

電力系統保護制御システムへのイントラネット技術適用

Power System Protection and Control System Applying Intranet Technology

関口 勝彦
SEKIGUCHI Katsuhiko

竹中 章二
TAKENAKA Shoji

白田 義博
SHIROTA Yoshihiro

電力系統保護制御システムのメンテナンスを含めたトータルコストの低減や効率的運用が求められている。当社は、イントラネット技術、Java^(注1)技術を適用した新しい保護制御システムを開発した。広域に分散配置された各変電所の保護制御装置と制御所、事務所のWebサーバ、ブラウザが柔軟に連携することでシステム構築が容易となり相互運用性も向上させることが可能となる。

Rationalization of power system protection and control systems is necessary to achieve overall reductions in costs, including maintenance costs, and to improve operating efficiency.

We have developed a new power system protection and control system applying intranet and Java technologies. In this system, distributed protection and control equipment in substations and Web servers with browsers in control centers or offices are combined seamlessly and flexibly, making it possible to easily configure the total coordinated system and to improve system interoperability.

1 まえがき

電力系統の保護および制御を行う保護制御システムは、電力系統の発展に伴ってトランジスタによるアナログ型からマイクロコンピュータを適用したデジタル型へと1980年から90年代にかけて急速に移行してきている。デジタル化のキーコンポーネントであるデジタルリレーも現在では32ビットプロセッサを搭載した高機能なものが採用され、これに合わせて保護機能、制御機能も従来にない新しい機能が実現され、また精度、信頼性も大幅な進歩を遂げてきた。

今後は変電所の無人化対応、設備の効率的運用、低コスト化が求められると予想され、これらのニーズに対応できる新しい保護制御システムのアーキテクチャが望まれる。

以上のような背景から、当社はイントラネット技術を適用した保護制御システムを開発した。ここではその概要と構成、特長について述べる。

2 システム概要と基本構成

保護制御システムの基本構成を図1に示す。保護制御装置は電力系統の各保護制御対象(送電線、変圧器、母線など)ごとに設置されているが、今回、保護制御装置内をコア領域とWeb領域に分離し、電力系統に対してはコア領域で従来どおりリアルタイムな保護制御演算を行い、Web領域は通信ネットワークを介して他の保護制御装置、サーバ、ブラウザと結ばれヒューマンインタフェース機能、

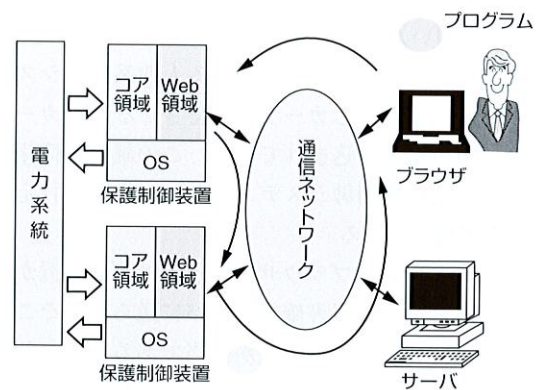


図1. 基本構成 保護制御装置にWeb領域を設け、通信ネットワークを介して他の保護制御装置やブラウザと連携可能とする。

Overview of newly developed power system protection and control system

診断機能などの非リアルタイムな処理をコア領域と協調をとりながら実現する。Web領域は当社第3世代デジタルリレー(DⅢ)ではNCU(制御用ネットワークコンピューティングユニット)として実装する。

Web領域のソフトウェアはJava言語により記述することでネットワーク環境への適合性を高め、またJavaの特長であるハードウェア非依存性、オブジェクト指向言語、安全性などにより高効率、高品質な機能の実現・拡張、異装置間の相互運用性の向上を可能とする。

さらに、広域に分散する保護制御装置から系統情報、装置動作情報などのフィールド情報を収集し処理する統一的

(注1) Javaは、米国Sun Microsystems社の商標。

手法を提案する。これはWeb領域にGPS(Global Positioning System)機能を付加することで得られるタイムスタンプ付きデータを利用するもので図2に示す広域分散プラットフォーム上にさまざまなアプリケーションを実現できる。このようなしくみにより、各保護制御装置および運用者はネットワークを介して容易に離れた場所の系統情報、機器情報を取り込んだり処理、編集することが可能となる。

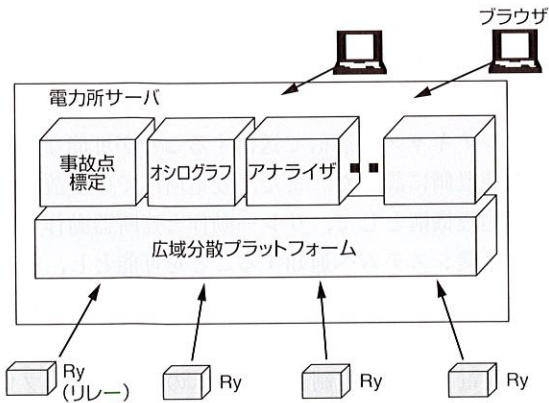


図2. 広域分散プラットフォーム 広範囲に分散配置されたリレー装置のもつ情報を有効利用するためのプラットフォームである。
Platform for widely distributed equipment

3 機能と特長

今回提案するイントラネット応用保護制御システムで実現できる代表的機能の概要と特長、効果、従来技術との比較を以下に述べる。

3.1 遠隔運用・保守機能

保護制御装置の運用保守業務の省力化および障害発生時の対応の迅速化を図るために変電所内に設置されている多数の保護制御装置を遠方の保守担当個所から運用、監視するニーズが高まっている。このような遠隔運用保守システムの実現形態は種々考えられるが今回提案するシステムでは個々の保護制御装置が小さなWebサーバとなることで汎(はん)用ブラウザを用いた遠隔地からのアクセスを可能としている。図3に汎用ブラウザによる遠隔運用監視画面(HTML(HyperText Markup Language)/Javaで記述)を示す。これにより、特別なパソコンソフトウェアを用いずに保護制御装置の運用保守が簡単に行えることになる。

また、運用保守機能をより高度にすることを目的にモバイルエージェントがパソコンおよび保護制御装置間を柔軟に移動し、移動先の装置上で各種の処理を行うことを実現した。下記の三つのモバイルエージェントを開発した。

- (1) 巡視エージェント 装置間を移動し複数の装置の状態を取得する巡視業務を行う。

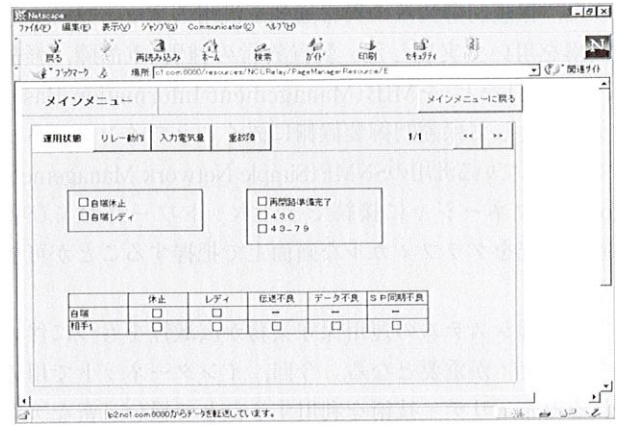


図3. 遠隔運用画面 ブラウザにより保護制御装置の遠隔運用ができる。

GUI of remote supervisory function

- (2) 整定エージェント 複数の装置の一括整定あるいは、装置に常駐して系統の状態を監視し、系統の状態変化により他の装置に移動して整定値を変更する(アダプティブリレーへの応用)。

- (3) 解析エージェント 事故時に装置間を移動し必要なデータを収集解析しレポートを作成する。

いずれのエージェントも従来人間系で行なってきた業務をソフトウェアで代行するもので、広域に設置された保護制御装置から効率良くデータを収集および処理することができる。図4に巡視エージェントの動きを示す。巡視エージェントは自動点検回数の確認・比較、時刻合わせ、レポート作成などの巡視業務を自律的に行い、状況により移動経路を変更する。

モバイルエージェントの技術はハードウェア資源や広域伝送路の帯域を十分確保できない場合に特に有効となる。

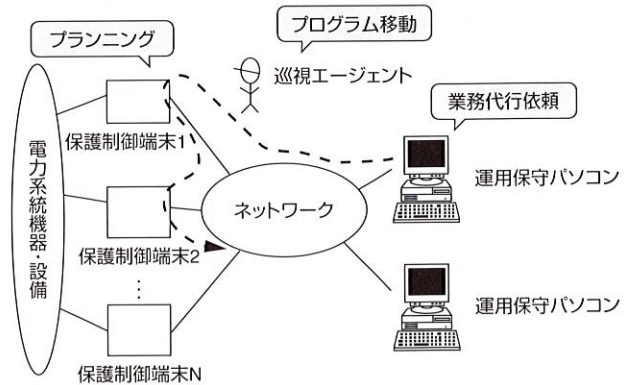


図4. 巡視エージェント 自律的に保護制御装置間を移動するエージェントにより、従来人間系で行なっていた巡視業務の代行ができる。

Patrol agent

また、保護制御装置の異常通知を汎用のネットワーク管理機構を用いて実現した。装置異常の種別(重故障、軽故障、伝送不良など)をMIB(Management Information Base)ファイルとして保護制御装置側に置くことでインターネットで使われている汎用のSNMP(Simple Network Management Protocol)マネージャに接続でき、ネットワークおよび各装置の状況をグラフィカルな画面上で把握することが可能となる。

保護制御システムの運用保守業務が広域性をもつに伴いセキュリティが重要となる。今回、インターネットで用いられるセキュリティ技術を利用することで緻密なアクセスコントロールを実現する見通しを得た。各保護制御装置は戦制に対応したACL(Access Control List)をもち、ブラウザからくる証明書との照合を行い、アクセス権をブラウザに渡す。これにより整定変更などの重要操作には厳密なセキュリティをかけることが可能となる。

3.2 フォルトロケータ、系統事故データの解析・記録

インターネット、イントラネットでは精密な伝送遅延時間の保証を行うことは現状では困難である。一方、広範囲に広がる電力系統の現象を正確に把握するには多地点から得られた事象データに同時刻性が保証されている必要がある。当社はイントラネット技術とGPS技術を組み合わせることで図2に示したように電力系統で発生する事象をブラウザから取り扱える統一的なしくみ(広域分散プラットフォーム)を確立した。複数の保護制御装置からのGPSによる絶対時刻付き電気量瞬時値データはCOMTRADE^(注2)ファイルフォーマットでサーバに転送され、そこで用途に応じた処理が行われる。図5に示すのはこのしくみにより実現した広域オシログラフ機能であり、Javaで記述して

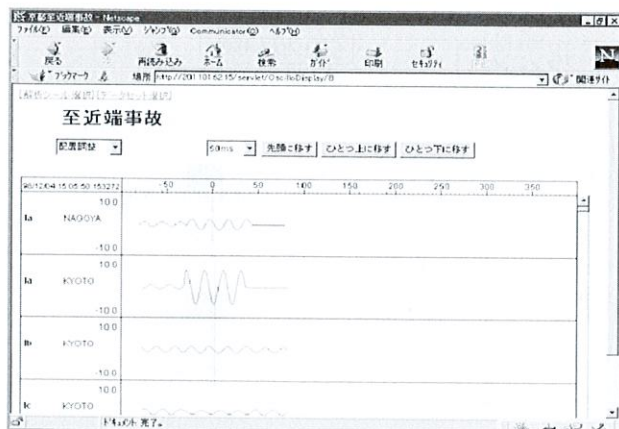


図5. 広域な系統事故解析 GPSによる絶対時刻付きのデータにより、複数の装置からのデータ解析が容易になる。

GUI of fault analysis

いる。ブラウザから電力系統全体を把握することが可能となるわけで、これ以外にも事故点標定(フォルトロケータ)など、さまざまな用途にこのプラットフォームは適用できると考える。また、従来専用ハードウェア装置を必要としていた機能が移植性の高いソフトウェアで実現できることになり経済性、信頼性の点からも大きなメリットがあると考える。

3.3 監視制御

変電所のインテリジェント化、設備のトータルコストダウンを図るためには変電所内の各装置、機器間の連携および変電所と制御所間の連携を進化させていく必要がある。

制御所の計算機システムに対しては、時刻付き状態パケットをマルチキャスト通信で送信することが可能な機構を保護制御装置側に設けた。また、変電所内での事故時情報の高精度処理機構として、リレー動作と遮断器動作を関連付けて計算機システムへ通知することを可能とし、監視制御システム全体を高精度かつスリムなものとする見通しを得た。

また、変電所内の監視制御システムの構築も通信プロトコルの統一が行いやすくなり、またネットワーク指向、ハードウェア非依存性、オブジェクト指向言語であるJavaの採用により、各制御機能ごとの標準化が行いやすくなり相互運用性の高いシステムを実現できる。

3.4 ドキュメント・ソフトウェアの集中管理

従来、保護制御システムに関するドキュメント(装置組立図、展開接続図、取扱説明書、成績書など)は紙の形態で運用管理されてきた。装置の高機能化に伴いドキュメントの量も多くなり、メンテナンス費用も増加していくことが予想される。

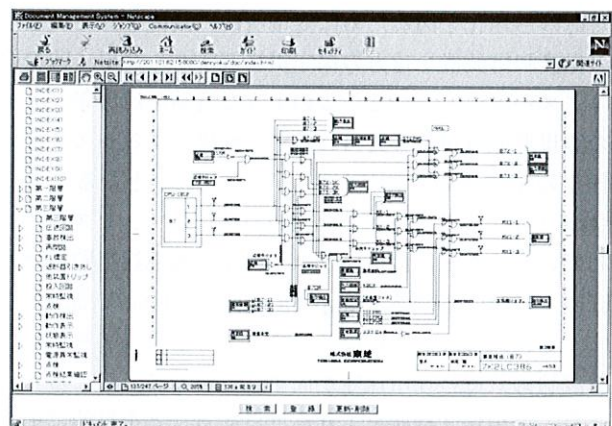


図6. ドキュメント管理 ネットワークによるモバイルドキュメント管理を実現することにより省スペース、省力化に貢献する。

GUI of electronic document management

(注2) IEEE Standard /Common Format for Transient Data Exchange for Power System

今回提案の電力イントラネットの機構を利用して電力所などに設置されるサーバに電子化したドキュメントをファイルとして置き、変電所でのリレー装置保守時にブラウザから検索し取り出せるモバイル形ドキュメント管理システムを開発した。必要ときに必要な場所で必要な保護制御装置のドキュメントを図6のような形態で取り出すことで省スペース、省力化が図れる。

同様に、保護制御システム内のソフトウェアも電力イントラネットで集中管理することが可能となる。仕様変更によるソフトウェア変更は設備停止をすることなく電力所のサーバから該当装置へ配信される。

4 保護制御システム標準化への貢献

今回の提案は、新機能の創出に加え保護制御システムの標準化および相互運用性の向上への貢献も可能と考える。従来、保護制御システムを含む変電所内の装置、機器同士の通信はさまざまな形態で行われ、装置の内部データの取出し方も統一したものはない。また、日進月歩するハードウェアに追従するための保護制御システムのアプリケーションソフトウェアの開発もつど必要であった。これはハードウェア資源を大きく確保することが難しい組込み系制御システム全般の悩みでもある。

今回提案では通信プロトコルの下位層としてはEthernet^(注3)、TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)を、上位層としてはHTTP(HyperText Transport Protocol)、分散オブジェクト通信機構であるRMI(Remote Method Invocation)およびイベント配送フレームワークであるECJ™(Event Centric for Java)を、また装置内部のデータアクセスを統一するためのデータ管理機構を設けている。

データ管理機構はリアルタイムデータを扱う組込み制御システム向けのデータベースとしてコンパクト化して開発したもので、保護制御システムのデータの取出し、操作がデータ管理機構のAPI(Application Programming Interface)を介して行える。このAPIを使用することで保護制御システムのアプリケーション開発はハードウェアやOS(Operating System)を意識しないで可能となる。

(注3) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の商標。

また、これらのアプリケーションはオブジェクト指向言語Javaで作成できることからソフトウェアの再利用性向上が期待できる。

このように保護制御システムの通信とアプリケーションソフトウェア開発の点で標準化を進めるベース技術を今回開発した。

5 あとがき

イントラネット技術を活用した保護制御システムの提案を行い、その機能と特長を述べた。変電所内の装置、機器にマイクロプロセッサが組み込まれてきたのと同様に、近い将来、すべての変電所装置がネットワークに接続される世界になると予想されるが、このようななかでイントラネット技術およびJavaの適用が有効であることを明らかにした。今後は実システムへの適用に向けて開発を進めていく予定である。

今回の提案を具体化することでIPをベースとしたネットワークを中心にデジタルリレーや各変電所機器が結合され、さらに機能・性能を向上させるとともに従来の個々に構築されてきたシステムを統合、発展させていくことが可能になる。また、情報系との情報共有も容易になることからシステムの運用保守形態の革新にもつながっていくと考える。



関口 勝彦 SEKIGUCHI Katsuhiko

電力システム社 府中電力システム工場 電力システム制御部主査。
電力系統用保護継電装置の開発・設計業務に従事。
情報処理学会会員
Fuchu Operations-Power Systems



竹中 章二 TAKENAKA Shoji

電力システム社 府中電力システム工場 電力システム制御部部長。
電力系統用保護制御システムの開発・設計・生産業務に従事。
電気学会会員
Fuchu Operations-Power Systems



白田 義博 SHIROTA Yoshihiro

電力システム社 府中電力システム工場 電力システム制御部。
電力系統用保護継電装置の開発・設計業務に従事。
電気学会会員
Fuchu Operations-Power Systems