

可用性と柔軟性を追求した 広域連係型監視制御システム

—電源開発株式会社納め集中監視制御装置・運転訓練シミュレータ装置—

SCADA System with Wide Area Network Improving High Availability and Flexibility

橋口 透
Hashiguchi Toru
照沼 武司
Terunuma Takeshi

斎藤 政人
Saito Masato
河原 大一郎
Kawahara Taiichiro

電源開発株式会社の集中監視制御装置、および運転訓練シミュレータ装置は、日本全国に点在する水力発電所、変電所、変換所を3拠点の地域制御所で監視制御する集中監視制御装置と、運転訓練を行う運転訓練シミュレータ装置を備えたシステムである。今回の更新に伴い、各地域制御所と研修センターを広域IPネットワークで接続し、広域IPネットワーク網やサーバ仮想化技術の活用により、可用性と柔軟性を追求した広域連係型監視制御システムを開発した。

1. はじめに

電源開発株式会社では、全国に点在している水力発電所、変電所や変換所の運用を北地域制御所、東地域制御所、

中地域制御所、および西地域制御所の4拠点で実施していた。今回、集中監視制御装置、および運転訓練シミュレータ装置の更新に伴い、中地域制御所と西地域制御所を統合し中西地域制御所として3拠点とするとともに、各地域制御所と川越研修センターに設置した運転訓練シミュレータ装置を広域IP (Internet Protocol) ネットワークで結合し、有機的なシステムの運用を可能とした。

北地域制御所は、北海道にある水力発電所と北海道一本州間電力連系設備を運用しており、東地域制御所では、東北地方と関東地方にある水力発電所や変電所を運用する。また、中西地域制御所では、中地域である中部地方、北陸地方、近畿地方を、西地域である九州地方、四国地方の広

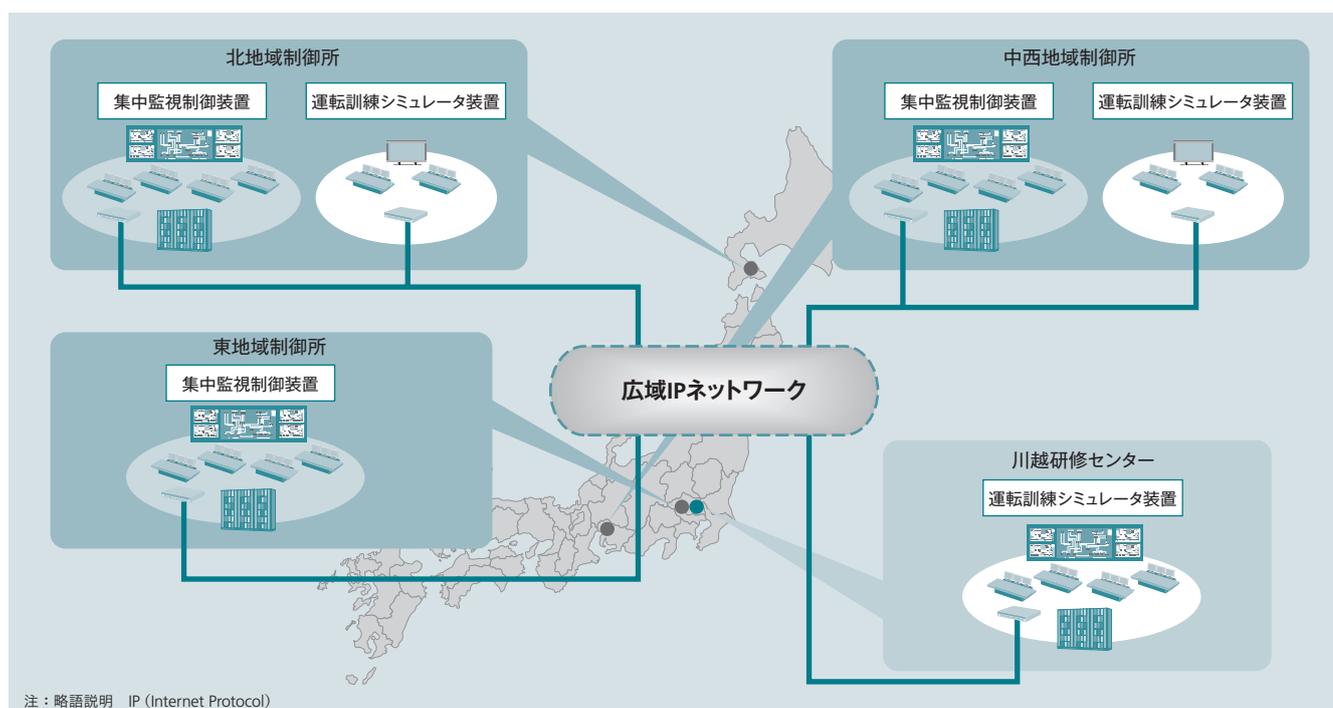


図1 | 集中監視制御装置、および運転訓練シミュレータ装置の全体構成

全国に点在する電力設備を監視制御する3拠点の地域制御所と、訓練システムを広域IPネットワークで接続した広域連係型監視制御システムである。

範囲の水力発電所、変電所や周波数変換所を運用している。

一方、運転訓練シミュレータ装置では、各地域制御所の運転員の運転訓練環境を提供する（図1参照）。なお、今回の更新では、主要計算機の分散化や総合監視盤のプロジェクト方式の採用により、充停電状態、事故区間の表示、テロップ機能や付箋紙機能など、運用操作性の改善を図っている。また、IC (Integrated Circuit) カードの採用による操作権限の制限による運用上のセキュリティ対策も行っている。

ここでは、電源開発株式会社の集中監視制御装置と運転訓練シミュレータ装置を広域IPネットワークで結合した広域連係型監視制御システムについて述べる。

2. 全国規模で広域連係した監視制御システムを構築

2.1 監視制御システムの概要

集中監視制御装置は、水力発電所、変電所、変換所などの各種設備の遠方監視制御を行い、設備の効率的な運用と設備事故発生時の障害の波及防止、および迅速な復旧対応の実現を目的としている。この装置の有する主な機能を表1に示す。

2.2 監視制御システムの特徴

(1) 各地域制御所間での業務処理の共通化

今回の開発においては、各地域制御所の業務処理に関して共通処理と地域制御所固有の個別処理を明確に分離し、業務処理の共通化を行った。また、データベース、ヒューマンマシンインタフェース仕様も統一し、3拠点の地域制御所で共通化領域を大きくすることにより、開発・運用コスト低減を可能とした。

(2) ICカード採用によるセキュリティ対策

ICカードにより、制御卓の操作権限を「システム管理者」、「運用者」、「日勤者」、「訓練用」などに分け、それぞれの権限で実行できる業務機能を区分し、許可された業務

表1 | 集中監視制御装置の業務アプリケーション群

電力系統運用を行うための業務アプリケーション群の機能概要を示す。

名称	機能概要
系統監視	発電所、変電所の各種設備の状態監視、数値監視、および水系・気象監視などを行う。
系統操作	発電所、変電所の各種設備の機器個別操作、操作票自動操作などを行う。
スケジュール運転管理	運用計画業務で作成した発電機ごとの運転パターンに基づき、発電機関連機器、北海道・本州間連系設備の操作、各発電機の運転/停止指令、および出力指令値の自動出力を行う。
自動給電	中央給電指令所からの指令に基づく各発電機に対して、効率的運用のための号機負荷配分、発電機台数制御、および発電機指令値出力制御、佐久間周波数変換所のPSS制御などを行う。
運用支援	事故時復旧支援、運用データメンテナンスなどを行う。
運用記録	各種記録の自動集計、帳票を行う。
他所連係	他電力、ダム管理所など他所とのデータ連係、気象情報、他部門への情報配信 (OA情報)

注：略語説明 PSS (Power System Stabilizer), OA (Office Automation)

機能のみ実行できるように制限を設け、セキュリティ対策を行った。

(3) 広域IPネットワーク採用による集中監視制御装置におけるシステム管理

広域IPネットワークを介して3拠点の地域制御所のプログラム、および設備データベースの一元管理を実現した。通常の運用では、地域制御所の設備データのメンテナンス、マスタ管理は各地域制御所に設置されるメンテナンス端末で実施されるが、全地域制御所の設備データの一元管理を可能とするメンテナンス管理サーバを、管理拠点となる川越研修センターに配置した。

運用切り替え後、広域IPネットワークを介して地域制御所からメンテナンス管理サーバへ設備データの一致化を可能とした。

3. 広域分散で充実した運転訓練環境を提供

3.1 運転訓練シミュレータ装置の概要

運転訓練シミュレータ装置は、運転員に必要な技能の習熟を目的とした訓練を行うための装置であり、監視制御対象である電力系統、発電機設備、水系情報 (ダム流入量、河川水位など)、気象情報 (注意報・警報、雨量など) の動きを模擬するシミュレーション機能と地域制御所 (集中監視制御装置) 機能模擬から構成されている。地域制御所機能模擬とシミュレーション機能を実装した訓練監視制御・系統模擬サーバを川越研修センターに設置した。

訓練には、運転員がチームで訓練を行う集合訓練と、運転員個人で訓練を行う個人訓練がある。集合訓練用設備として、地域制御所と同等レベルの訓練環境を提供するため、総合監視盤、訓練卓など、ヒューマンマシンインタフェース関係の装置は集中監視制御装置と同じ構成とした。集合訓練用設備は、川越研修センターに設置した。各地域制御所には、個人訓練用設備として、訓練卓と大画面表示装置を設置した。訓練監視制御・系統模擬サーバは、広域IPネットワークを介して、各地域制御所の訓練卓、大画面表示装置と接続し、訓練サービスを提供している。

3.2 運転訓練シミュレータ装置の特徴

運転訓練シミュレータ装置は、訓練効率向上、運用コスト低減を図るため、以下の特徴を有している。

(1) 地域制御所機能模擬は、集中監視制御装置で開発した集中監視制御装置用業務アプリケーションを実装する構成とした。各シミュレーション機能で模擬した結果をオンライン情報入出力処理に対して入出力することで、地域制御所集中監視制御装置と同等の機能と操作を実現している。これにより、従来の訓練に比べより臨場感のある実践的な

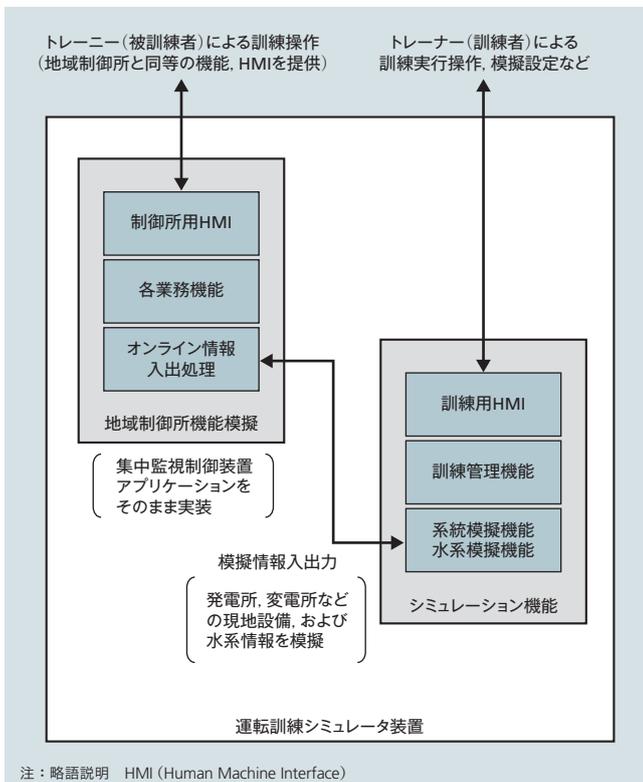


図2 | 運転訓練シミュレータ装置の機能構成

運転訓練シミュレータ装置は、地域制御所模擬機能とシミュレーション機能で構成され、地域制御所模擬機能は、集中監視制御装置用業務アプリケーション群がそのまま実装される。

訓練を可能とした（図2参照）。

(2) 集中監視制御装置用業務アプリケーションをそのまま実装したことで、集中監視制御装置で行う増改造（業務アプリケーション、設備データ）の訓練シミュレータ装置への反映が容易にできるようになった。

(3) 訓練監視制御・系統模擬サーバは、1か所（1台）に集約する必要があった。このため、サーバ仮想化技術を適用したマルチサイト構成とし、最大6サイト（3地域制御所の集合訓練と個人訓練の計6サイト）での同時訓練を可能とした。サーバ仮想化技術は、物理的に1台のサーバ上に複数の仮想的な独立したサーバ環境を実現する仕組みであり、各訓練実施箇所（研修センター、各地域制御所）で訓練サイトを切り替えて容易に訓練サービスを利用することにより訓練効率向上を図っている（図3参照）。

(4) 広域IPネットワークに接続することにより、時間と場所に制限されることなく、各地域制御所から集合訓練と同じ訓練サービスの利用を可能とした。

(5) 広域IPネットワークを介して、集中監視制御装置と運転訓練シミュレータ装置間でのデータ共有を可能とした。各地域制御所のオンライン系統状態（設備状態などの現在データ）を運転訓練シミュレータ装置に転送して、訓練初期系統データとして使用することも可能としている。

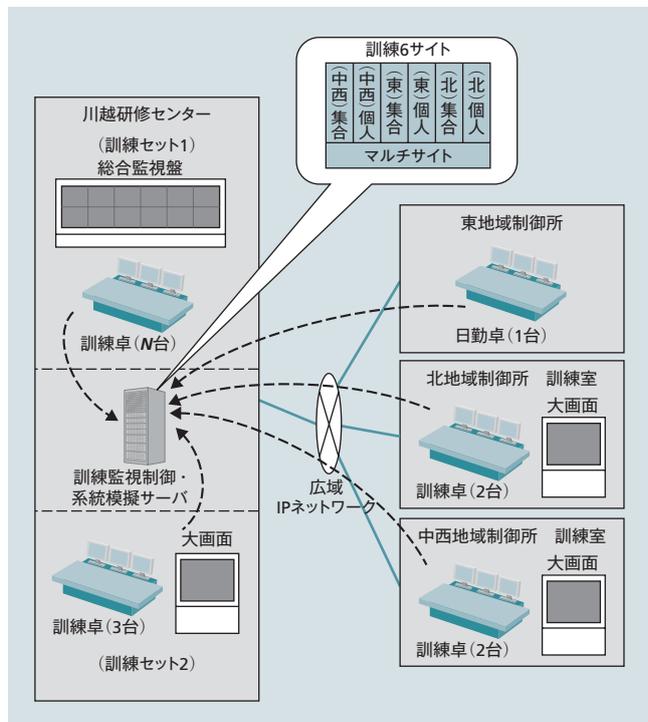


図3 | 運転訓練シミュレータ装置の全体構成

各訓練拠点から広域IPネットワークを介して川越研修センターに設置される模擬用サーバに接続される。

4. 広域IPネットワーク

全国に点在した地域制御所と川越研修センターの各システムは広域IPネットワークを介して結合している。採用したIPネットワークは、狭帯域（実効数Mビット/s）、かつ長距離のため、約数十ミリ秒オーダー程度の伝送遅れが発生する。これらの条件下で、システム的には6サイトで同時に訓練を実行しても要求性能（処理性・応答性）を満足する必要があった。そこで、広域IPネットワーク間の通信に関して以下のような広域分散技術を適用した。

(1) カレントデータのレプリケーションと差分伝送方式

クライアントにおいて、頻繁に参照するデータは、ネットワークを介したサーバ/クライアント間で、クライアント側にレプリカデータを配置する。レプリケーションは、マスターデータとレプリカデータを一致化する技術で、クライアントにおけるデータ参照に関しては、自装置内のレプリカデータをローカルでアクセスすることによってデータアクセスの高速が図れる。また、通常時におけるレプリカのデータ一致化は更新分（前回値と今回値の差分データ）のみを全クライアントに対してブロードキャスト配信することにより、通信負荷の軽減を図ることができる。

(2) データ更新タグの採用とデータキャッシング方式

ネットワークを介したサーバ/クライアント間で配置された大容量のレプリカデータにおいて、マスターデータとの整合性を取る必要がある場合に、レプリカデータ参照時にデータ更新タグとデータ更新時間の突き合わせを行い、マ

スタデータとレプリカデータの一致化状態を把握することでレプリケーションのタイミングを最適化する技術である。マスタで更新されたデータは、定期的にレプリカデータに伝送されて一致化されるのであるが、周期的に更新を行うためタイムラグがある。タイムラグによるマスタデータとレプリカデータの不一致を防ぐために、クライアント側でレプリカデータを参照するときに、データ更新タグによる不一致検出を行い、不一致がある場合には、マスタデータの内容を参照するので、データの整合性を保つものとしている。

(3) 通信データのダイナミック圧縮・解凍技術

伝送回線で接続する装置間において大容量のデータを送受信する場合に用いる技術であり、アプリケーションは意識せずに、通信ミドルウェアのみで実現している。通信ミドルウェアでは、送信処理側でバッファ内部データを圧縮して伝送し、受信処理側で解凍してバッファ内部データを再生する。ネットワークに流れるデータ自体が圧縮されることにより、通信負荷の軽減を図ることができる。

これらの技術を適用することにより、訓練6サイト同時実行時の多重状態入力による過酷な重負荷状態でも要求性能を可能とした。

5. おわりに

ここでは、電源開発株式会社の集中監視制御装置と運転訓練シミュレータ装置を広域IPネットワークで結合した広域連係型監視制御システムについて述べた。

今回、全国に点在する地域制御所と研修センターを広域IPネットワークで結合することにより、有機的な関係を可能とするシステムを実現した。これにより、新たな運転形態、高付加価値機能の提供が可能なシステムであると考えられる。

執筆者紹介



橋口 透

1990年日立製作所入社、情報制御システム社 電力システム設計部所属
現在、電力系統監視制御技術の開発に従事



齋藤 政人

2001年日立製作所入社、情報制御システム社 電力システム設計部所属
現在、電力系統監視制御技術の開発に従事



照沼 武司

1977年株式会社日立エンジニアリング入社、株式会社日立情報制御ソリューションズ 電力システム部 所属
現在、電力系統監視制御技術の開発に従事



河原 大一郎

1993年日立製作所入社、情報制御システム社 電力システム設計部所属
現在、電力系統監視制御技術の開発に従事
電気学会会員