2025/11/19～2025/11/21

日本千葉幕張展覽館

製作部 副控組 / 張昇圓

一、前言

Inter BEE 2025 是日本最大型的媒體與娛樂產業專業展覽，於 2025 年 11 月 19 至 21 日在千葉幕張展覽館舉行，聚焦於廣播、音訊、影像、燈光、內容製作與傳播技術。依據媒體產業鏈分為多個專業展區：

專業音訊展區：

音控系統、音響設備、錄音設備、麥克風、耳機、廣播系統、現場音響系統等。

專業燈光/影像傳達展區：

LED 顯示器、舞台燈光、攝影棚燈光等。

影像製作/廣播設備展區：

攝影機、廣播伺服器、儲存裝置、剪輯系統、後製軟體、直播技術。

媒體解決方案/內容創作展區：

OTT、IP 傳輸、雲端製作、AI 編輯工具、內容創作、動畫、XR（AR/VR/MR）技術。

現場體驗區：

設有實機操作區、沉浸式體驗館、現場混音與拍攝示範。

論壇與研討會：

邀請業界專家分享未來媒體趨勢與實務經驗。

IP 化製播系統(IP-based Workflow）與雲端製作（Cloud Production）幾乎成為所有大型系統商的核心展示重點。多家系統商展示完整的 IP 製播解決方案，包含訊號傳輸、導播、錄製與監控等流程，並支援 SMPTE ST 2110 等國際標準。雲端導播、雲端剪輯、遠端製播（Remote Production）成熟度大幅提升，可即時進行跨國、跨地點協作，不僅降低硬體建置成本，也大幅提升製作彈性與人力運用效率，特別適合新聞、體育賽事與大型活動轉播。

二、設備展示

IP 設備系統解決方案

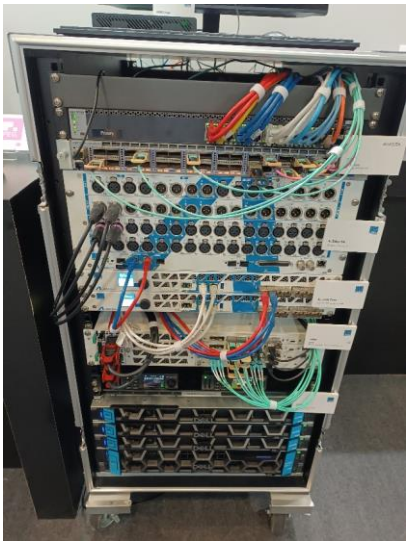
傳統電視台的製播系統，長期以來都是建立在 SDI 專用影音線路 與大量硬體設備之上。這種架構雖然穩定可靠，但缺點也越來越明顯，包括：

1. 線路複雜、佈線成本高
2. 擴充不易，升級困難
3. 系統彈性低，無法快速調度
4. 不利於遠端製作與雲端整合

隨著 4K / 8K 高畫質、遠端製作、雲端運算與 AI 技術發展，傳統 SDI 架構逐漸無法滿足現代製播需求，因此全球廣播產業開始邁向 IP 化製播系統。IP 化的核心概念，是將影像、聲音與控制訊號轉換成網路封包，透過標準網路設備進行傳輸與管理，使整個製播中心變成一座「影音資料中心」。

在本次展會中，展示 IP 製播解決方案的系統供應商有 Lawo、Evertz、EVS 及 SONY。

2.1、Lawo



Lawo 提供音頻、視頻、控制與監控的 IP 原生解決方案，在 IP 製播領域中，以高度軟體化、雲端化與開放標準聞名。其 IP 平台設計理念包括全面採用開放標準以避免系統封閉。使硬體與軟體深度整合，可虛擬化運行。透過軟體模組化架構，隨需求彈性擴充。集中化管理與高度自動化控制。Lawo 並不只是賣單一設備，而是提供一整套完整 IP 生態系統，讓電視台能逐步或一次性完成從 SDI 到 IP 的全面轉型。

以下針對 LAWO 軟體核心系統分類介紹

核心平台 HOME Management

HOME 是 Lawo IP 系統的核心平台，它是一套雲端原生、微服務架構的媒體管理系統，可以把整個電視台的設備、訊號與流程集中管理。過去工程師需要手動設定大量設備，現在透過 HOME，幾乎可以做到 即插即用、自動組態，大幅降低系統建置與維護難度。此外，最新版本（HOME 4.0）引入「HOME Pass 授權模式」讓電視台可以用「彈性點數制」來部署功能，避免一次投入龐大預算，對於逐步導入 IP 架構的單位來說，成本更可以控制。

HOME Apps

HOME Apps 是 Lawo 的運行核心之一，它將過往必須由專用硬體完成的影像處理、音訊處理與轉碼功能，全面改為軟體化運行，可在標準伺服器或雲端上執行。這些應用包括影像及音訊的編碼與轉碼，多畫面監看(Multiviewer)，色彩校正，音頻混音與 DSP 數位轉換處理及支援各式 IP 串流協定(NDI、SRT、JPEG-XS) 。

IP 核心路由與處理 V__matrix

V__matrix 為軟體定義核心路由與處理平台，將大型 SDI 矩陣路由器功能虛擬化，支援視頻與音頻路由、處理、SDI 與 IP 混合同步，並可依需求動態載入各類處理模組，極大提升系統彈性與資源利用率。

.edge SDI/IP 轉換與路由

.edge 則擔任 SDI / IP 邊緣橋接角色，為過渡期系統提供高度穩定之 SDI / IP 轉換與冗餘保護，確保平滑遷移。

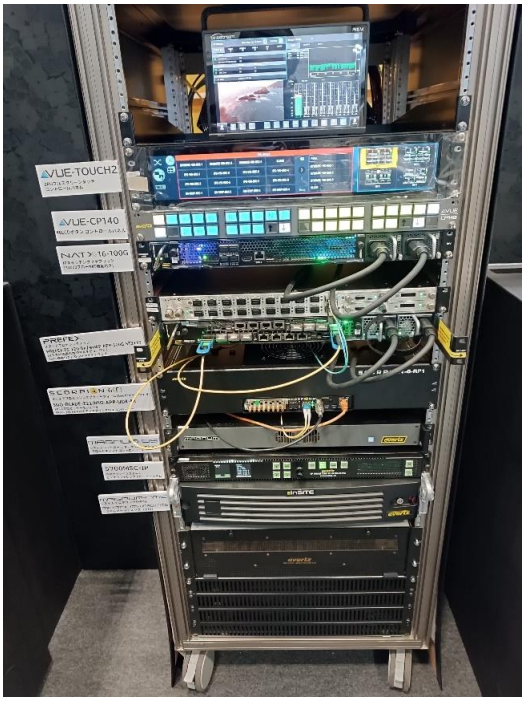
控制與自動化 VSM（Versatile Studio Manager）與 Workspaces

VSM 是 Lawo 的綜合控制與監控系統，可為整個 IP 工作流程提供自動化控制與狀態監測。可輕鬆整合市面上絕大多數廣播設備，並支援客製化工作流程，透過單一、高度自動化且直覺的使用者介面進行控制。完全獨立於任何廠商，提供無縫控制，擁有極高的邏輯和調用功能，操作人員可透過自訂的觸控螢幕優化軟體面板和各種硬體 LCD 按鍵面板直觀地控制其製作設備，從而能夠根據自身特定的工作流程自訂控制系統。Workspaces 是基於瀏覽器的操作界面，可從任何設備遠端存取 HOME Apps 工具，提高跨地域的操作效率。

Lawo 的 IP 製播解決方案可視為高度軟體化、雲端化、開放型的媒體作業平台，適合雲端製播、遠端控播及大型媒體資料中心。

2.2、Evertz

Evertz 將整套 IP 解決方案命名為 SDVN（Software Defined Video Networking），可視為廣播專用的軟體定義網路架構。其核心理念是將傳統廣播流程，完整移植到 IP 網路架構，並加上自動化、監控與數據分析能力。



目前 SDVN 已在 全球超過 600 個大型電視台與媒體中心部署。它能支援從小型工作室到跨地域企業級架構的所有規模。其核心理念是將傳統 SDI 廣播流程完整轉向 IP 網路架構，同時保留 SDI 混合能力與逐步遷移策略。架構如下

控制與編排 MAGNUM-OS

MAGNUM-OS 不僅是控制系統，更可視為 廣播 IP 網路的作業系統，它負責 IP / SDI / 混合系統統一控制、訊號路由、網路監控、高精度告警與效能分析及流量調度。你可以把 MAGNUM-OS 想像成 IP 製播中心的作業系統 + 網路監控平台 + 自動化控制中心。

NATX / EXE 系列 IP Switching Fabric（網路核心交換）

這是 Evertz 提供的 廣播級網路核心交換器，專為即時影音而設計，可處理每秒數百 Gbps 的即時影音串流，超低延遲，支援實時多播與大流量路由，用於支撐大型製播中心與體育轉播需求。

IP Media Gateway — SDI/IP 介面轉換

是 SDI 與 IP 之間的核心轉換設備，可讓傳統設備逐步轉型。

多功能媒體處理邊緣平台（PREFEX / ev670-X30-HW-V2 / sVIP）

讓多畫面監控、即時分析、遠端控播，全部整合進 IP 架構，形成高度智慧化的控制中心。

Evertz 的 IP 製播解決方案適合本地廣播中心 IP 化、雲端與混合工作流、OB 車 / 移動製作及分布式/遠端製作。

2.3、EVS

EVS 的 IP 解決方案主要是圍繞「MediaInfra」媒體基礎設施設計的，是一套能夠支援 SDI、Hybrid（混合 SDI/IP）以及純 IP 生產與路由工作流程的整合性平台。它結合了控制、監控、轉換與信號處理等功能，在單一架構中支援傳統與 IP 新世代媒體流的交互與管理。其核心目標是讓傳統 SDI 系統無縫過渡到 IP 並提供單一控制架構整合 SDI/IP 設備且支援大規模、高密度的媒體路由與實時處理。軟體核心如下

Cerebrum — 控制 / 編排 / 監控核心

Cerebrum 是 EVS 的系統中樞，負責集中式控制 SDI/IP 設備與信號實時告警與網路監控視覺化支援 SDN（軟體定義網路）與自動流量管理及遠端操作。它通常是結合大型轉播中心、現場製作和控制室的中樞，所有 IP 流量與路由管理可透過它進行協調。

Neuron 系列 — IP 媒體處理模組

Neuron 是 EVS 面向 IP 生產流程的媒體處理和橋接平台，它支援多通道 SDI/IP 轉換處理、影格同步、色彩校正、音頻嵌入/去嵌入、音頻 shuffle、延遲管理等功能。

IP 原生伺服器與應用

EVS 在其製作伺服器與產品上也支援 IP 原生，像 XT 及 XS 系列伺服器透過更新支援 SMPTE

ST 2110 標準與 NMOS 互操作性，這讓伺服器能直接與 IP 網路中的其他設備合作。這類伺服器通常用於實時錄播、直播伺服器與慢動作操作台上，在 IP 頻寬管理和多路信號同步中提供原生支援。

EVS IP 解決方案的即時製作效能極強，同時慢動作、回放、錄播處理技術相當成熟，適合體育、賽事、即時新聞、廣播中心、OB 車、分布式/遠端製作等多種工作流程。

2.4、SONY

SONY 的 IP 解決方案主要定位為 IP Live Production 系統，旨在將傳統 SDI（Serial Digital Interface）廣播製作架構，透過標準化的網路技術轉向 IP（Internet Protocol）基礎設施。它提供從攝影機、視訊切換台、錄播伺服器、控制、管理到網路設備的完整 IP 架構，適合一站式導入。

IP Live System Manager（LSM）是 SONY IP 解決方案的關鍵管理與控制軟件，可全系統管理所有 IP 裝置，提供視覺化路由控制（視頻/音頻路由）並支援透過瀏覽器進行遠端操作，以管理設備註冊與同步訊號設定，同時支援雙網路冗餘結構（主路/備路 LSM）與無縫切換，以提高系統穩定度。全案解決方案如下

<u>IP 兼容的攝影機系統</u>

SONY 廣播級攝影機系列（如 HDC-4300、HDC-5500）可藉由內建或外加 IP 擴展模組支援 SMPTE ST 2110 介面，直接連入 IP Live 網路。
另有 IP 轉換設備（HDCE-TX30 / HDCE-RX30）讓現有 SDI 攝影機也能以 IP 方式接入網路。

<u>IP 兼容視訊切換台與信號處理設備</u>

SONY 的 XVS、MVS 系列視訊切換台透過選配板或內建支援 ST 2110，可直接在 IP Live 環境中進行多訊號切換與輸出。

<u>IP 兼容錄播與播放伺服器</u>

例如 PWS-4500 等媒體伺服器可配備 SMPTE ST 2110 支援卡，使其能透過 IP 網路收發多路影音資料。

<u>SDI / IP 轉換設備</u>

SONY 提供 SDI-IP 轉換板（如 NXLK-IP50Y/IP51Y 等）讓現有 SDI 設備平滑加入 IP Live 網路，便於漸進式遷移。

SONY 是全球唯一能提供完整 IP 原生攝影系統的廠商，使得從拍攝端到後端全部走 IP 流程。對於希望有「整套流程統一管理」的組織最有吸引力，適合大規模直播、體育轉播、大型演播室、全球轉播中心。

小結：

Lawo：雲端與軟體化的代表

Lawo 的系統以雲端與微服務架構為核心，將導播、混音、轉碼與監控全部軟體化。整個製播中心如同一座即時影音雲端平台，可依節目需求隨時擴充或縮減資源。

Evertz：廣播級 IP 作業系統

Evertz 建立完整的 IP 網路管理系統，可即時監控全網流量、設備狀態與訊號品質，如同為電視台打造一套「廣播專用作業系統」。

EVS：大型體育與即時製作專家

EVS 擅長即時錄播、慢動作回放與大型賽事製作，其 IP 架構可同時處理大量即時訊號，廣泛應用於奧運、世足賽等重大活動。

SONY：從攝影機到播控的完整整合

SONY 提供從攝影機、切換台到播控系統的全套 IP 架構，與既有設備能夠高度相容，特別適合希望平順由 SDI 過渡到 IP 的電視台。

廠 商	定 位	優 點	缺 點	最適合對象
Lawo	雲端、軟體定義製播	彈性最高、遠端製作最強、雲端整合佳	架構複雜、學習門檻高	新世代電視台、雲端製播
Evertz	超大型廣播系統	系統最完整、穩定性最高、國際賽事等級	成本最高、系統龐大	國家級電視台、奧運
EVS	體育與現場製作	慢動作最強、OB 車王者、過渡友善	雲端整合較弱	體育轉播、OB 車
SONY	攝影與影像整合	攝影機整合度最高、影像品質最佳	系統較封閉、彈性略低	演播室、現場製作

廠商系統比較圖

三、自動化控制

隨著 IP 化，攝影棚也逐漸導入機器人攝影系統，如 SHOTOKU 與 VINTEN 提供的自動化雲台、底座與搖臂，使攝影機可由遠端控制甚至自動追蹤主持人，這不僅可減少攝影人力，也提升畫面穩定度與運鏡精準度，使新聞與談話節目拍攝品質大幅提升。

SHOTOKU

由於現場製作需要高精準度流暢運動：廠商利用精準的電子控制和電機技術實現了流暢、高度可重複的拍攝動作。但是因為現場製作需要注意到安全，故加上安全性與障礙物偵測：配備碰撞偵測和距離感測器，可降低攝影棚內發生事故的風險。該底座配備了獨立的、全數位化的電子管理系統，與 Shotoku 整體控制系統協同工作，提供強大的遙控功能，可透過指尖操縱桿在所有控制軸（PTZFHXY）上實現精確移動。

另外除了腳架以外在任何廣播或直播電視環境中控制系統為至關重要。故設備商將所有鏡頭都儲存在攝影機控制系統的核心的硬碟上，因此每台攝影機幾乎可以儲存無限數量的鏡頭。鏡頭以縮圖的形式存儲，縮圖格式鏡頭可以隨機顯示，攝影機鏡頭可以儲存在任意網格位置，也可以按攝影機編號排列成列。同時也可以對於自動機器人底座或 SmartRail 軌道攝影機的系統，顯示攝影棚中所有攝影機的位置和狀態，以及下一個鏡頭的位置和為該區域定義的任何禁入區域。另外場景/預設功能與自動追蹤：可以設定和調用機器人運動預設(自動取景)。也可以使用 AutoFrame 實現自動追蹤校正。另外接頭靈活整合，可選接口為 SDI、NDI 以及（即將推出的）SMPTE-2110，直接從受控攝影機捕獲，可有效與現有廣播系統和第三方控制器整合。

<u>應用範圍</u>

SHOTOKU 全系列產品適合運用在新聞直播、資訊節目錄製、體育賽事直播、遠端製作/自動化攝影棚。

VINTEN

本次展示 FH-155 雲台採用輕量化設計，目前由於腳架需要加掛很多設備像是 IP 設備、電源、讀稿機、、追蹤裝置等，使得設備材質需要朝向輕量化設計，並內建 3 埠乙太網路交換機，可簡化與機器人底座和 IP 設備的整合。也因為這樣移動時幾乎是靜音，這對於節目錄製上要求極高的環境的理想選擇。
雲台的提供精確度的數據，確保虛擬實境引擎。同時腳架地面移動，因為有 StarTracker 光學追蹤系統，無需反覆重置位置，位置追蹤穩定，在大棚範圍內可精準定位，更強的虛擬製作與 VR／AR 應用能力，這大幅提升製作效率與鏡位準確性。

<u>應用場景</u>

VINTEN 全系列產品適合運用在大型電視直播與演播室、新聞節目／談話節目、虛擬製作與 VR/AR 整合、多攝影機自動化製作、直播與遠端監控，這些場景強調精確控制、自動化、多系統整合與高可用性。

四、NHK 名古屋支局參訪

NHK 位於名古屋的地方支局，採用 Lawo 的 IP 製播解決方案，其製播系統 IP 化是於 2022 年開始規劃，2024 年開始施工，2025 年建置完成，為 SDI+IP 混合式製播系統，作為日本地方電視台 IP 化轉型的示範基地。該系統整合原有 SDI 架構與最新 IP 技術，逐步將製作流程轉移至網路架構。

建置完成後，不僅支援 4K 即時製作，也成功導入遠端控播，使節目製作更彈性，人力配置與營運成本大幅降低，成為 NHK 全國推動 IP 化的重要實驗場。

NHK 也會因預算經費不足，無法一次購齊所需要的設備，只能分階段採購，也就造成同功能設備，因不同時期公開招標，購入的設備品牌不同，也因此衍生出許多設備相容度的問題。

在名古屋支局就發現，棚內通話系統有兩種品牌，一組跟棚內通話，一組跟主控通話，桌上就會有兩台控制設備，有點佔使用空間，另外攝影機也是有兩種品牌混搭成五機作業，顏色與調性的一致性是必須克服的課題，但 NHK 方面並不擔心設備相容度的問題，因為有專責的技術研究單位，會在採購前就先研究出相對應的解決方案。

名古屋副控室 IP 設備列表

設　　備	品 牌	型　　號
製播控制軟體	LAWO	VSM
IP Processor （IP 運算核心）	LAWO	HOME Apps x 4 （Multiviewer,DSK…）
IP Gateway （IP 轉換器）	LAWO	.edge（IP transfer, MUX/DeMUX）
Network switch （網路路由器）	Cisco	Nexus93240YC-FX2 x 2 Catalyst9300L-48T-4X x 3
Switcher （視訊切換台）	Panasonic	KAIROS AT-KC200T
Camera/CCU （攝影機控制單元）	SONY Ikegami	HDC-3500/HDCE-TX30 BSX100
MIXER（Primary） （成音控台）	CALREC	ARGO-S（CALREC. 36 Fader）
MIXER（Backup） （成音控台）	TASCAM	SonicView16
Lighting console （燈光控台）	TOSHIBA	Custom specification

副控室全貌

NHK 名古屋採用 Lawo 的 IP 製播解決方案。該空間是 NHK 邁向全面 IP 轉型的關鍵設施，採用 SMPTE ST 2110 標準進行音視頻傳輸。從照片背景可以看到大規模的電視牆，這是副控室的靈魂：

大型 4K/HDR 監視器群：最上方一排顯示的是系統狀態資訊、路由矩陣圖（Matrix）或網路流量監控，確保 IP 封包傳輸穩定。**另外**中間下排顯示各攝影機位、圖文包裝（CG）及外部訊號。在 IP 架構下，畫面是透過 **IP Multi-Viewer** 模組直接從交換機提取串流合成，延遲極低。桌面上分佈的小型螢幕（如 Sony BVM/PVM 系列）用於導播或 CCU（攝影機控制單元）人員進行色彩校正與細節檢驗。

IP 影像切換台（Video Switcher)：採用 **Panasonic KAIROS** 等支援 ST 2110 的切換台。**就人體工學上椅子較為要求講究**，反映了廣電從業人員長時間作業的需求，強調操作者的舒適度。

<u>機房視訊系統機櫃</u>

圖片中顯示了至少五座標準 19 英吋機架（Rack)，排列整齊且具備高度密集的佈線與散熱設計。機房通常採用散熱通道設計，確保伺服器與交換機能夠 24/7 不間斷穩定運行。

左邊機櫃為 IP 核心交換機（Core Switches)處理符合 SMPTE ST 2110 規範的非壓縮 4K/8K 影音流。這是 IP 化機房的心臟，負責將影音數據包準確分發至各個處理單元。

另外還有媒體伺服器與處理器（Media Servers / Gateways)位置：機架下半部密集的刀鋒式或 2U/4U 設備。功能負責將傳統的 SDI 訊號轉換為 IP 封包，或是反向轉換。

圖片中呈現紅色的吉祥物/角色畫面，類似於 NHK 的測試訊號或節目內容)。工程師可透過此終端直接進行設備設定、訊號路由管理以及狀態檢查（Health Check)。在這圖片中還有一點值得注意佈線工藝與管理；綠色線材：通常為高品質的類比/數位音頻線或特殊的同步線（PTP 同步)：藍

色/紅色/紫色線材：用以區分 Main（A）與 Backup（B）冗餘網絡（符合 ST 2022-7 規範）。機房是現代廣播技術的縮影。相較於傳統 SDI 機房，這種 IP 化設備機房具備更強的擴展性（Scalability），能應對從 4K 到 8K 甚至未來更高解析度的頻寬需求，是數位轉型基礎。

視訊切換台

深入研究 NHK 的副控室採用 Panasonic KAIROS AT-KC200T 的技術規格，這是一款基於 IT/IP 平臺的次世代切換台。Panasonic KAIROS AT-KC200T 的設計核心在於「IT/IP 中心化」。它並非單純的視訊切換器，而是一個基於 Linux 系統的伺服器平台，充分利用中央處理器（CPU）與圖形處理器（GPU）的運算能力來執行所有視訊處理任務 。這種架構使得 KAIROS 能夠脫離傳統 M/E 的概念，轉向一種無限制的、基於圖層（Layer-based）的製作模式，其靈活性與現代影像編輯軟體如 Photoshop 或 After Effects 相似，與傳統硬體導向的設備不同，它利用 GPU 進行影像處理，並全面支援 SMPTE ST 2110 標準。操作介面包含大型控制面板、搖桿及多功能觸控螢幕，這顯示了該系統具備極高的操作靈活性。

在傳統切換器中，如果一個 M/E 排只有四個鍵控器，那麼用戶最多只能疊加四層視訊（例如底圖、兩個側標與一個跑馬燈）。若需要更多層級，則必須佔用額外的 M/E 進行「重入」(Re-entry)，這增加了操作的複雜度並消耗了昂貴的硬體資源 。

KAIROS 則採用基於 GPU 的圖層架構。在單一場景中，用戶可以添加「不限數量」的圖層，唯一的限制在於 GPU 的總運算負載 。每個圖層都可以自由設定縮放、裁切、濾鏡以及 2.5D DVE 效果（包括繞 X, Y, Z 軸的旋轉）。這種靈活性使得複雜的開場畫面或多窗格合成可以在一個層級內輕鬆完成 。這應該是 NHK 可量選擇的要素之一。

音訊控制系統

NHK 名古屋副控室成音設備是非常先進。核心設備是 Calrec Argo S 系列 數位混音控制台。這款設備代表了音訊製作的頂尖水準，特別是在轉向 IP 化（AoIP）的趨勢下。Calrec Argo 是該品牌為了應對現代廣播挑戰（如 4K/8K 製作、大規模 IP 網路化）而推出的旗艦產品。Argo 系列完全基於 AES67 和 ST2110 標準。這意味著音訊訊號不再僅僅透過傳統的 XLR 或 MADI 傳輸，而是透過光纖網路進行高速交換，極大提升了系統的擴充性。

照片中可以看到多個觸控螢幕與實體推桿模組。Argo S 的特點在於其面板可以高度自定義，工程師可以根據製作節目的類型（如運動賽事或音樂直播）重新配置控制介面。另外**強大的處理能力（ImPulse 核心）：** 該控制台通常搭配 Calrec 的 ImPulse 核心，能處理多達數百個通道，並支援 **5.1.或 7.1.的沉浸式混音（Immersive Audio)**，這對於 NHK 積極推動的超高畫質（UHD）廣播至關重要。

照片中可以觀察到 NHK 名古屋針對工作效率的優化，主控制台上方的多個顯示器分別顯示電平表（Meters)、波形監控以及路由狀態。頂部的電視牆則顯示即時的視訊訊號（畫面中出現了吉祥物)，確保「音畫同步」的操作感。左右兩側巨大的主監聽喇叭（看似 Genelec 系列）提供了精準的聲場定位，這對於成音（Sound Dubbing）與混錄過程中的空間感建立非常關鍵。 左側架子上有額外的處理器和音效控制器，右下方則是整合了電腦控制界面（如滑鼠與鍵盤)，顯示這是一個軟硬體高度整合的工作站。

NHK 名古屋作為中部地區的重要放送局，承擔了許多大型活動與紀錄片的製作。 隨著 NHK 推廣 22.2 聲道或多聲道音訊，Argo S 的處理能力確保了聲音與 8K 高畫質影像的匹配度。由於採用 IP 架構，這套設備允許工程師在名古屋的控制室裡，直接混錄位於東京或其他現場傳回來的音訊訊號，降低了外場轉播車的壓力。

<u>攝影機控制器</u>

影像控制站的首要任務是確保多台攝影機在色彩、亮度與對比度上達成一致，這一過程稱為「調色」(Racking)。在 NHK 可以看到 Sony RCP-3500 系列與 Ikegami OCP-300 系列面板並列安裝，這代表具備混合控制不同廠牌攝影機鏈路（Camera Chain）的能力。

硬體配置上，RCP-3500 採用了操縱桿型（Joystick）的光圈（Iris）與（Master Black）控制區塊。這種設計允許視覺工程師在直播過程中進行極其微細的曝光補償，而操縱桿頂部的按鈕則通常配置為「預覽」（Preview）切換，能即時在監看器上切換至該攝影機的畫面 RCP-3500 的網路化能力是其核心優勢之一。透過支援 1000BASE-T 乙太網路連接與 PoE（乙太網路供電)，系統架構得以從昂貴且笨重的傳統 8-pin 專用電纜轉向標準化的 IT 基礎設施 。降低了佈線成本，還允許透過網頁 UI 進行遠端初始設定與維護 。此外，支援 HDR 操作流程，能夠管理 HDRC-4000 轉換單元的（All-Setting-File)，這對於現今 4K/HDR 的現場製作至關重要 。圖中右側並列的 Ikegami OCP-300。OCP-300 是一款支援多種網路架構的操作控制面板。這種設計讓舊款的 Ikegami 攝影機能透過 BSH-300 整合進現代化的網路架構中，延長了設備的使用壽命並保護了投資。

在混合廠牌的環境下，Sony 與 Ikegami 的控制面板共存，要求視訊工程師具備跨平台的技術認知。Sony 的色彩矩陣處理與 Ikegami 的自然膚色表現各有千秋，而 OCP-300 內建的直播中對色

域進行精細微調，這對於將 Ikegami 攝影機的畫面與 Sony 攝影機進行匹配至關重要。另外對講系統 RTS 面板如 KP-5032（2RU 規格）均採用了 Bosch 開發的 OMNEO 媒體網路技術 。OMNEO 結合了 Audinate 的 Dante 音訊傳輸協議與特定的控制協議，使對講系統能夠在標準的 IP 網路上運行，實現極低的延遲、無噪音的數位音訊品質以及極佳的擴展性 。

KP-5032 擁有 32 個撥桿鍵（Lever Keys），每個按鍵都具備多向操作能力（向上為監聽，向下為對講，或者自定義），並配備高解析度 TFT 彩色顯示屏，用於顯示頻道標籤和狀態訊息 。

圖中掛在控制台上的耳機為 Beyerdynamic DT 770 Pro。其強大的物理隔音能力使其成為噪音密集的控制室的理想選擇 。

DT 770 Pro 是一款「封閉式」（Closed-back）耳機，這意味著它能有效地將環境音（如其他人的交談聲、設備風扇聲）與操作員隔離，同時也防止耳機內的聲音漏出干擾他人 。在影像控制時，工程師需要監聽攝影機回傳的音軌，以確認現場環境音是否正常，或是在與攝影師通話時獲得清晰的語音反饋。圖中呈現的 Sony 與 Ikegami 共存環境，揭示了現代廣播工程的一個關鍵挑戰：如何讓不同廠牌的攝影機在同一個畫面中「看起來一樣」。即便在 RCP 上設置了相同的色溫數值，Sony 與 Ikegami 的感光元件（CMOS）對光譜的響應特性依然不同。Sony 的影像通常被認為具有更強的「數位感」與高對比度，而 Ikegami 則以其膚色的自然還原與豐富的中間調著稱 。

為了達成一致，工程師必須利用 OCP-300 或 RCP-3500 的「色彩矩陣」（Color Matrix）功能。進行單獨的飽和度與色相調整 。例如，如果發現 Sony 攝影機的紅色偏向橘色，而 Ikegami 偏向品紅，工程師會透過波形監視器上的「向量圖」觀察紅色分量的相位，並手動將兩者拉近至重合。如今，隨著 IP 技術的成熟，透過如 Sony CNA-2 網路適配器或 Ikegami IPX-100 IP 擴展單元，所有控制訊號都可以封裝進乙太網路封包中 。這使得工程師可以在控制室透過軟體定義的方式，快速將某個 RCP 面板指派給棚內的任意一台攝影機，極大地提升了機房的運用靈活性。

燈光控制系統

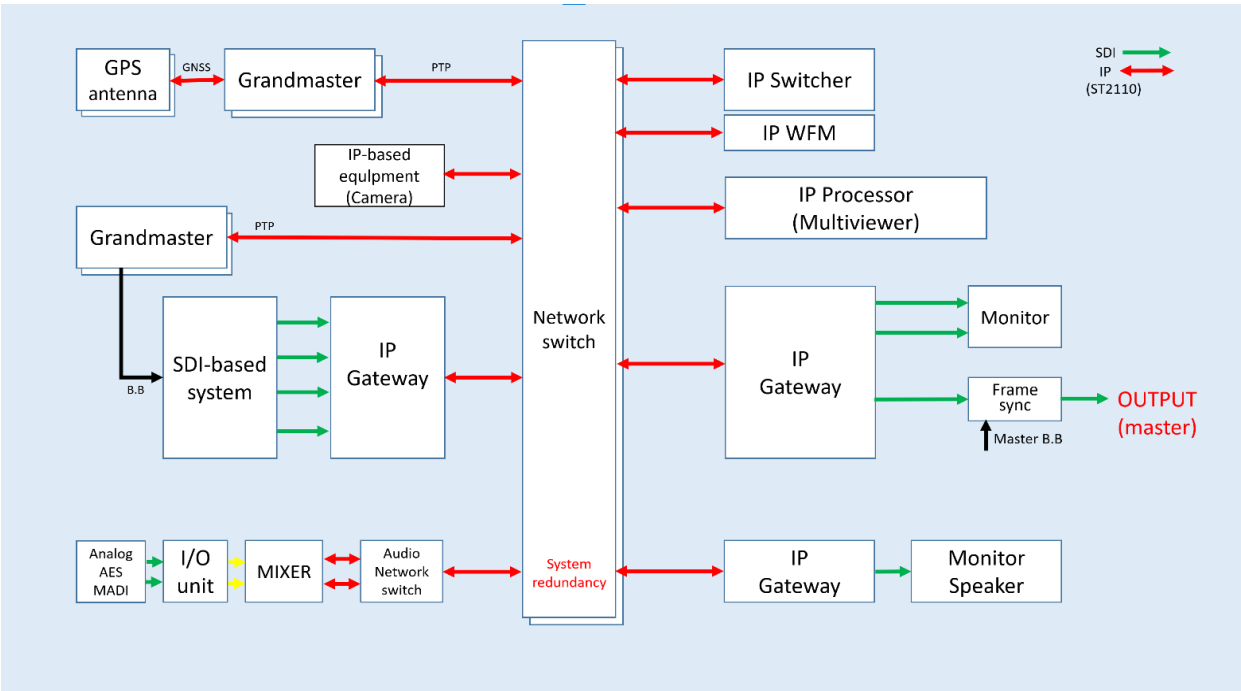
名古屋當地的主要廣播機構已逐步完成攝影棚的「全 LED 化」改修（例如名古屋電視台於 2022 年完成的 A、B 攝影棚更新），其採用的設備包括：LED 聚光燈：採用東芝萊特克（Toshiba Lighting & Technology）的產品，如 AL-LED-FSH6-L（取代 500W-1kW 鹵素燈，功耗僅 115W）或 AL-LED-FSG8-L（取代 1kW-2kW 鹵素燈）。

LED 廣角燈（Broadlights）：如 AL-LED-BRHT-L，用於提供大面積均勻補光。副控室燈光系統採用網路化管理（DMX 或乙太網路傳輸），支援「交叉運用控制」，即 A 攝影棚的控制可以遠端接管 B 攝影棚的燈光，確保播出不中斷。

攝影棚的腳架及雲台

圖為一套符合廣播製播標準之棚內攝影系統，其系統架構依循 SMPTE 規範建置，包含廣播級攝影機本體、B4 接環光學變焦鏡頭，以及具備雲台與升降功能之攝影底座。攝影機端完成影像擷取後，透過 SMPTE 光纖或多芯攝影機纜線將未壓縮或低延遲之 SDI 影像訊號傳輸至攝影機控制單元（CCU），同時整合 Genlock 同步訊號以確保多機位畫面時序一致，並回傳 Tally 指示、返送監看（Return Video）及 Intercom 通訊訊號，形成完整且穩定之雙向訊號流程，CCU 之輸出再銜接導播切換系統進行即時製播作業。相較於電影攝影機以單機獨立運作、後期製作為核心設計思維，此類廣播級攝影系統在棚內作業上更具優勢，主要在於其原生支援多機同步、即時導播切換、長時間連續運轉與集中式控制架構，無須仰賴外接轉換設備即可整合製播流程，並可有效降低延遲、熱當機與人為操作誤差風險。雲台與升降底座可精準執行 Pan、Tilt 及高度調整，特別適用於固定棚景、多機位、每日播出的新聞、談話性節目與高規格即時直播製作，整體系統設計核心著重於穩定性、可預期性與長期營運可靠度，屬於專為棚內製播環境最佳化之廣播級攝影棚基礎建設。

NHK 的 IP 系統圖架構圖



NHK 名古屋的 IP 副控室系統架構圖清晰地展示了這種示範轉移的案例。該系統不再圍繞著中心化的 SDI 矩陣切換器構建，而是建立在一個高性能、具備系統冗餘性的網絡交換機（Network Switch）基礎之上。在這個架構中，所有媒體設備——無論是攝像機、切換器、監視器還是音頻混音器—都被視為網絡上的端點。這種設計的核心優勢在於，它打破了傳統 SDI 路由的物理限制，使信號調度從物理層提升到了邏輯層，極大地增強了製播流程的可擴展性與彈性 。

分析 NHK 名古屋的系統架構，首先必須理解支撐其運行的技術標準。該系統的核心在於 SMPTE ST 2110，這是一套專為專業媒體環境設計的標準，旨在解決 IP 網絡上的實時、未壓縮媒體傳輸問題 。與先前的 ST 2022-6（將整個 SDI 信號封裝入 IP 包）不同，ST 2110 採取了拆分策略。这种方法的核心價值在於靈活性：如果一個端點只需要音頻數據（例如音頻監視器），它就不必接收並處理高頻寬的視頻包。這種細粒度的資源管理是 NHK 名古屋能夠在同一套基礎設施上處理多種製播任務的關鍵 。

ST 2110 主要子標準與功能分析

標準編號	技術名稱	功能描述與在 NHK 系統中的應用意義
ST 2110-10	系統時序與同步	基於 IEEE 1588 PTP 的網絡基準時鐘，確保所有 IP 流在時間軸上對齊
ST 2110-20	未壓縮主動視頻	規定了視頻像素數據在 RTP 封裝中的映射方式，支持 4K/8K 格式
ST 2110-21	流量整形與時序	規範發送端數據包的噴發特性，防止網絡擁塞與接收端緩衝溢出
ST 2110-22	壓縮視頻（JPEG XS）	適用於 8K 等超高頻寬場景的輕量化壓縮，減少網絡負擔且保持低延遲
ST 2110-30	PCM 數位音頻	基於 AES67 的音頻傳輸規範，支持多聲道音頻流的精確對齊
ST 2110-31	AES3 透明傳輸	支持非 PCM 音頻（如杜比數據）在 IP 網絡上的透明封裝與傳遞
ST 2110-40	輔助數據映射	將時碼、字幕、Tally 及 UMD 等元數據封裝入單獨的 RTP 流中

在 NHK 名古屋的架構中，這些標準不僅是數據傳輸的規範，更是系統互操作性的保障。通過將視頻、音頻與數據流解耦，副控室的操作員可以根據製作需求，靈活地將不同的音頻源與視頻源進行組合，這在傳統 SDI 系統中需要昂貴的嵌入與解嵌入設備才能完成 。

PTP（Precision Time Protocol）系統分析

在架構圖的左上角，可以看到 GPS 天線（GPS antenna）與 Grandmaster（主時鐘）系統。這是整個 IP 副控室系統的「心跳」。在傳統的 SDI 系統中，同步依賴於信號（Black Burst,BB）或同步（Tri-level Sync）的物理線纜傳輸。但在 IP 網絡中，必須使用基於數據的同步技術。

Grandmaster 與 GNSS 鎖定

圖中顯示了冗餘配置的 Grandmaster 設備。每台 Grandmaster 通過 GNSS（全球導航衛星系統）獲取精確的原子鐘時間。在 IP 環境下，PTP（IEEE 1588-2008）提供微秒級甚至納秒級的時間基準，這對於確保不同設備發出的視頻流與音頻流在終端能夠實現完美的對齊（唇音同步）至關重要 。

Grandmaster 是最佳主時鐘算法（Best Master Clock Algorithm, BMCA）來實現的。系統會自動檢測當前網絡中精度最高、最穩定的時鐘作為主導（Leader）。如果主 Grandmaster 出現故障或失去衛星鎖定，備用 Grandmaster 將會在毫秒級的時間內接管，而不會對正在進行的直播產生任何視覺上的干擾 。

網絡交換機中的 Boundary Clock 功能

值得注意的是，架構圖中的網絡交換機（Network Switch）在 PTP 傳遞中扮演著至關重要的角色。在廣播級 IP 系統中，交換機通常被配置為「邊界時鐘」(Boundary Clock)。它會從 Grandmaster 獲取時間，然後在內部校正交換機內部的處理延遲，再分發給下層設備（如攝影機或切換器）。這種機制有效減少了 Grandmaster 的負載，並消除了由於網絡抖動（Jitter）造成的時間誤差，是穩定傳輸未壓縮 4K 視頻流的先決條件 。

具備冗餘性的高性能網絡交換矩陣

NHK 名古屋系統的核心是一個標註為「Network switch (System redundancy)」的大型組件。這代表了系統的交換矩陣。在 IP 化浪潮中，工程師不再維護 SDI 矩陣，而是轉而維護 IT 級別的骨幹交換機。這通常採用思科（Cisco）Nexus 系列或 Arista 等具備廣播優化功能的交換機 。

系統冗餘與 SMPTE ST 2022-7 技術

圖中特別強調了「System redundancy」，這暗示了該系統實施了 SMPTE ST 2022-7 標准，即「無縫保護切換」。在這種配置下，每一路媒體流都會被複製成兩份完全相同的包序列，分別通過兩個物理隔離的網絡（通常稱為紅網和藍網）傳輸

接收端設備（如 IP Gateway 或 IP Switcher）會同時監聽這兩個網絡。如果其中一個數據包在紅網中丟失，接收器會自動從藍網中提取對應的包，這確保了即使在網絡發生嚴重故障（如某台交換機斷電）的情況下，最終的廣播輸出依然是完整無缺的。這在 NHK 承擔的地震預警或重大新聞播報等任務中是不可或缺的保障 。

IP Switcher、WFM 與 Multiviewer

在核心交換矩陣的右側，多個關鍵的 IP 端點。這些設備直接通過 ST 2110 接口連接到交換機，不再需要繁瑣的 SDI 轉換。

IP Switcher（視頻切換器）

IP Switcher（如 Sony XVS-9000 或 XVS-G1）是副控室的核心製作工具。它不再接收固定的 SDI 電纜，而是根據需求，動態地從網絡中所需的訊號（Multicast Streams）。這種方式極大地擴展了切換器的輸入能力，使其不再受限於後面板上的物理接口數量 。

IP WFM 與 IP Processor (Multiviewer)

IP WFM（波形監視器）和 IP Processor（通常用於生成多畫面監視器）同樣具備 IP 本地處理能力。多畫面監視器（Multiviewer）是 IP 化優勢最明顯的部分之一。在 SDI 時代，構建一個 64 畫面的多畫面系統需要巨大的布線工程；而在 IP 系統中，IP Processor 只需要通過一個或幾個 100G 接口連接到交換機，就可以從網絡中任意調取數百路視頻信號進行縮放與合成 。

IP Gateway 的角色

分析架構圖的中左部，可以看到「SDI-based system」通過「IP Gateway」連接到核心網絡。這反映了 NHK 名古屋在轉型過程中的現實考量：電視台不可能在一夜之間更換所有舊有的 SDI 設備。IP Gateway（IP 網關）扮演著封裝器與解封裝器（De-encapsulator）的角色。它將舊有設備輸出的 SDI 信號轉換為符合 ST 2110 標準的 IP 包，反之亦然。這允許 NHK 在保留高品質舊有錄影機或專業特效處理器的同時，享受 IP 網絡帶來的調度靈活性 。

在圖中，IP Gateway 具備多路 SDI 輸入輸出。這通常採用高度集成的平台，如 Imagine Selenio Network Processor（SNP）或 Sony NXLK-IP50Y。這些設備不僅僅做格式轉換，往往還具備幀同步（Frame Sync）、色彩空間轉換（HDR/SDR）以及音頻映射功能，是系統中極其重要的「瑞士軍刀」 。

從 MADI 到全網絡化音頻

架構圖的左下角展示了複雜的音頻處理鏈路。音頻在 IP 化過程中通常領先於視頻，因為其頻寬要求較低，技術更為成熟 。

多樣化格式的匯聚

系統支持類比（Analog）、AES 數位音頻以及 MADI（多聲道音頻數位接口）。這些信號進入 I/O unit 後，通常被轉換為基於網絡的音頻協議。雖然視頻端主要使用 ST 2110-30，但在音頻製作內部，Dante 或 AES67 往往是首選，因為它們具備更強的路由管理與即插即用特性 。

獨立的音頻網絡交換機

值得注意的是，系統中存在一個專門的「Audio Network switch」。這是一種常見的最佳實踐，旨在將頻繁且微小的音頻包流量與巨大的視頻包流量隔離開來，防止視頻突發流量造成的抖動影響音頻的實時性。最終，這個音頻網絡會通過骨幹鏈路連接到主網絡交換機，實現視音頻的全面匯聚與同步 。

Master Output 的嚴謹設計

在架構圖的右側中下部，展示了系統的最終輸出（Master Output）。這是一路最關鍵的信號，決定了觀眾最終看到的畫面質量與穩定性。

Frame Sync 與 Master BB 的作用

在這裡，IP Gateway 將網絡中的 IP 流轉換回 SDI。令人關注的是，在最終輸出前設有一個「Frame sync」（幀同步器），並接收「Master B.B.」（主黑場同步）信號。這揭示了廣播製播中一個深刻的洞察：即使內部是全 IP 化的，但在與外部發射機、衛星上行鏈路或傳統主控室對接時，仍然需要一個穩定且符合傳統頻率規範的基準。這台 Frame Sync 確保了輸出信號在相位與頻率上完全符合廣播規範，消除了 IP 網絡中可能存在的任何微小時間漂移

圖中的「IP Processor」或「IP Gateway」可能整合了 JPEG XS 編解碼功能。JPEG XS（ST 2110-22）是一種「視覺無損」且「極低延遲」的輕量級壓縮算法。它能將 8K 信號壓縮到 10G-20G 左右，從而使其能夠在現有的 IP 基礎設施上流轉。這對於 NHK 進行 8K 節目的後期處理與遠程製作至關重要，也是名古屋副控室未來十年不落伍的關鍵技術儲備 。

營運衝擊與工程維護的典範轉移

從這張架構圖中，我們可以看到廣播工程師角色的轉變。在過去，維修副控室意味著使用示波器測量電壓與相位；而現在，維修 NHK 名古屋的系統則意味著使用 IP 分析儀（如 Telestream PRISM）檢查 RTP 包的抖動、PTP 的偏移值以及網絡交換機的隊列狀態 。

實時監控與故障診斷

在 IP 系統中，故障往往是「非黑即白」的。一旦 PTP 失去同步或緩衝區溢出，畫面會直接消失或產生嚴重的數位破碎。因此，架構圖中雖然未標出，但配套的網絡遙測（Telemetry）系統是系統運行的保障。通過 SNMP、gNMI 或專用日誌協議，管理員可以實時監控交換機背板帶寬的使用率，在問題發生前進行預警 。

總結與未來展望

NHK 名古屋 IP 副控室系統架構圖揭示了一個成熟、高度冗餘且具備強大擴展性的現代媒體製播體系。它通過 SMPTE ST 2110 實現了媒體流的解耦，利用 PTP 建立了精確的時間基準，並藉由 ST 2022-7 確保了廣播級的可靠性。

這種架構不僅僅是設備的簡單堆疊，它代表了廣播技術與 IT 技術的深度融合。隨著未來 AI 驅動的自動化剪輯、雲端虛擬化切換以及更廣泛的 8K 應用，這種基於網絡交換機的開放式架構，將為 NHK 提供無限的升級空間。名古屋放送局的這套系統，無疑為全球廣播機構在全 IP 化轉型的道路上，樹立了一個具備高度參考價值的技術標杆。

這套系統的成功實施，證明了在大規模、高頻寬需求（如 4K/8K）的專業廣播環境下，IP 網絡不僅能夠勝任傳統 SDI 的所有功能，更能在營運靈活性與資源利用率上提供質的飛躍。NHK 名古屋副控室將在未來數年內，繼續引領廣播技術向更高清、更智能、更互聯的方向邁進。

小結

NHK 名古屋局的製播 IP 化進程：

1. 製作流程 IP 化正在逐步引入，包括內部編輯、素材傳輸、遠端操作等階段。
2. 遠端製作與控制的 IP 運用是未來重點。
3. 局內 IP 與 SDI 混合運作為當前模式；完全切換需長期設備更新計畫。
4. 名古屋局將與 NHK 全國同策略統一資源與技術框架。

NHK 已在部分運動賽事、演唱會、新聞直播中實測 IP 化架構，包含遠端導播與多地協作，並逐步導入全 IP 設備與網路化製作流程，更計畫完成更多地區攝影棚的 IP 化，未來 NHK 影視中心與全 IP 攝影棚會更普及，將成為日本媒體製作的新標準，帶來更高效率、更靈活、更科技化的製作環境。

五、結語與未來規畫建議

隨著 NHK 逐步導入全 IP 設備與網路化製作流程，製播系統 IP 化應是未來的方向，應著 NHK IP 化的進程與成功經驗，我們應借鏡 NHK 。

遵循國際標準

IP 製播系統主要依循 SMPTE 與 AMWA 所制定之核心標準，構成完整的影音、控制與同步體系：為了讓不同廠牌設備能在同一套系統中順暢合作，廣播產業制定了一系列國際標準，確保影像、聲音與控制訊號都能在 IP 網路中準確傳輸。

採用國際標準 SMPTE ST 2110：使影像支援 4K 高畫質甚至 8K 影像的即時傳輸，畫質與延遲表現皆可達廣播等級。使音訊可同時處理數十甚至上百聲道，確保大型節目與體育賽事中複雜音效的同步與品質。同時可承載字幕、時間碼、控制資訊及其他附屬資料。

透過 PTP 精準時間同步技術：使所有設備可在微秒等級內保持一致，避免影像與聲音不同步。

透過 NMOS 協議：讓所有設備可自動「互相認識」，工程師只需在系統中點選即可完成路由設定，大幅降低操作複雜度。

搭配 JPEG XS 壓縮技術：在跨城市遠端製作中，在保持高畫質的同時，大幅降低頻寬需求。

透過這些標準體系，可形成一套高度互通、具長期擴展能力且不受單一廠商綁定的 IP 製播生態系統，使系統具備長期演進與升級的彈性。

循序漸進地規劃與建置

建置主核心網路架構

製播系統 IP 化的關鍵在於穩定、高速的網路環境。建議採用 **Spine-Leaf 架構**，搭配 25G、40G 或 100G Switch，並支援 Multicast（IGMP v2/v3）、PTP 時間同步、QoS、VLAN 與網路冗餘設計。同時，廣播等級的 Switch 能提供更穩定的訊號傳輸，不同於一般辦公室用 Switch。建議預留至少 30－40% 頻寬，以因應突發流量與未來擴充需求。

局部系統設備 IP 化

為降低初期成本與風險，可先從單一子系統開始，例如副控製播設備、訊號中心或主控播出設備逐步 IP 化，確保系統穩定後，再逐步推廣到整個製播環境。如此可讓團隊熟悉 IP 化流程，並逐步解決兼容性與操作問題。

SDI 與 IP 混合運作

在過渡期間，部分 SDI 設備仍可沿用，透過 **IP Gateway** 進行訊號轉換，不僅節省經費，也維持現有製播作業不中斷。混合運作能夠有效降低初期投資，並作為完整 IP 化的過渡方案。

導入遠端控制與製作

當 IP 系統穩定後，遠端製作（REMI）便可以成為常態。外場只留攝影機和編碼器，導播、錄影、CG 全部回到副控室完成。人力成本下降，外場部署更快，同一團隊可以同時支援多場活動。這不只是設備升級，同時也提升製播效率與彈性。

製播流程的改變，須跨部門協調

不同的節目型態其製播的作業流程也不同，無論是預錄還是 LIVE 直播，從前製、錄播、後製到主控播出，其影響橫跨訊號中心、副控製播、後製剪輯與主控播出等多個部門。

製播系統 IP 化並非單一技術單位可獨立完成，且將直接改變既有工作流程。因此，建議成立跨部門專案研究小組，成員應涵蓋視訊、成音、燈光、後製、美術動畫、資管與資安、訊號中心與主控工程等相關人員。透過共同討論與規劃，才能在兼顧製播需求、系統穩定性與資安要求的前提下，研擬出最適合公視基金會的製播設備 IP 化整體解決方案。

製播系統 IP 化是廣播與新媒體環境正在進行的課題。它能顯著提升製播彈性、降低成本、支援多平台輸出與遠端製作，同時與新媒體及雲端整合無縫對接。採取循序漸進的建置策略、遵循國際標準、並建立跨部門協作機制，是確保 IP 化成功的關鍵。如此，便可建立更具彈性、可擴充且符合未來需求的製播平台。製播系統 IP 化，不只是技術上的更新，更是讓節目製播更彈性、更高效，也更能應對未來多變的需求。

針對公視未來 IP 計畫建議

借鏡 NHK 名古屋的成功與挑戰，針對公共電視在 116-118 年規劃建設中的 IP 化工程，提出以下逐項建議報告。

嚴格遵循國際標準並強化互通性檢測（Interoperability）

可能遇到問題：IP 化系統最容易出現的問題是不同廠牌設備間的「NMOS 協議」相容性問題。

建議措施：

1. **採用 SMPTE ST 2110 家族標準**：包含影像（-20）、聲音（-30/-31）、元數據（-40）及時序（-10）。
2. **強制要求 AMWA NMOS (IS-04/05/08)**：這是設備自動註冊與連接管理的關鍵。公視應要求參與投標的廠商提供 JT-NM Tested 的測試報告，確保設備能真正「即插即用」而非僅能操作於封閉系統中 。
3. **實施 PTP 安全管理**：參考 NHK 經驗，應建置冗餘的 Grandmaster 與邊界時鐘交換機。同時需依據 SMPTE ST 2059-2 進行監控，防止流氓時鐘（Rogue Master）進入播控網路。

分階段採購中的品牌相容性與資產保護

注意事項： 如 NHK 案例所示，預算不足可能導致分階段採購，進而產生品牌混搭後的顏色、控制及對講系統整合問題。

建議措施：

1. **建立跨品牌的「色彩基準表」**：在採購計畫中應編列預算進行高品質 HDR 螢幕的定期校正，並建立 Sony 與 Ikegami 等不同感光元件間的色彩轉換對照（LUTs） 。
2. **統一控制層軟體**：建議採購如 Lawo VSM 或 Evertz MAGNUM-OS 等中立於硬體廠商的編排系統（Orchestration System），這能整合不同時期的採購設備，維持操作介面的統一 。
3. **解決對講系統的整合負擔**：NHK 在名古屋支局發現不同品牌的通話系統佔據了兩台桌上設備。公視應優先選擇支援 Dante 或 AES67 標準的 IP 對講面板，實現「單一面板、多路通訊」，優化桌面空間 。

網路架構設計之頻寬預留與資安防護

注意事項： 4K 訊號流量龐大，一旦網路擁塞或遭受資安攻擊，將直接造成播中斷。

建議措施：

1. **部署 Spine-Leaf 網路拓撲**：核心交換機（Spine）應具備 100Gbps 或更高之頻寬，邊緣交換機（Leaf）則應支援多速率接入。建議預留至少 30－40% 的頻寬餘裕，以應對 8K 測試或突發的大型製作需求 。
2. **落實 SMPTE ST 2022-7 冗餘設計**：關鍵播控路徑必須具備雙網路冗餘，確保單點故障不影響輸出 。
3. **強化網路資安隔離 (Cybersecurity)**：參考 BCP-003-01 規範，製播網路應與辦公室網路實體隔離。管理控制介面（Out-of-band Management）應具備傳輸層加密，並限制存取控制清單（ACL） 。

人才轉型與跨部門協作機制的建立

注意事項： IP 化不僅是技術更新，更是對傳統導播、攝影與工程人員工作流的巨大挑戰。

建議措施：

1. **成立跨部門專案研究小組**：成員應包含製作部（製播）、工程部（維運）、資訊部（網路/資安）以及內容部（數位內容）。這種橫向連結能確保系統設計真正符合製播需求且兼顧資安 。
2. **推動「廣播工程師 IT 化」培訓**：116-118 年計畫應編列專項教育訓練預算。培訓內容應從傳統的示波器使用轉向 IP 封包分析、Linux 伺服器維護及網路協議診斷 。
3. **建立「容錯學習文化」**：數位轉型過程中難免出現技術磨合期，公視管理層應支持員工在實驗室環境中進行技術試點，降低正式播出時的操作風險 。

遠端製作（REMI）與雲端整合的未來佈局

注意事項：未來 116-118 年，外場轉播的需求將更為靈活，單純靠昂貴的 OB 車已非唯一解方。

建議措施：

1. **建置輕量化外場 IP 接入點**：在外場部署高密度的 SDI/IP Gateway（如支援 JPEG XS 壓縮技術），利用一般網路線或 5G 鏈路回傳訊號，讓導播在總部副控室就能進行遠端控播 。
2. **探索混和雲製播架構**：對於即時性要求較低的新媒體內容，可考慮將非線剪輯與素材管理平台移至公有雲，實現跨地域的檔案共享與協作 。
3. **因應 ESG 與節能需求**：IP 化設備密度高，應在機房設計中納入高效冷卻與電力監測系統，符合全球節能減碳趨勢