

跨平台手寫向量化即時通訊系統之設計與實作

專題編號：114-2-CSIE-S026

執行期限：114 年第 1 學期至 114 年第 2 學期

指導教授：謝東儒 教授

專題參與人員： 111590042 張庭瑄
111590036 葉積夫

一、摘要

本專題旨在解決手寫資料數位化與傳輸限制。傳統通訊缺乏書寫特色，且點陣圖容易失真。本研究以 SVG 格式為核心，建立跨平台即時手寫同步系統。前端利用 iOS (Swift UI/PencilKit) 與 Android (Kotlin UI/Canvas) 擷取筆跡並存於本地資料庫，再經轉換引擎生成 SVG。通訊層採 WebSocket 結合 Cloudflare Workers 與 Durable Objects 管理連線，並以 R2 儲存檔案。本系統整合雙平台與無伺服器架構，實證 SVG 於跨裝置手寫保存與即時通訊之實用價值。

關鍵詞：SVG、即時通訊、WebSocket、Cloudflare Workers、PencilKit、R2 Storage

二、緣由與目的

主流通訊軟體多以鍵盤為主，缺乏個人化筆跡表現；傳統手寫點陣圖 (Raster Image) 則因檔案大、易失真，不利即時傳輸與後續利用。而 SVG 格式具備可縮放與結構化特性，能有效改善字跡數位化缺點 [1]。本專題以 SVG 為核心，目的如下：

1. 建立跨 iOS 與 Android 平台之手寫輸入系統。
2. 實作筆跡轉換引擎，將連續筆跡轉為 SVG 向量格式。
3. 整合本地端與雲端資料庫，建立手寫資料儲存流程。
4. 建構即時聊天室，使 SVG 手寫內容能於跨裝置同步顯示。
5. 驗證 SVG 格式與無伺服器架構於即時通訊之整合可行性。

三、研究範圍

本專題聚焦於系統架構之搭建與功能實作，範圍涵蓋：

(一) 資料生成與儲存

涵蓋跨平台裝置之筆跡事件取樣，並將取樣資料寫入本地資料庫，確保書寫過程之資料完整性。

(二) 筆跡向量化處理

涵蓋將使用者書寫產生之軌跡資料，封裝轉換為標準 SVG 格式之資料處理引擎。

(三) 雲端即時通訊架構

涵蓋基於 WebSocket 與 HTTP 協定之連線建立，利用邊緣運算平台管理聊天室狀態，並建置雲端物件儲存空間以保存 SVG 檔案。

四、使用技術方法與工具說明

本專題結合前端原生開發、本地資料庫與雲端無伺服器架構，主要技術與工具如下：

(一) 前端開發與本地儲存

iOS 端採用 Swift UI 搭配 PencilKit 框架開發，並使用 CoreData 作為本地資料庫；Android 端使用 Kotlin UI 搭配 Canvas 處理繪圖事件，並結合 Room 資料庫進行資料持久化。

(二) 資料處理引擎

建立 Handwriting to SVG Engine，負責接收前端所擷取之筆跡座標與壓力等參數，將其結構化並轉換為標準之 SVG 向量格式字串。

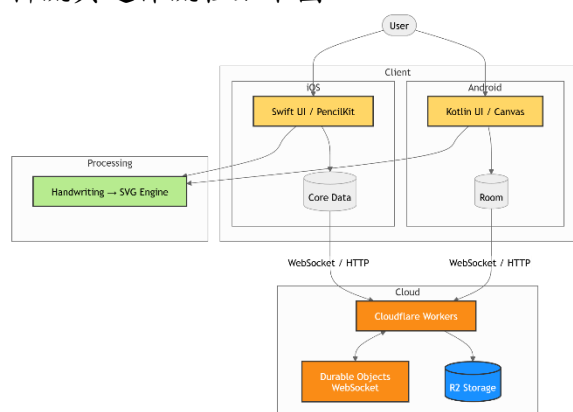
(三) 雲端架構與同步工具

採用 WebSocket 與 HTTP 協定 [2]

建立傳輸通道。後端採用 Cloudflare Workers 邊緣運算平台，結合 Durable Objects 管理 WebSocket 即時連線狀態，並利用 Cloudflare R2 Storage 作為雲端物件儲存空間 [3]，達成無伺服器 (Serverless) 架構設計。

五、架構流程

本系統架構由三大層級構成，完整資料流與運作流程如下圖：



圖一、系統架構圖

(一) 客戶端層 (Client Layer)

包含 iOS 與 Android 雙平台介面。使用者進行手寫輸入時，系統會擷取筆跡事件，並第一時間將資料分別存入 Core Data 或 Room 等本地資料庫中。

(二) 處理層 (Processing Layer)

蒐集之資料傳至 Handwriting to SVG Engine 處理，轉換為可縮放的 SVG 格式以利傳輸。

(三) 雲端層 (Cloud Layer)

SVG 透過 WebSocket/HTTP 送至雲端。Cloudflare Workers 接收後，藉 Durable Objects 廣播訊息，使其他裝置即時渲染，同時持久化至 R2 Storage。

六、實驗結果

本專題目前已完成 iOS 平台的主要功能實作，包含手寫輸入、筆跡資料擷取、SVG 轉換、資料儲存以及即時聊天室傳輸。使用者可在 iOS 裝置上進行手寫輸入，系統會將筆跡轉換為 SVG 格式，

並保留手寫線條的清晰度與向量化特性。

在即時通訊部分，系統已能透過 WebSocket 傳送 SVG 手寫訊息，並於聊天室中顯示接收到的手寫內容，驗證了 SVG 應用於即時手寫通訊的可行性。

原先規劃包含 Android 平台，但因開發時程與平台整合限制，Android 端尚未完成實作。因此本次實驗結果主要以 iOS 平台作為驗證基礎，Android 平台則列為後續開發與擴充方向。

七、結論

本專題成功完成以 SVG 手寫向量化為核心的即時通訊系統雛形，並於 iOS 平台驗證其可行性。透過將手寫筆跡轉換為 SVG 格式，系統能讓手寫內容具備放大不失真、易於儲存與方便傳輸的特性。

雖然目前尚未完成 Android 端實作，但 iOS 平台的成果已證明本系統在手寫資料數位化與即時傳輸上的應用價值。未來可持續完成 Android 平台開發，實現更完整的跨平台支援，並進一步優化筆跡平滑化、同步穩定性與使用者介面。

八、參考文獻

- [1] A. Mantelli et al., "An SVG-Based Approach for the Development of a Kanji Assessment System with Stroke Animations," Applied Sciences, Vol. 12, No. 15, 2022.
- [2] I. Fette and A. Melnikov, "The WebSocket Protocol," RFC 6455, 2011.
- [3] Cloudflare, "Cloudflare Workers and R2 Documentation," [Online]. Available: <https://developers.cloudflare.com/>