

# SDN 技術とコグニティブ無線技術を基盤とした Never Die Network の開発

佐藤剛至<sup>†</sup>内田法彦<sup>‡</sup>柴田義孝<sup>†</sup>岩手県立大学<sup>†</sup>埼玉工業大学<sup>‡</sup>岩手県立大学<sup>†</sup>

## はじめに

東日本大震災において、有線通信網の破断、携帯通信網の故障・輻輳、情報孤立地域の発生、普段利用しない緊急時通信設備の故障、電源の故障等によって、既存のネットワークシステムは機能を停止した。

そこで我々は、災害時のいかなる状況においても通信を可能とする新たなネットワークシステムである Never Die Network(NDN) System を開発する。複数の特性の違う無線アクセス網を、ラウンドトリップタイム、実効スループット、パケットロス率などのネットワーク性能の監視結果に基づきパケットを流すアクセス網を選択する事が可能な NDN スイッチを、コグニティブ無線技術を用いて実装することにより、Never Die Network を実現する。

我々は、Software Defined Network 技術<sup>1)</sup>を用いてプログラミングした Never Die Network のプロトタイプシステムに、WiMAX や LTE, 3G 携帯電話網, 衛星通信網を収容し、岩手県の滝沢市、宮古市、釜石市の3地点に NDN スイッチを配置することでシステムの機能と性能を評価するためのテストベッド環境を構築した。

## 関連技術

### コグニティブ無線技術

コグニティブ無線技術<sup>2)</sup>は、元々は空きのある無線周波数帯を判別し、自動的にハンドオーバーを行うことで周波数帯を有効利用する技術である。本研究においては複数の無線通信方式をその時の通信状況を計測し、最適なものに自動的に切り替えるために用いる。

### Software Defined Network(SDN)技術

SDN 技術は、パケット転送を行うデータプレーンと意思決定を行うコントロールプレーンからなる。ネットワークデバイスの意思決定を集中制御を行うコントロールプレーンに移行することで、ネットワークリソース全体の能力や特性を認識することが可能となる。また、各ネットワークデバイスのパケットフロー制御の設定変更をプログラミングによって定義可能なため、ユーザーインターフェースからの入力や、ネットワーク性能監視結果を保存したデータベースの情報から直接パケットフロー制御の設定に反映可能である。

## システム概要

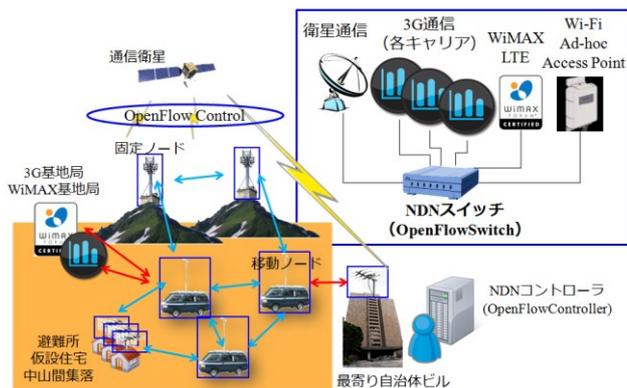


図1 システム概要図

Figure 1 System Configuration

本研究で提案する Never Die Network は、図1で示されるように、複数の無線アクセス網を収容した NDN スイッチと、それらを SDN 技術で集中的に制御管理する NDN コントローラで構成される。NDN スイッチは、バックボーンネットワークとアクセスネットワークのゲートウェイとして稼働する。

各 NDN スイッチは、収容しているそれぞれの無線通信デバイスのネットワーク性能の監視を定期的に行っており、監視結果は随時 NDN コントローラへ蓄積されている。NDN コントローラは、蓄積された各地点のネットワーク監視結果を元に、各アクセス網に対する重み付けを行うことで通信路を決定する。

また、コントローラとスイッチ間の SDN 制御用のチャンネルとして衛星通信網を利用しており、各スイッチはネットワークに接続している端末がやりとりするパケットを NDN コントローラからの命令に従って制御する。

本システムは以下の提案手法と要素技術で構成される。

1. ネットワーク性能監視技術
  - ネットワーク性能の変化を検知
  - スループット、パケットロス率、遅延時間等
2. ネットワーク性能監視結果に基づいた意思決定
  - NDN スイッチにおけるアクセス網の選択
  - 物理故障・輻輳を認識し回避する
3. SDN 技術によるパケット制御
  - パケットフロー切替制御

## プロトタイプシステム

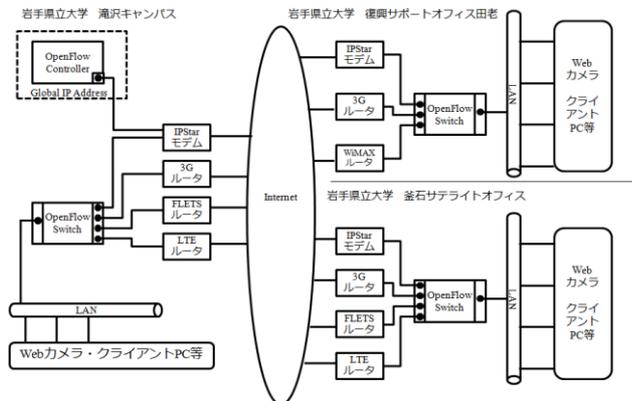


図2 プロトタイプシステム構成図  
Figure 2 Prototype System Configuration

本システム及び提案手法を評価するためのプロトタイプシステムについて説明する。

本プロトタイプシステムは、緊急時において物理的に離れた地点間の通信を確保し、動的にアクセス網を切り替えていくことが可能であることの実証と評価を目的として構築する。我々は、図2に示すように、岩手県内の内陸（滝沢市）・沿岸北部（宮古市田老）・沿岸南部（釜石市）の3拠点にプロトタイプシステムを構築した。

各拠点には、本システム用に各種無線アクセスデバイスを装備したNDNスイッチを配置する。本プロトタイプシステムで使用する無線アクセス網は次の通りである。

- 衛星通信網 (IPStar)
- 3G/LTE網 (docomo/au/softbank)
- WiMAX網
- FTTH網

## 性能評価



図3 性能評価機器構成  
Figure 3 Performance evaluation devices

災害発生シナリオに基づいたアクセス網の切替を発生させ、その際のエンド間のスループット及びパケットロス率の変化を評価した。災害発生時のシナリオは以下の通りである。

1. 最初は3つ全てのアクセスネットワークが利用可能
  - 平均 1.29Mbps の衛星通信網
  - 平均 7.20Mbps の 3G/LTE 網
  - 平均 25.01Mbps の FTTH 網
2. 計測開始から 20 秒後に災害が発生し、FTTH・3G/LTE 網の両方が電源の障害で停止
  - 自動的に衛星通信網に切り替わる
3. 更に 20 秒後、3G/LTE 網が回復
  - 自動的に 3G/LTE 網に切り替わる
4. 更に 20 秒後、FTTH 網が回復
  - 自動的に FTTH 網に切り替わる

我々はこれらのシナリオを通して、図3で示すNDNプロトタイプシステムを用いてiperfによるエンド間スループットとパケットロス率を測定した。結果を図4に示す。

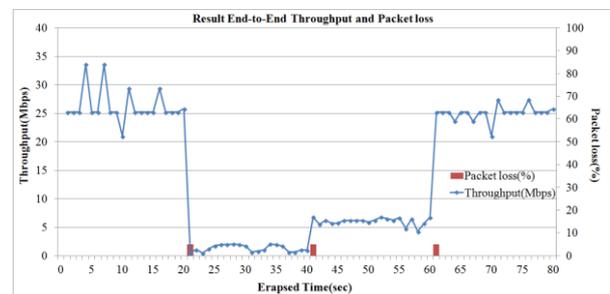


図4 エンド間スループットとパケットロス測定結果  
Figure 4 Result End-to-End Throughput and Packet loss rate

開始から 20 秒後、エンド間スループットが FTTH の平均 25Mbps から、衛星回線の平均 1.29Mbps へ急激に低下した。その 20 秒後、3G/LTE 回線が復活し、平均 7.2Mbps まで回復した。そして更に 20 秒後、元の FTTH 回線による平均 25Mbps に切り替わった。それぞれの切替処理によって生じるパケットロス率はわずか 5% 未満だった。

このように、災害が発生し既存のネットワークに障害が発生した場合でも、衛星ネットワークが常に接続可能であれば、インターネットへの通信リンクを維持し、かつ迅速に復旧を可能とする Never Die Network が実現可能となる。

## まとめ

本研究では、3G/LTE や WiMAX、衛星通信などの無線アクセス網を複数収容した NDN システムを実装し、NDN スイッチを岩手県の 3 拠点に配置することで、プロトタイプシステムを構築した。さらに、システムの性能と機能の評価するためのテストベッド環境を構築し、評価を実施することにより提案システムの有用性と効果を検証することができた。今後は、現在 3 拠点で稼働しているプロトタイプシステムを継続的に運用・改善していくことで、実用的なシステムを構築していく。

## 参考文献

- 1) Open Networking Foundation, SDN, <https://www.opennetworking.org/standards/intro-to-openflow>
- 2) J. Mitola III, G. Q. Maguire. Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal. IEEE Personal Communications, August 1999.