

フィールドバス通信ソフトウェアの開発

工業システム事業部

込堂 雅幸
Masayuki Komido

キーワード

フィールドバス, プロトコル, プロトコルソフトウェア, データリンク層, 応用層, システム管理, ネットワーク管理

フィールドバスという言葉が登場して久しいが、フィールドバス協会が世界統一フィールドバス仕様を目標に推進してきた仕様化の第一段階も終了し、今まさに各種フィールドバス機器が発表されようとしている。そのような中、弊社では、フィールドバスの核技術そのものであるフィールドバス通信ソフトウェアを独自開発したので紹介する。

Development of Fieldbus Communications Software

The term "fieldbus" has been in practical use for a long time before the Fieldbus Foundation began pursuing international standardization of a fieldbus specification. The first stage of work has now been completed and a variety of fieldbus devices are soon to be released. We have developed FF-conformant fieldbus communication software which provides the core fieldbus functionality in such devices.

1. はじめに

1994年9月にフィールドバス協会が設立されて以来、プロセス制御分野における世界統一フィールドバス仕様の実現を旗じるしとして、フィールドバスの仕様化がなされてきたが、PS(Preliminary Specification)の発行、その後のフィールド実証試験を経て1997年2月にFS(Final Specification) 1.1が制定されるに至った。その間、弊社はフィールドバス協会設立当初より理事会社として参加し、仕様化作業に積極的に協力するとともに、フィールドバスの世界統一仕様化推進のためにさまざまな支援をしてきた。一方、こうした仕様化と同時にフィールドバス仕様に準拠した通信ソフトウェア(以下プロトコルソフトウェア)の開発も手がけ、フィールドバス通信制御用LSIとともに、その開発を完了したところである。

本プロトコルソフトウェアが、フィールドバスシステムにおいて、必要不可欠な基本要素であることは改めて言う

までもないが、弊社においては、これが単なる通信技術ではなく、フィールドのあらゆる情報を確実かつ快適に取り扱うことができるネットワーク環境実現のための基礎技術と位置づけ、開発を行ってきたものである。本稿では、今回開発したプロトコルソフトウェアの構成とその主な機能について概説する。

2. フィールドバス通信の特徴

フィールドバスのプロトコルソフトウェアそのものの説明に入る前に、フィールドバス協会が制定したフィールドバス仕様(以下FF仕様)に関して、通信形態とその特徴について触れておく。フィールドバス通信は、主にプロセス制御分野で使用されることを念頭に仕様化されており、ここにはプロセス制御に最適な機能を提供するために、通信プロトコル上いくつかの工夫がなされている。以下、その特徴について記述する。

2.1 周期通信

プロセス制御分野においては、一般にプロセス量を測定し、その測定値と目標値とからPIDなどの制御アルゴリズムを用いて操作量を算出し、それを操作器に伝達することで1サイクルの制御動作が終了する。これら1サイクルの動作を一定周期ごとに繰り返し実行することでプロセスを連続制御し、結果としてプラントの安定が達成される。

従来、プロセス量および操作量の伝達には、4～20mAのアナログ信号が用いられてきたが、フィールドバスではその伝達にデジタル通信を用いることになる。そこで必要になってきた機能として、定周期伝達を可能にするデータ伝送方式がある。FF仕様では、こうした定周期伝達を可能にするため、ネットワーク上の全ノードに対する時間管理や周期管理が行えるしくみや周期的に通信が起動できるようなしくみを規定している。また、定周期伝達の起動周期は、定周期伝送したいパラメータごとに個別に設定することができるので、制御用パラメータ、監視用パラメータなど、各パラメータの用途に応じて最適な伝送周期を得ることができる。このようにして、プロセス制御に不可欠な周期通信の実現を可能にしている。(周期通信の例を図.1に示す。)

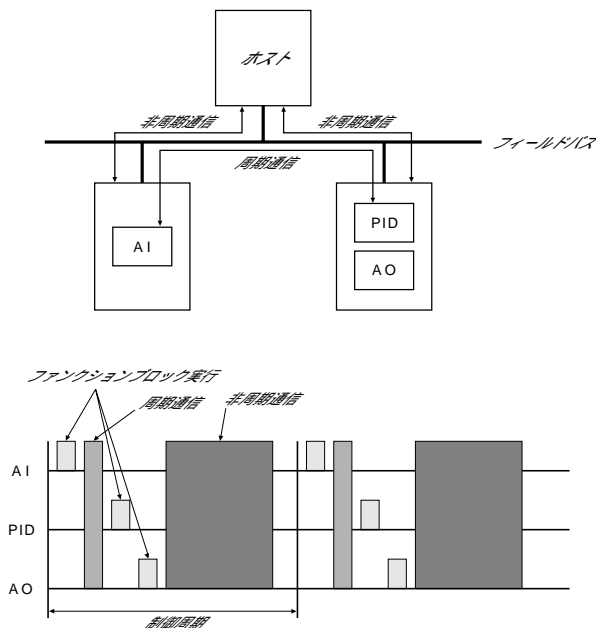


図.1 周期通信と非周期通信の例

2.2 非周期通信

周期通信の必要性については上述したが、フィールドバス上のすべてのデータ通信が周期通信で行われるわけではない。たとえば、マンマシンインタフェースのようなホスト機器があるフィールド機器のパラメータを画面に表示するような場合、その画面を表示する時点でパラメータを読むことができればよく、定周期に読む必要はない。このように必要が生じた時にのみデータ通信を行うような通信

形態を実現するために、FF仕様では非周期通信を規定している。また、こうした通信形態の場合、1回のデータ伝送で効率的にデータ授受できるように、あるまとまったデータを1フレームとして扱えるようにも工夫されている。

非周期通信には、その通信にかかわるノード数によって、1対1通信用と1対N通信用の2種類が定義されている。一般的な用途としては、ホスト機器がある特定の機器のパラメータをアクセスする場合には1対1通信を用い、フィールド機器がアラームなどを同報通知するような場合には1対N通信を用いる。(非周期通信の例を図.1に示す。)

2.3 LAS(Link Active Scheduler)

LASとは一言でいえば、フィールドバス上で行われる周期通信、非周期通信などを含むすべての通信を制御するためのネットワーク制御機能ということができ、フィールドバス仕様では、こうした通信制御機能を有するノードのことをリンクマスタと呼ぶ。LASは、周期通信を起動するためのトリガフレームの送出、非周期通信を行うために各ノードに対して送信許可を与えるフレームの送出、新たに接続された機器に対するサービスの開始、切断された機器に対するサービスの停止、ネットワーク上の時間管理のための時刻通知などの機能を有し、ネットワーク上のすべてのデータ通信、サービスに関する制御、調停を行う。また、これら一連のLAS動作は、必要とされるデータ通信に基づいてLASスケジュールとして作成される。それをリンクマスタにダウンロードすることで、ネットワークごとに通信を最適化することが可能になっている。このようにLASはフィールドバスのネットワークにおいては非常に重要な機能であり、これなくしてはフィールドバス上のデータ通信は一切行えない。したがってLASは2重化に対応しており、プライマリ側のLASが何らかの理由で動作停止した場合でも、バックアップ側のLASに自動的に切り換わることによって、ネットワークの継続動作が確保されるようになっている。

上述のように、LASはフィールドバス通信にとってはなくてはならない存在であるが、LAS機能を有するいわゆるリンクマスタとはあくまで論理的なノードであり、フィールドバス上に接続されるホスト機器、あるいはフィールド機器のいずれにも搭載可能になっている。これにより、リンクマスタとして特別な機器を必要とすることなく、フィールドバスシステムを構築することができる。

2.4 VCR(Virtual Communication Relationship)

VCRとは、各種データ通信を行うための論理的な通信端のことであり、各機器はこのVCRを介して論理的に接続される。すなわち、物理的には一対の伝送路を用いて、論理的に何本もの通信路を形成するための仮想的な通信端とい

うことができる。従来のアナログ機器とのアナロジーで言えば、各機器間をハードワイアリングするための端子に相当すると考えてよい。したがって、すべてのフィールドバス機器がこうしたVCRを持ち、VCR どうしを論理的に接続することにより、プロセス量の伝送や、機器パラメータの伝送を行うことができる。(図.2にVCRの接続例を示す) おのおののVCRにはその通信相手となる機器(正確には対象機器のVCR)の指定や、通信形態、通信制御方式など通信を行うために必要な情報が設定され、それらの設定に基づいてデータ通信が行われる。こうした意味では、VCRがネットワークのコンフィギュレーションそのものと言える。

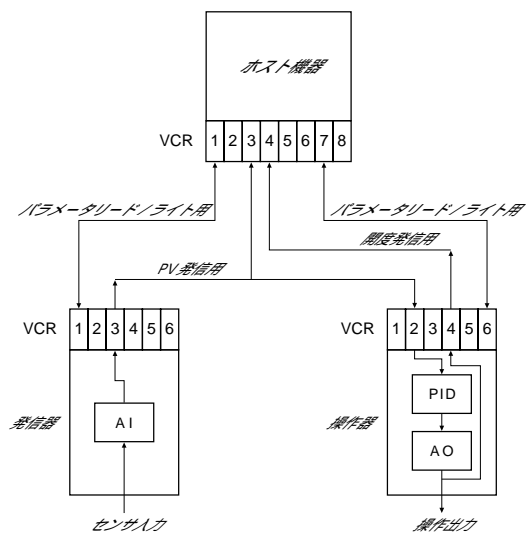


図.2 VCR接続例

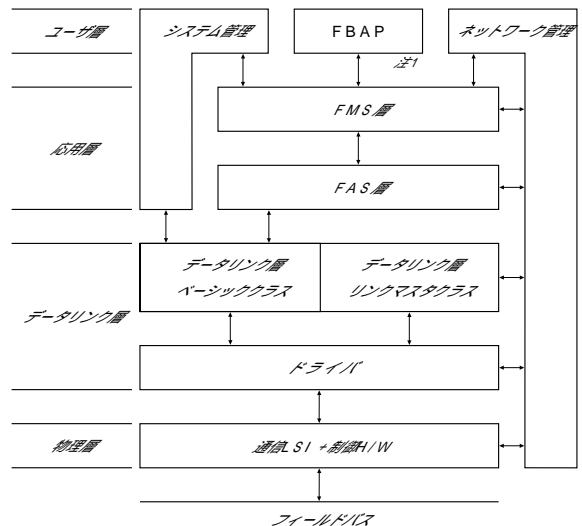
2.5 ファンクションブロック

プロトコルソフトウェアそのものではないが、FF仕様では各機器の制御機能をネットワーク上で共通に統一的に扱うことができるようにファンクションブロックを規定している。これは、フィールド機器のインテリジェント化に伴い、一定の機能をフィールド機器レベルで実行可能になったことに加え、これらの機能をファンクションブロックという形で標準化することにより、メーカを問わずに同様の手続きで各機器を扱えるようにしたものであり、これによっていわゆる相互運用性が確保される。

このように、FF仕様では、単なる通信プロトコルの標準化にとどまることなく、ファンクションブロックの標準化までを包含することで、各種フィールド機器同士の機能レベルでの互換性を確保できるよう配慮されている。弊社では、本ファンクションブロックについても自社開発しているが、本稿では、誌面の制約上、プロトコルソフトウェアの説明に限定させていただく。

3. プロトコルソフトウェアの構成

プロトコルソフトウェアの構成を図.3に示す。図から明らかなように基本的にはFF仕様で定義されている各レイヤーに基づいた構成になっている。具体的には、物理層を除いて、データリンク層、応用層、ユーザ層の各層ごとに機能分化しているが、システム管理とネットワーク管理に関しては、その提供する機能の性格上、複数の層にわたっている。このように、プロトコルソフトウェアの構成が各層に基づいて機能分散している理由は、各層間のソフトウェアの独立性を高めることで、各層ごとにソフトウェアの最適化や仕様変更・拡張といったメンテナンスを独立に行えるようにするためである。また、将来的にソフトウェアをLSI化するような場合に、層単位で容易に行えるように配慮した構成になっている。



注1)FBAPとはFunction Block Application Processのことである

図.3 プロトコルソフトウェアの構成

3.1 データリンク層プロトコル

データリンク層プロトコルは、弊社で開発したフィールドバス通信制御用LSI(FE-200)を制御し送受信を直接行うためのサービスを提供する部分(ドライバ)と、送受信されるデータのデータリンク層レベルでのデータフレーム処理を行う部分(リンク層)の2つに分けることができる。また、データリンク層は、さらにそのサポートする機能によりベーシッククラスとリンクマスタクラスの2つに機能区分される。ここで、ベーシッククラスとはLAS機能を持たないプロトコルであり、リンクマスタクラスとはLAS機能を持ったプロトコルである。

3.1.1 ドライバ

ドライバで提供されるサービスを表.1に示す。ドライバでは、基本的に上位のデータリンク層から発行される送信

要求を受け、実際にネットワークにデータフレームとして送出する。また、データフレームを受信した場合には、受信データフレームをリンク層に引き渡す。送信、受信とも結果の通知がなされる。通信 LSI 制御要求については、通信 LSI の動作を初期設定する際に用いられる。

3.1.2 データリンク層プロトコル(ベーシッククラス)

ベーシッククラスのデータリンク層はドライバの上位に位置し、ドライバを介して授受されるデータフレームを実際に処理したり、データフレームの送受信タイミングの制御をしたりする部分である。本リンク層で提供される機能は、大別して以下の4つに要約される。

(1) データフレームチェック機能

送受信されるデータフレームがデータリンク層の規定に照らして正しいかどうかのチェックを行う。具体的には、上位層からの送信要求が正しいかどうかのチェックを行うとともに、正しい場合には上位層からのデータフレームにデータリンクアドレスなどのデータリンク層プロトコルに基づいたヘッダを付加した後、データ送信要求をドライバーに発行する。あるいは、受信したデータフレームがデータリンク層プロトコルに合致した正しいフレームであるかどうかをチェックするとともに、正しい場合には、データリンク層レベルのヘッダを除去した後、上位層にデータを伝達する。このように、データフレームをデータリンク層プロトコルに基づいて評価し、

正しいフレームのみを有効なデータとして取り扱うようにする処理を行う。

(2) 通信データの信頼性確保

送信したデータが正しく相手に届いたかどうかの着信確認や、正しく届かなかった場合の再送などの処理を行う。また、1対1の非周期通信では、通信を行う前に一度だけ通信相手との間で論理的な接続を確立する必要があるが、いったん接続が確立された後、通信相手との接続が正しく維持されているかどうかを一定時間ごとに確認することも行われる。このように、データ通信の信頼性については、データリンク層の機能として実現される。

(3) ネットワークスケジュール調停機能

基本的にネットワークのスケジュールとは非同期に発行される上位層からの送信要求を、ネットワークのスケジュールに同期して正しいタイミングで送信するように調停する。これは、フィールドバスはLASによりすべての通信タイミングが決められているため、データ通信を行う場合には、各ノードごとに与えられる通信許可タイミングに同期して行う必要があり、したがって、リンク層では、上位層から発行される送信要求をいったんバッファリングしておき、送信できるタイミングになった時に実際に送信するよう制御している。

(4) 時間同期機能

ネットワーク上のLASから送信される時間同期用のデータフレームを受信し、それに基づいて自ノードの時

表.1 ドライバサービス

サービス項目	サービス内容
データフレーム送信要求	上位層からのデータ送信要求を処理し、フィールドバスに実際にフレームを送出する
データ送信完了通知	上位層からのデータ送信要求に対し、実際にデータ送信した結果を通知する。結果としては以下のものがある 1)正常に送信できた 2)正常に送信できなかった
データフレーム受信通知	データフレームをフィールドバスから受信したことを上位層に通知する 受信結果としては以下のものがある 1)正常に受信できた 2)正常に受信できなかった
通信 LSI 制御要求	通信 LSI の動作を規定するための各種設定を行う。主な設定には以下のものがある 1)アドレスフィルタの設定 2)各種タイマーの設定 3)自動送受信制御の設定 4)割り込み制御の設定

刻を調整する。ここで同期された時間は、ユーザ層で実行されるファンクションブロックの起動制御や、アラームデータやトレンドデータに付加される時間データとして使用される。本機能により、ネットワークに接続されているすべてのノードが共通した時間をもつことができ、ネットワーク全体として整合性をもって時間管理することが可能となる。

3.1.3 データリンク層プロトコル(リンクマスタクラス)

リンクマスタクラスのデータリンク層プロトコルは、LAS機能をサポートするためのプロトコルであり、LAS機能を有するノードのデータリンク層にのみ実装されるものである。本プロトコルは、ネットワーク上のバス動作を監視するとともにすべてのデータ通信の起動制御を行う。具体的には、周期通信の起動、非周期通信の制御、ネットワークの時間同期のための時刻通知、ネットワークに接続された、あるいは切断されたノードに対する処理、ネットワーク上の通信負荷状況に応じた通信スケジュールの動的対応などの機能を行う。また、自ノードがセカンダリLASの場合には、ネットワークが非アクティブな時間を計測し、一定時間を超えて非アクティブ状態が継続した場合には、プライマリLASがダウンしたとみなし、LASの機能を起動する。

このように、データリンク層プロトコルは、フィールドバス上で行われるすべてのデータ通信を正しいフレームとして、一定の信頼性を保ちつつ、適切なタイミングで行う機能を果たし、通信上きわめて重要な位置づけとなっている。

3.2 応用層プロトコル

応用層プロトコルは、FF仕様上は、FMS(Fieldbus Message Specification)とFAS(Fieldbus Accesss Sublayer)の2つの層に分けて規定されているが、ここでは同一の層としてその機能を説明する。

本プロトコルはデータリンク層の上位に位置し、データリンク層を経由して受信したデータを応用層プロトコルに基づいて各サービスに翻訳(デコード)し、さらに上位に位置するユーザ層に渡す。反対にユーザ層からの各種サービス要求を解釈し、適切なデータフレームを生成(エンコード)し、下位層であるデータリンク層に送信要求を発行する。

このように、応用層プロトコルは、データリンク層とユーザ層の間に位置し、データリンク層が受信したデータフレームをユーザ層において意味のあるメッセージへと変換したり、逆にユーザ層から発行されるメッセージをデータリンク層がデータフレームとして送信できるような形式に変換したりする。一言でいえば、メッセージと通信データ

フレームの相互交換機能を果たす層ということができる。

なお、本層でサポートしているメッセージとしては、全体で40種類以上定義されており、また、それぞれのメッセージごとのデータフレーム生成ルールについても定義されている。⁽⁴⁾⁽⁵⁾

3.3 システム管理

システム管理は、システム管理に必要なデータ群(以下システム管理データ)とシステム管理プロトコルからなる。

システム管理プロトコルはデータリンク層のすぐ上に位置し、機器の物理タグの設定やアドレスの設定といった、定常の通信状態に至る前に行う必要のある機能を担うものであり、定常状態の各種サービスを提供する応用層プロトコルとは独立に存在するものである。したがって、物理タグやアドレスなどが未決定の状態、すなわち機器立ち上げ直後の初期状態においても、本プロトコルが動作できるように工夫されている。また、定常の通信状態に移行した後においても、タグ名やパラメータ名をキーとして、それらにアクセスするためのパスを検索するサービスなども本プロトコルの機能として提供されている。

また、システム管理に保持されているシステム管理データに対し、ネットワークから通常の手続きでアクセスできるように、応用層プロトコルに対するインタフェースも備えている。このことが、システム管理が応用層とユーザ層の2つの層にわたって存在する理由である。

3.4 ネットワーク管理

ネットワーク管理では、応用層でサポートされる各種サービスを用いてネットワークの管理を行う。ここでいうネットワーク管理とは、基本的には各VCR単位に行われ、VCRに規定されているさまざまなパラメータへのアクセス管理や、これらパラメータの設定に基づいたネットワークの状態管理、さらにはVCRパラメータが変更された場合などにネットワークが適切に状態遷移できるようにするなど、ネットワークが適切かつ安定的に維持運用されるようにするものである。また、ネットワークの状態をVCRごとに監視する機能も有しており、データ通信のエラー発生回数などネットワーク診断に有用なパラメータの管理も行っている。

ネットワーク管理は、上述のようなネットワークの維持管理を実現するためにネットワーク管理データを一括して保持、管理しているが、これらのデータをデータリンク層、応用層のそれぞれの層に提供する機能も有している。物理層に関するデータはその物理的特性を記述した情報として静的に保持している。一方、データリンク層、アプリケーション層の各プロトコルは、提供されるネットワーク管理

データに基づいて動作する。

このように、ネットワーク管理は、ネットワーク管理データを用いて各層プロトコルの動作を制御することによって、全体として協調がとれたネットワーク管理を達成しているのである。

4. おわりに

本稿では、弊社が通信制御LSIとともに開発したフィールドバス用プロトコルソフトウェアについてその概要を説明した。本プロトコルソフトウェアは、FF仕様に100%準拠したものであり、今後、弊社が発売するすべてのフィールドバス機器に搭載していく予定である。また、今回は触れなかったが、ファンクションブロックについてもその主なものは開発完了しており、ユーザ層までを含めたフィールドバス技術のすべてをカバーしている。

今後は、プロトコルソフトウェアの改良、最適化、またファンクションブロックの拡張などを行い、本格的なフィールドバス時代の到来に向けて、さらなる技術開発をしてゆく所存である。

最後に、本プロトコルソフトウェアが、フィールドバス協会の適合性試験に合格したことを記して本報告を終わらせていただく。

<参考文献>

- (1) FOUNDATION Specification System Architecture FF-800 FS1.0 Mar.31,1996
- (2) FOUNDATION Specification System Management FF-880 FS1.1 Feb.28,1997
- (3) FOUNDATION Specification Network Management FF-801 FS1.1 Feb.28,1997
- (4) FOUNDATION Specification Fieldbus Message Specification FF-870 FS1.1 Feb.28,1997
- (5) FOUNDATION Specification fieldbus Access Sublayer FF-875 FS1.1 Feb.28,1997
- (6) FOUNDATION Specification Data Link Service Subset FF-821 FS1.0 Mar.31,1996
- (7) FOUNDATION Specification Data Link Protocol Specification FF-822 FS1.1 Feb.28,1997