

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

The R&D on the reconfigurable communication resource unit for disaster recovery

研究代表者

高原厚 日本電信電話株式会社 未来ねっと研究所
Atsushi Takahara NTT Network Innovation Laboratories

研究分担者

坂野寿和[†] 久保田寛和[†] 小向哲郎[†] 瀬林克啓[†] 小田部悟士[†] 熊谷智明[†] 吉野修一[†] 水野晃平[†]
藤井竜也[†] 仲地孝之[†] 白井大介[†] 中沢正隆^{††} 廣岡俊彦^{††} 吉田真人^{††} 葛西恵介^{††} 加藤寧^{††}
西山大樹^{††} ファドゥルラ ズバイル^{††} 安達文幸^{††} 木下哲男^{††} 北形元^{††} 笹井一人^{††} 高橋秀幸^{†††}
笠原裕道^{†††} 岸本幸典^{†††} 小柳優^{†††} 河原田淳^{†††} 高橋知道^{†††} 栗原茂樹^{††††} 金沢誠^{††††}
小平荘治^{††††} 江口孝二^{††††} 太田直^{††††} 清水康玄^{††††} 峠坂浩行^{††††} 八尋秀治^{††††}
Toshikazu Sakano[†] Hirokazu Kubota[†] Tetsuro Komukai[†] Katsuhiko Sebayashi[†] Satoshi Kotabe[†]
Tomoaki Kumagai[†] Shuichi Yoshino[†] Kohei Mizuno[†] Tatsuya Fujii^{††} Takayuki Nakachi[†]
Daisuke Shirai[†] Masataka Nakazawa^{††} Toshihiko Hirooka^{††} Masato Yoshida^{††} Keisuke Kasai^{††}
Nei Kato^{††} Hiroki Nishiyama^{††} Zubair Fadlullah^{††} Fumiyuki Adachi^{††} Tetsuo Kinoshita^{††}
Gen Kitagata^{††} Hideyuki Takahashi^{††} Kazuto Sasai^{††} Hiromichi Kasahara^{†††}
Yukinori Kishimoto^{†††} Masaru Koyanagi^{†††} Jun Kawarada^{†††} Tomomichi Takahashi^{†††}
Kurihara Shigeki^{††††} Kanazawa Makoto^{††††} Kohira Shoji^{††††} Eguchi Kouji^{††††}
Ohta Sunao^{††††} Shimizu Yasuharu^{††††} Togesaka Hiroyuki^{††††} Yahiro Syuji^{††††}
[†]日本電信電話株式会社 未来ねっと研究所 ^{††}国立大学法人東北大学
^{†††}エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社 ^{††††}富士通株式会社
[†]NTT Network Innovation Laboratories ^{††}Tohoku University
^{†††}NTT Communications Corporation ^{††††}Fujitsu Limited

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

概要

東日本大震災では、通信設備が大きな被害を受け、情報通信サービスの停止もしくは機能停止が長く続いた。その教訓から迅速に通信機能を復旧させる技術が今後不可欠と考えられる。本研究開発では、通信機能を実装したリソースユニットを被災地へ配備して、電話サービスを含めた情報通信基盤を短期間で立ち上げるとともに、現地の需要に応じてネットワークの再構成を可能とするための基本技術を確立した。

1. まえがき

本研究開発は、災害時の情報伝達を初めとする社会活動の基盤となる情報通信ネットワーク・サービスの耐災害性強化のために必要となる技術の創出とその有効性の実証を目的としている。具体的には、大規模災害時に必要となる通信機能や情報処理・蓄積機能を担うリソースの大幅な不足に対応するため、柔軟かつ簡易に規模や構成の変更が可能なユニット（以下、「リソースユニット」）を構築する技術やリソースユニットと被災した通信ネットワークを相互に接続する技術を開発するとともに、これらが連動して迅速に機能回復等を実現する再構成技術の研究開発を行い、輻輳に強い情報通信ネットワーク・サービスの実現に貢献することを目標としている。

東日本大震災においては、情報通信ネットワーク・サービスに対する多様な需要の爆発的な発生や、通信設備や拠点等の障害により、通信処理、情報処理・蓄積を担うリソースが大幅に不足し、大規模災害時の膨大かつ多様な情報通信需要を満たすことが困難となった。このような問題を解決するため、通信処理、情報処理・蓄積のリソースを柔軟かつ簡易な機能や規模で迅速に接続し、被災した情報通信ネットワークと連動して短時間での機能回復等を実現する技術を確立し、今後の情報通信ネットワークに適用することは大きな意義がある。

2. 研究開発内容及び成果



課題ア) リソースユニット構築技術 研究開発内容

リソースユニットの要件を明らかにするとともに、リソースユニットの技術評価環境を構築する。同環境を用いて、大規模災害時の通信需要を想定し、必要となる機能などを

考慮して追加されるリソースユニットが適正に動作可能であることを実証する。

- ・ 容易に性能の取捨選択や拡張が可能な複数の規模（5000 人相当以上及び 3 万人相当以上）や構成（通信機能や情報処理・蓄積機能を持ち、内外の構成要素と有無線で相互接続可能なもの）をもつリソースユニットを設計・構築可能であること
- ・ リソースユニットが従来の可搬型交換設備と比して 1/2 以下の体積で同程度の利用者数に対応可能な通信機能や情報処理・蓄積機能を実現可能であること
- ・ インターコネクション技術を用いて、光ファイバを含む有線もしくは無線通信方式により被災した通信ネットワークと接続可能であること

研究開発成果

ア-1 リソースユニットアーキテクチャ技術

本研究課題では、通信機能、情報処理・蓄積機能を併せ持ち、柔軟かつ簡易に機能の取捨選択や規模の拡張が可能なリソースユニットの設計・構築技術の基本技術を確立することを目的に研究開発を推進した。

ア-1-1 リソースユニット設計・構築・プロセス技術

大規模災害時の被災地に展開し、ICT サービスをいち早く復旧させるためにリソースユニットが具備すべき要件を明らかにするとともに、そのアーキテクチャを明確化し、これらを記述した設計編ガイドラインを作成した。

IP 電話サービスの提供を可能とする、5000 人相当以上の規模を収容可能な IP-PBX 等を搭載したリソースユニット評価環境を東北大学キャンパス内および関連拠点に構築した。

また、構築した評価環境を用いて検証評価実験を実施し、従来の同規模の可搬型交換設備と比較して、回線当たりの収容体積を半分以下にできることを検証した。

ア-1-2 リソースユニット評価技術

リソースユニットの導入効果の明確化のため、課題ア-1-1 リソースユニット設計・構築・プロセス技術にて設計したリソースユニットについて、多様な状況を想定して、その適用性の評価を実施した。具体的には、リソースユニットの性能指標や他システムとの比較の観点による机上における評価、および東北大学キャンパス内に構築された評価環境を利用し、リソースユニットを設置して光ファイバケーブルを接続してから 1 時間以内にサービス開始が可能であることを実機で評価、検証した。

リソースユニットの実際の利用に向けて、大規模災害発生時にリソースユニットの設置、運用、さらには既存ネットワーク復旧後にリソースユニットを取り除くまでの適用プロセスを整理・最適化した適用編ガイドラインを作成した。

ア-2 リソースユニットインターコネクション技術

本研究課題では、リソースユニットとその周辺の情報通信端末とを接続するためのアクセスネットワーク、また、リソースユニットと被災を免れた既存ネットワークを接続するための広域ネットワークを構成する上で必要となる、有線もしくは無線通信方式をベースとしたインターコネクション技術について基本技術を確立することを目的に研究開発を実施した。

ア-2-1 インターコネクション方式技術

ア-2-1-1 高速光接続方式技術

超高速デジタルコヒーレント光伝送方式は、光ファイバ特性等による信号劣化をデジタル信号処理技術により自動補償する機能を実装可能なため、大規模災害時に超高速

光通信路を簡便かつ迅速に構成することが可能な方式である。本研究課題では、超高速デジタルコヒーレント光伝送方式が有するこのプラグ&プレイ性に着目し、リソースユニット・広域ネットワーク間インターコネクションへ適用することを目的に、同方式を用いて瞬時の光信号疎通が可能な光ファイバの種類、距離、分散の範囲について基本検討を行い、リソースユニットへ収容・活用する場合の機能要件を明らかにした。そして、デジタルコヒーレント光伝送方式によるリソースユニットに収容可能な高速光接続トランシーバを実際に設計し、試作した。試作装置の特徴としては、リソースユニットに収容可能（19 インチラック）な筐体の採用、直流電源、交流電源ともに対応可能なこと、さらにライン側インタフェースは、分散推定機能を有する 100Gb/s デジタルコヒーレント光伝送方式を採用し、クライアントインタフェースとして 10GE（イーサネット）を 10 チャンネル具備していることなどが挙げられる。試作装置を用いて、基本的な動作確認を実施するとともに、課題ア-2-2-1 と連携した試作トランシーバの評価を通して、光ファイバの種類や特性によらず、リソースユニットに光ファイバが接続されてから、短時間（100 ミリ秒以下）に 100Gbps の光信号疎通の確立が可能であることを実験的に実証した。

ア-2-1-2 無線アクセスネットワーク遠隔設定変更技術

広域ユビキタスネットワークを制御網として活用し、リソースユニット側から周辺の無線 LAN アクセスポイントを直接的に遠隔制御する無線アクセスネットワーク制御プラットフォームを試作開発した。開発した制御プラットフォームでは、広域をカバーできる一方で伝送速度が低速な広域ユビキタスネットワークを多数の機器を制御するための制御網として利用する。そのため、上下リンクとも、制御に必要な最小限の情報のみを抽出して伝送することで、制御情報の高効率伝送を実現し、無線 LAN アクセスポイントの設定変更に要する時間を短縮している。また、リソースユニットに搭載した無線アクセスネットワーク制御サーバが、コマンド体系が異なる複数機種の無線 LAN アクセスポイントを一元的に扱うことができるよう、制御サーバ側では新たに規定した機種非依存の共通コマンドのみを使用し、制御先の無線 LAN アクセスポイント側にて機種毎に異なる一つあるいは複数の個別コマンドに変換するコマンド変換処理を行うことで、制御先の無線 LAN アクセスポイントの機種を隠ぺいした形での制御を実現している。

本プラットフォームを用いて東北大学キャンパス内で無線 LAN アクセスポイント 8 台を利用した小規模のフィールド実験を行い、広域ユビキタスネットワーク基地局から直線距離で約 430m 離れた建物内に設置した無線 LAN アクセスポイントの設定を変更することが可能であることを確認し、本プラットフォームにより無線 LAN アクセスポイント間を中継接続して無線アクセスネットワークを構築できることを確認した。500m 離れた無線 LAN アクセスポイントの設定変更が可能なことについては、机上での無線回線設計により確認している。また、得られた実験データの解析等を行い、リソースユニット近辺の複数の無線 LAN アクセスポイントを中継接続した無線アクセスネットワークによる無線アクセスサービスを、リソースユニットを中継側光ファイバと接続してから 60 分以内に開始可能であることを確認した。また、製造メーカーが異なり制御コマンド体系が異なる 2 機種の無線 LAN アクセスポイントに対して、共通の制御コマンドで遠隔から設定変更できることを確認した。

ア-2-1-3 ストレージデータ階層的蓄積伝送技術

本課題では、通信ネットワークが再構成され、電力と回

線容量が回復していく過程でリソースユニットのストレージ内データの参照利用効率を最大化するデータ転送制御技術の確立を目標として研究開発を進めた。同データ転送制御技術を実現するために、以下に示す3つの技術的課題に取り組む、成果を達成した。

課題1) 重要度に応じた階層符号化

ウェーブレット変換に基づくJPEG2000符号化方式を利用することで、テキスト、画像、映像のデータを重要度に応じた階層符号化データを生成する。階層化データは、解像度、特定領域参照、SNR、色成分の4種類の優先度の単位に分解することができる。その実装においては、拠点サーバとして大容量XMSサーバを、NTT横須賀R&Dセンター内に構築した。XMSサーバにJPEG2000のハードウェアアクセラレータを搭載することで、多数の高解像度画像を入力として、高速に階層符号化データを生成することを可能とした。

課題2) 階層化ストレージへのマッピング

1) で生成したテキスト、画像、映像の階層符号化データは、拠点サーバから東北大学のリソースユニット内に設置されたキャッシュサーバへ、JGN-X回線を通して転送され、重要度に応じてキャッシュサーバのメモリ、SSD、HDDストレージへ順次マッピングされる。例えば、解像度で優先順位がつけられている場合、低解像度から高解像度の成分が、メモリ、SSD、HDDストレージの順序でマッピングされる。

課題3) 回線容量に応じた画像、映像の階層的伝送

被災地のユーザは、無線LANなどを通して、リソースユニット内のキャッシュサーバに保存されたテキスト、画像、映像にアクセスできる。マッピングされた階層符号化データは、リソースユニットとユーザ端末間のアクセス回線容量に応じて、優先度順に必要な成分だけ、ユーザ端末へ伝送される。課題2の階層化ストレージへのマッピングおよび課題3の階層データの抽出・伝送・復号は、ソフトウェア試作を行うことで実現可能となった。また、パソコンで視聴できるようブラウザでの復号を可能とした。

以上の3つの課題に対する技術の実現により、以下の年次目標を達成した。

- ・データ参照応答時間の50%短縮

階層符号化と階層伝送の機能により、コンテンツの共有・閲覧に必要な成分のみ抽出して伝送することが可能となった。その結果、帯域が限定された環境でも、少ない情報を伝送するのみで、品質は劣るもののテキスト、画像、映像を視聴できる。コンテンツ再生に必要な情報量を短い時間で取得でき、データ参照応答時間の50%短縮が実現できた。

- ・待機時電力量の25%削減

階層符号化データを、重要度に応じて、メモリ、SSD、外部HDDのストレージにマッピングすることで、ストレージの一部の電源をOFFにしても、データを参照できる。例えば、重要度が低い成分が保存されている外部HDDの電源をOFFにすることで、待機時電力量を約半分の低減することが可能となり、少なくとも待機時電力量の25%削減が可能となった。

ア-2-2 インターコネクション適用評価技術

ア-2-2-1 高速光接続評価技術

本課題では、光伝送路の未知なパラメータをプログラマブルな電子回路で補償することが可能なデジタルコヒーレント光伝送技術を用いて、リソースユニット間あるいは

リソースユニットとバックボーンネットワークとの間でファイバの種類・距離によらず超高速光信号を瞬時に疎通できることを実証した。実際に100 Gbit/s光ファイバ回線の切替に伴う通信回復速度を、SMF、DSF、GI(62.5/125)の3種類のファイバに対して評価した結果、広範囲なファイバ長にわたり、約70msの切替時間で回線速度が高速に回復できることを明らかにした。本技術は、被災を免れたファイバを活用し、種類や長さが未知であっても広域ネットワークとの接続を高速且つ容易に確立できるため、被災地における情報通信手段の迅速な復旧に大きく貢献すること可能である。またこのような光信号の高速疎通技術は、可搬型ICT基盤であるリソースユニットの構築に加え、光ネットワーク全般において通信障害が生じたときに既存の光回線との相互接続を速やかに確立するための回線復旧機能にも大変有効である。

ア-2-2-2 適応型無線アクセスネットワーク構成技術

本課題では、主として、一般に広く普及している無線LANアクセスポイントを自営無線装置として仮定し、リソースユニットを中心とする半径500mの範囲に無線アクセスネットワークを構築することを想定した。リソースユニット周辺の無線アクセスネットワークを構成した際、単一ゲートウェイがカバーするセル内のユーザ数によって通信性能が変動することを明らかにし、ゲートウェイ1つがカバーするエリア内の無線アクセスネットワーク構成を最適化するための制御アルゴリズムの開発を行った。

無線LANアクセスポイントの位置が固定されており、無線LANアクセスポイント間の通信用チャンネルが限られている場合、どの無線LANアクセスポイントをゲートウェイとして選択するかが、ネットワーク全体の性能を大きく左右する。開発したアルゴリズムではユーザ分布やユーザトラヒックの偏りなどに合わせて適切な無線LANアクセスポイントをゲートウェイとして選択するため、干渉や衝突等による通信性能低下を回避することが可能であり、結果としてネットワーク全体の効率的なサービス提供が可能になる。

開発したゲートウェイ選択アルゴリズムは、理論的には無線LANアクセスポイントの数にかかわらず適用可能であることから、アクセスポイント数が100以上の規模に対しても理論的に適用可能な制御アルゴリズムを確立するという目標を達成できた。さらに、開発したゲートウェイ選択アルゴリズムをソフトウェアとして実装し、実プラットフォームと同等の環境を再現可能な仮想プラットフォーム上において動作試験を行い、正常に動作することを確認した。

ア-2-2-3 適応型無線周波数リソース割当技術

時々刻々ダイナミックに変化する周辺干渉環境の変化に追従した使用チャンネル選択を実現するため、チャンネル棲み分けに基づく動的チャンネル割り当て(CS-DCA)技術を開発した。CS-DCAでは、各自営無線基地局装置が周辺干渉環境を常に観測し、平均受干渉電力をチャンネル優先度テーブルに格納する。受干渉の小さい高優先度のチャンネルは、それを聞いた時に周辺へ与える干渉が小さいので、各自営無線基地局装置が平均受干渉電力の小さいチャンネルを選択することで、干渉が常に小さくなるようなチャンネルの空間的棲み分けパターンを適応的に生成・更新できる。特に、トラフィックが集中する避難所などでは干渉により通信品質が劣化してしまうが、開発したCS-DCAではこのような通信品質劣化を避けることができる。計算機シミュレーションより、CS-DCAは自律分散で安定したチャンネル棲み分けパターンを生成できることを確認した。また、受干渉最小の優先度1位のチャンネルだけではなく、2位以下のチャンネルを同時に用いることで、マルチチャンネルアク

セスを実現できる。マルチチャネルアクセスを行うと、使用チャネル数が増加するので干渉が増大してしまうが、CS-DCAにより、マルチチャネルアクセス時にも干渉の増加を抑えることができる。さらに、CS-DCAを実装した無線LAN実験装置を試作して動作検証を行い、CS-DCAによって周辺干渉環境に適応したチャネルの空間的棲み分けパターンを実際に生成できることを確認した。

以上の技術の実現により、時々刻々ダイナミックに変化する周辺干渉環境の変化に追従して電波干渉の影響を最小限に抑えるように自営無線基地局装置が使用する無線チャネルの空間的棲み分けパターンを適応的に生成・更新することができ、CS-DCAを行わない場合と比較し、本研究開発の目標であるアクセス遅延時間の10%程度の短縮と同時接続数の2倍程度の向上を達成できることを計算機シミュレーションおよび実験により確認した。

ア-2-2-4 高拡張性レスキューストレージ技術

被災によって失われたストレージリソースの回復のために災害発生直後から順次被災エリアにストレージリソースを投入し、被災したデータセンタ内の生き残ったストレージとバックアップデータを保持する遠隔地のデータセンタ内のストレージと連携することにより、被災前と同じようなデータセンタ機能を回復させる場合を想定した。この場合、物理的には異なるストレージをまとめて全体として1つの高拡張仮想ストレージとして機能させることが求められるが、その実現のためには、ストレージ間で大容量データを分散配置・転送するための技術の確立が不可欠であり、ストレージ変動に対応可能なストレージ管理技術、符号化を用いたデータ配置技術、リクエスト数とデータ量に応じた戦略的データ転送技術などが必要である。本課題では、ストレージ量の変動の影響が特に大きい符号化を用いたデータ配置技術を中心に、数学モデルなどを用いた理論検討を行った。

一般に、消失訂正符号化等を用いてデータを分散することにより、データの高い障害性を保証することが可能である。言い換えれば、冗長なデータが複数存在するために、稼働するストレージ量が一時的に減少するなどしてもシステム全体としては問題なく動作することが可能である。しかしながら、データを復元するには分散配置されたものを集めて復元する必要があるため、それによる回線の圧迫といった問題を考慮する必要がある。そこで、ネットワーク中のルータで復号化処理を行うことで回線圧迫を低減する方式を検討し、その方式においてストレージ量の変動が及ぼす影響について評価を行った。結果として、ストレージ量が10倍程度の範囲でスケールする場合、単純にデータのコピーを分散配置した場合と比較して、各ノードが備えなければならないストレージ量を小さく押さえることが可能であることを明らかにした。

課題イ) 通信ネットワーク機能再構成技術 研究開発内容

技術評価環境において、追加されるリソースユニットが、通信需要や利用可能な通信リソースに応じて通信機能や情報処理・蓄積機能を適正に再構成することが可能であることを実証する。また、管理運用の自動化、遠隔監視制御を可能とするために要求される管理運用機能を検証する。

- 被災した通信ネットワークに追加されるリソースユニットを、設置後60分以内で、利用者の需要を満足する通信ネットワークとして再構成可能であること
- 管理運用の自動化、遠隔監視制御を行うことで、従来の半分程度の人的リソースで再構成された通信ネット

ワークを管理運用可能であること

以上のことを通じ、大規模災害時における通信設備の被災状況等の環境条件を想定した上で、課題ア及び課題イで開発された技術を用いて被災した通信ネットワークを迅速に再構成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、これらの技術を確立することで、東日本大震災と同様に爆発的な通信需要が発生し、かつ、通信ネットワークが被災した場合においても、あらかじめコンテナ等に收容されたリソースユニットを接続してから60分以内で利用者の多様な需要を満足する通信ネットワークの再構成が可能とすることを目標とする。

研究開発成果

イ-1 通信ネットワーク機能再構成技術

保守者にネットワーク構築やサーバ構築に関する特別なスキルが無くても、簡易な手順で通信ネットワークの運用を可能とする技術を以下の装置を試作することにより確立した。

- リソースユニットの外部のネットワークとリソースユニット内のサーバを仮想ネットワークで繋ぐゲートウェイ装置

- ゲートウェイ装置を制御するゲートウェイ管理装置
また、ゲートウェイ装置を使用する事により、リソースユニット設置後60分以内に電話サービスやリソースユニット内のサーバのアクセスが可能である事の確認を行った。

ゲートウェイ装置で実現できる機能は以下となる。

- スライス作成機能
複数の仮想ネットワーク(スライス)を一つの物理リソース上に重畳可能とする。

- 電話機能等共通サービスを配備する共通スライスと企業や自治体が個別に利用する個別スライスの作成を可能とする。

- アドレス変換機能
個別スライスのアドレスは他のスライスに影響されることなく、利用する企業や自治体が自由に設定可能とする。

- 外部からのアクセスの際にはスライス毎にユニークな論理アドレスを付与することで、接続先のスライスの特定を可能とし、ゲートウェイ装置で論理アドレス変換を実施する。

- アクセス認証機能
個別スライスへのアクセス要求に際して、アクセスが許可された端末からのみ接続を許容し、未許可の端末からの接続をブロックする。

リソースユニット内のITリソースをパターン化してあらかじめ登録しておき、要求に応じてゲートウェイ装置・ゲートウェイ管理装置から管理・制御する事を可能とした。それにより、論理システムの動的再構成に必要な設計時間の大幅な短縮を実現した。

イ-2 リソースユニット管理運用技術

本課題では、リソースユニットに関わる運用のオフサイト化や遠隔監視制御化などにより、再構成された通信ネットワークを限られた人的リソースで安定的に運用するためのシステム管理運用技術の基本技術を確立することを目的に研究を実施した。

イ-2-1 リソースユニット遠隔監視技術

ネットワーク機器、サーバの電力、温度変化を可視化し、リソースユニット内のネットワーク機器、サーバなどの状態を遠隔地からネットワークを介して常に監視できる機

能を試作した。

被災地における電源の需給状況変化に応じて、商用電力の受給異常を検出した場合にサーバを安全に停止させ、電力が回復するとサーバを起動させるリソースユニット制御機能を試作した。

上記の試作機能を実際にリソースユニットに実装し、評価環境を用いて遠隔地からのリソースユニット監視制御評価を実施した。その結果、リソースユニットの内部リソースを、外部ネットワークを介して遠隔監視、制御できるようにすることで、従来の半分程度の現地要員で運用できる見通しを得た。

イ-2-2 知識型リソースユニット管理運用支援技術

本研究では、ネットワーク機器やサーバ機器を情報資源とみなし、そ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むことで、機器を能動的に動作可能な情報資源(Active Information Resource: AIR)とする、知識型リソースユニット管理運用支援技術の研究開発を遂行した。これにより、機器の監視・計測、および障害発生時の原因推定・診断作業の一部を機器自身が自律的に実行可能とし、限られた人的リソースでのリソースユニットの管理を実現可能とした。具体的には、以下の(1)~(3)の開発項目について研究開発を遂行した。

(1)ネットワーク/サーバ機器を自律的に監視・計測するM-AIR(Measurement AIR)の開発

リソースユニット内の仮想ネットワーク、及び仮想サーバの状態を人間の管理者が監視・計測する手順やノウハウを、ルールや手続きから成る知識として表現し、これを組み込んだM-AIR(Measurement AIR)を開発した。

M-AIR は管理用サーバに設置し、遠隔で管理対象機器の監視・計測を行う。M-AIR は他の AIR から情報要求を受けた際に、担当する機器にリモートログインして情報の取得を行い、返答を行う。遠隔で情報取得を行う機能により、情報取得機構を管理対象機器に設置する手間・時間を省く事が出来るため、災害時の迅速な障害復旧を支援することが可能である。

(2)障害発生時の原因推定、診断、対策案の導出を行うK-AIR(Knowledge AIR)の開発

障害発生時に、人間の管理者が行う原因推定、診断、対策案の導出を行う手順やノウハウを抽出し、これを知識として組み込んだ K-AIR(Knowledge AIR)を開発した。K-AIR は、障害の診断に必要な仮想ネットワークと仮想サーバの状態を、該当する M-AIR から取得することにより、①障害の原因推定作業、及び②障害の診断作業の一部を自律的に実行可能とする。また、③原因・診断結果からの対策案の導出を行い、これを管理者に提示する。これにより、人間の管理者の作業の一部を自動化し、限られた人的リソースでのリソースユニットの管理を実現可能とした。

(3)リソースユニット技術評価環境を用いた試作システムの評価

(1)、(2)で開発した M-AIR、K-AIR からなるプロトタイプシステムを試作し、技術評価環境として構築されたリソースユニットを使用し、その有効性を評価した。プロトタイプシステムにおいて、M-AIR はリモートログイン機能、加えて環境の差異を吸収する知識として情報取得対象ファイルが見つからない時の戦略を実装している。また K-AIR は、IP 電話サービスを提供する SIP サーバを管理対象とし、クライアント端末が SIP サーバに接続できないという症状を想定し、想定される障害原因とその診断

知識、および各障害原因に対する対応策を導出する知識を組み込んだ。

プロトタイプシステムを用いて、2つの評価実験、すなわち、(a)遠隔からの情報取得機能の有効性の確認、(b)環境の差異を吸収する知識の有効性の確認を行った。評価実験の結果から、管理者権限を委譲された M-AIR が、あたかも人が操作するように管理対象サーバにリモートログインすることで、管理対象サーバに特別な管理用のソフトウェアをインストールせずとも、管理者が一般的に用いるリモートログインの機能を使用し、必要な情報を収集することができることを確かめた。更に、収集したサーバの情報を元に、可能性のある障害の原因のなかから実際に生起している障害原因を特定し、10分以内に遠隔地の管理者に対策案を提示することができることを確認した。

人間の管理者が持つネットワーク管理知識をネットワーク機器自体に組み込む手法は、他に類を見ない独創的な手法である。これにより、災害時の状況に応じ多様に变化し得るリソースユニット内のネットワーク構成やサービス構成に柔軟に対応しながら、ネットワーク管理者の作業の一部をシステムによって代行可能となる点が、本技術の新規性である。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究開発成果を、平成 25 年度実施の総務省委託研究「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」へ取り込み、社会展開に向けた技術の完成度向上を計画している。具体的には、同委託研究において、本研究開発成果も一部活用して、フィールド環境下での実証実験等を実施し、より大規模災害時に近い環境での研究開発成果の有効性を実証する。また実験結果を対外発表することで認知度を向上する。

本研究開発期間中に実施した各方面へのヒアリング活動によって構築された人的ネットワークを活用し、研究成果のアピールを継続的に図っていくとともに、研究開発成果の社会展開に向けた完成度向上を図り、具体的な社会展開に繋げていく予定である。

4. むすび

本研究開発では、リソースユニットを被災地へ配備して、電話サービスを含めた情報通信基盤を短期間で立ち上げるとともに、現地の需要に応じてネットワークの再構成を可能とするための基本技術を確立した。今後、リソースユニットを情報通信ノードとするネットワークングに関する検討、ネットワーク化によるリソースユニット機能の拡張性確保の検討などをさらに進める必要がある。また、試作レベルから商用レベルへの完成度向上が今後の課題となる。

【誌上发表リスト】

- [1] Khamisi Kalegele, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, "Sequence Validation Based Extraction of Named High Cardinality Entities", International Journal of Intelligence Science (IJIS) Vol.2 No.24 pp.190-202 (2012年10月)
- [2] Toshikazu Sakano, Zubair Md. Fadlullah, Tomoaki Kumagai, Atsushi Takahara, Thuan Ngo, Hiroki Nishiyama, Hiromichi Kasahara, Shigeki Kurihara, Masataka Nakazawa, Fumiyouki Adachi, and Nei

Kato, "Disaster Resilient Networking - A New Vision based on Movable and Deployable Resource Units (MDRUs)," IEEE Network Magazine July/August 2013 pp.40-46 (2013年7月)

【申請特許リスト】

- [1] 久保田寛和、坂野寿和、光伝送装置、日本、2012年10月17日
- [2] 小田部悟士、坂野寿和、瀬林克啓、久保田寛和、PBX加入者登録方法、および通信システム、日本、2012年11月16日
- [3] 久保田寛和、坂野寿和、小向哲郎、瀬林克啓、小田部悟士、光通信方法、日本、2012年11月30日

【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)、東京都、2013年2月5日～8日

【受賞リスト】

- [1] Wei Liu, Student Travel Grant of PIMRC' 12 for "A Novel Gateway Selection Method to Maximize the System Throughput of Wireless Mesh Network Deployed in Disaster Areas"、2012年9月10日
- [2] 谷村優介、情報処理学会第75回全国大会(平成25年)学生奨励賞、“耐災害ICTユニットのための知識型管理運用支援方式の提案”、2013年3月8日