

架構未來：AWS 端到端 AI 基礎設施稱霸策略

深入解析 AWS 如何透過自研晶片、整合軟體與
創新的部署模型，重塑 AI 運算版圖。



生成式 AI 浪潮引發了對運算力永不滿足的需求，迫使我們重新思考雲端基礎設施的根本。



指數級增長的需求

現代 AI 模型（特別是 LLM、MoE、影片生成模型）的規模和複雜性，導致運算成本急劇飆升。



供應鏈瓶頸

市場高度依賴單一供應商（如 NVIDIA），造成成本壓力與供應不確定性。



主權的迫切性

全球各國政府和受監管行業日益強調「主權 AI」，要求數據必須保留在國界內，並符合嚴格的法規。

AWS 的藍圖：打造一個從晶片到應用的垂直整合 AI 技術堆疊。



AWS AI 工廠直接應對主權 AI 需求，將雲端的簡易性與本地部署的控制權相結合。



什麼是 AI 工廠？

一項全新的託管服務，允許企業和政府自有數據中心內部署由 AWS 管理的 AI 基礎設施（可選用 Trainium 或 NVIDIA 硬體）。

- 客戶提供空間和電力；AWS 負責部署、管理和維護。
- 與 Amazon Bedrock 和 SageMaker 整合，提供完整的 AI 平台。

戰略意圖

- **數據主權：**確保敏感數據保留在特定邊界內，滿足嚴格的監管要求。
- **加速部署：**將 AI 基礎設施的建置時間從數年縮短至數月。

「電信業者似乎正在錯失主權 AI 的機會，而 AWS 正積極地奪取它。」

— *Fierce Network*

Trainium3 晶片在製程、運算和記憶體方面實現了世代性的飛躍。

製程 (Process)

3nm

首款 3nm AWS AI 晶片

運算能力 (Compute)

2.52 PFLOPs

(FP8 密集運算)

稀疏運算 (Sparsity)

10 PFLOPs

(支援 16:4 結構化稀疏)

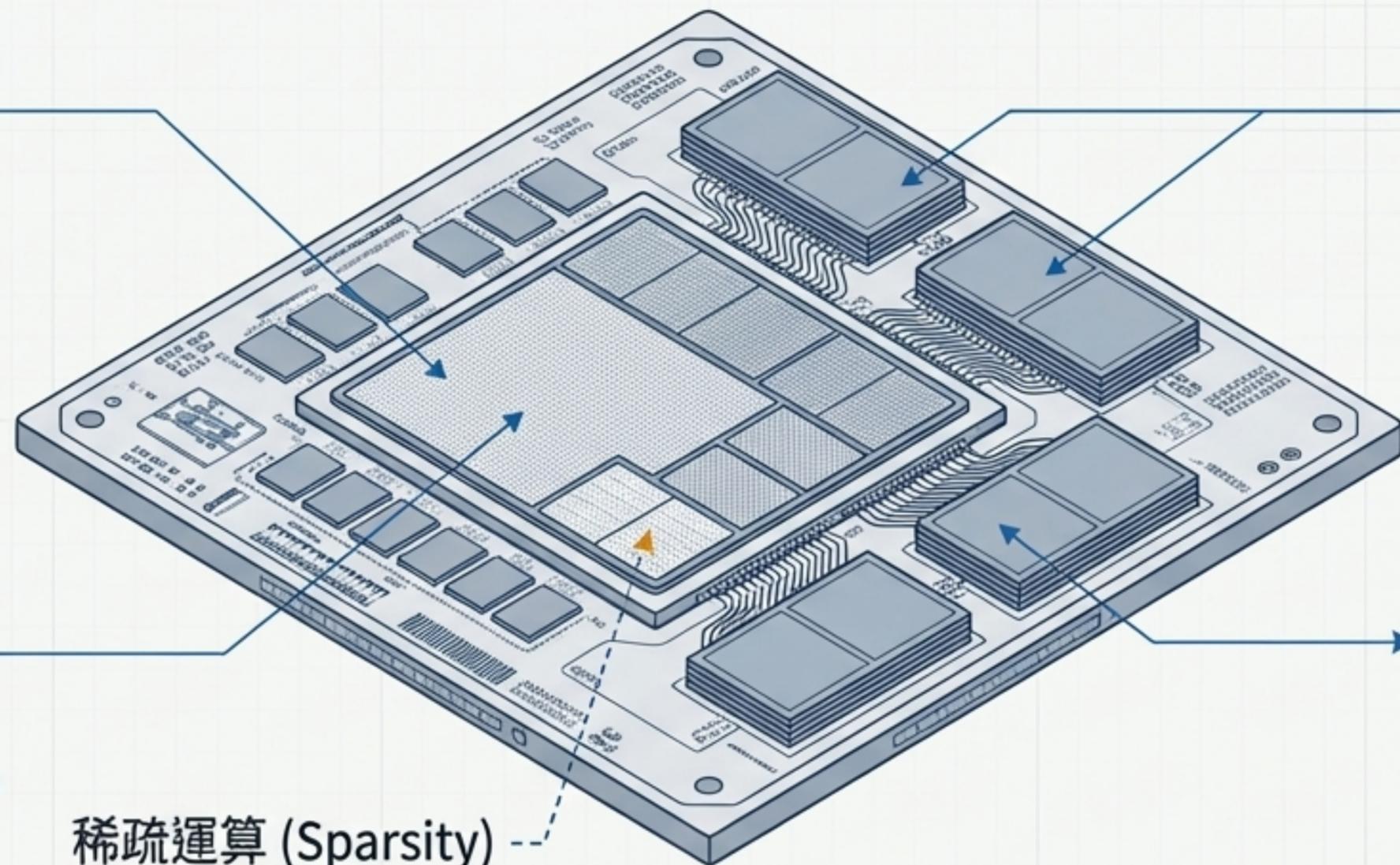
記憶體 (Memory)

144 GB

HBM3e

記憶體頻寬 (Bandwidth)

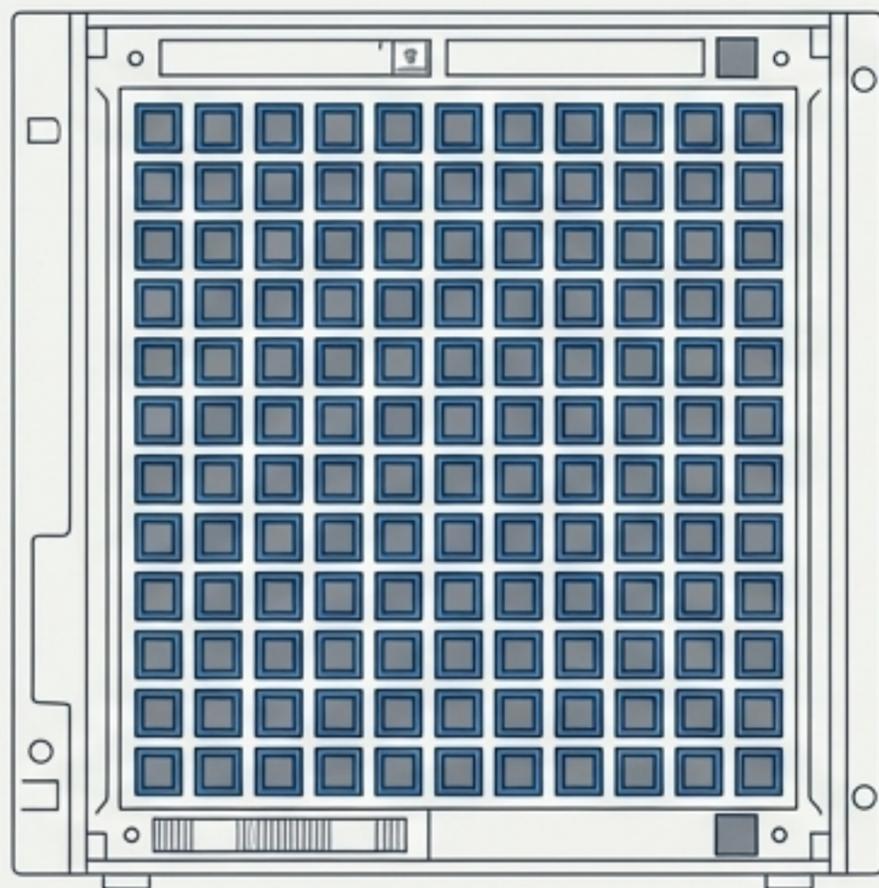
4.9 TB/s



設計競爭: 值得注意的是, 在 Trainium3 的設計競賽中, Alchip 取代了 Marvell, 後者曾設計採用小晶片架構的 Trainium2。

Trn3 UltraServer 將 144 個 Trainium3 晶片整合，透過全新的 NeuronSwitch-v1 互連架構實現大規模運算。

Trn3 UltraServer 系統級規格



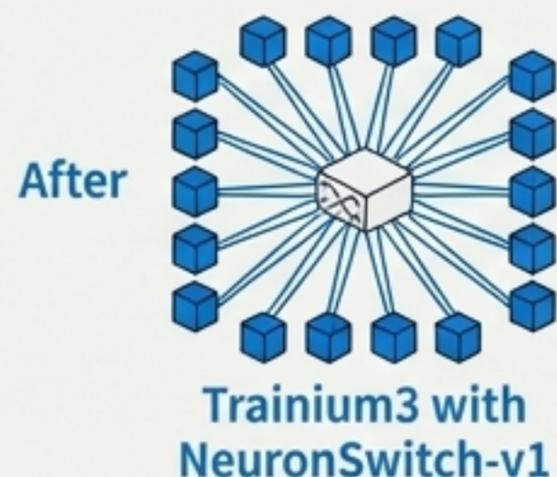
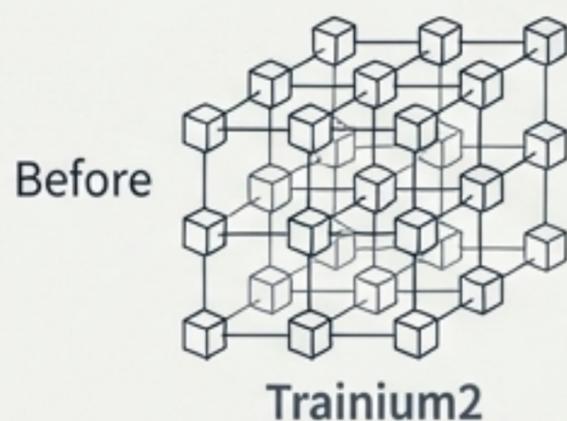
晶片數量：
144 個 Trainium3

總運算能力：
362 PFLOPs (FP8)

總記憶體：
20.7 TB HBM3e

總記憶體頻寬：
706 TB/s

互連技術革新



Before

Trainium2：64 (4x4x4) 結構對有鏈接續交流和一纏的個晶片間的互連部分。

After

NeuronSwitch-v1：一種全互聯 (all-to-all) 結構，將晶片間互連頻寬提高了一倍。

架構演進：這標誌著從 Trainium2 的 3D 環形拓撲 (3D torus topology) 的重大轉變。

可擴展性

EC2 UltraClusters 3.0 可將規模擴展至數十萬甚至上百萬個晶片，以支持旗艦級 AI 模型的訓練。

Trainium3 實現了高達 4.4 倍的性能提升和 4 倍的能效改進，為前沿模型提供了市場領先的性價比。

4.4x

**性能提升
(Performance)**

相較於 Trn2 UltraServer

4x

**每瓦性能
(Perf/Watt)**

能源效率顯著改進

高達
50%

**成本降低
(Lower Cost)**

AI 訓練成本，相較於傳統 GPU

目標應用

專為下一代代理式 AI (agentic AI)、推理 (reasoning)、長上下文架構和影片生成等應用進行優化。

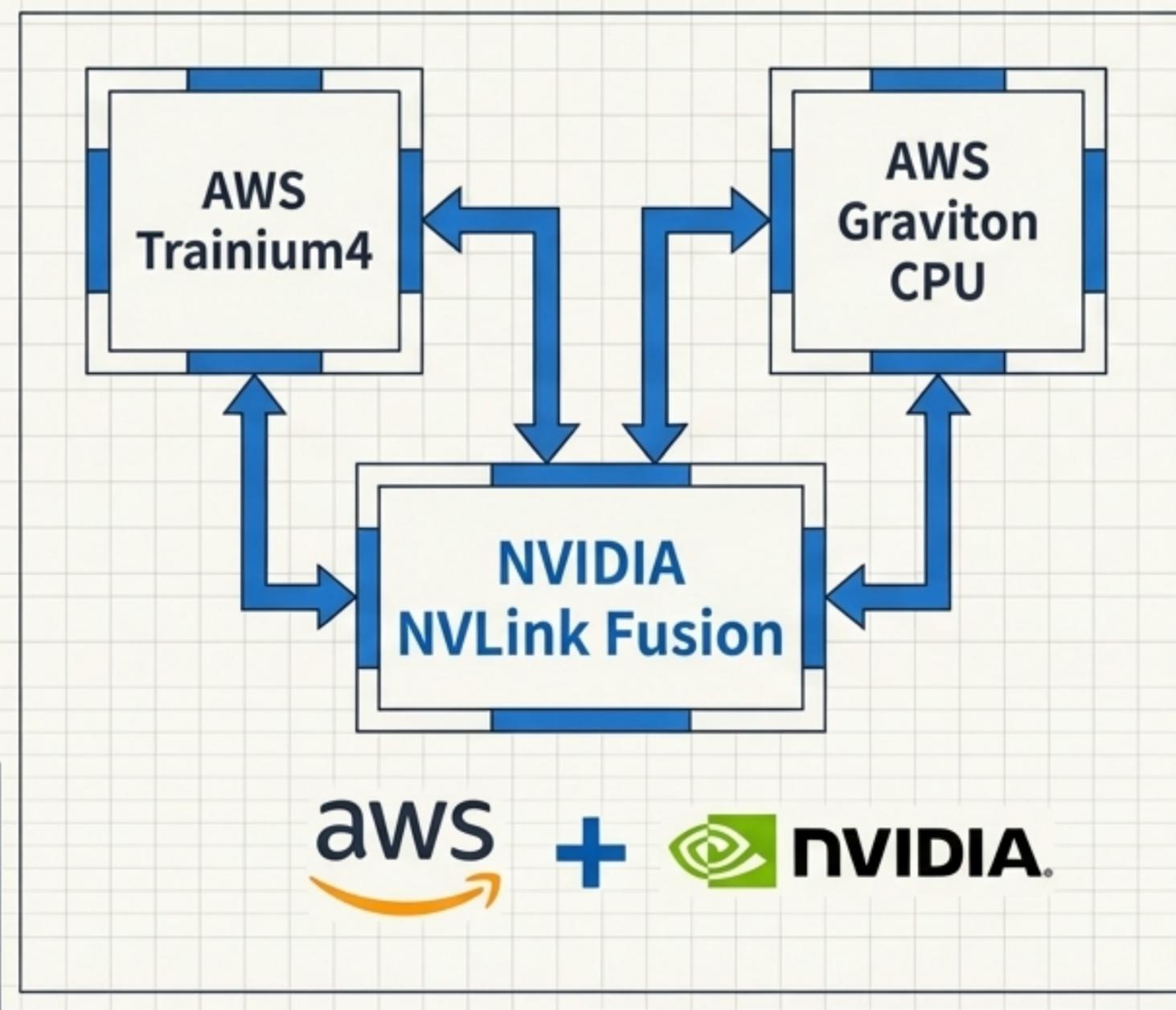
Trainium3 在關鍵指標上與 NVIDIA Blackwell 和 Google Trillium 形成了直接競爭。

特性	Amazon Trainium3	Google Trillium (TPU v6)	Nvidia Blackwell B200
製程	3nm	~3nm (est.)	4NP (custom)
運算能力	2.52 PFLOPs (FP8)	~3-4 PFLOPs (est. per chip)	10 PFLOPs (FP8 equiv.)
記憶體	144 GB HBM3e	192 GB HBM	192 GB HBM3e
記憶體頻寬	4.9 TB/s	4.9 TB/s	8 TB/s
主要應用	訓練與推論 (AWS)	雲端機器學習 (Google Cloud)	通用型 (CUDA)

分析

雖然 B200 在原始規格上領先，但 Trainium3 在**成本效益 (Token Economics)** 和**能源效率**方面提供了極具競爭力的價值主張，尤其是在 AWS 的整合生態系統中。

AWS 的策略超越了單純的對抗，務實地為 Trainium4 整合 NVIDIA NVLink 技術以追求極致性能。



Trainium4 的未來

AWS 已預告，下一代 Trainium4 加速器將採用 NVIDIA 的 NVLink Fusion 互連技術。這項合作將允許 Trainium4 晶片、Graviton CPU 和 EFA 網路技術在 NVIDIA 的 MGX 機架上無縫通信。

預期性能提升

- **FP4 性能**：提升 6 倍
- **FP8 FLOPS**：提升 3 倍
- **記憶體頻寬**：提升 4 倍

戰略意涵

- **務實主義**：表明 AWS 願意採用市場上最好的技術，即使來自競爭對手，以構建最強大的系統。
- **生態系統整合**：顯示出在 AI 基礎設施領域，開放合作與專有技術並存的趨勢。

終極證明：亞馬遜使用數萬顆 AWS Trainium 晶片，成功擴展其 AI 購物助理 Rufus。



案例研究：Rufus

- **Background:** Rufus 是一款由客製化 LLM 驅動的生成式 AI 購物助理，為數百萬客戶提供服務。
- **Challenge:** 隨著模型規模增大，單一晶片或實例的記憶體已無法容納整個模型，必須進行多節點推論，同時要保持低延遲和高吞吐量。
- **Result:** 該架構成功應對了 Prime Day 的流量高峰，證明了該平台在真實、高風險環境下的可靠性、可擴展性和成本效益。

「我們成功地將一個更大的模型部署到超過數萬顆 AWS Trainium 晶片上，為 Rufus 客戶提供服務，並 並支持了 Prime Day 的流量。」

— AWS AI Blog

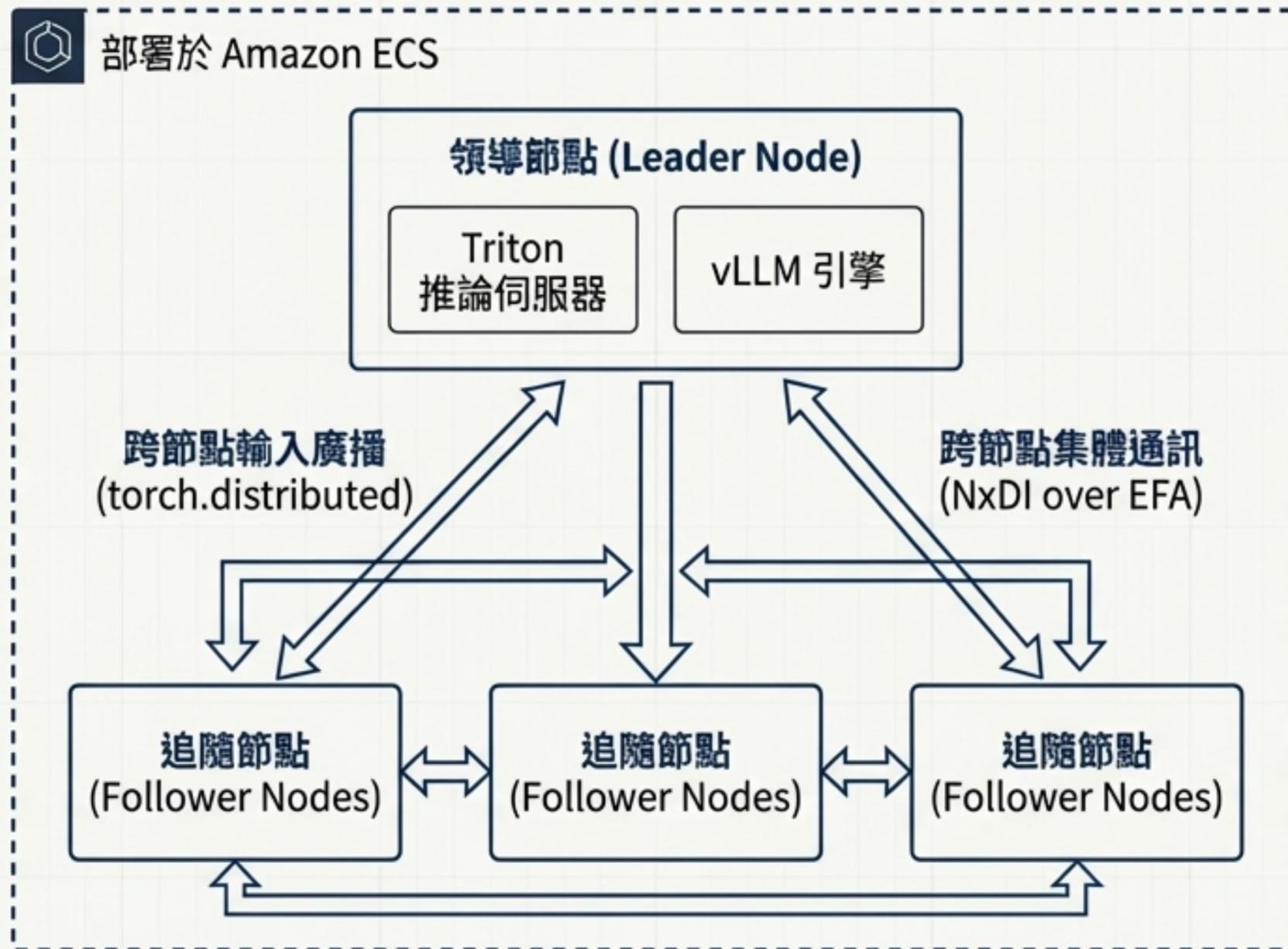
Rufus 的擴展是透過在 Amazon ECS 上構建的領導者/追隨者多節點推論架構實現的。

推論引擎

使用開源庫 vLLM 進行高效的請求調度和連續批處理。

節點架構

領導節點負責協調，追隨節點並行執行模型運算。



通訊機制

使用 `torch.distributed` 進行 CPU 廣播，使用 NxDI 函式庫透過 EFA 進行高效節點間通訊。

部署與管理

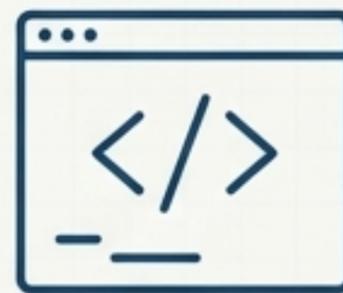
節點完全容器化，並使用 `DescribeInstanceTopology` API 進行優化的節點配對，以最大限度地減少 RDMA 延遲。

AWS 的垂直整合策略正在重塑 AI 基礎設施的經濟學和主權格局。



對企業與政府的影響 (For Enterprises & Governments)

- **可負擔的尖端 AI**：提供了一個高性能、高成本效益的 NVIDIA 替代方案，顯著降低了訓練和部署大規模 AI 模型的門檻（成本降低高達 50%）。
- **通往主權 AI 的可靠路徑**：透過 AI 工廠，為有嚴格數據駐留要求的組織提供了一個強大的解決方案，使他們能夠在自己的設施內利用 AWS 的技術。



對開發者的影響 (For Developers)

- **無縫遷移**：透過與 PyTorch 的原生整合，開發團隊無需更改模型程式碼即可遷移。
- **深度優化**：AWS Neuron SDK 為追求極致性能的工程師提供了底層訪問權限，允許他們微調內核並自定義操作。

AWS 的 AI 基礎設施攻勢對電信業者構成挑戰， 同時為亞馬遜投資者創造了新的增長引擎。

對電信業者的警示 (A Warning to Telcos)



AWS 透過 AI 工廠積極進入主權 AI 領域，而這本是電信業者憑藉其數據中心和基礎設施可以抓住的機會。如果沒有可信的反制策略，電信業者可能被邊緣化，僅僅提供連接性，而 AWS 則攫取了更高價值的 AI 基礎設施業務。

對投資者的意義 (A Catalyst for Investors)

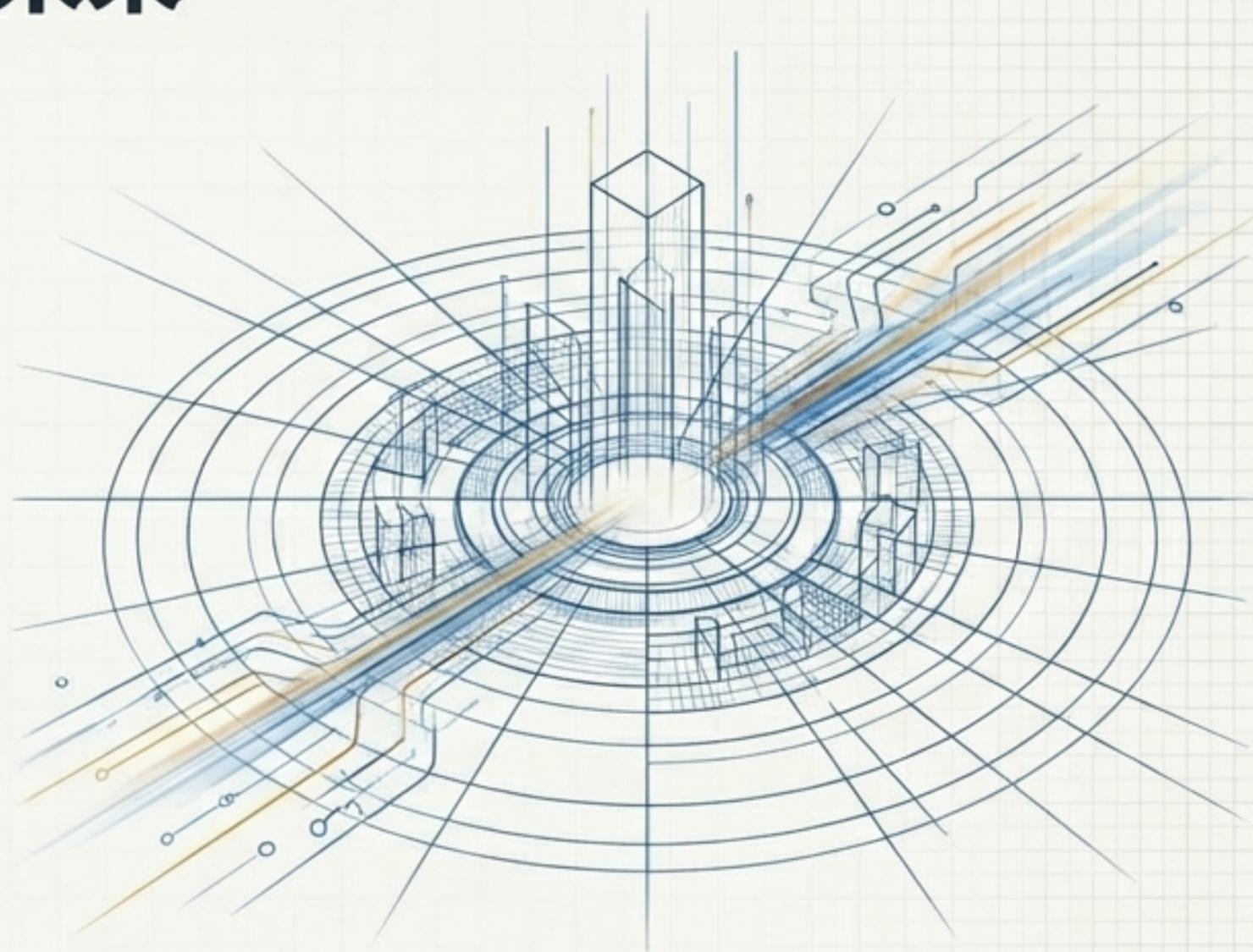


AWS 的自研晶片戰略減少了對外部供應商的依賴，提高了利潤空間，並鞏固了其市場領導地位。投資者將此視為亞馬遜 (AMZN) 一個強大的新增長動力，推動了公司股價上漲，反映了市場對其 AI 策略的信心。

AWS 的創新步伐並未停歇，Trainium4 的藍圖預示著一個持續加速的 AI 基礎設施未來。

展望未來

- **Trainium4**：透過整合 NVLink，將再次實現性能的指數級增長，特別是在記憶體頻寬和低精度運算方面。
- **持續的垂直整合**：AWS 將繼續深化從晶片設計到軟體優化的端到端控制，以應對未來更複雜的 AI 模型。
- **生態系統領導力**：AWS 的策略不僅是為了自身業務，更是為了定義下一代雲端運算的標準，為整個行業架構未來。



AWS 不僅僅是在參與 AI 革命，它正在從最基礎的層面架構這場革命。