

情報通信ネットワークの耐災害性強化のための研究開発（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

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 23 年度～平成 24 年度

【Abstract】

The Great East Japan Earthquake and Tsunami triggered the explosive generation of communication demand. At the same time, telecommunication network suffered serious damages due to the event. This situation caused a significant shortage of resources for information and communication services. In order to meet the wide variety of communication demands which are expected to rise under the devastating disaster situations in the future, it is indispensable to establish technologies which enable us to promptly add communication resources for recovery and enhancement of information and communication functions. The objective of this R&D is to establish the following technologies: the architecture of resource unit which accommodates resources for communication, information processing and storage and the technologies to scale the functions flexibly and simply, and the interconnection technology to connect resource units to survived communication networks. In addition, the reconfiguration technologies for prompt recovery of functions is included. A technical test environment was built in the Tohoku region to demonstrate and evaluate the effectiveness of the developed technologies.

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）
栗原 茂樹（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 23 年度～平成 24 年度
- 研究開発予算 総額 597 百万円

（内訳）

平成 23 年度補正

597 百万円

2 研究開発課題の目的および意義

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。

3 研究開発成果

3.1 課題ア) リソースユニット構築技術

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

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 等を搭載したり

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認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み、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ー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 70 ms 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フィ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、それを用いた時に周辺へ与える与干渉が小さいので、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、与干渉が常に小さくなるよう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。マルチチャンネルアクセスを行うと、使用チャンネル数が増加するので与干渉が増大してしまうが、CS-DCA により、マルチチャンネルアクセス時にも与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ン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ン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

レンジ管理技術、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。

3. 2 課題イ) 通信ネットワーク機能再構成技術

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収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。

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物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変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. 3 研究開発成果の社会展開のための活動実績

3. 3. 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。リソースユニットと 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。

3. 3. 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、「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2回委員会を実施した。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. 3. 3 国際標準化等への取組

本研究開発による技術や方式、製品、サービス等の国際標準化や国際展開に向けて、ITU-T FOCUS GROUP ON DISASTER RELIEF SYSTEMS, NETWORK RESILIENCE AND RECOVERY に参画し、2013年2月東京会合において、寄書提案を行った。また、同東京会合に合せて行われた宮城県への被災地ツアーにおいて、リソースユニット評価環境を用いたデモンストレーションを会合参加者に対して実施し、有益なコメントを収集するとともに、本研究開発成果をアピールした。その結果、Focus Group ドキュメントに、本研究開発で提唱しているコンセプトを反映させることに成功した。

3. 3. 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、大学院生、および学部生の協力のもと、評価用デモンシステムの設計・実装を行い、このプロジェクト型教育を通じ、若手研究員、および学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-1、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、本研究開発の成果発表において、本プロジェクトに協力した学生が情報処理学会第75回全国大会にて学生奨励賞を受賞するなど、人材育成の観点から高い効果が認められた。

3. 3. 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。2012年9月には、シドニーで開催されたIEEE国際会議において本研究開発がオーガナイズしたパネルセッションを実施し、世界に対して当研究開発の重要性、有用性をアピールした。また、欧米で行われた複数の国際会議等で研究開発成果の発表を行った。国内では、情報処理学会第75回全国大会（東北大学 2013年3月6日～8日）にてイベント企画として「災害に強い情報通信ネットワークの実現に向けて」と題したセッションを提案・企画した。6件の発表のうち、当課題の研究者による発表が4件であり、成果を学会にアピールすることができた。また、電子情報通信学会2013年総合大会（岐阜大学 2013年3月19日～22日）にて、大会委員会企画として、「耐災害ICT研究の最前線」と題したセッションを提案・企画した。8件の発表のうち、当課題の研究者による発表が4件であり、成果を学会にアピールすることができた。

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努めた。具体的な投稿先は、後述のリストに記した。

3. 3. 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。

3. 3. 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。

3. 3. 8 成果発表会

研究開発成果は、各種学会や、NICT 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。

3. 3. 9 フォーラム活動

2013 年 3 月 25 日、26 日に 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、東北大学キャンパスにおいて実際の評価環境を用いたデモンストレーションを行い、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。

4 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更に発展させるために、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」において成果の一部を取り込んで研究開発を推進することとする。また、耐災害 ICT に関する ITU-T Focus Group に引き続き参画し、提唱アーキテクチャおよび具現化技術について標準化を視野に入れた活動を実施していく。また、研究開発の一環で実施して各方面へのヒアリングに対する研究成果を踏まえたフィードバックを実施していくなど将来の想定利用者へのアプローチを実施していく。国際標準化、実用化に向けた一連の活動により、提唱アーキテクチャに対する認知度が高まるとともに利用環境が形成されていき、本研究開発の成果が実際に社会に活用

されていくことが期待される。

東北大学

本研究開発で構築したデジタルコヒーレント技術は、リソースユニットの接続に限らず、ファイバの環境条件に伴う歪み変動の適応等化にも極めて有効な方式である。また、既存の光回線との速やかな相互接続や経路迂回・切替に伴う回線復旧機能の迅速化など、光ネットワーク全般における耐災害性向上に極めて有効である。このように、これまでの国プロで培われてきた 100Gbps デジタルコヒーレント技術の新たな応用領域の開拓という意味でも大きな波及効果が見込まれる。

さらに、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）技術は、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できる。実用化までには大規模システムでの安定度評価が必要であるものの、集中制御に頼らずに自律分散動作で簡単にチャンネル再利用パターンを生成できることから、CS-DCA の実用的価値は高い。また、災害時ばかりでなく臨時に無線ネットワークを構築する場合にも、他無線局に与える干渉を最小に抑えることができるので、開発した CS-DCA の実用的価値は極めて高い。送信電力制御を CS-DCA に組み合わせれば、更に干渉を低減できる可能性がある。また、周辺干渉環境に適応して複数のチャンネルを割り当てるように CS-DCA のマルチチャンネル化も可能である。そこで、今後は、総務省プロジェクト「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」において CS-DCA の高度化を図る。CS-DCA を実装した無線 LAN 実験装置により動作を確認し、その実用的価値の高さを示せたことより、実無線システムへの CS-DCA の導入が期待できる。

なお、本研究開発の成果については、上記の課題を含めて Web ページ等を通じて広く一般に公開していくとともに、国内外の学会やワークショップなどの場で積極的に情報を発信することにより、成果の普及を図るとともに、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していく。

エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社

平成 25 年度大規模災害時に被災地の通信能力を緊急増強する技術の研究開発（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）において、フィールド環境での実証実験（会津フィールド検証）が計画されている。本実証実験等での ICT ユニットの運搬、設置、構築、運用等を通して、今回作成した適用編ガイドラインの有効性を検証し適用編ガイドラインの事例を充実させ、各種イベント等で公開する。

富士通株式会社

今回の成果を実用化に向け発展させるためには、継続して以下の課題を解決することが必要であると考えられる。

- ・移動性を高めるための小型化／軽量化
- ・ネットワーク化による拡張性確保

上記の研究を行う後継として、

平成 23 年度補正予算「災害時の確実な情報伝達を実現するための技術に関する研究開発（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）」

により継続して研究開発を実施する。

具体的な研究課題は、以下である。

- ・ 可搬可能な ICT ユニットの小型化／軽量化
- ・ 複数 ICT ユニット利用時の通信ネットワーク機能再構成

今後の社内製品への活用としては、仮想ネットワーク向けソリューションビジネスへの部分活用が考えられる。

5 査読付き誌上発表リスト

- [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, Fumiya Adachi, and Nei Kato, "Disaster Resilient Networking - A New Vision based on Movable and Deployable Resource Units (MDRUs)," IEEE Network Magazine, 採録決定済.

6 その他の誌上発表リスト

- [1]坂野寿和、“大規模災害にも適応可能なレジリエント情報通信ネットワーク”、日本信頼性学会誌「信頼性」2012 Vol.34 No.8 pp513-518 (2012年11月1日)
- [2]原田充、熊谷智明、清水芳孝、鈴木賢司、望月伸晃、藤野洋輔、山岸明洋、“スケーラブルM2M無線アクセス”、NTT技術ジャーナル 2013 Vol.25 No.1 pp27-30 (2013年1月8日)
- [3]Mitsuru Harada, Tomoaki Kumagai, Yoshitaka Shimizu, Kenji Suzuki, Nobuaki Mochizuki, Yosuke Fujino, and Akihiro Yamagishi, “Scalable M2M Wireless Access System”, NTT Technical Review Vol.11 No.3 (2013年3月10日)

7 口頭発表リスト

- [1]中沢正隆、“災害に強い情報通信技術の研究開発に向けた取り組み”、総務省中国総合通信局非常通信講演会(招待講演)(広島市)(2012年6月21日)
- [2]坂野寿和、“大規模災害時でも利用可能な情報通信ネットワークに関する一考察”、電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会(山形市)(2012年6月22日)
- [3]K. Suto, “An optimal Topology for P2P Network Tolerant to Churn and DoS Attack”, Annual Workshop on Next Generation Networks and Network Security (上海)(2012年6月28日)
- [4]坂野寿和、高原厚、“情報通信サービスの急激な需給変動にも柔軟に適応可能なモジュラーネットワーク”、情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会(加賀市)(2012年7月5日)
- [5]坂野寿和、高原厚、“[特別招待講演]大規模災害時の情報通信需要特性を考慮したレジリエントネットワーク方式”、電子情報通信学会 通信方式研究会(沖永良部島)(2012年7月12日)
- [6]中沢正隆、“災害に強い光ネットワーク”、第124回微小光学研究会(招待講演)(東京)(2012年7月23日)
- [7]唐鎌行大、北形元、スベホルム ヨハン、笹井一人、木下哲男、“災害時のためのネットワークスイッチの応急的復旧法”、平成24年度電気関係学会東北支部連合大会論文集 Aug. 2012 (2012年8月30日)
- [8]唐鎌行大、北形元、スベホルム ヨハン、笹井一人、木下哲男、“VLAN設定の推定に基づくネットワークスイッチの応急的復旧に関する研究”、第11回情報科学技術フォーラム 講演論文集(FIT2012) M-002 第4分冊 pp.221-222 Sep. 2012 (2012年9月4日)
- [9]Wei Liu, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, Yoshitaka Shimizu, and Tomoaki Kumagai, “A Novel Gateway Selection Method to Maximize the System Throughput of Wireless Mesh Network Deployed in Disaster Areas”, The 23rd IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio

- Communications (PIMRC 2012), pp. 771-776 (シドニー) (2012年9月10日)
- [10]Atsushi Takahara, "Japan National Project : Creation of Disaster-Resilient Networks", IEEE PIMRC 2012 (シドニー) (2012年9月10日)
- [11]Atsushi Takahara, "The Future Network:Its Prospects and Challenges", PS2012-PHOTONICS IN SWITCHING 2012 (コルシカ島) (2012年9月12日)
- [12]Wei Liu, Hiroki Nishiyama, and Nei Kato, "[INVITED] Towards Throughput Optimization of Wireless Mesh Networks in Disaster Areas," International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications 2012, (台北) (2012年9月27日)
- [13]Khamisi Kalegele, Hideyuki Takahashi, Kazuto Sasai, Gen Kitagata, Tetsuo Kinoshita, "Agent-based Processing of Server Operational Data Using NLP Approaches", Proc. of the 1st International Workshop on Smart Technologies for Energy, Information and Communication (IW-STEIC2012) pp.103-112 (2012年10月19日)
- [14]K. Suto, H. Nishiyama, and N. Kato, "A Study on Distributed Storage System with Erasure Coding over Satellite Networks", In Proc. of Joint Conference on Satellite Communications (ソウル) (2012年10月25日)
- [15]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 (2012年11月15日)
- [16]天間克宏、松村祐輝、小原辰徳、山本哲矢、石原浩一、ヒランタ アバーセーカラ、熊谷智明、安達文幸、"チャンネル棲み分けに基づく動的チャンネル配置を用いた無線 LAN におけるマルチチャンネルアクセスに関する一検討"、電子情報通信学会無線通信システム研究会 (東京) (2012年11月16日)
- [17]Panu Avakul, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, Yoshitaka Shimizu, and Tomoaki Kumagai, "Benefit of Selecting Number of Active Mesh Routers in Disaster Oriented Wireless Mesh Network", International Conference on Computer Science and Software Engineering (CSSE) 2012 (海南島) (2012年12月30日)
- [18]Thuan Ngo, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, Yoshitaka Shimizu, Kohei Mizuno, and Tomoaki Kumagai, "On the Throughput Evaluation of Wireless Mesh Network Deployed in Disaster Areas" , ICNC2013, pp. 413-417 (サンディエゴ) (2013年1月29日)
- [19]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)
- [20]谷村優介、Sveholm Johan、笹井一人、北形元、木下哲男、"災害時の迅速な障害復旧のための知識型管理支援に関する研究"、情報処理学会東北支部研究報告 Vol2012-4 2012-2-3 pp.1-5 (2013年2月13日)
- [21]谷村優介、Sveholm Johan、笹井一人、北形元、木下哲男、"耐災害 ICT ユニットののための知識型管理運用支援方式の提案"、情報処理学会第 75 回全国大会(平成 25 年)講演論文集 5X-5 pp.3-371-3-372 (2013年3月8日) (学生奨励賞受賞)
- [22]天間克宏、松村祐輝、小原辰徳、山本哲矢、石原浩一、ヒランタ アバーセーカラ、熊谷智明、安達文幸、"チャンネル棲み分けに基づく動的チャンネル配置を用いた無線 LAN におけるチャンネル選択に関する一検討"、電子情報通信学会無線システム研究会 (東京) (2013年3月1日)
- [23]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)

- [24]仲地孝之、“レジリエント ICT に向けたストレージデータの階層的蓄積伝送技術”、情報処理学会 第 75 回全国大会（仙台市）（2013 年 3 月 7 日）
- [25]栗原茂樹、“リソースユニットネットワーク再構成技術”、情報処理学会第 75 回全国大会（仙台市）（2013 年 3 月 7 日）
- [26]中沢正隆、“情報通信再構築”、東北大学災害復興新生機構シンポジウム（招待講演）（仙台市）（2013 年 3 月 9 日）
- [27]笠原裕道、岸本幸典、小柳優、河原田淳、高橋智道、瀬林克啓、小田部悟士、坂野寿和、“災害時の通信サービス復旧プロセスの検討”、2013 年電子情報通信学会総合大会（岐阜市）（2013 年 3 月 19 日）
- [28]清水芳孝、後藤和人、水野晃平、熊谷智明、吉野修一、“広域センサーネットワークを用いた無線 LAN アクセスポイント遠隔制御技術の検討”、2013 年電子情報通信学会総合大会（岐阜市）（2013 年 3 月 19 日）
- [29]須藤克弥、西山大樹、加藤寧、仲地孝之、藤井竜也、高原厚、“仮想ストレージにおける iSCSI 通信の基礎実験”、2013 年電子情報通信学会総合大会（岐阜市）（2013 年 3 月 20 日）
- [30]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）
- [31]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）
- [32]熊谷智明、清水芳孝、後藤和人、水野晃平、吉野修一、“可搬型 ICT 基盤における無線アクセスネットワーク技術”、2013 年電子情報通信学会総合大会（岐阜市）（2013 年 3 月 21 日）

8 出願特許リスト

- [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
- [4]熊谷智明、清水芳孝、水野晃平、安達文幸、無線チャンネル割当方法、通信システム、及び集中制御局装置、日本、2012 年 12 月 6 日

9 取得特許リスト

なし

10 国際標準提案リスト

なし

11 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

12 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 ユニットののための知識型管理運用支援方式の提案”、2013 年 3 月 8 日

13 報道発表リスト

（1）報道発表実績

なし

（2）報道掲載実績

なし

研究開発による成果数

\	平成 24 年度	合計	(参考) 提案時目標数
査読付き誌上発表数	2 件 (2 件)	2 件 (2 件)	0 件 (0 件)
その他の誌上発表数	3 件 (1 件)	3 件 (1 件)	
口 頭 発 表 数	32 件 (9 件)	32 件 (9 件)	4 件 (0 件)
特 許 出 願 数	4 件 (0 件)	4 件 (0 件)	3 件 (0 件)
特 許 取 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	－件 (－件)
国 際 標 準 提 案 数	1 件 (1 件)	1 件 (1 件)	－件 (－件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	－件 (－件)
受 賞 数	2 件 (1 件)	2 件 (1 件)	－件 (－件)
報 道 発 表 数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
報 道 掲 載 数	0 件 (0 件)	0 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 : 「査読付き誌上発表数」には、論文誌や学会誌等、査読のある出版物に掲載された論文等を計上する。学会の大会や研究会、国際会議等の講演資料集、アブストラクト集、ダイジェスト集等、口頭発表のための資料集に掲載された論文等は、下記「口頭発表数」に分類する。

注 3 : 「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を計上する。

注 4 : 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。