

車載LAN開発への取り組み

Approaches to the Development of the In-Vehicle LAN System

野	海	薫	Kaoru Noumi
西	橋	奨	Susumu Nishihashi
石	川	幸男	Yukio Ishikawa
高	橋	淳二	Junji Takahashi



要 旨

近年、安全・快適・クリーンな車を実現するために電子制御の高機能・高度化が著しい。これに伴い一つの電子制御ユニットによる集中制御が不可能となり、車載LANによる分散制御や複数のECUによる統合制御が行われるようになって来た。本誌では電子制御で重要なプラットフォーム技術となってきた車載LANに対する当社の取組みと、近年の開発テーマであるゲートウェイ技術の開発について紹介する。

Abstract

Nowadays, the electronic control system has become more intelligent and advanced to make cars safer, more comfortable and environment-friendly. With this trend, it becomes more difficult for an electronic control unit to centrally control all the system in a vehicle, which leads to decentralized control by using the in-vehicle LAN or integrated control by multiple electronic control units. This paper introduces both our approaches to the development for the in-vehicle LAN system that is becoming crucial platform technology for the electronic control system, and our development of the gateway technology for networking that is one of our current development themes.

1

はじめに

21世紀を迎えて自動車に対する環境面や安全・快適性への要求が一層高まり、それを実現する手段として電子制御装置（ECU：Electronic Control Unit）の数は年々増加しており既に高級車では100個程度のECUが搭載されている。これらの自動車ではECU間でセンサ情報やアクチュエータ機能を共有して協調あるいは統合した制御を行うために種類以上の車載LANが採用されている。

当社で開発するECU（エンジン制御ほか）においても既に大半が車載LAN対応されており、車載LANはECUサプライヤとして重要な要素技術と位置付けて開発を行ってきた。

本稿では、当社が取り組んで来た車載LAN技術の内容と現在開発中のゲートウェイ技術の概要を紹介する。

2

車載LAN技術開発への取り組み

2.1 車載LANの歴史

1980年代既に北米・欧州にて車載LANの通信プロトコルが開発され一部の自動車で採用されていたが、ECUの数がさほど多くなかったこの時期は、1対1のジカ線接続で非同期シリアル（UART）通信を使用する例が多かった。1990年代半ばECUの数が増加し同一センサの情報を多数のECU制御で使用したいという要求が出てくると、それまでのジカ線ではコスト・信頼性・搭載性での問題があるため、自動車メーカ各社は本格的な車載LANの採用をはじめた。当社でもこの時期、トヨタ自動車が開発されたボデー系通信プロトコルBEAN（Body Electronics Area Network）に対応したゲートウェイECUを開発している。これはディーラでオプション設定される車両盗難防止装置などのECUをBEANに接続して情報リンクさせるためのゲートウェイ機能を持つECUである。近年ではボデー系ローカルバスとしてはLIN（Local Interconnect Network）が広く普及している。

2000年代に入り「走る・曲がる・止まる」の性能向上を目的としてエンジン制御やブレーキ制御などのECU間でも多くの情報をやりとりする必要が出てきたことと、ダイアグノーシス（故障診断）の機能向上のために急速に車載LANの標準装備がはじまった。今日では制御用としてCAN（Controller Area Network）が広く普及している。当社では2002年にトランスレートECUという製品で本格的なCAN開発を行った。これは従来のジカ線シリアル通信しか持たないECUをCANに接続させるためのプロトコル変換を行う一種のゲートウェイECUである。その後はエンジン制御を主としたECUのほとんどにCAN通信機能を採用している。



図-1 当社製ゲートウェイECU(左)とトランスレートECU(右)
Fig.1 Gateway ECU (left) and Translate ECU (right) of FUJITSU TEN

2.2 車載LAN評価技術開発への取り組み

現在では、LINやCANなどの代表的な通信プロトコルはISOなどの標準化団体にて規格化が進み、ECU設計は効率的に行えるようになってきた。しかしながら、車載LANの構造（繋がるECUの数、配策経路、電子部品の特性違いなど）は同一自動車メーカであっても車種ごとに様々であり車載LANの設計要件が異なる場合が多い。このような状況で通信機能の高い信頼性を確保したECUを提供するためには、車載LANの高度な評価技術が必要とされる。当社では早くからこの点に着目して独自の評価技術開発を行ってきた。現在まで自動車メーカで指定される評価項目に加え独自の評価項目を実施してECUの品質向上を図っている。実際の車載LAN構造を想定した評価では、通信線の断線・短絡や異常フレームの発生をその部位で想定した場合に膨大な検査パターンの評価を実施しなければならなくなるが、当社では2003年に自動評価装置（MCC：Multi Communication Checker）を導入して評価の効率化と品質の向上を実現している。（図-2）

当社では従来よりECU開発効率化のためHIL（Hardware In the Loop）シミュレータ（製品名CRAMAS）を自社開発しており現在では社外の多数ユーザにも提供している。MCCはこのCRAMASをECUの車載LAN機能の自動評価用としてカスタマイズさせた仕様になっており、効率的な評価を可能としている。MCCの導入により、評価工数が大幅に削減でき、かつ作業者に依存しない安定した評価結果が得られるようになった。また、新しい評価パターンを容易に追加することができ、評価技術の蓄積にも有効となっている。

現在、MCCはCANおよびLINの通信プロトコルに対応しており、自動車メーカや他ECUサプライヤでも活用されている。



図-2 CRAMAS MCC
Fig.2 CRAMAS MCC

CRAMAS MCCの特徴

機能評価の効率化

- ・ 当社ECU適用例) 導入後で評価工数55%減

検査結果の信頼性向上

- ・ 作業者に依存しない一定の結果を得られる

評価技術の蓄積が容易

- ・ 優れたGUI機能で検査パターンを容易に作成しデータベース登録できる

2.3 車載LAN技術の動向

2005年前後から車載可能なレーダやカメラなど新しいセンサが開発され、これらセンサとともにプリクラッシュセーフティなどの先進安全機能を実現する新しいECUが搭載されるようになった。これにより車載LANに繋がるノード数と情報量が急激に増加したため、複数のサブネットワークで車載LANを構成するマルチチャンネル化が進んでいる。現在、高級車では3~4チャンネルのCANサブネットワークに複数チャンネルのLINローカルネットワークを持つ車載LANが実現されている。これらサブネットワーク間の情報伝達は専用のゲートウェイECUを設定するか、もしくは複数のサブネットワークに繋がる必要のあるECUにゲートウェイ機能を持たせて実現している。

今後の車載LANトレンドとしては、図-3に示すように走行制御系や運動制御系では今後のX-by-Wire化に向けて規格化が進むFlexRayがCANに変わって採用され、周辺監視機能など大量の情報を扱う情報系ではMOSTやIDB1394が次世代通信として普及される見込みである。これら高速な通信プロトコル採用により多くの情報をやりとりできるようにはなるが、ECUの数が劇的に減らない限りは複数サブネットワークによるマルチチャンネル化は続く見込みであり、MOST (もしくはIDB1394), FlexRay, CAN, LINによる階層化されたマルチチャンネル化が近い将来のLAN構造と想定される。(図-4)

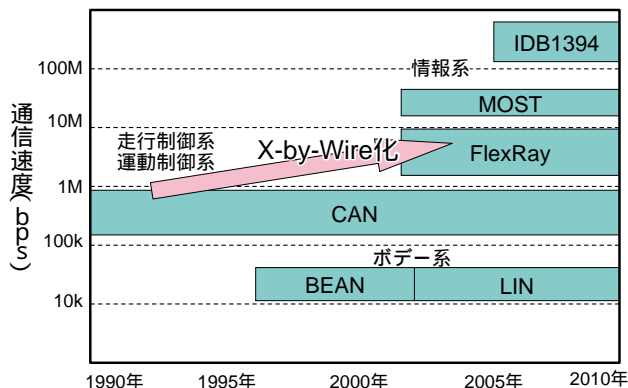


図-3 車載LAN技術の動向
Fig.3 Technological Trend of In-Vehicle LAN

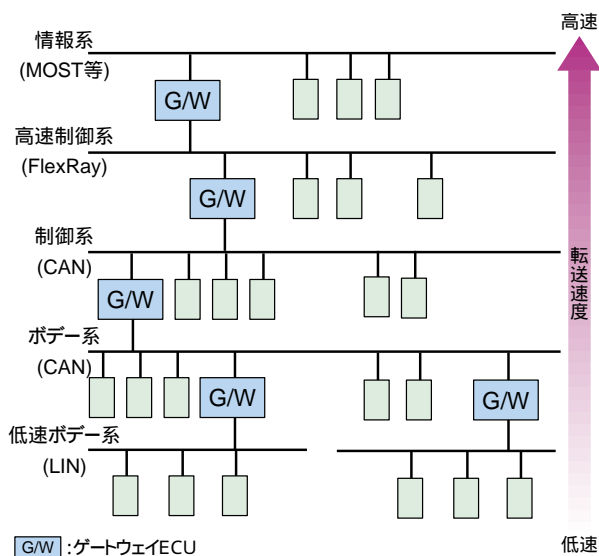


図-4 将来のLAN構造
Fig.4 Future LAN Structure

2.4 今後の車載LAN技術への取り組み

近年著しく拡張する車載LANに対して、自動車メーカーでは開発効率化や信頼性確保が課題となっており車載LANの構造を標準化する動きがある。電子装備の少ないコンパクトカークラスから多くの電子装備を持つ高級車クラスまで適用できる拡張性のある車載LAN構造を模索している。当社でも2003年よりECUサプライヤとして自動車メーカーとともに車載LAN構造の標準化検討を進めてきた。現在主流の複数のCANサブネットワークで構成されるマルチチャンネル車載LANを前提とした場合、その構造の標準化にはサブネットワーク間の情報伝達を行うゲートウェイ機能の性能向上が必要であることが明らかになった。今後FlexRayなどのより高速な通信プロトコルが一部サブネットワークに採用された場合でも、ゲートウェイ機能の性能向上が車載LAN構造の標準化にさらに寄与することになる。これら検討結果を踏まえて当社では2004年より本格的にゲートウェイ機能の性能向上を目指した技術開

発に着手している。今回、基本的な開発に目処が付き、製品開発段階になったのでその開発概要を以下に紹介する。

3 ゲートウェイ技術開発の概要

3.1 性能向上の要件

今後の先進安全機能の開発動向を考慮すると、ECU間でよりきめ細かな情報交換を行い高度な統合制御が行われていくことになる。各ECUは一定の周期でフィードバック制御を行う必要があるため、ECU間での情報伝達が不用意に遅延したり途絶したりすることは許されない。ゲートウェイ機能としては最小時間でデータ中継することが求められる。従来のゲートウェイ機能は、専用ECUもしくはエンジン制御ECUなどに搭載されており、16または32ビットマイコンでソフトウェア処理されている。データ中継の遅延時間はマイコンの処理能力と中継するデータ量によって大きく左右されることになり、今後の中継データ量増加を見込むと従来のゲートウェイ機能では中継遅延時間が悪化し統合制御が成立しなくなる。

また、電子装備品の増加とともにそれらの車両搭載バリエーションが増加している。個々の車両形式での条件により同じECUやセンサであっても接続されるサブネットワークが異なるケースがある。例えば、ある車両形式ではセンサ(A)がサブネットワークAに接続され、サブネットワークBに接続されるECU(B)にデータを送っているが、別の車両形式ではセンサ(A)がサブネットワークBに接続され、サブネットワークAに接続されたECU(B)にデータを送るということになる。ゲートウェイ機能としてはこのようなデータ中継仕様の違いに容易に対応できることが求められる。前述の従来技術では、ソフトウェアの設計変更によって対応することになるが、その都度膨大なソフトウェア検証が必要になり今後の車両搭載バリエーション増加に対応する設計工数と品質確保が課題となる。

今後のゲートウェイ機能に求められる性能向上要件をまとめると大きく以下の二つとなる。

性能向上要件

- データ中継処理能力を改善しその遅延時間を保証すること。
- データ中継仕様変更に対応し設計変更と検証が容易に行えること。

3.2 技術方策の検討

データ中継処理能力の改善方策を検討する上で、まず従来技術での限界をシミュレーションで明らかにした。マイコンモデルを含めたソフトウェアシミュレータにより従来ゲートウェイ機能のデータ中継遅延時間を定量測定した結果を図-5に示す。

シミュレーション条件

- マイコンモデルは一般的な自動車用32bitマイコン（動作周波数は最大100MHzまで実施）
- ゲートウェイ機能は従来ソフトウェアを使用（チャンネル数を増やす設計変更は実施）
- 車載LAN構造は2008～10年を想定
 - ・CANサブネットワーク最大6チャンネル
 - ・ノード数、中継データ数は2008年の見込み値

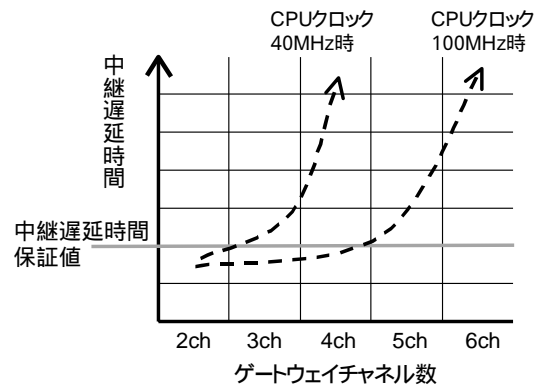


図-5 性能シミュレーション結果
Fig.5 Results from Performance Simulation

従来のソフトウェア処理では、CPU動作周波数を100MHzまで向上させてもゲートウェイチャンネル数（=サブネットワークチャンネル数）は4チャンネルが限界であり、5チャンネル以上ではデータ中継遅延時間の保証が出来なくなる。

また、従来ソフトウェアの機能ブロックごとに処理時間を詳しく分析した結果、ゲートウェイチャンネル数の増加によって、宛先チャンネルの検索（受信データをどのチャンネルに送信するのか）に著しい処理時間の増加を確認できた。

これら結果を踏まえて、当社は「宛先チャンネルの検索」を高速処理するためのハードウェア技術開発に着手した。当初ゲートウェイ機能全てをハードウェア化する案も検討したが、ハードウェア規模が大きくなりコストが課題となることと、重要なデータを中継するゲートウェイとしてあらゆるフェールセーフを実現しなければならないこと、更に車両型式の個別事情で特殊なゲートウェイ機能を実現しなければならないことが想定される為、ソフトウェア処理を残し柔軟に対応できる方策を取る事にした。

開発目標

- 従来の自動車マイコンに搭載できるコンパクトな「宛先チャンネルの検索」ハードウェアを開発すること。
- 開発されたハードウェアを搭載したマイコンでソフトウェア処理も含めてデータ中継遅延時間が保証できること。（ゲートウェイチャンネル最大6チャンネル）
- データ中継仕様変更に対応し設計変更と検証ができる機能を搭載すること。

3.3 ハードウェア化の概要

図-6に開発されたハードウェア概要を示す。

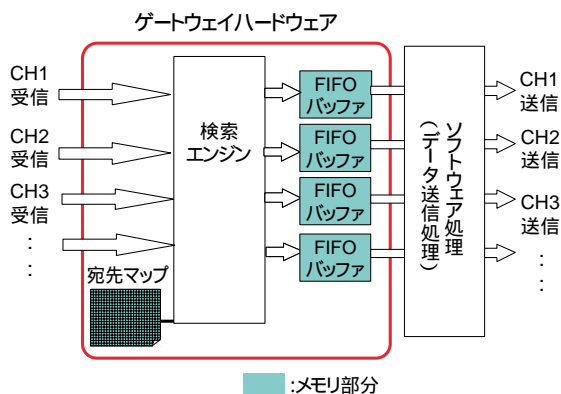


図-6 ハードウェア概要

Fig.6 Rough Image of Gateway Hardware

受信された中継データは、あらかじめ設定しておく宛先マップに従い、検索エンジンで自動的に宛先チャンネルが検索され該当チャンネルの送信FIFOバッファに転送される。ソフトウェアで処理されるのは送信FIFOバッファに転送されたデータの送信起動のみとなるため、ソフトウェアの処理速度にデータ中継遅延時間が大きく支配されるようなことが無くなった。また、複数のデータを同時受信した場合でも、検索エンジンの処理は後段のソフトウェア処理部から見て並列処理相当の早さを持っているため問題とはならない。

更に図-7に示すようにサブネットワークに接続されるECUの場所が異なりデータの中継方向が逆向きになっても、設計変更なく対応できる機能もこのハードウェアに持たせた。

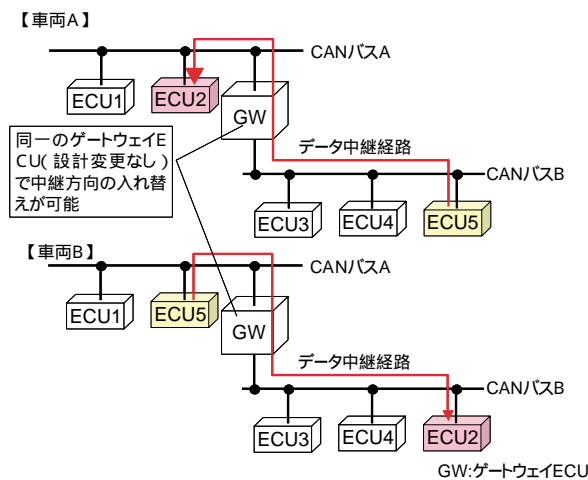


図-7 中継方向を限定しないゲートウェイ機能

Fig.7 Image of Gateway Feature Routing Data in Undefined Directions

3.3 製品化へ向けた取り組み

前述のハードウェアの基本開発は既に完了しており現在はCANサブネットワーク2~6チャンネルに対応できる次期ゲートウェイECUの製品開発を進めている。

まず基本開発されたハードウェアを具体的な自動車マイコンに搭載させるため半導体メーカーと共同で、ターゲットマイコンとFPGAの組合せによるプロトタイプ開発を行った。図-8がその外観である。



図-8 プロトタイプの外観

Fig.8 Appearance of Prototype

ハードウェア基本開発の段階でコンパクトな設計に配慮したつもりであったが、マイコンのチップサイズ(コスト)を具体的に検討した結果、使用するメモリをかなりダウンサイジングしなければならないことがわかった。自動車メーカーや半導体メーカーと要求仕様も含めた検討を重ね、データ中継処理能力を劣化させることなく宛先マップや送信FIFOバッファのダウンサイジングに成功した。既にプロトタイプによる実機検証も終えてマイコン仕様を固め設計を進めている。

一方、最大6チャンネルのゲートウェイ機能を実現するECUを開発するにあたり、その評価技術は従来以上に重要となってくる。特に、6チャンネル間のデータ中継処理能力を定量的に評価するためには、中継されるデータを同じ基準時刻を使って1ms以下の分解能でサンプリングする必要がある。また、6チャンネルに繋がる全ECUのLANデータを模擬してゲートウェイECUに与えることも既存の汎用計測装置では困難となる。現在、弊社では前述説明したMCCの機能拡張開発を進めており、次期ゲートウェイECUの製品開発に適用していく予定である。図-9に開発中の次期ゲートウェイECU評価装置の外観を示す。



図-9 次期ゲートウェイECU評価装置の外観

Fig.9 Appearance of Evaluation Device under Development for Next Gateway ECU

参考文献

- 1) CAN, <http://www.semiconductors.bosch.de/en/20/can/>
- 2) FlexRay, <http://www.flexray.com/>
- 3) 高橋他：CRAMAS_MCC_CANの開発，富士通テン技報Vol.43（2004）

登録商標

「CRAMAS」は富士通テン株式会社の登録商標です。

4

おわりに

今回、車載LANの歴史と今後の動向に合わせて弊社の制御系LAN技術開発に対する取り組みを紹介してきた。今回、開発されたゲートウェイ技術を基に今後の制御系LANの動向に対応させた開発を行っていく予定である。具体的には既にFlexRayへの拡張検討を行っている。また2010年以降では、統合制御からインフラ協調制御へと自動車の機能開発が進み、エンジン制御などの制御系ECUとAVCなどマルチメディア系ECUの連携・融合が一層進むことになると予想される。車載LAN技術もそれら機能開発に先行して進めなければならない。弊社は、制御系、マルチメディア系の技術に加えて無線通信技術を提供するサプライヤとして自動車メーカーから信頼される車載LAN技術開発のパートナーを目指して活動していく。

筆者紹介



野海 薫
(のうみ かおる)

2000年入社。以来、車載LAN開発に従事。現在、AE本部 先行開発統括部 先行システム開発部に在籍。



西橋 奨
(にしはし すすむ)

2004年入社。以来、CANゲートウェイの開発に従事。現在、AE本部 先行開発統括部 先行システム開発部に在籍。



石川 幸男
(いしかわ ゆきお)

2001年入社。以来、車載用LSI開発に従事。現在、開発本部 技術開発統括部 電子デバイス開発部に在籍。



高橋 淳二
(たかはし じゅんじ)

1984年入社。以来、自動車用電子機器の開発に従事。現在、AE本部 先行開発統括部 先行システム開発部部長。