

中華民國國家標準

C N S

照明系統連接性

Connectivity for lighting systems

CNS 草-制 1130080:2024
XXX

中華民國 年 月 日制定公布
Date of Promulgation: - -

中華民國 年 月 日修訂公布
Date of Amendment: - -

本標準非經經濟部標準檢驗局同意不得翻印

目錄

節次	頁次
前言	2
簡介	2
1. 適用範圍	3
2. 引用標準	3
3. 用語及定義	3
4. 拓樸結構，OSI 模式，實體層及通訊協定(1)	3
4.1 拓樸結構	3
4.2 開放系統互連(open system interconnection, OSI)模式	7
4.3 較低層	8
4.4 通訊協定	10
5. 照明系統及其他可以控制照明之系統範例	16
5.1 用於照明系統之典型 OSI 模式層	16
5.2 用於照明系統之典型通訊協定	17
5.3 照明系統通訊協定之典型特徵	18
5.4 照明系統之典型示意圖	18
參考文獻	20

前言

本標準係依據 2022 年發行之第 1 版 IEC TR 63425，不變更技術內容，制定成為中華民國國家標準者。

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

簡介

照明系統使用於不同之應用，例：室內照明(住宅與非住宅)，戶外照明及緊急照明。此等照明系統可能包含一些功能，例：照明監測與控制、照明能源管理及資料蒐集。全球市場上有很多種通訊協定。對系統設計者與整合者很重要的是瞭解照明系統使用的各種通訊協定。藉著將其他工業之知識與資訊列入考量，設計者可創造出整合照明與非照明功能之適當系統。目前與通訊協定相關之標準有，例：ISO/IEC 14543 系列、IEC 62386 系列及 ANSI/IES TM-23-17 標準等，但一般認為需要一份全面性的國際技術報告。

由於不斷演變的客戶需求與新的連接性技術，照明系統技術正在迅速發展。此類系統的範例包括智慧家庭/建築、智慧城市、自適應道路及園藝照明。物聯網(IoT)實現照明系統的互連性。本標準提供有關照明系統如何運作及如何與其他系統互連的資訊及指南。

1. 適用範圍

本標準提供照明系統運作及與其他系統互連之連接性資訊及指引。

本標準概述照明系統中使用的各種連接性解決方案，包括拓撲結構(topologies)、通訊協定及相關之嵌入式功能。

本標準不偏好任何特定之拓撲或協定。

2. 引用標準

本標準無引用標準。

3. 用語及定義

下列用語及定義適用於本標準。

備考：照明系統與相關設備之用語及定義於 IEC TS 63105 中提供。

3.1 通訊協定(communication protocol)

規則集，用於多個系統元件互連系統之資料傳輸。

3.2 開放協定(open protocol)

在認可組織主持下以公開及有共識過程發展並對公眾開放之通訊協定。

3.3 專有協定(proprietary protocol)

非開放協定之通訊協定

3.4 連接性(connectivity)

系統或裝置無需修改即可與其他系統或裝置通訊之能力。

4. 拓撲結構，OSI 模式，實體層及通訊協定⁽¹⁾

註⁽¹⁾ 本標準提及之商標及商品名稱為方便本標準的使用者而提供。此資訊不構成 IEC 對所述產品之認可。

4.1 拓撲結構

4.1.1 點對點拓撲

點對點拓撲為拓撲結構的類型之一，其中 2 個固定節點直接連接到單一一條線。此拓撲為網路的基本形式。參照圖 1。

— 特點：

- 此種拓撲為連接網路中 2 個節點最簡單的拓撲。

— 照明系統及其他可控制照明的系統之使用範例：

- 藍牙(Bluetooth)，ECHONET Lite™ (ISO/IEC 14543-4-3)及乙太網(Ethernet, IEEE 802.3)。

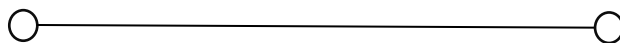


圖 1 點對點拓撲之圖示

4.1.2 匯流排拓撲

匯流排拓撲為拓撲結構的類型之一，其中每 1 個節點連接到單一條線。此拓撲為網路的基本形式之一。參照圖 2。

- 特點：
 - 僅需在匯流排拓撲上做連結即可增加新的節點。
 - 可以相當經濟的方式組構小型或甚至相對較大之系統。
 - 每個節點出現之故障都不會對網路上其他部分造成影響。然而主線路之失效將影響整個網路。
- 照明系統及其他可控制照明的系統之使用範例：
 - DALI® (IEC 62386 系列)、0-10 VDC、PWM(IEC 60929)、KNX®(ISO/IEC 14543-3-10 與 ISO/IEC 14543-3-11)、BACnet® (ISO 16484-5)、LonWorks® (ISO/IEC 14908 系列)及 ECHONET Lite™。

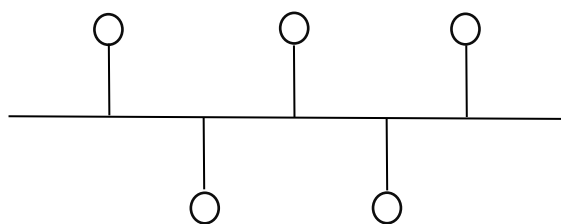


圖 2 匯流排拓撲之圖示

4.1.3 菊鏈拓撲

菊鏈拓撲為拓撲結構的類型之一，其中每個節點連接到鏈上之下一節點。例：節點 A 連接到節點 B，節點 B 連接到節點 C，依此類推。參照圖 3。

- 特點：
 - 此拓撲為在網路中添加更多節點最簡單拓撲之一。
- 照明系統及其他可控制照明的系統之使用範例：
 - DALI®、DMX、BACnet、LonWorks 及 ECHONET Lite™。

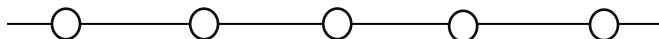


圖 3 菊鏈拓撲之圖示

4.1.4 環拓撲

環鏈拓撲為拓撲結構的類型之一，其中每個節點連接到相鄰的 2 個節點，形成一封閉迴路或環形。參照圖 4。

- 特點：
 - 與匯流排拓撲相比，此拓撲有較長的架構線。且在單向連接之情況下，每個節點上的故障將會影響整個網路。
- 照明系統及其他可控制照明的系統之使用範例：
 - BACnet、LonWorks 及 ECHONET Lite™。

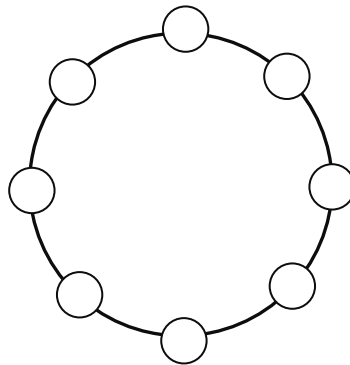


圖 4 環拓撲之圖示

4.1.5 星狀拓撲

匯流排拓撲為拓撲結構的類型之一，其中每 1 個節點都連接到中心節點，且此中心節點負責管理整個網路。星狀拓撲可用於有線與無線連接。參照圖 5。

- 特點：
 - 此拓撲為區域網路最流行的拓撲之一。若特定節點發生故障，網路中其餘節點仍將正常運作。然而，中心節點出現的故障會影響整個網路。
- 照明系統及其他可控制照明的系統之使用範例：
 - DALI®、KNX、BACnet、ECHONET Lite、LonWorks、乙太網及 Wi-Fi™。

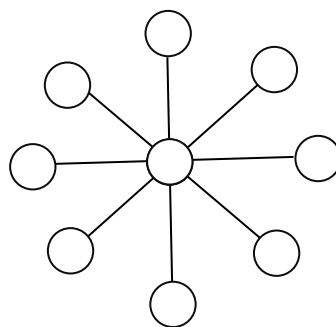


圖 5 星狀拓撲之圖示

4.1.6 網目拓撲

網目拓撲為拓撲結構的類型之一，其中網路中每 1 個節點都連接到其他所有的節點。網目拓撲主要用於有邏輯連接而無直接實體連接之無線技術。參照圖 6。

－ 特點：

- 與星狀拓撲相比，此拓撲之效率可能較低，也較不經濟。但因網路中所有節點都像 1 張網似的彼此連結，任一節點上之故障不會影響網路上其他部份。

－ 照明系統及其他可控制照明的系統之使用範例：

- ECHONET Lite™、Zigbee®、藍牙網(Bluetooth® mesh)、Z-wave®、Thread®、EnOcean®(ISO/IEC 14543-3-10 及 ISO/IEC 14543-3-11)、IEEE 802.15.4 及 VEmesh®。

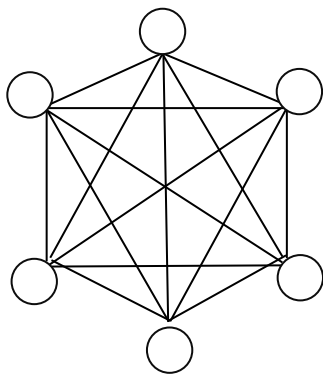


圖 6 網目拓撲之圖示

4.1.7 混合式拓撲

混合拓撲結合 4.1.1 至 4.1.6 描述之 2 個或多個拓撲。參照圖 7。

－ 特點：

- 此拓撲結構用在某些環境中將不同網路拓撲的優勢最大化。星狀拓撲與環拓撲之結合及星狀拓撲與匯流排拓撲之組合為混合式拓撲之範例。

－ 照明系統及其他可控制照明的系統之使用範例：

- DALI®、0-10 VDC (IEC 60929)、KNX、BACnet®、LonWorks 及 ECHONET Lite。

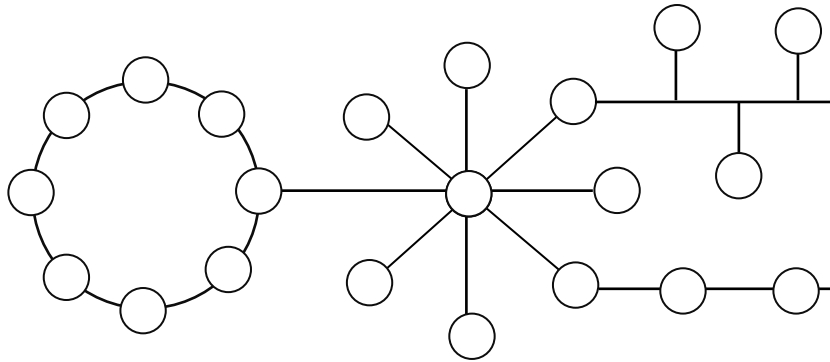


圖 7 混合式拓撲之圖示

4.2 開放系統互連(open system interconnection, OSI)模式

4.2.1 第 1 層：實體層

實體層提供機械、電氣、性能及程序性方法以啟動、維護及停用實體連接。

4.2.2 第 2 層：資料鏈路層

資料鏈路層為網路實體間無連接模式及為連接模式資料鏈結連接之建立、維護及釋出提供性能及程序性方法。

4.2.3 第 3 層：網路層

網路層提供包含通訊應用實體之開放系統間建立、維護及終止網路連接的方法，並提供在網路連接上運送實體之間交換網路服務資料單元的功能及程序性方法。

4.2.4 第 4 層：運送層

運送層提供在交談實體之間傳輸透通資料的功能及程序性方法，並免除對其實現可靠且高成本效益資料傳輸的詳細方式之任何顧慮。

4.2.5 第 5 層：交談層

交談層提供合作之表達層實體所需之方法，以組織及同步其對話及管理其資料交換。為此，交談層提供 2 個表達實體之間建立交談連接之服務。

4.2.6 第 6 層：表現層

表現層提供應用程式實體在其通訊中溝通或引用資訊之表現。其亦提供在應用實體之間傳輸資料的一般表示。

4.2.7 第 7 層：應用層

應用層為應用過程存取開放系統互連環境提供單一方法。因此，應用層與更高層沒有邊界，如表 1 所示。

表 1 七層 OSI 模式

層	名稱
7	應用層(Application layer)
6	表現層(Presentation layer)
5	交談層(Session layer)
4	運送層(Transport layer)
3	網路層(Network layer)
2	資料鏈路層(Data link layer)
1	實體層(Physical layer)

4.3 較低層

4.3.1 一般

較低層為表 1 OSI 模式中之實體層到運送層。

4.3.2 IEEE 802.3 (10BASE-T、100BASE-T 及 1000BASE-T 乙太網)

乙太網係以點對點拓撲為基礎之較低層，特別是應用於區域網路(LAN)技術。其被採用為 IEEE 802.3 標準，並於 1980 年代商業化。乙太網路為有線網際網路的常見實體層。

－ 特點：

- 依其最大傳輸速率可分為傳統乙太網路(legacy Ethernet)、快速乙太網及吉位元乙太網路(gigabit Ethernet)，其個別最大傳輸速率分別為 10 Mb/s、100 Mb/s 及 1 Gb/s。
- 乙太網路使用具碰撞偵測之載波偵測多重存取(CSMA/CD)方法進行資料傳輸。首先，檢查網路之可用性以確定網路是否正在使用中。僅當網路可用時才會進行資料傳輸。若網路正被使用，發射器將等待一定時間後再重試。

－ 照明系統及其他可控制照明的系統之使用範例：

- 乙太網路一般使用於商業用有線照明系統，包括室內應用，例：與中央控制器(骨幹)之通訊、與其他建築系統之連接，以及與使用串流 CAN(sACN)、Art-Net 舞台照明應用之連接。
- 通訊線路也可透過將資料與電力結合在同一電線中而用於供電。乙太網路標準已擴充至可提供高達 90 W 之功率(IEEE Std 802.3bt)，並包含使用乙太網路供電：「乙太網路供電」(Power over Ethernet, PoE)。此也用於一些照明系統，以實現方便連接及高資料速率。

4.3.3 IEEE 8.2.11 (無線區域網路(WLAN), Wi-Fi)

IEEE 802.11 為專用於無線區域網路之較低層架構。主要使用 2.4 GHz 或 5 GHz

的頻率進行通訊。Wi-Fi 聯盟對使用 IEEE 802.11 標準之特定應用實施認證，以促進裝置間之可交互運作性。Wi-Fi 為星狀拓撲結構的一個範例，可在一個網路中連接多個星狀拓撲。

－ 特點：

- Wi-Fi 允許使用者在所安裝之無線存取點(AP)一定距離內使用高速通訊。由於使用無線頻率作為介質，因此具有可建構易於部署且高度可擴充基礎架構之優勢。
- 最初，Wi-Fi 僅限用於依據 IEEE 802.11b 標準在 2.4 GHz 頻段開發之產品，其資料速率高達 10 Mb/s。IEEE 802.11ax 標準擴充頻率範圍至 5 GHz 頻段。2019 年採用的第六代 Wi-Fi 提供高達 1 Gb/s 之資料速率。

－ 照明系統及其他可控制照明的系統之使用範例：

- Wi-Fi 一般使用於商業及住宅無線照明系統。辦公室與家庭照明等室內應用及中等距離範圍內之室外應用也很常見。

4.3.4 IEEE 802.15.1 (低速率無線個人區域網路(LR-WPAN)，藍牙)

藍牙為一種多拓撲(點對多點及網狀網路)結構，通常被當成短距離、低成本及低功耗應用之 2.4 GHz 無線解決方案。

－ 特點：

- 藍牙技術可分為藍牙基本速率(BR)/增強資料速率(EDR)及藍牙低功耗(LE)。
- 藍牙 LE 於 2010 年在藍牙核心規格 4.0 版引入，以回應與 BR/EDR 相比在功耗、複雜性及成本方面更低之需求。
- 藍牙網狀網路為一種全棧式無線網狀網路技術，使用藍牙 LE 提供網狀網路連結(即 Mesh Profile，網狀網路配置檔)，並定義可相互運作之應用層功能(即網目模式)，含對照明應用之支援。於 2017 年公布。
- 隨著 2016 年藍牙核心規格 5.0 版之公布，資料速率及通訊範圍可靈活地權衡調整。

－ 照明系統及其他可控制照明的系統之使用範例：

- 藍牙一般使用於商業及住宅無線照明系統，包括如辦公室及家庭照明等短距離範圍之室內應用。藍牙技術亦支援其他應用，例：室內資產追蹤及室內定位等可利用室內照明基礎設施之應用。
- 藍牙技術定義多種方法以估計通訊裝置間之位置。隨著藍牙核心規格 5.1 版之公布，可從所接收到由其他藍牙裝置傳輸之信號來判斷其方向。

4.3.5 IEEE 802.15.4 (低速率無線個人區域網路(LR-WPAN)，ZigBee 及 Thread)

IEEE 802.15.4 是另一種類型的 LR-WPAN。它是各種基於 LR-WPAN 技術之基礎，如 Zigbee、SNAP、Thread 及 Wi-Sun 規格。

IEEE 802.15.4 通常用於家庭網路中低速、低成本、低功耗無線網路及基於雙向 LR-WPAN 之無線感測器網路。IEEE 802.15.4 在世界大部分地區工作於 2.4 GHz

頻段，即工業科學醫療(ISM)頻段，但也使用 868 MHz (歐洲)及 915 MHz (北美)頻率以避免干擾使用相同頻段的無線技術，例如 Wi-Fi 和藍牙。調制方法是直接序列擴頻(DS-SS)法，正常資料傳輸速率在 20 kb/s 與 250 kb/s 之間。

— 特點：

- IEEE 802.15.4 最初設計用於週期性或間歇性資料傳輸或簡單的信號傳輸，例如感測器和輸入裝置。
- IEEE 802.15.4 目的是針對比其他 WPAN 技術(如藍牙和 Wi-Fi)相對簡單、輕便的技術。
- 應用包括無線照明開關、自用功率計、交通管理系統以及其他需要近場低速通訊之個人與工業裝置。

— 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：

- IEEE 802.15.4 一般使用於小型商業和住宅無線照明系統，包括例如短距離範圍內辦公室和家庭照明應用等室內應用。

4.3.6 IEC 62943(VLC 及 Li-Fi, IEEE 802.15.7)

可見光通訊(VLC)是一種使用調制光源的通訊技術。此通訊信號人眼無法感知。VLC 可以同時提供照明和通訊使用。光照上網技術(light fidelity, Li-Fi)是一種使用 LED 進行高速資料速率通訊之解決方案。

可見光通訊技術為照明業提供了新的應用可能性。對於定位應用，有幾種使用低資料速率(只達 kb/s)之室內定位系統和協定。對於通訊應用，現有使用光二極體(PD)接收器(Mb/s 或 Gb/s)及包括 Li-Fi 在內多種協定之高速通訊系統。

— 特點：

- IEC 62943 是使用光檢測器接收器或智慧手機圖像感測器之室內定位系統的 VLC 標準。該標準將燈具發射之信號波形格式(I-4PPM)定義為標識碼(ID)。接收器(智慧手機)可以輕易偵知並連接到網路或雲端系統，然後將帶有 ID 的相關資訊傳遞給客戶或使用者。

— 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：

- VLC 技術被使用於連接到雲端或其他大系統以提供定位或通訊服務之系統。VLC 系統之協定通常會將 ID 或信號轉換成其他系統使用之特殊資料或命令。

4.4 通訊協定

4.4.1 BACnet

BACnet 是 ISO 16484-5 規範的建築自動化及控制系統(BACS)協定。透過定義多個傳輸網路使不同的產品可以協同工作，它為系統配置提供了更高的靈活性，實現不同產品間之無縫通訊。

BACnet 規定了建築自動控制系統與各種控制裝置間交流的標準模式。BACnet 具有下列特色：

- (a) 以物件形式結構化之資料和功能；

- (b) 處理資料傳輸和接收之服務；
- (c) 網路資料鏈路層；
- (d) 建築自動控制網路結構。
 - 特點：
 - 可以在 BACNet 協定中定義各種類型之資料鏈路及層級。
 - BACNet 中說明了多達 18 個物件定義、表示法與透過物件之資料分享，以及分成 5 個類別(資料共用、警報和事件、排程、趨勢和裝置管理)之 32 項服務。
 - 多拓撲結構，例如菊鏈、星狀及混合拓撲等，可以使用如雙絞線和光纖等有線實體層進行架構。
 - 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：
 - BACNet 一般使用於商業建築自動化系統、建築管理系統(BMS)及能源管理系統(EMS)，例如連網照明系統和自動化空氣調節系統(HVAC)。一般情況下，連接之照明系統使用 BACNet 協定傳輸資料以連接到更高層的 EMS/BMS 系統。

4.4.2 IEC 62386 (數位可定址照明介面，DALI®)

IEC 62386 是數位照明控制的專用協定，可輕易安裝堅固、可擴充和靈活的照明網路，由 IEC 62386 系列標準規範。

數位照明介面聯盟(DiiA)也稱為 DALI 聯盟，負責管理數位可定址照明介面之規範、認證和推廣。該聯盟與 IEC 合作管理 IEC 62386 系列標準。IEC 62386 協定係專為所有應用之照明控制而設計。IEC 62386 系列標準於 2014 年底進行了重組和更新，並進行了多項改進。IEC TC 34 持續的增添新功能，並以 IEC 62386 系列之新分部來發布。於產品實現的數位可定址照明介面之認證由 DALI 聯盟管理。DALI 聯盟區分了兩種應用：

- 根據 DALI-2 認證計劃燈具間之網路；
- 根據 D4i 認證計劃燈具之內部網路。

數位可定址照明介面在 IEC 62386-2xx 系列中有針對各種類型的控制裝置及各種特別功能的控制裝置(例如調光，緊急)之特定標準，IEC 62386-3xx 系列是針對各種輸入裝置(例如感測器，信號開關)。IEC 62386-101 包含基本系統元件之一般要求。IEC 62386-104 將要求擴充到無線和替代性有線系統元件。

- 特點：
 - 數位可定址照明介面通訊協定(101 部)之導線傳輸數位資訊，但也可用來為消耗功率需要非常低的裝置(如感測器)供電。
 - 1 個數位可定址照明介面網路限用 64 個控制裝置和 64 個輸入裝置。此限制不會阻礙其在擁有數千個燈具建築物中之使用，因為整個照明控制網路可以分拆為多個具有最多 64 組燈具之網路。
 - 每個支援數位可定址照明介面之裝置都可以分配到一個單獨的位址，從

而允許對單個裝置進行數位控制。此外，這些裝置還可以程式化以群組操作。

- 提供能源報告和診斷功能。
 - 數位可定址照明介面一般而言可以使用正常的市電配線配置成匯流排、星狀及混合拓撲，最長可達 300 m，因此不需要特殊的通訊配線。
- 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：
- 數位可定址照明介面一般使用於具有線數位網路之商業和住宅照明系統，包括室內應用，例如辦公室和家庭照明。

4.4.3 DMX 512 (digital multiple X)與 RDM (remote device management)

DMX512 是專門用於舞臺燈光數位通訊網路的專用協定。遠端裝置管理(RDM)是具有雙向功能的 DMX 512 之擴充。

DMX 512 協定分配 8 位元脈衝以控制一個照明裝置。DMX 512 一次最多可控制高達 512 只照明裝置。

RDM 協定之開發是為了在以 DMX 512 為基礎的照明網路中有效管理具有更多樣化功能之照明裝置，同時也提高照明裝置的性能。

雖然 RDM 是在傳統的 DMX 512 上運作之控制協定，但與 DMX 512 協定有一些顯著差異。DMX 512 使用單向通訊，而 RDM 使用雙向通訊將控制訊息從控制器發送到照明裝置，然後接收回應訊息。為了避免雙向通訊可能導致之訊息重疊，RDM 運用了一個輪詢系統(polling system)，該系統只允許由控制器啟動訊息傳輸。

- 特點：
- 為了有效控制照明裝置，RDM 協定支援配置、監控和管理功能，包括現有 DMX 512 不支援的照明裝置探索功能。
- 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：
- DMX 及 RDM 一般使用於特定照明系統，包括室內舞台照明及戶外建築照明。

4.4.4 Zigbee 與 Dotdot

4.4.4.1 Zigbee

Zigbee 技術由連接標準聯盟(Connectivity Standards Alliance, CSA，前身為 Zigbee 聯盟)開發，通常用於消費性及建築自動化低速、低成本、低功耗無線網路及以雙向通訊為基礎的無線感測器網路。Zigbee 於世界大部分地區，在 2.4 GHz 頻段(工業科學醫療頻段，ISM)上運作，但也可在 868 MHz (歐洲)和 915 MHz (北美)頻率上使用以避免干擾使用相同頻段之無線技術，例如 Wi-Fi 和藍牙。調制方法是直接序列擴頻法，資料傳輸速率在 20 kb/s 和 250 kb/s 之間。

Zigbee 技術定義了 IEEE 802.15.4 無線電之上的網路層，可在各種拓撲(點對點，星狀和網目)中實現多跳單播(multi-hop unicast)、群組及廣播通訊。Zigbee

透過其 Dotdot 規格進一步定義了網路偵錯、網路管理(裝置和服務探索)及豐富的應用程式定義。

Zigbee 於 2004 年首次發布，應用重點是照明、家庭及建築自動化。2011 年，增加了 Zigbee Green Power 協定，容許整合超低功耗，包括能量收集(無電池)、感測器、開關及控制器。Zigbee 3.0 於 2016 年發布，提供了統一的裝置定義和配置方法。

— 特點：

- Zigbee 最初設計用於週期性或間歇性資料傳輸，或用於簡單的信號傳輸，例如感測器和輸入裝置。
- Zigbee 與其他無線連接技術(如藍牙和 Wi-Fi)相比，其目標是相對簡單、更輕量的技術。
- 其應用包括無線照明控制系統(包括感測器、開關和光狀態監控)、暖氣、通風和空調(HVAC)、安全和保全系統(包括門/窗感測器)、窗簾解決方案、支援能源管理用途之自用功率計、交通管理系統及其他需要短距離低速通訊之個人和工業應用。

— 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：

- Zigbee 一般使用於小型或中型(多達數百台)商業和住宅無線照明系統，包括如短距離範圍辦公室和家庭照明之室內應用。

4.4.4.2 Dotdot

Dotdot 是一種智慧物件之應用協定。最初由連接標準聯盟開發作為 Zigbee 網路用之 Zigbee 叢集庫(cluster library)。每個叢集聚焦於一個應用範圍，例如開/關控制、亮度控制、顏色控制、佔用感應、電能計量、入侵者警報系統、診斷，並定義一組專用命令和屬性以及相關的裝置行為。這允許，例如，一個供應商的佔用或照度感測器可控制另一個供應商照明裝置的光度。

Dotdot 協定可用於 Zigbee 以外的網路技術。目前，Dotdot 應用層被指定為連接標準聯盟內的 Matter 標準(以前稱為 Project Connected Home over Internet Protocol，也稱為 Project CHIP)之一部分，該標準預期可使 Dotdot 跨 Thread，Wi-Fi 及乙太網來使用。

— 特點：

- 通用協定，作為 IoT 裝置之通用語言，在多種網路與其他裝置進行通訊。
- 輕鬆實現在 Zigbee 上使用 Zigbee 叢集庫(ZCL，通用資料模式)，很快也將用於 Wi-Fi、Thread 及以乙太網為基礎之平臺，作為 Matter 的一部分。

— 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：

- Zigbee 一般用於提供照明系統中各種裝置一個共同資料模式，包含與家庭及建築自動化、保全與安全系統及能源管理系統之整合。

4.4.5 ECHONET Lite

ECHONET Lite 是一種用於可靠、低成本的家庭網路之協定，不需要新的配線，可以安裝在現有家庭中。ECHONET Lite 之照明裝置物件於 IEC 62394 規範，其通訊中介軟體於 ISO/IEC 14543-4-3 中定義。

ECHONET Lite 具有以下特性：

- (a) 用於可靠、低成本的家庭網路之協定，不需要新的配線，可以安裝在現有家庭中。
- (b) 多供應商相容的家庭網路設備。
- (c) 供個別供應商使用之系統模式，以促進應用系統之開發。
- (d) 通訊中介軟體和開發支援工具，減輕設備開發者之負擔。
- (e) 應用服務相容之中介軟體，方便節約能源所需之應用開發。

— 特點：

- 系統配置之物件導向模式化。
- 開放式網路架構，用於開發和商業化符合 ECHONET Lite 協定之通訊驅動程式、中介軟體及外圍裝置。
- 透過共通規範實現多供應商之環境，並使不同供應商之設備能互連和控制。
- 與大部分的設備相容，例如用於中小型建築及商店之家用設備與裝置。
- 使用不同類型的現有標準傳輸介質之可行性。

— 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：

- ECHONET Lite 一般使用於五種燈具與照明系統控制之照明類別：單一功能照明類、一般照明類、照明系統類、擴充照明系統類和固態照明類。

4.4.6 EnOcean

EnOcean 是一種以自供電(無電池)無線開關、感測器和控制器為基礎的網路建構協定。它專注於促進基於 EnOcean 標準(ISO/IEC 14543-3-10 和 ISO/IEC 14543-3-11)之具互運性、免維護及經過驗證的環境系統。

EnOcean 協定提供了廣泛且成熟的智慧家庭和智慧建築可用之可交互運作自供電無線感測器生態系統的優勢。它確保某個製造商的感測器、開關和控制可以與另一個製造商的接收器開道通訊。EnOcean 協定還包含一個使用能量收集技術(如動作、光或溫差)從週邊獲取能量之感測器網路。這一原理允許獨立於外部電源運作的電子控制系統之使用。

— 特點：

- 使用免授權 1 GHz 頻段之全球無線協定；歐洲和中國為 868 MHz，北美為 902 MHz，日本為 928 MHz。
- 由於採用動能和諸如太陽能電池等熱能收集技術，在沒有電池或其他電源之室內應用中覆蓋範圍可達 30 米，可以有使用經濟性且對環境友善。

- 標準化感測器配置檔，確保產品互運性。
- 低能耗需求，並為資料速率達 125 kb/s 的自供電感測器及開關進行了優化。
- 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：
 - EnOcean 一般使用於室內照明系統，包括建築自動化、智慧家庭及物聯網(IoT) 網路。

4.4.7 KNX

KNX 是用於聯網建築自動化系統的協定。它提供區域系統通訊，並充當系統級裝置間之主幹。KNX 由 ISO/IEC 14543-3-10 及 ISO/IEC 14543-3-11 規範。

KNX 專注於建築管理和自動化，如 HVAC、照明、保全系統及監控系統，可借助無線和有線實體層，例如資料速率達 1.2 kb/s 載波頻率為 110 kHz 之電力線通訊(PLC)、868.3 MHz 之射頻通訊或基於 IP 之乙太網平臺。

- 特點：
 - KNX 是住宅和商業建築自動化的專用協定，用於 HVAC、照明、保全，遠端存取，窗簾和百葉窗控制，視覺化以及能源管理。
 - 諸如樹形、匯流排、星狀和混合拓撲等多拓撲結構可以使用有線實體層進行建構，例如使用電力線(KNX PL)、雙絞線(KNX TP)及以 IP 為基礎之乙太網平臺(KNXnet/IP)。
 - KNX 還可以透過閘道與其他協定一起工作。
- 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：
 - KNX 一般使用於住宅與商業照明系統。它可用來結合例如 HVAC、保全、遠端存取、窗簾和百葉窗控制系統等功能之建築自動化。

4.4.8 LonWorks

LonWorks (local operating network)是用於建築自動化的協定，包括照明和 HVAC 系統。它由 ISO/IEC 14908-2 規範，並由獨立的製造商聯盟 LonMark International 提供支援。

採用 LonWorks 協定之裝置用於照明和 HVAC 系統，但也可用於許多其他應用，如運輸，公用設施、程序控制及家庭自動化。

- 特點：
 - LonWorks 是住宅和商業建築自動化之專用協定，安裝簡單。
 - 菊鏈、星狀和混合拓撲等多拓撲結構可以透過有線實體層(如電力線和雙絞線平臺)建構。
- 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：

LonWorks 一般使用於住宅和商業照明系統，以及具有其他 HVAC 與控制系統之建築及家庭自動化。

4.4.9 0-10 VDC

0-10 VDC (電流源)是一種類比控制方法，具有一個電流源和一個標稱範圍為 0 V 至 10 V 之控制電壓，用於對光源調光。它由 IEC 63128 規範。

4.4.10 PWM (脈寬調制)

PWM 是控制照明設備光輸出之常用方法。PWM 之控制在 IEC 60929:2011 E.3 中有作說明。PWM 方法利用變動持續時間、頻率與振幅的電流脈衝來控制光源之輸出。

近來，基於 IEC 60929 之 PWM 控制已應用於 LED 照明系統。LED 光源之光輸出波形是使用與控制裝置之輸入信號波形相同之 PWM 波形所生成的。

園藝照明是照明業的新興應用。在園藝領域，使用 PWM 控制是因為很容易將照明控制器連接到主控制器，以實現多系統(例如照明，空調，遮陽)之協同控制。在此應用中，LED 光源和放電燈都用來於使植物受益。

- 特點：
 - 調光特性可透過脈寬調制輕易控制。
 - 以最少之光譜變化進行調光是 PWM 控制的一個好處，因為降低光源輸出所改變的只是脈衝寬度而不是振幅。
- 照明系統和其他可以控制照明的系統之使用範例：
 - PWM 一般使用於住宅、商業及園藝照明系統。

5. 照明系統及其他可以控制照明之系統範例

5.1 用於照明系統之典型 OSI 模式層

照明系統之通訊協定支援 OSI 模式中各個層(參見 4.2)。表 2 顯示了此類照明系統之典型 OSI 模式層以及特定的支援通訊協定。

表 2 用於照明系統及其他可以控制照明系統之典型 OSI 模式層

OSI 模式層	節次	支援之通訊協定														
第 7 層：應用層	4.2.7	ECHONET Lite	BACnet	Bluetooth	Zigbee		Dotdot		DALI®	KNX						
第 6 層：表現層	4.2.6															
第 5 層：交談層	4.2.5															
第 4 層：運送層	4.2.4										VMesh					
第 3 層：網路層	4.2.3															
第 2 層：資料鏈路層	4.2.2										Wi-Fi			Ethernet	PLC	
第 1 層：實體層	4.2.1															

5.2 用於照明系統之典型通訊協定

特定系統和功能通訊協定之選擇取決於其特性。4.4 中介紹了照明系統和其他可以控制照明之系統有用的通訊協定。表 3 綜合了照明系統中特定使用場合之典型通訊協定。

表 3 照明系統和其他可以控制照明之系統用典型通訊協定

通訊協定	節次	使用場合之範例
BACnet (ISO 16484-5)	4.4.1	照明系統與其他建築管理系統，例如 HVAC 控制系統，之間的整合介面。 範例：BEMS
DALI® (IEC 62386 系列標準)	4.4.2	照明系統中之照明終端裝置(燈具、驅動器、感測器及按鈕、開關等)。 範例：小型及大型辦公室/建築
DMX 512	4.4.3	動態照明設備。 範例：舞台照明及建築照明
Dotdot	4.4.4	以 Zigbee 標準為協定埠、用於基於 IP 之網路之資料模式。 範例：Thread 與 Wi-Fi
ECHONET Lite (IEC 62394, ISO/IEC 14543-4-3)	4.4.5	感測器、器具及包含照明之設備用通訊規範 範例：家庭、小/中型建築及商店
EnOcean (ISO/IEC 14543-3-10, ISO/IEC 14543-3-11)	4.4.6	連接到照明系統之能源回收裝置。 範例：按鈕、感測器及照明控制器
KNX (ISO/IEC 14543-3-10, ISO/IEC 14543-3-11)	4.4.7	住宅及商業建築中 IEC 62386 之閘道器/控制器、相切(phase-cut)、1-10 VDC、開/關控制燈具、開關，人體感應(occupancy sensor)及照明感測器。
LonWorks (ISO/IEC 14908-2)	4.4.8	照明系統與其他諸如 HVAC 控制系統等建築管理系統之間的整合介面。 範例：BEMS
0-10 VDC	4.4.9	燈具與中控，及街道照明。 範例：街道及戶外道明
PWM (Pulse width modulation) (IEC 60929)	4.4.10	專屬 LED 驅動器至 LED 模組介面之控制系統。 範例：家庭、小型及大型辦公室/建築
Wi-Fi (IEEE 802.11)	4.3.3	住宅用燈/燈具、閘道器用偵錯與控制介面、控制器到控制器之通訊網路及網路層之 IP 路由器。 範例：家庭、小型及大型辦公室/建築
VEmesh	-	照明系統中之照明終端裝置，諸如燈具、光源控制裝置、感測器、調光器。 範例：辦公室、工業場所、緊急照明

5.3 照明系統通訊協定之典型特徵

每種通訊協定都有其自己的特定特徵，例如資料速率、覆蓋範圍與可在系統中管理之最大節點數。表 4 列出每種照明系統通訊協定之典型特徵。

表 4 通訊協定之典型特徵

通訊協定	節次	資料速率	涵蓋範圍	拓樸	協定層	頻帶 (無線)
BACnet	4.4.1	9.6 kb/s 至 100 kb/s	500 m/1500 m	菊鏈、星狀	OSI 1~3,7	-
DALI®	4.4.2	1.2 kb/s	300 m	匯流排、星狀	OSI 1~7	-
DMX 512	4.4.3	250 kb/s	100 m	菊鏈		-
ECHONET Lite (透過乙太網)	4.4.5	1/10/100 Gb/s	100 m	匯流排、星狀	OSI 1~7	-
EnOcean	4.4.6	125 kb/s	30 m	點對點	OSI 1~3	1 Ghz
KNX	4.4.7	1.2 kb/s 1.2/2.4 Mb/s	500m/ 1000 m	匯流排、星狀	OSI 1~4,7	-
LonWorks	4.4.8	9.6 kb/s 至 1 Gb/s	500m/ 2700 m	菊鏈、星狀	OSI 1~7	-
乙太網	4.3.2	1/10/100 Gb/s	100 m	匯流排、星狀	OSI 1~4	-
Wi-Fi	4.3.3	450 Mb/s	100 m	星狀、網目	OSI 1~2	2.4 GHz/ 5 GHz
藍牙	4.3.4	2/24 Mb/s	50 m	點對點、 星狀、網目	OSI 1~2	2.4 GHz
Thread	4.3.5	250 kb/s	30 m	網目	OSI 3	2.4 GHz
Zigbee	4.3.5	250 kb/s	30 m /100 m	網目	網路及應用	2.4 GHz
VEmesh	-	50 kb/s	1,000 m	WANET (Wireless ad hoc network)	OSI 1~4	1 GHz

備考：本表中資訊係基於截至 2020 10 月可取得之製造商資訊。

5.4 照明系統之典型示意圖

圖 8 顯示了照明系統和其他可以控制照明的系統之典型示意圖。通常，照明系統由使用者介面(牆壁面板、開關及有應用程式的行動裝置)、照明產品(燈、燈具和感測器)、控制器/管理器和雲端伺服器組成。在某些情況下，例如：大型建築，可預計會有與家庭和建築電子系統(HBES)以及建築自動化和控制系統(BACS)進一步之通訊，如圖 8 所示。

每個照明系統可以使用單一協定(無線或有線)或多個協定。使用多種協定的一個例子是以 Wi-Fi 為基礎之照明產品與以藍牙為基礎之感測器/開關之組合。在此情

況下，藍牙產品需要一個閘道器來進行通訊。使用多種協定之另一個例子是混用建築控制用 KNX 協定與照明控制用 Wi-Fi 協定。

如 4.1 至 4.4 所述，每個網路拓撲與協定都有其自己的特徵，因此，可以依據應用而從成本、管理和性能的角度來考量，選出特定網路拓撲和協定之優先組合。

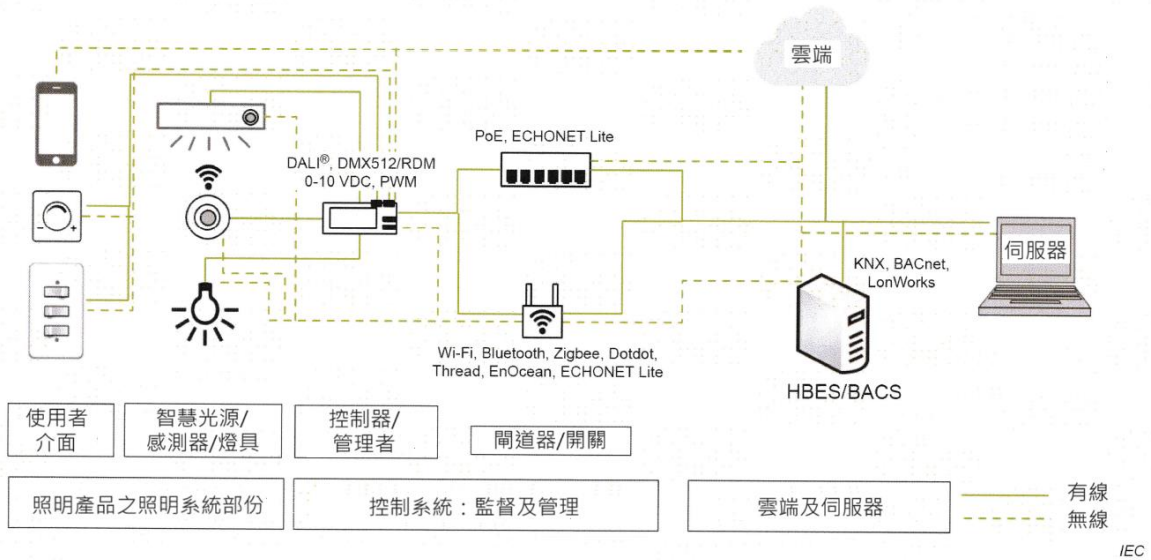


圖 8 照明系統與其他系統連結之典型示意圖

參考文獻

- [1] CNS 13204 資訊處理系統－開放系統互連－基本參考模式
- [2] CNS 16014 智慧家庭之裝置互連協定
- [3] CNS 62386-101 數位可定址照明介面－第 101 部：一般要求－系統元件
- [4] IEC 60050-351, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) 351: Control technology, available at <http://eee.electropedia.org>
- [5] IEC 60929:2011, AC and/or DC-supplied electronic control gear for tubular fluorescent lamps – Performance requirements
- [6] IEC 62386 (all parts), Digital addressable lighting interface
- [7] IEC 62394, Service diagnostic interface for consumer electronics products and networks – implementation for ECHONET
- [8] IEC 62943, Visible light beacon system for multimedia applications
- [9] IEC TS 63105, Lighting systems and related equipment – Vocabulary
- [10] IEC 63128, Lighting control interface for dimming – Analogue voltage dimming interface for electronic current sourcing controlgear
- [11] ISO/IEC 13066-1:2011, Information technology – Interoperability with assistive technology (AT) – Part 1: Requirements and recommendations for interoperability
- [12] ISO/IEC 14543 (all parts), information technology – Home electronic system (HES) architecture
- [13] ISO/IEC 14908 (all parts), Information technology – Control network protocol
- [14] ISO16484-5, Building automation and control systems (BACS) – Part 5: Data communication protocol
- [15] IEEE Std 802.3TM, IEEE Standard for Ethernet
- [16] IEEE Std 802.11TM, IEEE Standard for Information technology – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15.1a: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications for Wireless Personal Area Networks (WPAN)²
- [17] IEEE Std 802.15.1TM, IEEE Standard for Information technology – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15.1a: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications for Wireless Personal Area Networks (WPAN)²
- [18] IEEE Std 802.15.4TM, IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks
- [19] ANSI/IES TM-23-17, Lighting Control Protocols

相對應國際標準

IEC TR 63425:2022 Connectivity for lighting systems, Edition 1.0