

FlexRay車載通信システム検証ツール 「V-TEST for FlexRay」

福田 憲隆・金田 幸典

要 旨

車載システムでは、急速な電子制御化やネットワーク化が進行し、それに伴い次世代通信規格FlexRayの採用が検討されています。NEC通信システムでは、このFlexRayに対応した国内初の検証ツールとして、FlexRayの車載通信システム検証ツールV-TEST for FlexRayを開発・発表しました。V-TEST for FlexRayは、FlexRayの特徴に考慮した機能を実装し、FlexRayネットワーク設計の効率化や車載システム検証の効率化を実現しています。

キーワード

● FlexRay ● 組み込みシステム ● 検証 ● 評価 ● 車載

1. まえがき

近年、自動車では安全性・信頼性確保や高性能化に対応するため車載制御やボディ制御での電子制御化と、それに伴い電子制御ユニット(以下、ECU)間のネットワーク化が急速に進んでいます。しかし、ECU数の増加とネットワーク化に伴い、コスト増加と通信帯域の不足が問題視される状況となっています。そのため、FlexRayコンソーシアムにより次世代車載通信規格として高信頼性・高速通信に対応したFlexRayが策定され、2004年に仕様が公開されました。現状、自動車産業分野では、FlexRayの採用を検討している状況です。

一方NEC通信システムでは、2004年度から車載・メカトロニクスに代表される組み込みシステム市場に対して、検証トータルソリューションの提供を開始していました。2005年度には自動車産業分野向けに検証トータルソリューションを提供するツールとして、FlexRayに対応したFlexRay車載通信システム検証ツールV-TEST for FlexRay(以下、V-TEST for FlexRay)を開発・発表しました。

本稿では、V-TEST for FlexRayの構成・アーキテクチャの解説と機能および特徴を説明します。

2. V-TEST

当社組込システムソリューション事業部では、V-TEST for FlexRayの母体となるV-TEST(Verification Tool for Embedded

SysTems)を開発しました。V-TESTは、組み込みシステムのハードウェア/ソフトウェア協調検証やシステム検証を効率化するツールです。まずV-TESTについて解説します。

2.1 V-TESTの構成と主な機能

V-TESTの構成を、図1に示します。

図1に示すとおり、V-TESTは2つのモジュールから構成されています。1)「PC制御部」は、パソコン上で動作し、主にユーザインタフェースと検証の手順(評価シナリオ)を制御します。2)「実行部」は、評価対象(主に制御用LSD)が搭載されたCPUボード上で動作し、主に評価対象に対する設定や評価結果の収集を制御します。

V-TESTの主な機能は以下のとおりです。

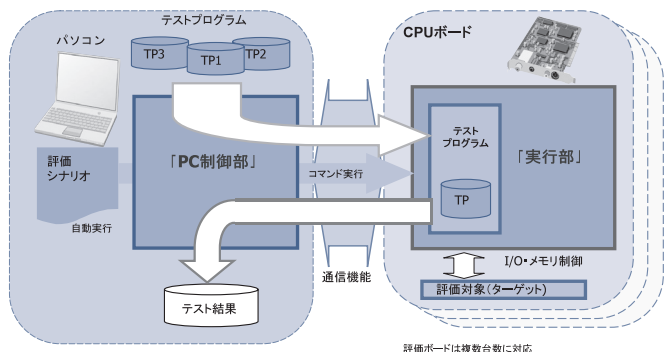


図1 V-TEST構成図

(1) 評価対象設定機能

評価対象設定機能とは、ユーザの操作により評価対象上のレジスタ/メモリに値を設定する機能です。

(2) 評価対象状態記録機能

評価対象状態記録機能とは、ユーザの操作により評価対象状態のレジスタ/メモリ値を読み出し記録する機能です。

(3) 評価シナリオ機能

V-TESTを使用して評価を実施する場合、通常ユーザが評価対象設定機能や評価対象状態記録機能を使用して、評価対象上のレジスタ/メモリに対する操作(値設定や読み出し)を複数回繰り返す必要があります。しかし、ユーザがこれら操作を繰り返し行った場合、操作ミスが発生する頻度が増加します。評価シナリオ機能とは、ユーザの「PC制御部」に対する操作手順を評価シナリオとしてファイル化し、評価を実施する際には、ファイル化した評価シナリオを実行して評価を実施する機能です。本機能により操作ミスが軽減され、さらに評価シナリオの再利用による再評価実施が容易となりました。また、V-TESTでは評価シナリオから他の評価シナリオの呼び出しが可能であり、評価シナリオ連続実行による自動評価や長時間評価に対応しています。

(4) テストプログラム機能

V-TESTでは、ユーザが評価対象設定機能と評価対象状態記録機能を使用して評価を実施する方法とは別に、あらかじめ作成したテストプログラムをCPUボード上のメモリにダウンロードして、評価を実施する方法を提供しています。テストプログラム機能による評価は、主に評価対象上のレジスタ/メモリ値をリアルタイムに記録する場合に使用します。テストプログラムを使用した場合、最短20 μ sec間隔で評価対象上レジスタ/メモリ値を記録することが可能です。

(5) アドレス—シンボル変換機能

評価対象の持つレジスタ/メモリやCPUボード上メモリのアドレスが変更された場合、ユーザはそれまで使用していた評価シナリオを修正する必要があります。しかしV-TESTでは、前述のような状況や類似システムの評価において、過去の評価に使用した評価シナリオをそのまま使用できることが重要であると考え、アドレス—シンボル変換機能を実現しました。アドレス—シンボル変換機能は、評価対象が持つレジスタ/メモリやCPUボード上のメモリのアドレス情報をシンボル化し、アドレスとシンボルの対応を別ファイルで管理して、必要時に参照する機能です。図2はアドレスとシンボルを対応付けるSymbol定義ファイルの例です。

#Symbol名	アドレス、Bit位置、Bit幅
CGSV_POGS	0x0201010C, 0, 6
SCV_SCCA	0x02020120, 0, 11
MTCCV_CCV	0x02040840, 16, 6

図2 Symbol 定義ファイル例

ユーザが評価対象設定機能・評価対象状態記録機能や評価シナリオでシンボルを指定した場合、「PC制御部」内部でSymbol定義ファイルを参照してシンボルをアドレスに変換して、評価対象の持つレジスタ/メモリやCPUボード上メモリを操作(値設定や値読み出し)します。この機能により、評価対象の持つレジスタ/メモリやCPUボード上メモリのアドレスが変更された場合も、ユーザがSymbol定義ファイルを変更することで、評価シナリオは変更せずに評価を実施できます。

2.2 V-TESTアーキテクチャ

組込みシステムでは、使用されるCPUやLSIの種類が多く、またCPUボード上の外部IFも様々です。そこで、これら多様な環境に適用するため、V-TESTではコンポーネントアーキテクチャを採用しています。図3はV-TESTアーキテクチャの概念図です。

図3のとおりV-TESTは5つのコンポーネントで構成されています。5つのコンポーネントのうち、CORE以外の4コンポーネントは適用環境により、変更が可能となっています。各コンポーネントの概要は以下のとおりです。

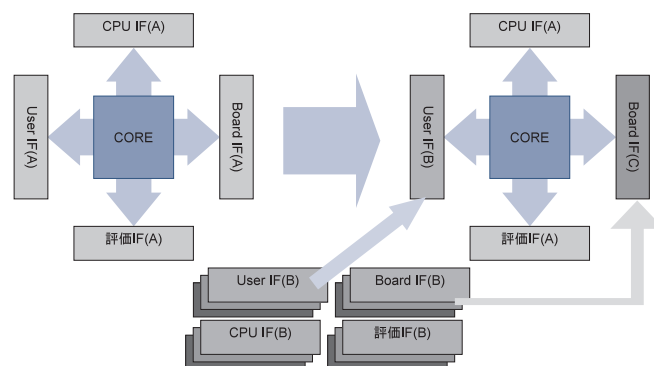


図3 V-TEST アーキテクチャ概念図

FlexRay車載通信システム検証ツール「V-TEST for FlexRay」

(1) CORE

V-TESTの主機能を実現するコンポーネントです。本コンポーネントは変更できません。

(2) 評価IF

評価対象上のレジスタ/メモリ操作(値設定や値読み出し)を実現するコンポーネントです。評価対象が変更された場合は、本コンポーネントを変更します。

(3) User IF

ユーザインタフェースを実現するコンポーネントです。ユーザインタフェースを変更する場合は、本コンポーネントを変更します。

(4) Board IF

パソコンとCPUボード間のインタフェースを実現するコンポーネントです。CPUボードの外部インタフェースが変更となった場合は、このコンポーネントを変更します。

(5) CPU IF

CPUボード上のCPU初期化や割り込みなどを制御するコンポーネントです。CPUが変更となった場合は、このコンポーネントを変更します。

3. V-TEST for FlexRay

組込みシステム検証ツールであるV-TESTは、第2章で述べたようにコンポーネントアーキテクチャの採用により、多様な環境に対応することが可能です。そこで、このアーキテクチャを活用して、CPU IFにNECエレクトロニクス社製V850E/IA1版、評価IFにFlexRay通信コントローラ版を追加することで、V-TEST for FlexRayを開発しました。図4はV-TEST for FlexRay構成図です。

図4に示すとおり、V-TEST for FlexRayの「実行部」は評価対象であるFlexRay通信コントローラを搭載したFlexRay評価ボード上で操作します。「PC制御部」は、V-TESTと同様にパソコン上で動作します。さらに、FlexRay通信システム評価では、複数のFlexRay評価ボードを操作する必要があるため、1つの「PC制御部」から複数の「実行部」を制御する機能を追加しました。複数「実行部」制御を実現するため、FlexRay評価ボード間のインタフェースにCAN(Controller Area Network)を採用し、「PC制御部」と「実行部」間のインタフェースにRS-232Cを採用しました。

V-TEST for FlexRayの開発に当たっては、下記の2項目に留意してV-TEST本来の機能にいくつかの機能を追加しています。

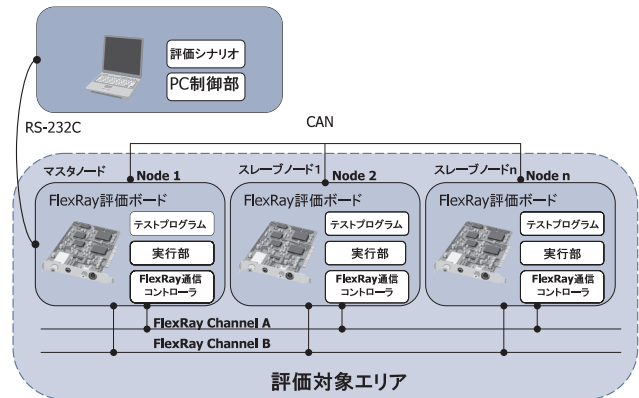


図4 V-TEST for FlexRay 構成図

- 1) FlexRayで規定されたネットワークのパラメータは100以上であり、FlexRay通信コントローラはほぼすべてのネットワークパラメータをサポートしています。
- 2) FlexRay通信コントローラとCPU間のインタフェースにCPU割り込みをサポートしています。

3.1 V-TEST for FlexRayの追加機能

(1) FlexRay通信コントローラ設定機能の追加

FlexRay通信コントローラ設定機能は、ユーザの操作によりFlexRay通信コントローラのレジスタ/メモリに値を設定する機能です。

(2) FlexRay通信コントローラ状態収集機能の追加

FlexRay通信コントローラ状態収集機能は、ユーザの操作によりFlexRay通信コントローラのレジスタ/メモリ値を読み出し記録する機能です。また、ネットワークパラメータの連続読み出しを可能とするために、読み出し対象と範囲を指定するエリア読み出し機能も追加しました。

(3) 評価シナリオ機能の拡張

V-TEST for FlexRayでは、新たに追加した機能を全て評価シナリオから使用できるように機能を拡張しました。

(4) テストプログラム機能の拡張

FlexRay通信コントローラが割り込みを使用するため、テストプログラム操作機能に割り込みにより実行される割り込み型テストプログラムのサポートを追加しました。割り込み型テストプログラムは、テストプログラム作成時にあらかじめ規定されたシンボルを使用して記述する必要がありますが、それ以外は通常のテストプログラムと同じ手順で作成

と使用が可能です。割り込みが発生した場合に該当する割り込み型テストプログラムの実行は、すべてV-TEST for FlexRayで制御されます。割り込み型テストプログラムのサポートにより、FlexRay通信コントローラ異常発生時の状態収集や通信状態に合わせた送信データ変更が可能となりました。

(5) FlexRay通信コントローラ初期化機能の追加

FlexRay通信コントローラは100以上のネットワークパラメータをサポートしており、評価を実施する場合は、約60のネットワークパラメータを設定する必要があります。さらに、評価を実施する場合はネットワークを変更するたびに、ネットワークパラメータの値を変更しなければなりません。

これらの設定はFlexRay通信コントローラ設定機能と評価シナリオ機能にて実現することも可能ですが、この場合設定時間の増加と設定ミス発生の可能性が増大します。そこで、一定のファイルフォーマットに沿ってあらかじめ作成したFlexRay通信コントローラ初期化データファイルに従って、FlexRay通信コントローラを初期化する機能を追加しました。

(6) FlexRay通信コントローラデータ収集機能の追加

FlexRay送受信データとFlexRay通信コントローラのレジスタ/メモリ値を自動収集するFlexRay通信コントローラデータ収集機能を追加しました。本機能により、テストプログラム実行中のFlexRay送受信データとFlexRay通信コントローラの状態を記録することができます。

本機能の設定として下記の項目をサポートします。

- ・収集対象レジスタ設定
- ・FlexRay送受信データフィルタリング設定
- ・記録方式設定
- ・収集タイミング設定

3.2 V-TEST for FlexRayの効果

第3章第1節で述べた機能を活用することで、V-TEST for FlexRayを使用した検証では、下記の効果を実現しています。

(1) FlexRayネットワーク設計効率化

通常ネットワーク設計を行う場合、ネットワーク設計者は設計結果を実ネットワーク上で動作確認し、その結果をネットワーク設計にフィードバックするサイクルを何回か繰り返します。FlexRayは数多くのネットワークパラメータを持つため、ネットワーク設計者は実ネットワーク上の動作確認と設計へのフィードバックというサイクルを数多く繰り返す必要

があり、ネットワーク設計の作業工数が増加します。ネットワーク設計にV-TEST for FlexRayを導入した場合、FlexRay通信コントローラ初期化機能やテストプログラム機能の活用により、実ネットワーク上の動作確認が容易となり、ネットワーク設計の負荷が軽減されます。

(2) FlexRay通信システム評価期間の短縮

FlexRay通信システム評価へV-TEST for FlexRayを導入した事例では、評価シナリオ機能の活用による昼夜間での評価および過去に使用した評価シナリオやテストプログラムの流用により、当初の計画期間の約1/5で評価を完了しました。また、今後の評価環境や評価対象の変更時にも、評価準備期間も含めて同様の効果が期待できます。

4. むすび

当社組込システムソリューション事業部では、これまでの通信システム開発ノウハウを活用し、自動車産業分野向けへ初の商品としてV-TEST for FlexRayを開発・発表しました。また、自動車産業分野向けソリューション開発力強化を目的としてJasParへ加盟しました。今後も車載システム向け検証トータルソリューションの積極的なご提供とともに、新たな開発環境や検証ツールをリリースして、車載システムのQCD向上に貢献します。

*FlexRayはDaimler Chrysler AGの日本およびその他の国における登録商標または商標です。

執筆者プロフィール

福田 憲隆
NEC通信システム
組込みシステムソリューション事業部
エキスパート

金田 幸典
NEC通信システム
組込みシステムソリューション事業部
主任

●本論文に関する詳細は下記をご覧ください。

V-TEST for FlexRay商品紹介:<http://embedded.ncos.co.jp/v-test/>

組込みシステムソリューション紹介:<http://embedded.ncos.co.jp/>