

災害時の情報伝達に適した磁気反転表示装置の設計と実装

木本 雅彦¹ 大野 浩之²

株式会社創夢¹

独立行政法人 情報通信研究機構 情報通信部門 セキュアネットワークグループ²

概要

災害時の情報流通を目的とした様々なシステムが開発されているが、最終的に避難所などで多くの人びとに情報を伝達するためには、低消費電力で防塵性耐故障性にすぐれた大型の表示装置の利用が適している。著者らはこれらの要件を満たす磁気反転式大型表示装置と、その制御系の開発を行ってきた。従来のものと比較して、表示モジュールを連結させる設計による大型化を実現し、PC-UNIX から制御するためのドライバとライブラリを開発したことにより、柔軟なコンテンツを表示できるようになった。また簡易 HTML レンダラを実装し、インターネット上のコンテンツを取得して表示させるシステムを開発した。本論文では、この表示装置と制御系の設計と実装について述べる。

Design and implementation of the display system for disaster information.

Masahiko KIMOTO¹ Hiroyuki OHNO²

SOM Corporation.¹

Secure Networks Group, Information and Network Systems Dept., National Institute of Information and Communications Technology.²

ABSTRACT

When the large scale disaster occurs, efficient information gathering and provision is necessary. We considered methodology to provide and present information to people under the disaster condition. We have been developing the information display system using "flipsign" for disaster information. We developed the parser and renderer of subset of HTML, and control system of the flipsign on PC-UNIX. In this paper, we describe the design and implementation of the system. We also introduce the model that all display modules have IP address and communicate each other autonomously.

1 はじめに

災害時などの情報流通にインターネットを活用する試みは盛んに行なわれているが、被災地などでの最終的な情報伝達には、物理的な広報手段が必要になる。LED などを用いたいわゆる電光掲示板が使われることも多いが、道路標識などで用いられている磁気反転式表示板が視認性や耐久性の点ですぐれていると著者らは考え、インターネット上の情報をシームレスに磁気反転式表示板に表示させるシステムを構築してきた。

本稿では独立した表示モジュールを組み合わせる方式によって大型化を実現した表示板と、その制御システムについて述べる。また、将来への展開として、完全 IP 化した表示モジュールを統合的に管理する方式について検討する。

2 背景

2.1 非常時の情報伝達手段

1995 年の阪神・淡路地震以降、災害時の情報流通をインターネットを用いて円滑に行なう手段の議論や研究開発が盛んに行なわれている。著者らが所属する WIDE プロジェクトでは、地震後の 1995 年からライフラインワーキンググループを発足させ、災害時のインターネットの活用についての議論を行ってきた。その活動の一部として、被災者支援情報流通システムである IAA システムの開発を行なっている [1]。IAA システムとは、被災者の安否情報をインターネット経由で登録・検索可能にするシステムである。災害時の利用を想定したさまざまな入出力インタフェースを備えるとともに、データベースを分散させ耐故障性を上げているという特徴

を持つ。

IAA システムが対象としている情報は、被災者の安否情報が主体であり、被災地に散在している情報を収集し、被災地外部で参照することが主たる利用形態になる。しかし災害時の情報流通では、支援物資の情報や避難場所の空き具合などの被災地内部での情報流通も重要になる。このような情報流通にインターネットを用いる場合、情報提供に用いる端末が PC などに限定されてはならない。すべての利用者が PC の操作に長けているとは限らないし、何よりも PC 端末では同時に閲覧できる利用者の数に物理的制限があるからである。

広報を目的とするような情報提供には、物理的な広告手段としての大型の表示装置が必要になる。このため、大型表示装置への情報の表示技術と、インターネット上の情報流通とのシームレスな連携手段を考えなければならない。このような表示装置には、以下の要件が求められる。

防水防塵であること 避難場所などの屋外での利用を想定すると、防水防塵であることが望ましい。また耐震性を含めて堅牢である必要がある。

低消費電力であること 被災地内では大容量の電力が確保できない可能性もあるため、バッテリーなどの小電力でも稼働できる必要がある。また、バッテリーが切れた場合に何も表示されなくなるのではなく、「〇〇を見てください」といったような最低限の誘導情報などを表示したままにできることが望ましい。

明るい場所での視認性が高いこと 屋外では西日などの強烈な日光があたる可能性がある。そういった場所でも十分な視認性を確保できることが望ましい。

架設が容易であること 災害発生後に迅速に設置できるように、移動架設が容易であることが望ましい。

これらを満たす表示装置として、高速道路の料金所ゲートでの表示などに用いられている磁気反転式表示装置がある。著者らは磁気反転式表示装置を用い、インターネット上の情報と大型表示装置との連携を行なう機構の開発を行なってきた [2]。磁気反転式表示板は、国内ではハイウェイ・ツール・システム株式会社が販売している。

磁気反転式表示装置は表裏が蛍光面と黒色面になった小型の板を反転させる仕組みを用いている。

表示素子自体を発光させる電光方式に比べ、必要な電力はごくわずかで済み、発色も基本的には自然光の反射を利用する反射板方式で、西日や直射日光下でも良好な視認性がある点が特徴である。また、視野角は 150 度以上と広範囲であるため、多くの被災者に情報を提供する表示装置として適している。

表示機構だけでなく、制御機構の要件についても言及する必要がある。一例としてフランスではパリ市街に磁気反転式表示装置を設置している。普段は気象情報やニュースを表示しているが、クーデターなどの非常事態の際には、市民にその状況を表示し混乱を回避することを目的としている。このため、表示する内容は行政により集中管理されている。日本ではまだこのような統合的な情報表示装置は設置されていないが、今後のテロ対策などを考えると偏在した表示装置を統合的に管理し運用する必要性はあるだろう。このような表示装置は日常の情報提供では自律的に駆動して情報を集めて表示し、災害を含めた非常時には中央管理下におかれ、安全かつ安心な情報伝達的手段として用いられる。

2.2 従来の磁気反転式表示装置の問題点

従来の磁気反転式表示装置は、表示系と制御系とでそれぞれ以下の問題があった。

まず表示系は、表示素子は 16×16 ドットを単位としたモジュールになっていたものの、複数の表示モジュールを独自バスで接続し、1つの制御装置から制御しており、全体を含めて1つの系として実装していた。このため、故障時のモジュール交換などの修理コストが大きく、大型化も難しいという問題があった。

また外部の PC などからこの制御装置へは、9600bps 程度の低速シリアル通信で表示内容を送っていたため、アニメーションのように高速な画面切替えができないなどの柔軟性に欠ける仕様になっていた。

3 モジュール型表示装置の設計と実装

3.1 全体設計

以下の方針で設計を行なった。

まず表示装置はモジュール単位で独立させる。表示モジュールは 16×16 ドットとし、それぞれにコントローラを搭載する。モジュール間は汎用のバスで接続し、制御用の PC に接続する。制御用 PC で

汎用 OS を動作させ、さまざまなコンテンツの加工を行ない、表示モジュールにデータを送出する。汎用バス上を流れる表示用データはビットマップとする。これにより、表示モジュールのコントローラ側にフォントデータを持たせる必要がなくなる。また、画面全体を同時に書き変える必要があり、全体に対する更新の信号を送出する必要があるため、用いる汎用バスは同報通信が可能である必要がある。また消費電力をおさえるために、表示モジュールを制御部と駆動部に分け、駆動部の電源を汎用バス経由で制御可能にする。

3.2 表示装置と制御装置の実装

改良した表示装置と制御装置の実装を以下で述べる。表示装置はハイウェイ・ツール・システム株式会社の実装した。

まず汎用バスとして、マルチドロップの構成が可能なシリアル通信方式である RS-485(EIA/TIA-485)[3]を採用した。RS-485 では 1 対多の通信が可能であり、シリアル通信であるため信号線が少なく、ケーブルの配線が容易であるという利点もある。最大 2Mbps 程度までの通信速度が利用できるため、アニメーションを表示させる場合でも必要十分な帯域をとれる。

個々の表示モジュールには FPGA を搭載し、RS-485 の信号処理を行なうことにした。CPU を載せなかったのはコストなどの今回の実装上の都合である。今回は表示モジュールを 10 個×10 個接続し、160 ドット×160 ドットの表示装置を実装した。大きさは約 2 メートル四方である。また表示モジュールの駆動電源、制御電源の ON/OFF をシリアルバス経由で制御できるようにした。必要のない時は電源を完全に遮断できるため、省電力が実現できる。

制御部には PC を使い、表示コンテンツの加工、ビットマップへの変換、RS-485 経由での転送を行なう。コンテンツの記述形式として、HTML のサブセットを採用した。当初、既に存在している i-mode コンテンツを表示させることを念頭に置いていたため、ほぼ CompactHTML に準拠した形式になっている。以下ではこの形式を「簡易 HTML」と呼ぶ。

またインターネット上の情報を元に表示板に表示させるための試験実装として、動的に変化する Web コンテンツを定期的に取得し、表示板に表示させることにした。

制御 PC 上で動作するプログラムとして、以下

を実装した。

1. Web コンテンツを定期的に取得し、簡易 HTML と、表示手順(表示内容と表示時間を記述した独自形式のファイル)を生成するプログラム。
2. 簡易 HTML をビットマップに変換するプログラム。
3. 表示手順に基づいて、ビットマップを RS-485 経由で表示板に転送するプログラム。
4. RS-485 ドライバ。

当初、RS-485 ボード付属の Windows 用ドライバを用いていたため、1. と 2. が BSD/OS 3.1 で動作し、3. と 4. が Windows98 で動作する構成になっていたが、FreeBSD 4.7-RELEASE 用の RS-485 ドライバを実装したため、2003 年 2 月からはすべてのプログラムが FreeBSD 4.7 上で動作している。システム構成を図 1 に示す。

情報取得部 情報取得部は、インターネットで公開されている気象情報、近隣の交通情報、外貨情報に加えて、IAA サーバの稼働情報を 10 分に 1 回取得する。取得した HTML 形式の情報をテキストブラウザで整形し、表示するべき内容を切り出して、改めて簡易 HTML に変換してファイルに出力する。交通情報のように、表示内容の長さが変化する場合があります表示するページ枚数が変化するため、簡易 HTML の生成と同時に表示手順情報を生成する。情報取得部は perl で実装されており、約 300 行である。

簡易 HTML パーサ 簡易 HTML パーサは、与えられた簡易 HTML を解釈し、レイアウトを行ない、PBM 形式のビットマップを出力する。簡易 HTML の解釈は lex と yacc を使っており、全体は C 言語で約 5400 行である。

ビットマップ再生プログラム 表示手順情報はテキストファイルで、一行に表示ビットマップファイルと表示時間とがコンマで区切って記述されている。再生プログラムは、このファイルを一行ずつ読み取り、ビットマップファイルを読み込み、RS-485 ドライバを経由して表示装置に送出した後に、指定時間だけ待つ。情報取得部の処理と、再生プログラムは非同期に二つのプロセスとして実行されるため、表示途中でビットマップファイルが書き換えられてしまう可能性がある。そこで、二重バッファを用い

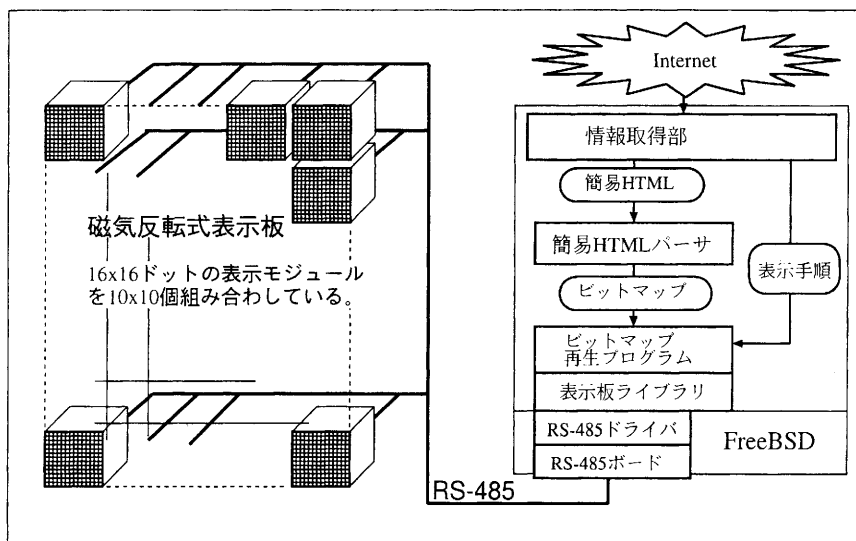


図 1: 表示装置の構成

て、再生していない内容のみを更新するようにしている。再生プログラムはC言語で約450行である。

RS-485 ドライバ 制御用 PC に搭載する RS-485 ボードとして、インタフェース社¹の PCI-4142 を採用した。PCI-4142 は PC 標準の 16550 互換シリアルコントローラを搭載し、921.6kbps までの通信速度に対応している。FreeBSD 4.7 標準のシリアルドライバを元にして、PCI-4142 ドライバを実装した。データの入出力は通常のシリアルデバイスと同じインタフェースを用い、速度指定は PCI-4124 の高速なボーレートを指定できるようにしている。また、後述するプロトコルを容易に出力できるようにするためのライブラリを実装した。

表示モジュールとの通信プロトコルは、38byte 固定長の要求パケットと、8byte 固定長の応答パケットからなる。

要求パケットには、プロトコルバージョン、制御コード、モジュール ID 番号、表示データ、CRC が含まれる。モジュール ID では表示モジュールの他に電源モジュールを指定することもでき、制御コードで電源の ON/OFF の制御ができる。また表示データの送信と表示開始は分利でき、モジュール ID 番号には「全モジュール」の指定ができる。このため、各モジュールごとに表示データを送信してお

き、表示の更新は全モジュールで一斉に行なえる。

応答パケットはプロトコルバージョン、制御コード、モジュール ID 番号、状態コード、CRC が含まれる。要求パケットに対して一つの応答パケットが返されて、この内容で電源モジュールの状態などを知ることができる。

4 運用と評価

4.1 デモンストレーション

定常運用実験と広報を兼ねて、2002 年 6 月より情報通信研究機構 (当時通信総合研究所) の一号館一階入口フロアにて、磁気反転式表示装置のデモンストレーションを行なっている。このデモンストレーションでは、定型の紹介文に加えて、前述のシステムにより気象情報、交通情報、外貨情報、IAA システムの稼動情報をくり返して表示させている。

組織内イントラネットに OpenBlockS² を接続し、NAT ルータとして機能させ、無線ブリッジを経由して同館二階の廊下から磁気反転式表示装置の制御用 PC に接続している。これは、入口フロアでは有線 LAN のポートがなく、またケーブルの引きまわしが現実的に不可能であったためである。当初は Windows98 と BSD/OS 3.1 とで 2 台の PC を利用していたが、2003 年 2 月から一台の FreeBSD

¹<http://www.interface.co.jp/>

²<http://online.plathome.co.jp/products/openblocks/>

4.7 のホストに機能を集約したことは既に述べた通りである。



図 2: 稼働中の表示装置

4.2 評価

表示板のモジュール化による開発コストと保守コストについては、以下の点が言える。まず表示板の大小に関わらず表示モジュールの設計を再利用して全体を構築できるため、開発期間の短縮が図れる。また、モジュール同士の接合は容易なため、分解した状態で輸送して現地で組み立てるという工法を採用できる利点がある。故障時にもモジュール単位での試験が容易にできるため、迅速な原因究明が可能であり、全体としての保守コストの軽減に繋がる。

次に消費電力について述べる。磁気反転式表示板は表示を反転させる時にしか電力を消費しないため、常に点灯し続けなければならない LED と比較して消費電力量は著しく低い。160 × 160 ドットの全画面を表示しなおすのに要するのは、100V 電源を用いた時に約 21.1A を 64ms 稼働させればよい。停止している際の駆動部の待機電力は約 13W である。この待機電力も、今回シリアル経由での ON/OFF を可能にしたため、表示内容が変わらない場合は更に消費電力を小さくできる。

最後に運用コストの考察を行なう。当初 HTML コンテンツからビットマップへの変換までを BSD/OS で行ない、生成したファイルを Windows に FTP で転送し、Windows から RS-485 経由で表示装置に送信していた。これは RS-485 ドライバと画像表示のためのソフトウェアが Windows でしか動作しなかったためのいわば苦肉の策である。この系を遠隔

から制御するために、VNC³ を経由して Windows 上のアプリケーションを操作するといった方法を用いていた。すべてのプログラムを FreeBSD 上で稼働させるようになってからは、SSH を利用して安全かつ容易な遠隔からの操作が可能になった。無論、Windows であっても SSH の環境を整備することは可能であるが、標準で利用できる容易さはない。FreeBSD 上の環境導入作業については、著者らが開発した POPS [4] を利用して容易に作業できた。

また Windows の排除は、動作基盤からブラックボックスを排除することにも繋がり、システムとしての信頼性を向上させることになった。現在 PC-UNIX を組み込みシステムに用いられることも増えてきており、今後このようなシステムに容易に移植できるという利点も得られた。

5 今後の展開

昨今ではハードウェアの低価格化と高性能化により、16 × 16 ドットの表示モジュールすべてに、Ethernet インタフェースと CPU を搭載し、TCP/IP のプロトコルスタックを実装することも現実的になってきている。そこで本節では、全モジュールに IP アドレスを割り振って遠隔から制御する方法を検討する。

5.1 通信プロトコル

表示モジュールに IP アドレスを付与し、制御部から表示データを送信するという設計であれば、制御部と表示モジュールがネットワーク的に隣接している必要はなく、インターネットを経由したデータの送信も可能である。この場合、表示モジュールに対して直接パケットを送る必要があるため、表示モジュールはグローバルアドレスを持つ必要がある。このような用途には IPv6 を用いるのが適している。

IPv6 であれば、stateless アドレス設定により、IP アドレスは自動的に割り当てられる。外部からモジュールのアドレスを知りたいければ、DNS の動的更新機能を使えば良い。しかし、表示データを送信する際に、どのモジュールにどの表示位置のデータを送信するべきかを外部で管理することは煩わしい。

後述するような Plug and Play の機能が実現できれば、各表示モジュールは自分の位置を自分で把

³<http://www.realvnc.com/>

握しているため、例えば表示データはマルチキャストで送信させ、受け取った表示モジュールが自分が表示すべき内容であったら表示するという方式が適切である。同時に送信する表示データは、例えば 16×16 ドットに分割するなどのように、受信モジュールの負荷をさげるような形式にするべきであろう。

動画の表示のように、全モジュールの表示を同じタイミングで更新させる必要がある場合、各モジュールがアドホックネットワークを構築してパケットを中継しあうような方式を用いると、全モジュールに向けてのマルチキャストが同時に受信されないことがある。このような場合には、RTP(RFC1889)などのリアルタイム通信のプロトコルの利用に加え、NTP(RFC1705)を用いた全モジュールの時刻同期の機能も導入する必要がある。

5.2 ケーブルの配線

UTP の Ethernet を用いた場合、配線が困難になるという問題が発生する。この問題を解決する方法としては、例えば 10BASE-2 のような数珠つなぎの配線が可能な方法を採用する方法がある。また、表示モジュールに二つ以上の Ethernet インタフェースを持たせて、ブリッジとして機能させる方法が考えられる。この方法だと、UTP の配線は隣接するモジュールとの間だけで良い。更に Link 層でのパケットのやりとりで、後述するようなトポロジ検索も可能になるかもしれない。加えて表示モジュールが IP 化されていれば、無線 LAN を導入することも容易であろう。

5.3 Plug and Play

保守コストを下げるためには、表示モジュールの設置や交換が容易に行なえる必要がある。そのためには、格子状に配置された表示モジュールが全体の中でどの位置に設置されているかを自動的に検出する方法を用意しなければならない。

例えば全表示モジュールの上下左右に、発光素子と光センサを取り付ける。あるモジュールの素子が発光した時に、どのモジュールのどの方向のセンサが反応したかをネットワーク経由で交換することを繰り返せば、自律的にメッシュの情報を構築できる。同様の方法として、極近距離でのみ利用可能な無線通信で、電波強度を調べて隣接モジュールを調べるという方法が考えられるだろう。

6 おわりに

災害時などを想定した広報用の表示装置が必要であることと、これを用いた情報提供がインターネット上の情報をシームレスに用いられる必要があることを述べた。これを実現する方法として、磁気反転式表示板を用いた大型表示装置と、その制御システムを実装した。

現在さまざまなセンサに IPv6 を割り当てて情報収集を行なう試みなどが行なわれている。センサが遍在するのであれば、表示装置も遍在するべきである。通常は日常的生活情報などを提供している街角の表示装置が、災害などの非常時にはライフライン情報の提供インフラへと瞬時に切り替わるのである。今のところ日本ではこのような情報提供インフラが整備されているとはいえないが、今後の需要は見込めるだろう。無論そのような情報提供ネットワークの制御を悪意を持って奪われたら混乱を引き起こすため、安全な運用技術を同時に検討していく必要がある。

謝辞

本論文の執筆にあたり、ハイウェイ・ツール・システム株式会社の岡本清嗣氏と松田一郎氏からは、有益な情報をコメントを頂いた。ここに感謝する。

参考文献

- [1] 井澤志充, 木本雅彦, 多田信彦, 三輪信介, 大野浩之, 篠田陽一, 「JIA システムの現状とその課題」, コンピュータソフトウェア VOL.18 NO.6, 2001 年 11 月
- [2] 木本雅彦, 川部勝也, 松田一郎, 大野浩之, 「災害時に適した情報表示装置とその制御機構の設計と実装」, 情報処理学会 DSM 研究会, 2000 年 5 月
- [3] Electrical Characteristics of Generators or Receivers, Document Number: EIA RS-485, Electronic Industries Alliance, 01 Apr, 1983
- [4] 木本雅彦, 大野浩之, 「自立運用ネットワークの管理を支援する統一環境の構築」, 情報処理学会論文誌, 2004 年 1 月号, Vol. 45, No. 1, pp 24-32