

國立成功大學
電信管理研究所
碩士論文

以軟體定義無線電實作車間與路側裝置之無線通
訊系統

**The Implementation of Wireless Communication
System by Software-Defined Radio for
Inter-Vehicle and Roadside Unit**

研 究 生：黃棋宏
指導教授：陳文字 博士

中華民國一零八年六月

國立成功大學

碩士論文

以軟體定義無線電實作車間與路側裝置之無線通訊系統

The Implementation of Wireless Communication System by Software-Defined Radio for Inter-Vehicle and Roadside Unit

研究生：黃棋宏

本論文業經審查及口試合格特此證明

論文考試委員：陳文宇

林福林 李威勳
林易泉

指導教授：陳文宇

系(所)主管：陳勁甫

中華民國 108 年 6 月 19 日

摘要

隨著科技的發展，漸漸的任何東西都能夠與網路連結，在目前行動裝置已經非常發達的情況下，車輛與網路連結便成為下一個潮流，因此車聯網就油然而生，車聯網主要包含四個部分，車與車（Vehicle to Vehicle, V2V），車與路（Vehicle to Roadside, V2R），車與網路（Vehicle to Infrastructure, V2I），車與人（Vehicle to Human, V2H），透過網路的連結可以將彼此的資訊互相流通，各個節點都能夠了解彼此之間的狀態。其中車與車的通訊技術可以進行訊息的自動交換，如此一來，駕駛就可以了解周遭附近車輛的狀況，另外加上路側裝置之整合，甚至可以不用看到交通號誌之燈號就能夠了解附近的交通狀況以及路況資訊，此外再透過遠端分析將這些資訊進行運算就能夠當作行車路徑的決策依據。本研究透過軟體定義無線電實作一個收發平台系統，包含擷取車輛資訊所使用的微型電腦-樹莓派，經由軟體定義無線電之收發模組發送資訊，將不同節點之資料透過該平台傳送給其他裝置，在無線通訊的環境中透過載波偵測多重存取機制避免訊號碰撞，另外透過隨車診斷系統，能夠透過 Python 程式讀取車輛之訊息儲存於樹莓派中，在讀取車輛的同時也將車輛之重要資訊傳送給其他車輛以及路側裝置，在路側裝置端透過程式實作一交通號誌，在車輛通過路口或是靠近路側裝置時，能得知當下的交通號誌時相，同時將資訊經由 4G 無線網卡上傳至雲端以利其他裝置檢視分析使用。本研究透過軟體定義無線電之靈活性，將以上之不同種功能透過程式撰寫整合至相同的程式當中，透過單一程式就能夠做到多種不同的功能，在在體現了軟體定義無線電能的優點。

關鍵字: 軟體定義無線電、車聯網、載波偵測多重存取、隨車診斷系統、樹莓派、路側裝置

The Implementation of Wireless Communication System by Software-Defined Radio for Inter-Vehicle and Roadside Unit

Chi-Hung Huang

Wen-Tzu Chen

Institute of Telecommunication Management

National Cheng Kung University

SUMMARY

Under the fast development of computer science, the IoT (Internet of Things) technology becomes more and more popular due to large demand for devices communicating with each other through the Internet. With the rise of artificial intelligence and big data, the hardware that can be applied to the Internet of Things will increase. Besides IoT, Internet of vehicle (IoV) can also be a dominant role. In this thesis, we attempt to design a wireless communication system for inter-vehicle communication through the SDR technology (software-defined radio). The Internet of Vehicle consists of roadside unit and vehicle side. On the vehicle side, we have to use a lightweight computer as a storage space because the vehicle does not have enough space to place a large number of instruments. Raspberry Pi is considered as a better node to store the data, and it also has small volume and uses Linux operation system. Through the on-board diagnostic system (OBD), we can read the car information in real time and store the data in Raspberry Pi. Raspberry Pi has a simple environment to program and also can build a stable and flexible software-defined radio developing environment. Also, the Raspberry Pi can connect to an USRP (Universal Software Radio Peripheral) B200 which is a popular type of SDR devices. Through the combination of Raspberry, USRP, and 4G network, the car information can be transmitted to the roadside unit, other vehicles, and cloud. At the roadside unit side, we will simulate a traffic sign as a traffic light at the intersection. Through communicating with each node, we can obtain the vehicle status and the information of traffic light from roadside unit. In order to build a stable communication system, we adopt very high frequency (VHF) band that can provide appropriate features, including long distance transmission. In the system, there are lots of nodes. In order to communicate in multiple nodes, we use CSMA/CA as a communication protocol. The use of SDR in wireless communication systems is the trend because of its convenience and flexibility. In the future, one can make a more convenient and multifunctional wireless communication systems via SDR devices.

Keywords: GNURadio, IoV, On-board Diagnostic, Software-Defined Radio, CSMA/CA, Roadside Unit

INTRODUCTION

Nowadays, many vehicle manufacturers are developing self-driving cars, for example, Tesla, Toyota, and BMW. The vehicles are connected to the vehicle network through sensing devices to achieve self-driving. Meanwhile, through the high data rate and large frequency band of VANET, it can transmit content such as text, audio, and video. Through SDR (software-defined radio), the carrier frequency can be adjusted by software rather than changing hardware. If the signal transmits in high frequency, the signal will decay drastically. In this study, we choose very high frequency as center frequency of the communication system due to less attenuation. Traffic in real life contains vehicles and traffic lights. This wireless communication system consists of vehicles and a roadside unit. If we add information about the traffic lights in the system, the vehicle will know more about the surrounding environment. In addition to using radio signals to transmit messages, we can also upload vehicle and traffic light information to the cloud via a 4G network. In this study, the system contains a vehicle side that can read vehicle data through the OBD-II dongle and roadside unit which can simultaneously transmit traffic signals. In addition, specifically vehicle values can be read by modifying the PID code. The study also uses real vehicles to achieve real-world conditions.

MATERIALS AND METHODS

In this thesis, we use OBD-II dongle as an interface to read vehicle information. And then, the information read from the vehicle will be stored in Raspberry Pi. The Raspberry Pi contains SDR platform which is called GNURadio. Using GNURadio, we can design a communication system to transmit the vehicle data to other vehicles and roadside unit. We also use USRP B200mini as RF transceiver. The USRP B200mini can operate in wide frequency range from 70MHz to 6GHz. We can arbitrarily adjust the carrier frequency according to the demand. Raspberry Pi can also connect to the Internet through 4G network. Also, Raspberry Pi can upload vehicle information to the cloud. As the results, the Raspberry Pi catches vehicle data and transmits the information to other nodes in the same time. On the other hand, roadside unit is constructed by notebook which also has SDR platform. Roadside unit transmits the traffic signals to other nodes through USRP B200. Roadside unit can also upload the traffic information through wired network or Wi-Fi to the cloud. The data flow of study is shown as the following picture.

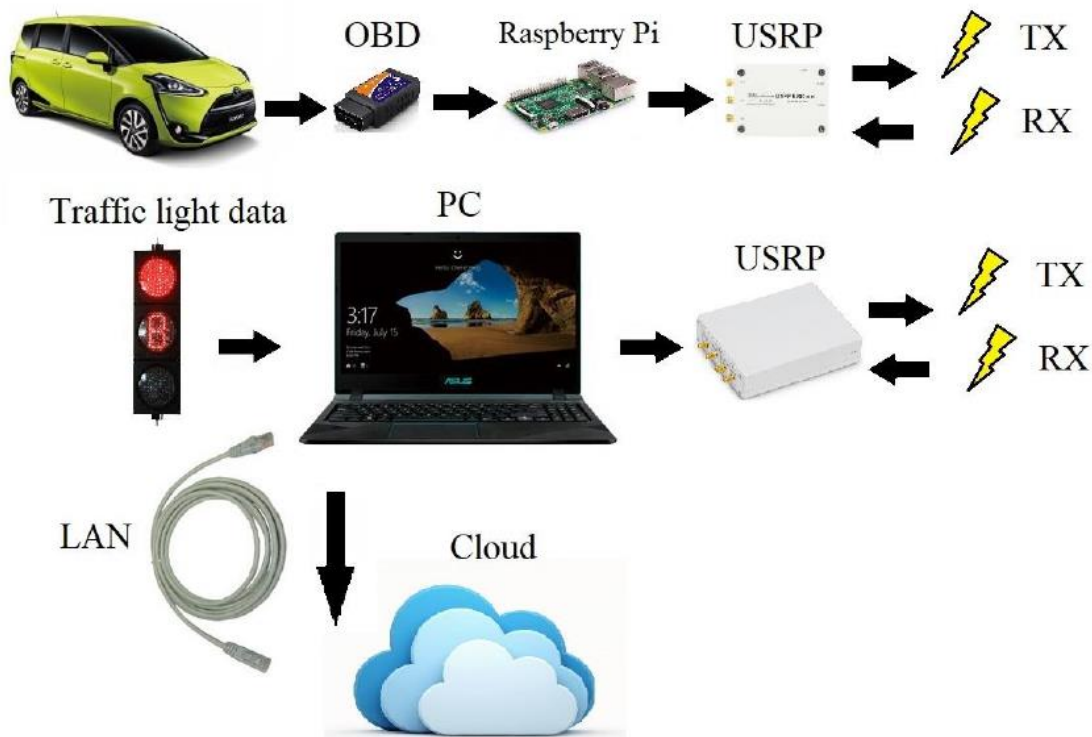


Figure 1. Data flow between vehicle and roadside unit

Besides receiving and transmitting vehicle and traffic signals information, we can also revise the PID code to get the data which we want to catch from the vehicle. We can even get engine temperature, engine work time and vehicle speed from the vehicle. If we have this data, we can catch up on the surrounding vehicle status and traffic light signals. To integrate these functions, we need to arrange lots of USB port to connect these devices which consists of OBD-II Dongle, 4G wireless network card and USRP. The Raspberry Pi transmits the data through USRP, uploads vehicle data to cloud through 4G network and catches vehicle information from vehicle at the same time. With these functions, Raspberry Pi has heavy loadings and makes CPU in high load. In the study, we would find out how to put these functions together in a suitable way.

RESULTS AND DISCUSSION

First, this system can capture real-time and real data instead of simulation data. Also, the system can adjust the items which we want to read from vehicles. The data format can be modified according to the needs. Second, we also have two types of nodes, roadside unit and vehicle. In roadside unit, we design a cycle that can be used to represent the phase of the traffic signal. To express the cycle of traffic signals, we use a variable to indicate the current order. If the vehicle receives the information from the roadside unit, it will know what the current traffic signal is. Third, we use a modulation which is called OFDM to transmit the data. The modulation scheme has better performance in multi-path wireless

environment. In order to receive and send information at the same communication channel, we use CSMA as a multiple access protocol. Next, we also transmit the data to the cloud to observe the real-time data from traffic light and vehicle. The following picture is vehicle data and roadside unit information which we receive from vehicles and roadside unit. In this way we can understand the status of other nodes. In the future, IoV will implement in the real world. This study can be considered as a front work to catch the vehicle data.

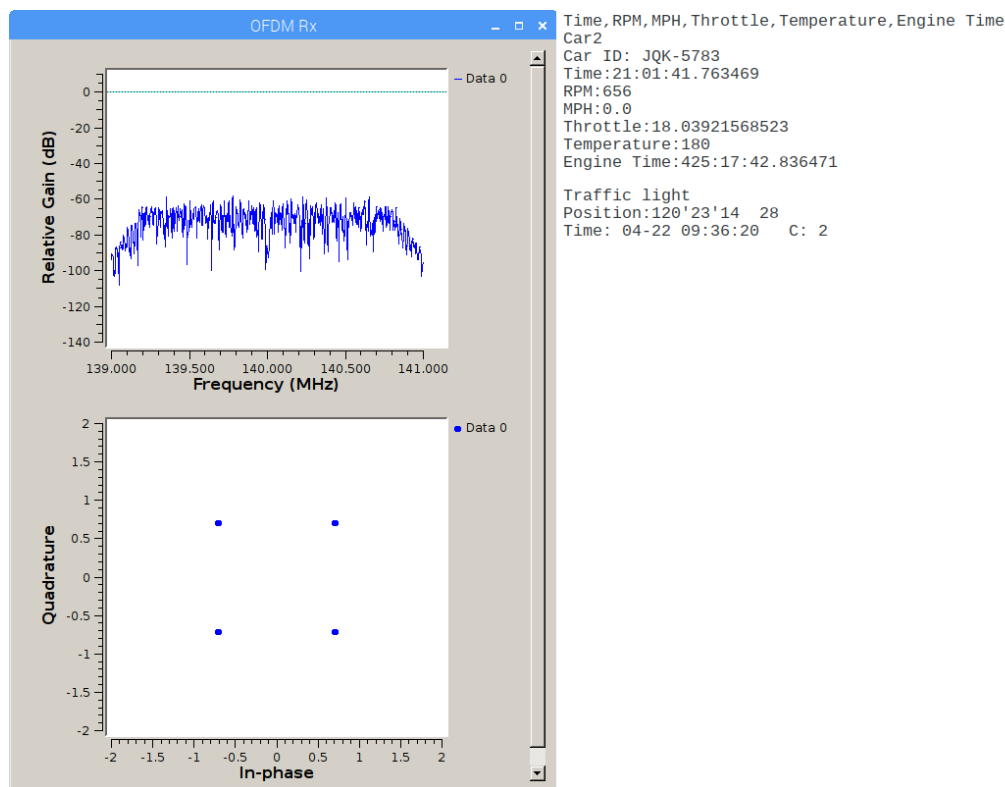


Figure 2. Receiving spectrum and data

CONCLUSION

This thesis combines a notebook computer, a Raspberry Pi, OBD Dongle, and SDR as a vehicle communication system. The vehicle information is read by Raspberry Pi through the OBD. At the same time, the information is transmitted to other nodes through the USRP. At the roadside unit, the current traffic signal phase is represented by traffic signal cycle. Meanwhile, information is transmitted to other vehicles via USRP module in the roadside unit. In addition, the same communication architecture can allow vehicles and roads to communicate with each other. In this way, the car and the road can form a communication network. Finally, the vehicle information is uploaded to the cloud through 4G network, which can increase the usability of the communication system and make the entire communication system more complete.

誌謝

從大學通訊系一直到現在成大電管所，從原本純理工的科系，到現在有商管相關的科系，我覺得我的視野更加寬廣，更了解整個電信的樣貌，然而在電管所我學到了如何表達自己想法的能力，我的說話技巧越來越進步，也能夠和同學們相處的越來越融洽，感謝學長子軒耐心的教導我，還有實驗室夥伴瀚緯、凱翔的幫忙以及學弟妹的調和讓我碩二的生活更加有色彩。

感謝我的指導教授陳文字老師，除了在課業上的指導也讓我了解到做人處事的道理，這讓我對未來的工作有更正確的價值觀。也感謝論文的審查教授李威勳老師、林福林老師、林易泉老師給予許多有益處的意見讓我的論文更加完善。

在做實驗的過程中因為器材的關係，需要許多人員幫忙，感謝在論文實驗的過程中有實驗室的夥伴、學妹顏青慧以及學弟徐一峰的幫忙，讓我每次做實驗都不孤單，也因為有你們我才能每次都能順利的做出實驗，祝福你們在未來也都能一切順利找到理想的工作。

最後感謝我的爸爸、媽媽還有姊姊支持我到台南來讀研究所，讓我能夠替自己充電，更加充實自己的人生，也感謝電管所所有老師兩年的教導，我不會忘記在台南這段期間的所做所學。

棋宏 謹誌

成功大學電信管理研究所

中華民國一零八年七月

目錄

表目錄.....	ix
圖目錄.....	x
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	5
1.3 論文架構.....	6
第二章 文獻回顧探討.....	7
2.1 軟體定義無線電.....	7
2.1.1 軟體定義無線電的基本架構.....	7
2.1.2 使用於軟體定義無線電之裝置.....	8
2.2 Raspberry Pi.....	10
2.3 車載診斷系統-OBD-II.....	11
2.4 文獻探討.....	12
2.5 小結.....	14
第三章 研究架構.....	16
3.1 軟體架構.....	16
3.1.1 GNURadio.....	16
3.2 硬體架構.....	17
3.3 系統相關技術與調變方式.....	19
3.3.1 CAN bus.....	19
3.3.2 Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM)	25
3.4 車輛資訊及路側資訊.....	26
3.5 系統情境架構.....	28
3.5.1 架構示意圖.....	28
3.5.2 研究情境之設定.....	29
3.5.3 傳送端與接收端之設計.....	30

第四章 研究成果.....	33
4.1 車輛以及路側裝置之資訊.....	34
4.1.1 車輛端的資訊型態.....	34
4.1.2 路側裝置端的資訊型態.....	36
4.2 半雙工之系統收發.....	37
4.3 車輛與車輛之收發.....	38
4.4 車輛與路側裝置之收發.....	40
4.5 兩台車輛與路側裝置之收發.....	41
4.6 將車輛及路側資訊上傳雲端.....	44
4.7 實地做車輛與路側裝置之移動收發.....	45
4.8 實地做車輛與路側裝置之移動收發之二.....	48
4.9 GMSK 以及 OFDM 在多重路徑的差異.....	50
4.10 研究成果探討.....	51
第五章 結論.....	53
5.1 結論.....	53
5.2 未來研究方向.....	53
參考文獻.....	55
附錄一.....	59
附錄二.....	67

表目錄

表 1、USRP B200MINI 之規格[11]	9
表 2、相關文獻比較表.....	15
表 3、資料長度代碼中資料位元組數的編碼 DLC	24
表 4、大學路與勝利路路口的交通號誌時相	28
表 5、交通號誌循環表.....	36



圖目錄

圖 1、VEHICLE TO ROADSIDE 示意圖[2].....	2
圖 2、IEEE 802.11P/1609 整體架構圖[6]	3
圖 3、IEEE 802.11P/1609 頻道分布圖[7]	3
圖 4、軟體定義無線電架構圖[9]	8
圖 5、USRP B200	9
圖 6、USRP B200MINI	9
圖 7、RASPERRY PI 3 MODEL B+	11
圖 8、OBD-II 之實體接頭	12
圖 9、GNURADIO COMPANION.....	17
圖 10、GNURADIO 平台之架構圖[9]	17
圖 11、車輛端所需設備	18
圖 12、路側裝置所需設備	19
圖 13、OBD-II 接頭接腳	19
圖 14、CAN BUS 利用兩條線路所產生的電位差.....	20
圖 15、CAN BUS 的裝置配置線路[31]	21
圖 16、資料通訊格式示意圖	22
圖 17、資料通訊格式簡易示意圖	22
圖 18、同時有多個節點在傳送資料.....	23
圖 19、CANBUS 的控制欄示意圖.....	23
圖 20、CRC 序列以及 CRC 分隔符所佔的位元.....	24
圖 21、ACK 欄示意圖	24
圖 22、欄位結尾示意圖	25
圖 23、OFDM 多載波示意圖[32].....	25
圖 24、傳統分頻多工與正交分頻多工頻譜之比較[34]	26
圖 25、OBD 讀取車輛的資訊檔案	27
圖 26、整體研究架構示意圖	29
圖 27、情境一示意圖	30
圖 28、情境二示意圖	30
圖 29、傳送端之流程圖	31
圖 30、接收端之流程圖	32
圖 31、兩台車輛及路側裝置收發示意圖	33
圖 32、接取車輛資訊實際裝置之情形(A)車輛一(B)車輛二	34
圖 33、實際抓取車輛之資訊.....	35
圖 34、實際車輛抓取資料結果	36

圖 35、路側裝置的顯示方式.....	37
圖 36、路側裝置欲傳送之內容格式.....	37
圖 37、發送前等待一段隨機時間.....	38
圖 38、兩台具有 OBD 接頭之車輛.....	39
圖 39、車輛 1 接收之資訊.....	39
圖 40、車輛 2 接收之資訊.....	40
圖 41、測試車輛與路側裝置之實際收發.....	40
圖 42、路側裝置端接收到車輛的資訊.....	41
圖 43、車輛端接收到路側裝置的資訊.....	41
圖 44、兩台車輛與路側裝置之部署圖.....	42
圖 45、車輛 1 接收之資訊.....	43
圖 46、車輛 2 接收之資訊.....	43
圖 47、路側裝置接收之資訊.....	44
圖 48、DROPBOX 雲端內檢視相關資訊.....	45
圖 49、車輛與路側裝置之實際收發情形.....	46
圖 50、車輛一所接收到的訊息.....	46
圖 51、車輛二所接收到的訊息.....	47
圖 52、路側端所接收到的訊息.....	47
圖 53、車輛與路側裝置之實際收發情形.....	48
圖 54、車輛端所接收到的訊息.....	49
圖 55、路側裝置端所接收到的訊息.....	49
圖 56、GMSK 實驗場域示意圖.....	50
圖 57、OFDM 實驗場域示意圖.....	51

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

在通訊技術不斷進步的狀況下，現今許多設備都有通訊的裝置，包含 Wi-Fi、無線訊號傳輸以及有線訊號傳輸，透過這些方式，設備可以將記錄下來的資訊傳送到遠端加以分析使用，如果把通訊技術裝置在洗衣機可以遠端執行洗衣程序，裝置在除濕機可以遠端除濕房間，需求不斷的提升下，物聯網(Internet of things, IOT)就這樣油然而生。除此之外，車聯網(Internet of vehicle, IOV)也是利用這樣的方式，來進行車間通訊，因此，現在許多車輛製造商及軟體設計商，對車聯網以及自駕車的領域投入大量的研究資源，例如：Tesla 設計的車子就裝設許多攝影機、超音波感測器以及雷達，取得額外的路況資訊，再經由無線通訊將資訊傳送至車聯網，利用遠端操控來達到自動駕駛的技術[1]。

車聯網的核心技術為車用行動通訊網路(Vehicle Ad-Hoc Network, VANET)[2]，主要由四個部分所組成，分別為車輛對車輛(Vehicle to Vehicle, V2V)、車輛對網路(Vehicle to Infrastructure, V2I)、車輛對路側裝置(Vehicle to Roadside, V2R)以及車輛對人(Vehicle to Human, V2H)，為了要得到車輛的資料，各個設備皆與車輛連接交換資訊。圖 1 為 V2R 的示意圖，透過路側裝置能夠將交通號誌的資料與車輛做資訊交換，同時，車輛可以與路側裝置通訊，提前知道交通號誌的時相，避免車輛緊急煞車，並讓車輛了解周遭附近的交通狀況，可以針對不同狀況做路線的調整，以減緩交通堵塞。目前常見於車間使用的無線通訊技術為車輛環境無線存取/專用短距離通訊(Wireless Access in Vehicular Environments/Dedicated Short-Range Communication, WAVE/DSRC)[3]，用於區域性的無線通訊，此技術也使用在智慧運輸系統(Intelligent transportation System, ITS)。

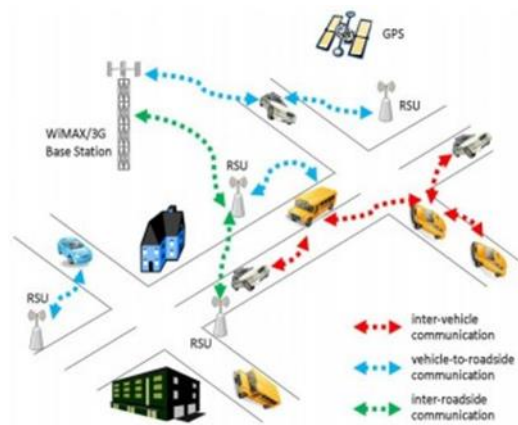


圖 1、Vehicle to Roadside 示意圖[2]

為了此系統的發展，電機電子工程師學會(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)制定了兩套標準，分別為 IEEE802.11p[4]以及 IEEE1609[5]，整體架構圖如圖 2 所示[6]。其中 IEEE802.11p 主要用於智慧運輸系統的相關應用，包含車輛與車輛之間以及車輛與路側裝置的資料數據交換，IEEE1609.1 (Management & Networking Service Extension for Resource Class)主要在應用層進行資訊的交換以及定義資源之間的通訊格式，IEEE1609.2 (Security Services for Applications and Management Messages)定義 WAVE/DSRC 系統中安全訊息的格式及處理方式，對車輛之間傳遞的安全訊息有相當重要的影響，IEEE1609.3 (Networking Services)相對開放式系統互連通訊參考模型架構 (Open System Interconnection Reference Model, OSI)位於網路層(Network layer)及傳輸層(Transport layer)提供 WAVE/DSRC 系統中的網路服務，進行 V2V 或是 V2R 的通訊，IEEE1609.4 (Multi-channel Operation)協調各頻道之間的優先順序，做頻道的切換。如圖 3 所示，這些技術主要使用於 5.85GHz 道 5.925 GHz 的頻段[7]，美國聯邦通信委員會(Federal Communications Commission, FCC)在這個頻段上分配了 75 MHz 的專用短距離通訊頻段，專用於車輛對車輛和路側裝置到車輛的通訊。主要目的是應用公共安全系統改善交通的流量。同時，允許私人服務，以降低成本並鼓勵 DSRC 的開發和採用，DSRC 頻段被分成 7 個 10MHz 的頻道。頻道 178 是控制頻道，通常僅限用於安全通訊。頻段邊緣的

兩個頻道保留不使用，用於未來的高級事故避免應用和高功率公共安全用途。其餘的六個頻道 172、174、176、180、182、184 是服務頻道，可用於公共安全用途或是私用共享頻道的使用。

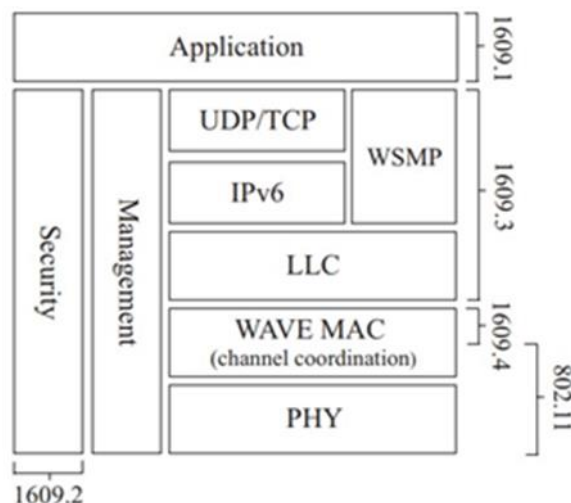


圖 2、IEEE 802.11p/1609 整體架構圖[6]

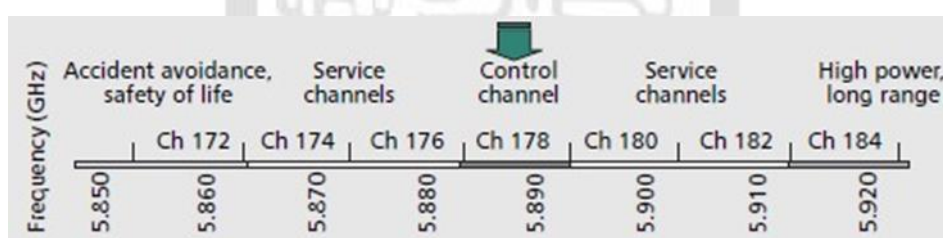


圖 3、IEEE 802.11p/1609 頻道分布圖[7]

雖然 VANET 的使用頻段可以提供車聯網使用許多服務，例如：影音以及語音等多媒體的應用。VANET 看起來應用很廣泛，然而，高頻的頻段讓此系統在環境變化多端的狀況下，像是高速移動或是偶爾斷訊，容易受到外在因素的影響，進而造成訊號快速衰減，導致通訊中斷。車輛中重要的訊息不外乎車牌號碼、車輛位置、行駛速度、週遭車況、緊急救援訊號等，因為這些資訊的資料量不大，所需的頻寬也不大，因此不必使用現有的高頻段來傳送訊息。透過甚高頻(Very High Frequency, VHF)來傳送緊急資訊，在建築物形狀複雜且環境多變的情況下，可以降低訊號衰減的影響，同時發送較低頻的訊號也降低設備的功耗，低功耗及高穩定性的系統，正是我們想要的，如此一來，可以讓行

車更加安全、穩定。

上一段所提及的車輛訊息，可以透過車中的車載診斷系統[8] (On Board Diagnostics, OBD)讀取相關資料，進行後續分析使用。車載診斷系統是一種裝載於車上用來檢視行車狀況及排放廢氣的系統，該系統可隨時監控車輛運行狀況，並於車輛子系統發生異常或者主要系統故障時，提醒車輛持有者或是汽車維修員，該車輛中哪部份發生故障，在上路前及時排除故障，能夠有效降低車輛故障對行車安全危害的風險，對於道路交通安全的貢獻功不可沒。在廢氣排放方面，車載診斷系統能夠有效偵測車輛排放的污染數值，當車輛排放廢氣數據異常時，診斷系統能夠通知相關人員，進行保養及維護，避免過度排放廢氣，車載診斷系統在環境保護也有所貢獻。

各國逐漸重視汽車廢氣排放的法規制定，為了監控車輛污染控制元件是否正常運作，我國環保署規定在民國 97 年 1 月 1 日起，所有進口與新出廠的汽車都需配置車載診斷系統 OBD，來監控廢氣排放元件，以利監管汽車排放廢氣是否符合標準，在法規的推行下，許多車輛都具備 OBD 元件，使得車輛的資料可以方便存取，為了增加車輛安全，車與車之間的通訊是不可或缺的，了解週遭車輛狀況，若有突發狀況發生，能在短時間內得知訊息並緊急應變，降低車輛事故的發生。

為了讓這些車輛資訊可以互相傳送，了解各車輛之間的狀況，本研究建立一套系統稱之為車輛自動辨識及安全訊息通訊系統(Automatic Identification and Safety Message Communication, AISMCS)在相同無線電頻率能收發的範圍內進行車輛與車輛及車輛與路側裝置的資料交換，本研究利用軟體定義無線電(Software Defined Radio, SDR)實作載波偵測多重路徑存取(Carrier Sense Multiple Access, CSMA)進行雙向收發，在不同的時間存取進行車輛資料交換，本研究利用分時多重接取的概念，讓車輛在不同時間傳送車輛資訊給其他設備，避免在同一時間發送和接收訊號，造成電磁波干擾破壞無線電訊號，使得路側

裝置或其他車輛無法接收完整訊息，一個穩定且傳輸多重接取技術需經過額外的計算及設計才能大大提升其傳輸效率，在此系統中有移動及固定的裝置，移動式裝置包含車輛，固定式設備為路側裝置，在此系統中要如何設計一個通訊協定，讓系統間的裝置能有良好的溝通方式是相當重要的。

1.2 研究目的

誠如前面所述，VANET 的標準使用的頻段為 5.9GHz，因為收發的頻段較高，容易受環境因素影響，訊號衰減程度隨著環境變化而有所增減或是受障礙物所阻隔，在緊急救難的情況下，訊號需要穩定且抗雜訊強的特性，另外，在車聯網中會使用到的頻段有所不同，藉由軟體定義無線電可以利用設計界面，根據系統需求不同針對 V2V 或是 I2V 的資訊發送，使用不同頻段傳送，將車對車及路側裝置對車輛兩個頻道分開減少頻段占用，讓緊急訊息透過路側裝置發送，甚至利用類比語音訊號，直接以人聲的方式傳送也是一個合適的提醒方式，因此較低頻的 VHF 為本系統所選用的頻段，並且使用軟體定義無線電來架設此車輛自動辨識及安全訊息通訊系統平台。同時，利用樹莓派結合 RF 前端硬體設備做為車輛的收發裝置以及利用固定式裝置搭配有線網路作為路側裝置，發送交通號誌訊息給車輛，建立車輛與車輛以及車輛與路側裝置的網路連結，以 OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)作為調變技術與 CSMA (Carrier Sense Multiple Access)載波偵測多重存取作為車與車之間的通訊協定。因此，本研究目的歸納為以下：

1. 以樹莓派做為儲存空間，透過 OBD 讀取車輛資料，將資料藉由軟體定義無線電經由通用軟體無線電週邊設施(Universal Software Radio Peripheral, USRP)傳送給其他車輛及路側裝置。
2. 探討載波偵測多重存取(CSMA)於車間系統之通訊協定。
3. 利用軟體定義無線電實作車輛自動辨識及安全訊息通訊平台。

4. 以固定式裝置實作路側裝置，發送交通號誌訊息至周遭車輛。

1.3 論文架構

本論文架構第一部分提及本研究之研究背景，以及當下較為流行的技術做分析比較，進而選用較為合適的規格來做研究分析，第二部分介紹研究過程中會使用到的軟體平台以及硬體設備，在該段末端將與過往的文獻進行比較。第三部分為整個研究的架構及相關原理，並且利用軟體定義無線電中較為常用的開發軟體 GNURadio 作為研究的開發平台，調整其中通訊協定，移動式裝置包含車輛，利用這些移動裝置，可以在非定點行收發，以樹莓派作為讀取車輛資料的裝置，作為車輛端的設備，固定式裝置作為發送交通號誌的路側裝置，USRP 作為 SDR 的 RF 發送設備，實作車對車、車對路側裝置的車間通訊系統。



第二章 文獻回顧探討

2.1 軟體定義無線電

軟體定義無線電一開始使用在軍事用途，後來經由軍事領域用途逐漸開放給民間使用。軟體定義無線電廣受歡迎的原因是因為其中許多硬體裝置，可以經由軟體來當作其中元件進行調整，像是濾波器、放大器、解調器等等，不必使用實際的硬體，就可以達到相同效果，在研究領域發展省下了許多資源，同時可以接取外部的 RF 元件，讓整個軟體定義無線電的開發環境有真實資料可以進行收發。本研究所使用的軟體定義無線電軟體 GNURadio 為一個免費的開發軟體，他的應用程式稱為流程圖，連接不同的通訊處理模塊讓接收進來的訊號，經過其中的調變可以呈現出我們所想要的結果。在該平台因為使用軟體建構不同功能的無線通訊設備，不需要花費大量金錢購買儀器設備，就可以建立一套相同的系統，這在開發研究上是一大福音，省下許多經費，能夠在其他需要設備的部分再注入資源減少開銷。

2.1.1 軟體定義無線電的基本架構

軟體定義無線電[9]是由前端 RF 接收元件以及後段運算元件所組成，訊號接收以後由運算元件對訊號做後續處理，中間經過各通訊模塊將訊號進行數值運算，最後將運算好的訊號再進行發射。

SDR 架構中包含無線電前端收發(RF Front-End)、類比數位轉換器(Analog to Digital Converter, ADC)、數位類比轉換器(Digital to Analog Converter, DAC)、可程式邏輯閘陣列(Field Programmable Gate Array, FPGA)以及個人電腦運算元件，其中 FPGA 負責數位解調器所需的通訊數位訊號處理，可以利用程式控制射頻、中頻、基頻放大器的功能，增加接收訊號的強度，類比數位轉換器是將類比的連續訊號轉換為數位離散訊號的裝置，數位類比轉換器是將數位訊號轉

換為類比訊號的裝置，無線電前端收發是用來接收或是傳送訊號的裝置，透過 USB 的連接可以讓通用型處理器(General-Purpose Processor, GPP)與 USRP 上的無線電射頻前端與數位類比轉換器結合，實作軟體定義無線電。圖 4 為軟體定義無線電的架構。

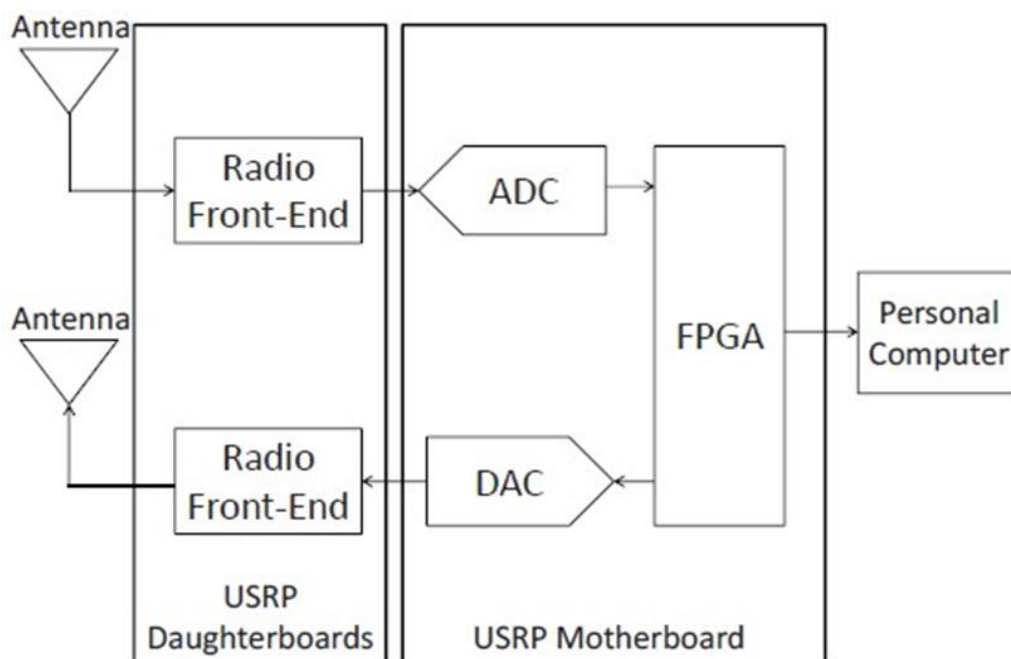


圖 4、軟體定義無線電架構圖[9]

2.1.2 使用於軟體定義無線電之裝置

本研究在 RF 接收前端所使用的硬體為 USRP B200[10]以及 USRP B200mini[11]，是一個可以進行發射與接收的雙工設備，Matt Ettus 以開發者的身分，對軟體定義無線電 GNURadio 進行積極的研究，並開發了 USRP 系列的硬體來支援 RF 前端的訊號接收。USRP B200 以及 USRP B200mini 所收發的頻率範圍從 70MHz 到 6GHz 的頻段，所支援的範圍非常廣，另外，頻寬也可多達 56MHz，是一個同時支援雙功模式且可使用頻段很寬的一個硬體，對於開發研究來說是相當方便的硬體，圖 5 以及圖 6 為 USRP B200 以及 USRP B200mini 實體設備。表 1 為 USRP B200mini 的規格，另外 USRP B200 請參閱 Ettus 網站相關介紹。

表 1、USRP B200mini 之規格[11]

頻率範圍	70MHz~6GHz
頻寬	最多至 56MHz
取樣解析度(ADC/DAC)	12bits
支援模式	Full duplex, SISO(1 Tx & 1 Rx)
最大取樣率	61.44MSample/second(MS/s)
售價	\$ 27,100 台幣



圖 5、USRP B200



圖 6、USRP B200mini

2.2 Raspberry Pi

在移動式裝置車輛方面，搭載樹莓派(Raspberry Pi, RPi)作為微型計算機，其作業系統為 Linux，由英國樹莓派基金會所開發，樹莓派的售價不高，本研究所使用的 Raspberry Pi 3 Model B+[12]，價格為 35 美元，由此可知該基金會希望以低價硬體以及自由軟體來推動學校的電腦科學教育，使得人人都有機會接觸到電腦。Raspberry Pi 3 Model B+是樹莓派基金會目前開發的最新一代產品，與 Raspberry Pi 3 相比起來，在硬體及軟體部分都有大量的更新。

Raspberry Pi 3 Model B+與過去的樹莓派相同，擁有四個 USB 介面，HDMI 影像輸出，使用 micro SD 安全數位卡(Secure Digital, SD)作為系統安裝的儲存空間，利用讀卡機進行系統燒錄就可以將作業系統安裝完成。CPU 配置博通 Broadcom BCM2837B0 晶片處理器，網路能使用乙太網路以及 2.4GHz、5GHz 802.11 b/g/n/ac WiFi 無線網路，WiFi 雙頻的支援也讓樹莓派的應用更加提升，藍芽裝置也從原本 4.1 升級至 BLE 4.2，藍芽連接在連接的安全性、速度和可靠性都有顯著的提升。樹莓派在體積及重量與上一版本相同，面積只有一張信用卡的大小，重量也只有 45 公克而已，雖然他看起來不起眼，卻能夠做到許多的應用，像是利用遠端桌面來控制其連接設備，或是利用 Pi Camera 可以即時捕捉影像，以上這些都能夠成為物聯網的一環。在作業系統方面，樹莓派主要採用開源的 Linux 系統：Debian、ArchLinux、Ubuntu Mate 等，在系統內建 Firefox、Chrome、KOffice 等應用軟體，使得在一般電腦基本使用上都與其他作業系統相容，同時還支援 Python 的開發環境，透過 Python 的開發環境，也可以利用樹莓派來執行程式，做到一般桌上型電腦能完成的任務。圖 7 為 Raspberry Pi Model B+的實體圖。



圖 7、Raspberry Pi 3 Model B+

2.3 車載診斷系統-OBD-II

車載診斷系統最初在 1968 年由德國福斯汽車裝載於車輛上，使用了電子控制燃料噴射裝置引擎，他所搭載的電子控制系統具有電子控制單元，用來監控引擎工作狀態，在後來大概二十多年間每間車廠都有自己公司規格的车載診斷系統，但始終沒有一套統一規格或是協定，在 1991 年美國加州空氣資源局開始制定法規，要求位於美國加州境內出產的車輛出廠時必須加裝基本的車載診斷系統，方便未來要進行空汙偵測，因此有了 OBD-I 的車載診斷系統，然而 OBD-I 還是沒有對內部傳輸的通訊協定以及傳輸接頭做明確且一致性的規範，所以在車輛效能以及廢氣監測上還沒有完全落實，直到 1994 年美國加州空氣資源局明確制定出通用的車載診斷系統規範，明確規定車載診斷系統的所有標準，在 1996 年後出產的車輛要具備統一的通訊協定及傳輸接頭，利用高速區域控制網路訊號傳輸，詳細規範內容如 ISO 15765-4 [13] 的規範，因此只要使用一台儀器即能偵測不同車廠所生產的不同車輛，解決了過去規格不統一的問題，OBD-II 以控制器區域網路 CAN (Controller Area Network, CAN) bus 作為車內資料傳輸協定能夠更快速更穩定以及更安全的在車上不同子系統間通訊，為車輛本身或者汽車製造廠以及維修保養廠帶來相當大的方便性以及統整性，第三章會有更詳細的介紹。圖 8 為 OBD-II 之實體接頭，透過 OBD-II Dongle 可

以連接車輛，透過控制其區域網路讀取車輛相關資料。



圖 8、OBD-II 之實體接頭

2.4 文獻探討

無線網路的崛起，使得車間通訊的研究如雨後春筍般的增加，相關的技術不斷的測試與開發，這也使得軟體定義無線電的應用越來越多，隨著使用的頻段不局限於單一頻率，測試環境要能夠隨時調整其使用頻段，車間網路系統就需要軟體定義無線電這樣的開發環境，在實作期間可以任意調整相關數值，根據不同的環境、使用頻段、發射功率隨時進行動態調整，使得車間通訊能夠在經過多次的測試之下加強其穩定性，也讓整個研究過程更為便利。

研究[14]提到未來人口不斷的增加，城市中需要高效且具有彈性的智慧交通系統(Intelligent Transportation System, ITS)，其中又以 V2V、V2I 以及 I2V 的通訊最為重要。該研究使用可見光通訊(Visible Light Communications, VLC)利用無需認證的頻段進行訊息傳送，同時透過 OBD 收集來自車輛的數據，車上所有電子感測器和執行器都連接在一起，使得車輛與路側裝置能夠互相通訊。這兩個系統 VLC 平台和 OBD 相結合，構成了基於 VLC 的 ITS 通訊系統，就此研究而言，利用 OBD 接口，確實能夠利用 CAN bus 來進行車輛資料的讀取。在資訊內容的部分，研究[15]主要針對讀取車輛的資訊內容做分析，針對 OBD 讀取的資訊過濾出哪些內容是車輛必須收集的資訊，這個目的是為駕駛員和乘客提供有用的訊息（例如道路狀況警報、車輛擁塞提醒、火警）來減少事故並改善交通狀況，事故提前告知，限速提醒，透過長時間的資訊交換來優化交通

流量並避免碰撞情況發生，[16]還能透過估算車輛位置計算相對應路段車輛的平均行駛時間和平均擁擠程度，將車況回報給調度中心去做車輛分流或是引導車輛改走其他路段防止道路壅塞。在未來 5G 網路成功後，研究[17]認為移動邊緣計算(Mobile edge computing, MEC) 可以滿足 5G 車載網路中超高可靠性和超低延遲的通訊要求，它是利用無線接入網路提供了互聯網服務環境和雲端計算能力，在未來這樣的技術搭配本研究就能利用不同頻段的通訊，來達到針對不同頻段需求做出不同的收發設定。研究[18][19]中探討載波多重存取碰撞避免(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA)，透過簡單但仿真的高速公路場景來測試，同時利用自組分時多工(Self-Organized Time Division Multiple Access, STDMA)來增加系統的即時通訊的能力，因而達到低延遲、可靠、即時通訊的車間通訊系統。

接下來針對車輛資料讀取的部分進行分析，研究[20][21]中講述車載數據紀錄器(In-Vehicle Data Recorder, IVDR)系統在各種商業和研究應用中用當作監視以及回報路況給駕駛員的提醒裝置，可以在短期內減少車輛間的碰撞率降低事故風險，據研究在 2000 年美國汽車相撞所花費的年度總成本為 230.6 億美元，社會總成本更達到 493.3 億美元，車輛公司估計每年約有 20%~65%的人參與車禍的發生，由此可知，只要能夠降低車禍參與率的工具或是方法，都能讓車禍的成本逐漸降低，同時增加用路人的安全，這樣的結果顯示，車輛加裝提醒裝置是相當重要的發展。研究[22]是一篇韓國的研究，透過 OBD 讀取車輛資料，再由藍芽傳送至移動設備，這邊的移動設備指的是智慧手機，手機部分由 Android 系統為主，由手機接收藍芽訊號，手機程式由 JAVA 和 C/C++所組成，用來收集以及分析車輛狀態訊息、車輛故障代碼及內部車輛網路的數據分析，藉由手機查看車輛資訊的方式可以更快速的得到車輛的訊息，然而，這樣的方式沒有辦法根據車輛的使用的頻段進行調整，倘若加上軟體定義無線電的方式，可以在不同頻段做資料傳送，在未來頻譜資源有限的情況下，可以做出更好的

分配。

研究[23]以及研究[24]中使用 CSMA 載波偵測多重存取實作車間通訊系統，研究[23]使用個人電腦實作連續自主收發的系統，研究[24]使用樹莓派實作連續自主收發系統，而本研究同時使用兩種裝置，將個人電腦實作為一路側裝置，將樹莓派實作為讀取車輛資訊之收發裝置，實現車與路的網絡，本研究不但融合兩種裝置，還能將讀取的訊息上傳至雲端，透過遠端觀察車輛之即時訊息，實作一包含路側裝置以及車輛的無線通訊系統，另外還能針對該系統提出應傳送之資訊，使得各節點能了解彼此之間的狀態，以確保安全。從文獻探討歸納，研究[23]及研究[24]的架構最與本研究相符，本研究會以這兩篇研究作為改進系統的基礎，擴充其功能並且能夠實作即時讀取車輛資訊並同步收發資訊。

2.5 小結

許多研究使用軟體定義無線電實作車間通訊系統，但未看到可以根據不同頻段動態調整頻率發射，且同時在車輛移動中進行收發。另外，在其他的研究當中，一般都採用桌上型電腦或是筆記型電腦來當作實驗的環境，然而，本研究利用樹莓派其不占空間的特性，同時兼具一般電腦的功能，透過 OBD 可以即時讀取車輛的資料，作出一套輕巧又不失功能的車間通訊設備。在車載診斷系統的 CAN bus 部分還需要多加研究，OBD-II 利用車輛內部區域網路，以程式控制來讀取車輛的相關數值，在研究中較少提及利用 Python 程式讀取車輛資訊的方法，同時在樹莓派規格較為簡易的情況下，要能作出同時進行訊號收發、讀取車輛資訊、電腦單元計算等功能，需要透過研究一一分析。另外，訊號收發穩定度也是我們關心的部分，透過通訊協定的修改進而改善訊號穩定度。

本研究就兩篇最接近的論文做比較表，可以發現差異如表 2 所示。論文[23]皆為靜態之研究，而論文[24]皆為動態之研究，而本研究同時包含動態以及靜

態之結果，較接近現實之狀況，同時使用 OFDM 作為接取方式，可以降低多重路徑干擾，在本研究於實驗結果有實測在互外使用 OFDM 之差異。

表 2、相關文獻比較表

	研究[23]	研究[24]	本研究
中心頻率	160MHz	144MHz	140MHz
資料型態	車載資訊	車載資訊	經由 OBD-II Dongle 實際讀取車輛資訊、 路側裝置之交通號誌
節點型態	皆為靜態	皆為動態	路側裝置為靜態、車 輛為動態
硬體裝置	筆電	樹莓派	路側裝置為筆電、車 輛端為樹莓派
系統收發	雙向收發以 Script 切 換	雙向收發以 Python 切 換	雙向收發以 Python 切 換，同時上傳車輛以 及交通號誌資訊至雲 端以供檢視
調變方式	GMSK	GMSK	OFDM

第三章 研究架構

本章節介紹本論文所使用的相關工具及系統架構，利用軟體定義無線電平台實作一個收發訊號的平台，平台中包含車輛以及路側裝置，透過裝置在長時間的通訊下，了解彼此的行車狀態以及路況訊息，對此系統之穩定性做研究和探討，本章節首先介紹軟體架構和使用的硬體設備，接下來是探討相關標準規格及協定，最後是系統架構及情境設計。

3.1 軟體架構

3.1.1 GNURadio

GNURadio[25]為一免費開源軟體，與前端 RF 硬體進行訊號的接收，軟體設計概念為軟體定義無線電，提供訊號接收、傳輸及處理模塊進行訊號處理，GNURadio 利用流程圖連結一連串訊號處理模塊，將複雜的通訊技術整合在一個流程圖中，透過 GNURadio Companion (GRC)來運作，生成流程圖源代碼，執行程式即可實現軟體定義無線電，如圖 9 所示，只要在任何的個人計算機中有支援 GNURadio 平台即可進行開發，在上個章節中所提及之樹莓派就有此開發平台，透過開源的 Raspbian 作業系統同時安裝 GNURadio 軟體即可在樹莓派中使用軟體定義無線電。GNURadio 透過軟體來控制其內部元件，圖形化介面的流程圖簡化程式編譯，不用從頭到尾撰寫整個程式，只要了解通訊運作原理即可完成程式，當整個流程圖設計完成，GNURadio 能直接生成與該流程圖相對應的 Python 檔，不須藉由平台執行才能使用，直接執行 Python 程式即可執行該通訊系統，同時還可以隨時調整模塊參數，針對不同需求改寫參數，也可以在生成的 Python 檔中新增判斷式，在不同情境下執行多種任務。使用者還能透過 C/C++程式語言自行建立通訊模塊，自行定義一個新的模組，加強 GNURadio 的靈活性。

GNURadio 的模塊是由 C++所建立的，並利用 Python 進行執行，SWIG 用

來作為他們兩者之間的接口，一般來說 C++常用於較底層的程式撰寫，Python 用於較高階層的程式撰寫，透過 C++程式與 USRP 連接，Python 連接不同的模塊用來控制流程圖的開始、暫停或結束，這麼一來就建立了 GNURadio 的完整架構，圖 10 為 GNURadio 的架構圖[9]，由此上述可知，整體平台都由程式所構成，只要能透過 C/C++以及 Python 的程式撰寫，就能為整個通訊架構改善效率以及增加靈活性，因此本研究選擇 GNURadio 來作為開發的平台。

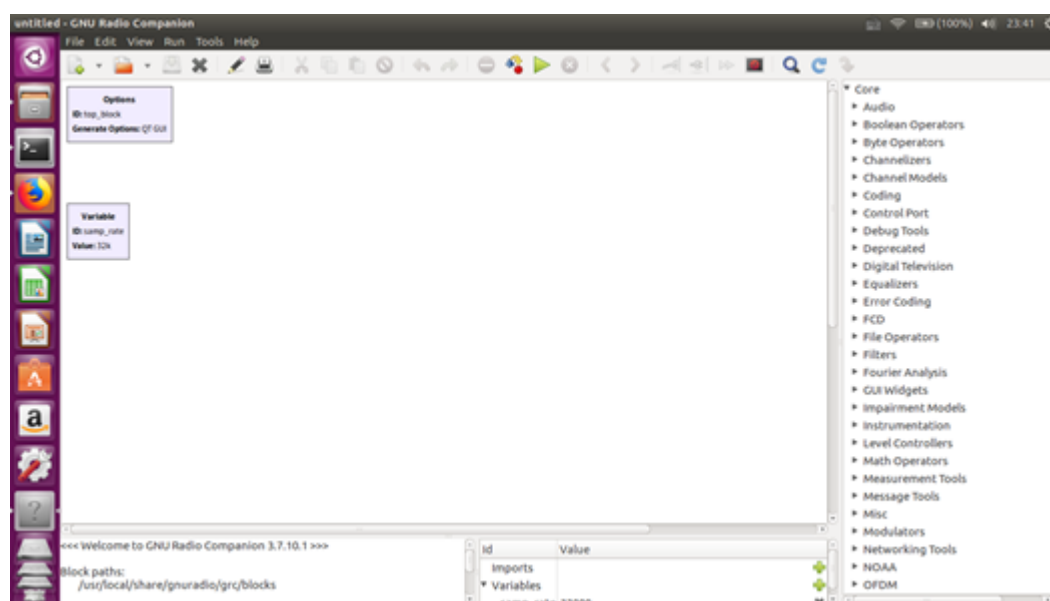


圖 9、GNURadio Companion

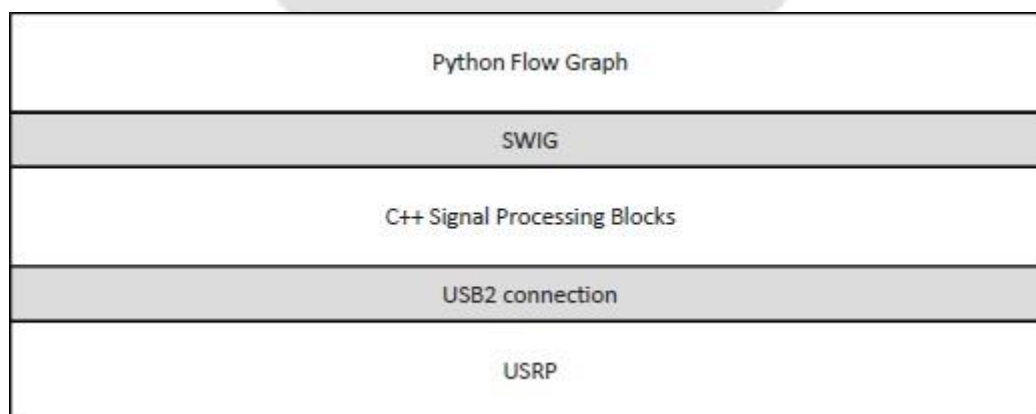


圖 10、GNURadio 平台之架構圖[9]

3.2 硬體架構

本研究因為要讀取車輛資訊，需要有個人計算機來做資訊的儲存，樹莓派

及筆記型電腦皆能夠做到這樣的任務，但為了增加戶外實作的便利性，以樹莓派為首要選擇，另外在研究過程中查看相關數據需要用到其他硬體，包含行動螢幕、無線鍵盤、無線滑鼠以及行動電源，其中行動電源提供行動螢幕以及樹莓派足夠電壓的電源，讓實驗過程中不需要因為電力的問題時常移動車輛，在樹莓派端同時連接 OBD-II 以及 USRP 讓個人計算機與車輛連接後能及時讀取車輛資訊，再透過 USRP 將車輛訊息進行收發，在路側裝置端，因為擁有較好的硬體規格以及良好的網路品質，透過有線網路能夠將接收的車輛資訊傳送雲端，也能透過 USRP 將交通號誌的時相以及緊急訊號進行發送，傳送給正在移動的車輛或是其他路側裝置，保持長時間的資訊交換，建立起一套完整的車間通訊系統，車輛端所需設備如圖 11 所示，路側裝置端所需設備如圖 12 所示。

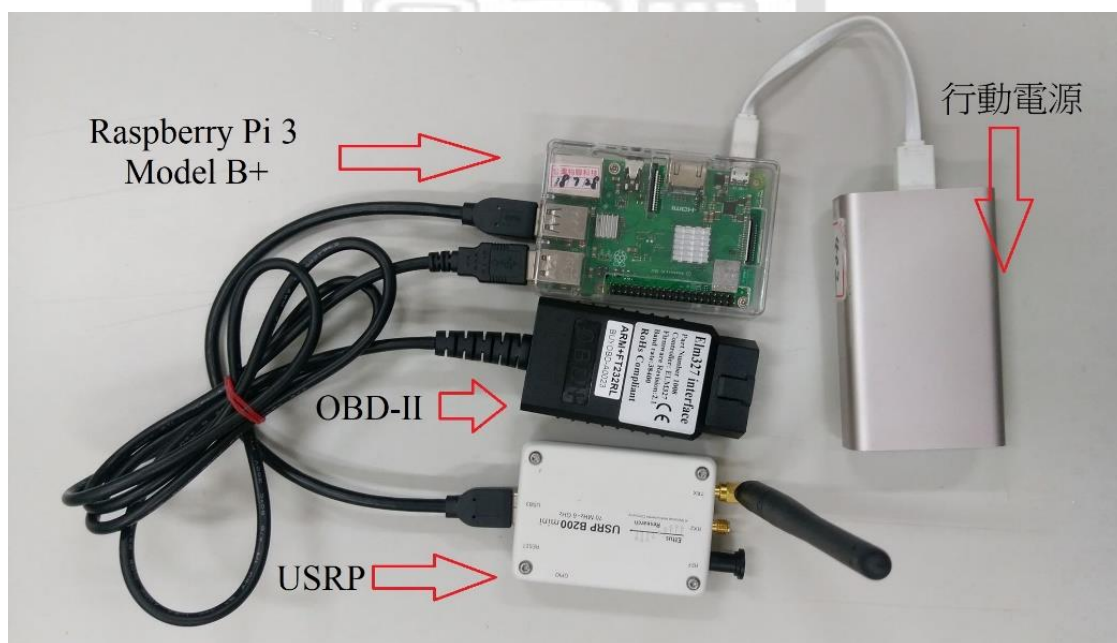


圖 11、車輛端所需設備

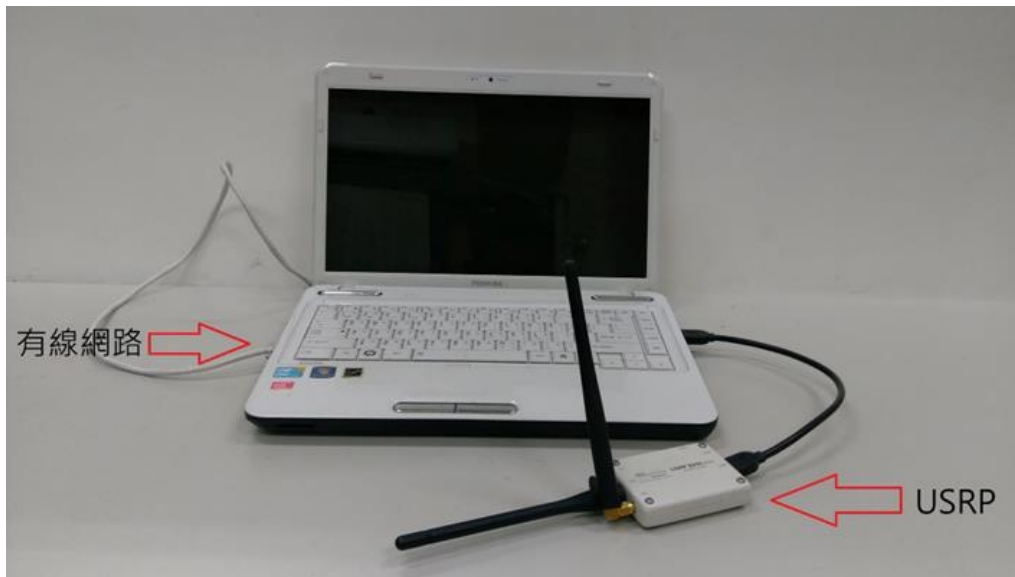


圖 12、路側裝置所需設備

3.3 系統相關技術與調變方式

3.3.1 CAN bus

OBD-II 接頭上有不同接腳的相對位置及尺寸配置圖[26]，如圖 13 所示，由美國汽車工程師協會(Society of Automotive Engineers, SAE)所訂定的規格，定義在 SAE J1962 文件中，後來也被國際標準化組織以 SAE J1962 文件為基礎定義在 ISO 15031 規格中[27]，根據 SAE J1962 定義[26]，第 6 號腳位以及第 14 號腳位為 CAN bus 訊號傳輸的接腳，內部相關的傳輸規範按照 ISO 15765 文件之規範，其他腳位像是 1, 3, 8, 9, 11, 12 等腳位不先使用，以利將來不同汽車製造廠商自行定義使用，保留 OBD 之彈性以方便擴充其他應用功能。

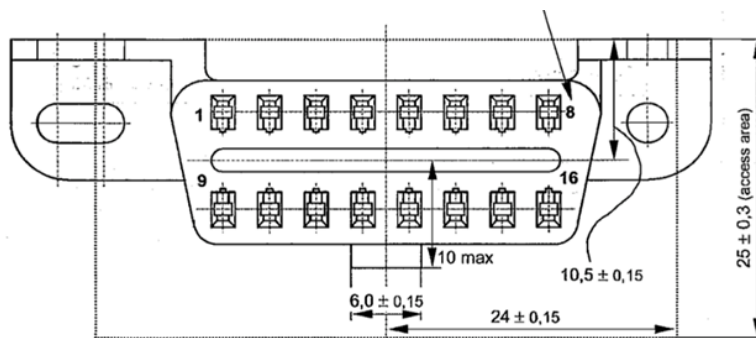


圖 13、OBD-II 接頭接腳

控制器區域網路為一種通訊協定，在這個網路架構當中，不需由一主機來

控制通訊，只要連接到該網路中的裝置就能直接互相溝通，這種隨時可以在網路中加裝硬體的特性，最常用來當作車輛內部的微控制通訊[28]。CAN 是一個序列匯流排，匯流排所指的就是 bus，對於車輛擁有高安全性及高效率的即時監控，在傳輸速率上有高速以及低速的傳輸速率，高速傳輸可以應用在反鎖死煞車系統（Anti-lock Braking System, ABS）傳輸速率最高可達 1Mb/s，低速傳輸的傳輸速率最高可達 125kb/s。另外，CAN 具備了偵錯以及優先權差異的機制，這些機制能夠讓傳輸更加可靠，優先權的差異可以根據資料不同的重要程度來決定傳送的先後順序[29]。

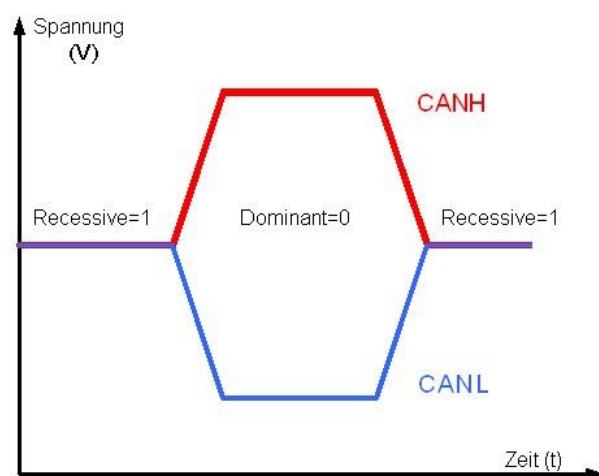


圖 14、CAN bus 利用兩條線路所產生的電位差

CAN 的匯流排是由兩條線路所組成[30]，當兩邊線路電位差相對較小時表示為 1，電位差相對較大時表示為 0，如圖 14，只利用兩條線路所組成的架構，成本相對的低價，同時又能夠保有穩定度，這就是 CAN 能利用較少的成本來達成預期可靠度的原因。另外，在此網路中將 0 定義成顯性，1 定義為隱性，當資料傳送時，接收到顯性資料代表優先權較大，會把通道讓給此訊息，等到該訊息的資料完全傳送結束，才會把通道讓給其他的訊息傳輸。

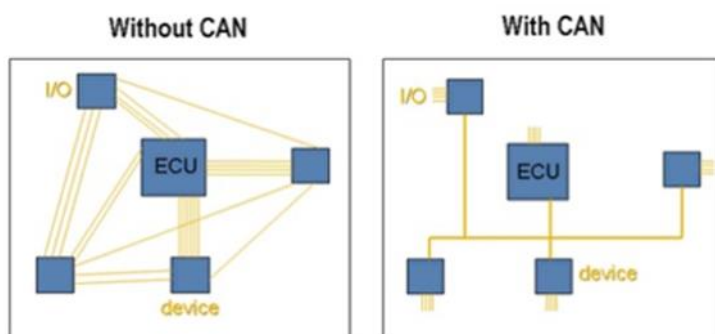


圖 15、CAN bus 的裝置配置線路[31]

CAN bus 還有一個優點，因為他是以訊息作為通訊協定的基礎，所以不需要位址的配置，當在該網路中要加入新的元件，不需要再重新編排順序，其他的節點也不需要重新辨識這些新增的節點，根據訊息的編號就能夠確認該筆資料是否為此裝置需要接收的資料，當各個節點接收到資料再決定是否接收或丟棄，相較於其他系統中，少了許多線路的連接，如圖 15 所示。

CAN bus 的傳輸通訊協定是利用 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)，在每個節點會監測匯流排是否有在運作，經過一段期間沒有訊號的收發，每個節點都有相同的機會傳送資料，當資料傳送出去之後便會開始偵測有無碰撞發生，若系統中有碰撞就會重新傳送該訊息[32]。

以下就整個傳送的資料通訊格式做簡介，同時也針對不同的訊息格式來做分析，其中包含許多檢查的機制，這也是讓 CAN bus 網路架構能夠降低錯誤率的原因。在 CAN bus 網路系統內的資料通訊格式主要用於傳送資料，主要分成 7 個部分[33]:

- 欄位起始(Start of Frame-SOF): 送出 1 位元 dominant(0)，用來同步。
- 仲裁欄(Arbitration Field): 表示節點的優先權，用來判別優先權。
- 控制欄(Control Field): 包括資料長度代碼和兩個將來作為擴展用的保留位。
- 數據欄(Data Field): 資料欄由資料欄位中的發送資料組成。

- CRC 欄(CRC Field):錯誤檢查。
- 應答欄(ACK Field):接收正確，接收端送出 1 位元 dominant(0)。
- 欄位結尾(End of Frame-EOF):通訊格式結束的欄位。

圖 16、資料通訊格式示意圖

圖 17、資料通訊格式簡易示意圖

車用串列網路值 (Bus Value) 具有兩種互補的邏輯值之一：顯性(Recessive)或隱性(Dominant)。顯性位和隱性位同時傳送時，總線的結果值為顯性那麼在執行車用串列網路線與(Wired-And)時，邏輯 0 代表顯性，邏輯 1 代表隱性。

1. 仲裁欄(Arbitration Field)

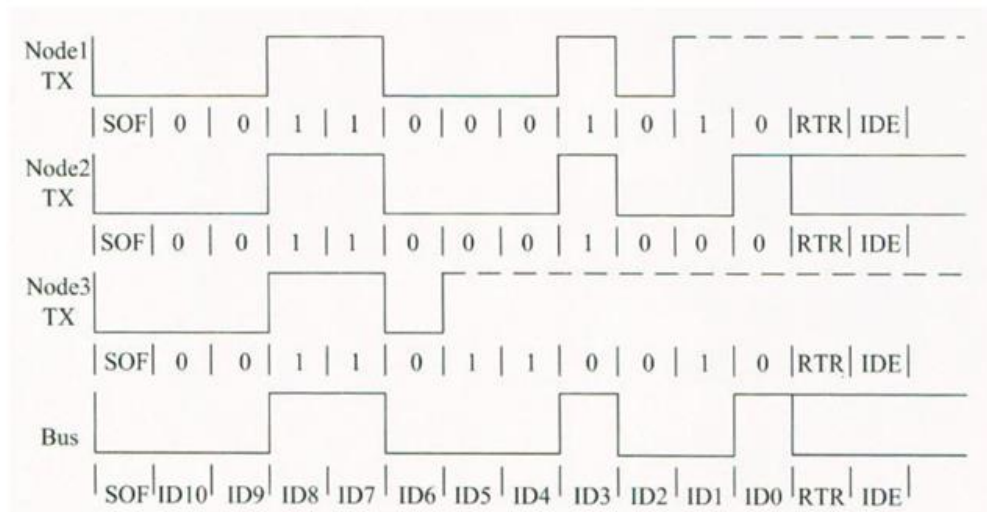


圖 18、同時有多個節點在傳送資料

圖 18 中的 RTR (Remote Transmission Request)則為優先判斷與資料接收與否的識別，RTR=dominant(0)，表示資料要傳出，RTR=recessive(1)，則表示要接收資料。IDE (ID extension)：標準格式為 dominant(0)；延伸格式為 recessive(1)。

2. 控制欄(Control Field)

控制欄由 6 個位元所組成，包括資料長度代碼和兩個未來作為擴展用的保留位。所發送的保留位必須為顯性。接收器接收所有由顯性和隱性組合在一起的位元，圖 19 為控制欄示意圖。

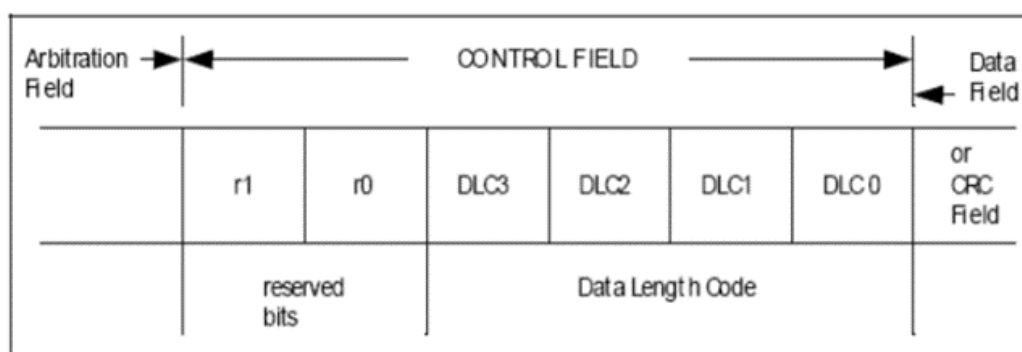


圖 19、Canbus 的控制欄示意圖

表 3、資料長度代碼中資料位元組數的編碼 DLC

Data Len.	DLC3	DLC2	DLC1	DLC0
0	d	d	d	d
1	d	d	d	r
2	d	d	r	d
3	d	d	r	r
4	d	r	d	d
5	d	r	d	r
6	d	r	r	d
7	d	r	r	r
8	r	d/r	d/r	d/r

3. 數據欄(Data Field)

數據欄由資料欄位中的發送資料組成。它可以為 0~8 個位元組，每個位元組包含了 8 個位元。

4. CRC 欄(Cyclic Redundancy Check Field-CRC Field)

循環冗餘校驗(CRC)是根據網路封包或電腦檔案等資料產生簡短固定位數驗證碼的一種函數，用來檢查 SOF、Arbitration Field、Control Field 以及 Data Field 是否產生錯誤，圖 20 為 CRC。

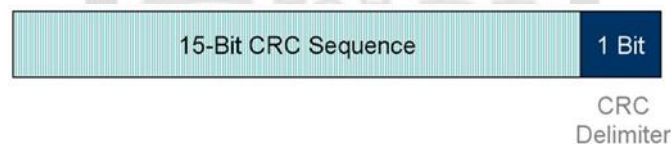


圖 20、CRC 序列以及 CRC 分隔符所佔的位元

5. ACK 欄(ACK Field)

所有接收到匹配的 CRC 序列的節點會在 ACK Slot，傳送端送出一個 recessive bit(1)，當接收端正確收到一個訊息，則在 ACK Slot 中回傳一個為 dominant(0)位元，告知傳送端，圖 21 為 ACK 欄示意圖。

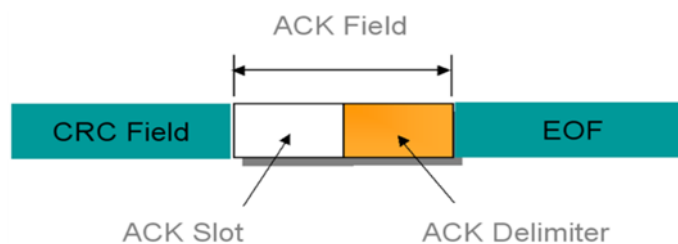


圖 21、ACK 欄示意圖

6. 欄位結尾(End of Frame)

每一個資料都是由 7 個連續的 recessive(1)位元作為結束，圖 22 為欄位結尾之示意圖。

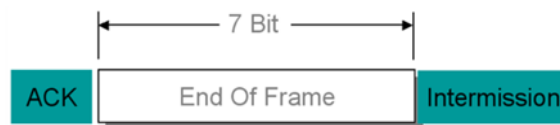


圖 22、欄位結尾示意圖

3.3.2 Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM)

正交分頻多工(Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, OFDM)，其基本原理是把原本資料的序列分配在不同的子載波(Sub-Carrier)平行傳送，透過這樣分配的方式使得每個子載波的傳輸間隔增加為原本的好幾倍，如圖 23 所示，此間隔配置讓子載波的符元持續時間(Symbol Duration)變長，也可以降低多重路徑的影響。OFDM 與傳統的分頻多工差異在於 OFDM 中每個子載波都有正交性(Orthogonality)，在正交的狀況下，子載波之間不會互相干擾，同時還能夠互相重疊，與傳統的分頻多工相比 OFDM 的頻寬效益較佳，在相同的時間內可以傳送更多的資料量，如圖 24 所示。4G-LTE、數位電視等都有使用 OFDM 的技術，讓頻寬的使用率提高，增加網路的速度、數據傳輸率，因為頻譜的使用特性，未來許多應用都會以 OFDM 來做為其通訊方式，本研究也選用 OFDM 作為訊號傳送之調變方式。

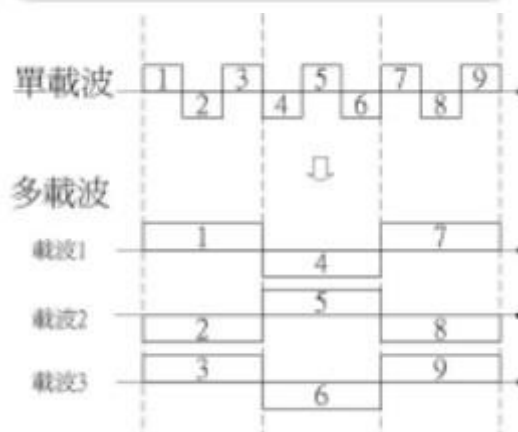


圖 23、OFDM 多載波示意圖[32]

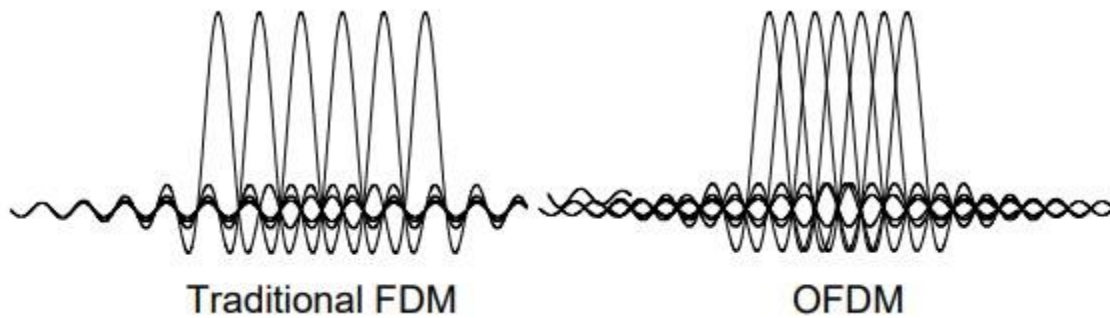


圖 24、傳統分頻多工與正交分頻多工頻譜之比較[34]

OFDM 的優點在於能夠有效減少多重路徑造成接收端位元錯誤率的影響，在本研究中要在室外進行實作，會遇到許多不同的路徑傳送，因此有這樣的效果可以讓整體傳送品質上升，同時 OFDM 有較佳的頻譜效率，透過將頻寬分隔成多個子載波，且子載波之間重疊且正交，在整體頻寬使用效率提高，每個子載波可以使用不同的調變方式來進行調變，也可以自己定義 FFT 長度來規劃頻譜中要使用的大小，是目前較為主流的通訊接取方式。

3.4 車輛資訊及路側資訊

台灣在民國 97 年 1 月之後因為法案修改的關係，新產的車輛都具有 OBD 的設備，如此一來使得所有新車都能夠透過 OBD 來讀取車輛的相關資料，本研究針對車輛讀取基本訊息應包含的有時間(Time)、每分鐘轉速(Revolutions Per Minute, RPM)、英里每小時或是簡稱邁(Mile Per Hour, MPH)、節流閥(Throttle)、乘載量(Load)、燃料狀態(Fuel Status)等，但是在未來為了能夠釐清交通事故的肇事原因，車輛需具備像飛機上黑盒子的裝置，紀錄事故前的車輛狀況，或是提前了解周遭車輛行車狀況，來降低車輛事故的發生，因此包含駕駛踩煞車、按喇叭、方向盤、方向燈、車輛加速度等都是我們關心的數據，本研究希望透過修改 Python 程式可以額外讀取相關數值，讓車輛數據紀錄更加完整，再藉由資料密集的傳送，讓車輛對於突發狀況能夠有所因應或是事故發生之後可以還原當時的情況，圖 25 為 OBD 讀取車輛的資訊檔案。

```

Time,RPM,MPH,Throttle,Load,Fuel Status
13:25:34.865934,1886,34.8042262275,40.0,87.8431372549,0200
13:25:35.750118,1910,35.4257302672,40.0,88.6274509804,0200
13:25:36.645314,1964,36.047234307,40.0,86.6666666667,0200
13:25:37.508568,2011,37.2902423866,40.0,86.6666666667,0200
13:25:38.376865,2070,37.9117464264,35.6862745098,71.7647058824,0200
13:25:39.235908,2101,39.7762585457,24.7058823529,41.9607843137,0200
13:25:40.105863,2109,39.7762585457,21.568627451,28.6274509804,0200
13:25:40.941742,2121,39.7762585457,12.5490196078,9.80392156863,0400
13:25:41.773439,1425,39.7762585457,12.5490196078,30.9803921569,0200
13:25:42.616174,1218,39.7762585457,16.4705882353,26.6666666667,0200
13:25:43.459129,2019,39.7762585457,19.6078431373,22.7450980392,0200
13:25:44.298127,2421,39.7762585457,20.0,22.7450980392,0200
13:25:45.141567,2421,39.1547545059,25.4901960784,42.7450980392,0200
13:25:45.993046,2464,39.1547545059,25.8823529412,41.9607843137,0200
13:25:46.840760,2507,39.7762585457,27.4509803922,49.8039215686,0200
13:25:47.679187,2554,40.3977625855,27.8431372549,49.8039215686,0200
13:25:48.526710,2593,41.640770665,27.8431372549,48.6274509804,0200
13:25:49.365514,2640,42.2622747048,27.8431372549,48.6274509804,0200
13:25:50.213161,2664,42.8837787446,27.8431372549,50.9803921569,0200
13:25:51.56386,2691,42.8837787446,27.8431372549,50.9803921569,0200
13:25:51.894269,2699,43.5052827843,27.8431372549,53.7254901961,0200
13:25:52.742595,2718,44.1267868241,28.2352941176,51.7647058824,0200
13:25:53.581669,2738,44.1267868241,28.6274509804,53.7254901961,0200
13:25:54.428792,2769,44.7482908639,28.6274509804,54.9019607843,0200
13:25:55.275724,2777,44.7482908639,28.6274509804,52.9411764706,0200
13:25:56.119030,2789,44.7482908639,28.6274509804,52.9411764706,0200
13:25:56.961669,2816,45.9912989434,28.6274509804,52.9411764706,0200
13:25:57.805572,2832,45.9912989434,28.6274509804,51.7647058824,0200
13:25:58.643876,2855,45.9912989434,28.6274509804,51.7647058824,0200
13:25:59.491731,2875,45.9912989434,28.6274509804,52.9411764706,0200

```

圖 25、OBD 讀取車輛的資訊檔案

透過軟體定義無線電，將整個無線通訊系統分為兩個至三個頻道，第一頻道為一般通訊使用之頻道，第二頻道為緊急廣播頻道，若有三頻道則能夠作為語音傳送之用，車輛與車輛之間資料互相傳送，長時間進行資訊交換，以了解其他車輛狀況，為一般通訊之使用，在路側裝置端的部分，運算能力較車輛端佳，還能統整系統資料，當路側裝置端發現有突發狀況發生，能使用緊急廣播專用之頻段傳送緊急資訊，提醒周遭車輛，降低事故發生。路側裝置還能傳送交通號誌資訊給周遭車輛，讓車輛提前知道燈號是否即將變換，避免車輛為了搶快闖黃燈，減少車禍發生的機率。另外，當車輛發生事故或是車輛狀況異常，車輛可以發送故障訊號給路側裝置，再藉由路側裝置透過廣播專用頻段發送緊急廣播給周遭車輛，提醒用路人提高注意力。若頻寬夠大，還能夠透過路側裝置以語音經由緊急廣播頻道傳送聲音訊息給用路人，以這三個頻道建立起一套完整的無線網路通訊系統，讓車輛與路側裝置能夠更有效更互相溝通。為了能夠更符合現實生活的狀況，與台南市縣政府交通局索取台南市路口交通號誌的時相，表 4 為成功大學附近路口交通號誌之時相，此交通號誌位於勝利路與大學路路口，整個資料的時間為 24 小時的資訊，可以根據不同時段透過軟體定

義無線電傳送相對應的燈號給附近車輛。

表 4、大學路與勝利路路口的交通號誌時相

第一時相勝利路雙向通行、第二時相大學路雙向通行、第三時相行人專用時相											
號誌編號	時段	時制	週期	時差	基準方向	時相	分相號	時比	綠燈	黃燈	全紅
S019301	0000-0100	1	100	20	0	30	1	36	31	3	2
S019301		1	100	20	0	30	2	36	31	3	2
S019301		1	100	20	0	30	3	28	26	0	2
S019301	0100-0600	2	100	20	0	30	1	36	31	3	2
S019301		2	100	20	0	30	2	36	31	3	2
S019301		2	100	20	0	30	3	28	26	0	2
S019301	0600-0700	3	100	20	0	30	1	36	31	3	2
S019301		3	100	20	0	30	2	36	31	3	2
S019301		3	100	20	0	30	3	28	26	0	2
S019301	0700-0815	4	120	0	0	30	1	43	38	3	2
S019301		4	120	0	0	30	2	43	38	3	2
S019301		4	120	0	0	30	3	34	30	0	4
S019301	0815-0845	5	120	0	0	30	1	43	38	3	2
S019301		5	120	0	0	30	2	43	38	3	2
S019301		5	120	0	0	30	3	34	30	0	4
S019301	0845-1145	6	120	0	0	30	1	43	38	3	2
S019301		6	120	0	0	30	2	43	38	3	2
S019301		6	120	0	0	30	3	34	30	0	4
S019301	1145-1230	7	120	0	0	30	1	43	38	3	2
S019301		7	120	0	0	30	2	43	38	3	2
S019301		7	120	0	0	30	3	34	30	0	4
S019301	1230-1315	8	120	0	0	30	1	43	38	3	2
S019301		8	120	0	0	30	2	43	38	3	2
S019301		8	120	0	0	30	3	34	30	0	4

3.5 系統情境架構

3.5.1 架構示意圖

本研究透過 OBD 接口讀取車輛資訊，經由 USB 與樹莓派連接，再藉由樹莓派中的 Python 檔抓取並儲存車輛的動態資訊，接下來經由 USRP B200mini 傳送車輛資訊至路側裝置以及其他車輛，保持長時間的通訊，而在路側裝置端，藉由個人電腦抓取交通號誌資訊，再將交通號誌資訊透過 USRP B200 或是 USRP B200mini 將號誌訊息或緊急訊號傳送至其他車輛，同時透過有線網路，將接收到的車輛資訊以及本身的交通號誌資訊上傳雲端，把整個架構的相關資訊儲存以利未來有事故或緊急事件發生作為後續分析之使用，整體研究架構如圖 26 所示。

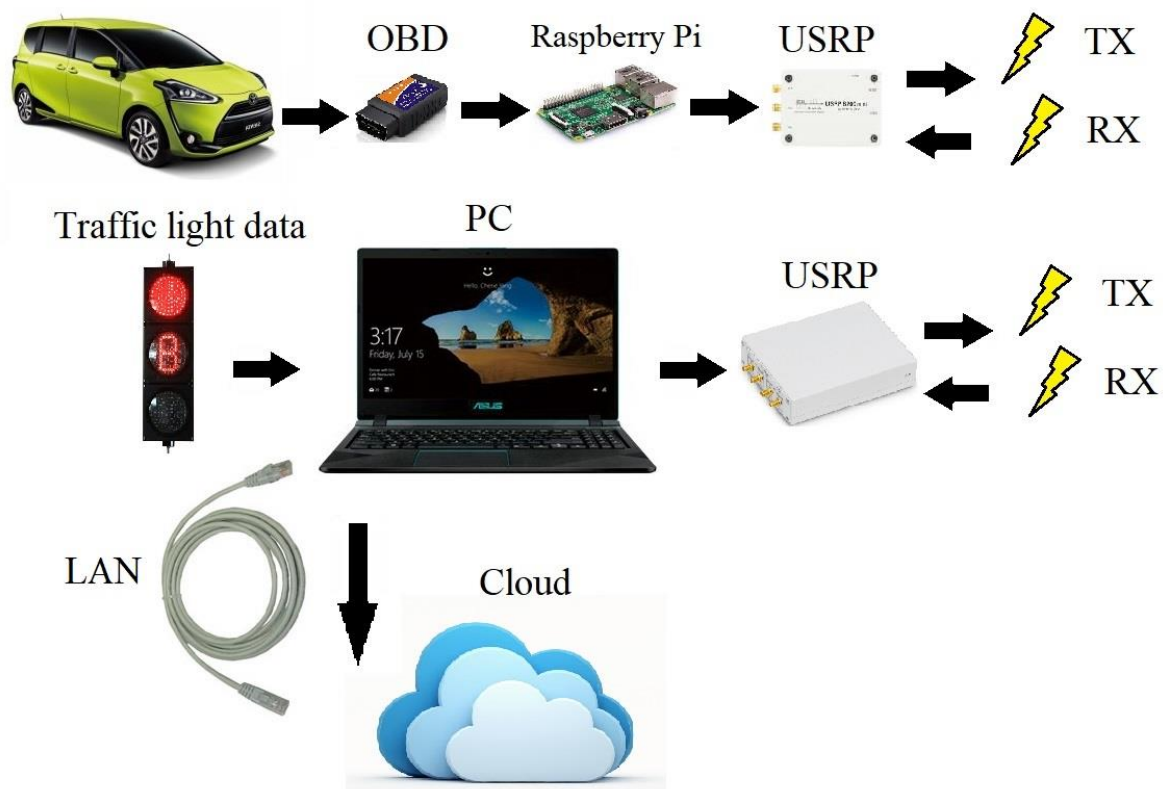


圖 26、整體研究架構示意圖

3.5.2 研究情境之設定

車聯網中有了車輛及路側裝置，能夠做到許多應用，在此設定兩種情境能夠在路側裝置的協助下所實現的狀況，第一種情況，車輛行駛於道路上，看見前方交通號誌的燈號顯示為綠燈，保持高速通過，卻沒能事先預知燈號即將變換，因此容易發生闖黃燈，甚至是闖紅燈的情況發生，透過路側裝置發送號誌資訊，能夠在尚未到達路口前就能及時降低車速，不讓車輛闖紅燈，減少想搶快過路口造成車禍的發生，情境一如圖 27 所示。

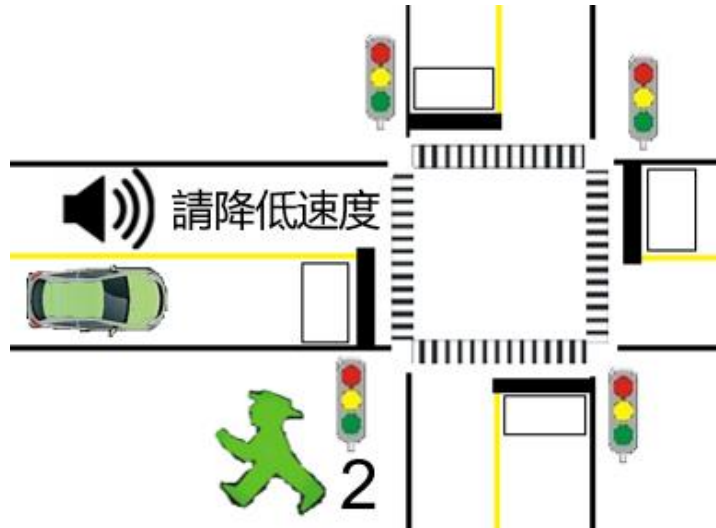


圖 27、情境一示意圖

第二種情境針對突發狀況的發生，包含火災、交通事故、車輛故障等，透過鄰近車輛的路側裝置偵測車輛數值異常，通報相關單位前來協助處理，把握黃金救援時間，以最快的速度抵達現場救助傷患，同時進行交通指揮，不但可以降低事故傷亡，還能夠控制秩序盡快排除事故現場，情境二如圖 28 所示。

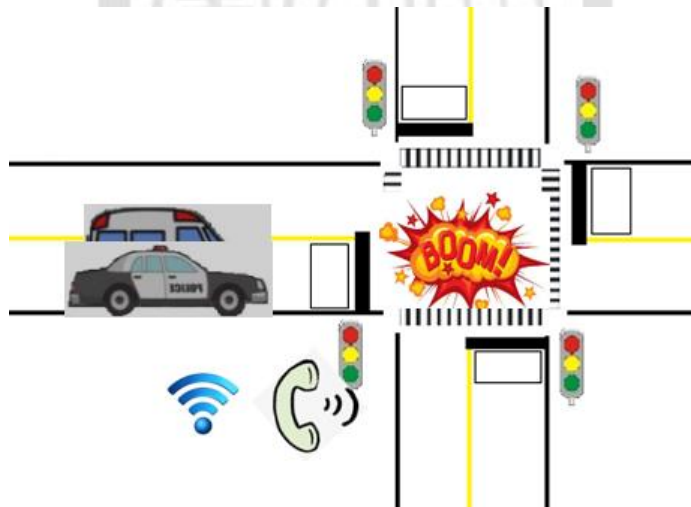


圖 28、情境二示意圖

3.5.3 傳送端與接收端之設計

傳送端會將車輛的資訊會以 Car 1, Car 2 以 log 檔的方式作發送，路側裝置的資訊會以 Roadside 的 log 檔的方式發送，本傳送端之設計圖為 GNURadio 官方網站提供，須透過流程圖的修改將資料格式調整正確後，中間經過 OFDM

調變，根據頻段的不同設定頻段，再由 USRP B200mini 或是 USRP B200 傳遞，傳送端流程圖如圖 29 所示，本研究 OFDM 發送端之中心頻率為 140MHz，取樣頻率為 100kHz，每個子載波 FFT size 為 64，occupy carrier 為 -26 至 26 共使用 53 個，每個子載波以 QPSK 的調變方式處理，由這些數值可以推算頻寬，OFDM subcarrier spacing (F_{sc}) = sample rate / FFT size = 100kHz/64 = 1.5625kHz，Bandwidth = occupy carrier $\times F_{sc}$ = 53 $\times$ 1.5625kHz = 82.8125kHz，頻寬大小為 82.8125kHz。

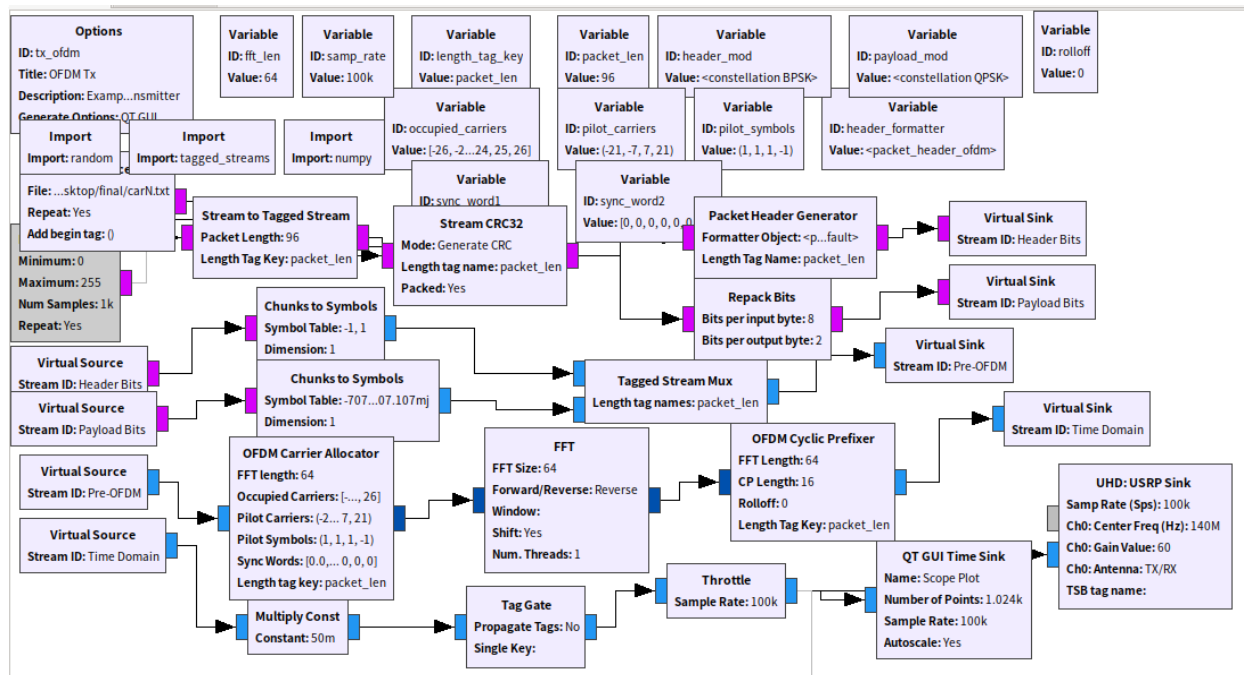


圖 29、傳送端之流程圖

接收端則需透過 USRP 收到訊號之後，透過 OFDM 解調，最後將收到的 log 檔資料甚至是語音資料重現，接收端流程圖如圖 30 所示。

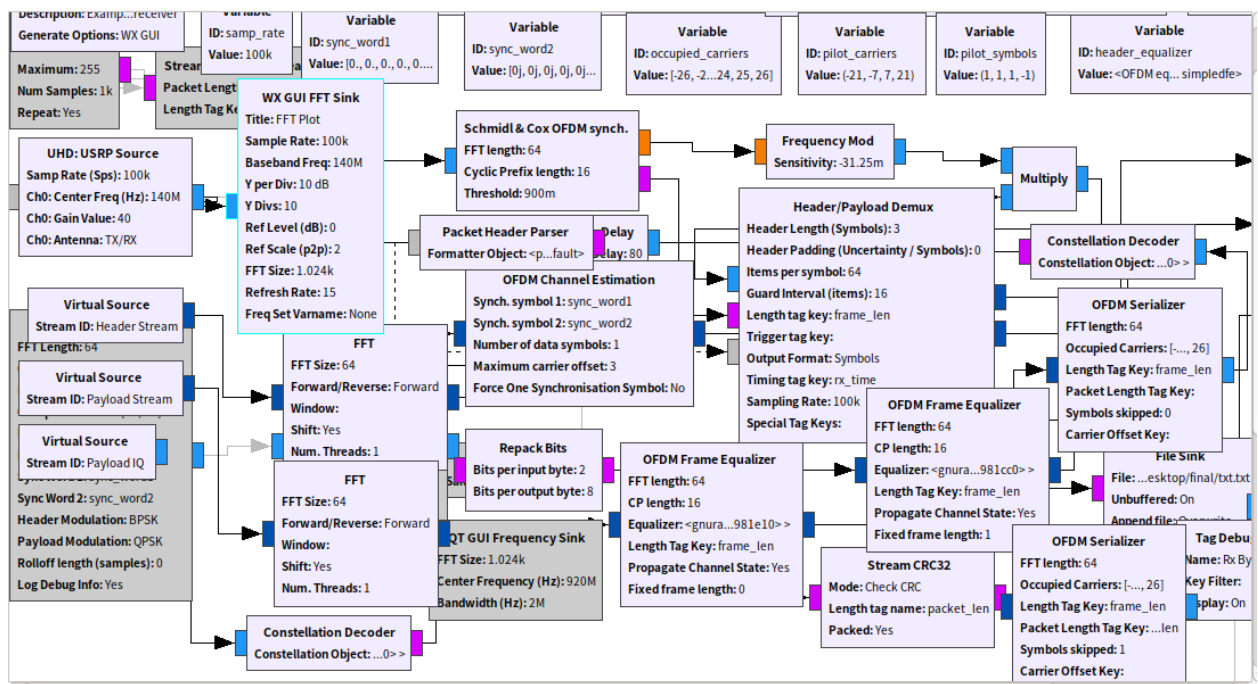


圖 30、接收端之流程圖

本研究 OFDM 接收端之中心頻率為 140MHz，取樣頻率為 100kHz，每個子載波 FFT size 為 64，occupy carrier 為-26 至 26 共使用 53 個，每個子載波以 QPSK 的調變方式處理，透過這樣的設置來實作連續自主收發。

第四章 研究成果

本章節會介紹從車輛與路側裝置儲存之資訊格式以及儲存車輛資料項目，到後面至戶外進行車輛與車輛、車輛與路側裝置、兩台車輛與路側裝置收發的結果，接下來實際測試是否能同時抓取車輛資訊，同時發送給其他車輛及路側裝置，也會分析此系統中，搭配修改 PID(Parameter IDs)碼，車輛可以儲存哪些有效資訊，讓車輛之間能夠更了解彼此的狀態，最後分析戶外實作之優缺點以及探討系統可以改善的地方作為研究結果探討。

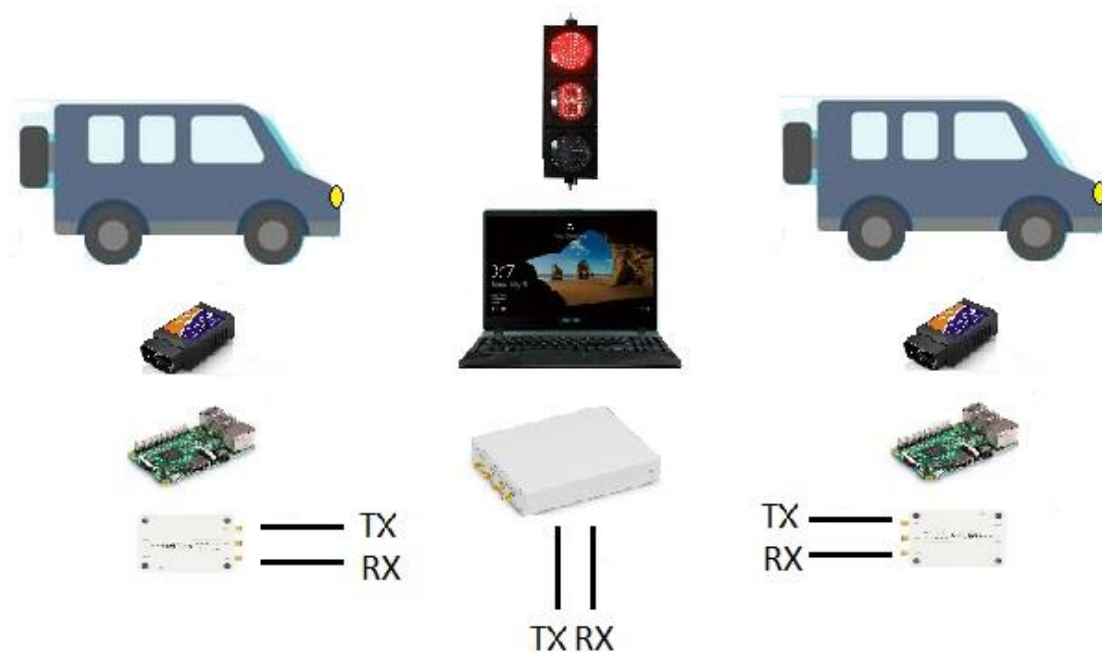


圖 31、兩台車輛及路側裝置收發示意圖

本研究以筆記型電腦作為路側裝置之設備，並且在路側裝置中加入交通號誌之時相，紀錄當下交通號誌的情況，透過軟體定義無線電將交通號誌發送至其他節點。另外，以樹莓派當作儲存車輛資訊的載具，透過 OBD-II Dongle 讀取車輛資訊，同時儲存在樹莓派內，再經由軟體定義無線電將車輛重要資訊傳送至其他節點，其架構圖如圖 31 所示。

為進行本研究之實作，須備妥相關器材，有樹莓派、筆記型電腦、行動電源、行動螢幕、OBD-II Dongle、無線鍵鼠組、USRP 以及收發天線，實做部署情況如圖 32 所示，分別裝置於兩台不同的車輛上，以讀取兩台車輛之資訊。



圖 32、接取車輛資訊實際裝置之情形(a)車輛一(b)車輛二

4.1 車輛以及路側裝置之資訊

4.1.1 車輛端的資訊型態

在進行車輛資訊收發之前，必須先蒐集車輛本身的訊息，透過 OBD-II Dongle 可以抓取自定義之車輛資訊。一開始抓取的資訊包含時間、引擎轉速、車速、油門位置、引擎負荷以及燃料狀況，其記錄結果如圖 34 所示。

初步研究的結果發現資料較為零散，且不易理解，須將資料以有意義的儲存方式，可供需要的人員參考，因此，後續有透過 Python 程式將資料分門別類，以不同的項目區分車輛資訊，取代一大堆數字的情況，同時可以觀察到圖 33 時間的欄位，可以發現大約每一秒會有 9 至 10 筆的車輛資訊，推估讀寫車輛資訊的速度大約是每 0.1 秒紀錄車輛的資訊一次，就車輛資訊的更新頻率來說，儲存的數據內容就是車輛當下最即時的資訊。

Time	RPM	MPH	Throttle	Load	Fuel	Status
22:34:35.574820	750	1926.66252331	0.0	0.0	0D41110D41044E41030200	
22:34:35.718382	750	1864.51211933	0.0	0.0	0D41110D41044E41030200	
22:34:35.846989	762	1864.51211933	0.0	0.0	0D41110D41044E41030200	
22:34:35.974062	787	1864.51211933	0.0	0.0	0E41110D41044E41030200	
22:34:36.086282	762	1864.51211933	0.0	0.0	0D41110D41044E41030200	
22:34:36.198333	762	1864.51211933	0.0	0.0	0D41110D41044E41030200	
22:34:36.310576	750	1864.51211933	0.0	0.0	0E41110D41044E41030200	
22:34:36.421360	750	1864.51211933	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:36.533557	775	1864.51211933	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:36.645570	775	1926.66252331	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:36.757765	787	1926.66252331	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:36.869814	762	1926.66252331	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:36.980787	750	1926.66252331	0.0	0.0	0E41110D41044F41030200	
22:34:37.092806	737	1926.66252331	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:37.205031	750	1926.66252331	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:37.317063	775	1926.66252331	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:37.428028	787	1926.66252331	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:37.540065	762	1926.66252331	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:37.652283	750	1864.51211933	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:37.764309	750	1864.51211933	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	
22:34:37.876804	750	1864.51211933	0.0	0.0	0D41110D41044F41030200	

圖 33、實際抓取車輛之資訊

然而，有些資訊在車聯網之系統中並非必然需要，像是引擎負荷以及燃料狀態較不影響車輛行進中的狀態，若數值異常並不會造成立即的危險，因此參考 OBD-II 的 PID 碼[35][36]之後，引擎運轉時間以及引擎運轉溫度這兩項較為重要，可以列入車聯網的資訊當中，PID 能讀取到的數值如附錄一所示。在數據中加入引擎運轉時間，可以得知引擎運轉越久駕駛可能會有疲勞駕駛的問題，在許多運輸業都會有疲勞駕駛的狀況產生，因此為了了解其他駕駛人精神狀況是否正常，可以透過這個項目來推算其他車輛駕駛的疲勞程度。另外，加入引擎運轉溫度可以得知車輛是否即將拋錨，車輛在高速的情況下拋錨可能會造成失去動能或是忽然停止而造成追撞的事故，因此讓其他車輛了解其他車輛的引擎溫度也能夠減少事故的發生。因此在實作中加入這兩項數值。

誠如前述所說，為了方便了解資料的意義，本研究透過程式把資料分類整理，再進行儲存，分別以時間、引擎轉速、車速、油門、引擎溫度、引擎運轉時間等做為不同項目的分類，其中 Car ID 為手動輸入之資訊，車輛資訊即時彙整結果如圖 34 所示。

```

File Edit Search Options Help
Time,RPM,MPH,Throttle,Temperature,Engine Time
Car1
Car ID:ACE-1988
Time:15:21:57.616241
RPM:650
MPH:0.0
Throttle:2.35294117647
Temperature:188
Engine Time:515:21:57.759025

```

圖 34、實際車輛抓取資料結果

4.1.2 路側裝置端的資訊型態

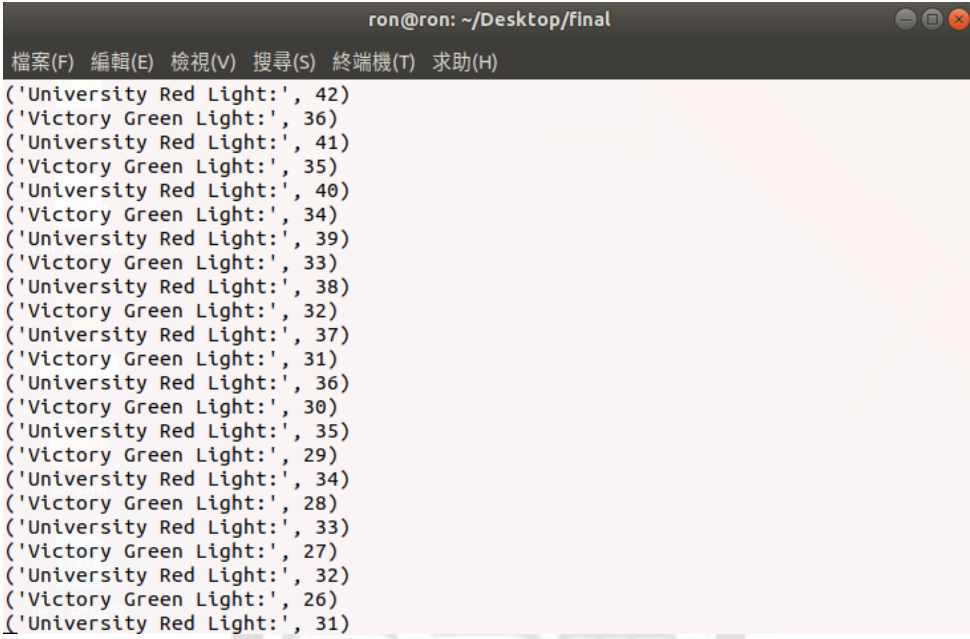
本研究向台南市交通局取得台南市東區勝利路以及台南市東區大學路十字路口交通號誌的內容，選擇一較常出現的交通號誌燈號循環作為路側裝置之交通號誌時相，該循環共需要 120 秒，因此透過傳送其循環的順序，便可以得知目前大學路以及勝利路的交通號誌燈號和行人號誌的燈號，透過這樣的整理分析可以大幅化簡交通號誌的表示方法。整理分析燈號的結果如表 5 所示，全部的循環內容於附錄二中，由表可以推算出現在交通號誌的時相。

表 5、交通號誌循環表

紅燈數	相反順序	順序	勝利路	大學路
1	1	120	綠38	紅43
1	2	119	綠37	紅42
1	3	118	綠36	紅41
1	4	117	綠35	紅40
1	5	116	綠34	紅39
1	6	115	綠33	紅38
1	7	114	綠32	紅37
1	8	113	綠31	紅36
1	9	112	綠30	紅35
1	10	111	綠29	紅34
1	11	110	綠28	紅33
1	12	109	綠27	紅32
1	13	108	綠26	紅31
1	14	107	綠25	紅30
1	15	106	綠24	紅29

在路側裝置端會顯示現在交通號誌的燈號，並同時將交通號誌的資訊儲存下來，再進行傳送，路側裝置的交通號誌顯示方式如圖 35 所示。圖中可以看到'University Red Light:', 42 代表大學路目前為紅燈倒數 42 秒，'Victory Green

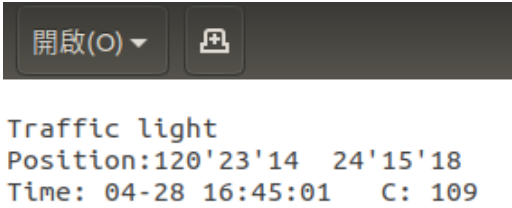
Light:', 36 代表勝利路目前為綠燈倒數 36 秒。



```
ron@ron: ~/Desktop/final
檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 搜尋(S) 終端機(T) 求助(H)
('University Red Light:', 42)
('Victory Green Light:', 36)
('University Red Light:', 41)
('Victory Green Light:', 35)
('University Red Light:', 40)
('Victory Green Light:', 34)
('University Red Light:', 39)
('Victory Green Light:', 33)
('University Red Light:', 38)
('Victory Green Light:', 32)
('University Red Light:', 37)
('Victory Green Light:', 31)
('University Red Light:', 36)
('Victory Green Light:', 30)
('University Red Light:', 35)
('Victory Green Light:', 29)
('University Red Light:', 34)
('Victory Green Light:', 28)
('University Red Light:', 33)
('Victory Green Light:', 27)
('University Red Light:', 32)
('Victory Green Light:', 26)
('University Red Light:', 31)
```

圖 35、路側裝置的顯示方式

路側裝置同時也會將燈號傳送給其他車輛，讓周圍車輛能夠了解周圍燈號之運作，因此路側裝置會傳送當下時間、位置、燈號等資訊，其格式如圖 36 所示，其中 C 的數值就代表其順序為 109，對照表 5 可以發現當下台南市東區勝利路的交通號誌為綠燈倒數 27 秒以及台南市東區大學路紅燈倒數 32 秒，透過這樣的方式車輛可以知道當下交通號誌的資訊，交通號誌的位置為手動輸入的經緯度，可以根據交通號誌的位置更改其數值。



```
開啟(O) ▼ [Icon]
Traffic light
Position:120'23'14 24'15'18
Time: 04-28 16:45:01 C: 109
```

圖 36、路側裝置欲傳送之內容格式

4.2 半雙工之系統收發

本研究在車輛端及路側裝置端都用一樣的系統來進行收發，透過載波偵測

多重存取的機制，先對通道進行偵測確認為空閒狀態，等待一段隨機時間之後，再進行傳送，若通道有裝置佔用便切換為接收的動作，接收訊息結束之後，一樣會偵測通道是否空閒，再等待一段隨機時間再進行發送，結果如圖 37 所示，gain 為 38 為預設的偵測增益值，接下來進行通道偵測，偵測到通道的 power_db 值為 6.08684456607，在系統中當 power_db 值大於 20 則判定有人占用通道，因此本狀況認定為沒人使用通道，顯示 Channel is idle.，接著進行等待隨機時間再進行發送，透過這樣的機制來減少訊號碰撞的機率。最後經由天線傳送資訊給其他裝置，經過多次的收發切換，各節點之裝置皆能夠收到彼此的資訊。

```
pi@car1: ~/Desktop/OBDOFDM2
File Edit Tabs Help
DD0-- Asking for clock rate 32.000000 MHz...
-- Actually got clock rate 32.000000 MHz.
-- Performing timer loopback test... pass
gain = 38.0

sensing...
power_db= 6.08684456607
Channel is idle.
10
counter= 9
counter= 8
counter= 7
counter= 6
counter= 5
counter= 4
counter= 3
counter= 2
counter= 1
counter= 0
transmitting...
```

圖 37、發送前等待一段隨機時間

4.3 車輛與車輛之收發

本研究為進行兩台車輛之訊號發送，前往高雄監理所借用兩台具有 OBD 接口的車輛，兩台車輛皆在 2008 年之後出廠之車輛，適合本研究之進行，圖 38 為該兩台車輛之外觀。



圖 38、兩台具有 OBD 接頭之車輛

在傳送車輛資訊傳送之前，第一次會進行通道偵測，若通道為空閒，便會進行接收，在車輛傳送完資訊之後便馬上進行接收，第一次偵測若通道有人占用，便進行接收，在結束第一次動作之後，便會等待一隨機時間之後再進行傳送。實際收發結果如圖 39、40 所示，其中圖 39 為車輛一接收到之訊息，可以得到另一台車輛之數據，時間為 21:01:41.763469 小秒後 6 位，引擎轉速為 656，時速為 0，引擎負荷為 18.03921568523，引擎溫度為 180℃，表示方式為攝氏溫度，無須透過單位的換算，引擎運作時間為累積的時間，已經超過 425 個小時。

```
File Edit Search Options Help
Time,RPM,MPH,Throttle,Temperature,Engine Time
Car2
Car ID: JQK-5783
Time:21:01:41.763469
RPM:656
MPH:0.0
Throttle:18.03921568523
Temperature:180
Engine Time:425:17:42.836471
Time,RPM,MPH,Throttle,Temperature,Engine Time
Car2
Car ID: JQK-5783
Time:21:01:41.763469
RPM:656
MPH:0.0
Throttle:18.03921568523
Temperature:180
```

圖 39、車輛 1 接收之資訊

圖 40 為車輛二接收到之訊息，可以得到另一台車輛之數據，時間為 15:21:57.616241 小秒後 6 位，引擎轉速為 650，時速為 0，引擎負荷為 2.35294117647，引擎溫度為 188℃，表示方式為攝氏溫度，引擎運作時間為累積的時間，已經超過 515 個小時。

```
File Edit Search Options Help
Time,RPM,MPH,Throttle,Temperature,Engine Time
Car1
Car ID:ACE-1988
Time:15:21:57.616241
RPM:650
MPH:0.0
Throttle:2.35294117647
Temperature:188
Engine Time:515:21:57.759025
Time,RPM,MPH,Throttle,Temperature,Engine Time
Car1
Car ID:ACE-1988
Time:15:21:57.616241
RPM:650
MPH:0.0
```

圖 40、車輛 2 接收之資訊

4.4 車輛與路側裝置之收發

下一階段實測車輛與路側裝置之收發，以確認車輛是否能接收到路側裝置之交通號誌訊號，該資訊為車輛判斷是否加速或是減速的依據，圖 41 為實際進行實測之佈建圖。



圖 41、測試車輛與路側裝置之實際收發

傳送以及接收的順序與車輛之間互傳的方法相同，透過偵測以及等待隨機一段時間來避免訊號的碰撞，實際收發結果如圖 42、43 所示，圖 42 為路側端接收車輛之資訊，時間為 15:11:43.698295 小秒後 6 位，引擎轉速為 0，時速為 0，引擎負荷為 5.88235294118，引擎溫度為 176℃，表示方式為攝氏溫度，引擎運作時間 515 個小時，圖 43 為車輛端接收路側裝置之資訊，有交通號誌之經緯度以及發送之時間，循環的數字為 2 比對附錄二中的資訊可以知道交通號誌目前勝利路紅燈倒數剩 2 秒，大學路紅燈倒數 44 秒。

```
Time,RPM,MPH,Throttle,Temperature,Engine Time
Car1
Time:15:11:43.698295
RPM:0
MPH:0.0
Throttle:5.88235294118
Temperature:176
Engine Time:515:11:43.698295

Time,RPM,MPH,Throttle,Temperature,Engine Time
Car1
Time:15:11:43.698295
RPM:0
MPH:0.0
Throttle:5.88235294118
Temperature:176
Engine Time:515:11:43.698295
```

圖 42、路側裝置端接收到車輛的資訊

```
Traffic light
Position:120'23'14 24'15'18
Time: 04-22 09:36:20 C: 2
```

圖 43、車輛端接收到路側裝置的資訊

4.5 兩台車輛與路側裝置之收發

為實現車路聯網之結果，本研究進行兩台車輛及一個路側裝置之收發實作，圖 44 為實作之裝置部署情況，圖中的兩台車輛皆能透過 OBD-II Dongle 讀取車輛數值，同時透過樹莓派上搭載之軟體定義無線電將車輛資訊傳送至另一車輛以及路側裝置，而路側裝置傳送交通號誌之資訊給其他車輛，在這樣的狀況下，能將車輛與路串聯起來，形成一車路聯網。



圖 44、兩台車輛與路側裝置之部署圖

本階段之收發程序如同前述，當系統內的成員越多，能夠接收到其他不同車輛資料就必須嘗試更多的次數，才能完全收到其他不同車輛的資訊，而本次實作中有三個成員，兩台車輛以及路側裝置，實作結果顯示路側裝置能收到兩台車輛當時的資訊，同時車輛也可以接收另一車輛資訊及路側裝置之交通號誌，實際收發結果如圖 45、46、47 所示。

車輛 1 接收到車輛 2 以及交通號誌之資訊如圖 45 所示，車牌號碼為手動輸入之訊息為 JQK-5783，時間為 21:01:41.796469 小秒後 6 位，引擎轉速為 656，時速為 0，引擎負荷為 18.03921568523，引擎溫度為 180℃，表示方式為攝氏溫度，引擎運作時間 425 個小時，另外還有交通號誌之經緯度以及發送之時間，循環的數字為 2 比對附錄二中的資訊可以知道交通號誌目前勝利路紅燈倒數剩 2 秒，大學路紅燈倒數 44 秒。

```
Time,RPM,MPH,Throttle,Temperature,Engine Time
Car2
Car ID: JQK-5783
Time:21:01:41.763469
RPM:656
MPH:0.0
Throttle:18.03921568523
Temperature:180
Engine Time:425:17:42.836471

Traffic light
Position:120'23'14 28
Time: 04-22 09:36:20 C: 2
```

圖 45、車輛 1 接收之資訊

車輛 2 接收到車輛 1 以及交通號誌之資訊如圖 46 所示，車牌號碼為手動輸入之訊息為 ACE-1988，時間為 15:21:57.616241 小秒後 6 位，引擎轉速為 650，時速為 0，引擎負荷為 2.35294117647，引擎溫度為 188℃，表示方式為攝氏溫度，引擎運作時間 515 個小時，另外還有交通號誌之經緯度以及發送之時間，循環的數字為 2 比對附錄二中的資訊可以知道交通號誌目前勝利路紅燈倒數剩 2 秒，大學路紅燈倒數 44 秒。

```
Time,RPM,MPH,Throttle,Temperature,Engine Time
Car1
Car ID:ACE-1988
Time:15:21:57.616241
RPM:650
MPH:0.0
Throttle:2.35294117647
Temperature:188
Engine Time:515:21:57.759025

Traffic light
Position:120'23'14 28
Time: 04-22 09:36:20 C: 2
```

圖 46、車輛 2 接收之資訊

交通號誌接收到車輛 1 以及車輛 2 之資訊如圖 47 所示，車輛 1 之訊息車牌號碼為手動輸入之訊息為 ACE-1988，時間為 15:21:57.616241 小秒後 6 位，引擎轉速為 650，時速為 0，引擎負荷為 2.35294117647，引擎溫度為 188℃，

表示方式為攝氏溫度，引擎運作時間 515 個小時，車輛 2 之訊息車牌號碼為手動輸入之訊息為 JQK-5783，時間為 21:01:41.796469 小秒後 6 位，引擎轉速為 656，時速為 0，引擎負荷為 18.03921568523，引擎溫度為 180°C，表示方式為攝氏溫度，引擎運作時間 425 個小時。

```
Time,RPM,MPH,Throttle,Temperature,Engine Time
Car1
Car ID:ACE-1988
Time:15:21:57.616241
RPM:650
MPH:0.0
Throttle:2.35294117647
Temperature:188
Engine Time:515:21.57.759025
Time,RPM,MPH,Throttle,Temperature,Engine Time
Car2
Car ID: JQK-5783
Time:21:01:41.763469
RPM:656
MPH:0.0
Throttle:18.03921568523
Temperature:180
Engine Time:425:17.42.836471
```

圖 47、路側裝置接收之資訊

4.6 將車輛及路側資訊上傳雲端

透過 Python 撰寫可以讓儲存的車輛資訊，透過 4G 無線網卡之網路將資料上傳至雲端硬碟，使用的雲端是 Dropbox，可以遠端查看相關的資訊，根據不同的車輛，將車輛資訊分別以不同的目錄來儲存以利分析，而路側裝置之交通號誌時相也能傳送至雲端分析，其結果如圖 48 所示。

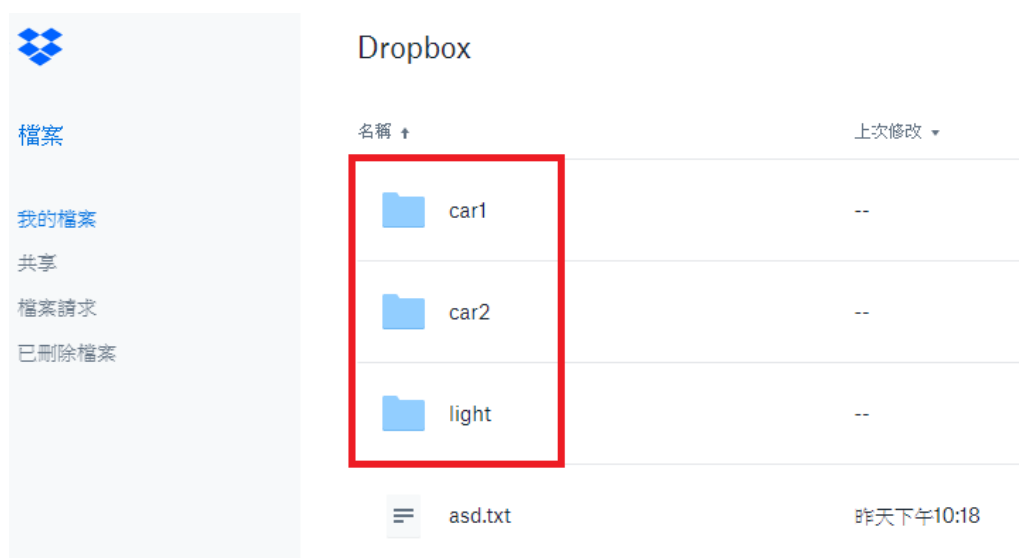


圖 48、Dropbox 雲端內檢視相關資訊

本研究中主要有幾種傳送途徑，車對車、車對路側裝置、路側裝置對車、車對雲端以及路側裝置對雲端，車對車的收發是利用軟體定義無線電來做訊號的收發，透過 OFDM 接取方式做收發，中心頻率為 140MHz，其訊息內容就如上述所說之車輛內容，包含車牌、時間、引擎轉速、時速、引擎負荷、引擎溫度以及引擎運轉時間。車對路側裝置，透過 OFDM 接取方式做收發，中心頻率為 140MHz，訊息內容是車輛的資訊為車牌、時間、引擎轉速、時速、引擎負荷、引擎溫度以及引擎運轉時間。路側裝置與車也是透過 OFDM 接取方式做收發，中心頻率也為 140MHz，如此一來車輛及路側裝置就能夠互相通訊，路側裝置之資訊為交通號誌之時相以及經緯度位置。車對雲端是透過 4G 無線網卡作為發送的途徑，透過 4G 網卡的設定，即可在不同地方將車輛資訊上傳至雲端，資訊內容為車牌、時間、引擎轉速、時速、引擎負荷、引擎溫度以及引擎運轉時間。路側裝置對雲端透過有線網路或是 4G 無線網卡作為連接網路之途徑，將交通號誌之時相以及位置上傳至雲端。

4.7 實地做車輛與路側裝置之移動收發

本研究除了定點式的訊號收發之外，也有進行移動式的收發，在做研究時

準備兩台移動的車輛以及路側裝置，只要有 OBD-II 接頭的車輛皆能夠應用該系統，在實測的過程中將天線透過 SMA 轉接頭延伸至車外，減少天線被車輛的阻擋造成訊號的干擾，地點位於成大對面之停車場，透過手機 APP 租借車輛來進行實測，如圖 49 所示。



圖 49、車輛與路側裝置之實際收發情形

車輛實際收發結果如圖 50 所示，車輛速度約為 0-10 公里左右，實測結果路側裝置能夠收到車輛的資訊，車輛也能夠收到路側裝置之交通號誌之時相，經實測在車輛有速度的情況之下，也能夠接收到訊號，另外在車輛端也同時透過 4G 無線網卡將車輛資訊上傳至雲端檢視，也有收到路側裝置之時相為勝利路紅燈剩下 6 秒，大學路紅燈剩下 49 秒。

```
Traffic light
Position:120'23'14 24'15'18
Time: 06-04 15:36:30 C: 6

Car2
Time:13:36:56.452690
RPM:865
MPH:2.53813531626
Throttle:16.4235312327
Tempature:178
Engine Time:1321:10:76.134412
```

圖 50、車輛一所接收到的訊息

另外一台車輛所接收到的訊息如圖 51 所示，可以看到車輛一的訊息，轉速為 871，車速約為每小時 4 公里，引擎負荷約為 19，引擎溫度為 188℃，引擎運作時間累積時數為 4511 個小時，另外，收到路側裝置之時相為勝利路紅燈剩下 6 秒，大學路紅燈剩下 49 秒。

```
Car1
Time:13:37:02.263789
RPM:871
MPH:3.72902423866
Throttle:19.6078431373
Tempeture:188
Engine Time:4511:11:28.820016

Traffic light
Position:120'23'14  24'15'18
Time: 06-04 15:36:30  C: 6
```

圖 51、車輛二所接收到的訊息

在路側端也有接收到車輛所傳送之訊息，結果如圖 52 所示，車輛一的引擎轉速為 871，時速約為每小時 4 公里，，引擎負荷約為 19，引擎溫度為 188℃，引擎運作時間累積時數為 4511 個小時，車輛二的引擎轉速為 865，時速約為每小時 2.5 公里，，引擎負荷約為 16，引擎溫度為 178℃，引擎運作時間累積時數為 1321 個小時。

```
Car1
Time:13:37:02.263789
RPM:871
MPH:3.72902423866
Throttle:19.6078431373
Tempeture:188
Engine Time:4511:11:28.820016

Car2
Time:13:36:56.452690
RPM:865
MPH:2.53813531626
Throttle:16.4235312327
Tempeture:178
Engine Time:1321:10:76.134412
```

圖 52、路側端所接收到的訊息

4.8 實地做車輛與路側裝置之移動收發之二

本研究除了在學校附近的場域進行測試之外，也有到較寬廣且無其他車輛之場域進行測試，研究地點為高雄鳳山監理所，場地除了較為空曠之外，同時也有較多車可以測試多台車輛的收發情形，也可以將測試距離拉的較為長遠，圖 53 為實際車輛與路側裝置之部署情形。



圖 53、車輛與路側裝置之實際收發情形

在本次研究中因場地較為寬廣，車輛若在行走中最遠距離可以到達 25-35 公尺，較符合車輛實際的收發狀況，同時在本場域中包含兩輛移動車輛以及一台靜止之車輛，用以假設當時有三輛車輛，其中兩輛為綠燈狀態以及一輛車輛為紅燈狀態，另外也包含一路側裝置為交通號誌，在本次測試當中，在移動的兩台車輛彼此之間的距離為行進路線的兩端，在兩端的車輛有機率可以收到彼此的訊號，停止的車輛也可以收到路側裝置之資訊，在路側裝置端也能夠收到兩台車輛的資訊。

圖 54 為實際收到之結果，以下為車輛端之接收結果，可以收到路側裝置

之資訊以及其他車輛資訊，可以得到當下其他的車輛資訊，包含引擎轉速、車速、引擎負荷、引擎溫度以及引擎運轉時間，還有路側裝置之結果，可以看到變數為 54，由對照表可得知當時的勝利路紅燈剩下 54 秒，大學路綠燈剩下 15 秒。

```
Car3
Time:15:35:52.705804
RPM:724
MPH:0.0
Throttle:15.2941176471
Tempeture:188
Engine Time:1015:37:12.848680

Car2
Time:15:36:56.452690
RPM:865
MPH:2.53813531626
Throttle:16.4235312327
Tempeture:178
Engine Time:1321:10:76.134412

Traffic light
Position:120'23'14 24'15'18
Time: 06-05 15:35:48 C: 54
```

圖 54、車輛端所接收到的訊息

另外，在路側設備端也有接收到移動中車輛的資訊，其中包含車輛一以及車輛二的資訊，資訊結果如圖 55 所示。

```
Car1
Time:15:35:52.705804
RPM:724
MPH:0.0
Throttle:15.2941176471
Tempeture:188
Engine Time:1015:37:12.848680

Car2
Time:15:36:38.687044
RPM:1311
MPH:6.21504039776
Throttle:20.0
Tempeture:186
Engine Time:2325:36:38.830323
```

圖 55、路側裝置端所接收到的訊息

結果可以發現車輛在移動中進行資料傳送依然可以接收到路側裝置端的資料，甚至是其他車輛端的資訊，也驗證了透過軟體定義無線電平台可以實作出一套能夠適用於車輛及路側裝置端的無線通訊平台，本研究透過多次實際測試車輛收發，測試結果為路側端需置於車輛行進路徑中心且車輛端之天線需架設於車輛外部能會有最好的收發效果，也相較先前研究使用機車來實作更趨近於實際狀況。

4.9 GMSK 以及 OFDM 在多重路徑的差異

本研究利用 OFDM 作為無線通訊的調變方式，相較之前 GMSK 調變方式的傳送結果，在車輛移動的情況下能夠有好的傳送成功率，只要將天線置於車外就能夠接收到其他車輛的資訊，但是在先前 GMSK 的調變方式，需將天線擺在固定的位置，中間不能有其他障礙物，以減少多重路徑的干擾，但是本研究在車輛行駛的過程中，中間架有路側裝置作為其中一個節點，然而研究結果顯示其他節點還是能夠收到相關的資訊，圖 56 為 GMSK 實驗的示意圖，圖 57 為 OFDM 實驗的示意圖，可以發現到車輛移動路徑中間有所不同，本研究還多一個路側裝置，會增加多重路徑的影響，結果還是能正常收到其他車輛以及路側裝置的資訊，但是在過去 GMSK 的研究中，就必須在固定的路徑中行走，才能夠有較高的成功率。



圖 56、GMSK 實驗場域示意圖



圖 57、OFDM 實驗場域示意圖

4.10 研究成果探討

本研究透過 OBD-II Dongle 接頭讀取車輛資訊，也透過 GNURadio 發送相關資料，在樹莓派上實現一邊讀取資訊一邊收發資料的工作，然而隨著 Ubuntu 的版本更新至 18.04，PC 版的 GNURadio 也同時更新版號至 3.7.13.4，但是 Raspbian 中的 GNURadio 卻無法同時更新，仍然停留在 3.7.10 這個比較舊的版本，造成一些收發功能無法與新版相容，另外 Raspbian 在 GNURadio 的 UHD 版本也是沒有出現新的 Release，PC 版本已經更新至 3.13.1，而樹莓派還是停留在 003.009.005.0，造成樹莓派在接收訊號時有時會有 UHD Error 的產生，未來應該要持續關注是否有新版產生，更新 UHD 之後或許能夠解決 USRP 在樹莓派收發的問題。

相較之前類似之研究，本研究改以 OFDM 調變作為解調方式，而 OFDM 的優點為有效減少多重路徑，在車聯網環境的環境不確定下，可以改善多重路徑的問題，同時本研究以分時多工以及 CSMA 系統實作兩台車輛與路側裝置之收發，在經過多次通道偵測以及 TX、RX 的轉換下，可以收到其他車輛以及路側裝置的交通號誌資訊，本研究之移動測試距離也較先前研究之距離遠，有

到 10-20 公尺之移動距離，同時也包含移動裝置及固定式裝置，皆能夠收到彼此之間的資訊，然而系統也會在等待一段隨機時間的時候造成通道效益下降，使得沒辦法同時進行發送與接收，使得在相同時間下進行相同動作，但是只要將這樣的步驟進行多次運作，就能夠確保各節點能夠接收到其他節點之資訊，另外降低等待時間的間隔，也能夠讓整體通道使用率上升，同時也透過雜訊模擬，針對 GMSK 以及 OFDM 在不同雜訊下比較兩者抗雜訊的效果，得以驗證 OFDM 之收發效果較之前 GMSK 調變方式的效果好。

本研究透過 OBD-II Dongle 與樹莓派連接，可以從車上即時讀取車輛資訊，同時透過軟體定義無線電之平台，將讀取到的資訊傳送至其他車輛。進行實測時，採用之硬體並非筆電或是其他供電較為穩定的電腦設備，而是使用體積較小的樹莓派，在樹莓派上連接許多裝置，有 OBDII-Dongle、USRP、無線鍵盤滑鼠組、行動螢幕，還有透過網路將資訊上傳至雲端，造成樹莓派電壓供給不足，當資料收發時間較久之後，就會使得樹莓派過熱，讓樹莓派熱當甚至螢幕黑屏，需要重新啟動樹莓派或是等待冷卻才能夠正常運作，雖然已經將行動電源 2.4A 的電流給樹莓派，但偶爾還是會出現類似的情形，在未來樹莓派公司可能提升產品效能的情況下，會讓這個系統運作得更為順暢，以上問題若能夠優化甚至解決，可以讓整體效能提升，未來就有機會進行商轉。

第五章 結論

5.1 結論

本研究結合樹莓派、OBD-II Dongle、軟體定義無線電等實現即時收發車輛資訊以及資料同步雲端等，達成同時收發同時儲存資訊，雖然樹莓派效能不及個人電腦，無法長時間進行資料蒐集及收發，然而在本研究中還是能夠實現這些功能，透過簡易的儲存裝置還是能達到相同的效果，本研究結合軟體定義無線電以及 4G 無線網卡，可以在整個通訊系統較為完整的情況下，透過不同管道將車輛資訊發送出去，以實現車輛資訊相互流通的效果。

軟體定義無線電的優點是能夠根據通訊系統中的需求不同，自行調整通訊架構，同時還能搭配車上診斷裝置的系統做整合，調整讀取自訂義之車輛資訊，這樣的通訊系統可以讓不同廠牌的車廠互相收發，突破不同車廠互相通訊的困境，除此之外，路側裝置也使用相同的通訊架構，讓車輛與道路可以互相溝通，這麼一來車與路就能夠形成一個網絡，最後將車輛資訊上傳雲端，可以增加此通訊系統的活用性讓整個通訊系統更加完善。

本研究因為需要車輛之實體數據，需要多台車輛同時收發，所需設備眾多，資料流包含車輛對車輛，車輛對路側裝置，路側裝置對雲端，車輛對雲端等，在程式部分根據不同裝置需求設計相對應之程式，也在相同時間執行不同動作之程式，並將不同動作程式段整合至同一程式內，透過本研究徹底體現了軟體定義無線電之靈活性，不但能夠針對通訊系統之需求做設計，同時還能夠整合其他功能，讓系統整體功能擴充，未來若要加入其他功能也能夠再透過程式加入其他額外的功能。

5.2 未來研究方向

本研究之系統架構目前包含車輛與車輛以及車輛與路側裝置，在未來若能

夠加入移動性較高且容易操作的節點，便能夠增加本研究通訊之靈活性，例如無人飛機就能夠在本研究之通訊系統增加通訊的範圍，另外也能夠透過遠端來操控車輛內部讀取資料的情形，可以即時修改欲取得的資料項目，又或者是透過不同頻段發送其他資訊至其他的節點，就能夠對不只車輛及路側裝置，未來軟體定義無線電的發展還有很大的彈性，在軟體及硬體不斷的演進之下，必定能夠在其他方面也大大的提升。



參考文獻

- [1] Tesla, "Autopilot | Tesla," [Online]. Available: <https://www.tesla.com/autopilot?redirect=no>.
- [2] M. Kaur, S. Kaur, and G. Singh, "Vehicular ad hoc networks," *Journal of Global Research in Computer Science*, Vol. 3, No. 3, pp. 61–64, April 2012.
- [3] Y. Li, "Quality, Reliability, Security and Robustness in Heterogeneous Networks: An Overview of the DSRC/WAVE Technology," 3rd ed., Eveleigh, NSW, Australia, pp. 544-558, 2015.
- [4] Standard for Information Technology-Telecommunications and Information Exchange between Systems-Local and Metropolitan Area Networks-Specific Requirements, IEEE Standard 802.11p, 2010.
- [5] R. A. Uzcategui and G. Acosta-Marum, "WAVE: A Tutorial," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 47, no. 5, pp. 126–133, May 2009.
- [6] K.-Y. Ho, P.-C. Kang, C.-H. Hsu, and C.-H. Lin, "Implementation of WAVE/DSRC devices for vehicular communications," in *Proc. 3CA*, vol. 2, pp. 522–525, 2010.
- [7] D. Jiang et al., "Design of 5.9 GHz DSRC-based vehicular safety communication," in *IEEE Wireless Commun.* vol. 13, pp. 36-43, 2006.
- [8] S. Godavarty, S. Broyles, and M. Parten, "Interfacing to the onboard diagnostic system," in *Proc. IEEE 52nd-VTC*, vol. 4, pp. 24–28, Sep. 2000.
- [9] D. Valerio, "Open source software-defined radio: A survey on GNU Radio and its application," *Forschungszentrum Telekommunikation Wien, Vienna, Austria, FTW Tech. Rep.*, Aug. 2008.
- [10] Ettus Research, "USRP-B200(Board Only)," [Online]. Available: <https://www.ettus.com/product/details/UB200-KIT>.

- [11] Ettus Research, "USRP-B200mini,"[Online]. Available:
<https://www.ettus.com/product/details/USRP-B200mini>.
- [12] Raspberry Pi, "Raspberry Pi 3 Model B+,"[Online]. Available:
<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>.
- [13] International Organization for Standardization, "ISO 15765-4: Road vehicles -- Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN)," 2016.
- [14] V. Matus, N. Maturana, C. Azurdia, S. Montejo-Sanchez, and ' J. Rojas, "Hardware Design of a Prototyping Platform for Vehicular VLC Using SDR and Exploiting Vehicles CAN Bus," in First South American Colloquium on Visible Light Communications 2017 (SACVLC2017), (Santiago, Chile), 11 2017.
- [15] H. Moustafa & G. Bourdon, "VEHICULAR NETWORKS DEPLOYMENT VIEW: APPLICATIONS, DEPLOYMENT ARCHITECTURES AND SECURITY MEANS", Ubiquitous Computing and Communication Journal, 24 Mar 2008.
- [16] S. I. Wang, C. C. Huang, "An untied vehicle supervising and traffic information system, " Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 1996. PIMRC'96, Seventh IEEE International Symposium on, vol.3, no., pp.968-972 vol.3, pp.15-18 Oct 1996.
- [17] X. Ma, J. Zhao, Y. Gong & Y. Wang, "Key Technologies of MEC Towards 5G-Enabled Vehicular Networks," School of Information Engineering, East China Jiaotong University, 29 March 2018.
- [18] D. Verenzuela, C. Liu, L. Wang, and L. Shi, "Improving scalability of vehicle-to-vehicle communication with prediction-based STDMA," in Proc. 80th IEEE Veh. Technol. Conf. (VTC Fall), pp. 1–5, Sep. 2014.
- [19] K. Bilstrup, E. Uhlemann, E. G. Ström, and U. Bilstrup, "On the ability of the 802.11p MAC method and STDMA to support real-time vehicle-to-vehicle communication," EURASIP J. Wireless Commun. Netw., vol. 2009, no. 1, Jan. 2009, Art. ID. 902 414.

- [20] T. Toledo, O. Musicant & T. Lotan, "In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior," *Transportation Research Part C* 16, pp.320~331.
- [21] S.-H. Baek, H.-S. Kim, D.-W. Jeong, M.-J. Kim, Y.-S. Park, and J.-W. Jang. "Implementation vehicle driving state system with obd-ii, most network," In *Communications (APCC), 2011 17th Asia-Pacific Conference on*, pages 709–714, 2011.
- [22] D. S. Yun, J. W. Lee, S. K. Lee and O. C. Kwon, "Development of Mobile Common Component for providing vehicle information on mobile device," *Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT), 2011 6th International Conference on*, Seogwipo, pp. 809-812, 2011.
- [23] 吳禎祐, "以軟體定義無線電技術實作車間通訊系統," 碩士論文, 電信管理研究所, 國立成功大學, 台南市, 2017
- [24] 陳子軒, "以軟體定義無線電技術及樹莓派實作動態且即時車間通訊系統," 碩士論文, 電信管理研究所, 國立成功大學, 台南市, 2018
- [25] GNURadio, "GNURadio," [Online]. Available: <http://gnuradio.org/redmine/projects/show/gnuradio>.
- [26] SAE International, "J1962," [Online]. Available: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/005/sae.j1962.2002.pdf>.
- [27] International Organization for Standardization, "ISO 15031: Road vehicles -- Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics," 2014.
- [28] copperhilltech, "A Brief Introduction to Controller Area Network," [Online]. Available: <https://copperhilltech.com/a-brief-introduction-to-controller-area-network/>.
- [29] NI 國家儀器, "Controller Area Network (CAN BUS) 通訊協定原理概述," [Online]. Available: <http://www.ni.com/white-paper/2732/zht/>.
- [30] S. Corrigan, "Introduction to the Controller Area Network (CAN)," Texas Instruments

Application Report, Dallas, Texas, USA, 2002.

[31] Z. King and S. Yu, “Investigating and securing communications in the controller area network (can),” in Computing, Networking and Communications (ICNC), 2017

International Conference on. IEEE, pp. 814–818, 2017.

[32] K. Pazul, “Controller Area Network (CAN) basics”, AN713, Microchip Technology, USA, Inc, 1999.

[33] 許芳菖, “車載 CAN Bus 系統之比較研究,”碩士論文, 機械與機電工程研究所, 國立虎尾科技大學, 雲林縣, 2007.

[34] NCTU, “OFDM,” [Online]. Available:

<https://ir.nctu.edu.tw/bitstream/11536/45879/7/350507.pdf>.

[35] OBD-II PIDs » OBD-II Resource, “OBD-II Resource (2008). OBD-II software resource for developers and users,” [Online]. Available:

<http://obdcon.sourceforge.net/2010/06/obd-ii-pids/>

[36] 羅振瑞, “結合樹莓派與車載診斷裝置應用於行車動態數據監控系統,”碩士論文, 電信管理研究所, 國立成功大學, 台南市, 2018

附錄一

車載診斷裝置參數說明(OBD-PID)[36]

序號	Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	中文說明
1	01	00	4	PIDs supported	支援參數
2	01	01	4	Monitor status since DTCs cleared.(Includes malfunction indicator lamp(MIL) status and number of DTCs)	自診斷故障碼清除後監視狀態
3	01	02	2	Freeze DTC	凍結診斷故障碼
4	01	03	2	Fuel system status	燃料系統狀態
5	01	04	1	Calculated engine load value	計算引擎負荷值
6	01	05	1	Engine coolant temperature	引擎冷卻溫度
7	01	06	1	Short term fuel % trim-bank 1	短期燃料縮減
8	01	07	1	Long term fuel % trim-bank 1	長期燃料縮減
9	01	0A	1	Fuel pressure	燃油壓力
10	01	0B	1	Intake manifold absolute pressure	進氣歧管壓力
11	01	0C	2	Engine RPM	引擎轉速
12	01	0D	1	Vehicle speed	車速
13	01	0E	1	Timing advance	時間提前

序號	Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	中文說明
14	01	00	4	PIDs supported	支援參數
15	01	10	2	MAF air flow rate	空氣流量傳感器
16	01	11	1	Throttle position	節氣門位置
17	01	12	1	Commanded secondary air status	控制 2 次空氣狀態
18	01	13	1	Oxygen sensor present	氧氣傳感器狀態
19	01	14	2	Bank 1, Sensor1: Oxygen sensor voltage, short term fuel trim	氧氣傳感器電壓，短期燃料縮減
20	01	1E	1	Auxiliary input status	輔助輸入狀態
21	01	1F	2	Run time since engine start	引擎啟動運行時間
22	01	21	2	Distance traveled with malfunction indicator lamp	故障指示燈顯示距離
23	01	22	2	Fuel Rail Pressure (relative to manifold vacuum)	燃油軌道壓力(相對歧管真空)
24	01	23	2	Fuel Rail Pressure (diesel, or gasoline direct inject)	燃油軌道壓力(柴油或汽油直噴)
25	01	24	4	Equivalence Ratio Voltage	當量比電壓
26	01	2C	1	Commanded EGR	控制廢氣循環

序號	Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	中文說明
27	01	2D	1	EGR Error	廢氣循環錯誤
28	01	2E	1	Commanded evaporative purge	控制蒸發淨化
29	01	2F	1	Fuel Level Input	燃料水平輸入
30	01	31	2	Distance traveled since codes cleared	代碼清除後之行 駛距離
31	01	32	2	Evap. System Vapor Pressure	蒸汽壓力
32	01	33	1	Barometric pressure	氣壓
33	01	3C	2	Catalyst Temperature	觸媒劑(催化劑) 溫度
34	01	41	4	Monitor status this drive cycle	監視驅動週期狀 態
35	01	42	2	Control module voltage	控制模塊電壓
36	01	43	2	Absolute load value	絕對負載值
37	01	44	2	Command equivalence ratio	控制當量比
38	01	45	1	Relative throttle position	相對節氣門位置
39	01	46	1	Ambient air temperature	周圍空氣溫度
40	01	47	1	Absolute throttle position B	絕對節氣門位置 B

序號	Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	中文說明
41	01	4C	1	Commanded throttle actuator	指令油門執行器
42	01	4D	2	Time run with MIL on	引擎故障燈運行時間
43	01	4E	2	Time since trouble codes cleared	故障碼清除時間
44	01	4F	4	Maximum value for equivalence ratio, oxygen sensor voltage, oxygen sensor current, and intake manifold absolute pressure	當量比最大值，含氧感知器電壓，含氧感知器電流，進氣歧管壓力
45	01	50	4	Maximum value for air flow rate from mass air flow sensor	來自空氣質量感知器最大值
46	01	51	1	Fuel Type	汽油種類
47	01	52	1	Ethanol fuel %	乙醇燃料
48	01	53	2	Absolute Evap system Vapour Pressure	絕對蒸發系統蒸汽壓力
49	01	54	2	Evap system vapor pressure	蒸發系統蒸汽壓力
50	01	55	2	Short term secondary oxygen sensor trim bank 1 and bank 3	短期次級氧傳感器縮減
51	01	59	2	Fuel rail pressure (absolute)	燃料軌道壓力

序號	Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	中文說明
52	01	5A	1	Relative accelertor pedal position	相對加速踏板位置
53	01	5B	1	Hybrid battery pack remaining life	混合電池組剩餘壽命
54	01	5C	1	Engine oil temperature	引擎油溫
55	01	5D	2	Fuel injection timing	燃油噴射時程
56	01	5E	2	Engine fuel rate	引擎燃油率
57	01	5F	1	Emission requirements to which vehicle is designed	車輛設計排放要求
58	01	61	1	Driver's demand engine-percent torque	駕駛控制需求-扭矩百分比
59	01	62	1	Actual engine-percent torque	實際引擎-扭矩百分比
60	01	63	2	Engine reference torque	引擎參考扭矩
61	01	64	5	Engine percent torque data	引擎扭矩數據
62	01	65	2	Auxiliary input/output supported	輔助輸入/輸出支援
63	01	66	5	Mass air flow sensor	質量空氣流量傳感器
64	01	67	3	Engine cooland temperature	引擎冷卻液溫度

序號	Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	中文說明
65	01	68	7	Intake air temperature sensor	進氣溫度傳感器
66	01	69	7	Commanded EGR and EGR Error	控制廢棄循環與廢氣循環錯誤
67	01	6A	5	Commanded Diesel intake air flow control and relative intake air flow position	控制柴油進氣油量與相對進氣流量位置
68	01	6B	5	Exhaust gas recirculation temperature	廢氣再循環溫度
69	01	6C	5	Commanded throttle actuator control and relative throttle position	控制油門執行器與相對油門位置
70	01	6D	6	Fuel pressure control system	燃油壓力控制系統
71	01	6E	5	Injection pressure control system	噴射壓力控制系統
72	01	6F	3	Turbocharger compressor inlet pressure	滑輪增壓器壓縮機入口壓力
73	01	70	9	Boost pressure control	增壓壓力控制
74	01	71	5	Variable geometry turbo (VGT) control	可變幾何渦輪設計控制
75	01	72	5	Wastegate control	廢氣門控制

序號	Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	中文說明
76	01	73	5	Exhaust pressure	排氣壓力
77	01	74	5	Turbocharger RPM	渦輪增壓器轉速
78	01	75	7	Turbocharger temperature	渦輪增壓器溫度
79	01	77	5	Charge air cooler temperature (CACT)	增加空氣冷卻氣 溫度
80	01	78	9	Exhaust Gas temperature (EGT)	排氣溫度
81	01	7A	7	Diesel particulate filter (DPF)	柴油碳微粒過濾 器
82	01	7C	9	Diesel particulate filter (DPF) temperature	柴油碳微粒過濾 器溫度
83	01	7D	1	Nox NTE control area status	氮氧化物不超過 控制區域狀態
84	01	7E	1	PM NTE control area status	狀粒污染物不超 過控制區域狀態
85	01	7F	13	Engine run time	引擎運轉時間
86	01	81	21	Engine run time for AECD	排氣輔助控制裝 置
87	01	83	5	Nox sensor	氮氧化物感測器
88	01	84		Manifold surface temperature	歧管表面溫度

序號	Mode (hex)	PID (hex)	Data bytes returned	Description	中文說明
89	01	85		Nox reagent system	氮氧化物試劑系統
90	01	86		Pariculate matter (PM) sensor	狀粒污染物感測器
91	01	87		Intake manifold absolute pressure	進氣歧管絕對壓力
92	02	02	2	Freeze frame trouble code	凍結定格故障碼
93	03	N/A	n*6	Request trouble codes	請求故障碼
94	04	N/A	0	clear trouble codes/ Malfunction indicator lamp(MIL)/Check engine light	清除故障碼/引擎 故障燈/檢查引擎 燈
95	09	01	1x5	VIN Message Count in Command 09 02	車輛識別碼計入 指令
96	09	02	5x5	Vehicle indetification numbe(VIN)	車輛識別碼
97	09	04	varies	calibration ID	校正識別
98	09	06	04	calibration	校正

附錄二

路口紅燈數目	順序(c 值)	勝利路	大學路
1	120	綠 38	紅 43
1	119	綠 37	紅 42
1	118	綠 36	紅 41
1	117	綠 35	紅 40
1	116	綠 34	紅 39
1	115	綠 33	紅 38
1	114	綠 32	紅 37
1	113	綠 31	紅 36
1	112	綠 30	紅 35
1	111	綠 29	紅 34
1	110	綠 28	紅 33
1	109	綠 27	紅 32
1	108	綠 26	紅 31
1	107	綠 25	紅 30
1	106	綠 24	紅 29
1	105	綠 23	紅 28
1	104	綠 22	紅 27
1	103	綠 21	紅 26
1	102	綠 20	紅 25
1	101	綠 19	紅 24
1	100	綠 18	紅 23
1	99	綠 17	紅 22
1	98	綠 16	紅 21
1	97	綠 15	紅 20
1	96	綠 14	紅 19
1	95	綠 13	紅 18
1	94	綠 12	紅 17
1	93	綠 11	紅 16
1	92	綠 10	紅 15
1	91	綠 9	紅 14
1	90	綠 8	紅 13
1	89	綠 7	紅 12
1	88	綠 6	紅 11

1	87	綠 5	紅 10
1	86	綠 4	紅 9
1	85	綠 3	紅 8
1	84	綠 2	紅 7
1	83	綠 1	紅 6
1	82	黃 3	紅 5
1	81	黃 2	紅 4
1	80	黃 1	紅 3
2	79	紅 79	紅 2
2	78	紅 78	紅 1
1	77	紅 77	綠 38
1	76	紅 76	綠 37
1	75	紅 75	綠 36
1	74	紅 74	綠 35
1	73	紅 73	綠 34
1	72	紅 72	綠 33
1	71	紅 71	綠 32
1	70	紅 70	綠 31
1	69	紅 69	綠 30
1	68	紅 68	綠 29
1	67	紅 67	綠 28
1	66	紅 66	綠 27
1	65	紅 65	綠 26
1	64	紅 64	綠 25
1	63	紅 63	綠 24
1	62	紅 62	綠 23
1	61	紅 61	綠 22
1	60	紅 60	綠 21
1	59	紅 59	綠 20
1	58	紅 58	綠 19
1	57	紅 57	綠 18
1	56	紅 56	綠 17
1	55	紅 55	綠 16
1	54	紅 54	綠 15
1	53	紅 53	綠 14
1	52	紅 52	綠 13

1	51	紅 51	綠 12
1	50	紅 50	綠 11
1	49	紅 49	綠 10
1	48	紅 48	綠 9
1	47	紅 47	綠 8
1	46	紅 46	綠 7
1	45	紅 45	綠 6
1	44	紅 44	綠 5
1	43	紅 43	綠 4
1	42	紅 42	綠 3
1	41	紅 41	綠 2
1	40	紅 40	綠 1
1	39	紅 39	黃 3
1	38	紅 38	黃 2
1	37	紅 37	黃 1
2	36	紅 36	紅 79
2	35	紅 35	紅 78
2	34	紅 34	紅 77
2	33	紅 33	紅 76
2	32	紅 32	紅 75
2	31	紅 31	紅 74
2	30	紅 30	紅 73
2	29	紅 29	紅 72
2	28	紅 28	紅 71
2	27	紅 27	紅 70
2	26	紅 26	紅 69
2	25	紅 25	紅 68
2	24	紅 24	紅 67
2	23	紅 23	紅 66
2	22	紅 22	紅 65
2	21	紅 21	紅 64
2	20	紅 20	紅 63
2	19	紅 19	紅 62
2	18	紅 18	紅 61
2	17	紅 17	紅 60
2	16	紅 16	紅 59

2	15	紅 15	紅 58
2	14	紅 14	紅 57
2	13	紅 13	紅 56
2	12	紅 12	紅 55
2	11	紅 11	紅 54
2	10	紅 10	紅 53
2	9	紅 9	紅 52
2	8	紅 8	紅 51
2	7	紅 7	紅 50
2	6	紅 6	紅 49
2	5	紅 5	紅 48
2	4	紅 4	紅 47
2	3	紅 3	紅 46
2	2	紅 2	紅 45
2	1	紅 1	紅 44

