

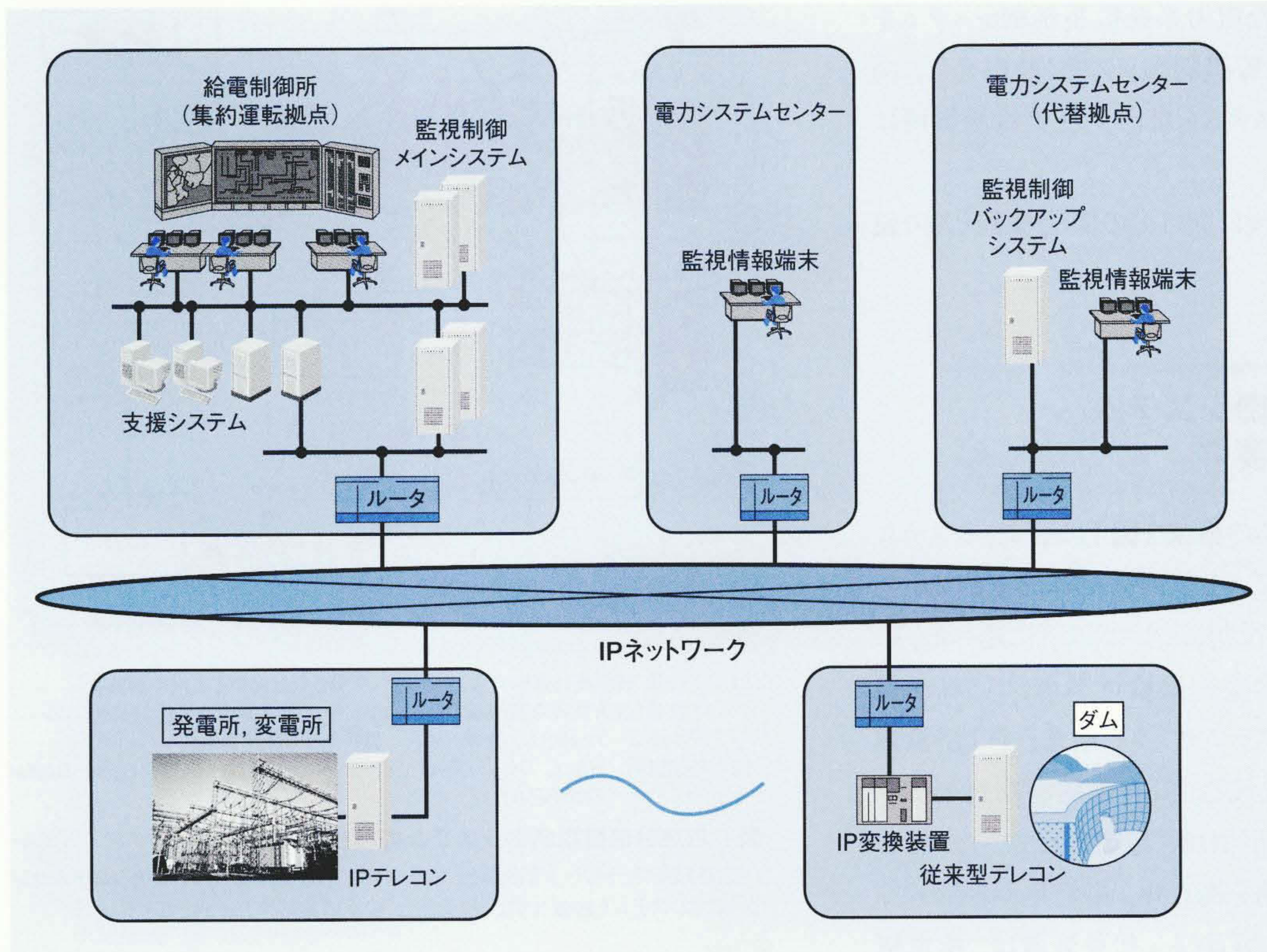
Linuxを適用したIPネットワーク統合型 広域電力系統監視制御システム

Integration of Energy Management System and Supervisory Control/Data Acquisition over Open Network in Wide-Area Power Systems

澤崎 正明 Masaaki Sawasaki
居関 祐康 Michiyasu Iseki

加藤 光也 Mitsuya Katô
綿引 克文 Katsufumi Watahiki

鈴木 達之 Tatsuyuki Suzuki



関西電力株式会社東海支社 給電制御所システムの構成

IPネットワークを基盤として運転個所を統合集約化するとともに、バックアップシステムを広域分散設置とした。

テレコンも、IPネットワーク結合によって広域に監視制御情報の提供ができる構成としている。

監視制御システムを構成する主要なサーバには、Linux*適用PCサーバを採用している。

注：略語説明ほか

IP (Internet Protocol)

テレコン (遠方監視制御装置)

*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。

ネットワーク技術やパソコン技術の進展に伴い、連携技術を用いた電力流通設備運用の統合集約化による設備運用コスト低減と、低コストで高性能なPCサーバの採用による開発コスト低減を実現する新しい給電制御システムが期待されている。また、流動的な電気事業環境下の新しい給電制御システムには、今後予想される運用体制変更に柔軟に対応できることが

求められる。

このような背景を踏まえて、日立グループは、IP (Internet Protocol) 接続の遠方監視制御装置 (テレコン) とLinux適用PCサーバを全面採用した、わが国初のIPネットワーク統合型広域電力系統監視制御システムを開発し、関西電力株式会社は、東海支社給電制御所にこのシステムを導入した。

1 はじめに

従来の電力系統監視制御システムでは、オンライン監視制御分野での情報通信に、専用通信線と専用プロトコルを適用

した遠方監視制御装置を採用し、UNIX^{※1)}サーバを中核としたシステム構成としていた。一方、電力会社は、昨今の電気事業の環境変化により、電力系統監視制御システムの導入コストのいっそうの低減と、系統運用を含めた運用コストの低減を課題としている。

※1) 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。

このような課題を解決するためには、(1) Linux適用PCサーバの廉価なハードウェアの採用と、(2) 電力系統監視制御システムの広域統合化による系統運用コストの最少化が必要であり、従来のシステム構成を構成要素とシステム全体の観点から見直すことが肝要である。

日立グループは、電力系統監視制御の信頼性と処理性を堅持しながら、システムの中核にLinuxベースのPCサーバを採用した統合集約型給電制御システムと、オンライン監視制御情報の通信をIP(Internet Protocol)ネットワーク化する監視制御情報コントローラ(IPテレコン)により、これまで地域ごとに独立に分散配置されていた電力系統監視制御システムを統合、集約化する広域分散監視制御システムを開発し、関西電力株式会社は、このシステムを東海支社給電制御所に導入した。

ここでは、このシステム実現に向けての開発技術と取り組みについて述べる。

2 広域分散監視制御システム 具体化のための要件

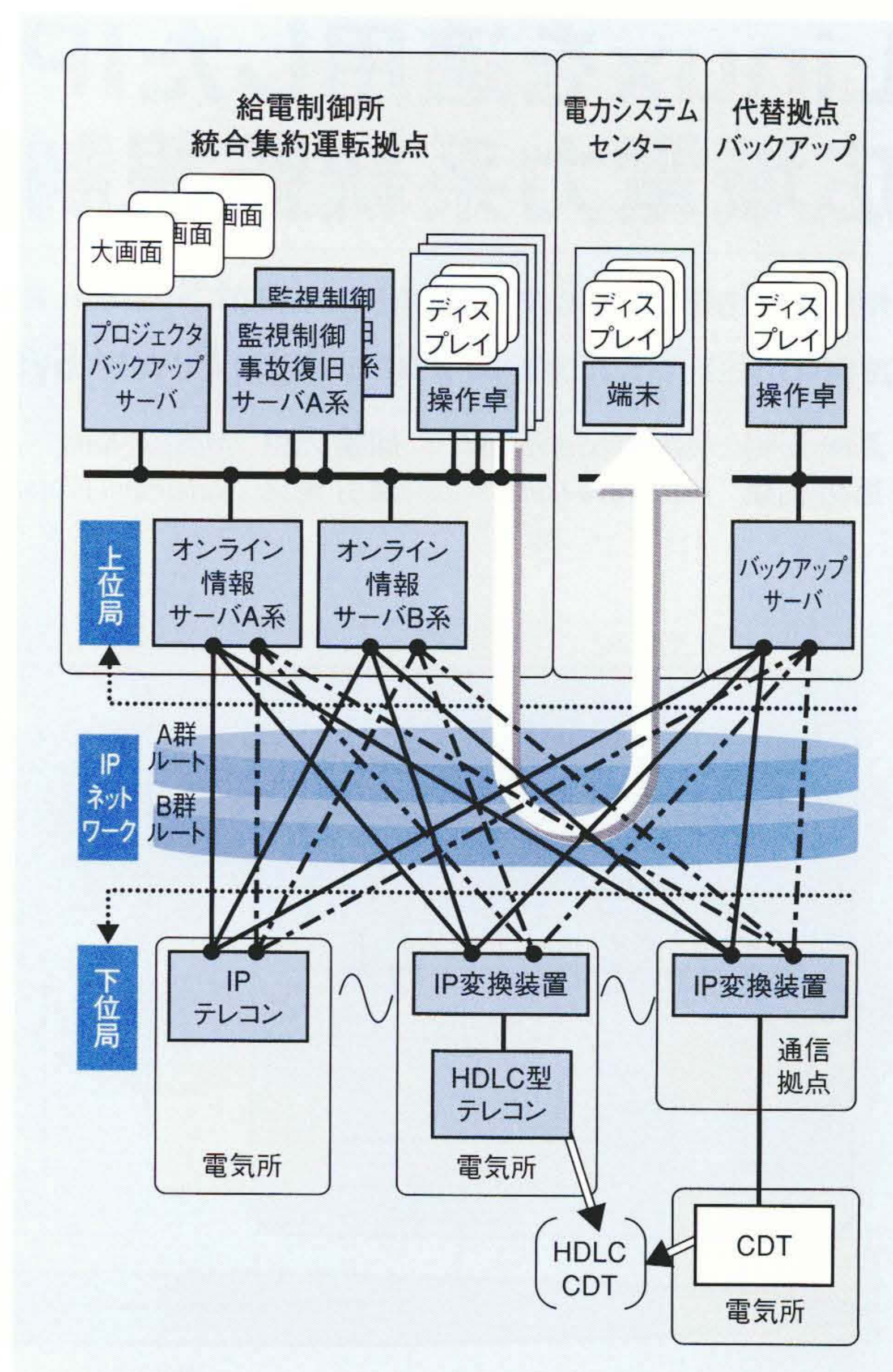
広域分散監視制御システムの構成を図1に示す。システムは、IPネットワークを基盤として、上位局システムと下位局システムで構成する。それぞれの役割について以下に述べる。

(1) 上位局システムは、統合集約型給電制御システム、保守部門に設置される電力システムセンター端末、および給電制御システムの代替装置から成る。統合集約型給電制御システムは、これまで複数の運用個所に設置されていたシステムを統合化し、系統運用業務を拠点化、集約化するもので、十分な処理性と信頼性が求められる。代替装置は、給電制御所の非常災害時などに備えて代替拠点(電力システムセンター)に設置されるバックアップ装置であり、同様に十分な性能が求められる。

(2) 下位局システムは、発・変電所に設置される監視制御情報コントローラであり、IPネットワークによって統合集約型給電制御システムおよび代替装置と接続される。監視制御情報コントローラには、上位局システムの代替装置への迅速な運用切替や情報の連続性を確保するため、上位局システムすべての装置へ常時、リアルタイムに情報を提供することが求められる。また、監視制御情報コントローラは段階的に発・変電所に設置されることから、同コントローラが未設置の発・変電所には、従来の情報伝送手順をIPネットワーク手順に変換するIP変換装置が必要である。

(3) 監視制御情報をリアルタイムに伝送するIPネットワークには、伝送路異常時の経路切替による情報欠落防止と、最大の情報トラフィック発生時でも遅延なく伝送可能なネットワーク帯域の確保が求められる。

(a) 下位局・上位局のネットワークへの加入では、異なる



注1：上位局（統合集約型給電制御システムとバックアップ用の代替拠点を広域分散設置）
下位局（遠方監視制御装置（IPテレコン、IP変換装置接続の旧方式テレコン）はIPネットワークと結合し、複数上位局へ監視制御情報を提供）
注2：略語説明 HDLC（High-Level Data Link Control）、CDT（Cyclic Digital Telemetry）

図1 広域分散監視制御システムの構成

広帯域IPネットワークを基盤として下位局と上位局で構成し、電力システムセンターにはシステムを設置せずに（統合化）、監視情報端末だけを設置する。

二つのIPポートでの二重帰属接続とすることが必要である。両ポートに送信される情報は、別々のルートを経由して伝送されるネットワーク群（A群・B群）で構成し、各ルートの経路選択では、OSPF（Open Shortest Path First）のコスト値設定による切替方式の採用が求められる。

(b) リアルタイム監視制御情報の優先伝送などによる伝送速度を確保するには、QoS（Quality of Service）の高い伝送制御機能が必要である。

3 Linuxサーバにおける高信頼化技術

監視制御システムの中核機能に使用するサーバには、高い信頼性と長期安定稼働が要求され、そのために、PCサーバの採用と、オープンソースであるLinuxが注目を集めていることから、LinuxをベースOS（Operating System）とする廉価なLinuxサーバを製品化した。その特長について以下に述べる。

3.1 ハードウェアの信頼性向上

ハードウェアはプロセッサにPentium4^{※2)}を採用したPCサーバを基本とし、高信頼かつ長期稼動を可能とした。

- (1) 長寿命設計の電源装置に、従来の制御用計算機と同等の評価基準に合格した高信頼部品を採用した。
- (2) 発熱量の大きいPentium4を効率よく冷却するための高性能ヒートパイプを開発し、冷却系の強化を図った。
- (3) 独自に障害検出・監視用LSIを開発し、冷却ファン、温度・電源異常検出機能、サーバ動作監視機能によるRAS (Reliability, Availability, Serviceability)の強化を図った。

3.2 障害監視機能

Linuxを市販流通パッケージのまま適用すると、障害を正確に通知できない場合がある。このため、ハードウェアの故障部位を正確に特定するためのデバイス認識機能と、ソフトウェア障害発生直前のプログラムの動作状況を収集するソフトウェア動作ログ機能を実装し、正確な障害通知を可能にした。障害監視機能の概要を図2に示す。

ハードウェアの故障やプログラムの障害を障害監視機能で検出し、ハードウェア故障部位の特定とソフトウェアの障害情報の収集を行う。重度障害であれば、二重化支援機能によってバックアップサーバへの切替を行う。また、ユーザー組込みエラー処理として、障害種別に応じた復旧処理、または機能縮退処理を障害検出時に実行する。さらに、ハードウェアの故障部位情報やプログラムの動作状況などの詳細情報をハードディスクへ記録するとともに、コンソールへ障害メッセージを出力する。

3.3 サーバ二重化支援機能

監視制御システムの信頼性をさらに向上させるため、2台のLinuxサーバと、二重化された相互監視用ネットワークで構成する二重化支援機能を開発した(図3参照)。生死監視機能により、他系からの通信がとだえたことを、二重化した相互

※2) Pentium4は、米国Intel Corp.の登録商標である。

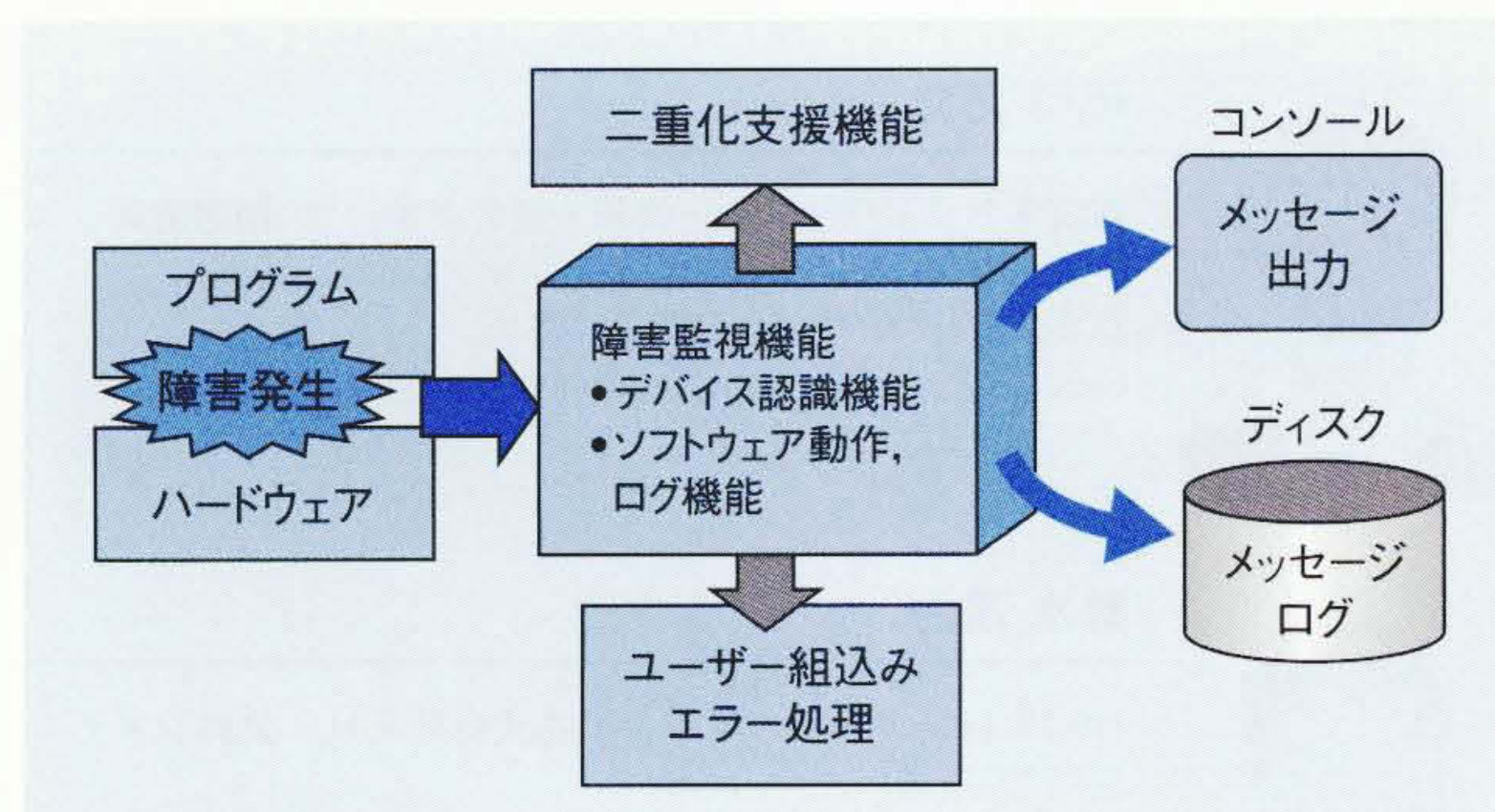
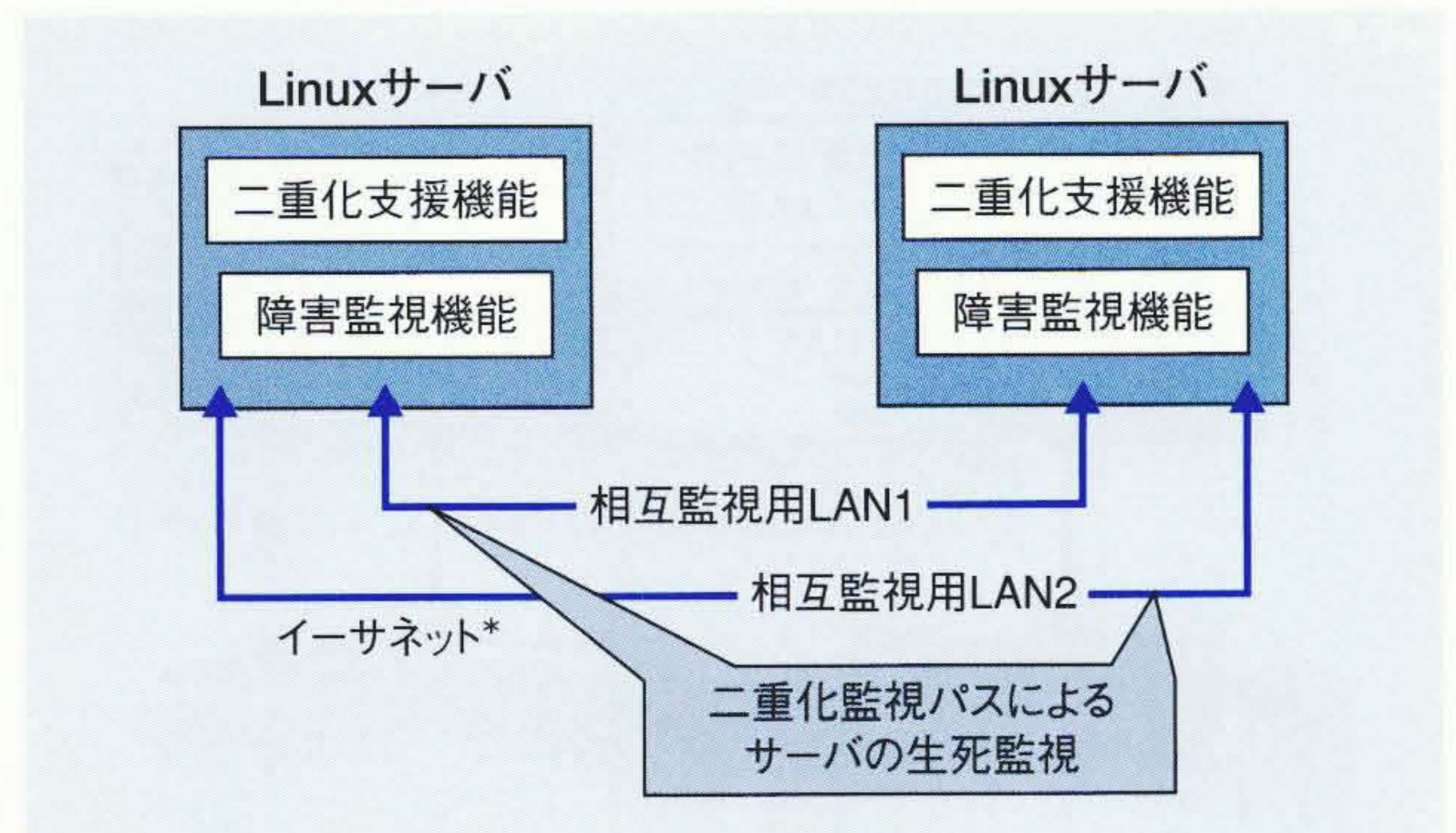


図2 障害監視機能の概要

障害監視機能では、プログラム障害やハードウェア障害を検出して障害の詳細情報を収集し、障害種別に応じたユーザー組込みエラー処理を実行して障害復旧を行う。



注：略語説明ほか LAN (Local Area Network)

*イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の商品名称である。

図3 サーバ二重化支援機能の概略構成

2台のLinuxサーバにより、二重化した相互監視用LANで相手系の生死監視を行い、障害発生時に障害が発生した系を強制停止させ、確実な系切替を可能とする。

監視用ネットワークを利用して検出する構成制御方式としている。サーバの異常を障害監視機能に通知し、バックアップサーバの二重化支援機能によって障害が発生している系を強制停止させ、サーバの切替を行うことにより、切替動作を確実なものとしている。

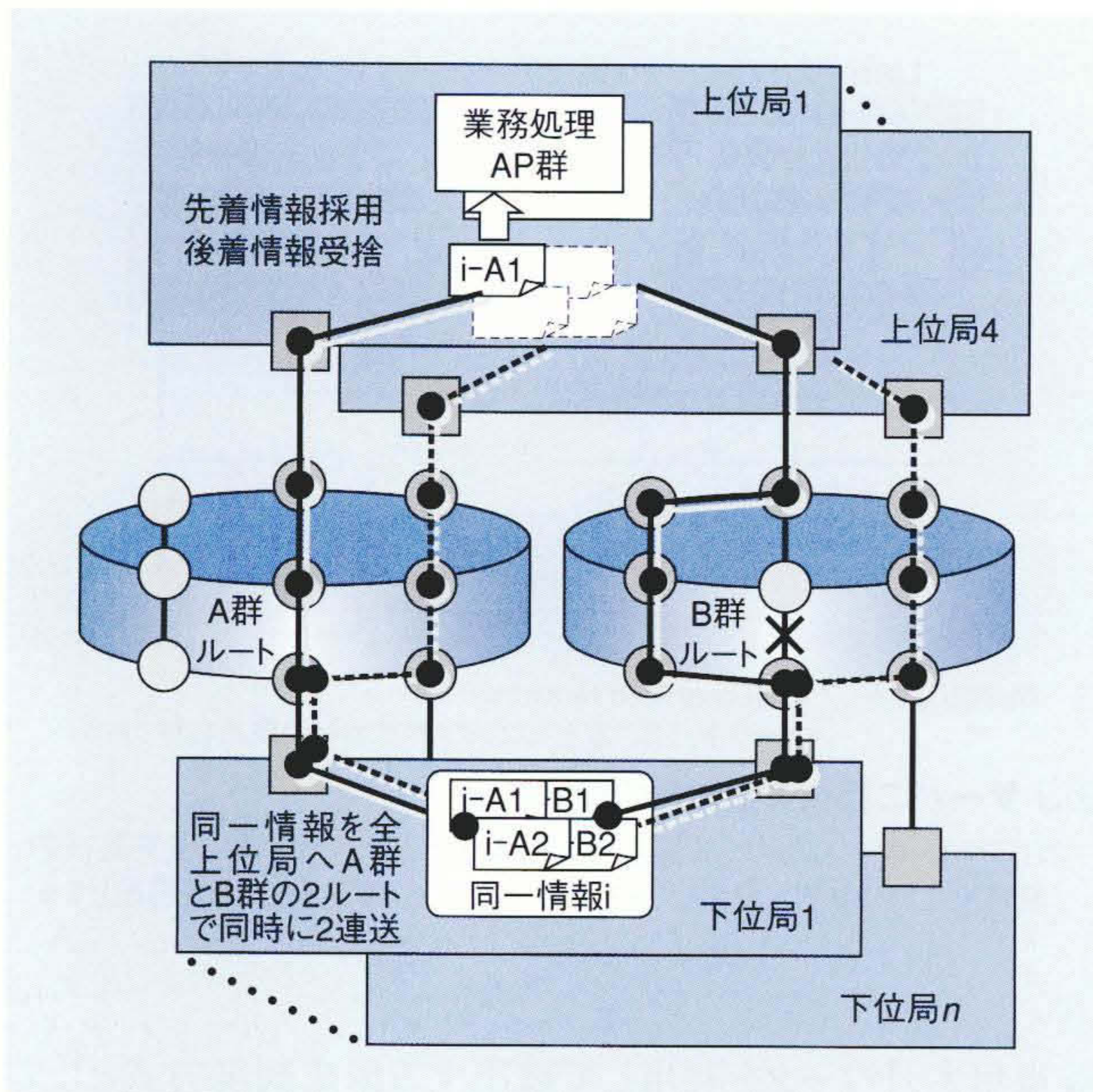
4 IPテレコンと伝送プロトコル

4.1 基本情報伝送プロトコル

IPには、(1) 相互にコネクションを開設し、情報伝送の信頼性を重視したTCP (Transmission Control Protocol) と、(2) コネクションレスで伝送効率を重視したUDP (User Datagram Protocol) 方式がある。一方、テレメータ計測情報、2値状態情報、および制御要求情報を扱う電力系統の遠方監視制御には、リアルタイム伝送性と高い情報信頼度が要求される。また、従来のHDLCなどの通信方式では、下位局と上位局との接続形態が1対1構成であったのに対し、広域分散構成では、複数上位局へ監視制御情報を同時に提供できることが前提となるため、情報伝送効率と応答性能、迅速な状態把握に優れたプロトコルが要求される。これらを総合的に評価した結果、基本情報伝送プロトコルにはUDPを適用し、アプリケーションレベルのプロトコルで情報伝送信頼度を保証する方式を採用した。

4.2 伝送プロトコル

伝送プロトコルの概要について以下に述べる(図4参照)。(1) 送信情報の信頼度対策として、同一情報を全上位局に向けてA群・B群の2ルートそれぞれに同時に2回(初送、連送)送信する方式とした(2ルート同時連送方式)。さらに、片ルート異常、サージなどの一過性の伝送不良や、ルート切替発生時でも情報欠損や遅延がなく、到達情報の連続性を保証する協調の取れたプロトコルとした。



注：略語説明 AP (Application Program), i-A1~i-B2 (同一情報の2ルート同時連送のために生成された個々の情報)

図4 伝送プロトコルの概要

A群とB群の2ルートIPネットワークを用いたIPテレコンとの伝送プロトコルでは、同一情報を2ルート同時に2連送することで情報信頼度の維持を図った。

(2) 送達情報の連続性と情報欠落の有無を判定するため、シーケンシャルな情報パケット通番を付加して情報送信するプロトコルを採用した。2ルート同時連送する同一情報には同一のパケット情報通番を付与して伝送し、受信側では、先着情報優先処理・後着情報廃棄により、冗長な情報に対する効率的な処理ができる方式とした。

(3) 情報欠落や通信ルート異常、対向局異常を迅速に検出する手段として、上位局に受信パケットの規定時間内受信の有無と通番のシーケンシャル性を監視する機構を取り入れた。また、下位局では、上位局向けの周期送信情報がない場合にだけネットワーク監視パケットを3秒周期で送信することとし、効率性にも配慮した。

(4) 上位局で情報欠落を検出した場合には、当該下位局向けに再送要求情報を送信することにより、欠落した情報パケットにさかのぼる情報のリカバリーを可能とした。なお、再送要求でリカバリーできない場合には、一定周期に下位局が送信する全表示情報を受信してリカバリーすることで、リカバリー要求が際限なく繰り返されることがないように対策した。

(5) 下位局から上位局へ提供するテレメータ計測情報と2値状態情報については、複数の上位局へこれらを同時に効率よく伝送する必要があるため、以下のプロトコルとした。

(a) テレメータ計測情報については、送信周期ごとに前回計測値に比較して規定のバンド幅以上の変化があった情報だけを送信する変化値伝送方式を採用し、平常状態での送信情報量の低減を図った。

(b) 周期情報の送信タイミングを、下位局番号を基に相対的に規準時刻からずらすことで、全体として周期情報送

信の平滑化を図った。

5 おわりに

ここでは、IPネットワークを適用した広域分散型監視制御システムにおける、LinuxサーバとIPテレコンの導入について述べた。

従来、専用装置を適用することが多かった監視制御システムでは、ここで述べたような手法により、従来と同等の信頼性を確保しながら、IPネットワークなどの汎用技術を積極的に取り入れることができるようになると思予想する。

なお、関西電力株式会社東海支社給電制御所に導入した広域分散監視制御システムは、2004年6月の運用開始に向けて現地調整試験を実施中である。

参考文献

- 1) 菊池, 外: 電力系統監視制御におけるIPネットワークソリューション, 日立評論, 85, 7, 455~458 (2003.7)

執筆者紹介



澤崎 正明

1986年関西電力株式会社入社, 本店 電力システム技術センター 電気グループ 所属
現在, 監視制御システムの設計に従事
電気学会会員
E-mail: K675950 @ kepco. co. jp



居関 祐康

1987年関西電力株式会社入社, 本店 電力システム事業本部 系統制御グループ 所属
現在, 監視制御システムの設計・計画に従事
電気学会会員
E-mail: K676465 @ kepco. co. jp



加藤 光也

1980年株式会社日立ハイコス入社, 制御システム本部 電力システム部 所属
現在, 電力系統監視制御システムの設計・開発に従事
E-mail: katou @ hicos. co. jp



綿引 克文

1991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 システムソリューション設計部 所属
現在, Linuxシステムの開発に従事
E-mail: katsufumi_watahiki @ pis. hitachi. co. jp



鈴木 達之

1986年日立エンジニアリング株式会社入社, 公共システム制御部 所属
現在, 遠方監視制御装置のシステム設計に従事
E-mail: tatsu @ juo. hitachi-hec. co. jp