

論文の内容の要旨

論文題目 構成変更可能なネットワーク型遠隔生産システムの研究

氏名 趙 屹 東

近年、ユーザ・ニーズの多様化と市場競争激化、グローバル化の加速にともない、産業界はこれまで以上に生産能率を高めることが求められているが、さらに、ユーザのニーズを反映した商品に迅速かつ臨機応変に対応しなければならない。そのため、変種変量生産に対応でき、変化に対するシステム構築の迅速性と柔軟性がある生産システムの実現が望まれている。また、情報技術の急速な発展にともない、製造業を取り巻く環境は大きく変貌しデジタル化された生産情報、製品情報、並びに管理情報に対応可能な生産システム構成は不可避である。生産システムの運用体制については、これまでのように一箇所に集中したあるいは階層構造を持つ大規模工場を統一的な考え方で運用するのではなく、適切な規模をもつネットワーク上において、工場やそれを構成するハードウェアや機能を分散させ、適した場所で、適した時間に、適した仕様で運用することが求められている。このような要求に応えるために、本論文では構成変更可能なネットワーク型遠隔生産システムを提案する。

構成変更可能なネットワーク型遠隔生産システムは、生産の情報化、グローバル化を目指して、地理的に遠く離れた設計者、管理者、操作者、および工作機械をはじめとする生産システム構成機器をそれぞれ分散オブジェクトとしてとらえ、それぞれ自律的かつコンカレントに稼動するとともに、ネットワーク

を介して情報資源を共有することにより、相互の協調が保たれるような生産システムである。また、需要によって、動的に構成変更することが可能であり、予期せぬ生産設備の増減や入れ替え、アプリケーション構成や機能の変化などに迅速に対応できる生産システムである (図 1)。

本論文は

1. 生産システムのオープン化、自律分散化、迅速なシステム拡張や再構成機能を特徴とする構成変更可能なネットワーク型遠隔生産システム概念及び構成法を提案すること、
2. 特に、生産システム用ソフトウェアの生産性や再利用性の向上を目指し、異なるベンダーが提供する生産設備をネットワーク上で一元管理運用するために、分散オブジェクト技術を採用し、IDL(Interface Definition Language) を用いて CNC 用 API(Application Program Interface) を実装する手法を提案すること、
3. 生産システムを迅速かつ統一的に構築でき、生産要求変化に俊敏に対応できるため、機能コンポーネントのコンセプトを提案し、ネットワーク型遠隔生産システムのための共通フレームワークを提案すること、
4. インターネット / イン트라ネット技術を用い、ネットワークに接続された自律工作機械を対象とするネットワーク型遠隔生産システムの開発手法を提案すること、
5. 提案した概念及び方法論に基づいて、ネットワーク型遠隔生産システムを構築し、その有効性を示すこと

をその内容としている。

ネットワーク上で分散したマルチ・ベンダー機器から遠隔生産システムを構築する場合に、

1. 工作機械がネットワークと接続できるオープン・アーキテクチャ CNC を有すること、
2. 工作機械が加工現象及び自己稼働状態をとらえるための各種センサを有し、加工現象や稼働状態とともに操作環境を遠隔地へ伝送できること、
3. 異機種的工作機械を一元的に管理する汎用なインターフェイスを有すること、
4. 生産システムの構成要素を適切な単位で分割し、モジュール化すること、
5. ネットワーク上で通信方式の統一化を考えて、それらの汎用インターフェイスや、モジュール化される構成要素を動的に利用できるオープンな実施環境を採用すること、

が必要とされる。

工作機械制御装置のオープン化、ネットワーク化の進展にともない、CNC 装置メーカーは自社の CNC 用 API の整備を進めた。CNC の機能を API として整備することによって、CNC を対象とするアプリケーションの開発が効率よく

実現できる。CNC用APIが標準化されれば、異なるベンダーが提供するCNCを同一のヒューマン・マシン・インターフェイス(HMI)を用いて操作可能であり、使用環境に合わせたHMIアプリケーションのカスタマイズも容易になる。本研究ではJOP(Japan FA Open Systems Promotion Group)が提唱するHMI-CNC間の標準APIであるPAPI(Principle API)を実装し、異なるベンダーの工作機械を一元的に制御する実験を行なった(図2)。

生産システム用ソフトウェアの生産性や再利用性の向上を目指し、異なるベンダー機器をネットワーク上で一元管理するため、本研究では分散オブジェクト技術CORBA(Common Object Request Broker Architecture)を採用し、IDLを用いてCNC用標準APIを実装する手法を提案する。IDLを用いてCNC用標準APIの定義を行なえば、各OSに対応した通信部分の記述が簡易になり、工作機械の外部制御用計算機上のAPI関数をオブジェクト化し、ネットワークを介して直接呼び出すことが可能となる。これにより、同一アプリケーションによる異なるベンダーが提供する工作機械群を一元的にリモート操作・管理するシステムの構築が容易になる。また、リモート操作・管理アプリケーションの仕様変更の必要が生じた際に、開発者は外部制御用計算機上の通信に関する部分を変更する必要が無く、アプリケーションのみを変更すれば良い。その結果、制御ロジックの変更や生産設備の組替えなどに迅速に対応可能なソフトウェア・システムの構築が可能となる。提案した手法の有効性を確認するために、遠隔加工システムを構築し実験を行なった(図3)。実験では、操作者側を名古屋工業大学と東京大学、工作機械側を東京大学と日立地区とし、両サイトをISDN回線で結んだ。工作機械側から操作者側への画像・音声の伝送はCODECを用いて行なった。実験の結果、構築したシステムによって正常な動作をすることが確認できた。また、異なるベンダーの工作機械を一元的に遠隔操作・管理できることも確認した。

ユーザ・ニーズの多様化と市場の激しい変化に対応できるために、それぞれの企業や職場の特徴に合わせて生産システムを作ることができること、また長期的に市場や環境の変化に迅速に対応する生産システムが作られることが期待されている。このような生産システムを実現するために、システムを構成する各要素を独立してモジュール化すること、これらの独立した要素の関係が明らかにされて、適切な情報交換で連携できること、各構成要素を共通の操作環境で操作することなどが要求されている。つまり、生産システムを構成する工作機械およびアプリケーション・ソフトウェアを適切な単位に分割し、モジュール化させ、モジュールがそれぞれのインターフェイスを明らかにし、共通のプラットフォーム上で自由に組み合わせることでシステムを構成することである。本研究ではこのモジュール化される生産システムの構成要素を機能コンポーネントと定義している。機能コンポーネントは明確に定義されたインターフェイスを持ち、一定の機能を有する自己完結型ソフトウェアであり、ネットワーク・アドレッシング可能、プラグ・アンド・プレイで利用可能なソフトウェアであ

る。機能コンポーネントは他の機能コンポーネントとを組み合わせられることで動的にシステムを構築することができ、また、機能コンポーネントを置き換えられることによりシステムの構成変更も容易に実現できる。

本研究では機能コンポーネントをもとに、構成変更可能なネットワーク型遠隔生産システムのための共通フレームワークを提案する。共通フレームワークは図4に示すようなアーキテクチャになる。図中の第1層はアプリケーションのために分散コンピューティング環境を提供する基盤部分である。オペレーティング・システム、通信、データストレージ、イベント配信、例外処理などがこの層によりサポートされる。第2層は各アプリケーションに共通の機能要素からなる機能コンポーネント層である。具体的にはアプリケーション間の相互運用を実現する共通機能コンポーネントのデータ、振舞いならびにインターフェイスを定義している。第3層はアプリケーション層である。アプリケーションは共通機能コンポーネントを通じてインターフェイスを取ることで迅速に構築できるし、また、アプリケーション間の相互運用も可能になる。共通フレームワークでは応用対象によって、クライアント機能コンポーネントとサーバ機能コンポーネントと分類することができる。クライアント機能コンポーネントはオペレータと対話するための画面ビューを持ち、工作機械のHMIの構築を指向した機能コンポーネントである。サーバ機能コンポーネントは工作機械を制御するアプリケーションの構築を指向した機能コンポーネントである。各種の機能コンポーネント間ではクライアント / サーバモデルならびに遠隔手続き呼び出しとイベント駆動タイプ制御を利用してやり取りを行なう。本研究では分散コンポーネント・オブジェクト・モデル (DCOM) を用いて、この共通フレームワークを実装した。また共通フレームワークを用いて遠隔加工・監視システムを構築し、遠隔加工、加工状態監視の実験を行なった(図5)。実験はLAN上で行なった。工作機械はマシニング・センタと旋盤を用いた。実験の結果、構築したシステムによって実際に加工・加工状態監視を行なえることが確認できた。また、共通フレームワークを利用することで、生産システムの迅速な構築、変化に対して機能と構成の変更が俊敏に対応できることも確認できた。

近年、インターネットの普及とNCコントローラのオープン化、ネットワーク化にともない、ネットワーク時代の生産システムの姿に関しては種々の議論が行なわれている。本研究ではWWW(World Wide Web)技術とネットワーク親和性を有するJAVA言語を用いて、遠隔加工とモニタリングシステムを作成した。遠隔加工やモニタリングに必要である通信の連続性と実時間性を考慮し、本研究ではWWW上でソケット通信に基づくクライアント / サーバの双方向的なインタラクティブ手法を提案する。図6のように、クライアントからの接続要求があったら、WWWサーバはまずHTTPで遠隔操作とモニタリング用インターフェイスを含むJAVA Appletをクライアントへダウン・ロードし、引き続いてこのクライアントに応じてスレッドを生成する。WWWサーバとクライアント側で実行されるJAVA Appletはその生成したスレッドの中

で TCP/IP のソケット通信を用いて、相互に連続に情報のやり取りを行なう。提案した手法の有効性を確認するために、遠隔加工システムを構築し実験を行った。工作機械は東京大学に設置しており、操作サイトは日本国内(東京都大田区)とアメリカ Berkeley 大学に設置した。加工機械と操作サイトとの間の情報伝達には、ISDN 回線とインターネットを利用した(図7)。実験の結果、本システムを用いて操作者がどこからでも、どんなプラットフォームからでも、センサ情報を遠隔地からモニタリングしながら遠隔加工することができ、システムの有効性が確認できた。

本研究では、実証システムの構築に際して、それぞれの目的に応じて、代表的な3種類の分散処理環境である CORBA、DCOM と WWW+JAVA を利用した。CORBA が複数種の OS に対応できる実状に着目し、様々な OS 上で動作する異なるベンダー機器をネットワーク上で一元的に操作・管理する場合に非常に有効であり、それを実装し検証した。DCOM のコンポーネントの概念は本論文で提案する機能コンポーネントの概念に近く、また、実際に産業界でも PC 及び Windows がデファクト・スタンダードになることに着目し、ネットワーク型遠隔生産システムのための共通フレームワーク及び実証システムの構築に用いた。WWW の普及状況、システム・アーキテクチャと通信の標準的位置付けなどに着目し、WWW による遠隔加工・モニタリングシステムの開発に用いた。今後、分散オブジェクト技術はますます進展していくことで、それぞれの分散処理環境の実装の間で互換性の確立や統合化が期待される。その際には、本研究で提案した概念及び方法が真に一元的に実現することが可能になる。

本研究より以下の結論を得た。

1. HMI-CNC 間の標準 API を実装し、異なるベンダーが提供する CNC を同一の HMI を用いて制御可能であることを実証した。
2. 生産システム用ソフトウェアの生産性や再利用性の向上を目指し、異なるベンダー機器をネットワーク上で一元的に操作・管理するため、IDL を用いて CNC 用標準 API を定義する手法を提案した。遠隔実験により、この手法の有効性を確認した。
3. 生産システムを迅速に統一的に構築でき、変化に俊敏に対応できるため、機能コンポーネントの概念、ネットワーク型遠隔生産システムのための共通フレームワークを提案し、遠隔加工・監視システムを構築した。実験により、提案した共通フレームワークによるネットワーク型遠隔生産システムの迅速な構築、変化に対して機能と構成の変更が俊敏に対応できることが確認した。
4. WWW 上でソケットによるクライアント / サーバのインタラクティブ手法を提案し、WWW による遠隔加工・モニタリングシステムを開発した。実験によって、システムの有効性を確認できた。

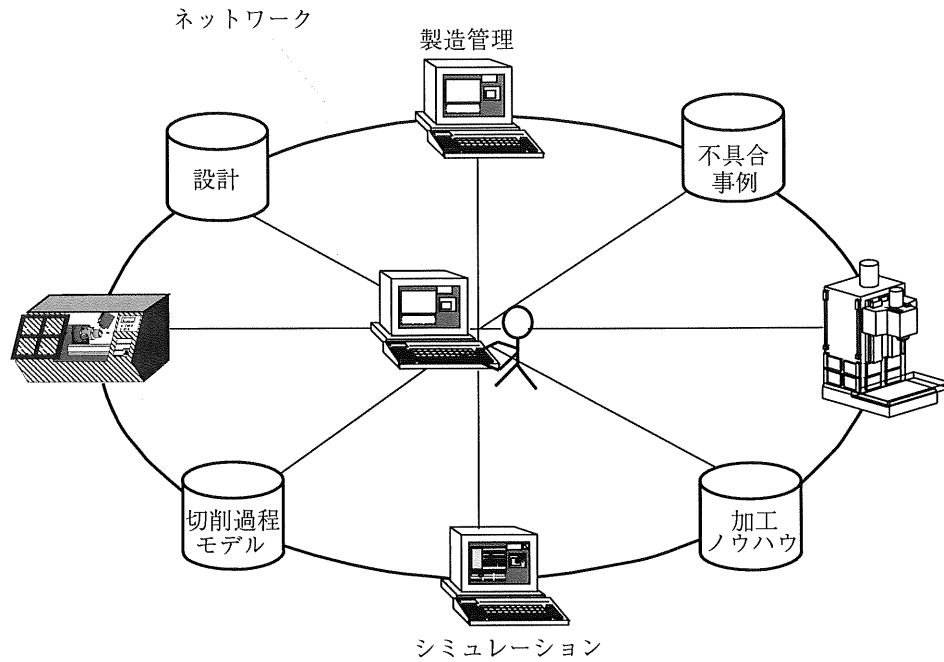


図 1 構成変更可能なネットワーク型遠隔生産システムの概念

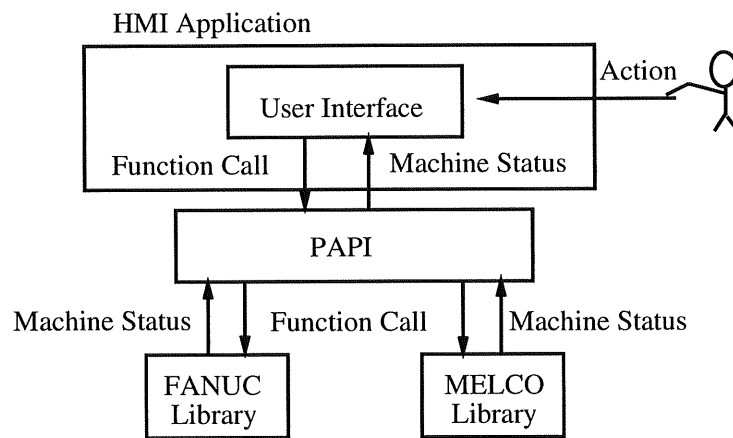


図 2 PAPI を用いた標準的な HMI の実装

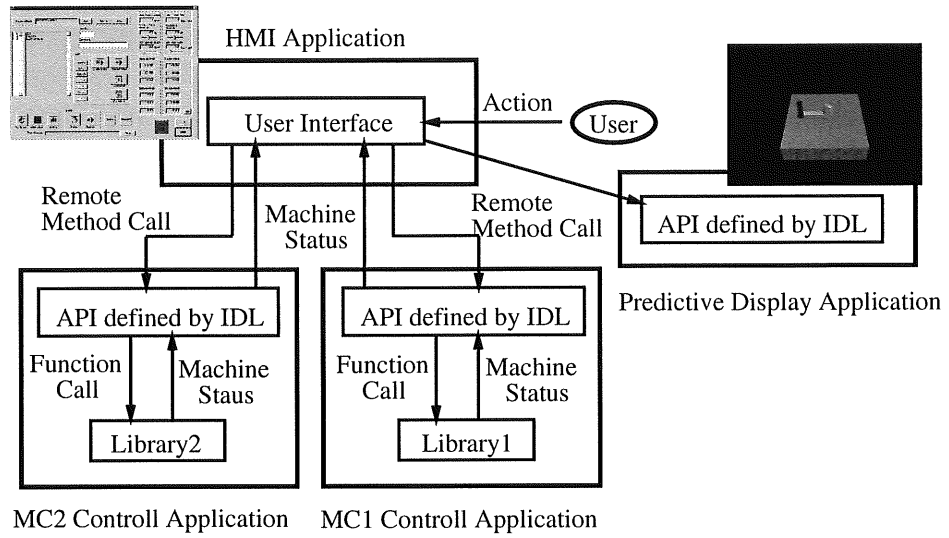


図 3 CORBA を用いて構築した遠隔生産システム

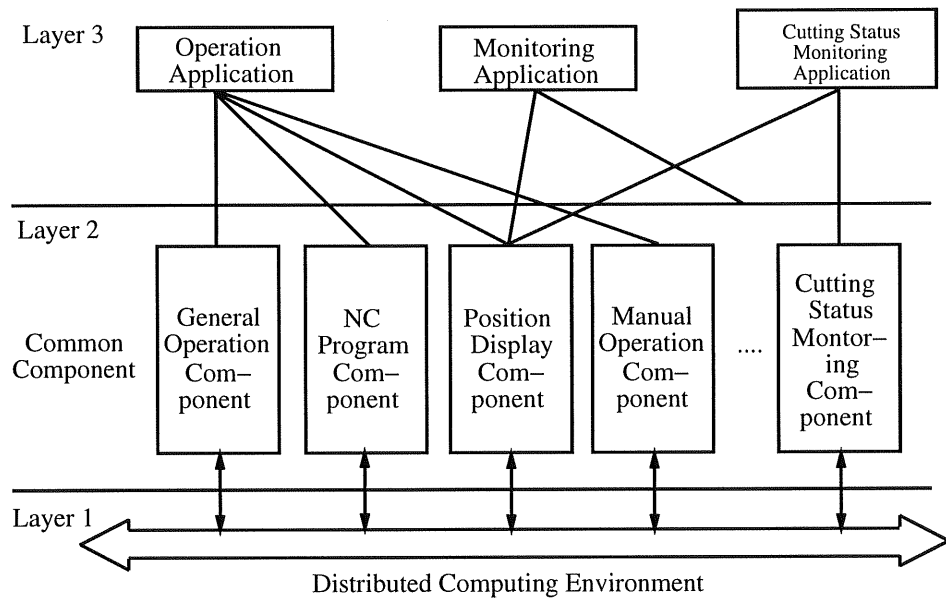


図 4 構成変更可能なネットワーク型遠隔生産システムのための共通フレームワーク

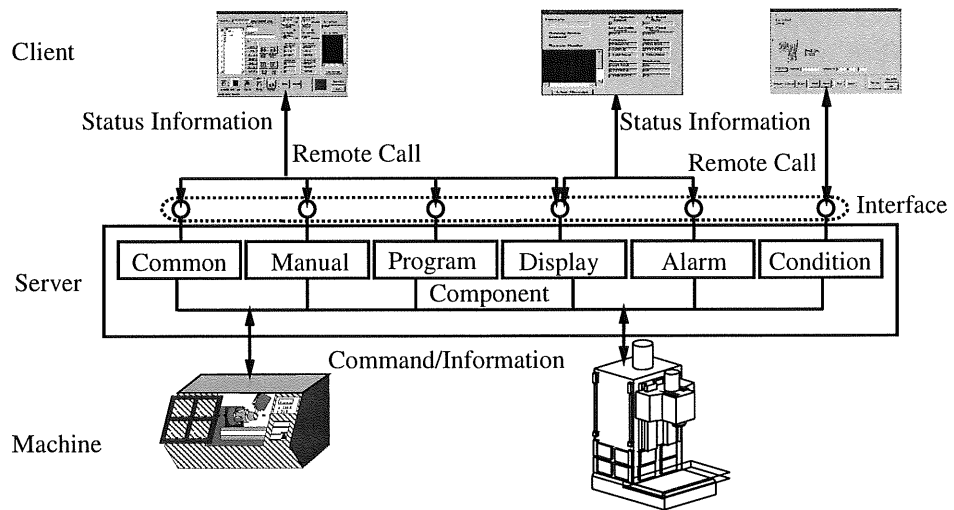


図 5 共通フレームワークを用いて構築した遠隔生産システム

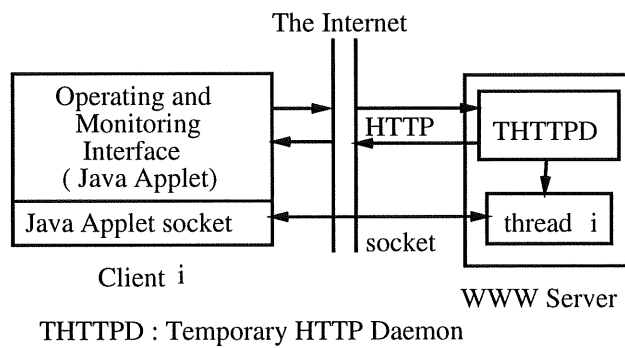


図 6 WWW 上でソケットによるクライアント / サーバのインタラクティブ方式

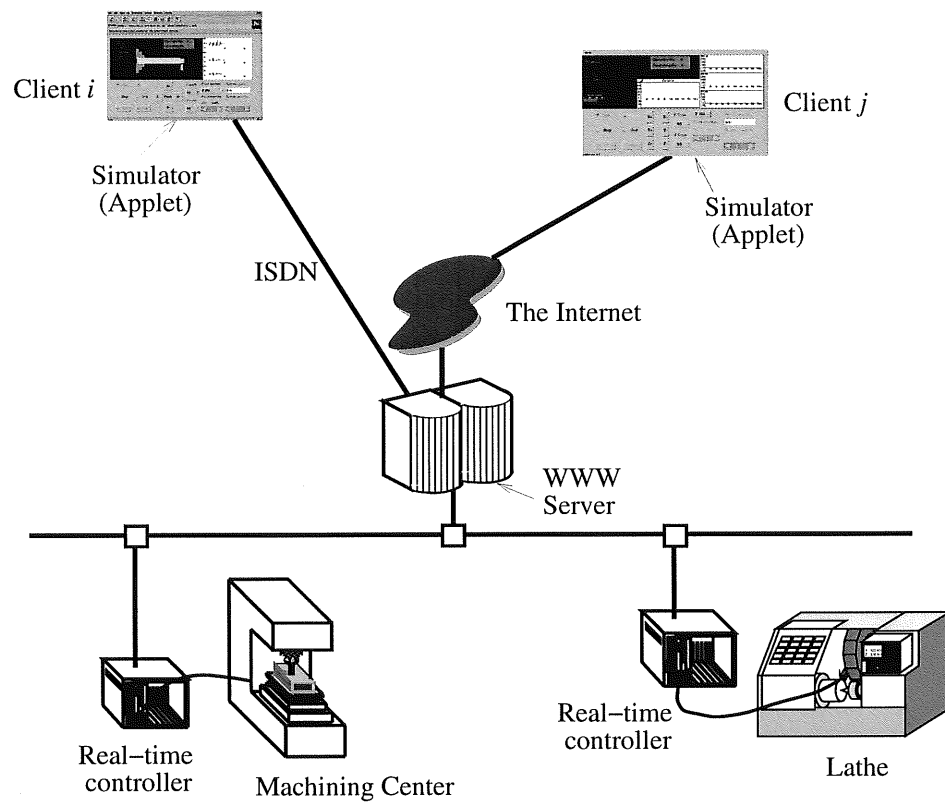


図 7 WWW を用いる遠隔生産システムの構成