

LONWORKS[®]

システム入門

バージョン 1.0



078-0183-01A

Echelon、LON、LONWORKS、LonPoint、LonTalk、Neuron、LONMARK、3120、3150、LonUsers
ロゴ、Echelon ロゴ、LONMARK ロゴは Echelon Corporation の登録商標です。LonMaker お
よび LonSupport は Echelon Corporation の商標です。

その他のブランド名および製品名は各社の商標または登録商標です。

Neuron チップ、LonPoint モジュールをはじめとする各種 OEM 製品は、人体の健康や安全
に対する危害、または物損を招くおそれのある機器やシステムで使用することを目的に設
計されたものではありません。Neuron チップまたは LonPoint モジュールをそのような機
器やシステムで使用するについては、エシェロンは一切の責任を負いません。

エシェロン以外のベンダーが製造したパーツを本書中で参照している場合がありますが、
説明のために例として示しているだけであり、必ずしもエシェロンでテスト済みのパーツ
であるとは限りません。それぞれの用途におけるこういったパーツの適合性の判断は、お
客様の責任において行っていただきます。

明示もしくは黙示の如何に拘わらず、また書面もしくはその他のいかなる手段によるもの
かに拘わらず、エシェロンはお客様に対していかなる保証または条件も提供しません。ま
たエシェロンは、市販性または特定の目的への適合性に関する暗黙の保証については、い
かなる責任も負いません。

本書の内容の一部または全部を、エシェロンの書面による事前の承諾なしに複製、検索シ
ステムへの登録、送信することは、電子的、機械的、複写、記録、その他のいかなる形式、
手段に拘わらず禁じられています。

Printed in Japan.

Copyright © 1999 by Echelon Corporation.

Model Number 19000

Echelon Corporation
4015 Miranda Avenue
Palo Alto, CA 94304, USA

目次

第 1 章	LONWORKS の概要	1-1
	概要	1-2
	参考資料一覧	1-3
第 2 章	制御ネットワーク	2-1
	従来のアプローチ	2-2
	新しい制御ネットワークのアプローチ	2-3
	データネットワークから制御ネットワークへの変遷	2-4
	制御ネットワークのコンポーネント	2-4
	制御ネットワーク技術を導入して従来の制御システムを使用する	2-6
第 3 章	LONWORKS のプロトコル	3-1
	LONWORKS のプロトコル	3-2
	チャネルの種類	3-4
	媒体へのアクセス	3-5
	アドレス指定	3-5
	メッセージサービス	3-7
	ネットワーク変数	3-7
	制限事項	3-8
	標準となった LONWORKS のプロトコル (LonTalk)	3-9
	まとめ	3-9
第 4 章	相互運用性	4-1
	概要	4-2
	LONMARK 協会	4-3
	トランシーバと物理チャネルに関する標準	4-3
	アプリケーションプログラムに関する標準	4-4
	標準的なネットワーク変数のタイプ (SNVT)	4-4
	構成プロパティ	4-4
	LONMARK オブジェクトと機能プロファイル	4-5
	プログラム ID	4-6
	LONMARK リソースファイル	4-7
第 5 章	LONWORKS システム	5-1
	システムの構築	5-2
	Neuron チップ	5-3
	Neuron チップのアプリケーションプログラム	5-4

トランシーバ	5-5
LONWORKS デバイス	5-5
LonPoint モジュール	5-6
ルータ	5-6
開発ツール	5-7
ネットワークインタフェース、ゲートウェイ、Web サーバー	5-7
ネットワークオペレーティングシステム	5-8
ネットワークツール	5-9
LonMaker for Windows 統合ツール	5-9
LonManager プロトコルアナライザ	5-11
LNS DDE サーバー	5-11
第 6 章 オープンシステムの設計	6-1
はじめに	6-2
オープンな制御システムの要件	6-3
新しい設計のパラダイム	6-4
階層化したシステム	6-7
設計のガイドライン	6-10
オープンな制御システムを設計するためのチェック項目一覧	6-11
第 7 章 オープンシステムの導入	7-1
導入作業のタスク	7-2
システムの設計	7-2
ネットワークの設定	7-2
アプリケーションの設定	7-3
導入	7-3
オープンな導入作業のメリット	7-3
付録 A 用語集	A-1
付録 B よくある質問と回答	B-1

第1章

LONWORKS の概要

本章では LONWORKS システムの概要について説明します。

概要

LONWORKS システムは、数千におよぶアプリケーション開発業者が世界中で数えきれないほどのデバイスを導入してきた実績を持ち、ビルオートメーションやホームオートメーション、各種産業用途、運輸、電気・ガス・水道などの分野の制御ネットワークで利用できる代表的なオープンソリューションです。制御ネットワークとは、個々のデバイス群が相互にピア・ツー・ピア通信を行い、センサーの監視やアクチュエータの制御、信頼性の高い通信、ネットワークの運用管理などの機能を提供し、データを自在に活用できるようにするネットワークです。LONWORKS のネットワークでは、ANSI/EIA 709.1 制御ネットワーク標準ともなっている **LONWORKS のプロトコル (LonTalk)** を使用して上記のタスクを実現します。

LONWORKS システムの基本的な概念は以下のとおりです。

- 制御システムには、その用途に関係なく、共通の要件が多い。
- ネットワークで接続した制御システムはネットワーク化されていない制御システムよりも極めて性能が高く、柔軟性と拡張性に優れている。
- 制御ネットワークを利用する企業は、ネットワーク化されていないシステムを利用する場合に比べ、長期にわたってより大幅なコスト削減と収益強化を実現できる。

ある意味では、LONWORKS ネットワークはローカルエリアネットワーク、つまり LAN と呼ばれるデータ処理用のコンピュータネットワークに似ています。データ処理用のネットワークはさまざまな通信媒体に複数のコンピュータを接続して構成され、それぞれの媒体はルータで接続します。コンピュータ間の通信には TCP/IP などの共通のプロトコルを使用します。データ処理用のネットワークは大量のデータをやり取りすることを前提にして最適化されており、データネットワーク用のプロトコルでは、データの配信や応答で多少の遅延が発生することはあらかじめ考慮されています。制御ネットワークも同じように、コストや性能、規模、応答など、制御に必要な要件を考慮して最適化されています。制御ネットワークではネットワークに接続されているシステムを拡張してさまざまな用途に対応できますが、これはデータネットワーク技術では実現されていません。制御システムメーカーやデバイスメーカーは自社製品に LONWORKS のコンポーネントを組み込むことにより、短期間で製品を開発・設計することができます。その結果、コストパフォーマンスに優れた開発を実現し、さまざまなメーカーが提供するデバイス間の通信を可能にする一貫性が確保されます。

LONWORKS のネットワークは、機械に組み込むような小規模なものから、核融合レーザーや製紙機械、ビルオートメーションシステムなどを制御する数千のデバイスで構成される大規模ネットワークまで、高度なレベルで対応できます。LONWORKS のネットワークはビルや列車、飛行機、工場などをはじめとするさまざまな用途で利用できます。メーカーは、オープン性を備えた市販のチップやオペレーティングシステムをはじめとする各種のパーツを使用して製品を製造します。こうした製品は高い信頼性と柔軟性、性能を持ち、システムコストを抑えるといった特徴を備えています。

従来の制御ネットワークでは、閉鎖的で独立した各種制御機能を独自仕様のゲートウェイで接続します。この種のゲートウェイは導入や保守が難しく、顧客は閉鎖的で相互運用性を持たないアーキテクチャに縛られてしまいます。このようなアプローチによる設計はコストがかさみ、結果的に制御システム市場の伸びを抑え込むこととなります。LONWORKS システムは相互運用性と信頼できる技術、短期間の開発、規模の経済を実現することにより、このような従来の制御システムの枠組みと集中制御型システムの流れからの脱却を加速させます。ネットワーク全体に処理を分散し、すべてのデバイスが自在にネットワークを利用できるようにすることでネットワーク全体の導入コストとライフサイクルコストを抑え、シングルポイント障害を減らして信頼性を高め、さまざまな用途に利用できる高度な柔軟性を提供します。たとえばビルオートメーションの分野では、LONWORKS ネットワークはビル制御システム全体に共通のインフラを提供します。ビルオートメーションシステムの設計者はこのインフラを利用して、必要以上に階層化しないようにシステムを設計できます。縦割りになりすぎると、それぞれが孤立したシステムになりがちです。

エシエロンは 80 種類を超える LONWORKS 関連製品を製造しており、開発者やシステムインテグレータ、エンドユーザーはこれらの製品を活用して LONWORKS ネットワークを実現することができます。エシエロンでは開発ツールやネットワーク管理ツール、電力線トランシーバやツイストペアトランシーバ、制御モジュール、ネットワークインタフェース、そしてテクニカルサポートやトレーニングなど、LONWORKS に関するソリューションを総合的に提供しています。

本書は LONWORKS システムの基本をご紹介しますための入門書です。最初にネットワークやプロトコルの概要を説明し、その後 LONWORKS のプロトコル (LonTalk) について技術的な側面から詳しく取り上げます。次に LONWORKS システムのコンポーネントの概要を説明し、最後に製品の相互運用性を実現する方法について説明します。詳細な説明が記載されている資料の一覧を次のセクションに示します。本書で説明している技術的な内容については、ほとんどがプロトコルやネットワークオペレーティングシステム、ネットワークツールなどで自動的に処理されます。このデバイス間通信の細かいレベルでの自動処理機能が、実は LONWORKS システムが持つ最大の強みのひとつでもあるのです。

参考資料一覧

LONWORKS システムに関する詳細は、下記の資料をお読みになるか、エシエロンの Web サイト (www.echelon.com) をご覧ください。下記の資料はエシエロンの Web サイトから入手できます。

- 『LonTalk® プロトコル』 (005-0017-01)
- 『LONMARK® アプリケーション層インターオペラビリティガイドライン』 (078-0120-01)
- 『LONMAR 1 層-6 層 インターオペラビリティガイドライン』 (078-0014-01)
- 『LONWORKS ネットワークサービス (LNS™) アーキテクチャの戦略的概要』 (39310)
- 『LonMaker For Windows ユーザーズガイド』 (39510)
- 『LonManager® プロトコルアナライザ ユーザーズガイド』 (39600)
- 『LonPoint アプリケーションおよびプラグインガイド』 (078-0166-01)
- 『LonPoint モジュールのハードウェアおよびインストールガイド』 (078-0167-01)
- 『PCC-10 PC カード ユーザーズガイド』 (078-0155-01)
- 『PCLTA-10 PC 用 LonTalk アダプタ ユーザーズガイド』 (078-0159-01)
- 『PCLTA-20 PC 用 LonTalk アダプタ ユーザーズガイド』 (078-0159-01)
- 『SLTA-10 シリアル LonTalk アダプタ ユーザーズガイド』 (078-0160-01)
- LONWORKS システム データシート

第2章

制御ネットワーク

本章では制御ネットワークを使用してオープンな制御システムを導入する方法について説明します。最初に閉鎖的な制御システムの設計に用いられてきた従来のアプローチについて説明し、次にそれと対比させるかたちで、オープンな制御ネットワークを使用する新しいアプローチについて説明します。最後に混合型のアプローチ、つまり制御ネットワーク技術を導入し、従来利用してきた閉鎖的な制御システムを引き続き使用する方法について説明します。

従来のアプローチ

かつての制御ロジックは、電気機械式リレーパネルまたは空気圧レシーバ/コントローラに端を発しています。半導体技術が出現して配線や配管、リレーなどに代わって論理回路が使われるようになり、コストの削減と高い柔軟性が実現されました。徐々に優れたアルゴリズムが開発され、さまざまなプロセスをしっかりと制御できるようになりました。しかしシステムの規模が大きくなるのに伴い、追加や移動、変更に関する問題が表面化し、徐々にその対応に窮するようになります。

問題の原因は、従来用いられてきたハードウェアやソフトウェアそのものの本質によることも多かったのです。メーカーは各社独自にシステムを構築し、そのシステムを使用することを前提としてすべてのインテリジェントデバイスを提供していました。このアプローチではシステムに関することはすべて提供元に対応してもらえますが、それは同時に顧客を「囲い込む」ことになります。顧客はそのシステムを使い続ける限り、もともと機器類を提供したメーカーと付き合い続けなければならないのです。これはビルでも工場でも、プロセスプラントでも同様です。さらに悪いことには、システム全体を設計して構築できることが要求されるため、提供できるのはほんの一握りの大企業に限られていました。こういった大企業は通常、意図的にゆさぶりをかけ、顧客を「囲い込む」ことを意識してビジネスモデルを構築します。コンピュータ業界におけるコストパフォーマンスの向上とビル/産業用制御機器のコストパフォーマンスを比較すれば、状況の違いは歴然としています。

従来は、異なるメーカーのデジタルコントローラは相互接続できないというのが常識でした。異なるシステムで互換性のない通信プロトコルを使用しているため、リレーや専用のゲートウェイ、プログラムをインストールした **RS-232** ポートなどを使用して異なるシステムを接続することが重要になります。ただし、このようなインタフェースを使用しても、相手側の異なるシステムに詳細な情報をシームレスに伝えることはできません。異なるシステム間でやり取りできるのはごく限られた、ステータスや制御に関する情報だけです。障害に関する情報は共有できませんし、種類の異なるセンサーの情報を必ずしも利用できるとはかぎりません。またシステム全体のステータスを把握したうえで互いの応答にリアルタイムに対応することもできません。ゲートウェイや特別に開発したプログラムを使用してインテリジェントなビル制御システムや産業用制御システムを構築することはできます。しかしこのようなシステムは通常、コストパフォーマンスが悪く、信頼性も高くありません。いったんシステムが完成すると、施設や設備の所有者はゲートウェイやプログラムを開発したメーカーと永遠に運命を共にしなければなりません。

図 1 は集中制御型のアーキテクチャを表しています。これは商業用途や産業用途のほとんどの制御システムで最近まで一般的に採用されてきたアーキテクチャです。センサーやアクチュエータがサブパネルに配線され、サブパネルはさらに、従来用いられてきたマスタ/スレーブ型の通信バスを介してコントローラパネルに接続されています。コントローラパネルには高性能マイクロプロセッサが搭載されており、接続されているすべての入出力ポイントの制御ロジックをカバーする独自仕様のアプリケーションプログラムを実行します。大規模なシステムの場合、コントローラは別の従来型通信バスを介して他のコントローラと通信することもあります。センサーやアクチュエータは通常、自分では何も判断できない、そして通信機能も持たない「ダム」デバイスです。システムは専用のヒューマン・マシン・インタフェース (HMI) を備えていることが多く、実行するアプリケーションプログラムもすべて専用に開発する必要があります。このようなアプリケーションは、従来用いられてきたプログラム言語や、メーカー独自仕様の一般的には用いられないソフトウェアツールを使用して開発されます。残念なことに、こういったメーカーは各種のツールやプログラミングモデルを標準化しようとはしません。

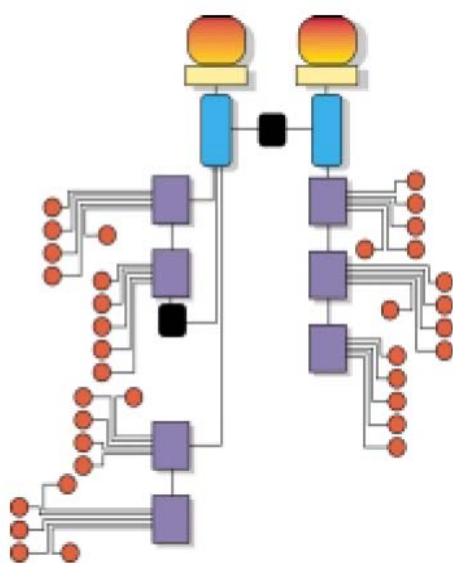


図 1 集中制御型のアーキテクチャ

標準化にはオープンな制御ネットワークが必要です。インターネットがデータネットワークの標準化を加速させたように、LONWORKS システムは制御ネットワークの標準化を促進する原動力となります。

新しい制御ネットワークのアプローチ

制御ネットワークの設計の良し悪しを判断するためには、最初にオープンなネットワークの機能を理解しておく必要があります。オープンなネットワークを一言で表現すると、「さまざまなインテリジェントデバイスが相互に、直接やり取りできるネットワーク」と言えます。デバイスにポーリングして情報を集め、他のデバイスにその情報を再送するために管理コントローラを間に配置する必要もありません。システム全体の制御アルゴリズムを管理する特別な役割を持つ管理用デバイスも必要ありません。

つまり、すべてのデバイスがネットワーク上の他のデバイスに情報を直接発信する機能を備えています。この情報は、送信元でデータを複数のパケットに分割して送信し、1 つまたは複数の受信先が受け取ることになります。図 2 はオープンな制御ネットワークを表しています。マスタ/スレーブ型のアーキテクチャを表す図 1 とオープンなアーキテクチャを表す図 2 との相違点は、従来使用していたホストが姿を消し、インターネットの成長を加速させる原動力となったオープンな通信ネットワークに取って代わられた点です。

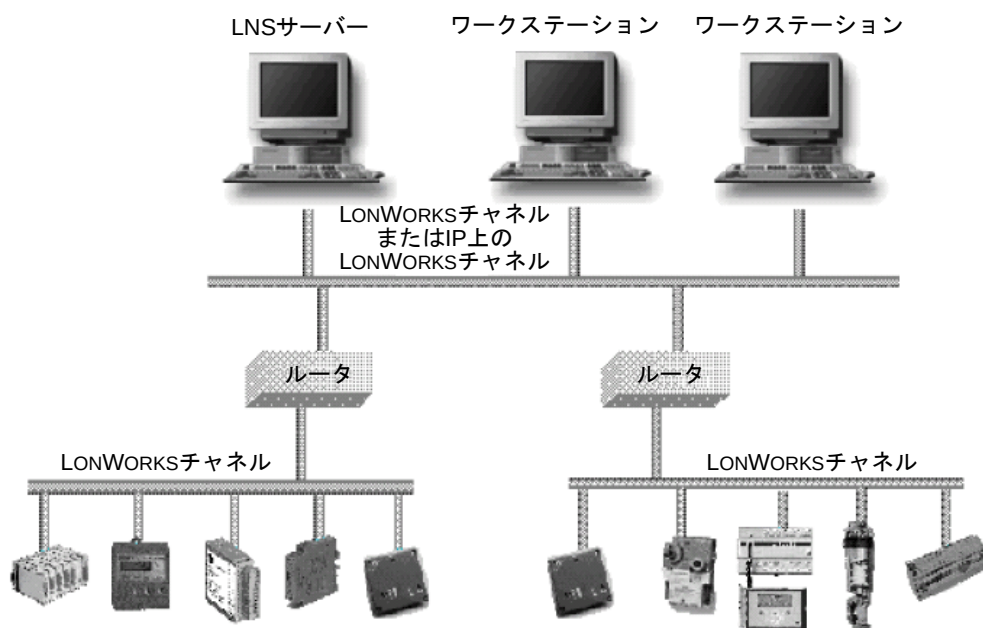


図2 オープンな制御ネットワーク

データネットワークから制御ネットワークへの変遷

ネットワークは長きに渡って使われてきましたが、大規模なコンピュータシステム以外ではデバイスの制御にネットワークを使用するのはあまり一般的ではありませんでした。当時の通信プロトコルは、バッチ処理を実行する目的で設計されたコンピュータ間で大量のデータを受け渡すために開発され、最適化されました。その後、時は流れ、プロトコルはそれぞれに進化しました。規模が拡張され、多くの機能と柔軟性を備えるようになりました。しかし、多くのプロトコルは依然としてコンピュータ間や個人レベルでのデータ通信を前提としていました。

その後マイクロプロセッサの価格低下が転機となり、マイクロプロセッサを組み込んで安価なコントローラや制御デバイスを提供できるようになりました。設計技術者たちはこのときを境に、それまで使用していた通信用のプロトコルは制御システムで最適な性能を発揮するようには設計されていないということに気付きはじめました。制御ネットワークには以下のように、データネットワークとは一線を画すさまざまな固有の要件があります。

- デバイス間の通信は頻度が高く、高い信頼性と安全性が要求される。
- 情報の受け渡しに使用するメッセージのフォーマットは短いこと。
- すべてのデバイスがピア・ツー・ピア接続されていること。
- 小型・低価格デバイスを実現できる価格であること。

LONWORKSのプロトコル(LonTalk)が登場する背景にあったのは、上記のような制御ネットワーク固有の要件に対応する必要性、そして市場で通信の標準を確立すれば、相互運用性を実現させて市場に活力を与え、その規模と有効性を増大させることができるという信念でした。

制御ネットワークのコンポーネント

図3は制御ネットワークを構成する主なコンポーネントを示しています。制御ネットワークは、共通の**プロトコル**を使用して1つまたは複数の**通信チャネル**上で相互に通信を行う、さまざまなインテリジェント**デバイス**で構成されます。

ネットワークデバイスはノードとも言います。

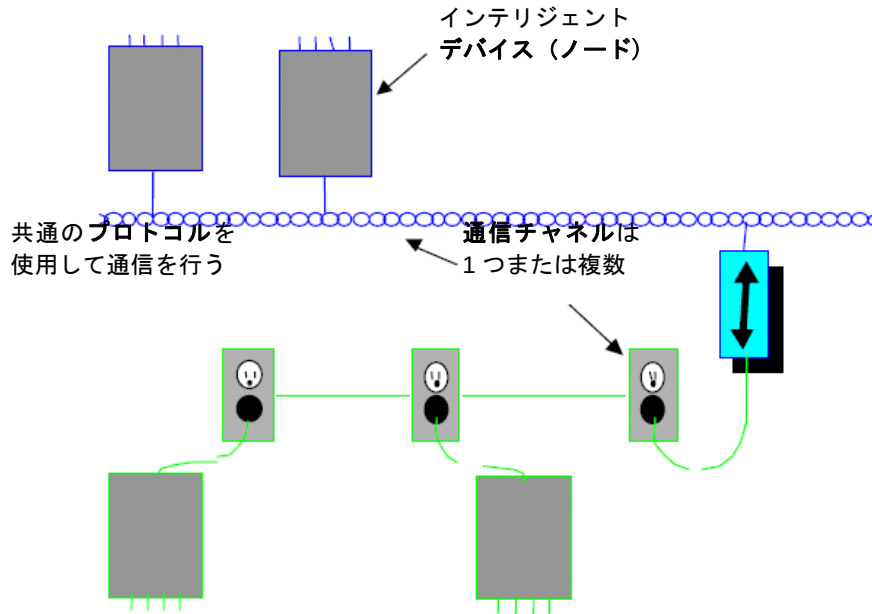


図3 制御ネットワーク

デバイスはそれぞれ1つまたは複数のプロセッサを搭載し、独自の判断を行いプロトコルを実装します。また個々のデバイスには、通信チャンネルとの電気的なインタフェースを提供する**トランシーバ**と呼ばれるコンポーネントが組み込まれます。

デバイスからは、実行するアプリケーションに対応した必要な情報が送信されます。このアプリケーションは同期を取っていないため、複数のデバイスが同時に情報を送信してしまうこともあります。したがって、ネットワーク上でデバイスが適切に情報をやり取りできるようにするためには、ネットワークの運用に際してルールと手順を定め、それを守ることが必要です。このルールと手順のことを**通信プロトコル**と言います（単に**プロトコル**と言うこともあります）。プロトコルはデバイス間でやり取りするメッセージのフォーマットを定義し、またデバイスが他のデバイスにメッセージを送信したときに実行すべき処理も定義します。一般的にプロトコルは、ネットワーク上の個々のデバイスにソフトウェアを組み込んで（ファームウェアコード）実装します。

デバイス間を接続する経路は**通信チャンネル**と言い（単に**チャンネル**と言うこともあります）、さまざまな物理特性を示すチャンネルがあります。同じチャンネル上ではさまざまな種類のトランシーバを使用できます。つまり、チャンネルはその種類によって分類され、トランシーバはそれぞれ対応する（サポートする）**チャンネルの種類**が決まっています。チャンネルの種類を決めると、ネットワークのトポロジーだけでなく通信速度や最長距離も決まります。

特定のチャンネルに接続するデバイスはすべて、適切に設定した、チャンネルに適合するトランシーバを備える必要があります。どのような媒体用のトランシーバでも開発できますが、実装することが難しいために費用がかさんでしまうものもあります。トランシーバは、シングルツイストペア線や電力線、無線、赤外線、光ファイバー、同軸ケーブルなどのさまざまな通信媒体に対応した製品が各メーカーから提供されています。

制御ネットワーク技術を導入して従来の制御システムを使用する

すべての制御システムメーカーが真にオープンなプラットフォームに対応しているとは限りません。今日のビル制御や離散制御、プロセス制御関連メーカーが最も多く導入しているシステムアーキテクチャの例（階層化されたシステム）を図4に示します。この図を見るとコントローラがあります。このコントローラには LONWORKS システムのコンポーネントがいくつか組み込まれているのかもしれませんが。そしてコントローラは隔離されたネットワークに接続されています。このコントローラにぶらさがるネットワークはデバイスバス、またはデバイスネットワークとすることができます。ここで見逃してならないのは、現場のデバイスに情報を分散するというよりはセンサーやアクチュエータへの既存のアクセスを依然として利用し、階層化されたネットワークのどのポイントにアクセスする場合でもコントローラとワークステーションからアクセスするようになっている点です。既存のコントローラやゲートウェイで使用するソフトウェアは1つのベンダーから提供されていてインタフェースが全く標準化されていないため、メーカーを問わずにツールを使用できるような状況ではありません。ゲートウェイには、たとえば Java などの最新のテクノロジーを使用することもあるかもしれません。ゲートウェイはオープンなネットワーク、つまりコントロールバス上で相互に通信することもあります。しかしこのような階層化されたアーキテクチャでは、結局は閉鎖的な従来型のシステムにしかありません。

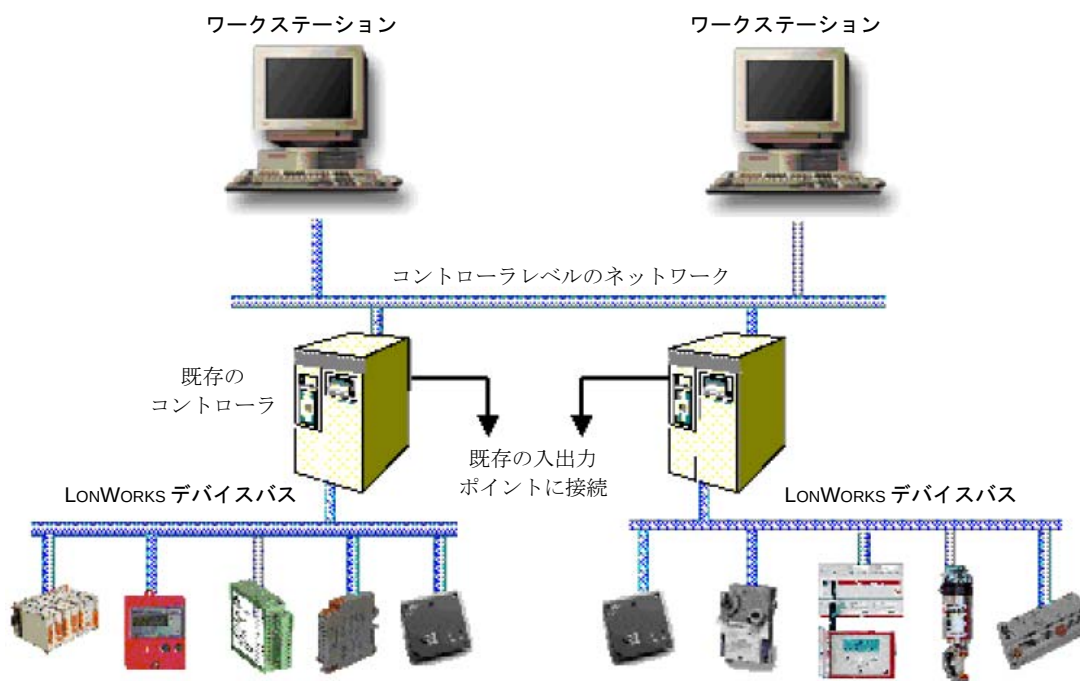


図4 典型的な階層化されたシステムアーキテクチャ

たとえ LONWORKS デバイスを利用したネットワークであっても、このアーキテクチャでは LONWORKS システムの利点を最大限に活用することはできません。このアーキテクチャに組み込まれた LONWORKS デバイスは通常、独自に判断する能力が制限され、階層内の他の部分にあるデバイスとも非常に限られたやり取りしかできません。デバイス間で通信を行う場合、必ず従来から用いているゲートウェイを介する必要があります。従来型のシステムと比べると1歩踏み込んだかたちにはなるかもしれませんが、しかし、決して真のオープン性を備えたシステムとは言えません。隣の階層、つまり隣の管理コントローラとはオープンにやり取りできません。この管理コントローラというデバイスは、各種の入出力デバイスや端末ユニット、他の管理コントローラとの間の制御ロジックのほとんどを実行します。この種の大規模な制御パネルは「ブラックボックス」とも呼ばれ、標準の LONWORKS プロトコルを使用して送出される情報を別のデータ転送手順用に変換するゲートウェイとしての役割も果たします。コントローラは他の既存システムのバスに接続するカスタムドライバとしても、あるいは既存の装置類をシステムに組み込むためにもよく利用されます。

これでは相互運用性が見えない、従来と変わらない問題解決のアプローチであり、真のオープン性を備えたシステムとはかけ離れています。設定や管理に使用するネットワークツールはメーカーがそれぞれ独自に用意します。さらに、HMI ツールも通常はメーカーがそれぞれ独自に用意するため、システムインテグレータは標準ではないさまざまなインタフェースの使用方法を時間をかけて習得しなければいけません。

階層構造のシステムアーキテクチャはさまざまな理由により、最適な制御ソリューションとは言えません。エンドユーザーにとっては、ライフサイクルコストに直結する以下のような問題点があります。

- **不必要に複雑になってしまう。** 仮に完全なピア・ツー・ピア型のアーキテクチャで制御システムを導入した場合、いかなる機能も犠牲にすることなく、コントローラレベルの階層を切り捨てることができます。階層内に余分なレベルがあってもエンドユーザーにとっては邪魔なだけであり、実際のところ、異なる技術をベースにした二次制御レベルとも言うべきネットワークを導入・設定・保守しなければならないという、余分なコストと複雑さをもたらすマイナス効果しかありません。
- **独自仕様のままである（オープンではない）。** たとえ LONWORKS デバイスをネットワークに接続し、それが LONMARK 標準に準拠したデバイスであったとしても、集中制御用のコントローラとそこで実行される制御アルゴリズムは独自仕様のままです。つまり、独自仕様のツールを使用して特別なプログラミングをする必要があり、独自仕様のネットワーク管理ツールが必要です。エンドユーザーにとっては、変更、追加、新規機能の導入、保守などを行う際の選択の自由という、オープンな標準が目指す真のゴールを達成する障害となります。
- **ネットワークのどこからでも、いつでも、どの制御ポイントとでも通信するということができない。** このアーキテクチャでは複数の層に分けて制御を行うため、別々のチャネル上にあるデバイスどうしが直接通信することができません。別々のプロトコルを通して 2 度変換され、システム全体を管理するデータベースに保存したデータは古くなってしまい、使いものになりません。このアーキテクチャはデバイス間の情報の流れを制限し、制御アルゴリズムの導入を難しくし、システムの有用性をも阻害してしまいます。導入にもかなりの時間を要します。

階層構造のシステムアーキテクチャは、エンドユーザーやシステムインテグレータにとっては扱いにくく、コストがかさみます。情報に疎い購入者は混乱してしまい、オープンさを売り物にした技術を使用して構築しているのだからオープンなシステムを手に入れたのだと勘違いしてしまいます。LONWORKS のネットワークを階層の末端部分に採用しても、複数の層で構成される制御アーキテクチャは単なる孤立した LONWORKS ネットワークの寄せ集めにしかすぎません。この種の LONWORKS ネットワークには、相対的にピア・ツー・ピア型のデバイスはほとんど使われません。このアーキテクチャの場合、たとえデバイスレベルでネットワークが相互運用性を備えていたとしても、システム全体の通信を制御するのは従来から使用しているコントローラです。LONWORKS デバイスどうしで直接やり取りしてデータを共有できるのは、ローカルのネットワークだけに限定されてしまいます。

オープンなネットワーク管理用ソフトウェアが情報の動きを調整するのは対照的に、コントローラレベルのネットワークを管理するのは従来から用いられている、ブラックボックスのようなソフトウェアです。この「ブラックボックス」ソフトウェアは、複数階層のアーキテクチャが抱える複雑さをエンドユーザーから隠すために、どうしても必要なコンポーネントなのです。

メーカーはその分を価格に上乗せすることができ、ユーザーがそのうちサポートを必要として問い合わせてくることを知っているのです。

第3章

LONWORKS のプロトコル

本章では LONWORKS で使用するプロトコルの概要を説明し、さらに要点をいくつか取り上げて説明します。

LONWORKS のプロトコル

LONWORKS で使用するプロトコルは **LonTalk プロトコル** と呼ばれ、**ANSI/EIA 709.1 制御ネットワーク標準** としても知られている、LONWORKS システムの中核を担う機能です。このプロトコルが提供する一連の通信サービスを利用することにより、デバイスのアプリケーションプログラムはネットワークのトポロジーや他のデバイスの名称、アドレス、機能に関する情報を把握していません。ネットワークを介して他のデバイスとメッセージをやり取りすることができます。LONWORKS のプロトコル (LonTalk) では、終端間でメッセージの受信を確認する機能、あるいはメッセージの認証機能、決められた時間内での配信を保証する優先度別配信機能などがオプションで提供されます。離れた場所のネットワーク管理ツールからは、ネットワーク管理サービスを利用してネットワークを介してデバイスと通信を行い、ネットワークアドレスやパラメータを再設定したり、アプリケーションプログラムをダウンロードしたり、ネットワークの障害を報告したりできます。また、各デバイスに配置したアプリケーションプログラムの開始・停止・リセットもできます。

LONWORKS のプロトコル (LonTalk) は、階層化された、パケットベースのピア・ツー・ピア通信プロトコルです。Ethernet やインターネットプロトコルと同じように標準規格として公開されており、ISO (国際標準化機構) の階層化アーキテクチャのガイドラインである OSI 参照モデルに準拠しています。ただし、LONWORKS のプロトコルは制御システムに特有の要件を考慮して設計されており、データ処理システムの要件を意識したプロトコルではありません。制御システム特有の要件を高い信頼性を保証する通信規格として満たせるように、LONWORKS のプロトコルは ISO の階層化アーキテクチャのガイドラインに従って階層化されています。OSI 参照モデルの各層で制御特有の要件を考慮しながらカスタマイズした LONWORKS のプロトコルは、制御アプリケーションに求められる信頼性や性能、確実な通信機能を実現する、制御アプリケーション専用のソリューションとすることができます。

ISO の OSI 参照モデルで規定されている 7 層と、各層に対応して LONWORKS のプロトコル (LonTalk) が提供するサービスを表 1 にまとめました。このモデルは通信プロトコルの特徴や機能を比較するときによく利用されます。プロトコルにこのモデルのすべての層を実装する必要はなく、またモデルに示してあるとおりに層を分ける必要もありません。LONWORKS のプロトコル (LonTalk) のように必要なすべての機能と高い拡張性を備えたプロトコルは、OSI 参照モデルで規定されているすべてのサービスを提供します。

表 1 ISO の OSI 参照モデル

	OSI で規定される層	目的	提供するサービス
7	アプリケーション層	アプリケーションの互換性	標準のオブジェクトとタイプ。構成プロパティ。ファイル転送。ネットワークサービス。
6	プレゼンテーション層	データの解釈	ネットワーク変数。アプリケーションメッセージ。外部フレーム。
5	セッション層	制御	要求と応答。認証。
4	トランスポート層	終端間の信頼性の確保	終端間の受信確認。サービスのタイプ。パケットの順序付け。重複の検出。
3	ネットワーク層	メッセージの配信	ユニキャストやマルチキャストのアドレス指定。パケットのルーティング。
2	データリンク層	媒体へのアクセスとフレーミング	フレーミング。データのエンコード。CRC エラーチェック。媒体へのアクセス。衝突の回避と検出。優先順位。
1	物理層	電氣的な相互接続	媒体に特有のインタフェースと変調スキーム (ツイストペア線、電力線、無線、同軸ケーブル、赤外線、光ファイバー)

それぞれの層で提供するサービスの概要を以下にまとめます。

- 1 **物理層**は通信チャネル上のロービットの伝送を定義します。この物理層では、送信元のデバイスが送り出した 1 ビットがすべての宛先デバイスで確実に 1 ビットとして受信されることを保証します。LONWORKS のプロトコル (LonTalk) は媒体に依存しない設計になっています。つまり通信媒体に対応した複数の物理層プロトコルをサポートしています。
- 2 **データリンク層**は媒体へのアクセス方法とデータのエンコード方法を定義し、1 つの通信チャネルを効率的に利用できるようにします。物理層のロービットはこのデータリンク層で**データフレーム**に分割されます。データリンク層では送信元デバイスがデータフレームを送り出すタイミングを定義し、宛先デバイスがデータフレームを受け取る方法や伝送エラーを検出する方法も定義します。重要なメッセージを確実に配信できるように、優先順位を割り当てるしくみも定義します。
- 3 **ネットワーク層**は送信元デバイスから 1 つまたは複数の宛先デバイスへのメッセージパケットのルーティング方法を定義します。デバイスの命名方法とアドレス指定方法を定義してパケットを正確に配信できるようにします。このネットワーク層ではまた、送信元デバイスと宛先デバイスが異なる通信チャネル上にある場合のメッセージのルーティング方法も定義します。
- 4 **トランスポート層**ではメッセージパケットを高い信頼性をもって配信できるようにします。たとえば受信確認サービスを使用してメッセージを交換できます。送信元デバイスは受け取り側からの受信確認応答を待ち、応答が返ってこない場合はメッセージを再送します。トランスポート層ではまた、確認応答が返ってこなかったためにメッセージが再送された場合、重複メッセージの検出方法やその拒絶方法なども定義します。
- 5 **セッション層**では下位層で交換するデータの制御機能を提供します。クライアントがリモートサーバーに要求を出してそれに対する応答を受け取れるように、リモートでの動作をサポートします。この層では認証プロトコルも定義します。送信元が認証されたうえでメッセージを送信しているのかを、メッセージの受け手側が判断できるようにします。
- 6 **プレゼンテーション層**ではメッセージデータのエンコード方法を定義し、下位層で交換するデータを構造化します。メッセージはネットワーク変数かアプリケーションメッセージ、外部フレームとしてエンコードできます。相互運用性を確保してネットワーク変数をエンコードする方法が、標準的なネットワーク変数のタイプ (SNVT) で提供されています。

7 アプリケーション層では、下位層で交換するデータにアプリケーションレベルの互換性を提供します。下位層で交換するデータの意味解釈を標準のオブジェクトを使用してアプリケーションで共通化することにより、相互運用性を促進します。意味解釈を共通化すると、アプリケーションが異なってもネットワーク変数を更新する動作が同じになります。アプリケーション層ではまた、アプリケーション間でデータストリームの転送に使用するファイル転送プロトコルも定義します。

通信はすべて、1 つまたは複数のパケットをデバイス間で交換するかたちになります。個々のパケットは可変長（バイト単位）で、7 つの層それぞれに必要なデータが簡潔に表現されて格納されています。データを簡潔に表現することで LONWORKS のパケットは非常に短くなり、すべての LONWORKS デバイスで実装コストを最小化します。

チャンネル上のデバイスはすべて、チャンネルを流れる各パケットを参照し、自分宛てのパケットかどうかを確認します。自分宛ての場合はそのパケットを処理し、デバイスのアプリケーションプログラムで処理するデータが含まれていないか、あるいはネットワーク管理用のパケットかどうかを確認します。アプリケーション用のパケットが持つデータはアプリケーションプログラムに渡され、必要であれば送信元デバイスに受信確認メッセージや応答メッセージ、認証メッセージを送信します。

本章では、LONWORKS のプロトコル（LonTalk）の要点をいくつか取り上げて以下に説明することになります。

チャンネルの種類

LONWORKS のプロトコル（LonTalk）は媒体に依存しない設計になっています。つまり、LONWORKS デバイスはあらゆる通信媒体を介して通信することができます。ネットワーク設計者はこの特徴を生かして、さまざまなチャンネルを活用して制御ネットワークを設計できます。LONWORKS のプロトコルは変更可能な設定パラメータを多数備えており、個々の用途に合わせてパフォーマンスやセキュリティ、信頼性を柔軟に調整することができます。

チャンネルというのは、たとえばツイストペア線や電力線など、特定の物理的な通信媒体を指します。チャンネルにはそのチャンネル専用のトランシーバを使用して必要な LONWORKS デバイスを接続します。チャンネルは種類によって、最大接続デバイス数や通信のビットレート、あるいは最長距離など、それぞれに異なる特徴を持ちます。一般的に用いられるいくつかのチャンネルについて、その特徴を表 2 にまとめます。

表 2 一般的な LONWORKS のチャンネル

チャンネルの種類	媒体	ビットレート	適合するトランシーバ	最大デバイス数	最長距離
TP/FT-10	ツイストペア線、フリースポロジーまたはバスポロジー、オプションでリンクパワーも可	78Kbps	FTT-10、FTT-10A、LPT-10	64-128	500m（フリースポロジー） 2200m（バスポロジー）
TP/XF-1250	ツイストペア線、バスポロジー	1.25Mbps	TPT/XF-1250	64	125m
PL-20	電力線	5.4Kbps	PLT-20、PLT-21、PLT-22	環境により異なる	環境により異なる
IP-10	IP 上の LONWORKS チャンネル	IP ネットワークに左右される	IP ネットワークに左右される	IP ネットワークに左右される	IP ネットワークに左右される

特に重要なのは、ツイストペア線を使用したフリートポロジータンネル、TP/FT-10 です。このチャンネルでは、どのような構成においてもシングルツイストペア線のセグメントごとにデバイスを接続することができます。スタブ長やデバイスの分離、分岐などについても特に制限がなく、ネットワークセグメントごとの最大ケーブル長が決まっているだけです。

媒体へのアクセス

ネットワークプロトコルはすべて、伝送制御技術として**媒体アクセス制御 (MAC)** アルゴリズムを使用します。これによりデバイスはデータパケットを安全に送信できるタイミングを判断します。MAC アルゴリズムは衝突をなくすか、あるいは少なくすることを考慮して設計されています。2 つ以上のデバイスが同時にデータを送信しようとするすると衝突が起こります。衝突をなくす MAC アルゴリズムは大規模ネットワークでの利用には向かないため、通常はごく小さなネットワークで使用します。現在一般的に利用されている Ethernet などでは、衝突を回避するのではなく、衝突を最小限に抑える MAC アルゴリズムが用いられています。Ethernet の MAC アルゴリズムは、ネットワークが過負荷の状態にある場合は十分な対応ができないため、ローカルな制御アプリケーションには必ずしも向いているとは言えません。IEEE 802.2 や 802.3、802.4、802.5 などの既存の MAC アルゴリズムでは、複数の通信媒体、過負荷状態における安定した性能、大規模ネットワークのサポートといった LONWORKS が必要とする要件のすべてには対応できません。

LONWORKS のプロトコル (LonTalk) では**予測 P パーシステント CSMA 方式**と呼ばれる独自の MAC アルゴリズムを使用しています。このアルゴリズムは、ネットワークが過負荷状態にある場合でも優れた性能特性を発揮します。LONWORKS の MAC アルゴリズムは衝突を最小限に抑えてチャンネルの最大能力を引き出します。

Ethernet と同じように、LONWORKS デバイスはすべて媒体に対するアクセスをランダム化します。これにより、2 つ以上のデバイスでネットワークが待機状態になるのを待ってパケットを送信しようとする他の方法では当然起こりうる衝突を回避できます。2 つ以上のデバイスがいったん送信を控え、再送するまで同じ時間だけ待機したとすると、また衝突が起こってしまいます。そこで、アクセスの遅延時間をランダム化して衝突を抑えます。LONWORKS のプロトコルでは、各デバイスは最低でも 16 段階の遅延時間を使用してランダム化します。この遅延時間を「ベータ 2 スロット」と呼びます。つまりこの場合、ネットワークが待機状態のときの平均遅延時間は 8 ベータ 2 スロットとなります。

LONWORKS のプロトコルは、利用できるベータ 2 スロット数をデバイスごとに動的に調整できる優れた機能を備えています。この数値は個々のデバイスに保持されている予想ネットワーク負荷情報をもとに調整されます。利用できるベータ 2 スロット数は予想負荷に合わせて 16 から 1008 の範囲内で変わります。

バックログを予想して媒体へのアクセスを動的に調整するという方法により、LONWORKS のプロトコルでは、負荷が軽い状態では利用できるベータ 2 スロット数を小さくして媒体アクセスの遅延時間を最短にし、負荷が重い状態では利用できるベータ 2 スロット数を大きくして衝突をできるだけ抑えるようにすることが可能になります。

アドレス指定

アドレス指定アルゴリズムは送信元デバイスから 1 つまたは複数の宛先デバイスへのパケットのルーティング方法を定義します。パケットの宛先には 1 つのデバイス、デバイスグループ、全デバイスなどを指定できます。

最小構成のネットワークから数万のデバイスを接続した大規模ネットワークまで対応できるように、LONWORKS のプロトコルではシンプルな物理アドレスから多数のデバイスをまとめて指定する方法まで、複数のアドレス指定方法をサポートしています。LONWORKS で使用するアドレスの種類は以下のとおりです。

- **物理アドレス** - LONWORKS デバイスはすべて、**Neuron ID** と呼ばれる世界で 1 つしかないユニークな 48 ビットの識別コードを持ちます。この **Neuron ID** は通常、デバイスの製造時に割り当てられ、その後変更されることはありません。
- **デバイスアドレス** - LONWORKS デバイスには特定のネットワークに導入するときに**デバイスアドレス**が割り当てられます。デバイスアドレスを使用するとより効率的なメッセージのルーティングが可能で、障害が発生したデバイスを容易に置換できるため、物理アドレスの代わりに使用します。デバイスアドレスは、ネットワークのデバイスアドレスを格納するデータベースを備えたネットワーク導入ツールを使用して割り当てます。デバイスアドレスはドメイン ID とサブネット ID、ノード ID という 3 つの部分から成ります。**ドメイン ID** は相互運用するひとまとまりのデバイス群を表します。相互にパケットを交換するためには、デバイスは同じドメインに属する必要があります。1 つのドメインには最大で **32,385** のデバイスを含めることができます。**サブネット ID** は 1 つのチャネル、またはリピータで接続されている複数のチャネル上の、最大 **127** までのデバイス群を表します。サブネット ID は大規模ネットワークでパケットを効果的にルーティングするために使用します。1 つのドメインでは最大 **255** のサブネットを使用できます。**ノード ID** はサブネット内の個々のデバイスを表します。
- **グループアドレス** - **グループ**はドメイン内のデバイスを論理的にまとめたものです。ただしサブネットとは異なり、ドメイン内の物理的な位置とは関係なくデバイスをグループ化します。終端間の受信確認を行わない場合は各グループには任意の数のデバイスを割り当てることができますが、終端間で受信確認を行う場合は各グループのデバイス数は **64** に制限されます。複数のデバイスを宛先に持つパケットをやり取りする場合、グループ化はネットワークの帯域幅を最適化する効果的な方法のひとつです。1 つのドメインには、最大で **256** のグループを含めることができます。
- **ブロードキャストアドレス** - **ブロードキャストアドレス**は、あるサブネット内のデバイスすべて、あるいはあるドメイン内のデバイスすべてを表します。ブロードキャストアドレスは、多数のデバイスと通信するときに使用すると効果的です。利用できるグループアドレス数には制限があるため、グループアドレスの代わりにブロードキャストアドレスを使用することもあります。

LONWORKS のネットワークに送出されるパケットはすべて、送信元デバイスのデバイスアドレス（**ソースアドレス**）と受信側デバイスのアドレス（**宛先アドレス**）を保有しています。宛先アドレスは物理アドレスかデバイスアドレス、グループアドレス、ブロードキャストアドレスのいずれかになります。

ドメインの制限を越える数のデバイスがある場合、あるいは相互運用する必要がないためにデバイスを部分的に分割したい場合などは複数のドメインを使用します。2 つ以上の独立した LONWORKS システムがある場合、それぞれにユニークなドメイン ID を持たせれば、同じ物理チャネルを共有することができます。それぞれのシステム内のデバイスは、自分のドメイン ID を持つパケットにだけ応答し、他のドメイン ID を持つパケットはいっさい無視します。デバイスはまた、自分の物理アドレス宛てに送信されたパケットにも応答します。この物理アドレスは通常、使用しているネットワーク導入ツールのみが把握している情報です。物理ネットワークを共有すると、当然のことながらパケット数が増加してネットワーク全体の応答時間に影響します。そのため、ネットワーク全体で調整しながら設計する必要があります。

メッセージサービス

LONWORKS のプロトコル (LonTalk) は 3 種類の基本的なメッセージ配信サービスを提供しており、認証メッセージにも対応しています。最適化されたネットワークでは多くの場合、上記のすべてのサービスを使用しています。以下のようなサービスを利用して信頼性や効率性、セキュリティなどを柔軟に調整することができます。

- **確認応答サービス** - 終端間で受信確認を行うサービスです。このサービスを利用すると、デバイスまたはデバイスグループ (グループの最大デバイス数は 64) に対してメッセージを送信し、メッセージを受信したデバイスからは個別に確認応答が返ってきます。確認応答が返ってこない場合は送信元がタイムアウトし、メッセージを再送します。再送回数とタイムアウト時間は任意に設定できます。
- **メッセージ繰り返しサービス** - デバイスまたはデバイスグループ (デバイス数は任意) に対してメッセージを繰り返し送信するサービスです。このサービスは通常、確認応答サービスの代わりに用いられます。これはメッセージ繰り返しサービスの場合、オーバーヘッドが小さく、確認応答待ちによる遅延が発生しないためです。確認応答サービスを利用すると、受信したデバイスすべてが同時に応答を返そうとします。ですから、大きなデバイスグループに対して情報を一斉に送信する場合などは、このサービスは特に重要になります。
- **非確認応答サービス** - デバイスまたはデバイスグループ (デバイス数は任意) に対して個々のメッセージを 1 回送信し、確認応答は待たないサービスです。このメッセージサービスはオーバーヘッドが非常に小さく、頻繁に利用されます。
- **認証サービス** - 送信元が認証されたうえでメッセージを送信しているのかを、メッセージの受け側が判断できるようにするサービスです。この認証サービスでは、導入時にデバイスに 48 ビットのキーを割り当てて実装し、デバイスへの不正アクセスを防止します。

ネットワーク変数

LONWORKS のプロトコル (LonTalk) には**ネットワーク変数**という革新的な概念が実装されています。ネットワーク変数を使用することにより、複数ベンダーの製品を使用して相互運用性を実現する LONWORKS のアプリケーションプログラムの設計作業を大幅に簡素化でき、また、コマンドベースではない、情報ベースの制御システムの設計が促進されます。ネットワーク変数は、たとえば温度やスイッチの値 (オン/オフ)、アクチュエータの位置情報などの任意のデータ項目で、特定のデバイスのアプリケーションプログラムがネットワーク上の他のデバイスから取得するデータ項目 (**入力ネットワーク変数**) と、ネットワーク上の他のデバイスが使用可能なデータ項目 (**出力ネットワーク変数**) があります。

デバイスのアプリケーションプログラムは、入力ネットワーク変数がどこから入手した情報なのか、あるいは出力ネットワーク変数がどこに知られるのかを認識する必要はありません。アプリケーションプログラムの処理で出力ネットワーク変数の値が更新されると、新しい値はデバイスのファームウェアに渡されます。ネットワークの設計・導入時に**バインディング**と呼ばれる処理を行い、ネットワーク上でそのネットワーク変数の値を必要とする他のデバイスやデバイスグループの論理アドレスをデバイスのファームウェアで把握します。そしてこのファームウェアが、適切なパケットを組み立ててそれらのデバイスに送信します。同様に、アプリケーションプログラムが必要とする入力ネットワーク変数の更新値をデバイスのファームウェアが受信すると、デバイスのファームウェアはそのデータをアプリケーションプログラムに渡します。このようにバインディングという処理は、あるデバイスの出力ネットワーク変数と他のデバイスやデバイスグループの入力ネットワーク変数との間を論理的に**接続する**作業です。

この接続は「仮想配線」と考えることができます。たとえばあるデバイスに物理的なスイッチがあり、「スイッチ オン/オフ」という出力ネットワーク変数を持っているとします。そして別のデバイスでは「照明 オン/オフ」という入力ネットワーク変数を使って電球を操作するとします。これら 2 つのネットワーク変数をバインディングして接続を作成すれば、スイッチと電球を実際に配線するのと同じ機能効果が得られます。

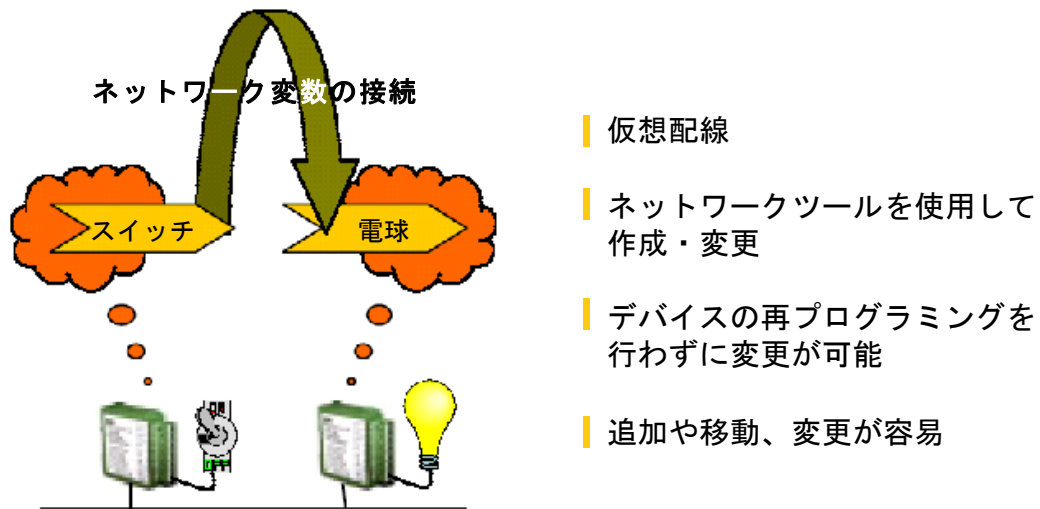


図 5 ネットワーク変数の接続

ネットワーク変数には必ず**タイプ**があり、ネットワーク変数が持つデータの単位やスケール設定、構造が定義されています。ネットワーク変数どうしを接続するには、両者が必ず同じタイプでなければいけません。こうすることで、たとえば圧力出力と温度入力を接続してしまうなど、導入時に起こりがちなミスを防止できます。ネットワーク変数のタイプを別のタイプに変換する場合は、タイプトランスレータを利用します。次の章で説明するように、一般的に使用するタイプを「標準的なネットワーク変数のタイプ (SNVT : Standard Network Variable Types)」として定義しています。またメーカーは、独自のタイプとして「ユーザー定義のネットワーク変数のタイプ (UNVT : User-defined Network Variable Types)」を定義することができます。

ネットワーク変数は、旧式な**コマンドベースの制御システム**ではなく、**情報ベースの制御システム**を実現します。つまり LONWORKS システムでは、個々のデバイスのアプリケーションプログラムが、他のデバイスから集めた情報に基づいてシステムの状態を把握し、どのように制御すべきかを独自に判断します。コマンドベースのシステムではそれぞれのデバイスが他のデバイスに対して制御コマンドを発行します。つまりコマンドを発行するデバイス (通常は集中制御用のコントローラ) には、システムの機能やトポロジーに関するさまざまな情報を把握できるように、プログラムを独自に開発して導入する必要があります。このような状態では、複数のベンダーが標準的な制御デバイスを設計し、自由に組み合わせて使用するなどということは到底困難です。ネットワーク変数を使用することによりメーカーは、相互運用性を備えた情報ベースの制御システムにシステムインテグレータがすぐに組み込めるデバイスを容易に設計できるようになります。

制限事項

LONWORKS のプロトコル (LonTalk) を使用するシステムでは、個々のドメインに含めることができるデバイス数は**最大 32,385** です。**1 つのドメインには最大で 256 のグループ**を持たせることができ、各グループには任意の数のデバイスを割り当てることができます。ただし、終端間の受信確認が必要な場合は、各グループで持てるデバイス数は 64 に制限されます。

1つのドメインでは最大で255のサブネットを使用でき、サブネットにはそれぞれ127までのデバイスを含めることができます。図6に各種制限事項をまとめます。

• サブネットのデバイス数	127
• ドメインのサブネット数	255
• ドメインのデバイス数	32,385
• ネットワークのドメイン数	2 ⁴⁸
• システムの最大デバイス数	32K x 2 ⁴⁸
• グループのメンバー数	
◆ メッセージ繰り返しサービス	非確認応答サービスまたは制限なし
◆ 確認応答サービス（応答を要求する場合）	63
• ドメインのグループ数	255
• ネットワークのチャネル数	制限なし
• ネットワーク変数のバイト数	31
• アプリケーションまたは外部フレームメッセージのバイト数	228
• データファイルのバイト数	2 ³²

図6 LONWORKS のプロトコルの制限事項

標準となった LONWORKS のプロトコル（LonTalk）

つい2、3年前まではLONWORKSのプロトコルはNeuronチップに組み込んで使用するだけでした。この方法により、すべてのメーカーが一貫性をもって利用できました。しかしこれまでに膨大な数のLONWORKS対応デバイスが導入された実績を受けて、エシエロンはLONWORKSのプロトコルを公開し、現在ではANSI/EIA 709.1 制御ネットワーク標準のもとのオープンスタンダードとなりました。つまりLONWORKSのプロトコルは今や、誰もが自由に利用できます。LONWORKSのプロトコル（LonTalk）の仕様を入手するには、global.ihs.com にアクセスしてANSI/EIA 709.1 を指定してください。

現在でもNeuronチップを購入する方法がLONWORKSの通信プロトコルを実装する最もコストパフォーマンスに優れた方法です。ただし、ANSI/EIA 標準に採用されたことにより、メーカーは今後、任意のマイクロプロセッサにLONWORKSのプロトコルを実装するために積極的に投資することが考えられます。

まとめ

以上をまとめますと、LONWORKSのプロトコルが提供するさまざまなサービスを利用することにより、信頼性とセキュリティを強化し、ネットワークのリソースをより最適化することができます。サービスの特徴とメリットを以下にまとめます。

- ツイストペア線や電力線、IP ネットワークを利用した通信など、さまざまな通信媒体をサポート。
- さまざまな種類の媒体と通信速度を組み合わせることでネットワークを構築することが可能。
- 短いメッセージを効率的に配信し、ネットワークの利用を制御用途に最適化。
- システムの不正使用を防ぐなど、通信の信頼性を強化。

- シングルポイント障害をなくし、システムの信頼性を向上。
- ネットワークの規模に関係なく、応答時間の予測が可能。
- デバイスやツール、アプリケーションを低コストで導入。
- 導入と保守のコストを最小化してライフサイクルコストを抑える。
- 何万という数のデバイスをサポート・効率性は最小構成のネットワークと同等。
- 個々のデバイスの接続は柔軟かつ容易に再設定が可能。
- ピア・ツー・ピア通信により、集中制御と分散制御の両方に対応可能。
- 製品の相互運用性を実現する効果的なしくみを提供・たとえば異なるメーカーの製品間で標準的な物理数量に関する情報を共有することができる。

第4章

相互運用性

本章では、相互運用性を備えた LONWORKS デバイスを複数のメーカーが容易に製造できるようにするために整備されている、相互運用性のガイドラインについて説明します。また、仕様の作成やシステムのインテグレーション、導入などを担当する企業が LONMARK 認定製品を活用して LONWORKS ネットワークの導入コストを抑える方法についても説明します。

概要

LONWORKS システムは真の相互運用性を備えたデバイスやシステムの開発を実現します。ただし、LONWORKS システムを構成する LONWORKS のコンポーネントは通信媒体には依存せず、デバイスのアプリケーションプログラムを構造化する方法を規定しているわけでもありませんので、単に LONWORKS のコンポーネントを利用するだけでは、同じシステム内で異なるメーカーの LONWORKS デバイスを使用した場合の相互運用性は保証されません。実際、LONWORKS のコンポーネントは車両制御システムやコンベアシステム、電話局の監視システムなど、独自に開発されたシステムでも広く採用されています。このようなシステムは LONWORKS システムが本来持つメリットを十分に生かしているわけではありません。

相互運用性を備えたデバイスを寄せ集めたシステムとオープンなシステムとは明らかに異なります。相互運用性を備えたデバイスなくしてオープンなシステムは構築できませんが、相互運用性を備えたデバイスを使用しても閉鎖的なシステムになってしまうことは十分に考えられます。別の言い方をすると、オープンなシステムを構築するには相互運用性を備えたデバイスが必要ですが、それだけでは不十分です。真のオープン性を備えたシステムを実現するために必要なもうひとつの条件は、適切なネットワーク設計です。相互運用性を備えたデバイスはオープンなシステムを構築する際の最も基本的なコンポーネントです。そのため、相互運用性を備えた製品を製造するメーカーをサポートし、相互運用性を備えた製品の普及を目的として LONMARK 協会が設立されました。



図7 オープンシステム

LONMARK 協会

多くの業界で相互運用性を備えた製品に対する膨大な需要が見込まれているのを受けて、エシエロンは相互運用性を備えた製品の開発に力を注いでいる。LONWORKS ユーザーのグループとともに、1994 年に LONMARK インターオペラビリティ協会を設立しました。**インターオペラビリティ（相互運用性）**とは、特別なノードや専用のプログラムを必要とすることなく、同じメーカーでも異なるメーカーでも、あらゆるメーカーが提供する複数のデバイスを 1 つの制御ネットワークに統合できることを意味します。**LONMARK 協会**は相互運用性を確保するための標準を作成し、この標準に沿って製品の認定作業を行い、相互運用性を備えたシステムのメリットを普及させることを目的とした組織です。

LONMARK 協会はデバイスレベルでの相互運用性を保証します。LONMARK 協会が認証した真の LONWORKS デバイス（つまり **LONMARK デバイス**）だけが、LONMARK のロゴを付けることができます。関心をお持ちのすべての企業が、LONMARK 協会の会員になる資格があります。会費はメーカーやシステムインテグレータ、エンドユーザーなどで異なります。会員に関する情報や現在の活動状況、公開されている標準などのさまざまな情報を協会の Web サイト（www.lonmark.org）から入手できます。

LONMARK 協会はさまざまな関係団体を代表する会員企業で構成される業界委員会（Industrial Council）によって運営されています。協会の会員資格は LONWORKS のプロトコル（LonTalk）をベースにした LONMARK 認定製品の開発や製造、使用に力を注ぐすべての企業、組織、個人に開放されています。LONMARK 協会は製品の技術的な仕様やガイドラインを作成しており、これに準拠して製品を設計することにより、相互運用性が確保されます。また機能プロファイルも作成して公開しています。これはネットワーク変数や構成プロパティなどのアプリケーション層とのインタフェースを詳細に記述しています。また、デフォルトの動作や電源投入時の動作など、一般的に利用される特定の制御機能に必要な詳細も記述しています。このように、LONMARK 協会では以下の 2 つの分野に重点を置いています。

1. 標準のトランシーバとそれを使用する物理チャネルの仕様
2. デバイス用アプリケーションプログラムの構造化とドキュメンテーションに関する標準の定義

トランシーバと物理チャネルに関する標準

トランシーバや物理チャネルに関する LONMARK 標準は、『**LONMARK 1 層-6 層 インターオペラビリティガイドライン**』に記載されています。この参考資料の表 2.1 には、標準の物理チャネルとそれに対応する認定トランシーバの一覧が記載されています。また、たとえばバッファのサイズや数、種類、あるいはアドレステーブルの登録など、LONWORKS のプロトコルを使用する際のガイドラインも説明されています。

商業用途や産業用途では、TP/FT-10（ツイストペア線、フリースポロジー、78Kbps）と TP/XF-1250（ツイストペア線、バースポロジー、1.25Mbps）という 2 種類のチャネルが最も頻繁に利用されます。レジデンシャル（居住施設）用途でよく利用されるチャネルは、PL-20（電力線、5.4Kbps）という種類です。商業用途や産業用途でも、場合によっては既存の電力線を通信媒体として活用する目的で、この PL-20 という電力線タイプのチャネルを使用することがあります。

アプリケーションプログラムに関する標準

相互運用性を備えたデバイスのアプリケーションプログラムに関する LONMARK 標準は、『LONMARK アプリケーション層インターオペラビリティガイドライン』に記載されています。このガイドラインは、個々のデバイスに **LONMARK オブジェクト** として実装する **機能プロファイル** をベースにしています。アプリケーションプログラムへのインタフェースは 1 つまたは複数の LONMARK オブジェクトとして定義します。それぞれの LONMARK オブジェクトは詳細にドキュメント化されている機能を実行し、厳格に規定されている入出力インタフェース仕様に従って、同じデバイス上または異なるデバイス上にある他の LONMARK オブジェクトと情報をやり取りします。必要な LONMARK オブジェクトの作成がすべて終了すると、ネットワーク設計の次の段階、つまり適切な LONMARK オブジェクトを選択してそれらを接続する作業に移ります。

LONMARK オブジェクトは、入力または出力あるいはその両方のネットワーク変数を 1 つ以上まとめたかたちで定義され、オブジェクトの動作をネットワーク変数の値に関連付けたり、オブジェクトの設定データを指定する一連の **構成プロパティ** に関連付けたりする意味上の定義も持ちます。将来の拡張に備え、またメーカーごとに特徴を出せるように、LONMARK オブジェクトの定義には必須のネットワーク変数と構成プロパティ、任意のネットワーク変数と構成プロパティ、さらにメーカー固有のネットワーク変数と構成プロパティなどがあります。相互運用性を確保するためには、LONMARK デバイスの動作の正確性がメーカー固有のインタフェースの有無に左右されることがあってはなりません。

標準的なネットワーク変数のタイプ (SNVT)

さまざまなメーカーが提供するアプリケーションプログラムがネットワーク変数を使って容易に相互運用できるようにするためには、ネットワーク変数内のデータを同じ方法で解釈する必要があります。たとえば、ネットワーク上でやり取りする温度の値はすべて共通のフォーマットであることが必要です。絶対温度やセ氏、カ氏などの温度の単位があるわけですが、真の相互運用性を確保するためにはいずれか 1 つに統一する必要があります。この標準化を推し進めるのが LONMARK 協会です。すでに 100 を超える共通のシステム変数を定義して公開しています。これらの変数は **標準的なネットワーク変数のタイプ** (SNVT: Standard Network Variable Types、"スニビッツ"と発音) と呼ばれます。現在利用できる SNVT の一覧と詳細は、www.lonmark.org を参照してください。SNVT を使用しても、ネットワークツールを使用するユーザーのデータ表示には影響しません。たとえば実際にやり取りする温度データが絶対温度かセ氏の値だとしても、ネットワークツールを使用するユーザーはその表示方法を自分で管理できますので、簡単にセ氏かカ氏で表示させることができます。

構成プロパティ

LONMARK オブジェクトが他の LONMARK オブジェクトと情報をやり取りする際に使用するのはネットワーク変数だけです。ただし多くの場合、オブジェクトをカスタマイズして特定のシステム用途に対応することも必要です。LONMARK のガイドラインでは、**構成プロパティ** と呼ばれるデータ構造を規定しています。これは文書化の標準、およびネットワークツールを使用してデバイスにカスタマイズデータをダウンロードする際に使用する、ネットワークメッセージのフォーマットに関する標準を定めたものです。LONMARK 協会では **標準的な構成プロパティのタイプ** を一式定義しています。これは **SCPT** (Standard Configuration Property Types、"skip-it = スキピッツ"と発音) と呼ばれます。またメーカーは **独自の構成プロパティのタイプ** も定義できます。これは **UCPT** (User-defined Configuration Property Types、"you-keep-it = ユーキーピット"と発音) と呼ばれます。

SCPTは、ヒステリシスバンドやデフォルト値、下限値/上限値、ゲイン設定、遅延時間など、さまざまな種類の機能プロファイルで使用される広範な構成プロパティ用に定義されています。適切なSCPTがあれば適宜使用できますので、www.lonmark.orgを参照してください。適切なSCPTが見つからない場合は、メーカーは自社オブジェクト設定用のUCPTを定義できます。ただしUCPTを定義する場合は、LONMARK標準のリソースファイルフォーマットに従ってリソースファイルに文書化する必要があります。リソースファイルに関する詳細は、本章で後ほど説明する「LONMARK リソースファイル」の項を参照してください。

LONMARK オブジェクトと機能プロファイル

機能プロファイルのオブジェクトには、たとえばシンプルなオープンループ・センサー・オブジェクトなどの汎用タイプ（LONMARK オブジェクト）と、HVAC（暖房換気空調）や照明システムなどの特定の用途で使用するタイプ（機能プロファイル）があります。後者の例としては VAV（可変風量）コントローラの機能プロファイルがあります。これは、ネットワークから室温の値を取り込んで PID 制御アルゴリズムを実行し、ダンパのアクチュエータを操作して室温を調整するオブジェクトです。LONMARK 協会では HVAC（暖房換気空調）やセキュリティ、照明、半導体製造システムなどをはじめとするさまざまな機能分野において、関心のあるメンバーを集めて作業グループを組織し、機能プロファイルを設計・承認・公開しています。図 8 に機能プロファイルを示します。

- オブジェクトのタイプ
- デバイスのインデックス
- 必須のネットワーク変数
 - 最低限実装する必要あり
 - SNVT を使用
- 任意のネットワーク変数
 - 標準化された方法で実装
 - SNVT を使用
- 構成プロパティ
 - デバイス、オブジェクト、ネットワーク変数に適用
- メーカー定義部
 - メーカー定義のネットワーク変数とタイプ
 - 既存の、相互運用性を持たないインタフェース

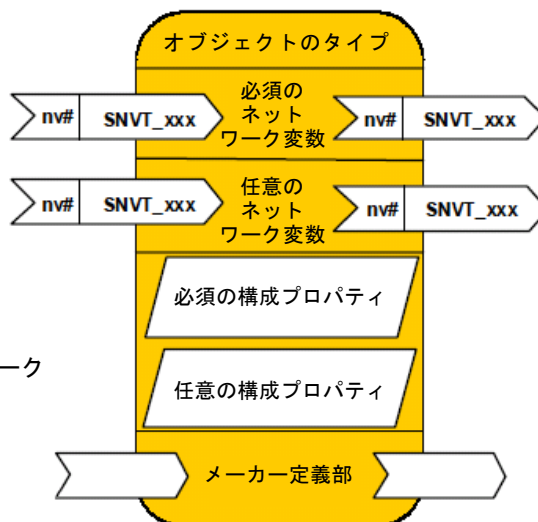


図 8 機能プロファイル

LONMARK の機能プロファイルは、ネットワーク変数や構成プロパティなどのアプリケーション層とのインタフェースを詳細に記述しています。また、デフォルトの動作や電源投入時の動作など、LONMARK デバイスで必要になる、一般的に利用される特定の制御機能も詳細に記述しています。機能プロファイルを使用して標準化できるのは製品ではなく機能です。したがって機能プロファイルを作成することにより、業界の関係者グループは機能的な動作の共通する部分を標準化して、簡単に記述することができます。仕様の作成が容易になり、相互運用性を高めることができますが、一方で仕様作成者は固有の機能を盛り込むこともできますし、またメーカーは競合他社製品との差別化を行うことも可能です。製品を開発する際には、1 つまたは複数の機能プロファイルを使用します。

このように、LONMARK デバイスのアプリケーションプログラムは 1 つまたは複数の LONMARK オブジェクトで構成されます。各オブジェクトは機能プロファイルの定義をもとにして作成し、他のオブジェクトに依存することなく設定・使用できます。LONMARK オブジェクトはネットワーク上のあらゆるオブジェクトと接続し、必要なシステムレベルの機能を実現できます。多くの LONMARK デバイスはノードオブジェクトも備えています。このオブジェクトにより、ネットワークツールを使用してそのステータスやデバイス内の他のオブジェクトのステータスを監視することができます。

LONMARK デバイスはすべて自己文書化機能を備えている必要があります。これにより、システムにデバイスを接続したり、デバイスを設定して管理したりするために必要なすべての情報を、任意の LNS ツールを使用してネットワーク上のすべての LONMARK デバイスから確実に入手できるようになります。また、個々の LONMARK デバイスは**外部インタフェースファイル**（専用のフォーマットを持つ PC テキストファイル。拡張子は XIF）を備えている必要があります。これにより、デバイスを物理的に接続する前にネットワークツールを使用してネットワークデータベースを設計・設定しておき、デバイスの設置後にコミッション作業ができるようになります。LONMARK 協会では、すべての LONMARK デバイスの外部参照ファイルを協会の Web サイトでデータベース化しています。

プログラム ID

プログラム ID は、すべての LONWORKS デバイスが備えるアプリケーションプログラムを一意に識別する ID です。LONMARK ガイドラインに準拠しているデバイスは、標準プログラム ID と呼ばれる標準のフォーマットによるプログラム ID を持ちます。標準プログラム ID で識別するのはデバイスを製造したメーカー、デバイスの機能、使用するトランシーバの種類、そしてデバイスの用途などです。したがって、標準プログラム ID を使用してネットワークツールから LONWORKS ネットワーク上のデバイスの機能を確認することができます。標準プログラム ID には以下のフィールドがあります。

- **フォーマット** - プログラム ID の構造を定義する 4 ビットの値です。プログラム ID のフォーマットの 8、および 10 から 15 は相互運用性を備えた LONMARK デバイスで使用するために予約されています。LONMARK の適合性レビューに合格したデバイスのみが使用できるフォーマットです。フォーマット 8 のプログラム ID は標準のプログラム ID に使用され、LONMARK 認定デバイスであることを示します。フォーマット 9 のプログラム ID は LONMARK 準拠デバイスであることを示していますが、LONMARK の適合性レビューには合格していません。LONMARK の適合性レビューに先立つ開発やプロトタイピング、実地試験などにおいて使用します。このフォーマットフィールド以外のプログラム ID のフィールドについては、フォーマット 8 でもフォーマット 9 でもまったく同じ解釈になります。
- **メーカー ID** - デバイスを製造したメーカーを識別する 20 ビットの ID です。この ID は、メーカーが LONMARK インターオペラビリティ協会のメンバーになったときに申し込むと取得できます。メーカー ID をまだ取得していないメーカーの場合は、「0」という ID を使用して開発やプロトタイピング、実地試験などを行えます。
- **デバイスクラス** - デバイスクラスを識別する 16 ビットの ID です。この ID はあらかじめ定義されているクラス定義の一覧から取得します。デバイスクラスはデバイスの基本的な機能を表します。クラスを適切に表すデバイスクラスがない場合は、LONMARK インターオペラビリティ協会に申し込んでクラスを新規に追加できます。

- デバイスサブクラス** - デバイスクラス内のサブクラスを識別する 16 ビットの ID です。この ID はあらかじめ定義されているサブクラス定義の一覧から取得します。デバイスのサブクラスは、デバイスで使用するトランシーバの種類、そして居住用のビルかあるいは商業用か、産業用かなどのデバイスの用途を表します。サブクラスを適切に表すデバイスサブクラスがない場合は、LONMARK インターオペラビリティ協会に申し込んでサブクラスを新規に追加できます。
- モデル番号** - 製品のモデルを具体的に識別する 8 ビットの ID です。モデル番号はメーカーが割り当てる ID で、そのメーカーのデバイスクラスとデバイスサブクラスに対して一意である必要があります。プログラム ID に使用するモデル番号は、必ずしも製造メーカーのモデル番号と同じである必要はありません。

LONMARK リソースファイル

LONMARK のリソースファイルには、1 つまたは複数の LONWORKS デバイスで使用する、外部インタフェースのコンポーネントが定義されています。このリソースファイルを使用することにより、ネットワーク導入ツールやオペレータインタフェースアプリケーションでは、デバイスが作成するデータを解釈し、データを正しいフォーマットでデバイスに送信することができます。またシステムインテグレータやシステムオペレータは、リソースファイルを使用してデバイスの使用方法やデバイスの LONMARK オブジェクトの制御方法を知ることができます。標準のリソースファイルが利用可能であり、このファイルにはデバイスの外部インタフェースで使用する標準的なコンポーネントが定義されています。デバイスを製造するメーカーは、自社製デバイスの外部インタフェースで定義されているユーザー定義コンポーネントのユーザー定義リソースファイルを作成する必要があります。

以下の 4 種類のリソースファイルがあります。

表 3 LONMARK リソースファイル

タイプファイル	ネットワーク変数、構成プロパティ、列挙型などのタイプを定義します。LONMARK 標準のネットワーク変数や構成プロパティのタイプは STANDARD.TYP ファイルに定義されています。タイプファイルの拡張子は.TYP です。
機能プロファイルテンプレート	LONMARK オブジェクトを記述する際に使用する機能プロファイルを定義します。機能プロファイルは LONMARK オブジェクトのネットワーク変数と構成プロパティのコンポーネントを詳細に規定しています。ネットワーク変数と構成プロパティにはそれぞれ必須のものと任意のものがあります。任意のコンポーネントについては、機能プロファイルから作成した特定の LONMARK オブジェクトには存在しない可能性があります。LONMARK 標準の機能プロファイルは STANDARD.FPT ファイルに定義されています。機能プロファイルテンプレートの拡張子は.FPT です。
フォーマットファイル	タイプファイルに定義したネットワーク変数と構成プロパティのタイプで使用する表示フォーマットと入力フォーマットを定義します。LONMARK 標準のネットワーク変数や構成プロパティのタイプで使用するフォーマットは STANDARD.FMT ファイルに定義されています。フォーマットファイルの拡張子は.FMT です。
言語ファイル	言語に依存する文字列を定義します。サポートする言語については、それぞれに別々の言語ファイルがあります。言語ファイルの拡張子はサポートする言語により異なります。LONMARK の標準のタイプについては、現在のところ英語用の言語ファイル 2 つを利用できます。アメリカ英語の場合は STANDARD.ENU、イギリス英語の場合は STANDARD.ENG です。

標準でないタイプや標準でない機能プロファイルを使用しているデバイスメーカーは通常、自社製デバイス用のリソースファイルを提供することになります。メーカーが作成した自社製デバイス用のリソースファイルは、LONMARK 協会に提供して協会の Web サイト (www.lonmark.org) からダウンロードできるようにすることも可能です。

リソースファイルは適用対象のデバイスを特定する必要があります。たとえば標準のリソースファイルはすべてのデバイスに適用されます。メーカー固有のリソースファイルの場合は通常、そのメーカーが提供するデバイスすべてに適用されますが、そのメーカーが提供するデバイスのクラスごとに作成してもかまいませんし、特定のデバイス用にリソースファイルを作成することもあります。ユーザーはさまざまなメーカーが提供するさまざまなリソースファイルを利用できます。これらのファイルはプログラムIDをもとにして適切なデバイスに自動的に関連付けられます。リソースファイルの作成方法に関する詳細は、『LONMARKリソースファイルデベロッパーズガイド』を参照してください。この資料は協会のWebサイト (www.lonmark.org) から入手できます (makedrfs.zip ファイル)。

第5章

LONWORKS システム

LONWORKS システムは単なるプロトコルではなく、また単にプロトコルを適用するためのガイドラインとしての役割を持つわけではありません。本章ではLONWORKS システムを構成するコンポーネントについて説明します。また、これらのコンポーネントを組み合わせることで導入コストとシステムコストを削減するしくみについても説明します。

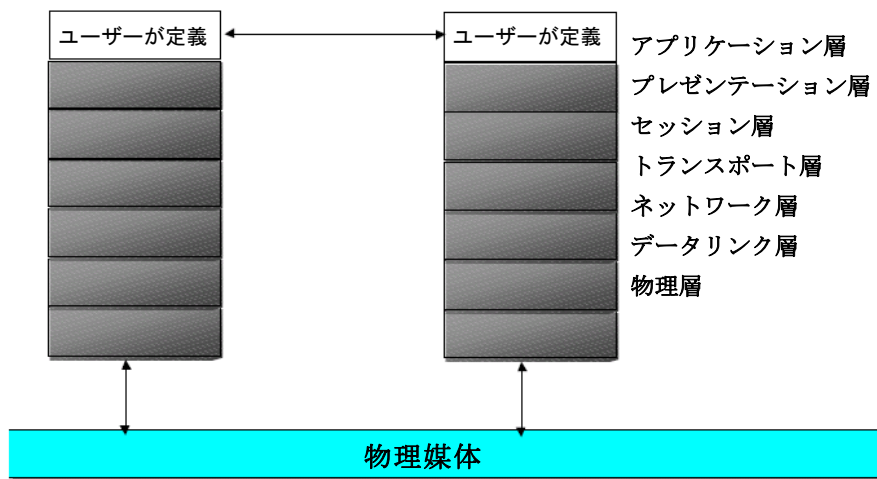
システムの構築

LONWORKS のプロトコル (LonTalk) を開発したエシエロンは、LONWORKS システムの管理における中心的な役割を担っています。現在では数千社にのぼる制御システム関連メーカーが LONWORKS システムを使用していますが、メーカーによっては標準のプロトコルと標準のネットワーク管理技術を使用したオープンなシステムを導入することに重きを置いていないところもあります。実際、何社かの大企業は従来から効率性に優れた LONWORKS システムを活用していますが、一方では閉鎖的な、独自仕様のシステムを開発し続けています。

エシエロンが LONWORKS システムの開発に着手したのは 1988 年のことです。そのとき描いていたビジョンは今も、エシエロンの成長を支えています。標準となる、コストパフォーマンスに優れた方法を開発し、容易な相互通信を可能にする安価な制御デバイスを実現するというビジョン。そして標準の通信機能を使用し、複数のベンダーが提供するデバイスを 1 つのネットワーク上で容易に併用できるようにしようというビジョン。エシエロンは当初より、単にプロトコルの仕様を作成するだけではマルチベンダーに対応したシステムは実現できないことを認識していました。開発したプロトコルを使用できるような、そして必要な開発ツールとネットワーク製品のすべてを準備できるような、コストパフォーマンスに優れた標準の方法を作り出す必要がありました。

LONWORKS システムが最優先目標に掲げるのは、オープンな制御システムを簡単かつコストパフォーマンスに優れた方法で構築できるようにすることです。エシエロンが LONWORKS システムを開発した当時、制御市場に相互運用性を備えた製品を投入するためには、対応すべき基本的な問題点が 3 つありました。1 つ目はプロトコルです。制御ネットワーク用に最適化しながらも、さまざまな制御用途に対応できる汎用性を備えたプロトコルを開発する必要がありました。2 つ目はこのプロトコルをデバイスに実装するコストの問題です。価格的に優位性を持つ必要があります。3 つ目の問題はプロトコルの実装方法です。ベンダーごとに実装方法が異なってしまうと相互運用性は実現できません。

これらの問題に効果的に対応するために、エシエロンはインテリジェントな制御デバイスを設計・開発・導入するための総合的な体系の構築に着手しました。1 つ目の問題は LONWORKS のプロトコル (LonTalk) を開発してクリアしました。このプロトコルについては第 3 章で説明しました。コストと実装方法の問題については、プロトコルを実装して開発ツールとともに顧客に提供するための経済的な方法を探し出すことによりクリアできました。LONWORKS システムが目指すゴールは、LONWORKS のデバイスとネットワークを開発するために適切に統合化され、最適にデザインされた経済的なプラットフォームを提供することです。次ページの図 9 に示したように、完成したシステムはデバイスメーカーとシステムインテグレータが必要とするすべてを備えています。ただし、デバイスのアプリケーションとアプリケーション固有のツールは除外されています。本章では LONWORKS システムを構成するコンポーネントについて説明します。



LONWORKS が提供するのはアプリケーションを除くすべて

図 9 LONWORKS システムを利用したアプリケーション

Neuron チップ

エシエロンは経済性と実装方法の標準化を目標にして **Neuron チップ** を設計しました。Neuron (ニューロン=神経細胞) という名前は、適切に導入された制御ネットワークが人間の脳に似ていることから付けられました。人間の脳には中心となって指令を出す部位はありません。無数の神経細胞が相互にネットワークを作り、おびたしい数の経路を経てそれぞれが他の神経細胞と情報をやり取りします。個々の神経細胞は特定の機能を受け持つことが多いわけですが、どれかひとつが機能しなくなってもネットワーク全体に影響することはありません。

Neuron チップが開発者やシステムインテグレータにもたらす利点はその完全性にあります。通信プロトコルとプロセッサを組み込むことにより、通信に関してはいかなる開発もプログラミングも不要になります。ISO (国際標準化機構) が定める通信プロトコルのガイドライン、OSI 参照モデルに照らしてみると、Neuron チップはその第 1 層から第 6 層までをサポートします。アプリケーション層のプログラミングと設定作業だけは別途対応する必要があります。これにより実装方法が標準化され、開発や設定作業が比較的容易になります。

LONWORKS デバイスの多くが、Neuron チップが持つさまざまな機能を利用し、Neuron チップを制御プロセッサとして使用しています。Neuron チップは特に、低コストの制御デバイス向けに高度な判断を行う機能とネットワーク接続機能を提供することを目的として設計された半導体素子です。Neuron チップに組み込まれた 3 つのプロセッサで、通信とアプリケーション処理の両方を行います。デバイスメーカーは Neuron チップで実行するアプリケーションプログラムと Neuron チップに取り付ける入出力デバイスを提供します。最初の Neuron チップはエシエロンが設計しましたが、現在ではエシエロンの提携メーカーがさまざまな種類の後継チップを設計・製造しています。現在 Neuron チップを設計・製造しているメーカーはサイプレス社とモトローラ、東芝の 3 社です。複数の業者が参加する Neuron チップの市場には競争原理が作用し、チップは安定供給され、価格の低下を促進します。

Neuron チップは複数のプロセッサと RAM（読み書きが可能なメモリ）、ROM（読み出し専用メモリ）、さらに通信と入出力のサブシステムを搭載した SoC（システム・オン・チップ）製品です。ROM には OS や LONWORKS のプロトコル（LonTalk）、入出力ファンクションライブラリを格納します。不揮発性メモリ（RAM）には設定データとアプリケーションプログラムの両方を LONWORKS ネットワークからダウンロードして格納します。個々の Neuron チップの製造時には、Neuron ID と呼ばれる世界で 1 つしかないユニークな 48 ビットのコードが割り当てられます。さまざまな処理速度、メモリの種類と容量、そしてインタフェース仕様の Neuron チップ製品が提供されています。1999 年の後半時点でおおよそ 1000 万個の Neuron チップが出荷されており、この中には価格が 3 ドルを切っているものもあります。

Neuron チップは必ず、LONWORKS のプロトコル（LonTalk）を実装した完全なかたちのオペレーティングシステム（**Neuron チップファームウェア**と呼びます）が内蔵の ROM か外付けのメモリに格納されています。ほとんどの LONWORKS デバイスは、LONWORKS のプロトコルを同じ方法で組み込んだ製品であるこの Neuron チップを使用しています。このアプローチにより、「不完全な互換性」の問題が解消され、他にハードウェアをほとんど、あるいはまったく用意することなく、同じネットワーク上で LONWORKS デバイスを確実に接続することが可能になります。1 つの Neuron チップには、8 ビットのインラインプロセッサが 3 つ搭載されています。2 つは LONWORKS のプロトコルを実行し、残りの 1 つはデバイスのアプリケーションを実行します。つまり Neuron チップは、ネットワークの通信とアプリケーションの処理の両方に対応できるプロセッサであり、ほとんどの LONWORKS デバイスで実装コストを大幅に削減できる技術です。

Neuron チップのアプリケーションプログラム

Neuron チップのアプリケーションプログラムは **Neuron C** というプログラミング言語で書きます。プログラムを書いたらその Neuron C コードをコンパイルして Neuron チップが理解できる機械語に変換し、内蔵のメモリか外付けのメモリに読み込みます。Neuron C は ANSI C をベースにした言語ですが、以下の 3 点が拡張されています。

- 新しいステートメントタイプ、**when** ステートメントを追加。イベントの処理とタスク実行順序の定義が可能。
- 37 のデータタイプ、35 の入出力オブジェクト、2 つのタイマーオブジェクトを追加。デバイスのコントローラを使用する際の簡素化と標準化を実現。
- ネットワーク変数やその他のメッセージタイプでメッセージを受け渡ししくみを統合。

ANSI C をベースにした言語であるため、Neuron C は簡単に学習でき、対応できるプログラマーもたくさんいます。ただし、イベントをベースにしたプログラミングモデルであるため、Neuron C 言語を使用したプログラミングは ANSI C のプログラミングとは少々勝手が違うところもあります。具体的には、通常はイベントがトリガーとなってアプリケーションの処理が実行されます。イベントはネットワークのどこかで、あるいは特定のデバイスで発生します。したがって、ネットワークそのものがイベントドリブンという性質を持ちます。これはつまり、LONWORKS のネットワークは、一般的なオフィスの LAN などと比べると非常にトラフィック量の少ないネットワークであるということを意味しています。またポーリングされるのを待つことなく、デバイスが状態を報告できるネットワークともいえます。

一部の複雑なアプリケーションプログラムでは、LONWORKS デバイスで必要となる機能を実行するのに、一連の Neuron チップ製品のプロセッサ速度やメモリ容量では不十分な場合があります。

このようなアプリケーションプログラムに対応するために、Neuron チップには高速なパラレルインタフェースが搭載されています。これにより、任意のマイクロプロセッサを使用してアプリケーションプログラムを実行し、一方でこの Neuron チップを特殊なマイクロプロセッサ・インタフェース・アプリケーション（ネットワークインタフェースまたは MIP アプリケーションと呼びます）とともに使用してネットワーク通信プロセッサとして利用することも可能です。別の方法としては、任意のプロセッサ上で直接実行できるように、オープンな LONWORKS のプロトコル (LonTalk) を移植することも可能です。この場合、LONWORKS デバイスに Neuron チップを組み込む必要はありませんが、ユニークな 48 ビットの Neuron ID は必ずデバイスに割り振る必要があります。

トランシーバ

ネットワークデバイスにはトランシーバが必要です。トランシーバは LONWORKS デバイスと LONWORKS ネットワークの間の物理的な通信インタフェースを提供します。トランシーバを使用することにより、相互運用性を備えた LONWORKS デバイスの開発が容易になります。トランシーバは、さまざまな通信媒体とトポロジーに対応した製品が提供されています。トランシーバは製品が直接相互運用できるかどうかを左右しますので、使用する製品にどのトランシーバが組み込まれているのかを把握することはとても重要です。異なるタイプのトランシーバを備えた製品同士でも相互運用性を確保できますが、この場合はルータが必要になります。さまざまな用途に利用できるツイストペア線や電力線用のトランシーバがエシエロンから提供されており、また他のメーカーからも無線や光ファイバーなどをはじめとするさまざまな媒体に対応した製品が提供されています。

LONWORKS デバイス

ネットワークに接続されている個々の LONWORKS デバイスは、通常は Neuron チップを 1 つとトランシーバを 1 つ備えており、用途に合わせたパッケージに納められています。デバイスの機能にもよりますが、たとえばセンサーやアクチュエータ、外部の既存センサー・既存アクチュエータとの入出力インタフェース、PC などのホストプロセッサとのインタフェースなどを組み込む場合もあり、ルータでは他の種類の Neuron チップとトランシーバへのインタフェースが組み込まれます。Neuron チップが実行するアプリケーションプログラムは、それぞれのデバイスに相応しい動作をします。アプリケーションプログラムは ROM（読み出し専用メモリ）に常駐する場合もありますし、ネットワークから不揮発性 RAM（NVRAM、フラッシュ PROM、EEPROM などとも言います）にダウンロードすることもあります。図 10 に一般的な LONWORKS デバイスのコンポーネントを示します。

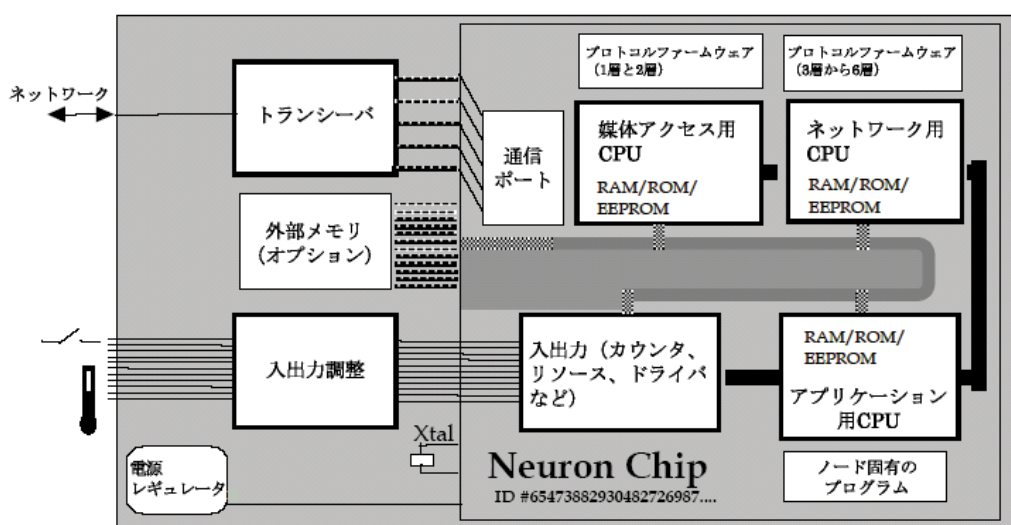


図 10 LONWORKS デバイスのコンポーネント

LONWORKS ネットワーク内のデバイスの役割は、ほとんどの場合、制御対象となる物理的なシステムを構成する各コンポーネントの状態を検知し、それを制御することです。これらのデバイスは **LONWORKS 制御デバイス** と呼ばれ、センサーやアクチュエータ、あるいは外部の既存センサー・既存アクチュエータへの入出力インタフェースがさまざまな組み合わせで組み込まれます。このデバイスのアプリケーションプログラムは、ネットワーク上で値を送受信するだけでなく、検知した変数のデータを処理（たとえば線形化やスケール設定など）したり、PID ループ制御やデータのロギング、スケジューリングなどのロジックを制御したりします。

ほとんどの LONWORKS デバイスは OEM メーカーから提供されますが、たとえば 4-20mA のセンサーや 0-10V のアクチュエータなど、LONWORKS 以外のセンサーやアクチュエータにインタフェースする一連の LONWORKS デバイスがエシロンから提供されています。**LonPoint®モジュール** と呼ばれるこれらのデバイスについては、次のセクションで説明します。

LonPoint モジュール

LonPoint システムは、LONMARK デバイスだけでなく、最新のセンサーやアクチュエータ、既存のセンサーやアクチュエータをコストパフォーマンスに優れ、相互運用性を備えたビルオートメーションや産業用途の制御システムに統合するように設計されたシリーズ製品です。LonPoint システムは、すべてのデバイスが何らかの制御処理を実行し、ネットワークのどこからでもデバイスを利用できるようにする、オープンな分散システムアーキテクチャを提供します。

LonPoint インタフェース、スケジューラ、データロガー、ルータなどのモジュールにより、入出力処理やアプリケーションリソース、時間帯別のスケジューリング機能、順序付け機能、データロギング機能、LonPoint システムへのルーティング機能を実現します。インタフェースモジュールはセンサーやアクチュエータ、コントローラなどをオープンな分散ネットワークにシームレスに統合します。インタフェースモジュールは次の 5 種類あります。DI-10 デジタルインプットモジュール（4 点のデジタル入力。入力点ごとにステータス LED を装備）、DO-10 デジタルアウトプットモジュール（4 点のデジタル出力。出力点ごとに Hand/Off/Auto スイッチとステータス LED を装備）、DIO-10 デジタルインプットアウトプットモジュール（2 点のデジタル入力と 2 点のリレー出力点を装備。出力点ごとに Hand/Off/Auto スイッチとステータス LED を装備）、AI-10 アナログインプットモジュール（2 点の 16 ビットアナログ入力を装備）、AO-10 アナログアウトプットモジュール（2 点の 12 ビットアナログ出力と 2 つの PID コントローラを装備）。

SCH-10 スケジューラモジュールは、ネットワーク上の他のデバイスに時間帯別のスケジューリング制御機能を提供します。SCH-10 スケジューラモジュールには柔軟な設定が可能なステートマシンロジックが組み込まれており、システムやサブシステムに動作シーケンスを実装することができます。

SCH-10 モジュールは、DL-10 アプリケーションをダウンロードして DL-10 データロガーに転用することもできます。DL-10 データロガーは他のデバイスのデータをフィルタリングし、タイムスタンプを付けて記録します。記録したデータログは後日、傾向分析機能やデータベースアプリケーションを利用して表示・分析できます。

ルータ

LONWORKS システムの優れた特徴のひとつに、複数の媒体を透過的にサポートしている点があげられます。開発者は要件に合わせて、最適な媒体と通信方法を選択できます。複数媒体のサポートを可能にするのが **ルータ** です。ルータはまた、ネットワークのトラフィックを制御したり、ネットワークの一部を他のセクションのトラフィックから分割したりして全体のスループットとネットワークの容量を向上させるときにも使用します。

ルータはネットワークツールがネットワークのトポロジーに基づいて自動的に構成します。これにより導入作業が容易になり、ルータをデバイスに対して透過的に導入することが可能になります。

ルータを使用すると、1つのピア・ツー・ピア・ネットワークをさまざまな種類の通信媒体に接続し、無数のデバイスをサポートすることができます。ルータ内部は2つの部分に分かれており、それぞれが接続されている2つのチャネルに対応したトランシーバを備えています。ルータは、ネットワークにおける論理的な操作に対しては完全に透過的ですが、必ずしもすべてのパケットを転送するわけではありません。ネットワークツールを使用して設定作業を行うと、たとえばインテリジェントルータなどはシステムの設定情報を十分に認識したうえで、相手側への宛先を持たないパケットをブロックします。LONWORKS/IPルータ（トンネリングルータ）と呼ばれる種類のルータを使用すると、インターネットなどの広域ネットワークを介してLONWORKSシステムの接続距離を大幅に伸ばすことが可能です。

エシエロンではさまざまな種類のツイストペアチャネルを接続する**LonPoint ルータ**を提供しています。また、ツイストペアチャネルとIPネットワーク（たとえばインターネットやイントラネット、VPNなど）の間をルーティングする**iLON™1000 インターネットサーバー**などの製品も提供しています。

開発ツール

開発ツールには通常、複数のデバイスでアプリケーションを開発・デバッグするための開発環境や、そのデバイスを導入・設定するために使用するネットワークマネージャ、ネットワークのトラフィックを調べてネットワークの能力を確保し、エラーをデバッグするプロトコルアナライザなどが含まれています。エシエロンが提供する**LonBuilder®**や**NodeBuilder™**などのツールを、オプションで用意されているさまざまなツールと組み合わせて利用できます。これらの開発ツールを活用することにより、メーカーはLONWORKSベースの制御ネットワークで使用する個々のデバイスの設計やテストを容易に、そしてコストをかけずに行うことができます。

ネットワークインタフェース、ゲートウェイ、Web サーバー

ネットワークインタフェースは、制御用のセンサーやアクチュエータを接続するデバイスではなく、PCや携帯用保守ツールなどの外部のホストコンピュータへの物理インタフェースを提供するデバイスです。このデバイスのアプリケーションプログラムは通信プロトコルを備え、ネットワークツールなどのホスト側プログラムがLONWORKSネットワークを利用できるようにします。エシエロンの**PCLTA-20 PC LonTalk®アダプタ**は、PCのPCIスロットに装着して使用するネットワークインタフェースデバイスです。このアダプタをPCのPCIバスに差し込むと、**LonMaker for Windows**などのネットワークツールを利用してネットワークにアクセスできます。ラップトップPCの場合はエシエロンの**PCC-10 PC カード**（タイプII PCカード、旧PCMCIA）を使用してネットワークにアクセスします。ネットワークから離れた場所にあるPCの場合は、エシエロンの**SLTA-10 シリアル LonTalk アダプタ**とモデムを利用してダイヤルアップ接続します。また、**iLON 1000 インターネットサーバー**を使用すると、インターネットやイントラネット、VPNなどを介してリモート接続することが可能です。

ゲートウェイは、これまで利用してきた既存の制御システムをLONWORKSシステムにインタフェースするためのデバイスです。ゲートウェイは外部のシステムデバイスや通信バスに対応した物理インタフェースを備えています。ゲートウェイのアプリケーションプログラムは、外部システムで使われている通信プロトコルにインタフェースします。つまり、必要に応じて2つのプロトコルを相互に変換し、2つのシステム間でメッセージを交換できるようにします。場合によっては、外部のシステムで利用している独自のコマンドベースのメッセージを、情報ベースのLONWORKSネットワークで使用するネットワーク変数のタイプに変換します。

ただし、ゲートウェイをネットワークで使用するデバイスと混同してはいけません。ゲートウェイはいわば異物であり、類似性を持たないシステムを結合するデバイスです。一部のメッセージが両システム間を通過できたとしても、この結合はシームレスな接続と呼べるようなものではなく、ボトルネックとなり、システムの統合にとっては足かせとなる別のオペレーティングシステムと異なるネットワークツールを取り込むことになります。

Web サーバーは特別な種類のゲートウェイで、LONWORKS ネットワークに Web ブラウザとのインタフェースを提供します。Web サーバーは LONWORKS ネットワークに接続するための LONWORKS トランシーバ、そしてインターネットなどの IP ネットワークへの接続を可能にする HTTP サーバーを備えています。HTTP サーバーが提供する Web ページは、すべての Web ブラウザから閲覧できます。設定を容易にするためには、Web サーバーはネットワーク変数を動的に生成し、そのネットワーク変数を LONWORKS ネットワーク上の任意のネットワーク変数に接続できる必要があります。また、Web サーバーが提供する Web ページからこれらのネットワーク変数に容易にアクセスできるような方法も提供できなければいけません。エシエロンの i.LON 1000 インターネットサーバーは、この種の Web サーバーと LONWORKS /IP ルータ（トンネリングルータ）を統合した製品です。

ネットワークオペレーティングシステム

ネットワークオペレーティングシステム（NOS）は共通に利用できる、そしてネットワーク全体をカバーする一連のサービスを提供し、監視や管理制御、導入、設定作業などをサポートします。NOS はプログラミング拡張機能も提供し、ネットワーク管理ツールや保守ツールが使いやすくなるようにサポートします。LONWORKS の NOS は LONWORKS ネットワークまたは IP ネットワークを介したリモートアクセスの機能だけでなく、HMI アプリケーションや SCADA アプリケーションで使用するデータアクセスサービスも合わせて提供する必要があります。

適切に設計された NOS は 1 人または複数のユーザーが使用する複数のツール間を同期させるサービスを提供します。NOS で一貫した相互運用性をサポートするためには、LONMARK オブジェクトと構成プロパティを利用できるようにする LONMARK サービスをサポートする必要があります。また、LONMARK のネットワーク変数を動的に生成する LONMARK サービスもサポートしなければいけません。さらに NOS は、デバイスを容易に設定できるようにするために、複数のメーカーが提供する標準のプラグインもサポートする必要があります。

適切に設計された NOS は、システムの日々の運用で必要になるわけではありません。NOS はネットワーク導入時のコミッション作業やその後の変更作業で導入サービスと保守サービスを提供するものであり、ネットワークをいったん導入してしまえば、デバイス間の通信には NOS は必要ありません。これは LONWORKS システムのピア・ツー・ピア・アーキテクチャから得られる大きな利点です。

ネットワークツールとアプリケーションとの間の相互運用性を実現するための NOS として、LONWORKS システムには **LNS ネットワークオペレーティングシステム**と呼ばれる NOS が 1 セット付属しています。LNS は LONWORKS ネットワーク上で相互運用性を備えたアプリケーションをサポートするための標準のプラットフォームです。LNS は相互運用性を備えた LONWORKS のネットワークツールやアプリケーションに基盤となるインフラを提供し、LONWORKS システムの設計や設定、導入、運用、保守をサポートします。LNS はあらゆるプラットフォーム上のクライアントに対応しています。サーバーでは、現在対応しているのは Windows NT、Windows 98、そして Windows 95 です。

LNS はクライアント/サーバー型のアーキテクチャを持ち、複数のアプリケーションをネットワーク上で同時に実行することが可能です。つまり、複数のユーザーがデバイスの導入やシステムの操作、問題の診断、システムの補修を並行して行うことができます。LNS は拡張性に優れ、変更やアップグレードも容易です。

LNS のプラグイン標準を利用することにより、LONWORKS デバイスを製造するメーカーは自社製品で使用するためのソフトウェアコンポーネントをユーザーに提供でき、さらにユーザーの便宜をはかることができます。ネットワークインテグレータはプロジェクトごとに現場でプログラムを書く必要がなくなり、プロジェクトで使用するデバイスの設定作業をこのプラグインを利用して行えます。これらのデバイス用プラグインにはトラブルシューティングツールが組み込まれていることが多く、またユーザーはダイアログボックスから各種の設定作業を行えます。デバイスに保持されているデータを監視したり図示したりするための専用のユーザーインターフェースが付属していることも多いようです。実際、メーカーがよく考慮されたプログラムを 1 回書いてしまえば、自社製品がさまざまな LONWORKS ネットワークで簡単に利用できるようになります。

LNS を使用すれば、自社製デバイスのプラグインソフトウェアは手直ししなくてもあらゆる PC で実行でき、PC で使用する導入ツールとのシームレスな統合が可能になります。LNS のプラグインを利用すると、ソフトウェアコンポーネントとデバイスの間の基本的な通信のしくみを意識する必要がなくなるため、ネットワークの管理が容易になります。このように、単にプラグインソフトウェアを書くだけで、多くの既存デバイスが完全な相互運用性を備えるようになります。メーカーがフロントエンドをカスタマイズできるように標準のインターフェースが整備されていますが、一方で LNS は複数のベンダーが提供するソフトウェアコンポーネントの連携も実現します。

ネットワークツール

ネットワークツールはネットワークオペレーティングシステムをベースにして開発されたソフトウェアで、ネットワークの設計や導入、設定、監視、管理制御、診断、保守を行うために使用します。多くのツールがこれらの機能を提供していますが、もっとも一般的な組み合わせは以下のとおりです。

- **ネットワーク統合ツール** - ネットワークの設計や設定、検収、保守に必要な基本的な機能を提供するツールです。
- **ネットワーク診断ツール** - ネットワークのトラフィックを観察、分析、診断し、ネットワークの負荷を監視することに特化したツールです。
- **HMI 開発ツール** - ヒューマン マシン インタフェース (HMI) アプリケーションの開発に使用するツールです。HMI アプリケーションは、運用しているシステムのオペレータインタフェースに使用します。
- **入出力サーバー** - もともと LONWORKS ネットワーク用に設計されていない HMI アプリケーションで LONWORKS ネットワークを利用できるようにする汎用ドライバです。

LNS ネットワークオペレーティングシステムをベースとするネットワークツールは相互運用性を備えています。つまり、同じネットワーク上で同時に動作することができ、ネットワーク内のデバイスとその設定状況を一貫した切り口で把握できるようにします。エシエロンが提供するネットワークツールについては、次のセクションで説明します。

LonMaker for Windows 統合ツール

LonMaker for Windows 統合ツールは、オープンで相互運用性を備え、マルチベンダーに対応した LONWORKS ネットワークの設計や文書化、導入、保守に使用するソフトウェアパッケージです。

LNS ネットワークオペレーティングシステムをベースにしたこのツールは、クライアントサーバー型の優れたアーキテクチャを持ち、ユーザーインタフェースには使いやすい **Visio** を採用しています。つまり、分散制御ネットワークの設計やコミッション作業、保守作業を行うのに十分な機能を持ち、一方でネットワークの設計や導入、保守を行う担当者が求める「使いやすさ」も持ち合わせています。

LonMaker ツールは **LONMARK** デバイスも、その他の **LONWORKS** デバイスも総合的にサポートします。**LonMaker** ツールは **LONMARK** の特徴を最大限に引き出すことができるツールです。たとえば、**LONMARK** の機能プロファイルは **LonMaker** 図面内ではグラフィカルな機能ブロックとして表現され、制御システムのロジックの視覚化と文書化を容易にします。

LonMaker ツールは LNS のプラグイン標準に準拠しています。この標準により、**LONWORKS** デバイスを製造するメーカーは自社製品で使用する独自のアプリケーションを提供することが可能になります。**LonMaker** のユーザーがデバイスを選択すると、そのデバイスに対応した独自のアプリケーションを自動的に起動させることができます。このしくみにより、システムエンジニアをはじめとする技術者は、デバイスの定義、コミッション作業、保守、テストを容易に実施できます。

事前設計方式でシステムを設計する場合は、ネットワークの設計は通常オフサイトで行います。つまり、現場に **LonMaker** ツールを持ち込んでネットワークに接続することはありません。ただし現場でネットワークを設計することもできます。この場合は **LonMaker** ツールをネットワークに接続してコミッション作業を行います。この機能は特に、規模が小さめのネットワークで有用です。また、デバイスの追加や取り外し、交換などが定期的に生じるネットワークでも有用です。

ユーザーは使いやすい、CAD ソフトのような感覚で制御システムを設計できます。**Visio** の優れたシェイプ作図機能を利用することにより、直感的でシンプルな方法でデバイスを作成できます。**LonMaker** ツールには **LONWORKS** ネットワークに使用できる有用なシェイプが数多く用意されていますが、ユーザーはカスタムシェイプを新規に作成することもできます。カスタムシェイプは 1 つのデバイスや機能ブロックのようにシンプルなものから、デバイスや機能ブロック、それらの間の接続などをあらかじめ定義した完全なサブシステムのような複雑なものまでさまざまです。サブシステムのカスタムシェイプをもとにしてサブシステムを追加したい場合は、そのカスタムシェイプを新しい図面ページにドラッグするだけで簡単に作成できます。この機能は複雑なシステムを設計するときにとっても便利です。どのサブシステムでも、サブシステムのシェイプにネットワーク変数を追加すればスーパーノードに変更することができます。スーパーノードは、たとえば内部的に使用するだけのインタフェースを単純化して表示しますので、設計時間を短縮できます。

導入担当者が複数デバイスのコミッション作業を並行して行えば、ネットワークの導入に要する時間を短縮することができます。デバイスを識別する方法は、サービスピンを使用する方法、バーコードを読んで **Neuron ID** を取得する方法、**[Wink]** コマンドを実行する方法、あるいは **Neuron ID** を手入力する方法のいずれかです。ネットワークが組み込まれているシステムの場合は、自動検知機能を利用できます。この機能を使用すると、システム内のデバイスを自動的に探し出してコミッションすることができます。ネットワーク変数や構成プロパティをブラウズするための統合アプリケーションを備えているため、テストやデバイスの設定作業も容易です。デバイスの個々の機能ブロックをテストしたり、有効/無効、オーバーライドなどの操作を管理ウィンドウから行えます。また、デバイスに対して **[Test]** や **[Wink]** などのコマンドを実行したり、**[Online]**、**[Offline]** などのコマンドでデバイスの状態を操作したりできます。

LonMaker ツールは **AutoCAD** ファイルのインポートとエクスポートにも対応しており、竣工時を反映したレポートを作成することができます。統合型のレポートジェネレータと部品表ジェネレータも備えており、ネットワークの設定に関する詳細なレポートを作成することができます。

LonMaker ツールは単体でも拡張性を備えたツールで、ネットワークのライフサイクル全体をカバーして導入担当者の作業を簡素化します。

LonManager プロトコルアナライザ

LonManager プロトコルアナライザは高性能のネットワークインタフェースカード (NIC) を備えたソフトウェアパッケージで、導入した LONWORKS ネットワークの動作を観察し、分析や診断を行うためのツールです。

プロトコルアナライザを使用して LONWORKS チャネル上のすべてのパケットを収集し、タイムスタンプを押して保存することができます。パケットはログファイルに保存しておき、後で表示して分析することが可能です。プロトコルアナライザを使用して収集しながら、パケットをリアルタイムで表示することもできます。

高性能のトランザクション分析システムを備えており、入ってくるパケットを個々に調べて関連性を持つパケットを整理できますので、ユーザーがネットワークのトラフィックパターンを把握してそれを解釈するのに有用です。

ログは一括表示形式の場合は 1 行に 1 パケット表示され、素早く分析することができます。パケット単位で詳細に分析したい場合は 1 パケット 1 ウィンドウの表示も可能です。LNS データベースからインポートしたデータを使用し、プロトコルアナライザはパケットの日付を解読して表示します。この表示には導入時に割り当てられたデバイス名とネットワーク変数名が含まれています。個々のメッセージの内容も表示され、そのパケットの送信に使われた LONWORKS のメッセージサービスに関する記述も表示されます。ユーザーは LONWORKS のプロトコルがやり取りする 0 と 1 の機械語を手作業で解釈する必要がありませんので、ネットワークで発生している問題を診断する時間と手間を抑えることができます。

キャプチャフィルタを使用して収集対象のパケットを限定することができます。このフィルタを使用して収集対象のパケットを特定のデバイス間、あるいはネットワーク変数間のパケットに制限したり、あるいは特定の LONWORKS プロトコルサービスを使用するパケットに制限したりできます。

ネットワークトラフィック統計ツールは、ネットワークの動作に関する詳細な統計データを利用するためのツールです。統計データには合計パケット数、エラーパケット数、ネットワークの負荷などがあります。統計データはユーザーが見やすいように、ネットワークの状況を要約して表示します。

LNS DDE サーバー

LNS DDE サーバーは、プログラミング作業をすることなく、DDE 対応のマイクロソフト社 Windows アプリケーションで LONWORKS ネットワークの監視と制御を可能にするソフトウェアパッケージです。LNS DDE サーバーは通常、HMI アプリケーションやデータロギング・傾向分析アプリケーション、グラフィカルなプロセス表示機能などとのインタフェースに利用します。

LNS とマイクロソフト社の DDE プロトコルをリンクすることで、DDE 対応のマイクロソフト社 Windows アプリケーションと LONWORKS デバイスとの間では、以下のいずれかの方法で相互にやり取りすることができます。

- 任意のネットワーク変数の値を取得、監視、変更する。
- 構成プロパティを管理、変更する。
- アプリケーションメッセージを送受信する。
- LONMARK オブジェクトをテスト、有効化/無効化、オーバーライドする。
- [Test]や[Wink]などのコマンドを実行し、デバイスを制御する。

LNS DDE サーバーは LONWORKS ネットワークをビルや工場、プロセスプラント、半導体生産設備、その他の商業用および産業用制御システムのオペレータインタフェースに接続します。

このソフトウェアは Wonderware 社の InTouch®、インテルーション社の FIX®、USDATA 社の FactoryLink®、ナショナルインスツルメンツ社の LabVIEW®や BridgeVIEW®、マイクロソフト社の Excel や Visual Basic などをはじめとする多数の DDE アプリケーションと併用できます。LNS DDE サーバーは Wonderware 社の FastDDE プロトコルもサポートしており、InTouch のパフォーマンスを改善できます。

LonMaker for Windows 統合ツールを使用してネットワークの導入作業を完了してしまえば、LNS DDE サーバーは LonMaker ツールが作成した LNS データベースに自動的にアクセスします。LNS をベースとしているため、すべての必要な情報がすでに LNS データベースに集められており、LNS DDE サーバーを使用するために設定作業を別途行う必要はありません。

第6章

オープンシステムの設計

本章ではネットワークの設計担当者やコンサルタント、仕様作成者、インテグレータが LONWORKS システムのコンポーネントを使用してオープンな制御システムを構築する方法について説明します。

はじめに

単に LONWORKS デバイスを選択するだけではオープンなシステムを設計することはできません。たとえばここ数年に渡って、制御システム業界における LONWORKS システムの普及率が大きく伸びています。さまざまな製品に LONWORKS 技術が取り込まれているとはいえ、コンサルタントや仕様作成者にとっては真のオープン性を備えた、そして相互運用性を実現するソリューションを設計することは依然として容易ではありません。これにはいくつかの理由があります。その中でも最大の理由は、従来のプロジェクトで採用されてきた、制御システムを設計・構築するアプローチにあります。北米地域においては、多くのビルオートメーション/インダストリアルオートメーションプロジェクトで従来どおり、複数のサブシステムに分けるかたちで制御システムが導入されています。全体としてとらえるというよりはむしろ、ビルオートメーションもインダストリアルオートメーションも従来のアプローチに合わせて断片化されているようです。

それほど大きくはありませんが、理由としては「怖い」、「確実でない」、「疑心暗鬼」などもあるようです。大手制御関連メーカーはすべて、引き続き LONWORKS システムのコンポーネントを加速度的に採用していますが、多くのメーカーが標準のネットワークプロトコルを採用することで引き起こされることになる、市場の変化を懸念しています。真のオープン性を備えたアーキテクチャが導入されると、市場でシステムを納入するしくみが大きく変化します。大きなマーケットシェアを持つ大企業にとっては、オープンなアーキテクチャはまるで「パンドラの箱」のように見えてしまいます。オープンなシステムが市場を大きく広げ、それが競合他社に業績を伸ばすさまざまな機会を与えているという事実をなかなか受け入れられない大手メーカーもあります。また、既存の顧客と新規顧客の両方に新しい機能や付加価値を提供できる機会と捉えていないメーカーもあります。いろいろな危惧、ためらいはありますが、多くのメーカーは LONWORKS システムを自社製デバイスで通信機能を実現するコストパフォーマンスに優れた方法であると捉えています。

ただし、技術の進歩に伴いシステムアーキテクチャも種類を問わず急速に変化しています。制御システムも例外ではありません。この 20 年間を見ても、ダム端末を中央のコンピュータに接続する形態のメインフレームは LAN 接続した小型コンピュータによる分散処理システムに取ってかわられ、この分散処理システムも高性能 PC をピア・ツー・ピア接続した分散処理ネットワークへと姿を変えました。情報システム関連製品の新しい傾向のひとつひとつが大きな成功を収めるためには、マイクロプロセッサや通信プロトコル、オペレーティングシステム、その他のハードウェアやソフトウェアなどの構成要素について、それぞれの業界標準を幅広く取り入れることが重要です。業界で標準となっている仕様を幅広く取り入れることにより、メーカーの多くは相互運用性を備えたハードウェア製品やソフトウェア製品を大量に生産できます。これらの製品は特別なハードウェアやソフトウェア、あるいはツールなどを開発することなく、あらゆる用途に適合させて情報システムに組み込むことが可能です。すべてのメーカーがオープンスタンダードとして利用できる LONWORKS システムは、制御システムアーキテクチャの抜本的な変革を同じ方向へと推し進め、従来の集中制御型システムを高度な分散処理を行う、相互運用性を備えたオープンなシステムに置き換えるためのプラットフォームです。

LONWORKS システムはすでにビル制御の分野では幅広く普及しており、オープンなマルチベンダー対応制御システムを表すのに「LON」や「LONWORKS」という用語を使用することが今や常識となりました。ただし、LONWORKS システムはシームレスな相互運用性を保証する末端レベルのソリューションではなく、「オープンな制御システムを実現するためのプラットフォーム」です。LONWORKS システムのコンポーネントを利用することにより、オープンな制御システムの設計・導入のしやすさが大きく改善されます。しかし適切に導入するためには、これまでどおり LONWORKS 技術そのものをよく理解する必要があり、また LONWORKS 技術の特徴や利点を活用して真にオープンなシステムを実現する方法も理解しておくことが重要です。

LONWORKS が実現するオープンな制御システムがエンドユーザーやシステムインテグレータにもたらすメリットは以下のとおりです。

- 互換性とコストパフォーマンスに優れたさまざまな LONWORKS デバイスを複数のベンダーから入手できる。
- 使いやすい HMI ツールやネットワークツールを複数のベンダーから入手できる。
- 配線に要する費用を大幅に削減できる。
- システム設計のサイクルを短縮・独自のハードウェアやプログラミング作業は不要。
- 信頼性の高いシステム・シングルポイント障害が発生しない。
- システム保守サービスを複数ベンダーから選択可能。
- エンドユーザーの要件を満たす新しい機能を容易に導入できる。

本章は LONWORKS システムを使用してオープンな制御システムを設計しようとしている方々をサポートすることを意図して書かれています。つまり、LONWORKS ネットワークを適切に設計するために必要となる情報を提供し、LONWORKS 技術を活用してオープンな制御ネットワークを実現する方法について説明しています。

オープンな制御システムの要件

コストを最小に抑え、最大の能力を発揮するように LONWORKS ネットワークを導入する方法は、高度に分散化されたピア・ツー・ピア型のシステムを構築することです。図 11 にこのアプローチの論理的な概念を示しています。実際の導入形態としては、必要に応じてバックボーンやルータを配してトラフィックを仲介し、適切なパフォーマンスを実現するわけですが、この図で注目すべき点は、上部に配置されたワークステーションが既存のゲートウェイを通ることなく、すべてのデバイスのどの制御ポイントにでもアクセスできるということです。このアプローチは制御アーキテクチャの実装という点ではパラダイムシフトが前提となりますが、一方で低コスト、そしてより適応性に優れたシステムを実現します。すでに多くのエンドユーザーやインテグレータが認識を改め、従来の階層化によるソリューションではなく、この LONWORKS システムによるソリューションを採用しています。市場の需要は、真のオープン性を備えたシステムを導入したいというエンドユーザーの要望を反映する方向へと、自然に進化してきました。

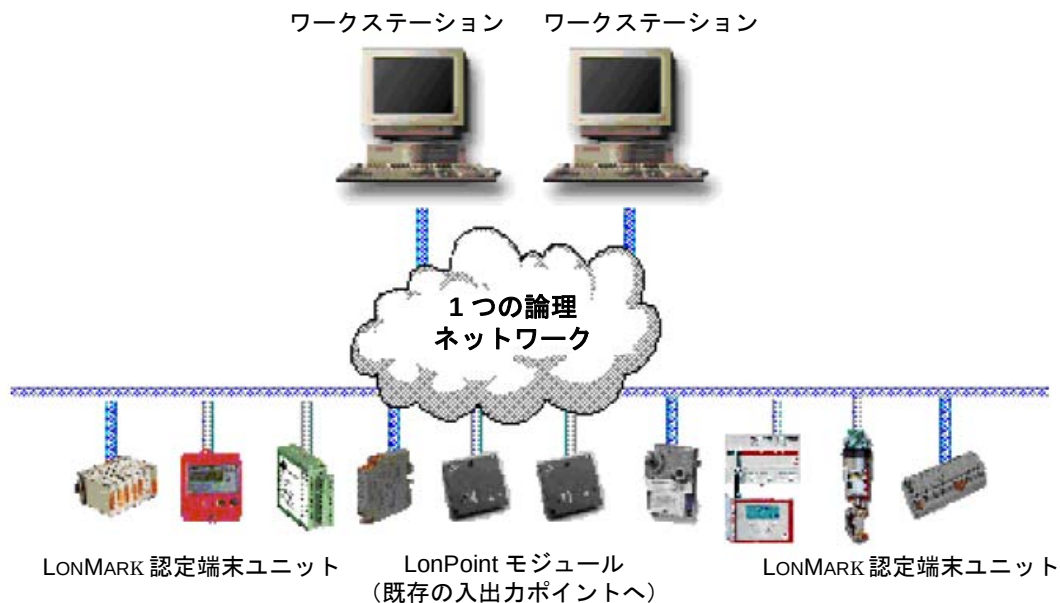


図 11 高度に分散化した LONWORKS システム

問題はもはや LONWORKS デバイスを使用するかしないかということではなく、LONWORKS デバイスとチャネルを相互に接続するためのインフラをどのように提供するか、そして従来型のコントローラに組み込まれていた機能をどのように提供するかということです。

制御システムは真のオープン性を備えた標準をベースにしたピア・ツー・ピア型のアーキテクチャへと進化しており、その進化の過程は情報システムのものと軌を一にしています。LONWORKS システムはその根幹を支え、大量生産が可能な低コストの Neuron チップに実装したオープンな標準を提供します。ただし、市場の進化を後押しするには他にも必要な条件があります。コンサルタントや仕様作成者は LONWORKS システムの使用方法を学ぶ必要がありますし、適切なツールや製品に関する情報も必要です。現在ではエシエロンの LonPoint デバイスなどの LONMARK 認定デバイスが利用でき、コンサルタントは制御アルゴリズムや既存の入出力インタフェースを LONWORKS デバイスのレベルで分散することができます。これにより、従来型の管理コントローラやコントローラネットワークがかかっていたコストと複雑さの問題を解決できます。

LONMARK 認定デバイスは複数のベンダーから提供されてその数が急速に増加しており、真にオープンでフラットなピア・ツー・ピア型制御ネットワークの構築を実現します。現在利用できる一部の LONWORKS デバイスでは、システムインテグレータはそれ自体に Neuron チップが搭載されていない既存の製品を真のオープン性を備えたシステムに統合できるようになりました。こういったモジュールは多くの場合、柔軟性と優れた機能を合わせ持つ LONMARK オブジェクトを備えており、このオブジェクトを組み合わせることで複雑な制御アルゴリズムを実現しています。

新しい設計のパラダイム

システム設計者は新しい設計のパラダイムに足を踏み入れ、ネットワーク全体に制御ロジックを分散する方法を学ぶ必要があります。システム設計者はまた、階層化された高価なコントローラ、そしてゲートウェイとして機能する従来型管理デバイスの導入や保守につきまとうコストと複雑さを、これからは不要なものとして排除しなければいけません。適切に設計されたオープンなシステムには、集中制御用のコントローラも、リング型に配線されたパネル也没有ありません。LONWORKS デバイスは最適な物理媒体（ツイストペア線、AC 電力線、無線、光ファイバー、赤外線など）を介し、LONWORKS のプロトコル（LonTalk）を使用してシステム内の他のデバイスと通信します。各デバイスには単純なアプリケーションプログラムを配置し、制御ロジックをシステム全体に分散させます。デバイスで実行するアプリケーションプログラムは独自にプログラミングするのではなく、構成プロパティを設定してカスタマイズします。

原則的には、システム内のセンサーやアクチュエータすべてがLONWORKSデバイスになり得ます。ただし実際には、物理的に近接していて1つの制御ループに含まれる複数の入出力ポイントを1つのデバイスにまとめる方がより費用効果が高くなることが多いようです。

オープンな制御システムのアーキテクチャでよく持ち出される議論の1つに、データを送信するのに高速なバックボーンが必要ではないかという問題があります。このような考え方の多くは、従来のパラダイム、つまりすべての情報を大きなブラックボックスに集約し、要求があればそれをまとめて送信するという考え方で制御システムを設計しようとするときに出てきます。適切に設計されていれば、1Mbps以上のスループットを必要とする制御システムはほとんどありません（ちなみにLONWORKSシステムは1Mbps以上のスループットにも容易に対応できます）。優れたネットワーク制御用プロトコルでは、短い簡潔なメッセージを必要なときだけ送信します。しかもこのメッセージは、それを必要とする制御デバイスが属する、限られた範囲に対してのみ送信されます。制御ネットワークのセンサー宛てに10メガバイトのPowerPointファイルを頻繁に送る必要があるのでしょうか。制御システムを設計するときに他の通信プロトコルの組み入れを考慮する正当な理由としては、以下のようなものがあります。

1. **既存の通信のインフラを使用する場合。** 光ファイバーや同軸ケーブル、ツイストペア線などがビル内を所狭しと張り巡らされてしまうことになる可能性は大いにあります。通常は、使える帯域幅のほんの一部しか使用していない場合です。
2. **距離が長くなる場合。** IPネットワークは現在、世界全体をカバーしています。これは長距離通信を目的として設計されているプロトコルだからです。ボストンからバングラデシュまで情報を配信するような広いエリアをカバーするスタンドアローンのLONWORKSシステムを設計することは可能です。ただし、費用対効果が高いとは言えません。このような場合は既存のネットワークを活用すべきです。
3. **現在利用しているデータ転送のしくみを活用する場合。** 制御ネットワークを流れるデータは、まさに単なるデータです。ユーザーがほしいのは知識を得るために必要な情報、そして判断するために必要な情報です。今日ではPCの前に座れば情報が得られ、ソフトウェアプログラムを使用してそれを整理・照合します。この情報はPCを接続しているネットワークを通して他者と共有することができます。デバイスの入出力レベルのデータをビジネスレベルのネットワークを通して提供するように制御システムを設計することは理にかなっています。

図11に示したような分散制御アーキテクチャでは、実際にユーザーが望むのであれば、高速バックボーンを使用してLONWORKSのメッセージを送信することも可能です。その場合は、現在使用しているプロトコルのかわりに、たとえばインターネットプロトコル（IP）のような標準のデータ転送技術を利用します。図12に示したように、LONWORKSシステムでチャンネル間を接続するにはゲートウェイではなくルータを使用します。たとえばエシェロンのi.LON 1000インターネットサーバーをルータとして使用します。この製品はLONWORKSのパケットをIPチャンネル上でトンネリングします（逆も可能）。LONWORKSのパケットは封筒（パケットのアドレス指定情報）に入った手紙（データ）であり、LONWORKSのネットワークを介して相手先に届けられると考えれば、トンネリングルータは単にこのLONWORKSのパケットが入った封筒を大きめのIP封筒に入れるだけです。この封筒には異なる種類の宛先情報が書かれています。この封筒は広域ネットワークを通して宛先の、離れた場所にあるルータやIPデバイスに配信されます。相手先に届くとそこで外側のIP封筒から中の封筒を取り出し、取り出したLONWORKS封筒はローカルネットワークのセグメントかデバイスに配置されます。システムは1つのネットワークとして統合されており、すべての制御ポイントが完全に接続され、従来用いられてきたゲートウェイが間で障害になることもないため、このしくみによりシステムの導入や監視、トラブルシューティング、保守などが容易になります。

これはたとえば、ネットワークのどこかにネットワークツールを接続すれば、ネットワークのどこにあるデバイスとでも相互にやり取りできるということを意味します。

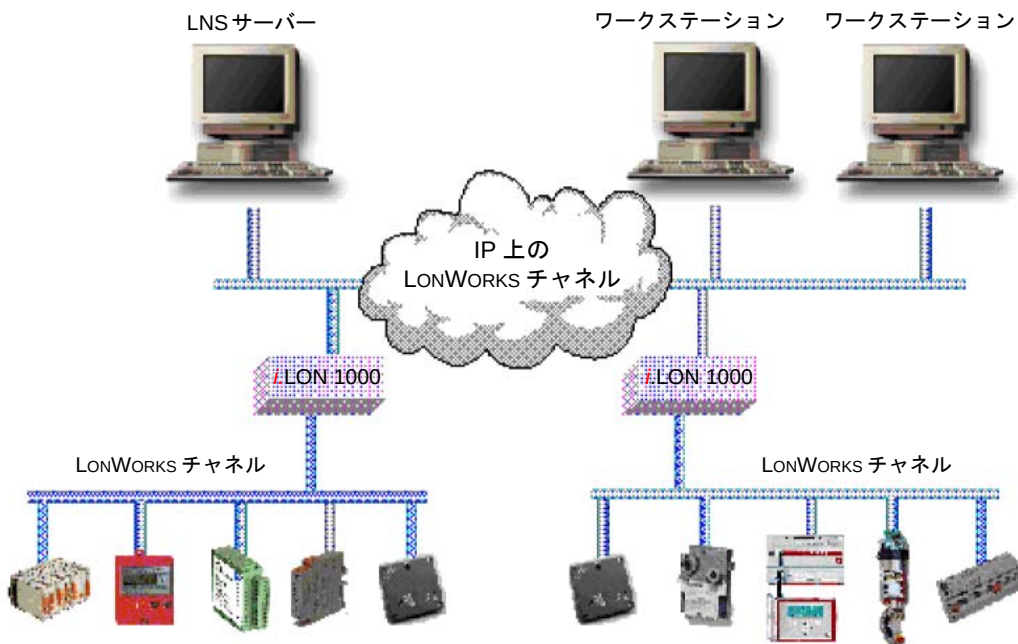


図 12 IP バックボーンを使用したオープンな LonWorks ネットワーク

LONWORKS ネットワークと IP ネットワークの間に配置するルータは、LONWORKS ネットワークからバックボーンとなる Ethernet あるいは広域ネットワークへの、シームレスで透過的な接続を提供します。つまり、センサーからファシリティマネージメントソフトウェアまで LONWORKS に対応した、一貫性と優れた機能を持つビルオートメーションシステムを構築することができます。このような統合アーキテクチャではシステムのライフサイクルコストを大幅に抑えることができ、また Web やインターネットなどの IP テクノロジーを活用して新しい機能を実現することも可能になります。

このオープンなアプローチの大きな利点は、ゲートウェイを利用した今日のアーキテクチャとは異なり、リモートのセグメントにある新しい制御ポイントにツールでアクセスする要件が発生しても、そのたびにルータでプログラミングを行って変更に対応する必要がなくなることです。もうひとつの大きな利点は、このアプローチではインターネットやイントラネットに容易に拡張することができるため、地理的に離れたところからでもツールでネットワークにアクセスできることです。

図 12 に示した IP バックボーンはビルや工場などにローカルに設置されることもあれば、インターネットや VPN を介して地理的に分散させることもあります。ワークステーションはいずれかの LONWORKS チャンネルと物理的に同じ位置に設置することも、地理的に離れた場所に設置することも可能です。したがってこのアーキテクチャは、高層ビルや大型のプロセスプラントなど、個々のフロアやプラントのサブシステムが IP バックボーンに接続されているような大規模なシステムで有効です。またこのアーキテクチャは、大きな大学の施設や学区、企業規模の監視用途など、異なる都市やさまざまな国々に多くのビルや工場が散在するような、地理的に分散するシステムでも有効です。

もうひとつ、別の導入形態を図 13 に示します。このアプローチでは LNS サーバーを個々のサブシステムでローカルに配置し、この LNS サーバーを使用して LONWORKS チャンネルと IP チャンネルの両方に接続します。

このアプローチでは図 12 に示した LONWORKS ネットワークが持つようなパフォーマンスや柔軟性は望めませんが、PC がローカルアプリケーションと IP 接続の両方をサポートできるため、管理制御アプリケーションやローカルの HMI アプリケーションなどを実行するためのローカル PC を必要とするような小規模なシステムではコスト削減効果があります。アプリケーションに関しては、どちらの LONWORKS ネットワークの PC で実行するアプリケーションも何ら差異はありません。これら 2 つのネットワークの差異は LNS が透過的に管理しますので、両方のアプローチの間では相互に簡単に移行することができます。

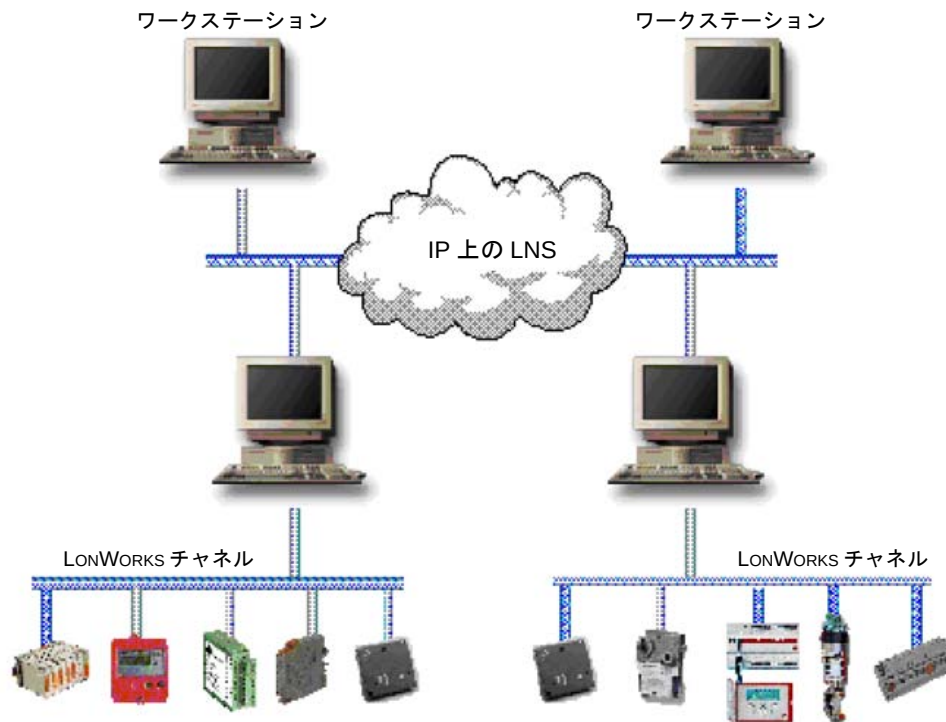


図 13 LNS サーバーをローカルに配置したオープンな LONWORKS ネットワーク

階層化したシステム

既存のコントローラを引き続き利用できるようにするために、制御システムメーカーはしばしば階層化したシステムを提案します。それぞれの階層では異なるネットワークプロトコルを使用します。たとえば産業用途のネットワークの場合は3つのレベルがあり、それぞれフィールドバス、制御バス、デバイスバスと呼ばれます。商業用途のビル用制御ネットワークでは2つのレベルになり、多くの場合それぞれが BACnet と LONWORKS です。

こういった階層化したシステムで従来使用してきたゲートウェイの弊害については、本書ですでに説明しました。しかしこの混合型のアプローチについては、その問題点をより明確に把握できるように、BACnet と LONWORKS を使用して階層化したシステムについてここでより詳細に見てみることにします。

ビル制御の通信規格である BACnet (Building Automation Control network) 標準は、有志が集まって組織したプロジェクト委員会により開発されました。BACnet は ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineers : 米国暖房冷凍空調工業会) が 1987 年に立ち上げた SPC-135P 委員会 (SPC : Standard Project Committee) を起源とします。BACnet は本来、独立した各種の制御機能を統合する目的で通信の仕様を規定したものです。

その後さまざまな改良が加えられ、現場レベルのデバイスをカバーするまでになりました。BACnet はオプションで LONWORKS のプロトコル (LonTalk) の下位層には対応しています。しかしアプリケーション層については、LONWORKS のプロトコルの最上部に LONWORKS のアプリケーション層ではなく、独自のアプリケーション層を使用するように規定しています。

BACnet はワークステーションやヘッドエンドコンピュータなど、比較的大きな容量のデータをやり取りし、たとえばアラームの処理やコマンドの優先順位付けなどのより高度なサービスを必要とするデバイスで使用することを考慮して最適化されています。より複雑化し、メッセージのサイズが大きくなるとより優れた処理能力が必要となり、結果的により高価なハードウェアが必要になるというのが、複数のメーカーの BACnet デバイスにインタフェースする場合に多く見られるパターンです。

BACnet 標準はオブジェクト指向のアプローチをしているため、BACnet のオブジェクトと LONMARK のオブジェクトには多くの類似性が見られます。しかし両者は互換性を持ちません。BACnet のオブジェクトを使用しているシステムを LONMARK のオブジェクトを使用しているシステムと接続するにはゲートウェイが必要です。BACnet のオブジェクトは、通常は大きな処理能力を持つ集中処理型のコントローラで必要になる、データ量の多いシステムをサポートするサービスを提供します。

仕様作成者やユーザー、インテグレータなど、制御システム業界の関係者が今日直面している複雑な問題のひとつは、どのビル制御用プロトコルを支持すべきかということです。BACnet プロトコルの仕様が完成するのを長い間待たされ続け、多くの関係者が BACnet による「相互運用性を実現するソリューション」ができればすぐにでも採用したいと考えています。実際に仕様を作成してソリューションを実装しなければならなくなったときに問題となるのは、「BACnet か LONMARK か?」、つまりどちらの標準を採用するかということです。

BACnet は比較的大きな容量のデータをやり取りするデバイスで使用することを考慮して最適化されているため、データをもとにした既存のサブシステムから LONMARK 認定デバイスにアクセスする必要が生じた場合、どうしても階層化して対応しなければいけなくなります。ただし、完全に分散処理に対応していて LONWORKS デバイスが相互に直接やり取りできるシステムの場合は、階層化して対応する必要がないこともあります。

仕様作成者はオープンなシステムとは何かをよく検討したうえで、次に製品の可用性や機能、柔軟性、コストパフォーマンスをもとに制御システムを設計し、分離すべきところは分けるようにします。

実績のある LONMARK 標準を採用せずに、多重構造のアプローチを提唱するメーカーもあります。このアプローチでは、特定のベンダーがサポートする BACnet プロトコルのバージョンをベースにしたシステムを構築することになり、いくつかの LONMARK デバイスをおまけ程度に採用しています。残念なことに、BACnet プロトコルが適切に導入されていることを客観的に検証する方法はいまだに存在しません。既存のデバイスが間違った方法で実装されたり、それらのデバイスは他メーカーのデバイスと相互運用することを意図した製品ではなかったということもあり得ます。BACnet の適合性を規定する努力が続けられていることは、最近の資料『BACnet の開発 (The Development of BACnet)』に次のように記述されていることからわかります。「(前略) BACnet 委員会では現在、相互運用性を確保するために必要なレベルの制約を盛り込むため、“適合性と仕様 (Conformance and Specification)” 条項の書き直し作業を仕上げるところです。皮肉なことに、これらの制約は“神聖にして侵すべからざるもの”、つまり“合意を達成する目的で当初から BACnet に盛り込まれていたことがら”の多くを陳腐化させてしまうことは間違いありません」。

メーカーに対して徹底的な調査を行えば、仮に不可能ではないとしても、BACnet に対応した現場レベルのデバイスを十分な数だけ探し出して完全にマルチベンダーに対応したシステムを構築することが難しいことはすぐにわかります。つまり、前出の質問は次のように変わります - LONWORKS ネットワークが相互運用性を備えていて、BACnet のあるなしに関わらずすべての制御機能を実現できるのであれば、なぜ BACnet を採用するのか?

市場関係者は引き続き BACnet を大事にしていくべきでしょう。BACnet があればこそ、ユーザーはこれまで足かせとなってきた独自仕様のシステムから「オープン性」を求める重要性をより強く認識することになります。次の図 14 に示すアーキテクチャを見てください。

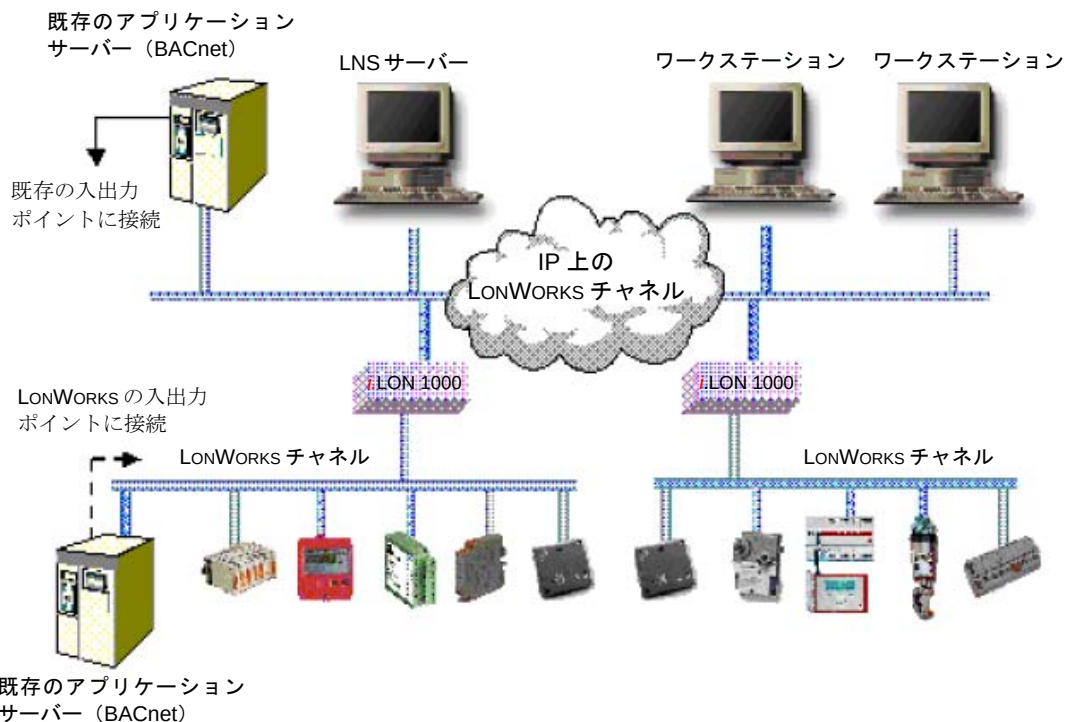


図 14 Ethernet バックボーンと BACnet サーバーを使用したオープンな LONWORKS ネットワーク

図 14 を見るとわかるように、このアーキテクチャでは各サブシステムは BACnet スタイルのサーバーを使用して既存システムと通信することができます。ただし、この図 14 とは異なり、図 12 のアーキテクチャではネットワークの完全な接続性が確保されています。このアーキテクチャでは、システムのどこに新しくデバイスを追加しても、新しいデバイスどうしでデータを共有できるため、相互運用性の価値が高まります。このアプローチはシステムの導入や監視、トラブルシューティング、保守のインフラを提供し、また BACnet サーバーどうしが互いに通信できるインフラも提供します。ただし BACnet サーバーがゲートウェイであることに変わりはなく、シームレスなやり取りはできません。

米国の HVAC (暖房換気空調) 業界が自らが利用する目的で BACnet 標準を開発したことにはすでに言及しました。つまり BACnet 標準では、ビル制御業界で HVAC 以外に必要な要件、たとえば照明やセキュリティ、消防/保安などには必ずしも適切に対応されていませんし、これらの分野で標準として幅広く受け入れられているわけでもありません。さらに、BACnet 標準は産業用途をはじめとする他の業界の制御要件についてもまったく満たしていません。これに対して LONWORKS システムは、あらゆる業界の要件を満たす柔軟性を持つように設計されています。LONWORKS のプロトコル (LonTalk) は、多くの業界で世界的に受け入れられている標準であり、事実上の業界標準 (デファクトスタンダード) となっている業界も多く見られます。つまり BACnet の今後と比べると、1. より多くのメーカーが LONWORKS 関連製品を生産するようになる、2. それらの製品はより多種多様になる、3. 大量生産が加速する、4. 低価格化が促進される、5. より良いサポートツールが提供される、ということをも明言できます。

設計のガイドライン

LONWORKS システムは制御システム業界において、統合とオープン性に対する期待をふくらませる上で大きな役割を果たしてきました。エンドユーザーは今や、あるベンダーから購入したインテリジェントデバイスが他のベンダーから購入したデバイスと通信できることを求めています。エンドユーザーは LONMARK のガイドラインを活用すればそれが可能であることを知っています。問題は、このエンドユーザーの要件に応えられるコンサルタントやインテグレータを育てることです。

単にオープンなデバイスを使用するだけではオープンな制御ネットワークは構築できません。オープンなデバイスの導入・保守には標準のネットワーク管理機能が必要です。このネットワーク管理機能、つまりネットワークオペレーティングシステム (NOS) は、誰でも利用できるようにインタフェースを公開し、多くの制御関連メーカーが採用することが必要です。また、NOS のプラグインインタフェースも別途公開する必要があります。デバイスのソフトウェアを開発するメーカーは、このプラグインを使用することにより、コストパフォーマンスに優れた方法で自社アプリケーションのノウハウをネットワークツールに組み込むことができます。

実際に市場関係者が常識とらえているのは以下の点です。

- 制御ポイントでインテリジェントな判断ができれば、柔軟性と信頼性がより高まる。
- ピア・ツー・ピア型の制御ネットワークにはマスタ/スレーブ型のアーキテクチャと比べると多くのメリットがある。
- 上記のようなオープン性により、インテグレータやエンドユーザーは同種の製品やサービスの中から最適なものを自由に選択でき、難しい問題に直面したりベンダーに縛られたりすることを懸念する必要もなくなる。
- システム全体で標準のプロトコルを利用することが、ネットワークの**すべての**場所からシステムの**すべての**情報に**総合的に**アクセスできるようにする最善の方法である。
- LONWORKS システムは商業ビルや運輸関連分野でオープンなシステムを構築する場合に選択すべきプラットフォームになっており、他の業界にも急速に普及している。

多くの業界で従来採用されてきた制御アーキテクチャでは、サブシステムを縦に展開します。配線や管理システム、保守契約はそれぞれのサブシステムごとに異なります。サブシステム間の通信障壁に対しては、技術的に特別なしくみと複雑なインタフェースを作り込む方法で対応してきました。これはコストがかさむ、外見上の統合です。このようにオートメーションが孤立してしまうと、ユーザーが PC から別の PC に移動して別のサブシステムのデータを表示しなくて済むように、糸や絆創膏の類を用いてそれぞれを結合していました。

このような、従来のビル制御市場をはじめとする多くの業界で採用されてきた導入形態を図 15 に示します。上記のオープンシステムの定義に従えば、これはオープンなシステムとは言えません。それぞれのサブシステムではオープンなデバイスを使用しているのかもしれませんが。しかしサブシステム間で通信やデバイス設定作業をシームレスに行うのは不可能です。

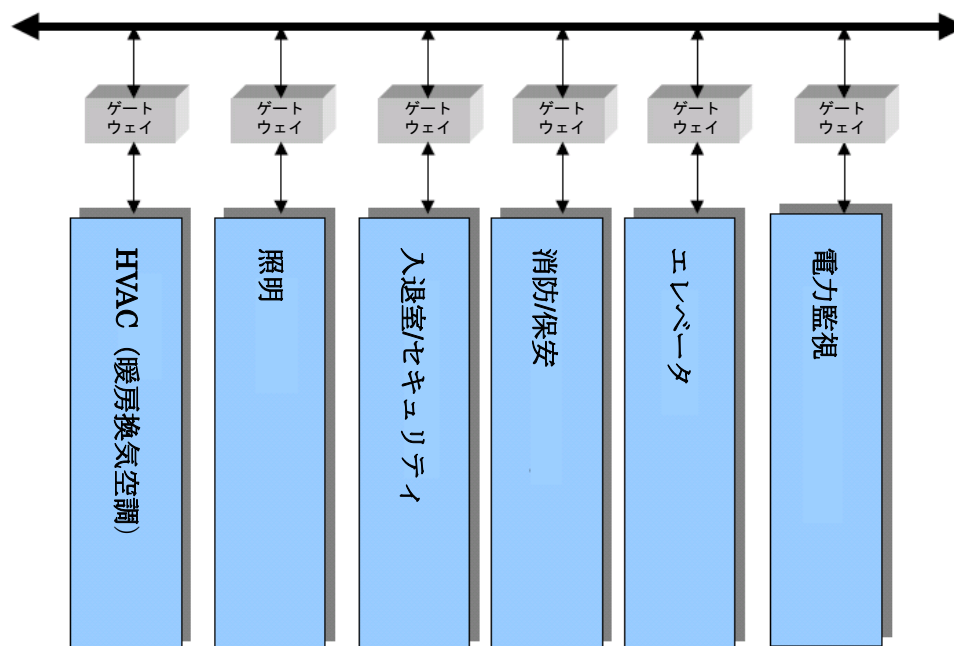


図 15 孤立した各種オートメーション機能

オープンな制御システムを設計するためのチェック項目一覧

オープンなインフラがもたらすメリットをよく理解し、そのメリットをすべての制御機能にあてはめて活用することが、総合的なシステム制御を実現するためには重要です。そのためには、まずは制御システム間の障壁をなくすことです。独立した各種の制御機能を隔てる境界を取り払った場合を想像してみてください。単一の制御システムで共通の物理インフラと論理インフラを活用して総合的なシステム制御を実現することを思い浮かべてください。

この場合、単一の制御インフラでシステム全体を制御します。標準の配線方式を採用することで、デバイスで通信媒体に容易にアクセスし、それを共有することができます。そしてユーザーがデバイスを使いやすくするために、ネットワークサービスを導入します。ネットワークで使用する各種のデバイスやソフトウェアは複数メーカーの製品を使用するため、ネットワークサービスは標準に準拠したものを使用します。ただし、ネットワーク制御システムにはそれぞれに固有の要件があり、ユーザーもそれぞれ異なるネットワークツールのトレーニングを受けているかもしれません。ネットワークオペレーティングシステムの標準に準拠した標準のネットワークツールを開発すれば、同じネットワーク上でそれぞれのユーザーが思い思いのツールを使用できます。また、デバイス間の通信を容易にするためには、デバイス間で情報を交換するためのアプリケーションレベルの標準も必要です。

システム全体にオープン性を持たせて設計するためのチェック項目一覧を以下に示します。

1. 理にかなった配線形態

制御システム全体にオープン性を持たせる基本となるのは理にかなった配線形態です。まず最初にこの項目をチェックすることにより、インテグレータやエンドユーザーはシステムを迅速かつ容易に導入でき、将来の追加や変更などについても同様です。重要なのは、システム間の物理的な障壁を取り除くことが、技術者やビル所有者にとっては総合的なシステム制御実現への近道になるということです。

標準の配線インフラを前提としてしまえば、ゲートウェイや孤立した各種オートメーション機能はもはや使い道がなくなります。

プロジェクトでこれを実現するには、あらかじめ承認を受け、システムのすべての機能について配線計画を作成する必要があります。そのためには、設計フェーズの早い段階で総合的な制御を適切に検討することにより、使用する個々のパーツの能力以上のものをシステムで引き出すことができるということをビル所有者やコンサルタントが理解しておく必要があります。

2. 標準となるネットワーク管理機能

標準となるネットワーク管理機能は必要なネットワークサービスを提供します。また、インフラのインタフェースが公開されている必要があります。これらのサービスにより、複数のベンダーが提供するさまざまなツールをネットワークで併用できるようになります。さらに、さまざまなツールでネットワークのデータを共有できるようにもなります。

ネットワーク管理の基盤を実現する方法は、世界中で多くの企業が利用していると思われる制御ネットワーク用のオペレーティングシステムを利用することです。標準といえども、ごく少数の企業が利用する標準ではほとんど役に立ちません。多くの企業が採用している標準を使用することが、オープンな制御ネットワークが持つ真の利点をビル制御システム全体で活用する唯一の方法です。標準のネットワークオペレーティングシステムを多くの企業が採用し、公開されている同じインタフェースをベースに製品を開発しているのであれば、それが業界の標準となります。LNS ネットワークオペレーティングシステムがまさにそれです。

新しい、オープンな市場では、制御システム全体を構築しようというメーカーは少数派です。多くのメーカーは競合他社よりも優れたデバイスを製造しようとしています。このようなメーカーは、LNS のような標準のネットワークオペレーティングシステムを採用することでデバイスの開発に専念できるようになり、制御システム全体のことを配慮する必要がなくなります。このような事実が LNS の市場におけるプレゼンスと相俟って、オープンなシステムで使用するための競合他社よりも優れた LONWORKS 製品を製造しようとするメーカーの増加に拍車をかけています。これらの製品は、以下に説明するようなネットワークツール、そしてオープン性を備えたデバイスなどになります。

3. 標準となるネットワークツール

ネットワークツールには、ネットワーク統合ツールの他にも HMI アプリケーション開発ツールやデータロガー、あるいはシステム全体に対応したその他のさまざまなアプリケーションが含まれます。次の方法を使用するとネットワークツールを簡単に選定できます。簡単な方法とはつまり、上記のステップ 2 で選択したネットワークオペレーティングシステムをベースにしたツールを選択することです。この利点は、システム全体の導入作業にも使用でき、またシステムの一部に対しても使用できる点です。つまり、それぞれのプロジェクトに適したツールを選択することができます。デバイスを製造したメーカーを基準に選択するのではなく、機能性や使い勝手を考慮してツールを選択できます。ネットワーク統合ツールには必ず、ネットワークオペレーティングシステムのプラグイン標準をサポートするツールを選択するようにしてください。LONMARK オブジェクトと構成プロパティを総合的にサポートし、ネットワークの設計で作成したパーツを容易に再利用できるツールを選択します。これらの機能は LonMaker for Windows 統合ツールが提供します。これはオープンな LONWORKS ネットワークでよく利用されるネットワーク統合ツールです。

4. 標準となるデバイス間メッセージ

共通のインフラに導入されたデバイスが容易に情報を共有できるということは重要です。ですから、オープンな制御システムを設計するための 4 番目のチェック項目としては、共通の通信ガイドラインに準拠した製品が挙げられます。すでに決定したように、これはつまり、デバイスは標準の機能プロファイルと標準のネットワーク変数のタイプを使用して情報ベースの制御を行う必要があるということです。LONWORKS システムでこれを実現する最適な方法は LONMARK 認定製品を利用することです。

5. 標準となるデバイスの設定

すでに説明したオープン性を備えたデバイスの定義を思い出してください。この定義に従えば、デバイスは標準の通信だけではなく、設定に使用する標準のインタフェースもサポートする必要があります。最初に検討すべきは LONMARK のロゴ、つまり LONMARK 認定製品の利用です。LONMARK のガイドラインではデバイスの物理層の要件を規定しています。また一般的な機能プロファイルやデータタイプ、設定機能、導入手法なども規定しています。

シンプルなデバイスの場合、製品メーカーは単に自社製デバイスを設定する際のインタフェースを文書化するだけで十分です。ただし、プラグインのかたちで設定のノウハウを提供すれば任意のネットワーク統合ツールを利用して実行できますので、そのほうが適切なのは言うまでもありません。これは特に、複雑なデバイスの場合は必須です。プラグインは必ず、上記のステップ 2 で選択したネットワークオペレーティングシステムをベースにしたものを選択します。これにより、他のメーカーが提供するツールを使用してもデバイスを迅速かつ容易に導入・設定することができます。

6. IP のサポート

インターネットプロトコル (IP) はインターネットの基盤となる標準です。オープンな制御システムでは制御システムのメッセージ (パケット) を IP パケットで包み込む方法を規定する必要があります。メッセージは他のプロトコルに変換する必要もなく、そのままインターネットに送信されます。送信にかかる費用はごくわずかで、事実上無制限に既存のインフラを活用できます。LONWORKS のネットワークで IP をサポートする場合、LNS サーバーか iLON 1000 インターネットサーバーを利用します。これらの製品は LONWORKS ネットワークと IP ネットワークの両方に接続します。

7. ゲートウェイ (既存アプリケーションに限る)

オープンな制御システムを設計するための最後のチェック項目はゲートウェイです。これは厳密に検討すべき項目です。デバイス間でやり取りするメッセージが 2 つの異なるプロトコル間でマッピングされているシステムの場合、それがシステム内のどこであろうとも、マッピングしているポイントで制御ネットワークは実質的に終了しています。2 つの異なるプロトコル間のメッセージをマッピングするのはゲートウェイです。ゲートウェイを使用するのは既存のシステムにインタフェースする場合、または LONWORKS システムが利用できない場合などに限るべきです。オープンな制御システムを設計するためのチェック項目はいずれも、あまり深く考えずに前向きに検討できます。いずれもオープンなシステムのメリットであり、それを設計する際のメリットでもあるわけです。ただしゲートウェイだけは慎重に考慮する必要があります。

ゲートウェイはこれまで約 10 年間にわたって、商業用途の制御システム業界で主たる位置を占めてきました。しかしゲートウェイはシステムのデータの流れを阻害するボトルネックとなり、本質的にパフォーマンスを制限してしまいます。

ゲートウェイで行う処理にはより優れた処理能力が必要となり、これはコストの増加を意味します。ゲートウェイで行う処理では、どの項目を何にマッピングするのかを指定してやる必要があります。つまり技術的に特別なしくみを作り込まなければいけません。さらにゲートウェイの場合、保守が難しいという問題もあります。システムのパラメータを変更した場合は必ずゲートウェイでも対応しなければいけません。ゲートウェイは異なる種類の通信プロトコル間を変換するしくみを提供するため、ほとんどの場合ネットワーク管理体系の変更も同時に必要になります。ネットワークの管理体系が異なるということは、ゲートウェイのこちら側とあちら側では別々のツールが必要になるということです。したがってシステム全体で使えるようなネットワーク管理ツールの開発は、仮に不可能ではないとしても、難しいでしょう。最後に、ゲートウェイも、ゲートウェイで使用するネットワーク管理ツールも、閉鎖的で独自仕様のものです。ゲートウェイの設定にはオープンな標準が存在しないため、ゲートウェイの設定に対応したネットワーク管理ツールは閉鎖的で独自仕様のものになり、ゲートウェイを開発したベンダーにユーザーを縛り付けることになってしまいます。

第7章

オープンシステムの導入

本章ではオープンな制御システムを導入する際に必要となる個々のステップについて説明します。

導入作業のタスク

仕様作成者は、システムインテグレータがネットワーク制御システムを導入するときに行う 4 つの大きなタスク、つまり 1. システムの設計、2. ネットワークの設定、3. アプリケーションの設定、4. 導入、について理解しておく必要があります。それぞれの作業には、エシエロンの LonMaker for Windows 統合ツールなどのネットワーク統合ツールが必要です。

システムの設計

システムの設計作業には 2 つの段階があります。第 1 段階では LONWORKS デバイスを選択します。必要な入出力ポイントを用意したデバイス、または既存の入出力ポイントにインタフェースできるデバイス、そして PID ループやスケジューリングなどの必要な制御機能を実行するのに適したアプリケーションプログラムを持つデバイスを選択します。

第 2 段階ではチャネルの適切な種類と数を決定し、それらを接続するルータを選択します。この段階ではバックボーンを選択するという重要な判断をしなければいけません。大規模なシステムでは通常 IP バックボーンを使用します。また中規模のシステムでは IP バックボーンか TP/XF-1250 によるバックボーン、そして小規模のシステムでは TP/FT-10 によるバックボーンを使用します。

ネットワークの設定

ネットワークの設定では以下の手順を踏みます。

- すべてのデバイス/デバイスグループにドメイン ID と論理アドレスを割り当てる。
- ネットワーク変数のバインディングを行ってデバイス間を論理的に接続する。
- チャネルのビットレートや受信確認、認証、優先サービスなど、各デバイスで必要になる機能やパフォーマンスに応じて LONWORKS のプロトコル (LonTalk) のパラメータを設定する。

ネットワークの設定作業はかなり複雑になることもありますが、LONWORKS システムを使用すれば、ネットワーク統合ツールを活用してこの複雑さを気にせずに作業することができます。またネットワークの機能設計も、デバイスのアプリケーションで使用する機能ブロックを図面上にドラッグし、入力と出力を接続して機能ブロックどうしが相互に通信する方法を決めていくという単純な作業になります。

ネットワークの設定作業は、アドホック方式と事前設計方式のいずれかになります。**アドホック方式**では、デバイスは既にネットワークに接続されて電源も投入された状態にあり、設定データを定義しながら、それをネットワークを介してダウンロードします。一方、**事前設計方式**では、ネットワーク統合ツールを使用してデータベースに集めた情報を導入作業時にデバイスにダウンロードするというかたちになります。いずれの方式でも、ネットワーク統合ツールがデータベースを自動更新しますので、システム内の各ノードの設定情報はデータベースに正確に反映されます。

アプリケーションの設定

アプリケーションの設定は、各デバイスのアプリケーションプログラムに必要な機能に合わせて設定する作業です。適切な構成プロパティを選択してこの設定を行います。設定方法はデバイスのメーカーにより異なります。ほとんどのメーカーがネットワークを介して設定情報をダウンロードする方法に対応していますが、ハンドヘルドプログラマーなどの特殊なツールをデバイスに直接装着する方法を求めるメーカーもいくつかあるようです。各メーカーは LNS ネットワークオペレーティングシステムが提供するプラットフォームを利用して、グラフィカルな設定作業を可能にする、**プラグイン**と呼ばれる使いやすいインタフェースを作成することができます。このプラグインは、いったん作成してしまえば他のどの LNS ベースのネットワークツールとも互換性を持ちます。たとえばエシエロンの **LonPoint** モジュールのアプリケーションはすべて、LNS で設定作業を行うためのプラグインを備えています。プラグインを備えたデバイスのネットワーク設定を **LonMaker for Windows** を使用して最初に定義・実行してしまえば、**LonPoint** の機能ブロックを右クリックしてショートカットメニューから **[Configure]** を選択するだけで、アプリケーションのプラグインが LonMaker ツールから速やかに起動します。

導入

導入作業は以下の手順で行います。

- チャンネルに使用する物理的な通信媒体を設置する。
- ルータなども含めた各種 LONWORKS デバイスをチャンネルに接続する。
- 既存の入出力ポイントを LONWORKS デバイ스에接続する。
- ネットワーク統合ツールを使用してネットワーク設定データやアプリケーション設定データを個々のデバイスにダウンロードする（デバイスの**コミッション作業**）。
- メーカーがアプリケーションプログラムをあらかじめ ROM に格納しないかたちでデバイスを提供する場合、ネットワークツールを利用してデバイス内の不揮発性 RAM にアプリケーションプログラムをダウンロードする。

デバイスは通常、コミッション作業とテストを個々のデバイスごとに行うか、あるいはオフラインモードでコミッション作業を行っておき、その後オンラインモードにしてデバイスごとにテストするか of the いくつかになります。

オープンな導入作業のメリット

制御関連業界では従来、さまざまな機能間の連携を制限するかたちでシステムを提供してきました。従来のアーキテクチャでは、あるシステムのコンポーネントを他のシステムで活用するという考え方は決してしませんでした。非標準の通信方法や時代遅れの設計手法を用いていたために、統合された制御システムを提供しようとするコストがかさみ、さまざまな問題が発生しました。

オープンな統合技術を利用すれば、これまで制御関連コンポーネントに対して行ってきた投資のすべてを制御アプリケーションで活用し、従来はバラバラだったシステムを容易に統合することができます。このように統合することで制御システムの柔軟性が向上し、エンドユーザーはその価値をより実感できるようになります。

ビルオートメーションやインダストリアルオートメーション、運輸関連制御などの複雑な制御システムのあらゆる側面をカバーしようとして、最良の製品を何から何まで 1 社で製造するのはほぼ不可能です。一方、別々のメーカーが従来の通信方式を採用してコンポーネントを開発しては、真に統合された制御システムを提供しようとするコストがかさみ、さまざまな問題が発生します。理にかなった唯一の解決策は、メーカーが業界の標準に従って各種のコンポーネントを開発することです。

コンサルタントは顧客の要件を満たすように、こういったシステムの仕様を適切に作成する必要があります。

付録 A

用語集

この付録では、LONWORKS システムや相互運用性に関連して頻繁に使われる用語や表現について説明します。

BACnet - 「Building Automation and Control network」を表す商標で、ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration and Air-Conditioning Engineers : 米国暖房冷凍空調工業会) が作成した通信プロトコル規格。およそ 500 ページのプロトコル仕様書には、システムのコンポーネントを設定して情報を共有したり互いに連携したりする方法が規定されています。BACnet では現在、35 のメッセージタイプが 5 つのクラスに分けて定義されています。

認定 (Certification) - 製品やデバイスが一定の標準に準拠していることを証明する書面またはシンボル。LONWORKS 製品が認定されていることを示すのは LONMARK ロゴです。

構成プロパティ - デバイスのアプリケーションプログラムを設定するために使用するデータ値。

デバイス - LONWORKS デバイスのことを意味します。

エシエロン・コーポレーション - LONWORKS システムを開発し、販売・サポートする企業。本社はカリフォルニア州パロアルト。

機能プロファイル - LONMARK の仕様。機器類の仕様作成者はシステムで必要になる機能を選択することができます。機能プロファイルには一連のネットワーク変数と構成プロパティ、そしてそれらの使用目的が定義されています。ネットワーク変数と構成プロパティには必須のものと任意のものがあります。数は多くはありませんが、シンプルなセンサーやアクチュエータなどの汎用デバイスに使用できる機能プロファイルがいくつか定義されています。また、それぞれの業界に特有の機能プロファイルが多数利用できます。業界に特有の機能プロファイルは審査と承認のプロセスを経て開発されており、機能プロファイルが個別のサブシステム内だけで相互運用性を持つのではなく、ネットワーク内の他のサブシステムとの間でも相互運用性が確保されるよう、各グループが相互に検証を行います。

ゲートウェイ - 異なるプロトコルを使用するネットワークを相互に接続するホストコンピュータ。ゲートウェイのしくみはルータよりも複雑です。これは 2 つのアプリケーションプロトコルを相互に連携させるために概念的な要素を処理する必要があるためです。複雑な要素のほとんどはインテグレータの対応にまかされており、通常は異なるプロトコル間の変換方法をプログラミングする必要があります。

IP - インターネットプロトコル (Internet Protocol)。コンピュータのメッセージを世界規模のインターネットで搬送する、プログラミングの基盤となるプロトコルです。TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) と呼ばれることもありますが、TCP は IP 上で実行されるプロトコルであり、IP は TCP 以外のプロトコルもサポートします。

インターオペラビリティ (相互運用性) - さまざまなメーカーが提供するシステムや異なる種類のシステムが互いに情報を共有できることを意味します。各システムは独自の機能を犠牲にすることではなく、またインテグレータが複雑なプログラミングを行う必要もありません。

LAN - ローカルエリアネットワーク (Local Area Network)。LAN は同じエリア内のさまざまなワークステーションを多数接続する通信ネットワークです。ローカルエリアというのは、たとえば同じビル、あるいは学校の建物などになります。個々のワークステーションやコンピュータは LAN を使用して互いにメッセージやファイルを送信できます。またプリンタやディスク装置、他のコンピュータシステムなどの共有デバイスともやり取りが可能です。LAN のパフォーマンスは送受信可能なデータ量で表され、通常は 1 秒間あたりの転送量をメガビットで表します (Mbps)。つまり転送速度は LAN の場合とても重要です。

LON® — ローカルオペレーティングネットワーク (Local Operating Network)。LON と LAN の相違点は、LAN が長い複雑なデータを送受信することを考慮して設計されているのに対し、LON は制御動作のトリガーとなるコマンドやステータス情報などを含む非常に短い検知メッセージや制御メッセージの送受信を考慮して設計されていることです。LON のパフォーマンスは送信するコマンドや応答の件数で表されます。LON で重要なのは正しい信号の送信と検証です。

LONMARK ロゴ — [LONMARK インターオペラビリティ協会](#)が作成したシンボル。その製品がマルチベンダー対応の相互運用性を備えたシステムで使用できることを示しています。LONMARK が認定した LONWORKS デバイスだけが、LONMARK ロゴを付けることができます。

LONMARK オブジェクト — LONWORKS デバイスで機能プロファイルを実装したもの。LONMARK オブジェクトには機能プロファイルで定義されている必須のネットワーク変数と構成プロパティをすべて含める必要があり、また任意のネットワーク変数や構成プロパティ、あるいはメーカー固有のネットワーク変数や構成プロパティを含めることもできます。

LonTalk プロトコル — 「LONWORKS プロトコル」を参照。

LONWORKS デバイス — アプリケーションを実行し、LONWORKS プロトコルを使用して他のデバイスと通信を行うハードウェアおよびソフトウェア。入出力ハードウェアとインタフェースするオプション機能を持つこともあります。プロセッサが 1 つと LONWORKS トランシーバが 1 つというのが最小構成になります。通常は Neuron チップが搭載されています。

LONWORKS ネットワーク — 1 つまたは複数の通信チャンネル上で LONWORKS のプロトコル (LonTalk) を使用して互いに通信を行うインテリジェントデバイス群。

LONWORKS プロトコル — エシエロンが開発したオープンな制御ネットワークプロトコル。EIA 709.1 制御ネットワーク標準となっており、LonTalk プロトコルとも呼ばれます。

LONWORKS システム — エシエロンが提供する一連のハードウェア・ソフトウェア製品群。LONWORKS ネットワークの開発・構築・導入・保守などに利用します。LONWORKS システムを構成する製品は 75 種類以上にのぼります。

ネットワーク変数 — 特定のデバイスのアプリケーションプログラムがネットワーク上の他のデバイスから取得するデータ項目 (**入力ネットワーク変数**) と、ネットワーク上の他のデバイスが使用可能なデータ項目 (**出力ネットワーク変数**) があります。たとえば温度、スイッチの値 (オン/オフ)、アクチュエータの位置情報などがあります。

Neuron チップ — 多くの LONWORKS 製品に搭載され、その機能を支えるマイクロプロセッサ。もともとはエシエロンが設計し、サイプレス社とモトローラ、東芝の 3 社が製造・販売しています。

ノード — LONWORKS デバイスのことを意味します。

ピア・ツー・ピア通信 — 通信のひとつの形態。個々のネットワークデバイスがお互いに直接通信することができ、集中制御するシステムが存在しません。

プロトコル — 情報の送信方法と受け渡し方法を規定する規則。「オープンなプロトコル」とは、プロトコルを使用したいすべての人が利用できるように、言語としてのプロトコルの「解釈」を開発メーカーが公開したプロトコルのことです。

ルータ — シンプルなプロトコルの規則に従ってネットワークまたはサブネットワークから別のネットワークまたはサブネットワークに情報を転送するデバイス。ルーティングの判断を効率よく行わせるために、ルータには最小限の設定が必要になります。通常の運用においては、ルーティングするメッセージがルータに保存されることはありません。

SCPT — 標準的な構成プロパティのタイプ (SCPT : Standard Configuration Property Types)。SCPT は構成プロパティの値の単位やスケール設定、エンコード方法、意味を標準化して定義したものです。

SNVT — 標準的なネットワーク変数のタイプ (SNVT : Standard Network Variable Types)。SNVT はネットワーク変数の値の単位やスケール設定、エンコード方法を標準化して定義したものです。

トランシーバ — 通信チャネルと送受信を行うデバイス。

付録 B

よくある質問と回答

この付録には、LONWORKS のシステムに関連して頻繁に聞かれる質問とその質問に対する回答を記載します。

LONWORKS のプロトコル (LonTalk) について教えてください。

今日のプロトコルは一般的に、ISO (国際標準化機構) の階層化アーキテクチャである **OSI 参照モデル** (Open Systems Interconnection Reference Model) に準拠しています。これはプロトコルの機能全体を対象にしたモデルで、機能別に 7 つに分類しています (「層」と呼ばれます)。この層は階層化されており、第 1 層はネットワークの通信媒体におけるハードウェアのシグナリングに対応しており、第 7 層はネットワークデバイス間でやり取りするアプリケーションデータに対応しています。この 7 つの層は「**OSI7 層モデル**」と呼ばれることもあります。

LONWORKS のプロトコルには OSI モデルの 7 層すべてが実装されており、これはハードウェア、および半導体チップに格納したファームウェアを使用して実現しています。したがって間違っ (あるいは意図的に) 変更してしまうようなことはありません。主な機能は媒体へのアクセス、終端間の受信確認、ピア・ツー・ピア通信などで、より高度なサービスとしては送信者の認証、優先順位による送信、重複メッセージの検出、衝突の回避、自動リトライ、さまざまなデータ速度への対応、クライアント/サーバー環境のサポート、外部フレームの送信、データタイプの標準化と識別、ユニキャスト/マルチキャスト/ブロードキャストのアドレス指定、混合媒体のサポート、エラーの検出とリカバリー処理などがあります。

LONWORKS のプロトコル (LonTalk) の信頼性について教えてください。

LONWORKS のプロトコルは信頼性を向上させる 2 つの技術を提供しています。終端間の受信確認機能により、パケット配信の信頼性を保証します (プロトコルの多くはパケットが間違いなく送信されたことだけを保証し、アプリケーションが実際にパケットを受け取ることは保証していません)。またすべての送信パケットに 16 ビットのエラー訂正用多項式が組み込まれているという事実が、データの完全性を裏付けています。

終端間の受信確認には、LONWORKS のプロトコルが提供する受信確認サービスを使用します。このサービスは、送信側デバイスが受信側のデバイスまたはデバイスグループに対してメッセージを送信すると、メッセージを受信したデバイスまたはデバイスグループから受信確認応答を受け取ることができるサービスです。指定した時間内に確認応答が返ってこない場合は、送信側デバイスはメッセージを再送します。何度か再送を試みても確認応答が返ってこない場合は、送信側デバイスでエラーメッセージがログに書き込まれ、エラーが発生したことが送信側デバイスのアプリケーションに通知されます。

さらに、問題の多い媒体 (つまり低い帯域幅でノイズや減衰が多い) のトランシーバでは FEC (Forward Error Correction : 前方誤り訂正) 機能用のデータを個々のパケットに組み込み、再送することなく 1 ビット単位のエラーを検知して訂正できるようにします。

ネットワークのパフォーマンスは予測できますか。

LONWORKS ネットワークは決定性を備えていますか。

CSMA (Carrier-Sensed Multiple Access) プロトコルを使用するネットワークの多くは、待ち時間として指定する時間が異なるため各デバイスが均等にネットワークを利用するわけではなく、本質的に非決定性を持ちます。LONWORKS のプロトコル (LonTalk) では、従来の CSMA プロトコルに独自のプライオリティモードを追加しており、重要なネットワーク変数については決定性を備えています。CSMA プロトコルは送信前にリスニングするしくみであるため、メッセージを送信したいデバイスは最初にネットワークをリスニングします。

メッセージトラフィックが検知されなければ、デバイスは算定したパケットタイムスロット数だけ待機してからメッセージを送信します。この遅延は優先メッセージでは短くして優先メッセージが非優先メッセージよりも先に送信されるようにし、送信時間の上限に決定性を持たせるようにします。決定性を持つトークンパッシングプロトコルと比べた場合、CSMA プロトコルはトラフィック量の多い過負荷状態において優れた性能特性を発揮します。LONWORKS で媒体にアクセスする際に使用するプロトコルは、予測 P パーシステント CSMA 方式と呼ばれるプロトコルです。このプロトコルは、予測したネットワークトラフィックを基にしてパケットタイムスロット数を動的に調整します。予測 P パーシステント CSMA 方式のプロトコルはネットワークの帯域幅を動的に割り当てます。このしくみにより、ネットワークのトラフィック量が非常に多い状態でもネットワークは稼働し続けることができ、トラフィック量が少ない状態になってもネットワークの速度が低下することはありません。この技術を利用するメリットは、トラフィック量の多い過負荷状態においても優先メッセージの応答が決定性を持つこと、トラフィックの負荷に対して応答が線形であること、ネットワークのサイズに左右されない一貫したパフォーマンス、高い効率性、低いオーバーヘッド、低コストのハードウェア、ネットワーク全体を同期させる必要がないこと、損失性を持つトークンがないことなどです。

LONWORKS ネットワークの規模に関する制限事項、またメッセージをやり取りする際の制限事項について教えてください。

LONWORKS ネットワークのドメインは 1 つまたは複数のチャンネル上のデバイスを論理的にまとめたもので、1 つのドメインには最大で 32,385 のデバイスを含めることができます。LONWORKS のプロトコル (LonTalk) はドメイン間の通信はサポートしていませんが、2 つのドメイン間でメッセージパケットを転送する機能をアプリケーションプログラムに実装することができます。LONWORKS のサブネットはドメイン内の 1 つのセグメントに設置されているデバイスを最大 127 まで論理的にまとめたものです (セグメントとは 1 つのチャンネル、またはリビータで接続されている複数のチャンネルのどちらかです)。1 つのドメインには、最大で 255 のサブネットを定義できます。

ネットワークのドメインは、複数の用途を持つ制御ネットワークで通信媒体を共有する必要があるときに、通信媒体を論理的に区切るために使用します。わかりやすい例としては、媒体に電力線と無線を使用する場合があります。

グループはドメイン内のデバイスを論理的にまとめたものです。ただし、サブネットとは異なり、ドメイン内のチャンネルの物理的な位置とは関係なくデバイスをグループ化します。Neuron チップは、デバイスが最大で 15 のグループに所属できるように設計されています。1 つのドメインには最大で 256 のグループを持たせることができます。終端間の受信確認が不要な場合は各グループには任意の数のデバイスを割り当てることができますが、終端間の受信確認を行う場合は各グループが持てるデバイス数は 64 に制限されます。1 対多でネットワーク変数やメッセージタグを接続する場合、グループ化によりネットワークの帯域幅を効果的に最適化することができます。

ネットワークのデータ転送速度とチャンネルあたりの最大デバイス数はチャンネルのタイプにより異なります。TP/XF-1250 チャンネルの場合は 1.25Mbps、TP/FT-10 チャンネルの場合は 78Kbps です。それぞれデバイスを 64 まで接続できます。

詳細は『LonTalk プロトコル』 (005-0017-01C) および『LONMARK 1 層・6 層 インターオペラビリティガイドライン』 (078-0014-01E) を参照してください。

Neuron チップについて教えてください。なぜ Neuron チップを使用するのですか。

Neuron チップは半導体チップで、8 ビットのインラインプロセッサを 3 つ搭載しています。3 つのうちの 2 つは LONWORKS のプロトコル (LonTalk) を実行し、残りの 1 つはデバイスのアプリケーションを実行します。

つまりネットワーク通信用のプロセッサであり、アプリケーションを処理するプロセッサでもあるわけです。最近までは LONWORKS ネットワーク上のすべてのデバイスに Neuron チップが搭載されていました。

ネットワーク通信専用に 2 つのプロセッサを割り振り、アプリケーション処理専用に 1 つを割り振ることにより、アプリケーションが複雑になってもネットワークの応答性にマイナスの影響を与えることがなく、またその逆のことも言えます。さらに、ネットワーク通信とアプリケーション処理の両方に 1 つのチップで対応することにより、設計・製造コストが抑えられます。

Neuron チップを使用することで、きちんと管理されたハードウェア実行環境をプロトコルで利用できます。十分な処理能力を確保するために、プロトコルはハードウェアとファームウェアを併用して実装します。

特製のチップであるため、制御デバイスの設計に利用できるさまざまな機能が追加されています。Neuron チップが備えている機能には、ウォッチドッグタイマー、オンボード診断、35 のデバイスコントローラタイプ、分散処理に対応したリアルタイムオペレーティングシステム、ランタイムライブラリ、3 種類のメモリ、ソフトウェアからアクセス可能な 48 ビットのシリアルナンバー（チップ製造メーカーが一意であることを保証しており、Neuron チップを使用したすべてのデバイスで導入時にいつでもアドレスを利用できるようにします）などがあります。

幅広い業界でさまざまな用途に利用できるように設計され、それゆえに世界でも最大規模の半導体製造メーカー 2 社が大量生産している Neuron チップを利用することにより、独自に実装するよりも低コストで LONWORKS のプロトコル (LonTalk) を実装できます。

以上をまとめると、Neuron チップはほとんどの LONWORKS デバイスに最適な、非常に経済的なプロセッサであるということです。

インターオペラビリティ（相互運用性）とそのメリットについて教えてください。

エシエロンでは相互運用性を次のように定義しています - 「複数のベンダーが提供する製品を、特別なハードウェアやソフトウェア、あるいはツールなどを開発することなく、柔軟性と機能性を備えたシステムに統合することが可能である」。

相互運用性を備えると以下のようなメリットがあります。

- 相互運用性を備えた製品を利用することで、プロジェクトの技術者は 1 つのベンダーが提供するシリーズ製品に縛られることなく、最高のシステムを構築することができます。
- 相互運用性を備えた製品は閉鎖的な価格設定をしている他社製品に競り勝つことができるため、市販性が高まる。
- 相互運用性を備えていると、技術者チームは標準の仕様に照らしてシステムを構築できるため、事業部門の製品コストを抑えることができる。
- 相互運用性を備えたシステムを構築すると、ビルや工場などの管理者は個々のサブシステムをどの企業が担当したのかを意識せずに、標準のツールを使用して施設全体を監視できる。

製品の相互運用性はどのように保証されるのでしょうか。

制御ネットワークを利用する多くのユーザーにとって、この質問はとても重要です。相互運用性を備えた製品を利用することでビジネスを拡大し、利益幅を広げ、顧客に貢献することができます。また、システムを構築するときにはベンダーの選択肢が広がります。つまり、開発者にとってもインテグレータにとっても、そしてエンドユーザーにとってもメリットがあるわけです。フラストレーションのない統合、つまり特別な開発作業を行うことなく複数メーカーの製品を統合できるということが、制御ネットワーク技術を採用する動きを加速させることになります。

LONWORKS ネットワークが辿ってきた相互運用性へのアプローチは、以下の 3 つの段階に分けることができます。

第一段階は 1996 年までのことですが、エシエロンは **Neuron** チップのみで利用できるプロトコルを開発しました。今日利用できるほとんどすべての **LONWORKS** デバイスに **Neuron** チップが搭載されているため、どのデバイスも基本的なレベルの相互運用性は備えています。**Neuron** チップでは標準の半導体チップにできるだけ多くの機能を詰め込んでおり、相互運用性の解釈が分かれる可能性を減らしています。これは以下の 2 点において有効です。ひとつは、**Neuron** チップを使用するすべての **LONWORKS** アプリケーションで、半導体レベルの基本的な共通性が保証されます。もうひとつは、1000 万を超えるデバイスが世界中で導入されており（その数は今も増え続けています）、個々のデバイスは相互運用性の基準になると考えられます。これを参考にして任意のプロセッサに **LonTalk** プロトコルを移植して実行します。エシエロンではライセンスを付与し、任意のプロセッサに移植した **LonTalk** プロトコルの **Neuron** チップとの相互運用性を確保しています。

第二段階では、エシエロンはプログラミングモデルに標準のタイプとオブジェクト（個々の製品が共有データの意味を同じ方法で認識できるようにする）、そして内因性の制御モデル（外因性の制御は相互運用性を制限してしまうため）を組み込みます。

第三段階は独立した機関、つまり **LONMARK** インターオペラビリティ協会の設立です。これは相互運用性のモデル、そして相互運用性の標準に準拠した製品の認定の両方を促進・管理することが目的です。

LONMARK インターオペラビリティ協会は技術的なガイドラインを確立し、**LONMARK** の相互運用性標準を世界的に普及させます。

LONMARK の認証を受けるにはどのようなガイドラインに準拠すればよいのですか。

LONMARK 認定デバイスはすべて、同じ認証プロセスを経て認定されます。詳細な情報は **LONMARK** の Web サイト (www.lonmark.org) から入手できます。特定のデバイスに関して質問がある場合、あるいは特定のデバイスが標準に準拠していないことを発見した場合は、この Web サイトの「お問い合わせ先」を利用して **LONMARK** 協会に連絡してください。

LONMARK 認定製品が準拠するガイドラインに関する情報の入手先を教えてください。

LONMARK の Web サイト (www.lonmark.org) から必要な資料をダウンロードできます。一般的には、インテグレータは 1 層から 6 層に関する情報はあまり必要とはしません。ネットワークインテグレータにとって最も重要なのは 7 層（アプリケーション層）の情報です。

