シーケンサの最新技術と当社取組み

三菱電機株式会社*1 名古屋製作所 FA システム部 堀 誠 司

Our Current Efforts to Advance PLC Technology

Seiji Hori

FA System Dept., Nagoya Works, Mitsubishi Electric Corporation*1

Abstract

Today's manufacturing industry is expected to further reduce costs and improve production efficiency due to global competition and shortened product life cycles.

To meet these needs, we have improved the performance and reliability of our new products.

We would like to introduce our approach, using PLCs, to reduce the total cost of manufacturing.

分類：V₁ 計装・制御システム一般，V₀ その他

1. はじめに

今日の製造業では、グローバル競争の激化に伴う製品価格の下落、製品ライフサイクルの短期化などにより、生産設備に対するより一層のコストダウンや生産効率化が求められており、オープン化・マルチベンダ化が可能で、拡張性・柔軟性の高いシーケンサへのニーズは増大している。

当社はこのようなニーズに応えるべく、シーケンサの高機能化、高性能化、品揃えの拡充、信頼性強化等を行い、FA 分野での用途拡大・採用拡大を図ってきた。また、最近では生産設備だけに留まらない、生産現場全体のトータルコスト削減を実現する仕組みも必要とされており、シーケンサでもこのような要望を見据えた取組みを行っている。

本稿では、シーケンサシステムの中核をなす CPU、ネットワーク、エンジニアリングソフトなどの最新製品及び、ループ制御とシーケンス制御の同時実行が可能な計装シーケンサを紹介し、生産現場のコスト削減に向けたシーケンサの取組みについて述べる。

2. シーケンサの動向

2.1 シーケンサの進化

三菱シーケンサは1973年に誕生の後、1985年に MELSEC-A シリーズを発売し、現在の MELSEC-Q シリーズに至る。初代の A シリーズは B5 サイズであったが、盤の小型化や装置組み込み等のニーズにより、現在の Q シリーズではタバコサイズまで小型化し、生産大規模化・複雑化するシステムに対応するための高速化要求により、処理速度は最新機種では初代 A シリーズ比で約 600 倍にもなっている。

また、シーケンサの高性能化によりシーケンス制御以外への適用ニーズが高まり、2002 年には計装用途のプロセス CPU、2004 年には高信頼性対応の二重化 CPU を発売するなど、一般的なシーケンス制御のコントローラからラインナップを拡大している（図 1）。

最新のユニバーサルモデル CPU の性能を表 1 に示す。基本命令性能、浮動小数点演算性能の向上によって、従来シーケンサでは対応できなかった高速制御や高速演算が必要とされる用途への適用が可能となった。また、プログラム本数の拡張により、プログラムの部品化・構造化がしやすくなり、プログラム/データメモリ容量の拡大によって、MES・ERP などの情報システムとの連携で必要とされる生産データ、品質データなども十分扱えるようになった。

*1 〒461-8670 愛知県名古屋市東区矢田南 5-1-14/5-1-14
Yadaminami, Higashi-ku, Nagoya-Shi, Aichi 461-8670,
Japan

図 1 シーケンサの進化 (1985 年以降)

表 1 ユニバーサルモデル CPU の性能

高速化	基本命令性能 (処理時間)	最速 9.5 ns/命令
	浮動小数点演算性能 (単精度加算時)	最速 57 ns/命令
	PC MIX 値 (1 μs で実行する平均命令数)	最大 60 命令/μs
大容量化	プログラム容量	最大 1,000 k ステップ
	プログラム本数	最大 252 本
	デバイス容量	最大 925 k ワード
	標準 ROM 容量	最大 16 MB

図 2 シーケンサ国内出荷台数推移

2.2 シーケンサの市場規模

シーケンサの国内出荷台数推移を図 2 に示す。短期的にはバブル景気などの市況変化の影響は受けているものの、半導体需要の高まりや、携帯電話、FPD、太陽光発電などへの適用用途拡大、規模拡大にあわせて長期的には継続成長しており、1985 年 (43 万 9 千台) と比較して 4 倍の伸びとなっていることから、シーケンサは製造業に広く浸透してきたことがわかる。

図 3 マルチ CPU システム

今後も、コスト削減要求による専用システムからのダウンサイジング、オープン化の流れは継続し、シーケンサの性能向上による用途拡大も期待されるため、市場は一定の成長を継続すると考えられる。

3. 生産現場のコスト削減に向けた取組み

3.1 マルチ CPU システム

MELSEC-Q シーケンサは、一般的なシーケンス制御向けの CPU 以外にも、計装用途のプロセス CPU や、モー

図4 高速データロガー特長とエラー発生時のデータ収集比較

図5 CC-Link IE 統合ネットワークコンセプト

ションCPU、C言語CPUなどをラインナップしている。これらのCPUユニットはマルチCPU構成が可能であり、同一ベースユニット上に組合せて装着することが可能であるため（図3）、同じCPUを複数台搭載することによる負荷分散や、用途にあわせて複数種類のCPUを組合せ、これらのCPUを密に結合させることができるのが特長である。また、ネットワークユニット、I/Oユニットを共通的に使用でき省スペースを実現できるなど、規模・目的に応じた最適なシステムを構築することが可能となる。

3.2 高速データロガー

制御対象の大規模化・複雑化に伴い、CPUの高速化・大容量化が進むと、生産データや設備特性データ、設備トラブル解析に必要なデータも密度の高いものが要求される。高速データロガーは、シーケンススキャンに同期した最速1msのデータ収集や、トラブル発生前後のデータを抽出するトリガロギング機能などの特長を持ち、トラブル発生時の原因特定を容易にすることができる。

図4のグラフはエラー発生時のデータ収集結果を示した例であるが、従来のパソコンや外部接続機器による一般的なデータ収集では取りこぼしていた部分も漏らさずロギングすることが可能である。

3.3 FA 統合ネットワーク CC-Link IE

生産データ、品質データなどの増加によってシステムが扱うデータが増大し、CPU高速化により高速制御が可能

図6 CC-Link IE ControlとMELSECNET/Hのリンクスキャンタイム比較

になると、それに伴いネットワークにも大容量化・高速化が必要となる。

CC-Link IEは、Ethernet技術ベースによる1Gbps（ギガビット/秒）の高速通信や、情報系から生産現場にいたるシームレスなデータ伝送などを特長としたネットワークである。Ethernet標準のケーブル、コネクタ等の活用や、簡単立上げによるシステム構築コストの削減、簡単メンテナンスによる運用時のコスト削減を可能としている。CC-Link IEには、コントローラレベルのCC-Link IEコントローラネットワークと、コントローラとデバイスを繋ぐ

図7 Ethernetアダプタによる汎用Ethernet機器との接続

CC-Link フィールドネットワークの2種類のネットワークがある（図5）。

図6は、CC-Link IEコントローラネットワークのリンクスキャンタイムを示したものである。リンク総点数が増えても性能の落込みが殆ど無く、大容量のデータ伝送に十分対応できることがわかる。

また、CC-Link IEフィールドネットワークでは、ギガビット伝送とリアルタイムプロトコルによる高速・大容量の通信帯域を生かし、コントローラ分散、I/O制御、モーション制御の混在構成を可能とする。フィールドデバイスとして、実績のあるCC-Link対応製品が使用できる他、Ethernetアダプタ経由で、ビジョンセンサや、RFIDリーダライタなどの汎用のEthernet機器との接続も可能であり、システム構築の幅が更に広がる（図7）。

3.4 FA 統合エンジニアリング環境 iQ Works

ネットワークが大容量化・高速化し、システムが大規模化・複雑化するとエンジニアリングコストも増大する傾向にある。特に、ネットワークによるコントローラ間接続が増えるにつれて、複数のコントローラそれぞれにネットワークやデバイスのパラメータ設定が必要となり、作業量が

図8 MELSOFT iQ Worksの構成と特長

単純に増大するばかりか、設定ミスを引き起す可能性も増え、結果的に装置の立上げ作業やデバッグ作業などの作業工数・コストが増加することとなる。

生産設備導入に関わる全コストに占めるエンジニアリングコストの割合は大きく、コスト削減を実現するためには、開発作業者の生産効率向上やミス削減を実現するエンジニアリングソフトウェアが必須である。

MELSOFT iQ Worksは、表示器、シーケンサ、モーションコントローラの各エンジニアリングソフトの機能を、

図9 GX Works 2のユーザインタフェースの特長

図 10 シーケンサの新分野への展開

- 高速ループ制御：PID制御ループを約400μs/ループで演算。
 - 50種以上の計装命令を搭載：カスケード制御やフィードフォワード制御など本格的なループ制御が可能。
各種PID(基本PID・2自由度PIDなど)	各種補正(進み遅れ・折れ線など)
比率制御・プログラム設定器	モデル予測 オートチューニング など
- 基本システムの二重化(二重化CPU)：制御系故障時の継続運転が可能

図 11 プロセス CPU・二重化 CPU の特長

図 12 計装シーケンサに対する期待

図 13 計装シーケンサの適用実績

システム管理ソフトウェアを中心に相互に利用・連携できる仕組みを実現し、開発効率化を図っている（図8）。

システム管理ソフトウェアは、システムを構成するユニット構成とネットワーク構成を、一覧からのドラッグ&ドロップ操作によりグラフィカルに作成できるようになっている。その際、システム構成からユニットのパラメータが自動生成されるため、手間やミスを削減できる。また、各エンジニアリングソフト間で共通して使用可能なシステムラベルを定義することで、デバイスアドレスや複雑な機器接続の設定を意識する必要がなくなることから、プログラミングや作画作業に集中することができる。

また、シーケンサエンジニアリングソフトウェア GX Works 2 では、従来の GX Developer のプログラム資産や操作性を継承しながら、ユーザインタフェース刷新による

使い勝手の大幅な向上や、インライン ST 機能、プログラム履歴管理機能などの機能追加による設計効率向上を図っている（図9）。

4. 新しい分野への展開

このように、生産現場のコスト削減に向けた取組みを行っているシーケンサであるが、自動車関連、搬送・物流などの従来の FA 分野以外にも、計装分野への展開、さらには、機械安全、マイコン分野への展開も進んでいる（図10）。ここでは、FA 分野以外へ展開の一つである、計装分野へのシーケンサの適用について述べる。

4.1 計装分野への適用

シーケンサをベースとした計装用途のプロセス CPU は、シーケンサの特長である高速シーケンス制御と、高速ループ

プ制御の同時実行 (EI 統合制御) を特長 (図 11) としている。また、二重化 CPU は、EI 統合制御に加え、CPU ユニット、電源ユニット、基本ベースユニット、ネットワークユニットの基本システムの二重化により、制御動作中のユニット (制御系) が故障しても、自動的に待機系に切替ることで継続運転が可能である。更に、故障した系はユニット単体、もしくは基本システムごと交換できるため迅速な復帰が可能であるなど、システムの信頼性・メンテナンス性を向上している。

これら計装用途のシーケンサ (計装シーケンサ) は、付帯設備・試験設備などの DCS ではオーバースペックとなるような設備のコストダウンや、シーケンサと調節計の組合せをシーケンサに統合したいといったユーザの期待 (図 12) にマッチし、鉄鋼、化学、環境、水処理、紙パルプ、食品・薬品等の業種において活用されている (図 13)。また、例えば上下水道などの、公共性が高くシステム停止の影響が大きいなどの高信頼性が要求される分野については二重化 CPU も多く採用されている。

今後、1980 年代～90 年代前半に導入された DCS が次々に更新時期を迎えることから、計装シーケンサ需要の高まりが期待される。

4.2 計装シーケンサのコスト削減に向けた取組み

計装シーケンサ導入時のコストを考えると、ハードウェアコストが安価であるのに対して、エンジニアリングコストが占める割合は大きく、コスト削減のためにはエンジニアリングコストの削減が重要となる。

当社の計装制御用エンジニアリングソフトである PX Developer は、ループ制御に必要な十分な FB (ファンクション・ブロック) やファンクションを多数標準搭載しており、これら FB やファンクションを画面上に貼付け、結線し、PID 定数や上下限值などのパラメータを設定するだけの簡単プログラミングでループ制御を実現できる (図 14)。

また、計装シーケンサは付帯設備・試験設備での導入が多いこともあり、装置の制御盤面やプロセスラインの現場

図 14 PX Developer によるプログラミング

端末での監視操作用途としての表示器との組合せが非常に多い。この表示器の画面作成には手間が多く発生するため、画面作成工数の削減がエンジニアリングコスト削減に直結する。

表示器用の画面には、グラフィック画面、フェースプレート、トレンド画面、チューニング画面、アラーム一覧などがあるが、PX Developer では、図 15 に示す表示器 (GOT 1000) 用の画面を自動生成することで、ユーザによる画面作成の手間を削減することができる。

さらに、中央監視操作に用いられる SCADA については、市販 SCADA と PX Developer との機能連携を実現しており、フェースプレート部品の提供、タグ連携機能、アラーム統合機能等によるエンジニアリング工数削減への取組みを行っている。その他にも、プログラム作成コスト削減に向けた、PX Developer の使い勝手の向上、機能追加の取り組みも日々行っている。

図 15 表示器用の標準画面

5. おわりに

本稿では、生産現場のコスト削減に向けたシーケンサの取組みとして、シーケンサの中核をなすCPU、ネットワーク、エンジニアリングソフトなどの最新技術と、シーケンサのFA分野以外への展開例として、計装シーケンサを紹介した。

今後も、グローバル競争などの製造業を取り巻く環境は、厳しさを増すことが予想され、益々のコスト削減、生産効

率化への要求が予想されるものと思われる。

三菱電機では、生産設備だけでなく、ERP・MESなどの上位情報システムとの連携により工場内の情報を一元管理し、工場全体に見える化による生産性向上を実現する、三菱FA統合ソリューション e-F@ctory を推進しており、その核となるシーケンサの進化は不可欠である。今後も、シーケンサの高性能化、品揃え拡充、利便性の向上など、生産現場のトータルコスト削減に向けた取組みを継続していく。