



作業系統 SSD 溫度維持低 33°C\*

在 25°C 的環境條件下



在 35°C 條件下仍能持續運作而未故障

而 Supermicro SYS-621C-TN12R 伺服器在此時故障



作業系統 SSD 溫度維持低 34°C\*

在 HVAC 故障情境下

## 提高資料中心的能源效率：採用 Dell PowerEdge HS5620 伺服器安心承受更高的溫度

在高溫測試情境中，Dell PowerEdge HS5620 伺服器持續執行密集工作負載，且未出現元件警告或故障，而 Supermicro SYS-621C-TN12R 伺服器則發生故障

在較高的溫度下執行資料中心，可協助組織節省冷卻成本和能源消耗。能源之星® 指出，此類措施可帶來財務效益：「溫度每升高 1°F 可以節省 4% 到 5% 的能源成本。」<sup>1</sup> 然而，資料中心只能保持在其硬體允許的溫度。能夠承受更高日常溫度的伺服器，可以幫助組織實現永續性目標。具備適當散熱設計的伺服器，在發生內部風扇故障或外部環境故障等意外情況時，也能繼續在更高的溫度下運作。

PT 測試了兩款 2U 雲端最佳化伺服器：Dell™ PowerEdge™ HS5620 和 Supermicro® SYS-621C-TN12R。為了創造可完全控制和測量溫度的環境，我們在完全裝滿的伺服器機架周圍建造機櫃。機架中的所有伺服器均執行密集的综合浮點工作負載，類似於機器學習推論工作負載，這會對系統的處理器施壓，並在環境中產生熱能。

我們在三種情境式測試中，監控 Dell 和 Supermicro 伺服器的內部溫度：25°C 的環境溫度、風扇故障和資料中心 HVAC 故障。在這些測試中，Dell 系統執行時未出現元件散熱警告或故障。相比之下，Supermicro 系統在所有情境下均發出警告，在第二和第三個情境下則出現元件故障，導致需要手動介入的系統停機時間。Dell PowerEdge HS5620 具備令人信服的冷卻設計優勢，可順利因應各種挑戰。

\*與 Supermicro SYS-621C-TN12R 伺服器相比，兩小時工作負載期間的平均溫度

## 測試方式

表 1 顯示我們所測試的兩部雲端最佳化伺服器的重要組態資訊。請參閱 [報告背後的科學](#) 以瞭解詳細資料。

表 1：我們所測試伺服器的重要組態詳細資料。

	Dell PowerEdge HS5620	Supermicro SYS-621C-TN12R
處理器	2 個 Intel® Xeon® Gold 6444Y 處理器	2 個 Intel Xeon Gold 6444Y 處理器
記憶體	1,024 GB 的 DDR5 RAM	1,024 GB 的 DDR5 RAM
網路介面卡 (NIC)	Intel E810-XXV，配備 2 個 25 GbE 連接埠	Intel E810-XXVAM2 (AOC-S25GC-i2S)，配備 2 個 25 GbE 連接埠
儲存裝置	2 個 M.2 NVMe® SSD	2 個 M.2 NVMe SSD
儲存控制器	Dell BOSS N1	直接附加 PCIe® 儲存裝置
電源供應單元 (PSU)	2 個 1,800W Dell 05222NA00	2 個 1,200W Supermicro HMC94MEBRA123N
風扇	5 個 Dell HPR Silver 1 個 Dell HPR Gold	3 個 Supermicro 中間風扇 FAN-0206L4
作業系統	Ubuntu 22.04.3	Ubuntu 22.04.3

我們在 Dell 伺服器配置了一個儲存控制器和兩個 M.2 NVMe 磁碟機，以與 Supermicro 伺服器的儲存裝置組態相符。Dell 伺服器組態配備五個 Dell HPR Silver 風扇和一個 Dell HPR Gold 風扇。Supermicro 伺服器支援三個 8 公分風扇，這是測試時可容納的最大數量。為啟用效能監控，我們將 Dell 伺服器上的 BIOS 系統設定檔設定調整為「每瓦效能 (OS)」。我們保留了 Supermicro 伺服器的預設 BIOS 組態「OS 控制 EPB」，因為此設定可讓我們監控測試所需資料。

為了創造可控制和測量溫度的環境，我們在完整裝載的 42U 伺服器機架周圍建構自訂機櫃。測試時，我們將 Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12R 置於機架中央的相同位置。我們在 42U 機架的其餘部分配置了機頂式交換器、各種 2U 和 1U 伺服器，以及刀鋒伺服器和機箱，這些設備會在執行工作負載時產生熱能。我們擷取了基頻管理和作業系統層級遙測，以便使用第三方工具 Telegraf™ 和 Prometheus 進行元件監控。

我們在三種情境中測試伺服器：在 25°C 的環境條件下進行一般作業、內部風扇故障 (兩次，每次停用不同的風扇)，以及 HVAC 故障且環境溫度上升到 35°C。在各情境下，我們均使用 stress-ng 工具來對處理器的浮點運算能力施壓。這類工作負載對於 AI 訓練和高效能運算 (HPC) 等使用案例至關重要；如需詳細資訊，請參閱第 3 頁。伺服器機櫃分四波啟動工作負載，我們測試的 Dell 和 Supermicro 系統在第四波啟動工作負載，也就是第一批伺服器啟動後 3 分 30 秒。我們在工作負載開始前的 15 分鐘、工作負載全程兩個小時運作期間，以及工作負載完成後的 15 分鐘，監控溫度和硬體統計資料。

如需有關測試、結果和組態的詳細資料，請參閱 [報告背後的科學](#)。

## 研究發現概觀

在表 2 和表 3 中，我們顯示各種伺服器元件在各測試期間的表現概觀。如果至少一個列出的元件類型出現警告或故障，我們會在下方註明。如表 2 所示，Dell PowerEdge HS5620 的元件在各情境類型中均如常運作，未顯示任何警告。另一方面，Supermicro SYS-621C-TN12R 在各情境類型 (包括 25°C 的環境溫度) 中均至少出現一項警告，並在 HVAC 故障情境和兩種風扇故障情境中出現元件故障 (表 3)。我們在測試中觀察到的作業系統 SSD 故障導致系統故障，進而使 Supermicro 系統無法使用且需手動介入。我們會分析伺服器的散熱設計，並在後續頁面中更仔細地檢視這些結果。

表 2：在測試情境中，Dell PowerEdge HS5620 伺服器關鍵元件表現概觀。

Dell PowerEdge HS5620				
元件類別	25°C 環境溫度	風扇 2 故障	風扇 3 故障	HVAC 故障
CPU	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障
RAM	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障
NIC	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障
M.2 SSD	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障
PSU	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障

表 3：在測試情境中，Supermicro SYS-621C-TN12R 伺服器關鍵元件表現概觀。

Supermicro SYS-621C-TN12R				
元件類別	25°C 環境溫度	風扇 1 故障	風扇 3 故障	HVAC 故障
CPU	✓ 無警告或故障	▲ 警告	▲ 警告	▲ 警告
RAM	✓ 無警告或故障	▲ 警告	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障
NIC	✓ 無警告或故障	▲ 警告	✓ 無警告或故障	▲ 警告
M.2 SSD	▲ 警告	✘ 故障	▲ 警告	✘ 故障
PSU	✓ 無警告或故障	✓ 無警告或故障	✘ 故障	✓ 無警告或故障

### 關於我們在測試中使用的工作負載

我們使用 stress-ng 工具在測試系統上執行浮點工作負載。浮點計算在管理涉及含小數部分數字的數學運算中，扮演關鍵角色。這類計算對於需要高準確度數值運算的科學和工程工作負載尤其重要，例如 AI 訓練、機器學習演算法、科學模擬、財務建模和電腦輔助設計 (CAD) 應用程式。

## 系統冷卻設計分析：深入瞭解 Dell PowerEdge HS5620 的優勢

分析系統的散熱設計，是瞭解系統在各測試情境中表現的關鍵。伺服器利用多種設計元素來維持系統冷卻，例如主機板設計。主機板上敏感元件的位置有助於防止這些元件造成彼此過熱。此外，風扇可保持空氣流通，而機箱設計也應有助於保護元件不受熱空氣影響。以下，我們將檢視 Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12R 伺服器中的設計元素

### 主機板設計

在 M.2 NVMe 模組的位置方面，Supermicro 系統的主機板配置尤其有問題。舉例來說，在第二個和第三個測試情境中，即使是閒置的 SSD，溫度也會升高，因為其直接位於處於負載狀態之處理器的下游。此外，機箱右側沒有專用風扇將空氣送入配電模組 (PDU)，此模組用於將雙 PSU 連結至系統的其他部分。Supermicro 系統反而依賴機箱背面 PSU 內建風扇的氣流。雖然我們未觀察到此 PDU 發生故障，但 BMC 在第二個風扇故障情境中回報了 PSU 故障，說明此設計的缺點 (有關此測試的詳細資料，請參閱 [報告背後的科學](#))。請參閱圖 1。

相比之下，Dell PowerEdge HS5620 的主機板設計則更為複雜。處理器冷卻模組使用散熱片上的導熱管，以更有效率地進行冷卻。PDU 整合至主機板，可讓氣流更順暢地通過其元件。在我們測試的組態中，PDU 同時配備 Dell HPR Gold 和 Dell HPR Silver 風扇，可為元件提供冷卻功能。如圖 2 所示，Dell 系統的氣流護罩開口可讓冷空氣通過元件，減少元件間的热傳遞。

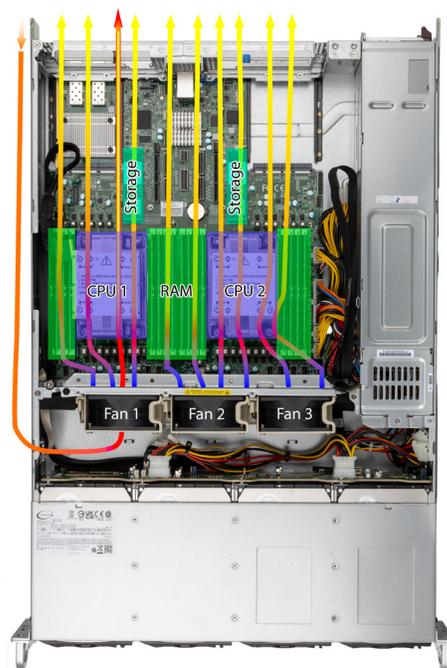


圖 1：我們所測試之 Supermicro SYS-621C-TN12R 的主機板配置。我們加上了顯示風扇氣流方向的元件標籤和箭頭，較冷的空氣以藍色和紫色表示，較熱的空氣則以紅色、橙色和黃色表示。資料來源：Principled Technologies。

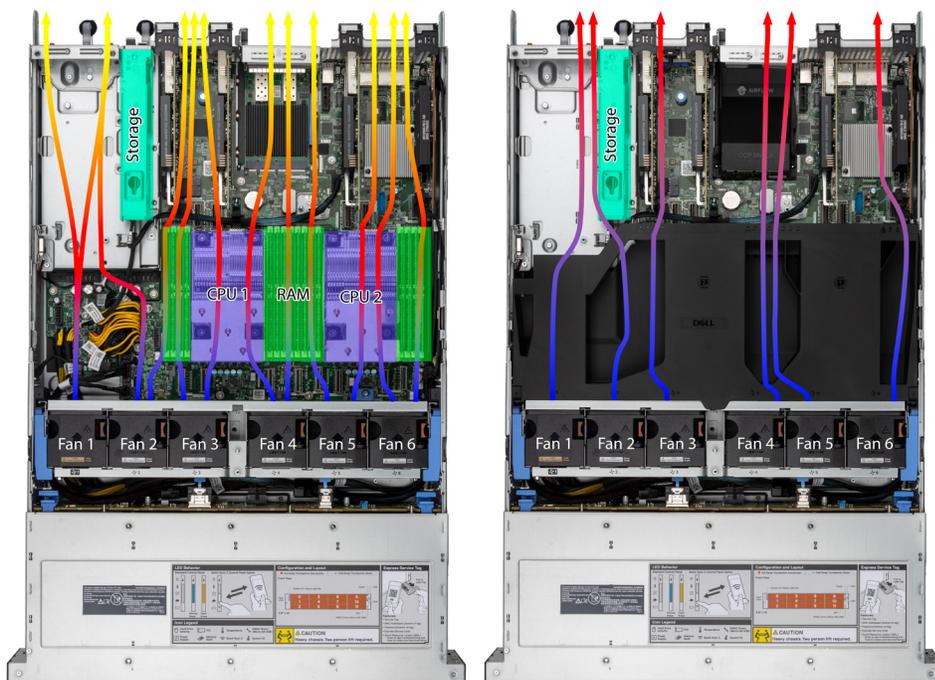


圖 2：我們所測試之 Dell PowerEdge HS5620 的主機板配置，顯示以護罩分隔的底部散熱層 (左) 和頂部散熱層 (右)。我們加上了顯示風扇氣流方向的元件標籤和箭頭，較冷的空氣以藍色和紫色表示，較熱的空氣則以紅色、橙色和黃色表示。資料來源：Principled Technologies。

## 風扇

系統的風扇是冷卻設計的關鍵部分。我們測試的 Dell PowerEdge HS5620 組態配備五個 60 公釐 Dell HPR Silver 風扇，以及一個 60 公釐 Dell HPR Gold 風扇。我們測試的 Supermicro SYS-621C-TN12R 使用三個 80 公釐主風扇進行冷卻。在這兩部伺服器中，每個電源供應器都內建一個額外的專用風扇。

立方英尺/分鐘 (CFM) 是用來表示風扇可移動多少空氣的額定值。根據系統標籤，Dell 系統中的六個風扇各為 57.26 CFM (總計 343.56 CFM)，而 Supermicro 系統中的三個風扇各為 104.7 CFM<sup>2</sup> (總計 314.10 CFM)。雖然這些總數非常接近，但 CFM 只是伺服器內部狀況的一部分。在我們的測試中，我們還發現在尖峰負載下，Supermicro SYS-621C-TN12R 伺服器的風扇以約 13,500 RPM 的速度運行。而在測試中，Dell PowerEdge HS5620 伺服器的雙軸轉子風扇則以約 20,000 RPM 的轉速轉動。這些速度和設計差異使 Dell 系統的風扇能產生更高的靜壓，也就是說，風扇會以更大的力量推動空氣通過系統。這也代表風扇抵消了熱通道中的背壓，這對有效冷卻至關重要<sup>3</sup>，因為資料中心內，具較強力風扇的設備可能會壓過風扇動力不足的設備，進而導致冷卻效果不足。

## 機箱設計

Supermicro SYS-621C-TN12R 機箱在風扇和儲存裝置背板面之間的兩側均設有通風口，Dell 伺服器則沒有這些通風口。理論上，這些通風口可能可以在不受機櫃或熱通道限制的露天伺服器環境中，允許更多的氣流進入機箱。然而在實務上，資料中心機櫃的設計，意味著伺服器機箱的側面與熱通道位於相同的散熱區域內：由於伺服器機架和機櫃可讓伺服器兩側的空氣自由流動，因此這些通風口並未隔離。所以，通風口不會排出熱空氣或吸入冷空氣，而會使來自伺服器堆疊後方的預熱空氣進入機箱並在元件中循環，形成加熱迴路。請參閱圖 3。

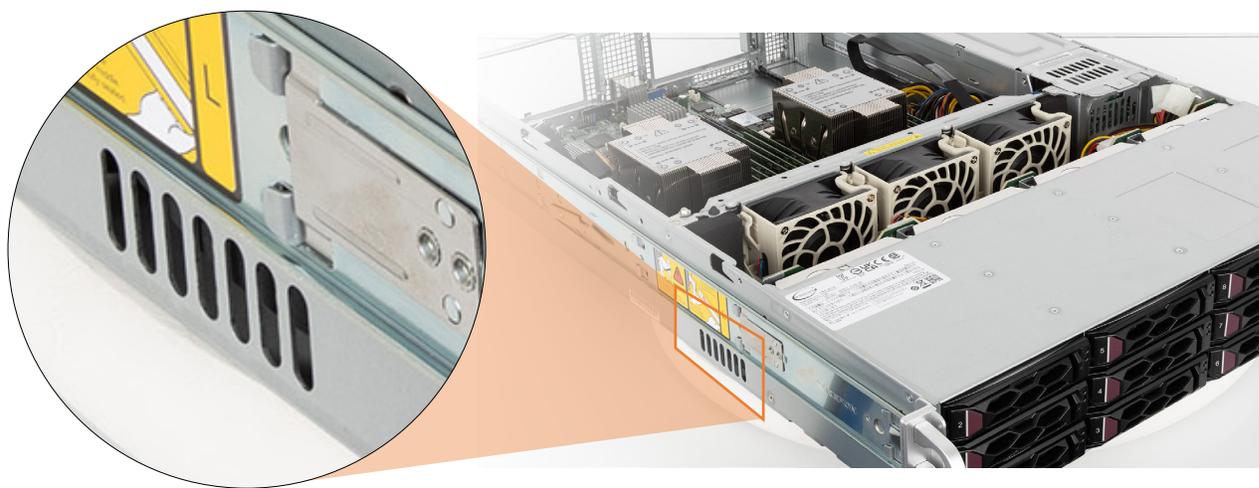


圖 3：我們測試的 Supermicro SYS-621C-TN12 機箱中的通風口，可讓來自熱通道的預熱空氣在伺服器元件中循環。資料來源：Principled Technologies。

### 主要散熱設計發現

Dell PowerEdge HS5620 伺服器的主機板配置有助於減少元件之間的熱傳遞。該系統共設有六個風扇，每個風扇的轉速為 20,000 RPM。Supermicro SYS-621C-TN12R 伺服器的主機板配置將敏感元件擺放在彼此附近。該系統共設有三個風扇，每個風扇的轉速為 13,500 RPM。此外，機箱側面的通風口可讓來自熱通道的熱空氣在系統中循環。

# Dell PowerEdge HS5620 在未出現元件警告的情況下持續運作；Supermicro SYS-621C-TN12R 在兩個情境下發生故障

## 案例 1：25°C 環境溫度

我們執行第一個情境，以瞭解伺服器在一般資料中心溫度下的表現。美國供暖、製冷和空調工程師協會 (ASHRAE) 建議將一般資料中心溫度保持在 18°C 到 27°C 之間，但特定類別的設備可以接受高達 45°C 的溫度。<sup>4</sup> 在此情境中，我們在伺服器上執行工作負載時，將測試環境中的環境溫度設為 25°C。

在此情境下，Dell PowerEdge HS5620 並未顯示任何元件警告或故障。其氣流設計可隔離散熱區域，使所有元件保持安全運作溫度。相比之下，在測試進行 22 分鐘後，Supermicro 系統的 Baseboard Management Controller (BMC) 發出警告，表示作業系統 SSD 已達臨界溫度。接著在 10 分鐘後，BMC 宣告磁碟機已達到無法復原的狀態，但 SSD 在此情境下並未發生故障。這是因為此 BMC 警示並未輪詢元件是否故障，而是單純指出磁碟機已超過閾值，可能即將發生故障。

在兩小時的工作負載執行過程中，Dell 伺服器的作業系統 SSD 平均溫度為 43.9°C，而閒置的 SSD 平均溫度為 45.5°C。測試期間，Supermicro 系統的作業系統 SSD 平均為 77.5°C，而閒置的 SSD 平均為 61.7°C，溫度比 Dell 系統高出高達 33.6°C。在執行工作負載期間，Dell 伺服器處理器的平均溫度為 73.7°C 和 70.7°C，而 Supermicro 伺服器的處理器平均溫度為 77.9°C 和 71.1°C。

圖 4 和圖 5 顯示兩個系統在兩小時測試過程中的 SSD 和處理器溫度。圖 6 顯示伺服器的耗電量，其中電源的增加可對應至工作負載對系統的影響，包括用於冷卻伺服器的風扇。

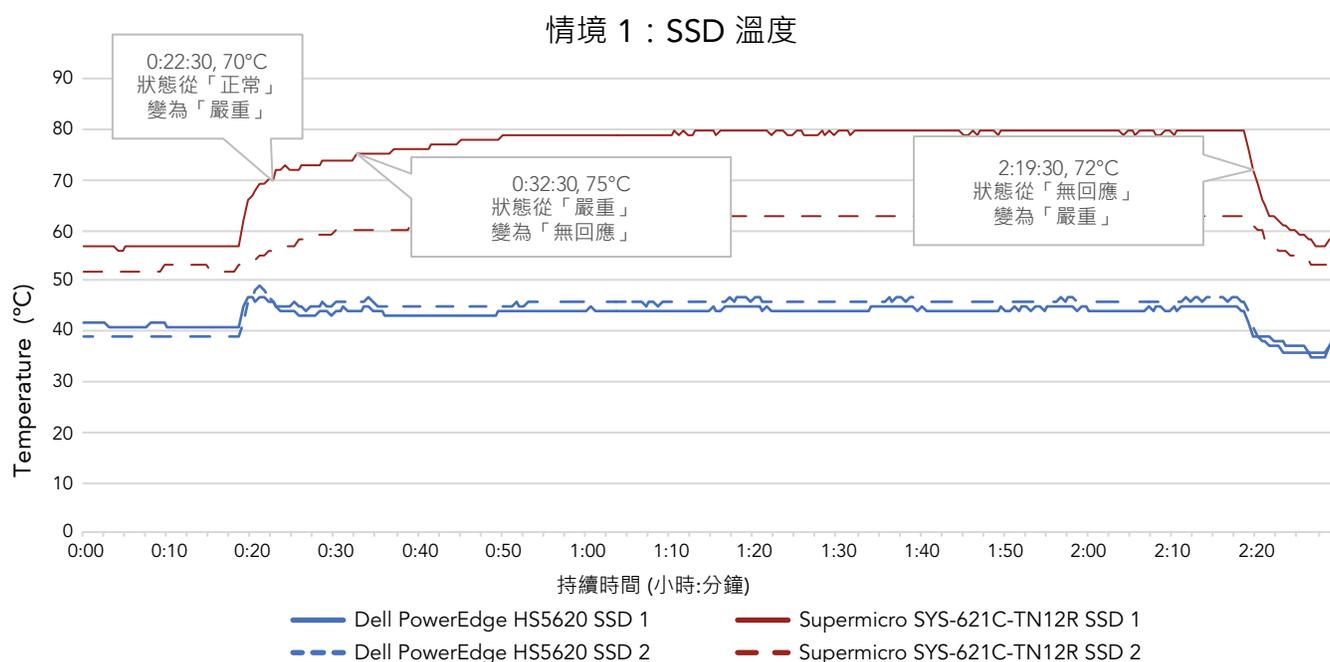


圖 4：在第一個情境中，伺服器在 25°C 的環境溫度下執行浮點工作負載時，Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12 中的 SSD 溫度。工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。SSD 1 執行作業系統，而 SSD 2 處於閒置狀態。溫度越低越好。資料來源：Principled Technologies。

### 情境 1：處理器溫度

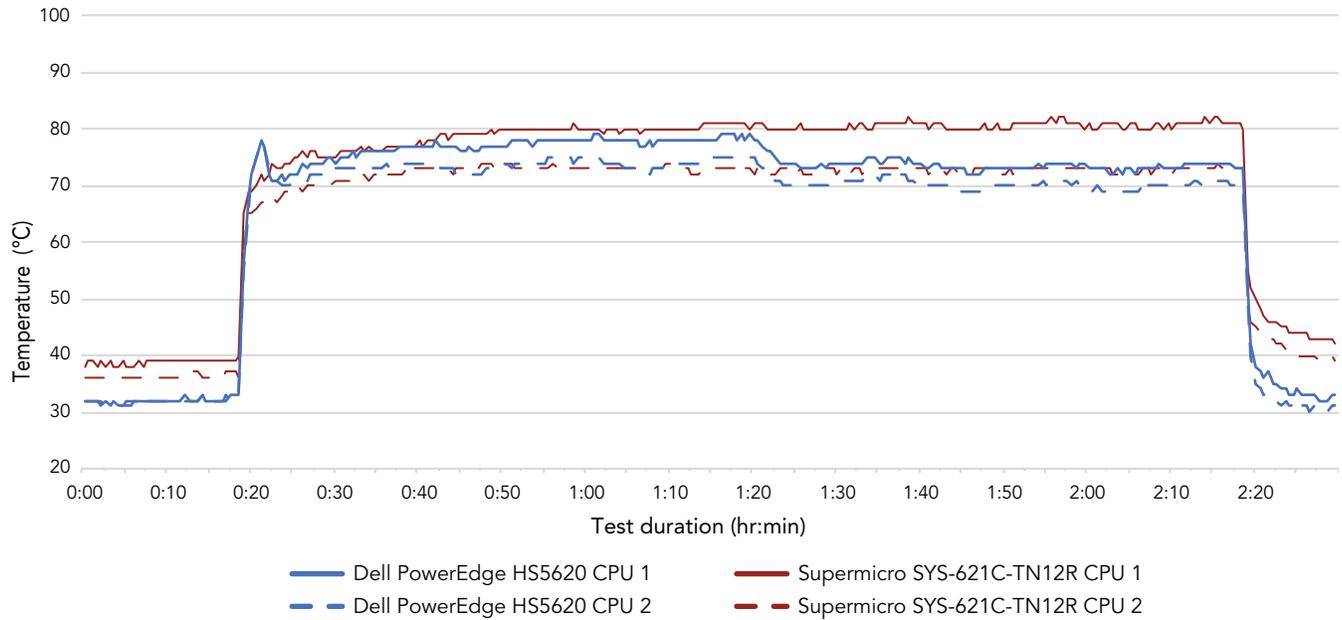


圖 5：在第一個情境中，伺服器在 25°C 的環境溫度下執行浮點工作負載時，Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12 中的處理器溫度。工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。溫度越低越好。資料來源：Principled Technologies。

### 情境 1：耗電量

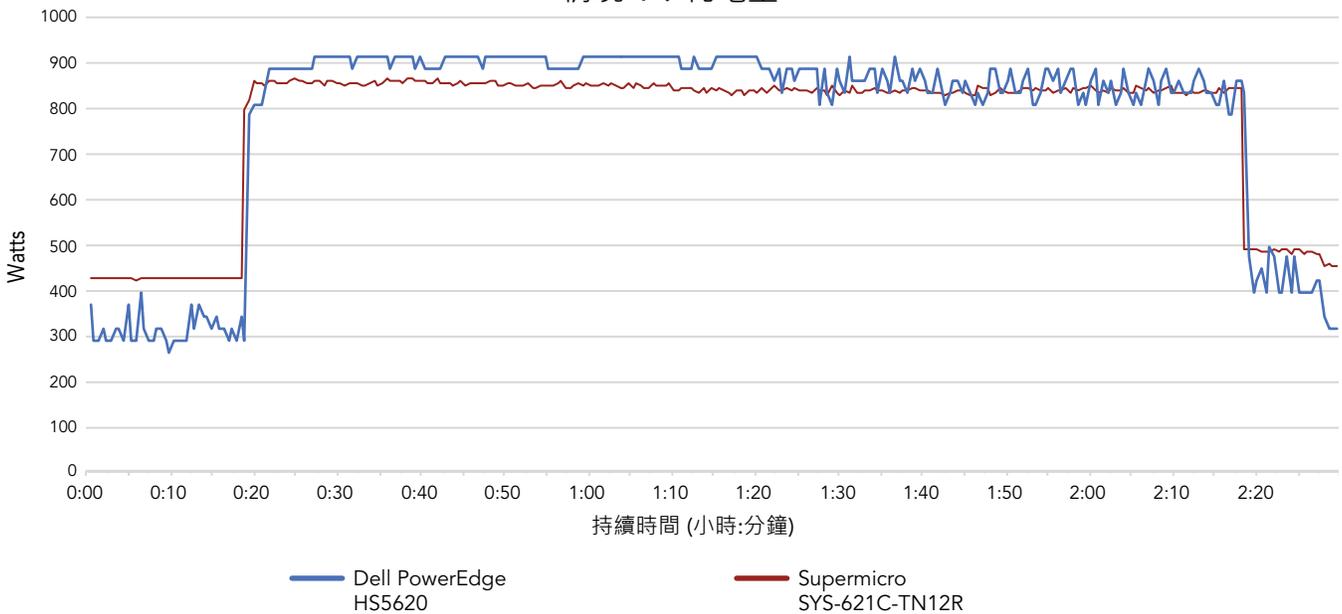


圖 6：在第一個情境中，伺服器在 25°C 的環境溫度下執行浮點工作負載時，Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12 的耗電量 (以瓦為單位)。工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。資料來源：Principled Technologies。

在這個反映 25°C 資料中心日常作業的情境下，Dell PowerEdge HS5620 正常執行且未提出任何疑慮，而 Supermicro SYS-621C-TN12R 則對其作業系統磁碟機發出嚴重警告。表 4 總結了此測試情境的結果。

表 4：我們第一項兩小時測試期間的發現摘要，其中伺服器在 25°C 環境溫度下執行浮點工作負載。

案例 1：25°C 環境溫度		
	Dell PowerEdge HS5620	Supermicro SYS-621C-TN12
成果	✓ 無系統故障	✓ 無系統故障
元件故障	無	無
元件警告	無	作業系統 SSD
作業系統 SSD 平均溫度	43.9°C	77.5°C
閒置 SSD 平均溫度	45.5°C	61.7°C
處理器平均溫度	73.7°C 70.7°C	77.9°C 71.1°C

## 案例 2：風扇故障

即使仔細監控和定期維修可以延長伺服器的使用壽命，但內部元件也可能會意外故障。在第二個測試情境中，我們試圖瞭解各伺服器在風扇故障時的表現。

就元件的同等氣流覆蓋範圍而言，我們判斷 Supermicro 伺服器上的風扇 1 與 Dell 系統的風扇 2 最相符，所以我們在測試時手動停用這些風扇。我們再次在環境溫度 25°C 的情況下開始進行測試，並在伺服器閒置運行 15 分鐘後啟動工作負載。我們在兩個小時的測試過程中以及之後的 15 分鐘，監控系統是否發出警告或發生故障。

Dell PowerEdge HS5620 並未發生任何元件故障或發出任何元件警告，而僅有兩個健全風扇的 Supermicro SYS-621C-TN12R 則發出處理器、RAM 和兩個 NIC 溫度過高的警示。**Supermicro 系統的作業系統磁碟機在測試 1 小時 49 分鐘後發生故障，導致系統故障；在 SSD 冷卻且作業系統可恢復運作後，我們必須透過 BMC 重新啟動伺服器。**系統的氣流通道和風扇無法彌補冷卻設計的缺點，例如將熱空氣從處理器和記憶體引導至 SSD 的氣流模式。相比之下，Dell 系統的風扇數量較多（各風扇的每分鐘轉速 (RPM) 都比 Supermicro 系統高），且其氣流設計有助於使系統元件降溫並維持正常運作。

我們再次發現，在執行工作負載的兩小時過程中，Dell 系統保持較低的平均溫度。其作業系統 SSD 平均溫度為 54.2°C，比 Supermicro 伺服器的作業系統 SSD 平均溫度 82.2°C 低 28.0°C。Dell 系統的閒置 SSD 平均溫度為 47.0°C，比 Supermicro 伺服器閒置 SSD 的平均溫度 68.5°C 低 21.5°C。在處理器平均溫度方面，Dell 伺服器中處理器的溫度分別為 56.9°C 和 44.3°C，而 Supermicro 伺服器中處理器的溫度則高出許多，分別為 98.6°C 和 72.8°C，溫差高達 54.3°C。我們可以看到，當溫度超過安全閾值時，Dell 伺服器的管理系統會根據系統是否偵測到冷卻硬體故障或異常環境條件來調整效能。

圖 7 和圖 8 顯示我們收集的 SSD 和處理器溫度測量值。圖 9 比較了系統執行工作負載時的耗電量，系統處於負載狀態下會產生內部熱能以及彌補缺少的風扇。

## 情境 2：SSD 溫度

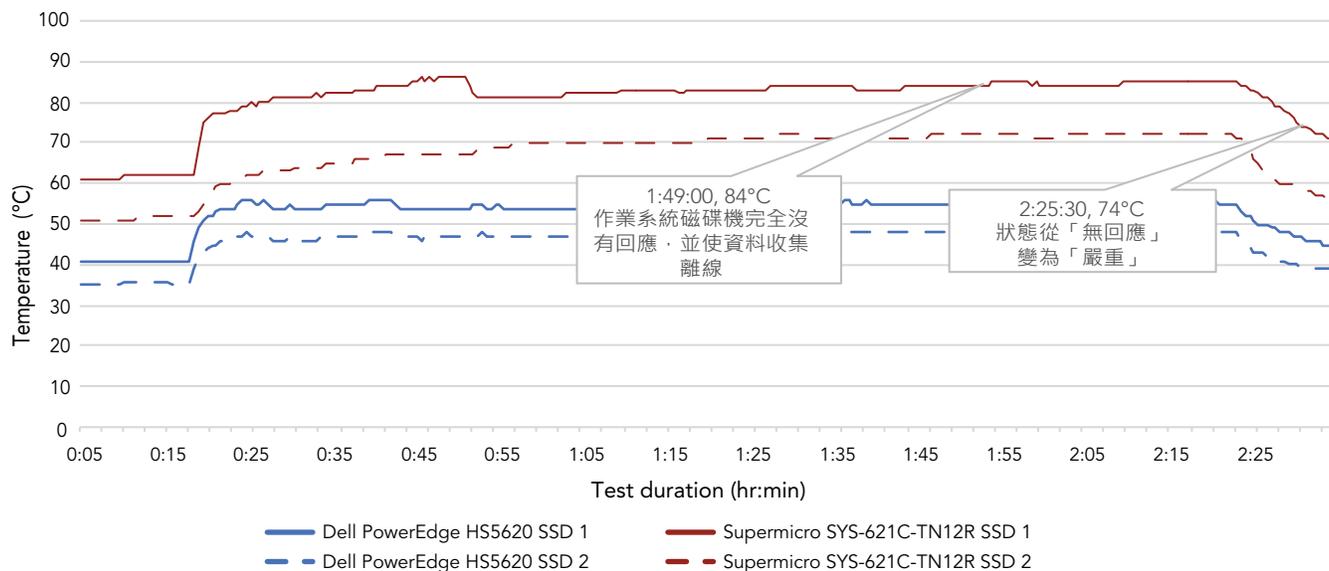


圖 7：在第二個情境中，伺服器在各伺服器停用一個風扇的情況下執行浮點工作負載時，Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12 中的 SSD 溫度。工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。SSD 1 執行作業系統，而 SSD 2 處於閒置狀態。溫度越低越好。資料來源：Principled Technologies。

## 情境 2：處理器溫度

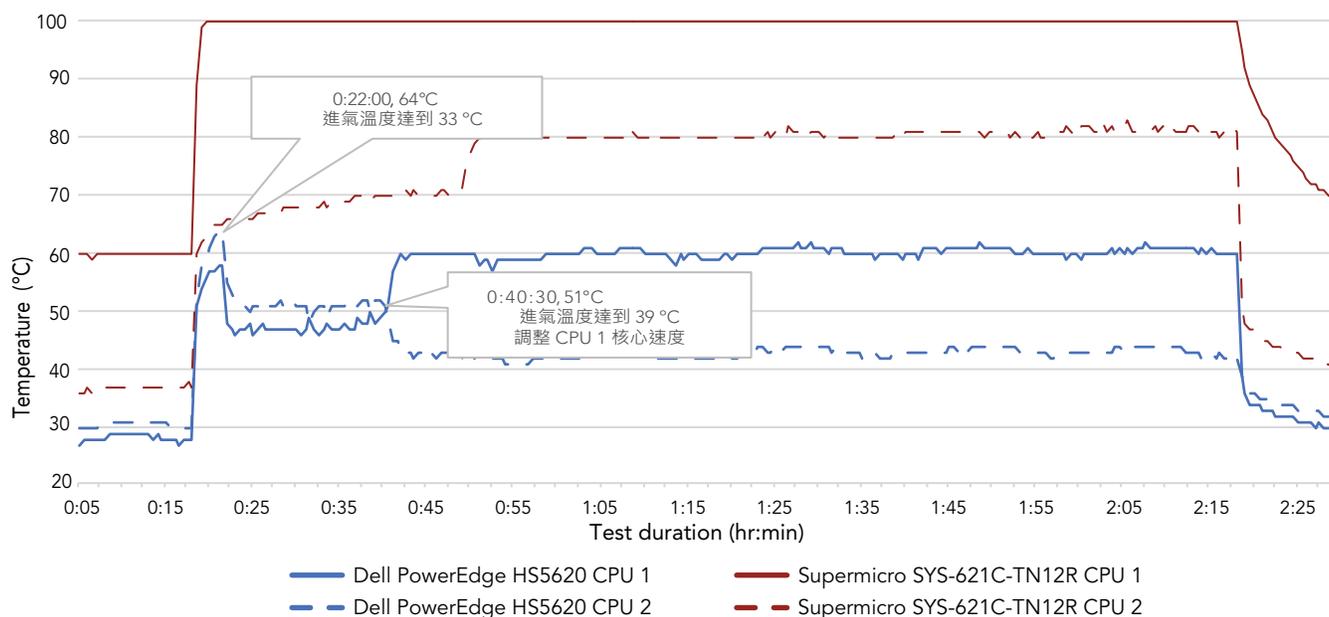


圖 8：在第二個情境中，伺服器在各伺服器停用一個風扇的情況下執行浮點工作負載時，Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12 中的處理器溫度。工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。溫度越低越好。資料來源：Principled Technologies。

## 情境 2：耗電量

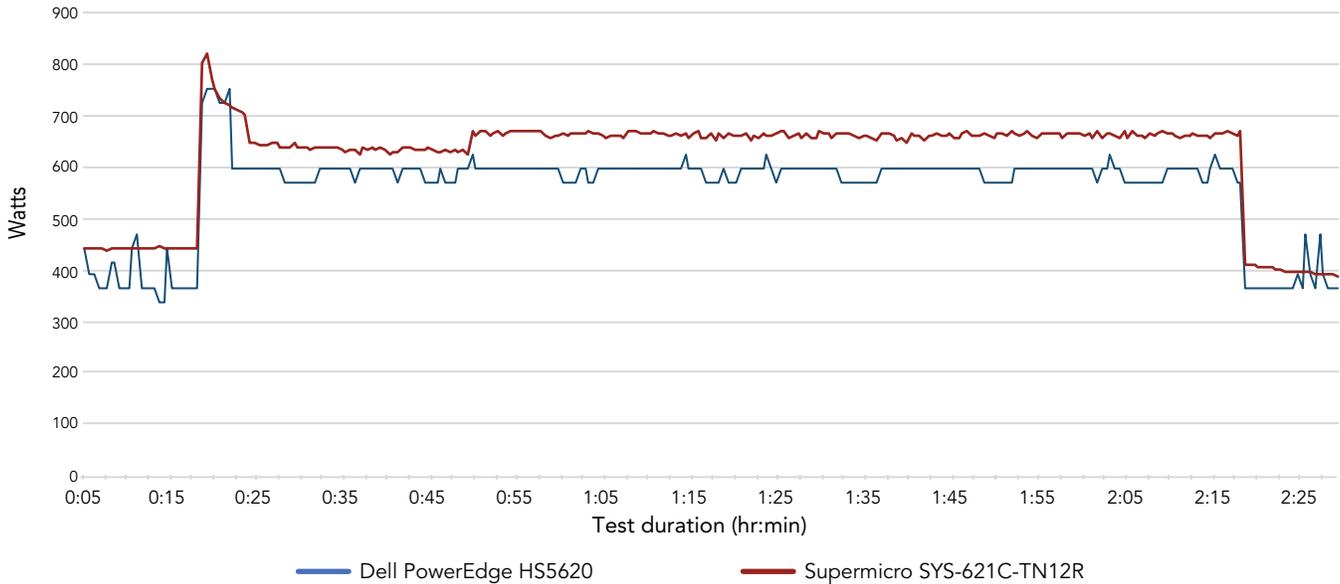


圖 9：在第二個情境中，伺服器在各伺服器停用一個風扇的情況下執行浮點工作負載時，Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12 中的耗電量 (以瓦為單位)。工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。資料來源：Principled Technologies。

伺服器可在一個風扇故障時保持運作，便能在 IT 管理員維修系統時，給予組織實施緊急應變程序的時間。但是，如果伺服器的作業系統磁碟機或其他關鍵元件在風扇故障後不久便發生故障，則重要的應用程式可能會意外離線，進而中斷使用者作業。等待更換風扇可能會延長伺服器停機時間。表 5 總結了我們在此測試情境中的發現。

表 5：我們在第二項兩小時測試期間的發現摘要，其中伺服器在各伺服器停用一個風扇的情況下，執行浮點工作負載。

案例 2：風扇故障		
	Dell PowerEdge HS5620	Supermicro SYS-621C-TN12
成果	✓ 無系統故障	✗ 系統故障
元件故障	無	作業系統 SSD
元件警告	無	1 個 SSD、1 顆 CPU、1 個記憶體模組、2 個 NIC
作業系統 SSD 平均溫度	54.2°C	82.2°C
閒置 SSD 平均溫度	47.0°C	68.5°C
處理器平均溫度	56.9°C 44.3°C	98.6°C 72.8°C

我們還執行了第二個風扇故障情境，其中我們在兩部伺服器中停用不同位置的風扇。在此情境下，我們判斷 Supermicro 系統中的風扇 3 相當於 Dell 系統中的風扇 3。Dell PowerEdge HS5620 一樣未出現任何元件警告或故障，但 Supermicro SYS-621C-TN12R 則針對處理器和 SSD 發出警告，且兩個 PSU 中的其中一個發生故障。(如需有關此測試的詳細資料，請參閱 [報告背後的科學](#)。)

### 案例 3：HVAC 故障

意外故障不僅限於內部伺服器元件，當工作場所出現問題時，也可能發生過熱情形。我們的第三個情境反映了冷卻系統出現故障的資料中心。

在 15 分鐘內，我們確認在 25°C 的環境溫度下，每個伺服器元件都處於上線狀態且執行狀況良好。接著，我們執行工作負載 15 分鐘，然後關閉測試環境中的所有空氣處理器。大約一小時後，當環境中的環境溫度達到 35°C 時，我們重新開啟空氣處理器，以反映工作場所團隊修復 HVAC 系統的情況。我們追蹤伺服器的冷卻進度，直到環境溫度回到 25°C。

根據相關文件，Dell PowerEdge HS5620 在我們測試的組態中，可在 30°C 的條件下執行。<sup>5</sup> 在此情境中，溫度上升到 35°C 時，系統運作超過其限制，且未發出任何元件層級警告或發生任何故障。我們看到系統因應入口感應器訊號，而調整處理器核心速度和耗電量，以避免過熱（如需相關詳細資料，請參閱 [報告背後的科學](#)）。儘管 **Supermicro SYS-621C-TN12R** 文件聲明該系統可以在 35°C 的環境中運作<sup>6</sup>，但在此情境下，卻發生作業系統 **SSD 故障**，導致系統故障。作業系統應用程式遙測在測試開始將近一個小時後停止。系統停止回應 SSH 和 KVM 命令，因此我們使用 BMC 手動將其關機。值得注意的是，即使在這段停機時間中，該系統的耗電量仍持續高於 Dell PowerEdge HS5620（圖 12）。在此情境中，Supermicro 系統也針對 NIC 和處理器發出高溫警告。

在執行工作負載的兩小時期間，Dell 系統的作業系統 SSD 平均為 48.0°C，而閒置的 SSD 平均為 49.2°C。相較於 Supermicro 系統的平均 SSD 溫度（作業系統磁碟機為 82.4°C，閒置磁碟機為 66.4°C），Dell 系統的 SSD 溫度低了最多 34.4°C。

圖 10 和 11 顯示兩個系統在此情境下的 SSD 和處理器溫度。圖 12 比較了系統執行工作負載時增加的耗電量。

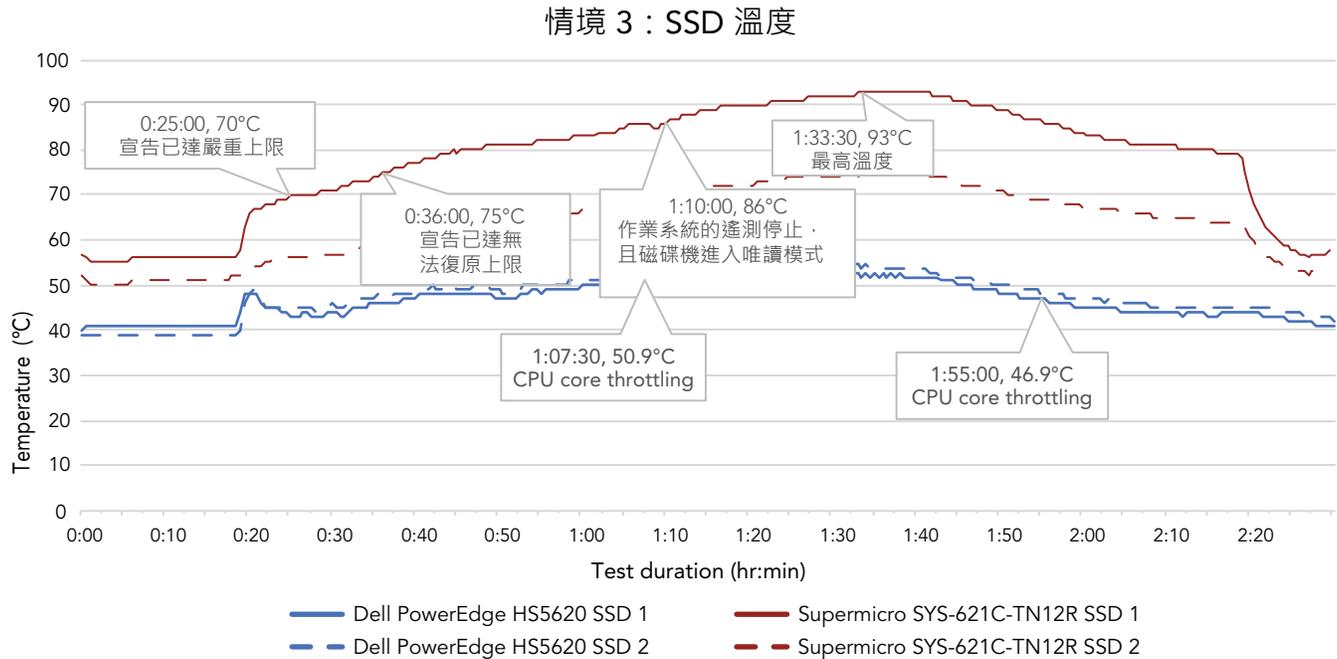


圖 10：在第三個情境中，環境溫度從 25°C 上升到 35°C 以模擬 HVAC 故障，伺服器在此情況下執行浮點工作負載時，Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12 中的 SSD 溫度。工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。SSD 1 執行作業系統，而 SSD 2 處於閒置狀態。溫度越低越好。資料來源：Principled Technologies。

### 情境 3：處理器溫度

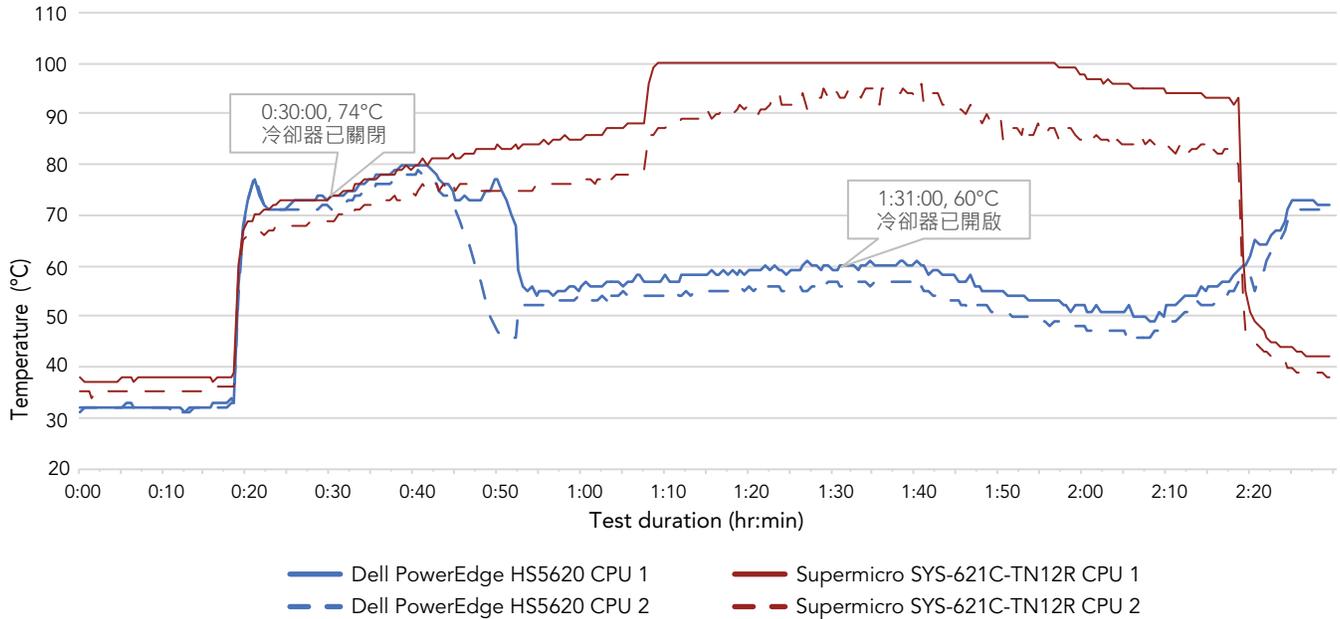


圖 11：在第三個情境中，環境溫度從 25°C 上升到 35°C 以模擬 HVAC 故障，伺服器在此情況下執行浮點工作負載時，Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12 中的處理器溫度。工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。溫度越低越好。資料來源：Principled Technologies。

### 情境 3：耗電量

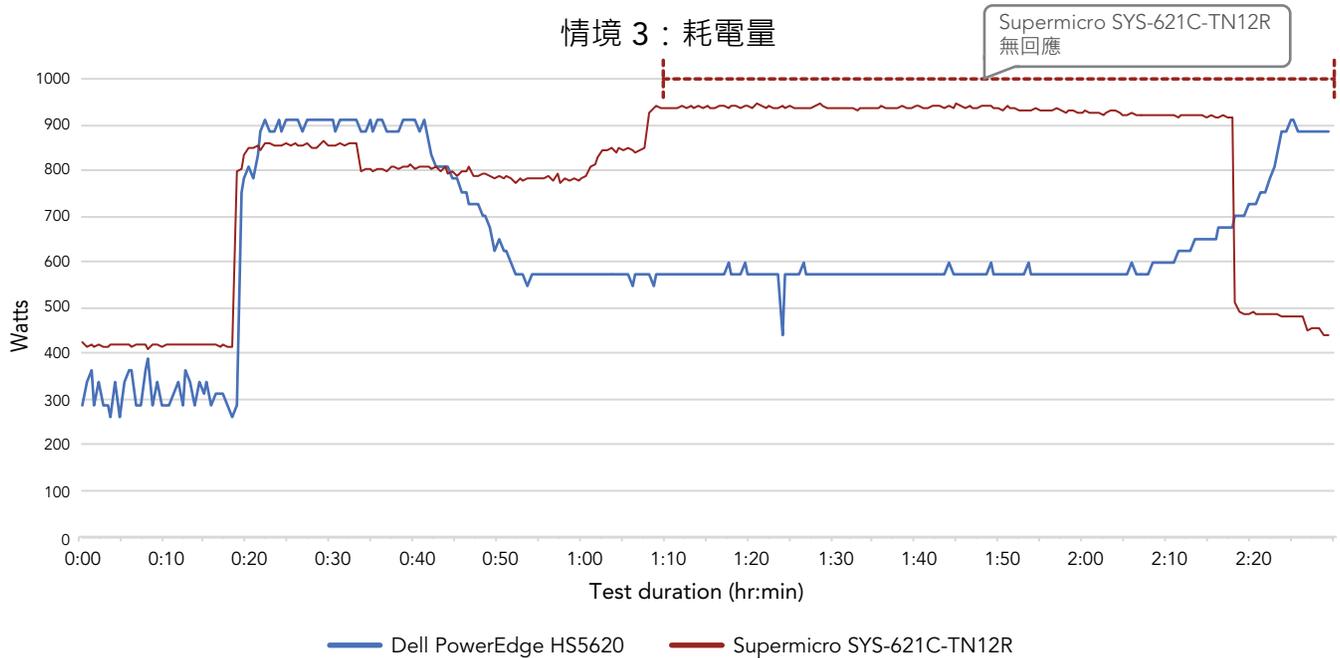


圖 12：在第三個情境中，環境溫度從 25°C 上升到 35°C 以模擬 HVAC 故障，伺服器在此情況下執行浮點工作負載時，Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12 中的耗電量 (以瓦為單位)。工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。資料來源：Principled Technologies。

在資料中心的 HVAC 系統效能不佳或發生故障的情況下，伺服器可繼續運作，便能盡可能減少使用者和重要作業中斷的狀況。這樣的解決方案還可以為 IT 管理員節省時間和精力：如果伺服器發出警告或因過熱而故障，管理員必須花費額外的時間進行檢查，甚至手動重新啟動。表 6 顯示我們在此測試情境中的發現摘要。

表 6：我們第三項兩小時測試期間的發現摘要，其中伺服器在環境溫度從 25°C 上升到 35°C 以模擬 HVAC 故障的情境下，執行浮點工作負載。

案例 3：HVAC 故障		
	Dell PowerEdge HS5620	Supermicro SYS-621C-TN12
成果	✓ 無系統故障	✗ 系統故障
元件故障	無	作業系統 SSD
元件警告	無	2 個 SSD、1 顆 CPU、1 個 NIC
作業系統 SSD 平均溫度	48.0°C	82.4°C
閒置 SSD 平均溫度	49.2°C	66.4°C
處理器平均溫度	60.5°C 56.6°C	89.0°C 80.8°C

## 關於 Dell PowerEdge HS5620

根據 Dell 的資料，2U 雙插槽 PowerEdge HS5620 是「專為雲端服務提供商最熱門的 IT 應用而打造」。<sup>7</sup> PowerEdge HS5620 配備多達兩個第 5 代 Intel® Xeon® 可擴充處理器、最多 16 條 DDR5 RDIMM (最高可達 5,600 MT/秒)，以及一系列經廠商驗證的韌體 COMM 卡和 SSD，具備「量身打造的效能、I/O 彈性及開放式生態系統管理」。<sup>8</sup> 如需更多資訊，請造訪 <https://www.dell.com/en-us/shop/ipovw/poweredge-hs5620>。

## 結語：Dell PowerEdge HS5620 可在高溫下保持韌性以協助提高效率

提高資料中心的溫度，可協助貴組織在能源效率和節省冷卻成本方面取得進展。伺服器能夠承受更高的日常溫度及不可預見狀況所導致的高溫，您的企業便可以繼續提供您的應用程式和用戶端所需的效能。

我們在 Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12R 上，以三種情境類型 (模擬在 25°C 環境下執行一般作業、風扇故障和 HVAC 故障情況) 執行密集浮點工作負載時，Dell 伺服器未出現元件警告或發生故障。相比之下，Supermicro 伺服器在所有三種情境類型中均出現警告，並在後兩個測試中發生元件故障，導致系統無法使用。我們檢查及分析各系統時，發現 Dell PowerEdge HS5620 伺服器的主機板配置、風扇和機箱均具有冷卻設計優勢。

對於想要透過執行更高溫的資料中心以達到永續性目標，以及關注伺服器冷卻設計的企業而言，Dell PowerEdge HS5620 是可在日常作業和意外故障中，承受更高溫的強大競爭者。

- 
1. 能源之星 · 《5 Simple Ways to Avoid Energy Waste in Your Data Center》(避免資料中心能源浪費的 5 個簡單方法) · 於 2024 年 4 月 8 日存取 · [https://www.energystar.gov/products/data\\_center\\_equipment/5-simple-ways-avoid-energy-waste-your-data-center](https://www.energystar.gov/products/data_center_equipment/5-simple-ways-avoid-energy-waste-your-data-center)。
  2. Supermicro · 《Supermicro 80mm Hot-Swappable Middle Fan (FAN-0206L4)》(Supermicro 80 公釐可熱交換中間風扇 (FAN-0206L4)) · 於 2024 年 4 月 9 日存取 · [https://store.supermicro.com/us\\_en/80mm-fan-0206l4.html](https://store.supermicro.com/us_en/80mm-fan-0206l4.html)。
  3. Electronics Cooling · 《The Hidden Risk of Invisible Airflow Imbalance in an Efficient Contained Data Center》(高效率密閉資料中心內隱形氣流不平衡的隱藏風險) · 於 2024 年 4 月 4 日存取 · <https://www.electronics-cooling.com/2016/07/the-hidden-risk-of-invisible-airflow-imbalance-in-an-efficient-contained-data-center/>。
  4. ASHRAE TC9.9 · 《Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best Practices》(資料中心電源設備散熱指引與最佳實務) · 於 2024 年 4 月 24 日存取 · [https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/bookstore/ashrae\\_tc0909\\_power\\_white\\_paper\\_22\\_june\\_2016\\_revised.pdf](https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/bookstore/ashrae_tc0909_power_white_paper_22_june_2016_revised.pdf)。
  5. Dell · 《Dell PowerEdge HS5620 Technical Guide》(Dell PowerEdge HS5620 技術指南) · 於 2024 年 5 月 8 日存取 · <https://www.delltechnologies.com/asset/en-us/products/servers/technical-support/poweredge-hs5620-technical-guide.pdf>。
  6. Supermicro · 《CloudDC SuperServer SYS-621C-TN12R》 · 於 2024 年 4 月 26 日存取 · <https://www.supermicro.com/en/products/system/datasheet/sys-621c-tn12r>。
  7. Dell · 「PowerEdge HS5620 Specification Sheet」(PowerEdge HS5620 規格表) · 於 2024 年 4 月 1 日存取 · <https://www.delltechnologies.com/asset/en-us/products/servers/technical-support/poweredge-hs5620-spec-sheet.pdf>。
  8. Dell · 「PowerEdge HS5620 Specification Sheet」(PowerEdge HS5620 規格表)。

## 報告背後的科學

在本節中，我們列出完整結果，說明我們所測試的解決方案以及測試方法。

我們於 2024 年 4 月 9 日完成實際測試。在測試期間，我們決定適當的硬體和軟體組態，並在更新可用時套用更新。本報告的結果反映出我們在 2024 年 3 月 11 日或之前定案的組態。不可避免的是，當本報告出版時，這些組態可能不是可用的最新版本。

### 圖表

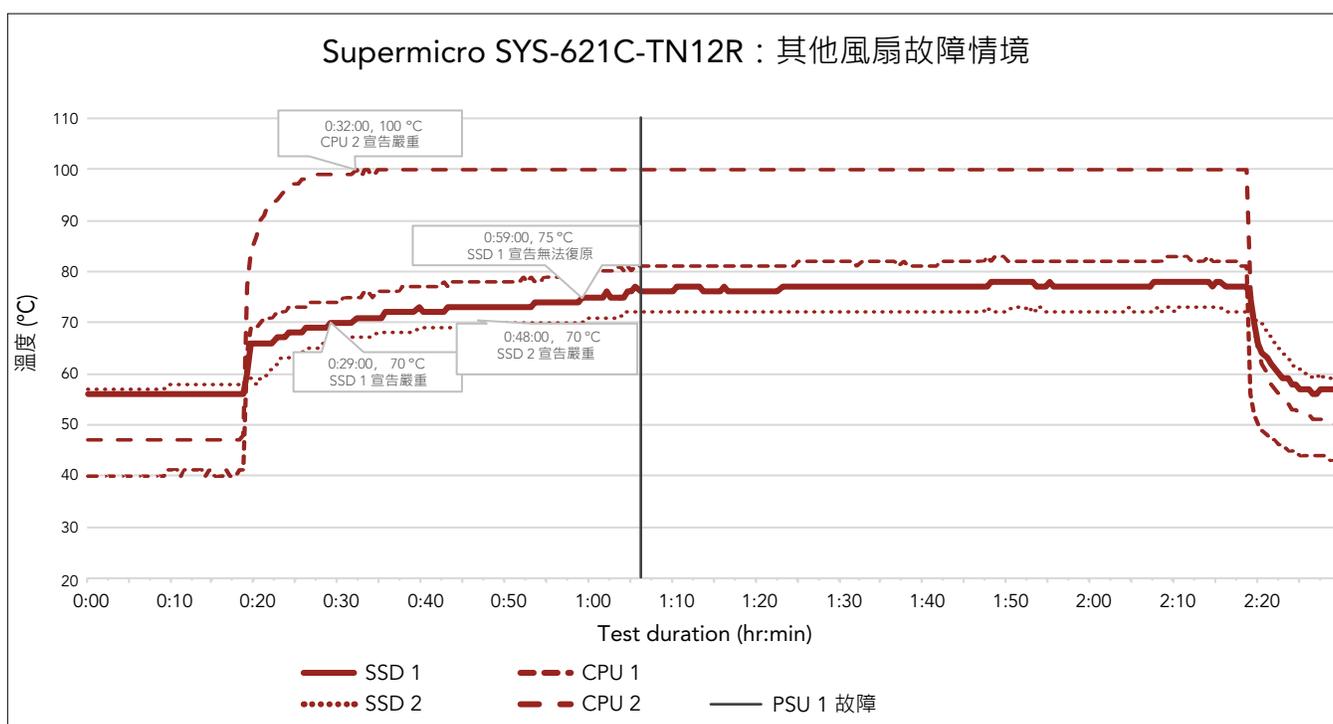


圖 1：在額外風扇故障的情境中，伺服器在停用風扇 3 的情況下執行浮點工作負載時，Supermicro® SYS-621C-TN12 中的 SSD 和處理器溫度。工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。SSD 1 執行作業系統，而 SSD 2 處於閒置狀態。資料來源：Principled Technologies。

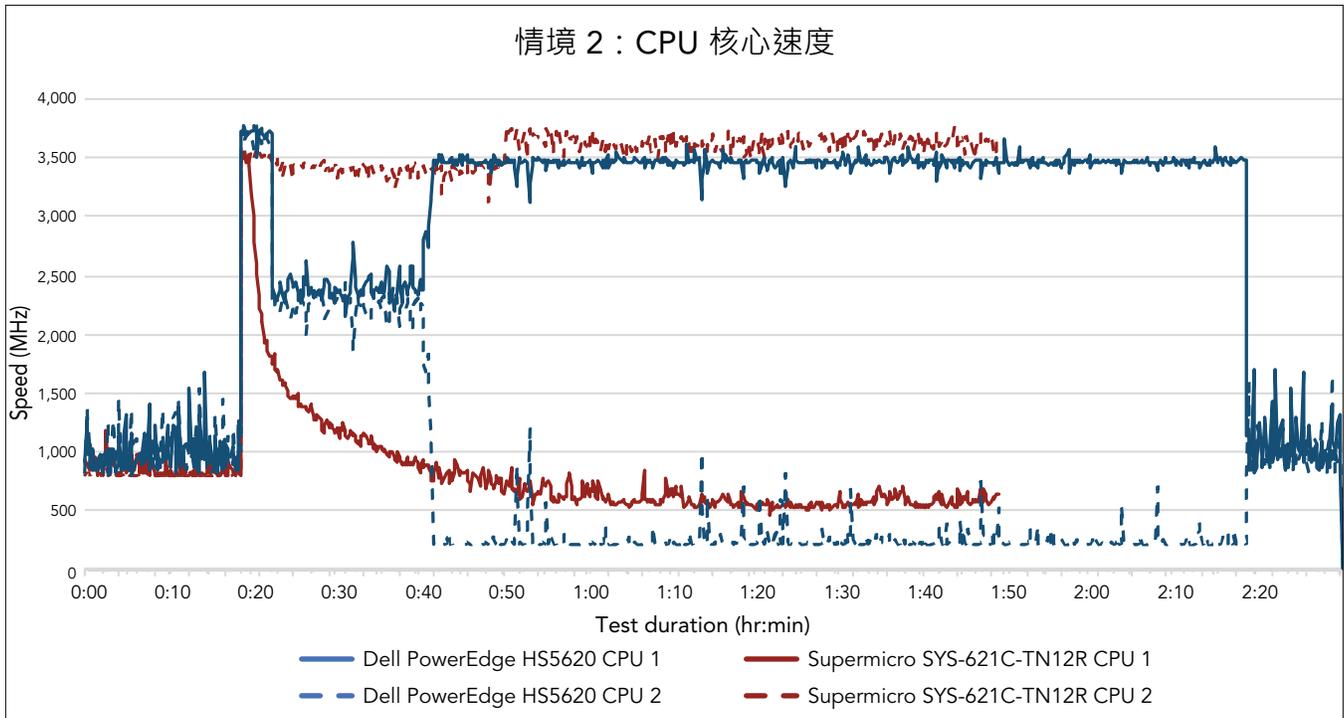


圖 2：在第一個風扇故障的情境下，Dell™ PowerEdge™ HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12 的處理器核心速度。浮點工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。資料來源：Principled Technologies。

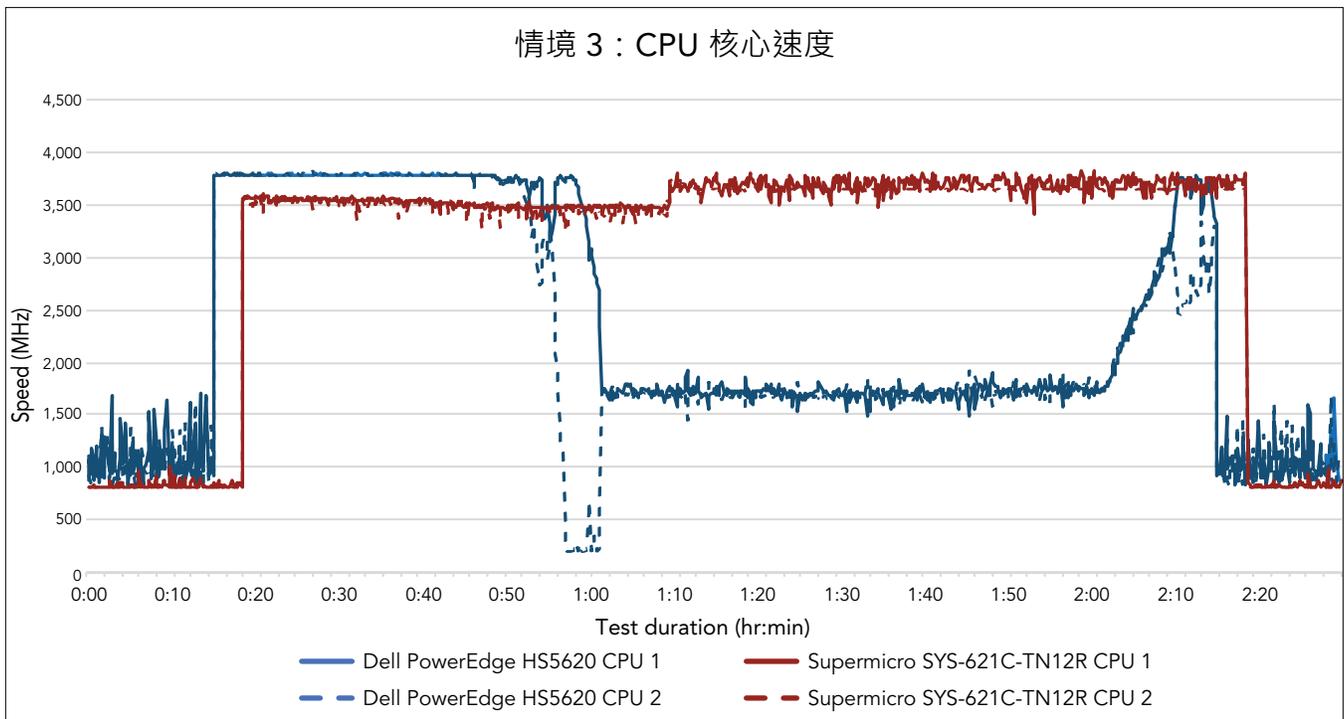


圖 3：在 HVAC 故障的情境中，Dell PowerEdge HS5620 和 Supermicro SYS-621C-TN12 的處理器核心速度。浮點工作負載從 0:15 開始，並於 2:15 結束。資料來源：Principled Technologies。

## 系統組態資訊

表 1：我們所測試系統的詳細資訊。

系統組態資訊	Dell PowerEdge HS5620	Supermicro SYS-621C-TN12R
BIOS 名稱與版本	Dell 2.1.3	Supermicro 2.1
非預設 BIOS 設定	每瓦效能 (作業系統)	不適用
作業系統名稱和版本/組建編號	Ubuntu 22.04.3	Ubuntu 22.04.3
上次作業系統更新/修補程式的套用日期	2024/3/11	2024/1/28
電力管理政策	每瓦效能 (作業系統)	平衡效能
處理器		
處理器數量	2	2
廠商和型號	Intel® Xeon® Gold 6444Y	Intel Xeon Gold 6444Y
核心數 (每個處理器)	16	16
核心頻率 (GHz)	3.60 (4.0 渦輪)	3.60 (4.0 渦輪)
步進	8	8
記憶體模組		
系統記憶體總量 (GB)	1,024	1,024
記憶體模組數量	16	16
廠商和型號	Hynix® HMC94AEBRA109N	SK Hynix HMC94MEBRA123N
大小 (GB)	64	64
類型	DDR5 DIMM	DDR5
速度 (MHz)	4,800	4,800
在伺服器中的執行速度 (MHz)	4,800	4,800
儲存控制器 (前置儲存裝置)		
廠商和型號	Dell HBA355i Adp	Supermicro MegaRAID AOC-S3916L-H16iR-32DD-P
快取記憶體大小 (GB)	0	8
韌體版本	24.15.14.00	5.240.02-3768
驅動程式版本	不適用	52.24.0-4766
儲存控制器 (NVMe® M.2)		
廠商和型號	Dell BOSS-N1 單體式	不適用
快取記憶體大小 (GB)	0	不適用
韌體版本	2.1.13.2025	不適用
本機儲存 (作業系統)		
磁碟機數目	2	2
磁碟機廠商和型號	Dell NVMe PE8010 RI M.2 960GB	Micron® 7450 MTFDKBA960TFR

系統組態資訊	Dell PowerEdge HS5620	Supermicro SYS-621C-TN12R
磁碟機大小 (GB)	960	960
磁碟機資訊 (速度、介面、類型)	8 GT/秒 M.2 SSD	PCIe® M.2 NVMe
本機儲存 (資料)		
磁碟機數目	12	12
磁碟機廠商和型號	HGST HUH721212AL5200	WDC WUH721814ALE6L4
磁碟機大小 (GB)	120,000	1,400 個
磁碟機資訊 (速度、介面、類型)	12 Gbps SAS 3.5 吋 HDD	6 Gb SATA 3.5 吋 HDD
網路配接卡 A		
廠商和型號	4 個 Intel 25G 2P E810-XXV	3 個 Intel E810-XXVAM2 (AOC-S25GC-i2S)
連接埠數量及類型	2 個 25 Gb	2 個 25 Gb
驅動程式版本	22.5.7	4.20 (0x800177B4)
網路配接卡 B		
廠商和型號	1 個 Broadcom® NetXtreme Gigabit 乙太網路 (BCM5720)	1 個 Intel E810-XXVAM2 (AOC-A25G-i2SM)
連接埠數量及類型	2 個 1 Gb	2 個 25 Gb
驅動程式版本	22.71.3	4.30 (0x800177B4)
冷卻風扇		
數量、廠商、型號	1 個 Dell HPR Gold 5 個 Dell HPR Silver	3 個 Supermicro 中間風扇 FAN-0206L4
電源供應器		
廠商和型號	Dell 05222NA00	Supermicro PWS-1K23A-1R
電源供應器數量	2	2
個別瓦數 (W)	1,800 個	1,200

## 測試方式

為了創造可控制和測量溫度的環境，我們在完整裝載的 42U 伺服器機架周圍建構自訂機櫃。我們在機架中的相同位置測試了 Dell 和 Supermicro 系統，並收集三種情境類型下的內部伺服器溫度。我們分四波在機架中的伺服器上執行 stress-ng 效能指標，每波間隔 1 分 10 秒。我們測試的 Dell 和 Supermicro 系統在第四波中啟動工作負載，在第一個伺服器開始執行工作負載後 3 分 30 秒開始。我們設定和執行測試時採取的步驟概述如下。

### 安裝和配置 Ubuntu 22.04.3

1. 從 Ubuntu 22.04.3 媒體開機。
2. 選取「試用」或「安裝 Ubuntu 伺服器」。
3. 在語言功能表中，保留預設值，然後選取「完成」。
4. 選取「更新至新安裝程式」。
5. 在鍵盤組態中，保留預設值，然後選取「完成」。
6. 在安裝類型中，保留預設值，然後按一下「完成」。
7. 在網路連線功能表中，保留預設值，然後選取「完成」。
8. 在配置代理畫面上，保留預設值，然後選取「完成」。
9. 在設定 Ubuntu 歸檔鏡射畫面上，等待測試通過，然後選取「完成」。
10. 在引導式儲存裝置組態畫面上，保留預設值，然後選取「完成」。
11. 在儲存裝置組態摘要畫面上，保留預設值，然後選取「完成」。
12. 選取「繼續」，以確認破壞性動作。
13. 在設定檔設定畫面的「您的名稱」和「使用者名稱」下方，輸入「ptuser」。在「您的伺服器名稱」下方輸入名稱，然後確認密碼。
14. 選取「完成」。
15. 在升級至 Ubuntu Pro 畫面上，保留預設值，然後選取「繼續」。
16. 在 SSH 設定畫面上，選取「安裝 OpenSSH 伺服器」，然後選取「完成」。
17. 在提供的伺服器快照畫面上，保留預設值，然後選取「完成」。
18. 安裝完成後，選取「立即重新開機」。
19. 使用您上面建立的登入資料，登入 Ubuntu。
20. 程序更新：

```
sudo apt update
sudo apt upgrade
```

21. 安裝 CIFS 公用程式並對應 PT 共用：

```
sudo apt install cifs-utils
sudo mkdir /mnt/pt-data01
sudo mount -t cifs //10.41.1.21/pt /mnt/pt-data01/ -o "rw,user=<useraccount>,pass=<password>"
```

22. 設定網路：

```
sudo cp /etc/netplan/*.yaml /etc/netplan/00-installer-config.yaml.bak
sudo nano /etc/netplan/*.yaml
```

23. 識別所需的網路配接卡並進行下列調整：

```
addresses:
- <IP_Address>/<CIDR>
routes:
- to: default
  via: <Default_Gateway>
nameservers:
  search: [<NameServer1>, <NameServer2>]
  addresses: [<DNS_IP1>, <DNS_IP2>, <DNS_IP3>]
```

24. 測試並套用變更的檔案：

```
sudo netplan try
sudo netplan apply
```

25. 設定主機名稱：

```
sudo hostnamectl set-hostname <NewHostname>
```

26. 重新啟動主機：

```
sudo shutdown -r now
```

## 部署無密碼 sudo

### 在用戶端部署

1. 編輯 sudoers 檔案：

```
sudo visudo /etc/sudoers
```

2. 在檔案結尾的最後新增以下內容：

```
ptuser ALL=(ALL:ALL) NOPASSWD: 
```

### 在控制器端部署

1. 產生 SSH 金鑰組：

```
ssh-keygen -t rsa -b 4096 -N "" -f "$HOME/.ssh/id_rsa.pub"
```

2. 將 SSH 公開金鑰複製到每個遠端伺服器：

```
ssh-copy-id ptuser@<remote_server_IP>
```

## 實作用於資料收集的 TIG-P 堆疊

### 配置 Docker

1. 以 ptuser 身分登入記錄機器。
2. 準備安裝 Docker：

```
sudo apt update
sudo apt install ca-certificates curl
sudo install -m 0755 -d /etc/apt/keyrings
sudo curl -fsSL https://download.docker.com/linux/ubuntu/gpg -o /etc/apt/keyrings/docker.asc
sudo chmod a+r /etc/apt/keyrings/docker.asc
```

3. 將儲存庫新增到 Apt 來源並安裝：

```
echo \
  "deb [arch=$(dpkg --print-architecture) signed-by=/etc/apt/keyrings/docker.asc] https://download.
```

```
docker.com/linux/ubuntu \
$(. /etc/os-release && echo "$VERSION_CODENAME" stable" | \
sudo tee /etc/apt/sources.list.d/docker.list > /dev/null
sudo apt update
sudo apt install docker-ce docker-ce-cli containerd.io docker-buildx-plugin docker-compose-plugin
```

## 配置 Huntabyte TIG 堆疊

1. 在記錄機器上，複製 tig-stack 儲存庫：

```
git clone https://github.com/huntabyte/tig-stack.git
```

2. 編輯部署用的 .env 檔案：

```
sudo nano tig-stack/.env
```

3. 針對 FluxDB，填寫使用者名稱、密碼、組織、儲存區和保留期限，如下所示：

```
DOCKER_INFLUXDB_INIT_USERNAME: admin
DOCKER_INFLUXDB_INIT_Password: <PasswordHere>
DOCKER_INFLUXDB_INIT_ORG: PT
DOCKER_INFLUXDB_INIT_BUCKET: <BucketName>
DOCKER_INFLUXDB_INIT_RETENTION: 52w
```

4. 使用下列命令產生隨機的 32 個字元十六進位字串，並在 .env 檔案中輸入管理員權杖的結果：

```
openssl rand -hex 32
```

5. 儲存並結束。
6. 編輯 telegraf.conf：

```
sudo nano tig-stack/telegraf/telegraf.conf
```

7. 設定以下值：

```
services:
  influxdb:
    image: influxdb
  telegraf:
    image: gibletron/telegraf-ipmitool
  grafana:
    image: grafana/grafana-oss
    links:
      - prometheus
```

8. 儲存並結束。
9. 啟動 Docker Compose (headless/detached)：

```
sudo docker-compose up -d
```

10. 在要監控的每部伺服器上，執行以下命令：

```
sudo apt install telegraf
```

11. 若要開啟 InfluxDB 管理介面，請以連接埠 8086 瀏覽至 InfluxDB 主機 IP 位址。

- 視需要建立 API 權杖，務必在關閉視窗之前記錄權杖。
- 在「載入資料」底下，按一下「API 權杖」，然後按一下「產生 API 權杖」。
- 在您要監控的每部伺服器上，使用以下內容編輯 `/etc/telegraf/telegraf.conf`：

```
[[outputs.influxdb_v2]]
  urls = ["<influxDB_IP>:8086"]
  token = "<API_token>"
  organization = "PT"
  bucket = "<bucket_name>"
```

- 在每個受測系統上，新增下列內容：

```
[[inputs.intel_powerstat]]
  cpu_metrics = ["cpu_frequency"]
```

- 儲存並結束。
- 重新啟動 Telegraf：

```
sudo systemctl restart telegraf
```

## 設定 Prometheus

- 將下列內容新增至 `/home/ptuser/tig-stack/docker-compose.yml`：

```
prometheus:
  image: prom/prometheus:latest
  volumes:
    - ${PROM_CFG_PATH}:/etc/prometheus/prometheus.yml
    - prom-storage:/prometheus
  ports:
    - 9090:9090
  volumes:
    prom-storage:
```

- 儲存並結束。
- 編輯 `.env` 檔案，並新增以下內容：

```
PROM_CFG_PATH=./prometheus/prometheus.yml
```

- 儲存並結束。
- 在要監控的每部伺服器上，執行以下命令：

```
sudo apt install dbus prometheus-node-exporter prometheus-node-exporter-collectors -y
```

- 在每個受測系統上，執行下列命令：

```
sudo apt install prometheus -y
```

- 若要在 Prometheus 中建立監控工作，請將下列內容新增至 `/home/ptuser/tig-stack/prometheus/prometheus.yml`：

```
- job_name: "<custom_name>"
  static_configs:
    - targets: ["<target_IP:9090>"]
```

- 建立類似於步驟 7 的額外項目，以新增其他工作和/或目標。您可以為同一工作新增其他目標，作為另一個目標行。
- 儲存並結束。

## 使用 stress-ng 進行測試

在每個測試情境中，我們按照以下步驟執行 stress-ng 浮點工作負載。

1. 在每部伺服器上，執行以下命令：

```
sudo apt install stress-ng linux-tools-generic -y
```

2. 在每部受測伺服器上，執行下列命令：

```
sudo modprobe rapl
sudo modprobe intel_rapl_common
sudo modprobe intel_rapl_msr
sudo modprobe msr
sudo modprobe intel-uncore-frequency
sudo setcap cap_sys_rawio,cap_dac_read_search,cap_sys_admin+ep /usr/bin/telegraf
sudo chmod -R a+rx /sys/devices/virtual/powercap/intel-rapl/
```

3. 在每部受測伺服器上，瀏覽至 [https://github.com/andikleen/pmu-tools/blob/master/event\\_download.py](https://github.com/andikleen/pmu-tools/blob/master/event_download.py)，下載並執行原始檔案：

```
sudo chmod +x event_download.py
./event_download.py
```

4. 在控制器上，安裝 PSSH：

```
sudo apt install pssh -y
```

5. 在控制器上，建立在執行 stress-ng 時要使用的檔案：

```
sudo touch ~/.pssh_hosts_file
sudo touch ~/.pssh_hosts_file_wave1
sudo touch ~/.pssh_hosts_file_wave2
sudo touch ~/.pssh_hosts_file_wave3
sudo touch ~/.pssh_hosts_file_wave4
```

6. 編輯 ~/.pssh\_hosts\_file 檔案，並輸入所有伺服器 IP 位址，每行一個。
7. 編輯從 ~/.pssh\_hosts\_file\_wave1 到 ~/.pssh\_hosts\_file\_wave4 的檔案，並在每個檔案中適當輸入四分之一的 IP 位址。
8. 測試所有伺服器是否處於上線狀態，並回應遠端命令：

```
sudo pssh -i -h ~/.pssh_hosts_file uptime
```

9. 在控制器上，建立 stress-ng 測試的記錄資料夾：

```
sudo mkdir /var/log/stress-ng
sudo chmod 777 /var/log/stress-ng
```

10. 使用以下命令執行測試，使用適當的波次編號編輯「wave1」。

```
pssh -i -h ~/.pssh_hosts_file_wave1 sudo stress-ng --cpu 4 --matrix 0 --cpu-method matrixprod --mq 4 --hdd 6 --tz --metrics --perf --times --aggressive -t 2h --log-file /var/log/stress-ng/$(date +%Y%m%d_%H%M%S').log
```

► 檢視本報告的原始英文版本，網址為  
<https://facts.pt/gPS09my>

此專案是由 Dell Technologies 委託執行。



Facts matter.®

Principled Technologies 為 Principled Technologies, Inc. 的註冊商標。  
所有其他產品名稱皆為各自所有人之商標。

免責聲明；賠償責任限制：

Principled Technologies, Inc. 已盡合理努力確保其測試之正確性及有效性，然而，Principled Technologies, Inc. 特此排除任何與測試結果及分析相關、指涉其正確性、完整性或品質之明示或默示保證，其中包含適合任何特定用途之默示擔保。以任何測試程序或結果存在任何可能之錯誤或瑕疵為由，並據此所提之任何損失或損害訴訟，Principled Technologies, Inc. 及其員工與承包商概不負責，運用任何測試結果之所有個人或機構均需自負風險，不得異議。

在任何情況下，Principled Technologies, Inc. 一概不為其測試所產生之間接、特殊、意外或連帶性損害負責，即使已於事前告知此等損害之可能性者亦同。在任何情況下，Principled Technologies, Inc. 之賠償責任，包括直接損害在內，不得大於 Principled Technologies, Inc. 所收取之測試相關費用金額。此處所記載者為客戶唯一的具排他性救濟措施。