

CAN Bus 應用於電動載具系統監控與故障診斷之研究

林保超 汪偉智 張舜長
大葉大學機械與自動化工程學系
51591 彰化縣大村鄉學府路 168 號

摘要

近年來全世界的車廠所生產的車輛，為了符合環保規定及增加安全和舒適性，不斷的增加感測器、致動器及影音設備。為了減少車上電線數量，以減輕車輛重量，以及達到車上資訊共用的目的，各車廠皆已採用控制區域網路匯流排（CAN Bus）的架構來連接感測器與致動器，形成一個小型的區域網路控制。本研究完成一套具有電動載具系統監控及故障診斷等兩個功能模組之整合型系統，先利用 Flowcode 圖形化編成語言軟體編寫程式，再依據 SAE J1939 通訊協定訂立各節點的控制區域網路（CAN）ID（identification），使各感測器能將目前狀態透過控制區域網路匯流排傳輸至控制單元（ECU）進而進行下一步控制並以圖控軟體 LabVIEW 人機介面監控目前車輛行車資訊，另規劃出各節點故障項目及相對應安全配套措施，以確保整車安全，上述所開發之整合型系統，在本文中有搭配平台模擬實際車輛，透過 CANKing 匯流排監控軟體觀看各節所發出 CAN 訊號是否正常以驗證其可行性，經實驗證明本研究成功研發出一套具有電動載具系統監控及故障診斷之整合型系統。

關鍵詞：控制區域網路匯流排，整車系統監控，故障診斷，Flowcode，LabVIEW。

Monitoring and Fault Diagnosis for Electric Vehicles by Using Controller Area Network Bus Technology

BAO-CHAU LIN, WEI-ZHI WANG and SHUN-CHANG CHNAG
Department of Mechanical and Automation Engineering, Da-Yeh University
No. 168, University Rd., Dacun, Changhua 51591, Taiwan, R. O. C.

ABSTRACT

The number of vehicles equipped with sensors and actuators has recently increased, in order to comply with environment requirements and to improve safety and comfort. Reducing the number of wires in a vehicle could reduce its weight. Many vehicle manufacturers have used the controller area network(CAN) bus technology to complete messages share in sensors. In this study, fault diagnosis and monitoring of electric vehicle systems was performed on a set of two functional modules within an integrated system. Sensor and actuator nodes were programmed using Flowcode. According to the SAE J1939 protocol, each node can make the CAN ID (identification). Electric vehicles could also be monitored by LabVIEW. Finally, a test platform was established to design a monitoring and diagnosis system for electric vehicles. Through a series of experiments, fault diagnosis and monitoring of



electric vehicle systems was successfully verified.

Key Words: controller area network (CAN) bus, monitoring of vehicle systems, fault diagnosis, Flowcode, LabVIEW.

一、研究動機與目的

近年來能源耗竭過度、環境汙染嚴重，對於居住環境品質的要求，國際間對於車輛廢氣排放標準不斷提高。世界各國十分重視節能減碳與環保相關問題，積極進行電動車輛及複合動力車輛的研發與應用，將車輛的動力源由內燃機轉為電動已是大勢所趨。

電動車輛的研究主要包括電池管理、傳動系統、馬達及驅動電路，再加上車輛產業逐漸地發展，電子控制技術在車輛上廣泛使用著[18]，車輛電子控制單元與電子元件越來越多，這些控制單元的訊息相互牽連共享，在有限的車輛空間裡，感測器及致動器的配備數量以傳統點對點的集中控制所傳遞訊息之工作，其將會使車輛上的電線數量急遽增加，這樣不但增加了車輛的配線複雜，同時也會造成日後維修難度提高，而車輛在行駛過程中，環境相當惡劣，各個訊號可能會相互干擾導致行車電腦效率不佳、環境變化容易使線束材質劣化、車輛震動容易使接頭鬆脫等等問題將會產生許多不必要的安全顧慮，在這樣的狀況下，CAN Bus 技術就此衍生出來，在現代車輛發展上，大多數都搭配了此項技術。

本文以 CAN Bus 為主軸，開發出一套具有系統監控及故障診斷等兩項整合性系統，藉由 CAN Bus 使各個裝置可以互相共享資訊，可以有效減少電線的使用量，對於車輛線路不良的問題可以大幅度的減少及降低維修時間。

二、文獻探討

電動車的發展史比內燃機汽車更長，世界上第一輛機動車就是電動車。在廿世紀之初，美國 Morris 與 Salom 兩家公司共同研發生產出全世界第一部商業化的電動車，在 1900 年時，美國汽車廠所生產的新車中有 38% 是電動汽車，於 1908 到達巔峰時期。在 1912 年以前，已有 34,000 輛經註冊的電動車於路上行駛[17]。後來，由於燃油汽車技術的迅速發展，而電動車在能源技術和行駛里程的研製上長期未能取得突破，進入 70 年代以來，由於中東石油危機的爆發以及人類對自然環境的日益關注，電動車才再度成為技術發展的熱點。本研究內容的方向大致可分為電動載具系統監控系統與電動載具故障診斷系統，其相關文獻如下：

王建民等人[1]針對具有控制器區域網路匯流排通訊功能電動車用儀表板進行研發與應用，探討控制器區域網路匯流排傳輸介面接收電動車上的各個模組所傳送出的資訊，並另外以 Visual Basic 撰寫數位儀表介面的應用程式，由 DMA-2440XP 平台顯示出電動車的各項狀態數據，發展出一套車用數位儀表板。Wichert 等人[23]建立複合動力柴油內燃機測試平台的人機介面，以 LabVIEW 建立虛擬儀表可並發展測試系統監控介面。張瑞峰[8]使用 LabVIEW 建立四行程內燃機人機介面，由控制電腦直接控制內燃機動力計，以達到自動化測試。Zhang 等人[24]提出基於分佈式電池信號和以 LabVIEW 開發電池能量管理系統。電池能量管理系統是電動汽車的研究中的關鍵技術，必須準確和即時獲得電池電壓和溫度等參數，並顯示工作狀態及電池 SOC。朱嘉駿[4]提到將監控系統與太陽能發電相互結合，其在太陽能電池的背板架設紅外線溫度計，以接收溫度訊號，並且將儀表所量測到太陽能模組的數據，透過 RS232 做訊號傳遞，以電腦監控方式來了解整體發電與用電之情況。Aristizabal 和 Gordillo[16]將建築結合光電發電系統，利用電子儀器將電壓、電流、溫度等透過 FP1000 系統及 PCI6024E 擷取訊號送到 LabVIEW 中，最後建立人性化介面來監控。Forero 等人[19]使用 LabVIEW 對獨立型太陽能廠系統量測及監控的虛擬儀器開發，由於量測及監控的過程中是透過虛擬儀器，所以在整體系統成本能夠大幅降低。此系統主要透過通信節點 (Modular Field Point) 和 PCI6024E 擷取訊號，再經由虛擬儀表顯示在 LabVIEW 工作環境中。Luo 等人[20]提出一個新型車載故障診斷策略，以 CAN 為基礎設計出有兩個有效的汽車診斷系統：(1) CANoe 的是一個強大的 CAN 開發工具。以 CANoe 為基礎建立故障診斷，應用於燃料電池汽車，並設計數據庫的故障信息管理；(2) 手持式故障診斷設備是一個外接設置。透過 CAN 網絡可以輕鬆得到燃料電池汽車故障信息。隨著設備和 PC 之間的通信，存儲在設備中的故障代碼可以讀取，由 PC 分析和處理。褚文和等人[11]創立出一套車輛診斷模擬系統具有整合車輛診斷器與 CAN 診斷功能之車輛引擎 ECU 模擬實體之功能，且依此研究製作具診斷功能之引擎 ECU 模擬實體可作為開發符合



CAN 診斷功能之實際車輛 ECU 其診斷功能製作之難題。蕭丞凱[15]提出一套智慧型的車輛電能控制系統，在車輛發生電能系統失效時，能立即給予修正與警告，避免更大的事故產生，減少社會成本的提高與個人生命財產受到威脅。黃培霖[9]提出複合動力機車驅動系統之零件短路、開路及訊號門鎖三種故障狀態，對機車騎乘造成的結果及影響，進而提出一故障診斷策略，可以診斷所有驅動系統之零件短路故障。褚文和和邱頂榮[10]提出適用電動車網路診斷系統之規劃，參照 SAE J1939 通訊協定應用層診斷部分，並規劃出設計診斷系統所需故障診斷項目，藉由嵌入式自動診斷系統，以達到電動車診斷系統之完整性；其中設計自動診斷介面方法，是依據電動車規劃出診斷項目並利用 Embedded Visual C++4.0 程式軟體撰寫，加入到 Wince 嵌入式系統並接收 CAN Bus 上各個模組故障訊號，將故障訊息顯示至嵌入式平台上，使電動車故障訊號能藉由 CAN Bus 傳輸訊息而得知。王守緯[3]提出一套車輛故障關聯定義架構，將車輛系統化的建構存入其維修診斷知識，而使得系統能依此架構存入的診斷知識來達成正確的維修診斷任務，並以一嵌入式系統實現車輛即時訊號的量測記錄，訊號對應狀態的轉換，狀態至徵狀或徵狀至病因的推論。透過韌體程式演算法，依各推論規則（Inference Rule）推論出徵狀，進而從徵狀找出可能的車輛病因，形成一套完備而有效率的車輛故障診斷系統，並可迅速且確實的協助維修員找到故障的原因，提高車輛故障檢測的精確度以及維修的效率。

三、研究步驟與方法

本研究之主要步驟與方法詳細說明如下：

（一）CAN 通訊協定

1. CAN 的起源與簡介

控制區域網路，是由德國 Bosch 公司在西元 1983 年提出，將 CAN 設計為汽車環境中微控制器通訊。由於汽車上的電子控制單元日益增加，連結每個電子控制單元溝通交換訊息，若採用傳統方式做內部連結，勢必會增加許多節點，造成成本增加，而且線路過長以及接點過多，導致降低汽車的可靠度。因此提出 CAN 匯流排的最初動機就是為了解決汽車中電子控制單元之間的通訊，減少一直增加的訊號線，讓所有的電子控制單元都可以連接到 CAN 匯流排上[21]。由於汽車的 e 化日深，像是引擎、煞車與電動裝置等皆是需透過電子訊號加以控制，因此如何降低訊號傳輸干擾與電

線數目是刻不容緩的，採用串列傳輸是減低電線數目的最好方法，然而汽車內嚴重的電磁干擾與劇烈的環境變化，使得一般架構的串列傳輸不容易滿足其嚴苛的條件。光通訊應為此類運用的最佳方案，但是由於成本較高，尚未普及於汽車工業，於是具備雜訊耐受度的 CAN 匯流排，在德國 Bosch 成功的應用在汽車領域之後，已經受到各車廠的重視並爭相跟進。目前大部分工業環境並未如汽車般有著如此嚴苛環境與要求，因此 CAN 匯流排應用在工業場合如分散式控制上更是具備低成本與高效益的優點 [2, 5-7, 13-14]。

2. CAN 的架構與運作

CAN 的通訊協定發展已有十多年的歷史，專用的低成本控制器晶片在 1989 年首先發表，而且當時的資料鏈結層能夠與微處理器做通訊。目前已經發展出超過 50 個支援控制網路協定的控制器晶片，都可適用在 CAN 協定的晶片。

CAN Bus 的架構，如圖 1 所示，[12]是由下列單元所組成：

- （1）應用站台：此站台所應用的地方，在本論文整個監控系統中，這裡便是讀取和傳送資料的部份。
- （2）Host-Controller：負責運算資料的電腦，如工業電腦、單晶片或是一般的 PC。
- （3）CAN-Controller：負責處理 Host-Computer 的資料，並將資料傳送 CAN-Transceiver，如 Philips SJA1000。
- （4）CAN-Transceiver：將 CAN-Controller 傳來的資料轉換成電子信號，並傳送到 CAN 匯流排上，同樣的，也將 CAN 匯流排上的電子信號轉換給 CAN-Controller，如 Philips 82C250、TI SN65HVD230。
- （5）CAN-Bus：CAN 的電路只有傳送位元值為 0（Low）代表強勢性位元（Recessive），和位元值為 1（High）代表弱勢性位元（Dominant）的狀態，所以只需要兩條線分別為 CAN_H 和 CAN_L。在 ISO-11898 標準中，當 CAN_H 及 CAN_L 為 2.5 伏特時，即兩者電壓差為 0 伏特，其位元值為 1。當 CAN_H 上升到 3.5 V 而 CAN_L 下降到 1.5 V，即兩者電壓差為 2 V，其位元值為 0。因此基本的 CAN 匯流排通訊只要兩條銅絞線（Twisted Pair）作為匯流排的主線，其他各站台只要搭在主線上即可，使用銅絞線可以抵抗電磁干擾。
- （6）Terminal 120 Ω 電阻：終端電阻是防止資料傳送出去後回波震盪，會破壞資料。



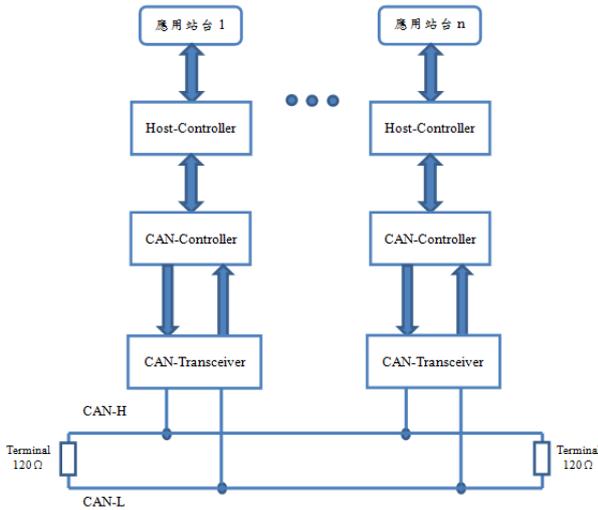


圖 1. CAN Bus 架構圖[12]

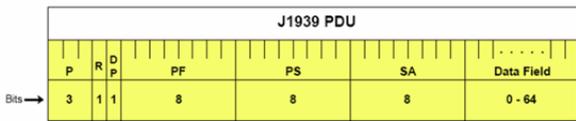


圖 2. J1939 PDU[22]

3.SAE J1939 通訊協定

SAE J1939 通訊協定是目前在大型汽車中應用最廣泛的應用層協議，可達到 250Kbps 的通訊速率。SAE J1939 通訊協定是由美國 SAE (Society of Automotive Engineer) 組織維護和推廣[22]。

SAE J1939 通訊協定具有如下特點：

- (1) 以 CAN2.0B 通訊協定為基礎，物理層標準與 ISO11898 規範相容並採用符合該規範的 CAN 控制器及收發器。通訊速率最高可達到 250 kbps。
- (2) 採用 PDU (Protocol Data Unit 協議數據單元)(圖 2) 傳送信息，每個 PDU 相當於 CAN 協議中的一幀。由於每個 CAN 幀最多可傳輸 8 個字節數據，因此 PDU 的傳輸具有很高的實時性。
- (3) 利用 CAN2.0B 擴展幀格式的 29 位標誌符定義每一個 PDU 的含義以及該 PDU 的優先級。
- (4) J1939 協議主要作為汽車中應用的通訊協議，對汽車中應用到的各類參數都進行了規定。參數的規定符合 ISO11992 標準。

(二) 電動載具系統監控與故障診斷實驗平台

將各節點連結起來模擬整體載具行駛狀態進行系統監控，並模擬故障產生時，本系統 ECU 是否可以做出相對應的安全措施。本實驗平台軟硬體架構如下：

1. 電動載具系統監控與故障診斷實驗軟體

實驗平台利用 Flowcode 圖形化編程語言軟體編輯 各 CAN 節點程式設計，使系統設計者能設計、建構與驗證其控制系統的完整性；利用 LabVIEW 圖控程式建立人機介面提供即時監控，建立完善之電動載具系統監控與故障診斷；利用 CANKing 所擷取 CAN Bus 之資訊來驗證系統監控與故障診斷，以及故障項目對應措施是否正常運作。

2. 電動載具系統監控與故障診斷實驗硬體

本研究於電動載具硬體部分主要可分為五項節點分別為：(1) 電池組、(2) 馬達驅動器、(3) 燈具、(4) 儀表、(5) 行車狀態節點，如圖 3 所示；整體實驗平台結合，如圖 4 所示。

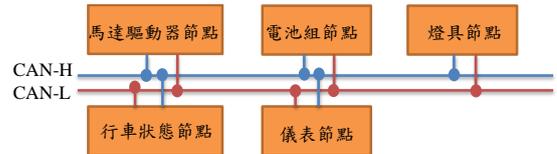


圖 3. 電動載具硬體架構圖

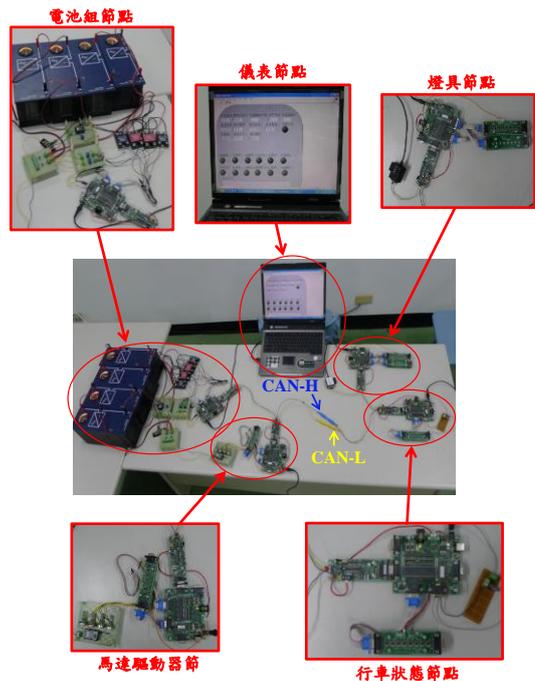


圖 4. 整體實驗平台圖



(三) 電動載具系統監控與故障診斷實驗規劃

首先確定電動載具所需之硬體，並監控其資訊，之後了解電動載具各個電子控制元件所會出現的故障點，以及針對行駛時發生故障時所產生意外的嚴重性加以分類，並設立當故障點出現時 ECU 需做出相對應的安全措施。

1. CAN 各節點 ID 參數定義

本研究於電動載具實驗節點之主要硬體規格為：(1) 電池組為鋰鐵電池，由四小組鋰鐵電池串聯所組成，每小組電池電壓 14.4V 電容量為 4.6AH，故電池組規格為 57.6V/4.6AH；(2) 馬達規格：48V/3kW；(3) 方向燈規格：12V/20W；(4) 頭燈規格：遠光燈 12V/55W、近光燈 12V/45W。本研究以不重複 SAE J1939 通訊協定為前提，利用 SAE J1939 提供給使用者自行定義之空白定義制定了適用於電動載具的通用應用層協議，表 1 為本研究各節點 ID 參數定義，表 2 為本研究各訊號數據分析。

2. 儀表與故障診斷介面設計

本研究利用 LabVIEW 人機介面來做為儀表介面(圖 5)及故障診斷介面(圖 6)，儀表主要目的為提醒駕駛者目前載具狀況，因此避免顯示過多複雜的數據，盡量以簡單圖形讓駕駛者易於判斷載具狀況。故障診斷介面主要目的是提供維修人員維修電動載具的依據，因此須將電動載具各項數據完整的呈現出來，假使出現故障，維修人員透過此介面可以快速地了解故障訊息，以減低維修時間。

故障碼表示方法：

故障燈將以閃爍方式來表示故障碼，故障碼顯示可分為“十位數”與“個位數”，先顯示十位數(1 秒)，再顯示個位數(0.5 秒)，而位數間的顯示間格約 1.5 秒，故障碼和故障碼之間的顯示間格為 2.5 秒，存在有兩個以上故障碼十，會先顯示數字較小者，當各故障碼均顯示一次後，間格 4.5 秒會再次循環。

表 1. 節點 ID 參數定義

節點名稱	訊息循環率	P	R	DP	PF	PS	SA	Data Field		
								byte	bit	訊號名稱
馬達驅動器 EV1	10ms	3	0	0	10	10	239	1		驅動器溫度訊號
								2		馬達溫度訊號
								3	1	Ha 訊號
									2	Hb 訊號
									3	Hc 訊號
4		馬達驅動訊號訊號								
5		油門開度訊號								
行車狀態節點 EV2	50ms	3	0	0	11	11	209	1		車速訊號
								2		煞車訊號
電池組 EV3	10ms	3	0	0	13	13	243	1		電池組電壓訊號
								2		輸出電流訊號
								3		電池組溫度訊號
								4		電池一電壓訊號
								5		電池二電壓訊號
								6		電池三電壓訊號
								7		電池四電壓訊號
								8		SSR 導通數量
燈具 EV4	500ms	3	0	0	14	14	211	1		方向燈開關訊號
								2		大燈開關訊號
								3		遠近燈開關訊號
儀表 EV5	有故障訊息時每 25ms 發送一次	0x7C5	1		故障項目 1、4、6、7、12					
	無故障訊息時每 500ms 發送一次		2		故障項目 2					
			3		故障項目 3					
			4		故障項目 5					
			5		故障項目 8					
			6		故障項目 9					
			7		故障項目 10					
			8		故障項目 11					



表 2. 訊號數據解析

節點名稱	Data Field			正常範圍		解析
	byte	bit	訊號名稱	數據	單位	
馬達驅動器 EV1	1		驅動器溫度訊號	0~50	°C	0.19°C/bit gain
	2		馬達溫度訊號	0~70	°C	0.27°C/bit gain
	3	1	Ha 訊號	1		
		2	Hb 訊號	2		
		3	Hc 訊號	4		
	4		馬達驅動訊號訊號	0~100	%	0.4%/bit gain
5		油門開度訊號	0~100	%	0.4%/bit gain	
行車狀態節點 EV2	1		車速訊號	0~120	km/h	0.47km/bit gain
	2		煞車訊號	0&1		
電池組 EV3	1		電池組電壓訊號	9~14.4	V	0.03 V/bit gain
	2		輸出電流訊號	0~50	A	0.19A/bit gain
	3		電池組溫度訊號	0~50	°C	0.19°C/bit gain
	4		電池一電壓訊號	9~14.4	V	0.03 V/bit gain
	5		電池二電壓訊號	9~14.4	V	0.03 V/bit gain
	6		電池三電壓訊號	9~14.4	V	0.03 V/bit gain
	7		電池四電壓訊號	9~14.4	V	0.03 V/bit gain
	8		SSR 導通數量	0-4		
燈具 EV4	1		方向燈開關訊號	左:01		
				右:02		
	2		大燈開關訊號	ON:01		
OFF:00						
3		遠近燈開關訊號	ON:01			
			OFF:00			
儀表 EV5	1		故障項目 1、4、6、7、12			
	2		故障項目 2			
	3		故障項目 3			
	4		故障項目 5			
	5		故障項目 8			
	6		故障項目 9			
	7		故障項目 10			
	8		故障項目 11			

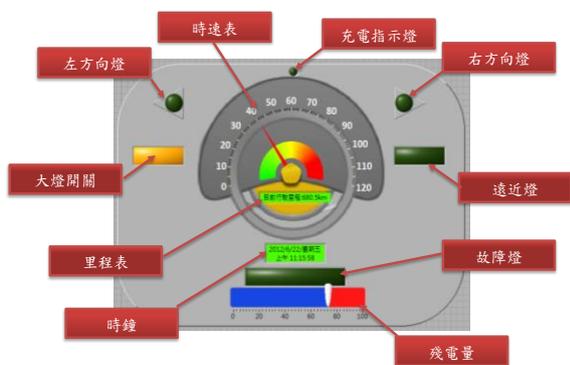


圖 5. 虛擬儀表設計



圖 6. 故障診斷介面



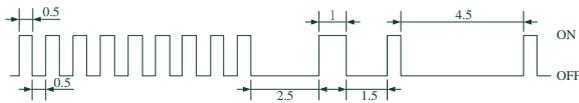


圖 7. 故障碼 9、11 表示方式

以故障碼 9、11 為例（圖 7），故障燈先顯示故障碼 9，故障燈閃爍 9 次（0.5 秒）每次間隔 0.5 秒，之後間隔 2.5 秒，在顯示故障碼 11，故障燈閃爍 1 次（1 秒）代表十位數，間隔 1.5 秒後故障燈閃爍 1 次（0.5 秒）代表個位數，顯示完後間隔 4.5 秒再次循環。

3. 故障項目及對應措施

目前電動載具所發展的故障診斷儀器及故障訊息皆為零散、雜亂，導致目前並沒有統一出一套完善的對應措施，本研究先訂立一套故障診斷判斷機制，如表 3 所示，並且訂立一套適合用於電動載具的故障項目及對應措施，如表 4

表 3. 故障診斷判斷機制

故障項目	判斷機制
馬達驅動器溫度異常	馬達驅動器溫度高於 50°C 或者低於 0
馬達溫度異常	馬達溫度高於 70°C 或者低於 0
馬達故障	當 1.油門開度大於 0，2.馬達驅動訊號大於 0，上述 2 項成立時，馬達三相訊號小於 7
馬達驅動器故障	當 1.油門開度大於 0，2.馬達三相訊號等於 7，上述 2 項成立時，馬達驅動訊號小於 1
油門訊號異常	油門訊號高於 90% 或者低於 0%
電池組溫度異常	電池組溫度訊號高於 50°C 或者低於 0
電池組電流異常	電池組輸出電流高於 70A
電池一電壓異常	電池一電壓與其他電池相比差異過大或者電壓低於 9V
電池二電壓異常	電池二電壓與其他電池相比差異過大或者電壓低於 9V
電池三電壓異常	電池三電壓與其他電池相比差異過大或者電壓低於 9V
電池四電壓異常	電池四電壓與其他電池相比差異過大或者電壓低於 9V
電池組電壓異常	電池異常超過 2 組
儀表異常	關閉電源

表 4. 電動載具故障項目及因應措施表

故障碼	故障項目	因應措施	故障燈閃爍次數
1	馬達驅動器溫度異常	關閉電源	1
2	馬達溫度異常	限制輸出功率	2
3	馬達故障	馬達驅動器停止輸出控制訊號	3
4	馬達驅動器故障	關閉電源	4
5	油門訊號異常	馬達驅動器停止輸出控制訊號	5
6	電池組溫度異常	關閉電源	6
7	電池組電流異常	關閉電源	7
8	電池一電壓異常	關閉電池一	8
9	電池二電壓異常	關閉電池二	9
10	電池三電壓異常	關閉電池三	10
11	電池四電壓異常	關閉電池四	11
12	電池組電壓異常	關閉電源，停止供電	12
13	儀表異常	關閉電源	13

所示。

四、結果與討論

本研究實驗共分為兩部份分別為（一）系統監控實驗（二）故障診斷實驗，並且在每個實驗透過 CANKing（註¹）觀察各節點所發出 CAN 訊號是否正確。

（一）系統監控實驗

此實驗目的在於將各節點資訊透過 CAN Bus 傳輸至儀表並透過儀表顯示數據提供給駕駛者了解目前車輛狀態。

實驗 A：正常駕駛

此實驗為當駕駛可以透過觀看儀表得知目前動載具狀態及是否有故障訊號，其實驗圖，如圖 8、9 所示。

¹ 由於 CANKing 在顯示 CAN ID 為 10 位元值，因此 201984751 為馬達驅動器節點 ID 10 位元值，20205013 為行車動態感測器節點 ID 10 位元值，202182131 為電池組節點 ID 10 位元值，202247891 為燈具節點 ID 10 位元值，1989 為儀表節點 ID 10 位元值，其各 ID 資料涵義請參閱表 1 及各訊號解析請參閱表 2。



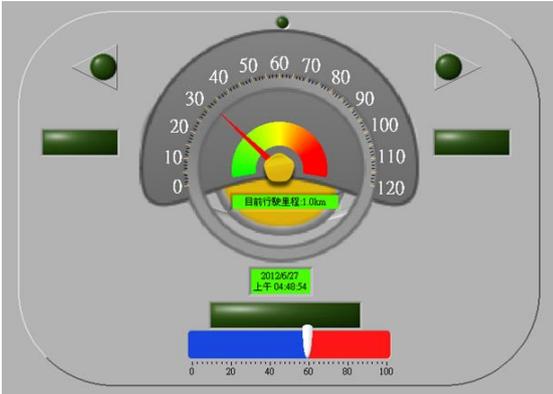


圖 8. 實驗 A 儀表顯示圖

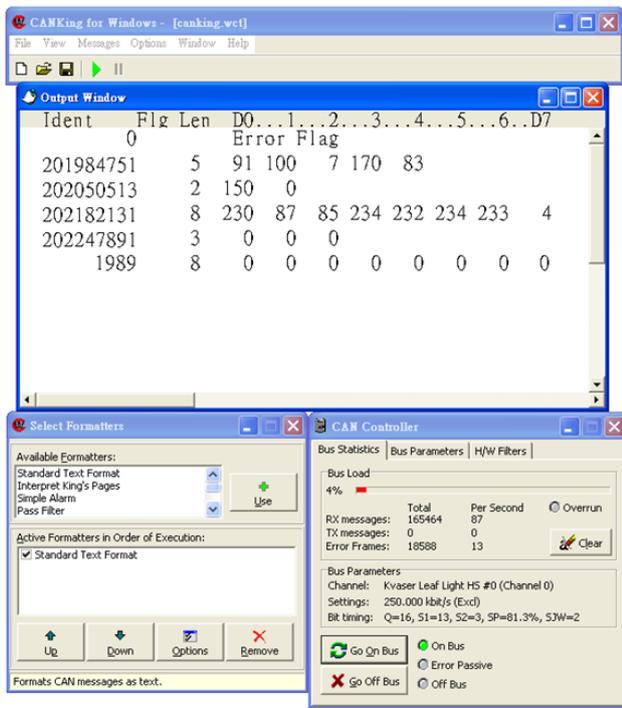


圖 9. 實驗 A CANKing 顯示圖

實驗 B：煞車

當駕駛者踩下煞車，透過 CANKing 顯示各節點對應關係。未踩下煞車時，其實驗圖，如圖 10 所示。

當駕駛者踩下煞車（行車狀態感測器節點），馬達驅動器節點接收到該指令，將馬達驅動訊號歸 0，如圖 11 所示。

(二) 故障診斷實驗

本實驗將以表 3 為依據針對表 4 所提出之故障項目做出故障診斷之實驗，以及透過 CANKing 檢查各節點是否根據故障項目作出因應的安全措施。

實驗 C：故障碼 1

故障碼 1 為馬達驅動器溫度異常，對應措施為關閉電源，此實驗流程為當馬達驅動器溫度異常（超過設定範圍 0~50°C）時，載具電源將被關閉，其實驗圖，如圖 12、13 所示。

當儀表節點發送故障訊息，電池組節點接收到該故障訊息（因應措施為關閉電源，故該故障訊息由電池組節點接收）立即作出關閉電源之動作，如圖 14 所示。

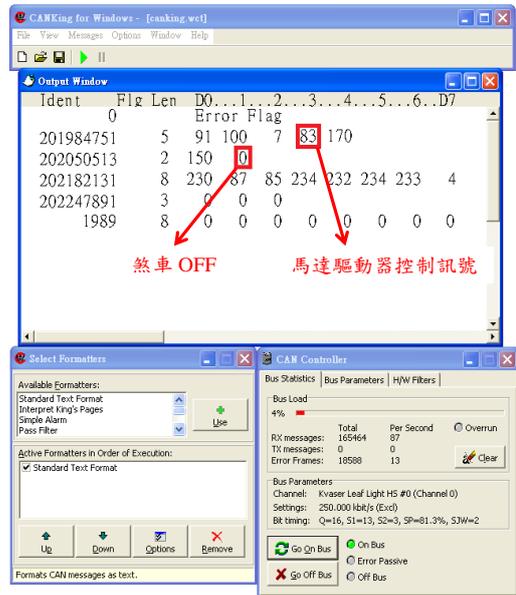


圖 10. 實驗 B CANKing 之未踩下煞車數據顯示圖

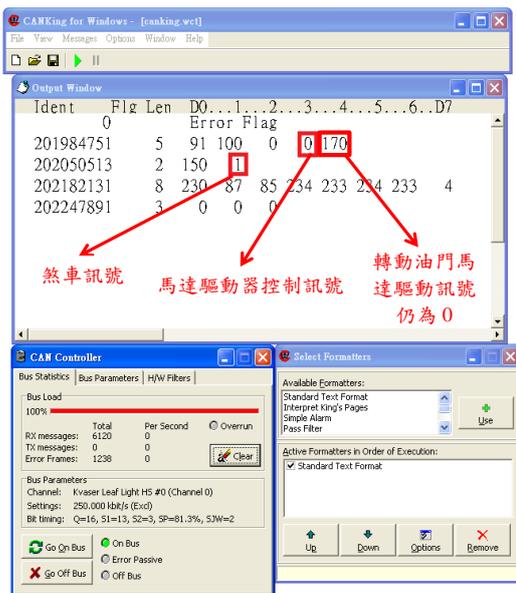


圖 11. 實驗 B CANKing 之踩下煞車數據顯示圖





圖 12. 實驗 C 故障診斷介面顯示圖

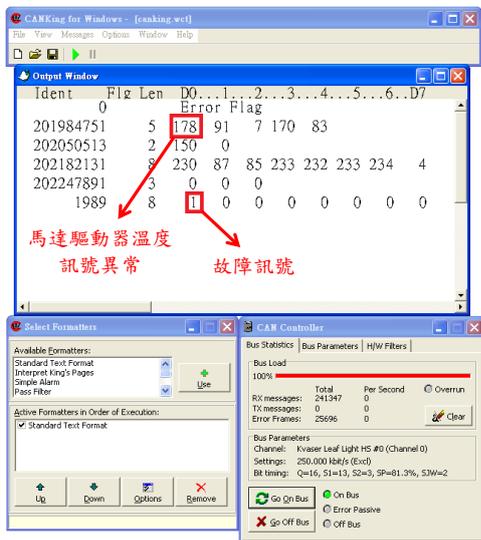


圖 13. 實驗 C CANKing 數據顯示圖

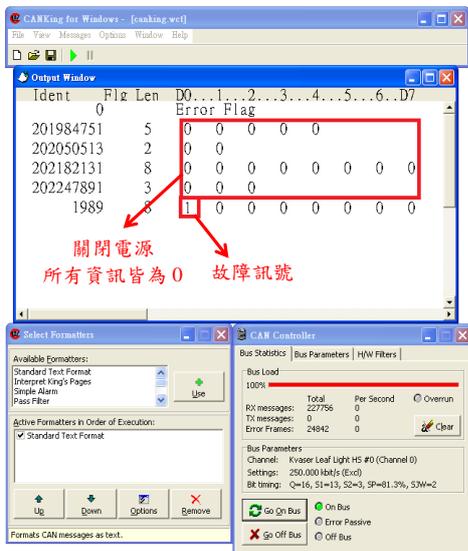


圖 14. 實驗 C CANKing 數據顯示圖

實驗 D：故障碼 2

故障碼 2 為馬達溫度異常，對應措施為限制馬達輸出功率，此實驗流程為當馬達驅動器溫度異常（超過設定範圍 0~70°C）時，馬達控制訊號最高為 60%，其實驗圖，如圖 15、16 所示。

當儀表節點發送故障訊息，馬達驅動器節點接收到該故障訊息，則立即將馬達控制訊號設定最高為 60%之動作，如圖 17 所示。

實驗 E：同時有出現兩種故障現象

此實驗目的在於測試當電動載具發生故障，異常訊號有兩個以上時，故障診斷程式是否仍然可以正常作動及接收故障訊息之故障節點是否可以做出對應措施。



圖 15. 實驗 D 故障診斷介面顯示圖

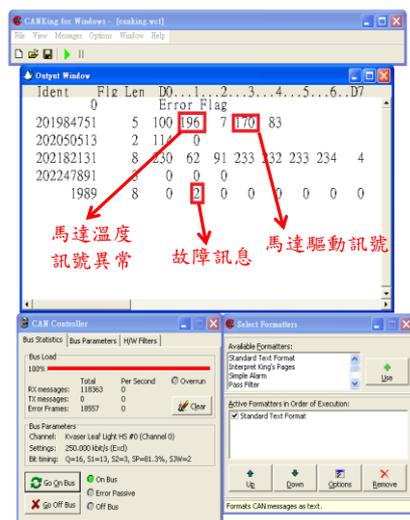


圖 16. 實驗 D CANKing 顯示圖



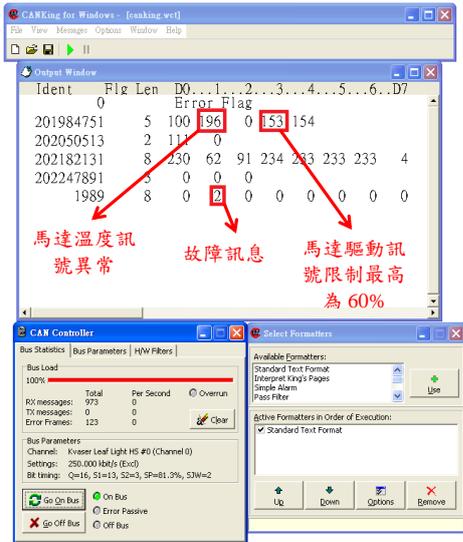


圖 17. 實驗 D CANKing 數據顯示圖

此實驗流程為模擬出油門訊號異常（超出設定範圍 0~90%）以及電池四電壓異常兩項異常訊號（圖 18）將異常訊號透過 CAN Bus 傳輸到故障診斷程式，讓故障診斷程式產生兩筆故障訊息，並分別回傳故障訊息至電池組節點及馬達驅動器節點（圖 19），電池組節點立即作出相對措施（關閉 SSR4）及馬達驅動器節點立即作出停止輸出控制訊號，CANKing 數據顯示圖，如圖 20 所示。

五、結論

本研究使用 CAN Bus 應用於電動載具建立一套具有電動載具系統監控及故障診斷等兩個功能模組之整合型系統，最後透過驗證程式觀察電動載具各節點所傳輸之資訊是否正確？本研究結論摘要如下：

- (一) 本研究根據 SAE J1939 為基礎擬出一套適用於電動載具之 CAN ID，並對各 ID 之資料做出完善規劃。
- (二) 建立簡單圖形讓駕駛者易於判斷載具狀況之儀表，將各節點資訊透過 CAN Bus 傳輸至儀表並透過儀表顯示數據提供給駕駛者目前車輛狀態，經實驗本研究所建立儀表系統可以成功利用 CAN Bus 接收各節點資訊並將其資訊顯示於儀表。
- (三) 本研究根據各節點訊號建立一套故障判斷機制並規劃出故障項目表及相對應安全措施，此機制擴充性佳，可以根據各節點訊號自行設立判斷機制。



圖 18. 實驗 E 故障診斷介面顯示圖

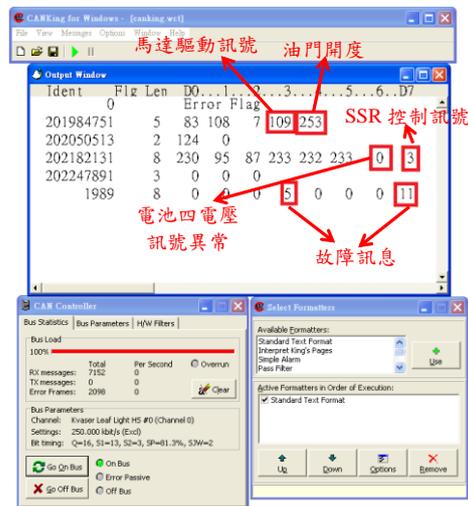


圖 19. 實驗 E CANKing 數據顯示圖

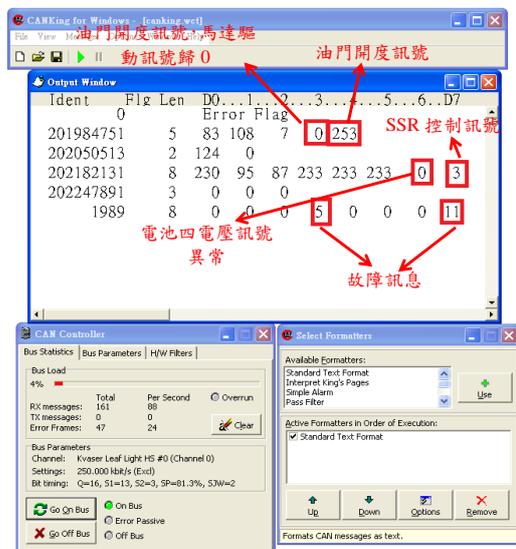


圖 20. 實驗 E CANKing 數據顯示圖



(四)本研究創立出一個電動載具虛擬故障診斷儀器之開發技術，可以讓維修人員快速地得知目前故障訊息，以方便維修人員作為故障維修之依據，如此更可以大幅地降低維修時間。另外對於一些較嚴重之故障，本系統能自動產生安全措施，以確保行車安全。故此研究成果可以協助國內發展電動車輛業者建立以 CAN Bus 為基礎的電動載具故障診斷技術之能力。

誌謝

本研究誠摯感謝科技部計畫提供相關經費支援(計畫編號：NSC 102-2632-E-212-001-MY3)，使得本研究得以順利進行，謹此致謝。

參考文獻

- 王建民、吳旻叡、蘇韋元(民 100)，具 CAN-Bus 功能之數位儀表介面研製，中華民國第十六屆車輛工程學術研討會，台北。
- 王昱翔(民 90)，以 Ethernet 為基礎的即時運動控制技術之研究，交通大學電機與控制工程研究所碩士論文。
- 王守緯(民 97)，基於通式化徵狀症因關聯定義架構之嵌入式車輛監測診斷系統設計研究，國立高雄第一科技大學系統資訊與控制研究所碩士論文。
- 朱嘉駿(民 99)，以 LabVIEW 為基礎的太陽光電發電監控系統，大葉大學電機工程學研究所碩士論文。
- 徐豪聲(民 92)，以 Database 發展之智慧型 Gateway 達成遠端 CANBase 輪椅車監控系統，交通大學電機與控制工程研究所碩士論文。
- 路非遙、許晉睿、鍾崇海、黃繼震、張欽宗、金麟聖(民 94)，應用 NI-PXI 建構台灣輕軌車即時行控系統，中山科學研究院飛彈火箭研究所。
- 孫成啟(民 92)，CAN BUS 網路之鋼板熱軋溫度監控系統，元智大學機械工程研究所碩士論文。
- 張瑞鋒(民 92)，四行程汽油引擎模擬分析與人機介面測試建立，大葉大學車輛工程研究所碩士論文。
- 黃培霖(民 95)，複合動力機車驅動系統之零件故障診斷，國立中正大學電機工程所碩士論文。
- 褚文和、邱頂榮(民 99)，電動車嵌入式診斷系統規劃與設計，中華民國第十五屆車輛工程學術研討會，台北。
- 褚文和、朱存權、賴大溪、李豐州(民 97)，符合 ISO15765 通訊協定之 CAN 車輛診斷模擬系統製作，國立虎尾科技大學學報，27(4)，1-9。
- 廖建龍(民 89)，以 CAN Bus 為基礎的分散式即時伺服馬達控制器之設計與實作，交通大學電機與控制工程研究所碩士論文。
- 廖建龍(民 88)，以 CAN Bus 為基礎的分散式即時伺服馬達控制器之設計與實作，交通大學電機與控制工程研究所碩士論文。
- 謝鎮洲(民 90)，以 CAN Bus 建構出高速精密之多軸運動控制器，交通大學電機與控制工程研究所碩士論文。
- 蕭丞凱(民 97)，車輛電能失效之安全自我診斷技術之研究，大葉大學機械工程研究所碩士班技術報告。
- Aristizábal, A. J. and G. Gordillo (2008) Performance monitoring results of the first grid-connected BIPV system in colombia. *Renewable Energy*, 22, 2475-2484.
- Chan, C. C. (1993) An overview of electric vehicle technology. *Proceedings of the IEEE*, 81(9), 1202-1213.
- DuPly, K. R. (2000) *Automotive Electrical & Electrical System*, 4th Ed., Prentice-Hal, New York, NY.
- Forero, N., J. Hernández and G. Gordillo (2006) Development of a monitoring system for a PV solar plant. *Energy Conversion and Management*, 47(15-16), 2329-2336.
- Luo, F., M. Mo, J. Chen and Z. Sun (2008) Fault diagnosis systems development for fuel cell vehicle. *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*, Harbin, China.
- Schill, J. (1997), An overview of the CAN protocol, *Embedded System Programming*, 10(9), 46-61.
- SAE International(2012), SAE J1939 Standards Collection on the Web: Content, 2012 年 5 月 14 日，取自於 <http://www.sae.org/standardsdev/groundvehicle/j1939.htm>.
- Wichert, B., M. Dymond, W. Lawrance and T. Friesea (2001) Development of a test facility for photovoltaic-diesel hybrid energy systems. *Renewable Energy*, 22(1-3), 311-319.
- Zhang, C., S. Li, S., X. Dai (2010) Design for battery energy manage system based on LabVIEW. *International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, Changsha, China.

收件：103.11.04 修正：103.12.05 接受：104.01.12

