

# 被災地への緊急運搬及び複数接続運用が可能な移動式 ICT ユニットに関する研究開発 Research and development of "Movable ICT-Units" for emergency transportation into disaster-affected areas and multi-unit connection

代表研究責任者 高原 厚 日本電信電話株式会社 未来ねっと研究所  
研究開発期間 平成 24 年度～平成 25 年度

## 【Abstract】

A large-scale disaster damages the ICT infrastructure for voice and data communications in a disaster area and severely reduces the service offering capability. This results in a large demand/supply gap and causes serious traffic congestion. In addition, it often takes a long time such as several months to recover the infrastructure and reestablish the service offering. In the present R & D, we have researched and developed a Movable and Deployable ICT Resource Unit or MDRU and related technologies to solve these serious problems. A MDRU can be easily transported to the damaged area and establishes local but important ICT services quickly once it is installed. Also, we can provide necessary ICT services over the all disaster area by interconnecting plural MDRUs. We have verified the availabilities of MDRU and related technologies for future devastating disasters through experiments and demonstrations.

## 1 研究開発体制

- 代表研究責任者 高原 厚 (日本電信電話株式会社 未来ねっと研究所)
- 研究分担者 加藤 寧 (国立大学法人東北大学 電気通信研究機構)  
笠原 裕道 (エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社 サービス基盤部)  
金沢 誠 (富士通株式会社 ネットワークインテグレーション事業本部)
- 研究開発期間 平成 24 年度～平成 25 年度
- 研究開発予算 総額 904 百万円

(内訳)

平成 24 年度	平成 24 年度補正
297 百万円	607 百万

## 2 研究開発課題の目的および意義

本研究開発は、東日本大震災での経験を踏まえ、同震災と同等あるいはそれを超える広域大災害が発生した場合においても、被災地等の通信能力を緊急に増強し、通信を確保するために必要となる技術について、被災地である東北地方を中心に研究開発・実証実験等を行い、東日本大震災からの復興に資することを目的としている。

大規模災害時等においては、情報通信設備の損壊等による情報通信の機能損失や大規模な輻輳状態が発生するが、設備の復旧には長時間を要する場合もある。このような問題を解決するため、本研究開発では、災害時に利用可能なあらゆる運搬手段を活用し、情報通信機能を実装したユニットを被災地へ迅速に持ち運び、複数台を相互に連携させることで緊急にその地域一帯の情報通信機能を広域に復旧させることや、被災地や首都圏の機能を維持するために欠かすことができない中枢拠点の情報通信機能を復旧・維持することが可能となる移動式 ICT ユニットの構築技術の開発を目標としており、本研究開発は、将来において東日本大震災のような大規模災害が起きた場合に被災地での情報通信サービスの迅速な復旧・再開を可能とするために大きな意義があるものである。

### 3 研究開発成果

#### 3.1 課題ア) 迅速な運用開始を可能とする移動式 ICT ユニットの設計・構築技術

新たなトラヒックモデルを踏まえ、平時の利活用の在り方を含めて移動式 ICT ユニットの求められる各種要件、同設備を設計・構築するための技術や運用面の仕様等を総合的に整理したガイドラインを作成する。

また、移動式 ICT ユニットの被災状況や情報通信需要に応じて複数の規模（数千人規模から数万人規模の収容数）や設備構成を柔軟に選択可能であることを実証する。更に、東日本大震災と同等程度の大規模災害を想定した状況下において、同設備をコンテナ運搬車等の災害時の利用が想定される様々な運搬手段によって輸送した場合に、同設備が輸送時の振動等に十分耐えられ、発災後 2 日以内に被災地へ同設備を搬入、設置した上でサービス提供が可能であることを実証する。

##### ア-1 ICT ユニットネットワークアーキテクチャ技術

本研究課題では、移動式 ICT ユニットおよび、移動式 ICT ユニットネットワークの設計・構築、運用、移行など、被災地に展開してサービス提供に供するまでの要件を整理し、それを満たすためのアーキテクチャを明らかにすることを目的に研究開発を推進した。

##### ア-1-1 ICT ユニットネットワーク設計・構築プロセス技術

先行研究開発で、情報通信機能を実装したリソースユニットを試作したが、大型であり、運搬には必ずしも向かないことから、既存物流インフラを幅広く活用でき、かつサーバ等の機器を搭載したまま運搬することが可能なように新たな仕様を検討し、中型の移動式 ICT ユニットの試作・構築した。ついで本移動式 ICT ユニットにおいて、コンテナ輸送時や積み込み・荷下ろし時に生じる振動が ICT 装置等の機能維持性能に与える影響を明らかにするため、サーバラック内に実装置を搭載した状態でトラックによる輸送を行い、ICT 装置等に生じる振動加速度について計測を行うとともに、搭載装置の機能障害発生有無を確認した。その結果、機器実装状態での移動式 ICT ユニット輸送において、安全性が確保されていることを実験的に確認した。また、移動式 ICT ユニットと公共機関との連携を視野に、移動式 ICT ユニットに、公共機関が被災地で利用することを想定した通信網模擬装置を 2 台接続し、一方の通信網模擬装置から他方の通信網模擬装置へ移動式 ICT ユニットネットワークを介して信号伝送を行い、問題なく信号疎通が行われることを確認した。さらにそれまでの移動式 ICT ユニットのプロトタイプ開発の経験を踏まえ、より移動性を高めた車載型の移動式 ICT ユニットの開発し、その有効性を実験的に確認するとともに、移動式 ICT ユニットに関して得られた各種要件・アーキテクチャ・運用プロセスなどの知見を整理し、一部を技術文書として ITU-T へ提出した。

## ア-1-2 ICT ユニットネットワーク運用・評価プロセス技術

### (1) ICT ユニットの評価指標の定義

ICT ユニットに要求される機能、性能、拡張性等を明らかにし、設計する ICT ユニットが果たすべき要件を充たしているかを評価するため、以下を実施した。

- ・各種関連情報の調査を行い、ICT ユニットの要件として移動性、Resilient 性、柔軟性、広域性、拡張性、運用性、即時性、平時利用性の各観点を抽出し、特に即時性、移動性、拡張性に着目して評価指標を定義した。
- ・東日本大震災等の災害事例の被災状況や復旧過程に基づき評価条件（評価モデル）を策定し、ICT ユニットの適用した場合のケーススタディを実施することで、ICT ユニットの有効性を検証した。
- ・評価指標の定義に向けて、移動性の向上、複数 ICT ユニットのネットワーク化、平常時の ICT ユニットの有効利用等の関連情報を調査した。

### (2) 定量化評価に向けた評価条件の検討

ICT ユニットに対して具体的な評価を実施するために、以下を実施した。

- ・東日本大震災の事例を中心に災害状況の調査と類型整理を行い、支援対象の業務種別、ユーザ設備の被災状況、通信ネットワークの被災状況、道路等輸送手段の状況等について、評価条件（評価モデル）を策定した。
- ・上記で策定した評価条件（評価モデル）について、ICT ユニットが適応可能かどうかのケーススタディを実施し、机上における有効性を確認した。

### (3) ICT ユニットの評価

今回の ICT ユニットの主な特徴であるサービス復旧時間の短縮に関連する「即時性」、陸路や空路での搬送を考慮した「移動性」、複数の ICT ユニット間を接続しサービス提供の拡大を行う「拡張性」について、机上及び会津大学や東北大学に構築した実際の環境を用いた実機による評価を行い、ICT ユニットが有効に適用可能であることを確認した。

#### ・即時性の評価

発災後に ICT ユニットの適用判断を行い、被災地へ運搬・設置し、2 日以内にサービス提供が可能であることを、机上における評価と会津大学に構築した実際の環境を用いた実機における評価を組み合わせ評価した。

#### ・移動性の評価

今回開発した車載型の移動式 ICT ユニット、モジュール化した ICT ユニットについて、各種手段で被災地へ迅速に運搬可能であることを、コンテナ型の ICT ユニットとの比較も行い確認し、また NTT 横須賀研究開発センタと会津大学での実際の運搬も利用して確認を実施した。

#### ・拡張性の評価

複数の ICT ユニートを連携することで、広域かつ迅速に復旧が可能であることを、会津大学や東北大学の実証フィールドを用いて確認した。

### (4) ICT ユニット適用ガイドラインの拡充

ICT ユニットの利用に関する、平時の活用、災害発生時の運搬・設置、サービス提供という各フェーズについて、ICT ユニートを災害復旧に適用する運用プロセスを整理、最適化し、各フェーズにおける要件や課題を明確化してドキュメント化することで、ICT ユニット適用ガイドラインを策定した。

具体的には、平成 23 年度補正予算で策定した「リソースユニット利用ガイドライン(第二編 適用編)」

に対して以下の観点で拡充を行い、総合的な ICT ユニット適用ガイドラインとして整理した。

- ・複数の ICT ユニットの連携や ICT ユニットの車載型化・モジュール化といった新規開発機能について、災害時に適用するための運用プロセスを検討し、整理・最適化を行った。
- ・仙台・会津等の実フィールド環境においてガイドラインを適用し、実際の検証準備や検証作業とガイドラインに示す運用プロセスの整合性を検証することで、ガイドラインの運用プロセスの有効性を検証すると共に、実運用に則したガイドラインへのフィードバックを行った。

## ア-2 移動式 ICT ユニット構成技術

本研究課題では、被災状況によらず迅速に移動式 ICT ユニットの搬送・配置し、ネットワークを構築するために必要となる要素技術の研究開発を進めた。

### ア-2-1 レジリエントネットワーク技術

#### (1) フォトニックネットワーク技術

本研究課題では、広域ネットワークと複数の移動式 ICT ユニットからなるネットワークのレジリエント化を、デジタルコヒーレント方式を前提としたフォトニックネットワークの観点から検討を行った。移動式 ICT ユニットの複数台、被災地域に分散配置し、これらを、利用可能な地下光ファイバケーブルなどを利用して相互接続して、高速広帯域なネットワークを迅速に構築することを想定して、ROADM (Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexer) ノードを介した移動式 ICT ユニットと広域ネットワークとの光ネットワーク方式を提案するとともに、実際に 3 台の 100 Gbps デジタルコヒーレント光送受信機を、2 台を移動式 ICT ユニット内、1 台を通信ビル内に設置と想定して実験を行い、接続先を光スイッチで切り替えても問題なく光リンクが迅速に確立することを確認し、提案する光ネットワーク方式の検証を行った。さらにネットワークのレジリエント化を可能とするフォトニックネットワークの構築のために、必ずしも電力事情が良くない被災地に設置された移動式 ICT ユニット内に実装した 100 Gbps デジタルコヒーレント光送受信機に、被災地外の通信ビル等の外部から信号用の光と局発光を外部から供給する方式を検討し、その検討を基に 100 Gbps デジタルコヒーレント光送受信機に外部からレーザ光が供給できる機能を追加し、遠隔地からのレーザ光供給実験を通して動作に問題がないことを確認するとともに、外部レーザ光への要求条件を明らかにした。

#### (2) ICT ユニット間の無線接続技術

ICT ユニット間を相互に網目状に接続可能なメッシュ接続型 FWA 装置(メッシュ FWA 装置)と、ICT ユニット間の大容量伝送が可能なポイント・ツー・ポイント (P-P : Point-to-Point) 接続型 FWA 装置 (P-P FWA 装置) を適切に組み合わせる使用することにより、ICT ユニット間を迅速に無線接続し、かつ ICT ユニット間毎に異なるトラフィック需要に合わせて高効率な無線ネットワークを構築する手法を確立した。本手法では、事前に必要な設定が施されたメッシュ FWA 装置を全ての ICT ユニットに予め 1 台ずつ設置しておき、最初にメッシュ FWA 装置を使用して ICT ユニット間を自律分散制御でメッシュ状に無線接続することにより、ICT ユニット間の迅速な無線接続を実現する。伝送容量が不足している無線リンクが存在する場合に、伝送容量の大きい P-P FWA 装置を適切に併用することにより、必要最小限の装置数で ICT ユニット間毎に異なるトラフィック需要に合わせた高効率な無線ネットワークを構築する。なお、メッシュ FWA 装置により構築した無線メッシュネットワークに対して、2 つの ICT ユニット間を直接接続する一対の P-P FWA 装置を単純に追加する形で併用した場合には、当該 ICT ユニット間を結ぶ経路として、最初に構築した無線メッシュネットワーク上での経路に加え、P-P FWA 装置で直接接続される経路が新たに追加されることとなり、通信障害を引き起こすループ経路が発生する。そ

のため、本手法では、P-P FWA 装置で直接接続した 2 つの ICT ユニットのそれぞれが互いに異なる無線メッシュネットワークに属するように元のネットワークを分割し、分割された 2 つのネットワークを一对の P-P FWA 装置で接続するネットワーク構成とすることにより、最初に構築した無線メッシュネットワーク上での経路を除去し、ループ経路を解消する。

また、市販の 25GHz 帯 P-P FWA 装置および 5GHz 帯メッシュ FWA 装置が備えている優先制御機能（QoS 機能）を使用した場合の音声通話の同時通話可能数に対する効果を実験により評価した。その結果、これらの装置で優先制御機能を用いて他のトラヒックよりも音声トラヒックを高い優先度で伝送した場合、優先制御機能を用いない場合と比べて同時通話可能数を増加させることが可能なことを明らかにした。

### （3）多地点分散ストレージに基づく適応型ロバスト伝送技術

本課題では、震災による「ストレージの破損」や「ネットワークノードの故障」が発生する状況下で、画像／映像などのアプリケーションデータをロバストに伝送する技術の確立へ向けて研究開発を実施した。平成 23 年度補正予算にて実施したストレージデータ階層的蓄積伝送技術を基盤として、新たにロバスト化へ向けた検討を行うとともに、複数の ICT ユニットへ展開した場合の最適化とシステム化を行った。具体的に以下の課題について検討を進め、成果を達成した。

#### 1) 疎グラフ符号に基づくロバスト伝送技術

震災時の限られた環境（低い通信帯域、低い電力供給量）で、データの復元が可能な疎グラフ符号に基づく誤り訂正方式の検討を行った。

#### 2) 複数の ICT ユニットへ展開した場合の最適化とシステム化

画像が持つ階層的特性を利用した成分の分離保存と、上記 1) で検討した疎グラフ符号を用いて、画像成分の重要度に応じた保護耐性の制御を行うことで、欠落したデータの復元確率を高めることに成功した。実際に制作したシステムを用い、実証実験を行った結果、「50 パーセントのストレージが破損した場合にも、オリジナルの画像データを完全に復号できる」ことを確認し、年次目標を達成した。

## ア-2-2 移動式ユニット構成技術

本課題では、小型な可搬型 ICT ユニットを実現するために、ICT ユニットの構成要素の小型化を実現した。先行研究開発テーマである「大規模災害時における通信ネットワークに適用可能なリソースユニット構築・再構成技術の研究開発」で開発したローカル GW 装置、基幹 GW 装置、GW マネージャ及び DHCP、DNS を 1 台に集約させた。また、サーバリソースについても集約させることで物理サーバを削減し小型化を実現した。

物理サーバの削減は、平成 24 年度本予算の「被災地への緊急運搬及び複数接続運用が可能な移動式 ICT ユニットに関する研究開発」にて、方式の検討を行い、サーバ仮想化技術を適応することで実現した。仮想ネットワークと仮想サーバの一元管理を実現可能とするリソース制御ミドル（ROR(正式名称：ServerView Resource Orchestrator)）の導入、及び利用者向けのマネージャを開発し、事前にネットワーク、ストレージといったリソースプールやテンプレートを事前に登録しておくことで、ICT ユニット内のリソースを容易に再構築可能とし、災害時に於いて専門の技術者の確保が不可能な環境下においても、ICT ユニットの運用を可能とする技術を確立した。ICT ユニットの運用開始後、仮想マシンの増加によってリソースが枯渇し、新たな仮想マシン作成が不可になる懸念があるが、1 台の物理サーバを増設することで、複数の仮想マシンが提供可能となり、従来の仮想マシンを使用しない構成と比較し、コストや手間も少なく最小限の増設で済むため拡張性にも優れている。また、性能劣化についても懸念さ

れるが、SR-IOV（※）を使用する事で、パフォーマンスの向上を図った。

これらにより、「大規模災害時における通信ネットワークに適用可能なリソースユニット構築・再構成技術の研究開発」のシステムと比較して、機能や性能を維持しつつシステムのリソース管理を強化した上で、体積で 43%、重量で 42%に削減することができ、研究目標である「既存システムの 1/2 以下の体積の実現」を達成した。

※SR-IOV・・・Single Root I/O Virtualization の略であり、PCI デバイス側で仮想化をサポートする規格

### ア-2-3 ネットワーク接続高度化技術

#### (1) ICT ユニットネットワーク光接続高度化技術

平成 24 年度に開発した 100 Gbit/s デジタルコヒーレント光トランスポンダにおいて、ファームウェアの改造により光パワー断に伴うシステムの保護時間を従来の 50 ms から 10 ms へ短縮し、回線切替に伴う信号回復時間の高速化を実現した。本装置を用いて ICT ユニット間光接続の高度化を図り、3 台の ICT ユニットの WDM で結ぶリング型光ネットワークを構成し、約 20 ms での ICT ユニット間の相互接続切替を実現した。さらに、送受信用レーザ光を被災地外からファイバを介して供給するセルフホモダイン型の簡便な構成による 100 Gbit/s 伝送を行い、災害時の限られたリソースや設備環境下での超高速伝送が実現可能であることを示した。また、コア径 62.5 μm のグレーデッドインデックスファイバを用いて 100 Gbit/s デジタルコヒーレント信号の伝送実験を行い、20 ms 以下の高速な伝送路推定ならびに歪み補償により 32 km の伝送を実現した。これにより安価なマルチモードファイバにおいても 100 Gbit/s の高速信号が伝送でき、被災地に残された既設ファイバの有効活用という観点から、本伝送技術が災害時における情報通信手段の迅速な復旧に有効であることを明らかにした。

#### (2) 無線アクセスネットワーク高度化技術

ICT ユニット群周辺に無線アクセスネットワークを迅速に構築する無線技術に関して、「無線アクセスネットワーク構成制御」および「無線リソース割当制御」の 2 項目について研究開発を行った。無線アクセスネットワーク構成制御では、対象地域のユーザ端末のトラヒック要求量に応じて収容ユーザ端末を決定する技術および ICT ユニット数を決定する無線アクセスネットワーク構成制御技術を確立した。無線リソース割当制御では、利用可能なチャネルを集中制御によりグループ分けし、各チャネルグループを対象地域に割り当て、対象地域の各自営無線基地局がお互いに与える干渉を最小化しつつ同一チャネルを再利用する集中/分散ハイブリッド無線リソース割当制御技術を確立した。

### 3. 2 課題イ) 複数接続運用による情報通信処理機能の柔軟な拡張を可能とする構成最適化技術

東日本大震災と同等程度の大規模災害時の状況や情報通信需要を模擬した実証環境下において、複数の移動式 ICT ユニットが相互に接続されてから 10 分以内に連携し、処理能力等の損失が 5%以下で情報通信処理機能を柔軟に拡張可能であることを実証する。複数台を接続運用する場合、少なくとも 2 経路以上の冗長化構成を取るなどの信頼性対策が可能となることを実証する。

#### イ-1 通信ネットワーク機能再構成技術

本課題では、ICT ユニットの単独運用及び、複数の ICT ユニットが保有しているネットワークリソース、サーバリソースを連携して運用可能とする技術を開発した。

被災地における ICT ユニットの運用を想定すると以下の様になると考えられる。

- (1)複数の ICT ユニットが独立して役所や避難所に設置され運用を開始(単独運用)
- (2)ICT ユニット間の広域ネットワークが接続され、ICT ユニット間連携が開始(複数運用)
- (3)被災地の電源状況に応じて特定の ICT ユニットの運用を停止(減設)
- (4)電源状況の復旧により運用を停止していた ICT ユニットの運用を再開(増設)

この様に、被災地における運用は通常の固定化されたネットワークとは異なり、頻繁にネットワーク構成が変更されることが想定される。頻繁に変更されるネットワークに対応するために、複数の ICT ユニットに搭載されている GW 装置の統合管理を可能とする GW マネージャの開発を行った。GW マネージャの機能は以下の通りである。

#### (1)活性監視

ネットワーク内に存在する ICT ユニットに対して定期的に活性監視を行うことで、GW マネージャが自動で対象の GW 装置が搭載されている ICT ユニットのネットワークへの参加、ネットワークから離脱を識別可能とする。

#### (2)同期機能

ICT ユニットの増設や電源からの復旧などにより、運用途中から追加された ICT ユニットに対して、ネットワーク情報を転送し、既存の ICT ユニットとの連携を可能とする。

#### (3)サーバリソースの最適配置

複数の ICT ユニット上のサーバリソースの一元管理を行い、ICT ユニット間のネットワークが切断された場合でも単独で運用可能とするため、利用者の近くのサーバリソースの払い出しを可能とする。

#### (4)サーバリソース使用状況確認

仮想サーバで使用しているリソース使用状況を表示し、作成可能な仮想サーバ数の確認を可能とする。

これらの機能を開発することで、以下の研究目標を達成した。

- ・複数 ICT ユニットの相互接続が可能となってから 10 分以内に連携する手段の確立
- ・複数 ICT ユニット間連携時において、「ICT ユニット障害発生時の連携解除」及び「ICT ユニット障害復旧における再連携」の手段の確立

## イ-2 サービスネットワーク機能再構成技術

### (1) 音声通信などリアルタイムコミュニケーションの拡張性に関する検討

複数 IP-PBX の連携においては通信状態に応じて、移動式 ICT ユニットの接続と切断が動的に発生し、その都度 IP-PBX 間でユーザデータの同期が必要になるが、検討の結果、複数同期管理方式が最も妥当であり、次いで実現の確実性という観点から個別管理方式となることを明らかにした。さらに各移動式 ICT ユニット内の IP-PBX で保持するユーザデータの同期を取るためのネットワークトポロジとしてはメッシュ構成が良いこと、移動した端末に対し帰属先 IP-PBX の IP アドレスを通知する方法としては DNS の適用が優れていることを明らかにした。また、性能測定用の検証環境を構築し、処理能力等の損失が 5%以下でおさまることを確認した。移動式 ICT ユニット 1 台で処理できる同時通話数の最大数は 100 通話であるが、移動式 ICT ユニットの複数台連携動作させて、複数のユニットを跨る通話を行った場合も 1 台あたり 100 同時通話を処理可能かどうかの検証を行い、同時通話処理に関わる性能劣化が 5%以下であることを確認した。さらに、移動式 ICT ユニットの接続を行ってから 10 分以内に連携が完了し、サービスを再開できることも確認した。具体的には 5,000 ユーザ端末情報を登録した IP-PBX 用サーバ 6 台を同時に接続し、10 分以内にサーバ同士が自律的にユーザ情報の同期処理を行い、異なるサー

バに収容されたユーザ端末間で通話が行えることを確認した。なお、同様にサーバ 6 台を用い、登録可能ユーザ端末数を 30,000 端末まで拡大できることも確認した。

#### (2) ICT サービス機能の拡張性に関する検討

自治体へのヒアリングなどの結果、災害対策本部において適確な判断・指示につなげることに寄与できるサービスとして、災害発生現場のモニタ映像、災害対策室のホワイトボード画面の関係職員への配信、幹線道路や港湾施設等の定点監視などの映像コミュニケーションサービスへの要望があることが判明したので移動式 ICT ユニットにおいて、上記のサービスを実現するための要件整理を行うとともに、適用可能な市販アプリケーションソフトの有無と比較などを行った。また、被災地において、IC カード等の固有 ID に、避難者の顔写真と避難者情報（氏名、性別、住所等）が記載された証明書や登録カードの写真を紐づけて、遠隔地の災害対策本部等のサーバに転送し、避難者の安否確認や避難者支援に利用する、被災者データ収集システムを開発し、数百人規模の参加者が集まる学会の場を借りて、参加者を避難者に、会場を避難所に見立て、災害時に相当する大規模な実証実験を行うことにより、被災者データ収集システムの実運用での有効性の検証を行った。併せて、学会での実験を平時におけるユースケースと位置付け、イベント運用管理支援システムとしての有効性も検証することにした。実験の結果、システムの有用性を確認するとともに、運用方法についても大いに知見を得ることができた。

### 3. 3 課題ウ) 移動式 ICT ユニットの管理運用技術

複数台を接続運用した移動式 ICT ユニットに関して、遠隔制御により全ての管理対象の設備状況やサービス状況を網羅的に把握し、適切にネットワーク管理者へ通知することで、管理運用の自動化、遠隔監視制御が実現されるとともに、必要最小限の人員構成により全体運用が可能となる管理運用技術を確立し、その有効性を実証する。

#### ウ-1 移動式 ICT ユニット遠隔監視技術

複数の ICT ユニットの統合的に遠隔監視制御するための運用管理技術について検討し、その結果を基に実際に遠隔監視システムを試作し、フィールドに構築した評価環境における実証実験などを通じて、得られた運用管理技術の有効性を確認した。具体的には、(1) ICT ユニットのシステム全体構成や適用する環境条件、(2) ICT ユニットの運用管理における業務分析と実装要件、(3) 市中の監視制御手法および ICT ユニットへの適用性、(4) ICT ユニット特有の監視制御機構の実現性、などを検討し、その検討結果を基に、ICT ユニット監視マネージャ、統合監視マネージャ、保守用ビューアを開発して全体としての遠隔監視システムを実証実験などで評価し、効率的かつ容易に複数の ICT ユニットの統合監視が可能であることが確認でき、限られた人的リソースによって ICT ユニットの監視可能とする基本技術を確立することができた。具体的には、ICT ユニット単独運用の場合に人員は少なくとも 1 名必要であるが、3 台程度接続運用しても人員は増やす必要がなく 1 名のままでよい。

#### ウ-2 知識型移動式 ICT ユニット管理運用支援技術

ネットワーク機器やサーバ機器の運用に係わる管理者のノウハウを機器自身に知識として組み込んだ知識型移動式 ICT ユニット管理運用支援技術を開発し、シミュレーション、及び試作システムを用いた実験を通じ、その有効性を確認した。具体的には、以下の(1)~(3)の 3 項目について研究開発を推進した。

##### (1) ネットワーク/サーバ機器間の物理接続を推定・制御する W-AIR(Wiring-AIR)の開発

L2 スイッチの物理ポートに到着するパケットを計測し、VLAN 設定を含むネットワーク/サーバ機器間の接続状況を推定するネットワーク構成推定手法の詳細設計を行った。さらに、シミュレーション、



および OpenFlow を用いたプロトタイプシステムの設計・実装を行った。その結果、あらかじめ L2 スイッチに VLAN 設定を行わずとも、L2 スイッチに機器を接続するだけでサブネット構成を推定し、自動的に L2 スイッチの各ポートに対するトランクポート/アクセスポート、およびそれぞれのポートに対する VLAN-ID を導出し、機器間を接続可能であることを示した。

#### (2) 移動式 ICT ユニット間の相互連携のための透過的な通信基盤を実現する AIR-Space のアーキテクチャの開発

ネットワークの物理的構成に依存せず、複数の移動式 ICT ユニットに搭載される AIR 間を繋ぐ論理的通信基盤を自動構成する AIR-Space のアーキテクチャの詳細設計を行った。また、AIR-Space を具体的に構成する AdminAgent の設計とプロトタイプシステムの設計・実装を行い、障害の診断・対策に必要な情報が自 ICT ユニット内の M-AIR から得られない場合、接続された他の ICT ユニット内の M-AIR からも情報を収集可能となることを示した。

#### (3) 移動式 ICT ユニットの想定した開発・実験用の模擬環境の構築

10 台の仮想サーバからなる開発・実験用の模擬環境を構築し、検証実験を行った。その結果、複数の移動式 ICT ユニット間にまたがる障害が発生した場合にも、K-AIR と M-AIR が連携し、管理情報収集、障害診断、および対策案の導出を自律的に実行可能であることを示した。

以上の結果から、複数台を接続運用した移動式 ICT ユニットに関して、管理対象機器の物理接続の推定、制御、および管理情報収集・障害診断・対策の自律的な実行を可能であることを確認し、当初の開発目標を達成した。

## 4 研究開発成果の社会展開のための活動実績

### (1) 独立行政法人情報通信研究機構 (NICT) との連携

毎月開催される東北大学・NICT 連絡会議に参加し、研究開発の進捗状況を共有するとともに意見交換をするなどしてお互いの状況を把握しながら研究開発を推進した。また、NICT ワイヤレスネットワーク研究所宇宙通信システム研究室と連携し、“きずな” (WINDS) 衛星地球局を用いて東北大学片平キャンパスのリソースユニット評価環境を衛星経由で JGN-X に接続する実験系を構築し、広域網に“きずな” (WINDS) 衛星地球局の衛星回線を適用する検証実験を実施した。ICT ユニットと NTT 横須賀研究開発センタ間の往復遅延を計測した結果、平均は 1011 ミリ秒であったが、IP 電話アプリケーションが良好に動作することを実証した。さらに、平成 25 年 9 月に高知県で開催された四国総合通信局主催の電波利活用セミナー、平成 25 年 11 月に茨城県ひたちなか市で開催された平成 25 年度大規模津波・地震総合防災訓練に NICT と共同で参画し、“きずな” (WINDS) 衛星地球局との連携による IP 電話アプリケーションのフィールド検証や、公開デモンストレーションを実施した。

### (2) 運営委員会の体制構築

本研究開発の実施に当たっては、研究開発の方針、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方、研究開発のプロジェクト管理等について助言を頂くため、外部の学識経験者、有識者で構成する運営委員会を設立した。本委員会は、「被災地への緊急運搬及び複数接続運用が可能な移動式 ICT ユニットに関する研究開発運営委員会」と称し、委員の選定・依頼にあたっては本研究開発参画機関で協議し、本研究開発がカバーする領域において顕著な業績を有する学識経験者、有識者に依頼することとした。また、委員は専門分野、所属組織等に偏りが生じないように留意し、客観的かつ公平な観点から研究開発

にアドバイスを頂けるようにした。大学、NICT、通信事業者から 5 名の運営委員を選定、参画頂き、研究開発期間中 5 回委員会を実施した（平成 24 年度 2 回、平成 25 年度 3 回）。委員会で得られたアドバイスを研究開発に反映し所期の成果送出に活用した。

### （3）国際標準化等への取組

本研究開発期間中、ITU-T FG DR&NRR(Focus Group on Disaster Relief Systems, Network Resilience and Recovery)に継続的に参加し、本研究成果を国際標準化するための活動を展開した。その結果、移動式 ICT ユニット（ここでは、MDRU; Movable and Deployable ICT Resource Unit と称している）の要求条件および基本機能について、FG のアウトプット文書としてオーソライズすることに成功した。本成果により、今後、移動式 ICT ユニットが国際標準化されることが期待される。

### （4）人材の確保・育成への配慮

本研究開発の推進にあたり、東北大学においては、ポスドク研究員、および大学院生の協力のもと、評価用デモンシステムの設計・実装を行い、このようなプロジェクト型教育を通じ、若手研究員、および大学院生の育成に貢献した。さらに、このような外国人を含む若手の研究者・学生に複数組織間の相互連携による研究開発を経験させることができ、特に、課題ア-2 では、類似技術分野の応用研究領域と基礎研究領域を企業と大学で相互に補完する課題構成とすることで両者の連携を促進し、人材育成に寄与することができた。また、本プロジェクトに協力した若手の研究者・大学院生が、国内のみならず国外においても精力的に成果発表を行い、著名な国際会議において賞も受賞するなど、人材育成の観点から高い効果が認められた。

### （5）研究開発成果の情報発信

本研究開発期間中、研究成果の情報発信を積極的に実施した。特に 2013 年 11 月にタイ・バンコックで開催された ITU-T Telecom World2013 では、研究成果を展示発表するとともに、ITU（国際電気通信連合）および MCMC（マレーシア情報通信省）が主催する災害対応事例に関するコンテストにおいて、第一位を獲得した。受賞によって、本研究開発成果が、ITU のホームページを介して世界に紹介された。その結果、フィリピンの台風被災地から、本研究成果を災害復旧に活用したいとの意向が寄せられるなど、世界的な認知向上が図られた。さらに、2014 年 1 月に NTT が主体となって「大規模災害時、通信の即時回復を可能とする ICT カーの開発について」と題して報道発表を行い、テレビ、ラジオ、新聞、インターネットニュースなどを通して本研究開発の成果を一般に広く知らしめた。その結果、研究成果に対する多数の引き合いがあった。その他、機会を捉えて様々な国際会議への論文投稿や国内での口頭発表などにも努めた。具体的な投稿先は、後述のリストに記した。

### （6）社会実験

- ・研究開発を推進する課程で、本研究開発で提唱しているアーキテクチャの有効性を確認するため、東日本大震災時に ICT 分野で復旧対応を当たった方々に、ICT の耐災害強化に向けた要望を収集するとともに、提唱アーキテクチャに対する意見を収集した。具体的には、NTT 東日本岩手支店、宮城支店、福島支店、茨城支店、秋田支店、徳島支店等で災害対応に当たった社員へのヒアリング、宮城県、仙台市、福島県（会津大学）、秋田県、秋田市など自治体関係者へのヒアリング、更に、NTT 東日本、NTT コミュニケーションズ、NTT 西日本の災害対策関係社員へのヒアリングを実施した。一連のヒ

アリングを通して多数の有益な情報が収集され、研究開発に活用された。

- 2013年8月に会津大学で開催された電気関係学会東北支部大会にて、学会参加者200名に参加いただき、移動式ICTユニットに搭載するアプリケーション機能の一つである災害時の被災者データベースを迅速に構築するための「被災者データ収集システム」の実証実験を実施し、有用性を確認した。
- 2013年10月に会津大学で開催された学園祭において、研究開発成果を一般の方々に体験いただき、フィードバックを得ることで、開発技術が活用されるかどうかのアセスメントと改善点を明らかにする取り組みを実施した。会津大学に協力いただき、学園祭へこられたかたに実際に緊急時の通話機能を300人程度の方に体験いただいた。アンケート、ヒアリングを通じ機能のアセスメント結果から、おおむね活用できるとの回答を得た。
- 2014年2月に東南海地震の影響を受けることが予想され、災害対策に積極的に取り組んでいる高知県南国市、高知県黒潮町と協力して、車載型ICTユニット（ICTカー）のIP電話機能を使った避難所間通信（IP電話）やICTカーの環境を利用した自治体アプリの実証を行い、災害時の自治体における通信確保手段としての有用性を確認した。

#### （7）公開デモンストレーション

2012年9月にリソースユニット評価環境が構築されて以来、東北大学片平キャンパスにて複数回公開デモンストレーションを実施した。自治体関係者やNICT研究者、NTTグループ関係者、大学関係者、ITU-T標準化会議参加者など幅広い方々に見て頂くとともに、アンケート方式による主観評価を収集した。公開デモンストレーションを通してNICTの研究者との連携が促進され、衛星回線を利用した連携実験に発展するといった効果も得られた。

#### （8）成果発表会

研究開発成果は、各種学会や、NICT主催のフォーラム、運営委員会等あらゆる機会を通して積極的に各方面へ発表した。

#### （9）フォーラム活動

2013年3月にNICTが主催して仙台で開催された「耐災害ICT研究シンポジウム及びデモンストレーション」に参加し、シンポジウムにおいて成果発表を行うとともに、デモンストレーションを行った。また2014年3月にもやはりNICTが主催して仙台で開催された「耐災害ICT研究センター開所式およびシンポジウム」にて研究成果を展示発表した。さらに2014年2月にNTT R&Dフォーラムに車載型MDRU（ICTカー）を出品して展示説明を行うとともにデモンストレーションを行った。これらの活動を通して多数の来客に研究成果をアピールするとともに、有益なコメント・助言を多数収集することができた。

## 5 研究開発成果の社会展開のための計画

日本電信電話株式会社

本研究開発の成果を社会実装するために更なる技術の洗練化を図るとともに、顧客からのカスタマイズ要望にも応えて社会実装の早期の実現化に努める。また本成果は、耐災害ICTに関するITU-T Focus

Group のアウトプット文書になったが、今後 ITU-T の勧告文書になるように働きかけを継続するとともに、成果のグローバル展開に向けて海外での実証実験も実施する。さらに、耐災害 ICT 協議会の「地域防災モデルシステム検討 WG」に参画することにより、自治体等の耐災害に関する社会動向及びニーズの収集を行う。

#### 国立大学法人東北大学

国内外の学会やワークショップなどの場で情報を発信することにより、特に日本と同じ災害リスクを抱えるアジア、東南アジア等の地域への研究開発成果の認知・普及促進活動等に貢献することを目指す。

#### エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社

本研究成果として作成した移動式 ICT ユニットの導入に向けた「ICT ユニット適用ガイドライン」は、今後実施する予定の海外実証にて、平時の利用から災害発生時の運搬・設置、サービス提供までの導入指針として活用する見込みである。

参画している耐災害 ICT 協議会の「地域防災モデルシステム検討 WG」にて作成された『災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン』には、本研究成果の『ICT ユニット適用ガイドライン』を活用した自治体での実証をもとに ICT ユニットの活用を提言し盛り込まれている。『災害に強い情報通信ネットワーク導入ガイドライン』が自治体等に広く活用されることにより、災害時における自治体業務を支援できるものと考えている。

また、耐災害 ICT 協議会の「地域防災モデルシステム検討 WG」に参画することにより、自治体等の耐災害に関する社会動向及びニーズの収集を行う。

#### 富士通株式会社

研究成果の社会実装にはユーザのニーズを正確に把握し、製品に反映させる必要があると考える。社会実装に向けて、耐災害 ICT 協議会の地域防災モデルシステム検討 WG に継続して参画することで、耐災害に関する社会動向及びニーズの収集を行う。

製品化に向けては、研究で開発した試作品をベースに研究期間中に実施した自治体との実証実験で得られた知見を反映させ、機能、品質の改善が必要であり、これらの取り組みを進めていく。また、本研究で得られた成果は耐災害分野のみではなく、他の分野への展開も可能であると考えており、SDN 分野における仮想ネットワーク向けソリューションビジネスの社内製品への応用なども期待される。

## 6 査読付き誌上発表論文リスト

- [1] Toshikazu Sakano, Zubair Md. Fadlullah, Tomoaki Kumagai, Atsushi Takahara, Thuan Ngo, Hiroki Nishiyama, Hiromichi Kasahara, Shigeki Kurihara, Masataka Nakazawa, Fumiyuki Adachi, Nei Kato, “Disaster Resilient Networking - A New Vision based on Movable and Deployable Resource Units (MDRUs)”, IEEE Network Magazine, Vol. 27, No. 4, pp. 40-46 (2013/8/1)
- [2] Thuan Ngo, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, Toshikazu Sakano, Atsushi Takahara, “A Spectrum- and Energy-Efficient Scheme for Improving the Utilization of MDRU-based Disaster Resilient Networks”, IEEE Transactions on Vehicular Technology (採録決定)

## 7 査読付き口頭発表論文（印刷物を含む）リスト

- [1] Toshikazu Sakano, Hirokazu Kubota, Tetsuro Komukai, Toshihiko Hirooka, Masataka Nakazawa, “Resilient Photonic Network Architecture with Plug & play Optical Interconnection Technology”, OECC/PS 2013 (京都市) (2013年7月2日)
- [2] Toshikazu Sakano, Satoshi Kotabe, Katsuhiko Sebayashi, Tetsuro Komukai, Hirokazu Kubota, Atsushi Takahara, “A Rapidly Restorable Phone Service to counter Catastrophic Loss of Telecommunications Facilities”, IEEE HTC2013 (仙台市) (2013年8月28日)
- [3] Toshihiko Hirooka, Masataka Nakazawa, Hirokazu Kubota, Tetsuro Komukai, Toshikazu Sakano, “Dynamic Optical Transport Connection with a 100Gbit/s Digital Coherent Optical Transponder for Disaster-Resilient Networking”, IEEE HTC2013 (仙台市) (2013年8月28日)
- [4] Panu Avakul, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, Yoshitaka Shimizu, Tomoaki Kumagai, “Mesh Router Selection to Maximize System Throughput in Dense Wireless Mesh Networks”, HPSR 2013 (Taipei) (2013年7月10日)
- [5] Katsuya Suto, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, Takayuki Nakachi, Tatsuya Fujii, Atsushi Takahara, “An Overlay Network Construction Technique for Minimizing the Impact of Physical Network Disruption in Cloud Storage Systems”, International Conference on Computing, Networking and Communications 2014 (Hawaii) (2014年2月6日)
- [6] Toshihiko Hirooka, Masataka Nakazawa, Tetsuro Komukai, Toshikazu Sakano, “100 Gbit/s DP-QPSK Transmission over a 32 km Legacy Multi-Mode GI Fiber Using a Real-Time Digital Coherent Transceiver”, OFC2014 (San Francisco, USA) (2014年3月12日)
- [7] Panu Avakul, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, Toshikazu Sakano, Atsushi Takahara, “A Performance Evaluation of Multiple MDRUs Based Wireless Mesh Networks”, VTC2014 Spring (Seoul) (2014年5月19日)
- [8] Meng Li, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, Kimihiro Mizutani, Osamu Akashi, Atsushi Takahara, “On the Fast-Convergence of Delay-Based Load Balancing over Multipaths for Dynamic Traffic Environments”, WCSP2013 (China) (2013年10月26日)
- [9] Wei Zhao, Zubair Md. Fadlullah, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, “Characterizing the Impact of Non-Uniform Deployment of APs on Network Performance under Partially Overlapped Channels”, WASA2013 (Zhangjiajie) (2013年8月8日)

- [10] Katsuya Suto, Panu Avakul, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, “An Efficient Data Transfer Method for Distributed Storage System over Satellite Networks”, VTC2013 Spring (Dresden) (2013年6月3日)
- [11] Yusuke Tanimura, Johan Sveholm, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “A Knowledge-based Support Method for Autonomous Service Operations after Disasters”, Proc. of the 12th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS 2013) (新潟) (2013年6月18日)
- [12] Khamisi Kalegele, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “A Data Reservoir Agent for KDD-based Systems Analytics”, The 2nd International Workshop on Smart Technologies for Energy, Information and Communication (STEIC2013) (韓国) (2013年8月21日)
- [13] Yusuke Tanimura, Johan Sveholm, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “An Autonomic Network Service Management using Knowledge-based Support System”, The 2nd International Workshop on Smart Technologies for Energy, Information and Communication (STEIC2013) (韓国) (2013年8月22日)
- [14] Khamisi Kalegele, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “System Monitoring Models as Active Information Resources”, Proc. of the 5th IEEE International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST2013) (会津) (2013年11月2日)
- [15] Johan Sveholm, Khamisi, Kalegele, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, “A Knowledge-based Autonomous Service Management System in Emergency Situations”, The 5th IEEE International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST2013) (会津) (2013年11月3日)

## 8 その他の誌上発表リスト

- [1] 小田部悟士, “被災直後の電話を即時復旧できる可搬型 ICT 基盤の研究開発”, APPLIC 定期刊行誌 (2014年2月28日)
- [2] 小田部悟士, 坂野寿和, 瀬林克啓, 小向哲郎, “A Rapidly Deployable Phone Service to counter Catastrophic Loss of Telecommunication Facilities”, NTT Technical Review 2014年3月号 (2014年3月10日)
- [3] 中沢正隆, “災害に強いネットワークと光通信技術”, 電子情報通信学会誌 vol. 96, no.10, pp.748-751 (2013年10月1日)

## 9 口頭発表リスト

- [1] 坂野寿和, “大規模災害時に被災サービスの即時復旧を可能とする可搬型 ICT 基盤技術”, 災害・危機管理 ICT シンポジウム 2013 (横浜市) (2013年2月8日)
- [2] 小田部悟士, “ICT 基盤の耐災害性強化に向けたリソースユニットの研究開発”, 情報処理学会 第75回全国大会 (仙台市) (2013年3月7日)
- [3] 久保田寛和, 小向哲郎, 坂野寿和, 廣岡俊彦, 中沢正隆, “可搬型 ICT 基盤の光インターコネクション技術”, 2013年電子情報通信学会総合大会 (岐阜市) (2013年3月21日)
- [4] 坂野寿和, 小田部悟士, 瀬林克啓, 小向哲郎, 久保田寛和, 高原厚, “可搬型 ICT 基盤を用いた ICT の耐災害性強化に関する研究開発”, 2013年電子情報通信学会総合大会 (岐阜市) (2013年3月21日)

- [5] 笠原裕道、岸本幸典、河原田淳、高橋知道、瀬林克啓、小田部悟士、坂野寿和、“災害時 ICT サービスの早期提供に向けた検討”、2014 電子情報通信学会総合大会（新潟）（2014 年 3 月 19 日）
- [6] 坂野寿和、“大規模災害時にこそ“使える” ICT サービスの実現を目指した可搬型 ICT 基盤技術”、ワイヤレス・テクノロジー・パーク 2013（江東区）（2013 年 5 月 29 日）
- [7] 瀬林克啓、小田部悟士、小向哲郎、坂野寿和、“リソースユニットを用いた災害時の通信復旧と WINDS 車載移動局との連携”、信学会 衛星通信研究会（長野）（2013 年 8 月 30 日）
- [8] 仲地孝之、“[招待講演] 次世代映像プラットフォームと MMT 標準化動向”、第 26 回 情報伝送と信号処理ワークショップ（登別市）（2013 年 11 月 13 日）
- [9] 松村祐輝、天間克宏、石原浩一、ヒランタ・アバーセーカラ、熊谷智明、安達文幸、“干渉測定型チャネル棲み分けに基づく動的マルチチャネル配置法”、電子情報通信学会 無線通信システム研究会（松江市）（2013 年 11 月 20 日）
- [10] 坂野寿和、“移動式 ICT ユニット PR ビデオ”、ITU and the Malaysian Communications and Multimedia Commission (MCMC)（タイ）（2013 年 11 月 18 日）
- [11] 坂野寿和、“Movable and Deployable ICT Resource Unit (MDRU) for Instant Recovery of ICT Services from Disasters”、ITU-TelecomWorld2013（タイ）（2013 年 11 月 19-22 日）
- [12] 坂野寿和、小向哲郎、小田部悟士、瀬林克啓、“潜熱蓄熱材を用いた移動式 ICT ユニット向け高効率空調方式の検討”、2014 電子情報通信学会総合大会（新潟市）（2014 年 3 月 19 日）
- [13] 小向哲郎、瀬林克啓、小田部悟士、坂野寿和、“移動式 ICT ユニット輸送時の装置振動の評価”、2014 電子情報通信学会総合大会（新潟市）（2014 年 3 月 19 日）
- [14] 松村祐輝、天間克宏、熊谷智明、石原浩一、B. A. Hirantha Sithira Abeysekera、安達文幸、“チャネル棲み分けに基づく干渉測定型動的マルチチャネル配置アルゴリズムを搭載した無線 LAN 実験装置の試作”、無線通信システム研究会（早稲田大学）（2014 年 3 月 3 日）
- [15] 廣岡俊彦、中沢正隆、久保田寛和、小向哲郎、坂野寿和、“災害時を想定した 100 Gbit/s デジタルコヒーレント光信号の異種ファイバ間高速接続”、電子情報通信学会 2013 年ソサイエティ大会 B-10-76（福岡）（2013 年 9 月 19 日）
- [16] 中沢正隆、“レジリエント情報通信のための適応等化型光通信技術の開発に向けて”、東北大学電気・情報 東京フォーラム（2013 年 11 月 21 日）
- [17] Nei Kato、“Disaster Resilient Network Technologies: MDRU and Relay-by-Smartphone”、ICNC2014 (Honolulu)（2014 年 2 月 5 日）
- [18] Hiroki Nishiyama、“MDRU (Movable Deployable Resource Unit) aspects and current roadmap”、The 3rd Orange-Tohoku University Workshop on Highly Robust Network (Lannion)（2013 年 9 月 29 日）
- [19] 笹井一人、板橋佑介、高橋秀幸、北形 元、木下哲男、“マルチエージェント協調に基づくネットワーク管理情報 AIR の連携”、研究報告 マルチメディア通信と分散処理 (DPS) Vol.2012-DPS-153 No.6 pp.1-6.（滋賀）（2012 年 11 月 15 日）
- [20] 唐鎌行大、Sveholm Johan、笹井一人、北形 元、木下哲男、“ネットワークスイッチの自動復旧のための VLAN 設定推定法の改良”、情報処理学会第 75 回全国大会（平成 25 年）講演論文集 5E-4, pp.67-68.（仙台）（2013 年 3 月 8 日）
- [21] Khamisi Kalegele, Yusuke Tanimura, Johan Sveholm, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo

Kinoshita, “A Knowledge-based Method for Autonomous Failure Isolation and Recovery Support”、電子情報通信学会 MoNA 研究会（札幌）（2013 年 8 月 1 日）

[22] 谷村優介、笹井一人、北形元、木下哲男、“AIR に基づくネットワークサービスの自律的管理支援システム”、2014 年電子情報通信学会総合大会（新潟）（2014 年 3 月 19 日）

[23] 廣岡俊彦、中沢正隆、小向哲郎、坂野寿和、“100 Gbit/s デジタルコヒーレント信号のマルチモード GI ファイバ 32 km リアルタイム伝送” 2014 電子情報通信学会総合大会 B-10-28（新潟）（2014 年 3 月 18 日）

## 10 出願特許リスト

[1] 仲地孝之、外村喜秀、金 順暎、藤井竜也、データ処理装置、データ処理システム及びデータ処理方法、日本、2013 年 6 月 3 日

[2] 坂野寿和、瀬林克啓、小田部悟士、小向哲郎、空気調和装置およびその空気調和方法、日本、2013 年 10 月 28 日

[3] 小田部悟士、瀬林克啓、坂野寿和、小向哲郎、PBX 連携システム、PBX 連携方法、加入者登録装置、および加入者登録プログラム、日本、2014 年 2 月 18 日

[4] 小田部悟士、瀬林克啓、坂野寿和、小向哲郎、PBX 装置、呼転送方法、および呼転送プログラム、日本、2014 年 2 月 18 日

[5] 小田部悟士、瀬林克啓、坂野寿和、小向哲郎、PBX 装置、加入者登録方法、および加入者登録プログラム、日本、2014 年 2 月 18 日

[6] 小田部悟士、瀬林克啓、坂野寿和、小向哲郎、PBX 集中管理システムおよび PBX 集中管理方法、日本、2014 年 2 月 18 日

[7] 小田部悟士、瀬林克啓、坂野寿和、小向哲郎、PBX システム、電話端末、電話端末のプログラム、携帯電話端末、携帯電話端末のプログラム、および PBX システムの加入者情報登録方法、日本、2014 年 2 月 17 日

[8] 清水芳孝、熊谷智明、後藤和人、無線ネットワーク構築装置、無線ネットワークシステム、および、無線ネットワーク構築方法、日本、2014 年 3 月 25 日

## 11 取得特許リスト

なし

## 12 国際標準提案・獲得リスト

なし

## 13 参加国際標準会議リスト

[1] Fourth meeting of the Focus Group on Disaster Relief Systems, Network Resiliency and Recovery (FG-DR & NRR)、日本・新宿、2013 年 2 月 5 日～8 日

[2] Fifth meeting of the Focus Group on Disaster Relief Systems, Network Resiliency and Recovery (FG-DR & NRR)、タイ・プーケット、2013 年 5 月 20 日～24 日

[3] Sixth meeting of the Focus Group on Disaster Relief Systems, Network Resiliency and Recovery



(FG-DR & NRR)、キルギス・イシククル、2013年8月21日～23日

[4] Seventh meeting of the Focus Group on Disaster Relief Systems, Network Resiliency and Recovery (FG-DR & NRR)、チリ共和国・サンティアゴ、2013年10月23日～25日

[5] Eighth meeting of the Focus Group on Disaster Relief Systems, Network Resiliency and Recovery (FG-DR & NRR)、スイス・ビール、2014年3月3日～5日

## 1.4 受賞リスト

[1] Toshikazu Sakano, ITU - MCMC Contest to Promote the Transformational Power of Broadband - “Connecting at the Roots”、2013年11月18日

[2] Katsuya Suto, Panu Avakul, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, IEEE VTC 2013-Spring Conference's Best Satellite Networks and Positioning Track Paper, “An Efficient Data Transfer Method for Distributed Storage System over Satellite Networks”、2013年6月5日

## 1.5 報道発表リスト

### (1) 報道発表実績

[1] “大規模災害時、通信の即時回復を可能とする「ICTカー」の開発について”、2014年1月28日

[2] “大規模災害時、避難所から離れたエリアでも通信が可能に（「スマホ de リレー」を「ICTカー」と接続することに成功）～平常時における公衆無線LANとの接続も視野～”、2014年1月30日

### (2) 報道掲載実績

[1] NHK BS1、2014年1月28日 17:50～18:00

[2] “災害に強い通信技術…南国市で実証実験”、高知さんさんテレビ、2014年2月19日 18:00 台のニュース

[3] “高知 災害時のスマホ通話実験”、NHK 高知、2014年2月20日朝 6:55 頃のニュース

[4] “いのちを守る 通信業界の災害対策の最前線取材しました。”、フジテレビ スーパーニュース、2014年3月2日 17:45 頃

[5] “通信能力の緊急増強学会会場で実証実験 被災地で運用目指す”、福島民友新聞、2013年8月23日

[6] “災害時に車載型電話局 通信素早く確保”、日経産業新聞、2013年12月12日

[7] “被災地通信向け NTT が専用車”、日経新聞、2014年1月29日

[8] “災害時に通信環境提供 NTT など車でネット電話”、日刊工業新聞、2014年1月29日

[9] “NTT 災害時、半径 500 メートルでスマホ通話可能 通信復旧支援へ新ワゴン車”、フジサンケイ ビジネスアイ、2014年1月29日

[10] “可搬性と迅速性高めた ICT カー”、電波タイムズ、2014年2月3日

[11] “大規模災害時に通信を即時回復”、科学新聞、2014年2月7日

[12] “南国市で新技術実証実験 災害時の情報通信確保”、高知新聞、2014年2月20日

[13] “回線断絶でもスマホ使える”、讀賣新聞（高知版）、2014年2月20日

[14] “高知県南国氏でスマホ、ICT カー等を使った災害時の新しい通信システムの実証実験を実施”、総務省 四国総合通信局、2014年2月19日

[15] “「災害時携帯つながる」緊急通信車両を開発”、NHK ニュースオンライン、2014年1月28日

[16] “NTT、無線 LAN 使う災害対策車 スマホで通話可能”、日本経済新聞、2014年1月28日

- [17] “災害時に通信をつなぐNTTの「ICTカー」避難所の情報もデータベース化”、東洋経済 ONLINE、2014年1月30日
- [18] “NTTが被災現場で通信手段など確保する「ICTカー」開発、半径500mを通話エリアに”、ITPro、2013年1月28日
- [19] “NTTなど、災害時に1-2時間で通信回復できる「ICTカー」開発”、朝日新聞 DIGITAL、2013年1月29日
- [20] “NTT、NECが高知県南国市で災害時の情報通信確保へ新技術実証実験”、高知新聞、2014年2月20日
- [21] “コミケ会場でも活躍の予感：NTTがICTカーで被災地の音声通話を回復、可搬型のICTアタッシュケースも同時開発”、MONOist、2014年1月30日
- [22] “NTTが「ICTカー」開発、大規模災害時に通信の即時回復を可能に”、INTERNET Watch、2014年1月28日
- [23] “NTT、大規模災害時に通信機能をすぐに提供できる「ICTカー」を開発”、マイナビニュース、2014年1月29日
- [24] “大規模災害時にWi-Fiで音声通話を回復--NTT「ICTカー」の開発を発表”、CNET Japan、2014年1月29日
- [25] “NTT、災害時に通信の即時回復を可能にするICTカーを発表”、ZDNet Japan、2014年1月29日
- [26] “NTT、大規模災害時に通信の即時回復を可能にする「ICTカー」を開発”、WirelessWire News、2014年1月28日
- [27] “NTT、大災害時に通信を即時回復する“ICTアタッシュケース”開発……ICTカー開発の延長で”、RBBtoday、2014年1月28日
- [28] “NTT 大規模災害時に通信の即時回復を可能にするICTカーを開発”、財経新聞、2014年2月1日
- [29] “NTT、通信復旧支援へICTカー開発 半径500mでスマホ通話可能”、SankeiBiz、2014年1月29日
- [30] “NTT、大規模災害時に通信を即時回復する「ICTカー」を発表”、M&N DESIGN INTERACTIVE、2014年1月28日
- [31] “災害時にスマホ通話復旧＝無線LAN搭載車開発-NTT”、ウォールストリートジャーナル日本版、2014年1月28日
- [32] “NTTが「ICTカー」開発 大規模災害時の通信手段の確保へ”、businessNetwork.jp、2014年1月28日
- [33] “NTT、大規模災害に備えるICTカーを開発…通信の即時回復を実現”、Response.jp（自動車関連ニュースサイト）、2014年1月29日
- [34] “NTTなど、災害時に1-2時間で通信回復できる「ICTカー」開発”、日刊工業新聞サイト、2014年1月29日
- [35] “NTT、大規模災害時に通信の即時回復を可能とする「ICTカー」を開発”、MOBILE&APPS、2014年1月28日
- [36] “NTT、大規模災害時に通信を回復する「ICTカー」を開発”、PC Watch、2014年1月28日
- [37] “NTTが「ICTカー」開発、大規模災害時に通信の即時回復を可能に”、ケータイ Watch、2014年1

月 28 日

[38] “NTT が無線 LAN 構築ワゴン車を開発 大規模災害に備え”、産経デジタル、2014 年 1 月 28 日

[39] “災害時にスマホ通話復旧＝無線 LAN 搭載車開発－NTT”、時事ドットコム、2014 年 1 月 28 日

[40] “通信車、複数スマホ接続 東北大、災害時の通信に”、日経産業新聞（11 面）、2014 年 2 月 6 日

## 1 6 ホームページによる情報提供

[1] <http://www.it.ecei.tohoku.ac.jp/innovation/03/index.html>、MDRU の無線アクセスネットワークに関する研究開発の概要紹介

## 研究開発による成果数

	平成 24 年度	平成 25 年度	合計
査読付き誌上発表論文数	1 件 ( 1 件)	1 件 ( 1 件)	2 件 ( 2 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 ( 0 件)	15 件 ( 9 件)	15 件 ( 9 件)
その他の誌上発表数	0 件 ( 0 件)	3 件 ( 0 件)	3 件 ( 0 件)
口 頭 発 表 数	6 件 ( 0 件)	17 件 ( 4 件)	23 件 ( 4 件)
特 許 出 願 数	0 件 ( 0 件)	8 件 ( 0 件)	8 件 ( 0 件)
特 許 取 得 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
国 際 標 準 提 案 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
受 賞 数	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 2 件)	2 件 ( 2 件)
報 道 発 表 数	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 0 件)	2 件 ( 0 件)
報 道 掲 載 数	0 件 ( 0 件)	40 件 ( 0 件)	40 件 ( 0 件)

注 1 : 各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読 (peer-review (論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの))のある出版物に掲載された論文等 (Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む)を計上する。

注 3 : 「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集 (電子媒体含む)に掲載された論文等 (ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。)を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等 (電子情報通信学会技術研究報告など)は、「口頭発表数」に分類する。

注 4 : 「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等 (査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む)を計上する。

注 5 : PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分 1 件として記入。(何カ国への出願でも

1 件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。