

広域分散による次世代電力系統監視制御システム “SCOPE”

Network Integrated Supervisory Control for Power Systems Based on Distributed Objects

関 知 道
SEKI Tomomichi

関 俊 文
SEKI Toshibumi

田 中 立 二
TANAKA Tatsuji

渡 辺 一
WATANABE Hadime

電力系統監視制御システムでは、監視対象である電力設備の増設に伴うデータの変更や、系統特性の変化を要因とするシステムへの機能追加が頻繁に生ずる。また、系統構成や運用体制の変化に応じてシステムの形態や処理方式が柔軟に追従することが要求される。われわれは、将来予測されるこれら変動に対して柔軟に対応できる次世代の電力系統監視制御システム “SCOPE” (System Configuration Of Power control system) を、オブジェクト指向モデルと提案するソフトウェアの三層構造によって実現し、信頼性と経済性に優れ、かつ機能の拡張、運用の保守を効率的に行えることを確認した。

This paper introduces a new architecture called SCOPE (system configuration of power control system), which realizes flexible and reliable supervisory control for power systems. In energy management systems/supervisory control and data acquisition systems (EMS/SCADA systems), the replacement and addition of power equipment and the reorganization of system functions and operations occur frequently. SCOPE deals with these alteration problems flexibly, reliably and economically with its three-layer software structure based on a distributed object model.

1 まえがき

電力系統では、電力需要の増大に伴って、送電線や変圧器などの系統設備の追加変更、制御所/発電所/変電所などの事業所の増設による系統構成の変更、指令・管轄範囲などの運用体制の変更が起る。また、将来的には、変電所の無人化、ネットワークを介した変電所間での監視や操作の自動化、複数の事業所による協調操作、任意の事業所間での相互バックアップなどの新規業務追加や機能拡張が求められている。したがって、これらの変更や拡張に対して柔軟に対応できる新しいアーキテクチャが望まれる。

SCOPE は、広域ネットワークを有効に利用した計算機相互の連携によるシステムの柔軟性、信頼性を向上させる次世代の電力系統監視制御システムアーキテクチャであり、上述した業務機能、系統構成、運用方式、計算機構成などの変更や拡張に柔軟に対応する。すでに、プロトタイプシステムを開発し、その有効性を確認している⁽¹⁻⁴⁾。

ここでは、SCOPE の基本構造と特徴的な機能について述べる。

2 SCOPE の概要と基本構成

2.1 システム構成と現在の課題

電力系統監視制御システムの制御対象設備の数は膨大であるとともに、広範囲な地域に分散している。そのため、これらを監視制御する事業所(制御所、発電所、変電所)はそれぞれの役割分担のもとに階層化されるとともに、作業

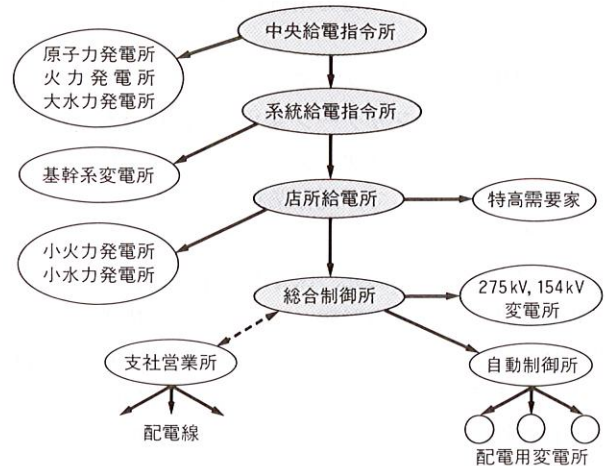


図1. 電力系統監視制御システムの運用体制(事業所構成) 複数の事業所が階層分散の形態をとっている。

Operational organization for EMS/SCADA

的な面から地域的に分割された階層分散の形態となっている。図1にその例を示す。

図1のような体制をとるため、新規設備の導入・増設に伴う制御方式や運用方式の変更は、変更のあった事業所だけではなく関連する複数の上位事業所の機能拡張などを招く。現在はこのような改修を事業所ごとに個別に実施しており、多大の労力を費やしている。さらに、広域に分散した複数のシステムが連携しながら一つの電力系統を監視制御しているにもかかわらず、今までのネットワーク性能や計算機の処理能力の制約から、システム間の連携は非常に

少なく、電話による連絡も行われている。

さらに、現在の電力系統監視制御システムの高信頼化方式は、事業所ごとの高信頼化に重点をおいた方式であり、事業所内の計算機資源を二重化し、稼働系計算機と待機系計算機のデュプレックス構成をとっている。そこでは、共有ディスクなどの共有資源の信頼性を向上させるための専用装置を用いてシステムを構成しており、固定的に結合された計算機に限定された高信頼化方式となっている。また、ソフトウェアの構成も待機系計算機に稼働系計算機と同じものをもつという固定的な構成である。計算機やソフトウェアの多重度や高信頼化方式を柔軟に変更でき、ネットワークを介した事業所間で相互復旧ができる仕組みが望まれる。

2.2 SCOPE の基本構成

SCOPE では、上述の課題を踏まえ、今後の高速計算機、ATM (Asynchronous Transfer Mode) 交換機に代表される高速通信網や、オブジェクト指向技術、分散処理技術を利用して、すべての事業所間連携によって、各種変動に柔軟に対応し、かつ分散した各事業所の情報やプログラム (オブジェクト) を、より容易に利用するシステムの構築を旨とした。

ここで、柔軟性のある電力系統監視制御システムを次のように定義した。

- (1) 運用体制やコンピュータシステム構成が変化し、管轄範囲や業務アプリケーションの稼働位置などが変動しても、業務アプリケーションに変更がない。
- (2) 機能拡張に際して、既存業務アプリケーションに変更がない。
- (3) ソフトウェアの開発、保守が効率的に行える。

障害もシステムの運用形態、ソフトウェア構成、ないしは計算機システム構成の変更の一つであり、SCOPE の目標は、上記のように定義した柔軟性と同時に各種の障害に対応する信頼性向上を含む。すなわち、障害発生を変更要因が発生したと認識し、その変動に対して複数計算機/事業所間で協調することによって業務を引き継ぎ、運用を継続することができる。

以上の柔軟性の定義を踏まえ、SCOPE では電力系統監視制御システムの個々の機能を次の三つに大別した。

- (1) アプリケーション依存のアルゴリズム処理部 (業務固有部)
- (2) 制御対象システム依存の人や設備に関する処理部 (運用依存部)
- (3) 高信頼化方式を含む計算機構成に依存する計算機構成制御部 (実行依存部)

これらの処理部分を分離独立させて互いに隠べいし、運用体制やシステム形態の変動が発生しても互いの変更内容が他の処理部分に対して影響を及ぼさないようにする。これにより変更が局所化され、信頼性を含む柔軟性が向上す

る。

図 2 に電力系統監視制御システムを業務固有部、運用依存部、実行依存部の三つに分離した SCOPE の基本構造を示す。

業務固有部	業務アプリケーション ・監視/記録/操作/需給制御など
運用依存部	・系統情報モデル ・表示モデル ・運用情報モデル
実行依存部	・異常障害 ・システム情報モデル ・分散ファイル管理 ・構成管理 ・広域通信管理
分散プラットフォーム	・知的分散OS ・オブジェクト指向データベース OS(UNIX ^(注1) , TCP/UDP/IP)

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

図 2. SCOPE の基本構成 業務固有部、運用依存部、実行依存部の三階層に分離し、各部の独立性を高めている。

Structure of SCOPE

業務固有部は、監視、操作などの業務アプリケーションが対応し、監視・運用業務の機能拡張や制御方式の高度化に対応する。

運用依存部は、設備、事業所、画面表示など系統運用における人と設備に関する情報・プログラムであり、運転方式、事業所構成、系統設備構成などシステムの運用に関する構造を隠べいする。

実行依存部は、計算機やネットワークのハードウェア構成、プログラムや情報などのソフトウェア構成の管理を行い、障害 (バックアップや復帰) 処理を含む計算機構成、ネットワーク構成を隠べいする。

各階層内も、オブジェクト指向に基づいて設計し、処理の独立化を図る。提供する主な処理モデル (オブジェクト) の機能は次のとおりである。

- (1) 系統情報モデル 系統設備の状態や接続関係に関する情報とその処理を管理するモデル。制御所、電気所 (発・変電所) の系統構成・状態や電気特性 (ノードブランチ情報) などのリアルタイムデータベースである。
- (2) 表示モデル 系統情報モデルのビューであり、監視、操作のための系統図/単線結線図の表示およびグ

(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。

グラフィカルユーザインタフェース (GUI) 機能をもつ。

- (3) 運用情報モデル 制御所、電気所の事業所構成、指令・管轄範囲などの運用体制、およびシステムの運用状態に関する情報を管理するモデルである。
- (4) 構成管理 オブジェクトの構成管理と動作状況を監視する。
- (5) 異常障害管理 異常・障害発生時に代替アプリケーションの起動やバックアップなどの処理を行う。

SCOPE の分散プラットフォームとしては知的分散 OS⁽⁵⁾ とオブジェクト指向データベース⁽⁶⁾を利用している。

このように階層化し各階層の機能・情報をオブジェクトとして独立させ分散環境のうえで連携して実行できるようにすることで、各事業所間でネットワークを介した機能・情報の相互利用が可能となった。

3 プロトタイプシステムの開発

SCOPE アーキテクチャの拡張性、柔軟性、高信頼性の検証を目的として、それぞれが複数の計算機で構成された四つの事業所を広域通信網 (ATM) で接続した検証システムを試作した。以下に、検証システム上で動作確認した機能を示す。

- (1) ネットワークを利用した連携
 - (a) 事業所間プログラムの相互利用および連携
 - (b) 事業所間の相互監視・制御 上位事業所からの変電所個別機器の監視、事業所相互の監視など
 - (c) 自動操作 上位事業所での目的操作指令と、それに対応した変電所での個別操作手順展開と自動操作
 - (d) 広域ネットワークを利用した事業所間での業務の代替
 - (2) 設備データのオンライン変更 変圧器、遮断器などの設備を追加増設したときに、関連する事業所の設備データベースを自動的に修正し、各事業所の設備データの整合性を保証する。
 - (3) 運用方式の変更への対応 次の変更に応用アプリケーションプログラムの追加作成や改造することなく、運用情報モデルの変更だけで対応する。
 - (a) 管轄・指令範囲の変更 (制御階層の変更)
 - (b) 仮想的な事業所としての地域発電制御所の導入と、それに伴う運用方式の変更
 - (4) 広域分散環境での高信頼化対応
 - (a) 事業所内での計算機間オブジェクトバックアップと復帰
 - (b) ネットワークを介した事業所相互でのオブジェクトバックアップと復帰
- 例として、以下に従来の監視制御システムでは実現され

ていない事業所相互の監視と、ネットワークを介した相互バックアップを示す。

3.1 事業所相互監視

他の事業所が監視を行っている系統設備および系統構成の監視画面を任意の事業所で表示することができる。これは、図 3 に示すように要求元の監視アプリケーション (監視 B) と、監視したい事業所の表示モデル (表示 A)、系統情報モデル (系統情報モデル A) をネットワークを介して連携することにより実現しており、監視アプリケーションが表示モデルや系統情報モデルから独立しているため可能となった連携である。これにより、例えば中央給電指令所から事故のあった変電所の詳細な設備状況を見ることが可能となる。

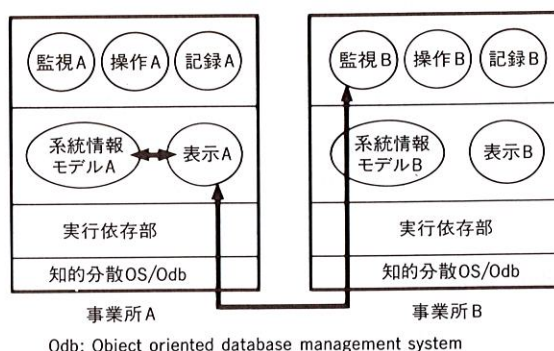


図 3. 事業所間相互接続 他事業所の状態を任意の事業所から監視できる。

Remote supervision among offices

3.2 ネットワークを介した相互バックアップ

図 4 にネットワークを介した事業所間でのバックアップ処理の例を示す。通常の状態では事業所 A、事業所 B、事業所 C の各事業所における業務はそれぞれの事業所の計算機群によって行われる。障害が発生した場合の処理の引継ぎ順序は、システム運用者が計算機および事業所障害を想定し、処理の継続性と計算機負荷を考慮して決定する。また、信頼性向上はオブジェクトの多重化によって実現するが、各オブジェクトの引継ぎ処理の許容時間や処理継続の必要性、および資源利用率を考慮して、オブジェクトごとに最適な多重化方式が選択できる。常用冗長方式と待機冗長方式 (Hot, Warm, Cool-Standby 方式) を提供している。

図 4 は、事業所 B に障害が発生した場合の例を示しており、事業所 B のワークステーション WS1 で動作していた三つのオブジェクト (系統、表示、運用モデル) は事業所 A の WS2 へ、WS2 で動作していた二つのオブジェクト (監視、記録) は事業所 A の WS3 へ、同様に事業所 B の WS3 で動作していた操作オブジェクトは事業所 C の WS2 へ処理が引

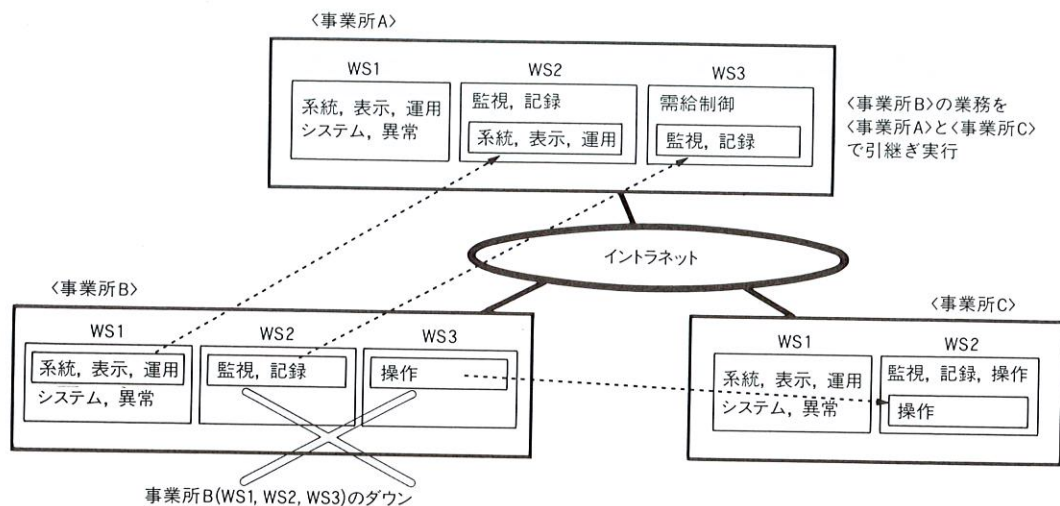


図4. ネットワークを介した相互バックアップ 障害事業所のオブジェクト群を他事業所でバックアップし、業務を継続して行うことができる。
Mutual backup of offices through network

き継がれることを示している。また、事業所Bの障害が復帰した場合には、上述と同様の処理によって障害発生前のオブジェクト配置状態に戻ることができる。

4 あとがき

ここでは、系統構成、運用方式、業務機能、計算機構成などの拡張・変更に対して柔軟に対応できる次世代電力系統監視制御システム SCOPE について紹介した。現在、SCOPE アーキテクチャを実規模システムへ適用した場合の性能評価や、現行システムの SCOPE への移行方法の検討を行っている。

このアーキテクチャは、電力系統監視制御システムに特化したものではなく、他の社会・産業システムにも広く適用可能なものである。今後、SCOPE アーキテクチャの汎(はん)用化を行い、適用分野を広げる。

文 献

- (1) Hanawa, Y., et al. A New Approach to Realize Flexible Supervisory Control System for Power Systems—Improvement of System Reliability—. Second IFAC Workshop on Safety and Reliability in Emerging Control Technologies. IFAC, 1995.
- (2) Seki, T., et al. Decentralized Autonomous Object-Oriented EMS/SCADA System. ISADS '97, IEEE, 1997.
- (3) 関 知道, 他. 電力系統監視制御システムの柔軟性確保方策——検証システムの構築と評価——. 電気学会, 電力技術研究会, PE-96-88,

1996, p.29-38.

- (4) 関 知道, 他. 広域ネットワークを利用した電力系統監視システムの信頼性確保——基本構想——. 平成9年電気学会春期全国大会, 1473, 1997, p.6-183-184.
- (5) 関 俊文, 他. 知的分散 OS——放送型オブジェクト指向分散 OS——. 情報処理学会コンピュータシステムシンポジウム, 1991, p.21-30.
- (6) 川村敏和, 他. 高速性と言語透過性を重視したオブジェクト指向データベース. 情報処理学会データベース研究会, 94-DBS-99, 1994, p.1-8.



関 知道 SEKI Tomomichi

東京電力(株) システム研究所主任研究員。
分散システム技術の電力業務への適用に関する研究に従事。
電気学会, 情報処理学会会員。
The Tokyo Electric Power Co., Inc.



関 俊文 SEKI Toshibumi, D.Eng.

研究開発センター S&S 研究所研究主務, 工博。
分散システムに関する研究・開発に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会, 電気学会会員。
Systems & Software Research Labs.



田中 立二 TANAKA Tatsuji

電力・産業システム技術開発センター 情報処理・通信技術担当主幹。電力・産業システムへの情報処理応用技術の研究に従事。電気学会, 情報処理学会, 人工知能学会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center.



渡辺 一 WATANABE Hadime

電力事業部 電力系統技術部主務。
系統用計算機システムの開発に従事。情報処理学会, 計測自動制御学会会員。
Power Systems Div.