

HEXABINETM は、分散制御ネットワークである LON^(注1) (Local Operating Network) を構成する通信プロトコル(データ送受信のための手順や規約)の LonTalk^(注2) をサポートし、さらに、LonTalk のアプリケーションプログラム(以下、アプリケーションと略記)を Java^(注3) 言語で記述するためのアプリケーション層サービスを提供する装置である。HEXABINETM は、リアルタイム オペレーティングシステムをベースに、Java 環境 / Web サーバ機能 / 不揮発性半導体メモリによるファイルシステムなどを装備し、監視・制御システムにマッチしたアプリケーションの実行 / 開発環境を提供する。

HEXABINETM supports the LonTalk communication protocol developed by Echelon Corporation as a component of the local operating network (LON) distributed control network, and also supports the Java programming framework for LonTalk applications.

By providing a Java runtime environment, Web server, and a file system on a nonvolatile semiconductor memory in a real-time operating system, HEXABINETM is ideal for process control applications.

1 まえがき

ネットワーク技術の普及により、インターネットを含めた情報系ネットワークと機器制御を行う制御系ネットワークの融合に対する要求が高まりつつある。

制御系のネットワークに、米国 Echelon 社が開発した LONWORKS^(注4) 技術を採用し、この技術と当社の Java 開発技術を組み合わせ、LON の世界を TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ネットワークへと広げるゲートウェイサーバ HEXABINETM の開発を行なった。

HEXABINETM では、LONWORKS 技術の核となる LonTalk プロトコル スタックのサポートおよび、プログラム開発および運用のための標準ソフトウェアを提供している。

2 LonTalk

2.1 LonTalk とは

LonTalk は制御系ネットワーク上に接続された機器間のコミュニケーションを行うために開発された製品であり、次の特長をもつ通信プロトコルである。

- (1) 主に短いメッセージの送受信に適する(最小パケット(ユニットとして送られる一定長に分割されたデータ)は8バイト)。
- (2) 多種多様な通信メディア(ツイストペア / 電力線 / 同

軸線 / 光ファイバ / 赤外線など)のサポートができる。

- (3) フリートポロジ(自由に分岐可能な配線)を含めて、高い自由度をもったネットワークの構成ができる。
- (4) 低いバンド幅で行える。
- (5) CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) により、ネットワーク上におけるパケット衝突の低減が図れる。
- (6) 緊急を要する通信に対する優先度の付与による、優先パケット処理機能がある。
- (7) 物理的な接続に制限されない、通信ノード(LAN に接続されている機器や中継点)の自由なグルーピングができる。
- (8) ノード間の通信で、アクノレッジ(Acknowledge : 確認応答)あり・なしの選択ができる。
- (9) ネットワーク変数(NV : Network Variable) プログラミングモデルによる、通信の抽象化およびアドレッシング(あて先指定)の自動化ができる。

これらの特長は、制御系ネットワーク向けに特化したもので、通信システム自体についての知識がなくても通信を使用したプログラミングができる。

加えて、LonTalk は OSI (Open System Interconnection) の参照モデル7階層すべてをサポートするプロトコルである。レイヤ構成を図1に示す。

物理層およびリンク層は、HEXABINETM のシステム LSI である TX3915F 内ハードウェアとして実現されている。ネットワーク層以上は TX3915F 上のソフトウェアとして構成されている。

(注1, 2), (注4) LON, LonTalk, LONWORKS は、Echelon 社の商標。
(注3) Java ならびにその他の Java を含む商標は、米国 Sun Microsystems 社の商標。

6, 7層	アプリケーション&プレゼンテーション層 NV, 明示的メッセージ, ネットワーク管理, SNVT
5層	セッション層 リクエストレスポンスサービス
4層	トランスポート層 Ackd, UnAckd, ユニキャスト(単一配送), マルチキャスト(複数配送)
3層	ネットワーク層 コネクションレス, アドレス指定, ルーティング (パケット配送先の決定)
2層	リンク層 フレーミング, データエンコーディング, CRCエラーチェック
1層	物理層 複数メディアのサポート, 変調方式

CRC : Cyclic Redundancy Check(巡回冗長性検査)
Ackd : Acknowledged(要応答)
UnAckd : UnAcknowledged(応答不要)

図1. LonTalk プロトコル LonTalk プロトコルの各層の機能を示す。2層および4層内の区分けの線は、層内の区分(部分層の区分)である。

LonTalk protocol layers

ネットワーク層, トランスポート層およびセッション層については, Echelon社により実装され, アプリケーション層およびプレゼンテーション層については当社がJavaにより実装を行なった。

2.2 LONコントローラドライバの開発

ハードウェアで実装されているデータリンク層と, ソフトウェアで実現されているネットワーク層との間のインタフェースとして, LONコントローラドライバを開発した。開発にあたっては, 特に以下の点に注意を払った。

- (1) 通信パラメータの変換 多種多様な通信路をサポートするため, 通信条件の自由度が非常に高い。このため, 通信を行うには多数のパラメータを指定する必要がある。パラメータそのものは, プロトコルスタックの上位層により決定されるが, 値そのものは, LONオリジナルのLSIであるNeuronChip^(注5) 向けに調整されており, TX3915FがもつLONコントローラに設定する場合はパラメータ変換を要する。
- (2) 優先パケット 制御用途のため, LonTalkには優先パケット機能がある。優先パケットとは, つねに非優先パケットよりも先に処理されるべきパケットであり, 緊急事態などの通知に使用される。したがって,

(注5) Neuron Chipは, Echelon社がライセンスをもち, 当社が製造しているLSI。

優先パケットは, 可能な限り早く送受信される必要がある。

このため, ハードウェア上には優先パケット用のキュー(列)と非優先パケット用のキューが存在する。ソフトウェアにおいても, つねに優先パケット用のキューから処理を行なっている。

- (3) デバッグ機能の充実 HEXABINETMのような組込み用途向け装置では, 設置箇所での情報収集が, トラブル解析に重要な機能を果たす。したがって, デバッグ用の機能は重要である。HEXABINETMは, 以下のデバッグ機能を内蔵している。

- (a) 送受信のトレース機能
- (b) プロトコルアナライザ機能
- (c) ドライバおよびコントローラ内部状態の表示機能
- (d) テストプログラムの常駐化

2.3 アプリケーション層の実装

LonTalkでは, 分散システム間のメッセージ通信として以下の機能をサポートしている。

- (a) NV
- (b) 明示的メッセージ

NVとは, パケット送信の面倒な手続きを抽象化する概念である。NVには, 入力と出力があり, 出力NVのデータを更新すると, 関連した入力NVが自動的に更新される(図2)。

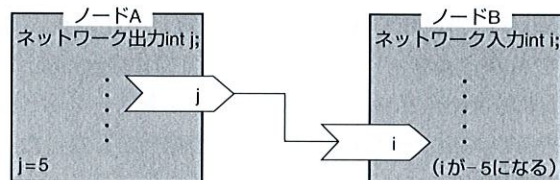


図2. NV 出力NVと入力NVをバインドすることでデータの送受信が行える。图中, ネットワーク出力のint(整数変数) jとネットワーク入力int iが接続されている。

Network variable

出力NV/入力NVは, ネットワーク上に分散して配置することができ, ユーザープログラムでは変数に値を代入し, 変数の値が変わったときのイベント処理を記述するだけで, ネットワークをまったく意識する必要がない。NVの関連付け(以降, バインドとよぶ)はネットワーク管理ツールの指示で行う。

NVのバインド情報は, ネットワーク管理ツールのデータベースに保存されるとともに, 各制御ノードの不揮発性メモリに保存される。したがって, 一度バインドを実施したNVは, ノードの電源断が発生してもそのバインド情報は失われない。バインド情報とともに刻々と変化するNV

の最新の値も保存することができる。

明示的メッセージとは、メッセージを送信する相手のアドレスとメッセージを受け取る相手の識別に利用されるタグを指定し、メッセージを送信する機能である。ノード上のアプリケーションが別のノード上のアプリケーションに対して応答を要求するリクエストレスポンス機構も構築できる。

HEXABINETMでは、NVおよび、標準ネットワーク変数(SNVT: Standard Network Variable Type)をJavaのクラスとして用意した。SNVTは、制御機器メーカーが作成するNVのインターオペラビリティ(相互運用性)を向上させることを目的とし、LONの標準化団体であるLonMark^(注6) Interoperability Associationにて、各データのタイプと値が決定されている(例えば、スイッチ変数の型とON/OFFの数値の意味付けなど)。

3 アプリケーションモデル

LONの監視・制御を行うアプリケーションの動作モデルについて説明する。

3.1 監視・制御システムのプログラミングモデル

監視・制御システムのプログラミングモデルとして比較的好く用いられるのは、他からのメッセージをきっかけに動作するプログラミング手法であるイベントを中心としたモデル(イベントドリブンプログラミング)である。すなわち、条件の変化をイベントとして感知し、イベント処理として、条件変化に対応する処理を行うモデルである。LONのプログラミングモデルもイベントモデルである。

HEXABINETMでは、イベントドリブンプログラミングを支援するため、イベントスケジューリング機能をもつ。

3.2 イベントスケジューラ

HEXABINETMのアプリケーションでは、LONのイベントに対する処理単位を一つのクラスとして実装し、そのインスタンス(オブジェクト指向のプログラミング言語がもつ要素の一つ)を処理の実施時期を管理する機能であるスケジューラに通知することで、スケジューリングの対象とすることができる。スケジューラ通知時にはスケジューリング優先度の指定も同時に行える(図3)。

スケジューラには、以下に示すイベントが通知される。

- (1) システムイベント(システム全体にかかわる、reset(初期化時点) / offline(非接続状態) / wink(接続確認状態) イベント(以下、システムイベントと呼ぶ))
- (2) タイマイベント(ソフトウェアタイマがゼロになった)
- (3) NVイベント(NVの更新が発生、失敗、成功、完了の各イベント)

(注6) LonMarkは、Echelon社の商標。

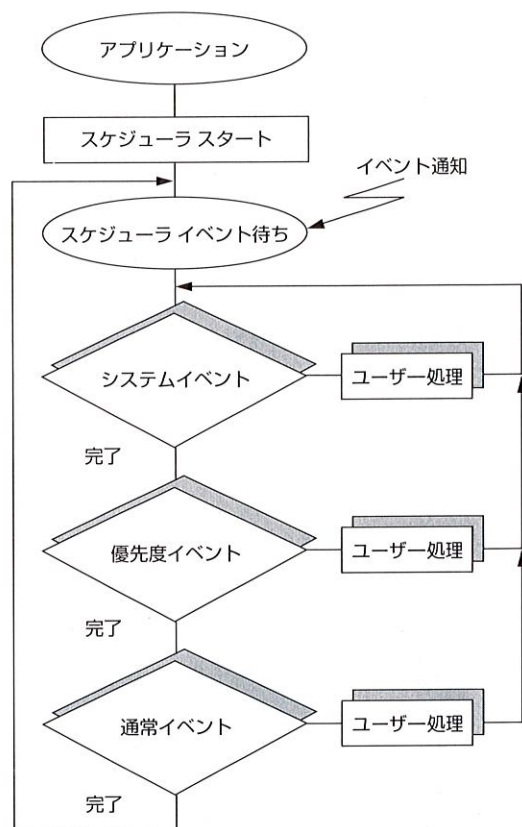


図3. イベントのスケジューリング スケジューラに通知されたイベントは優先度順にスケジューリングされる。

Scheduling of events

スケジューラは、通知されるイベントを以下の方針で処理する。

- (1) システムイベントは、他のイベントより優先してスケジューリングする。
- (2) システムイベントに続き、優先度付きイベント、優先度なしイベントの順にスケジューリングする。
- (3) 同一優先度の処理は、スケジューラに登録した順序で実行する。
- (4) 一つのイベントに対して、登録されたインスタンスのすべての実行条件を評価する。

4 アプリケーション実行環境

4.1 アプリケーションの実行

HEXABINETMのユーザーアプリケーションはJava言語で記述する。LONオリジナルのLSIであるNeuronChipでは、一度に動作するアプリケーションは一つであった。HEXABINETMでは、複数のJavaプログラムを同時に動作させたいとの要求がある。これを実現するために、Pinclat^(注7) マネー

(注7) HEXABINETM上で稼働するアプリケーション。

ジャという環境を提供し、「ユーザーのプログラムはPinpletマネージャのもとで動作させる」という機能を提供している。PinpletはWebブラウザ^(注8)上で動作するアプレット(ほかのソフトウェアの中で動作する各種ソフトウェア)と同じ位置付けのものであり、ユーザーアプリケーションはPinplet抽象クラスを継承することで、Pinpletマネージャの管理下で複数動作可能となる。Pinpletマネージャは、Javaプログラムの起動/停止を指示する機能を持ち、さらに、システムの起動時に、事前に登録されたユーザーアプリケーションを自動的に起動するという実行プログラムの登録機能をもっている(図4)。

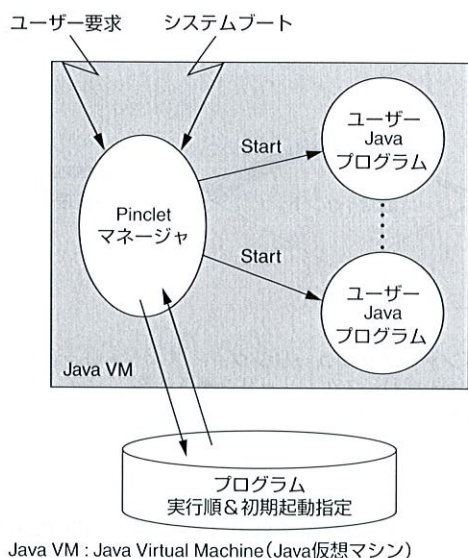


図4. Pinpletマネージャ機構 アプリケーションはPinpletマネージャに管理され、起動/停止が指示される。
Java program management with Pinplet

4.2 アプリケーションの配置

HEXABINE_{TM}内蔵の不揮発性メモリには、DOS(Disk Operating System)互換ファイルシステムが実装されている。このファイルシステムには、ユーザーアプリケーションを導入することができる。ファイルシステムへのファイルの導入は、HEXABINE_{TM}のFTP(File Transfer Protocol)サーバ、またはPinpletマネージャ機能を使って行える。また、HEXABINE_{TM}には、ネットワークファイルシステム(NFS^(注9))クライアント機能があり、初期ブート時にサーバに接続することができる。この機能により、NFSをサポートしているサーバにアプリケーションを導入しておき、HEXABINE_{TM}起動時にサーバからアプリケーションを読み込ませることもできる。

(注8) WWW(World Wide Web)サイト閲覧、利用するためのソフトウェア。
(注9) NFSは、米国SunMicrosystem社の商標。

5 あとがき

現在、HEXABINE_{TM}は新たなシステムへの適用拡大のために、次のような機能の実現/提供を検討している。

- (1) ルータ機能の提供 LONのパケットをIP(Internet Protocol)にカプセル化することで、LONの伝送限界を超える長距離、およびLONがサポートしていない伝送手段による通信を可能にする。これにより、LONを活用した大規模なシステムの構築が可能になる。
- (2) PPPのサポート PPP(Point-to-Point Protocol: 点对点接続の通信手順)をサポートすることで、IOBASE-Tが使用できない(配線できない)環境でもTCP/IPを利用した接続が可能となる。PPPをサポートすることで、次のような応用が考えられる。

HEXABINE_{TM}には可動部分(ファンなど)がなく、製品寿命がくるまで部品交換の必要性がないため、PHS接続により、HEXABINE_{TM}をデータアキュイジション(データ収集)装置として利用するなど、設置場所/ネットワーク構成に左右されないシステムへと活用が広がる。

- (3) システム運用機能の高機能化 HEXABINE_{TM}の初期設定などの管理機能をWebインタフェースにすることや、Javaアプリケーションのネットワークロードの標準装備など、保守・運用ニーズにあった開発を実施し、利用ユーザーの拡大を図る。

HEXABINE_{TM}が、LonMarkに準拠した、LONの標準サーバとなるよう、今後も機能強化を実施していく。

文 献

- (1) LonTalk Protocol Specification (created 1989-1994) Echelon Corp.
- (2) “ニューロンチップTMPN3120/3150”マニュアル(株東芝)



江口 敦子 EGUCHI Atsuko

デジタルメディア機器社 府中デジタルメディア工場 コンピュータソフトウェア部主務。分散オブジェクトシステムの開発・設計に従事。情報処理学会会員。
Fuchu Operations-Digital Media Equipment



井川 大介 IKAWA Daisuke

デジタルメディア機器社 府中デジタルメディア工場 コンピュータソフトウェア部。分散オブジェクトシステムの開発・設計に従事。情報処理学会会員。
Fuchu Operations-Digital Media Equipment



角谷 清夫 SUMIYA Sugao

デジタルメディア機器社 府中デジタルメディア工場 コンピュータソフトウェア部。経営変革エキスパート。分散オブジェクトシステムの開発に従事。情報処理学会会員。
Fuchu Operations-Digital Media Equipment