

國立交通大學

資訊學院資訊科技 IT 產業研發碩士專班

碩士論文

車載感測網路於大範圍環境監測二氧化碳之應



A Vehicular Sensor Network for CO₂ Monitoring in
Large-Scale Environments

研究生：黃全洵

指導教授：曾煜棋 教授

中華民國 九十八年六月

車載感測網路於大範圍環境監測二氧化碳之應用
A Vehicular Sensor Network for CO2 Monitoring in Large-Scale
Environments

研究生：黃全滄

Student : Chiuan-Yu Huang

指導教授：曾煜棋

Advisor : Yu-Chee Tseng

國立交通大學

資訊學院資訊科技 IT 產業研發碩士專班

碩士論文



A Thesis

Submitted to Industrial Technology R & D Master Program of CS Colleges

College of Computer Science

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Computer Science

2009 June

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年六月

車載感測網路於大範圍環境監測二氧化碳之應用

學生：黃全洳

指導教授：曾煜棋 教授

國立交通大學資訊工程系 IT 設計產業研發碩士專班

摘 要

Wireless Sensor Network (WSN)近年來倍受矚目，藉由在環境中散佈許多較便宜的 Sensor node，達到對環境資訊加以監控並收集的目的；除此之外，新興的 Vehicular Ad-Hoc Network(VANET)——利用車輛上的無線網路裝置提供服務的架構，近來亦受到熱烈討論，將 WSN 的優點在 VANET 上實現，即為 VSN (Vehicular Sensor Networks)。因此，我們提出一套系統，能夠即時並大量的回報 CO₂ 資料，並且針對特定大範圍地區的不同區塊，修正採樣率，以避免浪費網路資源。

我們將實作此系統，使用 Jennic 晶片整合 CO₂ Sensor、GPS 以及 GSM module；Jennic 支援 IEEE 802.15.4 protocol，並可提供短距離無線網路，如此一來，我們可以將 CO₂ Sensor 安裝於車外，而收集到的資料也能跟 GPS 資料合併後，經由 GSM module 以 SMS 的方式來回報給 Server，資料收集完成後，再和 Google MAP 整合繪製為等高線圖，最後藉由簡單的實測來驗證此系統可正常運作，並且能夠使用較低成本，有效率的收集資料。

關鍵字：WSN、VANET、VSN、車載系統、大範圍地區

A Vehicular Sensor Network for CO₂ Monitoring in Large-Scale Environments

Student : Chiuan-Yu Huang

Advisor : Yu-Chee Tseng

Industrial Technology R & D Master Program of CS Colleges
National Chiao Tung University

Abstract

Using vehicles as the carries of sensors to monitor a large field is an attractive direction. This paper proposes a novel architecture of VSN(vehicular sensing system) to monitor the air quality in an urban area, which is realized based on GSM short messages and availability of GPS receiver on vehicles. We demonstrate our prototype of a ZigBee-based vehicle wireless network to monitor CO₂ density in areas of interest. The collected data is reported to a remote server, which is integrated with Google Maps as our user interface.

Keyword: vehicles, large field, urban area, VSN, wireless network

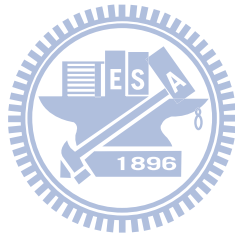
誌

謝

首先，誠摯地感謝曾煜棋教授兩年來的指導與鼓勵，並且提供良好的研究環境及充足的實驗設備，讓我得以順利的完成此篇論文並取得碩士學位。

此外，也由衷地感謝指導我的王友群學長和胡淑琮學姊，在論文的研究及實作上，提供了許多寶貴的建議與指導。另外，感謝 HSCC 實驗室成員，在我碩士班兩年中的幫助與鼓勵。

最後，感謝我的家人以及關心我的人對我的期許及關懷，使我能夠無虞地完成我的學業。



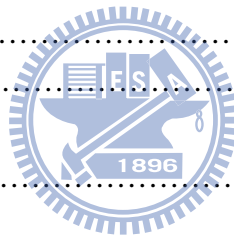
黃全洧 於

國立交通大學資訊工程系 IT 設計產業研發碩士專班

中華民國九十八年六月

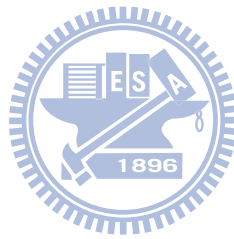
Content

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 摘要 | i |
| Abstract | ii |
| 誌謝 | iii |
| Contents | iv |
| List of Figures | vi |
| 1 Introduction | 1 |
| 1.1 Motivation..... | 1 |
| 1.2 Background..... | 2 |
| 2 Related Work..... | 6 |
| 3 System Architecture..... | 9 |
| 3.1 System model..... | 9 |
| 3.2 System Flows..... | 13 |
| 3.3 Adjusting scheme..... | 15 |
| 3.3.1 Determine Block..... | 20 |
| 4 Implementation..... | 22 |
| 4.1 VSN Device..... | 23 |
| 4.1.1 Jennic..... | 24 |
| 4.1.2 CO ₂ Sensor..... | 25 |
| 4.1.3 GPS Module..... | 27 |
| 4.1.4 GSM Module..... | 29 |
| 4.2 Server..... | 31 |
| 4.2.1 Google Map..... | 35 |
| 4.3 Field Trial..... | 36 |



5 Conclusions and FutureWorks.....38

6 Reference.....39



List of Figures

| | |
|--------------------------------------|----|
| 圖 1. VSN 示意圖..... | 4 |
| 圖 2. System model..... | 9 |
| 圖 3. GSM 網路基本架構..... | 11 |
| 圖 4. 簡訊發送流程圖..... | 11 |
| 圖 5. VSN 車載裝置架構示意圖..... | 13 |
| 圖 6. Server 系統流程圖..... | 14 |
| 圖 7. VSN car 動作流程圖..... | 15 |
| 圖 8. 演算法流程圖..... | 17 |
| 圖 9. 幾種氣體擴散的例子..... | 18 |
| 圖 10. VSN 車載裝置硬體架構示意圖..... | 22 |
| 圖 11. Jennic 系統架構圖..... | 25 |
| 圖 12. CO2 sensor module..... | 26 |
| 圖 13. GPS Module..... | 29 |
| 圖 14. GSM module..... | 31 |
| 圖 15. 兩種 Server message 格式..... | 32 |
| 圖 16. Initial message 發送後系統示意圖..... | 33 |
| 圖 17. 調整回報率後..... | 34 |
| 圖 18. VSN car report message 格式..... | 34 |
| 圖 19. 收集資料並展示於 Google Map..... | 37 |
| 圖 20. 放大顯示局部資料(交通大學)..... | 37 |
| | |
| 表 1. 各硬體功能及連接介面..... | 24 |
| 表 2. GGA Format..... | 27 |
| 表 3. GGL Format..... | 28 |
| 表 4. 實測參數..... | 34 |

Chapter 1

Introduction

1.1 Motivation

工業革命後，全球二氧化碳濃度提升了 28% 以上，隨著二氧化碳濃度急遽上升，各地氣溫屢創新高，冰山融化的速率也逐年提升，節能減碳已經成為目前最熱門的環保議題，雖說二氧化碳僅是大氣中次多的溫室氣體，總含量為 26%，但其對全球升溫的貢獻百分比，佔了主要溫室氣體中的 55%，因此二氧化碳成為了各國為遏止溫室效應的主要目標，許多國家都針對 CO₂ 減量制定了不少法規，期望能減少日益惡化的溫室效應，然而，若要驗收某個法規的成效，或者針對各地區的 CO₂ 排放量做出合理的控管，勢必要先對 CO₂ 的濃度分布做出較為即時的大規模測量，以這些數據所構成的 CO₂ 濃度等高線圖，使其可以成為具有相當說服力的參考依據。但是，單靠政府機構派遣人力去做這類工作，不但浪費人力，而且所得到的資料無論在取樣數量方面及時效性上，都是相當有限的。

因此我們希望能實作出一套系統，能夠在大範圍環境中，利用多個車載裝置，在同一時段中有效率的收集資料，並且在不必額外付出人力資源的情況下，監測目標區域的環境資料。

1.2 Background

Wireless Sensor Network (WSN)近年來倍受矚目，藉由在環境中部署許多便宜的 Sensor node，達到對環境資訊(例如：溫度、溼度、光度、或者氣體濃度等)加以監控並收集的目的。有些研究是利用 static wireless sensor 去佈建出環境監控系統，然而，對於大範圍的環境監測來說，若使用 static sensor 來監測則必須耗費大量的節點以達到足夠的 Coverage 去覆蓋我們想偵測的環境，如此一來，這相當耗費成本，另一方面，由於 Sensor 無法移動，如果佈建 Sensor node 時稍有不慎，可能會讓 WSN 只能監控到部份的區域，或者導致網路被分割，使得收集到的資料無法完全傳回 sink，更糟的情況下，會產生 hole 使整個 WSN 逐漸喪失功能。



要解決這個問題，最直觀的方法就是讓 sensor 具備移動能力(mobility)，再利用 sensor 的移動能力修正 static WSN 的缺點，以降低成本，如[3][4][6]。但目前的 mobile WSN 中，mobile sensor 都是搭載於小型機器人上以獲得移動能力，且必須受控於特定的演算法，並只能專注於執行它們的工作，無法應付突發狀況，因此通常用於室內環境，遑論在車陣中採集 CO₂ 濃度，此外，受限於物理環境中的移動能力，使得一般 mobile WSN 無法用於交通擁擠的都會區或者工業區，

新興的 Vehicular Ad-Hoc Network(VANET)--利用車輛上的無線網路裝置提供服務的架構，為城市中 WSN 的應用帶來了新方向，而將 WSN 的優點在 VANET 上實現，即為 VSN(Vehicular Sensor Networks)，如圖 1。在 VSN 中，VSN node 可以由汽車提供很好的移動能力，與 mobile WSN 相比，不必開發載具，只需要在汽車上面加裝 VSN device 即可讓這台汽車成為一個 VSN node，而汽車駕駛也不必遷就於收集環境資訊的任務，可以完全依照自己的需求開車前往任何目的地，所以 VSN 有以下特點：

1. 更有彈性, 比 static WSN 自由, 比 mobile sensor 移動能力更好。
2. 汽車擁有良好續航力及遠超過傳統 mobile 的速度，所以 VSN 的 Scalability 比傳統的 WSN 更大。
3. 可以使用比較少成本來達成(不必使用大量 static sensor，也不必像 mobile sensor 提供額外的載具)。

為了能夠即時且大量的收集 CO₂ 濃度資訊，我們提出了一套系統，能做大範圍的監測並將資料送回 Server。與一般 mobile WSN 不同的是，我們將包含 CO₂ Sensor 的車載裝置安裝於許多汽車上，駕駛依照其需求將汽車駛往目的地，而不像[3][4]的 mobile sensor node 是遵循一特定演算法為我們開車將 sensor 帶到需要感測的地點，[5]提到一個實作在腳踏車上，概念類似的架構，但在他們的架構中並沒有針對網路成本的問題做出解決，雖然以一般 WSN 來說，資料的

採集量越多越好，但當需要監測的區域擴大到一個限度時，就不可能使用 WiFi 或是 ZigBee 等免費但距離較短的無線網路系統，因此過多的取樣會增加網路使用成本，舉例來說，若某個區域 CO₂ 濃度分部相當均勻，則在這個區域中不斷採樣送回 Server 就可視為一種浪費。

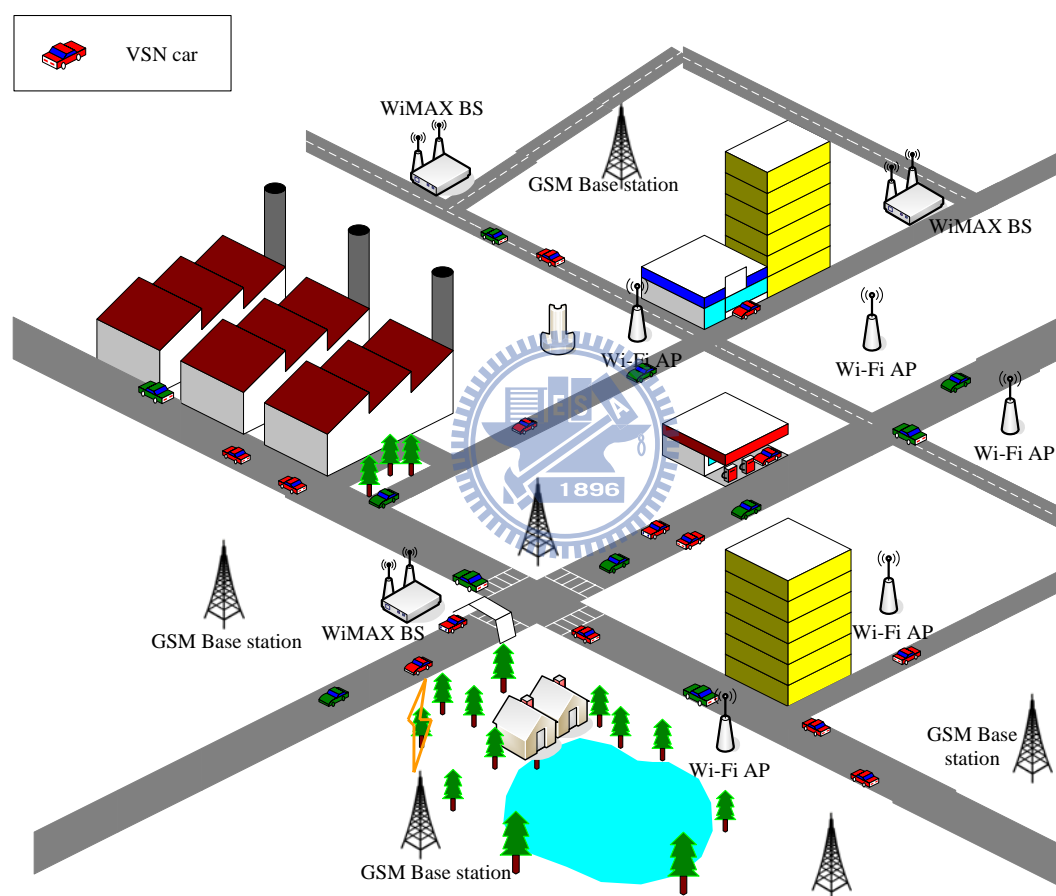


圖 1. VSN 示意圖

因上述各系統的問題，我們提出了一套機制，將需要監測的區域劃分為許多小區塊，讓剛好位於較重要區塊內的 VSN sensor 以較高頻率回報採樣資訊，其他地區的 VSN sensor 則可視情況維持原樣，或者將其頻率降低。這種針對不同

區塊汽車的密度以及 CO₂ 濃度的變異調整回報率的機制，讓我們的系統能夠使用較少的資料繪製出理想的氣體等高線濃度分布圖。而在我們與[6]的不同之處在於我們提出的架構下，載有 VSN sensor 汽車的(1)所在區域不受限制，亦即每個區塊 VSN sensor 密度都不同，且(2)汽車行進路線不受限制，在有這兩個前提下，藉由增減回報率的方式，得到所需的採樣數量。

我們的整套架構分為 Server 以及車載裝置(VSN sensor)，Server 會如同 WSN 中的 sink 一般收集資料，並且以收集到的資料量以及各區塊中現有汽車密度為依據，要求各區塊內的 VSN sensor 修正回報率，而車載裝置部份則是以 Jennic 晶片整合 CO₂Sensor、GPS 以及 GSM module，將收集到的資料經由 GSM 以簡訊回報給 Server，最後我們將實作 16 個 VSN node，在校園以及供竹科學園區實地測試，並整合 Google Map 呈現所得數據，藉由簡單的實測來驗證此系統可正常運作，並且在我們提出的修正回報率機制下，能夠以較低成本有效率的收集環境中二氧化碳濃度資料。

我們將在之後的章節詳述系統的各部份細節，各章節如下：第二章提出相關的一些研究、第三章為系統架構、第四章討論實作細節及實測數據、第五章總結本篇論文。

CHAPTER 2

Related Work

利用 static sensor 佈建環境監測系統是發展歷史最久，且最為廣泛的作法，舉例來說，[1]提出並實作了一個 WSN 的環境監測系統，他們在沿海佈建 static sensor 來監測並紀錄海平面溫度，[2]則是利用二氧化碳 Sensor 佈建了一個小型的溫室監控系統，[7]提出了一套火災監控並導引火場逃生的系統，[10]則是在火山周邊佈建 WSN 來監控火山活動，static WSN 的優點在於佈建方便，且可以即時將定點的資訊回報，但這種系統架構不具有彈性，例如[1]的系統在實作上，僅在海面佈建了 20 個 static sensor，也就是說[1]的系統僅能收集 20 個定點的海面溫度資料；又或者以[10]為例，若 sensor 因火山活動造成的意外而損壞，就必須到原來的地點裝置 sensor 才能維持 WSN 原有的功能。此外，若在大範圍環境中，佈建大量 static sensor 也勢必要耗費相當大的成本去建置以及維持。

Mobile WSN 希望讓 sensor 藉由載具獲得的移動能力，減少 WSN 中 sensor 的數量，增加 WSN 的彈性，並改善 static WSN 環境中的一些缺點，在[3]的系統中，環境內大部分都是 static sensor，搭配少量的 mobile sensor 來感測環境，mobile sensor 可讓 WSN 監控環境資訊時更具彈性，在[4]的環境中全部使用

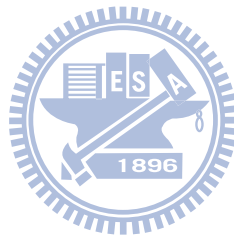
mobile sensor，並設計了 VOR algorithm 來使 sensor 平均的散佈於環境中，除了增加 coverage 外，還可減少 hole 的產生。[6]將地圖分割成小格狀的方式去調整 mobile sensor 的位置，期望能讓 mobile sensor 平均的散佈於各個小格之中，以達到足夠的採樣率。但就成本考量而言，mobile sensor 的載具造價不菲，一個 mobile sensor 造價就可能是 static sensor 的數倍，甚至數十倍，要在室外大範圍的佈建如[4]或[6]，完全使用 mobile sensor 的 WSN 是較為困難的，複雜的環境條件，如：障礙物、地形、突發事件等，都會對控制 mobile sensor 的演算法產生影響。[3]提出了一個套系統架構，利用大量的 static sensor 在環境中感測資料，再經由少量的 mobile sensor 將資料攜回，這個作法改善了傳統 WSN 的彈性，降低了建構 WSN 的開銷，提高了 WSN 的適用性以及用途，實現起來也比純 mobile WSN 容易，但受限於載具能力(電量，移動能力)，仍無法將這套系統擴大應用於室外環境。

[9]實作的一個裝置--Mica2 mote，利用它控制各種 Sensor，並且將他們安裝在汽車上面，實地收集道路上的各種污染資料，收集數據後將資料回傳到後端網路，雖說該裝置與我們的 VSN device 功能類似，但是他們並未將整個系統實作出來，也並未實際的將裝置與 WSN 的概念合理的整合。

[5]提出了一個 Mobile sensing system，在腳踏車上裝置傾斜計、聲音、

心跳、速度、CO₂ 等 Sensor 以收集各種環境資料，藉以推斷出腳踏車騎士騎行某一路段的效率、舒適度、強度等。之後用這些資訊提供腳踏車騎士個人經驗的分享, 我們的系統跟他不同之處在於：

1. 腳踏車的移動能力不如汽車。
2. 汽車能夠提供更強, 更穩定的電力。
3. 在我們設定的環境(市區, 工業區中), 汽車的密度遠比腳踏車高。
4. Bike Net 系統是讓少數騎士重複在同一條路線上收集資料, 而我們的系統是利用多個 VSN node 同時間大量的收集資料。



CHAPTER3

VSN for CO₂ Monitoring

3.1 system model

如圖 2，我們的系統包含以下三部份，分別是：GSM Network、Vehicle Sensor Network 車載裝置，以及一個中控式的 Server，車載裝置負責採樣空氣中的 CO₂ 值，接收來自 Server 的命令後，就會依據 Server 所給定的回報率週期性地將 CO₂ 濃度、目前所在位置、以及時間等資料回傳；Server 會如同 WSN 中的 Sink 一般收集資料，並且依據小區塊內車載裝置所回報的數據分析處理，並且計算出新的回報率，並將新頻率以簡訊發送給各個 VSN 車載裝置以調整各區塊車載裝置回報的資料數量。

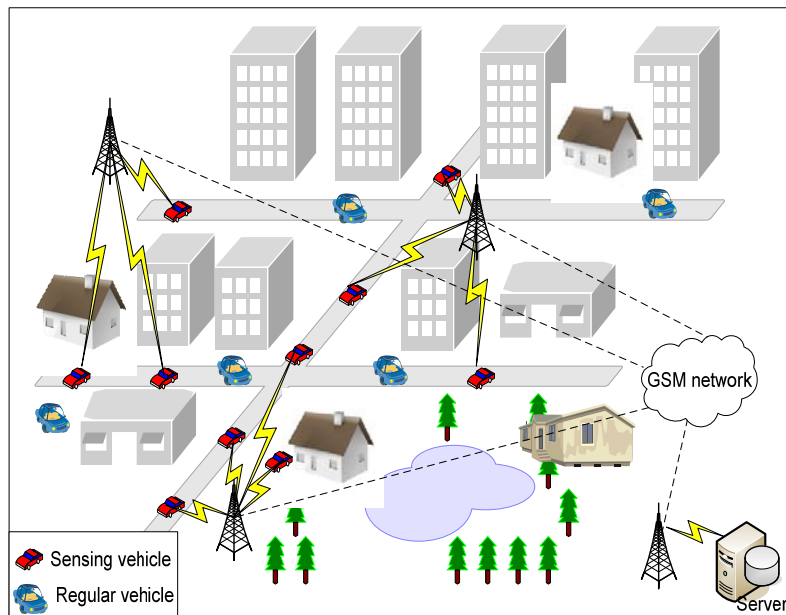


圖 2. System model

我們利用調整回報率控制各區塊回報資料量的原因在於，在大範圍環境中，能夠提供免費傳輸服務的協定(例如 Wi-Fi)，其傳輸距離都不足以支援 VSN 網路的移動距離以及速度，因此我們選擇使用 GSM 簡訊來實做我們的系統，但在電信網路中，每個訊息的傳輸都必須收費，在這個前提下，我們希望儘可能以較少的訊息量，有目的地測量到我們認為重要性較高的區塊，若是以其他的無線網路協定(例如：Wi-Fi、WiMAX)來看，則調控回報率有助於控制封包量，節省頻寬，舒緩大量 VSN device 同時回報資料可能造成的擁塞問題。

GSM Network 即是目前最為廣泛使用的行動電話電信網路，基本架構如圖 3，它的網路拓撲是由許多散佈在各處的 Base Station(BSS)所組成，Base station 會負責服務進入自己涵蓋範圍的 MS(Mobile Station)，當 MS 開始使用 GSM 網路的服務時，BSS 中的 BTS(Base Transceiver Station)會負責收集 MS 發出的訊號並交給後端的 BSC(Base station controller)，BSC 負責建立通話、斷線、handoff 等工作，隨後在經由 MSC(mobile service switching centre)進入 NSS(Network and Switching Subsystem)，開始執行實際的服務及功能。如圖 4，當使用要傳送一封簡訊時，會透過手機將簡訊傳送至基地台，基地台隨後會將簡訊透過 BSC 傳送至各家電信的簡訊中心(SM-SC)，再由簡訊中心將訊息透過 MSC 找到目標接收者的手機，並經過與發送簡訊相同的流程將訊息發送過去。

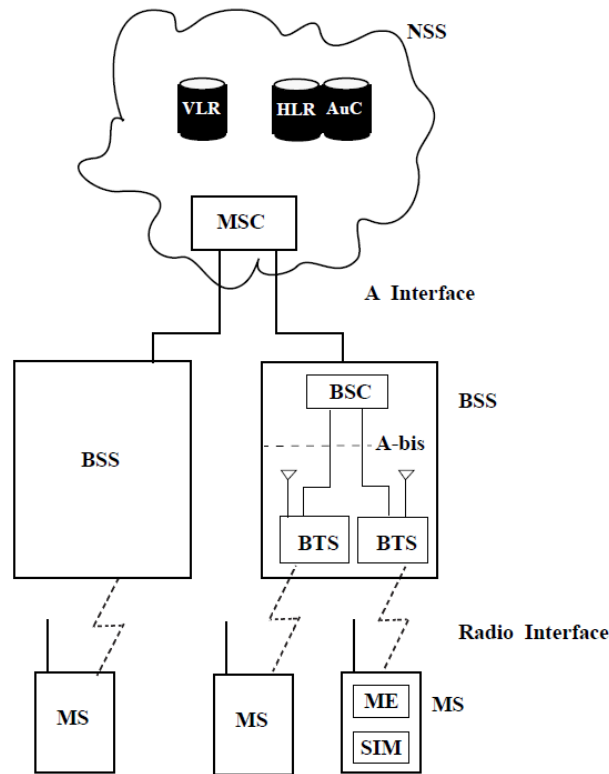


圖 3. GSM 網路基本架構

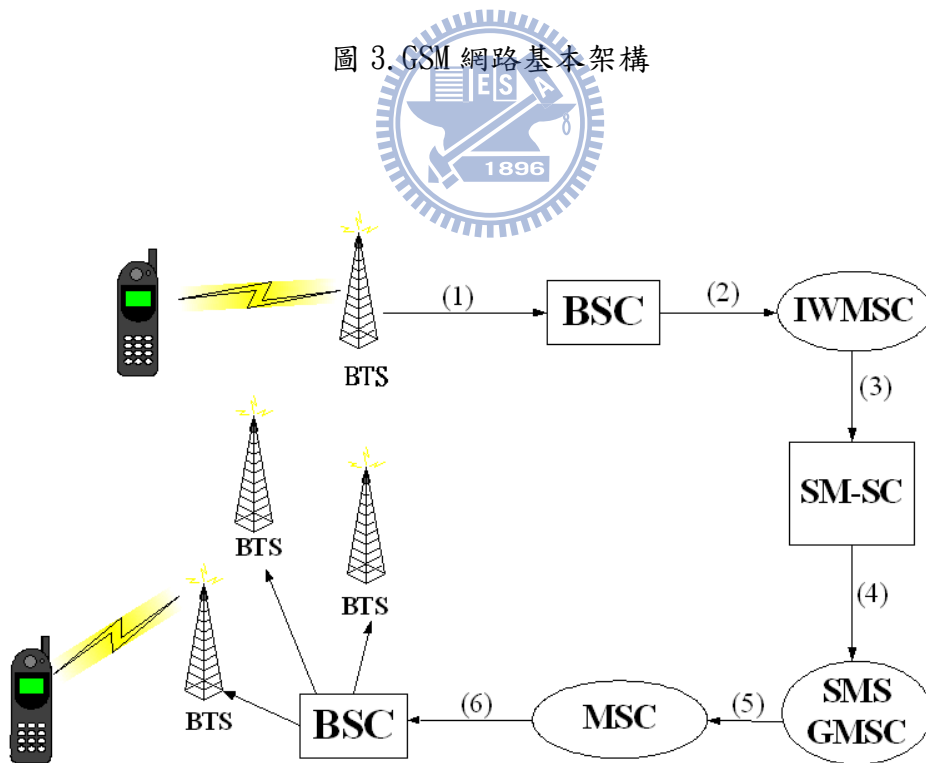


圖 4. 簡訊發送流程圖

VSN 車載裝置的部分，主要分為兩個部份—車外裝置及車內裝置，如圖 5，由三種 Module 組成：分別是 GPS module、GSM module、以及 CO₂ sensor module，

並以 Jennic 整合，其中 CO₂ sensor module 為車外裝置，安裝在車外以便對空氣中的二氧化碳值進行採樣，而車內裝置，則是由 GPS module 和 GSM module 構成，GPS module 主要的工作是定位，而 GSM module 負責接收、回傳資料。

在圖 5 中，Server 與 VSN 車載裝置之間的通訊，是依靠 GSM 系統以簡訊的方式傳遞，之所以會採用 GSM 系統的原因有二，(1)我們希望能夠感測大範圍的都會區，雖然有如 Wi-Fi 之類免費的系統，但它們的通訊距離太短，無法提供遠距離的通訊。(2)使用 GSM 系統，較不會發生一般無線網路環境中封包丟失的問題，有助於讓我們計算系統是否能夠成功的減少用於通訊方面的成本。



至於車內、車外裝置的聯繫，則使用 Jennic 提供的 802.15.4 通訊協定 (ZigBee) 與車內裝置溝通，802.15.4 協定是一種低傳輸速率 (250kbps)、短距離、低消耗功率、架構簡單的技術，支援主從式或點對點方式運作，同時最多可有 255 個裝置鏈結，具有高擴充性，因此相當適合用於我們兩部分裝置的通訊。詳細的實做細節，我們會於第四章詳述。

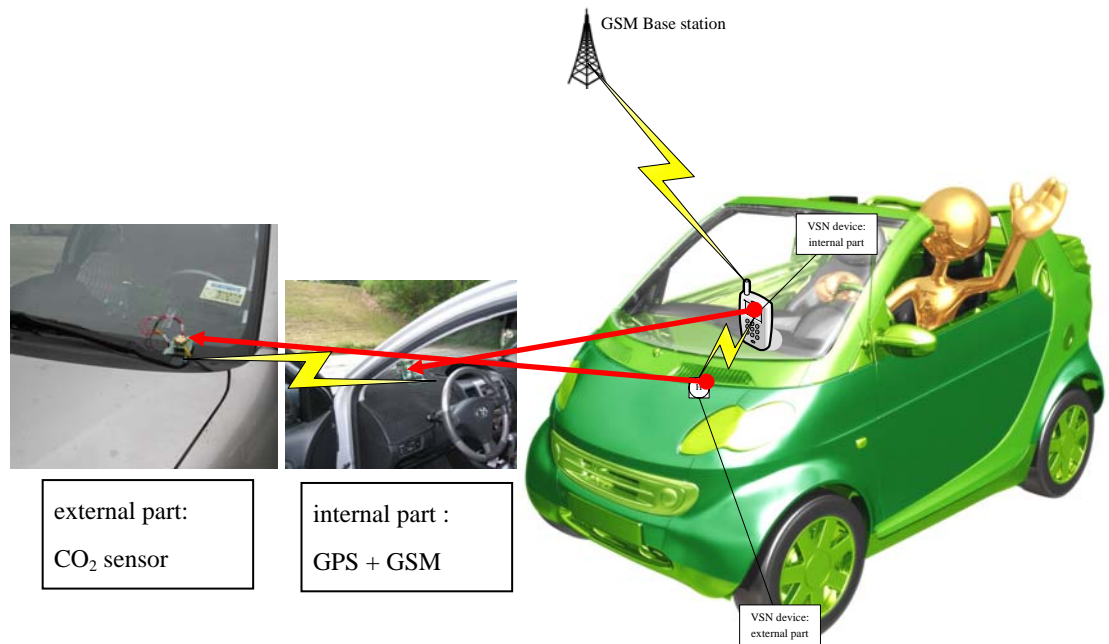


圖 5. VSN 車載裝置架構示意圖

3.2 Control Flow for Data Collection

圖 6 為 Server 行為的流程圖，首先 Server 會將一個 initial message 發送給各裝載有 VSN device 的汽車，我們稱這種汽車為 VSN car，當 VSN car 收到這個 Message 後就會開始收集資料並回報給 Server，當收集資料一段時間後，Server 會根據收集到的資料量推估每個區塊內的 VSN car 數量，計算出各區塊新的回報率，之後再傳送一個 adjusting message 來做出調整。

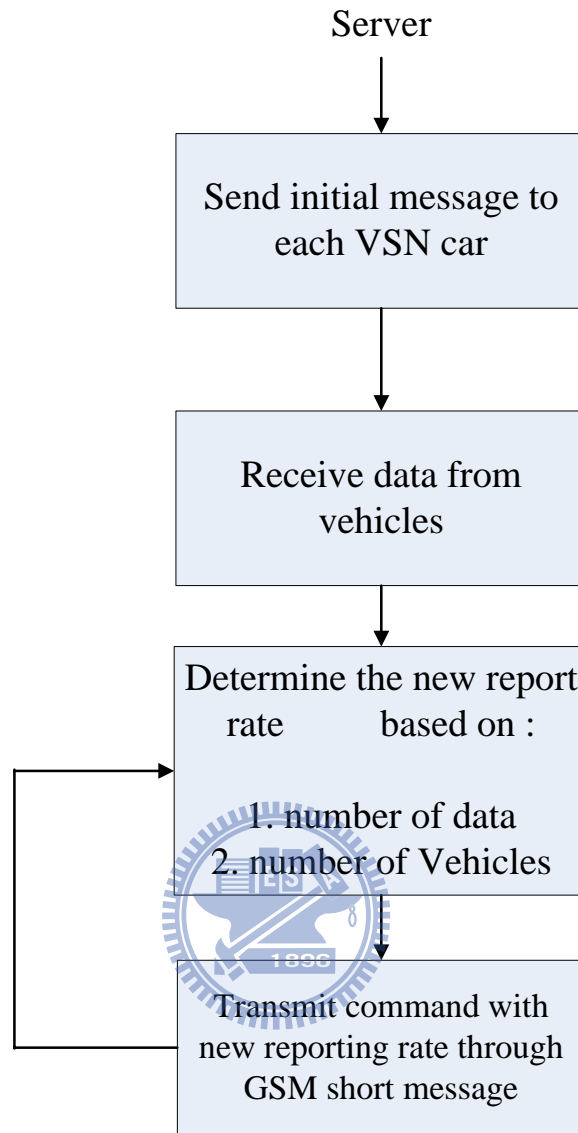


圖 6. Server 系統流程圖

圖 7 是 VSN car 執行動作的流程圖，當 VSN car 收到 initial message 後，就會先將感測區域範圍，預設的回報率等資料保留，隨後會檢查自己是否在所希望監測的區域內，若是進入目標區域，VSN car 就會檢查自己目前位於該區域中的哪個小區塊，如果該區塊的回報率曾經有修改過，VSN car 會依據修改過的回報率感測二氧化碳的濃度並將資料回傳，否則就以預設的回報率來收集資料。

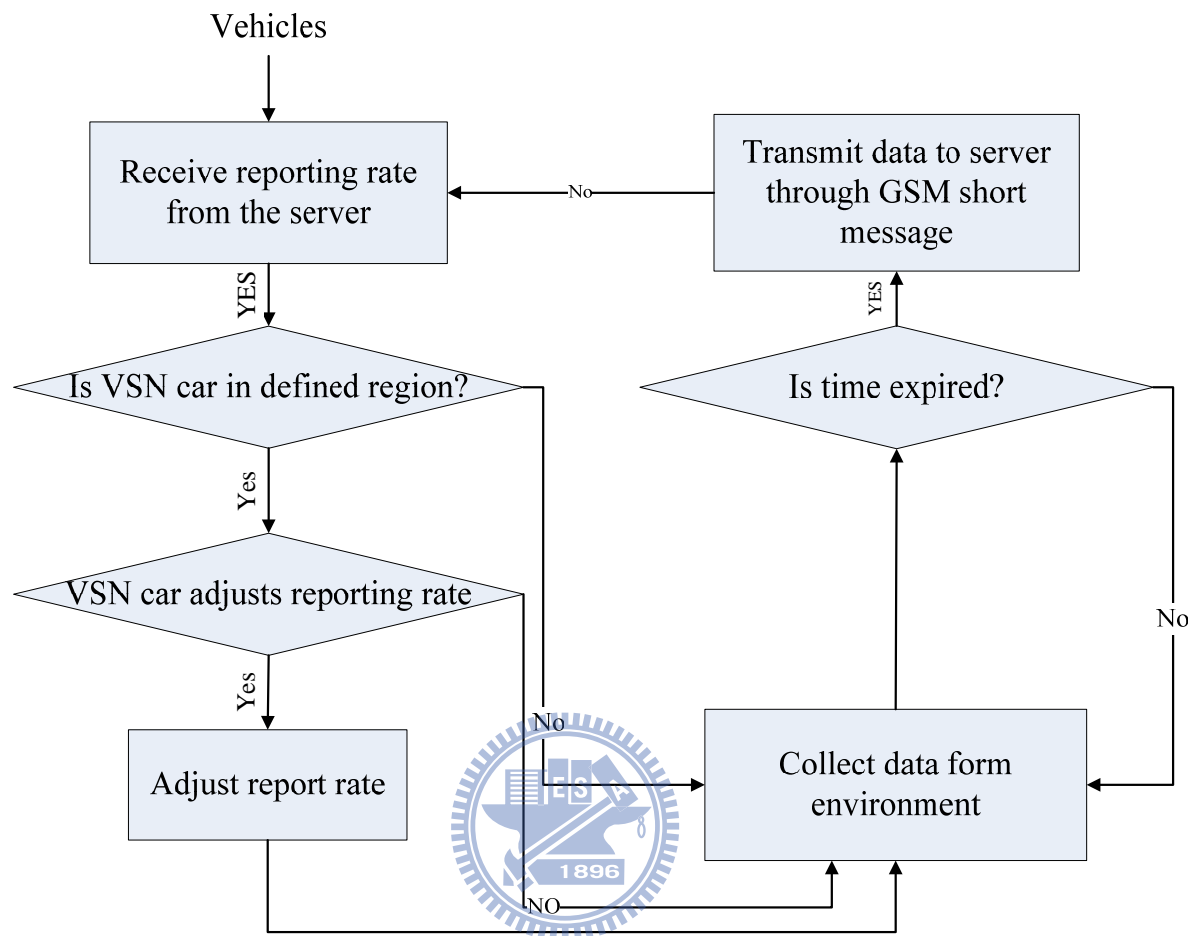


圖 7. VSN car 動作流程圖

3.3 Reporting Rate Adjustment Scheme

在上面的章節中，我們提到希望藉由調整回報率的方式來節省 GSM 通訊的成本，因此我們在這邊提出一個簡單的中控式演算法，讓 server 可以自行決定是哪些區塊應該調整回報率，又應該調整多少？

在本系統中，我們將希望感測的區域限定為矩形，並且分割為若干個小區塊，因此，Server 會將區域的範圍、該分割為多少小區塊、以及一個基本的回報頻率發給所有 VSN 裝置。

我們先假定常態下，氣體在空間中是呈現連續的擴散分佈，而可能會有劇烈氣體濃度變化，或者有較高濃度氣體分佈的區塊設定為較為重要的目標，因此這些區塊就需要有比較高的回報率以收集更多資料，回報率則是以分鐘為時間單位，由 initial message 設定的起始回報率為基準向上調整，而因為 CO₂ sensor 感測亦需要時間，以我們採用的 H550 EV 來說，每三秒可採樣一次，也就是說最高的回報率為 20 次/分鐘。



當 VSN car 進入目標監測區域開始工作一段時間之後，server 就能得到各區塊的一些資料，由於 VSN car 大部分時間保持在移動狀態，因此我們無法預設會得到哪個地點的氣體濃度資料，因此我們必須以現有的資料推測區塊內可能的氣體分佈狀況，藉此調整回報率，演算法流程圖如下圖 8。

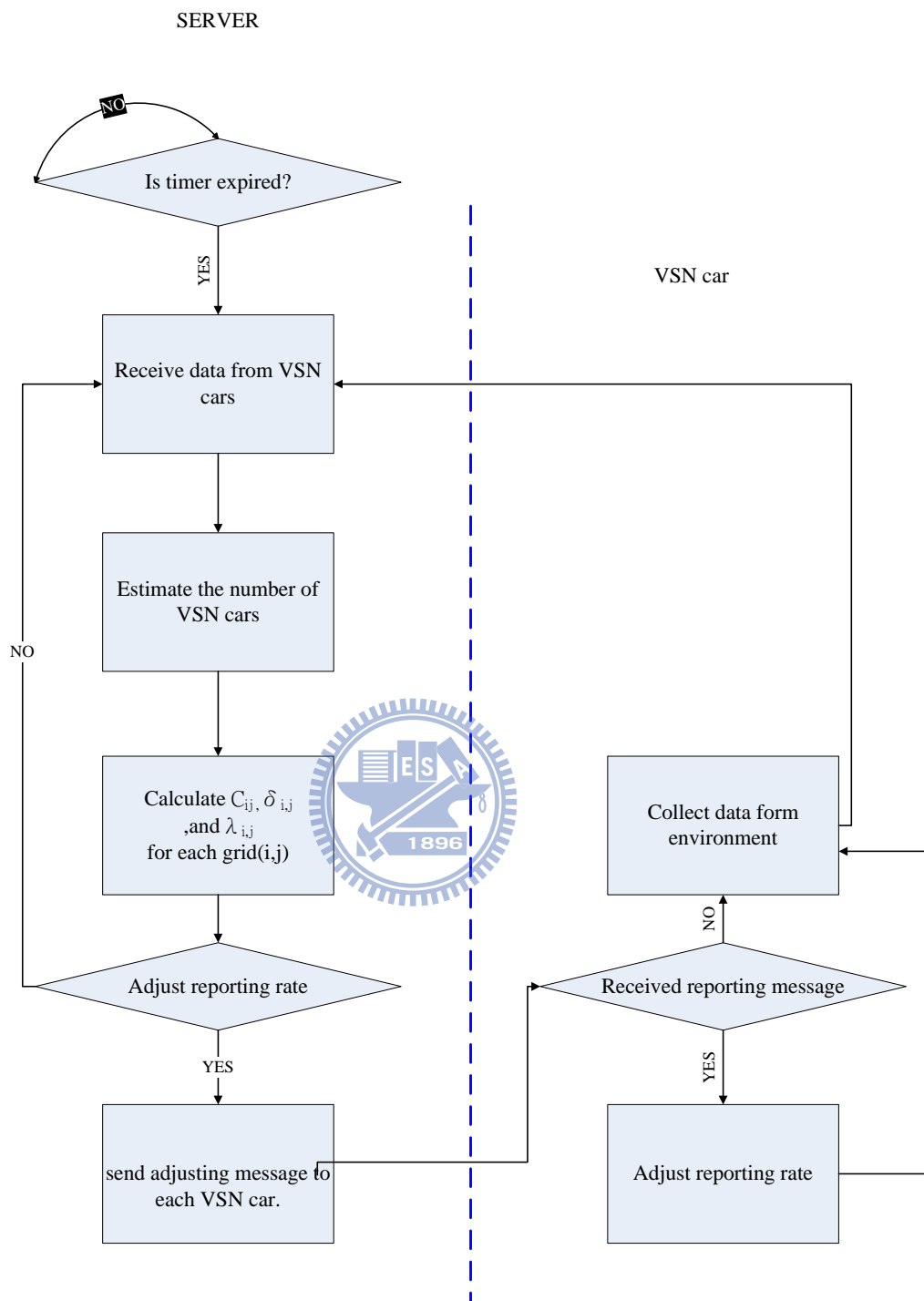


圖 8.演算法流程圖

首先，server 會依據收集到的數據，藉由收到的資料量，推測每個區塊中

可能的 VSN car 數量 $V_{i,j}$ (i, j 表示 grid 的座標)：

$$V_{i,j} = \frac{Msg_{i,j}^n}{r_n}$$

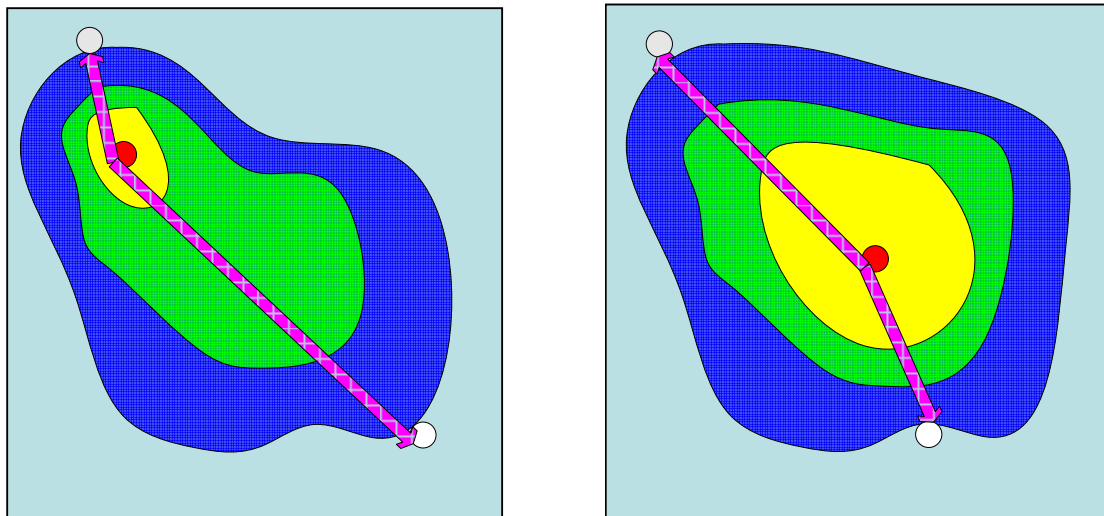
$Msg_{i,j}^n$: total reporting messages of grid(i, j)

r_n : reporting rate of n_{th} round

之後，我們選出每個區塊內濃度最高的一點 p ，並以 p 為基準點，找出 CO_2 濃度最低，且距離基準點最遠，及最近的 D_{far} 、 D_{nr} 。並且計算出 p 與 D_{far} 、 D_{nr} 的距離，找出這兩個線段的比值 C_{ij} 。

$$C_{i,j} = \frac{pD_{far}}{pD_{nr}}$$

C_{ij} 一定程度的說明了區塊內氣體的分佈情形， C 值越大，代表區域內的氣體濃度分佈越不均勻，反之，則 C 會接近 1。舉例來說，下圖左代表一個氣體濃度分布較為不均勻的例子，圖右代表一個氣體較為均勻擴散的例子。



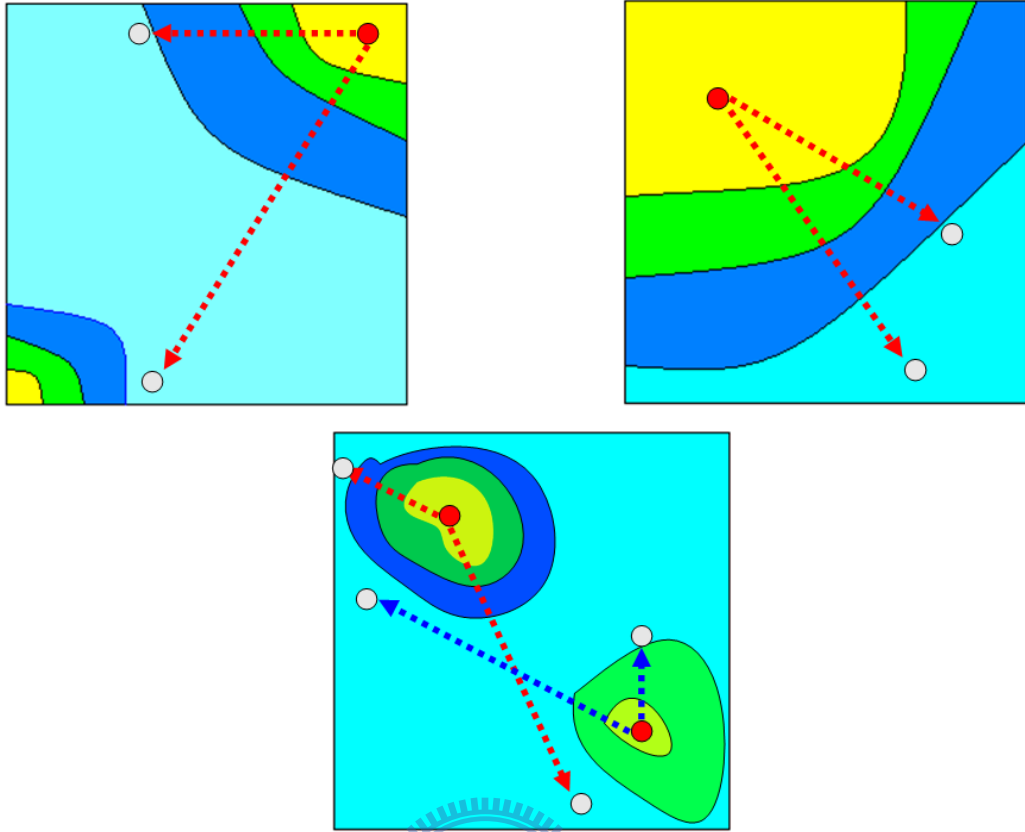


圖 9. 幾種氣體擴散的例子

除了氣體可能的分布情形，也必須考慮各區塊內的氣體濃度差異，我們設一個區塊內二氧化碳濃度最高值為 G_H ，最低值為 G_L ，令 $\delta_{i,j} = \frac{G_H}{G_L}$ ， $\delta_{i,j}$ 代表了一個區塊內氣體濃度的差異度。

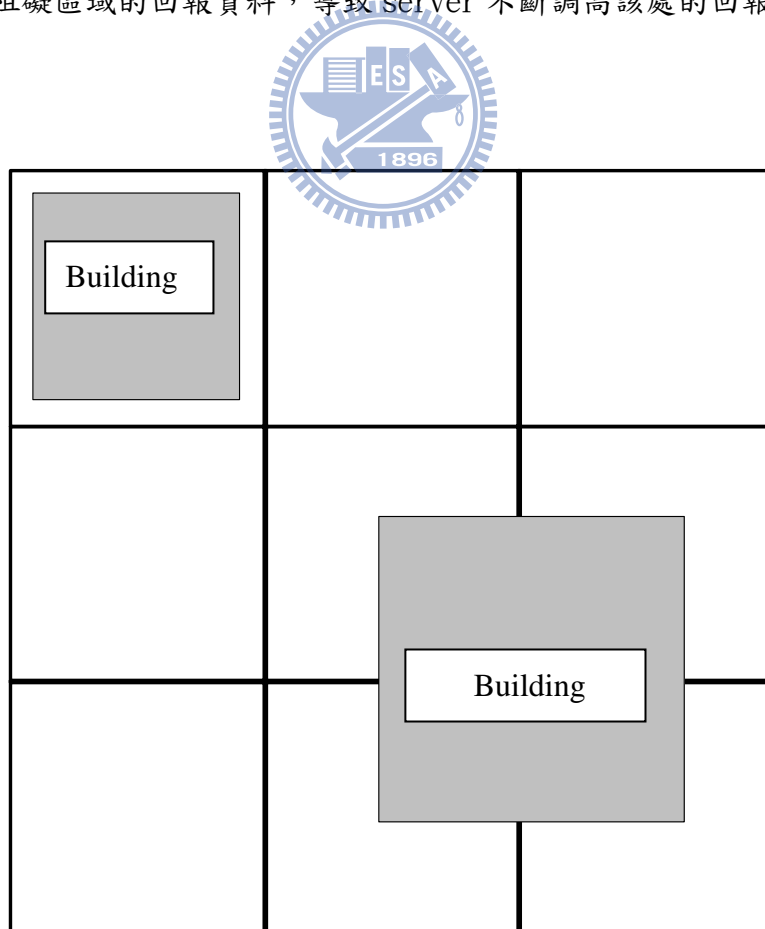
令 λ 代表每個區塊在監測區域中的重要程度，綜合以上各區塊 VSN car 數目、氣體分佈情況 γ 、以及二氧化碳變化量等參數，我們將各區塊的重要程度 $\lambda_{i,j}$ 以下列方式估算：

$$\lambda_{i,j} = \alpha \frac{1}{V_{i,j}} + \beta C_{i,j} + \gamma \delta_{i,j}$$

其中 α 、 β 、 γ 皆為係數，可以依據實測數據或是個人需求調整，設一段時間間隔為 t ，經過 t 時間後，server 就會開始計算第 i 輪所收到的資料量是否有達到門檻值，若發現資料量不足，server 就會依據上述方式計算出新的回報率，並以上輪推測出的 VSN car 數量分配在此區塊內每輛車的回報頻率。

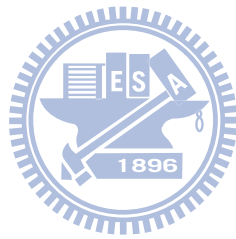
3.3.1 Determine Block

因為我們的系統偵測的區域設定在都會區，無可避免的會受限於道路走向，建築物等障礙，舉例來說，下圖的兩種情況就可能會 server 因為長期無法接收到遭建築物阻礙區域的回報資料，導致 server 不斷調高該處的回報率。



爲了避免上述情況，若有區塊連續數次調高回報率，server 會檢查是否有收

到來自該區塊的資料，並確認該區塊回傳資料的經緯度是否僅集中在某些區域，若這些區塊根本沒有回傳資料，又或是僅有很小的區域有資料回傳，則 server 就會假定區塊內有足以阻擋 VSN car 的地理障礙，因此會將這些區塊內的回報率設為最低，減少無意義的資料回報。



CHAPTER 4

Implementation

在本章節，我們將提供實作的細節，完整的系統架構圖如圖 8，包含 Jennic、CO₂ sensor module、GPS、以及 GSM module，圖 10 中，Jennic 會週期性的檢查 GSM 是否有收到訊息，若有，則 Jennic 會處理並保留這些訊息，當已經收到來自 Server 訊息的 VSN car 進入目標監測區域時，Jennic 會透過 ZigBee 丟訊息給 CO₂ sensor 所在的 Jennic，要求它開始測量 CO₂ 值，之後會再透過 ZigBee 把 CO₂ 的值回傳，得到所需資料後，Jennic 就會透過 GSM module 把資料傳給 Server。

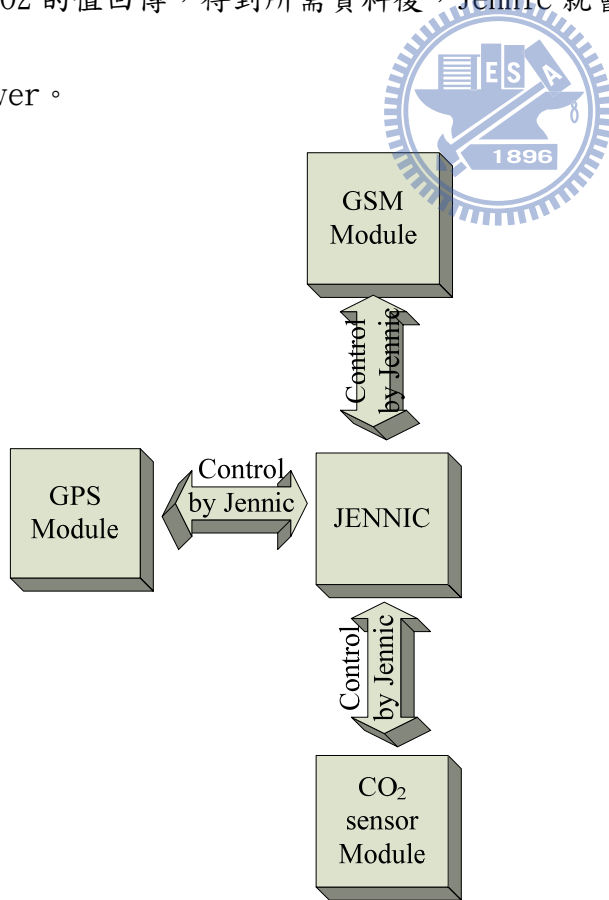


圖 10. VSN 車載裝置硬體架構示意圖

VSN device 會依照回報率定期回報空氣中的 CO₂ 濃度，回報率由 Server 根據不同區塊 CO₂ 濃度值的差異度決定，因為目標設定的感測區域較大，所以 Server 會以 GSM 短訊將命令或資料傳送給各個 VSN node，最後，Server 再將收集到的 data 與 Google Map 整合後呈現。我們的系統分為 Server 和 VSN device，各部份詳述如下。

4.1 VSN device

VSN device 裝置於許多汽車上，分為三個部份 GPS module[13]、CO₂ sensor module[12]、以及 GSM module，其中 GPS module 以及 GSM module 合併放於車內，而 CO₂ sensor module 則獨立安裝於車外，以無線網路將資料傳入車內的裝置，使其得以順利收集車外的 CO₂ 讀數，我們以 Jennic 晶片[11]將它們整合，Jennic 支援 802.15.4 protocol，主要設計使用於短距離的無線通訊，我們加上 GSM module 以提供大範圍區域採樣以及資料傳輸。

我們的裝置中，將 CO₂ sensor module 和 GPS module 分別組裝於兩塊不同的 Jennic，而 GPS module 與 GSM module 則以 RS-232 連接，當 GPS module 透過 Jennic 提供的 802.15.4 protocol 收到 CO₂ sensor module 的採樣資訊，GPS 所在的 Jennic 會判斷目前的回報率，並依據回報率，經由 RS-232 以 AT Command 控制 GSM module，定期將目前所在地的 CO₂ 濃度以及經緯度回傳給 Server。下

列表 1 為我們所使用裝置之各部功能：

| 裝置 | 功能 | 連接方式 |
|-------------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Jennic | 整合平台、資料處理 | 內建 UART Port 以及 I2C 介面 |
| GPS module | 提供 GPS 定位資訊 | 以 UART 連結至 Jennic |
| GSM module | 接收/回報資訊 | 以 RS232 與 Jennic 相連 |
| CO ₂ sensor module | 感測空氣中二氧化碳濃度 | 以 802.15.4(ZigBee)與 GPS 所在 Jennic 溝通 |

表 1. 各硬體功能及連接介面

4.1.1 Jennic

我們主要以 Jennic5139 型[11]晶片整合所有 module，它提供了 32-bit RISC CPU 的運算能力、192kB 的 ROM、96kB 的 RAM、2 個 UART port、一個 2.4GHz 收發器，並支援 802.15.4 protocol，提供短距離的無線通訊能力。圖 11 為 Jennic 的硬體框架簡圖。

Block Diagram

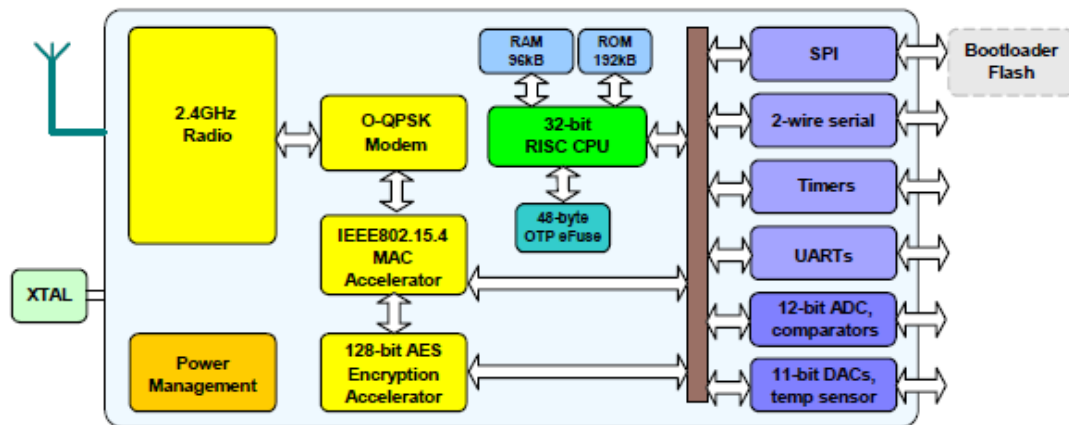


圖 11. Jennic 系統架構圖

4.1.2 CO₂ Sensor

我們使用 ELT 公司出產的 H550-EV CO₂ sensor module[12]來感測空氣中的 CO₂ 濃度，它是一種電子式的 module，每 3 秒取樣一次，可感測的 CO₂ 濃度範圍在 0~5000p. p. m.，一般室外空氣中的 CO₂ 濃度值約為 4~500p. p. m.，因此採用這個 module 完全可以滿足我們的需求，但此 module 感測到的 CO₂ 數值會略為偏高，我們在經由與不同種類的化學式 sensor 對照校正後，將採樣的值以一個簡單的函式向下修正。

CO₂ sensor module 以 I-Squared-C 介面與 Jennic 連接，每次由 sensor 感測到的數值，都會經由 Jennic 下修後，以 802.15.4(ZigBee)傳送至 GPS module 所在的 Jennic。

I-Squared-C 是一種串列通訊匯流排，運用在類似 Jennic 的微控制器時，可以讓週邊在系統運作的同時加入或移出此介面，因此即使同時有複數個週邊，也可用一個 I-Squared-C 介面來整合。我們採用此介面來整合 Jennic 與 CO₂ sensor module 是考量到這個系統的擴充性，以供未來加入其他的 sensor 加強系統對空氣監測的能力，或者運用於別種用途(例如：溫度、溼度、風向、氣壓等監測)。

下圖 12 是一個 CO₂ sensor module 的實體圖，左邊是一個 H550-EV CO₂ sensor module，透過分接的介面連接到右邊 Jennic 的 I-Squared-C 介面，此外電源也由 Jennic 分接出來，以便於控制 CO₂ sensor，以後若要加入新的裝置(例如：sensor)，只需要依照同樣的模式連接該裝置即可。

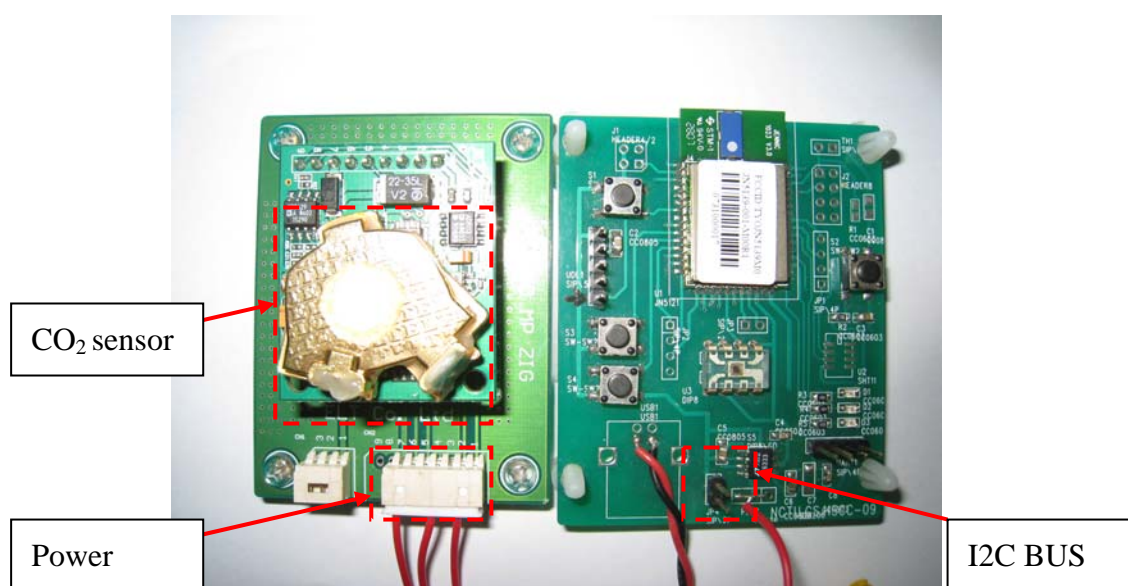


圖 12..CO₂ sensor module

4.1.3 GPS Module

我們使用 Fastrax 公司的 Upatch300 GPS module[13]，GPS 的通信介面協定採用美國的 NMEA (National Marine Electronics Association) 0183 ASCII 碼格式協議。並使用 UART port 將 Jennic 與 GPS module 整合，UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)可將資料在串列傳輸與平行傳輸間轉換，我們在此將他用於接收來自 module 的資料，GPS module 會透過 UART port 以每秒一次的頻率送出 GPS 封包，Jennic 收到位置資訊後，就會以 GPS 資訊對照目前 VSN device 位於哪一個區塊，檢查是否收到來自 CO₂ sensor module 所在 Jennic 的 ZigBee 封包後，以相對應的回報率，將二氧化碳濃度數值以及目前的經緯度透過 GSM module 回傳給 Server。

絕大部分的 GPS module 都遵照 NMEA 0183 規格，NMEA 0183 以 ASCII 碼來傳輸資料，資料都以 Sentence 的形式一句一句傳送，每一句都以「\$」開頭，以 ASCII CODE 的「CR」「LF」結尾，我們將其中定義的兩種輸出資訊作為裝置定位之用，分別是 GGA、以及 GLL，內容列於表 2 及表 3：

| 名稱 | 實例 | 敘述 |
|--------|------------|------------|
| 訊息代號 | \$GPGGA | GGA 規範抬頭 |
| 標準定位時間 | 220405.427 | 時時分分秒秒.秒秒秒 |
| 緯度 | 2423.2433 | 度度分分.分分分分 |

| | | |
|------------|------------|-------------------|
| 北半球或南半球指示器 | N | 北半球 (N) 或南半球 (S) |
| 經度 | 12059.2418 | 度度度分分.分分分分 |
| 東半球或西半球指示器 | W | 東 (E) 半球或西 (W) 半球 |
| 定位代號指示器 | 1 | |
| 使用中的衛星數目 | 04 | 00 至 12 |
| <CR> <LF> | | 訊息結尾 |

表 2. GGA Format

| 名稱 | 實例 | 敘述 |
|------------|------------|--------------------|
| 訊息代號 | \$GPGLL | GLL 規範抬頭 |
| 緯度 | 2423.2433 | 度度分分.分分分分 |
| 北半球或南半球指示器 | N | 北半球 (N) 或南半球 (S) |
| 經度 | 12059.2418 | 度度度分分.分分分分 |
| 東半球或西半球指示器 | W | 東 (E) 半球或西 (W) 半球 |
| 標準定位時間 | 220405.427 | 時時分分秒秒 |
| 狀態 | A | A = 資訊可用。V = 資訊不可用 |
| 總和檢查碼 | *2C | |
| <CR> <LF> | | 訊息結尾 |

表 3. GGL Format

下圖 13 是 GPS module 的實照，最下方是與 GPS module 連接的 Jennic，，圖中四邊形的銀色部件，為 GPS 天線，module 以下方的 UART port 與 Jennic 連接，並與 Jennic 共用 3.3V 電源，當 module 後，就會自動以 1 秒 1 次的頻率將 GPS 訊息傳給 Jennic。

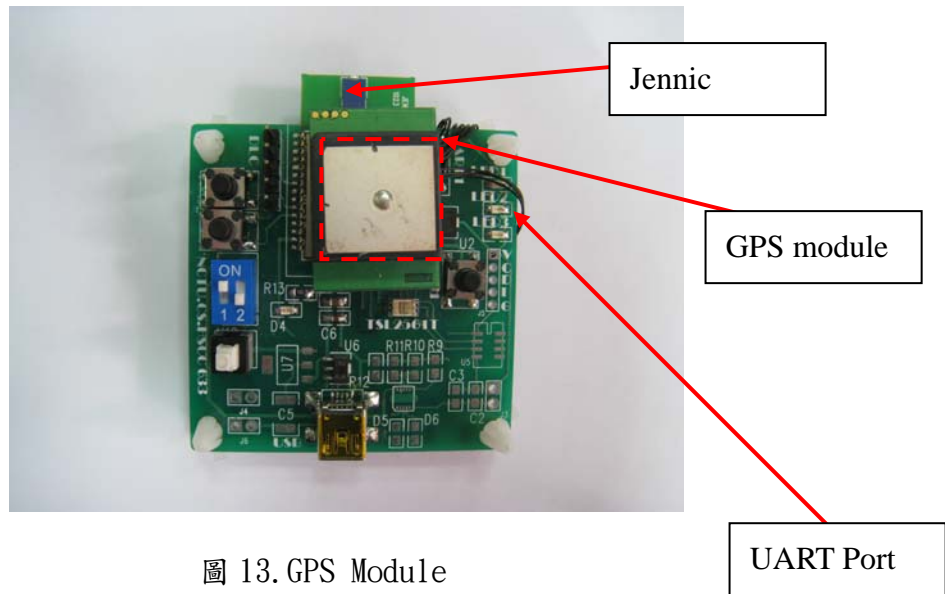


圖 13. GPS Module

4.1.4 GSM Module

GSM 是現今應用最普遍的電信標準，為了能做到大範圍區域監測，我們採用 SIMCOM 公司開發的 SIM300 GSM module，透過它以簡訊接收、回傳資料，GSM 以 RS232 和 Jennic 連接，Jennic 會在一個固定週期使用 ATCOMMAND 檢查 GSM module 是否有收到來自 Server 的命令，若有，則 Jennic 會將欲感測範圍的經緯度、應該切割成多少區塊、各區塊回報率等資料自簡訊中解析保留，以供後續的資料處理，Jennic 取得這些資訊後，便會主動依各區塊的回報頻率將收集到的資料透過 AT COMMAND 回傳。

AT COMMAND 原本是開發來用於 Hayes Smartmodem 300 baud modem 的一種指令集，指令集由許多短的字串組成較長的命令。我們所使用的 GSM module 支援 GSM 07.05 所定義的 AT Command set，Jennic 可透過 UART port 向 GSM module

下達 AT Command，以完成收發簡訊等動作。

根據 GSM 07.05 的定義，收送 SMS 簡訊有三種模式，一種是 Text 模式，適用於傳送英文以及數字，也是我們所採用的格式；其次是 UDP 模式，也就是將中英文經由 UDP 編碼後傳送；最後是 Block 模式，此模式需要模組廠商支援驅動方可使用。

AT Command 的格式通常是以” AT+” 為開頭，後面接上其他的短指令，最後再以<CR><LF>作為命令結尾，GSM module 收到一個 AT Command 後所回覆的信息在 GSM 07.05 中所定義的 AT Command 指令集中有詳細的敘述，舉例來說，當我們需要發送一封簡訊時，所需要的 AT Command 如下：

AT+CMGF=1 //將 SMS 模式設為 Text 模式

AT+CSCS=” GSM”

AT+CSCA=” +886932400841” //設置對應的簡訊中心

AT+CMGS=” 0912345678” //將簡訊傳到目標接收手機

<Content of Message >

.....

<ctrl+z>//命令結束字元

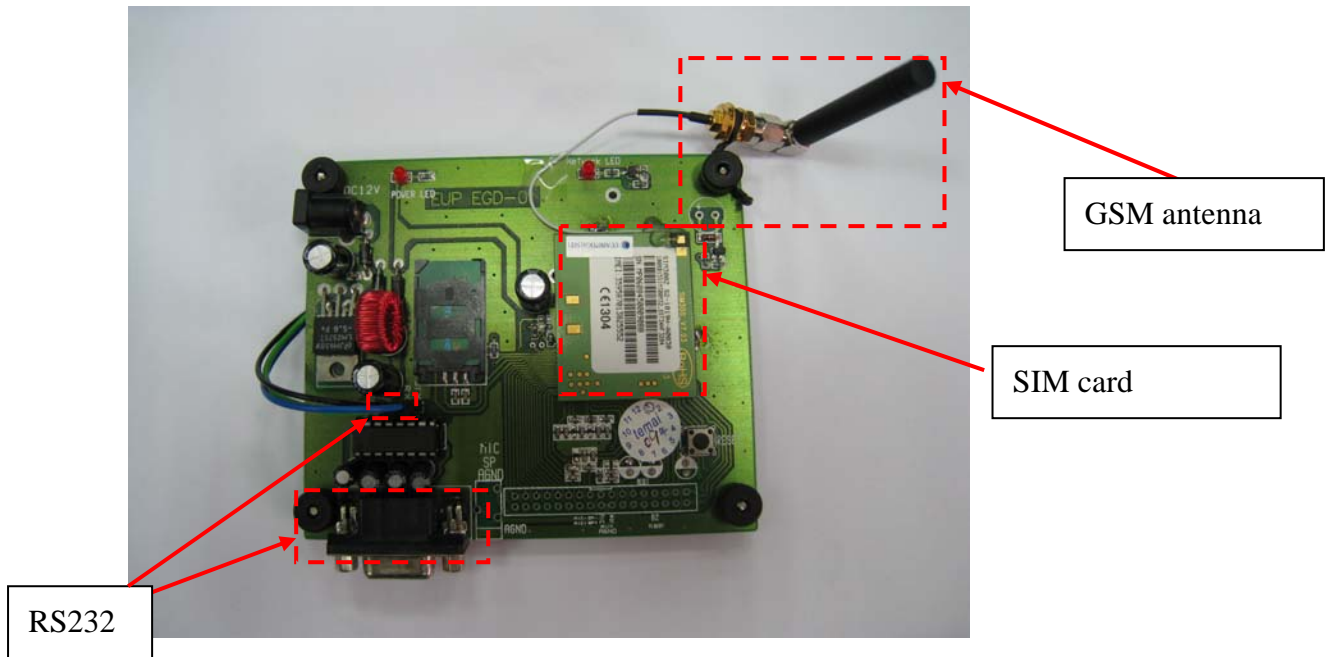


圖 14. GSM module

圖 14 是一個 GSM module 以及其電路板，與 CO₂ sensor 與 GPS module 不同，GSM module 並非以 Jennic 為平台來啟動，也不是直接透過 Jennic 來控制，而是 Jennic 傳送 AT COMMAND 給 GSM module 後，等待 GSM module 處理並回傳訊息，在 GSM module 的電路板上，左下角是用來與 PC 連接的 RS-232 接頭，街頭上方是一個負責轉換訊號的 IC，我們以 IC 上方的接來與 Jennic 的 RS232 接腳連接，中央偏左的地方則是一塊 GSM 系統必須的 SIM 卡，中央偏右則是實際的 GSM module，最後，右上方為 GSM 天線。

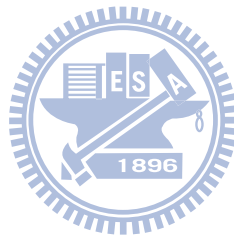
4.2 Server

Server 負責的工作為資料分析、並且如同 WSN 中的 sink 一般將分析所得的資料儲存收集、計算出每個區塊的新回報率、以及對每個 VSN node 下達命令，

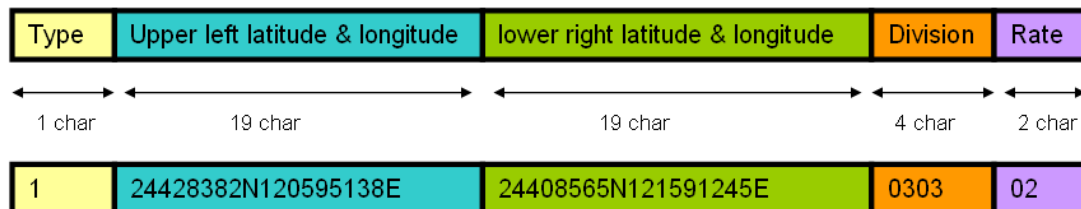
Server 會以下面兩種格式將所需的資料及命令傳送給 VSN node。

我們將希望監測的區域設定為矩形，因此只需要兩個座標及可標示出整個區域，如圖 15，Initial message 包含左上角及右下角的經緯度座標，後面 Division 的欄位是我們為了方便控制回報率，所以將完整的矩形區域分割成 M x N 的矩陣，並將每個格子的初始回報率放於 Rate 欄位

而 adjusting message 的內容則是由 Server 所計算出的新回報率，以及該回報率所對應的區塊。



Initial Message :



Adjusting Message :

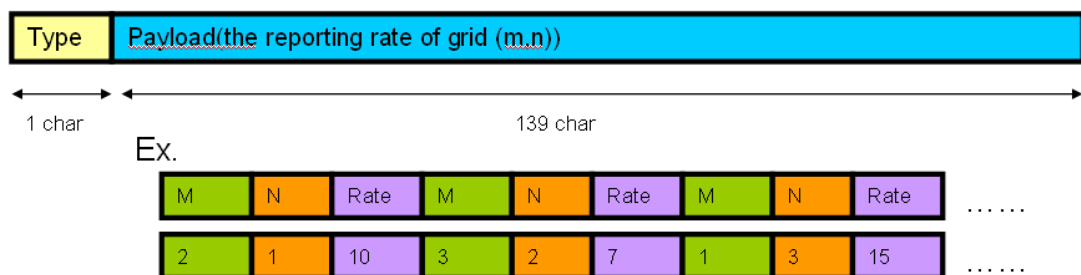


圖 15. 兩種 Server message 格式

圖 16 提出一個例子，首先，Server 會將 Initial message 傳送給各個 VSN node，

之後我們想監測的區域會被劃分成一個 3 X 3 的矩陣，矩陣中每個小區塊初使回報率都相同，在這個例子中，我們假定為 2 次/分鐘。

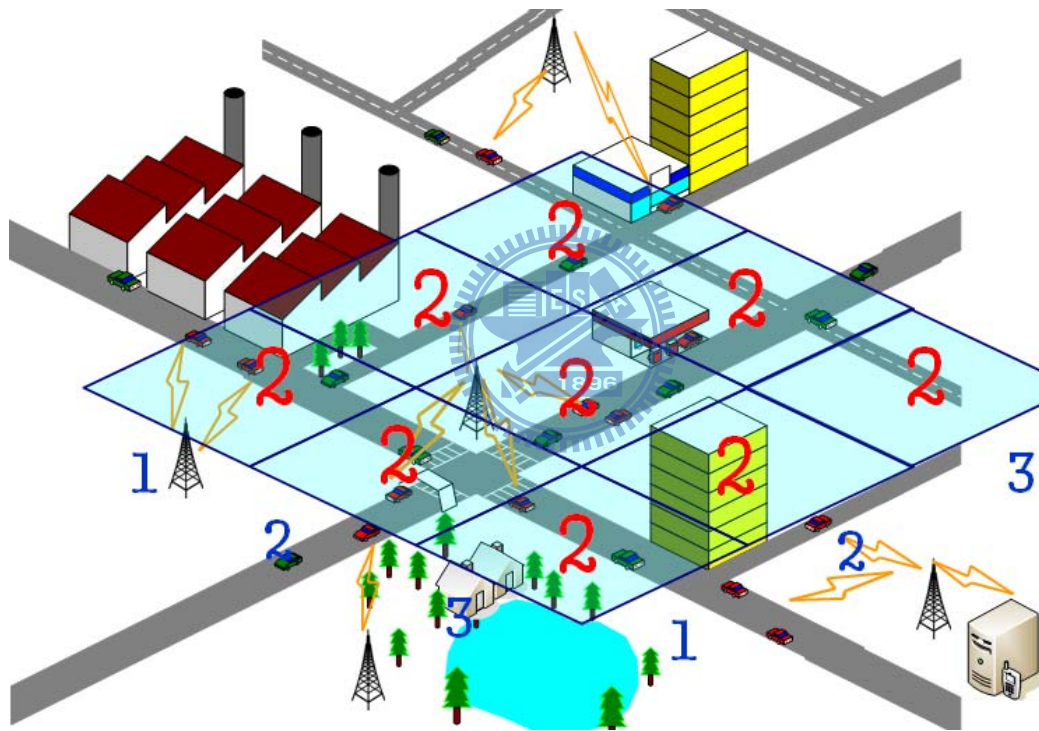


圖 16. Initial message 發送後系統示意圖

一段時間後，假使 Server 發現有其中幾個區塊收到的資料量不如預期，它就會發送 adjusting message 來調整回報率，如圖 17。

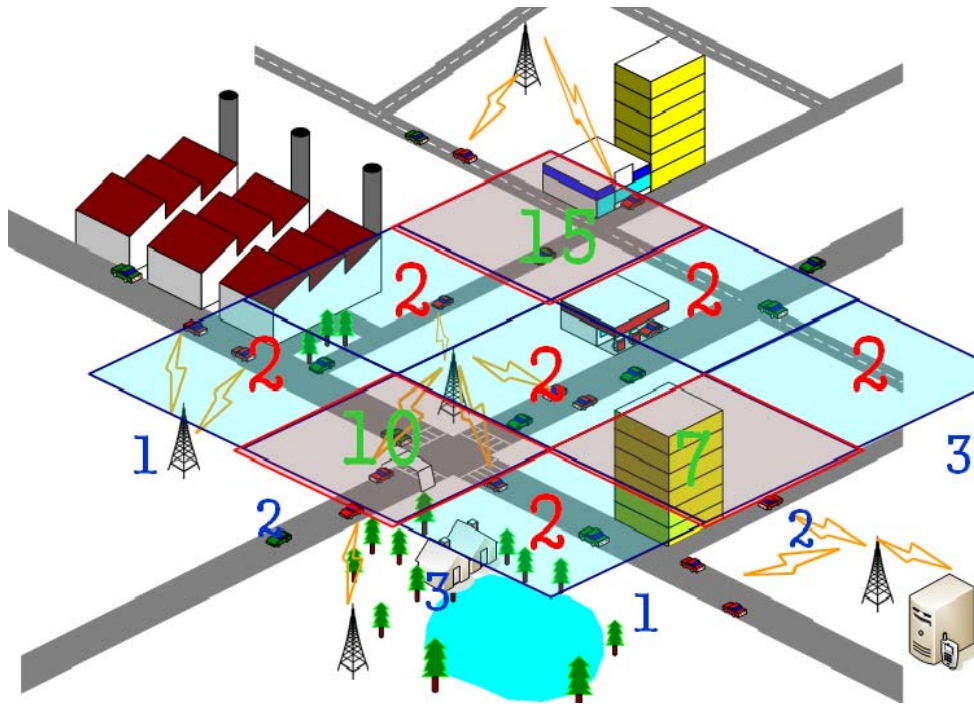


圖 17. 調整回報率後

當 VSN 車載裝置收到簡訊時，即會根據 Server 所計算之固定頻率回傳氣體濃度資料，以下面圖 18 的格式將資料回傳，內容包含了二氧化碳濃度、時間、以及經緯度。而為了節省網路成本，我們提出了一套簡單的演算法來調控每個小區塊的回傳頻率，期望能以較少的網路成本繪製出品質較好的二氧化碳濃度等高線圖。

Report Format :

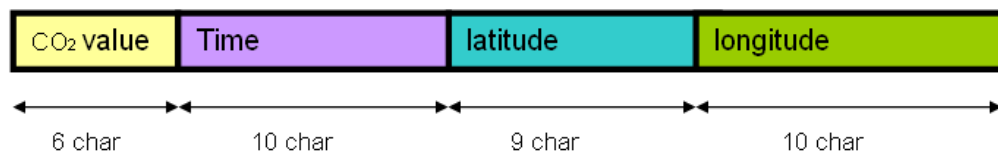


圖 18. VSN car report message 格式

Server 會透過 RS232 與一個 GSM module 連接以收發訊息，程式的部分，我們使用 JAVA 以及 PostgreSQL 來實做我們的 Server 以及演算法，PostgreSQL 是一種 open source 的 SQL 資料庫，它的特別之處在於提供了專門使用於存放座標的型態，此外還提供了許多可用於處理地圖資訊的功能，例如可以以 KNN 的方式來找出某點周邊的鄰居。當 server 透過 RS232 取得來自 GSM module 的資料後，會將取得的資料處理後存入 PostgreSQL 資料庫，一段時間後，若必須計算新的回報率，就會利用 JAVA 的 API--JDBC 開始利用 PostgreSQL 取得所需要的必要參數，舉例來說，在演算法中必須用到的 $\overline{pD_{nr}}$ 及 $\overline{pD_{far}}$ 線段長度，都可利用 SQL 語法取得。



若收集到的資料量已達到我們所預期，則 server 會送出一個停止訊息去停止各個 VSN device 的動作，VSN device 會等待收到下一次 initial message 後，才會再繼續收集環境資訊。

4.2.1 Google Map

當資料庫中的資料量累積到一定數量，我們將收集到的資料以 Google Map 展示，Google 提供了免費而方便的 API 供使用者自行將 Google Map 利用在所需的網頁上，我們只需要在網頁中插入向 Google 申請的 Google Map Key，定好起始的地圖中心點、地圖大小、以何種方式顯示等設定即可。而在 Google Map 上

標記出我們採樣點的經緯度座標，並使用不同顏色來表示該經緯度座標的氣體濃度分布的工作，我們使用 PHP 取出資料庫中的資料，並以 Java 並配合 Google Map API 來達成。

4.3 Fields Trial

我們目前利用交大的校園做了一個簡單的小型實測，交大校園的面積大約為 79 公頃~80 公頃，劃分為 5×4 的矩陣，總共使用 2 個 VSN device，一台安裝於汽車，一台則請人手持並四處移動。結果以 Google Map 展示，如下圖 19、20。

| | |
|----------------|------------|
| 地點 | 交通大學及周邊光復路 |
| 面積 | 大於 100 公頃 |
| 劃分區塊 | 5×4 |
| VSN car 數量 | 4 |
| 天氣 | 多雲 |
| Reporting Rate | 5/min |
| 回收訊息數量 | 大於 700 |

表 4. 實測參數

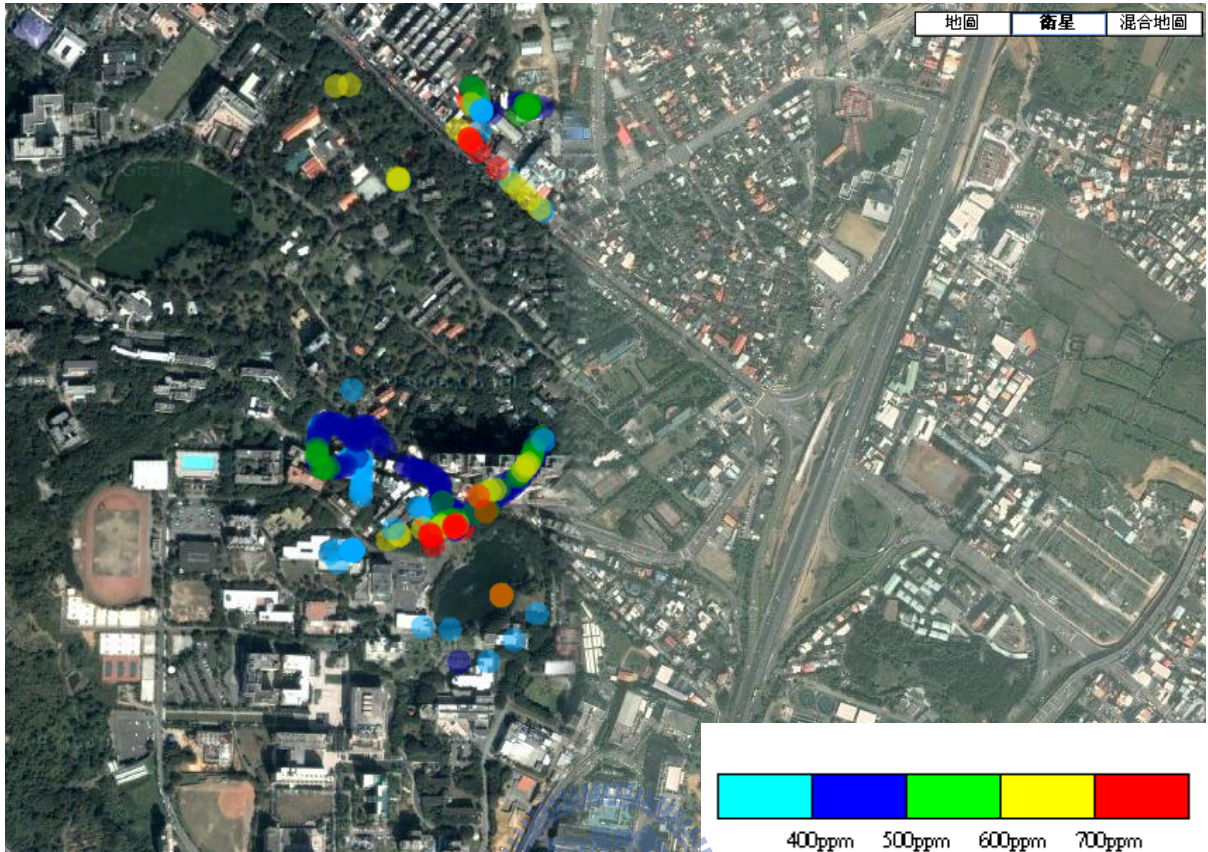


圖 19. 收集資料並展示於 Google Map

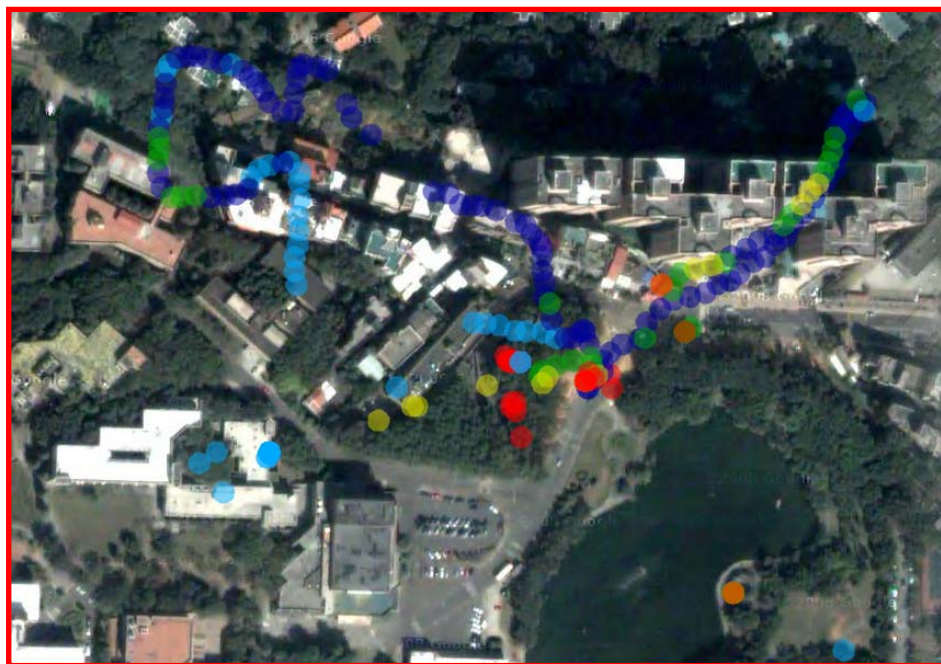


圖 20. 放大顯示局部資料(交通大學)

Chapter 5

Conclusions and Future Works

我們提出了一套 VSN 的大範圍環境的氣體監測系統，並且根據 VSN 以及氣體特性，提出了一套簡單的回報率調控演算法，能夠找出相對重要的區塊，且利用回報率調控機制，調整每個 VSN device 每分鐘的資料回報量，因此我們的系統能夠遏止散佈在外界的 VSN device 毫無節制的大量回報，避免成本的浪費。並將收集得來的資料以標點的方式呈現於 Google Map 上。此外，VSN device 是一個可擴充的平台，可以輕易的加入其他種類的 sensor 或 module，增加其他環境資訊的監控機能，或者做其他用途的應用。



未來我們希望能使用其他更便宜、甚至免費的無線網路來收送 VSN 監控系統的資料(例如:WiMAX)來發展這套系統，例如加上溫度、溼度、風向、其他種類氣體 sensor 等，讓這個系統可以運用於區域氣候的監控，並將構思更為細膩的回報率調控機制，期望本系統之後能夠以更小面積的區塊為單位，更精細的調整監測區域內的回報量。

Reference

- [1] Jiang Mingxing Guo, Zhongwen Hong Feng, Ma Yutao Luo Hanjiang. "OceanSense: A Practical Wireless Sensor Network on the Surface of the Sea". In Proc. of IQ2S,2009
- [2] Meong-hun Lee; Ki-bok Eom; Hyun-joong Kang; Chang-sun Shin; Hyun Yoe. "Design and Implementation of Wireless Sensor Network for Ubiquitous Glass Houses". In Proc. of IEEE/ACIS International Conferencen,2008.
- [3] Y.-C. Tseng, Y.-C. Wang, and K.-Y. Cheng, 2005, "An integrated mobile surveillance and wireless sensor (iMouse) system and its detection delay analysis," In Proc. of ACM/IEEE International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems (MSWiM).
- [4] Y. Zou and K. Chakrabarty, "Sensor Deployment and Target Localization Based on Virtual Forces," In Proc. INFOCOM, Apr. 2003.
- [5] S. B. Eisenman, E. Miluzzo, N. D. Lane, R. A. Peterson, G-S. Ahn,† A. T. Campbell. "The BikeNet Mobile Sensing System for Cyclist Experience Mapping". In Proc. of ACM ,2007.
- [6] Sriram Chellappan, Student Member, IEEE, Wenjun Gu, Xiaole Bai, Dong Xuan. Member, "Deploying Wireless Sensor Networks under Limited Mobility Constraints". In Proc. of TMC,2007.
- [7] M.-S. Pan, C.-H. Tsai, and Y.-C. Tseng, 2006. "Emergency Guiding and Monitoring Applications in Indoor 3D Environments by Wireless Sensor Networks," Int'l Journal of Sensor Networks,
- [8] CENS, "Center for Embedded Networked Sensing," <http://research.cens.ucla.edu/>
- [9] L E Cordova-Lopez, A Mason, J D Cullen, "Online vehicle and atmospheric pollution monitoring using GIS and wireless sensor networks".In Proc. of iop,2007
- [10] Geoffrey Wemer-Allen, Jeff Johnson, Mario Ruid, Jonathan Lees, and Matt Welsh,"Monitoring Volcanic Eruptions with aWireless Sensor Network". In Proc. of iee,2005
- [11] <http://www.jennic.com/>
- [12] <http://www.co2sensor.co.kr/new/eng/ndir-co2-sensor-module-h550ev.htm>
- [13]<http://www.fastraxgps.com/showfile.cfm?guid=2a909e84-bcfb-4ba8-ad33-1ab4d87c19e3>