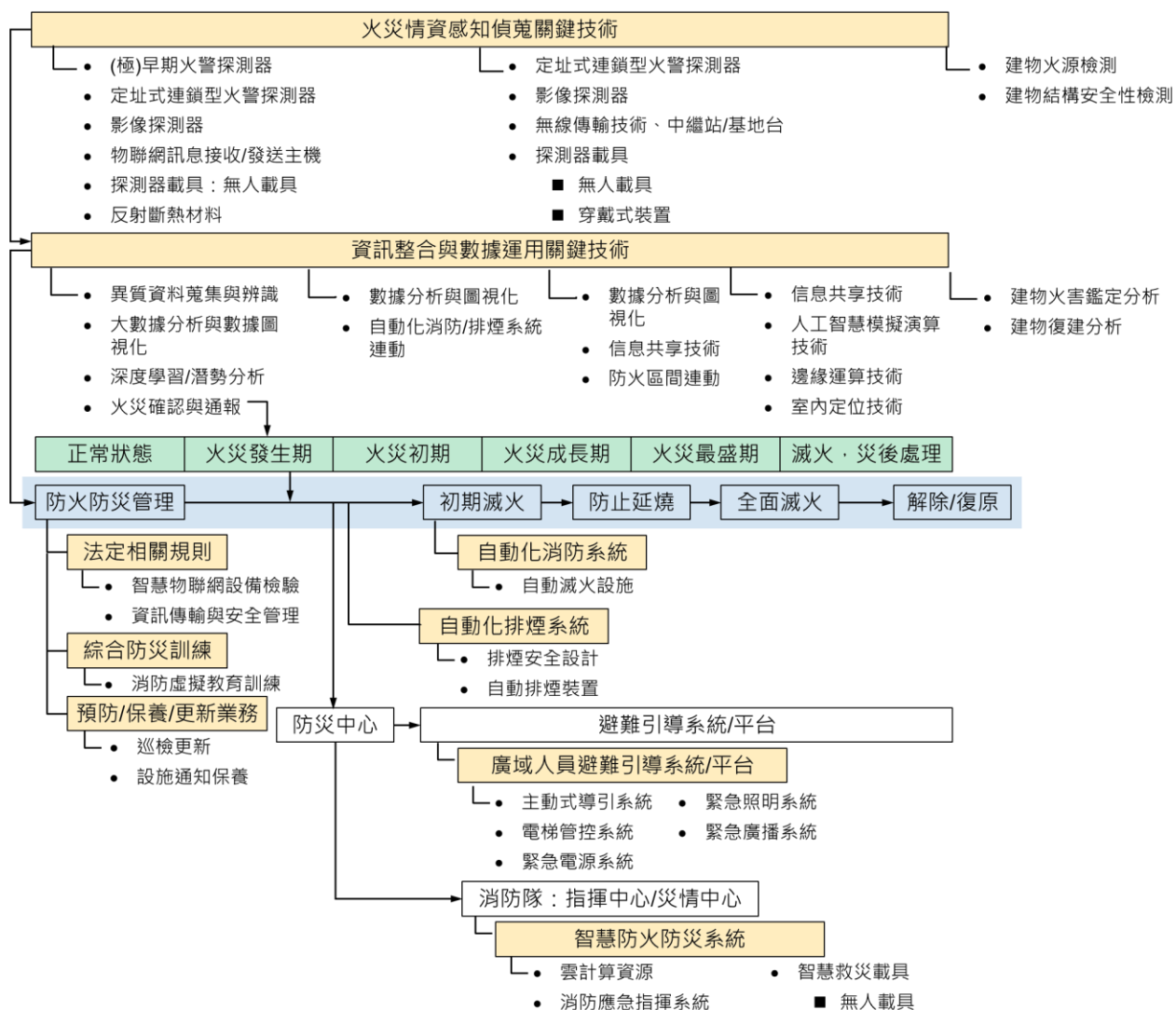
表 1 國內推動建築智慧防火防災科技研究之 SWOT 分析

優勢 (Strength)	劣勢 (Weakness)
1. 國內擁有優異的 ICT 技術與研發人才，且有上下游完整之相關設備製造產業，對於開發智慧防火防災設備產品，在國際上具有優勢。 2. 台灣因地狹人稠，過去所累積之火災防救經驗豐富，有利未來發展智慧型防火之整合技術。 3. 結合智慧防火防災科技可減少火警自動警報感測網路之誤報率，提高火警通報之可靠度。不但可減少災害人員財產的損失，對於消防實務單位，並可減少因誤報所造成的疲於奔命，徒勞之人力物力。因此，發展智慧防火防災科技較傳統技術更具優勢。 4. 智慧防火防災科技與無線感測網路連結，則所發展的系統便利安裝不影響建築物之結構，可推廣至一般性之老舊建築，此為技術上的優勢。 5. 台灣中小型製造業之產業特性，使得廠商對於市場較為敏感，且應變能力佳。如此，有利於快速研發市場所需要之創 6. 新技術，對於競爭力提昇具有助力。	1. 目前國內消防法規並未訂立相應的智慧防火防災科技的規範以為研發設計憑藉。如此，將導致市場混亂，不利於產品之推廣應用。 2. 國內智慧防火防災科技整合性不足，使得個別設備製造商僅專注於其相關裝置產品之功能，而非基於防火功能之整體需求。如此，將不利於整體技術之提昇。 3. 國內 ICT 技術研發人才對於建築防火防災之應用領域較不熟悉，對於相關功能需求亦不明瞭，若無法建立整合研究能量，則無法開發出市場所需要的設備產品。 4. 國內防火器材設備商大多規模小，大部份不注重技術研發，造成技術提升之瓶頸。 5. 由於國內無線通訊協定上未統一，使得廠商在研發新廠品時無法掌握未來市場之趨勢。如此，不但影響相關技術之整合能力，更降低廠商投入之意願。
機會 (Opportunity)	威脅 (Threat)
1. 由於台灣住宅特性、氣候環境及使用習性類似與大陸及東南亞國家，有利於台灣智慧防火防災科技在上述市場之發展潛力。 2. 國際無限通訊技術逐漸統一，使得過去阻礙智慧防火防災科技創新研發之障礙降低，有利於全球相關市場之成長。 3. 政府大力推動智慧型建築標章，使得智慧型建築技術之價值逐漸深入民心，易將有利於智慧防火防災科技之發展。	1. 無線感測網路產品其產業及技術正在醞釀崛起的階段，有相當的門檻。雖前途看好，但相對地，若無足夠的人力、物力相繼投入，將來在生存上將難以跟先投入者競爭。 2. 歐、美與日本等先進大廠產業技術與資本具雄厚基礎，挾其市場優勢，一旦加入競爭的行列，會有鉅大的影響。 3. 國內若無此類智慧型技術之產品規範或技術規範，恐不肖廠商冒智慧之名，以低價劣質系統(低準確率)，不但影響防火防災之公

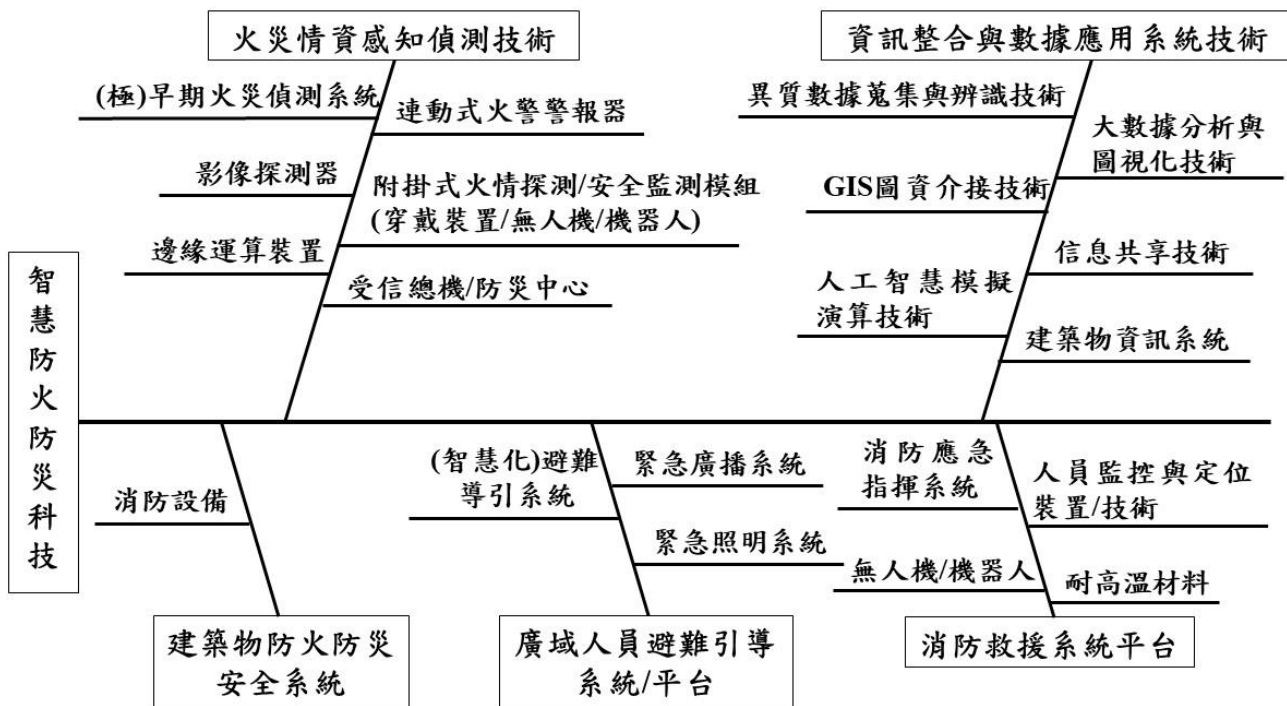
	共安全，更扼殺智慧型防火技術產業發展之契機。
--	------------------------

伍、 智慧防火防災科技應用導入架構

本規劃策略將智慧防火防災科技以「建築物中央管理系統」、「建築物防火防災安全系統」、「火災情資感知偵測系統」、「廣域人員避難引導系統/平台」、「資訊整合與數據運用系統」五大類作為技術分類之類別以及相關所屬設備，依據不同火災階段個設備所需連動之機制，歸納一般火災發生時導入智慧防火防災科技應用架構，並作為不同建築類型智慧防火防災科技修改之基礎架構，並建立起智慧防火防災科技相關技術。



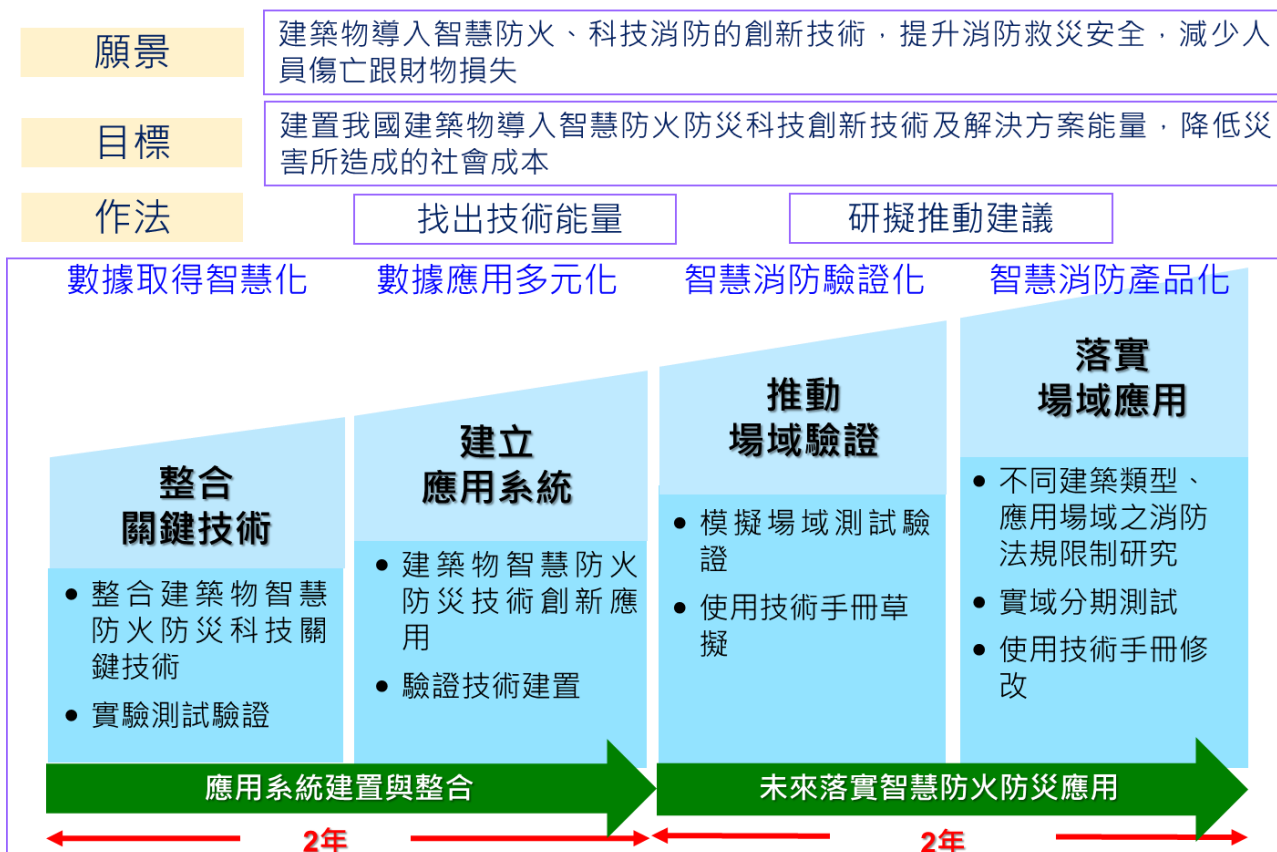
建築物導入智慧防火防災科技應用架構



智慧防火防災科技關鍵技術關聯圖

陸、 規劃策略大綱

近年國內消防機關為強化消防救災能力，提高救災資訊即時掌握效率及增進消防人員救災安全，近年亦與民間企業合作應用物聯網、人員定位追蹤、建築建模、無線傳輸等技術發展各式消防指揮、管制、即時影像傳輸等裝備器材，亦有在小規模場域進行驗證經驗，惟尚缺大型模擬場域及實際場域應用驗證。然而嵌入式資通訊技術與自主性的可動式構件開發應用，已成為當今設計領域發展之趨勢，本規劃策略期能透過相關設計模擬流程與雛型實作實驗，提供一整合智慧建築之模組化產品設計流程，並有助於跨領域整合研究的進展。透過內外智慧防火防災科技關鍵技術應用案例的瞭解，進而研議建立研究開發計畫中長期大綱，以「PoC (Proof of Concept)-PoS (Proof of Service)-PoB (Proof of Business)」方式提出草擬智慧防火防災科技關鍵技術及應用中長期大綱，以及智慧防火防災科技研發項目建議。



智慧防火防災科技關鍵技術及應用中長期大綱 (草擬)

中長期大綱說說明如下：

- 一、透過消防相關設備/平台關鍵技術與應用課題之權重分級，於第 1-2 年規劃關鍵技術開發、精進或者是引進的研究課題順序，以期能在第 3 年進行應用場域驗證。
- 二、規劃第 3-4 年以應用場域驗證計畫執行，透過應用場域的布建與模擬測試，與實際場域實質測試，來確認產品使用於消防救災行動或建置於建築物內，其品質穩定性及實用性。

柒、 執行策略

經分析國外有關於智慧防火防災科技相關文獻以及專家座談與廠商訪談相關課題結果，將研究課題依照「災前(防災)」、「災時(救災)」、「災後(調查)」三個方向進行分類；在政策面：例如引進新規範、新防災系統、防災雲端科技……等；及研發面：例如人工智慧、辨識技術、系統整合、救災機器人等創新研發，規劃出未來四年中各研究課題之發展期程。

智慧防火防災科技相關研究課題規劃期程

目標	研究課題	第1年期	第2年期	第3年期	第4年期
A. 災前 (防災)	甲、導入智慧決策之智慧化空間火警自動警報無線感測網路		√	√	√
	乙、結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統	√	√		
	丙、探測器附掛式火災辨識及警報監視機器人		√	√	
	丁、智慧型火源偵測技術發展與分散式即時滅火防火控制之研究	√	√		
	戊、智慧型主動預警暨導引之多重感測控制網路	√	√		
	己、結合感測技術之室內 3D 緊急避難導引系統		√		
	庚、火災模擬軟體結合極早期探測器之避難安全模擬		√	√	√
B. 災時 (救災)	1. 建築資訊模型(BIM)導入防火救災系統之研究	√	√		
	2. 探測器附掛式火災探測及救援機器人	√	√	√	
	3. 透過無線感測技術與火災模擬軟體之即時救災資訊分析		√	√	√
	4. 感測器附掛式穿戴安全裝置	√	√	√	√
C. 災後 (調查)	1. 災害原因分析與建物安全評估之研究			√	√

捌、研究計畫分期規劃與預期效益

一、災前(防災)相關研究課題與預期效益

編號	研究課題	預期成果
A1	導入智慧決策之智慧化空間火警自動警報無線感測網路	第二年預期成果項目： - 有效的火警動態訊號特徵指標的文獻收集、實驗調查、建構分析、實驗驗證以確立模型。 - 小尺寸火警自動警報之實驗量測平台製作、實驗、驗證、與展示。 第三年預期成果項目： - 前端無線感測火警感測器與後端人工智慧火警受信總機之整合與調校。 - 人工智慧資訊系統規畫建立，與圖控介面與通訊介面之規導入人工智慧、機器學習建構群體偵煙感測器火警預警模型。劃建立。

		第四年預期成果項目： - 系統整合，調校。 - 全尺寸實境功能測試、與展示。
A2	結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統	第一年預期成果項目： - 透過偵測煙霧或火焰的功能並內建於數位式監錄系統(DVR)的邊緣運算技術，辨識確認火災發生，即時錄下起火原因及火災形成過程，並即時透過網路連線至安控中心，以便快速地反應至消防救災單位。不僅可提供最早的火警預報功能，也是最具成本效益及最先進的防火作法。 第二年預期成果項目： - 研究成果可做為「早期煙火偵測與火警預報系統」之示範計畫，並進而做為建築防火防災智慧型技術開發與推廣之政策參考。
A3	探測器附掛式火災辨識及警報監視機器人	第二年預期成果項目： - 開發技術兼具消防巡邏保全，及在火災發生時，掌握最佳滅火時機，進行消防滅火動作。 第三年預期成果項目： - 具有(1) 遠端即時監控技術(2) 結合保全監視系統(3) 極早偵測：自行偵查巡邏及消防保全功能 (4) 滅火救災功能之獨特性及創新性。
A4	智慧型火源偵測技術發展與分散式即時滅火防火控制之研究	第一年預期成果項目： - 完成紅外線影像式火源偵測之火源模型發展與火源定位後之即時滅火防火整合。 - 影像式與紅外線感測式火源辨識技術提供建築物內之早期偵測，且正確的警報能力與即時滅火防火整合界面。 第二年預期成果項目： - 早期火源偵測警報與分散式即時自動滅火防火裝置發展整合，進行實際場域測試驗證。
A5	智慧型主動預警暨導引之多重感測控制網路	第一年預期成果項目： - 提出一套發展建築智慧型多重感測網路方法論及效能評估機制 - 建構一智慧型建築感測控制網路系統。 - 提供具部分溝通能力的感測網路，更可透過其具主動預警暨導引的功能，建構一先進的智慧型建築防火防災網路系統。 第二年預期成果項目： - 結合多重感測網路技術，並藉電源線與無線網路達到傳 - 接送資料，以動態逃生指示方式，達成疏散人群的目的。
A6	結合感測技術之室內3D緊急避難導引系統	第二年預期成果項目： 利用無線感測器網路之特性實作一室內安全監控以及緊急逃生系統之系統雛形，在平時，系統中無線感測器監控建築物有無異常之事件發生，當所監控的網路有緊急事件發生時，無線感測器會自動的標示逃生路徑，導引人們遠離危險區域通往安全的出口。

		除此之外無線感測器也會迅速的通報室內監控中心有緊急狀況發生，再由室內監控中心進一步回報該地的救援機構請求支援。
A7	火災模擬軟體結合極早期探測器之避難安全模擬	第二年預期成果項目： ● 評估建築物應用極早期探測器對於避難時間之影響。 第三年預期成果項目： ● 提出避難時間計算之修正模式。 第四年預期成果項目： ● 實際場域測試驗證，以進行模式修正

二、災時(救災)相關研究課題與預期效益

編號	研究課題	預期成果
B1	建築資訊模型(BIM)導入防火救災系統之研究	第一年預期成果項目： ● 探討運用電腦網路與資料庫技術於防災警報之應用，評估並規劃適合之感測器連線網路架構，透過網路將感測器之發報位置編號傳回中央監控主機，結合資料庫搜尋及整合防災與救災相關資料(如平面圖、逃生路線圖、警報歷史紀錄、故障維修紀錄、檢測紀錄)，提供決策判斷參考。 第二年預期成果項目： ● 探討 BIM之架構，並與消防警報器及監視器結合，開發警報監視系統。在警報器被觸發時判別警報之真偽，避免錯誤警報引發之困擾，提升警報的正確性，減少民眾對於警報的疲乏。同時也能藉由監視器監控災區的情況，規劃出逃生路線。同時也能迅速的找出起火點，幫助消防隊在大型的建築中，快速的到達起火點進行滅火救援工作。
B2	探測器附掛式火災探測及救援機器人	第一年預期成果項目： ● 開發探測技術兼具載重功能，在火災發生時，掌握火災情況，進行消防滅火動作。 第二年預期成果項目： ● 具有遠端即時監控技術與滅火救災功能之獨特性及創新性。 第三年預期成果項目： ● 實際場域測試驗證在高溫與濃煙情況下，探測器感度與精度符合設計，且載重功能符合規格。
B3	透過無線感測技術與火災模擬軟體之即時救災資訊分析	第二年預期成果項目： ● 結合無線感測技術與模擬軟體，建構即時救災資訊系統，可提供災害指揮人員掌握救災資訊。 第三年預期成果項目： ● 分析無線感測技術與火災模擬軟體系統之整合參數與介面環境。 第四年預期成果項目：

		實際場域測試驗證並修正模擬模型。
B4	感測器附掛式穿戴安全裝置	第一年預期成果項目： - 附掛式穿戴式感測器開發，包含定位裝置，以及頭帶式顯示器。 第二年預期成果項目： - 附掛式穿戴式裝置實驗室模擬場域測試。 第三年預期成果項目： - 穿戴式裝置實際場域測試驗證 第四年預期成果項目： - 穿戴式裝置自主認證，以及測試驗證規範草擬

三、災時(救災)相關研究課題與預期效益

編號	研究課題	預期成果
C1	災害原因分析與建物安全評估之研究	第三年預期成果項目： - 蒐集歷年重大相關之建築物火災案例，整理分析建築物火災原因、種類及型態，建立建築物火災危害因子。 第二年預期成果項目： - 彙整分析建築與消防相關法規、辦法、制度，及現行縣市政府檢查、檢修之作為，建立既有住商複合建築物火害潛在危險評估之架構、項目、潛在危險等級與安全對策。

玖、研究計畫經費及人力需求

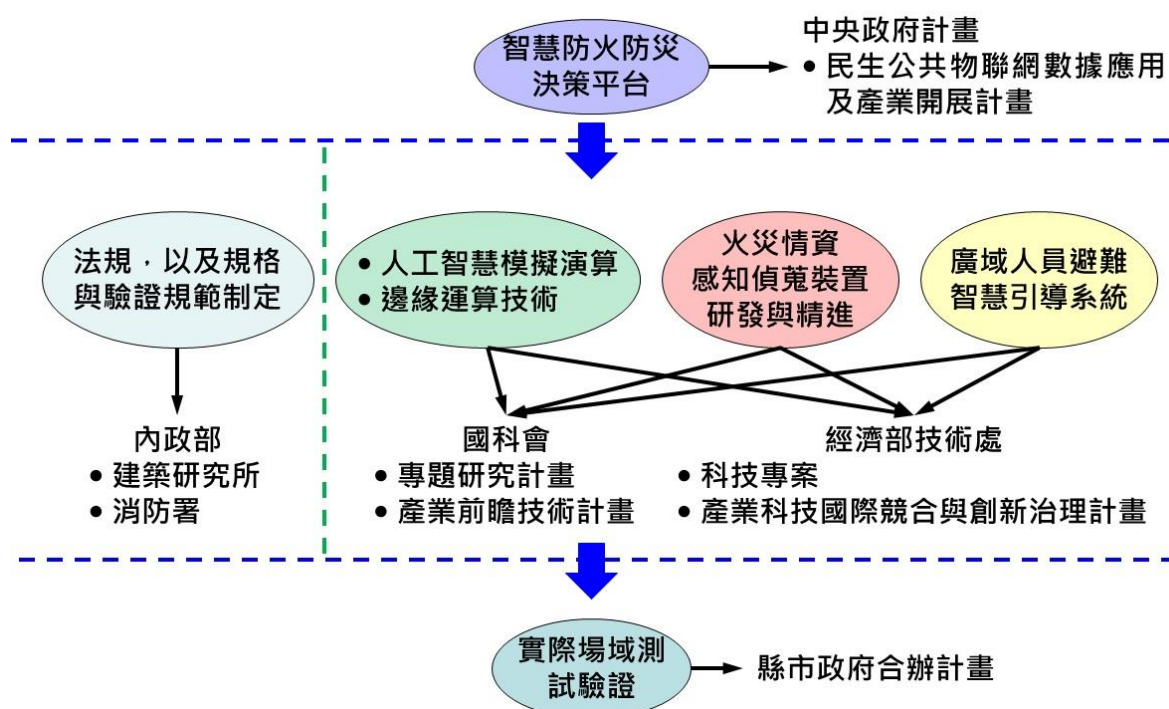
四年期程各研究課題之經費預估及人力需求：

研究課題	總人力	研究員級 (含)以上	副研究 員級	助理研 究員級	研究 助理級	技術 人員	其他	研究經費需 求(仟元)
A1.導入智慧決策之智慧化空間火警自動警報無線感測網路	30	6	8	4	8	4	0	9,522
A2.結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統	16	4	4	2	6	0	0	3,200
A3.探測器附掛式火災辨識及警報監視機器人	14	4	4	2	4	0	0	2,000
A4.智慧型火源偵測技術發展與分散式即時滅火防火控制之研究	16	4	4	0	8	0	0	3,400

A5.智慧型主動預警暨導引之多重感測控制網路	22	4	6	4	8	0	0	3,436
A6.結合感測技術之室內3D緊急避難導引系統	6	2	1	0	3	0	0	800
A7.火災模擬軟體結合極早期探測器之避難安全模擬	15	6	6	0	3	0	0	2,700
B1.建築資訊模型(BIM)導入防火救災系統之研究	14	4	2	4	4	0	0	1,982
B2.探測器附掛式火災探測及救援機器人	19	6	6	4	3	0	0	3,600
B3.透過無線感測技術與火災模擬軟體之即時救災資訊分析	13	6	2	4	1	0	0	950
B4.感測器附掛式穿戴安全裝置	20	6	4	8	2	0	0	3,964
C1.災害原因分析與建物安全評估之研究	11	4	1	0	6	0	0	6,000
合計	196	56	48	32	56	4	0	41,554

壹拾、推廣落實應用方式與途徑規劃

研究經費可透過中央政府計畫進行申請，對於法規以及規格與驗證規範，應由內政部建築研究所與消防署主辦，而關鍵技術研究與發展則可透過國科會進行計畫申請，以精進關鍵技術，對於關鍵技術的推廣則有賴於經濟部相關計畫執行；最主要的是研究成果要落實擴散，則需經過實際場域驗證其成效才能取得消防人員與民眾的認可，這一部份則需要縣市政府消防局協助。



研究成果推廣落實應用方式與途徑

附件 智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究課題摘要彙整

項次	第 A1 案									
研究計畫主題	導入智慧決策之智慧化空間火警自動警報無線感測網路									
研究緣起 及 研究內容	一、研究緣起： 根據文獻上記載及消防實務單位的統計，一般住宅之火警自動警報感測網路產生的誤報(False Alarm)佔所有警報的比例相當地高。誤報一直是自動警報系統的漏洞，研究學者致力於降低誤報以提高自動警報系統的可靠度。本研究著意於一個內嵌智慧化決策系統之火警自動警報之後端平台，透過有效的資訊擷取與智慧化演算法設計，提出一個相對集成指標，用以修正現存火警自動警報系統之決策，整合無線感測網路，即時地濾除誤報的干擾，提高警報之正確性。期相關人員更能在第一時間掌握火警肇生之實際狀況，於時限內迅速反應採取相應動作將人員財產的損失降至最低。									
	二、研究內容： 藉由機器學習(Machine Learning)所開發之演算核心，發展一個人工智慧資訊系統平台，用以提供及時而正確火災預警。人工智慧型系統主要包括：(一)火警動態訊號擷取與訊息剖析、(二)機器學習計算方法，提供較豐富的訊息蘊涵，正確地估測、比較、確認火災的發生，期判斷結果精確而可靠度高。所開發的系統藉人工智慧連結前端與後端，不但提供更精確的自我診斷功能，而且可免於複雜環境的影響，減少來自環境與電路的誤報。									
	三、研究目的： 針對智慧型火災應變系統之設計與實現主要是設計一個可以監控整個樓層平面上火源的應變系統，並且根據濃煙感測器及溫度感測器交叉比對判斷出目前火源所在的位置，經由 NRF24L01 無線傳輸模組告知系統的監控端正確火源的所在位置。									
預期成果 及效益	1. 小尺寸火警自動警報之實驗量測平台製作、實驗、驗證、與展示。 2. 前端無線感測火警感測器與後端人工智慧火警受信總機之整合與調校。 3. 人工智慧資訊系統規畫建立，與圖控介面與通訊介面之規導入人工智慧、機器學習建構群體偵煙感測器火警預警模型。劃建立。 4. 系統整合，調校。 5. 全尺寸實境功能測試、與展示。									
研究人力 需求	研究員級	副研究員級		助理研究員級		研究助理級		技術人員		
	6	8		4		8		4		
經費 (單位：千元)	9,522		計畫期間		自民國 年 月 至民國 年 月止 (3年)					
本案經費概數： (單位：千元)										
類別	人事費	業務費	差旅費	設備使用 及維護費 租金等	材料費	其他 費用	雜支費(上項 經費總和5 %)	行政管理費 (上項經費 總和10%)	小計	
經常門	4,560	480	120	1680	840	600	414	828	9,522	

項次	第 A2 案									
研究計畫主題	結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統									
研究緣起 及 研究內容	一、研究緣起： 目前攝影機已成為警方針對公共安全事件判案的最佳利器和最大幫手，但是僅能作為事件的事後調查證明，如攝影機若能在第一時間運用影像分析作「智慧判斷」，預先警告危害即將發生及立即處理，必能預先防範並防止災害發生減少危害。利用影像處理與分析技術於視訊監控設備上，使系統具有人工智慧功能，例如可判斷人員入侵、行為分析、人臉辨識、火災辨識與流量計算…等，隨著電腦運算能力越來越強，人工智慧演算法不斷創新，要達到上述智慧化功能已不再是遙不可及。									
	二、研究內容： 開發一影像分析軟體，應用於火災辨識，能在火災前即偵測出初期之火源或煙霧，馬上發出警報通知相關人員，並於黃金滅火時間立即連動系統作災害預防，則可免除或減少危害至最低。									
	三、研究目的： 未來大樓建築物裝設具煙火偵測功能之數位式監錄系統，不僅可提供最早的火警預報功能，也是最具成本效益及最先進的防火作法。									
預期成果 及效益	1. 透過偵測煙霧或火焰的功能並內建於數位式監錄系統(DVR)的邊緣運算技術，辨識確認火災發生，即時錄下起火原因及火災形成過程，並即時透過網路連線至安控中心，以便快速地反應至消防救災單位。不僅可提供最早的火警預報功能，也是最具成本效益及最先進的防火作法。 2. 研究成果可做為「早期煙火偵測與火警預報系統」之示範計畫，並進而做為建築防火防災智慧型技術開發與推廣之政策參考。									
研究人力 需求	研究員級	副研究員級		助理研究員級		研究助理級		技術人員		
	4	4		2		6		0		
經費 (單位：千元)	3,200		計畫期間		自民國 年 月 至民國 年 月止 (2年)					
本案經費概數： (單位：千元)										
類別	人事費	業務費	差旅費	設備使用 及維護費 租金等	材料費	其他 費用	雜支費(上項 經費總和5 %)	行政管理費 (上項經費 總和10%)	小計	
經常門	1,560	200	100	200	530	300	100	210	3,200	

項次	第 A3 案									
研究計畫主題	探測器附掛式火災辨識及警報監視機器人									
研究緣起 及 研究內容	一、研究緣起： 在各種災害中，火災不僅毀壞物質財產，造成社會秩序混亂，而且還直接或間接危害生命，及時發現火情並採取相應措施可以有效降低火災帶來的損失。火災的主要特點有溫度高、煙霧濃、火勢猛和蔓延快。為及時監測火情的發生，監測資料的感測器需要具有很高的靈敏度和準確性。當前應用在監測火情上的感測器存在安裝位置固定、測量範圍有限等方面的局限性。將火災監測感測器安裝在移動機器人上，可以有效解決上述局限性，實現火災監測的無人化與準確化。									
	二、研究內容： 透過機器視覺(Webcam)感知系統得知環境資訊，在火災發生的初期進行分析、判斷火災事件及執行滅火動作，可結合於居家保全系統，將火災警報資訊，透過受信總機通知機器人執行勘察與巡邏動作，判定該區是否出現異狀，並將即時影像經由無線網路回傳資訊確認火源，再由智慧型控制技術進行火源辨識，當判斷確認為火災警報時，立即啟動滅火裝置執行滅火，達到第一時間滅火與通報，降低火災擴大及防止不必要的人員與財物損失。									
	三、研究目的：									
	1. 建立機器人的運動學模型，借助運動學模型建立誤差模型,依據誤差模型推導出誤差方程； 2. 考量控制器存在收斂速度慢、抖動較多等情況，在經典控制律基礎上引入新的虛擬狀態變數，建立反演控制技術的運動學控制律; 3. 證明所設計控制律的穩定性。模擬和實物驗證結果表明，火災預警巡檢機器人的反演控制器能夠有效跟蹤給定的目標軌跡,同時可以有效減少誤差量和輸出量在達到穩定狀態。									
預期成果 及效益	1. 開發技術兼具消防巡邏保全，及在火災發生時，掌握最佳滅火時機，進行消防滅火動作。 2. 具有(1) 遠端即時監控技術(2) 結合保全監視系統(3) 極早偵測：自行偵查巡邏及消防保全功能 (4) 滅火救災功能之獨特性及創新性。									
研究人力 需求	研究員級	副研究員級		助理研究員級		研究助理級		技術人員		
	4	4		2		4		0		
經費 (單位：千元)	2,000		計畫期間		自民國 年 月 至民國 年 月止 (2年)					
本案經費概數： (單位：千元)										
類別	人事費	業務費	差旅費	設備使用 及維護費 租金等	材料費	其他 費用	雜支費(上項 經費總和5 %)	行政管理費 (上項經費 總和10%)	小計	
經常門	540	200	160	200	500	200	60	140	2,000	

項次		第 A4 案							
研究計畫主題		智慧型火源偵測技術發展與分散式即時滅火防火控制之研究							
研究緣起 及 研究內容		一、研究緣起： 回顧近年國內公共場所重大火災案件上，火災場所建築物大多為簡單構造設計且規模不大，確造成嚴重的人員傷亡，其中主要原因為避難通道不足或受阻礙、或使用易燃裝材料、防火區規劃功能失效及缺乏早期火源偵測與即時滅火等。隨著台灣人口結構愈趨高齡化，都市往高層建築發展、大型購物中心與地下捷運大量興起，使得消防安全措施顯得更加重要。							
		二、研究內容： 本研究將整合智慧型火源檢測與即時滅火防火控制系統，以應用於重要建築之防火防災系統，藉由國內外相關研究，提出建築防火防災系統中智慧化火源有效偵測(整合影像式技術與掃描式紅外線熱感測等)，並探討應用時可能遇到的問題。透過使用網路攝影機與紅外線熱影像等無人監控技術，充分利用火源或準火源之物體表面溫度高於週邊環境溫度之特性(絕對零度輻射出的紅外線(能量)以計算物體表面溫度分佈，發展以火源色彩與溫度特性之自動火源檢測技術與確認火源位置。此項技術具有非接觸式、可無人化、反應靈敏及補強視覺直接觀測能力之不足等特性來達到確認火源位置，並整合於分散式自動滅火(撒水)控制系統。							
		三、研究目的： 1. 可以提供快速且安全的火災報警能力 2. 可正確確認火源與自動快速滅火 3. 運用智慧化分散式滅火控制之高科技影像監控保護人命財產安全。							
		預期成果 及效益							
		1. 完成紅外線影像式火源偵測之火源模型發展與火源定位後之即時滅火防火整合，包括發展程度、產值預估、技術水準及應用瓶頸等。 2. 提出影像式與紅外線感測式火源辨識技術，提供建築物內之早期偵測，且正確的警報能力與即時滅火防火整合界面。							
研究人力 需求		研究員級	副研究員級	助理研究員級	研究助理級		技術人員		
		4	4	0	8		0		
經費 (單位：千元)		3,400		計畫期間	自民國 年 月 至民國 年 月止 (2年)				
本案經費概數： (單位：千元)									
類別	人事費	業務費	差旅費	設備使用 及維護費 租金等	材料費	其他 費用	雜支費(上項 經費總和5 %)	行政管理費 (上項經費 總和10%)	小計
經常門	1,152	338	120	200	320	760	170	340	3,400

項次	第 A5 案									
研究計畫主題	智慧型主動預警暨導引之多重感測控制網路									
研究緣起 及 研究內容	一、研究緣起： 目前政府已訂定智慧綠建築為台灣四大新興智慧型產業，加上我國興盛的資通訊硬體產業，若能雙方加以互相結合，運用素質優良的系統整合人才，實有利於建立良好的智慧型建築相關資訊技術。此外，目前民眾安全意識已普遍提高，加上少子化及人口老化趨勢，更讓民眾更願意額外付出以獲得較高生命保障。而人口都市化集中，易有利發展建築多功能服務產業，如保全及物業管理產業等，更強化運用與實現所發展的智慧型資訊技術的可能性。									
	二、研究內容： 利用WiFi或LTE等無線通訊技術，結合感測器並與控制中心傳遞訊息，以整合各方訊息，針對災害走向以研判逃生路徑之規劃，從而獲得人群疏散的安全路徑規劃。並運用動態化指示逃生，除可有效疏散或指示人群移動至安全地點，更可導引救難人員前往事發地點，以加速救援之能力。									
	三、研究目的： 探討智慧型技術趨勢與整合方法，透過其具主動預警暨導引的功能，建構一先進的智慧型建築防火防災網路系統：									
	1. 電源線網路傳輸：具不斷電與多重傳輸頻道以提供持續資訊傳遞能力。									
	2. 危害累積預警：具多種人體危害累積分析，與不同層級之智慧預警能力。									
預期成果 及效益	1. 提出一套發展建築智慧型多重感測網路方法論及效能評估機制。									
	2. 建立自行發展建築智慧型多重感測網路整合之能力。									
研究人力 需求	研究員級	副研究員級		助理研究員級		研究助理級		技術人員		
	4	6		4		8		0		
經費 (單位：千元)	3,436		計畫期間		自民國		年		月	
					至民國		年		月止 (2年)	
本案經費概數： (單位：千元)										
類別	人事費	業務費	差旅費	設備使用 及維護費 租金等	材料費	其他 費用	雜支費(上項 經費總和5 %)	行政管理費 (上項經費 總和10%)	小計	
經常門	1,296	320	120	0	1,000	240	148	312	3,436	

項次	第 A6 案								
研究計畫主題	結合感測技術之室內3D緊急避難導引系統								
研究緣起 及 研究內容	一、研究緣起： 大規模空間發生火災時，在高溫火焰與嗆鼻濃煙之侵襲下，必須與煙層下降速度與火焰蔓延速度競賽；在滅火設備或救援設備無法直接到達建築物內，無法短時間深入火場之情況下，必須依賴消防隊員，進入火場滅火與救援。但當警報鈴聲響起時，建築物內民眾勢必慌張且快速於水平或是垂直避難動線行走甚至奔跑，並急於短時間內湧入逃生出口，於一進一出之移動過程中，兩方於行走動線上碰撞或衝突時間，將隨著大規模地下空間收容人數不同而有所不同，當收容人數愈多則衝突時間愈長；在此種狀況下，除了阻礙消防隊員滅火救援外，亦會妨礙人員逃生避難順暢性，除此之外，逃生避難人員隨著停留於地下空間之時間持續增加，進而增加其危險性。								
	二、研究內容： 將研製一室內安全監控以及緊急逃生系統，研究課題如下： 1. 室內感測器網路建置工具 2. 重建協定 3. 分散式緊急逃生導引演算法。								
	三、研究目的： 1. 提出了一套用於室內安全偵測以及緊急急難逃生系統 2. 將原本平面導引的功能延伸至 3D 立體空間的導引。								
預期成果 及效益	1. 評估建築物應用極早期探測器對於避難時間之影響。 2. 提出避難時間計算之修正模式。 3. 實際場域測試驗證，以進行模式修正								
研究人力 需求	研究員級	副研究員級	助理研究員級	研究助理級	技術人員				
	2	1	0	3	0				
經費 (單位：千元)	800		計畫期間	自民國 年 月 至民國 年 月止 (1年)					
本案經費概數： (單位：千元)									
類別	人事費	業務費	差旅費	設備使用 及維護費 租金等	材料費	其他 費用	雜支費(上項 經費總和5 %)	行政管理費 (上項經費 總和10%)	小計
經常門	650	0	0	0	210	0	0	240	800

項次	第 A7 案									
研究計畫主題	火災模擬軟體結合極早期探測器之避難安全模擬									
研究緣起 及 研究內容	一、研究緣起： 為了確保建築物內人員的安全，防火避難安全驗證除了以往的法定規格式基準外，也可採用替代性方法，更可以採用性能式檢證法。應用動態避難分析模式是常用的檢證法。常用的避難軟體有 Building EXODUS、Simulex 等，一般仍未能考慮在極早期探測技術的應用環境下時間的影響。在考量以安全為目標的性能式設計，若能驗證使用極早期探測技術在防火避難方面的效益，則可在安全與經濟方面取得應用的利基。 二、研究內容： 在應用極早期探測器時，藉由避難軟體模擬分析對避難時間的可能影響或效益， 可提供性能式設計時避難時間計算之參考。 三、研究目的： 運用電腦網路與資料庫技術於防災警報之應用，評估並規劃適合之感測器連線網路架構，透過網路將感測器之發報位置編號傳回中央監控主機，結合資料庫搜尋及整合防災與救災相關資料(如:平面圖、逃生路線圖、警報歷史紀錄、故障維修紀錄、檢測紀錄)，提供決策判斷參考。									
預期成果 及效益	1. 評估建築物應用極早期探測器對於避難時間之影響。 2. 提出避難時間計算之修正模式。 3. 實際場域測試驗證，以進行模式修正									
研究人力 需求	研究員級	副研究員級		助理研究員級		研究助理級		技術人員		
	6	6		0		3		0		
經費 (單位：千元)	2,700		計畫期間		自民國 年 月 至民國 年 月止 (3年)					
本案經費概數： (單位：千元)										
類別	人事費	業務費	差旅費	設備使用 及維護費 租金等	材料費	其他 費用	雜支費(上項 經費總和 5 (%))	行政管理費 (上項經費 總和10%))	小計	
經常門	1,200	300	54	30	600	150	120	246	2,700	

項次	第 B1 案									
研究計畫主題	建築資訊模型(BIM)導入防火救災系統之研究									
研究緣起及研究內容	一、研究緣起： 消防防災是建築中相當重要的一環，直接的影響到居民的生命財產安全，我國政府相當重視消防防災這部份，也制定了一系列的法律規範，希望能夠預防及減低火災所造成的傷害。消防防災近年也與資通訊技術及智慧型建築的概念結合，希望能藉由這些新科技的應用，使居家環境更安全、舒適及便利。居家環境的消防設施在加入智慧化應用之後，能更精準的監、控制相關防災設備，以預防災害發生，保障我們的生命財產安全。 二、研究內容： 本研究將導入建築資訊模型(BIM、Building Information Model)，將建築中的感應設施、警報器及監視器的位置，建置於建築資訊模型之中。透過 BIM 環境建立建築物所有相關之消防設備資料，並且與消防防災警報監視系統整合，當監測設施被啟動時，能夠透過BIM模型中迅速顯示起火點(被啟動之感應設施或警報器)的樓層及房間平面圖，並且能將監控該被啟動設施點附近之監視畫面顯示出來。 三、研究目的： 運用電腦網路與資料庫技術於防災警報之應用，評估並規劃適合之感測器連線網路架構，透過網路將感測器之發報位置編號傳回中央監控主機，結合資料庫搜尋及整合防災與救災相關資料(如:平面圖、逃生路線圖、警報歷史紀錄、故障維修紀錄、檢測紀錄)，提供決策判斷參考。									
預期成果及效益	1. 探討 BIM之架構，並與消防警報器及監視器結合，開發警報監視系統。在警報器被觸發時判別警報之真偽，避免錯誤警報引發之困擾，提升警報的正確性，減少民眾對於警報的疲乏。 2. 同時也能藉由監視器監控災區的情況，規劃出逃生路線。同時也能迅速的找出起火點，幫助消防隊在大型的建築中，快速的到達起火點進行滅火救援工作。									
研究人力需求	研究員級	副研究員級	助理研究員級	研究助理級	技術人員					
	4	2	4	4	0					
經費 (單位：千元)	1,982		計畫期間	自民國 年 月 至民國 年 月止 (2年)						
本案經費概數： (單位：千元)										
類別	人事費	業務費	差旅費	設備使用及維護費 租金等	材料費	其他費用	雜支費(上項 經費總和5%)	行政管理費 (上項經費 總和10%)	小計	
經常門	1,236	20	20	40	240	140	86	180	1,962	

項次	第 B2 案									
研究計畫主題	探測器附掛式火災探測及救援機器人									
研究緣起及研究內容	一、研究緣起： 目前，在人們面對火災的時候，通常是消防員穿防護服，攜帶滅火器材，進行滅火和現場救援。消防員進入火場救援，危險係數大，且在煙霧彌漫的時候，無法識別前方的物體，造成救援活動緩慢，救援效率低下等。因此，急需一款新的設備來改善現在的火災救援過程。 鑒於上述現有方式存在的不足，提供一種機器人系統，可實現在火災救援時，減少消防員人身安全威脅，準確鎖定著火點，迅速滅火。本發明通過房間地形探測搜索功能，對每一處房間進行滅火搜索；通過火焰探測攝像裝置，對現場著火情況進行判斷，啟動滅火器材，實現了迅速鎖定火源滅火的功能，通過無線傳輸裝置，傳給控制中心和緊跟其後的消防員。									
	二、研究內容： 火災救援機器人是火焰探測攝像裝置、無線通訊系統、消防滅火器材、三維探測雷達、中心監控系統、自動導航系統、動力系統、手動遙控系統組成，其中火焰探測攝像裝置由火焰感測器和攝像頭組成，通訊系統由通信模組組成，動力系統由電動馬達和履帶組成。 三、研究目的： 通過機器人衝鋒在前，減小了對消防人員人身安全的威脅；通過採用先進的三維探測雷達，可以迅速製作出當前著火房間的三維圖，通過無線通訊系統傳給消防員手持的無線遙控裝置，解決了煙大迷路的問題；通過火焰感測器能迅速檢測到火焰所在的位置，利用機械手臂和攜帶的滅火器材可以迅速的撲滅火源。									
預期成果及效益	1. 開發探測技術兼具載重功能，在火災發生時，掌握火災情況，進行消防滅火動作。 2. 具有遠端即時監控技術與滅火救災功能之獨特性及創新性。 3. 實際場域測試驗證在高溫與濃煙情況下，探測器感度與精度符合設計，且載重功能符合規格。									
研究人力需求	研究員級	副研究員級		助理研究員級		研究助理級		技術人員		
	6	6		4		3		0		
經費 (單位：千元)	3,600		計畫期間		自民國 年 月 至民國 年 月止 (3年)					
本案經費概數： (單位：千元)										
類別	人事費	業務費	差旅費	設備使用及維護費 租金等	材料費	其他費用	雜支費(上項經費總和5%)	行政管理費(上項經費總和10%)	小計	
經常門	1,797	75	30	240	888	210	129	270	3,600	

項次		第 B3 案								
研究計畫主題		透過無線感測技術與火災模擬軟體之即時救災資訊分析								
研究緣起 及 研究內容	一、研究緣起： 火災的發生造成嚴重的損害，且每一件火災事故之肇因可能各不相同，因此其影響層面與結果亦具不同之樣態。發生火災時，可能因為人的生理、心理或者是建築物的阻礙等狀況造成逃生時間的減少。相較於一般住宅，大型的建築物如體育場或學校建築物於火災發生時，逃生疏散的方式、路線會更趨複雜，致使更加減少的逃生時間，且因建築物較大、構造較複雜，所以救難人員於救災時，所花費的時間與困難度相較於一般住宅其挑戰更為嚴峻。 現代科技愈趨發達，已經可以電腦為工具來模擬火災發生的情況，以此性能分析來了解火災對特定建物所產生的影響。本文所模擬火災情況是利用建築資訊模型（Building Information Modeling）工具軟體 Revit 來建立模型，搭配火災動態模擬軟體 Fire Dynamics Simulator（FDS）、FDS 的圖形用戶界面 PyroSim、以及人員疏散模擬的 Pathfinder，來評估分析建築物在發生火災的溫度、能見度、火災產生的煙的濃度來模擬火災情況。									
	二、研究內容： 藉由建築資訊模型之建立，應用火災動態模擬軟體 Fire Dynamics Simulator（FDS），模擬火災發生情況，並評估與分析建築物在發生火災時的溫度、能見度、一氧化碳濃度。因人員疏散時，會受到一些因素而影響到逃生過程，藉由溫度、能見度、一氧化碳濃度來了解對人員逃生影響之程度，並應用人員逃生模擬軟體得知逃生的情況及所需之時間。統整所模擬的狀況後，分析評估並建議如何解決這些火災造成的問題。									
	三、研究目的： 不同火源位置所造成的危險標準也會不同。對於建築物每一層樓的火災情況都會不同，有些樓層的火災危害程度較為嚴重，其他樓層的火災危害程度則較小。藉由FDS模擬火災情況評估並理解建築物各樓層於火場中所遭遇的狀況。									
	預期成果及效益 1. 結合無線感測技術與模擬軟體，建構即時救災資訊系統，可提供災害指揮人員掌握救災資訊。 2. 分析無線感測技術與火災模擬軟體系統之整合參數與介面環境。 3. 實際場域測試驗證並修正模擬模型。									
研究人力需求		研究員級	副研究員級		助理研究員級		研究助理級		技術人員	
		6	2		4		1		0	
經費 (單位：千元)		950		計畫期間		自民國 年 月 至民國 年 月止 (3年)				
本案經費概數： (單位：千元)										
類別	人事費	業務費	差旅費	設備使用 及維護費 租金等	材料費	其他 費用	雜支費(上項 經費總和5 %)	行政管理費 (上項經費 總和10%)	小計	
經常門	1,520	950	40	560	280	200	138	276	3,964	

項次	第 B4 案									
研究計畫主題	感測器附掛式穿戴安全裝置									
研究緣起 及 研究內容	一、研究緣起： 在消防人員深入一線執行滅火與搜救等任務過程中，可能會因為長時間、高強度的體力勞動而出現體力不支、過度疲勞的問題，在十分危險的環境下無法自主撤離災害現場，使消防人員的生命健康安全受到十分嚴重的威脅。消防人員在保護民眾生命財務安全的同時也要意識到自身也是一般民眾的富貴財富，這就需要綜合運用各種先進的技術手段來輔助消防人員的工作，最大程度上確保消防人員在執行任務的過程中不會受到嚴重的損傷。對於指揮中心來說，也要嚴格堅持“尊重每個生命，施救科學合理”的工作原則，在確保消防人員生命安全、健康狀況正常的情況下對各項指揮決策進行科學的制定，提高消防工作的技術含量。									
	二、研究內容： 開發一套能夠在消防員處於災害狀態下對身體機能、活動強度、體溫、呼吸率以及心率等進行全方位監測，其資料通過消防生命大資料智慧分析對危機情況自主警示並由消防指揮中心交互提供決策系統。對該系統的特點、功能與架構進行了詳細的介紹，同時也詳細闡述了消防智慧指揮中心軟體與資訊資料採集終端軟體的實現方案，同時也詳細說明了基於呼吸率、心率、體溫等智慧綜合對比技術與基於暫態的運動監測技術。									
	三、研究目的： 將該系統投入到消防工作中，能夠為進入災害現場工作的順利開展提供多方位支援與消防人員的生命健康安全多提供一份保障。									
預期成果 及效益	1. 附掛式穿戴式感測器開發，包含定位裝置，以及頭帶式顯示器。 2. 附掛式穿戴式裝置實驗室模擬場域測試。 3. 穿戴式裝置實際場域測試驗證 4. 穿戴式裝置自主認證，以及測試驗證規範草擬									
研究人力 需求	研究員級	副研究員級		助理研究員級		研究助理級		技術人員		
	6	4		8		2		0		
經費 (單位：千元)	3,964		計畫期間		自民國 年 月 至民國 年 月止 (4年)					
本案經費概數： (單位：千元)										
類別	人事費	業務費	差旅費	設備使用 及維護費 租金等	材料費	其他 費用	雜支費(上項 經費總和5 (%))	行政管理費 (上項經費 總和10%))	小計	
經常門	1,520	950	40	560	280	200	138	276	3,964	

項次		第 C1 案									
研究計畫主題		災害原因分析與建物安全評估之研究									
研究緣起 及 研究內容		一、研究緣起： 建築物一旦發生火災，除了生命財產之損失外，將造成無數家庭生活頓失依靠，延伸國家環境與社會問題。建築物火警常因使用者行為之導入後，易導致建築物防火區劃破壞、樓層出入口變更、逃生門上鎖、出入口停車壅集、火源增多、人員出入多及複雜等情形，增加火災建築物危險性，一旦發生火災常造成重大人命傷亡與社會成本損失。 為防範建築物類似火災災害案件發生及為達維護人命安全之目的，加強既有集合住宅建築物公共安全之維護與管理，同時考量其經濟性，針對建築物有必要相關缺失，且檢討住建築物消防安全相關設備之適當性，因此結合產官學界建立災害原因分析與建物安全評估，重新擬定建築物防火避難危險評估與安全對策之技術，提昇民眾防火意識及緊急應變能力，以減少災害之發生。									
		二、研究內容： 針對既有建築物建築物火災成災個案，就建築物之現況予以模擬建檔，進行電腦分析與判斷，以驗證防火避難危險改善成效。利用FSS火災模擬軟體，探討當火災發生時危害度的分析，藉以估計煙流與火竄燒之時間。並根據各項研究方法所獲得之資料、文獻，研擬、建構出我國既有建築物防火避難危險評估等級。									
		三、研究目的： 既有建築物維持原用途使用者，自受其相關法令之約束；倘若既有建築物變更使用用途，使其空間要素重新配置，將使建築物火害特性亦隨之改變，尤其建築物之使用強度及危險指標分類由低強度轉變為高強度使用，其火災危險度亦相對地增加，建築物防火避難空間危險評估與安全對策之建立，實為現階段建築物之重點防火工作。									
預期成果 及 效益		1. 蒐集歷年重大相關之建築物火災案例，整理分析建築物火災原因、種類及型態，建立建築物火災危害因子。 2. 彙整分析建築與消防相關法規、辦法、制度，及現行縣市政府檢查、檢修之作為，建立既有住商複合建築物火害潛在危險評估之架構、項目、潛在危險等級與安全對策。									
研究人力 需求		研究員級	副研究員級		助理研究員級		研究助理級		技術人員		
		4	1		0		6		0		
經費 (單位：千元)		6,000		計畫期間		自民國 年 月 至民國 年 月止 (2年)					
						本案經費概數：					

附錄 十一、參與單位意願調查

單位別	擬參與申請研究項目
中華大學 資訊管理學系	• 探測器附掛式火災辨識及警報監視機器人 • 探測器附掛式火災探測及救援機器人
長榮大學 消防安全科學	• 透過無線感測技術與火災模擬軟體之即時救災資訊分析 • 火災模擬軟體結合極早期探測器之避難安全模擬
國立中央大學土木系	• 建築資訊模型(BIM)導入防火救災系統之研究
國立臺灣科技大學營建系	• 災害原因分析與建物安全評估之研究
財團法人工業技術研究院 綠能與環境研究所	• 結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統 • 導入智慧決策之智慧化空間火警自動警報無線感測網路
財團法人工業技術研究院 材料與化工研究所	• 智慧型火源偵測技術發展與分散式即時滅火防火控制之研究 • 感測器附掛式穿戴安全裝置
中美強科技股份有限公司	• 結合影像辨識與邊緣運算之早期煙火偵測與火警預報系統
瑞德感知科技股份有限公司	• 結合感測技術之室內 3D 緊急避難導引系統 • 智慧型主動預警暨導引之多重感測控制網路

智慧防火防災科技關鍵技術及應用規劃之研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：王榮豪、吳佳隆、簡仁德、吳偉民

出版年月：111年12月

版次：第1版

ISBN 978-626-7138-63-2 (平裝)

