

FOUNDATION™ フィールドバス仕様の 解説

工業システム事業部

久米田 康夫
Yasuo Kumeda

キーワード

FOUNDATION フィールドバス, フィールドバス, プロトコル

80年代後半に、4～20mA アナログ伝送の代替をめざして開発が始まったフィールドバスは、90年代前半にはさまざまな団体から異なる通信方式が提案され、統一化の模索が続けられてきた。94年に設立されたフィールドバス協会は、プロセス制御とMA（Manufacturing Automation）制御に広く使用できる世界統一仕様の開発を第1の目的として、仕様の制定に務めてきたが、96年には仕様開発作業が完了し、フィールドテストや商用プラントへの適用を通じて、その安定性が証明されつつある。本稿ではフィールドバス機器を実際に使われるユーザの方、あるいはこれからこの仕様の詳細な検討を予定されている方を対象に、同仕様のさわりの部分を紹介する。

Introduction to FOUNDATION Fieldbus Specifications

Standardization of the fieldbus, which started in the early 90's, has been delayed by coordinating various existed local standards. In 1994, the leading process automation and manufacturing automation companies agreed to accelerate the development process of a single, international fieldbus standard and formed a nonprofit organization "Fieldbus Foundation." The Foundation has achieved its goal in 1996, and a number of its participating companies have tested and validated its specifications through field trials worldwide. Some user companies adopted Fieldbus products in their real installations. This paper invites potential users of Fieldbus products, or those who plan to explore the Fieldbus protocol in detail, to an introduction of Foundation technologies.

1. はじめに

FOUNDATION フィールドバス（以下フィールドバス）は工業用計測制御に広く使用される、発信器、操作器、あるいはコントローラやオペレータステーションなどを相互接続してデータ交換を可能とする、デジタル通信システムである。

プロセス制御の分野では、発信器やバルブなどの現場計器との通信に、長年4～20mAのアナログ信号が使われてきた。また、近年アナログ信号にデジタル信号を重畳した通信（以下スマート通信）も使われてきた。一方、プロセス制御以外の分野では、センサ・アクチュエータレベルの通信としてデジタル通信が普及しており、プロセス制御の分野でも完全なデジタル通信の要求が高まってきた。

このような市場の要求に応えるべく、ISA（International Society for Measurement and Control）、およびIEC（International Electrotechnical Commission）が中心となって、

現場計器の完全なデジタル通信の実現を目的とした、フィールドバス規格が検討されてきた⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾。1997年11月現在、両機関では物理層の国際規格化を完了し、応用層とデータリンク層は、最終規格の準備中である。

一方、IEC/ISA規格の早期実現とプロセス制御に最適化した実装規格の制定をめざして、1994年夏にフィールドバス協会（FF:Fieldbus Foundation）が設立された。FFではIEC/ISAのサブセットとして、1997年春にFS（Final Specification）1.1規格⁽⁶⁾（以下FF規格）を制定した。FF規格は、規格の適合性の保証と相互運用性の確保に重点を置いて開発されており、これまでのスマート通信では実現できなかった大容量通信や省配線を可能とするとともに、4～20mA方式の利点である相互運用性も確保している。本稿ではその通信のメカニズム、いわゆる通信プロトコルを簡単に紹介する。

2. 通信プロトコルの構造

フィールドバスは従来の4～20mAアナログ伝送に対して、

全デジタル通信による、情報伝送能力の増大

1本の電線に複数の機器を接続することによる、電線、端子数の削減

制御や入出力機能を現場機器に分散することによる、制御室機器の削減

をめざして開発された。したがってフィールドバスプロトコルは、従来の通信方式にとらわれず、これらの目的を実現するために最適化が図られている。

フィールドバスプロトコルの構造は、通信の話には必ずと言っていいくらい採用される、開放型システム間相互接続参照モデル(OSI/RM)を用いて規定されている。OSI規格自体は、非常に抽象的で難解なものであるが、そこで決められている内容は、我々が日常生活で普通に行っている様々な情報交換の方法を規定しているにすぎない。ここではまずはじめに、OSIの概念を簡単に説明したい。

ここでは秋田氏という日本人が、アメリカに住むアメリカ人Cullen Caro氏に、あるケーキの作り方を手紙で伝えるという場面を想定していただきたい。手紙でこれを行うためには、おおむね次のような手順が用いられる。

1. ケーキの作り方を手紙に書く

- (1) ケーキ作りの基本である、泡立てや湯煎などの操作を相手が理解していることを想定する。
- (2) これらの基本操作を相手が理解できる用語で記述する。

2. 手紙を封筒に入れ、表に宛名を書く

- (1) 情報伝達の緊急性や費用を考慮して最適な輸送手段を指定する。
- (2) 宛名には、相手国名、州、郡、町の名前を書く。
- (3) 発信人を明らかにするため自分の住所を書く。

3. 輸送機関が、封書を宛名にしたがってCaro氏宅に配達する

- (1) 指定された輸送機関が利用される。
- (2) 国、州、郡など階層化された住所にしたがって配達先を選んでいく
- (3) 書留扱いの場合には、受取人の受領印をもらう。

4. Caro氏が手紙を読み、内容を理解し、その指示にしたがってケーキを焼く

- (1) 自分が理解できる英語で書かれていて、さらにその中に知らない言葉がないことを確認のうえ読んでいく。
- (2) 指定されたとおりの方法(材料、操作方法など)でケーキを焼く。

5. 必要なら、ケーキがうまく焼けたかどうかを秋田氏に伝える

我々が日常的に行っている手紙によるこのような情報交換では、上記のような作業を暗黙のうちにやっている。OSIではこれらの作業をその内容に分けて分類し、階層化している。ここで述べた例をOSIモデルに対比したものを図.1に示す。なおネットワーク管理とシステム管理については後述する。

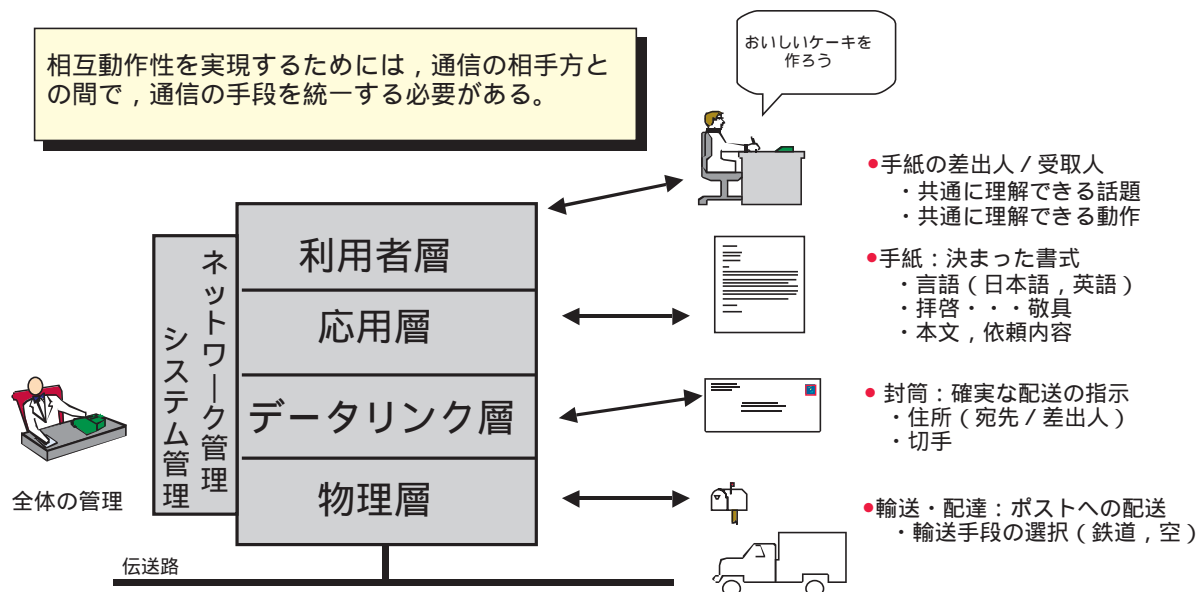


図.1 OSIモデル

注：実際のOSI/RMではこれらを7つの層に分けて定義しているが、フィールドバスではこのうちの3つの層だけを使用している。このためフィールドバスでの各層の機能は、OSIで規定されているものより広がっている。詳しくは参考文献(1)を参照されたい。

応用層(OSIの第7層)：応用層は相手に伝えたい操作の種類を指定し、実行するために使用される。

- 例：「切ってください」
 「煮てください」
 「焼いてください」

データリンク層(OSIの第2層)：データリンク層は情報の伝達手段を指定、実行するために使用される。

- 例：「航空便指定」
 「宅配便指定」
 「書留」

物理層(OSIの第1層)：物理層は情報の実際の伝送を担当する。

- 例：「航空機」
 「船」
 「郵便配達人」

フィールドバスでは、遠隔地での操作を確実に実行するために欠くことのできない要素として、利用者層を定義している。利用者層はOSIには存在しないが、応用層の上位に位置し、より複雑なかつ一般性のある動作や操作を規定している。

- 例：「泡立て方法」
 「湯煎方法」
 「カラメルの作り方」

少し専門的になるが、OSIでは各層の動作を「サービス」と「プロトコル」という、二つの側面から定義している。

「サービス」とは動作の指定方法を、「プロトコル」とはその実行方法を規定していると思えばよい。前述のデータリンク層の例で言えば、情報をより確実に送りたいときには書留という「サービス」指定する。書留で送るためにはより安全性の高い輸送手段や受領印などが必要であるが、これらを取り決めているのが「プロトコル」である。(注：プロトコルという言葉は、本来はここで述べたように通信の実行手段という側面を規定するものであるが、広い意味では通信規格全般を指すときもある)

図.2に、フィールドバスプロトコルの全体構成をOSIモデルにしたがってまとめた。これからの説明で各層の関係が分からなくなったときに、参照いただきたい。前置きが長くなったが、フィールドバスプロトコルを詳しく説明していきたい。

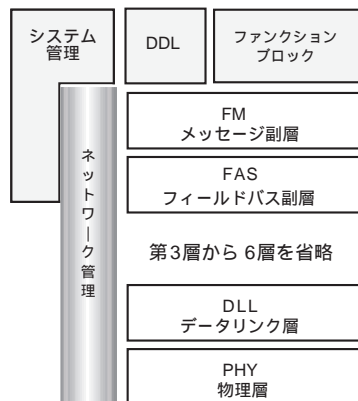
3. 利用者層

利用者層では、仮想的な現場計器に共通に存在する機能の固まり(ブロック)を定義しており、フィールドバスでは次の3種からなる。利用者層については本特集号の「フィールドバス機器での分散制御を実現するファンクションブロック」に詳しく解説されているので、本稿では簡単に解説する。

- 資源ブロック (Resource Block)
- ファンクションブロック (Function Block)
- 変換ブロック (Transducer Block)

3.1 資源ブロック

資源ブロックは、現場計器がフィールドバス機器として動作するのに必要な、ハードウェア、ソフトウェア資源を定義したものである。たとえば、ある機器の形番、製造者名、シリアル番号は資源ブロックで保持されている。また



- リアルタイム性確保のためOSIの第3～6層を省略
- IEC/ISA標準に基づき未完の部分を補完
 - 物理層：電線仕様を採用
 - DLL：標準案のサブセット
 - 応用層：標準案のサブセット
- マルチベンダ環境での相互運用性実現のためユーザ層を規格化
 - ファンクションブロック
- システム管理、ネットワーク管理を開発

実プラントで全プロトコルを実証試験済み

図.2 フィールドバスプロトコル全体図

その機器のCPUの性能や、利用可能なメモリ容量なども、ここで定義される。資源ブロックは、各機器ごとに1つだけ定義される。

3.2 ファンクションブロック

ファンクションブロックは、制御システムを構築するのに必要な制御機能を標準化したものであり、従来のコントローラのアルゴリズムに相当する。各ファンクションブロックでは、入出力パラメータと内部の代表的なパラメータが標準化されており、あたかもプラスチックの組立式ブロックを組み上げて飛行機や船を作るように、いくつかのファンクションブロックを組み合わせることで、目的の制御機能を実現できる。

ファンクションブロックには、大きく分けて3種類ある。入力型ファンクションブロックは、測定したプロセス変数をフィールドバスで伝送可能なデジタル信号に変換する。逆に出力型ファンクションブロックは、フィールドバスから送られてきたデジタル信号を、プロセス信号に変換する。最後の演算型ファンクションブロックは、フィールドバスから送られてきたデジタルの入力信号に何らかの演算を行い、結果をデジタル信号として出力する。

3.3 変換ブロック

変換ブロックは、機種毎、メーカ毎に異なるセンサやアクチュエータの入出力ハードウェアを仮想化したものである。これによりファンクションブロックはどのようなセンサ、アクチュエータとも接続できるようになる。またセンサやアクチュエータの校正や補正を一義的に行ったり、それらの型情報などをデータベースとして保持することもできる。通常、入力あるいは出力1点ごとに1つの変換ブロックが存在する。

4. 応用層

フィールドバスの応用層は、FMS (Fieldbus Message Specification)と FAS (Fieldbus Access Sublayer) の二つからなる。FMS は読み出しや書き込みなど、データの様々な処理方法を規定し、FAS はデータの送信方法とデータリンク層へのインタフェースを提供する。

4.1 FMS

FMS には、データの処理方法を規定するサービス定義と、それらのサービスがどのようにフィールドバス上に伝送されるかを規定するプロトコル規定がある。

4.1.1 FMS のサービス定義

FMS のサービスは、その利用目的に応じていくつかに分類される。FMS には 40 種あまりのサービスが定義されて

いるが、常にそのすべてが必要なわけではない。圧力発信器などの現場計器の場合には、普通 5 ~ 6 種類だけで十分目的の動作を達成することができる。

4.1.1.1 コンテキスト管理サービス

コンテキストとは、各層間の通信を行ううえで、通信の当事者(たとえばクライアントとサーバ)間で合意された一群のパラメータの総称である。これには双方で使用できるサービスの種類、タイムアウト時間(相手からの応答がない場合に通信が失敗したとみなすまでの時間)などがある。図.3に示すように、フィールドバスプロトコルでは FMS、FAS、およびデータリンク層が、それぞれのコンテキストを管理している。FMSのコンテキストを確立・開放するために、以下のサービスが用意されている。

Initiate	コネクションの確立
Abort	コネクションの開放
Reject	不適切なサービスの拒否通知

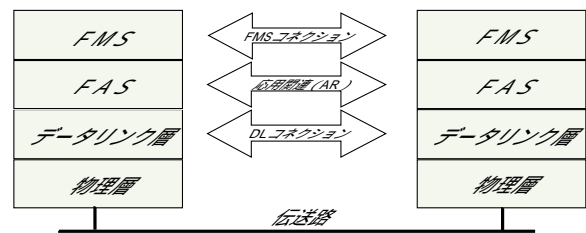


図.3 各層のコンテキスト

4.1.1.2 状態管理サービス

FMSには、通信相手の状態を読み込んだり、相手を識別するためのサービスが用意されている。これらのサービスは普通、実際のデータ交換の開始前に使用される。

Status	相手の状態の読み込み
Identify	相手の識別情報の読み込み
UnsolicitedStatus	自分の状態の自発的な送信

4.1.1.3 オブジェクト辞書サービス

一つのフィールドバス機器内には、数100個のパラメータが存在する。これらのパラメータにはそれぞれ異なった名前を付けることができるが、それらをより効率的に指定するために、普通はインデックスと呼ばれる番号をつけ、その番号で指定する。オブジェクト辞書(OD)とは、一つのフィールドバス機器が持っているパラメータのインデックスと名前を保持しているデータベースである。

オブジェクト辞書サービスは、ODからのインデックスの読出し、書き込みに使用される。

GetOD	ODの読み出し
InitiatePutOD	ODの書き込みを開始
PutOD	ODの書き込み

TerminatePutOD ODの書き込み完了

4.1.1.4 変数アクセスサービス

変数アクセスとは、フィールドバス機器のパラメータの読み出し、書き込みを行うための、通常最もよく使われるサービスである。FMSではアクセスは1パラメータずつ行われるが、図.4に示すように、よく使われる複数のパラメータをまとめて、あたかも一つのパラメータとして取り扱うこともできる。このようにまとめられた複数のパラメータを変数リストと呼ぶ。

- Read 変数の読み出し
- Write 変数の書き込み
- InformationReport データの発信
- DefineVariableList バリابل・リストの作成
- DeleteVariableList バリابل・リストの削除

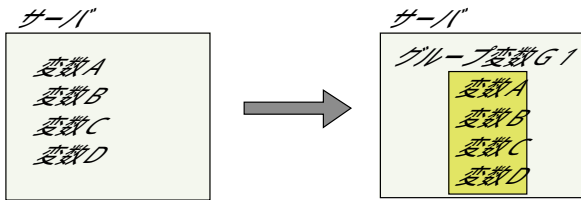


図.4 変数リスト

4.1.1.5 イベントサービス

イベントサービスは、ファンクションブロックなどが発生するイベントを通知したり、それを受けるオペレータステーションが、イベントの受信確認やイベントの起動/停止を行うために使用される。

- EventNotification イベント通知
- AcknowledgeEventNotification イベントの受信確認
- AlterEventConditionMonitoring イベントの起動/停止

4.1.1.6 アップロード/ダウンロードサービス

アップロード/ダウンロードサービスは、フィールドバスを介してデータやプログラムを転送するとき使用される。FMSサービスを使用してアップロード/ダウンロードする際は、“ドメイン”と呼ばれる装置内のメモリ空間に対して行われる。このサービスはこれ以外にも何種類か定義されているが、ここではそのうちの一部を示した。

- RequestDomainUpload サーバからのアップロードの開始要求
- InitiateUploadSequence クライアントからのアップロードの開始要求
- UploadSegment データの転送
- TerminateUploadSequence アップロードの終了

RequestDomainDownload

サーバからのダウンロードの開始要求

InitiateDownloadSequence

クライアントからのダウンロードの開始要求

DownloadSegment

データ転送

TerminateDownloadSequence ダウンロードの終了

4.1.1.7 プログラムインボケーションサービス

プログラムインボケーション(PI)とは、図.5に示したように、ドメインに格納されたプログラムをフィールドバスから制御できるように一般化した、データ構造である。プログラム本体と、その制御部分が一体化したものと考えればよい。ドメインへのプログラムの書き込み、読み出しが必要なときには、前述のダウンロードサービスが使用される。

- CreateProgramInvocation PIの生成
- DeleteProgramInvocation PIの削除
- Start プログラムの起動
- Stop プログラムの停止
- Resume プログラムの再開
- Reset プログラムのリセット
- Kill プログラムの削除

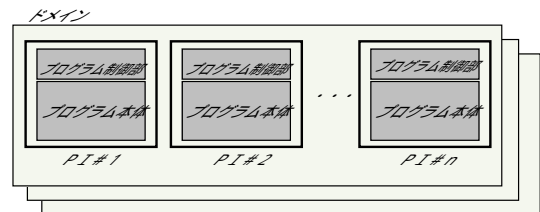


図.5 PIの概念

4.1.2 FMSのプロトコル規定

OSIによれば、ある層のサービスはプロトコルに変換されて通信の相手先の同じ層に動作を伝える。サービスの定義は、普通の言葉で書かれた、機械から見れば曖昧なものなので、プロトコルではこれを厳密に定義し直す必要がある。その一つが抽象構文と呼ばれるデータの構造体で、これが実際に通信路上に伝送されるデータ(PDU: Protocol Data Unit)を規定する。FMSのPDUは、Abstract Syntax Notation 1 (ASN.1)という国際規格に基づいた抽象構文記述言語で定義されている。

プロトコルを定義するもう一つの要素は状態遷移であり、これはあるサービスを受けたときにどのように振るまえばよいかを規定するものである。抽象構文が“何を”を決めているとすれば、状態遷移は“どのように”を指定していると考えればよい。FMSの状態遷移は、「状態遷移表」を用いて規定されている。

4.2 FAS

FASが提供するデータ送信方法は、QUB(クライアント/サーバ)型通信、BNU(発行/引用)型通信、およびQUU(レポート通知)型通信の3種類である。

4.2.1 QUB型通信

QUB型通信は、フィールドバス上でデータを要求する装置(クライアント)とデータを提供する装置(サーバ)間のデータ伝送に使用される。このような通信の例としては、オペレータステーションからのセットポイントの設定やアラーム設定値などの変更、各機器へのプログラムのダウンロードなどがある。QUB型通信のモデルを図.6に示す。

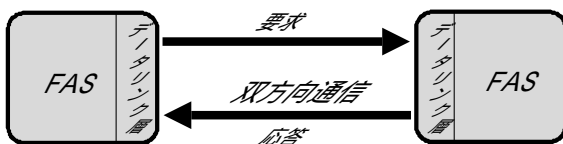


図.6 QUB型通信モデル

QUB型通信は、クライアント側の利用者(多くの場合、ファンクションブロックまたは応用層の上位に配置された通信プログラム)が要求したときに起動され、サーバ側の利用者が応答を返したときに終了する。QUB型通信は、次のような特徴を持つ。

- (1) 常にクライアントとサーバ間の1:1で通信が行われる。
- (2) データ交換に先立って“コネクション”と呼ばれる仮想的な伝送路が確立される。これはコネクションの両端にある、クライアントとサーバだけが専用できる通信路である。
- (3) 常に受信確認(相手にメッセージが正常に伝えられたかどうかの確認)が取られるので、確実な伝送が期待できる。
- (4) 一度に一つの相手としか通信できず、また毎回受信確認を行うので、通信の効率は悪い。

4.2.2 BNU型通信

BNU型通信はフィールドバス上でデータを生成しそれをネットワーク上の他の機器に配信する装置(発行側)と、そのデータの配信を受ける装置(引用側)間のデータ伝送に使用される。このような通信としては、差圧発信器(発行側)が測定した差圧をPV値として配信し、バルブポジショナ(引用側)で配信を受けてバルブを制御する例が代表的である。BNU型通信のモデルを図.7に示す。

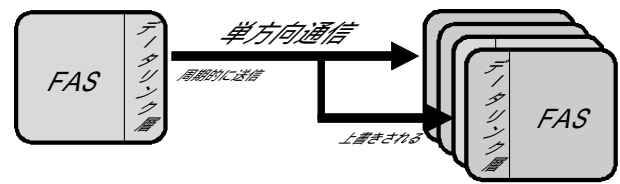


図.7 BNU型通信のモデル

BNU型通信はQUB型通信と違って、発行側の利用者(多くの場合ファンクションブロック)が直接起動することはできない。フィールドバスへのデータ伝送はあらかじめ設定されたデータリンク層が提供する一定のタイミングにしたがって実行される。BNU型通信は、次のような特徴を持つ。

- (1) 発行側は引用側の存在に関係なくデータの配信を行う。配送確認はなされない。
- (2) 一台の発行側から一台以上の引用側に同時にデータが配信される。
- (3) 引用側では、同じデータが続けて受信されたかどうかのチェックが行われる。
- (4) 一度に複数の引用側に同じデータを送信できるので、通信の効率が良い。

4.2.3 QUU型通信

QUU型通信は、QUB型通信とBNU型通信の特徴を合わせ持った通信形態であり、フィールドバス上でデータを生成しそれをネットワーク上の他の機器に配信する装置(生成側)と、そのデータの配信を受ける装置(受領側)間のデータ伝送に使用される。このような通信としては、圧力発信器(生成側)がアラーム情報をフィールドバス上に配信し、オペレータステーション(受領側)が配信を受ける例が代表的である。QUU型通信のモデルを図.8に示す。

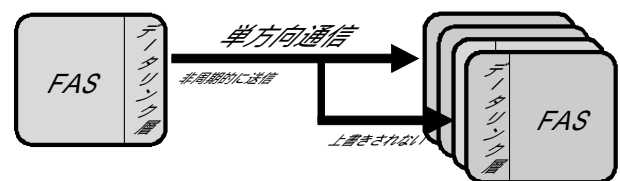


図.8 QUU型通信

QUU型通信は、QUB型通信と同様に、生成側の利用者(多くの場合ファンクションブロック)が直接起動する。

- (1) 生成側は受領側の存在に関係なくデータの配信を行う。配送確認はなされない。
- (2) 一台の生成側から一台以上の受領側に同時にデータが配信される。
- (3) 受領側では、同じデータが続けて受信されたかどうか、あるいはあるデータが欠落したかどうかのチェックは行われない。

(4) 一度に複数の受領者に同じデータを送信できるので、通信の効率が良い。

応用層のデータはデータリンク層に送られ、ネットワーク上に送信されるが、その際、これはデータリンク層PDUの DLSDU(DL Service Data Unit)と呼ばれる部分に格納される。

5. データリンク層

フィールドバスのデータリンク層は、IEC/ISA で標準化が進められている規格のうち、とくにプロセス制御に必要な機能を中心に抜粋したものである。もちろんこれだけでも、高速な物理層と組み合わせることにより、MA用途にもそのまま使用できる。

5.1 周期通信と非周期通信

データリンク層の動作は、従来の通信制御方式の、タイムスロット方式とポーリング方式を組み合わせたものと考えればよい。とくに高速のプロセス制御では、入力サンプリング時間とそれが出力される時間とは、常に一定の間隔である必要がある。フィールドバスではCDと呼ばれる特殊なフレーム(伝送路上の信号)を決められた間隔で送信することにより、これを実現している。従来のタイムスロット方式は、定周期で伝送路上の全装置に一定の時間間隔を割り当てるものだったが、CDでは装置のみならず、その装置が送信すべきデータの指定も行うことができる。

今仮に、一つのネットワーク上に5台の機器が接続され、そこから合計8個の定周期で送信すべきデータが発生するとすれば、都合8個のCDがこのネットワーク上に送信される。この8個のCDはすべてが同じ周期で送信される必要はない。たとえば前述のデータのうちに2個が1秒毎に、残りの6個が2秒毎に生成されるとすれば、このネットワークには2秒周期で10組のCDが繰り返し送信されることになる。このように異なるCDが異なる周期で送信されるとき、それらの周期の最小公倍数を「マクロサイクル」と呼ぶ。前述の例ではマイクロサイクルは2秒である。

一方、オペレータステーションからのSP値の変更やPID定数の変更などは、定周期で行う必要はない。このような通信には、従来のポーリングに相当する方法で送信権の割り当てが行われる。フィールドバスではPTと呼ばれるフレームを用いてこれを実現している。前述のCDを用いた通信を「周期通信」、PTを用いたものを「非周期通信」と呼ぶ。

FASのところでも述べたQUBとQUU通信方式はデータリンク層の非周期通信を利用しており、BNUは周期通信を利用している。

5.2 データ伝送

CDを受けた機器は、DTというフレームを利用して指定されたデータをバス上に送信する。このDTにはBNUが使用する応用層のメッセージが含まれている。PTを受けた機器もDTというフレームを利用してデータ送信を行う。(注:このDTはCDの後に送信されるDTと若干異なるが、ここではとくに区別する必要はない)PTは従来のポーリング信号と同じく、一つの装置宛に送られてくるので、DTの中身はそのときそのときで異なり、何も送信されないこともある。DTが送信される場合、その中身はQUBまたはQUUのメッセージである。

5.3 接続機器の管理

データリンク層では、ネットワークに接続されて動作している機器のリストが、常に保持されている。前述のPTはこのリストにしたがって順番に送信される。新しい機器がネットワークに接続されると、その機器は自分宛のPNというフレームが送られてくるのを待つ。PNは新しく加わったノードを探すために、ネットワークに周期的に送られている。PNを受け取った機器は、自分の存在を示すためにPRというフレームで応答する。この手順により、この機器は前記リストに追加される。一方、もしある機器が故障などにより、3回連続してPTに応答しないと、この機器はネットワーク上に存在しないとみなされ、リストから外される。

5.4 時間同期

フィールドバスでは、異なる機器に存在するファンクションブロックの動作の時間同期を取ることが、極めて必要な場合がある。このためデータリンク層ではTDというフレームを利用して、そのネットワークに固有のカウンタの値が、そのネットワーク上の全機器に周期的に送信される。TDを受信した機器はあとで述べるシステム管理のサービスを利用して、このカウンタの値から実時刻を得ることもできる。

5.5 LAS(Link Active Scheduler)

これまで述べてきたCDやPTあるいはTDなどのフレームは、LASと呼ばれる特別な機能をもつ機器だけが送信する。LASは機能の名称であり、特別な機器が必要とされるわけではない。実際のフィールドバスでは複数の機器にLAS機能を実装することにより、万一現在のLASに異常が起きても、制御に影響が出ないように構成される。

6. 物理層

フィールドバスの物理層は、IECおよびISAの規格に基づいている。物理層はデータリンク層の論理信号で表されたフレームと、伝送路上の物理信号の変換を行う。伝送方式には、大きく分けて電気式と光式があり、さらに伝送速度や媒体の違いにより、いくつかの種類が用意されている。伝送路上の物理信号を信頼性高く伝送するために、物理層ではプリアンプル、開始および終了デリミタの付加/削除が行われる。

注：光式物理層の仕様は、本稿の執筆段階では最終草稿の審議中である。

プリアンプルは物理層の受信回路に信号の始まりを示すためのもので、0と1の繰り返し信号で表される。プリアンプルにはデータリンク層以上のデータは一切含まれていない。開始および終了デリミタはデータリンク層から受けたフレームの開始と終了を示すための特殊なパターンである。すなわち両デリミタに囲まれた部分は、DLPDU(Data Link Layer Protocol Data Unit) に相当する。

電気式フィールドバスでは、データリンク層から送られた論理信号は、マンチェスタ-2相L方式により符号化、すなわち物理信号に変換される。この符号化方式では、論理信号の各1ビットが伝送速度と同じ早さで変化するので、同期式シリアル信号と呼ばれる。論理0信号は、その1ビット幅の中間で低レベルから高レベルに変わり、論理1信号は同じく高レベルから低レベルに変わる。

6.1 物理層の種類

電気式フィールドバスの物理層には、下記のように4種類が用意されているが、どの方式もデータリンク層からは同列に扱うことができる。

- 31.25Kbps 電圧伝送方式
- 1Mbps 電流伝送方式
- 1Mbps 電圧伝送方式
- 2.5Mbps 電圧伝送方式

31.25Kbps 電圧伝送方式フィールドバスは、温度、レベル、流量などプロセス制御の分野で広く使用されてきた、4～20mA アナログ信号を置き換える目的で用意された。(余談であるが、4～20mA信号はISAのSP50.1という委員会の規格であるが、フィールドバスの物理層はその流れを汲むSP50.2規格である)1Mbpsおよび2.5Mbpsの伝送方式は、主としてMA制御の分野での使用を念頭に開発された。ただしヨーロッパの一部の国では、1Mbps電流伝送方式を石油掘削プラットフォームの制御に使用しているとのことであり、防爆関係の法的問題が解決されれば、わが国でも普及する可能性がある。以下本稿では、31.25Kbps電圧伝送方式について少し説明したい。なおこの伝送方式を歴史的にH1と呼んできたので、本稿でもこの名称を使うことにする。ちなみにHは「大きな固まり」を意味する米俗語"hunk"の頭文字である。

H1に使用する伝送路は、公称インピーダンス100の対より線である。H1ではこの伝送路を1Vpp(+/-0.5V)の台形波パルスで駆動して、信号伝送を行う。台形波を採用している理由は、パルスの立ち上がりをなだらかにすることにより、高長波成分が失われることによる波形の歪みや、他の伝送路への漏洩を減らすためである。

H1の一つの特徴として、機器の動作に必要な電力を信号と同時に、一本の対より線から供給できることがある。この場合には、通常の計装用電源を交流成分除去用のフィルタを介して、伝送路に接続する。

H1は、適切な本安用バリアを設置することにより、本質安全防爆計装に対応できる。このときには、各機器が消費する電流の総計が50mA程度以下となる必要があり、1本のH1バスに接続できる機器の台数やその処理速度などが影響を受ける。本安バリアを、安全側におかれたフィールドバス電源と危険側におかれたデバイスの間に設置する。

注：日本における本安認定は現状、機器とバリアの組み合わせによる認可である。フィールドバスのように、組み合わせの場合の数が多いシステムの認定の

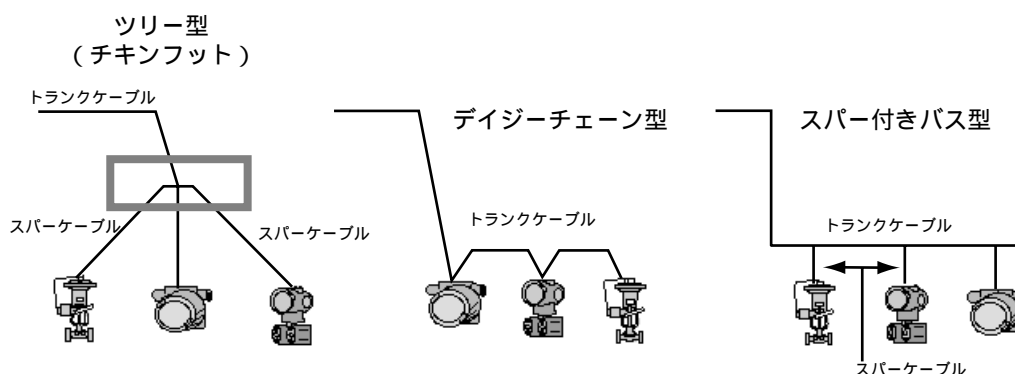


図.9 フィールドバスの接続解体

問題は、現在調整中である。

H1バスは図.9に示すとおり、様々な接続形態をとることができる。1本の伝送路には、最良のケーブルを使用した場合、最大32台の機器を接続して、最長1900mまで敷設できる。しかしこれらの数字は接続形態、使用するケーブルの種類、バス給電の有無、および本安対応の有無などにより大きく変化する。とくに枝分かれの多い場合には、系が非常に複雑となり、反射や減衰を計算で求めることができなくなるため、実際の敷設にあたっては注意が必要である。

7. ネットワークおよびシステム管理

ここまで解説してきた各層が正しく動作するためには、各層の様々なパラメータが正しく設定されていなければならない。このために用意されている機能が、ネットワーク管理とシステム管理である。ネットワーク管理は主として通信の各層の設定を担当し、システム管理は利用者層の設定を担当する。

7.1 ネットワーク管理

フィールドバス通信の各層のパラメータは、MIB: Management Information Base と呼ばれるデータベースに格納されている。MIBはフィールドバスの各機器毎に存在し、NMエージェントが管理している。ネットワーク管理は、FMSの提供するサービスを利用してNMエージェントと通信を行う。MIBに格納されているデータには、以下のようなものがある。

FMSでサポートされるサービスの一覧
QUB, QUU, BNUの通信の相手
データリンク層の設定パラメータ

たとえば、あるデバイスがQUB通信を実装しているとすると、その一組ごとに、相手ノードのアドレス、送受信できるデータの長さ、受信確認の取り方、データ配送の信頼性、など各層のプロトコルで決められた様々なパラメータに、実際に使用される値を設定しなければならないが、これらはすべてMIBに保持される。

MIBのデータには、通信の場合毎に変更される動的変数と、他のMIBデータへのポインタのように機器の設計時に決まる静的なものがある。

7.2 システム管理

フィールドバスのシステム管理は、専用のサービスとプロトコルを使用して、主として次の二つの目的を達成している。

- (1) 機器をフィールドバスに加入させる
- (2) 機器のファンクションブロックを設定する

7.2.1 機器のフィールドバスへの加入

フィールドバスの開発要求項目の一つに、「機器の交換が容易にできること」が含まれていた。これを実現するために、フィールドバスではいわゆる「ソフトアドレス」の考え方を全面的に採用し、ディップスイッチによるアドレスの設定などの、機器の交換時に人間が行わなければならない作業を、極力減らす工夫がなされている。

Device_IDは機器の製造時に割り当てられる唯一のアドレスであり、従来機器の製造者名、型番、シリアル番号などに相当する。すべてのフィールドバス機器が異なる値を持つよう、Device_IDはあらかじめフィールドバス協会に登録された、メーカー毎に固有の識別子で始まる最大32バイトのデータで構成される。

PD_Tagはこれまでの機器タグに相当する。フィールドバスでは、Device_IDをよりどころにこれを設定する。PD_Tagの設定は、目的の機器をDevice_IDで指定することにより行う。設定に際しては、設定器と1対1に接続して行っても良いし、一度に設定する機器が4台以下の場合には、直接実際の伝送路に接続した状態で行っても良い。PD_Tagには最大32バイトのデータが設定できる。その内容にはとくに制限はないが、複数のフィールドバスで構成されるシステムでは、その中で重複のないようにしなければならない。

DLアドレスはデータリンク層が使用する機器アドレスであり、PD_Tagで目的の機器を指定することによって、一番最後に設定される。

3種類ものアドレスを持つことは一見複雑に見えるが、以上の手順により、目的の機器をDevice-IDで指定すれば、あとは設定器からの遠隔操作で、人間の介在なしに、すべての処理が実行できることがわかり頂けると思う。

7.2.2 ファンクションブロックの設定

ファンクションブロックの色々な変数を目的の制御システムに合わせて設定するために用意されている、システム管理のサービスを紹介する。

ファンクションブロックがアラートやイベントを送信するときには、それらが発生した時刻が付加される。また複数のファンクションブロックを決められた順序で、一定の間隔で動かすためには、それらの起動時刻を指定しなければならない。システム管理にはAP-Timeと呼ばれる時刻の同報機能が備わっており、各機器が持つ時計を合わせるのに使われる。

可搬型の設定器のように一時的に接続される装置から、フィールドバス上の機器を操作する場合、これらの設定器に対象機器のデータベースをあらかじめ設定しておくのは難儀である。システム管理はタグ名による機器の検索機能を提供しているので、PD_Tagだけを用いてその機器の

MIBにアクセスし、必要なデータベースの参照・更新を行うことができる。

8. 終わりに

本稿ではFOUNDATIONフィールドバスの通信プロトコルを簡単に紹介した。実際の仕様書はファイル2冊分にもなる膨大なもので、その詳細をこの小文で解説するのは、筆者の能力の超えるところである。フィールドバスシステムを使っていくうえで、読者各位が実際の通信仕様書に精通する必要はほとんどないと考えているが、酒の席などで蘊蓄を傾ける際の助けとなれば幸いである。

<参考文献>

- (1) T. Phinney 他「フィールドバス-OSIのリアルタイムネットワークへの応用」Savemation Review Vol.9 No.1, 1991
- (2) FF-003-1.1-1-1 Communications and User Layer Technical Specification - Fieldbus FOUNDATION
- (3) IEC 1158-2/ISA SP50.2 Fieldbus for use in industrial control systems Part-2: Physical Layer Service Definition and Protocol Specification
- (4) IEC 1158-3/ISA SP50.3 Fieldbus for use in industrial control systems Part-3: Data Link Layer Service Definition (Draft International Standard)
- (5) IEC 1158-4/ISA SP50.4 Fieldbus for use in industrial control systems Part-4: Data Link Layer Protocol Specification (Draft International Standard)
- (6) IEC 1158-5/ISA SP50.5 Fieldbus for use in industrial control systems Part-5: Application Layer Service Definition (Draft International Standard)
- (7) IEC 1158-6/ISA SP50.6 Fieldbus for use in industrial control systems Part-6: Application Layer Protocol Specification (Draft International Standard)