

特集 ネットワーク接続ロボットコントローラ*

The Network Connected Robot Controller

佐藤 敬 小山 俊彦
Takashi SATO Toshihiko KOYAMA

We think that an open robot controller should be both a PC architecture controller and user-friendly. Our new robot controller "NetwoRC" (New Technology World wide Open Robot Controller) is superior with an extensive upgrade capability realized by adopting PC architecture, network, new robot language to achieve standard robot program libraries, and new teaching pendant with GUI environment. The controller executes important functions such as real-time motion control and error management, while the PC connected with the controller provides programming support, maintenance environment and other functions. Such a widespread system provides both high reliability and a user-friendly environment.

Key Words : Industrial Robot, Robot Controller, Network, MMI (Man Machine Interface)

1. はじめに

近年、パソコンの急速な普及に伴い、FA 業界においてもオープン化をうたったパソコンベースの新製品が次々と発表されている。それでは、ロボットにおいてもパソコンをベースとしていけば、ユーザにとって望ましいオープンなコントローラが実現できるだろうか？ 98年11月から発売の当社新型ロボットコントローラについて紹介しながら、当社が考えるオープンコントローラの方角を述べる。本新型コントローラはネットワーク機能を積極的に活用したオープンコントローラということで、“NetwoRC”ネットワーク(NEw Technology World wide Open Robot Controller)と名付けている。

2. “NetwoRC”のねらい

当社では、主要な生産設備は社内で製作しており、それら設備で約8000台の自社製ロボットを活用している。そして、社内各部門からはロボットに対する評価やニーズが設計グループに絶えずフィードバックされている。今回の“NetwoRC”開発に当たっても、ユーザーワーキンググループを組織し、設計を進めた。その結果、次世代のロボットコントローラに求められる項目は以下のとおりであった。

- 1) 高性能、高信頼性
- 2) リーズナブルなコスト
- 3) 様々なアプリケーションに対応可 (高拡張性)
- 4) 簡単に使える。(簡単操作, 簡単教示)
- 5) 設置面積をとらない。(小型)

我々は、主要回路や筐体(きょうたい)は従来の設計思想を踏襲して十分な信頼性を確保する一方、安価で高性能なパソコン部品を積極的に採用して、パソコンの使いやすさ、高機能、拡張性を取り入れることで、上記要求に応(こた)えるコントローラを実現した。以下に、新世代ロボットコントローラ“NetwoRC”のシステム構成、ロボット言語、操作環境、ユーザ支援システムについて述べる。

3. “NetwoRC”のシステム構成

3.1 ハードウェア構成

“NetwoRC”では、従来と同等の約24Lのコンパクトなボディの中に、メインボードのほか、最大8軸に対応したハイパワードライブ回路を内蔵し、さらに機能拡張用スペースを確保している(Photo 1, Table 1)。

メインボードにはパソコンアーキテクチャを持つ小型のカード型PCを採用し、それを中心にサーボ回路、ISAバス対応の拡張ボードインターフェイス(I/F)、ペンダントI/F、外部I/O I/F等を構成している。制御の重要部品であるサーボ回路は当社で独自に設計し、ロボットの信頼性、安全性を高めた。一方、パソコン

* 29Th International Symposium for Robotics Paper を和文翻訳、一部加筆にて転載

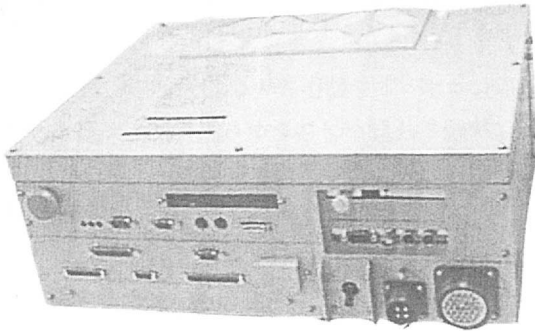


Photo 1 NetwoRC

Table 1 Specification

Term	Specification
Control axes	6 axes (Maximum of 8 total axes)
Positioning system	Bus-line encoder(Serial communication type)
CPU	I486DX4/75+SH7042 (Upgrade capability by changing card type PC)
Multi-task Programming Language	16 tasks(Max.), Additional axes control Structured robot language for package commands(like Basic)
DIO Input	System & User 48 bit
Output	System & User 64 bit
Serial port	S232C R2 ports (1 occupied by teaching pendant)
Expansion slots	3 slots for ISA half sized board
Internal Extra	8MB (Normal 4 MB)
Option memory	
Network	Ethernet, Devicenet, PHS connection
Others	Vision board, Floppy disk drive, Card PLC
Teaching device	Multi-function pendant
PC user supporting system	WINCAPS II Program bank Robot motion simulation Flow chart generation Facility diagnosis etc.
Power	Three-phase 200-230V/ Single-phase 100-115V
Operating environment	Temperature 0-40 degree centigrade
Dimension	430(W)x357(D)x157(H), 24 liters
Weight	20 kg

アーキテクチャの採用により、コストダウン、開発効率アップのほか、以下のような拡張性を実現している。

1) 増設ボード

3スロットのISAバスにパソコン用に開発されたイーサネット、デバイスネット等のネットワークボード、画像認識ボード等が増設可能である。とくに画像認識ボードは、従来の外付けの視覚装置に対して大幅に高速高性能化されている。また、QRコード(2次元バーコード)による品番の認識機能等を追加し、ロボット用視覚としての機能の充実を図っている。

2) 付加軸増設

ドライブ回路を追加することにより、1つのコントロー

ラで最大8軸の制御が可能。マルチタスク機能と組み合わせることにより、ロボットだけでなく周辺の機器をも制御できる。

3) CPU性能アップ、メモリ増設

ソフト機能アップに合わせて、カード型PC等を変更することによりCPU性能アップ、メモリ増設が可能である。ユーザは必要に応じて、最新の性能にコントローラを機能アップすることができる。

3.2 ネットワークを用いた分散型システム構成

ハードウェアはパソコンアーキテクチャを用いたが、そのOSにはあえてWindowsを採用しないで、FA市場等で広く実績のある組み込み型リアルタイムOS(VxWorks®)を採用した。

システム構成を決めるに当たり、我々はユーザの求めるロボットコントローラについて、社内ユーザと意見交換を行い、以下の結果を得た。

- 1) ユーザはコントローラに生産設備としての信頼性を期待している。
- 2) ユーザはWindowsに、使いやすい統一された操作環境を期待している。
- 3) ユーザはWindows上でほかのアプリケーションソフト(表計算、データベース等)を活用した機能の実現を求めている。

上記を実現するシステムを検討した結果、現在のWindowsではロボットコントローラとして従来に匹敵する信頼性を確保するのは困難であると判断し、以下のコンセプトでシステムを構成した。

- 1) コントローラ本体に組み込み型リアルタイムOSを採用して、信頼性の高いロボット制御を行う。
- 2) ティーチングペンダントには大型液晶画面とタッチパネルを用いたグラフィックユーザインターフェイスを採用し、Windowsの操作環境に類似した使いやすさを実現する。
- 3) コントローラとパソコンをネットワーク接続し、ロボットデータをパソコン上で活用できるようにして、他のアプリケーションとの連携を高める。

すなわち、信頼性を必要とするコントローラシステムと、使いやすさ・高機能を必要とするパソコンシステムをあえて分離させ、必要なときにネットワークを用いて接続することにより、相互の機能を補完しあって、信頼性と使いやすさ、高機能を両立させる分散型システムの構成を採った。それにより、ロボットの実行速度、パソコンアプリケーションの実行速度への影響が小さく、また、万が一パソコン側のソフトが異常

を起こしてもロボットの動作に直接影響を与えることがない。

4. 通信仕様

ネットワーク上のパソコンと通信を行うためには、通信仕様を定める必要があった。このため我々は、通信データの中身（データグラム）であるパケット仕様（コマンドと引数列よりなる）とパケットを処理するコントローラソフトウェア（サーバ）の要求仕様を策定した。我々は本仕様をオープンロボットコントローラへの礎として公開し、標準化を図る意向である。

その特長は以下のとおりである。

1) 接続の多様性

コントローラには、ティーチングペンダント、オペレーションパネル、パソコン等を接続し、通信することができる。パケット仕様は、それらすべての接続装置で共通とした。パケット仕様を共通にしたことにより、新たに設計した機器を接続する場合にもコントローラ側ソフトウェアの変更は必要ない。

ロボットコントローラに接続可能なパソコンを含めたすべての外部機器からの入出力を想定し、物理層には規定を設けていない。ただし、開発したロボットコントローラは、シリアル I/O、パラレル I/O、Ether Net カードを通信手段として有するので、現状は、このための実装が行われている。

2) オープン性

パケット仕様と通信機能をパッケージ化した OLE サーバの仕様は公開される。

これによりサードパーティが制作した外部機器やパソコンソフトウェアとの接続が可能となる。

パソコンソフトウェアを作成したいユーザは、当社が提供する (Windows) OLE モジュールの呼び出しにより通信することができる。管理者の卓上で動く EXCEL による工程監視プログラムなどは、簡単なスクリプト言語を理解するユーザであれば容易に書くことができる。

3) 同時複数接続

ロボットコントローラ上で通信パケットを受理するのは、唯一のソフトウェアとした。このソフトウェアが時系列で入力される各種機器からのパケットを処理する。

この構成により、リソースの競合等の管理をコントローラ上で 1 箇所に集めることができ、以下に述べる安全性への考慮を容易とし、複数機器、複数パソコン

の同時接続を実現した。

4) 安全性

実際にロボットを動作させるような処理がネットワーク上に接続されたパソコンから実行できてしまうことは、非常に危険である。

ペンダントで作業者が教示作業をしている間に、ネットワーク上から実ロボットと周辺環境を確認できないユーザがロボットを動作させることも考えられるからである。

ペンダント、オペレーションパネル以外でのロボットの動作は禁止しなければならない。このような安全性は、以下により確保される。

・装置毎（ごと）のパケットの選別

接続装置毎（ごと）に、受理されるパケット仕様を設定し、安全を確保した。例：ペンダント以外の接続装置がモータ電源 ON を要求しても拒否される。

また、デバッグの便宜を図るため、受理されるパケットは、ペンダント等の操作状況や、ロボットの状態により変動する。例：モータ ON 状態でのパソコンからの JOG 動作は拒否されるが、マシンロック状態では受理される。

・ロボット動作に影響を与えるパケット実行の排他的制御

ロボットの動作に影響を与えるパケットは、受理を排他的に制御する。例：ティーチングペンダントが接続している状態では、ネットワーク上のパソコンからのポーズ変数の変更は、ティーチングペンダントで明示的に許可しなければならない。

唯一の接続機器のみが、その時点でロボットの動作に影響を与えるような操作が可能である。

5. 簡単プログラム——新ロボット言語

“簡単プログラム”は、作業レベルのパッケージ命令をロボット言語の機能として実現し、それにより、ユーザのプログラミング工数を低減、プログラムの再利用性を向上させることが可能である。以下がその特長である。

1) ロボットの基本命令の組み合わせた標準ライブラリとして作業レベルの命令を実現する。

2) ユーザがアプリケーションに応じて作業レベルの命令を 1 部修正、または新規作成可能。

3) パソコン支援システム上で、自動的に入力インターフェイスが構成される。

様々なパッケージ命令（ライブラリ）を基本ロボッ

ト命令の組み合わせで実現している。基本的にはライブラリを組み合わせることで簡単にプログラムを作成できるが、時には、より各工程に適したプログラムを作成するために、各ユーザがそのライブラリに修正を加えることもできる。さらに、現場の知恵が盛り込まれた新しいライブラリが、ユーザ自身の手で生まれてくることも期待できる。そして、作成されたライブラリを簡単に使用できるように、パソコン支援システム“WINCAPS II”では他のロボット命令と同様に画面インターフェイスから入力することが可能である。言語と WINCAPS II の画面インターフェイスが連携しており、指定のフォーマットで記述されたコメント文を解釈して、必要な入力項目、初期値等が入った入力画面が自動的に構成される (Fig. 1)。

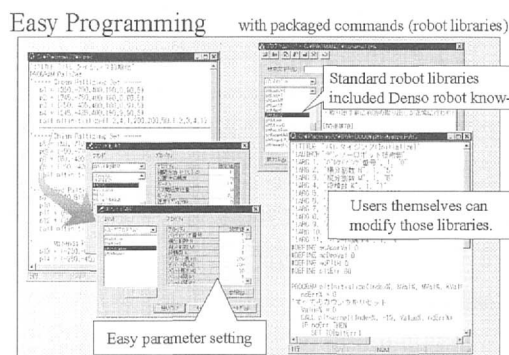


Fig. 1 WINCAPS II Programming Env.

上記のライブラリ機能に加え、マルチタスク機能を実現するために、従来の当社独自のロボット言語と異なる新しい言語を開発した。そのベースとして SLIM (JIS 規格標準ロボット言語) を採用し、ユーザに解 (わか) りやすい BASIC ライクの新しい構造化マルチタスク対応ロボット言語となっている。

6. 多機能ペンダント——操作環境

本多機能ペンダントでは、6.5 インチ大型カラー液晶画面、タッチパネル、対話型のソフトウェアの採用により、あらゆるユーザに対してロボットの操作が非常に簡単になっている。さらに、持ちやすさと操作しやすさを考慮し、機能美を備えたデザイン (Photo 2) を実現した。

1) メニュー選択+タッチパネル

従来のペンダントでは、数多くのキーの中から目的のキーを見つけ、決められた順序で操作する必要がある。習熟に時間がかかった。このペンダントでは、つぎに操作すべきキーのみが画面上に表示され、直接タッ



Photo 2 Multi-function Pendant

チして選択すればよいので、操作手順が簡単に憶えられる。

2) 専用キーの配置

ロボットペンダントではロボットの動作、停止命令は確実に機能する必要がある。そのため、すべてをタッチパネルによる操作にするのではなく、使用頻度、安全性を考慮して手動操作キー等を専用キーとして画面の周囲に配置した。

3) ジョグダイヤル

ジョグダイヤルを採用し、メニューの選択や数値の増減をジョグダイヤルを回すだけで簡単に設定できるよう工夫した。これにより操作が簡単、スピーディになり、使いやすいと好評を得ている。

4) ガイダンス機能

操作を間違えたときや、動作の条件がそろっていないときには、従来はエラー番号のみを表示したが、このペンダントでは、「手動モードにして操作してください」などの、ガイダンスが日本語表示される。さらに、ロボットが起動するときや、データの変更などの重要な操作では、必ず実行してもよいかどうかの確認を求める。これによりマニュアルと首っ引きで操作する必要はなく、安心して使うことができ、また早く習得できるようになった。

5) 3ポジション型デッドマンスイッチ

“放す：OFF ←→普通に押す：ON →さらに押し込む：OFF”と動作する3ポジション型デッドマンスイッチを採用した。人間は危険に直面したとき、とっさに筋肉が収縮し、ボタンを押し込んでしまうが、そのような状況でも OFF になる人間工学を考慮したスイッチである。また、ペンダントの持ち方を両手持ちと左手片手抱え込みを想定して、左手の位置する場所に2個所にこのスイッチを設置している。

7. WINCAPS II——ユーザ支援システム

“NetwoRC”では、ネットワークによりパソコンやインターネットとの親和性を高め、ロボットの持ついろいろな情報を容易に取得できる。それにより、生産現場だけではなく保全部署・設計オフィス等でその情報を活用することが可能である。ユーザは、“WINCAPS II”の機能を活用することにより、“カン”、“コツ”による調整から“データ”に基づく“検証”が可能となり、ロボットの導入から保守、生産管理まで生産業務全体を効率化することができる (Fig. 2)。

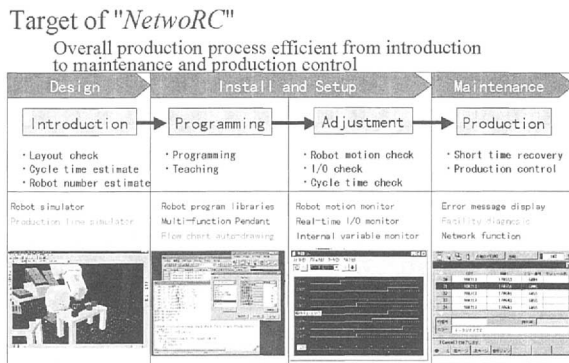


Fig. 2 Target of NetwoRC

1) モニタ機能, 動作シミュレーション機能

コントローラとリアルタイムでデータを送受信することにより、ロボットプログラムを実行しながら、ロボットの姿勢、変数やI/Oの状態を確認することができる。また、実際にロボットを動作させずにプログラムを実行させ、ロボットアームの動きをパソコン上にグラフィックで表示して、動作、サイクルタイム等の確認をロボット設置前に行うことが可能である。

2) プログラムバンク

簡単プログラム機能を活用するために、WINCAPS IIにはユーザが作成したライブラリを自分のパソコンに登録する機能、コメント文等をキーワードとして、自分に必要なライブラリを検索する機能がある。

また、自分のパソコン上に適当なライブラリが見当たらないとき、インターネットにより、より広く最新のライブラリを入手可能とする“インターネットプログラムバンク機能”も現在開発中である。たとえば、デンソーのホームページ等に接続することにより、最新の標準ライブラリを検索し、他のユーザの知恵を積極的に活用することができる。

3) フローチャート自動生成機能

通常、ロボットプログラムは作成した本人以外がそのプログラムを理解するのは大変困難であるが、フローチャートを残しておくことでプログラムの流れが解(わか)りやすくなる。本機能は変数割り付け表、I/O 割り付け表にコメントを記入しておくことで、そのコメントとプログラムから自動的にコメント付きフローチャートを生成する。それにより、保守、プログラム修正時の工数を大きく削減できる。

4) 設備診断機能

設備停止時間を短くするためには、異状発生時に、その原因を早急に突き止め、ただちに対応を取ることが必要である。“NetwoRC”ではエラー発生前後の位置・電流値等のデータを記憶しており、そのデータをパソコン上で解析することにより、異状原因を調べることができる。モデムを使った電話回線、ネットワーク接続などにより遠隔地に伝えることにより、保全担当部署の人が工場内のコントローラの異状を一括して監視したり、将来的にはデンソーのサービスが電話を介してそのデータを見せて頂き、より迅速にサービス対応をさせて頂くことも可能となる。

5) 稼働状況表示機能

ロボットにより収集した工程の稼働率・品番情報・部品の不良率・生産個数等の情報をネットワークを通じてパソコン上に定期的に取り込むことにより、ユーザは設備稼働状況をオフィスに居ながら確認することができる。そして、そのデータをパソコンの市販の表計算ソフトを用いて分析すれば工程の改善にいかすことが可能となる。

8. おわりに

オープンなロボットコントローラとは、パソコンの技術を利用することにより、数多くのユーザにとって使いやすさを実現したコントローラのことである。

“NetwoRC”はオープン性、信頼性、拡張性、コストをバランス良く組み込んだコントローラであり、あらゆる層のロボットユーザに受け入れて頂けるコントローラとして、デンソーが自信を持って送り出すコントローラである。

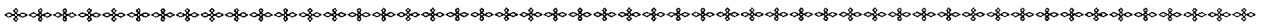
このコントローラを用いたロボットが数多くの工場生産性の向上に役立つことを期待している。

Windows は Microsoft 社の登録商標です。

VxWorks は Wind River Systems, Inc. の登録商標で

す。

Ethernet は Xerox 社の登録商標です。



<著 者>



佐藤 敬 (さとう たかし)

産業機器技術 3 部
ロボット教示環境 (プログラミング, ティーチングの援助) の開発
に従事



小山 俊彦 (こやま としひこ)

産業機器技術 3 部
ロボットコントローラの開発, ロ
ボット教示作業合理化関連の技術
開発に従事