

東京電力(株)高瀬川総合制御所納入オープン分散システム

Distributed Open SCADA System for Takasegawa Control Center of The Tokyo Electric Power Co., Inc.

塚田 徹
T. Tsukada

羽深 俊一
S. Habuka

東京電力(株)高瀬川総合制御所システムは、大規模揚水発電所である新高瀬川発電所をはじめ、5か所の水力発電所、および275kV高瀬川線ほかの関連送電線を集中監視制御するためのものであり、1997年3月に新システムのリプレースを完了し、運用を開始した。

このシステムは、すべてUNIX^(注1)マシンで統合した電力系統監視制御用オープン分散システムTOSCAN_{TM}-3000シリーズを適用しており、共通部を排除した信頼度向上、省スペース、低消費電力、操作性の向上を実現している。

This paper discusses the main features of a new hydraulic supervisory control and data acquisition (SCADA) system for the Takasegawa Control Center of The Tokyo Electric Power Co., Inc. (TEPCO), which was completed and put into operation in March 1997 as a replacement for the previous system.

This system is a fully distributed open SCADA system based on UNIX workstations. It has been developed as the first system of the Toshiba TOSCAN_{TM}-3000 series. Among its features are a compact and energy-saving design, high reliability, and a user-friendly man-machine interface.

1 まえがき

東京電力(株)高瀬川総合制御所の旧制御システムは、1979年の運用開始以来、17年間運用されたが、各種装置の老朽化や情報量の増加に伴うCPUの高負荷率化により多重状態変化時の処理時間の遅延、およびデータベース増設や各種機能拡張による拡張限界のため、新システムに取り替えることとなった。

新高瀬川総合制御所システムは最新のオープン分散システム技術を基に開発したシステムである。以下にこのシステムの開発方針、システムの構成・機能および特長について述べる。

オープン性を高めたシステムを指向する。

(2) 高信頼度システムの実現 よりいっそうの信頼性向上を図るため、共有メモリおよび共有ディスクなどの共通部を排除する。これに代わる二重化サーバ間における各種データの受渡しは高速LANにより実現する方式とする。

(3) 拡張性の確保 オンライン業務(監視・制御、記録)とオフライン業務(メンテナンス、業務支援)を分散したシステム構成とし、処理時間の高速化、メンテナンスの容易性・拡張性を向上させる。また、サーバの追加を容易にするため、プロセスI/O装置を用いたシステム監視装置を極力なくすことを指向する。

2 システムの開発方針

新システムは次の開発方針に基づいて開発され、97年3月から運用を開始した。

(1) オープン分散システムの実現 監視制御サーバにはUNIXマシンである制御用サーバモデルSX3000を適用し、電力系統監視制御システムの必須(す)要件であるリアルタイム性、高信頼性を確保しながらオープン分散システムを実現する。

また、ミドルウェアを採用することにより、よりオ

3 システムの概要

3.1 システム構成

このシステムの構成を図1に示す。全体的にはLANを中核とする分散構成としており、このLANは各種サーバ、クライアントを分散配置するための分散LANと遠方監視制御装置(テレコン)情報用のテレコンLANの2階層構成であり、おのおの二重化構成としている。また、システムの中核となる監視制御サーバには制御用サーバマシンであるSX3000シリーズを採用し、二重化+バックアップ装置の構成としている。操作卓には制御用エンジニアリングワークステーション(EWS)であるPS2000シリーズを適用し、そ

(注1) UNIXは、X/Openカンパニーリミテッドがライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標。

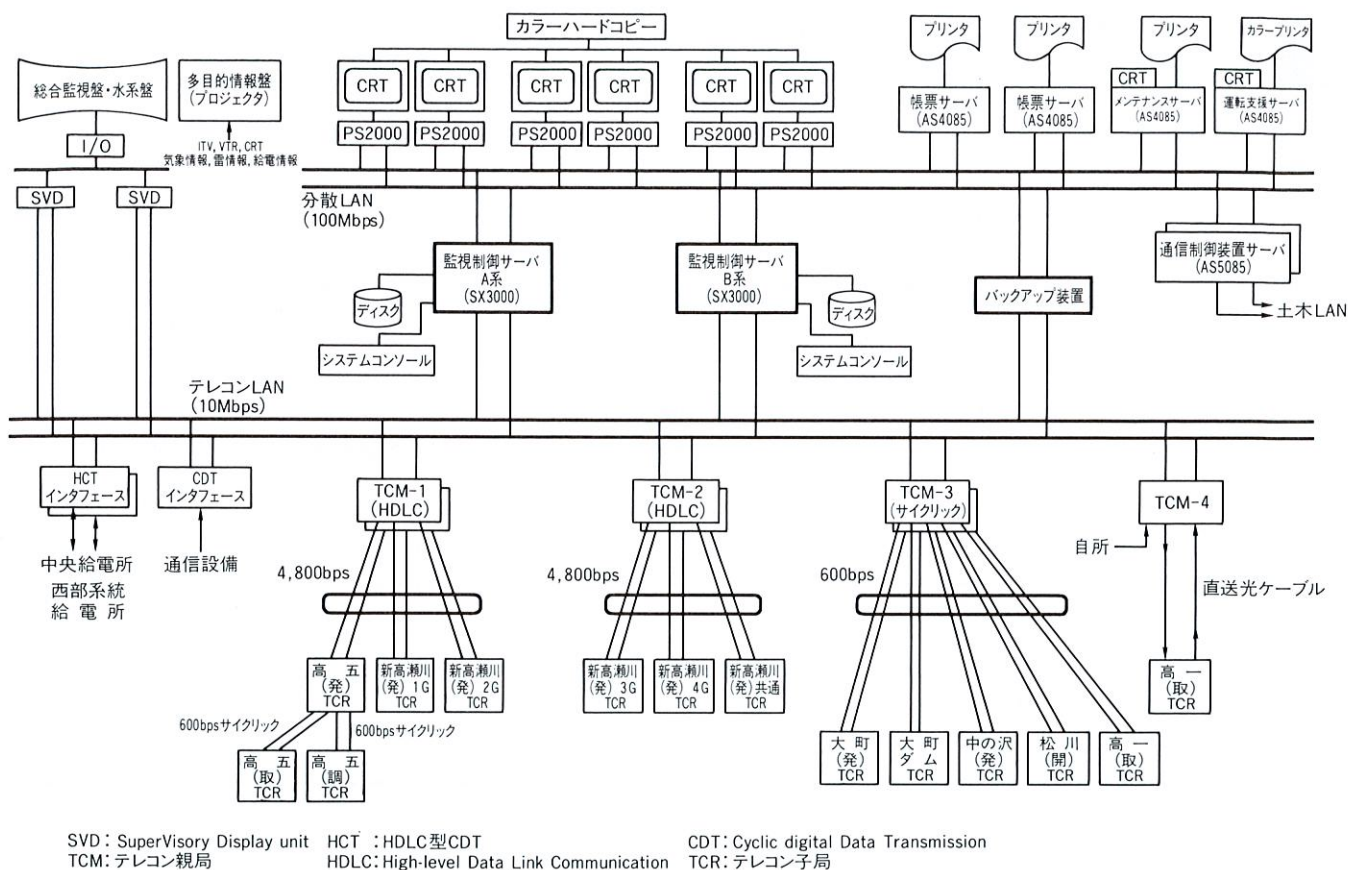


図1. 高瀬川総合制御所システムの構成 LANを中核とし、各種サーバ、クライアントなどを分散配置した構成としている。
 Configuration of SCADA system for Takasegawa Control Center

れ以外の帳票サーバ(2台)、メンテナンスサーバ、運転支援サーバ、通信制御サーバ(二重化)は汎(はん)用ワークステーションであるASシリーズを採用している。

通信制御サーバは土木LANとのインタフェースをつかさどり、土木業務に必要なデータをオンラインで提供している。

総合監視盤・水系盤へのオンライン情報の表示データは、監視制御サーバを介さずにTCM(テレコン親局)からLAN経由で直接受け渡す方式としており、信頼性を向上させている。

3.2 システム機能

高瀬川総合制御所システムのアプリケーション構成を図2に、機能一覧を表1に示す。

東京電力(株)水力総合制御所システムの標準的な機能に加え、このシステムでは、運転支援サーバで監視制御サーバから配信されるテレコンから収集したオンラインデータを有効に活用し、帳票データの編集・長期保存、故障統計機能を実現したり、また作業確認図の作成支援機能を実現している。また、シミュレーション機能としては通常の表示/制御情報シミュレーション機能に加え、多重状態変化時の性能評価にも使用できるランダム状態変化シミュレーション

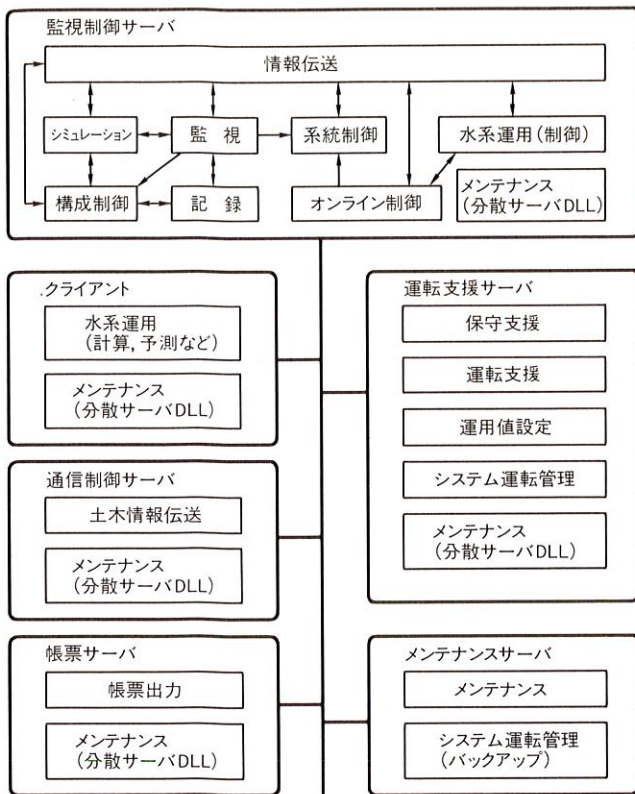
機能をもっている。監視制御サーバは二重化しバックアップ装置をもっている。また、従来はメーカーメンテナンスで対応していた設備、画面、帳票類の変更を、メンテナンスサーバにおいてユーザでも容易に入力できるメンテナンス環境を提供している。

4 システムの特長

4.1 制御用サーバSX3000

従来、電力系統監視制御システムの中核となる監視制御サーバにはリアルタイム性能を重視してプロセス制御用計算機を用いていた。しかし、UNIXのリアルタイム性能(割込み、優先度処理など)の向上に伴い、これまで困難とされていたリアルタイム分野への適用が可能となってきたことから、信頼性を確保した制御用サーバSX3000(UNIXマシン)を開発し、システムの中核となる監視制御サーバに適用した。

このSX3000は、UNIXマシンを中核に各種異常検出、外部警報出力、自動再起動、リモートイニシャライズ、電源バックアップなどのRAS(Reliability, Availability, Ser-



DLL : Down Line Loading

図2. アプリケーションソフトウェアのオーバビュー アプリケーションソフトウェアを各種サーバおよびクライアントに機能分散している。

Overview of application software

viceability) 機能を付加し、信頼性を確保している。

4.2 共通部の排除による高信頼度システム

従来、多重化システムを構成する場合には系間のデータ授受を共有メモリや共有ディスクなどで実現していた。このシステムでは、共通部の装置故障などによるシステム停止の危険性をなくすため、共通部を排除した複合系システムを開発し、これまでよりも高信頼度システムを実現した。なお、サーバ間のデータ授受はすべて分散LANを使用する方式とし、この分散LANには100 MbpsのLANを採用し、高速性を確保している。

4.3 省スペース、低消費電力

このシステムは、従来のプロセス制御用計算機による集中型システムに比べると大幅に省スペース、低消費電力を実現している。

省スペース面では前述により共有メモリ、共有ディスクがなくなり、また操作卓のPS2000への分散化によりCRTコントローラ筐(きょう)体が不要となった。また、システム監視装置関係は、LANを使用したシステム管理機能により不要となった。これにより、テレコン親局を含めても計算機室の占有スペースは従来比約50%となった。この筐体面数の比較を表2に示す。

表1. システム機能

System functions

機能名	機能項目
監視	(1) 2値情報の監視 状態変化監視, 事故監視, 保守監視, 停電監視, SOE処理 (2) 数値情報の監視 潮流監視, 電圧監視, 周波数監視, 温度監視 (3) 水系監視 (4) 伝送系監視 (5) 気象監視
操作制御	(1) 機器個別操作 ・オン・オフ操作(遮断器, 断路器など) ・調整制御(発電機電圧, ゲート開度など) ・数値制御(発電機出力, ゲート開度など) (2) オンライン制御 ・シーケンシャル制御 ・出力調整制御(AFC指令, DPC指令) ・同時制御(複数発電所の切替操作, 調整制御) ・水系運用制御(サージタンク水面振動予測制御)
記録統計	(1) 2値情報の状態変化, 数値情報の上下限逸脱が発生するつど, CRT表示やディスクへの保存, および要求時に出力する機能 (2) 所定時刻に数値情報を保存・編集し, 日報, 月報, 年報などの帳票としてプリンタへ出力する機能
運用計画	(1) 自流計算プログラム (2) 出力調整計算プログラム (3) 水位調整プログラム (4) 揚水可能時間プログラム (5) 発電可能電力量計算プログラム (6) 水系基本データ計算プログラム
シミュレーション	(1) 表示/制御情報シミュレーション機能 SV, TMデータ設定による模擬機能と操作時の制御情報とその応動を模擬する機能 (2) ランダム状態変化シミュレーション機能 SV状態変化やTM値をランダムに変化させる機能
メンテナンス	(1) 設備メンテナンス (2) CRTメンテナンス (3) 帳票メンテナンス
支援	(1) 図面類作成支援 作業確認図を作成するための各種図面に対して, 線路の充電電設定, バルブの開/閉, 安全区画標識の設定などを行う機能 (2) 実績データの長期保存, 再記録, データ修正 (3) 故障統計(状態変化データの保存, 編集)

SOE: Sequence Of Event AFC: 自動周波数制御 DPC: 運転基準出力制御
SV: SuperVision TM: TeleMeter

低消費電力面では、このようなハードウェアのコンパクト化や各装置の低消費電力化により、従来比約40%減を達成している。

4.4 プロセスI/Oレスによるシステム管理の実現

従来のシステムでは、プロセスI/O装置を用いたシステム監視装置により各種装置の状態をリレー接点で監視し、多重化装置の運転モードの切替えなどを行っていた。この方式では、複数筐体で構成するプロセスI/O装置が必要であり、また各装置との接続用ケーブルが多数必要であった。これにより装置を追加する際の工事が複雑であり、またシステムの運転を継続しながらシステム監視装置の改造を行う際には困難をきわめた。

このような問題を解決するため、このシステムにおいては、プロセスI/O装置を使用せずにシステム管理を実現し、より柔軟なシステムとすることを指向した。このため、各

表2. 筐体面数の比較

Comparison of two systems

集中型システム (従来)		オープン分散システム (今回)	
2面	CPU (二重化)	3面	CPU (二重化+バックアップ)
3面	磁気ディスク装置	0面	共有ディスクなし +CPU 筐体内に組み込み
1面	磁気テープ装置	0面	CPU 筐体内に組み込み
1面	共有メモリ	0面	共有メモリはなし
3面	CRT コントローラ	0面	クライアントへ機能分散
2面	シスコI/O架	0面	システム監視卓内に実装
1面	シスコリレー架	0面	システム監視卓内に実装
3面	テレコン親局	3面	テレコン親局
16面	(合計)	6面	(合計)

装置の状態を LAN を用いたハローコールにより診断する方式とした。具体的に二重化構成の監視制御サーバにおいては、常用系と待機系間の二重化サーバ間のハローコールとシステム管理サーバから各サーバへのハローコールの2種類のハローコールを用いている。この複数のハローコールによる診断データを用い、多数決論理で装置故障などを判定する方式としている。

なお、このシステムでは、システム管理サーバの機能は運転支援サーバ上で動作するが、運転支援サーバが停止した際には、自動的に他のサーバでバックアップして信頼性向上を図っている。

4.5 ミドルウェアの採用によるソフトウェア資産の継承

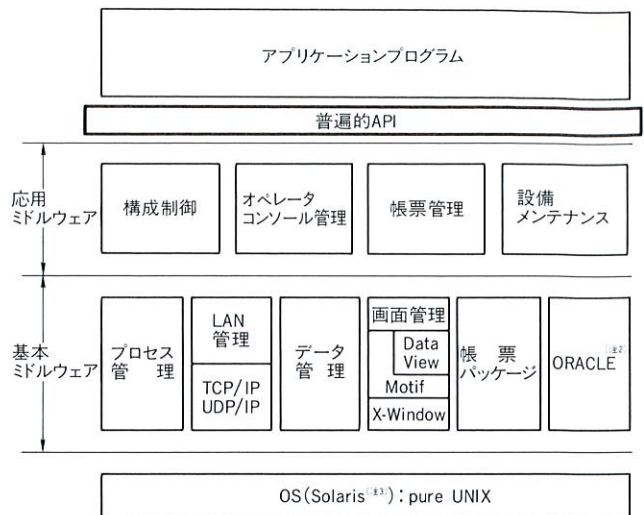
ミドルウェアとは、オペレーティングシステム (OS) とアプリケーションの中間に位置し、ハードウェア機種や OS が変更になっても応用ソフトウェアに対して普遍的なインタフェースを提供するものである。

このシステムのミドルウェア構成の概要を図3に示す。

TOSCAN_{TM}-3000 のミドルウェアは、大別して基本ミドルウェアと応用ミドルウェアがあり、基本ミドルウェアはプロセス管理、データ管理、LAN 管理、画面管理のような基本機能を提供しており、監視制御システムで共通的に必要な機能を応用ミドルウェアとして構成制御、設備メンテナンス、帳票管理、オペレータコンソール管理機能を提供している。このミドルウェアで普遍的アプリケーションインタフェース (API) を実現することにより、各種プラットフォームの違いを吸収し、ソフトウェア資産の継承を可能とした。

(注2) ORACLE は、Oracle 社の商標。

(注3) Solaris は、米国 SunMicrosystems 社の商標。



TCP: Transmission Control Protocol IP: Internet Protocol
UDP: User Datagram Protocol

図3. ミドルウェアの構成 複数の基本ミドルウェアと応用ミドルウェアから構成されている。

Architecture of middleware for TOSCAN_{TM}-3000

5 あとがき

このシステムは、監視制御サーバに UNIX マシンである制御用サーバ SX3000 を適用した電力系統監視制御用オープン分散システムであり、電力系統監視制御システムの必須要件であるリアルタイム性、信頼性を確保したよりオープンなシステムを実現すると同時に、システムの拡張性、省スペース、低消費電力、ソフトウェア資産の継承を実現した。

今後は、電力系統監視制御用の各種システムへ順次適用を拡大していく。



塚田 徹 Tooru Tsukada

電力事業部電力系統技術部。
電力系統監視制御システムの開発に従事。
Power Systems Div.



羽深 俊一 Shun-iti Habuka

府中工場電力計算機システム部。
発電所の集中監視制御システムの開発に従事。
Fuchu Works