

IPv6 と IPsec プロトコルに対応した遠隔加工支援システム

—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**・高橋孝誠***・上村誠***・土村将範****・小笠原健一*****・城戸浩一*****

渡辺健次*****・平澤純一*****・川村浩二*****・山本英明*****

* 情報デザイン部、** 情報デザイン部(現、(株)電盛社)、*** 生産技術部、**** 生産技術部(現、企業局)

***** 電子部、***** 電子部(現、熊本県立技術短期大学校)、***** 佐賀大学理工学部

***** ネクスス(株)、***** ネクスス(株)(現、生産技術部)、***** ナカヤマ精密(株)

The System for Remote Cooperative Manufacturing with IPv6 and IPsec protocol

— An Experimental study of Remote Cooperative Manufacturing —

Takao KAWAKITA*, Takashi OKAJIMA**, Kosei TAKAHASHI***, Makoto Uemura***

Masanori TSUCHIMURA****, Ken'ichi OGASAWARA****, Koichi KIDO****, Kenji WATANABE*****

Jyun'ichi HIRASAWA*****, Koji KAWAMURA***** and Hideaki YAMAMOTO*****

筆者らは、IPv6 プロトコルへの対応および IPsec によるセキュリティを強化した「遠隔打合せ・指示システム」と「遠隔加工監視システム」を構築し、実証実験を行った結果、以下のことが得られた。

- 1) IPsec の暗号化プロトコルには blowfish-cbc 128bit、認証プロトコルには HMAC-md5 を選択した結果、パソコンの転送速度は、92Mbps 程度から 62Mbps 程度へ低下した。従って、この結果を考慮した利用が必要である。
- 2) IPv6 と IPsec プロトコルのトラフィックは、IPv4 プロトコルに比べ若干増加したが、近年のネットワークの高速大容量化から考えれば、ほとんど影響ない程度であると考えられる。
- 3) 本システムで使用した VIC による映像、RAT による音声、DVTS による映像・音声の遅延時間への影響は、IPv6 と IPsec プロトコルへの対応でもほとんど無かった。VIC と RAT による遠隔地間での TV 会議では、映像と音声の若干のずれは生じるものの、この程度の遅延時間と映像・音声のずれは、会話にほとんど影響が無かった。
- 4) 本システムを機械加工によるものづくり工程へ適用することで、遠隔地の総合力を結集した開発や試作にともなうものづくり期間を短縮できることが分かった。

1. はじめに

筆者らは、多品種少量生産時の金型などの製品開発を対象として、設計現場と製造工場あるいは製造管理部門と製造現場が遠隔地にある場合の「打合せ」、「段取り作業(工具、ワーク、治具などの取付作業)およびテスト加工の指示と確認」、「加工状況監視」等の一連の流れを支援するシステムを構築・開発し、熊本県工業技術センター(以下、「当センター」と佐賀大学間を通信・放送機構(TAO、現独立行政法人情報通信研究機構(NICT))が運用する研究開発用ギガビットネットワーク(Japan Gigabit Network¹⁾、以下「JGN」)で接続して実証実験を行った。

既報では、「遠隔打合せ・指示システム」を構築し、実証実験で評価した結果、高速大容量ネットワークを利用することで十分実用に耐えることが

分かった²⁾。しかし、前回構築したシステムは、IPv4 プロトコルのみに対応しており、近い将来普及が予想される次世代インターネットプロトコルである IPv6 へ対応していなかった。また、実際の運用で必要となるセキュリティについても、考慮していなかった。

そこで筆者らは、「遠隔打合せ・指示システム」の IPv6 プロトコルへ対応可能な機能を IPv6 化するとともに、IPsec(IP security Protocol)によりセキュリティを強化した。また、加工状況を監視する「遠隔加工監視システム」も構築し、実証実験を行った。

本報では、まず構築したシステムの全体概要を述べ、構築システムの IPv6 プロトコルと IPsec による認証と暗号化およびシステムの実証実験での評価について報告する。

2. 構築システム全体概要

2.1 ネットワーク構成

当センターと佐賀大学間のネットワーク構成を図1に示す。

構築したネットワークでは、IPv4 と IPv6 両方のプロトコルが利用でき、IPv4 プロトコルによる佐賀大学との通信は、JGN 回線(ATM 44Mbps)を経由する。また、IPv6 プロトコルによる通信は、熊本地域 IPv6 実験ネットワーク³⁾から TAO が運用する実験用 IPv6 ネットワークである JGNv6 を経由して佐賀大学へ到達する。

本システムでは、大容量の映像・音声を多用しており、同一映像・音声データを同一ネットワークのパソコンで受信することが多い。そこで、通信トラフィック軽減のため、映像・音声データはマルチキャストで配送した。IPv6 マルチキャスト・ルーティングは、ルータマシンに pim6dd をインストールすることで行った。また、JGNv6 を経由したマルチキャスト通信は、途中経路のルータ全てが

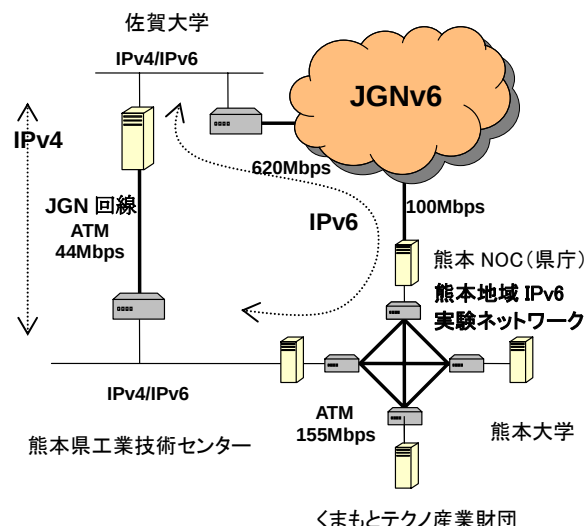


図1 ネットワーク構成図

マルチキャストに対応していないため、当センターと佐賀大学間のルータマシンを gif (Generic Tunnel Interface) によるトンネリングで接続することで配送した。

表1 主な機器とソフトウェア構成

TV会議用パソコン	
CPU	Intel PentiumIII 866MHz/133MHz
Memory	512MB SDRAM
Sound card	Creative Media Sound Blaster Live!
Video Caputure Card	I-ODATA GV-BCTV4/5
OS	FreeBSD4.7Release (IPv4/IPv6)
IPsec+IKE	対応 (IPv4/IPv6)
Windows System	XFree86-4.2.0
映像ソフトウェア	VIC2.8.1.1.3 (IPv4/IPv6/MC)
音声ソフトウェア	RAT4.2.22 (IPv4/IPv6/MC)
IRCクライアント	Xchat-1.8.11 (IPv4/IPv6)
VNC viewer	VNC 3.3.3r2 (IPv4/IPv6)
カメラコントロール	開発(サーバ/クライアント) (IPv4/IPv6)
アナログデータ監視	開発 (IPv4)
CADシステム	
CPU	Intel Pentium4 2.2GHz
Memory	1.0GB
OS	Windows XP SP1 (IPv4/IPv6)
IPsec	未対応
CADソフトウェア	Unigraphics Solid Edge 8.0
VNC Server	TightVNC server 1.2.2 (IPv4/IPv6)
PCルータ	
CPU	Intel Pentium III 1.0GHz/133MHz
Memory	512MB
OS	FreeBSD4.7Release (IPv4/IPv6)
IPsec+IKE	対応 (IPv4/IPv6)
Multicast Routing	mrouted (IPv4)/pim6dd (IPv6)
Web Server	Apache2.0.44(SSL/TLS対応) (IPv4/IPv6)
FTP Server	ftpd (IPv4/IPv6)
IRC Server	IRC 2.10.3 (IPv6)

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-PCI2/3
OS	FreeBSD4.7Release (IPv4/IPv6)
IPsec+IKE	対応 (IPv4/IPv6)
DVTS Patch	dvtS-0.9b08 (IPv4/IPv6/MC)
カメラコントロール	開発(サーバ) (IPv4/IPv6)
アナログ動画像転送用パソコン	
CPU	Intel PentiumIII 1GHz
Memory	512MB SDRAM
Video Caputure Card	I-ODATA GV-BCTV4/5
OS	FreeBSD4.7Release (IPv4/IPv6)
IPsec+IKE	対応 (IPv4/IPv6)
Windows System	XFree86-4.2.0
映像ソフトウェア	VIC2.8.1.1.3 (IPv4/IPv6/MC)
音響振動計測	
メーカー、型式	B&K社、3560C (IPv4)
音響振動解析装置	
メーカー、型式	IBM ThinkPad T30 Type2366
Memory	256MB
OS	Windows2000
解析ソフトウェア	B&K、PULSE LabShop Ver.6.1
アナログデータ送信パソコン	
CPU	Intel Pentium III 866MHz/133MHz
Memory	512MB
アナログ入出力ボード	インターフェース社 PCI-3133
OS	VINE Linux2.6(Linux2.4.20 Kernel)
計測ソフトウェア	開発 (IPv4)

*IPv4: IPv4対応、IPv6: IPv6対応、MC: マルチキャスト対応

2.2 遠隔打合せ・指示システム

本システムは、遠隔地間での打合せ、段取り作業およびテスト加工の指示と確認などに利用する。本システムの構成図と実験の様子を図2に、主な機器とソフトウェア構成を表1に示す。表1では、IPv6 プロトコル、マルチキャスト、IPsec への対応状況も併せて示す。

打合せには、3次元CADとTV会議システムを主に使用し、共有した3次元CAD画面を双方で操作しながら、音声・映像・文字などによる会議を行う。なお、3次元CADの画面共有ソフトウェアにはVNC (Virtual Network Computing)⁴⁾、映像ソフトウェアにはVIC (Video Conferencing Tool)⁵⁾、音声ソフトウェアにはRAT (Robust Audio Tool)⁵⁾を使用した。

段取り作業およびテスト加工の指示と確認は、TV会議システムとDNCを主に使用した。また、工具、ワーク、治具あるいは作業の詳細な確認には、Digital Videoの映像音声ネットワークで送信可能なDVTS (Digital Video Transport System)⁶⁾を使用した。

2.3 遠隔加工監視システム

本システムは、遠隔地から加工状況を把握することで、不具合時対応の指示を行うとともにデータを蓄積・解析することで原因究明を可能とすることを目的としている。本システムの構成図と実験の様子を表1に示す。

本システムは、3次元CAD、指示と確認を行うTV会議システム、加工などの詳細な映像音声を送

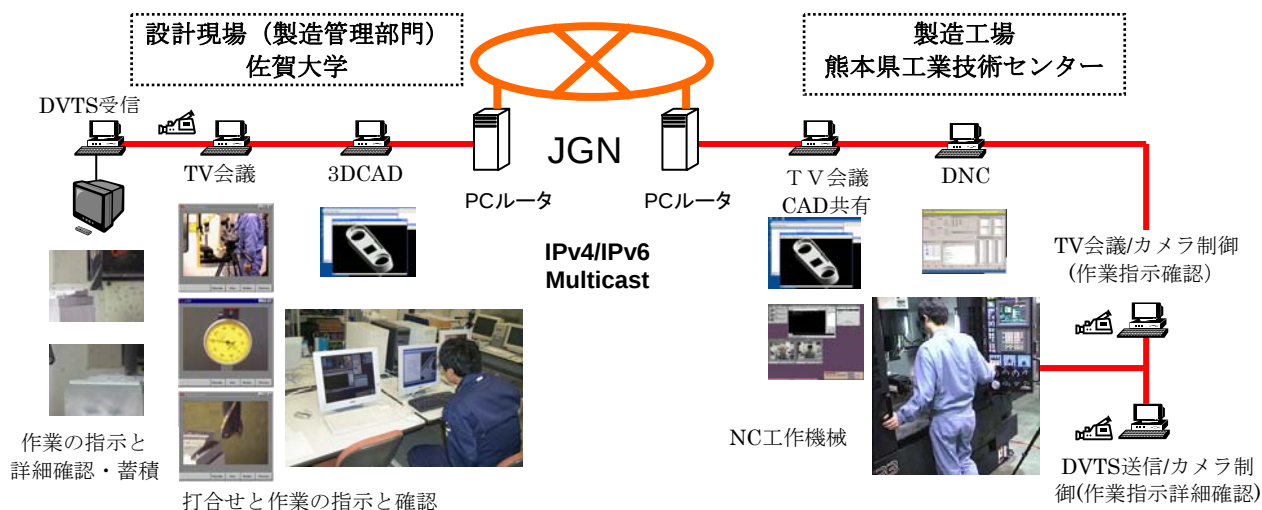


図2 遠隔打合せ・指示システム構成図と実験の様子

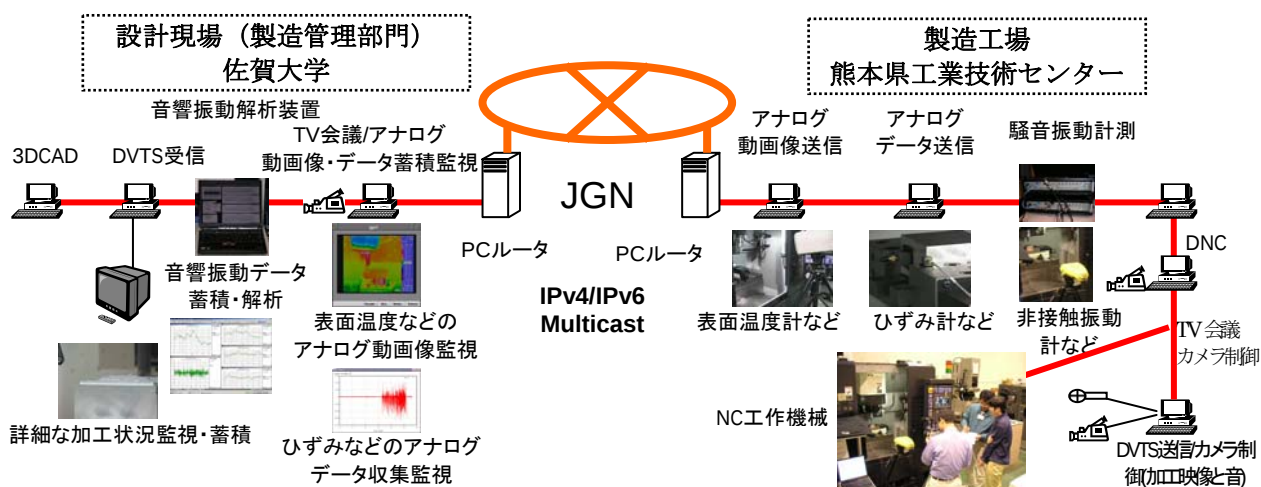


図3 遠隔加工監視システム構成図と実験の様子

受信する DVTS 送受信システム、音響振動データなどを監視・解析する音響振動解析装置、表面温度計などのアナログ映像を監視するアナログ映像監視システム、ひずみや回転振動などのアナログデータを収集監視するアナログデータ計測監視システムから構成される。

3. IPsec によるセキュリティ強化

IPsec は、IPv6 プロトコルに標準で組み込まれたセキュリティ機構 (IPv4 ではオプション) でホストの認証、データの完全性、データの機密性 (暗号化) などの機能を提供する⁷⁾。IPsec の動作概要は、次のとおりである。

- 1) IP パケットの送受信時に Security Policy Database (SPD: IP パケットの IPsec による通信、通常の通信、破棄など処理方法を管理) を検索し、処理方法を決定。
- 2) IPsec 通信の場合は、Security Association Database (SAD: 通信時の暗号と認証アルゴリズムや共有秘密鍵、パラメータなどのデータを管理) から SA を検索。
- 3) SA が無かった場合は、IKE (Internet Key Exchange: 共有秘密鍵と SA の折衝と管理を自動で行うプログラム) を使用して SA を作成、SAD へ登録。
- 4) 当該 SA を使用し、IPsec 通信の開始。

本章では、構築したシステムにおけるホスト間通信とマルチキャスト通信の IPsec 設定について述べる。

3.1 ホスト間通信

ホスト間通信では、IPsec の SAD の管理に IKE を使用した。通常 IKE では、暗号などのための共有秘密鍵や SA の折衝を行う時にホスト認証を行う。本システムでは、ホスト認証の方法として PKI (Public Key Infrastructure: 公開鍵暗号基盤) を利用することとし、当センターで開発した認証局 (CA)⁸⁾ から発行された秘密鍵と X.509 公開鍵証明書を組み込んだ。このことで、より強固なホストの認証が可能となった。なお、使用した OS と IKE プログラムは、FreeBSD 4.7Release と racoon⁹⁾ である。

ホスト間通信での IPsec 設定例として、筆者らが開発したカメラ制御プログラムについて述べる。

遠隔地から段取り作業や加工状況の確認を行う場合、現場に設置されたカメラを制御 (上下左右の向きやズームなど) し、確認しやすい位置の映像を写す必要がある。また、カメラ制御は、監視者の

```
# カメラ制御 Server
spdadd ::0[any] ::0[13500] udp
-P in ipsec
  esp/transport//require;
spdadd ::0[13500] ::0[any] udp
-P out ipsec
  esp/transport//require;

# カメラ制御 Client
spdadd ::0[any] ::0[13500] udp
-P out ipsec
  esp/transport//require;
spdadd ::0[13500] ::0[any] udp
-P in ipsec
  esp/transport//require;
```

図 4 IPsec SPD のエントリ設定例

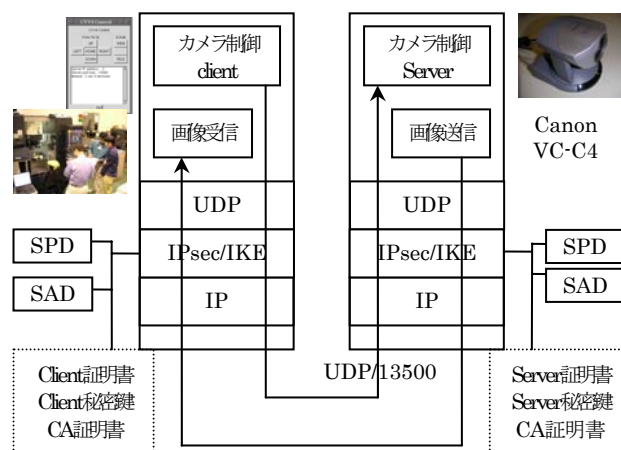


図 5 カメラ制御プログラムの IPsec 通信概要図

みのパソコンに限定しなければいけない。

現場のパソコンのカメラ制御 Server は、UDP ポート番号 13500 でカメラ制御コマンドを待つ。この場合の setkey コマンドによる IPsec SPD のエントリ設定例を図 4 に示す。また、カメラ制御プログラムでの IPsec 通信概要を図 5 に示す。IPsec の動作概要は、以下のとおりである。

- 1) カメラ制御 client からカメラ制御 Server へ UDP ポート番号 13500 を使用してデータが送信される時は SPD に従い、IPsec 通信による処理を選択。
- 2) SAD に SA が登録されてなかった場合は、IKE を開始。この際、IPsec 通信相手が、信頼する認証局から発行された X.509 公開鍵証明書とそれに対応する秘密鍵を持っているかを確認 (認証)。
- 3) 認証に成功した場合は IKE を続行し、SA を作成後、SAD へ登録。当該 SA を使用し、IPsec 通信を開始。それ以外は、通信不可。

3.2 マルチキャスト通信

マルチキャスト通信は、通信相手が複数であるため、1対1通信を想定しているIKEではSAの折衝に対応できない。そこで、本システムでは、SADへの静的設定登録で対応した。

表2には使用したマルチキャストアドレスとポート番号を、図6にはsetkeyコマンドによるSPDおよびSADのエントリ設定例を示す。SADのエントリには、暗号および認証のアルゴリズムや共有秘密鍵などが設定される。

表2 マルチキャストアドレスとポート番号

ソフトウェア	マルチキャストアドレス	ポート番号
VIC	ff1e::2:1	13000
RAT	ff1e::2:1	14000
DVTS	ff1e::2:1	8000

```
# SAD エントリの登録
# Multicast 出力
add 2001:240:7:201:202:b3ff:fe9a:ba1f
    ff1e::2:1 esp 0x110
    -E blowfish-cbc "共有秘密鍵"
    -A hmac-md5 "共有秘密鍵";
# Multicast 入力
add ff1e::2:1
    2001:240:7:201:202:b3ff:fe9a:ba1f
    esp 0x120
    -E blowfish-cbc "共有秘密鍵"
    -A hmac-md5 "共有秘密鍵";

# SPD エントリの登録
# Multicast 出力
spdadd ::0 ff1e::2:1/128 any
    -P out ipsec
    esp/transport//require;
# Multicast 入力
spdadd ff1e::2:1/128 ::0 any
    -P in ipsec
    esp/transport//require;
```

図6 SPDとSADのエントリ設定例

4. 実験結果と評価

4.1 IPsec 暗号および認証アルゴリズムの選定

本システムで使用する暗号および認証アルゴリズムを選定するための測定は、表3に示す仕様のパソコンを使用し、当センターのLANで行った。

表3 測定に使用したパソコンの仕様

CPU	Intel PentiumIII 1GHz
Memory	512Byte
OS	FreeBSD4.7Release

表4 暗号アルゴリズムの遅延時間と転送速度

暗号 アルゴリズム	鍵長 (bit)	RTT (msec)	暗号・復号 の片方向 遅延時間 (msec)	転送速度 (Mbps)
なし	-	0.331	-	92.69
des-cbc	64	0.599	0.134	65.19
3des-cbc	192	0.772	0.221	38.82
blowfish-cbc	64	0.577	0.123	74.09
	128	0.574	0.122	74.21
	192	0.580	0.125	74.16
	256	0.579	0.124	74.11
cast128	64	0.539	0.104	84.54
	128	0.560	0.115	78.63
rijndael-cbc	128	0.584	0.127	66.27
	192	0.602	0.136	62.51
	256	0.620	0.145	59.14

表5 認証アルゴリズム遅延時間と転送速度

認証 アルゴリズム	鍵長 (bit)	RTT (msec)	認証・暗号 の片方向 遅延時間 (msec)	転送速度 (Mbps)
認証・暗号アル ゴリズムなし	-	0.331	-	92.69
HMAC-md5	128	0.645	0.157	62.31
HMAC-sha1	160	0.740	0.205	47.36
keyed-md5	128	0.632	0.151	63.11
keyed-sha1	160	0.717	0.193	48.52

表4には、暗号アルゴリズム毎の遅延時間と転送速度測定値を示す。RTT(Round Trip Time)は、ping6コマンド(512byteデータ長)で100回測定し、平均値を算出した。暗号・復号の片方向遅延時間は、各暗号アルゴリズムのRTT値から暗号なしのRTT値を減じ、1/2したものである。また、転送速度は、ネットワーク性能を測定するベンチマークプログラムnetperf¹⁰⁾を使用し、IPv6/TCPプロトコルにおけるパソコンの転送速度を測定した。

暗号アルゴリズムによる暗号・復号の片方向遅延時間が、最も大きいのは3des-cbcの0.221msecであるが、この程度であれば計測や映像音声などのデータ送受信の遅延にほとんど影響を与えない程度であるといえる。また、転送速度は、遅延時間が大きいほど遅く、遅延時間が小さいほど速くなっている。これは、暗号処理速度が転送速度に

影響しているためである。

暗号鍵長は、128bit 以上がある程度安全だと言われており、遅延時間と転送速度の測定結果から、暗号アルゴリズムは、blowfish-cbc あるいは cast128 が適当だと考えられる。

表 5 には、暗号アルゴリズム blowfish-cbc 128bit を使用した時のデータの完全性を提供する認証アルゴリズム毎の遅延時間と転送速度測定値を示す。なお、認証は、ESP(Encapsulation Security Payload)プロトコルを使用した。

遅延時間と転送速度の測定結果から、認証アルゴリズムは、HMAC-md5 あるいは keyed-md5 が適当であると考えられる。

筆者らのシステムでは、IPsec の暗号アルゴリズムには blowfish-cbc 128bit を、認証アルゴリズムには HMAC-md5 を使用した。その時のパソコン転送速度が、92Mbps 程度から 62Mbps 程度へ低下した。従って、パソコンの転送速度低下を考慮した利用が必要であることが分かる。

4.2 IPv6 および IPsec プロトコルのトラフィック

表 6 には、DVTS の IPv4 プロトコル、IPv6 プロトコル、IPv6 と IPsec プロトコルのトラフィック測定値を示す。測定には、本システムの DVTS 送受信システムを使用した。

IPv6 プロトコルは、IPv4 プロトコルに比べヘッダが大きいため、また IPsec プロトコルは、ヘッダやトレーラなどが追加されるためトラフィックが高くなっている。しかし、IPv6 プロトコルは、IPv4 プロトコルと比較して平均値で 1.43%(0.407Mbps)程度、IPv6 と IPsec プロトコルは、IPv4 プロトコルと比較して 3.71%(1.037Mbps)程度の増加であり、近年のネットワークの高速大容量化を考えれば、トラフィック増加の影響は、ほとんどないと考えられる。

4.3 映像・音声の遅延時間

表 7 には、本システムで使用した VIC による映像、RAT による音声、DVTS による映像と音声の各々に対応する当センターと佐賀大学間での片方向の遅延時間測定結果と設定条件を示す。

測定結果から IPv6 あるいは IPsec による遅延時間の影響は、ほとんど無いといえる。

VIC と RAT による遠隔地間での TV 会議では、映像と音声の若干のずれは生じるものの、この程度の遅延時間と映像・音声のずれは、会話にほとんど影響が無かった。

4.4 機械加工への適用

表 8 に機械加工によるものづくり工程への本シ

表 6 DVTS トラフィック測定値

(単位:Mbps)			
	IPv4	IPv6	IPv6+IPsec
平均値	28.4678	28.8464	29.4890
最大値	28.5443	28.9514	29.6027
最小値	27.0771	26.5882	25.9994

表 7 映像・音声の遅延時間

ソフトウェア	遅延時間(sec程度)			設定条件
	IPv4	IPv6	IPv6+IPsec	
VIC	0.1	0.1	0.1	h.261フォーマット 最大フレームレート30f/s 最大転送速度3Mbps
RAT	0.5	0.5	0.5	PCM64Kbpsモノラル
DVTS	0.3	0.3	0.3	全フレーム転送

表 8 ものづくり工程への本システム
適用結果

工程	使用システム	目的	結果
構想工程	TV会議、3DCAD(CAD共有)	製品仕様の決定	◎
		必要機能の選択	◎
設計工程	TV会議、3DCAD(CAD共有)、ファイル転送(ftp,Web)	材料加工特性の決定	◎
		モデルの確認	○
		加工方法、工具の決定	◎
加工工程	TV会議、3DCAD(CAD共有)、DNC、DVTS送受信、アナログ動画監視、アナログデータ収集監視、音響振動解析装置	段取り作業	◎
		テスト加工	○
		本加工	○
検査工程	加工工程と同じシステムを使用	機上検査の確認	◎
		測定器の確認	◎

ステムの適用結果を示す。なお、図中の◎は、目的を充分満たすとともに使い勝手が非常に良かった状態を示し、○は、目的を満たし充分使用に耐える状態を示している。

著者らが分類した各ものづくり工程において、各工程の目的に応じた遠隔地間でのスムーズな意志決定が可能な情報の共有および意志疎通が短時間でできることが確認された。このことにより、製造に要する時間の相当量を占める検討や指示のための時間を短縮することができた。

4.4.1 構想工程

製品の構想工程では、2.2 で述べた遠隔打合せ・指示システムの3次元CADとTV会議システムを使用した。本システムは、同一の3次元CAD画面を双方で操作しながら、映像・音声・文字などでの会議を行うことができる。

本システムを用いることで、遠隔地間での論点の明確化やアイデアの具体的確認をスムーズに行うことができ、対面状態での構想と遜色ないかそれ以上の効率で構想を練り上げることが可能になった。

4.4.2 設計工程

製品のデジタルモデル化には、2.2 で述べた遠隔打合せ・指示システムの3次元CAD、TV会議システム、ファイル転送(ftp, Web)を用いた。

3次元CADの画面共有化やTV会議システムの映像による紙図面の確認は、特に当事者間での問題点共有に有効であった。また、CAD データなどの大容量ファイルを短時間で転送できることは、ファイル更新に時間を費やさなくて済むことから設計工程への参加者の待ち時間が減少し、作業者がストレスを感じることはなくなった。

4.4.3 加工工程

加工工程の段取り作業とテスト加工の指示と確認では、2.2 で述べた遠隔打合せ・指示システムのTV会議システムとDNC、DVTS送受信システムを用いた。

本システムを用いることで、作業の様子や設定などが、遠隔地から確認できるため、円滑な作業指示が可能となった。また、DVTSによるテスト加工状況、ワーク表面、工具刃先の確認は、非常に鮮明かつスムーズな映像であったため、良否の判定が十分行え、加工条件決定が遠隔地から行えることが分かった。

加工工程の本加工では、2.3 で述べた遠隔加工監視システムを用いた。

本システムは、遠隔地当事者間で感覚を含めた情報共有ができるだけでなく、装置や加工雰囲気や遠隔地から把握できることで、既存のSCADA(Supervisory Control and Data Acquisition)システムに比べて遠隔地から状況把握に要する時間が短縮されることが分かった。

4.4.4 検査工程

検査工程には、4.4.3 で述べた加工工程の本加工と同様なシステムを用いた。ここで述べる検査とは、オンマシンでの検査を意味し、CNC 計測装置を用いて寸法検査を行うことをいう。

検査のための段取り確認、検査プログラムの作成及び確認が非常に短時間で行え、さらに設計者の意図を遠隔地においても直接反映した検査が可能になった。このことは、検査結果の信頼性と加工品質の向上を短時間で達成できることを意味している。

5. おわりに

筆者らは、「遠隔打合せ・指示システム」と「遠隔加工監視システム」を構築し、実証実験を行った。本システムは、IPv6 プロトコルへ対応するとともに IPsec によりセキュリティを強化した。

本システムを評価した結果、以下のことがわかった。

- 1) 実験により IPsec の暗号化プロトコルには blowfish-cbc 128bit、認証プロトコルには HMAC-md5 を選択し、パソコンの転送速度を測定した結果、92Mbps 程度から 62Mbps 程度へ低下した。従って、パソコンの転送速度の低下を考慮した利用が必要である。
- 2) DVTS での IPv4 プロトコル、IPv6 プロトコル、IPv6 と IPsec プロトコルのトラフィックを測定した結果、IPv6 プロトコルは、IPv4 プロトコルと比較して平均値で 1.43%程度、IPv6 と IPsec プロトコルは、IPv4 プロトコルと比較して 3.71%程度の増加であり、近年のネットワークの高速大容量化を考えれば、トラフィック増加の影響は、ほとんどないと考えられる。
- 3) 本システムで使用した VIC による映像、RAT による音声、DVTS による映像・音声の遅延時間を測定した結果、IPv6 あるいは IPsec プロトコルによる影響はほとんど無かった。VIC と RAT による遠隔地間での TV 会議では、映像と音声の若干のずれは生じるものの、この程度の遅延時間と映像・音声のずれは、会話にほとんど影響が無かった。
- 4) 本システムを機械加工によるものづくり工程へ適用することで、遠隔地の総合力を結集し開発や試作を伴うものづくり期間を短縮できることが分かった。また、感覚情報をデジタル化できたことから、ものづくりのいわゆる勘や経験、さらに技能やノウハウを定量化し、伝承できる可能性があることが分かった。

なお、共同研究企業であるネクサス^(株)では、本研究成果を用いた有機系構造材料の射出成形工場における成形品品質安定のために、SCADA の専用パッケージの製品化に向けた開発が推進されている。また、ナカヤマ精密^(株)では、放電加工時の異常放電の予測に関するデータ収集に応用されつつある。

本研究は、JGN(Japan Gigabit Network)を用い

た通信・放送機構(現、独立行政法人情報通信研究機構)との共同研究(プロジェクト番号: JGN-G12026)である。

文 献

- 1) 独立行政法人情報通信研究機構, JAPAN GIGABIT NETWORK, <http://www.jgn.nict.go.jp/>
- 2) 河北・岡脇他, 高速ネットワークを用いた遠隔打ち大久保・河北他, 熊本地域における IPv6 実験ネットワークの構築, 第 17 回熊本県産学官技術交流会講演論文集, p112, 2003. 1
- 3) 大久保・河北他, 熊本地域における IPv6 実験ネットワークの構築, 第 17 回熊本県産学官技術交流会講演論文集, p112, 2003. 1
- 4) RealVNC Ltd, RealVNC, <http://www.RealVNC.com/>
- 5) UCL Network and Multimedia Research Group, <http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/>
- 6) WIDE Project, DV Stream on IEEE1394 Encapsulated into IP, <http://www.sfc.wide.ad.jp/DVTS/index.html>
- 7) 馬場達也, マスタリング IPsec, 東京, オライリー・ジャパン, p330, 2002
- 8) 河北・岡脇他, 組織における認証局の構築と運用, 熊本県工業技術センター研究報告第 40 号(平成 13 年度), p43-48, 2002. 10
- 9) Racoon, a key management daemon, <http://.kame.net/racoon/>
- 10) Welcome to the Public Netperf Homepage, <http://www.netperf.org/>