

ハードウェアの制約から解き放つ仮想空間設計環境と実機レス検証システム

Virtual Engineering Environment and Hardwareless Simulation System to Improve Operational Efficiency of Thermal Power Plants

丸山 将司 須藤 昌吉 大滝 裕樹

■ MARUYAMA Masashi ■ SUDO Akiyoshi ■ OHTAKI Yuki

東日本大震災以降、火力発電プラントの稼働率向上の必要性が高まり、監視制御システムの更新などにおいて製造リードタイムや現地工事期間の短縮が強く求められている。

東芝は、このようなニーズに応えるため、仮想化技術を用いて、設計から試験までのプロセスをスルーしたエンジニアリングが可能な、革新的なモノづくりの環境を開発した。これは、設計プロセスの整流化を行う仮想空間設計環境と、実機に依存しない検証試験が可能な実機レス検証システムなどから構成されている。

Enhancement of the operational efficiency of thermal power plants has become increasingly important since the Great East Japan Earthquake. As a consequence, it has become necessary to reduce production lead times and site installation periods at the time of equipment renewal such as supervisory monitoring and control system replacement.

Toshiba has developed an innovative production environment that encompasses each of the development processes from design and manufacturing to testing of equipment for thermal power plants, including supervisory monitoring and control systems, applying virtualization technologies. This production environment consists of both a virtual engineering environment that facilitates the streamlining of design processes, and a simulation system that realizes hardwareless tests. We have applied this environment to a supervisory monitoring and control system and confirmed that it achieves reductions in the production lead time and site installation period and contributes to the improvement of plant operational efficiency.

1 まえがき

東日本大震災以降、わが国全体の電力供給に占める火力発電の割合が90%に達し、火力発電プラント（以下、プラントと略記）の重要性が高くなっている。それに伴い、老朽化したプラントの稼働再開や高効率プラントの稼働率向上のために、納入する機器の製造リードタイムや現地工事期間の短縮が強く求められるようになった。

東芝は、このようなニーズに応えるため、プラントの運転操作を行うHMI (Human Machine Interface) とプラントの制御を行う制御装置から成る監視制御システムの開発及び製作に仮想化技術を適用した、仮想空間設計環境と実機レス検証システムを開発した。

ここでは、これらの概要と特長について述べる。

2 仮想化技術適用の考え方

仮想化技術とは、1台のサーバ上で、仮想マシンと呼ばれる複数のOS（基本ソフトウェア）を動作させる技術である。これらの仮想マシンを利用する際は、ユーザーのOA端末（ユーザーが業務で使用するパソコン）からサーバ上の仮想マシンに接続することで、仮想マシンの出力画面をOA端末側に表示し、キーボードやマウスで操作を行うことができる。

昨今、CPUの高速化、搭載可能なメモリ容量の増加、及び仮想化技術の向上などにより、1台のサーバ上で動作可能な仮想マシンの台数を飛躍的に増やすことができるようになり、更には、それらの仮想マシン間を仮想のネットワークで接続できるようになった。

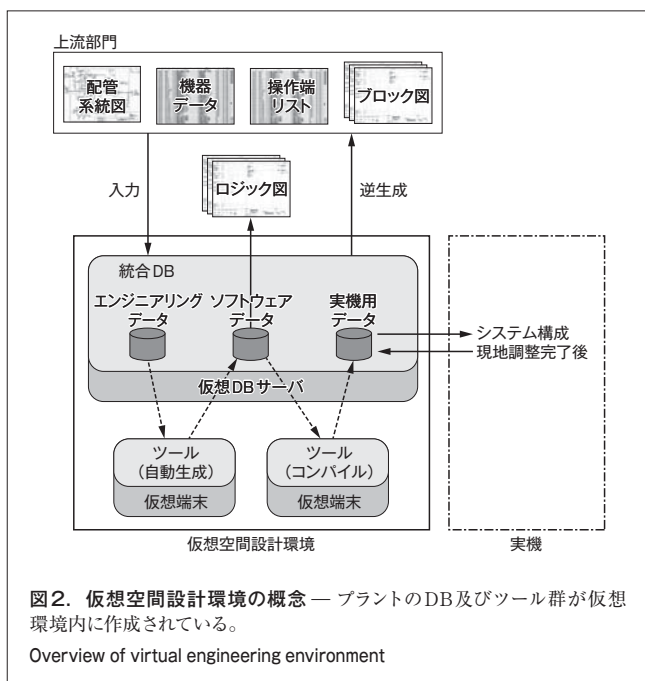
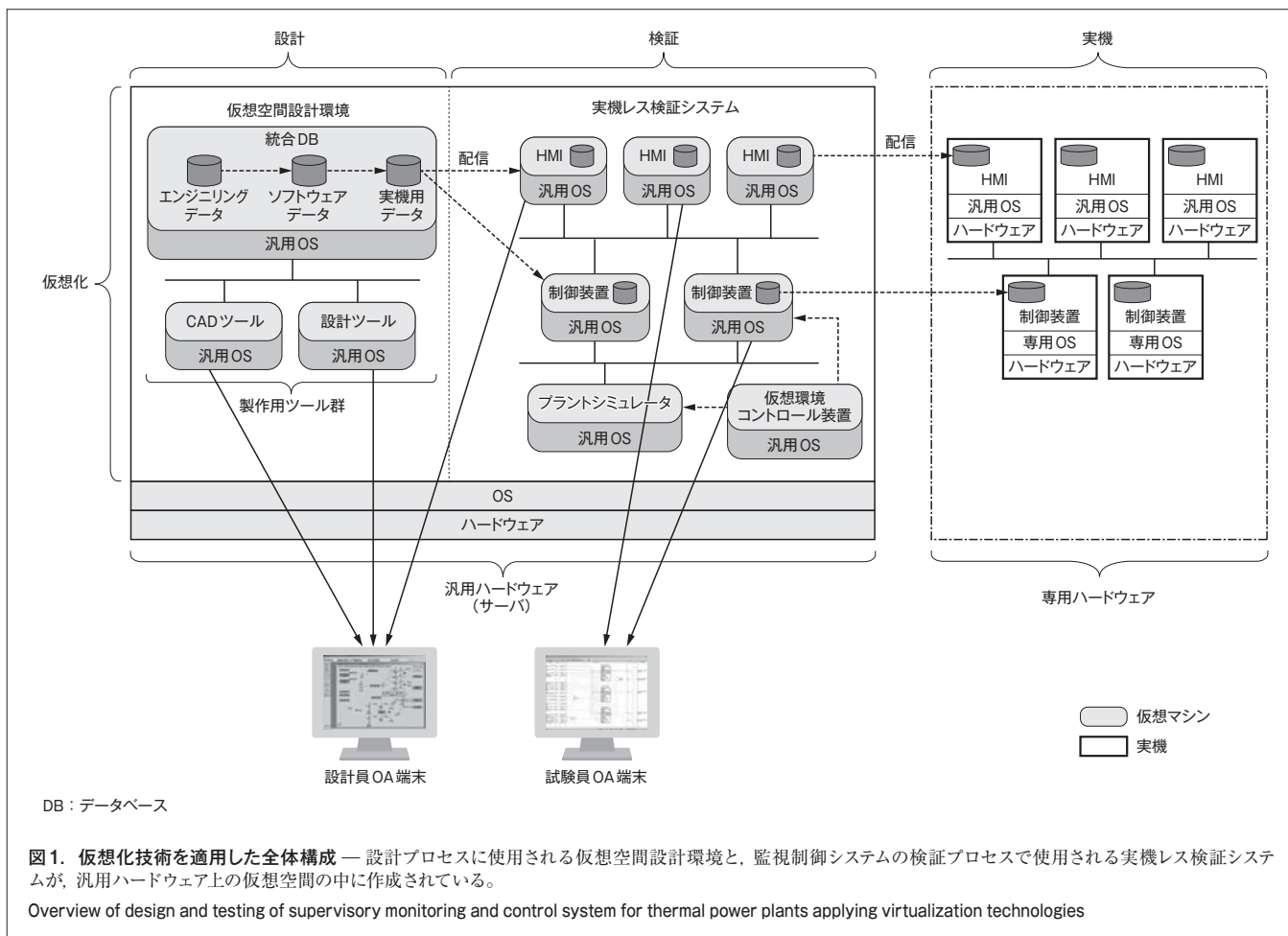
今回、設計及び試験に仮想化技術を適用して開発した、仮想空間設計環境と実機レス検証システムの全体構成を図1に示す。設計業務の効率化、自動化、及びデータ一元化を図る仮想空間設計環境と、実機と同一のシステム構成を仮想空間上で実現し、試験・検証をできるようにした実機レス検証システムから構成される。これらの技術について次章以降で述べる。

3 仮想空間設計環境

仮想空間設計環境の概念を図2に示す。

仮想空間設計環境は、サーバ上に設計ツールやCADツールなどの製作用ツールをインストールした仮想端末と、上流の設計図面から抽出するエンジニアリングデータ、それから生成されるソフトウェアデータ、及びコンパイルして生成される実機用データを格納した統合データベース（DB）を含む仮想DBサーバで構成される。

統合DBには、プラント機器メーカーからの機器データや、



技術部門が作成したブロック図、操作端リストといったエンジニアリングデータ、及び監視制御システムに必要なハード

ウェア設計情報や、制御ロジック、データテーブル、画面情報といったソフトウェアデータなどが統合化され、一元的に格納されている。

これらの機器データやエンジニアリングデータからソフトウェアデータを自動生成する設計ツールや、データ間の整合をチェックするツールなどを備えることで、信頼性の高いソフトウェアを効率的に作成することが可能になった。これにより監視制御システムのソフトウェア製作工数を大幅に削減し、製造リードタイムの短縮を実現した。

また、プラントで運転実績のある機器の制御ロジックなどから、上流のブロック図や各種プラントデータを逆生成する機能を持たせ、逆生成したデータを次のプラントの設計に活用することで、短期間で精度の高い機器を製造することが可能になった。

4 実機レス検証システム

実機レス検証システムは、実機とまったく同一の動作をする仮想HMIと仮想制御装置に、仮想空間設計で作成された実機用データをインストールして、実機ハードウェアを使用せずに

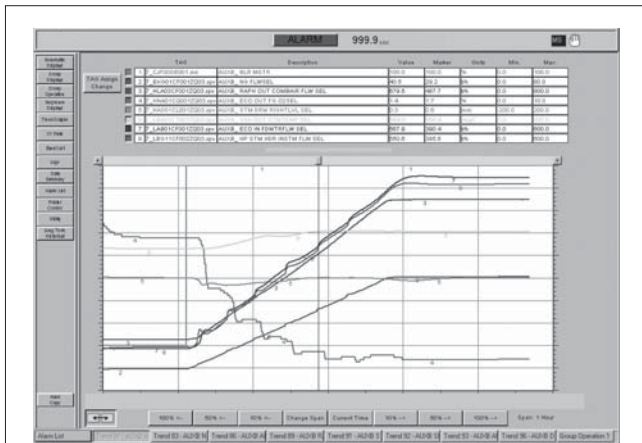


図3. プラント制御のシミュレーション例 — プラントシミュレータを用い、動特性を含めた試験と検証が可能である。

Example of plant control simulation

データ及びシステムの妥当性を検証することを目的としている。更に、プラントの制御性を検証するために、プラントのボイラやタービンなどのダイナミックモデルを組み込んだプラントシミュレータを、仮想空間内に配置している。プラントの制御動作をシミュレーションしたトレンドグラフの一例を図3に示す。このように、単純なデータの検証だけでなく、プラント起動・停止、事故シミュレーション、及びボイラ・タービン協調制御の確認など、動特性も含めた試験と検証やパラメータの調整が可能になり、ソフトウェアの品質向上を実現した。

この仮想空間内で試験と検証及び調整が終わったデータを、実機HMIや実機制御装置にインストールする。これにより、ソフトウェアとハードウェアを別々に試験することができ、早期に実機ハードウェアを出荷することが可能になった。

プラント向け監視制御システムの大規模なものは、HMI 12台、制御装置15台、プラントシミュレータ5台、エンジニアリングワークステーション6台、及び保守ツール1台から成る。また、制御装置については、制御周期が数ミリ秒～500ミリ秒と短い時間で処理を繰り返し、サーバのCPUの負荷が増加するため、仮想システム全体のリソース配分を調整する機構を設けることで対応している。

制御装置は、専用のOSであることに加えて、一部の演算処理を専用のハードウェアで実行している。このため、制御装置を仮想化するには、専用のOS及び専用のハードウェアを、仮想空間内の汎用OS及び汎用のソフトウェア上で動作させる仕組みについて、特に配慮する必要があった。

制御装置を仮想化するにあたり実装したソフトウェアの構造を図4に示す。

左側が実際の制御装置のソフトウェア構造で、右側が仮想化した制御装置のソフトウェア構造であり、今回、仮想化に対応した汎用OSの上で動作する中継ミドルウェアを開発した。

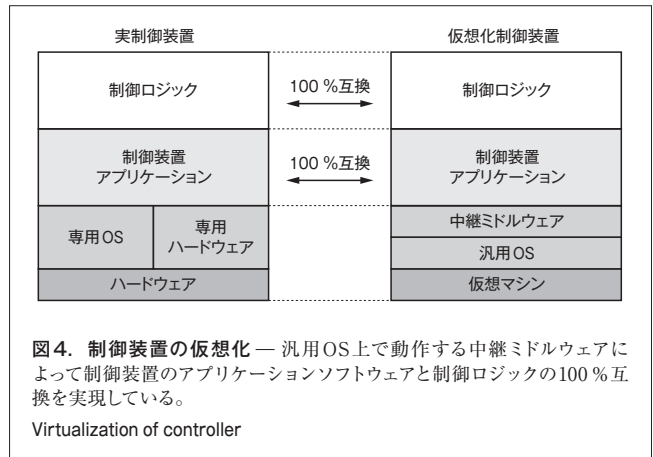


図4. 制御装置の仮想化 — 汎用OS上で動作する中継ミドルウェアによって制御装置のアプリケーションソフトウェアと制御ロジックの100%互換を実現している。

Virtualization of controller

この中継ミドルウェアは、制御装置のアプリケーションソフトウェアに対し、専用のOSに相当するインタフェースを提供するものである。また、この中継ミドルウェアは、従来は専用のハードウェアで処理していた内容に相当するインタフェースも提供している。

これにより、制御ロジックや制御アプリケーションが実機と100%互換で、仮想マシン上で動作する環境を提供できた。

また、実機レス検証システムには、当社の運転訓練シミュレータの技術を活用したプラントシミュレーションを効率的に行う、コントロール機能を組み込んだ。

コントロール端末の画面例を図5に示す。コントロール端末は、仮想環境コントロール装置により制御され、端末を使用すると、プラントシミュレータと制御装置に対して“時間の早送り”、“一時停止”、“スロー”、“プラント状態の保存”、及び“保存状態からの再生”などを行うことができる。

これらにより、時定数の長い制御や短い制御に対する検証性が上がり、効率的で品質の高い試験が可能になった。

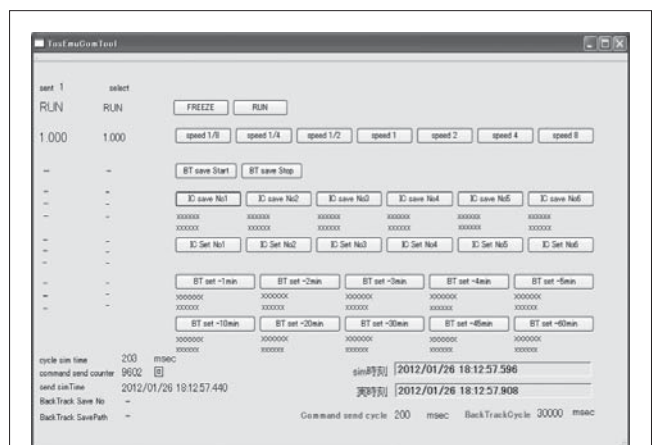


図5. コントロール端末の画面例 — “早送り”などのコントロール要求をプラントシミュレータや制御装置に通知する。

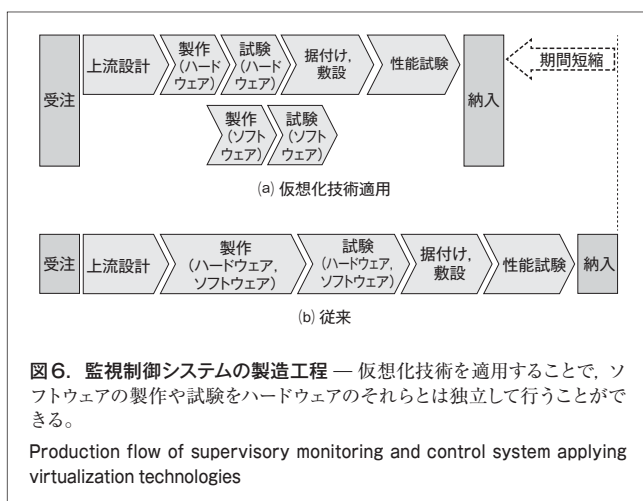
Example of control terminal display

5 仮想化技術適用の利点

現在、複数のサーバで構成する仮想空間内に100を超えるプラントのプロジェクト環境を構築しており、仮想空間設計環境や実機レス検証システムなどに利用し、実績を上げている。

仮想化には次の利点がある。

- (1) ハードウェアの制約からの解放 仮想化技術を適用した場合の監視制御システムの製造工程を、従来のそれと比較して図6に示す。ハードウェアとは独立してソフトウェアの製作や試験を進めることができるため、コンカレントに作業が行え、工期の短縮が可能になった。
また、プラントで問題が発生した際には、すぐにプロジェクト環境を起動させることで問題の検証が可能となり、早期に解決することができる。
- (2) 柔軟なリソース管理 仮想空間では、必要なマシンの追加や不要なマシンの停止又は削除など、マシンリソースを管理することが容易である。プロジェクト環境によっては、大規模なマシンリソースを必要とする場合もあるが、仮想化技術により柔軟に対応することが可能になった。また、一度構築したプロジェクト環境は、出荷後も停止した状態で保管可能である。
- (3) アクセス権の管理によるセキュリティの向上 仮想空間設計環境では、プロジェクト単位でアクセス権を管理している。したがって、プロジェクト担当者以外によるアクセスを禁止することで、高いセキュリティを実現している。
- (4) ツール管理の確実性の向上 監視制御システムの製作においては、その製作用ツールのバージョン管理が重要となる。仮想空間設計環境では、設計ツールを集中管理することが可能であるため、担当者の専用端末や実機の端末で分散している場合と比べ、管理の確実性が増した。



- (5) 試験の自動化 入出力マトリックス試験や警報試験などのシステム試験を、ツールにより自動的に行うことで、試験網羅度を上げ、効率化することができる。

6 あとがき

仮想化技術を適用することで、火力発電プラント機器の製造リードタイムや現地工事期間の短縮を実現した、仮想空間設計環境と実機レス検証システムについて述べた。

これらの仮想化技術の適用により、新規の建設プロジェクトでは、監視制御システムの納入までの期間を3か月短縮した。また、更新プロジェクトでは、実機レス検証システムを使用して更新後のシステム検証を行うことで、プラントの停止期間を従来の14日から8日に短縮した。このように、プラントの稼働率向上におおいに貢献している。

今後、仮想化技術の適用範囲を拡大し仮想化による利点を更に生かすことで、電力供給の安定化にいっそう寄与していく。



丸山 将司 MARUYAMA Masashi

電力システム社 府中電力システム工場 発電情報制御システム部。
火力発電プラント監視制御システムの開発・設計に従事。
Fuchu Operations-Power Systems



須藤 昌吉 SUDO Akiyoshi

電力システム社 府中電力システム工場 発電情報制御システム部。
火力発電プラント監視制御システムの開発・設計に従事。
Fuchu Operations-Power Systems



大滝 裕樹 OHTAKI Yuki

電力システム社 府中電力システム工場 発電情報制御システム部
主務。火力発電プラント監視制御システムの開発・設計に従事。
Fuchu Operations-Power Systems