

技術報告

隨選網路地圖系統之設計考量

Design Considerations of an On-Demand Web Mapping System

郭英俊¹
Ying-Jean Kuo

羅獻之²
Hin-Chi Lo

摘要

目前國內外已有很多機關及組織利用網路，透過建立網路地圖系統將地圖資料提供給使用者使用。而網路地圖系統大多以多解析地圖資料庫做為地圖資料庫的核心架構。為了提供使用者“流暢”及“無縫”的地圖瀏覽品質，多解析地圖資料庫必需預先儲存大量已處理好的地圖資料，這勢必增加資料的儲存空間及導致資料庫維護的困難。再者，資料庫內所儲存的大量資料亦未必能滿足所有使用者的應用需求。相對地，單純利用即時縮編技術提供網路地圖資料，雖可節省資料儲存空間及增加系統的彈性，但目前線上地圖縮編仍無法做到完全自動化。本研究即探討如何結合即時縮編及多解析資料庫技術來建立一個兼具執行效率與使用彈性的隨選網路地圖系統，研究重點著重在系統架構及功能層面上的設計考量。最後，本文歸納出系統建置的要點，可做為後續系統發展之基礎。

關鍵字：多解析資料庫、網路地圖系統、地圖縮編

Abstract

At present, many organizations and institutions have established web-mapping systems to provide geo-information services by the internet. Most of them used multi-representation databases as the technical kernel. In order to provide “smooth” and “seamless” map browsing quality, a large amount of pre-processed data should be saved in the database. This

¹ 國立成功大學測量及空間資訊學系副教授

² 國立成功大學測量及空間資訊學系碩士

would increase the need of memory space and cause the difficulty in database maintenance. Furthermore the data to be saved in the database may not satisfy the requirements of all users. On the contrary, web-mapping systems which use on-the-fly map generalization technique to provide multi-scale map services can reduce the need of memory space and improve the flexibility of system use. However, at present on-the-fly map generalization still cannot be fully automated. This paper explores the integration of multi-representation database and on-the-fly map generalization to overcome the drawback of existing web-mapping systems and concludes the key factors to develop an on-demand web mapping system.

Key words: multi-representation databases、web-mapping systems、map generalization

一、前言

目前網路上已可見不少服務中的地圖應用系統，例如：城市地圖導覽系統、都市計畫使用分區查詢系統等。這些系統都各自具有特定的服務目的，所提供的地圖資料都是預先設定樣式的資料，如：固定的地圖比例尺或主題，使用者無法按個別的需要改變資料的內容、密度或比例尺。由於使用上缺乏足夠的彈性，導致網路地理資訊系統的使用受到了限制。為了解決這個問題，提供隨選(on-demand)地圖功能便成為一個熱門的研究課題。

現行的網路隨選地圖系統可分為兩大類：第一類為在網路上提供多解析空間資訊的地圖資料庫，此類資料庫中儲存大量不同比例尺或主題的預處理地圖資料。網路地圖系統將根據使用者的瀏覽狀態，從資料庫提供不同樣式的地圖資料。使用這種地圖資料結構雖可提高系統的執行效率，但却會造成資料儲存量龐大與不易維護管理的問題；第二類為利用即時縮編機制配合單一比例尺的地圖資料庫，提供多解析力的地圖展現方式。此種方式因僅儲存單一比例尺的地圖資料來提供服務，故可避免資料重覆儲存及維護更新上的問題。然而，由於某些縮編處理的過程較為耗時及目前仍無法達到完全自動化，導致系統的服務效率不佳，且所提供的地圖品質亦不能完全滿足所有使用者的需求。由此可知，目前兩種隨選式網路地圖伺服器的架構在技術層面與系統效能上皆各有優缺點。因此，如能在現有兩類系統的功能面上採取折衷的作法，即建立一個兼具兩者優點的網路隨選地圖系統，使其具備基本的多重解析地圖資料庫與快速的即時縮編功能，提供更有效率的網路隨選地圖服務，此為本文主要的研究動機。

二、系統分析

長久以來，製圖縮編在地圖製作過程中扮演非常重要的角色，但全自動化的地圖縮編只適用於某些特定的縮編程序及演算法。欲解決無法全自動化縮編所產生的問

題，Cecconi (2003)指出系統發展需考量以下兩個需求：

1. 必需能彌補因部分縮編機制無法完全自動化而產生之地圖資料空缺。
2. 必需能加速即時縮編演算法的計算時間。

透過多解析地圖資料庫及製圖縮編兩種技術的結合，將可讓兩者的優缺點互補，產生一個可解決目前限制及應用需求的方法。結合多解析地圖資料庫及製圖縮編的隨選式網路地圖系統可分成兩方面來討論：(1)資料預處理；(2)即時縮編。

(1)資料預處理

網路地圖為一即時性系統，為了加快系統的反應時間，必需將處理複雜度較高、需較長運算時間的資料處理工作，以離線的方式進行預處理。資料庫中儲存不同比例尺的地圖資料，可利用任何適合的演算法以自動縮編方式產生，對於未能自動化的部分則以人工介入處理。最後，將預處理完成的地圖資料以資料集的形式儲存至多解析地圖資料庫中，提供線上即時縮編作業使用。

(2)即時縮編

對於計算效率較高的縮編演算法則可利用即時(real-time)處理的方式實現。使用者利用網路瀏覽地圖時，伺服器將使用這些效率較高的演算法，根據使用者當時的瀏覽比例尺對多解析地圖資料庫中適當的資料集進行即時縮編運算，提供介於來源資料集的地圖比例尺之間的地圖展現結果。

利用這兩種技術所建置的隨選式網路地圖系統，可同時兼顧良好的效率及使用上的彈性。建置隨選式網路地圖系統的地圖資料庫可分成三個部分來討論：(1)使用族群分類；(2)詳細程度及應用範圍；(3)縮編程序。

2-1 使用族群分類

隨著網路的發展及地理資訊系統的推廣，網路地圖的使用逐漸普及，在廣泛的使用者裡按照其使用偏好、目的及作業平台(如：PC、Tablet PC、PDA 及 Smart Phone)等條件，可被分類為數個特定的使用族群，各族群所需的地圖資料不盡相同。因此，地圖伺服器必需按使用需要及應用場合的不同，做為傳送不同細緻程度之資料給使用者的根據。以一般的地圖瀏覽為例，由於使用者的目的只是希望透過地圖資料做一個概略性的瀏覽，若地圖伺服器把過量的資料傳送給使用者，將會導致使用者需費時等待許多非必要資料的傳送。再者，使用者亦可能沒有充足的知識解讀回傳的結果，形成使用上的不便。

2-2 詳細程度及應用範圍

廣義地說，多解析地圖資料庫(multiple representation database 或 multiple resolution database，以下簡稱 MRDB)是將表示相同區域的多來源資料，以樹狀的物件架構方式結合成一個資料集合，根據使用者不同的用圖目的，利用資料庫中的多來源資料，組合成適合使用者應用的地圖。每個 MRDB 裡儲存了兩個以上依照不同主題或比例尺預先處理完成的資料集合，這些資料集被稱為 MRDB 的詳細程度(Level of Detail;以下簡稱 LOD)。為了讓每一個 LOD 都能適當的使用，必需對資料庫裡的每一個 LOD 定義其使用範圍，這個使用範圍被稱為應用範圍(Limits of Application;以下簡稱 LA)。MRDB 中各個 LOD 的有效使用範圍 LA 必需根據 LOD 的性質來定義，且各個 LOD 的 LA 並不需要相同(Devogele *et. al.*, 1996; Kilpeläinen, 1997; Weibel and Dutton, 1999)。由於每個 LOD 都是以不同的比例尺來分辨，因此 LA 就是各 LOD 可供地圖瀏覽的比例尺範圍，如圖 1。事實上，LOD 的數目及 LA 的定義會受到很多因素的影響，目前尚無這方面的規範標準。本小節將影響 LOD 的數目及 LA 的定義之相關因素分別探討如下。

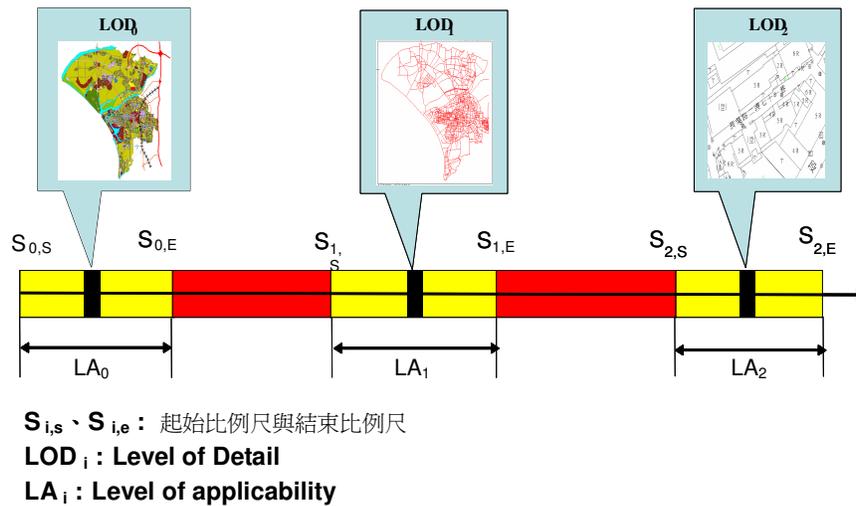


圖 1 MRDB 內 LOD 與 LA 的關係

(1) 來源資料的豐富度及地圖的使用場合

LOD 為組成 MRDB 的基本組成元素，亦即資料庫裡的資料層集合，而來源資料的豐富度影響了資料庫內 LOD 的數目。雖然我們也可以利用縮編等製圖技術從少量的來源資料中衍生出其它主題或比例尺的圖層，但單獨依靠製圖縮編技術所能產生的地圖資料有限，亦即可得的資料集較少時，

LOD 層的數目亦相對會減少；另一方面，由於地圖資料庫的設計必需配合使用目的不同而有所變化，如 PC 及 PDA 的應用在效能或使用目的上之差別甚大，因此，地圖的使用場合同樣會影響 LOD 及 LA 的定義。

(2) 地圖資料之可辨識度

MRDB 內的地圖資料於展現時是否需進行即時縮編處理，可依據該資料於不同的顯圖比例尺下能否被使用者正確的辨識而定。以我國目前一般市區主要道路為例，其平均寬度約為 20 公尺，當來源資料比例尺為 1/1000 地圖集的情況下，在三個不同的顯圖比例尺 1/1000、1/10000 及 1/20000 下之道路寬度分別為 2 公分、0.2 公分及 0.02 公分。當瀏覽地圖的比例尺小於 1/10000 時，使用者已不易對道路資料進行正確的辨識，因此 1/1000 地圖集上的市區主要道路的最小瀏覽比例尺(即 LA)大約可設定為 1/10000。即當瀏覽地圖比例尺大於 1/10000 時，可直接使用 1/1000 地圖集提供市區主要道路的顯圖需求；而當瀏覽地圖比例尺小於 1/10000 時，則必需使用不同的地圖集或將 1/1000 地圖集進行即時縮編處理以滿足適當的地圖可辨識度。利用這個原理可定義各個地圖資料集無需進行即時縮編處理而能直接應用的比例尺顯示範圍。

(3) 縮編程序的複雜度

Cecconi (2003) 指出，對於需進行即時縮編處理的地圖資料集，在 MRDB 中建立 LOD 時需付出龐大的資源，同時對於 LOD 的更新與維護亦是一個很大的負擔，這代表著在資料庫中每新增一個 LOD 所需的整體成本將相當的可觀。因此，在資料庫建置時應使資料集的數量減少，讓每一個資料集的服務範圍儘量達到最大的使用效益。LOD 的數目及其服務範圍的決定，可利用在大比例尺地圖縮編的過程中，每種地物使用的縮編運算子的運算複雜度做為參考依據。決定 LOD 的方法如下：

1. 首先，假設目前地圖資料庫內只儲存最大比例尺的地圖資料。
2. 為了讓單一比例尺的地圖資料能產生多解析度的地圖資料，必需對地圖資料進行縮編處理。
3. 考量縮編程序中各縮編運算子的特性，根據每一個縮編區間的縮編運算子複雜度，進行地圖比例尺顯示區間的分割，並將分割點安排在縮編計算複雜度較高的位置上。
4. 最後，將 LOD 建置在各分割點上，以提供此區間的地圖顯示服務。

為了有效描述在大比例尺地圖縮編過程中所使用的縮編過程，可利用縮編複雜度 (generalization complexity) 表示。縮編複雜度具有以下列特性：

- 縮編複雜度描述了大比例尺地圖縮編過程中所有使用縮編運算子的複雜度，並利用成本(cost)來代表。其數學表示式如下：
- 在整個縮編過程中，較簡單的演算法如平滑化(smoothing)、精簡化

$$Costs_{SB} = \sum_{i=1}^n Cost_{Operator} \quad \begin{array}{l} SB: \text{比例顯示範圍} \\ n: \text{SB中縮編運算子的數目} \end{array}$$

(simplification)等的成本值較低。

- 較複雜的演算法，如平移(displacement)等涉及物件幾何形狀的修改，將會有較高的成本值。

(4) 定義非必要性的圖層

一般將地圖資料內容依地形物特徵分成數大類。由於使用者於網路上瀏覽地圖時，經常不需過分詳細的資料，故在 MRDB 的建置過程中必需按照使用的需求，將不必要的地圖資料刪除或以選擇性圖層的方式提供服務。

2-3 隨選地圖系統的線上即時縮編程序

直至目前為止，在隨選式網路地圖上所使用之縮編技術的研究仍然有限(Rusak and Castner, 1990; Lehto and Kilpeläinen, 2001)。目前並沒有專屬於網路上使用的縮編演算法或程序出現，故必需從現有的演算法中選取適用者。由於傳統縮編演算法的特性與網路地圖系統的需求不同，故並非現有的演算法均適合在網路地圖系統上使用。網路上執行即時縮編是一個受到時間限制的程序，因此演算法的選擇必需符合以下兩項特性之一(Cecconi, 2003)：

- 快速及有效率：所有線性的演算法皆可使用於即時縮編程序。
- 可利用預先建置的資料架構或屬性支援：演算法可利用預先處理完成的資料加快其運算，或可使部分的計算程序分離。

另外，由於網路上使用的縮編程序需以全自動化的形式執行，運算子的選擇必需具有獨立性。具有此特質的運算子可在大部分物件或物件群組上使用，運算前無需考慮縮編對象的空間關係，因此可避免進行複雜的空間分析。此外，由於顯示地圖的反應時間必需在使用者可以容忍的範圍內，故即時產生地圖的縮編程序不適合使用複雜度太高的演算法，如涉及修改物件幾何形狀的演算法。Lehto and Kilpeläinen(2001)對較適合即時縮編程序使用之演算法的分類如表 1。表中左列各項為較適合即時縮編使用的運算子，而右列各項為較不適合使用的運算子。另外，整個縮編的程序是由多個不同的縮編運算子所組成，其中某些運算子之間的性質相似，可以互相取代或由其它運算子所近似。在隨選式網路地圖系統的使用上，應盡量利用最少的運算子來達成目標，這樣方可提高系統的整體效率。

表 1 在隨選式網路地圖中使用之縮編運算子的適合性

適合	不適合
選擇(selection)/消去 (elimination)	移位(displacement)
合併(aggregation)	代表(typification)
簡化(simplification)	

三、系統規劃

本節說明隨選式網路地圖系統的系統架構及後端資料庫之設計。

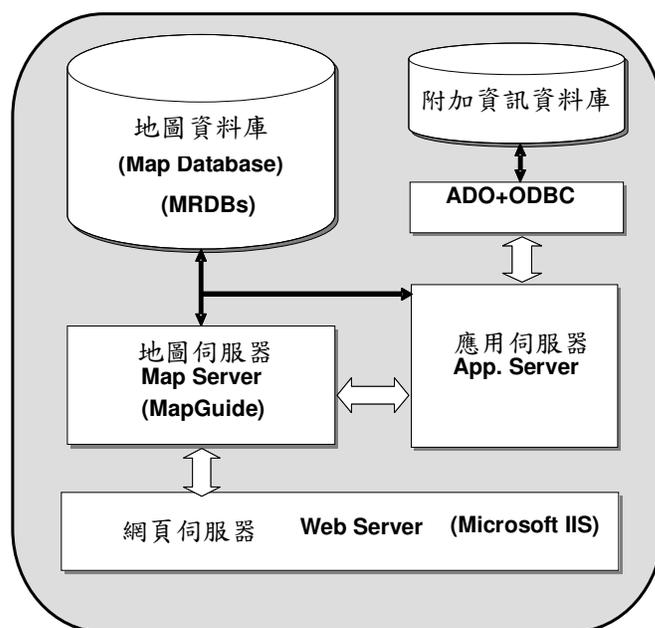


圖 2 隨選式網路地圖系統的伺服器架構

3-1 系統架構

圖 2 中展示了隨選式網路地圖系統的後端伺服器架構，包括：網頁伺服器、地圖伺服器、應用伺服器等三個伺服器及地圖資料庫與附加資訊資料庫等兩個資料庫，其功能分述如下：

- 網頁伺服器 (Web Server)

主要功能為接收由用戶端透過網路傳送來的需求、發佈網頁及將由後端處理模組處理完成的資料回傳至用戶端，它扮演用戶端與後端處理機制溝通的橋樑。

- 地圖伺服器 (Map Server)
主要功能為透過網路發佈地圖資料到用戶端。伺服器根據用戶端的資料需求，從 MRDB 中抓取適當的地圖資料，並透過 Web Server 的協助傳回至用戶端。
- 應用伺服器 (Application Server)
主要功能為進行地圖資料的即時處理。伺服器內包含了即時縮編模組及資料庫連結模組。
- 地圖資料庫 (MRDB)
地圖資料庫中儲存應用領域內多個不同比例尺或主題的地圖資料集。
- 附加資訊資料庫
附加資訊資料庫裡主要儲存應用伺服器進行即時運算時所需使用的各項參數，如：即時縮編過程中所使用的門檻值。

3-2 系統作業流程

圖 3 表示隨選式網路地圖伺服器的作業程序。整個系統作業程序主要分為兩個階段：(1)基本地圖上傳；(2)縮編程序。

(1)基本地圖上傳

第一階段由用戶端地圖瀏覽視窗裡的四個事件所啟動，包括：初次啟動、放大 (Zoom In)、縮小 (Zoom Out) 及平移 (Pan)。當上述四個事件發生後便會產生瀏覽視窗觀視狀況改變的訊息，此時用戶端瀏覽器會將使用者的地圖瀏覽狀態 (包括：地圖瀏覽視窗範圍、瀏覽比例尺) 上傳至網頁伺服器，網頁伺服器再與地圖伺服器連接，由地圖伺服器從地圖資料庫內提取合適的基本地圖資料上傳至用戶端。

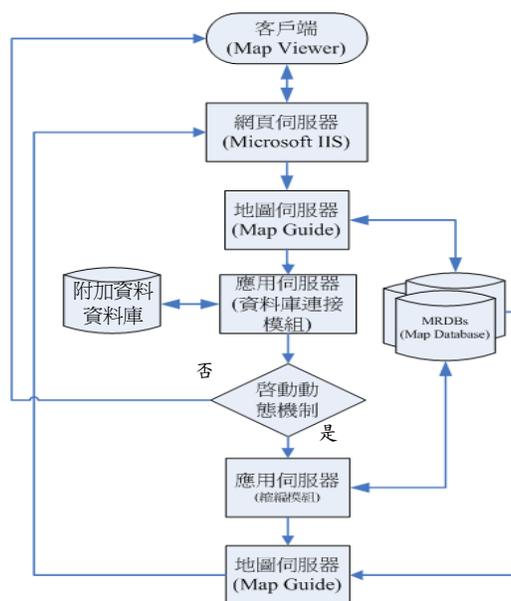


圖 3 隨選式網路地圖伺服器的作業流程

(2) 縮編程序

當基本地圖資料上傳程序結束後，系統會經由應用伺服器利用 ADO 與 ODBC 協定與附加資訊資料庫連接，根據從用戶端傳送過來的地圖瀏覽狀態，與資料庫內的資料作比對，判斷是否啟動即時縮編程序。若需進行即時縮編處理，系統便從對應的 MRDB 裡抓取地圖資料檔案進行縮編處理，最後再將處理完成的檔案透過地圖伺服器上傳至用戶端。若判斷結果為“否”，則第二階段便結束，系統回復至待命狀態。

3-3 資料庫設計與建置

本研究的隨選式網路地圖系統包含兩個資料庫：多解析地圖資料庫及附加資料資料庫。本節將針對這兩個資料庫的設計及建置過程分別加以說明。

3-3-1 多解析地圖資料庫建置

圖 4 表示資料庫建置的整個流程，包括四個部分：(1) 使用者族群分析；(2) 資料庫定義；(3) 來源資料處理；(4) LOD 及 LA 設定。其中使用者族群分析與 LOD 及 LA 的設定已於第二節中敘述，本小節將探討資料庫定義與來源資料處理兩部分。

多解析地圖資料庫是由多個根據不同設計導向(如：主題、比例尺等)的資料庫整合而成。由於各個資料庫之設計目標的差異，造成各資料庫內的定義亦有所不同(如：圖層分類、坐標系統等)。因此，在建立多解析地圖資料庫時，必需先對資料庫內的資料格式賦以標準的定義，並處理來自不同來源的資料，讓其可在單一的系統下使用。

1. 圖層分類設定

現行的數值地圖大多以圖層方式將地物及地形加以分類管理。以台北縣於民國八十七所製作的航測地形圖為例，便將地形物分成十個不同的類別(圖層)(台北縣一千分之一都市計畫航測地形圖圖式規格表, 1998)。同樣地，在網路地圖系統裡中亦習慣利用圖層的方式管理地圖資料，讓使用者可以按照預設的圖層分類選擇適用的資料。但如前文所述，多解析地圖資料庫可視為將不同來源的數值地圖資料合併在單一的環境下使用，這代表儲存在資料庫裡的資料將可能包含了不相同的圖層分類結構及圖層內容。因此，在建置多解析地圖資料庫的過程中，必

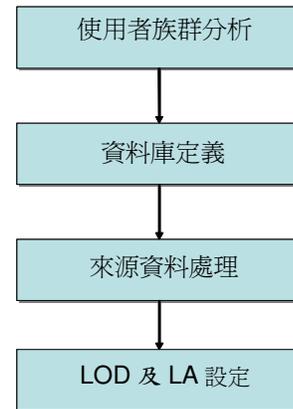


圖 4 MRDB 的建置流程

需按系統的應用領域選擇或自訂一套地形物分類的標準，做為日後資料匯整之用。

2. 坐標系統

不同來源的地圖資料除了會有圖層分類不一致的問題外，地圖所使用的參考坐標系統亦可能彼此不相同。以我國目前所使用的地形圖為例，多數以 TWD67 系統做為製圖時的參考坐標系統，但隨著新的國家坐標系統 TWD97 的出現，新、舊地圖資料間必然存在坐標系統不一的問題。因此，在建置多解析地圖資料庫必需選擇一個坐標系統做為開發基準，讓所有儲存在資料庫內的地圖資料皆轉換至統一的坐標系統上。

3. 圖幅的地面涵蓋範圍

由於目前商用的網路地圖軟體多以圖幅做為資料的儲存單位，若資料庫裡的圖幅尺寸(地面涵蓋範圍)設定過小時，將會使系統內的資料檔案數量眾多，造成使用上的不便。反之，若圖幅的地面涵蓋範圍設定過大時，雖可減少資料庫內的檔案數量，但將使得單次需傳送至用戶端的資料量變大，造成使用者需等待顯圖的時間增長。因此，如何適當設定圖幅的地面涵蓋範圍需要仔細加以考慮。

4. 圖層顯示方式之配置

為了讓地圖伺服器能根據使用者的查圖需求，回傳適當的地圖資料至用戶端。在地圖伺服器的建置過程中，必需按網路地圖系統的主題，對 MRDB 內的地圖資料設定其適用的顯示方式。本文根據一般使用者利用網路地圖服務的目的及參考現有一般網路地圖系統之設定，定義測試系統的圖層顯示規則，設定方式如下：

■ 主要圖層之設定

主要圖層為各種應用常用的資料，此類圖層屬於系統內定的必要圖層，系統需依使用者的瀏覽比例尺狀態主動傳送適當的圖層至用戶端。

■ 選擇性圖層之設定

選擇性圖層指依應用而定的資料。此類圖層非一般用途的地圖使用者所需，故系統預設狀態為不傳送。如使用者確實需要此類圖層，系統提供使用者以自行選取的方式選擇圖層，將其設為需要傳送的圖層。

■ 非即時處理圖層之設定

非即時處理圖層指在 MRDB 中無需(或不宜)進行即時處理的資料。此項設定就是指指定非即時處理圖層的 LOD 及 LA 值。其中非即時處理圖層的 LOD 設定主要是受到來源資料的影響，當來源資料較少時，MRDB 裡之 LOD 數目亦相對較少。而各資料集 LA 的決定則可根據地圖資料於不同瀏覽比例尺下的可辨認性及地

圖服務的應用目的而定。

■ 即時處理圖層之設定

即時處理圖層指在 MRDB 中被允許進行即時縮編處理的資料。此項設定就是指定需要進行即時處理圖層的 LOD 及 LA 值。這部分的設定比較複雜，必需讓即時縮編機制與 MRDB 互相配合，才能發揮此兩項技術的優點。即時處理圖層的設定必需根據來源資料的數量、地圖的應用目的及縮編程序的複雜度等而定。

3-3-2 附加資訊資料庫建置

附加資訊資料庫儲存系統中非空間型態的資料，包括縮編程序所需使用的各種參數、縮編完成的檔案索引等資料。其主要目的為提高系統的執行效率，讓利用離線方式完成的資訊能預先記錄在資料庫裡，以減少需要線上即時處理的工作。在本研究中，附加資訊資料庫是利用微軟 Access 資料庫儲存及管理，並透過 ADO 與 ODBC 協定與地圖伺服器連結。資料庫內包含有三個主要資料表：(1)縮編應用資料表；(2)縮編參數資料表；(3)已處理檔案資料表。各資料表之設計方式及功能分別說明如下：

1. 縮編應用資料表

本資料表記錄啟動各縮編程序的地圖瀏覽比例尺，並同時記錄執行該縮編程序的其它相關訊息，資料表綱要(schema)如表 2 所示。其中共包括七個欄位：第一欄記錄該程序的編號；第二及第三欄記錄利用即時縮編程序產生之圖層的顯示比例尺範圍；第四欄記錄來源資料的比例尺；第五欄記錄需進行縮編程序的圖層種類；第六欄記錄對應的縮編方法；第七欄記錄對應之縮編方法的程序編號。

表 2 縮編應用資料表之綱要

GID	Max Display Range	Min Display Range	Source Scale	Kind	Method	Method No
數字	數字	數字	數字	文字	數字	數字

2. 縮編參數資料表

應用伺服器內所使用的每一種縮編演算法在附加資訊資料庫裡都會有一個對應的資料表。其中記錄了在不同來源資料種類及比例尺下，執行該縮編演算法的合適縮編參數(如門檻值)。例如，表 3 為 Douglas 線狀地物縮編演算法的資料表綱要，資料表包含兩欄：第一欄為程序編號；第二欄記錄門檻值資料。

表 3 Douglas 線狀地物縮編參數資料表之綱要

ID	Tol
數字	數字

3. 已處理檔案資料表

由於即時縮編運算機制十分複雜，對後端伺服器的效能影響很大。為解決這個問題，本研究設計的網路地圖系統中，由伺服器即時縮編處理所產生的檔案，並非只單純傳送至用戶端，同時亦會同時儲存至 MRDB 內。當使用者再次在該比例尺下瀏覽地圖時，便無需再執行即時縮編，伺服器會直接將儲存在 MRDB 裡的資料傳送至用戶端。而為了讓伺服器能有效地在 MRDB 尋找上述的檔案，在附加資訊資料庫裡建立一已處理檔案資料表，記錄各個已完成縮編處理檔案的儲存路徑，提供系統搜尋檔案的依據。其資料表綱要如表 4 所示。

表 4 已處理檔案資料表之綱要

檔案名稱	儲存路徑
文字	文字

3-4 即時縮編模組設計

此模組主要的功能為根據用戶端的地圖需求狀態，對後端 MRDB 內儲存之地圖資料進行線上即時縮編，再將處理完成的地圖資料回傳至用戶端的處理程序。整個模組使用 ASP 及 JavaScript 進行開發，內部架構再分為兩個子模組：(1) 資料庫連接模組；(2) 縮編處理模組。

(1) 資料庫連接模組

主要的功能為建立縮編程序與附加資訊資料庫的連線工作。本模組使用 ASP 網頁程式語言開發，利用 ADO 與 ODBC 通訊協定與儲存在 Access 內的附加資訊資料庫連接，讀取縮編應用資料表、縮編參數資料表及已處理檔案資料表，從資料表裡取出即時縮編程序所需使用的相關資訊。

(2) 縮編處理模組

此模組的主要功能為對資料庫內儲存的地理資料進行即時縮編處理，並加以包裝成可在用戶端地圖瀏覽器上展示的資料格式。本模組的開發過程是利用 MapGuide 地圖伺服軟體之 SDF Component Toolkit 及 Dynamic Authoring Toolkit 配合 ASP Script 程式語言進行開發。程式開發完成後以 ActiveX 元件包裹並註冊(Register)在應用伺服器上，供線上即時應用。在建立 ActiveX 元件的過程中程式碼已經過編譯與最佳化，執行的速度會比內嵌於 ASP 中的 script 程式快(廖信彥, 1999)。考量縮編程序涉及複雜的資料處理，因此採用

ActiveX 元件方式進行發佈。模組內包括線狀簡化、線狀平滑化、相鄰面狀合併及面狀簡化程序，此四個程序的函式原型如下：

線狀簡化程序：

OnSimplify(InputSDF, OutputSDF, tol1, tol2, AG);

線狀平滑化程序：

OnSmooth(InputSDF, OutputSDF, tol1, AG)

相鄰面狀合併程序：

PolygonMerge(InputSDF, OutputSDF);

面狀簡化程序

PolygonSimplify(InputSDF, OutputSDF, tol1, tol2);

其中 *InputSDF, OutputSDF* 分別為輸入及輸出的 SDF 圖層資料檔；

AG 為選用之演算法(algorithm)的程序代碼；

tol1, tol2 為對應於使用中之演算法的縮編參數門檻值。

縮編處理完成後，地圖資料檔必需依照命名規則賦予檔名以利後續應用，最後將完成縮編處理的檔案儲存至 MRDB 裡，再透過地圖伺服器上傳至用戶端。地圖資料檔的命名方式是由縮編程序 ID、圖幅編號、圖層種類名稱三個欄位串聯而成，檔名的組成方式如下：

縮編程序 ID_圖幅編號_圖層種類

其中各個欄位的定義說明如下：

縮編程序 ID 為縮編應用資料表中對應的程序 ID；

圖幅編號表示來源資料的圖幅編號；

圖層種類表示圖層分類的代碼。

四、系統測試

本節是根據前述的系統架構與功能設計開發出一個原型的隨選網路地圖系統，測試項目則偏重於網路地圖的即時縮編功能。

4-1 測試資料

本研究使用的測試資料包括台南市 1/1000、1/6000 及 1/25000 共三種不同比例尺的地形圖。測試區域依地理資料特性分為兩個區域，一為河流密度較高的區域(台南市安南區與安平區相接處)；另一為房屋密度較高的區域(台南市東區與北區相接處)，其空間涵蓋範圍如圖 5 所示。

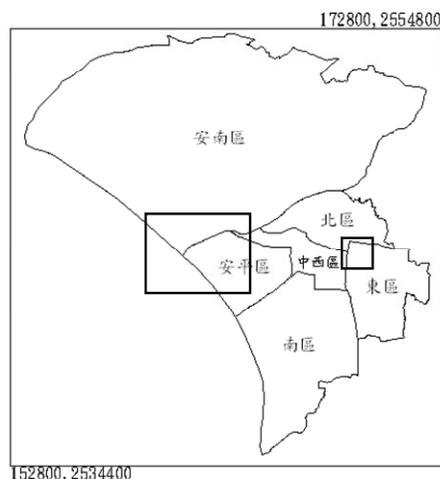


圖 5 測試資料涵蓋區域

4-2 網路地圖即時縮編測試

本小節進行隨選網路地圖系統的即時縮編測試，整個測試分為線狀地物即時縮編測試及面狀地物即時縮編測試兩部分。縮編程序演算法的選取及使用是參考歐盟研究計畫 AGENT 之研究報告，該報告中詳細表列所有常見之縮編演算法的特性及使用建議 (AGENT, 1999)。

4-2-1 線狀地物即時縮編測試

本研究採用的線狀地物簡化演算法包括 Douglas 與 Lang 演算法；平滑化演算法則為加權平均法 (Douglas *et. al.*, 1973; McMaster and Shea, 1992)。測試程序是將利用上述演算法分別對水系圖層進行即時縮編測試。而 MRDB 裡水系圖層之 LOD 及 LA 的配置方式是根據第三節所述的原則設定。圖 6 展示水系圖層顯示比例尺的配置方式，詳細說明如下：

- 最大~4000：利用 1/1000 地形圖的水系圖層提供服務。由於具名之河流的寬度約為 15~20 公尺，在顯示比例尺為 1/4000 之狀態下，其圖面上之寬度約為 0.3~0.5 公分，此情況下已達到其極限顯示範圍，因此設定其最大顯示比例尺為 1/4000。

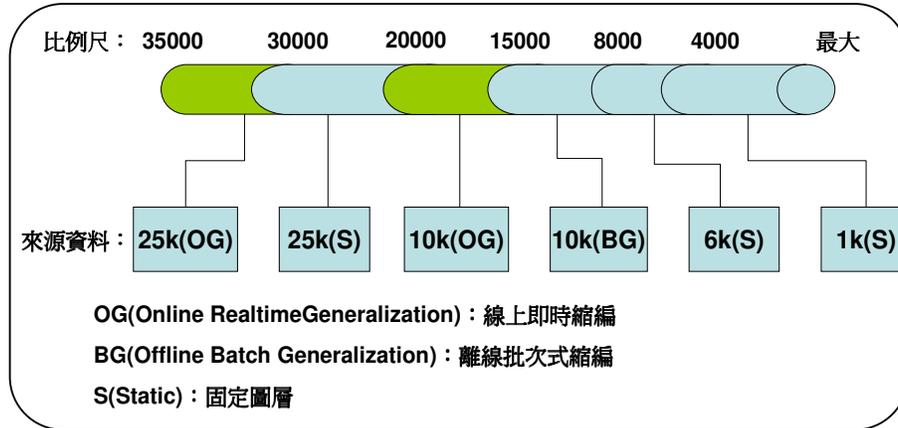


圖 6 水系圖層顯示比例尺之配置方式

- 4000~8000：直接利用 1/6000 地形圖的水系圖層提供圖資查詢需求。
- 8000~15000：由於所取得的測試資料缺乏中比例尺地圖資料，形成比例尺自 1/6000 至 1/25000 間出現很大的落差。在這種情況下簡單的線上縮編處理已無法滿足地圖顯示的需求，因此必需利用離線批次式的縮編技術產生中間比例尺的圖層。本測試利用 1/6000 地形圖的水系圖層做為來源資料，以離線縮編製圖技術產生 1/10000 的水系圖層，提供圖資查詢需求。
- 15000~20000：利用 1/10000 地形圖的水系圖層進行線上即時縮編處理。
- 20000~30000：直接利用 1/25000 的地形圖的水系圖層提供圖資查詢需求。
- 30000~35000：利用 1/25000 地形圖的水系圖層進行線上即時縮編處理。

圖 6 中的即時縮編處理分別以兩種簡化演算法(Douglas 法及 Lang 法)配合一種圓滑化演算法(加權平均法)實施之。簡化演算法門檻值的設定分成兩類，一類的門檻值設定成較大值，允許較大的簡化程度，即被保留的細節部份較少，稱為強縮編參數；另一類的門檻值設定成較小值，允許較小的簡化程度，即被保留的細節部份較多，稱為弱縮編參數。分述其縮編成果如下：

(1) Douglas 演算法 + 加權平均法

圖 7 展示於瀏覽比例尺 1/35000 的狀態下，利用強縮編參數對來源資料比例尺為 1/25000 水系圖層進行即時縮編的結果及其局部放大圖(Douglas:門檻值 30m；加權平均法：平移值 0.5m)。圖 8 展示於瀏覽比例尺 1/20000 的狀態下，利用弱縮編參數對來源資料比例尺為 1/10000 水系圖層進行即時縮編的結果及其局部放大圖(Douglas:門檻值 5m；加權平均法：平移值 0.5m)。表 5 則記錄使用 Douglas 法與加權平均法在上述兩個比例尺下執行即時縮編處理

結果的相關數據。

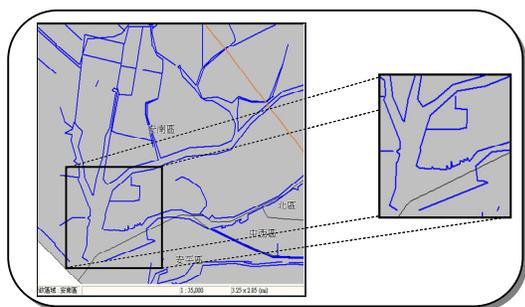


圖 7 Douglas 法於瀏覽比例尺 1/35000 利用強縮編參數的處理結果

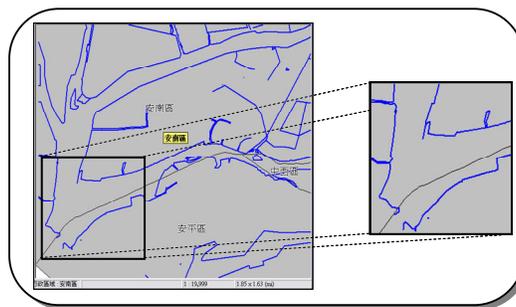


圖 8 Douglas 法於瀏覽比例尺 1/20000 利用弱縮編參數的處理結果

表 5 Douglas 法+加權平均法即時縮編處理結果的相關數據

來源資料比例尺	處理時間	原資料點數	處理後點數	刪除率 %	原始資料量	處理後資料量	顯示比例尺
25000	1 s	2696	939	65.1	46 kb	10 kb	35000~30000
10000	1 s	3358	3339	0.56	70 kb	44 kb	20000~15000

(2)Lang 演算法+加權平均法

圖 9 展示於瀏覽比例尺 1/35000 的狀態下，利用強縮編參數對來源資料比例尺為 1/25000 水系圖層進行即時縮編的結果及其局部放大圖(Lang:門檻值 30m;加權平均法:平移值 0.5m)。圖 10 展示於瀏覽比例尺 1/20000 的狀態下，利用弱縮編參數對來源資料比例尺為 1/10000 水系圖層進行即時縮編的結果及其局部放大圖(Lang:門檻值 5m;加權平均法:平移值 0.5m)。表 6 則記錄使用 Lang 演算法與加權平均法在上述兩個比例尺下執行即時縮編處理結果的相關數據。

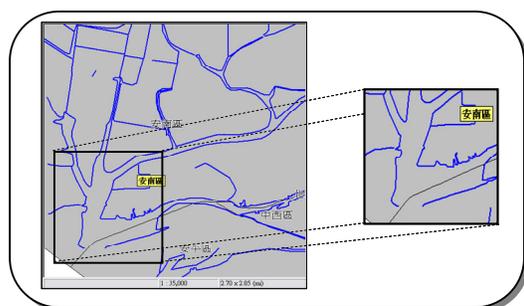


圖 9 Lang 法於瀏覽比例尺 1/35000 利用強縮編參數的處理結果

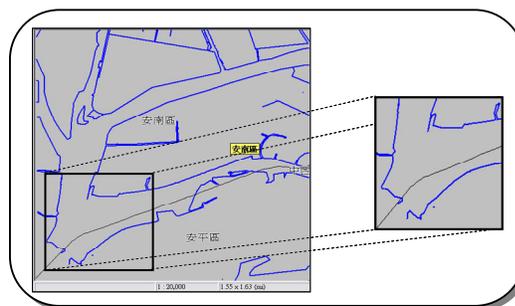


圖 10 Lang 法於瀏覽比例尺 1/20000 利用弱縮編參數的處理結果

表 6 Lang 法+加權平均法即時縮編處理結果之相關數據

來源資料比例尺	處理時間	原資料點數	處理後點數	刪除率 %	原資料資料量	處理後資料量	顯示比例尺
25000	1 s	2696	1488	44.8	46 kb	20 kb	35000~30000
10000	1 s	3358	3339	0.56	70 kb	44 kb	20000~15000

由上述的測試結果顯示，在兩種不同的縮編狀態下(不同的地圖比例尺及縮編參數)，Douglas 法及 Lang 法線上簡化的處理時間皆很短，因此兩種簡化演算法皆可適用於隨選式網路地圖系統的地圖瀏覽需求。

4-2-2 面狀地物的即時縮編測試

面狀地物測試分為建物合併與建物簡化縮編兩部分。測試程序利用 1/1000 地形圖的建物圖層做為來源資料，圖 11 展示建物圖層顯示比例尺的配置方式，詳細說明如下：

- 最大~2000：直接利用 1/1000 地形圖的建物圖層提供圖資查詢需求。
- 2000~3500：以 1/1000 地形圖的建物圖層為依據進行線上建物合併演算。
- 3500~4500：利用合併處理完成的建物圖層進行線上建物簡化演算。

(1) 建物合併演算

由於現有的地形圖上一般只利用簡單聚合線記錄地物的空間關係，並未以物件導向的方式記錄地物本體的空間資訊。因此在執行建物合併演算的過程中必需根據圖上各聚合線的空間位相關係以自動化的方式組成物件 (Sester *et. al.*, 2004)。但由於物件化的處理過程較為複雜且費時，不適合以線上即時處理的方式進行。因此，本研究將建物合併演算法分為離線處理及線上處理兩部分，以降低因執行複雜的即時運算對系統整體效能的影響。圖 12 展示於瀏覽比例尺 1/3500 的狀態下，對 1/1000 建物圖層進行合併運算的即時縮編結果。

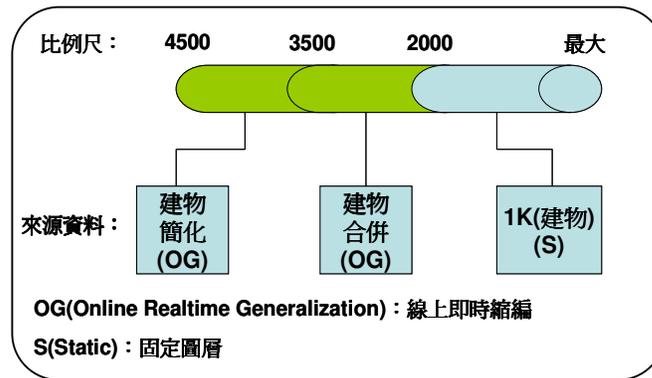


圖 11 建物圖層顯示比例尺之配置方式

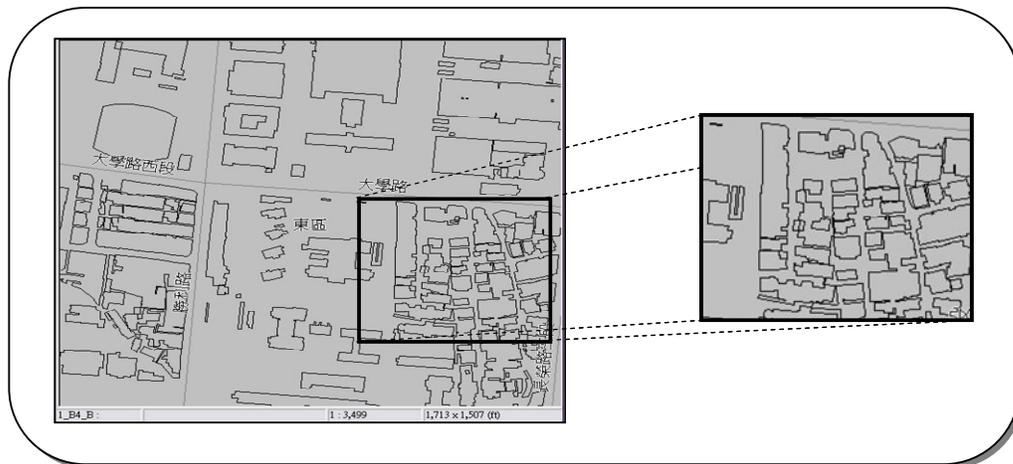


圖 12 線上建物合併處理成果

表 7 記錄了四個不同資料量的測試區域執行建物合併線上處理部分的相關數據。

表 7 建物合併演算線上處理的相關數據

測試區	處理前資料量	處理後資料量	處理時間	原房屋數	合併區塊	合併率%
1	54 kb	39 kb	6s	400	62	84.5
2	17 kb	13 kb	2s	100	25	75
3	61 kb	42 kb	6s	550	73	86.7
4	20 kb	12 kb	4s	100	35	65

測試結果顯示，於都會區進行建物合併演算能有效大幅降底房屋的密度，增加地圖資料的可讀性，讓使用者能在中瀏覽比例尺下仍能正確的判讀建物資料。

(2) 建物簡化演算

圖 13 顯示於瀏覽比例尺 1/4500 的狀態下，對已完成建物合併之建物圖層進行即時縮編的結果及其區部放大圖(最小邊門檻值：5m；容許角度：5°)。表 8 則記錄四個不同資料量的測試區域執行建物簡化演算的相關數據。

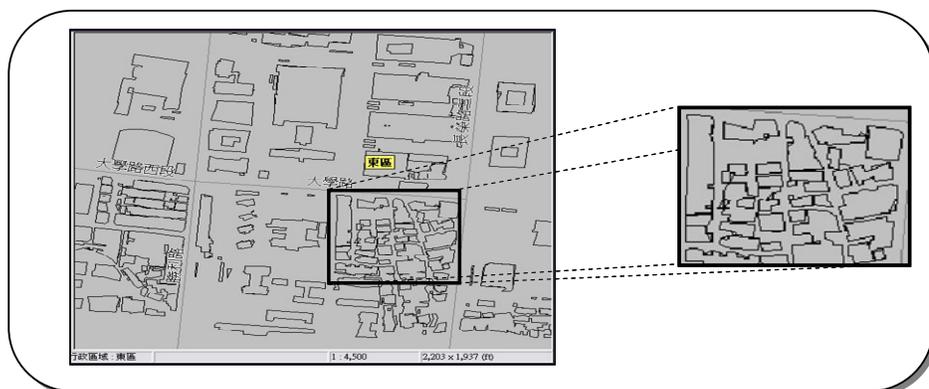


圖 13 線上建物簡化處理成果

表 8 建物簡化即時縮編處理結果的相關數據

測試區	處理前資料量	處理後資料量	處理時間
1	39 kb	29 kb	3s
2	13 kb	11 kb	1s
3	42 kb	29 kb	4s
4	12 kb	9 kb	1s

五、成果分析

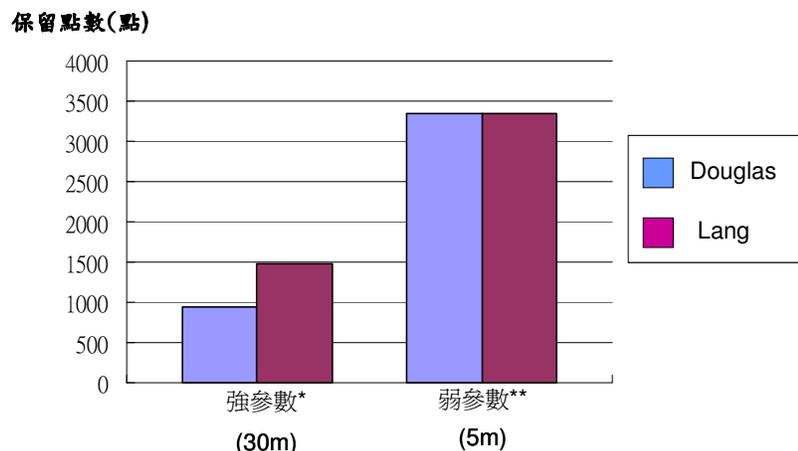
本節對線狀及面狀地物之即時縮編的測試成果進行分析及討論。

5-1 線上 Douglas 與 Lang 演算法之比較

本文中，利用了 Douglas 及 Lang 兩個簡化演算法，分別在兩種不同的瀏覽比例尺，以不同強度的縮編參數進行線狀地物的即時縮編測試。測試結果顯示，此兩種簡化演算法都能滿足網路地圖即時處理的需求，為進一步比較兩種演算法的差異，本小節再針對資料刪除率及成圖品質兩個項目進行分析與探討。

(1) 資料刪除率

圖 14 展示兩種簡化演算法於不同的來源資料，利用相同強度的縮編參數進行縮編處理後，成果資料的點數剩餘量。由圖 14 可知，當使用較強的縮編參數進行縮編處理時，Douglas 法的資料刪除率將較 Lang 法為高。由表 6 與表 7 的數據顯示，利用較強的縮編參數處理時，Douglas 法的資料刪除率可較 Lang 法高出約 21%。反之，當使用較弱的縮編參數進行縮編處理時，Douglas 法及 Lang 法的資料刪除率呈現相近的狀況，因此在使用較弱的縮編參數的情況下，此兩種演算法將有相近的資料刪除效能。



*：來源資料比例尺兩萬分之一

**：來源資料比例尺十萬分之一

圖 14 Douglas 法與 Lang 法處理成果剩餘點數比較

(2) 成果品質

圖 15 展示來源資料比例尺為二十五萬分之一之情況下，Douglas 法及 Lang 法利用強縮編參數進行線上縮編的成果與來源資料的套疊狀況。從圖中可發現，在使用強縮編參數的狀況下，Lang 法相對於 Douglas 法較能保持來源資料的外貌，其主要原因為 Lang 法為一區域性的縮編方法，而 Douglas 法則為一全區性的縮編方法，因此，Lang 法具有較優異的區域性細節保留能力，能有效保持來源資料的原貌。另外，圖 16 則展示來源資料比例尺為十萬分之一的情況下，Douglas 法及 Lang 法利用弱縮編參數進行線上縮編的成果與來源資料的套疊狀況。從圖上可發現，於此縮編狀態下，Douglas 法及 Lang 法的縮編結果非常接近，很難於圖上清楚分辨兩者成果的差異。因此，在使用弱縮編參數的狀況下，此兩種演算法將得到大致相同的成果品質。

由以上的分析可知，當使用弱縮編參數進行線上縮編處理時，Douglas 法與 Lang 法將得到相似的處理結果。相反地，當使用強縮編參數進行線上縮編處理時，上述兩種簡化演算法的處理將會產生不同的結果。系統開發人員必需謹慎選擇使用適當的縮編演算法，以符合不同的應用需求。

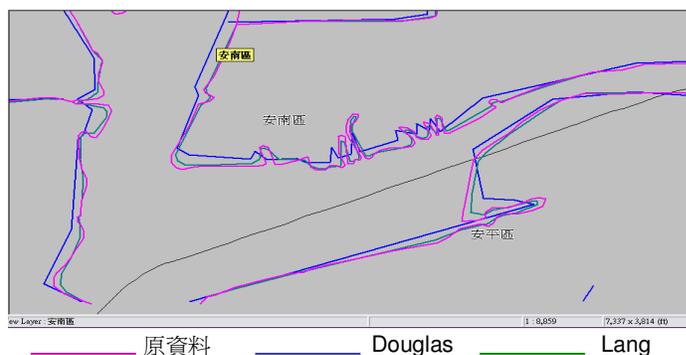


圖 15 強縮編參數處理的套疊情況

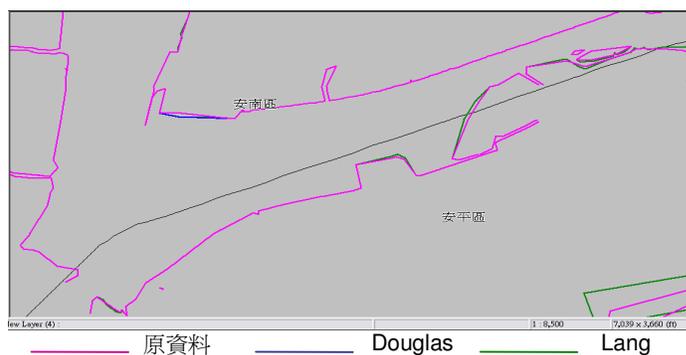


圖 16 弱縮編參數處理的套疊情況

5-2 面狀地物縮編運算的執行效率

於網路地圖上結合縮編技術的應用，執行效率的改善一直是系統發展中一個最大的問題。隨著電腦硬體效能及網路頻寬的提昇，以往於線上進行即時縮編處理所產生的系統效能下降問題已大幅得到改善，較簡單的縮編處理之運算效率已能滿足網路地圖服務的需求。以本研究之面狀地物的線上即時簡化處理的測試結果為例，處理程序主要是利用已完成建物合併演算的成果作為來源資料進行運算，由於處理過程中無需進行複雜的空間分析運算，因此於四個不同資料量的測試區中，處理程序都能在短時間內完成，讓使用者無需經過長時間的等待便能得到所需的服務。

但相對於某些較為複雜的面狀地物之縮編程序而言，現行的系統環境仍未能讓這些演算法完全以線上即時的模式執行。以本測試的建物合併演算為例，在整個運算的過程中，需以自動化的方式將地圖上的簡單聚合線按其位相關係組合成物件，但由

於此處理程序必需進行複雜的空間分析，若完全以線上即時的方式執行，必定會降低系統的整體處理效能。因此本研究嘗試利用分階段式執行，將處理程序分為離線處理及即時處理兩部分，以提高即時處理的運算速度。

由測試成果顯示，四個不同資料量之測試區的建物合併處理時間約為 4~6 秒，仍可符合網路地圖服務的需求。由此可知，透過此即時處理模式確實能提昇複雜演算法的線上運算效能，避免伺服器必需以線上模式執行複雜的空間運算。因此，本文建議於目前的系統環境中對於需要執行複雜的線上縮編程序時，可考慮預先利用離線處理完成的附加資訊輔助進行，以提高整個縮編程序的處理效能。

5-3 地圖服務之資料品質

利用即時縮編機制提供線上地圖服務的地圖資料品質亦為另一個需重視的問題。依本研究的線狀及面狀地物測試成果顯示，目前大部分的線上縮編處理程序所提供的資料品質，已能滿足一般網路地圖瀏覽所需。但由於利用線上即時處理程序所提供的地圖資料，在提供給使用者使用前並未經過任何檢核測試，因此地圖資料的品質可能存在某種程度的潛在錯誤。另一方面，網路地圖一般利用多個不同類別的圖層以相互套疊的方式提供服務，在套疊的過程中，經線上縮編處理完成的地圖資料，可能因此與原圖上的其它地物產生位相衝突(如：覆疊)。因此於地圖資料傳送至用戶端前，如何提供適合的資料檢核程序為一個值得探討的問題。

六、結論與建議

本文嘗試在現有網路地圖系統的環境下，設計一個結合即時縮編機制與多解析地圖資料庫的隨選式網路地圖服務架構，分析在現有的網路地圖系統及資料架構上建立隨選式網路地圖服務的可行性。

本文經理論探討、系統設計開發及軟體測試分析等階段獲得結論如下：

1. 本文所提出的隨選式網路地圖系統架構，能有效地在現有的商用網路地圖系統及地圖資料格式的環境下，實現隨選式地圖服務的概念。現有的網路地圖系統無需進行複雜的系統及資料庫重置，只需對系統架構進行少幅度的修改，便可實現結合即時縮編及 MRDB 的隨選式網路地圖服務，明顯提昇現有地圖服務的彈性，滿足使用者多元的地圖資訊使用需求。
2. 於網路上建置隨選式的網路地圖系統，系統開發人員於系統開發過程中，需以 MRDB 內的 LOD 及 LA 之配置方式為依據，適當使用縮編演算法及其縮編參數。即時縮編機制與 MRDB 必需適切配合，才能發揮此兩項技術的優點。
3. 隨著電腦硬體效能及網路頻寬的提昇，以往於線上進行即時縮編處理所產生的系

統效能下降問題已大幅得到改善，一般較為簡單之縮編處理的執行效率已能滿足網路地圖服務的需求，大部分的處理程序都能在短時間內完成，讓使用者無需經過長時間的等待便能得到所需的服務。然而，相對較為複雜之演算法，若完全利用線上模式執行，將可能導致系統的效能下降。本文建議於執行複雜演算法的過程中，必需導入預先以離線方式產生的附加資訊協助運算提高效率，以避免因處理程序耗時而導致系統效能下降。

本文針對現有的網路地圖架構及資料格式的開發環境，提出一個建置隨選式網路地圖服務的可行性架構。實際上，於網路建立隨選式地圖服務仍有很多需要解決的問題，本文對後續的研究提出以下幾點建議：

1. 利用物件關聯式資料庫儲存地理資料是目前的一種趨勢。本文中後端資料庫中的地圖資料只單純利用簡單線段的方式記錄，在這種資料的記錄方式下，導致自動化縮編程序的撰寫十分困難，並且缺乏良好的執行效率。因此，本文建議於建置隨選式網路地圖系統的過程中，必需將現有的數值地圖資料，預先轉換成以物件為基礎的記錄模式，讓網路地圖系統之線上縮編程序的開發與運作得以更順利地進行。
2. 在網路地圖上使用即時縮編技術產生的地圖資料品質為一個不可忽視的問題。由於利用線上即時處理程序所提供的地圖資料，在提供給使用者使用前並未經過任何檢核測試，因此地圖資料的品質可能存在某程度的潛在錯誤。另一方面，網路地圖一般利用多個不同類別的圖層以相互套疊的方式提供服務，在套疊的過程中，經線上縮編處理完成的地圖資料，可能會與原圖上的其它地物產生位相衝突。因此將地圖資料傳送至用戶端前，必需導入適當的資料品質檢查機制。此項檢查工作可考慮採用全自動方式處理，即讓縮編完成的結果在傳送前至客戶端前，先與其它圖層上的對應地物進行空間套疊運算，分析其套合成果是否合乎圖標準。此項處理必需利用複雜的空間運算處理，以目前的系統作業環境而言，未必做到完全以即時線上的方式執行。另外，也可考慮於用戶端的地圖瀏覽器上，發展一互動式的檢核修改介面，提供使用者以人工介入的方式進行地圖資料的檢核或修正，做為完全能自動化檢核即時縮編地圖之前的變通解決方法。

七、參考文獻

1. 廖信彥, 1999. *Active Server Pages 應用大全-Web 進階技巧*, 博碩文化.
2. 臺北縣政府, 1998. 台北縣一千分之一都市計畫航測地形圖圖式規格表.
3. AGENT, 1999, Selection of Basic Algorithms, AGENT Report AG-99-05.
4. Cecconi, A., 2003. Integration of Cartographic Generalization and Multi-Scale Databases for

- Enhanced Web Mapping, Ph.D. Thesis, University of Zurich.
5. Douglas *et al.*, 1973. Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or its Caricature, *The Canadian Cartographer*, Vol.10, No.2, pp.112-122.
 6. Devogele *et. al.*, 1996. Building a Multi-Scale Database with Scale-Transition Relationships. *Proceeding of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling*, Advances in GIS Research II, pp. 6.19-6.33. Delft.
 7. Kilpeläinen, T., 1997. *Multiple Representation and Generalization of Geo-Database for Topographic Maps*. Ph.D. thesis, Finish Geodetic Institute, Helsinki University of Technology.
 8. Lehto, L. and Kilpeläinen, T., 2001. Generalizing XML-Encoded Spatial Data on the Web. *Proceedings of the 20th ICA/ACI Conference*, pp. 2390-2396. Beijing.
 9. McMaster, Robert B. and Shea, K. Stuart, 1992. *Generalization in Digital Cartography*. Association of American Geographers.
 10. Rusak M, E. and Castner, H. W., 1990. Horton's Ordering Scheme and the Generalisation of River Networks. *The Cartographic Journal*.
 11. Sester M. *et. al.*, 2004. Real-time Generalization and Multiple Representation in the GiMoDig Mobile Service, *WP7, GiMoDig*.
 12. Weibel, R. and Dutton, G., 1999. Generalizing Spatial Data and Dealing with Multiple Representations. P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J., Maguire and D. W. Rhind (editors), *Geographic Information Systems, Principles and Technical Issues, Volume 1*, John Wiley & Sons, 2 edition, 1999, pp. 125-155.