

ネバー・ダイ・ネットワークと防災システム

久慈 渉[†], 佐藤 剛士[‡], 小出 和秀[†], 柴田 義孝[‡], 白鳥 則郎[†]

[†] 東北大学電気通信研究所

[‡] 岩手県立大学ソフトウェア情報学部

概要

現状のインターネット等における様々なサービスは、前もって決められた環境の下でのみ動作する。そのため、動作環境の急激な悪化、変動に対して弱く、すぐダウンし、利用者に大きな不便、損失を与える。動作環境の悪化に耐え、システムダウンすることなくしぶとく稼動するネバー・ダイ・ネットワーク (NDN) が実現されなければならない。本稿では、NDN について説明し、NDN 実現のためのネットワーク管理技術について記述する。また、NDN が防災システムにおいて、どのように動作するかを述べる。

Never-Die Network and Disaster-Control System

Wataru Kuji[†], Goshi Satou[‡],

Kazuhide Koide[†], Yoshitaka Shibata[‡] and Norio Shiratori[†]

[†] Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

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

Abstract

Most of services in the existing network works well in well-structured network. They are extremely delicate for sudden degradation or fluctuation of quality of network capability. To realize a robust Never Die Network(NDN) which will be unaffected by any changes in environment is a challenging issue. In this paper we describe a concept of NDN, explain about an network management architecture that realizes NDN, and consider its behavior in a scenario of a disaster-control system.

1 はじめに

現状のインターネット等における様々なサービスは、前もって決められた環境 (条件) の下でのみ動作し、動作環境が悪化するとシステムダウンとなる。特に急激な悪化、変動に対して弱くすぐにダウンし、利用者に大きな不便、損失を与える。例えば、地震などの災害時、電源の事故、通信路の切断、トラフィックの急増などが発生すると、緊急時にもかかわらずシステムダウンとなり、生命や生活をおびやかす、深刻な社会不安を招く。次世代ネットワーク (NGN) においても本質的にはこの問題は解決されない。このため新世代ネットワーク (NwGN) においては、安心な情報社会の構築に向けて、高度なディペンダビリティが求められている。すなわち、動作環境の悪化に耐えシステムダウンすることなく、しぶとく稼動するネバー・ダイ・ネットワーク (NDN: Never Die Network) が実現されなければならない。

NDN のコンセプトを図 1 に示す。NDN を実現するためには、様々な課題を解決しなければならないが、特に最も重要な基盤技術となるのが、ネットワーク管理技術である。本稿ではその第一歩として、環境の悪化に適

応する、ネットワーク監視技術の確立を目指す。

2 章では関連研究と NDN の概要について述べる。3 章では提案の概要について述べ、4 章では、防災システムネットワークの実例に基づいた、ネットワーク障害と復旧について述べ、5 章で今後の予定について述べる。

2 NDN の概要

2.1 従来研究

従来のネットワークは各ノードがインフラに依存しているため、故障などによりインフラが崩壊してしまった時には、ネットワークが完全にダウンしてしまう。これに対し、無線ネットワークにおける端末間協調に基づく基地局選択法 [1]、無線ネットワークにおける Never Die Network サービス機構の構成 [2] は、ネットワーク異常が発生した場合に、無線基地局への負担を減らす方法を提案しており、NDN のコンセプトの先駆けである。また、新世代ネットワークの実現を目指す研究として、AKARI プロジェクト [3] がある。AKARI プロジェクトにおいては、システムの頑強性を強化する方法として、ネットワー



図1: これまでのネットワークとNDN

ク内エンティティが局所通信によってのみ制御を行い、それによってマクロで見て全体のシステムで目的とする機能を実現するコンセプトを提案している。ただし図2の通り、通常時のパフォーマンスは従来のものに比べて落ちると想定されている。これは、各ノードが常に自律的に動くために、平常時の性能が従来のネットワークに比べて劣ってしまうからである。

2.2 NDN のコンセプト

これに対し、我々の考える NDN では、ノードはインフラ依存モードと自律モードの二種類の動作機能を持つ。ネットワークの状態に応じて、構成するノードが自律的に動作するかそうでないかをコントロールし、図2のように、あらゆる状況において性能向上を実現する。このことを実現するためには、ネットワーク環境が悪化した中でも、ネットワークの障害のレベルを把握し、ネットワークをスムーズに自律稼動モードに移行させる必要がある。

上記のような NDN を実現するためには、障害のレベルに応じて、ネットワークが自律的に動作し、環境の悪化に適応して制御・構成の変更が自律的にできるようになることが必要である。このための基盤技術として、ネットワークの自律性をコントロールする、管理システムの実現が必要である。このため、環境の悪化に伴う通信路の切断やトラフィックの急増が発生した中でも、ネッ

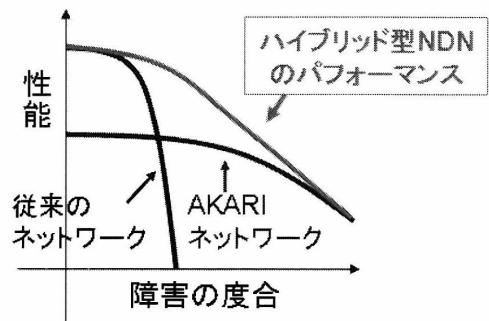


図2: パフォーマンスの比較

トワークの状態を即座に把握し、ノードへの情報提供を行うことができる、新しいネットワーク管理技術の開発が課題となる。具体的には、災害等によって管理ドメイン内のある領域への接続性が失われたとしても、その領域において新しい管理ノードを自律的に生成して監視し、迂回経路を用いたネットワーク情報の提供を継続する機能を実現しなければならない。

2.3 災害時におけるネットワーク障害

本節では、現実の災害時におけるネットワーク環境悪化の様子を具体的に説明する。

過去の阪神淡路大震災や能登半島沖地震などにおいて、地震直後は、それまでの直前の状態から数分間で大きく変化する。特に電話網やデータ網は、通信路の切断、通信機器の故障や破壊が発生し、供給電源装置はバックアップも含めて寸断する。それから、通信事業者や自治体災害担当者はシステムの再スタートを開始するが、多くの通信不能箇所では復帰できないところが存在する。その後被災住民は避難所へ避難を始め、また住民同士では安心・安全確認のために電話・データのトラフィックが輻輳を起す。このような事態は発災直後30分から数日間継続する。その後通信事業者により回線をじょじょに仮復旧させていく。このように災害時における通信システムの全体の可用性は、図3に示すように災害直後に0%にまで下がり通信システムが完全に機能なくなる期間が存在する(数時間～数日)。その後、仮復旧作業によりじょじょに復旧し、数週間後に、完全復旧する。

一方、災害直後から住民や関係担当者にとって必要な災害情報は、図4に示すように、経過時間によって変化する[4]。すなわち、災害発生直後から2日間においては、被災者、親族、支援者に対して、避難情報、安否情報、被災状況に関する情報が求められ、また3日～2週間後の災害鎮静下後においては、安否情報、交通情報、救援物資供給情報、サービス情報、ライフライン情報、行政情報などが求められる。しかもこれらの情報は、災害直後に通信システムがほとんど機能していない時刻や仮復旧時に求められており、被災住民の安心・安全の観点

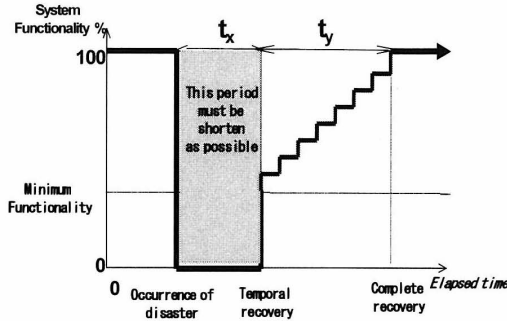


図 3: 災害時における通信機能の推移

災害発生時において求められる情報は時々刻々変化する



図 4: 災害時に求められる情報

から一刻を争うため、通信システムの機能停止期間は極力避けなければならない。

3 NDN 実現のためのネットワーク管理技術

3.1 NDN へ向けたネットワーク管理技術の概要

一般的なネットワーク管理システムは図 5 に示すとおり、管理マネージャと監視プロンプからなる。監視プロンプは、それぞれが担当するネットワークを監視し、その情報を管理マネージャに伝える。管理マネージャは、監視プロンプから取得、または送られてくる監視情報を元に、各ネットワークを制御し、ネットワーク管理を実現する。

NDN におけるネットワーク管理システムは、環境の悪化に自律的に適応しなければならない。障害によって、管理マネージャとの通信状況が、極端に悪化した場合、回復するまで管理マネージャの仕事を代行する必要がある。また、監視プロンプがダウンしてしまった場合は、その監視プロンプが監視していたネットワーク内のノードの一つが、自律的に監視プロンプの役割をする必要がある。

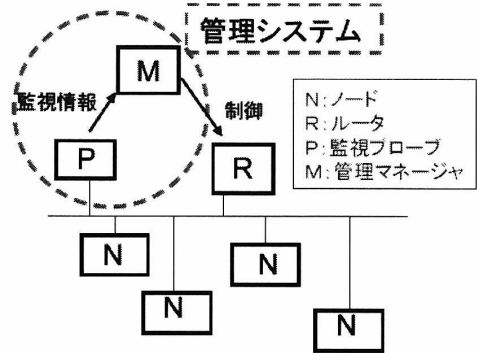


図 5: ネットワーク管理システム

3.2 要素技術

NDN を実現するための新しいネットワーク管理技術を実現するためには、以下の二つの要素技術が必要となる。

- (要素技術 1) 環境悪化に適応するハイブリッド型ネットワーク管理アーキテクチャ
管理マネージャがネットワークの状態を把握し、障害の度合いや残存するネットワークリソースに応じて、管理権限を監視プロンプ側に委譲し、監視プロンプと同期しながらスムーズに自律管理モードに移行する管理アーキテクチャ。
- (要素技術 2) マルチエージェント技術を用いた自律・適応型ネットワーク管理技術
管理マネージャからネットワークが孤立しても、監視プロンプが自律・適応的に監視を継続し、ネットワーク情報を蓄積できる監視プロンプ技術。

提案したネットワークシステムのコンセプトを図 6 に示す。本稿では特に (要素技術 1) について詳細に述べる。簡単のために、管理マネージャ(M) が 2 つの監視プロンプ(P1,P2) を監視する簡単なネットワークモデルを考える。

ネットワークの状態に何も問題が無い場合、P1, P2 は監視情報を M に送り、その情報から M はネットワークを管理する。一方、ネットワークに障害が発生した場合は、障害の度合いにより、n パターンのネットワーク状態が考えられる。このモデルにおいて考えられる障害のパターンは図 7 に示すとおり

- (1) P1 の監視ネットワークと M との間の通信が切断了が、P2 の監視ネットワークと M との通信には問題がない場合
- (2) P1 に障害が発生して、監視が継続できない場合
- (3) M と、P1,P2 の監視ネットワークとの通信状態が極端に悪化した場合

などが考えられる。これらの障害パターンに対応するネットワーク状態を適切に定義し、それぞれの状態に応

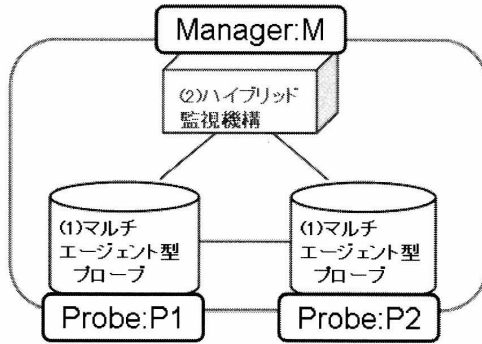


図 6: NDN のためのネットワーク管理システムのコンセプト

じた自律的なネットワークの管理を設定することで、それぞれの状況に最適な自律管理モードにスムーズに移行させることができる。(1)の場合、M と P1 が監視するネットワークとの通信が切れると、まず P1 が M の代わりに監視ネットワークの管理をするようになる。そして、P2 を通して M との通信が可能であることがわかると、P2 を通して M による管理に戻る。この様子を図 8 に示す。

3.3 提案技術の効果

本稿ではコンセプトのみを提案しているが、提案技術が実現できた場合、障害が発生していない場合においては、適切に設計されたインフラに基づくネットワークが最も効率的に稼動する。重大な障害が発生して、インフラが壊滅した場合、各エンティティが完全に自律的に動作することで、ある程度のネットワーク稼動が実現できる。またその 2 つの状態の間においては、障害の度に応じて、ネットワークの自律性をコントロールして、状況に応じたベストなパフォーマンスを実現できると期待できる。

4 NDN と防災システム

4.1 NDN と防災情報システム

これまでの NDN の要素技術や監視・情報収集技術を基盤として防災システムのための災害時ネットワーク構成を検討する。図 9 にその構成を示す。全国の自治体の災害情報時に収集および発信されるすべての災害情報サーバは、地域イントラネット、地域情報ハイウェイ、Internet、あるいは衛星通信の相互接続や多重回線により NDN を構成し、その上でバックアップ、ミラーリング、あるいはトラフィック分散化が実現される。これにより災害が複数の都道府県にまたがって発生が予測される、宮城沖地震、東海地震、東南海地震、南海地震でも、災害が起らない地域の災害サーバを利用できるため、このような大規模災害に対応できる。

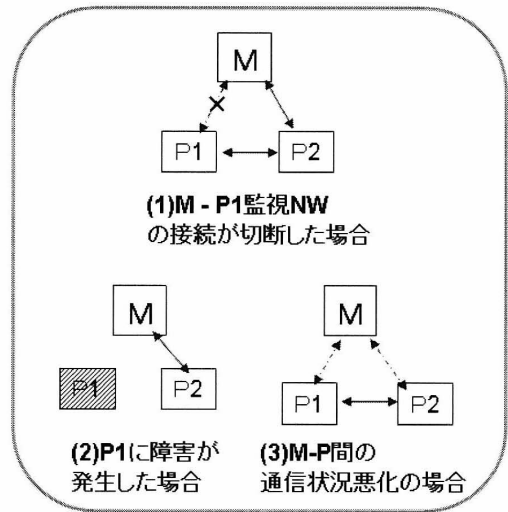


図 7: 障害のパターン

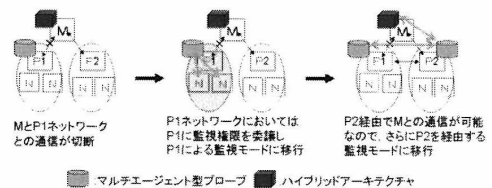


図 8: 管理モード移行のシナリオ例

被災地周辺における主として避難所での被災住民、自治体災害担当者、災害救援ボランティアへの情報通信手段としては、無線による MANET (Mobile Adhoc Network) をベースとした現地即応できる情報通信手段により、災害時に求められる情報をシームレスに提供・発信できるものと考えられる。このようなネットワーク構築技術の一つとして気球ワイヤレスネットワークがある [5]。これは無線基地局を搭載した気球を利用し、気球と無線アクセスを組み合わせることにより簡単かつ経済的に緊急通信インフラを実現するものである。図 10 に気球ワイヤレスネットワークの概要を示す。気球は地上の基地局と有線の電力線および通信線で結ばれており、気球どうしは、気球に搭載された無線中継装置で無線アドホックネットワークを構成する。

4.2 災害時ネットワークにおける NDN 実現に向けた課題

災害発生によるネットワーク切断から、前節で説明した気球ワイヤレスネットワークの展開までに、通信不能な時間が存在する。また気球ワイヤレスネットワークのスループットや RTT などの定常的な性能は、通常のネッ

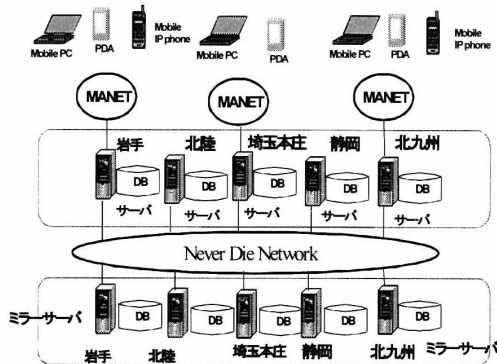


図 9: 防災情報システム構成の概要

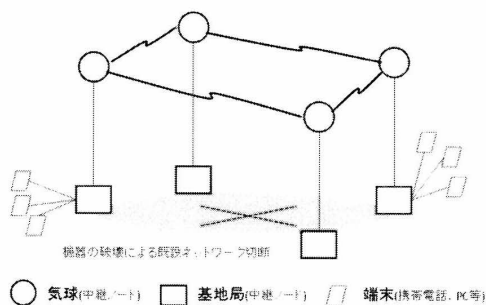


図 10: 気球ワイヤレスネットワーク

ネットワークに比べて劣っている。さらに天候や、メンテナンスなどの影響を受け、ネットワークが断続的に切断する時間帯があることが考えられる。これらのことから気球ワイヤレスネットワークを用いた、災害によるネットワーク障害からの復旧は、2.3 章で説明した段階的なパターンを経ると考えられる。

以下に、気球ワイヤレスネットワークにおける NDN の実現に向けたネットワーク管理を実現するための課題を示す。

- (課題 1) 気球ワイヤレスネットワークの中継ノードにおいて、ネットワーク状態を示す情報 $NS = \langle l, r, tr \rangle$ を監視する機能の実現。なお、 l は無線リンクのアップダウン、 r は無線リンクの遅延時間、 tr は無線リンクのトラフィック量を表す。
- (課題 2) ネットワーク状態情報 NS をもとに、管理マネージャが上記 (課題 1) の監視機能をコントロールする機能の実現
- (課題 3) ネットワーク状態に応じた最適なネットワーク管理モードへのスムーズな移行の実現

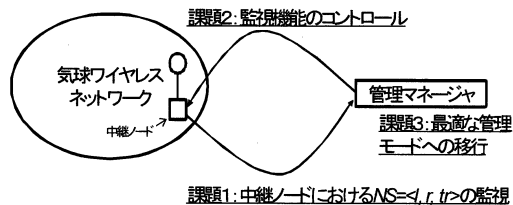


図 11: 気球ワイヤレスネットワークにおける NDN 実現への課題

5 今後の予定

本論文では、NDN の概要を説明した。また、NDN を実現するための技術として、環境悪化に適応するハイブリッド型ネットワーク管理アーキテクチャについて述べた。そして、防災システムにおいて NDN を実現のための、今後の課題について考察した。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 (19650007) および総務省 SCOPE プロジェクト (071502003) の援助を受けて実施した。

参考文献

- [1] 菅沼拓夫, 北形元, 加藤貴司, 白鳥則郎, 小野良司, 黒田正博, “無線ネットワークにおける端末間協調に基づく基地局選択法,” 情報処理学会研究報告 2003-MBL-24-15, pp.95-101, 2003.
- [2] 菅沼拓夫, 北形元, 加藤貴司, 白鳥則郎, “無線ネットワークにおける Never Die Network サービス機構の構成,” 電子情報通信学総会大会講演論文集, 2003.
- [3] AKARI プロジェクト, “新世代ネットワークアーキテクチャ AKARI 概念設計書,”
- [4] 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).
- [5] 中井優志, 佐藤洋介, 越後博之, 榊原一也, 柴田 義孝, “気球ワイヤレスネットワークを利用した災害情報システム,” 2007 年電子情報通信学会総合大会, 災害対策ネットワークの実現技術シンポジウム.