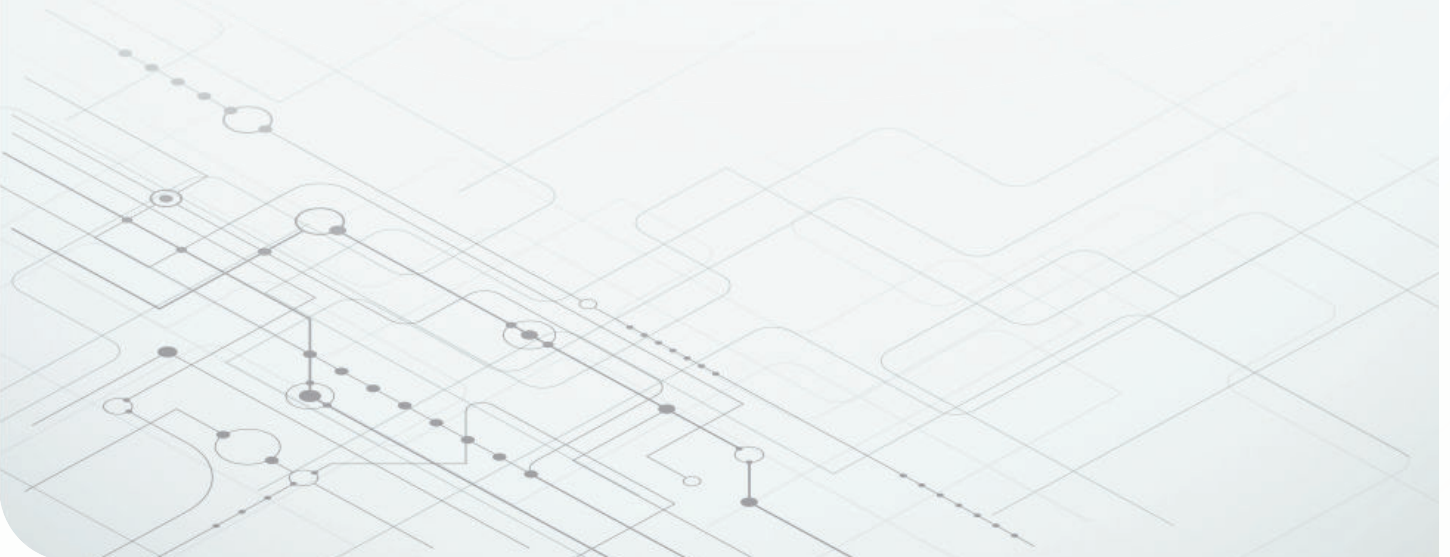


軟體定義車輛將汽車電子的未來推入正軌



Donovan Porter
Systems Manager
Body Electronics and Lighting

Yannik Muendler
Systems Engineer
Advanced Driver Assistance Systems



在本白皮書中，我們將探討具備區域架構的軟體定義車輛如何做到更智慧安全，且更具能源效率的車輛開發。透過集中化軟體並將硬體與軟體分離，可以更輕鬆進行更新、降低成本並提供新功能。

摘要

- 1 領域型和軟體定義車輛**
探索領域型車輛架構與軟體定義車輛架構之間的差異。
- 2 軟體定義車輛帶來新技術**
了解軟體定義車輛如何強化數位分身等技術，進而將車輛性能最佳化。
- 3 軟體定義車輛和區域架構方法的變化**
了解根據特定設計要求集中化車輛軟體的不同方法。

簡介

汽車原始設備製造商 (OEM) 持續致力於改善乘客體驗、簡化無線更新、降低設計和製造成本、收集更多車輛資料，並創造新的收益來源。然而，現今的領域型車輛架構無法輕鬆有效地滿足這些需求，導致人們開始轉往**軟體定義車輛**和區域架構。軟體定義車輛將軟體集中化，並分離軟硬體，是開發更智慧安全且更具能源效率車輛的下一步。

領域型和軟體定義車輛

現今的領域型架構在提供可擴展軟體方面的效率低下，汽車製造商難以透過無線更新輕鬆維護軟體。領域架構將車輛功能控制區段劃分為車載資訊娛樂系統和先進駕駛輔助系統 (ADAS) 等領域，如 **圖 1** 所示。

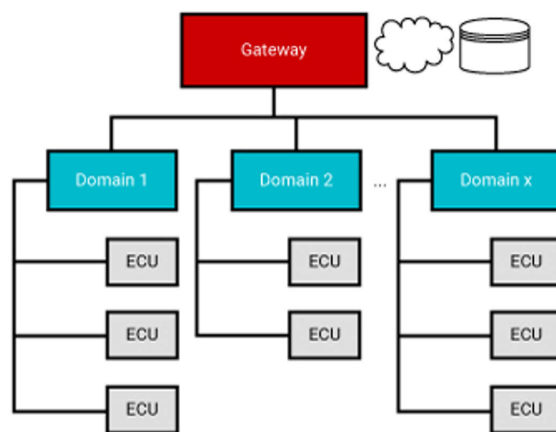


圖 1. 車輛領域型架構圖表。

車輛功能控制的劃分，使可能需要跨多個領域進行通訊和控制功能的軟體開發變得更加複雜。這些系統的軟體更新極具挑戰性，因為這些系統皆由不同的第一階供應商設計和製造，而這些供應商都使用不同半導體供應商的各款處理器和微控制器。控制車輛功能的軟體也與硬體緊密結合。OEM 將安裝電子控制單元 (ECU) 以執行特定功能 (座椅調整、停車輔助)，並在每個 ECU 微控制器上執行應用程式專屬韌體。這些 ECU 也會因車輛型號和配製而異，導致製造和設計成本上升。因此，管理所有車型、配置和個別 ECU 的軟體是一項重大工程，需要 OEM 與多個第一階甚至是半導體供應商合作，以執行新的軟體更新。

相反的，採用區域架構的軟體定義車輛可透過集中化軟體簡化無線更新，並可將車輛硬體與更高層應用軟體分離，以透過軟體彈性新增功能，並在車輛機型與配置間提供更具成本效益的擴充能力。

圖 2 顯示區域架構範例，該架構將軟體集中在中央運算系統中，並實作區域控制模組以彙總資料、致動負載，以及在本機分配電源。如需進一步了解區域架構，請參閱「**區域架構如何為完全軟體定義車輛開拓前路**」。

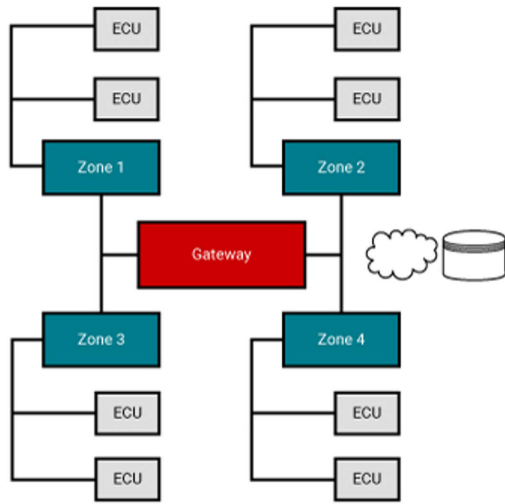


圖 2. 車輛區域架構圖表。

軟體定義車輛集中式軟體的主要優點，是可減少託管應用軟體的 ECU，並減少需要變更韌體的處理器和微控制器數量，進而簡化無線更新。新增功能和應用程式只需更新中央電腦或區域控制模組軟體，因為控制機械致動的下游感測器和剩餘 ECU (頭燈、車門模組、音訊放大器) 皆抽取自應用軟體。因此，在車輛網路邊緣執行機械致動和感測器 ECU 所需的韌體較不複雜，且未來可能會完全轉由中央電腦進行即時控制。

此外，也可重新利用原本為特定應用程式設計的感測器與致動器，以打造新功能。舉例來說，增加了最初設計用於在場人數監控的車內雷達感測器的新應用程式，以提供入侵者或盜竊偵測和安全帶提醒功能。基本而言，OEM 可以更靈活運用車輛既有硬體和感測器來實作新功能。

最後，軟體可以在所有車輛平台上擴展，如 圖 3 所示，進一步降低開發成本。平價房車可實作與高級車相同的軟體，以運作遙控鑰匙插入、車窗升降和後視攝影機等功能。

豪華車款可透過軟體提供基本功能以外的高階功能。雖然仍需進行硬體變更，但整體方法可在車輛中進行模組化與擴充。新增或移除處理器和微控制器，可能會增加或減少中央電腦或區域控制模組中的運算能力。

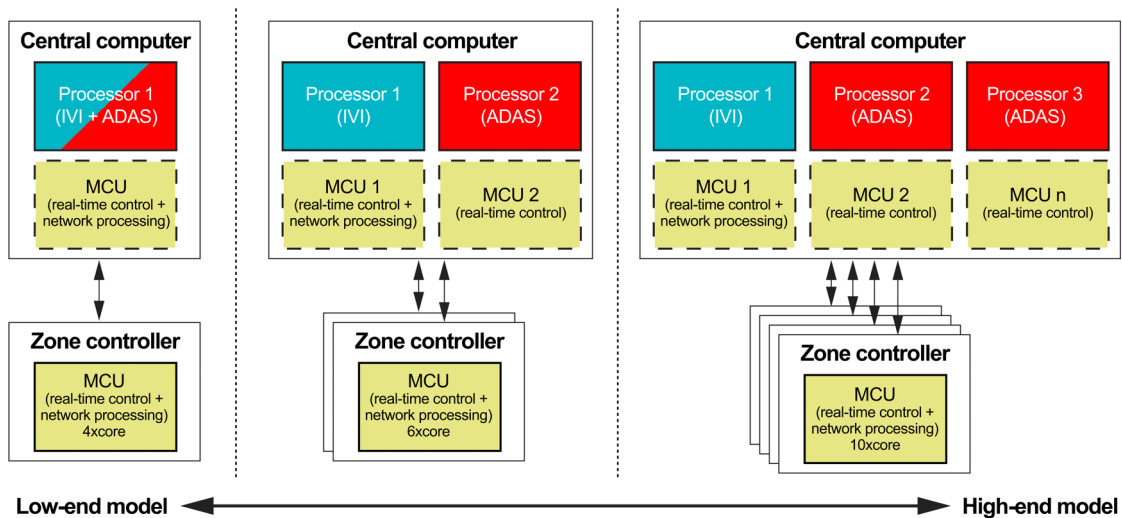


圖 3. 低階與高階車款運算能力比較。

在車輛中實現座椅按摩、方向盤加熱和道路噪音消除等功能需要額外的硬體支援。但是，只需要更新中央電腦或區域控制模組的軟體，即可控制這些額外功能。新興無 MCU

技術將有助於簡化或讓設計人員移除 ECU 中通常管理感測及 / 或機械致動的軟體。舉例來說，使用序列周邊介面 (SPI) 的溫度感測器可直接與啟用 SPI 的無 MCU 通訊 PHY

通訊。在此情況下，無 MCU PHY 可取代 MCU 並搭載整合式 CAN 或乙太網路收發器，無需由 MCU 將 SPI 轉換為 CAN 訊號，也無需使用一般所需的軟體與感測器通訊。

可啓用軟體定義車輛的硬體抽象層

需要不同的抽象層，才能將車輛中的硬體與軟體分離。標準化應用程式編程介面 (API) 可在不同抽象層間啓用通訊，並允許在多個分散式 ECU 中重複使用應用程式原始碼。最低的抽象層是微控制器抽象層 (MCAL)。

在 SDV 中扮演重要角色的 MCAL 提供可抽象化基礎硬體周邊設備複雜性的 API。其可做為整合在中央運算 SoC (如

TDA4VH-Q1 處理器) 中的硬體間的橋接器，其中包括計時器、ADC、乙太網路子系統和更高階軟體層。MCAL 確保應用軟體可以與硬體互動，而無需綁定到特定硬體詳細資訊。此抽象對於在不同車輛平台間實現軟體可攜性至關重要，讓 OEM 只需進行最少修改，即可在多個車型和變體間重複使用軟體元件。

ECU 抽象層 (ECUAL) 可在高階軟體和 MCAL 之間建立介面。ECUAL 提供所有可用的 ECU 硬體，包括 MCU 和周邊裝置 (例如 CAN 收發器，乙太網路 PHY 和 SerDes 裝置)，透過標準化 API 存取更高階軟體。

軟體定義車輛帶來新技術

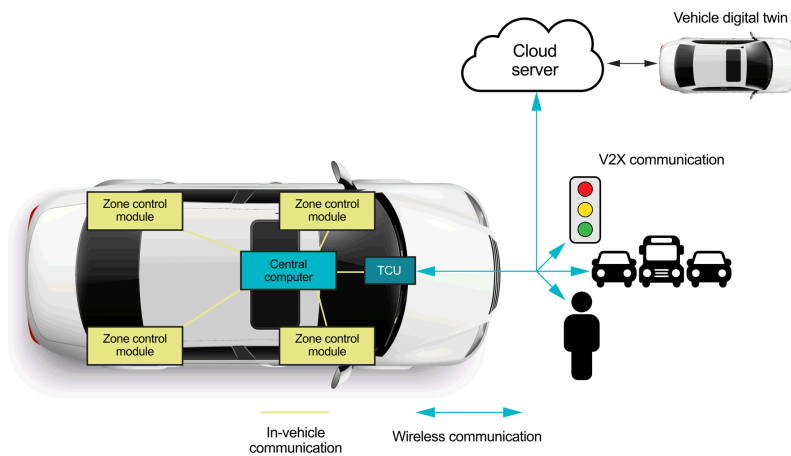


圖 4. 軟體定義車輛對雲端和 V2X 的連線能力。

軟體定義車輛帶來新技術，並為 OEM 開創新的受益來源流。隨著車輛持續整合更多電子元件與感測器，車輛性能、故障情境與駕駛偏好的資料的比以往更易取得。軟體定義車輛透過簡化收集和分享車輛資料的能力，有助於進一步提升數位分身與汽車車聯網 (V2X) 功能，如圖 4 中所示。

透過數位分身功能 (真實系統的虛擬代表)，軟體定義車輛可將資料分享至雲端來記錄實際性能，例如電動車電池長時間健康狀態、各種駕駛條件下的 ADAS 感測器資訊，甚至是車輛功能使用情況。此資料可協助 OEM 將車輛功能最佳化，並減少解決新挑戰所需的時間，特別是 ADAS 與自動駕駛這類的技術。此外，OEM 也可找出特定車型的常見問題，並在發生重大問題之前進行修復。

除了數位分身技術外，車輛資料對於 V2X 通訊也非常重要，因為這讓車輛能夠在車輛、人員和基礎設施間分享資訊，以改善安全和交通流量。將車道偏離和車速等資訊從中央電腦安全分享至其他車輛，有助於提升避免碰撞的能力。

最後，OEM 將繼續尋找創造新收益來源流的方法。軟體定義的車輛讓 OEM 能夠完全控制車輛內的軟體，進而給予與眾不同的使用者體驗。OEM 可以為可透過軟體啟用的特定功能提供訂閱模型，像是加熱座椅這類簡單的功能，或是先進駕駛安全能力等較複雜的功能。儘管訂閱聽起來對消費者沒有吸引力，但透過軟體更新即可為現有車輛加入新功能，而不必要求消費者購買年度最新車款。

無線軟體更新程序

必須開發、測試無線傳輸 (OTA) 或無線韌體 (FOTA) 軟體更新，並上傳至車輛可存取的安全雲端伺服器。而車輛則必須能夠下載並儲存更新，無論是在中央運算系統，區域控制器或邊緣 ECU 中。如果通常需要重新啟動 ECU 才能使更新生效，則必須在車輛處於安全狀態時進行更新過程。

在有更新可用的情況下，一個選項是通知駕駛員有可用更新，並在車輛安全駐車後讓駕駛員確認更新開始。或者，通過跟蹤車輛使用時間，系統可以猜測在沒有用戶乾預的情況下執行軟體更新的最佳時間。在此期間車輛可能暫時無法操作，因此必須有效完成更新，以將停機時間降至最低。ECU 在整個更新過程中必須保持通電狀態，並且必須考慮車輛的蓄電池容量。為了降低風險，ECU 可能設計為將當前軟體版本和新更新同時存儲在記憶體中，從而允許它在下一次啟動時切換到更新的版本。如果更新失敗，系統可以恢復到以前的軟體版本，以確保車輛繼續正常操作。

當車輛功能分布在多個 ECU 中時，必須通過精心規劃的更新活動來協調更新。這些活動包括將更新軟體包部署到所有受影響的 ECU，以確保系統範圍內的兼容性和性能。

軟體定義車輛和區域架構方法的變化

每個汽車製造商都有各自的方式來達成軟體定義車輛。前代車輛平台的傳統迫使許多 OEM 逐漸改用電氣與電子區域架構，以進一步配合集中式軟體方法。

雖然大多數 OEM 都在開發區域架構，但在決定控制車輛功能的軟體應位於何處時有不同的方法，如 **圖 5** 所示。

集中化軟體控制時有三種選擇：中央電腦、中央電腦與區域控制模組之間共用，或分散至少數網域控制器和區域控制模組。部分 OEM 將高效能運算領域集中化，如 ADAS 和車載資訊娛樂，並為其他領域增加額外應用處理。在 ADAS 和車內資訊娛樂領域之外，可在區域控制模組或邊緣 ECU 中執行即時控制。

從 OEM 的角度來看，集中式運算方法可能最具吸引力，因為透過單一電腦即可控制所有車輛功能。如果通訊鏈路發生故障，即時控制迴路延遲 (主動懸吊、車窗防夾) 和功能安全可能還會碰到其他難題。

分散式運算方法採取了一種更為漸進的步驟來實現軟體集中化，將部分應用程式和即時控制軟體保留在區域控制模組中，甚至保留在獨立的領域控制器中。在所有架構中，區域控制模組需求即使在相同車輛內也會有所不同，視 OEM 而定。一個區域可處理部分車身即時控制、暖氣、通風和空調，以及底盤功能；另一個區域可處理額外車身、照明和車輛控制單元應用程式軟體。最終，OEM 必須在硬體與機械致動控制延遲、車載網路功能、功能安全、安全性，以及如何針對所選架構的結構軟體與其特定區域控制模組需求取得平衡。

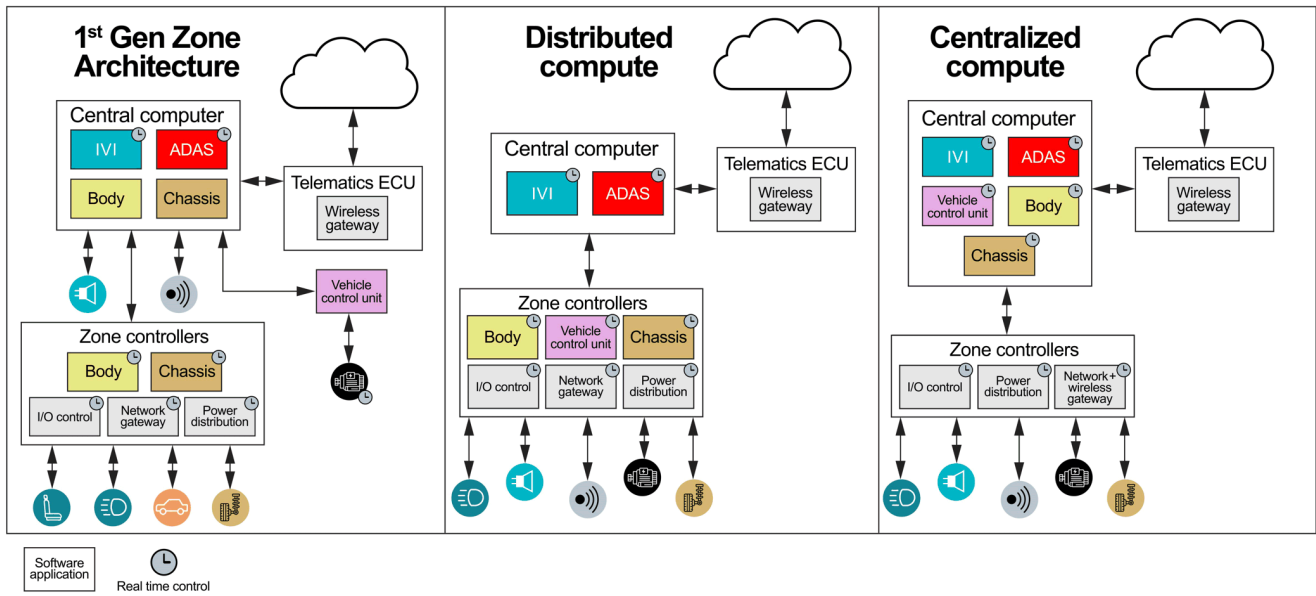


图 5. 車輛架構類型比較。

結論

軟體定義車輛為汽車製造商創造了新機會，減少開發新車輛與功能所需的時間與成本，在車輛整個使用壽命期間持續改善駕駛體驗，並創造新的收益來源。儘管有多種方法，但車輛軟體的集中化以及將車輛硬體從軟體中抽離將是最重要的優先事項。整體而言，OEM 將透過區域架構和軟體定義車輛，加速開發更智慧安全且更具能源效率的車輛。

重要聲明：本文所述德州儀器及其子公司相關產品與服務經根據 TI 標準銷售條款及條件。建議客戶在開出訂單前先取得 TI 產品及服務的最新完整資訊。TI 不負責應用協助、客戶的應用或產品設計、軟體效能或侵害專利等問題。其他任何公司產品或服務的相關發佈資訊不構成 TI 認可、保證或同意等表示。

所有商標均為其各自所有者的財產。

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated