# サーバ監視技術を応用した独居老人見守りシステムの試作

大塚 秀治(\*1), 善養寺 紗弥(\*2), 落合 あゆみ(\*3), 矢野 孝三(\*1)

\*1 麗澤大学 情報システムセンター\*2 麗澤大学 経済学部\*3 麗澤大学 経済学部卒

ohtsuka@reitaku-u.ac.jp, a10647s@reitaku.jp, a08609a@reitaku.jp, yano@reitaku-u.ac.jp

概要:本研究は、一人暮らしの老人が室内で病気や転倒によって危機的な状況になった場合、データセンター等で用いられるサーバ監視技術を応用して危険な状況を検知し、通知を行うシステムの開発を目的とする。システムは IPv4 のプライベートネットワーク内に置かれた機器からの発呼によって、監視サーバ上の Watch Dog Timer をリセットする方法で、閾値に達すると警報を発する。具体的には独居老人の宅内に設置した赤外線人感センサーにより活動を検知すると、サーバに HTTP アクセスを行いメッセージを送信する。監視サーバは送信元を解析し Watch Dog Timer をリセットする。Watch Dog Timer が閾値を超えると、異常と判断し保護者へ緊急警報メールを送信する。

キーワード: 緊急時連絡,システム運用,ネットワークシステム

# 1 開発の背景と目的

我が国では高齢化にともない、一人暮らしの老人 の数が増加している。近年では、一人暮らしの老人の 孤独死問題がクローズアップされている。本研究の目 的は、一人暮らしの老人が室内で病気や転倒によっ て危機的な状況になった場合、データセンター等で 用いられるサーバ監視技術を応用することで、その状 況を可能な限り早く検知し、救命につなげることがで きるシステムを開発することである。通常、情報センタ 一等ではサーバ類の動作監視を常時おこなっている が、それは監視装置側から一定間隔で監視対象に信 号を送り、応答が無い場合に異常として警報を発する ものである。一方、監視対象側から一定間隔で信号を 送り、監視装置側では規定の時間内に信号が無けれ ば、監視対象が異常と判断する方法もある。後者の方 式はシステムが複雑になるが、監視機器側からの呼 によって動作するため、ネットワーク機器のリモート監 視の場合に都合がよい。本研究では IPv4 のプライベ ートネットワーク内に設置された監視機器からの呼に よって、インターネット上のサーバで動作する Watch Dog Timer をリセットする方法を採用した。 具体的に は独居老人宅内のトイレ等確実に出入りする場所に 設置した赤外線センサーにより活動を検知した場合 に、ネットワーク上の監視サーバに http アクセスを行 いサーバ上の cgi を起動する。監視サーバ上の cgi はアクセス内容を処理し、Watch Dog Timer のカウントをリセットする。Watch Dog Timer の値が閾値を超えると、異常検知と判断する。装置自体の異常については赤外線センサー等の反応とは別に Heartbeat として一定間隔で稼働状況を通知する。この通知によって、装置の正常動作を確認し、装置が正常動作していて、かつ Watch Dog Timer により異常を検知した場合に、老人の保護者や団体等へ電子メールによって緊急通報を行うものとして開発を行う。

# 2 状態監視とネットワーク

動作監視システムはシステムの状況を何等かの方法で監視し、応答の状態に応じて正常か異常かを判断し通知を行うものである。システムのとる状態は図 1 のように 4 通りで、本研究の場合、誤警報は許容できるが、検知ミスは可能な限り抑止する必要がある。

状態 \ 判断	正常	異常
正常	平穏	誤警報
異常	検知ミス	検知

### 図 1 状態検出

見守りシステムの検知状態を示す。このシステムでは誤警報 (false alarm)は実際に電話連絡等で安否確認可能であるため 許容できるが、見守り対象が異常であるにも関わらず、正常と判定する検知ミスは許されない。

通常、ネットワーク機器の場合、プローブとなる機器と監視サーバ間は双方向通信が可能であるが、プライベートアドレスを用いるネットワークの場合にはアドレス変換と経路制御にも工夫が必要となる。監視サーバを遠隔(この場合には独居老人宅側)に置く場合にはネットワーク上での対応(DDNSやP2P技術による双方向通信網)が必要となる1。本研究では IP アドレスを固定することができず、さらにダイナミック DNS などの機能を持たない廉価な接続サービスで動作することを想定し、クラウド上にサーバを置きクライアント・サーバモデルで動作させることとした。

## 3 赤ずきんちゃんシステム

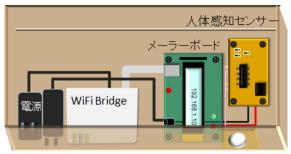
落合(2011)は、一人暮らしの老人を比較的簡単な設備で見守る評価システムを開発した[1]。これを「赤ずきんちゃん²」と呼ぶ。このシステム³ではセンサーの反応を SMTP メーラーボードを用いてメールメッセージとしてサーバに送信する。SMTP メーラーボード4は(有)トライステート社が(株)秋月電子通商を通じて販売しているもので、デジタル 8ch,アナログ 16ch のイベントに対して、あらかじめ設定された異なるメールアドレスに簡単なメッセージを送信することができる。このボードには DCHP クライアント機能があり、無線ブリッジを介して宅内の無線ルータ等から IPv4 アドレスの取得が可能である。センサーは(株)イーケイジャパン(エレキット)社製のリレー付き人体感知センサー5を用いメーラーボードのデジタル入力としている。

図 2 は宅内に設置される「赤ずきん」装置の内部を模式的に示したものである。写真 1 は実装状況を示すものである。また、写真 2 は実証実験のために実際の独居老人宅のトイレに本装置を設置中の様子を示している。実証実験機ではボタンが省略されているが、これは老人の誤操作を防止するためである。

サーバは一定時間ごとに加算するカウントデータによるWatch Dog Timerとして機能する。これは、見守り対象のカウントデータを UNIX の cron により 30 分毎にインクリメントし、保護対象ごとに異なる設定値を超えた場合に緊急通知メールを保護者に送信するものである。保護対象と保護者の電子メールアドレス、カウント規定値についてはユーザ定義ファイルに記載

### http://www.echonet.gr.jp/spec

2 一人暮らしのおばあちゃんを訪ねるというお話の筋からこの愛称が付けられた。



赤外線センサ・

#### 図2 赤ずきんちゃんの木のおうち

メーラーボードと人体感知センサーは木製の箱に収容された。この箱を「赤ずきんちゃんの木のおうち」と呼ぶ。箱に開けられた穴の部分に赤外線センサーが装着されており、その信号を人体感知センサーが処理する。反応があれば、メーラーボードの所定の bit を ON にすることでメールが無線ブリッジを介して宅内のルータ経由でサーバに送信される。図には示されていないが、特定 bit を ON にするボタンが箱側面に付けられている。



写真 1 赤ずきんちゃんの木のおうち内部構造

手前の3つのボタンは右から「おでかけ」ボタン、「緊急」ボタン、「リセット」ボタンである。「おでかけ」ボタンを押すと「おでかけ」モードメールが送信され、システムはカウントダウンを停止する。また、「緊急」ボタンを送信すると保護者に緊急メールを即時通報する。「リセット」ボタンは電源投入後に無線リンクが確立する前にDHCPが起動しアドレス取得に失敗した場合にメーラーボードを手動でリセットしてDHCPを再試行する際に使用する。なお、実証実運ではボタン部分の改良が行われ、リセットボタンのみの配置となった。



写真 2 実際の設置の様子

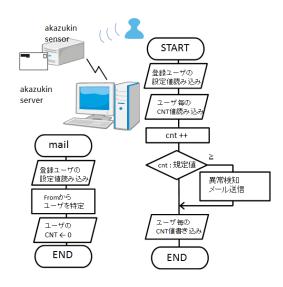
写真は実際の独居老人宅に設置しているシステム2号機の様子である。ボタンが省略されているのは複数のボタン操作が実際には難しいことと、赤外線センサーがボタンのように見えるため、誤って押し込む事例が発生したことにより、再発防止のため撤去した。そのためメーラーボードのリセットボタンのみ形状を変えたものを上部に設置している。なお、左下に延びるケーブルは電源ケーブルである。

<sup>1</sup> 例えば ECHONET Lite 等ホームネットのような接続環境で 宅外からの機器の制御が容易となる環境を指す。

<sup>3</sup> 落合あゆみ、「独居老人見守りシステムー赤ずきんちゃんーの開発」は 2011 年度麗澤大学卒業論文として製作された。

<sup>4</sup> メーラーボード Ver2 キット, 製品番号 : K-02428,2008 年 7 月発売, http://akizukidenshi.com/catalog/g/gK-02428/

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup>リレー付き人体感知センサー,製品番号:PS·3241,2008 年 10 月発売, http://www.elekit.co.jp/product/50532d33323431



#### 図3 赤ずきんちゃんサーバの動作

赤ずきんちゃんサーバはクラウド上(実際は麗澤大学情報システムセンター内のマシンルーム)の FreeBSD マシンである。このサーバではユーザ毎のカウンタが crontab の設定により 30 分間隔で増加する。カウンタの値が規定値を超えると登録されている保護者のアドレスへ緊急メールが送信される(図右のフローチャート)。

見守り対象の宅内で赤外線センサーが反応するとメーラーボードがサーバにメールを送信する。サーバはメールを受信すると From アドレスからユーザを特定し、当該ユーザのカウンタを 0 に戻す(図左側のフローチャート)。

早朝と深夜にそれぞれ活動状況を知らせるレポートメール が送信される。

してあり、複数の保護対象を同時見守ることができる。 赤外線センサーが反応すると SMTP メッセージが送 信されるが、保護対象はメッセージ内の From アドレ スで区別する。サーバはメッセージを受信すると保護 対象のカウントデータをリセットし、新たにカウントを開 始する。この動作をまとめたものが図3である。

### 4 評価システムの実証実験結果

上述の通り、本システムを実際の独居老人宅のトイレに設置して実証実験を行った。データ採取期間は2011年12月15日から2013年10月25日(本稿執筆時点)で、現在も継続して運用している。実証実験の結果は以下の通りである。

被験者 84歳(開始時年齢) 女性 1名 稼働日数 681 ∃ 入院等による不在を除く在宅日数 527 目 センサー反応数(メール送信回数) 7,566 回 1 日平均 11.4 回 (SD 6.48) 日内最大反応数 35回 最小数 0回 システム停止 3回(いずれも停電後の復帰不能) 緊急メール送信閾値 9時間 緊急メール送信数 18回 (誤警報 17 検知 1) サーバメンテナンスによる停止回数 2回

実証実験の結果から、以下の 5 つの問題が指摘された。

- ① 赤外線センサーの反応持続時間は、約 90 秒間である。従って、90 秒以内の重複反応は無視される。しかし、90 秒間では1回の利用で、複数の通知メールが送信されることになる。正確な状況把握6のためには、反応間隔の柔軟な調整が必要となる。
- ② デイサービス等で長時間留守の際、送迎の都合で帰宅時間が遅れると異常として緊急メールが送信されるケース(誤警報)が比較的多い。このため、曜日によるスケジュール管理機能が必要である。
- ③ 夏季に赤外線センサーが応答しないというケースが認められた。これは室内温度上昇の影響と考えられるため、背景温度が上昇した場合の対策が必要である。赤外線センサーを補完する仕組みも重要である。
- ④ 停電後に無線 AP とのネゴシエーション前にメーラーボードが起動し、DHCP によるアドレス取得に失敗して通信不能となる事例が 3 回発生した。そのためリセットスイッチを押す必要があるが、遠隔から電話連絡によって老人に操作を指示することが難しいでという問題も指摘された。障害からの回復方法を検討する必要がある。
- ⑤ 1日に2回の活動レポートがメールで送信されるが、随時状況を確認することができるように Web 表示などの機能が必要である。

### 5 赤ずきんちゃん R システムの概要

評価システムの実証実験の結果から、改良システムの開発の必要性が示された。これを受けて「赤ずきんちゃん」の問題点を改良したシステムを開発した。改良システムを「赤ずきんちゃん R」8と呼ぶ。赤ずきんちゃん R では柔軟な動作設定を可能とするため、宅内に設置するセンサー部分を基板型マイクロコンピュータの Arduino UNO9を用い、通信や反応検知の調整等はすべてソフトウェア的に行うこととした。赤外線センサーはパナソニック製のアンプ内蔵型人体検出

<sup>6</sup> トイレの利用回数を正確に把握することは本システムの目的ではない。そもそも来客があった場合などトイレの利用回数が著しく増加することになる。従って、反応の回数は厳密には大きな意味をもたないが、安否確認という点からはなんら問題はないと言える。

<sup>7</sup> 赤外線センターの形状がボタンに見えるため、誤って押し込むという事態が発生した。そのため、ボタンの形や設置場所が変更された。

<sup>8</sup> 善養寺紗弥が 2013 年度卒業論文システムとして開発した。

<sup>9</sup> Atmel 社の 8bitCPU AVR を用いた小型のボードコンピュータでプロトタイプ作成のプラットホームとして広く利用される。 http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno

赤外線センサーNaPiOn<sup>10</sup>のデジタル出力タイプを用いた。また、リードスイッチによるドア SW も追加可能とした。これは室温上昇による赤外線センサーの感度低下を補うものである。ネットワークは Arduino Ethernet shield R3を用い、宅内 LAN との接続には無線ブリッジ装置<sup>11</sup>を用いた。AP と無線ブリッジ装置間のネゴシエーションを待機する時間は Arduino側のソフトで調整する。DHCP によるアドレス取得の回数や待機時間もソフトによって調整する。さらにセルフリセット機構を組み込むことにより、一定間隔で強制的にリセットを行い、不具合が生じても比較的短期間に回復できるようにした。

赤ずきんちゃん R システムではイベントの送信に電子メールではなく HTTP を使う。このため、従来 SMTP メッセージの From アドレスで識別していたユーザは Arduino Ethernet shield の MAC アドレスを cgi の引数としてサーバに渡すことで行う。

また、宅内設置システムの正常動作を確認するため、 一定間隔でサーバにアクセスするシステム自体の WatchDogTimer 動作を追加した。図 4 は Arduino のプログラムの流れを示している。また図 5 は、赤ずき んちゃん R の接続概要を示したものである。

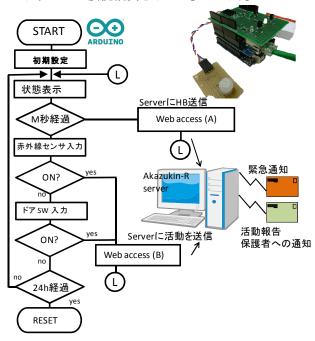


図4 赤ずきんちゃん R Arduino の動作

Arduino は起動時に 30 秒待った後 DHCP によるアドレス取得を 5 回繰り返す。この間に取得に成功すると loop に入る。時間はタイマー割り込みによって秒単位の精度を持ち、30 分ごとに Heartbeat 信号としてサーバの規定 cgi ヘアクセスする。赤外線センサーが反応した場合とドアスイッチが反応した場合はサーバの規定 cgi にアクセスし活動を通知する。起動後 24 時間経過した場合、自身を強制的にリセットする。

### 6 今後の展開

これまでの実証実験から、クラウド側に監視サーバを置くことで、宅内の設備が簡単に構成できることが明らかになってきた。さらに実用性を高めるため、赤ずきんちゃん Rを2013年12月より、従来機と交換して実証実験を継続したい。また、ドアスイッチ配線の省略や宅内で利用する緊急ボタンなどのためワイヤレス通信を実用化の検討を行う。加えて、保護者が任意に活動状況を確認できるAkazukin/Webの開発を行う予定である。

# 参考文献

- [1] 落合あゆみ 『一人暮らし老人の見守りシステム"あかずきんちゃん"の開発』、2011 年度麗澤大学情報系ゼミ合同卒論発表会論文集, pp39-44,2011. http://www.cs.reitaku-u.ac.jp/msemi/grad-presen/2012/201201-r.pdf,pp
- [2] 武蔵野電波 日本語リファレンス, ArduinoWiki, http://www.musashinodenpa.com/wiki/

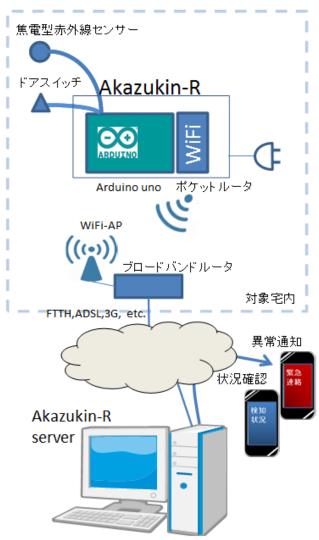


図5 赤ずきんちゃん R 装置概要

図は赤ずきんちゃん R のシステム概要を示している。外枠で囲まれた部分が宅内の接続で、内側の四角で囲まれた部分が「赤ずきんちゃんの木のおうち」に対応する部分となる。Arduinoを採用することで、従来の機能をプログラム化することが可能となったため、機能変更や追加が簡単にできるようになった。

<sup>10</sup> 夏場の温度対策として採用した。背景との温度差が4度あれば応答する。

http://www3.panasonic.biz/ac/j/control/sensor/human/napion/index.jsp

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> プラネックス社製 MZK-RP150N