

摘要

- (一) 連網設備的耗電量中約六至七成皆耗用於待機，以隨時準備恢復網路的連結並接收訊息，故全球政府、業界及相關組織，正積極從技術面與政策面尋求減少網路的待機電力耗用。
- (二) 技術面：改善連網設備能源效率的技術可區分為三大類型，分別為：降低網路連結所需電力、執行能源管理及執行功率縮放。
- (三) 政策面：管理連網設備之政策工具可區分為六大類型，分別為：最低能源效率基準、能源標章、自願性協議與行為準則、誘因及獎勵、消費者認知宣導、認證方案。
- (四) 政策施行較為積極的國家包含歐盟、韓國與美國。其中，歐盟與韓國皆有針對連網設備待機電力訂定最低能源效率基準，美國方面則是採用能源之星與自願性協議，並藉由獎勵措施鼓勵使用節能技術，讓連網設備長時間處於低功率模式以減少能源耗用。
- (五) 對我國而言，短期內可優先針對數量多、長時間待機的連網設備(如：機上盒、寬頻數據機、無線分享器等)進行管理。長期而言，則可仿照歐盟作法，依據網路的可用性區分不同類型以分別訂定最低能源效率基準，納入所有連網設備進行管理。

一、前言

網路發展已全面改變人類生活，許多連網設備(Network-enabled devices)，如：智慧型手機、平板電腦、筆記型電腦、機上盒、連網電視的使用，已成為許多人的日常生活習慣。此外，由於智慧化(Smart)發展的大趨勢，如：智慧家庭、智慧城市、智慧建築、智慧製造等，亦使這些連網設備在未來扮演著更重要的角色。故網路連接預期未來

將以指數速度快速增加，主要驅動力可歸納為以下四點：

1. **網路使用人口的增加**：1990 年全球網路使用人口僅有 300 萬，但 2010 年時增加至 20 億，而 2016 年全球網路使用人口更已突破 30 億，占全球人口 42%。

2. **網路流量的增加**：1992 年時全球網路流量僅為每日 100GB，但至 2012 年時已增加至每秒 16,809 GB，2016 年更高達每秒 37,057GB，預估至 2021 年將突破每秒 107,294 GB，2016 至 2021 年間網路流量的年平均成長率為 24%。

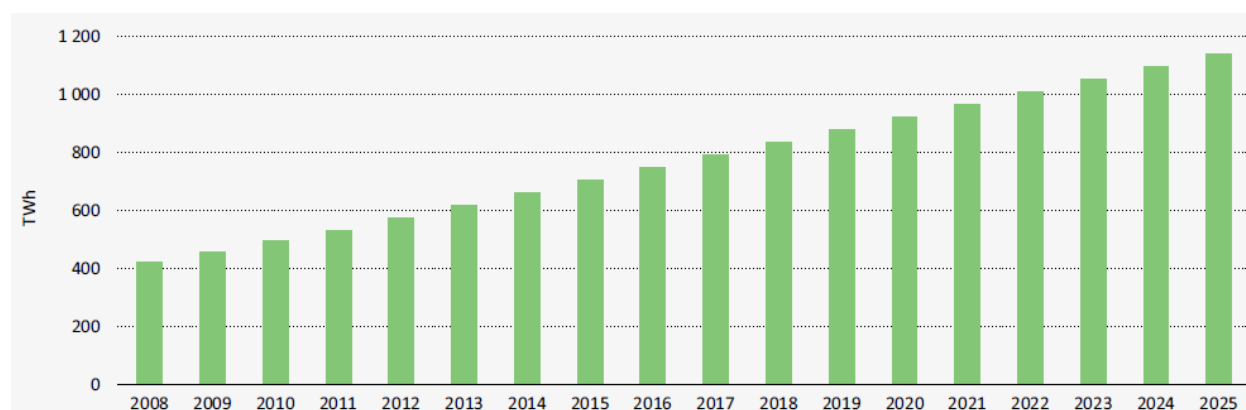
3. **消費者和企業對網上服務(Online service)的需求持續增加**：以商業網路流量而言，預期在 2016 年至 2021 年的年平均成長率高達 21%。住宅方面，許多家庭的音樂和影像設備都增加網路功能，而家電製造商亦持續新增家電的網路功能(如：冰箱、微波爐、咖啡機、洗衣機等)。

4. **連網設備(Network-enabled devices)數量的快速增加**：2016 全球連網設備約 170 億個，國際能源總署預估 2020 年時全球連網設備的數量將達 500 億個，2030 年進一步成長至 1000 億個。

龐大連網設備數量隱含著大量電力消費，全球連網設備的電力消費在 2012 年僅為 5,700 億度，但至 2013 年已增加為 6,150 億度，預計至 2025 年將進一步成長至 1 兆 1400 億度(參見圖 1)，此相當於目前全球最終電力消費的 6%。雖然連網設備的電力需求逐年成長，但 BIO Intelligence Service 的研究顯示其耗電量中約六~七成為待機時的耗費(約 4000 億度電)，以隨時準備恢復網路的連結並接收訊息，故全球政府、業界及相關組織，積極從技術面與政策面尋求減少連網設備在網路待機時的電力耗用。

此外，依據台灣網路資訊中心調查，2016 年我國上網人數約 1993 萬人，占總人口數 84.8%，上網人口密度居世界前茅。另依據內容遞送網路(Content Delivery Network, CDN)服務供應商 Akamai 在 2017 年 6 月隨機抽樣台灣 314 位民眾，發現 84% 受訪者至少有一個連網設備，

平均一位受訪者會有 6.7 個連網設備(遠高於全球平均的 2.3 個)。但我國尚未針對連網設備設定能源效率規範；因此，可針對國際之相關技術資料 (如：IEA network standby project、Super-Efficient Equipment and Appliances Deployment (SEAD) Network Standby Collaboration、4E Standby Power Annex、Internet Engineering Task Force (IETF))及政策規範進行探討，做為後續研擬政策的參考。



資料來源: IEA (2014)

圖 1 連網設備的電力消費趨勢

二、連網設備之節能技術

1. 連網設備定義

透過各種無線與有線的媒介，可連結網路內的各項設備。基本上，連網設備(Network-enabled devices)可分為以下三種類型：

- 網路設備(Network equipment)：係指主要功能為提供網路連結的設備，包含：交換器(Switch)、路由器(Router)、無線接入點(Access point)和數據機(Modem)等。
- 電子式終端連網設備(Electronic edge devices)：終端的連網設備可區分為「電子式」與「其他」。其中，電子式終端連網設備的主要功能為資料(Data)，意即這些設備可取得、處理、儲存、傳輸資料或顯示資訊。常見的設備包含：電腦、印表機、平板電腦、手機、機上盒(Set-top boxes, STB)、電視機及影音設備。

- 其他終端連網設備(Other edge devices)：另一種類型的終端連網設備其主要功能並非與資料相關，其包含除電子式終端連網設備外的所有可連網的家電，如：廚房(冰箱)、洗衣(洗衣機)、烹飪(微波爐、烤箱)、供暖和製冷(冷暖氣機)、照明設備(燈具)等。

2. 節能技術

改善連網設備能源效率的技術可彙整為以下三大類型：

- **降低網路連結所需電力**：網路中存在許多設備間的連結，故如何降低網路連結耗用之電力為一項重要的因素。大多數網路技術都是採完全雙向連結(full-duplex)，亦即資料可同時以兩個方向傳輸，若將其縮減為半雙向連結(half-duplex)，一次只能有一個傳輸方向，可節省網路連結的電力。以目前降低網路連結電力之技術而言，大多數都需要在連結的兩端安裝相容的硬體和軟體，才能達到節能效果。
- **執行能源管理**：讓設備自動減少在高功率模式下的時間，增加在低功率模式下的時間。讓設備進入省電模式或休眠並不難，困難點在於須維持網路連結並且快速喚醒設備，同時維持服務品質。故能源管理實施是否成功取決於確保設備恢復的能力，而不會對淨產出或提供之服務產生負面影響。可分為「沒有網路合作的省電模式」(如：代理技術)與「具有網路合作的省電模式」(如：減少或過濾網路流量、網路喚醒技術(Wake-on-LAN)兩種主要技術群組。
- **執行功率縮放**：隨資料量的不同，藉由關閉不必要功能和調節處理器功率，而動態與等比例的調整電力消耗。可分為輕度休眠、最佳化排程、採用多核心處理器、動態的電力節約、電力島及高效乙太網等六種主要技術。

三、管理連網設備之政策工具

管理連網設備之政策工具主要涵蓋六大類：

- 最低能源效率基準(Minimum energy performance standards, MEPS)：透過規定設備的最高允許能源耗用或最低的能源效率標準，無法符合者將禁止製造及銷售。實際施行時又可區分為三大類型，分別為垂直法(Vertical approach)、水平法(Horizontal approach)和分群法(或稱半水平法)。
- 能源標章(Energy labels)：能源標章為附加在產品上描述產品能源效率的資料標示，目的在提供消費者選購時之決策參考。此外，警告標章為一種新興的標章，標示在不符合規定的產品上。
- 自願性協議與行為準則(Voluntary agreements and codes of conduct)：政府當局與個別公司或企業集團之間協議的約定，包括提高能源效率的目標和行動時程表。
- 誘因及獎勵(Incentives and awards)：包含財務獎勵措施、補貼及其他市場經濟面措施。
- 消費者認知宣導(Consumer awareness campaigns)：其可為一個獨立的宣導活動，或與能源效率要求、標章計畫相結合。
- 認證方案(Certification schemes)：是一種標竿(Benchmarking)的形式，可快速評估能源效率。

上述六大類政策分別在不同國家加以實施，以管理連網設備而言，政策施行較為積極的國家包含歐盟、美國與韓國，茲分別說明其主要實施內涵：

1. 歐盟

歐盟委員會是全球第一個特別針對網路待機而制定政策的地區；2009年時，歐盟委員會與各產業組織和利益相關者協商，進行了廣泛而深入的生態化設計指令(Ecodesign Directive)之初期研究。這項研究工作涵蓋了市場分析、消費者行為、最佳可行技術和改進潛力，於2011年結束後，建議採用水平法的網路待機政策。在水平法中，歐盟依據網路的可用性(亦即設備回應網路訊號的時間長短)區分了三種類型

以訂定最低能源效率基準，分別為：

- 網路可用性高的設備(Devices with high network availability, HiNA)：包含路由器、交換器、集線器、數據機、無線接入點、網路語音電話(Voice over Internet Protocol, VoIP) 或視訊電話等。
- 具有 HiNA 功能的設備 (Devices with HiNA functionality)：包含以路由器、交換機或無線接入點作為次要(附帶)功能之設備，如：複合式機上盒。
- 網路可用性低的設備(Devices with low network availability, LoNA) 或其他連網設備：包含其他所有的連網設備。

歐盟針對此三種類型分階段訂定標準，在每個階段下標準將會越來越嚴格(彙整如表 1)所示。除訂定最低能源效率標準外，歐盟針對這些連網設備額外訂定了兩項要求，分別為：所有在市場上銷售的連網設備都需要在停止其主要功能後 20 分鐘內進入省電模式；所有連網設備必須能停止無線網路連結，當網路停止連結時(亦即設備不連網)，則待機電力必須小於 0.5W。此外，歐盟亦有針對一些連網設備採用自願協議和行為守則，自願性協議部分包含機上盒、成像設備、醫學的成像設備；行為準則則包含機上盒、外接式電源供應器、寬頻設備。

表 1 歐盟針對連網設備待機電力訂定之最低能源效率基準

設備類別	時程	第一階段 (2015/1/1)	第二階段 (2017/1/1)	第三階段 (2019/1/1)
網路可用性高的設備 (HiNA)		12W	8W	8W
具有 HiNA 功能的設備		12W	8W	8W
網路可用性低的設備 (LoNA)或其他連網設備		6W	3W	2W

資料來源：European Commission (2014)

2. 韓國

韓國的作法與歐盟不同，採取的是針對每種設備訂定待機電力標準的垂直法，稱之為 e-Standby 方案。在此方案下，針對 11 項的終端連網設備訂定網路待機的限制。其中，針對電腦、印表機、傳真機、影印機與多功能機設定總能源消費量(包含：睡眠模式、轉換時間和關閉模式)，針對其他設備則分別訂定轉換時間及待機與關閉模式下的限制，彙整如表 2 所示。

表 2 韓國在 e-Standby 方案下訂定的連網設備待機電力標準

設備別	網路待機模式的電力限制	網路功能性	網路待機模式的可用性
電腦	總能源消費量，包含：睡眠模式、轉換時間和關閉模式	可用(Available)	可用(Available) (網路喚醒模式)
印表機、傳真機、影印機與多功能機	總能源消費量，包含：睡眠模式、轉換時間和關閉模式	可用(Available)	可用(Available)
掃描器	≤ 15 分 (轉換時間) ≤ 5-10 W (待機模式) ≤ 0.5 W (關閉模式)	可用(Available)	可用(Available)
建築物之對講機、有線/無線電話	≤ Various (待機模式)	可用(Available)	可用(Available) (背光關閉模式)
機上盒	≤ 1 W (被動待機) ≤ 10-20 W (主動待機)	可用(Available)	無
數據機	≤ 0.75 W (關閉模式) ≤ Various (待機模式)	可用(Available)	無
家庭閘道器	≤ 10 分(轉換時間) ≤ 10-20 W (休眠模式)	可用(Available)	無

資料來源：Jung (2013)；IEA (2014b)

3. 美國

美國方面則是採用能源之星，著眼於每年總能源耗用(包含開啟、

待機和關閉模式的能耗)，並將網路待機電力納入考量。目前，能源之星規範的連網設備包含：影音設備、遊戲機、電視、機上盒、伺服器、電腦、成像設備、數位電視和顯示器。此外，美國環保署亦針對能維持網路連結、並保持在低功率狀態的能源之星電腦設備進行獎勵，包含：乙太連結的網路喚醒技術及代理技術，該獎勵措施藉由鼓勵設備長時間處於低功率模式，以減少能源的使用。

除能源之星外，由於美國能源部將機上盒和網路設備納入消費性電子設備的節能計劃中，故促使產業在 2013 年起啟動了自願性協議。以機上盒而言，美國機上盒節能協議為美國政府、監督機構和設備供應商與製造商間的自願性協議，為了建立協議的可計算性與透明性，協議尚包括驗證機上盒性能的詳細流程、改進能源效率的年度公開報告，針對其客戶發佈設備能源耗用資訊。因此，越來越多的新及既有的機上盒應用輕度休眠技術，可自動 power down，約可減少 20% 的能耗量。而下一代有線機上盒中將採取深度休眠功能，進一步提高節能。

四、國際政策趨勢對我國後續政策推動之意涵

綜觀國際間(包含：歐盟、美國與韓國)管理連網設備之政策工具，歐盟與韓國皆有針對連網設備待機電力訂定最低能源效率基準(MEPS)，而歐盟亦有針對一些連網設備採用自願性協議。在美國方面則是採用能源之星與自願性協議，並藉由獎勵措施鼓勵使用節能技術，讓連網設備長時間處於低功率模式以減少能源耗用。此顯示國際上管理待機電力最常用的政策工具為訂定待機時的最低能源效率基準、採用節能標章與自願性協議方式，以提昇連網設備的能源效率。

以我國而言，目前已公告 24 項產品的最低能源效率基準(MEPS)，包括：汽車、機車、漁船用引擎、電冰箱、螢光燈管、無風管空調機(含窗型冷氣機與箱型冷氣機)、低壓三相鼠籠型感應電動機、低壓單相感應電動機、空調系統冰水主機、鍋爐、螢光燈管用安定器、安定器內藏式螢光燈泡、緊密型螢光燈管、除濕機、白熾燈泡、發光二

極體(LED)燈泡、電熱水瓶、貯備型電熱水器、即熱式燃氣熱水器、燃氣台爐、冰溫熱型開飲機、溫熱型開飲機、冰溫熱型飲水供應機及溫熱型飲水供應機，但目前並未針對任何連網設備的待機電力訂定最低能源效率基準。僅有在節能標章部分，針對少部分產品(如：微波爐)除要求能源效率外，亦訂定待機電力需符合一定基準，才可申請為節能標章。

由於連網設備中包含三大類型(網路設備、電子式終端連網設備與其他終端連網設備)，但以其他終端連網設備而言(如：冰箱、洗衣機、微波爐、冷暖氣機、照明設備等)，目前我國對於這些設備的連網需求很低，故短期內並不需額外訂定待機時的能源效率要求。由於國際上針對連網設備主要著眼於其待機電力的耗費，亦即一天 24 小時開啟，但實際使用時間可能僅為數分鐘或數小時。因此，我國短期內可優先針對此類數量多、長時間待機的連網設備(如：機上盒、寬頻數據機、無線分享器等)進行管理，以促使製造商採用能源管理或功率縮放等節能技術，降低待機時的能源耗用。

其中，管理措施方面參考國際主要採用措施為最低能源效率基準、採用節能標章與自願性協議方式等三類，但自願性協議主要為政府與個別公司或企業的自願性約定，除非政府提供獎勵誘因或未來執行懲罰性的政策措施，否則難以誘使廠商積極參與。以美國而言，能源部將機上盒和網路設備納入消費性電子設備的節能計劃中，才促使機上盒產業啟動自願性協議。因此，短期政策建議可分為兩類，若該設備須由消費者直接花錢購買(如：無線分享器)，可考量採用自願性的節能標章，針對待機電力設定特定的能源效率標準，符合或超過此一標準之產品則授與標章，表示該產品具有高能源效率之特性，讓消費者能夠辨別，以鼓勵購買高效率產品。此外，針對機上盒或 ADSL 寬頻數據機等產品，由於並非由使用者直接購買，而是在申裝有線頻道或寬頻網路時由業者所提供，此一類的產品則可考量訂定待機時的最低能源效率基準，由於需要協商的各利益相關者較少，反彈也會比較小。

長期而言，可仿照歐盟作法，依據網路的可用性(亦即設備回應網

路訊號的時間長短)區分不同類型以分別訂定最低能源效率基準，納入所有連網設備進行管理。但若要針對所有連網設備進行管理，相關配套措施為整體 ICT 供應鏈之整合與相互合作，以創造更大的節能量。其中，在標準的開發組織和 IP 提供商方面，主要為節能軟體和硬體提供了基礎和技術標準，因此可驅使其開發低功率的網路標準及確定低功率 IP 的可獲得性。針對軟體和硬體開發者及連網設備製造商，兩者可相互合作，將軟體和硬體的節能技術應用在設備中，以提昇設備的能源效率。網路設計者則在建立了哪些設備可連接到網路，以及如何操作成為網路的一部分，因此須確保所有高效率的連網設備可獲得網路通訊的支持。服務提供商主要在提供網路或其他數位服務給終端消費者，故可提供誘因或制訂管制標準，使服務商採購與提供高能效設備給消費者，以創造高能效設備之市場。電信業者可確保網路設計的開發和實施支持能源效率。消費者方面，則可在宣傳或政策的引導下，促使其購買能源效率設備，並調整設備的操作或設定，以降低能源的耗用。