

遠隔地ミラーリングを考慮した災害情報ネットワークシステム

越後 博之[†] 湯瀬 裕昭[‡] 干川 剛史[§] 高畑 一夫^{*} 柴田 義孝[†]

岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科[†] 静岡県立大学経営情報学部[‡]

大妻女子大学人間関係学部[§] 埼玉工業大学人間社会学部^{*}

筆者らはこれまでに、災害時に住民が双方向に情報伝達が行えるよう、無線 LAN 環境を用いた防災・災害情報ネットワークシステムを構築してきた。しかし、分散させたデータベースサーバを統合化する中央サーバが単一のため、災害時の耐故障に必ずしも対応していないことが問題となっていた。そこで本研究では、防災・災害情報システムのコアとなるサーバのデータを、高速専用回線を用いて遠隔地にミラーリングすることにより、災害時における対故障性を向上する情報基盤の枠組みについて提案を行う。それと同時に、システムのうち安否情報データベースシステムについて、遠隔地ミラーリングを考慮した機能拡張について述べる。

A Disaster Information Network System in Consideration of Remote Data Mirroring

Hiroyuki Echigo[†], Hiroaki Yuze[‡], Tsuyoshi Hoshikawa[§],

Kazuo Takahata^{*}, Yoshitaka Shibata[†]

[†] Graduate school of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

[‡] School of Administration and Informatics, University of Shizuoka

[§] Faculty of Human Relations, Otsuma Women's University

^{*} Faculty of Human and Social Studies, Saitama Institute of Technology

So far, we have constructed a disaster information network system using wireless LAN by which the residents can interactively communicate by voice and video and resister their safety information to the distributed databases when the disaster happened. However, since the central resident safety information server which integrates the distributed databases is single, there is no fault tolerant function to protect against trouble on the disaster. In this paper, we propose a framework of disaster information environment to improve fault tolerance for the central disaster information server on the disaster and also describe the extended function by a remote data mirroring technique for the central resident safety information server using the wide area and high-speed network.

1. はじめに

わが国は環太平洋火山帯に属し、火山活動が活発で、地震も多く発生する災害国である。災害が発生した場合、被災地住民は不自由な避難所生活を余儀なくされる。その避難所運営をはじめとした災害時態勢を円滑に行うためには、行政、被災者、そして災害ボランティア間の十分なコミュニケーションが必須となる。しかし現実には、1995年1月の阪神淡路大震災、2004年10月の新潟県中

越地震と大規模な地震のたびに情報伝達手段の不備が指摘されている。また、被災地外からの安否確認は災害発生後に頻りに問い合わせが起き、これを十分に処理することが災害発生時における初動の要となる。さらに、救援物資やボランティアの受け入れを手際良く処理するためには、ボランティアコーディネータが使うに足りるシステムと回線が必須である。このように、被災者や災害ボランティアが自由に使える通信手段が求められている。これまでの災害発生時における住民の通信手段としては、

固定電話や携帯電話が、電波を用いたラジオ・テレビなど一方向な情報伝達手段が主であった。しかし電話網は、災害時には安否確認を行う被災地外からの一斉発信によって輻輳が発生しやすく、災害時の連絡手段として確実性に欠ける。マスメディアによる情報伝達に関しては、確実な情報伝達が期待できるものの、被災地住民側にとって十分な情報とは限らず、個々の通信連絡としては使用できないといった問題点が挙げられる。

そのような中、インターネット技術の普及や高速無線 LAN の導入により、個人にとっても制約のない多様な情報伝達が双方向に行えるようになってきた。また、モバイルコンピューティングの普及により、多くの市民が日ごろ使い慣れた端末で、情報発信・受信できることも可能な状況になってきた。そのような背景の下に、本研究室において「岩手山防災・災害情報ネットワークプロジェクト」をスタートさせ、これまで、無線 LAN 環境をベースとした双方向ビデオ通信機能、資源管理システム（RMS）、安否情報ネットワークシステムを構築してきた[1][3]。本研究ではさらに、防災・災害情報システムのコアとなるサーバのデータを、高速専用回線を用いて遠隔地にミラーリングすることにより、災害時における対故障性を向上する情報基盤の枠組みについて提案を行う。それと同時に、システムのうち安否情報データベースシステムについて、遠隔地ミラーリングを考慮した機能拡張について述べる。

2. 広域防災・災害情報ネットワーク



図 1：システム概念図

本システムは、図 1 のように岩手山周辺地域に無線 LAN 及び有線 LAN を混合させた通信環境が、各自治体の協力の下整備されている。具体的には、独立行政法人・情報通信研究機構（以下、NICT）岩手 IT 研究開発支援センターを基点に、滝沢村・玉山村・雫石町・松尾村・

西根町の 5 町村を無線 LAN や通信キャリアの有線で接続し、災害時に避難所として各地域の拠点となる公共施設に、データベースサーバと Web サーバを設置している。

避難所から防災中央センターまでは無線 LAN を主体としたネットワークを構築する。無線 LAN による構築のメリットは安価でかつ高速なネットワーク基盤を実現することが出来、また、物理的断線の心配がないことも無線環境の大きなアドバンテージである[1]。さらに、重度の故障の時は無線通信機器を搭載した移動中継車を利用することにより通信環境の維持が可能となる[2]。これらの理由により、無線 LAN 環境は、災害時における可用性が高いシステムであると考えられる。

3. システムアーキテクチャ

災害発生直後には、安否情報の問い合わせが殺到することが予測できる。災害直後は、地震でサーバ本体が倒れたり、火山噴火による火砕流・土石流でネットワーク回線が断線したりと、サーバ廻りの故障が考えられやすい時である。しかし、災害情報交換の必要性は、復旧を待たずして高まることが必須である。

災害時の頑強性向上のためには、サーバの分散を行って冗長性を高める方法がある。そこで問題となるのがシステムの分散法である。

分散データベースの採用により得られる利点として、利用者が、システムが分散しその恩恵に与っていることを意識せずに、論理的にひとつの「システム」として使用できることが挙げられる。

そこで本システムでは、地震・火山噴火・水害などあらゆる災害時に設けられる「避難所」に着目した。各市町村にある避難所ごとに安否情報を収集し、都道府県単位で設けられる防災中央センターにおいて各避難所の安否情報を統合する 2 段階層をもったシステム構成となっている。避難所には利用者となる被災者が集まり、また実際にシステムの管理を行う災害情報ボランティアも配される。地域に元々あるコミュニティ単位で情報を収集し、その情報を上部に上げていく、ボトムアップの情報伝達フローを想定している。また、この階層構造により、県単位で行われている統合化処理を広域行政圏単位に分散したり、新たに全国規模に拡大したりといったことも可能となる。実際の情報の参照を行うときも、検索キーとなる被災者の所在地ごとにサーバを分散する形をとることが出来る。

そして、都道府県単位の防災中央センターのサーバが被災した場合を想定し、遠隔地にバックアップ用途のサーバを設置する。これは、防災中央センターサーバが何らかの原因で障害が発生した際に、その代替を果たすこ

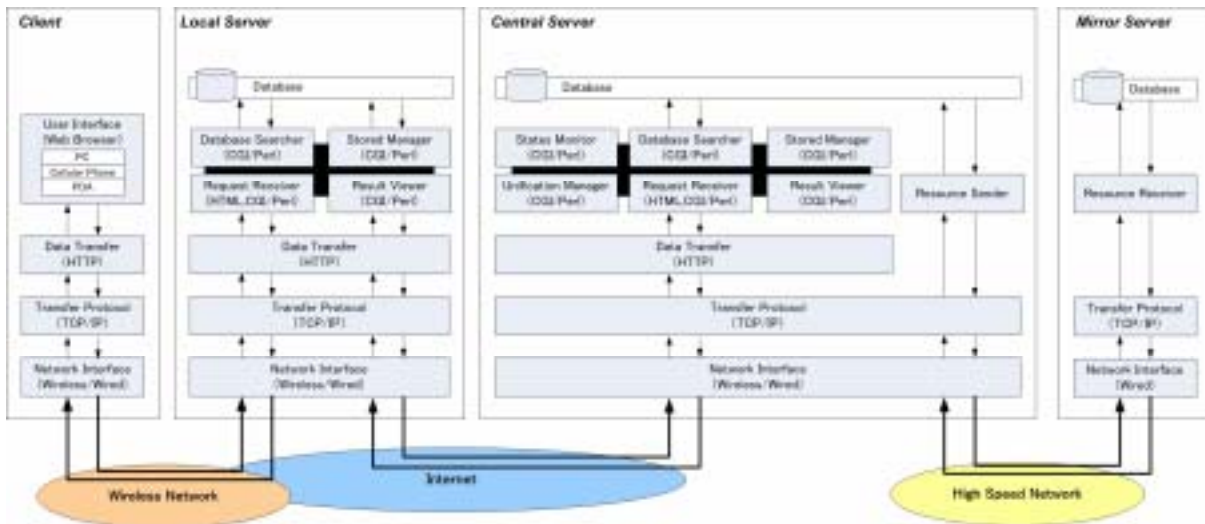


図 2：システムアーキテクチャ

とを目的として設置されるものである。

以上を踏まえて、システムアーキテクチャの設計を行った。本システムは図 2 で示すように、

- クライアント
- 各避難所サーバ（ローカルサーバ）
- 広域地域毎の中央防災センターサーバ
- 遠隔地のバックアップサーバ

と、分散配置されたものになっている。

各サーバの機能に関して以下で述べる

クライアント

クライアントにおいては、モバイル PC や GPS 携帯電話の Web ブラウザを利用して、情報の登録・検索のためのインターフェイスを提供する。

各避難所サーバ

各避難所サーバにおいては、クライアントより検索モジュールにて安否情報の検索要求を受取り、クエリを発してその結果を受取り、返答をクライアント側へ返す。登録モジュールでは、安否情報の登録を行う。GPS 携帯電話の場合には、緯度経度情報も同時に登録する。また、登録した安否情報の更新も可能である。結果表示モジュールでは、クライアントにメニューを提供し、情報の登録、検索、詳細表示を選択する画面を HTML 形式で提供する。安否情報はリレーショナルデータベースに登録しており、高速な検索と統一した管理を可能としている。データベース内には、住民の安否情報を格納するテーブルのほかに、避難場所、安否の状態、性別、GPS により取得した位置情報を定義したテーブルをもつ。

防災中央センターサーバ

各避難所サーバと同様、安否情報を格納するデータベースと、データベースへの登録・参照を行うモジュールをもつ。データベース内部は各避難所にあるデータベースと同様、住民の安否情報を格納するテーブルのほか

に、避難場所、安否の状態、性別、GPS により取得した位置情報を定義したテーブルをもつ。また、各避難所サーバへのゲートウェイ的な存在として、避難所を選択するメニューを状態管理モジュールに問い合わせた上で一覧を表示する。状態管理モジュールでは、各ローカルサーバに障害が起きていないかどうか、チェックを必要に応じて行う。TCP パケットによるネットワーク導通確認から、データベースデーモン、Web サーバなどのサービスデーモンが落ちていないかどうかの確認まで幅広く行うようにする。各避難所サーバがダウンした時には中央サーバがバックアップ機能を果たす。その実現のために統合モジュールにおいて、各避難所のデータベースに要求を発生し、データの統合化を行う。

また、この防災中央センターサーバ故障時対策として、格納した安否情報などのデータを高速回線に対して一括して遠隔地へミラーリングを行う。

遠隔地ミラーサーバ

遠隔地からミラーリングされてきたデータを受け取り、緊急時に代替できるようデータベースをスタンバイ構成とする。防災中央センターサーバ故障時には被災地外からの安否情報照会に対応する役割も代替する必要があるため、その他のモジュールに関しても防災中央センターサーバと同様の構成をとる。

ネットワーク

各サーバ間では、通常のインターネット網とワイヤレス環境を混在したネットワーク環境とする。多くの手段を併用することにより、できる限り情報伝達手段を確保する。ネットワークインターフェイスと各種サービスの間は、TCP/IP、UDP/IP を用いる。一般に使われているプロトコルであり、上位層のプロトコルに関しても多くのものが実際に動き、実績も十分である。災害情報サービスを提供する際には、HTTP を用いる。Web ベースで

提供することができるため、利用者が普段使い慣れた環境での情報交換が可能になっている。

4. 頑強性の向上

本研究における安否情報システムは、災害時の実運用に主眼を置いており、そのためシステム全体の頑強性を考慮している。頑強性の実現について以下に記す。

通常時データフロー

ここでは、サーバが全台稼動している状態時の、データフローについて述べる（図3）。

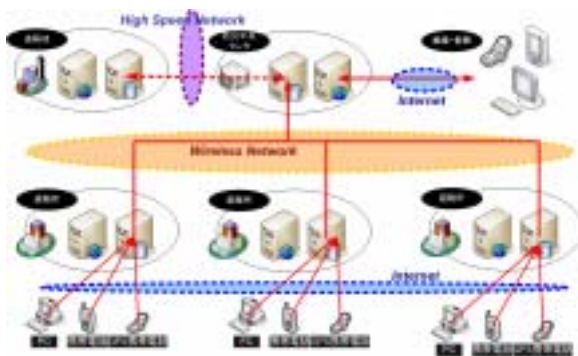


図 3：通常時のデータフロー

まず、利用者は防災中央センターの Web サーバにアクセスし、そこで登録する市町村ごとに Web サーバ上の CGI によって提供される自動転送モジュールを含んだサーバリスト生成モジュールにより、存在する各避難所サーバへのリンクが利用者に提供される。利用者はそれを選択した後に、登録をしようとする各市町村のサーバへの登録作業を行うこととなる。

被災地外から安否情報の検索を行う際も同様の手順を踏むことになる。探したい人が居住している市町村をメニューから選択し、各避難所のサーバをそれぞれ検索することとなる。探したい人がいる市町村が分からない場合には、統合された全市町村版のものを検索することも可能である。

これら一連の利用者検索法により、利用者に「サーバが物理的に分散されている」ことを意識させることなく、分散データベースの統合化を実現している。

統合化機能は、全避難所の安否情報を横断的に検索するのみならず、各避難所のサーバが故障した際は、それまでに登録されたそのサーバが故障した避難所の安否情報を防災中央センターサーバで提供するバックアップの目的も果たす。

ローカルサーバ故障時データフロー

避難所に設置していたサーバが故障した際のシステムの運用について述べる（図4）。各避難所のサーバは常

時、防災中央センターのサーバからポーリングされ安否情報が収集され防災センターのデータベースに統合されている。



図 4：ローカルサーバ故障時

被災地外の利用者は、この防災中央センターのデータベースに対して Web サーバ、アプリケーションサーバを通じてアクセスすることにより、各避難所のサーバが故障せず稼動している時と同等に、安否情報の検索・参照が可能になっている。各避難所のサーバが故障した際は、自動転送モジュールがサービス提供の有無を判断した後に、安否情報サーバの提供が確認できなかった場合には防災中央センターのデータベースサーバへのアクセスが可能な URL を提供する。自動転送を行う判断方法としては、TCP パケットを Web サーバを提供する 80 番ポートに送信し、実際に送信が可能であれば Web サーバは稼動していると判断してそのサーバの URL を提供するようにし、送信が出来ないようであれば防災中央センターの URL を提供する形を取る。このように、各市町村に分散した Web サーバ、データベースサーバへのアクセスの前にサービス提供確認を行うことにより、サーバ故障時でも利用者が手動でページを切り替えることをせずとも済むため、一般の利用者にも使い勝手が良いシステムとなっている。

被災地側の住民からも、携帯電話のパケット通信網などインターネットが利用可能であれば、無線 LAN ネットワークがサーバの故障などで利用不可能になったとしても、安否情報の登録が可能になる。

防災中央センターサーバ故障時データフロー

防災中央センターのサーバは、各避難所からの情報を統合している上に、外部からの情報参照の際のインターフェイスとなっているため、このサーバがダウンした際にはシステム全体がダウンしてしまう。そこで図5に示すように、高速専用回線を使用し、各避難所から統合したデータベースの内容を、遠隔地に一括ミラーリングを行う。中央サーバ故障時には、そのサーバに本来の中央サーバの機能の役割を代替させることにより、システムが利用不可能になることを防ぐ。

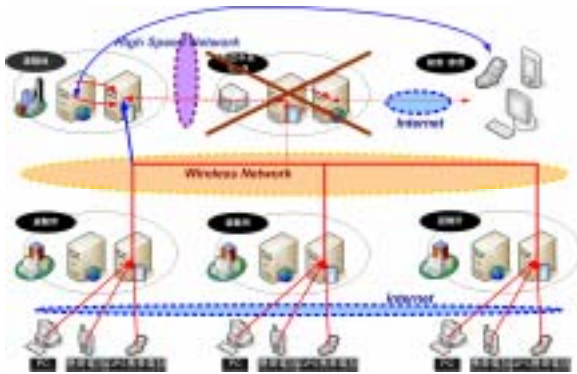


図 5：中央サーバ故障時

5. スケーラビリティの向上

4 節において、サーバを分散させることにより、対故障性を高め、災害発生直後のアクセス集中対策の実現になることは述べてきたが、これだけではシステムの頑強性が十分とはいえない。いくらサーバを分散させて複数台にしても、それでもなおアクセスの集中を処理しきれないのでは意味を為さない。理想的には、万が一負荷が処理しきれなくなった時には、すぐにでもサーバの台数を増やせるような仕組みがあるのが望ましいといえる。しかし、これまでは安否情報データベースシステムの導入には、それぞれの避難所ごとに直接プログラムソースを変更する必要があった。これでは、負荷分散のみならず、安否情報データベースシステムの可用性にも支障が出てしまう。

そこで、ユーザが管理用のモジュールから、設置に必要な項目を入力して防災中央センターに登録することで容易に設置できる仕組みをつくるものとする。そのために、防災中央センターで統括する各市町村の避難所のサーバを統括するデータベースを、センター側のサーバで持つようにする。避難所管理のデータベースには、これまで存在していた安否情報データベース内の現在位置テーブルを拡張して実現できる。

これにより、サーバにアクセスが集中した場合でも簡単にサーバ増強が可能となるだけでなく、避難所にいるボランティアが避難所に来た被災者を把握するために入力・整理を行うための安否情報サーバの設置、およびその入力した情報の都道府県・防災中央センターでの集約が容易になる。

サーバの新規登録

各避難所の判断により、実際にローカルデータベースサーバを増設するときの流れについて以下に述べる。

1. 必要なモジュールをサーバに導入する
2. サーバ設置通知モジュールをローカルで実行する

3. サーバ設置通知モジュールが、そのサーバの IP、データベースの種類を調べる
4. 調べた情報を、防災中央センターに通知する
5. 通知された情報を、防災中央センターのデータベースに登録する
6. 防災中央センターは、登録された情報に基づいて安否情報の統合作業を随時行う

データベース統合フロー

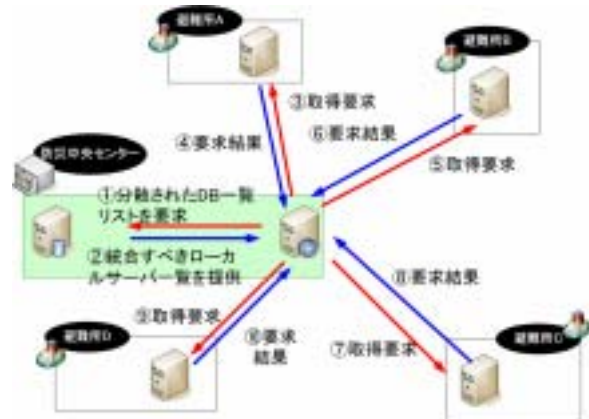


図 6：データベース統合フロー

各避難所を統括する防災中央センターのサーバは、各避難所の安否情報データベースに対しポーリングを行い安否情報の集約を行う。そのデータフローについて図 6 に示す。

まず、同じ防災中央センターサーバ内にある位置テーブルに登録されている各避難所のサーバの場所を取得する。そこで得た、サーバの IP アドレスや RDBMS の種類などの情報に基づき、順々にポーリング作業を行う。

接続要求を最初に行い、接続が確立された場合にはまだ防災中央センターのサーバに登録されていない情報の取得を行う。中央センターには以前統合した時の時間データを記録してあり、その時間以降に登録・更新された安否情報のみ統合化を行う。防災中央センターサーバは以前の統合した接続が確立されなかった場合には、安否情報の統合化は行わず、次の避難所の統合処理へと移る。

以上の処理は、統合発動モジュールによって予め指定した時間になると行われる。

6. プロトタイプシステム

本研究の有効性を確認するために、プロトタイプシステムを構成し機能及び性能評価を行う。本システムは Web サーバとデータベースサーバを使用した。Web サーバには Apache1.3.27 を用いた。また、データベースサーバ (RDBMS) には Oracle 8 を使用した。データベース

からの情報抽出には CGI (Perl) を使用した。Perl を採用したのは高い移植性が期待できるからである。Perl は ActivePerl 5.6.1 を使用している。また、Perl とデータベースとの間のインターフェイスとして DBD-Oracle, DBI モジュールを埋め込み、ネットワーク導通確認には Net-Ping モジュールを使用した。岩手山周辺防災・災害情報ネットワーク部分のサーバは Windows 2000 Server を使用した。

また、各地方公共団体によって異なる情報システムに対応するため、今回安否情報システムを Linux に対応させた。データベースサーバは PostgreSQL, 及び MySQL の両方に対応している。実際に Linux (Kernel 2.4.27) を使用して、データベースサーバに PostgreSQL 7.4.6 を採用したものを設置した。このサーバは三陸沿岸部に位置する田老町町役場にあるネットワーク回線を介しインターネットを経由して、岩手山周辺防災・災害情報ネットワークに接続されている。安否情報要求を処理するアプリケーションサーバ部分には、上記岩手山周辺防災・災害情報ネットワークの安否情報データベースシステムと同じく、CGI (Perl) を用いている。

現在、安否情報データベースシステムを新たに田老町総合防災情報システムの一部として組み込み、そこでの実運用を経て機能評価を行っている。また、Japan Gigabit Network II (JGNI II) 上で、各都道府県サーバのミラーリングが行えるよう、サーバにシステムを導入している段階である、関係機関の協力の下、図7で示すように高速専用回線 JGNI II, インターネット, 無線 LAN を混在させた通信環境において一つのシステムを構築していく。今後において実際に接続実験し、性能評価を行う予定である。



図 7: プロトタイプシステムネットワーク図

7. おわりに

本稿では、災害時にも双方向コミュニケーション可能な情報基盤に関して、現状の問題設定を行った上で、安否情報データベースシステムを基底として、災害時に弾力運用できる情報基盤に関するフレームワークの設計とそれに対応する実装を行った。

今後の課題としては2点ある。まず第1に、対故障性だけでなく、負荷分散を考慮した大規模化の検討である。そのためには、利用者へのインターフェイスとなるサーバ群の冗長化を行う必要がある一方、データベースサーバに関してもスタンバイ状態にしておくのではなく、アクティブ状態にしておくことを考える余地がある。第2に、安否情報以外の各種避難情報を交換するシステムの提供についても考慮していくことである。これに関しては、実際に災害情報ボランティアとして経験のある方に調査を行い、これまで災害の現場で意思疎通し難かったものが伝達されるシステムの開発を行いたいと考えている。

謝辞

本研究を行うに当たり、様々な形で協力頂いている岩手県田老町の皆様、NICT 岩手 IT 研究開発支援センターの皆様にご心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 坂本 橋本 高畑 米本 柴田, “無線通信を主体とした防災・災害情報ネットワークシステム-被災者安否情報の収集と公開機能の設計と実装-”, 情報処理学会 DICO2000 pp583-588 2000年
- [2] 中村 内田 旭 高畑 橋本 柴田, “広域防災・災害情報ネットワークとそのリソース管理”, 情報処理学会第65回全国大会 pp397-398 2003年
- [3] 旭 中村 内田 橋本 高畑 柴田, “被災者の位置情報を考慮した防災・災害情報ネットワークシステム”, 情報処理学会第65回全国大会 pp395-396 2003年