

# 高機能化する遠方監視制御装置

## High-Performance Remote Terminal Unit for Next-Generation SCADA System

長谷川 義朗      西郷 信博      江幡 良雄

■ HASEGAWA Yoshiaki      ■ SAIGO Nobuhiro      ■ EBATA Yoshio

高性能のマイクロプロセッサの低消費電力化が進み、遠方監視制御装置（以下、TCと記す）への適用が可能になった。これにより、TCの高機能化が進み、電力システムの監視制御システムのアーキテクチャを変えようとしている。

TCに監視制御システムのサーバ機能の一部を搭載させることで変電所ごとの監視制御を行ったり、そこで作成した電力系統情報を広域ネットワークで接続したコンピュータセンターに送り広域システムを監視制御する分散システムを構築することができる。このように、高機能化が進んだTCは次世代の監視制御システムの中心的な技術の一つになると予測し、開発を進めている。

The introduction of high-performance microprocessors with low power consumption is making it possible to improve remote terminal units (RTUs), leading to changes in the architecture of supervisory control and data acquisition (SCADA) systems.

High-performance RTUs incorporating some of the server functions of a SCADA system will realize a distribution system that can manage the information of each substation connected to the computer center via a wide-area network. This is expected to be one of the key technologies for the next-generation SCADA system.

### 1 まえがき

高性能化及び低消費電力化したマイクロプロセッサ (MPU) の導入により、遠方監視制御装置（以下、TCと記す）の高機能化が進み、TCが監視制御システムの構成に大きく影響を与え始めている。監視制御システムのアーキテクチャは、初期の集中制御システムから現在のイントラネット技術を応用した広域分散システムに至るまで、基本的には、変電所に設置されたTCから電力系統データをコンピュータセンター（以下、センターと略記）のコンピュータが取り込み、処理を行うというものである。このアーキテクチャでは、TCは電力系統データを取り込むためのセンサであり、データの処理と人間系への情報提供はすべてコンピュータの役割である。

しかし、変電所に設置されるTCが高い処理能力を備えるようになると、変電所に設置されるTC及びセンターのコンピュータから構成される分散システムを構築できるようになる。図1は、センターのコンピュータ及び変電所に設置した高機能TCから構成される将来の監視制御システムのアーキテクチャを示している。将来の監視制御システムのアーキテクチャでは、変電所に設置されたTCが、電力系統データを取り込むセンサとしての働きにとどまらず、従来はセンターのコンピュータが行っていた監視制御機能の一部を担うと想定している。

ここでは、高機能化されるTCのハードウェア (HW) 及びソフトウェア (SW) の特徴を示し、将来の監視制御システムに組み込まれる特徴的な機能について述べる。

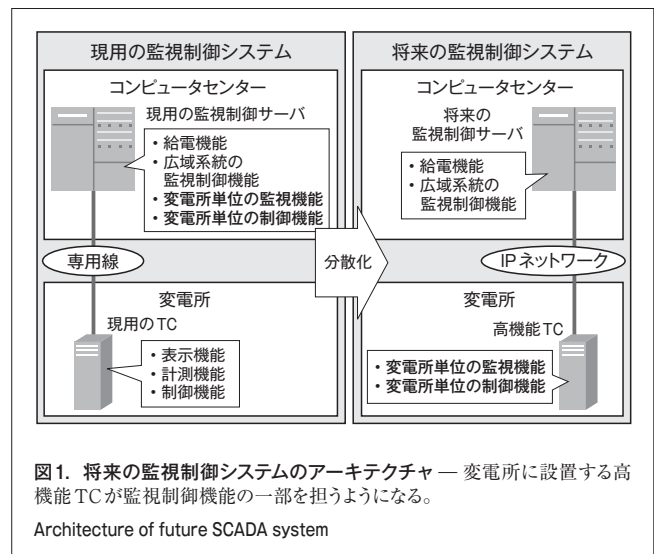


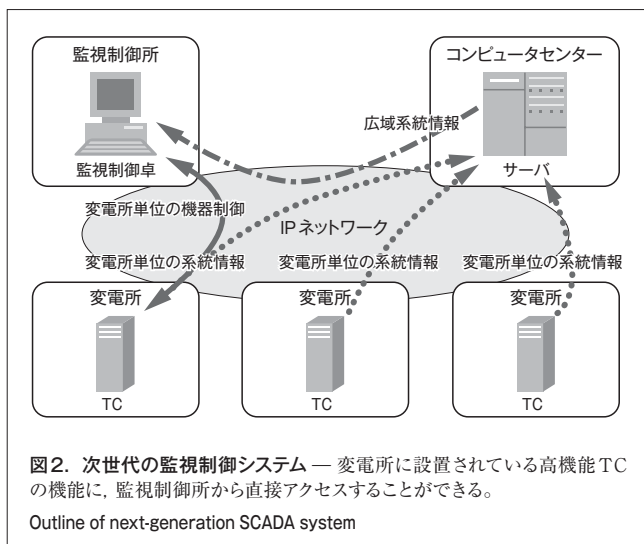
図1. 将来の監視制御システムのアーキテクチャ — 変電所に設置する高機能TCが監視制御機能の一部を担うようになる。

Architecture of future SCADA system

### 2 次世代の監視制御システムの姿

次世代の監視制御システムでは、コンピュータが行っていた監視制御機能の一部を高機能TCが担う新たな機能分担が構築されると予想される (図2)。

高機能TCが行う具体的処理は、電力系統に事故が発生した場合などに、電力系統データを取り込んでデータの変化を検出し、それを事故などの情報として人間系に提供することである。従来、TCが電力系統データを監視 (SV) データ又は計測 (TM) データの形式でコンピュータに送信し、コンピュータでそれを処理し、情報として人間系に提供していた。次世代



の監視制御システムでは、それらの変電所単位の情報は、変電所に設置される高機能TCのサーバ機能により処理され、クライアントとして稼働する監視制御所の監視制御卓を介して、人間系に提供することになる。また、その情報はセンターのコンピュータにも送信され、そこで情報は相互に関連付けられ、変電所をまたがる広域な電力系統の情報が作成される。これは、変電所単位の情報しか取り扱えないTCでは生成できない情報であり、言い換えれば、この情報生成こそがセンターにコンピュータを設置する目的となる。

このような処理分担にする第一のメリットは、総合的な処理能力の向上である。大規模な監視制御システムでは、監視制御の対象となる変電所は100か所にも及び、従来の監視制御システムは、これらの変電所からの電力系統データをセンターのコンピュータで集中的に処理していた。多くの変電所から送られてくる大量のデータを集中的に処理するには、高い処理能力のコンピュータが必要である。

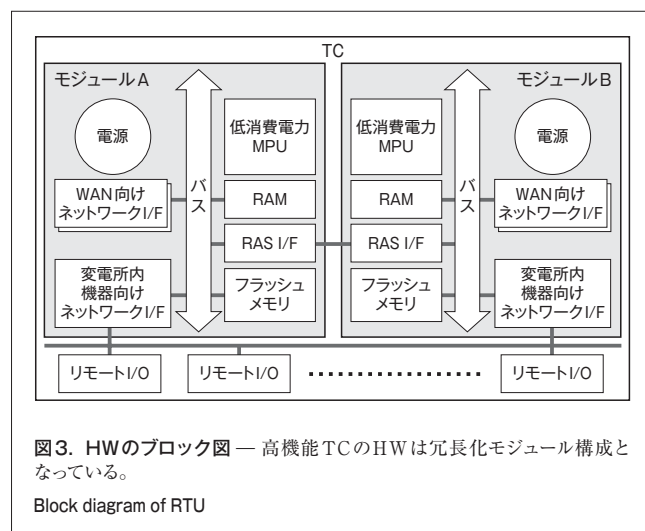
一方、変電所で取り込む電力系統データからその変電所の電力系統情報を作成する処理は比較的単純であり、これを変電所に設置するTCが肩代わりすることで、センターのコンピュータの処理負荷を低減できる。この処理分担によって、センターのコンピュータは、より高度な処理が要求される広域系統情報の作成や、その人間系への見せ方に能力を集中させることができるようになる。次世代の監視制御システムのアーキテクチャとして、100か所程度の変電所にそれぞれ設置する高機能TCによるフロントエンド機能と、センターに設置する数十台のコンピュータによるメイン機能で構成する、広域分散システムをイメージすることができる。

### 3 高機能TCのHW構成

低消費電力で高性能なMPUの出現で、従来の枠組みを越

えた処理能力をTCに与えることができるようになった。ここでは、そのようなMPU以外に、東芝が考える高機能TCを実現するうえで必要となるHW構成の特徴について述べる。

高機能TCのHWのブロック図を図3に示す。従来のTCに比べて構成上のもっとも大きな違いは、二重化を基本としていることである。高機能TCのHWは二つのモジュールから構成され、それぞれのモジュールは、モジュールごとに設けた電源から電力が供給され、低消費電力MPU、RAM、フラッシュメモリ、WAN (Wide Area Network) 向けネットワークインタフェース (I/F)、変電所内機器向けネットワークI/F、及び二重化モジュール間リンクにも使用するRAS (Reliability (信頼性), Availability (可用性), Serviceability (保守性)) I/F (RAS I/F) が実装される。変電所の環境で通年稼働させるため、定期点検などの手間が必要な回転体部品のディスクやファンなどは搭載しない。



フラッシュメモリは、サーバにおけるディスクメモリに近い概念で使用する不揮発性のメモリである。WAN向けネットワークI/Fは、センターとの通信経路の信頼性向上の目的から、一般的となった二重帰属通信に対応するためにモジュールごとにそれぞれ二つのI/Fを備える。変電所内機器向けネットワークI/Fは、二つのモジュールを横断するイーサネットバスを介して、変電所機器をプロセス入出力装置 (I/O) で接続するリモートI/Oに接続する。構内LANを中心に構成される変電所では、変電所内機器向けネットワークI/Fは、構内LANを汎用バスとして、ネットワーク対応の変電所機器が直接接続されることになる。RAS I/Fは、構成制御機能の一環として搭載され、ウォッチドッグタイマによるモジュール間相互監視などを行う。

HWを二重化するもっとも重要な理由は、監視制御システムにおいて分担する機能が従来のTCより増えることで重要度が増大する高性能TCに従来以上の信頼性を持たせることに

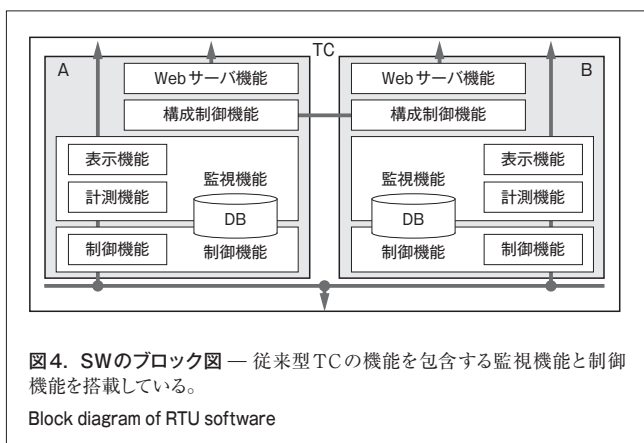
ある。二重化されたHWをそれぞれ独立した電源系で駆動させるのは、電源を含めたHW障害時に、機能を停止しないで保守点検ができるような装置環境を実現するのが狙いである。

## 4 高機能TCのSW構成

高性能MPUの搭載による処理能力の向上で、従来の監視制御システムではセンターのコンピュータが行っていた監視制御機能の一部をTCが行えるようになる。

### 4.1 機能と構成

高機能TCが実装するSWの機能ブロック図を図4に示す。二重化構成のHWに対応させ、SWも二重化構成とする。従来のTCが搭載していた表示機能、計測機能、及び制御機能は、従来型の監視制御システムへも適用できるようにするため、そのまま実装している。



高機能TCは、設置された変電所の電力システムに対して、従来のTCの機能のほかに、センターのコンピュータが実行していた監視及び制御の処理を行い、その状態情報を提供することができる。この状態情報を配信するには、Webサーバなどの情報配信機能による方法と、従来のTC機能と同様なメッセージ送信による方法の二つが想定される。高機能TCはこの両方の配信機能を備えている。

メッセージ送信による変電所単位の電力システム情報は、センターのコンピュータに送られて組み合わせられ、広域システム情報が生成される。変電所に1台ずつ設置されるこの高機能TCによる電力システム情報の作成処理は、監視制御システムのフロントエンド機能として位置づけられる。センターのコンピュータによらず、高機能TCが監視制御機能の一部を担うことで総合的な処理能力の向上を図る負荷分散システムを構築することができる。

Webサーバなどにより配信される変電所単位のシステム情報は、センターのコンピュータが停止した際のバックアップ情報として利用される。センターのコンピュータが停止すると、広域

システム情報の作成と提供は停止するが、高機能TCにより変電所単位のシステム情報を提供できる。センターのコンピュータは、耐災害なども考慮した高信頼性を実現するために、広域分散配置される傾向にある。これを更に進める高信頼化施策として、この高機能TCによるシステム情報の提供は有用である。

データベース (DB) はフラッシュメモリやRAM上に構築される。DBには、変電所に存在するシステム機器の定格値などの情報、及びその機器の稼働状況により刻々と変化するシステム状態情報などが格納される。DBに格納する情報は、その更新頻度の特性により、フラッシュメモリ又はRAMへの配置を設定することができる。

冗長構成のHWモジュールに合わせて冗長構成で実装される監視制御機能は、構成制御機能により制御される。通常は、一方のSWがオンラインで稼働し、他方がホットスタンバイで待機する形態が多いが、従来のセンターのコンピュータに似た様々なバリエーションの稼働形態で運用することができる。

### 4.2 クラスタ機能

装置の冗長構成を外部から隠蔽 (いんぺい) する仕組みとしてクラスタ機能を導入する。通常、一方の運転モードをオンライン、他方をスタンバイとする運転形態が用いられる。冗長構成のモジュール間で動的に適用される運転モードを、物理的な装置構成と組み合わせて認識し利用することは煩雑であり、システムの複雑化の原因となる。TCにクラスタ機能を導入することで、二重化モジュールの運転状態を認識することなくTCを利用できるようになる。このクラスタ機能により、センターのコンピュータ及び人間系は、二重化構成であることを意識することなくTCを利用することができる。

通常は、オンライン運転をするモジュールが、オンラインモードを示す仮想IP (Internet Protocol) アドレスをネットワークにアップする。利用者は、オンラインモードを示すアドレスをあて先とすることで、IPネットワークのルーティングの仕組みにより、物理的なモジュールを意識することなく、オンラインモジュールへたどりつくことができる。

これらの技術を応用したものとして、仮想IPアドレスを利用し冗長構成のそれぞれのモジュールを独立して運用する、負荷分散の運転のようすを図5に示す。各モジュールの運転モードの制御は、構成制御機能により行われる。オンライン運転をするモジュールでは、オンライン運転を示す仮想IPアドレスをネットワークにアップするとともに、オンライン運転用のDBをオープンする。監視制御所の人間系又はセンターのコンピュータがオンライン運転のTCにアクセスすると、ネットワークのルーティング機能により、高機能TCのオンライン運転のモジュールにたどりつき、高機能TCの構成制御によりオープンされている、オンライン運転用DBのシステム情報にアクセスすることができる。同様にテスト運転するモジュールでは、テスト運転を示す仮想IPアドレスがネットワークにアップされ、テス

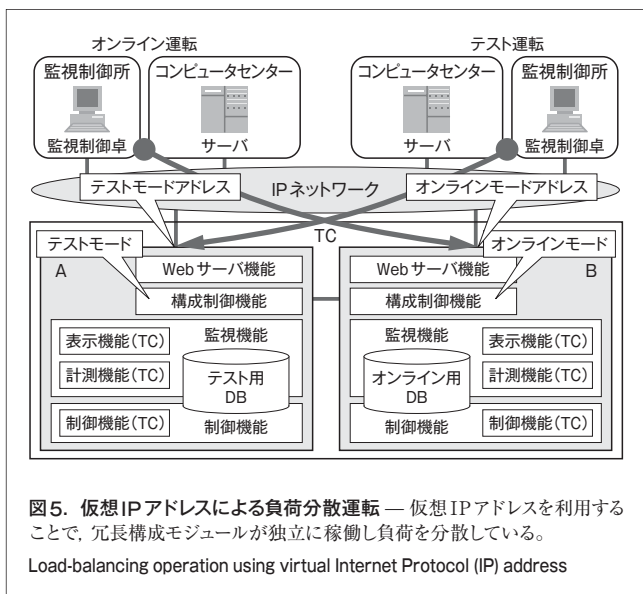


図5. 仮想IPアドレスによる負荷分散運転 — 仮想IPアドレスを利用することで、冗長構成モジュールが独立に稼働し負荷を分散している。  
Load-balancing operation using virtual Internet Protocol (IP) address

ト運転用のDBがオープンされる。このように、クラスタを実現する構成制御機能により、外部に公開する仮想IPアドレスを制御することで、利用者には物理的なモジュールとそれに関する運転モードを意識させることなく、冗長構成のモジュールをそれぞれ独立したモードで運用することができる。

冗長構成の高機能TCが100台にも及ぶ大規模なシステムでは、クラスタ構成は、高信頼化を実現するうえで必須の技術であると考えている。高機能TCの構成制御機能は、障害部位の切離しや復帰の目的で、冗長構成のモジュールの運転モードを動的に変更する。クラスタ技術は、冗長構成のモジュールごとの運転状態を意識しないで高機能TCへアクセスでき、監視制御システムの運用管理コストの低減に有効な手段である。

### 4.3 分散DB

監視制御システムで多くの機能を担う高機能TCは、従来のHDLC (High-level Data Link Control) -TCなどに比べ、変電所内のより多くの機器情報を必要とする。従来のHDLC-TCも、伝送ワードレイアウトなどを定義したテーブルを持ち、アプリケーションプロトコルとして実装したDLL (Down Line Loading) 機能により、センターのコンピュータから切り出したテーブルをメッセージとして受け取る機能があった。高機能TCでは、高性能MPU及びそれに対応したより高機能なOS (基本ソフトウェア) の搭載により、大量の情報の扱いにFTP (File Transfer Protocol) などの汎用プロトコルやDB管理システムの利用も可能になる。

図6は、TCが搭載するDBをセンターのコンピュータのDBと同期させて更新する統合DBのイメージを表している。この図では、DLLのようなアプリケーションプロトコルではなくFTPなどの汎用プロトコルを利用するか、TCがセンターのコンピュータと同じDB管理システムを搭載することで、センターの

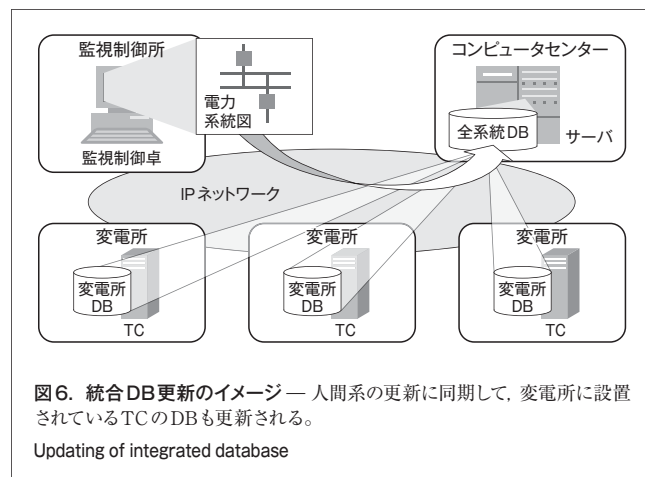


図6. 統合DB更新のイメージ 人間系の更新に同期して、変電所に設置されているTCのDBも更新される。  
Updating of integrated database

コンピュータとTCとでデータを共有できることを示している。

次世代の監視制御システムでは、その対象となる電力系統を定義したDBは、人間系がグラフィックエディタで作画した系統図により定義されるデータや、設備管理サーバなどから提供されるデータをもとに更新される。センターのコンピュータのDBが更新されることで、センターのコンピュータからTCのDB読み込み処理がネットワーク越しに起動され、変電所に必要な情報をセンターのDBから取り込むことになる。

## 5 あとがき

ここで述べた高機能TCは、プロトタイプシステムの開発を完了し、現在は商用システムの開発を進めている。このTCは、監視制御システムのアーキテクチャに大きく影響を与える可能性を秘めているが、本格的な導入は次世代の監視制御システムの登場を待つことになると思われる。現用の監視制御システムに使用でき、次世代システムにも適用できるTCとなるよう、システムマイグレーションの仕組みを充実させていきたい。



長谷川 義朗 HASEGAWA Yoshiaki

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 電力系統技術部主査。電力系統監視制御システムの研究・開発業務に従事。電気学会会員。

Transmission & Distribution Systems Div.



西郷 信博 SAIGO Nobuhiro

電力流通・産業システム社 府中事業所 電力システム制御部グループ長。遠方監視制御装置の装置設計及び開発業務に従事。電気学会会員。

Fuchu Complex



江幡 良雄 EBATA Yoshio

電力流通・産業システム社 電力流通システム事業部 電力系統技術部主幹。電力系統監視制御システムのシステム設計及び開発業務に従事。電気学会会員。

Transmission & Distribution Systems Div.