

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

具可適性之數位圖書館分散式儲存系統之研發與實作

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2422-H-002-019-

執行期間：93年03月01日至94年02月28日

執行單位：國立臺灣大學電信工程學研究所

計畫主持人：陳銘憲

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 6 月 9 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

具可適性之數位圖書館分散式儲存系統之研發與實作

Design and Implementation of an Adaptive Distributed Storage System for Digital Libraries

計畫編號：NSC 93-2422-H-002-019

執行期限：93 年 3 月 1 日至 94 年 2 月 28 日

主持人：陳銘憲教授 臺灣大學電機工程學系

一、中文摘要

在電腦科技飛躍成長的今日，結合多媒體數位化科技與網路搜尋存取技術的數位圖書館已成為各國的重要政策，以有效促進資訊流通與永久保存珍貴典藏。因此，如何有效地保存及搜尋資訊成為一項新的挑戰。本「具可適性之數位圖書館分散式儲存系統之研發與實作」研究計畫首先將研發邏輯分層及階層式儲存機制，進而與現有之實體圖書館結合，建置數位圖書館分散式儲存系統，最後研發並整合線上分析處理的技術，建立一含效能評估之數位資訊儲存系統。實作上本計畫將與台灣大學圖書館合作，建立一適用於數位圖書館之分散性儲存系統，且配合建置效能評估支援決策系統，監控系統效能。故我們深信此計畫之執行，將可研發出同時深具前瞻性與實用價值的分散式儲存、系統效能評估與最佳化之機制。

關鍵詞：數位圖書館、分散式儲存、階層式儲存機制、網際網路、線上分析處理

英文摘要

In recent years, with the extreme advances in information technologies, many new techniques and new tools have been developed. It helps the information spread rapidly and bring a large amount of varied digital contents. Therefore, how to reserve

and search the information efficiently becomes a tough challenge. This project, 'Design and Implementation of an Adaptive Distributed Storage System for Digital Libraries', will cooperate with National Taiwan University Library, and build up a digital contents storage system with efficiency evaluation modules. First, the logical three-tier architecture as well as hierarchical storage mechanisms will be proposed. Then, an adaptive distributed storage system integrating with catalog systems of libraries will be built. Moreover, an efficiency evaluation system modules incorporating in a decision support system based on 'On Line Analytical Process' (OLAP) technology, will be developed to monitor the performance of the storage system. By integrated with the distributed storage mechanism and OLAP, the resource utilization of each storage node will be more efficient and the system performance can hence be optimized. As the importance of the digital library increases nowadays, we believe that this project will be a very timely endeavor and will deliver results of both theoretical and practical importance.

Keywords: Digital Library、Distributed Storage、HSM、Internet、OLAP

二、計畫緣由與目的

隨多媒體技術的成長應用，使得數位化資料急速增加，搜尋引擎與電子郵件的普及又使資訊流通速度達到空前的境界，是以如何有效保存與搜尋資訊成為當前資訊管理者的一大挑戰。

數位圖書館一般界定為：「在網路上建立並儲存大量的數位化多媒體資訊，提供高效率、高效能且一致性的資訊查尋及檢索功能，並滿足個人需求的資訊服務」。基於圖書館之功能與資料特性，已經習慣於使用資訊技術以支援大量資料管理。然而為因應新一代的資訊存取需求，我們不僅要追求處理流程上的「圖書館自動化」，更要進一步使數位資訊(digital content)的建立、維護、管理、存取及保存數位化，並使得異質(heterogeneous)資訊於系統架構中流通無礙(包含前端資訊數位化，後端儲存系統與使用者讀取界面整合)，達成真正「數位圖書館」之水準。

數位資訊的資料轉換處理是數位圖書管理中重要的一環。在資訊數位化方面，幾項重要的資訊技術，如 XML(eXtensible Markup Language) 與 SGML(Standard General Markup Lanhuage)，使半結構化資料的處理與分析系統化，並大幅增加速度上及品質上的處理效率。而在後設資料(metadata)方面，多項相關技術，如 Dublin Core 及 METS (Metadata Encoding and Transmission Standard)等，亦提供數位圖書館相當成熟及便利的處理技術。

本研究的主題即在建置符合數位圖書館所需之巨量資料儲存機制，並引進線上分析處理(OLAP, On-Line Analytical Processing)技術進行系統效能之監測與管理，以建立一可適性之數位儲存系統。

數位圖書館由於其多種數位媒體共存的資料特性，其容量十分巨大，經常可高

達數兆位元組(terabytes)甚至千兆位元組(petabytes)。在此種資料規模下，集中型(Centralized)的關聯式資料庫(Relational Database Management Systems, RDBMS)在維護日常運作及管理上已遭遇嚴重瓶頸，查詢效率低落。因此，儲存容量具備可擴充性為數位圖書館資訊平台的最基本條件。在提昇查詢效率方面，應用分散式儲存(處理)(Distributed Storage)及階層式的資料架構(Hierarchical Storage Mechanisms, HSM)大為減少資料儲存與伺服器負擔，使得系統回應時間大大縮短。

在數位圖書館管理方面，由於使用者所查詢之資料常具有關聯性及集中性，若可動態調節系統，將關聯性資料之儲存節點集中於鄰近儲存節點，系統搜尋速度將大為提昇。因此，資訊存放的空間性與查詢頻率亦成為動態調整系統效能之重要參考資訊。藉由包含時間、地點、資料分類等多維度組成之資料立方體(data cube)，可靈活分析系統儲存資訊的利用情形，分析後的效能評估必須回授給階層式儲存機制以動態調整資料庫節點資源分配。對於一個數位圖書館而言，能利用線上分析評估效能，且可自動動態調整的後端儲存系統，將極適用於巨量資料環境。

具體而言，本計畫改進傳統關聯式資料庫架構，整合包含文字、聲音、影像及影片等多媒體資料儲存機制，使其能適用於數位圖書館之巨量資料、混合型態、分散式儲存及可擴充性等需求。並以台灣大學圖書館為實作平台，研發邏輯分層技術與階層式儲存機制，及開發數位圖書館之分散式儲存系統。此外，亦將建置各儲存資料庫節點流量、資訊查詢頻率及流向資訊之搜集模組，經過整理建構成決策支援系統(Decision Support System)，以提供系統管理者對於系統的運作有更充份的了

解，藉以定期調整系統設定以達最佳運作模式。

三、結果與討論

由於數位圖書館館藏資料具備「異質」與「巨量」兩大特性，故能否建立針對不同資料屬性、地域、搜尋頻率而最適化之儲存機制，是決定數位圖書館查詢回應速度與影響利用率之重要關鍵。

(一)異質性資料儲存機制：

(1)文字資訊 (Text)：對於此類資料，本計劃以 unicode 方式儲存，並對其建立索引(Index)，利用資訊檢索與萃取技術(Information Retrieval and Extraction)以進行全文檢索，對於儲存系統而言，文字資訊屬於較緊密(Compact)，而壓縮比則與語言種類有關。

以下針對非文字類資料，皆建立關鍵字以供查詢。

(2)圖形類 (Graphics)：圖形類資料內容有密度集中情形(data-intensive)，亦即儲存的資訊中，具代表性(Informative)的資訊集中於某些區段。以現有之壓縮技術，可達到可觀壓縮率。對於節省儲存空間有相當助益。但對於珍貴文史資料而言，如真跡掃描稿或歷史照片等，希望可忠實保存影像但僅量減少使用者查詢等待時間。對此需求，本系統使用先進之漸進式(progressive)影像壓縮技術，如小波轉換(wavelet transform)法，儲存完整之轉換結果於資料庫中。對於使用者之讀取需求，系統可逐步傳回部分參數(coefficients)進行影像重建，如此使用者可先預覽影像之概圖，繼而影像品質漸增，最終獲得完整之重建圖像。

(3)聲音類 (Audio)：屬於動態資料，故原始資料量十分龐大，皆以壓縮型式儲存。

(4)影片類 (Video)：同時具有動態與

密度集中之資料特性。多以高壓縮比儲存。但會根據查詢者之選定不同頻寬，選用不同壓縮比之檔案傳送，以求兼顧顯示效果與頻寬限制。

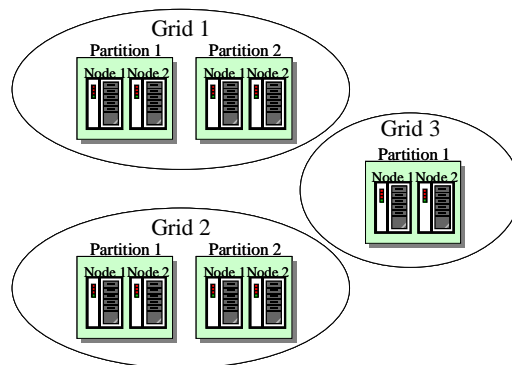
(二)研發邏輯分層技術：

本階段研發三層式架構之邏輯分層技術(3-tier architecture)，其分散式儲存主要可分以下三種層級：

(1)格點(Grid)：以實際館藏位置(主機群存放地理區域)區分為數個主機群，目前分為台灣大學圖書館之總館、醫學院分館、法律學院分館等三大主機群。

(2)分區(Partition)：於各格點間，依現有之圖書分類區分為數區，目前根據現行館藏分類法，將分區分為十區，包括應用科學類(T)、語文類(P)等等。

(3)節點(Node)：於各節點間，依資料庫之功能與特性，將資料儲存於不同主機，每一主機設置一資料庫系統之節點。



圖一、邏輯分層之三層式架構

以此三層式架構為基礎之數位圖書館，具有可擴充性、資料保存性及與原有圖書館系統極高之相容性等優點。各層級亦依特性不同，對於系統效能提昇有所助益：(1)各格點之配置具地域性，可考慮當地特殊使用行為架設。例如可將醫學期刊、影像及實習影片主要配置醫學院格點，以減少大量網路傳輸，加速使用者查詢效率。(2)各分區配置具類別性，符合一般使

用者常以類別查詢資料習性，故格點管理主機便能動態調整該使用者上線之客戶端(Client)與該分區主機之網路頻寬資源，俾使頻寬利用達到最佳化。(3)各節點配置具對稱性(symmetrical)，各節點間地理區域與網路資源均相近，故採對稱式配置。亦即可將資料分散於各節點儲存以獲平行處理優勢與儲存空間負載平衡(load balancing)。或於資料量較小之分區採各節點獨立配置以降低系統複雜度。同時，亦可配置備份節點或備援節點以增加系統強固性。

(三)研發階層式儲存機制

針對數位圖書館之資料查詢密度落差甚大此一特點，為最適化儲存效率，本計畫研發之階層式儲存機制，配合部分商用資料庫之BOLB可分離儲存之功能，但消除商用資料庫將資料集移至「保存區」(archive tapes)，則喪失相關索引功能等缺點，達到全數索引，分層儲存目的。亦即，數位資訊依被讀取頻率，區分為以下三種等級。

(1)高度使用：於各分區中建立快取伺服器(caching server)，其功能主要儲存該區查詢頻率最高之數位資訊，包含完整之超媒體資訊。且其配置較高效能之儲存主機及媒體，並擁有優勢頻寬資源，故此區快取之數位資訊可快速傳遞至前端使用者。

(2)輕度使用：對於一般性之數位資訊，其完整之超媒體資訊儲存於各分區之一般節點中，資訊循一般管道送達使用者端。

(3)罕用資訊：其文字型資訊與相關索引欄位，儲存於各分區特殊節點中，此類節點配置之資料集不直接儲存BLOB欄位，而存放於巨量儲存媒體中(如磁帶)。若有查詢需求，則需等待巨量儲存媒體運轉時間才可獲取資訊。

(四)規劃儲存節點效能評估系統之資料模型：

除具備三層式之邏輯分層與實體儲存架構外，系統尚需建置良好之效能評估/監測系統，以動態調整邏輯/實體配置，達到系統最佳效能。

本系統之節點效能評估模型包括下列重要項目：

1. 查詢頻率資料：自各分區/節點搜集之超媒體文件查詢頻率資料，以觀察過去一年之查詢頻率為基礎，做為先期階層式儲存機制之預設參數。

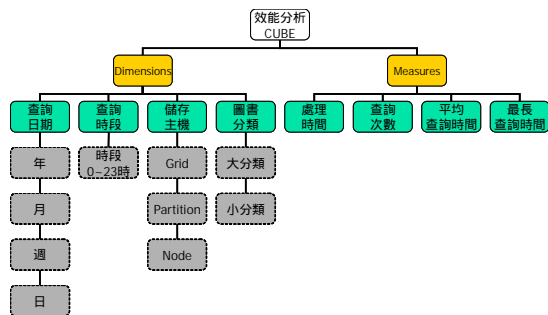
2. 空間/頻寬流量使用率資料：此為節點配置之重要參數，可了解必須動用平行處理或是以單獨節點儲存。

3. 回應時間資料：此為衡量數位圖書館效能的重要指標，本計劃藉由收集在不同網路流量、不同節點、查詢不同資料下的回應率，以做為儲存系統配置之重要參考。

4. 其他資料：包括查詢時段、查詢者地理區域分配、節點負載量、資料量等等。

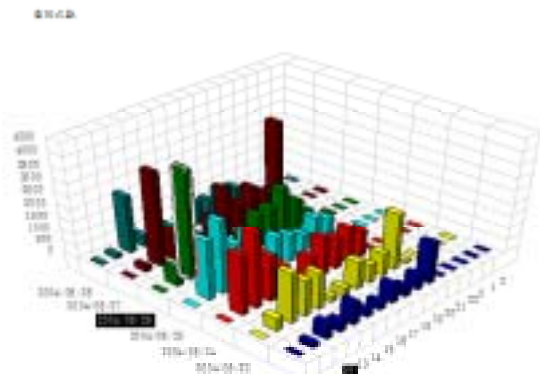
(四)研發整合型之儲存系統效能調整機制，建置效能評估支援決策系統

由本計畫所研發之線上分析處理技術，系統可自各分區/節點搜集之超媒體文件查詢頻率資料，及空間/頻寬使用率，以進行效能監測程序。此系統主要功能為分析各儲存主機使用率及工作效率，並推測效能瓶頸，調整各節點資源分配。支援一般圖書館效能管理常用之各項查詢，如「各週各時段查詢次數」、「各館各類圖書查詢次數」、「效能瓶頸檢視及追蹤」等。此效能評估決策支援系統其架構如圖二所示：

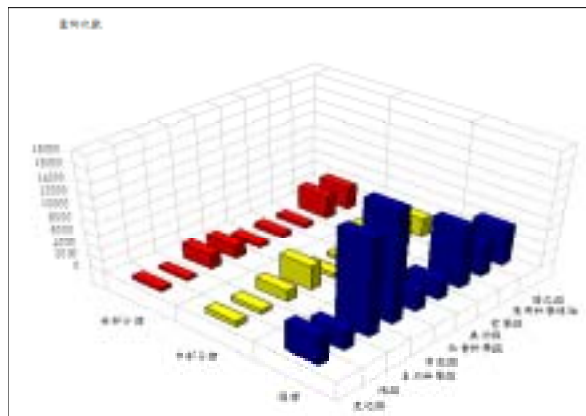


圖二 效能評估決策支援系統架構圖

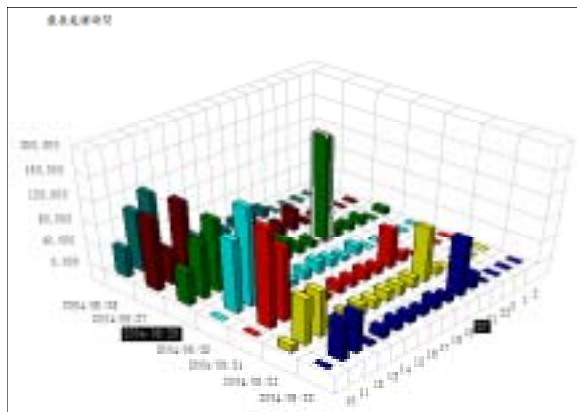
此系統對於上述之各項查詢，除提供文字式報表查詢外，亦提供多維度的圖表查詢(如下各圖)。藉由圖形與文字報表輔助，及各維度內不同精細度的動態切換，及高維度的交叉查詢，系統管理者可快速監測系統效能瓶頸，動態調整系統資源，以維持數位圖書館良好之服務水準。



圖三 圖形化查詢功能「本週查詢次數」



圖四 各館(Grid)之各類圖書查詢次數



圖五 效能瓶頸監測

綜前所述，本計畫之成果為利用先進資料技術、設計出具時面與空間面考量之儲存及管理機制，並規畫其效能評估之系統架構與 SCHEMA。同時，基於前述儲存管理機制與系統設計，開發具動態、多維度及深層探索特性之效能監測及評估之分析機制。最後，藉由整合各系統模組，建置一監測及效能評估之系統網站，提供數位圖書館更具彈性的管理機制。

四、結果自評

參與本計畫的研究人員透過這個計畫可學習先進的分散式儲存技術、使用資料庫軟體增加開發系統軟體的實務經驗。我們由研究發展中所得到的經驗和成果可以提供線上資料分析儲存的相關資訊系統參考使用。我們可以預期數位圖書館之重要性必將與日俱增，而藉由本計畫之執行，我們深信這可為國家數位圖書館提供同時深具前瞻技術與實用價值之成果。

五、參考文獻

- [1] R. Agrawal and R. Srikant, "Fast Algorithms for Mining Association Rules in Large Databases", *Proceedings of 1994 International Conference on Very Large Data Bases*, September 1994, Pages 478 – 499
- [2] R. Agrawal, T. Imielinski and A. Swami, "Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases", *Proceedings of the 1993 ACM SIGMOD*

- International Conference on Management of Data, 1993, Pages 207 – 216
- [3] S. Chaudhuri and U. Dayal, “An Overview of Data Warehousing and OLAP Technology”, *SIGMOD Record* 26(1): 65-74, 1997
- [4] J. Han, S. Chee, and Y. J. (Chiang) Tam, “Issues for On-Line Analytical Mining of Data Warehouses”, *Proceedings of the 1998 SIGMOD Workshop on Research Issues on Data Mining and Knowledge Discovery(DMKD'98)*, June 1998, Pages 2:1 - 2:5
- [5] V. Harinarayan, A. Rajaraman, J. D. Ullman, “Implementing Data Cubes Efficiently”, *Proceedings of the 1996 SIGMOD Conference*, 1996
- [6] M. Kamber, J. Han, and Y. J. (Chiang) Tam, “Metarule-Guided Mining of Multi-Dimensional Association Rules Using Data Cubes”, *Proceedings of the 3rd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining(KDD'97)*, August 1997, Pages 207 – 210
- [7] C.-H. Lee, M.-S. Chen and C.-R. Lin, “Progressive Partition Miner: An Efficient Algorithm for Mining General Temporal Association Rules,” *accepted by IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering with minor revision*, 2002.
- [8] C.-H. Lee, C.-R. Lin and M.-S. Chen, “On Mining General Temporal Association Rules in a Publication Database,” *Proceedings of the First IEEE International Conference on Data Mining (ICDM-01)*, November 29 - December 2, 2001.
- [9] C.-R. Lin and M.-S. Chen, “A Robust and Efficient Clustering Algorithm based on Cohesion Self-Merging,” *Proceedings of the 8th ACM SIGKDD International Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-2002)*, July 23-26, 2002.
- [10] C.-R. Lin, C.-H. Lee, M.-S. Chen and P. S. Yu, “Distributed Data Mining in a Chain Store Database of Short Transactions,” *Proceedings of the 8th ACM SIGKDD International Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-2002)*, July 23-26, 2002.
- [11] C.-R. Lin and M.-S. Chen, “On the Optimal Clustering of Sequential Data,” *Proceedings of the 2nd SIAM International Conference on Data Mining (SDM-02)*, April 11-13, 2002, pp. 141-157.
- [12] W.-C. Peng and M.-S. Chen, “Developing Data Allocation Schemes by Incremental Mining of User Moving Patterns in a Mobile Computing System,” *accepted by IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, 2002.