

異種無線 LAN を用いた災害情報ネットワークの研究

佐藤 剛至[†] 柴田 義孝[†]

岩手県立大学ソフトウェア情報学部[†]

1 はじめに

我が国は世界でも有数の災害大国である。世界で発生するマグニチュード 6.0 以上の地震のうち 2 割が日本で起きているといわれるほど、日本では災害が頻発している。

そのような地震等の自然災害時、通信に使われるケーブルの損傷や通信基地局の停電などによる、既存の通信インフラの壊滅が問題になっている。特に中山間部の集落などでは、通信インフラの壊滅が情報的に孤立させる要因となるため、いかに通信インフラの復旧を迅速に行うかということが重要である。また刻々と変遷する災害情報の要求帯域幅に対応するため、冗長性を兼ね備えた通信インフラが必要であるといえる。

そこで、本研究では複数の異種無線 LAN をアドホックネットワークにより相互に接続することで、十分な冗長性を兼ね備えた臨時的災害情報ネットワークを迅速に構築するシステムを提案するとともに、プロトタイプシステムの実装を行う。

2 災害発生後に求められる情報

対象	要求項目\時期	t_1	t_2	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・関係者	ライフライン状況			○	○	○	
	行政情報			○	○	○	
	被災状況			○	○	○	
被災者・関係者	被災状況			○	○	○	
	救援物資供給状況			○	○	○	

記号	状況	時系列分類	期間
t_1	通常時	通常期	通常期
t_2	災害予測時	予兆期	発災直前～発災時
t_3	災害発生時	発災期	発災時
t_4	災害発生直後	避難発生後	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	復興期

表 1：災害発生後に求められる情報[1]

災害発生後に被災者やその親族・関係者等にとって必要な情報は表 1 に示すように経過時間によって変化する。それは同時に、要求される帯域幅が変化するということでもある。

以下に経過時間ごとの要求される情報の種類とその帯域幅を示す。なお、表 1 では通常時から記述があるが本研究では災害発生直後以降をサポートする。

- ・災害発生直後：避難情報、安否情報、被災状況
要求帯域幅：50Kbps[2]
- ・災害沈静後：交通情報、救援物資供給情報
要求帯域幅：1Mbps[3]
- ・災害復旧以降：交通情報、サービス情報
要求帯域幅：4Mbps[3]

本研究のネットワークは、この要求スループットを満たすように構築される。

The Cognitive Radio LAN for Disaster information network

[†] Goshi SATO (g031d077@edu.soft.iwate-pu.ac.jp)

[†] Yoshitaka SHIBATA (shibata@iwate-pu.ac.jp)

Faculty of Software and Information Science, Iwate prefectural university ([†])

3 システム構成

3.1 システム概要

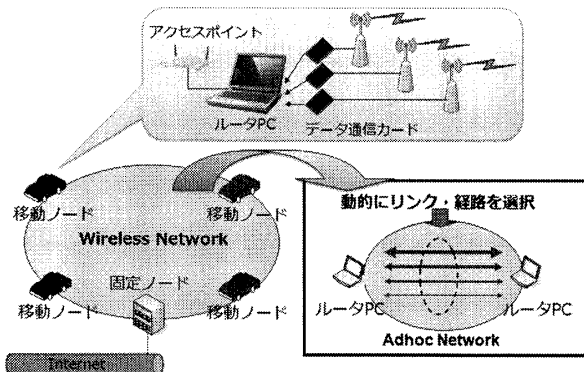


図 1：システム構成図

本研究によるシステム構成図を図 1 に示す。本システムは、複数の異種無線 LAN デバイスを装備した移動可能な「移動ノード」と、インターネット等へのゲートウェイとなる「固定ノード」で構成される。各ノードは複数の異種無線 LAN が装備された端末を搭載したキャリアから構成され、それらが相互にアドホックモードで接続されたモバイルルータとして機能することでノード間の通信が可能となる。

これにより、複数実装された無線ネットワークの中から最適な経路を選択することが可能となり、ネットワークのコネクティビティを確保できる。また上位レイヤでスループットやエラーレートを測定しそれをルーティングに反映させることで、実際のネットワーク状態に応じた最適な構成を実現する。

3.2 システム運用

本研究において、構築されるネットワークが第 2 節で示した要求スループットを満たすことは大きな目的の一つである。また災害発生直後はスループットよりも広範囲で接続が可能であるということが重要であるため、適切な無線規格を選択する必要がある。しかしながら要求スループットは経過時間によって増大するため、これらの要件をただ一つの無線規格によってサポートするのは難しい。

本研究では、複数の異なる周波数帯域をカバーするように、異種無線 LAN を適切に利用することで、経過時間によって変動する要求を常に満たすネットワークを構築する。本システムにおいては、災害発生直後のコネクティビティ確保に比較的動作周波数の低い IEEE802.11b を利用し、災害復旧期に近づくにつれて IEEE802.11g 等の帯域幅に余裕のある無線通信規格へ移行する。

	IEEE 802.11b/g	IEEE 802.11a	IEEE 802.11j	IEEE 802.11n
伝送距離	4km/1km程度	200m程度	200m～8km程度	200m～8km程度
伝送速度	11/54Mbps	54Mbps	54Mbps	100Mbps～
使用周波数	2.4GHz付近	5GHz	4.9GHz/5.03GHz	2.4GHz/5GHz

表 2：各種無線 LAN の特徴

3. 3 システムアーキテクチャ

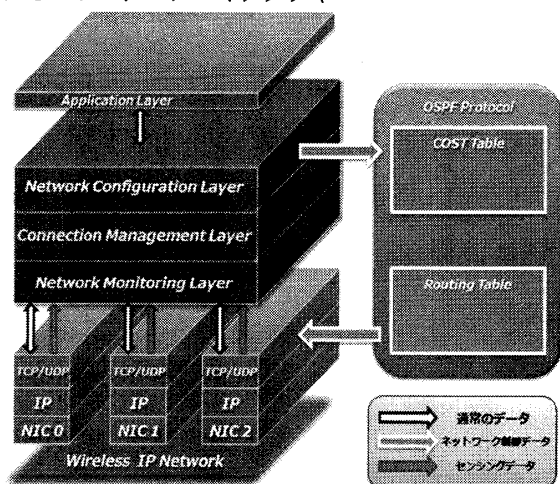


図2：システムアーキテクチャ

本システムのアーキテクチャを図2に示す。本システムでは、2種類のデータを利用し通常のデータストリームをコントロールする。ネットワーク制御データは、ルーティングプロトコルが参照する情報を外部から操作する際に使用され、センシングデータはノード検知やリンクのスループット・エラーレート測定等ネットワーク監視機能から送受信される。各レイヤの概要を以下に述べる。

Network Monitoring Layer は Sensing packet による新規参加・離脱ノードの検出やコスト計測に利用する各種値の測定を行う。Connection Management Layer は検出された新規ノードとのリンク確立や離脱ノードとのリンク切断を行う。また、Network Monitoring Layer で計測された値をもとにコスト値を算出し、ルーティングプロセスにその値を通知し更新するかを比較判断する。Network Configuration Layer はリンクのコストが著しく変動した場合に実際にルーティングプロセスのテーブルに更新をかける。

4 ルーティング

4. 1 ルーティングプロトコル

本研究で構成するネットワークのルーティングプロトコルには OSPF (Open Shortest Path First) を採用する。OSPF には、NIC 毎にルーティング優先度を表す「コスト値」を設定することができ、これを利用して経路を操作する。具体的には以下に示す手順により、経路の操作を行っていく。

1. それぞれのノードは定期的にセンシングデータによるネットワークの監視を行い、経路を把握
2. センシングデータにより取得されたスループットや電界強度などの値からコスト値を算出
3. 算出したコスト値と前回のコスト値とを比較
4. あるリンクのスコアが著しく変動したことを検知
5. ルーティングテーブル内のコスト値を更新

4. 2 コスト

OSPF のルーティングに利用するコスト値の算出について記述する。本システムでは NIC 毎にすべての経路についてスループットとエラーレート・受信電界強度を計測し、コスト値の算出に利用する。スループットを B, エラーレートを E, 電界強度を D としたとき、導出されるコスト C は次式で表わされる。

$$C = (100 - E(\%)) / D(\%) + B(\text{Mbps})$$

コストは、0 に近ければ近いほど品質の良いリンクであるということを表す。

5 無線 LAN デバイス操作

本研究では、無線 LAN デバイスにおける状態監視や接続の管理をプログラム内から行なう必要がある。これを実現するために、WinPcap ライブラリを利用する。WinPcap は、BSD ライセンスで開発されているオープンソースライブラリであり、デバイスドライバにアプリケーションが直接アクセスできる機能を提供する。WinPcap によって実装する機能を以下に示す。

- ・新規参加ノードの検出と接続
- ・IP アドレスのシステム内で一意なアドレッシング
- ・チャネル・動作周波数管理
- ・電界強度の測定

6 プロトタイプシステム

プロトタイプシステムを実装する OS として、Linux を採用する。モバイルルータとして稼働させる PC 上で動作するルーティングプロセスは Quagga[5] というオープンソースソフトを利用する。

このような環境上で Quagga 内のルーティング情報が書き込まれるファイルを外部から書き換えることでルート操作を行うモジュールを作成する。また無線デバイス間のリンク確立を行うモジュールや、ネットワークモニタリングと得た情報を用いてコストの算出を行うモジュールも併せて開発する。

7 まとめ

本稿では、複数の異種無線 LAN を用いた災害情報ネットワークの構築について提案した。災害発生後に必要とされる災害情報の種類と刻々と変化する要求帯域幅を考慮し、複数の異種無線 LAN を利用することで冗長性のある無線ネットワークを迅速に構築することが可能となる。今後はさらにプロトタイプシステムの開発を進め、実際に中山間部での運用等を経て実環境に適応したシステムを目指し研究を進めていく予定である。

参考文献

- [1] 渡部和雄, 大石貴弘他: “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).
- [2] 西尾義則, 柴田義孝: 時空間データを考慮した大規模分散型災害情報提供システム, 情報処理学会第70回全国大会 3ZJ-3 Mar. 2009
- [3] 橋本浩二, 柴田義孝: 利用者環境を考慮した相互通信のためのミドルウェア, 情報処理学会論文誌, Vol46, No2, pp403-417, 2005
- [4] Chang Woo Pyo, Mikio Hasegawa: Minimum Weight Routing based on a Common LinkControl Radio for Cognitive Wireless Ad hoc Networks, IWCM C'07, August 12-16, 2007, Honolulu, Hawaii, USA.
- [5] Quagga Routing Suite: <http://www.quagga.net/>