

協作導向之 TANet 網路中心營運模式-以桃園區網中心與金門教網中心合作為例

許時準¹ 蔡松輝² 周小慧¹ 謝勝任¹ 呂芳發¹ 張岳傑²

¹桃園區域網路中心 ²金門教育網路中心

center20@cc.ncu.edu.tw

摘要

隨著教育單位持續推動數位學習與智慧校園服務，校園網路的重要性與日俱增。然而，多數教育網路中心面臨人力有限、設備更新不足與維運困難等挑戰，尤其在人員異動頻繁時，網路架構的複雜性往往成為管理效能的瓶頸。本文以桃園區網中心與金門教網中心的合作實務為案例，探討透過實際訪談與會議，網路架構盤點與數據收集，經由討論歸納出協助導向的三大面向，網路架構精簡、低成本智慧監測系統導入，以及定期教育訓練交流，提升校園網路營運效能。網路架構精簡使去除不必要的冗餘網路拓撲，也使網路查修時間較為容易，樹莓派 (Raspberry Pi) 為基礎的網路監測系統能有效掌握延遲與封包遺失情況，教育訓練則提升了教網中心人員的獨立維護能力。

關鍵詞：網路中心合作、網路架構精簡、低成本智慧監測系統、Raspberry Pi、網路監測

1. 前言

在數位轉型的趨勢下，校園網路已成為支持教學、研究與行政運作的核心基礎建設。隨著雲端服務、數位學習平台與中小學班班有網路、生生用平板政策的普及，網路品質的穩定性直接影響學生的學習效果。然而，多數學校缺乏專業的資訊組長，而必須求助於縣市教育網路中心，而教網中心面臨人力有限與技術斷層等問題，尤其當人員異動頻繁時，網路設定的傳承與維護往往缺乏一致性，進而導致架構過度複雜與管理困難。

金門教網中心由於近年內多次人員更替，原有的網路拓撲不僅冗餘規則過多，文件化程度亦不足，使得人員在接手維護時耗費大量時間。另一方面，缺乏低成本且彈性的網路品質監測工具，無法即時掌握使用者反映之問題與網路異常情況。因此金門教網中心與桃園區網中心討論解決的方法。

桃園區網中心任務為協助桃園、金門及連江教育網路中心，及該地區大專院校、高中職等共計 300 多所各級學校與臺灣學術網路骨幹網路介接，並協助連線學校網路管理及資訊安全工作[1]。桃園區網中心多年來累積了臺灣學術網路規劃與維運的經驗，並有導入開源 Zabbix 自動監測系統，能即時監

測重要網路線路及設備，讓網管人員及早發現問題並立即處理，成果發表在 TANET2020 臺灣網路網路研討會[2]。基於台灣學術網路網路中心間的合作精神，桃園區網中心與金門教網中心加深合作層面，經由實際訪談與會議，架構盤點與數據收集，歸納出協助導向的三大面向，網路架構精簡、低成本智慧監測系統導入，以及定期教育訓練交流，提升校園網路營運效能。

本論文期望為 TANet 網路中心間的合作模式提供一個具體參考，並探討低成本監測技術應用於網路中心網路管理的可行性。本論文第二節將介紹背景與相關研究，第三節說明協作導向之合作模式，第四節說明技術導入與實際成效，第五節說明結論與未來工作。

2. 背景與相關研究

本節針對 TANet 教育網路中心的背景及所面臨的挑戰與機會說明，並分為網路管理、低成本網路監測與教育訓練三個面向。

2.1 校園網路管理之挑戰

TANet 縣市教育網路中心負責全縣所有國中小網路管理，普遍面臨三大挑戰：其一為人力不足，多數中心僅有少數專責人員，難以兼顧所轄國中小網路規劃、維運與資安；其二為架構複雜，隨著設備汰換與新服務加入，網路拓撲往往缺乏統整，增加維護困難；其三為知識傳承不足，當人員異動時，設定文件與維護經驗往往無法完整交接，造成營運風險。

2.2 低成本網路監測技術之應用

傳統的網路監測多依賴昂貴的專用設備，但對資源有限的教育單位而言，部署成本過高。近年來，Raspberry Pi 低成本、高彈性的特性，逐漸被應用於網路監測與資安領域。研究顯示，Raspberry Pi 搭配開源監測軟體（如 Icinga、Nagios、Zabbix）能量測延遲、頻寬與封包遺失，且其可擴充性足以應對校園規模[3]。

2.3 教育單位合作與人才培育

縣市教育網路中心在人力異動之際，知識傳承不足，難以獨力應對網路管理與資安挑戰，若能跨

單位合作能有效提升營運效能，其中「技術支援」與「人才培訓」被視為合作的兩大核心。若僅引入新技術而忽略提升人員技術能力，將導致營運依賴外部資源，欠缺永續性；反之，若僅強調教育訓練而缺乏適當工具支持，則維運效率仍將受限。

雖然過去已有研究探討校園網路管理、低成本監測系統應用。但缺乏 TANet 跨單位合作的重要性，並將三者結合的實務案例分析。因此，本研究透過桃園區網中心與金門教網中心的合作案例，補足此研究缺口，並提供教育單位具體參考模式。

3. 協作導向之合作模式

針對桃園區網中心與金門教網中心的合作過程進行深入分析，先透過與金門教網中心團隊實際訪談與多次會議(線上及實體)，瞭解網路架構及網路監測等問題與需求，收集相關網路設定文件。然後將桃園區網協作導向之合作模式分為三個面向，請參見圖 1。

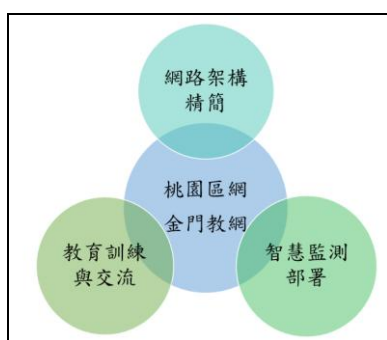


圖 1. 協作導向之合作模式

3.1 網路架構盤點與精簡

首先對金門教網中心現有拓撲進行審視，移除冗餘設定並重建架構。金門縣中小學連接金門教網中心之網路架構需先上連到 CISC0 6807 路由器，如圖 2，中間並有一層的防火牆，再上連至 Juniper MX480 路由器。以金門教網中心角度，各中小學網路連接教網中心架構為三層式架構。

因此如果金門國中小網路連接學術網路骨幹發生網路障礙時，三層式架構，加上各校防火牆及區網核心路由器，問題清查架構需清查 5 個網路節點及 6 段網路，在第一時間處理時，不容易迅速釐清問題發生點及處理。

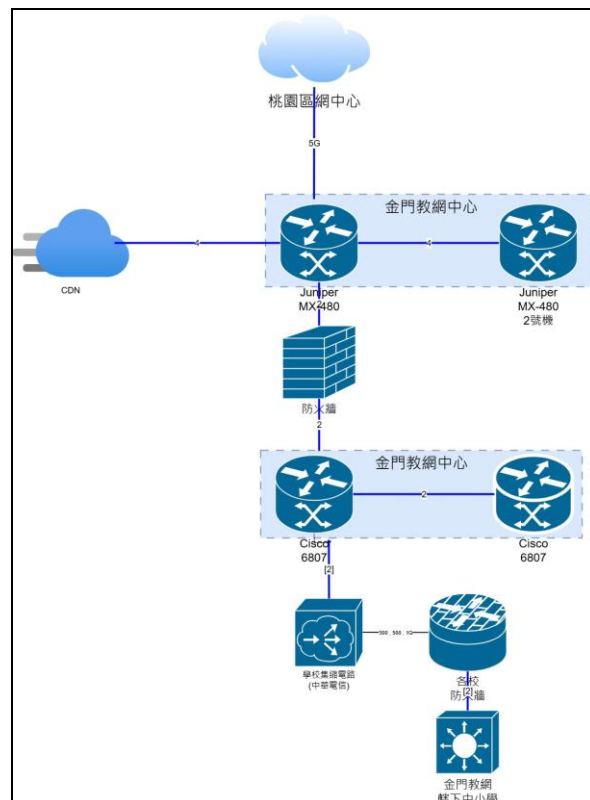


圖 2. 金門教網中心網路架構

2024 年 12 月 12 日金門教網中心與桃園區網中心進行網路核心設備架構盤點與精簡討論會議，會議結論如下：

- (1) 金門教網中心端防火牆優化：金門教網中心端防火牆部分，可由桃園區網協防，並設定阻擋重大 policy, 而 Layer 7 applications 可由教網自行控管設定。目的減少本島與離島之海底電纜頻寬浪費與資料混亂。另外學校端汰換六年舊有防火牆可以提升下游學校之網速，提供各校網管老師簡易阻擋相關不當資訊能力，建議以簡易為原則，並符合臺灣學術網路諮詢校組建議，開啟下游學校 IPv6 之使用。
- (2) 簡化金門路由架構調整：簡化中心端架構，節省相關資源如經費電力與管理，建議將中小學端原接到 CISC0 6807 路由器上，直通 Juniper MX480 路由器，將下游學校三層架構式簡化成兩層式架構，可以讓介接簡單化，除錯問題減少，速度有所提升。中心端相關設備與 Server farm, DMZ 仍維持原樣，介接在 6807 下。

繼而在 2025 年 1 月 16 日教育部資科司、金門教網中心與桃園區網中心進行核心網路架構調整視訊協調會議，除確認將下游學校三層架構式簡化成兩層式架構，以及由桃園區網先執行金門阻擋 ACL，將有害流量排除通過海底電纜。另增加將 Speed test(連線測試)跟 Siraya 智慧網管系統(學校流量偵測)移動至 MX480 上，進行網路障礙排除，以有效進行第一線的問題排除，並提升整體運作效

率。

3.2 智慧監測部署

為提升桃園區網中心對分散各地之連線學校機房網路效能的掌握度與即時監測能力，導入 Zabbix 監控平台，並以樹莓派作為輕量化監控代理主機部署於各連線學校機房，即時監測機房網路連通性、至各主節點的網路回應時間、封包延遲與丟包情形。並建立統一儀表板掌握異常狀況，如圖 3。

桃園區網樹莓派連線狀態			
桃園區網轄下單位 Zabbix Agent 狀態			
主機名稱	單位名稱	狀態	最後回應
TYRC_LHVS	六和高中	● 正常	2025-09-08 11:12:25 (45s 前)
TYRC_YUDA	育達高中	● 正常	2025-09-08 11:12:48 (22s 前)
TYRC_CVVS	啟英高中	● 正常	2025-09-08 11:13:05 (5s 前)
TYRC_KEIC	金門縣網中心	● 正常	2025-09-08 11:12:38 (32s 前)
TYRC_NANYA	南亞技術學院	● 正常	2025-09-08 11:12:47 (23s 前)
TYRC_CGU	長庚大學	● 正常	2025-09-08 11:12:51 (19s 前)
TYRC_UCH	健行科技大學	● 正常	2025-09-08 11:12:29 (41s 前)
TYRC_CPU	中央警察大學	● 正常	2025-09-08 11:13:04 (6s 前)
TYRC_LYJH	金門烈嶼國中	● 正常	2025-09-08 11:13:09 (1s 前)
TYRC_CPSHS	治平高中	● 正常	2025-09-08 11:12:25 (45s 前)
TYRC_FXSH	振聲高中	● 正常	2025-09-08 11:12:13 (57s 前)
TYRC_MATSU	連江縣網中心	● 正常	2025-09-08 11:13:06 (4s 前)

圖 3. 桃園區網樹莓派連線狀態即時監測

系統並建立各項監控項目與（Triggers）觸發器，並即時送出告警訊息，系統並將監測資料與異常紀錄長期收集以供事後追查，請參見圖 4。

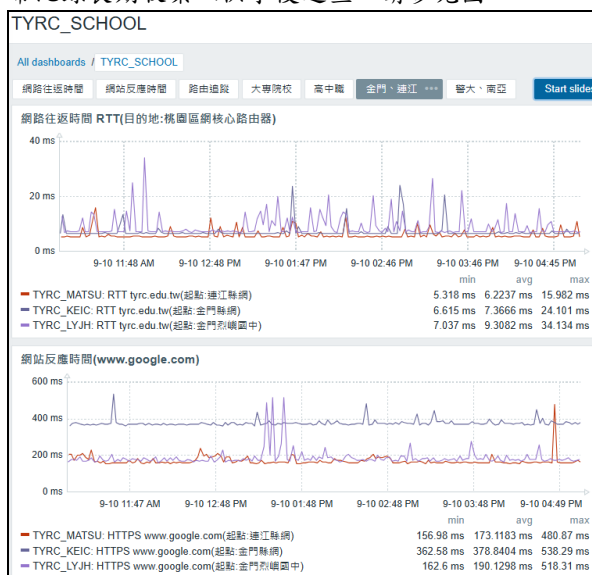


圖 4. 桃園區網 zabbix 結合各校樹莓派即時監測

即時告警方式原設定以 LINE Notify 即時告警，自 2025 年 4 月 LINE Notify 停止服務後，改為以 Telegram 通知，即時性不變，Telegram 安全性更高。

3.3 教育訓練與交流

桃園區網中心每年定期派員至金門教網中心，舉辦實作教育訓練與培訓課程，透過小班制教學，強化金門教網中心人員之技術能力。

桃園區網中心每年針對全部連線學校也會舉辦至少七場以上的教育訓練涵蓋網路管理流程、資安防護與監測工具操作。金門教網中心人員也可至桃園區網上課，進而提升獨立處理問題的能力。

4. 技術導入與實際成效

「技術導入」與「人才培訓」具有互補性。若僅依靠監測工具，維運仍受制於人力不足；若僅強調教育訓練，則缺乏即時監測數據支援。兩者結合後，方能確保網路管理長期營運效能。透過「技術導入」與「人才培訓」也突顯跨單位合作的價值，顯示資源共享能有效提升教育單位網路營運的整體效益。

4.1 網路架構精簡成效

金門教網中心於 2025 年 7 月 9 日執行網路架構精簡，下游學校三層架構簡化成兩層式架構，原有重疊與不必要的設定被移除，拓撲結構更加清晰。

- (1) 三層式架構簡化成兩層式架構：以金門烈嶼國中樹莓派監測資料為例，2025 年 7 月 9 日，架構精簡前後十分鐘的兩次監測數據，原先金門烈嶼國中路由追蹤到桃園區網核心路由器 192.192.69.18 需經過 5 個網路節點，經網路架構調整後，精簡到 3 個網路節點，網路回應時間節省 0.4ms。烈嶼國中路由追蹤到 google 原經過 12 個網路節點，架構調整後精簡到 10 個網路節點，網路回應時間也節省 0.5ms，請參見圖 5。

2025-07-09 02:01:52 PM									
Start: 2025-07-09T13:01:36+0800									
Host: TYRC-LYJH									
Seq	IP	Loss	Seq	Test	Avg	Best	Worst	StDev	
1	169.25.123.253	0.0%	10	0.3	0.2	0.2	0.3	0.0	
2	169.25.123.254	0.0%	10	0.2	0.1	0.1	0.2	0.0	
3	10.10.10.17	0.0%	10	1.4	1.6	0.8	6.4	1.7	
4	192.192.69.18	0.0%	10	7.6	7.0	7.6	0.2		
5	192.192.61.102	0.0%	10	8.2	8.0	7.8	12.8	1.6	
6	192.192.61.190	0.0%	10	8.5	8.4	8.0	9.8	0.2	
7	192.192.61.103	0.0%	10	8.2	8.2	8.0	9.6	0.2	
8	172.14.196.229	0.0%	10	9.8	10.0	9.8	10.6	0.3	
9	172.253.64.127	0.0%	10	10.5	10.6	10.4	10.9	0.2	
10	209.85.142.121	0.0%	10	10.2	9.7	9.5	10.2	0.2	
11	8.8.8.8	10.0%	10	9.4	8.9	9.1	9.7	0.2	
2025-07-09 01:50:58 PM									
Start: 2025-07-09T13:01:43+0800									
Host: TYRC-LYJH									
Seq	IP	Loss	Seq	Test	Avg	Best	Worst	StDev	
1	169.25.123.253	0.0%	10	0.2	0.9	0.2	6.4	1.9	
2	169.25.123.254	0.0%	10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	
3	10.10.10.17	0.0%	10	1.1	1.0	0.7	3.2	0.4	
4	169.25.123.254	0.0%	10	1.2	1.2	1.0	1.4	0.1	
5	120.128.127.254	0.0%	10	1.7	1.5	1.2	2.4	0.3	
6	192.192.69.18	0.0%	10	7.4	6.9	7.3	7.9	0.1	
7	192.192.61.102	0.0%	10	8.2	8.3	8.1	9.2	0.3	
8	192.192.61.190	0.0%	10	10.2	10.0	9.7	10.3	0.2	
9	192.192.61.103	0.0%	10	8.7	8.9	8.6	10.7	0.3	
10	172.14.196.229	0.0%	10	10.1	10.3	10.1	10.6	0.2	
11	172.253.64.127	0.0%	10	10.6	11.0	10.6	11.3	0.2	
12	209.85.142.121	0.0%	10	10.1	10.3	9.8	10.5	0.2	
13	8.8.8.8	0.0%	10	9.7	8.9	9.6	10.3	0.2	

圖 5. 金門烈嶼國中 2025/7/9 路由追蹤

- (2) 更容易清查排除第一線網路問題：以金門烈嶼國中為例，若網路連接學術網路出現問題，原架構需清查 5 個網路節點及 6 段網路，精簡後為 3 個網路節點及 4 段網路查修。網路障礙權責會比

較清楚，是上行線路有問題還是下鍊線路有問題，故障點的釐清比較容易清查。

- (3) 防火牆效率提高：金門原先的防火牆 ACL 部分，經由桃園區網中心協助檢視金門教網 ACL，實際導入後於桃園區網 ACL 執行，區網 ACL 聚焦在執行拒絕臺灣學術網路至金門的有害連線，而金門教網至學網之網路連線，及內部 Server Farm 仍由金門教網中心防火牆執行。

4.2 Raspberry Pi 監測成效

桃園區網於 2025 年 6 月展開樹莓派部署，採用 Zabbix Server 作為中央監測平台，並於連線學校部署 Raspberry Pi 裝置，運行 Zabbix Agent (Active Mode)，定時回報網路狀況。樹莓派除部署在離島的金門教網中心、金門烈嶼國中、連江教網中心、連江東引國中小，也部署在桃園地區的中央警察大學、長庚大學、長庚科大、陸軍專科學校、銘傳大學桃園校區、南亞技術學院、健行科技大學、新生醫專、國原院、六和高中、育達高中、啟英高中、治平高中、振聲高中、大華中學，總計 19 所連線單位。

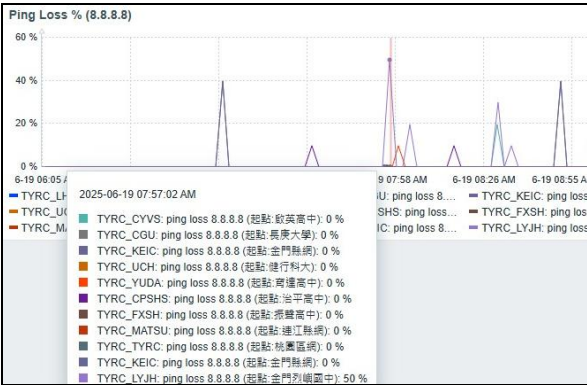


圖 6. 金門烈嶼國中 2025/7/9 路由追蹤

2025 年 6 月 19 日上午監測金門烈嶼國中 ping google 封包掉包率 50%，其他各連線學校掉包率都是 0%，經瞭解為小金門過橋纜線不穩定造成掉包率突增，請參見圖 6。

2025 年 8 月 5 日，系統發現金門烈嶼國中樹莓派斷線，系統自動發送告警至 Telegram 群組，經現場確認為學校端維修電路。透過此一自動告警機制，可以大幅提升偵測及查修的效率。

4.3 教育訓練與人員能力提升

桃園區網中心每年定期派員至金門教網中心，近 3 年的實作教育訓練與培訓課程請參見表 1，透過教育訓練與實作演練，金門教網中心人員的獨立處理能力顯著提升。訪談結果顯示，受訓人員表示能夠在無外部協助下解決常見問題。

另外桃園區網中心在 2019 年到 2025 年間，也舉辦 55 場教育訓練，訓練主題以實作 workshop 為

主，課程分布資安、網路管理、系統管理，並將主題擴大至 AI、IoT。師資廣邀國家高速電腦中心、教育部計畫團隊、科技部計畫成立之中心、資安協會、台北區網、台北第二區網、宜蘭區網、高屏澎區網、新竹縣網、花蓮區網等師資。桃園區網中心並建立 Moodle 線上學習系統，目前有 16 門可以線上選課及提供上課影片的訓練課程，方便區縣市網夥伴及學校老師線上學習。

表 1.桃園區網近三年至金門實地進行之教育訓練

序	日期	教育訓練及實地輔導
1	2025/6/18	校園網路管理基礎及網路問題查修
2	2025/6/18	校園資安防護(如何防範駭客入侵)
3	2024/5/2	TANet 內容傳遞網路架構與管理
4	2024/5/1	淺談學術網路內容傳遞網路
5	2023/6/9	檢視網路連線架構及網路管理機制

5. 結論與未來工作

本研究以桃園區網中心與金門教網中心的合作模式，提出一種協同進行網路架構精簡、低成本網路監測與教育訓練的校園網路營運模式。研究結果證實，此模式能有效提升維運效率、降低監測成本，並強化人員專業能力。桃園區網樹莓派部署在離島的金門、連江，也部署在桃園地區的大專院校、高中職，總計 19 所連線單位。桃園區網中心也成為台灣學術網路十三個區網中心裡，第一個建立大規模部署樹莓派在連線學校機房監測網路品質的區網中心。此模式大幅降低了監測成本，使網路中心能以有限資源建立完整的網路品質監測機制。

未來研究可從以下三方面延伸：

- (1) 跨網路中心合作模式：桃園區網中心將協助金門教網中心建置金門教網的 Zabbix Server 作為中央監測平台，並於 24 所金門國中小學校部署 Raspberry Pi 裝置，以擴大網路品質的監測。
- (2) 資安防護整合：在網路品質監測基礎上，加入異常流量偵測與威脅阻擋功能。
- (3) AI 與雲端應用：探索人工智慧在網路異常預測與自動化調整的應用，以提升校園網路的智慧化管理層次。

綜上所述，本研究提供了一個兼顧技術與人才培育的協作模式，對於資源有限的教育單位而言，具有參考價值，並可作為未來智慧校園發展的重要基礎。

參考文獻

- [1] 教育部補助臺灣學術網路區域網路中心管理運作要點, <https://www.edu.tw/>
- [2] 許時準、周小慧、張二川、呂芳發 “自動監測系統結合 LINE 即時訊息通知-以桃園區網中心為例”, TANET2020 臺灣網際網路研討會論文集.
- [3] Maulana, H. "Analyze and designing low-cost network monitoring system using Icinga and Raspberry Pi." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021.