

Lecture 4 : SAP HANA 進階架構 與 通用日記帳 (Universal Journal)

編撰：國立屏東大學 周國華老師 日期：2026-03-11

一、課程回顧與導論

上週我們了解到 SAP HANA 透過「記憶體式運算 (In-Memory)」與「欄式儲存 (Column Store)」大幅提升了讀取速度。然而，欄式儲存雖然讀取快，但在「寫入 (Write)」與「更新 (Update)」時通常較慢，因為需要耗費高昂的成本進行解壓縮與重排數據。

這對需要頻繁記錄 (Insert) 的 ERP 系統是個極大的挑戰。本週我們將探討 HANA 如何解決寫入機制的瓶頸 (用 Delta Merge)，以及它如何透過運算典範轉移 (Code Pushdown) 與資料庫設計哲學的顛覆 (反正規化)，最終促成會計系統的「大一統」(ACDOCA)。此外，我們也會一窺現代 ERP 如何與外部系統進行生態系整合。

二、HANA 的寫入機制：Delta Merge (增量合併)

為了兼顧讀取與寫入效能，HANA 的資料表在記憶體中被劃分為兩個區域：

1. **Main Store (主儲存區)**：存放絕大多數的資料 (90% 以上)，且資料經過高度壓縮 (Read-optimized)。此區特性為唯讀 (Read-only) 或極少變動，大而省，專存舊資料，不適合頻繁寫入。
2. **Delta Store (增量儲存區)**：存放最新寫入或修改的資料，未經高度壓縮 (Write-optimized)。此區特性為小而快，專收新資料，寫入速度極快。

Delta Merge (增量合併的過程)：當我們新增一筆交易紀錄時，系統會先將資料寫入 Delta Store。當 Delta 區累積到一定量，或系統閒置時，HANA 會自動觸發 Delta Merge，將 Delta 區的資料整理壓縮並合併到 Main Store 中。

生活化類比：Delta 區就像是平時隨手記在便條紙上（速度快），Main 區則是正式帳本（整齊但寫入慢）。Merge 就是每天晚上把便條紙整理抄寫進帳本的過程。這項機制解釋了為什麼 S/4HANA 可以同時處理大量交易 (OLTP) 又能即時產出報表 (OLAP)。

三、運算典範轉移：Code Pushdown (程式碼下推)

這是 SAP S/4HANA 效能优化的核心邏輯。

- **傳統模式 (Data-to-Code)**：應用程式 (AP Server) 把大量資料從資料庫 (DB) 搬出來，隨後在應用層進行加總與計算。缺點是網路傳輸量大 (Network Traffic)，導致運算緩慢。這就像是把所有食材 (Data) 全部搬到廚房 (App Layer) 才開始切。

- **HANA 模式 (Code-to-Data)**：將運算邏輯 (Code) 推送到資料庫層 (DB Layer)。這就像廚師 (Logic) 直接去倉庫 (DB Layer) 切好食材，最後只拿成品出來。HANA 在記憶體中直接完成複雜計算（如折舊、成本分攤），並且只回傳「計算結果」給應用程式。

帶來的效益：這項技術大幅減少了資料搬移，並充分利用 HANA 強大的多核心平行運算能力，實現「實時運算」，讓報表從「跑 3 小時」變成只需「跑 3 秒」。

四、破除傳統包袱：SAP HANA 的反正規化 (De-normalization) 哲學

嚴格來說，SAP HANA 的架構設計不僅沒有追求高度的「正規化 (Normalization)」，反而走向了「反正規化 (De-normalization)」或稱為「簡化資料模型 (Simplified Data Model)」的道路。

- **傳統 RDBMS 的正規化包袱**：過去為了節省昂貴的硬碟空間並確保一致性，資料庫嚴格遵守正規化。代價是產出報表時必須執行大量複雜的 JOIN（合併多張表格），嚴重拖垮效能。為了解決查詢慢的問題，又不得不額外建立一堆「彙總表 (Aggregate Tables)」與「索引表 (Index Tables)」，反而再次造成資料冗餘。
- **HANA 為什麼敢於選擇「反正規化」？**

1. **欄式儲存的極致壓縮**：HANA 透過「字典壓縮」技術，能將欄位中重複性極高的資料（如幣別都是 USD）壓縮至原本的 10% 到 20%。因此，「資料冗餘」不再是儲存成本的負擔。
2. **記憶體運算的即時聚合**：因為 CPU 直接在記憶體中運算速度夠快（毫秒級），系統不再需要預先算好並存放在「彙總表」中，直接從原始明細資料即時加總即可。

核心理念：主檔數據（如 KNA1、MARA）依然保持關聯性，但在「交易數據」上，HANA 用「寬表 (Wide Tables)」取代多表 JOIN，用「強大的運算與壓縮能力」換取架構的簡化與分析效能。

五、會計人的革命：Universal Journal (通用日記帳)

HANA 反正規化哲學最著名的實例，就是 S/4HANA 財務模組中的 **ACDOCA** 表，這是與傳統 ERP (ECC 版本) 最大的不同。

1. **過去的痛點 (Before S/4HANA)**：在 ECC 時代，財務會計 (FI)、管理會計 (CO)、資產會計 (AA) 與物料帳 (ML) 各自有獨立的表格（如 BKPF, BSEG, COEP）與彙總表。這導致月底結帳成為惡夢，會計人員需花大量時間進行「對帳 (Reconciliation)」，例如必須查明為何 FI 說賺了 \$100，而 CO 卻說賺 \$98。

2. **革命性解方 (Table ACDOCA)**：SAP 創造了一張包含數百個欄位的超級大表（寬表），技術名稱為 **ACDOCA (Accounting Document Actual)**。它將所有的財務與管理維度全部「攤平」合併在同一張記錄中，實現 "One Table to Rule Them All"。它提供了 **Single Source of Truth (單一真相來源)**。ACDOCA 包含的核心欄位有：總帳科目、成本/利潤中心、資產編號、物料編號以及多種幣別。

3. Universal Journal 的強大效益

- 無需對帳：FI 和 CO 的數據來源是同一筆紀錄，徹底消除了複雜的 JOIN 與模組間的對帳問題，永遠不會不平。
- 多維度分析：可以在同一張報表中同時看財務數據（科目）與管理數據（成本中心、產品別）。
- 擴充性：支援多幣別以及多會計準則 (IFRS/GAAP)。
- 即時結帳 (Real-time Closing)：隨時都可以是月底 (Soft Close)。
- 鑽取分析 (Drill-down)：可從報表總數直接點擊鑽取到最原始的單據。

圖示：ACDOCA 表 資料結構 (部分內容)

Field	Key	Initial Values	Data element	Data Type	Length	Decimal Places	Short Description	Group
RCLNT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	MANDT	CLNT	3		0 Client	
RLDNR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FINS_LEDGER	CHAR	2		0 Ledger in General Ledger Accounting	
RBUKRS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BUKRS	CHAR	4		0 Company Code	
GJAHR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	GJAHR	NUMC	4		0 Fiscal Year	
BELNR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BELNR_D	CHAR	10		0 Accounting Document Number	
DOCLN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	DOCLNG	CHAR	6		0 Six-Character Posting Item for Ledger	
RYEAR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	GJAHR_POS	NUMC	4		0 General Ledger Fiscal Year	
DOCNR_LD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FINS_DOCNR_LD	CHAR	10		0 Ledger specific Accounting Document Number	
RRCTY	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	RRCTY	CHAR	1		0 Record Type	
.INCLUDE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACDOC_SI_00	STRU	0		0 Universal Journal Entry: Transaction, Currencies, Units	TRANSACTION_CURR_UNIT
RMVCT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	RMVCT	CHAR	3		0 Transaction type	
VORGN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	VORGN	CHAR	4		0 Transaction Type for General Ledger	
VRGNG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CO_VORGANG	CHAR	4		0 CO Business Transaction	
BITYPE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FINS_BITYPE	CHAR	4		0 Business Transaction Type	
AWVCT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AWVCT	CHAR	5		0 Reference procedure	
AWSYS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AWSYS	CHAR	10		0 Logical system of source document	
AWORG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AWORG	CHAR	10		0 Reference Organizational Units	
AWREF	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AWREF	CHAR	10		0 Reference document number	
AWITEM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FINS_AWITEM	NUMC	6		0 Reference Document Line Item	
AWITGRP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FINS_AWITGRP	NUMC	6		0 Group of Reference Document Line Items	
SUBTA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FINS_SUBTA	NUMC	6		0 Partial Document to be balanced to zero	
XREVERSING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FINS_XREVERSING	CHAR	1		0 Indicator: Item is reversing another item	
XREVERSED	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FINS_XREVERSED	CHAR	1		0 Indicator: Item is reversed	
XTRVEREV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FINS_XTRVEREV	CHAR	1		0 Indicator: True reversal (i.e. cancellation)	
AWVCT_REV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AWVCT_REV	CHAR	5		0 Reversal: Reference Transaction of Document To Be Reversed	
AWORG_REV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AWORG_REV	CHAR	10		0 Reversal: Reverse Document Reference Organization	
AWREF_REV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AWREF_REV	CHAR	10		0 Reversal: Reverse Document Reference Document Number	
SUBTA_REV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FINS_SUBTA_REV	NUMC	6		0 Reversal: Partial Document to be balanced to zero	
XSETTLING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	FINS_XSETTLING	CHAR	1		0 Indicator: Item is settling or transferring another item	

六、CDS Views (Core Data Services) 簡介

雖然 ACDOCA 表非常強大，但它包含了數百個欄位，對於人類來說難以直接閱讀與應用。CDS Views 是一種「虛擬資料模型 (Virtual Data Model)」，它能幫使用者從底層複雜的資料表中，定義出容易理解的業務視圖（例如：「2025 年第一季銷售總表」），把資料庫語言轉譯成業務語言。這也是現代 ERP 進行數據分析，以及連接 Fiori 介面、Power BI 等外部應用的重要基礎。

1. 結合「程式碼下推 (Code Pushdown)」的具體實踐：CDS Views 不僅僅是傳統的資料庫檢視表 (Database View)。它允許我們將複雜的會計商業邏輯 (例如：即時匯率轉換、折舊計算、IFRS 報表層級分群) 直接寫在 HANA 資料庫層。當前端系統請求資料時，所有沉重的運算已經在底層瞬間完成，只將最終結果回傳，這正是 Code Pushdown 的完美展現。

2. 實現「嵌入式分析 (Embedded Analytics)」與即時決策：過去，企業必須在半夜將 ERP 的交易資料「倒出 (Extract)」到另一個獨立的資料倉儲系統 (如 SAP BW)，隔天主管才能看到報表，資料永遠存在時間差。透過 CDS Views 直接建構在 HANA 記憶體資料庫上，會計人員與高階主管可以打開 Fiori 介面，直接看到「當下這一秒」的即時視覺化營運儀表板。交易發生的瞬間，圖表數字立刻跳動。

3. 無縫串接主檔與交易檔的橋樑：ACDOCA 雖然統整了交易數據，但裡面記錄的通常是代碼 (如客戶代碼 KUNNR、物料代碼 MATNR)。CDS Views 可以在不複製實體資料的前提下，在系統後台將 ACDOCA 與主檔 (如 KNA1 客戶主檔, MARA 物料主檔) 預先 JOIN (合併) 起來。因此，當稽核人員或主管使用 Power BI 或 SAP Analytics Cloud 撈取資料時，拉出來的就不會只是難懂的代碼，而是自帶「客戶名稱」、「產品類別」等具備完整業務意義的分析視圖。

4. 現代 ABAP 程式開發的新標準 (課程後段預告)：在我們這學期最後幾週的「ABAP 客製化程式開發」單元中，同學將會親自動手寫程式來驗證這個強大的技術。過去傳統的 ABAP 工程師必須在應用層寫長篇大論的 SQL 語法，辛苦地把多張底層實體資料表 JOIN 起來撈資料；但現在，我們會教導同學直接在 ABAP 程式中呼叫已經建立好的 CDS Views 來撈取資料。這不僅讓程式碼變得極度簡潔、大幅降低維護成本，更完美落實了「將沉重運算交給底層 HANA 資料庫」的現代化 ERP 開發思維。

生活化類比：如果說底層的 ACDOCA 和各種主檔是存放海量食材的「大倉庫」，那麼 CDS Views 就是廚師預先配好的「標準化食譜與半成品」。前端的 Fiori 報表、Power BI 分析，或是我們未來要寫的 ABAP 程式，都只需要簡單地「點餐」(呼叫 CDS View)，就能立刻端出精確的數據料理，而不需要每次都跑去倉庫從頭挑選與清洗食材。(請參考補充講義：CDS Views 類型與實務查詢範例)

七、實務視角：SAP S/4HANA 的外部資料庫整合生態系

初學者常有一個疑惑：「既然 S/4HANA 規定只能用 HANA 資料庫，為什麼我們在系統狀態 (如 DB02 / DBACOCKPIT) 中，還會看到 Microsoft SQL Server 或 Azure 的連線？」

在企業真實環境中，S/4HANA 的核心主資料庫確實是 SAP HANA，但現代 ERP 不再是資訊孤島。SAP 支援 外部資料連線 (Secondary Database Connection)，用以整合企業的資料生態系。

常見的外部連線應用情境包含：

1. 與資料倉儲 / BI 系統整合：將 SAP 資料提供給 SQL Server Data Warehouse 或 Power BI 進行經營決策報表分析。
2. 與舊系統 (Legacy Systems) 整合：讀取企業過去留在 Oracle 或 MySQL 中的歷史客戶與舊訂單資料。
3. 雲端與外部應用整合 (如 Azure)：整合雲端 AI 分析平台、IoT 數據，或讓 ABAP 程式直接讀取外部的信用評分系統資料。

學習重點：現代企業的資料環境是「多資料來源」。SAP S/4HANA 在這裡扮演的是強大的「整合核心平台」，帶動企業的數位轉型。

圖示：SAP GBI 教學系統的資料庫連結

The screenshot shows the SAP Database Connections configuration screen. The interface includes a navigation menu on the left, a top bar with the SAP logo and 'Database Connections' title, and a main content area. The main area displays a table of remote database connections with columns for Remote Database Connection, DB Name, DB Host, DB Schema, User Name, Permanent, Max. Connections, and Opt. Connections. The table lists connections for SAP HANA database, HANA B4H, Microsoft SQL Server, AZURE, and EEPDB. A status bar at the bottom indicates 'Database connection DEFAULT established successfully'.

Remote Database Connection	DB Name	DB Host	DB Schema	User Name	Permanent	Max. Connections	Opt. Connections
✓ SAP HANA database							
□ HANA B4H		Driver={HDBODBC};Server=140.115.77.94		SAPHANADB	✓	0	0
✓ Microsoft SQL Server							
□ AZURE	arim			tocasper	□	0	0
□ EEPDB	EEP	60.251.229.22,8000		EEP	□	0	0

八、總結與下週預告

- **本週總結：**HANA 透過 Delta Merge 解決了欄式儲存的寫入效能問題，透過 Code Pushdown (運算下推) 達成極速運算。更藉由「反正規化」的資料庫哲學與 ACDOCA 寬表，徹底解決了會計對帳的歷史難題。同時，我們也了解 SAP 作為企業核心，如何靈活地與外部資料庫 (如 SQL Server, Azure) 進行生態系整合。
- **下週主題預告：**資訊系統風險及控制。當系統跑得像超跑一樣快時，安全與煞車 (內部控制) 也要隨之升級。