

DRIVING EMBEDDED EXCELLENCE

ETAS

RealTimes

J 2015/2016

www.etas.com

あらゆる計測を高いデータ転送速度で | Page 6

ライフサイクル全体をカバーする包括的セキュリティ | Page 18

オフハイウェイ市場の成功 | Page 30



読者の皆様へ

組込みシステムに大変役立つ興味深い記事が満載の RealTimes 最新号をお届けすることができて非常にうれしく思います。

弊社が展開している、お客様の開発プロセスの効率を高める革新的ソリューションについてのニュースに加え、エキサイティングな顧客プロジェクトの例や、弊社のソリューションがさまざまな市場セグメントに適用されている様子をご覧ください。

新しいツールおよびメソッドが求められている領域の一つとして、新世代の自動車向けの高度で強力なコネクテッドシステムの妥当性確認および適合が挙げられます。あらゆる動作状態における複合システムの挙動を最適化して保護するためには、互いに関連性のない一連のテストをテストベンチや車両で行うだけではもはや十分ではありません。しかも、このようなテスト形態を妥当性確認および適合の唯一の手段として維持し続けても、それににかかる工数や費用に見合う価値はありません。そこで、このようなテストを補完して最大限に活用するために ETAS がご提供している革新的なツールのラインアップをご紹介します。

ETAS ASCMO は、計測データを使用することで複合システムの挙動のモデリングと最適化に極めて効果的な方法を提供します。これにより、たとえば複雑な燃焼機関の燃費および排ガスの値をエンジン回転数、負荷、あるいは任意の被制御エンジン変数に応じて最適化したり正確に予測したりできます。ETAS INCA-FLOW は、複雑な適合プロセスをフローチャート形式でグラフィカルにモデリングするために必要なあらゆる手段を提供します。適合エンジニアは作成したフローチャートを使用して、複雑な作業段階からなる具体的な適合事例を他のユーザーに案内することができます。

ETAS EHANDBOOK は、複合システム用の効率的なドキュメンテーションツールです。車両適合エンジニアに、ECU の諸機能の仕組みや多機能を介する信号のフローを把握するための近道を提供します。ワンクリックするだけで適切なコンテンツに直接ジャンプできるうえ、グラフィック描写により諸機能のつながりがさらに理解しやすくなります。従来の ECU ドキュメントは PDF 形式で 10,000 ページから 20,000 ページにもなるのが当たり前でしたが、それはすでに過去の話になりました。

ES800 ソリューションと FETK ECU インターフェースを組み合わせると、ECU からの計測データとシステム環境からの計測データを同時に、高速で、しかも ECU リソースへの負担を最小限に抑えながら記録することができます。このソリューションにより、テストのすべての車両計測値を丸一日以上継続して記録できるようにするという目的の実現に近づくことができます。

Friedhelm Pickhard
President

Bernd Hergert
Executive Vice President
Operations

Christopher White
Executive Vice President
Sales

(左から右へ)



ビッグデータの処理方法に関連して、この新しい ETAS 計測テクノロジーは、車両、システム、および ECU の妥当性確認の品質と効率を高めることを目指しています。開発、テスト、適合、そして品質保証に従事するエンジニアは、入手可能な計測データを具体的なタスクのためにすぐさま使用することができます。既存のデータを以降のプロジェクトに持ち越せるので、テストフェーズの所要時間とテスト対象の数をどちらも大幅に削減できます。革新的で効率的なメソッドおよびソリューションを追求する弊社の熱い思いを、ぜひ皆様にも共有していただきたく存じます。弊社の最新ツールについては 6 ページから始まる記事でご紹介しています。

電子制御式の高度なコネクテッドシステムは、システムを巧みに操ろうとする人にとって大きな標的です。そのリスクについて今こそ考え直さなければなりません。コネクティビティが高まると誤動作や故障の可能性も高まります。リスクを最小限に抑えるために、特に設計および開発に関してはセーフティとセキュリティのための規律を製品のライフサイクル全体にわたってきちんと適合させる必要があります。このテーマについて、詳しくは 18 ページからのセーフティとセキュリティに関する特集記事をお読みください。ETAS が、将来のコネクティビティ市場向けのモジュール式ソリューションでセーフティとセキュリティの両方に関してさらに優れた機能を提供していることがご理解いただけます。

自動車産業界と密接に関連しているのが、オフハイウェイ市場セグメントです。ETAS には組込みシステム、特にパワートレイン領域の組込みシステムに関して、長年蓄積してきた専門知識があります。32 ページからの記事ではお客様のプロジェクトをいくつかご紹介し、高度に専門化した弊社のノウハウをオフハイウェイ市場に適用している様子をご覧ください。

読者の皆様、RealTimes 最新号をどうぞお楽しみください。刺激的な発想をお届けします。

Friedhelm Pickhard

Bernd Hergert

Christopher White

02 読者の皆様へ

06 自動車エレクトロニクスのための
新ツール

高いデータ転送レートであらゆる用途に対応

09 効率的な適合

INCA-FLOWで適合作業を標準化

12 ECUソフトウェアをよりよく理解

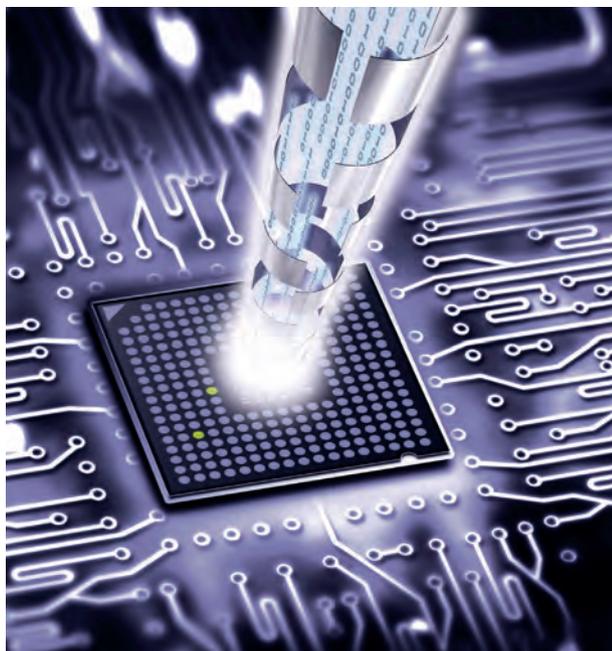
新しい対話型ドキュメントが適合エンジニアを
支援し、ECUソフトウェアを短時間で扱えるように
してくれます。

14 モデルベース開発手法

最新のエンジン適合の鍵

18 セーフティとセキュリティー
ホリスティック（全体論的）
アプローチ

コネクテッドビークルに必要な新しいリスク認識



22 全方位の安全性

機能的で安全なECUを生み出す厳密な開発プロセス

25 自動車は車輪付きのPCと化していくのでしょうか？

コネクテッドビークルや自動化車両のためのセキュリティ

26 不正アクセスに対する防護

ソフトウェアとハードウェアのインテリジェントな相互作用が
ECUを守ります

29 ハッピーハッキング！

初のETASハッカソンが本部で開催

30 AUTOSARがオフロードへ
自動車規格が拡張され農業用車両と建設車両にも対応

32 順風満帆のLABCAR
ETASのハードウェアインザループシステムが
トレインサブシステムを検証

35 軌道に乗る鉄道車両のABS
Knorr-Bremse社がETAS ASCETを利用



38 拡張された機能

40 高度なエンジン制御アルゴリズム
ETASが適応性と移植性に優れた
プロトタイピングソリューションを提供

43 コンパクト、スケーラブル、オープン
ETASがプロフェッショナルな
リアルタイムテストをお客様のデスクに構築

44 プレシジョンインザループ
クリーンエンジン用の新しい開発ツール

48 ETAS 2015年の印象に残った出来事

50 大学専用のソリューション

学生のETASツールの早期習熟に
効果的な高等教育機関用
スペシャルパッケージ

52 早期にPC上で行うソフトウェアの妥当性確認
AUTOSARとFMIでバーチャルテストドライブによる
ECUソフトウェアの妥当性確認

55 Locations and Imprint

自動車エレクトロニクスのための新ツール

New Tools for Vehicle Electronics

執筆者

Dr. Fabian Kaiser**ETAS GmbH**

ES800 製品ファミリ

製品マネージャ

Dr. Ulrich Lauff**ETAS GmbH**

マーケティング

コミュニケーション

上級専門家

Christoph Müller**ETAS GmbH**

FETK 上級製品マネージャ

Florian Schmid**ETAS GmbH**

ES891 製品マネージャ

高いデータ転送レートであらゆる用途に対応

新しい FETK 高速 ECU インターフェースおよび ES89x ECU/バスインターフェースモジュールの発売に伴い、ETAS は電子システムの検証と適合だけでなく、電子制御装置の新機能のプロトタイプピングを行うための新しいソリューションを市場に導入開始しています。データ転送速度が 20 倍に高速化されたおかげで、これらの新しいツールは、実車およびテストベンチで行われる高機能なテストのニーズに対応できます。

排ガス基準や安全基準に加えて、主にエレクトロモビリティ、運転者支援システムや自動運転の進歩、および世界中で入手可能な車両モデルの数の増大といった非常に多くの要因が、電子的に制御される車載システムの適合と検証をさらに複雑にしています。

ますます強力になる車載のエレクトロニクスと多彩なソフトウェアを的確に機能させるために、開発者および適合エンジニアには、大量の ECU データの取得と適合と効率的に行える手段が必要です。ETAS は FETK 高速 ECU インターフェースデバイスおよび ES89x ECU/バスインターフェースモジュールという、効率を格段に向上させる 2 つの新製品を開発しました (図 2)。

遅延少なく高速にデータ転送を行うための ECU インターフェース

CAN などのシリアルインターフェースとは異なり、新しい FETK インターフェースが外部通信を行うための ECU 計算能力は実質上まったく必要ありません。FETK インターフェースが、ECU からデータを専用のインターフェース経由で取得して ES89x モジュールに転送し、それを ES89x モジュールが他のソースから

のデータと一緒に PC またはラップトップに送ります。

ギガビットイーサネットの恩恵により、最大で 120Mbit/s という、イーサネット接続では最大のデータ転送速度を達成することができます。17Mbit/s という ECU データ取得速度は、FETK 単体ですでに達成されています。将来、この新しいインターフェースモジュール ES89x と FETK からなるシステムにより、2 つの FETK を並列に接続できるようになります。1 台の ES89x から得られるデータレートが 50Mbit/s を上回ることが期待されています。

この ECU インターフェースで取得されたデータは、PC またはラップトップから ETAS の計測・ECU 適合・診断環境である ETAS INCA を利用して、通信時にリアルタイムに処理されます。この仕組みにより、ECU 内のパラメータをユーザーが変更することや、INCA に自動的に修正させることも可能になります。

この FETK インターフェースはコンパクトで、電氣的にも熱的にも車載向けに設計されています。このインターフェースには専用電源があるので、ECU の作動

状態とは無関係にテストを行うことができます。ECU インターフェースハードウェアは制御機能からも 10 μ s 未満のサイクルタイムで時系列に従ってデータを取得することができます。さらに、この FETK インターフェースを使用すれば、ECU のフラッシュメモリへの書き込みを効率的に、しかもデバッグによる書き込みと同じくらい安全に行うことができます。

この FETK ソリューションは、計測・適合機能の実行にはもちろん、高速でタイムクリティカルな制御介入 (ファンクションバイパスとも呼ばれています) の処理にも理想的です。開発者はモデルベースのアプローチを実践してバイパス手法に頼る傾向にあるので、ここでは遅延が出来る限り少ないことが非常に重要です。ETAS ASCET または MATLAB[®]/Simulink[®] を使用して新しい制御機能を開発し、プロトタイプピングハードウェア上で実行するというのが一般的な方法になっています。

プロトタイプピングハードウェアは、FETK インターフェースを搭載する ECU との通信を、ES89x モジュール経由でリアルタイムに行います。これにより、新

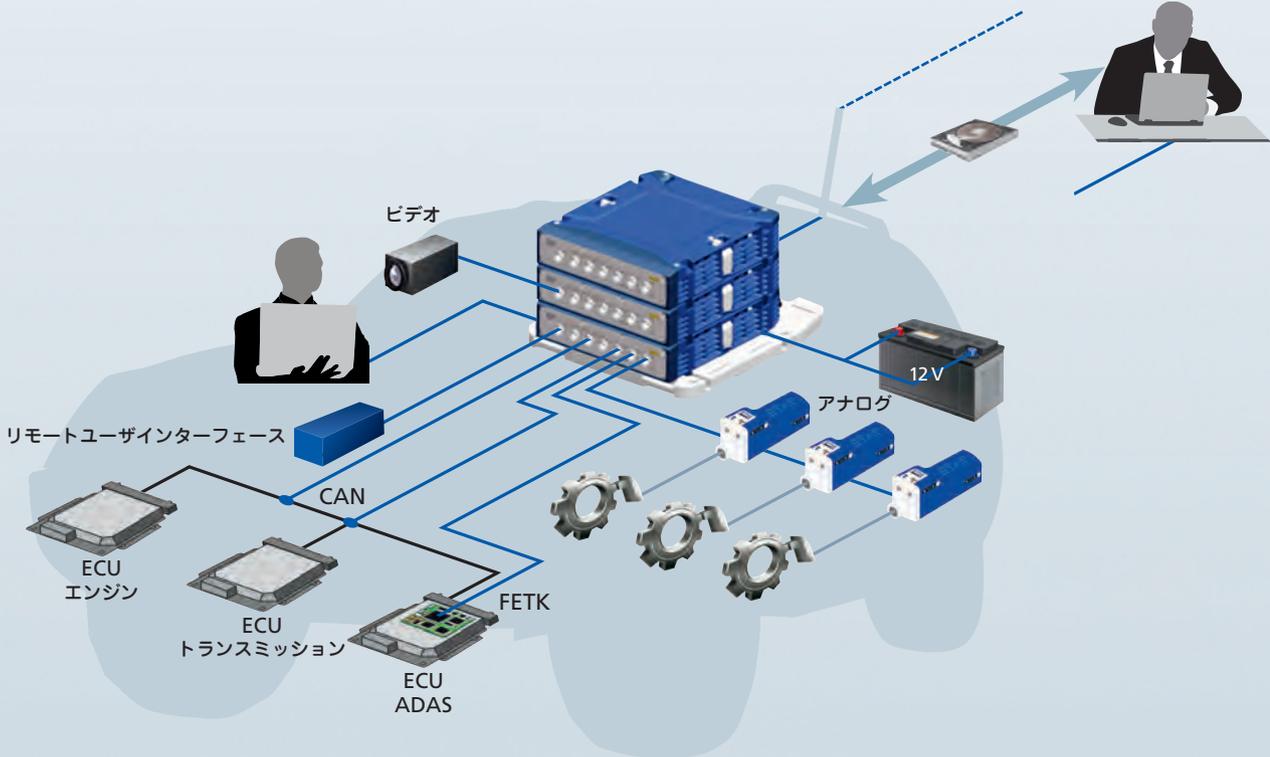
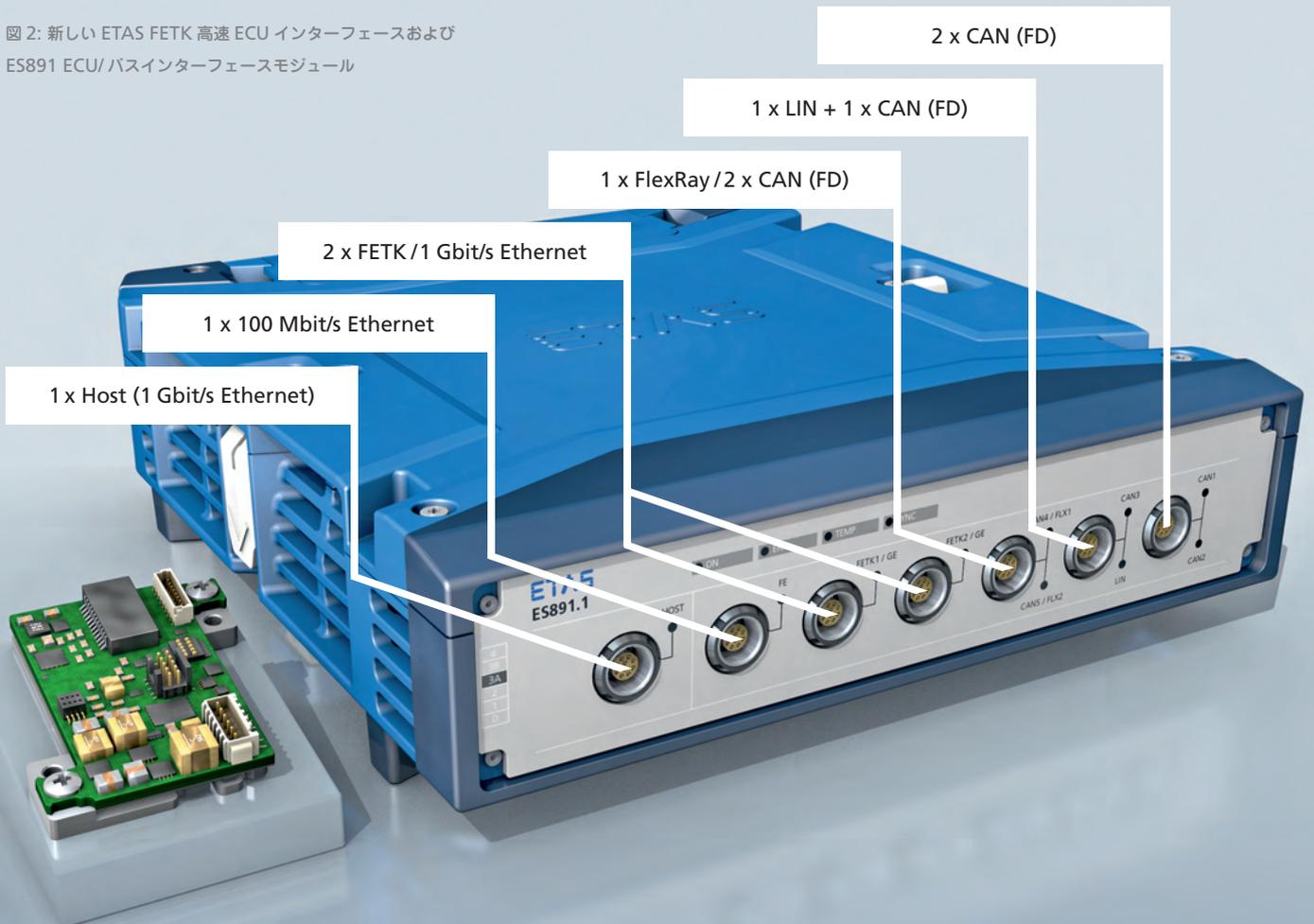


図 1: ETAS の将来の計測・適合・プロトタイピングシステムを搭載したテスト車両。ES800 システムは FETK またはシリアル ECU インターフェース経由で ECU と通信し、ピークルバスや車内のその他のデジタルまたはアナログ信号ソースから計測データを取得します。この例では、計測結果の全てがデータロガーにより記録されます。開発のエキスパートは評価用データを、運転試験終了時にモバイル通信経由で取得します。

図 2: 新しい ETAS FETK 高速 ECU インターフェースおよび ES891 ECU/バスインターフェースモジュール



ES89x ECU/バスインターフェースモジュール オープン且つ規格にも適合

- 新しい ES89x モジュールは ES400/ES600 計測モジュール、XETK ECU インターフェース、ES51x/ES52x/ES59x シリーズの ECU/バスインターフェースモジュール、および ES9xx シリーズのプロトタイピング/インターフェースモジュールといった既存の ETAS 製品ファミリに対応しています。この新モジュールには、イーサネットに基づいてカスタムハードウェアも容易に統合できます。
- ES89x モジュールは、XCP-on-Ethernet プロトコルを元来サポートしており、ETAS 製および他社製のどちらのソフトウェアアプリケーションでも、FETK または XETK インターフェースを搭載する電子制御装置と通信することができます。
- IEEE1588 規格に適合する時刻同期により、ES89x モジュールを異機種環境のテスト構成にも自動化ソリューションにも、中央のクロックを一元的に用いて容易に統合できます。
- ETAS は ES89x モジュールのバスインターフェースを他社製ツール (CANape、VISION など) に統合するためのライブラリを提供しています。

規のソフトウェア制御機能を修正でき、さらにそれらの機能を実車やテストベンチですぐに検証することができます。タイムクリティカルな制御機能では、パイパス信号がプロトタイピングハードウェアと ECU の間を、できるだけ低遅延で流れる必要があります。FETK インターフェースと ES89x により、プロトタイピングハードウェアと ECU の間を両方向に流れる 128 バイト信号は 100 μ s 未満の遅延で確実に通信されます。

次世代の ECU/バスインターフェース

高いデータ転送速度、低遅延性、さらに新しい ECU に容易に統合できるという特長が見事に組み合わせられた結果、この FETK インターフェースは、ほとんどどこでも使用できるものになりました。また、ETAS と Freescale、Infineon、Renesas などのメーカーとの素晴らしい協力により、このインターフェースを新しいマイクロコントローラにも適合させることが可能です。この FETK ハードウェアにより、操作上の利便性が極限まで高まります。ES89x モジュールへのギガビットイーサネット接続は汎用接続なので、このモジュールはどのような FETK ECU プロジェクトにも、何の設定も行うことなくシームレスに統合することができます。この新しい ES89x ECU/バスインターフェースモジュールは、ECU およびピークルバスから計測データを取得し、ECU の適合・診断・フラッシュ書込みおよび新しい ECU 機能のプロトタイピングに対応します。

ES89x を使用すると、これらの用途のために 2 つの FETK インターフェースを直接接続することができます。さらに、ES891 および ES892 は XETK とイーサネット、および FlexRay (ES891)、CAN、CAN-FD、LIN のピークルバスをサポートしています。これらのモジュールは入ってくるすべての計測信号を 1 マイクロ秒の精度で同期的に取得します。

ES89x モジュールは機械的に積み重ねられるように設計されているので、モジュール間を機械的にも電氣的にも強固に接続できます。1 台の車両に FETK インターフェース搭載 ECU が 3 つ以上装備されている場合には、複数台の ES89x モジュールを結合して、接続しているすべての FETK またはシリアルインターフェースからのデータを自動的に同期させることができます。また、ES89x モジュールを追加する拡張はもちろん、現在 ETAS で開発中のプロトタイピングハードウェアやデータロガーを追加する

拡張も可能です。この新しい ES800 製品ファミリのどの製品も、将来の電気自動車システムの機能を保護するのに役立ちます (図 1)。

今後の展望

ETAS の FETK は強力な ECU アクセスを提供するので、ECU の検証・適合にも電気自動車システムのタイムクリティカルな機能のプロトタイプ開発にも同じように好適なソリューションになります。この独自の組み合わせをベースとする FETK インターフェース搭載の開発用 ECU なら、適合とプロトタイピングという 2 つの領域で効果を発揮できます。

さらに、今後数カ月のうちに、強力でフレキシブルなプロトタイピングハードウェアおよび包括的なデータロガーソリューションが ES800 製品ファミリに加わる予定です。後者により、丸一日分の ECU ソフトウェア変数およびリアルデータバス信号を途切れることなく記録できるようになります。

効率的な適合

Efficient Calibration

INCA-FLOW で適合作業を標準化

ガソリンおよびディーゼルエンジン管理システムの適合は困難な作業ですが、お客様の各プロジェクトでは主に反復的に行われるものです。INCA-FLOW を使用すれば、ある1つの ECU についてセットアップした適合プロセスを、後で同種の ECU でも再利用できるので、適合の効率が大幅に高まります。しかも、計測を容易に再現できるので、適合品質の明確な向上につながります。

INCA-FLOW による Bosch の ベースキャリブレーション事例

Robert Bosch GmbH で行うエンジン管理システムのベースキャリブレーションの過程では、実験計画法 (DoE) のプランが車上で、INCA-FLOW を使用して自動的に実行されます。これはエンジンテストベッドで用いられる手順に似ています。最初のステップでは、コンピュータ上で INCA-FLOW を使用して DoE プランの作成と計測のコンフィギュレーションが行われます。そ

の後、INCA-FLOW および INCA を使用して、プランが車上で自動的に試されます。これを行うにあたり、ユーザーがまず DoE プランと計測コンフィギュレーションが格納されているファイルをインポートし、それによりパラメータ (動作と監視の限界値など) が定義されます。テスト中には、観測負荷値や関連するその他の適合パラメータの値が自動的に設定されます。同時に、INCA-FLOW が独自の手法を使用してシステム限界値を監視します。このようにして、DoE プラ

ンの各動作ポイントが設定され、固定されてから計測されます。

容量分析、燃料の事前調整、およびトルクモデルの適合品質を車上で調べるために、INCA-FLOW による自動化が用いられます。排ガス温度のモデルおよびコンポーネント保護の適合にも、同じプロセスが採用されます。

これら2つの作業パッケージについては、DoE プラン内の各動作ポイントに基づいて点火角の自動適合が行われます。INCA-FLOW スタンドアロンコン

執筆者

**Olaf Dünnbier 氏、
Steffen Franke 氏
Robert Bosch
GmbH**

エンジン機能
ベースキャリブレーション
担当
適合エンジニア

**Rajesh Reddy
ETAS GmbH**
INCA-FLOW
製品マネージャ



- Excelへの接続
- パラメータの読取り
- DoEテストプランの読取り

- バスの保存
- INCAの完全制御
- 記録の開始
- ワーキングページへの切替え

- 以下のグローバル監視
- 排ガス温度
- オイル温度
- 冷却水温度

- 以下の管理
- 負荷
- エンジン速度
- 点火タイミング
- ローカル温度監視

- データ記録の停止
- 計測値の保存
- ログファイルへの書込み
- リファレンスページへの切替え

INCA-FLOW によるシーケンスの例



フィギュレータを使用してこの DoE プランと計測コンフィギュレーションを適応させたら、同じ適合プロセスをさまざまな ECU バリエーションのために使用することができます。

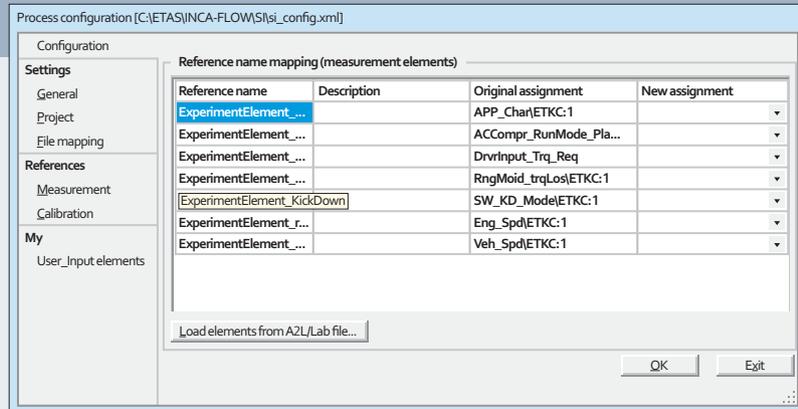
適合プロセスをさまざまな ECU バリエーションに適合させるための INCA-FLOW スタンドアロンコンフィギュレータ

INCA-FLOW のランタイムライセンスがあれば、INCA-FLOW Developer を使用して生成したスクリプトを単独で、つまり開発者ライセンスなしで実行することができます。スタンドアロンコンフィギュレータを使用すれば、単独実行が可能な INCA-FLOW スクリプトをユーザー固有の INCA 環境用に設定することができます。

同時に、適合変数、計測変数、およびユーザー定義変数を、ユーザー固有の適用ケースに応じて割り当てることができます。このように、適合プロセスのアルゴリズムを、適合変数や計測変数のさまざまな名前や各変数のその他の値といった固有の境界条件とは無関係に保持しておくことができます。

INCA-FLOW スタンドアロンコンフィギュレータのユーザーは、プロジェクト名、プロセス名、コメント、ソフトリミットとハードリミットなどのような一般情報を設定できます。「プロジェクト」はこれらのデータを、実行されるプロセスのプロジェクトコンフィギュレーションに定義されているデータの基準設定値として使用します。コンフィギュレータのユーザーはこれらの設定値を各自の INCA 環境に合わせて修正することができます。

さらに、適合プロセスの個々の計測変数および適合変数にインターフェースを割り当てることができます。また、マッピング機能を使用すれば、インターフェースの割り当ておよび変数の名前を変更することができます。



「References」ビューでは、ユーザーは各自の適合プロセス用の「グローバル参照」を、既存の計測変数および適合変数に基づいて定義することができます。このビューには、変数のグローバル参照名が表示され、さらに変数の定義が設定されている場合にはそれとも表示されます。「Original Assignment」列には既存のプロセスに基づいて計測変数および適合変数の名前が表示され、ユーザーは「New Assignment」列で計測変数および適合変数の割り当てをやり直すことができます。その割り当てには、既存の A2L ファイルまたは既存の LAB ファイルを使用できます。「My」ビューでは、ユーザー定義変数にさまざまな値を定義することができます。このスタンドアロンツールを使用すれば、既存のコンフィギュレーションをロードして、それを修正して保存したり古い値にリセットしたりできます。また、複数の ECU バリエーションの適合に同一のプロセスを使用することができます。このように、INCA-FLOW を使用すると、適合の効率と質を大幅に高めることができます。

今後の展望

今後、INCA-FLOW はノック制御、エンジン暖機、ラムダ閉ループ制御、酸素ブローブ加熱、露点閾値、燃料タンクベンチレーション、過渡補償、運転挙動、アイドルコントロール、カムシャフト制御といった上記以外の適合タスクにも使用されるようになるでしょう。

ECU ソフトウェアをよりよく理解

Better Understanding of ECU Software

新しい対話型ドキュメントが適合エンジニアを支援し、ECU ソフトウェアを短時間で扱えるようにしてくれます。エンジニアが ETAS ASCET、Simulink[®]、または C コードを使用して ECU の諸機能を開発して、それらをソフトウェアに変換するときには、大量のドキュメントが生成されます。その量はすぐに 10,000 ~ 20,000 ページになってしまうこともあります。そして、これまで適合エンジニアはこのデータをすべて PDF 形式で扱わなければなりませんでした。

執筆者

Dr. Patrick Frey
ETAS GmbH
EHANDBOOK
製品マネージャ



適合の過程で機能を微調整しているとき、エンジニアは頻繁にこのドキュメントに戻って参照し直さなければなりません。しかし、大量のPDFファイルに目を通すのは気の遠くなる作業であり、貴重な時間も取られてしまいます。これでは、ただでさえ限られた時間しかテスト車両を使用できない適合エンジニアの作業負担は増大するばかりです。そこで、ETASはEHANDBOOKを開発しました。これは、面倒なマニュアル検索の代わりとなるインテリジェントサーチ機能を備え、ASCET、Simulink®、またはCコードから対話型のグラフィックおよびモデルを自動生成できる対話型ツールです。これらのグラフィック表現は何千ページもの資料に埋もれているあらゆる情報を活性化させ、関係するすべての人に情報への効率的なアクセスを提供します。適合エンジニアはECUの機能およびシグナルフローの概要を、これらのグラフィック表現からすぐに把握することができます。

**ETAS EHANDBOOKが
情報を理解しやすく、
ワークフローを最適化**

EHANDBOOKソリューションは3つのコンポーネントで構成されています。元データを対話型のグラフィックおよびモデルにフレキシブルに変換する処理は、EHANDBOOK CONTAINER-BUILDツールにより行われます。ETASは必要に応じてこれをサポートするサービスを提供いたします。そうして完成した「ハンドブック」はEHANDBOOK CONTAINERに格納され、適合エンジニアは開発作業中に生成されたデータファイルを、一度のマウスクリックで利用できるようになります。そして次は第3のコンポーネント、EHANDBOOK NAVIGATORの出番です。

NAVIGATORは物理的対話型ツールです。このツールを使うと、適合エンジニアは機能開発者が生成するすべてのドキュメントを短時間で効率的に見て回ることができます。検索機能と並んで、グ

ラフィックおよびモデルを通じてシステムを概観するオプションや、細部を拡大表示するオプションがあります。さらに、このツールは、たとえばETAS INCAなどの適合ツールに接続することができるので、INCAで実験をセットアップするユーザーがNAVIGATORを使用して、ドキュメント内の適切な計測変数および適合変数を特定することにより、それらを自分の実験に自動で転送することができます。

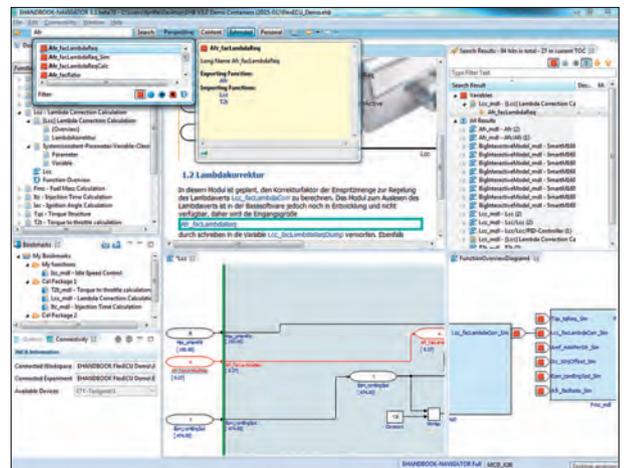
**ナビゲーションシステムがあれば、
紙の地図の熟読吟味は不要**

PDFドキュメントからEHANDBOOKに切り替えるのは、ちょうど道路地図帳からナビゲーションシステムに移行するのと同様です。たとえば、開発者がある特定のモデル内のシグナルフローを追跡する場合、PDFドキュメントを数ページにわたって苦労して見ていかなければなりませんでしたが、このツールを使えば、適切なモデルを自由に選択してその内外をシームレスにズームすることができます。このように情報がグラフィカルに表現されると、シグナルフローを把握するのがはるかに容易になります。ユーザーは必要に応じて、モデルからの抜粋が単一ビューにシームレスにまとめられた、「機能壁紙」(function wallpaper)として知られるものを、わずか1クリックで生成することができます。

EHANDBOOKを使用すると、適合エンジニアは情報を素早く管理して効率的に作業することができ、機能開発に従事する仕事の同僚がモデル内に作成したECU機能について理解を深めることができます。このツールで行う対話は、開発プロセスの品質を向上することと、組織全体で知識を共有することの両方に役立ちます。しかし、それより何より、このツールのおかげで貴重な時間を節約できるので、適合エンジニアが情報および計測データを探すことで時間を無駄にすることなく、各自の実際の業務、つまりECU機能の適合に集中することができます。

**パイロット顧客のBosch社が
EHANDBOOKを生産に利用**

ETASはEHANDBOOKという対話型ドキュメントソリューションの改良を、パイロット顧客であるRobert Bosch GmbHと緊密に協力しながら進めています。Robert Bosch GmbHには、このツールがすでにECUプロジェクト用に内部公開されています。関心をお持ちの方にはお申し込みに応じて、Bosch社からお客様のECUソフトウェア用の対話型ハンドブックをご提供することもできます。



すでに多くの自動車メーカーがこの新しいETASソリューションを評価してその便利さを認めています。それらのメーカーも現在EHANDBOOKを使用し、ソフトウェア開発時のサプライヤとの間の情報伝達の最適化に役立っています。

EHANDBOOK-NAVIGATOR – ページスクロールに代わって使用されるナビゲーションシステム

Model-based Development Methods

モデルベース開発手法

執筆者

Stefan Hoffmann 氏

ドイツ、リュッセルスハイム

Hyundai Motor

Europe Technical

Center Gmb

先進ディーゼル

燃焼開発グループ

チーム管理担当

Michael Schrott 氏

ドイツ、リュッセルスハイム

Hyundai Motor

Europe Technical

Center GmbH

ディーゼルエンジン

燃焼開発プロジェクト

上級エンジニア

Thorsten Huber

および **Dr.-Ing.**

Thomas Kruse

ETAS GmbH

モデルベース適合製品

マネージャ

最新のエンジン適合の鍵

実験計画法（DoE）およびモデルベースのパラメータ最適化は、複雑なエンジン管理システムを使いこなす鍵です。以下のレポートでは、モデルベース開発の手法が最新のエンジンの適合をいかに合理的にサポートできるかについて、Hyundai 社と ETAS がご紹介します。

CO₂ および排ガスの規制が厳格化され続けているのに対応して、エンジン管理システムも徐々に複雑化しています。その結果、システム全体の中で最適化を必要とする適合パラメータは絶え間なく増加し続けています。同時に、メーカーは熾烈な競争により開発サイクルの短縮と開発コストの削減を強いられています。このような状況の下で最高の乗り心地、高いダイナミクス、および低排出性を実現するエンジン適合を行えるようになるためには、コンピュータを使う新しい適合手法で従来の適合手法¹を補う必要があります。

ドイツのリュッセルスハイムにある Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH (HMETC) のエンジニアたちは、すぐにこの必要性に気づきました。パワートレイン開発では、2005 年以降自動化のレベルを上げてきたのに加えて、実験計画法（DoE）およびモデルベース最適化の手法をより多用するようになりました。初期のソリューションは使いやすさに欠けていたうえ、エンジン開発プロセスの全ステップをカバーできていなかったため、その受入れは著しく阻まれていました。

しかし、ETAS ASCMO2 ソフトウェアの導入がこの局面を打開しました。このソフトウェアは、プログラム構造とユーザーインターフェースがモデルベースの ECU 適合に合わせて作られているだけでなく、経験の乏しいユーザーをサポートする便利な機能も備えています。一例として、以下の項では HMETC パワートレイン部門の試作エンジンプロジェクトにおいてこの新しいソリューションを利用した様子をご紹介します。

プロジェクトのシナリオ

テスト対象は 2.0-l という、試作エンジンハードウェアを搭載する 4 気筒ディーゼルエンジンおよび ECU ソフトウェアでした。テストを開始する時点で、それまでの適合で Euro 5 排出基準にはすでに対応していたので、テストの目標は DoE ソフトウェアを使用してエンジンの燃費をさらに低減することでした。

そのためには、以下の適合パラメータについて最適なバランスを見つけることが重要でした。

- エア質量 / EGR レート
- 噴射開始時
- スワールフラップポジション
- 低圧 EGR 調整用排気背圧フラップポジション
- 給気圧
- レール圧

これに関連する目標変数は以下のとおりです。

- 燃料消費量 (CO₂)
- 粒子質量 (soot)
- 亜酸化窒素 (NOX)
- 炭化水素 (HC)
- 一酸化炭素 (CO)
- 燃焼騒音レベル (dBA)

すべてのテストがエンジンテストベンチで行われ、続いてエミッションシャーシダイナモメータによる車載検証が行われました。基本計測ランの実行中に、最適化の基準値として CO₂ 値が計測されました。図 1 に示すように、NEDC テストにおけるエンジン回転数のドウェル時間および負荷に基づき、最適化を行うのに適した動作ポイントが得られました。

テストベンチにおけるデータ取得の計画

テストの計画に使用される DoE モジュールは、ワークフローを 8 個の扱いやすいステップに分割します。有益な機能により、選択された入力変数を使用して計測ポイントを容易に圧縮することができます (図 2)。今回の場合、計測ポイントはエア質量が小さめの領域に圧縮されました。なぜなら、計測の不正確さが増大していくことに加え、高い EGR レートに起因してこの領域の物理的依存関係も平坦でなくなると予想されたからです。

また別の機能を使用すると、テストプランを変数のセクション (「ブロック」) に分割することができます。十分な数の計測ポイントが設定されると、各ブロックはモデリングのために最適な分布を提供します。その結果、テストベンチにおけるライブ計測では、必要なモデル品質に達したかどうかを各ブロックの実行後すぐに判断できるので、テストランを早く完了することができます。これにより、計測にかかる時間および労力を大幅に減らせる可能性があります。一例として、図 3 では煤煙数のモデリング精度を、モデル生成用の計測ポイント数の関数として示しています。

重要な要素：生データ分析

計測データが収集されたら、次のフェーズは生データ分析です。多くの場合、これが最も重要なデータ評価ステップになります。問題のある計測値およびドリフトを識別できるだけでなく、最適化の可能性に対する見解をも、もたらします。この DoE ソフトウェアはこのプロセスを非常に効率良くサポートします。ユーザーは対話型ダイアグラムを使用して、適合パラメータや目標変数を互いに関連させて表示し、さらに、たとえば目標変数が最適値を示す領域を特定することができます。これにより、計測データを目視で効果的に評価でき、パラメータの適切な組み合わせを明確にします。

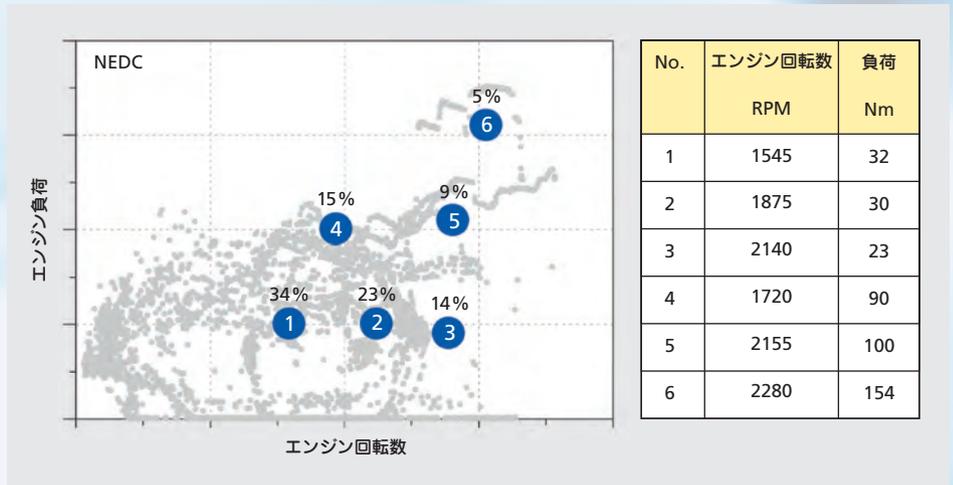
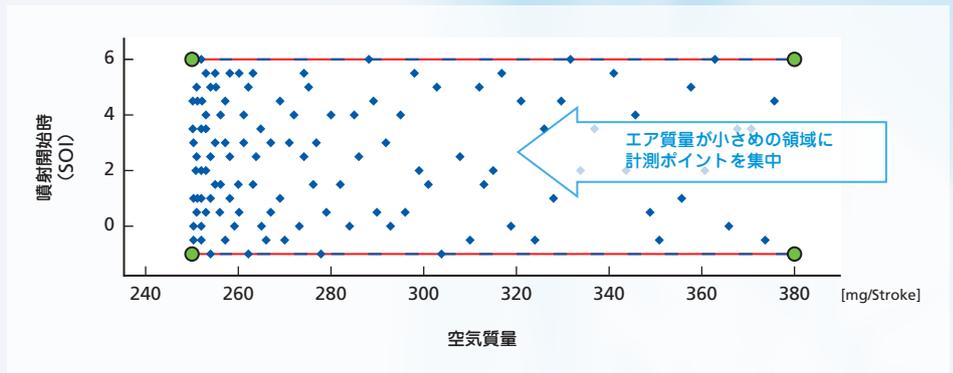
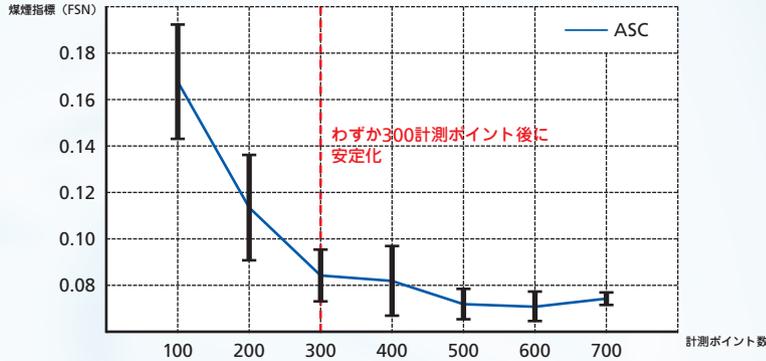


図 1: NEDC テストにおける動作ポイントの分布および重み付け

図 2: 計測ポイントの局所集中を用いる実験計画

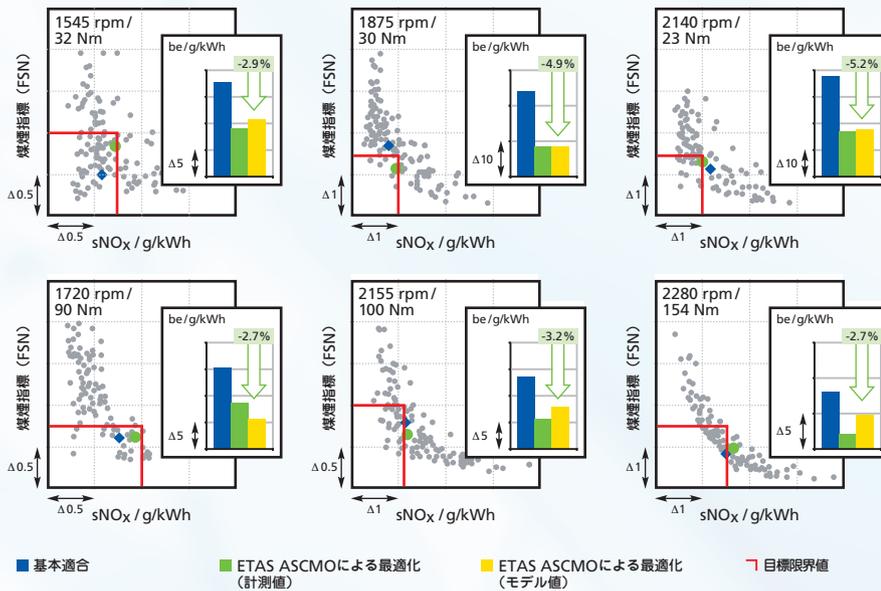


グローバル煤煙数モデルの平均誤差
エラーバー → 5回の反復計測から得られた標準偏差



自動モデリング

ETAS ASCMO の中核は使いやすいモデリング機能であり、これはほぼ自動化されています。今までに市販されているモデルベース適合ツールを使用する場合とは異なり、多くの選択肢の中から特定のモデルタイプをユーザーが選択する必要はなく、代わりにツールが特にフレキシブルで強力なモデルタイプを、ガウス過程 (GP) に基づいて1つだけ提案してくれます。このアプローチにより、非常に複雑なシステムによる高非線形挙動でさえも、オーバーフィッティングすることなく高い精度でモデリングすることができます。これを行うにあたり、ユーザーがモデルをパラメータ化する必要はありません。GPモデルの場合、広い計測範囲を処理するために必要な計算時間およびメモリ容量が往々にして重大な問題となります。



最適化前の予測

ダイナモメータ予備テストの結果により調整された値

Prognosis Results			
Extras			
Name	Prognosis	Change[%]	
SOOT[g/km]	100%		
NO.[g/km]	100%		
CO[g/km]	100%		
CO ₂ [g/km]	100%		
SFC[l/100km]	100%		

最適化後の予測

適用された重みおよび調整係数に基づく予測

Prognosis Results			
Extras			
Name	Prognosis	Change[%]	
SOOT[g/km]	92%		
NO.[g/km]	92%		
CO[g/km]	107%		
CO ₂ [g/km]	97.5%		
SFC[l/100km]	97.6%		

	NO _x /g/km	CO/g/km	Soot/g/km	CO ₂ /g/km	FC/l/100 km
車載計測値に対するETAS ASCMOのずれ	-3.7%	-4.0%	-12.5%	+0.2%	+0.3%
傾向	+	+	-	++	++

図3 (上) :

データレコードサイズに対する ETAS ASCMO モデル (ASC) のモデル精度 : グローバル煤煙数モデルの平均誤差 (検証計測によって算出された。エラーバー = 5 回の反復計測から得られた標準偏差)

図4 (中央) :

エンジンテストベンチ上で、6 個の動作ポイントで取得した計測値に基づく最適化の結果

図5 (下) :

最適化の前および後のサイクル推定に基づく予測 (一部スクリーンショット)

しかし、この効率的な GP 実装では、標準的な PC を使用しても、許容できる時間内に何万もの計測ポイントに基づくモデルを生成することができます。

また、この GP モデルは非常にフレキシブルなので、ユーザーはさらにエンジン回転数および負荷を入力変数として追加して、グローバルなエンジンモデルを作成することもできます。このサンプルプロジェクトにおける到達可能な最高品質を算定するために、6 個の動作ポイントの計測データが使用されて、ローカルモデルに加えてグローバルモデルも作成されました。どちらのモデルについても、モデルの品質は満足できるものであり、物理的依存関係のモデリングはほぼ的確でした。場合によっては、グローバルモデルの方が、対応するローカルモデルよりも優れた特性を示しました。CO 排出量のモデリングだけは、最大 16g/kWh という値の範囲で標準偏差は 0.57g/kWh となり、やや不正確過ぎたままになっています。下の表は、検証計測に基づくグローバルモデルの統計的品質レベルを示しています。

最適化の結果

ETAS ASCMO の一連の機能は、ローカル最適化に関しては他の市販ツールの機能と同程度ですが、このツールにはグローバルなモデリングおよび評価を行えるという強みがあり、それを利用すると運転サイクルに関してエンジンマップ全体を自動的に最適化することができます。それから、重み付き動作ポイントのリストに基づいて、特性マップの各変化についての電流サイクル予測がオンラインで計算されます。つまり、強力なオブ

ティマイザを使用することにより、サイクルの限界範囲内にとどまって、局所限界値やマップ平滑度を考慮しながら最小燃料消費量を達成できるような適合データを自動生成できることとなります。このような方法で得た分析に基づいて達成された最適化の結果を図 4 にまとめて示します。ダイナモメータによる検証時には、最適な適合が行われた車両は基本データに比べて燃料消費量が 2.5 パーセント少なくなると同時に、煤煙および NOX の排出量もわずかながら減少しました。まずは第一に基本データバージョンは成熟したと考えられるので、この素晴らしい結果の高まりは成熟していると言ってよいでしょう。しかも、計測された値は DoE のモデル予測に非常に近い値です。図 5 は、最適化の前および後のサイクル推定の結果を示しています。

まとめ

全体的に見て、ETAS ASCMO の評価では非常に良い結果が得られました。このツールはタスク中心の先進機能と使いやすさから、特にエンジン適合の領域にある適合エンジニアたちに瞬く間に高評価を得て受け入れられました。モデルベース最適化に関する多くの文献では、モデルベース最適化により時間とコストを削減できることが強調される傾向にありますが、HMETC が注目したのはそのことよりも、品質が目に見えて向上したこと、そして適合結果のドキュメンテーションが改善されたことでした。

参考資料

- 1) Klar, H.; Klages, B.; Gundel, D.; Kruse, T.; Huber, T.; Ulmer, H.: Neue Verfahren zur effizienten modellbasierten Motorapplikation (効率的なモデルベースのエンジン適合のための新手法) . 5th International Symposium for Development Methodology, Wiesbaden, 2013
- 2) Huber, T.; Kruse, T.; Lauff, U.: Modellbasierte Applikation komplexer Systeme (複合システムのモデルベース適合) . In: Hanser automotive, 10/2013, pp. 33-35

検証計測により設定された定義範囲内における
グローバルモデルの品質

	sNO _x /g/kWh	sCO/g/kWh	煤煙/FSN	CO/FSN	燃焼騒音/ dBA	be/g/kWh
モデルの範囲	0.4 - 2.5	0.7 - 16	0 - 6	4 - 13	75 - 95	210 - 460
RMSE	0.058	0.57	0.089	0.059	0.23	5.32
R ²	0.97	0.98	0.97	0.99	0.98	0.99

セーフティとセキュリティーホリスティック（全体論的）アプローチ

Safety and Security – A Holistic Approach

データの機密性

通信の完全性および信頼性

例: システム保全のための段階的措置

レベル	措置	実施事項／必要条件
1	<ul style="list-style-type: none"> ... 	<ul style="list-style-type: none"> ...
2	<ul style="list-style-type: none"> セキュア（リ）プログラミング ... 	<ul style="list-style-type: none"> セキュアアップデート／フラッシング 完全にソフトウェアで実施 ...
3	<ul style="list-style-type: none"> セキュア（リ）プログラミング システム起動時の完全性チェック ... 	<ul style="list-style-type: none"> セキュアアップデート／フラッシングおよびセキュアブート ハードウェアのパッシブセキュリティモジュールで対応（たとえばセキュアハードウェアエクステンション（SHE）など） ...
4	<ul style="list-style-type: none"> セキュア（リ）プログラミング システム起動時の完全性チェック 周期的な実行時の完全性チェック ... 	<ul style="list-style-type: none"> セキュアアップデート／フラッシング、セキュアブート、および実行時操作検知 ハードウェアのアクティブセキュリティモジュールで対応（たとえばハードウェアセキュリティモジュール（HSM）など） ...
5	<ul style="list-style-type: none"> ... 	<ul style="list-style-type: none"> ...

コネクテッドビークルに必要な新しいリスク認識

車載 IT システムは外界からますますアクセスされやすくなっています。これにより、新たなチャンスだけでなく、新たなリスクももたらされるため、リスクアセスメントおよびセキュリティアーキテクチャの根本的な再評価が必要になります。今後はセーフティとセキュリティを今まで以上に緊密に調和させなければならないでしょう。そこで必要となるのは、車両の全コンポーネントをライフサイクル全体にわたってカバーする全体論的なアプローチです。

朗々とした声で観光名所を案内して、歴史的背景の情報を紹介し、また時には地元のバーやお店のお得な最新情報をお知らせします。あなたは今、広告収入を資金にした、コネクテッド技術に基づくプログラムを利用して、ご自分の車でオンラインの市内観光をしているところです。センサが周囲の環境をモニタして、そのデータを車の ECU および通信設備に送り、通信設備が交通管制センタおよび近くにいる他の車との交信を維持します。

このようにデータが継続的に交換されるおかげで、交通は流れ続けます。事故や渋滞はまれな出来事です。交通信号は車両データを受信して、信号の変わるサイクルを交通量に合わせてリアルタイムに調整するので、道路交通による CO₂ の排出レベルが低減します。駐車場を探している車が交通の流れを妨げることはもうありません。ドライバーと乗客は指定された停車ゾーンで車から降り、そこからはウェブベースのシステムが、次に利用可能となる駐車スペースに車を誘導します。駐車のために必要な手順については自動駐車アシスタントが、それまでその場に駐車していた車のデータを評価することにより、事前に算出することができます。

成功しているネットワークには脆弱性のある余地なし

この未来像は、コネクテッド輸送の可能性を示唆しているに過ぎません。これまで外界から閉ざされていた車両 IT システ

ムが車外の大規模なネットワークの一環として接続されたとき、いったいどのようなビジネスモデルが開くことになるのかは、誰にもわかりません。任意で提出した運転データに基づいて保険料率が低くなるのと全く同様に、「車のインターネット」(“internet on wheels”) では、エンジン性能、ナビゲーションシステムおよび支援システムがアップグレードされることが考えられます。しかし、アプリ、アップグレード、および様々な車両占有者のモバイルデバイスや Car-to-X データトラフィック向けにデータチャンネルを開放すると、開発段階で未知の危険因子をはらむ新たなリスクがもたらされます。これらのリスクを最小限に抑えるためには、リスクアセスメントおよびセキュリティアーキテクチャの根本的な再評価が必要になります。

外界に向けた開放がますます進んでいるにもかかわらず、いまだに組込みセキュリティの実現が目標とされています。どのような状況でも、モバイルデバイスを介して密かに侵入したハッカーやウイルスが車とその占有者の安全を脅かすようなことがあってはいけません。また、車は、ドライバーが何もせずに未認証プロバイダから、テストが行われていないソフトウェアを不正にインストールされるという事態に対して、自動的に保護されなければなりません。このことから、車の IT アーキテクチャには保護が不可欠です。

ライフサイクル全体にわたるリスクの分析と評価

明らかに、技術的变化が求められています。ネットワークに接続している車は、セキュリティ、外部からの攻撃に対する防御、およびセーフティ（緊急時にシステムの諸機能が障害を起こさないという保証）について、今まで以上に緊密に調和させなければならないでしょう。セキュリティとセーフティの専門家は、ソフトウェアとハードウェアの開発が始まる前に知恵を集め、潜在するリスクを特定して評価しておく必要があります。そうすれば、潜在する障害の可能性と影響を ISO 26262 の ASIL（自動車機能安全度水準）に沿って格付けする評価手順を用いて、リスクに関する基本方針をまとめることができます。この基本的分析は全体論的なアプローチに従って行い、常設のコンポーネントはもちろんのこと、間欠的に接続されるスマートフォン、サービス診断デバイス、サーバー、および無線（OTA）でデータ通信している車も考慮して行う必要があります。

システム内のリスクが評価され、セーフティとセキュリティの要件が明らかになったら、ソフトウェアアーキテクチャの設計に入ることができます。このように早い段階でも、エンジニアはどのデータがどのようにして ECU に入るのか、それぞれのデータの読取りや変更を行えるのは誰か、およびその後の機能とテストがどの仕様に従うことになるのかを明らかにする必要があります。コネクティビティが高まる中、車両システムの決め手となるのは、納品されたそのときから、外の複雑な世界とオープンに対話できることです。

執筆者

Dr. Simon Burton
ETAS GmbH
グローバルエンベデッド
ソフトウェアサービス
ディレクタ

Dr. Martin Emele
ETAS GmbH
プロダクトセキュリティ
グループ長

Dr. Thomas Wollinger
ESCRYPT GmbH
マネージングディレクタ

サービス工場へのリモートアクセス権を明確にすること、および受信するデータの送信者を認証することが必要です。また、暗号データも、システムの開発が始まるその瞬間からシステムが処分されるその時まで、不正アクセスから保護されなければなりません。車両の一意の暗号鍵は、不要になったら確実に削除し、セキュリティ関連情報が不適切な人物の手に渡らないようにしなければなりません。

すべてのコンポーネントの概要

リスクの原因としては他にも、ファームウェアおよびソフトウェアの無線によるアップグレード (FOTA/SOTA) と、車両ソフトウェアに介入するアプリなどがあります。これらがコントローラ、センサ、およびアクチュエータとの強化連携

が、全体のネットワークに脅威を与えます。この脅威の重大さは、開発者が外界から車両の機能への侵入を依頼された実験で証明されています。

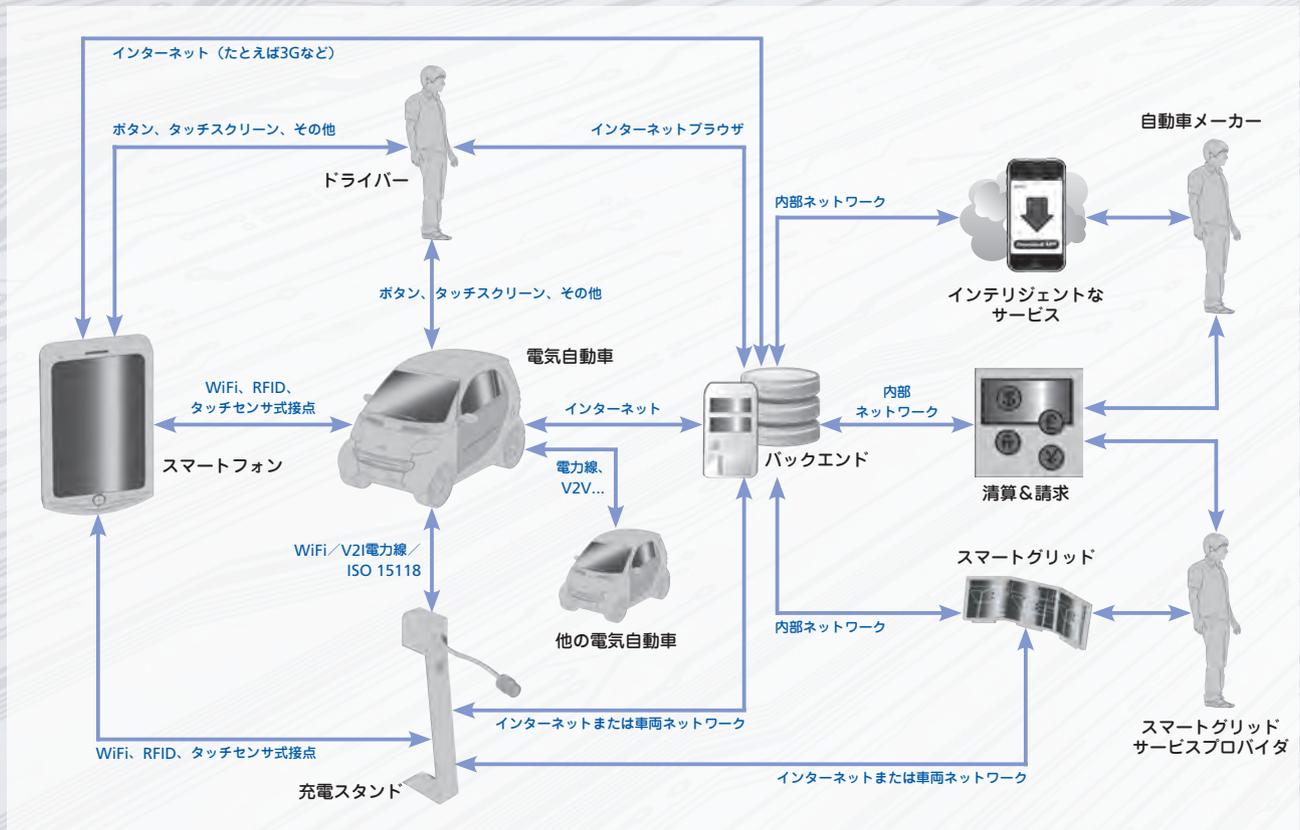
たとえば、2015年に米国のチームは、苦労を重ねた末ではありましたが、走行中のテスト車両のブレーキを作動させてエンジンを止めることに成功しました。メーカーはこのような攻撃に対して、たとえば、ファイアウォール、ゲートウェイ、および固有の暗号鍵により保護された通信を利用して車両を保護するなどの予防策を取る必要があります。セキュアな鍵管理には三重の効果があります。各車両が固有の暗号鍵で保護されていれば、ハッカー攻撃は非常に難しくなり、最悪の場合でも、影響は1台の車両にし

か及びません。しかも、認証を行わなければならないことが、未知のソフトウェアとその送信者に対する門番の役割を果たします。

認証されたパートナーとだけデータを交換

今後は、適切な資格を持つスタッフが配属されているセキュアなデータセンタによって裏付けされたセキュリティソリューションを専門的に導入することは、Vehicle-to-X通信への参加の決め手となるでしょう。データが受信者に届けられるのは、信頼できる署名を送信者が提供できる場合だけです。メーカー間および部門間にまたがる鍵管理ソリューションは、車両が大量のデータから関連する情報だけを取り出すのにも役立ちます。

未来のコネクテッドビークルネットワークには非常に多くのインターフェースがある



このため、セキュリティソリューションを確立することは、コネクテッドトラフィックのすべての利害関係者に義務付けられることでしょう。また一方で、緊急時にはセーフティソリューションも実施されなければなりません。

ISO 26262などの規格に適合するシステムチェックエンジニアリングは、攻撃を受けた場合や軽微なウイルス汚染が発生した場合にも車両のすべての重要機能が使用可能なままであることを保証します。そのため、セキュリティ関連の領域は、後からインストールされるソフトウェアによる影響からも確実に保護されることが重要になります。ETASのHypervisor RTA-HVRなどの市販のソリューションは、1つのECUを互いに厳密に分離された複数個のバーチャルECUに分割することにより、ECUの機能を外的影響から完全に保護することができます。この方法を使用するためには、保護を必要とする中核機能を前もって定義しておく必要があります。それを行うためには、同一車上のECU間の強化連携を前提として、膨大な経験、十分に試行された手順、および効率的なツールが要求されます。具体的にはSoftware-in-the-LoopおよびHardware-in-the-Loopのテスト設備、機能するセキュリティプロトコル、または、メモリアクセス、計算時間、転送速度のリアルタイム監視を行うために必要な機器などが考えられます。そして最後に一番大切なこととして、このプロセスにはこの開発環境で快適に作業でき、要求される(システムの)基準とAUTOSARなどの業界基準について完全に理解している熟練のスタッフが必要です。

既存の知識を活用

ETASにはこれらがすべて揃っています。弊社のモジュール式の製品とサービスのポートフォリオは、セキュアな組み込みソフトウェアの計画、実装およびテストに関する専門知識および長年にわたる経験に端を発し、AUTOSAR準拠のオペレーティングシステムおよびセキュア通信プロトコルにこだわり続け、弊社のハードウェアセキュリティモジュール(HSM)

または上述のHypervisor RTA-HVRなどのように、単なるツールという枠を超える存在として展開されています。

まもなくメーカーは自身のアップデートおよびアップグレード向けに後者を利用して、選択されたECU領域を予約できるようにになります。これは、将来のコネクティビリティ市場において現在よりさらに高度なセーフティとセキュリティを保証する、また別の方法です。そしてまた、ETASの子会社ESCRYPTが提供するモジュール式のセキュリティソリューションも販売されています。このソリューションはすべての新車のライフサイクル全体を対象に、暗号ソフトウェアのライセンスから完全な鍵管理に至るまで、トップセキュリティのデータセンタでの処理を含めてカバーしています。

ノウハウを応用して手ごろな価格でリスクを最小化

コネクテッドピークル内のすべてのECUを完全に区分化できないのは、ひとえにコストがかかるからです。実現のためには妥協が必要ですが、それはリスクを分析し評価して初めて可能になります。リスクの分析と評価では、すべての車両システムの安全コンセプトについて、あらゆるものを含めて把握することが不可欠です。それを行うことにより、ある機能のセキュリティとセーフティが万が一脅かされたとしても状況に応じて対応し、システムをうまくシャットダウンできるようにするルーチンを実装することができます。

セキュリティとセーフティのアプローチをシステムチックに連結させることが非常に重要です。なぜなら、未来の脅威はまだわからないからです。そのような未知のリスクに立ち向かうべくコネクテッドピークルを効果的に装備するためには、適切な鍵管理をセキュアなピークルシステム設計と結び付けるしかありません。脅威が姿を現すたびにただそれに反応するだけでは不十分です。セキュリティアーキテクチャの根本的欠陥をアップデートで修正することはできません

し、データの転送レートが制限されていることを考えると、面倒なセキュリティアップデートをとにかく最小限に抑える必要があります。

まとめ： リスク認識の調整 – 対策のパッケージをまとめる

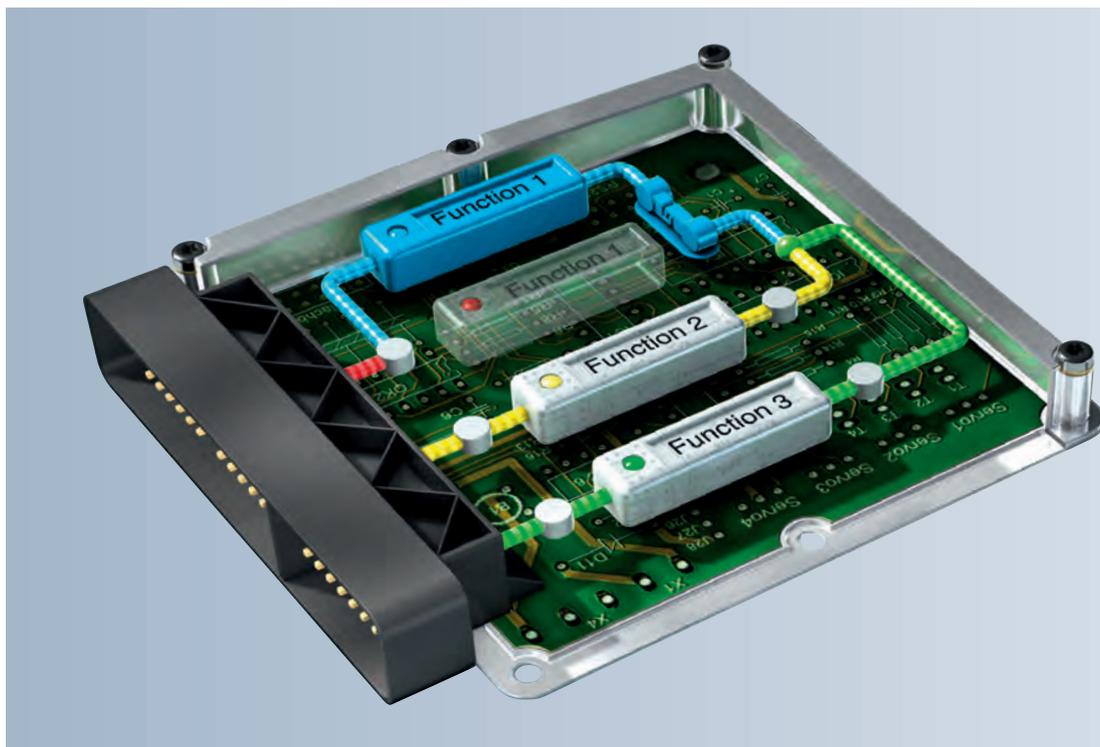
コネクテッドピークルのネットワークには、新しいリスク認識が必要です。膨大な数の車とそれらの使用頻度および外部のデータストリームへの接続が、障害の可能性を高めています。その結果として起こる損害を最小限に抑えるために、普通はそれぞれ別個に実行されていたセーフティソリューションとセキュリティソリューションをこれまでよりはるかに緊密に連結させることが必要になります。開発に先だってリスクの総合評価を全体論的に行うことは、コネクテッドピークルを現在と未来のリスクから確実に守るために欠かせない前提条件です。製品のライフサイクル全体を通じて、「セーフティとセキュリティを計画的に実現すること」をモットーにしなければなりません。

全方位の安全性

360° Safety

図 1:
たとえば ETAS EHOOKS
などのバイパスフック
ツールを使用すると、
エラーを故意に導入して
システムのロバスト性を
テストすることができます。

図 2 (ダイアグラム) :
安全コンセプトについては
開発サイクル全体の至る
所で詳細に調べる必要が
あります。テストだけでは
不十分です。



機能的で安全な ECU を生み出す厳密な開発プロセス

複数社の開発者チームが同じ制御装置について分散開発を行う場合、機能安全は組織化の問題にもなります。これには方法論的なノウハウ、実績のある開発ツール、および技術知見を、ひとつの厳密なプロセスに統合することが要求されます。

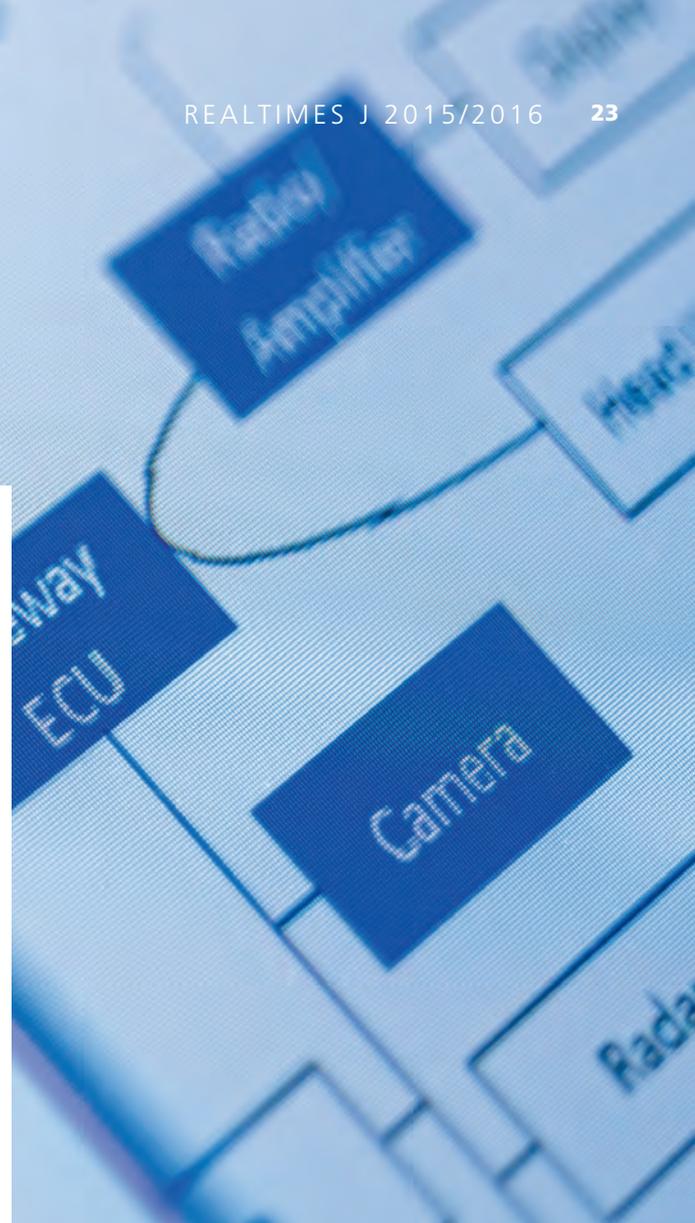
執筆者

Dr. Simon Burton
ETAS GmbH
グローバルエンベデッド
ソフトウェアサービス
ディレクタ

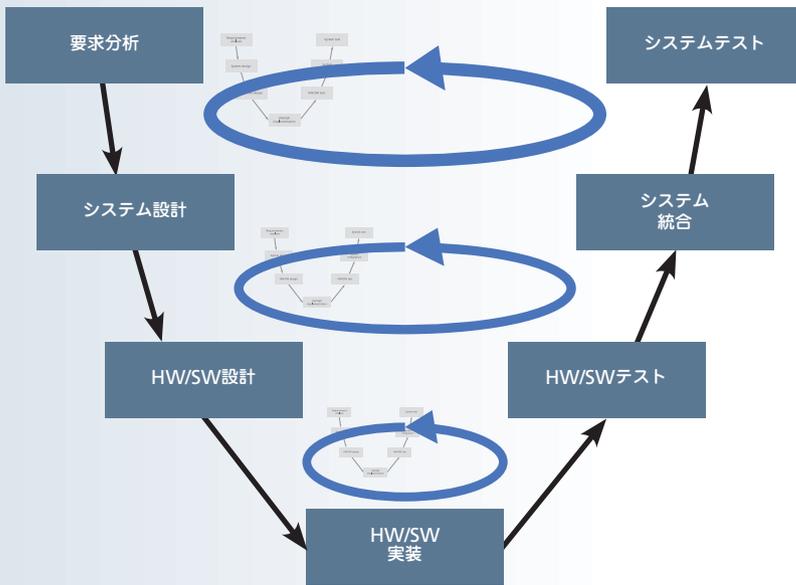
車のますます多くの機能が電子制御装置 (ECU) 内のソフトウェアにより遂行されるようになってきました。そして複数の ECU に接続されるソフトウェア機能も増えています。中には、100 個を超える ECU が搭載されていて、車両全体に分布するセンサとデータベースで接続されて通信しているハイエンドモデルもあります。車とその周囲の環境との接続性も急速に拡大しているので、車は複雑なモビリティのネットワークワールドにおけるネットワークノードとなりつつあります。

この接続性により、さらに安全で効率的な運転が期待できますが、危険がまったく無いというわけではありません。それは、接続された ECU の開発プロセスが複雑化の傾向にあり、世界各地に分散したチームが関与することが多くなっているからでもあります。ECU ソフトウェアの開発とプレキャリブレーションには、ECU メーカーの開発者と適合エンジニアだけでなく、ECU のサプライヤーと自動車メーカーの開発者も関与します。エンジン ECU に取り組むさまざまなチームが燃料噴射、給気、点

火、およびその他の多くのパラメータを扱います。しかも、プロセス全体が何度も行われる可能性があります。なぜなら OEM は多くの場合、確実に納車するために複数のサプライヤーに同じ ECU を注文し、当然ながらどのサプライヤーの ECU も車の購入者に違和感を与えることがあってはならないからです。ECU の出所とは無関係に、これらの ECU および ECU ソフトウェアは確実に機能しなければならず、機能安全が保証されなければなりません。



安全コンセプトの確認



共同開発プロセスにおける安全性

このような状況の下、特に、特定のソフトウェア機能が複数の ECU に分散されていてそのソフトウェアの一部だけを置き換えようとしている場合には、どのようにすれば機能安全を保証できるでしょうか。成功の鍵の一つには、ソフトウェアを現実的なプラント、環境、およびドライバーのモデルで開発初期段階に評価できるようにする、仮想化のような革新的な手法およびツールを利用することです。ETAS の ISOLAR-EVE ソフトウェアのようなツールを PC シミュレーションと組み合わせれば、開発者はこのようなテストを ECU プロトタイプがまだ存在しないうちに開始することができます。エラーや不完全な前提は損害が発生する前に発見されます。また、開発者は危険の全く無いバーチャル環境で境界線領域を探ることもでき、これはセーフ

ティ・クリティカルな支援システムを設計する場合に特に役立ちます。

しかし、仮想化はさらに完全な全体のアーキテクチャの中の 1 個の構成要素に過ぎません。開発プロセス全体を前もって構築し (図 2)、明確に定義されたソフトウェアアーキテクチャ、および各チームがどのような形で貢献するかということ、開発プロセスに明記する必要があります。さらに、緻密なプロセス監視がきわめて重要です。定期的な評価および監査を行うことにより、同意済みの安全哲学をチームが自分たちのものに行っていること、および参加者全員が同じ解釈を共有していることを確認する必要があります。ISO 26262 などの規格がその基礎になります。

ソフトウェアおよび開発プロセスに関するルールの確立

ソフトウェア開発準備の第 1 ステップは、開発するアイテムの範囲を定義することです。トップダウン式のアプローチは、全体的なシステムとコンテキストを考慮して他のシステムとのインターフェースと連携の機能範囲の限界を設定することから始まります。これが完了したら、ハザードとリスクの構造化分析が実行されます。この分析では、起こりうるエラーの可能性と可制御性が予期される損害の恐れと同等に重きを置かれます。この分析の目的は、拘束力のある安全目標を定義することです。この時点から、定義された目標は開発で従うべき指針となり、まずはこの指針を作業グループ別の具体的な作業パッケージに分解する必要があります。

プログラミングは、たとえば成功事例に重点を置くこと、スタイルガイドの順守、構造化されたドキュメント、ひたむきな定期レビューとコード解析など、明確なルールと試験済みの方法にサポートされて行われなければなりません。もちろんテスト計画も必要です。ソフトウェアはいつどのように、またどのような前後関係でテストされるのでしょうか。故障注入テスト（故意に導入したエラーに対するソフトウェアの反応を調べるテスト）は必須です。そのようなテストを実行するためには、開発者はたとえばETASのEHOOKSなどのようなバイパスフックツールを利用して不良データを送り込みます。これより早い段階でISOLAR-EVEを用いて行うテストとは異なり、故障注入テストは実ハードウェアを使用しています（図1）。EHOOKSを使用すると、テストエンジニアはECUの適合・診断インターフェースをアクセスポイントにして、ECUの内部信号の代わりに用意したエラーまたは故障データを仕掛けてECUを操作することができます。その場合、故障データはETAS INCA 計測・適合・診断ソフトウェアで生成されます。

AUTOSAR で安全に機能を制限

例外的な状況を引き起こすことによって、開発者はこれらの安全目標およびコンセプトが本当に守られているかどうかを知ることができます。ロバスタなソフトウェアは故障を認識し、ECUを動作状態に保つか、安全な状態に移行させるかのいずれかを行う必要があります。また、予防策を講じてエラーが広がらないようにすることもできます。ここで、メモリ保護仕様を含むAUTOSAR規格が役立ちます。開発者はソフトウェアが他のソフトウェア機能のメモリにアクセスするのを防ぐために、ハードウェアのサポートを利用することができます。これにより、エラーを局所的に封じ込めたままにして、安全に関連するソフトウェアアプリケーションを危険にさらさないようにすることができます。

また一方、AUTOSARのメモリ保護またはタイミング保護のメカニズムを統合するためには、プロジェクトの参加者全

員がソフトウェアコンポーネントのソースコードまたはオブジェクトコードを公表する必要があります。この透明性の度合いが足りないことや望ましくないことが往々にしてあるため、ETASはRTA-HVR Hypervisorを開発しました。これは1個のECUを複数個の厳密に分割されたバーチャルECUに区画化するので、安全に関連する機能同士は互いから完全に守られます。区画間の通信は各種ECU間の通信と同じく、定義されているインターフェースおよび所定のルールを用いて行われます。

技術的および組織的な区画化

区画化により得られる重要なメリットがもう一つあります。さまざまな会社から参加しているチームが、後に分離して遮られた、自身の区画内で実行されることになるソフトウェアを、それぞれ他のソフトウェアとは無関係に開発できます。つまり、ソフトウェア開発早期にはコードへの相互アクセスは必要ないので、それでも、並行開発を行うためにはECUメーカーがプロセスを調整して導く必要があります。参加者全員が利己主義から抜け出し、同じ安全目標および拘束力のあるスケジュールに従って尽力しなければなりません。これは開発パートナーが機能安全の証拠をいつ、どのような形で提供しなければならないかについての概要を示すものです。統合についての責任は依然としてECUメーカーが負い、サプライヤから供給されたテスト済みのソフトウェアコンポーネントとそのドキュメントを結合し、ECUの安全性を示す完全な証拠を提供することになります。

賢明なプロジェクト管理

絶えず検証し、正当性を示し、そして、必要な場合には（プロジェクトの）前提条件を調整することは、プロジェクト管理の一環であり一部です。パートナーも最新情報を取り入れ続ける必要があります。しかし、その努力は報われます。開発が共同安全哲学に導かれれば、テストの工数を減らすことができ、開発の最終段階で費用がかかり神経がいら立つよう

な補正を行わなくて済むようになります。プロジェクト管理に厳密さが足りないと、往々にして問題に苦しめられることになります。監査および評価により、安全目標、前提、および作業目標についての解釈の違いが表面化されることは頻繁にあります。目標の定まった対策がないと、すぐに深刻なエラーチェーンが生じる可能性があります。このため、これらのチェックはISO 26262安全規格にしっかりと定められています。

まとめ

複雑な共同開発プロセスにおいても、ECUソフトウェアの機能安全を確保することは可能です。ただし、そのためには単なるECU開発の知見以上のものが要求されます。たとえばバーチャル環境における評価など、標準化された開発と最新の手法を、入念に管理されている開発プロセスに徹底的に組み込むことがはるかに重要です。ETASはツール、サービス、およびコンサルティングを通じて、プロジェクトの各フェーズに的確なソリューションを提案します。

Are Cars Becoming PCs on Wheels?

自動車は車輪付きの PC と化していくのでしょうか？

コネクテッドビークルや自動化車両のためのセキュリティ

第 66 回 IAA 2015 フランクフルトモーターショーでは、自動車産業の最新のイノベーションが一般に公開されました。車載エレクトロニクスが増える傾向は衰えることなく続きますが、高まる複雑性にはだれが対応するのでしょうか。またセキュリティはどうでしょう。今年の展示会では、ESCRYPT の専門家がこれらのトピックについてお客様と意見を交わしました。

半自動化車両、コネクティビティ、および新しいパワートレインシステムが IAA 2015 の主要トピックでした。これらのトレンドは道路利用者に多くのメリットをもたらします。自動車はますます安全、クリーン、そして経済的なものになりながらも、新しい機能を数多く提供していきます。たとえば、最新の車両システムサービスのアップデートをインターネット経由の OTA でダウンロードしてインストールすることが、近々可能になるでしょう。そうすると、車は車輪の付いた PC となるのでしょうか？いいえ、とんでもないことです！しかしながら、車には情報技術が今後さらに多く活用されていくことになるでしょうし、こうした傾向に伴い、特に情報システムセキュリティについては考慮しなければならないことがたくさんあります。自動車の情報システムに対する要件は、他の IT アプ

リケーションなら十分と思われる要件よりもはるかに多く広範にわたります。車両の制動システム、車線維持支援システム、および車間距離警報システムはほんの数例に過ぎません。これらは、センサの故障やケーブルの切断、または最新までのアップデートを受け継ぐインストールの場合でさえ、どのような状況においても正しく機能しなければなりません。しかし、これを達成するためには何が必要でしょうか？弊社の専門家はこれらの事柄について IAA 展示会の開催中にお客様と Bosch 社のブースで話し合いました。その結果、単独で十分といえる対策はなく、全体論的なソリューションが必要であるということでした。車を本当に安全でセキュリティも万全なものにするためには、インテリジェントツール、適切に設計された E/E アーキテクチャ、セキュアなベシックソフト

ウェア、シームレスなプロセス、そして当然ながら技術知見の全てが必要です。ETAS と ESCRYPT にはこれらの議論に貢献できることがたくさんあります。弊社の専門コンサルティングサービス、開発初期の仮想化ツール、およびセキュアなソフトウェア開発はますます大きな役割を担いつつあります。自動車コンピュータシステムへの不正アクセスを防ぐことに関しては、ESCRYPT が車両電子システム向けに複数レベルのセキュリティを提供するソリューションを提案しています。

私は個人的にも弊社の能力を信頼しています。その証拠に、私は毎日、お客様および同僚の技能と専門知識に命をゆだねてマイカーを利用しています。

執筆者

Jürgen Crepin
ETAS GmbH
 マーケティング
 コミュニケーション
 上級専門家

不正アクセスに対する防護

Protection against Unauthorized Access

ソフトウェアとハードウェアのインテリジェントな相互作用が ECU を守ります

コネクテッドビークルシステムには不正アクセスに対する防護が必要です。ハードウェアセキュリティモジュール（HSM）がこの機能を提供していますが、HSM はこれまで自動車アプリケーションに適応したものではありませんでした。しかし、Bosch 社の HSM およびさまざまな半導体メーカーにより実現された派生製品のおかげで、もはや今までとは状況が異なるようになりました。ESCRYPT はこれらの製品の需要の高まりにタイミングを合わせて CycurHSM を発表しました。これは、HSM を自動車 ECU 用として実行可能なセキュリティソリューションに適応したファームウェアソリューションです。

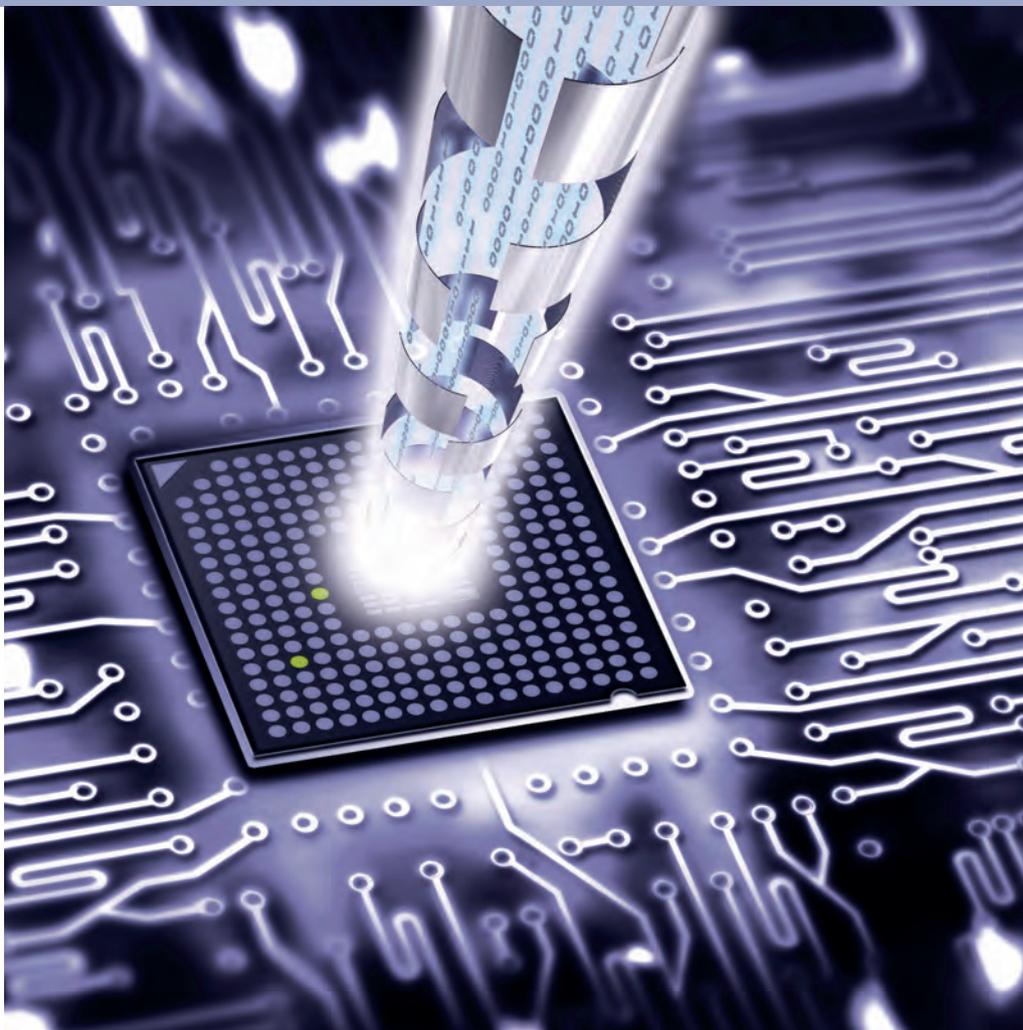
執筆者

Christopher Pohl
ESCRYPT GmbH

ポーフム上級
セキュリティ
エンジニア

**Dr. Frederic
Stumpf**

ESCRYPT 社
シュトゥットガルト支部長



サイドウィンドウが粉々になり、エアバッグとナビは使い物になりません。非常に面倒なことですが、少なくとも損害は明白です。車両のITシステムが改ざんされてしまった場合はそうはいきません。この類の不介入は目に見えない脅威となり、リスクの可能性は車両とECUのつながりが増していくにつれてますます高まりつつあります。

必要になるのは、ハッカーと彼らの潜在的攻撃、ウイルス汚染、および不正アップロードに対して防衛するための方策です。Bosch社は数年前に、ハードウェアセキュリティモジュール(HSM)が適切な防護技術であることを認識しました。HSMは専用のプロセッサコア、専用のRAM、ROM、およびフラッシュメモリを持ち、明確なセキュリティ機能を搭載しています。しかし、当時販売されていたHSMは非常に高価で取り扱いに注意を要する上、機能も、ごく限られていました。そこで、Bosch社は車載対応のHSMの仕様を策定し、それを半導体メーカーと共有して市場への浸透を促しました。これは良い結果を生む戦略です。さまざまなメーカーがBosch HSMの派生製品を製造して市場に参入しています。

Bosch HSM とその派生製品のために 標準化されたソフトウェアスタック

2015年7月、ESCRYPTはCycurHSMという、(標準HSM仕様と)互換性のあるファームウェアソリューションを発表しました。CycurHSMは、初期ブート、通常運転、およびソフトウェアの更新またはアップグレードを含むすべての動作フェーズにわたって車両システムを不正アクセスから守ります。

ハードウェアとソフトウェアが連携して、この包括的な防御を実現します。各Bosch HSMはプロセッサ、十分なメモリ、および真性乱数生成器(TRNG)を搭載しています。さらにアクセラレータハードウェアも搭載しているの

で、Advanced Encryption Standard (AES)に基づく暗号化メッセージの認証コードを瞬時に算出することができます。このハードウェアをベースにして、ESCRYPTはCycurHSMのセキュアブート、実行時チューニング検知、およびセキュアフラッシングなどの機能を実現することができました。またソフトウェアは、自動車アプリケーション向けのリアルタイムオペレーティングシステムとして開発されたETASのRTA-OSにも依存しています。

最大限柔軟にハードウェアを選択

ESCRYPTはBosch HSMとその全ての派生製品向けに標準化されたソフトウェアスタックを開発するという構想を抱き、2013年半ばにCycurHSMについての構想を開始しました。そしてこの目標は達成されました。プロセスをソフトウェアレベルで標準化することにより、お客様はハードウェア設定とは無関係に、どれでもお好みのコントローラを選択できるようになりました。CycurHSMの背後にあるオープンな思想に従い、このソフトウェアのCSAIインターフェース(Client Server Architecture Interface)は、AUTOSARだけでなく、この規格の域を越える他の全てのアプリケーションにも対応できます。

包括的な防護

CycurHSMは、更新およびアップグレードについて送信者の信頼性を検証するファームウェアのセキュアなフラッシュ機能と同じく、ESCRYPTのモジュール式製品のポートフォリオに組み込まれています。このプロセスに必要な秘密鍵は、車両メーカーまたは専門サービスプロバイダのバックエンドで生成され、信頼できるパートナーとだけ共有されます。ESCRYPTは鍵管理サービスを提供して警備の厳重なデータセンタでこの種の処理を行うだけでなく、このような暗号鍵を生成できるソフトウェアのライセンスも発行します。たとえばセキュアフラッ

シングなどのようなゲートキーパー機能は、Car-to-X通信およびOTAアップデートを使用する車両には必須です。車両に接続しようとしているソースがデジタル署名を要求されて提供できない場合には、そのデータ転送はHSMにより禁止されます。暗号化技術はCycurHSMセキュアブート機能の中核にも使用されていて、ブート処理中に秘密鍵を使用して、ECUソフトウェアが認証状態であるかどうかを明白に判断します。

このプロセスは順を追って進みます。システムの電源が入ると、ECUブートチェーンの一環として起動された各コンポーネントは次のコンポーネントの完全性を検証します。そのため、マルウェアが、たとえ工場内の診断デバイスなどのような信頼できるソースから侵入したとしても、遅くともシステムの次回起動時には確実に検知されます。HSMは一つ一つの変化を記録するので、たとえECUソフトウェアが元の状態に戻されてしまっても、改ざんを検知することができます。このようにして、CycurHSMは、悪名高いチップチューニングのグレーゾーンに対して、法のお墨付きを加えるという、おまけをもたらします。動作中、CycurHSMのランタイムチューニング検知は周期的にチェックを行い、ECUデータの持続的な信頼性を確立します。アクセラレータハードウェアがこのテスト、つまり、対称アルゴリズムのAES署名に基づく非常に効率的なプロセスを実行します。

CycurHSMはそのセキュアなオンボード通信機能により、車内のECUからECUへと渡されるデータを保護するための第4の方法を提供します。ピークバスを流れるデータトラフィックを、ワイヤレスインターフェースのようなゲートウェイを利用して侵入しようとする脅威から防護します。このために、CycurHSMはECUからECUへと渡される途中のデータにAESベースのメッセージ認証コードを発行します。このコードの生成と検証はCycurHSMが

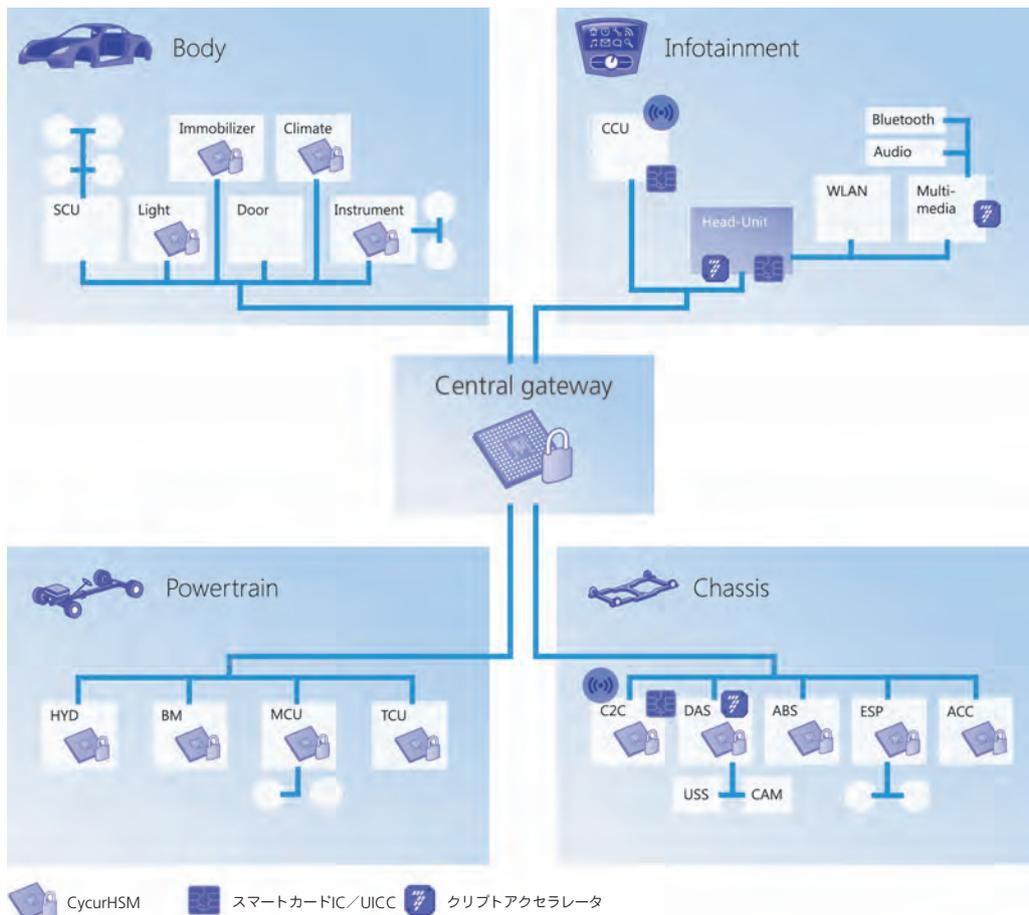
行うので、当該 ECU はそれを行う必要はありません。CycurHSM はすべての暗号計算を担当して鍵の安全性を保ち、ECU に関する統合セキュリティサービスプロバイダの機能を果たします。

全関連の車載 IT システムを不正アクセスから守ります。コネクテッド技術が進歩していくペースを考えれば、CycurHSM は確実に未来に対応したソリューションであると考えられます。

今後の展望

ESCRYPT は、HSM の技術が今後 10 年の間に進化し、新しい車の標準機能になることを確信しています。標準化された CycurHSM ソフトウェアは、この技術の前進に役立つ重要な構成要素になります。HSM ハードウェアと連携して、安

202x 年のピークルボードネットワーク



- | | | | | | |
|-----|------------|-----|-----------------|---------|----------------|
| SCU | 座席制御ユニット | TCU | トランスミッション制御ユニット | ACC | 適応走行制御 |
| CCU | 通信制御ユニット | C2C | 車両間通信 | USS | 超音波センサ |
| HYD | ハイブリッドドライブ | DAS | 運転車支援システム | CAM | カメラ |
| BM | バッテリー管理 | ABS | アンチロックブレーキシステム | IC/UICC | 集積回路/万能集積回路カード |
| MCU | モーター制御ユニット | ESP | 電子安定プログラム | | |

ハッピーハッキング!

Happy Hacking!

初の ETAS ハッカソンが本部で開催

ウィキペディアによると「ハッカソン（別名ハックデー、ハックフェスト、コードフェスト）とはソフトウェア開発分野のプログラマやグラフィックデザイナー、ユーザインタフェース設計者、プロジェクトマネージャらが集中的に作業をするソフトウェア関連プロジェクトのイベント」です。さらに続けて「単に教育や社会的な目的を意図で開催されるが、使用に耐えるソフトウェアの開発や既存のソフトウェアを改善することを目標としている場合もある」と説明されています。

このようなイベントが先日開催されました。シュトゥットガルトのフォイエールパッハにある ETAS 本部で、弊社のソフトウェア開発部が初めてのハッカソンを主催しました。弊社の同僚たちは、日々の仕事の領域を越えた創造力と既成の枠組みにとらわれずに考える機会を強く求めていました。この願望を ETAS の経営陣は真剣に受け止めました。さまざまなテーマが寄せられて議論され、この 1 日限りのハッカソンのためにチームが結成され、25 名の同僚たちが参加しました。「バラエティ豊かなテーマと成果のクオリティに夢中になります」と ETAS のソフトウェア開発部長の Dr. Alexander Burst は話し、さらに「しかも、各チームがとてもよくまとまっていて、グループ同士がうまく協力し合っていたことに感銘を受けました。今回のハッカソンは一つの試みとして企画されましたが、好意的な反応が多かったので、今後も必ず進めていきます」と続けました。

他薦でノミネートされた優勝チームは、自動車領域の電子制御装置向け組み込みソフトウェアをモデルベースで開発する先進製品の ETAS ASCET を拡張して、Arduino および Lego Mindstorms という 2 つの新しいプラットフォームでできるようにしました。これらのプラットフォームは共に大学、そして「おたく」たちや発明家たちの間で特に人気があります。チームはシンプルな全自動運転機

能を使用して 2 台の模型自動車を動かすことにより、その成果を示しました。「この実演に基づき、私たちは ASCET と ETAS ブランドを若いエンジニアたちに理解させる革新的なソリューションを組み立てることができるようになりました。この企画は長い目で見れば利益を生むことになるでしょう」と、プロジェクト創始者の Abhik Dey および Timon

Reich は話していました。彼らが近い将来に取り組むことになるテーマはこれだけではありません。「ハッピーハッキング!」の調子で進めていきます。

執筆者

Wolfram Liese
ETAS GmbH
視覚化・最適化
ソフトウェア
グループリーダー

Dr. Peter Wegner
ETAS GmbH
INCA コアソフトウェア
開発グループリーダー



優勝チーム: Holger Ruf, Frank Beckmann, Patrick Engel, Abhik Dey, Timon Reich

AUTOSAR Goes Off-road

AUTOSAR がオフロードへ

自動車規格が拡張され農業用車両と建設車両にも対応

AUTOSAR 規格は発表されてから 10 年経ち、農業用車両と建設車両にも適用されるようになってきました。これはコストと品質のことを考えれば当然ですが、機器メーカーは慎重に計画を立てる必要があります。

AUTOSAR は歴史を書き換えています。発表後わずか 12 年で、AUTOSAR (Automotive Open System Architecture) ¹ は自動車産業界で最も影響力のある規格の 1 つになりました。これには正当な理由があります。それは、AUTOSAR 準拠のソフトウェア機能はソフトウェアやハードウェアのプロバイダとは無関係に交換や再利用が可能だからです。そして今回、最新リリースでは未舗装の道路に進出し、オフハイウェイ車に狙いを定めました。農業用および建設車両の主要 OEM はすでにこの規格を採用していますが、他の OEM では AUTOSAR がどのようなメリットをもたらすかについて慎重に検討しているところです。

成功した規格

世界各地の約 180 社が、ソフトウェアアーキテクチャ、アプリケーションインターフェース、および ECU ソフトウェア設定・生成手法に関する規格をさらに改良して利用するために、AUTOSAR 開発パートナーシップに参加しています。この中心にあるのが AUTOSAR 階層モデル (ダイアグラム) で、これにより多くの製品世代にわたる多様なプロバイダのソフトウェアコンポーネントを、それぞれの基盤となるハードウェアとは無関係に実装することが可能になります。

農業用車両と建設車両における主な課題

オフハイウェイ車部門で AUTOSAR を使用するためには、多くの要素を考慮する必要があります。原則として、自動車、農業機器、および建設車両に用いられる

ECU は、どれも同じマイクロコントローラファミリが使用されているのでよく似ていますが、以下のように相違点もいくつかあります。

- オフハイウェイ車部門では、生産される装置の数が少ないため、ECU1 つ当たりの開発コストが高めになります。開発コストがかさんだ分は、多くの場合「ジェネリック」ECU に基づくハードウェアおよびソフトウェアの設計を再利用することにより埋め合わせられます。
- 自動車メーカーはソフトウェア開発を主にインハウスで開発します。ボードサポートパッケージだけはティア 1 サプライヤから供給されます。
- これらの車両は、広範にわたる装置が取り付けられることでさらに多様化する可能性があり、ソフトウェア機能のバリエーション数も多くなります。そのため、フレキシブルなソフトウェアアーキテクチャおよびシステム構成が要求されます。
- ソリューションは J1939、ISOBUS、Profibus、CANopen といった通信プロトコルや ISO 25119 「農林業用トラクタおよび機械・制御系統の機能安全」 (Functional Safety for Tractors and Machinery for Agriculture and Forestry) ² などの業界固有の規格に準拠したものでなければなりません。

自動車メーカーと農業用車両・建設車両メーカーとは相違点もありますが、両者は 1 つの重要な要求を共有しています。それは、品質と効率のために、できるだけ多くのソフトウェアコンポーネントを再利用したいということです。これ

に対し、AUTOSAR ソフトウェアアーキテクチャは完璧な枠組みを提供します。なぜなら、たとえば、個々のデバイスの制御や、ネットワーク管理などのシステムサービスといった、両者のアプリケーション固有タスクを遂行できるからです。これにより、OEM は市販の標準ソフトウェアを調達して実装しながら、最終顧客に向けた価値を高めるシステムおよびソフトウェア機能の開発に集中できるようになります。

機能安全要件

このモジュール方式では機能安全に対するリスクが生じます。調達されたモジュール内の不具合が安全関連の機能を破壊する可能性があります。この可能性は、異なるソースからのソフトウェアモジュールを統合する前に排除しておかなければなりません。ここで ISO 25119 規格が役に立ちます。この規格は、たとえばソフトウェアパーティショニングなどのような、残存している不具合を局所化する一連の対策について定めています。それと同時に、マルチコアシステム、スケジューリング、およびウォッチドッグのメカニズムが ECU とソフトウェアコンポーネントの間の通信を保護します。

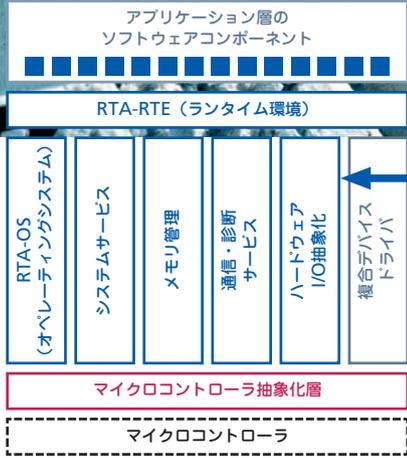
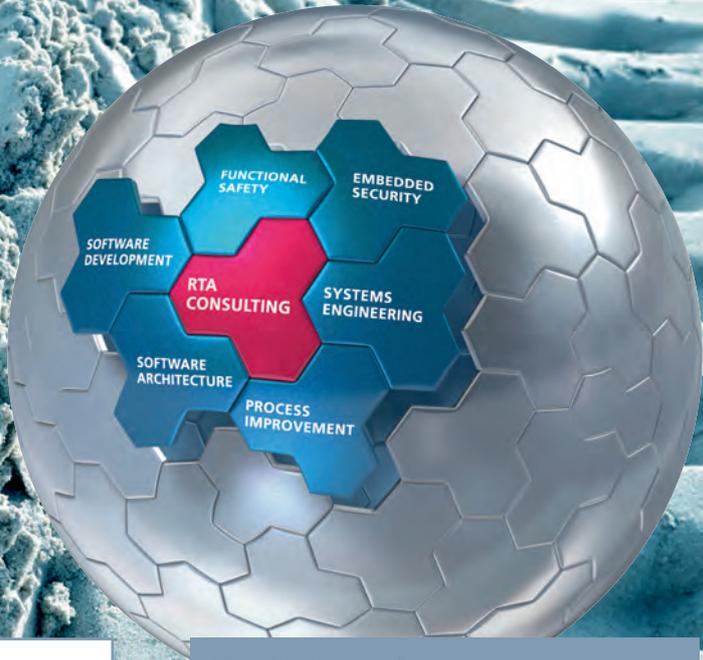
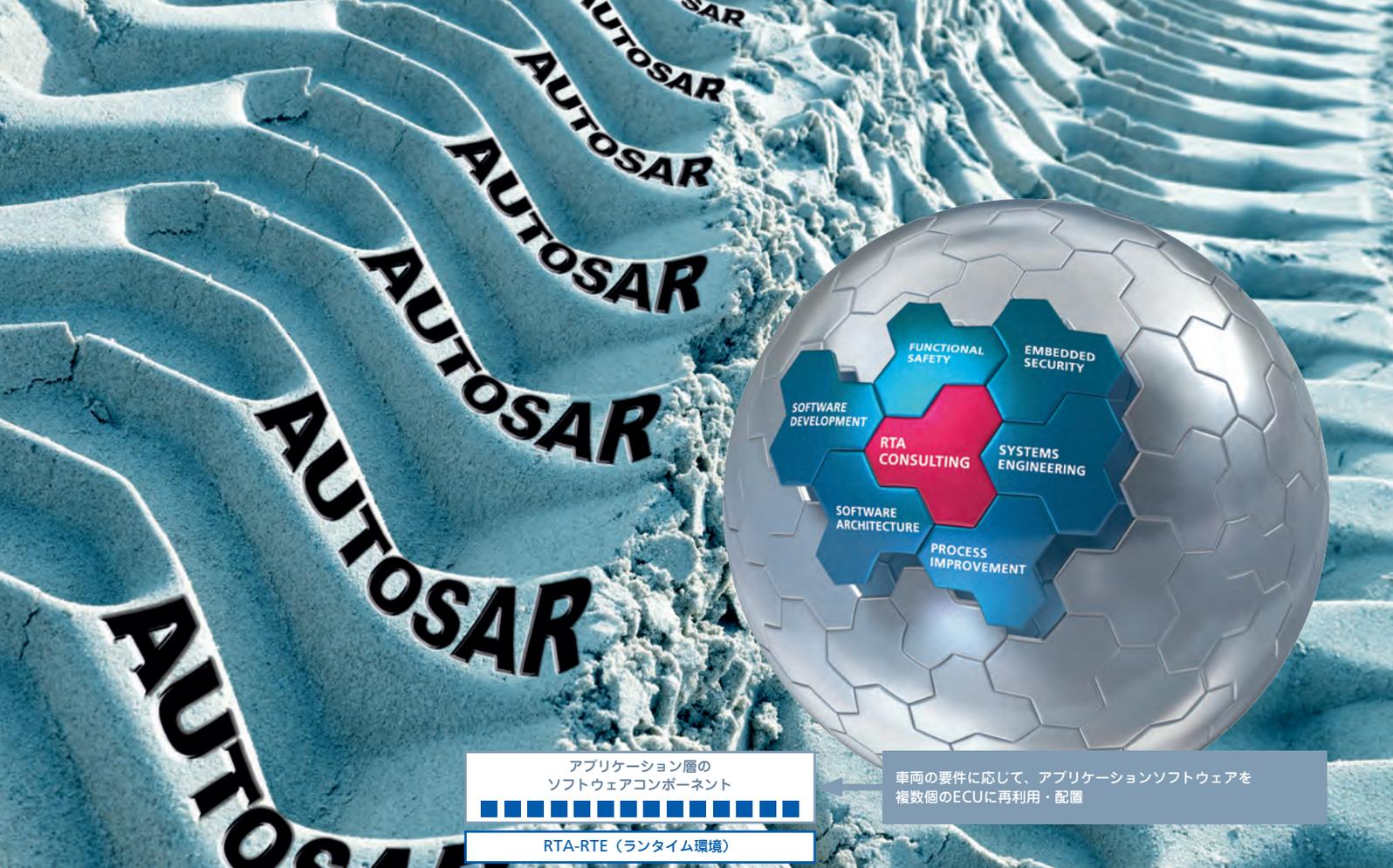
AUTOSAR はこの ISO 25119 の対策を独自のソフトウェアパーティショニングメカニズムでサポートしています。概してさまざまなパートナーにより開発されているけれども最高水準の安全要件を満たさなければならない汎用 ECU には、特に AUTOSAR の適用をお勧めします。この規格は指針を提供し、ソフトウェア

執筆者

Dr. Simon Burton
ETAS GmbH
グローバルエンベデッド
ソフトウェアサービス
ディレクタ

Jürgen Crepin
ETAS GmbH
マーケティング
コミュニケーション
上級専門家

Daniele Garofalo
英国、ヨーク
ETAS Center of
Embedded
Excellence
エンベデッドソフトウェア&
セーフティ
コンサルティング
上級マネージャ



車両の要件に応じて、アプリケーションソフトウェアを複数のECUに再利用・配置

ベーシックソフトウェアモジュールはECU間で直接再利用されるため、成熟度が高まり開発コストが低減

ECU固有のソフトウェア（ハードウェア診断など）を標準インターフェースに基づいて適用範囲に制限して統合可能

半導体ベンダーにより提供されるマイクロコントローラ固有ソフトウェアは、標準化されたインターフェースおよび機能を実装

開発時のベストプラクティスに対する適応を促し、さらにハードウェアレベルの不具合検出に役立ちます。

成功要因となるツールおよびプロセス
AUTOSARの安全対策の適用を成功させるために、使用可能なリソースおよび予算も考慮したうえで綿密に考え抜かれた開発プロセスを使用することをお勧めします。リソースや予算が限られていたり経験が不足したりする場合には、専門家の助言が必要です。お客様固有の組込みソフトウェアを開発するためのETAS RTA (Real Time Architect) ソリューション³のビジネスエリアは、オフハイウェイおよび大型車の多くのプロジェクトでの経験を擁し、AUTOSARへの移行のための包括的なサポートを提供しています。

農業用車両および建設車両のメーカーの、標準化されたAUTOSARソフトウェアコンポーネントとそれに対応する開発環境を利用するという計画は、コスト面でも品質面でも納得できるものです。また、COMASSO アソシエーション⁴の存在も、この計画の妥当性を支えています。

ます。COMASSO アソシエーションには数社の商用車 OEM (Caterpillar 社、CNH Industrial 社、MAN 社、Bosch Rexroth 社など) が加盟していて、高品質のシリーズ製品が用意されているだけでなく、多くの標準 AUTOSAR コンポーネントの基準実装をライセンスフリーで提供しています。この構想はオフハイウェイ車部門でますます興味深いものになりつつあります。

結論
農業用車両および建設車両のメーカーはAUTOSARを通じて、高品質の組込みソフトウェアをフレキシブルに開発で

きるすばらしい可能性を得ることができます。成熟したソフトウェアコンポーネントの入手と再利用により、コスト削減を明確に達成できます。ただし、機能安全面を綿密に計画し、プロセスチェーンを細部にわたって構築することが重要です。ETASはこれをさまざまな形でサポートできます。

ダイアグラム：
AUTOSAR ソフトウェアアーキテクチャの階層モデル

典拠：
1) www.autosar.org
2) ISO 25119, Functional Safety for Tractors and Machinery for Agriculture and Forestry – Safety-related parts of control systems, First edition 2010-06-01
3) www.etas.com/en/products/solutions_real_time_applications.php
4) www.comasso.org

The ALSTOM logo is displayed in a bold, blue, sans-serif font. The letter 'O' is stylized with a red circular element inside it.A high-speed train, the LABCAR, is shown at a station platform. The train is white with blue accents and features the ALSTOM logo on the front. It has the text 'La Région Lorraine SNCF' and the number '84591 M' on the front. The train is positioned on tracks with a station building in the background.

順風満帆の LABCAR

LABCAR on Track

ETAS のハードウェアインザループシステムがトレインサブシステムを検証

鉄道工業の分野では、シミュレーションこそが新製品の開発・検証の鍵です。なぜなら、トレインサブシステムを検証できるのは、最初の量産列車が製造されている期間中に限られるからです。実際、ハードウェアコンポーネントの検証はすべてサプライヤのテストベンチで行えますが、サブシステムコントロールの検証は列車でしか行えません。最初の列車が完成した後は、どのような修正もセンサやアクチュエータの追加も、製品化までの時間にマイナスの影響を与える可能性があり、また大幅な改修につながる可能性もあります。



予算超過のリスクおよび調整が必要になる可能性を減らすためには、シミュレーションプロセス中の早期に検証を行うことが絶対に必要です。また、この検証の実行に適したツールを用意することも重要です。トレインサブシステムに使用される制御装置数の増加に伴い、Alstom Transport社はサブシステムを列車に最初に組み込む前に検証を行えるツールを探し始めました。そして同社は、ETASが自動車産業界で組込みソフトウェア開発用のツールおよびソリューションを全世界に提供している第一人者であることを知り、補助トレインサブシステムの検証のためにETAS LABCARハードウェアインザループシステムを選びました。

トレインサブシステム制御装置

この制御装置は、さまざまな異なるデバイス（発電セット、パワートレイン、空調など）を制御できるモジュール型の電子制御装置（ECU）と考えられます。そこで、デバイスの挙動を事前に検証するためや、通信ネットワーク（現行ではSAE J1939やCommon Industrial Protocol (CIP) およびMultifunction Vehicle Bus (MVB)）を調べるためには、専用のHiLが必須です。

プロジェクトの課題

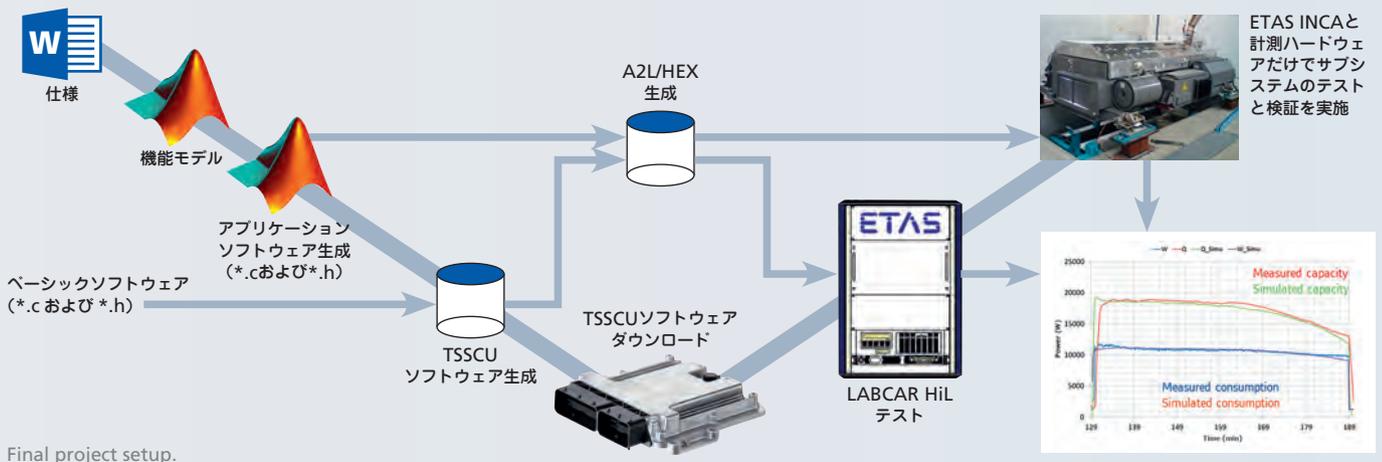
Alstom社はTSSCU ECU用のアプリケーションソフトウェアを開発しています。最初に直面した課題は、モデルインザループ（MiL）テストを行うためのツールを作成することでした。これは、ETAS LABCAR-OPERATORという実験環境とRTPC（Real-Time PC）というETASのリアルタイムシミュレーションターゲットを使用してECUソフトウェアのモデルとDymolaプラントモデルを統合することにより実現できました。そして、第2の課題は、完全なLABCARベンチ上で実際のTSSCUハードウェアを被験装置とするハードウェアインザループ（HiL）テストを実行することでした。

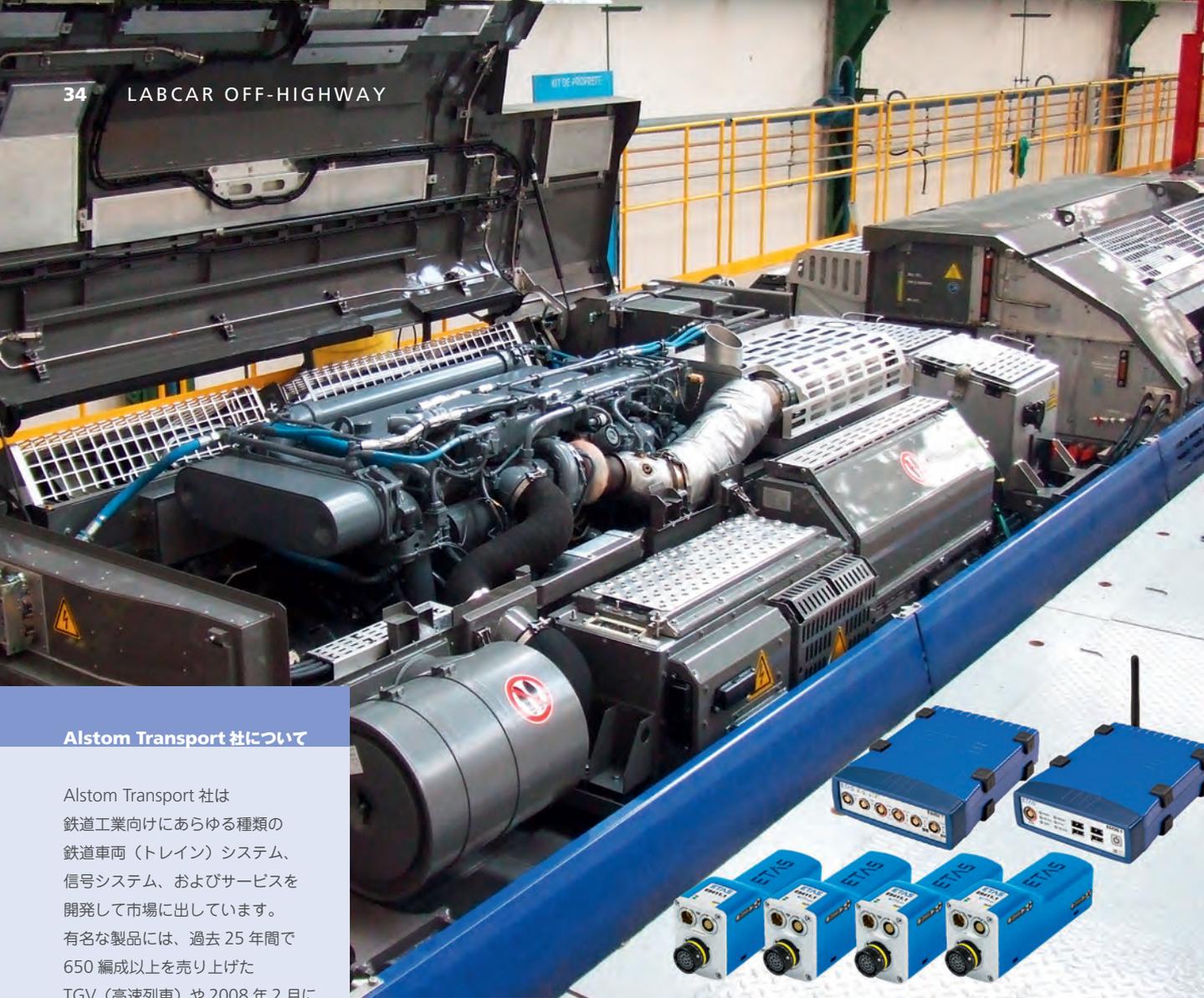
このために、ハイエンドのI/Oボードを使用する、きわめて安定していて信頼できるVMEアーキテクチャが設計されました。ETASはこのプロジェクトのために、ワイヤリングハーネスを含む、固有でフレキシブルなロードボックスのコンセプトを開発しました。最後のセットアップはお客様の現場でお客様と一緒に、コーチングモードで実施しました。ETASフランスによるサポートのおかげ

執筆者

Hervé Scelers 氏
フランス、
Reichshoffen
Alstom Transport社
サブシステム
コントロール&検証
マネージャ

Julien Mothré
フランス、
Saint-Ouen
ETAS
テスト・検証システム
フィールドアプリケーション
エンジニア





Alstom Transport 社について

Alstom Transport 社は鉄道工業向けにあらゆる種類の鉄道車両（トレイン）システム、信号システム、およびサービスを開発して市場に出しています。有名な製品には、過去 25 年間で 650 編成以上を売り上げた TGV（高速列車）や 2008 年 2 月に発表されて 2012 年からイタリアの NTV 社により運行されている AGV（Automotrice à grande vitesse）などのシリーズ製品があります。また、トラム（世界中の 50 都市以上を走る 1,900 編成の Citadis 低床路面電車）、メトロおよび地域列車（9 개국で運行している 1,200 編成の Coradia 通勤列車）、および郊外電車（オーストラリア、スペイン、南アフリカなどの国々を走る 4,600 編成の X'Trapolis シングルデッキ電車）も Alstom 製品です。

Alstom Transport 社には、LABCAR だけでなくロバストな計測ツールチェーンが必要。データの取得および適合の各部分は、ETAS の INCA と ES592、ES720、ES411 などの計測ハードウェアを使用して実行。

で、Alstom 社は現行および追加の機器構成を独力で維持管理するために必要なノウハウを獲得できました。

まとめ

- テストが行われ、HiL テストシステムの結果と実際のサブシステムの結果とが比較されました。その結果、サブシステムの実挙動をシミュレーションで予測でき、Alstom Transport 社の目標が達成される結果を出しました。
- プロジェクトの開発段階で Alstom Transport 社のスタッフが積極的にコーチングを行ったので、ユーザーはシステムを独力で取り扱えるようになりました。次の HiL アップグレードは、

Alstom 社と ETAS ヘルプデスクとの最小限の連携により完全に管理されています。

- 仕様段階および HiL セットアップの時には、ETAS と Alstom 社が協力して拡張性のあるモジュール式のアーキテクチャを構築しました。
- ETAS は他社製のハードウェアおよびプロトコルに対するオープン性を備えているので、Alstom 社の ETAS テクノロジーへの投資は Multifunction Vehicle Bus (MVB) や Common Industrial Protocol (CIP) などといった次世代の ECU についても保証されます。

軌道に乗る鉄道車両の ABS

ABS on the Rails

Knorr-Bremse 社が ETAS ASCET を利用

今日、どの工業先進国においても、高速列車は効率的な輸送インフラストラクチャに必要不可欠です。しかし、その最大移動速度は時速 250km 以上に及ぶため、ブレーキシステムの機械部品および制御電子装置には大きな要求が突きつけられることとなります。ETAS のツールは過去 15 年にわたって Knorr-Bremse AG の皆様にご利用いただき、このようにきわめて重要な安全関連システムの管理および制御を行うソフトウェア開発のお手伝いしてまいりました。



車輪レールシステム：
ブレーキシステムの横滑り防止／スリップ防止装置がブレーキング
によるフラットスポットの発生を防止

高速列車にとって、ブレーキコンセプトは安全計画の重要な要素です。これは制動力管理を完全に網羅する概念で、具体的には、列車全体の各種ブレーキシステムにわたって制動力を最適に分散させることや、摩擦ブレーキ特有の駆動、横滑り防止／スリップ防止策、ローリング監視、そしてブレーキング中の電気エネルギーの回復が含まれます。

最新世代の ICE の列車には相補的に機能する 3 種のブレーキシステムが搭載されています。低速走行時にはディスクブレーキが作動するだけで十分です。より高速の時には電磁ブレーキも連動します。これらのブレーキが作動した後、列車の移動距離が所定の値に達すると、さらに渦電流ブレーキが作動して加勢します。一つ明確なのは、インテリジェントなブレーキコンセプトは電子装置なしでは実装できないということです。

機械部品に代わる電子装置

鉄道車両のブレーキは、1970 年代になっても、機械装置および空気圧装置をベースとしたもの以外はほとんど構築されて使用されることはありませんでした。電子制御式のアンチロックブレーキシステム (ABS) を導入しようとする動きは、ブレーキングで生じるホイールセットのフラットスポットに起因した不快で危険な振動や動作の不安定性を確実に防ぎたいという願いから起こりました。今日の横滑り防止／スリップ防止装置は、自動

車の ABS に相当するものですが、車軸のずれも調整してブレーキング時の車輪とレールとの静摩擦を最適化することで、結果的に制動距離が短くなります。

ASCET ソフトウェア — 安全で確実、しかも自動で生成

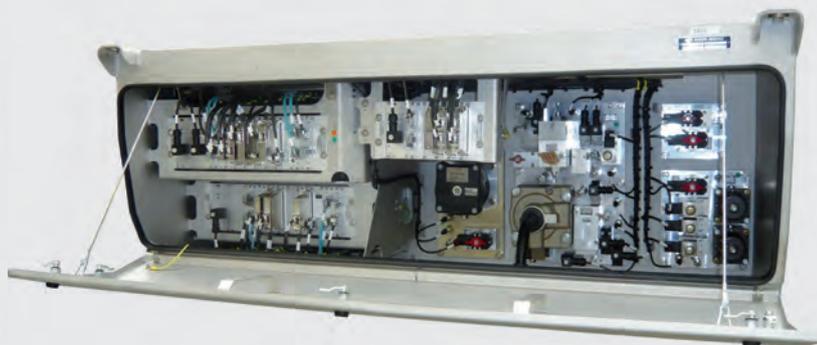
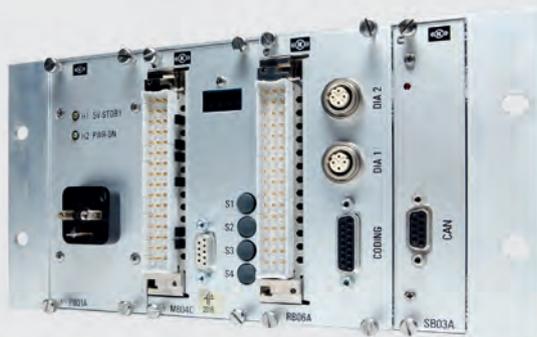
開ループおよび閉ループのアルゴリズムを開発するためには、信頼できるプロ仕様のツールが必要です。Knorr-Bremse 社のエンジニアは 1999 年以来、ASCET を利用してモデルベースのソフトウェア開発を行っています。

以前は、エンジニアは苦勞してシステム機能を定義しなければならず、さらにそれらの機能をソフトウェア開発者がコンピュータ言語 C でプログラミングしなければなりません。その当時は、開ループ／閉ループ制御システムのブロックダイアグラムが、コンピュータ上で MicroGrafX Designer という Windows PC 用の最初のグラフィックプログラムを利用して描かれました。ASCET が導入された時、その主な利点は、ASCET で作成されたブロックダイアグラムから量産対応の C コードを自動で生成できたことでした。つまり、認定バージョンの ASCET を使用すれば、生成される C コードをチェックする必要さえなくなったのです。それだけではありません。ASCET は DIN EN 50128 要件を満たしているため、セーフティクリティカルな SIL2 アプリケーションの開発にも適しています。

Knorr-Bremse 社

世界の鉄道車両および商用車向けブレーキシステムの製造をリードするメーカーです。1905年にベルリンで設立され、現在はAG (Aktiengesellschaft: 株式公開企業) として法人化されてドイツのミュンヘンに本部を置いています。同社史上、最初の重要な製品は旅客列車用のK1 空気式ブレーキでした。そしてさらに重要なのは1918年に貨物列車用に導入されたKunze-Knorr 圧縮空気ブレーキで、これにより貨物列車の最高速度を時速30km から時速65 km に上げることが可能になりました。

1972年、Knorr-Bremse 社は初の商用車向けABSでセンセーションを巻き起こしました。20年後、ミュンヘンを拠点とする同社は商用車向けの初の空圧作動ディスクブレーキを発表しました。今日、同社は約20,000名の社員を擁し、ブレーキシステムだけでなく、空調システムやドアシステム、ディーゼルエンジン用ねじり振動ダンパなど、鉄道車両向けの各種技術システムを提供しています。





Deutsche Bahn 社の
フラッグシップ – ICE 3

左：
電子ブレーキ制御システム (ESRA)

右：
制御システムを内包しているブレーキ
モジュール

耐用年数を 30 ～ 40 年として設計されているブレーキシステムが、定期的に点検され、稼働中も継続的に改良されている場合、Knorr-Bremse 社にとって本当に重要なのは、ASCET の特殊な製品機能だけでなく、ETAS がこの開発ツールについて長期間にわたる保守サポートを行っているという事実です。

複雑なシステム

現行のブレーキ制御装置はきわめて複雑な構造になっています。CAN バスインターフェース搭載の 19 インチ ESRA プラグインボードが使用されています。制御装置ハードウェアのバックプレーンは Knorr 社が独自に開発したもので、特に CAN に合わせて作られています。132MHz のクロックレートで PC104 インターフェースを搭載している Freescale PowerPC MPC5554 マイクロコントローラが CPU として機能しています。展開操作では、システムが 1 つ以上のメインボードと I/O 拡張モジュール搭載の追加ボードおよびバスカプボードで構成されます。

安全マージンの高いアプリケーションソフトウェア

現在の制御装置用アプリケーションソフトウェアのモジュール、タスク、およびプロセスの開発および仕様定義は、ASCET だけで行われます。手動でコーディングされた既存の標準機能も、容易に統合して呼び出すことができます。ソフトウェアアーキテクチャはテンプレートによりサポートされており、そのテンプレートは、各機能の入力/出力信号の定義とその信号のその後のプロセス処理の定義を規定するものです。バリエーションを作成する際には、コード生成時に ASCET モデルを元にして個々の開ループ機能および閉ループ機能を設定することができます。

入念な安全コンセプトの一環

包括的なシミュレーションおよびテストにより適合パラメータ値が決定されたら、ソフトウェアは「ハードワイヤ配線されます」。さらに、実行中は制御装置が厳密に監視されます。各種システムに占める診断機能および安全機能の相対量は 50 ～ 80 パーセントです。

現在、Knorr-Bremse 社のエンジニアは業務に ASCET バージョン 6.2 を使用しています。また、ソフトウェアの構成管理には、エラーおよび要件を追跡する JIRA ツールとともに、ASCET-SCM を使用しています。

ASCET のおかげで、ヨーロッパの都市同士はさらに近づきつつあります。パリ、ブリュッセル、そしてアムステルダムは Deutsche Bahn 社 (ドイツの国有鉄道会社) のフラッグシップ、ICE 3 により最高時速 320km で結ばれています。ICE 3 は Siemens 社の「Velaro D」プラットフォームをベースとし、最新式の Knorr 渦電流ブレーキを採用しています。それらのブレーキのためのソフトウェアは ASCET で開発されたものです。

執筆者

Peter Heintz 氏
Knorr-Bremse
Systems for Rail
Vehicles GmbH

電子部品のモデルベース
開発担当

Stefan Soyka 氏
Knorr-Bremse
Systems for Rail
Vehicles GmbH

電子システム
エンジニアリング
ディレクタ

Dr. Ulrich Lauff
ETAS GmbH

マーケティング
コミュニケーション
上級専門家

拡張された機能

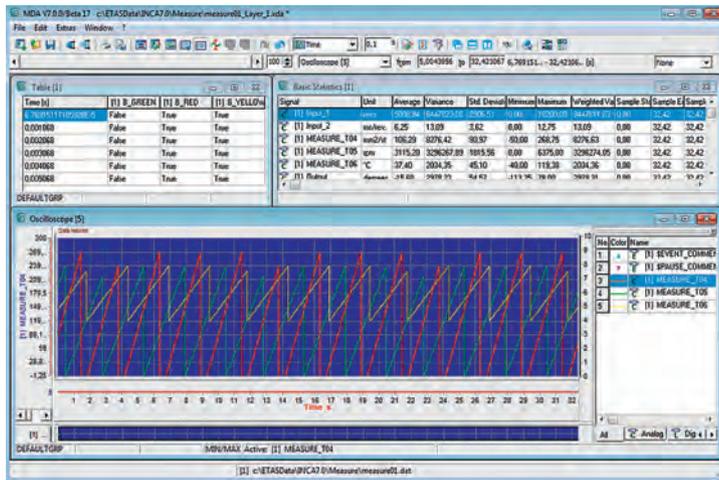


Extended Functions

AUTOSAR オーサリングユーザーは、新しい ISOLAR-A 基本パッケージにより大幅な改善を堪能できます。

このパッケージには新しいエディタ、インポータ (DBC, FIBEX, LDF、および ODX)、自動機能、妥当性確認機能、およびエクスポータ (システムベース、ECU Extract、RTE コンフィギュレーション) が含まれています。BCT アドオンは、インポータ (ECU Extract など)、エディタ、妥当性確認機能、および COMASSO* ベーシックソフトウェアモジュール用 C コード生成機能により、AUTOSAR ベーシックソフトウェアを設定するのに役立ちます。どちらのパッケージもシングルコアおよびマルチコアの電子制御装置をサポートしていて、コマンドラインを使用して操作することもできます。

*) COMASSO e. V. は、AUTOSAR 規格の一般的な実装と使用を支援する登録団体です (<http://www.comasso.org>)



強力な新製品

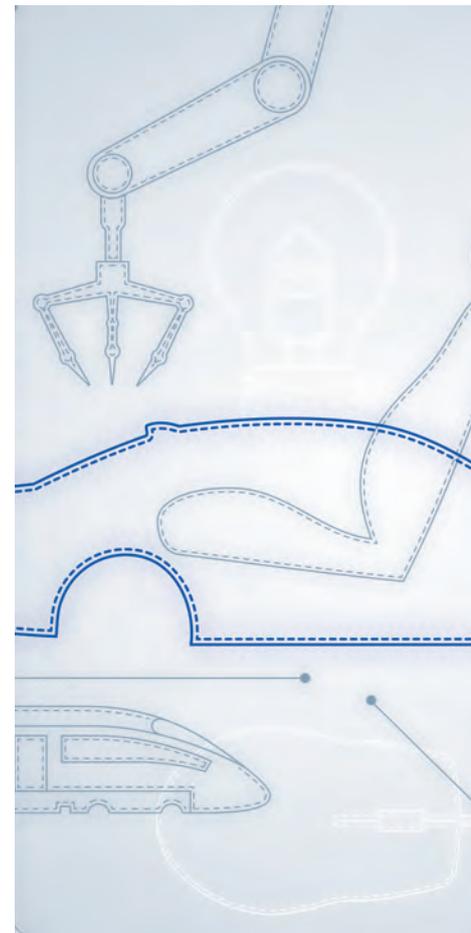
Powerful Addition

フレキシブルでオープンな ETAS LABCAR テストシステムに強力な新製品が加わりました。ES5321 PWM I/O ボードおよび ES5338 ホイールスピードセンサシミュレーションボードが、2015年12月に発売される予定です。高速の PCI Express をベースとするこれらのボードは、精度および信号品質が高いことを特徴としています。これらのボードはシャーシ、パワートレイン、ボディエレクトロニクス、および電気駆動 (ES5321) ドメインに使用できます。

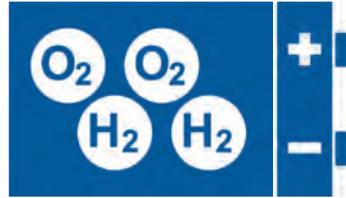
Comprehensive Analysis

包括的な分析

MDA 8 という新しい計測データ分析用ソフトウェアを使用すると、データ量の非常に多い計測を効率的に分析できます。MDA 8 の暫定版 (MDA 8 preview) は、2015年9月から公開されていますので、このツールの処理速度の高さを実感しながら、ETAS がユーザーと一緒に開発した新しい動作コンセプトを試していただくことができます。MDA 8 preview は、MDA V7.x と一緒にインストールでき、無料でご利用いただけます。追加的な使用事例は、四半期ごとに公開されるサービスパックの中で対応させていただく予定です。特に、Service Pack 1 (2015年12月) には MDF4 計測ファイルを MDF3 に変換する機能が含まれる予定です。



New Simulation Model



新しいシミュレーションモデル

ETAS LABCAR テストシステム用のポリマー電解質膜燃料電池 (PEM-FC) モデルは、自動車アプリケーション用の完全な燃料電池システムをシミュレートします。このモデルを使用すると、膜経由の水/窒素輸送から低い周囲温度まで、関連のある物理現象を考慮に入れて、アノードコイルのフラッシング、燃料電池スタックの水管理、システムのコールドスタートなど、数多くの ECU タスクをテストすることができます。このモデルはモジュール構造になっているので、お客様の要件に容易に適合させることができます。この検証済みのモデルは高精度なので、機能開発から HiL システム上での事前適合まで、あらゆる用途に最適です。

Available Modules

モジュールの提供

GM 標準ユーティリティモジュール (GM Standardized Utility Modules, GM SUM) は GM Global-B ソフトウェアプラットフォームの一環です。これらのモジュールは AUTOSAR アーキテクチャをベースとしているので、ファンクショナルソフトウェアをソフトウェアインフラストラクチャから完全に分離することができます。GM SUM は GM Global-B プラットフォーム内のすべての ECU に配置されます。これらの ETAS モジュールは ISO 26262 および MISRA-C の規格に従って開発されました。ETAS は GM 社と協力してこれらのモジュールの仕様改良に積極的に取り組んでいるので、すべての更新は GM 社のもので確実に整合しています。ETAS は 10 年にかけて AUTOSAR に関与してきた経験に基づき、全 10 個の GM SUM を総合的なベーシックソフトウェアおよびツールの製品群の一部として提供し、オンサイトの統合およびテストを行う GM サプライヤをサポートしています。

INCA for Off- Highway

INCA の オフハイウェイ用機能

INCA をシャーシ、ボディコントロール、およびオフハイウェイアプリケーションで展開するために、計測データ収集用ポーリングモードおよび CAN バス上の SAE J1939 メッセージ監視という新しい機能が組み込まれました。この新しいポーリングモードにより、たとえば XCP プロトコルの DAQ リストのようなデータ収集用サンプリングメカニズムを持たない ECU 上の計測に INCA を使用できるようになりました。この場合、新しい INCA ポーリングエンジンが CCP および XCP フォーマットで ECU に伝送される計測データを定期的にポーリングします。このポーリングモードを DAQ 計測と一緒に使用することもできるので、一度に記録できる変数の数を増やすことができます。INCA のもう一つの新機能は、CAN バス上の SAE J1939 メッセージ監視です。SAE J1939 プロトコルは、ドライブトレインや商用車のトラクタ & トレーラとモバイル装置間の通信にも頻繁に使用されています。上述のすべての新機能はすでに INCA でご利用いただけます。



Advanced Engine Control Algorithms

高度なエンジン制御アルゴリズム

ETAS が適応性と移植性に優れたプロトタイピングソリューションを提供

ETAS のラピッドプロトタイピングツールおよび適合ツールが、クレムゾン大学の研究用エンジンダイナモメータおよびFiat Chrysler Automobile(FCA)社のパートレイン制御開発チーム内に同時に配備されました。高品質で高度なエンジン制御アルゴリズムを短期間で開発することができます。

執筆者

Michael Prucka 氏

米国ミシガン州
Auburn Hills

FCA US LLC

エンジン制御技術フェロー

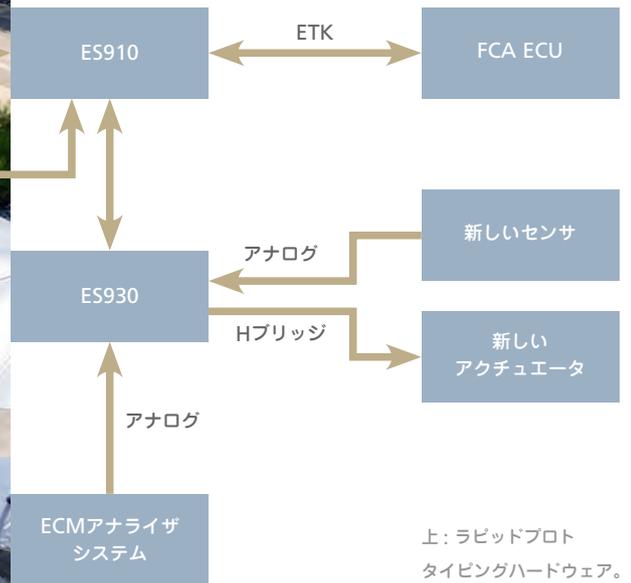
高度なパートレイン制御アルゴリズムは、将来の排ガスおよび燃費の規制に対応するとともに開発期間の短縮とコストを削減するためのソリューションには不可欠です。現代のエンジン技術では複数のアクチュエータが使用され、その多くが同じ動作パラメータ（エンジンエアフロー、残渣質量、シリンダ内乱流など）に直接的または間接的に影響を及ぼしています。このように自由度の高い状況では、エンジン制御アルゴリズムに重大な課題が突

きつけられます。経験的に導き出される従来型のアルゴリズムは、システム設計時には想定されていなかった組み合わせでアクチュエータが動作する場合、自由度の高いエンジンにはあまり適していません。そこで、エンジンとそのアクチュエータの物理的原理に則って設計された、あらゆるアクチュエータポジションの組み合わせについて最適な制御パラメータを決定して動作効率を高めることのできるアルゴリズムが開発されています。FCA 社は多くの大学パートナーシップ

を利用して、このきわめて重要な領域における研究を行っています。このようなパートナーシップの1つは米国サウスカロライナ州グリーンビルにあるクレムゾン大学国際自動車研究センター（CU-ICAR）とのものです。

FCA 社は社外パートナーシップを利用

FCA 社と CU-ICAR は、物理学ベースのソリューションの利用により、あらゆる動作条件下におけるエンジンの動作効率向上を目的とした、高度のエンジン制



上: ラビッドプロトタイプリングハードウェア。開発用 ECU が ETASE910.3 プロトタイプリング / インターフェース モジュールおよび ES930 マルチ I/O モジュールに接続

米国サウスカロライナ州グリーンビル の CU-ICAR 内にある Campbell Graduate Engineering Center (キャンベル・グラデュエイト・エンジニアリング・センター)

御アルゴリズムを作成するためのパートナーシップ契約を結びました。FCA 社は CU-ICAR に、アルゴリズムの開発および妥当性確認に使用するダイナモメータテストセルをインストールするための 3.6-l Pentastar エンジンを提供しました。さらに、このプロジェクトには追加の ECU、センサ、およびアクチュエータが含まれ、それらにはサンプリングおよび制御を行うための専用 I/O が必要です。

これらの物理学ベースのアルゴリズムは Chrysler Technology Center (CTC) および CU-ICAR で開発されています。そのため、CTC の車両および CU-ICAR のテストセルでテストを行うために、これらのアルゴリズムを両拠点で共有する必要があります。CTC と CU-ICAR は物理的に遠く離れているので、適応性と移植性に優れた開発環境が必要でした。

プロジェクトのコンポーネント

CU-ICAR ダイノセル内の電子エンジン関連ハードウェアとしては以下のものがあります。

- FCA ECU
- Delphi ECU
- ダイノセルコンピュータ
- ECM (エンジン制御・監視) アナライザシステム
- 新しいセンサ
- 新しいアクチュエータ

各種デバイス間の通信を円滑に進めるために、ETAS ES910 モジュールと ES930 モジュールという組み合わせが選出 (ダイアグラム)

各種デバイス間の通信を円滑に進めるために、ETAS ES910 と ES930 という組み合わせが選ばれました。前ページのダイアグラムに示したように、ES910 は FCA ECU とは ETK11 経由で通信し、Delphi ECU には CAN で通信します。ES930 では、従来型の 0-5V アナログ-デジタルサンプリングおよび PWM サンプリングを適宜利用して、新しいセンサのサンプリングを行います。また、ES930 はオンボード Hブリッジドライバにより、新しいアクチュエータへの電源供給も行います。ECM アナライザン

システムは情報をアナログ出力として送信するように設定されていて、送信された情報は ES930 でサンプリングされて変換されます。

アルゴリズムの開発は MathWorks MATLAB®/Simulink® 環境で行われます。モデルを ES910 上で実行できるようにリアルタイム対応コードに変換するためのツールとして、ETAS INTECRIO が選ばれました。モデルおよび ECU パラメータとの接続はダイノセルコンピュータ上で、ETAS INCA により INCA-EIP アドオンを使用して行われます。これにより、1つのインターフェースですべての計測・適合値に接続できるので、各モジュール上で実行するアルゴリズムのデータを時間的に整合させて収集することができます。

これと同じシステム構成が FCA 社のテスト車両にも存在しているので、アルゴリズムが配布され次第、その妥当性を確認することができます。両拠点が同じ環境を使用することにより、アルゴリズムおよびソフトウェアパッケージを両チームで共有することができます。

効率と品質の向上

この開発環境のおかげで、FCA 社と CU-ICAR は共同で非常に効率よく作業できました。FCA 社は CTC でプロトタイプエンジンコードを開発してテストしてから、そのコードを CU-ICAR に送ってダイノセルで使用してもらうことができました。CU-ICAR は Simulink® でアルゴリズムをすばやく開発し、それを ETAS 環境内のエンジンでテストすることができます。

このシステムでは、モデルを高速で繰り返し実行して問題を解決し、ダイノエンジン上で制御システムを最適化することができます。結果的に生成される Simulink® モデルまたは INTECRIO モデル、あるいはその両方を FCA 社に送ってすぐに開発車両でシステムの妥当性を確認することができます。その後、FCA 社がモデルを必要に応じて修正してからアルゴリズムを CU-ICAR に送り返すこ

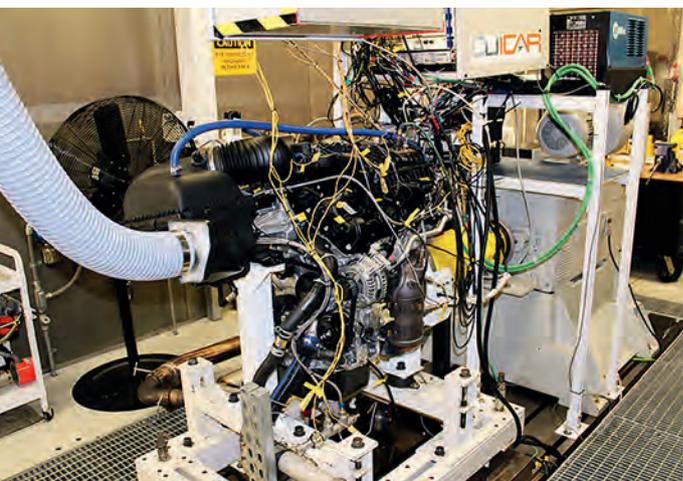
とができるので、さらに CU-ICAR で開発を進めることができます。この運用モデルにより、FCA 社に配布されるアルゴリズムの品質を格段に向上できたいえ、このようなプロジェクトに通常伴う交通費を削減できました。

結論

FCA 社は最先端のパワートレイン制御技術の開発に熱心に取り組んでいます。共同開発環境には、拠点間およびプラットフォーム間での共有を実現できる適応性に優れたツールチェーンが必要です。ETAS ツールチェーンを利用することによりこの共有を実現して FCA 社と CU-ICAR の間でアルゴリズムを移植できるようにしたので、品質を高めながら開発サイクルを高速化することができました。



CU-ICAR の実験室におけるエンジンテストセルのセットアップ



ETAS のソリューション

FCA 社と同社の大学パートナーが高度なエンジン制御アルゴリズムを共同で開発するためには、適応性と移植性に優れたプロトタイピングソリューションが必要です。ETAS のラピッドプロトタイピングツールと適合ツールが、クレムゾン大学の研究用エンジンダイナモメータと FCA 社のパワートレイン制御開発チーム内に同時に配備されました。FCA 社とクレムゾン大学による高度なエンジン制御アルゴリズムの共同開発では、高品質のアルゴリズムを短期間で開発することができます。



reddot award 2015
honourable mention

コンパクト、スケーラブル、オープン

Compact, Scalable, Open

ETAS がプロフェッショナルなリアルタイムテストをお客様のデスクに構築

ETAS DESK-LABCAR はコンパクトでスケーラブルなハードウェアインザループ (HiL) テストシステムです。電子制御装置 (ECU) のテストを開発の初期段階にコスト効率の高い方法で実行できる、デザインと使いやすさで栄誉を授かった製品です。

DESK-LABCAR は ETAS の実績ある LABCAR HiL システムのコンパクトバージョンです。独自のハウジングにはブレークアウトボックス (BOB)、リアルタイム PC シミュレーションターゲット、そしてインターフェースボード用拡張スロットが内包されています。このシステムはシンプルな制御機能の経済的なオープンループテストから、複雑なアルゴリズムの高度なクローズドループテストに至るまで、さまざまなアプリケーションで使用できます。コンパクトなので、限られたスペースでも HiL テストを行うことができます。

近頃、DESK-LABCAR はそのデザインと使いやすさが評価され、「Red Dot Award: Product Design (レッドドット賞: プロダクトデザイン)」の計測・テスト技術分野で「Honourable Mention」という栄誉を獲得しました。DESK-LABCAR は産業界で定評のある LABCAR 製品ファミリの最新製品です。DESK-LABCAR のエントリー用バンドルは一連の広範な機能を手頃な価格で実現できるので、大規模な HiL システムの投資に気が進まないお客様にも、また、単純なテストを DESK-LABCAR で実行することで大規模な HiL システムの利用は包括的なシステムテストに蓄えておきたいお客様にも適しています。ハードウェアおよびソフトウェアのスケーラビリティが高いからといって、品質面で妥協しているわけではありません。



ん。DESK-LABCAR を使用すれば、完全な HiL システムを使用しなくても、小規模および中規模の ECU をテストできます。一方、テストまたは被験装置が複雑なため大規模な LABCAR システムに切り替えなければならなくなった場合でも簡単に切り替えることができます。LABCAR ファミリの他の HiL プラットフォームと互換なので、机上のテストで得られたアーティファクトを後に大規模なシステムで再利用することができます。

DESK-LABCAR のバンドルは 4 種類あります。各バンドルには ES5100 ハウジングと ES5340 マルチ I/O インターフェースボード、そしてオープンループシミュレーションターゲットまたは LABCAR-RTPC リアルタイムシミュレーションターゲットのいずれか、さらに LABCAR-OPERATOR 実験環境が含まれ

ています。クローズドループバージョンも設定可能です。どのバンドルも、他の ETAS ソフトウェアおよびハードウェア製品について柔軟に拡張できます。

DESK-LABCAR はオフザシェルフソリューションなので、追加のワイヤリングハーネスを DESK-LABCAR のインターフェース、ブレークアウトボックス、および ECU に接続するだけで使用できます。さらに、他の製品やサービスと組み合わせることもできます。ETAS エンジニアリングサービスが、お客様独自のさらなる改良をサポートします。

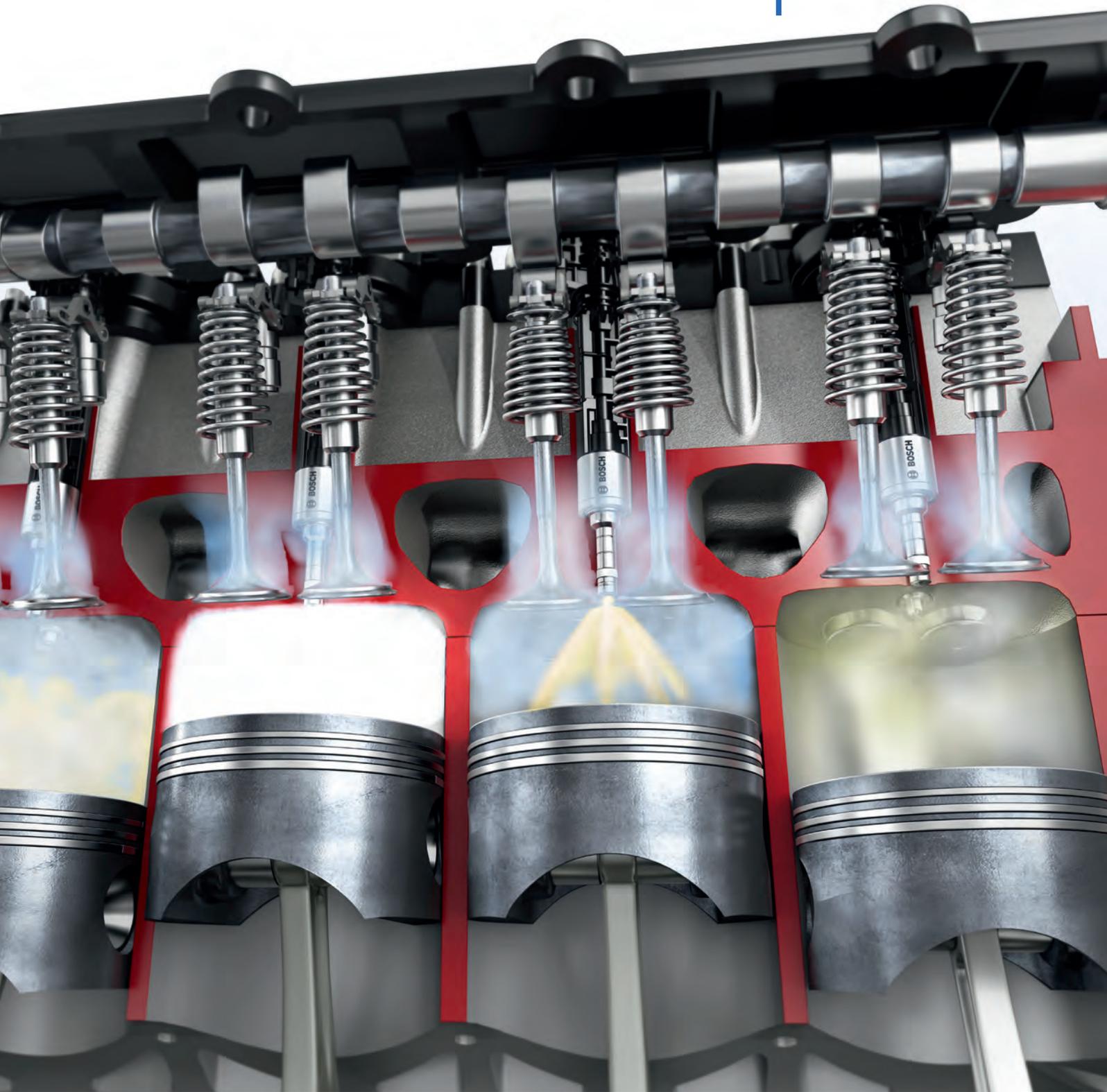
執筆者

Thomas Lenzen
ETAS GmbH
テストソリューション製品
マネージャ

Julia Noe
ETAS GmbH
製品情報のテクニカル
エディタ

プレジジョンインザループ

Precision-in-the-Loop



クリーンエンジン用の新しい開発ツール

現代の噴射装置では、プリセットされる噴射間隔の代わりにメカトロニックなリアルタイム制御システムが使用されつつあり、その場合にはエンジン制御装置（ECU）が各インジェクタのニードルの開閉を決定し、目標値からの偏差があれば直ちに訂正します。ETAS は高精度の新しい開発ツールで連続生産への道を開き、独自のハードウェアインザループソリューションを市場に投入しました。このソリューションでは、インジェクタの電磁弁の通電および放電のカーブをこれまでになく正確にシミュレートできます。

今日のダウンサイジングエンジンは、驚異的な低燃費と敏しょう性を同時に実現します。そのかぎは最新の噴射装置にあり、そこには、極めて精巧にミリ秒レベルで区分したブレインジェクション、メインインジェクション、ポストインジェクションがミリグラムの精度で燃料を燃焼室に噴射することのできるインジェクタが搭載されています。燃料の量は非常に正確にコントロールされるので、理想的条件下では燃焼後の残渣がほとんどありません。ただし、インジェクタのエイジングや製造上の公差の影響で、この正確さが無になってしまう可能性があります。プリセットされている噴射間隔は、インジェクタの開閉時間が変動する場合には、あまり有効には機能しません。このような理由から開発者は今、電磁制御式インジェクタの開閉時に生じる、電流および電圧の特性を示す信号を解釈できる ECU の設計にとりかかっています。インジェクタのニードルが開閉するタイミングを正確に把握することにより、シ

ステムは噴射される燃料の量および各インジェクタの噴射の正確な瞬間を算出することができます。結果が目標値から逸脱する場合には制御システムが直ちに調整を行うので、システムはインジェクタの挙動の変化を補正できます。将来の車載排ガスモニタリングについて考えた場合、これは燃費および排ガスのレベルを恒久的に安定させるのにも役立つことでしょう。

正確な開発ツールは、厳密な噴射要件に対応するために欠かせません

燃料インジェクタは電磁的メカニズムに基づいて機能しています。ニードルを上昇させるために、電流がインジェクタ内のコイルに流れて磁場を生成し、バルブの閉じ側に作用するスプリング（クロージングスプリング）の圧力に対抗してニードルを上昇させます（図 1）。これにより、レール内の高圧燃料が燃焼室に流れ込みます。燃料噴射は電流が遮断されると直ちに止まり、クロージングスプ

リングがニードルを再び押し下げます。

しかし、コイルに電圧がかかってからバルブが開くまでの時間差は、正確にはどのくらいでしょうか。また、バルブは電流が遮断されてからどのくらいの時間で再び閉じるのでしょうか。必要とする回答は電圧および電流のカーブの特性から得られます。これらのカーブの特性はインジェクタ内のインダクタンスおよびオーム抵抗に依存し、通電および放電のカーブという形で表現されます。ECU はこの情報を使用して、各インジェクタの反応時間の変化に対応して間隔のプリセット値を定義し直すことができます。この処理は既存のソフトウェアルーチンの後に実行されます。

連続生産の装備を成功させるために、制御装置ソフトウェアの部分を、考えられるすべての動作状態で実際に試してみる必要があります。一般的にソフトウェアのテストはエンジンとその制御装置およ



図 1:
インジェクタの各部の名称
(出典: Bosch Fachinformation
Automobil)

執筆者

Robert Geiselmann
ETAS GmbH

テスト・評価の製品考案者、
ハードウェア開発者

Henrik Jakoby
ETAS GmbH

テスト・評価の製品管理
グループリーダー

Frank Ruschmeier
ETAS GmbH

ハードウェア開発の
プロジェクトマネージャ
負荷シミュレーション
ハードウェアなど担当

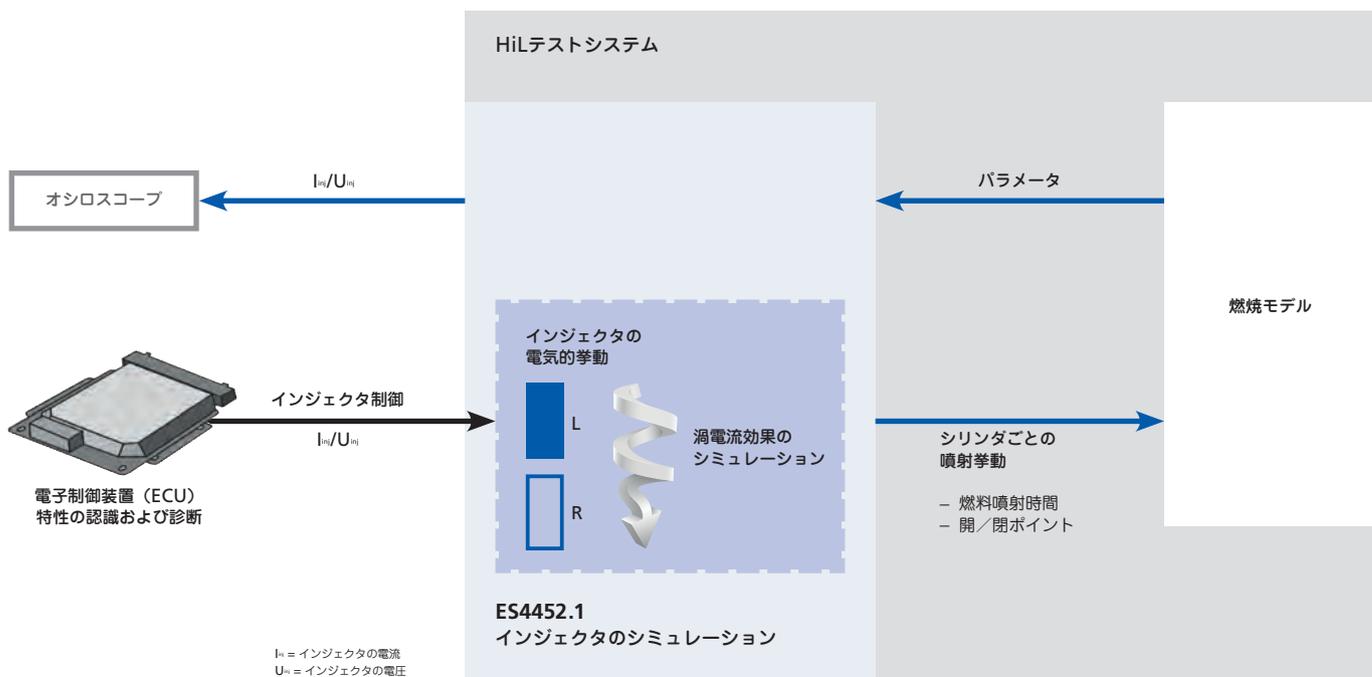


図 2: HiL システムにおける負荷シミュレーションの概略図

びインジェクタ本体を入手するより以前に開始されるというような、いくつかの理由から、テストはシミュレートまたはエミュレートされたコンポーネントを使用して行うのが理想的です。しかも、最も重要な要因であるインジェクタのエイジングをエンジンテストベンチ上でテストするためには莫大な時間とお金の投資が必要です。噴射装置が誤作動した場合のソフトウェアの挙動を調べるためにテストベンチ試験を使用するのは非現実的でありませぬ。大事なことを忘れていましたが、インジェクタのテストでは、インジェクタを液状媒体の中に入れたまま、現実的な圧力レベルで絶え間なく稼働させなければなりません。なぜなら、そうしなければインジェクタがストールしてインジェクタの開閉挙動が変化してしまうからです。

バーチャル環境でソフトウェアテストを行えば、このような問題を回避できます。ハードウェアインザループ (HiL) のセットアップを使用すれば、シミュレートされるインジェクタのエイジングや人工的に生成される誤作動など、考えられるすべてのパラメータの変更を考慮して制

御装置の動作ストラテジをテストできます。しかし、今までに市販されているどの HiL ソリューションも、制御装置および噴射装置のクローズドループ内で新しい制御ストラテジをテストできるほどの正確さでインジェクタの挙動を再現することはできませんでした。このような HiL テスト環境では、インジェクタの通電および放電のカーブを正確に再現できることが最も重要です。

新しい HiL ソリューションはインジェクタの挙動を正確に再現

開発者が制御ストラテジをインザループテストベンチでテストするためには、装置がさまざまな動作状態になる一方で、システムは現実的な電圧、電力、インダクタンス、および抵抗の値を制御装置に供給する必要があります。装置はこれらの値を使用して、それぞれのバーチャルインジェクタの開/閉時間と燃料噴射量を推測する必要があります。そのためには、通電および放電のカーブを着実にシミュレートして、シミュレートされたスパイクを制御装置が認識できるようにしなければなりません。

シミュレーションの大きな課題はハードウェア、もっと正確に言えば、アクティブな電子装置が介入するたびに普通に生じてしまう電圧および電力の供給断絶にうまく対応することにあります。テストシステムの開発者はこのような断絶を、制御装置が「ニードルの動き」あるいは「インジェクタの誤作動」と誤って解釈しない程度に収めなければなりません。もう一つの課題は、やはり放電カーブに影響を与える可能性のあるインジェクタコイル内の渦電流効果を、的確なタイミングで正確にシミュレートすることです。

ETAS はこれらの課題を克服する HiL ソリューションを開発しました。このソリューションでは、誤作動や通電・放電カーブに不連続を生じさせることなく、抵抗およびインダクタンスを使用して個々の燃料インジェクタをシミュレートし、さらに渦電流効果もシミュレートします。これを実現できる HiL システムは今までありませんでした。

ティア 1 サプライヤと共同で数カ月間わたって実施したテストにより、このソリューションはハードウェアベースと



図 3: 噴射の信号トレース

ソフトウェアベースのどちらのモデリングでも、さらに変数の境界条件を設定しても、インジェクタの挙動を現実的に再現でき、インジェクタのエイジングもシミュレートできることがわかりました。このソリューションの中核となるコンポーネントは ETAS LABCAR プラットフォーム用の ES4452.1 プラグインボードであり、このボードはフィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA) を搭載しています。

短い反応時間

新しい制御ストラテジでは、インジェクタノードの開閉を最後のマイクロ秒まで決定する必要があります。したがって、ETAS はこの新しいソリューションで、遅延を最短噴射時間より約 50 倍短い 2~3 マイクロ秒以内に確実に抑えました。これはバーチャルインジェクタの開閉ポイントをシミュレートするデジタル出力信号を提供することにより実現されています。これらの信号は最大 4 つのインジェクタシミュレーション用に、クランクシャフト角について互いに同期します。ボード用のコマンドセットには

オープンにアクセスできます。この HiL ソリューションは標準化されているインターフェースである 100Mbit/s Ethernet および SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) を使用するので、既存の開発環境にスムーズに統合できます。また、正確で動的なアナログ出力により、電圧および電流をシミュレートされるインジェクタごとにオシロスコープまたは別の計測インストルメントに表示できるので、コンフィギュレーションの変更を直接見て確認できます。高価な高精度の電流クランプは必要ありません。

レール圧に依存する値、開時間の変更、燃料温度、電圧や電力のしきい値などのコンフィギュレーションを、シミュレーションの前および実行中に SCPI プロトコルにより設定したり変更したりできます。最初のバージョンの ES4452.1 は、2015 年半ばから市販されていて、ガソリン直接噴射用に作られています。ディーゼルシステム用のソリューションである ES4457.1 は、つい最近発表されました。

今後の展望

燃焼効率を高めて排ガスを低減するための取り組みの一環として、現代の噴射装置は燃料消費量をミリグラムレベルまで調整できるようになりました。かくして、アクティブなインジェクタの実際の状態を目標値と比較できるので、インジェクタのエイジングに関連する挙動変化をシステムパラメータの調整により補正することができます。メカトロニックな噴射制御システムを連続生産に装備して成功するためには、それらの制御システムもさまざまな機能テストに合格しなければなりません。ETAS は ES4452.1 および ES4457.1 プラグインボードを使用する高精度な LABCAR HiL システムを開発して、これらのコンポーネントをハードウェアインザループテスト環境でバーチャル形式にテストできるようにしました。これは、制御装置ソフトウェアを新しい制御ストラテジに十分に適合できるほど正確にインジェクタの動きをシミュレートできる、初めての HiL システムです。ソフトウェアは、実際にインジェクタグループに組み込まれていなくても、インジェクタの将来の挙動を知ることができます。



ETAS 中国支社の 10 周年記念祝典



英国のミルブルックで開催されたイベント

「CENEX Low Carbon Vehicle」に ETAS 出展

ETAS Impressions in 2015

ETAS 2015 年の印象に残った出来事



ドイツのシュトゥットガルトで開催された「2015 Automotive Testing Expo」の ETAS ブースの主要テーマは「ビッグデータ」



「Automotive Testing Expo North America」 – ETASは新しいコンセプトのブースで参加



組み込みシステムを再考中の ETAS – ドイツのニュルンベルクで開催された「エンベデッドワールド」にて



ETAS インド支社がインドのブネで開催された「Symposium on International Automotive Technology (SIAT)」に参加



エンベデッドワールドに出展した ETAS のエキシビジョンチーム



Exclusive Solutions for Colleges and Universities

大学専用のソリューション

学生の ETAS ツールの早期習熟に効果的な高等教育機関用スペシャルパッケージ

ETAS は製品およびソリューションの包括的ポートフォリオを有しており、組込みシステム分野において世界中の高等教育研究機関に積極的支援を提供しています。そのため、ソフトウェア開発から計測、適合、および診断に至る領域のあらゆる作業プロセスを、最高の基準に従いながら、自動車産業界で確かな実績を上げている製品を使用してサポートすることができます。このように、ETAS は高等教育研究機関における研究およびトレーニングの最適化や、若手の有資格エンジニアのトレーニングをお手伝いしています。

執筆者

Klaus Fronius

ETAS GmbH

大学渉外担当

マネージャ

ETAS は数年前から、高等教育研究機関のニーズに合わせて構築された高等教育モデルに基づいてそれらの機関との協働を成功させてきました。自動車産業界で長年にわたって利用されて定着した製品およびソリューションを提供するだけでなく、高等教育機関専用のパッケージも提供しています。高等教育機関専用パッケージは、エンジニアの日常業務から一般的に導かれた詳細な使用事例に取り組みように作られています。適切なハードウェアおよびソフトウェアで構成されていて、技術実装に関するサポートを受けられるようになっています。この使用事例としては、機関のコンピュータ室でのピークル LAN のシミュレーションなどがあります。

学生たちはオープンソースソフトウェアの BUSMASTER をパッケージに含まれ

ている CAN バスインターフェース USB モジュールの ES581 とともに使用します。使用事例では、複雑なテーマを簡略化しながら現実世界との関連性を持たせています。しかも、ユーザーはオープンソースツールを利用できるので、独自のアイデアを試して事例に取り入れることができます。教授は ETAS が作成した参考図書「Automotive Software Engineering」などの各種資料を入手して大学での講義に利用することもできます。この書籍は、V モデルとして知られる概念に基づいて、ソフトウェア開発プロセスの各フェーズとそれに対応する ETAS ツールについて解説することを目的としています。

お客様と一緒にカスタムソリューションを追究するべく、ETAS の大学渉外担当マネージャが高等教育研究機関にローカ

ルサポートを常時ご提供しています。インド、中国、米国など、ETAS が各拠点で展開している国々の高等教育研究機関には、拠点の ETAS 社員が直接サポートをご提供します。

シュトゥットガルト大学、アーヘン工科大学、スイス連邦工科大学チューリッヒ校、ウィーン工科大学、ポーフム大学、ブラウンシュヴァイク工科大学、ダルムシュタット工科大学、エスリンゲン応用科学大学、ミュンヘン工科大学、カールスルーエ工科大学、Dayananda Sagar University (バンガロール)、ランツフート応用科学大学、上海交通大学 (上海)、カンピーナス州立大学 (サンパウロ)、トリノ工科大学 (トリノ)、およびフラウンホーファー協会の研究施設など、世界各地にある 150 超の単科大学、総合



大学、および研究機関でETASをご利用
いただいております。

学生フォーミュラー 成功の秘訣

学生フォーミュラーは、学業で得た理論的
知識をレーストラックと並び現実世界の
諸状況にも応用できる、興奮に満ちたプ
ロジェクトとしての地位を確立していま
す。これを機に、学生たちは技術的知識
を発展させて好きな領域に精通すると同
時に、ソフトスキルも高めることができ
ます。ETASは2008年から学生フォー
ミュラドイツ大会のメインスポンサーに
名を連ねています。

Win-Winの状況

2015年、ETASは25チームのスポン
サーとなり、製品と製品トレーニングを
提供しました。ETASはあらゆる製品を

駆使してチームをサポートし、製品を実
際に応用する中で理解する機会を参加者
に提供しています。学生たちは、今後の
仕事に即座に適応できる専門知識をさら
に広げているだけでなく、すでにETAS
製品を使用してレースシリーズの主導
権を握っています。2010年以降、約
1800名の学生がこの大会への参加を通
じてETASとETAS製品に精通しました。
すでに2つのチームが、ETAS製品を使
用して時速100kmまでの加速の世界記
録を塗り替えています。

ETASはこのプラットフォームを利用し
て、早い段階に学生と関係を築いていま
す。自動車開発の主要拠点でもあるドイ
ツで、自動車産業界の進展に貢献してく
れる意欲的なエンジニアたちを引き付け
続けることは、ETASにとって重要です。

ホッケンハイム競技会で優秀な成績を収めた
ETAS後援の学生フォーミュラーチーム

今日の学生は未来のエンジニアなので
す。

早期に PC 上で行うソフトウェアの妥当性確認

Early Software Validation on the PC

AUTOSAR と FMI でバーチャルテストドライブによる ECU ソフトウェアの妥当性確認

ハードウェアに依存しない ECU ソフトウェアの妥当性確認をバーチャルの電子制御装置とバーチャルテストドライブで行うと多くの点で有利となります。ETAS と IPG Automotive GmbH はこれらを活用して新しいソリューションを展開しています。

執筆者

Josef Henning 氏
IPG Automotive
GmbH

シミュレーション
ソフトウェア製品
マネージャ

Andreas Berg
ETAS GmbH
ヨーロッパセールス
統括責任者

Silke Kronimus
ETAS GmbH
マーケティング&
コミュニケーション
部門担当

自動車開発は複雑化し続けています。これは、開発サイクルの短期化、モデルバージョン数の増加、コストアップの圧力、各地に広がる自動車メーカーおよびサプライヤのチームによる共同開発や「半自動または全自動運転」などの傾向によるものです。これらの理由から、さらに増加する電子制御装置（ECU）およびソフトウェア機能を車両に組み込まなければならなくなっており、当然ながら事前にそれらの妥当性を確認しなければなりません。メーカーおよびサプライヤが早期に ECU コントローラソフトウェアをテストできるようになり、早い段階でソフトウェアエラーの可能性を見つけることができれば、開発のコスト効率を高めることができます。一般的な経験則のとおり、欠陥を見つけれないまま開発を一段階進めると、それを解決するためのコストは 10 倍に増大します。また早期に修正できれば、過密なスケジュールで行われる開発プロセスの貴重な時間も節約でき、早期にソフトウェアをテストできれば、複雑化を抑えることにも役立ちます。

ハードウェアプロトタイプで限られるテストオプション

これまで、ECU ソフトウェアを現実的にテストするためには、ECU および車両のプロトタイプがどうしても必要でした。しかし、これらは開発後期にならないと入手できない場合がほとんどなうえ、入手できる数もコスト上の理由で限られて

しまうため、開発時間の約 60% はプロトタイプを使用できず、さらにエンジニアが実車でテストする機会を得るのはわずか 10% です。このように、ハードウェアの可用性が限られていることがソフトウェアのテストを難しくしています。そのうえ、各地に広がる開発チームがハードウェアを利用する必要がある場合、テストはますます困難を極めます。輸送は費用や時間がかかり、通関の遅延のような不確定要素に満ちていることは当然です。さまざまな努力が行われても、決定的に不利な点が残ります。危険な状況や複雑な環境条件をハードウェアでシミュレートするのはほぼ不可能であり、また再現するのはさらに困難です。しかし運転支援システムのオペラビリティを評価するためには、そのようなクリティカルな状況でのテストこそ必要なのです。

ソフトウェアの妥当性確認を効率的に行うために必要なこと

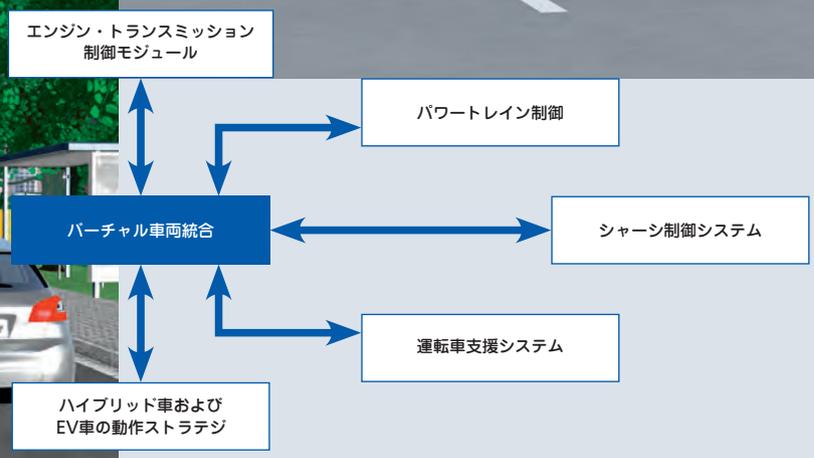
ECU ソフトウェアの妥当性確認を早期に行うようにするためには、ハードウェアに頼らざるを得ない現状を克服しなければならないことは明確です。そうすれば時間とコストを節約できるだけでなく、組織面でも納得できるメリットが得られます。ハードウェアプロトタイプを持たずに ECU ソフトウェアの妥当性を事前確認できれば、以降の開発プロセスでハードウェアインザループシステムやテスト用車両などのような希少なリソー

スを使用する需要を軽減できます。しかも、ハードウェアに依存しないテストなら、複数の現場で同時に実行したり再現したりできます。ただしこれを行うためには、ソフトウェア妥当性確認のソリューションが、分散している開発プロセス関係者の異機種種のツール環境に対応できるように構築されていなければなりません。

ソリューションを既存のツールチェーンに容易に統合できるのと同様に、さまざまなドメイン固有ツールを使用して作成されるモデルおよびコンポーネントも考慮に入れる必要があります。効率的なエンドツーエンドの開発プロセスを実現するためには、既存のモデル、テストケース、およびテストデータを再利用することも重要です。潜在的に危険な状況でもドライバーや車両を危険にさらすことなく確認できるように、個々の運転マニューバまたは既存のテストカタログも容易に統合できなければなりません。そして、最後に大切なことですが、現実的なテストを行うためには、アプリケーションソフトウェアをオペレーティングシステムまたはベーシックソフトウェアとの相互運用の中で観測できなければなりません。

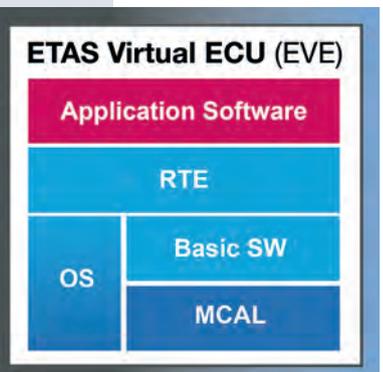
有望なソリューションの主要素

以上の考察から、有望なソリューションの主要素として以下の 2 つを導き出すことができます。



車両コンポーネント、バーチャルECU、およびシミュレーションモデルを統合してバーチャルロードテストを作成

ETASのバーチャルECUであるEVEおよびIPG Automotive社のオープンな統合・テスト用プラットフォームのCarMakerを使用して、ソフトウェアの妥当性をPC上で現実的に確認



1. バーチャルテストドライブでバーチャルECUを使用
 バーチャルECUは開発早期に、ハードウェアに依存しないで作成できます。プロトタイプに比べて費用がかからないうえ再現も容易です。既存の開発プロセスにシームレスに統合できるので、既存のメソッドやアーティファクトの再利用が可能になります。ハードウェアプロトタイプが利用可能となる前に、ECUソフトウェアをシステムとの関係においてテ

ストすることも、環境およびコンポーネントのモデルとの相互運用で妥当性を確認することもできます。こうして早い段階でECUソフトウェアの成熟度を高めることができるので、新しい機能を開発するための時間が生まれます。バーチャルテストドライブによる試運転が可能になります。バーチャル車両は、実車両の場合と同様に、エンジン、パワートレイン、運転車支援システムなどのコンポーネントをすべて搭載しています。これらのコ

ンポーネントのほぼすべてに、それぞれ1つまたは複数個のECUが内蔵されています。妥当性の確認は、バーチャルシステム内でバーチャルトラフィックシナリオを使用して行うことができます。

2. 規格を考慮する
 自動車メーカーおよびサプライヤーがチームとして共同で作業する場合、規格がソフトウェアの妥当性確認を効率的に行うための基礎になります。規格を考慮

「Functional Mock-up Interface」(FMI) 規格を使用してバーチャル ECU (EVE) を統合・テスト用プラットフォームの CarMaker に接続

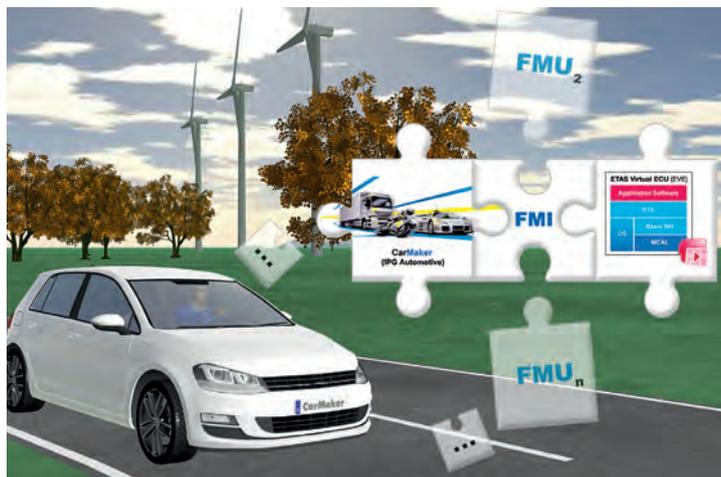
してれば、異機種なツール環境でもアーティファクトを交換でき、エンドツーエンドプロセスの基礎を構築できます。自動車用ソフトウェア規格である AUTOSAR は車載ソフトウェアを記述するためのメソッドを定めていて、この規格を使用すれば、異なる ECU 間でもソフトウェアを容易に交換でき、ソフトウェアコンポーネントの再利用、置換、統合を確実にこなうことができます。これと同様に非常に重要なのは Functional Mock-up Interface (FMI: ファンクショナルモックアップインターフェース) 規格です。ツールに依存しない規格で、モデルの交換や動的モデルの連成シミュレーションをサポートするので、これを使用すればバーチャルの妥当性確認を非常に容易に行えます。

ETAS と IPG Automotive 社が共有する問題解決のアプローチ

ETAS は IPG Automotive GmbH とともに、上述の課題を克服する具体的なソリューションを共同開発しました。このソリューションはバーチャルな ECU である EVE (ETAS Virtual ECU) と IPG Automotive 社のオープンな統合・テスト用プラットフォームである CarMaker をベースとしています。PC 上でバーチャルなソフトウェア統合および妥当性確認を行うための EVE プラットフォームを使用すれば、個々の ECU または ECU ネットワーク全体をバーチャル化できます。これまでのソリューションとは異なり、さまざまなソースに由来する機能モデル、アプリケーションソフトウェアコンポーネント、およびベーシックソフトウェアモジュールをバーチャル ECU に組み込むことができます。PC 上で、アプリケーションソフトウェアは組込みオペレーティングシステムである RTAOS、AUTOSAR ランタイム環境 (RTE)、およびベーシックソフトウェアと一体化して使用されます。ECU のハードウェアに左右されることなく、現実的な条件下で多種多様なユースケースについてリアルタイムや非リアルタイムで妥当性確認および適合を行なうことができます。

CarMaker はバーチャルテストドライブ用のシミュレーション環境として使用されます。この統合・テスト用プラットフォームでは、さまざまなモデリングツールのモデルを使用できます。車両およびトレーラの精密な非線形モデルに基づく質の高いシミュレーションは、複雑な運転マニューバを容易にセットアップ

ための道を開きます。オープンな構造と標準化のおかげで、開発者は使い慣れたツールを使用して作業でき、既存のアーティファクトにいつでもアクセスすることが可能になります。



して、道路利用者の多い状況での運転車支援システムの挙動を含めた再現性を実行することが可能です。CarMaker はさまざまな応用分野に対応でき、モデル、ソフトウェア、ハードウェア、およびピークルインザループテストを使用して諸機能の質を保証します。

初めに、被験ソフトウェアは EVE というバーチャル ECU に統合されます。そのバーチャル ECU がファンクショナルモックアップユニット (FMU) として、標準化された FMI インターフェースを通じてエクスポートされてから CarMaker に統合されます。ソフトウェアは CarMaker 内でテストされ、バーチャルテストドライブの後にリリースされます。また、この ETAS と IPG Automotive 社によるソリューションを連携して運用すると、ソフトウェアのコードをテスト中にデバッグすることもできます。この問題解決のアプローチの共有は、自動車メーカーおよびサプライヤが PC 上で早期にソフトウェアの妥当性を確認して ECU の開発効率を高める

ETAS Locations Worldwide

Germany

Stuttgart
(Headquarters)

Brazil

São Bernardo do Campo

Japan

Utsunomiya
Yokohama

Russian Federation

Moscow
Togliatti

France

Saint-Ouen

Korea

Seongnam-Si

Sweden

Gothenburg

India

Bangalore
Chennai
Pune

P.R. China

Beijing
Changchun
Chongqing
Guangzhou
Shanghai
Wuhan

United Kingdom

Derby
York

Italy

Turin

USA

Ann Arbor

ETAS GmbH, Borsigstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany · Executive Board of Management: Friedhelm Pickhard, Bernd Hergert, Christopher White · Chairman of the Supervisory Board: Dr. Walter Schirm · Registered office: Stuttgart · Court of registry: Lower District Court (Amtsgericht) of Stuttgart, HRB 19033

Managing Editor: Anja Krahl · **Editorial Team:** Nicole Bruns, Jürgen Crepin, Claudia Hartwell, Silke Kronimus, Dr. Ulrich Lauff, Julia Noe **Authors contributing to this issue:** Andreas Berg, Dr. Simon Burton, Olaf Dünnebier, Dr. Martin Emele, Steffen Franke, Dr. Patrick Frey, Klaus Fronius, Daniele Garofalo, Robert Geiselman, Peter Heintz, Josef Henning, Stefan Hoffmann, Thorsten Huber, Henrik Jakoby, Dr. Fabian Kaiser, Dr. Thomas Kruse, Thomas Lenzen, Wolfram Liese, Julien Mothré, Christoph Müller, Christopher Pohl, Michael Prucka, Rajesh Reddy, Frank Ruschmeier, Hervé Scelers, Florian Schmid, Stefan Soyka, Michael Schrott, Dr. Frederic Stumpf, Peter Trechow, Dr. Peter Wegner, Dr. Thomas Wollinger · **Production management and design:** vogt grafik · **Translations:** Burton, Van Iersel & Whitney GmbH · **Printing:** Gmähle-Scheel Print-Medien GmbH · **Circulation:** German, English, Japanese, Chinese: 20,000 · **Figures:** Alstom Transport, Clemson University, ESCRYPT GmbH, Fiat Chrysler Automobiles, Formula Student Germany, fotolia.de, Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH, IPG Automotive GmbH, iStockphoto.com, Knorr-Bremse Systems for Rail Vehicles GmbH, Red Dot, Robert Bosch GmbH, shutterstock.com

© Copyright: 11/2015 ETAS GmbH, Stuttgart – All rights reserved. The names and designations used in this publication are trademarks or brands belonging to their respective owners. RealTimes is printed on chlorine-free, bleached paper. Printing inks and varnishes are environmentally safe, made from renewable resources, and contain no mineral oils. www.etas.com



