

災害時情報通信システムの社会実装に関わる教育機関の役割



藤原 孝洋 (ふじわら たかひろ)

函館工業高等専門学校生産システム工学科教授

1978年静岡大学・工・電子工卒業。80年同大学大学院修士課程修了。2004年同大学大学院博士後期課程修了。企業での研究開発を経て、06年函館工業高等専門学校情報工学科に着任。10年高専機構在外研究員(カリフォルニア大学アーバイン校)。コンピュータ応用システム、災害時無線通信ネットワーク、センサネットワーク等の研究開発に従事。博士(工学)。

1 はじめに

阪神淡路大震災以降、災害時に通信を確保し、被害状況を迅速に把握することが強く求められ、様々な機関で研究開発が実施されてきた。しかし、2011年3月11日の東日本大震災では、被害が広かつ甚大で、これまでの研究の常識が通用しないことが明らかとなった^{1,2)}。市内の被災状況の把握や被災者に的確な情報を伝えるための通信環境(固定電話網や携帯電話網、電子メール、SNS(Social Networking Service))の稼働を保証できなかった。一方、大規模災害を想定して開発された通信衛星WINDSによる通信システムは、東日本大震災で災害対策本部に通信環境を提供できたことが報告されている³⁾。また、災害時の様々な被災状況に迅速に対応し、要求に応えるためには、システムを平常時から運用することが必要であることが従来から指摘されている。

このような観点から、情報通信研究機構(NICT)では、無線ネットワークをメッシュ状に構成するNerveNetを開発し、耐災害性を兼ね備えるとともに、平常時から無線LANとして活用する応用システムの社会実装を進めている^{4,5)}。しかし、そのような研究成果のシステムであっても、自治体のニーズはそれぞれの状況によって異なり、研究成果のシーズを社会で実用化する社会実装を如何に進めるかが重大な課題である。研究機関のシーズと自治体等のニーズのマッチングが求められる。

そこで、図1に示すように、工業系教育機関で実施するProject-Based Learning(PBL)と研究機関で開発された技術(シーズ)を連携させ、自治体の要求(ニーズ)を満たす仕組みを検討する。本稿では、耐災害システムのシーズとニーズのマッチングを図るため、教育機関を活用する社会実装モデルについて述べる。

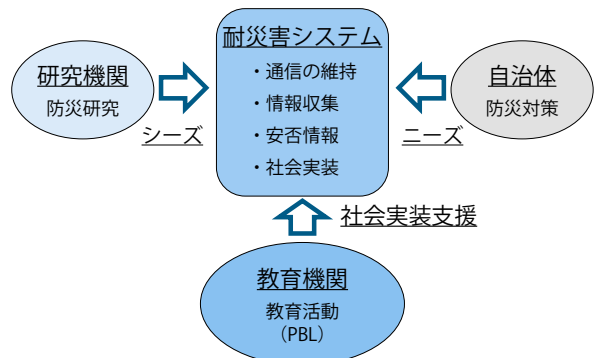


図1 耐災害システムの社会実装促進モデル

2 災害時通信システムの現状と課題

2-1 既存通信システムの災害時の状況

1995年の阪神淡路大震災の教訓として、大規模災害時に通話やデータ通信を維持し、情報通信機能を確保することの重要性を認識した。そのため、移動体通信事業者は、通信設備の堅牢化や通信経路の冗長化、アクセス集中等によるシステム停止を回避するための対応を進めてきた。しかし、2011年に発生した東日本大震災では、移動体通信網の音声トラフィック^{※1}は通常時の50倍以上に達し、70～95%の通信規制を実施しなければならなかった⁶⁾。一方、電子メール等のパケット通信^{※2}の通信規制は限定的なもので、最大でも30%かつ一時的であったことが報告されている⁶⁾。また、通信システムに直接的な被害が及んでいない場合でも、アクセスネットワークや上位の経路に障害が生じると、通信を維持することができないため、冗長性が高いインターネット^{※3}においても、DNS^{※4}等のサーバ群へのアクセスなど様々な要因でネットワークの接続を維持できない可能性がある。そのため、大規模災害時に被災地の情報収集システムや通信システムにインターネットサービスを前提とすることは適切ではない。

2-2 無線メッシュネットワークNerveNet

無線メッシュネットワークは、無線ノード^{※5}がネットワークを自律分散的に構築するシステムで、図2の

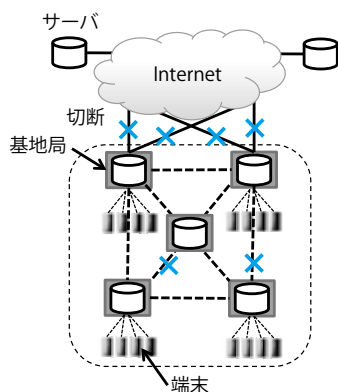


図2 無線メッシュネットワーク

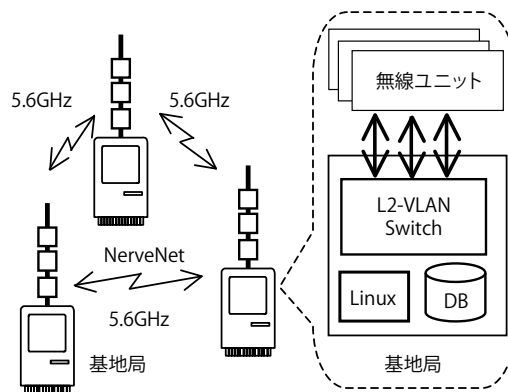


図3 NerveNetの構成



図4 基地局の設置状況（東北大学）

ようにルート切断が発生した場合でも代替ルートを探し、接続を維持することができる。

情報通信研究機構（NICT）で開発された地域分散ネットワークNerveNetは、無線マルチホップ^{※6}によって基地局を自律的に相互接続する無線メッシュネットワークである。災害発生時、経路上に障害が生じると、別の経路に切り替えて通信を維持する。各基地局には、データを蓄積し同期^{※7}する機能が装備されており、局所的に通信障害が発生しても、接続可能な基地局を経由して必要な情報を共有することができる。

NerveNetには、図3のように基地局に無線ユニットが取り付けられており、その基地局間を無線リンクで接続してメッシュネットワークを構成する。基地局は、L2-VLAN（Layer 2 Virtual Local Area Network）スイッチによってネットワークの接続を管理するとともに、内蔵するデータベースでデータを保存する。図4は、東北大学に設置されたNerveNetの基地局と無線ユニット、アンテナの屋外設置の様子である。

各基地局に実装された分散型データベースは、互いにデータを同期し、一つの基地局が被災しても他の基地局が共有しているデータを各種サービスに提供可能である。また、コアネットワークとの接続が切れた場合、NerveNet内では、基地局のサーバ機能によってローカルエリア内のネットワーク接続を維持する。したがって、災害時にアクセスネットワークやローカル

※1 音声トラフィック

一定時間内に転送される音声のデータ量のこと。

※2 パケット通信

データ通信の方法の一つ。データをパケットとよばれる単位に分割し、送受信を行う。伝送路が独占されないため、通信回線を効率よく利用できる。

※3 冗長性が高いインターネット

インターネットは集中制御を行わない自律分散型ネットワークで、通信経路もメッシュ状に接続されるため、冗長性が高い構成となっている。

※4 DNS

Domain Name Systemの略。ネットワークの名前（ドメイン名）とIPアドレスを対応づける仕組み。

※5 無線ノード

無線通信用の機器で、小型コンピュータを内蔵した装置。

※6 無線マルチホップ

無線通信において、無線ノードを中継局にして、遠方の宛先までデータを送る方式。

※7 データベースの同期

異なるデータベースに保存されたデータの内容を一致させること。

エリアネットワークの一部の機器故障や電源喪失によって、ネットワークが切断された状況でも、ネットワークの接続機能を維持し、すべての通信機能が停止することを防ぐ^{4, 5, 7, 8)}。

2-3 自治体のニーズと課題

多くの自治体では、災害時の本部（市役所）と避難所間の情報共有や連絡に電話やFAXを想定し、市民に対する情報発信では、広報車や防災無線による放送を想定している。電話回線が使えない場合、衛星電話の活用が期待されるが、すべての避難所に設置することは困難である。したがって、連絡が取れない避難所には人が出向いて情報収集や配信を行わなければならない。図5は、現状で考えられる情報伝達管理モデルで、災害時の迅速な対応に対する問題を示している。

一方、図6は、研究成果（シーズ）である無線ネットワークを活用して、市役所（本部）と避難所、自治体の支所、市民の間を接続して情報収集・配信を行うモデルを表し、迅速な情報配信を期待することができる。しかし、個々の自治体のニーズに合わせて研究機関がシステムを構築することは現実的ではない。また、構築されても継続的に運用することは容易ではない。そのため、平常時から活用する応用システムが求めら

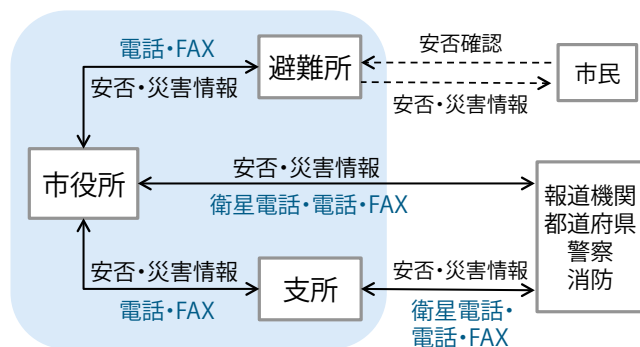


図5 現在の災害時情報伝達モデル

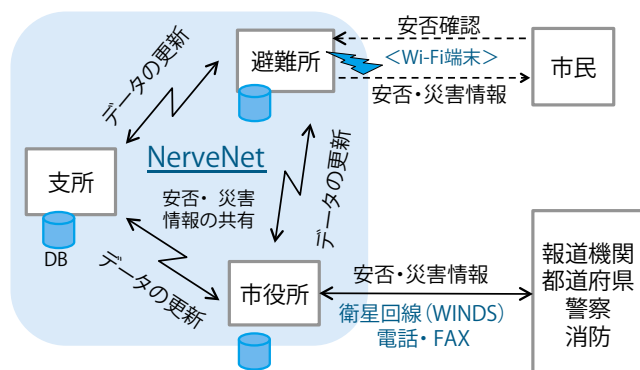


図6 災害時情報通信管理の提案モデル

れている。例えば、NerveNetを地域のWi-Fiネットワークとして導入し、商店街の広告配信機能を付加した岩見沢市の例が報告されている⁹⁾。しかし、これらの実証実験は、実験的な導入にとどまり、実用化に至っていない。

3 耐災害システムの社会実装

3-1 教育活動との連携

高等専門学校では、実践的教育を実施するとともに、地域密着型の教育活動を推進し、地域社会に貢献することに力を注いでいる。函館工業高等専門学校の専攻科では、地域社会から寄せられた課題に対して学生が課題解決に取り組むProject-Based Learning (PBL)を推進している。そこで、このPBLのテーマとしてNerveNetを導入し、耐災害通信システムを構築することを試みた。この取り組みによって、学生が継続的にシステムの構築と運用に関わり、持続的にシステムを運用できることが期待される。

3-2 社会実装のためのモデル提案

函館市の防災担当者から災害時の行動計画をヒアリングし、災害時情報管理についてまとめたものが、前述の図5の情報伝達モデルである。このモデルから、災害時の被災情報を的確に伝えることの課題に対して検討が求められる。そこで、NerveNetを無線ネットワークとして活用する災害時情報通信システムの管理モデルを図6のように提案する。PBLでは、NerveNetを用いて、このモデルのテストベッド^{※8}を校内に構築する。また、災害時情報管理アプリケーション^{※9}機能として、ファイル共有、安否情報管理、伝言板、映像配信、避難支援の各機能を実装する。

これらのシステムの開発を通して、学生はネットワーク技術を修得し、非常時のネットワーク構築と、応用システムの運用を支援することができる。さらに、教育機関で平常時にシステムを活用することによって、耐災害システムの平常時運用の課題解決のモデルケースとなる。

※8 テストベッド
システム開発において、実際の運用環境を想定した試験用のシステム。
※9 アプリケーション
パソコン上で使う、作業の目的に応じて使うソフトウェア。

4 耐災害通信システムテストベッド

4-1 概要

耐災害通信システムのテストベッドは、図7のように3台のNerveNet基地局とデータ管理用コンピュータで構成され、無線ユニットによって基地局間を接続する。また、各基地局では、無線LAN (Wi-Fi)を通してスマートフォン等の端末からNerveNetへアクセス可能である。その端末を通して、災害時情報管理機能のファイル共有、安否情報管理、伝言板、映像配信、避難支援の各機能を利用することができる。また、テストベッドは、VPN (Virtual Private Network) ※10で外部のネットワークと接続される。

4-2 NerveNetの設置

NerveNetは、複数の基地局を5.6GHz無線リンクで接続する分散制御型無線メッシュネットワークである。基地局は、Linux※11が組み込まれたコンピュータとデータベースで構成され、L2-VLANスイッチによってネットワークの経路を設定し、メッシュネットワークを構成する。このネットワークでは、災害時に

表1 機器仕様

無線ユニット：

電波周波数 (メッシュ)	5.6 GHz帯 IEEE802.11a
電波周波数 (無線LAN)	2.4 GHz帯 IEEE802.11b/g
アンテナ (メッシュ) 利得	指向性パッチ 9dBi / 18dBi
アンテナ (無線LAN) 利得	水平面無指向性 5dBi

基地局：

CPUボード	Atom processor
OS	Linux
スイッチ	L2 VLAN
データベース	mimerSQL/mysql

管理用PC：

Processor	Core i3 3.4 GHz
OS	Linux (VMware) on Windows 7 (64 bits)
メモリ	4 GB
Web サーバ	Apache 2.22.21 HTML, Active Perl

※10 VPN

Virtual Private Networkの略。暗号化技術によって公衆回線を経由して仮想的な専用ネットワークを構築する技術。

※11 Linux リナックス

コンピュータを制御・利用するために必要な、基本的なソフトウェア及びプログラムの一つ。ライセンスがフリー。

通信経路が切断されると、代替経路で接続が維持される。また、基地局は、2.4GHz無線LANのアクセスポイントとして、スマートフォン等の端末にアクセス機能を提供する。基地局のデータベースは、NerveNetによって接続された他の基地局のデータベースと同期し、データを共有する。したがって、いずれの基地局にアクセスしても情報の収集および更新が可能である。それらの各機器の仕様を表1に示す。

4-3 耐災害用アプリケーション機能

災害時に情報を管理し共有する機能をWebアプリケーションとしてテストベッドに実装した。その機能は、図8に示すように災害時を想定し、①災害情報連絡掲示板、②安否情報伝言板、③ファイル共有、④映像情報配信、⑤避難支援機能である。

① 災害情報連絡掲示板

自治体の被害状況の把握や救援物資情報の配信等を迅速に行うため、連絡掲示板機能を実装し、市民との情報提供を支援する。

② 安否情報伝言板

大規模災害時の安否確認のため、安否情報を登録し検索する伝言板機能を実装した。住民は、避難所の端末や自分の携帯端末からこのWebサーバにアクセスし、安否情報を入力するとともに検索することができる。

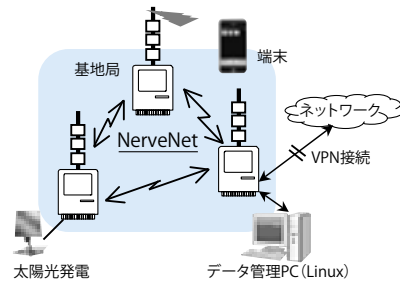


図7 テストベッドの基本構成

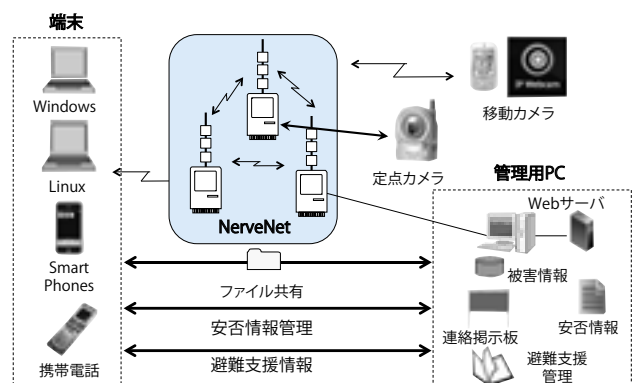


図8 災害時情報管理機能

③ ファイル共有

災害発生時、自治体の災害対策本部では、被害情報を迅速に収集して状況を把握し、救助活動等の対応を行うことが求められる。被災地の本部と避難所等を無線ネットワークで接続し、被害情報や配信情報を適切かつ迅速に共有する。

④ 映像情報取得

津波警報発令時、沿岸の状況を把握して適切な避難指示を出すためには、沿岸にカメラを設置して状況を把握することが有効な手段である。大震災後、宮城県女川町おながわちょうでは固定カメラで津波の監視を行うシステムが導入された。このカメラによるモニタリングシステムは、平常時に観光用などに利用することができる。

⑤ 避難支援

自治体では、災害時の避難計画において、要支援者の避難を支援するための検討が行われている。PBLでは、近隣の町内会の要請に基づき、支援を必要とする人と支援可能な人の登録をデータベースで管理し、避難時に支援者の割り当てを支援する機能を構築した。発災時、支援者は端末からシステムにアクセスし、自分が支援可能か否かを入力する。本部では、要支援者の避難状況と支援者の状況を確認し、両者の割り当てを行うことによって、スムーズな避難支援を図る。

4-4 テストベッドの評価実験

(1) 無線通信

NerveNet基地局3局を校内の屋外と住宅街にそれぞれ配置して通信実験を行い、各局間の受信電波強度を測定した。図9は校内の屋外に配置した様子を示す。

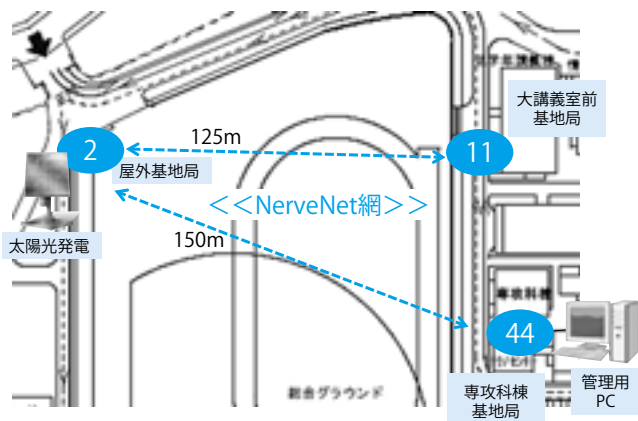


図9 ネットワークの校内屋外配置

表2 電波強度測定結果

(a)校内配置		(*)見通し外
基地局間リンク	RSSI	距離
No.2 - No.11	-65dBm	125m
No.44 - No.2	-65dBm	150m
No.11 - No.44 (*)	不可	60m
(b)住宅街配置		(*)見通し外
基地局間リンク	RSSI	距離
No.2 - No.44	-55dBm	220m
No.2 - No.11	-87dBm	100m
No.11 - No.44 (*)	不可	250m

表2は各リンクの通信距離と電波強度の測定結果を示す。表2(a)の校内実験の結果から、見通し条件^{※12}下の基地局No.2と他の基地局間の電波強度は-65dBmで、150mの伝搬距離であっても安定した電波強度が得られた。なお、表中のNo.11とNo.44のリンクは見通し外となり、距離が60mであっても接続できなかった。

一方、住宅街の実験では、二つの施設 (No.44とNo.11) の距離が約250mで、見通し条件を確保できないため、途中に基地局No.2を配置して中継した。また、No.2とNo.44は約220m離れているため、18dBiの指向性アンテナを使用した。No.2とNo.11は距離が約100mであるので、9dBiの指向性アンテナを使用した。各リンクの受信電波強度の測定結果を表2(b)に示す。No.2とNo.44は離れているが、-55dBmと安定した通信が可能な電波強度が得られた。一方、No.2とNo.11は100mと近いが、住宅街の7m幅の道路沿いにあり、住宅の壁による電波の反射の影響と、路上に駐車された車の影響で、受信強度-87dBmと低く、安定した通信条件を得ることができなかった。

(2) 耐災害用Webアプリケーション

前述の耐災害用Webアプリケーション①から⑤のうち、安否情報の登録と検索機能の画面を図10に示す。NerveNet網を介してWebサーバにアクセスし、トップページから災害情報・連絡掲示板のページで、安否情報の登録と検索を行うことができる。また、避難支援機能については、基本機能の開発は行ったが、支援

※12 見通し条件
無線通信の送信側と受信側が見通せることを条件とすること。



図10 安否情報登録・検索機能

者と要支援者の割り当て方針がユーザ（自治体）で検討中であるため、現在の機能をユーザと確認しながら改善を図る必要がある。これらの改善は、次に本テーマを担当する学生が行う予定である。

5 まとめ

防災研究の研究シーズと社会のニーズとのマッチングについて検討し、教育機関を活用する社会実装のモデルケースを示した。函館高専専攻科の平成26年度のPBLで、NICTの研究成果である無線メッシュネットワークNerveNetを活用した耐災害用アプリケーションシステムの開発を行った。この活動から、無線ネットワークの構築や耐災害用の各種機能の開発を学生が行えること、改善点は次の学生に引き継ぎ、システムの改良が行えることを示した。このように、教育課程の授業で取り上げることによって、開発が継続され、技術が継承できることを示した。また、このようにしてシステムを社会実装した場合、学生がそのシステムの運用を支援できることを確認した。このことは、平常時から継続してシステムを運用するモデルとして教育活動を活用できること、災害時は教育機関が災害対策本部を支援可能なことを示している。このように、教育活動を活用した耐災害システムの社会実装モデルによって、災害時にシステムが有効に機能することを期待する。

謝辞

本研究は、国立研究開発法人情報通信研究機構経営企画部、耐災害ICT研究センターおよびワイヤレスネットワーク研究所の協力と技術支援のもとに実施することができた。関係各位に感謝する。また、本研究の一部は、（一財）北海道開発協会開発調査総合研究所の研究助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 中沢正隆: 東日本大震災を振り返って, 電子情報通信学会誌, Vol.95, No.3, pp. 187-194 (2012).
 - 2) 山路栄作: 東日本大震災における通信インフラの災害復旧とその課題, 電子情報通信学会誌, Vol.95, No.3, pp. 195-200 (2012).
 - 3) 高山慎一郎他: "東日本大震災における通信衛星WINDS等の活用状況, 電子情報通信学会誌, Vol.95, No.3, pp. 201-206 (2012).
 - 4) 井上真杉,大和田泰伯: 地域の神経網を担うネットワーク NerveNetの研究, http://www.nict.go.jp/publication/researcher/pdf_data/01/01/018_021.pdf.
 - 5) 井上真杉: 頼れる情報通信インフラストラクチャの実現を目指して, 電子情報通信学会, 通信ソサイエティマガジン, No. 19, pp. 203-208 (2011).
 - 6) 総務省: 大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方について-最終取りまとめの公表-, 大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会, 報道資料12月28日 (2011).
 - 7) Y. Nemoto and K. Hamaguchi: Resilient ICT Research Based on Lessons Learned from the Great East Japan Earthquake, IEEE Communications Magazine, Vol. 52, No. 3, pp. 38-43 (2014).
 - 8) 三浦龍,井上真杉,大和田泰伯,浜口清: 耐災害ワイヤレスメッシュネットワーク-テストベッドの概要-, 電子情報通信学会, 信学技報, RRR2013-15,pp.21-26, (2013).
 - 9) NICT プレスリリース: 広告効果が確認できるネットワーク活用型広告配信実験を開始-インタラクティブな広告配信技術の可能性を検証, <http://www.nict.go.jp/press/2010/12/08-1.html>.
- ※ 藤原他「災害時情報通信システムの社会実装に関わる教育機関の役割に関する研究（中間報告）」(2014)『北海道開発協会平成26年度助成研究概要・詳細』（一財）北海道開発協会ホームページ。