

大規模分散環境におけるロバストネスを考慮した 広域災害情報共有システム

越後 博之^{†1}, 湯瀬 裕昭^{†2} 干川 剛史^{†3}
沢野 伸浩^{†4} 高畑 一夫^{†5} 柴田 義孝^{†1}

大規模災害発生時、行政・住民・ボランティア間の情報交換・共有の必要性が叫ばれながらも、実際にはうまく行うことができなかった事例が数多く報告されている。災害情報システムが、災害時のシステム障害を考慮した情報基盤上に構築されていないため、災害時に使うことができないことが原因としてあげられる。本研究においては、各地域ごとに災害情報システムが運用されていることに着目し、それらのシステムの資源を共有し、災害情報の分散化と統合化を行うことによりシステムの冗長化を実現するとともに、負荷分散も行うことを想定している。そのうえで、災害時にノードであるサーバや通信リンクに発生しうる障害に対し、障害を検知する機構を組み込むことにより、ネットワークの動的再構成を図ることで回避する仕組みを提案する。筆者らは、災害時に実運用可能なシステムのために、全国分散環境の構築を行い、その情報基盤上に、「広域災害情報共有交換システム (WIDIS: WIde-area Disaster Information Sharing system)」を実装した。本システムのロバストネスを考慮した基盤の有効性を確かめるため、性能評価を行いその有効性を確認した。

Wide-area Disaster Information Sharing System with Robustness over Large Distributed Environment

HIROYUKI ECHIGO,^{†1} HIROAKI YUZE,^{†2} TSUYOSHI HOSHIKAWA,^{†3}
NOBUHIRO SAWANO,^{†4} KAZUO TAKAHATA^{†5}
and YOSHITAKA SHIBATA^{†1}

When a large-scale disaster occurs, the information sharing functionality among the administrators, the residents and volunteers is important. However, there were many cases where information sharing was not actually well functioned because the disaster information network infrastructure did not consider the system failure when the disaster happened. In our research, we focus on the fact that the disaster information systems are operated on each local area. The system redundancy is realized by sharing the system resources and integrating the disaster information into a large disaster system while decentralizing the system and network loads. And, the system failure can be recovered by introducing system failure detection function for server failure and link disconnection and dynamically reconstructing the network system. In order to verify the usefulness of the suggested method, we constructed a nation wide disaster information network prototype system over Japan Gigabit Network (JGN2), implemented Wide-area Disaster Information Sharing system (WIDIS) and evaluated its functionality and performance.

†1 岩手県立大学
Iwate Prefectural University

†2 静岡県立大学
University of Shizuoka

†3 大妻女子大学
Otsuma Women's University

†4 星稜女子短期大学
Seiryō Junior College

†5 埼玉工業大学
Saitama Institute of Technology
現在、株式会社ウイルコム
Presently with WILLCOM, Inc.

1. はじめに

日本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において、災害の経過に沿った情報の伝達・交換が必要不可欠である。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等、

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。

災害時においては、災害の経過とともに必要とされる情報の伝達交換が重要である。しかし、大規模災害発生の際、情報共有に失敗したことで被災地住民・ボランティア-行政間の連携に支障をきたした事例が多く報告されている。その原因としては、電話網の輻輳により通信手段の確保ができなかったことや、情報共有をスムーズに行うことのできるシステムが存在しなかったといったことがあげられる。

これまでの災害発生時における通信手段としては、固定電話や携帯電話等の電話網が、電波を用いたラジオ・テレビ等、1方向な情報伝達手段が主であった。しかし電話網は、災害発生直後には安否確認を行う被災地外からのいっせい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あげられる。

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、多くの人が日ごろ使い慣れた端末で、情報発信・受信することも可能な状況になってきた。

本稿では、被災地住民・災害ボランティアが利用可能な、広域災害情報共有システムの構築について述べる。災害時情報システムのロバストネスを向上させるべく、冗長化のためのスケラビリティ向上、ならびに分散化・統合化の仕組みの提案を行う。あわせて、そこで述べた方法論に基づいて構築中のプロトタイプシステムについて性能評価を行い、その有効性について述べる。

2. 従来研究

筆者らはこれまで、岩手山周辺地域に無線 LAN および有線 LAN を統合した通信環境を構築し、その上に安否情報システムを開発、避難訓練等を通じてその有効性を確認してきた。

無線 LAN による構築には、安価でかつ高速なネットワーク基盤を実現することができること、そして、物理的断線の心配がない等の長所がある¹⁾。さらに、通信路の切断や機器の破壊のときは、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、災害時における情報通信システムの可用性を高めることができる。

あわせて、筆者らはウェブ技術による安否情報システム構築を行った³⁾。ウェブ技術によるシステムは、クライアントを PC・携帯電話・PDA と幅広く扱うことができる。そのうえ、近年のインターネットの普及により、利用者にとっても違和感なく利用可能であることから、多くの災害情報システムがウェブ技術により開発されている。

安否情報等の災害情報を共有・交換する取り組みは様々な機関で研究・導入がなされてきている。なかでも、通信事業者は数多くの取り組みを行い、運用事例も多くなってきており、災害用伝言ダイヤルサービスや災害用ブロードバンド伝言板の運用も開始されたが、災害時の運用事例がまだなく、アクセス集中にどの程度耐えられるかは未知数である。

また、各携帯電話事業者は災害用伝言板サービスを提供しているが、異なる事業者間では情報検索が困難である。

一方で、特定の通信手段によらない、インターネットを用いた災害情報システムも多数研究されている。

災害情報システムは、特定多数を対象にしたものと、不特定多数を対象にしたものに分けられる。前者の代表的なものとしては、静岡県立大学安否情報システムがある⁴⁾。後者の代表的なものとして、IAA Alliance による「IAA システム」がある⁵⁾。また、地方公共団体による災害情報システムの開発も進んでおり、これには埼玉県彩の国災害時伝言板ネットワークシステムや兵庫県フェニックス防災システムがある⁶⁾。

これらのシステムでは、ネットワークの切断や通信機器の故障等の障害、負荷集中に対しては、すべてを同時に考慮されていない。

一方、災害時に通信経路を確保する研究として、文献 7) では、無線 LAN を用いた安否情報システムを提唱している。文献 8) は、無線 LAN と RFID を併用したネットワークの提案を行っている。また、無線 LAN によるアドホックネットワークを活用した研究例が存在する⁹⁾⁻¹¹⁾ が、これらの研究では、転送効率を重視するために特別な機器を必要としていたり、すべてのノードに実装が必要となる等、災害時における実用性には疑問が残る。また、これらのシステムにおいては、転送路確保というネットワーク部分のみに注力しており、実際の災害現場におけるニーズに十分対応できるかどうかの評価はなされていない。

本研究では、災害時に実運用可能な防災・災害情報ネットワークシステムを目指し、その提案と実装を行

う。とりわけ、災害ボランティアが中心となり、自治体災害担当者・被災地住民・ボランティア間での情報共有を行えるためのシステムのため、通信キャリアやインターネットサービスプロバイダの通信状況に左右されない、自前で措置可能な情報通信基盤の構築を目指している。そのためにまず、災害時に得られた現場での知見をもとに、災害情報共有システムに必要な要件の定義を行う。そして次に、具体的な方法論として、冗長化構成による可用性の向上と、資源の動的再構成による障害箇所の分離による、耐故障性の向上について述べる。

3. 災害時に求められるシステムの機能

災害時に使うことを想定したシステムには、以下のような機能が必要とされてくる。システムの要件について以下に記す。

(1) 耐故障性

災害時には、システム上のノード(サーバ、ネットワーク機器)やリンク(通信回線)の故障・断線が想定される。災害によって故障が発生した場合に、その箇所を検知する仕組みとその箇所を分離して使用可能にし続けることが必要となってくる。数箇所故障しても、故障していない箇所だけでシステムを継続運用できる耐故障性の考慮が必要である。

(2) 可用性

災害による故障は避けられない場合もあり、災害時故障に対応したバックアップを設ける冗長化が必要である。システムが収集すべきデータの冗長化はもちろんのこと、リンクもできるだけ多く冗長化し、通信が途切れてしまう可能性をできるだけ軽減することが望ましい。障害発生時には、代替サーバで迅速な復旧を行うことができるように、システムを設計する必要がある。システムの障害検知と分離だけではリカバリが不可能な場合には、人手で復旧することも考慮に入れる必要がある。

(3) 信頼性

災害時には、被災住民の精神状態が不安定であり、デマの流布による異常行動が発生しやすい。それを防ぐために、信頼ある機関・人が改竄されることなく、情報を適切に行きわたらせることが必要となる。そのために、いたずら等による書き込みを公開しないようにする機能が必要になる。

また、災害情報は時間の経過とともに変化する。その日正しかった情報が、次の日に正しい情報とは限らない。たとえば、電気、水道、ガス等のライフライン情報や、道路交通状況等は、時間とともに変化する。こ

のような場合、書き込まれた日時を記載し、かつその掲載情報に一定の有効期限を設けることが必要となってくる。

(4) スケーラビリティ

冗長性を確保し、負荷分散を実現するために、必要ときにサーバを増強できるスケーラビリティの高さが必要であるといえる。災害発生直後には、安否情報を求める被災地外からの問合せが殺到し、平常時の何十倍となるようなトラフィックが発生しうる。そのトラフィック量を事前に想定することは難しく、臨機応変に対応できることが望ましい。また、サーバ増強時には、データの一貫性制御についても考慮し、消した情報の流出を防ぐ必要がある。

(5) ユーザビリティ

災害時には、被災地住民が必要とされる情報は得られにくい。したがって、被災地住民がシステムを使うことにより、情報を発信できたり、取得できたりすることが望ましい。そのためには、できるだけ多くの人利用可能な、ユーザビリティに優れた使いやすいシステムの開発が求められる。

本研究では、自治体災害担当者や災害ボランティアがイニシアティブをとって情報共有・交換を行うことを前提にしている。筆者らは、災害現場の実態調査や避難訓練結果の検証から、システムの基本要件として以下の8つを考慮した¹²⁾。

- (1) 災害時に短時間で立ち上げられること
- (2) 運用に多くの人手を必要としないこと
- (3) 住民が必要とする情報を分かりやすく提供できること
- (4) 情報の取得や提供が効率良く行えること
- (5) アクセス集中に備えて負荷分散が可能であること
- (6) できるだけ既存の資源を活用して低コストで実現できること
- (7) GISシステムとの連携
- (8) 連発する各種災害への対応

以上の要件定義を基にして、災害時を想定した情報基盤上における、災害現場のニーズに応えるシステムの構築を行う。

4. システム構成

本研究における防災・災害情報ネットワークシステムでは、災害時に設けられる避難所での使用を主体とし、被災者、および災害ボランティアが自由にコミュニケーションを行えるシステムを目指している。

災害発生直後には、災害情報の問合せが殺到するこ

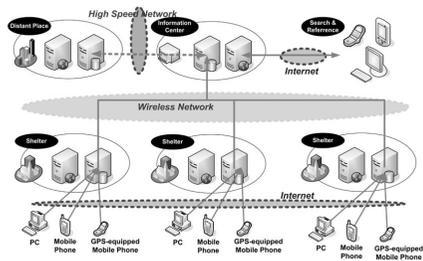


図 1 システム構成図

Fig. 1 System configuration.

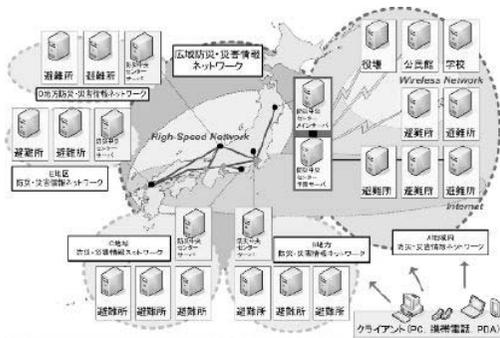


図 2 ネットワーク構成図

Fig. 2 Network system configuration.

とが予測される。災害直後は、サーバ本体が倒れたり、ネットワーク回線が断線したり、一番サーバの故障する可能性が高い。しかし、災害情報共有・交換の必要性が最も増すときでもあるので、システムのダウンは極力避けなければならない。

災害時のロバストネス向上のためには、まず第 1 にサーバを分散させる必要がある。

そこで本システムでは、地震・火山噴火・水害等あらゆる災害時に設けられる「避難所」に着目し、各市町村にある避難所ごとに災害情報を収集し、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災害情報を統合する 2 段階層を持ったシステム構成となっている(図 1)。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、その情報を上部組織に集約するという、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現在地ごとにサーバを分散する形をとることができる。

以上をまとめると、図 2 のようなネットワーク構成となる。末端の避難所に無線ネットワーク環境による

情報伝達を図り、地域防災中央センターに情報を集約し、高速専用回線およびインターネット網を通じて全国に情報のミラーリングを行う。情報を参照したい場合にはインターネット網を使うという、通信手段を複数混在させた確実性の高い大規模ネットワークとなる。

- 本システムは図 1 で示したように、
- クライアント(モバイル PC, 携帯電話, PDA 等)
- 各避難所サーバ(ローカルサーバ)
- 広域地域ごと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、分散配置している。

各サーバの機能に関して以下に述べる。

(1) クライアント

クライアントにおいては、モバイル PC や携帯電話、PDA のウェブブラウザを利用して、情報の登録・検索のためのインタフェースを提供する。

(2) 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で災害情報の検索要求を受け取り、クエリを発してその結果を受け取り、返答をクライアント側へ返す。登録モジュールでは、災害情報の登録を行う。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、登録した災害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提供する。各種災害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。

避難所のサーバは、避難訓練で活用したり、他のシステムと共用したりする等して、平素から設置しているものと、災害時に現地へ入ったボランティアコーディネータにより設置するものに分けられる。後者のサーバの場合は、設置時に中央サーバに登録作業を行い、統合対象として加えられる。

(3) 防災中央センターサーバ

各避難所サーバと同様、災害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持つ。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うえで一覧を表示する。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、必要に応じてチェックを行う。ネットワーク導通確認から、サービスデーモンが正常待機状態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とき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

ルにおいて、各避難所のデータベースに要求を発行し、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、格納した災害情報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。

(4) 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情報照会に対応する役割も代替するため、その他のモジュールについても防災中央センターサーバと同様の構成をとる。

(5) 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フェースと各種サービスの間は、TCP/IP, UDP/IP を用いる。災害情報サービスを提供する際には、HTTP を用いる。ウェブ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。

5. システムアーキテクチャ

5.1 方法論

先に述べた、システムの要件を満たすために取り入れる実際の方法論についてここで述べる。本システムではアプリケーションを実現する情報基盤上でミドルウェアの層を果たす部分として、図3のように3つの機能を実装する。具体的には、Data-Source Manager Plane, Status Monitor Plane, Load-Balancing Plane から構成される。以下、その3つの機構の機能について説明する。

5.1.1 Data-Source Manager Plane

参照先サーバ数を増加させて負荷を軽減しようとする試みは、グリッドコンピューティングによるデータグリッドの分野をはじめとして、数多く行われている^{13)~15)}。多くの箇所にサーバを設置し、それにより冗長化と負荷分散を達成しようという点においては、本稿における Data-Source Manager Plane も同じ立場をとる。

この Data-Source Manager Plane においては、分散、ならびに統合の機能を果たす。

本システムにおいては、地域内の情報システムのサーバの複数化と、地域内の情報を統合したサーバの複製による冗長化を行う。

本システムは、避難所-市町村-都道府県というよう

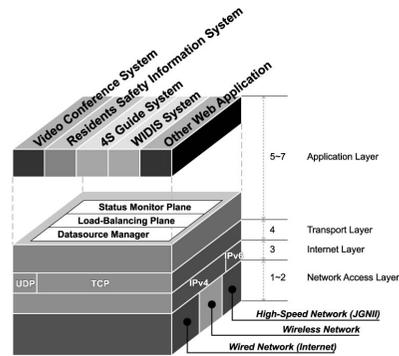


図3 ネットワークアーキテクチャ
Fig. 3 Network architecture.

なボトムアップで情報を上げていく階層化構造をとっており、負荷の分散が可能となる。一方で、下位のコミュニティで入力・収集された情報を、上位のコミュニティ・組織団体へ集約・統合していく仕組みが必要となる。

これについては、定期的なポーリングを上位にあるサーバから起動するようにする。また、必要がある場合には下位のレイヤのサーバから手で上位のサーバに情報を上げることもできるようにする。この統合化手法により、スケーラビリティの向上が可能となる。

具体的な流れを以下に示す。

各避難所を統括する防災中央センターのサーバは、各避難所の災害情報データベースに対しポーリングを行う。

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より、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の種類等の情報に基づき、順々にポーリングを行う。

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。中央センターには過去に統合したときの時間データを記録しており、その時間以降に登録・更新された災害情報のみ統合化を行う。防災中央センターサーバは過去の統合した接続が確立されなかった場合には、災害情報の統合化は行わず、次の避難所の統合へと移行する。

以上の作業は、統合発動モジュールによってあらかじめ指定した時間になると行われる。

都道府県の防災中央センターサーバの情報統合において、サーバが故障した場合には、その都道府県の情報システムが完全にダウンしてしまうという問題点がある。

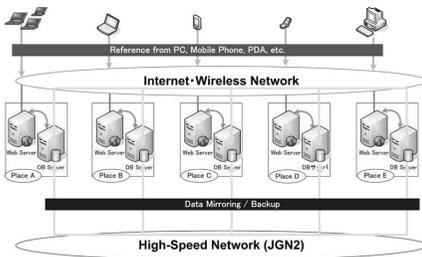


図 4 システム分散の概要

Fig. 4 Redundancy of distributed disaster information network.

そこで、図 4 のようにこれら防災中央センターサーバを冗長化し、全国に分散させることでシステムの可用性向上を図る。

以上に述べた分散化と統合化をあわせて、情報の一貫性を確保する。

5.1.2 Status Monitor Plane

Status Monitor Plane においては、故障検知と分離を行う。災害時には、サーバそのものの動作状態を確認する必要がある。そして、サーバ間やサーバクライアント間を結ぶリンクが切れていないか確認を行う必要もある。そして、故障箇所はシステムから切り離し、なおかつ、切り離された部分がシステムから去ったことによるサービスが提供できないことを防ぐような仕組みも必要である。

この、検知と分離を行うために Status Monitor を導入する。

検知を行う方法は、できるだけどのような環境でも確認を行える方法を採用する。また、切り離しについては、アプリケーションベースでの分離を行う。地域内災害情報ネットワークにおいて下位サーバがダウンした場合には、リンク先を書き換えることで対応する。

また、各地域内災害システムのトップページを提供する都道府県の防災中央センターサーバが故障した際には、そのトップページを提供していたサーバのアドレスを、バックアップのサーバが代行する。

このように障害検知と切り離しを行うことで、耐故障性への対応が可能となる。図 5 で示したとおり、1 拠点でも動作している状況ならサービスの提供が維持できる。

リンクについては、あらかじめバックアップ先の優先順位を定めておき、その順序で接続を試みるものとする。

5.1.3 Load-Balancing Plane

災害発生直後には、災害情報サーバへのアクセス数に従って、負荷が増大し、場合によってはシステムダ

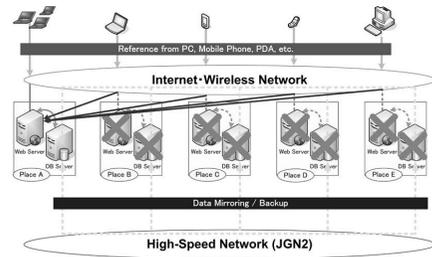


図 5 障害時のシステム概要

Fig. 5 Total system for failure.

ウンを引き起こすこともある。これを防ぐために、負荷分散を行う必要がある。

負荷分散を行う方法としては、商用製品のロードバランサを配置する方法や、リバースプロキシを使う等の方法があるが、本システムでは、Load-Balancing Plane においてシステムの耐故障性向上を優先するため、分散したサーバにそれぞれ違う URI を割り当て、DNS ラウンドロビンによる方法と、DNS リダイレクトを行う方法を併用し^{16)~18)}、参照要求が分散されるような仕組みを採用し可用性を向上させている。

5.2 プロトタイプシステムにおける実装

前節の設計をもとに、以下のようにプロトタイプシステムへの実装を行った。

5.2.1 Data-Source Manager Plane

防災中央センターサーバからのポーリングにおいては、Cron による定期的なポーリングを行っている。その際、Status Monitor によって障害が検出されたサーバに関しては、ポーリング対象としないようにしている。また、このポーリングは手動でシステム管理者が行うことも可能である。

避難所に新たにサーバを設置した際、および災害障害により一時的に途切れた避難所サーバがシステムに復帰した際には、防災中央センターのサーバへ通知を行い、その通知を受けポーリングが行われる。災害情報は時系列で表示されるため、利用者は避難所で登録された最新の情報を入手することができるようになる。

各避難所から情報を統合したサーバの冗長化についてはデータベースでの複製と、ファイルベースでの複製の両方を行う。また、高速専用回線 JGN2 とインターネットの 2 系統でマルチホームイングによる複製を行い、回線の障害に対応させている。

データベースのレプリケーションとしては、いくつかの方法が考えられるが¹⁹⁾、本プロトタイプにおいては、レプリケーション先のサーバが、レプリケーション元のデータベースのバイナリログを読み込みこみ、その内容をもとに、クエリをレプリケーション先のデー

データベースサーバに発行し、データベースの内容の同期をとることを行う。この作業によって、分散化を行っているバックアップサーバ群の内容を一致させる。このレプリケーションは文献 20) でいうところの「更新順序無保証非同期型」に相当する。サーバが遠距離に配置されているため、同期型レプリケーションを採用していない。

ファイルベースの複製では、RDBMS がテーブルを格納しているファイルデータをそのまま `rsync`²¹⁾ によって定期的に遠隔地にコピーすることを行う。バックアップそのものも 2 種類の方法をとることにより、現実性を高めている。高速専用回線を用いてデータミラーリングを行う方法は、筆者らが以前行った WebDAV による転送によるものと形としては同じである²²⁾。

5.2.2 Status Monitor Plane

今回のプロトタイプシステムでは、3 つの方法による障害検知を行う。

最初の方法は、Ping による導通確認である。筆者らは以前、SNMP を用いた RMS (Resource Management System) の開発を行ったが²⁾、今回はより多くの環境下での動作確認を達成するために Ping による導通確認法を採用した。この方法は、サーバの設置場所のネットワークにおいて、ICMP パケットがブロックされないようあらかじめ設定しておく必要がある。

2 つ目の方法は、TCP パケットをウェブサーバが提供される 80 番ポートに送信し、実際に送信が可能であればウェブサーバは稼働していると判断し、そうでないときはシステムダウンと判定する方法である。

以上 2 つに関しては、全国に分散したサーバで Cron により定期的にチェックを行い、導通が確認できない場合には、各サーバが持つ Status Database に状況を記録する。

最後の方法としては、ウェブサーバ、ならびにデータベースサーバへ接続が行えるかどうか、アクセスがあるごとに確認を行うものである。この方法に関しても、状況の変化に応じて Status Database に記録を行う。このような実際にアクセスを行うことによるサービスの監視は文献 23) 等、数多く行われているポピュラーなものである。

切り離しについては、Load Balance モジュールにおいてリダイレクトを行う際に、Status Database に確認を行い、障害のあるサーバにはリダイレクトを行わないようにしている。

5.2.3 Load-Balancing Plane

今回のプロトタイプシステムでは、分散化により耐故障性向上させており、負荷分散に関しては、外部ウ

ェインタフェースを持つ複数のバックアップサーバに、それぞれ異なる URI を割り当て、その URI へのアクセス後、クライアントからのホップ数、ならびにサーバの負荷に応じてリダイレクト実行させている。

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築し、機能および性能評価を行う。

本システムは、災害情報サーバにウェブサーバとデータベースサーバ機能を実装した。

現在、本庄と静岡にサーバを設置することにより遠隔地ミラーリングを実現している。各拠点間のサーバ性能、ネットワーク構成は図 6 のとおりである。情報統合を行う大規模分散サーバ群には、Linux を使用し、ウェブサーバには Apache1.3.31, 2.0.54 を用い、データベースサーバに MySQL4.1.7 を使用した。各サーバの性能については、表 1 にまとめた。

この基盤上で災害時用のアプリケーションとして、従来まで研究を行ってきた安否情報確認システムと、今回新たに開発した広域災害情報共有システム (WIDIS: Wide-area Disaster Information Sharing system) を搭載している。

6.1 安否情報確認システム

安否情報確認システムに関しては、ウェブサーバに Apache のほか、Windows 2000 Server も使用し、データベースサーバに PostgreSQL 7.4.6 や Oracle 8 も用いており、幅広い環境での動作を考慮している。これらのマルチプラットフォームの環境で、岩手山周辺の 4 市町村 (盛岡市、八幡平市、雫石町、滝沢村) や、三陸沿岸の宮古市にサーバを設置し、岩手県滝沢村にある岩手県立大学地域連携研究センターのサーバに情報統合したうえで、静岡県静岡市や埼玉県本庄市のサーバへ分散化を行っている。開発には、CGI (Perl5.8.0) を用いている。

6.2 広域災害情報共有システム・WIDIS

WIDIS に関しては、大規模分散サーバ群である 3

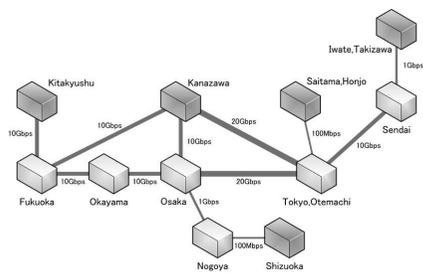


図 6 JGN ネットワーク構成図

Fig. 6 Japan Gigabit Network topology.

表 1 サーバ性能
Table 1 Server performance.

	岩手	静岡	本庄
OS	Linux 2.4.20	Linux 2.4.27	Linux 2.4.27
CPU	Xeon 3.2 GHz × 2	Pentium4 3 GHz	Celeron 2.8 GHz
Memory	4 GB	1 GB	512 MB
Web Server	Apache 1.3.31	Apache 2.0.54	-
DB Server	MySQL 4.1	MySQL 4.1	MySQL 4.1



図 7 広域災害情報共有システム WIDIS

Fig. 7 WIDIS — WIde-area Disaster Inforamation Sharing system.

拠点（岩手県滝沢村，静岡県静岡市，埼玉県本庄市）で分散運用を行い，PHP4.3.10 により開発を行った。

WIDIS においては，被害情報，道路・交通機関情報，避難施設・救援情報，行政機関・防災機関情報，ライフライン情報，生活情報，ボランティア活動・募集情報，物資募集情報，そしてこれらに含まれないその他の情報を取り扱う。安否情報や気象・地震情報等については，他のシステムへのリンクを登録のうえトップページで表示することができ，災害時ポータルとして運用することが可能である。日本各地のあらゆる災害時に対応できるように，災害を複数登録することで，災害ごとにトップページを分けることが可能である。GIS 機能として，国土地理院の「電子国土」を使用し，災害情報表示を地図上に展開したり，災害情報の位置入力を地図を使って指定したりすることが可能になっている。

図 7 にシステムのスクリーンショットを掲載する。

7. 性能評価

これまでに行った性能評価について述べる。

現在，岩手と静岡のサーバが外部に対してのインタフェースを持っている。この 2 つのサーバに対して，Apache Bench²⁴⁾ による過負荷試験を行った。

実験は 2 種類行った。

(1) 実験 1・基本処理能力測定実験

総アクセス数 1,000 とし，同時並行アクセス数を 20 から 260 まで変化させ実験を行う。

表 2 1 秒あたり処理可能なリクエスト数
Table 2 Succeeded request per second.

		静的ページ	動的ページ
岩手	岩手 (LAN 内)	1192.69	648.90
静岡	岩手 (Internet)	196.71	23.41
静岡	岩手 (JGN)	306.98	157.38
岩手	静岡 (Internet)	111.30	21.24
岩手	静岡 (JGN)	109.68	65.42

(2) 実験 2・大量負荷実験

総アクセス数を 10,000 から 100,000 に変化させ，同時並行アクセス数 500 とする。

実験 1 は，災害情報の登録を行うボランティア団体からのアクセスを想定した実験である。実験で設定した数値の根拠としては，2005 年 1 月に行った WIDIS 実証実験時に 8 日間の 1 日あたりの平均として，約 750 のアクセス数，約 54 のアクセス元 IP があり，それらの参加団体が災害時に同時アクセスを行うことを想定し，同時アクセス数を最大 260 とした。

実験 2 は，災害時に外部から災害情報参照のための大量アクセスがあることを想定し，高負荷に対する許容度を測定するために行う。実験で設定する数値に関しては，クライアントで発行可能な接続数を考慮し，数値を決定した。

この 2 つの性能評価実験により，システムの可用性について考察を行う。

実験 1 についての結果が表 2 である。ウェブサーバのみで完結する静的なコンテンツの方が，データベースサーバが関わってくる動的なコンテンツよりも多くのリクエストが処理可能である。また，LAN 経由のアクセス，JGNII 経由のアクセス，インターネット経由の順に，処理能力が低下した。そして，性能的に劣る静岡サーバに関しては，同時並行アクセス数 200 を超えたあたりから処理能力が低下した。

実験 2 に関しては，図 8 のとおりとなった。静岡に設置したサーバに関しては，動的コンテンツにおいて 40,000 アクセス以上のときに処理オーバーしていることが分かった。

これらの実験を通して，必要とされるサーバの性能

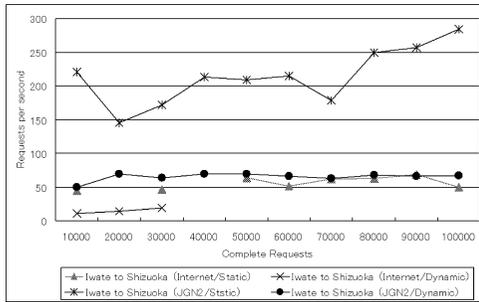


図 8 最大負荷許容実験結果

Fig. 8 High-load experimental results.

や台数を推定するために、災害情報の同期が図られた分散環境下における Data-Source Manager Plane による冗長化と、Load-Balancer Plane による負荷分散にどのように対応すべきかを決定する定量的な把握を行うことができた。Data-Source Manager Plane においては、避難所から防災中央センターまでの階層構造によるスケーラビリティの実現も図られており、アプリケーションで確保された信頼性とユーザビリティを含め、3章で述べた災害情報システムに求められる5つの機能のうち、可用性、スケーラビリティ、情報の信頼性、ユーザビリティの4つまでが達成可能であることを確認できた。

8. 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で、情報の交換・共有ができるシステムのロバストネス向上のための手法について述べた。あわせて、現在開発中のプロトタイプシステムを用いた性能評価について述べた。

今後、拠点サーバが故障した際にフェイルオーバーを行った際の性能、ならびに復旧までにかかる時間に関する評価を予定しており、耐故障性についての有意性を示す。

また、新たにサーバ数をさらに増加させて、大規模災害を想定した性能評価を行う予定である。

謝辞 本研究は、文部科学省の大都市大震災軽減化特別プロジェクト IV-2 重点課題名 1「大都市防災情報システムの提案」大課題名 1-1「ニューメディアを活用した被害情報収集システム」(研究代表者:工学院大学久田嘉章)の一部として行われた。関係各位に深謝する。

参考文献

1) Shibata, Y., Nakamura, D., Uchida, N. and Takahata, K.: Residents Oriented Disaster

Information Network, *Proc. Symposium on Applications and the Internet (SAINT2003)*, pp.317-322 (2003).

- 2) Nakamura, D., Uchida, N., Asashi, H., Takahata, K., Hashimoto, K. and Shibata, Y.: Wide Area Disaster Information Network and Its Resource Management System, *Proc. 17th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2003)*, pp.146-149 (2003).
- 3) 坂本大吾, 旭 秀晶, 中村大輔, 橋本浩二, 高畑一夫, 柴田義孝: 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: 安否情報検索システムの開発と機能評価, *マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集*, pp.67-72 (2001).
- 4) 湯瀬裕昭, 清水澄明, 柴田義孝, 鈴木直義: インターネットによる学生の安否情報確認システムの試作と評価, *日本災害情報学会第2回研究発表大会予稿集*, pp.14-22 (2000).
- 5) Tsuyoshi, E., Fumiko, M. and Hiroyuki, O.: Research and Development for Victims Information Registration and Retrieval System (IAA System) and its Application to Natural Disasters, *Seminar on mathematical sciences*, National Institute of Information and Communication Technology (2005).
- 6) 干川剛史: IT を利用した災害情報共有・交換システムの実態と課題, *大妻女子大学人間関係学部紀要人間関係学研究*, 大妻女子大学人間関係学部 (2004).
- 7) Kamegawa, M., Kawamoto, M., Shigeyasu, T., Urakami, M. and Matsuno, H.: A New Wireless Networking System for Rescue Activities in Disasters - System Overview and Evaluation of Wireless Node, *Proc. 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2005)*, pp.33-87 (2005).
- 8) Osamu, T.: Ubiquitous Communication Technology for Disaster Migration, *Journal of the national institute of information and communication technology*, National Institute of Information and Communication Technology (2005).
- 9) 鈴木龍太郎, 巻幡和久, 磯貝光雄, 荒川佳樹: アドホックネットワークを併用する緊急通信無線網のアクセス方式, *電子情報通信学会論文誌 B*, Vol.J83-B, No.6, pp.814-823 (2000).
- 10) 藤原孝洋, 飯田 登, 渡辺 尚: アドホックネットワークを併用する緊急通信無線網のアクセス方式, *電子情報通信学会論文誌 B*, Vol.J86-B, No.11, pp.2345-2356 (2003).
- 11) 織田将人, 上原秀幸, 横山光雄, 伊藤大雄: 端末の packets 中継機能を用いた安否確認ネットワー

- クの検討, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J85-B, No.12, pp.2037-2044 (2002).
- 12) 干川剛史: 災害時における情報共有・交換のあり方—災害時における IT を活用した情報共有・交換システムづくりへの取り組み, 大妻女子大学人間関係学部紀要人間関係学研究, 大妻女子大学人間関係学部 (2005).
- 13) Lamahamedi, H., Shentu, Z. and Szymanski, B.: Simulation of Dynamic Data Replication Strategies in Datagrids, *Proc. Parallel and Distributed Processing Symposium International, 2003* (2003).
- 14) Canali, C., Cardellini, V., Colajanni, M. and Lancellotti, R.: Performance comparison of distributed architectures for content adaptation and delivery of Web resources, *Proc. 25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*, pp.331-337 (2005).
- 15) Sivasubramanian, S., Alonso, G., Pierre, G. and van Steen, M.: GlobeDB: Autonomic Data Replication for Web Applications, *Proc. 14th International World Wide Web Conference 2005*, pp.33-41 (2005).
- 16) 横田裕思, 木村成伴, 海老原義彦: DNS フィルタ方式によるミラーサーバ選択法の提案と実装, インターネットコンファレンス 2001, pp.121-130 (2001).
- 17) Fei, Z., Bhattacharjee, S., Zegura, E.W. and Ammar, M.H.: A novel server selection technique for improving the response time of a replicated service, *INFOCOM*, pp.783-791 (1998).
- 18) Dille, J., Maggs, B., Parikh, J., Prokop, H., Sitaraman, R. and Weihl, B.: Globally distributed content delivery, *IEEE Internet Computing*, Vol.6, No.5, pp.50-58 (2002).
- 19) Wiesman, M., Pedone, F., Schiper, A., Kemme, B. and Alonso, G.: Understanding Replication in Databases and Distributed Systems, *Proc. 20th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems*, pp.464-474 (2000).
- 20) 中沢淳一, 高橋謙三: 情報通信ネットワークの災害対策, 電子情報通信学会誌, Vol.89, No.9, pp.782-786 (2006).
- 21) Davison, W.: rsync. <http://rsync.samba.org/>
- 22) 渡邊貴之, 湯瀬裕昭, 鈴木直義, 橋本浩二, 柴田義孝: WebDAV を用いた遠隔地間相互データ同期保持システムの構築と JGN 上での評価, マルチメディア通信と分散処理研究報告, pp.109-114 (2002).
- 23) 岩田 浩: heartbeat と MySQL で実現したデータベースクラスタリング環境の構築, *Linux Conference 2004*, pp.CP-13-1-CP-13-7 (2004).

- 24) Foundation, A.S.: Apache Bench.
<http://httpd.apache.org/docs/2.0/programs/ab.html>

(平成 18 年 11 月 13 日受付)

(平成 19 年 4 月 6 日採録)



越後 博之

2005 年岩手県立大学ソフトウェア情報学部ソフトウェア情報学科卒業. 2007 年同大学大学院ソフトウェア情報学研究科博士前期課程修了. 修士 (ソフトウェア情報学). 災害情報システム, 分散システムに関する研究に従事. 2007 年 (株) ウィルコム入社. 現在に至る.



湯瀬 裕昭 (正会員)

1986 年秋田大学鉱山学部電子工学科卒業. 1988 年同大学大学院鉱山学研究科修士課程修了. 工学修士, 1991 年静岡県立大学経営情報学部助手, 1996 年同大学講師, 2002 年同大学准教授, 現在に至る. 防災情報システム, 福祉情報工学, 情報教育, ネットワーク応用の研究に従事. 日本災害情報学会会員.



干川 剛史

1987 年慶應義塾大学大学院社会学研究科社会学専攻修士課程修了. 社会学修士. 1992 年早稲田大学大学院文学研究科社会学専攻博士後期課程単位取得満期退学. 1992 年から 1999 年まで徳島大学教養部および総合科学部で専任講師および助教授. 1999 年より大妻女子大学人間関係学部助教授. 2005 年より同大学大学院人間関係学研究科教授, 現在に至る. 日本社会学会, 日本災害情報学会各会員.



沢野 伸浩

2006年立正大学大学院地球環境科学研究科博士(理学)。(株)環境公害研究センター勤務を経て、星陵女子短期大学経営実務科准教授。現在、GIS・地理情報共通基盤を用いた

災害情報共有システムの開発、大規模海洋汚染問題に取り組む。日本環境アセスメント学会情報副委員長、Pacific Congress on Marine Science & Technology、環境技術学会、日本災害情報学会各会員。



高畑 一夫(正会員)

1973年東海大学第二工学部卒業。同年池貝鉄工(株)入社。1985年東洋大学大学院工学研究科電気工学専攻博士後期課程単位取得退学。1990年信州短期大学専任講師。1994年

同大学助教授。1998年同大学教授。2004年岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科博士後期課程修了。博士(ソフトウェア情報学)。同年埼玉工業大学人間社会学部情報社会学科専任講師。現在、同大学准教授。電子情報通信学会、IEEE、ACM各会員。



柴田 義孝(正会員)

1985年UCLA大学院コンピュータサイエンス学専攻博士課程修了。Ph.D. in Computer Science。1985年から1988年までBellcore(旧AT&Tベル通信研究所)にて専任

研究員としてマルチメディア情報ネットワークの研究に従事。1989年より東洋大学工学部情報工学科助教授。1997年同大学教授。1998年より岩手県立大学ソフトウェア情報学部教授、同大学メディアセンター長。2005年より同大学大学院ソフトウェア情報学専攻主任、現在に至る。電子情報通信学会、感性工学会、IEEE、ACM各会員。