

藤田淳文* 鶴 薫**
黒川隆久*
飯塚 剛*

次世代電力系統制御システム

Next Generation EMS/SCADA (Energy Management System/Supervisory Control and Data Acquisition)

Atsufumi Fujita, Takahisa Kurokawa, Tsuyoshi Iizuka, Kaoru Tsuru

要 旨

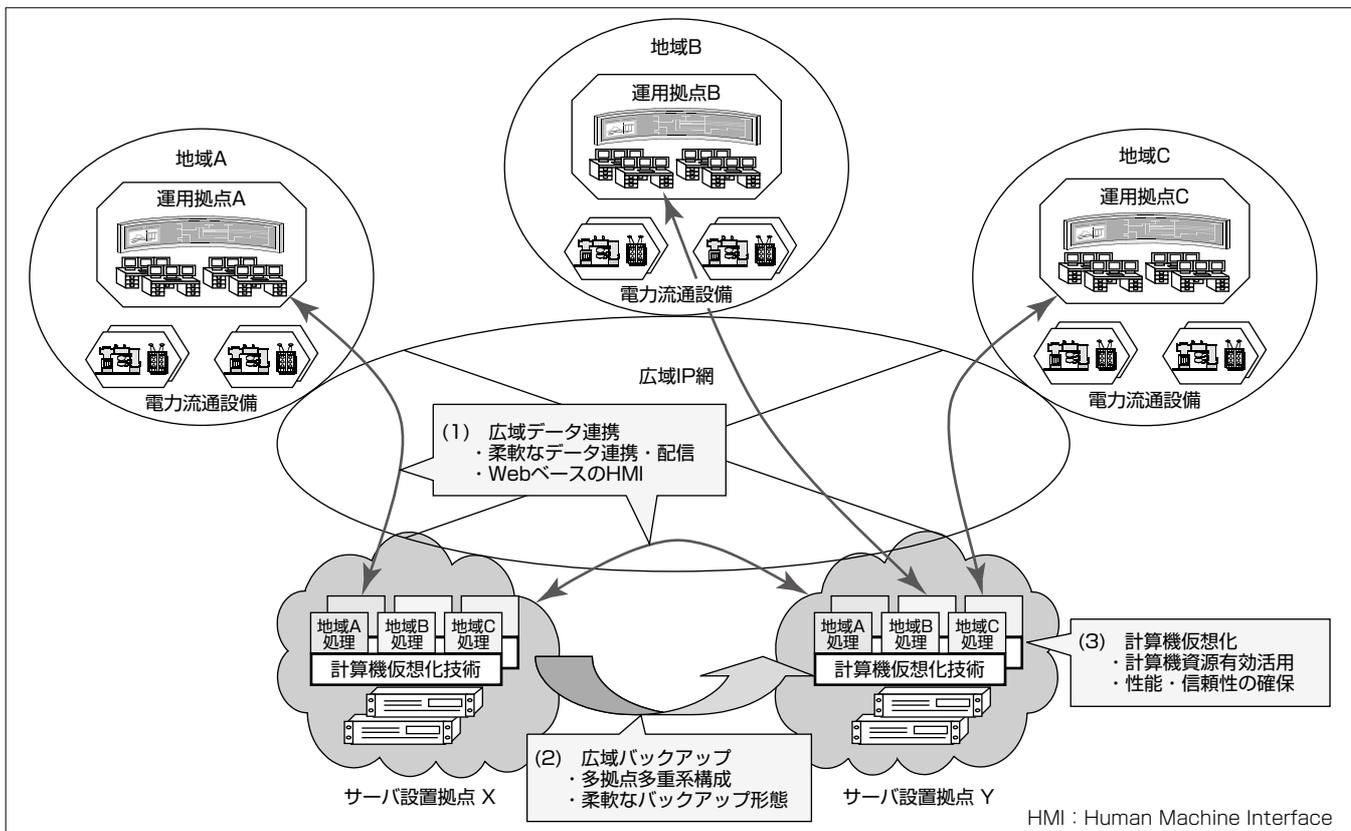
電力系統制御システムは、電力系統の状態を常時監視し、電力流通設備を合理的かつ効率的に運用して良質な電気を安定的に供給する系統運用を支えるITシステムであり、需給バランスに関する指令などを行う中央給電指令所、高圧の送電網や変電所等の監視制御を行う基幹給電制御所、地域の送電網や変電所等を監視制御する給電所・制御所等で構成される。これらのシステムに対し、近年では、被災時にも監視制御業務が継続できる信頼性向上、コストの削減、分散型電源大量導入に対する各種系統運用機能の高度化等のニーズが高くなっている。

信頼性向上とコスト削減の要求に対しては、三菱電機ではこれまで、運転員が駐在する複数の運用拠点と、監視制御処理を実行する監視制御サーバの設置拠点を分散配置した広域分散型システムを市場投入することによって、シス

テムの最適化を図ってきた。次世代電力系統制御システムでは、さらに、多重化した監視制御サーバ間を高度に広域連携することによって、サーバ拠点被災時にも他のサーバ拠点でシステムの運転が継続可能な高い信頼性を確保するとともに、計算機仮想化技術を適用することによってシステム全体のライフサイクルコストの削減を図る。

本稿では、複数の運用拠点、サーバ設置拠点を広域分散させた次世代系統制御システムの要素技術である、“広域データ連携技術”“広域バックアップ技術”の開発と、“計算機仮想化技術”による計算機資源の有効活用の取組みについて述べる。

今後は、さらに、分散型電源の導入量拡大や系統運用の複雑化の進展に対する運転員支援機能の拡充を図り、電力の安定供給に寄与していく。



次世代電力系統制御システム

次世代電力系統制御システムでは、広域分散型システムを更に発展させ、システム全体での信頼性・柔軟性の向上、ライフサイクルコストの削減を実現した。開発にあたっては、当社のもつアプリケーション及びシステム構築に関わる各種技術と、最新のシステムインフラ技術を融合し、(1)広域データ連携、(2)広域バックアップ、(3)計算機仮想化についての強化を行った。

1. ま え が き

ITシステムを支える計算機やネットワーク等のシステムインフラ技術の進歩は著しく、これらの最新技術を電力系統制御システムに活用することによって、信頼性やコスト削減のニーズに対応することが期待されている。当社では、電力系統制御システムという高信頼性と応答性能が要求される分野で、最新のインフラ技術を適用し、高信頼性とライフサイクルコスト削減を両立させた次世代電力系統制御システムを開発し、順次市場に投入している。

本稿では、計算機システムを高度に広域連携することによる信頼性の確保と、計算機仮想化技術を適用したコスト削減の取組みについて述べる。

2. 背 景

2.1 電力系統制御システムの変遷

電力系統制御システムは、電力会社の電力流通設備を監視制御するためのITシステムであるが、技術とニーズの変遷とともに、システム構成も次のように変化してきた(図1)。

(1) 集中型システム

従来は、監視制御処理を実行する計算機群と、運転員が用いる監視制御端末(監視盤、制御卓)が同一拠点に設置され、主計算機によって集中監視制御していた。

(2) オープン分散型システム

1995年ごろから、各拠点の計算機は産業用計算機による集中型のシステム構成から、汎用サーバを用いて機能ごとに分散処理する、オープン分散型のシステム構成に移った。

(3) 広域分散型システム

2005年ごろからは、監視制御サーバが置かれるサーバ設置拠点と運用拠点を分離し、広域IP(Internet Protocol)網で接続する広域分散型システムを開発して⁽¹⁾、各電力会社に納入してきた。

現在では、東日本大震災を機に、拠点被災対策を含むシステムの信頼性の向上と、更なるライフサイクルコスト削減が求められている状況である。

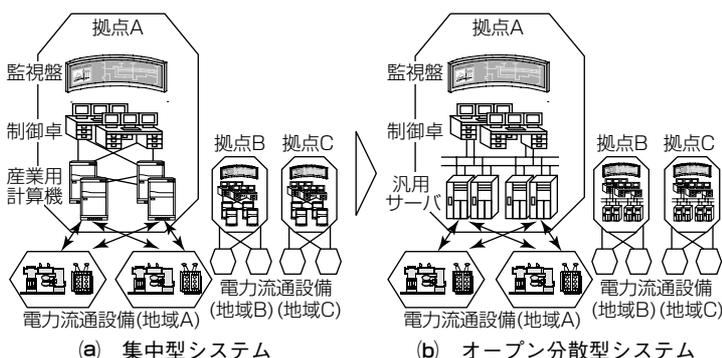


図1. 電力系統制御システム構成の変遷

2.2 次世代系統制御システムの開発コンセプト

当社では、これらのニーズに対応するために、次のコンセプトで、広域分散型システムを更に発展させた次世代電力系統制御システムを開発し実用化した。

(1) 被災を考慮したシステム信頼性の向上

広域IP網をベースに広域連携したシステムを構築することによって拠点の設置場所の制約をなくし、柔軟なシステム構成を可能にした。さらに、拠点間で広域にバックアップすることによってシステム全体の信頼性を向上させた。

(2) ライフサイクルコストの削減

最新のシステムインフラ技術を適用して、計算機資源(CPU、メモリ、ディスク、LAN)を有効活用することで、システム全体でのライフサイクルコストを削減した。

2.3 課 題

開発コンセプトの実現にあたり次の課題があった(図2)。

(1) 広域データ連携での課題

通常、広域IP網の運用では、伝送帯域、通信方法等に制約があるため、拠点間のデータ連携が課題となる。例えば、系統状態などのリアルタイムに変化するデータを、多数の計算機に対して同報通信するために用いてきたブロードキャスト通信が使用できないなどへの対応が必要である。

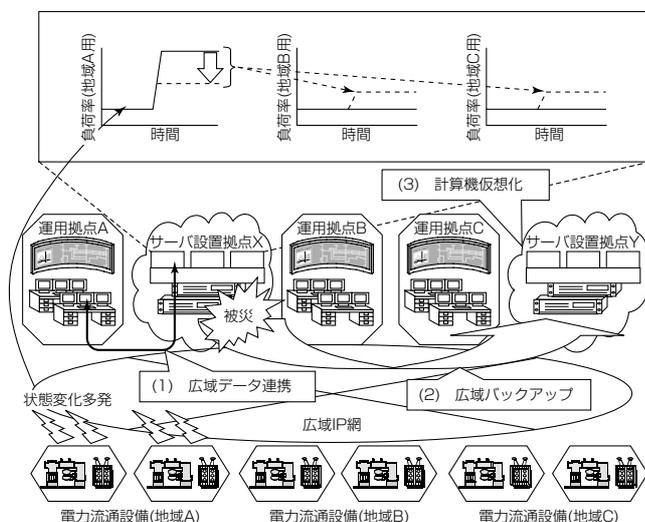
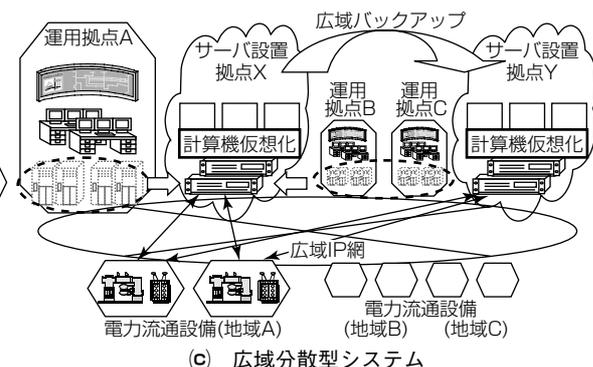


図2. 次世代系統制御システムの課題



(2) 広域バックアップでの課題

万一、サーバ設置拠点又は運用拠点が被災した場合でも、監視制御処理の継続が求められるため、広域IP網を活用した拠点間のバックアップ方法が課題となる。

(3) 計算機仮想化での課題

広域分散型システムでは、サーバを集中設置することができ、計算機仮想化技術によってサーバ統合を実現することでコスト削減が期待できる。地域用処理間でサーバを共有する際に、計算機資源の有効活用と、性能及び信頼性の確保が課題となる。

3. 次世代電力系統制御システムの開発

次世代電力系統制御システムの開発では、システムインフラにおける新技術・新方式を積極的に評価・導入して、これらの課題を解決した。

3.1 広域データ連携の実現

(1) 柔軟なデータ連携・配信

広域IP網上のデータ連携方法として、マルチキャスト通信方式やVPN(Virtual Private Network)等が通信インフラでサポートされない環境又は狭帯域の環境でも拠点間通信が柔軟に実現できるように、広域IP網上はユニキャスト通信方式だけで効率的に同報通信を可能にする機構を開発した。また、セキュリティに配慮し、暗号化やIP分離等の対策機能を実装した。

(2) WebベースのHMI

広域分散型システムでは、①伝送帯域の制約、②通信プロトコルの制約、③遠隔地のソフトウェア保守容易化の考慮が必要となる。そこで次のようにWebベースのHMIを実現し、操作性の向上とともに、これらの課題を解決した。

①監視制御端末へデータを直接配信するのではなく、一旦、HMI用サーバで画面を生成して変化部だけを配信することによって広域IP網に流れるトラフィックを削減した。

②汎用のユニキャスト通信(HyperText Transport Pro-

ocol:HTTP)だけで通信を実現し、特殊な通信ポートの開設を不要とした。

③制御卓のソフトウェア更新はサーバ設置拠点からの自動ダウンロードとし、機能拡張や制御卓増設を容易にした。

3.2 広域バックアップの実現

(1) 多拠点多重系構成

拠点被災時に監視制御処理を継続するためには、拠点間で広域バックアップする必要があるため、複数の拠点をまたがった多重系構成を可能とした。

(2) 柔軟なバックアップ形態

各電力会社のシステムの特性に応じて採用できるように、次の3つのバックアップ形態に対応可能とした(図3)。

①専用バックアップ方式

通常の運転拠点とは別に、構成を簡素化した専用のバックアップ拠点を配置し、被災時には必要最低限の運転業務を継続可能とする方式

②相互バックアップ方式

平常時、各拠点は個別の監視制御対象を管轄するが、拠点被災時には、他方の拠点で処理を継続可能とする方式

③分散バックアップ方式

各サーバ設置拠点は同一の監視制御対象を管轄し、運用拠点はどちらのサーバ設置拠点とも接続可能とする方式

3.3 計算機仮想化技術の適用

計算機仮想化技術を適用して⁽²⁾、複数地域用のサーバを統合して台数を削減する。また、サーバ保守期間切れに伴うサーバハードウェア交換で、OSに対して新旧ハードウェアの差異を隠蔽でき、ソフトウェア資産(OS, ミドルウェア, アプリケーション)の継承が容易になり、ライフサイクルコスト削減に貢献する。

電力系統制御システムに計算機仮想化技術を適用するにあたり、次に示す設計及び機能強化を行った。

(1) 計算機資源の有効活用

複数の地域用処理で計算機資源を共有して有効活用し、

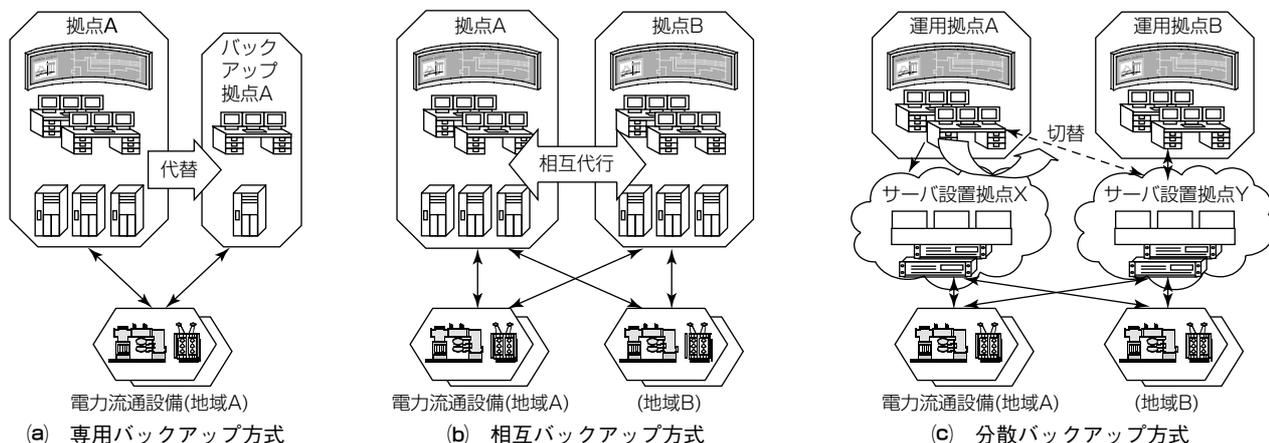


図3. 柔軟なバックアップ形態

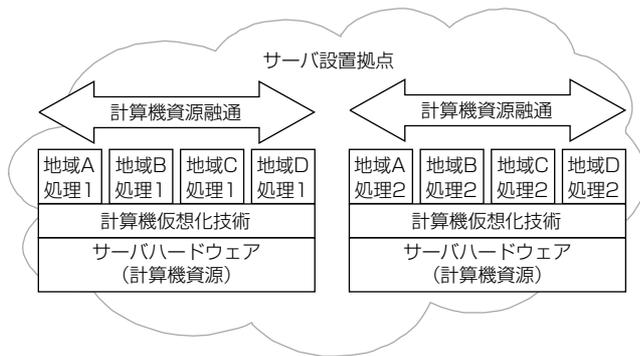


図4. 計算機資源の有効活用

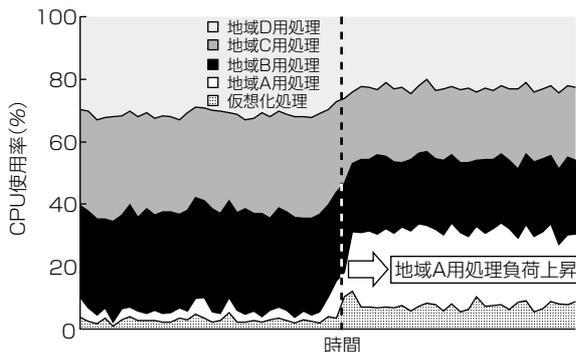


図5. CPU資源融通の結果(過負荷時の例)

かつ性能要件を満足させるため、次の対策を実施した⁽³⁾。

①仮想化オーバーヘッドの削減

計算機仮想化技術の適用では、一般的に仮想化処理によるオーバーヘッドが課題となるが、OSが仮想化を意識する準仮想化方式を採用して性能劣化を抑えた。

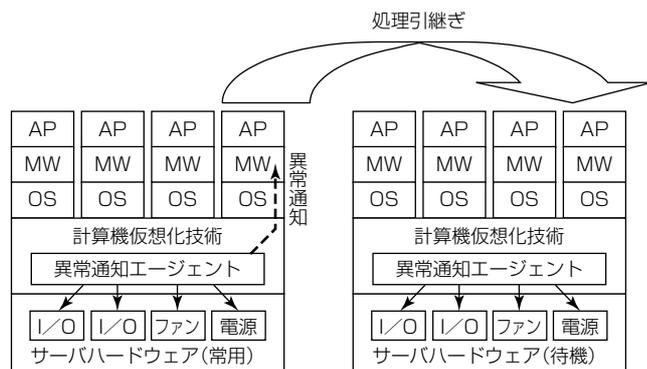
②処理の最適配置

落雷などの局地的な系統事故による処理負荷増大時には、計算機資源の融通が必要になるが、同一地域用の処理を1台のサーバに統合せず、異なる地域用の処理を統合する構成として、融通できる計算機資源を確保可能とした(図4)。

③計算機資源の融通

各地域用処理が競合する場合でも性能要件を満足させるために、必要最低限の計算機資源割当てを保証した上で、余裕がある場合には負荷の高い地域用処理に融通可能とした。

これらの対策によって、サーバ台数を大幅に削減しながら、処理負荷増大(監視制御対象の状態変化増大による)時にも、迅速かつ安定した処理を実現した。図5に過負荷時のCPU資源融通の例を示す。地域A用処理として監視制御の負荷試験を行いながら、地域B~D用処理に連続最大負荷(ビジーロード)を与えた。地域A用の負荷が軽いと他地域用にCPU資源を融通し、地域A用の負荷が増大すると地域A用にCPU資源を確保する。また、仮想化処理に割かれるCPU負荷は十分小さい(全体の1/10程度以下)ことが分かる。



AP: アプリケーションプログラム, MW: ミドルウェア

図6. 異常通知エージェント

(2) 信頼性の確保

複数の地域用処理で計算機資源を共有するため、サーバ故障による影響拡大がリスクとなるが、次の方策を講じることで、信頼性を確保した。

①異常通知エージェント

計算機仮想化技術を適用すると、OS上からはハードウェアの異常を直接検知できなくなるが、仮想化階層で検出した異常を各OS上のミドルウェアに通知する異常通知エージェントを開発し、従来と同様のミドルウェアによる待機系への処理引継ぎを可能とした(図6)。

②処理の引継ぎ確認

サーバでの処理継続に影響のあるハードウェア故障要因を洗い出し、それらを仮想化階層で模擬的に発生させ、処理の引継ぎが正常に動作することを確認した。

4. む す び

次世代電力系統制御システムでは、最新技術を積極的に適用し、広域データ連携、広域バックアップ、計算機仮想化を実現し、電力会社のニーズである高い柔軟性及び信頼性とライフサイクルコスト削減を両立させた。具体的には、柔軟なデータ連携・配信、WebベースのHMI、多拠点多重系構成、柔軟なバックアップ形態、計算機資源有効活用、性能・信頼性の確保に関する技術を確認し、実用化の先駆けとなることができた。

また、今後はさらに、分散型電源の導入量拡大や系統運用の複雑化の進展に対し、更なる運用者支援機能の拡充も図っていく予定である。

参 考 文 献

(1) 塚原 研, ほか: 次世代系統制御システムの基本フレームワーク, 三菱電機技報, 79, No.12, 785~788 (2005)
 (2) 計算機仮想化技術を適用した次世代電力系統制御システム, 三菱電機技報, 86, No.1, 11 (2012)
 (3) 藤田淳文, ほか: 制御所システムへの計算機仮想化技術の適用, 電気学会全国大会講演論文集, 6-233 (2012)