

車載 PCIe®: スイッチを使うか使わないか、それが問題だ

Daniel Leih (プロダクト マーケティング マネージャー)

*ADAS と自律走行車アプリケーションにおける、チップ間で直接 PCIe® 接続した方が
いいという誤解とコスト削減の幻想*

自律運転と ADAS 技術において役割が高まる PCIe®

スイッチを使うか使わないかという議論に入る前に、自動車業界が互換性と使いやすさを確保しながら性能を発揮する標準インターフェイスを求めている中、なぜ PCIe® (Peripheral Component Interconnect Express) が ADAS(先進運転支援システム) アプリケーションの相互接続技術としてこれほどまで普及しているのか、そしてなぜ PCIe が完全な AD(自律運転)を実現する上でそれほど重要なのかについて考えて現在の状況を確認しましょう。

PCIe は元をたどればコンピューティング業界で生まれた高速コンポーネント間をつなぐポイントツーポイント双方向バスです。データ転送はシステム アーキテクチャ(PCIe の実装)に応じて 1、2、4、8、または 16 レーンで実行できます。複数のレーンを使う場合、バスはシリアル/パラレルのハイブリッドとなります。

PCIe の仕様は PCI-SIG (PCI Special Interest Group)によって所有、管理されています。PCI-SIG は 900 社以上の企業が参加する業界団体で非独占的な周辺モジュール技術の発展に尽力しています。I/O 性能向上へのニーズが高まると共に、PCI-SIG のスコープとエコシステムの影響範囲も拡大しています。**PCI-SIG のメンバーシップ ページ**の言葉を使ってまとめると、以下のようになります。

現在の PCIe およびその他の関連技術のロードマップは新しいフォームファクタと低消費電力アプリケーションを考慮しています。このような面での革新は、PCI-SIG のソリューション提供における伝統(下位互換性の確保、低コスト、高性能、プロセッサを選ばない、スケーラブル)の延長線上にあります。

自動車は、車輪が付いた高性能コンピューティング プラットフォーム(HPC、さらにはデータセンター)になりつつある今、この言葉は、ADAS、AD ソリューションを開発する自動車 OEM がまさしく望んでいるものです。また、PCIe の性能は世代を重ねるごとに向上しており、Gen 1.0 ではデータ(ギガ)転送レートが 2.5GT/s、総帯域幅が 4GB/s (16 レーン)だったのが現行の Gen 6.0 では 64GT/s、128GB/s (16 レーン)になっています。注意: 2025 年に登場が予定されている PCIe 7.0 のデータレートは 128GT/s、帯域幅は 512GB/s (16 レーン)です。

PCIe の性能に議論の余地はなく、AI/ML 対応 ADAS および AD アプリケーションに必要な大量のデータのリアルタイム処理をサポートするために PCIe が求められる事は間違いありません。

しかしながら、PCIe ベースのアーキテクチャの実装については、PCIe 対応コンポーネント間の接続を直接接続にするかスイッチ経由接続にするかなど、依然として議論があります。

接続

より高度な自動化を図るには、CPU(中央演算処理装置)、ECU(電子制御ユニット)、GPU(グラフィック処理ユニット)、SoC(システム オンチップ)、「スマートセンサ」、大容量高速ストレージ デバイス(NVMe メモリ等)といった、進化してゆく高度電子部品の組み合わせを車両に組み込む必要があります。

これらのコンポーネントのうち、ECU(多数あり)は共通の機能に基づいて別々のゾーン間で組み合わせられます。これらゾーン ECU 群は Ethernet を使って HPC プラットフォームと通信します。しかし、そのプラットフォーム内ではリアルタイムに意思決定をするために広帯域幅での処理が必要です。

そのため、PCIe 技術はデータセンターの設計方法と非常に近いやり方で自動車設計者に使われています。高速シリアル出力を持つセンサを処理ユニットに接続するのに最も適しているのが ASA (Automotive SerDes Alliance)と呼ばれるオープン規格です。

基本的に、車載ネットワークには 3 本の柱があります(図 1 参照)。

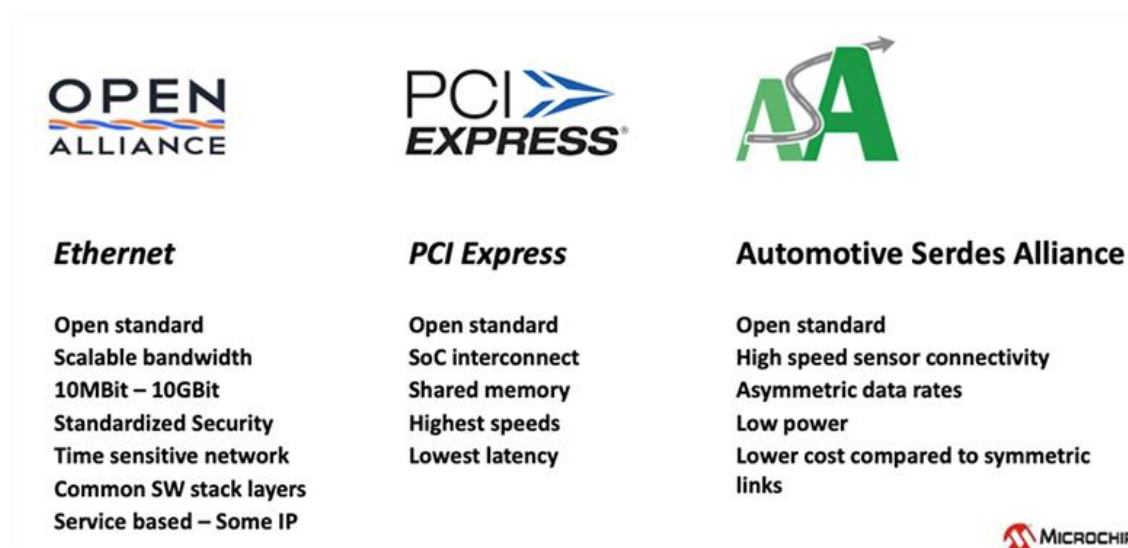


図 1 - 未来の車載ネットワークの 3 本柱

ところが、PCIe ではスイッチなしでチップ間を直接接続するだけで良い、と言っている SoC ベンダーもいます。確かに不可能ではありません。しかし、より高いレベルの ADAS への拡張性がないため、一見経済的のように見えて実はそうではありません。

スイッチなしの HPC システムでは各エンドが独自のソフトウェア スタックを必要とするため、ソフトウェアの複雑性がエンド数とともに指数関数的に増大していきます。また、スイッチありの PCIe には、スイッチなしの PCIe と比較して、以下のような「大局的」なメリットがあります。

- I/O 帯域幅の最適化: パケット スイッチングによって必要な SoC 相互接続ピン数が減り、SoC の消費電力とコストが削減されます。
- 周辺モジュールの共有: SSD ストレージまたは Ethernet コントローラ等、1 つの周辺モジュールを複数の SoC で共有できます。
- スケーラビリティ: スイッチサイズ、SoC 数、周辺モジュール数を増やす事でシステム アーキテクチャを変更する事なく性能を拡張できます。
- 保守性: PCIe には HPC 環境で長年にわたって徹底的に実証されてきたエラー検出機能と診断テスト機能が内蔵されているため、保守のしやすさが飛躍的に向上します。
- また、以上の点の結果として TCO(総所有コスト)を大幅に削減する事が可能です。

PCIe を Ethernet と ASA と組み合わせる事で、最適化されたヘテロジニアスなシステム アーキテクチャを構築できます(ADAS の例について図 2 に示します)。

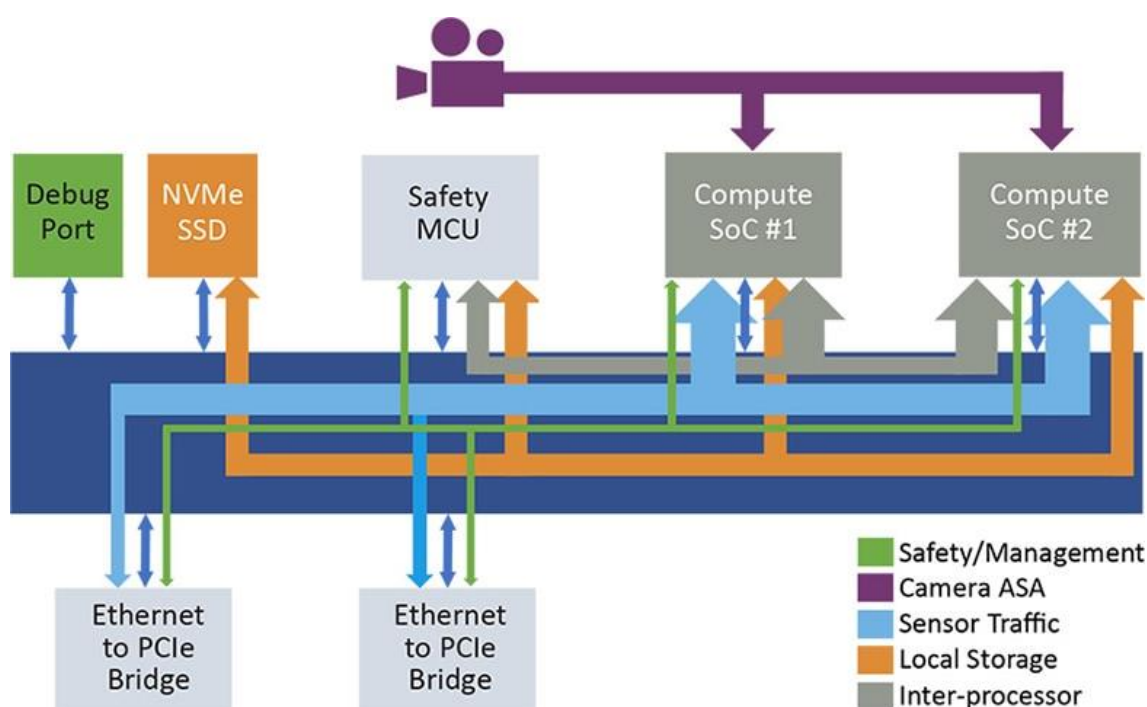


図 2 - ADAS のヘテロジニアス アーキテクチャ

これら 3 つの通信技術はそれぞれ別々の時期に別々のニーズに対応するために進化したもので、それぞれ長所と短所がありますが、このヘテロジニアス アーキテクチャはそれぞれの最も良い部分を引き出します。その詳細については、[How Ethernet, PCIe and ASA Combine in Tomorrow's Software-Defined Vehicles](#) のブログ記事をお読みください。

前述の通り、PCIe はポイントツーポイント接続であり、デバイス間で帯域幅を奪い合う事はありません。これは接続するデバイスの数が少ない時はうまくいく方法です。しかし、自律走行車は分散型ワークロードのセットとして実現するのが最善です。つまり、複数のサブシステム コンポーネント間で帯域幅を共有する必要があります。

その意味で、PCIe スイッチは「トランスペアレント」である(ソフトウェアとその他のデバイスが階層内のスイッチの存在を認識する必要がなく、ドライバを必要としない)ことから、素晴らしいソリューションと言えます。

解答:スイッチ技術

PCIe は ADAS、AD、その他の車載 HPC アプリケーションに理想的ですが、その「ポイントツーポイント」接続という特性により、多くの人がそのように実装する(例えばチップ間をポイントツーポイントで接続する)ものだと考えています。しかし、Microchip 社の **Switchtec™**ファミリ(世界初の車載認定済み PCIe スイッチ)等のスイッチング技術を使ってスイッチングを統合する事で、ソフトウェアの複雑度を最小限に抑え、低レイテンシと高データレートを要求する複数のサブシステム コンポーネントを持つ高性能車載システムにおいては多くのメリットを実現できます。