

PG9702-0193

097-301020200G1-004

玉山國家公園山難搜救大型無線感測 援助系統建置之研究

The Deployment of the CenWits System for
Hiker Tracking, Search, and Resue in Yushan
National Park

受委託者：中央研究院

研究主持人：陳伶志 助研究員

協同主持人：黃寶儀 副教授

研究助理：黃有德、黃廷愷、邱哲良

玉山國家公園管理處委託研究報告

中華民國 97 年 12 月

目錄

目錄	i
圖目錄	iii
表目錄	iv
摘要	v
英文摘要	vii
第一章 前言	1
第二章 工作內容	5
第一節 系統介紹	5
第二節 系統實驗	9
壹、排雲山莊 GPRS、3G、3.5G 網路頻寬測試	9
貳、玉山山徑中繼站場勘	10
參、Multi-Hop 測試	11
肆、單獨行走、單一路線測試	13
伍、群體行走測試	15
陸、個體行走路徑的記錄點分佈測試	18
柒、第一次成果測試	20
捌、第二次成果測試	22
玖、2 Hops 測試	24
拾、長時程山區實地測試	26
第三章 調查結果	29
第一節 成果展示	29
第二節 國際合作	30
第三節 跨領域合作	31

第四章	討論與建議	33
第一節	討論	33
第二節	建議	33
壹	、立即可行的建議	33
貳	、中長期的建議	34
附錄一	期中審查會議	37
附錄二	期末審查會議	39
參考文獻		41

圖目錄

圖 1-1 : CenWits 系統架構圖.....	2
圖 2-1 : 無線微型感測器.....	6
圖 2-2 : Losys GPS 衛星定位器.....	6
圖 2-3 : Asus EEE PC 輕型電腦.....	6
圖 2-4 : Garmin 手持式 GPS 定位記錄器.....	7
圖 2-5 : Bandluxe C100s 3G 網路卡.....	7
圖 2-6 : Huawei E220 3G 網路卡.....	7
圖 2-7 : Locosys GT-31 衛星追蹤器.....	7
圖 2-8 : Multi-Hop 實驗人員分佈圖.....	12
圖 2-9 : Multi-Hop 實驗結果.....	12
圖 2-10 : 單獨行走路線圖.....	14
圖 2-11 : 在單獨行走的實驗中, 列出所有 A 的資料.....	14
圖 2-12 : 群體行走隊伍 A 路線圖.....	16
圖 2-13 : 群體行走隊伍 B 路線圖.....	16
圖 2-14 : 隊伍 B 所帶回的資料.....	17
圖 2-15 : 人員 A 行走路線圖.....	19
圖 2-16 : 人員 A 行走路線結果.....	19
圖 2-17 : 登山口至排雲山莊間各停靠點位置圖。.....	21
圖 2-18 : 登山客編號 21 的行走路徑圖。.....	21
圖 2-19 : 登山客編號 19 的行走路徑圖。.....	23
圖 2-20 : 2 Hops 實驗人員分佈圖.....	25
圖 2-21 : 2 Hops 實驗結果.....	25
圖 4-1 : 山文誌登山證明書範例。.....	35

表目錄

表 2-1：實驗設備與裝置對應一覽表.....	8
表 2-2：中繼站場勘資料表.....	10
表 3-1：國內各大媒體對本計劃研究成果之報導一覽表.....	30

摘要

關鍵詞：耐延遲網路、無線感測器網路、山難救助、玉山國家公園

一、研究緣起

台灣雖然四面環海，但卻是全球高山分佈密度最高的島嶼之一，也使得登山成為國人熱門的休閒活動，但要注意的是，在內政部消防署九十三年度委託報告中，將山難區分為十個類型，當中迷途佔全部山難事件的 34%、墜崖佔 32%，其中迷途若發生在積雪期，死亡比例更高達 86%，由此可知當務之急是如何在黃金救援時間內，找出登山客發生山難的位置。

本研究計劃之主要目標，在於結合現有的無線網路技術，在最節省網路佈建成本，以及最不影響生態景觀等前提下，提供一個穩定、可靠、有效的山區遊客追蹤與環境監控系統，俾提供玉山國家公園管理處更詳盡之遊客與環境資訊，進一步了解國家公園內之環境變化以及遊客資訊，以期確實達成環境教育與服務遊客之使命。

二、研究方法及過程

本研究計劃將使用最新的無線微型收發器，搭配全球衛星定位系統，利用『耐延遲網路』技術，讓每位遊客彼此於山徑中相遇時，能彼此交換其所攜行的路徑與位置等資訊，並利用架設在各山頭的無線網路中繼站，將所有儲存之資料傳回本系統之控制中心。如此一來，控制中心便可以對遊客的動向有最即時、可靠且完整的掌握。

三、重要發現

本研究計畫經過幾次大規模實驗，皆在基地台成功收集到登山客移動的資訊，表示利用耐延遲網路的特性，的確可以順利的將登山客間相遇的資訊，由山

上傳回到山下。若能在出現叉路時，設置一個使用者裝置偽裝成登山客，負責記錄登山客所選擇的路徑，更可有效判斷登山客的行走方向。

四、主要建議事項

(一) 立即可行之建議

本系統可以收集遊客行走路徑，並將所收集到的資料做進一步的分析、處理與應用，藉此得知遊客在國家公園內之分佈狀況。一來可提供玉山國家公園管理處了解遊客在國家公園內之活動區域，以作為增修各項遊客服務設施之參考；二來更可在山難事件不幸發生時，在山難救援黃金時間內，提供相關救援單位最準確實用之訊息，可有效的縮小搜救範圍，提昇救援速度，以節省搜尋救援工作所耗費之人力與物力成本，並加強保障遊客之生命安全。

(二) 中長期性建議

目前系統使用的是第一代微型收發器，GPS 接收器和微型收發器之間以接線連結，在重量上及攜帶上均非最佳化的解決方案。研究團隊目前已著手開發第二代收發器硬體，將 GPS 接收器整合入微型收發器，重量將控制在 100 公克之內以利山友攜帶。此外整合一件式的設計也將增加收發器的抗壓性、防水性，並且降低成本。

研究團隊亦計劃於排雲管理站、排雲山莊及圓峰山屋共三處地點設置相互連線的基地台，並於往南玉山及鹿山叉路口設置接收器。基地台為配置 WiFi 或 3G 連線能力之收發器，以太陽能板及蓄電池保持其 24 小時運作暢通，因此於排雲山莊或玉管處均可即時掌握山上最新狀況。

預計於 98 年度，研究團隊將繼續大規模的山區實驗，將收發器革新為第二代，並且將範圍延伸至圓峰山屋，並於 99 年度正式啟用。此研究計劃以玉山國家公園為實驗的中心，在此測試通訊設備與調整實驗參數，希望獲得研究成果後能由此出發，將此系統推廣到台灣其他國家公園，甚至其他國家。

英文摘要

The objective of this project is to investigate a reliable and robust system that can effectively monitor the environment and assist the tracking of the tourists in Yushan National Park. There are three design issues of the proposed system: (1) it must use off-the-shell wireless technologies; (2) it needs to be affordable; and (3) it has to be as less intrusive as possible to the natural environments. The system is expected to provide more detailed and real-time information of the tourists and wilderness environments, thereby benefiting the administration and operation of Yushan National Park.

However, since the full wireless coverage is impossible in wilderness environments, network communication in the proposed system is inevitably intermittent and thus very challenging. Traditional data dissemination techniques can not be directly applied to such type of networks. Therefore, the focus of the project is to conquer this challenging issue using delay/disruption tolerant techniques, so that tourist information can be aggregated effectively via opportunistic encounters (i. e., with another tourist and/or pre-deployed wireless access points) in the network.

More specifically, in this project, we will focus on developing feasible solutions that can collect information of each tourist in Yushan National Park (e.g., weather and track information), and forward the collected information wirelessly to the administration office. Additionally, the administration office is able to properly process the collected data so that it can have better and real-time knowledge of the geographic distribution of tourists in the national park. Using the proposed solution, the administration office of Yushan National Park is thus able to provide more adequate services for tourists in the national park. Moreover, in case that someone is lost in the national park, the system can provide the rescuers invaluable track information of the lost tourist, thus significantly increasing the possibility to save the lost and decreasing the rescuing cost (in terms of man power and other expenses) in rescuing.

Key Words: Delay Tolerant Networks, Wireless Sensor Networks, Mountain Rescue, Yu-Shan National Park

第一章 前言

本研究計劃之主要目標，在於結合現有的無線網路技術，在最節省網路佈建成本、最不影響生態景觀、最不造成登山客額外負擔等前提下，提供一個穩定、可靠、有效的山難搜尋救援系統，俾在山難救援黃金時間內，提供相關救援單位最準確實用之訊息，以節省搜尋救援工作所耗費之人力物力成本，並加強保障登山客之生命財產安全。

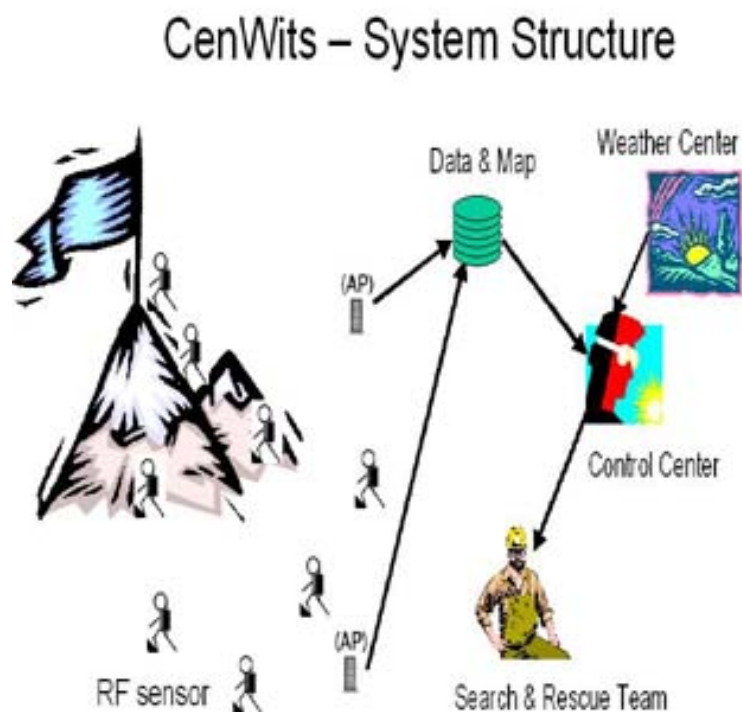
更進一步來說，當登山客於山區迷途失蹤時，如何能在黃金救難期間尋獲此登山客，取決於兩大要素：(1)何時確定登山客已失蹤，以及(2)如何確認此登山客最後出現之地點，以估測其可能行進之路線與最新之位置。然而，在當前的救難系統中，仍然普遍延用最傳統的方式進行上述資料之蒐集（例如口耳相傳與地毯式搜索），其結果不但耗時費力，且其成效往往因為資料正確性與完整性之不足，而有所折扣。

本研究計劃針對此一問題，提案使用最新的無線微型收發器，搭配全球定位系統，利用「耐延遲網路」技術，讓每個登山客在彼此於山徑中相遇時，能彼此交換其所攜行的路徑與位置等資訊，並在通過預先設置的無線網路終端站時（例如登山口），能將所有儲存之資料傳回本系統之控制中心。如此一來，當有失蹤山難發生時，利用本系統可以快速調閱失蹤者的最後出現地點，藉由專業搜救團隊的判讀，可以迅速精確的確定搜救範圍，並大幅增進搜救之成效。

本研究計劃所欲建立的系統，全名為「玉山國家公園山難搜救大型無線感測援助系統建置之研究」。此系統乃由國人（黃致豪先生）於就讀美國科羅拉多州立大學期間所研發[1]，並已正式於相關領域之重要國際會議中公開發表（如圖 1-1 所示），之後黃致豪先生進一步研究利用 GPS 衛星定位器輔助人員追蹤[2]。本系統目前仍處於原型實驗階段，在有限的硬體規模（十個微型收發器）與環境限制下，已有初步穩定、可靠、正確的實驗成果，並已受到學術界與工業

界的高度注目。

圖 1-1：CenWits 系統架構圖



藉由本研究計劃，我們計劃以東南亞第一高峰--玉山主峰為 CenWits 系統之建置環境，利用玉山國家公園現有無線網路架構，在最能兼顧 CenWits 效能與不破壞現有國家公園生態景觀的前提下，進行實體網路的怖建。本研究計劃有以下幾大特色：

1. 本研究計劃是一項跨國、跨國內研究單位的合作計劃，將以眾人之力，齊心完成本系統之建置。
2. 本研究計劃為臺灣罕見，同時亦為世界少見之大型無線感測與耐延遲網路建置計劃，對於臺灣在相關領域之學術研究，將可提供寶貴的開發經驗，並提昇臺灣在相關研究之國際能見度。
3. 本研究計劃對於山難救援與搜救將產生正面且重大之幫助，此系統與相關經驗將來更可擴展至臺灣群峰，確保國人從事登山活動之安全保障。

4. 本研究計劃所獲得之經驗，將來亦可擴展至其它救災用耐延遲網路之佈建，例如地震、土石流等重大天災時之搜尋與救援系統。

本研究計劃評估，若將此系統用於玉山主峰線上，建議在登山客必經之路架設中繼站以加速登山客的資料回傳，設立的地點可在塔塔加登山口、西峰涼亭、及排雲山莊，而資料中心則建議設置在玉管處，方便玉管處人員追蹤登山客行蹤。就成本方面考量，目前無線微型感測器與衛星定位器的價格偏高，實因目前仍為開發階段，待系統開發完整後，可利用以下兩種方式降低無線微型感測器與衛星定位器的成本，第一種方式可與相關廠商洽談合作事宜並大量生產，可有效降低成本，第二種方式，若手機廠商推出支援 IEEE 802.15.4 的手機時，本研究計劃將會開發本系統相關的程式於此手機上，利用此方式，登山客只需在手機上安裝本研究計劃所提供的程式，即可加入本研究計劃所設計的系統中，不需再另外攜帶無線微型感測器與衛星定位器。另一個方面，為了減少登山客在登山的路上沒有與其他人相遇，所造成資料流失的情況發生，本研究計劃在未來的規劃上，考慮在登山路途上加強放置地點播報器，並讓地點播報器擁有主動記錄的功能，當登山客行經地點播報器時，可以由地點播報器，將其他登山客的路徑資訊帶回基地台。

本研究計劃執行期間為一年，但我們更企盼能與國家公園進行更密切的合作，進一步地進行系統擴充，將本系統之建置與運作落實於國家公園中，並更進一步擴展至臨近群峰，俾加大本系統之涵蓋面積，照顧更多喜好登山的國人。

第二章 工作內容

本研究計劃將在塔塔加登山口、西峰涼亭、排雲山莊架設測試用中繼站，並在中央研究院內架設一部基地台伺服器，負責接收來自中繼站的登山客資訊，並透過資料分析與演算法計算，將登山客的出現地點與移動資訊顯示於 Google 地圖(地理圖資系統)上，藉此可了解登山客在山區的活躍情況。

第一節 系統介紹

本研究計劃主要使用到的硬體裝置陳列如下：

- (1) 無線微型感測器(錯誤! 找不到參照來源。): 本計劃所使用之無線微型感測器的大小為：長 6.5 公分、寬 3.5 公分、高 0.5 公分，重量僅約 23 公克，且支援 IEEE 802.15.4 標準通訊規格，傳輸速率可達每秒 250K bits，有輕巧易攜與低耗電的特性，可以連結 GPS 衛星定位器，藉此獲得當地的衛星座標，或是連接溫度、顯度感測器，記錄當地的溫度、濕度變化，還可與其他的無線微型感測器進行溝通。
- (2) Locosys GPS 衛星定位器(圖 2-2): 此 GPS 衛星定位器為方形，長約 5 公分、寬約 4 公分、高度約 1 公分，重量約 70 公克，功能為接收衛星所發射之訊號，並藉由衛星訊號算出 GPS 衛星定位器所在的經度、緯度、海拔高度、移動速度、日期、時間…等資訊，所以 GPS 衛星定位器將會耗費大量的電力，有鑑於此，我們提供了一個演算法，適時的開啟與關閉 GPS 衛星定位器，至少可節約五倍以上的電力。

圖 2-1：無線微型感測器 圖 2-2：Losys GPS 衛星定位器 圖 2-3：Asus EEE PC 輕型電腦



- (3) Asus EEE PC 輕型電腦(圖 2-3)：考慮在初期測試時需要有高移動力，所以本研究計劃採用 EEE PC 輕型電腦作為初期測試用的中繼站，因為此電腦的重量僅 922 公克，且長度為 16 公分、寬度為 22.5 公分、高為 3.2 公分，並可安裝 Unix 作業系統。
- (4) Garmin 手持式 GPS 定位記錄器(圖 2-4)：此手持式 GPS 衛星定位記錄器除了比一般 GPS 衛星定位器多了一個小螢幕可以顯示目前座標之外，還擁有路徑記錄的功能，可將其所記錄之路徑輸出至電腦端，利用此裝置記錄塔塔加登山口往玉山主峰的山徑，並將其輸入到山難救助系統中，可提昇系統準確度。
- (5) Bandrich Bandlux C100s 3G 網路卡(圖 2-5)：山區的网络資源匱乏，若要架設中繼站於山區中，除了自行建立長距離無線網路之外，能使用的網路不外乎是 GPRS、3G、3.5G，利用此網路卡與中繼站連結，在有電信訊號的地點，便可透過電信訊號將記錄的資料傳輸到基地台。
- (6) Huawei E220 3G 網路卡(圖 2-6)：此網路卡與上述的網路卡功用相同，因為在山區氣候多變，會直接的影響到電信訊號的品質，所以需要嘗試使用不同的網路卡，測試其晶片的靈敏度，以尋求最穩定的連線品質。
- (7) Locosys GT-31 衛星追蹤器(圖 2-7)：衛星追蹤器不但能利用衛星訊號進行定位與對時，更能記錄此裝置持有人的行走路徑，為了在實驗後準確分析實驗時登山客的移動狀況，所以在實驗時將會提供此裝置供登山客攜帶。

圖 2-4:Garmin 手持式 GPS 定位記錄器



圖 2-5:Bandlux C100s 3G 網路卡



圖 2-6:Huawei E220 3G 網路卡



圖 2-7:Locosys GT-31 衛星追蹤器



上述的各項裝置，最後將獨立或合併應用成以下四個設備：

- (1) 使用者裝置：將無線微型感測器結合 GPS 衛星定位器，可以記錄登山客的移動資訊，並在與其他人的使用者裝置相遇時，能記錄並交換本身擁有的資料。
- (2) 地點播報器：由無線微型感測器發展而來，當所在環境有許多遮蔽物，且接收不到衛星訊號時，地點播報器則扮演一個重要的角色，負責播報地點座標，使行經於此的使用者裝置能獲得當地的位置資訊。
- (3) 中繼站：由無線微型感測器結合輕型電腦與 GPRS、3G、3.5G 網路卡而成，將設立在登山客必經之路，當登山客行經於此，登山客身上的使用者裝置會將其所儲存的資訊傳遞到中繼站，中繼站再將這些資訊回報到基地台。
- (4) 基地台：本研究計劃之主控端，為一台伺服器主機並與網路連結，負責接收由中繼站透過網路傳回的登山客位置訊與山區環境資訊，若有必要時，亦可連結無線微型感測器，即時接收附近登山客的資訊，利用此基地台可以查詢登山客行走路徑、山區溫度與濕度的變化。

表 2-1：實驗設備與裝置對應一覽表

	使用者裝置	地點播報器	中繼站	基地台
無線微型感測器	√	√	√	
Locosys GPS 衛星定位器	√			
ASUS EEE PC 輕型電腦			√	
Bandrich 3G 網路卡			√	
Huawei 3G 網路卡			√	
伺服器主機				√

第二節 系統實驗

本計劃在執行期間針對網路頻寬測試與中繼站架設地點評估，對塔塔加登山口到排雲山莊的行走山徑進行兩次場勘，亦在中央研究院內，針對此研究計劃所需的各項功能進行開發與測試，以下列出較為重要的實驗內容與成果。

壹、排雲山莊 GPRS、3G、3.5G 網路頻寬測試

實驗日期：2008/3/31~2008/4/1

實驗目的：1. 排雲山莊是遊客從塔塔加登山口出發到玉山頂峰必經的路程之一，且有房屋遮蔽可遮陽擋雨，亦可提供電源使用，是一個不可多得的中繼站候選地點，因為中繼站需要利用網路將登山客資訊傳回基地台，所以需對其 GPRS、3G、3.5G 網路連線品質進行測試。

2. 因為在進行實驗 1 的時候，發現在排雲山莊有無線網路的訊號，所以改測無線網路連線品質。

實驗步驟：1. 將 BANDLUXE C100S 與 EEE PC 連接，透過中華電信的電信訊號撥接上網，並利用 iperf 與山下架設好的主機進行頻寬測試，山下共有兩台主機提供測試，第一台主機連接中央研究院的網路，第二台主機連接中華電信 8MB/640KB ADSL。

2. EEE PC 透過排雲山莊的 wifi 上網，利用 iperf 與山下的兩台主機測試頻寬。

實驗結果：1. 可能因為當時下雨且氣候狀況不佳，所以連線成功後又馬上斷線，一直無法與兩台主機進行連線測試。

2. 連線情況良好，與各點皆測試五次取平均值，排雲山莊的上傳頻寬與實驗主機一的測試結果平均為 428.4kbps，與實驗主機二的測試結果平均為 402.6kbps，下載頻寬與頻寬測試網站

http://www.bandwidthplace.com 測試的結果平均為 1043.8kbps，與中華電信頻寬測試網站測試的結果平均為 1732.4kbps。

貳、玉山山徑中繼站場勘

實驗日期：2008/5/21~2008/5/22

實驗目的：調查由塔塔加登山口出發往玉山主峰的路徑上，是否有合適的地點可以架設中繼站，合適地點需具備能遮雨、有網路、有電力的三大重點，若無電力提供，則附近需要有一個寬敞的地方可以擺設太陽能板與電瓶。

實驗步驟：在各明顯地標進行測試，將 Bandluxe C100S 與 EEE PC 連接，透過中華電信的電信訊號上網，利用 iperf 與山下的主機進行頻寬測試，分別測試五次取平均值。

實驗結果：頻寬測試與地點勘察結果記錄在表 2-2，因為在前峰登山口與公廁二測試時遭逢大雨，經過不斷測試，仍無法建立網路連線，所以此兩個地點的值目前為空白。

表 2-2：中繼站場勘資料表

測試地點	登山口	孟祿亭	公廁一	前峰登山口	公廁二	西峰涼亭
輸出頻寬	45.6kb/s	51.4kb/s	41.7kb/s			36.8kb/s
輸入頻寬	86.6kb/s	124kb/s	112.1kb/s			77.8kb/s
有無遮蔽處	無	有	有	無	有	有
有無太陽能板	無	無	有	無	有	無
路標	0 km	1.6 km	1.8 km	2.7 km	4.9 km	5.1 km

參、Multi-Hop 測試

實驗日期：2008/4/24

實驗目的：在使用者裝置加上 Multi-Hop 的功能，並測試此功能是否能正確運作。這是模擬登山客以口耳相傳的方式，透過相遇記錄與傳遞資料，最後再驗證傳回基地台的資料是否正確。

實驗步驟：

- (1) ABCDE 五人，位在同一條路徑上，但彼此不在對方的溝通範圍，如圖 2-8 所示。
- (2) E 往回走，碰到 D 時互相交換資訊，資訊交換完成 E 將感測器關閉。
- (3) D 往回走，碰到 C 時互相交換資訊，資訊交換完成 D 將感測器關閉。
- (4) C 往回走，碰到 B 時互相交換資訊，資訊交換完成 C 將感測器關閉。
- (5) B 往回走，碰到 A 時互相交換資訊，資訊交換完成 B 將感測器關閉。
- (6) A 將所有的資訊帶回基地台。

實驗結果：由

圖 2-9 可以看出，即使 A 沒有從來沒有遇到 C、D、E，透過口耳相傳的方式，A 確實將所有人相遇的情形，完整的回報到基地台。

圖 2-8：Multi-Hop 實驗人員分佈圖

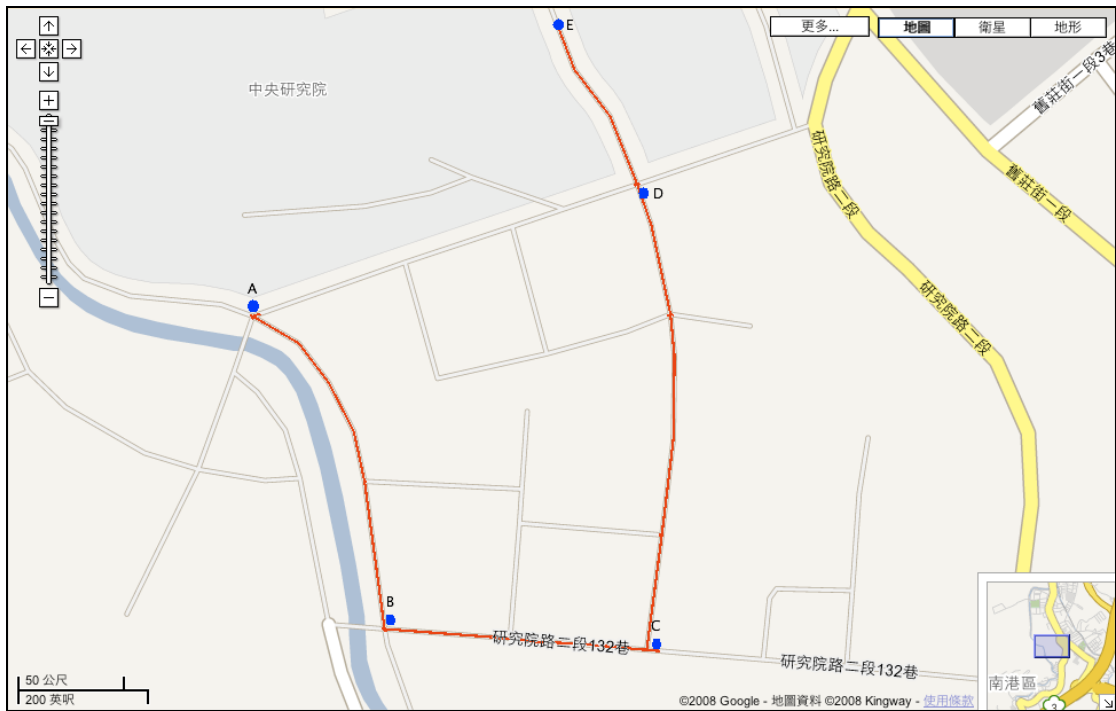
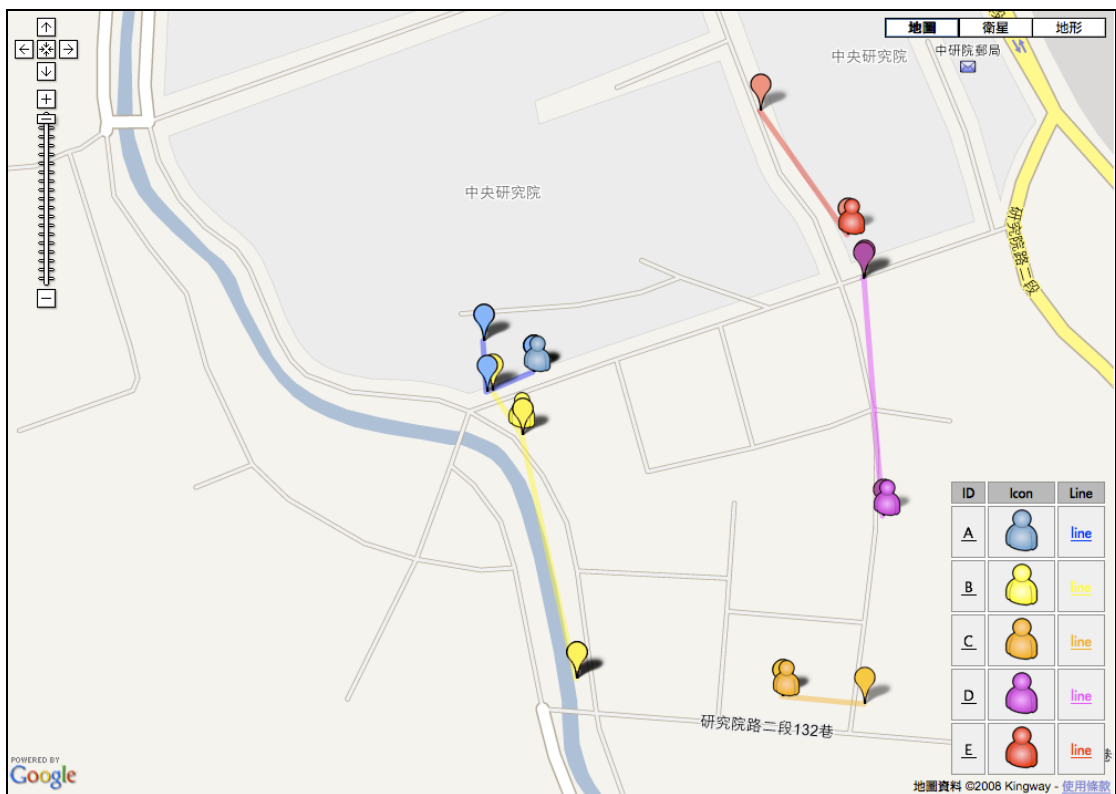


圖 2-9：Multi-Hop 實驗結果



肆、單獨行走、單一路線測試

實驗日期：2008/5/16

實驗目的：模擬登山客單獨行動，且在路線只有一條的情況下，驗證是否能從收回的資料中，看出登山客移動的路徑。

實驗步驟：

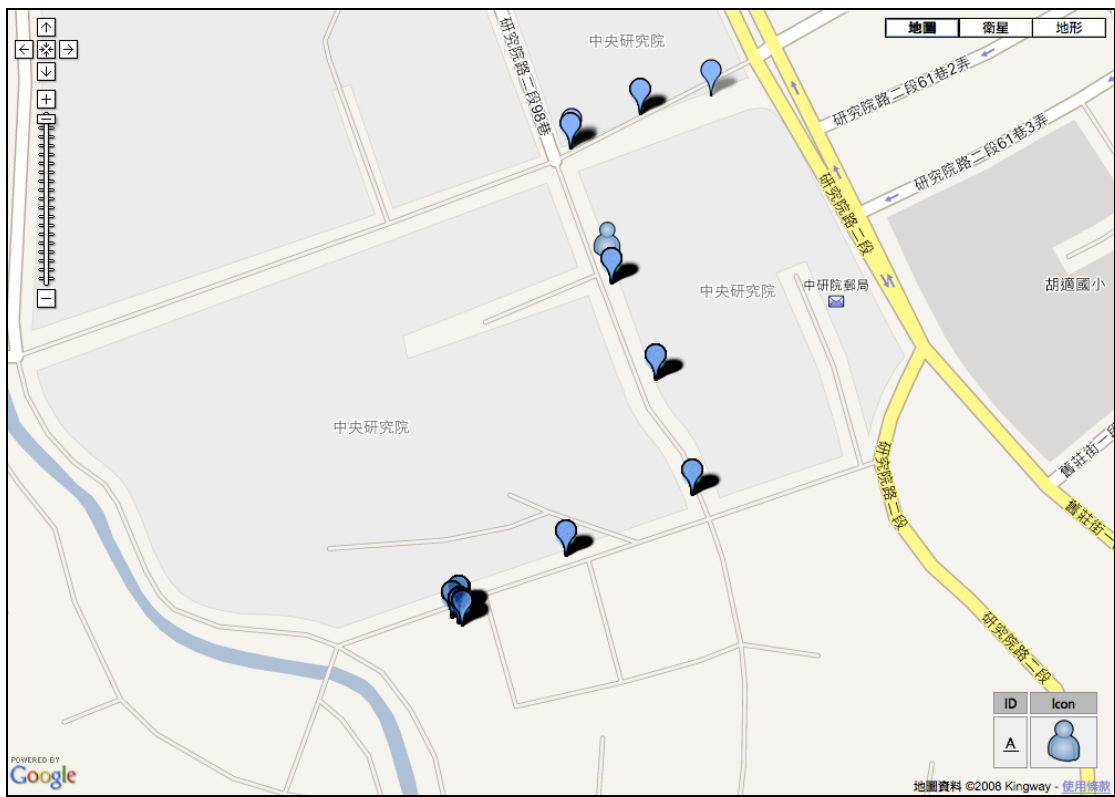
- (1) 在 X 處架設基地台，利用 3G 網卡連上網路，並將收到的資訊傳回實驗室內的基地台。
- (2) ABCD 四人，每隔三分鐘由 X 處出發，沿紅線走到 Y 處後，再循原路折返，路線如圖 2-10 所示。
- (3) 每個人走回 X 處時，感測器會將資料透過基地台傳回主機。

實驗結果：為了便於觀察，在實驗完成後，僅先列出所有含有 A 的資料，列出的內容就如圖 2-11 所示，因為 A 在往回移動的路徑上遇見了 B、C、D，當大家都將資料傳回基地台後，即可將 A 的移動路徑順利繪出。

圖 2-10：單獨行走路線圖



圖 2-11：在單獨行走的實驗中，列出所有 A 的資料



伍、群體行走測試

實驗日期：2008/7/6

實驗目的：因為無線微型感測器的資料儲空間有限，當一群人一起行走時，會使得無線感測器不斷地記錄隊友的資料，一旦資料儲空間用盡後，若再繼續遇見其他人員時，將會開始覆蓋之前所儲存的資料，所以當遇到其他非隊友的人員時，雖然能記錄與其相遇的資訊，但之後與隊友一起行走，又會被隊友的資料所覆蓋，所以本研究計劃設計了一個新的演算法，使其能記錄隊友資訊的同時，亦能保存與非隊友相遇的資訊，藉此次實驗評估此演算法的效果。

實驗步驟：

- (1) X 處架設基地台，以 GPRS、3G、3.5G 訊號上網，將之後收集到的資料以檔案方式傳回基地台。
- (2) 隊伍 A 先由 X 處出發，往 Y 處移動，詳見圖 2-12。
- (3) 十分鐘後隊伍 B 由 X 處出發，以逆時鐘方向行走，最後回到 X 處，詳見圖 2-13。
- (4) 兩支隊伍將在 Z 處相遇。

實驗結果：每個隊伍皆由四位隊員(隊伍 A：A1、A2、A3、A4，隊伍 B：B1、B2、B3、B4)所組成，在不斷接觸與交互傳輸資料的情況下，無線微型感測器的資料儲空間很快就會滿了，並開始覆蓋舊有的資料，圖 2-14 顯示隊伍 B 所帶回的資料，當隊伍 A 與隊伍 B 在 Z 處交會時互相記錄與交換資訊，之後隊伍 B 繼續以逆時鐘方向繞回 X 處，隊員之間仍會繼續以新的資料覆蓋舊有的資料，但由此圖可看出在 Z 處仍保有隊伍 A 的資訊，表示新的演算法的確能在儲存空間不足時，自動挑選並保存更齊全的資

訊。

圖 2-12：群體行走隊伍 A 路線圖



圖 2-13：群體行走隊伍 B 路線圖



圖 2-14：隊伍 B 所帶回的資料



陸、個體行走路徑的記錄點分佈測試

實驗日期：2008/7/16

實驗目的：當登山客在山徑行走時，若只有與一個人交會或是甚至沒有遇到任何人時，從系統上將無法看出他所行走的路徑與方向，所以本研究計劃設計了一個記錄行走路徑的演算法，不但可以對所要記錄的點做數量上的控制，更讓這些點平均分佈於行走路徑上，此次實驗只使用五筆資料的空間儲存資料，並且每一分鐘即用 GPS 衛星定位器產生一筆資料並儲存，當空間額滿時，則只留下最合適的資料。

實驗步驟：如圖 2-15 所示，人員 A 由 X 處出發，逆時鐘方向行走。

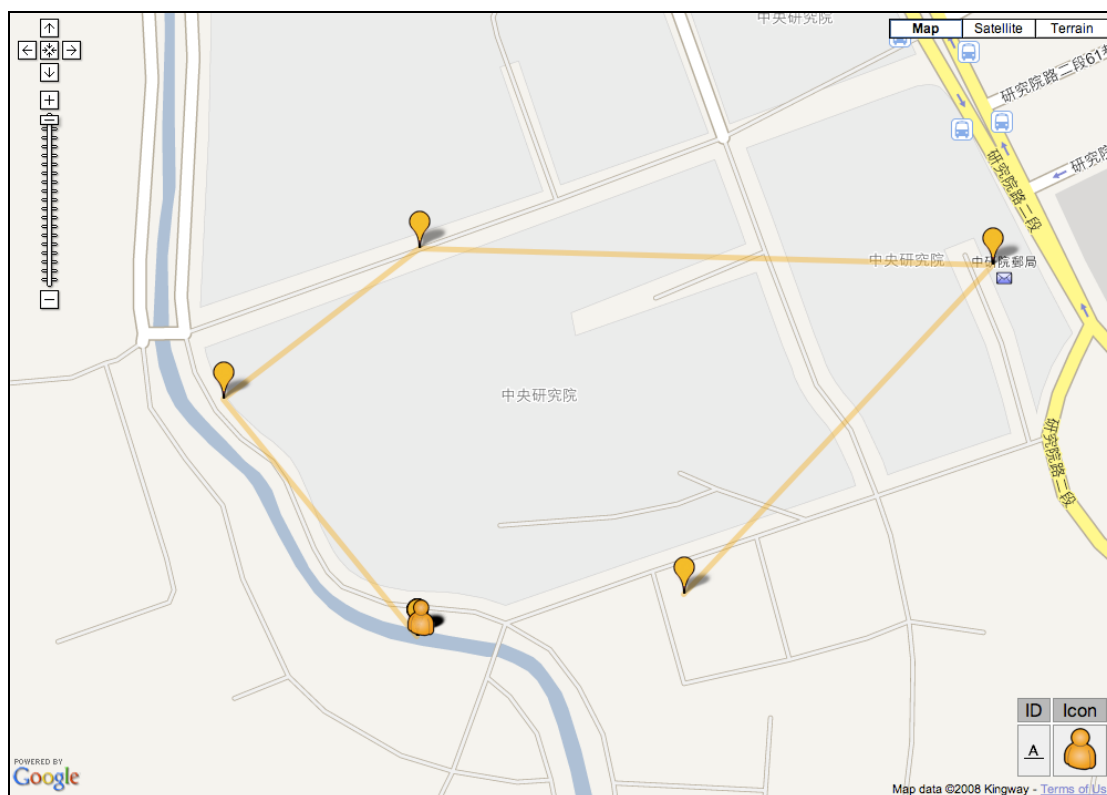
實驗結果：從基地台查詢人員 A 的資料，則出現

圖 2-16 的畫面，由此可看出五個記錄點平均分散在人員 A 所走行的路線上，所以利用此地點記錄的演算法，即使不知當初人員 A 所行走的路線，亦可由基地台端的資料推斷出人員 A 的行走路線。

圖 2-15：人員 A 行走路線圖



圖 2-16：人員 A 行走路線結果



柒、第一次成果測試

實驗日期：2008/8/11~2008/8/14

實驗目的：進行成果測試的目的在於集合之前所研究的成果，實際使用於真實環境中，觀察此系統在山區的環境中是否會發生尚未發現的問題。

實驗步驟：

- (1) 預先在登山口、西峰涼亭、排雲山莊架設中繼站，相對位置請參照圖 2-17。
- (2) 8/12 早上在登山口發給登山隊 A 四個使用者裝置，號碼分別為 16、17、22、23，登山隊 A 將由登山口出發，往排雲山莊邁進，並在隔天(8/13)下山回登山口。
- (3) 8/13 早上在登山口發給登山隊 B 四個使用者裝置，號碼分別為 18、19、20、21，登山隊 B 將由登山口出發，往排雲山莊邁進，並在隔天(8/14)下山回登山口。
- (4) 8/13 早上再多發出一個使用者裝置，號碼為 25，給一位登山客 C，登山客 C 只走到西峰涼亭，並在當天回到登山口。

實驗結果：實驗過程中，在排雲山莊檢查使用者裝置時，發現有 50%裝置的電池電力不足，但經過短暫的充電後，仍可順利的將資料取出，以下列出號碼為 21 的登山客所行走的路徑，見圖 2-18 所示，從圖上可以看出在路徑的開頭、中間、結尾，此三個部份出現的點較為密集，這是因為本計劃在登山口、西峰涼亭、排雲山莊三地架設中繼站，而且登山客在此三地又停留較久的原故。

圖 2-17：登山口至排雲山莊間各停靠點位置圖。

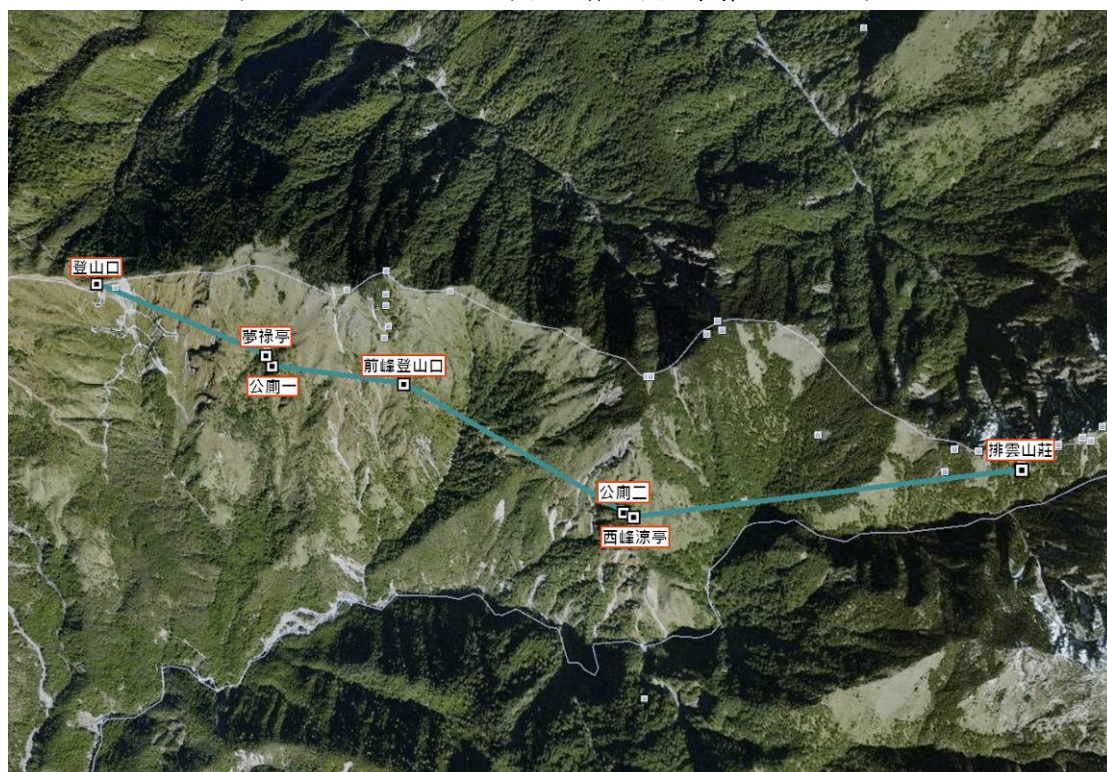
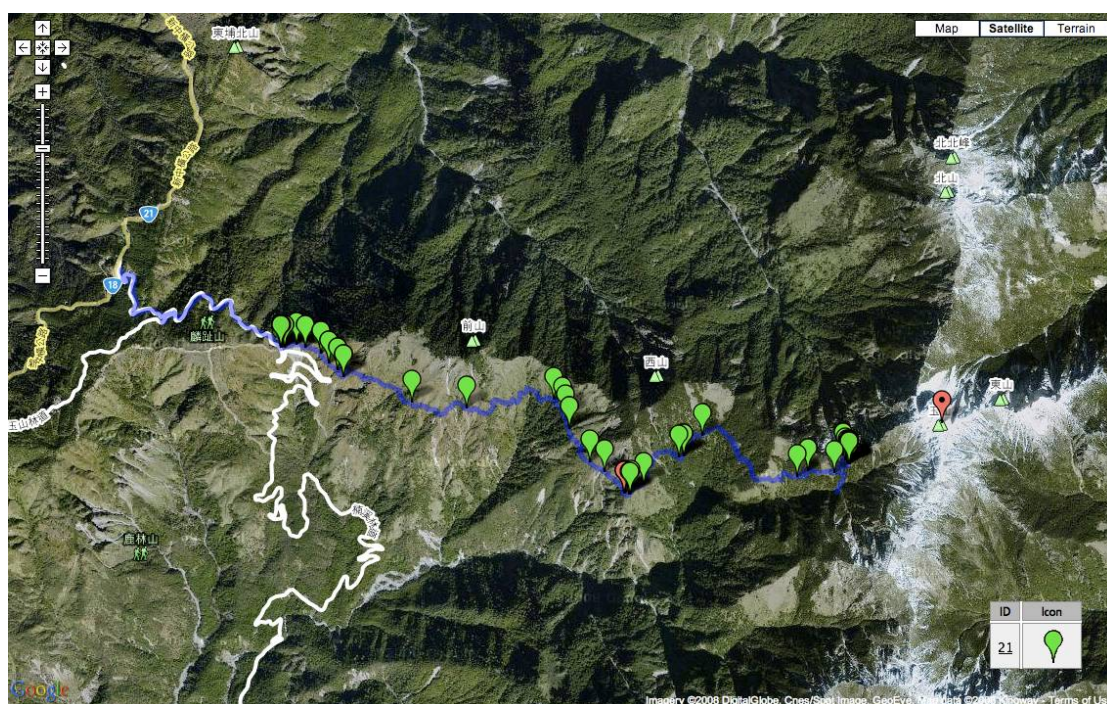


圖 2-18：登山客編號 21 的行走路徑圖。



捌、第二次成果測試

實驗日期：2008/8/25~2008/8/28

實驗目的：第一次成果測試時，發現有 50% 的使用者裝置電力不足，雖然電力無法推動衛星接收器接收資料，但是仍可讓無線微型感測器持續運作，所以為了確認第一次成果測試是否有人為因素的影響，如：上山前，未將電力充滿、實驗前，使用者裝置已被開啟…等，所以進行第二次成果測試，並特別注意使用者裝置的狀態。

實驗步驟：

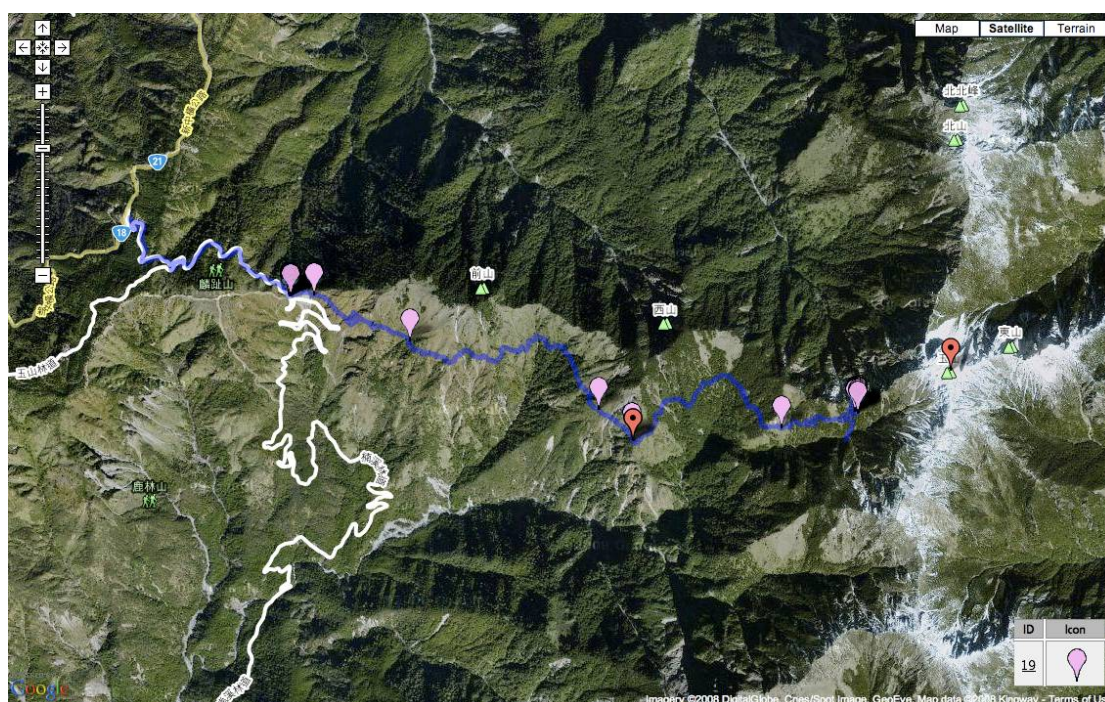
- (1) 預先在登山口、西峰涼亭、排雲山莊架設中繼站，相對位置請參照圖 2-17。
- (2) 8/26 早上在登山口發給登山隊 A 四個使用者裝置，號碼分別為 16、17、18、19，登山隊 A 將由登山口出發，往排雲山莊邁進，並在隔天(8/27)下山回登山口。
- (3) 8/27 早上在登山口發給登山隊 B 五個使用者裝置，號碼分別為 20、22、23、24、25，登山隊 B 將由登山口出發，往排雲山莊邁進，並在隔天(8/28)將使用者裝置編號 22 帶回登山口。

實驗結果：此次實驗與 8/11 的實驗比較起來，電力消耗的情況嚴重，多數使用者裝置在抵達排雲山莊前，電力已經全數消耗完畢，電力不但無法推動衛星定位器，也無法讓無線微型感測器持續運作，此次實驗過程中，天氣晴朗且沒有起霧，所以衛星定位器定位時間應該與 8/11 相差不多，圖 2-19 為登山客編號 19 的行走路徑，與 8/11 的實驗結果比較起來，可以發現登山客出現在圖上的點大幅減少，這是因為大多數的使用者裝置在行進

過程中，就已經將電力消耗完畢，所以與其他登山客相遇時，無法記錄相遇的資訊。目前對於電力快速耗損有兩項懷疑：

- (1) 電池老化：因為使用者裝置經歷了多次實驗，在歷經不斷的充電與放電，電池可能已經老化。
- (2) 操作溫度過低：當時溫度相較於 8/11 的實驗，約低了 3~4 度 C，所以懷疑低溫的環境會加速電池電力消耗的速度。

圖 2-19：登山客編號 19 的行走路徑圖。



玖、2 Hops 測試

實驗日期：2008/11/7

實驗目的：對前兩次成果測試所得到的資料進行分析，發現由登山客所攜帶的使用者裝置，傳遞兩次內即傳達中繼站的資料高達 90%，所以在節省電力與記憶體空間的考量下，採取 2 hops 的設定，當同一筆資料被傳送兩次之後，就不會再進行傳送。

實驗步驟：

- (1) ABCDE 五人，位在同一條路徑上，但彼此不在對方的溝通範圍，如圖 2-20 所示。
- (2) E 往回走，碰到 D 時互相交換資訊，資訊交換完成 E 將感測器關閉。
- (3) D 往回走，碰到 C 時互相交換資訊，資訊交換完成 D 將感測器關閉。
- (4) C 往回走，碰到 B 時互相交換資訊，資訊交換完成 C 將感測器關閉。
- (5) B 往回走，碰到 A 時互相交換資訊，資訊交換完成 B 將感測器關閉。
- (6) A 將所有的資訊帶回基地台。

實驗結果：由實驗結果圖 2-21 可以觀察到 E 並沒有出現在結果上，這是因為 D 與 E 相遇時，兩人相遇的資訊就儲存在 D 與 E 的記憶體中，而 E 在相遇後就將感測器關掉了，所以只剩下 D 中有兩人相遇的資訊，這筆資訊透過 C、B、A 傳回到基地台，需花費 3 個 hops，超過了 2 hops 的限制，所以當 B 拿到這筆資料後，並不會轉交給 A，也就不會出現在實驗結果上。而這次的實驗，也發現 C 出現的地點並不在實驗路徑上，這是因為 C 的衛星接收器的

定位出現了誤差，所以造成了偏離路徑的現象。

圖 2-20：2 Hops 實驗人員分佈圖

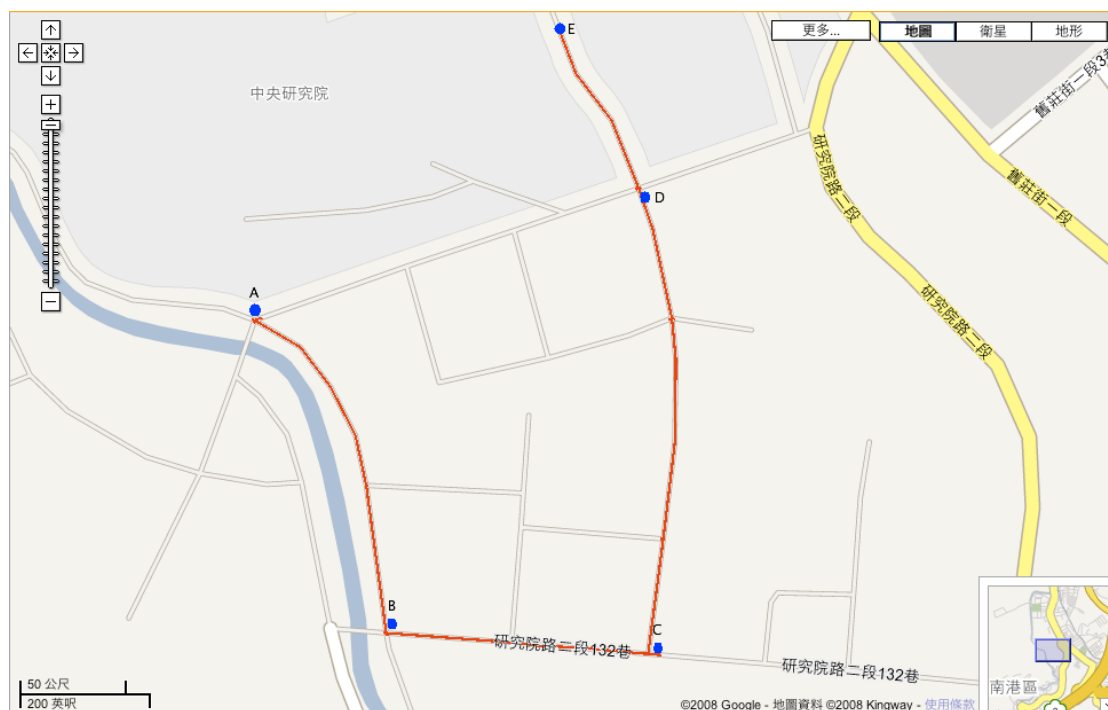
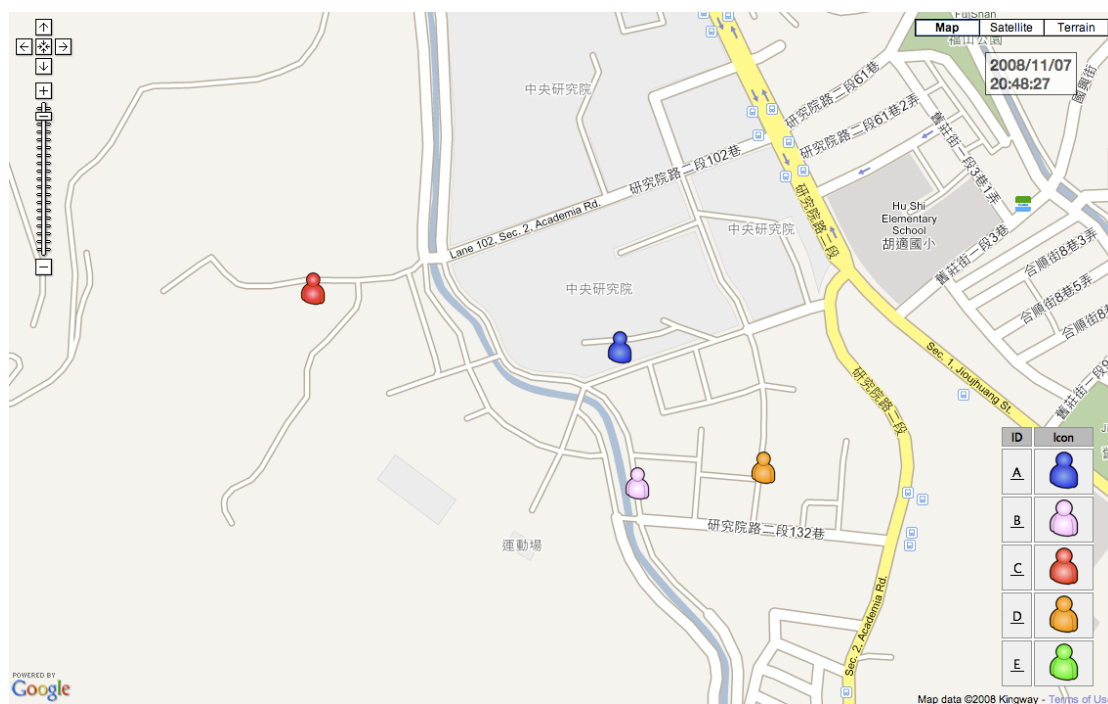


圖 2-21：2 Hops 實驗結果



拾、長時程山區實地測試

實驗日期：2008/11/19~2008/11/23

實驗目的：此次實驗換上了 Locosys 的衛星定位器，由於定位的速度更快，所以耗電量更少，使用時間約可比之前使用 Garmin 衛星定位器時多三倍，為了不讓電池老化的問題發生，所以此次也一併換上了新的電池，並且多提供一個衛星追蹤器給登山客攜帶，以確實記錄每位登山客的移動路徑。

實驗步驟：

- (1) 預先在登山口、西峰涼亭、排雲山莊架設中繼站，相對位置請參照圖 2-17。
- (2) 11/20 早上在登山口發給登山隊 A 八個使用者裝置，號碼分別為 11、12、14、15、16、17、18、19，登山隊 A 將由登山口出發，往排雲山莊邁進，並在隔天(11/21)下山回登山口，當天早上也在排雲山莊發給登山隊 B 十個使用者裝置，號碼依序為 21 至 30，登山隊 B 將由排雲山莊出發，往登山口方向行進，兩隊將在山區中相遇。
- (3) 11/21 早上在登山口發給登山隊 C 八個使用者裝置，號碼分別為 21、22、23、24、26、27、28、29，登山隊 C 將由登山口出發，往排雲山莊邁進，並在隔天(11/22)下山回登山口。
- (4) 11/22 早上在登山口發給登山隊 D 七個使用者裝置，號碼分別為 11、12、14、15、17、18、19，登山隊 D 將由登山口出發，往排雲山莊邁進，並在隔天(11/23)下山回登山口。
- (5) 11/23 早上在登山口發給登山隊 E 七個使用者裝置，號碼

分別為 13、21、23、24、26、28、29，登山隊 E 將由登山口出發，往排雲山莊邁進，當天將在排雲山莊收回此七個裝置。

實驗結果：此次實驗，電池發生問題的比例大幅下降，只剩下約 18% 的電池有電力不足的問題，但是發現了其他當初沒有注意到的問題，第一個問題是衛星定位器與無線微型感測器連結的問題，因為接頭並沒有反扣的設計，所以當登山客將使用者裝置放於背包內時，有可能會被其他東西壓住，而發生接頭掉落的情形，所以針對這個部份，本研究計劃將會把衛星定位器直接做在無線微型感測器上，解決此問題。第二個問題是山區某些區域衛星定位器收訊不良，使得使用者裝置浪費太多時間在定位，不但浪費電力，也會造成當兩個登山客相遇卻無法記錄相遇資訊的問題，這個部份將會針對衛星定位器在山區所需花費的定位時間進行統計，當成調整衛星定位器開啟時間的參數之一。

第三章 調查結果

第一節 成果展示

本研究計劃在中央研究院內建置了一部基地台伺服器，用以接收實驗時的所有資料，並將資料分析、整理，再以易於了解的地圖資訊方式呈現於網頁上，除了接收與分析資料之外，此基地台伺服器上還記錄與本研究計劃有關的所有資訊，包括本研究計劃的執行目標、計劃參與人員、實驗裝置、各次實驗的流程與實驗結果，其網址為：<http://nrl.iis.sinica.edu.tw/YushanNet/>。

為了繼續推導山難救助的理念，今年六月，本研究計劃將此山難救助系統的概念以玉山國家公園為背景，寫了一份研究摘要[3]投稿國際研究會 MobiSys 的 Works-in-Progress 會議，獲得 MobiSys 賞識，並於 2008 年六月 19 日下午 4 點 30 分至 5 點在科羅拉多發表此山難救助系統的建置理念。

另一方面，為了讓國人了解本研究計劃的理念與推廣山難救援的精神，本計劃於今年全國電信研討會投稿一篇論文，題目為『耐延遲網路在山難救援系統上之應用』[4]，此篇論文在 2008 年 12 月 5 日上午 11 點 50 分於虎尾科技大學公開發表。此外，我們亦於 2008 年 11 月 26 日下午兩點，於中央研究院資訊科學研究所，以『山文誌登山資訊系統』為主題，召開了記者招待會，除邀請本計劃研究團隊，與相關單位代表與會外，更有多家影視記者與平面媒體前來參加，並進行廣泛且深入之採訪，同時並於國內各主流媒體，陸續進行詳盡報導(詳如表 3-1)。

表 3-1：國內各大媒體對本計劃研究成果之報導一覽表

媒體單位	報導日期	報導形式	報導內容	報導篇幅
八大電視台	2008/11/26	1800 晚間新聞	影像、訪談、旁白	02 分 01 秒
公共電視台	2008/11/26	2000 晚間新聞	影像、訪談、旁白	01 分 49 秒
台北之音	2008/12/01	0800 早安台北	訪談、旁白	20 分 00 秒
中國時報	2008/11/26	第十一版	文字報導	656 字
聯合報	2008/11/26	第五版	文字報導、插圖	748 字
自由時報	2008/11/26	第八版	文字報導、插圖	633 字
人間福報	2008/11/26	第三版	文字報導	502 字
人間福報	2008/12/05	第十三版	文字專訪、插圖	1533 字

第二節 國際合作

今年五月 19 日至五月 21 日，本研究計劃邀請了 Mario Gerla 教授來台訪問，Mario Gerla 教授是加州大學洛杉磯分校教授，主要研究的方向在效能評估、電腦網路協定評估、大型網路的繞徑問題、車載感測器網路。本研究計劃與 Mario Gerla 教授分享目前台灣在建置大型感測器網路上的成果，Mario Gerla 教授也提供他在國外所聽過其他學校或機構做感測器網路的資訊，更提出了他本身所遇過的一些失敗經驗，希望我們多加留意，不要重蹈覆轍。

今年六月 27 日上午 10 點 30 分，本研究計劃在中央研究院資訊科學研究所，舉辦一場無線感應式網路研討會，並邀請瑞克韓(Rick Han)教授來台演講，瑞克韓教授是科羅拉多州立大學博得分校的副教授，他於 1989 年於史丹福大學拿到學士學位。瑞克韓教授目前專注於無線感測網路的應用，已進入實驗階段的系統包括海鷗棲地監測、大氣及海洋監測、建築物及橋樑受力監測、地震引起的火山活動及噴發地點預測，本研究計劃與瑞克韓教授討論如何利用無線微型感測器提

昇山難救助系統的可靠度，甚至可以應用無人小飛機幫助搜救行動。

第三節 跨領域合作

本研究計劃不僅能做為山難搜救系統，亦能貢獻所得資源給不同領域專家使用。例如對於台灣的生態研究工作，本研究計劃只需將使用裝置為生態追蹤加以調整，如：對無線微型感測器與 GPS 衛星定位器進行輕量化、防水，再以防撞擊外殼保護無線微型感測器，即可將搜集到的生態追蹤資料提供給李玲玲教授與其他生態學專家研究，相信能發掘許多先前未知的資訊，在生物學上跨出一大步。針對這方面的應用，我們目前正與台灣大學生態學與演化生物學研究所李玲玲教授、中興大學生命科學系吳聲海教授、以及美國科羅拉多大學博德分校資訊系 Dr. Rick Han 進行溝通，並尋求未來進行合作研究之可能。

此外，師範大學資訊工程系兼資訊中心主任李忠謀教授與地球科學系教授兼科教中心主任張俊彥教授提出運用本計劃研究成果進行戶外實地研究應用的概念，讓學生在野外環境下實驗與學習，不但能提昇學生學習意願與率效，更加深了學生的印象。由於戶外安全就是一個必須注意的要點，因為實驗地點可能在山區，當實驗區域分佈的太廣時，即無法兼顧每一個學生，若透過本研究計劃系統的協助，可讓教授能掌握每一個學生的所在地點與動向，更進一步還能將學生所發現的資訊傳回與其他學生分享。

第四章 討論與建議

第一節 討論

研究團隊經過數次的勘察與實驗，計劃於排雲管理站、排雲山莊及圓峰山屋共三處地點設置相互連線的基地台，目前排雲管理站可供電，亦有 WiFi 無線網路及 3G 訊號，架設上最沒有問題。排雲山莊雖有 WiFi 無線網路，但似乎不甚穩定，時好時壞，而 3G 訊號比較之下相對穩定，因此排雲山莊的無線網路將考慮用 3G 網路進行架設。用電方面，排雲山莊使用太陽能板及發電機發電，應可供給基地台電腦及收發器使用。圓峰山屋目前沒有網路連線，但經測試無線電可與排雲山莊互通(5 瓦手機)，亦有中華電信訊號。經考慮成本及維護問題，研究團隊傾向於在圓峰山屋及排雲之間設置點對點的無線電連線，將在圓峰山屋接收到的資料直接傳回排雲山莊處理。如此的設計可簡化圓峰山屋內所需的設備，亦降低用電量及維護成本。

第二節 建議

壹、立即可行的建議

本系統可以收集遊客行走路徑，並將所收集到的資料做進一步的分析、處理與應用，藉此得知遊客在國家公園內之分佈狀況。一來可提供玉山國家公園管理處了解遊客在國家公園內之活動區域，以作為增修各項遊客服務設施之參考；二來更可在山難事件不幸發生時，在山難救援黃金時間內，提供相關救援單位最準確實用之訊息，可有效的縮小搜救範圍，提昇救援速度，以節省搜尋救援工作所耗費之人力與物力成本，並加強保障遊客之生命安全。

貳、中長期的建議

山文誌系統現在使用的是第一代的收發器，GSP 接收器和微型收發器之間以接線連結，在重量上及攜帶上均非最佳化的解決方案。研究團隊目前已著手開發第二代收發器硬體，將 GPS 接收器整合入微型收發器，重量將控制在 100 公克之內以利山友攜帶。此外整合一件式的設計也將增加收發器的抗壓性，防水性，並且降低成本。預計成品將為火柴盒至名片般的大小，量產時每個收發器成本將為 300~500 台幣。

研究團隊計劃於排雲管理站、排雲山莊及圓峰山屋共三處地點設置相互連線的基地台，並於往南玉山及鹿山叉路口設置接收器。基地台為配置 WiFi 或 3G 連線能力之收發器，以太陽能板及蓄電池保持其 24 小時運作暢通，因此於排雲山莊或玉管處均可即時掌握山上最新狀況。接收器則是不具備無線網路連線能力，但配有大量的記憶體，能將所有經過的收發器資訊儲存下來。當有狀況發生時，例如若有單攻的山友入夜未返回圓峰山屋，巡山員可以攜帶 PDA 至南玉山及鹿山的叉路口由接收器接收資料，來確定遲歸山友到底是走哪一條路線，以縮小搜尋範圍。在南玉山及鹿山叉路口所設置的接收器，研究團隊將研發可固定在叉路指示牌頂端的保護盒，盒子的頂面為太陽能板，內部則備有蓄電池，收發器，和收發器所連接的記憶卡。巡山員在山區巡邏或搜救時，可以直接將記憶卡拔起裝入其所攜帶的 PDA 內，以接收先前山友行經時上傳的資料。

98 年度研究團隊將繼續大規模的山區實驗，將收發器革新為第二代，並且將範圍延伸至圓峰山屋。

經過與管理處討論，較適當的方式為委託在入山檢查哨旁的排雲管理站發放及回收實驗所用的收發器，在初期只與管理處較熟悉的領隊合作以避免發生收發器遺失的情況。隊伍在檢查哨報到之後，由領隊統一由管理站領取收發器，再發放給隊員。在開始行走時開機，到達山屋後關機，隔天亦是開始行走前開機，紮營後關機，下山後再由領隊統一收齊後交給排雲管理站值班人員。

另為鼓勵使用者幫助推廣，及給予其回饋，研究團隊擬在管理站設置一台全自動的印表機。當

攜帶山文誌收發器的山友由主峰或圓峰山屋回到排雲山莊時，山莊的電腦會自動通知管理站的印表機列印該收發器的此次行程紀錄航點，平均速度及各定點之間所花費時間，如

圖 4-1。當山友下山回到管理站時，領隊繳回收發器也一併領取行程紀錄圖發放個山友，是個很好的留念。行程紀錄圖將來亦可和登頂證結合，以航跡作為登頂的證明，也提供了山友更豐富的資訊。

圖 4-1：山文誌登山證明書範例。



98 年度的試用計劃規模約為五十個微型收發器，三組基地台，兩組接收器及一台印表機。實驗設備費及人事費擬由研究團隊自行吸收。在下一年度若系統正式啟用，基地台及接收器可供管理處繼續使用。

若是 98 年的實驗成果順利，希望在 99 年度由管理處提供經費維護基地台及接收器的運作。在收發器方面則是有兩種選擇，其一是經費許可的狀況下，由管理處配置兩百個收發器供山友自願配戴、其二是由研究團隊進行量產將收發器單價壓低，管理處則只提供及維護通訊硬體架構。在儘早決定後，亦希望管理處能將通訊維護成本及相關開支編列入 99 年度的預算，以俾來年能順利執行。

附錄一 期中審查會議

玉山國家公園山難搜救大型無線感測援助系統建置之研究 委託研究計畫期中審查會 會議紀錄

- 一、 時間：中華民國 97 年 7 月 29 日（星期二）下午 2 時整
- 二、 地點：本處三樓第一會議室
- 三、 主持人：許處長文龍 記錄：黃靜宜
- 四、 出（列）席單位及人員：吳助理教授冠璋、本處陳副處長隆陞、蘇課長志峯
- 五、 簡報單位：中央研究院資訊科學研究所（陳助研究員伶志）
- 六、 主席致詞：(略)
- 七、 主辦單位報告：(略)
- 八、 會議結論：

(一) 評審意見如下：

1. 未來系統若架設完畢，其使用上應以每一人或每一團隊為單位配戴？考量成本問題，如以團隊為單位配帶，是否可確實掌握登山資訊，又應配帶於何人身上？若以高頻率每人配帶，人員交錯複雜度增加，其所接受資料量龐大，系統是否可以負荷？宜加以說明。

答：若以山難救助為考量的前提下，建議每人皆配戴使用者裝置，以確實掌握每位登山客的行走資訊。本研究計畫有考量到同時出現大量使用者的情況，並已著手解決。

2. 高科技產品常受限於電源、故障率、天候、地形等因素影響其工作執行效率，目前於都會區內與野外試驗是否有所差

異，建議加強考慮試驗地的限制因素。

答：本研究計畫已在中央研究院院區進行初步的實驗，並在玉山上進行相關實地測試。

3. 有關本系統執行時之電源供應需求，應加以說明；建議未來無線微型感測器可加入太陽能供電板，如此將可延長追蹤使用期限，更利研究。

答：本研究計畫已著手測試太陽能板對無線微型感測器充電效應，並評估所需太陽能板的面積。

4. 請於期末審查時，提出本計畫明後年的展望、可行性、應用價值以及整套系統架構所需經費概算，以利本處參考運用。

答：本研究計畫將會在期末審查會議提出相關資訊，供玉山國家公園管理處做為佈建參考。

5. 本系統未來可望應用於長程登山路線，其系統設計為人員與人員交會彼此交換資訊，若登山人員均為同一方向路線行走，無對向人員相互交會時，應加強考慮中繼站架設地點或其他處理建議，使系統更有效發揮功能。

答：中繼站目前預定設立於登山口、西峰涼亭與排雲山莊，可藉由查詢登山人員是否有通過此些地點，並利用後來人員通過中繼站的時間來推斷登山人員的位置。

(二) 請依上述審查委員意見，納入後續計畫執行時修正及參考依據。

(三) 本案同意依約撥付第二期款。

九、散會

附錄二 期末審查會議

玉山國家公園山難搜救大型無線感測援助系統建置之研究 委託研究計畫期末審查會 會議紀錄

- 一、 時間：中華民國 97 年 12 月 26 日（星期五）下午 1 時 30 分整
- 二、 地點：本處三樓第一會議室
- 三、 主持人：陳處長隆陞
記錄：游耿祥
- 四、 出（列）席單位及人員：周副教授承復、呂秘書志廣、吳課長和融、邦卡兒課長、蘇課長志峰
- 五、 簡報單位：中央研究院資訊科學研究所（陳助研究員伶志）
- 六、 主席致詞：(略)
- 七、 主辦單位報告：(略)
- 八、 會議結論：

(一) 評審意見如下：

1. 未來系統如何去評估整體計畫的價值？如何應用所收集計的實驗數據作未來應用山難救助？

答：生命的價值是無法評估的，本系統不願有山難的情形發生，但希望在不幸發生時，能提供最確切的時間與地點，協助搜救人員救難。本系統所收集的實驗數據將建置數學模型，做為評估登山人員移動資訊的參考。

2. 本研究計畫從無到有建立 GPS+微型收發器未來可整合一體成型，低耗電低成本則推廣性才能普及。

答：若未來大量生產使用者裝置，將可有效的降低成本，甚至可

低於 1000 元。

3. 本系統對外通訊目前為使用大哥大通訊：對於園區通訊不良地帶未來，可往無線電之收發研究可能更為實用。

答：本研究計畫在手機通訊不良的地點，有預計採用無線電作為通訊的媒介，已在圓峰山屋與排雲山莊兩地測試無線電，並成功連線。

(二) 請依上述審查委員意見，納入後續計畫執行時修正及參考依據。

(三) 本案同意依約撥付第三期款。

九、散會

參考文獻

- [1] J. H. Huang, S. Amjad, and S. Mishra. “CenWits: a sensor-based loosely coupled search and rescue system using witnesses,” in *SenSys’ 05: Proceedings of the 3rd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, pages 180–191, New York, NY, USA, 2005. ACM Press.
- [2] J. Huang, L. Jiang, A. Kamthe, J. Ledbetter, S. Mishra, A. Cerpa and R. Han, "SenSearch: GPS and Witness Assisted Tracking for Delay Tolerant Sensor Networks," in Technical Report TR-2006-001, School of Engineering, University of California, Merced, December 2006.
- [3] Yi-Chao Chen, Yu-Te Huang, Jyh-How Huang, Ling-Jyh Chen, Polly Huang, and Shivakant Mishra. “YushanNet: A Real-World WSN Deployment for Hiker Tracking in Yushan National Park.” Work in Progress (WIP) Session. *ACM/USENIX The 6th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (ACM/USENIX MobiSys’ 08)*, Breckenridge, Colorado, USA, 2008.
- [4] 黃有德、陳奕超、陳伶志、黃寶儀、藍昆展。『耐延遲網路在山難救援系統上之應用』，2008 全國電信研討會。