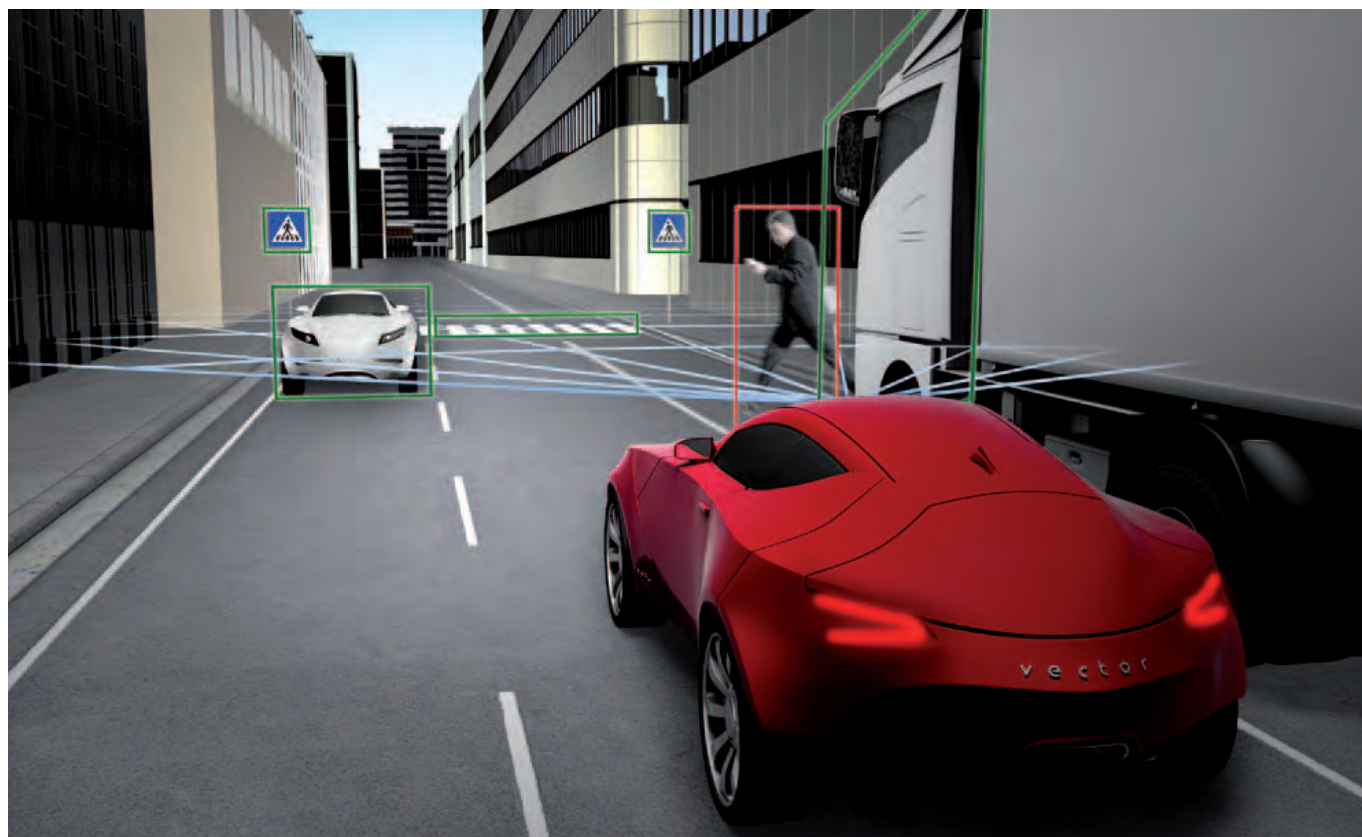


## 車載ネットワークとしてのIPとEthernet

～今日のアプリケーションから見た開発ツールの課題～



ほんの2、3年前まで、車載アプリケーションへのEthernetの使用は、診断アクセス以外には無理だろうというのが大方の意見でした。しかし、まもなくEthernet技術を利用した初めてのアプリケーションとして、カメラを用いたドライバー支援システムが登場します。IPとEthernetは自動車にとって新しいネットワーク技術であり、自動車メーカーやサプライヤー、この分野の開発ツールメーカーにとっては新たな挑戦であるにもかかわらず、想定される課題の多くはすでにクリアされています。

1991年にCANバスがMercedes Sクラスに採用されたのを皮切りに、LIN、MOST、FlexRayなどのバスシステムも車載ネットワークの技術として定着しました。CANは現在でも、パワートレイン系からボディー系に至るまで、車載ネットワークのアーキテクチャーのあらゆる部分で継続して使用されています。LINはいわゆるコンフォート系アプリケーションで、非クリティカルなシグナルをシンプルかつ低コストに伝える手段として最適です。帯域幅やリアルタイム性の要件が上限に達した場合は、経済的に見合う限り、CANに替わってFlexRayやMOSTが用いられます。今日の自動車では、これらすべてのバスシステムがセグメント化され、ゲートウェイを介してネットワーク接続されているのが普通です。

### Ethernet採用の動機

Ethernetは、オフィス内通信、産業(Ethernet/IP、ProfiNet他)、航空宇宙(AFDX®)などの分野において、標準技術として長く用いられてきました。自動車分野でもすでに診断アクセス(DoIP)での使用実績があります。自動車の研究開発部門では近年、Ethernetの帯域幅の拡張性と柔軟性から、他の領域への応用が検討されるようになりました。しかし、車両に適し、コストにも優れた配線技術が存在していなかったのです。

現在、自動車でのEthernet利用の牽引役となっているのが、カメラを用いたドライバー支援システムです。これまで、車載カメラにはLVDS技術(Low Voltage Differential Signaling)が使われてきました。しかし、そのために使用されるシールドケーブルは電磁互換性を確保できるものの、量産を考えると高価であり、車両への配線に用いるのは非現実的です。最近では、2芯UTPケー

ブルで100 Mbit/sの全二重通信を行う、CANに近い物理レイヤーが利用可能になりました。そしてこれが車両での使用に適しているという報告が随所でなされています(参考文献 [1]、[2]、[3])。

## IP開発ツールの要件

まず、開発ツールには従来のバスシステムで判明している要件が継続して求められます。第一に求められるのは、詳しいプロトコル解析機能と、スクリプトを使ったテストとテストレポートの自動生成も可能なシミュレーション機能です。それにゲートウェイが介在するので、市場で実績のあるマルチバス機能を拡張してEthernetとIPにも対応し、異なるバスシステム上でイベントの依存関係を調査できるようにすることも当然求められます。たとえば、現在主に行われているのはLINとCANの関係の分析ですが、将来的にはCANとIPの間の解析に目が向けられるはずで

す。従来と同じく、プロトコル解析では関連するすべてのアプリケーションシグナルにシンボリックかつ簡単にアクセスできるだけでなく、それらを論理的にもグラフィカルにも、思うままに解析できる機能が必要です。さらに、新しい要件も発生します。それは、バスの物理特性上必要になる要件と、多彩なIPプロトコルに対応する点から必要となる要件です。本稿では、現在のカメラシステムの例と、車載ネットワークにおけるIPとEthernetの他の4つの応用分野を基に、これらの測定タスクが製品開発部門でどのように行われるのか、また、専門的な要件が開発ツールにどのように反映されるのかを、システムマネージャーの観点から説明します。

## 1. カメラシステムネットワークとしてのEthernet

BMWは、複数のカメラをEthernetネットワークで結んだドライバー支援システムを量産車で初めてリリースする予定です(参考文献 [1])。自動車メーカーとサプライヤーは新しい物理レイヤーのBroadR-Reachを採用し、現在使用されているLVDS技術からの重量およびコストの削減を目指します(参考文献 [1]、[4]、[5])。BroadR-Reachは他のメーカーからライセンスが付与されるものです(参考文献 [6])。

カメラシステムのネットワークと、考えられる測定ポイントの例を図1に示します。これ以外の方法として、スイッチを介してすべてのカメラを直接接続することも可能です。これまで車両で用いられてきたバスシステムと同様に、データトラフィックの観察、解析、比較は、ネットワーク上の多様なポイントで時刻同期して行う必要があります。そのため測定用ハードウェアは、まず現在のバスの物理特性(BroadR-Reachなど)をサポートするだけでなく、将来の物理レイヤーに対しても対応できることが求められます。そのため、T字型コネクタを採用したマルチチャンネルの接続ポイントを持ち、システムへの影響を最小限に抑えてネットワークを監視できることが推奨されます。また、このT字型コネクタを経由して、アプリケーションを含むシステム機能を検証する際に障害状況を生成できることが求められます。解析タスクの他には、シミュレーション、もしくはネットワークの全セクションの(または部分的な)シミュレーションも必要で、そのための要件が測定用ハードウェアに求められます。

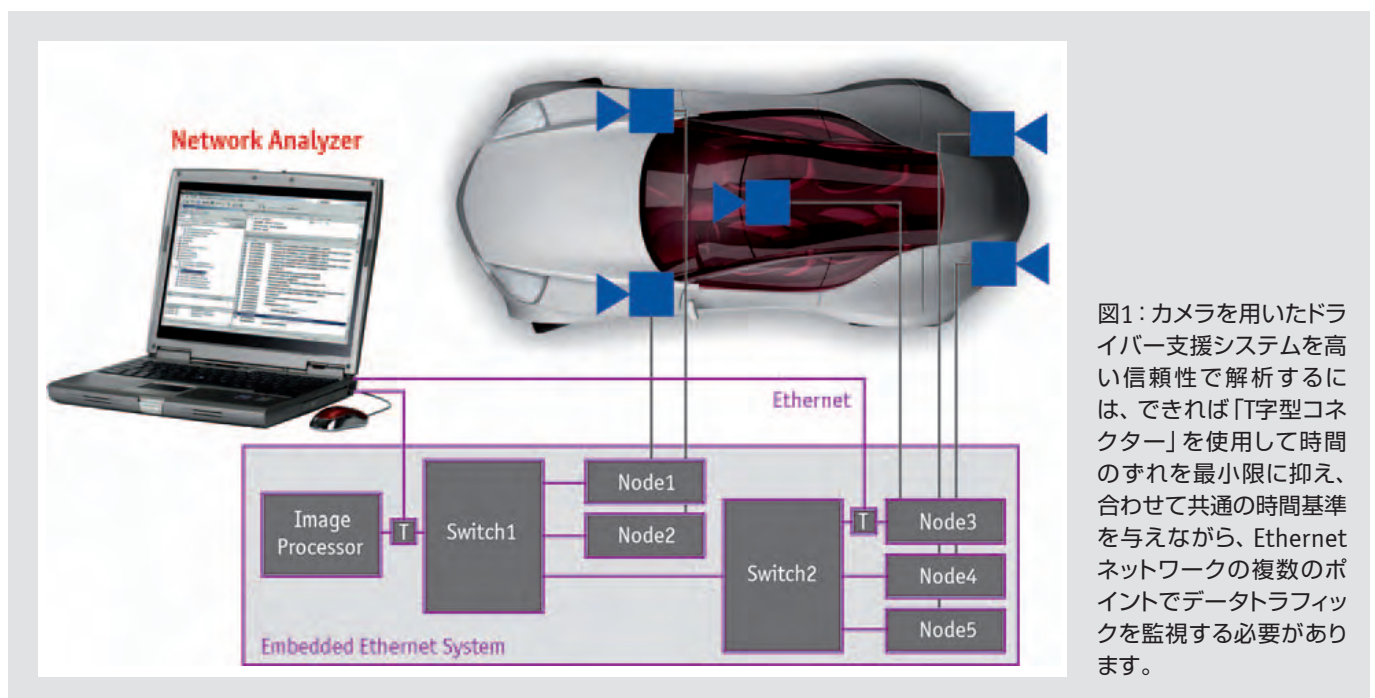


図1: カメラを用いたドライバー支援システムを高い信頼性で解析するには、できれば「T字型コネクタ」を使用して時間のずれを最小限に抑え、合わせて共通の時間基準を与えながら、Ethernetネットワークの複数のポイントでデータトラフィックを監視する必要があります。

カメラのアプリケーションでは、時刻同期とサービス品質 (QoS: Quality of Service) に関する要件が厳しくなります (参考文献 [4])。これらにはAVB (Audio Video Bridging) の拡張プロトコルで対処する必要があります (参考文献 [7])。今日では物理レイヤー (OSIレイヤー 1) についてメーカーの合意が見られましたが、コストやテストの面から、上位レイヤーでの標準化も求められています。

カメラのアプリケーションに各種のプロトコルが使われるだけで、測定ソフトウェアには新たな要件が必要になります。それは、アプリケーションに応じて、多様で非常に複雑なプロトコルを持つペイロード上のいくつものシグナルに対応し、それらを任意に操作するという要件です。表1 (参考文献 [7]) に基づきベクターが作成) の「Audio/Video」と「Control Communication」列はAVBで用いられるプロトコルですが、帯域幅を予約するためのプロトコルやその他のネットワーク管理プロトコルもあります (表1の右側4列)。これらをはじめとする表1内のプロトコルについては、以下で簡単に解説しています。

## 2. 診断アクセス

「Diagnostics over IP (DoIP)」技術を使えば、多様なバスシステムに接続されているすべてのECUに、外部テスターからEthernetでゲートウェイを経由してフラッシングを実行することが可能です (図2)。自動車メーカーのシステム開発部門では、このサービスを検証する必要があります。入り口となるECUはゲートウェイとして使われるため、接続されている各種バスシステム上を流れる診断データの解析だけでなく、IP側についての検証も重要です。診断に関するプロトコルとしては、ISO 13400と

IPv4が挙げられます。場合によっては表1にあるようにIPv6も含まれます。

## 3. 充電ステーション スマート充電

スマート充電は、単に家庭用コンセントに差し込む単純な充電ではありません。充電される車両は充電ステーションを介して一般配電網に通信線も含めて接続されます。そして、そのまま充電が始まるのではなく、まず、充電が必要であることが通知されます。複数車両の同時充電リクエストに対して、個別の充電プロセスを数秒間ずつ遅らせることで、配電網の過負荷を避けることができます。接続された車両は給電可能なバッテリーとして使用することも可能で、電気会社への支払額は自動で計算されます。

これはISO 15118として定義されている、Ethernet on IPベースのプロトコルを使った車両と充電ステーション間の通信によって実現されます。この際、充電ステーションは配電網と車両の両方と通信しています。自動車メーカーのシステムマネージャーにとって特に重要なのが、車と充電ステーション間の通信です。プロトコルの詳しい解析と検証は、充電プロセスを安全かつ確実に実行する上で絶対に欠かせません。開発ツールはこれらのプロトコルもサポートしなければなりません (表1内「Smart Grid」列)。

## 4. キャリブレーション、デバッグ、フラッシング

現在に至るまで、Ethernetは測定/キャリブレーションのプロトコルであるXCPとして、開発中ECUのキャリブレーション、デバッグ、フラッシングに使われてきました。ただし、コストの面から、量産車

	Diagnostic Access	Audio/Video Time Sync	Smart Grid	Control Communication	Service Discovery	Address Configuration	Address Resolution, Signalling, etc.
7 Application	DoIP	AVB IEEE 1722 802.1AS	ISO 15118 Part 1 (2)	SOME/IP	Bonjour	DHCPv6 DHCP	ICMPv6 ICMP NDP ARP
6 Presentation							
5 Session							
4 Transport	TCP/IP UDP		ISO 15118 Part 2	TCP/IP UDP	UDP		
3 Network	IPv4/ IPv6			IPv4/ IPv6			
2 Data Link	IEEE Ethernet MAC + VLAN (802.1Q)		ISO 15118 Part 3	IEEE Ethernet MAC + VLAN (802.1Q)			
1 Physical	100-Base-Tx	BroadR-Reach		Automotive Ethernet Physical Layer (e.g. BroadR-Reach)			

表1:車両アプリケーションのIPプロトコルをOSI参照モデルにマッピングし(左側の列)、管理機能も併記しています(右側の列)。新しいプロトコル(赤)とオフィス内通信の従来のプロトコル(灰色)の両方が使われます。

にはEthernetでのアクセスは使用されず、キャリブレーションとプログラミングには既存のプロトコル (CCPまたはXCP on CAN) が用いられています。今後、Ethernetが車両に搭載されるようになればデータの転送レートが大幅に上がるため、XCP on Ethernet経由の測定/キャリブレーションは、車両メーカーにとって量産段階で非常に魅力的なポイントとなるでしょう。

## 5. WLANとCar2x

Car2xはいわば車車間および車両とインフラストラクチャー間の車外通信です。そのアプリケーションはコンフォート系機能から交通量の最適化、交通安全の向上 (ドライバー支援システム) まで多岐にわたります。この技術はすでにプリプロダクション開発の段階に入っており、標準化もかなり進んでいます。欧州の規格はIPベースのプロトコルで、物理レイヤーにはIEEE 802.11pが使われています。

システムマネージャーの立場から言えば、車載アプリケーションがCar2xに対応することによって、測定技術が扱う範囲は個別の車両の枠を超え、周辺の多くの他の車両やRSU (路側ユニット) にまで拡大します。ターゲットECUは車両に設置されているバスシステムのみならず、トラフィック上の他の要素と無線インターフェイスを介して通信します。そのため開発ツールは、これらIPベースのプロトコルもサポートしなければなりません。さらに、高周波数の領域 (5 GHzのWLAN) では、その他の要件も浮上します。

## アプリケーションや測定ツールのための多様な新プロトコル

表1には、アプリケーション依存の多様な伝送レイヤーとプロトコルの例をまとめています。開発ツールは、これまで発生した事例に基づいて、これらをそのままサポートしなければなりません。ここにはオフィス内通信の分野で使われているプロトコルも含まれていますが、大部分を省いて簡略化し、一部のプロトコルを掲載しました。灰色で示されているのは、オフィス内通信から流用されたプロトコルです。新しく車両アプリケーション用に追加されたものは赤で示されています。

測定システムには、すべての関連するプロトコルを解決し、すべてのネットワークイベントの因果関係 (正しいシーケンス) を明らかにするというタスクがあります。そのため、すべてのバスのドメインに共通した基準時刻で、かつ十分な精度で測定できることが望ましいといえます。

## IP量産プロジェクトの検証

上記のアプリケーション事例の評価から分かるように、複数のバスシステムにまたがるマルチバスアプリケーションの場合、一般的なオフィス内通信向けのEthernetツールでは、因果関係分析はもちろん、時間分析を行うことすらほとんど不可能です。オフィスで使われるEthernetは、自動車の分野で使われるEthernetとは異なります。使用されている特定のインターネットプロトコルも同じではありません。物理レイヤーの要件がそれぞれで大きく異なるのと同じく、IPもアプリケーションに応じて種類や複雑さが異なるのです。

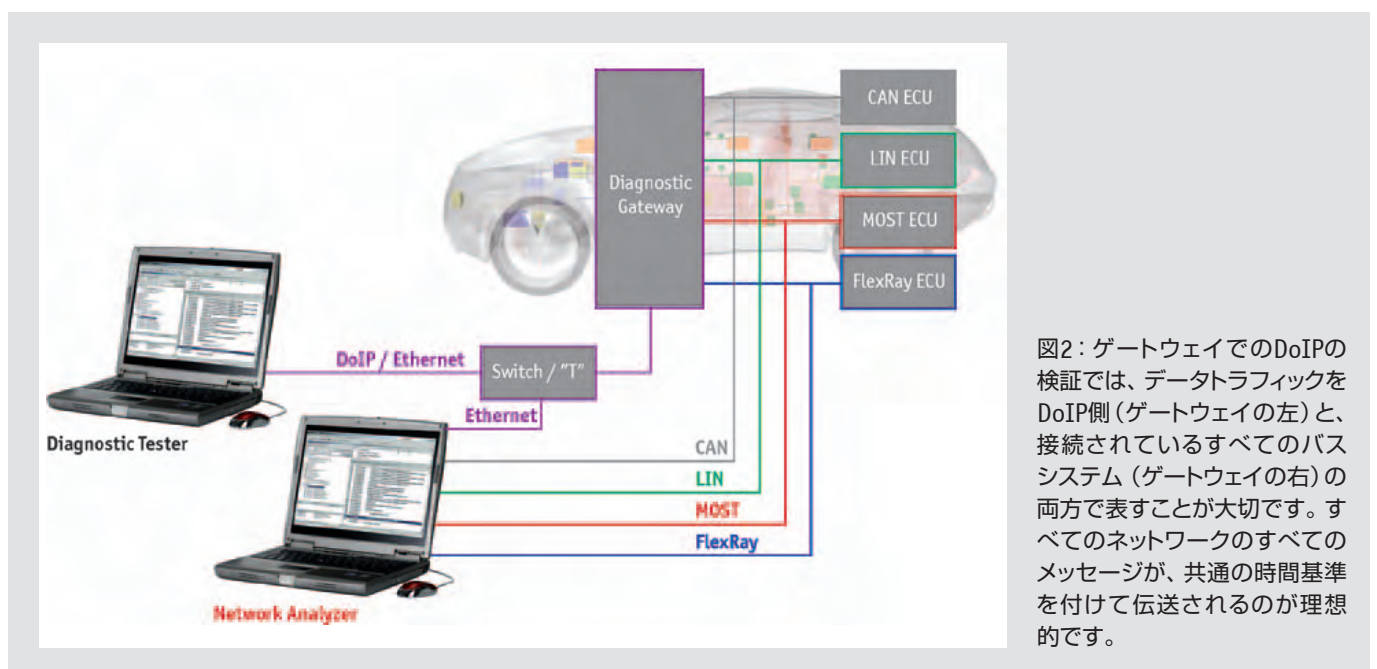


図2: ゲートウェイでのDoIPの検証では、データトラフィックをDoIP側 (ゲートウェイの左) と、接続されているすべてのバスシステム (ゲートウェイの右) の両方で表すことが大切です。すべてのネットワークのすべてのメッセージが、共通の時間基準を付けて伝送されるのが理想的です。

開発ツールや生成した組込コード内でプロトコルのシグナル構成を表現するには、それに適した設計用フォーマットが重要です。FlexRayに一般に使われるのはFIBEXですが、CANではDBC形式が一般的な設計用フォーマットとして使われます。ただし、EthernetとIPを使用する新しいシステムネットワークのデータベース形式には、もはやDBC形式では対応することができません。もし、自動車メーカー間で共通の設計フォーマットが合意されれば、ツールサプライヤーとしては歓迎します。有力候補として挙げられるのは、FIBEX 4.0およびAUTOSAR System Description形式です。他の産業分野でもそうであるように、まもなくツールサプライヤーが、解析やコード生成のための適切な開発ツールを市場に提供し始めることでしょう。

## 車載ネットワークの展望

ここで説明したCAN以外のバスシステムは、少なくともこの先10年は使われることでしょう。一方、CANは10年を超えて長期的に使用されていく見通しです。しかし、帯域幅、柔軟性、経済性への要求が高まるのに伴い、アプリケーションでのIPとEthernetの利用は拡大していくと予想されます。ゲートウェイを介した複数のバスシステムの接続は、今後も現在と変わらずに行われていき、そこにEthernetとIPが加わるのです。カメラのアプリケーションの場合と同様に、新たな問題が将来のIPアプリケーションの、あらゆるプロトコルのレベルで生じるかもしれません。しかし、適切な開発ツールがあれば、それらの問題を克服することは可能です。

## IP開発ツールの展望

自動車業界では、IPを取り入れた開発ツールは今後も推進されるべきです。そして、それらのツールはあらゆるプロトコルレベルをサポートする一方で、業界の一般的なツール環境にも適合しなければなりません。特にツールサプライヤーは、自動車メーカーにおける製品開発プロジェクトの検証に適した開発ツールを提供することが求められます。もちろん、それを実現するためにはツールサプライヤーの製品導入に関する支援も提供されることが理想的です。

現時点ですでに、ベクターの実績あるシミュレーション/テストツール「CANoe」をベースにした「オプションIP」製品は、これまで説明したEthernet開発ツールに求められる要件をカバーしています。CANoe.IPIはEthernet独自の機能とマルチバス機能を幅広く備えているため、これを用いて開発期間を短縮し、貴重なリソースをアプリケーション開発においてより有効に活用することができます(図3)。車載ネットワーク開発のためのCANoe.IPIは、CAN、LIN、MOST、FlexRayといった確立されたバスシステムにおいてすでにスタンダードとなっている、あの使いやすさをお届けします。CANoe.IPIは高度な拡張性を備えており、基本的に3つのインターフェイスのオプションをご用意しています(図4)。最も単純な「Case 1」は、Windowsコンピューター上の既存のあらゆるネットワークカードと動作します。BroadR-Reachを使用する、あるいはテスト用に通信障害の生成も必要な場合は、ベクターの新しいVN56xxシリーズをハードウェアインターフェイスとして使用できます(「Case 2」)。VN56xxを利用することによってIPチャンネルと他のバスシステムの間の実タイム性が大幅に向上します。将

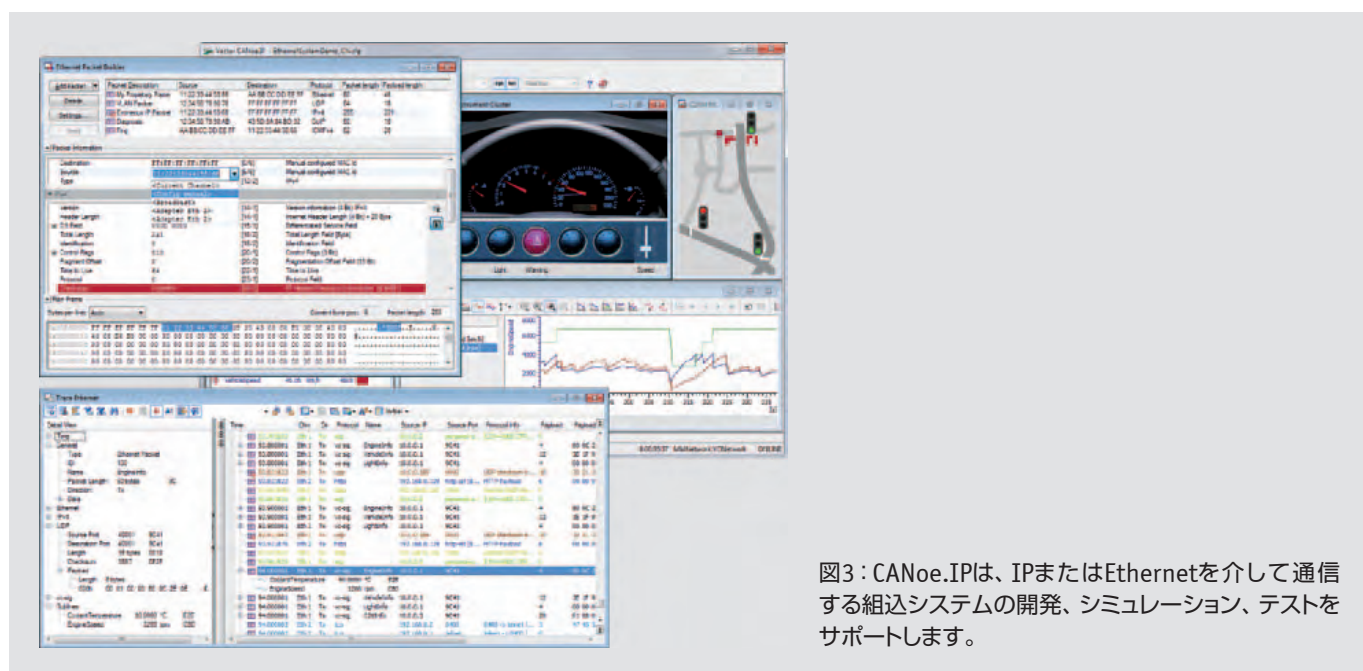


図3: CANoe.IPIは、IPまたはEthernetを介して通信する組込システムの開発、シミュレーション、テストをサポートします。

来的にネットワークシミュレーションおよびエミュレーションノード実行で高いリアルタイム性能が求められた場合は、CANoe.IPをリアルタイムハードウェアのVN8900と併用できます。これはもちろん、インターフェイスハードウェアのVN56xxとシームレスに機能します (「Case 3」)。

AFDX®は、Airbus Deutschland GmbHの登録商標です。

### 参考文献：

- [1] Bogenberger, R., BMW AG: IP & Ethernet as potential mainstream auto-motive technologies. Product Day Hanser Automotive. Fellbach, 2011.
- [2] Neff, A., Matheus, K, et al.: Ethernet & IP as application vehicle bus in use scenario of camera-based driver assistance systems [German lecture]. VDI Reports 2132, Electronics in the motor vehicle. Baden-Baden, 2011. pp. 491-495.
- [3] Streichert, T., Daimler AG: Short and Longterm Perspective of Ethernet for Vehicle-internal Communications. 1st Ethernet & IP @ Automotive Technology Day, BMW, Munich, 2011.
- [4] Nöbauer, J., Continental AG: Migration from MOST and FlexRay Based Networks to Ethernet by Maintaining QoS. 1st Ethernet & IP @ Automotive Technology Day, BMW, Munich, 2011.
- [5] Powell, S. R., Broadcom Corporation: Ethernet Physical Layer Alternatives for Automotive Applications. 1st Ethernet & IP @ Automotive Technology Day, BMW, Munich, 2011.
- [6] NXP Develops Automotive Ethernet Transceivers for In-Vehicle Networks November 09, 2011, www.nxp.com/news/press-releases/2011/11/nxp-develops-automotive-ethernet-transceivers-for-in-vehicle-networks.html.
- [7] Völker, L., BMW AG: One for all, Interoperability from AUTOSAR to Genivi. 1st Ethernet & IP @ Automotive Technology Day, BMW, Munich, 2011.

### 提供元：

見出し画像/表1/図1~4：Vector Informatik GmbH

### リンク：

ベクターのIP/Ethernetソリューション

[http://www.vector.com/vj\\_ip\\_ethernet\\_solutions\\_jp.html](http://www.vector.com/vj_ip_ethernet_solutions_jp.html)

CANoe.IP

[http://www.vector.com/vj\\_canoe\\_ip\\_jp.html](http://www.vector.com/vj_canoe_ip_jp.html)

EV/HEVソリューション

[http://www.vector.com/vj\\_electric\\_vehicles\\_jp.html](http://www.vector.com/vj_electric_vehicles_jp.html)

### 執筆者：



#### Hans-Werner Schaal

University of Stuttgartで通信工学を、米国オレゴン州のOregon State Universityで電子工学およびコンピューター工学を学び、オープンネットワーク製品のビジネスデベロップメントマネージャーとしてVector Informatik GmbHに勤務しています。ベクターに入社する以前は、各業界で開発技術者、プロジェクトリーダー、製品マネージャーとして、いくつかのネットワーク技術の試験ツールを扱ってきました。

### ■ 本件に関するお問い合わせ先

ベクター・ジャパン株式会社 営業部

(東京) TEL: 03-5769-6980 FAX: 03-5769-6975

(名古屋) TEL: 052-238-5020 FAX: 052-238-5077

E-Mail: [sales@jp.vector.com](mailto:sales@jp.vector.com)

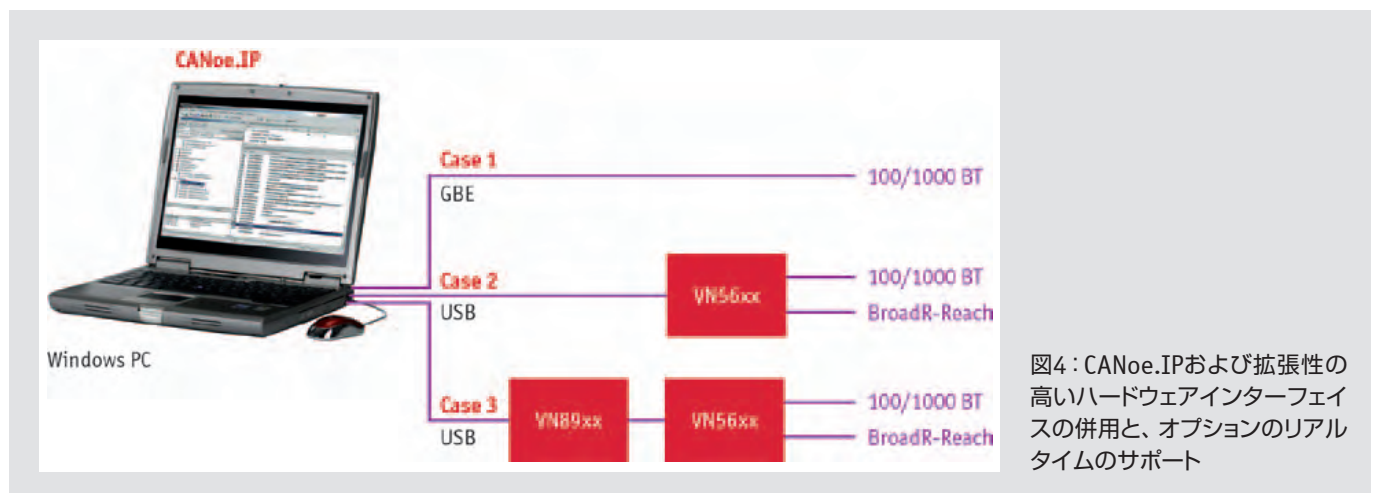


図4：CANoe.IPおよび拡張性の高いハードウェアインターフェイスの併用と、オプションのリアルタイムのサポート