

広域防災・災害情報ネットワークの構築とリソース管理

中村 大輔[†] 内田 法彦[†] 旭 秀晶[†] 高畑 一夫^{††} 橋本 浩二[†] 柴田 義孝[†]

[†]岩手県立大学 ソフトウェア情報学部

^{††}信州短期大学 経営情報学科

本研究では、これまで災害情報を円滑に提供するためのネットワーク環境についての考察を行ってきた。そこで、災害が起こった際の仮復旧システムについてのいくつか必要な機能を検討してきたが、特に重要と思われる災害時におけるネットワークの再構築およびリソース管理の実現を図ることにした。本稿では、無線 LAN を利用した広域防災・災害情報ネットワーク **WDN**(*Wide area Disaster information Network*) の設計および構築を行い、この環境で行った通信実験について報告する。また、この実験をふまえて、災害情報ネットワーク自体が障害を起こした際に復旧に役立てるためのリソース管理システム **RMS**(*Resource Management System*) の実装環境の検討項目について述べ、実際に RMS が WDN で適用可能か検証する。

Construction of Wide area Disaster information Network and Resource Management

Daisuke NAKAMURA [†] Noriki UCHIDA [†] Hideaki ASAHI [†]
Kazuo TAKAHATA ^{††} Koji HASHIMOTO [†] Yoshitaka SHIBATA [†]

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

^{††}Department of Business Administration, Shinshu Junior College

In this research, the network environment for offering disaster information smoothly has so far been investigated. Then some required functions of the temporary recovery system had been considered when a disaster happened, it decided especially to aim at establishment of the network at the time of the disaster considered to be important, and realization of resource management in it. In this paper we designed and construct **WDN** (*Wide area Disaster information Network*) which is based on multiple wireless LANs, and reports this communication experiment using this environments. Based on experiment, implementation requirements for **RMS** (*Resource Management System*) which is useful for recovery from network failure are discussed. Finally, its feasibility is verified whether RMS on WDN can be effectively worked or not.

1 はじめに

近年、日本各地で火山噴火を想定した防災への関心が高まっている。また、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ネットワークの構築もなされている。そこで本稿では、岩手山周辺において、無線 LAN を利用した広域防災・災害情報ネットワーク (**WDN**: *Wide area Disaster information Network*) の設計および構築を行い、その実験結果について報告する。また、災害情報ネットワーク自体が障害を起こした際、迅速

なる復旧に役立てるためのリソース管理システム (**RMS**: *Resource Management System*) の実装環境の検討項目について述べる。

2 広域防災・災害ネットワーク

防災・災害情報を提供するためのネットワークインフラの構築には、故障や断線からの復旧の容易さ、断線の可能性の低さから、無線で構築するのが有効であると考えられる [1]。ネットワークを利用した防災・災害情報ネットワークの一般的構成は図 1 に示す。本研究では、その具体例として、岩手山噴火

災害を想定した周辺5町村における WDN について設計および構築を進めてきた(図2)。今後、段階的にシステムの構築を行い、最終的に WDN の全体を構築することを目標としている。

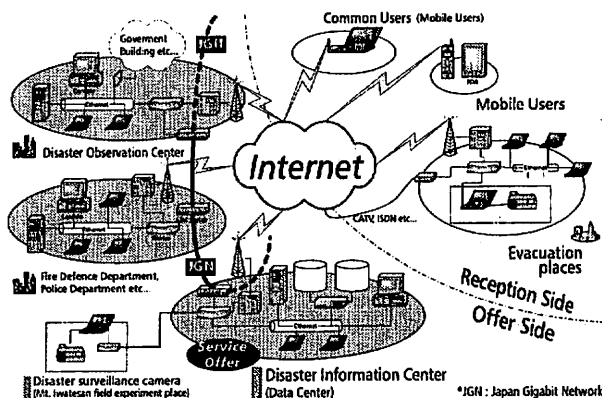


図1: 広域防災・災害情報ネットワーク WDN の構成概略図

2.1 通信実験について

実験の概要 今回、WDNの一部について実際に無線 LAN 環境を構成し各種実験を行った。滝沢村における避難所と想定した北部コミュニティセンター(以下北部センタ)および通信・放送機構岩手 IT 研究開発支援センター(以下研究所)間を、無線・有線混合中継環境で接続し、災害時の避難所相互の通信を想定したリアルタイムビデオ通信実験を行った。なお、今回の実験における検証項目は次のとおりである。

1. 無線 LAN および有線 LAN 環境の複合環境における通信状況の検証: 有線環境におけるビデオ通信は可能であったが、無線通信を取り入れた環境でビデオ通信が可能かどうかを検証。
2. 無線 LAN 設置場所の条件検証: 無線の特性を知るために、複数の場所で実験を行い、通信可能な状態の把握を行う。
3. 安否情報システムなどのサービス稼働の検証: 従来ローカル LAN でのシミュレーション実験しか行ってきていないため、実際の環境における運用実験を行う。
4. RMS の実装環境の検証: RMS の実装に関して、機材設置、等のネットワーク環境の検討。

実験環境 岩手山周辺における WDN では、無線 LAN をはじめ、各種キャリア回線や専用線等の種々の通信様態を収容しており、さまざまな環境下におけるネットワーク状況を検証するのもに適したテストベッド環境となる(図2)。無線 LAN 環境および有線 LAN 環境におけるビデオ通信の比較検討のほか、寒冷地であるこの環境を生かして、冬季降雪時におけるネットワーク状況の検証も可能である。今後、夏期における実験と冬季における実験の比較検討を

行うことも予定している。さらに、緊急時のネットワーク網設置を考慮した環境として、研究所から岩手山七合目以上までの無線ネットワーク網の構築および実験も計画している。

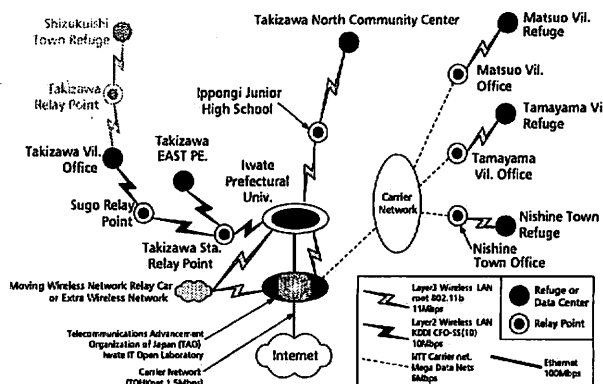


図2: 岩手山周辺における WDN の構成概略図

今回の実験における接続機器の構成を図3に示した。研究所および岩手県立大学(以下大学)間に関しては Ethernet で接続し、大学から一本木中学校(以下中学校)を経て北部センタへ至る経路に関して無線 LAN で接続を行っている。それぞれの距離は、研究所から大学間が約 200m, 大学から中学校間が約 3.6km, 中学校から北部センタ間が約 200m となっている。

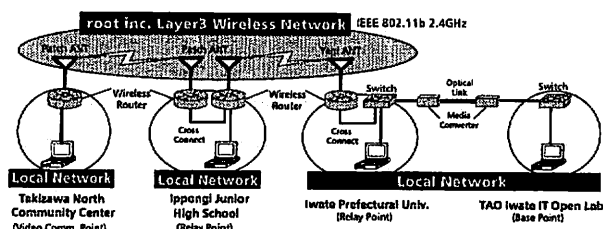


図3: 研究所～北部センタ間ネットワーク構成図

2.2 システムハードウェア

本実験環境では、無線 LAN および有線 LAN(Ethernet) を混合したネットワークを構成している。無線 LAN に関しては、レイヤ3無線ルータを利用している。今回実験を行ったのは、研究所から大学および中学校を経て北部センタへ至るネットワークである。無線ルータの仕様を表1,2に、また、レイヤ3無線ルータシステムの構成機器を図4に示した。本実験で使用したアンテナは3種存在し、使用目的に応じて使い分けを行った。本実験環境においてはレイヤ3無線ルータを使用している。また、アンテナは長距離通信部には指向性が強く安定した通信が可能な八木アンテナを使用し、そのほかの箇所ではパッチアンテナを使用した。

実験内容 今回構築した無線ネットワークが既存のネットワークアプリケーションに対し、実用レベル

であるかを検証するため以下の実験を行った。

表1 無線インタフェース仕様

品名	無線ルータ
変調方式	DSSS
周波数	2.4GHz帯(2400~2497MHz)
通信チャンネル	2412~2472(5MHzSTEP), 2484MHz
伝送速度	1, 2, 5.5, 11Mbps
MACプロトコル	IEEE802.11b準拠

表2 LANインタフェース仕様

インタフェース	10BASE-T, 100BASE-TX
通信プロトコル	Ethernet/IEEE802.3/IP
ルーティングプロトコル	RIPv1,2

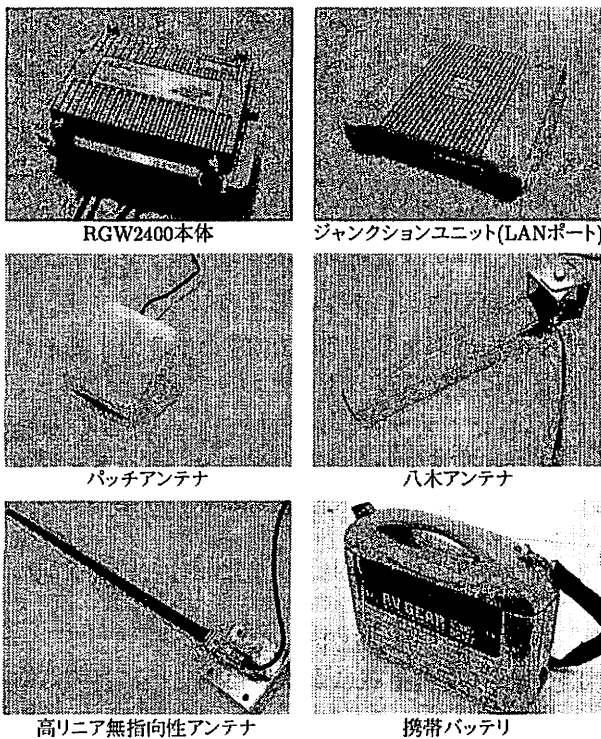


図 4: 無線ルータシステムの機材構成

- a. 大学、中学校および北部センタに無線ルータを設置し、大学から中学校、中学校から北部センタに関して相互に接続確認を行い合わせて応答遅延の測定を行い、スループットの測定を行った。また、相互の接続が確認できた段階で、大学から北部センタまでに関しても同様の実験を行った。
- b. 各拠点に設置してある PC 端末にカメラおよびマイクを取り付け、Microsoft NetMeeting を用いてビデオ通信実験を行い、通信品質の確認を行った。
- c. 安否情報システムを研究所に設置し、北部センタより携帯電話および PC 端末により安否情報の登録および参照を行った。

また、後日行った研究所における開所式デモンストレーション (以下デモ) においてビデオ通信実験および安否情報の登録・参照の様子をを公開した。

2.3 実験結果

今回の実験により、無線設置場所による通信状況の変化に関しても確認できたため、今後のシステム拡張の際の場所の選定の判断材料として利用できるものと考えられる。無線 LAN の設置場所の検討段階で、いくつかの候補地 (大学から中学校までの接続を考慮し 3 箇所で行った。) の中から最も状況の良かった中学校に無線 LAN を設置し実験を行った。今回のデモにおいては、リアルタイムビデオ通信に関しては、実際に双方向で映像および音声通信において十分なコミュニケーションがとれる程度の品質を確保できたため、災害発生時における双方向通信の実現が可能であると判断でき、今後予定されている岩手山七合目以上の中継実験の実現可能性を明らかにした。なお、今回の実験の様子を図 5 に示すとともに、今回の実験結果を次に示す。

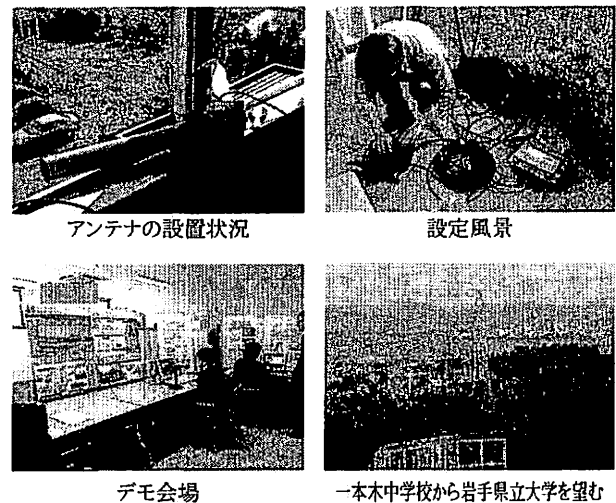


図 5: 実験風景

1. 無線 LAN および有線 LAN 環境の混合環境における通信状況の検証: 今回、無線通信に関して各地点間の通信結果を出した。実効スループットは北部センタおよび中学校間が 4Mbps、北部センタおよび研究所間が 2Mbps であり、十分な帯域が確保されていることが確認できた。しかし、ビデオ通信実験において若干のブロックノイズの発生 (10~20sec おき程度) が確認された。通信の際のノイズ等の軽減には FEC[3] により軽減できることが確認されており、この機能により通信品質の向上が図られるものと考えられる。なお、測定時の天候は晴れで実施日は平成 14 年 5 月 9 日の日中に行われた。
2. 無線 LAN 設置場所の条件検証: 無線の設置箇所に関しては、大学および岩手山周辺に数カ所

の候補地を挙げて実際に通信実験を行った。周辺の森林の影響で設置箇所が比較的限られることが判明した。

3. 安否情報システムなどのサービス稼働の検証：実際にPC端末およびブラウザ搭載の携帯電話を用いて安否情報の登録実験を行ったが、正常に動作したため、本設置時においても運用可能であることが確認された。
4. RMSの実装環境の検証：一定の通信実験の結果が得られたことと、各機器にSNMPや簡易GPSモジュール搭載することでRMSによるリソース管理が行えるものと考えられる。

3 WDNにおけるRMS

今回の実験は災害発生を想定していない理想的な環境で行われた。災害時などの障害が発生しやすい状況で運用するためには、ネットワーク網の断線やリソース障害を迅速に検知し、これら障害が確認されたならば、直ちに復旧させる必要がある。そこで、実際にWDN環境に適切な管理機能を提供するRMSを実装し機能の検証を行う。

3.1 RMSの有効性

従来災害発生に伴い、システムに障害が起きた際には、インターネット環境が災害に対して脆弱であるという暗黙の認識があり、結局のところインターネット環境は放棄され、従来の電話や防災無線を利用した情報伝達手段が使われるところとなった。そこで、災害発生に伴って強固なネットワーク環境を整備すればよいこととなるが、滅多に発生しない大規模災害に対しての多大なる投資も現実的ではない。そこで筆者らは、災害発生に伴ってネットワーク網、システムに対してどのような障害が発生しうるかをあらかじめ想定し、その発生箇所を迅速に突き止めることで、システム復旧そのものについての作業の効率化を図り、インターネット環境が災害でも有効に活用できるようにすることを目的としたRMSを実装する。

災害発生に伴って発生が想定される主な障害には次のようなものがある。

- (1) ネットワーク断線
- (2) 関連機器の倒壊による故障
- (3) 停電によるシステム機能の停止
- (4) 建物の倒壊によるシステム機能の停止

(3)および(4)の障害に関しては対応できないが、(1)および(2)の障害に対しては機器が動作していればある程度の障害の特定は出来るものと考えられる。そこで、RMSで管理しうる障害は、あくまでもSNMPやGPSが動作する環境を対象とし、ネットワークの断線および停電等によるシステム機能の停止箇所に関する管理は、稼働しているネットワー

クまでを管理し、その先は、断線箇所の修理後の開通後に対応できるようにする。

このうち、ネットワーク網の断線に伴う通常の作業の流れは、「障害の検知→障害箇所の特定→パイパス路の策定→仮復旧→障害箇所の復旧→本復旧」となる。しかし災害発生時に関しては、「障害の検知→障害箇所の特定」にかかる時間が長いと、もっとも災害情報が必要とされる災害発生直後にシステムが稼働せず役に立たなくなってしまうとい懸念がある。また、先に述べたWDNのような無線(移動無線車の運用などを含む)を利用したネットワーク環境や通常以上に移動端末や移動サーバによる仮運用が図られることも考えられるため、必ずしも地理的位置が固定的でないホストそのものの位置を把握する必要もある。そこでできるだけ故障箇所の特定にかかる時間を短縮し、作業効率を上げることで、結果的に仮復旧までの期間を短くすることが出来る。通常、SNMPを用いたネットワーク監視ツールを用いてネットワークの故障箇所の特定を行っているが、RMSではGPSを用い、故障箇所の地理的情報を付加することで、発災時の混乱の中、作業を行う者が迅速に故障箇所を特定できるよう配慮し、スムーズに復旧作業にあたるようにする。

RMSの機能および評価 RMSの機能およびそれらの評価については以下のとおりである。

1. Webによるグラフィカルな管理情報の提供および携帯電話などを含むインターネットを經由した各種環境において管理情報の収集とその有効性の評価。
2. 各種ネットワーク混合環境における管理機能の動作確認。
3. 分散型管理環境の評価
4. GPS機能の搭載による仮復旧支援に対する有効性の検証。
5. 防災訓練もしくは実験による試用評価。

RMSの分散化 災害情報ネットワークにおける管理システムにおいては、管理システム自体の障害に関しても考慮しなければならない。そこで、災害発生時において管理システムの障害を回避するための手法として以下の2つを考慮する。

- Peer-to-Peer型管理環境
- 管理サーバの分散配置

通常のManager-Client型のネットワーク管理環境であると、中央の管理サーバの障害により管理機能そのものが機能しなくなるおそれがある。そこでSNMP、GPS位置管理およびリソース管理を行う管理モジュール全体を管理するRMSを、災害時の管理システム自体の機能停止を防止するためPeer-to-Peer型の管理環境[4]で設計し、実装する。また、実際に管理情報を収集するSNMPのMIBやGPS位置管理サーバに関しては中央にデータベースが必

要となるため、システムマネージャのミラーリングを行うといった手法を併用し RMS の信頼性の向上を図る。

3.2 RMS の管理項目

RMS において提供される管理機能は、ネットワーク管理、リソース管理および位置管理機能の3つがある。ネットワークの特にインフラに関する情報は、通常のネットワーク管理で用いる SNMP および ICMP を適用する。また、リソース管理に関しては、当該リソースが提供する電波強度などの情報をもとに管理する。さらに、GPS をによる位置管理情報と連携して、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。

ネットワーク管理 RMS では通常のネットワーク管理で用いる SNMP および ICMP を用いてネットワーク管理を行う。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 [2]。

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 位置情報を記憶させておき、DMS より要求があった際に位置情報を提供する。

リソース管理 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]。

3.3 管理情報の提供

収集された管理情報は、HTTP により提供され、管理コンソールのブラウザで GUI 表示するとともに、携帯電話向けに小型の画像を表示する。表示される項目は以下のとおり。

1. トポロジマップ: ネットワーク経路および構成機器の分布をトポロジマップに GUI 表示。
2. 地理的位置情報: GPS による地理情報をトポロジマップ上に反映し、実際の地理情報に基づく表示を行う。
3. 経路状態情報: ネットワーク上の稼働中および故障中の経路をトポロジマップ上に明示。
4. トラフィック情報: 輻輳発生箇所をトポロジマップ上に表示。

地理的位置情報の表示について 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。本システムでは従来論理トポロジマップのみの提供であったものを、実際の地図上にトポロジ構成をマッピングすることで、実際の復旧作業において、ネットワークの故障箇所の把握に加えて、物理的な位置についても把握できるような機能の提供を図る。

3.4 RMS のハードウェア構成

管理システムを構成するハードウェアは、管理システム全体を管理するシステムマネージャ(System Manager)、各ネットワーク上に配置する分散管理サーバ (DMS:Distributed Management Server)、管理対象 (Management Object) である一般のネットワーク機器、ホストおよび管理コンソール (Management Console) からなる。管理対象の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。TCP-IP 上のコンソールより管理対象ネットワークにアクセスを行い管理を行うことが可能である。

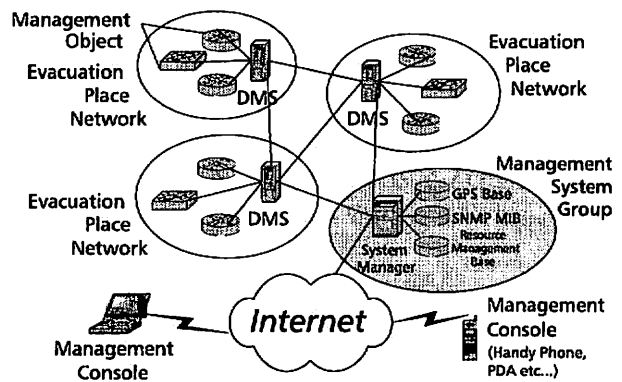


図 6: RMS のハードウェア構成

3.5 RMS のソフトウェア構成

RMS のクライアントツールは、管理情報制御サーバに HTTP アクセスを行うことにより Java アプレットにて提供される。アプレットの管理情報の要求に対して管理情報制御サーバが管理情報ベースから必要な各種管理情報を収集しアプレットに渡し、管理情報の GUI 表示をアプレット側で描画する仕組みとなっている。また、通信プロトコルに関しては、急な運用などに対応するために、通常の TCP-IP 通信を利用する。アプリケーションソフトウェアは、主に、上位レイヤのアプリケーションレイヤにおいて実装される。管理アプリケーションの機能は、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 [5]。

1. 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

2. 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
3. 管理情報の提供:管理情報→GUI変換

管理情報の分散化 管理情報ベース群の分散データ同期モジュールにてDMSにデータを保管し、同期を図ることを想定している。

トポロジマップの維持 ネットワークのトポロジは各ネットワークに設置してあるDMSによってそれぞれのネットワークに関しては管理される(DMSには各ネットワークのトポロジ情報, ネットワーク全体のDMSのIPアドレステーブルを記憶する)が, 全体のネットワークトポロジを管理するためにそれぞれのDMSは定期的に各DMSと交信し隣接するトポロジマップを取得し, 全体のトポロジマップを取得する[4]。なお, システムマネージャに常に最新のトポロジマップを把握させるため, ネットワークのトポロジに変化があった場合には, まず当該DMSはシステムマネージャにトポロジマップに変更があったことをシステムマネージャに通知を行い, その後システムマネージャからのメッセージを受けてから他のDMSに更新情報をマルチキャストで提供する。

携帯端末への対応 管理コンソールには実際の現場の運用に対応するため, PC端末だけでなく簡易ブラウザ搭載の携帯電話, PHSなどの通信カードを搭載したPDAへの対応も考慮している。そのため, 携帯電話向けに小型の画像を提供する機構も搭載する。

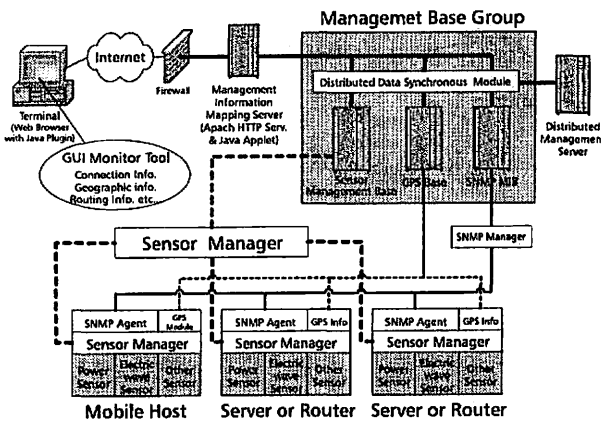


図 7: RMS のソフトウェア構成

4 実装と評価

図1に示すWDNにおいてRMSを実装および評価を行う。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する。現在, システムの実装段階で, ローカル環境におけるシミュレーションを順次行っている。

RMSの運用上の評価に関しては, 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どうか

かということ, 実際に防災訓練等で検証し, 利用者に対するアンケート調査で評価する。

5 まとめ

今回, WDNの一部のネットワークについてシステムを構築し, 実際に通信実験を行った。これまでの, ビデオ通信実験および安否情報システムの運用などローカルネットワーク上におけるシミュレーションによる機能評価にとどまっていたが, 今回の実験では, 実運用を想定した環境において各システムの運用実験が行うことが確認できた。今回は, WDNが理想的な環境下の運用を前提に実験を行ったが, 現実に災害情報システムとして運用することを想定するならば, ネットワークの一部が障害を起こして運用不能となることも考慮しなければならない。このため, RMSをこのネットワークに実装し, 擬似的にネットワーク断線等の状況を起こして, RMSがそれを把握し, 管理者に対して的確に情報提供が行えるかどうかを検証する必要がある。また, 管理機能の実装後は, これまで検討を行ってきた仮復旧システムとして拡張を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 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).
- [2] 中村大輔, 坂本大吾, 内田法彦, 高畑一夫, 橋本浩二, 柴田義孝ほか: "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", マルチメディアと分散処理, 107-10, pp.55-60 (2002.3).
- [3] 内田法彦, 中村大輔, 旭秀晶, 五十嵐亮裕, 及川聡, 柴田義孝: "リアルタイム通信を可能とする防災・災害情報ネットワーク", マルチメディアと分散処理, 108-20, pp.115-120 (2002.6).
- [4] 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).
- [5] Soomyung Park, Yongkook Ha, Joonsung Cho and Sunyung Han: "Design and Implementation of Efficient Distributed Management Architecture", ICOIN-9, pp153-158 (1994).