

# ゾーン・アーキテクチャによって実現する完全なソフトウェア定義の自動車

**Peter Aberl**

Embedded Processing Field Application Engineer  
Automotive Central Europe Sales and Marketing  
Texas Instruments

**Stefan Haas**

Embedded Processing Field Application Engineer  
Automotive Central Europe Sales and Marketing  
Texas Instruments

**Arun Vemuri**

Sector GM  
Body Electronics and Lighting  
Texas Instruments

# 概要

このホワイト・ペーパーでは、ソフトウェア定義自動車への移行について検討し、ゾーンの電気 / 電子 (E/E) アーキテクチャへの移行によって、パワー・ディストリビューション、センサとアクチュエータ、データ通信の課題がどのように解決されるかについて説明します。



## 1 パワー・ディストリビューションの課題と解決策

新しいゾーン・アーキテクチャが車載用パワー・ディストリビューションに及ぼす影響について検討します。

1



## 2 スマート・センサとアクチュエータの課題と解決策

物理的と論理的の I/O 機能の分離と、センサやアクチュエータへの影響について解説します。

2



## 3 データの課題と解決策

必要なデータ・タイプの混在と、通信のセキュリティを維持しながらそれらのデータを共存させる方法について学びます。

3

## はじめに

エレクトロニクスは、過去数十年にわたって車載システムのイノベーションに重要な役割を果たしてきました。新しい半導体デバイスと新しい機能の誕生により、自動車の機械的システムで実現される機能が強化されてきました。

半導体ソリューションとエレクトロニクスは、自動車のエレクトロニクス分野で重要な役割を果たし続けており、今後の自動車分野での革新は、従来にもまして、ソフトウェアの革新と統合により特徴づけられることになるでしょう。ソフトウェア・アーキテクチャのこのような変化は、関連するハードウェアや半導体のソリューションの開発によって可能になったものです。

## E/E アーキテクチャの課題の克服

今日の E/E アーキテクチャは、主にドメイン・アーキテクチャを採用し、電子制御ユニット (ECU) を編成して、パワートレイン・ドメインなど特定のドメインにまとめます。これに対して、ゾーン・アーキテクチャは、すべてまたは多くのドメインの機能を、自動車の中での場所 (ゾーン) に基づいてグループ化します。

自動車の機能をグループ化するドメインとゾーンの方法を、[図 1](#) に示します。車両コンピューティングと呼ばれる、中央演算ノードを含むゾーン・アーキテクチャの詳細なビューを、[図 2](#) に示します。

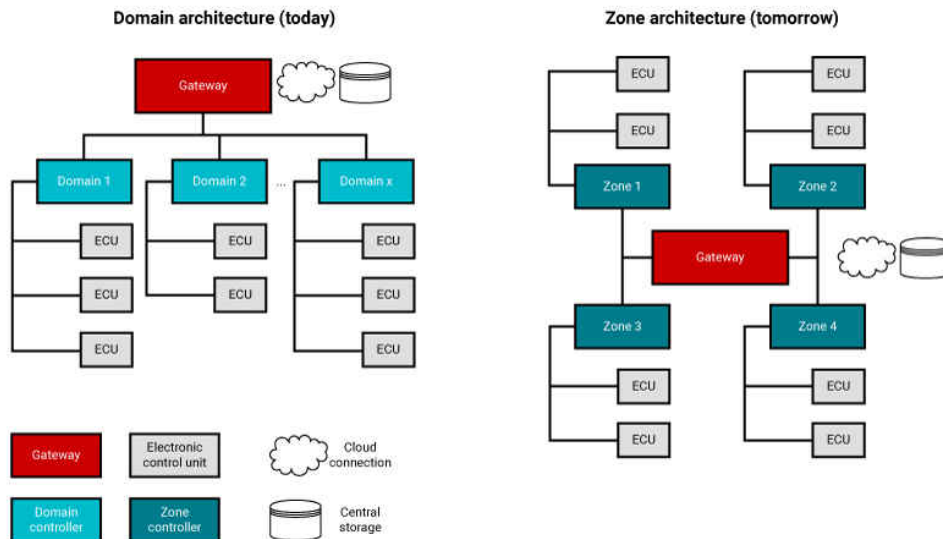


図 1. ドメイン・アーキテクチャとゾーン・アーキテクチャとの比較。

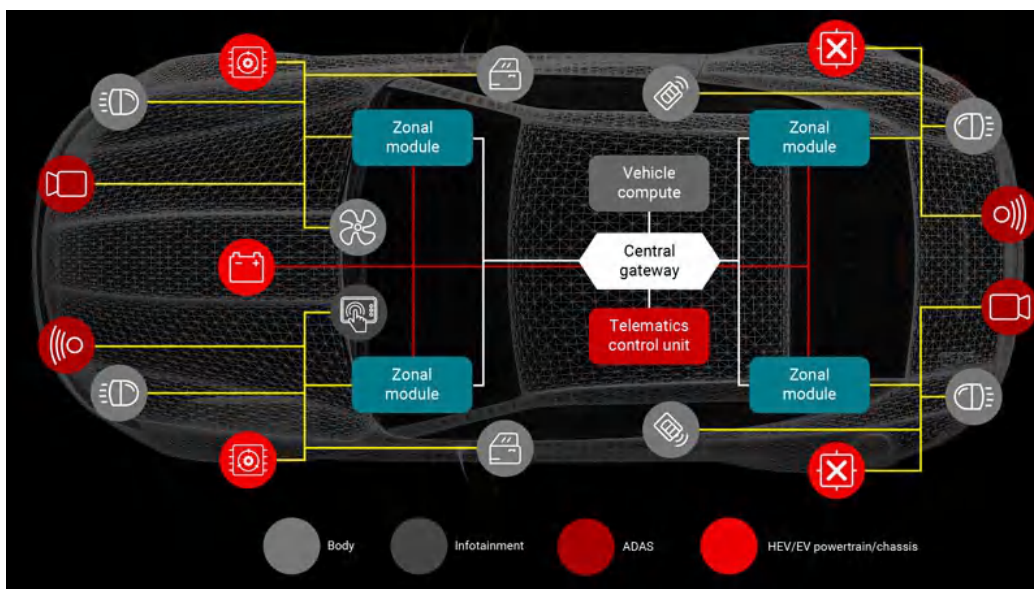


図2. センサ、アクチュエータ、ゾーン・モジュール、中央演算ノードを示す、自動車の代表的なゾーン・アーキテクチャ。

ドメインからゾーン・アーキテクチャへのこの変換により、センサとアクチュエータを集中型の車両コンピューティング・ノードから独立できます。すなわち、ハードウェアとソフトウェアの更新サイクルが別でも問題ないし、車両のいくつかの設計サイクルにおいて、同じセンサとアクチュエータの設計を使用してもかまわないということです。さらに、ゾーン・アーキテクチャを採用すると、ECU の数とケーブルの長さが減少し、車両のアーキテクチャ、および関連するシステム検証作業が簡素化されます。

ゾーン・アーキテクチャにより、OEM は、ワイヤレス更新による高レベルのソフトウェア保守、ファームウェアのワイヤレス (FOTA) 更新、常時オンのクラウド接続、新機能の実現、自律運転などの機能の改善といった、より細かい制御を行うことができます。また、これによって OEM はリアルタイム制御ループをゾーン・モジュールに移行するなど、サービス・ベースのソフトウェア構造に移行できます。さらに、ゾーン・モジュールを使用すると、より最適化されたパワー・ディストリビューション・トポロジを実現でき、使用されていないモジュールの電源をオフにすることもできます。これは、バッテリー駆動の電気自動車やハイブリッド電気自動車です。

ゾーン・アーキテクチャによって劇的な改善が可能性になる一方で、パワー・ディストリビューション、センサとアクチュエータ、データ・プレーンのトポロジの分野に課題もあります。パワー・ディストリビューションは、集中型の実装から、ゾーン・モジュールに含まれるスマート・ヒューズを使用する非集中型の実装に移行します。センサとアクチュエータは、スマートなものになります。制御ループを含む一部の機能がゾーン・モジュールに移行することで、信号ベースの通信と比べてサービス・ベースの通信を増やせるようになります。最後に、データ通信は高速ネットワークを経由して行われ、新しい物理層 (PHY) がさまざまなデータ・タイプを送信します。

### パワー・ディストリビューションの課題と解決策

バッテリーは、自動車全体に分散している ECU のほとんどに電力を供給する必要があります。ドメイン・アーキテクチャでは、図3に示すように、溶断ヒューズとリレーで構成されるパワー・ディストリビューション・ボックスがこの電力を分配します。

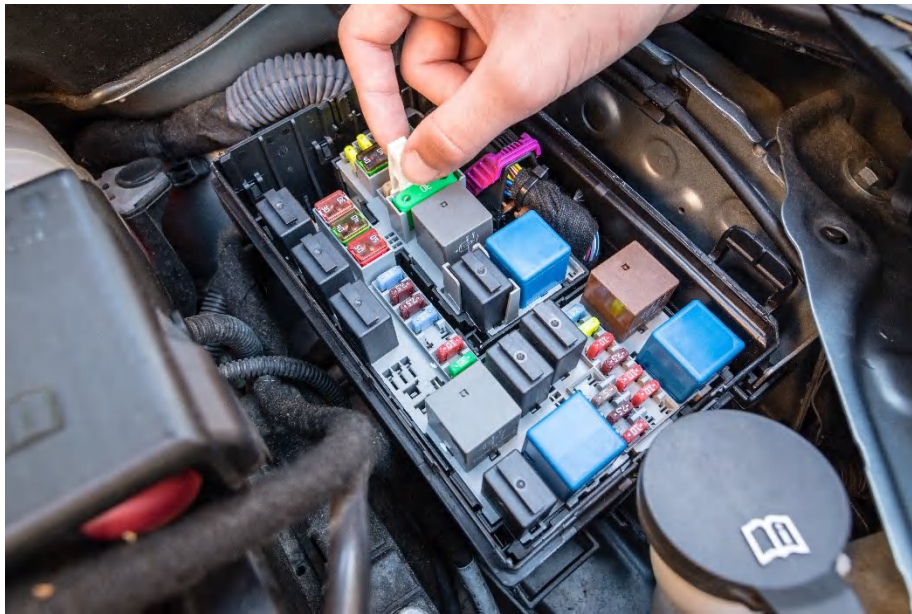


図3. 溶断ヒューズと機械式リレーを搭載した代表的なパワー・ディストリビューション・ボックス。

パワー・ディストリビューション・ボックス内の溶断ヒューズには、車内の各種のワイヤ・ハーネスと負荷をサポートするために、さまざまな時間電流特性 (TCC) があります。このボックスは、ヒューズを簡単に交換できるように、車両内のアクセスしやすい場所に配置されています。

図3では、パワー・ディストリビューション・ボックス内の半導体が示されていませんが、OEM がこれらのディストリビューション・ボックスをアップデートし、半導体に置き換えます。リレーは半導体のハイサイド・スイッチに置き換えられ、入出力制御ラインはコントローラ・エリア・ネットワーク (CAN) やローカル相互接続ネットワーク (LIN) トランシーバなどの通信インターフェイスに置き換えられています。

半導体ベースのパワー・ディストリビューション・ボックスを使用するのは、診断機能の拡張、フォルト保護機能、リセット可能なヒューズ、小型フォーム・ファクタの設計、ハーネス・ワイヤの重量低減など、多くの目的があります。

OEM がゾーン・アーキテクチャを実装する際に、システム設計者はパワー・ディストリビューションの分散化と、溶断ヒューズを半導体ヒューズに置き換えるという2つの追加事項を考慮して、パワー・ディストリビューションを再考します。

### パワー・ディストリビューションの分散化

ゾーン・アーキテクチャでは、ゾーン・ゲートウェイを使用して、ゾーン内のスマート・センサ、アクチュエータ、ECU にデータを分散し、集中型コンピューティング・モジュールとの通信のためデータを統合します。これらのゾーン・データのゲートウェイは、ゾーン内のモジュールに電力を分配することもできます。たとえば、単一の電源ハーネスをバッテリーからゾーンに配線するとき、そのゾーン内のゾーン・モジュールはそのゾーン内のモジュールに電力を分配します。図2には、この概念も示されています。ここでは、ゾーン・モジュールがそのゾーン内のモジュールに電力を分配します。つまり、ゾーン・モジュールには、電力の分配に必要な、関連するヒューズやリレーが含まれています。

このパワー・ディストリビューション方式の利点は、集中型のパワー・ディストリビューションに必要なハーネス配線の長さと比較して、バッテリーから各ゾーンに配線されるパワー・ハーネスの長さが短くなることです。パワー・ハーネスの長さが減少することで、重量とコストを低減できます。

分散型パワー・ディストリビューションの課題の1つは、ゾーン内の負荷に関係なく、あらゆるゾーンで動作するパワー・ディストリビューション・ボックスを設計することです。これにより、設計コストが低減するほか、在庫管理も軽減できます。半導体マイコン (MCU)、ハイサイド・スイッチ、トランシーバを含むスマート・パワー・ディストリビューション・ボックスを使用す

ると、そのゾーンの負荷に合わせ、ソフトウェアを使用してハードウェアを構成できます。

## 溶断ヒューズを半導体ヒューズに交換する

標準の溶断ヒューズは、大電流が通過すると溶けて、電流を遮断します。図 4 に示す TCC 曲線は、この溶断の動作の特性を示すものです。

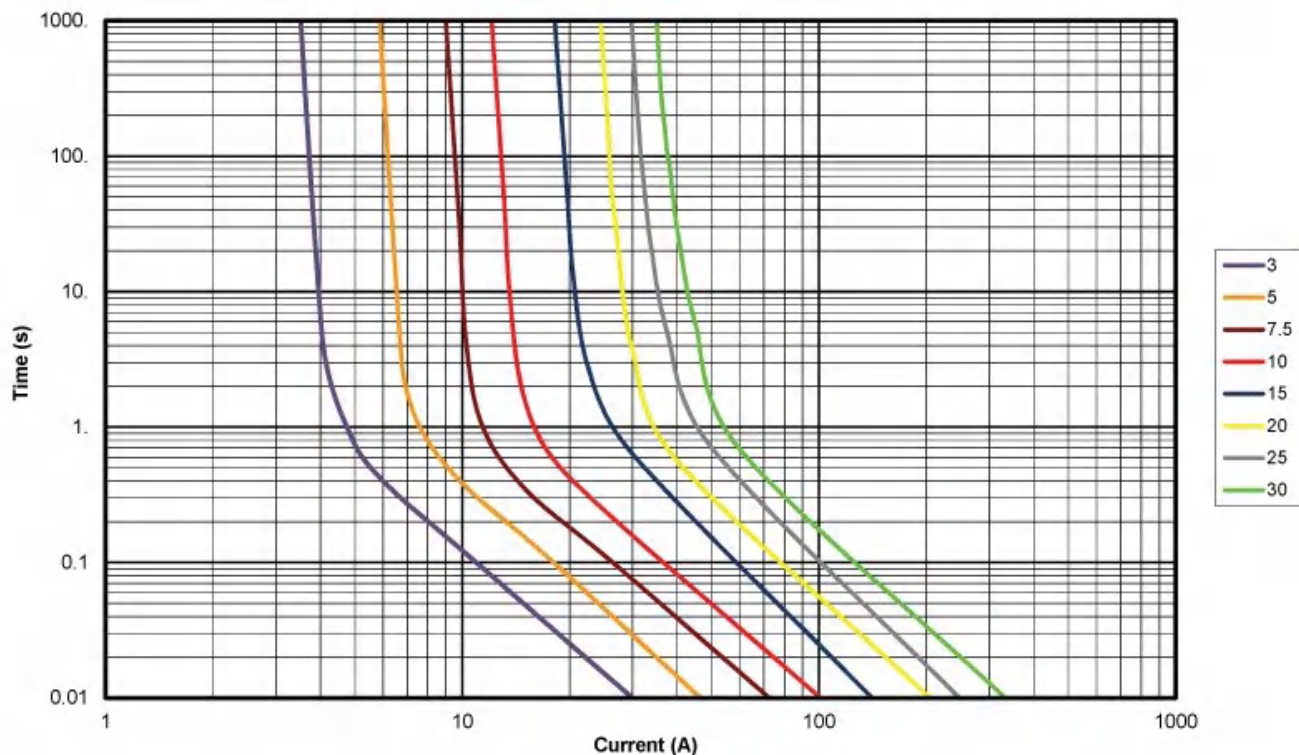


図 4. Littlefuse マイクロヒューズの TCC 曲線。

接触抵抗、空気温度、電流過渡など多くの要因が、ヒューズの特性に影響を及ぼします。これらの要因により、システム設計者は公称動作電流、動作温度範囲、突入電流、電流過渡形状に基づいて、ヒューズの公称溶断点  $I^2t$  (アンペアの 2 乗 / 秒) 定格をディレーティングします。たとえば、ヒューズの公称電流定格を 25% ディレーティングすると、ヒューズが意図せず溶断することを防止できます。

ヒューズベースのディレーティング電流の選択は、ヒューズの温度条件に応じてハーネス内の電流が変化することを意味します。ハーネスの設計者は、特定の温度条件でヒューズの特性によって発生する大電流に対応するため、より大きなワイヤ・ゲージを選択することが必要な場合があります。

ハーネス・ワイヤをさらに最適化する 1 つのアイデアは、 $I^2T$  特性を持つ半導体ハイサイド・スイッチ IC を使用することです。典型的なハイサイド・スイッチには過電流保護機能が含まれています。つまり、電流が特定のスレッショルドを超えると、

ハイサイド・スイッチは電流をクランプするか、自身を開放するかを行い、下流のワイヤ・ハーネスと負荷を保護します。ハイサイド・スイッチに  $I^2t$  機能を追加すると、スイッチは通過する電流に応じて異なるタイミング (具体的には電流の 2 乗) で開放するようになります。 $I^2t$  ベースの半導体ハイサイド・スイッチを使用すると、ヒューズ特性の変動が小さくなり、ワイヤ・ハーネス・ゲージがさらに最適化されて、ハーネスの重量をさらに軽減できます。

## スマート・センサとアクチュエータの課題と解決策

ゾーン E/E アーキテクチャは、自動車の境界、つまりエッジと呼ばれる部分にあるセンシングとアクチュエータの機能に大きな影響を及ぼします。ドメイン・アーキテクチャでは通常、センサやアクチュエータの近くにある専用 ECU がこれらの機能を実行します。新しい機能は、多くの場合に新しい ECU で実現されます。各 ECU は専用のバッテリー電源とネットワーク・ワ

イヤを使用するので、ハーネスがさらに複雑になります。ゾーン・モジュールを使用すると、複数の ECU の論理入出力 (I/O) 機能をゾーン・モジュールに統合し、センサとアクチュエータの位置を管理することで、ハーネスの複雑さを大幅に低

減できます。これによって、図 5 に示すように物理と論理の I/O 機能が分離されるため、新しい課題が発生し、新しい解決策が要求されます。

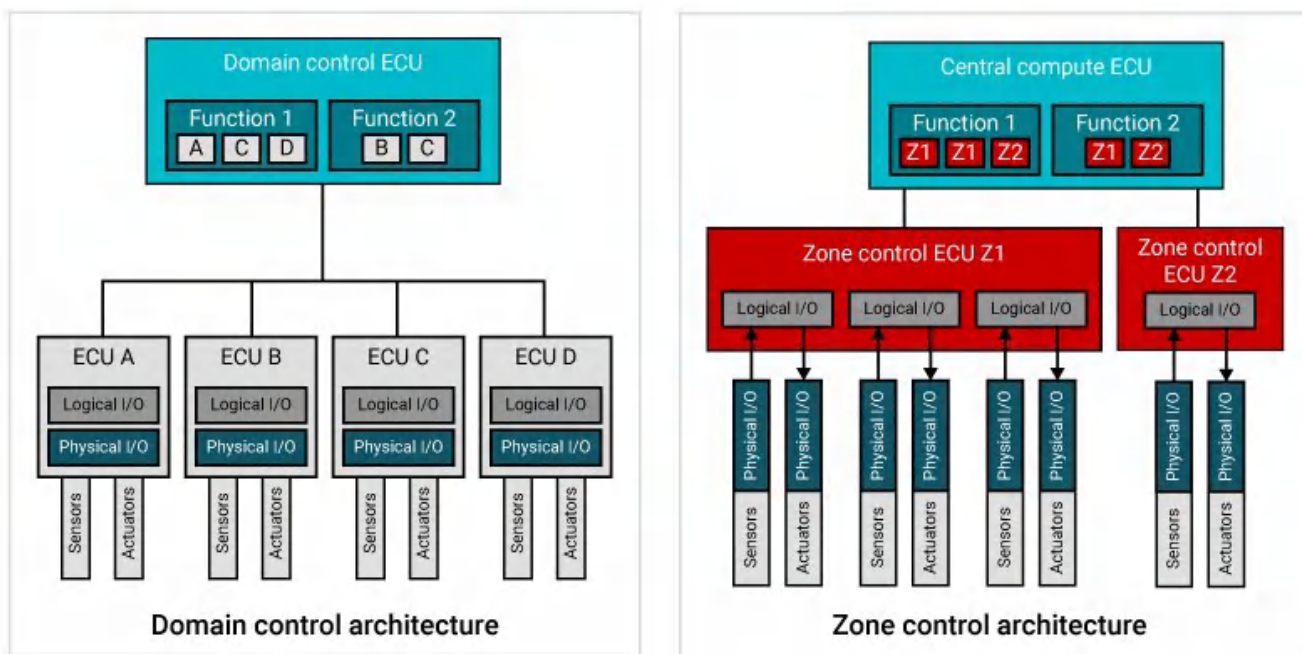


図 5. 論理と物理の I/O 機能をドメイン・アーキテクチャからゾーン・アーキテクチャに分離します。

## ゾーン・モジュール - 新しいマイコンの要件

単一のゾーン・モジュールに、制御ループなど各種の論理 I/O 機能を統合すると、モジュールは I/O 機能ごとの個別の要件の合計を継承し、マイコン (MCU) に関する以下の具体的な要件が発生します。

- 高いリアルタイム特性
- 大量のプログラムおよびデータ・メモリ
- 仮想化により、さまざまな車載用安全性統合レベルの機能について、重要度の混在をサポート
- バックボーンとの間の高速通信インターフェイス
- ローエンド通信ペリフェラル (CAN FD や LIN など) の複数のインスタンスを、スマート・センサやアクチュエータと接続

この多様な要件のリストに対応するには、MCU がゾーン・モジュール駆動の要件をサポートする必要があります。最適化されたゾーン MCU が利用可能になるまでの現状では、Jacinto 7 (DRA821 など) や Sitara (AM2xxx など) デバイスなど、十分なリアルタイム機能を備えたテキサス・インスツル

メンツ製の異種システム・オン・チップ (SoC) によって、ギャップを埋めることができます。

## スマート・センサとアクチュエータ

論理と物理の I/O 機能の分離は、センサとアクチュエータに影響を及ぼします。センサ信号のコンディショニングとアクチュエータの駆動を目的とする IC は、ローカルのインテリジェンス機能と通信機能を強化する必要があります。ローカル・インテリジェンスは回路の状態を保持し、バックグラウンド診断を実行してセンサまたはアクチュエータのフォルトを検出できます。組み込まれている通信インターフェイスには、LIN レスポンダ実装などのプロトコル・ハンドラが最低でも含まれています。CAN FD データ・リンク層の簡略バージョンが含まれていることもあります。このような統合により、図 6 の (a) に示すように、スマート IC はセンサやアクチュエータを自律的に制御し、コストとサイズを最適化したソリューションを作り上げ、センサやアクチュエータのハウジングに組み込むことができます。

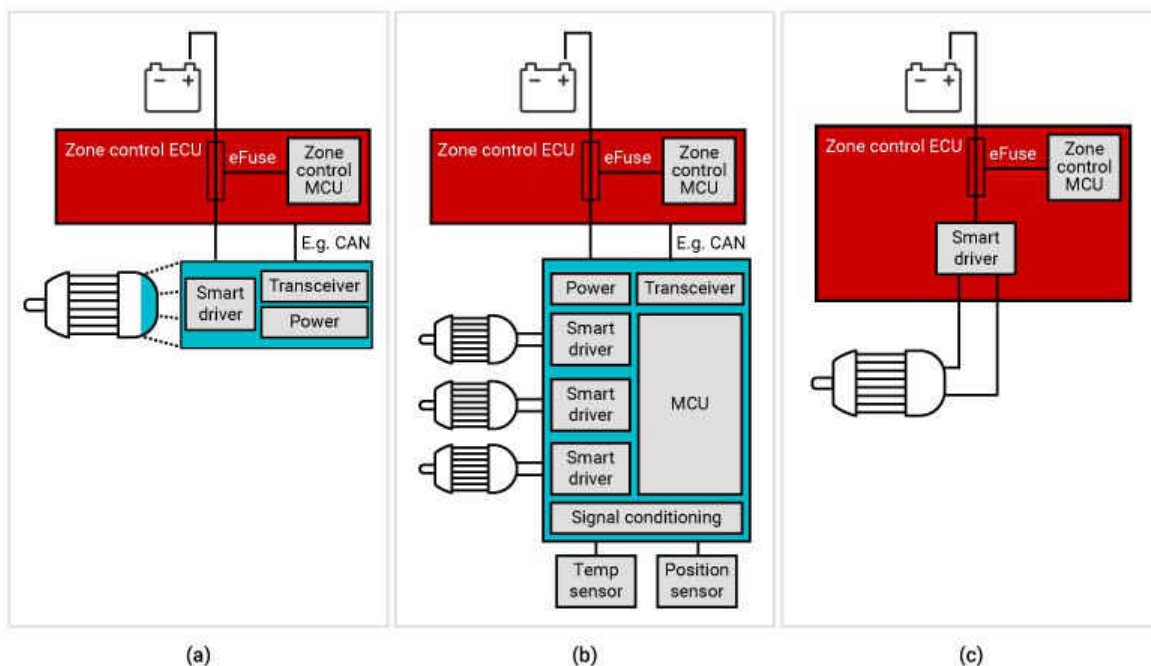


図6. ドライバの実装例: 密閉型ハウジングに統合されたスマート・ドライバ (a)、複合アクチュエータ・ソリューション用の小型 ECU (b)、ゾーン・モジュールで制御される単純なアクチュエータ (c)。

より複雑なセンサ (レーダー衛星など) や複合アクチュエータ (各種モーターを搭載したシート制御ユニットなど) の場合、小型 ECU をベースとする従来の方法がソリューションとして最も効率的な可能性があります (図 6 の (b) を参照)。さらに、ゾーン・モジュールからの専用信号ライン (図 6 の (c) を参照) は、ごく単純なセンサやアクチュエータを直接制御できます。

設計者は、制御信号と検出信号の数、センサとアクチュエータの複雑さ、実装の制約などの要素に応じて、これらのソリューションのいずれかを選択できます。

## データの課題と解決策

ゾーン・トポロジでは、ネットワークの分野への新しい、より強い注目が重要です。そのため、PCIe (Peripheral Component Interconnect Express) やギガビット・イーサネットなどの高帯域インターフェイスが勢いを増しています。適切

な物理層 (PHY) を使用すると、帯域幅の要件に対応できます。

図 7 は、高速通信リンクを含む標準的なゾーン・モジュールのブロック図です。さまざまなスループットの必要性に対応し、ゾーン・モジュール間のトラフィックと、集中コンピューティングとの組み合わせに必要な帯域幅を確保するために、ギガビット・イーサネットや PCIe が不可欠になる可能性があります。長距離のケーブル接続用に、PCIe リタイマやリドライバ・デバイスを使用すると役立つこともあります。一方で、センサやアクチュエータとのゾーン・モジュールの接続では、これとは対称的に、LIN など帯域幅が低い代わりに安価であることを要求されるバス・システムもあります。これらのすべてに共通する条件は、標準化されたバスと、標準化されたソフトウェア制御を使用して、完全なサービスとソフトウェアに基づく手法を採用することです。

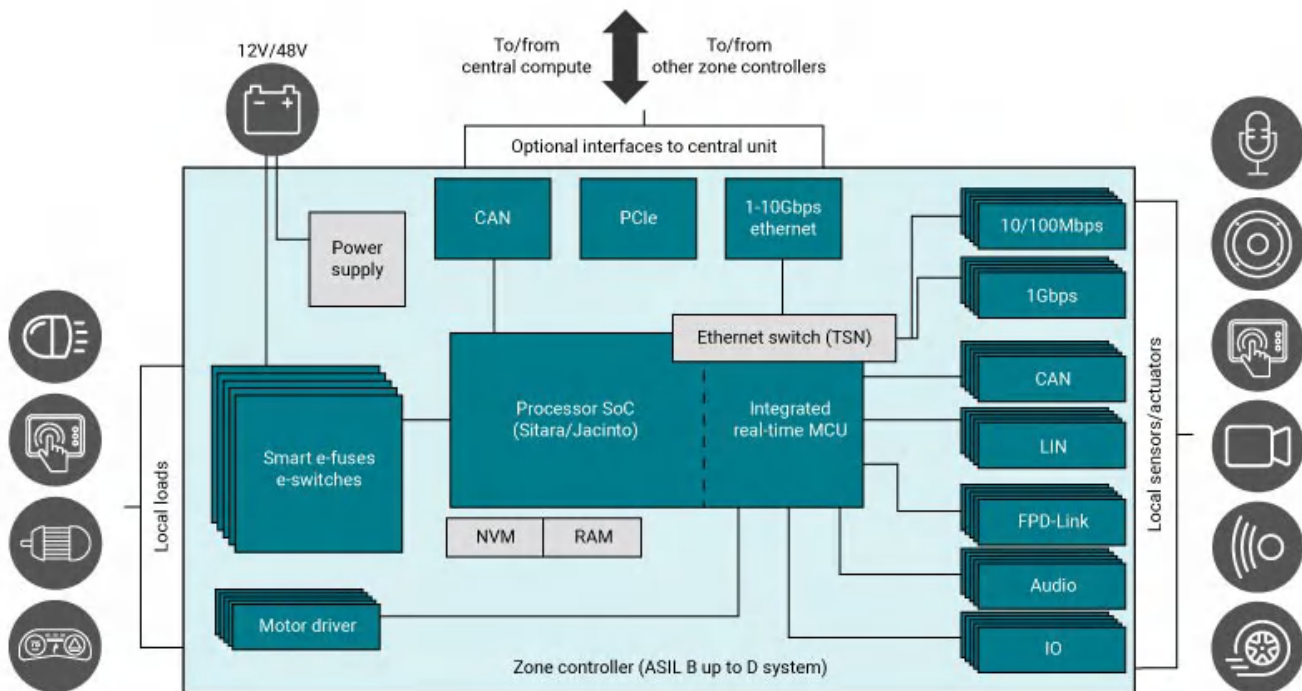


図7. 通信インターフェイスを使用するゾーン・モジュールのブロック図。

すべてのリンクは将来性を考慮し、ネットワーク・トポロジ、特にゾーン・モジュールと集中コンピューティングの間で予備帯域幅を確保することにより、既存の検証済みハードウェアをそのまま使用してソフトウェアをアップグレード可能にします。

## データ・タイプ

将来性を考慮するというのは、完全自律運転（レベル 5 まで）までの段階も含まれます。このため、アーキテクチャには可用性、復元力、安全性の規格が含まれています。データ通信の復元力と構造的冗長性を実現する 1 つの方法は、リング・トポロジを使用してマルチキャスト・プロトコルとデータの有効性チェックを可能にすることです。

ソフトウェア側では、分散型ゾーン・トポロジで、短い制御メッセージから、高スループットのセンサやエンタテインメントのデータまで、さまざまデータに対応できる、まったく異なる種類のパケットの混在を扱うことが不可欠です。これらのトラフィック・タイプはいずれも、レイテンシ、ジッタ、同期、およびエラー・レート要件が異なります。つまり、要求される QoS（サービス品質）もさまざまです。

## データの時間制約

各種のレイテンシや QoS の要件に対応するには、イーサネット・ベースの TSN（時間の制約が厳しいネットワーク）が適切なオプションですが、この展開には多くの微調整が必要です。古い MCU やプロセッサでは、この展開がハードウェアで十分にサポートされていない可能性もあります。PHY IC レベルまたはスイッチのサポートは、時間同期を考慮する場合は特に役立ちます。

多くの場合、1 つの SoC に複数のイーサネット・ポートを統合すると、基板の面積とコストを削減するために大きな利点があります。



オーディオの場合、多くのインフォテインメント・アーキテクチャはすでにオーディオのビデオとのブリッジ (AVB) を使用しており、これには時間同期が重要です (TI E2E™ の技術記事『[クロック・ジェネレータを使用して車載用アプリケーション向けに eAVB をカスタマイズする](#)』を参照)。AVB ネットワークは十分な実績がありますが、ドメイン・アーキテクチャに導入するとき、多くの同時性の問題に関係しません。ゾーン・アーキテクチャに移行すると、あらゆる種類のデータ・トラフィックが組み合わせられるため、新しい TSN 機能が重要になります。

ゾーン・アーキテクチャの実装に関連する可能性のある、電気電子技術者学会 (IEEE) の TSN 規格の一部を、[表 1](#) に示します。詳細については、ホワイト・ペーパー『[産業用オートメーションで使用される、時間の制約が厳しいネットワーク](#)』を参照してください。

規格名	別名	説明
IEEE 802.1AS	タイミングと同期	レイヤ 2 の時間同期を行います
IEEE 802.1Qbv	時間認識シェーパ (現在: スケジュールされたトラフィックの拡張)	ブリッジの 8 ポート出力キューを、ローテーションのスケジュールで実行します。スケジュールされた送信で遅延の発生を防止するため、1 つを除くすべてのポートを時間スケジュールに基づいてブロックします。
IEEE 802.3br	分散した高速トラフィック	通常のフレームの送信を中断して「高速」フレームを送信した後、通常のフレームを再開します。
IEEE 802.1Qbu	フレームのプリエンブション	タイムクリティカルでないフレームの中断を改善し、タイムクリティカルなフレームのスループットを実現します。
IEEE 802.1CB	冗長性	メッセージは、分離されたバスで並列にコピーおよび伝達されます。冗長な重複はレシーバ側で削除されます。
IEEE 802.1Qch	サイクリック・キューイングおよび転送	トラフィック・クラスに従ってパケットを収集し、1 サイクルで転送します。制御されたタイミングが優先だが、レイテンシの短縮が重要ではない場合 (IEEE 802.1AS と IEEE 802.1Qbv が対応可能) に TSN を簡単に使用する方法です。
IEEE 802.1Qci	ストリーム単位のフィルタリングとポリシー	到着時間、レート、帯域幅に基づいて入力ポートのフレームをフィルタ処理し、過剰な帯域幅使用やバースト・サイズから保護するとともに、障害や悪意のあるエンドポイントからも保護します。
IEEE 802.1Qav	トラフィック・ベースのクレジット・シェーパ	フレームのバースト (同じクラスまたはストリーム) を回避します。トラフィック・クラス間またはストリーム間で優先順位を変更します。

**表 1. 車載用リアルタイム・アプリケーションに関連するいくつかの TSN 規格。**

オーディオの使用事例では、パワートレインやシャーシ制御の使用事例と比べて、レイテンシの目標はそれほど厳格ではありません (ミリ秒とマイクロ秒)。ただし、多数のメタ・データや構成データのトラフィック、または大量の ADAS センサ・データを同じネットワーク経路でルーティングする場合でも、オーディオのレイテンシの要件は必ず守る必要があり、パケットをドロップすることもできません。そのため、既存の TSN ノブの調停と微調整が重要です。よく知られているノブの 1 つは時間認識シェーピング (TAS) で、スケジュールされたトラフィック (EST) のオフロードの拡張として参照される、テキサス・インスツルメンツのプロセッサ SDK で使用できます。TAS は、他のデータ (ADAS センサ・データなど) がどれだけ並列に転送されても、事前定義された時間枠の後で低帯域幅のトラフィックの転送を保証します。ベスト・ケースとして、DRA821 などの

テキサス・インスツルメンツのプロセッサのように TSN ハードウェア・スイッチを統合すると、ソフトウェアで最大の柔軟性を得られると同時に、ハードウェア・アクセラレータによってデータ・パケットの処理と転送や、意図的なドロップがサポートされます。

## 通信のセキュリティ

レイテンシやジッタなどの物理的なネットワーク特性とは別に、ゾーン・アーキテクチャにはセキュアな通信パスが必要です。インターネットで一般的に使用されているイーサネット・ベースの攻撃方式やツールの大部分は、道路を走行する車両にも適用可能です。車載ネットワークのセキュリティが破られると、通信の信頼性が失われ、I/O をコンピューティングと分離するという概念そのものが破綻します。

このような理由から、サイバーセキュリティのトピックには総合的なアプローチが重要です。データの整合性、信ぴょう性、機密性という中核的な機能に加えて、製品開発とライフサイクルの全体にセキュリティの意識と文化が付随します。国際標準化機構 (ISO) 26262 機能安全規格と同様に、ISO / 米国自動車技術者協会 ISO/SAE 21434 は車載用サイバーセキュリティ・エンジニアリングの新しい規格です。さらに、国際連合欧州経済委員会は、自動車のサイバーセキュリティのリスクを管理する方法と、多数の自動車のセキュリティ・インシデントを検出して対応する方法を規定した、2 つの新しい規制を発表しました。

このように多様なデータ・タイプに対応できるセキュリティを単純に追加することは不可能です。また、通信効率も重要です。IPsec を使用してインターネット・プロトコル・パケットのセキュリティを保護する従来の方法は、ネットワーク帯域幅の低い制御やセンサのデータに適しています。オーディオ・データ、画像、レーダー・センサのデータをストリーミングするには、インターネット・プロトコル・パケットの連続ストリームが必要です。このストリームには、最低でも認証によるセキュリティ保護が必要です。ただし、ソフトウェアでこれを行うとオーバーヘッドが大きくなり、プロセッサの貴重なリソースが消費されます。

このボトルネックを克服するには、新しい低レベルの暗号化と認証が要求されます。たとえば、MACsec はイーサネット・プロトコルのレベル 1 または 2 に適用でき、イーサネットのメディア・アクセス制御 IP やイーサネット PHY に統合して、ライン・レートでの認証、ペイロードの暗号化、または両方を行うことができます。

## まとめ

ゾーン・アーキテクチャの要件を満たすには、パワー・ディストリビューション、センサとアクチュエータ、データ通信の課題を克服するための新しいソリューションが必要です。

分散型スマート・ヒューズへの移行、スマート・アクチュエータとセンサの使用量の増加、非常に多様なデータ型の組み合わせを適切にサポートできる高帯域インターフェイスは、ゾー

ン・アーキテクチャの実装において非常に明白な、設計上の問題を解決できる可能性があります。

このようなソリューションは一気に実現するわけではなく、段階的に進化します。このため、長期的には次第に商業的に現実的なものとなるため、あまりに早期に取り入れてしまうことのリスクを最小限に抑えることができます。車体のドメインは、多数の分散型アクチュエータおよびセンサ ECU があるため、ゾーン・アーキテクチャに最初に移行するドメインの 1 つです。ADAS、パワートレイン、シャーシ制御がゾーン・アーキテクチャに移行するには、まだ時間が必要な可能性があります。

ゾーン・アーキテクチャの最終的な目標は、センサ、アクチュエータ、ゾーン・モジュール、データ・リンク用の、理想的に標準化されたコンポーネントを組み合わせた、完全なソフトウェア定義の自動車です。この目標を念頭に置いて、さまざまな分野で非常に多様なアイデアが包括的に組み合わせられることで、今後数十年にわたるソフトウェア・ベースの革新が可能になります。

**重要なお知らせ:**ここに記載されているテキサス・インスツルメンツ社および子会社の製品およびサービスの購入には、TI の販売に関する標準の使用許諾契約への同意が必要です。お客様には、ご注文の前に、TI 製品とサービスに関する完全な最新情報のご入手をお勧め致します。TI は、アプリケーションに対する援助、お客様のアプリケーションまたは製品の設計、ソフトウェアのパフォーマンス、または特許の侵害に対して一切責任を負いません。ここに記載されている他の会社の製品またはサービスに関する情報は、TI による同意、保証、または承認を意図するものではありません。

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated