

STARDOM 自律型コントローラ FCN/FCJ

STARDOM Autonomous Controller FCN/FCJ

中本 栄司^{*1} 岡田 智^{*1}
NAKAMOTO Eiji OKADA Satoshi

ネットワークベース生産ソリューションSTARDOMの中核として、自律型コントローラFCN(Field Control Node)/FCJ(Field Control Junction)を開発した。FCNは拡張性に優れたモジュール実装型であり、FCJは、現場設置を指向したオールインワン型である。FCN/FCJは、オープンな技術、標準化手法を用いて、コンパクトで高信頼なハードウェア構造の上に、国際標準規格IEC61131-3(International Electrotechnical Commission)に準拠した制御ロジック実行機能と、電子メールやホームページなどのWebベースのコミュニケーション機能を組み込んだ。これによって、(1)ネットワーク技術の本格的活用、(2)安定操業のための高信頼アーキテクチャ、(3)システムの変化に柔軟に対応できるエンジニアリングの効率化、を実現する。

We have developed Autonomous Controller FCN and FCJ for core components of STARDOM Network-based Manufacturing Solution. The FCN (Field Control Node) is an I/O module-type controller and the FCJ (Field Control Junction) is an all-in-one-type controller. With open and standardized technologies, the FCN and FCJ are structured on compact and reliable hardwares with the control logic execution functions based on the International Standard IEC 61131-3 and the Internet-based communications functions such as E-mail and Web browsers. Those functions realize (1) a full-scale use of up-to-date network technology, (2) a highly reliable architecture for stable operation, and (3) the increase in engineering efficiency for response to system changes flexibly.

1. はじめに

生産効率を向上させるNCS(Network-based Control System)アーキテクチャを実現するSTARDOMの中核となる自律型コントローラFCN(Field Control Node)/FCJ(Field Control Junction)を開発した。

連続制御とシーケンス制御の融合といった従来の機能に加え、ネットワークによるコントロール領域の統合化・機器連携、自ら情報を発信する機能等、独立性の高いアーキテクチャを備えた。また、安定操業へ向けて、分散配置指向、制御情報一元管理、二重化対応可能な高信頼アーキテクチャ、及び、エンジニアリング標準化手法(IEC61131-3準拠)の採用によって、システムの導入から増改造までを迅速に対応できる特長を備えている。

本稿では、ハードウェア、及びソフトウェアの特長について述べる。

2. システム構成

自律型コントローラFCN/FCJは、独立性の高いアーキテクチャを備え、単独動作、制御LAN(Local Area Network)で接続された複数のコントローラの連携動作、データサーバソフトウェアとの連携動作、等の様々なシステム構成が可能である。システムの構成例を図1に示す。制御LANには、100 Mbps Ethernetを採用し、様々な機器とネットワークによる連携を実現している。さらにコントローラ間、及び生産システム構築ソフトウェアASTMAC VDS(Versatile Data Server Software)との間は二重化が可能であり、信頼性を高めることができる。ハードウェアは、拡張性に優れたモジュール実装型のFCNと、現場設置を指向したオールインワン型FCJの2タイプがあり、特にFCNは各構成要素の二重化が可能であり、高稼働率が要求されるシステムにも対応できる。

ソフトウェアは、制御(ループ制御、シーケンス制御)実行環境と、Javaアプリケーション実行環境を装備し、E-mailやWebサービスなどの情報発信を実現する。制御アプリケーションの開発言語として、国際標準規格であるIEC61131-3に準拠し、5種類の言語を使い分けること

*1 システム事業部 オープンシステム部

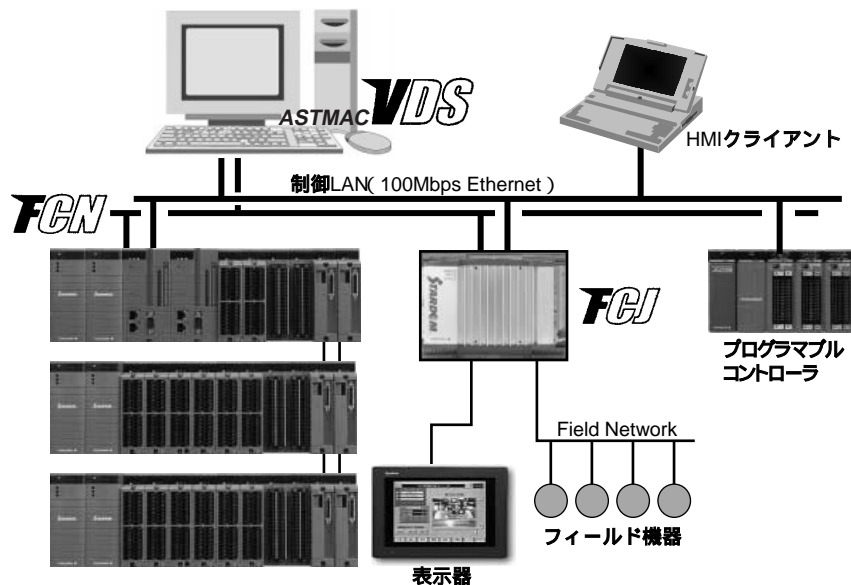


図1 システム構成例

ができる。この規格の採用によって、エンジニアリングの標準化と再利用を図ることが可能になり、作業の効率化に寄与する。これら開発環境、及び保守・設定ツール等は、汎用PC(Personal Computer)で動作する。

3. ハードウェアの特長

自律型コントローラは、前記したようにモジュール実装型FCNとオールインワン型FCJの2タイプがあるが、ハードウェアアーキテクチャは同一である。それぞれの特長・仕様を述べる。

3.1 FCN(Field Control Node)

FCNは電源モジュール、CPU(Central Processing Unit)モジュール、各種I/Oモジュール及びベースモジュールで構成される。各構成要素の二重化及び、小規模から中規模システムへに対応できる拡張性に優れたモジュール実装型コントローラである。

FCNは、図1に示すように最大2ネストの増設ができ、標準構成では最大25モジュール、全二重化構成では最大20モジュールまで、各種I/Oモジュールを実装することが可能である。

CPUモジュールは、自律性を実現するためにオープン性を重視して、中心部にPC/AT互換アーキテクチャを採用した。これによって、汎用リアルタイムOS(Operating System)、制御実行環境、Java実行環境などのオープンなソフトウェアコンポーネントを容易に実装する事ができた。

また、信頼性を高めるためにメインメモリ、保持用メ

モリ双方にECCメモリ(Error Check and Correct memory)を採用し、自己診断機能、WDT(Watch Dog Timer)、パリティ等の異常検出機能や温度監視機能などのRAS(Reliability Availability Serviceability)機能を充実させた。モジュール全体はローパワー化して自然空冷によるFANレス構造とし、保守性を高めた。

電源モジュール、CPUモジュール、制御LAN及び、I/Oアクセスバスは、各コンポーネント単位で二重化が可能であり、モジュール交換は電源投入状態のままで行える。

CPUの二重化では、同期実行方式を採用し、制御切り替えが発生しても、制御連続性を保つ。また、制御アプリケーションソフトウェアも、二重化を意識する必要はほとんどない。

3.2 FCJ(Field Control Junction)

FCJは、フィールドネットワークを主体にして、少数のアナログ入出力点、デジタル入出力点を内蔵した現場設置、分散配置指向のオールインワン型コントローラである(図2)。

FCJは、現場盤への組み込みを想定し、小型かつ薄型で、信号接続の端子台を備えている。電源は、24VDC単一電源で動作する。

内部アーキテクチャはFCNと同一である。ECCメモリ他、温度監視等の機能があり、制御LANの2重化にも対応可能である。なお、電源、CPUはシングルのみ対応する。

内蔵I/Oは、アナログ入力(1~5V)6点、アナログ出力(4~20mA)2点、デジタル入力(24VDC)16点、デジタル出力(24VDC)16点、FOUNDATION™ FieldbusのH1を



図2 FCJ外観

2ポート装備している(H1機能は現在開発中)。

またシリアルI/F(RS-232C)を2ポート装備し、表示器等を接続して、現場でのGUI(Graphic User Interface)を実現できる。

自然空冷の実現のために、本体の前、側面をアルミ材とし、放熱効果を高めている。

また端子台部と本体部は分離が可能な構造とし、万一故障等で交換が必要な場合でも、フィールド信号接続を外すことなく、本体部のみの交換が可能である。

4. ソフトウェアの特長

4.1 ソフトウェア構成

図3にソフトウェア構成を示す。

コントローラソフトウェアの特長の一つとして、構成する各コンポーネントを市販、或いは既存のソフトウェアを極力改造しないでそのまま採用していることにある。

その観点から各コンポーネントの特長を説明する。

(1) リアルタイムOS

OS部には、エンベデッドシステム向けの商用リアルタイムOSとして普及率の高いWindRiver社のVxWorks®を採用した。VxWorksはスケラビリティ、信頼性、可用性に優れたOSである。CPU二重化機能の実現に当たっては、VxWorksが二重化機能に対応していないため、この部分は新たに実装した。CPUの二重化はOSへの依存度が高い機能であるが、異なるリアルタイムOSへの容易な移行を想定したアーキテクチャとするために、OSの基本部であるカーネルには極力手をつけず、アドオンのコンポーネントで実装した。

(2) 制御アプリケーションプログラム

制御アプリケーションプログラムの制御アルゴリズム記述用の言語として、プログラマブルコントローラの標準規格であるIEC61131-3を採用した。IEC61131-3を採用したことにより、以下に示すようにユーザの工

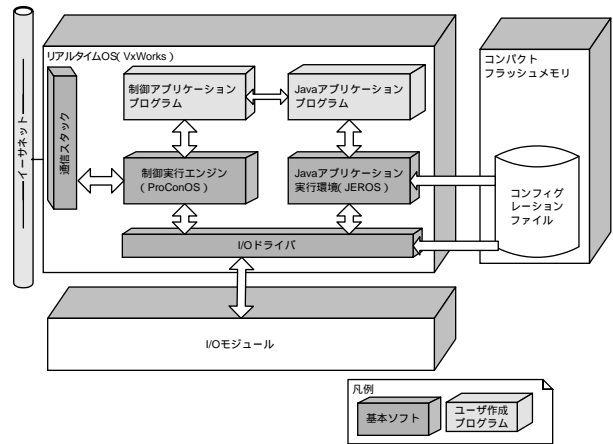


図3 ソフトウェア構成

エンジニアリング生産性の向上に貢献する。

- ・ファンクションブロックダイアグラム(FBD)、ラダー(LD)、SFC(Sequential Function Chart)など5つの言語を用途や好みに応じて選択することができ、より自由な表現が可能となる。
- ・オブジェクト指向型の言語仕様なので、モジュール化、階層化したアプリケーション構築が可能になり、さらに、それらを部品化して再利用することが容易に行える。
- ・言語の文法は国際的に規格化されているので、従来のベンダ依存の専用言語を覚える必要はなくなる。これらのIEC61131-3が本来持っている特長に加えて、FCN/FCJ特有の仕様/機能を追加した。これに関しては次節で説明する。

(3) 制御実行エンジン

制御アプリケーションプログラムの実行エンジンとしてKW Software社のProConOS®を採用した。これは最速で10msの制御周期の制御アプリケーションタスクを同時に複数実行することができる、シーケンス実行プラットフォームソフトウェアである。ProConOSを採用した理由としては、IEC61131-3の標準規格を最も忠実に実装していること、リアルタイムOSやCPUへの依存部分やベンダ依存部分がコンポーネント化されており、移植が比較的簡単でかつ将来の機能拡張が容易であることが挙げられる。

(4) Javaアプリケーション実行環境

FCN/FCJでは、コントローラ上の制御アプリケーションとは独立に、Javaアプリケーションプログラムを実行する環境を提供している。これは、制御アプリケーションが持つ様々なデータを加工し、Webサーバ、E-mail、FTPなどのネットワーク機能を使用してコントローラから直接情報発信することを目的としている。

Java実行環境としては、当社のコンパクトフィールドサーバ DUONUS のアプリケーションフレームワークである JEROS システムを採用している。さらに、Java アプリケーションから制御アプリケーションのデータをアクセスするクラスを用意した。これによって、Java アプリケーションコンポーネントを媒介にして、制御アプリケーションデータを Web ブラウザで表示したり、アラーム発生時に E-mail を発信したりすることが可能となる。JEROS システムの採用により、DUONUS の Java アプリケーションからの移植も可能である。

(5) I/O ドライバ

I/O ドライバは、制御記述(論理表現)と、I/O モジュールの種類や実装位置(物理表現)の間を仲立ちするコンポーネントである。STARDOM では、論理表現と物理表現を独立にエンジニアリングできるアーキテクチャとした。この結果、各種のフィールドネットワークを含めた様々なタイプのハードウェアをサポートすることが比較的簡単になる。これは、単に開発コストを削減するだけでなく、エンジニアリングの手法も統一され、ユーザメリットにつながる。これに関しても次節で詳説する。

4.2 制御アプリケーションプログラム

ここでは制御アプリケーションに関して、FCN/FCJ 特有の特長について説明する。

(1) プロセス制御の実現

元来、IEC61131-3 は、機械制御を得意とするプログラマブルコントローラを成り立ちとする標準規格であるため、アナログ表現が主体となるプロセス制御アプリケーションを作成するには多大な労力を必要とする。例えば、DCS (Distributed Control System) での制御記述のベースとなっているモードステータスやアラーム、レンジなどの概念を取り込んだ機能ブロックに相当する機能は、IEC61131-3 標準ではサポートされていない。

STARDOM ではこれらのプロセス制御に特有な機能を IEC61131-3 のアプリケーションレベルで実現し、アプリケーションポートフォリオ (APPF) という部品集の形で提供する。例えば、当社の DCS である CENTUM の基本機能である PID などの機能は、IEC61131-3 の FBD として実現し、アプリケーションポートフォリオの構成要素とした。これを PAS POU (Process Automation System Program Organization Unit) と呼ぶ。

PAS POU の特長は、以下の通りである。

- ・ CENTUM とほぼ同等の機能、インタフェース
- ・ ブロックモードやステータス、きめ細かいバンプレ

ス処理を完全にサポート

- ・ ASTMAC VDS からのデータアクセスが可能
- #### (2) I/O エンジニアリング

FCN/FCJ では、制御アルゴリズム記述時の I/O へのアクセスは、デバイラベルと呼ぶ I/O の論理名を用いる。さらに、実ハードウェアとの対応付けは、実行時に解決する仕組みになっている。そのため、以下のメリットが生まれる。

- ・ 制御アプリケーションは、I/O の実装位置などの物理表現を意識せずに論理で記述できるので、再利用性が高まる。
- ・ I/O モジュールの実装位置を変更しても、制御アプリケーションの作り直しは不要になる。

(3) プラットフォームからの独立

IEC61131-3 で記述した制御アプリケーションは、ハードウェアや基本ソフトウェアなどのプラットフォームが変更になっても、ロジックを変更することなく動作させることが可能である。例えば、前述のデバイラベルの概念もその一つである。

OS に依存するサービス処理は C 言語で記述したライブラリに集約されており、システムが提供するライブラリを差し替えるだけで移植が可能になる。プロセス制御機能を実装した PAS POU も、基本論理は全て IEC61131-3 で記述されており、例えば同一の制御実行エンジンを採用している他社のプログラマブルコントローラでも動作させることが可能である。

4. おわりに

NCS のコントローラとして、ハードウェア・ソフトウェア共に、オープンな技術、標準化手法を積極的に採用し、コンポーネント化された独立性の高いアーキテクチャのプラットフォームが完成した。

この特長を生かし、ネットワーク技術を活用した様々な新しいソリューションが構築されることを期待している。

また我々も、自律型コントローラ FCN/FCJ 自身の多くの特長を伸ばし、ユーザ資産を継承しながら、最新技術を素早く吸収し、さらなる発展をさせていきたい。

参考文献

- (1) 野口 哲, 伊原木正裕, 大野 毅, 岩村太信, “工業用ネットワークコンピュータ DUONUS”, 横河技報, vol. 42, no. 4, 1998, p. 173-179

* ASTMAC, CENTUM は、横河電機(株)の登録商標、STARDOM は商標、アプリケーションポートフォリオは登録商標申請中です。その他、本文中の社名、製品名、名称は、各社の商標または登録商標です。