

財團法人台灣網路資訊中心因公出國人員報告書 112年4月18日

報告人姓名	許淑芳、蔡更達	服務單位及職稱	工程師、工程師
出國期間	112/3/26-31	出國地點	Yokohama, Japan
出國事由	參加 IETF 116 Yokohama Meeting		
<p>報告書內容包含：</p> <p>一、 出國目的</p> <p>二、 會議行程</p> <p>三、 考察、訪問心得</p> <p>四、 建議意見</p> <p>五、 會議議程</p>			
授權聲明欄	<p>本出國報告書同意貴中心有權重製發行供相關研發目的之公開利用。</p> <p style="text-align: right;">授權人： 許淑芳 蔡更達 (簽章)</p>		

附註二、請於授權聲明欄簽章，授權本中心重製發行公開利用。
附一、請以「A4」大小紙張，橫式編排。出國人員有數人者，依會議類別或考察項目，彙整提出報告。

一、出國目的：

參加 IETF 116 Yokohama 會議。網際網路工程任務組(全名:Internet Engineering Task Force, 縮寫為 IETF) 負責網際網路標準的開發和推動。此次會議在日本橫濱召開, 會議日期 3 月 25 日至 31 日共為期 7 天, 這是 IETF 所舉行的第 116 次會議。本次會議採取實體及線上會議並行, 實體報名人數超過 1000 人參與, 線上報名人數約 760 人, 合計超過 1,760 人參與本次會議, 本次的主辦方為 WIDE Project (Widely Integrated Distributed Environment), WIDE 計畫是由慶應大學、東京工業大學和東京大學於西元 1985 年發起的網路計畫。其維運日本網路的主要骨幹網, 並用於運作“.jp”頂級網域名稱 (Top-Level Domain, TLD)。WIDE 的目標是將學術界和業界整合為一個群體, 克服組織之間的界限, 成為利用新技術創造更美好社會的自主力量。

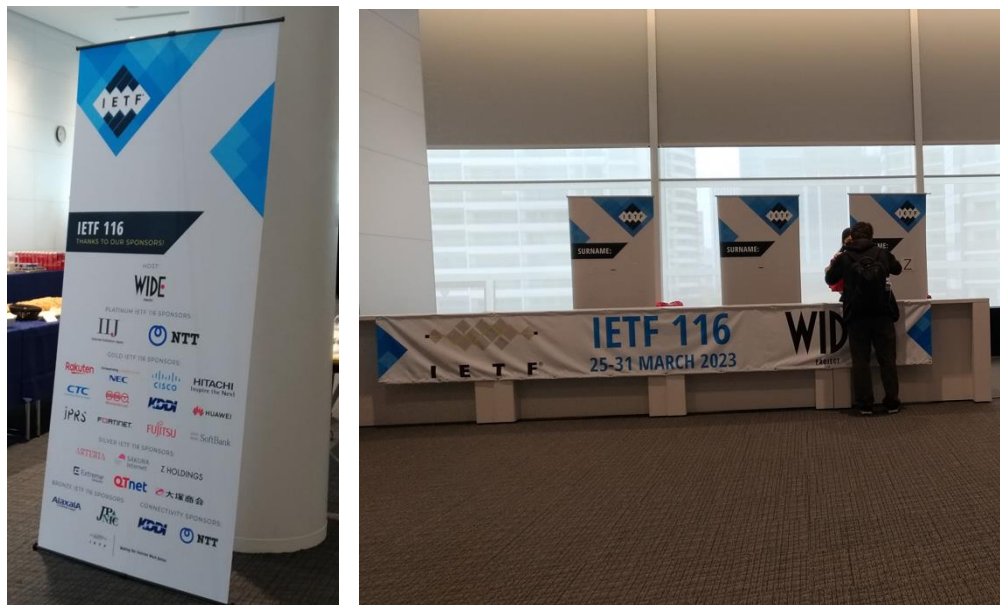
IETF 目前的工作領域分為 7 大項目, 如下圖所示。會議主題主要以此 7 大領域下的工作組的技術討論會議為主, 另有包含 IETF 的平行單位 IRTF 召開個研究領域的研究會議、IETF 行政單位報告等。

IETF Areas	
Applications and Real-Time (ART)	<ul style="list-style-type: none">• Application protocols and architectures• Real-time (communication) and non-real-time
Transport (TSV)	<ul style="list-style-type: none">• Mechanisms related to data transport on the Internet• Includes congestion control
Routing (RTG)	<ul style="list-style-type: none">• Routing and signaling protocols
Internet (INT)	<ul style="list-style-type: none">• IPv4/IPv6, DNS, DHCP, mobility
Operations and Management (OPS)	<ul style="list-style-type: none">• Network management• Operations: IPv6, DNS, security, routing
Security (SEC)	<ul style="list-style-type: none">• Security protocols and mechanisms
General (GEN)	<ul style="list-style-type: none">• Activities focused on supporting and updating IETF processes

中心參加此次會議的主要目的為參與及了解各 WG（Working Groups, 工作小組）技術發展的趨勢及討論方向，包含 IPv6、Security、及 IoT 等相關議題。

Working Groups 是制定 IETF 技術規格和規範的主要機制，各小組負責不同技術規格的討論，並接收各方的意見加以修改，最終目的是要讓技術規格成為網際網路運作的標準或建議書，提供網際網路的技術開發團隊能有技術標準規格可做為依循，及保障全球網際網路能通行無礙。WG 的運作方式是透過建立一個新的章程，該章程定義特定問題及成果(包含建議、標準規範等)。各 Working Group 會有一位主席追蹤小組的運作狀況，並在章程規定小組的工作範圍，列出如何完成此項工作的目標和里程碑等資訊。通常會有超過 100 個正在進行中的 Working Group，每個 Working Group 都是由和其本身工作領域相關的技術人員參與。當完成目標後，Working Group 就會結束，但有些 Working Group 會隨著環境及應用的變化，不斷改進已建立的標準協議，則此 Working Group 就會持續維持運作狀態。所有進行中的 Working Group 可以在 IETF Datatracker 找到完整列表。

IETF Datatracker 查詢網站：<https://datatracker.ietf.org/>



二、會議行程：

詳如會議網站 <https://www.ietf.org/how/meetings/116/>。

議程 <https://datatracker.ietf.org/meeting/116/agenda/>。

IETF 網站 <https://www.ietf.org/>。

參與會議的行程安排如下表列：

日期	時間	議程
112/3/26 (日)	13:35	台北松山機場
	17:45	抵達東京羽田機場
112/3/27 (一)	8:30-9:30	Continental Breakfast
	8:30-18:00	IETF Registration
	9:30-11:30	IPv6 Operations
	11:30-13:00	Break
	13:00-15:00	IRTF Open Meeting
	15:00-15:30	Beverage and Snack Break
	15:30-17:00	Quantum Internet Research Group
	17:00-17:30	Beverage Break
112/3/28 (二)	17:30-18:30	Extensions for Scalable DNS Service Discovery
	8:30-9:30	Continental Breakfast
	9:30-11:30	RFC Series Working Group
	11:30-13:00	Break
	13:00-15:00	Constrained RESTful Environments
	15:00-15:30	Beverage and Snack Break
	15:30-16:30	Routing Over Low power and Lossy networks
	16:30-17:00	Beverage Break
17:00-18:00	Domain Boundarie (BoF)	
112/3/29 (三)	8:30-9:30	Continental Breakfast
	9:30-11:30	IPv6 Maintenance
	11:30-13:00	Break
	13:00-15:00	SIDR Operations
	15:00-15:30	Beverage Break
	15:30-17:00	Stub Network Auto Configuration for IPv6
	17:00-17:30	Beverage and Snack Break

日期	時間	議程
	17:30-19:00	IETF Plenary
112/3/30 (四)	8:30-9:30	Continental Breakfast
	9:30-11:30	Domain Name System Operations
	11:45-12:45	Host Speaker Series: Quantum Internet
	11:30-13:00	Break
	13:00-14:30	IPv6 over Low Power Wide-Area Networks
	14:30-15:00	Beverage Break
	15:00-16:00	Operational Security Capabilities for IP Network Infrastructure
	16:00-16:30	Beverage and Snack Break
	16:30-17:30	Adaptive DNS Discovery
112/3/31 (五)	8:30-9:30	Continental Breakfast
	9:30-11:30	IPv6 over Networks of Resource-constrained Nodes
	11:30-12:00	Beverage and Snack Break
	12:00-13:30	Post-Quantum Use In Protocols
112/4/1 (六)	13:20	東京羽田機場
	15:50	抵達台北松山機場

三、考察、訪問心得：

IETF 116 Yakohama 會議。

在此次會議中主要參與的會議主題包含 IPv6、Quantum Internet、及 IoT 等領域的相關議題，以下將分別對此重要議題之報告彙整如下：

IPv6 相關技術討論

本次參與有關 IPv6 技術討論會議，包括下列幾個工作組：

1. v6ops Working Group - IPv6 Operations
2. 6MAN Working Group - IPv6 Maintenance
3. snac Working Group - Stub Network Auto Configuration for IPv6
4. lpwan Working Group - IPv6 over Low Power Wide-Area Networks
5. 6lo Working Group - IPv6 over Networks of Resource-constrained

Nodes

各工作小組的介紹如下:

1. v6ops Working Group - IPv6 Operations

IPv6 維運工作組 (IPv6 Operations, v6ops) 屬於維運與管理領域 (Operations and Management Area, OPS)。

v6Ops 工作組為新的和現有的 IPv6 網路部署和營運制定指南。由於 IPv6 持續進行全球部署中，讓全球網際網路由 IPv4-only, IPv6-only, IPv4-IPv6 雙軌並行 (IPv4-IPv6 Dual Stack)、及 IPv6 + 轉換網路和節點並存。因此必須正確處理其網路部署規劃，以避免將網路劃分為獨立的 IPv4 和 IPv6 網路，並確保所有 IPv4 和 IPv6 節點的尋址和連接性。因 IPv6 部署導致部分 IPv4 網路關閉，工作組目標為消除 IPv4 限制，以增進 IPv6 網路操作的創新。v6ops 工作組的目標是:

- (1).徵求網路營運商和用戶的意見，以確認 IPv6 網路營運的問題，並為問題尋找適合的解決方案或方法。
- (2).徵求網路營運商和用戶的意見，以確認與 IPv4 網路的營運的交互問題，並為問題尋找適合的解決方案或方法。
- (3).徵求對純 IPv6 (Native IPv6) 操作中的問題和機會的討論和記錄，以及由此產生的創新方案。
- (4).已確定問題的營運解決方案應在 v6ops 中制訂，並記錄在訊息類型或最佳解決方案 (Best Current Practice, BCP) 草案中。
- (5).記錄 IPv6 網路的操作要求。

詳細 v6ops 工作組章程請參考：

<https://datatracker.ietf.org/group/v6ops/about/>

2. 6MAN Working Group - IPv6 Maintenance

IPv6 維護工作組 (IPv6 Maintenance, 6MAN) 屬於網路領域 (Internet Area, INT)。

6MAN 工作組負責制定 IPv6 協定、維護協定規範及位址架構。解決 IPv6 部署和運作過程中所發現協定的限制及問題，並研析 IPv6 協定相關擴充並持續更新。

6MAN 工作組負責 IPv6 協定進行擴充和更新，因此有權審查其他工作組產出的 IPv6 協定相關文件，並可斟酌修改。亦可透過兩個工作組所屬的領域理事協商，或向 IESG 提出和 IPv6 協定相關的建議。任何一個工作組產出 IPv6 協定相關文件，需經

6MAN 工作組之粗略共識，才可公告。

工作組近期重要的產出包含 2017 年公告的[RFC 8200]及[RFC 8201]，2 篇都已列為網路標準。

STD 編號	RFC 編號	RFC 名稱
STD 86	RFC 8200	Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification
STD 87	RFC 8201	Path MTU Discovery for IP version 6

詳細 6MAN 工作組章程請參考：

<https://datatracker.ietf.org/group/6man/about/>

3. snac Working Group - Stub Network Auto Configuration for IPv6
末端網路 IPv6 自動配置工作組(Stub Network Auto Configuration for IPv6, snac) 屬於網路領域 (Internet Area, INT)。snac 工作組於 2022 年下半年才正式成立。

snac 工作組負責針對所有類型的末端網路，將允許純 IPv6 的末端網路自動連接到基礎設施網路，無需任何地址轉換 (例如 NPTv6 RFC 6296)，讓末端網路上的主機和服務可以直接連接到基礎設施網路。末端網路和基礎設施網路上的主機必須互相具備可發現性、可達性。可發現性是指服務發現，例如 DNSSD [RFC6763]。此外，如果需要，末端網路上的主機需能夠透過基礎設施網路連接到網路。snac 工作組的目標包含：

- (1). 產出末端網路的框架文件，解釋一個或多個末端路由器，如何將一個或多個末端網路連接到單一非託管基礎設施鏈路。包含提供通訊所需的 IP 地址、路由及通訊所需的路徑，以及為末端網路和相鄰的基礎設施鏈路所提供的服務發現。
- (2). 產出描述多鏈路基礎設施網路必須提供服務的文件，將末端網路增加到基礎設施中，提供末端網路主機與相鄰和非相鄰的基礎設施鏈接。例如，建築物管理網路或企業網路。

詳細 snac 工作組章程請參考：

<https://datatracker.ietf.org/wg/snac/about/>

4. lpwan Working Group - IPv6 over Low Power Wide-Area Networks

IPv6 低功率廣域網路工作組 (IPv6 over Low Power Wide-Area Networks, lpwan) 屬於網路領域 (Internet Area, INT)。

工作組產出 [RFC8376]，概述低功率廣域網路 (Low Power Wide-Area Networks, LPWAN) 基礎技術，為確認靜態上下文表頭壓縮和分段 (Static Context Header Compression and Fragmentation, SCHC) 的通用框架，後續將執行 SCHC 維護，並因應新技術，產出針對 SCHC 的相關標準文件，持續優化與終端設備以 IPv6 的通訊協定。

主要工作目標包括：

- (1).執行 SCHC 維護，包括為上層協定啟用 SCHC 機制。
- (2).開發應用於 SCHC IPv6/用戶資料元協定 (User Datagram Protocol, UDP) 基礎的技術。
- (3).定義通用數據模型，使 LPWAN 之靜態上下文表頭壓縮和分段的通用框架標準化。
- (4).開發 LPWAN 設備的網路營運維護與管理 (Operations Administration and Maintenance, OAM) 之機制，包括對延遲或活躍性代理驗證 (Ping) 的支援。

詳細 lpwan 工作組章程請參考：

<https://datatracker.ietf.org/wg/lpwan/about/>

5. 6lo Working Group - IPv6 over Networks of Resource-constrained Nodes

受限網路 IPv6 工作組 (IPv6 over Networks of Resource-constrained Nodes, 6lo) 屬於網路領域 (Internet Area, INT)。

工作組專注於受限網路上 IPv6 通訊相關工作，包含：

- (1).使用 6LoWPAN 的 IPv6-over-foo 規範技術。
- (2).用於適配層的訊息和資料模型，如 MIB 模組。
- (3).制定適用於多個適配層的規範。

主要工作目標包括：

- (1).使用 6LoWPAN 的 IPv6-over-foo 適配層規範技術，詳見 [RFC 4944]、[RFC 6282]、[RFC 6775]，作為鏈路層技術於約束節點網路。
- (2).用於適配層的訊息和資料模型，如 MIB 模組，作為基本監視和故障排除之用。
- (3).制定適用於多個適配層的規範，例如低複雜度檔頭壓縮。
- (4).用於維護和提供文件資訊和此領域相關的 IETF 規範。
- (5).此工作組只針對受約束節點網路規範的範圍進行研究。

工作組不處理跨層、與鏈路層無關的安全、管理、路由等工作，並盡可能採用現有協定和機制。詳細 6lo 工作組章程請參考：
<https://datatracker.ietf.org/group/6lo/about/>

有關 IPv6 技術討論會議，會中進行的主題包含以下內容：

1. Framework for Multi-domain IPv6-only Underlay Network and IPv4 as a Service

此內容於 2022 年於 IETF 113 會議首次提出，並於 IETF 115 會議時正式被工作組接受草案的初步提議。

此內容討論在多網域 (Multi-Domain) 純 IPv6 網路上提供點對點的 IPv4 傳送服務，並透過可擴展的方式消除不必要的 IPv4/IPv6 轉換，以提高數據轉發效率。會中作者主要提出目前草案更新內容。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-xie-v6ops-framework-md-ipv6-only-underlay/00/>

2. Operational Issues with Processing of the Hop-by-Hop Options Header

此草案於 2020 年提出，內容主要針對以下事項：

- 啟動對 IPv6 Hop-by-Hop 表頭選項合理處理方案的討論。
- 支援讓網路服務供應商能在網路中部署 IPv6 Hop-by-Hop。

此草案的內容，會與 6MAN 正在進行的以下草案內容保持同步：

- draft-ietf-6man-hbh-processing
- draft-ietf-6man-eh-limits

目前草案已進入成熟階段，作者提議希望主席可以考慮將草案提交到工作組的 Last Call 的程序。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-v6ops-hbh/>

3. 464XLAT/NAT64 Optimization

IP/ICMP 轉換演算法可用於透過純 IPv6 基礎設施為純 IPv4 主機或應用程式提供對純 IPv4 或 dual-stack 目的地的訪問。在此情況下，流量會被轉換兩次：從 IPv4 到 IPv6（入口點的無狀態 NAT46 到純 IPv6 基礎設施），然後從 IPv6 返回 IPv4（有狀態的 NAT64，在出口點）。當目的地啟用 IPv6 時，可能可以避免第二次轉換。此草案描述對 464XLAT 和 MAP-T 的可能優化的解決方案，避免在目的地可透過 IPv6 訪問時將 IPv6 轉換回 IPv4。此解決方案將顯著降低網路服務供應商在網路中使用 NAT64 的機率，以提高網路性能。作者在會議中提出 3 個可行方案，並分析個方案的優缺點。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-v6ops-464xlat-optimization/>。

4. IPv6 CE Routers LAN Prefix Delegation

許多 ISP 會為 CE Router 分配一個大於 /64 的前綴。如果 IPv6 CE Router 不支援 LAN 上的 IA_PD，將無法分配任何超出自身的前綴，因而限制分配大於 /64 的前綴的用途。在 LAN 介面上支援 IA_PD 將允許未使用的前綴分配到網路中。

提案者認為 RFC 7084 於 2015 公布至今，希望針對 CE Router 基本規範進行檢視及更新。草案將討論針對 IPv6 CE Router 的要求，以支援 DHCPv6 前綴委派，用於重新分配委派給 IPv6 CE Router 的任何未使用的前綴。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-winters-v6ops-cpe-lan-pd/>。

5. Deep Dive into IPv6 Extension Header Testing

IPv6 擴展表頭測試是一個複雜的領域。本草案提出一種用於隔離 IPv6 擴展表頭阻塞的位置和原因的方法。用於概述 IPv6 擴展表頭測試基本框架。此草案於 2022 年提出，目前還在前期的討論階段。

本次會議以探討使用 CDN 基礎設施進行測試時需要考慮的測試和拓撲議題為主。用於在網路中隔離 IPv6 擴展表頭阻塞的位置和原因的討論，在該網路中，網路服務供應商可以在客戶端

和服務器上安裝產品並執行診斷測試。客戶端將位於內容交付網路的內容傳遞網路 (Content Delivery Network, CDN) 之外，而服務器位於 CDN 內部。會中針對目前的提案徵詢社群及工作組的意見回饋。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-elkins-v6ops-eh-deepdive-fw/>
<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-elkins-v6ops-eh-deepdive-cdn/>

6. Using DHCP-PD to Allocate /64 per Host

本草案討論當連接到多播網路 (如 WiFi 熱點或企業網路) 的各個主機透過 DHCP-PD 分配唯一前綴時的 IPv6 部署方案。提案者提出技術說明及驗證計畫。草案於 2022 年底提出，目前已經更新到 v.03。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-collink-v6ops-ent64pd/>

7. IPv6 Site connection to many Carriers

作者提出 IPv6 部署的問題：

- IPv6 仍有許多操作問題需要解決。
- 處理 “Redundancy” 問題，仍是關鍵性的挑戰。
- 幾乎所有遷移到 IPv6 的企業都必須在可用的解決方案中進行選擇。此為非常複雜的過程，因為訊息散落在幾十個 RFC 文件中。

針對此情況，作者希望可以彙整相關資訊，以簡化此程序。網路服務供應商提供彈性的服務為典型的業務需求之一。傳統上 IPv4 部署透過將專用內部站點尋址與連接到多個網路服務供應商的獨立 NAT 引擎相結合來解決此挑戰。IPv6 支援網路上真正的點對點的連接，因此 NAT 是此類部署中最不理想的選擇。本提案討論用於提供站點的網路服務供應商彈性，於目前可採用的選項的優缺點，並彙整 IETF 過去為解決該問題所做的努力。目標是呈現 v6ops 郵件列表上討論的觀點總結。此草案在 2023 年 3 月才進入 v.00 的初期討論。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-fbnvv-v6ops-site-multihoming/>

8. IPv6-only capable resolver utilising NAT64

透過執行 IPv4 到 IPv6 的轉換，IPv6-only 的迭代解析器 (Iterative Resolver) 可以在 IPv6-only 的環境中運作。當特定 DNS 區域由 IPv4-only 的權威服務器 (Authoritative Server) 提供服務時，迭代解析器會將 IPv4 地址轉換為 IPv6，以透過有狀態 NAT64 訪問權威服務器的 IPv4 地址。此機制允許 IPv6-only 的迭代解析器啟動與 IPv4-only 的權威服務器進行通訊。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-momoka-v6ops-ipv6-only-resolver/>

9. Carrying Virtual Transport Network (VTN) Information in IPv6 Extension Header

草案提出新的 IPv6 擴展表頭的 Hop-by-Hop 選項，用於在數據封包中攜帶虛擬傳輸網路 (Virtual Transport Network, VTN) 相關訊息，用於標識要對數據封包執行的 VTN 特定處理。及制定 VTN 選項的處理過程。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6man-enhanced-vpn-vtn-id/>

10. Improving the Robustness of Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC) to Flash Renumbering Event

若 IPv6 前綴突然失效，需要重新編號的情況下，區域網路上的主機將繼續使用未更新的前綴一段時間，因此導致連接性的問題。本草案改進 IPv6 無狀態地址自動配置對此類重新編號情況的回應。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6man-slaac-renum/>

11. Limits on Sending and Processing IPv6 Extension Headers

此草案定義可應用於接收、發送和以其他方式處理包含 IPv6 擴展表頭的數據封包的各種限制。以促進存在擴展表頭的主機和路由器之間的互操作性，以增加部署擴展表頭的可行性。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6man-eh-limits/>

12. IPv6 Hop-by-Hop Options Processing Procedures

說明如何在路由器和主機上處理 IPv6 Hop-by-Hop 的過程。草案修改 IPv6 協議規範(RFC8200)中所制定的流程，使 IPv6 Hop-by-Hop 選項的處理更可行，目的是使 IPv6 Hop-by-Hop 選項在網路中部署具備實用性。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6man-hbh-processing/>

13. Static Context Header Compression (schc)

LPWAN 工作組主席在會中說明靜態上下文表頭壓縮 (Static Context Header Compression, SCHC) 工作組成立，讓 LPWAN 和 SCHC 的工作範圍切割開來。其範圍是擴展 RFC 8724 SCHC 技術在低功耗廣域 (Low-Power Wide-Area, LPWA) 和非 LPWA 網路中的優勢，包括低功耗設備，例如可以在延遲容忍模式下運作的零能量/清除設備。該工作組將提供 SCHC 在底層應用的規範，其中底層包括但不限於 UDP 隧道、IP、PPP 和乙太網，以及上層協議對 SCHC 的使用。會中並說明相關工作的轉換計畫。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/wg/schc/about/>

14. SCHC Streaming Mode

介紹新的 SCHC Streaming Mode 提案，目的地用於更新 SCHC [RFC8724]內容，適用於低功耗、低資源的 IoT 設備使用。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-aguilar-lpwan-schc-streaming/>

15. Session Initiation and Rule exchange

[RFC 9363]為 SCHC 規則定義 YANG 數據模型。YANG Schema

Item iDentifier(YANG SID)文件指定 SID 分配和管理的過程。
本草案討論 [RFC9363]的 SID 分配。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-toutain-lpwan-sid-allocation/>

16. IPv6 over Constrained Node Networks (6lo) Applicability & Use cases

IPv6 在受限節點網路 (6lo) 上的適用性，並提供實際部署案例。除 IEEE Std 802.15.4 外，各種鏈路層技術如 ITU-T G.9959 (Z-Wave)、低功耗藍牙 (Bluetooth LE)、數位增強型無線通訊-超低功耗 (DECT-ULE)、NFC 和 PLC 為例。此草案希望了解和評估在受限節點網路上操作端到端 IPv6 以實現區域網路或網際網路的連接。作者於會議中說明 v.16 草案即將更新的內容
詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6lo-use-cases/>

17. Path-Aware Semantic Addressing (PASA) for Low power and Lossy Networks

制定拓撲尋址方案，以路徑感知語義尋址 (Path-Aware Semantic Addressing ，PASA)，可實現 IP 數據封包無狀態轉發。此機制需要建立路由表，而轉發決策完全基於目標地址結構。草案著重於在 LLN (Low power and Lossy Network) 中承載 IP 數據封包，其中拓撲為靜態結構，固定的節點的位置，節點之間的連接也相當穩定。草案描述 PASA 架構，及 PASA 地址分配、轉發機制、表頭格式設計和 IPv6 互連的支援。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6lo-path-aware-semantic-addressing/>

18. Reliability Considerations of Path-Aware Semantic Addressing

路徑感知語義地址 (PASA)，提出在 6lo 環境中透過演算法為節點分配地址，以實現無狀態轉發，避免使用路由協議。PASA 更適合穩定和靜態的有線連接，避免因拓撲變化而需重新編號。但可靠性仍然是需要解決的大問題。此草案專門解決 PASA 部署中的可靠性問題，分析可能的廣泛解決方案類別以解決問

題。

作者接下來計劃針對所提方案，會增加對網路安全的考量。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-li-6lo-pasa-reliability/>

19. Transmission of SCHC-compressed packets over IEEE 802.15.4 networks

草案定義靜態上下文標頭壓縮和分段 (SCHC) 的框架，目標是支援低功耗廣域網 (LPWAN) 技術的 IPv6 [RFC8724] 傳輸。表頭壓縮機制為 SCHC 重要元件之一。如果使用得當，SCHC 表頭壓縮比傳統的 6LoWPAN 表頭壓縮 [RFC6282] 可實現的壓縮率更高。因此，在 6LoWPAN 環境（包括 IEEE 802.15.4 網路）中使用 SCHC 表頭壓縮可以獲得優勢。本草案說明 SCHC 壓縮數據封包如何在 IEEE 802.15.4 網路上傳輸，支援透過 6LoWPAN 壓縮的 IPv6 數據封包傳輸 SCHC 壓縮的 UDP/檔頭。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-6lo-schc-15dot4/>

20. Automatically Connecting Stub Networks to Unmanaged Infrastructure

此草案內容為描述將末端網路連接到相鄰的基礎結構網路的一套實務做法。末端網路有幾種使用情境。促使採用這些做法的因素包括：

- 速度不相容
- 媒體不相容
- 機制不相容
- 訊框格式不相容
- 便利性
- 暫時性連接

末端網路的獨特之處在於它永遠不會在相互連接的網路之間提供轉遞功能。"末端" 一詞是指從連接到它的鏈路看到的該網路的方式：從基礎結構連結到末端網路路由器，可以通過末端網路路由器與末端網路上的設備建立可達性，但不能通過末端網路到達任何其他鏈路。

消除轉遞路由並不是為了自身的優越性，而是作為簡化假設，使得解決自動化多鏈路網路的一個子集的問題成為可能。末端網路可以是全球可達的，也可以只是在局部可達。本文介紹了局部可達性的情況。位於局部可達性末端網路上的主機只能與其連接的網路鏈路上的主機互通。

值得注意的是，就像您可以將幾個家用分享器設備串連在一起形成多層 NAT 一樣，不能阻止末端網路路由器的擁有人將其插入另一個末端網路路由器之下。在物聯網無線網路的情況下，可能無法這樣做，也不應該這樣做，但是一個在基礎結構和末端網路兩側都使用乙太網的末端路由器可以通過這種方式連接。本文並不意圖阻止進行此操作，但我們也不試圖解決這可能引起的問題。

此草案的目標是描述使用現有 IETF 規範來支持末端網路用例所需的最小更改或行為。結果預期可部署在現有網路上，而無需對這些網路進行更改。

詳細草案請參考：

<https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-snac-simple/>

IoT 相關技術討論

上述介紹 IPv6 相關的工作組中，“Ippan Working Group”和“6lo Working Group”除了探討 IPv6 技術，並專門針對低資源、低功耗之物聯網設備的 IPv6 傳輸技術進行研究。

工作組的介紹，以及草案的討論內容，請參閱上述說明。

Quantum Internet 相關技術討論

量子網路（Quantum Internet）將是下一代科技的重要革新技術，IETF 及網際網路研究組（Internet Research Task Force, IRTF）都有相關的研究。

本次在 IETF 116 參與有關 Quantum Internet 技術討論會議，包括下列的議程：

1. Quantum Internet Research Group, qirg

量子網路研究組（Quantum Internet Research Group, qirg）為 IRTF 成立專門進行量子網路的相關研究，本次會議中該研究組報告

在荷蘭的實驗基地，所進行的量子網路測試狀況。
會中也說明量子網路聯盟（Quantum Internet Alliance，QIA）的目標，希望到西元 2029 年建立兩個包含量子處理器的區域網路，並透過使用量子中繼器的長途光纖骨幹網連接。該網路將朝向完全可編程程序的方向推展，以允許使用獨立於平台的軟體實作硬體支援的任何應用程式。

2. Host Speaker Series: Quantum Internet

本次 IETF 116 的主辦單位 WIDE 所安排的主辦方的講題為量子網路在日本的發展狀況。日本規劃在新川崎市（東京地區）的實驗室構建一個星形網路，以實作整個試驗網路系統，包括路由機制等。並和慶應大學、橫濱大學的校園網路進行連結。

3. Post-Quantum Use In Protocols，pquip

網路安全依賴於加密機制，在目前的傳統電腦中被認為是安全的機制，但未來容易受到加密相關量子電腦的攻擊。在 IETF 之外，正在積極展開的工作以開發和驗證後量子密碼學（Post-Quantum Cryptography，PQC）機制，有望對未來的密碼分析能力更具有彈性。選定的 IETF 相關的協議（例如：LAMPS、TLS、IPSECME、COSE）已經開始對修訂後的協議行為進行標準化。協議中的後量子使用工作組的重點是支援 IETF 中不斷增加的工作，促進 IETF 協議的發展，並記錄與 PQC 相關的操作指南。

該工作組不會更新現有協議、指定新協議、定義新密碼機制或評估給定密碼機制是否能對抗量子計算的能力。而是討論 IETF 協議中與 PQC 相關的問題。

PQUIP 工作組和 IETF 的其他工作組將研究如何將後量子加密演算法彙整到現有的協議中。IETF 116 橫濱會議上是 PQUIP 工作組的第一次會議。

IETF Plenary

IETF Plenary 主要讓維持 IETF 運作的單位，包含：IETF Chair & IESG、IAB、IRTF、NomCom、IETF LLC、IETF Trust 等，進行重要事項說明，及和 IETF 網路社群的參與者進行構通的管道。重要事項說明如下：

1. IRTF

- ACM 和 IRTF 每年會合作共同舉辦一次應用網路研究研討

會 (Applied Networking Research Workshop, ANRW), IRTF 主席預告下一次將會和 IETF 117 一起舉辦。

- 目前在徵稿中，截稿日至 2023/5/12，詳細資訊可以參考 <https://irtf.org/anrw/2023/>

2. IETF Chair & IESG

以下的工作組於此次會議開始前已經關閉(Concluded)：

- Home Networking (homenet)(於 2023/02/14 關閉)
- IP Wireless Access in Vehicular Environments (ipwave) (於 2022/11/10 關閉)
- Web Packaging (wpack) (於 2023/02/02 關閉)

IETF 115 之後新成立的工作組包含：

- Computing-Aware Traffic Steering (cats)
- More Instant Messaging Interoperability (mimi)
- Post-Quantum Use In Protocols (pquip)
- Secure Asset Transfer Protocol (satp)
- Static Context Header Compression (schc)
- Time Variant Routing (tvr)

3. IETF LLC

IETF 公布下一次會議 IETF 117 將於 San Francisco 舉行，由 Nokia 作為共同主辦單位。



四、 建議意見：

建議事項

- 建議持續關注相關 IETF 各工作組動態及訊息。
- 全球 IPv6 使用率持續上升，各國積極於推動轉換到 IPv6 以及 IPv4 共存的網路環境，面對未來網路傳輸效率與管理等因素，IPv6 已逐步強韌，但隨著網路持續發展，仍有相當多新出現的問題待解決，及未來轉換到 IPv6-only 環境的可能演進。建議持續關注 IPv6 的相關技術規範發展，強化新一代網路基礎建設。
- 網路安全一直是網路使用的一大隱憂，進入量子網路，其所面臨的挑戰將更為嚴苛，建議持續關注 Security 的相關技術規範發展，及量子密碼學的發展，以掌握資訊安全相關技術，並強化網路資訊安全的防護機制。
- 建議持續關注 IoT 的相關技術規範發展，以取得新一代網路應用技術，作為創新產業的基礎與強化競爭優勢。
- 建議與國外相關單位進行更密切及多元的交流及經驗分享，如邀請國外專家學者至台灣相關活動進行技術交流與分享。
- 建議持續派員參與 IETF 相關會議，以掌握相關技術規範的演進及狀態，並在國內推廣 IETF 國際活動參與。

IETF 下一次會議將於 2023 年 7 月 22-28 日於 San Francisco 舉行，相關資訊請參考 <https://www.ietf.org/how/meetings/117/>。

五、 會議議程：

完整的 IETF 116 Yokohama 的議程表請參閱：
<https://datatracker.ietf.org/meeting/116/agenda/>