跨標準情報 · AI 基礎設施、無線、信任與媒體 · 證據時程 2026–2029

十二大高科技標準制定體系：科技進展與產業未來

從每天使用的智慧型手機、無線網路到日益普及的 AI 服務，許多科技發展都與國際標準的制定密切相關。2026年10月，全球十二大高科技標準制定體系在 AI 運算基礎設施、半導體、無線通訊、網路協定及智慧代理等領域陸續取得新進展。有些技術已完成規格制定，有些進入實作驗證階段，也有部分仍在討論技術方向、凝聚共識。

這些進展有哪些共同趨勢，又呈現哪些技術差異？不同領域的標準如何相互銜接，進而影響未來的產品、產業與日常生活？本文從最新公開紀錄出發，梳理各項技術的發展脈絡、標準化進程與相互關係，並展望2027至2029年值得關注的技術演進與產業變化。

Apex Standards Research · San Francisco, Taipei, and Zürich · 研究截止日 2026年11月6日 · 僅採公開紀錄

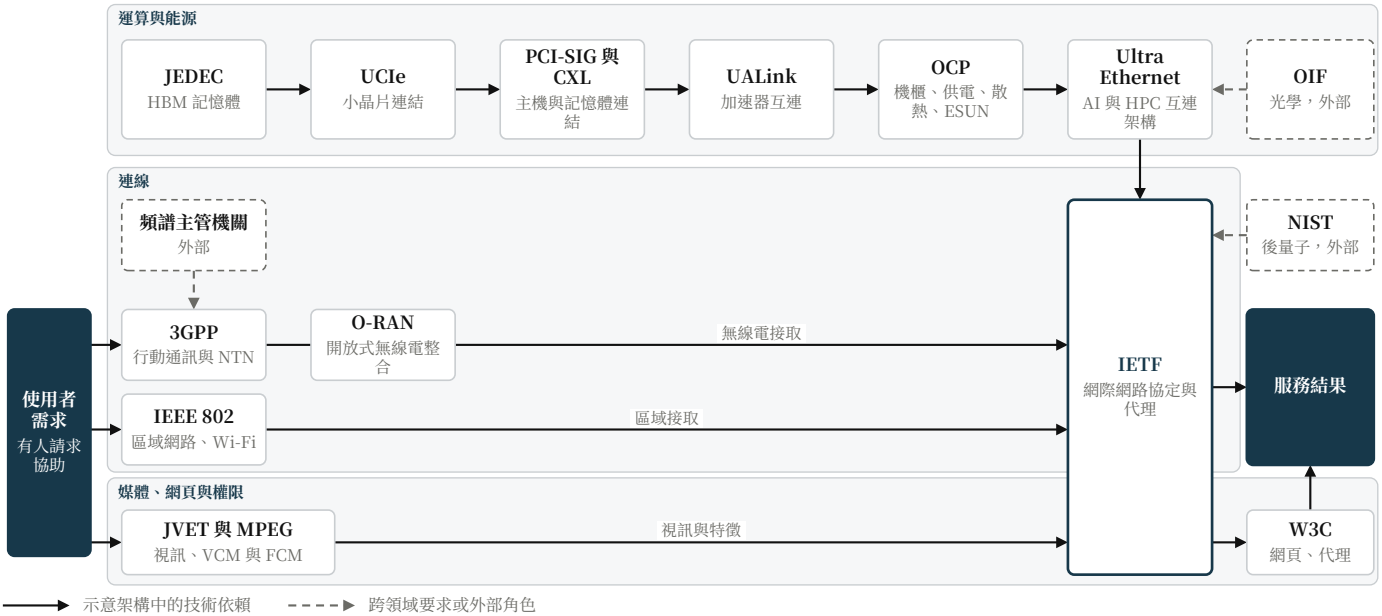
一則訊息傳到身處陌生地點的手機。收訊者無須知道訊號經過哪一顆衛星、由哪一套無線協定傳送，或晶片出自哪家廠商。對使用者而言，重要的是訊息能否及時送達。

1906年，國際公約採用 SOS 作為求救訊號。六年後，鐵達尼號沉沒時，共通訊號仍須仰賴報務員辨識、在相容頻道守聽，並採取行動。規則公布了，讓它發揮作用的條件卻尚未全部到位[9, 10, 11]。

今日的技術版圖，同樣存在這段落差。記憶體規格公布後，不同廠商的小晶片（chiplet）仍須驗證能否協同運作；無線通訊草案通過投票後，可能還有數千則意見待處理；AI 系統即使具備停止指令，也需要能傳達、執行及稽核該指令的互通機制。

本文依截至 2026年11月6日的公開紀錄，追蹤圖 1 所列的十二個標準制定組織：哪些事項已有共識、哪些已有實測、哪些技術彼此依賴，以及 2027至2029年的哪些決策可能影響日常服務。理解這些發展，可先從一項區別開始：規範完成與服務可靠運作，是兩件不同的事。

圖 1｜ 十二個標準制定組織



本文涵蓋的十二個標準制定組織，依 AI 輔助請求遇到它們的順序排列。虛線方框標示本文引用的外部角色，它們在特定環節與所涵蓋的標準制定組織相接。各領域由不同組織負責，沒有任何單一整合標準涵蓋全部。

範圍 示意架構。箭頭屬編輯性質，並不表示請求會經過每一個組織，也不表示 OCP 位於 UALink 的下游。JVET 與 MPEG 是各自獨立的程序，但共享部分工作。

特別版 · 2026年底前後

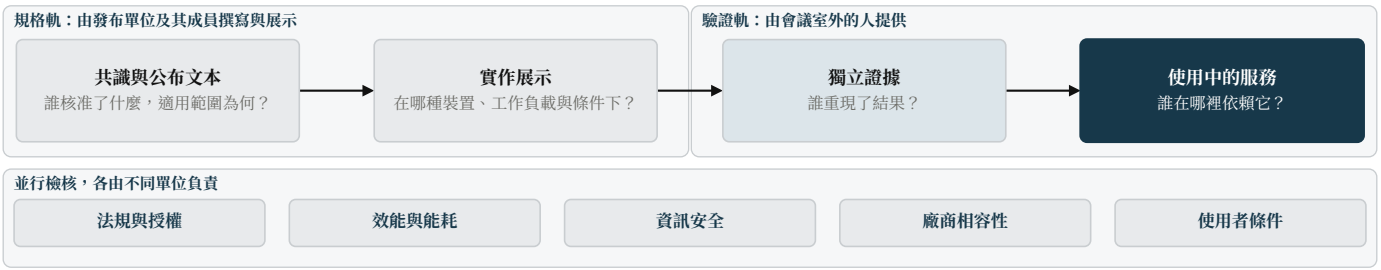
涵蓋我們所追蹤每一項標準的高階情報

Apex Standards 將於 2026年底前後推出特別版，涵蓋我們為客戶追蹤的每一項標準，提供支援策略規劃、具決策品質的情報。每一項發現皆有據可查，溯及發布單位本身的公開來源，並經得起檢驗。信用一點一滴累積，失去卻可能只在一夕；客戶與 Apex Standards 一起規劃未來數年的布局，因為每一句話都能查證。

已公布 → **已展示** → **已被依賴**

標準制定組織已核准文本並對外發布。 有人在指名的設備上執行過，並載明條件。 會議室外的人實際使用，並有紀錄顯示是誰、在哪裡。

圖 2｜ 規則要成為可靠的服務，不能只靠公布



從共同規則到可靠使用的路徑，各段由不同單位負責，因為不同發布單位掌握不同的決定。規格公布、實作展示與獨立的運作證據，各自回答不同的問題。本圖為本文的判讀示意，並非各標準制定組織共用的審議程序。

範圍 為本文編製的編輯性判讀輔助圖。箭頭表示供讀者提出的問題，並不代表自動從一個方框晉升到下一個。

表 1｜ 九類讀者的閱讀起點與待判斷問題

每列列出一個閱讀起點、可回頭深入閱讀的章節，以及這些紀錄有助於回答的判斷問題。

讀者	閱讀起點	延伸章節	待判斷問題
一般讀者	第 1 頁與第 1 節	第 7 節與第 12 節	日常使用有何差異？
技術長、系統架構師	第 2 節與第 4 節	第 5 節與第 6 節	瓶頸在哪一層？
半導體、記憶體與封裝團隊	第 4 節	第 13 節的紀錄總表	哪些元件介面已公布，哪些已有跨廠商驗證？
無線通訊與電信標準代表	第 5 節	第 9 節	哪些仍屬研究、投票，哪些已進入商用營運？
衛星與頻譜政策團隊	第 5 節	第 9 節	授權與技術條件如何銜接？
影像編碼與 AI 研發人員	第 6 節與第 7 節	第 4 節與第 5 節	應傳影像、特徵或判斷結果？
資安與 AI 代理系統設計者	第 6 節	第 9 節	指令能否執行並留下查核紀錄？
執行長、董事會、投資人	第 2 節與第 8 節	第 11 節	哪些進度影響部署風險與時程？
學生與研究生	第 1 頁與第 1 節	第 7 節，以及第 13 節的詞彙表	各項標準如何銜接？

1 公布的規則，運作中的服務

1906年，柏林無線電報公約將 SOS 定為國際求救信號，並要求無線電台優先處理求救呼叫[9]。1912年4月15日，鐵達尼號的報務員仍在發送馬可尼公司較早使用的 CQD，之後才加發 SOS。國際電信聯盟（ITU）自己的記述指出，設備廠商之間的競爭，曾使報務員有時不理會彼此的信號[10]。沉船事件之後，1912年的倫敦會議議定了船舶求救信號的共用頻率，以及報務員須值守收聽的規則[11]。這項信號已公布六年，讓它得以運作的共用頻率與傾聽的習慣，卻要到事後才出現。

標準公布與標準使用之間的落差，是本文的主題。2025至2026年間，尤其是 2026年10月1日至11月6日，十二個標準制定組織各以自己的動詞核定成立、投票、發布、核准或徵求提案，每一筆紀錄都以新聞的形式送到讀者眼前。紀錄所用的動詞，說明程序走到哪裡；能否實際運作，還須看驗證結果。採購主管、頻譜律師或編解碼工程師若把這些動詞一視同仁，就可能把文本誤認為實務。

本文以四個問題閱讀每一筆紀錄，如圖 2 所示：發布單位同意了什麼，適用範圍為何？展示了哪一種實作，用的是什麼工作負載、在什麼條件下？誰重現了結果？誰在哪裡依賴這項服務？四個方框背後有六個階段：問題尚待處理、工作已獲同意、規格已公布、實作已展示、第二方在載明的條件下重現結果，以及服務已在日常使用中運作。這個判讀視角是為本文編寫的編輯性閱讀輔助。沒有任何標準制定組織把它當成程序使用，也沒有任何組織核准過它；一筆紀錄可能在某一個問題上有進展，卻沒有回答其他問題。

三項但書，使這個判讀視角不致失真。獨立重現需要列名的獨立單位、其測試輸入與條件、可重複的方法，以及他人可檢視的證據；兩家公司參與同一場受控展示，還不構成獨立重現。投入使用是針對指名世代的部署事實，運作中的 5G 獨立組網網路，對 6G 並不能說明什麼。法律授權、標準地位、實作與採用，是各自獨立的問題。圖 4 把它們歸入三條並行的軌道，本文不用單一尺度為任何一筆紀錄評分，因為指標一旦成了考核目標，衡量就會開始失真（古德哈特定律）。

IETF 把獨立重現的一種形式寫進了自己的程序。1996年10月的 RFC 2026 要求規格在晉升為 Draft Standard 之前，須出示至少兩個來自不同程式碼庫、彼此獨立且可互通的實作，並具備成功的營運經驗[15]。2011年10月的 RFC 6410 將標準軌道從三個成熟度等級縮減為兩個，並維持這項要求：Internet Standard 須有至少兩個獨立且互通的實作、廣泛部署與成功的營運經驗[16]。這些是 IETF 對自己軌道的要求；

表 2｜ 十五筆有日期的紀錄：各自證明了什麼，又留下什麼未決

同樣這五週內，有已計票的投票、已公布的規格、核定成立、討論與計畫，而每一筆紀錄留下的待驗證事項各不相同。

紀錄	發布的行動	證明了什麼	仍待確認	來源
CR-01 3GPP，6G 無線電研究	在 RAN#112 核准首項 6G RAN 研究 TR 38.914 v1.0.0，並訂出首批 6G 規格的 Release 21 時程，日期為 2026年6月10日	為後續工作提供研究基礎與順序，早於任何商用 6G	工作小組自 11月16日起在卡加利開會；全體會議自 12月7日起在波士頓舉行；尚無定稿的 6G 無線電規格	[42, 30]
CR-02 IETF，代理協定	10月核定成立 AGENTPROTO 與 DAWN；AUDIT 屬 BoF	確立可互通的代理通訊與探索的範圍	IETF 127 議程排在 11月16日、17日與 19日；規格與測試仍在後頭	[19]
CR-03 IEEE 802.11bn，Wi-Fi 8	草案 2.0 通過工作小組書面投票（letter ballot）296（8月3日至9月2日）：417 票贊成、128 票反對、15 票棄權；545 票中的 76.5%，標準為 75%	一份草案走完一個正式階段	8,016 則意見待處理；D3.0 的投票預定於 2027年1月進行；尚待批准	[18, 43]
CR-04 OCP，AI 機櫃	10月12日至15日舉行高峰會；ESUN 1.0 已公布；NVIDIA 貢獻 Vera Rubin 機櫃設計，AMD 發表 Helion 藍圖	已有開放的設計資料，形式為一份規格與多項各自提交的貢獻	互通性、供電與散熱取決於各項實作；AMD 夥伴組態預定 11月推出	[1, 4]
CR-05 W3C，網頁代理	10月26日至30日舉行 TPAC 分組討論，主題為代理與裝置端 AI	問題與選項仍在討論中	所讀頁面上沒有已核定成立的小組，也沒有標註日期的草案	[36]
CR-06 O-RAN ALLIANCE，開放式無線電	自 7月以來發布 66 份新增或更新的文件；共 162 個不重複的標題	文件集的規模與活躍程度	計數只顯示發布活動，無法顯示跨廠商部署或現場可靠度；下次會議在 2027年2月15日至19日	[25, 26]
CR-07 JVET，beyond-VVC 視訊	7月28日發出徵求提案；10月17日至23日在杭州召開 JVET 44	可提交並比較新的壓縮提案	2027年1月在 JVET 45 進行評估；尚未選定編解碼器；以 2029年完成新標準為目標	[20, 38]
CR-08 MPEG，供機器使用的視訊與特徵	MPEG 156 列出機器視訊編碼（VCM）與特徵編碼（FCM）的共同測試條件	在載明的設定下進行、可相互比較的實驗	測試條件文件並未顯示任務準確率、解碼器支援或可互通的位元串流	[39, 83]
CR-09 PCI-SIG，PCIe；CXL Consortium，CXL	2025年6月向會員發布 PCIe 7.0；2025年11月18日宣布 CXL 4.0；2026年5月6日報告 PCIe 8.0 進入 Draft 0.5	已公布連結與記憶體連接的基礎規格；PCIe 8.0 仍是目標	PCIe 8.0 完整版預定 2028年發布；CXL 在跨系統間的行為仍待量測	[44, 45, 46, 53]
CR-10 JEDEC，HBM4、SPHBM4、光子	2025年4月16日公布 HBM4；2026年7月13日宣布以 JESD330-4 發布 SPHBM4，並於 2026年10月1日宣布 JESD264	介面與認證基準	發布本身並未顯示各供應商的良率、成本與可靠度；所讀頁面上沒有標註日期的下一個關卡	[55, 47, 2]
CR-11 UCIe，小晶片	2025年8月5日發布 UCIe 3.0；Intel 與 Cadence 在 Chiplet Summit 2026 現場展示 UCIe-S 互通性	一項已定義的晶粒對晶粒介面與一次展示	建造者自己無法提供獨立重現；11月15日至20日的 SC26 設有攤位，沒有投票	[48, 49, 23]
CR-12 UALink，加速器互連	2026年4月7日發布四份規格，其中包括 Common 2.0 與 200G DL/PL 2.0	一套附有可管理性設計的共通互連	廠商相容性，以及真實工作負載下的功耗與延遲，仍待展示；93%（UALink 1.0）是設計宣稱	[50, 17]
CR-13 Ultra Ethernet Consortium，AI 叢集乙太網路	2026年10月12日發布 1.1 版規格	封包與集合通訊機制，並附一項最高 2 倍的範例	這個 2 倍是比較每個端點傳送 1 GB 與 2 GB 的範例，背後沒有實測的工作負載；CSIG（與 IEEE 合作）和下一版 ESUN（與 OCP 合作）均未標註日期	[3]
CR-14 NIST 與 IETF，後量子密碼學（PQC）（外部主管機關）	NIST 於 2026年10月27日定稿 IR 8547，此前已在 2024年8月13日發布 FIPS 203、204 與 205；IETF 於 7月發布 RFC 9954，8月發布 RFC 10024	演算法、一項 TLS 金鑰交換做法與一份轉換計畫	遷移已部署的系統，是各系統擁有者各自的工作	[8, 76, 79, 80]
CR-15 FCC，衛星直連裝置（D2D）（外部主管機關）	10月6日核准 SpaceX 的衛星直連裝置服務系統（DA 26-1078），10月21日核准三張 Starlink 的 AWS-3 授權（DA 26-1129）	一項對所列當事方具法律效力的決定	授權不等於服務：手機、涵蓋範圍與商業營運各是獨立的問題；EchoStar 轉讓給 SpaceX 預計在 2027年11月30日前後完成	[6, 32, 65]

JEDEC、3GPP、IEEE 與各國監理機關，各依自己的程序運作。英國皇家學會於 1662年隨第一份特許狀採用的格言，帶有同樣的本能。學會將這句格言解釋為 “take nobody's word for it”（不輕信任何人的說法）[14]。

表 1 為想走捷徑的讀者提供較短的路徑。後續各節維持同一個順序：先談人的問題，再談必須協同運作的系統，最後才談各個組織、它們發布的紀錄，以及仍待完成的檢驗。日期由過去排向未來；晚於 2026年11月6日的日期，都是已排定或設為目標的日期，尚未成為已完成的結果。中括號內的數字指向文末的參考來源，該處列出每項紀錄的發布單位、標題、日期與連結。

2 十月的紀錄：哪些已獲同意、已經展示，哪些仍懸而未決

2026年11月6日之前幾週發生的事，可以看成一項服務必須完成的三件工作。它得算出答案：記憶體、小晶片、連結、機櫃與乙太網路。它得連上使用者：Wi-Fi、行動通訊無線電、開放式無線電網路與衛星。它還得讓人放心地採取行動：通訊協定、權限、供人與供機器使用的影像，以及這一切底下的密碼學。紀錄也分屬這三組，圖 3 依到達的先後，把它們排在同一份時程上，並標出接下來到 12月中旬的日期。

觀察期間始於 10月1日，JEDEC 當日宣布 JESD264，稱其為矽光子領域首項全產業可靠度標準[2]。10月6日，美國聯邦通訊委員會（FCC）核准 SpaceX 的非地球同步軌道行動衛星系統提供衛星直連裝置服務[6]。10月8日，SpaceX 宣布一項協議，涉及最多 14 MHz 的 800 MHz 成對頻譜，並須取得 FCC 最終核准；同日，FCC 公布一份重點摘要，說明對衛星直連裝置服務所用授權頻譜的規則提案[41, 31]。10月12日，Ultra Ethernet Consortium 發布 1.1 版規格，10月12日至15日在聖荷西舉行的開放運算計畫（OCP）高峰會吸引 15,000 名與會者，而 ESUN 1.0 此時已經公布[3, 4, 1]。編解碼標準制定組織於 10月17日至23日在杭州開會，O-RAN ALLIANCE 則於 10月19日至23日在河內開會[38, 26]。ITU-T 於 10月19日核准 Y.3839[35]，FCC 於 10月21日核准將三張 AWS-3 授權轉讓給 Starlink[32]，W3C 於 10月26日至30日舉行 TPAC 分組討論[36]，美國國家標準與技術研究院（NIST）則在 10月27日定稿 IR 8547[8]。NGMN 於 10月29日向廠商提出請求[27]，聯發科技與 Ericsson 於 11月2日發表與 T-Mobile US 合作的前 6G 現場試驗[7]，印度電信監管局（TRAI）則在 11月5日公布其建議書[34]。IEEE 802 全體會議將於 11月8日在曼谷開幕[28]。

這份時程呈現三種規律。公布集中在前段：10月上半月有一項 JEDEC 標準與一次 Ultra Ethernet 發布，各聯盟也把發布時間配合高峰會。審議集中在後段，投票、章程核定與全體會議填滿 11月。從 10月12日到 12月7日的波士頓全體會議，會議地點分布在十座城市：北美五座、亞洲四座、歐洲一座[1, 22, 37, 26, 36, 28, 19, 24, 29, 30]。AI 基礎設施與網際網路的會議設在聖荷西與舊金山，編解碼、Open RAN 與 Wi-Fi 的會議則設在杭州、河內與曼谷。光是杭州就在十一天內舉辦三場會議：一場具身 AI 焦點小組、JVET 44 與 MPEG 156[37, 38, 39]。同一週、同一座城市或同一家成員公司，都不能證明兩個組織曾經協調。第 3 節標出有文件參照或公開合作聲明為憑的銜接，其餘關係一律視為並行的工作。

表 2 把時程轉成總表。每一列是一項技術的一筆有日期的紀錄，因此同時運行兩套程序的聯合團隊會出現兩次；列出兩個組織（PCI-SIG 與 CXL Consortium）的一列，會註明各自指哪一個。前十三列涵蓋十二個標準制定組織，最後兩列加入十二個標準制定組織之外、其紀錄為其他標準制定組織所仰賴的主管機關。「來源」欄列出本文的參考編號；第 13 節提供完整總表，載明每一列的文件、證據與查核狀態。

就各列所證明的內容來看，總表只有一個答案：在所讀資料中，所選的新興紀錄沒有任何一項在公布的條件下被獨立重現。最接近的是 Intel 與 Cadence 在 Chiplet Summit 2026 現場展示的 UCIe-S 互通性[49]；建造者自己所做的展示，要等第三方重現結果，才算獨立重現。投入使用的服務屬於較早期的工作：截至 4月20日，已有 95 家電信業者推出 5G 獨立組網服務[51]，這項事實屬於 5G，對 6G 並不能說明什麼。W3C、JEDEC、UALink 與 Ultra Ethernet 四個標準制定組織，在所讀頁面上都沒有標註日期的下一個關卡。對它們而言，第 9 節的時程只能依循程序推進；已公布的文本與獨立測試之間的距離，就是未來兩年工作所在之處。

沒有任何單一分數適用於這些列，圖 4 說明了原因。一筆紀錄可以經由三種各自獨立的方式前進：制定規則的人達成共識；有證據證明裝置與網路確實做到規則所述；以及授權、手機與電信業者讓服務得以提供。通過的投票是第一條軌道的進展，對第二與第三條軌道沒有任何說明。形成共識不代表沒有異議：投票可以在仍有反對意見時通過，而旁邊的時程仍須說明是誰測試了哪一種實作。

在這十五筆紀錄中，有六種規律反覆出現，也有七項決策朝兩個方向拉扯，表 3 與表 4 列出了它們。最重要的是三項機制。規格先於服務出現：SOS 規則、UALink 與 Ultra Ethernet 的文本、3GPP 的 6G 研究與 W3C 的分組討論，都早於任何現場結果。進展會使瓶頸轉移，因此介面變快後，下一段傳輸就成為新的延遲。共識與技術證據是兩回事：有 8,016 則意見的投票，與作者自己所做的展示，各自解決一個問題，另一個問題仍未解決。這些紀錄排不出組織的名次。反覆出現的問題是：別的組織、電信業者或裝置製造商必須信守哪一項承諾。

主管機關具約束力的命令、工作小組的討論、公司發布的設計與一項推估，應貼上不同的標籤；表 4 中的拉扯，既是工程上的，也是制度選擇上的。本表不把任何未留下紀錄的投票歸給任何參與者。取捨須有明確的假設，才算取捨有據；某一方的立場由具名組織提出時，會標明來源。

3 一項請求要經過許多系統

取一個示意情境來追蹤。一位旅人身在陌生的小鎮，用智慧眼鏡對準路牌並請求協助，答案必須在幾秒內傳回。這個情境是閱讀紀錄的輔助工具，並不代表任何產品的做法：沒有已知的廠商整合了下列所有技術，這裡也沒有任何內容表示某項服務是這樣運作的。

請求離開眼鏡時，可能是一段簡短的結果，也可能是視訊；它經由 Wi-Fi 連結或行動通訊無線電傳送，在鐵塔涵蓋不到的地方則透過衛星。電信業者把它送到資料中心，由執行在搭載堆疊式記憶體的加速器上的模型產生答案，軟體代理則可能在旅人許可下據以行動。每一步都由不同會議室裡的不同人負責治理。第 1 頁的圖 1 把十二個標準制定組織標在各自觸及的步驟旁，並把 NIST、頻譜主管機關與 OIF 三個外部角色與十二個標準制定組織區隔開來。

綜觀全局，把系統當成一個整體來讀。這個情境提出的問題，就是後續各節的問題：記憶體與加速器晶片在哪裡互相等待、誰承擔能源成本（第 4 節）；裝置上傳的是視訊，負載遠重於簡短結果時，無線電連結需要多大的容量與可靠度，鐵塔消失時又會發生什麼事（第 5 節）；誰來定義助理可以做什麼、如何讓它停止、如何稽核它的行動（第 6 節）；以及當相機資料交給演算法處理時，什麼才算良好的壓縮（第 7 節）。

表 5 列出八個交接點，也就是兩個組織的工作交會之處。康威定律說明了為什麼要看這些接縫：系統架構，往往會映照出建造它的組織之溝通結構。正式聯絡關係、規範性交叉引用、聯合測試或公開的合作聲明，才算協調的證據；兩項並排的產品則不算。最後一欄說明，使用「協調」一詞之前應先查核什麼。所讀紀錄指出有合作關係時，會附上來源；沒有指出時，該列會如此註明。

圖 3｜ 同一份時程，2026年10月1日至12月20日：各筆紀錄是什麼、進行到哪裡



1. 10月1日，JEDEC 宣布 JESD264，一項矽光子可靠度標準。[2]
2. 10月6日，FCC 核准 SpaceX 的衛星直連裝置系統（命令 DA 26-1078）。[6]
3. 10月8日，FCC 發布衛星直連裝置頻譜規則提案的重點摘要；定案規則仍待制定。[31]
4. 10月8日，SpaceX 宣布一項最多 14 MHz 的頻譜協議，仍須取得 FCC 最終核准。[41]
5. 10月11日，O-RAN ALLIANCE 報告自 7月以來發布 66 份新增或更新的文件。[25]
6. 10月12日，Ultra Ethernet Consortium 發布 1.1 版規格。[3]
7. 10月12日至15日，OCP 在聖荷西舉行全球高峰會；ESUN 1.0 此時已經公布。[1, 4]
8. 10月13日至16日，ITU-T 具身 AI 焦點小組在杭州開會。[37]
9. 10月15日，JEDEC 在首爾舉行 AI 記憶體產業論壇。[22]
10. 10月19日，ITU-T 核准量子金鑰分發網路建議書 Y.3839。[35]
11. 10月17日至23日，JVET 44 在杭州開會；MPEG 156 於 10月19日至23日在同地開會。[38, 39]
12. 10月19日至23日，O-RAN ALLIANCE 在河內開會。[26]
13. 10月21日，FCC 核准將三張 AWS-3 授權轉讓給 Starlink（DA 26-1129）。[32]
14. 10月27日，NIST 定稿後量子密碼學轉換報告 IR 8547。[8]
15. 10月26日至30日，W3C 舉行 TPAC 代理議題分組討論。[36]
16. 10月29日，NGMN 請廠商確認現有硬體能否支援多重無線接取技術的頻譜共用。[27]
17. 11月2日，聯發科技、Ericsson 與 T-Mobile US 發表前 6G 現場試驗；速率僅標示為潛力。[7]
18. 11月4日，加拿大太空頻譜諮詢 SMSE-010-26 的回覆期限截止。[33]
19. 11月5日，TRAI 公布衛星網路授權建議書。[34]
20. 11月8日至13日，IEEE 802 全體會議在曼谷舉行。[28]
21. 11月，AMD 的 Helion 夥伴組態預定推出（僅標示月份）。[1]
22. 11月14日至20日，IETF 127 在舊金山舉行，議程包括 AGENTPROTO（11月16日）、AUDIT BoF（11月17日）與 DAWN（11月19日）。[19]
23. 11月15日至20日，SC26 在芝加哥舉行，UCIe 設有 1020 號攤位。[23, 24]
24. 11月16日至20日，3GPP 工作小組在卡加利開會。[29, 30]
25. 12月7日起，3GPP 全體會議（TSG #114）在波士頓舉行。[30]
26. 12月中旬，MPEG 的第二批 beyond-VVC 提案包到期（僅標示月份）。[40]

每個標記位於發布單位為該紀錄標示的日期，標記的形狀表明紀錄的類型：已作成的決定、會議或活動，或仍待完成的投票或截止日。下方的對照表列出每個標記的日期、發布單位、行動與來源。

範圍 紀錄以 2026年11月6日所見為準。區間標在中點，僅標月份者標在該月中旬；兩者都是繪圖的慣例，並不代表某一天。編號依標記由左至右排列。時間相近的標記只表示日期相同，並不表示出於同一項決定。

圖 4｜ 進展不只有一個面向



共識、證明與運作條件，是針對指名的技術與版本提出的三個獨立問題。單一紀錄可以在一條軌道上前進，卻未證明另外兩條；三者的算術平均沒有意義。

範圍 示意範圍：一個指名的技術版本。這些軌道是編輯性的分組，沒有任何標準制定組織使用。

4 從記憶體到下一座資料中心

旅人的答案遲到時，延遲可能出在許多地方：加速器在等記憶體、小晶片在等隔壁的小晶片，或伺服器之間的連結在等前面的流量。每一種等待都有各自的標準制定組織與時程；升級之後，瓶頸可能轉移，因此該讀的是整個堆疊的全貌。圖 5 呈現六層，從加速器旁的記憶體堆疊，到各據點之間的光學線路。

記憶體依自己的時程前進。JEDEC 於 2025年4月16日公布高頻寬記憶體 HBM4（JESD270-4），介面為 2,048 位元，速率最高 8 Gb/s，在 32 個通道上可達最高 2 TB/s。這份發布含有 NVIDIA、AMD、Cadence、Google、Meta、Micron、Samsung、SK hynix 與 Synopsys 的聲明[55]。2026年7月13日，JEDEC 宣布以 JESD330-4 發布 SPHBM4；它把四個訊號序列化成一個，因此介面只需 512 個資料訊號，而 HBM4 需要 2,048 個，並在有機載板上沿用同樣的 DRAM 晶粒[47]。JEDEC 於 10月1日宣布 JESD264，稱其為矽光子領域首項全產業可靠度標準，並於 10月15日在首爾召開 AI 記憶體論壇[2, 22]。

小晶片層維持最嚴格的時程。UCIe Consortium 於 2023年8月8日發布 1.1、2024年8月6日發布 2.0、2025年8月5日發布 3.0[48]。3.0 版以 48 與 64 GT/s 的速率，把 2.0 版的 32 GT/s 提高一倍，將邊帶通道延伸到 100 mm，並加入執行期重新校準，以及快速節流與緊急關閉機制，可立即向整個系統發出通知[54]。在 Chiplet Summit 2026，Intel 與 Cadence 在 Cameron Creek 測試晶片上，進行了聯盟所稱業界首次的 UCIe-S 現場互通性展示[49]。在 11月15日至20日於芝加哥舉行的 SC26，UCIe 在開放標準展館設有 1020 號攤位[23, 24]。

展示不等於部署。UCIe-S 的展示由參與其中的兩家公司自行進行，因此只顯示介面能在一種受控環境下運作。獨立重現，是由第三方在載明的條件下重現結果；所讀紀錄中沒有任何一項提供了這樣的證據。

主機介面為整個堆疊定下節奏。PCIe 6.0 在 2022年1月達到每通道 64 GT/s，PCIe 7.0 在四十一個月後的 2025年6月達到 128 GT/s[52, 44]。PCI-SIG 在 2026年5月6日的部落格文章，報告 PCIe 8.0 已進入 Draft 0.5，目標是每通道 256.0 GT/s，x16 連結雙向最高 1.0 TB/s，並表示完整版預定 2028年發布[46]。圖 6 呈現這三個步驟。

CXL 借用 PCIe 的實體線路。CXL 3.0 建立在 PCIe 6.0 之上，CXL 4.0 則建立在 128 GT/s 的 PCIe 7.0 實體層之上[53]。該聯盟於 2025年11月18日宣布 4.0 版，比 PCIe 7.0 晚了五個

表 3｜ 紀錄中反覆出現的六種規律

每一種規律都以一個問題作結，讀者可以拿這個問題去問下一筆紀錄。

規律	紀錄中的表現	換成日常的說法	留下的問題
規格先於服務出現	1906年的 SOS 規則；UALink 與 Ultra Ethernet 的文本；3GPP 的 6G 研究；W3C 的分組討論	寫出共同的食譜，不代表每間廚房在壓力下都做得出來	誰進行了獨立試驗，條件為何？
進展使瓶頸轉移	HBM、UCIe、PCIe 與 CXL、UALink、Ultra Ethernet 與光學連結	旅程中某一段變快，下一個轉乘點就可能成為新的延遲	哪一層限制了每完成一項 AI 任務所耗的能源？
共識與技術證據是兩回事	802.11bn 的投票與其 8,016 則意見；UCIe-S 展示	會議可以同意要寫哪一條規則，測試則顯示裝置實際怎麼執行	異議、議題結案與一致性是否分別記錄？
各自獨立的時程終將交會	3GPP、WRC-27、FCC 與歐盟的衛星日期；Wi-Fi 各階段投票	旅程既要有時刻表，也要有準備好的車站	哪一個相互依賴的里程碑最後到來？
未來的使用情境改變了效能的意義	Ericsson 上行、VCM 與 FCM、AI 代理、後量子密碼學	只要辨識路標的相機，不必傳送視訊通話那樣的資料	目標是位元率、完成的任務、延遲、隱私還是能源？
治理是一條有多個環節的路徑	歐盟 AI 法案的停止能力；W3C 語意；IETF 的代理與稽核工作	停止標誌要有效，訊息必須傳到執行者，並且有人能查核它是否被遵守	不同的實作能否傳達、執行並記錄停止指令？

表 4｜ 朝兩個方向拉扯的七項決策

每一列的兩邊考量都確實存在，而能定案的證據，是一項尚不存在的測試或紀錄。

決策	一方	另一方	所需證據	對標準制定的要求
6G 能力與既有硬體的再利用	新架構能擴大能力	NGMN 詢問廠商，多重無線接取技術（Multi-RAT）頻譜共用能否在現有硬體與頻段上運作[27]	電信業者的請求與廠商相容性結果	權衡新穎性、向下相容的遷移與資本成本
Wi-Fi 可靠度與草案結案	802.11bn 的目標是改善第 95 百分位延遲、吞吐量與封包遺失[43]	以 76.5% 通過，並未解決 8,016 則意見[18]	投票計票、意見處理與獨立測試	尚待決定的設計選擇，比「Wi-Fi 8 已核准」的標題更重要
更高頻寬與總能源及資本	更快的 PCIe、HBM4 與光學容量，可能有助於工作負載	系統供電、散熱、佇列、記憶體供應與互通性，可能成為主要限制	一份已公布的規格，加上以工作負載為單位的量測	以載明工作負載的端到端實測為準
裝置端推論與邊緣運算或雲端推論	在本機得出結果，可避免持續上傳原始視訊，也較不依賴涵蓋範圍	有些任務需要伺服器等級的模型，而且移動運算會改變上行、功耗、隱私與運算的擁有者	一項應用測試：準確率、傳送位元組數、第 95 百分位延遲、瓦數、失效模式	一併檢視 MPEG 的 VCM 與 FCM、3GPP 的流量與邊緣整合
地面網路效率與衛星涵蓋範圍	非地面網路（NTN）可在鐵塔不經濟的地方延伸涵蓋	頻譜共用條件、手機連結與干擾管理，限制了部署	主管機關的紀錄，加上衛星連結的現場測試	把授權與商用可得性分開看
代理自主性與權責一致的人為控制	會使用工具的代理，能完成多步驟的工作	權限、安全停止、稽核軌跡與金鑰管理仍各自獨立	W3C 或 IETF 的草案、一次獨立演練與一項治理要求	互通性須同時涵蓋呼叫工具的能力、權限與驗證
供人觀看的視訊與供機器使用的特徵	感知壓縮針對觀看效果最佳化重建結果	機器任務可能更看重其他訊號與中間張量	JVET 的徵求提案、MPEG 的共同測試條件與工作負載量測	未來的編解碼器可能需要多個目標與可相互比較的測試集

月[45]。因此，打算以 CXL 實現記憶體池化的買家，也就承接了 PCI-SIG 的時程表。

向上擴展（scale-up）網路有兩次發布，相隔一年，只差一天。UALink 1.0 於 2025年4月8日推出，每通道 200G，每個 pod 最多可容納 1,024 個加速器，並附帶有效尖峰頻寬 93% 的設計宣稱[17]。UALink 2.0 於 2026年4月7日推出，包含四份規格：Common 2.0、200G DL/PL 2.0、Manageability 1.0 與 Chiplet 1.0，加入網內運算，並透過 gNMI、YANG、SAI 與 Redfish 提供可管理性[50]。OCP 針對乙太網路向上擴展網路成立的工作項目 ESUN，在 10月高峰會時已公布其 1.0 規格[4, 1]。

Ultra Ethernet 1.1 於 10月12日發布，新增第 2 層的壅塞訊號標籤 CSIG（長度為 4 或 8 位元組）、針對向上擴展網路的最佳化、最多可節省 11 位元組的縮短封包間隔，以及相較傳統 IP 封包可節省 20 位元組的統一轉送標頭（Unified Forwarding Header）[3]。最醒目的數字來自其網內集合通訊，通訊速度最高提升 2 倍。發布文件說明了這個 2 的由來：傳統的 all-reduce 要每個端點送出 2 GB，才得到 1 GB 的結果，網內版本只需送出 1 GB[3]。該聯盟表示，正與 IEEE 合作將 CSIG 標準化，並與 OCP 合作，把 1.1 版的向上擴展技術納入下一版 ESUN 規格[3]。

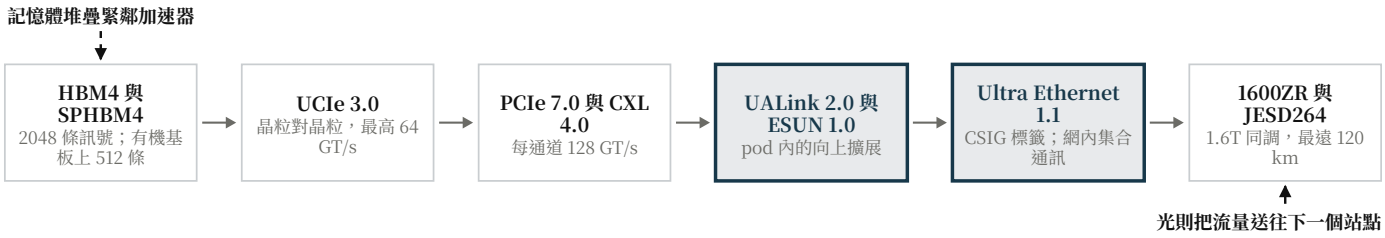
這兩個數字都出自規格的供應者。93% 是設計宣稱，2 倍是傳送資料量的範例，背後沒有實測的工作負載。已公布的介面

表 5｜ 八處銜接：組織之間傳遞什麼，以及稱之為協調之前該查核什麼

八處銜接中，只有少數有所讀紀錄指名的合作關係或參照為憑；已公布的介面不等於實測結果。

銜接或並存	雙方各自的職責	跨越邊界傳遞的內容	提出協調說法前應查核
JEDEC、UCIe，以及 PCI-SIG 與 CXL	記憶體介面；晶粒對晶粒連結；主機與記憶體連結	訊號與介面假設、封裝限制與效能要求	CXL 4.0 運行在 PCIe 7.0 的實體層上[53]；所讀紀錄顯示 JEDEC 與 UCIe 之間有架構上的相鄰關係，沒有規範性參照；相較之下，UALink 小晶片規格聲明完全符合 UCIe 3.0[50]
UALink、OCP ESUN 與 Ultra Ethernet	加速器互連；機櫃與網路整合；AI 乙太網路	互連行為、轉送與壅塞，以及管理	Ultra Ethernet Consortium 表示正與 OCP 合作，把其 1.1 版的向上擴展（scale-up）技術納入下一版 ESUN 規格，日期未定[3, 4]
Ultra Ethernet、IEEE 與 OIF	AI 封包網路；協定與實體介面；光傳輸	封包格式、介面速率與網路運作	該聯盟表示正與 IEEE 合作將 CSIG 標準化[3]；撰寫 1600ZR 的 OIF[56] 不在十二個標準制定組織之內
3GPP 與 O-RAN	行動通訊架構；開放式 RAN 整合	網路組態與 RAN 介面規格	已公布的 O-RAN 文件之外，互通性驗證仍是獨立的一步[25]
3GPP、主管機關與 ITU-R	無線電規格；頻譜許可與 IMT 程序	無線電假設、頻段、共存與授權條件	3GPP 使其 Release 21 時程與 M.2160 一致[42]；主管機關的核准，與 3GPP 的共識投票是兩項不同的決定
IEEE 802 與 IETF	鏈路層；網際網路服務	可互通的網路行為	所讀紀錄沒有記載任何聯絡關係，主題領域相同並不構成兩個組織之間的參照
W3C、IETF 與 NIST	網頁語意與權限；協定；密碼學標準	工具權限、代理探索、安全通道與稽核證據	W3C 的分組討論、IETF 的章程與最終標準，屬於不同的程序狀態[36, 19, 76]
JVET 與 MPEG，以及 3GPP、IEEE 與 IETF	媒體表示法；無線電、區域傳輸與 IP	位元串流、延遲、上行需求與相容的應用	機器導向的編解碼工作目前是一項徵求提案與一組測試條件，尚無已部署裝置採用[20, 39]

圖 5｜ AI 堆疊的六層與制定它們的組織

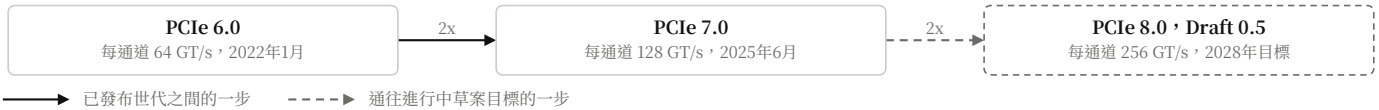


六層由八個組織制定。其中七個屬於十二個標準制定組織，PCI-SIG 與 CXL Consortium 共用一個標題：JEDEC、UCIe Consortium、PCI-SIG、CXL Consortium、UALink Consortium、OCP 與 Ultra Ethernet Consortium。第八個是 OIF，負責制定光學線路，屬外部組織。

路徑從加速器旁的記憶體堆疊，延伸到各據點之間的光學線路。2026年有兩層加入了網內運算：4月的 UALink 2.0 與 10月的 Ultra Ethernet 1.1。

範圍 各層以發布組織自己的名稱標示。底色標出新增網內運算的兩層。

圖 6｜ PCIe 每一代的每通道速率都加倍



實線方框是已發布的世代，虛線方框是進行中草案的目標。每個箭頭代表標示速率加倍。

範圍 速率為 PCI-SIG 所標示的每通道 GT/s[52, 44, 46]。2028年的日期只標示年份。

不等於實測結果，標準可規範互通性，但不保證效能：每通道每秒十億次傳輸（GT/s）的速率，是連結的設計速率；基準測試要有明確定義的工作負載，才有意義。針對真實工作、並載明硬體與軟體的獨立數字，是目前仍缺少的證據。

同樣的名字在這些場合中反覆出現。有八家公司出現在所讀紀錄的不只一項之中。NVIDIA 出現在三項：JEDEC 的 HBM 小組委員會主席在 HBM4 發布中發表聲明，CXL Consortium 的總裁 Derek Rohde 任職於該公司，它也向 OCP 貢獻了 Vera Rubin 機櫃與運算托盤設計，卻不在 UALink 的董事會名單上[55, 45, 1, 50]。AMD 出現在該董事會、HBM4 發布，以及 OCP 的 Helion 機櫃。Microsoft、Meta、Google、Intel 與 Synopsys 各出現在兩項紀錄，Cadence 出現在兩項，Micron、Samsung 與 SK hynix 則站在一份記憶體文本背後。十二位董事會成員是阿里巴巴、AMD、Apple、Astera Labs、AWS、Cisco、Google、HPE、Intel、Meta、Microsoft 與 Synopsys[50]。同一家公司可能參與多個聯盟，應依各筆紀錄確認其角色與進度。

表 6｜ AI 堆疊的十項發布，依日期排列

每個主打數字都是撰寫規格的組織所印的設計數字，沒有任何一個附有第二方的重現。

日期	發布項目	發布單位所印的主打數字	數字的脈絡	數字的種類
2025年4月8日	UALink 1.0	每通道 200G；每個 pod 最多 1,024 個加速器	93% 的有效尖峰頻寬是設計宣稱[17]	規格參數；設計宣稱
2025年4月16日	HBM4（JESD270-4）	2,048 位元介面；最高 2 TB/s；32 個通道	九家公司的聲明，其中三家為記憶體廠商[55]	規格參數
2025年8月5日	UCIe 3.0	48 與 64 GT/s	為 UCIe 2.0 之 32 GT/s 的兩倍[54]	規格參數
2025年11月18日	CXL 4.0	128 GT/s	運行於 PCIe 7.0 實體層，比 PCIe 7.0 晚五個月[45, 53]	規格參數
2026年4月7日	UALink 2.0	四份規格；網內運算	透過 gNMI、YANG、SAI 與 Redfish 提供可管理性[50]	規格參數
2026年7月13日	SPHBM4，JESD330-4	512 條資料訊號	在有機基板上四合一序列化，相對於 HBM4 的 2,048 條訊號[47]	規格參數
2026年9月9日	1600ZR，OIF（外部）	1.6T 同調，最遠 120 km	每個波長的容量為 800ZR 的兩倍[56]	規格參數
2026年10月1日	JESD264	矽光子的資格驗證與可靠度基準	JEDEC 稱其為同類型中首項全產業標準[2]	已宣布的標準
最晚 2026年10月12日	ESUN 1.0	1.0 規格已公布	OCP 針對乙太網路向上擴展網路成立的工作項目[4, 3]	已公布的規格
2026年10月12日	Ultra Ethernet 1.1	4 或 8 位元組的 CSIG 標籤；網內集合通訊最高 2 倍	這個 2 倍是拿每個端點送出 1 GB 與 2 GB 相比[3]	設計範例

所讀紀錄中，沒有任何一項報告每完成一項任務所耗的能源。更快的連結或更密集的記憶體堆疊，可能有助於某項工作負載，但散熱、供電與佇列都可能成為上限，而更省電的晶片也可能推高總需求。最後仍以實測為準：在載明的工作負載上，指名硬體，做端到端測試，量測提供的回答數、耗用的能源與第 95 百分位延遲。聲稱節能之前，先說清楚電力算到哪個系統邊界：晶片、機櫃，還是整座機房。

從這些日期可以得出四項觀察。發布時程規律到足以據以規劃：UCIe 連續三年在 8月上旬發布，UALink 連續兩年在 4月上旬發布，CXL 則晚於 PCIe 五個月。4月的 UALink 2.0 與 10月的 Ultra Ethernet 1.1，各自在網路內加入運算，相隔約六個月，而且各自印出一個設計數字；一項真實工作的證據，會是第二方對其中一個數字的量測，所讀紀錄中沒有任何一項提供。規模的說法出自公司：Microsoft 說明其 Multipath Reliable Connection 是為兩層網路、逾 100,000 顆 GPU 的網路所設計，這是設計目標[1]。光學層呈現標題與內文之間最大的落差：Nokia、T3 Broadband 與 Aureon 於 6月18日的公告，摘要印出最高 100 Tb/s，內文則是可擴展到 400 Tb/s 的設計，路線從北達科他州到芝加哥[57]。

採購者可以把這份時程轉成採購上的問題。凡是點名 UALink 2.0、Ultra Ethernet 1.1 或 CXL 4.0 的需求建議書（RFP），都應載明版本、一致性測試以及執行測試的一方，並針對每一個引用的數字詢問：它是已公布、已展示、已獨立重現，還是已投入使用。廠商應針對使用者實際執行的工作負載最佳化；需求建議書也可以要求提供該工作負載上的結果，並載明硬體、軟體版本與執行次數。接下來有日期的關卡很少：SC26 於 11月15日開幕，AMD 計畫在 11月推出 Helion 夥伴組態[1]，PCIe 8.0 預定在 2028年完成。第 9 節把其餘項目放在同一份時程上。

5 從空中到手機

請求現在得離開眼鏡，而有三個無線電標準制定組織在觀察期間留下了紀錄。行動通訊網路與 Wi-Fi 網路各向不同的組織負責，衛星連結則多了一個主管機關。它們的紀錄種類不同，表 7 把主要的紀錄分成三條軌道：今天已部署的、屬於研究或草案的，以及屬於試驗的。運作中的 5G 獨立組網網路，不能作為 6G 的證據；一次投票，也不能作為現場結果的證據。

6G 的研究時程與現有 5G 網路的升級時程，處理的是不同問題。研究時程屬於 ITU 與 3GPP。2023年11月的建議書 M.2160 以 50、100 與 200 Gbit/s 作為 IMT-2030 的範例，並預定最遲於 2030年完成[58]。3GPP 在 RAN#112 核准其首項 6G RAN 研究 TR 38.914 v1.0.0，並訂出 Release 21 中首批 6G 規格的時程，日期為 2026年6月10日，與 M.2160 對齊，使該研究成果可作為 ITU-R 程序的輸入[42]。工作小組自 11月16日起在卡加利開會，全體會議於 12月7日在波士頓開幕，ITU-R 預計於 12月核准 20 項 IMT-2030 技術效能要求，其中七項為新增[30, 59]。

服務的時程屬於 5G。截至 2026年4月20日，電信業者已在 95 個網路推出 5G 獨立組網服務，在 5G 服務中，獨立組網占 29%，非獨立組網占 71%[51]。Ericsson 於 6月16日發布的 Mobility Report 統計 5G 用戶數為 31 億，並預測 2031年底將達 64 億。報告發現，在 55 家服務供應商中，有 43 家的上行成長高於下行成長，有 17 家高於下行成長的 1.5 倍[60]。其情境模型把 2031年的上行流量，在中等情境下設為 2025年水準的三倍，此情境假設 43% 的用戶在智慧型手機上使用 AI 助理；在高情境下則為五倍[61]。情境是依特定假設推估的結果，背後沒有實測支撐，而表 14 把它列為獨立的一種說法。

IEEE 的時程靠投票推進。Wi-Fi 8 是 802.11bn 任務小組的成果，其目標以 EHT（Wi-Fi 7 背後的修正案）為基準：至少在一種運作模式下，吞吐量提高 25%，第 95 百分位的延遲降低 25%，MPDU 遺失減少 25%[43]。書面投票 296 自

表 7｜三條軌道上的無線通訊紀錄：已部署、研究或草案、試驗

每條軌道各有不同種類的證據，某一條軌道上的紀錄，對其他軌道沒有任何說明。

軌道	紀錄	紀錄顯示了什麼	紀錄沒有顯示什麼
今日已部署	5G 獨立組網，GSA，2026年4月20日[51]	95 家電信業者已推出獨立組網服務；5G 服務中有 29% 為獨立組網	任何關於 6G 的資訊，或使用者實際得到的涵蓋範圍與速度
研究或草案	6G 無線電，3GPP，2026年6月[42]	一份研究報告與首批 6G 規格的時程	定稿的無線電規格或商用 6G 服務
研究或草案	Wi-Fi 8，IEEE 802.11bn，2026年9月[18]	一份通過投票的草案，另有 8,016 則意見待處理	已批准的標準或實測的改善
研究或草案	Open RAN，O-RAN ALLIANCE，2026年10月[25]	自 7月以來 66 份新增或更新的文件	跨廠商部署或現場可靠度
試驗	前 6G 試驗，聯發科技、Ericsson 與 T-Mobile US，2026年9月[7]	下行尖峰速率逾 5 Gbps、上行逾 2 Gbps，標示為潛力；延遲低至 4 ms，標示為已達成	獨立重現，或一項服務
試驗	Starlink V3 衛星，SpaceX，2026年9月28日[69]	已部署 26 顆衛星，且每顆都已取得聯繫；服務開始前還有檢查程序	對任何手機提供服務

2026年8月3日進行到 9月2日。在 705 人的投票池中，560 人交回選票：417 票贊成、128 票反對、15 票棄權。贊成比例計為 545 票中的 417 票，即 76.5%，標準為 75%，投票通過，並附有 8,016 則意見[18]。9月，意見處理結果用於產出草案 2.1[43]。再多 12 張反對票，就會使贊成比例降到 75% 以下。任務小組列出的時程為：2027年1月進行 D3.0 工作小組書面投票，2027年5月就 D4.0 進行首次標準協會投票，2028年3月取得工作小組最終核准，2028年5月取得 RevCom 與 SASB 核准[43]。這些日期對應的會議為：2027年1月的爾灣、3月的新加坡、7月的哥德堡、11月的夏威夷，以及 2028年3月的曼谷[62]。

通過的書面投票只是一個正式階段。它並未解決這 8,016 則意見，也不是已核准的 IEEE 標準：任務小組自己的時程還要經過 D3.0 投票、標準協會投票，以及 2028年5月的 RevCom 核准。投票通過時，異議仍可能存在，而尚未處理的意見，比標題更能顯示仍待決定的設計選擇。

802 全體會議於 11月8日在曼谷開幕。兩個研究小組在該場會議上各有一項紀錄正在推進：802 對 AI Offload 的審查預計在 11月，Wireless Intelligent Networking 則預計在 2027年1月取得其 PAR 與 CSD[28, 63]。O-RAN ALLIANCE 自 7月以來發布了 66 份新增或更新的文件，使其清單達到 162 個不重複標題[25]。該組織於 10月19日至23日在河內開會，下次會議為 2027年2月15日至19日在德國，以及 2027年10月18日至22日在亞洲[26]。

文件數量衡量的是發布活動。它不能顯示一致性、跨廠商部署或現場可靠度，而這些都各是獨立的測試。

所讀紀錄中有一項接近 6G 的現場試驗。聯發科技在 11月2日報告，它與 Ericsson 於 9月在貝爾維尤的 6G Innovation Hub，與 T-Mobile US 進行了一項多廠商前 6G 試驗，使用 400 MHz 的連續頻譜區塊。發布文件把下行超過 5 Gbps、上行超過 2 Gbps 的尖峰速率標為潛在值，並把低至 4 ms 的延遲標為已達成[7]。對 12月全體會議最重要的請求來自電信業者。NGMN 在 10月29日請廠商確認 Multi-RAT Spectrum Sharing 能否在現有 RAN 硬體與現有頻段上運作，並回報任何不利的效能影響。NGMN 將用這些答覆，在 12月全體會議之前更新其對 3GPP 的指引，其電信業者成員希望將 6G 移轉選項控制在絕對最少[27]。

無線通訊的紀錄依世代分開，而各世代不能互相替代。5G 已投入使用，有 95 個獨立組網商用上線。Wi-Fi 8 是一份通過投票的草案，其目標屬於設計目標。6G 是一項附有時程的研究，附近還有一項公司自行報告的試驗。NGMN 的請求，是這裡唯一要求廠商在既有設備上確認結果的紀錄，而電信業者有其理由：現場的硬體是已經花掉的資本，沿用這些硬體的 6G 路徑，在取得營收之前需要投入的新資本較少。市場與標準制定組織的步調不同；權衡取捨須有明確的假設，因為能力、向下相容的遷移與資本成本彼此拉扯。這些答覆將影響 NGMN 給 12月全體會議的指引，值得追蹤的日程很短：11月8日的曼谷、11月16日起的卡加利，以及 12月7日起的波士頓全體會議。

軌道與頻譜：涵蓋範圍需要授權時

假設這個小鎮沒有訊號。涵蓋範圍就取決於四件各有主人的事：衛星、手機裡的無線電標準、頻譜的授權，以及商業服務。表 9 把它們分列在不同的列，因為一項授權只回答四者之一。

在軌道與頻譜方面，2026年的紀錄是監理機關的命令、諮詢與提案。英國通訊管理局（Ofcom）在 2026年3月19日的聲明中，開放最多 10 GHz 的 Q/V 頻段，供低密度地區的衛星閘道使用，這些地區涵蓋英國 94% 的國土面積；針對高密度地區最多 8 GHz 的諮詢則於 5月28日截止[64]。5月12日，FCC 核准以兩筆交易出售 EchoStar 的頻譜：約 65 MHz 給 SpaceX，包含 15 MHz 的非成對 AWS-3、40 MHz 的 AWS-4 與 10 MHz 的 H-Block；約 50 MHz 給 AT&T，包含 3.45 GHz 的 30 MHz 與 600 MHz 的 20 MHz。FCC 估計兩筆合計價值超過 400 億美元，EchoStar 並出資 24 億美元的託管款項[5]。該命令 DA 26-471 分兩步轉移授權，包含一項與衛星直連裝置建置條件掛鉤的地面網路建設豁免，並將最終交割日訂在 2027年11月30日前後[65]。

其他監理機關在春夏期間陸續跟進。加拿大創新、科學及經濟發展部（ISED）在 5月13日啟動 SMSE-008-26 諮詢，涉及 L 頻段、Big LEO 與 2 GHz 頻譜；並在 7月24日啟動 SMSE-010-26 諮詢，涉及太空作業、運載火箭與軌道可變的航天器[66, 33]。5月27日，歐盟執行委員會提出一項規章，要在 2 GHz 行動衛星頻段建立單一的歐盟層級遴選程序，該頻段現有授權將於 2027年到期[67]。Ofcom 的衛星直連裝置頁面記錄了 VodafoneThree 在 900 MHz 的授權變更，以及自 7月10日起生效的修正規章[68]。

衛星業者以自己的數字作報告。SpaceX 的 Starship 第 14 次飛行在 9月28日部署了 26 顆 Starlink V3 衛星，已與每一顆取得聯繫，服務開始前還有檢測作業[69]。Starlink 描述 V3 具有雙向各 2,048 個波束與 1.2 Tbps 的射頻回傳，並稱每次

表 8｜ 九筆無線通訊紀錄，依日期排列

九項中有四項是計數、三項是計畫、一項是公司自行報告的試驗、一項是電信業者的請求；而這項請求是唯一要求廠商在既有設備上確認結果的。

日期	紀錄	發布單位所印內容	紀錄類型
2023年11月	ITU-R M.2160	IMT-2030 的尖峰速率範例為 50、100 與 200 Gbit/s；2030年前完成[58]	計畫
2026年4月20日	GSA，5G 獨立組網	95 家業者已推出；29% 的 5G 服務為獨立組網[51]	計數
2026年6月10日	3GPP RAN#112	TR 38.914 v1.0.0 已核准；首批 6G 規格的 Release 21 時程[42]	計畫
2026年6月16日	Ericsson Mobility Report	5G 用戶 31 億；55 家供應商中有 43 家的上行成長高於下行[60]	計數
2026年8月3日至9月2日	IEEE 802.11bn，LB296	417 票贊成、128 票反對、15 票棄權；76.5%；8,016 則意見[18]	計數
2026年9月	聯發科技、Ericsson、T-Mobile US	潛在尖峰速率下行超過 5 Gbps、上行超過 2 Gbps；延遲低至 4 ms[7]	公司自行報告
2026年10月11日	O-RAN ALLIANCE	7月以來 66 份新增或更新文件；162 個不重複標題[25]	計數
2026年10月29日	NGMN	電信業者請廠商確認 Multi-RAT Spectrum Sharing 可在現有硬體與頻段運作[27]	請求
2026年12月	ITU-R 研究小組	20 項 IMT-2030 要求，七項為新增；預計核准[59]	計畫

Starship 發射增加的容量，約為 Falcon 9 發射 V2 衛星的 20 倍[70]。每個數字都是公司自行報告，V3 的數字屬於設計數字。已部署並取得聯繫的衛星還不是服務：服務要在檢測之後才開始。GSMA 在 9月3日統計了 151 家業者，其衛星服務為已上線、測試中或規劃中，涵蓋約 60 億個連線[71]；把已上線、測試中與規劃中的服務混在一起的統計，是用一個數字涵蓋三種不同的狀態。

10月帶來了把各個環節湊在一起的決定。10月6日，FCC 在 DA 26-1078 中核准 SpaceX 的非地球同步軌道行動衛星系統提供衛星直連裝置服務[6]；SpaceX 自己的更新則指出，FCC 核准了其針對 2 GHz 最佳化、規模 15,000 顆衛星的 Gen2 申請[41]。10月8日，SpaceX 宣布一項協議，涉及最多 14 MHz 的 800 MHz 成對頻譜，須取得 FCC 最終核准；同日，FCC 公布一份重點摘要，說明對衛星直連裝置服務所用授權頻譜的規則提案[41, 31]。10月21日，FCC 核准將三張非成對 AWS-3 授權從 Tristar 轉讓給 Starlink，並附帶衛星服務義務[32]。加拿大 SMSE-010-26 的回覆意見於 11月4日截止，11月5日，印度 TRAI 公布其關於衛星通訊網路業者授權，以及對其指配頻譜的建議書[33, 34]。

提議、建議、核准、生效與部署是不同的詞。提案，例如歐盟執行委員會 5月27日的提案，仍待決定。建議書，例如 TRAI 11月5日的建議書，是對政府提出的意見。命令，例如 FCC 10月6日的命令，是對所列當事方具法律效力的決定。這些都不是手機上收到的訊號：衛星頻譜執照允許特定用途，並不代表所有手機都能直接收到訊號。

2027年是各條日程交會的一年。歐盟在 2 GHz 頻段的授權將於 2027年到期[67]。3GPP 在 Release 20 中針對具備 GNSS 韌性的 NR-NTN 運作所設的工作項目，於 2026年6月6日啟動，計畫於 2027年9月9日結束[72]。世界無線電通訊大會（WRC-27）於 2027年10月18日至11月12日在上海舉行，其議程項目 1.13 涵蓋行動衛星服務與 IMT 手機在 694/698 MHz 至 2.7 GHz 之間頻段的直接連線[73]。申請人預計 EchoStar 轉讓給 SpaceX 的交易，將於 2027年11月30日前後完成[65]。監理機關以命令與案卷作決定，標準制定組織以投票與會議作決定，兩條日程在同一年交會。2026年的命令訂下條件，而負責手機端的工作項目與大會，和授權到期及交易完成落在同一年收尾。

6 當軟體請求授權採取行動

假設旅人的助理被要求做的不只是回答：要訂計程車、傳訊息給聯絡人，或為車票付款。這就牽涉到權限問題。誰定義了助理可以做什麼、如何讓它停止、事後又如何查核它的行動？圖 7 把三種答案並排：法律、協定與測試。

網際網路的工程師曾就其協定應該讓什麼事變得容易、不應該讓什麼事變得容易表明立場。2000年5月的 RFC 2804 記錄了 IETF 對監聽的政策，2014年5月的 RFC 7258 標題為 Pervasive Monitoring Is an Attack（普遍監控是一種攻擊）[74, 75]。兩者都是對協定目的所作的決定。2026年的紀錄則對自主行動的軟體提出類似的問題。

三項密碼工作共用同一個標題，回答的卻是不同的問題。NIST 在 2024年8月13日公布 FIPS 203、204 與 205，也就是 ML-KEM、ML-DSA 與 SLH-DSA 的標準[76, 77, 78]。2026年，IETF 把它們轉化為 TLS 的實務。7月的 RFC 9954 以資訊性（Informational）文件，提供 TLS 1.3 混合金鑰交換的建構方式；8月的 RFC 10024 屬標準軌道（Standards Track），在 IANA 登錄表中把 X25519MLKEM768 標為建議使用（Recommended），並把 SecP256r1MLKEM768 與 SecP384r1MLKEM1024 標為不建議使用（not recommended）[79, 80]。10月27日，NIST 定稿 IR 8547。該報告說明 NIST 從易受量子攻擊的演算法轉換出來的做法，並載明它支持第 14412 號行政命令與 OMB 備忘錄 M-26-15，這些文件指示聯邦機關優先遷移其最敏感的系統[8]。第一項是一組演算法，第二項是承載這些演算法的交握程序，第三項是把系統遷移到兩者之上的計畫。量子金鑰分發屬於另一種做法：ITU-T 於 10月19日核准 Y.3839，這是量子金鑰分發網路的密碼應用註冊框架[35]。

代理的紀錄比密碼的紀錄年輕。W3C 於 10月26日至30日在都柏林舉行 TPAC 分組討論，10月26日談代理的動作語意，10月27日談代理式網頁，10月28日談對 AI 友善的頁面與代理安全[36]。分組討論只是一場討論，沒有核定成立的小組，也沒有草案，且所讀頁面中沒有任何一項標明日期。10月，IETF 在 IETF 126 的 BoF 之後核定成立 AGENTPROTO，用以界定讓 AI 代理與工具及其他代理可靠通訊的協定基礎元件，並核定成立 DAWN，探討用戶端如何以可互通的方式發現代

表 9｜ 衛星授權本身無法回答的五個問題

每個面向各有自己的紀錄，所讀紀錄中沒有任何一項把五個面向為同一項服務串在一起。

面向	所讀紀錄顯示了什麼	沒有顯示什麼
法律授權	FCC 的 DA 26-1078 於 10月6日核准 SpaceX 的衛星直連裝置服務系統，DA 26-1129 於 10月21日核准三張 Starlink 的 AWS-3 授權；英國通訊管理局（Ofcom）的修正規則於 7月10日生效[6, 32, 68]	獲授權的服務是否存在
已發射的硬體	Starship 第 14 次飛行於 9月28日部署 26 顆 Starlink V3 衛星，且每顆都已取得聯繫，服務開始前還有檢測作業[69]	這些衛星是否提供服務
支援的手機	3GPP 針對具備 GNSS 韌性的 NR-NTN 所設的工作項目，自 2026年6月6日進行，預定於 2027年9月9日結束；WRC-27 的議程項目 1.13 涵蓋與 IMT 手機的直接連線[72, 73]	哪一款手機機型支援該服務
涵蓋範圍	Starlink 描述 V3 具有雙向各 2,048 個波束與 1.2 Tbps 的射頻回傳[70]	實測的涵蓋範圍或容量；這些數字是公司自行報告的設計數字
商業營運	GSMA 在 9月3日統計了 151 家業者，其衛星服務為已上線、測試中或規劃中[71]	其中哪些已上線

表 10｜ 十筆關於衛星頻譜的監理機關紀錄，依日期排列

十筆紀錄中，五筆是決定，兩筆是諮詢，兩筆是提案，一筆是建議。

日期	機關	所印內容	紀錄類型
2026年3月19日	Ofcom	聲明：最多 10 GHz 的 Q/V 頻段，供低密度地區的閘道使用，涵蓋英國 94% 的國土面積[64]	決定
2026年5月12日	FCC	EchoStar 的頻譜轉給 SpaceX（約 65 MHz）與 AT&T（約 50 MHz）；轉給 SpaceX 的部分分兩步進行，預計 2027年11月30日前後完成[5, 65]	決定
2026年5月13日	加拿大 ISED	SMSE-008-26，涉及 L 頻段、Big LEO 與 2 GHz 頻譜；意見於 7月13日截止[66]	諮詢
2026年5月27日	歐盟執行委員會	提議的規章：在 2 GHz 頻段採歐盟層級遴選；現有授權於 2027年到期[67]	提案
2026年7月10日	Ofcom	衛星直連裝置的修正規章生效[68]	決定
2026年7月24日	加拿大 ISED	SMSE-010-26，涉及太空作業與運載火箭；回覆於 11月4日截止[33]	諮詢
2026年10月6日	FCC	DA 26-1078：SpaceX 系統獲准提供衛星直連裝置服務[6]	決定
2026年10月8日	FCC	對衛星直連裝置服務所用授權頻譜之規則提案的重點摘要[31]	提案
2026年10月21日	FCC	DA 26-1129：三張 AWS-3 授權由 Tristar 轉讓給 Starlink，附帶衛星服務義務[32]	決定
2026年11月5日	TRAI	關於衛星網路業者授權與頻譜指配的建議書[34]	建議

理。章程寫明工作範圍，而它所承諾的協定尚未寫成。第三項工作 AUDIT 是一場 BoF，討論用於記錄、交換與驗證稽核資訊的可互通機制與資料模型[19]。在舊金山舉行的 IETF 127 上，AGENTPROTO 最先在 11月16日星期一開會，AUDIT 在 11月17日星期二，DAWN 在 11月19日星期四[19]。

權限是助理的能力與人的同意相遇之處。W3C 關於動作語意與代理安全的分組討論，以及 IETF 關於代理如何與工具對話、彼此發現的工作，正是這個問題被討論的地方。揭露不等於同意，代理可以跨越的界線，也是一道安全界線。這裡的互通性應圍繞權限與驗證來定義，也要涵蓋呼叫工具的能力。執行可以授權給代理，責任不能外包給演算法。信任取決於權責一致的行動：誰採取了行動、依據誰的許可，以及紀錄能否被查核。

停止指令會穿過三層，而這三層所處的階段各不相同。法律最早。歐盟《人工智慧法案》（AI Act）於 2024年6月13日通過，其第 14 條第 4 項第 e 款要求，監督高風險系統的人員必須能透過停止按鈕或類似程序中斷系統，使系統在安全狀態下停止[81]。協定層已核定成立，但還很年輕：將界定代理如何與工具及彼此對話的工作小組，於 2026年10月核定成立，距該法案文本通過已有 28 個月。稽核層是一場 BoF。在美國國會，H.R. 9917《AI 終止開關法案》（AI Kill Switch Act）由眾議員 Lieu 與 Moran 於 2026年7月23日提出，並修正《2002年國土安全法》；S. 5417《AI 緊急按鈕法案》（AI Emergency Button Act）由參議員 Kennedy 於 9月16日提出，將要求國土安全部（DHS）在法案生效後 90 天內訂出法規[21, 82]。兩者都是已提出的法案，均尚未成為法律。

表 11 依序排列這些紀錄，任何宣稱可控制的產品，其實務問題也由此而來：停止指令由哪一層承載？法律上有義務，卻沒有協定訊息來承載，或有訊息卻沒有稽核紀錄證明它被遵守，就留下一道只有測試才能補上的缺口。AI 助理的停止指令，必須能傳達、執行，並留下可查核紀錄，而算數的測試，是由第二方送出停止指令，並證明系統確實停止。所讀紀錄中沒有任何一筆提供這樣的測試。對產品團隊而言，密碼這條軌道有一個具體的第一步，也就是登錄表標為建議使用的那一組。

7 當觀看者是機器

智慧眼鏡上的鏡頭看見了路牌。接著由配戴者、眼鏡中的模型，或資料中心裡的模型來讀取路牌，決定了鏡頭資料必須承載什

圖 7｜從權限到稽核：同一項停止指令的三條軌道



一項停止指令要跨過法律、協定與測試。所讀紀錄顯示，法律最先出現，協定工作處於核定成立或討論階段，測試則尚未出現。實線方框表示紀錄及其狀態，虛線方框表示所讀紀錄中沒有顯示的部分。

範圍 紀錄以 2026年11月6日所見為準。提出的法案仍待制定成法，核定成立或分組討論，都早於完成的協定。

表 11｜十一筆關於機器停止、金鑰與稽核的紀錄，依日期排列

法律紀錄在時間上最早，協定與稽核紀錄隨後，三條密碼軌道則各自進行。

日期	單位	所印內容	紀錄類型
2024年6月13日	歐盟	《人工智慧法案》第 14 條第 4 項第 e 款：停止按鈕或類似程序，使系統停在安全狀態[81]	法律，已通過
2024年8月13日	NIST	FIPS 203、204 與 205：ML-KEM、ML-DSA 與 SLH-DSA[76, 77, 78]	後量子密碼標準
2026年7月	IETF	RFC 9954：TLS 1.3 的混合金鑰交換，資訊性文件[79]	TLS 設計
2026年7月23日	美國眾議院	H.R. 9917《AI 終止開關法案》已提出[21]	法律，已提出法案
2026年8月	IETF	RFC 10024：X25519MLKEM768 標為建議使用[80]	TLS 設計
2026年9月16日	美國參議院	S. 5417《AI 緊急按鈕法案》已提出[82]	法律，已提出法案
2026年10月	IETF	AGENTPROTO 與 DAWN 核定成立[19]	協定，已核定成立
2026年10月19日	ITU-T	Y.3839 獲核准：量子金鑰分發網路的密碼應用註冊框架[35]	量子金鑰分發網路標準
2026年10月26日至30日	W3C	針對代理、動作語意與代理安全的 TPAC 分組討論[36]	討論
2026年10月27日	NIST	IR 8547 定稿，即轉換報告[8]	後量子遷移計畫
2026年11月17日	IETF 127	針對記錄與驗證稽核資訊的 AUDIT BoF[19]	稽核，BoF

麼。給人看的編碼講求感知保真，畫面必須看起來正確；給機器看的編碼講求任務特徵，必須足以支撐一項任務。這項差異，正是視訊編碼標準制定組織呼籲訂定 VVC 之後標準的原因，也是 MPEG 正在撰寫視訊與機器特徵編碼測試條件的原因。

編解碼標準制定組織維持著本文中最明確的日程。2026年7月28日，JVET（ITU-T 第 21 研究小組與 ISO/IEC JTC 1/SC 29 的聯合團隊）發出了超越 VVC 的視訊編碼標準徵求提案。登記期間為 8月1日至9月1日，評估將在 2027年1月的第 45 次 JVET 會議舉行，既定目標是在 2029年前完成新標準。使用案例包括機器視覺，評估涵蓋主觀與客觀的衡量方式[20]。

徵求提案發布之後的幾場會議，都在同一座城市舉行。杭州在 10月13日至16日承辦 ITU-T 多媒體技術具身 AI 焦點小組（Focus Group on Embodied AI for Multimedia Technologies）的第三次會議，10月17日至23日承辦 JVET 44，10月19日至23日承辦 MPEG 156[37, 38, 39]。MPEG 156 列出機器視訊編碼（Video Coding for Machines，MPEG-AI 第 2 部分）與機器特徵編碼（Feature Coding for Machines，第 4 部分）的共通測試條件，以及針對系統支援、高斯潑濺（Gaussian splats）與超越 VVC 編碼的探索[39]。特徵編碼壓縮的是機器視覺網路的中間特徵張量[83]。MPEG 155 對超越 VVC 提交內容的時間表，要求在 10月底前交出處理後的材料，並於 12月中旬提交第二批提案包[40]。視訊的機器使用者與人類觀眾並列，出現在徵求提案的使用案例，以及 MPEG 的測試條件之中。

有五個術語必須分開看，表 12 逐一列出。測試條件是一種實驗方法，讓各項提案能在同一基準上比較，MPEG 156 的清單並不是已完成的編解碼器。編解碼器是一項系統決策，因為它牽動晶片、裝置與雲端，而提升壓縮率可能增加所需的運算量。人眼可見的畫面與特徵表示是不同的編碼對象，而面向機器的編碼，除了位元率與重建品質，也要以任務指標評判。

同一部相機與同一項任務，可以有四種推論位置，圖 8 追蹤每一種位置中的資料流向。這張圖是定性的，不表示每秒位元

表 12｜ 視訊編碼的五個術語，各以不同標準評判

所讀紀錄中，只有 VVC 之後標準的提案徵集與兩組測試條件標有日期，五者都不是已完成、可供手機通用的編解碼器。

術語	編碼或傳送的內容	評判依據	所讀紀錄中的狀態
VVC	畫面，主要供觀看	在特定位元率下的感知品質	VVC 之後標準的提案徵集，以此編解碼器為對照基準[20]
VVC 之後的標準	畫面；使用情境包含機器視覺	主觀與客觀度量[20]	2026年7月28日的提案徵集；2027年1月評估；2029年訂出新標準為目標
VCM，機器視訊編碼	視訊	任務指標，以及位元率與重建品質	MPEG 156 列出的共同測試條件，屬 MPEG-AI 第 2 部分[39]
FCM，特徵編碼	機器視覺網路的中間特徵張量[83]	在特定位元率下的任務準確度	MPEG 156 列出的共同測試條件，屬 MPEG-AI 第 4 部分；狀態為進行中[39, 83]
分割推論	模型在選定的某一層切開，讓特徵跨越連結傳送	延遲、傳送位元組數、能耗與任務準確度	這是一種本身沒有編解碼器的架構；所讀紀錄中沒有針對它的標準

數、延遲或能耗有任何節省。運算在哪裡執行，會改變由誰承擔負擔。裝置端推論的取捨，是以本地電力與發熱的限制，換取不必依賴雲端；雲端推論的取捨，是以對網路的依賴，換取不受裝置限制；搬移運算也會改變延遲預算。

裝置端推論並不會自動更安全或更便宜，雲端模型並不會自動更準確，衛星直連裝置的連結不會提供一致的容量，為觀看而最佳化的位元串流也不一定最適合機器任務。每一項說法都需要它的任務假設：模型、工作負載、網路與失效模式。第 5 節的上行數字也屬於這幅圖景，而且需要小心對待。Ericsson 統計，在 55 家服務供應商中，有 43 家的上行成長高於下行成長，其情境則在中等情境下，把 2031年的上行流量設為 2025年水準的三倍[60, 61]。前者是計數，後者是在所述假設下的情境推估。兩者都不衡量 AI 助理的請求所產生的流量，也都沒有說明這四種推論位置中哪一種會承載這些負載。

8 數字能解釋什麼

前面每一節都遇到數字，而數字有不同的種類。圖 9 對任何一個數字，都問它所說的是什麼、接著必須出示什麼；表 14 則依答案，把本報告的十五個數字分類。投票計數、文件計數與電信業者計數都屬於計數。衛星發射與現場試驗，是由執行的公司自行報告。Ultra Ethernet 的 2 倍、UALink 的 93% 與 Wi-Fi 8 的 25%，是設計目標或設計示例。Ericsson 的 3 倍與 5 倍是情境。PCIe 8.0 的 2028年與下一代編解碼器的 2029年，是計畫。這些種類並未排出高低，因為計數得到的數字可能很小，而設計目標在第二方測試後，也可能證明是保守的。種類決定的是一個數字能在計畫中走多遠：計畫可以建立在計數之上；可以把設計目標當作起始值，並附上測試；情境則應視為可以變動的輸入。

五個看起來相似的數字並不相同。76.5% 是一次投票中，贊成票占贊成與反對票的比例。25% 是 Wi-Fi 8 至少一種模式的設計目標。3 倍是 2031年上行流量的一種情境。2 倍是單次集合通訊操作中所傳資料的設計示例。95 是 5G 獨立組網網路的計數，並不是 6G 的計數。它們不能放在同一把尺上。百分比需要它的分母，而結論強度不得超過證據強度：說法只能走到證據所及之處，不能再多，讀者也可以問，什麼證據會改變結論。

9 接下來哪些決定最重要

關卡是一個日期，在這一天，一份紀錄可能改變它所能證明的內容。未來三年的關卡分為三種：文本會在其中修改的會議、確定文本的投票與期限，以及具約束力的決定。圖 10 把它們放在同一份從 2026年底到 2029年中的日程上，並讓每一種各有自己的符號，因為已由命令定下的日期、僅在計畫中的投票，以及只給出年份的目標，代表三種不同的承諾。

2027年是決策之年。Wi-Fi 8 任務小組計畫在 1月進行 D3.0 工作小組書面投票，5月就 D4.0 進行首次標準協會投票[43]；JVET 則在 1月的第 45 次會議上評估 VVC 之後標準的提案[20]。3GPP 關於具備 GNSS 韌性的 NR-NTN 的工作項目在 9月結束，WRC-27 於 10月18日至11月12日在上海舉行，EchoStar 轉讓給 SpaceX 的交易在 11月30日前後完成[72, 73, 65]。歐盟的 2 GHz 授權在同一年屆滿[67]。2028年是規格之年：PCIe 8.0 預定發布完整版[46]，Wi-Fi 8 預定在 3月取得工作小組核准、5月取得 RevCom 與 SASB 核准[43]。2029年是 VVC 之後標準的目標到期之年[20]。

具約束力的關卡，如授權與交割，其日期由命令與法規訂定。確認文本的關卡，如投票與發布，時間較晚，且取決於志工之間的共識。兩者都需要的計畫，應依這些關卡排定時程，而最近的幾個就落在未來六週內。

會議可以開啟一個問題，或就工作達成共識。會場上的非正式舉手民調不具約束力，量的是各方風向與冷熱；是否採納，要留待後續的決定。投票或發布，公開的是文本。展示，呈現的是一項實作。獨立重現與日常使用中的服務，需要第二方與營運者，而日程上的日期，只能標出兩者發生的時機。通過的關卡可能確認計畫、延後計畫，或改變計畫，因此讀者應以情境規劃，並追問多種未來之中，什麼仍不會變，而預測也應指出會改變預測的訊號。下列清單依日期排列，並標明各關卡由哪個單位負責。

觀察清單：現在到 2027年1月

11月8日至13日：IEEE 802 全體會議在曼谷舉行，預計 11月進行 802 對 AI Offload 研究小組的審查[28, 63]。

11月14日至20日：IETF 127 在舊金山舉行。AGENTPROTO 在 11月16日開會，AUDIT BoF 在 11月17日，DAWN 在 11月19日[19]。

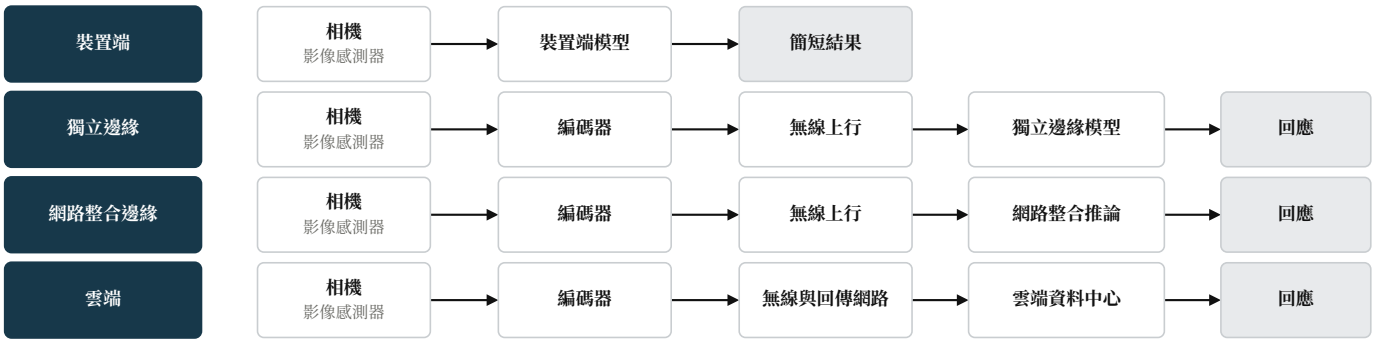
11月15日至20日：SC26 在芝加哥舉行，UCIe 在開放標準展館設有 1020 號攤位[23, 24]。

11月16日至20日：3GPP 工作小組在卡加利開會，接著是 NGMN 更新後的指引，其內容取決於廠商對 Multi-RAT Spectrum Sharing 的答覆[29, 27]。

11月：AMD 規劃推出的 Helion 合作夥伴配置[1]。

12月7日至10日：3GPP 全體會議在波士頓舉行，以及 ITU-R 研究小組預計核准 20 項 IMT-2030 要求，其中七項為新增[30, 59]。

圖 8｜同一項機器視覺任務的四種推論位置



推論位置改變了資料在各段網路上的傳輸方式。裝置端可能只需上傳結果；遠端推論則可能需要視訊或中間特徵。選擇應依模型能力、網路條件、隱私、功耗與任務準確率評估。

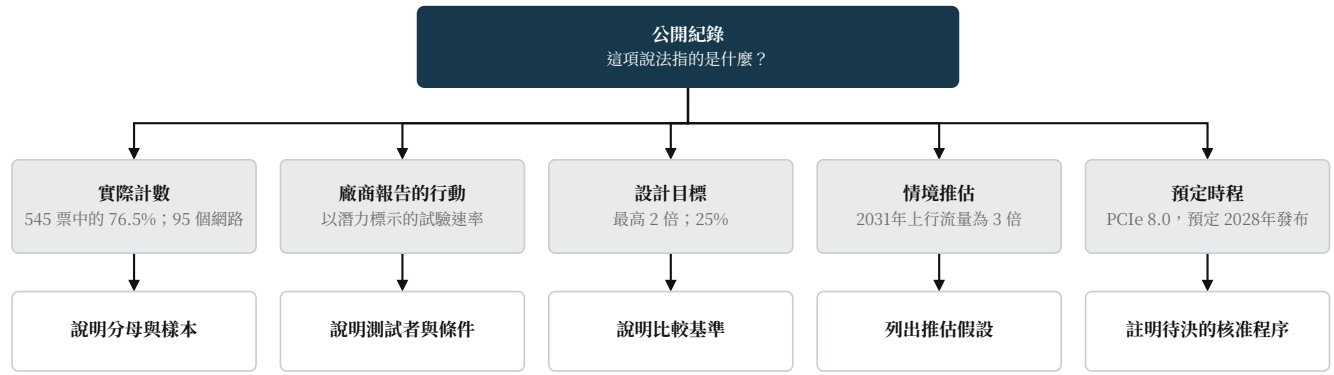
範圍 定性的架構示意。四條軌道比較推論位置，不宣布任何產品，圖中也不表示位元率、延遲或能耗有任何節省。

表 13｜四種推論位置各自要測試什麼

推論位置決定哪些標準主題與任務有關，每一種位置的失效方式也各不相同。

推論位置	上行鏈路上可能傳送的內容	必須測試的項目	變得相關的標準主題	生活實例
裝置端	一個小標籤、座標或警示；原始視訊則為選用	散熱限制下的任務準確度與裝置能耗	JEDEC 記憶體類別、裝置運算、媒體預處理、本地隱私	智慧眼鏡辨讀路牌
獨立邊緣	編碼後的視訊、選定的畫面或特徵，視切分方式而定	涵蓋範圍、持續上行、模型與任務延遲、失效處理	3GPP 上行、IEEE 802、邊緣整合、JVET 與 MPEG	靠近本地邊緣伺服器的工廠安全攝影機
網路整合邊緣	類似的媒體或特徵，執行邊界由網路管理	切片與服務品質、安全、編排、換手與互通性	3GPP 與 O-RAN、IETF、編解碼器、安全	由網路管理運算的擴增實境輔助
雲端	媒體或特徵，加上跨越無線與回傳網路的返回流量	端到端第 95 百分位延遲、網路成本、隱私、可靠度與雲端能耗	3GPP 與 IEEE、IETF、Ultra Ethernet、OCP、UALink 與 JEDEC、JVET 與 MPEG	解讀長場景的多模態 AI

圖 9｜這是什麼說法，以及接著要出示什麼



每一種說法在能用於計畫之前，都需要不同的後續佐證。五種類型並未依品質高低排列，一個數字只屬於一種類型，不論它的大小。

範圍 為本報告製作的編輯判讀輔助圖。它只為說法分類，不對提出說法者作出評價。

12月中旬：MPEG 針對超越 VVC 提交內容的第二批提案包[40]。

2027年1月：爾灣的 802.11 會議、JVET 45，以及 Wireless Intelligent Networking 的 PAR 與 CSD[62, 20, 63]。

10 我們如何走到這一步：過去的規則需要什麼

2026年的紀錄與更早的決定前後呼應，下面的歷史依較早的日期排列。以史為鏡，先例只供閱讀時參照：每段歷史說明早期的規則需要什麼才能發揮作用，沒有一段能預測 2026年的紀錄將會如何。卻斯特頓的圍欄亦然：未明舊制初衷，不宜輕言廢除。

獨立重現是這些檢驗中最古老的一項。英國皇家學會在1662年就提出這項要求，IETF 則在 1996年與 2011年把它寫進程序，如第 1 節所述[14, 15, 16]。所選的 2026年新興紀錄，沒有任何一項達到這個標準。這些紀錄中最接近獨立檢視的是一次投票，705 人的投票池中有 560 位成員對 Wi-Fi 8 的一份草案作出判斷[18]，而投票評判的是文本。量測數字的重現，仍在等待第二間實驗室。

表 14｜ 本報告的十五個數字，依說法的種類分類

說法的種類決定接著必須出示什麼，但並不說明數字本身的品質。

印出的數字	說法的種類	紀錄	接著必須出示什麼
417 票贊成、128 票反對、15 票棄權；76.5%，對照 75% 的門檻	實際計數	IEEE 802.11bn D2.0，書面投票 296[18]	8,016 則意見的處理，以及後續投票
66 份新增或更新文件；162 個不重複標題	實際計數	O-RAN ALLIANCE 文件計數[25]	一致性與跨廠商現場結果
95 個網路；5G 服務中獨立組網占 29%	實際計數	GSA，2026年4月20日[51]	與 6G 無關；涵蓋範圍與速度需要各自的度量
55 家服務供應商中，有 43 家的上行成長高於下行成長	實際計數	Ericsson Mobility Report，2026年6月16日[60]	是哪些應用在推動；這並非 AI 流量的度量
已部署 26 顆 Starlink V3 衛星，且每一顆都已取得聯繫	廠商報告的行動	SpaceX，Starship 第 14 次飛行[69]	檢測作業，以及對手機提供服務
下行尖峰速率逾 5 Gbps、上行逾 2 Gbps，標示為潛力；延遲低至 4 ms，標示為已達成	廠商報告的行動	聯發科技、Ericsson 與 T-Mobile US[7]	第二方在所述條件下重複進行
摘要稱最高 100 Tb/s；內文則是可擴展至 400 Tb/s 的設計	廠商報告的行動	Nokia、T3 Broadband 與 Aureon 路線[57]	附有測量條件的實測路線
通訊速度最高提升 2 倍	設計示例	Ultra Ethernet 1.1，網內集合通訊[3]	第二方在真實工作上實測的集合通訊
有效尖峰頻寬 93%；每個 pod 最多 1,024 個加速器	設計目標	UALink 1.0[17]	第三方在真實工作負載上量測的頻寬
至少在一種模式下，相較 EHT，吞吐量提高 25%、第 95 百分位延遲降低 25%、MPDU 遺失減少 25%	設計目標	IEEE 802.11bn 任務小組目標[43]	第二方對產品的實測結果
每通道 256.0 GT/s；x16 雙向最高 1.0 TB/s	設計目標	PCIe 8.0 Draft 0.5[46]	預定 2028年發布的完整版
2031年上行流量為 2025年的 3 倍（中等情境）與 5 倍（高情境）	情境推估	Ericsson 情境模型[61]	後續年度的實際流量，以及各情境的假設
2028年3月取得工作小組核准；2028年5月取得 RevCom 核准	預定時程	IEEE 802.11bn 任務小組時程[43]	每一次投票與核准實際進行
2029年前訂出新的視訊編碼標準；2027年1月評估提案	預定時程	VVC 之後標準的提案徵集[20]	提案完成評估，並選定一種編解碼器
WRC-27，上海，2027年10月18日至11月12日，議程項目 1.13	預定時程	ITU 大會行事曆[73]	大會日期並不預告任何技術提案的結果

能點名所指事物的標準，陌生人也能測試。到 1860年代初，一封電報可能依序適用多項公約，包括 1857年的斯圖加特公約，以及 1858年的布魯塞爾與伯恩公約，而這些公約的條文並不完全一致[12]。二十個國家（多數在歐洲）的代表以一項公約作為回應，於 1865年5月17日在巴黎簽署，其規則要求採用摩斯電碼及其設備，ITU 自己的歷史稱之為聯盟指定特定設備的罕見例子[13]。RFC 10024 點名三個金鑰協議群組，並把其中一個標為建議使用，UALink 2.0 的可管理性規格則點名 gNMI、YANG、SAI 與 Redfish[80, 50]。沒有指名可供測試項目的設計目標，也就沒有陌生人能夠重現它。

2026年的停止指令，所處的位置如同 1906年的 SOS。SOS 在那一年公布，直到 1912年才等到共用的頻率與守聽的習慣[9, 11]。要求停止高風險 AI 系統的義務，已於 2024年6月寫入歐盟《人工智慧法案》，將界定代理之間所交換訊息的工作小組，於 2026年10月核定成立，而稽核層是一場 BoF，因此頻率與守聽的習慣仍有待建立。一項共用的緊急訊號，需要文本、通道與守聽的實踐，而文本在時間上最先出現。

IETF 曾在 2000年與 2014年刻意表明立場，分別針對竊聽與普遍監控，而第 6 節則把 2026年那兩項要求以法律設立關閉能力的法案，與將承載停止指令的協定並列。法律載明義務，協定規定訊息，兩者寫在不同的會議室裡。

密碼遷移需要文本、協定設定檔與計畫，而三者各依自己的日程到來。NIST 在 2024年8月公布三項後量子密碼標準，IETF 在 2026年7月與 8月發布其混合金鑰交換文件，NIST 則在 2026年10月定稿其轉換報告，距標準公布已有 26 個月[76, 79, 80, 8]。從第一項到最後一項之間，風險由採購者承擔。

這些歷史共有的，是一個可向每一筆新紀錄提出的問題：文本點名了什麼，誰能測試它，又有誰還要建立通道與使用它的習慣？

11 各類讀者的重點

這些紀錄對不同的讀者意義不同，表 15 列出八類適用具體重點的讀者。每一列都說明紀錄的意義，以及一個第一步。

12 當他人能夠依循，協議才發揮作用

等待緊急訊息的人，沒有理由分辨某個委員會是否已通過文件，或某家廠商是否完成展示。但對建置系統的人而言，這些差別攸關服務能否可靠運作。記憶體介面必須與封裝相容，封裝要能與伺服器整合，網路要能與終端連線，權限規則也須由軟體確實執行。每跨過一道介面，就多了一項前一份規格無法獨自回答的問題。

圖 10｜ 決策日程：依類型標示狀態，2026年11月至2029年中



① 2026年11月至12月，觀察清單上的會議：IEEE 802、IETF 127、SC26、在卡加利與波士頓舉行的 3GPP（僅標示月份）。[28, 19, 30]
② 2027年1月，IEEE 802.11bn 計畫進行 D3.0 工作小組書面投票（僅標示月份）。[43]
③ 2027年1月，JVET 45 評估 VVC 之後標準的提案（僅標示月份）。[20]
④ 2027年2月15日至19日，O-RAN ALLIANCE 在德國開會。[26]
⑤ 2027年5月，IEEE 802.11bn 計畫就 D4.0 進行首次標準協會投票（僅標示月份）。[43]
⑥ 2027年，歐盟現行的 2 GHz 授權屆滿；歐盟執行委員會針對後續提出歐盟層級的程序（僅標示年份）。[67]
⑦ 2027年9月9日，3GPP 關於具備 GNSS 韌性的 NR-NTN 的工作項目預定結束。[72]
⑧ 2027年10月18日至11月12日，WRC-27 在上海舉行。[73]
⑨ 2027年11月30日前後，依 FCC 的命令，EchoStar 授權轉讓給 SpaceX 的交易完成。[65]
⑩ 2028年3月，預計 802.11bn 取得工作小組核准（僅標示月份）。[43]
⑪ 2028年5月，預計 802.11bn 取得 RevCom 與 SASB 核准（僅標示月份）。[43]
⑫ 2028年，PCIe 8.0 完整版發布，依 PCI-SIG 的說法進度符合預定（僅標示年份）。[46]
⑬ 2029年，VVC 之後標準的提案徵集之後，以新的視訊編碼標準為目標（僅標示年份）。[20]

已定日期、已排定的會議、計畫中的投票，以及只標示年份的目標，各用不同的符號；圖例列出每個標記的發布單位、動作、日期精確度、2026年11月6日的狀態與來源。

範圍 日期依發布單位印出的方式呈現。只有月份的日期畫在該月中旬，只有年份的日期畫在該年年中；這兩者都只是繪圖的慣例，並不暗示具體日期。編號依標記由左至右排列。WRC-27 的日期是大會的日期，並不預告任何提案的結果。

表 15｜ 這些紀錄對八類讀者的意義

每項第一步，都把一種說法轉成有日期或具名文件的行動。

讀者	紀錄的意義	第一步
執行長與董事會	計畫可以建立在有日期關卡的已公布文本上。沒有第二方重現過的數字，尚未得到證實。	請每位專案負責人說明：計畫的每項輸入屬於哪一種說法，以及下一個關卡的日期。
技術長與架構師	AI 堆疊依固定節奏發布，其數字屬於設計數字。	在每份採購單中寫明版本、一致性測試與執行測試的單位，並詢問哪一層承載停止指令。
投資人	計數與公司自行報告的數字是不同種類的證據，2027至2029年的關卡則為各項檢驗標定了日期。	把公司引用的數字依說法的種類分類，並把檢驗各數字的關卡排入行事曆。
創新者與專利發明人	在這段觀察期間的章程與徵求提案之中，文本仍在變動：AGENTPROTO、DAWN、AUDIT、802 研究小組，以及超越 VVC 的評估。	把每一項請求項對應到已公布的版本，並為觀察清單上的會議規劃提案貢獻。
標準化代表	下一輪文本變動落在曼谷、舊金山、卡加利與波士頓，而單單一次 Wi-Fi 8 投票就收到 8,016 則意見。	在每份提案中說明，該文本設定的是設計目標、測試，還是部署事實。
法務長與法律實務界	停止指令橫跨法律、協定與稽核，而頻譜命令附有案卷與條件，並以 2027年交割收尾。	在合約中引用規格版本、命令編號與日期，並把第 14 條第 4 項第 e 款與美國的兩項法案，對應到承載停止指令的那一層。
產品與公關團隊	發布單位會自行印出限定語，例如潛在速率與設計規模。	引用速率時照發布單位的說法，並從登錄表標為建議使用的那一組開始設定 TLS 金鑰協議。
政策制定者與立法者	2024年寫下的義務，遇上 2026年核定成立的協定，而法案則附有 90 天的法規制定時限。	指明由誰、依據哪一份已公布的規格來測試停止能力，並讓期限與 WRC-27 及 2027年的授權日期對齊。

未來幾年仍將有投票、提案、頻譜決策與新規格陸續提出。判讀這些進展，可觀察每一項決策讓其他人得以完成哪些工作，以及成果是否經得起驗證。當未曾參與制定會議的人也能依循其規範完成工作，標準便走出了會議室。

展望是一份日程，長期規劃，先承認有哪些未知。本報告無法說出哪一筆紀錄會被證明可靠：它的資料來源止於2026年11月6日，在那一天之後的日期都只是計畫。Wi-Fi 8 的核准、PCIe 8.0 的發布、歐盟 2 GHz 授權的屆滿、WRC-27 的頻譜議程，以及下一代視訊編解碼器的目標，都將在2027至2029年間到期，而每一項都是讓紀錄能比今天呈現更多內容的時機。阿瑪拉定律是看待這類日程的恰當提醒：人們常高估技術的短期效果，卻低估它長期改寫結構的力量。讀者可觀察的下一步很小。下一次投票、發布或命令出現時，請問：發布單位同意了什麼、範圍為何；誰測試了哪一種實作、在什麼條件下；誰在哪裡仰賴這項服務。

在不同會議室制定的標準，唯有能讓會議室外的人順利使用，才共同構成可依賴的基礎設施。

13 證據總表與編輯方法

本報告是對公開紀錄的解讀。它依每一筆紀錄所證明的內容安置該紀錄，不為任何組織評分，每個數字都以印出該數字的紀錄為依據。分析單位是一筆有日期、可歸屬的紀錄，內容關於一項技術或一個議題，紀錄之間的差異分別保存在不同欄位：發布單位、發布單位所用的動詞、來源所印的日期、文件形式、證據出處、紀錄證明了什麼、仍待確認什麼、附有單位與條件的數字、說法的種類、下一個關卡與來源。表 17 與表 18 列出表 2 十五筆紀錄的這些欄位。

五種陳述有五種可接受的來源，表 16 逐一列出。本報告陳述有關標準、法規或數字的事實時，來源是發布單位自己的頁面或文件，新聞稿只是通往它的指引。回聲無法佐證：同一說

法被轉述十次，仍然只算一個來源。兩筆紀錄不一致時，兩者都會列出。表 18 的最後一欄，針對每一筆紀錄說明：發布單位自己的頁面是否在 11月7日重新讀過，或是無法開啟、只以其他報導交叉比對確認。在 83 個被引用的來源中，有 33 個於 2026年11月7日 重讀，其中 FCC 命令 DA 26-471 只讀了一部分。有 12 個沒有可讀的頁面，依據的是發布單位的摘要片段、報導中引用的公司說法，或只有標題；其餘 38 個的閱讀並未逐頁記錄。

表 17 列出每一筆紀錄的文件形式、證據出處、附有條件的數字與說法的種類，表 18 則列出每一筆紀錄所依賴的條件、下一個關卡、一般人如何注意到它，以及查核狀態。兩者都以表 2 的紀錄編號為索引。外部主管機關會如此標示，也不是十二個標準制定組織的成員。

參考來源

1. Open Compute Project Foundation, 2026 OCP Global Summit by the Numbers, San Jose, 12–15 October 2026. opencompute.org
2. JEDEC, JEDEC Publishes First Industry-Wide Silicon Photonics Reliability Standard for AI, Datacenter and Telecom Infrastructure, 1 October 2026. jedec.org
3. Ultra Ethernet Consortium, announcement of Specification 1.1 for AI and HPC networking, 12 October 2026. ultraethernet.org
4. Open Compute Project Foundation, Ethernet for Scale-Up Networking (ESUN) workstream page. opencompute.org
5. Federal Communications Commission, press release DOC-421651A1 on the EchoStar spectrum sales to SpaceX and AT&T, 12 May 2026. docs.fcc.gov
6. Federal Communications Commission, Authorization and Order DA 26-1078, adopted and released 6 October 2026: SpaceX NGSO MSS system for direct-to-device services. fcc.gov
7. MediaTek, MediaTek and Ericsson achieve world's first successful multi-vendor pre-6G joint field trial with T-Mobile US, 2 November 2026. mediatek.com
8. National Institute of Standards and Technology, Transition to Post-Quantum Cryptography Standards, NIST IR 8547, final, 27 October 2026. csrc.nist.gov
9. International Telecommunication Union, History of ITU's role in radiocommunication development, World Radiocommunication Seminar 2024 presentation. itu.int
10. International Telecommunication Union, ITU News, Pioneers' Page, Sending out an SOS: how a famous disaster spurred agreement on international rules, 2006. itu.int
11. International Telecommunication Union, ITU Hub, ITU's maritime journey: then and now, 2022. itu.int
12. International Telecommunication Union, Agreements before 1865, ITU History Portal: Stuttgart, Brussels and Berne conventions. itu.int
13. International Telecommunication Union, The birth of ITU, 1865, ITU History Portal: first International Telegraph Convention, Paris, 17 May 1865. itu.int
14. The Royal Society, History of the Society: first meeting on 28 November 1660; First Charter of 1662 and the motto Nullius in verba. royalsociety.org
15. Internet Engineering Task Force, RFC 2026, The Internet Standards Process, Revision 3, October 1996, BCP 9. rfc-editor.org
16. Internet Engineering Task Force, RFC 6410, Reducing the Standards Track to Two Maturity Levels, October 2011, BCP 9. rfc-editor.org
17. UALink Consortium, press release announcing the UALink 1.0 specification, 8 April 2025. ualinkconsortium.org
18. IEEE 802.11 Working Group, announcement of Letter Ballot 296 on P802.11bn/D2.0 and its result, 2 September 2026. grouper.ieee.org
19. Internet Engineering Task Force, IETF 127: new topics, IETF blog. ietf.org
20. ITU, Beyond-VVC call for proposals on future video coding, ITU Hub, 28 July 2026. itu.int
21. U.S. House of Representatives, H.R. 9917, AI Kill Switch Act, 119th Congress, introduced 23 July 2026. govinfo.gov
22. JEDEC, Events and Meetings page: JC-15 on 13 October 2026 and the Industry Forum on AI Memory Architectures, Testing, and Ecosystem Readiness, Seoul, 15 October 2026. jedec.org
23. UCIe Consortium, Events page: SC26 and Hot Interconnects 2026. uciexpress.org
24. SC26, All Dates and Deadlines: program 15–20 November 2026, exhibits 17–19 November. sc26.supercomputing.org
25. O-RAN ALLIANCE, 66 new or updated O-RAN technical documents released since July 2026, 11 October 2026. o-ran.org
26. O-RAN ALLIANCE, Events page: Hanoi 19–23 October 2026, Germany 15–19 February 2027 and Asia 18–22 October 2027. o-ran.org
27. NGMN Alliance, press item on seeking vendor confirmation of Multi-RAT Spectrum Sharing performance on existing hardware and bands, 29 October 2026. ngmn.org
28. IEEE 802 LMSC, 802 Plenary page: Bangkok, 8–13 November 2026. 802world.org
29. 3GPP TSG RAN WG1, invitation letter for the November 2026 meeting in Calgary, hosted by ATIS. 3gpp.org
30. 3GPP, calendar of TSG and Working Group meetings to the end of 2026. 3gpp.org
31. Federal Communications Commission, fact sheet DOC-425711A1 on the notice of proposed rulemaking Unleashing Licensed Spectrum for Direct-to-Device; Single Network Future: Supplemental Coverage from Space, 8 October 2026. docs.fcc.gov
32. Federal Communications Commission, DA 26-1129, 21 October 2026: three unpaired AWS-3 licenses from Tristar to Starlink. docs.fcc.gov
33. Innovation, Science and Economic Development Canada, consultation SMSE-010-26 on the policy and licensing framework for 2025–2110 MHz and 2200–2290 MHz, 24 July 2026. ised-isde.canada.ca
34. Telecom Regulatory Authority of India, recommendations on the framework for authorization of satellite communication network providers and assignment of spectrum to them, released 5 November 2026. trai.gov.in
35. ITU-T, Recommendation Y.3839, Quantum key distribution networks: framework of cryptographic application registration, approved 19 October 2026. itu.int
36. World Wide Web Consortium, TPAC 2026 breakout sessions, 26–30 October 2026. w3.org
37. ITU-T Study Group 21, Executive summary, Geneva, July 2026: third meeting of the Focus Group on Embodied AI for Multimedia Technologies, Hangzhou, 13–16 October 2026. itu.int
38. International Telecommunication Union, event page for the Q6/21 and JVET meeting, Hangzhou, 17–23 October 2026. itu.int
39. MPEG, MPEG 156 meeting page, Hangzhou, 19–23 October 2026. mpeg.org
40. MPEG, MPEG 155 meeting page: timetable for beyond-VVC submissions. mpeg.org
41. SpaceX, Updates, 8 October 2026. spacex.com
42. 3GPP, First 6G RAN study approved: TR 38.914 v1.0.0, TSG RAN#112, 14 June 2026. 3gpp.org
43. IEEE 802.11 Task Group bn, TGbn update report: objectives and schedule. ieee802.org
44. PCI-SIG, PCI Express 7.0 frequently asked questions. pcisig.com
45. CXL Consortium, press release announcing the CXL 4.0 specification, 18 November 2025. computeexpresslink.org
46. PCI-SIG, blog post on PCIe 8.0 Specification Draft 0.5 and the 256.0 GT/s target for 2028. pcisig.com
47. JEDEC, New JEDEC SPHBM4 Standard Enables HBM4-Class Bandwidth on Organic Substrates, 13 July 2026. jedec.org
48. UCIe Consortium, Press Releases page: UCIe 1.1 (8 August 2023), 2.0 (6 August 2024) and 3.0 (5 August 2025). uciexpress.org
49. UCIe Consortium, post on Chiplet Summit 2026: UCIe momentum across a growing ecosystem. uciexpress.org
50. UALink Consortium, press release announcing four specifications (Common 2.0, 200G DL/PL 2.0, Manageability 1.0, Chiplet 1.0), 7 April 2026. ualinkconsortium.org
51. Global mobile Suppliers Association, 5G Standalone key data, as of 20 April 2026. gsacom.com
52. PCI-SIG, PCI Express 6.0 Specification page. pcisig.com
53. CXL Consortium, CXL 4.0 Specification webinar, 4 December 2025. computeexpresslink.org
54. UCIe Consortium, Specifications page: UCIe 3.0. uciexpress.org
55. JEDEC Solid State Technology Association, press release on the JESD270-4 HBM4 standard, 16 April 2025. jedec.org
56. Optical Internetworking Forum, OIF Releases Critical 1600ZR Coherent Interface IA, Doubling Capacity per Wavelength for Data Center Interconnects, 9 September 2026. oiforum.com
57. Nokia, Nokia, T3 Broadband and Aureon partner to deploy hyperscale-class AI connectivity with ultra-high-capacity optical network, 18 June 2026. nokia.com
58. ITU-R, Recommendation M.2160-0, Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond, November 2023. itu.int
59. ITU, IMT-2030 technical requirements for the 6G future, ITU Hub, March 2026. itu.int
60. Ericsson, Ericsson Mobility Report: 5G subscriptions top three billion as uplink gains momentum, 16 June 2026. ericsson.com
61. Ericsson, Rising uplink demand in AI-driven mobile networks, Ericsson Mobility Report article. ericsson.com
62. IEEE 802.11 Working Group, Meeting Plan: sessions from January 2027 to March 2028. ieee802.org

表 16｜ 各種陳述以什麼作為來源

陳述所帶的標示取決於它的來源，任何標示都不會比背後的紀錄更強。

陳述的種類	可接受的來源	本報告如何標示
正式的標準制定程序	會議紀錄、投票、已公布的規格、提案文稿紀錄或正式章程；新聞稿只是通往這些文件的次要指引	採用發布單位所用的動詞，絕不改用更強的動詞
監理許可	案卷、命令、已公布的諮詢文件，或已生效的法規	提議、建議、核准、生效與部署分開標示
量測	原始測試揭露，含硬體、版本、工作負載、執行次數，以及第 95 百分位的定義	在第二方測試之前，一律標為廠商報告
預測	發布者，連同其情境假設、期間與範圍	標為情境，絕不當作觀察結果
歷史說法	ITU 與檔案館的原始文本，以及 RFC 本身	僅就所引事件而言，不以單一例子推出廣泛結論

表 17｜ 紀錄總表，第一部分：文件形式、證據、數字與說法的種類

正式行動記錄的是決定，並不量測任何事物，只有計數類的紀錄才帶有分母。

編號	文件形式	證據出處	數字與條件	說法的種類
CR-01	核准的研究報告；議定的時程	標準制定組織紀錄	TR 38.914 v1.0.0；標示日期為 2026年6月10日的 Release 21 時程；無效能數字	正式行動；計畫中的里程碑
CR-02	兩項章程；一場 BoF	標準制定組織紀錄	無；11月16日、17日與 19日開會	正式行動
CR-03	工作小組書面投票 296	投票計票	545 張贊成與反對票中，有 417 票贊成，76.5%，對照 75% 的門檻；15 票棄權；投票池 705 人，560 人交回；8,016 則意見	已計數
CR-04	規格發布；公司提案	聯盟發布與公司發布	ESUN 1.0 已公布，無效能數字；Microsoft 的 MRC 被描述為針對在兩層上連接逾 100,000 顆 GPU 的網路所設計	正式行動；設計目標
CR-05	分組討論場次	活動紀錄	無	討論
CR-06	文件發布	聯盟發布	自 7月起 66 份新增或更新文件；162 個不重複標題	已計數
CR-07	提案徵集	標準制定組織徵集	8月1日至9月1日登記；2027年1月評估；以 2029年前訂出標準為目標	正式行動；計畫中的里程碑
CR-08	共同測試條件	標準制定組織會議紀錄	無；機器視訊編碼與特徵編碼的條件	正式行動，一種實驗方法
CR-09	已發布的規格；草案目標	聯盟發布與一篇部落格文章	PCIe 7.0 與 CXL 4.0 為 128 GT/s；PCIe 8.0 的目標為 256.0 GT/s，x16 雙向最高 1.0 TB/s	正式行動；設計目標
CR-10	已公布的標準	標準制定組織發布	HBM4 最高 2 TB/s；SPHBM4 具備 512 個資料訊號；JESD264 作為驗證基準	正式行動；規格參數
CR-11	已發布的規格；公司舉辦的展示	聯盟發布與展示	UCIe 3.0 為 48 與 64 GT/s；一場現場 UCIe-S 展示	正式行動；公司自行報告
CR-12	已發布的規格	聯盟發布	四份規格，其中兩份為 2.0 版；UALink 1.0 為每通道 200G，有效尖峰頻寬 93%	正式行動；設計宣稱
CR-13	已發布的規格	聯盟發布	4 或 8 位元組的 CSIG 標籤；在一個集合通訊範例中最高 2 倍，傳送 1 GB 對 2 GB	正式行動；設計示例
CR-14（外部）	定稿報告；已公布的標準；RFC	政府與標準制定組織紀錄	無；FIPS 203、204 與 205；RFC 9954 資訊性；RFC 10024 標準軌道	正式行動
CR-15（外部）	兩項命令	主管機關的決定	三張 AWS-3 授權；EchoStar 轉讓給 SpaceX 預計在 2027年11月30日前後完成	正式行動

63. IEEE 802.11 Working Group, home page: the AI Offload and Wireless Intelligent Networking study groups. ieee802.org

64. Ofcom, page on expanding spectrum access for satellite gateways: statement and further consultation, 19 March 2026. ofcom.org.uk

65. Federal Communications Commission, Memorandum Opinion and Order DA 26-471, adopted and released 12 May 2026, GN Docket No. 25-302. docs.fcc.gov

66. Innovation, Science and Economic Development Canada, preliminary consultation SMSE-008-26 on mobile satellite service developments and use of L- and S-band spectrum, 13 May 2026. ised-isde.canada.ca

67. European Commission, news item on the proposed Regulation for an EU-level authorization of mobile satellite services in the 2 GHz band, 27 May 2026. digital-strategy.ec.europa.eu

68. Ofcom, direct-to-device license exemption regulations update page, published 15 April 2026 and last updated 18 June 2026. ofcom.org.uk

69. SpaceX, Starship Flight 14 mission page, 28 September 2026. spacex.com

70. Starlink, Starlink Version 3 satellites page. starlink.com

71. GSMA, Scaling satellite connectivity: why interoperability matters for NTN's next phase, 3 September 2026. gsma.com

表 18｜ 紀錄總表，第二部分：依賴條件、下一個關卡、對個人的影響與查核狀態

對個人的影響，一律寫成產品若能兌現就可能發生的事，沒有任何一項被當作目前已有的結果。

編號	依賴條件	下一個關卡	一般人可能如何注意到	查核狀態
CR-01	ITU-R 的 IMT-2030 程序與 3GPP Release 21 的工作	11月16日起的卡加利工作小組；12月7日起的波士頓全體會議	未來的涵蓋範圍、電池續航力與遷移成本，都有待兌現	頁面已於 11月7日重讀
CR-02	可互通的訊息傳遞、發現機制與稽核資料模型	IETF 127，11月14日至20日	AI 助理能否安全地請另一項服務採取行動	頁面已於 11月7日重讀
CR-03	相容的實體層與實作；標準協會投票	2027年1月的 D3.0 書面投票；2027年5月的 D4.0 標準協會投票	擁擠的住家與場所中的可靠度，前提是產品能兌現這些目標	投票訊息與任務小組頁面已於 11月7日重讀
CR-04	ESUN 與所貢獻機櫃設計的實作	2026年11月的 AMD 夥伴組態	AI 服務能否維持負擔得起且反應迅速	頁面已於 11月7日重讀
CR-05	一個核定成立的小組或一份草案，均無日期	所讀頁面上沒有標註日期	AI 在徵得本人同意後可以使用哪些網頁工具	頁面已於 11月7日重讀
CR-06	實作者的互通性驗證	2027年2月15日至19日在德國開會	網路能否結合多家供應商的設備	聯盟頁面已於 11月7日重讀
CR-07	多家公司的提案與一套測試組合	第二批提交資料，12月中旬；JVET 45，2027年1月	視訊通話、無障礙與機器視覺的效率	頁面已於 11月7日重讀
CR-08	解碼器支援與任務準確度結果	所讀頁面上沒有標註日期	穿戴式裝置傳送的是影像，還是精簡且與任務相關的特徵	頁面已於 11月7日重讀
CR-09	供 CXL 4.0 使用的 PCIe 7.0 實體層；各項實作	PCIe 8.0 發布，預定 2028年	AI 裝置何時汰換、基礎設施何時採購	CXL 頁面已於 11月7日重讀；PCI-SIG 頁面未開啟
CR-10	供應商良率與驗證	所讀頁面上沒有標註日期	AI 回應為何可能取決於記憶體供應、價格與能源	JEDEC 頁面未開啟；已由次級報導確認
CR-11	封裝與獨立的互通性驗證	SC26，11月15日至20日，一個攤位	不同廠商的晶片能否放進同一個封裝	頁面已於 11月7日重讀
CR-12	廠商實作與相容性	所讀頁面上沒有標註日期	多顆 AI 處理器能否不受延遲拖累地協同運作	新聞稿已於 11月7日重讀
CR-13	各項實作；IEEE 針對 CSIG 的工作；下一版 ESUN	未訂日期	忙碌的 AI 服務能否保持反應迅速	頁面已於 11月7日重讀
CR-14	各系統的遷移；TLS 實作	無日期；聯邦機關被指示優先處理其最敏感的系統	服務背後的安全連線是否已從易受量子攻擊的演算法遷出	頁面已於 11月7日重讀
CR-15	手機、在服務中的衛星與商業協議	EchoStar 轉讓給 SpaceX，2027年11月30日前後；WRC-27，2027年10月18日至11月12日	手機在基地台涵蓋不到的地方能否收到訊號	兩項命令未開啟；DA 26-471 已重讀

72. 3GPP, work item NR_NTN_GNSS_resilient: GNSS resilient NR-NTN operation, Release 20. portal.3gpp.org

73. ITU, Radio astronomy at the regulatory crossroads: WRC-27 and beyond, ITU Hub, 8 September 2026. itu.int

74. Internet Engineering Task Force, RFC 2804, IETF Policy on Wiretapping, May 2000, Informational. rfc-editor.org

75. Internet Engineering Task Force, RFC 7258, Pervasive Monitoring Is an Attack, May 2014, BCP 188. rfc-editor.org

76. National Institute of Standards and Technology, FIPS 203, Module-Lattice-Based Key-Encapsulation Mechanism Standard, 13 August 2024. csrc.nist.gov

77. National Institute of Standards and Technology, FIPS 204, Module-Lattice-Based Digital Signature Standard, 13 August 2024. csrc.nist.gov

78. National Institute of Standards and Technology, FIPS 205, Stateless Hash-Based Digital Signature Standard, 13 August 2024. csrc.nist.gov

79. Internet Engineering Task Force, RFC 9954, Hybrid Key Exchange in TLS 1.3, July 2026, Informational. datatracker.ietf.org

80. Internet Engineering Task Force, RFC 10024, Post-Quantum Traditional (PQ/T) Hybrid Key Agreement Mechanisms for TLS 1.3, August 2026, Proposed Standard. datatracker.ietf.org

81. European Union, Regulation (EU) 2024/1689, Article 14, Human oversight, as published by the European Commission AI Act Service Desk. ai-act-service-desk.ec.europa.eu

82. U.S. Senate, S. 5417, AI Emergency Button Act, 119th Congress, introduced 16 September 2026. govinfo.gov

83. MPEG, MPEG-AI Part 4 standard page: feature coding for machines. mpeg.org

出版者聲明

法律免責聲明

本報告係基於公開規格、法規與公司申報文件、業績發布、公司與政府出版物、研究，以及市場研究資料。本報告全文依循來源稽核紀律，標明並具體指出各項支持性來源引註，以支持重要事實與關鍵判讀的可追溯性、獨立審閱及來源層級的驗證。凡來源文字對關鍵判讀具重要性者，均納入原始紀錄的相關逐字摘錄，使讀者得以直接檢視原始措辭，並依其來源脈絡評估該判讀。此一證據紀律將所引事實與 Apex Standards 自身的分析加以區分，並使重要結論的依據透明化，使讀者與客戶得以對照原始紀錄檢驗關鍵判讀。前瞻性觀點僅在明示的條件下提出，除所引來源明確支持者外，不指派機率、排名或承諾日期。本資訊嚴格以「現狀」（AS IS）基礎提供，僅供資訊與教育目的，不構成法律、投資、會計、安全認證或工程方面的建議。對於準確性、完整性、特定目的適用性或未侵權，均不作任何明示或默示的陳述或保證。提及第三方個人、組織、產品、標準或服務，僅為提供資訊之目的，並不隱含與 Apex Standards 之間存在關係、受其贊助，或由其背書或對其背書。在適用法律允許的最大範圍內，Apex Standards 對於錯誤、遺漏、對本資訊的依賴，或因使用本資訊而產生的後果，均不承擔任何責任，亦不承擔於公布後更新、修改或修訂本報告的義務。

表 19｜ 本報告所用術語詞彙表

每個術語都依本報告的用法定義。

術語	意義	術語	意義
BoF	同好討論場次（birds-of-a-feather），IETF 在核定成立工作小組之前，用來測試各方興趣的會議	NTN	非地面網路：透過衛星或其他位於地面之上的平台提供的無線電接取
提案徵集	正式徵求技術提案，並依所載明的準則評估	PAR 與 CSD	開啟一項 IEEE 802 專案的專案授權申請（Project Authorization Request）與標準制定準則（Criteria for Standards Development）
章程	工作小組對其範圍與工作項目所作的說明	PQC	後量子密碼學：設計成能抵禦量子電腦攻擊的演算法
小晶片（chiplet）	與其他晶粒組合在同一個封裝中，構成更大處理器的小型晶粒	QKD	量子金鑰分發：透過量子態分享密碼金鑰
CSIG	Ultra Ethernet 1.1 的壅塞訊號標籤	RAN	無線接取網路：行動網路的基地台與無線連結
CXL	Compute Express Link，用於記憶體與裝置，在 PCIe 實體層上傳輸	RevCom 與 SASB	核准標準的 IEEE 標準協會審查委員會與標準委員會
D2D	衛星直連裝置：直接提供給手機的衛星服務	SA	5G 獨立組網：使用自有 5G 核心網路的 5G 網路
EHT	Wi-Fi 7 背後的修訂案，802.11bn 以它為基準訂定目標	TLS	傳輸層安全性（Transport Layer Security），安全網路連線所用的協定
ESUN	OCP 針對乙太網路向上擴展（scale-up）網路的一項工作流程	VCM 與 FCM	機器視訊編碼與特徵編碼，屬 MPEG-AI 的組成部分
GT/s	每通道每秒十億次傳輸：連結的訊號速率；應用程式所見的傳輸量是另一項量測	VVC	多功能視訊編碼（Versatile Video Coding），VVC 之後標準的提案徵集所對照的編解碼器
HBM	高頻寬記憶體：堆疊在處理器旁的 DRAM 晶粒	工作小組書面投票	IEEE 802.11 工作小組針對草案進行的投票，其意見必須處理
IMT-2030	ITU 的 6G 框架	WRC	ITU 的世界無線電通訊大會

關於 APEX STANDARDS

Apex Standards 是一家獨立的技術、標準、市場與智慧財產情報機構，專注於關鍵及新興技術。我們提供先進的分析軟體平台、研究工具、經來源稽核的分析，以及策略顧問服務，涵蓋關鍵通訊標準、3GPP、IEEE、IETF、ITU、Open RAN、多媒體編解碼器、JEDEC、半導體、光子學、AI 基礎設施、CXL、HBM，以及相關技術與供應鏈生態系。

我們以具決策品質且可供稽核的情報，支援政府、企業、研究機構、技術長與技術團隊、投資人及企業發展主管，協助客戶進行策略定位、市場與供應鏈分析、投資與併購盡職調查，以及技術評估。我們協助客戶減少策略盲點、發掘被忽略的風險，並更早識別高價值機會。

網站: www.apexstandards.com

電子郵件: support@apexstandards.com