

防災・災害情報の提供を支援するための 資源管理システムの考察

中村 大輔^y 坂本 大吾^y 内田 法彦^y 高畑 一夫^{yy} 橋本 浩二^y 柴田 義孝^y

^y岩手県立大学 ソフトウェア情報学部
^{yy}信州短期大学 経営情報学科

近年、東海沖地震の発生の可能性などが取り沙汰され、防災に関する世間の関心も次第に高まっている。また、無線 LAN や高速ネットワークの普及もあり、ネットワークを活用した災害情報システムの構築も徐々になされつつある。しかし、現在みられる災害情報システムの多くにおいては、ネットワーク網および端末などのシステムリソースが通常時における利用可能性を前提に設計されており、多くのリソース障害が予想される災害時に関して根本的な解決を図っている例は少なく、仮に地震などによりネットワーク網が故障、断線した場合に、災害情報システムが機能しなくなることが想定される。そこで本稿では、システムリソースの故障や断線の危険性がある災害時において、円滑に災害・安否・避難情報を提供できることを支援するために有効な手段を考察し、資源管理システム RMS(Resource Management System) の提案を行う。

A Consideration of the Resource Management System for supporting o[®]er of Disaster Information

Daisuke NAKAMURA^y Daigo SAKAMOTO^y Noriki UCHIDA^y
Kazuo TAKAHATA^{yy} Koji HASHIMOTO^y Yoshitaka SHIBATA^y

^yFaculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University
^{yy}Department of Business Administration, Shinshu Junior College

Since the possibility of catastrophic disasters, such as Tokai O[®]shore Earthquake, is cried for in recent years, the concern about disaster prevention is increasing. A new disaster information system is based on from the spread of wireless LAN or high-speed networks. However, there are few systems which consider the obstacle of a system resource, and provide smooth information o[®]ering at the time of a disaster. In this paper, the RMS (Resource Management System) which supports disaster information smoothly when the disaster with the obstacle of a system resource happen to be is proposed.

1 はじめに

近年、関東大震災以来の大地震と想定される、東海沖地震発生の可能性や、岩手県内においては数年前からの岩手山火山活動などにより、大規模自然災害および防災に関する世間の関心は次第に高まりつつある。一方、無線 LAN や高速ネットワークの普及で、インターネットを活用した災害情報システムの構築もなされつつあり、一部の自治体などではこれらを利用した新しい災害情報システムが導入されている。しかし、ネットワークを活用した災害情報システムの多くは、ネットワークおよび端末など

のリソースが常に利用可能であることを前提に構築され、リソース自体の障害が起こりうることにに関して根本的な解決を図った例は少なく、災害発生時にはほとんど役に立たなかったといった例も少なくない [1]。したがって自然災害により通信ケーブルやサーバなどが断線または倒壊した場合には、情報提供機能が完全に停止するおそれがある。そこで本稿では、災害情報システムを円滑に運用し災害情報を確実に提供する環境を提供するため、災害情報システムの障害復旧を支援する資源管理システム RMS を設計し提案する。

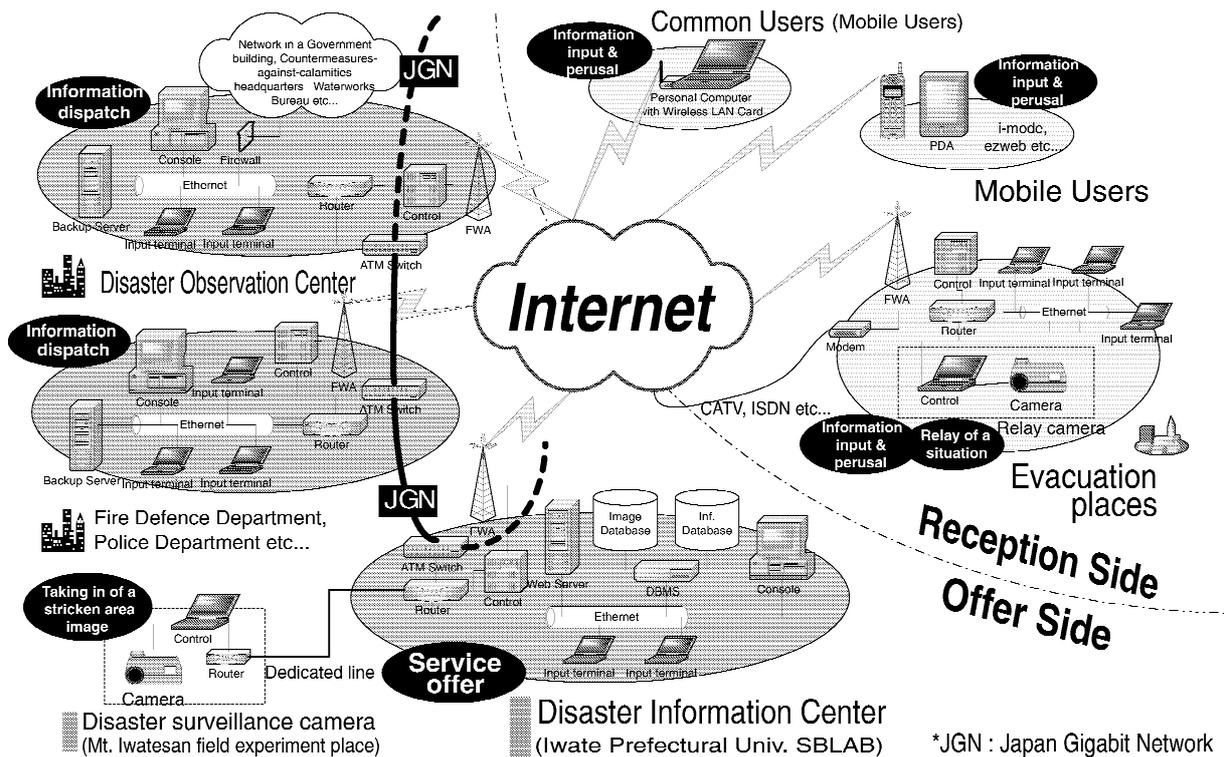


図 1: 広域災害情報ネットワーク

2 災害時に求められる情報

災害発生時前後においては、各方面から必要とされる情報は時間とともに変化する [2](表 1)。

表 1: 求められる情報の時系列変化

対象	要求項目、時期	t_1	t_2	t_x	t_3	t_4	t_5	t_6
被災者	防災情報	△	○	◎	◎	◎	◎	△
	避難情報		○	◎	◎	◎	◎	
	安否情報			◎	◎	◎	◎	
	被災状況			◎	◎	◎	◎	
	交通情報			◎	◎	◎	◎	
	救援物資供給状況			◎	◎	◎	◎	
	サービス情報			◎	◎	◎	◎	
支援者・親族	ライフライン状況			◎	◎	◎	◎	
	行政情報			◎	◎	◎	◎	
	安否情報			◎	◎	◎	◎	
被災者・親族	被災状況			◎	◎	◎	◎	
	救援物資供給状況			◎	◎	◎	◎	

記号	状況	期間	期間番
t_1	通常時	通常期	
t_2	災害予測時	予兆期	
t_3	災害発生時	発災時	発災時
t_4	災害発生直後	避難救援期	発災時～2日
t_5	災害沈静化	沈静化期	3日～2週間
t_6	災害復旧	復旧期	3週間以降～数ヶ月
t_7	復興	復興期	

災害発生後は通常の状態とは異なり、災害が発生すると突然安否確認情報をはじめとする多くの災害関連情報が集中的かつ膨大に要求される。このための過剰アクセスにより通信路が確保できなくなったり、災害によるネットワークやサーバの故障および障害などでシステム稼働しなくなる等の影響のため、災害時に本来の災害情報提供システムとしての役割を果たせなくなる可能性がある。

3 障害時のシステム要件

ネットワークを活用した統合災害情報システムとしては図 1 に示される環境が想定される。本来インターネットを用いる利点としては、共通の TCP-IP

網を利用することによる低コスト化、汎用性、協調性および冗長性などが挙げられる。災害に強い専用のシステムを構築する方法もあるが、コストパフォーマンスの観点より、既存のインターネットを活用し、災害情報システムに転用させる方がより現実的である。したがって、災害発生による障害をいかにして迅速に復旧させるかということが重要である (図 2)。

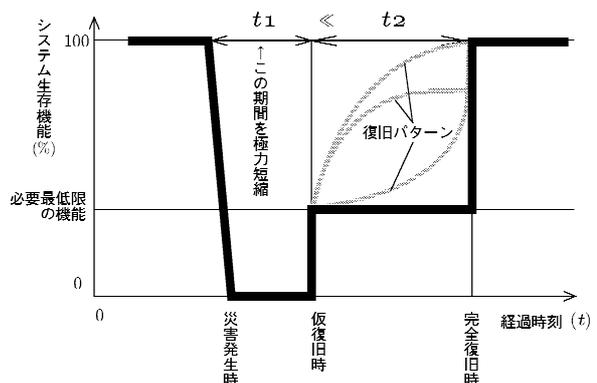


図 2: システム生存機能の推移

3.1 迅速なシステム復旧

災害情報提供システムは、災害関連情報が最も必要とされる発災時およびその前後に確実に機能しなければならない。そこで、最低限必要なネットワーク網の接続性および災害情報提供サーバなどの機能で迅速に復旧を行い、システムが全く機能しない時間 t_1 を極力短縮すると同時に、限られた資源で

災害当事者の通信手段を確保する必要がある(図2)。そこで、本研究では迅速な仮復旧を行うための管理情報の収集システムを提案し、迅速なシステムの仮復旧を行うプロセスについて考察する。

3.2 仮復旧プロセス

災害によるシステムの被害の程度により、障害レベルを以下のとおり分類する。提案するシステムでは、この中で災害が起因し重大なシステム障害を及ぼす重度障害および中度障害における仮復旧に重点をおいている。システムの仮復旧プロセスは、障害レベルにより分類する(図2)。

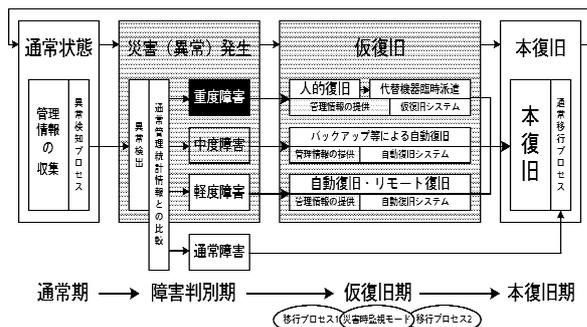


図3: システムの仮復旧プロセス

- 重度障害: ネットワーク、リソースが壊滅的な被害を被り、代替機器が必要となる最悪の状態。(大規模災害で最も考えられる障害レベル)
- 中度障害: 一部の関連機器の故障などによる障害で、バックアップ等で復旧できる場合、もしくは既存のシステムを流用して復旧できる場合。
- 軽度障害(通常障害): 機器およびネットワークをリモートもしくは直接リセット等で復旧可能な軽微な障害および通常のネットワーク障害。
- 通常状態: 災害に起因する障害がない状態。

3.3 災害発生認識

システムが災害発生を認識し、管理者へ通知するプロセスは次のとおり。

- システム情報収集: 通常のネットワーク管理機能、独自のリソース管理システムより通常時のシステムの情報を収集する。
- 異常検知: あらかじめ設定した設定項目に、システムの状態が一致した場合システムは災害が発生したと認識する。
- 障害レベルの移行: 異常検知の内容により、復旧プロセスへ移行するために3つの障害レベルに移行する。
- 管理情報の提供: 各障害レベルに応じて必要な情報を災害情報システム管理者に通知する。

3.4 迅速な仮復旧を支援するための要件

本システムを中心となる機能は、災害による障害が起きた際の迅速な仮復旧を実現するため、従来人手作業だけにより行っていた情報収集および障害判

断を自動で行い、災害の程度に応じた復旧または仮復旧を行うための時間を最小化することである。また、必要に応じて管理情報の提供、管理機能の切り替えなどを行う。したがって本システムでは以下の点に重点をおいている。

- 各障害レベル適応した機能提供
- 通常時と災害発生時のスムーズな移行

3.4.1 各障害レベル適応した機能提供

仮復旧支援の一例として、図4に示すように Network B が使用不能となった状態を想定し、Mirror Server a に常駐している代替サーバ(車載移動サーバ)を派遣して Network B を補完する例を挙げ、各障害レベル適応した機能提供を概説する。

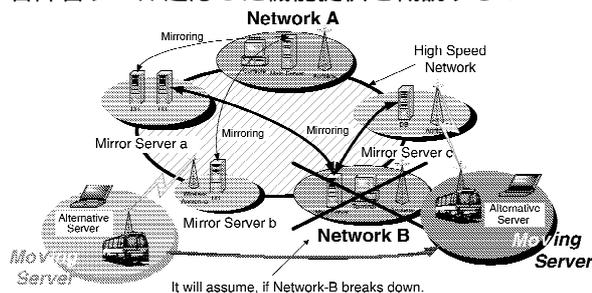


図4: 仮復旧支援機能の一例

- 2 重度障害において仮復旧を行う際、実際の復旧箇所および代替サーバの輸送に、地理情報を活用する。このため、通常のネットワーク管理情報に加え、GPS による位置情報提供を行い、管理者向けに GUI でも表示する。被災箇所の補完には、代替サーバを派遣すると共に、災害発生直後は、空の移動サーバに高速回線でミラーサーバよりデータをダウンロードし、現地に到着後ミラーサーバとのデータの同期をとれる環境を整備する [3]。また、ネットワーク断線の復旧には無線により補完する [5](図3)。
- 2 中度障害においては、一部サーバの倒壊による機能停止を想定しているため、ミラーサーバへの運用切替による仮復旧を行う(図3)。そのため常時データのミラーリングを行い、災害発生時にはいつでもデータが復旧できる状態しておく [3]。
- 2 軽度障害(通常障害)においては、通常のネットワーク管理を適用する。ネットワークが使用できる状態においては SNMP により、システムリソースの負荷状況、機能の稼働状況を把握する。またこれらの情報を GUI 上で表示する。
- 2 通常状態においては、災害発生の判断に活用するための管理情報の収集を行い、災害発生時に障害を検知することで災害発生を認識し、システムの移行を図る。

3.4.2 通常時と災害発生時のスムーズな移行

通常時の管理環境と災害発生時の管理環境とのスムーズな移行を実現を図るため、本システムでは災

害のレベルにより動的にシステムの提供機能を変換する。システム機能の変換を行うタイミングは主に次の3つがある(図3)。

通常期 障害判別期：通常時の管理情報の収集において、異常なパラメータが検出されたとき、あらかじめ設定した項目に該当した場合は自動で障害レベルを判別し各復旧プロセスに移行する。同時に管理者に向けてアラート信号を送信する。自動で判別できないときは、管理者に向けアラート信号を出し、管理情報の提供を行い、管理者が障害レベルを設定した後、各復旧プロセスに移行する。

障害判別期 仮復旧期(移行プロセス)：障害判別期におけるシステムおよび管理者の判断により仮復旧プロセスを起動する。

仮復旧期 本復旧期(移行プロセス)：管理者によりシステムの本復旧を行った旨の通知により通常の運用モードに移行する。

4 資源管理システム RMS の設計

本研究では現在、迅速な仮復旧を支援するための基本機能となる、資源管理システム RMS(Resource Management System)¹の設計にあたっている。このシステムは、重度障害における人為的作業の伴う仮復旧を支援するための管理情報の提供、自動仮復旧プロセスでの判断材料となる基本情報の提供および通常のネットワーク管理に至るまでの機能を提供する本研究における要となるシステムである。次項から管理情報の収集から管理情報の提供に至るまで、RMS の設計概要について述べる。

4.1 RMS の概要

本研究で提案する RMS は、必ずしも災害情報システムに特化せず、通常のインターネットワーク上のシステム管理機能としても運用し、通常のネットワーク管理機能のみならず、リソースそのものに対する管理機能を提供するものである。

4.2 RMS の管理項目

RMS におけるリソース管理項目を、優先度の高い順に以下に示す。

接続管理：リソースの接続状況、稼働状況および稼働機能の確認

位置管理：GPS による地理情報

経路管理：ネットワーク経路情報(稼働中の経路の把握)

トラフィック管理：輻輳状況

最初に接続管理を行い、リソースの稼働状況を調査する必要がある。次に位置管理情報と連携して、

¹本研究で提案する資源管理システムの通称

現在のリソースの稼働状況の分布を把握し、管理者向けに GUI 上でマッピングし管理端末でモニタする環境を提供する。リソースの稼働が確認された後、経路情報を更新し、最終的に経路が確認できた上で、災害関連端末を優先するためにアクセス制限を行うなどのトラフィック管理および制御を行う。

4.3 RMS の構成

RMS の構成を図5に示す。全体としては、管理情報の要求と収集を行う管理サーバと、管理対象における情報収集およびサーバに対する送信を行うクライアントで構成する。この中で、システム管理情報の収集に SNMP を実装し、位置情報の収集に GPS を利用する。加えて、電源管理、無線端末の電波強度計などのリソース管理センサ [6] の搭載も考慮に入れている。また、管理サーバそのものの分散化を図り、災害による管理機能の停止を回避できる。

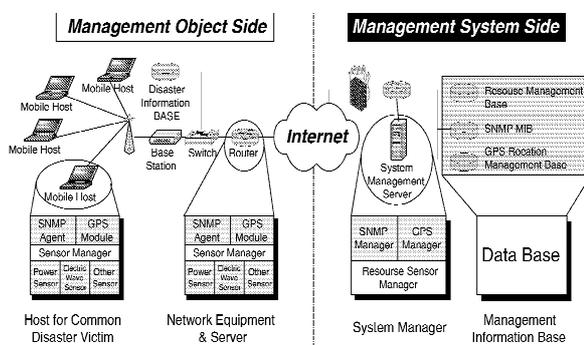


図5: 管理システム RMS の構成

4.4 RMS のモジュール構成

RMS の基本機能モジュール構成を図6に示す。管理システム側と管理対象側で大きく大別され、管理対象側は主に、メインサーバ、ミラーサーバ、移動サーバが該当するが、個人端末、被災者向け避難所端末などもこれにあたる。

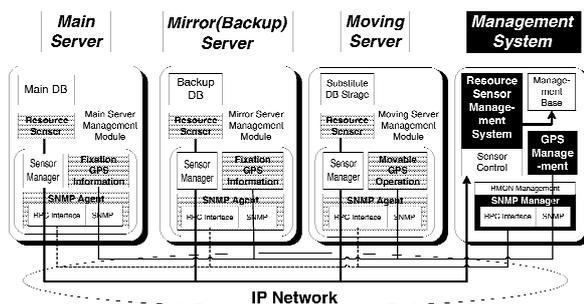


図6: 基本機能モジュール構成

4.4.1 位置管理

位置管理情報の収集にはGPSモジュールを搭載し、管理サーバでデータを収集する。災害情報システムにおける各装置によってGPSモジュールを搭載するか、あらかじめ固定のGPS位置情報を記憶

しておくなど対応が異なっている．それぞれに該当するリソースにあたるものは以下のとおり．

- 2 小型 GPS モジュールを搭載：個人向け無線端末，移動サーバ(およびそれに関わるネットワーク機器)
- 2 固定 GPS 情報を記憶：据置ネットワーク機器，据置管理用端末，据置個人向け端末

なお，一般被災者側端末にも GPS モジュールを搭載しておくことで，被災者の位置管理システムへ拡張も可能である．この場合，安否情報システムとの連携を図ることで，資源管理システムの枠を超え，統合災害情報システムの一部機能の提供も可能である．

4.4.2 ネットワーク管理

本システムにおいてリソース，ネットワークインフラ部分に関する情報は，通常のネットワーク管理で用いる SNMP および ICMP を用いる．なお，SNMP および ICMP による情報収集は，ネットワークが接続可能である状態である通常状態，軽度障害および一部の中度障害に限られる．このため，災害発生時の判断や通常運用時のネットワークの状態を把握するためにネットワーク管理機能を用いる．

ICMP による接続管理：ネットワークの接続状態の確認

SNMP による経路管理：ルーティングマップの作成と接続不良箇所の明示

SNMP によるトラフィック管理：輻輳状況の把握とアクセス制限

避難所等に設置した端末，登録された端末からのアクセスを優先させ，通常アクセス(外部からのアクセス)を制限

4.4.3 資源管理センサ

各端末に必要な管理センサモジュール(温度計，電源管理装置，電波強度計など)を搭載して必要な情報を収集し，管理データベースにセンサ管理情報を集約する．

4.4.4 セキュリティ機能

管理情報の収集の際，ログインページにおいて認証を行うことで，不正アクセスを防止する．なお，IPv6 におけるセキュリティ機能の実現も考慮に入れており，今後 IPv6 環境での実現を図るため検討を行う．

4.4.5 情報提供機能

収集された管理情報は，基本的に WWW を経由してブラウザで GUI 表示できる環境を構築する．表示項目は以下のとおり．

接続管理情報：リソースの接続状況，稼働状況および稼働機能の確認情報を表形式または画像形式で表示

位置管理情報：GPS による地理情報を画像形式でアクセス毎に表示

経路管理情報：ネットワーク経路情報(稼働中の経路の把握)を画像形式で表示

トラフィック情報：輻輳発生箇所を画像形式で表示(位置管理情報と連携し，輻輳発生箇所を強調表示する)

GPS モジュールで収集された位置情報をもとに，管理者向けのリソースマップに端末位置情報をマッピングする．当面は，設置環境における地図データを利用し，その上に当該リソースをドットで表示する．当該ネットワークにローカルネットワークが存在する場合該当するドットをクリックまたは選択することでローカルネットワークの内部の詳細を表示する．また，ネットワーク網に関しては，固定サーバに関してはあらかじめ表示しておき，接続可能，不可能に応じてラインの色を変更し，地図上でネットワークの状態を判断できるようにする(図7)．また，この画像データを圧縮し，携帯電話等でも閲覧できるように配慮する[7]．

さらに，災害時の障害復旧を支援するため携帯電話，携帯端末に表示することができれば現地での対応の迅速化も図れると考えられるため，これら携帯端末にむけた情報提供も考慮する．具体的な方法としては，トラフィック管理に関しては MRTG のトラフィック情報を携帯電話用に画像を圧縮して画面に表示できるようにする，管理情報の統計情報を要約した情報を提供する，ダウンしたサーバの位置情報に関する画像データをトラフィック情報と同様に画像を圧縮して提供するなどといった機能を搭載する．

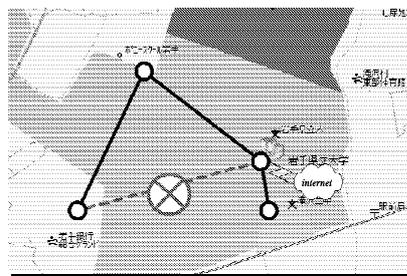


図 7: 管理マップの表示例

4.5 プロトコルスタック

資源管理システム RMS に関するプロトコルスタックを図8に示す．管理システム RMS における管理情報収集に関するモジュールのうち，管理情報，管理ベースは上位のアプリケーション層，プレゼンテーション層に属し，データを収集するモジュールはセッション層，トランスポート層に該当する．ゆえに，管理システムで実装される部分は主に最レイヤにあたり，下位の SNMP，GPS マネージャ，リソースセンサなどの情報収集ツールは中間レイヤに相当する．ネットワーク網に関しては無線，有線問わず対応できるように IP を利用することとする．

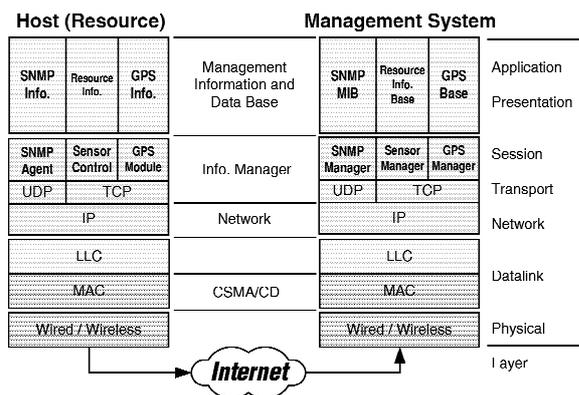


図 8: 管理機能のプロトコルスタック

4.6 ハードウェア構成

管理システムを構成するハードウェアは、主に管理サーバ、一般のネットワーク機器からなり、管理対象ネットワークはインターネット上のシステムを想定しているため、TCP-IP を使用しているネットワークであればおおむね対応できる。

管理情報の収集には携帯電話、PHS などのデータカードを搭載した PDA、一般の小型ノートパソコンを想定している。これらアクセス形態の違いによる、提供される情報、画像の大きさ、画質についても考慮し、現時点ではそれぞれのアクセス形態により別サイトの参照により行うものとして考えている。

4.7 ソフトウェア構成

管理システムを構成するソフトウェアは、主に、上位レイヤの管理アプリケーションにおいて実装される。管理情報の収集、管理情報の管理、管理情報の提供の主に 3 つの機能を有するものである。

管理情報の収集：SNMP マネージャ、GPS 管理モジュール、リソース管理モジュールにおいて実装される

管理情報の管理：SNMP、GPS、リソース管理、総合管理に関して管理を行う

管理情報の提供：管理情報 画像への変換

4.8 実装方法

管理システムのプロトタイプの実装想定環境として、岩手山周辺 6 市町村をカバーする無線 LAN 環境を想定している。災害情報のデータ収集には携帯電話などからのアクセスを可能にするため、専用の HTTP サーバの設置も行う。管理サーバの分散化に関しては現在仕様を検討中である。

5 評価方法

システムの評価は、各機能の基本動作確認、擬似的な災害環境下における動作確認、実際の防災訓練などの運用実験における評価および総合評価により行うものとし、具体的な評価基準としては、本システムによる管理情報の提供により、物理復旧におけ

る作業が向上したかという点、および通常状態と災害発生時におけるシステム機能の変換（被害レベルによる機能の分岐）が行えたかで判断する。当面の評価対象としては、管理情報収集および提供機能に関することとなる。

6 まとめ

今回、災害時において求められる情報について分析を行い、災害情報システムの運用を支援するために必要な機能の列挙、管理システム RMS の提案を行った。これら機能が実現すれば、災害発生時における迅速な障害復旧に寄与するものと考えている。今後は、管理情報収集および提供機能に関する詳細設計を行った後、プロトタイプ構築を行い、評価を行う予定である。

管理機能の実装後は、ミラーサーバ、移動サーバなどによる、仮復旧支援システムの設計と構築にあたり、本システム全体を実装していく予定である。

参考文献

- [1] 田中克己：“震災とインターネット”，NEC クリエイトィブ (1996).
- [2] 渡部和雄，大石貴弘ほか：“被災者・行政支援情報システムの研究開発”，日本災害情報学会第 2 回研究発表大会予稿集，pp.163-172 (2000.11).
- [3] 湯瀬裕明，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とその評価”，日本災害情報学会第 2 回研究発表大会予稿集，pp.14-22 (2000.11).
- [4] 坂本大吾，橋本浩二，高畑一夫，柴田義孝ほか：“無線 WAN による防災災害情報ネットワークの性能評価”，マルチメディアと分散処理，100-12，pp.51-56 (2000.11).
- [5] 芝尾昌宏，稲波宏修，牛根宏幸，海老原義彦：“動的な管理サーバによるネットワーク管理システムの提案”，情報処理学会第 50 回全国大会講演論文集 (1)，pp.183-184 (1996).
- [6] B. Tierney, B. Crowley, D. Gunter et al.：“A Monitoring Sensor Management System for Grid Environments”，Cluster Computing Journal, Vol 4-1, Baltzer Science Publishing (2001).
- [7] 若居和直，小池英樹：“携帯電話による遠隔ネットワーク監視システム”，マルチメディア・分散・強調とモバイル (DICOMO 2000) シンポジウム論文集，pp.415-420 (2000).