

論文の内容の要旨

論文題目： ソフトウェア無線の自動車搭載無線機能への適用に関する研究

氏 名： 横山 明久

本論文では、多種無線方式・放送受信方式に対応する必要がある自動車搭載無線機(車載機)を実現するにあたり近年注目を浴びるソフトウェア無線技術に注目し、ソフトウェア無線車載機の実用化に向けた研究について明らかにした。

第二章では、検討の背景として、車載機を取り巻く環境として、多種無線通信方式への対応が求められかつその種類が増大している現況と、通信方式の更新間隔と車両・車載機更新間隔との間にギャップがあるライフサイクル差の存在について説明した。その上で、ソフトウェア無線適用の効用として、新たな無線方式への対応・方式の変更対応の可能性や、修正・バージョンアップの容易性、共通プラットフォームでの実現による専用方式を含めたトータルコスト低減、開発コスト低減について説明し、これらソフトウェア無線の効用が上記車載機を取り巻く環境にマッチした状況にあることを示した。

第三章では、ソフトウェア無線技術を用いた車載向け放送受信・無線通信機能の実装と動作検証に関して、AM/FM ラジオとアナログテレビ映像音声復調処理のデジタル信号処理による復調、ならびに ETC/DSRC 変復調処理のソフトウェア無線による実装・動作検証について紹介した。ここでは、従来アナログ回路により復調処理が行われてきた各処理ブロックについてソフトウェアにて定義し FPGA デバイス上でのリアルタイム復調処理を実現させた。ETC/DSRC 変復調処理については、2 変調方式に自律的に対応でき独自のシンボル同期回路を組み込んだ復調処理部により、変調方式によらず対応できる変復調処理部を構成した。ソフトウェア無線の FPGA 上実装の実現性を検証すると共に、FPGA の利用方法の習得、開発環境の評価、並びに DSRC 変

復調処理あるいはアナログ放送受信のデジタル処理のためのアルゴリズムに関する検討も行った。

第四章では、ソフトウェア無線技術の実用化を見据えたデバイス検討として、昨今注目されているリコンフィギュラブルデバイスの適用と実装評価について説明した。米 QuickSilver 社ヘテロジニアスリコンプロセッサ上に AM ラジオ/FM ラジオ/アナログテレビ映像音声復調処理を構築した。入力する IF 信号を自動的に検出して動的に処理を変更可能とした。また、リコンフィギュラビリティの性能確認のため、アナログテレビ映像処理・音声処理における処理負荷大なる PLL 検波回路につき同一の演算モジュールにマッピングし時分割で両処理を切り替える構成とし、その状況下でのリアルタイム受信動作を確認した。プログラム作成においては、演算器を効率的に利用するための処理フローを考案し、積和演算を多用する FIR フィルタ処理、ならびにテーブルルックアップのためのメモリアクセスを多用する PLL 処理の両者において実時間での復調処理を実現可能とするため演算回路使用効率を高めたパイプライン型の効率的実装を行った。リコンフィギュラブルデバイスの持つ動的処理変更性と高信号処理性能について実装により確認し評価を行った。

第五章では、上記ソフトウェア無線技術に基づく放送受信・無線通信機能の実装・動作検証ならびにリコンフィギュラブルデバイスの適用と実装評価の経験に基づき、リコンフィギュラブルデバイスとは異なるアプローチとしてパケットルーティング型プロセッシングアーキテクチャを考案し、ソフトウェア無線実現への適用検討と、プラットフォームとしての確立、また第三章にて開発済の無線通信・放送受信機能のアーキテクチャに基づく実装と評価について明らかにした。本アーキテクチャ上では、信号処理を、特定の処理を行う「演算モジュール」と、信号の経路制御を行う「スイッチングモジュール」により構成する。また、演算対象となる信号処理データは固定長のデータパケット化し、パケットはヘッダ部に方式・処理進捗を記したデータを格納することで、演算/スイッチング両モジュールでデータパケットに対して施すべき所望処理を特定する。演算モジュールには各方式で利用される動作モード・パラメータを保持し、またスイッチングモジュールにはデータパケットのルーティング情報を記載したルーティングテーブルを保持することで、それぞれのモジュール単位で独立・並行して処理を可能とした。演算モジュールは特定処理用途に専用に構築するがその処理モードあるいは処理パラメータはパラメータパケットとパラメータパケット用データバスを用いることで動的にコンフィギュレーションを可能とする。演算モジュールは異なる無線方式あるいは無線チャンネル間にて時分割処理により回路規模低減が可能となることを示した。また、処理ブロック単位でのモジュール化を行う本アーキテクチャに従うことで、共通利用化のための動作モード・パラメータ可変性と、特定処理専用回路とすることによる処理性能とを両立し得ることを示した。また、FPGA 上への処理プロセッサ実装

と評価により、異種無線方式によるモジュール共通利用、時分割動作による複数チャネル同時受信、あるいは複数方式の同時受信等、提案方式上でリアルタイム動作を確認した。今後、複数の無線方式をオンデマンド・ダイナミックに切り替えながら実行する無線システムを構築する上で端末側に求められる動的可変性と使用回路規模低減を両立させ、また無線処理設計を容易に実現する上でも、提案するプロセッシングアーキテクチャは特に車載無線機能を実現する手段として有望な方式であると考えられる。

第六章では、今後解決しなければならない課題点として、コスト評価、ソフトウェア無線に対する法規制、最新無線通信方式への適用、放送受信バックエンド処理の取り込み、等について挙げた。

以上、本論文で提案のプロセッシングアーキテクチャは、多種方式への同時・切り替え対応が必要とされる車載機をソフトウェア無線化しそのメリットを享受するにあたり、回路規模低減効果・動的可変性・ならびに設計実装において優れる有望な方式であることを示した。