

実機レスの総合システム試験を実現させる ユニファイドコントローラ nv シミュレータ

"Unified Controller nv simulator" Realizing Virtual System Integration Tests

廣前 耕三

■ HIROMAE Kozo

産業用コントローラは、一般産業、社会インフラ、及び電力の各分野における制御システムの基幹コンポーネントとして製造設備、環境関連機器など多岐にわたって使用されている。近年、この産業用コントローラを使用した制御システムは、統合化と高度化が進み、そのエンジニアリングコストはますます増大する傾向にある。

東芝は、様々なエンジニアリング環境を供給し、システムアプリケーションの生産性と品質の向上に寄与してきた。今回、いっそうのエンジニアリングの効率化に貢献する、個人単位で行うプログラム製作時のデバッグ^(注1)からシステムの総合試験まで幅広く、実機レスで検証ができるシミュレーション環境を実現した。

Industrial controllers serve as the core components of control systems for manufacturing facilities and environment-related equipment in various fields including general industry, social infrastructure, and electric power systems. As the functions of control systems using these industrial controllers have recently become increasingly integrated and sophisticated, the engineering costs are on a rising trend.

As a solution to this issue, Toshiba has newly developed the "Unified Controller nv simulator". This engineering tool offers a simulation environment for each stage of testing from software debugging to system integration prior to actual equipment tests, thus contributing to improved efficiency of engineering.

1 まえがき

産業用コントローラは、鉄鋼、紙パルプ、石油化学プラントなどの一般産業システム、通信、交通、上下水道、ビルなどの社会インフラシステム、及び電力システムの各分野における製造設備や環境関連機器など多岐にわたって使用され、社会を陰で支えている。東芝ユニファイドコントローラ nv シリーズは、“電気・シーケンス制御”及び“計装・ループ制御”の機能をモジュール化し、それぞれの機能モジュールを伝送モジュールと組み合わせて、共通プラットフォーム上の高速バスで密結合させた、幅広い用途に適用できるコントローラである。

今回、エンジニアリングの下流工程での効率的な検証作業を行いたいというユーザーニーズに応え、各個人が行うプログラム製作時のデバッグからシステムの総合試験まで幅広く実機レスで検証できるエンジニアリング環境を実現したユニファイドコントローラ nv シミュレータ（以下、nv シミュレータと呼ぶ）を製品化した。以下に、その技術的特長を述べる。

2 概要

nv シミュレータは、ユニファイドコントローラの実機がなくても、Windows[®](注2) XP又はWindows Vista[®](注3)環境上でア

(注1) コンピュータプログラムの誤り(バグ)を直すこと。



図1. 標準の動作画面 — 実機のLEDに表示している運転モードや、実機のキースイッチの代わりに運転モードを切り替える運転モードキーを画面に表示する。

Example of normal operation display of Unified Controller nv simulator

アプリケーションプログラムの動作確認を可能にするソフトウェアである。シミュレータの動作画面を図1に示す。現在の運転モードや故障発生アラームなどを画面表示し、その画面から運転モードの変更を行うことができる。

nv シミュレータは、アプリケーションソフトウェア（以下、ア

(注2)、(注3)、(注13) Windows, Windows Vista, Visual Basicは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標又は登録商標。

アプリケーションと略記) 製作時のデバッグを行うソフトウェアツールとしてだけでなく、実際のシステムを模擬した総合試験まで行えるようにした。その実行状態をエンジニアリングツールでプログラムモニタやデータモニタ、エラー発生時の内容確認を行うことができるため、制御プログラムの動作チェックを机上で行うことができる。

nvシミュレータがあれば、エンジニアリングツールで構築したアプリケーションを、試験用の実機コントローラを準備しなくても、単体試験といった早期段階から同様の環境で検証でき、しかも複数の担当者が、実機を使用した場合の時間制約を受けることなく、同時に作業することができる。

nvシミュレータの動作環境を表1に示す。

nvシミュレータはネットワークとの接続もでき、用途に応じて、スタンドアロン型とネットワーク型の二つを基本構成にして組み合わせることで構築することができる。

- (1) スタンドアロン型 1台のパソコン(PC)にシミュレータとエンジニアリングツールを搭載し、同一PC内で動作させる。
- (2) ネットワーク型 複数のPCをEthernetで接続し、1台のPCでシミュレータを、別のPCでエンジニアリングツールや監視装置、表示器を動作させる。

これにより、複数コントローラがネットワークで接続されたシステム試験でも、そこに接続されたコントローラの代替として、あたかも実機があるかのようにシステムレベルの総合試験を行うことができる。

表1. ユニファイドコントローラ nvシミュレータの動作環境

Operating environments of Unified Controller nv simulator

項目	仕様
OS	Windows® XP, Windows Vista® 日本語版/英語版*1
CPU	Intel®(注4) Pentium®(注5) III 1.0 GHz 以上*2
メモリ	384 Mバイト以上*2
解像度	800×600画素以上
その他	ネットワーク型の場合、Ethernet通信カードが必要

*1: 画面の言語は日本語と英語に対応しており、動作するWindows®の言語に応じて言語を自動選択し画面の表示を行う
*2: Windows® XPの場合

3 技術的特長

nvシミュレータは、エンジニアリングの下流工程での活用を目的として、主に次に示す特長を持つ。

- (注4)、(注5) Intel, Pentiumは、米国及びその他の国における米国Intel Corporation又は子会社の登録商標又は商標。
- (注6) DLLとは、動的なリンクによって利用されるライブラリのことである。実行ファイルがリンクを読み込むことによって共通して利用できるようになっている。

- (1) モジュールファームウェアとステーションバス共有メモリのDLL (Dynamic Link Library)^(注6)化
- (2) リアルタイム基本ソフトウェア (リアルタイムOS: RTOS)のシミュレーションとタスクのスレッド^(注7)化
- (3) ソケット通信のWindows® Sockets (以下、Winsockと呼ぶ)対応
- (4) 高速・高精度タイマ
- (5) Windows® API (Windows® Application Program Interface, 以下、WinAPIと呼ぶ)を使ったI/O (入出力)シミュレートサポート

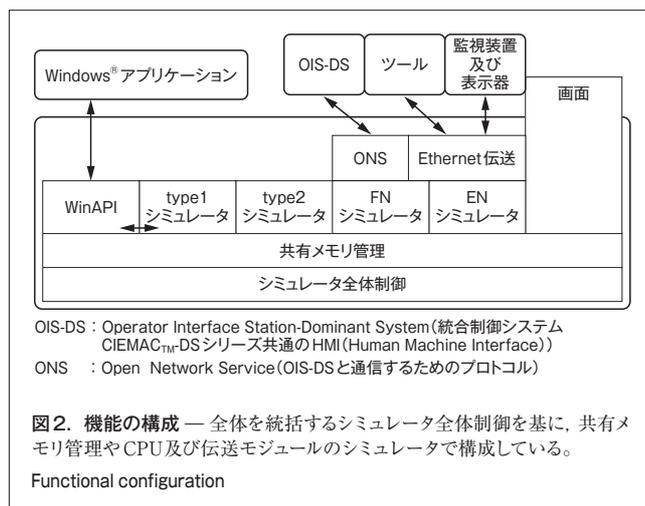
以下では、これらの機能について実現の手段及び技術ポイントを述べる。

3.1 モジュールファームウェアのDLL化

nvシミュレータは、実機と同じ動きをすることが最大の目的である。その正確なシミュレーションをするためにもっとも有効な方法は、実機モジュールのファームウェアをWindows®上でそのまま動作させることである。

CPUモジュール (type1^(注8), type2^(注9)) や伝送モジュール (EN^(注10), FN^(注11)) に実装しているファームウェアを一つのDLLとしてモジュール化し、それぞれをシミュレータ全体制御で統括するソフトウェア構成とした(図2)。機能を構成する各ブロックの処理内容を表2に示す。

また実機では、type1, type2, EN, 及びFNの各モジュール間でステーションバスを介して、データを共有している。共有メモリ管理用DLLを作成し、各モジュールをシミュレーションするDLL間でデータを共有し、授受できるようにした。



- (注7) タスクは、OSから見た処理の実行単位で、スレッドは、Windows®上でのソフトウェアの実行単位。スレッドを複数走らせることにより、同時に複数の処理を実行できる。
- (注8) 電気・シーケンス制御モジュール。
- (注9) 計装・ループ制御モジュール。
- (注10) Ethernetモジュールで、ENはベットネーム。
- (注11) 統合制御システムCIEMAC_{TM}-DS用Ethernetモジュールで、FNはベットネーム。

表2. 機能を構成する各ブロックとその処理内容

Functions of Unified Controller nv simulator

ブロック名	処理内容
シミュレータ全体制御	シミュレータを構成する各ブロックの統括
共有メモリ管理	シミュレータ内の各ブロック間 (type1, type2, EN, 及びFNシミュレータ ⇔type1, type2, EN, 及びFNシミュレータ, type1, type2, EN, 及びFNシミュレータ⇔画面, type1シミュレータ⇔WinAPI間) の共有変数やWinAPIで公開する外部変数を管理する。
type1シミュレータ	type1実機ファームウェアのモード制御, プログラム実行などの動作をシミュレーションする。
type2シミュレータ	type2実機ファームウェアのモード制御, プログラム実行などの動作をシミュレーションする。
ENシミュレータ	EN実機ファームウェアの動作をシミュレーションする。
FNシミュレータ	FN実機ファームウェアの動作をシミュレーションする。
Ethernet伝送	Ethernet機器との通信を行う。 エンジニアリングツール時はPCMP/IRCPをTCP/IP, UDP/IP時はWinsockを利用する。
ONS	OIS-DSとの接続を処理する。
画面	シミュレータの動作状態を表示する。
WinAPI	内部変数と外部Windows®アプリケーションとの データ交換処理 (type1シミュレータだけ)

PCMP/IRCP: Process Control Message Protocol/Internet Relay Chat Protocol

更に、実機に装備している運転モードを表示する発光ダイオード(LED)と、運転モードを切り替えるキースイッチは、グラフィカルユーザーインターフェース(GUI)で実現した。

これにより、実機動作の正確なシミュレーションとともに、効率的なシミュレータによる開発を実現することができた。

3.2 RTOSのシミュレーションとタスクのスレッド化

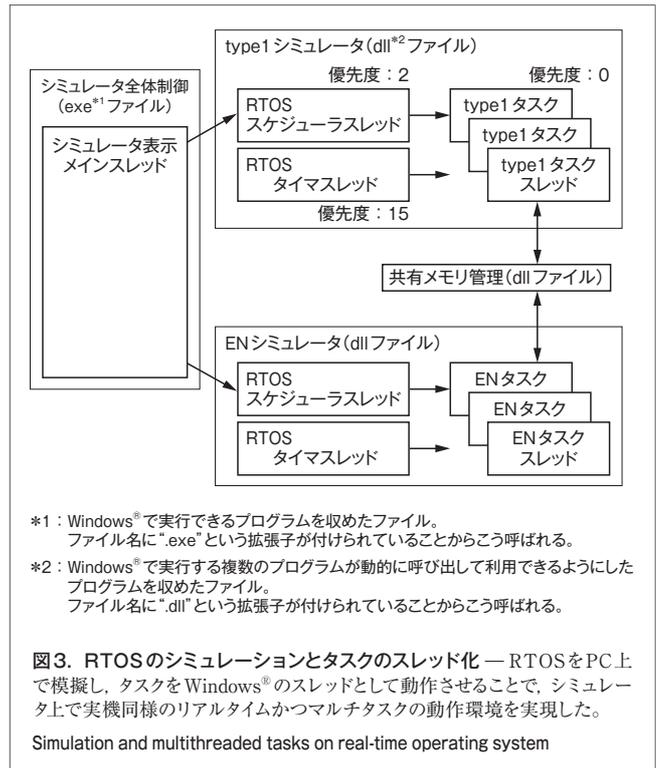
ユニファイドコントローラのtype1, type2の各モジュールは、μITRON (Micro Industrial The Real-time Operating System Nucleus) 準拠のRTOS上で動作している。

このRTOSをPC上で動作させるため、Windows®上で優先度に応じたタスク切替えを行うスケジューラと、タスクからの切替え要求やメッセージ通信などの同期処理を行うシステムコールを作成した。また、RTOS上で管理していた各タスクをそれぞれWindows®のスレッドとして登録し動作させることで、Windows®のPC上で実機同様のリアルタイムでマルチタスクの動作環境を実現した(図3)。

3.3 ソケット通信のWinsock対応

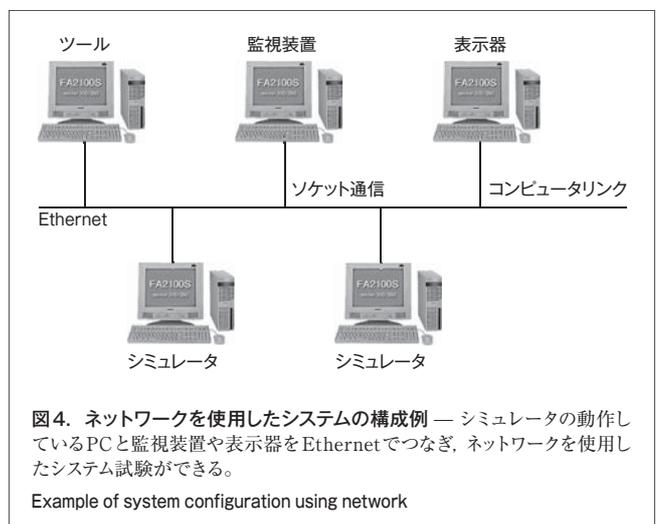
従来のシミュレータはアプリケーションの単体試験で実機が不要なことから、システム試験前の重要なツールとして有効であった。しかし、制御アプリケーションのロジック試験にとどまり、ネットワークでつながったほかのコントローラや監視装置との接続試験を含め、システム全体の総合的な試験には利用できなかった。

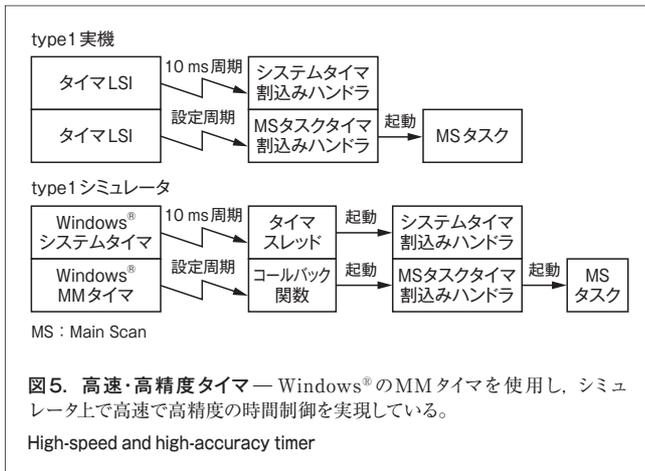
実機のEthernetモジュールは、組み込み用プロトコルスタックを搭載しUDP/IP (User Datagram Protocol/Internet Protocol) やTCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) などのEthernet通信を行っていた。



そこで今回、EthernetモジュールのEN及びFNのファームウェアをDLL化するとともに、このプロトコルスタックをWindows®の標準ソケットインタフェースライブラリWinsockに対応するように書き換えることで、シミュレータから直接Ethernet通信をできるようにした。

これにより、コンピュータリンク手順や通信用命令語を使ったソケット通信で、監視装置(SCADA:Supervisory Control and Data Acquisition)や表示器(HMI:Human Machine Interface)をシミュレータ用PCと接続し、プログラム動作と組み合わせた伝送のシステム試験を行うことができる(図4)。





3.4 高速・高精度タイマー

type1では、スキャン周期最小0.5 msからの高速制御を実現している。

そのため、nvシミュレータでも高速制御のシミュレーションを実現する必要があるが、Windows®標準タイマーは10 ms単位の指定であり、対応ができない。

そこで、マルチメディアタイマー (MMタイマー) を適用した。MMタイマーは、1 msから1 ms単位での動作ができる。

type1では、システムタイマー (10 ms周期) と、スキャンタスク3種類 (周期はユーザー設定) の計4種類のタイマーを使用している。

このうち、システムタイマーはtype1シミュレータ起動と同時に動作を開始し、プログラム終了まで定周期に動作し続ける。そのほか三つのタイマーは、運転停止中は起動せず、運転起動時にユーザー設定があるとその設定周期で動作する。

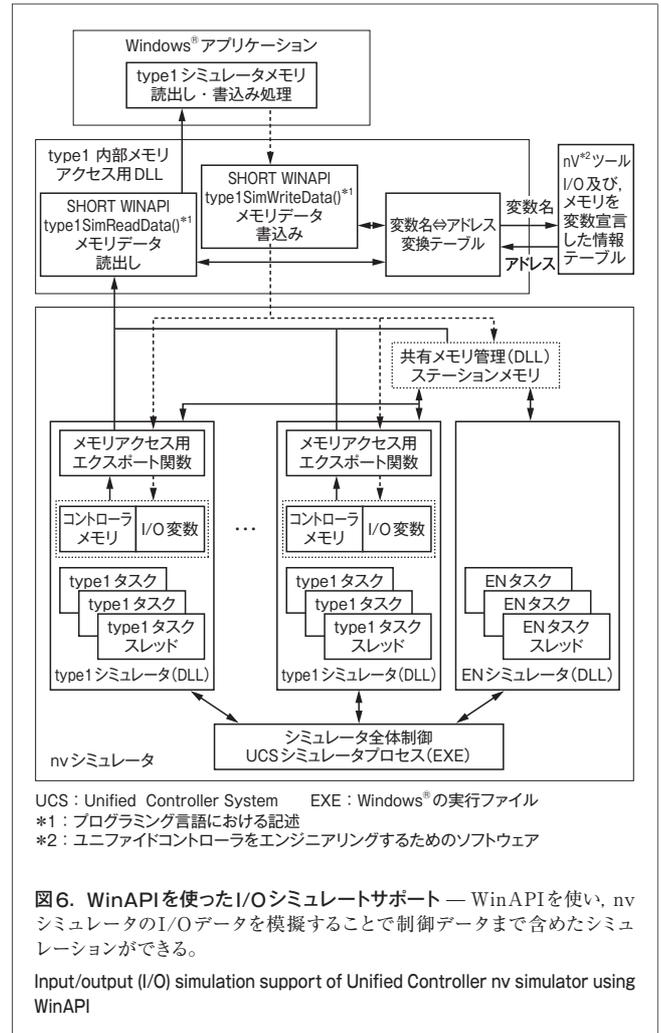
システムタイマーはWindows®のタイマスレッドとして、3種類の各スキャンタイマーはMMタイマーのコールバック関数として独立に動作させる。これらを割り込みハンドラ^(注12)として動作させることにより、実機同様の高速・高精度タイマーを実現した (図5)。

3.5 WinAPIを使ったI/Oシミュレートサポート

制御システムは、制御対象機器からデータを入力しその入力データを元にプログラムを実行し、その結果を制御対象機器に出力することで、制御を行うが、シミュレータ用PCには制御対象機器が繋がらず、それを組み合わせた動作確認ができない。

そこでnvシミュレータでは、その制御対象機器に対するデータの入出力をサポートするため、エンジニアリングツールで宣言した変数名を使用し、内部I/O変数とデータ読書きを行うAPIを提供した。このAPIを介してVisual Basic^(注13)など、市販の外部Windows®アプリケーションから、シミュレータ内のデータの参照や変更を行うことができるようにした (図6)。

(注12) 割り込みが入ったときに動作するプログラム。



4 あとがき

システムはネットワーク接続により高機能化、複雑・巨大化してきており、システム全体の複合組合せ試験の重要性が増してきている。ユニファイドコントローラ nvシミュレータはこういった場面で威力を発揮することが期待される。

今後も、ユーザーのシステム試験を短期間で効率的に行える製品を開発し提供していく。

文献

(1) 梶原 繁, ほか. 産業用コントローラの新技术と標準化. 東芝レビュー. 64, 10, 2009, p.6-9.



廣前 耕三 HIROMAE Kozo

電力流通・産業システム社 府中事業所 計測制御機器部主務。
ユニファイドコントローラ, 統合コントローラ, 及びPLCの設計・開発に従事。
Fuchu Complex