



技術仕様の概要とシステムへの応用例

これだけは 押さえておきたい TCP/IPの基礎知識

浅井 敬/佐藤 剛/石本 真一/石黒 裕紀/坂本 直史

本章では、最低限押さえておきたいTCP/IPについての基本事項について解説する。
また、TCP/IPが多くのネットワーク機器に採用されている理由や、TCP/IPは具体的にどのような場面で応用できるのかについても述べていく。
(編集部)



はじめに

TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol, 図1)とは、インターネットで標準的に用いられている通信プロトコルです。TCP/IPは、TCPとIP以外にもUDPやICMPなど、複数のプロトコルから成り立っていますが、慣用的にはこれらをすべてまとめてTCP/IPと呼んでいます。

従来、TCP/IPは研究室内のコンピュータ・ネットワークなど、特定の用途で用いられてきました。最近では、携帯電話やインターネットが一般家庭にも浸透し、TCP/IPがより身近になっています。これにともない、TCP/IPを用いた組み込み製品も多く登場してきています。TCP/IPを用いると、TCP/IPを

実装したさまざまな機器と連携したシステムを構築したり、端末機をネットワーク経由で遠隔操作したり、参照することができるようになるため、応用分野はますます広がってきています。

本特集では、このTCP/IPの技術的な解説や応用システム例などについて解説します。

とくに応用システム例およびTCP/IPの実装例の部分では、今後TCP/IPを使ったシステムを構築する際の参考となるように、32ビット・マイコン、16ビット・マイコンといったターゲット・マイコンや、想定する応用システムによる違いで、その実装がどのように異なるかについて述べます。

さらにマイコンに物理層を外付けするためのMIIインターフェースについても詳しく説明します。

Column 1 TCP/IPの生い立ち

今やインターネットの標準プロトコルとなったTCP/IPですが、もともとはアメリカ政府の主導で開発された技術です。

1970年代、Advanced Research Projects Agency(ARPA)の主導で開発されたインターネットの前身となる大規模ネットワーク「ARPANET」上で、さまざまな大型計算機どうしの通信のためのプロトコルが検討され、実験されていました。

ARPANETはおもに大学などの研究機関を結ぶネットワークで、もともとは2点間を専用線で接続して通信を行うものでした。ここで用いられるようになったのが「パケット通信」と呼ばれる手法です。現在では当たり前の技術ですが、当時は斬新な技術でした。このパケット通信のために検討されたプロトコルが本章で解説するTCP/IPです。

TCP/IPのプロトコルの策定には多くの人が携わってきました。最初是非公式な委員会として誕生し、アメリカ国内から多くの研究者が参加しました。ここでTCP/IPの基本的な技術が検討されました。このときに、当初の計算機どうしの1対1の通信を拡張して、複数のネットワークの相互接続、複数のネットワークを越える通信のためのルーティング技術などが検討されました。

1980年代前半までには、現在のTCP/IPの原型となる技術が確立

されました。ARPAでは、まずARPANET上でTCP/IPを使用するように義務付けました。やがてARPANETはインターネットのバックボーンとなり、世界中のネットワークへと接続されていきました。TCP/IPの普及は、まさにここから始まったと言えるでしょう。

それまでTCP/IPの技術検討は、当初の非公式な委員会で行っていましたが、1983年、Internet Architecture Board(IAB)という公式な団体に引き継がれました。さらにその後、ARPAやアメリカ政府から独立したThe Internet Societyが設立され、現在は世界中の研究者がTCP/IPに関連する新技術について検討しています。



1 RFCとして公開されている TCP/IPの技術仕様

TCP/IPの機能は、インターネット上で利用される技術の標準化団体である IETF (Internet Engineering Task Force)^{注1}が規定しています。これらの技術仕様は公開文書である RFC (Request for Comments) としてまとめられ、インターネット上で公開されています(図2)。

RFCではTCP/IPに限らず、インターネットで用いられるさまざまな通信プロトコルの仕様が規定されており、だれでも文書をダウンロードして閲覧することができます。

RFCはすべて番号が割り振られており、TCP/IPに関連したRFCも数多くあります。たとえばTCPは、RFC793をはじめとした複数のRFCに仕様が規定されています。その中で全体の機能の概要がまとめられているのが、RFC1122です。

RFCで定められているTCP/IPのプロトコルのモデルを図1に示します。RFC1122では、データリンク層(Ethernetなど)、ネットワーク層(IP, ICMP)、トランスポート層(UDP, TCP)について規定しています。また、対になっているRFC1123では、アプリケーション層(TELNET, FTP, SMTPなど)を規定しています。

2 使われるのは理由がある — TCP/IPは使いやすい階層構造

図1に示したように、TCP/IPは階層(スタック)構造になっ

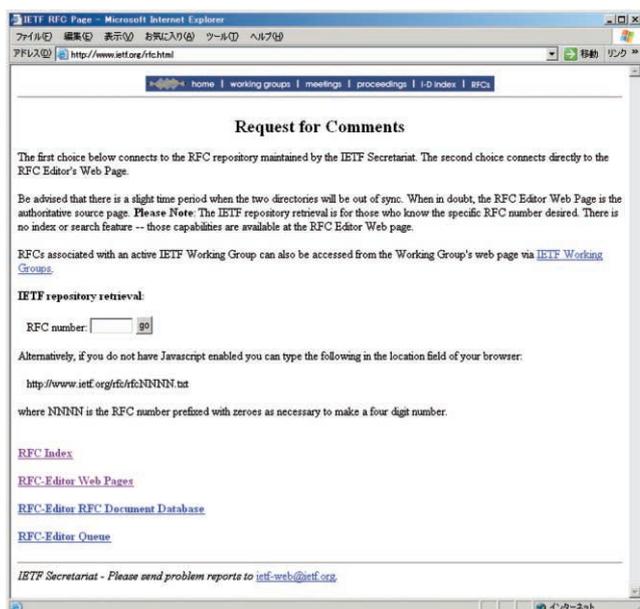


図2 IETFのWebサイトにて、すべてのRFCが公開されている (http://www.ietf.org/rfc.html)

ており、インターフェースが合い、同じ層どうしであれば、実装を入れ替えることができます。

図3にアプリケーション層から見たTCP/IPを示します。

クライアント(要求を出す側)からサーバ(要求を受ける側)にTCP/IPを使って何らかのサービスを要求する場合、ネットワーク層は実際にデータ信号が流れる伝送路を制御するための層になります。

ネットワーク層の下位になるデータリンク層と物理層は、システムの構成に応じてEthernetやPPP(Point to Point Protocol)、シリアル回線、無線LAN(Local Area Network)や光ファイバ回線などさまざまで、使用するプロトコルとデバイスに対応したドライバ・ソフトウェアの準備が必要となります。

このように通信に必要な機能を分けて階層化することにより、たとえばデータリンク層をEthernetからPPPに変更しても、上位のアプリケーションには何の変更も加える必要がないというメリットがあります。

アプリケーション層については、そのシステムでどのような

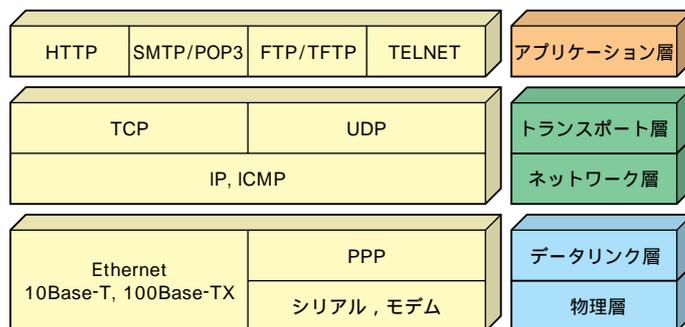


図1 TCP/IPのプロトコル・スタック・モデル

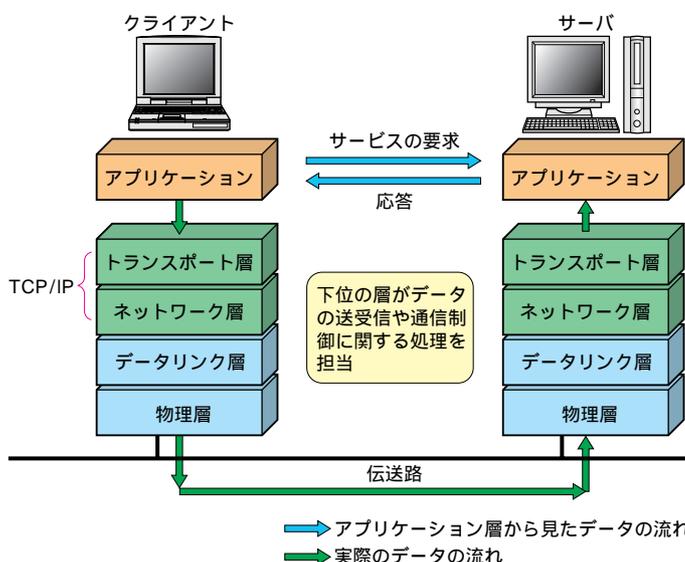


図3 アプリケーション層から見たTCP/IP

注1: http://www.ietf.org/

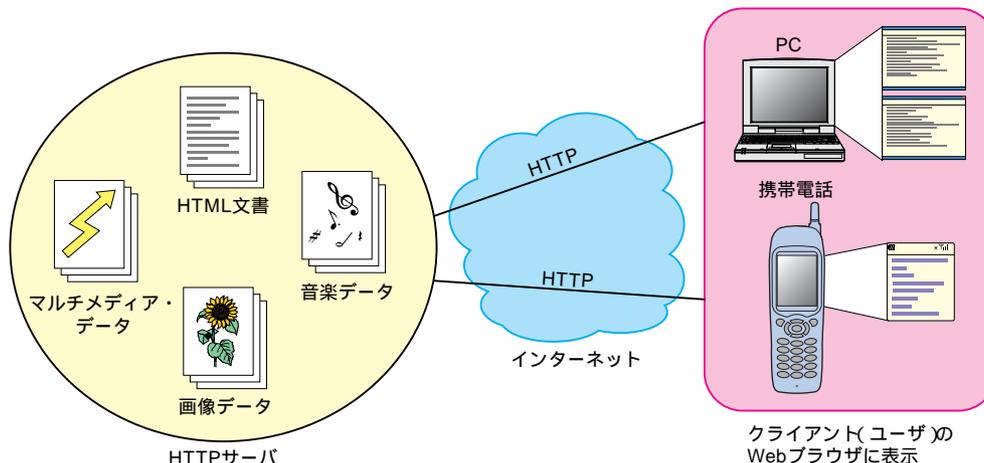


図4 HTTP(HyperText Transfer Protocol)はWebサーバに実装されるTCP/IPのアプリケーション・プロトコル

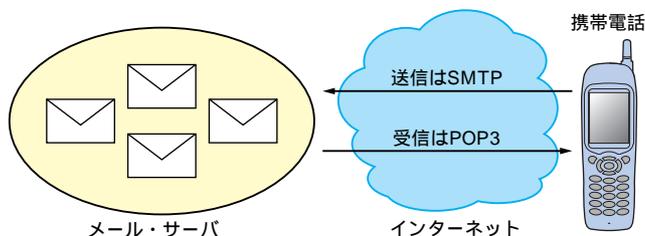


図5 POP3/SMTP(Post Office Protocol 3/Simple Mail Transfer Protocol)は電子メールの送信と受信を行うアプリケーション・プロトコル

機能を実現するかによって使用するプロトコルが異なってきます。代表的なプロトコルと応用例を後の章で示しますが、アプリケーション層は応用分野によって細分化されており、多岐に渡っています。しかし、多くのアプリケーションはトランスポート層とネットワーク層のプロトコルとしてTCP/IPを使用しています。

このように、通信を使ったシステムでは、その機能やネットワークへの接続に使用する通信形態により、アプリケーション層、データリンク層、物理層は異なってきますが、通信の基本プロトコルとしてTCP/IPが使用されることが多々あります。

今や通信プロトコルとしてのTCP/IPは、PCを代表とするネットワーク機能をもった機器で広く実装されており(汎用性があり)、使いやすいという点から、重要な役割を果たしているのです。

3 代表的なアプリケーション・プロトコル

前述のように、アプリケーション層にはいろいろなプロトコルがあります。ここからは、代表的なアプリケーション・プロトコルについて、その概要を述べていきます。

データを転送するHTTP

HTTP(HyperText Transfer Protocol)は、Webサーバに実装されるTCP/IPのアプリケーション・プロトコルで、さまざまなファイルの転送を行います(図4)。実際にはWebブラウザが解釈し、画面に表示するHTML(HyperText Markup Language)ファイルや、画面の表示に必要な画像データやマルチメディア・データ、音楽データといったデータの転送を行います。

電子メールの送受信はPOP3/SMTPで

POP3/SMTP(Post Office Protocol 3/Simple Mail Transfer Protocol)は、電子メールの送信と受信を行うアプリケーション・プロトコルです(図5)。送信の際にはSMTPを、受信の際にはPOP3を使用します。サーバ側には、メール・アドレス・テーブル管理や、メール・スプール機能、メール転送機能などのプログラムが実装されます。

一般的に用いられているパソコンや携帯電話などのメール機能は、クライアント側プログラムとしてPOP3/SMTPの一部を実装し、サーバ・プログラムに対してメールの送信依頼と、メールの受信処理を行います。

ファイルを転送するFTP

FTP(File Transfer Protocol)は、その名のとおり、ファイルを転送するプロトコルです(図6)。FTPサーバではFTPクライアントからのコマンドを待ち受け、このコマンドによってFTPサーバの記録媒体(ハードディスクなど)への記録や参照を行います。

動的にIPアドレスを割り当てるDHCP

DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)は、IPアドレスなどのパラメータを最寄りのDHCPサーバから取得し、自動的に設定するプロトコルです(図7)。この環境下にある端末はネットワーク設定を意識することなく、物理的にケーブルを接続するだけでそのネットワークに参加することができます。

厳密には、TCP/IPのアプリケーションではなく、IP層の上

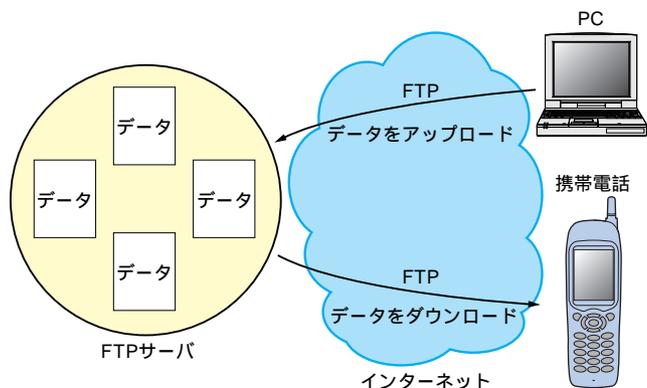


図6 FTP(File Transfer Protocol)はファイルを転送するプロトコル

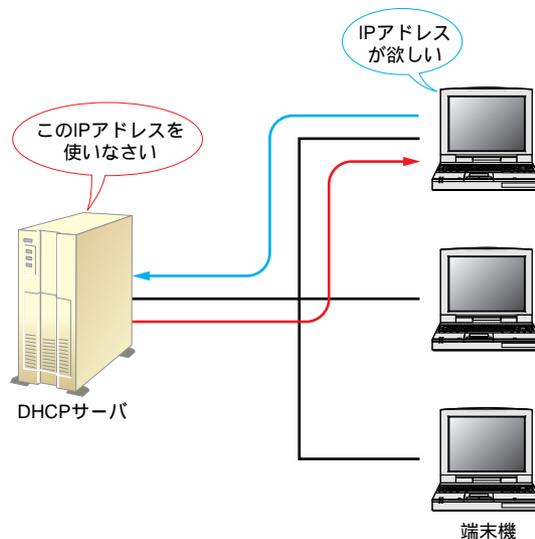


図7 DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)はパラメータを最寄りのDHCPサーバから取得し自動的に設定するプロトコル

位プロトコルにあたるUDP(User Datagram Protocol)のさらに上位プロトコルにあたります。たいていのTCP/IPプロトコル・スタックはUDPのインターフェースも用意しています。

IPアドレスとドメインを対応付けるDNS

アプリケーション・プロトコルではありませんが、インターネットにとって大事なDNS(Domain Name System)というしくみについても触れておきます。DNSは、TCP/IP通信を行う際に必要なIPアドレス^{注2}と、人間が認識できる文字列(ドメイン: Domain)^{注3}を対応させるためのシステムです(図8)。これにより、IPアドレスが動的に変化する環境でも、DNSサーバのドメインとIPアドレスの対応テーブルを更新すれば、それぞれの端末に設定されているドメインは設定しなおす必要がありません。

④ 防犯システムに遠隔制御に —— TCP/IPを用いたシステム例

ここまではTCP/IPの上位層にあたる代表的なプロトコルについて説明してきました。ここからは、具体的な応用についてイメージできるように、これらを用いた具体的なシステム例を示してみます。

防犯システムへの応用

ここでは、人間を何らかのセンサで検知し、これを侵入者情報として携帯電話にメールとして通知する防犯システムを考えしてみます。

人間の検知手段はさまざまです。たとえば、人間の発する熱で検知する手段もありますし、画像処理で検知する手段もあります。場合によっては、この検知のための手段がシステムのセールス・ポイントにもなります。

また、人間の検知を侵入者情報として携帯電話にメールを送るためには前述のSMTPを使用します。

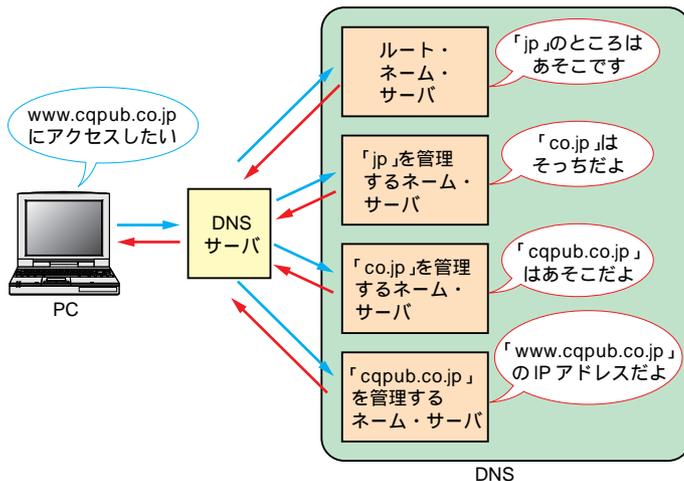


図8 DNS(Domain Name System)はIPアドレスと文字列を対応させる

図9にシステム構成を示します。センサから情報を受け取り、その情報をSMTPを使ってメールで送信します。このとき、メールの送信にモデムを経由するならば、PPPを使用してモデムと接続します。

工場機器遠隔制御システム

次に、工場内の機器を遠隔制御するシステムの構築について考えてみます。工場内にLANが構築されていて、LANに工場内の各種機器が接続されているとします。そして、事務所にある集中管理用のPCから任意の機器の状態を参照したり、設定を変更したいとしましょう(図10)。

図10は、集中管理用のPCからLANに接続している機器の温度をチェックして、温度が高いようならば機器の設定を変えるという例です。

遠隔操作を実現する方法はいくつかありますが、ここでは

注2: コンピュータ1台1台に割り振られるユニークな識別番号。
注3: たとえば「cqpub.co.jp」がドメインになる。

Column 2 ソケット・インターフェースとRFC

TCP/IPの歴史の上で忘れてはならないのが、ソケット・インターフェースです。これはTCP/IPとユーザとのインターフェース部分を規定したものです。カリフォルニア大学バークレー校で開発された有名なUNIXディストリビューションであるBSD UNIXにTCP/IPを組み込むために開発されたインターフェースです。

ソケットという新たな抽象概念を規定し、ユーザは細かなTCP/IPのプロトコルに関する知識がなくてもTCP/IPを利用する通信アプリケーションを開発できるようになりました。インターネットの拡大、UNIXの普及と同時にこのソケット・インターフェースも世界中に広まり、TCP/IPは事実上の標準技術となったのです。その後登場したWindowsにも応用され、Winsockとして実装されています。

また、TCP/IP関連の技術はインターネット上でRFCとして公開されており、現在でも世界中の研究者によって、更新や新たな技術の提案が続けられています。

初期のARPANETは研究者の実験や開発が目的とされており、新たな技術のテストや導入などが頻りに行われていました。

しかし、現在のインターネットは世界中を網羅するあまりに巨大なネットワークとなってしまいました。優れた技術が提案され、RFCで規定されたとしても、世界中がそれに一斉に従うことはもはや不可能です。IPv6の導入がなかなか思惑どおりに進まないのもその例です。今後、TCP/IPやインターネットがどのように発展していくのか、とても興味深いところです。

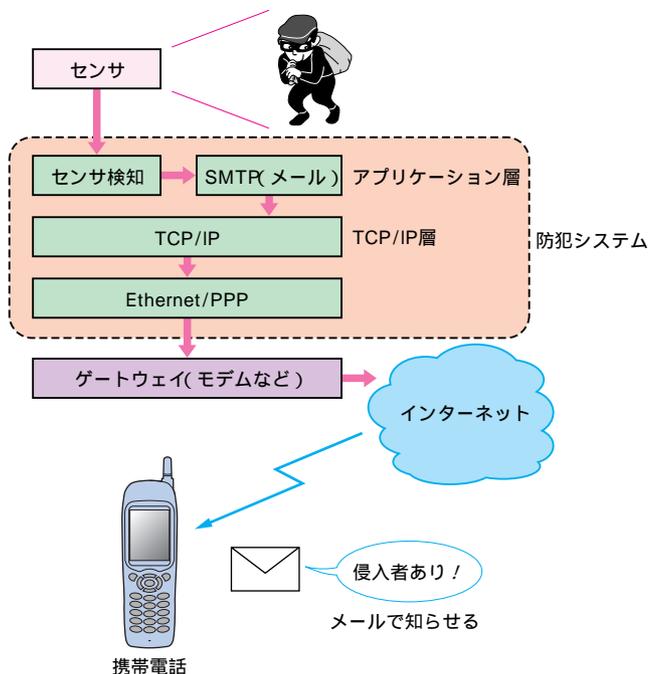


図9 TCP/IPを用いた防犯システムの例

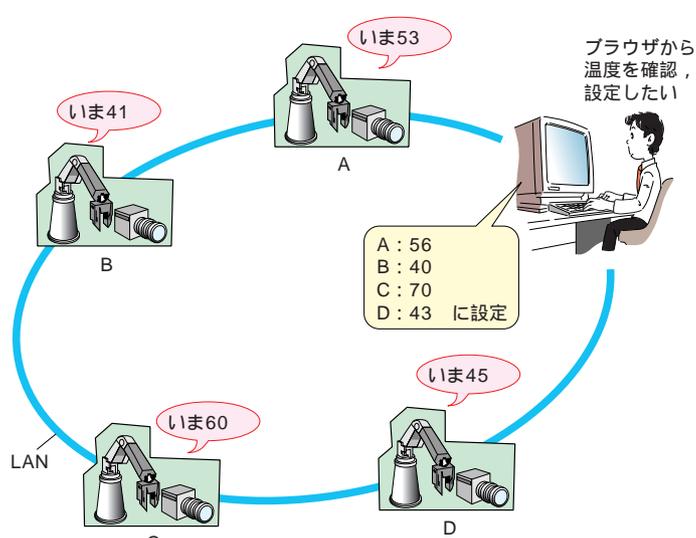


図10 工場機器遠隔制御システムの例

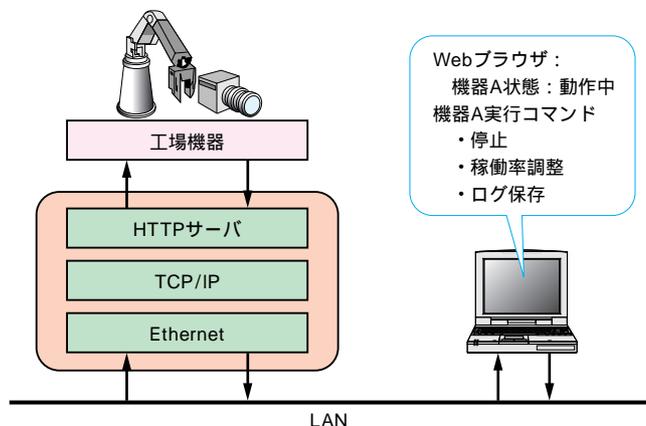


図11 遠隔制御システムの構成例

HTTPサーバを使った実装を考えます(図11)。機器側にHTTPサーバを搭載します。そして、機器の内部状態(ここでは温度)を参照し、内部状態を変えるためのパラメータ値を設定できるHTMLファイルも機器内に設けておきます。これにより、PCのWebブラウザから内部状態を参照でき、必要に応じて内部状態を変えることができます。

なお、このシステムはLANで各種機器が接続されているため、HTTPサーバとTCP/IP以外にEthernetプロトコルとLANコントローラのドライバが必要になります。

このシステムにより、各機器の状態を見るために人間が工場内を巡回する必要がなくなるうえに、手元にあるPCから手軽にパラメータ値を変更できるようになります。

あさい・たかし/さとう・ごう (株)ルネサステクノロジー
いしもと・しんいち/いしくろ・ひろき/さかもと・ただし
(株)ルネサスソリューションズ