

## 無線 WAN による防災災害情報ネットワークの性能評価

坂本大吾† 旭秀明† 及川聡† 橋本浩二† 高畑一夫¶ 柴田義孝†

† 岩手県立大学ソフトウェア情報学部

¶ 信州短期大学経営学科

本研究ではこれまで、災害時に有効な情報ネットワークシステムについて考察を行ってきた。そして、システムに要求されるいくつかの機能の中で、最も重要と考えられる被災者の安否情報の収集と公開という機能を実現したシステムの開発を行った。また、システムの基盤となる無線ネットワークの構築を試み、実際に通信実験を行った。本稿では、最初に無線ネットワークの実験概要を、次に実験結果を述べ、最後に実験結果の考察と評価を行う。実験概要では、実験の際に構築した無線ネットワークの構成や実験項目について述べる。実験結果では、応答遅延やスループットの測定結果、ウェブやビデオストリームといったインターネットアプリケーションの機能性について述べる。実験結果の考察では、応答遅延やスループットの結果から、その要因を考察し、また、無線ネットワークによる安否情報検索システムが利用可能かどうかを検証する。

### Performance Evaluation of Evacuation Information Network System based on Wireless Wide Area Network

Daigo Sakamoto †, Hideaki Asahi †, Satoshi Oikawa †, Koji Hashimoto †,  
Kazuo Takahata ¶, and Yoshitaka Shibata †

† Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

¶ Department of Business Administration, Shinshu Junior College

So far, we investigated a disaster prevention information network system for earthquake, mountain explosion, hydraulic bore based on radio and wireless communication technology. And we also developed an evacuation information system which performs the most important role among several functions required for disaster prevention information system based on the wireless WAN and LAN networks. In this paper, the performance evaluation, particularly the throughput and the delay time analysis of the prototyped evacuation information system based on the interconnection of multiple wireless routers was precisely described. The functional evaluation by using the ordinal Internet service and full-motion video transmission is also analyzed through the experimental prototype system.

#### 1.はじめに

火山の多い我が国では、地震等の大規模災害の発生率が高く、阪神淡路大震災や、北海道の駒ヶ岳、有珠山の噴火といった突発的な災害に備え、災害時の情報通信手段を確保することが、近年の災害発生状況からも、非常に重要視されている。岩手県においては、岩手山に噴火の兆候があり、早急に防災及び災害時の情報通信網を構築する必要性が生じている[1][2]。また、現在インターネットにより、住民を主体とした情報ネットワークの構築が可能になり、携帯情報端末の普及により、誰もが常時情報ネットワークへアクセス可能な環境が整いつつある。本研究では、無線ネットワークを主体とした防災・災害情報ネッ

トワークの、岩手山周辺地域の構築を目的としている。本情報ネットワークは、図1のように岩手県立大学を中心とし、各避難所や近隣の大学とを、無線ルータを用いた無線LANにより接続した構成となっている。災害を真っ先に被ると予想される岩手山麓のペンション村とは、遠距離通信可能なアマチュア無線を用いたデータ通信を利用する[3]。又、岩手県立大学には、防災・災害用のWWWサーバを配置し、インターネットを利用した情報発信・提供を可能とした。移動中の住民は、携帯端末から、そして避難所からは、デスクトップ・ノートPCより安否情報を発信することができる。

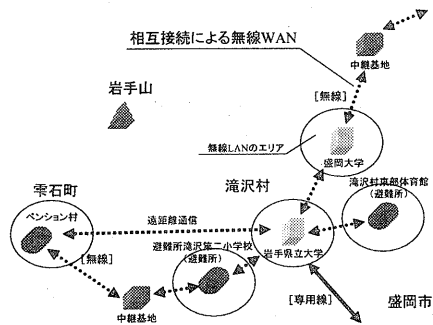


図1 防災・災害情報ネットワーク

そして、本防災・災害情報ネットワークの有効性を確認するため、実験用の無線ネットワークを大学周辺地域に構築し、通信実験を行った。本稿では、無線ルータを使った無線ネットワークの構築方法、通信実験結果、及び性能評価について報告する。

## 2. 安否情報検索システム

安否情報システムは、図2に示すように、被災地住民の安否をインターネットを利用して、発信及び確認できるものである[4]。

システムの流れとしては、被災地の移動中の住民はiモード対応の携帯電話から、そして避難所内の住民はPCを使い、WWWを使って被災地住民の氏名、年齢、現在の状態、現在の位置等を入力する。それらの安否情報は、有線・無線ネットワークを通して県立大学に設置されたデータベースに蓄えられる。蓄えられた安否情報は、インターネットを通して、発信及び検索できる。

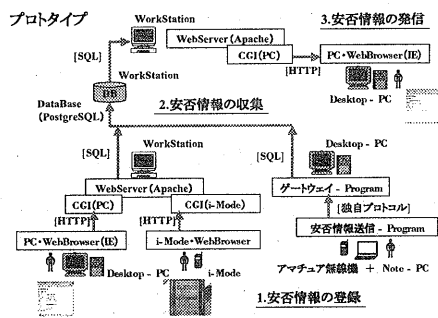


図2 安否情報検索システム

本情報ネットワークにおいては、安否情報のみならず、携帯情報端末を持つ被災地の住民や避難所への被害情報や生活情報なども提供することも考えており、文字や画像だけでなく、映像等の利用が可能かどうか確認する

ことも必要である。そこで本ネットワークにおいて、以下の様に性能評価を行った。

## 3. 実験概要と結果

今回の実験の概要を以下に述べる。

### 実験機器

市販の無線通信システム  
Root Top Box System

RTB2400 Wireless router (左上) × 5  
無指向性アンテナ [高リニア] (右上) 2  
指向性アンテナ [パッチ] (左下) × 2  
中継アンテナ (右下) × 1 (セット)

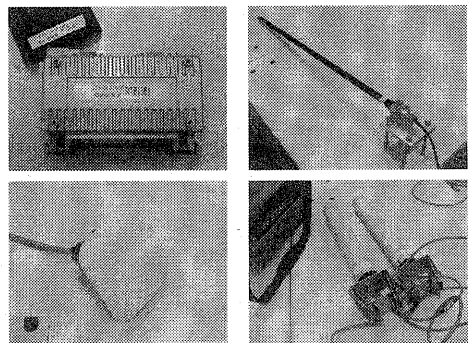


図3 Root Top Box System

RTB2400 Wireless router (以下 RTB) は、無線ネットワークと有線ネットワーク (イーサネット) とのルーティングを行う。

RTB2400 の仕様を以下示す。

### 1) 無線部

規格	小電力データ通信システム
変調方式	SS-DS (スペクトラム直接拡散方式)
周波数	2.4GHz帯 (ch.0:2.483/ch.1:2.485GHz)
空中線電力	10mW/MHz (最大)
信号速度	2Mbps
ベース変調	DQPSK
伝送距離	最大5km

### 2) LAN 部

インターフェース	10BASE-T (RJ45Normal)
通信プロトコル	Ethernet/IEEE802.3/IP
ルーティングプロトコル	RIPv2

RTBには、TDMA1(タイムスロット数12)、TDMA2(タイムスロット数6)、CSMA、Bidirectional-Modeの4通信方式があるが、今回は、TDMA1方式を用いて通信実験を行った。

### 実験項目

無線ネットワークが、既存のインターネットアプリケーションに対し、実用レベルであるのかを確認するため、応答遅延時間やスループットの測定を行った。

具体的な実験項目を以下に示す。

1) Pingを用いた応答遅延時間の測定  
デフォルトサイズ32Byteのペケットを100回送信し、応答遅延時間の最大値、最小値、平均値、ペケット損失率を測定する。

2) FTPを用いたスループットの測定  
32KByteのファイルを10回送信し、スループットを測定する。

3) インターネットアプリケーションの検証  
ホームページの閲覧、キャプチャした静止画像の配信を行う。静止画像の配信には、図4に示されるCameraServer(アクシスコミュニケーションズ株式会社・AXIS200+)を用いた。

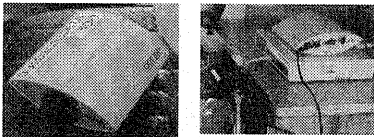


図4 CameraServer

### 実験内容

今回の実験は、3つに分けて行われた。3つの実験において、RTBは、図5で示される5箇所々に設置された。

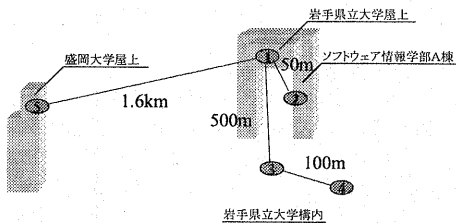


図5 RTBの設置場所

各実験ごとの詳細な実験内容を以下に示す。

## 実験1

### 1) [1]~[2]間通信実験

岩手県立大学校舎屋上にRTB[A][B]を設置し、RTB[A]には大学周辺との通信のため無指向性の高リニアアンテナを装着し、RTB[B]にはソフトウェア情報学部A棟4階(以下研究室)との通信の為、指向性のパッチアンテナを装着した。

また、研究室にRTB[C]とパッチアンテナを設置した。RTB[C]にはPCを直接接続し、RTB[B][C]間の応答遅延を測定した。

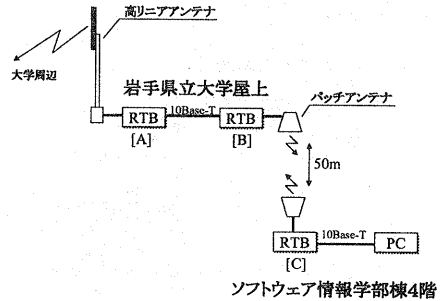


図6 実験1のネットワーク構成

## 実験結果

### 1) [1]~[2]間通信実験

Pingによる応答遅延測定: RTB[B][A]間

平均応答遅延	108.83 msec
最大応答遅延	261 msec
最小応答遅延	20 msec
ペケット損失率	0%

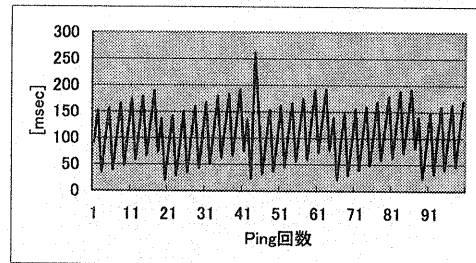


図7 応答遅延時間

## 実験2

### 1) [1]~[3]間通信実験

岩手県立構内の校舎屋上のアンテナを肉眼で見通せる位置に、RTB[D]と高リニアアンテナを設置し、RTB[D][A]間の応答遅延を測定した。

## 2) [3]～[1]～[2]間通信実験

RTB[D][C]間の応答遅延の測定を行い、RTB[D]に接続した PC から、RTB[A][B][C]を経由し、研究室 LAN にある Work Station (以下 WS) へのファイル転送を行い、スループットを測定した。

また、研究室 LAN 上の WS で動作している安否情報検索システムの実行、RTB[D]に接続した CameraServer からの JPEG 画像の配信を行った。

尚、RTB[B][C]間はチャンネル 0、RTB[D][A]間はチャンネル 1 を用いて、電波の干渉を受けないようにした。

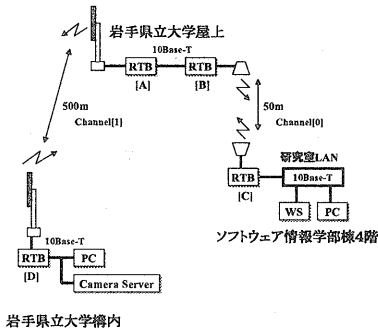


図 8 実験 2 のネットワーク構成

## 実験結果

### 1) [1]～[3]間通信実験

Ping による遅延測定：RTB[D][A]間

平均応答遅延 111.01 msec  
 最大応答遅延 300 msec  
 最小応答遅延 23 msec  
 パケット損失率 0%

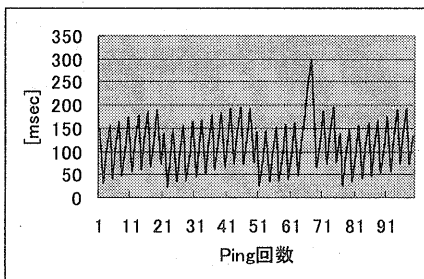


図 9 応答遅延時間

### 2) [3]～[1]～[2]間通信実験

Ping による遅延測定：RTB[D][C]間

平均応答遅延 131.24 msec  
 最大応答遅延 386 msec  
 最小応答遅延 34 msec  
 パケット損失率 0%

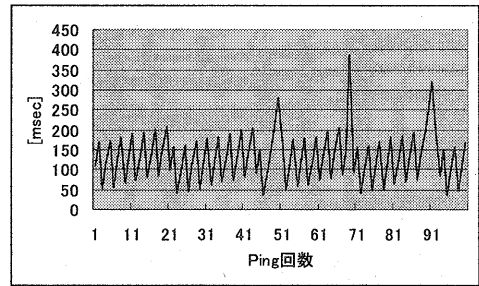


図 10 応答遅延時間

FTP によるスループット測定：RTB[D][C]間

平均スループット 6.104 kbps  
 最大スループット 13.0 Kbps  
 最小スループット 0.7 Kbps

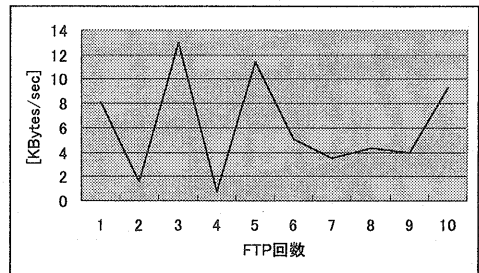


図 11 スループット

## 実験 3

### 1)[4]～[3]～[1]～[2]間通信実験

RTB[D]に接続する高リニアアンテナを、校舎屋上の RTB[A]に接続した高リニアアンテナから見通せない位置に移動させ、RTB[D]と RTB[A]とが直接通信できない環境を作り、途中 RTB[E]と中継用アンテナを用いて中継通信を行い、RTB[D][A]間、RTB[D][C]間の応答遅延時間を測定した。

また、研究室 LAN にある WS へのファイル転送を行い、スループットを測定した。

### 2)[5]～[1]～[2]間通信実験

岩手県立大学屋上から直線距離にしておよそ 1.6km 離れた盛岡大学の屋上に RTB[D]と高リニアアンテナを設置し、RTB[D][C]間の応答遅延を測定した。また、RTB[D]に接続された PC から、研究室 LAN 上の WS にファイルを転送し、スループットを測定した。

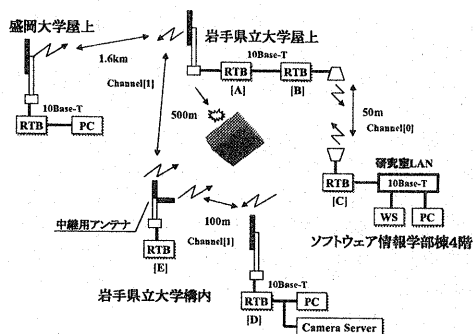


図 12 実験3のネットワーク構成

実験結果

1)[4]~[3]~[1]~[2]間通信実験

Pingによる遅延測定：RTB[D][A]間

平均応答遅延 184.09 msec  
 最大応答遅延 370 msec  
 最小応答遅延 50 msec  
 パケット損失率 0%

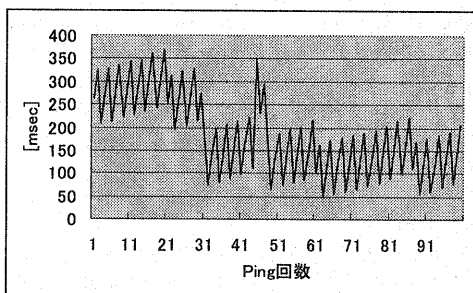


図 13 応答遅延時間

Pingによる遅延測定：RTB[D][C]間

平均応答遅延 482.82 msec  
 最大応答遅延 870 msec  
 最小応答遅延 240 msec  
 パケット損失率 4%

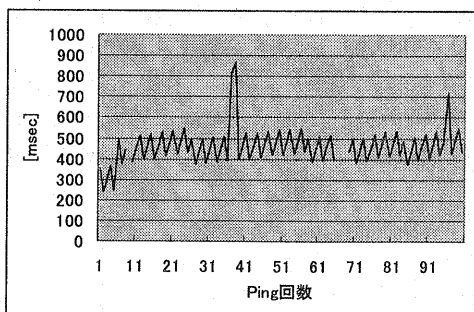


図 14 応答遅延時間

FTPによるスループット測定：RTB[D][C]間

平均スループット 4.548 kbps  
 最大スループット 10.6 Kbps  
 最小スループット 1.1 Kbps

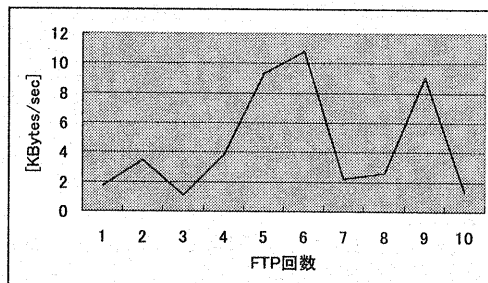


図 15 スループット

2)[5]~[1]~[2]間通信実験

Pingによる遅延測定：RTB[D][C]間

平均応答遅延 111.86 msec  
 最大応答遅延 213 msec  
 最小応答遅延 23 msec  
 パケット損失率 0%

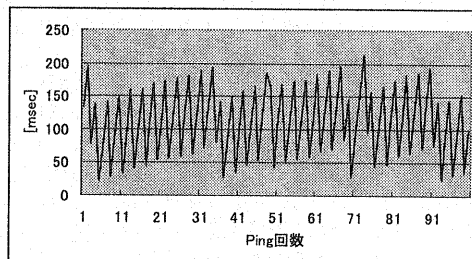


図 16 応答遅延時間

FTPによるスループット測定：RTB[D][C]間

平均スループット 5.799 kbps  
 最大スループット 9.0 Kbps  
 最小スループット 1.3 Kbps

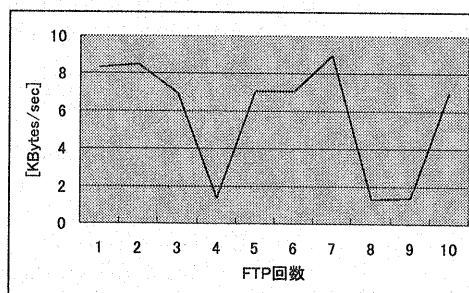


図 17 スループット

## 4. 考察及び評価

### 実験 1

RTB 2 点間で測定された応答遅延時間の最小値と最大値には、約 10 倍の差があった。Ping は一定の間隔で実行しているため、この差は、RTB のタイムスロットの送受信要求を受け付けるタイミングから生じていると考えられる。従って、タイムスロット処理間隔に合わせてデータの送受信を行うことによって、応答遅延時間を短縮することが可能であると考えられる。

### 実験 2

実験 1 とは異なった環境で、RTB 2 点間の応答遅延時間を測定できた。しかし、差は殆ど見られなかった。2 つの実験は距離的に大差が無く、RTB の通信可能範囲内に十分に収まっているため、このような結果になったと考えられる。大学構内と研究室間は、チャンネルが異なる 2 つのネットワーク間での通信実験である。応答遅延時間は、RTB 2 点間の 1 つのネットワークの時に比べ、およそ 1.3 倍程度増加している。電波の干渉が起らないため、その増加分は、ルーティングの処理によるものと推測される。スループットに関しては、非常に変動が大きい、平均値では、6.1KBytes/sec であった。安否情報検索システムの実行、すなわちホームページの閲覧については、テキストベースのページであれば、数秒で表示された。また、CameraServer からの画像も、解像度が 352×288 の画像で、毎秒 2~3 フレーム程度の速度で表示された。ウェブブラウザに表示されたスループットは、5KBytes/sec~8KBytes/sec であった。単方向のストリーム配信には充分利用可能であるが、双方向のリアルタイム通信にはスループットの変動の大きさから、利用はかなり難しいと考えられる。

### 実験 3

同一チャンネルでの 2 つのネットワーク間での応答遅延時間を測定できた。異なるチャンネルに比べ、平均と最小の応答遅延時間が増加している。これより、応答遅延時間の増加の原因は、電波の干渉による所が大きいと考えられる。同一チャンネル 1 つと、異なるチャンネル 1 つを組み合わせた 3 つのネットワーク間で応答遅延時間は、平均 482 msec という、極めて大きな値が測定された。そしてこれまでは、パケット損失率は 0%であったのに対して、この実験では 4%であった。しかし、スループットは、平均 4.5KBytes/sec と、平均応答遅延時間に比べ、比較的高い値が測定された。しかしながら、実際にホームページの閲覧を

行くと、同じページであっても表示されるまでの時間に大きな差が生じた。これは、パケット損失による TCP/IP の再送機構が影響していると考えられる。

岩手県立大学と 1.6km 離れた盛岡大学との通信実験では、応答遅延時間、スループット共に、同じ環境である実験 2 の結果とほぼ変わらない結果が測定された。RTB の通信可能範囲内に充分に入る距離なら、電波干渉等の影響を受けなければ、結果は殆ど変わらないと考えられる。

## 5. まとめ

今回の実験で、無線ネットワークにおけるスループットはおおよそ 6KBytes/sec と、ISDN ベーシックレートと同程度の速度が確認でき、安否情報検索システムの利用は充分可能であると考えられる。また、ビデオストリームの配信についても、画質を抑えれば、可能であると考えられる。しかし、遅延時間が大きい、双方向のリアルタイムビデオ通信は現状では難しいと考えられる。今回の実験では、大学周辺の見通しの良い場所のみを選んで実験したが、実際に岩手山周辺に無線ネットワークを構築する場合、アンテナを立てられる見通しの良い場所を確保する必要があり、今後の重要な課題となると考えられる。

## 参考文献

- [1] 通信・放送機構:次世代総合防災通信ネットワークプロジェクト-研究開発報告書 平成 11 年 3 月
- [2] 中村幸夫、西村知也、浦本祐次、藤江茂信 (通信・放送機構)、山内英之 (通信・放送機構)、田中克己、北村新三 (神戸大): 次世代総合防災通信ネットワークプロジェクトの研究成果報告; 情報処理学会第 58 回全国大会 (平成 11 年前期)
- [3] 坂本、橋本、米本、柴田: "無線を利用した防災・災害情報ネットワークシステムの基本的考察"、情報処理学会 DPS-96, Vol.2000, No.18, pp.7-12, Feb. 2000
- [4] 坂本大吾、橋本浩二、高畑一夫、米本清、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", DICOM'2000 シンポジウム, 2000.6