

高速ネットワークを用いた遠隔打ち合わせ・指示システム — NCマシンにおける遠隔地からの加工支援システムの実用化 —

河北隆生*・岡嶋崇*・上村誠**・高橋孝誠***・渡辺健次****
平澤純一*****・川村浩二*****・山本英明*****

The System for a Remote Conference and Direction on the Broadband Network

- An Experimental Study of Remote Cooperative Manufacturing -

Takao KAWAKITA*, Takashi OKAJIMA*, Makoto UEMURA**
Kosei TAKAHASHI***, Kenji WATANABE****, Junichi HIRASAWA*****
Koji KAWAMURA***** and Hideaki YAMAMOTO*****

多品種少量生産時の金型などの製品開発を対象とした加工前打ち合わせ、段取り作業およびテスト加工の指示と確認を行う遠隔支援システムを構築し、研究開発用ギガビットネットワーク(JGN)を使用して実証実験を行った。その結果、次のことが得られた。(1)加工前打ち合わせでは、3次元CADを双方で遠隔操作しながらの音声と映像を使用した打ち合わせが可能であった。(2)段取り作業では、映像と音声による作業の指示と確認、治具設定・ワーク設定・ツール設定の確認あるいはDNCの加工条件確認と編集が可能であった。(3)テスト加工では、DNC画面のモニタによる稼働状況確認において数値情報がリアルタイムに追従しないという課題はあるものの、映像と音声によるテスト加工の指示と確認が可能であった。(4)Ethernet上のネットワークトラフィックの最大値を計測した結果、加工前打ち合わせでは約6.0Mbps、段取り作業では約4.7Mbps、テスト加工では約30.0Mbpsであった。本システム利用時には、これらのトラフィックに対応した回線速度のネットワークが必要となる。

本報告では、システム構成、各機能の実験と結果、実証実験による評価について述べる。

1. はじめに

金型などの試作や製品開発では、設計現場と製造工場(下請けや関連工場も含む)、あるいは製造管理部門と製造現場が、別の場所にある場合がある。したがって、開発を伴う製品製造を行う場合、設計者などの開発管理担当者は、加工前や加工不具合時などの打ち合わせ、あるいは複雑かつ高度な加工の場合は段取り作業の指示と確認、さらに加工状況の把握や製品検査などのため製造工場へ赴くことが多い。

しかし、遠隔地の場合は、製造工場へ赴くのに時間がかかること、CAD/NCデータなどはインターネットでの送付は行われているものの時間がかかること、加工状況の詳細な把握や製品検査などは専門的知識が必要であり、多くの専門的知識を持つ人材を加工現場において確保することが困難であることなどの課題がある。

一方、ここ1年でADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)や光ファイバーによる数Mbpsから100Mbps程度の高速かつ低価格なインターネット接続が普及しつつあり、高速ネットワークなどのIT(情報技術)を利用することで、上記課題を解決できる可能性がある。

筆者らは、通信・放送機構が運用する研究開発用ギガビットネットワーク(Japan Gigabit Network、以下「JGN」と呼ぶ)¹⁾を利用して遠隔地間での多品種少量生産時の金型などの製品開発を対象とした支援システムの構築と実証実験を行っている²⁾。今回、加工前の打ち合わせ、段取り作業(工具、ワーク、治具などの取り付け作業)及びテスト加工の指示と確認を行うシステムを構築し、実証実験を行った。

本報告では、構築システム構成、各機能の実験と結果、実証実験による評価について述べる。

2. システム構成

筆者らは、加工前打ち合わせ、段取り作業やテスト加工の指示と確認に必要な機能を検討した結果、図1に示すシステムを構築した。なお、詳細な機器とソフトウェア構成は、表1に示す。図1において波線で囲まれた部

* 情報デザイン部
** 生産技術部
*** 情報デザイン部(現生産技術部)
**** 佐賀大学
***** ネクサス(株)
***** ナカヤマ精密(株)
問い合わせ先: tkawakit@kmt-iri.go.jp

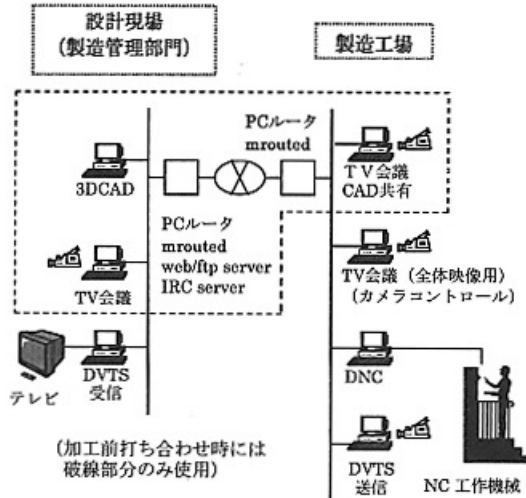


図1 システム構成図

表1 機器およびソフトウェア構成

TV会議用パソコン	
CPU	Intel PentiumIII 866MHz/133MHz
Memory	512MB SDRAM
Chip set	815chipset
Graphic	Intel3D Direct AGP
Audio	AC'97
Video Capture Card	I-ODATA GV-BCTV4/5
OS	Windows98SE
Session Directory	SDR3.0
映像ソフトウェア	VIC2.8uc1.1.3
音声ソフトウェア	RAT4.2.18
IRCクライアント	CHOCOA 1.0f5R
VNC viewer	VNC 3.3.3r9
カメラコントロール	
機種	Brains mmeye2
カメラコントロール	Webによる上下左右、ズームコントロール
CADシステム	
CPU	Intel PentiumIII 500MHz
Memory	256MB SDRAM
OS	Windows NT 4.0
CADソフトウェア	Unigraphics Solid Edge 8.0
VNC Server	VNC 3.3.3r9
DVTs送受信用パソコン	
CPU	Intel Pentium III 1.0GHz/133MHz
Memory	512MB SDRAM
IEEE1394 Card	I-O DATA 1394-PCI2/DVC
OS	FreeBSD4.4Release
DVTs Patch	dvts-0.9a21
PCルータ	
CPU	Intel Pentium III 1.0GHz/133MHz
Memory	512MB
OS	FreeBSD4.4Stable/4.5stable
Multicast Routing	Mrouterd
Web Server	Apache1.3.22
FTP Server	ftpd
IRC Server	IRC 2.10.3
佐賀大学ATMルータ	
CPU	Intel PentiumII 300MHz
Memory	64MB
ATMボード	Adaptec 155ATM
OS	FreeBSD4.1Release
当センターATMルータ	
機種	NEC MegaAccess155MX/4E
OS	R1.6

分のシステムは、加工前打ち合わせに使用され、システム全体が、段取り作業やテスト加工の指示と確認に使用される。

2.1 加工前打ち合わせ用システム

テレビ会議(以下、「TV会議」と呼ぶ)用ソフトウェアは、映像にVIC(Video Conferencing Tool)を、音声にRAT(Robust Audio Tool)を使用した³⁾。また、複数のパソコン間または地点間でのTV会議を可能とするため、Multicastを使用することとした。Multicastは、マルチメディアなど大量のデータを複数のパソコンへ効率的に配送するための通信プロトコルである⁴⁾。Multicastに対応したルーティングを可能とするため、PCルータ(ルータの機能を持たせたパソコン)には、mrouterdと呼ばれるソフトウェアを搭載した。

設計現場の3次元CADを製造工場からも遠隔操作可能とするためのソフトウェアには、VNC(Virtual Network Computing)を使用することとした⁵⁾。設計現場の3次元CADにはVNC serverを、製造工場のパソコンにはVNC clientを搭載した。

文字情報通信ソフトウェアには、サーバとしてIRC(Internet Relay Chat)⁶⁾、クライアントとしてCHOCOA⁷⁾を使用した。IRCは、サーバ・クライアント型システムであり、複数のクライアント間で文字情報通信が可能である。

ファイル転送には、Webサーバとftpサーバを使用した。これらのサーバには、CAD/NCデータ、加工指示書などが格納される。

2.2 段取り作業、テスト加工の指示と確認用システム

本システムでは、製造工場側の「NC工作機械内部」と「作業全体」の映像を設計現場(製造管理部門)へ転送するため、製造工場にTV会議用パソコンを2台設置した。作業全体の映像は、設計現場からズームあるいはカメラ角度の制御が可能である。

また、より詳細なNC工作機械内部の映像と音声を転送するためDVTs(Digital Video Transport System)⁸⁾と呼ばれるシステムも設置した。DVTsは、送信側と受信側の対で使用される。送信側パソコン(製造工場)では、デジタルビデオカメラで撮影した映像音声をIEEE1394で取り込み、UDPパケットにカプセル化し転送する。受信側パソコン(設計現場)では、UDPパケットからIEEE1394データを取り出し、NTSC変換器を経由することでテレビへ映像音声を出力する。

本実験に使用したDNC(Direct Numerical Control)システムは、NC加工データをNC工作機械へ転送するとともに、NC工作機械の制御や監視を行う機能を持つ。また、このDNCは、ネットワークに接続されているので、VNC serverを搭載することで遠隔操作を可能とし、設計現場から加

工条件確認のためのプログラム表示や編集、NC工作機械の加工状況確認監視なども試みた。

2.3 ネットワーク構成

本実験では、研究開発用ギガビットネットワーク(JGN)と当センターのLAN(Local Area Network)を使用した。JGNでは、当センターと佐賀大学間を通信速度44MbpsのATMによって接続する。また、LANは、幹線1Gbps、支線100Mbpsである。

3. 実験および結果

3.1 映像、音声、遠隔操作時の遅延時間

VICによる映像、RATによる音声、DVTSによる映像と音声、VNCによる遠隔操作時の片方向の遅延時間測定結果と測定条件を表2に示す。

表2 遅延時間測定結果

	遅延時間(sec)	ソフトウェアの設定条件
VIC	0.1-0.2程度	h.261フォーマット 最大フレームレート30frame/sec 最大転送速度3Mbps
RAT	1.1-1.2程度	PCM 64kbps モノラル
DVTS	0.3-0.4程度	全フレーム転送
VNC	0.3-5.7程度	Poll full screen mode

LANでの遅延時間測定方法は、以下のとおりである。

- (1) VICとDVTSは、一方のパソコンから他方のパソコンへストップウォッチの映像を送信して、実物のストップウォッチと送信されたストップウォッチの映像に表示された時間の差から遅延時間を計測した。
- (2) RATは、一方のパソコンから音を送信し、他方のパソコンからこの音が聞こえるまでの時間をストップウォッチで計測した。
- (3) VNCは、一方のパソコンの画面操作が他方のパソコンの画面に反映されるまでの時間をストップウォッチで計測した。

JGNでの遅延時間測定は、当センターからの映像や音声を佐賀大学のパソコンで送り返すことでVICとRATのみをLANと同様な方法で計測した。

その結果、VICの遅延時間は、LANでは0.1-0.2sec、JGNでは折り返し0.2-0.3sec(片方向は半分)程度であった。また、当センターのパソコンと①LANに接続されたローカルのパソコン間、②佐賀大学のATMルータ間、③佐賀大学のパソコン間でのそれぞれのpingコマンドによるRTT(Round Trip Time、パケット往復時間)計測値を図2に示すが、これまでの実験から各パケットサイズが200~400byteであることを考えると、当センターのパソコンと佐賀大学のパソコン間では片方向6msec程度の遅延であった。このことから、ネットワークの遅延時間は、JGNを利用した遠隔地であってもVICの遅延時間に占める割合は

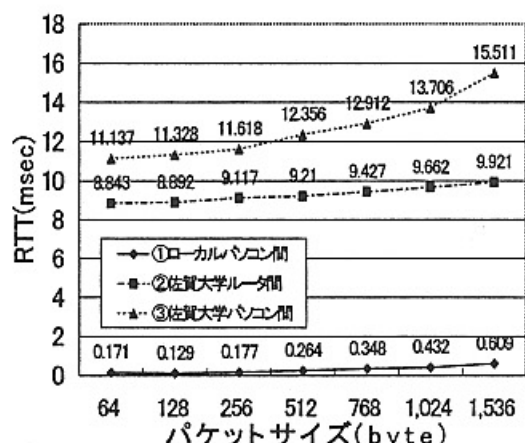


図2 RTT (Round Trip Time) 計測結果

3~6%程度であること、ネットワークの遅延時間6msecは感覚的にはほぼ同時であることなどから無視できる値であるといえる。RAT、DVTS、VNCの遅延時間に占めるネットワーク遅延時間の割合は、VICと比較すると更になくなるため、ネットワーク遅延時間はVICと同様にRAT、DVTS、VNCでも無視できる値である。

3.2 VICの画質とフレームレート

VICでは、画質(quality)を1~30まで、フレームレートを1~30frame/sec(以下、「f/s」と表記する)まで変更可能である。画質が高いほど(1に近いほど)精細な、フレームレートが高いほど(30f/sに近いほど)スムーズな映像になるが、高速なネットワーク転送速度が必要となる。そこで、各工程の映像に最適な画質とフレームレートを実験で求めた。

(1) 打ち合わせにおける相手の表情の確認

画質は、15前後以上ではモザイクがかかった状態になるが、相手の表情は十分認識可能であった。フレームレートは、15f/s前後以上になるとスムーズな映像が送られるが、それ以下になるとスムーズに動かなかった。しかし、5-15f/s程度でも相手の動きのある表情が十分認識できた。そこで、実証実験では、TV会議に使用する場合はVICの既定値である画質10、フレームレート8f/sを基本的に使用することとした。

(2) 段取り作業での指示と確認

段取り作業では、NC工作機械内部と作業全体の映像を設計現場へ送信する。

全体作業の映像では、動きがある作業の様子が確認できる程度でよい。そこで、(1)と同様にVICの設定を画質10、フレームレート8f/sを基本的に使用することとした。なお、詳細に確認する必要がある場合には、画質を上げることで対処できる。図3に画質10、フレームレート8f/sでの段取り作業の映像を示すが、指示可能な程度十分認識できた。

NC工作機械内部の映像では、基本的には取り付けられ

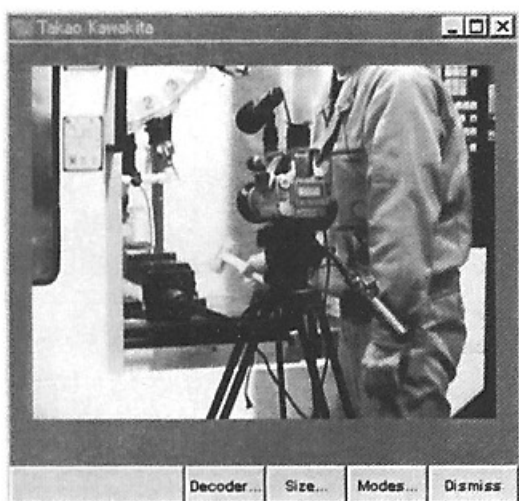


図3 段取り作業全体映像
(VICの設定：画質10、フレームレート8 f/s)

た工具、ワーク、治具を詳細に確認する必要がある。しかし、動きが少ないものが多いため、フレームレートより画質が優先される。図4に画質1、フレームレート8f/sでの治具取り付け確認の様子を示すが、十分確認可能であった。

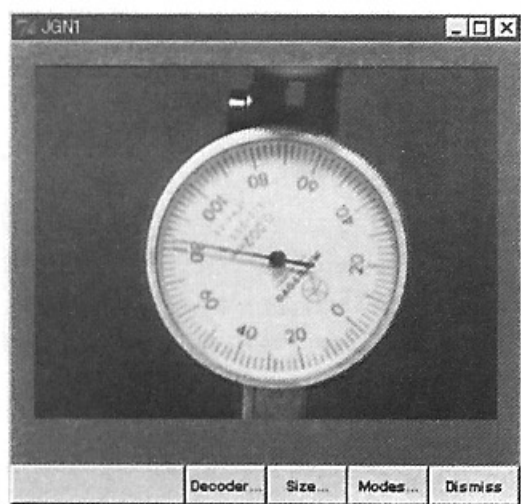


図4 治具取り付け確認の映像
(VICの設定：画質1、フレームレート8 f/s)

(3) テスト加工

テスト加工では、加工状態、ワーク表面、工具刃先を詳細に確認する必要があるため、ここでは画質1とした。

加工状態では、フレームレートを8f/s、15f/s、20f/s、30f/sで実験を行った結果、20f/s以上で切削粉が飛散する様子や工具刃先の回転などが認識可能であった。図5に画質1、フレームレート30f/sでのテスト加工の映像を示す。

また、画質1、フレームレート8f/sに設定した工具刃先確認の映像を図6に示すが、詳細に工具刃先が確認できた。また、ここでは図を示していないが、同程度での

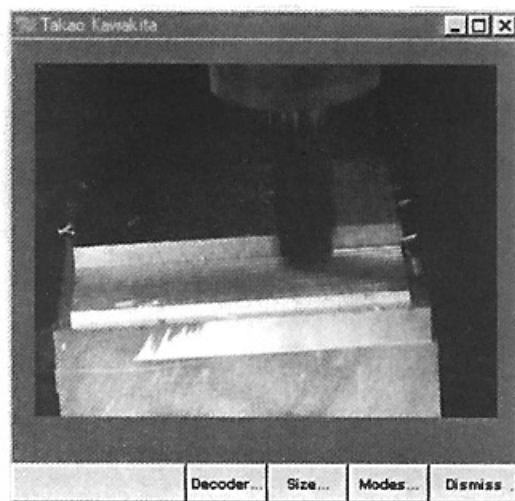


図5 テスト加工の映像
(VICの設定：画質1、フレームレート30 f/s)

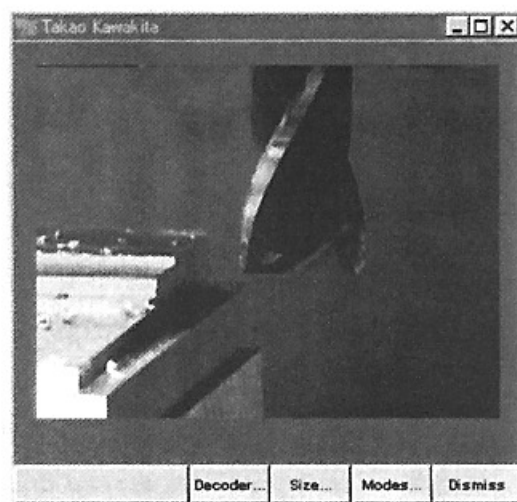


図6 刃先確認の映像
(VICの設定：画質1、フレームレート8 f/s)

ワーク表面の確認も可能であった。この場合は、動きがないため、フレームレートよりも画質が優先されることがわかった。

3.3 RATの音質

RATは、PCM64Kbpsモノラルで実験した。なお、会話や加工音などのある定点の音が聞き取れば良いことから、ステレオは使用しなかった。

音声は、1秒強程度の遅延はあるものの、クリアに相手の声が聞き取れ、会話に支障はなかった。しかし、テスト加工(エンドミル加工)時の加工音(切削音)については、音の途切れや聞こえなくなる現象が発生した。この原因は、音声ボードとドライバあるいはマイクが高音域まで対応していないことが考えられる。そこで、加工音は、以下で述べるDVTSで確認することとした。

3.4 DVTSの画質と音質

DVTSでは、(a)テスト加工状態、(b)ワーク表面確認、(c)工具刃先確認をVIC及びRATと同一の条件で実験した。

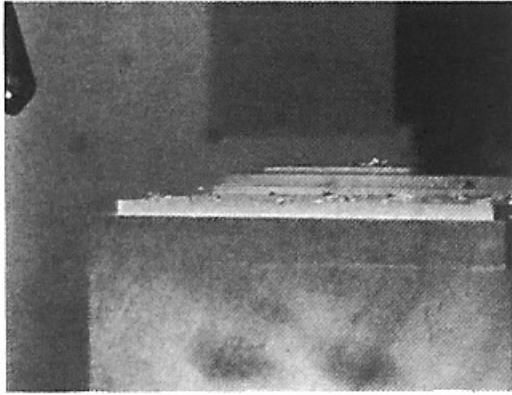


図7 テスト加工の映像(DVTS)



図8 ワーク表面の映像(DVTS)

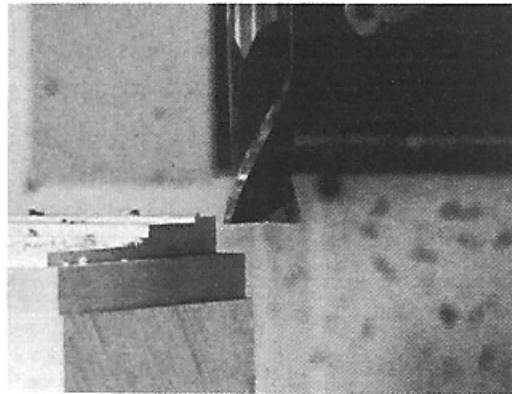


図9 刃先の映像(DVTS)

この時のテレビの映像を図7、8、9に示すが、VICの映像に比べ、非常に鮮明かつスムーズな映像で、切削粉の飛散状況や工具刃先の回転などのテスト加工(エンドミル加工)映像、ワーク表面や工具刃先確認が可能であった。

また、音声や加工音(切削音)は、クリアかつリアルであり、特に切削音の確認には非常に有効であった。

DVTSの映像音声は、VICの映像やRATの音声に比べて格段に品質が良く感じられた。

3.5 VNCによる遠隔操作

3次元CADの遠隔操作では、CAD画面を操作する際リアルタイムに追従できない現象が生じた。例えば、図形を回転させるなど大量の画面変更が発生する操作の場合、

CADの画面では動いているが、遠隔地のクライアントの画面では動きがスムーズではなく、かつ大きな遅延時間(約5秒程度)が発生した。この原因は、3次元CADではWindowsNT4.0を使用しているが、Windows対応のVNCは画面をスキャンして画面変化情報を得ていること、またネットワーク転送時にデータのエンコードやデコードを行っていることなどのために大きな遅延が発生しているものと考えられる。

DNCの遠隔操作では、NCプログラムの遠隔からの加工条件確認のための表示や編集あるいはNC工作機械の加工状況確認監視を目的としている。設計現場からのNCプログラムの操作などを行った結果、現場と同様使い勝手であった。しかし、加工位置や工具の回転数、送り速度などの数値情報が得られる加工状況確認監視では、遠隔地のクライアントの画面には数値情報がリアルタイムに追従しなかった。この原因は、3次元CADの遠隔操作で述べた画面のスキャン時間間隔が大きく影響しているためであると考えられる。リアルタイム監視を行うのであれば、他の方法を考慮する必要がある。

4. 実証実験による評価

本システムとJGNを使用して実証実験を行った。本実験では、佐賀大学を設計現場(製造管理部門)、当センターを製造工場と仮定した。VICの設定は、h.261フォーマット、画質10、フレームレート 8f/s、RATの設定はPCM 64Kbps モノラルを基本とした。また、当センター側のPCルータでは、ネットワークトラフィックを測定した。

なお、LANでも同様の実験を行ったが、JGNと同じ結果であったため、ここでは述べない。

4.1 加工前打ち合わせ

本実験では、設計現場に設計者、加工現場に加工工場責任者を置き、CAD図面を双方で操作確認しながら、打ち合わせを行った。

設計現場には3次元CADおよびVIC、RAT、IRCを搭載したTV会議用パソコンを、加工工場には設計現場の3次元CADを遠隔操作するパソコンおよびVIC、RAT、IRCを搭載したTV会議用パソコンを設置した。

その結果、以下のことが得られた。

- (1) VICとRATによるTV会議は、相手の表情や動きと、相手の声をはっきりと認識可能であった。映像と音声の遅延時間差が約1秒程度あったが、実験中は、CAD画面を見ながらの打ち合わせがほとんどであったため、映像と音声の遅延時間差の影響は少なかった。

また、文字情報通信にはIRCを使用した。会話で聞き取りにくい単語や数値などを伝えるのには十分効果があった。

(2) 3次元CADの遠隔操作は、遠隔地のCAD画面を共有しているコンピュータ（加工現場側）で図形を回転させるなどの大量の画面変更が発生する操作の場合、リアルタイムかつスムーズにクライアントの画面に反映されない現象が生じた(3.5を参照)。このような操作を加工現場側から行う場合は、設計現場と確認しながら操作を行う必要があった。また、設計現場と加工工場の双方からCAD画面を操作するためにマウスの取り合いが発生することもあった。

以上のような点を意識することで、3次元CADを双方で遠隔操作しながら、音声と映像を使用した打ち合わせが可能であった。

ネットワークトラフィックを計測した結果、VICでは、使用したh.261フォーマットは変化した映像の差分を送るため、激しく映像が変化した場合にトラフィックが増加したが、最大でも731Kbps程度であった。RATでは、最大86Kbpsで安定していた。VNCでは、製造現場または設計現場から3次元CADを操作した時、3次元CADからクライアントへのトラフィックは増加するが、クライアントから3次元CADへのトラフィックはほとんど発生しなかった。これは、クライアントからは制御データのみ、3次元CADからは画面の変化データを送信するためである。3次元CADから発生するVNCのトラフィックは、最大5.67Mbpsであった。また、全体のトラフィックは、Ethernet上で最大約6.0Mbps程度であった。

4.2 段取り作業の指示と確認

本実験では、治具設定（バイスの面だし設定）、ワーク設定（取り付け）、ツール設定（ZH測定）などについて設計現場の加工専門家から加工現場の加工担当者へ指示と確認を行った。

設計現場には、VIC、RAT、IRCを搭載したTV会議用パソコン、加工工場のDNCを遠隔操作するためVNC clientを搭載したパソコンを設置した。加工工場には、全体作業様子の映像を送信するためVICを搭載したTV会議用パソコン、NC工作機械内部の詳細な映像と音声を送信するためのVIC、RAT、IRCを搭載したTV会議用パソコン、設計現場から遠隔操作をするためにVNC serverを搭載したDNCを設置した。

その結果、以下のことが得られた。

- (1) VICによる加工現場での作業の様子は、指示可能な程度に十分認識できた。また、RATによる音声での指示は、指示内容が理解できる程度に十分認識できた。作業全体の映像は、カメラ角度やズームを設計現場からコントロール可能としたため、詳細な作業の様子や設定の確認と把握を行うのに十分効果があった。
- (2) 設計現場からのVICによる映像での治具設定、ワーク設定、ツール設定の確認は、詳細に認識可能であった。

(3) NC工作機械の加工条件などを確認するため、設計現場からDNCを遠隔操作して、NCプログラムの表示や編集を行ったが、加工現場と同様な使い勝手であった。

以上のことから、映像と音声による段取り作業の指示と確認、治具設定・ワーク設定・ツール設定の確認あるいはDNCの加工条件確認と編集が可能であった。

ネットワークトラフィックを測定した結果、VIC映像では、治具設定の詳細確認や動作時の確認を行うため、画質1、フレームレート30f/sに上げるとトラフィックが増加した。その時のVIC映像トラフィックの最大値は、3.18Mbpsであった。また、全体のトラフィックは、Ethernet上で最大約4.7Mbps程度であった。

4.3 テスト加工

本実験では、設計現場の加工専門家から加工現場の加工担当者へテスト加工の指示と確認を行った。

機器構成は、4.2で述べた機器に加えて、加工現場には送信専用、設計現場には受信専用のDVTSを設置した。

その結果、以下のことが得られた。

- (1) VICによる加工現場での作業の様子は、指示可能な程度に十分認識できた。また、RATによる音声での指示は、指示内容が理解できる程度に十分認識できた。
- (2) VICによるテスト加工状態は、画質1、フレームレート30f/sで切削粉の飛散状況や工具刃先の回転を確認できたが、RATによる加工音（切削音）の確認では、音の途切れや聞こえなくなる現象が発生した(3.3を参照)。そこで、後で述べるDVTSで確認した。
- (3) VICによる加工後のワーク表面と工具刃先は、良否が判定できる程度に認識可能であった。
- (4) DVTSによるテスト加工状況、ワーク表面、工具刃先の確認は、VICの映像と比較して、非常に鮮明かつスムーズな映像で確認が可能であった。また、加工音（切削音）もクリアに確認可能であった。このため、加工状況の確認およびワーク表面と工具刃先の良否判定は、十分可能であった。
- (5) 加工工場のDNC画面をモニタすることでテスト加工状況の監視を行うこととしたが、数値情報がリアルタイムに追従しなかった(3.5を参照)。この対応は、今後の課題である。

以上のことから、DNC画面のモニタによる稼働状況確認では数値情報がリアルタイムに追従しないという課題はあるものの、映像と音声によるテスト加工の指示と確認が可能であった。

ネットワークトラフィックを計測した結果、DVTSのトラフィックは、常に28.6Mbpsであった。また、全体のトラフィックは、Ethernet上で最大約30.0Mbpsであった。

5. おわりに

設計現場あるいは製造管理部門と加工工場が別の場所にある場合を想定し、多品種少量生産時の金型などの製品開発を対象とした加工前打ち合わせ、段取り作業およびテスト加工の指示と確認を行う遠隔支援システムを構築し、研究開発用ギガビットネットワーク(JGN)を利用して実証実験を行った。

その結果、以下のことが得られた。

- (1) 加工前打ち合わせでは、3次元CADを双方で遠隔操作しながらの音声と映像を使用した打ち合わせは可能であった。
- (2) 段取り作業では、映像と音声による作業の指示と確認、治具設定・ワーク設定・ツール設定の確認あるいはDNCの加工条件確認と編集が可能であった。
- (3) テスト加工では、DNC画面のモニタによる稼働状況確認において数値情報がリアルタイムに追従しないという課題はあるものの、映像と音声によるテスト加工の指示と確認が可能であった。
- (4) Ethernet上のネットワークトラフィックの最大値を計測した結果、加工前打ち合わせでは約6.0Mbps、段取り作業では約4.7Mbps、テスト加工では約30.0Mbpsであった。本システム利用時には、これらのトラフィックに対応した回線速度のネットワークが必要となる。

本システムでは、セキュリティについては考慮していない。また、現在のインターネットプロトコルであるIPv4はIP address不足などの問題があり、近い将来新しいインターネットプロトコルであるIPv6へ移行すると思われる。そこで、今後本システムのセキュリティとIPv6対応を行う予定である。

また、遠隔地から加工監視が行えるようにNC工作機械にセンサーを取り付け、データをネットワーク経由で配送し、表示と保存ができるシステムも開発する予定である。

なお、本研究は、JGN(Japan Gigabit Network)を用いた通信・放送機構との共同研究(プロジェクト番号 : JGN-G12026)である。

文 献

- 1) 通信・放送機構研究開発用ギガビットネットワーク(JGN), <http://www.jgn.tao.go.jp/>
- 2) 河北隆生他, NCマシンにおける遠隔地からの加工支援システムの実用化, 第16回産学官技術交流会講演論文集, p64-65, 2002
- 3) UCL Network and Multimedia Research Group, <http://www.mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/>
- 4) S.Deering, Host Extensions for IP Multicasting, RFC1112, 1989
- 5) AT&T Laboratories Cambridge, Virtual Network Computing, <http://www.uk.research.att.com/vnc/>
- 6) Internet Relay Chat, <http://www.irc.org/>
- 7) 富士通研究所, IRC client CHOCOA, <http://www.labs.fujitsu.com/free/chocoa/>
- 8) 小川晃通, DV Stream on IEEE1394 Encapsulated into IP, <http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/>