

大規模災害においても通信を確保する
耐災害ネットワーク管理制御技術の研究開発

Research and development of management and control technology for disaster-proof
networks guaranteeing communications even during large-scale disasters

代表研究責任者 森田逸郎 株式会社 KDDI 研究所

研究開発期間 平成 23 年度～平成 24 年度

大規模災害においても通信を確保する耐災害ネットワーク管理制御技術の研究開発

東日本大震災を受けて、光ケーブルの断線、通信設備の電源喪失、輻輳などにより重要情報の発信・収集が困難となった。また、これにより、インフラの運用管理自体が影響を受け、被害状況の把握自体が困難になり、障害に対する応急・復旧活動に大きな支障が生じた。

そのため、限られたネットワーク資源を使った重要なトラヒック伝送の維持や早期復旧を可能とする技術、被災地に臨時設置される IP ネットワークの輻輳を回避しながらつながる通信を継続する技術を確立する。

【Abstract】

The Great East Japan Earthquake caused breaks in optical cables, power loss in communications facilities, and congestion; the transmission and collection of important information became difficult. The infrastructure operation management was thus affected. Difficulty in comprehending the extent of the damage significantly interfered with emergency and recovery activities with regard to these problems.

Technologies should be established to maintain or promptly recover the transmission of important traffic by using limited network resources and for continuous communications that avoid congestion of IP networks temporarily installed in the affected areas.

1 研究開発体制

- **代表研究責任者** 森田逸郎 (株式会社 KDDI 研究所)
- **研究分担者** 中沢正隆 (国立大学法人東北大学 電気通信研究所)
釣谷剛宏 (株式会社 KDDI 研究所)
井上統之 (KDDI 株式会社)
林 通秋 (株式会社 KDDI 研究所)
田中淳裕 (日本電気株式会社)
松岡盛登 (日本電信電話株式会社)
矢野雅文 (国立大学法人東北大学電子通信研究所)
小川雅嗣 (日本電気株式会社)
曽根秀昭 (国立大学法人東北大学サイバーサイエンスセンター)

○ **研究開発期間** 平成 23 年度～平成 24 年度

○ **研究開発予算** 総額 847 百万円

(内訳)

平成 23 年度補正
847 百万円

2 研究開発課題の目的および意義

本研究は、東日本大震災の発生を踏まえ、災害時の情報伝達の基盤となる情報通信ネットワークの耐災害性強化を目指して、必要となる技術の研究開発・実証実験等を行う。

具体的には、災害時の携帯電話等の通信の輻輳を軽減する技術（つながるネットワーク）及び通信・放送インフラが地震・余震・津波等で損壊した場合でも直ちに自律的にネットワークを構成し通信を確保する技術（壊れないネットワーク）に関する研究開発を行うことで、災害時の情報伝達の基盤となる情報通信ネットワークの耐災害性の強化を実現する。

同時に、上記研究開発は、独立行政法人情報通信研究機構（NICT）が東北大学等において整備する予定のテストベッドの施設を含めた研究開発拠点（耐災害情報通信ネットワーク研究センター（仮称））と連携して、災害の実情について十分な経験を有している東日本大震災の被災地域の大学等の知見や強みを最大限活用しつつ実施されることにより、産学官が連携した新たな研究開発イノベーションの国際的拠点の形成を実現し、当該拠点から研究開発成果等を国内外に積極的に情報発信する。

3 研究開発成果

光ケーブルの切断や劣化、局舎停電など伝送ネットワークの不通時においても限りあるリソースを最大限活用し早期につながるネットワークを実現するため、1) 障害箇所の早期発見を実現する災害対応型リモート光ファイバ監視システムの開発、2) 局舎が停電しても省電力運転により長期運転可能な光中継装置の開発、3) 災害時を想定した異ベンダ装置接続制御技術の開発（NICT との共同開発）、4) 伝送路の品質の劣化に対しても適応的に容量を変えつながら光ネットワークを実現する制御技術を開発した。

また、震災下における通信事業者の運用監視の維持と復旧プロセスの迅速化の実現に向けて、1) 事業者間で保持する障害情報や災害情報などを共有できる災害時事業者間インターフェースの TeleManagement Forum における国際標準化と、2) 自網から発生する断片的な警報情報やその他の災害情報を元に通信設備被害状況を推定する障害推定技術の開発、3) 通信サービス救済効果を最大化するレストレーションプランに関するアルゴリズムを開発した。

更に、ネットワークの中断や切断が断続的に発生する不安定なネットワークにおいてもデータ転送を可能とし、緊急性が高い情報を確実に利用者へ届ける緊急時コミュニケーション基盤を確立すべく、1) 災害時における通信確保技術、2) 自己参照型の負荷分散制御技術、および、緊急時トラヒック認証技術を開発した。

3. 1 震災時を想定した有限ネットワーク資源適応的活用技術

容量可変光中継伝送・制御技術等については、伝送距離 400km 以上(光中継局 4 台(5 スパン)以上)

の光伝送路において、光中継局 2 台の系統電源喪失に対しても、一時的に中継トラヒックの優先度を参照しながらチャンネル数や多値数、偏波等を適切かつ高速に減少させることにより、光品質を維持しながら通常より光中継局を省電力駆動させることが可能な容量可変光中継伝送方式等を立案し、その原理検証を実施する。また、トラヒックが集中する非被災地の迂回光伝送路において、誤り訂正前の光品質閾値 (BER: 2×10^{-3} を想定、誤り訂正後はエラーフリー) 以上を満足しながら、一時的に多値数等を適切かつ高速に増加させ伝送容量を 2 倍以上に増強することにより、優先度の高いトラヒックを確実に迂回中継可能な容量可変光ネットワーク制御方式を立案し、その原理検証を実施する。

課題ア) -1 容量可変光中継伝送方式に関する研究

大規模災害時における通信トラヒック量の急激な変化や伝送路品質の急激な劣化に迅速に対応するために、ネットワークの障害や回線品質に応じて伝送容量を機動的に切り替え可能な多値度可変光伝送技術を新たに実現した。今回開発した多値度可変デジタルコヒーレント送受信装置、および東北大学で開発してきた狭線幅・高安定コヒーレント光源ならびに高精度光 PLL (Phase-Locked Loop) 回路を組み合わせることにより、信号光の変調の多値度を 4, 16, 64 値の間で瞬時に切り替えることに世界で初めて成功した。

従来の光通信システムは固定の伝送速度ならびに変調方式での動作を前提として設計されており、無線通信とは異なり変調の多値度の動的制御はこれまで実現が困難であった。光通信において変調の多値度を広範囲にわたって切り替えるためには、多値度を増大させても高い S/N 比を維持するために、データ信号の送受信部における高速化と振幅分解能の向上が不可欠である。また、高い多値度のデータ信号を光の振幅と位相に乘せるためには、コヒーレント光源の強度と位相にこれまで以上に高い安定度が要求される。さらに、多値度の切り替えを瞬時に行うためには、光信号の変復調には多値度に依存しない方式が要求される。

本課題では、これらの要件を全て満足する多値度可変光伝送装置を実現した。具体的には、複数の多値度に対する QAM (Quadrature Amplitude Modulation) マッピング用プログラムをメモリに格納しておき、制御信号に応じて所定多値度のプログラムをロードすることにより多値度を高速に切替可能な送受信器を開発した。A/D, D/A 変換回路はサンプリングレート 10 GS/s の高速 ADC, DAC を用いている。10 GS/s のサンプリングレートで現在入手可能な ADC, DAC の振幅分解能は最大で 8 ビット (有効ビット数 4 bit) であり、これらを用いてシンボルレート 5 Gsymbol/s, 最大多値度 64 の QAM 信号を生成・復調をオンラインで実現している。これはリアルタイムで動作可能な QAM 送受信器としては、これまでで最も高速且つ多値度の高いものである。一方、受信器においては、信号光と局発光 (LO) との位相同期を光 PLL で行うことにより、受信部のデジタル信号処理において位相推定・光周波数オフセット補償が不要な構成を実現した。その結果、多値度に応じて復調アルゴリズムを変更する必要が無く、多値度の高速切替を可能にした点が大きな特徴である。

このようにして実現した多値度可変光伝送装置を用いて、ネットワーク管理システムからの制御信号に基づいて変調の多値度を 4, 16, 64 値の間で適応的に増減させることにより、伝送容量を最大 10~60 Gbit/s の範囲で 1 秒以内に切り替えることに成功した。本技術により、トラフィックが集中し伝送容量が不足する場合においても、瞬時に伝送容量を増加させることにより、これまで確保できなかった通信を維持することができる。また、光伝送路の被災や非常用電源使用中においても、伝送容量を一時的に縮小することにより、これまで維持できなかった必要最小限の通信を確保することができる。

ア) -2 容量可変光ネットワーク制御方式に関する研究開発

通信事業者の通信基盤である基幹光ネットワークの耐災害性を強化し、どのような光伝送路状況においても“つながり“をより継続させるためには、震災時における光伝送路や通信設備の停電や損傷による通信の障害、および被害状況の把握自体が困難になることで復旧作業が長期化してしまうという課題があった。

本研究開発では、上述の課題を解決するために、(1) 光信号の速度と伝送特性（伝送可能距離）の両方を考慮した容量可変光ネットワーク技術、(2) 災害に起因する電源断時に、光中継器の利得自律調整（容量制御）により省電力化を図り動作時間を延伸化する技術、(3) 災害時に生き残った装置同士を接続して「暫定光通信ネットワーク」を構築可能な異なるベンダ製の伝送装置を協調動作させる相互接続技術、(4) 各局舎に設置してある光ファイバ線路モニタにおいて、災害時の監視専用線ダウン時に携帯電話網等の震災時においても使用可能な無線網を活用して光ファイバ線路状況をネットワークセンターに通知可能な技術について研究開発を実施した。

(1) 従来方式の容量固定光ネットワークでは、光信号の速度や伝送可能距離が一定であったが、容量可変光ネットワークでは、光信号の速度や伝送可能距離が状況に応じて変化するため、従来の制御方式では適切な制御が不可能であるという課題があった。本研究開発において、光信号の速度と伝送特性（伝送可能距離）の両方を考慮した光ネットワーク制御手法の研究開発を進め、トラヒック要求、符号誤り率、光信号対雑音比、回線設定長（パス長）、空き周波数リソース、う回路経路の線路品質特性を考慮した光信号の経路計算手法を確立した。

(2) 従来の光中継装置は、電源供給断（停電）時に通信断が発生し、たとえ局舎設置のバッテリーを活用したとしてもその持続時間は数時間程度という課題があった。本研究開発では、電源断時に、光中継器の利得自律調整（容量制御）により省電力化を図り、動作時間を延伸化（総務省ガイドラインである72時間以上）を実現し、通常時の運用だけでなく災害時（電源断）の両方の場面で使用可能とした。

(3) 現状の光伝送装置の制御機構やコマンド、管理機構などは置ベンダ独自の仕様になっているため、製造ベンダが異なる装置の相互接続は実質的に不可能であることから、災害時に生き残った装置同士を接続して「暫定光通信ネットワーク」を構築することで通信の早期復旧を実現することが不可能という課題があった。本研究開発では、経路計算機能を有した統合ネットワーク管理機能、および異なるベンダ製装置を制御するためのプロトコル翻訳機能を開発し、それぞれ独自のコマンド体系で操作される異なる製造ベンダの伝送装置を協調動作させて、災害時に生き残った装置同士を接続して「暫定光通信ネットワーク」を実現に必須となる伝送装置の相互接続性を実現した。

(4) 震災時において、光ファイバ線路の監視網がダウンした場合、光ファイバ線路状況の把握が不可能である。光ファイバ線路の復旧には障害点の特定が必要だが、状況把握が不可能であったため、復旧が遅延してしまったという課題があった。本研究開発では、災害時の監視専用線ダウン時を想定した光ファイバ線路モニタシステムのシステムアーキテクチャとして、余計な監視用トラヒックを削減するため、監視専用網の死活をモニタリングし、ダウン時に別網へ転送経路を切り替える方式を考案し、携帯電話網等の震災時においても使用可能な無線網を活用して、光ファイバ線路状況をネットワークセンターに迅速に通知する手法を開発した。これにより、障害点を迅速に特定すると共に、早期光ファイバ線路復旧に貢献することができる。

上述の研究開発は、通信事業者の通信基盤である基幹光ネットワークの耐災害性を強化し、どのような光伝送路状況においても“つながり“をより継続させることに資する。

ア) - 3 災害適応型の高効率な通信設備運用技術の研究開発

震災時、中継局や基地局の通信装置の電源確保のため、工事用の発電機を仮設したが、燃料の調達と

補給が課題であった。本研究では、商用電力停電時、中継局や基地局内の太陽電池、バッテリーおよび発電機からの電源供給の制御を行うことにより、同量の燃料による稼働時間を2倍以上に延ばす技術を確立した。従来方式では商用電力停電後、発電機が発動して電力を供給し、燃料が枯渇するまで連続して運転される。燃料枯渇後はバッテリーによる給電が行われ、バッテリーの放電が終わると、商用電力が復電するまで、中継局や基地局の機能は失われる。

本研究では、太陽電池、バッテリーおよび発電機による電力供給を発電機の燃料消費を抑えるよう制御する機器を開発し、通信装置の稼働時間を延伸する。商用電力停電後、昼間は太陽電池、朝、夕はバッテリー、夜は発電機というように、電力供給源を細かく制御するとともに、太陽電池、バッテリーで十分な電力が供給可能な際は発電機を止める、夜間、発電機を稼働する際は通信装置とともにバッテリーの充電も同時に行うことで、燃費の良い状態で発電機を稼働させる、等の制御を行い、発電機の燃料を効率よく使用するようにした。

従来方式と本研究方式を比較するため、実験構成を2系統構築した。実験構成の太陽電池は、1枚当たり230ワットで3枚、6枚、9枚、12枚の範囲で接続も変えた(2系統合計では、24枚となる)。発電機には、30リットルの燃料を入れて停電から燃料が枯渇しサービスが停止するまでの時間を計測する実験を行った。

この結果、従来方式(発電機未制御+太陽電池なし)による稼働時間は約39時間であったが、本研究の技術を用いることで、最大約133時間の稼働(発電機制御+太陽電池12枚)が可能となった。太陽電池の枚数を変えると3枚の場合は、約78時間。6枚では、約88時間。9枚では、117時間。12枚では、約133時間であり、いずれにせよ目標の2倍以上の稼働時間が得られた。また、太陽電池のない場合でも、本研究の制御により約65時間の稼働時間が得られた。

加えて、発電機の燃料枯渇後も、晴天であれば太陽電池の発電は続くことからその電力を蓄電池に蓄え、過放電防止回路を再接続(ON)として、一度停止した通信設備を再稼働させる再稼働制御の検証も行った。再稼働により、最大14時間程度のサービスが提供可能である結果も得られた。

3. 2 震災時を想定した障害推定とレステーションプラン解析・算定技術の研究開発

ネットワークの信頼性確保に必要となるネットワークの適切な冗長化の設定や安定運用を維持することを目的とし、通信サービス毎に割当てが変更されたコンピュータリソースとネットワークリソースの個別具体的な状態(プロセッサの総合的な処理能力、メモリ、ディスクなどの情報蓄積能力、ネットワークインタフェースなどの情報伝送能力など)を通信サービス制御と連動しながら適切に管理する構成管理技術と、過負荷などの異常事態を通知或いは適正に管理・運用する技術を確立する。また、柔軟に割当可能な通信処理リソース制御技術や柔軟にトラフィック処理が可能なネットワーク制御技術が導入された設備においてもネットワークの全体像を把握するための新たな情報収集、運用が容易となる情報表示技術を確立する。

災害時障害推定技術については、断片的な警報情報を元に、設備被害状況を推定するアルゴリズムを確立すると共に、多量の情報をリアルタイムに分析するシステム基盤を開発し、東南海地震を想定したデモ環境において、基本的な推定動作が行われることを確認した。なお、推定精度の向上は今後の課題である。

災害時復旧支援技術については、通信サービス救済効果を最大化するインフラ復旧工程策定アルゴリズムを確立すると共に、復旧手順支援システム開発が完了し、東南海地震を想定したデモ環境において、基本的な復旧プロセス導出動作が行われることを確認した。

障害対応業務フローを自動生成し、分析する技術について、KDDI の運用管理システムあるいはネットワーク建設に関するシステムにおいて適合性を見極めるべく、実装ユーザと連携して、障害業務フローへの整合性検証を着手した。また、運用業務展開に向け、ユーザと共同での検証にも着手した。

3. 3 輻輳を回避し通信を確保する切断耐性ネットワークの研究開発

災害により途中の通信経路が欠損・断続的切断が生じるような劣悪な環境であっても臨時のネットワークを構成し、接続性のある区間の情報を最大限活用して輻輳を回避しながら、利用者間の通信を確実に行う切断耐性ネットワークの大規模制御方式を開発し、切断耐性ネットワークを用いた1対1の通信、1対Nの同報配信を提供し、最大10万程度の利用者が接続された最大1000ノードの収容を可能とするネットワーク制御技術を開発する。

また、アクセスポイント間の接続情報を相互連携させることにより、アクセスポイントの急な故障や追加、ユーザの急な増減などの環境変動に自律的に対応し、ネットワーク全体の負荷分散の最適化を図る技術、緊急時において利用者群を柔軟かつ統合的に認証するフローベースによる優先度制御技術を開発する。

上記技術を実装した通信装置を試作し、スマートフォン等通信端末を利用した実証を行い、接続性の確認や評価を実施する。

DTN アクセスポイントを開発し、一旦転送データを蓄積する形で切断耐性ネットワークのデータ転送を行うことにより、エンドツーエンドの接続がなくても臨時のネットワークのエリアを広げる技術を開発した。

1000台規模のDTN アクセスポイント間で切断耐性ネットワークを構成するために、DTN アクセスポイント間でどのようなトポロジが構成されているのかを認識し、そのトポロジに基づいた経路制御を行うため、クラスタリングによる大規模経路技術を開発した。また、特に災害時には、自治体から避難者に対して避難情報などの災害情報を配信する必要があるため、単なる1対1のデータ通信だけではなく、1対Nのデータの同報配信技術を確立した。これらの機能を実現することにより、リンクの切断が多発しエンドツーエンドの経路が失われる劣悪な無線通信環境であっても、最大10万台の利用者端末が接続された最大1000台規模のDTN アクセスポイントで構成される切断耐性ネットワーク技術をシミュレーション上で実現した。

災害時、発電所の停止などにより停電が広域で発生した場合に、災害時の通信確保を実現するための、災害時においてもユーザにエネルギー供給を実現するバックアップ電源技術を研究した。

激甚災害直後など、各端末の接続状況やシステム全体の配置が分からない状態に陥る事がある。そのため、自己と近隣ノードのローカルな情報だけで動作しつつも、システム全体としてアクセスポイントの配置を調和する自己参照型制御の研究を行い、被災状況に即したDTN アクセスポイントの好適な配置を計算しより多くの通信を可能とすることが可能とする、自己参照型制御を応用することでノードの分散配置に適用できる負荷分散制御技術を確立した。

また、DTN アクセスポイントは災害時には被災場所に一時的に設置することが想定されるため、通常の利用者認証のシステムを利用することができない。この場合に発生する、警察や消防といった重要利用者の通信と一般利用者の通信を区別することができないという問題に対応するため、激甚災害などで静的に参照している利用者認証サーバへのアクセスが出来なくなった場合でも、利用者を認定したり、状況に応じて優先度やフィルタリングを動的に変更したりするような状況適応型の利用者認証技術を実現した。

3. 4 研究開発成果の社会展開のための活動実績

(課題ア)

災害時に素早く簡単に暫定光ネットワークを構築するために、異なるベンダの光ネットワーク装置を協調動作させて暫定光ネットワークを構築するネットワーク統合制御管理システムを、NICT と共同で開発した。

・光伝送路の迅速な障害回復を目的として、災害対応型リモート線路監視システムを開発した。本システムでは、ネットワークを管理するための専用ネットワークが障害により不通に陥ったとしても、ワイヤレスネットワーク等の別のネットワークを経由して障害状況を通知可能とした。これにより、障害点を迅速に特定すると共に、早期回線復旧へ貢献することができる。また、本件をアピールするために、ハイウェイテクノフェア 2012 に出展した。

・(課題ア-3) 従来は、震災時の電源確保のため、工事用の発電機を仮設したが、燃料の調達と補給が課題であった。本研究では、従来の停電に対し稼働時間が 2 倍以上となり、災害発生時の停電であっても長時間稼働を実現する技術を確認した。従来技術(発電機未制御+太陽電池なし)では、約 39 時間の稼働時間であったが、本研究の技術では、最大約 133 時間の稼働(発電機制御+太陽電池 12 枚)となった。加えて、発電機の燃料枯渇後も、天候が晴れていれば太陽電池の発電は続くのでその電力を蓄電池に蓄え、過放電防止回路を再接続して、通信設備を再稼働させる再稼働制御技術を検証した。再稼働時間は、最大 14 時間程度のサービスが提供可能である結果も得られた。

・本研究の成果を一般の方にもわかりやすく紹介するためのビデオを制作した。ビデオは、アニメーションを使い、電流の流れや各装置の動作を具現化した。展示会などでの紹介を目的としている。ビデオでは、拝啓目的目標成果を短く紹介し、仕組みの動作や方法などを紹介している。(2013 年 3 月 25 日から 26 日の耐災害 ICT 研究シンポジウム及びデモンストレーション会場に併設された展示コーナーにて、本ビデオを展示した。)

(課題イ)

事業者の運用管理システムのインタフェースを標準化する TMForum において、災害時の事業者間連携インタフェースの提案を行った。他の通信事業者における、事業者間連携インタフェース(eBonding, EtherOAM)の流用方法に関する技術的課題などを調査し、同既存インタフェース活用(流用)の可能性の検討に着手した。また、TMForum Management World 会議において、災害時の事業者間 I/F デモ実施を提案し、議論の結果、共有インタフェースを使った事業者間デモ実施に向けて 13 年 1 月会合で審議した。当社が提案した震災時のキャリア間情報共有インタフェースに関して議論を進めた結果、まず Requirement Document を作成することで合意され、初稿ドラフトの作成に着手した。

平成 25 年 3 月 25 日～26 日に仙台で開催された「第 2 回 耐災害 ICT 研究シンポジウム及びデモンストレーション」において、「障害推定システム」「復旧プロセス支援システム」について展示を行った。

(課題ウ)

・研究発表会

名称：耐災害 ICT 研究シンポジウム及びデモンストレーション 災害に強い情報通信技術発表

—つながる！こわれない！—

開催日時：平成 25 年 3 月 25 日～26 日

シンポジウム会場：ウェスティンホテル仙台

デモンストレーション：ウェスティンホテル仙台、東北大学青葉山キャンパス、片平キャンパス

・その他デモンストレーションについて

総務省情報通信国際戦略局 技術政策課様に DTN による通信についてデモンストレーションを行った。

4 研究開発成果の社会展開のための計画

(課題ア-1) 本技術は光ネットワークの耐災害性向上に有効な技術として通信キャリア・ベンダからも高い関心が寄せられている。今後は伝送装置メーカーと協力しながら装置の改良を重ね、小型化・耐環境性能の向上、集積回路への実装等、実用性の向上を図る。

(課題ア-2) 本研究開発の成果である、光ファイバを監視している OTDR ベースの災害対応型リモート線路監視システムを光基幹網の監視システムとして実用化を図る。

(課題ア-3) 本研究成果を、まず、サービス中の通信基地局においてフィールド実証を検討している。続いて太陽電池を搭載し、電気料の削減とともに停電時の効果を検証することを予定している。また、現在は災害に備え蓄電池の容量を増強しているが、本研究成果である通信設備の稼働時間を延長させる高効率電源制御技術についても、基地局や通信局舎における災害対策として実用化を進める。加えて、同様の電源システムを導入している警察、消防、ガス、電気等の無線中継局とテレビ放送中継局などへの展開も考えられる。

(課題イ) 災害時における事業者間インタフェースの国内展開に向けて、システムベンダにおける実装を促進するため、TMForum における国際標準化を達成する必要がある。また、要素技術である災害時障害推定技術と災害時復旧支援技術について、それぞれを有機的に連携させることで、災害時運用においてより活用できるよう完成度を高めていく必要がある。

(課題ウ)

東日本大震災を契機とした災害救援、ネットワーク回復の標準化検討や ITU-T および他団体における関連の既存標準文書、既活動の特定、ITU-T における今後の活動の特定等を議論する場であり、災害時に信頼性の向上、障害復旧を行うネットワーク等が議論されている ITU-T の Focus Group on Disaster Relief Systems、Network Resilience and Recovery (以下、FG-DR&NRR) の場を積極的に活用する。FG-DR&NRR は、2013 年 2 月に Applying Delay Tolerant Networking (DTN) Technology for large-scale disasters として発表を行った。

今後も上記の活動について継続的に注視し、災害時に必要となるネットワークとして継続的に発表していく予定である。

今回研究開発した技術により、無線 LAN で収容できるアクセスポイントを多くの被災者が集まる学校・医療機関・役所などに設置し、これらの利用者端末がつながる臨時ネットワークを構築することが可能である。本研究開発の成果を市町村などの公共サービス提供者に提案していく予定である。

DTN アクセスポイントは可搬型であるため、通信事業者回線へつながりにくくなる大規模イベント時(花火大会・お祭りなど)に臨時的無線 LAN アクセスポイントとしても使用できるよう、大規模イベントなどへの活用について、導入提案を進めている。

また、災害時に被災地において使用可能なバックアップ電源として、トラックへの実装方法の検討を行い、被災地への搬送が容易である可搬型バックアップ電源装置を実現することを目標に検討中である。燃料電池、蓄電池及び制御装置は小型化の実現によりトラックへの搭載は可能である見込みだが、移動時の振動や傾斜による故障や LPG ボンベの転倒などの事故への対策を検討することが必要である。また、太陽電池に関しては、バックアップ電源設置場所において容易に設置できる方法を検討することが必要である。また、燃料電池システムのコストがまた高いので、より一層のコスト低減が必要であると考えられる。

5 査読付き誌上発表リスト

- [1] H.Y. Choi, T. Tsuritani, I. Morita, “BER-adaptive flexible-format transmitter for elastic optical networks”, Optics Express(OSA), (2012年8月13日) : August 13, 2012
- [2] H.Y. Choi, L. Liu, T. Tsuritani, I. Morita, “Demonstration of BER-adaptive WSON Employing Flexible Transmitter/Receiver with an Extended OpenFlow-based Control Plane,” IEEE PTL, VOL. 25, NO. 2, (2013年1月15日) :
- [3] Toshiki WATANABE, Shunichi KINOSHITA, Junichi YAMATO, Hideaki GOTO, Hideaki SONE, “Flexible Access Control Framework Considering IdP-side’s Authorization Policy in Roaming Environment,” The 6th IEEE International Workshop on Middleware Architecture in the Internet, (2012年7月16日) :
- [4] Shunichi KINOSHITA, Toshiki WATANABE, Junichi YAMATO, Hideaki GOTO, Hideaki SONE, “Implementation and Evaluation of an OpenFlow-based Access Control System for Wireless LAN Roaming,” The 6th IEEE International Workshop on Middleware Architecture in the Internet, (2012年7月16日) :
- [5] Hiroya Yajima, Akiko Takahashi, Tadatoshi Babasaki, “Operational method of DC power system including photovoltaic and solid oxide fuel cells,” IEEE PEDS 2013 (2013年4月22日～25日) :
- [6] 小倉 一峰、植田啓文、藤田範人、“A scalable DTN routing protocol for an infra-less communication system,” COMPSAC 2013, The 37th Annual International Computer Software & Applications Conference, (2013年7月22日) :

6 その他の誌上発表リスト

本課題に関連するその他の誌上発表はございません。

7 口頭発表リスト

- [1] H.Y. Choi, T. Tsuritani, I. Morita, “Multi-format and Multi-rate Transmitter for Flexible and Elastic Optical Networks,” 6B4-3, OECC2012 July, 6
- [2] L. Liu, R. Casellas, T. Tsuritani, I. Morita, R. Martínez, R. Muñoz, “Experimental Demonstration of an OpenFlow/PCE Integrated Control Plane for IP over Translucent WSON with the Assistance of a Per-request-based Dynamic Topology Server ,” Tu.1.D.3, ECOC2012 September, 18
- [3] H.Y. Choi, T. Tsuritani, I. Morita, “A New Multi-Purpose Optical Transmitter for Higher-Order QAM Generation for Future Elastic Optical Networks,” OM3C4. OFCNFOEC2013, March, 21
- [4] 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)、(2012年6月21日)
- [5] 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)、(2012年7月23日)
- [6] 吉兼昇、釣谷剛宏、“震災時を想定した有限な光ネットワーク資源の適応的な活用技術”、電子情報通信学会2013年ソサイエティ大会(福岡市) BP3-4、(2012年9月12日)
- [7] 井上統之、“災害に強い基地局用電源の研究開発”、平成24年度QBP(九州インターネットプロジェクト)ワークショップ、(2012年11月3日)

- [8] 廣岡俊彦、“大規模災害時においても通信を確保する災害ネットワーク管理制御技術の研究開発”、情報処理学会第75回全国大会シンポジウム（招待講演）、（2013年3月8日）
- [9] 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）、（2013年3月9日）
- [10] 森田逸郎、“情報通信ネットワークの耐災害性強化に向けた光通信技術”、フォトニックネットワークシンポジウム、（2013年3月12日）
- [11] 森田逸郎、吉兼昇、釣谷剛宏、廣岡俊彦、吉田真人、中沢正隆、“ICT基盤の耐災害性強化に向けた最新光通信技術”、電子情報通信学会2013年総合大会（岐阜市）TK-3-7、（2013年3月21日）
- [12] 宮澤雅典、林通秋、“災害時の通信インフラ障害管理技術の提案”、電子情報通信学会2013年総合大会（岐阜市）（2013年3月20日）
- [13] 樫原俊太郎、宮澤雅典、林通秋、“災害発生時におけるサービス復旧プロセス生成手法の提案”、電子情報通信学会2013年総合大会（岐阜市）（2013年3月20日）
- [14] 渡辺俊貴、木下峻一、後藤英昭、曾根秀昭、“柔軟な優先度制御が可能なキャンパス間無線LANローミング”、第31回インターネット技術第163委員会研究会 -ITRC meet31-、（2012年5月24日）
- [15] 柳生智彦、“遅延・切断耐性ネットワーク(DTN)とその応用への課題”、電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会、（2012年6月13日）
- [16] 藤田範人、“DTNを用いた分散型情報共有と災害時利用へ向けた研究開発”、平成24年度QBPワークショップ、（2012年11月3日）
- [17] 小倉一峰、植田啓文、藤田範人、“大規模DTN環境下における階層化ルーティング”、第32回インターネット技術第163委員会研究会 -ITRC meet32-、（2012年11月20日）
- [18] 木下峻一、渡辺俊貴、山崎康広、後藤英昭、曾根秀昭、“災害時の利用を想定したクライアント証明書による無線LANローカル認証方式”、第32回インターネット技術第163委員会研究会 -ITRC meet32-、（2012年11月20日）
- [19] 若山永哉、Kunal DAWN、小川雅嗣 “Analysis of cooperation of node movement and its effects on messaging delay in DTN systems”、電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会、（2012年12月14日）
- [20] 鈴木雅之、藤田範人、“可搬型DTN/Wi-Fiアクセスポイント”、第17回 震災対策技術展、（2013年2月7日～8日）
- [21] 木下峻一、渡辺俊貴、山崎康広、後藤英昭、曾根秀昭、“クライアント証明書によるローカル認証を用いた耐災害無線LANローミングシステムの性能評価”、第11回情報シナジー研究会、（2013年2月25日）
- [22] 小倉一峰、植田啓文、藤田範人、“大規模DTN環境下における階層化ルーティング方式”、2013年電子情報通信学会総合大会（2013年3月19日）
- [23] 木下峻一、渡辺俊貴、山崎康広、後藤英昭、曾根秀昭、“クライアント証明書を利用した耐災害性・耐障害性を有する無線LANローミングシステム”、2013年電子情報通信学会総合大会（2013年3月19日）
- [24] 小倉一峰、植田啓文、藤田範人、“大規模DTN環境下における階層化ルーティング方式”、DTNとその未来に関するワークショップ、（2013年5月10日）
- [25] 山崎康広、植田啓文、小倉一峰、山垣則夫、藤田範人、“災害時利用を想定したDTN分散型情報共有システムの開発とそのフィールド実証実験”、電子情報通信学会ネットワークシステム研究会、（2013年5月16日）

[26] 山崎康広、植田 啓文、小倉 一峰、山垣 則夫、藤田 範人、“DTN 分散型情報共有システムの開発とそのフィールド実証実験”、-ITRC meet3-、(2013年5月24日)

[27] 山崎康広、“通信インフラ途絶時の Wi-Fi 活用臨時 NW 構築技術 (仮)”、ワイヤレス・テクノロジー・パーク (WTP) 2013、(2013年5月29日～31日)

[28] 田中 淳裕、“Wi-Fi を活用した臨時ネットワーク構築の技術開発”、ICT を活用した防災・減災セミナー2013、(2013年5月28日・29日)

8 出願特許リスト

[1] 吉兼昇、釣谷剛宏、光送受信機制御装置、申請国 日本、申請年月日 2012年8月22日

[2] 吉兼昇、釣谷剛宏、光伝送装置、申請国 日本、申請年月 2013年3月28日

[3] 林 通秋、ネットワーク管理システムおよび方法、申請国 日本、申請年月日 2012年11月7日

[4] 宮澤雅典、被害状況推定装置、申請国 日本、申請年月日 2013年3月28日

[5] 榎原俊太郎、優先復旧設備決定装置、優先復旧設備決定方法、プログラムおよび優先復旧設備決定システム検出手法、申請国 日本、申請年月日 2013年3月29日

[6] 藤田範人、植田啓文、ネットワーク、ネットワークノード、配信方法及びネットワークノード用プログラム、
申請国 日本、申請年月日 2012年10月22日、特願 2012-214172

[7] 植田啓文、藤田範人、通信端末間情報交換方法および通信端末、申請国 日本、申請年月日 2012年11月20日、特願 2012-224131

[8] 若山永哉、小川雅嗣、情報伝達システム、移動通信端末および情報伝達方法、申請国 日本、申請年月日 2012年12月15日、特願 2012-243514

[9] 小川雅嗣、若山永哉、松田雄馬、上村純平、矢野雅文、情報転送装置、遅延耐性ネットワーク、情報伝達方法、及びプログラム、申請国 日本、申請年月日 2013年3月13日、特願 2013-050770

[10] 小倉一峰、植田啓文、藤田範人、複数の異種経路情報によるルーティング方法、申請国 日本、申請年月日 2013年3月13日、特願 2013-071324

9 取得特許リスト

本課題に関連する特許取得はございません。

10 国際標準提案リスト

[1] TeleManagement Forum、Disaster recovery project-Sharing mechanism between SPs for disaster、提案年月日：2012年7月18日

11 参加国際標準会議リスト

[1] TMForum・TMForum's Management World 2012、ダブリン (アイルランド)、2012年5月21日～24日

[2] TMForum・Management World Americas 2012、オーランド (米国)、2012年12月31日～6日

12 受賞リスト

本課題に関連する受賞はございません。

1 3 報道発表リスト

(1) 報道発表実績

- [1] “災害時に頼りになる！生残設備を最大限活用した“暫定光ネットワーク”を構築 ～製造ベンダが異なる装置のネットワークを統合制御管理～ “、2013年3月19日
- [2] “災害に備えた au 基地局の長期停電対策について ～トライブリッド～基地局100局、基地局バッテリー24時間化2000局の設置完了～”、2013年3月29日
- [3] “災害など通信インフラ途絶時に Wi-Fi 活用により臨時ネットワークを構築する技術を開発 ～緊急時のコミュニケーション手段を迅速に提供～”、2013年3月18日

(2) 報道掲載実績

- [1] “Wi-Fi アクセスポイント臨時ネットワークを災害時構築”、電波新聞、2013年3月19日
- [2] “公衆無線 LAN を転用 NEC、東北大と技術 災害時の臨時通信網”、日刊工業新聞、2013年3月19日
- [3] “災害時に通信可能 NEC、東北大学 Wi-Fi アクセスポイント臨時ネットに活用”、日刊工業新聞、2013年3月20日
- [4] “無線 LAN で情報伝送 大規模災害時向け基地局 NEC など”、日経産業新聞、2013年3月21日
- [5] “可動基地局で行政リレー 災害時 Wi-Fi 通信網”、河北新聞、2013年3月24日
- [6] “基地局スーツケース形に”、読売新聞（全国版）、2013年3月27日
- [7] “災害などインフラ途絶時に Wi-Fi 活用により臨時ネットワークを構築する技術を開発 ～緊急時のコミュニケーション手段を迅速に提供～”、月刊ビジネスコミュニケーション 2013 4月号、2013年3月27日
- [8] “NFV を先取りし、通信混雑緩和を実証 耐災害 ICT 研究シンポで新技術続々” 日経コミュニケーション 2013 5月号

1 4 ホームページによる情報提供

報道発表[1]に関するホームページによる情報提供

<http://www.nikkan.co.jp/newrls/rls20130319o-17.html>

<http://optronics-media.com/news/20130321/2987/>

<http://www.flets-news.net/%E9%80%9A%E4%BF%A1%E4%BC%9A%E7%A4%BE/21618.html>

<http://scan.netsecurity.ne.jp/article/2013/03/20/31264.html>

概要：東日本大震災の教訓を踏まえ、災害時に素早く簡単に“暫定光ネットワーク”を構築するために、製造ベンダが異なる光通信装置を統合的に制御管理するシステムを開発し、光パスの設計・制御の実証実験を実施したことが掲載された。

ヒット数：4件

報道発表[2]に関するホームページによる情報提供

<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/ActiveR/20130329/467078/>

<http://getnews.jp/archives/310721>

<http://www.rbbtoday.com/article/2013/03/29/105470.html>

<http://businessnetwork.jp/Detail/tabid/65/artid/2777/Default.aspx>

http://wirelesswire.jp/Todays_Next/201303291732.html

http://k-tai.impress.co.jp/docs/news/20130329_593826.html

<http://news.livedoor.com/article/detail/7547650/>

http://www.excite.co.jp/News/science/20130403/Energy_4223.html

概要：「トライブリッド基地局」は商用電力、太陽光、蓄電池の 3 つの電力を効率的に活用することで、災害時の停電対策や、再生エネルギー活用による省電力化に貢献できることが掲載された。

ヒット数：8 件

報道発表[3]に関するホームページによる情報提供

http://internet.watch.impress.co.jp/docs/news/20130318_592154.html

http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK1802V_Y3A310C1000000/

<http://gihyo.jp/ad/pr/2013/NRR2013109560>

<http://www.rbbtoday.com/article/2013/03/18/104857.html>

<http://news.mynavi.jp/news/2013/03/18/224/>

<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20130318/464006/>

<http://optronics-media.com/news/20130318/2794/>

概要：災害時に通信インフラが途絶した場合に、通信インフラが途絶したエリア内の無線 LAN アクセスポイントが自治体や住民からの情報を運搬することにより、同エリア内の情報配信を実現する技術の開発したことについて掲載された。

ヒット数：7 件

研究開発による成果数

	平成 24 年度	平成 25 年度	合計	(参考) 提案時目標数
査読付き誌上発表数	6 件 (6 件)	件 (件)	6 件 (6 件)	5 件 (件)
その他の誌上発表数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
口 頭 発 表 数	23 件 (3 件)	5 件 (件)	28 件 (3 件)	9 件 (件)
特 許 出 願 数	10 件 (件)	件 (件)	10 件 (件)	12 件 (件)
特 許 取 得 数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
国 際 標 準 提 案 数	1 件 (1 件)	件 (件)	1 件 (1 件)	件 (件)
国 際 標 準 獲 得 数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
受 賞 数	件 (件)	件 (件)	件 (件)	件 (件)
報 道 発 表 数	3 件 (件)	件 (件)	3 件 (件)	3 件 (件)
報 道 掲 載 数	7 件 (件)	1 件 (件)	8 件 (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。