

1 インターネットを利用した産業機械の遠隔診断に必要な 通信技術の開発(第2報)

村河亮利, 岡野 仁, 大賀 誠

Development of a remote monitoring system for industrial machines (2nd Report)

MURAKAWA Akitoshi, OKANO Hitoshi and OHGA Makoto

At the occurrence of industrial machine failure, users desire the machine maintenance quickly to the maker. At the same time, makers desire the cost cutback by maintenance service for remote diagnosis to select necessary repair parts in advance before going to the trouble machine.

Telephone line is usually used for remote maintenance; however, the line is low-speed and high-cost. On the other hand, the Internet is high-speed and low-cost; however, the Internet is not secure communication channel than the telephone line. In this study, we propose a secure protocol for remote maintenance on the Internet.

To implement the protocol, we install open software (SER) to the intermediation server to switch end-to-end terminals on NAT transparency mode over UDP. We implement the expansion RTP on bases of PJSIP an open source terminal program. Serial data over RS-232C are transferred to end-to-end terminals over the proposed protocol.

キーワード : 遠隔診断, インターネット, プロトコル, セキュリティ, 組み込み

1 緒 言

工場の生産現場における産業機械の不具合発生時に、一般的に産業機械ユーザは機器販売メーカーによる迅速な保守対応を望んでいる。そこで産業機械メーカーは保守サービスにかかる経費削減のため、あらかじめ遠隔から機器を診断することで、保守要請時の機械状態の把握を望んでいる。これは、必要な交換部品を選定して現場に赴くことが出来、修理時間の短縮が見込めるからである。遠隔診断の通信回線に現状では電話線が一般的に用いられているが、通信速度が低速かつ費用がかさむといった問題がある。一方、高速で安価なインターネット回線が普及しているものの、機器1台ごとにグローバルIPアドレス(以下グローバルIP)が必要、セキュリティ面で不安があると言った問題があり、遠隔監視用途としてインターネットは広く利用されていない。

本研究では、ルータやファイアウォールの設定変更を最小限あるいは全く変更することなく、安全に端末間の通信をインターネット経由で行なう通信方式を提案し、実装する。

2 技術概要

インターネットのグローバルIP不足が言われ、この問題を回避するために1994年、インターネットの標準化を行なう組織(IETF)からNAT技術が提案された。これはグローバルIPをローカルIPアドレスに変換することにより、1つのグローバルIP数のコンピュータをインターネットに接続できるようにする技術である。

IPの上位層には、通信の信頼性を重視したコネクション型のTCP方式と、通信速度を重視したコネクションレス型のUDP方式がある。インターネット側からLAN側にNATを超えた着信は、動的なグローバルIPに対応するにはTCP方式の場合、UPnP方式を備えたNATを用意する必要がある。一方UDP方式の場合、NATの設定変更を最小限あるいは全く変更することなく通信可能な方法(UDP hole punching)がある。そこで、UPnPに対応していないNATでもNAT透過通信が可能となるよう、今回UDPによる通信方式を選択した。

そこで端末間接続を行なうプロトコルSIPとUDP方式を用いて、NATが存在しかつ異なるLANの内側

に位置する端末間通信を実現する。これまで通信端末間に SIP を用いた仲介サーバ用オープンソフトウェア (SER) を実装し、通信路に存在する NAT を透過した通信が可能なことを確認した¹⁾。本報では、オープンソフトウェア (PJSIP) を基本に、RTP (後述) による汎用データ伝送方式を実装し、UDP を用いた通信方式を提案する。また提案手法を用いて RS-232C シリアル信号の送受信が可能であることを確認した。

3 システム構成

本システムのハードウェアは、**図 1** に示すとおりメーカー側に設置する保守管理端末、利用者側に設置する遠隔監視ユニット、およびこれらの端末を接続するための仲介サーバから構成される。Aは通信制御を行なうソフトウェア、Bは遠隔監視ユニット内のみに関係するソフトウェアを示す。

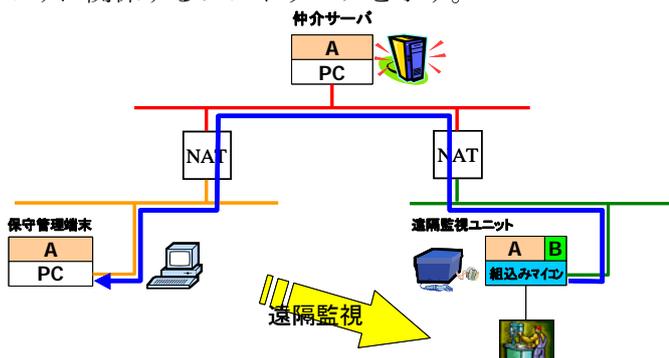


図 1 端末接続のシステム概念図

NAT 透過通信の動作確認を行なうために、**表 1**、**写真 1** に示す仕様の NAT を使用した。NAT の設定を UDP は通過可能として動作検証を行なった。

表 1 NAT の仕様

製品名	NAT対応	ポート速度	最大セッション数	メーカー名
XPRS2	○	100Mbps	3,072	SonicWall社
PRO			6,144	



写真 1 使用した NAT

3. 1 提案方式

SIP によるセッション制御と、IP 電話の音声データ転送に用いられる RTP の組み合わせによる汎用データ転送方式を提案する。具体的な転送方式は、送信側は一方向的に送信データを複数回送信した後に自動切断し、再送処理等を行なわない方式である。これは本方式では UDP を使用しており、データの伝送制御は上位層で行なうことを想定したためである。

汎用データ伝送に、音声や映像のリアルタイム通信のために開発され、UDP を用いたデータ転送として広く用いられている RTP を利用した。汎用データを伝送するために、本方式では RFC4040 (RTP Payload Format for a 64 kbit/s Transparent Call) で提案されている擬似コーデック audio / clearmode を基本とし、転送速度の限定を取り除いたプロトコルを使用した。この擬似コーデックのデータ部に、最低限のシーケンスデータとエラーチェックデータを備える汎用ペイロードを組み合わせた。汎用ペイロードは**図 2**に示すように、ユーザデータの他に付加情報として、識別文字列、分割フラグ、シリアル値、シーケンス値、データ長、チェックサムから構成されている。識別文字列は、データの種類を識別するために与えられる特定のビット列である。アプリケーションがデータ送信を要求する毎に、

括弧内はバイト数

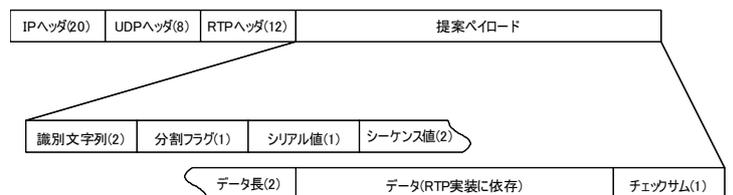


図 2 汎用データ転送のための RTP ペイロード

そのデータ特有のシーケンス値が与えられる。また 1 つの RTP パケットにユーザデータが収まらない場合は分割フラグが設定され、シーケンス値に分割情報が付加される。データ長およびチェックサムは、通信エラーを検出するために付加した。

提案方式では、外部からのトリガデータにより遠隔監視端末から保守管理端末へ自動発呼を行なった。具体的な自動発呼シーケンスを**図 3**に示す。RS-232C シリアルポートから入力されたデータは、任意のアプリケーションモジュールを通して送信側に届く。その後送信側端末と仲介サーバ間で認証が行なわれ、

RTP によるデータ通信が開始される。送信側から複数回同じデータを受信側に送信後、接続の切断が行なわれる。

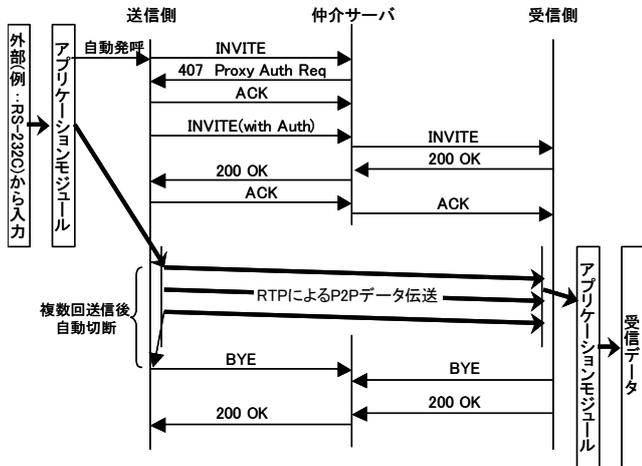


図3 提案方式による通信シーケンス

3.2 端末ソフトウェア

前報¹⁾では、通信ソフトウェアとして仲介サーバ用にオープンソフトウェア (SER²⁾) を選択し、端末に SJPhone³⁾ を利用して NAT 透過性の確認を行った。本報告では、組み込み端末用オープンソフトウェアを選択するに当たり、SIP, CODEC, 暗号化および IPv6 の項目についてホームページ⁴⁾からの情報を元に比較した。表2からわかるように、全ての項目で対応している PJSIP⁵⁾ を選択した。実装方法として、PJSIP が用意している音声通話に関するリファレンスソフトウェアを拡張し実現した。

表2 端末用 SIP 用オープンソフトウェア

	PJSIP ⁵⁾	ReSIP ⁶⁾	Sofia-SIP ⁷⁾	oSIP ⁸⁾
SIP	○	○	○	○
CODEC	○	○	×	×
暗号化	○	×	×	×
IPv6	○	×	×	×

4 通信試験

拡張した PJSIP の動作確認を行なうため、提案手法を用いてターミナルソフトウェアから RS-232C に入力されたデータを PJSIP に伝送し、ネットワーク経由で保守管理端末の RS-232C のデータ出力まで伝送を行なった。ハードウェア接続は図4に示す様に、遠隔監視ユニットの代わりに汎用コンピュータを使

用し通信の試験を行なった。外部機器とは RS-232C で接続されており、データ入力にはターミナルソフトウェアを用いた。動作検証のために、データ入力と PJSIP とを結ぶソフトウェアを作成した。保守管理端末上の PJSIP で受信したデータは RS-232C 上に出力され、ターミナルソフトウェアでこの出力を確認した。通信確認方法は、16進数で 00 から FF までのデータを送信し、全てのデータが受信できることを確認した。

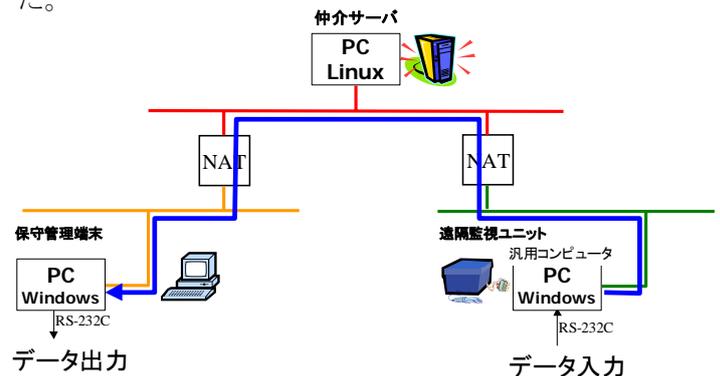


図4 通信試験環境

通信試験に使用した遠隔監視端末、保守管理端末の端末のハードウェア仕様を表3に示す。

表3 ハードウェア仕様

	仲介サーバ	遠隔監視ユニット	保守管理端末
CPU	Pentium4 3.2GHz	Pentium4 1.6GHz	Pentium Xeon 2.8GHz
メモリ	1.5Gbyte	1Gbyte	2Gbyte
OS	Vine Linux	Windows 2000	Windows 2000
Ethernet	100Mbps	100Mbps	100Mbps

5 遠隔監視ユニット

多くの産業機械との接続に必要な端子として、シリアル通信用の RS-232C ポートと、カメラやマイクなどの必要に応じて拡張出来るよう USB ポートを装備した。USB 機器の実装例として、ここではオープンソフトウェア UVCVIDEO を選択し、このドライバに対応している表4のカメラを使用した。

表4 カメラ仕様

メーカー名	ロジクール社
製品名	Qcam Pro for Notebooks
画像センサ	200万画素
ビデオキャプチャ	1600×1200
フレームレート	最大30 フレーム/秒

前報¹⁾では、ターゲット CPU として ARM を使用していたが、他に組み込み端末で多く使用されている CPU に SH シリーズがある。開発中のプログラムはプラットフォームに極力依存しないように開発している。この検証のため開発中のプログラムが SH シリーズ上でも動作するか確認するために、表 5 に示す SH4 が搭載されたボード上で PJSIP の動作検証を行った。

表 5 SHボード仕様

メーカー名	シリコンリナックス社
製品名	CAT760
CPU	SH7760 (SH4) 200MHz バスクロック66MHz
メモリ	SDRAM 64Mbyte(主メモリ)
	FLASH 16Mbyte(ブート及びdisk領域)
	SRAM 512KByte(バッテリーバックアップdisk領域)
Ethernet	100BaseTX x1 (AX88796)
シリアルポート	RS232Cレベル x2, ロジックレベルx1
	計3チャンネル(うち、1chはコンソールとして使用)
USBポート	USB1.1ホスト

検証した結果、SH4 上でカメラ画像を USB 経由でデータ取得する際に、SH4 のハードウェア部にある USB ドライバ用の専用メモリ (8 Kbyte) の制限があり、そのままドライバとして使用すると画像サイズの制限があることが判明した。そのため画像取得できるサイズを変更するために、デバイスドライバの一部を変更した。なお、ARM は USB ドライバ専用のメモリがなく、メインメモリを他のアプリケーションと共用で使用しているためこの制限はない。

6 結 言

UDP を用いた端末間通信方式を提案しその動作確認を行なった。

1. 端末間で汎用データの送受信を行なうために、端末用オープンソフトウェアである PJSIP を基に RTP を拡張した伝送方式を実装した。
2. 本方式を用いて遠隔監視ユニットと保守管理端末間で RS-232C シリアル信号を送受信が可能であることを確認した。
3. SH の CPU 組み込み用のドライバを導入し、USB カメラ取得には画像サイズに制限があることがわかった。

今後、実装時に CPU の選択やソフトウェアで対応

可能か検討する必要がある。

次年度は暗号化モジュールを実装し、データの遅延特性等を測定する予定である。

文 献

- 1) 村河他：広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告 50, pp.1-4
- 2) <http://www.openser.org>
- 3) <http://www.sjllabs.com>
- 4) http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_SIP_software
- 5) <http://www.pjdip.org>
- 6) <http://www.resiprocate.org>
- 7) <http://sofia-sip.sourceforge.net>
- 8) <http://www.gnu.org>