

車載無線電發展現況

財團法人車輛研究測試中心 溫正成

一、前言

過去二十年間，汽車產業已由機械工程發展至與電子系統整合，車輛逐漸從由機械與液壓控制系統所組成的移動工具，轉變為由愈來愈多電腦控制系統構成的智慧化車輛。特別是在人們對於行動通訊的需求與依賴日益擴大，許多的使用者也開始希望將通訊的能力延伸至車輛上，而這樣的趨勢也開始推動車載資通訊技術(Telematics)的龐大市場商機，並造就了相關的應用內容與服務市場。

根據TRG (Telematics Research Group) 統計，2010年全球「汽車車用資通系統(Telematics)」市場規模高達330億美元，而具備車用資通功能的汽車數量則由2003年的每千人擁有4台成長到2010年的每千人擁有約200台，大幅成長了50倍。顯示車載資通訊相當具有市場潛力，對於整體的車載產業將帶來驚人的效益。本文就將為大家介紹最新的無線通訊技術發展情況。

二、無線通訊技術現況介紹

無線通訊技術於車輛上的發展，不僅豐富了車輛上資訊娛樂的應用，更重要的是希望提升車輛行駛的安全性。行動電話系統具備廣泛的涵蓋範圍以及良好的移動性等優點，但不是唯一的無線通訊技

術，通常的情況會是同時存在其他多種無線通訊技術，而各自有其比較適合應用的情況與環境，以下介紹較常應用於車輛環境中的無線通訊技術。

(一) 副載波-交通資訊頻道(RDS-TMC)

副載波廣播系統RDS (Radio Data System)是歐洲廣播聯盟(European Broadcasting Union)開發制定的資料廣播系統規範，此一技術可以利用現有的調頻廣播(FM radio broadcast)方式來發送小量的數位資訊(digital information)，目前在歐美各國的市場有不小的佔有率，許多新車的行銷將RDS列入汽車音響的標準配備。交通資訊頻道TMC(Traffic Message Channel)泛指傳送交通資訊或旅遊相關訊息給車輛駕駛的編碼系統，這類資訊通常經由數位編碼後由FM-RDS乘載發送，也有其他技術是由衛星廣播或DAB(Digital Audio Broadcast)來發送這類的資訊。

RDS-TMC即時路況廣播機制，乃是利用全國路況資訊中心之即時路況訊息，轉成RDS-TMC所能接受的編碼格式[*1]。RDS接收機的調頻波段在87.5~108.0 MHz範圍，相鄰電臺波段間隔至少100 kHz，在57 kHz上載入副載波資料。資料內容可以包括電臺類型、節目類型、交通訊息、廣告資訊、標準時間、天氣預報等，同時提供了開放式資料介面，為特殊要求用戶提供特定資料應用，例如停車



場資訊、路況、事故發生、所需路程時間、收費資訊等。

RDS-TMC的主要特點是利用現有的調頻廣播資源，通過廣播信號裡插入數位資訊實現，只需少量的投資即可建成廣播發射端。它與音頻信號是分開的，並不會干擾收音，也不會影響收音機音質。當收音機檢測和解調這些數位資訊後便能提供相應的功能。

(二) 全球衛星定位系統(Global Position System)

全球衛星定位系統是一種結合衛星(satellites)及通訊發展的技術，GPS通常代表整個的衛星定位系統，包括地球軌道上的衛星、地面控制站及GPS接收器，但目前一般人所稱的GPS則是泛指用於導航的GPS接收機。

GPS是由24顆中軌道衛星(Medium Earth Orbit satellite)及5個地面衛星監控站組成，24顆衛星平均分布於6個軌道面，每日可繞行地球2周，而5個地面衛星監控站同時監控GPS衛星的運作狀態及它們在太空中的精確位置，主地面控制站更負責傳送衛星瞬時常數及時脈偏差的修正量，再由衛星將這些修正量提供給GPS接收機做為定位運用。GPS接收機經由接收到的衛星微波訊號，就可計算出其所在的位置、時間、行動方向及速度。

GPS的定位方法是利用衛星基本三角定位原理，GPS接收裝置以測量無線電信號的傳輸時間來量測距離，以距離來判定衛星在太空中的位置。一般而言，GPS衛星傳送兩種不同頻率的載波，L1(Link 1)載波的頻率為1575.42 MHz，L2 (Link 2)

載波的頻率為1227.60 MHz。這兩種載波可修正電離層遲滯效應的誤差，在載波上除了狀態訊息之外，並調變了2個供定時的虛擬隨機碼(Pseudo Random Code)，分別是C/A碼(Coarse Acquisition Code)及P碼(Precise Code)，一般民間僅可使用L1及C/A碼，而L2及P碼則為美國軍方所使用。目前GPS定位的精度可達30 m左右，若再利用差分定位(Differential GPS)技術來做修正，通常精度可到2 m至5 m左右。

(三) 藍芽 (Bluetooth)

Bluetooth於1990年代由Ericsson所開發，屬於電子裝置間短距離的無線通訊技術，其最大的特色之一即是可讓具備Bluetooth模組的各裝置間以無線的方式相互溝通，無論是傳送資料或是作資料的同步，省去了糾纏不清的傳輸線連接介面。

Bluetooth工作於2.4 GHz的ISM(Industrial Scientific Medical)頻段，無需申請頻率使用許可證。大多數國家使用79個頻點，載頻為(2402+k) MHz (k = 0, 1, 2, ..., 7, 8)，載頻間隔1 MHz，採用TDD(Time Division Duplex)分時雙工方式。一般而言，Bluetooth的使用範圍在10 m以內，資料傳輸速率低於1 Mbps，因此Bluetooth適合用於資料量較少的傳輸上，如文字或語音，對於影像資料等較大資料量的傳送，並不適合使用Bluetooth[*2]。

除了最常見的Bluetooth耳機外，Bluetooth的技術也被用於車輛上的通訊系統，例如Ford推出的Sync通訊娛樂系統，整合語音辨識技術及Bluetooth，可整合車上音響系統、手機及多媒體播



放器(如iPod)，使駕駛“用說的”即可與外界保持聯繫，如來電通話亦可經由車上的音響系統播出，可以使駕駛人開車時免於做出危險的動作。

(四) 行動電話系統

行動電話的商業應用約始於1980年代，至1990年代後期才迅速地普及，至2007年全球已有超過30億人使用行動電話，目前以歐規的GSM系統及美規的CDMA系統是為兩大行動電話系統主流。

1. GSM簡介

GSM系統是全球使用最普及的行動電話系統，全名為Global System for Mobile Communications，中文為全球行動通訊系統，起源於歐洲，屬於第二代行動通信技術，其開發目的是讓全球各地可以共同使用一個行動電話網路標準，讓用戶使用一支手機就能行遍全球。GSM系統包括 900MHz、1800MHz 及 1900MHz等幾個頻段。GSM系統的特點包括：防盜拷能力佳、網路容量大、手機號碼資源豐富、通話清晰、穩定性強不易受干擾、資訊靈敏、通話死角少、手機耗電量低。

GSM主要的兩大系統GSM 900及GSM1800，由於採用了不同頻率，因此適用的手機也不完全相同。不過目前大多數人使用雙頻手機，因此可以自由在這兩個頻段間切換。依發展時間來看，GSM900發展較早，使用者較多，反之GSM1800發展的時間較晚。若從物理特性來看，前者頻譜較低，波長較長，穿透力較差，但傳送的距離較遠，而且手機發射

功率較強，耗電量會較大，因此也會縮短待機時間；而後者的頻譜較高，波長較短，穿透力佳，雖然傳送的距離短，其手機的發射功率較小，但待機時間則相應地較長。

2. CDMA簡介

CDMA (Code Division Multiple Access) 中譯為“分碼多工存取資料傳輸技術”，相異於GSM使用的“分時多工存取”TDMA(Time Division Multiple Access)技術，原採用這一技術的市場主要在美國、日本、韓國等地。CDMA手機具有話音清晰、不易斷話、發射功率低和保密性強等特點，惟其發射功率只有GSM手機發射功率的1/60，被稱為“綠色手機”。但重要的是，基於寬頻技術的CDMA使得影像應用在移動通信中有機會成真。

CDMA技術的原理是利用展頻技術，即將需傳送的具有一定信號頻寬資訊資料，用一個頻寬遠大於信號帶寬的高速虛擬隨機碼進行調變，使原資料信號的頻寬被擴展，再經載波調變並發送出去，可以減少手機之間的干擾，並且可以增加用戶的容量。而且手機的功率相對較低，不但可以增加使用時間，更重要的是可以降低電磁波輻射，在一定程度上減少對人的傷害。接收端使用完全相同的虛擬隨機碼，與接收的頻寬信號作相關處理，把寬頻信號換成原資訊資料的窄頻信號，以完成資訊通信。

3. 第三代行動電話系統(3G)

以上所提的GSM或CDMA被歸類為第二代

行動電話系統，提供行動語音的服務，及很有限的資料傳輸能力。而第三代行動電話系統則係利用先進的空中介面技術、核心封包分組技術，再加上對頻譜的高效利用，主要目標定位於即時視頻、高速多媒體和行動Internet瀏覽等需高速資料傳送的應用[*3]。

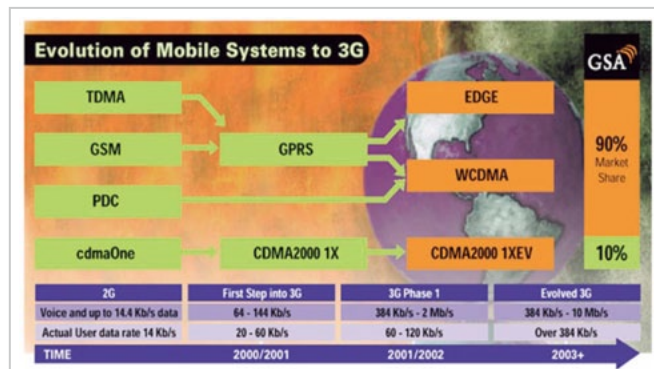
為了解決傳輸速度的不敷使用，國際電信聯盟 ITU 規劃出第三代行動通訊的概念，在2000年5月確定了W-CDMA、CDMA2000和TD-SCDMA三個主流3G標準：

W-CDMA：即Wideband CDMA，為寬頻分碼多重存取技術，是由歐規GSM發展出來的3G技術規範，如圖1，其支持者主要是以GSM系統為主的歐洲廠商。這套系統能夠架設在現有的GSM網路上，對於現有系統供應商而言，可以方便地升級到3G的系統。為加快資料傳輸的速度，W-CDMA的升級版如HSUPA(High Speed Uplink Packet Access)、HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)等技術也陸續被各電信營運商採用。

CDMA2000：由美國高通(Qualcomm)北美公司為主導提出，Motorola、Lucent和韓國三星都已參與，韓國現在成為該標準的主導者。這套標準是從窄頻CDMA2000 1X數位標準衍生出

來的，可以從原有的CDMA2000 1X結構直接升級到CDMA2000 3X (3G)，建設成本低廉。但目前使用CDMA的地區只有日、韓和北美，支持者不如W-CDMA多。近年來，為提升資料傳輸的速度CDMA2000的升級版本如CDMA2000 1X EV-DO Rev.A也開始逐漸被採用。

TD-SCDMA：稱為Time Division-Synchronous CDMA，是由大陸大唐電信公司提出的3G標準。該標準將智慧天線(smart antenna)、同步CDMA和軟體無線電(software-defined radio)等當今國際領先技術融於其中。由於大陸境內擁有龐大的市場潛力，使得該標準受到各大主要電信設備廠商的重視，目前全球一半以上的設備廠商都宣佈可以支援TD-SCDMA標準，並已在大陸部分地區進行試驗性商業運轉。



▲ 圖1、行動電話發展歷程

(五) WiMAX

WiMAX代表Worldwide Interoperability for Microwave Access，是屬於IEEE 802.16標準的一種點到多點寬頻無線存取技術。與802.11標準定義的Wi-Fi網路一樣，WiMAX也是一種無線上網技術，只是它的訊號範圍更廣、傳遞速度更快。Wi-Fi的傳輸率最高可達54 Mbps，傳輸範圍最遠約100公尺，而WiMAX的速度、範圍分別是74 Mbps、48公里。

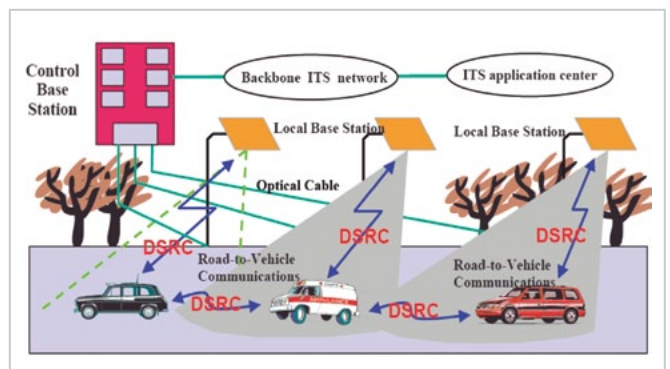
WiMAX的開發概念是為了克服Wi-Fi網路範圍小、無法支援移動的缺點，因此，WiMAX具備Wi-Fi寬頻資料傳輸的特性，同時又具備類似行動電話系統支援移動中通訊的優點。每個國家開放的WiMAX的工作頻段有些差異，台灣及美國是開放2.5 GHz ~ 2.7 GHz，韓國是2.3 GHz ~ 2.4 GHz，而歐洲與中國大陸則是 3.4 GHz ~ 3.6 GHz。WiMAX支援可變通道頻寬(1 MHz ~ 28 MHz)，不同於Wi-Fi的20 MHz固定通道頻寬，且利用OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)及MIMO(Multiple Input Multiple Output)技術增加頻譜使用效率、抗多路徑衰落，而使頻譜資源可靈活分配，進而增加傳輸速率。WiMAX與WCDMA等網路性能比較如表1所示[*4][*5]。

▼ 表1、WiMAX與WCDMA網路性能比較

	WCDMA	HSDPA	HSUPA	WiMAX	Wi-Fi
最大傳輸速率	2 Mbps	14.4 Mbps	14.4 Mbps	70 Mbps	54 Mbps
平均傳輸速率	150~200 kbps	1 Mbps	2 Mbps	5~10 Mbps	10 Mbps
時間延遲	300 ms	< 200 ms	< 100 ms	< 100 ms	> 200 ms
VoIP 功能	No	No	Yes	Yes	Yes

(六) 專用短距離通訊(DSRC)

專用短距離通訊DSRC(Dedicated Short Range Communications)是為車輛間及車輛與路側單元(Road Side Unit)間所設計的短距離無線通訊方式，是世界各國推動智慧型運輸系統ITS (Intelligent Transport Systems)建設中相當重要的一環，主要目的即在於改善交通運輸的安全性及效率[*6]。如圖2所示，DSRC主要是由道路旁的基站設備路側單元(Road Side Unit)及裝置在車輛上的車機OBU (On Board Unit)所構成，目前以電子收費系統ETC(Electronic Toll Collection)最具代表性。



▲ 圖2、DSRC網路架構 (資料來源：工研院)

DSRC的技術規格是基於IEEE 802.11a的標準所修訂，如此才能符合高速移動的行車環境及低時間延遲(latency)的特性，歐洲、美國與日本原有各自研究的技術規格，但目前多傾向於支持DSRC草案IEEE 802.11p的發展。IEEE 802.11p與IEEE 802.11a同樣是採用OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)技術，但每個通道是10MHz而不是20 MHz，最大傳輸速率是27 Mbps，是IEEE 802.11a系統的一半，以確保高速行駛中的車輛能及時完成資



料交換，IEEE 802.11p與IEEE 802.11a主要的參數比較如表2所示[*7]。

▼ 表2、IEEE 802.11p與IEEE 802.11a主要的參數比較

	IEEE 802.11p	IEEE 802.11a
使用頻率	5.850~5.925 GHz	5.150~5.350, 5.725~5.825 GHz
頻寬	10 MHz	20 MHz
通道數	7	12
通道機制	使用多通道	使用單一通道
子載波數	52	52
子載波間隔	156.25 KHz	312.5 KHz
最大傳輸速率	27 Mbps	54 Mbps

基於DSRC的技術，發展出許多相關的應用，包括有道路交通管理、電子收費、資料傳輸、車輛安全、商業車輛營運等應用模式。如車內標誌(In-vehicle signing)應用，可將所偵測到的路邊標誌上的資訊顯示於車內，而通常這些資訊包括了建議、警告、和控管標誌，特別當駕駛人遇天候不良或其他駕駛困難之區域時，它能夠以更有效率的方法提供道路標誌上之資訊。而在車輛安全方面的應用，還包括從RSU提供訊息給車輛，如彎道速限警示、十字路口行人穿越警示、限高提示、不良路況警示等應用。另外，車輛間OBU與OBU的通訊，也提供如十字路口碰撞警示、盲點區域警示、前方交通路況提示、變換車道提示、煞車警示等應用。

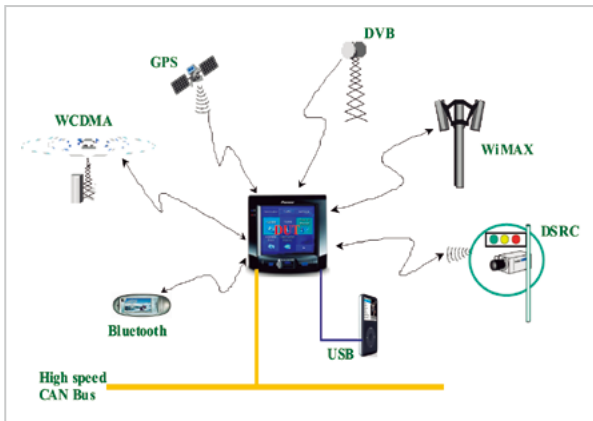
三、車輛無線通訊產品功能描述

當無線通訊的技術愈來愈被普遍應用於車輛中，我們可以看到數位電視接收機將電視節目帶入行駛中的車輛、GPS導航讓開車方便許多、整合藍芽技術的音響及通訊裝置也可讓駕駛將注意力放在

道路上，增加行車的安全性。未來，多功能的通訊技術將整合於所謂的Telematics系統中，如圖3所示，而基本的功能需求則包括：

1. GPS receiver capability;
2. DVB (Digital Video Broadcast) receiver;
3. Wireless communications capability:
 - (1) WCDMA for mobile phone service;
 - (2) WiMAX for wireless broadband access;
 - (3) DSRC (Dedicated Short Range Communication) for communications between vehicles and the roadside and between vehicles.
 - (4) Bluetooth for communications with other Bluetooth devices.
4. USB ports ;
5. High speed CAN bus interface.

進一步分析典型的車載資通訊裝置，除了LCD顯示模組、數位訊號處理的晶片之外，車載資通訊裝置更將多個無線通訊的模組，包含數位廣播、衛星通訊、行動通訊、無線寬頻通訊等模組整合於一個裝置裡，並透過車身網路技術與其他車輛上的裝置進行訊息交換。一個車載資通訊裝置可能具有多達六個以上的天線連接埠(antenna port)，分別在如表3所列的頻帶工作。由於單一系統裡整合了多個無線通訊模組，除了外界電磁干擾的訊號會影響產品性能外，如何克服不同無線通訊模組間相互的電磁干擾也是設計的主要挑戰之一，必須透過適當的電磁相容測試與分析，方能協助找出產品電磁相容問題與改善的方法。



▲ 圖3、車輛無線通訊產品功能

▼ 表3、無線通訊技術工作頻帶

	Frequency Range
GPS	1575.42 MHz
DVB	470 ~ 862 MHz
WCDMA	1920 ~ 1980 MHz; 2110~2170 MHz
WiMAX	2.5 ~ 2.7 GHz
DSRC	5.850 ~ 5.925 GHz
Bluetooth	2.4 ~ 2.4835 GHz

四、結語

Telematics是以汽車為介面，與外在環境資源互動，其中結合了無線通訊技術將資訊與多媒體等內容作單向或雙向傳輸之系統。隨著愈來愈多電子控制元件及車載資通訊系統加入車輛中，車輛電磁干擾的問題勢必也將隨之增加。然而，將無線通訊技術應用於車輛中，是當前正蓬勃發展中的趨勢，因此，對於車輛EMC的檢測而言，無疑也是一項新的挑戰。

國際資深的EMC專家Keith Armstrong表示，由於電子控制單元在汽車中的應用日益增加，且手機和寬頻無線系統的應用也可能會提高電子干擾雜訊，或使電子系統之間出現意外互斥，從而使汽車

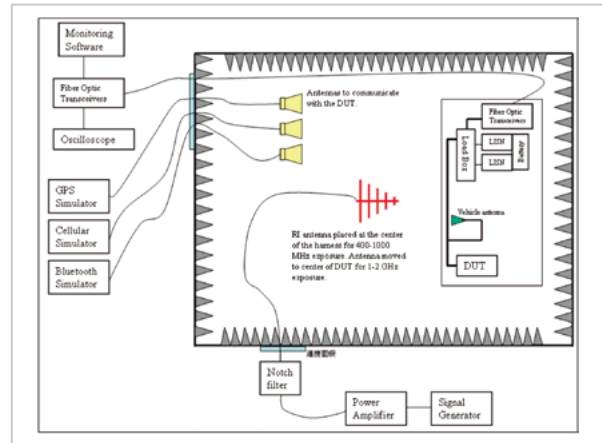
的危險性進一步加深。因此，目前汽車廠商和零組件供應商採用的EMC測試方法，應以更積極的步伐跟上電子技術發展的步伐[*8]，以提供汽車廠商和零組件供應商對於該項產品功能安全更具參考價值的資料。

七、參考文獻

- [1] RDS-TMC簡介，交通部運輸研究所
- [2] Ryan M. Steele, Introduction to Bluetooth, Crutchfield New Media.
- [3] Jonathan P. Castro, The UMTS Network and Radio Access Technology: Air Interface Techniques for Future Mobile Systems, John Wiley & Sons, Ltd., 2001.
- [4] 甘傑英，WiMAX標準與認證簡介，系統晶片科技中心
- [5] 吳清源，WiMAX的機會與風險，大眾電信，October 2007.
- [6] What is DSRC, www.learnarmstrong.com
- [7] Reliability Analysis of DSRC Wireless Communication for Vehicle Safety Applications, Proceedings of the IEEE ITSC 2006, September 2006.
- [8] Keith Armstrong, Why EMC Testing is Insufficient, and What is Necessary, Automotive Design Europe, 2008.

車輛中心EMC實驗室 模擬車載資通訊量測能量介紹

為了因應車載資通訊系統的蓬勃發展所帶來的EMC (Electromagnetic Compatibility)測試需求，車輛中心EMC實驗室於2009年起陸續建置完成包含GPS、Bluetooth、行動通訊系統、DSRC、WiFi等無線技術的模擬分析能量，藉以將EMC實驗室的服務範圍擴展至車載無線通訊產品。由於車載資通訊系統需要與外界的基地台做雙向的通訊才能建立通話連線。因此，要在EMC實驗室進行測試時，就必須一方面在測試場地模擬產生穩定的無線通訊信號，如衛星訊號、藍芽訊號等，另一方面也透過這些儀器設備監控分析待測件的功能狀態，如誤碼率、訊雜比等參數。如圖1所示為RI (Radiated Immunity)測試的配置圖，除標準的測試配置外，並透過包含GPS、行動通訊、及藍芽訊號的模擬器，在電波暗室中建立車輛無線通訊待測件運作需要的無線通訊模擬訊號。

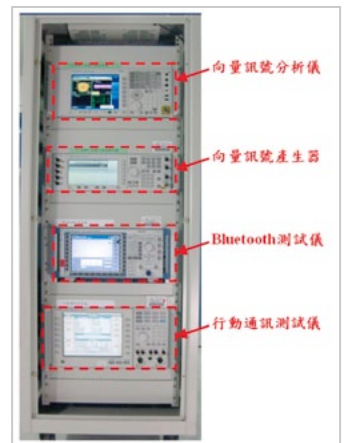


▲ 圖1、車輛無線通訊產品RI測試配置圖

車輛無線通訊信號模擬監控設備介紹

為了因應眾多車輛無線通訊產品或車載資通訊系統的EMC檢測及產品改良需求，車輛中心EMC實驗室已建置包含行動通訊測試儀、Bluetooth測試儀、向量訊號產生器、向量訊號分析儀等車輛無線通訊信號模擬監控與分析設備，如圖2所示，其設備功能包括：

1. 行動通訊測試儀：行動通訊測試儀提供類似行動電話基地台的功能，支援GSM、GPRS、EDGE、WCDMA、HSDPA、HSUPA、CDMA2000、CDMA2000 1xEV-DO等系統的參數測試，如圖3，能夠在實驗室測試環境中與待測件建立無線通訊連線，並分析待測件的發射器、接收器等狀態，如位元誤碼率 (Bit Error Rate, BER)、



▲ 圖2、車輛無線通訊信號模擬監控設備

接收位準(Rx Level)、封包錯誤率(Packet Error Rate)、同頻干擾(Co-Channel Interference)、資料流量(Data Throughput)等參數。



▲ 圖3、行動通訊測試儀參數設定畫面

2. Bluetooth測試儀：Bluetooth測試儀扮演Bluetooth連線主從式架構中主人端(Master)的角色，提供建立Bluetooth連線所需之模擬訊號，可依據Bluetooth RF測試規範的要求分別量測分析Bluetooth待測件發射機(Transmitter)與接收機(Receiver)的性能，例如發射機的輸出頻率範圍、調變訊號特性(Modulation characteristics)、載波頻率的漂移程度(Carrier frequency drift)及輸出功率大小等，而接收機方面則包含接收機的靈敏度(Sensitivity)、位元誤碼率(Bit Error Rate, BER)、最大輸入訊號位準(Maximum input level)等參數，如圖4所示。



▲ 圖4、Bluetooth測試儀參數設定畫面

3. 向量訊號產生器：由於測試電波暗室中無法接收到實際的GPS衛星訊號，GPS向量訊號產生器能夠在電波暗室中同時模擬產生一顆或多顆衛星的模擬訊號，模擬真實地理位置的經緯度訊號，提供GPS導航裝置正常工作需要的衛星訊號來源，如圖5。另外，此向量訊號產生器也可用於產生WLAN訊號(包含IEEE802.11 a/b/g/j)、DSRC訊號(IEEE802.11p)、QAM/PSK/FSK等向量訊號。

4. 向量訊號分析儀：此分析儀能夠接收與解析包含類比調變(AM、FM、PM)與數位調變(QAM、PSK、FSK等)的無線通訊



▲ 圖5、GPS向量訊號模擬

信號，並具備WLAN(IEEE 802.11a/b/g/j)及DSRC(IEEE802.11p) 向量訊號調變解析(Vector modulation analysis)功能，能夠客觀的分析車載無線通訊待測件的功能狀態，分析待測件的Error Vector Magnitude、Frequency Error、Symbol Clock Error等參數，如圖6所示。



▲ 圖6、DSRC與WLAN訊號分析畫面

透過行動通訊測試儀、Bluetooth測試儀、向量訊號分析儀與實驗室的EMS測試系統整合軟體鏈結，測試系統軟體能夠彙整場強資訊與待測件參數量測分析資訊，即時完成待測件狀態監控並提供量化的分析數據，達成自動化測試的目標。

車輛中心EMC實驗室目前不僅具備有國內最完整的車輛EMC檢測能量，同時也具有專業分析及偵錯診斷之技術能力，針對業者進行產品開發者或產品EMC特性改良時，能夠提供量化的分析數據，並協助客戶深入了解產品受電磁波干擾影響的程度與範圍，加速商品化之進程，是提升產品開發效益最有力的幫手。

相關EMC實驗室之檢測服務諮詢，請洽：
 ● 車輛中心 電子檢驗課/施子煌、張錦榮
 ● 電話：04-7811222 分機 5206、3317
 ● E-Mail：lion@artc.org.tw, cage@artc.org.tw