

発電プラント向け新計装制御システムの要素技術

高橋浩一* 織田修司*
武村英夫*
諸岡史久*

Key Technologies Applicable to New Instrumentation and Control System for Power Plants

Koichi Takahashi, Hideo Takemura, Fumihisa Morooka, Shuji Orita

要旨

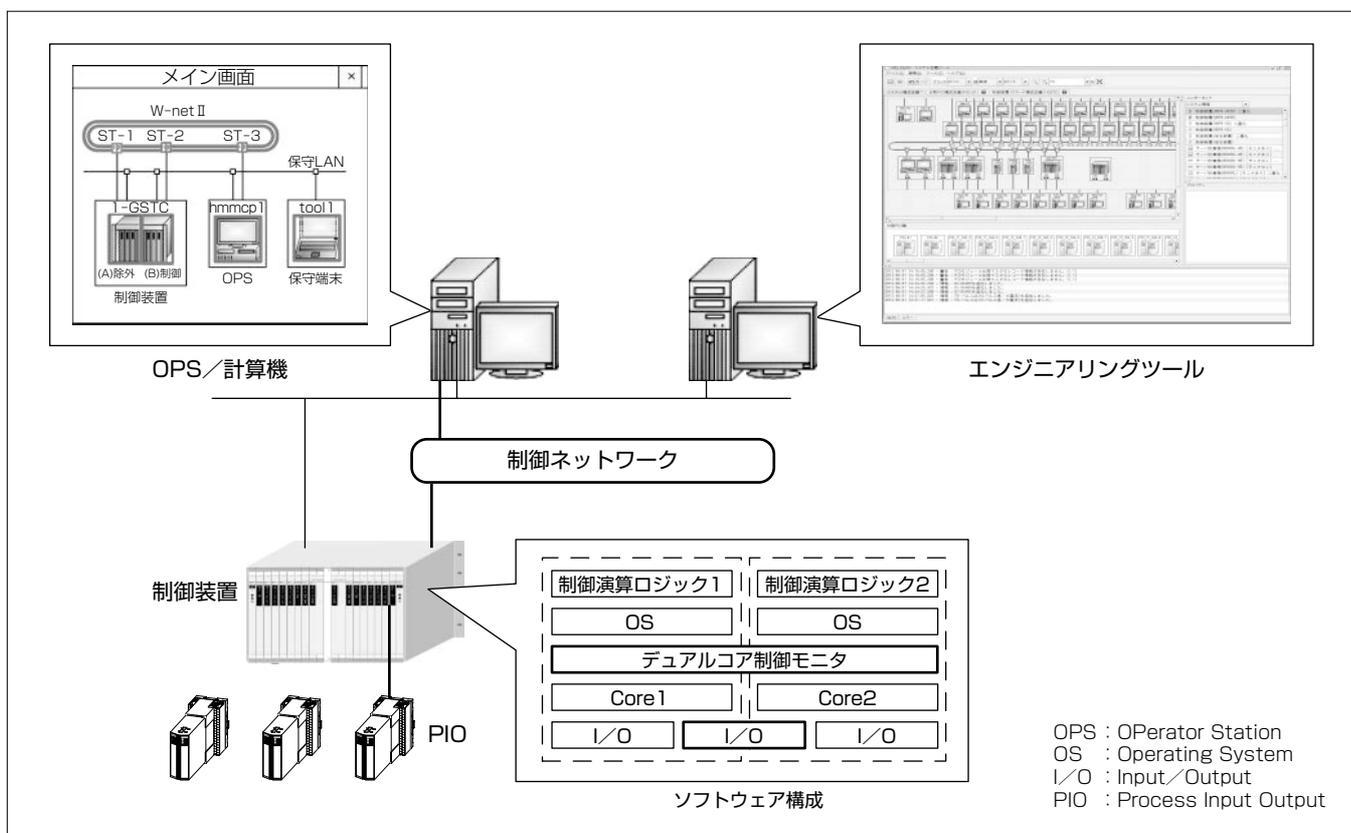
新計装制御システムの開発コンセプトの内、“止まらない 堅牢(けんろう)な制御システム”“作らない 人に優しい エンジニアリング環境”に対応して、従来よりも高信頼・高性能な制御装置の実現や、誰にでも分かりやすく操作ミスの少ない高度なエンジニアリング環境を提供するため、より高度なプロセッサの技術やユニバーサルデザインを適用している。

近年のプロセッサ(CPU: Central Processing Unit)の技術動向は、半導体プロセス技術の向上によって集積度が上がった反面、クロック周波数を上げることによる性能向上が難しくなったことと、消費電力、熱対策の問題があり、クロック周波数、消費電力を抑制できるマルチコア化の方向に進んでいる⁽¹⁾。社会インフラを支える発電プラントの

計装制御システムに適用される制御装置は、高性能かつ、高い信頼性を要求されるため、三菱電機では新計装制御システムの制御装置のプロセッサとして、低消費電力かつ熱対策が容易で高性能なデュアルコアプロセッサを採用している。

また、ヒューマンエラーを防止するため、ハードウェアの表示類にもユニバーサルデザインを適用し、視認性・識別性の向上を図っている。さらに、信頼性・故障解析性の機能として、メモリ化け対策によって一過性の故障に対して運転継続可能とし、故障情報格納領域、通信経路を多様化することによって、故障情報を確実に収集可能としている。

本稿では、発電プラント向け新計装制御システムの共通プラットフォーム“MELHOPE-GRID”の高信頼化、高性能化、故障解析性能の向上に関係する要素技術について述べる。



“MELHOPE-GRID”に適用される要素技術

新制御装置では、マルチコアプロセッサを有効活用するためのハイパーバイザ技術を使ったデュアルコア制御モニタ及び制御装置本体の表示類のユニバーサルデザインを適用している。エンジニアリングツール、OPSは画面のユニバーサルデザイン化とエンジニアリング作業、保守作業を支援する各種機能を提供している。

1. ま え が き

当社では、昨今の技術動向を踏まえて、制御装置の高性能・高信頼化を目的として、マルチコアプロセッサの採用など、最新の要素技術を適用した新計装制御システムの共通プラットフォーム“MELHOPE-GRID”を開発した。MELHOPE-GRIDのエンジニアリングツールやOPSでは、ユーザーの誤操作などを防止、保守性の向上を目的に“人に優しい”をコンセプトに誰にでも分かりやすく使いやすいユニバーサルデザインを採用している。

本稿では、MELHOPE-GRIDで適用している主要な要素技術及びその応用について述べる。

2. 制御装置で適用している主要技術

2.1 性能向上

2.1.1 デュアルコアの有効活用

近年、プロセッサ技術では、クロック周波数による性能向上が難しくなったことと、消費電力及び熱対策の問題があったことでマルチコア化が主流となっている。MELHOPE-GRIDの制御装置でも消費電力の抑制及び熱対策を考慮した高性能化のため、デュアルコアプロセッサを採用している。

デュアルコアプロセッサを有効に活用するため、1台の制御装置の中で仮想的に複数の制御装置が動作できるように、ハイパーバイザ技術を使ったデュアルコア制御モニタを開発した(図1)。デュアルコア制御モニタ上では、OS、アプリケーションがリソースを意識することなく、複数台分動作させることが可能で、次の特長がある。

- ・OSが使用するリソース(CPU、割り込み)の排他制御をリアルタイムに実施
- ・各OS間のメモリ破壊を防止
- ・OS間の同期や通信が可能

2.1.2 高速シリアルバス採用によるシステムバスの性能向上

システムバスは技術の進歩に伴い、パラレルバスから高速シリアルバスにトレンドシフトしている。これに合わせ、制御装置内のシステムバスについても、性能向上を目的として、従来のパラレルバスから、高速シリアルバスへの変

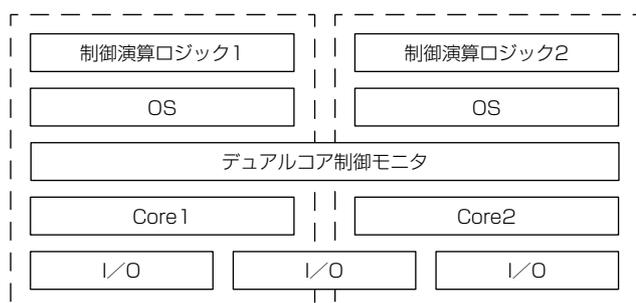


図1. ソフトウェア構成

更を行った。しかしながら、パラレルバスと高速シリアルバスには1回のアクセス要求に対する転送データ量によって優劣があり、これを考慮した設計が必要であった。32バイト、64バイト付近を境として、1回のアクセス要求に対する転送データ量が少ない場合はパラレルバス、多い場合は、高速シリアルバスが高速となる。制御装置では、主に大容量のデータ転送を行っているが、従来の制御装置ではデータ量が少ない転送も多く実施されていた。そのため、MELHOPE-GRIDでは、複数のデータをまとめて転送する設計に見直すことでパフォーマンスを向上させた。

2.2 故障解析性の向上

2.2.1 RAS情報収集と解析方法

制御装置は、制御装置内外の故障状態などの情報(以下“RAS(Reliability, Availability, Serviceability)情報”という。)を収集し、後述のシステムモニタで表示することで、故障解析などを行う。なお、制御装置はCPUカードとインタフェースカードに分かれており、CPUカードが各インタフェースカードから収集したRAS情報とCPUカード内で検出したRAS情報が制御装置で検出可能なRAS情報となる。RAS情報はCPUカード内のIOプロセッサ(通信用のプロセッサ)を経由し、システムモニタに通知される。この一連の動作に関し、次に述べる2点を行うことで故障解析性を向上させた。

2.2.2 システムバス異常時のインタフェースカード情報取得冗長化

制御装置のシステムバスはシリアルバスを採用しているが、メインシリアルバスが異常となった場合に、各インタフェースカードの状態を監視できなくなるという問題が発生する。その問題を解決するため、メインのシリアルバスとは別方式のシリアルバスを採用したサブシリアルバスを配置することで、異常時にインタフェースカードの状態を監視することを可能とした(図2①)。

2.2.3 RAS情報格納領域の二重化

RAS情報はCPUカード内のBackup SRAMに格納される。通常は、保守用Ethernet^(注1)経由でシステムモニタによってRAS情報の確認を行う。RAS処理を行うメインプロセッサがなんらかの異常で停止した場合には、通信を行うためのIOプロセッサ経由でアクセスを行うことによって、異常時にもRAS情報を確認可能とした。さらに、この経路に異常が発生した場合を考慮して、同一の情報をSD^(注2)カード内に格納することで、装置異常が発生した場合でもSDカードを抜き取り、オフラインで内容を確認することを可能とした(図2②)。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス株の登録商標である。

(注2) SDは、SD-3C, LLCの登録商標である。

2.3 ユニバーサルデザイン

MELHOPE-GRIDでは、ユニバーサルデザインを採用

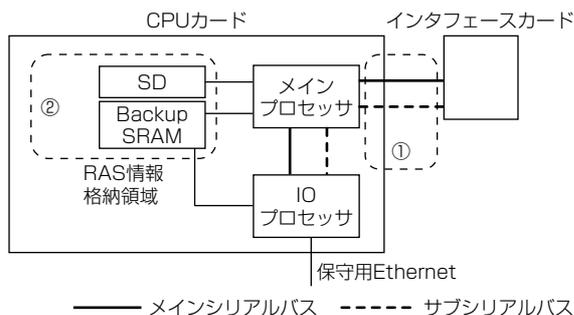


図2. RAS情報格納場所

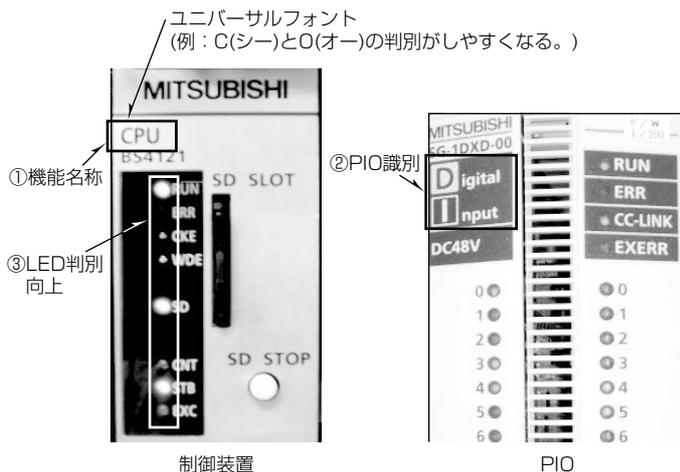


図3. ユニバーサルデザイン

することによって、視認性を向上させた(図3)。具体的には、次の改善を行った。

- ・カード機能を判別しやすくなるように各カード、モジュールの機能名称を記載した(図3①)。
- ・PIOの識別を容易にするために、PIO種別の頭文字を大きな文字で表記した。さらに、種別によって色を変えることで種別を判別しやすくした(図3②)。
- ・LED(Light Emitting Diode)の点灯位置を明確化し、LED点灯位置を判別しやすくした(図3③)。
- ・ユニバーサルフォントを適用し、読み間違いを減少させた。

3. エンジニアリングツールとシステムモニタ

3.1 エンジニアリングツール

3.1.1 エンジニアリングツールの特長

エンジニアリングツールの主要ツールは次の3つである。

(1) システム定義ツール

制御装置、ネットワーク、計算機等の監視制御システムを構成する機器をグラフィカルに配置してシステム構成を作成し、システム設定を行う。また、このツールで作成したシステム構成をそのままシステムモニタの画面として表示することを可能とした。

(2) ロジックエディタ

制御装置と計算機の制御演算ロジックの作成(POL

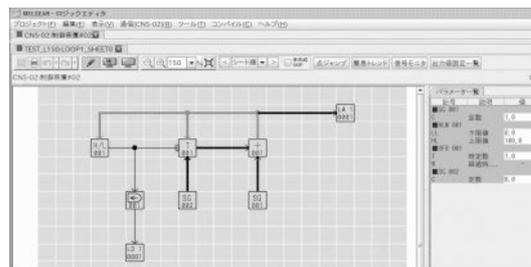


図4. ロジックエディタ機能

(Problem Oriented Language)で記述)、ロジックデータのコンパイル、ロジックデータのダウンロード、制御装置内のロジックデータとの照合機能、制御装置内の演算状態をモニタリングする機能を持つ(図4)。編集画面は、タブ形式で複数の制御装置、計算機、シートを同時に編集可能となっている。従来は、制御装置と計算機の制御演算ロジックの作成などは2つのツールで行っていたが、ツールを統合して効率的に作業を行えるようにした。

(3) ユーティリティ

エンジニアリングデータを統合的に管理する統合データベース、セキュリティ機能、客先提出用ドキュメント作成等を可能とした。また、マルチプラットフォーム(Windows^(注3)とLinux^(注4))に対応し、通常のパソコン端末だけでなく計算機アプリケーションの生産・管理・保守環境とも共存して使用できるようにした。

(注3) Windowsは、Microsoft Corp.の登録商標である。

(注4) Linuxは、Linus Torvalds氏の登録商標である。

3.1.2 デュアルコアへの対応

MELHOPE-GRID制御装置の制御演算ロジックをループごとにコアに割り付けて実行できるようにした。

エンジニアリングツールで、ループを各コアに割り付ける機能を持っており、次の機能を提供する。

(1) 手動割り付け：ループ定義機能で実行するコアを指定可能。

(2) 自動割り付け：実行するコアを自動的に割り付け可能。

入出力があるループを別のコアで動作した場合、各コアで非同期にループが実行されるので、入出力が不整合になる場合があり、自動割り付け機能では、コア間で入出力が発生しないように割り付けられる。

手動割り付け機能は、もともと複数の制御装置で処理していたループを1台に集約する場合に、各CPU単位で各々のコアにループを割り付けるケースを想定しているが、自動割り付け後に、設計変更などを手動で行うケースを想定して、コア間で不正な入出力が発生する可能性があるコアが指定される場合には、ユーザーに通知する。

3.2 システムモニタ

システムモニタとは、エンジニアリングツールとOPS上で、監視制御システムの構成機器の状態を監視する機能であり、次の特長を持っている。

