

次世代電力系統制御システム向けプラットフォーム技術

菅井尚人* 郡 光則**
塚原 研*
鶴 薫**

Next Generation EMS/SCADA Platform

Naoto Sugai, Ken Tsukahara, Kaoru Tsuru, Mitsunori Kori

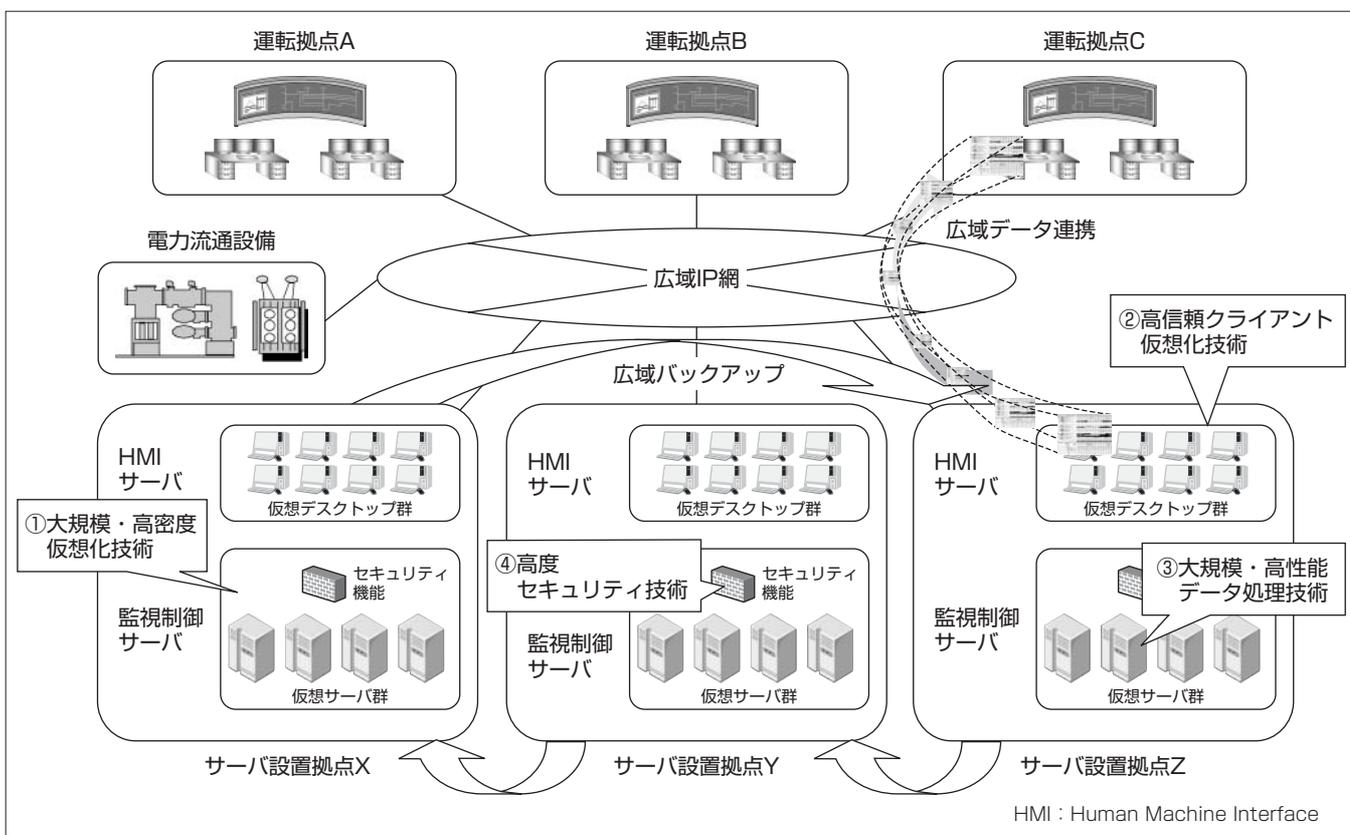
要 旨

電力系統制御システム (Energy Management System/Supervisory Control And Data Acquisition : EMS/SCADA) 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 (Information Technology) システムである。需給バランスの指令などを行う中央給電指令所、高圧の送電網や変電所など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などを監視制御する給電所・制御所などのシステムで構成されている。最近では、これらのシステムは、電力システム制度改革に向けた機能高度化や運用体制変化への対応、更なる保守性向上などが求められている。

三菱電機は、サーバ設置拠点と運転拠点を分離して広域

IP (Internet Protocol) 網で接続する広域分散型システムを開発し、各電力会社に納入してきた。この広域分散型システムの実現に当たっては、様々な制約を持つ広域IP網のインフラに柔軟に対応できる各種広域データ連携技術を適用し、拠点被災時にも他の拠点でシステムの運転継続を可能とする等、電力会社のシステムの特性に応じたバックアップ形態への対応による信頼性向上を図った。また、計算機仮想化技術の適用によってライフサイクルコストの低減を実現した。

次世代電力系統制御システム向けプラットフォームの開発では、この広域分散型システムに適用した技術を更に発展させ、監視制御対象拡大や機能高度化ニーズへの対応、保守性の更なる向上、高信頼性の確保に取り組んだ。



次世代電力系統制御システム向けプラットフォーム

次世代電力系統制御システム向けプラットフォームの開発では、広域分散型システムを更に発展させ、監視制御対象の拡大や機能高度化、保守性の向上と信頼性確保の課題に取り組んだ。これらの課題を①大規模・高密度仮想化技術、②高信頼クライアント仮想化技術、③大規模・高性能データ処理技術、④高度セキュリティ技術によって解決し、電力会社のニーズに応えることのできるプラットフォームを構築した。

1. ま え が き

ITシステムを支える計算機やネットワークなど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、信頼性向上やコスト低減のニーズに対応することが期待される。当社では、電力系統監視制御という高い信頼性と応答性能が要求される分野で、最新のシステムインフラ技術を適用した開発を行い、順次市場に投入している。

本稿では、次世代電力系統制御システム向けプラットフォームの大規模・高密度仮想化技術、高信頼クライアント仮想化技術、大規模・高性能データ処理技術と、高度セキュリティ技術について述べる。

2. 背 景

2.1 電力系統制御システムの変遷⁽¹⁾

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システムであり、技術とニーズの変遷とともにシステム構成も変化してきた。

従来のシステム構成は、監視制御処理を実行するサーバ群と運転員が用いる監視制御端末(監視盤, 制御卓)が同一拠点内に設置される形態が主流であったが、当社は2005年頃からはサーバ設置拠点と運転拠点を分離して広域IP網を介して接続する広域分散型システムを市場投入してきた。最近の広域分散型システムでは、被災を考慮したシステム信頼性の向上を目的に広域データ連携と広域バックアップ技術を適用し、また、ライフサイクルコスト低減を目的に計算機仮想化技術を適用している(図1)。

(1) 広域データ連携の実現

マルチキャスト通信方式やVPN (Virtual Private Network)などがサポートされない通信インフラや、狭帯域の

環境下でも効率的な拠点間通信を実現するため、広域IP網上のユニキャスト通信だけで複数計算機に同報通信を行う機構と、通信データをリアルタイムに圧縮・解凍する機構を開発し、柔軟なデータ連携・配信を可能にした。また、WebベースのHMIを開発し、操作性の向上とともに伝送帯域の制約への対応、通信プロトコルの制約への対応と、遠隔地でのソフトウェア保守性向上を実現した。

(2) 広域バックアップの実現～事業継続性(Business Continuity Plan : BCP)への対応

多拠点多重系構成での拠点間広域バックアップによって、拠点被災時にも監視制御業務を継続可能にした。各電力会社のシステムの特성에応じて、次の3つのバックアップ形態に対応した(図2)。

(a) 専用バックアップ方式

通常の拠点とは別に、専用のバックアップ拠点到構成を簡素化したシステムを配置し、被災時には必要最低限の運転業務を継続可能にする方式(図2(a))。

(b) 相互バックアップ方式

平常時には各拠点それぞれの監視制御対象を管轄するが、拠点被災時には、他方の拠点で運転業務を継続可能にする方式(図2(b))。

(c) 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、運転拠点はどちらのサーバ設置拠点とも接続可能にする方式(図2(c))。

(3) 計算機仮想化技術の適用

計算機仮想化技術の適用によって、サーバ計算機台数の削減とサーバ計算機交換時の新旧ハードウェアの差異隠蔽によるソフトウェア資産(OS, ミドルウェア, アプリケーション)の継承を可能とし、ライフサイクルコストを低減した。計算機仮想化技術を適用するため、仮想化オーバ-

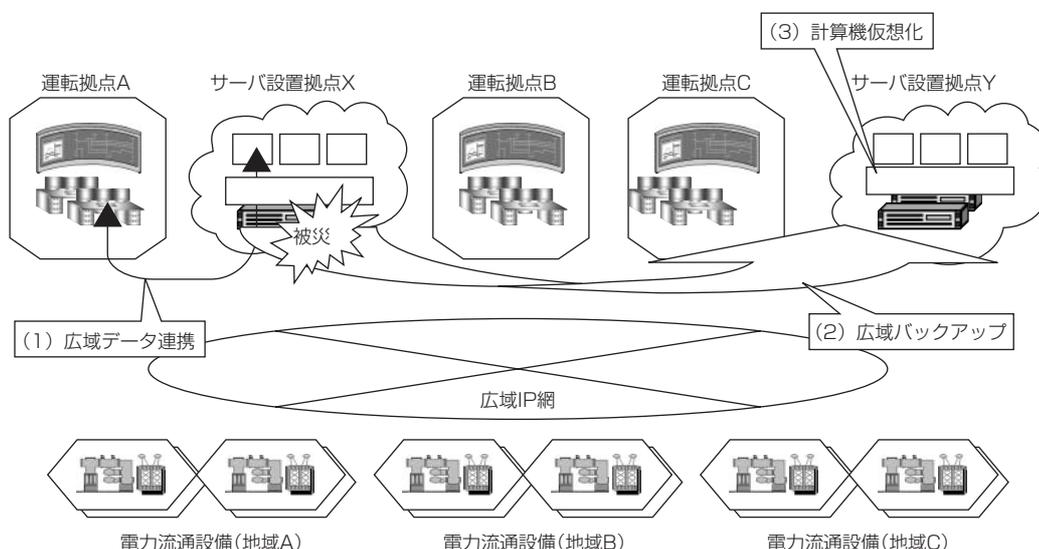


図1. 広域分散型システム

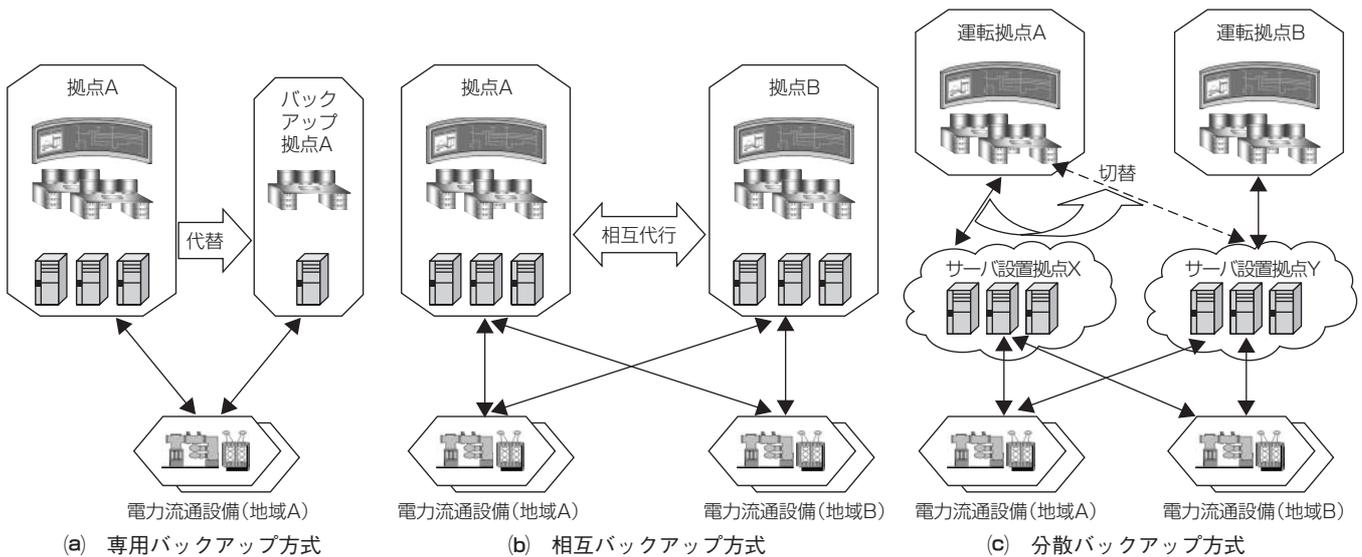


図2. ニーズに応じたバックアップ形態の提供

ヘッドの低減，処理の最適配置，計算機資源の融通などの対策を実施した⁽²⁾。また，仮想化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，信頼性を確保した。

2.2 次世代電力系統制御システム向けプラットフォームに求められる課題

当社は，次に示す昨今の新たな顧客ニーズに応えるため，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向けプラットフォームの開発を行った。

(1) 監視制御対象拡大への対応

電力システム制度改革に伴う運用業務の変化に合わせ，管轄範囲の柔軟な変更や機能高度化への柔軟な対応が必要となる。さらに，監視制御対象機器や範囲の拡大に対応し，大量データを活用した高付加価値サービスを提供するための基盤を実現する必要がある。

(2) 保守性の更なる向上

保守が必要な計算機設備の更なるスリム化によって保守性を向上させ，ライフサイクルコストの低減を図る必要がある。また，ソフトウェアやデータベースの一元化によってメンテナンスの効率化を図る必要がある。

(3) 信頼性の確保

監視制御対象の拡大に伴い，スマートグリッド等の様々なシステムとの連携が増えることが想定される。また，社会インフラのセキュリティ向上の要求が高まっていることから，セキュリティや可用性を含めた信頼性の強化が一層必要となる。

3. 次世代電力系統制御システム向けプラットフォーム

次世代電力系統制御システム向けプラットフォームの開発では，新技術を積極的に評価・導入して先に述べた課題を解決した。

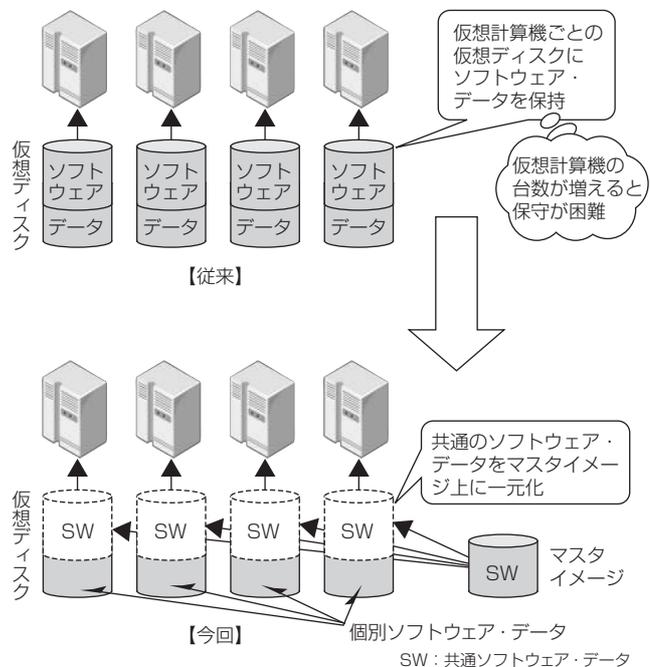


図3. 仮想化環境におけるソフトウェアの一元化

3.1 大規模・高密度仮想化技術

次世代電力系統制御システム向けプラットフォームでは，1台のサーバ計算機上に集約統合して搭載する計算機台数をこれまでの数台レベルから数十台レベルに大幅増加させた環境下でも，処理性能や信頼性を確保し，また各仮想計算機が提供するサービスに対するシームレスなアクセスを可能としている。これによって，監視制御対象の拡大や高付加価値機能への対応に加え，ソフトウェア機能の追加・改造時の保守性を向上させている。

(1) リソース制御

1つの物理計算機上に多数の仮想計算機を実装可能とするため，仮想計算機が相互に影響を与えないようにする独立性の確保が重要になる。次世代制御システム向けプラッ

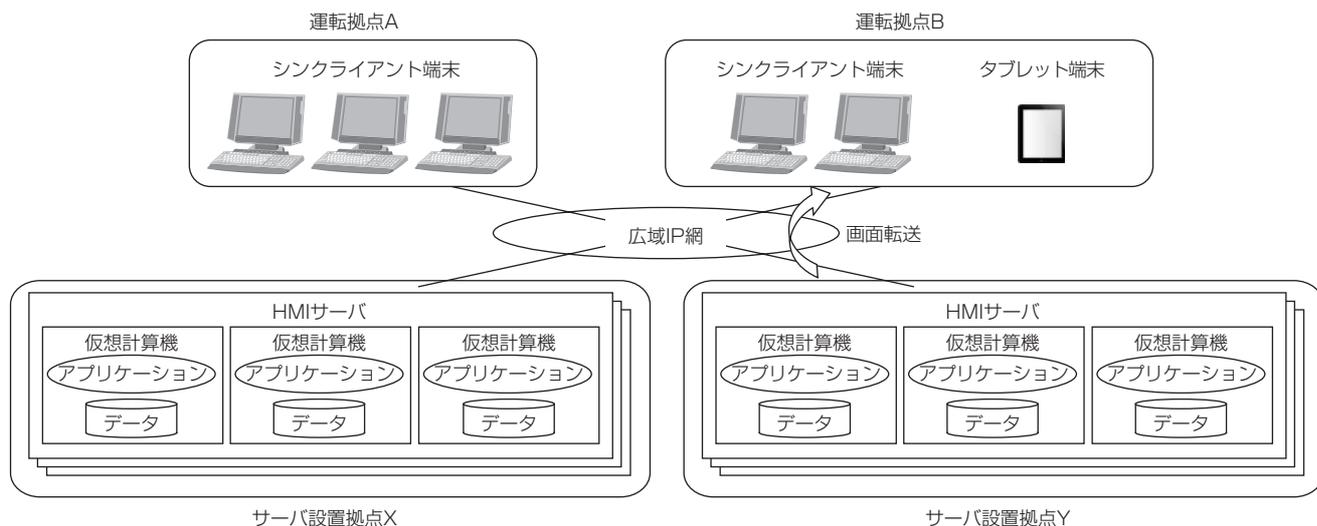


図4. クライアント仮想化

トフォームでは、CPU、メモリ、ネットワーク、ハードディスクなどのリソースを適切に制御する技術を確認した。これによって、仮想計算機の独立性を確保し、物理計算機のハードウェアを有効に活用した効率的な動作を可能としている。また、将来のニーズ対応に必要な仮想計算機の追加を容易にしている。

(2) 仮想化環境でのソフトウェアとデータ一元化

従来の仮想化技術では、仮想計算機ごとの仮想ディスクに個別にソフトウェアやデータを実装していた。

このため、仮想計算機の台数が増えるとソフトウェア更新時の保守が困難になるという課題があった。この課題を解決するため、仮想計算機間で共通のソフトウェア・データをマスタイメージ上に一元化した。各仮想計算機は、マスタイメージと計算機個別のソフトウェア・データなどを含む仮想ディスクを組み合わせて使用する(図3)。

これによって、共通ソフトウェア・データの更新はマスタイメージ上で1回行うだけとなり、保守性の向上を実現したほか、ディスク使用量も削減した。

3.2 高信頼クライアント仮想化技術

これまで個々の端末に実装されていたHMI機能を仮想計算機として実装し、サーバ計算機上に集約した(図4)。

データ保存や処理をサーバ側で集中管理し、端末側にはソフトウェアやデータを持たせないシンクライアント方式とした。これによって、ソフトウェアの保守性向上とセキュリティ強化を実現している。クライアント装置としては、ハードディスクを持たず耐久性や信頼性が高いシンクライアント端末に加え、タブレット端末やスレートパソコンも使用可能としており、BYOD(Bring Your Own Device)にも対応することで業務の効率化にも寄与する。

大規模集約環境でもシンクライアント端末の増設に容易に対応するため、シンクライアント端末とHMIサーバの接続管理を自動化するコネクションブローカ機能を開発した(図5)。

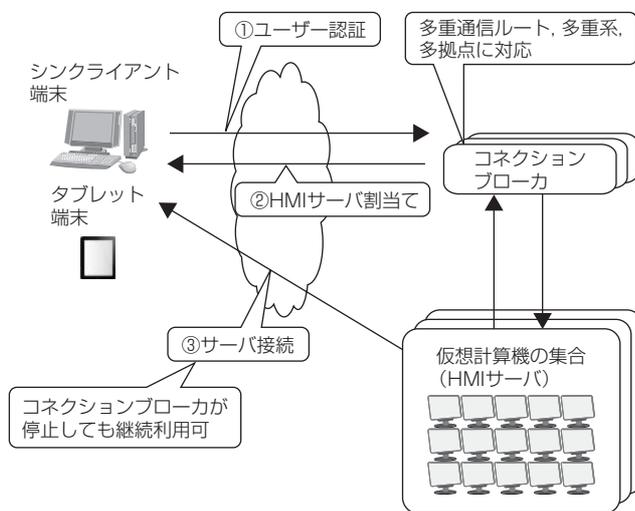


図5. コネクションブローカ

コネクションブローカはシンクライアント端末からの接続要求を受け付け、ユーザー認証を実施した後に、適切な接続先HMIサーバを決定してシンクライアント端末に通知する。これによって、HMIサーバ故障時にも代替サーバの割当てを容易に行うことができ、可用性を向上させた。

また、コネクションブローカはユーザー認証とサーバ管理の機能を併せ持つため、ユーザーの権限に応じてHMIサーバを割り当てることが可能である。これによって、例えば特定のユーザーには機能制限のあるHMIサーバを割り当てるなど柔軟性を持ったシステム構築が実現できる。複数のサーバ設置拠点が設けられるシステム構成では、各サーバ設置拠点に配置されたコネクションブローカ同士がネゴシエーションを行い、システム全体の中から最適なHMIサーバを割り当てることできる。

3.3 大規模・高性能データ処理技術

監視制御範囲の拡大に対応して、広範囲のデータを長期間にわたって蓄積し、分析等に活用するニーズが高まって

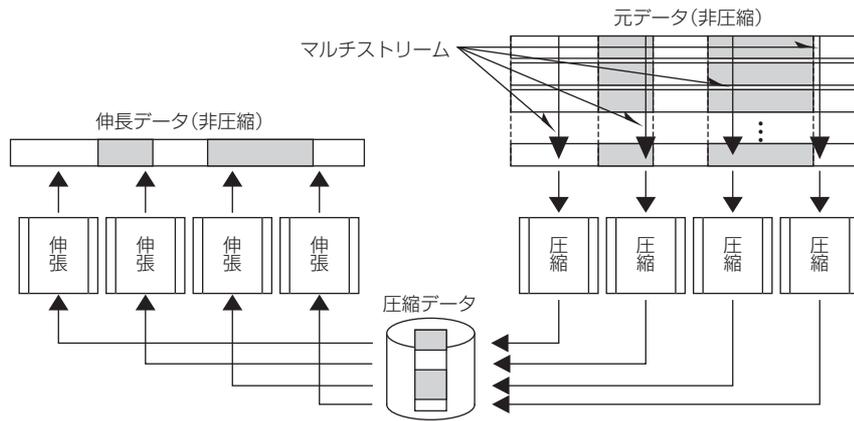


図 6. 大規模・高性能データベース

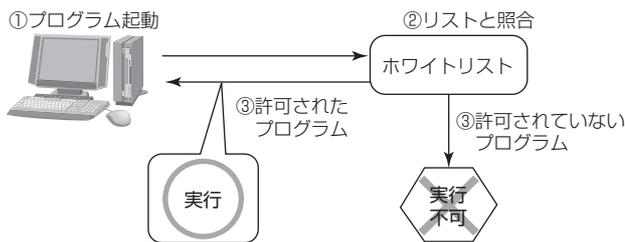


図 7. OSホワイトリスト機構

いる。このため、大量のデータを高速に検索することが可能な当社独自の大規模・高性能データベース⁽³⁾を適用した。

この大規模・高性能データベースでは、大容量・非定型のデータに対してデータの特性に依じた圧縮を行うことによって、ストレージ容量を大幅に削減することが可能である。また、多数のプロセッサやディスクを用いた並列処理によって、データ量が増加しても安定した性能を実現し、一般のRDBMS(Relational Database Management System)に比べて大幅な高速検索が可能である(図 6)。

3.4 高度セキュリティ技術

広域分散型システムの導入によって、広域IP網を使用することから、暗号化、侵入防止システム、IP分離装置などのセキュリティ対策を実施してきた。次世代電力系統制御システム向けプラットフォームでは、次に示す更なるセキュリティ強化を実現している。

(1) OSホワイトリスト機構⁽⁴⁾

OS上であらかじめ許可されたプログラム以外の実行を禁止するOSホワイトリスト機構を開発した(図 7)。従来のパターンマッチングによるウイルス対策ソフトに比べ、未知の脅威へも対応可能であり、パターンファイルの継続的な更新も不要となる利点がある。OSホワイトリスト機構は、ホワイトリストの初期設定に手間がかかる課題があったが、自動学習機能を実装することで設定の容易化を実現した。また、システム開発・検証時の利便性を考慮し、許可されていないプログラムの実行時にログを記録して、

プログラムの実行は可能とする警告モードも実装した。このOSホワイトリスト機構は当社が独自に開発したものであり、セキュリティソフトベンダーに依存することなく自らによる長期保守が可能である。

(2) ユーザー認証の強化

先に述べたとおり、シンクライアント端末として多様なデバイスを接続可能としていることから、セキュリティ確保のためにはユーザー認証を強化する必要がある。これに対応するため、IEEE 802.1Xによる認証方式を実装している。RADIUS(Remote Authentication Dial In User Service)認証サーバを多重化することによって、セキュリティを確保しながら、可用性も損なわれることがないように配慮している。

4. む す び

次世代電力系統制御システム向けプラットフォームの大規模・高密度仮想化技術、高信頼クライアント仮想化技術、大規模・高性能データ処理技術、高度セキュリティ技術について述べた。

今後は、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てユーザーインターフェースの高度化等、更なる運用者支援機能の拡充も図っていく。

参考文献

- (1) 藤田淳文, ほか: 次世代電力系統制御システム, 三菱電機技報, **86**, No.9, 498~501 (2012)
- (2) 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, 平成24年電気学会全国大会, 電力システム, 417~418 (2012)
- (3) 郡 光則, ほか: 高性能並列情報検索技術, 三菱電機技報, **83**, No.12, 705~708 (2009)
- (4) 伊藤孝之, ほか: Linuxにおけるプログラムホワイトリスト化試作, 情報処理学会第77回全国大会, 4E-02 (2015)