

# 108 年度「智慧化居住空間整合應用人工智慧科技 發展推廣計畫協同研究計畫」

## 第 1 案「物聯網與人工智慧於建築照明之應用調查研究」

### 資料蒐集分析報告

## 內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 108 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)

物聯網與人工智慧於建築照明之應用調查研究

計畫編號:10815B0008

# 108 年度「智慧化居住空間整合應用人工智慧科技 發展推廣計畫協同研究計畫」

## 第 1 案「物聯網與人工智慧於建築照明之應用調查研究」

### 資料蒐集分析報告

研究主持人：羅時麒  
協究主持人：周鼎金  
研究員：游壁菁、林霧霆、徐虎嘯、蔡介峰  
研究助理：黃筱丹、林鈺琪  
研究期程：中華民國 108 年 3 月至 108 年 12 月

### 內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 108 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
ABSTRACT	IX
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究目的	1
第三節 研究範圍	1
第四節 研究方法與流程	2
第二章 物聯網與人工智慧於建築照明應用文獻蒐集與整理	5
第一節 物聯網與人工智慧於建築照明研究發展現況	5
第二節 物聯網與人工智慧於建築照明產業發展現況	26
第三節 智慧照明相關國家標準及產業標準	35
第三章 建築智慧照明之應用技術及參考案例彙編說明	53
第一節 建築智慧照明之應用技術及參考案例彙編制定說明	53
一、彙編目的	53
二、智慧照明相關名詞解釋	53
第二節 智慧照明之定義與構成	56
一、智慧照明之定義	60
二、智慧照明之構成	60
第三節 智慧照明在建築設計及室內裝修等注意事項	63
第四節 智慧照明之技術與應用	68
一、智慧照明之技術	68

二、 智慧照明之應用.....	68
<b>第五節 智慧照明案例.....</b>	<b>72</b>
一、 國外案例.....	72
二、 國內案例.....	73
<b>第四章 智慧建築照明量化效益之評估基準訂定說明.....</b>	<b>75</b>
<b>第一節 智慧照明之效益評估.....</b>	<b>75</b>
<b>第二節 建築智慧照明之量化效益評估基準研擬.....</b>	<b>77</b>
<b>第五章 結論與建議.....</b>	<b>79</b>
<b>第一節 結論.....</b>	<b>79</b>
<b>第二節 建議.....</b>	<b>80</b>
<b>附錄一、建築智慧照明之應用技術及參考案例彙編(草案).....</b>	<b>81</b>
一、 前言.....	82
二、 智慧照明應用技術.....	86
三、 智慧照明案例.....	104
<b>附錄二、智慧建築照明量化效益之評估基準(草案).....</b>	<b>145</b>
一、 前言.....	146
二、 智慧照明之量化效益評估.....	146
三、 智慧建築照明量化效益之評估範例.....	149
<b>附錄三、專家座談會紀錄.....</b>	<b>155</b>
<b>附錄四、工作會議紀錄.....</b>	<b>169</b>
<b>附錄五、期中報告審查意見回應.....</b>	<b>175</b>
<b>附錄六、期末報告審查意見回應.....</b>	<b>179</b>
<b>參考書目.....</b>	<b>183</b>



## 表 次

表 1.1 研究進度及工作項目說明表.....	4
表 2.1 韓國人工智慧創新成長引擎內容.....	16
表 2.2 智慧照明發展.....	27
表 3.1 智慧照明調光技術比較.....	56
表 3.2 智慧照明連網技術比較.....	57
表 3.3 智慧照明 Bluetooth 連網技術比較.....	58
表 3.4 智慧照明規劃層級說明.....	61
表 3.5 感測器佈建考量因子與感測器特性彙整表.....	64
表 3.6 各空間類型可採用照明節能控制手法建議.....	67
附表 1.1 智慧照明規劃層級說明.....	85
附表 1.2 智慧照明系統節能控制方式與平均節能效率.....	87
附表 1.3 智慧照明系統控制方式比較.....	89
附表 1.4 智慧照明系統無線訊號傳送方式比較.....	90
附表 1.5 降低照明耗能策略說明.....	90
附表 1.6 照明物聯網應用於商業零售應用案例.....	95
附表 1.7 照明物聯網應用於健康照護應用案例.....	96
附表 1.8 照明物聯網應用於辦公空間應用案例.....	98
附表 1.9 照明物聯網應用於運輸管理應用案例.....	99
附表 1.10 照明物聯網應用於室外環境應用案例.....	100
附表 1.11 照明物聯網應用於休閒娛樂應用案例.....	101
附表 2.1 人員感知控制之效益係數.....	147
附表 2.2 照度調光控制之效益係數.....	147
附表 2.3 排程設定控制之效益係數.....	147
附表 2.4 減少人力效益係數.....	148

附表 2.5 提升利用效率效益係數.....	149
附表 2.6 智慧建築照明量化效益之評估範例(一)改善前後說明 .....	150
附表 2.7 智慧建築照明量化效益之評估範例(一)設計示意 .....	150
附表 2.8 智慧建築照明量化效益之評估範例(一)-節能效益評估.....	151
附表 2.9 智慧建築照明量化效益之評估範例(一)改善前後說明 .....	152
附表 2.10 智慧建築照明量化效益之評估範例(二)- 降低維運成本效益評 估 .....	154

## 圖次

圖 1.1 研究流程圖.....	3
圖 2.1 近年各國人工智慧策略發展動向.....	19
圖 2.2 《台灣人工智慧行動計畫》推動架構示意圖.....	20
圖 2.3 智慧照明系統架構.....	26
圖 2.4 智慧照明控制場域關係.....	26
圖 2.5 智慧燈光控制系統架構.....	28
圖 2.6 Philips 智慧照明 Dynalite 照明控制系統架構.....	31
圖 2.7 Philips 智慧道路照明解決方案架構 .....	31
圖 2.8 GE 智慧道路照明解決方案架構 .....	32
圖 2.9 物聯網之四層級說明.....	43
圖 2.10 智慧照明物聯網之四層級說明.....	44
圖 2.11 物聯網照明標準體系架構.....	45
圖 2.4 Philips 公司利用 VLC 進行智慧照明連網服務架構 .....	59
圖 3.1 GE 公司利用 VLC 進行智慧照明連網服務架構 .....	60
圖 3.2 數位照明的階段示意圖.....	68
附圖 1.1 室內照明控制系統.....	104
附圖 1.2 大和 HOUSE 工業將人工智慧喇叭「Google Home」 .....	105
附圖 1.3 Amazon Echo 開放生態系多元服務系統.....	109
附圖 1.4 Amazon Echo 亞馬遜公司的一款智慧型語音助理 Alexa 的智慧型喇叭 .....	109
附圖 1.5 照明及空調的控制系統「T-Zone Saver」感測控制模組.....	110
附圖 1.6 「T-Zone Saver」人體感測與照明、空調連動關係.....	111
附圖 1.7 「T-Zone Saver」智慧化空調控制.....	111
附圖 1.8 「T-Zone Saver」智慧化照明控制.....	112

附圖 1.9 「T-Zone Saver」智慧化照明控制現況.....	112
附圖 1.10 上海宏匯蓮花路辦公大樓智慧照明系統架構圖.....	113
附圖 1.11 鹿島 KI 大樓智慧照明設計平面 .....	123
附圖 1.12 晝光一日當中色溫度變化.....	124
附圖 1.13 一日當中照明色溫度變化.....	124
附圖 1.14 鹿島 KI 大樓智慧照明色溫度變化 .....	125
附圖 1.17 鹿島建設『醫院 NEM-愛茉莉(Nemamore)』技術，收集醫院中感測器的訊息連動空調、照明等設備 .....	125
附圖 1.15 鹿島建設『醫院 NEM-愛茉莉(Nemamore)』技術，利用 IoT 技術對空調、照明等設備 .....	126
附圖 1.16 鹿島建設『醫院 NEM-愛茉莉(Nemamore)』技術，利用 IoT 技術進行設備模式控制 .....	126
附圖 1.11 群光電子總部大樓智慧照明系統架構.....	127
附圖 1.17 群光電子總部大樓 IWA 智慧照明系統功能說明 .....	128
附圖 1.18 群光電子總部大樓照明晝光調節系統.....	128
附圖 1.19 群光電子總部大樓現場照明控制介面.....	130
附圖 1.20 工研院 In-Light 智慧照明管理系統架構.....	132
附圖 1.21 工研院 In-Light 智慧照明管理系統管理報表 .....	132
附圖 1.22 全漢電源 FSP GROUP-智慧照明系統自動學習控制功能 .....	136

## 摘要

關鍵詞：物聯網與人工智慧、建築智慧照明、效益評估

### 一、研究緣起

基於建築智慧照明技術有別於傳統之建築照明，了解物聯網與人工智慧於建築照明上之應用，本計畫期能提出智慧照明於建築應用之技術與案例彙編草案，俾供建築師及室內裝修從業人員等實務界參考。同時，彙整相關文獻、案例完成建築智慧照明量化效益之評估基準草案，俾利於規劃設計階段，可依具空間使用、環境特性，選擇最適之建築智慧照明設計手法。

### 二、研究方法與過程

本研究之研究方法說明如下：

1. 文獻調查分析法：本計畫將依研究議題，蒐集國內、外建築智慧照明文獻及案例，歸納彙整智慧照明在建築節能、舒適、便利等面向之效益及照明配線、設備選用、設備維護更新、建築設計及室內裝修等注意事項。
2. 比較分析法：針對文獻探討與蒐集國內、外建築智慧照明相關國家標準、產業標準、文獻及案例進行比較分析，充分掌握建築智慧照明之適用性。
3. 專家諮詢法：研究結果經過初步整理後，邀請相關專家學者，進行意見之交流溝通，並針對本研究內容進行審議，提出應修正及增刪之意見。

### 三、重要發現

智慧照明的發展趨勢，使照明不再僅是工作、氣氛所需要的燈光照明，不僅是滿足空間照度、色溫度而已。從本計畫探討可以了解智慧照明隨著物聯網以及人工智慧的技術發展，建築智慧照明在空間應用上，將可以達成更好的效益與服務。

從本計畫探討也了解照明已經由單純的照明設備，進展置空間服務的重要載體，因此物聯網以及人工智慧應用於建築照明，將會隨著市場規模之逐年上升以及技術更為成熟，就如同 LED 照明技術與應用的演進過程，未來物聯網以及人工智慧應用於商業與政府、公共建築物、住宅建築物、路燈及其他戶外建築場所之將會更普及。從量化效益來看，節能效益之投資回收年限短，而降低維運成本效益較長，如前述隨著市場普及價格將會降低，預期未來之投資回收年限將會

縮短將會有更多應用之機會。

#### 四、主要建議事項

##### 建議一

研訂智慧照明於建築空間應用之技術參考手冊:立即可行建議

主辦機關: 內政部建築研究所

協辦機關: 內政部營建署

本計畫主要完成建築智慧照明量化效益評估,但是智慧照明的效益除了、節能、降低維運成本等可以量化之外,如本計畫之探討也有舒適、健康等質性效益,建議後續可以深入探討智慧照明於舒適、健康等質性的效益以及應用面,最後完成智慧照明於建築空間應用之技術參考手冊,供建築師於規劃設計參考。

##### 建議二

建立物聯網以及人工智慧應用於建築照明之實證場域:中長期建議

主辦機關: 內政部建築研究所

協辦機關: 經濟部技術處

建議相關計畫能建立物聯網以及人工智慧應用於建築照明之示範、實證場域,引進物聯網以及人工智慧相關技術,除了可以實證智慧照明效益的因子之外,藉此推廣與帶動相關設計概念、技術,並提升產業技術以及相關產品之驗證。

## ABSTRACT

Keywords: Internet of Things and artificial intelligence , Architectural intelligent lighting, Benefit evaluation

### Origin of Research

Building intelligent lighting technology is different from traditional building lighting. Understand the application of the Internet of Things and artificial intelligence to architectural lighting. During the planning period, we can propose a compilation of technologies and cases of intelligent lighting in architectural applications for architects and interior designers. Decoration practitioners and other practical reference. At the same time, the relevant documents and cases are compiled to complete the draft assessment benchmarks for the quantitative benefits of building intelligent lighting, which is conducive to the planning and design stage. According to the space use and environmental characteristics, the most suitable building intelligent lighting design method can be selected.

### Research methods and processes

The research methods of this study are described as follows:

1. Literature survey and analysis method: According to the research topics, this project will collect domestic and foreign architectural smart lighting literature and cases, and summarize the benefits of smart lighting in building energy saving, comfort and convenience, as well as lighting wiring, equipment selection, and equipment maintenance. Renewal, architectural design and interior decoration.

2. Comparative analysis method: Compare and analyze the relevant national standards, industrial standards, literatures, and cases of domestic and foreign architectural intelligent lighting based on literature research and collection, and fully grasp the applicability of architectural intelligent lighting.

3. Expert consultation method: After the preliminary collation of the research results, relevant experts and scholars are invited to exchange opinions and opinions, and to review the content of this research and put forward suggestions for amendments, additions and deletions.

### Important findings

The development trend of smart lighting makes lighting not only the lighting required for work and atmosphere, but not only for space illumination and color temperature. From this plan, we can understand that with the development of the Internet of Things and artificial intelligence technology, intelligent lighting in buildings will achieve better benefits and services in space applications.

From the discussion of this plan, it is also understood that lighting has become an important carrier for space services through simple lighting equipment. Therefore, the application of the Internet of Things and artificial intelligence to architectural lighting will increase year by year and the technology is more mature. Like the evolution of LED lighting technology and applications, in the future, the Internet of Things and artificial intelligence will be more widely used in commercial and government, public buildings, residential buildings, street lights and other outdoor building places. From the perspective of quantitative benefits, the investment recovery period of energy-saving benefits is short, and the cost-effectiveness of reducing maintenance costs is longer. As mentioned above, with the popularization of the market, the price will be reduced. It is expected that the future investment recovery period will be shortened and there will be more applications. Opportunity.

#### Major recommendations

##### Suggestion one

Developed a technical reference manual for smart lighting applications in building space

Host: Institute of Architecture, Ministry of the Interior

Co-organizer: Construction Department, Ministry of the Interior

The plan mainly completes the quantitative benefit evaluation of smart lighting in buildings. However, in addition to the quantifiable benefits of smart lighting, energy saving, and maintenance costs reduction, as discussed in this plan, there are qualitative benefits such as comfort and health. Explore the qualitative benefits and applications of smart lighting in comfort and health, and finally complete the technical reference manual of smart lighting in architectural space for architects' reference in planning and design.

##### Suggestion two



Empirical field of building the Internet of Things and artificial intelligence applied to architectural lighting

Organizer: Institute of Architecture, Ministry of the Interior

Co-organizer: Technology Division, Ministry of Economic Affairs

It is suggested that related plans can establish demonstration and empirical fields for the application of the Internet of Things and artificial intelligence in architectural lighting, and introduce related technologies of the Internet of Things and artificial intelligence. In addition to the factors that can demonstrate the benefits of intelligent lighting, they can promote and drive related design concepts , Technology, and upgrade the verification of industrial technology and related products.



## 第一章 緒論

### 第一節 研究緣起與背景

照明用電占建築物整體耗能約 20~25%，如何在符合室內光環境基準的前提下，應用資通訊科技建立節能之建築照明環境，是智慧照明最重要之課題。照明除質、量的需求設計外，建築智慧照明控制系統亦是落實建築智慧照明之重心。智慧照明控制由過去依需求啟閉、調控外，透過資通訊系統於使用區域內進行佈線，運用設備之感知判斷並依據使用者身心理要求，進而整合並調整空間中之情境使照明設備應用。在滿足量化指標外，可因應使用者需求進行遠端監控，達到安全、健康、貼心、節能與方便維護之需求。因此，結合智慧化科技，系統藉由電腦、伺服器及控制主機等構成管理平台，分析使用、環境條件等因素，透過內部程式運算，處理所接收到的光環境感測資料後，下達指令回饋於照明設備之開關運轉。除了滿足健康舒適條件外，並可達成智慧照明設計的目的、依據使用需求進行管理與調整、營造適當的光環境、確保節能、優化光環境等目標。

基於建築智慧照明技術有別於傳統之建築照明，本計畫期能提出智慧照明於建築應用之技術與案例彙編草案，俾供建築師及室內裝修從業人員等實務界參考。同時，彙整相關文獻、案例完成建築智慧照明量化效益之評估基準草案，俾利於規劃設計階段，可依具空間使用、環境特性，選擇最適之建築智慧照明設計手法。

### 第二節 研究目的

本計畫目的說明如下：

1. 蒐集分析國內、外建築智慧照明相關國家標準、產業標準、文獻及案例，提出智慧科技於室內停車系統、窗邊照明、遠端控制等建築照明之應用技術及案例彙編。
2. 透過文獻及案例等資料分析、專家座談會等方法，歸納彙整智慧照明在建築節能、舒適、便利等面向之效益及照明配線、設備選用、設備維護更新、建築設計及室內裝修等注意事項。
3. 透過資料分析，歸納提出量化效益評估方法與評估基準，使不同之評估者對於智慧照明的效益能有一致性的評估結果。

### 第三節 研究範圍

本研究主要係探討建築室內空間之智慧照明設備、系統，不探討戶外照明。比較分析智慧照明設備、系統之應用，不涉及設備、系統之技術研發。

## 第四節 研究方法與流程

### 一、研究方法

#### 1. 文獻調查分析法

本計畫將依研究議題，蒐集國內、外建築智慧照明相關國家標準、產業標準、文獻及案例，歸納彙整智慧照明在建築節能、舒適、便利等面向之效益及照明配線、設備選用、設備維護更新、建築設計及室內裝修等注意事項，作為提出智慧照明量化效益之評估方法參考。

#### 2. 比較分析法

針對文獻探討與蒐集國內、外建築智慧照明相關國家標準、產業標準、文獻及案例、智慧照明量化效益之評估方法進行比較分析，以充分掌握建築智慧照明評估方式之差異與適用性。並做為建立智慧照明量化效益之評估方法之參考。

#### 3. 專家諮詢法

研究結果經過初步整理後，邀請相關專家學者，進行意見之交流溝通，並針對本研究內容進行審議，提出應修正及增刪之意見，作為本研究研擬智慧照明量化評估方法之參考依據。

### 二、研究流程

研究流程說明如下：

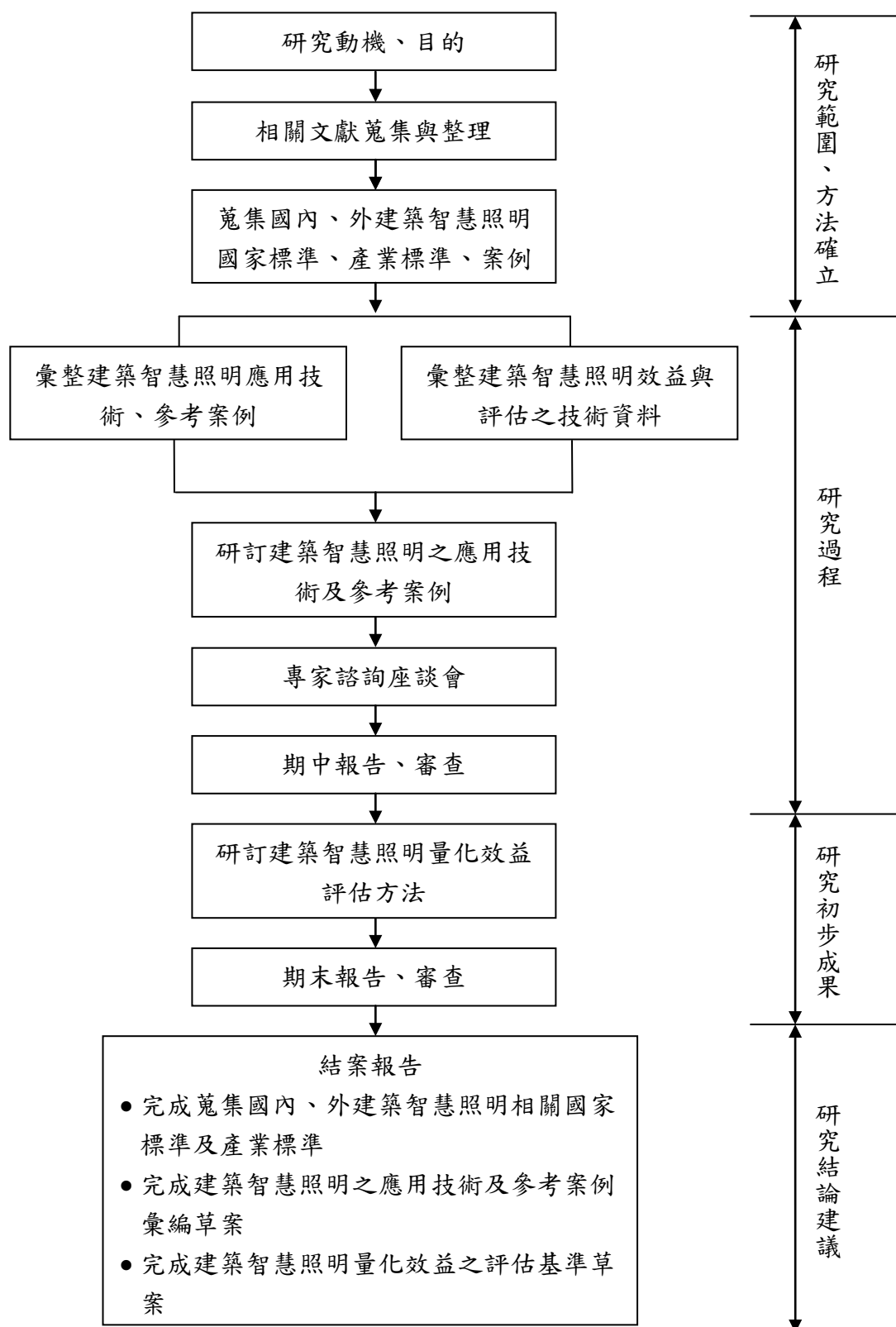


圖 1.1 研究流程圖

(資料來源:本研究彙整)

三、研究進度及完成之工作項目

研究進度及工作項目說明，如下表：

表 1.1 研究進度及工作項目說明表

月 工作項目	第 1 個月	第 2 個月	第 3 個月	第 4 個月	第 5 個月	第 6 個月	第 7 個月	第 8 個月	第 9 個月	第 10 個月	第 11 個月	備 註
蒐集相關文獻												
建築智慧照明國家標準、產業標準之彙整												
建築智慧照明效益、配線選用、設備維護更新、設計注意事項彙整												
建築智慧照明應用技術、參考案例收集、彙編												
專家諮詢座談會												
☆期中報告(06.28)、審查會議					☆							
研訂建築智慧照明量化效益評估方法												
專家諮詢座談會												
建築智慧照明效益之評估基準草案												
★期末報告(10.15)、審查會議									★			
結案報告(12.10)											★	
預定進度 (累積數)	10%	20%	25%	35%	45%	55%	65%	80%	90%	95%	100%	

(資料來源:本研究彙整)

## 第二章 物聯網與人工智慧於建築照明應用文獻蒐集與整理

根據 CNS 智慧照明(Intelligent Lighting)系統標準中定義，智慧照明系統為可依據人類心理/生理需求或被照物，自動調制出最舒適的色溫及亮度之照明。簡而言之，智慧照明由照明產品(以固態照明為主)、感測器(Sensor)、通訊技術以及軟體(控制系統)等技術整合實現。藉由感測器收集資料、共享大數據分析，能夠持續提供高效率的照明解決方案。

智慧照明被視為智慧城市的第一步，因此為照明產業帶來新契機，也促使相關廠商積極布局智慧照明。目前智慧照明廠商相當多元，包括既有照明廠商、BEMS/HEMS 廠商、既有專攻照明控制廠商、相關零組件廠商以及其他等。既有照明廠商布局偏向於垂直整合發展，藉由本身燈具以及掌握照明通路客戶優勢，逐步跨足控制元件，甚至發展到平台/系統，代表廠商包括 Signify、Panasonic、Acuity Brands、Toshiba 等。

BEMS 廠商則藉由其原本的自動控制技術以及掌握建築業者優勢，將智慧照明納入產品項的一環，藉此提供客戶更多建築能源管理解決方案。代表廠商包括 Schneider Electric、Leviton、Honeywell 等。亦有原本就專攻照明控制的廠商如 Lutron，透過併購持續強化在照明控制的優勢，逐步跨足至建築能源管理系統(BEMS)。

本計畫收集物聯網與人工智慧於建築照明應用相關文獻，了解國內外發展之趨勢，作為制定智慧照明效益評估草案之參考，相關文獻彙整如下：

### 第一節 物聯網與人工智慧於建築照明研究發展現況

物聯網概念最早出現於 1999 年，由美國 MIT Auto-ID Center 的 Ashton 教授在研究無線射頻識別技術(RFID)時所提出的概念，乃運用 RFID 結合 Internet 網路架構，讓 PC to PC(P2P)架構擴展到 Machine to Machine(M2M)架構。它的定義是：把所有物品通過無線射頻識別等訊息，將感測設備與網際網路連接起來，實現智慧化的識別和管理。而後，國際電信聯盟(ITU)在 2005 年發佈的《ITU 網際網路報告 2005：物聯網》中指出，無所不在 (ubiquitous) 的物聯網時代即將來臨，在網際網路的基礎上，利用 RFID、無線數據通信等技術，將可建構一個覆蓋世界上所有事物的物聯網。在這個網路中，物品能夠自動識別，彼此進行資訊交流，而無需人為的干預。並以 Internet Of Things 為名，正式提出「物聯網」架構，強調未來數位生活中網際網路將無所不在的發展趨勢。IBM 前執行長 Louis V. Gerstner 認為科技發展每隔 15 年就會發生一次大的變革，1965 年前後以大型

主機為代表，1980 年前後個人電腦普及帶動一波風潮，1995 年前後進入網際網路的年代。

過去的資訊處理模式，往往是將物品設施、空間和資訊設備分開：一方面是機場、公路、建築物、家電用品，而另一方面是電腦與寬頻網路等，透過將物品設施抽象化的方式建置於資訊系統之中，兩者並不能互相直接溝通。物聯網是透過在物品上嵌入無線電子標籤與感應器，通過網路的方式將其發送到訊息處理的平台，而各訊息處理平台可互相連結形成一個龐大的網路，從而對物品進行跟蹤、監控等智慧化管理與分析的目的，實現人與物之間的訊息溝通。在物聯網的整體架構下，電冰箱、冷氣機、燈具等家電設備都可透過有線網路聯網或無線射頻技術、感測設備與網路整合為統一的基礎設施，所有的人與機器以及機器之間的互動都會在上面進行，然後將物聯網與現有的網際網路整合起來，實現人類社會與實物系統的整合。

相較於早期只是單純運用各種感測裝置記錄資訊，目前，物聯網發展最大的進步，乃是運用 IT 系統將收集的資訊串接，進一步分析出更有價值的資訊。因此，物聯網技術不只是 RFID、ZigBee、電力監控機制、溫度感測器等感測或識別機制而已，而是後端 IT 系統的串連，將感測器、設備提供的資訊彙總，分析營運決策資訊，甚至預測未來態勢以提高營運調度的效率。這些技術的總和就是現在的物聯網(Internet of Things)。而過去如此龐大的感測和 IT 系統，只有像 Wal-Mart、Tesco 等超大規模的企業才有能力建置。隨著感測技術和網路技術逐漸成熟，相較於 2005 年時 Wal-Mart 採用的技術，感測網路從只能連結同類物體，到現在可同時串連異質性的物體，讓物聯網的運用能夠更具規模，蒐集不同類型的資訊，使資料更有價值。

以中國小米物聯網平台服務的 IKEA 智慧照明產品為例，2019 年 12 月推出支援蘋果 HomeKit 與小米物聯網平台串連，可將 IKEA 的智慧燈泡等產品應用在更廣泛的物聯網，透過米家品牌裝置普及應用情況，讓 IKEA 智慧照明裝置可被廣泛使用。目前支援小米物聯網平台的裝置已有近 2000 款品項，總連接數量更超過 1.32 億台，小米旗下數位助理服務小愛同學更已經在超過 1 億台裝置內被啟用，每月活躍用戶人數則超過 3400 萬人。小米未來結合人工智慧的物聯網裝置會是發展重心，同時預期 AIoT 應用設計，將會廣泛地整合在每一項裝置內，未來可看見每一款連網裝置都會有 AIoT 的應用設計。

過去資訊化的思考，思考如何來將具體世界抽象化，運用模型呈現問題的解決方案，隨著資通訊技術的推陳出新，物聯網提供了新的維度。除了過去人與人



之間可以在任何時間、任何地點交換與處理資訊外，現在更加入任何物體的資訊溝通與處理分析的角度。根據 ITU 和歐洲物聯網研究計畫小組等機構針對物聯網的定義與概念，物聯網的架構主要可分為三層：

- (一) 下層為「感知層」：由各種資訊擷取、識別的感知元件所組成。
- (二) 中間為「網路層」：即各類傳輸技術。
- (三) 上層為「應用層」：即物聯網的各種應用領域。

物聯網是技術依賴於技術創新，無線射頻識別技術、傳感器技術(transducer)、智慧型嵌入技術、雲端運算技術(cloud computing)、奈米等技術，將使物聯網更廣泛的應用。目前，物聯網重要技術的發展方向，可概分為下列各項：

- (一) 物品識別：利用無線射頻識別技術隨時隨地獲取物體的識別。
- (二) 感測傳遞：透過傳感器的感測(sensor)與觸動執行(actuator)，將訊息得以透過與網際網路的結合方式即時準確地傳送與接收。
- (三) 運算分析：利用雲端運算對龐大的數據和訊息進行即時的分析和處理。

除此之外，在物聯網的發展趨勢下，所有的物件都必須要具備接受、傳遞與處理資訊的能力，因此嵌入式技術的發展更顯相得益彰；奈米材料技術可使得體積越來越小的物體能夠進行交互和連接，也是物聯網發展的技術議題。

物聯網的建構將融合上述技術，來提供一個完全可交互溝通、回饋、即時處理分析的服務環境。針對與資通訊相關的技術發展狀況，說明如下：

- (一) 無線射頻識別技術 (RFID, Radio Frequency IDentification)：使用無線電波來識別物體的無線射頻識別技術，是物聯網發展的中樞。就物聯網來看，RFID 的應用與技術有：物體本身要與其他物體溝通，本身的識別是最基本的因素，一套簡單易用並有效的物體識別系統是相當重要的。物體本身收到事件經過捕捉與查詢處理，可觸發動作並做本身或相關物體狀態的改變。

EPC global 致力於全球標準的創造與應用，推動 RFID 標準化。產品電子碼 (EPC, Electrical Product Code) 是透過 RFID 標籤，應用在識別實體物件。而標準化的 EPC 標籤編碼資料包括：可獨一無二辨識各別物件的 EPC 號碼，及有效區分品項類別和品項序號的過濾值等，EPCglobal 已公告 1.5 版的標籤資料標準(Tag Data Standard)。

應用層事件(ALE, Application Level Events)為一 EPC global 軟體標準的名稱，這標準規範客戶端應用程式欲與來自不同源頭、已過濾、篩選過的 EPC 相關資料產生互動所需要的軟體介面。換句話說，ALE 提供了便利的方式供應用程式和 RFID 讀取設備互動，進行 RFID 標籤的讀取或寫入動作。EPCIS 位於 EPCglobal Network 最頂層之位置，位於標籤及讀取器還有中介軟體之上，由於每個企業內部的 IT 環境大不相同，為了達到企業間 EPCIS 資料分享的目的，EPCIS (EPC Information Service) 比起 EPC 網路架構底層的成員更為複雜及多樣化，抽象資料模型定義所有 EPCIS 型式的資料結構與特性、相關性，以及使用規則；資料定義層定義了 EPCIS 核心事件資料型態，目前已有 Object Event、Aggregation Event、Quantity Event、和 Transaction Event 共四種型態；EPCIS 服務層提供兩項核心服務，藉由 Capture Interface 捕捉在真實世界發生的 EPC Event，由 Query Interface 負責處理 EPCIS 的查詢請求並回傳相關資料； Bindings 的目的在於連結資料定義層與服務層的元件好讓 EPCIS 具有資料分享的能力。

- (二) 智慧型傳感技術(Smart Transducer)：傳感器具備探測和記錄物體物理狀態改變的能力，也可觸發周圍環境的變化。一般而言，感測器和執行器是常見到的傳感器。傳感器在連接物理世界和資訊虛擬世界上有界接的作用，感測器從環境中收集資料、生成資訊，並提高對周圍環境的意識；執行器使得物體能夠對周圍物理環境的改變做出反應。傳感器的範圍廣泛，包含溫濕度計等感應裝置、指紋與聲紋生物本身識別特質等位置感測技術等。未來透過奈米技術，甚至如灰塵微粒都能被識別並納入物聯網，在環境中處處嵌入智慧，刺激更多創新產品和服務的誕生。物聯網應用在智慧型傳感技術而言，物品本身與外界溝通，常具有探測物體物理狀態改變與觸發執行的能力。透過 TIM (Transducer Interface Module) 來與外界實際連結，物體中的嵌入式智慧，透過網路邊界轉移資訊處理能力而增強網路的威力，提供更高的資料處理能力和網路彈性，可藉由 NCAP (Network Capable Application Processor)技術達成。

傳感器的應用包含製造業、工業控制、汽車、航太、建築及生物科技等，日益朝低價位、多用途、網路及無線訊號傳輸的方向發展。由於每家傳感器製造商的界面標準不同，傳感器製造商要製造可支援所有的界面標準的元件，相當困難、且耗費時間及增加成本，這是目前智慧型傳感器的開發及重要的課題。

國際 IEEE 1451 系列標準是很好的依循準則，IEEE1451.1 標準定義了網路獨立的資訊模型，使傳感器透過具備網路能力應用系統處理器 NCAP 連接到控制網路；IEEE1451.2 標準定義了一個智慧傳感器介面模組 STIM (Smart Transducer Interface Module)，主要包括電子資料工作表單 TEDS (Transducer Electronic Data Sheet) 和與傳感器無關的標準介面 TII (Transducer Independent Interface)。IEEE 1451.5 標準則定義無線傳輸的相關規範，包含 Blue Tooth、WiFi、ZigBee 等。

(三)雲端運算技術(Cloud Computing)：國際主要的資訊服務業者如 Google、IBM、Microsoft、Amazon 等，大力推動並提供強大雲端運算能力與完善的應用服務環境。雲端運算是 Google 提出的分散式運算技術，讓開發人員很容易開發出全球性的應用服務，雲端運算技術可以提供自動管理大量標準化(非異質性)電腦間溝通、任務分配和分散式儲存等服務。然而以企業考量資安問題，內部資料的安全性與管理權限的掌握是極大的發展議題。

物聯網提出千千萬萬的物體做即時溝通與訊息處理，如果接收到的訊息能透過雲端運算，進一步提供資料處理與訊息解析，將會提供更完善、全面、多元的服務。

分析目前市場應用趨勢，ITU(國際電信聯盟 International Telecommunication Union，簡稱 ITU)在 2005 年的報告中描繪「物聯網」年代到來時的場景：當司機出現操作失誤時汽車會「自動報警」；公文包會「提醒」主人忘帶了什麼東西；衣服會「告訴」洗衣機對顏色和水溫的要求等。物聯網可以把新一代資通訊技術充分運用在各行各業之中，近年來 RFID 被認為是影響未來全球產業發展之重要識別技術，目前在商業市場中應用最多的有貨物管理、物流運輸系統、物料控制管理、門禁管制，還有其它的包括運動休閒賽會計時計測、醫療應用、交通運輸、防盜應用等。

目前除了可以照明也可以傳送資料及影像，以工研院開發的「LED 可見光通訊系統」為例，將可見光通訊模組裝置在 LED 燈具上，透過 LED 照明，在傳輸距離約 3 公尺時能達到每秒約 100Mbps 的傳輸容量，讓 LED 燈兼具節能照明與智慧通訊的特性，提供寬頻上網、室內導航、服務人員位置管理。與手機結合後，還能協助賣場進行定位服務等商業應用。

目前「可見光通訊系統」主要採用耗電低、壽命長的 LED 燈，並透過所發出的可見光來傳輸資料。因此除了在發射端會將通訊網路與 LED 燈連結，並將資料經轉換後隨可見光傳送出去，同時在接收端還會設置可見光接收器，用以接

收解讀資料後傳至電腦或手機等資訊設備中。如果有資料上傳的需求時，則可視應用場域狀況，利用紅外線、Wi-Fi 或是增加可見光設備等方式傳輸。該系統整合了通訊與照明，讓資料的通訊傳輸可以有新的頻譜；且異於電磁波的可見光譜，不僅不需要昂貴的頻譜授權(License-Free)，更不用和既有的 Wi-Fi、Zigbee、藍牙等通訊技術使用相同頻段，可避免互相干擾，甚至對人體也無害，更適合用在醫院、飛機等較易受電磁波影響的場域。

此外，由於透過可見光傳輸資料，加上 LED 光波具有指向性、有一定發光角度，只要接收端一離開發光範圍，或是 LED 可見光被遮蔽，就會立即斷訊、中止傳輸，不像 Wi-Fi 等通訊技術可以廣域使用。「可見光通訊系統」更具備資料及網路安全的特性，可用於需要保密的會議室通訊系統等。同時也因為 LED 的照明範圍有限，只要經過燈光下就可有效辨識位置，還可當成精準室內定位的工具。這項技術的多種特性，能帶來廣泛應用。例如在餐廳中提高調度人員效率，以便就近服務有需求的客人，或確保大樓保全人員在各重要地點都有巡視等。而在各類商店及賣場中，也可以藉由「可見光通訊系統」傳送商品優惠或促銷資訊，消費者只需透過手機就可接收訊息。其他較特別的應用場域，包含用在水中的訊號傳輸，讓潛水人員之間可以透過光來傳遞聲音等訊息、進行水中導覽，同時也提高安全性。或是對於海域狀況的監控、水中工程的施作等，也能先將影像等資料儲存後，再派水下無人載具將資料收集回來，這時就能透過可見光來傳輸，並減少佈建網路線的成本。

照明原本單純的只是人類對抗黑暗的手段之一，由最早的火焰，歷經各種傳統光源，直至發光二極體的問世，當照明控制數位化之後，智慧照明成為智慧生活的重要一環，不僅做為夜間的主照明，更可以配合不同的需求，創造出不同的情境。且控制的方法也不再侷限於傳統的二線式控制，而是進一步的可以透過廣域網路進行遠端控制，或透過場域網路進行近端控制。除了使用實體的網路線材及電力線(PLC)進行控制訊號的傳輸之外，近幾年，智慧照明控制更發展至無線技術，常見的有 Bluetooth、Zigbee 及 Wi-Fi。智慧照明廣泛應用在每個人周遭，而且常常搭配其他終端設備，如下面案例：

- (一) 室內停車系統：當車輛經過車牌辨識確認身分後，昏暗的室內停車場隨即點亮相對應的指示燈，引導車輛行駛至正確的停車位。
- (二) 窗邊補光系統：人們喜愛坐在窗邊的位置，但窗邊的照明容易受到戶外氣候的影響，因此，窗邊補光系統可以維持窗邊位置一定的照度。
- (三) 保全安控系統：使用頻率較低的區域(例如，茶水間、梯廳、走廊、洗手間等)，可以採用感知器，根據人員存在與否開啟或關閉該區的照明系統，

甚至可以設定無人或離峰時段開啟 20% 的亮度，可以避免跳燈設計上的不舒服感。

- (四)公共區域預約系統：透過區域網路的預約系統，預約社區的公共區域，或是預約辦公大樓的會議室，當該區的綠色指示燈亮起時，表示尚未被預約；若該區的黃色指示燈亮起時，表示該區已被預約，但還沒使用；若該區的紅色指示燈亮起時，表示該區正在使用中。
- (五)居家照明管理：在玄關處設置人機介面，收集屋內各種用電資訊，包含照明系統。除了出門前可以再次確認屋內的電氣設備是否關閉外，返家時亦可在玄關處開啟屋內的照明。
- (六)戶外光雕系統：戶外光雕的排程及內容，透過特定的編程軟體及控制主機進行燈光節目的展演。

LED 線性驅動、數位調光技術、光電一體設計的日益成熟，加上智慧照明系統管理平台的通訊協定問題解決方案漸趨穩定，智慧照明在數位家庭、建築及公共領域的發展，將在照明應用市場掀起革命性的改變。透過通訊協定，LED 照明技術可以控制到局部、區域，全區等，視使用者範圍需求提供適度足夠光源照明，並非以往一個開關就全亮/全暗的照明系統，減少不必要的照明就是降低浪費的電費支出，台達電 LED 照明 解決方案以專業先進技術協助降低用電，減少二氧化碳排放量。隨著逐漸成熟的技術，LED 可調光的特性，使得燈具不再只是照明工具，還可以用來營造氣氛；藉由調光及調色，能在同樣的一個空間內，因應不同的活動，搭配不同的照明。而台達電以領先全球的核心技術，結合無線遠端連線與智能控制平台，更提供較以往環保節能的綠色城市智慧照明解決方案。

智慧型傳感技術可以應用的範圍包括：汽車、居家照護、醫療保健、安全監控、設備系統等，隨著技術的提升與單價的下跌，建置的數量將會明顯的增加。物聯網與網際網路整合後，可預期會存在能力超級強大的雲端運算處理群，來智慧化的整合與管控整體網路內的人與物。這些應用可包含：產品開發流程管理、生產履歷管理、個人健康促進、智慧安全監控等。

然而，走向物聯網時代必須面對問題與挑戰有哪些?簡要說明如下：

- (一)標準的訂立與推動：標準化對任何技術的大規模部署都是必要的，如何制定一套可依循的規範是很大的課題。
- (二)技術發展的適用性：相關技術發展的期程與本身的適用性也會是一個必

須注意的因素。

(三)資料氾濫的問題：實體世界中的各種資料進入後會開始出現資料氾濫的問題，如何分析並產生「有效的訊息」是物聯網的重要課題。

(四)使用者抗拒的心態：無論推動哪種改變，個人的隱私與資料安全都會是個議題。在追蹤用戶位置變化，收集用戶興趣等應用都將產生使用者抗拒的心態。

除了上述的議題與挑戰外，這些議題將因物聯網時代的接近而逐漸發酵，但是也可以樂觀地預估這些問題也終將迎刃而解。<sup>1、2</sup>

當前物聯網與人工智慧於建築照明研究發展現況進行說明：

#### 一、物聯網於建築照明研究發展現況

物聯網(Internet of Things, IoT)將現實世界數位化，讓原本獨立的物體組成互聯互通的網絡。物聯網主要應用領域為：運輸物流、醫療保健、各式建築(家庭、辦公、工廠等)，物聯網將不僅限於工業商務應用，更會深入生活，其發展前景和對社會的影響無遠弗屆。國際研究機構 Gartner(高德納公司)估計，2017 年全球聯網裝置量已達 84 億個，較 2016 年提高 31%，2020 年則上看 204 億個。2017 年大規模部屬物聯網裝置的產業為除智慧電表之外，智慧製造設備、發電廠偵測器、醫療保健實時定位設備等，約部屬 16 億台；2018 年智慧建築(包括 LED 照明、空調設備、安全監測系統等)的跨產業設備顯著成長，預估 2020 年將會再提高至 21.46%，跨產業裝置將高達 44 億個，而垂直產業則是 32 億個。

物聯網產業架構可分為三層，分別為：應用服務層、網路層與感測層，將這三個層面分析台灣發展物聯網產業之現況與挑戰說明如下：

(一)感測層：感測層主要發展技術為感知技術，主要研發方向為體感技術、影像感測、氣體及其他感測器，目前主要挑戰在於提升物聯網核心感測關鍵技術及軟硬體系統整合能量。

(二)網路層：網路層主要發展的技術為感測網路與寬頻網路技術，主要研發方向為低耗能通訊技術、無線通訊傳輸以及小型基地台研發，目前主要挑戰在於，全球物聯網標準不一致，台灣應建構開放共通平台，加速孕育物聯網產業生態系。

<sup>1</sup> 逢甲大學網站 [http://www.iitrc.fcu.edu.tw/page.php?go=doc\\_rfidiot\\_1](http://www.iitrc.fcu.edu.tw/page.php?go=doc_rfidiot_1)The Internet of Things

<sup>2</sup> i-Japan Strategy

- (三)應用服務層：應用服務層主要包括系統與解決方案、服務平台技術、以及優化分析應用技術。主要開發領域為智慧雲端平台、能源優化、雲端監控等，目前在應用服務層遭遇的主要挑戰，在於如何創造差異化及在地化之創新思維。

台灣和國際市場一樣，物聯網的成長極為快速，但需要克服的障礙有：

- (一)物聯網感測核心技術待精進：目前物聯網感測核心技術，有關感測精度、範圍、感測數據回傳等方面，仍有不少改善空間。
- (二)網路層開放共通平台之建立：網路層面收集資訊，則需要建立開放共通平台，促進生態系統的發展，以確保資訊的使用、共享及安全等目的。
- (三)應用服務層的服務落實：應用服務這方面仍需要強化服務的差異化和在地化，以滿足不同智慧建築之需求。

## 二、人工智慧於建築照明研究發展現況

人工智慧指的是能夠通過圖靈測試(Turing test)，1950年圖靈提出判斷機器是否能夠思考的著名試驗，至今已知的深度學習(deep learning)等演算法，即是過程中所發展出來的技術。這些技術被定義為「AI技術」，不應與AI直接混為一談，區分「AI」與「AI技術」的原因在於，至今已知的AI技術無法成為真正的AI，也就是電腦能像人類一樣思考，而且比人類更聰明的那個時間點(奇點，singularity)，不會由已知的AI技術獲得。目前已知「AI技術」之所以無法進化為「AI」，是因為即使是模擬「神經元」的資訊傳導模式發展出來的演算法(如深度學習等)，其運作模式更接近無腦生物(如海星)的神經元，遑論從無腦生物再到會思考的人類大腦間，運作機制的差異還有多麼遙遠的距離。

1982年日本通商產業省(現在經濟產業省的前身)主導經費約500億日圓的第五代電腦計劃，該計畫想要透過「邏輯論證」式的演算法，來達到自動診斷和機器翻譯的目標。邏輯論證式AI技術與目前主流AI技術的差異在於，目前主流AI技術是「統計機率」式演算法，可容許問題與解答間具有更模糊的關係，能夠解決更複雜的問題，實用性因而大增。第五代電腦計劃最後是以失敗收場，然而作者卻遍尋不到通產省承認失敗的正式檢討報告；這種失敗又不正面承認的心理，導致日本對AI研發的態度相當保守。美國IBM一家企業就投下10億美元研發人工智慧「Watson」。

經濟環境方面，日本以製造業為主的國家發展模式，造成對AI技術發展的限制。日本發展最先進的自動化工廠，未積極冒險使用判斷過程中，可能造成重

大事故的統計機率式 AI 技術；跟 Google 和 Facebook 等「服務業」的思維完全不同的。Google 和 Facebook 提供的無償服務，因演算法失誤造成損失的風險相對就非常低，所以 AI 技術主流自美國萌芽，發展到今天的程度。

20 世紀初，當工廠引進傳動帶之後，工廠進入初階自動化階段，事務作業增加，開始有了白領階級出現；但直到大學普及、白領階級大量增加之前，很多工廠勞動者失業，成為大蕭條的遠因。因為這批失業者，就是未能達到白領階級所需的技能與知識，無法馬上進入新勞動市場的勞動者。隨著 AI 的出現，當時的情景已經在這世界重演。<sup>3、4</sup>

人工智慧(Artificial Intelligence)便是模擬人類的思考過程步驟，然後設計一電腦程式運用相同之過程步驟來解決問題，如此人工智慧提供了一套簡單，具結構化的方法來設計可協助我們做決策的程式。事實上目前 AI 的發展與其說是「人工智慧」，不如說是「人工知識庫」，目前 AI 的技術已經應用在以下重要的範圍：

- (一) 專家系統(Expert System)。
- (二) 自然語言處理(Natural Language Understanding)。
- (三) 電腦視覺(Computer Vision)。
- (四) 語音辨識(Speech Understanding)。
- (五) 機器人應用(Robotic Application)。
- (六) 類神經網路(Artificial Neural Network)。
- (七) 智慧型代理人(Intelligent Agent)。

其中，最具有突破性及實用性當以專家系統為代表，目前已有許多的實際應用。一個專家系統由知識庫(knowledge base)和推論引擎(inference engine)等機構所組成。當我們付予它某一領域的專家知識時，它便能模仿人類專家去求解問題並提供最適當的意見。由於人工智慧發展的歷史尚淺，還有許多的可能性，相信只要發揮想像力和創造力，以改善人類的生活品質。

各國推動科技政策重點多集中在永續、再生、綠色等思維，特別是德國所推動的工業 4.0，就強調綠色製造、智慧製造的想法。2012 年人工智慧就因為深度

<sup>3</sup> 新井紀子 (2018)。AI vs. 教科書が読めない子どもたち。東洋經濟新潮社。

<sup>4</sup> Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). Artificial Intelligence, Automation and Work (No. w24196). National Bureau of Economic Research.



學習應用在 Imagenet 所舉辦的圖像識別競賽的突破引起學界的關切，而這波由人工智慧掀起更大的浪潮是在 2016 年由 Google Deepmind 所舉辦的人機圍棋競賽，人工智慧 Alphago 打敗李世石，讓世人見識到人工智慧的威力。2016 年開始，各國的科技事務主管部門就紛紛針對人工智慧，推出各式推動政策。也可以看到許多資訊議題、3C 產品也結合人工智慧技術，推出許多新的服務及產品，有許多團體針對物聯網(IoT)，提出了應結合人工智慧的 AIoT 構想。

人工智慧對未來科技發展的重要性，不管是美國、中國、歐陸或是日韓等國，都針對人工智慧發佈相關的重要政策，以作為國家資源投入及推動政策的重點方向，而這些推動政策的發佈時間也多集中在 2016~至今。韓國在 2018 年由該國未來創造科學部 (Ministry Of Science, ICT and Future Planning, MSIT) 所提出的《創新成長引擎》(The Innovation Growth Engine Leading Preparation For The Fourth Industrial Revolution) 即以工業革命 4.0 為主，但核心內容多與人工智慧技術相關。其主題共有四個部份：

- (一)智慧基礎建設
- (二)智慧型行動載具
- (三)服務一體化
- (四)產業基礎

其中就強調了人工智慧在其中的作用，以服務一體化為例，其中包含四個子項，分別為：智慧城市、AR/VR(擴增實境、虛擬實境)、個人化醫療、智慧型機器人。韓國的創新倚重人工智慧技術的突破，不管是大數據、機器人、半導體等都環繞著人工智慧核心技術，因此人工智慧將是未來 20 年的技術高地，各國為了搶占戰略優勢，必將投入大量的資源與人力在人工智慧技術的開發上。

表 2.1 韓國人工智慧創新成長引擎內容

分類	領域	2022 年願景	主導部會
智慧型基礎建設	大數據	改善大數據預測分析精確度，並於 2022 年建設高品質的大數據資料庫	MSIT
	下世代通訊	透過 5G 商業化及物聯網提供公佈與推廣服務一體化	MSIT
	人工智慧	透過發展與推廣人工智慧核心技術彌補技術落差，以強化下一代人工智慧技術的專利權來確保技術競爭力	MSIT
智慧行動載具	自動駕駛車	讓達到第三級水準的自駕車上路以及打造自動化運輸系統。	貿易工業能源部 土地、基礎建設與交通運輸部 MSIT
	無人機	發展與商業化公用與產業用無人機技術	土地、基礎建設與交通運輸部 貿易工業能源部 MSIT
服務一體化	個人化醫療	發展與實施基於 ICT 技術融合醫療設備的個人化醫療及精準醫療系統。	衛生福利部 MSIT 貿易工業能源部
	智慧城市	採用智慧技術的永續智慧城市平台以及創新模型來解決城市問題	土地、基礎建設與交通運輸部 MSIT
	虛擬與擴增實境	提昇 VR/AR 融合內容/服務/平台/設備等相關技術以加速產業融合(教育、製造、國防等)	MSIT 貿易工業能源部 文化運動與觀光部
	智慧型機器人	發展及促進智慧型製造業機器人及醫療安全服務機器人來改善生產率及生命品質	貿易工業能源部
產業(基礎)	智慧型半導體	取得人工智慧半導體核心技術，包括超低能耗奈米級元件及神經形態晶片	MSIT 貿易工業能源部
	先進材料	發展交通運輸用的超輕材料及實現先進材料加工系統(包含機械工具)本地化。	貿易工業能源部 MSIT
	創新新藥	透過新藥候選發現及臨床/非臨床研究開發出創新型新藥	MSIT 衛生福利部 貿易工業能源部
	新型與再生能源	實現再生能源發電佔據總體發電量的 20%	貿易工業能源部 MSIT

(資料來源：韓國未來創造科學部，<https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10418>)

人工智慧在未來對各領域的技術開發或應用服務都將扮演一個關鍵且重要的角色，傳統機器人或電腦沒有學習能力無法應付突變狀況，未來以人工智慧技術所驅動的自主化機器人/電腦，將能夠自主學習、分析歸納，對突發狀況提出

可能的解決方案。

各國非常重視人工智慧的發展，自 2016 年開始各國陸續推出人工智慧推動策略。首先以美國為主，美國作為全球性的創新大國，人工智慧各類創新研發及應用服務也多為美國率先推出，掌握資通訊尖端科技的企業及學研機構也多以美國為主，因此美國部會首先就意識到人工智慧的重要，2016 年由白宮科技辦公室推出了三份與人工智慧有關的策略報告。分別為：

- (一) 國家人工智慧研究發展戰略計畫書( National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan )
- (二) 國家人工智慧、自動化與經濟計畫( Artificial Intelligence, Automation, and the Economy )
- (三) 準備迎接人工智慧未來( Preparing for the Future of Artificial Intelligence )

三份報告分別闡述美國政府將在人工智慧研發投資的長期策略；人工智慧與自動化對社會、經濟層面的影響；以及人工智慧的管理、倫理、公平、法規管理等內容。唯川普上任後並沒有提出一套完整的人工智慧發展策略。

2017 年英國、法國、中國、芬蘭、日本等國均推出相關發展策略，以中國為例，中國國務院在 7 月 20 日發佈了《新一代人工智慧發展規劃》( 新一代人工智能發展規劃 )，對中國的人工智慧發展定出三大策略目標：

- (一) 2020 年人工智慧總體技術與應用與世界先進水準同步：相關產業成為新的經濟成長驅動力，人工智慧成為改善民生的新途徑，促使中國成為創新型國家行列，人工智慧產值達 1,500 億人民幣，並帶動相關產業規模達一兆人民幣，並且建立初步的人工智慧倫理及管理規範
- (二) 2025 年人工智慧論理取得突破，部份技術達到世界領先水準：人工智慧成為產業升級、經濟轉型的主要動力，並在製造、醫療、城市、農業及國防領域得到廣泛的應用，人工智慧產值達 4,000 億人民幣，並帶動相關產業規模達 5 兆人民幣，形成人工智慧安全管理及評估能力
- (三) 2030 年在人工智慧理論、技術與應用達到世界領先水準：成為世界人工智慧創新中心，在智慧經濟與智慧社會均取得明顯成效，躋身創新型國家及經濟強國，形成涵蓋技術、系統、平台與應用服務的完整產業鏈，產值達一萬億人民幣，並帶動相關產業規模達 10 兆人民幣，並建立完善的法規、倫理規範及政策體系。

要達成上述的策略目標，具體的重點任務及工作包含了：

- (一) 建構開放協同的人工智慧科技創新體系
- (二) 培育高端高效的智慧經濟
- (三) 建設安全便捷的智慧社會
- (四) 加強人工智慧領域的軍民融合
- (五) 構建泛在(ubiquitous)安全高效的智慧化基礎設施體系
- (六) 前瞻佈局新一代的人工智慧重大科技項目

其他的措施還包含了：資源配置、資金統籌、保證充足的資金投入以及配套的法律、政策、智財權保護、安全監管評估、人才培訓、科普推廣、試點示範等涵蓋社經及輿論造勢的作為，來確保人工智慧發展的成功。

而英國在 2017 年 10 月發佈了人工智慧發展報告，隔年 4 月該國的 BEIS (Department for business, energy and industrial strategy)和 DCMS (department for digital, culture, media and sport)兩個部門共同推出《產業策略：人工智慧部門協議書》(AI sector deal)，該協議書目的為在面臨未來人工智慧與數據經濟、行動未來、潔淨成長以及高齡化社會四大挑戰下，如何推動英國成為人工智慧全球領先國家。在推動研發資源投入(ideas)、人力與人才培育(people)、數位化基礎建設(infrastructure)、產業創新環境優化(business environment)及在地鏈結(places)等五大部份作出因應策略。在研發資源投入上設定 2027 年，英國的研發投入佔 GDP 比要到達 2.4%，並投入 9 千萬英鎊在研發極端環境用的機器人與人工智慧計畫，3 億英鎊用於補助人工智慧與數據科學研究及博士訓練，4 千萬補助圖靈研究院；在人才培育部份，則建立一套技術教育系統，以達到能與先進國家教育體系並駕其驅的地位；同時投入 4 億英鎊在 STEM 的教育訓練上，以補強學生的科學、技術、工程與數學的能力；在基礎建設上共投入 310 億在交通、住家及數位化建設上，其中包含 10 億在 5G 行動網絡建設，以建設下世代數位網路建設；在打造產業環境上，政府將成立一個產官學研界學者專家組成的人工智慧委員會，委員會負有行動、監督交易、鼓勵產業、向政府建言的責任權力；在在地鏈結部份，四年投資 2.1 千萬英鎊開發英國科技城，作為提供科技公司、新創公司發揮潛力的場域。

為了應對 AI 將可能帶來的挑戰，作為歐洲地區在科技研發投入具有風向指標意義的歐盟，也在 2018 年 4 月 25 日發布了一則新聞，宣稱從 2018~2020 年間，結合公私部門在製造、交通與醫療等關鍵領域投入 200 億歐元在 AI 的研發與創

新上。同時為了吸引更多的投資，對資料在 AI 的應用將有更積極的作為，包含立法針對公共事務、環境、學術研究、醫療領域的開放資料應用使資料共享變得更容易與方便，從而促進 AI 的研發與創新。對人工智慧未來所可能產生的法律與倫理挑戰問題，歐盟成立人工智慧聯盟 (European AI alliance)，根據歐盟基本權利憲章 (charter of fundamental rights) 的指導原則，保護資料及透明性的原則下，能夠在 2018 年底提出人工智慧倫理規範指導原則；並在 2019 年中能夠就 AI 技術發展現況，提出《產品責任指令》的指導意見，在產品出現缺陷情況下釐清消費者及產品的法律關係。在人才培育部份將強化會員國的教育與培訓體系以滿足未來的需求，利用歐盟社會基金(European social fund)的補助下，針對數位技能、STEM、創新能力和創業精神進行專門的培訓；同時在下一個多年期金融框架(2021~2027)計畫下，強化對數位化技術、人工智慧專業的培訓。

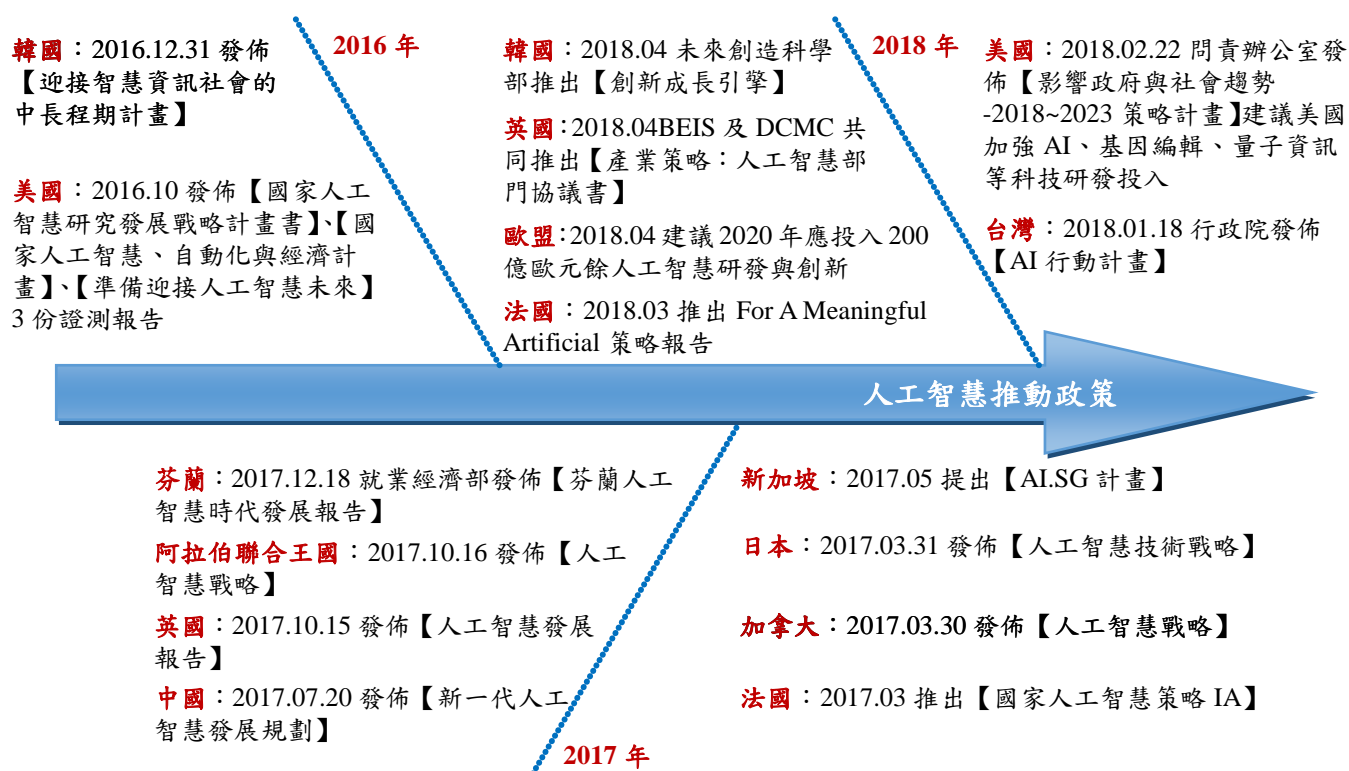


圖 2.1 近年各國人工智慧策略發展動向

(資料來源：<https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10418>)

除了大國與先進國家所推出的政策外，新加坡、阿拉伯聯合王國、加拿大等國也推出各自的人工智慧發展策略；這個趨勢在 2018 年也沒有冷卻，許多國家持續對人工智慧推出更多的行動與策略，如韓國就如前文所述的推出創新成長引擎，大幅強化人工智慧的重要。我國也在 2018 年 1 月 18 號由科技會報辦公室提出為期四年的《台灣人工智慧行動計畫》。主要聚焦在「人工智慧人才衝刺」、「人

工智慧領航推動」、「建構國際人工智慧創新樞紐」、「場域與法規開放」、「產業人工智慧化」等五項重點工作。基本上涵蓋了整體的環境建設，打造一個從人才培育、環境建置、技術開發、產業推動、資源互動交流的生態圈，並結合現有之5+2 創新產業方案(智慧機械、亞洲矽谷等)，由5+2 產業創新中心提出問題，讓部會協助提供 AI 應用解決方案；自 2018 年~2022 年每年投入一百億台幣預算。在研發投入部份也將聚焦在台灣原有就有堅強基礎的半導體技術，研發高功率、低耗能的人工智慧晶片(半導體射月計畫)，計畫為期四年，預期每年投入 10 億進行晶片主題的研發，包含半導體製程及晶片系統，在技術投入的選擇上已具有一定的聚焦性及選擇性。



圖 2.2 《台灣人工智慧行動計畫》推動架構示意圖

(資料來源：行政院《台灣人工智慧行動計畫》，2019)

隨著物聯網帶來海量數據的蒐集、晶片技術成熟及演算法持續優化等因素，人工智慧(Artificial Intelligence；AI)相關應用備受各界關注，不僅研究機構如Gartner將AI列為2017年10大技術趨勢、麥肯錫顧問公司(McKinsey & Company)亦將AI視為未來數位化重點，先進國家如美國、日本、韓國等已將AI納入國家重要政策，我國「亞洲·矽谷」計畫亦將AI納入未來聚焦推動的關鍵議題，顯見AI已蔚為各界關注焦點。依國內外智庫研究，AI的發展趨勢可歸出幾項重點：

- (一) 未來將聚焦於機器人及自動駕駛(robotics and autonomous vehicles)、機器視覺(computer vision)、語言(Language)、虛擬代理(virtual agents)、機器學習(machine learning)5項技術。

- (二)高科技、通訊、金融服務、醫療、交通、能源、旅遊等產業，在 AI 應用面最被看好
- (三)在 2020 年 AI 將創造 3,000 億美元的商業價值；到了 2021 年，30% 的經濟成長將與 AI 相關
- (四)AI 的發展將需要更高端的運算效率、更精準的感測能力、更優化的辨識效能，此將帶動晶片設計及半導體技術的發展

從各國科技政策來看，AI 已列為重點發展項目，例如美國於 2016 年 10 月發佈「The National AI R&D Strategic Plan」，著重技術研發、人機協作、系統安全、人才培育等基礎環境建置，並推動製造、物流、金融、運輸等產業應用；日本於 2017 年 3 月公佈之人工智慧三階段工程，推動實證試驗、放寬法規限制等應用策略，普及 AI 在製造、物流、醫療保健等產業之應用；韓國於 2016 年 8 月「第二次科技技術戰略會議」選定 AI 為國家戰略計畫之一，建立國家級 AI 中心，並以國防、治安、老人照護等公領域服務為先導。

目前政府亦積極推動 AI 發展，包括科技部將建構雲端服務及大數據運算平臺、創新研究中心兩項策略各編列新臺幣 50 億元，以完善基礎環境；經濟部、科技部規劃晶片設計與半導體科技研發策略，強化 AI 發展能量，促進國內 AI 產業的蓬勃發展。國發會協調推動的「亞洲·矽谷」計畫也已將 AI 納入未來聚焦的七項關鍵議題之一，並策重 AI 應用面，例如規劃辦理 AI 相關活動，以鼓勵新創發展 AI 應用；將 AI 結合雲端平台、大數據分析等技術，發展如自動駕駛、交通、環境等相關創新應用，共同促進國內 AI 產業的蓬勃發展。

綜合上述資料的整理可見，未來各國將持續投入人工智慧技術的研發創新，對人工智慧的發展與關切已成為各國的共識，如何降低人工智慧在未來引發的風險、導正民眾對人工智慧的期望與認知，促使人工智慧發展走向正確的道路將是未來各國政府及各界應深思的課題。

AI 技術從軟體應用領域，延伸到更多企業應用現場，光是臉書 Messenger 上的 Bot 就超過了 10 萬個，智慧喇叭 Echo 更掀起一股家庭 AI 化的風潮，深度學習框架產品化和服務化，帶動了各式各樣的 AI 應用。以下就舉幾個有關 AI 的應用案例：

- (一)三大 AI 應用炒熱溫布頓球賽氣氛：溫布頓網球賽無疑是全球關注最熱切的網球公開賽，不只因為最高額獎金或網球天王加持，為了炒熱球賽話題，主辦單位全英草地網球俱樂部運用了多項 IBM Watson 認知技術來炒熱氣氛，並提高球迷參與度。IBM 一方面用 Watson 探索服務分析



過去 22 年累積的 5,371 萬筆球賽記錄，找出最能炒熱球賽氣氛的關鍵資訊，其次也利用語意分析追蹤 1,700 萬則來自社交媒體的討論內容，隨時提供最夯話題給轉播團隊或媒體，並設計了一款球賽數位語音助理 Ask Fed，在手機上提供各種球場諮詢、帶位、購票、點餐、周邊活動提醒等個人化客服服務。

(二)瑞典工具機大廠運用 AI 讓異常預警速度快 20 倍：瑞典百年工具機大廠 Sandvik Coromant，產線上經常會用到高精細切割操作的切割機器，每部機器都內建大量感測器，為了追蹤機器中上千個可動零件是否正常運作，甚至做到預防性的設備維護，Sandvik Coromant 利用機器學習技術訓練出預警模型來進行異常事件判斷。過去得將感測器蒐集的資料傳上雲端分析，平均得花 2 秒才能回報結果，這家公司改用工廠產線旁的邊緣運算伺服器，來執行機器學習預警模型，不用回傳雲端就能進行分析，讓預警時間縮短到 0.1 秒就能反應，足足快了 20 倍。

(三)新一代 CNC 工具機靠 AI 提高異常檢測率：日本工具機廠商大隈於 2017 年 4 月推出了新一代 AI 化的 CNC 工具機，內建了使用深度學習技術設計的 AI 診斷系統 OSP-AI。OSP-AI 系統會自動偵測 CNC 工具機進軸運作情況，若發現有任何異常，例如：溫度過高、異常震動等，利用深度學習來提高分辨機器異常的判斷率，而不像過去得靠有經驗的師傅才能準確判斷。發現異常，OSP-AI 會發出警告通知操作人員，並以顏色來區分異常事件的嚴重程度方便識別，再由人工進行確認後進行後續故障處理。

(四)奇異運用擴增實境讓製造工廠變數位工廠：奇異公司(GE)2017 年在全球製造工廠生產正式導入擴增實境(AR)技術，包括旗下 3 大核心製造業務：石油和天然氣、發電廠，以及航空業務都將在先後開始採用 AR 技術，輔助現場人員完成複雜的組裝作業，以縮短生產作業時間和減少人為出錯情況，未來更要 AR 技術，來加速將整座工廠變成一座數位工廠。AI 060 石油公司 Woodside 打造數位 KM 幫手，快速從百萬文章找對決策資料。澳洲第二大石油和天然氣生產公司 Woodside Energy 運用 AI 來幫助工程師快速找到解決問題的資料來源。先建立一套企業內部石油知識庫 Corpus 系統，整合了各種內部專業文件，決策紀錄、技術評估手寫的報告、影像和影片等，光是石油相關資訊就超過 60 萬頁。打造了一個企業 KM 幫手 Willow，讓工程師透過自然語言查詢方式，快速找到能夠幫助決策的資料。



- (五) 臺北醫學大學採用華生癌症治療輔助系統：臺北醫學大學計畫引進 IBM 的 Watson for Oncology(人工智能癌症治療輔助系統)，運用 AI 技術協助腫瘤科醫師，輔助癌症治療。這套由美國史隆凱特林紀念癌症中心訓練出來的癌症治療輔助系統，利用自然語言分析技術，分析病人結構化與非結構化資料，來提供病患照護的建議，目前全球已有 55 家醫院採用，包括臺灣。IBM 另有一套 Watson Genomic Analytics(基因學分析工具)，已經訓練了 1,500 萬篇醫療相關論文，還能快速分析每天大量出現的新論文，用來輔助醫生提供癌症治療的建議。如北卡羅萊納大學 Lineberger 綜合癌症中心就用 Watson Genomic Analytics 來輔助照護過上千位病患。
- (六) 醫院門診運用 AI 多語自動翻譯，協助外籍病患：根據富士通預估，2020 年東京奧運時，日本到醫院就診的外籍人數恐多達 80 萬人。為了解決外籍病患看診的溝通問題，富士通和東京大學醫學部附設醫院合作，研發了免動手的全自動多語翻譯 App，App 會自動偵測到任一方的發言，經過語音識別成文字顯示在 App 上，再翻譯成日文，或將日文自動翻譯成其他語言，目前臨床測試已經可以涵蓋 85% 病患就診時常用字彙。
- (七) 聯合利華靠 AI 加速從 25 萬份履歷找到合格員工：旗下擁有立頓、白蘭、康寶等品牌的跨國日用品製造商聯合利華，為了加快人員招募作業，從 2016 年 6 月開始，採用 AI 技術來輔助新人招募作業。聯合利華要從全球 68 個國家，涵蓋 15 種語言的 25 萬份應徵履歷中，找出合格的人選。主要利用了 HureVue 這套視訊面試 App，讓面試者直接對鏡頭回答一系列的問題，而非即時面談。再用 AI 技術辨識面試者答題時的臉部表情、瞳孔變化等非口語特徵，來判斷面試者對問題的真實感受，並搭配性向測驗遊戲及面試者 LinkedIn 帳號分析結果，自動產生一份候選者清單供面試官參考，決定是否錄取或面談，來加快招募作業。
- (八) 藉 AI 機器人圖片辨識自動盤點庫存：富士通發表了一款未來智慧商店專用的庫存盤點機器人。這款一人高的錐形機器人，可在貨架間穿梭移動，自動盤點商品真實的庫存情況。例如盤點機器人可在上午開店前先巡視一趟貨架，拍攝開店前架上商品的庫存情況，等到傍晚關店時，再出動巡視一圈，在比較前後貨架上商品照片的變化，就能判斷出缺貨商品，甚至還能發現擺錯位置的貨品，並通報店長來調整，而不用靠人工逐一盤點。
- (九) 玉山銀行推出臺灣第一款金融 Chatbot：臺灣第一款金融 Chatbot 在 2017

年 4 月登場，玉山銀行小 i 隨身顧問可以提供民眾房貸評估、外匯諮詢和信用卡推薦 3 大服務，民眾不只可以使用文字輸入來查詢，還可用語音輸入和快選單的方式操作，Line 和 Facebook 雙平臺都支援。例如民眾只需回答 15 個問題就可以立即得到房貸試算服務，目前已可支援臺北和新北市的房貸。

因應半導體工業與資訊科技的高度發展，近年來各國學術與產業科學研究高喊人工智慧應用發展。人工智慧要模仿人的智慧替代人的應變。人的應變由大腦指揮，前提是必須由人的資訊受體接收外界訊號，才能交由大腦進行分析與應變。人的資訊受體包含視覺、聽覺、嗅覺、味覺、觸覺等，其中接收外界資訊最大量者為視覺，視覺的產生來自於光。例如看見紅燈，所以踩煞車。看見圍棋盤勢，所以決定下一步。看見 X 光片，所以產生醫囑。看見文字，所以做出回應等。

這些視覺表現是人工智慧發展的第一優先，所以研發人員導入了類神經網路與深度學習技術，進一步讓原本需要人工判讀的情境，轉換為機器自動化，因此智慧照明亦積極與 AI 結合，利用 AI 協助照明控制，發揮節能、舒適、健康及安全的效益。

另因應全球節能減碳、綠色設計概念的發展趨勢，再加上資、通訊產業技術的快速發展，智慧照明之技術與應用已逐漸受到關注；我國自 1989 年開始推展智慧建築、1992 年制定智慧型建築指標與基準，並於 2003 年內政部建築研究所訂定之智慧建築評估指標中，將智慧照明歸納於健康舒適指標中，明確表達目的為：「應用智慧化的手法來提升使用者空間的健康性與舒適性，為達目的將空間環境中之各種物理項目納入評估指標。」<sup>5</sup>，2016 年版在節能管理指標中，亦將智慧照明納入節能管理的手法之一。<sup>5</sup>

因應節能的目標，智慧照明應用係以各種控制手段，滿足照明舒適並減少照明耗能，以達省能之核心目的；智慧照明應用系統開發逐漸成熟，北美照明學會 IES (Illuminating Engineering Society) 亦訂定照明控制專章，並定義智慧照明應用系統為：「可依據人類的心理/生理需求或被照物體之需求，自動調整最舒適的色溫及亮度之照明。此系統藉由感控之量測資訊，進行視覺照明最佳化或生理照明最適化控制，並可結合遠端遙控系統進行監控。」<sup>6</sup>

綜合上述之說明，智慧照明係於使用區域內進行佈線，透過資、通訊系統，運用設備之感知判斷、使用者身、心理要求，整合並調整空間使用情境，使照明設備在滿足量化需求外，亦因應使用需求調整，藉由遠端監控達到安全、健康、

<sup>5</sup> 內政部建築研究所，智慧建築解說與評估手冊 2016 年版，臺北：內政部建築研究所，2016.

<sup>6</sup> IES, LIGHTING HANDBOOK, 2011.

便利與節能之目標。

我國 CNS(中華民國國家標準)於 102 年 3 月訂定智慧照明系統標準，亦提供依循之規範，其架構分別為 CNS 15652-1 C4534-1 智慧照明系統- 第一部: 系統功能，內容闡述智慧照明系統之功能以及資料傳輸之基本原則；第二部 CNS15652-2 C4534-2 與第三部 CNS 15652-3 C4534-3 場域網路介面，為廣域網路介面規範，規定智慧照明之管理介面、控制與通訊協定，以及設備之功能規格；第四部 CNS 15652-4 C4534-4 場域網路設計指引，為不同場域情境中，所應遵循之規範；第五部 CNS 15652-5C4534-5 為照明設備，規定照明設備與電器規格、控制方式等標示。在智慧照明節能控制方面，我國除上述所提之 CNS 15652-1~5 智慧照明系統外，尚未訂定智慧照明節能控制規範。

國外對於照明之智慧控制規範方面，美國空調冷凍工程師學會 ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers)在 90.1 2013 版建築物節能標準中對區域控制、晝光控制、自動關閉等提出相關要求，對於空間之照明功率密度(Lighting Power Density, LPD)亦設定限制值<sup>7</sup>。

---

<sup>7</sup> ANSI/ASHRAE/IES, “ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2013,”ANSI/ASHRAE/IES, US, 2013.

## 第二節 物聯網與人工智慧於建築照明產業發展現況

智慧照明系統之基本構成，廣義上由一個主要(或以上)之照明監控伺服器、照明控制場域(Lighting Field)及遠端管理人員(Remote Client)所組成，如圖。

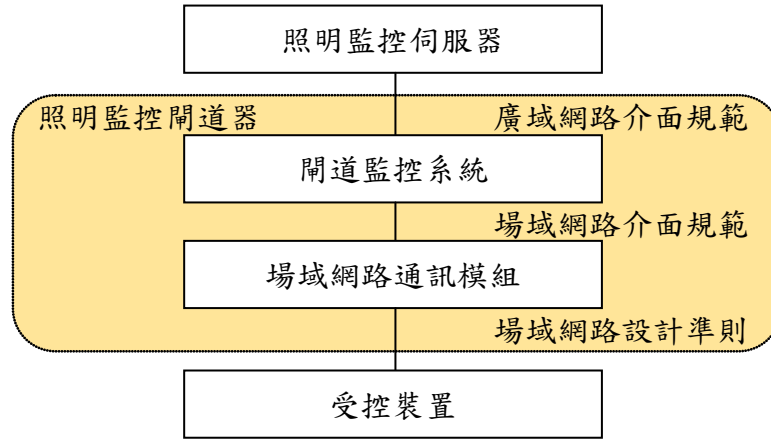


圖 2.3 智慧照明系統架構<sup>8</sup>

(資料來源：智慧照明系統標準, 2012)

照明控制場域中，管理人員透過照明監控伺服器，應用近端或廣域網路，將設備透過照明監控閘道連結在一起，藉以控制受控之照明裝置或設備，相互關係如圖。

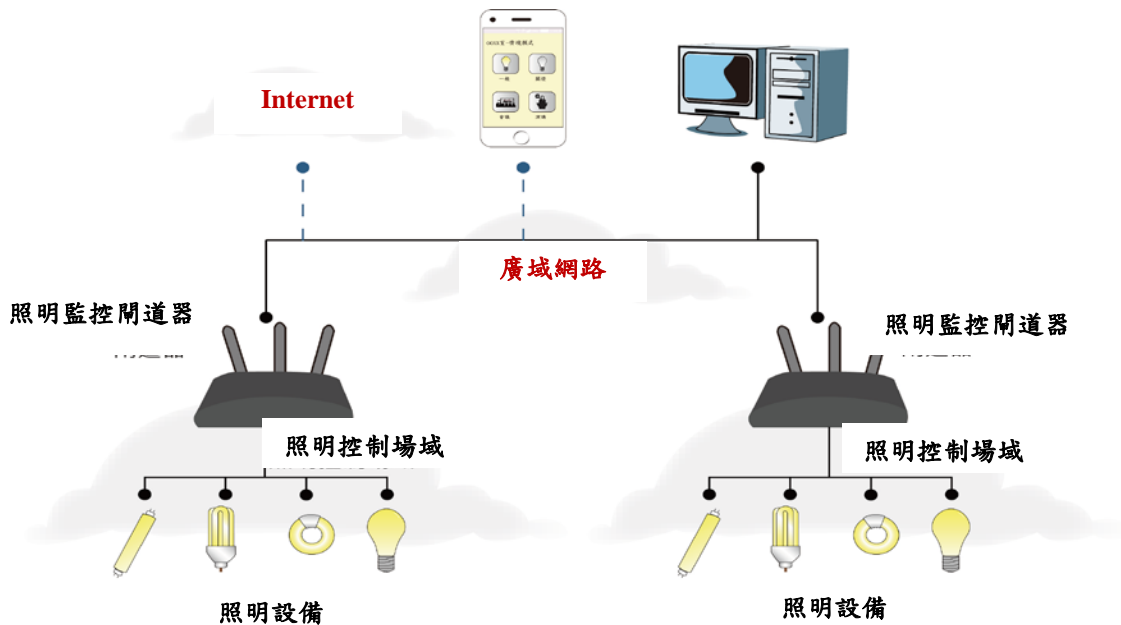


圖 2.4 智慧照明控制場域關係

(資料來源：智慧照明系統標準, 2012)

<sup>8</sup> 智慧照明系統標準, 2012.

智慧照明的發展趨勢，使照明不再僅於滿足空間亮度量化需求，運用智慧照明可改善照明應用效率、節能、降低對生態之影響，並增進使用者健康更可降低二氧化碳排放，智慧照明效益說明如下：

- (一)照明與生態：動、植物生態系統皆有晝夜規律，透過良好的照明管控，將可避免過量的光照對動、植物造成影響。
- (二)照明與效率：照明的效率除了光源效率與燈具效率等量化外，透過照明控制之感知系統，可增進光源品質與提高使用者心理感受滿意度，增加使用者之工作效率。
- (三)照明與節能：在空間中使用控制系統，使照明得以有效的運用在使用區域，避免造成無效的照明導致能源浪費。
- (四)照明與減廢：智慧照明系統可有效的管控能源運用，使其在生命週期中，降低對環境造成衝擊與負荷，減少產品碳足跡排放。
- (五)照明與健康：照明的色溫度、照度、使用者受光照時間等均與視覺及健康息息相關，良好的照明應用可避免造成使用者疲累或不舒適感受。

根據 IEK(工研院產科國際所【IEK 產業情報網】)調查，近年來隨著 LED 可調光燈具與電控發展逐漸成熟，智慧照明之市場規模開始逐年上升。自 2013 年多應用於商業與政府及公共建築物，2019 年住宅建築物、路燈及其他戶外建築場所之智慧照明應用已大幅提升。

表 2.2 智慧照明發展<sup>9</sup>

發展進程	2009~2017 年	2017~2018 年	2018 年	下世代
說明	光源替換期	照明燈具覆蓋率	LED 普及、智慧照明	IoT 物聯網應用
	傳統光源逐漸改變為 LED 光源，但燈具設計沒有顯著改變	LED 光源與燈具整合，LED 照明融入燈具美學設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 智慧照明整合設計</li> <li>• 燈具成為連網的物件之一 LiFi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 以使用者為中心的照明設計概念</li> <li>• 照明即是服務</li> </ul>
				

(資料來源:本研究彙整)

<sup>9</sup> ANSI/ASHRAE/IES, “ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2013,” ANSI/ASHRAE/IES, US, 2013.

由於通訊協定之研發與網路應用多元，搭配感應器以有線或無線系統智慧化控制照明，亦將智慧照明系統與建築能源管理系統、社區系統整合，成為智慧型建築、社區，更可逐次推動為智慧化城市。

目前常用的智慧照明控制技術大致有：

1. 排程照度控制：管理中心設置 24 小時圖控中心協助管理人員進行開燈、關的時序排程任務。例如：從每天日出時關閉戶外景觀照明，上班前 1 小時開啟 1/2 亮度，上班前 30 分鐘全亮，離峰時段開啟 1/2 亮度，晚間深夜時段關閉所有迴路，並開啟人物感應裝置，有人員進出立刻連動四周圍的照明供基本通行，無人時自動關閉。
2. 空間照度控制：廁所、茶水間、影印及人員短暫停留之場所，採用自動感應裝置，無須全天候開燈，並藉由延遲時間控制該區域的光源。廁所設計二迴路，第一迴路由保持基本照度，第二迴路由自動感應裝置連動，國外 LEED 認證要求最長空閒時間為 30 分鐘，以男廁及女廁習慣不同，男廁可設定延時 15 分鐘關，女廁可設定延時 30 分鐘關，茶水間及影印等可設定延時 5~10 分鐘關；白天靠窗的走廊或辦公區域，以利用晝光照明並將人工源調暗或關閉，如有陽光直射的情況可以連動電遮系統捲簾或布幕避免過多的紫外線或輻射進入，提高光環境舒適性。

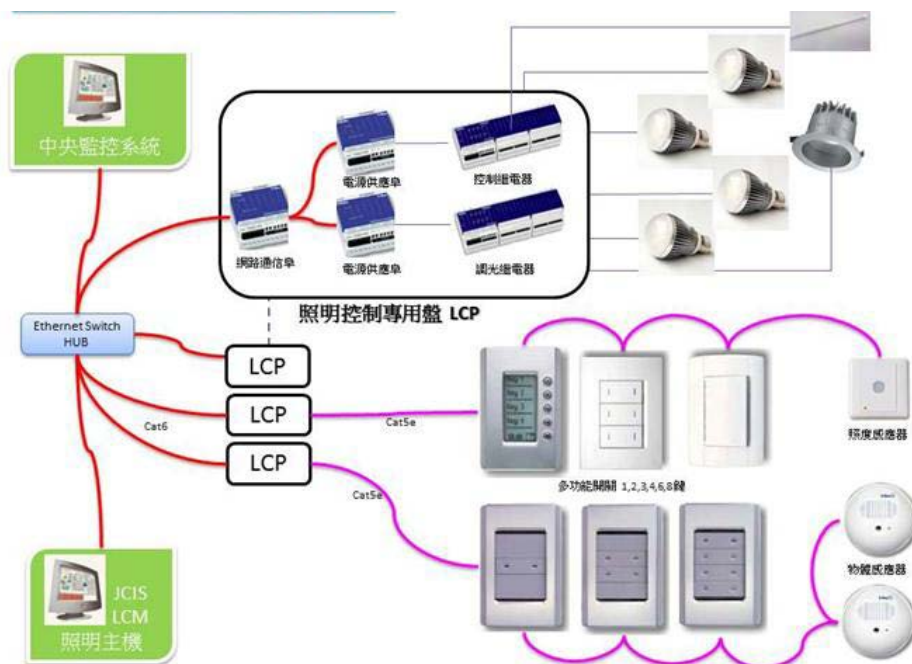


圖 2.5 智慧燈光控制系統架構

(資料來源：JCIS,2019)

3. 人員感知控制(occupancy control)：對於間歇使用之空間或出入不頻繁走道等地區，依據人員進出自動開啟、關閉或調整光通量輸出，避免無人使用時燈具未關閉導致能源浪費。
4. 時序控制(scheduling control)：以時間為基礎，根據預定的計劃安排開啟、關閉或調整既定區域的燈具設備，適用於有規律進行事務之場所，可藉時程排定轉交給不同控制系統，亦可依據不同時段與其他控制方式混合使用，如上、下班控制、路燈點滅、晝光調節、尖峰時段電力需量控制。
5. 晝光控制(daylighting control)：將戶外之晝光引進室內，可讓室內光線充足，但未經規劃設計及大量引進則可能引起不舒適眩光，或產生陰影干擾；因此可運用建築物室內周邊 4 公尺以內之開窗區域，透過設置於空間或燈具內之晝光感應器，依據晝光強弱，依比例調整照度以降低不必要的浪費。
6. 場景控制(scene control)：可應用於多功能廳、飯店、會議室等需要場景控制之場所，可分為有線與無線控制型式，前者透過按鍵按壓實現預先設定的照明燈光效果，當選定場景後，照明將停留在此階段，直到下一個場景被調用；後者可透過平板、電腦或智慧型手機進行遠端調控。
7. 維持照度控制(maintenance illuminance control)：在照明設計標準中維持照度為設計之基準，其定義為照明裝置在使用一段時間後到光源須更換或燈具須清理，亦或空間須清潔或同時進行上述維護工作時，在工作面上需達到之平均照度值。

另國際照明大廠推動智慧照明系統方向，說明如下：

#### (一) 飛利浦 Philips 發展智慧照明系統應用方向

1. 智慧照明調光 Dimming：如 LED 調光應用方式包含：PWM 調光、相切調光、0-10V 調光、DALI 調光、DMX 調光等。調光方式有：
  - (1) 透過自動調光維持穩定照度：燈具的效率會隨使用時間及燈具表面灰塵堆積而下降，導致設計之初採用較高照度來設計，造成工作區域太亮並浪費能源。透過自動調光控制可以持續監視及調整維持原設計工作照度，避免初期過亮的環境照度及能源浪費。
  - (2) 結合照度感應器自動調光平衡室內照度：自然光對工作環境及使用



者的健康有很重要的關聯，窗簾及百頁如同玻璃的透光性一樣會直接影響到自然光的導入。燈光控制技術可以日光來取代人工照明，依日光強度，透過照度感應器緩慢的調整燈具亮度，維持環境均勻照度，以實現節能的效果。

- (3) 利用時程控制進行照明調光管理：實施排程控制以確保建築物無人使用時，照明浪費。透過萬年曆電子定時器，可依四季變化日落時間自動調整夜間照明啟動時間。
  - (4) 使用偵測感應：對於低使用率的建築空間或非正常使用時段，採用使用偵測感應控制，可依使用需求提供照明，避免不必要的能源浪費。並可彈性運用：如偵測開/關、偵測調光變化等技術。
2. Dynalite 照明控制系統：Philips 公司也開發 Dynalite 控制系統，是一種智慧型的照明控制方式，採用模組化、分散式的系統架構，透過 Cat.5e FTP 控制線將系統中各種控制模組及使用者介面連接成一個智慧型照明控制網絡。該系統可與空調、窗簾、視聽音響、BA 等系統整合。其特性有：
- (1) 分散式的控制網路：模組化設備，系統以最小產品單元組成即可運作。所有模組皆內建獨立 CPU 及記憶體，毋需中央處理或單一傳輸主機，避免因主機故障而導致系統無法運作。
  - (2) 點對點( Peer to Peer )網路架構：系統元件無主從之分，Multi Client-Server 複合式架構。每個模組皆可主動發送訊息、接收訊息、傳送訊息及排除無關的訊息接收，以提高資料傳輸效率並提高通訊品質。
  - (3) 彈性的佈線方式：採用總線型的佈線方式，樹狀或星狀也可以。
  - (4) 系統擴充性：系統可依建築物規模大小靈活擴充，單一子系統可連接 100 個模組，超過 100 個模組或佈線超過 1,000m 時可加裝 Gateway 擴充系統。
  - (5) 系統整合性：可與 DALI 及 DMX512 系統做雙向溝通，亦可透過 RS232 與 AV 等第三方系統整合。
  - (6) 系統開放性：可以和其他物業管理系統(BMS)，大樓自控系統(BA) 結合，提供 BACNet, Lonwork, Modbus 等開放通訊介面，符合智慧建築系統整合的發展趨勢。



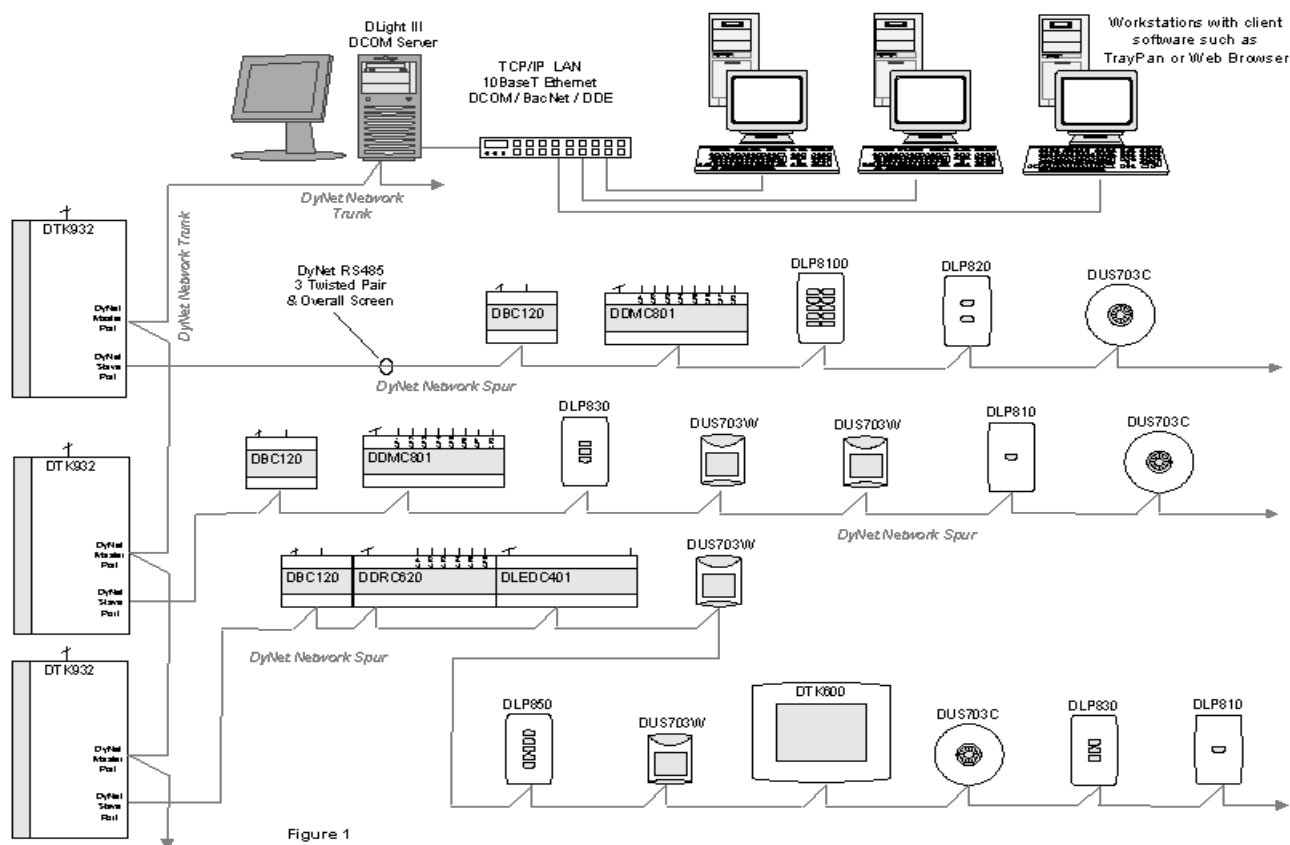


圖 2.6 Philips 智慧照明 Dynalite 照明控制系統架構

(資料來源：富鈺節能科技股份有限公司,2019)

另飛利浦 Philips 亦發展智慧路燈系統，作為智慧城市的基礎設施。



圖 2.7 Philips 智慧道路照明解決方案架構

(資料來源：<http://www.taiwanled.org.tw/UserFiles/ActivityFile/>)

## (二) 奇異 GE 智慧道路照明發展智慧照明系統應用方向

GE 的智慧路燈 LightGrid 系統及 Predix 雲端平台，是以城市路燈作為物聯網的端口，嵌入感測器和攝影鏡頭並連接互聯網，然後收集交通道路上的車輛和行人數據訊息，從而優化道路交通狀況，為市民提供便利服務，並且提升能源使用效率。



圖 2.8 GE 智慧道路照明解決方案架構

(資料來源：<https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=14760>)

## (三) 國際 Panasonic 發展智慧照明系統應用方向

國際 Panasonic 發展智慧照明系統以『智慧之光 Light your life』點亮生活為讓使用者的居住環境和日常生活充滿光彩，松下照明長期致力於針對不同環境提供多樣化的照明提案。提出「自然光與人工光完美調和」的理念，以高品質照明產品和完美的設計帶來的「居住新價值」。

國際 Panasonic 完全二線式照明遙控系統，系統可經由兩條電線傳送訊號控制迴路的開/關。藉由完全二線式控制多重傳送，即可事先設定結合訊號通道與負載號碼的負載位置，當按下開關，訊號就會傳送至與遙控電驛 HID 相對的指定位址。系統的多重傳輸功能可藉由脈衝訊號傳送訊號，脈衝訊號係指訊號數受限於 0 與 1 不同的配置方式，因此使其得以處理多種訊號用途(迴路的開/關等)。針對各終端單元(端末器)，脈衝訊號以

間隔 0.015 秒的方式傳送，因此在兩條訊號線之間部會有機會出現訊號干擾。利用特殊梯形波形(trapezoidal wavefrom)降低脈衝訊號的雜訊。除了週期分時多重傳送法(Cyclic Time Division Multiple Transmission Method)，另外還有一種全新技術，稱為切入訊號迴路(Cut-in Signal Circuit)，能在高速下控制電驛並提供開/關(ON/OFF)狀態的指示。

#### (四)東芝 Toshiba 發展智慧照明系統應用方向

東芝 Toshiba 完全二線式照明控制系統，具備優點：

1. 省配線：二線式的信號線，可大幅節省配線
2. 省施工：配線少、多功能，節省施工
3. 省設計：高功能、多功能，設計簡單
4. 省電力：細膩完善的控制，節省能源
5. 省力：充實的控制和監視，節省人力

#### (五)施耐德 Schneider Clipsal 發展智慧照明系統應用方向

施耐德 Schneider Clipsal 發展智慧照明系統整合採光/日光採集、移動感測器，可定址配件、控制序列排程、可移動的固定遮陽裝置，也整合樓宇自動化系統(BAS)、生命安全保障，使照明控制變得越來越複雜。施耐德電氣照明控制服務了解在最複雜的照明控制系統項目，優化照明控制性能，提高使用者滿意度。

#### (六)台灤 Lutron 發展智慧照明系統應用方向

台灤控制工程股份有限公司(Litenet)專精於燈光、窗簾、家電系統整合，旗下獨家代理全球最知名的 LUTRON 品牌，陸續更加入 SAVANT 等品牌。LUTRON 靜音電子窗簾，提供與燈光整合規劃技術，可以讓空間內的光線擁有智慧型漸變功能，這個功能可以讓使用者自由設定，從零秒到 60 分鐘的漸進緩衝時間。讓空間內的使用者，可以在最舒服的情況下，適應空間內光線的調整。

台灤燈光控制系統內，配備有可以記錄經緯度的天文時鐘。透過天文時鐘的功能設定，我們就可以依據您所處的地點，精準的預測每日太陽動線，預測戶外光線強弱，自動調整窗簾以及燈光，隨時保持空間內的亮度一致。提供的整合系統還有環境記憶功能，透過專屬的控制主機，燈

光系統會自動記憶使用習慣，將空間調整成使用者最熟悉的環境。若遇到停電，系統也能自動幫您儲存停電前的環境設定，等到電來了以後，不僅直接開啟，還會直接恢復成最後一次使用時的環境。

智慧照明是近幾年才逐漸被重視的一個領域，過去只重視照明設備夠不夠亮、價格夠不夠便宜，進而逐漸轉為著重情境營造及個人化需求。在半導體照明 LED 及 OLED 問世後，藉由半導體照明的電控及調光優勢，將使智慧照明更加容易實現。不過智慧照明牽涉到整體空間照明的設計，且涵蓋的硬體層面又更廣泛，包含了無線通訊、電控設備等，所以初期的建置成本較高，使得目前市場規模仍不夠大。

由於價格因素考量下，在應用場所方面，商業與工業為智慧照明最大的應用場所，主要是因為商業與工業空間的照明時間長，可藉由智慧控制達到節能之目的，是最大的誘因；再加上智慧照明應用在商業及工業建築物上，經常會與冷凍空調系統一起規劃，才能達到整體能源最大的利用效率，預估未來在節能減碳趨勢不變之下，商業及工業建築物仍然是智慧照明最大的應用場所，市場規模也會持續成長。

至於自用住宅，由於消費者本身對價格的敏感度較高，智慧照明導入將大幅增加初期建置成本，所以自用住宅目前的市場規模仍小，不過未來隨著智慧照明產品價格下降，以及一般消費大眾對於照明要求逐漸轉成節能以及個性化燈具需求。

### 第三節 智慧照明相關國家標準及產業標準

#### 台灣智慧照明相關國家標準及產業標準

我國 CNS(中華民國國家標準)於 102 年 3 月訂定智慧照明系統標準，提供依循之規範，其架構分別為 CNS 15652-1 C4534-1 智慧照明系統，內容分為：

- 一、第一部：系統功能，闡述智慧照明系統之功能以及資料傳輸之基本原則，重點內容包含：前言、引用標準、用語釋義、智慧照明系統標準化策略、智慧照明系統功能概述等。摘要說明如下：

#### (一)名詞定義

1. 智慧照明系統(Intelligent Lighting System):可依據人類的心理/生理需求或被照物而自動調制出最舒適的色溫及亮度之照明。因此此系統藉由感測控之量測資訊可挑選至最佳視覺的照明或最適合人生理之照明，而同時本系統可搭配遠端遙控系統進行相關之監控及控制。
2. 感測器(Sensor):可接受控制，將電壓、電流、照度等物理量轉化為數據訊號之獨立或整合設備。

#### (二)系統組成

標準所規範之智慧照明系統，須包含一個主要照明監控伺服器，一個或以上之照明控制場域 (Lighting Field)，以及一個或以上之遠端管理人員 (Remote Client)。

智慧照明系統中亦可同時包含一個或以上之附屬照明監控伺服器，以作為備援或協力控制。

每個照明控制場域皆須包含一個或以上之照明監控開道器。該裝置應透過有線網路、無線網路或近端匯流排等傳輸媒體，與主要照明監控伺服器建立通訊連線。照明控制場域內亦須包含至少一個受控裝置，並藉由有線或無線傳輸媒體，與照明監控開道器建立連線。

#### (三)智慧照明系統基本功能

1. 照明控制場域管理：智慧照明系統須能執行照明控制場域之管理。為達此一目的，照明監控伺服器須提供一操作介面，由人員預先輸入個別照明控制場域之設定資料，包含照明控制場域之照明監控開道器裝置代號。

照明監控伺服器與照明監控開道器之連線，須由照明監控開道器端主動建立，並於連線建立後，由照明監控開道器向照明監控伺服器提交身分認證(裝置代號)，未登記之照明監控開道器則中斷連線。

2. 受控裝置管理：受控裝置之管理原則為「佈建導向」。照明控制場域於佈建完成後，受控裝置隨即須和照明監控開道器建立連線，並回報受控裝置的定址資訊與功能模組資訊。

照明監控開道器端須依據受控裝置回報，建立裝置列表資訊，並將裝置列表資訊回傳至照明監控伺服器。照明監控伺服器端則依據照明監控開道器所回報之裝置列表資訊，建立裝置相關記錄，並且決定個別受控裝置的控制方法。當上述動作全部執行完畢之後，管理人員方可對受控裝置進行監控、操作或是遠端設定。

對遠端受控裝置之操作動作，照明監控伺服器將依據照明監控開道器回報之裝置列表資訊，尋找對應之照明監控開道器，並發送操作命令至指定照明監控開道器。於照明監控開道器端則依據裝置列表資訊，尋找對應之場域網路介面，並發送操作命令至指定受控裝置。

3. 受控裝置變更：當受控裝置發生異動(置換、新增)時，照明監控開道器須重新登記裝置列表，並回傳至照明監控伺服器。照明監控開道器同時應實作場域網路之監控程序，若一受控裝置發生故障、無法通訊，照明監控開道器應將故障事件回報至照明監控伺服器。

二、第二部 CNS15652-2 C4534-2 廣域網路介面規範，重點內容包含：前言、引用標準、用語釋義、廣域網路介面標準概要、網路驅動介面規範、通訊協定規範、封包內容解析、功能模組等。摘要說明如下：

#### (一)通訊協定規範

1. 封包格式：共通格式：封包之內容格式依循 ECMA Standard 262, JavaScript Programming Language, 3rd Edition 規範，採用 JSON (JavaScript Object Notation) 文件標記格式構成，以便於機器轉寫與解析。所有內容皆由 ASCII 編碼之可列印字元構成。

標準所採用之通訊封包為一完整 JSON 文件 (JSON Object)，內含數個固定主要參數 (member)；主要參數之數值 (value) 包含純數值或另一個 JSON 文件。為清楚辨識，本文件後續將用「第一階」來形容通訊封包本身的 JSON 文件，並用「第二階」來形容主要參數數值內包

含的 JSON 文件。

標準更規範監控伺服器或閘道器發送之封包，於第一階 JSON 文件完結後（即字符「}」後）須加上連續兩個 DOS 換行字元組（CRLF，即 0x0D、0x0A，重複兩次，亦即 4 字元長度），以作為封包與封包之間的時間隔（boundary）。

2. 命令、通知封包格式：命令、通知封包之第一階 JSON 文件內，須包含四個主要參數（亦即「第一階」參數）：「cmd」欄位內容為不固定長度字串，代表該封包預計執行之動作（Command）。個別命令及其對應之動作將於後續章節內說明。

(1) 「ack」欄位內容為整數，數值範圍為 0 至 99,999,999 之整數，代表封包發送端發送封包之累進序號，作為非同步執行時，執行結果回報之辨識代碼。

(2) 「addr」欄位為包含 16 個字元之固定長度字串，代表個別裝置之定址，於智慧照明系統內，所有裝置（含具有硬體設備之實體裝置及純軟體之虛擬裝置，包含閘道器在內）皆具有一個裝置代號，並且該代號在系統內是獨一無二，不同裝置不可使用同一個裝置代號。有關裝置代號之細節規範，參照 6.3.5。

(3) 「payload」欄位內容為一單純數值、陣列，或是一 JSON 文件，代表該封包之承載（Payload）。不同命令對應不同格式之封包承載，細部格式定義將於個別命令章節內說明。

上述四個主要參數於實際封包內之排列順序，不須依照上表所標記之次序。但本文件為求容易理解，後續範例將沿用此一排序。以下為完整 JSON 命令封包之範例。

3. 定址：裝置代號為 16 字元字串，以十六進位數值可讀取形式表示。格式為十六進位數值可讀取形式，包含字元「0」至「9」，以及「A」至「F」（限大寫）英文字母。亦即該字串代表一 64 bits 無號長整數（unsigned long integer），位元組排序為高位元數值在前（較早送出）。例如：數值「0xA000030000000045」即須標示為「A000030000000045」字串。

此一裝置代號在一系統內須為獨一無二，不同裝置不可重複使用同一個辨識碼。

裝置代號宜使用該設備之 IEEE MAC-48 硬體辨識碼(亦即俗稱之「網路卡卡號」)，或 EUI-64 擴充辨識碼。實際實作之方式本標準不予規範，由實作單位自行指定。

## (二)系統預設功能模組

1. 泛用服務對應表用途：泛用服務對應表包含裝置之基本資訊：裝置代號、裝置資訊，以及裝置內服務終端與功能模組對應。泛用服務對應表功能模組為所有裝置(包含開道器)皆須實作之功能模組，且此一功能模組對應之服務終端為須固定值，即為 0 號服務終端。亦即於整體系統中，所有裝置之 0 號服務終端皆代表此一泛用服務對應表功能模組。本模組不須加入裝置登記通知之「CL」陣列屬性中，亦不計入該裝置所包含之功能模組數量統計。
2. 泛用服務對應表屬性：
  - (1) 「MODEL」屬性為實作自行定義之設備版本資訊，資料型態為字串，最大長度為 20 字元，內容由實作自行定義。字串之內容須依循 JSON 標準規範。
  - (2) 「TYPE」屬性為該裝置所具備之傳輸媒體形式，資料型態為字串，最大長度為 4 字元，內容參照「智慧照明系統標準—第三部：場域網路介面規範」附錄 A。監控開道器之 TYPE 屬性須填入固定值「TCPC」(TCP/IP client)。
  - (3) 「CNT」屬性之數值須預先填入該裝置所包含之功能模組數，但「泛用服務對應表」本身不計入計算。一裝置包含之功能模組數量由實作自行決定，但 CNT 屬性數值須與 CL 陣列內元素個數相同。
  - (4) 「CL」屬性之資料型態為陣列，陣列元素資料型態皆為整數，代表個別服務終端之功能模組代號，但「泛用服務對應表」本身不列入。若一服務終端功能模組已停用，則填入固定值「255」。
  - (5) 「STAT」屬性表示該裝置之「啟動」狀態。監控伺服器端可藉由寫入數值「false」來要求裝置重置(Reset)。
3. 泛用開道器設定用途：泛用開道器設定包含開道器之連線設定、時區資訊等。泛用開道器設定功能模組為所有開道器皆須實作之功能模組。且此一功能模組須對應之服務終端為固定值，即為 1 號服務終端。亦即於整體系統中，所有開道器之 1 號服務終端皆代表此一泛用開道器



設定模組。

#### 4. 泛用閘道器設定屬性

- (1) 「TMZONE」屬性代表該閘道器設備所在時區（含日光節約時間設定），須由時區名稱對照表中選擇一數值填入；台灣地區為「Asia/Taipei」。此一欄位之數值應由閘道器實作於佈建時設定。有關時區轉換，以及日光節約時間是否啟用，本標準不予規範，若監控伺服器實作須要進行時區轉換時，可利用本欄之數值作為基準。
- (2) 「TIMEOUT」屬性代表該閘道器設備執行遠端控制時，最長的逾時時間。本數值為固定值，應由閘道器實作於佈建時設定。
- (3) 「HOST」屬性代表監控伺服器端接受連線之網路位址，資料型態為字串，格式為 IPv4 網路位址或網域名稱（參照 5.3）。
- (4) 「PORT」屬性與「S.PORT」屬性，分別代表監控伺服器端接受連線之網路通訊埠號碼，資料型態為整數。

上述四個連線屬性設定完成後，監控伺服器應將設定閘道器之泛用服務對應表之 STAT 屬性為 false，要求閘道器重新連線。

5. 泛用閘道器排程用途：泛用閘道器排程包含閘道器設定排程執行、情境控制等資訊。本標準之通訊協定支援以「情境」(Scene) 方式執行批次控制 (batch)，個別情境皆代表一預先設定之批次控制程序。上述之「批次控制程序」為閘道器端實作，由閘道器針對其下管轄之受控裝置，執行一系列預先規劃好之主動控制，以避免監控伺服器端重複傳送大量之控制命令。

#### 6. 泛用閘道器排程屬性

- (1) 「CAP」屬性代表該閘道器實作允許同時設定之最大排程數量。此數值應在實作時預先設定。
- (2) 「PLAY」屬性代表閘道器目前執行情境之情境代號，資料格式為整數。監控伺服器可藉由設定此項屬性，要求閘道器立即執行指定情境；閘道器端在執行定時排程時，亦須同步更新此屬性數值。當該屬性更新時，無論是由監控伺服器主動更新或是排程觸發，皆須發送 GUPD.IND 封包通知監控伺服器。
- (3) 「S01」至「S99」屬性代表閘道器允許設定的定時/週期排程。

三、第三部 CNS 15652-3 C4534-3 場域網路介面，為廣域網路介面規範，規定智慧照明之管理介面、控制與通訊協定，以及設備之功能規格。摘要說明如下：

(三)場域網路介面標準適用範圍：標準規範適用於一具有擴充能力，且能替換、擴增不同場域網路介面之照明監控閘道器裝置。且該裝置內部不同功能模組，可由不同實作單位實作。若一照明監控閘道器裝置依循「智慧照明系統標準—第二部：廣域網路介面規範」標準規範實作，且該裝置內具有固定、不可替換之場域網路介面，亦即該裝置本身為一獨立「產品」，由單一來源負責實作、維護，且不須考慮與其他產品之相容性，則該照明監控閘道器裝置可不依循本標準規範。其他具有可替換性之照明監控閘道器「產品」或「功能模組」，皆須依循「智慧照明系統標準—第二部：廣域網路介面規範」，以及本標準之規範，進行實作。

「閘道器監控程式」係指於照明監控閘道器平台上運作，依據「智慧照明系統標準—第二部：廣域網路介面規範」實作，接受照明監控伺服器命令，實際執行監控功能之軟體功能模組。此一「軟體功能模組」可能是任何形式，於本標準中將之簡化為單一邏輯實體：依照照明監控伺服器所下達之命令，或是其內部預先設定之流程，透過「場域控制協定」，實際執行監控動作。

「場域網路通訊模組」係指直接控制網路驅動介面，進行資料收發之邏輯實體。該功能模組可能為一獨立運作之硬體設備，或是在照明監控閘道器平台上運作的一組服務、驅動程式。

依據「智慧照明系統標準—第一部：系統功能」第 4.3 小節之定義，照明監控閘道器中「閘道器監控程式」為主控端，「場域網路通訊模組」為受控端。為避免混淆，本文件後續將以「場域控制協定」表示此一特定之通訊協定，並以「場域控制模組」表示通訊協定受控端中，負責處理通訊協定之功能模組。

(四)場域控制協定：連線方式與封包格式：閘道器監控程式與場域控制模組間通訊介面須具備雙向傳輸能力。通訊方式與封包格式，則依據該雙向通訊連線形式而定。標準規範之連線形式為串流（bitstream）形式，依據連線與封包收發機制，分為兩種連線形式：

1. 基本串流：通訊主控端與受控端以串流形式通訊，但網路驅動介面僅支援基本收發功能，未提供封包應答（acknowledge）與重傳等自動機

制。UART、RS232 即為典型之序列基本連線形式。

2. 穩定串流：通訊主控端與受控端以串流形式通訊，且網路驅動介面本身提供封包應答、逾時重傳等自動機制。例如 TCP socket 即為典型之穩定連線形式。

四、第四部 CNS 15652-4 C4534-4 場域網路設計準則，為不同場域情境中，所應遵循之規範。

- (一)簡介：本系列標準規定智慧照明系統必要之管理介面、控制與通訊協議，以及智慧型照明設備之功能規格，以適用於道路照明、停車場照明、商業大樓照明與一般家庭照明用途。

智慧照明系統涵蓋設備與設備之間之近端通訊、以及個別照明場域與中控中心之間的廣域網路通訊。且涵蓋之種類包含照明設備、感測設備、自動控制設備、以及資通訊系統。現行之自動控制業界標準，皆僅專注於設備之間的通訊，而未曾將由中控中心、開道器、直到設備端的通訊以一貫化、系統化的方式進行設計。故特制定本標準，期能統合不同設備、乃至於不同元件之生產製造者，以「標準相容」的精神，降低系統整合複雜度。

本系列標準所涵蓋之範圍較廣，故分成多部文件，個別文件涵蓋系統不同層級之設備。實作者應依據其產品之位階，參照其對應之文件。

- (二)文件範圍

1. 文件依循「智慧照明系統標準—第二部：廣域網路介面規範」(以下簡稱「廣域網路介面規範」)，以及「智慧照明系統標準—第三部：場域網路介面規範」(以下簡稱「場域網路介面規範」)內容，敘述於不同應用情境中，產品應遵循之規範項目。
2. 文件之內容主要為實作相關之建議(技術指引)，涵蓋照明監控伺服器(以下簡稱「監控伺服器」)、照明監控開道器(以下簡稱「開道器」)及受控裝置。內容包含平台選用、系統規劃方法、標準產品之場域通訊協定設計、以及常見問題的迴避方式。實作應參考本文件之技術指引，選擇適用的平台、技術，以利於產品開發，提昇產品穩定性與相容性。

五、第五部 CNS 15652-5C4534-5 為照明設備標準，規定照明設備與電器規格、控制方式等標示。

- (一)簡介：系列標準規定智慧照明系統必要之管理介面、控制與通訊協議，以及智慧型照明設備之功能規格，以適用於道路照明、停車場照明、商業大樓照明與一般家庭照明用途。

智慧照明系統涵蓋設備與設備之間的近端通訊、以及個別照明場域與中控中心之間的廣域網路通訊。且涵蓋之種類包含照明設備、感測設備、自動控制設備、以及資通訊系統。現行之自動控制業界標準，皆僅專注於設備之間的通訊，而未曾將由中控中心、開道器、直到設備端的通訊以一貫化、系統化的方式進行設計。故特制定本標準，期能統合不同設備、乃至於不同元件之生產製造者，以「標準相容」的精神，降低系統整合複雜度。

本系列標準所涵蓋之範圍較廣，故分成多部文件，個別文件涵蓋系統不同層級之設備。實作者應依據其產品之位階，參照其對應之文件。

- (二)文件範圍：文件規範照明設備必須滿足之物理規格與電氣規格，包含產品包裝標示。

### 中國智慧照明相關國家標準及產業標準

目前中國智慧照明相關國家標準有：中國國家標準 GB/T 33474-2016《物聯網參考體系架構》、中國國家標準 GB/T 36478-2018《物聯網資訊交換和共用》、中國國家標準 GB/T 15629《資訊技術》，推動說明如下：

- 一、中國國家標準 GB/T 33474-2016《物聯網 參考體系架構》：解釋物聯網照明(俗稱智慧照明)的工作過程，隨後提出『物聯網照明的技術和標準體系框架圖』，提出探討說明及物聯網照明的發展趨。

照明技術規範和產品標準是照明行業發展的重要組成部分，隨著照明技術的跨領域發展，照明技術規範和產品標準已不是單純照明技術的問題，而是多學科、多技術的整合。以在 IT 行業、通信行業和 LED 照明之技術現況，分析物聯網技術發展下的照明技術和標準體系框架，提出討論說明如下：

1. 問題的提出：傳統照明光源或燈具已逐步被半導體 LED 為主體的照明光源和燈具取代，近幾年又出現由 IT、通信、電子領導的物聯網技術，衝擊半導體 LED 照明，使得照明的技術規範和標準制定複雜度及難度均提高。相關規範制定面臨困難說明如下：

- (1) 未採整合規劃方式提出適用規範：物聯網照明已不是單一光源和燈

具而是一個系統，整合了光電、感測、通信、資訊、大資料處理和資訊安全等技術。而當前技術規範、產品標準的制定，仍然採單一設備方式訂定，未採整合性規範。

(2) 現行規範未提出統一介面、協定：由於物聯網照明為一複雜的整合系統，傳統半導體 LED 的單一光源和燈具的技術和標準框架體系，已不適用於目前物聯網照明的技術規範和產品標準體系，而需提出統一的介面(包括軟體和硬體)、協定，才能提出協作式的決策。

(3) 指導技術規劃：系統的技術規範和產品標準需具備前瞻性，以指導技術規劃方向。

2. 物聯網的基本架構：根據中國國家標準 GB/T 33474-2016《物聯網參考體系架構》中，將物聯網的基本架構分四個層級，分別為：感知層、傳輸層、應用層、服務層，如圖：

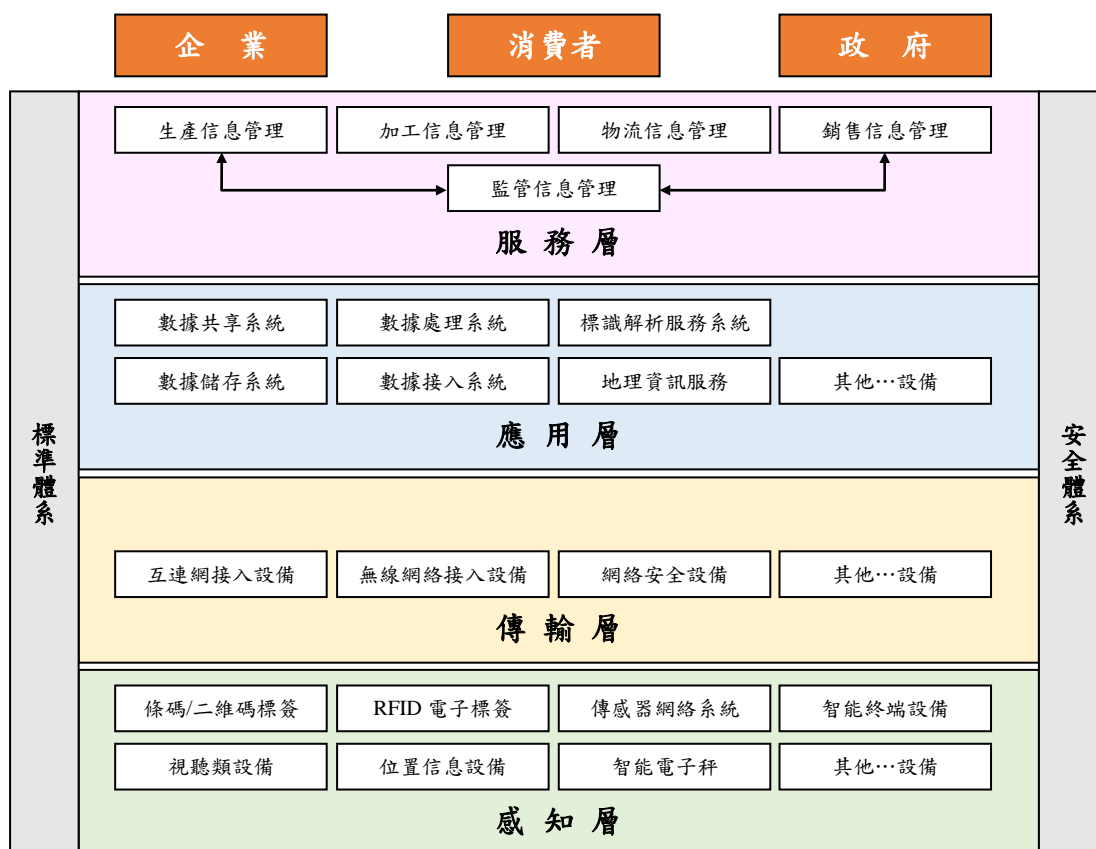


圖 2.9 物聯網之四層級說明

(資料來源：中國國家標準 GB/T 33474-2016 物聯網參考體系架構)

(1) 設備感知層：包括設備上的各種感測器(包括：光、電、氣、氣象、環境、速度、運動、紅外、流量等)、RFID、智慧卡、二維碼、讀寫

器、生物識別、視頻、監控、MEMS、GPS 等。

(2) 傳輸網路層：包括遠程的 Internet、2G/3G/4G/5G、NB-IoT、eMTC、衛星通信、PLC；近程的 Bluetooth、WIFI、UWB、ZigBee、LoRa、Z-wave 等。

(3) 應用支撐層：包括各種中間功能件、大數據、雲計算、雲平臺、分散式平行計算、Web 服務技術、邊緣計算、資料安全、人工智慧等等。

(4) 服務應用層：包括智慧零售、智慧製造、智慧物流、智慧家居、智慧安防、智慧能源、智慧農業、智慧交通、智慧醫療、智慧建築、智慧軍事等。

物聯網照明四層級：物理感知層、傳輸網路層、應用支撐層、服務應用層，架構如圖：

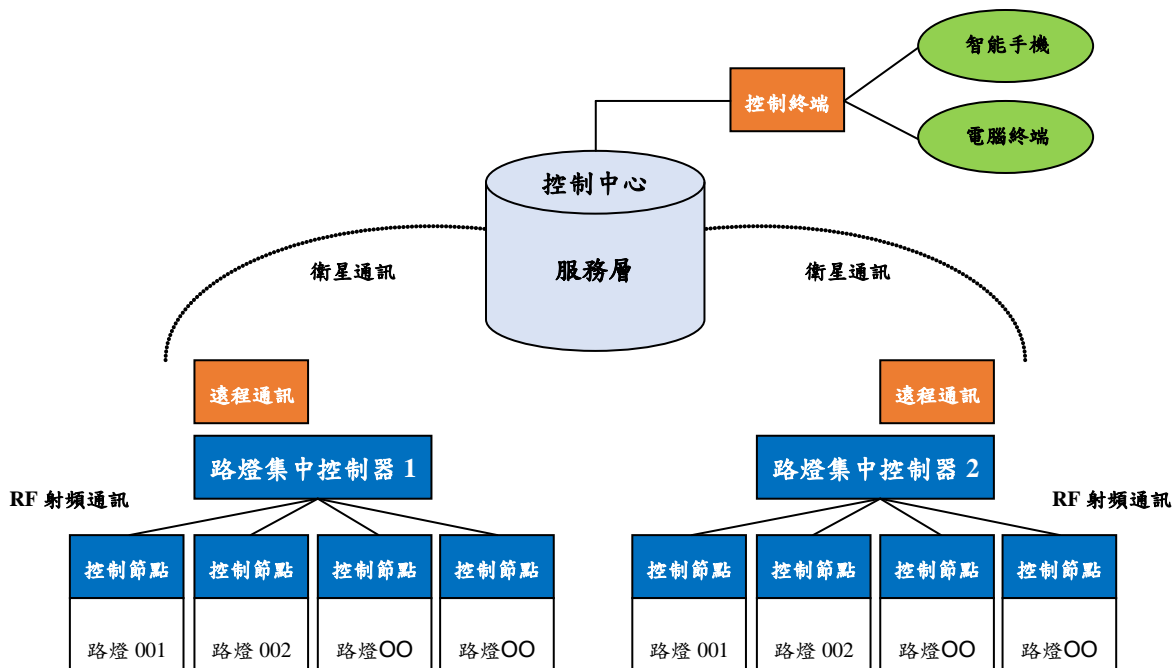


圖 2.10 智慧照明物聯網之四層級說明

(資料來源：中國國家標準 GB/T 33474-2016 物聯網 參考體系架構)

(1) 照明物聯網的設備感知層：設於路燈和控制節點或集中控制器上，包括：光感測器、活動感測器、具時間功能的 GPS(或北斗定位)等。

(2) 照明物聯網的傳輸網路層：包括無線近距離通信(如 Zigbee)或有線近

距離通信(如 485)、遠端無線通訊 GPRS 或 Internet 等。

(3) 照明物聯網的應用支撐層：包括伺服器及平臺軟體、各種中間功能件、大數據或雲計算和邊緣計算等。

(4) 照明物聯網的服務應用層：主要是物聯網照明管理中心，中心包括幾個系統模組：控制模組、統計模組、地理模組、檔案模組、設置模組、通信模組等。

### 3. 物聯網照明標準體系架構

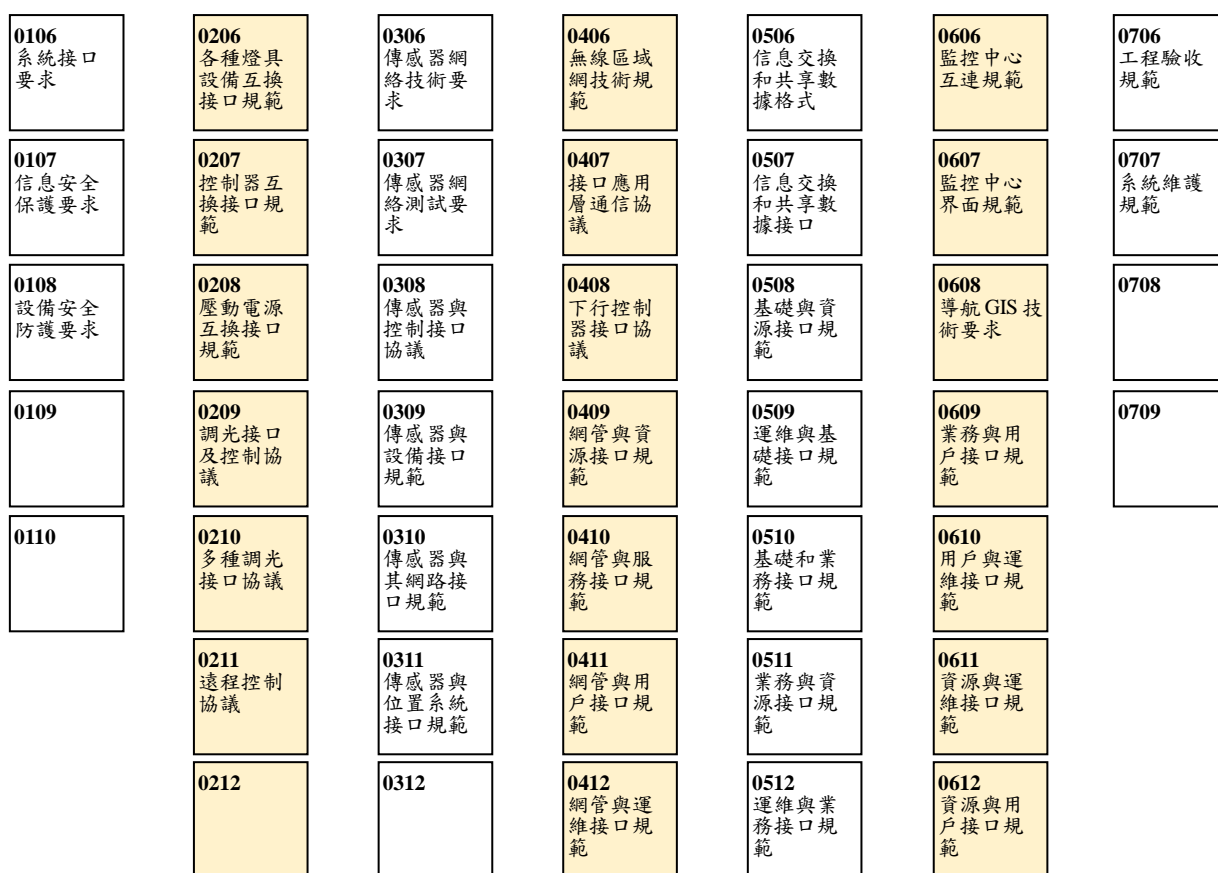


圖 2.11 物聯網照明標準體系架構

(資料來源：中國國家標準 GB/T 33474-2016 物聯網 參考體系架構)

### 4. 基本架構的解釋和說明

(1) 架構係依據物聯網之模型體系、照明設備特點制定，橫向依據智慧照明層級建構，從底層到管理平台為縱向，以物聯網的應用場景需求建構。

- (2) 架構依據物聯網的四個基本層級加上設備層，共五個部分，各部分有獨立的技術規範和產品標準，也有相互間的介面技術規範和通信協定。
5. 發展趨勢：目前物聯網應用集中在智慧家居、智慧城市、車聯網、工業物聯網等領域，帶動了人工智慧、大數據、雲平臺雲計算、無線通訊、語音辨識等技術的發展。而隨著物聯網技術的日趨成熟，物聯網產品反覆運算速度加快，各產業應用也在不斷深化，將催生更多的新技術、新產品、新應用、新模式。對於上述體系架構，將產生以下變化：
- (1) 成本下降致使技術應用日趨普及：物聯網傳輸網路層，隨著 NB-IOT 日趨普及、成本下降，傳輸網路層不再採近距離、遠端的二種模式，而是由 NB-IOT(或者 eMTC)的模式完成。
- (2) 技術和標準的架構不會變化：未來 5G 的商業化，致使傳輸網路層將會產生極大應用變革，不分窄帶和寬頻的通信模式。但無論在頻寬上、性能上、成本上如何變化，傳輸網路層功能仍然存在，技術和標準的架構不會變化。
- (3) 邊緣計算的應用：邊緣計算最快的應用場景將是在智慧閘道上，改變目前多模式、多協定的局域和近程通信模式。
- (4) 雲計算成為真正的計算中心：邊緣計算近期異軍突起，雖然它位於通信傳輸層的上端或下端，但它是對雲計算的一種補充和優化，讓雲計算成為真正的計算中心。

## 二、中國智慧照明相關標準有：

1. 中國電力企業聯合會(CEC)發佈了 6 項國家標準
- (1) GB/T 34923.1-2017 路燈控制管理系統第 1 部分：總則
- (2) GB/T 34923.2-2017 路燈控制管理系統第 2 部分：主站技術規範
- (3) GB/T 34923.3-2017 路燈控制管理系統第 3 部分：路燈控制管理終端技術規範
- (4) GB/T 34923.4-2017 路燈控制管理系統第 4 部分：路燈控制器技術規範



- (5) GB/T 34923.5-2017 路燈控制管理系統第 5 部分：安全防護技術規範
- (6) GB/T 34923.6-2017 路燈控制管理系統第 6 部分：通信協定技術規範
2. 國家住房和城鄉建設部發佈了：CJJ/T 227-2014 城市照明自動控制系統技術規範
3. 國家半導體照明工程研發及產業聯盟(CSA)發佈：
  - (1) GB/T 35255-2017 LED 公共照明智慧系統介面應用層通信協定
  - (2) CSA 040-2017 家居智慧照明設備無線通訊模組介面規範
  - (3) CSA 041-2017 家居智慧照明設備功能屬性規範
  - (4) CSA/TR 001-2014 LED 照明控制系統標準化綜述
  - (5) CSA/TR 003-2017 家居智慧照明系統架構及互聯互通技術
  - (6) CSA/TR 004-2017 LED 智慧家居互聯照明控制協議技術報告
  - (7) CSA 045/IGRS 0004.01-201X 智慧照明體系構架與技術參考模型(徵求意見稿)
  - (8) CSA 051-201X 基於 NB-IoT 技術的道路照明控制終端介面要求(徵求意見稿)
  - (9) CSA 052-201X 基於 NB-IoT 技術的道路照明智慧控制系統(報批稿)
  - (10) CSA 056-201X 智慧道路照明工程驗收評價及測試方法(提案)
4. 上海市城鄉建設和交通委員會發佈了：DG/TJ 08-2182-2015 道路 LED 照明應用技術規範
5. 深圳市 LED 產業標準聯盟發佈了：SQL/LSA 004.1-2011 LED 路燈智慧照明技術規範
  - (1) 第 1 部分：控制系統;SQL/LSA 004.2-2011 LED 路燈智慧照明技術規範
  - (2) 第 2 部分：電力線載波控制子系統：QL/LSA 004.3-2011 LED 路燈智慧照明技術規範
  - (3) 第 3 部分：應用層通信協定;SQL/LSA 004.4-2012 LED 路燈智慧照明技術規範

- (4) 第 4 部分：資訊安全;
6. 國家照明電器質檢中心技術聯盟(CALT)發佈了：CALT 004-2016 道路 LED 照明智慧控制系統技術規範(報批稿)。國家能源局發佈了電力行業標準：
- (1) DL/T 1398.1-2014 智慧家居系統第 1 部分：總則;
- (2) DL/T 1398.2-2014 智慧家居系統第 2 部分：功能規範;
- (3) DL/T 1398.31-2014 智慧家居系統 第 3-1 部分：家庭能源開道技術規範;
- (4) DL/T 1398.32-2014 智慧家居系統第 3-2 部分：智慧交互終端技術規範;
- (5) DL/T 1398.33-2014 智慧家居系統第 3-3 部分：智慧插座技術規範;
- (6) DL/T 1398.34-2014 智慧家居系統第 3-4 部分：家電監控模組技術規範;
- (7) DL/T 1398.41-2014 智慧家居系統第 4-1 部分：通信協定-服務中心主站與家庭能源開道通信;
- (8) DL/T 1398.42-2014 智慧家居系統第 4-2 部分：通信協議-家庭能源開道下行通信;重慶電信研究院發佈了：
- (9) DB 50/T 488-2013 智慧家居監控系統測試規範;
- (10) DB 50/T 489-2013 智慧家居監控系統技術要求;中國智慧家居產業聯盟發佈了：
- (11) CSHIA-FC-GW-01 智慧家居產品互聯互通中介軟體技術標準;
7. 中國通信標準化協會發佈了：YDB 123-2013 泛在物聯應用智慧家居系統技術要求;

此外，阿里巴巴、京東、小米、華為、海爾和美的等互聯網或家電巨頭都有了雲平臺及系列的智慧產品和標準，並涵蓋智慧照明標準。

### 國際智慧照明標準

- 一、IEC(國際電子電機委員會)：國際上 IEC/TC34 燈具和相關器件技術委員

在原有的 SC34A(燈)、SC 34B(燈頭&燈座)、SC 34C(附件)、SC 34D(燈具)的 4 個分委會的架構下，新增 AG4 Lighting systems(智慧照明工作組)，專門訂定智慧照明標準化相關工作，AG4 關於智慧燈具和智慧照明系統的定義為：

1. Intelligent luminaire(智慧燈具)：luminaire equipped with components that have sensing, communication, and processing capability. (智慧燈具是配備了具有傳感、通信和處理能力的元件的燈具。)
2. Intelligent lighting system(智慧照明系統)：collection of one or more intelligent luminaires together with one or more controlling devices. (智慧照明系統是一個或多個智慧燈具與一個或多個控制裝置的組合。)

二、ISO(國際標準組織)：國際標準組織 ISO/TC 274 光與照明技術委員會成立 ISO/TC 274/WG2(第二工作組)，工作組秘書處設在中國建築科學研究院。ISO/TC 274/WG2 工作組將重點開展 ISO 21274 《Light and Lighting—commissioning Process of Adaptive Lighting systems》(光與照明—智慧照明系統調試方法)的編制工作，並與來自奧地利、加拿大、荷蘭、德國等 11 個國家共同研究探討未來國際智慧照明領域相關標準化工作。

三、國際其他組織：國際上另有組織積極推動智慧照明的發展，如成立於 2012 年的 TALQ 聯盟，其旨在建立一個可在全球範圍內接受的用於室外照明的中央控制管理系統軟體介面協定，目前已發佈 TALQ 技術規範 1.0.2 版本。

再如 Fairhair 聯盟，其旨在指導和簡化建築照明和建築自控生態系統向物聯網技術的轉化，並消除關於 IT 基礎設施、安全性和相容性方面的擔憂。Fairhair 聯盟的 6 家發起成員，包含飛利浦照明、路創、西門子、歐司朗、思科和芯科科技，意識到單個的建築系統服務，很難打破當前不同的建築服務通信標準之間之藩籬，產業更加需要跨領域合作來打造通用的 IT 和 IoT 技術，以適合當今建築服務中的主流通信標準。Fairhair 聯盟並不創建新的或附加的應用層協議，相反，Fairhair 聯盟與主流的生態系統如 BACnet、KNX 和 ZigBee 緊密合作，以使這些技術轉化為 IoT 技術。Fairhair 的解決方案將使用支持 IPV6 的網路技術，如 802.15.4 網狀網路(mesh network)，Wi-Fi 和 乙太網。Fairhair 聯盟的長期願景是實現一種低成本、高安全性的基於 IP 的統一網路基礎架構，並將其作為可交互操作的照明和樓宇自動化系統的基礎。

HomeKit 是蘋果公司的一套開放的 API 和協定集合，整合了 siri 的語音交互功能，使用者可通過 siri 語音輸入控制指令，實現對門鎖、燈具、攝像頭、開關插座等智慧家居設備的集成化控制，其研發初衷是希望 ios 設備成為智慧家居設備的控制中心，各個廠家的智慧家居設備在 ios 層面相互協作，而無需這些廠家直接進行對接。HomeKit 目前主要支援 Wi-Fi、BLE 及直接連接乙太網的智慧設備。Allseen Alliance，是由 The Linux Foundation 主持的一個協作專案，該專案以開源專案 AllJoyn 為基礎，後者首先由高通發起，其目標是讓各色各樣的設備、應用及服務都能通過各種線上或離線管道(如 WiFi、電線或乙太網)進行連接。AllJoyn 不需要互聯網連接，且設計為跨作業系統及平臺連接。

此外，Google、三星、松下等都紛紛推出自己的智慧家居平臺，有一系列的產品和標準，囊括智慧照明。

由上述文獻顯示，各國均積極訂定智慧照明標準規範，引導智慧照明發展。根據我國 CNS 智慧照明(Smart Lighting)系統標準中定義，智慧照明系統為可依據人類心理/生理需求或被照物，自動調制出最舒適的色溫及亮度之照明。智慧照明已將單純的照明產品(以固態照明為主)、感測器(Sensor)、通訊技術以及軟體(控制系統)等技術整合。藉由感測器收集資料、共享大數據分析，能夠持續提供高效率的照明解決方案，形成一個有效的生活服務鏈。

智慧照明應用因應服務功能的發展而日漸擴大，除可以藉由智慧照明達到節能目標外，亦可藉由控制系統營造空間情境，並藉由室內照明定位系統，主動告知使用者訊息，甚至結合智慧停車等服務，擴大智慧照明服務價值，未來智慧照明市場發展趨勢，說明如下：

- 一、照明與異業服務結合：照明產業積極布局智慧照明，結合既有照明廠商、BEMS/HEMS 廠商、照明控制廠商、相關零組件廠商以及其他等。透過垂直整合控制元件、系統、服務，發展整合平台/系統，如 Signify、Panasonic、Acuity Brands、Toshiba 等廠商。
- 二、與控制系統整合跨足建築能源管理系統(BEMS)：目前 BEMS 廠商則藉由自動控制技術以及掌握建築業者優勢，將智慧照明納入產品項的一環，藉此提供客戶更多建築能源管理解決方案。如 Schneider Electric、Leviton、Honeywell 等廠商。亦有照明控制的廠商如 Lutron，透過併購持續強化在照明控制的優勢，逐步跨足至建築能源管理系統(BEMS)。

三、開發新商業模式：目前國際大廠在與地方政府合作，也有採用類似租賃模式(與地方政府簽訂長期承租路燈營運權)等方式，積極為智慧化或物聯網所衍生出的資料經濟應用及商機開發。

因此，智慧照明創新的商業模式與新商機仍在發展中，未來後續系統維運、物聯網、大數據分析等是主要價值所在。



## 第三章 建築智慧照明之應用技術及參考案例彙編說明

### 第一節 建築智慧照明之應用技術及參考案例彙編制定說明

#### 一、彙編目的

隨著資通訊科技的快速進步，智慧照明應用日新月異。為進一步降低照明能耗、提高照明設計附加價值，包括飛利浦(Philips)、歐司朗(OSRAM)和奇異電子(GE)等國際照明大廠，紛紛投入智慧照明系統開發，掀起新一波照明市場發展商機。無論是省電燈泡(CFL)或發光二極體(LED)燈泡應用於智慧照明系統，目的在提升燈具亮度、精準色溫調控、改善系統散熱結構、增強電源及驅動電路能源使用效率，並降低整體物料清單(BOM)成本。近年智慧照明發展，照明系統與 ZigBee、無線區域網路(Wi-Fi)或電力線通訊(PLC)等有/無線連結方案的整合，成為建構智慧照明系統的重要環節。因此，本計畫除剖析智慧照明市場發展趨勢外，亦彙整將第三章 建築智慧照明之應用技術及參考案例，探討相關應用技術的設計對策與技術選用考量，以做為規劃設計者之參考。

#### 二、智慧照明相關名詞解釋

常見之智慧照明節能控制名詞：

1. 點滅控制(on-off control)：亦可稱為迴路控制，藉由使用者手動或遠端控制系統，進行基本開、關的控制功能。可與其他控制方法如感知控制、時序控制等搭配使用。
2. 調光控制(dimming control)：透過使用者手動或由遠端監控，以即時或預設方式由照明監控伺服器發出控制命令，控制照明單元輸出光通量比例。
3. 分段調光(Break dimming)：使室內照度達到一定的照度範圍；當達到或低於設定的分段照度值，或達到排程之時間，系統發出訊號藉以分段調節人工光源的輸出強弱。此方式可搭配晝光利用方式或感知系統自動調控光源，採取 0%、50%、75%、100% 等四種控制區段調整光輸出。
4. 連續調光(continuous dimming)：當室內作業面照度隨戶外引入晝光減弱而導致需求增加時，照度感應器隨著現況照度發出調光訊號，讓照明設備光輸出能連續調整，使室內照度保持在一定的標準範圍內，讓使用者有舒適的照明環境。光輸出可採 0%~100% 無段連續調整，透過人

工光源與晝光搭配，使空間維持在一定照度下。

5. 二線式照明控制(Two-wire Control): 二線式照明控制系統為藉由二條信號線，與各種輸入、輸出裝置連接，達到照明設施的各種調控。
6. DMX512：美國劇場技術委員會(the United States Institute for TheatreTechnology, USITT) 於 1986 年制定；在單一信號封包內可一次對 512 個裝置進行控制，創造多樣化燈光場景，為基於 RS/TIA485 通訊協議下，照明控制器與設備間的數據交換標準，可結合不同廠家之設備。目前多應用於戶外之照明變化應用。
7. DALI (Digital Addressable Lighting Interface)：為數位可定址介面標準，由國際電工協會於 2002 年訂定 IEC 60929，2014 年 IEC 62386-101(Digital addressable lighting interface Part 101: General requirements - Systemcomponents)，為基於 0~10V 控制器為基礎所開發之照明控制系統，亦可與 DMX 系統結合，可設定情境與調整光輸出。系統可容納 64 個具備 DALI 位址的裝置，可儲存 16 種場景資料並可將所有裝置分配為 16 個群組，依空間中各種控制需求改變光色、光源類型、開啟盞數、光源輸出比例等。在 DALI 系統中，位址為特定且如門牌號碼，藉此位址可控制特定之燈光或裝置，具位址的裝置一般為安定器、LED 調光驅動等產品。表 2.2 為北科大視聽教室案例，應用 DALI 系統將視聽教室燈光預先設定為全開、全關、簡報、會議等模式，視使用需求改變情境。
8. 人員感知控制(occupancy control)：對於間歇使用之空間或出入不頻繁走道等地區，依據人員進出自動開啟、關閉或調整光通量輸出，避免無人使用時燈具未關閉導致能源浪費。
9. 時序控制(scheduling control)：以時間為基礎，根據預定的計劃安排開啟、關閉或調整既定區域的燈具設備，適用於有規律進行事務之場所，可藉時程排定轉交給不同控制系統，亦可依據不同時段與其他控制方式混合使用，如上、下班控制、路燈點滅、晝光調節、尖峰時段電力需量控制。
10. 晝光控制(daylighting control)：將戶外之晝光引進室內，可讓室內光線充足，但未經規劃設計及大量引進則可能引起不舒適眩光，或產生陰影干擾；因此可運用建築物室內周邊 4 公尺以內之開窗區域，透過設置於空間或燈具內之晝光感應器，依據晝光強弱，依比例調整照度以



降低不必要的浪費。

11. 場景控制(scene control)：可應用於多功能廳、飯店、會議室等需要場景控制之場所，可分為有線與無線控制型式，前者透過按鍵按壓實現預先設定的照明燈光效果，當選定場景後，照明將停留在此階段，直到下一個場景被調用；後者可透過平板、電腦或智慧型手機進行遠端調控。
12. 維持照度控制(maintenance illuminance control)：在照明設計標準中維持照度為設計之基準，其定義為照明裝置在使用一段時間後到光源須更換或燈具須清理，亦或空間須清潔或同時進行上述維護工作時，在工作面上需達到之平均照度值。新設照明在完工初期通常會提供比設計標準提高 20% 之照度，藉以保持照明在維護週期中之照度標準，可搭配調光控制或照度感應器應用，避免初期照度過高。

## 第二節 智慧照明之定義與構成

近年隨 ICT 科技的進步，促使智慧照明技術發展突飛猛進，照明不再只是滿足光環境的設備系統，透過物聯網讓照明結合空間服務，近年產業發展趨勢說明如下：

1. 可見光通訊(Visible Light Communications; VLC)技術：一種無線通訊技術，它利用波長 400 THz(780 nm)至 800 THz(375 nm)之間的可見光來作為通訊媒介(1 THz=1,000 GHz)。目前白光 LED 傳輸方式，每秒傳輸速率最高為 1Gbit，傳輸距離約 5 公尺。
2. Apple 推出 iBeacon 技術：iBeacon 是 Apple 推出基於藍牙 4.0 的定位技術，手持裝置靠近 iBeacon 基站時能感應到訊息標示，範圍可達 50 公尺。2014 年 3 月 Apple 發表 iOS 7.1 作業系統，同時搭載 iBeacon 功能，用戶可在關機狀態下，搜尋到 iBeacon 標示 iBeacon 是單向訊息傳送裝置，當消費者走進該區域範圍時，可取得服務，如商品介紹、廣告促銷、路線導航、比賽結果等，賣場、運動場、機場、醫院、博物館等公共場所都適用。美國有 Macy' s 百貨、Safeway 超市、大聯盟球場等加入此服務。
3. Google 推出 Nearby 系統：Google 在 Android 系統提出 Nearby 功能，Nearby 混合 Wi-Fi、藍芽及麥克風作為連結以傳輸資訊，讓使用者可享用室內定位及來自商家促銷訊息等，並具備分享功能 Google 將收集到的訊息傳到雲端，再進行訊息匹配，使用者可選擇對那些設備或物品開放自己的訊息
4. 數位調光為未來主流調光技術：LED 燈泡的節能、發光效率及可靠性日益受到重視，LED 的 TRIAC(Triode for Alternating Current)調光方式將走入歷史，取而代之的是類比調光(Analog Dimming)和數位調光(Digital Dimming)方式，數位調光因可改善類比調光開關電流應力隨電流下降而上升的問題，具有更高的調光效率，將成為設計的主流。

表 3.1 智慧照明調光技術比較

項目	類比(振幅)調光	數位(PWM)調光
控制電路	簡單	複雜
調光效果	差	佳
均勻度	差	佳
成本	低	較高

(資料來源：拓璞產業研究所,2019)

5. 物聯網在智慧照明上之應用：物聯網興起，智慧照明技術持續進化，發展適當的連網技術成為主要課題。智慧照明連網控制分為：無線、有線 2 種，無線連網技術主要分為：Wi-Fi、ZigBee 與 Bluetooth 3 種。特性說明如下：

- (1) Wi-Fi 具備連網速度快、傳輸速度快等特性，但耗電量大、可連結節點個數僅 10~20 個、連網安全性也相對低，需要遠距操控的裝置一般會採用 Wi-Fi。
- (2) ZigBee 與 Bluetooth，成本較低、耗電量較低但連結速度較慢，Bluetooth 發展歷史較長，技術相對成熟。ZigBee 具有可連結節點個數最多、可無限擴充等優點，汽車上的操控裝置通常使用 Bluetooth。
- (3) 一般家中智慧家電採用 Wi-Fi、Bluetooth 或 ZigBee 皆有，若需要同時控制整棟樓層的範圍，或 20 個以上的裝置，採用 ZigBee 較多。

表 3.2 智慧照明連網技術比較

連網技術	適用感應距離範圍	最高節點數	技術成熟度	連網安全性	連結速度	成本	耗電量
Wi-Fi	200 公尺	10~20 個	高	低	高	中	高
Bluetooth	30~50 公尺	10~20 個	高	低	低	低	中
ZigBee	50~300 公尺，並支援無線擴展	約 65,000 個	中	高	低	低	低

(資料來源：拓璞產業研究所,2019)

Bluetooth 是一種短距離的無線通訊協定，依據不同應用功能區分為傳統藍牙(Classic Bluetooth)、高速藍牙(Bluetooth HS)與藍牙低功耗(Bluetooth Low Energy, BLE)等。Bluetooth HS 速度為傳統的 8 倍，適合進行立體聲音效與資料傳輸，而 Bluetooth Low Energy 最大操作電流為傳統一半左右，適合應用於重視電池續航用途。

表 3.3 智慧照明 Bluetooth 連網技術比較

無線連網技術	傳統藍牙 (Classic Bluetooth)	藍牙低功率 (Bluetooth Low Energy, BLE)
版本	1.0~3.0	4.0
傳輸距離	10~100 公尺	50 公尺
最大操作電流	30mA	15mA
空中傳輸速度	1~3Mbps 24Mbps(Bluetooth HS)	1Mbps
應用成是傳輸速度	0.7~2.1Mbps 16.8Mbps(Bluetooth HS)	0.27Mbps
使用頻段	2.4GHz	2.4GHz 915MHz(北美、歐洲)
適用範圍	手機、車用電子、醫療	穿戴式裝置、車用電子、零售數位服務(iBeacon)

(資料來源：拓璞產業研究所,2019)

智慧型手機端以 Wi-Fi 連結雲端與 Gateway，再以 Gateway 透過藍芽或 ZigBee 連結至各個燈具，兼具控制端快速、遙控的需求，以及最終可連結節點數量夠多的目標。目前無線連網主流技術未被新技術取代的前提下，Wi-Fi 搭配藍芽或 ZigBee 的方式成為智慧照明未來主流的控制方案。

Philips 公司於 2014 年利用 VLC 在德國賣場進行智慧照明連網服務測試，功能說明如下：

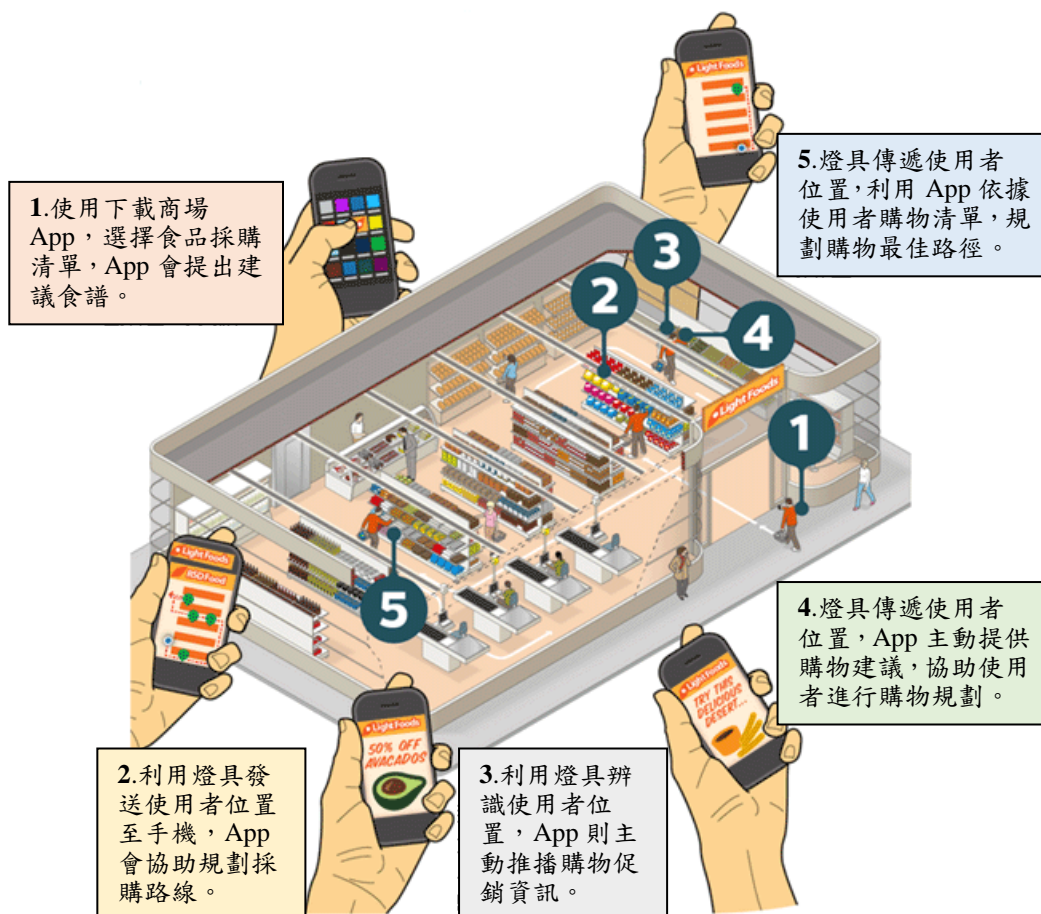


圖 2.4 Philips 公司利用 VLC 進行智慧照明連網服務架構

(資料來源：拓璞產業研究所,2019)

GE 公司採用 VLC 技術與 Bytelight 公司之低功耗藍牙通訊相結合，系統與 iBeacon 平台相容，透過內嵌晶片，開發多種應用，如店內消費者購物導航、博物館、機場及展會中心的室內定位服務等，精確度在 1 公尺內，且不需額外設備的情況下，提供空間服務。

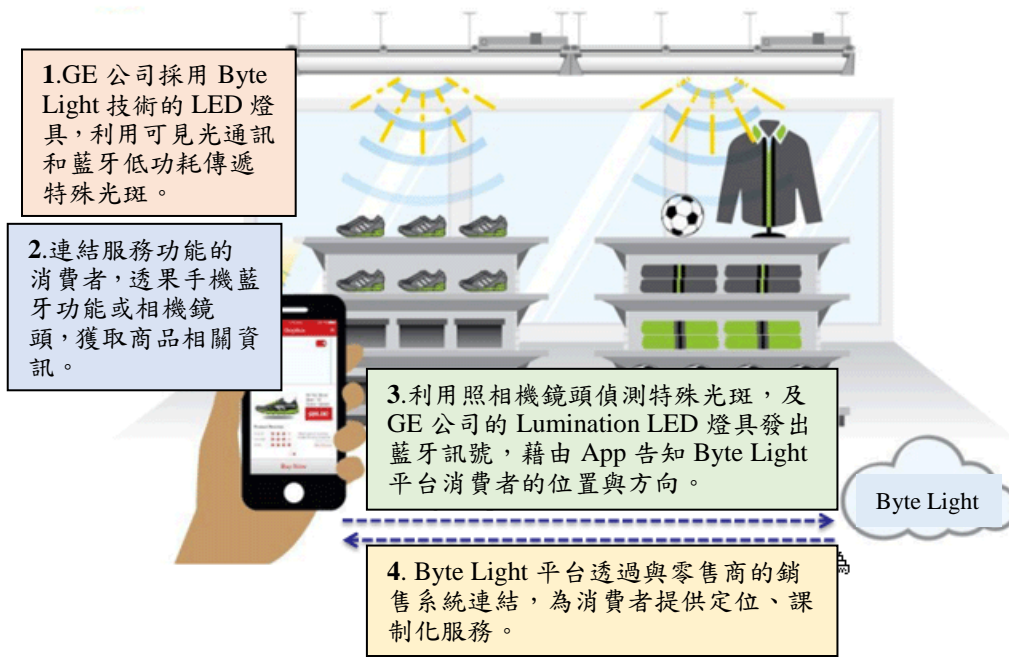


圖 3.1 GE 公司利用 VLC 進行智慧照明連網服務架構

(資料來源：拓璞產業研究所,2019)

另外，Lifi (Light Fidelity)發展也值得期待，由於光和無線電都是一種電磁波，在 LED 燈裡加入控制光線閃爍的晶片，就可以傳遞信息，因這種光線閃爍頻率極高，人眼看不出光的變化。利用不同顏色的可見光製造短距離網絡通訊裝置，如：紅、綠、藍 LED 燈作為數據發射器傳送信息，並發展雙向通訊系統。2015 年傳輸速率達 110(M)b/S，未來 10m 內距離之傳輸速率可達低延遲、高傳輸速率目標，此即為 Lifi 的優勢。Lifi 將作為現有通信技術的補強用途，在醫院、飛機客艙、發電廠等特殊環境下，將會有更大的使用價值。

### 一、智慧照明之定義

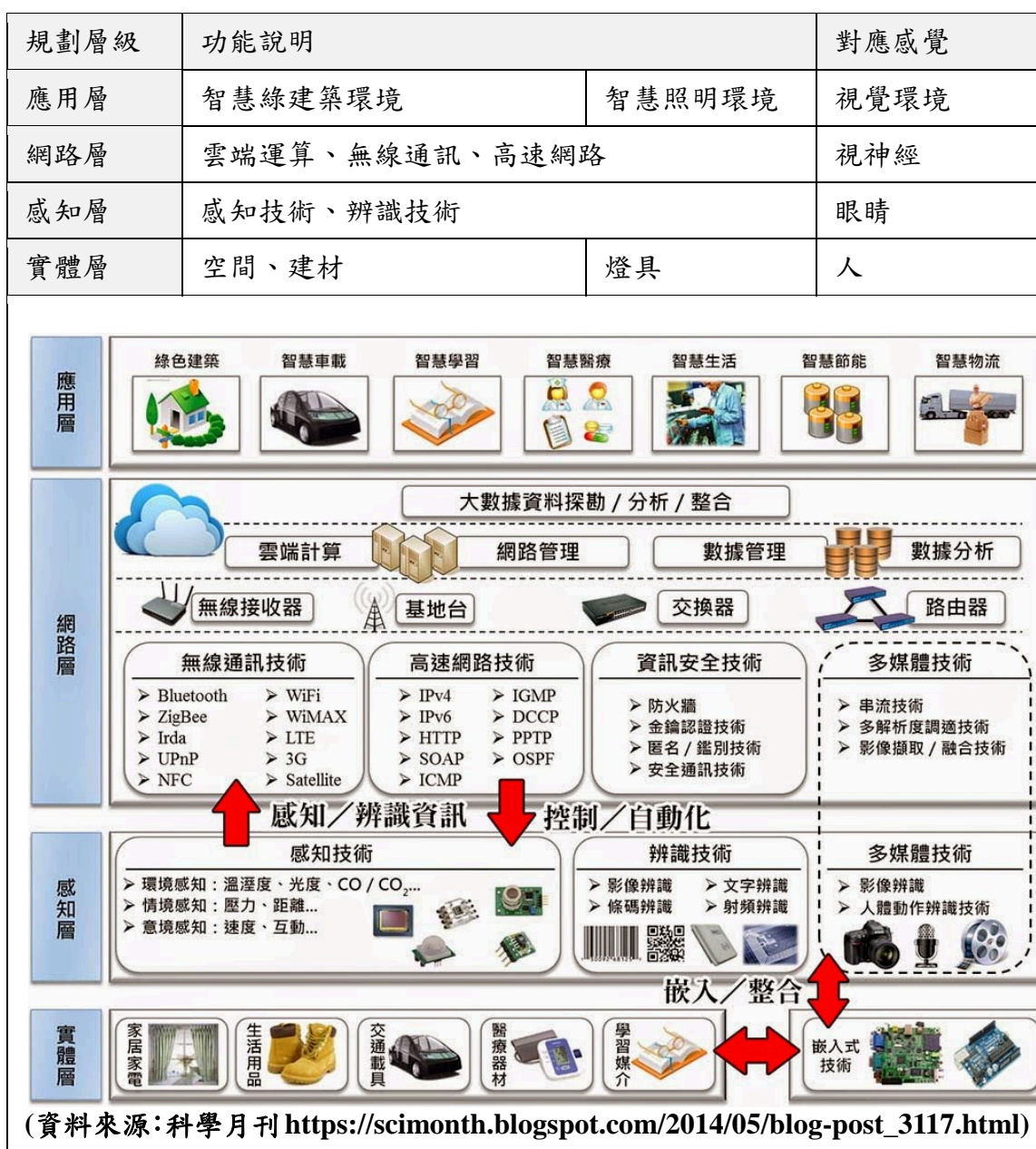
根據 CNS 智慧照明(Intelligent Lighting)系統標準中定義，智慧照明系統為可依據人類心理/生理需求或被照物，自動調制出最舒適的色溫及亮度之照明。簡而言之，智慧照明由照明產品(以固態照明為主)、感測器(Sensor)、通訊技術以及軟體(控制系統)等技術整合實現。藉由感測器收集資料、共享大數據分析，能夠持續提供高效率的照明解決方案。

### 二、智慧照明之構成

根據歐洲電信標準協會(European Telecommunications Standards Institute, ETSI)之定義，將 IoT 依照不同的工作內容構成分為實體層、感知層、網路層及應用層，本研究依智慧照明規劃層級分別闡述智慧照明應用技術。



表 3.4 智慧照明規劃層級說明



1. 實體層(Physical Layer)：定義此層傳輸介面的電氣、機械特性、功能、運作程序、媒體(Media)、傳輸方法(Transmission Method)與佈線方式(Topology)等。
2. 感知層(Sensors Layer)：具感測或辨識能力的元件可嵌入各種真實物體，使其更具智慧。
3. 網路層(Network Layer)：IoT 中的智慧物件具有聯網能力，能夠將感測資訊傳遞至網際網路，除了分享這些即時且重要的資訊給適當的使用者外，亦能提供使用者遠端互動功能。

4. 應用層(Application layer)：透過上述的「感知」與「聯網」技術，可使人們在任意時間，不論在何處，對任何周遭感興趣的物件，透過任何一種網路存取的形式，來享受與該物件相關的應用服務。

智能照明控制系統設計，可採用分布式、集散型方式，各單元的調光控制相對獨立，自成一體，互不干擾。具體來說，智能照明系統是由集中管理器、主幹線和訊號接口等元件及子系統所構成。子系統中包含：各類調光模組、控制面板、及感測器等元件。主系統和子系統之間通過訊號接口等元件來連接，達成數據傳輸的目的。主系統主要是對各區域實施控制和訊息收息，子系統是對各區域實施控制，組成智慧照明系統架構。

要將智慧帶進設備中，正確的感測器是重要要素。如透過行動引發反應、收集數據，讓使用者能以特定的方式做出反應。如奧地利微電子(AMS)提供直覺式的解決方案：Smart Light Manager 和 Smart Light Director。藉由此一感測器解決方案，能偵測光線，而且能單獨地對色溫和亮度差異直接做出反應，且該系統能做為感測器橋接介面，進而連接更多的感測器，提供更多服務機會。

例如溫度感測、在位感測、濕度感測、空氣品質測量(VOC)或氣壓感測等數據，可用於光線品質或空間管理，感測器依據測量數值主動亮度控制，當窗邊有足夠陽光時則調暗燈光，或者主動感測色溫、控制，實現主動式日光控制。其他感測數據則被傳送連接的設備，運用於更多建築物自動化、智慧化服務。

智慧物聯網不僅能創造獨特的需求服務，亦可透過目標性知識和夥伴來開啟新市場。利用網路將「本地端」的偵測和控制功能直接傳送至雲端，透過藍牙低功耗(BLE)、Wi-Fi 或 ZigBee 等，就可快速連接至一般的輸入裝置。簡單的 AT 指令有利於裝置之間的通訊，並確保使用標準化代碼，就能在很短的時間內建立連結提供服務。



### 第三節 智慧照明在建築設計及室內裝修等注意事項

物聯網、大數據發展快速，在智慧照明系統的應用，可依據使用者的心理、生理或被照物的需要，藉由感測模組提供的資訊自動調整出最舒適的色溫及亮度。傳統照明廠商也推出個人化燈具，最常見的產品是將燈具與智慧型裝置結合，使用者下載 APP 就能進行照明無線遙控。更進一步提供自動學習控制(Learning control)、可定址燈光控制介面(DALI)、軟體自動更新、支援多種通訊協定、人性化使用者介面等功能的智慧照明系統。

智慧照明感測器特性略述如下：

1. 紅外線感測器:紅外線感測器為焦熱電現象偵測器外覆透鏡之設備，可偵測人體自然釋出之熱輻射，並藉由熱源移動使透鏡傳至感應器而啟動控制，屬被動式感應，當人員靠近感測範圍時，紅外線感應到人體溫度變化後，即啟動照明裝置。

2.微波感應測器:微波為電磁波之一種，利用都普勒原理之反射效果，當無線電波從感應器發出時，空間中的對像同時受到反射或透射，進而回饋至感應器。應用於空間感知系統時，可主動感應移動之人或物體而進行反應，反應速度快、屬主動式感應，感應器之電波檢測到人員動作後，即開啟照明裝置。晝光控制

3.晝光感測器:透過設置於空間或燈具內之晝光感測器，依據晝光強弱，依比例調整照度以降低不必要的浪費。例如天花面安裝亮度感知器，當戶外晝光照射進室內時，感測器感知晝光之亮度後窗邊燈具逕行關閉；當晝光亮度減少時則開啟燈具。

智慧照明在建築設計及室內裝修等注意事項：

#### 一、智慧照明產品規格選擇

參考【大學校院圖書館智慧照明研究示範計畫作業要點】，有關照明產品規格選擇建議：

1. 照明產品須符合 CNS14335 安全性及 CNS14115 電磁雜訊要求。
2. 照明產品之光生物安全須符合 CNS 15592 與 IEC/TR 62778 無風險等級。
3. 照明產品之能源效率(lm/W)須符合節能標章要求。
4. 照明產品之演色性： $\geq 80$  ( $R9 > 0$ )，另視空間使用需求調整。

## 二、智慧照明感測器佈建原則

有關智慧照明設計感測器如同照明系統的末梢神經，應該盡量擷取正確的數據，參考西門子公司二氧化碳與有機揮發氣體感測器，此感測器適用於操作電壓 AC 24 V or DC 15-36 V，並可調整電壓值為 DC 0-10 V、DC 2-10 V、DC 0-5 V，電流值為 DC 0-20 mA、DC 4-20 mA、DC 0-10 mA，三種不同類型之電壓與電流值，並採用 NDIR 法檢測，使用環境為 0~+50 °C / 0~95 % r.h，感測器設置原則說明如下：

1. 建議距地面高度 150cm，距離牆面開口至少 50cm
2. 不得設置於外牆
3. 不得設至於牆角或窗簾後方
4. 不得接近熱源或書架等家具上
5. 不得接近牆內熱源，如：煙囪
6. 不得設置於照明或他熱源之輻射範圍內，如：投射燈
7. 不得暴露於太陽直射輻射環境

表 3.5 感測器佈建考量因子與感測器特性彙整表

項目	佈建考量因子	因子說明	感測器特性
佈建 位置 條件	建築物之隔間區域	單一隔間區域可視為一感測空間，至少需設置一感測器	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 市面二氧化碳感測器量測範圍多為 0~2,000ppm、0~3,000ppm 最高範圍可調整至 0~10,000ppm，可依照使用者及其空間需求進行調整。</li> <li>• 二氧化碳感測器距離地面至少距離 120cm-180cm，距離牆面開口至少 50cm。</li> <li>• 溫溼度量測範圍，溫度為-50 ~ +50°C、0~50°C、0~100°C其溫度出廠可指定；濕度為 0-100%r.H，且精度均在±3%上下，均可對應室內空間之使用範圍調整。</li> </ul>
	隔間區域之面積大小	各廠感測器均有不同等級及感測濃度範圍差異	
	感測器量測範圍	各廠感測器均有不同等級及感測範圍靈敏度差異	
	安裝的位置	感測器各製造商均有不同產品安裝位置原則	
	感測器安裝高度	基於該量測環境因子的物理特點，製造商在感測器產品佈建時都會加以說明限制	
佈建 環境	室內空調機器帶動空氣流動	感測器佈建須配置於室內空調設備帶動之空氣流動的範圍為	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不得接近熱源處或直接與氣流接觸地區，如開窗窗口或氣流</li> </ul>

項目	佈建考量因子	因子說明	感測器特性
干擾	範圍	佳。	出口。 • 不得於空氣流通較差之區域，如門後或隔間，及溫度變化大或濕度過高之處 • 測量指標測量風速：0.4~25.00 米/秒，0.01 米/秒 解析度，精度±2%
	避免具有氣流短循環之感測位置	在佈建感測器應避免靠近可能氣流短循環的環境位置配置	
	感測器是否具有另類干擾氣體	屬於偵測氣體類的感測器也需注意佈建環境中是否有其他干擾性的另類氣體，以避免影響感測之準確性。	
佈建傳送條件	感測器之電源供應	佈建時需考量電源的來源，除了感測器的信號傳輸線、通訊傳輸線佈建外，電源供應線亦應納入規劃	• 二氧化碳感測器產品多為四線式傳輸方式，也可於室內進行無線式傳輸，兩種傳輸方式可由使用者與空間需求進行調整 • 長期佈建之感測器多以有線供電為主，並於配線口附近佈建感測器
	感測器對集控器之距離	不管有線或無線傳輸裝置，都需考量感測器佈建後連接到集控器之傳輸距離的限制	
其他限制	感測器製造商特殊的安裝限制說明	各廠感測器出廠都會隨貨附安裝說明書或者相關產品型錄，在設計規劃感測器的佈建時應可有參考依據。	• 部分氣體感測器須為清潔空氣和不可燃的氣體。 • 手持式感測器方便攜帶，但指向性強，採樣時需要注意點樣點是否正確

(資料來源：本研究整理)

### 三、智慧照明無線傳輸選擇考量

1. 微波(Microwave)：微波主要用於大樓間 LAN 網路連接，這須要使用到碟形天線，且天線必需位於視線範圍。
2. 展頻(Spread Spectrum)：展頻是目前 Wireless LAN 使用最廣泛的傳輸技術，最先是軍方發展，用來避免信號的擁擠與被監聽。常見於咖啡廳無線上網、3G、4G 上網等應用層面，適用於一般公眾網路使用。
3. 紅外線(Infrared ray)：使用紅外線傳送資料，又可分為兩種型式
  - (1) 散射式(Diffused)紅外線一種非直線式傳輸方式，只要在一定區域內，可藉由物體表面反射方式，達到傳送資料目的。
  - (2) 直射式(Directed)紅外線以直線形態傳輸資料，若途中遇到任何障礙，接收端將無法收到資料，因此網路環境必須是視線範圍(Line-of-sight)。

4. 藍芽(blue tooth)：藍芽的運作原理是在 2.45 GHz 的頻帶上傳輸，除了數位資料外，也可以傳送聲音。每個藍芽技術連接裝置都具有根據 IEEE 802 標準所制定的 48-bit 地址；可以一對一或一對多來連接，傳輸範圍最遠在 10 公尺。藍芽技術不但傳輸量大，每秒鐘可達 1MB，同時可以設定加密保護，每分鐘變換頻率一千六百次，因而很難截收，也不受電磁波干擾。其設計適用於連結電腦與電腦、電腦與周邊以及電腦與其他行動數據裝置，如行動電話、呼叫器、PDA 等。
5. Home RF：Home RF 是建構在 Share Wireless Access protocol(SWAP)的技術上，主要是應用於家庭網路的無線上網需求。它不只是資料的傳送，更整合了語音傳輸的能力，所以可以將電腦網路與電話網路結合，提供一個更完整的解決方案。Home RF 目前的頻寬大約是 1~10Mbps。但是，仍有訊號干擾的問題存在。與其他技術不同的是，Home RF 的目標非常明確，主要鎖定在家庭電腦與消費性電子產品(IA)的無線區域網路串連上。因為目標明確，也吸引了將近 100 家的資訊與通訊產品廠商加入。
6. Hiper LAN：Hiper LAN(High Performance Radio LAN)是由歐洲通訊標準協會(ETSI)制訂的無線區域網路傳輸協定，傳輸速度可達 24Mbps。Hiper LAN 也有分成兩個版本，新的 Type II 版本採用 Wireless ATM 的技術，使傳輸速度更高達 54Mbps，也是全球首先納入行動通訊協定 GPRS 與 UMTS 實體界面的無線區域網路標準，以配合語音與數位相互整合的無線網路架構。以致力於發展 HiperLAN 產品與應用的組織 H2GF(HiperLAN2 Global Forum)會員結構來看，在 47 家參與業者當中絕大多數均屬於行動通訊產業上下游相關廠商。
7. Zig Bee：Zig Bee 是一種家庭區域網路，具有統一感測器、致動器、設備、資產追蹤設備的資料通訊，且可用在工業自動化、公用事業計量、大樓控制甚至是玩具。然而，家庭自動化是 Zig Bee 設備的最大市場。這種低成本和易於使用的家庭網路可能產生一個全新的互連家庭設備生態系統、照明和環境(空氣和濕度)控制系統以及安全和感測器子網路的最佳選擇。

#### 四、各空間類型可採用照明節能控制手法建議

各空間類型較為適用的照明控制手法，建議參考下表的分類應用。

表 3.6 各空間類型可採用照明節能控制手法建議

可採用節能控制 手法		手動調光	紅外線感應	微波感應	時序控制	分區迴路控制	場景控制	窗邊晝光利用	初期照度補正
學校	教室	○			○	○	○	○	○
	教師辦公室	○			○	○		○	○
	會議室	○			○	○	○	○	○
	視聽室	○			○	○	○	○	○
	體育館	○			○	○	○	○	○
	多功能廳	○			○	○	○	○	○
	樓梯、走廊	○	○	○	○	○			
	廁所	○	○	○					
	路燈	○			○	○	○		
圖書館	書架	○	○	○		○		○	○
	閱讀區	○				○		○	○
	櫃台	○					○		○
辦公室	辦公空間	○			○	○		○	○
	會議室	○			○	○	○	○	○
	廁所	○	○	○					
停車場	車道	○	○	○					○
	停車場	○	○	○					○
	廁所	○	○	○					

(資料來源：本研究整理)

參考上述智慧照明在建築設計及室內裝修等注意事項，將可確保智慧照明需求功能設計目標落實。

## 第四節 智慧照明之技術與應用

### 一、智慧照明之技術

智慧照明系統一開始是使用電磁式觸點控制進行關閉燈光的控制，光源則是白熾燈。而隨著照明技術的演進，燈具也逐步從日光燈到節能燈，水銀燈到高壓鈉氣燈，最後到目前的 LED 燈。搭配的調光控制技術則擴展至電阻器式、電感器式、變壓器式和繼電器式等。

而隨著網路技術的發展，以及物聯網與大數據時代的來臨，照明控制技術開始與無線技術緊密的結合，並進入更複雜與細緻的數位控制時代；另一方面，在全球節能趨勢與個人化需求的帶動下，照明智慧化的控制範圍開始縮小聚焦，不僅要自動化，更要滿足「人」的需要，包含安全、舒適和節能，甚至是健康照護都要能被實現。

但就如同物聯網，要先「連上(connect)」才有接下來的種種事。智慧照明也是如此，想要具備「智慧」的能力，感測器與網路技術的採用絕對是不可或缺的一環，甚至說，它就是實現智慧照明的基礎。

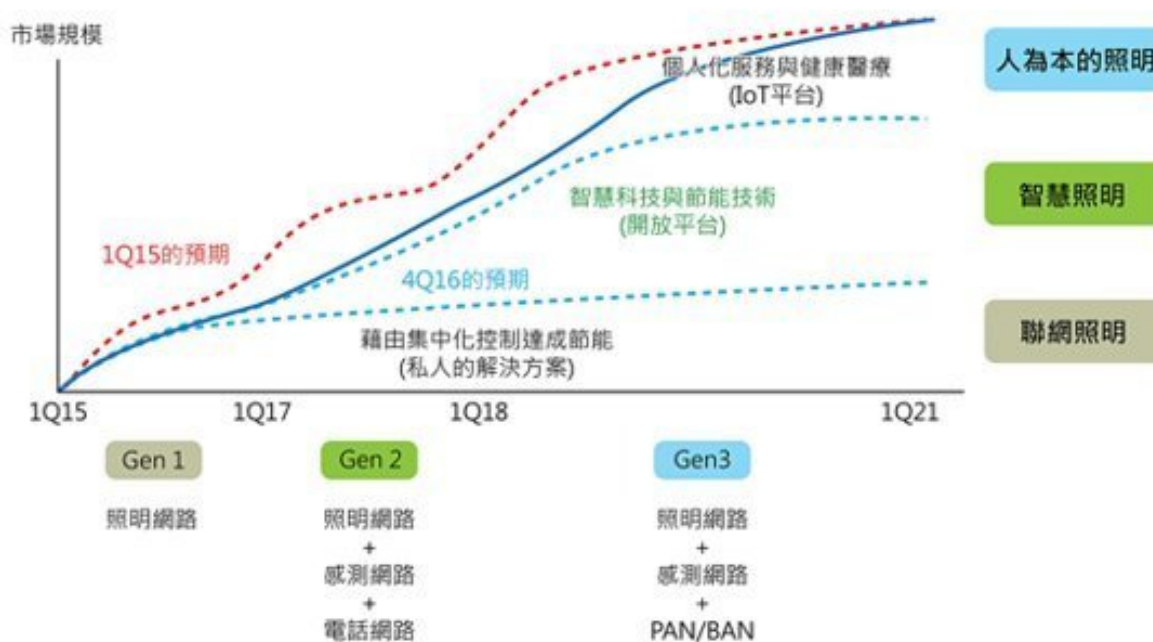


圖 3.2 數位照明的階段示意圖

(資料來源：<https://udn.com/news/story/6903/2984699>)

### 二、智慧照明之應用

產業智慧化已是不可逆的時代潮流，在照明產業，智慧照明則躍居主流發展

趨勢。以 LED 燈為例，在 2014 年之前，照明業者研發首要目標為增強功率，但功率到達每瓦 100 流明後，向上提升的速度已趨緩，研發首要目標則轉為拓展應用層面，並著重於智慧照明相關領域。

其實，智慧照明早已隨處可見，人們並不陌生。例如，手機可透過數位控制，控制燈炮亮度、明滅，而若干空間的照明設備運用紅外線偵測，當有人進入時，立即自動開啟；所有人都離開時則自動關閉。不過，真正的智慧照明根本無須人為控制，便可精準感知周遭情境、訊號變化，自動進行合宜的調整。甚至，不同人進入裝置智慧照明的空間，可根據其狀態，釋放不同的光線。因此，當下智慧照明技術仍屬萌芽期，距離智慧照明的境界仍頗為遙遠。

近年來，愈來愈多國際大廠投入智慧照明技術、應用研發。由於智慧照明為新創領域，且採用諸多 ICT 零組件，參與者除了照明廠商，還包括眾多 ICT 大廠，競爭益發激烈，而在全球智慧照明產業供應鏈，台灣廠商還能藉硬體設備卡位，在封裝端較具優勢，但在照明端，則仍居於弱勢。台灣廠商的另一弱勢，在於較不擅長營造、想像、開發智慧照明的新應用。在可見的未來，台灣應固守、強化既有優勢，並補足弱勢，當大有可為，智慧照明亦可望成為照明產業、ICT 產業的新利基。智慧照明也可劃歸為物聯網的一環，隨著物聯網聲勢高漲，受關注程度亦與日俱增。有關應用方式舉例如下：

1. 室內定位應用：根據物聯網的定義，萬物皆可彼此以網路相互聯結，根據新一代的網路協定 IPV6，可以提供  $2^{128}$  次方個網址，號稱萬物即使微小如一粒沙，皆有其網址。智慧照明給合物聯網，讓 LED 燈泡有其網址，並可形成網路，其功能遠多、遠大於傳統照明。除了照明，智慧照明還可應用於通訊、定位。在無線通訊尚未普及的年代，輪船靠岸時，船員得不斷透過手動方式以燈光打摩斯密碼，向港埠人員傳遞訊息，即可稱為可見光通訊，現代可見光通訊則可以借助電子電路的幫忙，速度比傳統方式快上 1 億倍，即在相同時間內，可傳遞 1 億倍以上的訊息量。以智慧照明進行通訊，並不必要開、關 LED 燈，只要燈泡亮度稍有變化感應器便可感應，在技術上，僅需控制電流強弱，技術並不困難。目前因智慧照明未普遍應用於通訊，調光、通訊功能分屬 2 個晶片，日後將可望整合為 1，對體積、成本影響甚微。只是，在無線通訊上，智慧照明競爭者頗眾，例如 WiFi，容易遭到既有技術的排擠，後來居上甚為不易。所以，針對智慧照明的延伸應用，工研院優先選擇定位，特別是室內定位，並已與彰化基督教醫院等醫院進行合作，研發室內定位系統。

室外定位已頗為普及，精準度亦日益提升，滲透率最高者為 GPS，但室內定位卻才剛起步，且精準度不佳。最常被應用於室內定位的技術，當是 WiFi，但其精準度僅到 5 至 10 公尺；智慧照明可進行室內定位的原理，在於每顆燈泡皆有地址，其精準度將可提升至 1 公尺內，大幅降低誤差機率。

2. 協助醫療院所優化服務：工研院在經濟部科技專案支持下，與彰化基督教醫院共同研發「智能醫院護理交班 VLC 定位系統」，協助護理師縮減交班時間。先前，彰化基督教醫院護理師每次交班時，因為各種儀器坐落於不同位置，光是盤點儀器，大約得花上數十分鐘，長此以往，耗費的時間相當可觀，更令護理師身心俱疲。為了讓護理師交班更順暢，彰化基督教醫院嘗試多種解決方案。今年，彰化基督教醫院裝置「智能醫院護理交班 VLC 定位系統」，並在醫院各個角落安裝 LED 燈，以 LED 燈進行儀器定位，護理師在交班時，只要在護理站瀏覽電子排班表介面，即可知儀器是否在定位，最快可將交班時間，縮短至 2 分鐘。顧及醫院並非每個空間，都如護理站般全天候亮燈；彰化基督教醫院特在各個房間門口，裝設 LED 燈，透過「智能醫院護理交班 VLC 定位系統」，便可確認儀器的移動軌跡，縱使若干空間熄燈，亦可順利完成儀器盤點、護理師交班，更不必開燈盤點。
3. 導覽應用：除了醫療院所，工研院亦積極推動與其他產業，合力研發智慧照明的新應用，以期降低所需人力、物力，或提高服務品質，預計合作的下一個產業，將是博物館、美術館。博物館、美術館專業的導覽人員，不少已被低價語音導覽機具所取代。人們參訪博物館、美術館，多半會租借一個語音導覽機具，當走到某個陳列品、藝術品前，只要戴起語音導覽機具的耳機，便會聽到其語音簡介與相關資訊。工研院正嘗試以平板電腦取代語音導覽機具，以圖像、影像資料取代語音資料，讓參訪者印象更為深刻。未來，博物館、美術館若裝置智慧照明定位系統，且在每件陳列品、藝術品裝設 LED 燈，參訪者在陳列品、藝術品駐足時，平板電腦將自動播放以其為主題的圖像、影像資料。此外，因為室外定位多採 GPS，系統、介面皆與智慧照明定位系統不同，工研院已著手整合兩者，讓室外定位、室內定位彼此可無縫接軌，方便使用者自由行動，不必使用兩套定位系統。

如果在路燈裝置智慧照明定位系統，是否就可進行室外定位，不必再費力整合 2 種定位系統。此提議著眼於路燈終將全面替換為 LED 燈，



立意良善，但執行困難重重，瓶頸包括路燈高度遠高於室內燈，易受到日光等背景光的干擾，且建置成本遠高於使用 GPS，不符經濟效益。

智慧照明定位系統蘊藏龐大商機，國際大廠如韓國三星已搶進，開發其新應用。三星現正嘗試在量販店布建智慧照明定位系統，並在手推車上裝置感應介面，希望讓使用手推車的消費者，可在茫茫商品中，快速找到欲購商品的確切位置，節省可觀的時間、體力，並有助於紓解尖峰時間的擁擠人潮。

只是，在量販店佈建智慧照明定位系統，若想精準定位每件商品，技術仍有待提升。因為，現在智慧照明定位系統技術有效範圍約為 2.5 公尺，但量販店地板與天花板的距離，大多為 5 公尺；如何突破訊號強度不足的障礙，讓所有商品都可精準地被定位，不至於有所闕漏，仍是一大挑戰。

4. 差異化照明：除了向醫療院所推廣人因照明，工研院也積極研發居家可用的產品，從醫療市場跨足保健市場。人因照明進一步延伸，則是研發差異化的老人照明、辦公室照明。以老人照明為例，老人眼睛感光度較差，需要較明亮的照明環境，若亮度與年輕人使用的照明相同，勢必將造成諸多不便。

在醫療院所建置智慧照明定位系統，或施行人因照明，都可視為醫療服務智慧化的一環，亦是傳統醫院轉型為智慧醫院的必經之路，隨著少子化、高齡化浪潮來襲，其將是解決醫院人力短缺的根本辦法。國際大廠都積極投入研發智慧照明新應用，主戰場除了醫院，未來也將鎖定學校及家用，可確定的是，在數年之後，智慧照明新應用將如雨後春筍般湧現，成為照明產業、ICT 產業前進與獲利的新引擎！

## 第五節 智慧照明案例

智慧照明案例收集分國內、國外案例，案例資料詳附錄一。

### 一、國外案例

近幾年 LED 照明在廠商積極推動下，持續朝低價格與高效率發展，逐漸形成高效率技術發展的天花板，使得未來 OLED 照明等新技術要進入照明市場，技術門檻將更高。不過也因為 LED 照明使得照明產業競爭激烈，價格往往是主要競爭手段，因此 LED 取代照明產品價格逐漸下滑，對於未來照明市場成長影響力也將逐步降低。

而整合性 LED 燈具、物聯網照明、照明管理系統以及 LaaS，創造新的照明產品價值，將成為帶動照明市場發展關鍵。在照明智慧化的發展趨勢下，智慧驅動；感測器；通訊模組；互通性/相容性；安全技術；整合技術將是可發展的技術方向。

智慧照明系統發展為主要照明大廠積極開發的新藍海市場，未來為追求舒適生活環境，照明設計將朝個人化需求發展，達到個人化設計目的。照明也逐漸與感測器結合，形成智慧化系統，可依照使用者喜好作控制。智慧化照明除燈具之外，還結合運算技術、無線通訊技術、自動控制技術、數據資料庫等整合而成，因此不是只靠單一家廠商就可以達到，必須透過策略聯盟或尋找合作夥伴，才能開發出完整產品。隨著 LED 照明產品滲透率的成長，市場過度競爭，使得照明產品低價化。但因為 LED 技術導入，使得更複雜、更多功能智慧照明有發展的新機會，改變照明市場未來的產品與市場樣貌。為了提供前述系統照明產品與服務，並且在短時間內快速建構出完整架構，策略聯盟或併購成為主要手段之一。Philips 積極透過策略聯盟佈局物聯網各層，分別與網路設備商思科(Cisco)、無線網路及行動電信設備商易利信(Ericsson)、英國電信集團 Vodafone 以及運算儲存公司 SAP 等合作；GE 成立子公司 Current 以及併購 Daintree Networks，都是將公司發展逐漸轉往系統服務商發展的例子。

然而，智慧照明的發展仍持續在進行中，且由於前景看好許多異業廠商也積極跨入智慧照明市場，例如威訊無線(Verizon)、華為、小米科技、高通、Minebea 等皆不是既有的照明廠商。新進入者勢必也會為產業帶來衝擊，再加上智慧照明仍屬於導入階段，完整產品、標準等都尚未有明確方向，且商業模式仍在發展中，燈具銷售不再是主要利潤來源，後續系統維運、大數據分析等是主要價值所在，需藉由長期大數據收集，尋找有利的商業模式。

## 二、國內案例

我國照明產業發展初期主要以內銷為主，發展至 60 與 70 年代達到高峰，之後因為生產成本高，逐漸外移至中國大陸等地。照明具有少量多樣特性、在地化等特性，除光源產品相對標準外，其餘產品樣式多樣，難以標準化生產，中小企業具有高度彈性與靈活性，成為照明主要供應商。LED 照明進入市場後，新進入者欲打破少量多樣的特性，希望可以標準化大量生產以降低成本。

我國照明節能政策發展，政府積極推動 LED 照明光電產業，始於 2008 年開始推動 LED 交通號誌燈計畫，使台灣成為全球第 2 個全面使用 LED 交通號誌燈的國家；同年率先全球制訂 LED 路燈國家標準(CNS15233)，並開始推動 LED 路燈示範計畫。2012 年起動「全臺設置 LED 路燈」措施，包括「擴大設置 LED 路燈專案計畫」、「LED 路燈示範城市計畫」及「LED 路燈節能示範計畫」等 3 項計畫。在推動上述措施後，我國 LED 路燈平均發光效率已可超過 100 lm/W，除達到預期節電效益外，進一步提升我國 LED 路燈技術能量。為加速國內 LED 照明光電產業發展，並擴大節能減碳，行政院宣布自 2015 年起推動「水銀路燈落日計畫」，投入經費約新台幣 54.9 億元，並且以強制性的法規規定禁止使用水銀路燈，達到全台水銀路燈落日的目標，使台灣成為全球第一個全面淘汰水銀路燈的國家。

未來兼顧照明節能及 LED 照明產業發展，以循戶外應用優先，逐步擴展至室內照明，並建立相關法規標準。期望汰換低效率光源，採用高效率的 LED 照明產品，達到節能減碳的主要目標，並且領先全球推動前瞻 LED 照明產品，成為全球示範標竿國家，可作為未來他國推動參考。



## 第四章 智慧建築照明量化效益之評估基準訂定說明

### 第一節 智慧照明之效益評估

#### 一、節能效益

智慧照明節能效益部分，智慧照明節能控制技術主要透過基本的手動開關、感應偵測器、定時裝置到各種場景控制與時程控制，亦可透過遠端控制系統等功能，提供設計者及管理者完整控制照明環境的權限，於不同時段滿足各種情境變化，亦讓使用者得到適當之照明需求，減少不必要的能源浪費。

根據英國照明工業協會(Lighting Industry Association) 照明控制指南提出，在照明節能控制方面，室內節能手法若進行手動控制開關約可降低 25% 能源支出，應用紅外線感應與手動調光控制約可降低 50%，引進室外晝光與室內照明連結控制約可降低 60%、同時應用晝光與紅外線感應手法約可降低 75% 能源支出。

#### 二、效率效益

智慧照明效率效益部分，LED 照明結合物聯網與人工智慧，空間占用之變色標示狀態，的 LED 室內定位照明系統，即時偵測顧客位置，傳送顧客所需的商品資訊、位置和優惠訊息等，購物就更省時省力。照明物聯網傳感設備位置、偵測設施使用率高的區域、分析設施未充分利用的區域，將利於設備使用效率提升，提升設施管理效率。透過照明物聯網連結空間預約使用管理，並偵測使用人數，連動會議室門禁及照明、空調等設備。照明物聯網自動調節亮度、遠端照明控制、故障主動報警、燈具線纜防盜、遠端抄表等功能，能夠大幅節省電力資源，提升照明管理水準，節省維護成本，達永續效益。

根據文獻〔27〕分析預測維護可以達成節省運營成本 5~10%、增加設備正常運行時間和可用性 10~20%、降低整體維護成本 5~10%、減少維護工作計畫時間 20~50%。

#### 三、健康效益

健康照明係指能降低光源之眩光、頻閃、電磁波輻射、紫外線輻射、熱輻射、藍光等對人體造成的危害，而可以善加利用照明特性，提高空間中人的身心健康，或可以進一步達成醫療效果的照明技術。

人因照明、健康光環境已為國際照明應用重要趨勢，隨著物聯網的崛起，LED 照明將逐漸與感測器結合，朝智慧照明系統發展，改變商業模式由銷售產品(燈具)轉型為智慧人因照明系統。我國照明光源與燈具之晝夜節律作用因子(CAF)、健康光環境評價與分級標準兩項草案刻正研擬進行中。

藉由台灣光電半導體產業協會(TOSIA)建立互動平台，TOSIA 標準規範委員會強調：已著手制定照明光源與燈具之晝夜節律作用因子(CAF)及教室照明規範兩項照明標準草案，並成立智慧照明工作小組，訂定智慧路燈調光、智慧交通等規範，以工業區為目標示範場域。台達電子照明解決方案亦提出「辦公室智能照明藍牙 5.0 解決方案」的聯網服務、應用聯結及定位服務。映興電子也進行「智慧健康教室整合方案」的系統架構、操作介面、智慧照明情境設定及人因光環境的效益分析。期望為國人室內健康環境品質提出對策，實現結合人因照明x健康光環境x智慧綠建築的室內環境。

#### 四、安全效益

照明在展現安全效益的部分，例如協助居室空間之安全感應燈提供高齡者安全監測，照護、護理中心，透過照明物聯網可及時通知臨床照護人員高齡者是否跌倒，或者設定時間內缺乏活動等狀況訊息。LED 地毯能夠指引旅客功能區的位置，高齡者夜間如廁，提供明亮及導引的功能。另外，照明利用 LiFi 可見光無線通訊技術，避免傳統 Wi-Fi 安全性及頻寬限制等問題，可以提供室內安全的互聯網環境。

#### 五、舒適效益

智慧照明舒適效益部分，照明可以配合時程變化照度、色溫度，在公共區域可以結合人流感測，連動照明的色彩變化，也可以發出各種不同情境的音樂。也因為智慧照明技術，照明的感測控制，不再是開關、明暗變化，給人不舒適感，LED 照明結合物聯網與人工智慧，也可以收集、辨識居住者及其偏好，並相應調整空間的燈光，照明環境而可以更人性化與舒適性。

## 第二節 建築智慧照明之量化效益評估基準研擬

智慧照明之量化效益評估基準研擬，詳附錄二。

智慧照明效益的面向如上節所述，可以分為可以量化的效益及質性的效益，本計畫主要為建築智慧照明之量化效益評估，彙整以上提出節能及降低維運成本二項評估，研擬智慧建築照明量化效益之評估基準(草案)，如附錄二。量化效益評估採用簡單的方式規劃，比較一般建築照明與導入智慧照明後，達成節能、降低維運成本的效益

- 一、節能效益評估: 一般建築照明導入智慧照明，如以人員感知控制節能、照度調光控制節能、排程設定控制節能，可以達成節省用電之效益。參考相關文獻彙整，研擬人員感知控制之效益係數、照度調光控制之效益係數、排程設定控制之效益係數，依照導入控制方式選擇之。
- 二、降低維運成本效益評估: 一般建築照明導入智慧照明，可以達成減少人力效益、提升利用效率，後續將研擬智慧建築照明之單位維運費、減少人力效益係數、提升利用效率效益係數，依照導入控制方式選擇之。
- 三、回收年限分析: 計算更換燈具成本差異 / 每年節省費用，需要考慮條件包括: 更換燈具成本差異、每年用電金額差異、改善前照明每年汰換成本、原照明使用壽命、改善後照明每年汰換成本、更換照明使用壽命、每年節省費用等。





## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

智慧照明的發展趨勢，使照明不再僅是工作、氣氛所需要的燈光照明，不僅是滿足空間照度、色溫度而已。從本計畫探討可以了解智慧照明隨著物聯網以及人工智慧的技術發展，建築智慧照明在空間應用上，將可以達成更好的效益與服務。

從本計畫探討也了解照明已經由單純的照明設備，進展至空間服務的重要載體，因此物聯網以及人工智慧應用於建築照明，將會隨著市場規模之逐年上升以及技術更為成熟，就如同 LED 照明技術與應用的演進過程，未來物聯網以及人工智慧應用於商業與政府、公共建築物、住宅建築物、路燈及其他戶外建築場所之將會更普及。

本計畫之成果建築智慧照明之應用技術及參考案例彙編，係蒐集分析國內、外建築智慧照明相關國家標準、產業標準、文獻及案例等資料彙編而成，將可以提供建築業界、照明設計人員、建築設計人員等參考。

相關單位與人員在建築物導入智慧照明時，會希望能評估其成本效益，因此本計畫完成之建築智慧照明量化效益之評估基準，可以提供評估建築物導入智慧照明的效益。從量化效益來看，節能效益之投資回收年限短，而降低維運成本效益較長，如前述隨著市場普及價格將會降低，預期未來之投資回收年限將會縮短將會有更多應用之機會。

## 第二節 建議

### 建議一

**研訂智慧照明於建築空間應用之技術參考手冊:立即可行建議**

主辦機關: 內政部建築研究所

協辦機關: 內政部營建署

本計畫主要完成建築智慧照明量化效益評估,但是智慧照明的效益除了、節能、降低維運成本等可以量化之外,如本計畫之探討也有舒適、健康等質性效益,建議後續可以深入探討智慧照明於舒適、健康等質性的效益以及應用面,最後完成智慧照明於建築空間應用之技術參考手冊,供建築師於規劃設計參考。

### 建議二

**建立物聯網以及人工智慧應用於建築照明之實證場域:中長期建議**

主辦機關: 內政部建築研究所

協辦機關: 經濟部技術處

建議相關計畫能建立物聯網以及人工智慧應用於建築照明之示範、實證場域,引進物聯網以及人工智慧相關技術,除了可以實證智慧照明效益的因子之外,藉此推廣與帶動相關設計概念、技術,並提升產業技術以及相關產品之驗證。

。

## 附錄一、建築智慧照明之應用技術及參考案例彙編(草案)

### 建築智慧照明之應用技術及參考案例彙編(草案)

#### 目 次

一、前言 .....	82
(一) 彙編目的 .....	82
(二) 智慧照明相關名詞解釋 .....	82
二、智慧照明應用技術 .....	86
(一) 智慧照明之定義、構成 .....	86
(二) 智慧照明之技術、應用 .....	91
(三) 照明物聯網應用 .....	95
(四) 智慧照明與建築設計及室內裝修之配合 .....	102
三、智慧照明案例 .....	104
(一) 國外案例 .....	104
(二) 國內案例 .....	127

## 一、前言

### (一) 彙編目的

隨著資通訊科技的快速進步，智慧照明應用日新月異。為進一步降低照明能耗、提高照明設計附加價值，包括飛利浦(Philips)、歐司朗(OSRAM)和奇異電子(GE)等國際照明大廠，紛紛投入智慧照明系統開發，掀起新一波照明市場發展商機。無論是省電燈泡(CFL)或發光二極體(LED)燈泡應用於智慧照明系統，目的在提升燈具亮度、精準色溫調控、改善系統散熱結構、增強電源及驅動電路能源使用效率，並降低整體物料清單(BOM)成本。近年智慧照明發展，照明系統與 ZigBee、無線區域網路(Wi-Fi)或電力線通訊(PLC)等有/無線連結方案的整合，成為建構智慧照明系統的重要環節。因此，本計畫除剖析智慧照明市場發展趨勢外，亦彙整將第三章 建築智慧照明之應用技術及參考案例，探討相關應用技術的設計對策與技術選用考量，以做為規劃設計者之參考。

### (二) 智慧照明相關名詞解釋

1. 物聯網(Internet of Things, IOT)：聯合國國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)在 ITU Internet Report 2005 正式提出「物聯網」一詞，此聯盟專業為訊息與通訊技術，因察覺資通訊科技的快速發展，網際網路在人類社會已經十分普及，隨著生活用品嵌入連網功能，使各式各樣的物體與網際網路相連，即為「物聯網」的概念<sup>10</sup>。物聯網技術主要分為四個部分，分別為感測器(Sensor)、聯網技術、雲端、物體操控，感應器能感測環境中狀態，並轉換為可傳遞的資訊，透過聯網技術將資料上傳到雲端，接著可以透過人遠端操控，或者人工智慧依據所學習的資訊內容加以判斷，最後透過聯網技術啟動物體並操控<sup>11</sup>。
2. 人工智慧(Artificial Intelligence, AI)：人類從發明電腦後，就開始了人工智慧的相關研究與發展，而「人工智慧」一詞誕生於 1956 年在美國召開的達特茅斯(Dartmouth)會議，該會議中提出人工智慧的重要目標，例如懂得使用語言、解決只有人類可以處理的問題、擁有抽象化與概念化的能力與可以自我改良<sup>12</sup>。「人工智慧」係指以人工方式實現人類所

<sup>10</sup> 陳純郁、鐘曉君，全球物聯網技術暨應用發展趨勢. 2011：財團法人資訊工業策進會產業情報研究所

<sup>11</sup> 小泉耕二、黃玉寧，圖解 IoT 物聯網：臺中市：晨星, 2017 初版.

<sup>12</sup> 三津村直貴，圖解 AI 人工智慧大未來：關於人工智慧一定要懂得 96 件事, 2018 旗標.

具有的智慧、智能的技術，但現今科技尚無法實現與人類智慧同等的人工智慧技術，若從人工智慧原本的含意來看，現今諸多產品皆冠上 AI，其實都不能稱之為真正的 AI，但這些產品與服務大多運用機器學習與深度學習等技術，雖然無法達到通用於各領域，但針對如自然語言處理、人臉辨識等特定的需求，不僅能發揮同等人類的智慧，甚至更超越人類智能，古明地正俊與長谷佳明(2018)針對特定需求而開發的 AI 定義為「狹義人工智慧(Narrow AI)」，而目前狹義的人工智慧所運用的機器學習與深度學習等技術，都是未來實現真正的 AI 不可或缺的元件技術<sup>13</sup>。

3. 機器學習(Machine learning)：機器學習是人工智慧的一個分支。人工智慧的研究歷史有著一條從以「推理」為重點，到以「知識」為重點，再到以「學習」為重點的自然、清晰的脈絡。顯然，機器學習是實現人工智慧的一個途徑，即以機器學習為手段解決人工智慧中的問題。機器學習在近 30 多年已發展為一門多領域交叉學科，涉及概率論、統計學、逼近論、凸分析、計算複雜性理論等多門學科。機器學習理論主要是設計和分析一些讓電腦可以自動「學習」的演算法。機器學習演算法是一類從資料中自動分析獲得規律，並利用規律對未知資料進行預測的演算法。因為學習演算法中涉及了大量的統計學理論，機器學習與推斷統計學聯絡尤為密切，也被稱為統計學習理論。演算法設計方面，機器學習理論關注可以實現的，行之有效的學習演算法。很多推論問題屬於無程式可循難度，所以部分的機器學習研究是開發容易處理的近似演算法。
4. 深度學習(deep learning)：是機器學習的分支，是以人工神經網路為架構，對資料進行表徵學習的演算法。深度學習是機器學習中一種基於對資料進行表徵學習的演算法。觀測值(例如一幅圖像)可以使用多種方式來表示，如每個像素強度值的向量，或者更抽象地表示成一系列邊、特定形狀的區域等。而使用某些特定的表示方法更容易從實體中學習任務(例如，臉部辨識或面部表情辨識<sup>14</sup>)。深度學習的好處是用非監督式或半監督式的特徵學習和分層特徵提取高效演算法來替代手工取得特徵。<sup>15</sup>

<sup>13</sup> 古明地正俊、長谷佳明、林仁惠， AI 人工智慧的現在.未來進行式：一目了然!最新發展應用實例 2018: 臺北市：遠流。

<sup>14</sup> Glauner, P. Deep Convolutional Neural Networks for Smile Recognition (MSc Thesis). Imperial College London, Department of Computing. 2015. arXiv:1508.06535.

<sup>15</sup> Song, H.A.; Lee, S. Y. Hierarchical Representation Using NMF. Neural Information Processing. Lectures Notes in Computer Sciences 8226. 2013: 466 – 473. ISBN 978-3-642-42053-5.

表徵學習的目標是尋求更好的表示方法並建立更好的模型來從大規模未標記資料中學習這些表示方法。表示方法來自神經科學，並鬆散地建立在類似神經系統中的資訊處理和對通訊模式的理解上，如神經編碼，試圖定義拉動神經元的反應之間的關係以及大腦中的神經元的電活動之間的關係。<sup>16</sup>

至今已有數種深度學習框架，如深度神經網路、卷積神經網路和深度置信網路和遞迴神經網路已被應用在電腦視覺、語音辨識、自然語言處理、音訊辨識與生物資訊學等領域並取得了極好的效果。

5. 雲端運算(cloud computing): 雲端運算是一種基於網際網路的運算方式，通過這種方式，共用的軟硬體資源和資訊可以按需求提供給電腦各種終端和其他裝置。雲端運算是繼 1980 年代大型電腦到用戶端-伺服器的大轉變之後的又一種巨變。用戶不再需要了解「雲端」中基礎設施的細節，不必具有相應的專業知識，也無需直接進行控制<sup>17</sup>。雲端運算描述了一種基於網際網路的新的 IT 服務增加、使用和交付模式，通常涉及通過網際網路來提供動態易擴充而且經常是虛擬化的資源<sup>18、19</sup>。

在「軟體即服務(SaaS)」的服務模式當中，使用者能夠存取服務軟體及資料。服務提供者則維護基礎設施及平臺以維持服務正常運作。SaaS 常被稱為「隨選軟體」，並且通常是基於使用時數來收費，有時也會有採用訂閱制的服務。使用者透過瀏覽器、桌面應用程式或是行動應用程式來存取雲端的服務。推廣者認為雲端運算使得企業能夠更迅速的部署應用程式，並降低管理的複雜度及維護成本，及允許 IT 資源的迅速重新分配以因應企業需求的快速改變。

6. 大數據(Big data): 大數據又稱為巨量資料，是指在傳統資料處理應用軟體不足以處理的大或複雜的資料集的術語<sup>20</sup>。大數據也可以定義為來自各種來源的大量非結構化或結構化資料。從學術角度而言，大數據的出現促成了廣泛主題的新穎研究，這也導致了各種大數據統計方法的發展。大數據並沒有統計學的抽樣方法；它只是觀察和追蹤發生的事情。因此，大數據通常包含的資料大小超出了傳統軟體在可接受的時間內處

---

doi:10.1007/978-3-642-42054-2\_58.

<sup>16</sup> Olshausen, B. A. Emergence of simple-cell receptive field properties by learning a sparse code for natural images. *Nature*. 1996, **381** (6583): 607 - 609.

<sup>17</sup> Danielson, Krissi. Distinguishing Cloud Computing from Utility Computing. *Ebizq.net*. 2008-03-26 [2010-08-22].

<sup>18</sup> Gartner Says Cloud Computing Will Be As Influential As E-business. *Gartner.com*. [2010-08-22].

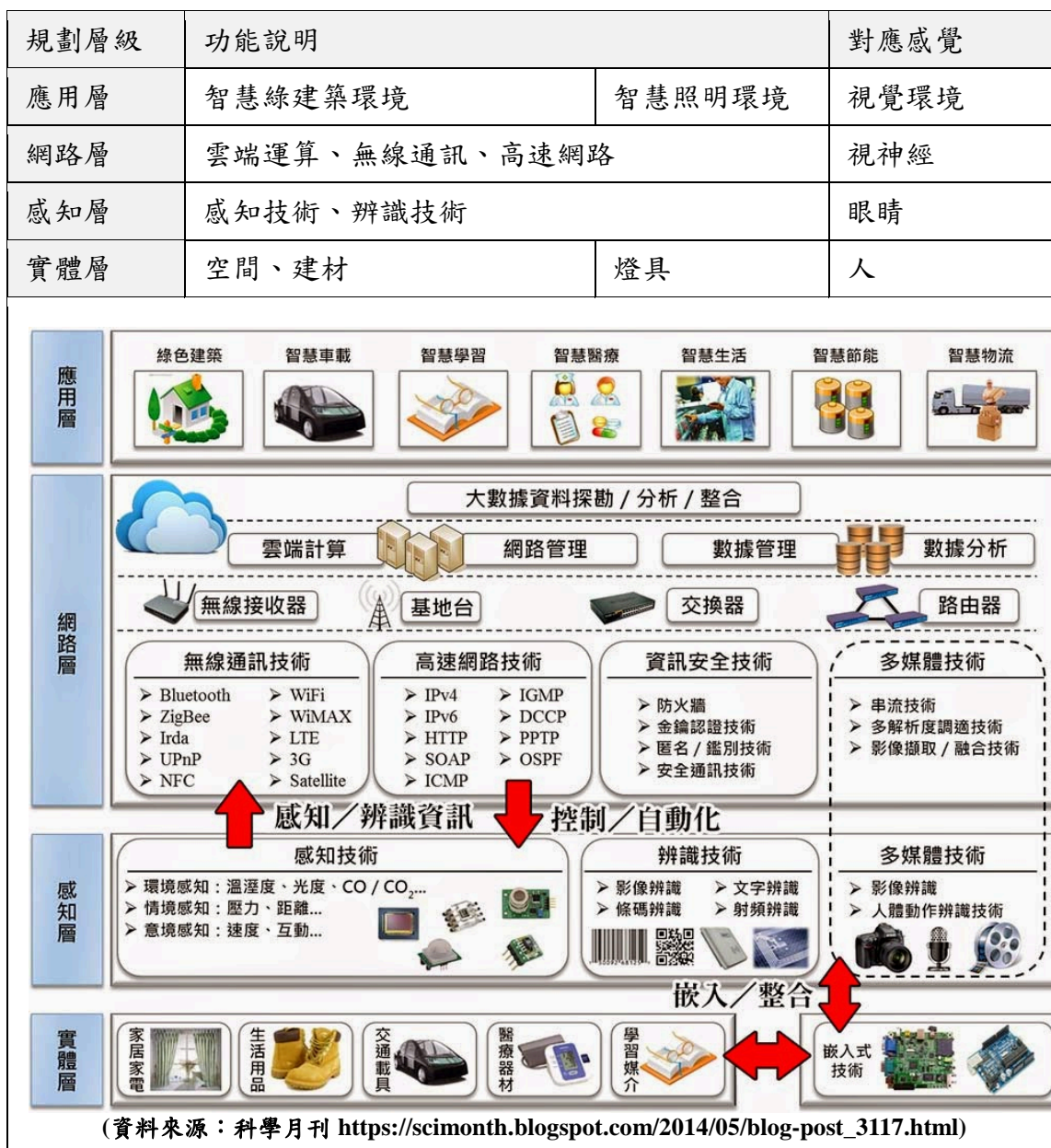
<sup>19</sup> Gruman, Galen. What cloud computing really means. *InfoWorld*. 2008-04-07 [2009-06-02].

<sup>20</sup> Vance, Ashley. Start-Up Goes After Big Data With Hadoop Helper. *New York Times Blog*. 2010-04.

理的能力。

為了更有系統的介紹照明系統智慧化的應用方式，根據歐洲電信標準協會 (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) 之定義，將 IoT 依照不同的工作內容劃分為實體層、感知層、網路層及應用層，本研究依智慧照明規劃層級分別闡述智慧照明應用技術。

附表 1.1 智慧照明規劃層級說明



5. 實體層(Physical Layer)：定義此層傳輸介面的電氣、機械特性、功能、運作程序、媒體(Media)、傳輸方法(Transmission Method)與佈線方式(Topology)等，例如 RS-232C 介面、網路介面卡等皆屬於此層，兩個實體層透過傳輸介質相連接，進行物理通訊，介質可以是同軸電纜、雙絞

線、光纖、無線電等。

6. 感知層(Sensors Layer):具感測或辨識能力的元件可嵌入各種真實物體,使其更具智慧。其中,日常生活中常被用來嵌入物體的感測元件,包括紅外線、溫度、濕度、亮度、壓力、三軸加速度等感測器,使智慧物件具有感測環境變化或物體移動的能力。而物體在辨識能力的提昇,最常見的便是 RFID 技術了,將 RFID 的標籤嵌入於物體,便可讓周遭設備得知自己的身份或狀態。
7. 網路層(Network Layer):IoT 中的智慧物件具有聯網能力,能夠將感測資訊傳遞至網際網路,除了分享這些即時且重要的資訊給適當的使用者外,亦能提供使用者遠端互動功能。為達到此目的,通常會將無線通訊的能力嵌入智慧物件中,使其具有聯網能力,常見的無線通訊技術包括紅外線、Zigbee、藍牙、WiFi、3G 等,智慧物件透過無線或有線的方式連結至網際網路,使人們可隨時掌握該物體的狀態或對該物體進行遠端操控,這些由智慧物件所收集而得的資訊,透過雲端技術的儲存、處理及分享機制,轉化為人們所需要的加值服務。
8. 應用層(Application layer):透過上述的「感知」與「聯網」技術,可使人們在任意時間,不論在何處,對任何周遭感興趣的物件,透過任何一種網路存取的形式,來享受與該物件相關的應用服務。諸如實體世界的血壓計及血糖機可自動感應人體的生理機能,並自動將讀數傳送至雲端;實體世界的家電產品可將每小時的電量消耗、冰箱內的食物庫存、冷氣的開關狀態等傳送至雲端,並可由人們透過遠端加以操控其行為;實體世界的車子可將行車記錄器的影像、空氣品質與道路坑洞等資訊傳送至雲端以分享他人等,這些透過感知與物件聯網、雲端科技及語言與語意交換與分析的技術,可將實體世界中眾多的物體聯結成一巨大的 IoT,提供諸如智慧生活、綠色建築、智慧車載、智慧物流、智慧學習、智慧醫療與健康照護、智慧節能等多個領域的應用服務。

## 二、智慧照明應用技術

### (一) 智慧照明之定義、構成

1. 智慧照明定義:透過資通訊系統於使用區域內進行佈線,運用設備之感知判斷並依據使用者身心理要求,整合並調整空間中之情境,使照明設備在滿足量化指標外,亦可因應使用者需求進行遠端監控達到安全、健康、貼心、節能與方便維護之需求。透過照明控制系統輔助達成智慧照



明設計的目的：

- (1) 提供重點照明：如工作照明、展示焦點呈現等
- (2) 符合空間功能：符合空間環境使用需求：如簡報、會議、休憩等。
- (3) 滿足氣氛營造：經由燈光色溫、顏色、亮度等組合環境氣氛。

智慧照明需搭配使用需求進行管理與調整，智慧照明要件需包含：

- (1) 提供便利的操作性
- (2) 節省人力維護管理成本
- (3) 降低營運成本：減少不必要的照明設置、照明耗能等

智慧照明系統節能控制方式說明如下表：

**附表 1.2 智慧照明系統節能控制方式與平均節能效率**

智慧照明系統節能控制方式					平均節能效率
安定器	輸出	調光	控制	感測	
傳統式安定器	固定				
電子式安定器	固定				
調光型電子式安定器		手動			-25%
調光型電子式安定器		手動		人體	-50%
調光型電子式安定器			晝光		-60%
調光型電子式安定器		手動	晝光	人體	-75%

(資料來源：<https://www.tridonic.com/com/en/>)

常用的智慧照明系統控制的方法有：

- (1) 迴路控制：燈具電源迴路的開啟/關閉
- (2) 調光控制：燈光亮度的調整
- (3) 感應控制：燈光亮度的調整
- (4) 混光控制：三原色混光：紅、綠、藍 調配
- (5) 晝光控制：以晝光感應器調節室內亮度
- (6) 群組控制：以群組為單位同步調整燈光亮度
- (7) 情境控制：搭配適當的燈光(或光源種類)並調整到適當的亮度

(8) 時程控制：根據特定的時間點作上述的任何一種控制

智慧照明系統控制：

(1) DMX 調光：DMX-512 協定(USITT DMX512、DMX512/1990、DMX512-A)。DMX-512 協議最先是美國劇院技術協會 (United State Institute for Theatre Technology Inc., USITT)於 1986 年提出，DMX-512 是 Digital Multiplex 之縮寫，DMX 為「多工數位」，是照明控制適用的數位通信協定也是國際協議。DMX 以高度動態和絕對同步的方式，控制大量調光通道，該控制協議經常運用在舞台燈光的調光和控制，在一對線上傳送 512 路可控制調光亮度資訊的標準，通信方式採用非同步通信格式，每個調光點由 11 個位元組成，1 個是起始位元，8 位元調光資料，2 停止位元，每一次能傳輸 512 個調光點。硬體上採用 RS-485 介面，傳輸串列資料，DMX-512 速率比 RS-232 要高很多，為 250kbps。可以完美地處理需要大量 RGB 光點和動態高速色彩變化的場景。目前，多應用於戶外的燈光變化。

(2) 1~10V 調光：1~10 V 介面屬性係透過 10V (最大亮度、開路控制線)到 1 V (最小亮度、短路控制線)的直流電壓信號來控制。由電子控制裝置(ECG)產生控制功率(最大電流每只 ECG 為 0.6 mA)。控制線電壓與電源線是隔離的，但並不是安全超低電壓 (SELV)。連接到不同相位的 ECG 可以透過同一個控制器進行調光。1~10V 電源及信號有極性之分，僅能透過可變電阻進行調光，無記憶及群組功能，並須有 ON/OFF 開關。

(3) DALI 系統：Digital Addressable Lighting Interface，純粹為照明控制而產生的通信協定，使用 DALI 協定所建構的燈光控制系統，經由訊號通信的方式直接來操控個別燈具，不必要透過繼電器等開關元件每一盞燈具備一個位址，位置址存放於燈具內的 DALI 安定器或驅動器內，燈具具備雙向通信的能力，可受控制、可回應要求的訊息，可獨立操控特定燈具的明暗/開關，並具備可調光的能力。一般有 64 個獨立位址可使用，區分為 16 群組，設定 16 種場景模式，使系統的運用達到更佳的使用彈性與便利性。

DALI 系統 Digital Addressable Lighting Interface 與傳統燈光控制方法的差異為所有的燈具訊號並聯在一起，以通信控制的方式透過訊號線傳遞，使每一盞燈光可以不受電源輸入迴路的限制，系統或操作者，可以獨立地操控特定燈具的亮度或開/關。信號並聯可簡化控制

迴路配置，只需把電源線與信號線接至燈具，不必依用燈需求來區分實體電力迴路，以群組(group)的概念取代傳統方式用電源迴路區分控制迴路的功能，每 64 盞燈具配置在一個 DALI 迴路，再透過把各迴路集成的方式，將所有燈光納入作整體的管理與配置，依照不同的控制對象來控制燈光：位址(address)控制、群組 (group)控制、全部 (broadcast)控制。

使用 DALI 建構燈光管理系統，具有 DALI 的智慧型燈具(內含 DALI 安定器或 LED 驅動器)，受惠於通信控制的方式，可以簡化電力迴路配線，群組控制提升使用的彈性，可隨時透過設定改變控制能力。且燈具雙向通信的能力有助於照明用電的管理，搭配管理軟體計算能耗，使用排程管理優化使用環境，調整照明光線的舒適度，易於操作的系統，有助於提升內部管理與控制的效率。並提供內建於安定器的場景功能，使燈光環境轉換較容易，標準 DALI 設備安裝配置也較方便。

智慧照明系統控制方式比較，如下表：

附表 1.3 智慧照明系統控制方式比較

照明系統控制	成本	穩定性	通訊方式	群組	波長	訊號線	應用特性
Phase-cut	低	一般	單向	1	類比	不需要	小空間調光
1-10V	一般	一般	單向	1	類比	需要、有極性	經濟型
DSI	較高	好	單向	1	1200 bit/s	需要、無極性	可靠節能
DALI	高	好	雙向	≤16	1200 bit/s	需要、無極性	智慧型調光
DMX512	較高	一般	單向	視系統而定	250 bit/s	需要、有極性	舞台/景觀動態調光

(資料來源：<https://www.tridonic.com/com/en/>)

常見的智慧照明系統無線訊號傳送方式說明如下：

- (1) WIFI：研發門檻與成本較低，速度較快，設備通用性好。但芯片尺寸偏大、功耗高，穩定性低、安全性低，組網節點數受限於路由器，大約 20~30 個。
- (2) Bluetooth：低功耗，廣泛被新型移動設備支持，但受限於點對點連接的協議特點。隨著蘋果發布的 iBeacons 標準，大大增加了 BLE 的

可能性和想像空間。

(3) Zigbee：低功耗，安全性好，擴展性極佳。但成本高，安裝複雜，需要透過橋接器組網。

智慧照明系統無線訊號傳送方式比較，如下表：

附表 1.4 智慧照明系統無線訊號傳送方式比較

無線訊號傳送	成本	穩定性	安全性	功耗	網路擴展	速度
WIFI	較高	一般	低	高	低	中
Bluetooth	一般	一般	低	低	中	快
Zigbee	高	較好	高	低	高	慢

(資料來源：<https://www.tridonic.com/com/en/>)

降低照明耗能策略

附表 1.5 降低照明耗能策略說明

降低照明耗能策略	適用手法
01 限制使用時間 在正常時間之外，避免不必要的照明使用，可以關閉或調光減少不必要的照明。	時間控制、使用者面板控制、人員感測、調光、觸碰螢幕
02 優化光輸出 於燈具安裝時，考量劣化造成之光輸出衰減	採用高效效率燈具
03 Design illuminance <u>Excessive lighting power is provided in new installations to allow for furnishing partitions dark colours lamp ageing.</u> 03 合理照度設計 新裝置之照明功率較大，允許裝設深色隔板燈。	遮光板設計、照明管理控制、人員感測、調光
04 整合晝光 利用晝光取代一部分人工照明。	人員感測調光、日光採集裝置
05 友善的『非作業期間』照明管理 『非作業期間』檢測出口路徑、公共區域，適度提供安全性照明，在無人的環境下，停止照明供應。	控制介面、非工作期間檢測
06 考量生命週期成本效益，定期更換燈具。	維護管理計畫
07 接受使用者/管理者控制 設施管理者可以透過網路進行時程設定，使用者亦可根據需求啟閉、調整光輸出。	中央控制、網路控制、手持式紅外控制
08 完整照明狀態紀錄 系統監控各個照明使用狀態紀錄，並即早發現異常、主動提醒故障。	維護管理計畫
09 系統間通信整合 空調、門禁安全或 BMS 可以對照明域發送和/或接收命令。	中央控制
10 界定照明低利用率區域 如：儲藏室、休息區等。	人員感測、時程控制
11 動態管理控制	中央控制

降低照明耗能策略	適用手法
因應能源成本(每日)等因素，進行照明需量控制	
12 整合各服務工作 照明、空調與其他系統間的整合互聯。	系統整合

(資料來源：PHILIPS)

2. 智慧照明構成：智慧照明系統構成：照明設備、資訊管理平台與感測裝置，透過網路加以連結，可依人體心理/生理或環境等需求，自動調控照明設備之光色、明暗及開關狀態等相關參數，以塑造合宜及舒適之照明環境，亦可發揮網路無遠弗屆之特點，即時進行遠端監控，符合人性化、滿足使用需求。

## (二) 智慧照明之技術、應用

### 1. 以聯網照明系統數據進行空間使用優化

近期照明發展，除了人因照明、物聯網智慧型照明系統與「空間作為服務」的概念之外，智慧商用照明的新趨勢，則為透過照明系統數據，進行空間使用最佳化管理調度，以提高空間使用管理效率。過去空間依據規劃標準、組織需求進行空間使用區劃，其使用管理較為較無彈性。然而，在智慧建築物聯網應用中，藉由數據驅動最佳化應用。採用工作場所分析 SaaS (Software as a Service 軟體即服務，是透過 Internet 提供軟體的服務模式，用戶無需購買軟體，由提供商租用 Web 化的軟體，無需對軟體進行維護，由提供商全權管理和維護軟體，對於企業而言，SaaS 是採用技術最好的途徑，免除購買、構建、維護基礎設施和應用程式成本。)的商業模式，以聯網照明系統數據做為依據，以優化空間使用。



(資料來源：歐司朗)

LED 照明與控制策略在全球「綠色行動」趨勢中，扮演極重要的角色。透過感測器、照明控制策略、減少照明插座負荷，可有效減少照明能耗，有助於「綠色行動」計畫的推動。同時，適度的導入自然光，減少人工照明需求。並在每座燈具中附設感測器，蒐集空間資訊，傳送至建築物管理系統(BMS)，再由 BMS 依照環境狀況調控設備。可在電網尖峰時刻時將燈光調暗，減少插座負荷、降低設施成本，同時確保室內光線充足。

## 2. 以聯網照明系統數據提供空間服務

Osram 及 GE(通用電器)旗下的 Current 對智慧辦公照明提出，網路連結與智慧照明兩者，可能成為未來辦公室的基礎架構。

照明除了提供「服務」外，歐司朗提出商用不動產中，逐漸有將「空間作為一種服務」的趨勢。

「空間作為一種服務」係指即時提供能短期租用的空間，租戶即客戶，而空間即服務，不再是資產。工作環境將會提供設施與服務，以提升工作效率。

網路連結與智慧照明技術發展成為「空間作為一種服務」的必要基礎，以因應現今員工的移動性與彈性，持續的連線功能已成為不可或缺的元素。

另外，Current by GE 提供實務應用的物聯網服務，藉由數位解決方案消除各種繁鎖或降低工作效率的事物，營造零阻礙工作環境。Current 利用 LED 替代性照明的感測器蒐集資料，並將此資訊傳送到無線區域控制器(WAC; Wireless Area Controller)。這些作業不但降低能源消耗，同時透過偵測空間佔有率，進行會議室管理或空間優化，亦可設置進階的燈光控制。

人工智慧時代，飛利浦推出的 Somneo Connected 智慧照明產品，將智慧照明系統分為三個階段：

- (1) 第一個階段：就是狀態感知、自動決策和即時執行的初級階段，燈具能夠根據使用者預設的場景『執行動作』。
- (2) 第二個階段：在前者基礎上加上『即時分析』功能，綜合多樣的感測資料進行決策，使照明燈具的回應執行更為精準。
- (3) 第三個階段：智慧照明系統具備自我學習能力，能夠依據大數據分析和深度學習更智慧地『模擬』出用戶需求偏好，提供更個性化、貼心的照明解決方案。人工智慧即促使智慧照明不斷地提升服務品質，向第三階段的境界提升。

Somneo Connected 是飛利浦 SmartSleep 智慧睡眠管理系列產品，此產品可以在早晨模擬日出時光線的明暗和色彩的變化，提供更為自然、有效的喚醒體驗，以提升使用者的睡眠品質。產品的特性有：

- (1) 提供燈具聯網功能：導入物聯網服務。
- (2) 燈具結合 AmbiTrack 感測器設置：可偵測濕度、溫度和亮度，並記錄夜間『干擾性』噪音。
- (3) 整合飛利浦的 SmartSleep 生態系統：根據使用者睡眠資料，提供智慧喚醒服務等功能，並提出睡眠環境改善建議。

AI 智慧照明的技術趨勢，首先，要提供更多的感知功能，收集大數據才能學習出來需求特徵，讓燈更了解使用者需求。未來，溫濕度、聲音、人臉、熱力圖等都可能成為智慧照明分析的資料來源，使照明系統具備大數據分析、智慧識別、用戶行為預測的能力。例如，在車庫中當汽車靠近時才點亮照明，商場在人流密度大時變化不同的照明配色改善用戶體驗等應用情境。

其次，是導入物聯網應用。初期智慧照明產品透過無線互連上網，是為了接收雲端的控制指令；而人工智慧時代，燈具還需要收集並上傳其所感知的環境資

訊，『連接』功能的需求更為複雜。無線互連方案的選擇多樣，藍牙 Mesh 可能適合家庭，ZigBee 則在工業和商業場景使用案例較多，而 LPWAN 在遠距離的公共設置管理上更有優勢。

再者，就是要有一個整合智慧照明的『管理平台』，具備足夠演算能力的硬體和最佳化演算法軟體的結合，負責分析、判斷、決策以及學習。這個『管理平台』功能如同大腦，可以設在雲端，也可以在網路的邊緣端，整合在燈具上，或是在開道中，讓智慧照明產品本身具備分析決策、學習提升的能力，並提供快速的回應機制。因此，未來智慧照明定位和產品形態，智慧照明不是一個孤立的產品，而是整合整體家居或者商業、工業應用，整合性的系統解決方式。

照明是建構城市或建築的基礎架構之一，以照明設備結合感測器蒐集龐大數據，並運用 AI 運算與分析，其應用與發展不可限量。近期照明大廠昕諾飛推出了 Interact IoT 平台與連網照明系統，以雲端平台為基礎，將照明系統中的每個燈具串聯並轉換成可蒐集數據的感測裝置，為終端用戶提供全方位應用場域的智慧照明解決方案，包含：Interact City、Interact Office、Interact Retail、Interact Landmark，以及 Interact Sports 等。在物聯網的帶動下，照明對於城市基礎建設和建築物的重要性日益跨大。以昕諾飛為例，目標在 2020 年達成全系列 LED 產品皆具備連網功能，透過 Interact 智慧連網照明系統多項運用，協助提高營運效率，讓管理者做出更精準的決策。

昕諾飛產品中 Interact Office 為辦公空間提供高品質照明，可以讓雇主充分利用辦公空間與人力資源，打造永續的智慧辦公室。Interact Office 的智慧連網燈具能隨時回報辦公空間的使用狀況與人流，協助員工尋找可用的會議室、提升建築物能源效益；此外，透過應用程式調控燈光強度與色溫，啟動個人化與生物調適照明，維護員工身心健康。荷蘭阿姆斯特丹 The Edge 與加拿大多倫多 WaterPark Place III 大樓即採用 Interact Office 產品。

昕諾飛更特別針對中小型商業空用環境(最大 1,000 平方公尺的辦公空間、最大 10,000 公尺的工業生產空間)，推出 Interact Pro，透過 Zigbee 3.0 開放式全球無線標準，每個開道器可同時連接與管理達 200 個燈具、15 個感測器、15 個開關，適用於辦公室、倉庫與停車場。Interact Pro 的應用程式與監控面板使中小企業能以高效、以人為本的模式管理室內照明，根據員工喜好、工作內容與時間調節室內照明，創造舒適的工作環境，進而提升工作效率，同時減少能源支出。

另外，Interact Retail 連網照明與軟體則為零售業者開創新型態的消費體驗所開發，於 LED 燈具內的感測器可精準定位人流，蒐集並產出有利於深度分析零



售行為的資料；業者可運用區域特性與燈光設計，為消費者指引方向或觸發特定購物行為。

Interact City LED 智慧互連照明系統與管理軟體兼具安全性、管理性與開放性，協助地方管理單位提升公共區域安全性與能源效益，即時掌握區域狀況，更可與城市其他智慧系統相互整合。印尼雅加達採用 Interact City，完成 9 萬盞 LED 智慧路燈的安裝與配置工程。台中市精密機械科技創新園區也導入 Interact City，於 2018 年完成安裝 200 盞連網 LED 路燈。


針對城市建築與景觀，透過 Interact Landmark 的管理軟體與監控面板，城市管理者可遠距管理建築照明，並監控能源消耗以及故障偵測。Interact Landmark 透過獨特的城市照明系統，協助提升城市景觀特色、市民滿意度和旅遊體驗，同時達到高效節能之目標。昕諾飛亦在上海外灘核心區超過 40 棟地標性建築和 1.2 公里的水岸線，配置智慧互連照明燈具及系統。採用可調亮度、可調色溫的 LED 照明，還原老上海風貌，賦予現代化動態韻律。2020 年倫敦則將完成 15 座標誌性橋樑照明，台北 101 大樓也採用昕諾飛的高效節能 LED 照明方案。

### (三) 照明物聯網應用

照明做為環境基礎設施，分布在空間環境中，目前照明物聯網正大量的發展運用在我們的生活中，照明物聯網將帶動未來生活科技的改革，當前應用方式說明如下：

#### 1. 商業零售應用

附表 1.6 照明物聯網應用於商業零售應用案例


應用說明	應用案例照片
<p>(1) 尋找商店中的產品</p> <p>透過照明物聯網結合商店應用程式，藉由可見光通信與智慧手機的前置攝影機，協助顧客精確到找到產品位置，誤差值約在 30mm 的範圍。</p>	

應用說明	應用案例照片
<p>(2) 提供產品促銷資訊</p> <p>透過照明物聯網可以偵測購物者的位置，並將鄰近商品優惠發送到購物者的智慧能手機，提供有校的促銷資訊。</p>	
<p>(3) 將惱人的購物化為遊戲</p> <p>商業零售透過照明物聯網，將購物行為『遊戲化』。感測顧客所在位置，以遊戲爭取積分的方式，吸引顧客購物。</p>	
<p>(4) 追蹤商店中的顧客位置</p> <p>例如：商場透過照明物聯網可追蹤顧客，並紀錄其購物行為，鎖定購物金額大的顧客，並主動推播購物介紹、優惠活動等訊息。</p>	
<p>(5) 引導顧客購物流程加速購物</p> <p>以超市為例，透過照明物聯網可協助顧客規劃購物路線，並沿途提供購物提醒，快速取得所需物品，提升購物效率。</p>	

(資料來源：<https://luxreview.com/article/2017/10/30>)

## 2. 健康照護應用

附表 1.7 照明物聯網應用於健康照護應用案例

應用說明	應用案例照片
<p>(1) 定位高價值醫療設備</p> <p>透過照明物聯網可追蹤醫療院所移動式超聲波、心電圖機等醫療設備位置，節省醫護人員尋找設備時間。</p>	

應用說明	應用案例照片
<p>(2) 感測醫療排隊人流</p> <p>透過照明物聯網感測醫療排隊人流，通知醫療管理人員和車輛(如救護車)的即時流量訊息，協助醫療行為排程規劃。</p>	
<p>(3) 協助提供高齡者安全監測</p> <p>在照護、護理中心，透過照明物聯網可及時通知臨床照護人員高齡者是否跌倒?或者設定時間內缺乏活動等狀況訊息。</p>	
<p>(4) 協助尋找醫療院所路徑</p> <p>醫療院所動線複雜，因此尋找路徑對就醫者、探病者而言，是極大的困擾。對大型醫療院所而言，多需增加人力配置，解決尋路的問題，透過照明物聯網定位、指示，將可提高尋找路徑效率。</p>	
<p>(5) 減少醫療院所發生盜竊事件</p> <p>醫療院所所有許多昂貴的醫療用材，例如：脊椎枕，經常被人自醫院取出，使用智慧標籤，可以感測醫療用材是否離開指定區域，有效醫療用材管理。</p>	

(資料來源：<https://luxreview.com/article/2017/10/30>)

### 3. 辦公空間應用



附表 1.8 照明物聯網應用於辦公空間應用案例

應用說明	應用案例照片
<p>(1) 協助設施管理工作</p> <p>透過照明物聯網可以建立設施管理網絡，追蹤設施使用狀況、偵測設施使用率高的區域、分析設施未充分利用的區域，從而提升設施管理效率，節省了維運成本。</p>	
<p>(2) 協助建立清潔排序計畫</p> <p>清潔公司利用照明物聯網擷取之訊息，得知空間使用率、使用流量，藉以建立清潔排序計畫、清潔頻率，確保環境品質。</p>	
<p>(3) 協助會議等共用空間管理</p> <p>透過照明物聯網連結空間預約使用管理，並偵測使用人數，連動會議室門禁及照明、空調等設備，簡化管理流程、減少管理人力負擔。收集的訊息亦有助於空間規劃、調整。</p>	
<p>(4) 協助提供個人化照明</p> <p>透過照明物聯網感測不同使用者的智慧手機，並依據使用需求調整燈光的照明水平、色溫等個人化照明環境。</p>	
<p>(5) 提供安全的互聯網環境</p> <p>透過照明物聯網可以提供安全具 Li-Fi 功能的互聯網環境，並提供設備啟閉、調整功能，避免傳統 Wi-Fi 安</p>	

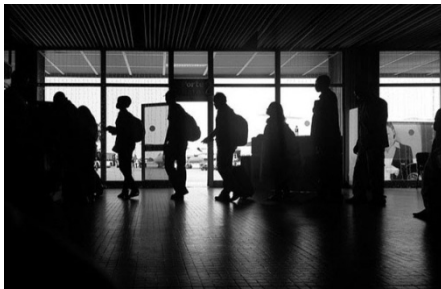
應用說明	應用案例照片
全性及頻寬限制等問題。	

(資料來源：<https://luxreview.com/article/2017/10/30>)

#### 4. 運輸管理應用

附表 1.9 照明物聯網應用於運輸管理應用案例

應用說明	應用案例照片
<p>(1) 協助在機場尋找輪椅</p> <p>為服務行動不便者，機場輪椅位置追蹤一直是一大課題，登機時間如遇輪椅欠缺，將造成飛機延遲起降、機場周轉效率降低的問題。使用智慧標籤或 RFID 標籤，透過照明物聯網傳感輪椅位置，將利於輪椅使用效率提升。</p>	
<p>(2) 協助停車位尋找</p> <p>在芬蘭赫爾辛基採用嵌入路燈的微型攝影機，偵測空閒停車位位置，並將訊息上傳至雲端分享平台，駕駛者可以即時得知停車位訊息。</p>	
<p>(3) 協助偵測可疑車輛</p> <p>嵌入在室外照明的感測器，可以檢測機場、火車站等重要交通設施周邊，是否有異常活動車輛，即時向安全人員發送簡訊。</p>	
<p>(4) 協助交通流量管理</p> <p>將路燈中的攝影機、感測器與交通信號燈、標示系統結合，監控交通、調節流量，並可在必要時調整交通定向。</p>	

應用說明	應用案例照片
<p>(5) 協助偵測飛機乘客下機狀況</p> <p>透過照明物聯網中的感測器，偵測乘客上下機情形，藉以動態調整照明水平，提醒機場工作人員，並協助機場管理藉由海關、安全條件控制流量。</p>	


(資料來源：<https://luxreview.com/article/2017/10/30>)

## 5. 室外環境應用

附表 1.10 照明物聯網應用於室外環境應用案例

應用說明	應用案例照片
<p>(1) 監控室外空氣品質</p> <p>嵌入在路燈中的環境感測器，可以構建空氣品質圖像，提供市政府採取即時措施，以減少空氣污染。</p>	
<p>(2) 協助提供警察槍聲來源警告</p> <p>路燈中設置特殊麥克風檢測槍聲，並透過三角測量軟體，即時通知警察槍支來源的位置。</p>	
<p>(3) 協助惡劣天氣偵測</p> <p>嵌入路燈的感測器，可以監控積雪、水位，並將資訊提供市政當局，協助鏟雪車、砂礫卡車等之調度。</p>	
<p>(4) 協助路燈故障預測以防止交通事故</p> <p>與智慧路燈的預測性維護軟體，可以即時通知市政當局，何時需要更換照明設備，而不是在發生個別停電時才做更換。</p>	




應用說明	應用案例照片
<p>(5) 協助規劃垃圾計畫</p> <p>垃圾箱中的供電感測器，可以與鄰近的物聯網路燈通信，透過軟體分析，即時進行垃圾清運路線、時間之規劃。</p>	

(資料來源：<https://luxreview.com/article/2017/10/30>)

6. 休閒娛樂應用

附表 1.11 照明物聯網應用於休閒娛樂應用案例

應用說明	應用案例照片
<p>(1) 協助緊急照明功能測試</p> <p>透過照明物聯網自動進行緊急照明系統及其電池功能定期測試，定期完成檢測報告。</p>	
<p>(2) 主動推播博物館和畫廊導覽資訊</p> <p>透過應用程序和可見光通信，照明物聯網可以使用感應技術，為博物館和畫廊觀眾提供更好的導覽體驗和展覽訊息。</p>	
<p>(3) 提供個人化和自動化客房</p> <p>旅館客房的智慧照明，可以收集、辨識入住者及其偏好，並相應調整房間的燈光、百葉窗、電視頻道和 HVAC 空調等設備。</p>	
<p>(4) 提供旅館顧客服務消費資訊</p> <p>依據顧客所在位置，提供餐廳推薦、優惠及延遲退房等結賬優惠訊息，可透過位置分析和智慧手機應用 App，</p>	

應用說明	應用案例照片
增加旅館消費人次。	
<p>(5) 協助降低旅館和度假村的維運成本</p> <p>設有人體動態感知的感測器，可以採智慧化設備調控，簡省不必要的設施運轉，抑制不必要的能源消耗。</p>	

(資料來源：<https://luxreview.com/article/2017/10/30>)



(資料來源：GE)

Current 的客戶經理 Alyson Kjeldahl 表示：「我們將會看到一般傳統工作環境脫胎成為智慧型、支援物聯網與 AI 的工作環境。身為工作人員，我們將感受到原先屬於私人生活的科技經驗逐漸擴及職場。」

#### (四) 智慧照明與建築設計及室內裝修之配合

智慧照明節能除了控制設備或相關元件外，透過有線或無線等技術，自基本照明單元擴充至整棟建築物之照明控制，使各照明單元間之數據傳輸、設備等節點得以相互連結或拓樸分佈，成為完整的智慧照明能源管理監、控系統；亦可與建築能源管理系統結合，定時回饋訊息、分析用電使用情形。

##### 1. 照明通訊協定介紹:通訊協定作用在於不同的系統間需要有共同的語言



加以連結，使照明相關設備如感應器、安定器、電源等週邊得以溝通，進而與建築能源管理系統連結運用，故通訊協定為智慧照明與建築能源管理系統控制接續之基礎。其架構由國際標準組織( International Organization for Standardization, ISO) 於1977年訂定 ISO / TC97/ SC 16 制定，稱為開放式系統連結 (open system interconnection ,OSI) ，在此之下設定七個層級，各層級分別負責不同的網路功能，透過各層級傳輸、加密解密、傳送代碼、交換資料、建立傳送規則、傳送封包與路徑、偵錯連結與電子訊號傳送，並運用此架構使各家不同網路設備得以在此框架下相互溝通。

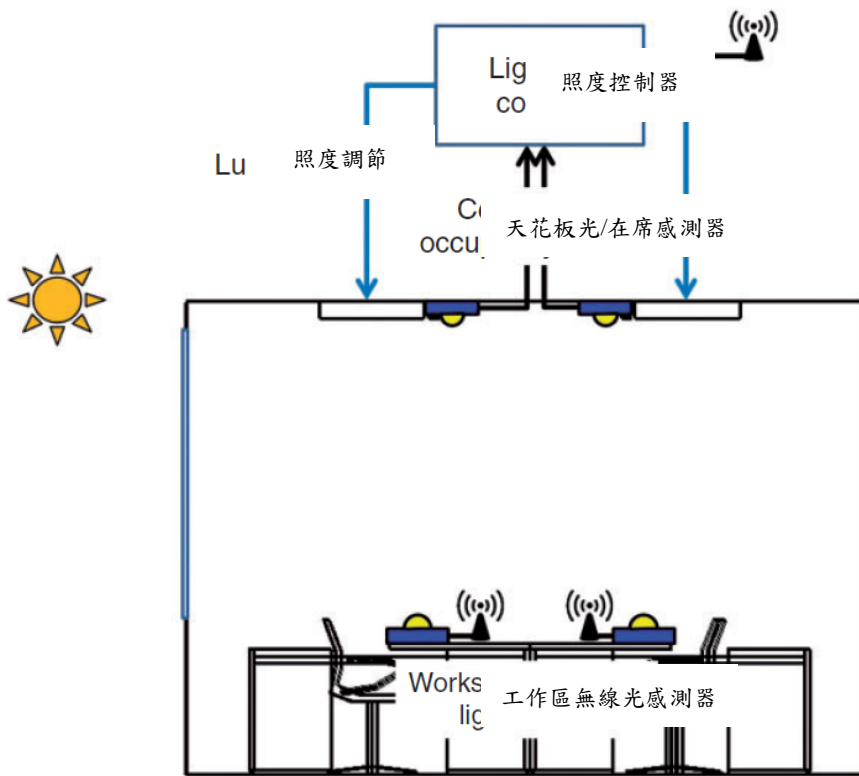
依據我國 CNS C4534-1 規範將通訊協定 (Protocol) 定義為：「泛指在傳輸網路中，通訊發送端與接收端利用預先約定好的方法，藉此傳輸資料。所謂「約定好的方法」包含傳輸資料的位元順序、資料結構、傳輸方式與執行順序等。」智慧照明控制技術透過網路以有線或無線之傳輸方式，可將控制應用從基本照明單元增加到整棟建築物之照明，其控制之技術依各種網路通訊協定可分為集中式由中央控制系統控制、或經由節點連接往外擴散控制等；本節將網路通訊協定應用中，常見之相關名詞介紹如下：

2. RS232(串列埠)：由電子工業協會 (Electronics Industry Association, EIA) ，於1969年發佈，後由電信工業協會(Telecommunications Industry Association, TIA) 重新定義為 TIA232，確定電氣特性和信號時序。常用在電腦的連結( 接頭) 即串列埠，主機上的 COM1、COM2 介面即 RS-232C 介面；RS232 連線長度約 17~33m。
3. RS485( 連接線)：由電信工業協會(Telecommunications Industry Association, TIA) 重新定義為 TIA485，具多點與雙向通訊能力；可長距離連線，可同時多個設備。
4. Ethernet：中文為乙太網路，由 DIX 聯盟制定之區域網路系統，常應用多台電腦且有限的區域範圍內，可連結交換器或集線器，形成拓樸連結。
5. USB (Universal Serial Bus)：為資料傳輸介面，通常為隨插即用，提供主機與裝置( 滑鼠、印表機、外接式硬碟、鍵盤等) 間連結。

智慧照明控制系統中，除了在建築設計或裝修階段將相關網路佈線一併規劃設計外，欲新設或在既有空間場域中進行智慧照明控制應用時，則需仰賴無線網

路技術，常見之無線網路如下：

1. ZigBee：為基於 IEEE 802.15.4 標準而成之短距離無線通訊技術名稱，可透過多個節點間傳輸互相連結成區域網路，可用來提供照明控制、感應器與開關等，需要通過橋接器組網，傳輸速度 10~250Kbps。
2. Bluetooth：2001 年列入 IEEE 802.15.1 標準，為無線通信技術，使不同裝置進行無線連線，並構成無線網路。低功耗，但受限於點對點連接的協議特點，傳輸速度 3~24Mbps。
3. Wireless Fidelity (Wi-Fi)：為符合 IEEE 802.11 無線網路通訊標準之通訊系統，無需使用實體電線即可在無線網路存取點之覆蓋範圍內可進行網路連線。研發門檻與成本較低，傳輸速度 11~54Mbps，設備通用性好，組網節點數受限於路由器。



附圖 1.1 室內照明控制系統

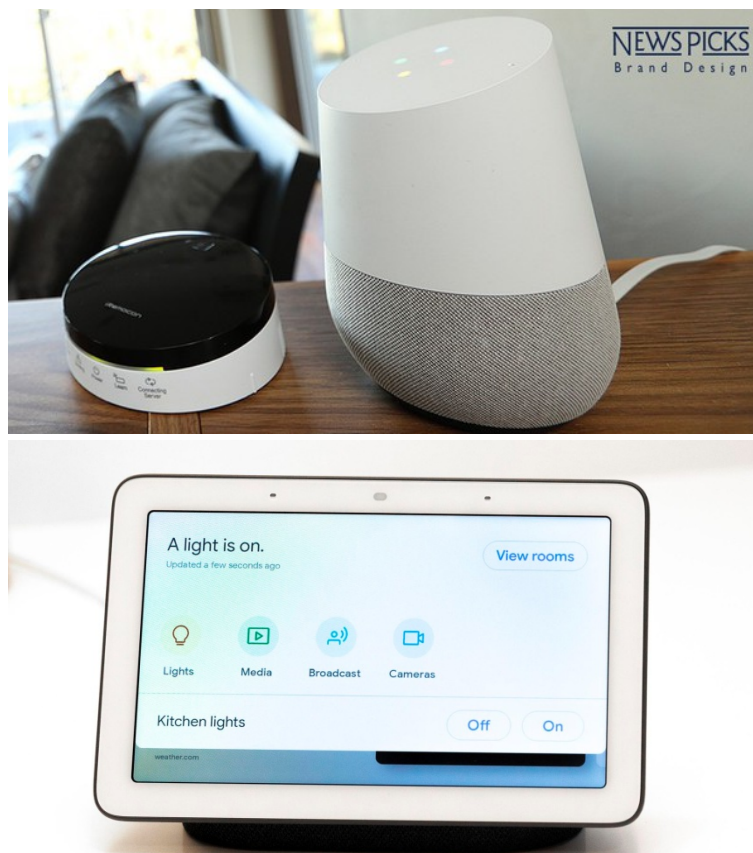
(資料來源：D Caicedo、S Li MS/Smart lighting control with workspace and ceiling sensors/  
Lighting Res. Technol. 2016; 0: 1-15)

### 三、智慧照明案例

#### (一) 國外案例

1. 日本大型建築業者大和 HOUSE 工業推出人工智慧喇叭「Google Home」控制照明

大和 HOUSE 工業在 2018 年初推出全應用人工智慧喇叭「Google Home」的新建築，當居住在內建「Google Home」住宅裡的主人，只要說出，「OK Google，請開始準備晨間事務」。窗簾就會自動開啟、照明燈會隨之點亮，同時咖啡機就會研磨沖泡出一杯香味四溢的咖啡。當出門上班後，照明燈光會自動熄滅，而緊接著掃地機器人開始出動，清掃屋內的每一個角落。而假日時，當主人想要欣賞家庭劇院時，也只要用語音發出指令，照明燈光也會自動變暗，螢幕與音響就會隨之播放影片。



附圖 1.2 大和 HOUSE 工業將人工智慧喇叭「Google Home」

(資料來源：大和 HOUSE 工業，  
<https://smartauto.ctimes.com.tw/DispArt-tw.asp?O=HK23L69GFKOARASTD1>)

針對住宅的人工智慧技術，未來將會更加廣泛的應用在住宅建物之中，自動學習居住者的生活習慣，在最佳的時間點，進行家電、照明等等的動作。

由於 Google 有強大的服務生態系，可整合自家行事曆、email 等服務，比起亞馬遜，更能掌握用戶資訊。例如，Google Home 的「My Day」

功能，可以在一早告訴你目前時間、天氣、通勤所需時間以及摘要當日行程。專注發展人工智慧，也讓 Google Home 可以進行更自然的對話，而不是機械式的一問一答。

例如，雖然 Alexa 可以協助在亞馬遜上購物，但卻需要透過一來一往、回答許多問題，才能讓 Alexa 理解你想買什麼。而 Google Home 則是可以理解整個對話脈絡、而非僅只於單一問題，讓對話更自然。

## 2. 昕諾飛 Interact 智慧互連照明系統

顛覆傳統燈具的「Hue 光配方」，以人為本的出發點，昕諾飛 Interact 智慧互連照明系統讓使用者能自由管理燈光，在不同時間提供人體最合適的色溫環境，創造健康有品質的生活。飛利浦 Hue 應用程式能夠設定色溫，並利用人性化的自動排程，以提高效率及專注力的白光開啟充滿活力的一天，並於夜晚設定能令身心靈舒緩的黃光釋放壓力，一鍵轉換空間氛圍，有效輕鬆地提昇生活品質。全球照明領導者昕諾飛推出飛利浦 Hue 個人化智慧連網照明系統，重新定義居家照明新高度，使燈光成為生活的一種「享受」，不論是隨遊戲節奏或影音同步躍動的燈光效果，又或是以人為本、符合人類健康生活而變化色溫的光配方，都為使用者帶來嶄新的照明體驗。

台灣昕諾飛總經理暨全球副總裁余泳濤表示：「昕諾飛看好智慧家庭所創造的各種想像與便利，運用創新技術引領照明市場及智慧連網照明系統之發展。預估至 2020 年，昕諾飛全系列 LED 產品皆將具備連網功能，我們也將持續擴大 Hue 個人化智慧連網照明產品線，完整佈局智慧家庭市場。」物聯網架構讓大數據分析與人工智慧成為現今最熱門應用。由於照明是建構城市或建築的基礎架構之一，以照明設備結合感測器蒐集龐大數據，並運用 AI 加以運算與分析，其市場應用與發展不可限量。全球照明領導者昕諾飛（阿姆斯特丹歐洲證券交易所代碼：LIGHT）推出 Interact IoT 平台與連網照明系統，以雲端平台為基礎，將照明系統中的每個燈具串聯並轉換成可蒐集數據的感測裝置，為終端用戶提供全方位應用場域的智慧照明解決方案，包含 Interact City、Interact Office、Interact Retail、Interact Landmark 以及 Interact Sports。台灣昕諾飛總經理暨全球副總裁余泳濤表示：「昕諾飛深知在物聯網的帶動下，照明對於城市基礎建設和建築物的重要性。昕諾飛目標在 2020 年達成全系列 LED 產品皆具備連網之功能，透過 Interact 智慧連網照明系統多項運用，協助提高營運效率，讓管理者做出更精準的決策。」Interact City LED

智慧互連照明系統與管理軟體兼具安全性、管理性與開放性，協助地方管理單位提升公共區域安全性與能源效益、即時掌握區域狀況，更可與城市其他智慧系統相互整合。目前該系統已應用在全球 37 個國家、超過 1,000 個專案中，點亮 130 萬盞智慧路燈。印尼雅加達政府採用 Interact City，在短短七個月內完成 9 萬盞 LED 智慧路燈的安裝與配置工程。台中市精密機械科技創新園區也導入 Interact City，於 2018 年完成安裝 200 盞連網 LED 路燈。針對城市建築與景觀，透過 Interact Landmark 的管理軟體與監控面板，城市管理者能遠距管理建築照明，並監控能源消耗以及故障偵測。Interact Landmark 透過獨特的城市照明系統，協助各國政府提升城市景觀特色，更提升市民滿意度和旅遊體驗，同時達到高效節能之目標。

全球照明領導者昕諾飛推出業界首創的創新照明技術，為各產業帶來更多應用與突破；植物照明運用不同的「光配方」提升蔬菜品質與產量，光通訊技術 (LiFi) 提供高速且安全的連網環境，太陽能照明則可達成環保與節能目標。

光為智慧語言，可傳遞訊息，昕諾飛將持續致力於照明創新研發，引領節能 LED 產品、智慧連網照明系統和服務之發展。」LiFi 是雙向高速的無線通訊技術，利用可見光發射訊號，而非傳統的。因此 LiFi 可在受到無線射頻干擾設備的地方(如醫院等)、無法收到 WiFi 訊號或訊號太微弱的區域(如地下室)使用。對於需要高度安全性的場所，LiFi 有其優越性，例如，金融機構或政府機關的網路後台。LiFi 透過光做傳輸介質，將訊號屏蔽在實心牆的空間內，確保 LiFi 訊號不外溢，提供了多一層的安全保障。LiFi 技術也適用於辦公室應用，提供達 30Mb/s 的傳輸效率，在傳輸 HD 影片的同時也能順暢進行視訊電話。昕諾飛可見光無線通訊系統事業部總經理 Ed Huibers 表示：「LiFi 展現了光如何成為新的智慧語言，用前所未有的方式傳遞資訊。2018 年昕諾飛成為全球第一家讓一般辦公室燈具搭載 LiFi 連網功能的照明公司，憑藉物聯網照明的豐富專業知識與全球經驗，提供顛覆產業、開創新局的科技。」LiFi 的主要優勢包含：

- (1) 可替代的連接性：LiFi 適用於對無線射頻敏感的場所，如醫院、診所、工廠或學校，或是 WiFi 訊號不佳或根本無 WiFi 訊號的地方，如租戶多的建物。
- (2) 受保障的頻寬：LiFi 提供使用者穩定的資料流量，以及穩固且可靠

的無線通訊。

(3) 寬廣的頻譜：光線的頻譜為無線射頻的一萬倍，為眾多使用者提供龐大頻寬，以連接多個物聯網裝置，解決 WiFi 頻寬不足的問題。

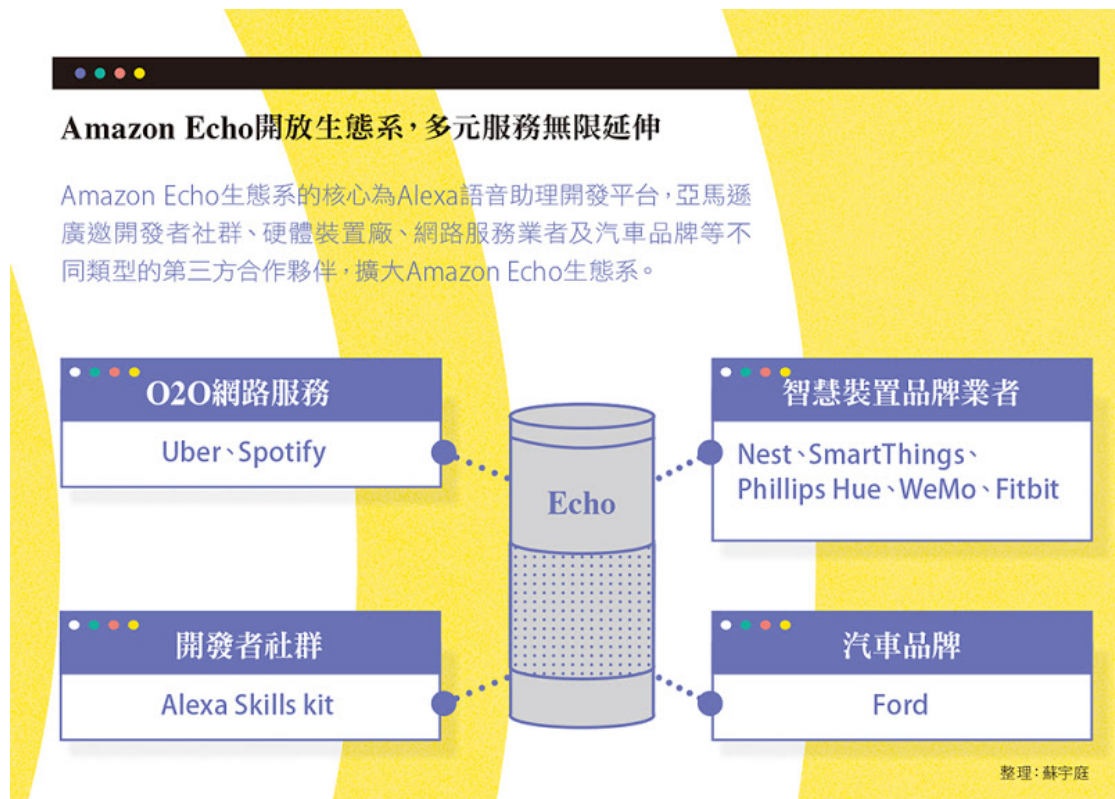
(4) 安全的通訊：LiFi 提供的安全保障，讓網路傳輸僅在可控的光線覆蓋下使用，透過 USB 無線網卡／轉換器取得 LiFi 連線訊號。

(5) 擴展性：LiFi 具備擴展性，可支援多位使用者，在單個燈具所發出的光線涵蓋範圍內，可供 15 名用戶同時使用。

3. 亞馬遜 Amazon Echo 智慧管家：亞馬遜和第三方應用整合，擁有超過 3,000 項技能，包辦 Uber 叫車、訂 Pizza 等任務；同時，Amazon Echo 也是智慧家電控制中樞，可以控制燈、門鎖、恆溫器、電扇等，亞馬遜還成立 1 億美元的 Alexa 基金，用來投資合作的智慧家電硬體廠商。搶先布局服務生態系。在跨裝置上 Google 有一項極大的優勢，只要家中任何電視內建 Google Cast 或裝有 Google Chromecast，便可直接請 Google Home 在電視播放 YouTube 影片。反觀 Amazon Echo，需經過繁瑣步驟才能做到相同的事：電視必須裝載無線接收器，再透過跨平台工具 IFTTT 連上 Alexa。除了電視，只要手機有裝 Google Assistant，Google Home 便能將資訊傳給手機，不過目前這項功能僅限於 Google Pixel 和 Pixel XL。

Amazon Echo 的語音助理 Alexa，靠「說話」來與它互動。亞馬遜致力打造的 Alexa 生態圈，讓 Alexa 連結的服務越來越多元；用聲音來控制家電、叫車、上網買東西。





附圖 1.3 Amazon Echo 開放生態系多元服務系統

(資料來源：<https://www.bnnext.com.tw/article/40024/bn-2016-06-24-180752-178>)



附圖 1.4 Amazon Echo 亞馬遜公司的一款智慧型語音助理 Alexa 的智慧型喇叭

(資料來源：[https://zh.wikipedia.org/zh-tw/Amazon\\_Echo](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/Amazon_Echo))

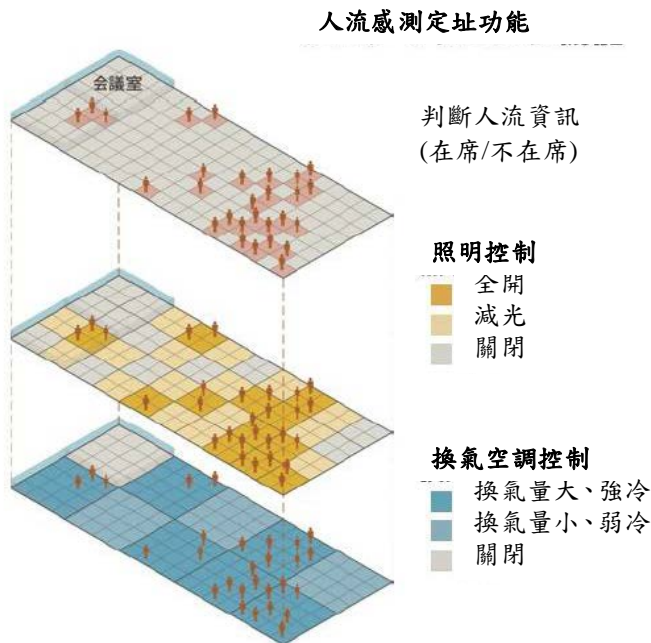
Amazon Echo 生態系的核心為 Alexa 語音助理開發平台，亞馬遜廣邀開發者社群、硬體裝置廠、網路服務業者及汽車品牌等不同類型的第三方合作夥伴，擴大 Amazon Echo 生態系。雖然 Amazon Echo 的定位是智慧家庭裝置，不過亞馬遜也透過其他策略合作，將 Amazon Echo 的「影

響力」帶出客廳與廚房，讓家與外頭的世界連結在一起。例如，與 Uber 合作叫車服務，與達美樂合作 Pizza 預定及外送服務，與福特汽車(Ford) 的 Sync Connect 平台合作，可以在車上、家中遠端雙向控制車庫、電燈、汽車開關等。

Google 和亞馬遜都希望產品可以成為「個人化助理」，Google Home 最終目標是可成功辨識屋內不同人，當每個人都問了 Google Home 今日行程是什麼，都會獲得客製化的答案。

#### 4. 日本大成建設公司與東光電氣公司開發照明及空調的控制系統「T-Zone Saver」

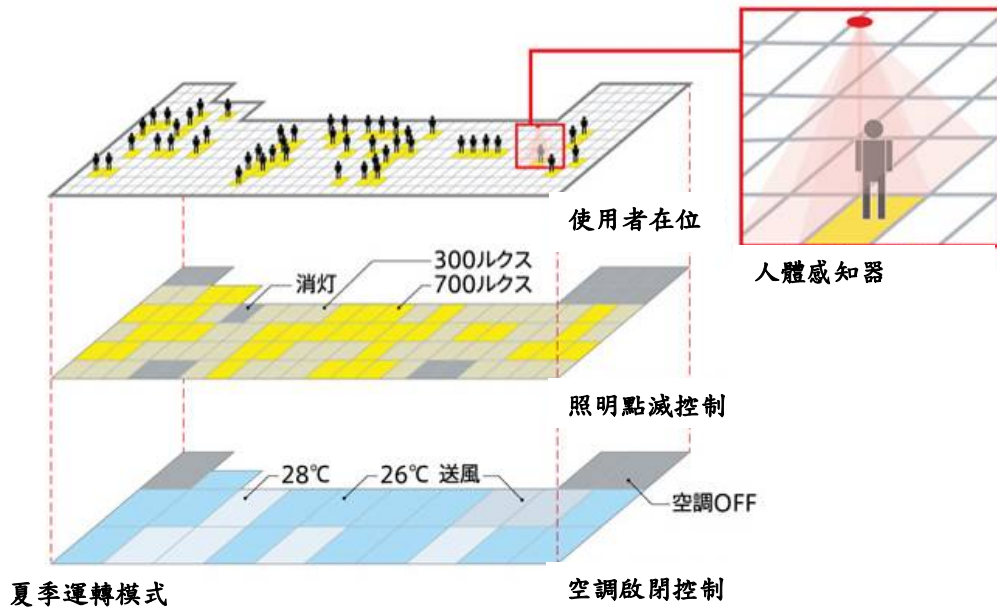
該系統將辦公室區劃為 1.8m 見方的區域，以區域單位進行環境感測、設備自動控制，採用實例估計可節約辦公空間耗能約 50%。該系統首先進行使用者定址，確認區域內是否有使用者，再依據該區劃環境條件進行智慧化環境系統控制，以減少設備耗能。故該系統以人體感測器為主，輔以環境感測器進行室內環境監控。



附圖 1.5 照明及空調的控制系統「T-Zone Saver」感測控制模組

(資料來源：日本大成建設株式會社 <http://www.taisei.co.jp/index.html>)



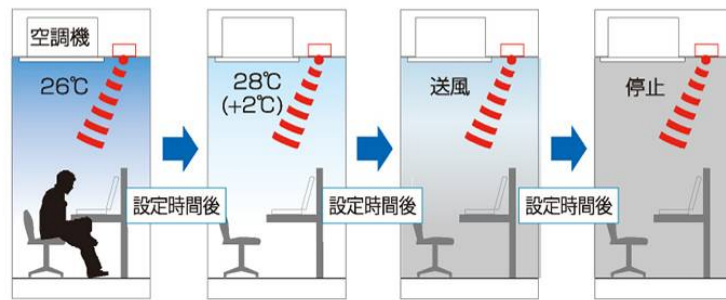


附圖 1.6 「T-Zone Saver」人體感測與照明、空調連動關係

(資料來源：日本大成建設株式會社 <http://www.taisei.co.jp/index.html>)

- **運轉模式控制**：依據使用者(在位/不在位)進行空調啟閉模式控制，減少空調耗能
- **外氣導入控制**：依據使用者(在位/不在位)進行外氣導入量控制，以減低空調負荷

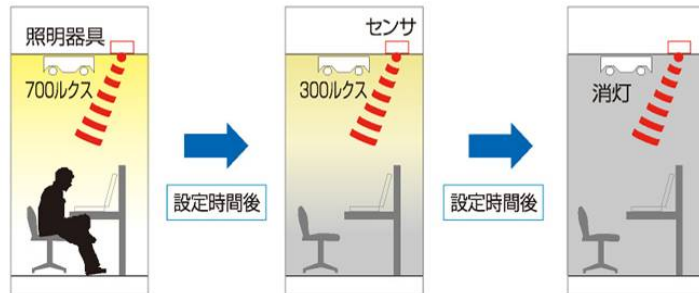
設定照度例



附圖 1.7 「T-Zone Saver」智慧化空調控制

(資料來源：日本大成建設株式會社 <http://www.taisei.co.jp/index.html>)

- **運轉模式控制**：依據使用者(在位/不在位)進行照明調光模式控制，減少照明耗能
- **使用模式控制**：依據辦公區、走道等不同照度需求，進行照明控制，以減低照明耗能



附圖 1.8 「T-Zone Saver」智慧化照明控制

(資料來源：日本大成建設株式會社 <http://www.taisei.co.jp/index.html>)



附圖 1.9 「T-Zone Saver」智慧化照明控制現況

(資料來源：日本大成建設株式會社 <http://www.taisei.co.jp/index.html>)

#### 5. 上海宏匯蓮花路辦公大樓智慧照明系統

本案智慧照明整合 ZigBee 無線通訊和標準 Ethernet 網路通訊技術作為資訊傳輸架構，建立雲端化的照明管理服務平臺，提供建物樓層照明管理、即時顯示、資料查詢、統計分析和智慧節能控制。服務範圍主要包含：承租戶辦公照明和公共區域照明。設計內容包含：

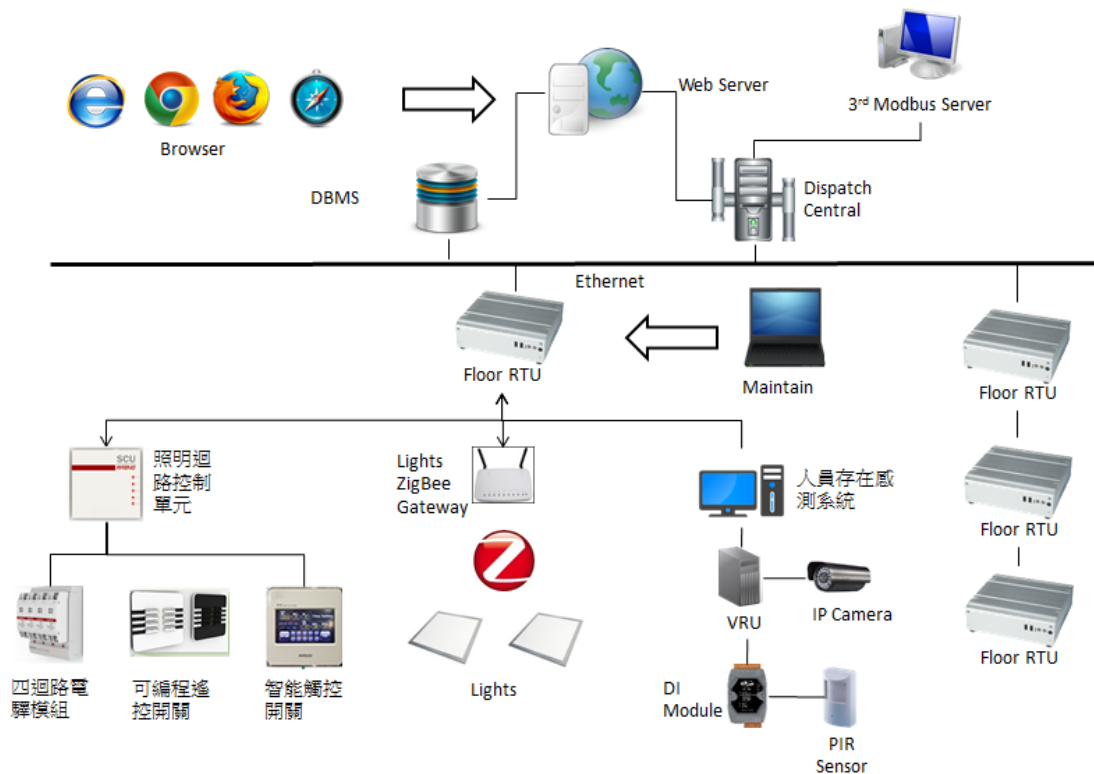
- (1) 系統配合無線燈具，採用低功率無線傳輸控制系統，藉由感測器之量測資訊，進行最佳視覺、最適合生理需求的照明亮度控制。
- (2) 搭配人員存在感測系統，可避免無人時燈光卻亮著。
- (3) 系統針對地下室區域標準回路控制照明，進行排程式控制和日光照度關關邏輯

藉上述控制模式，達到能源節省降低照明用電的目標。系統主要為蓮花

路大樓提供完整的智慧照明管理系統，包括：無線通訊模組、照明回路通訊模組、照明邏輯監控單元和網頁伺服器。各組成設備功能說明如下：

- (1)無線通訊模組：負責無線照明設備和感測器的 ZigBee 網路架構。
- (2)照明回路通訊模組：負責標準照明二線式回路控制。
- (3)照明邏輯監控單元：介於照明通訊模組與照明監控伺服器之間，提供軟體程式，負責智慧照明調整演算法、資料傳遞等功能。
- (4)網頁伺服器：提供 WEB 頁面的智慧照明系統之監測資料記錄、承租戶登入狀態顯示、管理者登入並執行設定功能，如系統維護、故障偵錯、資料查詢、設備監控等應用。

智慧照明系統架構圖，如下圖：



附圖 1.10 上海宏匯蓮花路辦公大樓智慧照明系統架構圖

(資料來源：群光電能科技股份有限公司,2019)

系統功能說明如下：

- (1)照明控制邏輯單元具備自我診斷和恢復功能。

- (2) 可整合協力廠商 Modbus TCP 標準通訊協定，作為輔助照明邏輯判斷。
- (3) 緊急照明功能：發生緊急狀態需要開啟大樓所有照明時，樓宇自動監控系統(BA)提供緊急狀態訊號，本系統將提供緊急照明邏輯，將所有的燈具全部開啟至最大亮度，當樓宇自動監控系統(BA)緊急狀態訊號取消後即回復原照明邏輯。
- (4) 人員偵測邏輯：搭配人員存在感測系統時可根據人員狀態改變條件，進行區域照明調整邏輯。
- (5) 日光調節演算法：利用室內照度值資訊，根據設定需求照度值，進行多維照明調光演算法，在外來光充裕處降低照明亮度，達到區域最佳可視照度。
- (6) 排程式控制制：可針對不同區域設定不同時間和照明亮度。
- (7) 室外景觀照度控制：可透過室外照度資訊，來控制室外景觀照明開關情況。
- (8) 智慧照明網頁功能：提供不同許可權管理功能、大樓環境資訊、承租和區域照明資訊、統計分析功能、區域照明控制。

另外，本案設計單位群光電能針對不同建築使用，照明控制提出基本設計原則說明如下：

**(1) 大廳/玄關空間**

**A. 調光機制**

- 定時排程：分為尖峰期間/離峰期間
- 日光調節：每 10 分鐘感光模組感測場域照度，燈具進行二維或一維線性調光。
- 無線控制

**B. 操作場景**

排程預設		照度設定	調光機制
尖峰期間	08:00-20:00	1000 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 定時排程</li> <li>• 日光調節</li> <li>• 無線控制</li> </ul>

排程預設		照度設定	調光機制
離峰期間	20:00-08:00	300 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 定時排程</li> <li>• 無線控制</li> </ul>

## (2) 辦公室/實驗室空間

### A. 調光機制

- 定時排程：分為上班期間/午休期間/下班期間
- 日光調節：每 10 分鐘感光模組感測場域照度，燈具進行二維或一維線性調光
- 人員偵測：攝影機偵測場域是否有人員，並回傳至影像處理主機
  - 無人第 n 分鐘，下降當下亮度的 20%
  - 無人第 2n 分鐘，下降當下亮度的 40%
  - 無人第 3n 分鐘，下降當下亮度的 80%
  - 無人變有人，調亮至上班期間照度(或對應之 PWM 值)
- 無線控制

### B. 操作場景

排程預設		照度設定	調光機制
上班期間	08:00-12:00 13:00-20:00	500 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 定時排程</li> <li>• 日光調節</li> <li>• 人員偵測(n=10)</li> <li>• 無線控制</li> </ul>
午休期間	12:00-13:00	30 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 定時排程</li> <li>• 無線控制</li> </ul>
下班期間	20:00-08:00	關閉燈光	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 定時排程</li> <li>• 人員偵測(n=5)</li> <li>• 無線控制</li> </ul>

## (3) 會議室/獨立會客室空間

### A. 調光機制

- 定時排程：依使用預約時間，預約起始前十分鐘可手動確認會議後電源啟動，預約結束前十分鐘現場控制面板發出響鈴通知電源即將關閉

- 日光調節：每 10 分鐘感光模組感測場域照度，燈具進行二維或一維線性調光
- 人員偵測：攝影機偵測場域是否有人員，並回傳至影像處理主機
  - 無人第 10 分鐘，下降當下亮度的 50%
  - 無人第 20 分鐘，關閉電源並取消使用預約
- 無線控制
  - 簡報模式-下降當下亮度的 90%
  - 討論模式-前半區下降當下亮度的 60%，後半區下降當下亮度的 30%

B. 操作場景

排程預設		照度設定	調光機制
開會模式	有預約	500 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 定時排程</li> <li>• 日光調節</li> <li>• 人員偵測</li> <li>• 無線控制</li> </ul>
簡報模式	有預約	30 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 定時排程</li> <li>• 無線控制</li> </ul>
討論模式	有預約	250 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 定時排程</li> <li>• 人員偵測</li> <li>• 無線控制</li> </ul>
無預約	無預約	關閉燈光	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 定時排程</li> <li>• 無線控制</li> </ul>

(4) 聯絡廊/梯廳/洗手間空間

A. 調光機制

- 定時排程：分為尖峰期間/離峰期間
- 日光調節：每 10 分鐘感光模組感測場域照度，燈具進行二維或一維線性調光
- 人員偵測：攝影機偵測場域是否有人員，並回傳至影像處理主機
  - 離峰期間-無人變有人，調亮至尖峰期間照度對應之

PWM 值

- 離峰期間-無人第 3 分鐘，調暗至離峰期間照度對應之 PWM 值
- 無線控制

B. 操作場景

排程預設		照度設定	調光機制
尖峰期間	08:00-20:00	(聯絡廊/梯廳)500 Lux (洗手間)250 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>定時排程</li> <li>無線控制</li> </ul>
離峰期間	20:00-08:00	(聯絡廊/梯廳)200 Lux (洗手間)100 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>定時排程</li> <li>人員偵測</li> <li>無線控制</li> </ul>

(5) 茶水間/儲藏室空間

A. 調光機制

- 人員偵測:PIR Sensor 偵測場域是否有人員
  - 無人，關閉燈光
  - 無人變有人，打開燈光
  - 無人第 3 分鐘，關閉燈光

B. 操作場景

排程預設		照度設定	調光機制
全日期間	00:00-24:00	(茶水間)200 Lux (儲藏室)300 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>人員偵測</li> </ul>

(6) 地下停車場空間

A. 調光機制

- 定時排程：分為尖峰期間/離峰期間
- 人員偵測：攝影機辨識車牌，依車位所在位置，判斷行經路線
  - 離峰期間-車輛行經之路段，調亮至尖峰期間照度對應之 PWM 值

- 離峰期間-第 20 分鐘後，調暗至離峰期間照度對應之 PWM 值

- 無線控制

### B. 操作場景

排程預設		照度設定	調光機制
尖峰期間	08:00-10:00 18:00-20:00	(車道)300 Lux (人行通道)200 Lux (停車區域)100 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 定時排程</li> <li>• 無線控制</li> </ul>
離峰期間	10:00-18:00 20:00-08:00	(車道)150 Lux (人行通道)100 Lux (停車區域)50 Lux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 定時排程</li> <li>• 人員偵測</li> <li>• 無線控制</li> </ul>

#### 6. Bosch 博世，德國慕尼黑工廠辦公室

設計方式：飛利浦 CoreLine，OccuSwitch DALI

本案為辦公室照明改善，新設照明必須與空間結構融為一體，盡可能降低改善成本，並節省能源、維護費用，同時提供員工的舒適環境。

解決方案

博世採用 CoreLine 嵌入式 LED 燈具，符合低成本辦公應用和改善需求，CoreLine Recessed 節省能源、維護成本，同時依據辦公規範(DIN EN 12464-1)並創造了舒適的工作環境。

在照明方面使用 OccuSwitch DALI 多傳感器控制照明，該傳感器依據人員在席、日照條件，自動啟閉、調節開放式辦公空間燈光。設計優點為舊的 TL-D 螢光燈更換容易，結合創新的照明控制 CoreLine，獲得效益包含：LED 燈具提供 96 lm/W 的高能效。系統輸出從 4,600W 降至 2,220W，減少 52%。透過人員在席、日照條件最佳化控制，取得 72% 節能效果。累計五年節省的費用將超過 15,000 歐元，CO<sub>2</sub> 排放量將至少降低 8 噸。同時，降低眩光影響，提供員工更好的光環境品質、視覺效果。

#### 7. The Edge，InterAct Office，阿姆斯特丹

荷蘭阿姆斯特丹 The Edge 號稱全世界最先進的智慧辦公室，管理系統知道使用者住哪、開什麼車、今天要和誰開會，甚至知道使用者咖啡要加多少糖。這棟智慧大樓由建築公司 OVG 打造，租戶德勤 (Deloitte) 開發員工使用應用程式，透過智慧手機應用程式記錄每個使用者的資料。應用程式



會檢查你的行程，開車到達辦公室時大樓會引導你到停車位。同時，應用程式會協助你找辦公座位，因為在 Edge 員工都沒有固定的座位，工作位置是依據員工當日行程，判斷需要有座椅的座位、站著的座位、隔間座位、會議室、陽台座位，還是請勿打擾的座位。



InterAct Office 應用系統平台，具備空間、能源分析能力，增強管理靈活性



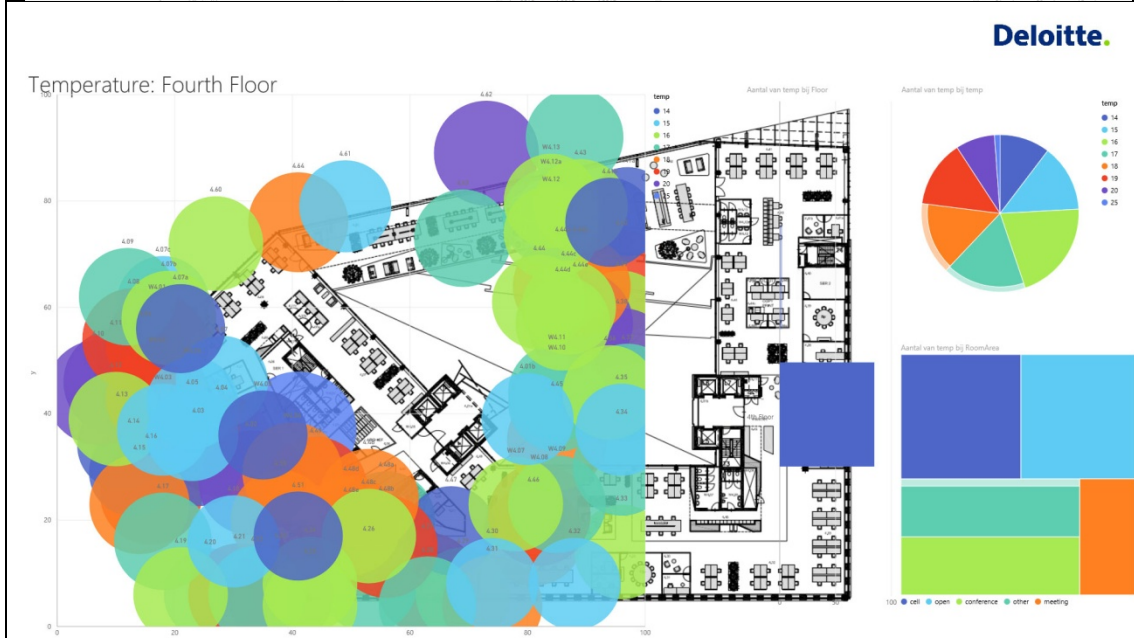
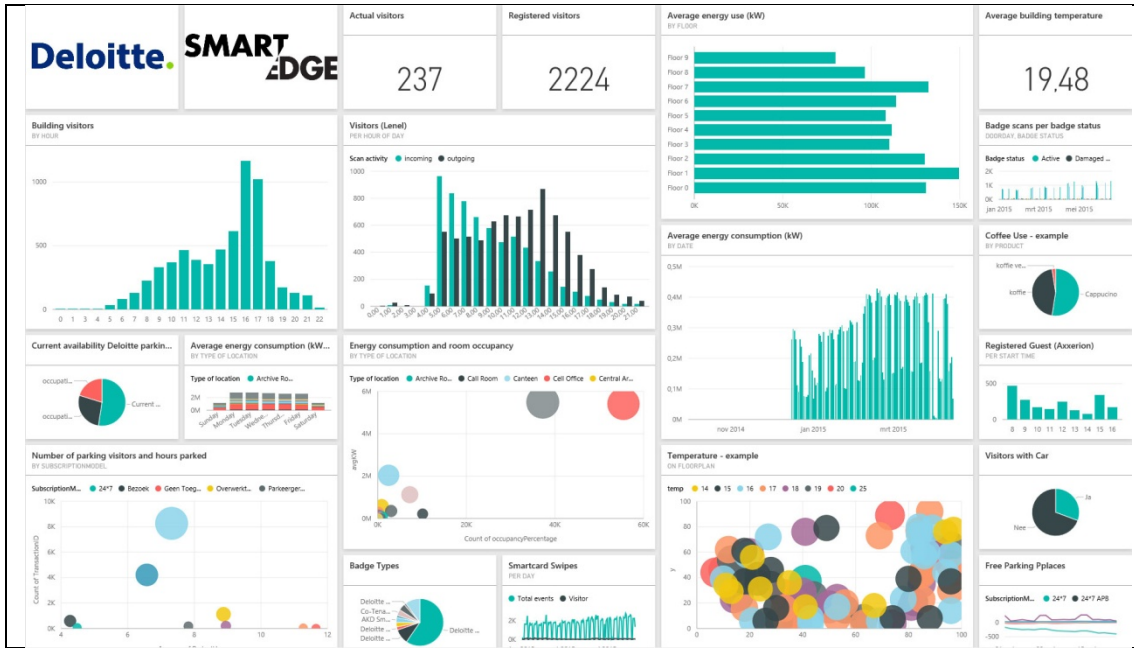
透過智慧手機應用程式記錄每個使用者的資料



透過數位天花板偵測，機器人能知道哪些地方需要打掃



車庫入口相機拍下車牌照照片，與工作記錄匹配，管理停車入口門禁



InterAct Office 應用系統 Deloitte 分析儀表板

Deloitte 收集 Edge 環境、設備及其使用者互動的數據，可追蹤能源使用到咖啡機是否需重新灌裝的所有資訊內容。在使用人數減少的情況，將自動而降低空調、照明運轉和清潔頻率，以降低營運成本。

(資料來源：<https://www.interact-lighting.com/zh-tw/case-studies/the-edge>)

不管員工走到哪，應用程式知道使用者對光線與溫度的偏好來調整環境。智慧手機應用程式是大樓通行證，可以找同事、調整溫度、管理健身習慣，甚至可預定晚餐食材，下班的時候新鮮食材就送達等你帶回家。

當員工到達 Edge 時，車庫入口相機拍下車牌照片，與工作記錄相匹配，然後開啟停車門禁。車庫使用具備感測器的 LED 燈，當使用者接近時則會變亮，離開時會關閉。

Edge 擁有兩個不同類型的管狀網絡：一個用於數據傳送(以太網電纜)，另一個用於水傳送。天花板後面有一個巨大的藍色管道線圈，將水輸送到建築物地下儲水槽，作為輻射加熱、冷卻之用。在夏季，在建築物下面超過 400 英尺深的含水層抽出的溫水隔熱，到冬天，則吸回來供暖。

大樓使用飛利浦高效 LED 面板，耗電量非常低，只要使用數據線纜就可以發電。LED 面板搭載感測器有 2.8 萬個，形成「數位天花板」，偵測動作、燈光、溫度、濕度、紅外線，像大腦裡有很多個突觸一樣。

使用機器人做夜間巡邏，透過數位天花板偵測哪些地方特別需要清潔，當晚清潔人員與機器人就能知道哪些地方特別需要打掃。廁所內的擦手紙也具備感測器，讓清潔人員知道哪些廁所使用頻率最高。

InterAct Office 應用系統平台和分析儀表板，提供優化照明，透過應用系統平台細緻的空間、能源分析能力，增強辦公室照明管理的靈活性。藉由感測器將環境、照明資訊彙集至平台，採用 Deloitte 照明優化控制軟體，提高空調、清潔和空間使用效率，減少能源使用和空間維護成本。

員工使用應用程序進行，辦公桌上方的個人化工作區照明控制，改善視覺舒適度和健康。員工亦可以使用該應用程序，調整照明和會議室的溫度。

近 6,500 個連接的 LED 燈具用於在整個過程中創建數字照明基礎設施

本案燈具設置 3,000 個集成感測器，收集環境、人員在席匿名數據，集中匯入軟件分析儀表板，該儀表板進行資料擷取、存儲、分享有關照明空間視覺化的資訊，協助空間優化決策。本案採用以太網(PoE)交換機，將照明設備連接到建築物的 IT 網絡。以太網電纜將電力和數據發送至燈具，無需單獨的電源線。

The Edge 是一座佔地 40,000 平方米的標誌性建築，約有 2,500 名員工，採用空間分享設計僅提供 1,000 個辦公座位空間，每位員工年度空間成本降低 1,800 歐元以上。同時，藉空間共享鼓勵人際關係、增加互動機會，且能夠有效的利用空間，醞釀出好的創意與決策。每年減少 10 萬歐元能源成本，提供員工照明和室溫個人化控制，無論員工走到哪裡，系統都可依據員工光線、溫度的偏好，調整環境以滿足使用者需求。結合智慧化設計、技術的照明系統設計，本案獲得可持續的 BREEAM 建築成績 98.36%，是 BREEAM 有史以來最高評分。

由於本案建築智慧化的知名度和可持續發展的吸引力，吸引企業求職人數

增加了 4 倍。

#### 8. Apator 智慧辦公大樓，波蘭托倫附近 Ostaszewo

DayZone，PowerBalance，StyleID，LuxSpace，Cabana，TBS260，飛利浦 Dynalite (與 Somfy animeo 和水平立面百葉窗集成)。

Apator 佔地面積約為 16,000 平方米，新工廠配備自動化現代技術，智慧辦公大樓採用飛利浦 Dynalite 控制系統，與 Somfy animeo IB + 盲控系統集成，以及節能 LED 和 TL5 照明設計。

解決方案:

用於人造光和日光控制的照明系統，減少照明能耗(約 30%)，利用晝光確保辦公室的照度條件，使用者可以根據自己的需要，手動控制照明、調光。同時，自動保持選定的亮度級。辦公室配備自動照明控制系統使用運動和輕型多傳感器。集成的飛利浦 Dynalite i Somfy animeo 系統，依據光、熱條件控制窗簾及照明，確保辦公室適當的晝光使用，達到節省空調、照明最低耗能。感測器未檢測到任何動作時，則系統會將照明調暗至預先設定值，並在預設時間後關燈。

Agator SA 採用飛利浦節能照明與 Somfy animeo 集成系統，有效的減少能源消耗。

#### 9. 騰訊濱海辦公大樓

騰訊將濱海辦公大樓設定為物聯網服務測試場，成為騰訊試驗物聯網服務和智慧裝置的大型實驗室。大樓中的會議室空調，可以依據與會人數調整溫度，並提供立體影像的建築導覽服務，員工能透過微信(WeChat)即時得知最佳的停車位置。結合綠能概念，這座建築能收集電腦伺服器所釋放的熱能，用來提供游泳池或是廚房的熱水。這棟建築的能源設計比一般傳統辦公大樓減少了 40% 的消費和碳排放，預計每年可節省 685 萬元人民幣能源費用。

大樓天花板上每 3~5 公尺就有一個感應器，是 iBracon 室內定位裝置，員工可以透過公司手機程式，知道自己所在位置，並依據使用者的喜好調整溫度、照度。

#### 10. 鹿島 KI 大樓智慧照明設計

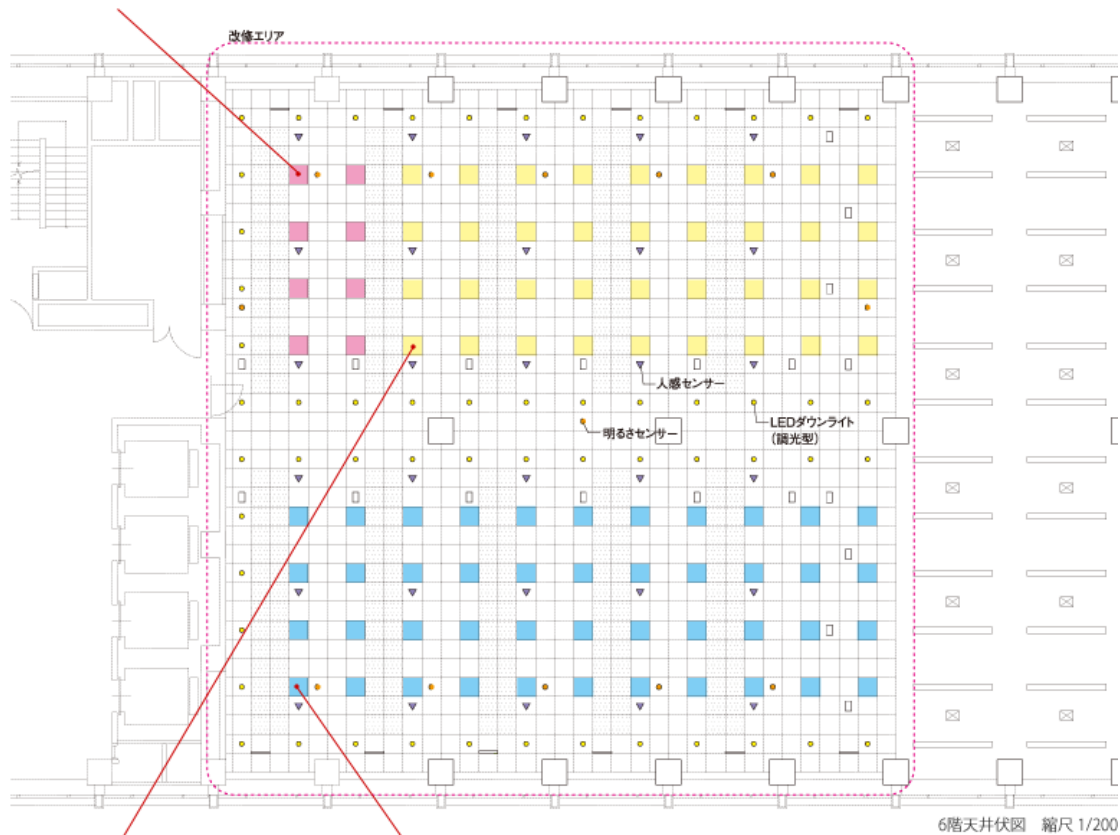
鹿島 KI 大樓辦公室照明設備更新案，系統利用人體感應器檢測人員密度，

結合太陽能發電面板、鋰離子電池的電力使用管理系統，將照明耗能降至普通辦公室的一半。並採用系統天花 Feu-up 照明設備，其開發目的是在降低照明度，增加整個空間的亮度。並在會議角安裝了可以調光的 LED 照明，依據使用目的優化色溫。測量 Feu 進行數值驗證，即測量 Feu 確認空間亮度，在確保必要亮度的同時實現了節能。

本案 LED 照明根據時間進行照明色溫調整與自然光變化相匹配，控制最佳亮度，實現舒適的節能效果。

依據 Feu 調光調色 LED 照明

て利用者自らが調光調色できるようになっている。



依據 Feu 調色 LED 照明

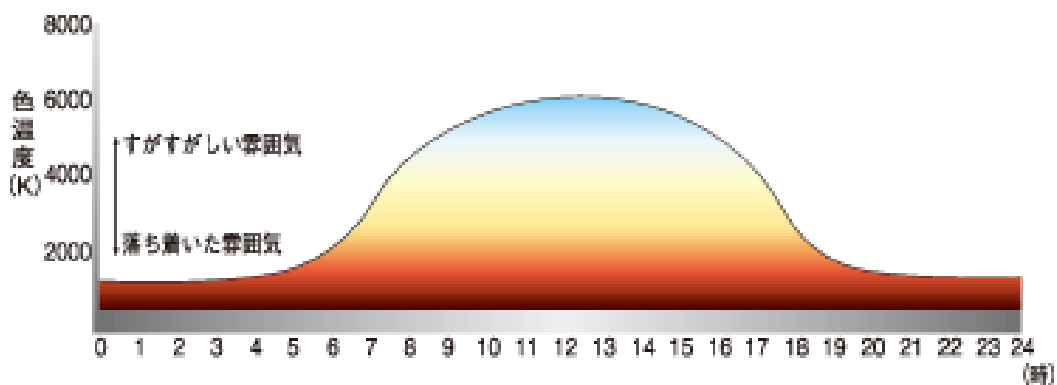
LED 照明

明るさ感をアップ。センサを利用して調光を実施。 調光を行い、省エネを図っている。

附圖 1.11 鹿島 KI 大樓智慧照明設計平面

(資料來源：[http://www2.panasonic.biz/ls/lighting/plam/case/lighting\\_style7/case02.html](http://www2.panasonic.biz/ls/lighting/plam/case/lighting_style7/case02.html)、<https://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1804/02/news061.html>)

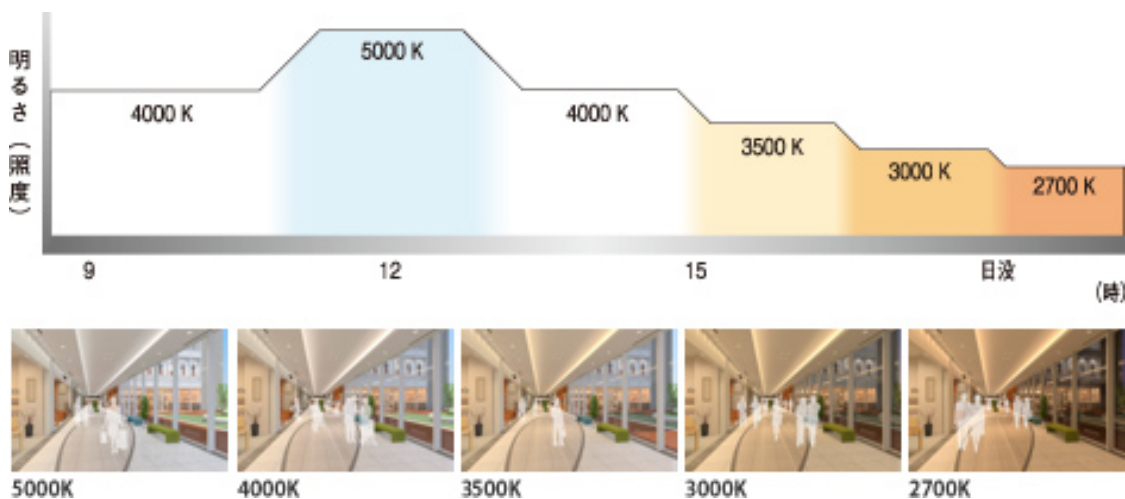




附圖 1.12 晝光一日當中色溫度變化

(資料來源：[https://www2.panasonic.biz/ls/lighting/plam/case/lighting\\_style7/led\\_tech.html](https://www2.panasonic.biz/ls/lighting/plam/case/lighting_style7/led_tech.html))

一般在高色溫的空間環境下選用高照明度，而對於低色溫的空間，擇選用低照明度，在色溫設定得較低時降低亮度，可以在保持空間光環境舒適度，同時節省照明耗能。



附圖 1.13 一日當中照明色溫度變化

(資料來源：[https://www2.panasonic.biz/ls/lighting/plam/case/lighting\\_style7/led\\_tech.html](https://www2.panasonic.biz/ls/lighting/plam/case/lighting_style7/led_tech.html))

根據空間使用並結合感測器，結合外部光線的亮度和人員移動，以晝夜規律變化來調節照明色溫和照度。





附圖 1.14 鹿島 KI 大樓智慧照明色溫度變化

(資料來源：[https://www2.panasonic.biz/ls/lighting/plam/case/lighting\\_style7/led\\_tech.html](https://www2.panasonic.biz/ls/lighting/plam/case/lighting_style7/led_tech.html))

#### 11. 鹿島建設藉由聲音創造環境舒適

鹿島建設積極面對使用者需求不斷提升，考慮使用者的健康狀況，提供高品質的建築環境，致力於人類生理學和心理學的研究，以提供舒適的生活環境為企業目標。

2018 年提出『醫院 NEM-愛茉莉(Nemamore)』技術，該技術與 NEC Net SSI 合作研發，根據住院病患的生活節奏自動優化醫療環境。該技術即是收集安裝在醫院中的各種感測器的訊息，利用 IoT 技術對空調、照明等設備進行即時、自動控制來優化環境，創造智慧、健康的建築環境。



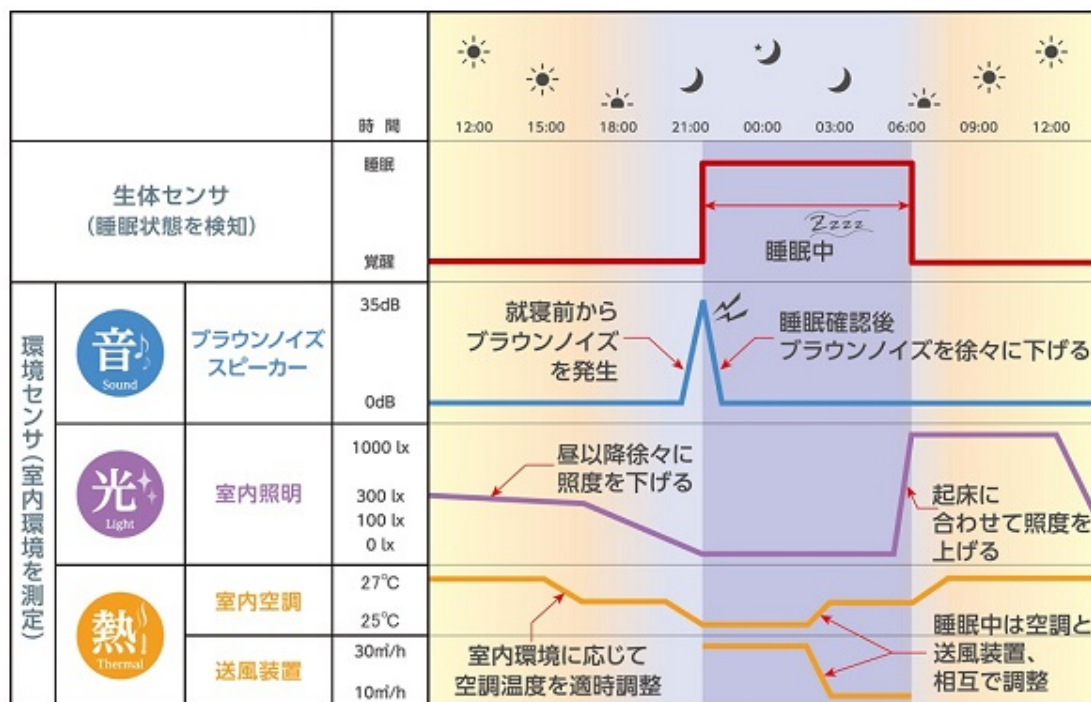
附圖 1.17 鹿島建設『醫院 NEM-愛茉莉(Nemamore)』技術，收集醫院中感測器的訊息連動空調、照明等設備

(資料來源：<https://www.takenaka.co.jp/news/2017/05/02/index.html>)



附圖 1.15 鹿島建設『醫院 NEM-愛茉莉(Nemamore)』技術，利用 IoT 技術對空調、照明等設備

(資料來源：<https://www.takenaka.co.jp/news/2017/05/02/index.html>)



附圖 1.16 鹿島建設『醫院 NEM-愛茉莉(Nemamore)』技術，利用 IoT 技術進行設備模式控制

(資料來源：<https://www.takenaka.co.jp/news/2017/05/02/index.html>)

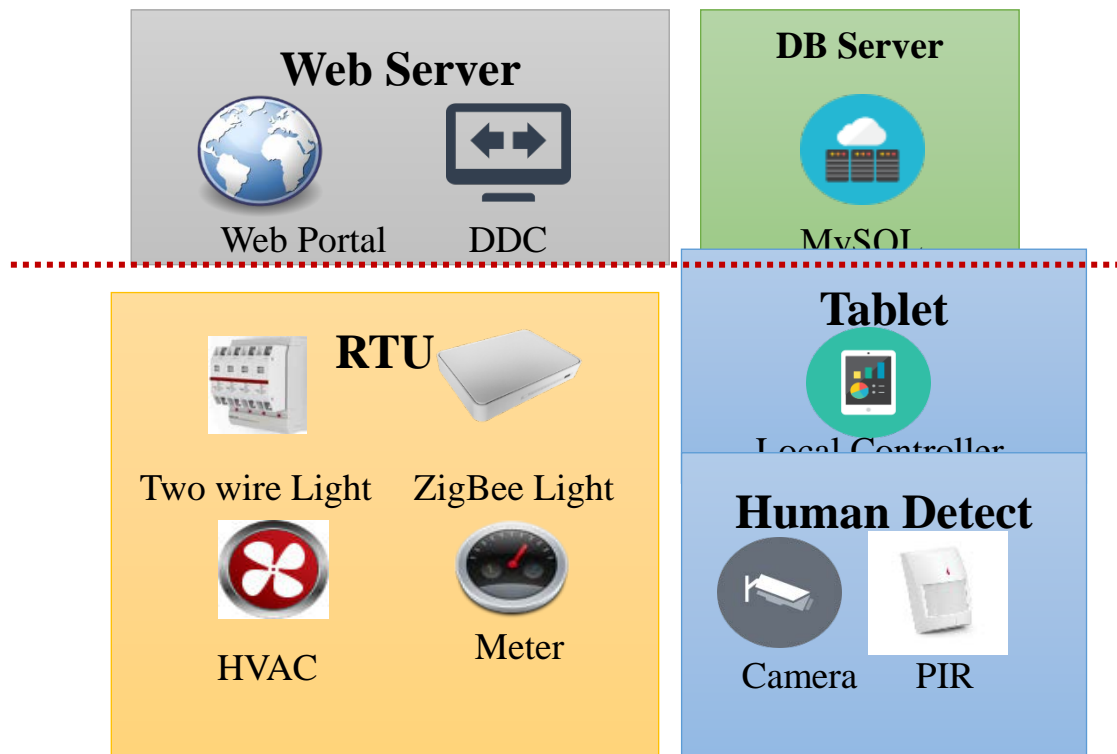


(二) 國內案例

1. 群光電子總部大樓智慧照明系統

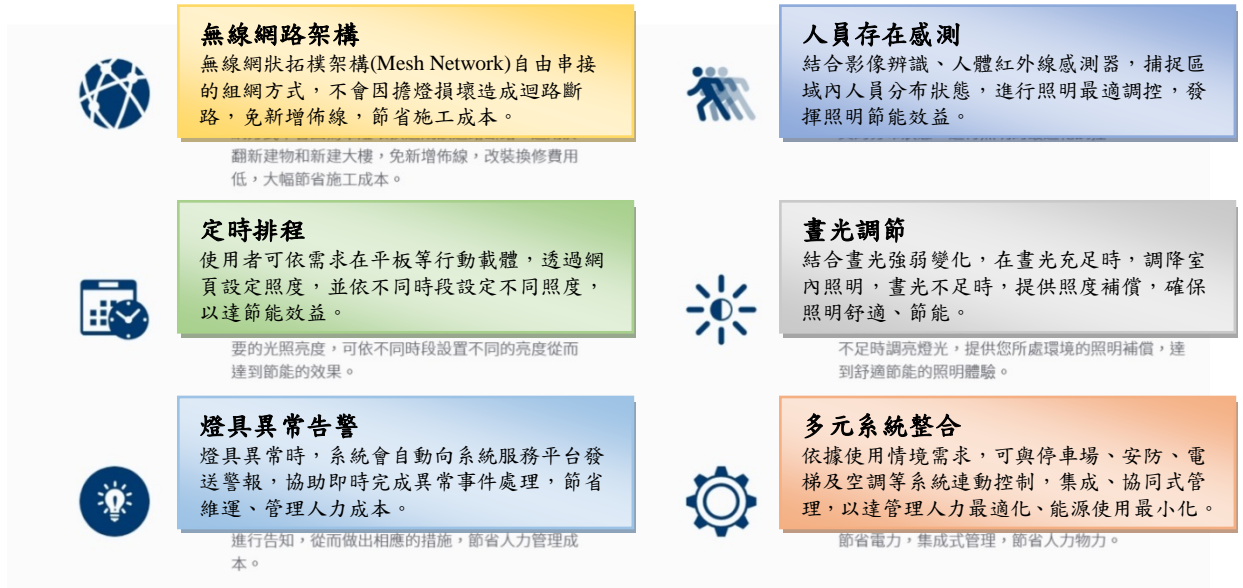
群光電子總部大樓為獲鑽石級智慧建築標章之案例，該公司為全球電腦周邊產品大廠，主要產品為交換式電源供應器及 LED 照明產品。該公司推出 IWA 結合物聯網、大數據、AI 演算法，分為能源管理、空調優化、智慧照明、智慧停車、智慧窗簾、影像安防、冷凍冷藏預警、人臉辨識與智慧路燈等系智慧系統，透過無線感測器將無線感測器蒐集的室內外即時數據進行分析，並搭配實際了解使用者動態需求，給予最適化之控制。且整合空調、照明、電力、門禁及其他各項樓宇系統，提供圖形化控制介面以進行單一至多棟建物管理。以大數據分析及物聯網技術為基礎，透過演算法持續地改善大樓營運，優化各項能耗設備。

群光電子總部大樓採用之 IWA 的智慧照明系統，採 ZigBee 無線通訊技術為資訊傳輸架構，建立雲端化的照明管理服務平台，提供建物樓層照明管理、即時顯示、資料查詢、統計分析與智慧節能控制功能。其中，晝光調節配合無線照度感測器，偵測外來光源的強弱，配合可調光的智慧燈具，自動計算進行照明的補償，提供舒適且節能的照明功能。



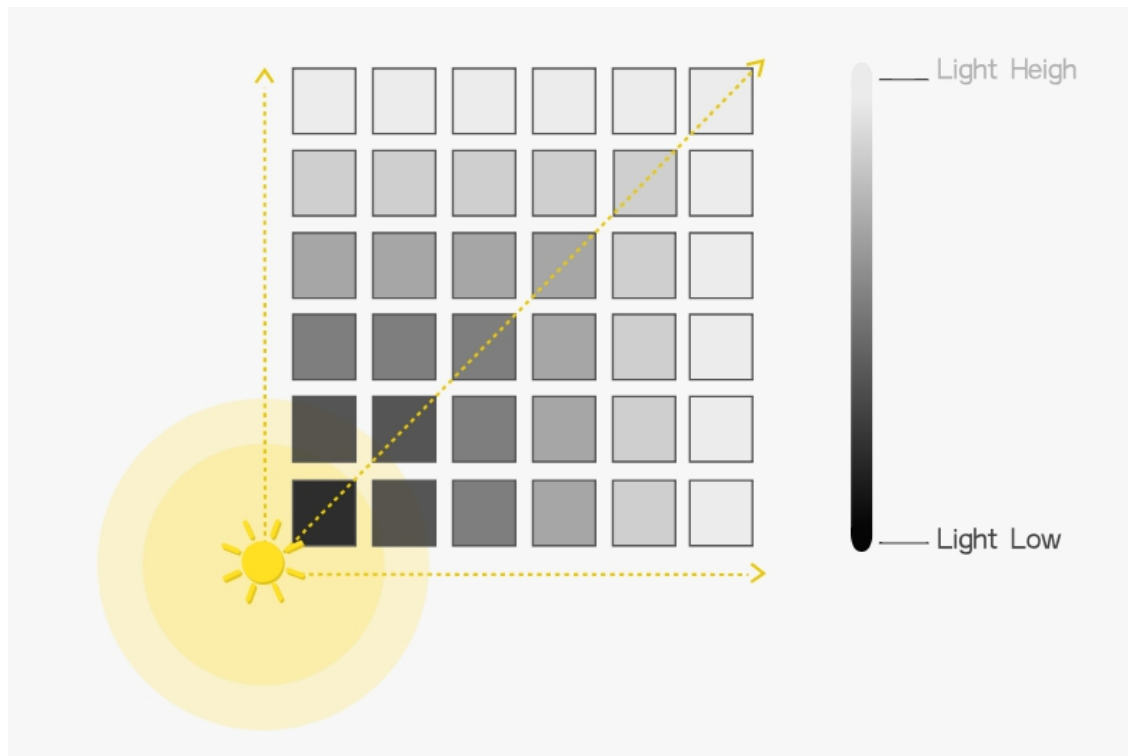
附圖 1.11 群光電子總部大樓智慧照明系統架構

(資料來源：群光電能科技股份有限公司,2019)



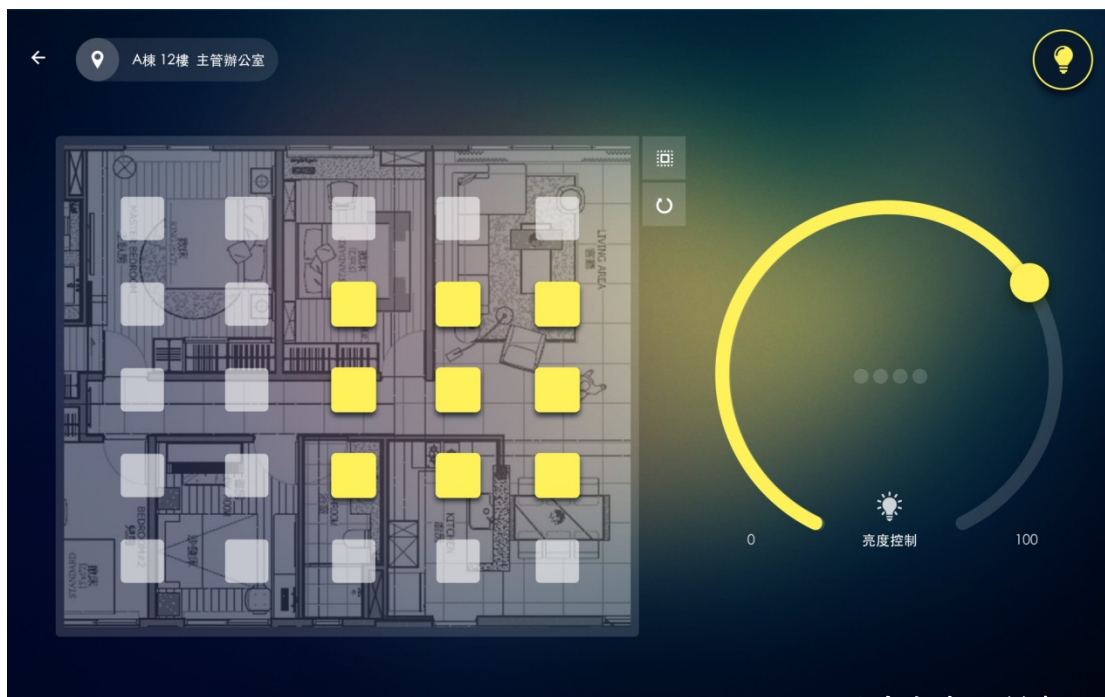
附圖 1.17 群光電子總部大樓 IWA 智慧照明系統功能說明

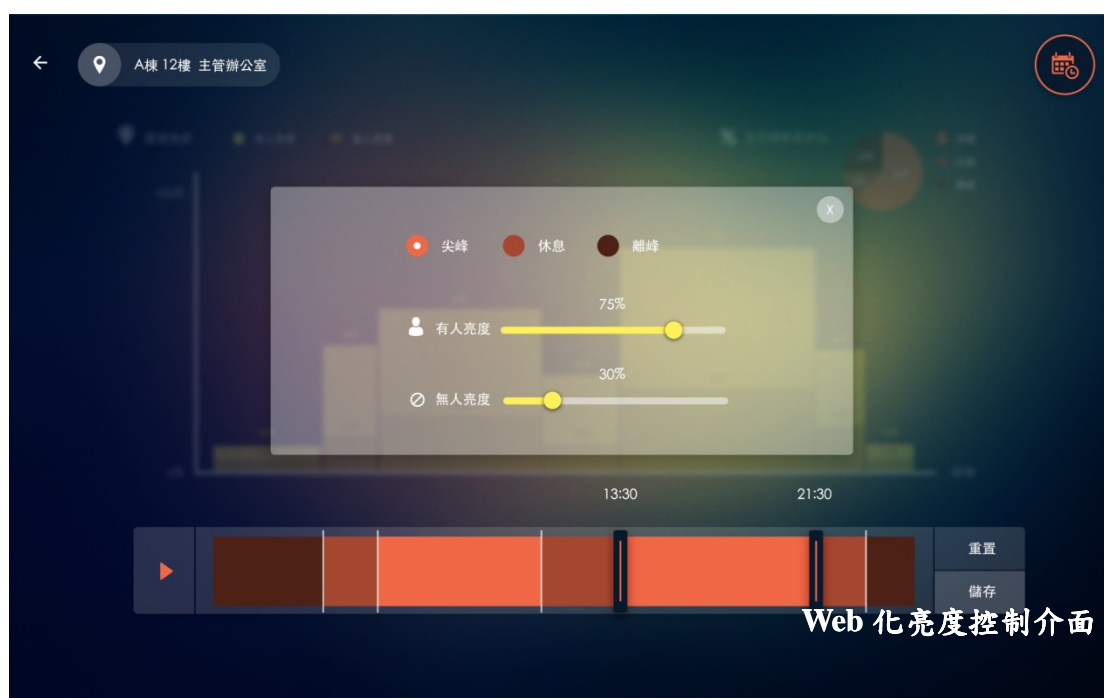
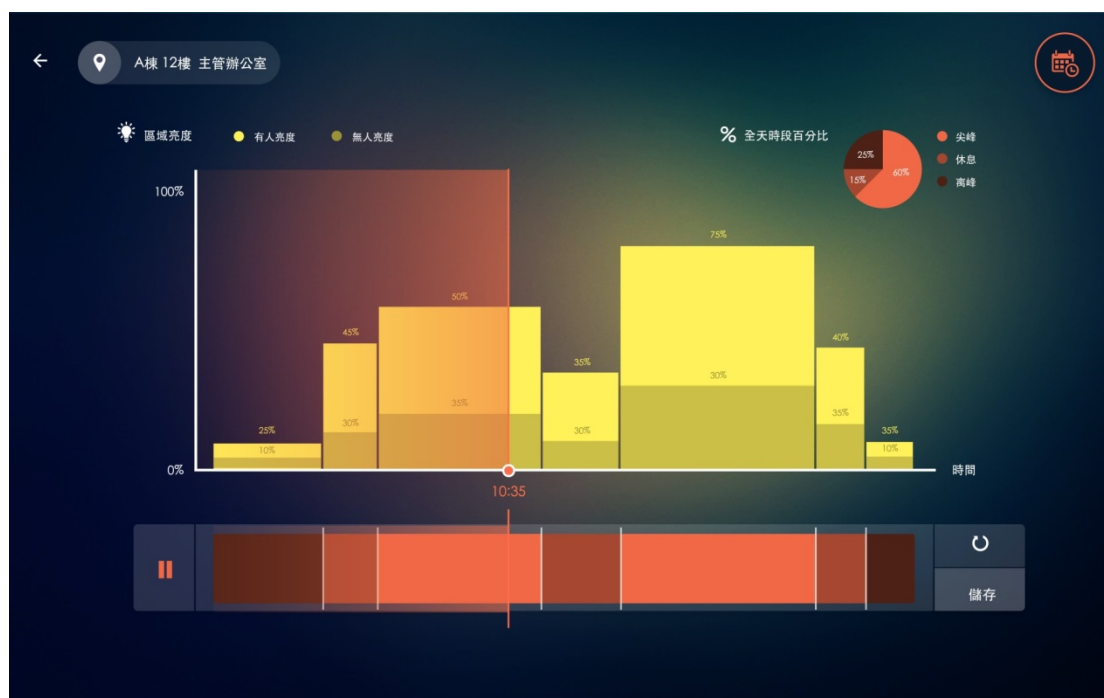
(資料來源：群光電能科技股份有限公司)



附圖 1.18 群光電子總部大樓照明晝光調節系統

(資料來源：群光電能科技股份有限公司,2019)





附圖 1.19 群光電子總部大樓現場照明控制介面

(資料來源：群光電能科技股份有限公司,2019)

2. 工研院智慧網通系統研究所-In-Light 智慧照明管理系統(Intelligent Lighting Management System)

In-Light 智慧照明系統是一套嶄新的雲端路燈監控管理解決方案，依場域規模及市場需求發展出三套不同架構，單燈控制版、迴路監測版及迴

路控制版。In-Light 可同時管理超過 10 萬盞路燈，並支援電力線及無線兩種網路傳輸方式，且能整合市售所有燈頭，是一極高相容性及擴充性的平台。In-Light 讓使用者可透過雲端平台即可瀏覽完整的路燈資訊，並具備一套精準的診斷引擎，若發現路燈異常立即回報，使管理者能加快派工修復、隨時輕鬆掌握路燈狀態，以提升路人滿意度及道路安全性。

功能特性：

- (1) 彈性控制：「彈性自動開關」功能，讓您即使在沒有網路、沒有電腦的環境下路燈也能自動完成開關
- (2) 完整履歷：每一盞路燈的使用情形都完整記錄於雲端資料庫，並提供豐富報表與紀錄，讓管理者清楚掌握路燈完整履歷
- (3) 精密診斷：專屬診斷引擎進行即時路燈健康狀態分析，一經發現異常事件，便會立即主動通知管理者進行處理
- (4) 相容性高：建立於既有的路燈迴路上，無需多餘的拆除就能無縫接軌
- (5) 集中控制：可以迴路管理的方式達到最有效率的路燈控制！假以五迴路的路燈監測器為例進行安裝，每迴路可管理 20 盞路燈計算，管理者將能同時控制 100 盞路燈
- (6) 能耗指標：透過持續性的耗能監測所產生的報表，將有助於管理者進行節能效益的驗證及統計，徹底量化更換燈頭、節能控制等行為所帶來的實際效益

使用情境：

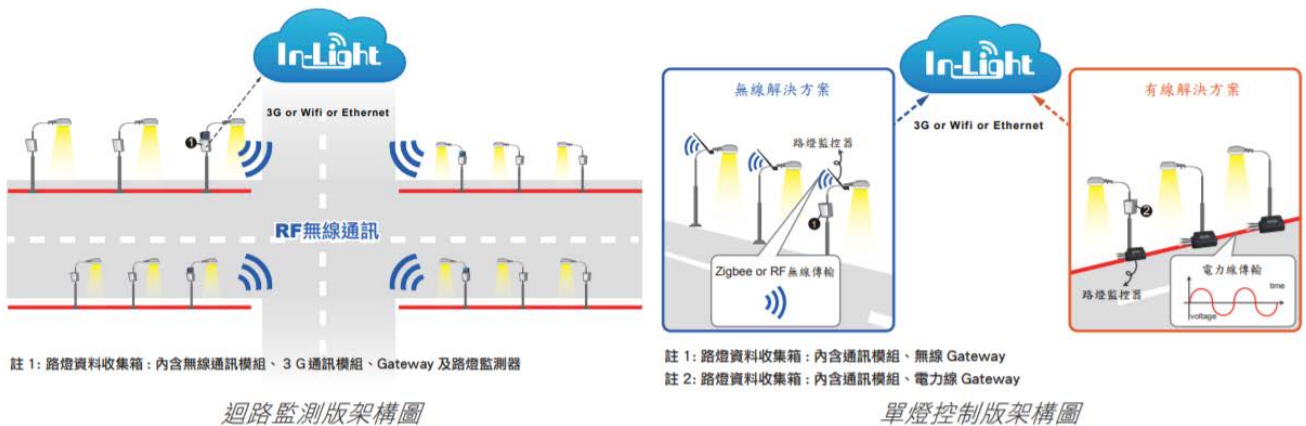
- (1) 單燈控制版：本版本是以單盞路燈作為控制單位，每盞燈皆可單獨控制，包括開燈、關燈、調光、排程控制等功能，100% 掌握每盞燈之狀態；並同時提供無線及有線兩種解決方案，適用於需要個別調控每盞路燈之場域。
- (2) 迴路監測版：本版本是以電力迴路為單位進行路燈監測，大幅降低建置成本，透過系統內建之診斷引擎即時精準分析各迴路的路燈狀態，一發現異常便主動通知，適用於只監測不需控制的場域。
- (3) 迴路控制版：本版本是以電力迴路為單位進行路燈監測與控制，可



直接遠端或排程控制整個迴路之路燈開關，適用於以迴路為控制單位之場域。

應用領域：

- (1) 單燈控制版：In-Light 單燈控制版應用場域適用於需個別調控每盞燈之區域，如遊樂園、學校、漁港、園區等場域
- (2) 迴路監測版：In-Light 迴路監測版適用於重要幹道、公共區域等需要充足照明之大型場域
- (3) 迴路控制版：In-Light 迴路控制版適用於以迴路為控制單位之場域，如重要幹道、園區、校園等需大範圍控制之場域



附圖 1.20 工研院 In-Light 智慧照明管理系統架構

(資料來源：<https://www.iii.org.tw/>)



附圖 1.21 工研院 In-Light 智慧照明管理系統管理報表

(資料來源：<https://www.iii.org.tw/>)

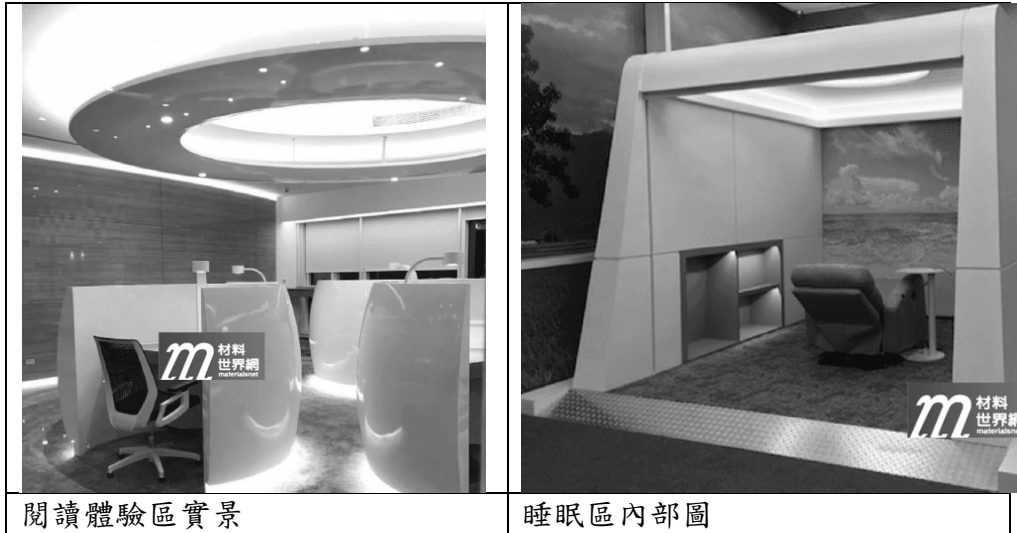
### 3. 工研院綠能所-智慧照明(Intelligent Lighting)感測與控制技術

照明研究團隊致力於優質 LED 照明應用方法與技術，推廣智慧節能控制與健康之人性化照明技術於各式應用場域中。然而健康舒適的照明非單一燈具即可帶來完整的效益，其最基本的需求是有效的軟硬體與照明配方的系統組合，包括可產生健康光譜的光源、可調製光源的燈具、可控制燈具的智慧管理系統。

智慧照明(Intelligent Lighting)感測與控制技術，係隨著環境變化或情境需求進行自動適應或調整照明參數，進而符合使用者的需求並達到節能之照明技術。不同的照明應用情境中，使用者對光的需求有個體感受上的差異。造成此等差異的因素包含使用者的年齡和性別等生理特徵，以及所處環境的物理特性影響。而人性化照明(Human-centric Lighting)技術則是結合智慧調變功能，並隨時依據環境和使用者特徵及需求，以自動化的智慧照明管理控制，創造出最佳的照明環境為目的，進而實現以人為本的照明理念。

照明環境的需求隨著應用情境不同，影響人們對於舒適的感受也不同。從體驗環境建置、智慧照明控制，到雲端管理與回饋系統，有效地增加回饋之收集，作為人性化照明與規劃之參考。

本建置案例位於桃園機場第二航廈 D2 之圖書館區，空間的設計理念，以安定、沉穩與放鬆為中心理念。整體設計概念以圓為主題，營造把自然帶進航站中的感覺，以洞窟中安全與溫暖感受吸引旅客進入。閱讀區以白色來調和室內的明亮感，上方的中空碟型間接照明將提供室內柔和的光環境。閱讀體驗區包含五組個人閱讀區，開口方向為放射狀，座位設有座椅，桌上有可調光與可調色溫的桌燈。用於閱讀照明的桌燈，特地選用配光曲線均勻，光型較為集中的光源。



本案使用雲端管理回饋系統，採用多層次應用架構(Multi-tier Application)，將體驗流程所需之終端設備管理、照明參數設定、體驗流程規劃、問卷管理與回饋系統等，透過雲端主機進行設定。搭配閱讀與睡眠環境的照明控制硬體，除了提供旅客周圍光環境的舒適感受外，最重要的功能，給予旅客對睡眠與閱讀之最佳個人化照明體驗，增加在體驗完後取得旅客對光環境感受的回饋資料，提供未來系統規劃的參考與佐證。

(資料來源：陳義雄、黃祺峻/工研院綠能所，「工業材料雜誌」376期)

#### 4. 宏碁集團智慧照明 (Intelligent Lighting) 解決方案

宏碁集團長期致力智慧城市應用開發與建置，旗下專做商用物聯網 (Business IoT) 解決方案的宏碁通信，推出一系列智慧城市解決方案，2019年首度參加台灣國際照明科技展，展出一系列以綠色城市 (Green City) 為目標的智慧照明 (Intelligent Lighting) 解決方案，聚焦「智慧路燈」與「智慧 LED 室內照明」。

物聯網與 5G 興起帶動全球智慧城市建置的熱潮，根據 IDC 調查顯示，在智慧城市廣泛的多元應用中，智慧照明高居前三大使用案例；此外，智慧照明產業預計在 2023 年前，達 209.8 億美元市場規模，宏碁通信推出智慧調光設計的照明解決方案，以智慧、節能、環保為目標。

舉凡智慧交通、智慧安全監視、智慧空氣品質監控、停車管理應用，甚至是未來智慧車流分析，都是智慧路燈可能的應用場域；考量到智慧路燈得以廣泛均勻地架設感測器，在設計智慧路燈時，宏碁除考量節能，更進一步思考如何發展出更多元豐富的擴充功能。



以太陽能發電為基礎的「智慧路燈解決方案」。太陽能應用能讓智慧路燈在長日照的國家大幅節省發電成本,也可為短日照的國家替換部分用電量,在電力吃緊的時節得以發揮效益。智慧路燈除節能外,因其佈建廣泛均勻的特性,可進一步結合如空氣品質監測、緊急呼叫解決方案,漏電流檢測等多元擴充應用。

宏碁通信在智慧 LED 室內照明設計上,可讓使用者自行定義環境最舒適亮度,不需受限燈具單一亮度,在「明亮」與「節能」中取得平衡;此外,不同情境中,使用者可搭配內建 5.8G 雷達探測器,設定不同亮度,以高亮、低亮、不亮三段式智能控制,例如,停車場無人或車移動時,可將部分燈設定在低亮或不亮的狀態,達節能功效,但當雷達偵測到人或車移動時,智慧燈管可立即回到高亮狀態,維持環境足夠的亮度確保安全。

此外,每一智慧燈管皆可連網,具備無線連動、無限延伸功能,讓燈管亮度變化時,一併帶動鄰近燈管作用。例如,人或車在大型室內停車場移動或行駛時,前方 5~30 米原先設定關閉或低亮的燈管,可隨人車之移動時持續打開,維持行人與駕駛員最佳視線。

此外,智慧燈管的一體化設計也便於安裝,可在不修改現有電路的狀況下直接適用於市售 LED 燈座,輕鬆完成拆裝;在節能省電的能效上,智慧 LED 照明燈管和現有的日光燈管相比,最高可節省 95% 電力。

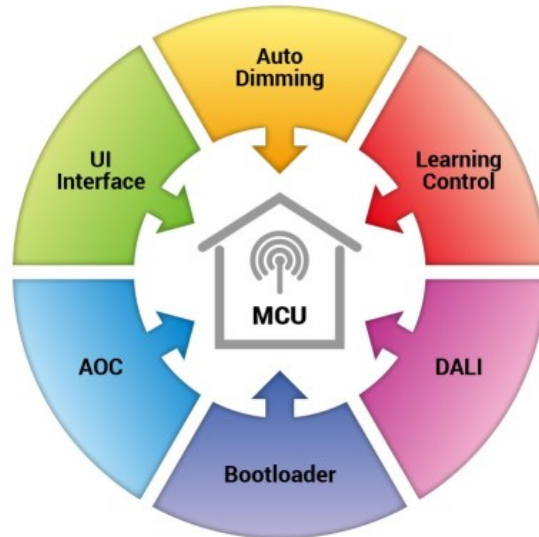
#### 5. 全漢電源 FSP GROUP-智慧照明系統

全漢電源 FSP GROUP 為全球電源供應器專業製造大廠,隨著物聯網時代的興起,全漢電源 FSP GROUP 發展智慧家庭服務,其中智慧照明屬於智慧家庭的一部分,智慧照明系統的定義為可依據人類的心理、生理需求、或是被照物的需要,藉由感測模組提供的資訊自動調整出最舒適的色溫及亮度。全漢企業的照明電源除了開發可無線遙控的趙迷外,更進一步開發出自動學習控制(Learning control)、可定址燈光控制介面(DALI)、在線更新韌體、支援多種通訊協定、人性化使用者介面等功能的智慧照明系統。其中自動學習控制是搭配自動調光(Auto dimming),此功能目的在於「節能」。提供自動學習控制功能有:

- (1) 開關學習:由於夏季夜晚較冬季短,如果整年度都依冬季晚間的長度開啟燈具,將會造成浪費。因此,此功能會自動學習前一天晚間開關燈的時間,並將學習到的時間在下一天執行,即會隨著日光運

行而自動變化。

- (2) 情境設定：在同一個晚上的不同時段做出不同燈具亮度的輸出，以符合應用情境。例如：在剛入夜輸出較高的亮度(100%)，在深夜/無人活動區域時輸出較低的亮度(50%)。若應用在路燈或燈具數量龐大的情況下，節能的效果將更為顯著。



附圖 1.22 全漢電源 FSP GROUP-智慧照明系統自動學習控制功能

(資料來源：<https://blog.fsp-group.com/tw/>)

而可定址燈光控制介面是一種用於燈具的控制介面，通常利用主控裝置對各個燈具的從屬裝置進行定址及控制，由於一般的定址方式容易因從屬裝置裝設位置錯誤而受到影響，因此此功能的定位方式是先裝設從屬裝置，而後利用智慧型裝置或遙控器發送定址訊號至從屬裝置，使從屬裝置傳送定址資訊至主控裝置以完成從屬裝置的定址。

#### 6. 奇邑科技-路燈照明節能管理系統

奇邑科技路燈照明節能管理系統由監控中心、LoRa 路燈控制器(NEMA 單燈/群燈)、網關路由器及服務器構成。通過 LoRa 路燈控制器與網關路由器逕行數據傳輸、對每盞路燈逕行遠程監測與智能化管理。路燈照明節能管理系統具有遠程控制、遠程監測、實時自動檢測、傳輸距離遠與信號抗干擾能力強等功能，解決了傳統採用的 GPRS 無線通信技術進行數據傳輸產生高額通信資費，或是透過電力線載波通信技術存在信號干擾引起的數據傳輸品質差，還有當停電檢修時不能傳輸數據等缺點。系統的雙向通信能夠活用開/關燈，隨時了解運行路燈參數，即時發現

故障，並將採集到的數據自動進行儲存、統計、並能隨時進行查詢，提高了管理水平，同時能夠通過智能調壓手段，降低功耗，提高設備使用壽命，所帶來的經濟與社會效益十分顯著。

功能描述：

- (1) 查詢路燈狀況：電壓 電流 功率
- (2) 調光控制(dimming)：0 到 10 等級
- (3) 路燈故障操作無響應情況報警顯示
- (4) 電纜線被盜時監控中心報警顯示
- (5) 亮燈率等數據分析曲線與報表
- (6) 儲存系統設備的執行紀錄

#### 7. 桃園消防局大樓智慧照明設計

節能與智慧控制的設計手法

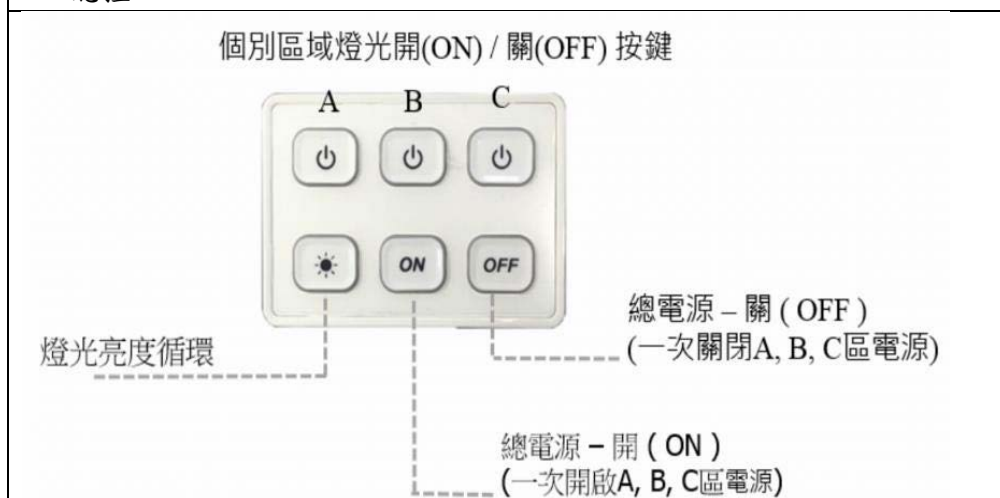
- (1) 選用 LED 燈具：ZigBee 智慧 LED 燈具
- (2) 遙控器：平板燈都內建 Zigbee 無線控制模組，可用遙控器實現虛擬迴路控制遙控器都有調光功能，



LED 平板燈



A5 總控



S6 遙控器

(資料來源：桃園消防局大樓智慧照明設計簡報)

(3) 感應器：採用微波感應器，使用者進入空間便把燈給打開，一段時間後就會自動關燈，適用範圍：廁所、梯間、停車場。

- 晝光感應器：導入晝光利用，減少用電。

- (4) APP & Gateway：提供 APP 的方式來讓使用者遙控燈具，不論走到任何角落都可以直接 用手機控制任何一盞燈，也提供遠端控制的功能。
- (5) 電量監控軟體：電量監測系統用於監控所有場域的用電情形，並搭配異常用電警告。



電量監控軟體

(資料來源：桃園消防局大樓智慧照明設計簡報)

8. 三重停車場智慧照明系統

(1) 智慧照明佈建設備：

- LED 燈具
- 電力計

- 動作偵測器
- 光感器

(2) 智慧照明設計功能：

功能模組	提供功能	備註
基本通訊	• 網路管理、加入、維持等	• 不需全部支援
燈控	• 光度調整	• 0%~100%，至少四段
	• 預設光度切換	• 可預先設定兩種光度，可接收單一切換指令切換
電力計	• 讀表(V、A、kW、KWh、KVA)	• 定時回傳
	• 過載警告	• 電流過低、過高時主動回傳
事件處理	• 事件設定	• 事件旗標、自定附屬 ID
	• 事件通報	• 事件發生時主動通報主控端
	• 事件接收	• 功能由實作自定
開關	• 開關設定	• 開關狀態、延遲

(3) 功能模組

	基本通訊	燈控	電力計	事件處理	開關
開道器	Full			Full	
智慧燈具	Partial	Full		Opt.	
智慧電錶	Partial		Full	Opt.	
智慧感應	Partial			Partial	
智慧開關	Partial			Opt.	Full

(4) 場域開道器具備功能：

- 橋接 TCP/IP 網路與近場通訊網路
  - 命令封包格式轉換
  - 轉址
- 近場通訊網路管理
  - 同步/非同步轉換
  - 封包遺失、重送、逾時處理
- 場域設備監控
  - 設備列表維護

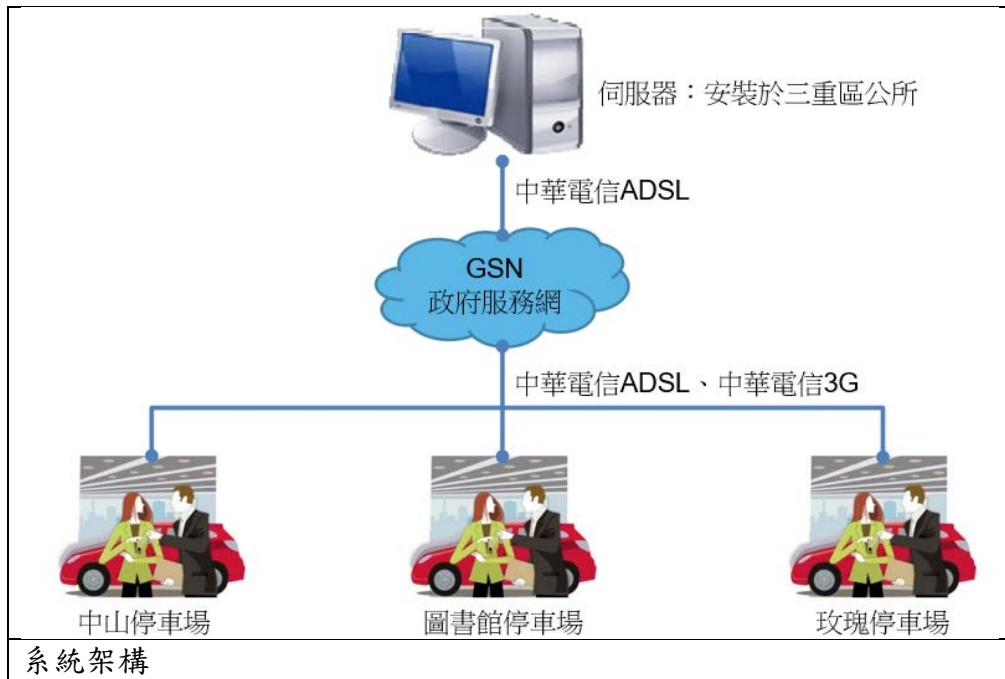


- 設備異動更新、回報

(5) 場域閘道器兩種設計形式

- 與伺服器透過網際網路遠距離相連» 需具備完整 TCP/IP 通訊能力
  - 需具備永久資料儲存媒介
  - 需能獨立維護場地設備資訊
- 與伺服器在同一場地
  - 可用虛擬概念以 Tunneling 方式處理

(1) 系統架構



系統架構

示範場域成果介紹

系統功能

- 智慧照明監控
- 照明群組控制
- 便利性排程設定
- 維修派工作業
- 人員資料維護

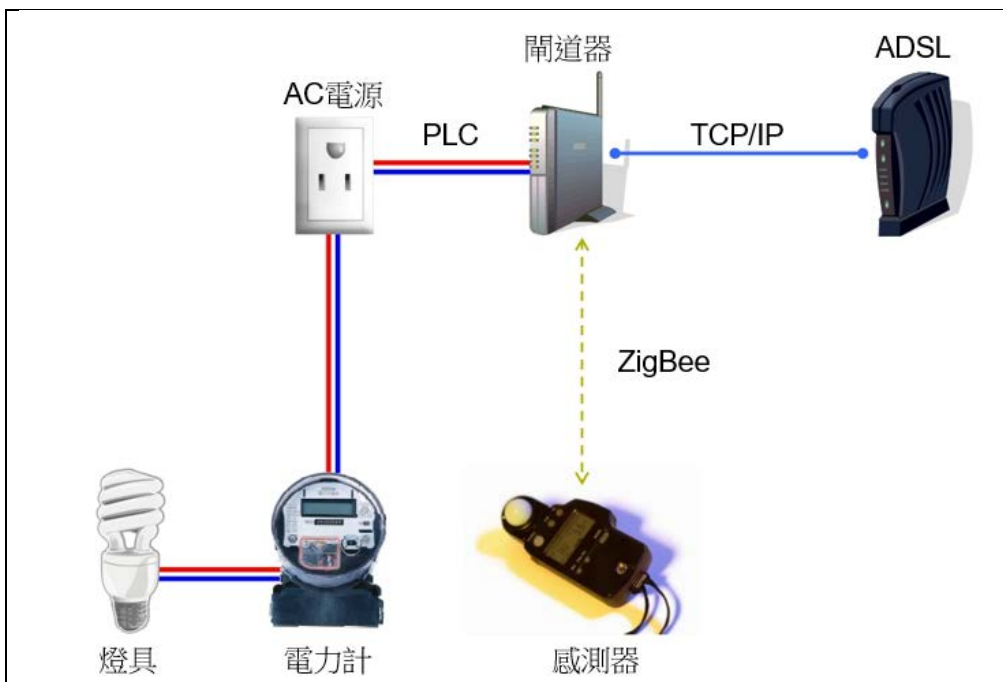
Google Map

場地資訊

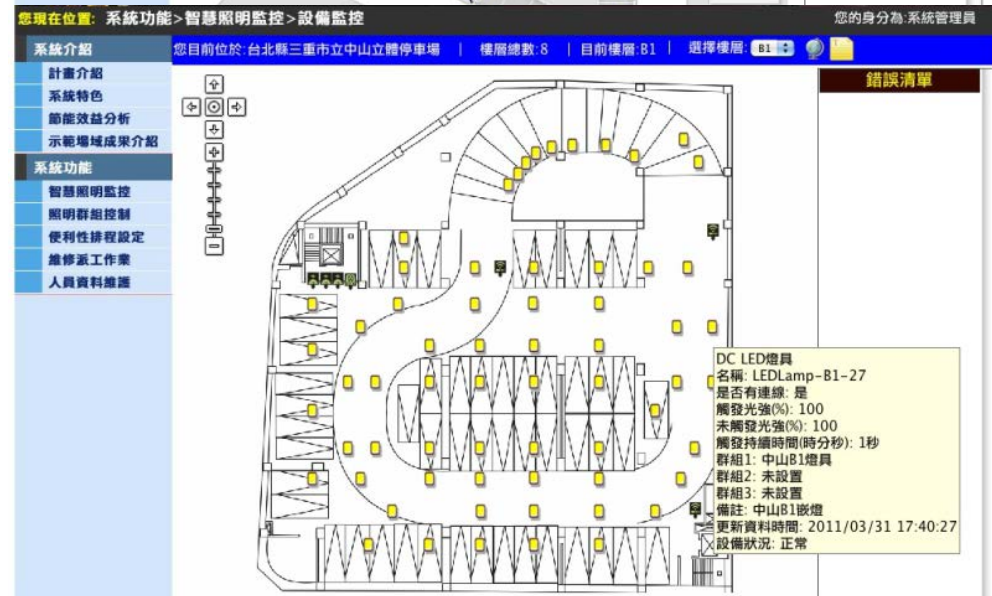
區域	總盞數	異常盞數
台北縣三重市立中山立體停車場	492	0
台北縣三重市立圖書館停車場	9	0
台北縣三重市立玫瑰停車場	18	21

名稱 台北縣三重市立中山立體停車場

照明控制介面



場域控制架構



場域控制使用者介面



(資料來源：三重停車場智慧照明系統簡報)

近幾年 LED 照明持續朝低價格與高效率發展，形成高效率技術發展，而整合性 LED 燈具、物聯網照明、照明管理系統以及 LaaS，創造新的照明產品價值，將成為帶動照明市場發展關鍵。在照明智慧化的發展趨勢下，智慧驅動、感測器、通訊模組、互通性/相容性、安全技術、整合技術，將是未來智慧照明發展的關鍵技術方向。



## 附錄二、智慧建築照明量化效益之評估基準(草案)

### 智慧建築照明量化效益之評估基準(草案)

#### 目 次

一、前言 .....	146
二、智慧照明之量化效益評估 .....	146
(一) 節能效益評估 .....	146
(二) 降低維運成本效益評估 .....	147
(三) 智慧照明之回收年限分析 .....	149
三、智慧建築照明量化效益之評估範例 .....	149
(一) 評估範例(一) .....	150
(二) 評估範例(二) .....	152

## 一、前言

本智慧照明量化效益評估基準，適用於智慧照明系統應用於於建築物照明之評估，對於智慧照明的效益，包括智慧照明量化效益，包括節能、省人力、省維護成本等評估方法，能有一致性的評估結果，供業者與建築照明規劃設計者進行評估分析之參考。

## 二、智慧照明之量化效益評估

### (一) 節能效益評估

#### 1. 節能效益說明

- (1) 人員感知控制節能：透過紅外線、微波、RFID 等感測器感知人員是否出入照明區域，進而開啟關閉照明達到節能的效益。效益因子，延遲時間是當感測器感知照明區域無人時，關閉照明的時間。
- (2) 照度調光控制節能：透過照度感測器，偵測窗外光源的強弱以及桌面照度，當桌面照度因為晝光照度或者初期照度高於照度基準值，配合可調光燈具達到節能的效益。
- (3) 排程設定控制節能：利用能源管理系統等配合使用需求，設定開啟關閉照明的時間達到節能的效益。

#### 2. 節能效益評估法

$$EP=(1-LPb/ LPa)\times 100\%$$

$$LPa=(\sum Na,i\times Wa,i\times Ti)/1000$$

$$LPb=(\sum Nb,i\times Wb,i\times Ti\times P\times D\times S)/1000$$

式中，EP: 照明節能率(%)

LPa：一般建築照明之用電 (kWh)

LPb：智慧建築照明之用電 (kWh)

Na,i：一般建築照明之燈具數

Wa,i：一般建築照明之燈具功率(w)

Ti：全年點燈時間(h/年)

Nb,i：智慧建築照明之燈具數

W<sub>b,i</sub>：智慧建築照明之燈具功率(W)

P：人員感知控制之效益係數，如附表 2.1

D：照度調光控制之效益係數，如附表 2.2

S：排程設定控制之效益係數，如附表 2.3

附表 2.1 人員感知控制之效益係數

使用機能	延遲時間					
	小於 5 分	5 分	10 分	15 分	20 分	大於 20 分
辦公室	0.84	0.88	0.92	0.94	0.96	0.98
教室	0.80	0.84	0.88	0.92	0.96	0.98
會議室	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.98
停車場	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
非經常占用空間 (註 1)	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90

註 1:指梯廳、茶水間、走廊、樓梯間、機械間等空間

附表 2.2 照度調光控制之效益係數

控制名稱	控制方式說明	係數
無	無調光控制	1.00
合理照度控制	偵測作業面照度控制燈具，以調光來維持照度標準	0.95
初期照度調整	作業面照度因為初期照度高，以調光來降低燈具之光通量	0.90
窗邊晝光利用	作業面照度因為晝光照度之增加，以調光來降低窗邊燈具光通量	0.80

附表 2.3 排程設定控制之效益係數

時段	控制方式說明	係數
任何時間	無排程設定	1.00
午間	全面熄燈	0.90
	三分之二熄燈或減少三分之二照度	0.92
	二分之一熄燈或減少二分之一照度	0.94
	三分之一熄燈或減少三分之一照度	0.96
上班或營業前、 後時段	全面熄燈	0.90
	三分之二熄燈或減少三分之二照度	0.92
	二分之一熄燈或減少二分之一照度	0.94
	三分之一熄燈或減少三分之一照度	0.96

(二) 降低維運成本效益評估

1. 降低維運成本效益說明:

- (1) 減少人力效益：透過物聯網與人工智慧照明系統之建置，減少維護檢修、人員導引等降低人力成本。
- (2) 提升利用效率：透過物聯網與人工智慧照明系統之建置，偵測使用人數、使用者位置、追蹤設施使用狀況等，進而提升設施管理與利用效率等，達到降低維運成本效益。

2. 降低維運成本效益評估法

$$EP=(1- RNb / RNa) \times 100\%$$

$$RNa =(\sum Na,i \times Wa,i \times Ti) / 1000 \times S$$

$$RNb =(\sum Nb,i \times Wb,i \times Ti \times P \times U) / 1000 \times S$$

式中，EP：降低維運成本率(%)

RNa: 一般建築照明之維運費用(元)

RNb：智慧照明之維運費用(元)

Na,i：一般建築照明之燈具數

Wa,i：一般建築照明之燈具功率(W)

Ti：全年點燈時間(h/年)

S：建築照明之單位運轉費(元/kWh)

Na,i：智慧建築照明之燈具數

Wb,i：智慧建築照明之燈具功率(W)

P：減少人力效益係數，如附表 2.4

U：提升利用效率效益係數，如附表 2.5

**附表 2.4 減少人力效益係數**

效益說明	係數
無	1.00
智慧照明系統具個人行動裝置等之模式控制，減少人力之設定與啟動。	0.98
智慧照明系統具燈具之定位達成人員導引，減少人員之解說導	0.95

效益說明	係數
覽。	
智慧照明系統具有燈具故障偵測與定址之回饋訊號，減少人力維護檢修。	0.90

附表 2.5 提升利用效率效益係數

效益說明	係數
無	1.00
智慧照明系統具偵測空間與設施使用狀態，增加空間之利用率。	0.95
智慧照明系統具追蹤與分析設施、設備使用狀況與位置，增加設施、設備之利用率。	0.90

### (三) 智慧照明之回收年限分析

回收年限計算方式分述如下：

#### 1. 智慧建築照明改善成本差異

$(\text{智慧建築照明成本} \times \text{智慧建築照明之數量}) - (\text{一般建築照明之成本} \times \text{一般建築照明之數量})$

#### 2. 智慧建築照明改善每年節省用電費用

$(\text{一般建築照明之用電} \times \text{照明節能率}) \times \text{單位電價}$

#### 3. 智慧建築照明改善每年節省汰換費用

$(\text{一般建築照明成本} \times \text{一般建築照明數量} \times (\text{每年總點燈時數} / \text{一般建築照明使用壽命})) - (\text{智慧建築照明成本} \times \text{智慧建築照明數量} \times (\text{每年總點燈時數} / \text{智慧建築照明使用壽命}))$

#### 4. 智慧建築照明改善每年節省維運費用

$\text{一般建築照明之運轉費用} \times \text{降低維運成本率}$

#### 5. 每年節省總經費

$\text{智慧建築照明改善每年節省用電費用} + \text{智慧建築照明改善每年節省汰換費} + \text{智慧建築照明改善每年節省維運費用}$

#### 6. 投資回收年限

$\text{智慧建築照明改善成本差異} / \text{每年節省費用}$

### 三、智慧建築照明量化效益之評估範例

(一) 評估範例(一)

某辦公室之照明原使用螢光燈照明，無智慧照明控制，為達節能目的改善為 LED 照明並導入智慧照明系統，如下表所示。辦公室、會議室、茶水間、走道、停車場，採用人員感知控制節能，透過紅外線感知人員是否出入照明區域，進而開啟關閉照明達到節能的效益，其中辦公室採用 5 分之延遲時間(效益係數 0.88)，會議室、茶水間、停車場採用 20 分之延遲時間(效益係數 0.85)。走道、梯廳、紅外線感知與照度調光控制節能並用，透過照度感測器，偵測窗外光源的強弱以及地面照度，當照度因為晝光照度或者初期照度高於照度基準值，配合可調光燈具達到節能的效益(效益係數 0.8)。辦公室午休時間，排程設定控制節能，利用能源管理系統等配合減少二分之一照度達到節能的效益(效益係數 0.94)。

附表 2.6 智慧建築照明量化效益之評估範例(一)改善前後說明

空間名稱	面積 (m <sup>2</sup> )	改善前照明	改善後照明	全年點燈時間
大辦公室	600	T514wx4 燈具共 120 盞	LED 平板燈 30w 燈具共 120 盞	2500h
小辦公室	70	T514wx4 燈具共 12 盞	LED 平板燈 30w 燈具共 12 盞	2500h
茶水間	20	T514wx4 燈具共 2 盞	LED 平板燈 30w 燈具共 2 盞	2500h
走道	40	23w 嵌燈共 10 盞	LED9w 嵌燈共 10 盞	2500h
梯廳	30	23w 嵌燈共 8 盞	LED 9w 嵌燈共 8 盞	8760h
停車場	400	T528wx1 燈具共 100 盞	T5 LED 18wx1 燈具共 100 盞	8760h
總功率		10718w	5984w	

附表 2.7 智慧建築照明量化效益之評估範例(一)設計示意



1. 節能效益評估：

$$EP=(1-LPb/ LPa)\times 100\%$$



$$LPa=(\sum Na,i \times Wa,i \times Ti)/1000$$

$$LPa=((120 \times 56 \times 2500)+(12 \times 56 \times 2500)+(2 \times 56 \times 2500)+(10 \times 23 \times 2500) \\ +(8 \times 23 \times 8760)+(100 \times 28 \times 8760))/1000=45475$$

$$LPb=(\sum Nb,i \times Wb,i \times Ti \times P \times D \times S)/1000$$

$$LPb=((120 \times 30 \times 2500 \times 0.88 \times 0.94)+(12 \times 30 \times 2500 \times 0.88 \times 0.94)+(2 \times 30 \times 2500 \\ \times 0.85)+(10 \times 9 \times 2500 \times 0.85)+(8 \times 9 \times 8760 \times 0.85 \times 0.8)+(100 \times 18 \times 8760 \times 0.85 \times 0.8))/1000=19659$$

$$EP=(1-19659/45475) \times 100\%=(1-0.43) \times 100\%=57\%$$

附表 2.8 智慧建築照明量化效益之評估範例(一)-節能效益評估

空間名稱	改善前照明	改善前照明經費概估	改善後照明	改善後照明經費概估
大辦公室	T514w×4 燈具共 120 盞	800×120=96000	LED 平板燈 30w 燈具共 120 盞	3200×120=384000
小辦公室	T514w×4 燈具共 12 盞	800×12=9600	LED 平板燈 30w 燈具共 12 盞	3200×12=38400
茶水間	T514w×4 燈具共 2 盞	800×2=1600	LED 平板燈 30w 燈具共 2 盞	3200×2=6400
走道	23w 嵌燈共 10 盞	600×10=6000	LED9w 嵌燈共 10 盞	2000×10=20000
梯廳	23w 嵌燈共 8 盞	600×8=4800	LED 9w 嵌燈共 8 盞	2000×8=16000
停車場	T528w×1 燈具共 100 盞	600×100=60000	T5 LED 18w×1 燈具共 100 盞	2000×100=200000
總計		178000		464800(註)

註:含開道器、感測器、控制器等費用

2. 回收年限分析：

(1) 智慧建築照明改善成本差異

$$464800-178000=286800(\text{元})$$

(2) 智慧建築照明改善每年節省用電費用

$$45475 \times 57\% \times 3.5=90723(\text{元})$$

(3) 智慧建築照明改善每年節省汰換費用

$$(800 \times 144 \times (2500 / 10000) + 600 \times 108 \times (8760 / 10000)) - 3200 \times 144 \times (2500 / 50000) + 2000 \times 108 \times (8760 / 50000) = 24682(\text{元})$$

(4) 每年節省總經費

$$90723 + 24682 = 115405(\text{元})$$

(5) 投資回收年限

$$286800 / 115405 = 2.49(\text{年})$$

## (二) 評估範例(二)

某市區賣場原使用傳統螢光燈照明，並無照明控制，為達節能及節省維運費用，改善為 LED 照明並導入智慧照明系統，如下表所示。賣場、廁所導入合理照度控制達到節能的效益(效益係數 0.95)，停車場採用人員感知控制節能，延遲時間設定 10 分(效益係數 0.8)。賣場採用光通信之人員導引，規劃購物路線並提升購物效率(效益係數 0.95)，廁所、停車場為透過照明物聯網之智慧照明系統，達成燈具故障訊號回饋，減少維護檢修之人力(效益係數 0.95)。停車場透過照明物聯網等智慧照明系統，偵測停車位狀態，進而提升停車管理之效率(效益係數 0.95)。

附表 2.9 智慧建築照明量化效益之評估範例(一)改善前後說明

空間名稱	面積 (m <sup>2</sup> )	改善前照明	改善後照明	全年點燈時間
賣場	1200	T514w×4 燈具共 240 盞	LED 平板燈 30w 燈具共 240 盞	5500h
廁所	70	T514w×4 燈具共 12 盞	LED 平板燈 30w 燈具共 12 盞	5500h
停車場	800	T528w×1 燈具共 200 盞	T5 LED 18w×1 燈具共 200 盞	5500h
總功率		19712w	11160w	



LED 平板燈結合人員導引示意

1. 節能效益評估

$$EP=(1-LPb/ LPA)\times 100\%$$

$$LPA=(\sum Na,i\times Wa,i\times Ti)/1000$$

$$LPA=((252\times 56\times 5500)+(200\times 28\times 5500)/1000=108416$$

$$LPb=(\sum Nb,i\times Wb,i\times Ti\times P\times D\times S)/1000$$

$$LPb=((252\times 30\times 5500\times 0.95)+(200\times 18\times 5500\times 0.95\times 0.80))/1000=54549$$

$$EP=(1-54549/ 108416)\times 100\%=(1-0.50)\times 100\%=50\%$$

2. 降低維運成本效益評估

$$EP=(1- RNb / RNa)\times 100\%$$

$$RNa =(\sum Na,i\times Wa,i\times Ti) /1000\times$$

$$RNa =(240\times 56\times 5500)+( 12\times 56\times 5500) +(800\times 28\times 5500)/1000\times 3.5=702856$$

$$RNb =(\sum Nb,i\times Wb,i\times Ti\times P\times U)/1000\times S$$

$$RNb=(240\times 56\times 5500\times 0.95\times 0.95)+(12\times 56\times 5500\times 0.95\times 0.95) \\ +(800\times 28\times 5500\times 0.95\times 0.95)/1000\times 3.5=634326$$

$$EP=(1-634326/702856)=(1-0.90)\times 100\%=10.0\%$$

附表 2.10 智慧建築照明量化效益之評估範例(二)- 降低維運成本效益評估

空間名稱	改善前照明	改善前照明經費概估	改善後照明	改善後照明經費概估
賣場	T514w×4 燈具共 240 盞	800×240=192000	LED 平板燈 30w 燈具共 240 盞	4000×240=960000
廁所	T514w×4 燈具共 12 盞	800×12=9600	LED 平板燈 30w 燈具共 12 盞	4000×12=48000
停車場	T528w×1 燈具共 200 盞	600×200=120000	T5 LED 18w×1 燈具共 200 盞	2800×200=560000
總計		321600		1568000(註)

註:含開道器、感測器、控制器等費用

### 3. 回收年限分析

(1) 智慧建築照明改善成本差異

$$1568000-321600=1246400(\text{元})$$

(2) 智慧建築照明改善每年節省用電費用

$$108416 \times 50\% \times 3.5=189728(\text{元})$$

(3) 智慧建築照明改善每年節省汰換費用

$$(800 \times 252 \times (5500 / 10000) + 600 \times 200 \times (5500 / 10000)) - 4000 \times 252 \times (5500 / 50000) + 2800 \times 200 \times (5500 / 50000)=4400(\text{元})$$

(4) 智慧建築照明改善每年節省維運費用

$$108416 \times 10.0\%=10842(\text{元})$$

(5) 每年節省總經費

$$189728+4400+10842=204970(\text{元})$$

(6) 投資回收年限

$$1246400 / 204970=6.08(\text{年})$$

## 附錄三、專家座談會紀錄

一、2019.05.22 第一次專家座談會

「智慧化居住空間整合應用人工智慧科技發展推廣計畫協同研究計畫」

第 1 案「物聯網與人工智慧於建築照明之應用調查研究」專家座談會會議記錄

時間：108 年 05 月 22 日(星期三) 下午 14 時

地點：內政部建築研究所簡報室(新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓)

主席：周教授鼎金

出席人員：詳簽到簿

紀錄：林鈺琪

壹、主席致詞：(略)

貳、計畫簡報：(略)

參、綜合討論：

呂研究員文弘(內政部建築研究所)：

首先感謝與會的先進在相關照明技術給予支持。本案預期成果除了智慧照明的國家標準、產業標準，相關的案例應用，和未來如何評估其效益值外，去年 CNS 亦制定智慧家庭(家電)物聯網通訊協定之標準，此標準制定在未來智慧照明應用層面上，請分享在業界應用的現況，是否應用於家庭、建築。或是智慧照明也遵循 CNS 之通訊協定標準，歡迎就技術方面和國外應用提供寶貴意見。

周建築師祖珍(周祖珍建築師事務所)：

1. 期待效益評估方式異於智慧建築標章，更便於設計單位跟業主說明量化或質化的效益值。
2. 智慧照明在「建置」及「維運」2 階段之效益值應一併評估。

吳總經理進寶(巨紫工程顧問有限公司)：

1. 人工神經網絡 ANN 的 Motel 建立後，需 Key in 所預測的大數據，所以首要為大數據的資料收集。在建築環境中的數據端收集，依賴傳感器的佈

設，在室內及室外的數據收集以傳感器佈設的『均勻度』在數據的收集才能及時且精確。

2. 情感的(Emotion)收集也需與時並進，才能使智慧照明更趨近人的感受。建置需兼顧擴充性與相容性。

**郭總經理宗訓(鴻宗科技股份有限公司)：**

1. IOT 無線通訊方式決定產品之間、感測器與系統的網路通訊及溝通，所以通訊規格的協定是整合的重點。
2. 若欲整合市場上的產品，需制定一套標準讓廠商有所依據，才不會各自為政無法互相控制。

**林董事長坤德(金緯電子股份有限公司)：**

1. 產業界首要將燈具(燈具、電源、控制系統)做好，很遺憾目前臺灣沒辦法在控制系統上整合出一套標準，基本上都是使用國外的標準，例如 Dali，目前也僅有 Dali 是套較完備的標準。日本則是各家廠商各自的控制標準，可見照明業界目前要共用的一套制定標準有相當難度，當標準未制定前就無法走到智慧化的目標。
2. 目前金緯電子有自己的系統，可達成 Dali 所達到的相關功能，產品亦可跟各大控制系統整合，惟要達到智慧化的部分，還是需要努力的目標。

**萬先生世榮(世大照明股份有限公司)：**

1. 通訊協定的全國統一標準目前尚未訂定，不同產品的溝通、結合會常常無法使用，請盡速統一標準。
2. CNS 規範上，照明器具有照明器具的標準，但若加上其他功能時，變成無法直接取得認證，可能需要認證 2-3 種其他認證，耗時耗力。
3. 物聯網所需的 5G 傳輸，目前建置尚未明朗，影響到產品的開發時程。
4. 大數據的資料各家廠商可否彼此互惠通用?是否有資安上的疑慮?中央主管機關是哪個單位?
5. 智慧照明除了綠建築評比加分之外，有否其他的獎勵辦法，讓建商或業主願意多花費採購成本來建置。
6. 廠商的產品規格千百種，消費者也害怕倘若未來修理更換只能找單一廠商，無法多比較或更換其他廠商產品，應該可以找出幾種常用規格來訂出一個共用標準。
7. 案例分享 1.丹麥 one A 燈具廠商，將燈具開孔設定 9cm，除了自己本身

數十種的燈具產品，也結合了其他異業的產品放入，如煙霧感知器、音響、出入風口，讓照明產品更多元、智慧。2.澳洲某連鎖超級市場，利用色溫變化明暗變化，來做出不同商品使用不同亮度和色溫，提升消費者的購買慾望，目前更朝向利用特殊的配光方式，來達到省能。(產品更明亮、走道案的感覺)

**鄭經理永昀(空間新象室內裝修設計工程有限公司)：**

1. 燈具整合偵測系統、傳送佈線綜合考量，傳遞方式和解讀方式
2. 光通訊作為資訊追蹤的可行性?
3. 協助做燈具維護的功能，電池壽命或檢測報告之遠見。在室內設計上有維護保固的內容，是趨勢性的需求。
4. 佈線整合考量，控制盤設置(人臉辨識測試)的優化處理(科技部經驗)。依照個人喜好先設定數據，當然抵達的時候去呈現喜好的色溫和氛圍，但目前的系統會有錯亂的問題，以及硬體設備如何結合燈具?
5. 蒐集數據之外在干擾因素，資安管理問題。
6. 擴充與相容性考量
7. 行動通訊普及性和程度差異問題
8. 空間規劃角度：人員動線安排、偵測點布局、位置考量，照明設置美觀問題，模矩化和美觀化?標準規範?
9. 研究成果之吸引力(以人與空間方向思考):消費行為便利與目的性效能提升、維護提升、物業管理的即時性。空間使用共用之管理，優質光環境，提供因人而異因地制宜的照明條件，為人因照明的根本價值。

**洪經理國豪(凌騰科技股份有限公司)：**

1. 物聯網與人工智慧應用於建築照明從燈具端，首要需規範燈具本身與系統端通訊協定，有線 Dali、無線 ZigBee、Bluetooth 等，如此廠商才能全力開發。
2. 物聯網與人工智慧用用於建築照明之應用，以照明燈具的應用(光環境)照明燈具應可展現不同色溫與色彩(波長)。
3. 物聯網與人工智慧關鍵在於『雲端』的發展，以及『大數據』的運算與儲存，目前這兩大產業在既有的照明產業業者中，極難做到建設，但臺灣可由某大企業做為龍頭廠商發展自己的雲端大數據，並開放 protocol，所有設備商可以 follow。

**呂專員政哲(中國電器股份有限公司)：**

1. 應用面向：1.先限縮使用環境的條件，如家庭應用、智慧建築、社區到城市，在導入合宜之解決方案。2.定義出照明智慧化的層面，從先進應用到民生消費，質化量化的模式。
2. 技術面向：1.市場為西門子居多，臺灣的立足點，從通訊協定或開放式創新、規範、市場認證做精準定位。CNS、DALI、O-LOU、5G、NB-IoT、LoRa 以上游高度看待產業遠景。
3. 結論：從應用參考案例，回推標準，從最大市場提出主力協定與未來規範

**主席：(台北科技大學一周教授鼎金)：**

1. 本計畫呈現以量化與質性效益，像是空間使用和用電量是可量化的，但舒適感則無法量化，故研究成果會呈現兩種面向，可量化和質性的評估。
2. 感謝各位專家提供寶貴意見與建議，提供目前業界在通訊協定、環境、應用端等遇到的困難，團隊會繼續蒐集相關資料，並參考意見後彙整相關內容。

**肆、散會(下午 16 時 00 分)**



伍、會議簽到表

「智慧化居住空間整合應用人工智慧科技發展推廣計畫協同研究計畫」

第1案「物聯網與人工智慧於建築照明之應用調查研究」

第1次專家座談會議 簽到表

一、時間：108年5月22日 下午2時

二、地點：內政部建築研究所 13樓 簡報室(新北市新店區北新路3段200號13樓)

三、主持人：周教授鼎金(國立台北科技大學)

四、出席人員：

單位	姓名
中國電器股份有限公司 呂專員政哲	呂政哲
日大技術照明股份有限公司 張總經理文貴	
世大照明股份有限公司 萬先生世榮	萬世榮
巨紫工程顧問有限公司 吳總經理進寶	吳進寶
周祖珍建築師事務所 周建築師祖珍	周祖珍
空間新象室內裝修設計工程有限公司 鄭經理永昀	鄭永昀
金緯電子股份有限公司 林董事長坤德	林坤德
凌騰科技股份有限公司 洪經理國豪	洪國豪
鴻宗科技股份有限公司 郭總經理宗訓	郭宗訓

單位	姓名
內政部建築研究所	呂文弘
內政部建築研究所	林哲暹
內政部建築研究所	
內政部建築研究所	
中國科技大學 游璧菁教授	游璧菁
國立台北科技大學 黃筱丹研究助理	黃筱丹
國立台北科技大學 林鈺琪研究助理	林鈺琪
	李邵暹

陸、會議照片紀錄



108.05.22 第一次專家座談會討論 01



108.05.22 第一次專家座談會討論 02



108.05.22 第一次專家座談會討論 03



108.05.22 第一次專家座談會討論 04

二、2019.09.23 第二次專家座談會

「智慧化居住空間整合應用人工智慧科技發展推廣計畫協同研究計畫」

第 1 案「物聯網與人工智慧於建築照明之應用調查研究」專家座談會會議記錄

時間：108 年 09 月 23 日(星期一) 下午 14 時

地點：內政部建築研究所簡報室(新北市新店區北新路 3 段 200 號 15 樓)

主席：周教授鼎金

出席人員：詳簽到簿

紀錄：林鈺琪

壹、主席致詞：(略)

貳、計畫簡報：(略)

參、綜合討論：

王組長冠翔(財團法人台灣建築中心綠建築發展部)：

1. 在 CNS15652 智慧照明系統中所使用的英文為 Intelligent lighting systems，建請參酌，使其用語一致。
2. 建議呈現方式可先以技術項目進行分類，再依技術提出 IoT 在智慧照明中商業模式(Business Model)的應用，與適宜的空間使用型態，藉此建立資料呈現方式之架構，以利資料後續的閱讀與參考應用。
3. 有關照度調光控制之效益係數中控制方式似乎過於相近(皆為感應桌面照度進行調光控制)，其功能有重疊之現象，較難以釐清，控制所包含之項目，建議補充其硬體安裝方式或模組運作細節。
4. 降低維運成本評估中物聯網照明與人工智慧照明之定義與差異區分不易，建議可從設備自動化(以固定排程或感應器偵測而因應作動之設備)或智慧化(透過物聯網蒐集資訊與人工智慧的大數據分析後而因應作動之設備)來進行區分，以利後續評估作業之執行。
5. 照明部分功能、使用範圍及對象易與空調設備相近或重疊，建議可參考目前空調應用進行智慧照明資訊的補充或整合。
6. 未來後續研究可朝智慧照明建置所需之基礎硬體介紹，以及新建與既有的智慧照明建置之差異比較。

**謝總經理坤學(空間新象室內裝修設計工程有限公司)：**

1. 本研究整合及提出智慧照明的評估效益，有益於業界整合與建構一套評估基準，作為節能的規劃設計的依據，便於後續運用推廣與研究的參考依據。
2. 目前產業發展多元且多樣百家爭鳴，在物聯網的通訊協定，建議依使用者為目標的空間類型與活動，執行建築照明(主體、室外、室內空間)的整合對策，與效益評估機制，並藉以政府的政策導向與思維，整合廠商資源，有效統計與分析，作為後續技術發展的依據。
3. 目前在物聯網的溝通協定尚未整合運用，故建議應將設備的能耗納入考量，在人工智慧的運用以可視化，操作人性化、便利性，與舒適性的評價導入，並依建築照明的空間需求與使用者的行為來整合與推動產學發展。
4. 有關效益評估，礙於量化的需求考量，對於感測器、調光系統與排成的數量外，可以納入設備優勢與差異，進行係數的定義與差異化，以達系統的整合與整體節能的思維。

**劉總經理奇昌(榮昌國際有限公司)：**

1. 北歐有推廣藍芽技術，不但簡化控制器和配線，更可控制 127 盞燈具。供大家參考。
2. 德國也有相關的 sensor 公司，可以辨識有多少人在會議室，並可判斷人的位置和分布，做到空調的連動和照明的調節。在台灣也有業界技術式應用於隧道測速等。
3. 在成本效益中提到的平板燈一盞 4000 元，其實接近市場目前的價值，平板燈加入調光和功能，價格是合理的，但隨著技術和科技的進步，價格是會逐漸降低的。

**孫總經理啟能(光拓彩通照明設計公司)：**

1. 回收年限計算，因市場上設備各家價格差異不一，可再多加評估。六年多的回收年限相對說服力較不足。
2. 建設公司產品賣斷，較不考慮回收年限，在乎的是可增加的效益。
3. 除賣場外，建議可增加集合住宅之停車場、公設空間之案例分析(維護成本降低)。
4. 建議可由酒店客房照明案例出發，延伸至長照機構 IOT+AI 照明應用。

5. 個人隱私如何再智慧物聯網確保?(CCD 成像/非成像感應)
6. 建議可加入”人因照明”研究，以”效益”增加的角度提供評估。
7. 未來可延伸進行質化指標的結合。
8. 一般商業空間 4~5 年(品牌)重新裝修，研究案例可納入考量，建置回收的評估。

**許設計師伯嘉(新砌室內裝修有限公司)：**

1. 目前所有研究討論方向大多於公共空間，如停車場醫院等，以上皆屬於較大型空間。
2. 連鎖型商店可研究方向：如汽車保養廠的燈具節能照明整合監控系統，配合情境控制。

**吳技師建興(吳建興電機空調技師事務所)：**

1. 目前照明產業受限於感知器的感測能力，較多案件之照明控制僅採用傳統的二線式居多，即使採用更先進的 DALI 系統在控制上，僅較著重於人感、光感、排程，及與其他系統之整合應該稱不上與人工智慧做結合。
2. 一般回收效益 5 年以下，投資者較願意投資。
3. 智慧化之回收效益應不只是成本上的投資效益評估，對於使用者安全及觀感上的加分，也是投資效益的一部分。
4. 未來的感測器應該會用攝影機的影像分析技術來判斷情境，也就是說未來的人工智慧照明，勢必與其他技術作結合如影像分析技術，才能實踐。

**徐研究員虎嘯 (內政部建築研究所)：**

1. 於效益係數的說明內容無法讓人理解其中差異，該如何界定其中的差別。
2. 回收成本的部分，目前探討的成本都僅限於燈具的成本，而 sensor 的成本是否該計入?若納入 sensor 的成本後更拉長了回收年限。
3. 智慧照明在名詞上的界定，如果只是使用了情境的照明模式，是否就認定是智慧照明?以及使用隱私的保護該如何兼顧，如何蒐集感測的資訊而不涉及隱私權的疑慮。綜合各位先進提供的意見，以及目前在其他研究案件遇到的問題，再供研究參考。以上幾點建議。

**主席：(台北科技大學一周教授鼎金)：**

1. 效益評估的說明團隊會再修正文字說明，案例中效益分析內容的成本，

涵蓋了相關的閘道和感測器，會再加註說明。

2. 感謝各位先進提供實務的建議供團隊參考，團隊會將會議上蒐集的案例再彙整至研究報告中，本次會議先進對於質性的感受(安全、便利等)也提出很多看法，會將此部分內容加入評估的範疇。希望有助本案的推展，感謝各位出席。

#### **肆、散會（下午 4 時 00 分）**

伍、會議簽到表

「智慧化居住空間整合應用人工智慧科技發展推廣計畫協同研究計畫」

第1案「物聯網與人工智慧於建築照明之應用調查研究」

第2次專家座談會議 簽到表



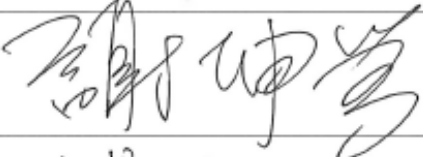
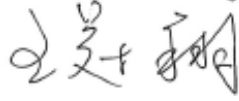
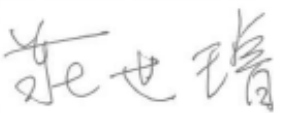
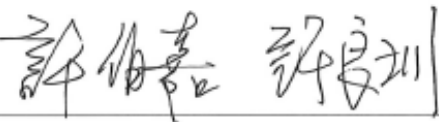


一、時間：108年9月23日 下午2時

二、地點：內政部建築研究所 13樓 簡報室(新北市新店區北新路3段200號13樓)

三、主持人：周教授鼎金(國立台北科技大學)



四、出席人員：

單位	姓名
三通實業有限公司 呂有得經理	
光拓彩通照明設計公司 孫啟能總經理	
吳建興電機空調技師事務所 吳建興技師	
空間新象室內裝修設計工程有限公司 謝坤學總經理	
財團法人台灣建築中心綠建築發展部 王冠翔組長	
奧立科技能源股份有限公司 莊世璿專案副總	
新砌室內裝修有限公司 許設計師伯嘉	
榮昌國際有限公司 劉總經理奇昌	
緯謙科技股份有限公司行銷與企劃中心 楊上輝經理	
華能光電	



單位	姓名
內政部建築研究所	徐嘉暘
內政部建築研究所	林雁廷
內政部建築研究所	
內政部建築研究所	
中國科技大學 游璧菁教授	游璧菁
國立台北科技大學 黃筱丹研究助理	黃筱丹
國立台北科技大學 林鈺琪研究助理	林鈺琪
	蔣元讚



陸、會議照片紀錄



108.09.23 第二次專家座談會討論 01



108.09.23 第二次專家座談會討論 02



108.09.23 第二次專家座談會討論 03



108.09.23 第二次專家座談會討論 04

## 附錄四、工作會議紀錄

一、2018.04.26 第一次工作會議

107 年度「智慧化環境科技發展推廣計畫協同研究計畫」

第 1 案「物聯網與人工智慧於建築照明之應用調查研究」工作會議-會議議程

時間：108 年 05 月 14 日(星期二) 上午 10 時 00 分

地點：內政部建築研究所 討論室(一)(新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓)

主席：周教授鼎金

出席人員：詳簽到簿

紀錄：李郁萱

壹、主席致詞(略)

貳、計畫進度說明

一、計畫執行進度說明

月 工作項目	第1個月	第2個月	第3個月	第4個月	第5個月	第6個月	第7個月	第8個月	第9個月	第10個月	第11個月	進度說明
蒐集相關文獻				●●●●●								執行中
建築智慧照明國家標準、產業標準之彙整				●●●●●								執行中
建築智慧照明效益、配線選用、設備維護更新、設計注意事項彙整				●●●●●								執行中
建築智慧照明應用技術、參考案例收集、彙編				●●●●●								執行中
專家諮詢座談會				●●●●●								規劃中
☆期中報告(06.28)、審查會議				●●●●●	☆							彙整中
研訂建築智慧照明效益之評估方法草案				●●●●●								執行中
專家諮詢座談會				●●●●●								
建築智慧照明效益之評估草案修訂				●●●●●								
★期末報告(10.15)、審查會議				●●●●●					★			
結案報告(12.10)				●●●●●							★	
預定進度 (累積數)	10%	20%	25%	35%	45%	55%	65%	80%	90%	95%	100%	

(5/14)目前進度

二、計畫章節架構：本研究依據邀標需求，初擬章節架構如下：

**第一章 緒論**

- 第一節 研究動機
- 第二節 研究目的
- 第三節 研究範圍
- 第四節 研究方法與流程

**第二章 智慧照明相關文獻蒐集與整理**

- 第一節 智慧照明研究發展現況
- 第二節 智慧照明產業發展現況
- 第三節 智慧相關國家標準及產業標準

**第三章 建築智慧照明之應用技術及參考案例彙編**

- 第一節 前言
  - 一、彙編目的
  - 二、智慧照明相關名詞解釋
- 第二節 智慧照明應用技術

- 一、智慧照明之定義、構成
- 二、智慧照明之技術、應用
- 三、智慧照明建與築設計及室內裝修之配合 46

#### 第三節 智慧照明案例

- 一、國外案例
- 二、國內案例

### 第四章 建築智慧照明效益之評估

#### 第一節 智慧照明之效益評估架構

#### 第二節 智慧照明之效益評估方法

- 一、節能效益
- 二、健康效益
- 三、安全效益
- 四、舒適效益
- 五、效率效益
- 六、永續效益

#### 第三節 建築智慧照明之質化效益評估方式

### 第五章 結論與建議

#### 第一節 結論

#### 第二節 建議

### 參考文獻

### 附 錄

### 三、建築智慧照明國家標準、產業標準之彙整說明

已完成智慧照明國家標準、產業標準包含：

1. 台灣智慧照明相關國家標準及產業標準：CNS(中華民國國家標準)  
於 102 年 3 月訂定智慧照明系統標準
  - (1) 第一部：系統功能，闡述智慧照明系統之功能以及資料傳輸之基本原則
  - (2) 第二部 CNS15652-2 C4534-2
  - (3) 第三部 CNS 15652-3 C4534-3 場域網路介面，為廣域網路介面規範，規定智慧照明之管理介面、控制與通訊協定，以及設備之功能規格
  - (4) 第四部 CNS 15652-4 C4534-4 場域網路設計指引，為不同場域情境中，所應遵循之規範
  - (5) 第五部 CNS 15652-5C4534-5 為照明設備，規定照明設備與電

器規格、控制方式等標示。

## 2. 中國智慧照明相關國家標準及產業標準

- (1) 中國國家標準 GB/T 33474-2016 《物聯網參考體系架構》
- (2) 中國國家標準 GB/T 36478-2018 《物聯網資訊交換和共用》
- (3) 中國國家標準 GB/T 15629 《資訊技術》
- (4) 中國智慧照明相關標準
  - 中國電力企業聯合會(CEC)6項國家標準
  - 國家住房和城鄉建設部 CJJ/T 227-2014 城市照明自動控制系統技術規範
  - 國家半導體照明工程研發及產業聯盟(CSA)
  - 上海市城鄉建設和交通委員會 DG/TJ 08-2182-2015 道路 LED 照明應用技術規範
  - 深圳市 LED 產業標準聯盟 SQL/LSA 004.1-2011 LED 路燈智慧照明技術規範
  - 國家照明電器質檢中心技術聯盟(CALT)CALT 004-2016 道路 LED 照明智慧控制系統技術規範(報批稿)。
  - 國家能源局電力行業標準
  - 中國通信標準化協會 YDB 123-2013 泛在物聯應用智慧家居系統技術要求

## 3. 國際智慧照明標準

- (1) IEC(國際電子電機委員會)
- (2) ISO(國際標準組織)：國際標準組織 ISO/TC 274 光與照明技術委員會成立 ISO/TC 274/WG2(第二工作組)，工作組秘書處設在中國建築科學研究院。ISO/TC 274/WG2 工作組將重點開展 ISO 21274 《Light and Lighting - commissioning Process of Adaptive Lighting systems》(光與照明—智慧照明系統調試方法)的編制
- (3) 國際其他組織：國際上另有組織積極推動智慧照明的發展，如成立於 2012 年的 TALQ 聯盟，其旨在建立一個可在全球範圍內接受的用於室外照明的中央控制管理系統軟體介面協定，目

前已發佈 TALQ 技術規範 1.0.2 版本。

### 參、會議結論

- 一、章節架構修正建議：初擬之章節架構內容雖已符合本案合約之要求，但為順利驗收，尚請執行單位核對章節架構、內容，是否符合需求說明、提案計畫書承諾之內容。因本案採最有利標，故需求說明、提案計畫書承諾之內容皆須完成，始得驗收。
- 二、有關第二章之修正建議：建議文獻回顧、產業標準收集等內容，應納入本計畫名稱『物聯網與人工智慧於建築照明之應用調查研究』之關鍵字，將大數據、物聯網、人工智慧、機器學習等國際科技發展趨勢納入文獻收集內容。
- 三、有關第三、四章之修正建議：依據需求說明書要求，本案應完成『建築智慧照明之應用技術及參考案例彙編(草案)』、『建築智慧照明效益之評估基準(草案)』，建議上述二項成果移入附錄中。原計畫書架構之第三章、第四章內容則建議精簡，僅說明草案編定調查方式、過程及案例收集原則等相關內容。
- 四、專家座談會之執行：建議第一次專家座談收集專家對『建築智慧照明之應用技術及參考案例彙編(草案)』、『建築智慧照明效益之評估基準(草案)』初擬內容架構之建議；第二次專家座談則邀請專家針對草案內容提出建議。


### 肆、散會(11：30)

伍、會議簽到表

「智慧化居住空間整合應用人工智慧科技發展推廣計畫協同研究計畫」

第1案「物聯網與人工智慧於建築照明之應用調查研究」

工作會議 簽到表

- 一、時間：108年05月14日(星期二) 上午10時00分
- 二、地點：內政部建築研究所 討論室(一) (新北市新店區北新路3段200號13樓)
- 三、主持人：周教授鼎金 

四、出席人員：

單位	姓名
內政部建築研究所	羅時慶
	林谷陶
	林傑
	詹煥
中國科技大學 游璧菁老師	游璧菁
助理林鈺琪	林鈺琪
助理黃筱丹	黃筱丹
	李郁堯



### 附錄五、期中報告審查意見回應

委員	審查委員意見(依發言順序)	廠商回應
1	<p><b>江教授哲銘：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案已完成國內、外「智慧照明標準」之蒐集。</li> <li>2. CNS 已定義「智慧照明」，本案亦可細述人工照明與自然照明。</li> <li>3. 對於通訊規格協定，應用於物聯網、人工智慧之「建築照明規範」關鍵項目(含規格、性能)，宜詳細說明。</li> <li>4. 效益部份建議可考慮從規劃、設計、施工、使用、管理及維護等全生命週期進行評估。</li> <li>5. 智慧建築照明之效益評估，可依「規格」與「性能」作分項。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 委員肯定。</li> <li>2. 參考委員意見增加說明。</li> <li>3. 參考委員意見增加說明。</li> <li>4. 參考委員意見增加生命週期評估。</li> <li>4. 參考委員意見增加說明。</li> </ol>
2	<p><b>黃教授彥男：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 報告之內容豐富，研究方法完整，對既有系統評估尚稱詳細，值得參考。</li> <li>2. 建議補充說明有關效益評估是否有文獻可供比較參考，另除省電效益外，其他效益如何評估?請補充說明。</li> <li>3. 建議補充說明經費使用。</li> <li>4. AI 如何運用於照明?建議深入分析。</li> <li>5. 照明使用一段時間後色溫是否會有差異?請補充說明。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員肯定。</li> <li>2. 將增加質性效益的說明。</li> <li>3. 本案為協同研究，故相關研究經費依契約規定及經費執行項目按月核實運用，並無納入研究報告說明。</li> <li>4. 參考委員意見增加說明。</li> <li>5. 參考委員意見增加說明。</li> </ol>

委員	審查委員意見(依發言順序)	廠商回應
3	<p><b>練協理文旭：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>「產業發展現況」資料詳實豐富，惟報告書第 10 頁至第 22 頁「研究發展現況」主要以 IoT、AI 為主，引用內容與建築照明相關性較少，建議補充建築照明主軸相關資料。</li> <li>目前研究以個案區別，各場域並未分類，建議就建築之次場域，例如：停車場、辦公室、會議室等分別探討如何應用人工智慧解決那些問題?進行案例彙編。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>參考委員意見增加說明。</li> <li>參考委員意見增加各場域分類說明。</li> </ol>
4	<p><b>廖建築師慧燕：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>國內、外相關文獻蒐集完整，惟考量參考案例具重要性，建議就：設計內容、設備應用及成效，甚至各空間照明設計及智慧技術應用，進一步介紹。</li> <li>智慧照明系統依據 CNS 定義，尚應考量人類生理及心理需求，但本案量化評估似乎完全以節能效益為目標。</li> <li>量化評估之目的是否係為規劃設計檢討?如是則建議宜以生命週期探討包括：建置成本、維護及使用年限等，另建議簡化評估計算模式，俾利推廣應用。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>參考委員意見增加各智慧技術應用相關內容。</li> <li>本計畫係依據招標需求，主要探討量化效益指標為主。</li> <li>後續將以生命週期為基礎，納入包括建置成本、維護及使用年限等評估分析。</li> </ol>
5	<p><b>鄭教授泰昇：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>本案整體目標、方法與研究步驟清楚。</li> <li>下世代智慧照明朝向 IoT、使用者為中心、照明即是服務等趨勢，惟量化效益之評估標準仍聚焦在「節能」效益，建議在「維運成本」效益評估上，可參考「照明即是服務」的趨勢(以租代買)。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>感謝委員肯定。</li> <li>參考委員意見增加說明。</li> </ol>

委員	審查委員意見(依發言順序)	廠商回應
	<p>3. 應朝向下世代照明之趨勢,提出較佳解決方案,跳脫傳統的照明評估標準,建議補充物聯網應用案例。</p>	<p>3. 參考委員意見增加案例。</p>
<p>6</p>	<p>財團法人工業技術研究院(洪總監英彰):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 國內外智慧建築照明國家與產業標準資料蒐集完整。</li> <li>2. 有關應用技術與參考案例彙編,建議多蒐集系統化解決方案與商業模式,如 Philips「光即服務」之循環經濟概念導入等議題。</li> <li>3. 智慧照明後續維運如何確保品質,如色溫維持等,建請補充說明。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員肯定。</li> <li>2. 參考委員意見增加蒐集文獻。</li> <li>3. 參考委員意見增加說明。</li> </ol>
<p>7</p>	<p>財團法人資訊工業策進會(劉協理培權):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建議加強人工智慧於建築照明可能之應用,例如:利用智慧照明之感測、定位與通訊功能,整合人工智慧預測住戶之行為或判斷憂鬱傾向,作為健康照護或校園圍籬的延伸應用,以擴大建築照明價值。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 參考委員意見增加相關內容。</li> </ol>
<p>8</p>	<p>臺灣資通產業標準協會(張技術顧問文堯):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. IoT 與 AI 均為解決問題的手段,不是目的。IoT 促成萬物相連,接著需要(domain-specific)的共同語言才能互通;而 AI 也必須奠基於大量資料的收集,分析使能發揮功效,這資料亦需要共通的表示。</li> <li>2. 本案研究名稱中的「人工智慧」,僅出現於第二章,未見於摘要、緒論及結論</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 謝謝委員意見。</li> <li>2. 參考委員意見增加說</li> </ol>

委員	審查委員意見(依發言順序)	廠商回應
	<p>與建議，故有關 AI 於本研究角色為何?是否為 predictive maintenance?請再予以釐清。</p> <p>3. 本研究主要係探討室內空間之智慧照明，引述 CNS 15652，但該標準源自戶外智慧路燈 CNS 15652/C4534，請補充說明。</p>	<p>明。</p> <p>3. 本案蒐集之標準適用範圍於道路照明、停車場照明、商業大樓照明與一般家庭照明，故應可符合本研究參考依據。</p>
<p>9</p>	<p><b>中華電信研究院(張經理光燦書面意見)：</b></p> <p>1. 資料收集豐富。</p> <p>2. 建議若照明量化效益之評估能與人工智慧連結，則更能彰顯本研究效用。</p>	<p>1. 謝謝委員意見。</p> <p>2. 參考委員意見增加說明。</p>

## 附錄六、期末報告審查意見回應

期末報告回應表

委員	審查委員意見(依發言順序)	廠商回應
1	<p><b>江教授哲銘：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案已完成蒐集國內、外智慧照明相關國家標準及產業標準，值得肯定。</li> <li>2. 本案亦蒐集分析國內外智慧照明之應用技術及案例彙編，應系統提供建築相關業界、照明設計人員及建築設計人員之參考。</li> <li>3. 本案完成建築智慧照明量化效益之評估基準，並以提供建築物導入智慧照明效益，本研究順利完成預期成果之任務，值得肯定。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員肯定。</li> <li>2. 相關資料彙整，可提供建築相關業界、照明設計人員及建築設計人員參考。</li> <li>3. 再次感謝委員對計畫成果之肯定</li> </ol>
2	<p><b>黃教授彥男：</b></p> <p>研究報告內容十分豐富，惟建議之部分略顯空洞，應分析智慧照明的推動策略，包括經濟效益等。若回收時間需6年以上，是否有足夠之誘因？政府如何協助及鼓勵？評估之案例，似與物聯網及智慧關連不大。</p>	<p>效益評估涉及不同類型建築使用條件，難以採通則方式評估回收年限，若以辦公室、商場照明耗能佔比較大之空間，則應可縮短照明改善回收時間，提高改善意願。另目前試算案例已將智慧照明與物聯網相關之開道器、感測器、控制器等費用納入評估，顯示智慧改善效益。</p>
3	<p><b>陳主任育毅：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 報告書 P.73~P.74，介紹共計 5 項的效益，包括節能、效率、健康、安全、舒適，此研究完成前兩項效益指標設計，建議後三項留待後續研究。</li> <li>2. 報告書附錄 P.160 之座談會紀錄，王組長提出”降低維運成本評估”中對於物聯網照明與人工智慧照明之差異不易，此部分未見於效益指標之設計。</li> <li>3. 報告書 P.13 至 P.25 所列的 AI 應用，幾乎都與”建築照明發展”無關。在附錄 P.94~P.101 之案例，只有照明物聯網應</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本階段研究雖已將節能、效率、健康、安全、舒適有關之質、量化效益項目納入，但因健康、安全、舒適等質化效益，涉及使用者感受，將建議委託單位列入後續研究。</li> <li>2. 降低維運成本評估中，已經修正效益係數之評估方式，能顯示物聯網</li> </ol>

委員	審查委員意見(依發言順序)	廠商回應
	<p>用，未見相關應用案例之探討。</p>	<p>照明與人工智慧照明之差異。</p> <p>3. 依據與委託單位工作會議，建議本計畫應先行說明 AI 應用之發展趨勢，在延伸於建築照明尚之應用。如前所述智慧照明發展已將照明由過去之設備系統發展成綜合的空間服務平台，因此照明物聯網之應用，即屬智慧照明應用範疇。</p>
4	<p><b>廖建築師慧燕：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本案最重要的目的之一為提出照明量化效益評估，其中作為計算基礎之效益係數如表 2.1、表 2.2 等，建議進一步說明訂定之依據。</li> <li>2. 附表 2.1 雖然已將空間區分為辦公室、會議室等，惟同樣是辦公室建築之使用情境、需求仍可能有很大差異，如以單一係數規定，是否妥適，如何應用大數據分析或其他資料做更妥適之規定。</li> <li>3. 附表 2.4 減少人力效益係數表，其中燈具定位給予係數惟該定位於賣場等可能有幫助，但對於辦公室似無益。</li> <li>4. 本研究於附錄二中提出 2 項評估範例，建議後續可藉由案例檢討效益評估公式。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員提醒，將依據委員建議補充說明訂定之依據。</li> <li>2. 效益評估涉及不同類型建築使用條件，的確難以採通則方式評估，但本階段暫以不同係數設定方式計算，建議委託單位列入後續研究。</li> <li>3. 同上說明。</li> <li>4. 感謝委員提醒，目前報告書中以採用假設性案例進行評估，建議後續研究採用實際案例評估方式，以檢測評估公式之適宜性。</li> </ol>
	<p><b>財團法人資訊工業策進會智慧系統研究所(劉協理培權)：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究名稱為「智慧化居住空間整合應用人工智慧科技發展推廣計畫」應包含以人工智慧與推廣 2 大主題之研究內容，建議後續可加強推動項目。</li> <li>2. 本研究已完成節能效益評估基準，也提出後續可探討舒適、健康等質化效益，建議可再加入照明用於防災逃生等應用之效益，也可以考慮以社會報酬(SROI)評估方式來量化舒適、健康等效益。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員提醒，建議委託單位列入後續研究。</li> <li>2. 感謝委員提醒，建議委託單位後續研究，考慮以社會報酬(SROI)評估方式來量化舒適、健康等效益。</li> </ol>

委員	審查委員意見(依發言順序)	廠商回應
5	<p><b>財團法人台灣建築中心(陳經理文洲)：</b> 有關智慧照明案例彙編，建議增加智慧照明感測器及搭配輔助等相關技術內容。</p>	<p>感謝委員提醒，目前在案例彙編中已將智慧照明感測器及搭配輔助等相關技術內容納入。</p>
6	<p><b>中華電信研究院(書面意見)：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 報告書 P.15 文中電冰箱、冷氣機、燈具……可透過無線射頻技術……。建議調整「無線射頻」用辭，避免被誤解:家電一定要用無線射頻技術(家電也可直接用有線網路連網)。</li> <li>2. 報告書 P.68 下半段說明和上半段感覺無連結，或排版有誤。</li> <li>3. 本報告內容人工智慧和照明的連結度不高，建議若能補強，將更完整。其他參考項目:附圖 12:標題、報告書 P.15:小米資訊(2019?)、報告書</li> <li>4. P.60 : 110m(M)b/S 有錯字。P.84 項次序號有誤。P.8:GPRS (建議刪除)、</li> <li>5. P.45 和 P.47: eSIM (建議刪除)(註: eSIM 屬身份認證元件，非通信技術)。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員提醒，依據委員建議增加有線網路聯網說明文字。</li> <li>2. 感謝委員提醒，將再檢視後修正。</li> <li>3. 依據委員建議修正。</li> <li>4. 依據委員建議修正。</li> <li>5. 依據委員建議修正。</li> </ol>
7	<p><b>臺灣資通產業標準協會(書面意見)：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 報告書第二章(P.10-11)介紹六種廣泛應用、(P.51-52)指出三大市場發展趨勢；第三章(P.68-70)又列出四大類型應用，這些與摘要所言之室內停車系統、窗邊照明、遠端控制等有何關聯？因果關係並不顯著，難以理解這幾題是基於哪些考量被選為本研究標的；而且，遠端控制是(物聯網)普遍採用技術手段，在位階上不應與室內停車系統、窗邊照明等應用一併討論。報告書 P.68 下半段說明和上半段感覺無連結，或排版有誤。</li> <li>2. 報告書第四章(量化效益之評估標準，P.73-75，共3頁)看似與第二章、第三章的論述無太大關聯，讀起來像是一般(General)要求，同樣(無差異化)適用於與室內停車系統、窗邊照明、遠端控制等本研究標的。事實上不是如此，各種應用應有不同的量化效益。</li> <li>3. 附錄一有關應用技術及參考案例彙編的整理，宜就本研究標的來分類，如室內停車系統、窗邊照明、遠端控制等，如此</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 智慧照明發展已將照明由過去之設備系統發展成綜合的空間服務平台，因此，智慧照明應用方式極為多元，故將各類應用方式納入報告說明。另有關排版問題，將再檢視後修正。</li> <li>2. 效益評估涉及不同類型建築使用條件，的確難以採通則方式評估，但本階段暫以不同係數設定方式計算，建議委託單位列入後續研究。</li> <li>3. 依據委員建議修正。</li> </ol>

委員	審查委員意見(依發言順序)	廠商回應
	<p>閱讀起來較有系統。</p> <p>4. 最後，題目中的"人工智慧"在本案的比例仍偏低，遠不及物聯網。後續可考慮如何深耕這部份。</p>	<p>4. 有關人工智慧在智慧照明上之應用，現階段應用發展剛起步，建議委託單位列入後續研究。</p>
8	<p><b>林副研究員谷陶：</b></p> <p>報告書 P.144 有關節能效益評估法之公式，各因子呈現方式及單位，建議審視及修正，避免誤解公式內容。</p>	<p>感謝委員提醒，將再檢視後修正。</p>
9	<p><b>羅組長時麒：</b></p> <p>鑒於國內照明技術成熟，本年度評估導入 IoT 或 AI 應用之調查，顯示不同場域可能因不同情境條件，導致效益評估結果差異較大，建議可聚焦建築空間，所提量化效益評估基準較具比較性。</p>	<p>效益評估涉及不同類型建築使用條件，的確難以採通則方式評估，但本階段暫以不同係數設定方式計算，建議委託單位列入後續研究，同時進行不同使用類型量化效益評估基準比較。</p>



## 參考書目

- [1] 智慧建築解說與評估手冊(2016) 內政部建築研究所
- [2] 溫琇玲等,建築物設施管理-維護關鍵績效指標之研究,內政部建築研究所, 2006。
- [3] 溫琇玲等,智慧建築解說與評估手冊,內政部建築研究所設施管理指標, 2003。
- [4] 溫琇玲等,建築物智慧化設計規範暨解說研訂,內政部建築研究所,2003。
- [5] 溫琇玲等,智慧型建築標章之設置與推廣智慧型建築標章作業要點暨評估系統之建立,內政部建築研究所,2002。
- [6] 溫琇玲等,建築物設施管理-維護關鍵績效指標之研究,內政部建築研究所, 2006。
- [7] 玄田有史(2017年9月6日)。人力不足但薪水就是不漲的真正原因。日本網。上網日期:2018年12月21日,取自  
<https://www.nippon.com/hk/currents/d00342/>
- [8] 林偉(2018)。運用人工智慧發掘具訴訟風險專利。Research Portal。上網日期:2019年1月16日,取自 <https://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/10363>
- [9] 新井紀子(2018)。AI vs. 教科書が読めない子どもたち。東洋經濟新潮社。
- [10] Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). Artificial Intelligence, Automation and Work (No. w24196). National Bureau of Economic Research.
- [11] Berry, W. (2005). War does not maintain peace or promote freedom. In L. I. Gerdes (Ed.), War: Opposing viewpoints (pp. 71-79). Detroit, MI: Greenhaven Press.
- [12] Inklaar, R., de Jong, H., & Gouma, R. (2016). A note on technology shocks and the Great Depression. The Journal of Economic History, 76(3), 934-936.
- [13] Taleb, N. N. (2007). The black swan: The impact of the highly improbable. Random house.
- [14] Taylor, T. (2012). The instant economist: everything you need to know about how the economy works. New York: Plume.
- [15] Windham, P., Hu, G. J., & Lin, C.-Y. (2003). The Taiwanese Approach. In C. W. Wessner (Ed.), Securing the Future: Regional and National Programs to

- Support the Semiconductor Industry. Washington, DC: National Academies Press.
- [16] 行政院院會議案—台灣人工智慧行動計畫, 2018/01/18, 行政院, 網頁擷取：  
<https://www.ey.gov.tw/Page/448DE008087A1971/a28cd96b-bcc3-49ae-a09c-0381dbba69a7>
- [17] 美國白宮召開人工智慧研討會, 2018/05/10, 白宮, 網頁擷取自：  
<https://www.whitehouse.gov/articles/white-house-hosts-summit-artificial-intelligence-american-industry/>
- [18] 啟動半導體射月計畫—促成人工智慧終端產業鏈技術躍升, 2017/08/30, 行政院, 網頁擷取自：  
<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/188491a9-11d2-4159-8631-35642cb039ce>
- [19] 國務院關於印發新一代人工智慧發展規劃的通知, 2017/07/20, 中華人民共和國國務院, 網頁擷取自：  
[http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content\\_5211996.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm)
- [20] 陳計策, 賴宛靖, 迎接 AIoT 智慧時代, 2018/01/23, 工研院, 工業技術與資訊月刊, 315 期 2018 年 01 月號。
- [21] Artificial intelligence sector deal, 2018/04/26, BEIS and DCMC, 網頁擷取自：  
<https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-sector-deal>
- [22] Artificial intelligence: Commission outlines a European approach to boost investment and set ethical guidelines, 2018/04/25, European commission, 網頁擷取自：  
[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-18-3362\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-3362_en.htm)
- [23] Funding for £84 million for artificial intelligence and robotics research and smart energy innovation announced, 2017/11/08, GOV.UK, 網頁擷取自：  
<https://www.gov.uk/government/news/funding-for-84-million-for-artificial-intelligence-and-robotics-research-and-smart-energy-innovation-announced>
- [24] Large Scale Visual Recognition Challenge 2012 (ILSVRC2012), 2012, Imagenet, 資 料 擷 取 自：  
<http://www.imagenet.org/challenges/LSVRC/2012/results.html>
- [25] Summary of the 2018 White House Summit on Artificial Intelligence for American Industry. 2018/05/10, 白宮科技政策辦公室(OSTP), 網頁擷取自：

- <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/05/Summary-Report-of-White-House-AI-Summit.pdf>
- [26] The Innovation Growth Engine Leading Preparation For The Fourth Industrial Revolution, 2018/04 , 韓國未來創造部 MSIT , 網頁擷取自 : [http://english.msip.go.kr/cms/english/pl/policies2/\\_\\_\\_icsFiles/afieldfile/2018/04/06/혁신성장영문-인쇄본.pdf](http://english.msip.go.kr/cms/english/pl/policies2/___icsFiles/afieldfile/2018/04/06/혁신성장영문-인쇄본.pdf)
- [27] 照明辭典 , 周鼎金 , 品度股份有限公司 , 2013.4
- [28] Predictive Maintenance , Position Paper - Deloitte Analytics Institute , Issue 2017.7

物聯網與人工智慧於建築照明之應用調查研究

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： 羅時麒、周鼎金、游璧菁、林霧霆、徐虎嘯、  
蔡介峰、黃筱丹、林鈺琪

出版年月： 108 年 12 月

版次： 第 1 版

ISBN： 978-986-5448-10-3 (平裝)