キーワード

ネットワーク、オープン化、標準化、マルチベンダ化

正 員 青 木 正 夫

三菱電機(株)

1. はじめに

各種産業での生産設備の高度な自動化では、パソコンやプログラマブルコントローラ(PLC)、数値制御装置(NC)などの各種コントローラを接続する制御用ネットワークを多用する。このコントローラ間をリンクするネットワークを、一般にPC間ネットワークという。また、1台のPCの制御範囲内のセンサ、アクチュエータなどのフィールド機器を接続する省配線目的のネットワークを、PC下位ネットワークという。コントローラと上位の計算間は、PC上位ネットワークという。

ネットワークのユーザやシステムインテグレータは、システム構築の柔軟性の向上と、設備のコストダウンの目的から、PCやパソコンなどがリンクできる「異機種リンク」と、いろいろなメーカーの機器がリンクできる「異メーカーリンク」を要求している。

この要求に沿うべく、PC間、下位ネットワークの顕著な動向は、ネットワークのオープン化と標準化・規格化であり、その結果としてネットワーク対応機器のマルチベンダ化が進行する動向にある。ネットワークのオープン化は、メーカー開発のネットワークが公開され、多くの機器メーカーが参画してマルチベンダ化ネットワークとなる。これによりさらに普及し、デファクトスタンダードのネットワークとなる。ネットワークの標準化には、前述のオープン化されてデファクトスタンダードとなったネットワークと、業界や関係団体において初めから標準化を目的として開発する、二つのパターンがある。いずれの場合でも、仕様などが公開され、多くの機器メーカーが参画してマルチベンダネットワークとなる。

国内では、PC間ネットワークとして製造科学技術センター(MSTC)が開発したFL-netが、またPC下位ネットワークとして日本電機工業会(JEMA)によるJPCN-1が業界標準化ネットワークとしてある。また、オープン化ネットワークとしては、ODVA(Open DeviceNet Vendor Association, Inc.)によるDeviceNet、三菱電機によるMELSECNET/10とCC-Linkがある。

この解説記事では、PC上位、間、下位の生産システム用ネットワークの現状、各種の要求とその実現のための国内外の各種ネットワークのオープン化と標準化、将来の動向、

マルチベンダネットワークの適用などについて解説する。

2. 生産用ネットワークの種類と特性

図1に、CIMモデルと、ネットワークの階層構成を示す。

図1において、セルコントローラの上位以上が情報系、以下が制御系と呼ばれ、生産システム用ネットワークは、制御用ネットワークといえる。

このモデルでは、コンピュータやコントローラが階層的に、またコントローラ間もリンクされ、総じて、上位から

図1 CIMモデルとネットワーク構成

Traed of Network for Production System.
By Masao Aoki, Member (Mitsubishi Electric Co.).

下位へは指示が、下位から上位へは報告が、また同レベル間では連絡により有機的に連携して機能している。

この構成において、生産ライン用ネットワークは、情報系のPC上位ネットワーク以下である。このネットワークは制御用ネットワークで、生産ラインにおいてリアルタイムに、ランダムに発生するデータの伝送用である。特に、PC間ネットワーク以下は、サイクリック伝送により到達保証が図られ、共有メモリにより通信プログラムの簡素化を実現している。

3. ネットワークの全般動向

3. 1 PC上位ネットワーク

情報系と制御系をつなぐPC上位ネットワークは、国内外ともIEEE 802.3で規定され、OA用で普及しているEthernetが主流である。

このレベルでは、個別のリアルタイムなデータの伝送よりも、一括したファイルデータの伝送が主である。

このネットワークはPCやパソコンなどの各種機器間の異機種リンク、異メーカーリンクとしても使われている。

3. 2 PC間ネットワーク

設備間のネットワークで、PCの機種固有のネットワーク、プライベートネットワークという、が主流である。伝送速度10Mbps、リンク局数64局、伝送データの総容量8Kbit+8Kword、伝送媒体に光ファイバー・同軸・ツイストペアのケーブル、総延長30km、のような仕様である。

このレベルでは、パソコン、PC、NC、ロボットコントローラ、モーションコントローラ、表示器など、多様な機器がリンクされる動向にある。伝送されるデータにはビットとワードのデータがあり、リアルタイム性確保と到達保証のために、サイクリック伝送が国内では主流である。

国内外に有力なデファクトスタンダードのネットワークがあり、そのオープン化や標準化・規格化が進行している。しかし、このクラスのネットワーク適用範囲は各種産業分野に及び、統一化はできないのが現状である。

3. 3 PC下位ネットワーク

1台のコントローラの制御範囲内で、制御対象に設けられている各種のセンサ、アクチュエータ、操作機器、表示機器、ドライブ装置をリンクするネットワークである。制御遅れを小さくするため、ビットとワードのデータを高速伝送する必要があり、サイクリック伝送、最高10Mbps、伝送容量2048bit+256Word、64局、ツイストペアケーブル、のような仕様である。

各機器からの個別の配線をする必要がなくなり、省配線となり、かつ、各機器をPlug to Plug的に直結できるメリットがある。

最近では、電力やガスなどのエネルギーの計測センサをリンクし、エネルギー管理、これによる省エネルギーのシ

ステムにも適用されるようになってきた。

このレベルには多くの機器がリンクされ、ネットワークのオープン化、標準化によるマルチベンダ化ネットワークの動向にある。現在、IECにおいて4種類のネットワークの規格化が進行している。

3. 4 省配線ネットワーク

このネットワークは、シリアル通信により、1点単位のデータの入出力を行う。一般に、各種のセンサ、アクチュエータ、操作機器、表示機器がリンクされるリモートI/O主体の、省配線目的のネットワークである。伝送速度は数10Kbps程度、入出力点数128点、伝送距離200m程度、ツイストペアケーブル、のような仕様である。

接続などの工事性と経済性がよく、搬送システムなど各種機器が分散している設備を中心に普及している。

4. 標準化、オープン化の動向

4. 1 生産ライン用ネットワークに対する要求

FA関係のユーザやそのシステムインテグレータから、プライベートネットワークの限界を踏まえて、次のような要求がある。

- ① 生産ラインの制御システムの構築において、パソコン、PC、NCなどの異機種リンクにより、システム構築の柔軟性を向上したい。これにより、機種ごとに異なるネットワークの導入やその通信プログラムを一元化できる。
- ② 使う機器をいろいろなメーカーから購入できれば、購入価格で有利になり、設備のコストダウンにつながる。これは、異メーカーリンクとなり、複数のメーカーからそのネットワーク対応機器が供給されることになる。

この要求を実現するには、現状のプライベートネットワークでは不可能で、ネットワークをオープン化か標準化し、多くの機器メーカーが参画できるマルチベンダ化ネットワークにより可能となる。

また、ネットワーク対応機器メーカーでは、次のような課題がある。

- a. 実績の多い他社ネットワークと同レベルのネットワークを開発しようとすれば、開発費用とその期間が大きくなる。これは、製品の価格のアップにつながる。
- b. 自社ネットワークだけではビジネスが大きくなりえない。売れ筋のネットワークに対応する必要がある。

これらの課題は、仕様やノウハウが公表されているオープン化ネットワークか、公的機関などによって規格化・標準化されたネットワークを導入すれば解決できる。

ユーザとメーカーの要求や課題の実現と解決は、マルチベンダ化ネットワークにより実現することになる。このマルチベンダ化ネットワークとするための手段が、次からのネットワークのオープン化と標準化である。

4. 2 ネットワークのオープン化

メーカ開発のネットワークオープンの流れを、図2に示す。

このネットワークオープン化は、開発した母体メーカが明確に存在し、完成したネットワークが提供され、機器メーカに対する開発と認定試験の技術支援を行う。より普及した段階で、標準化団体に規格を申請し、規格化される。

メーカがネットワークをオープンするときの内容の例を、以下に示す。

- ① プロトコル(通信規約)の開示・・・仕様書の提供
- ② プロトコルのオブジェクトコードの供給
- ③ 専用 IC などの専用部品のメーカ紹介、あるいは供給
- ④ ネットワークを開発できないメーカに対しては、プリント基板での供給
- ⑤ 実装した機器のネットワーク部分のコンFORMANCE試験(型式試験)と、インターオペラビリティ試験(相互接続性試験)の内容の公開と、この試験の実施。
- ⑥ 機器メーカに対する技術サポート
- ⑦ 各種の普及活動

オープンしたメーカはこれらの活動を行うが、第三者の普及促進団体が行う場合は、③、④はないかもしれない。また次項の、初めからの標準化ネットワークでは、上記の③、④、⑥はないか、内容が少ないかもしれない。

なお、①、②、⑤、場合により⑥は、一般に有料である。

オープンネットワークとして、PC 間ネットワークには海外では、独・シーメンス社の Profibus-PA、FMS と、米・A/B 社の ControlNet が著名である。国内では、トヨタ自動車が開発した ME-Net と、三菱電機が開発している MELSECNET/10 がある。

オープンされている PC 下位ネットワークには、海外では、シーメンス社の Profibus-DP と ASI、A/B 社の DeviceNet、米・ハネウエル社の SDS、他に SMCB が著

名で、いずれも IEC で規格化が進行している。国内では、DeviceNet が普及促進団体 ODVA のもとで普及し始めている。また、三菱電機が CC-Link のオープンを進めている。

DeviceNet と CC-Link の情報は、下記のホームページから得られる。

<http://web.kyoto-inet.or.jp/org/odva-j/index.htm>

<http://www.nagoya.melco.co.jp>

省配線目的の簡易ネットワークは、リンクできる限定された機器のメーカの範囲でオープンがあるが、広くは進んでいない。

4. 3 ネットワークの標準化

ネットワークの標準化には、前記のオープン化されたネットワークがデファクトスタンダードになった後の規格化によるものと、初めから業界や標準化団体での標準化を前提にした開発型がある。

図3は、業界や標準化団体で、初めから標準化・規格化を目的とした、開発型のネットワークでの流れである。この流れでは、初めに開発ありき、最後に普及となる。オー

ブンネットワークが実績のあるものより普及で早く規格化できるのに対し、このタイプのものは初動から完成、普及までに時間を要する。そのためか、国際的な動向では、IEC での Fieldbus を除き、最近ではオープン化されたネットワークの規格化が顕著である。国内では、関係者の合意が得やすいためか、初めからの標準化ネットワークが好まれるようである。

4. 4 標準化団体での動向

(1) 国際機関での標準化

ISO/TC184 において、Ethernet をベースにした規格化が進行している。この Ethernet ベースのネットワークは、

100Mbps の Fast Ethernet をベースにし、TCP/IP のプロトコルの上位に各種ネットワーク専用の特性を実現しようとしている。

IEC/TC65/SC65B では、Profibus-FMS や ControlNet の規格化を進めようとしている。

上記の二つの活動は、P C 間ネットワークのクラスの標準化・規格化である。

P C 下位ネットワークのクラスでは、IEC/TC17/SC17Bにおいて、ASI、DeviceNet、SDS、SMCB の4種類のネットワークの規格化が進行している。

FA 用ではなく、PA (Process Automatio) 用途の計装用ネットワークとして、Fieldbus の規格化が IEC で進行している。このネットワークはオープン型ではなく、初めから PA 用として標準化として審議されている。

このうち、レベル H 1 は Foundation Fieldbus といい、IEC と ISA が共同で規格化し、Fieldbus 協会が実用化と普及を行っている。

レベル H 2 は、FA 用の P C 間ネットワーク相当で、計装コントローラ間のネットワークである。長年の審議で 100Mbps の High Speed Ethernet(HSE)の採用が決定し、プロトコルなどの審議が進行している。

(2) 国内での標準化状況

① (財) 製造科学技術センター(MSTC)の活動

MSTC は、日本自動車工業会(JAMA)の要求による FA 用の標準化されたネットワークの実現の受け皿となった。1996年10月より関係者による審議、検討を行い、開発に着手し、途中で自動車メーカーでの実証試験を行い、99年6月に機能と性能の確認を終了させ、同8月より認定活動を開始し、技術的に完成した。

このネットワークは標準の Ethernet (10Base5)をベースにし、UDP/IP の上位に、国内で主流の伝送方式であるサイクリック伝送のプロトコル(FA Link プロトコル)を実装したネットワークである。

ネットワークの名称は FL-net という。

このネットワークの詳細なプロトコル仕様書や実装仕様書、2000年3月末の対応機器メーカーなどの資料は、下記の MSTC のホームページから無料で入手できる。

<http://www.mstc.or.jp/jop/fl-net>

なお、この内容はいずれ JEMA のホームページでも入手できるようになる。

<http://www.jema-net.or.jp>

現在、10数社の機器メーカーが対応製品を供給しており、自動車メーカーでの生産ラインに導入され始めた。

このネットワークの概略仕様を表1に示す。

このネットワークは MSTC でプロジェクト的に開発された。今後の普及促進と規格化のために、2000年4月をもって(社)日本電機工業会(JEMA)に業務移管が行われた。JEMA では、次項の JPCN-1 の上位ネットワークと

表1 FL-net の概略仕様

信号伝送速度	10 Mbps
伝送距離	最大 500m、リレー子使用時 2.5km
ノード数	最大 254 局
通信機能	サイクリック伝送 メッセージ伝送…1:1, 1:n
接続形態	バス
ケーブル	Ethernet 用同軸ケーブル

して移管を受け入れ、普及促進と規格化(JEM 規格という)の活動を開始した。

今後は、自動車メーカーの生産ラインを中心に普及すると予想されている。幅広い産業分野に対応する機器が供給されるようになると、もっと普及が進行するであろう。

② 日本電機工業会(JEMA)での標準化活動

JEMA では、1993年に PC 下位ネットワークとして JPCN-1 を規格化した。これは PC メーカーによる審議で行われ、プロトコル仕様がオープンとなったものである。その後、対応機器メーカーは20社程度あるが、導入したユーザは少なく、普及しているネットワークとはいえない。普及しなかったのは、普及促進の活動があまりなされなかったことと、このネットワークの規格化後に、より技術と経済性の面で進歩した PC 下位ネットワークが出現したためと思われる。

2000年には JEM 規格がそのまま JIS B3511, 3512 として JIS 化されることになっている。

表2に、JPCN-1 の概略仕様を示す。

表2 JPCN-1 の概略仕様

接続形態	バス			
接続局数	マスタ局1局、スレーブ局31局			
伝送速度	125kbps	250Kbps	500kbps	1Mbps
伝送距離	1km	800m	480m	240m
電気的特性	RS-485			
ケーブル	シールド付きツイストペアケーブル			
入出力点数	2kbit + 2kbyte			

JEMA では、先の FL-net の業務移管にともない、統一したネットワークの名称として、P C 間ネットワークを OPCN-2/FL-net、P C 下位ネットワークを OPCN-1/JPCN-1 とすることにした。OPCN は、Open PC Network の略である。

5. 各種機器のネットワーク対応

図4に、今後の動向を加味した、各種コントローラや機器の対応ネットワークの状況や予定を示す。

図4は、その機器メーカーが理想的にビジネス展開を行うときに対応するであろうネットワークを示している。すべての機器やそのメーカーがここにあるネットワークに対応

図4 各種コントローラ、機器の対応ネットワーク

ネットワークの種類	各種コントローラ、機器						備 考
	パーソナル PC	NC MC	ロボット	サーボ	インパ クタ	表示器	
上位 Ethernet	↑	↑↓	↑↓	↑↓			IEEE 規格, 世界標準, 100M へ
PA用 Fieldbus H2 Profibus-PA	↑						IEC 規格, 計装用, 100M Ethernet オープン, デファクト, 計装用, 欧州中心
PC間 ControlNet Profibus-FMS FL-net MELSECNET/10 自社ネットワーク	↑	↑	↑	↑		↑	オープン, 米国デファクトへ, オープン, 欧州デファクト, EN 規格 標準化, JEM 規格化, 普及へ オープン, 国内実績 No.1 自社ギランティ用
PC下位 JPCN-1 DeviceNet Profibus-DP Interbus-S CC-Link 自社ネットワーク Lon Works Fieldbus H1	↑	↑	↑	↑	↑	↑	JEM 規格→JIS 規格へ オープン, 米国デファクト, IEC 規格へ オープン, 欧州デファクト, EN 規格 オープン, デファクト, 世界シェアNo.1 オープン, 国内デファクト 自社ギランティ用 オープン, ビル用でデファクト, BAC net の下位 IEC 規格, 計装用
簡易 AS i ユニワイヤ S-Link 自社ネットワーク	↑					↑	オープン, 欧州デファクト, EN 規格 国内実績多し 国内実績多し 自社ギランティ用

するものではない。ネットワーク対応は、その機器メーカーのビジネススタンスにより決まる。とにかく、ユーザが使っているネットワークに自社の機器がリンクできなければ、まったくビジネスにならないことになるのであるから、機器メーカーとしてはネットワーク対応が重要なビジネス戦略となる。

例えば、幅広い産業に対応するのであれば、自社でギランティできる自社開発のネットワークとともに、表のPC上位から簡易ネットワークまでのいくつかのネットワークに対応する必要がある。海外でビジネスを展開するのであれば、海外でシェアの高いネットワークに対応しなければならない。また、例えば国内で自動車メーカーのみに限定するのであれば、ネットワークも限定できる。

現状はプライベートネットワークが主流であるので、ユーザでのトラブルにはそのメーカーが対応し、必要なギランティは得られている。しかし今後、自社で責任をもってギランティできる自社開発のネットワークはなしで、オープン化、標準化された売れ筋のネットワーク対応のみに絞り込むメーカーも出よう。

マルチベンダ化されたネットワークを使うユーザにとっては、そのネットワーク対応のメーカーと機種が多いこと

はよいことである。著名な、あるいはシェアの高いネットワークに対応し、さらに対応しているネットワークの数が多きことは、そのメーカーの評価が高くなることにつながるであろう。

図4のコントローラと機器は、主なもののみである。特にPC下位ネットワークと簡易ネットワークと接続する機器の種類は多い。これらの機器メーカーは、自社製品のビジネスを大きくするためには、多くのネットワークに対応する必要がある。そのとき、ネットワークの専門メーカーではないこれら機器メーカーにとっては、オープン元のメーカーなり、普及促進団体なり、標準化団体からの技術サポートが必要で、これが不足すると、そのネットワークの普及を阻害することにつながる。

6. マルチベンダ化ネットワークについて

6.1 マルチベンダ化ネットワークとは

マルチベンダ化ネットワークとは、そのプロトコル仕様と製品化のための実装仕様が開示か規格化され、多くの機器メーカーが対応する製品を供給しているネットワークである。先に述べたネットワークのオープン化も標準化・規格化も、結局はネットワークのマルチベンダ化のためであ

る。

図5に、生産ラインにおけるマルチベンダ化されたPC間ネットワークのイメージを示す。

マルチベンダ化ネットワークの本質は、異機種リンクと異メーカリンクである。異機種リンクでは、図5以外にID (識別) システム、プリンタ、計測装置などがある。また、マルチベンダ化されたPC下位ネットワークでは、電気・物理量のセンサ・トランスデューサ、操作機器、表示機器、ドライブ装置などがある。異メーカリンクは、これら機器メーカーが複数あるときである。

6. 2 ユーザにとっては

多くの機器とメーカーが対応しているネットワークのマルチベンダ化では、市場競争が激化し、これにより価格が低下する。

ユーザはシステム構築の柔軟性の向上とともに、購入価格の低下による設備のコストダウンが期待できる。しかし、コスト第一で図5のようなシステムを構築するのは、設計や保全の面からは好ましくないであろう。自社の生産ラインで、各社歴代の機器の展示会ができかねない。ネットワークは同一でも、そのプログラムやハードウェアは機器により異なる。また、複数のメーカーのものを組み合わせた場合、相性の問題もあり、ユーザ責任とリスクが大きくなる。

特に、トラブルが発生した場合、このようなシステムでは、システム全体をギャランティするメーカーは存在しないので、ユーザ自身でトラブルシュートを行う必要がある。ユーザの保全技術が高ければよいが、そうでなければ、マルチベンダ化されたネットワークであっても、機器メーカーを限定するとよい。何か問題が発生しても、そのメーカーのみを相手にすればよいことになる。

技術面で自信がなければ、またコストが折り合えば、さらに導入してもネットワークの機能と性能が所要のレベルであれば、シングルベンダのネットワークでもよいのかもしれない。

マルチベンダ化ネットワークは、ユーザにとってはメリットも大きい。反面、ユーザのリスクと責任も大きくなる。このことを踏まえ、シングルベンダのネットワークも視野にいれて導入するネットワークの選定を行う必要がある。

6. 3 機器メーカーにとっては

機器メーカーにとって、オープン化、標準化されたネットワークの導入は、そのネットワークに関連するビジネスに容易に参入できることになる。そして、そのネットワークが普及していれば、ビジネスの拡大につながる。

より大きなビジネス展開をするのであれば、図4に示した多くのネットワークに対応する必要がある。

反面、多くのメーカーが参入してくるので、市場競争が激化する。これは、価格の低下となるので、メーカーにとってはコスト競争力が必要になる。場合により、コスト競争力のあるメーカーの一人勝ちになる可能性もある。

マルチベンダ化ネットワークは、そのネットワークにリンクできる多くの機器が供給されるので、ビジネスがうまく行かないのであれば、撤退も容易である。ただし、ユーザにとっては困ることである。

6. 4 ではプライベートネットワークは

プライベートネットワークは、そのメーカーがギャランティできることと、互換性をもたせた改善やバージョンアップが自分でできることに強みがある。マルチベンダ化ネットワークでは、仕様に限界があったような場合、互換性をもったバージョンアップや改良などは困難である。これがなされなければ、一世代限りのネットワークとなるであろう。

ユーザにおいては、プライベートネットワークでも所要の要求次項が満足でき、かつ、長期間にわたり安定した供給とギャランティが期待できるのであれば、ネットワークの選定にあたっては、プライベートネットワークも検討すべきであろう。

7. おわりに

解説してきたように、生産ラインに適用されるネットワークは、変動の時期を向えようとしている。それは、オープン化と標準化、その結果としてのマルチベンダ化である。

ユーザ、メーカーともその渦中に取り込まれるのが、今後の顕著な動向である。ともに、選定や導入にあたっては、慎重な検討が必要である。 (平成12年6月5日受付)

青木正夫 (正員)

1960年3月大分県立大分工業高校電気通信科卒業、同年4月三菱電機中央研究所に入社。CRT、レーザの開発に従事。69年同社名古屋製作所に転勤、各種産業用制御装置の設計に従事。72年よりプログラマブルコントローラの製品企画、開発、技術サポートに従事。85年より日本電機工業会、電気学会などの委員、幹事、主査を歴任。現在、名古屋製作所FAシステム部に所属。主として社外委員会とユーザの技術支援を担当。