

TOSHIBA

車載用 Ethernet アーキテクチャー :

Ethernet-AVB/TSN による高音質車載オーディオ



途切れのない、信頼性の高い車載オーディオを実現する Ethernet-AVB

はじめに

車載オーディオは、自動車が大規模生産されるようになって以来、自動車産業の一部となっており、ほぼメカニカルな分野で最初の電子アプリケーションのひとつとなっています。ロードムービーは、その映像だけでなく、流れるサウンドによって私たちの心の中に入ってきます。ショールームで新車を見るとき、運転席で最初に確認するのはオーディオシステムです。車に不可欠なこの機能をよりよくするために、多大な努力が払われるのは当然です。

カーオーディオは、モノラルからステレオ、そしてサラウンドへと進化を遂げ、ドライバーが選んだアーティストの世界観に浸れるようになりました。当初は家庭用オーディオと同じように、車内のあちこちに設置されたスピーカーを中央のアンプが駆動する方式がとられていました。しかし、デジタルネットワーク技術の登場により、設計者はこの方式を打破することができ、アンプは車内のスピーカーの横に散らばり、デジタル化されたオーディオパケットが各スピーカーに個別に向けられるようになりました。

Bluetooth®の登場により、電話による通話なども車載オーディオの中心的な機能となり、新たなデジタルオーディオインターフェイスを提供し、オールデジタルオーディオシステムへの移行ができました。また、車には少なくとも1つのマイクが必要であることが確実となりました。

現状

この分野では、過去10年間に2つの技術が確立されました。MOST (Media Oriented Systems Transport technology) は、複数のノードを接続できるリングトポロジーを提供します。このようなネットワークは、プラスチック光ファイバー (POF) またはシールド処理が施されていないペアの撚りケーブル (UTP) を使用して実装されています。これにより、車載ヘッドユニットは、車両内の周辺に設置されたアンプやマイクのノードと通信することができます。また、動画再生などのマルチメディア実装に十分な帯域幅を確保することもできます。もう1つはA2B (Automotive Audio Bus) で、オーディオアプリケーションのみに特化したソリューションです。同じく UTP を使用し、I2S オーディオデータを制御データとともに配信し、最新オーディオシステムの低遅延の要求に焦点を当てています (図1)。

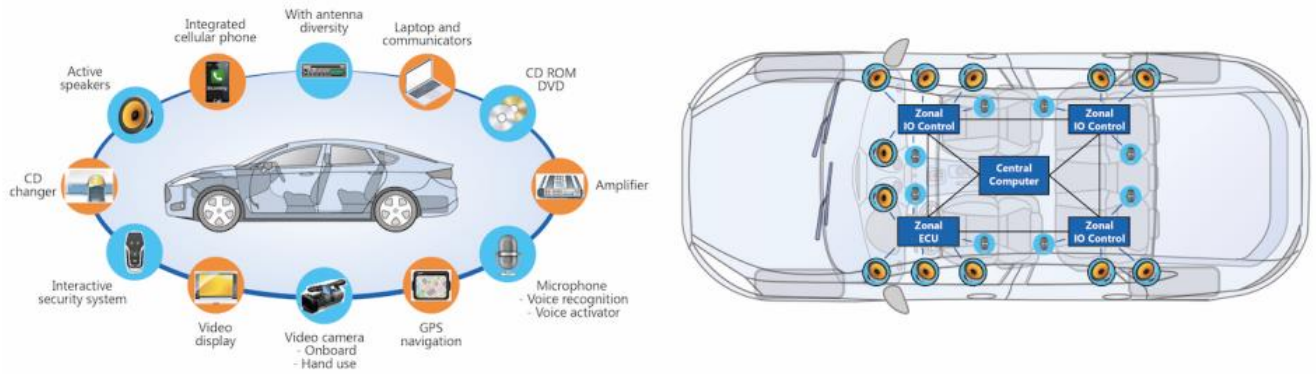


図1：MOST（左）とA2B（右）は車載オーディオでよく使われるが、CANやEthernetなどのデータ通信ネットワークに加え、オーディオ用に別の配線システムが必要

近年、低遅延の側面がより重要視されています。まず、耳は目よりも質の低下に敏感であるため、歪みや途切れのないオーディオを忠実に再現する必要があります。さらに、アクティブノイズキャンセリング(ANC)やロードノイズキャンセリング(RNC)といった技術の普及が進んでいます。また、各乗員が自分だけのオーディオ体験をすることができる「サウンドゾーン」も、正確で安定した低遅延の伝送技術によって実現されます。今日のシステムでは、同乗者が音楽を聴いている中で、ドライバーは電話で通話することができ、この2つのサウンドバブルの間にはほとんど音の混ざりがありません（図2）。そのため、低遅延であることは、新世代の技術にとっては重要な要素なのです。

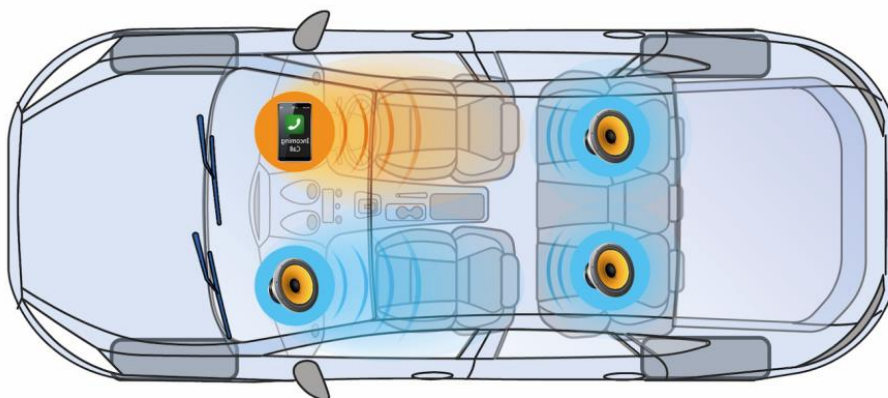


図2：サウンドゾーンを形成する新しいソリューションでは、同乗者が音楽を聴いているときに、ドライバーは通話をすることができ、どちらも相手の音に邪魔をされることはない

技術の選択肢が増えるのは良いことですが、新しいネットワーク・ソリューションが登場するたびに、配線やコネクタのためにワイヤーハーネスにコストがかかるようになります。これは車の中で高価な部品トップ5に入るため、コスト削減をもたらすネットワーク技術に移行することが有益であることは明らかです。

また、MOSTやA2Bのようなネットワークは、マルチメディアアプリケーションのみを対象としており、他の車載データ伝送用途には使用できません。

車載用 Ethernet と AVB

私たちが慣れ親しんでいる Ethernet と同様に、車載用 Ethernet も、特定の種類のデータやその用途に特化するのではなく、IP アドレスベースのデータ転送を提供することに重点を置いています。これによる成果は大きなものですが、シリコンベンダーとソフトウェアコミュニティ、両方からのサポートの恩恵を受けたと考えられます。自動車産業のニーズに応えるため、統合の簡素化、ケーブルの軽量化、試験や規格への適合性確保などの増強が行われています。15 m のケーブル長のシンプルで軽量のシールド処理が施されていないペアの撚りケーブル（UTP）を使用でき、物理層（PHY）のシグナリングは電磁両立性の要求を満たすように変更されています。全二重データレートは 100 M ビット/秒または 1000 M ビット/秒、将来的にはそれ以上に達することが可能です。

特定のアプリケーションのニーズに対しては、AVB(Audio Video Bridging)/TSN(Time-Sensitive Networking) による基本的な Ethernet 規格への拡張によってサポートされます。これにより、自動車メーカー各社は、さまざまなアプリケーションのために、単一のネットワーク技術と配線システムですべてを賄うことができる Ethernet に移行することができます。

Ethernet が車内のマルチメディアアプリケーションのニーズに応えられるように、AVB 規格が開発されました。ストリーム予約などのメカニズムにより、ヘッドユニットからアンプまで（もしくはマイクからヘッドユニットまで）と同じネットワークを通過する他のトラフィックに関係なく、レイテンシーを保証するために必要な帯域幅を常に利用することが可能となります。ANC や RNC などのアプリケーションを確実に機能させるためには、すべての送受信オーディオストリームが正確、かつ同じタイミングに存在することが不可欠です。これは、車内で個々のサウンドゾーンを実現するためにも重要です。このリアルタイムレイテンシーは、AVB/TSN 規格の中にあるいくつかの特定のメカニズムによって実現されています。

ヘッドユニットとエンドノードのためのソリューション

AVB アプリケーションの実装を簡素化するためには、ネットワーク上のすべてのノードの要求を満たすシングルチップソリューションが有効です。東芝の TC9562 は、AVB/TSN 対応デバイスの最新世代で、AVB アプリケーションと TSN システムの両方をサポートすることを目標としています。PCIe インターフェースにより、車載用ヘッドユニットに搭載されている強力な SoC と簡単に統合でき、これらのデバイスに効率的な AVB 対応インターフェースを装備することができます。さらに、Arm[®] Cortex[®]-M3 を搭載しているため、TC9562 を LSI 単独で使用し、オーディオ関連の実装を個別に実行することもできます。これは、マルチチャンネルアンプ出力とマイク入力を持つオーディオノードにより適しています。

SoC 接続の場合、TC9562 の PCIe Gen 2 インターフェースは、最大 5 GT/s のデータレートをサポートします（図 3）。しかし、TC9562 はシンプルな PCIe-AVB ブリッジよりも高機能です。独自のオーディオ PLL を持つメディアクロックリカバリーユニットを含むオーディオ TDM 関連エンジンも内蔵しています。これはオーディオ用インターフェースとホストからの PCIe 接続を並行して使用することができます。

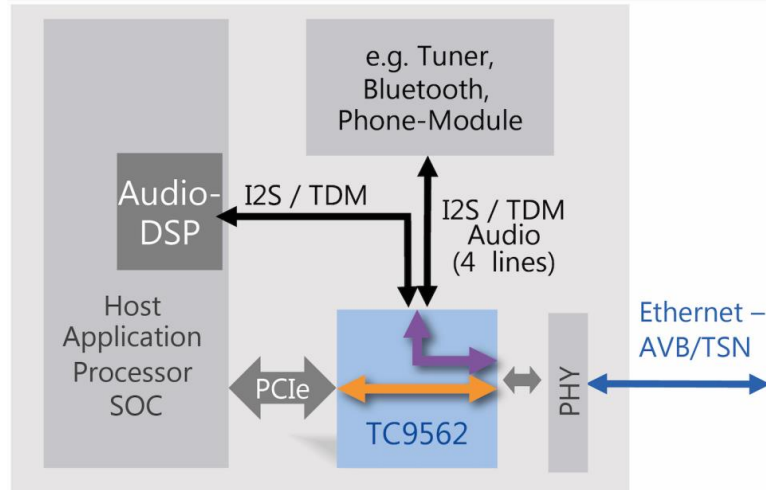


図 3: TC9562 は、PCIe 経由の AVB 機能を持つアプリケーションプロセッサと、統合された Ethernet-AVB オーディオ-TDM エンジンを提供

チューナーや Bluetooth[®]、その他のソースからのデジタルオーディオインターフェースを、I2S または TDM インターフェースに直接接続することができます。ここから、アプリケーションプロセッサが介入することなく、オーディオデータが Ethernet トラフィックに自動的に挿入され、またそこから抽出されます。合計で、最大 32 の出力チャンネルと 8 つの入力チャンネル、またはその逆を TDM/I2S で扱うことができ、出力オーディオサンプルは最大 32 ビット解像度、入力パスでは最大 24 ビットになります。

また、MII、RMII、RGMII、SGMII の各インターフェースに対応し、幅広い PHY をサポートします。Generalized Precision Timing Protocol gPTP (IEEE 802.1AS) を使用し、このユニットはグランドマスターネットワークノードとして機能させることも可能です。これにより、他のすべてのノードが共通のベース基準クロックで動作することができます。これは、ノイズキャンセリングやサウンドゾーンを実現するために、システム全体で必要なリアルタイム性を維持するために不可欠なものです。

AVB に必要な規格はすべて統合されており、例えば、転送とキューイング用のタイムセンシティブ・ストリーム (IEEE 802.1 Qav) とともにタイムセンシティブ・アプリケーション用トランスポートプロトコル (IEEE 1722) のハードウェアでサポートされています。これにより、メディア・クロック・リカバリーとともに、規定のオーディオフォーマットのサポートが可能となります。

ここで重要なのは、オーディオストリームと一般的なデータストリームを 1 本の Ethernet ケーブル上で組み合わせることが可能であることです (図 4)。その結果、多くの場合、オーディオシステム用の既存の Ethernet ケーブルを使用することが可能になります。これにより、複数の異なるカーオーディオ・ネットワーク・アーキテクチャーにおいて、デジタルオーディオケーブルやコネクタを個別に追加する必要性が減少、あるいはなくなります。

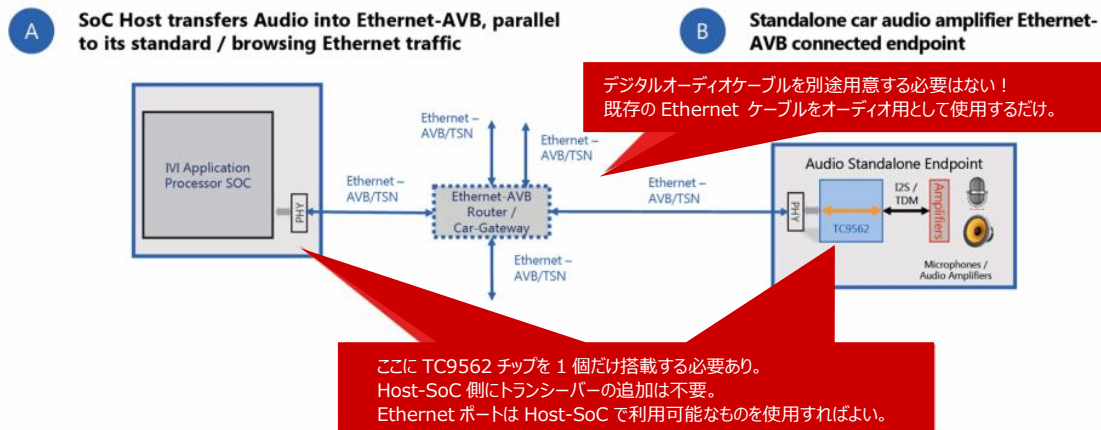


図 4 : AVB は、車載 Ethernet に移行した車へシームレスに組み込まれる

オーディオエンドポイントにおいても、TC9562 は同様に適用できます（図 5）。TC9562 は、オーディオデータが AVB オーディオネットワークの他のすべての要素と同期した出力またはサンプリングを保証しています。オンチップ・オーディオクロック・リカバリー PLL は、最大 50 MHz のビットクロックをサポートし、接続されたオーディオ機器との間で同期をとることができます（オーディオクロックの出力および入力が可能です）。実装を容易にするため、内蔵のオーディオ PLL は TDM/I2S インターフェースから独立して動作させることができます。これにより、システムの複雑さを軽減し、高価な外部 PLL が不要になります。

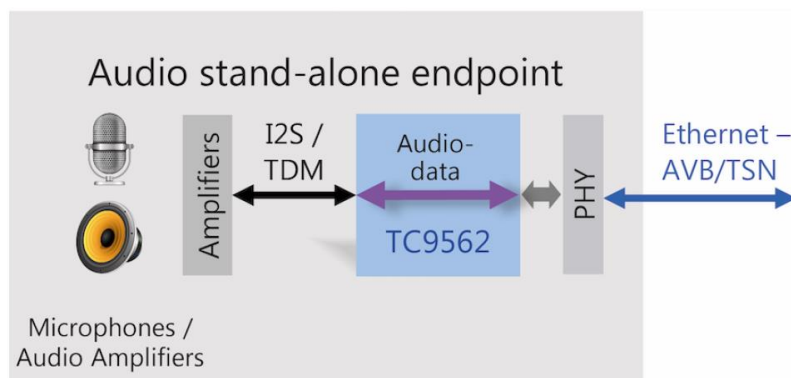


図 5 : TC9562 は、強力な Arm® Cortex®-M3 プロセッシングコアにより、スタンドアロンオーディオノードでも同様に使用できる

TC9562 は、スタンドアロンオーディオノードに内蔵された他デバイスに対する設定や制御に役立つ、さまざまなインターフェースも備えています。パワーアンプやコーデックなどのオンボードデバイスの設定に使用できる I2C と SPI、Bluetooth® や GPS モジュールとの接続に便利な 2 つの UART チャンネルがあります。システムブートは、スタンドアロンでは 62.5 MHz の高速 QSPI インターフェース、ホスト接続の場合は PCIe を介して行われます。TC9562 には、顧客による個々のカーオーディオソリューションのセルフプログラミングを可能にする便利なソフトウェア API パッケージが付属しています。これには、内蔵の Cortex M3 CPU 用の RTOS と Ethernet-AVB スタックが含まれます。個々のコーデックとアンプ TDM/I2S データフォーマットへのインターフェースの設定方法と使用例が用意されています。

まとめ

車載 Ethernet への移行は、自動車メーカーに対し車載システムの大半ニーズを単一ネットワーク・コンセプトで統一する機会を提供します。UTP ケーブルは軽量で、POF、LVDS、その他の独自の代替品に取って代わることができます。AVB 規格のおかげで、既存の車載 Ethernet ネットワークを使用して、音質を損なうことなくオーディオシステムへの接続を提供することができ、さらに、今日の最新のノイズキャンセルやサウンドゾーニング技術の超低遅延要件に対応することが可能です。TC9562 は、ヘッドユニットやテレマティクス・ユニットに搭載しても、エンドノードに搭載しても違和感のない LSI です。内蔵のオーディオ・クロック・リカバリー PLL は、すべての AVB 使用者の低ジッター同期と、カーオーナーが期待する高品質のオーディオ体験のために不可欠な要素です。

※ Bluetooth®は、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標です。

※Arm、Cortex は、米国および/あるいはその他の国における Arm Limited (またはその子会社)の登録商標です。

※その他の社名・商品名・サービス名などは、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。

関連リンク

[・車載イーサネットやペリフェラルブリッジ IC を用いた表示/オーディオ出力部](#)

[・車載イーサネットブリッジ IC](#)

[・TC9562\(AXBG\)の製品ページ](#)

[・TC9562\(BXBG\)の製品ページ](#)

製品取り扱い上のお願い

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。

本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。