

具嵌入式作業系統排程之車載通訊網路平台

The Vehicle Network Communication System with Embedded OS Scheduling Function

許永和
國立虎尾科技大學資訊工程系
副教授
e-mail : yhsheu@nfu.edu.tw

廖士鎰
國立虎尾科技大學資訊工程系
大專生
e-mail : koysteve@hotmail.com

賴益祺
國立虎尾科技大學資訊工程系
大專生
e-mail : gatern@hotmail.com

摘要

一般的車輛通訊網路需要以CAN與LIN兩種通訊協定互通性為主。因此，如何整合這兩個通訊協定，變得是相當重要的車載控制系統的關鍵技術。本研究為了驗證這兩個通訊網路的整合，使用以ARM STR912F為核心設計出車載通訊網路平台，並實現一具備嵌入式作業排程的CAN/LIN閘道器。在此閘道器中，移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 核心程式碼，並提供具備CAN與LIN ECU之的作業排程管理及記憶體配置。此外，也設計CAN與LIN ECU來測試此車載通訊網路平台的訊號傳輸。

關鍵詞：嵌入式系統，CAN，LIN，閘道器，排程。

Abstract

The CAN bus and LIN bus are two necessary communication protocols in the vehicle communication network. The combination of the above is the key technique in the vehicle control system.

The purpose of the study is to develop an embedded system with ARM STR912F to implement a CAN/LIN gateway platform to testify the integration of the two communication protocols. develop an embedded system with scheduling function by integrating CAN bus and LIN bus. The gateway adopts $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ code to achieve scheduling and memory allocation simultaneously. The system also builds in CAN ECU and LIN ECU for users to monitor and control CAN and LIN signal.

Keywords : Embedded System , CAN , LIN , Gateway, Scheduling

1. 前言

嵌入式的產品大量應用在車輛的領域之中，汽車已經由單純的機械產品發展成為機電一體化產品。因此，如何將原本僅在 PC 週邊的相關技術切入到汽車產業是一個相當重要

的課題。而要能在日趨複雜化的車用電控系統中準確又穩當地控制車子，除了車用電子設備完美的詮釋之外，設備與汽車電控系統中心之間無礙的通訊資料傳輸環境也格外重要。電子元件之間資料傳輸量越來越大，過去的線纜串聯技術已不敷使用，過多的線纜連接只會增加安裝的困難，也讓車內電子控制單元變得更加複雜。

若以一般的汽車來說，車內骨幹網路系統，大致上都使用到 CAN 匯流排技術，有點類似網路分享器的概念，藉此減少線路的安裝費用，可靠度也比較高，以車內較短的傳輸距離，CAN 能提供快速的傳輸速率。可想而知，CAN 匯流排的相關應用與設計可以適時地切入到汽車電子中[1-14]。

而在低成本考量下，LIN (Local Interconnect Network；互連式區域網路) 次匯流排也成為汽車網路系統中的串列通訊系統。這匯流排是由歐洲汽車製造協會所開發出來，其具備短距離、低速網路通訊、低成本的特色，被應用在汽車上各式電子系統的低速通訊協定與晶片組[15-18]。

2. 研究動機

CAN 通訊協定 (Controller Area Network；控制器區域網路) 是在 1980 年代初所制定的規格，並在 1993 年標準化 (ISO 11898-1)，被廣泛的應用在各種車輛與電子設備上。CAN 為一序列匯流排，它提供高安全等級及有效率的即時控制，更具備了偵錯和優先權判別的機制。在這樣的機制下，網路訊息的傳輸變的更為可靠而有效率。在車輛通訊網路中，CAN 是一項多工串列通訊協定，串聯分散在車內電子模組資訊，是一種多主控、多重播送的車內通訊協定，基本設計規範要求有高的位元速率 (1 Mbps)，高抗電磁干擾性，而且能夠檢測出產生的任何錯誤。因此，容錯性極

高。主要控制車內各電子系統裝置及 ECU 之間交換資訊，構成一道緊密的汽車電子控制網路。

LIN Bus(Local Interconnect Network) 是今日汽車電子控制中常用的一種匯流排，此種匯流排的特性是低速率、低成本，速率方面 LIN Bus 最高為 20kbps。至於低成本方面，LIN Bus 僅用一條線路進行收發傳輸，且工作時脈源為 RC(電阻電容)振盪電路，而非成本較高的石英震盪器或陶瓷振盪器。LIN 為主從式網路架構，在 1 個 LIN Bus 內只能有 1 個主控者(Master)，除此之外的都是受控者(Slave)。此外，LIN Bus 不是用線路電氣碰撞方式來取得匯流排使用權，而是一切由主控者規劃，由主控者主導一切的訊息收發，並依據主控者的規劃、設定來接收受控者的訊息回應。

而 CAN 與 LIN 這兩種車用通訊網路的佈建方式與其應用的 ECU 示意圖，如圖 1 所示。

由圖 1 得知，車輛電子通訊網路平台中以 CAN 匯流排作為主要的通訊網路其主要連接傳動裝置控制單元、燈控單元、門控單元、座椅控制單元以及儀錶板控制單元等。由 LIN 匯流排所構成的 LIN 網路，作為 CAN 網路的輔助網路，它連接車窗控制單元、雨刷控制單元、天窗控制單元等低速傳輸設備。雖然，LIN 匯流排最高傳輸速率僅具 20Kbit/s，已經足夠控制這些控制單元。

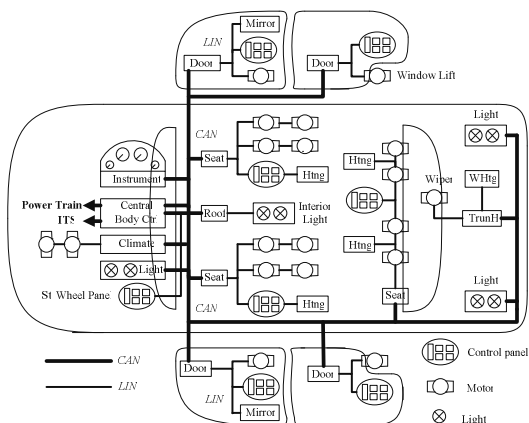


圖 1. CAN/LIN 匯流排於車輛電子通訊網路平台的建構示意圖

因此，本研究是以兩種通訊協定互通性為主，使用以 ARM 核心之開發平台來設計出一嵌入式 CAN/LIN 閘道器並且移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 作業系統來管理各項透過閘道器傳輸之資料。此研究的目的是透過閘道器來完成車體內部主要通訊網路與次要通訊網路的資料互通，並

提供作業排程之車載通訊網路模擬平台，讓 LIN 匯流排來輔助現有汽車網路系統的 CAN 匯流排。

3. 研究方法及步驟

本研究所實作出的車輛通訊模擬平台將以兩種通訊協定互通性為主。其中，以 CAN 完成車體內部通訊，而 LIN 則用於部分的電路系統，分別負責車內不同的電子設備，讓 LIN「次」匯流排，名符其實的輔助現有汽車網路系統（CAN 匯流排），在不須高速、寬頻傳輸的汽車電控系統，能以較低成本的 LIN 匯流排替代，如：車身控制、駕駛資訊、制動裝置間通訊、系統智慧感測器等，以降低使用成本。

因此，對於一般無須資料傳輸速度快的 ECU，如門鎖、電動窗等則是以 LIN 次匯流排為主。而根據 LIN 匯流排規格，此閘道器需實現一 LIN 主節點，然後再連接 LIN 從節點所實現的 ECU。如圖 2 所示，則是以將較無須快速傳輸的 CAN ECU 透過 CAN/LIN 閘道器轉換成 LIN ECU 節點示意圖。

車輛通訊網路介面是已經有了國際標準規範，例如，CAN，LIN 與 FlexRay，因此透過標準化的規格與協定來實現。而軟體介面主要目標是使得 OS、中介軟體與驅動裝置可以在不同的硬體上運作。如此也可以降低軟體研發的時間與人力。裝置驅動器與 OS 可以會隨著不同 ECU 單元而更動，進而解決傳統的 ECU 設計方式。而為了實現嵌入式的 CAN 與 LIN ECU，並進而實現嵌入式 CAN/LIN 閘道器設計，在此，我們選用 STR912F 為核心的開發板為基礎，將 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 即時作業系統嵌入到平台內。並將所有的 CAN/LIN Bus 轉換、傳輸工作交由 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 核心去調度，利用做作業系統的多工排程將工作效率提升。

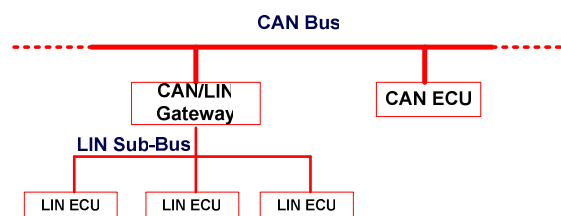


圖 2. CAN ECU、LIN ECU 與 CAN/LIN 閘道器示意圖

為了實現上述的功能設計，本系統透過以下架構(如圖 3 所示)來模擬 CAN/LIN 網路在車輛中應用之情形，共分成下列幾個部份做介紹:

- ◆ 裝置啟動部份(紫色)

當我們啟動裝置後所有的節點收到節點後所發送的訊號，並從休眠的狀態中喚醒，各個節點上的裝置訊號燈也會亮起，代表各個裝置開始正常工作。

◆ 引擎控制部份(藍色)

我們透過CAN節點2的多個按鈕來模擬車輛網路中引擎控制的部份，當我們按下加速按鈕後CAN節點1上的馬達會開始加速，同時LIN節點2上的轉速表也會顯示目前馬達的轉速。當我們按下煞車時馬達會漸漸減速，同時煞車燈也會亮起。

◆ 車燈開關控制(綠色)

當CAN節點2的車燈開關開啟時LIN節點1上的車燈將會亮起。

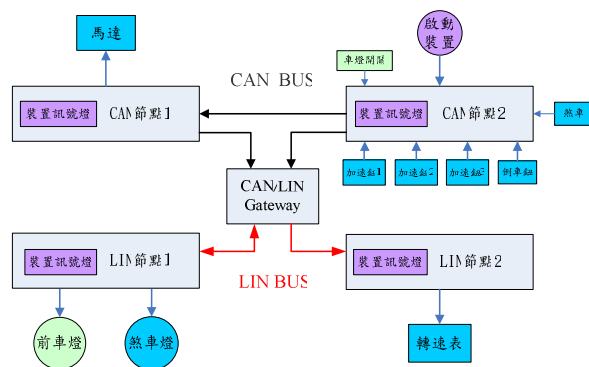


圖 3. 整體系統建置架構圖

3.1 STR912F 基本特性與功能

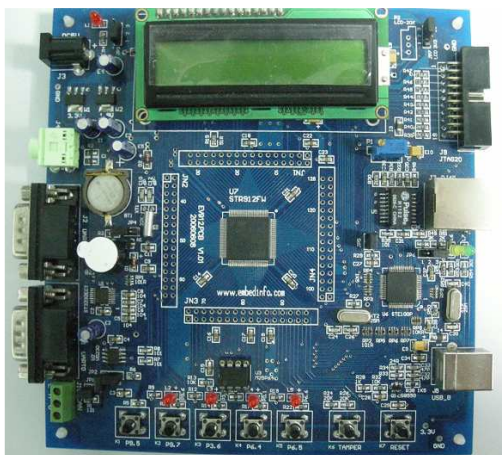


圖 4. 以 STR912F 為核心之開發平台

STR912F 微處理器包含一個 CAN 模組與 GPIO，透過 CAN 模組與 GPIO 可以建構出具有 CAN/LIN 匯流排的閘道器。其中的 CAN 模組具有以下相關特性：

- ◆ 具有 1 個 CAN 控制器。
- ◆ 每個匯流排的資料位元傳輸率可達 1Mbps。
- ◆ 可存取 32-bits 的暫存器 RAM。
- ◆ 符合 CAN 規範 CAN2.0B, ISO11898-1。
- ◆ 整體驗收過濾器可識別幾乎所有匯流排的 11 和 29-bits Rx 標識旗標。
- ◆ 驗收過濾器為選擇的標準識別符號提供了 FullCAN-style 自動接收功能。

整體車輛網路的建置，可以透過使用具備 CAN/LIN 控制的裝置去驗證嵌入式 CAN/LIN 閘道器是否有正確的將 CAN 匯流排訊號轉換為 LIN 匯流排訊號，並讓 CAN ECU 與 LIN ECU 透過嵌入式 CAN/LIN 閘道器互相溝通，來達到本研究以兩種通訊協定互通的目的。

因此，從上述資料可知 STR912F 可以由內建的控制模組來實現 CAN 控制器，並以 GPIO 來模擬 LIN 控制器，並進而建置出嵌入式 CAN/LIN 閘道器。在此，我們選用 STR912F 系列處理器來實現相關的系統設計。

3.2 移植 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$

$\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 是來源碼公開的即時內核，可用於各類型 8-bits、16-bits 和 32-bits 單晶片或 DSP。 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 是一個完整的、可移植、可 ROM 化、可裁剪的即時多任務內核，其使用 ANSI C 語言編寫，並包含一小部分組合語言，使之提供不同架構的微處理器使用。目前，從 8-bits 到 64-bits， $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 已在超過多種不同架構的微處理器上執行。而 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的特點包含了提供來源代碼，可移植性(portable)，可 ROM 化(ROMable)，可裁剪(scalable)，preemptive)，多任務，可確定性，系統服務，中斷管理，以及穩定性與可靠性。

因此，本研究採用 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 即時作業系統為，將所有 CAN、LIN 的訊號透過工作的排程做有效的管理，利用 STR912F 處理器在許多工作之間轉換、調度。使 CPU 的利用率得到最大的發揮，利用多工的排程將所有的應用程式模組化，將複雜的閘道器控制層次化。

因此，所有的 CAN、LIN Bus 網路訊號轉換工作可，該執行緒可以認為 CPU 完全只屬該程式自己。即時應用程式的設計過程，包括如何將網路的各種工作分割成多個任務，每個任務都是整個應用的某一部分，每個任務被賦予一定的優先順序，在處理器中有其自己的暫存器和堆疊空間

如圖 5 所示，在閘道器系統中的每個任務

■ LIN ECU

LIN 節點採用了 T89C51CC01 與 LIN 收發器 TJA1020 所設計而成，其中，使用 T89C51CC01 的 I/O 模擬 LIN 的訊號格式，並透過 LIN 收發器 TJA1020 來收發資料進而實現 LIN 的傳輸功能。TJA1020 支持普通斜率和低斜率兩種工作模式，並可在普通斜率模式以及低斜率模式間進行切換。TJA1020 還支持睡眠模式，可以減少系統工率耗損。

如圖 7(a)與(b)分別為 LIN ECU 架構與實體圖。

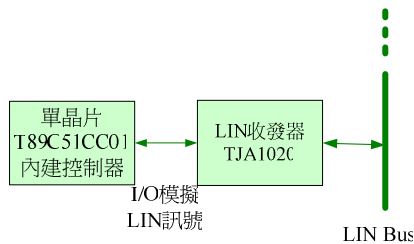


圖 7(a). LIN ECU 架構方塊圖



圖 7(b). LIN ECU 實體圖

而我們所實現的具作業排程之車載通訊網路模擬平台，則如圖 8 所示。

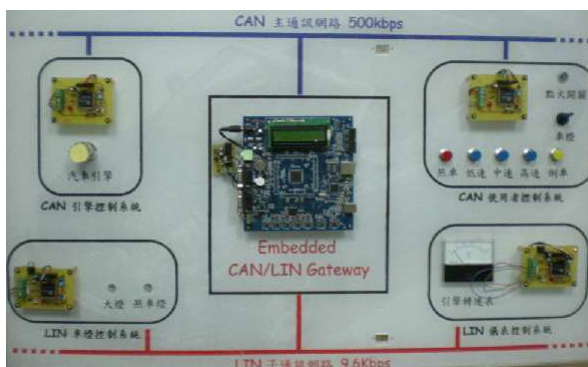


圖 8. 車載通訊網路模擬平台實體圖

4. 結論

本研究所實現的具作業排程之車載通訊網路平台可以透過使用 CAN 與 LIN 的協定，並配合 CAN 與 LIN ECU，來實做出嵌入式的 CAN/LIN 閘道器，並整合這兩種的主要車輛通訊網路協定。

而相關主要實現的功能，如下所列：

- 實現 LIN Bus 及 CAN Bus 間的訊號轉換
透過閘道器可將次 (LIN) 匯流排的訊號轉為主 (CAN) 匯流排上的訊號，或將主 (CAN) 匯流排的訊號轉為次 (LIN) 匯流排上的訊號。進而達到主匯流排與次匯流排上的節點上的資料傳輸，使 CAN Bus 與 LIN Bus 上的節點可以互相控制。
- 匯流排間的訊號管理
透過作業系統管理兩匯流排間訊號流方向並阻絕與允許某些訊號的通行或轉換行為。
- CAN/LIN 訊號的優先權管理及工作切換
以排程來判斷各訊號之優先權，優先傳輸較重要之訊息，確保各匯流排之訊息不會互相干擾。使用者也可透過使用者介面切換各項工作，方便使用者管理閘道器。
- 資源監控與管理
可以透過使用者介面對閘道器做 CPU 使用率的監控，方便使用者利用 PC 端介面做 CAN/LIN Gateway 系統的控管與排程。

致謝

本研究承嵌入式車輛通訊網路之電子平台研製三年計畫 (NSC 96-2628-E-150 -001-MY3) 補助，特此致謝。

參考文獻

- [1] 張孟俊，孫鴻航，”汽車電子技術優勢探討”，*零組件雜誌*，2004。
- [2] 許源鏞，邱國慶，蔡法嶧，”CAN-Bus 節點電路的規劃設計與應用”，*第十一屆車輛工程學術研討會*，2006。
- [3] 許永和，許源鏞，賴大溪，黃屹偉，郭仲宇，李宗穎，”應用於車輛電子通訊網路之 USB-CAN Dongle 設計”，*第十一屆車輛工程學術研討會*，2006。
- [4] 楊岳儒，”以微控制器與 CAN 為基礎的電動車驅控系統之研製”，*第十一屆車輛工程學術研討會*，2006。
- [5] 陳致成，”智慧型 CAN-based 汽車雷達防撞警告系統”，*國立交通大學，碩士論文*，2003。
- [6] 李旺軒，巫志倫，”車身網路整合實現於適路性頭燈照明系統”，*智慧車輛與動力技術專輯*，2005。

- [7] 陳是知, *μC\OS-II 內核分析移植與驅動程式開發*, 人民郵電出版社, 2007。
- [8] 邵貝貝, *嵌入式實時操作系統 μC/OS-II*, 北京航空航天大學出版社, 2003。
- [9] *Enhanced 8-bit Microcontroller with CAN Controller and Flash Memory T89C51CC01*, Atmel Corporation, 2005.
- [10] Florian Hartwich, Armin Bassemir, "The Configuration of the CAN Bit Timing," *6th International CAN Conference*, 1999.
- [11] Willian D.Horne et al., "Application of IN-VEHICLE Data Bus for Collision Avoidance Systems," *IEEE Conference on Intelligent Transportation System*, pp. 433-438, 1997.
- [12] Pro.Dr.-Ing.K.Etschberger, "CAN-based Higher Layer Protocols and Profiles," *IXXAT Automation GmbH*, 2005.
- [13] Zhang Dongliang, Tian Xincheng, "Application of CAN BUS Technique in Digital AC Servo Drives," *Power Electronics and Motion Control Conference*, pp.746-749, 2004.
- [14] CAN2.0A &CAN2.0B protocol
- [15] LIN2.0 protocol
- [16] LIN1.3 protocol
- [17] Data Sheet TJA1020,LIN Transceiver,Philips Semiconductors, 2001
- [18] LIN Specification Package,LIN Protocol Specification—Revision 1.2,LIN Consortium, 2000.