一個以 SVG 技術標準為基礎的生命徵象系統雛型－以台大醫院為例

張基銘 [b] 鄭伯壎 [a,b,*] 侯宜菁 [c,d] 尚榮基 [a] 陳建民 [a] 吳榮軒 [e] 溫家昶 [a] 賴飛羆 [a,e,f]

國立台灣大學醫學院附設醫院 [a] 資訊室, [c] 護理部

國立台灣大學電機資訊學院 [e] 電機工程系, [f] 資訊工程系

[b] 銘傳大學醫療資訊與管理學系

[d] 國立陽明大學衛生資訊與決策研究所

**E-mail: cph@ntuh.gov.tw*

摘要

由於目前生命徵象作業流程中的趨勢圖，都是要求護理人員用人工的方式在已建置好的紙本網格上畫出來，而相關的生命徵象至少包括體溫(Temperature)、脈搏(Pulse)、與呼吸(Respiration)，且資料量很大，因此，人工繪圖的方式往往成為護理人員作業上的一項負擔且容易產生人為疏失。臨床人員希望透過資訊技術將圖形化的這項過程交由電腦處理，然圖形化的技術有很多，如何選擇最適合的技術來進行開發，成為一項必經的過程。本研究經過適當的篩選分析後，發現可縮放向量圖形(SVG，Scalable Vector Graphics)標準，應該是相當適合應用於以網路應用為基礎的臨床醫療資訊系統之圖形化的開發上，也最能夠表現出書面作業的格式並增加趨勢圖形的可讀性，也因 SVG 是以網頁瀏覽器為基礎的標準，所以能夠將視窗介面轉換到網頁介面，且有可能成為國內外首度以網頁介面型態呈現的生命徵象系統。本研究引用此項標準進行系統設計以及圖形結構的規劃，在完成系統設計以及程式撰寫後會經過臨床單位實際的運作測試，進而實際應用於台大醫院中。

關鍵字：生命徵象、可縮放向量圖形(SVG)、可擴展置標語言(XML)、文件物件模型(DOM)、ActiveX、非同步 JavaScript 和 XML(Ajax)

Abstract

Health care nurses always spend tendency time on the vital sign paper. The amount of vital sign data is huge so the recoding process becomes a burden for nurses and then most of them eager to accomplish this task by computer assistance. However, there are many graphic information standards and we oblige to choose the most feasible and compatible one to derive and implement in our health enterprise. According to our analytic results, SVG (Scalable Vector Graphics) is the most acceptable standard in the clinical observation environment. That is, SVG can be utilized to create the virtual electronic format which is as same as the document work . SVG is a Web-based standard, so it can transfer the window GUI to Web pages and our vital sign information system might be one of the first Web-based system in the world . Meanwhile, we also illustrated the data flow, data type, a logical decision, XML structure creation, and graphic structure development. Such design had integrated with the nurse information system in our healthcare enterprise.

Keywords: *Vital Sign, Scalable Vector Graphics, Extensible Markup Language, Document Object Model, ActiveX, Ajax.*

1、前言

電子病歷至今已行之有年，但是對於需要處理圖形的電子病歷介面而言，卻還有很多進步的空間。針對目前生命徵象而言，需要將紀錄的數據以趨勢圖的方式呈現給醫護人員來觀察與使用。由於目前生命徵象作業流程中趨勢圖的部份，都是要求護理人員用人工的方式在已建置好的紙本網格上畫出來，而相關的生命徵象臨床上一般簡稱為 TPR (Temperature, Pulse and Respiration)，亦即至少包括體溫、脈搏、與呼吸三種生命徵象的數據，目前多數電子化後的生命徵象 TPR 介面，並沒有針對醫護人員實際操作習慣，在系統中完整的被設計出來，以至於醫護人員使用上與先前的紙本作業有所差異，而無法快速適應電子化後的格式。本研究經過適當的篩選分析後，發現可縮放向量圖形(SVG，Scalable Vector Graphics)標準應該是最適合應用

於以網路應用為基礎的臨床醫療資訊系統之圖形化的開發上，也最能夠表現出書面作業的格式，也因 SVG 是以網頁瀏覽器為基礎的標準，所以能夠將視窗介面轉換到網頁介面，且有可能成為國內外首度以網頁介面型態呈現的生命徵象系統。

我們使用了 SVG 的標準，將電子化後的生命徵象 TPR 圖形畫面更加貼近於紙本作業的模式，讓護理人員更快速適應之外，也能夠更快速且有效的觀察及管理病患的數據資料，以減少間接護理的時間進而增加直接護理的時間[2]，此外，2004 年 Rosenthal 也提出了醫院可以電子化的方式紀錄病患生命徵象資訊，提升資訊流進而有效的減少紀錄時間並且能夠省去紙本作業所帶來的額外成本[11]，如此即能夠有更多時間照護病患達到以病患為中心的照護，本系統在開發完成後將會首先實際應用於台大醫院中。

2、向量圖形標準

目前的向量圖形技術標準主要在使用的有SVG、地理標記語言(GML，Geography Markup Language)、以及向量標記語言(VML，Vector Markup Language)，但這些語言標準的屬性都不盡相同，且各有各的用途。GML是以XML為基礎的空間資料是一項國際標準，包含了地理資訊資料，其主要在描述地理特徵中的名稱、類型、值以及展現點、線、面、多邊形的幾何圖形，並可對於地理資訊進行模式化傳輸和儲存[5]。

而 VML 是一種以 XML 為基礎的向量圖形(Vector Graphics）標準。因為Adobe、Sun等公司提出了所謂的精確圖形標記語言(PGML，Precision Graphics Markup Language)的計劃書，使得 Microsoft、Macromedia等公司在 1998 年向W3C所提出的VML遭到拒絕，而這兩套圖形標準後來合併成更具潛力的SVG。

至於文件物件模型(DOM，Document Object Model)是一種能夠適用任何程式語言的應用程式介面(API，Application Programming Interface)，也是 W3C 所承認的國際標準，它能夠將文件中的內容物件化，並動態的更新文件的樣式、內容以及結構，所以相當於是一座使用者與物件之間互通的橋樑[8]。

一般來說，SVG是W3C所認可的一項開放語言標準，是以XML為基礎的向量圖形，完全以文字的方式編輯設計，並且能夠與現在的程式語言搭配使用，設計出互動介面、動畫、與建置關鍵字索引，以達到文查圖的目的。SVG所提供的圖形為直線、任意曲線、矩形、圓形、橢圓形、多邊形以及文字，並且可以嵌入外部圖像[6]。此外，SVG的檔案容量相當小而且為XML為基礎的格式，因此，可以簡單的在不同的平台上交換使用，讓任務執行起來更有效率且更經濟[9]。

3、研究方法

本研究在了解生命徵象的實際運作流程並確認需求後，再逐步釐清各個環節中的資料項目、資料流向、及條件判斷以進行系統設計，設計的方向包括程式的流程、XML 的模型結構、以及趨勢圖形的結構，完成設計後再接著進行實際的運作測試，以排除任何邏輯或是語法上的錯誤。

3.1、需求確認

經過與護理人員討論過後，了解到護理人員會將體溫、脈搏、呼吸等數據資料，在網格中繪製出趨勢圖形。在徐南麗等人的研究中發現量測體溫、脈博、呼吸以的護理動作，排行在執行頻率前十名之首可見其資料量之龐大[1]，若以人工的方式繪製趨勢圖，往往成為護理人員作業上的一項負擔，也由於護理人員需要將臨床中體溫、脈搏、與呼吸等紀錄以人工的方式紀錄在表單中，待完成護理工作後才將臨床紀錄登錄到病歷中，如此重複繁雜且耗時的程序，容易產生筆誤或是因忘記而遺漏登錄的情形發生，並且在繪製ＴＰＲ趨勢線以及文字登錄的過程中，容易造成趨勢線不整齊不易辨識以及字跡潦草的品質問題產生[3]。

因此，必須考慮將繪製趨勢圖的過程交由電腦處理，其中趨勢線是藉由不同的時間紀錄所構成的圖形，由於醫護人員在趨勢線中觀察的項目不只一項，故希望能夠盡可能的在同一條趨勢線上表達出需要的資訊，所以系統會將紀錄點所代表的實際數值以及病患所服用的特殊藥物名稱，在滑鼠游標移到圖形紀錄點上的同時會以提示視窗的方式展現出來，且在同一條趨勢線上的趨勢點會依照實際量測的部位不同而有著不同的形狀符號。

此外，其他與生命徵象相關的紀錄資料必須以表格的型態置於趨勢圖的下方，且表格中的每個欄位必須與趨勢圖的時間相互對應，明確的表現出趨勢線與表格

紀錄所在的時間點，進而完整的反映出影響病患生理變化的各項因子。

3.2、導入向量圖形標準

因為人工繪圖的方式往往成為護理人員作業上的一項負擔，所以嘗試透過資訊技術將圖形化的這項過程交由電腦處理，然圖形化的技術有很多，故如何選擇最適合的技術來進行開發，成為一項必經的過程。

由表 1 所示，可以發現 GML 並無法直接顯示在網頁上，它需要經由轉換成其他圖形格式才能在網頁上顯示，但由於 SVG 以及 VML 是以網頁瀏覽器為基礎所設計的標準，所以可直接顯示在網頁頁面上，也由於 SVG 及 VML 是完全以文字方式編輯的標準，故可在任何時候進行修改，即便是系統正在運行的同時也可以做到即時修改，且圖形描述的內容還能夠重複使用。依照表格中的內容顯示，發現 SVG 結合了 GML 以及 VML 的優點，然 SVG 所支援的範圍更廣泛，且具備更靈活的格式架構。因此有許多大型公司開始關注 SVG 這項技術標準，也推出了許多支援的元件，讓 SVG 逐漸脫穎而出成為圖片格式標準中的明日之星。

表 1：向量圖形格式特性對照分析表

分析項目 / 技術標準	SVG	GML	VML
直接在網頁顯示圖形	可	不可	可
屬於 XML 標準	屬於	屬於	屬於
文查圖	能	不能	不能
為高質量的向量圖形	是	是	是
直接修改圖形	能	不能	能
網頁圖形瀏覽程式	安裝圖形瀏覽程式即可在網頁上顯示	沒有網頁圖形瀏覽程式	僅適用於 Microsoft Internet Explorer

3.3、系統設計

本系統的主要開發環境是以 Microsoft C#.NET 網路程式語言以及 Ajax 技術為主，以非同步的方式透過網路向資料庫查詢需要的數據，並將資料以 XML 的格式回傳到客戶端，其 XML 模型請見圖 1 說明。

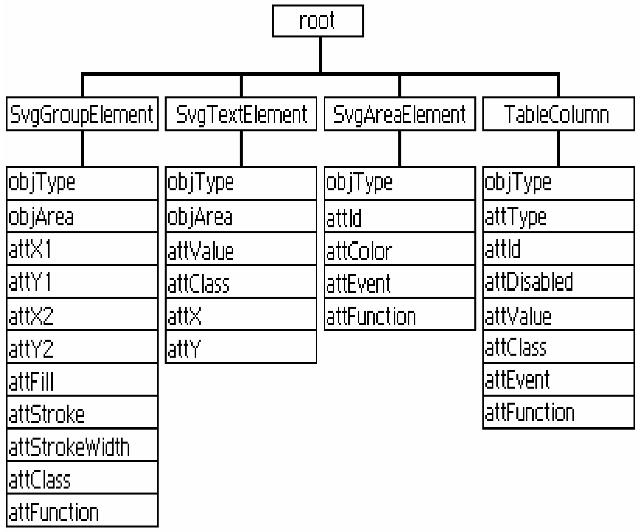

圖 1：XML 模型示意圖

針對生命徵象系統所設計的 XML 模型，由圖 1 可得知其內容的標籤主要有 SvgGraphElement、SvgTextElement、SvgAreaElement、與 TableColumn，其中 SvgGraphElement 為圖形標籤，其屬性內容代表著圖形的形狀種類、位置、大小、與顏色等屬性。SvgTextElement 為文字標籤，能夠在圖表中的特定位置展現出文字內容。SvgAreaElement 為區域標籤，負責將三個圖形區域劃分出來，並且視情況將區域作更進一步的細分。TableColumn 為表格標籤，負責表達表格的屬性及表格內容。如圖 2 所示，客戶端透過 JavasScript 傳達命令參數給伺服端後，伺服端會將 XML 製作完成並回傳 XML 到客戶端，客戶端再透過 Ajax engine 接收並解析後，即可將資料內容透過 ECMAScript 描繪出 SVG 格式的圖形呈現在客戶端，ECMAScript 是經由 ECMA(European Computer Manufacturers Association)所制定，ECMAScript 是一項標準的 JAVAScript，且 ECMAScript 是最廣泛結合在 SVG 上使用以及執行的程式語言，其結合了 DOM 的技術能夠改變物件的屬性以及創造、移動或是刪除物件[10]，所以選擇 ECMAScript 來控制 SVG 趨勢圖表。

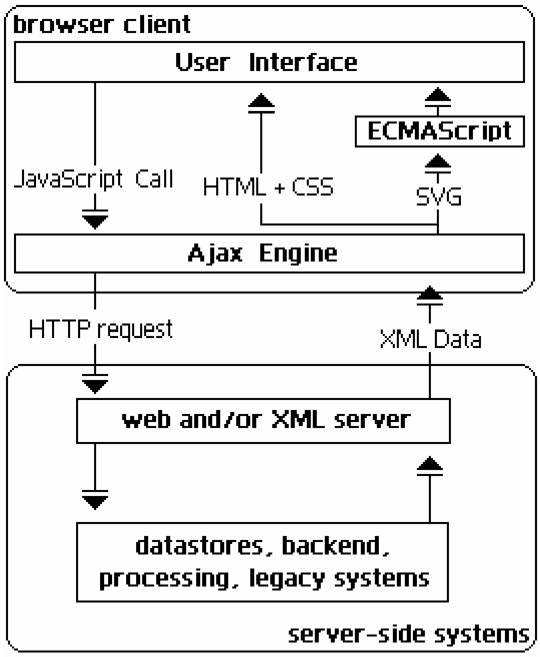

圖 2：客戶端及伺服端的資料交換流程

在描繪圖形的同時順便將圖形內容做物件化的處理，分別是將圖形的三個區域分類成三個主要的物件，如圖 3 所示，此三個物件分別是統計圖的刻度線，趨勢圖、及背景網格，而代表這三個物件的代碼分別設定為 S1、C1、與 B1，其中 C1 及 S1 可細分成更多的區域，以生命徵象 TPR 為例，其基本的數據可分為體溫(T)、脈搏(P)、與呼吸(R)，因而可將 C1 的區域分為 C1T、C1P、C1R，而在 S1 中也可以分成 S1T、S1P、S1R。

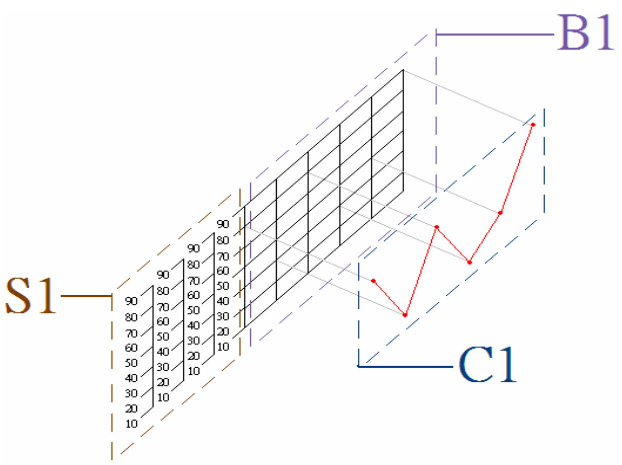

圖 3：趨勢圖的三個區域分別是 S1 刻度線、C1 趨勢圖、與 B1 背景網格

我們如此物件化的原因是為了能夠更進一步的控制趨勢圖，以避免重複繪製不必要的圖形內容，進而將繪製圖形的效率提升，效率的好壞對於網頁程式系統而言尤其重要，因此，用以下實際的系統功能來進一步的說明如何以物件化的方式增進系統效率。

如圖 4 所示，如果顯示的時間範圍由原本的 3 天變成了 2 天，則系統會將原先的日期文字、時間界線、及趨勢線移除，並更換成 2 天的資料內容，但刻度線並不會因日期異動而改變，如此一來可以避免重複繪製繁雜的刻度線以節省系統資源。

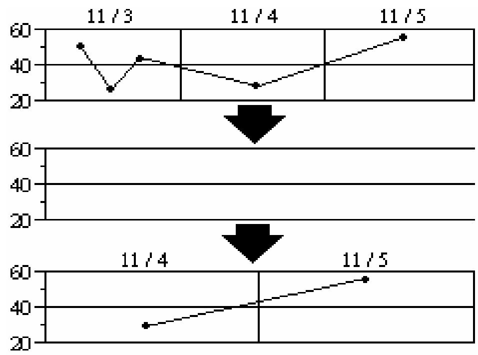

圖 4：時間範圍變更時圖形變更的過程示意圖

如圖 5 所示，可發現在取消顯示脈搏圖形(P)的同時，脈搏的刻度線及趨勢線會同時在圖形中被刪除，接著排在最左邊的體溫刻度線會靠右補上脈搏刻度線原先的位置，所以可以發現靠著物件化的控制，可將取消顯示趨勢圖的這項動作更加簡化，只需要 2 次的圖形刪除及 1 次的圖形移動即可完成，而不需要全部重新繪製，故在本系統中可以進一步發現 DOM 技術的影響層面與深度。

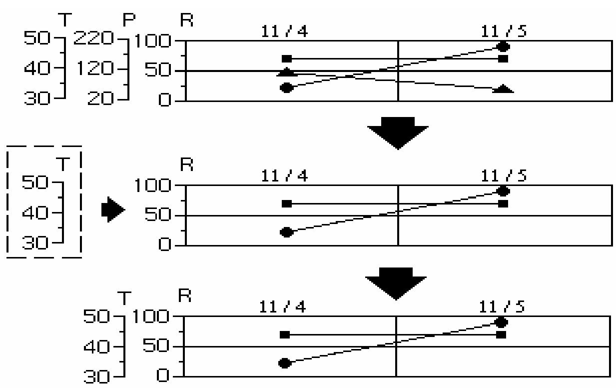

圖 5：取消顯示趨勢線段的過程示意圖

3.4、實際運作及測試

系統運作時客戶端會傳送條件訊息到伺服端，條件內容分別是病患的病歷號碼以及護理人員所要觀察的時間範圍，其時間範圍分別以當天時間為基準向前取得 2-14 日及 1-24 小時的資料內容。如圖 6 所示，圖中列舉了客戶端透過 Ajax 向伺服端傳遞日期時間的程式片段，其中在 Ajax 元件中如果客戶端是使用 Mozilla、Firefox、與 Safari 等瀏覽器則需叫用 XMLHttpRequest 處理後續程序;反之,如果是 Microsoft Internet Explorer v.6 或更早以前的版本，則必須使用 ActiveXObject 物件建構函式方式來處理。

```
try {
      // Browser is the version of IE6 or more early than it.
      ajax = new ActiveXObject("Msxml2.XMLHTTP");
} catch (e) {
      try {
            ajax = new ActiveXObject("Microsoft.XMLHTTP");
      } catch(e) {
            // Browser is Mozilla, Firefox, or Safari.
            ajax = new XMLHttpRequest();
      }
}
// If server feedback, client will trigger onRcvData.
ajax.onreadystatechange = onRcvData;

// Send datetime and patient's id number for the server.
ajax.open("get",
            "DrawChart.aspx?
            "&EndYear="+EndYear+
            "&EndMonth="+EndMonth+
            "&EndDay="+EndDay+
            "&EndHour="+EndHour+
            "&EndMinute="+EndMinute+
            "&EndSecond="+EndSecond+
            "&StartYear="+StartYear+
            "&StartMonth="+StartMonth+
            "&StartDay="+StartDay+
            "&StartHour="+StartHour+
            "&StartMinute="+StartMinute+
            "&StartSecond="+StartSecond,
            true);
ajax.send(null);
```

圖 6：客戶端傳送資料到伺服端的 Ajax 程式片斷

伺服端獲取訊息後會到資料庫當中依照條件內容查詢數據資料，接著程式會將體溫、脈搏、呼吸等數據建構成 XML 格式並回傳到客戶端，而 XML 模型中會記錄著趨勢圖形與表格的相關屬性資料。一般而言，查詢到的資料種類當中可分為數據資料以及非數據資料，而系統可以將所有的數據資料轉變成趨勢圖供醫護人員判讀，如圖 7 所示，在表格的左方有按鈕，每個按鈕的名稱即是欄位名稱，點選後會將該欄位的數據內容以不同顏色的趨勢線呈現在上方的圖形中。

圖 7：點選其它欄位項目產生趨勢圖形的系統畫面

在圖形方面，以圖 8 所示之趨勢線的左方為刻度線，每個刻度線上方的每一個字母符號都代表著刻度線的涵義，T 代表溫度、P 代表脈搏、R 代表呼吸，趨勢線的上方標示著時間日期，並且在時間日期之間利用線條作為區隔，每個線條上的記錄點會以時間的先後順序為原則由左到右排列顯示。

以圖 8 所示，趨勢線後方有著兩條橫線，該橫線上下所包含的範圍為體溫、脈搏、呼吸的常態正常範圍，其中將包含在範圍內的趨勢線段視為正常，而超出範圍的趨勢線段則為不正常，如此一來，醫護人員可以不必詳細去觀察每個紀錄點也可初步得知病患的生理變化是否正常。以圖中的趨勢線為例，1 號箭頭所指向的區域為低於正常值 90 mmHg 的舒張壓(Diastolic Pressure)，而 2 號箭頭所指向的區域為高於正常值 37.5 ° C 的體溫，以及高於正常值 180 mmHg 的收縮壓(Systolic Pressure)，如此明確的呈現病患生理狀態，相信可以大幅減少醫護人員判讀的時間以及增加判讀的準確性。

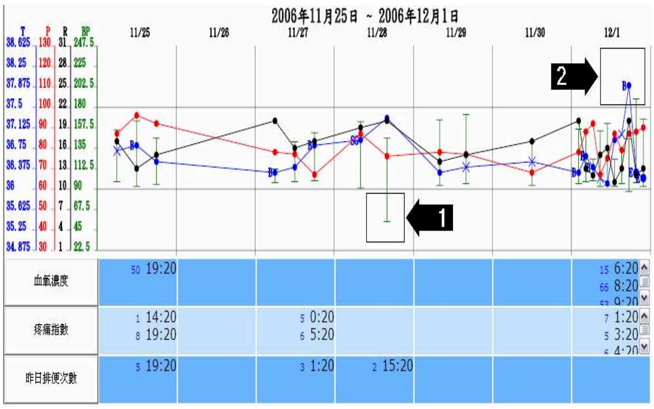

圖 8：標示常態正常範圍的趨勢圖形

4、討論

趨勢圖的形成需要考慮到的資料層面不少，包括數據的種類、數據的大小、趨勢點對應在刻度線上的位置、時間的範圍、時間的先後順序及量測數據的位置等。在設計圖表時需要全盤性的仔細規劃且考量整個繪圖的流程，亦即每個環節都是環環相扣缺一不可，其中包括比例的計算及位置的量測都相當的重要，所以繪圖程式的設計為本系統的一項重點工程。

此外，根據造成系統需求不確定性的系統技術之複雜度、使用者無法明確表達需求以及生命徵象的資料量龐大三方面考量後，發現 SVG 雖然比起其他向量圖形技術而言有較佳的支援能力，但由於 SVG 是一項新興的圖形技術，因此尚無法預估是否能夠完全滿足護理人員的實際需求，所以使用雛型模式來進行系統開發，利用循環的方式對系統進行修改以增加功能介面，進而讓開發者與使用者雙方清楚了解彼此的想法及需求。

由於雛型開發模式是向使用者取得需求後馬上進行系統雛型的開發，然後再向使用者確認是否符合需求項目，如此可以快速完成與快速確認的開發方式應該是能夠早期發現錯誤，並及早進行系統的修改工作。假如不符合需求，則可以再次的快速確認需求並進行快速修改，直到使用者滿意為止[7]。進而使系統能夠更接近使用者的需求與想法，並為使用者所接受。

此外，完整的病情監控系統，對於提升重症患者的存活率有極大的貢獻，但病情監控系統的整合，必須由資訊管理、醫療工程、以及資訊工程的專業人士共同合作[4]，在此，相信以 SVG 為基礎所建置的生命徵象系統，對於病情監控系統整合議題而言，應該是不錯的解決方案。

5、結論

目前日本四國南部的高知醫院以及台灣的一些醫學中心已經將生命徵象的輸出入全部或局部電子化，但由於使用者的需求日趨複雜，確實需要更佳的圖形技術來符合實際需求，所以還有很多的進步空間。也由於 SVG 所具備的特性能夠彌補目前技術尚未完成的部份，進而提高了趨勢圖形的可讀性，並可結合目前程式技術，以物件控制的方式縮短圖形展現的時間。也因為如此，SVG 在臨床上的貢獻程度，相對地也就被突顯了出來。本系統雛形已接近完成，並即將進入測試以及系統整合階段，近期也將在台大醫院總院上線使用。因此，SVG 在臺灣地區醫院的應用可說是已經起步，且在未來還有更多臨床醫療應用可以引用，在此希望能夠開創出更多樣化的應用，造福更多的臨床醫護同仁。

參考文獻

[1] 徐南麗, 蘇慧芳, 黃宜穎, "「護理人力成本」初探", 榮總護理, vol. 9, no. 2, pp. 166-176, 1992.

[2] 徐南麗, 王瑋, 馮容莊, 尹淑莉, "護理人力生產力的評估與應用", 護理研究, vol. 1, no. 2, pp. 101-112, 1993.

[3] 陳琍, "個人數位助理(PDA)在臨床護理之應用與推展", 志為護理, vol. 1, no. 1, Jan. 2002.

[4] 黃興進, "醫療資訊管理系統研究議題之探討", 資訊管理學報, vol. 9, no. S, pp. 101-116, 2002.

[5] Geography Markup Language, Open Geospatial Consortium, Inc. Available: [online] http://www.opengeospatial.org/standards/gml.

[6] A. Quint, "Scalable Vector Graphics", IEEE Multimedia, vol. 10, no. 3, pp. 99-102, July-Sept. 2003.

[7] J. Satzinger, B. Jackson, and S. Burd, "Systems Analysis and Design in a Changing World", 3rd Ed., Thomson, pp. 36-58, 2004.

[8] Document Object Model, World Wide Web Consortium (W3C). Available: [online] http://www.w3.org/DOM/.

[9] S. J. Vaughan-Nichols, "Will Vector Graphics Finally Make It on the Web?", Computer, vol. 34, no. 12, pp. 22-24, Dec. 2001.

[10] A. Neumann, "Use of SVG and ECMAScript Technology for e-Learning Purpose", ISPRS Workshop Commissions VI/1 – VI/2, Tools and Techniques for E-Learning, Potsdam, Germany, June 1-3, 2005.

[11] K. Rosenthal, "A Vital Sign of the Time: CIS Software", Nursing Management, vol. 35, no. 4, pp. 75-76, April 2004.