

サラウンド・ビューと 自動パーキング・システムの 360度視野



John Smrstik
Product Marketing
Jacinto™ Processors

Aish Dubey
Systems Engineer
Jacinto Processors

Texas Instruments

はじめに

深夜に帰宅し、自転車、スポーツ用品、ガーデニング用具でいっぱいのガレージへ。その夜、車を入れるスペースがあるといいのですが。

雨の降る寒い朝、オフィスの駐車場はほぼ満杯です。わずかな空きは入り口からはるか遠くにしかないようです。

金曜日の夜、街に出かけます。楽しい夜になるかどうかは、たった1つの空きスペースにうまく駐車でき、さらに車から降りられるかどうかにかかっています。

これらは、急いでいたり、風雨を避けようとしていたり、ちょっとした便利さを求めているりするドライバーをイライラさせる状況の例です。幸いなことに、自動運転機能があればこのようなイライラはなくなり、駐車などのありふれた場面でも、快適で楽しい運転体験が得られるようになります。

基本的なサラウンド・ビュー・システムでは、ドライバーに視覚的な手がかりを与え、より多くの情報を提供することで、周囲の状況を的確に認識できるようにします。車載カメラでキャプチャされたビデオ・イメージに深層学習を適用することにより、空き駐車スペースの探索、駐車プロセスの自動化、無人の「自動バレー・パーキング」機能の実現など、洗練されたサービスが可能になります。

このような自動化機能（複数カメラ入力、視覚認知、シーン生成などを含む）には、車両内に強力な処理機能が必要になります。ADAS（先進運転支援システム）アプリケーション用のプロセッサは、何メガバイトものビジュアル・データや他のセンサ・データを結合し、自動車用に解釈された周囲状況データを生成できる必要があります。このデータは、有人/無人で自動車が安全に低速走行できるよう十分に信頼性の高いデータでなければなりません。テキサス・インスツルメンツ（TI）は、まさにこの課題に対処するために、Jacinto™ 7プロセッサ・ファミリを設計しました。

このホワイト・ペーパーでは、車載機器メーカーがTIのJacinto TDA4VMデバイスを使って、パーキング・アシストや完全自動パーキング機能向けのADASアプリケーションをどのように構築できるかを説明します。車載用市場の全セグメント（小型車、中型車、大型車、高級車）にわたって、このようなシステムの技術要件をJacinto TDA4VMシリコン・デバイスおよびソフトウェア・プラットフォームに対応付け、安全で快適な完全自動パーキングに必要な技術の導入方法を説明します。

自動パーキングとパーキング・アシスト・システム

パーキング・アシスト・システムは、システムの機能に基づき、3つの基本クラスに分けることができます。表1に、各クラスの概要を示します。

基本的なサラウンド・ビュー・システムでは複数のカメラ入力を使用し、ドライバーに車両周辺の360度ビューを提供します。カメラ入力は、車を中心にした鳥瞰図1枚へとつなぎ合わせて合成されます。このイメージは人手による駐車を支援する視覚情報としてドライバーに提供されます。さらに、他の物体、縁石、駐車場に引かれたラインなどからの相対的な車両位置を示すオーバーレイを使って、サラウンド・ビュー・イメージを改善します。

システム種別	機能説明	使用センサの個数と種類	必要なアルゴリズム	必要なデバイス機能
サラウンド・ビュー・システム (サラウンド・ビュー・モニタリングともいう)	ドライバーに車両周辺の360度2D/3Dビューを提供、人手による駐車をアシスト	<ul style="list-style-type: none"> カメラ4～6台 	<ul style="list-style-type: none"> GPUとDSPをベースとした2D/3Dビュー生成 限定的な3Dビュー生成のために専用のハードウェア・アクセラレータを使用できる場合もある 	<ul style="list-style-type: none"> 組み込みISP ビュー生成用GPU/HWA
半自動セルフ・パーキング	ドライバーが空きスペースを特定。車両が縦列/直角駐車スペースへの駐車作業を引き継ぐ。システムは自動「出車」にも対応。最終的なシステム・コントロールはドライバーに委ねられる。	<ul style="list-style-type: none"> カメラ4～6台 ソナー・センサ6～12台 短距離レーダー・センサ4～6台 慣性測定ユニット(IMU) 位置推定ハードウェア/ソフトウェア 	<ul style="list-style-type: none"> 駐車スポット/レーンの検出 低速での近接場/遠距離場の物体検出/分類 同時位置推定マッピング(SLAM) 所定の地図と運転条件に対するL4レベルの経路計画 車両動作記録のためのビデオ・ストリームのエンコード/デコード 	<ul style="list-style-type: none"> 組み込みISP ビジュアル・アナリティクスとCNN(畳み込みニューラル・ネットワーク)処理用の組み込みHWA 限定的なセンサ・フュージョンとデジタライズ通信のASIL-D処理 GPU 汎用で限定的性能の経路計画とセンサ・フュージョン用のMCU(ASIL-B)DMIPS
完全自動バレー・パーキング	整備された駐車エリアや駐車場で、車両が自律的に駐車、出車を行える。車両が空きスポットを識別できる。ドライバーはこのプロセスのどの部分でも車両のコントロールを行わない。	<ul style="list-style-type: none"> カメラ4～6台 ソナー・センサ6～12台 短距離レーダー4～6台 IMU 位置推定ハードウェア/ソフトウェア 	<ul style="list-style-type: none"> 駐車スポット/レーンの検出 低速での近接場/遠距離場の物体検出/分類 SLAM 車両動作記録のためのビデオ・ストリームのエンコード/デコード 	<ul style="list-style-type: none"> ASIL-D SLAM 組み込みISP ビジュアル・アナリティクス、経路計画、CNN処理用の組み込みHWA フルスコープ・センサ・フュージョン用のASIL-D処理 経路計画用ASIL-D DMIPS オンチップ・ビデオ・エンコーダ

表1: サラウンド・ビューと自動パーキングのアプリケーションと要件

次のクラスのパーキング・アシスト・システムは、半自動セルフ・パーキング・システムです。このシステムでは、カメラ、超音波、位置情報を組み合わせ、より詳細な車両周辺環境情報を構築することで、ある程度の駐車自動化を実現します。この情報に基づいて、車両が基本的なパーキング作業を引き継ぎ、ステアリング、ブレーキ、アクセル、ギアシフトを制御しながら、自動操縦による縦列/直角駐車スペースへの駐車(または出車)を行うことができます。このようなシナリオでは、最初にドライバーが空きスペースを見つけ、システムを完全にコントロールしたまま、必要に応じて自動パーキング作業を引き継ぎます。

完全自動バレー・パーキング・システムでは、さらに次の段階に進み、整備された駐車エリアであれば車両が完全に自動的に駐車/出車を行うことができます。ドライバーは、空きスペースを見つける段階から、駐車プロセス全体の制御を車両に委ねます。このアプリケーションでは、安全かつ高い信頼性で駐車タスクを自動的に実行するために、より多くのセンサ入力と、より高度に洗練された処理およびアルゴリズムが必要になります。

基本的なサラウンド・ビューから完全自動バレー・パーキングまでの各シナリオでは、レベルが上がるごとに必要なセンサ、データ、そしてデータ処理が増えていきます。このようなアプリケーションを実現するために開発されるSoC(システム・オン・チップ)には、次のものが重要です。

- イメージ入力パイプライン処理
- 汎用処理
- 深層学習作業用の専用アクセラレータ
- オーバーレイ付きイメージ生成のためのグラフィック処理
- システムの安全な動作を保証するための安全性要求レベル(ASIL)に対応した処理

表1には、各システム・クラスで必要なアルゴリズムとオンチップ機能を示しています。DLTOPS(1秒間に深層学習演算を1兆回実行する単位)、DMIPS(1秒間に演算を100万回実行する単位)、GFLOPS(1秒間に浮動小数点演算を10億回実行する単位)、またはイメージ・シグナル・プロセッサ(ISP)やハードウェア・アクセラレータ(HWA)エンジンのメガピクセル処理能力など、これらの各機能に要求される絶対性能によって、システムの種類をさらに細かいセグメントに分類することもできます。

サラウンド・ビューと自動パーキングの課題に 対応する JacintoファミリのTDA4VMプロセッサ

表1の情報から推測されるように、このような機能を生産車両に導入するタスクを与えられた、自動車メーカーやティア1サプライヤのシステム・アーキテクトやビジネス・チームには、いくつかの課題が待ち受けています。まず、自動車メーカーには、エコノミー車には簡易サラウンド機能、中型/高級車には順次高レベルのインサイトと自律性など、全モデルにわたってさまざまな機能の提供が望まれます。各モデルには、それぞれ異なる経済的事情があります。エコノミー・モデルにハイエンドの高級モデルと同じ種類の電子機器を搭載するわけにはいきません。新しいソフトウェアの開発/検証を行うためのプロセッサ・プラットフォームをモデルごとに変更するには、時間もコストもかかります。

ティア1サプライヤは、基本となるデザインにセンサとカメラを追加するだけでローエンド車両からハイエンド車両まで対応できるようなソリューションを実現するために、共通のアプローチを提供するプラットフォームを求めています。ハードウェア/ソフトウェア資産を再利用すれば、研究開発費を最小限に抑え、さまざまな製品バリエーションを迅速に市場投入するために必要な、高いエンジニアリング効率が達成されます。

Jacinto TDA4VMプロセッサ・ファミリとTIのプロセッサSDK(ソフトウェア開発キット)の組み合わせは、この問題を解決する新しい方法をOEMやティア1サプライヤに提供します。これらのデバイスには、消費電力を管理しながら高いアプリケーション性能を提供するためにヘテロジニアス・プロセッシングが搭載され、熱やサイズに制約のある組み込みスペースでの使用に適しています。TIのJacinto TDA4VM SoCは、ハードウェア・アクセラレーション、カスタム・プロセッサ・コア、信号処理プロセッサ、汎用プロセッサ、マイクロコントローラ(MCU)を使用して、効率の高いシステム・ソリューションの設計を支援します。TIでは、特定の問題を解決し、幅広い範囲の最終システム要件に適合できるように、各IP(知的財産)コンポーネントを選び、設計しました。

表2に、簡単なサラウンド・ビュー・モニタリング・アプリケーションや、より複雑な自動バレー・パーキングの事例で使用される、典型的な処理ステップとIPコンポーネントを記載しました。

処理ステップ	SoC IPコンポーネント
イメージ・キャプチャ	画像処理入出力(カメラ・シリアル・インターフェイス[CSI]-2)
画像処理	ISPとビジョン・アクセラレーション部品
特徴抽出用分析処理	DSPと深層学習アクセラレータ
フュージョン処理(マルチセンサ入力から)	汎用プロセッサ, MCU
表示画像作成	GPU
ディスプレイ出力	マルチディスプレイ・サブシステム

表2: サラウンド・ビューと自動パーキング・アプリケーションの処理ステップと使用されるSoC IP

このヘテロジニアス・アプローチには、各種類のプロセッサ・コアまたはアクセラレータに対応した専用のソフトウェアが必要です。コアに対して最適化された低レベル・ソフトウェア・スタックを抽象化し、高レベルのソフトウェア概念を使用することで、開発を簡素化し、高性能コアを利用できます。OpenVXは、そのようなソフトウェア・フレームワークの1つです。オープンで、ロイヤルティ・フリーなフレームワークであり、リアルタイムの組み込みビジョン処理用に設計されています。TIのプロセッサSDKでは、OpenVXベースのサンプルを使用し、SDKのソフトウェア部品を活用してサラウンド・ビュー・モニタリングなどのアプリケーションを作成する方法を紹介しています。

すべてを一体化：Jacinto TDA4VM SoC

パーキング・アシストと自動パーキングの基本的なアプリケーション要件には、カメラやイメージ・センサからデータを取得し、処理ステージ用にデータを準備するための専用機能が必要です。処理ステージは、イメージ・データを受け取り、分析と深層学習アルゴリズムを実行してパーキング・アプリケーション関連の重要な特徴を抽出します。このステージでは他のセンサからのデータを統合（フュージョン）して包括的な車両周辺状況データを作成し、それを意思決定（この場合、車を安全に操縦して駐車スペースに駐車/出車すること）用のアプリケーションに提供します。最終ステップでは、イメージ・データをドライバーに直感的な方法で表示して、車両を安全に操作できるよう支援します。後で確認できるようにビデオ・データを保存しておくことも、特に完全自動化の状況では、必要なステップです。これらのステップはすべて、冗長性があり、ミッション・クリティカルな機能を他の動作から論理的（または物理的）に分離できる、機能的に安全な環境で実行される必要があります。

TIではTDA4VM SoCの設計に際して、このようなアプリケーション要件のすべてを検討しました。システムの理解に基づき、効率良く柔軟で簡単に使えるソリューション提供を目標として、TDA4VM SoCはキャプチャ、プロセッシング、レンダリングの各要件に対応するコンポーネントを内蔵しています。設計上の主要な選択事項の1つとして、処理システムを高効率で動作させながら、十分なローカル・メモリと高速外部メモリへの適切なアクセスを確保するために、処理要件とデータ要件のバランスが必要でした。

図1に、サラウンド・ビューのユースケースでのTDA4VMデバイスの単純化したブロック図を示します。ビデオと他のセンサ入力、ディスプレイ出力、圧縮ビデオ・ファイル用のストレージへのアクセスが示されています。表3では、サラウンド・ビューと自動パーキング・アプリケーションの各処理ステージ、そして、これらの処理ステージをサポートするTDA4VMデバイスの重要な特徴を説明しています。前述のとおり、TDA4VMデバイスは、このようなパーキング・アプリケーションに対応した非常に包括的な「システム・オン・チップ」です。

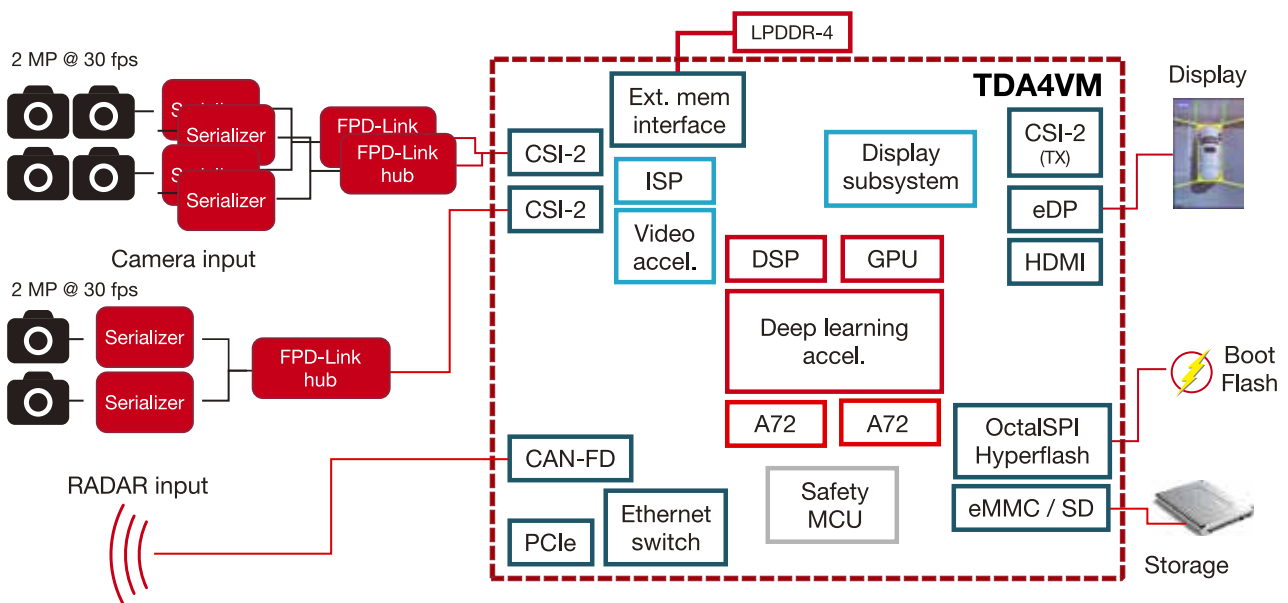


図1：TDA4VMベースの単純化されたサラウンド・ビュー・システム

サラウンド・ビュー / 自動パーキング・アプリケーションのステージ	TDA4VM SoCの特徴
イメージ・データ・キャプチャ	<ul style="list-style-type: none"> • 低電圧差動信号カメラ用 CSI-2インターフェイス • Ethernetベースのカメラ用のEthernet • 第7世代TI ISP • レンズ歪み補正用ハードウェア・アクセラレータ • ノイズ・フィルタ・ハードウェア・アクセラレータ • マルチスカラ・ハードウェア・アクセラレータ
センサ・フュージョンと分析処理	<ul style="list-style-type: none"> • C66x, C7x DSPコア • 深層学習アプリケーション用の密結合マトリクス乗算アクセラレータ • デンス・オブティカル・フロー・ハードウェア・アクセラレータ • ステレオ深度エンジン・ハードウェア・アクセラレータ • Arm® Cortex®-A72 CPU2個 • Arm Cortex-R5F MCU 4個 • CAN-FD, UARTインターフェイス • 大容量内部共有メモリ(8MB) • 高効率、広帯域オンチップ・ファブリック • LPDDR(ローパワー・ダブル・データ・レート)4、ピーク帯域幅17Gbps
画像表示と保存	<ul style="list-style-type: none"> • 画像処理GE8430 GPUコア(100GFLOPS) • H.264エンコード・ハードウェア • H.265デコード・ハードウェア • 解像度4K/2.5Kのビデオ・ディスプレイ出力
安全性とセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> • デュアル・ロック・ステップR5F MCU(ASIL-Cセーフティ・アイランド) • IPセキュリティおよび侵入/攻撃からの保護に対するシステム・アプローチ

表3: サラウンド・ビュー・アプリケーションの各ステージと対応するTDA4VMデバイス機能

チップ・ソリューションは、チップに伴うソフトウェア環境があって初めて完全なものになります。TDA4VM SoCは、LinuxとTIのリアルタイム・オペレーティング・システム(RTOS)カーネルに対応した包括的なソフトウェア・キットでサポートされます。プロセッサSDKと呼ばれるこれらのキットには、必要な一連のドライバ、オペレーティング・システム・カーネル、アプリケーション・ライブラリ、ブート・サンプル、OpenVXベースのアプリケーション・フレームワークに加えて、実際のシステム・アプリケーションでのソフトウェアとハードウェアの使い方を説明するアプリケーション例が含まれています。これらのキットは、TIから入手できるデバイス用の評価モジュールで検証されています。

Jacinto TDA4は、計画中のデバイス・ファミリで、TDA4VMはその最初のデバイスです。このプロセッサ・ファミリの他のメンバには、同じチップ・レベルIPのさまざまな組み合わせが含まれる予定で、分析主体のアプリケーションから、エコノミー・クラス車両向けのコスト最適化ソリューションまで、ADAS市場の隅々へと最適化された製品を提供します。これらのデバイスは同じ基本ハードウェアIPとソフトウェア・テクノロジーから構築されるので、デバイス間の互換性はそのまま保たれています。1つのデバイスに対応して開発されたソフトウェア資産をスケールして、ファミリ内の別のデバイスにも再利用できます。それにより、開発効率が合理化され、車両モデル全体にわたって、さまざまな機能セットを備えた包括的な製品ラインを簡単に導入できるようになります。パーキング・アシストと自動バレー・パーキングに向けて進化を続けるサラウンド・ビュー・システムは、Jacintoファミリのテクノロジーを使って簡単に開発できるアプリケーション群の1つです。

その他のリソース

- ADASアプリケーション用 [Jacinto TDA4xプロセッサ](#)の詳細情報
- ADAS用の [TIソリューションと設計リソース](#)の詳細情報
- ADASアプリケーション用 [FPD-Linkカメラ・シリアルイザ/デシリアライザ](#)のポートフォリオ



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が適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、お客様のみが単独で負うものとします。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 (www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termsofsale.html)、または 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。

Copyright © 2020, Texas Instruments Incorporated

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社