

上下水道システム向け監視制御システム

Monitoring and Control Computer System for Water Purification Plants and Sewerage Plants

高津 充
TAKATSU Mitsuru

殿塚 芳和
TONOZUKA Yoshikazu

杵田 浩幸
HASHITA Hiroyuki

上下水道プラントにおける、コンピュータを利用した監視制御システムは、これらのプラントのシステム監視や制御に利用されるようになって四半世紀が経過した。今後とも、公共システムの広域管理や無人化の推進の中心技術として、監視制御システムに期待される要求レベルは高まっていく。また、公共プラントの建設から十数年以上が経過し、システムのリニューアルが迫っているものも多い。これらのシステムでは、ライフラインを監視制御しているため、プラントを停止することは不可能である。今回、それらのニーズに対応できる上下水道向け監視制御システムを開発した。

A quarter of a century has passed since monitoring and control systems using computers were first installed in water purification plants and sewerage plants. From now on, the level of requirements demanded of monitoring and control systems will rise in line with their role as a core technology for wide area management of public systems, including unmanned systems. Moreover, many public plants are more than 15 years old and their reconstruction is necessary. Since the plants being monitored and controlled are lifeline systems, however, it is impossible to stop their operation.

Toshiba has developed a new monitoring and control computer system for water purification plants and sewerage plants to satisfy these requirements.

1 まえがき

これからの上下水道監視制御システムの構築は、リニューアル、増設、改造という形態が主となりつつある。また、新設のプラントにおいても、最初に全体を構築するのではなく、需要に対応して徐々にプラントを拡張していく形態が主流となると予測される。監視制御システムも、柔軟にこの形態に対応することが求められている。したがって、コントローラの増設、各種コントローラの混在、CRT(Cathode Ray Tube)の追加、PIO(Process Input Output)点数の増加などに耐えることができるシステムアーキテクチャが必要となる。つまり、成長・拡大していくプラントに対して、監視制御システムは、スムーズな機能増強が実現可能で、かつ操作性は同一であることが必要である。

また、最近のコンピュータや通信技術の発展やオープン化技術の進展により、各種の方式の開発及び実用化が促進され、情報処理システムは急激な変革の時代を迎えている。このような監視制御システムの基本となる技術や仕様が短期間に変化する状況で、全体的なシステムの仕様の統一性や継続性を維持することは、従来の監視制御システムでは多大な労力を必要とすることが多かった。その原因は、ハードウェア(HW)とソフトウェア(SW)の両者にそれぞれ起因していた。

長期間利用される公共プラントでは、技術変化の激しい環境においても、統一的なシステムが簡単に構築されることが要求されている。今回、そのような要求に対応し、小規模

から大規模システムまで連続的に構築可能な監視制御システムを開発した。ここでは、システムの特長、システム構成、SW構成について述べる。

2 監視制御システムの特長

2.1 構成の自由度の実現

上下水道システムは、従来は処理規模に応じて、異なったプラットフォーム構成が採用されている。それらのプラットフォーム構成は、使用されているコンピュータやコントローラの基本ソフトウェア(OS)や通信方式が異なっており、互換性が限られている。大規模なシステムには、それに適合したHWとSWを使用してシステムを構築していた。同様に、小規模なシステムであれば、そのシステムに適合したHWとSWを使用してシステムを構築していた。コンピュータのメモリや磁気ディスクなどHWの価格が高い状況では、それらのプラットフォーム構成を採用することが適した方式であった。与えられた資源で、最大限にシステム能力を引き出すシステム構成である。当社の従来の監視制御システムのシステム規模とシステム機能の関係を図1に示す。

今後は、HWの資源の余裕は、十分に確保できる環境が整うと思われる。メモリと磁気ディスクについては、単体の容量が大きくなったことにより、小規模なコンピュータでも通常の監視制御機能のためには十分な容量が実装することができるようになってきている。コンピュータやコントローラの演算

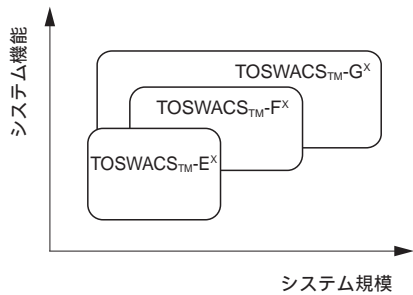


図1．従来システムのシステム機能と規模の相関 従来は、システム規模に応じて異なるプラットフォーム構成を採用していた。
Relationship between system functions and scale of present monitoring and control system

装置(CPU)も、能力が格段に向上してきている。

今回開発した監視制御システムのシステム規模と機能の関係を図2に示す。システムの規模が変化しても、監視制御システムの核であるプラットフォーム構成は、共通仕様のものを使用し連続性を実現している。これは、上述のように、HWの能力が格段に向上したことにより小規模のためのHWでも、大規模用のシステムのプラットフォーム構成を搭載できる十分な資源の余裕ができたためである。ただし、プラントの規模が変化して監視制御システムが変化すれば、使用されるコンピュータの規格や性能、及び数量は変化する。したがって、大規模システムの場合は、分散技術が重要になる。

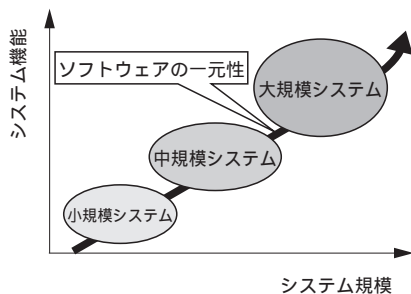


図2．新システムのシステム機能と規模の相関 システム規模が変化しても、プラットフォーム構成は共通仕様のものを使用し、連続性を実現している。
Relationship between system functions and scale of new monitoring and control system

2.2 高信頼性の実現

前節で述べたように、プラントに適合した自由なシステム構成が可能で、適切な機能分散により安定した高信頼性を実現している。

各コンポーネントであるコンピュータやコントローラは水平分散を実施している。1台が故障しても、その影響範囲が、他の部分に及ばないようにしている。更に、同列の機器で代

替えができる。

また、二重化による高信頼性の必要性は、必ずしもシステム規模に依存しない。プラント規模が小さくとも、二重化により信頼性の確保が必要な場合がある。従来のシステムでは、監視制御の規模に比例して冗長性も高くなり、規模が小さなシステムなどの場合、二重化が不可能な場合があった。しかし、今回の監視制御システムは、規模に依存しない柔軟な冗長性を実現した。

2.3 高速性の実現

高速応答性の確保のために、それぞれのコンポーネントは、処理の自己完結を基本として、コンポーネント間の接合は疎結合としている。これにより、システム構成が単純になり、各コンポーネントの処理速度を上げることが、全体の処理速度の向上につながる。加えて、一つのコンポーネント処理の影響により、他のコンポーネントの処理が待たされて、全体の処理が遅くなる処理の発生を避けている。

また、システム内の応答速度は、処理のリアルタイム性が求められる機能と、人とのインタフェースを満たす機能に分け、それぞれの個別の目標を決めている。前者の応答性は、プロセスの監視制御を確実に実施することが求められ、上下水道のプロセスにおいては数十～数百ms単位の応答性が必要になる。一方、後者の応答性は、オペレータが操作をする場合の応答速度になる。この場合の速度は、違和感なく快適に操作ができ、人の目にとって見やすい応答性を実現する必要がある。つまり、早すぎず、遅くもない使いやすい応答性が必要である。この速度は、前者の応答性ほど速い応答性を必要としない。今回のシステムでは、0.5～数秒の応答性を実現している。

2.4 オープン化時代のSWの独立性と継続性の実現

今後、監視制御に使用されるコンピュータのHWやOSの仕様は、頻繁に変化すると予測される。また、このような状況は今後も継続すると考えられる。HWやOSの仕様を固定して利用し続ける方法も考えられるが、この方法には限界があり、HWやOSが改善されたとき、それらに対応できない製品は機能的に魅力の乏しいものになる。また、仕様を固定するためには、HWやOSを在庫として確保しておかねばならず現実的ではない。

また、オープン化の範囲や内容も変化していくと予測され、それらに対応するためにも新しい仕様のHWやOSの機能を積極的に取り込んでいく必要がある。

これらの状況に対応するための一つの方法として、プラットフォームの言語にJava^(注1)を全面的に採用した。Java言語を採用することで、HWやOSの制約から開放ができるとともに、将来的にもアプリケーションSWの継承実現が期待できる。

(注1) Javaは、米国SunMicrosystems社の商標。

2.5 公共システムにおけるネットワーク化への対応

従来は、一つのプラントの閉じた世界で監視制御が実施されることが多かったが、省力化や無人化が急速に進むとともに、天候不順による集中豪雨の発生や、渇水時などのように単独の処理場単位では制御が不可能な状況が進み、広域的な監視制御が必要になってきている。これらの状況にも柔軟に対応できるシステムが求められている。今回開発したシステムは、オープンネットワーク技術を積極的に取り込み広域対応できるようにしている。また、前述したように、各コンポーネントは疎結合を原則としており、伝送プロトコルを統一することによりマルチベンダーのシステムが簡単に構築できる。

Java アプレット形式で、広域対応としてインターネットの利用もでき、リモートに設置されたパソコン(PC)のブラウザでシステムの状態を監視できる。

2.6 人間工学による GUI 設計

今回開発した監視制御システムは、既存監視制御システム TOSWACSTM シリーズで確保した上下水道プラントの監視制御システムのノウハウを継承し、豊富な機能を実現している。同時に、ユーザーにとって使いやすくなるように人間中心設計基準 ISO(国際標準化機構)13407の指針に準拠した人間工学的な見地での検討を実施し、画面の見やすさ、操作のしやすさを追求した。

GUI(Graphical User Interface)画面の例を図3に示す。機能をグループ化して使いやすさを考慮している。また、画面の色調も考慮し、めりはりのある画面を実現している。



図3 .トレンドグラフ画面の表示例 オペレータが自由にアナログデータ8点、デジタルデータ8点を選択表示できる。

Example of trend data graph display

3 システム構成

3.1 監視制御の基本機能

上下水道プラントの監視制御で必要とされる基本機能を分

析し、分類した。上下水道システムにおけるリアルタイム性確保と高信頼性を求められる機能と、オペレータの操作がしやすい応答性を持つ機能に分けてプラットフォームを構築する。

監視制御システムの機能のまとまりを考え次の五つに分類する。

- (1) 機器・プロセス制御機能
- (2) リアルタイムデータインタフェース機能
- (3) 監視データサーバ機能
- (4) ヒストリカルデータサーバ機能
- (5) アプリケーション機能

上記の機能は、システムの大小にかかわらず、必要な機能である。システムの大小によりそれぞれの機能の内容や規模が異なるだけである。大規模なシステムでは、一つの機能を複数のHWで実現することもある。小規模なシステムでは、同一のHWにより、複数の機能が実現されることもある。

3.2 ステーション構成

上記で分類した基本機能を搭載するHWをステーションと定義する。ステーションは、1台のHWで構成されることもあるし、複数のHWの集合体で構成されることもある。

HWの基本構成要素は、次のようになる。

- (1) HIS:ヒューマンインタフェースステーション
- (2) SVS:サーバステーション
- (3) RCS:リアルタイムコントロールステーション

(1)のHISは、オペレータとのインタフェースを行う機器で、アプリケーション機能、監視データサーバ機能を搭載する。また、小規模なシステムの場合は、ヒストリカルデータサーバ機能も登録する。HISは、システム規模が大きくなれば、複数台の機器を配置することにより機能分散を図る。

(2)のSVSは、中規模以上のシステムの場合に設置する。ヒストリカルデータサーバ機能と、監視データサーバ機能のうち、共通管理機能を搭載する。基本的に、長期データは、このステーションに保存されるので、データの信頼性を向上するためには二重化を図ることができる。また、情報処理系の上位のコンピュータとのインタフェースを取る場合、このステーションで実施する。

(3)のRCSは、リアルタイムデータインタフェース機能と機器・プロセス制御機能を搭載する。プロセスの規模により、台数は変更する。大規模なシステムの場合は、リアルタイムデータインタフェース機能と機器・プロセス制御機能を別々のRCSに分散する場合もある。

上記のように、適材適所に必要な機能を各ステーションに搭載することで、基本機能は同一性を維持しながら、システム構成としては柔軟性を確保する。また、システムを構成する各機器は、同一仕様の機器である必要はなく、仕様が異なるコントローラをRCSとして利用することもできるし、同様にスペックの異なるコンピュータをHISとして利用し並置もできる。

段階的なシステム構築の場合は、数年後に同一の機器が

入手できるとは限らない状況になる可能性がある。そのような場合は、基本的な仕様を満たせば問題なくシステムに取り込めるHWを採用する。

3.3 監視制御用LANとしてEthernet^(注2)の採用

監視制御用のLANとしてEthernetを採用し、各ステーション間のインターフェースの容易性と将来継続性を見込む。制御LANの二重化については、SWで実現する。

3.4 RCSに統合コントローラの採用

RCSステーションに、統合コントローラシリーズを採用してシステムの柔軟性を向上させている。統合コントローラは、当社が新たに開発したコントローラであり、制御機能別にモジュールが準備されている。制御内容により、自由に各種モジュールを組み合わせたことができる高機能次世代型コントローラである。

これらの採用により、規模の異なる設備においても同一エンジニアリング環境下でシステム構築ができる。基本的な特長は次のとおりである。

- (1) シーケンス制御、ループ制御、コンピュータ機能の統合
シーケンス制御(S)、ループ制御(L)、コンピュータ制御(C)の各モジュールを選択してコントローラを構成できる。
- (2) 高度なエンジニアリング環境
国際標準言語IEC 61131-3を搭載し、規模や制御対象に依存しない共通的なプログラム表記と、統一したエンジニアリングにより再利用性の高いオブジェクト指向エンジニアリングが実現できる。
- (3) 本格的コンピュータ機能
コンピュータ機能を持つPC/AT互換のCモジュールとの組合せで、汎用PCソフトウェアの活用や大容量のデータ処理をコントローラレベルで容易に行える。
- (4) 従来機種との互換性
当社の従来コントローラのPIO、伝送コンポーネント資産を有効活用できるように考慮されており、コントローラとしても既設資産を有効活用できる構成になっている。

3.5 システム構成

小規模システムと中規模システムのシステム構成を図4、図5に示す。

3.6 新機能の実現

従来では実現できなかった各種の機能実現のため、新しい機器を積極的に取り入れた。新機能には次のようなものがある。

- (1) i-modeなどを利用したリモートメッセージ/リモートオペレーション
- (2) 液晶型モニタの採用
- (3) 新型オペレータキーボードの採用

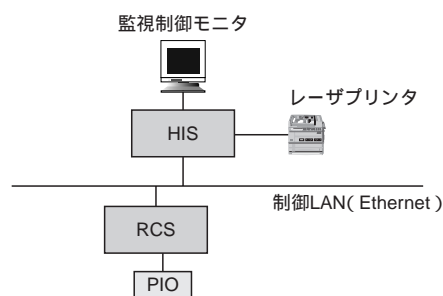


図4．小規模システムのシステム構成 PIO点数が1,000点程度の小規模な監視制御システムの構成例を示す。
Example of small-scale monitoring and control system configuration

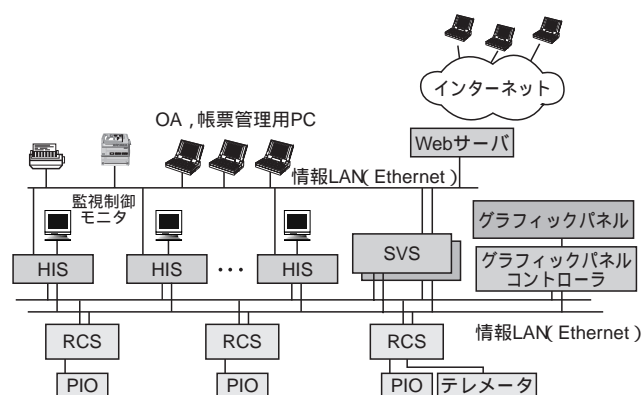


図5．中規模システムのシステム構成 PIO点数が4,000点程度の中規模な監視制御システムの構成例を示す。
Example of medium-scale monitoring and control system configuration

- (4) ローカルでのカメラ制御/画像情報管理
- (5) コントローラ内での超高速データロギング
- (6) AI(人工知能)機能応用リアルタイム制御

4 SWの特長

4.1 SWのオブジェクト化

3章で述べたように、今回開発した監視制御システムは、機能中心でシステムを構築し、環境やプラント規模が変わっても同一のプラットフォームSWが利用できることを基本としている。そのために、上下水道の監視制御を機能分析し、その機能によりオブジェクト化を図った。特に、監視制御システムで重要なデータサーバ機能は、処理点数が変わっても柔軟にシステム構成ができるようにしている。

コンピュータシステムのオープン性を向上させるために、DFS(デファクトスタンダード)SWを採用することは重要な要素であるが、今回の監視制御機能のデータベースやGUIには、DFSは使用していない。DFSの採用は長所もあるが、問題点が発生した場合にDFSのSWの問題が、アプリケー

(注2) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の商標。

ション SW 側の問題か判別が困難なことなど品質に関する面での観点と、細かい機能の調整など DFS では困難なことがあるため、DFS の採用をしていない。ただし、周辺部分の SW には、DFS を積極的に採用する。

4.2 Java の採用

従来の監視制御システムでは、使用しているコンポーネントがバージョンアップしたり、新たな機能が追加された場合、それらの変更に対応する改造が発生したが、その作業が簡単ではなかった。今回開発した監視制御のプラットフォーム SW は、Java 言語を使用して開発している。Java で作成されたプログラムは、Java 仮想マシン (JVM) を実装しているコンピュータでは、コンピュータの命令セットアーキテクチャや OS に関係なく同じバイトコードを変更なしで実行できる。したがって、Java のプログラムを書き直す必要がない。製品サイクルの短周期化に容易に対応が可能である。

ただし、Java をリアルタイム処理が基本である監視制御システムに使用するには、多くの技術的な課題が存在するのも事実である。これらの課題については、スパイラル型の開発によりそれらを一つずつ解決して、Java による監視制御システムを実現した。

4.3 SW 構成と HW の関係

SW の構成と HW の関係を図 6 に示す。SW 機能と HW は、基本的に独立したものとなる。HW は、前述したようにステーションとなる。プラント規模やシステムの建設スケジュールによって、必要な HW と SW を選択する。

4.4 広域ネットワーク対応

今後利用が拡大すると予測される広域対応は、プロセスデータの一元管理を実施することにより可能である。この場合も、段階的な構築を基本として、各機場レベルの監視制御システムを核にして、広域システムへ柔軟にシステム展開ができる。広域対応のシステム構成を図 7 に示す。この場合、ネットワークは公衆回線や自前のネットワークなどが利用できる。

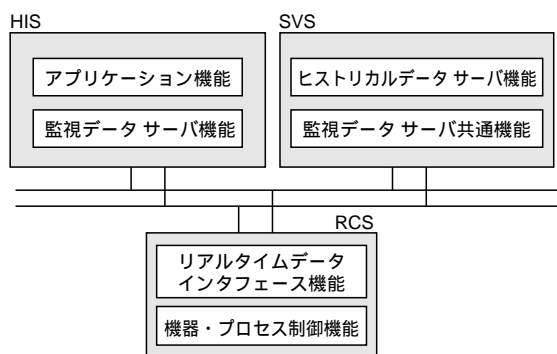


図 6 .監視制御システムの SW と HW の関係 SW 機能群と HW は、基本的には独立したものになる。
Relationship between platform software and hardware station

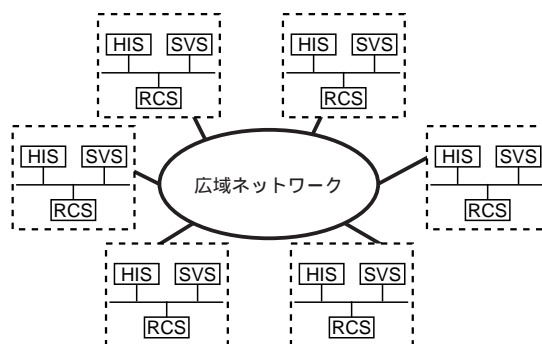


図 7 . 広域ネットワークのシステム構成 ネットワークにより接続した広域対応の監視制御システムの構成を示す。

Example of wide area monitoring and control system using network

4.5 エンジニアリング機能

エンジニアリングツールは、次のツールが準備されている。

- (1) システム エンジニアリングツール
- (2) GUI 作成ツール
- (3) 帳票エンジニアリングツール
- (4) コントローラ エンジニアリングツール

5 あとがき

ここ数年のコンピュータ技術の変化と発展は、公共プラント監視制御分野にも大きな影響を与え、その基本技術に根本的な変革を及ぼし始めている。このような状況に柔軟に対応できるように開発した上下水道システム向け監視制御システムの特長、システム構成、SW の特長について述べた。

今後も、新しい技術動向・展開を踏まえ、ユーザーのニーズに適合した監視制御システムの開発・提供に努めていく所存である。

文 献

- (1) 電気学会技術報告 第 689 号 公共プラント監視制御システムにおけるオープン化の現状と今後の展望. 1998-8, 63p.



高津 充 TAKATSU Mitsuru

情報・社会システム社 社会インフラシステム事業部 公共システム技術第二部主務。
公共システムのエンジニアリング業務に従事。
Public Use Systems Div.



殿塚 芳和 TONOUZUKA Yoshikazu

情報・社会システム社 府中事業所 公共制御システム部主務。
公共制御プラントの監視制御システムの設計業務に従事。
Fuchu Operation - Information and Industrial Systems & Services



柘田 浩幸 HASHITA Hiroyuki

情報・社会システム社 東京システムセンター 応用システム部主務。公共制御プラントの監視制御システムの設計業務に従事。
Tokyo System Center