

統合コントローラ「MICREX-SX シリーズ」の新冗長化システム

下川 孝幸 (しもかわ たかゆき)

吉原 大助 (よしはら だいすけ)

1 まえがき

統合コントローラ「MICREX-SX シリーズ」は、プログラム容量最大 256k ステップ、データメモリ容量最大 2M ワード、I/O 点数最大 65,536 点のカバレッジを持ち、小規模から大規模までスケラブルに最適な制御システムを構築できる。

機器の故障によって制御システムが停止すると、損失が大きい石油化学や水処理などのプラント制御システムでは、制御機能の単位で機器を待機（スタンバイ）冗長化し、システムの信頼性を向上させることが不可欠となる。

MICREX-SX シリーズでは発売当初から CPU モジュールの 1:1 ウォームスタンバイによる冗長化に対応し、システムの信頼性確保とコスト低減の両立を追求することによって、汎用性を高めた安心で安全なシステムの普及に貢献してきた。

本稿では、監視制御、データ収集機能を大幅に改善した CPU モジュール「SPH2000 シリーズ」による新しい冗長化機能を搭載したシステムについて紹介する。図 1 に SPH2000 シリーズの外観を示す。

2 SPH2000 冗長化システムの構成

SPH2000 シリーズは、CPU モジュールの冗長化と、電源、ベース、CPU、ネットワークから成る基本システム

図 1 SPH2000 シリーズ (ベースボード搭載例)



全体の冗長化に対応した。

2.1 モジュール二重化

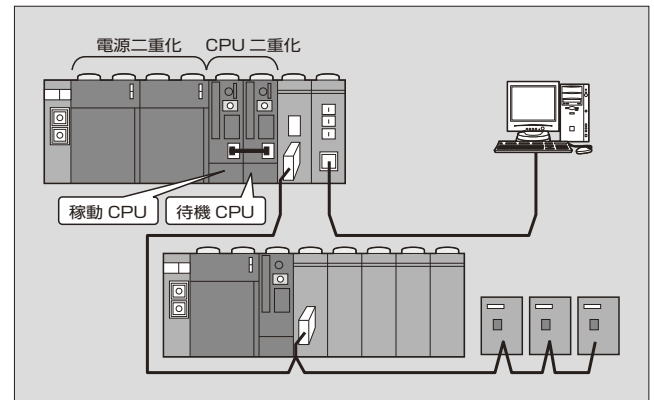
従来の「SPH300 シリーズ」は 1:1 ウォームスタンバイ、1:1 コールドスタンバイおよび N:1 コールドスタンバイによる CPU 冗長化機能に対応している。

SPH2000 シリーズは、SPH300 シリーズの冗長化システムで適用事例が多い、1:1 ウォームスタンバイおよび 1:1 コールドスタンバイによる CPU モジュールの冗長化(モジュール二重化)に対応した。図 2 にモジュール二重化の構成を示す。

CPU モジュール二重化の構成は、冗長化ペアとなる稼働 CPU と待機 CPU を同一の SX バス上に実装し、稼働 CPU から待機 CPU へアプリケーション制御データの等値化を行うためのバスで接続する。マルチ CPU 構成においても CPU 冗長化が可能で、最大 4 ペアのマルチ CPU システムを構成できる。稼働 CPU と待機 CPU には同一のアプリケーションプログラムを格納する必要があるため、支援ツールを用いて稼働・待機の両 CPU へ自動的に一括ダウンロードが可能である。

CPU モジュール二重化では、待機 CPU が稼働 CPU の運転状態を監視し、稼働 CPU に故障が発生した場合には、待機 CPU に制御が切り替わり運転を継続する。CPU

図 2 モジュール二重化の構成



下川 孝幸

プログラマブルコントローラの開発設計に従事。現在、富士電機機器制御株式会社生産本部システム機器事業部コントローラ開発生産センター設計部主任。



吉原 大助

プログラマブルコントローラの開発設計に従事。現在、富士電機アドバンステクノロジー株式会社情報通信制御開発センター情報・制御システム部。

特集(2)

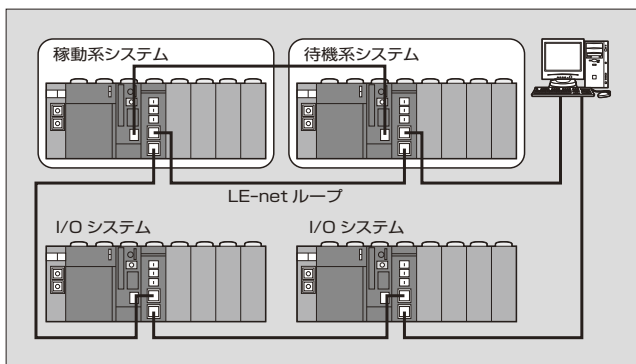
モジュールのほかに電源モジュール、ネットワークとして LE-net モジュールの二重化が可能である。

冗長化する CPU モジュール SPH2000 シリーズ以外は標準のモジュールが使用できるため、冗長化していない既存のシステムと、資産を活用して冗長化システムへ移行させることが容易であり、システムコストの低減が可能である。

2.2 システム二重化

システム二重化は電源、ベースボード、CPU モジュール、LE-net モジュールから成る基本システム全体を二重化するシステムである。基本システム、I/O システムはループ型 LE-net で接続され、稼動 CPU と待機 CPU は等値化バ

図3 システム二重化の構成



スで接続される。図3にシステム二重化の構成を示す。モジュール二重化と同様に稼動・待機の両CPUには、同一のアプリケーションプログラムを格納する。

冗長切替動作は、稼動システムのCPUモジュールとLE-netモジュールが相互監視し、異常を検出したとき、待機系へ制御が移行する。待機システムのCPUは冗長化ペアである稼動CPUを監視し、故障または待機系となったことを検出し稼動系へ移行する。

稼動システムの電源、ベースボード、CPUモジュール、LE-netモジュールのいずれかに故障が発生した場合には、待機システムに切り替わり運転を継続するため、モジュール二重化と比較して、より信頼性の高いシステムを実現できる。

また、ループ型LE-netの使用により、LE-netモジュールの故障や停止でも他の通信を維持できるため、故障した基本システム単位での交換をシステム運転状態のまま行うことができる。モジュール二重化同様に、SPH2000シリーズ以外は標準のモジュールが使用でき、システムコストを低減できる。

③ SPH2000 冗長化システムの特徴

SPH300シリーズとSPH2000シリーズの冗長化仕様比較を表1に示す。

表1 SPH300シリーズ、SPH2000シリーズの冗長化仕様比較

項目		SPH300シリーズ	SPH2000シリーズ
メモリ	プログラムメモリ	32/74/117/245kステップ	256kステップ
	データメモリ	32/128/256/512kワード	2Mワード
	最大I/O点数	8,192点	8,192点 (標準) 65,536点 (I/O拡張時)
機能	モジュール二重化/システム二重化	モジュール二重化	モジュール二重化, システム二重化
	スタンバイ方式	1:1ウォームスタンバイ 1:1コールドスタンバイ N:1コールドスタンバイ	1:1ウォームスタンバイ 1:1コールドスタンバイ
	マルチCPU	4台 (1:1ウォームスタンバイ, 1:1コールドスタンバイ) 7台 (N:1コールドスタンバイ)	4台 (1:1ウォームスタンバイ, 1:1コールドスタンバイ)
	等値化メモリ範囲	入出力メモリ, エッジ検出, タイマ, カウンタ, ユーザーFBインスタンスの保持メモリ, 指定した標準メモリ, 指定した保持メモリ	入出力メモリ, エッジ検出, タイマ, カウンタ, 指定したユーザーFBインスタンスメモリ, 指定した標準メモリ, 指定した保持メモリ
	等値化実行タスク	デフォルトタスクのみ	全タスクに等値化指定可能
	CFカード両系書き込み	非対応	対応: モジュール二重化のみ
	二重化範囲	電源, ネットワーク (LE-net)	電源, ネットワーク (LE-net): モジュール二重化時 電源, ベース, ネットワーク (LE-net): システム二重化時
性能	切替時間	130ms (モジュール二重化)	130ms (モジュール二重化) 780ms (システム二重化)
	等値化時間	512ワード/1.5ms~512ワード/10ms	320kワード/250ms
	等値化容量	最大8kワード	最大320kワード
等値化方式	等値化バス	SXバス	Ethernet
	等値化ケーブル	SXバスケーブル	シールド付カテゴリ5LANクロスケーブル
	ビットレート	25Mbit/s	100Mbit/s

3.1 高速大容量等値化

MICREX-SX シリーズは、冗長切替時に待機 CPU が稼働 CPU のデータを引き継いで運転するウォームスタンバイ方式に対応している。この引き継ぐデータを等値化データと呼び、SPH300 シリーズでは SX バスによって等値化データの転送を行っている。SX バスは、I/O データの更新、システム監視、メッセージ通信を行うシステムバスであるため、等値化データの転送は 1 タクト内で最大 512 ワードに制限がされており、等値化データ転送性能のボトルネックとなっている。

SPH2000 シリーズでは標準搭載している Ethernet ^(注) ポートを冗長化時に等値化バス専用として使用し、最大 320 k ワードの等値化データ容量に対して、13.3k ワード/10 ms の等値化データ転送性能を実現した。これは、SPH300 シリーズと比較して、等値化データ容量で 40 倍、等値化データ転送性能で 4 ~ 26 倍の性能向上となっている。

アプリケーションプログラムの制御データが 320 k ワード以下の使用範囲内であれば、全制御データの等値化が可能であり、等値化データ容量を意識せずにアプリケーションプログラムを作成することができる。

3.2 等値化実行タスクの設定

MICREX-SX シリーズは、デフォルトタスク 1 本、定周期タスクとイベントタスクを合計で 4 本、最大 5 本のタスクを設定可能である。SPH300 シリーズでは等値化データ転送処理は、デフォルトタスクの実行完了のタイミングで行っている。これと比較し、SPH2000 シリーズでは等値化データ転送処理を行うタスクを複数設定可能としたため、高度なマルチタスクのアプリケーションプログラムに対しても柔軟に冗長化対応ができるようにした。図 4 に支援ツールの等値化データ設定画面を示す。

3.3 等値化データの設定

SPH300 シリーズでは、標準メモリ（非保持メモリ）と保持メモリ内で等値化指定したデータ、エッジ検出の前

〈注〉 Ethernet：米国 Xerox Corp. の登録商標

図 4 支援ツールの等値化データ設定画面



回入力値、タイマ、カウンタの現在値および前回入力値、ユーザーファンクションブロック (FB) インスタンスの保持メモリが制御状態で引き継ぐ必要のあるデータとして等値化を行っている。

SPH2000 シリーズではユーザー FB インスタンスについては FB インスタンスの全メモリの等値化指定を可能とした。等値化の指定は、データの変数名、ユーザー FB インスタンス名で行い、等値化指定変数名は変更が可能である。

また、等値化データサイズの大容量化に伴い、標準メモリ（非保持メモリ）以外は全領域の等値化指定が可能のため、等値化容量制限が残る標準メモリについては等値化データサイズの設定のみを可能として、変数ごとに等値化設定をしなくても全領域一括で設定できるようにした。図 5 に支援ツールの等値化データ範囲設定画面を示す。

3.4 CF カードの両系書込み

SPH2000 シリーズおよび SPH300 シリーズはユーザー ROM としてコンパクトフラッシュ (CF) カードを使用できる。ユーザー ROM にはアプリケーションプログラム以外にユーザーデータファイルを格納し、アプリケーションプログラムからの読み出し/書き込みが可能である。また、アプリケーションプログラムを格納せずにユーザーデータファイルのみを格納し、大容量メモリとしての使用も可能であり、最大 2G バイトの CF カードを利用できる。

SPH2000 シリーズでは冗長化にあたって稼働・待機の両 CPU の CF カードへの一括書き込みを行う FB を追加した。この FB により、運転に必要なパラメータやレシピデータの二重化が可能となり、機械調整時のパラメータの変更タイミングなどで、CF カードデータの等値化を行うことができる。

3.5 I/O 拡張機能

I/O 拡張機能では、1 コンフィグレーションで最大 8 系統のネットワーク経由リモート I/O を接続し最大 4,096 ワード (65,536 点) の入出力制御が可能である。SPH2000 シリーズの冗長化では高速大容量化に伴い、SPH300 シリーズの冗長化では非対応とした I/O 拡張機能に対応した。

I/O 拡張は、1 タクトで 1 リモートマスタに I/O リフ

図 5 支援ツールの等値化データ範囲設定画面

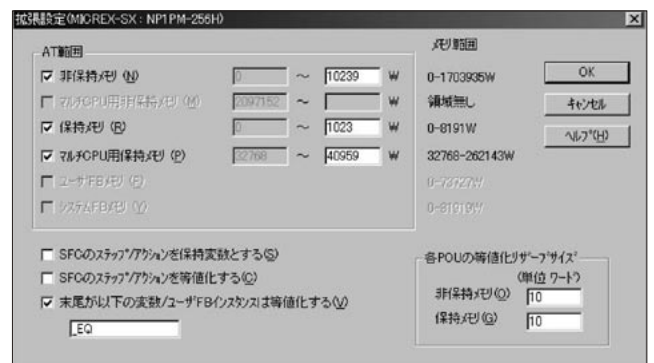
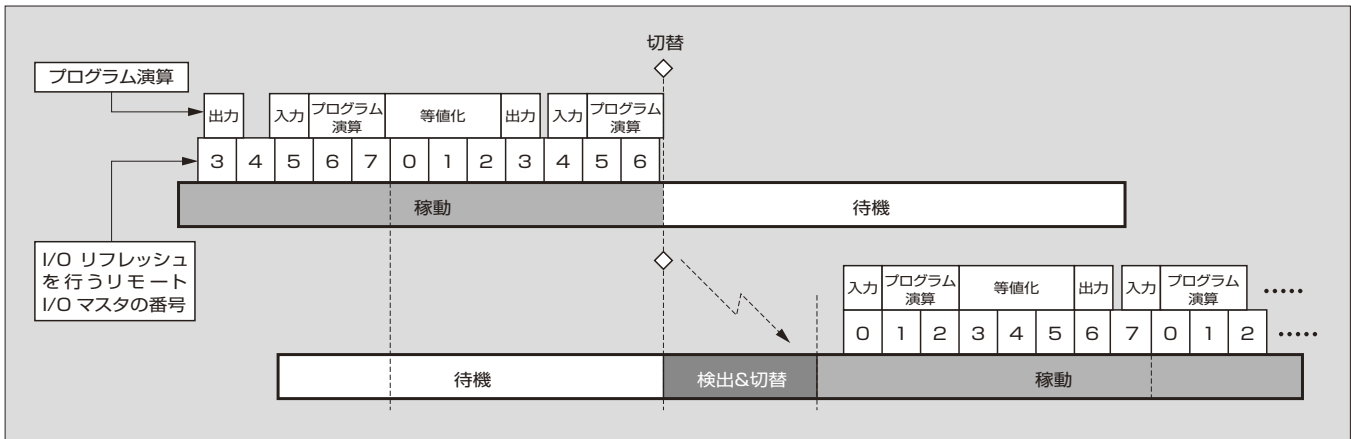


図6 I/O 拡張時の冗長切替タイミング



特集(2)

リフレッシュを行い、8タクトで8台すべてのリモートマスタのI/Oリフレッシュを完了させる。I/O拡張動作ではアプリケーションタスクとI/Oリフレッシュは同期していないため、冗長切替タイミングではI/Oリフレッシュをリスタートさせるようにした。図6にI/O拡張時の冗長切替タイミングを示す。

3.6 LE-net モジュールの冗長化

LE-net は、富士電機が開発した低コストとシステム構築の容易化を狙いとしたフィールドレベルのプロセッサ間ネットワークである。バス型とループ型の2種類があり、ループ型 LE-net の仕様を表2に示す⁽¹⁾。

ここでは、SPH2000 シリーズおよび SPH300 シリーズと組み合わせたときの冗長化について説明する。

SPH2000 シリーズのモジュール二重化および SPH300 シリーズで LE-net モジュールを冗長化する場合は、二重化メンテナンス FB によりアプリケーションプログラムで冗長切替を制御できる仕組みとし、システムソフトウェアの負荷を軽減している。

SPH2000 シリーズのシステム二重化では、稼動、待機の LE-net モジュールが同一システム上に実装されないため、冗長化切替に二重化メンテナンス FB は使用しない。

システム二重化では、システムソフトウェアによって等値化バスを介した CPU 間の相互監視と、同一システム上の LE-net モジュールの状態監視を行い、稼動系システムの異常を検出した時に冗長切替を行う。

また、LE-net モジュールが、同一システム内の CPU モジュールの動作状態を監視し、CPU モジュールが故障したときに待機系へ移行する仕組みを加えた。これにより、システム二重化では LE-net モジュールの冗長化設定を行うだけで LE-net の冗長化ができるようにした。

表2 ループ型LE-netの仕様一覧

項目	仕様
接続ノード数	最大64台
接続ノード番号	0~63
接続距離	総延長500m ノード間100m
伝送媒体	シールド付きカテゴリ5クロスケーブル
トポロジー	シングルループ二重化配線
伝送方式	半二重 両系送信先着受信方式
通信プロトコル	1:N ブロードキャスト通信 1:1 分割メッセージ通信
伝送信号方式	RS-485 差動信号
伝送レート	5 Mbit/s 固定
エラーチェック	CRC16ビット
符号化方式	4B5B NRZI

4 あとがき

「SPH2000 シリーズ」の冗長化の概要、特徴について紹介した。

冗長化システムを一つの特徴とした DCS (分散制御システム) が必要であった計測プラント制御分野に対しても、システム信頼性向上とトータルコストダウンをバランスよく実現する汎用 PLC の適用が増加しつつあり、紹介した新しい冗長化機能がこれを大きく後押ししていくものと信ずる。

今後も SPH2000 シリーズの汎用性とフレキシビリティを生かした特徴のある開発を進めていく所存である。

参考文献

- (1) 藤川泰孝, 徳間英人, 統合コントローラ「MICREX-SX」の冗長化システム, 富士時報, vol.78, no.5, 2005, p.346-349.