

巻頭論文

FA機器及び産業加工機への 情報・通信技術適用の最新動向



森田 温*

R&D Activities of Information and Communication Technology for Factory Automation Controllers and Mechatronics

Atsushi Morita

要 旨

市場のグローバル化が急速に進展する中で、市場の変化に柔軟に対応できる生産システムの構築がますます重要となっている。そのためには、生産能力の高い生産設備の構築だけでなく、製品開発部門、更には販売・マーケティング部門と密接に連携した有機的なシステムを構築する必要がある。

三菱電機は、製造業のニーズに対応するために高性能かつ使いやすい各種FA (Factory Automation) 関連製品の開発を進めてきた。さらに、先に述べた課題に対応したソリューションとして“e-F@ctory”を提唱している。

本稿では、FA機器及び産業加工機に対して、情報・通信技術の観点から見た基盤技術の動向について述べる。具

体的には、まずプロセッサ、ネットワーク、開発環境のそれぞれに関し、性能向上や使用容易性向上の点でFA機器を支える情報基盤技術に関する技術動向と製品動向について述べる。

次に、生産のリードタイム短縮に重要な役割を担う加工シミュレーション技術(ワーク切削シミュレーションと機械動作シミュレーション)について述べる。

最後に、生産設備・装置のエネルギー情報と製造情報を関連付けて“見える化”することで、工場の無駄なエネルギーの削減を図るソリューション“e&eco-F@ctory”を支える基盤技術について述べる。

製品・コンセプト



iQ Platform

CC-Link IE



e-F@ctory

ハードウェア技術

プロセッサ

コストと性能のバランスを考慮した設計
最適構成を事前評価するシミュレーション

ネットワーク

高速大容量制御用リアルタイムネットワーク
情報系・制御系連携用ネットワーク

ソフトウェア技術

開発環境

使用容易性(Easy to Use)の追求
拡張性・開発効率の向上

シミュレーション

制御プログラムの事前検証による不具合防止
機械の見える化による使い勝手向上

FA機器及び産業加工機への情報・通信技術適用の最新動向

市場のニーズに柔軟に対応した使いやすい各種FA機器製品(シーケンサ、表示器(HMI)、モーションコントローラ、数値制御装置(CNC)、サーボ、インバータ)及びメカトロニクス製品(放電加工機、レーザ加工機、ロボット)を提供するために、当社は積極的に情報・通信技術を製品本体及び周辺ツールに適用している。

1. ま え が き

金融危機以降、急速に落ち込んだ景気も、新興国を中心とした需要回復をきっかけに回復の兆しを見せている。

一方で、インターネットを初めとした情報通信技術の急速な発展によって、世界規模で情報が流通するために、短期間に爆発的に売れる製品が出現するなど、製造業にとっては、生産量の変動に対する柔軟性が強く求められるようになってきている。また、新興メーカーを含めた各メーカーが生き残りをかけて新製品を次々に発売する傾向が強くなっているため、開発期間の短縮、量産開始までの期間短縮及び品質の維持管理はますます難しくなっている。

製造業がかかえるこのような課題を解決するための方策の一つとして、情報技術の活用がある。

市場における製品の販売量を把握し、変動を予測して必要な生産量を決定して生産に反映するためには、生産現場で何が起きているのかを把握するとともに、経営層の判断を迅速に生産現場に下ろしていくという双方向の情報流通手段が必要である。そのために、いわゆる情報系との親和性を持ったネットワークの提供と情報流通の仕組みが必要である。

同時に、製品品質を確保しながら、生産量自体を大幅に増加させるためには、より柔軟性の高いFA機器が必要である。

また、量産開始までの期間短縮を実現するためには、実際に生産現場で起きる現象を計算機上でバーチャルに再現するシミュレーション技術の導入が重要である。

このような背景を受け、本稿では、まず、FA機器及び産業加工機に対して、主に情報・通信技術の観点から基盤技術の動向について述べる。続いて、生産設備・装置のエネルギー情報と製造情報を関連付けて“見える化”することで、工場の無駄なエネルギーの削減を図るためのソリューション提案として“e&eco-F@ctory”を支える基盤技術について述べる。

2. FA機器を支える基盤技術

この章では、シーケンサや数値制御装置(CNC)など各種FAコントローラの単体性能に関連するプロセッサ、ネットワーク、開発環境について、その技術動向を述べる。

2.1 プロセッサ

マイクロプロセッサとして市販CPU(Central Processing Unit)は、おおむねムーアの法則に従って半導体の集積度が向上し、1970年代以降2000年頃(ごろ)まで年率20～50%程度の処理性能向上を続けてきた。その後、熱密度増加の問題のためプロセッサメーカーはマルチコア製品に舵(かじ)を切り、パソコン用CPUの周波数向上は3～4GHz止まりとなった。組み込み用途のCPUでは、周波数

が400MHz～1.5GHz程度に留(とど)まり、ここでもマルチコア化が進んでいる。

DRAM(Dynamic Random Access Memory)の集積度は、この40年で 2×10^6 倍まで増加した。特に、1995年以降のパソコンの普及とその世代交代に牽引(けんいん)され、EDO(Extended Data Out DRAM)、SDR(Single-Data-Rate SDRAM)、DDR(Double-Data-Rate SDRAM)、DDR2(Double-Data-Rate2 SDRAM)、DDR3(Double-Data-Rate3 SDRAM)とスループット性能は50倍に達した。それに対し、レイテンシ性能の伸びがわずか2倍程度と小さいため、主記憶へのアクセスがシステム性能のボトルネックとなるメモリウォール問題の主因となった。この問題は、LSIの集積度向上を利用し、2次キャッシュメモリをCPUに内蔵することによって、緩和してきた。

従来、市販CPUは高速のシステムバスを介してメモリコントローラ機能搭載のノースブリッジLSIを接続し、その下に低速I/O(Input/Output)用のサウスブリッジをつなぐ階層構造を採っていた。集積度向上の結果、最近の市販CPUではチップにシステムバスインタフェースを持たず、直接DRAMを制御し、さらに一部のI/Oを内蔵したASSP(Application Specific Standard Product)製品が主流になってきた。

FA機器、特に機械装置の動きを制御するモーションコントローラやCNCなどのFAコントローラでは、このようなプロセッサ動向に加えて次のような課題がある。

まず、コンシューマ製品用途外の市販CPUのレパートリーが減り、FA機器の環境下で動作可能なCPUの選択肢が狭まっている。また、リアルタイム性能が要求されるため、I/O、キャッシュメモリ、外部メモリのアクセスの高速化が必要となる。それらの高速化は、実装面積や発熱量の増加を招きトレードオフ問題となるため、CPUとメモリ階層アーキテクチャの最適解を求めることが課題となる。

FAコントローラは、CPUとコントローラASIC(Application Specific Integrated Circuit)と制御ソフトウェアが協調動作しており、システム性能向上のためには、それらを総合的にとらえた最適化が必要となる。なかでも、CNCコントローラは、制御ソフトウェアが膨大かつ複雑であり、ラダープロセッサや異種マルチCPUを含むなど、システム全体の性能解析も課題であった。

それらの課題に対し、命令レベルシミュレーション技法を用い、数ギガ命令に及ぶハードウェアとソフトウェアの挙動を高速に解析できる性能評価シミュレータ⁽¹⁾を構築して、FAコントローラ開発に適用し、最適構成を事前評価している。

2.2 ネットワーク

FA用ネットワークは、大規模な制御システムを実現するために必要となるコントローラ間ネットワーク、同じ制

御系システムに適用され、配線コストを削減するための省配線用フィールドネットワークと、生産現場と生産管理用情報システム(情報系)を連携するための情報ネットワークの3つから構成される。

まず、コントローラ間ネットワークとフィールドネットワークについては、加工組立て制御の高度化や品質トレーサビリティ強化の流れを受けて、高速・大容量のネットワークが要求されるようになってきている。また、制御に用いるリアルタイムデータだけでなく、品質管理などに用いるメッセージデータ(非リアルタイムデータ)の通信量拡大に対する要望も多くなってきている。

これを受けて、当社では、高速大容量のコントローラネットワークである“CC-Link IEコントローラネットワーク”及び“CC-Link IEフィールドネットワーク”を開発した。

CC-Link IEコントローラネットワークは1 Gbps光二重ループによる高速・大容量・高信頼性を特長とするネットワークであり、一方CC-Link IEフィールドネットワークは、コントローラネットワークの高速・大容量・高信頼性を継承しつつ、メタルケーブルによる柔軟な配線性を持たせたネットワークである。

CC-Link IEコントローラネットワークとCC-Link IEフィールドネットワークの1 Gbpsという高速・大容量性によって、トレーサビリティ強化による高品質な生産の実現や、大量の機器を1箇所から設定・モニタ・診断を行って、工場の立ち上げ・運用・保守を円滑に行うことが可能となる。

一方、近年では生産管理用情報システムとの連携を強化し、生産量の変動や生産品種の変更に柔軟に対応できる生産システムとするために、生産現場で発生する生産関連情報(生産個数など)をできるだけ早く生産管理用情報システムに反映させる必要がでてきている。

その結果、いわゆる情報系と制御系とをシームレスに接続するために、情報系システムとの親和性が高いイーサネット^(注1)をベースにした制御系ネットワークの採用が盛んになってきている。

先に述べたCC-Link IEは、これに対応しており、更に4章で述べるシームレス通信プロトコルを用いることで、ユーザーはネットワークの種類にかかわらず情報系と制御系を連携させた生産システムを構築可能である。

(注1) イーサネットは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。

2.3 開発環境

生産現場は、複数の機器ベンダーや複数機種 of FA 機器で構築されている。従来、ユーザーは、FA 機器ごとに異なるエンジニアリング環境やコンフィギュレーションツールを用いて、プログラミング・設定・調整・診断を行ってきた。そのため、ユーザーは、FA 機器ごとに個別ツールを使い分けなければならず、開発や保守の効率がよくなった。

そこで、生産現場のすべてのFA機器を一箇所で統一的に管理できるように、エンジニアリング環境の統合化が進められてきた。しかし、エンジニアリング環境はこれまで用途に応じて最適化されてきたため、エンジニアリング環境間では操作性に不整合があった。

エンジニアリング環境の使用容易性(Easy to Use)を実現するために、FA機器を操作するインタフェースの共通化が進められている。また、エンジニアリング環境が提供する機能が様々なFA機器を扱えるように、FA機器に関する情報の共通化が進められている。

操作インタフェースの共通化を実現するための技術として、Plug&Play技術がある。これは、ソフトウェアモジュールをエンジニアリング環境に組み込むと、すぐに使用できるようにする技術である。Plug&Play技術は、エンジニアリング環境側がソフトウェアモジュールを組み込む際の共通インタフェースを提供することで実現可能である。

このPlug&Play技術によって、新しいFA機器向けの機能を開発する場合も、エンジニアリング環境が提供する共通インタフェースに準拠してソフトウェアモジュールを開発することで、後から容易にエンジニアリング環境に追加できる。

一方、情報の共通化を実現する技術として、プロファイル技術がある。この技術は、FA機器・ネットワークやソフトウェアモジュールに関する情報を統一したフォーマットで記述するものである。

デバイスプロファイルは、FA機器・ネットワークの情報と操作をモデル化したものであり、XML(eXtensible Markup Language)などを用いて記述する。機器ベンダーは自社の機器に関するデバイスプロファイルを記述して提供することによって、エンジニアリング環境からFA機器の様々な機能を利用してもらえる利点がある。ユーザーは、生産現場を構築する各種FA機器用のデバイスプロファイルを読み込むことで、エンジニアリング環境からそのFA機器の情報を容易に利用できる。

さらに、FA機器の動作を指示するプログラム作成用のプログラム部品とデバイスプロファイルを組み合わせることで、初期化プログラムや通信プログラムの自動生成にも使用され始めている。今後はプログラム作成支援(Easy to Make)の強化に対する応用も期待されている。

また、プロファイル技術としてISO16100(Manufacturing software capability profiling for interoperability)のように、ソフトウェアモジュールごとに属性や振る舞いを記述し、ソフトウェアの再利用性を向上させるための技術⁽²⁾が研究されている。この技術では、既存のソフトウェアの中から利用可能なソフトウェアモジュールを流用し、新規開発したソフトウェアモジュールと相互接続することで、ソフトウェア開発の効率化を図っている。

3. 産業加工機を支える基盤技術

産業加工機を支える情報基盤技術の一例として、工作機械向け加工シミュレーション技術の動向と当社の取組みについて取り上げる。

CNC工作機械の分野では、リードタイム短縮と工程集約へのニーズの高まりを背景に、5軸加工機や複合加工機が普及し始めており、年々その割合が高くなっている。これらの加工機での加工対象は、複雑な凹凸や曲面形状を持つ航空機部品や一体化部品が多くを占めている。

また、3軸マシニングセンタについても、中国やアジア新興国を中心に従来の単純な穴あけやポケット加工主体の一般部品加工に加え、意匠的な曲面を多用した金型の加工へと利用範囲が広がりがつつある。

こうした複雑な形状の部品加工に用いるNC (Numerical Control) プログラムもそれに合わせて複雑化、巨大化する傾向にあり、作成準備したNCプログラムの仕上がり結果を確認したり、NCプログラムに問題がないことを検証したりする作業を人手で行うことはもはや困難で、シミュレーションによってこれを支援することが重要になってきている。

工作機械向け加工シミュレーションは、その用途や対象の違いから、大きく、ワーク切削シミュレーションと機械動作シミュレーションの2種類に分類できる。

ワーク切削シミュレーションは、加工対象であるワークの形状を3Dモデルで表現し、素形材から最終の仕上がりに至るまでの切削過程をコンピュータ上で模擬しグラフィック表示する。これによって、最終形状や途中段階の形状の確認・削り過ぎ・削り残しなどのプログラミングミスに起因する加工不具合の検証が可能となる(図1)。

ワーク切削シミュレーションでは、切削によって時々刻々とワークの形状が変化していく過程を、途中形状も含め、効率よく処理することが重要となる。特に上述のような複雑化、巨大化したNCプログラムに対しては、切削形状が複雑になることで使用メモリ量が増大し、シミュレ

ーション実行速度の低下を招くことが従来問題となっていた。

このため、シミュレーション精度は維持しながらも、少ないメモリ量でワークの複雑な形状を表現可能な形状表現モデルの確立、及び、シンプルなアルゴリズムで高速に形状変形処理が行える処理方式の確立が求められており、そのための取組みが現在進められている。

また、将来的な課題としては、形状処理のレベルに留まらず、各種加工条件の検証など物理的な加工プロセスも考慮したシミュレーションへの応用拡大が挙げられる⁽³⁾。

一方、機械動作シミュレーションは、機械の構成要素を3Dモデルで表現し、工作機械全体の動きを模擬しグラフィック表示するものである(図2)。

加工中又はアプローチや退避時、さらには工具交換時の機械の動きに無駄や不自然さがないかを確認することはもちろん、3Dモデル同士の干渉チェックによって機械衝突の有無を検出する機能を提供する。

特に5軸加工機や複合加工機の場合は直動軸と回転軸を組み合わせた複雑な加工動作を頭の中でイメージするのが難しく、シミュレーションによるチェックは、加工面の仕上りの品位に影響を及ぼす問題動作や、予期せぬ所で機械を衝突・損傷させてしまう事故を回避するために有効である。干渉チェック機能は、加工前の事前チェックとしての使い方以外にも、実加工中にリアルタイムに機械衝突の可能性を判定し減速停止指令を発行して衝突を未然に防止する機械衝突防止機能への応用が現在進められている。

当社は、CNCの付加価値を高め、だれにでも使いやすいものにするため、従来加工シミュレーション技術の開発に取り組んでおり、加工シミュレーション機能を装置の一機能として搭載する形での製品展開を進めている。ワーク切削及び機械動作の両シミュレーションとも、現実世界での工具や機械の動作をできるだけ忠実にシミュレーション内で再現することが共通の課題であるが、当社製品では、CNC内に搭載し、CNCの制御部からの出力指令を用いることによって、実機動作にほぼ忠実なシミュレーション動作を可能にしている。

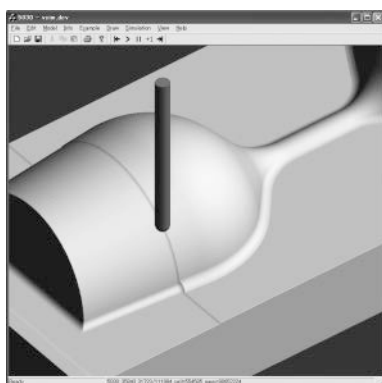


図1. ワーク切削シミュレーション

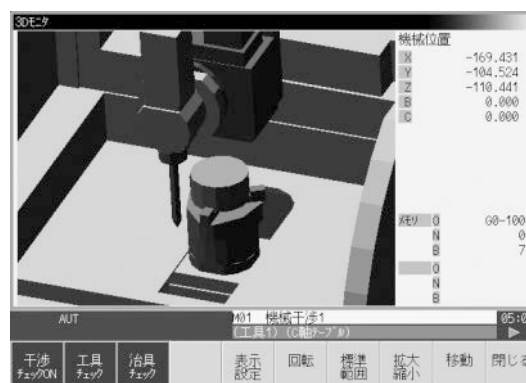


図2. 機械動作シミュレーション(機械衝突防止機能)

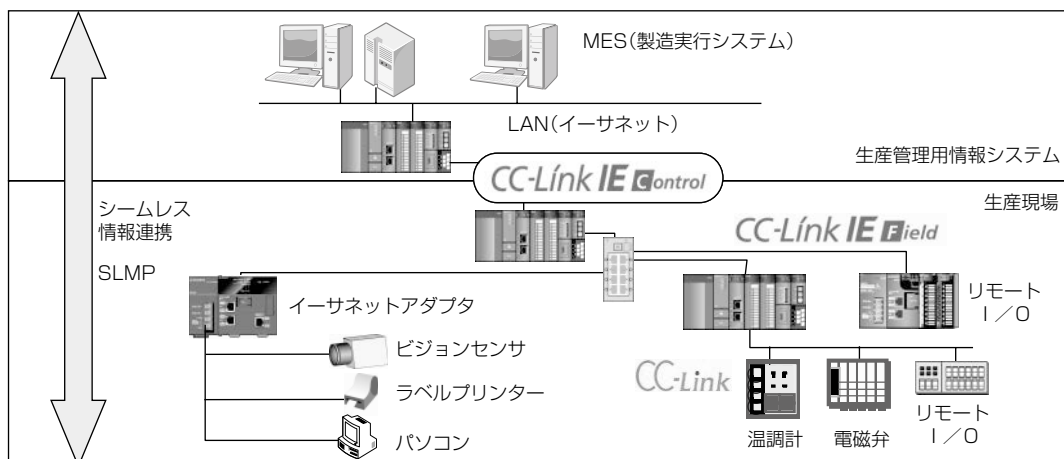


図3. 生産管理用情報システムと生産現場の連携

4. e&eco-F@ctoryを支える基盤技術

近年の製造業では、グローバル競争に打ち勝つために、高性能・高品質による製品競争力の強化や、生産性向上によるコスト削減が求められている。その一方で、環境問題に向けた取組みとして、消費エネルギーの削減が急務である。

e&eco-F@ctoryは、生産現場の“見える化”によって、生産性向上と無駄なエネルギーの削減を支援する省エネルギーソリューションである。e&eco-F@ctoryでは、シーケンサを核とした制御技術・ネットワーク技術と、使用電力量を計測するエコモニタなどの省エネルギー支援機器を核とした計測技術を融合して、品質データ、エネルギー使用状況、稼働状況などの各種生産情報を見える化する。

したがって、e&eco-F@ctoryでは、生産管理用情報システムと生産現場の連携技術と、見える化のためのデータ収集技術の強化が重要な課題である。

そのため、当社及びCC-Link協会では、生産管理用情報システムと生産現場の垂直統合を実現する技術として、シームレス通信プロトコル“SLMP(Seamless Message Protocol)”を制定した。SLMPは、生産現場をネットワークの階層や境界を意識せずフラットなネットワークとして見せ、生産管理用情報システムから各種FA機器へ共通にアクセス可能とする通信プロトコルである(図3)。

既存のハードウェアにSLMP対応通信ソフトウェアを組み込むだけで、バーコードリーダー、ビジョンセンサ、マイコンボードなどの汎用イーサネット製品をイーサネットアダプタ経由でCC-Link IEフィールドネットワークへ簡単に接続できる。

また、生産現場で発生する生産関連情報を生産管理用情報システムへ送信する製品として、MESインタフェースユニットがある。従来は、生産管理用情報システムとシーケンサの間にゲートウェイ用パソコンを置き、そのゲートウェイ用パソコンが各種FA機器からデータを取得して、

生産管理用情報システム上のデータベースに書き込む必要があった。これに対して、MESインタフェースユニットは、標準インタフェースであるODBC(Open DataBase Connectivity)経由で生産管理用情報システム上のデータベースを直接操作可能になり、効率的にデータを収集できるという利点がある。また、MESインタフェースユニットからデータベースへの操作は、一定周期又はある条件を満たした場合のように動作条件を設定できるなど、使い勝手を考慮した機能も提供している。

今後は、見える化に必要な生産現場の情報量が増えていくことに備え、生産関連情報収集の短周期化や大容量化への対応が必要である。

5. む す び

FA機器及び産業加工機に対する情報・通信技術の観点から見た基盤技術の動向と、各種FA機器を連携して生産にかかわるすべての情報を生産現場と生産管理部門に流通させるe&eco-F@ctoryを支える基盤技術について述べた。今後、FA機器及び産業加工機に対する情報技術の導入はますます重要になると予想される。当社は、これからも積極的に情報技術を取り入れ、より高性能で使いやすく、かつグローバルに展開可能な製品の研究・開発・製造を行う所存である。

参 考 文 献

- (1) Ohmiya, Y., et al: ESPRIT/SIM: A High Speed Performance-simulator for Heterogeneous Embedded Multiprocessors, IASTED International Conference Parallel and Distributed Computer and Systems, 2008 (2008)
- (2) 長島 勝, ほか: 製造アプリケーションのプロファイリングとプロファイル・マッチング方法, 日本機械学会, 生産システム部門講演会2006 (2006)
- (3) 経済産業省: 技術戦略マップ2010, 経済産業省 (2010)