

3.11.1 耐災害 ICT 研究センター ロバストネットワーク基盤研究室

室長(兼務) 淡路祥成

光ネットワークのレジリエンシー向上に向けた取組

【概要】

光ファイバネットワークは長距離・大容量通信の基盤技術であるが、局舎設備、埋設あるいは架空ファイバケーブルによって構成されるため、地震・津波・地滑り等の大規模自然災害などによって設備が損壊すると、機能を低下あるいは喪失するおそれ大きい。しかしながら、災害発生から復興に向かって多くの情報を必要とするユーザの通信要求を収容するのも光ネットワークの重要な役割である。したがって、ダメージ・損壊は避けられないとしても、それらの影響を最小限に抑えることが耐災害性の向上に直結する。

【平成 26 年度の成果】

過去の新潟県中越地震や東日本大震災では、通信インフラが多大なダメージを受けた結果、直接的な被害を受けた被災地だけでなく、全国的に通信のつながりにくい状態が生じた。直接的には通信事業者の発呼規制が一因であるが、根本的には急激に増加したトラフィックが集中するとともに、通信のリソースは通常時よりも減殺されていることが輻輳の要因となり、通信障害などの二次的な被害を増やしていた。

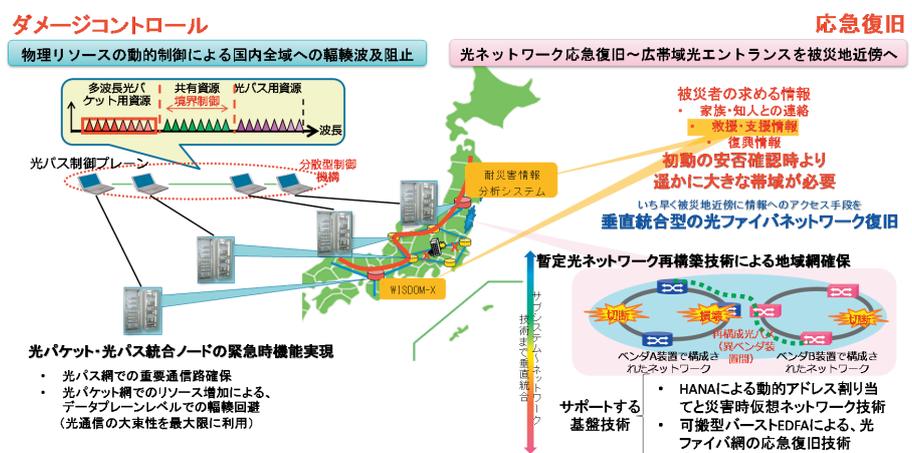


図 1 光ネットワークのレジリエンシー向上に向けた研究開発の 2 つの柱

ロバストネットワーク基盤研究室の研究の第 1 の柱は、このような全国規模の輻輳を回避するいわば「光ファイバネットワークのダメージコントロール」である(図 1 左)。

また、物理的に損壊した光ファイバネットワークは、機能復旧に相当程度時間がかかってしまうため、サービスの回復にも週単位の時間を要するが、支援・救済・復興など様々な情報を必要とする被災地近傍に大容量の光ファイバネットワークのエントランスをいち早く復活させれば、それらの要求を収容することができ得る。これが第 2 の柱の「光ファイバネットワークの応急復旧」である(図 1 右)。

ダメージコントロールの基幹技術は光パケット交換を従来の技術と融合した光パケット・光パス統合(OPCI)ネットワークである(図 2)。帯域保証型の光パスとベストエフォート型光パケットの統合的な運用によって、平常時はそれぞれのサービス要求に応じてどちらの通信路を用いるか選択するが、災害時にトラフィックが急増した時にはネットワークの利用効率を最大限に高め、「まったくつながらぬよりは、品質が悪くてもつながる」事の方が優先する。インターネットにおいてベストエフォート型のサービスではユーザ数が増加するとサービスの品質は低下するが、裏を返せば光パケット交換によって、多少の通信品質の低下を許容すれば多くのユーザの通信要求を収容できるため、効果的にダメージコントロールを行うことができる。

具体的には、通常時、光パケット、光パスそれぞれの通信路には別々の波長が割り当てられているが、災害発生時にはその

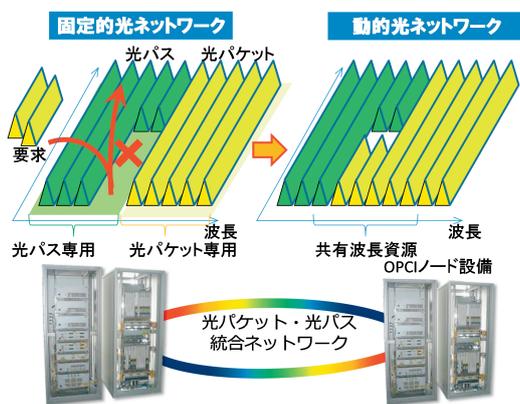


図 2 OPCI ネットワークによる輻輳低減のための動的波長資源割当て技術

割当を高速に切替え、光ネットワークのユーザ収容能力を飛躍的に高めて、全国に輻輳が波及することを阻止する。

一方、応急復旧については階層的に3つの技術、すなわち地域光ファイバ網の暫定復旧技術、ネットワークアドレスの自動再割当、断裂した光ファイバリンクの再接続技術を垂直統合的に研究している。

図3に地域光ファイバ網の暫定復旧の概念図を示す。隣接する地域網がそれぞれ損壊した時には、物理的にはリング状のトポロジーのため、破損箇所を修理するまで復活しないが、隣接網の生残設備を相互接続することで一部分の地域網を回復できる可能性がある。問題は、それぞれの地域網の相互運用性の確保だが、現在商用化されている光通信機器は製造ベンダごとに仕様が異なり、通常は相互運用性が担保されていない。すなわち、それらの光通信機器の仕様を変更することなく相互接続のための制御層ミドルウェアの開発と光信号の疎通実証、及び暫定ネットワーク構築が研究課題となる。これまでに、国内2つのベンダについての原理実証がほぼ完了している。

ネットワークレベルの復旧技術としては、階層型IPアドレス割当て技術(通称 HANA)が応用可能である(図4)。HANAはIPアドレスの上位プレフィックスと下位サフィックスそれぞれのアドレス空間を独立に保持していることが特徴の1つであり、仮にネットワークのエントランス(上位プレフィックス)が機能停止したとしても、下位サフィックス割当は保持し続ける。この状態から、迂回路として別のエントランス(別のISP等)への接続が得られた場合、従来技術であれば収容している全てのホストのIPアドレスを一から再計算して割り当てる作業を行わなければならないが、HANAにおいては保持しているサフィックスをそのまま再利用することで、短時間でIPアドレス割当を復旧することが可能である。

HANAについては、既に様々な形態のネットワークでの実証実験による検証を行っており、一例としてはワイヤレスメッシュネットワークやOPCIネットワークでのテストベッド試験を行い、実用化に向けての取組を加速している。

最後に、光ファイバリンクの再接続技術を図5に示す。生き残った埋設光ファイバを再利用しても地上局舎が倒壊していると中継機能が喪失しているため、単純に光ファイバ同士を再接続しても過剰損失によって光信号の到達距離が得られないという問題がある。中継点になんらかの1R機能(光増幅)を用意すれば光ファイバリンクを回復できるが、多くの場合、倒壊局舎のある地域は停電し、道路は瓦礫で埋め尽くされ車両が進入できないため、無給電で長期間稼働する可搬型の光増幅器が有効である。重量5kg程度と人力で搬送が可能であり、中継地点前後の光ファイバの特性に応じて波長分散補償が可能で、バッテリーあるいは遠隔光励起によって長期間作動するこのような増幅器は光ファイバリンクの応急再接続に最適と考えられる。

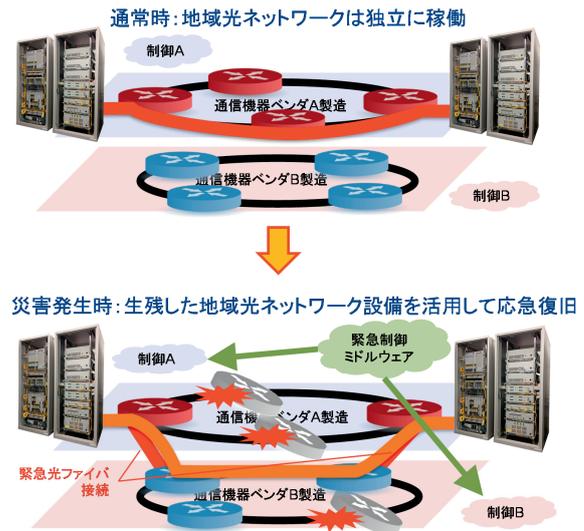


図3 地域光網の相互接続による応急復旧

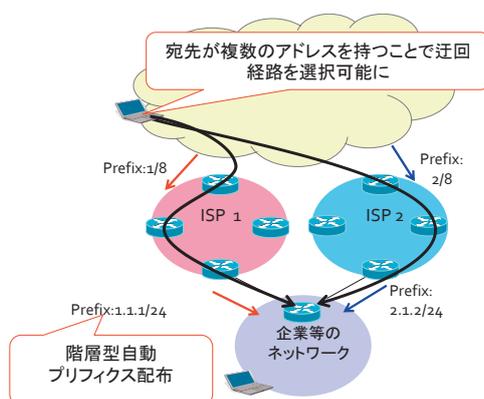


図4 階層型自動アドレス割当の概念図

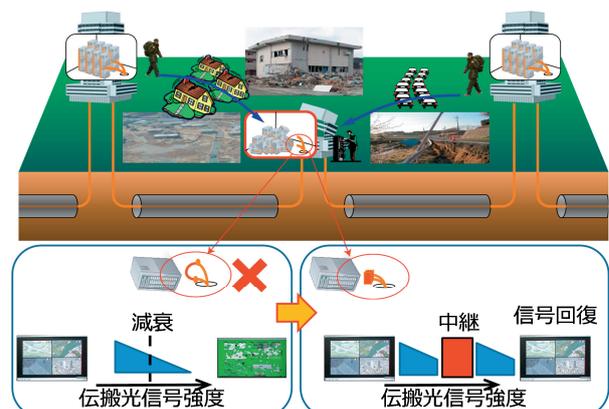


図5 可搬型光増幅器による光ファイバリンク応急復旧