

情報制御プラットフォームソリューション

安心・安全コンポーネントで動的な連携機能を実現

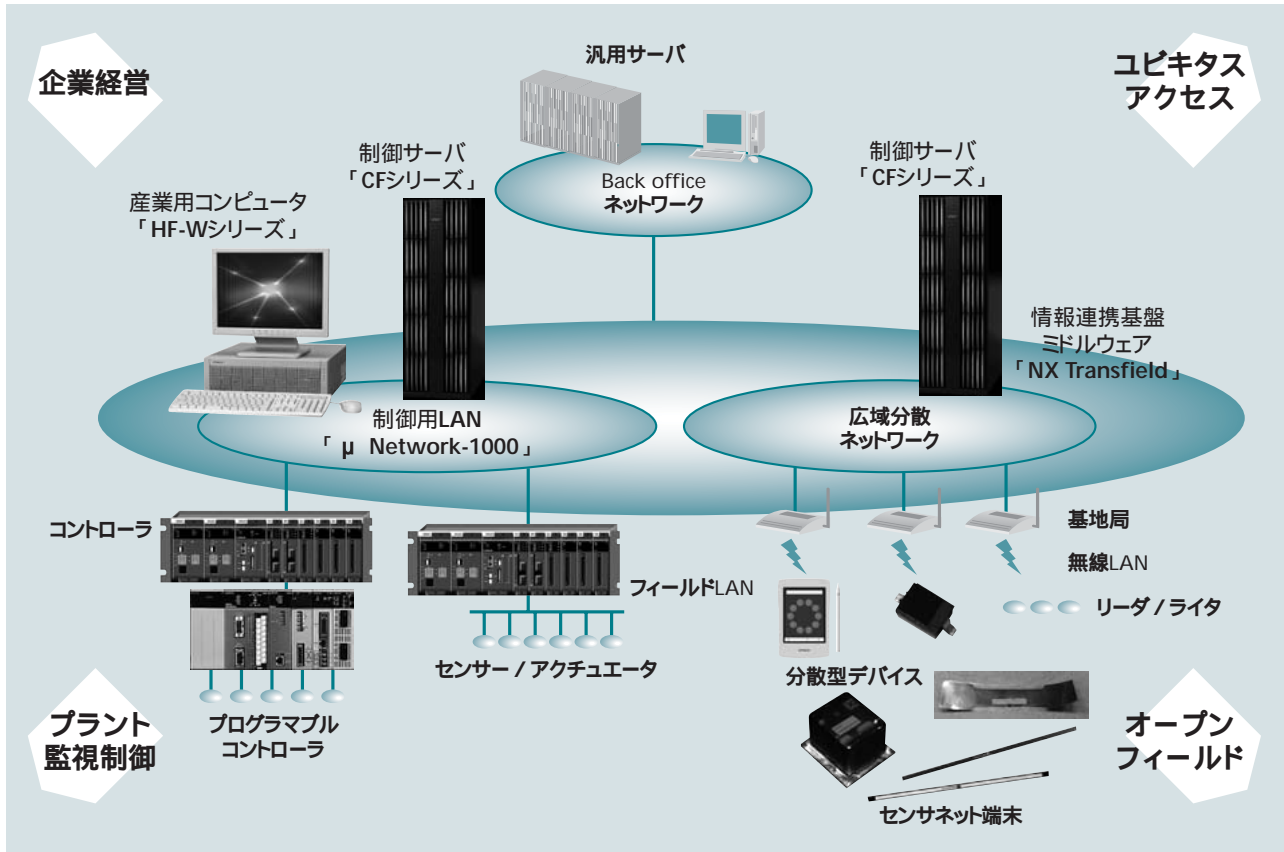
Platform Solutions Supporting Information and Control Systems

武和 秀仁 Hidehito Takewa

益子 英昭 Hideaki Masuko

加藤 博光 Hiromitsu Kato

石川 雅一 Masakazu Ishikawa



注:略語説明 LAN(Local Area Network)

図1 情報制御システムを取り巻く環境

制御サーバ,産業用コンピュータ,プログラマブルコントローラ,制御用LANなどのハードウェア製品がミドルウェアによって動的に連携することで,情報制御システムを構築する。

ユビキタス情報化・ネットワーク化の進展により,現場情報をリアルタイムに収集し,その情報を活用した経営管理・設備管理・現場業務管理へのニーズが高まっている。設備の有効活用を目的として運用されていた監視制御や保守支援のための制御システムも,経営の効率化を実現するための情報システムとの連携が不可欠となり,これらを統合・融合した情報制御システムが果たす役割はますます重要性を増していると言える。

日立製作所は,社会インフラを支える基盤となった情報制御システムを構築・運用・保守するにあたって不可欠となるプラットフォームソリューションを提供し,新たなニーズに対応している。

1.はじめに

経済のグローバル化が進むにつれて,企業間の競争も激しくなり,これまで以上に迅速かつ的確な経営が求められている。顧客の要求が多様になりつつも絶えず変化の中で,いかにしてその変化に追従していくか,他社への競争優位化要因を作り出していかかが,競争に勝ち残るための経営基盤を構築するうえでのポイントと言える。

ユビキタス情報化・ネットワーク化の進展により,いわゆる「現場の見える化」が容易になってきた昨今,上述のようなスピーディな経営判断を支援するために,現場情報をリアルタイムに活用した経営管理・設備管理・現場業務管理が求められている。設備の有効活用を目的として運用されていた監視

制御や保守支援のための制御システムも、経営の効率化を実現するための情報システムとの連携が必須であり、これらを統合した情報制御システムが果たす役割はますます大きくなっていく(図1参照)。

ここでは、これからの情報制御システムを構築・運用・保守するにあたって、上述のニーズに対応するうえで欠かすことができないプラットフォームソリューションについて述べる。

2. システムを取り巻く環境と課題

情報制御システムは、電力・鉄道などの社会インフラを支える基盤であり、これまでも24時間無停止運転など、高い信頼性・可用性・リアルタイム性が求められてきた。近年はこれらに加え、以下のような環境変化への対応が強く要望されている。

(1) オープン化・汎用化

相互接続性の向上やハードウェアおよびソフトウェアのコスト低減などを目的として、情報制御システム分野でも、従来のような独自仕様だけでなく、汎用PCやIP(Internet Protocol)ネットワーク/Web技術のように、仕様が公開されているもの、標準化されているものを導入することが一般的に浸透している。このようにオープンな技術を利用しながら、従来と同等以上の信頼性を確保していかなければならない点が課題となる。オープンなインタフェースで相互接続されたシステムでは、情報セキュリティ上の脅威も顕在化してくるため、オープン性を維持しつつ重要なインフラを保護するセキュリティ対策についても十分考慮していかななくてはならない。

(2) 製品ライフサイクルの多様化

ITの進化は非常に目まぐるしく、ハードウェア・ソフトウェアともに次々と新しい仕様が生まれ出されている。一方で、オープンな仕様のコストメリットを享受しようとするハードウェアも標準的な寿命のものを使わざるを得ない。しかし、情報制御システムは長期にわたって運用していかなければならないため、ハードウェアやOS(Operating System)を更新しながらソフトウェア資産を長期保守していくことが要求される。このように新旧システムを混在させて運用したり、旧システムから新システムに移行したりする際にも、信頼性や可用性を損なうことなく運用を継続していかなければならない。また、ソフトウェア資産の継承や、機能拡張および改修時のシステム開発・エンジニアリング工数の低減も解決すべき大きな課題である。

(3) シームレス化

オープン化によってシステム統合の自由度は増えてきたが、その反面、従来の枠組みや境界を越えてシステム間が連携する必要性も出てきている。例えば、鉄道分野では、線区拡大や相互乗り入れによる旅客サービス向上へのニーズ対応が増えているが、システムとしては当初想定していなかった列車の追跡やダイヤ管理にもスムーズに対応することが求められる

ようになってきた。また、運行管理システムの制御情報を情報配信サービスとして提供する動きもあり¹⁾、制御システムと情報システム間の連携様式も多様化しつつある。このように、システム間の境界があいまいになりつつある状況下においては、システム間を動的に連携すること、信頼性・リアルタイム性の維持を両立することが課題となっている。

3. 課題に対するソリューション

上述した課題の解決をめざした情報制御システムの将来像として、ここでは自律分散システムの考え方²⁾を発展させたコンセプトについて述べる。このコンセプトによる情報制御システムは以下の性質を持つものとしてとらえる。

(1) 現場横断でのシステム仮想化

オープンなインタフェースで相互接続されるようになったシステムは、機能レベルでインタフェースが統一されることによって、計算機システムとしての実装に依存せず、仮想的には同じシステム基盤上で資源を共有しているものとして取り扱うことができる。このため、例えばハードウェアを入れ替えたとしても機能レベルではその影響を受けないため、製品ライフサイクルの多様化にも対応していくことが可能になる。

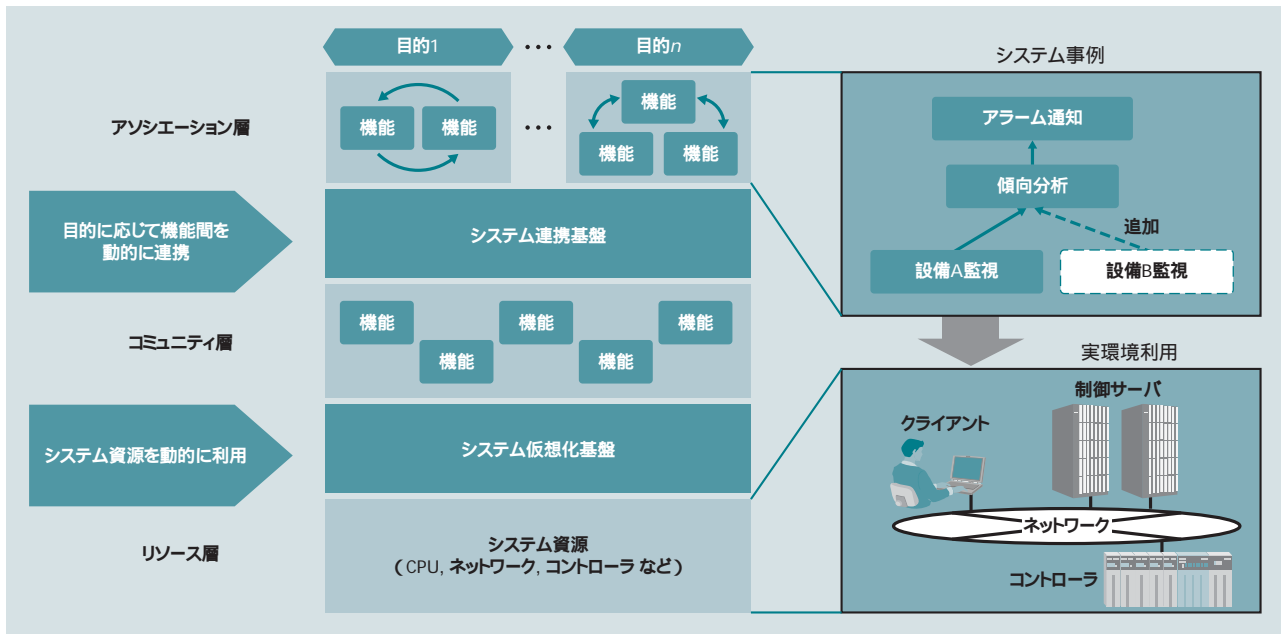
(2) 目的に応じたシステム連携

システム仮想化によって、システムを構成している各機能は一種の共用ユーティリティとして取り扱われる。これらの機能群は、目的に応じて機能間を動的に連携させることで、監視や制御の実質的なサービスを提供することが可能である。機能間の関係は後から柔軟に変更できるため、シームレス化による目的の変化にも対応していけるのである。

上述の考え方は社会学や組織論のアナロジーで考えられる。すなわち、全体社会(society)のうち、社会生活を営むうえでベースとなる共同体はコミュニティ(community)と呼ばれ、その中で特定の目的のために密に連携している集団はアソシエーション(association)と呼ばれている。例えば、市町村などの地域共同体は典型的なコミュニティであり、その中の趣味サークルやボランティア団体はアソシエーションに該当する。アソシエーションは目的に応じて柔軟に形成・改編・解散される。

前述した情報制御システムも、概念的にはこのコミュニティ/アソシエーションモデルとして位置づけることが可能であると考え、このモデルを情報制御システムのオープン化・汎用化・ライフサイクル多様化・シームレス化に柔軟に対応するための基本的な考え方とした。

情報制御システム概念を図2に示す。CPU(Central Processing Unit)やネットワークなどのシステム資源を構成する「リソース層」を「システム仮想化基盤」が構成要素を機能単位にマッピングする。ここで機能群は「コミュニティ層」として管理されるが、不正なメンバーがコミュニティに侵入しないように監視



注:略語説明 CPU(Central Processing Unit)

図2 情報制御システムのコンセプト

情報制御システムの資源は機能レベルで仮想化され、各機能は目的に応じて動的に連携される。

するのもシステム仮想化基盤の役割である。コミュニティ層の機能群を目的に応じて動的に連携させ、アソシエーションを形成・管理するのが「システム連携基盤」であり、機能間のデータ連携や構成制御などが主要な役割となる。

4 .システムを支えるコンポーネント

情報制御システムを支えるハードウェア・ソフトウェア製品について以下に述べる。

4.1 制御サーバ「RS90シリーズ」

制御サーバRS90シリーズは、1999年の市場投入以来、対象を中規模制御システムに絞り、高信頼システムを提供している。

RS90シリーズの製品化の目的は、PCアーキテクチャやLinux¹⁾などのオープン技術を用いて、従来の制御用計算機の機能を実現することであり、その結果としてコストパフォーマンスを向上させている。

RS90シリーズは、SCSI(Small Computer System Interface) ディスクの採用、Linuxベースの独自の制御用リアルタイムOSであるHiRUX(Hitachi Real-time UNIX²⁾ System)の搭載により、汎用性・オープン性と高信頼性の両立を図っている。

これらの信頼性の確保と向上策に加えて、二重化システムのサポートなど、高信頼かつ高可用なシステムを構築するための機能も有している。

4.2 制御サーバ「CFシリーズ」

CF-1000は、電力システムや鉄道システムといった社会イン

フラにおける各種制御系システムを対象とした制御サーバである。従来より現場に近づいたサーバをサポートする目的でRSシリーズを製品化してきたが、このシリーズに加え、より情報系に近い高性能なサーバが必要になると考え、CFシリーズを発表した。

CF-1000は、Intel³⁾プロセッサを採用した制御システム用ブレードサーバであり、システムの二重化機能をサポートするとともに、各ブレード間で共通となるモジュールを冗長化することで、高信頼・高可用性を実現している。

また、Windows⁴⁾およびLinuxといった汎用OSのサポートに加えて、Linuxベースの独自の制御用OSであるHiRUXを搭載することで、リアルタイム機能ならびに障害解析機能などのRAS(Reliability , Availability , Serviceability)機能を強化している。HiRUX搭載機種では、さらに、制御分野において必須である外部接点機能を搭載することで、従来の制御分野のシステムをサポートしている。

4.3 産業用コンピュータ「HF-Wシリーズ」

産業分野でも、最新のPC技術による高性能、低価格を主眼として、パソコンやWindowsがデファクトスタンダードとして広く採用されるようになってきている。一方、産業用途で必要な信頼

1) Linuxは、Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標あるいは商標である。
 2) UNIXは、X/Open Company Limitedが独占的にライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標である。
 3) Intel, Xeonは、米国およびその他の国におけるIntel Corp.またはその子会社の商標または登録商標である。
 4) Windowsは、米国およびその他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標である。

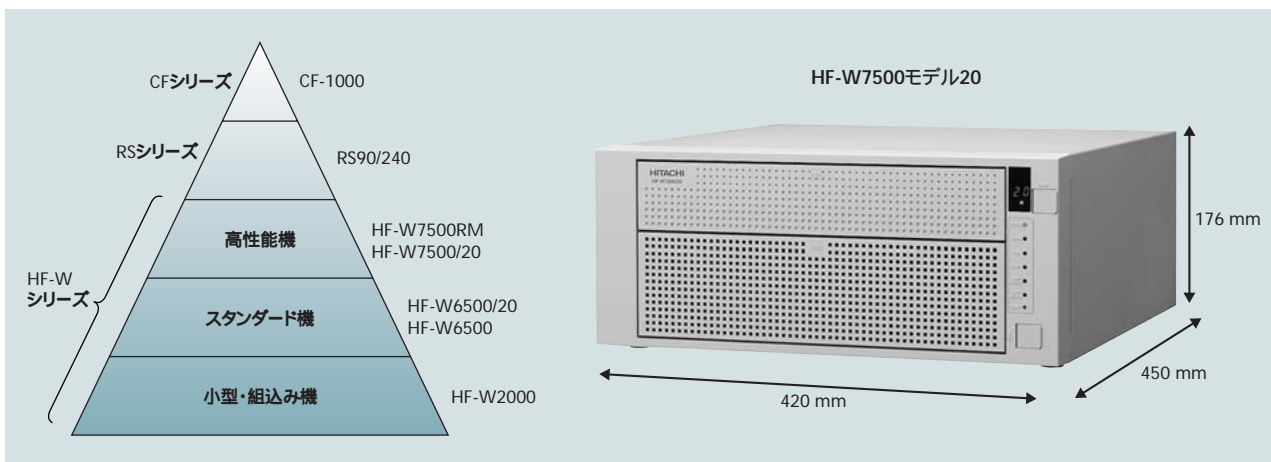


図3 制御用・産業用計算機

制御用サーバから産業用コンピュータまで幅広いラインアップで情報制御システムを支えている。産業用コンピュータHF-W7500モデル20(右)は、24時間連続稼働、7～10年の長期使用、および、3年間の安定供給を実現している。

性の確保、長期供給・長期保守の提供が求められている。

産業用コンピュータHF-Wシリーズは、このようなニーズを受け、高性能で高信頼な製品として提供されてきた。現在、サーバ・高性能機としては、Xeon³⁾マルチCPU、容量2TBバイトRAID(Redundant Arrays of Inexpensive Disks)を搭載したHF-W7500RM、デュアルコア・プロセッサを搭載したHF-W7500モデル20、コストパフォーマンスの高いスタンダード機、小型、組込み機と幅広いレパートリを持ち、情報制御システムの中核コンポーネントとして広く使用されている(図3参照)。

全機種に対して、24時間連続稼働、7～10年の長期使用、および、3年間の安定供給を実現し、メモリのECC(Error Correcting Code)やメモリダンプ解析などのRAS支援機能を備えている。

また、グローバル製品として、UL(Underwriter's Laboratories Incorporated)、CSA(Canadian Standards Association)、CE(Conformité Européenne)マーキング、CCC(China Compulsory Certification)、EU(European Union)のRoHS(Restriction of Hazardous Substances 指令などの海外規格にも対応している。

4.4 プログラマブルコントローラ「S10シリーズ」

S10Vは、シーケンス制御から複雑な演算処理まで幅広く対応したプログラマブルコントローラである。主な特徴は、業界トップクラスのラダー演算速度、汎用フローチャート言語「HI-FLOW」、マルチタスクのサポート、各種フィールドネットワークの対応である。フィールドネットは、Ethernet⁵⁾に加え、FL-net、DeviceNet⁶⁾、OPCN-1/-2、PROFIBUS-DP⁷⁾、多重化光ループなど多岐にわたるニーズに対応している。また、ユー

ザーの使い勝手を向上するために、C言語を利用してユーザーがオリジナルの演算ファンクションを作成し、さらにC言語で記述したタスクをラダー図から起動することもできる。加えて、リアルタイムマルチタスク対応OSを搭載したことにより、割り込み処理にも対応し、複雑な演算処理も可能である。近年では、信頼性向上のニーズに対応すべく、電源モジュールの二重化も実現している。

4.5 コントローラ「R800」

コントローラに対する近年の市場の要求には、設計期間の短縮、稼働率の向上と安全性の両立、オープン規格への対応などがある。

日立製作所は、これらのニーズに対応すべく、現在R800コントローラおよびHSC800プロセス入出力装置を開発中である。この製品の主な特徴は以下のとおりである。

- (1) ユーザーのプログラム作成環境として、LD、FBD、ST、SFC(IEC61131-3準拠)のマルチプログラム言語をサポートするとともに、プログラム開発効率とユーザーの既存プログラム資産の再利用率を向上することにより、開発工数を低減し、開発期間を短縮する。
- (2) CPUの二重化、I/O(Input/Output)の二重化に対応し、稼働率の向上をサポートするとともに、自己診断機能を強化して故障検出率を向上することで安全性を向上する。
- (3) 機能安全に関する国際規格IEC61508およびIEC61511のリリース以降、世界規模で年々高まる緊急停止システム(ESD: Emergency Shutdown System)、安全計装システム(SIS: Safety-instrumented System)に対応すべく、機能安全規格(IEC61508)認証取得を計画している。

4.6 情報制御ネットワーク「μ Network-1000」

μ Network-1000は、情報系・制御系に対応するために伝

5) Ethernetは、米国Xerox Corp.の商品名称である。

6) DeviceNetは、Open DeviceNet Vendor Associationの登録商標である。

7) PROFIBUS-DPIは、PROFIBUS User Organizationの登録商標である。

送速度1 Gビット/sのGigabit Ethernetをベースとした、高速・大容量メモリ転写ネットワークである。

このネットワークは制御系通信と情報系通信の共存を可能とするものである。制御系は情報系より優先度を高く設定しており、情報系通信と共存して使用しても制御系通信のリアルタイム性を確保している。

計算機間の通信プロトコルとしては、標準のTCP (Transmission Control Protocol)、UDP/IP (User Datagram Protocol/Internet Protocol) 通信のほか、サイクル通信 (メモリ転写機能) をサポートし、コントローラを使用した制御システムにも適用することができる。

また、Ethernet技術をベースとしながらも、障害発生時には高速で復旧可能な独自のネットワーク構成制御方式により、信頼性の高い双方向全二重化リング構成としている (図4参照)。

計算機インタフェースとしては、1000Base-TおよびPCI (Peripheral Component Interconnect) の標準インタフェースをサポートしてオープン化することにより、計算機のライフサイクルの多様化に対応する。

従来の制御LAN (Local Area Network) で培ってきたノウハウを基に、以下のような豊富なRAS機能も搭載している。

- (1) 通信経路が正常かを定期的に診断し、障害があった場合に障害箇所を特定する機能
- (2) ノード内素子の故障によりネットワーク全系に大量のフレームが送出された場合に、ノード自身が障害を検出し、閉塞 (そく) してネットワークから離脱する機能

ネットワーク管理プログラムは以下の機能を有している。

- (1) ネットワーク物理構成を表示する機能
 - (2) ノード間伝送路 (光ファイバ) の品質を管理する機能
 - (3) 障害発生時に自動でノード内情報を収集する機能
- オンライン保守にも対応するため、特定の光ファイバ、またはノードを切り離す保守コマンドもサポートする。

4.7 制御用OS「HiRUXS」

HiRUXSは、LinuxベースのリアルタイムOSである。制御サーバとして必要なリアルタイム性・信頼性・RAS機能を、LinuxのオープンなAPI (Application Program Interface) を変えずにドライバとして実装し、両機能をアプリケーションに提供する。プログラムの起動、停止などの制御インタフェースの提供に加え、プログラム用メモリの事前割り当てによる応答性の確保やタイマー精度向上による正確な周期処理を実現している。

また、RAS機能としてプログラムの実行トレース収集や障害ログ機能、メモリ使用量をはじめとした各種監視機能により、システム障害の検知・解析を可能とする。加えて、障害情報メッセージをユーザープログラムへ通知するインタフェースを提供し、高信頼なシステム構築を可能としている。

4.8 制御ミドルウェア「NXシリーズ」

制御ミドルウェアNXシリーズは、自律分散システム (ISO15745) アーキテクチャをベースにしたシステムを容易に実現するためのミドルウェア製品群である。自律分散システムアーキテクチャにおいては、装置やアプリケーション間の相互依存度をまばらにしたシステムを構築することが可能である。そのため、システムの拡張や変更、あるいは新しい技術や製

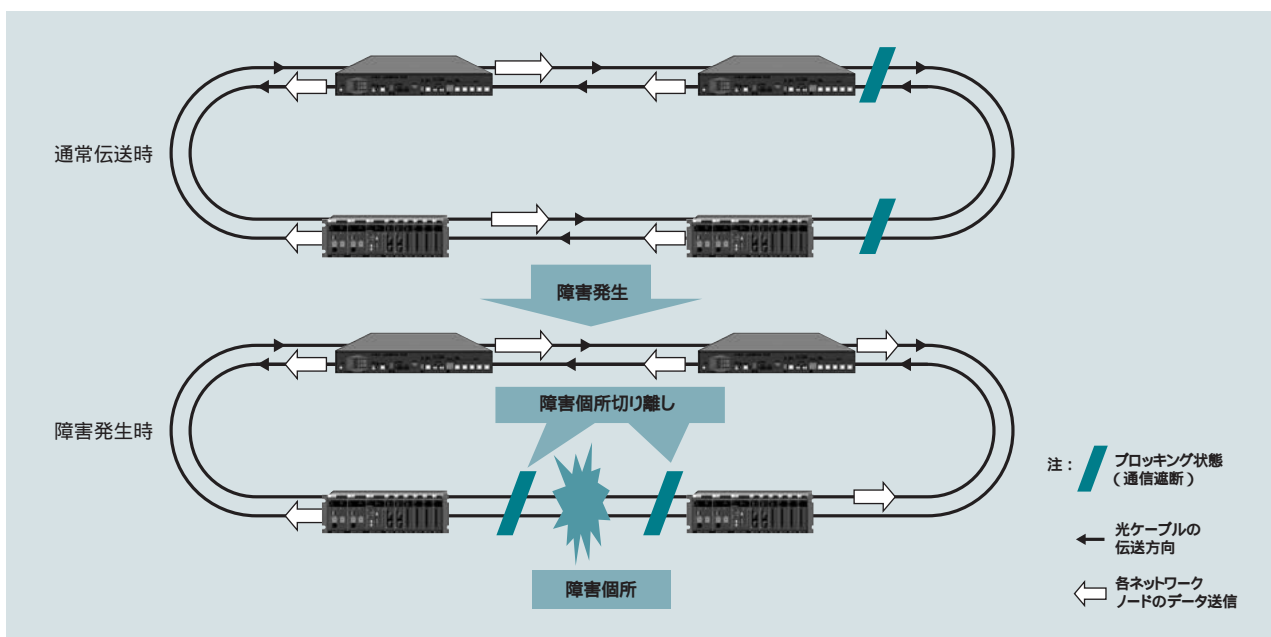


図4 μ Network-1000の障害部位切り離し方式

ネットワークの一つのセグメントが切断された場合でもブロッキング箇所を自動変更することにより、障害箇所を切り離し、短時間 (500 ms以下) で正常に復旧することが可能である。

品をタイムリーに取り込むことができ、顧客のビジネス環境変化などにも即応しやすいという特長を持っている。

具体的なモデルウェア製品としては、(1)高信頼IPマルチキャスト通信をベースとした統合通信基盤「NX Dlink」、(2)制御システムと情報システム間の情報連携機能である「NX Transfield」、(3)制御システム内の可視化を支援する「NX 2RDB」などがある。また、(4)新設サーバ内のアプリケーションプログラムを、オンライン業務に影響を与えることなく、オンラインデータを使用して動作検証できる「NX PGW」がある。これにより、確実なシステム改修やリプレースを可能としている。さらに、(5)制御サーバのクラスタ機能においては、障害発生時に他系の強制リセットを行い、確実な系の切り替えが行えるクラスタモデルウェア「HART」がある。

今後も、このアーキテクチャをさらに発展させ、「変化に強い、高信頼システム基盤」を実現するモデルウェア製品群を提供していく。このとき、「システム仮想化基盤」を使って、システムを構成する資源(サーバ、ネットワーク、データ、機能など)や資源同士の結び付きやその強さを隠蔽(ぺい)する。さらに、お客様のシステムに対する新たな要求や技術進展に対しては、「システム連携基盤」を使って各機能を動的に連携させ、目的のサービス(業務)を実現する。

4.9 セキュリティ基盤

重要システムを保護するセキュリティ製品として、ネットワーク監視システム「NX NetMonitor」や一方方向ゲートウェイ装置「PG/Oneway」、また、ID(Identification)情報をコントロールする「HitSofia」がある。

(1) NX NetMonitorは、許可されていない端末がネットワークに接続されると、これを瞬時に検知し、該当端末をネットワークから強制排除する(ネットワークへアクセスできない状態にな

る)。これにより、該当端末からのウイルス汚染リスクの排除や、制御システム内の重要情報の漏洩(えい)防止を図る。

(2) PG/Onewayは、制御システムから情報システムへの伝送データのみを通過させるが、逆に、情報システムから制御システムへの伝送データを物理的に遮断する一方方向ゲートウェイ装置である。これにより、ネットワーク経由の不正進入を確実に排除するとともに、一般のファイアウォール装置において発生することがある設定ミスによるセキュリティホールを排除することができる。

(3) HitSofiaは、複数のサブシステムで個別に管理されているID情報を各サブシステム間で整合性を持たせるモデルウェアである。これにより、例えば、入退室管理システムで許可された人のみ、PCのログインや印刷を可能にするといった運用も可能となるなど、複数のセキュリティシステムを連携させることで高度なセキュリティ対策を実現する。

5. おわりに

ここでは、これからの情報制御システムを構築・運用・保守するうえで欠かすことができないプラットフォームソリューションについて述べた。

今後も情報制御システムは、社会インフラを支える不可欠な基盤として発展していくと予測される。日立製作所は、引き続き、情報制御システムに必要なプラットフォームソリューションを提供していく考えである。

参考文献

- 1) 伊藤,外:最新の列車運行情報の提供と今後の動向,日立評論,89,11,864~867(2007.11)
- 2) 加藤,外:Context-Awareサービスのためのソーシャル自律分散システムの提案,2002年電子情報通信学会ソサイエティ大会,宮崎大学,SB-10-4,p.577~578(2002)

執筆者紹介



武和 秀仁
1989年日立製作所入社,情報・通信グループ 情報制御システム事業部 プラットフォーム開発部 所属
現在,制御サーバの開発に従事
IEEE会員,電気学会会員,電子情報通信学会会員



加藤 博光
1995年日立製作所入社,システム開発研究所 情報サービス研究センター uVALUEイノベーション研究部 所属
現在,自律分散システムの研究開発に従事
IEEE会員,情報処理学会会員,計測自動制御学会会員



益子 英昭
1987年日立製作所入社,情報・通信グループ 情報制御システム事業部 プラットフォーム開発部 所属
現在,制御ネットワークの開発に従事



石川 雅一
1992年日立製作所入社,情報・通信グループ 情報制御システム事業部 制御装置設計部 所属
現在,コントローラの開発に従事