

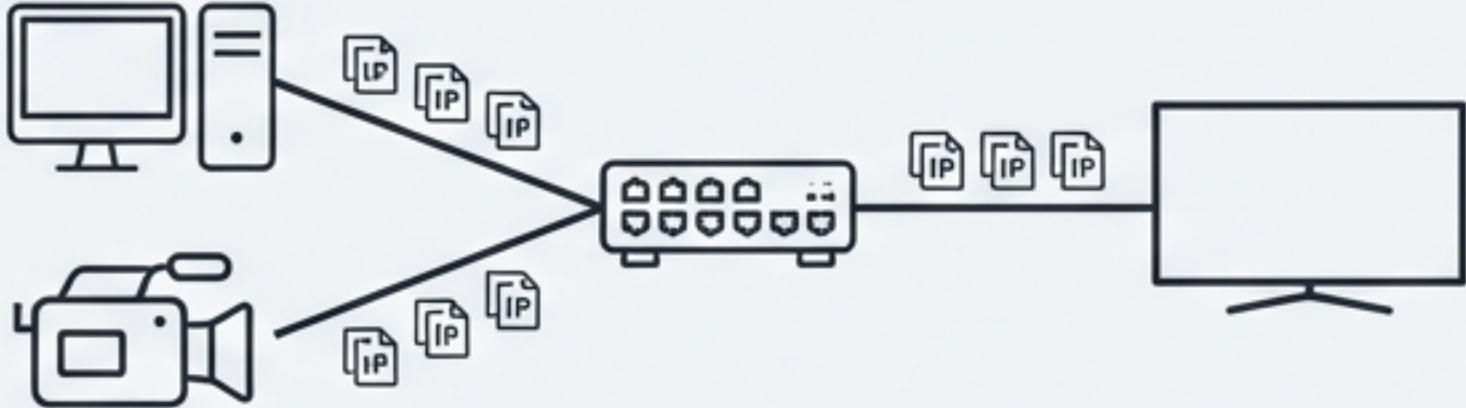


從實體矩陣到虛擬網格： 現代化 AV-over-IP 系統架構指南

一份為技術專家、教會影音團隊與活動製作人設計的 NDI 實戰手冊

核心觀念：您用的是「延長線」還是真正的「網路視訊」？

同樣是 Cat6 網線，底層邏輯完全不同。理解這個差異是建構現代化系統的第一步。

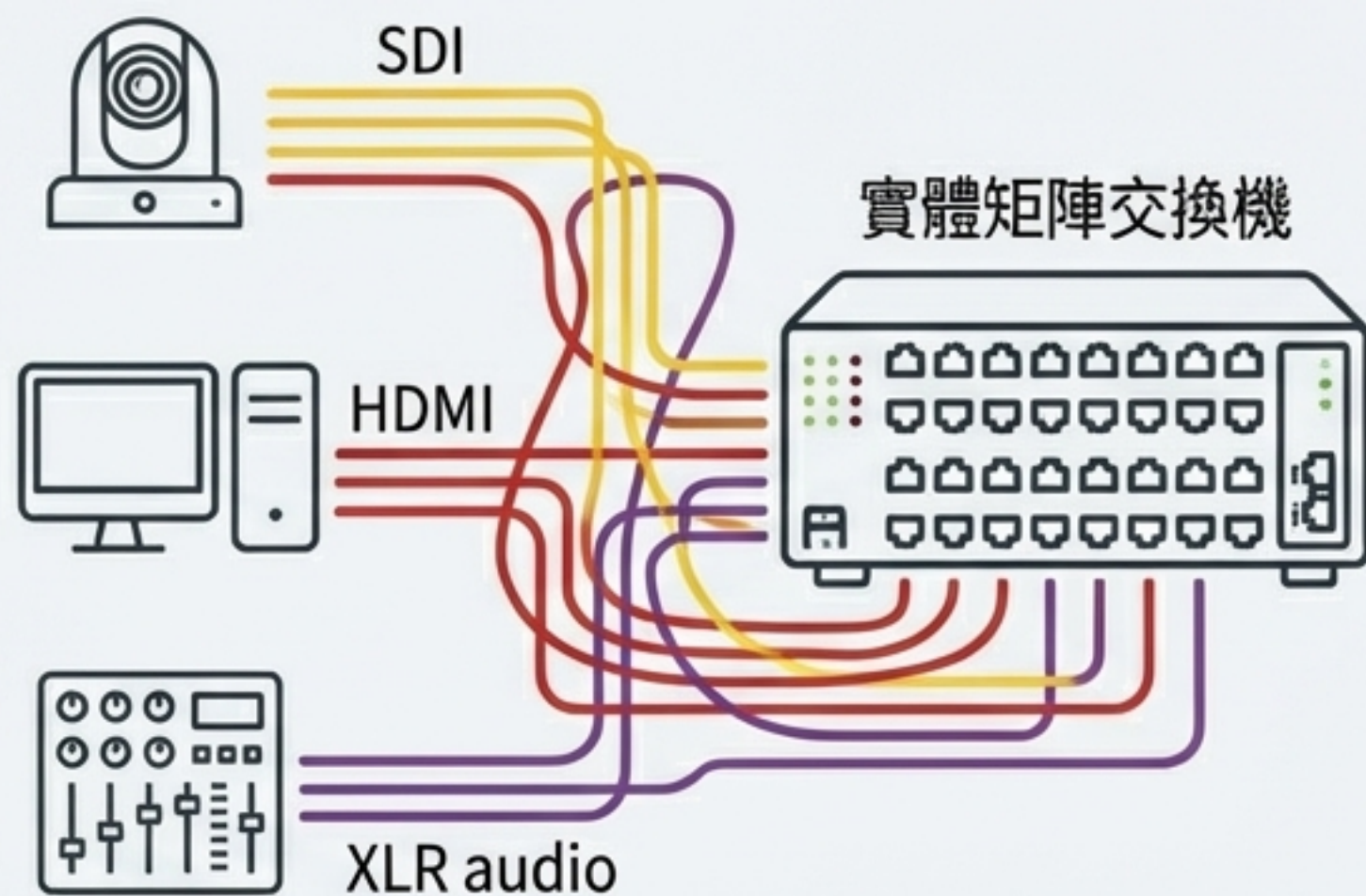
舊式 HDMI 延長器 (Extender/Balun)	NDI / AV-over-IP (本指南焦點)
	
原理 將 Cat6 當成「多芯銅線」使用，進行點對點 (Point-to-Point) 的電信號轉換。	原理 將影像封裝成網路數據包 (IP Packets)，在標準網路上進行多對多 (Many-to-Many) 傳輸。
矩陣功能 無。必須購買昂貴的實體矩陣主機。	矩陣功能 與生俱來。網路交換機本身就是矩陣核心。
能否接 Switch? 絕對不行 。它是物理層傳輸，可能會燒毀網路設備。	能否接 Switch? 必須接 Switch 。它是真正的網路設備。
結論 只是把網線當成「變形的 HDMI 線」。	結論 是把影像變成「網路資料」。

典範轉移：網路交換機，就是您的新一代虛擬矩陣

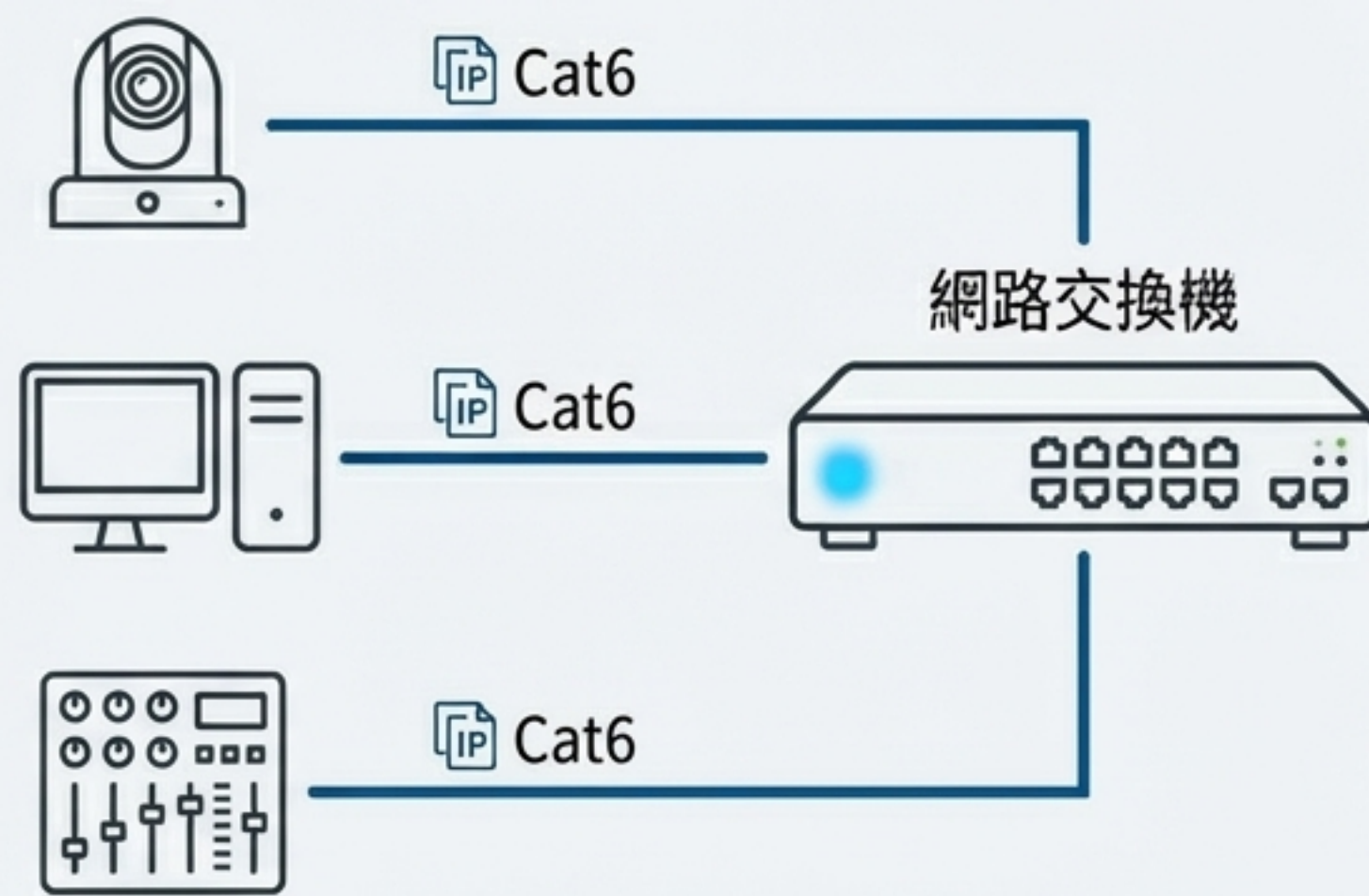
網路即矩陣 (The Network is the Matrix)

傳統的 AV 系統圍繞著一台昂貴、固定端口的實體矩陣打造。在 NDI 架構中，這台笨重的硬體被一台靈活、可擴充的網路交換機（Network Switch）所取代。所有的影音路由都在軟體層面以點擊完成，而非實體跳線。

傳統架構



NDI 架構



運作核心：認識 NDI (Network Device Interface)

NDI 是現今專業影音領域最主流的 IP 視訊協定，由 NewTek 開發。它讓高品質、低延遲的視訊能像 Dante 音訊一樣，在標準的區域網路中自由傳遞、探索與路由。

1. 編碼 (Encode)



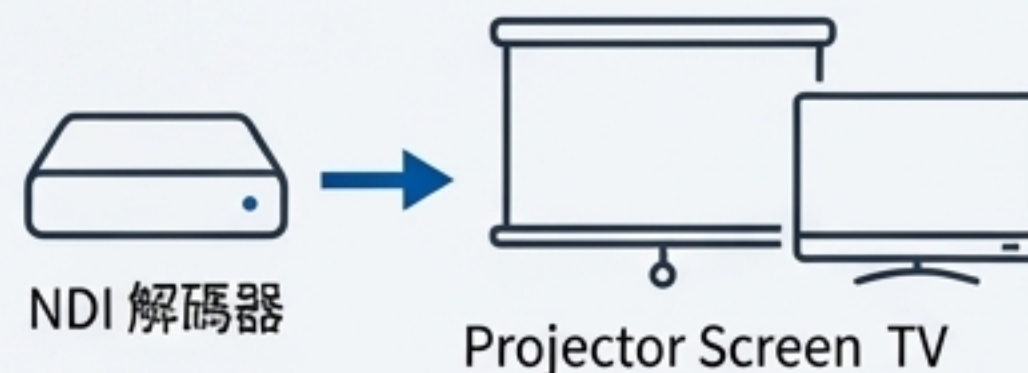
位於訊號來源端。將攝影機、電腦的 HDMI/SDI 訊號轉換為 NDI 網路串流。

2. 傳輸與切換 (Switching)



所有 NDI 串流都進入同一台網路交換機，在此等待被路由。

3. 解碼 (Decode)



位於顯示端。將指定的 NDI 串流從網路中取出，還原為 HDMI 訊號給投影機或電視。

系統建構 (1)：將所有影像來源「IP 化」

任何影像設備都能透過三種主要方式，成為您 NDI 網路矩陣的一部分。

原生 NDI 設備 (Native NDI)



說明：最簡潔的方案。直接購買內建 NDI 功能的設備，如 PTZ 攝影機。

優點：一條 Cat6 網路線即可同時處理 4K 影像、PoE++ 供電、雲台控制 (PTZ) 與 Tally 燈號。

推薦型號：PTZOptics Move 4K, Lumens VC-A 系列

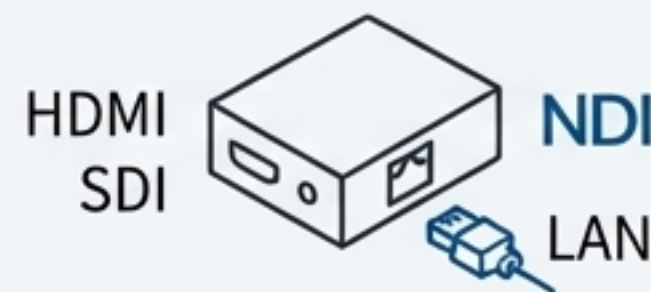
電腦軟體發送 (Software)



說明：成本最低的方案。在電腦上安裝免費的 NDI Tools (Screen Capture) 軟體。

優點：無需任何額外硬體，直接將電腦螢幕或應用程式視窗變成一個高品質的 NDI 訊號源。非常適合 PowerPoint 或文稿機。

硬體編碼器 (Hardware Encoder)



說明：最穩定、泛用的方案。將任何傳統 HDMI/SDI 設備（如導播機輸出、遊戲機）接入一個編碼盒。

優點：專用晶片處理，不佔用電腦效能，穩定可靠。

推薦品牌：Kiloview (千視), BirdDog, Magewell

系統建構 (2)：選擇系統的心臟 — AV Line 網路交換機

影像與音訊的 IP 封包對網路的要求極高。您的成功與否，90% 取決於交換機的選擇。這不是可以省錢的地方。

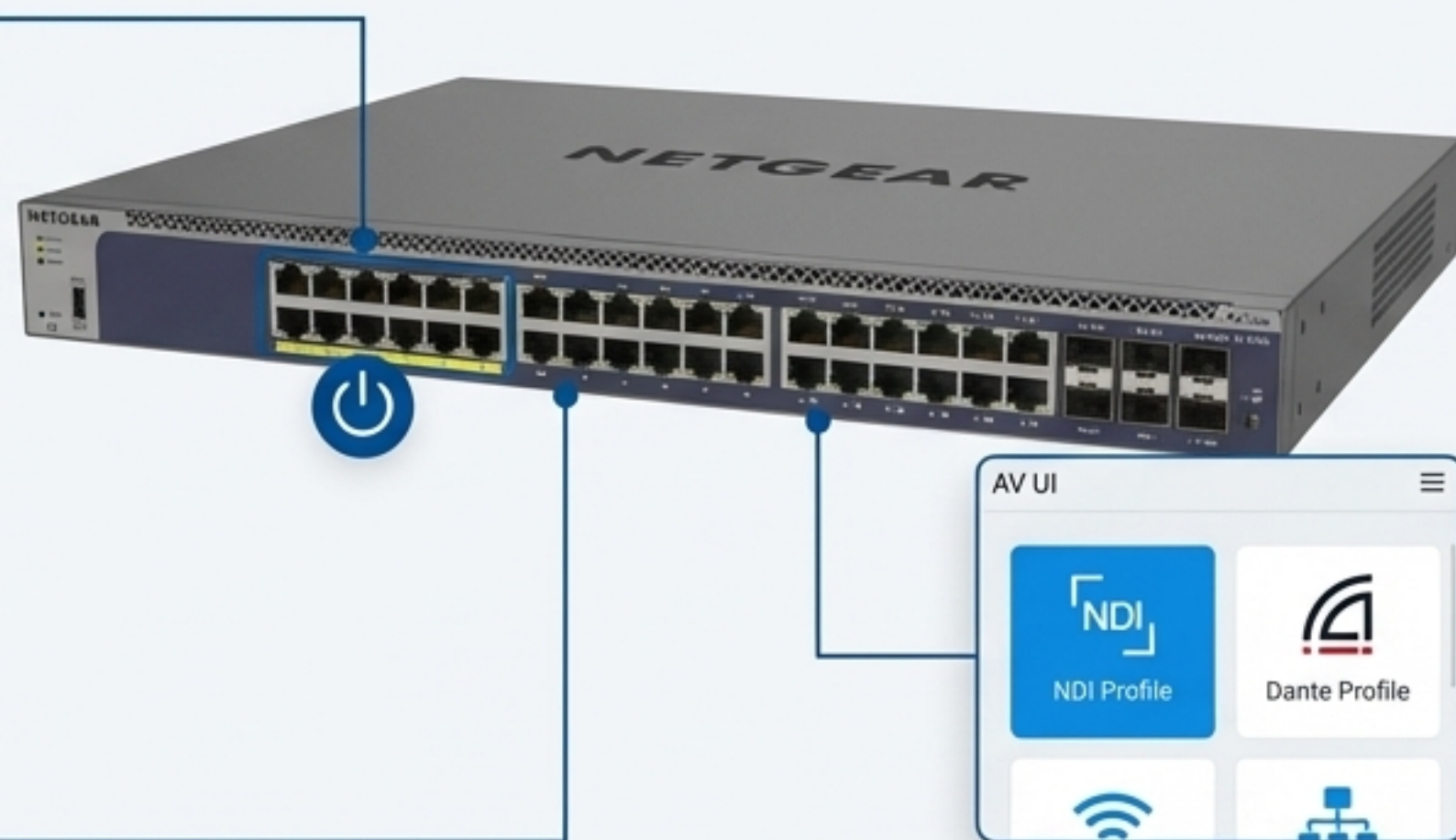
關鍵技術要求

- **PoE++ (802.3bt)**
為 PTZ 攝影機、編解碼器等設備提供充足電力，實現「一線整合」。
- **IGMP Snooping**
必須具備。此功能可智慧地將大量的影像封包只發送到需要的端口，避免癱瘓整個辦公室或教會的網路。

專家推薦：NETGEAR M4250 系列 (AV Line)

為何推薦

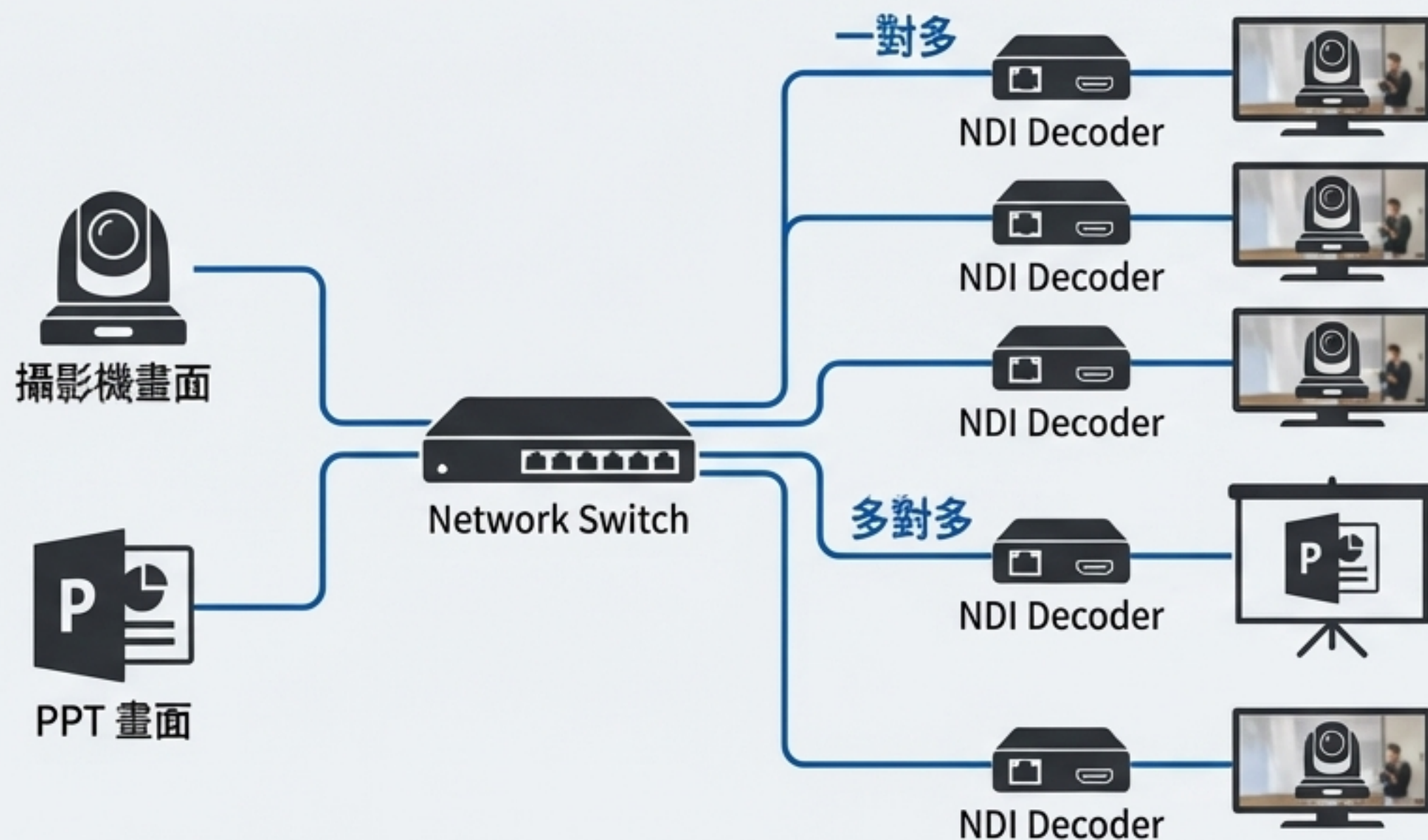
這是專為 AVoIP 應用（NDI、Dante）設計的交換機。它提供一個極簡的「AV UI」設定介面，內建 NDI 與 Dante 的優化設定檔，使用者只需點選即可完成複雜的網路設定，大幅降低技術門檻。



系統建構 (3)：自由地將影像分發至任何顯示設備

核心組件：NDI 解碼器 (Decoder)

- 功能：一個小巧的硬體盒，一端連接網路線，另一端輸出標準 HDMI 訊號。它能從網路上抓取任何一個 NDI 訊號源並顯示出來。
- 推薦品牌：Kiloview (如 N30)，BirdDog



一對多

一個攝影機畫面，可以同時被無限多台解碼器接收，同步顯示在主堂投影機、所有房間的電視上。

多對多

每台電視前的解碼器都可以獨立選擇要接收的訊號。例如：主堂投影機顯示「PPT+講員」的合成畫面，而講員休息室的電視只顯示攝影機的純畫面。



未來擴充

需要在走廊新增一台電視？只需在最近的網路孔插上一個 NDI 解碼器即可，無需從中控室拉一條新的 HDMI 線。

兩種控制哲學：您需要「軟體工作室」還是「硬體導播機」？

您已經建構了一個強大的影音網路。現在，您需要一個「大腦」來進行畫面切換、混合與製作 (如 PiP)。這有兩條主流路徑：

路徑 A：軟體定義 (Software-Defined)



Noto Sans TC Regular (Fius ton. 16:9)

- **核心**：在一台高效能 PC 上運行的軟體，如 vMix。
- **特點**：極致的靈活性、強大的功能、成本效益高。
- **適合對象**：追求多功能整合（直播、錄影、PiP 製作）、有專職操作員、預算有限的團隊。

路徑 B：硬體驅動 (Hardware-Driven)



Kiloview Creadle



Kiloview LinkDeck

Noto Sans TC Regular (Hardware-Driven)

- **核心**：專用的 IP 導播機硬體，如 Kiloview Creadle。
- **特點**：極高的穩定性、操作直觀簡易、隨插即用。
- **適合對象**：追求系統穩定、操作人員為志工、希望「按下按鈕就工作」的場合。

路徑 A：vMix — 您的全功能軟體虛擬導播室

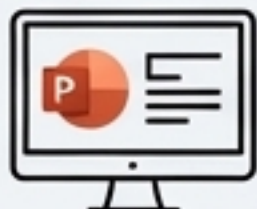
vMix 的角色

在 NDI 網路中，vMix 不僅是切換台，更是具備 PiP（畫中畫）功能的「直播大腦」。

1. 輸入 (Input)：vMix 透過網路自動抓取所有 NDI 來源



攝影機畫面



PPT 畫面



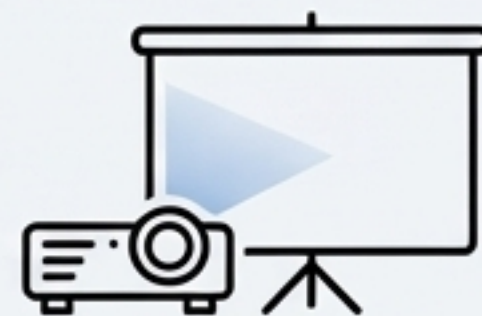
NDI Encoder

2. 製作 (Production)：在 vMix 內，您可以自由設定場景... 可以預設多種佈局，一鍵切換。

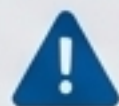


vMix 直播電腦

對內 (現場)：將製作完成的 PiP 畫面，作為一個全新的 NDI 訊號，發送回網路上...



對外 (直播)：同時將畫面直接編碼，推流至...平台。



成功關鍵：電腦硬體規格

- **CPU**：Intel Core i7 / i9 (13代或更高)
- **顯示卡 (GPU)**：絕對關鍵。NDI 的編解碼極度依賴 GPU。推薦 **NVIDIA RTX 4060 Ti** 或更高階顯卡。

路徑 B：專用硬體 — 追求極致穩定與簡易操作

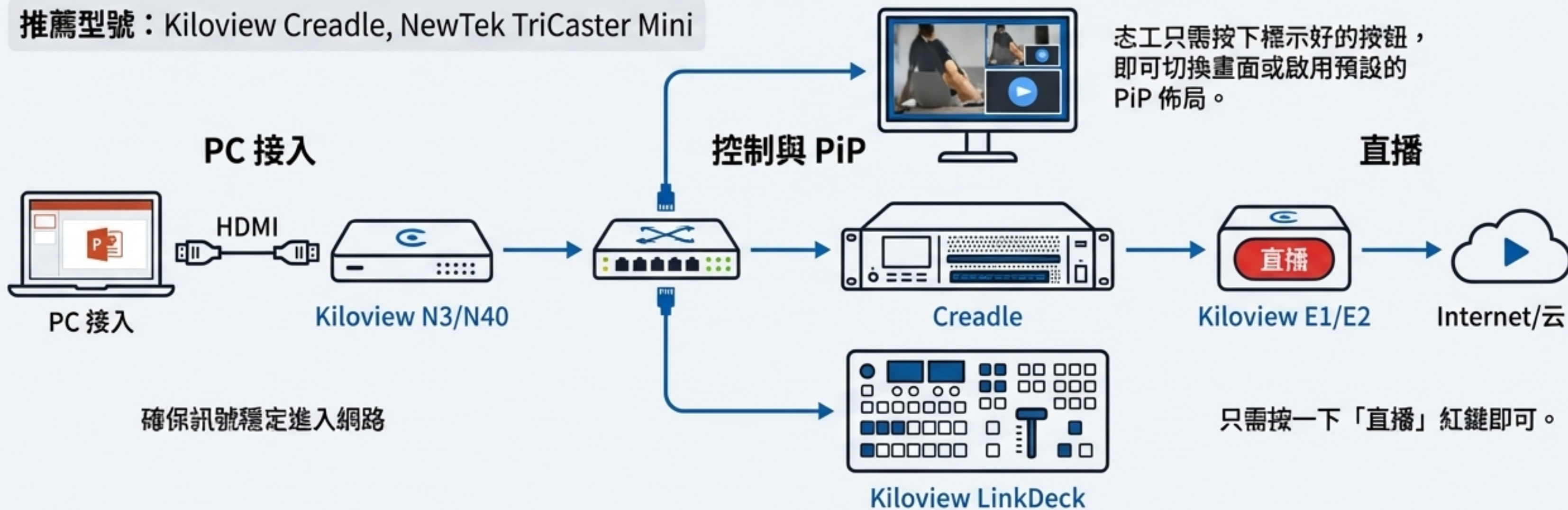
為何選擇硬體

如果您不希望核心系統依賴一台通用電腦的穩定性，或者操作者是志工，需要最直觀的控制，硬體方案是最佳選擇。

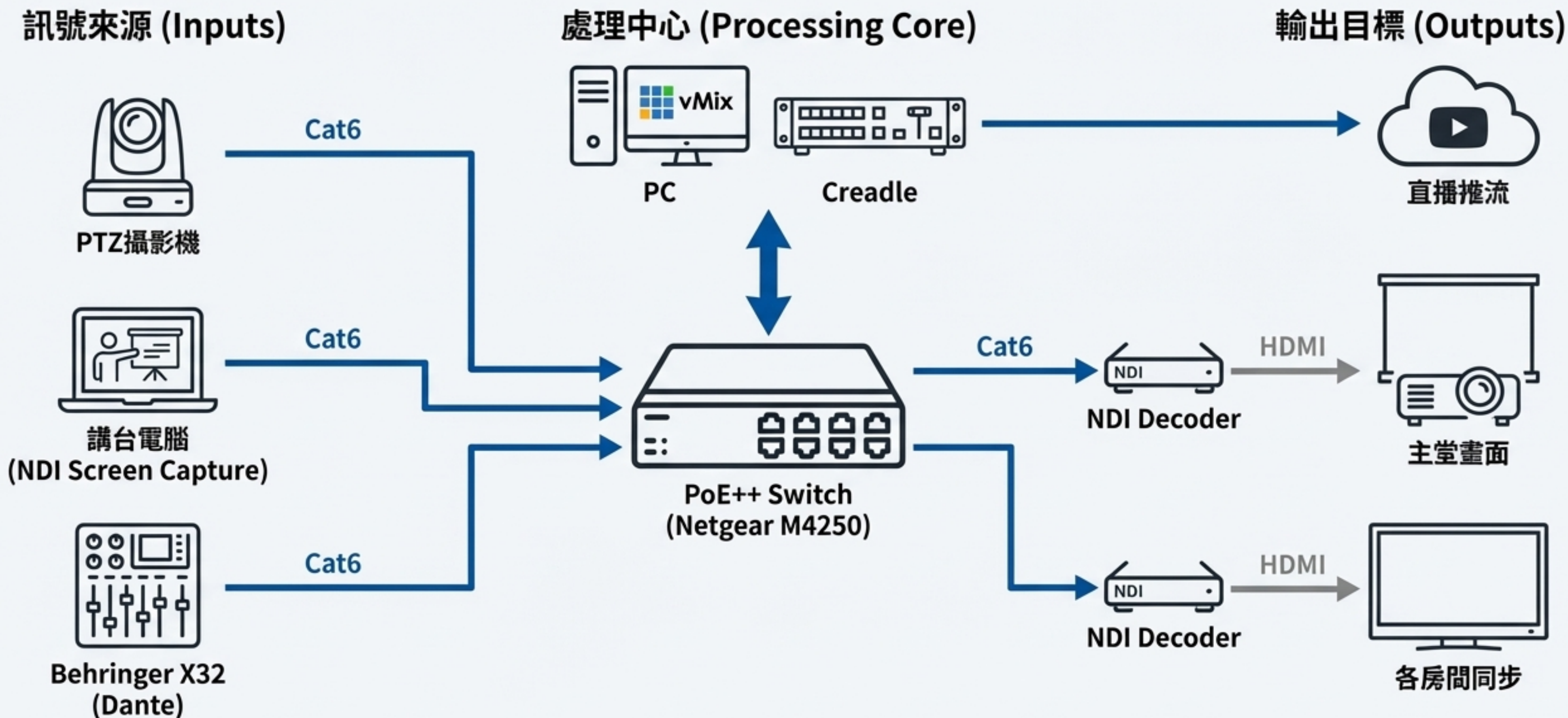
核心設備：IP 導播機

這是一台機架式或桌面式的專用設備，內建處理晶片，能直接接收網路上的 NDI 訊號進行處理。

推薦型號：Kiloview Creadle, NewTek TriCaster Mini



系統架構總覽：一個典型的全 NDI 佈線藍圖



實施前的關鍵考量與潛在挑戰

NDI 雖然強大，但並非完美。了解其限制是成功部署的關鍵。



1. 微小延遲 (Latency)

狀況：NDI 訊號（特別是 NDI|HX）經過編解碼後，會產生約 80ms - 150ms 的延遲。

影響：在主堂投影講員特寫 (IMAG) 時，觀眾可能會察覺到口型與聲音有極其微小的不同步。對於直播或遠端觀看則幾乎無影響。

對比：傳統 SDI 線路是零延遲。



2. 網路設定門檻 (Network Configuration)

狀況：雖然像 M4250 這樣的交換機簡化了設定，但基礎的網路知識依然重要。

風險：若交換機沒有正確啟用 IGMP Snooping，NDI 的廣播封包可能會淹沒整個網路，導致辦公室電腦或 Wi-Fi 變慢。

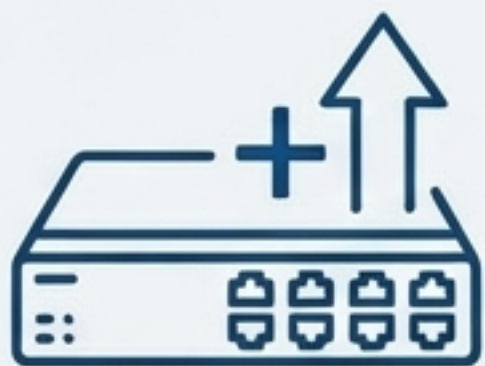


3. 對交換機的單點依賴 (Single Point of Failure)

狀況：在此架構中，交換機是所有影音訊號的匯流中心。

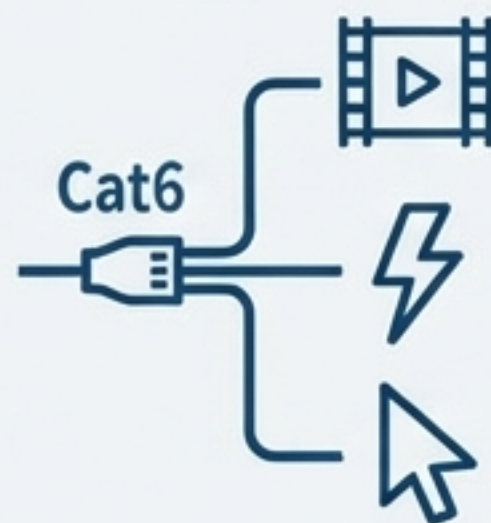
風險：如果交換機故障，全場的視訊 (NDI) 和音訊 (Dante) 會同時癱瘓。傳統架構中，影像和聲音系統通常是各自獨立的。

為什麼 NDI 依然是現代 AV 系統的壓倒性選擇



極致擴充性 (Ultimate Scalability)

傳統矩陣是 4x4 或 8x8，滿了就要更換整台主機。IP 矩陣只要交換機還有網路孔，您隨時可以增加第 5 台攝影機或第 10 台電視。



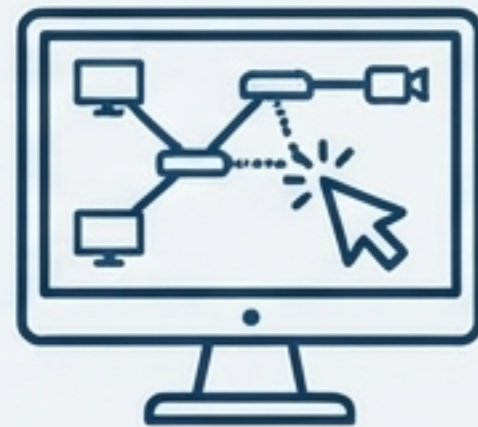
一線整合 (Single-Cable Integration)

您的攝影機、電腦、混音機、編解碼器，所有設備都透過標準 Cat6 網路連接至同一台 Switch，並由其 PoE++ 供電，徹底告別雜亂的線材。



矩陣自由度 (Matrix Freedom)

傳統矩陣只能切換「整幅畫面」。NDI 系統允許您在網路上抓取任何訊號，進行「畫面排版」，例如將三並排成一個畫面，傳送給遠端教室。



遠端管理與控制 (Remote Management)

您可以在任何一台連上網路的電腦上，開啟 NDI 軟體來監看或重新路由任何一個訊號，無需進入中控機房。

系統建置預算參考

以下為建構一套基礎 NDI 影音矩陣系統的核心組件預估費用（美金計，不含電腦、顯示器與佈線工程）。

項目 (Component)	功能 (Function)	預估單價 (Est. Price/Unit)
NDI PTZ 攝影機	影像來源	\$1,500 - \$2,500
NDI 解碼器	連接電視/投影機	\$250 - \$400
vMix HD 軟體	軟體導播與 PiP	\$350
Netgear M4250 Switch	網路核心與虛擬矩陣	\$1,000 - \$1,500

範例系統總計 (1 機 2輸出):

- 1 x PTZ 攝影機
- 2 x NDI 解碼器
- 1 x vMix 軟體
- 1 x M4250 交換機

總計: 約 USD \$3,650 - \$4,850

您的終極目標：一個靈活、可生長的數位影音網格

導入 NDI 系統，您投資的不僅是設備，而是一種全新的工作流程。您正從一個由「實體線路」定義的僵化系統，轉變為一個由「網路邏輯」定義的彈性生態系。

在這個新典範中，您的**網路交換機**不僅僅是數據交換中心，它就是您的**創作畫布**、您的**虛擬跳線盤**、以及未來無限擴充的基石。

