解 説

CAN: Controller Area Networkの利用

Using the CAN: Controller Area Network

高 橋 博 由*

*ベクター・ジャパン株式会社オープンネットワーク部
Hiroyoshi Takahashi* *Vector Japan Co., Ltd. Product Line Open Networking

1. は じ め に

CANというと、最近になってリリースされるほとんどの乗用車、商用車に搭載されて...といったことは、多くの自動車関連エンジニアや一部の車マニアの方々にとっては、すでにご存じのことだろう。また車載ではない分野（一般産業分野、DeviceNetやCANopenとして）でも利用されていることをご存じの方もいると思う。

一般的に、ロボットを研究されている方はどうだろうか？すでにCANを実用化されている方々も含めて、この記事を読まれている方は、2003年本誌のCANについて書かれた記事を読んでいただいたかもしれない[1]。

すでに5年も前に書かれたことを今回の技術特集で「今使えるロボット通信技術」として取り上げるのはどうかとも思うが、昨年からRTミドルウェアの一部として採用される動きもあるので、例を交えてCAN通信について再び取り上げてみることにする。

これに当たって、まず読み終えた際のゴールを設定しておくこととする。対象は、ロボット関係の学生を含む研究者および技術者で、何かしらのネットワーク（通信）に関心があり、CANについて名前は分かるが使ったことがない、またはこれから勉強するという方々とする。

ゴール：「CANというのは難しくなく、
使えるかもしれない。試してみようか」
という印象を持ていただく。

としたい。

本文では、CANの概要、CANコントローラ内蔵マイコンとその仕組み、CANによる制御例、乗用車以外の応用例、ロボットへの応用といった順で進めていく。

2. CAN の 概 要

CANの生い立ち、技術的な特徴については、2003年の記事[1]を読んでいただきたい。ここでは、別の（使う人

の）視点でいくつかのポイントを挙げて、その解説をする。

(1) CANは、OSI通信レイヤモデルの第1層と2層だけを定義している。すなわち、物理層とデータリンク層のみ。通信速度は、10[kbps]~1[Mbps]。

(2) 利用するには、OSIモデルの上位層の設計が必要。標準化されたプロトコルも利用可能。

(3) メッセージの優先順位付けやエラーについては、ハード（CANコントローラ）に任せることができる。

(4) ほとんどのマイコンベンダーが、CANコントローラ内蔵マイコンをラインナップにしている。

(5) 開発および検証ツール、ノウハウが揃っている。
解説：

(1) および(2)：CAN(ISO 11898)は、OSIレイヤモデルでは、第1層+第2層までを定義しているだけである。したがって、この通信の仕組みをネットワーク通信として利用するには、上位層である第3層から第7層までの考え方を用意しなければならない(図1参照)。これを自由度が高いと見るか、使えないと見るかは、人それぞれ。上位仕様を標準プロトコルとして公開しているものも複数あるので、これらを利用するのもいい方法である。ファームウェアアップデートをCAN経由で行う例もあり、キャリブレーションや診断に関する規格もある。また、最高1[Mbps]という速度に限界を感じるかもしれないが、分散制御が基本で、必要な制御情報を受け渡す考え方となっている。

図1 OSIネットワークレイヤ上のCAN

原稿受付 2007年12月3日

キーワード：CAN, CiA, CANopen, Standard, RT-Middleware
〒140-0002 品川区東品川 2-3-12

*Shinagawa-ku, Tokyo

(3) および (4) : CAN コントローラが通信の細々としたことを制御してしまうので、このコントローラのためのドライバは、特別難しくはない。しかも、国内外のマイコンベンダーは、主に乗用車マーケット向けに CAN コントローラ内蔵マイコンを多数ラインナップしているので、現在利用しているマイコンにも対応品が見つかる可能性は高い。国内ベンダーの製品例としては、

- ・ルネサステクノロジ：H8S, SH2, SH4, M16C, M32R/C
- ・NEC エレクトロニクス：V850, 78K0
- ・富士通：F-M16LX, FR50

などがある。各社の Web サイトでは、自動車産業向けの詳細ページが用意されており、車載ネットワークについての技術情報を得ることもできる。

(5) : 乗用車という巨大マーケットのためにマイコン製品だけではなく、開発および検証ツールも様々なものが各社から提供されている。ロボットとまでは言えないとしても、最新の乗用車では電子制御化が高度に進み、組込技術の集大成とも見える。国産高級車向けのソフトウェア開発量は、金融システム構築と同程度という報告もあるほどである。こういった技術の通信インフラ部分を支えている開発支援ツール他を利用できるのも CAN 採用のメリットである。

開発支援の例：

- ・仮想ネットワークによる通信シミュレータ (MATLAB 他との連携も可能)
- ・CAN メッセージとデータをシンボリックに扱うデータベース
- ・CAN 通信アナライザ, CAN バスアナライザ
- ・障害発生装置, 通信検証ツール
- ・PC 用各種 CAN インタフェース
- ・CAN を利用するための組込ソースコード
- ・技術資料やトレーニング

3. CAN コントローラ内蔵マイコンとその仕組み

すでにマイコンを使った様々な制御を実現されている方に向けて、CAN コントローラを利用するためにその仕組みと利用するための手順 (CAN コントローラのためのドライバ概要) を挙げてみる。マイコンベンダーまたはシリーズによってはアーキテクチャが異なるので、代表的な例として理解していただきたい。

(1) CAN コントローラ

CAN コントローラは、マイコン内蔵の周辺 I/O のような位置づけで、メモリ空間に制御やデータの受け渡しを行うレジスタがマッピングされている (図 2 参照)。

多機能マイコンによっては、物理的なピンを複数の機能が共有しているものもあり、初期化に失敗する危険もある

図 2 CAN コントローラのメモリマップ例

ので注意が必要。ハードウェアマニュアルのこの手の記述を見ておく。

(2) 初期化

通信速度 (オシレータの周波数で設定値が決まる)、ビットサンプリングポイント、ハードウェアアクセプタンスフィルタ、メールボックスをどのように利用するか (CAN コントローラにメッセージフィルタリングをさせる Full CAN か、ソフトフィルタの Basic CAN か、加えて、複数あるメールボックスをそれぞれ送受信のどちらに使うのかなど)、これらの項目を初期値として与えていく。リセットの手順やレジスタへのアクセスは、マイコン仕様に依存する。

(3) 割込

割込要因の種類には、送信完了・受信完了・エラー・オーバーライト、が用意されている。マイコンによって、要因の詳細やタイミングが異なることもある。これらの要因に対して、割込ハンドラを用意することになる。

(4) メッセージの送信

送信用に設定したメールボックスの各 CAN メッセージのパーツに値を埋め込み、送信リクエストレジスタの該当するフラグを“ON”にするだけ。バスに対してメッセージが送信できた時点で、“送信完了”割込が通知される。バスビジー状態や優先順位が低く再送信が必要な場合があっても、CAN コントローラが面倒を見てくれるので、特別な処理は不要。

(5) メッセージの受信

“受信完了”割込として通知されると同時に、どのメールボックスに受信したのかもレジスタに反映される。割込ハンドラでは、該当するメールボックスからメッセージ ID, DLC, Data をコピーする。

(6) エラーハンドリング

基本的に“送信エラーカウンタ”と“受信エラーカウンタ”でエラー状態が管理される。ただ、カウンタの増減は、CAN コントローラ任せで直接書き換えることはない。CAN で定義されている各種エラーの検知も要因の区別も特別な

ソフトウェアの記述は必要なく、割込で通知された際に要因を調べるだけである。マイコンによっては、どのレベル(カウンタの値)で割り込むのかは、異なることがある。

ここまでは、かなりローレベルな部分の解説である。マイコンベンダーからサンプルとして CAN ドライバが提供されている場合もあるので、それを利用することで簡単に試すこともできるだろう。ただし、通信のため最低 2 ノード用意する必要があるし、動きを知るために通信アナライザもあるとよい。

4. CAN による制御例を見る

CAN に関心を持っていただいたとしても、実際に試す環境を揃えるのはそう簡単ではない。とりえず何か試したいという方のために、お手軽でかつ無償で利用する方法を紹介する。ただし、Windows PC で仮想 CAN バスによるものになる。

Vector 社では、製品のデモ版を無償で提供しており、仮想バスではあるが製品付属のサンプルを動作させることで、CAN 通信による制御の様子を知ることができる(図 3 参照)。

ここでは、製品名: CANoe (キャヌーと読む) デモ版「CANalyzer/CANoe 7.0」を利用して、サンプルデモ:「CANoe.CAN—System Demo High Resolution」を動作させてみることをお奨めする(図 4 参照)。

図 3 CAN 通信シミュレータ: デモ版

図 4 CAN 通信シミュレータ: スクリーンショット

車のダッシュボード、ドア、オーディオ他がグラフィカルに表示され、これを操作することで CAN メッセージとして送信されるデータが変化する。このサンプルでは、9 ノード分の仮想制御ユニットをエミュレートしている。乗用車の開発では、このようなシミュレーションツールに MATLAB 等を組み合わせて、開発の初期段階でより実践的な検証を行っている。

5. 乗用車以外の応用例

CAN の利用例としていつも乗用車が登場するが、CAN の上位層を標準化し、公開したことで利用範囲が大きく広がっている例を紹介したい。

まず、CiA: CAN in Automation という団体の Web サイトを見ていただきたい。

<http://www.can-cia.org/>

名前のとおり、オートメーション分野で CAN を利用する人のための団体である。実際は、「CAN 製品のベンダーとユーザーのための団体」と謳っている。企業または研究機関、個人がメンバー登録することができ、その会費で運営されている。基本は英語によるページだが、本誌が発刊される時点では、公式な日本語サイトができていないかもしれない(日本のメンバーが参加するマーケティング部会が日本語化を後押ししている)。

このトップページにある“CANopen”, “DeviceNet”, “J1939” が、代表的な CAN ベースのプロトコルである。ほかにもいくつかあるが、CiA が扱うのはこれら三つである。ただ CANopen は、CiA が中心に規格をまとめているもので、当然関連情報も多く掲載されている。ちなみに、DeviceNet は、ODVA: Open DeviceNet Vender Association, J1939 は、SAE: Society of Automotive Engineers によるものである。

CiA では、CANopen の応用例が相当数紹介されている。

- ・乗り物(乗用車、商用車、建機、農機、船舶、航空機、鉄道)
- ・組込システム(大型プリンタ、半導体をはじめとする各種製造装置および設備)
- ・医療システム(CT とその周辺、手術室の例)
- ・舞台装置やオリンピックでのランナー追従カメラ
- ・環境汚染の監視ネットワーク

などあらゆる分野での具体例を見ることができる。実は、ここにある情報は CiA が発行する季刊誌“CAN Newsletter”の記事で、この技術誌は CiA に登録することで、非メンバーでも無料で購読できる。CAN を利用している方はもちろん、検討中の方にも購読をお奨めする。

また CiA では、CANopen を広く利用してもらうために CANopen 規格の基本となる文書「DS-301: CANopen Application Layer and Communication Profile」を含め

図 5 CANopen 規格書の構成

図 6 CANopen デバイスモデル

て周辺の文書をメンバー以外にも公開している。規格の承認制度 (Conformance Test) もあるが、オープンマーケットに「CANopen 対応」として出さないものであれば必須ではない (推奨はされている) ので、CAN の上位層に当たるこのプロトコルを利用しない手はないだろう。

通信の基本仕様とそれに上乗せされているデバイスプロファイル・アプリケーションプロファイルからなる CANopen は、CAN に代わる物理ネットワークの上でも利用されることが考慮されている。実際、Ethernet, IEEE1394, LIN での例がある (図 5, 6 参照)。

6. ロボットへの応用

筆者自身は、直接ロボット開発に関わっていないのだが、ロボットを一つの組込システムととらえて以下話を続ける。

まず、CANopen, J1939 といったオープンプロトコルに携わっている者が考えるのは、CAN に限らず「標準化」が

必要だということ。将来的なロボットの利用分野として、サービスロボットが注目されているが、このマーケットに登場するであろうロボットは、多機能・多目的で安価、メンテナンスのしやすさなどが求められ、これらを一企業や一研究グループで何もかも開発するのは、かなりハードルが高いであろう。

乗用車業界でも似たような問題はあった。しかし、車載ネットワーク採用を契機にサプライヤを含めたメーカーグループ内でネットワークの共通プラットフォームができ、現在では主メーカーが集まり垣根を越えた標準化に動いている。また、その成果も見え始めている。

ロボット分野では、ロボット工業会、産総研、NEDO 他が中心に進めている OMG での RT 標準化に各研究者や関係者が注目していると思う。このプロジェクトの一部には、CANopen にロボット通信用プロファイルを立て上げる話もあるので、我々も非常に注目している。また、何らかの協力ができないかと考えている。

7. あとがき

ロボットを設計する上で、CAN が万能であるわけではない。ただし、安価で使いやすく、実績のあるものなので、部分的には有効な選択肢の一つとして挙げられるかと思う。乗用車分野では、すでに次世代と言われているネットワーク技術 (FlexRay) やマルチメディアを担うもの (MOST, IDB1394) が、研究・実用化されてきている。CAN がすぐにもこれらに取って代わられることはなく、複数のネットワークが適所に配置され、共存して相互に協調するシステムが実際の姿となるであろう。

冒頭で設定したゴールのように、「試してみようか」という気持ちを持っていたただけたらどうか? CAN 自体、使用に当たってロイヤリティを必要とするものではなく、すでにロボットに应用している例もあるので、トライしてみてもいいかだろうか。

参考文献

- [1] 青田, 早坂, 高橋: “CAN—Controller Area Network —”, 日本ロボット学会誌, vol.21, no.6, pp.632–636, 2003.

高橋博由 (Hiroyoshi Takahashi)

汎用計算機関連のファームウェア開発を経て、2002 年より、ベクター・ジャパン株式会社オープンネットワーク部長。CANopen, J1939 等の標準化されたプロトコルに関連した製品の開発・販売・サポートに従事。CANopen プロトコルトレーニングの講師も務める。