

輔助型全球衛星定位服務系統設計與應用介紹

周家麟 洪宇能 洪進福 何業勤

中華電信研究所多媒體應用實驗室

clchio@cht.com.tw

摘要

輔助型衛星定位技術 (Assisted Global Positioning System, A-GPS) 為透過行動通信網路傳遞 GPS 衛星資料的一種高精確定位機制。主要優點在於縮減傳統 GPS 晶片的首次定位時間 (Time To First Fix; TTFF) 與增進 GPS 定位靈敏度，另輔以行動通訊網路細胞資訊作為室內或是遮蔽環境下之位置參考點，提供一有效定位覆蓋範圍廣且技術可行的定位服務系統。

本論文旨在設計一種適用於定位追蹤模式之輔助型衛星定位資訊通訊模式，與提出一種有效可行的細胞參考位置演算法與篩選法則，作為衛星定位技術失效時的參考位置。本文將介紹所設計之輔助型衛星定位資訊通訊模式及行動通信細胞參考位置演算法與篩選法則，最後介紹一使用本論文所研發實作之「A-GPS 輔助型衛星定位管理系統」及其成功應用範例。

關鍵詞：GPS、A-GPS、LBS、細胞式定位。

Abstract

Assisted Global Positioning System (A-GPS) is the state-of-the-art positioning technology which provides GPS satellites data to the GPS-chip embedded mobile device with the aid of the mobile communication network. The main advantage of A-GPS is to reduce the time to first fix (TTFF) and to enhance the positioning sensitivity of GPS receiver. In situation where GPS signals are unavailable or scarce, e.g., indoors or in urban canyons, it is desirable to have alternative means of positioning. The idea of using reference location of cell identities as the location of the GPS-chip embedded mobile device is likely the most feasible hybrid positioning solution. This paper presents not only a reference location calculation algorithm for each cell identity of the cellular network but also selection rules for cell identities based on Network Measurement Report (NMR), enabling the representative of the reference location for the mobile device. In this paper, a new designed A-GPS communication protocol suitable for tracking mode services is presented, as well as the above cell identities selection rules used for integration. Introductions of a real commercial A-GPS management system are given in the end.

Keywords: GPS, A-GPS, LBS, cellular location

1. 前言

輔助型衛星定位技術 (Assisted Global Positioning System, A-GPS) 為結合 GPS 定位技術與行動通信網路的一種高精確定位機制，目的在縮減傳統 GPS 晶片的 TTFF 並提高 GPS 定位靈敏度，今輔以行動通訊網路細胞資訊作為室內或是遮蔽環境下之位置參考點，提供有效定位覆蓋範圍廣且技術可行的整合式定位服務系統。

目前行動通信網路通訊規範制定組織如 3GPP 與 OMA 都已制定 A-GPS 通訊規範可供遵循，細讀其所制定之通訊規範，對於行動通信網路端發起之終端設備位置資訊回報模式，只要求終端設備做一次的位置運作結果回報，不適用於定時追蹤模式的應用情境部分；且其要求提供輔助衛星信號資料之訊息內容，僅以行動網路通訊中之細胞編號為主，並未包含終端設備所接收到的鄰近細胞資訊，若能夠設計一通訊協定模式包含終端設備接收到的鄰近細胞資訊給網路端，當行動終端設備內建之 GPS 晶片定位失敗時，提供網路端一種使用細胞參考位置做為終端設備參考點的選擇彈性。

基於前述既有 A-GPS 通訊協定標準不足之處，本論文旨在設計一種適用於定位追蹤模式之輔助型衛星定位資訊通訊模式，與提出一種有效可行的細胞參考位置演算法與篩選法則，作為衛星定位技術失效時的參考位置。本文將介紹所設計之輔助型衛星定位資訊通訊模式及行動通信細胞參考位置演算法與篩選法則，最後介紹一使用本論文所研發實作之「A-GPS 輔助型衛星定位管理系統」及其成功應用範例。

2. 定位技術規範

2.1 GPS 原理

GPS 是一種以衛星為基礎的定位系統，此系統由 6 個環繞在環形軌道上的 24 顆衛星組成，運行於約 20200 公里的高空，並以約 12 小時一周的速度繞行地球，每個衛星均持續著發射載有衛星軌道資料及時間的無線電波訊息，例如時間、衛星位置以及年曆 (almanac)、星曆 (ephemeris) 等，使用者端的 GPS 接收器便使用這種訊息來運算其自身與衛星之間的距離。

衛星在運行時，任何時刻都有一個座標值來代表其目前所在位置，此位置是已知值，使用者端的 GPS 接收器所在的位置座標為則是未知值，而衛星

的訊息在傳送過程中，所需耗費的時間，可經由比對衛星時鐘與接收機內的時鐘計算之，將此時間差值乘以電波傳送速度（一般定為光速），便可計算出太空衛星與使用者接收器間的距離，如此就可依三向量關係來列出一個相關的方程式，因此每個接收器至少需要 3 個以上的衛星資訊才能定位。

衛星發送的資訊內容如下圖 1 所示，假設在最好的情況之下，接收一個完整的衛星資訊至少都需要 30 秒，大部份的情況則是 30 秒~60 秒間，而以定位的技術而言，四個衛星資訊可加上高程值，五個以上更可提高準確度[6]（本論文所提出的系統可提供 6~8 顆衛星資訊，供終端設備使用），因此接收器往往會接收更多的衛星資訊，TTFF 也可能高達數分鐘之久，這個限制使 GPS 無法應用於緊急性的服務。

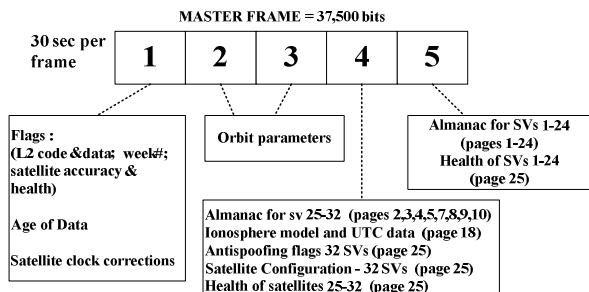


圖 1 GPS 衛星資料內容

除了傳輸速率的限制之外，可見衛星的數量、訊號強度、衛星的分佈以及接收器對天空的視角等，都是影響首次定位時間的因素，因此輔助 GPS 的技術便油然而生。

2.2 A-GPS 原理

A-GPS 是利用無線網路以及遠端伺服器快速提供衛星資訊的輔助方案，可排除前述那些不利的因素，且由於網路的速率使衛星資訊可在數秒間傳輸完成，首次定位時間因此大幅下降，其架構圖如圖 2 所示。

這種以行動通訊網路為輔助的定位技術，依行動裝置處理衛星資料的方式產生了兩種模式：

- MS based A-GPS：經由衛星或無線通信網路傳送輔助資訊到行動裝置，由行動裝置自行計算出位置資訊。本論文所實作之「A-GPS 輔助型衛星定位管理系統」即採用此模式。
- MS assisted A-GPS：行動裝置接收到衛星量測資訊後直接傳送至網路伺服器，網路伺服器結合行動裝置所量測之資訊與衛星輔助資料計算出行動裝置位置。此模式可大幅度改善傳統衛星定位系統的使用範圍，但佔用較多的行動通信網路資源。

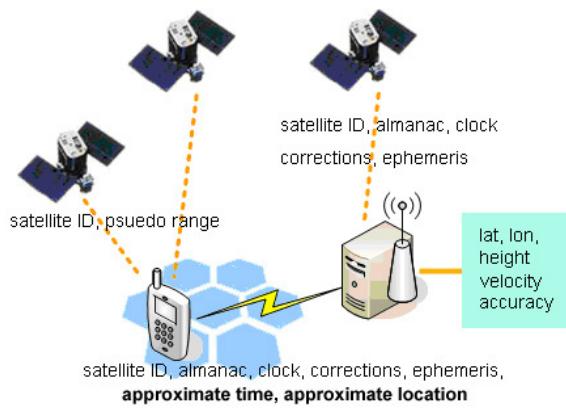


圖 2 A-GPS 運作架構圖

以 IP-based 的無線網路（如 GPRS 網路）來傳送 GPS 定位時所需的輔助計算資料（aiding data）稱之為 user plane，這種方式在手機實作上較不複雜，電信網路端要配合的改變及設備投資也較少，因此受到許多廠商的廣泛支持，許多 GPS 晶片商及電信業者便將此模式提交至 OMA 組織，希望藉由標準的制定來統一這些溝通的架構與協定，2006 年 1 月 OMA 組織便公佈了 OMA SUPL 的規範[3]，此規範定義了定位服務的架構及通訊協定[4]，SUPL (Secure User Plane Location) 標準便成為業界規範。本論文所實作之系統是以 SUPL 為基礎並改良其只要求終端設備做一次位置結果回報的限制，使定位追蹤功能更具彈性。

以 IP-based 為網路架構提供定位服務的運作，如果是由 A-GPS 終端設備主動連線 GPRS 網路，則會被賦予一個浮動的 IP 位置，對於運作固然沒有問題，但是如果是由網路端的位置定位請求，則必須由網路端來驅動終端設備進行定位服務，目前大多採用 WAP PUSH 或 SMS 方式。本論文所實作之系統是以 SMS 來驅動 A-GPS 終端設備進行定位。

SUPL 架構中值得一提的是 GMLC (Gateway Mobile Location Center) 單元。GMLC 是負責系統網路與應用伺服器間的連結，主要功能為接收處理來自使用者要求提供定位服務的訊號並傳遞定位所需之資訊、發送簡訊驅動終端設備定位服務、接收定位回報資訊等，也可利用 Cell-ID 的定位技術計算使用者所在位置，GMLC 另一方面透過 HTTP/S 協定與應用伺服器連結，接收來自於網際網路或內容提供者的應用內容，再將其傳送給使用者。

OMA SUPL 標準的產生也代表著 A-GPS 發展進入新的紀元，目前有越來越多符合此標準的產品相繼問世，而符合標準的應用服務也將成為趨勢。

2.3 細胞定位技術

細胞式定位是採 Cell-ID 的定位技術[2]，以量測到的細胞位置假設為用戶的位置。利用 BTS(Base

Transceiver Station) 與 HLR(Home Location Register)，可以隨時更新行動電話的細胞位置或紀錄最後通話之位置，為了讓行動電話保持最新之位置，手機通常會監視其周圍之 BTS 信號，網路端始能獲得用戶所處之 Cell-ID 資訊。細胞式定位技術的準確率與細胞分佈範圍有關，本論文提出的細胞參考位置演算法則，根據細胞本身的方向性、所在基地台的經緯度與最近基地站台經緯度等資訊，進行參考位置之計算，期望有效增加參考位置的代表性。

3. 系統運作原理

本論文實作一「A-GPS 輔助型衛星定位管理系統」，主要使用 A-GPS 輔助型衛星定位資訊通訊模式，並結合一種有效可行的細胞參考位置演算法與篩選法則，以達到定位與追蹤之功能，其運作原理如下。

3.1 輔助型衛星定位資訊通訊模式

系統以 SUPL 標準為基礎實作一類似 GMLC 功能之模組，主要負責傳送衛星資訊至終端設備、發送定位指令、接收定位回報結果等功能，並改良 SUPL 只要求終端設備做一次的位置結果回報的限制，使定位追蹤功能更具彈性。

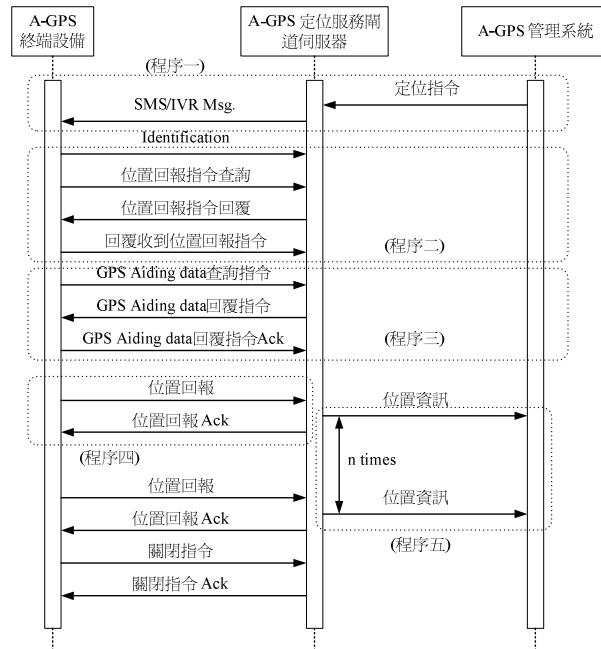


圖 3 定位服務流程

通訊模式如圖 3 所示，今將主要通訊程序區分為五個部份：

程序一、訊息遞送觸發終端設備位置回報：A-GPS 定位服務閘道伺服器在接受外部服務系

統或是 A-GPS 管理系統的定位需求，將此一定位需求以簡短訊息方式，傳遞給 A-GPS 終端設備，並等候終端設備回連系統。

程序二、終端設備位置回報指令查詢：此程序改良了 SUPL 只能進行一次定位之限制，讓定位指令能要求多次點未回報。A-GPS 終端設備接獲簡訊，主動建立起 TCP/IP 連線，回連 A-GPS 定位服務閘道伺服器，本服務閘道伺服器將透過位置回報指令回覆命令，告知終端設備位置回報次數、位置回報頻率等資訊。

程序三、終端設備位置回報：A-GPS 終端設備在成功接獲位置回報指令後，將視需要向系統端要求 GPS Aiding data，本服務系統將以終端設備的細胞編號作為參考位置，提供終端設備所在位置可視衛星的輔助資料，終端設備接獲上述資料後，便進行 GPS 衛星定位程序。

程序四、位置資訊回傳：A-GPS 終端設備將定位結果回覆給 A-GPS 定位服務閘道伺服器，其位置回報內容可為(1) GPS 經緯度 (2) 終端設備佔用與鄰近細胞編號與收訊強度資訊，細胞的篩選將以下節所提出的演算法技術來進行。

程序五、管理系統處理位置資訊：A-GPS 管理系統會接收來自 A-GPS 終端設備傳回的定位結果，並將這些有用的位置資訊進行處理，提供服務，例如 POI 判斷、終端設備停留時間計算、位置記錄儲存等。

3.2 細胞參考位置演算法則

細胞式定位用以輔助 A-GPS 之不足，當衛星訊號微弱而無法發揮功用時，細胞定位將取而代之成為主要的定位機制。本文特別提出一種細胞參考位置的演算法則，讓細胞定位的結果更加接近實際的位置。如下圖所示，對於行動通信網路系統各基地站台架設位置以 $B_i(X_i, Y_i)$ ，其中 i 表示基地站

台識別碼， S_{Bi}^θ 表示基地台所屬發射方向 θ 為方向式細胞， Sec_{Bi}^θ 表示基地台 B_i 為中心點，方向角度 θ 的 120 度的扇形區塊，其中當 B_j 所在位置落入 Sec_{Bi}^θ 扇形區域，則 $Sec_{Bi}^\theta(B_j) = 1$ 。 nbr_{Bi}^θ 表示基地台 B_i 內，發射方向 θ 扇型區域內的鄰近基地站台。 $Len(B_i, B_j)$ 表示基地台 i 與基地台 j 間的距離。

細胞參考位置演算法則如下：

步驟一： $\exists j_0, j_0 \neq i, Sec_{Bi}^\theta(B_{j_0}) = 1$ ，令
 $nbr_{Bi}^\theta = B_{j_0}$ 。

步驟二： $\forall j, j \neq i, Sec_{Bi}^\theta(B_j) = 1$ ，
if $Len(B_i, B_j) < Len(B_i, nbr_{Bi}^\theta)$ then
 $nbr_{Bi}^\theta = B_j$ 。

步驟三： $S_{Bi}^\theta(X, Y) = \left(\frac{1}{3}X_i + \frac{2}{3}X_{nbr_{Bi}^\theta}, \frac{1}{3}Y_i + \frac{2}{3}Y_{nbr_{Bi}^\theta} \right)$

根據上述的演算法則，我們針對中華電信遍及全省的室外基地台，進行所有細胞參考位置計算。

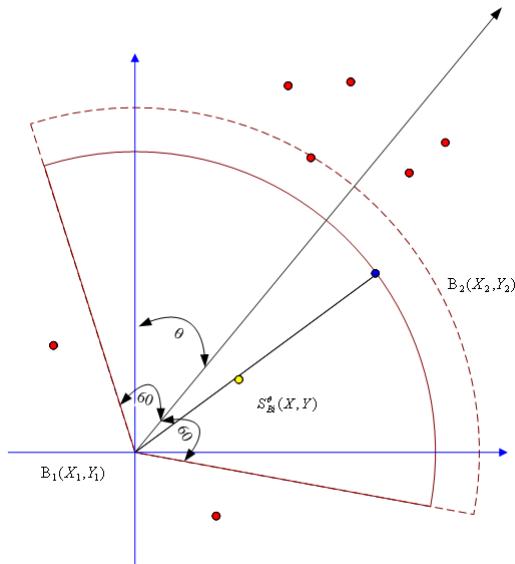


圖 4 細胞參考位置示意圖

3.3 細胞參考位置篩選法則

根據本系統提出之 A-GPS 輔助型衛星信號傳遞通訊協助，行動終端設備將傳遞接收到的通訊用細胞與鄰近細胞資料至系統端，系統將依照其上傳的資料作如下的篩選步驟。

步驟一：若系統端包含通訊用的細胞經緯度資料，則系統直接取用該細胞參考位置作為終端設備參考位置。

步驟二：若系統端不包含通訊用的細胞經緯度資料，系統搜尋終端設備上傳的鄰近細胞資料，找尋是否包含室內細胞，若含一個以上的室內細胞資料，則再依照接收的信號強度排序，取用接收信號最強的細胞參考位置作為終端設備參考位置。

步驟三：若系統端不包含通訊用的細胞經緯度資

料，系統搜尋終端設備上傳的鄰近細胞資料且未包含室內細胞，直接依照各個鄰近細胞信號接收強度值排序，取用接收信號最強的細胞參考位置作為終端設備參考位置。

4. 系統架構與實作

4.1 系統架構

本文提出一整合 A-GPS 與行動網路細胞資訊之定位技術，並實作出此應用系統，主要提供定位與追蹤功能，結合中華電信 GIS 圖資系統，使定位結果更有效地呈現。系統架構及說明如下所示。

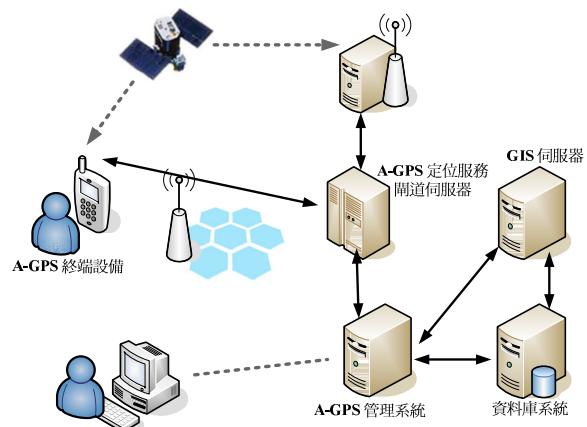


圖 5 系統架構圖

- A-GPS 終端設備。小型行動裝置，內建 A-GPS 模組接收衛星資訊，可安裝 SIM 卡並具有 GPRS 無線網路功能。
- A-GPS 定位服務閘道伺服器。實作 GMLC 之功能，處理與 A-GPS 終端設備連線以及定位相關的工作，例如傳送衛星資訊至終端設備，接收來自終端設備傳來之定位位置資訊、以簡訊驅動終端設備連線網路以及發送定位指令要求定位等功能。
- A-GPS 管理伺服器。包含所有系統操作的功能程式，並提供以 web 為基礎之管理網站及使用者介面，此外還包含位置資訊處理，例如 POI 判定、終端設備停留時間計算、位置資料紀錄儲存等。
- GIS 伺服器。結合系統之定位與追蹤功能，提供地圖資訊以輔助查詢。本伺服器包含中華電信 GIS 圖資，並負責處理地圖資訊相關的工作，例如地圖查詢、地圖輸出等，輸出方式是以 HTTP 協定來運作，使用者直接以 web 即可瀏覽地圖。
- 資料庫伺服器。儲存本系統所有的資料，例如

用戶端、權限資料、系統操作記錄等，最重要的是定位與追蹤的資料，包含定位指令、每一筆定位位置、POI 資訊等。

4.2 系統功能實作

4.2.1 即時定位服務

透過即時定位功能，使用者可以針對某 A-GPS 終端設備立即送出一個定位指令，可要求終端設備立即開始定位，並回報位置資訊。由於本系統改良 SUPL 協定的不足，一個成功的定位指令將可獲得多筆位置的回報資訊，系統提供最多 255 次位置回報。

4.2.2 預約定位服務

此功能為本系統一項重要的發明，可提供使用者針對 A-GPS 終端設備進行長時間且事前的定位設定，一旦到達預約的時間，系統將自動送出定位指令要求 A-GPS 終端設備定位。

使用預約定位服務的原因及好處如下：

- (1) 不需手動發送定位指令，可以事先預約多個時段，在每天固定某些時段進行定位與追蹤。
- (2) 可長時間定位，對於需長時間追蹤定位能提供有效的服務。
- (3) 可克服因 GPRS 網路斷訊所造成的定位中止問題。在每次回報的過程中，如果終端設備的 GPRS 無線網路訊號中斷，則定位回報工作將停止。預約定位功能可解決此一問題，只要仍在預約的時段裡，本系統每隔 30 分鐘便會自動送出一個定位指令到指定的 A-GPS 終端設備，則定位回報工作將繼續進行。

4.2.3 定位指令查詢

對於即時定位或是預約定位服務，本系統提供以電話及日期來查詢所有發送過的定位指令，查詢的結果包含每一個指令的發送時間、要求終端設備的回報次數、每次回報的間隔時間、GIS 地圖連結等等，另外可針對指令的紀錄進行刪除等管理功能。

本查詢功能結合 GIS 圖資系統，依時間順序連結位置點位，可繪製出此定位指令所形成的定位及追蹤軌跡，如圖 6 所示。

4.2.4 定位回報查詢

查詢終端設備在某一段時間內的所有定位回報的位置資訊。查詢結果包含點位回報時間、定位方式 (agps、cell 或 mcell)、經緯度、參考地址，另外結合 GIS 系統可以開啟某點位回報的詳細位置地圖。

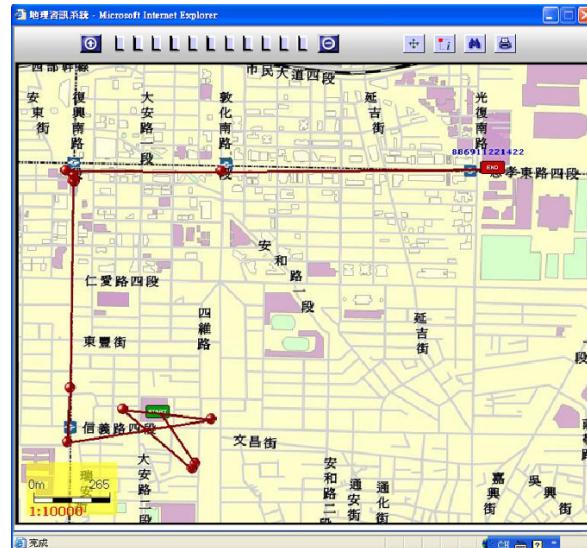


圖 6 定位指令查詢之位置軌跡圖

4.2.5 預約排程查詢

此功能可檢視每日、每個時段的預約定位排程，以及每個時段的定位指令發送情況，並且可針對尚未執行的預約定位工作進行刪除的動作。

4.2.6 低電量簡訊通知

當某 A-GPS 終端設備處於低電量狀態時，系統將發送簡訊至這些使用者的手機號碼上，通知使用者低電量的狀況，以方便進行處理。

4.2.7 停留/離開簡訊通知設定

在每次定位的時，系統將針對此 A-GPS 終端設備進行停留時間的監控，無論在任何地方，只要停留超過一段固定時間，則系統將發送簡訊通知使用者，此外，停留過久之後離開也會發送簡訊通知。

停留位置有效範圍是指設定一個半徑範圍，系統將以此 A-GPS 終端設備的位置為中心畫出此半徑的範圍，終端設備在這範圍內活動都將判定為停留在同一地點，時間過久系統便會發送簡訊通知使用者，範圍大小由使用者自行定義，根據預估，大約 500~800 公尺以內可以得到不錯的效果。

4.2.8 POI 簡訊通知設定

POI (Points of Interest) 在定位的領域裡是指使用者有興趣的點，本系統則是提供使用者設定一些特殊的地點，當 A-GPS 終端設備進行定位的同時，如果系統偵測出終端設備進入了這些特定區域的範圍，則將自動發送簡訊通知使用者。同樣的，

離開此範圍亦會以簡訊通知。每個 POI 的設定除了包含某 POI 的地址之外，還包含了此 POI 的有效範圍，以公尺為單位當半徑畫成一圓，涵蓋的區域則是監控的區域。

POI 的地址不需要使用者輸入，本系統結合 GIS 地圖點選方式來提供地址的設定，只要從地圖中點選某一個地點就能設定一筆 POI 資料，系統會自動計算出經緯度與地址並儲存至資料庫中。

5. 現有定位服務精確度參照

表一列出國內現有定位服務採行之定位技術精確度比較表，藉由此表參照各式定位技術適用之情境與服務。本系統使用 A-GPS 結合細胞式定位技術，由表中對照可知，本系統之定位技術可以大幅縮減 TTFF 時間，並獲得精確的衛星定位結果，細胞定位精確度取決於細胞台密集度，一般而言，非空曠區的精確度可達到 500m 以內，室內細胞定位則更為精準。

表一、定位服務及效能列表

業者	定位技術	TTFF (秒)	精確度	
			室外 (公尺)	室內 (公尺)
中華電信、中興保全(迷你龐德)	A-GPS	5-10	5-30	-
遠東航電(愛相隨)	GPS	>30	5-30	-
大眾電信(無線關懷)	PHS	1-3	100	100
中華電信(車訊快遞)	GPS	>30	5-30	-
中華電信(寶貝 e 把罩)	GSM (細胞定位)	1-3	200-500	100-200 (室內細胞定位)
NISSAN TOBE	GPS	>30	5-30	-
新光國際航太	GPS	>30	5-30	-

6. 結論

本論文針對行動定位服務的關鍵性服務致能者(service enabler)：『用戶所在參考位置資訊的擷取與提供通訊模式』，參考 OMA SUPL 通訊規範標準，制定改良式的 A-GPS 定位通訊模式並結合行動通信網路細胞參考位置，提出一套簡便且實務上可行的細胞參考位置運算與篩選法則，作為 GPS 定位範圍外的輔助定位機制。使得內建 A-GPS 晶片的行動通信終端設備適用於連續定位、長時間定位，與紀錄追蹤軌跡的應用情境。

實作系統部分，應用 GIS 與 WEB 兩種使用者友善的服務操作介面，設計出符合使用者期望的定位追蹤與地圖服務功能，方便服務用戶操作使用與系統管理。

本系統於 94 年底正式投入商用服務營運迄今，證明此服務模式符合市場需要，未來可延伸推廣到警政單位、救護系統、財務保全、派遣，及旅遊娛樂等不同用途的定位追蹤服務。

內建 GPS 晶片的手持式行動通信終端設備日趨普遍且觀察 A-GPS 技術規範已臻成熟，A-GPS 勢必成為室外型行動定位應用情境的主要定位技術，其與行動通信網路細胞參考位置整合所能涵蓋的定位範圍亦已達極限，所不足者在於室內定位機制部分，仍未能夠提供定位精確度符合用戶期望的理想解決方案；另一方面觀察到以 Wi-Fi 網路架構為基處之 RTLS 即時定位技術日益成熟，針對特定環境之用戶位置資訊取得，提供一種即時且可行的解決方案，如何整合 Wi-Fi RTLS 即時定位技術設計出一套整合定位技術平台為未來可行的研究方向。

參考文獻

- [1] Anamika Das, Dr Satyaprakash, "Location Based Services", July, 2006
- [2] Heikki Laitinen, Suvi Ahonen, "Cellular Location Technology", Nov. 11, 2001.
- [3] Open Mobil Alliance, "Secure User Plane Location Architecture version 1.0-22", Jan, 2007.
- [4] 黃國聰，「A-GPS 技術趨勢及發展專業剖析」，<http://www.hope.com.tw/Art/Show2.asp?O=200606021503484075&D=0A&PC=INDUSTRY&PO=RCD>，2006 年 2 月。
- [5] Federal Communication Commission, "Enhanced 911 - Wireless Services", Feb. 27, 2006.
- [6] 李華偉，「全球衛星定位系統 Global Positioning System」，http://www.lihuawei.com/cehua/_global_positioning_systemgps.html