

# インターネット Web 連携通信による広域ビル空調監視 —通信性能・信頼性の改善—

Building Air-Conditioner Remote Monitoring with  
the Internet Web Server Link Communication Technology  
—Improvement of Performance and Reliability—



蜷川 忠三\*<sup>1</sup>  
Chuzo Ninagawa

佐藤 友孝\*<sup>2</sup>  
Tomotaka Sato

省エネニーズの高まりとともに、中小ビルのパッケージエアコン設備では、低コストと保守性のため、専用監視ソフトをインストールせずに汎用ブラウザだけで監視したいというニーズが強い。当社は、運転データをリアルタイムで Web サーバ画面データに受け渡す通信プロトコルインターチェンジ技術により、汎用ブラウザ用の Web ゲートウェイ製品を提供している。さらに、広域監視用に複数の Web ゲートウェイを監視する際、バックグラウンド Web ゲートウェイからも状態変化を検出できるリンクサーバ Web 連携通信方式を開発した。また、インターネット通信品質をカバーするため汎用ブラウザの通信エラーリカバリー方式も開発した。これらにより、低コストで保守性がよく、かつ、高性能で信頼性があるパッケージエアコン監視システムをお客様に提供できるようになった。

## 1. はじめに

近年、ビル用パッケージエアコンの監視制御システムに Web 通信方式が用いられるケースが増えている。この方式はインターネットエクスプローラなど汎用ブラウザで監視制御できるメリットがある。また、IP ネットワークに接続することにより遠隔監視も可能といわれている。しかし、ひとことで IP ネットワークといっても、専用回線とインターネットでは通信の信頼性が大きく異なる。

Web 監視をインターネットで実現するには問題点がある。それはネットワークの通信性能と信頼性である。インターネット通信品質はベストエフォートと呼ばれ、エラー率や伝送遅延が保証されていない。一方、中小ビルの設備においては、高価な専用回線や特注ソフトウェアを用いずに、通信性能と信頼性を確保する技術開発が求められている。

本論文では、廉価な汎用ブラウザだけを用いて遠隔に分布する複数のビル用パッケージエアコン設備の監視制御を実現する当社 Web ゲートウェイを支える独自技術を紹介する。

## 2. パッケージエアコン Web ゲートウェイ

### 2.1 ビル用パッケージエアコン

図1にビル用パッケージエアコン Web 集中監視システムの概念図を示す。ビル用パッケージエアコンは中小ビルにおいてはもっとも一般的に採用されている空調方式である。ビル用パッケージエアコンは、一つのビルに数十～数百台の室内機が天井裏に設置され、数台～数十台の室外機が屋上に設置される。1台の室外機と10台程度の室内機で一つの冷媒系統が構成され、多数の冷媒系統がビル全体に分散配置される。

\*1 冷熱事業本部空調機技術部技監・主幹技師 工博

\*2 冷熱事業本部空調機技術部主席技師

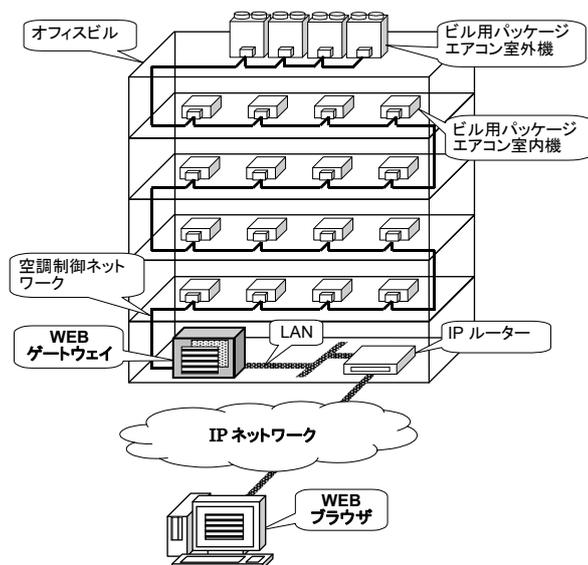


図1 ビル用パッケージエアコン Web 集中監視システム

中規模ビルに分散配置されるパッケージエアコンの運転データを制御ネットワーク経由で収集して Web サーバにてリアルタイム監視画面データを生成する。

それぞれの室内機と室外機はマイコンコントローラを内蔵しており、センサーデータや冷媒制御データを通信するための制御ネットワークが構成されている。この制御ネットワークの例では複数の冷媒系統にわたり一系統の通信ラインを構成している。室内機、室外機への通信線接続は、図1の例に示すように、近いもの同士が渡り配線され、ビル全体で一つの制御ネットワークが形成される。

ビル用パッケージエアコン集中監視装置は、制御ネットワークと LAN の両方に接続されて通信ゲートウェイの役目を果たす。Web 通信方式の場合は、ゲートウェイの内部に Web サーバを内蔵しサーバ機能を持つと同時に、制御ネットワークへのゲートウェイ機能も持つことから当社では Web ゲートウェイと呼んでいる。

## 2.2 当社 Web ゲートウェイ製品

当社 Web ゲートウェイ製品の外観を先頭タイトル写真に示す。表1に Web ゲートウェイの製品仕様を示す。

表1 Web ゲートウェイ製品仕様

項目	仕様
型式	SC-WGWNA-B
外形寸法	260W×200H×79D mm
空調機監視台数	最大 128 台
組込み OS	ROM 化 Linux
ファンレス CPU	ペンティアム互換 (500MHz)
ハードディスク代替	コンパクトフラッシュ ROM 及び RAM 仮想ディスク
WEB ブラウザ	インターネットエクスプローラ
ネットワークセキュリティ	IP アドレスフィルタリング ログインユーザ分類
制御監視機能	運転・停止、運転モード、設定温度、室温、ファン設定、 故障表示、他
スケジュール運転	年間カレンダー、週間スケジュール、実行スケジュール
課金機能	パッケージエアコン全体の消費電力量をテナント毎に按分計算

企業ホームページなどの Web サーバは、サーバ室で動作する前提である。しかし、本 Web ゲートウェイは制御盤内に組み込まれ、長年にわたりメンテナンスフリーで安定動作できることが求められる。特に、CPU 冷却ファンやハードディスクドライブといった回転部品は信頼性や寿命の観点から避ける必要がある。CPU ファンレスでかつディスクレスというハードウェア制約があっても、その分、優れたソフトウェア設計によりバランスよく製品化させる技術が求められる。

組み込まれるソフトウェアに関しても、24 時間 365 日何年も連続動作可能な安定性が必要である。通常のサーバソフトウェアは管理者が必要に応じて OS 再起動などの定期保守がされる。一方、Web ゲートウェイのソフトウェアは何年もリセットスタートされることなく連続動作することが求められる。このような用途の OS としては  $\mu$ ITRON などの組み込み専用のものが使われてきた。しかし、複雑なデータベース管理や大量のファイル処理能力や IP ネットワークへの接続性などから Linux を組み込み用に使用する技術が研究されてきた。本製品ではサーバ OS としては安定性で定評がある Linux OS を組み込んでいる。

その結果、本 Web ゲートウェイ製品は、従来のビル監視システムに対して格段にコストを低減し、ハードウェア・ソフトウェア共に信頼性や寿命特性が大幅に改善されている。

### 3. Web 監視画面

#### 3.1 全体監視画面

図2にビル用パッケージエアコン Web ゲートウェイの全体監視画面を示す。この画面の目的は、監視者がスクロール操作することなく、空調機全台の状況を概観することである。ここでは、各運転・停止状態や運転モード状態がアイコンで表示されている。特定の空調機の詳細を見るには、場所名をクリックすることで詳細画面がポップアップする。

大型ビルでは建物のフロアレイアウト上に各パッケージエアコンの運転状態を表示する監視システムも多い。しかし、それらはビル毎のカスタム画面を作成することになるので非常に高価なシステムとなる。中小ビルのパッケージエアコン設備の場合、カスタム画面作成は費用的に難しい。

費用の問題以外にも、カスタム画面ソフトをインストールする際の PC との適合性に問題がある。設備監視システムは 10 年以上にわたり長年使用されるので、将来にわたるパソコン、OS、各ソフトウェアの互換性が極めて重要である。そこで、中小ビル向けとしては、汎用ブラウザだけでカスタム画面ソフトが不要で廉価な Web 監視システムとしている。

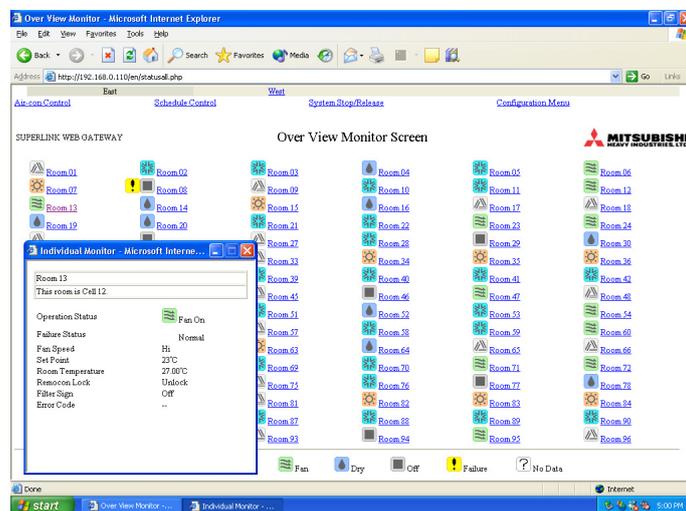


図2 Web ゲートウェイの全体監視画面

ビル用パッケージエアコン全台の運転状態を外観する全体監視画面と、ポップアップ個別監視画面

#### 3.2 Web 空調監視メカニズム

Web 監視システムといっても、監視画面を生成する方式が種々存在する。大別すると、クライアント側で監視データを加工して画面生成する方式と、サーバ側が画面データを生成して供給する方式がある。データ伝送量からは前者の方が有利である。しかし、後者は近年クラウドといわれるように、管理が容易なサーバ側に全画面データを持つ方式が見直されてきた。

Web 通信においてはブラウザがサーバに対して Web 画面データを要求する仕組みである。通常の Web サイトでは、サーバは固定された画面データを返送するだけでよい。一方、Web 監視システムにおけるサーバでは時々刻々変化する空調機の運転状態をもとに、都度、監視画面の

Web 画面データをリアルタイムに合成する必要がある。クラウド方式では、サーバ側でリアルタイムに画面を生成するメカニズムが性能を決定づけることになる。

図3に当社ビル用パッケージエアコン Web 集中監視システムのリアルタイム監視画面生成の仕組みを示す。ブラウザから監視画面データの更新要求があつてから、サーバが個々の空調機の運転状態を収集する同期方式が簡単であるが、データを読み出すのに時間がかかる。後述のインターネット接続のように伝送時間が秒単位でかかる場合は画面レスポンスが問題となる。したがつて、Web ゲートウェイ内部で Web サーバ側と空調制御ネットワーク側を非同期で独立に動作させてリアルタイムで監視画面データを生成するメカニズムを開発した。この技術は“通信プロトコルインターチェンジ”として特許登録されている<sup>(1)</sup>。これにより、ユーザは空調制御ネットワークからの空調運転データ変化を遅延なくクライアントに表示できるようになった。

また、クライアントから Web ゲートウェイ経由でパッケージエアコンへ制御指令を送信する場合もある。制御指令は通信プロトコルインターチェンジで空調制御ネットワークのコマンドに変換された後、図3に示すように並列配置された TRT (Transmission Reserve Table) 送信バッファを通じて室内機に送信される。TRT 送信バッファは、到着順序によらず制御コマンドをいったん並列に並べ替えた後、空調優先順序により同一室内機宛のものを拾い出し、通信パケットに合成して空調制御ネットワークに送り出す。これは当社独自の技術であり、“並列処理方式空調制御通信方式”として特許登録されている<sup>(2)</sup>。

近年 Web 通信は数 10Mbps まで高速になってきたが、空調制御ネットワークは数 10kbps であり、ゲートウェイから空調制御ネットワークへの送信処理がボトルネックとなつていた。さらに、従来の FIFO (First In First Out) 方式送信バッファでは、各制御コマンドを単純に到着順に送信するので、空調制御ネットワークへの送信パケット数が多くなつていた。しかし、この並列処理方式により、Web ゲートウェイからの空調制御ネットワークへの制御コマンドの送信処理性能が格段に高速にすることができた<sup>(3)</sup>。

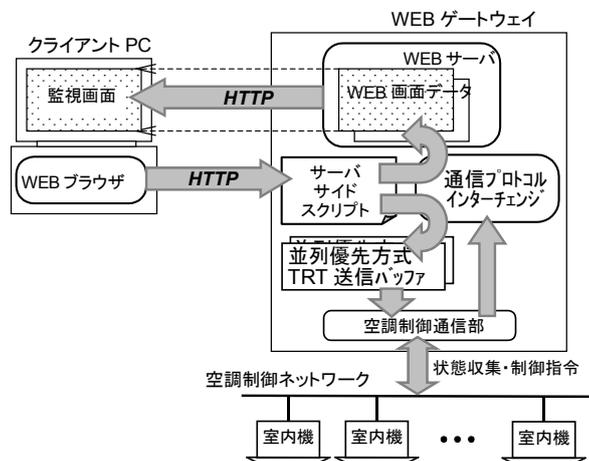


図3 Web 集中監視システムのリアルタイム監視画面生成の仕組み  
ビル用パッケージエアコン全台の運転状態を外観する全体監視画面と、ポップアップ個別監視画面

## 4. Web ゲートウェイ連携

### 4.1 複数台 Web ゲートウェイ監視の問題点

前章で述べたように、本 Web 監視システムはクライアント側にはブラウザだけでよく、特別なソフトウェアは持たせていない。その代わり、常に定周期でブラウザからサーバに対して監視画面データ更新を要求する必要がある。また、画面要求の時間間隔を短くすることで、サーバ側に発生した空調機の状態変化を検出可能とした。

Web ゲートウェイが一台の場合は、ブラウザは一つのサーバにだけアクセスすればよいので問題ない。しかし、図4に示すような複数 Web ゲートウェイの広域監視の場合、各 Web ゲートウェイ

に順次アクセスして状態変化をスキャンするのに時間がかかる。また、ユーザがある特定の Web ゲートウェイを固定選択している場合(フォアグラウンド)、その他の(バックグラウンドの)Web ゲートウェイの状態変化を検出できない。例えば、バックグラウンドの Web ゲートウェイ配下の空調機が異常停止しても、ブラウザがその Web ゲートウェイにアクセスしない限り異常停止アラームを通知することはできない。これは単純に Web サイト閲覧方式を監視に流用するだけでは不十分な点である。

当然、クライアント側に複数のサーバにおける状態変化の有無をスキャンする専用ソフトウェアを実装する方法がある。しかし、Web 監視方式のユーザメリットである、パソコンに元々備えられて汎用のブラウザだけでよいという特徴がなくなってしまう。そこで、当社 Web ゲートウェイは、自身が内蔵するサーバのみならず、登録された全連携 Web ゲートウェイに対して状態変化を検出できるリンクサーバ Web 連携通信方式<sup>(4)</sup>を開発した。

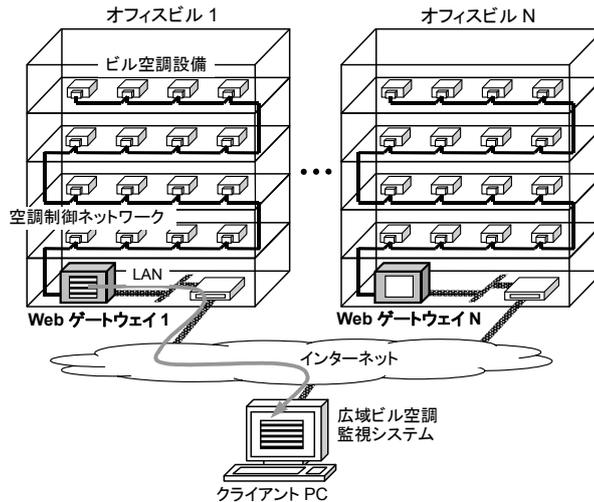


図4 複数 Web ゲートウェイによる広域監視

汎用ブラウザを使用するだけで複数 Web ゲートウェイの状態変化をバックグラウンドで通報する当社独自技術。

#### 4.2 リンクサーバ Web 連携通信方式

図5に当社独自の Web 連携通信方式を用いた複数 Web ゲートウェイの全体監視画面を示す。この画面では、ユーザが現在接続しているフォアグラウンド Web ゲートウェイを閲覧中であっても、バックグラウンド Web ゲートウェイの状態変化が発生した場合、画面切替用のタブ色を黄色に変えて、ブザーを鳴動させてユーザに伝えることができる。

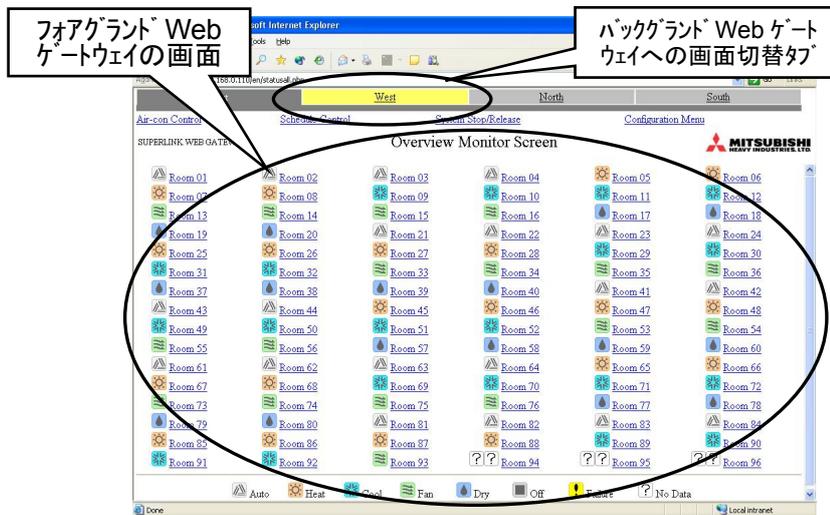


図5 複数 Web ゲートウェイの全体監視画面

バックグラウンド Web ゲートウェイにパッケージエアコン状態変化が発生すると、画面切替タブカラー変化とブザーにてユーザに通知できる。

図6にこの Web 連携通信方式を実現するメカニズムを示す. ここでは, フォアグラウンドサーバと通信すると同時に, 他の連携バックグラウンドサーバに対してサーバサイドスクリプトによりサーバ間通信を実現している. これにより, ユーザからするとあたかも現在接続中のフォアグラウンド画面には全く影響を与えずに, 現在閲覧していないバックグラウンドサーバの状態変化通知が得られる.

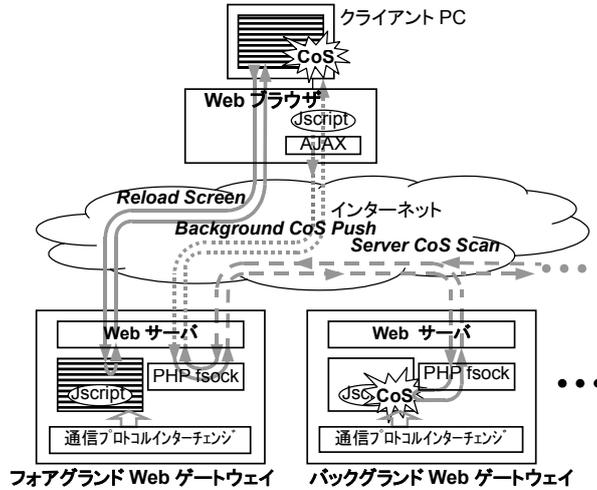


図6 Web 連携通信方式を実現するためのメカニズム

バックグラウンド Web ゲートウェイのエアコン状態変化をフォアグラウンド Web ゲートウェイがスキャン監視し, ブラウザに通報する当社独自方式.

図7に本 Web 連携通信の通信シーケンスを示す. フォアグラウンドとバックグラウンドのシーケンスは独立しているため, フォアグラウンド画面取得に影響を与えるようなことはない. バックグラウンド Web 通信によりバックグラウンドサーバの CoS Push (Change of Status Push) として情報プッシュすることができる. この当社独自の Web 連携通信は, “リンクサーバ Web 空調監視システム” として特許出願中である.

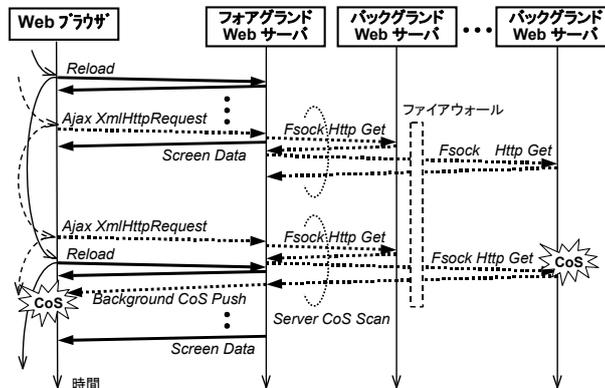


図7 Web 連携通信の通信シーケンス

フォアグラウンド画面と非同期でバックグラウンド Web ゲートウェイをスキャンすることにより, ユーザが閲覧行為に影響を与えず監視しやすくする.

## 5. 通信性能と信頼性の改善

### 5.1 通信性能

上記のような広域監視システムをインターネットで Web 集中監視するケースでは監視画面取得時間も問題となりうる.

図8は, インターネット経由 Web 集中監視の一例として, ロンドンのブラウザが名古屋の Web ゲートウェイから監視画面を取得する時間を計測した結果である<sup>(6)</sup>. 瞬時瞬時のインターネット状態が異なるので, 7日間にわたり一時間毎に Web 監視画面を取得しトレンド表示したものである. 図8から分かるように, 監視画面の取得時間は毎回大きくばらつく. この実測例では, 1.1 s ~ 3.4 s のばらつきがあった. このように, インターネット経由の Web データ伝送性能は十分に注意して評価する必要がある.

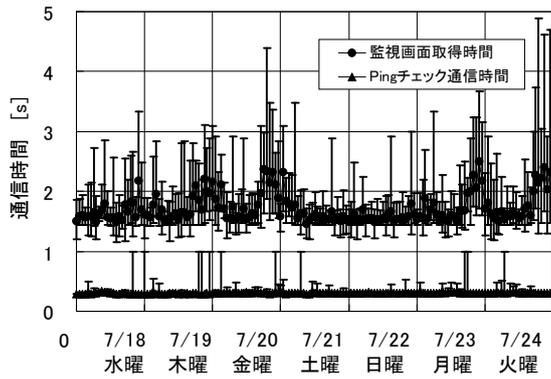


図8 大陸間インターネット通信フィールドテスト

名古屋ーロンドン間で全体監視画面データ伝送性能を計測した。伝送状態が時々刻々変化していることが分かる。

図9は、世界各地のブラウザから名古屋のパッケージエアコン用 Web ゲートウェイの監視画面を取得する時間を2日間の平均値として比較したものである。LAN 直接接続の場合は画面取得時間が 0.35 s と高性能な本 Web ゲートウェイであっても、低速なインターネットに接続されるケースでは数秒かかる場合もあり運用後に問題となりうる。特に、低品質の無線 LAN を使用する環境では、通信パケットロスに伴う再送によりデータ伝送時間が極端に遅くなるケースがあるため注意が必要である。

Web 集中監視システムをインターネット環境で構築する場合は、計画段階においてそのインターネット接続に関する Web データ伝送性能を検討できることが望ましい。当社ではインターネット通信トラフィックシミュレータを使用し Web 通信アクセス時間を事前に予測する研究も行っている<sup>6)</sup>。インターネットデータ伝送性能予測は、ネットワーク構成要素が不明の場合が多く非常に難しいが、実用化が待たれる技術である。

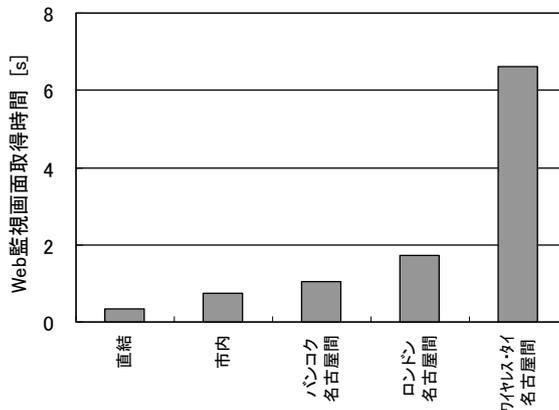


図9 Web 画面データ伝送性能評価

全体監視画面データ伝送時間を平日2日間の平均として比較すると、インターネットの環境により大きく伝送時間が異なることが分かる。

## 5.2 Web 通信エラーリカバリー

インターネットによる広域監視の場合は通信異常でブラウザが通信エラー画面で停止してしまうことがあります。そのような状態の時にたまたま空調機故障が発生した場合アラーム表示ができないといった致命的な問題が起こりうる。

前述のように本製品ではコスト面や運用面から汎用ブラウザをそのまま使用する思想である。しかし、汎用ブラウザはユーザが画面の前にいて種々の Web サイトの内容を閲覧する状況を前提としている。Web 通信エラーが発生した場合、ユーザに手動リカバーを促すだけである。Web 監視システムでは画面の前にユーザがいることは少ないので、手動リカバリーは期待できない。そこで

汎用ブラウザの通信エラー画面から自動リカバリーするメカニズムを組み込むことにした。

各種ブラウザによって通信エラー画面仕様が異なるので、当社 Web ゲートウェイ側に自動リカバリー機構を設けることにした。具体的には、Web ゲートウェイが監視画面データを送出する際、そのデータ中に当社独自パスワード文字列、及び、その文字列をスキャンして検出するプログラムも埋め込むという方式を開発した。パスワード文字列を検出するプログラムは、Java スクリプトコードで書くことにより、監視画面データに埋め込み可能である点を利用した。

この方式によれば、クライアントのブラウザは監視画面データを解析処理していくと、上記 Java スクリプトコードを発見するので、そのコードを自動実行して現在の表示画面データ中のパスワード文字列を検出しようとする。ここで、パスワード文字列は監視画面データの最後に埋め込んであるはずだが、データを完全な形で取得できず通信エラー表示画面になっている場合はパスワード文字列は検出されない。この場合は、再度、同一監視画面を取得する HTTP GET を自動発行するメカニズムである。この独自方式は特許出願中である。

図10にインターネット通信信頼性と通信エラーリカバリーの効果を評価したラボ試験結果を示す。フィールド試験でなくてラボ試験とした理由は、極端に悪い環境を自由に発生させられないためである。横軸は個々の通信パケットロス率、縦軸は監視画面更新における通信エラー発生率(実線)とそこからの自動リカバリー失敗率(破線)を示す。通信パケットロス率が高くて極めて厳しいネットワーク状態であると、画面更新回数のうち通信エラーとなる率も極めて高くなる。しかし、通信パケットロス率が数 10%という過酷な状態であっても自動リカバリー失敗率は0%であり、一時的に通信エラーとなったとしてもすべて自動的にリカバリーできることが確認できた。

この当社独自のパスワード検索エラーリカバリーによれば、無線 LAN や劣悪なインターネット環境でも 24 時間 365 日常時通信エラーから自動的にリカバリーできるので、ユーザにとって信頼性のある監視システムを提供できる。

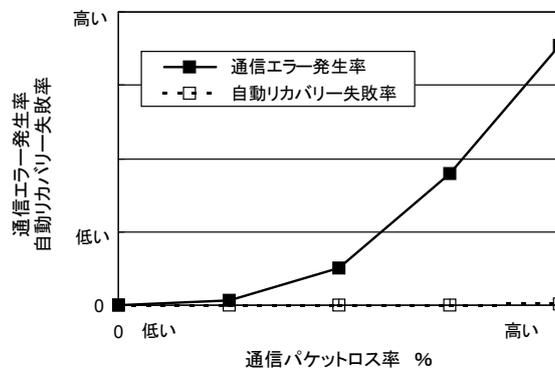


図10 Web 通信エラー自動リカバリー

通信パケットロス率に対して通信エラー発生率とその後の自動リカバリー失敗率をラボ試験により評価した。

## 6. まとめ

本論文では、当社ビル用パッケージエアコンのインターネット Web 集中監視システムについてそれを支える技術を解説した。

中小ビルのパッケージエアコン設備では、低コストと保守性のため、専用監視ソフトをインストールせずに汎用ブラウザだけで監視したいというニーズが強い。当社は、パッケージエアコンの運転データをリアルタイムで Web サーバ画面データに受け渡す通信プロトコルインターチェンジ技術により、汎用ブラウザ用の Web ゲートウェイ製品を開発し市場ニーズに応えている。さらに、広域監視用に複数の Web ゲートウェイを監視する際、バックグラウンド Web ゲートウェイからも状態変化を検出できるリンクサーバ Web 連携通信方式を開発した。また、インターネット通信品質をカバーするため汎用ブラウザの通信エラーリカバリー方式を開発した。これらの技術開発により、低コストで保守性がよく、かつ、高性能で信頼性があるパッケージエアコン監視システムをお客様に提

供できるようになった。

今後は、インターネットの集中監視へのニーズがますます増えてくると思われる。当社ビル用パッケージエアコンでは、このような顧客ニーズに対応可能とする技術開発を続けている。

## 参考文献

- (1) 蜷川忠三：“通信プロトコルインターチェンジ”，日本国特許登録第 4195677 号
- (2) 蜷川忠三，近藤成治：“並列処理方式空調制御通信装置”，日本国特許登録第 3576520 号
- (3) Ninagawa, C. et. al., Transmission Reserve Table Buffer for CSMA Type Control Networks of Embedded Systems, Proceedings of the IEEE Symposium on Industrial Embedded Systems SIES2009, (2009) p.140
- (4) Ninagawa, C. et. al., Multi-Server Web Industrial Facility Monitoring by Only COTS Browser's Existing Functionality, Proceedings of the IEEE Symposium on Industrial Embedded Systems SIES2010, (2010) p.188
- (5) Sato, T. et. al., Analysis and Fieldtest for Data Transmission Performance of Building Air-Conditioner Web Monitoring System over the Internet, Proceedings of the 7th International Workshop of Institute of Electrical Installation Engineers of Japan, (2009) p.527
- (6) Ninagawa, C. et. al., Communication Performance Simulation for Object Access of BACnet Web Service Building Facility Monitoring Systems, Proceedings of the IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation ETFA2008, (2008) p.701