

# 次世代ネットワークのためのネットワーク構成制御の研究

Network Topology Control for Next-generation Networks

浅野正一郎 米田 進(NII) 笠 史郎 田中伸哉(日本テレコム(株)研究所)

## 何がわかる？

次世代のネットワークでは、40ギガビット/秒という高速な通信を可能とする光信号による伝送方式を多数活用することになります。過去のネットワークで主要な部分を占めていた音声通信(電話)は40ギガビット/秒という速度の回線が一本あれば全国の通信を運ぶことができ、残る通信容量はTVなどの映像情報の伝送や、新たなアプリケーションに使用されることとなります。

今まで経験したことがない大量の情報を、高い経済性と効率をもって、アプリケーションが要求する地点間に伝送するための方法を考案し、次世代ネットワークの構成法を求めめるのが本研究の目的です。

## どんな研究？

現在も光信号の伝送は広く活用されています。しかし、

- ネットワークの構成が前もって計画したとおり固定されている。このため構成変更の際には、ネットワークの運用を停止する必要がある。
- 最適な通信量(トラフィック)の分配について、構成が変更できないために制約が大きい。

などの課題が認識されています。

将来の光ネットワーク技術を使うことで、これら課題を解消し、トラフィックパターンに合わせて構成(トポロジー)や通信能力を柔軟に変更して、最も経済的かつ効果的な回線の利用を行うことで、できるだけ多くの通信を取り扱うことができる制御方式を開発するのが本研究です。

## 得られた成果

### 何が新しい提案？

次世代光ネットワークでは、クロスコネクトと呼ばれる回線を切替えるスイッチを使用することで、現在以上に柔軟にトポロジーを変更することができます。将来の通信(トラフィック)パターンを想定して、トポロジーをトラフィックに適合するように制御することが第一の提案です。

このための制御を「トラフィック・エンジニアリング」と呼ばれる手法に基づいて、トラフィックの最適分配を可能とするトポロジーの実現を目標とすることが第二の提案です。

これらにより、資源(回線)の浪費が少なく、より多くの通信が高い品質で伝送できる状況を常に維持することができます。

### 手法の特徴は？

- ① 大きな周期(日、週、月などを単位とする周期)変動があり、強い連続集中(バースト)を伴ない、また音声のように個々の通信量は少ないが膨大な数の通信(フロー)が存在するような異なる種類の通信トラフィックを想定し、全体最適を図ること。
- ② その都度に対処的(Reactive)な解を求める手法と、予測(Predictive)による解を評価することで最適化を図ること。
- ③ 簡素なトラフィック分配手法(トラフィックエンジニアリング手法)で制御が可能なこと。

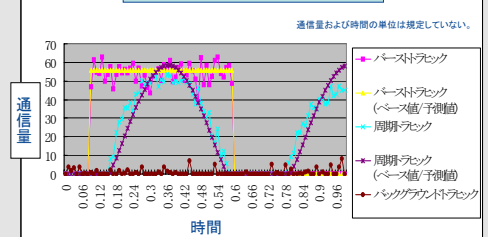
### 効果は？

- ① 予備的なシミュレーションと、実機を使用した実験網により実現性が確認されました。
- ② 回線のトポロジー変更は、ネットワークの運用を停止することなく、4~10秒で完了しますの、日々起きるトラフィックパターンの変動にも利用できます。
- ③ Reactive法とPredictive法の効果が確認されました。これから、定期的な変動パターンをPredictive法で制御して、特別な変動(大きなピークや特殊な集中)をReactive法で対応するなどの実用方法が確認されました。

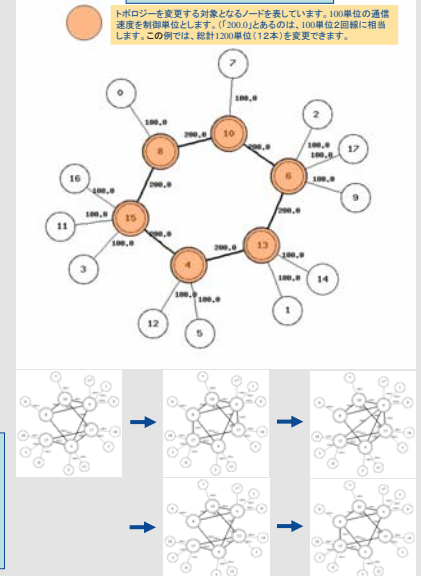
### 次の目標は？

- ① ネットワークに伝送されている通信の個々にとって、本研究によるトポロジー変更やトラフィック分配が役立つ(例えば、インターネット電話の品質が向上する)かを確認するために、品質試験を実施しています。
- ② 通信が起きてから変更するのではなく、起きようとしている通信をどのように流すかの研究を行っています。

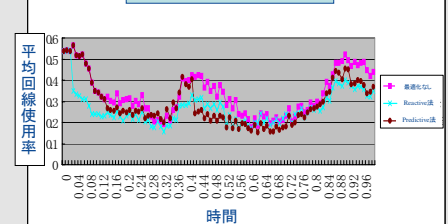
対象とするトラフィックの事例



トポロジー制御の例



回線使用の改善効果



本研究に関連する発表は、MPLS2005 (Washington, 2005年10月)、Globecom2005 Workshop (St. Louis, 2005年12月)などがあります。

# 二重リンク障害に対応できるパスプロテクションの研究

Path Protection for Dual Failure in WDM Networks

浅野正一郎 (NII) 趙 青 (東京大学情報理工学系研究科大学院生)

## 何がわかる？

ネットワーク障害の社会的影響は、日々に大きなものとなっています。光ファイバー通信回線のMTBF(障害発生間隔)は1km当たり約360年に1回と言われますが、これは全国ネットワークでは少なくとも1日に1回以上の重大な障害発生に相当します。また、障害を修復する間に発生する障害(二重障害)も1月に1回程度となります。

重要な通信を災害や障害から確実に守り、しかも利用者の負担(支払う通信料)を抑える方策を求めるのが、本研究の目的です。

## どんな研究？

災害や障害により故障する通信回線を切替えるためには、

- Protection: 使用している回線毎に予備回線を用意して切替える
- Restoration: 故障発生時に使用していない回線を見つけ替える方法が知られています。Protectionは瞬時に切替えることができますが、多くの予備が必要となり、Restorationは効率的ですが通信の瞬時切替えができません。また、二重障害を考慮する研究も進んでいません。

Protectionよりも予備回線を必要とせず、Restorationよりも重要通信を継続できる方式を開発したのが本研究です。

## 得られた成果

### 何が新しい提案？

#### 第一の提案(予備の決定)

- 同じ障害で共倒れとなる回線(Risk Share Group)を予備とすることは避ける
- 複数の通信に対して、同じ回線を予備に指定することは「極力」避ける

それでも重要通信を保護するときは理想的でない(上記に該当する)予備回線を使用する。

#### 第二の提案(二重障害への対応)

- 障害が発生すると予備回線に切替えるとともに、さらに新たな予備回線を設定する
- このとき、重要通信の保護率が向上するように予備回線を選択する
- また、新たに通信を開始する重要通信に対して保護ができない確率を下げる

このような性質を満足する予備回線選択方式を決定する。

### 得られた改善は？

- ① 従来の予備回線による障害回復方式(Protection)に比べ、同じ回線数としたとき、4倍程度の通信を保護することができます。
- ② 予備回線を共有することで、平均的な通信保護計画率が向上する。また、新たな重要通信を保護するための余裕回線が増えます。
- ③ このような方策を二重障害の保護対策に使用することで、効果が増すことになります。

### 実現できるか？

- ① 次世代通信網は、光信号を伝送に使用する光通信ネットワークと考えます。即ち、本研究の回線とは、光ファイバーの中を伝送する一つの光信号(波長)に対応します。
- ② 障害によりルートが異なる光信号に切替えると、信号の特性(強度や歪)が変化します。これに瞬時的に対応できないと、障害回復に時間がかかり実用になりません。
- ③ 我々のグループでは実際の光ファイバーを使用して、切替え実験を行い、歪補償(歪特性に瞬間に追従する制御のこと)が4秒程度で可能なことを実証しました。最大の課題に目処がたったことで実用が可能と考えており、災害時にも重要通信を途絶することなく保護できることになります。

本研究については昨年発表しています。ご関心のある方はお問い合わせください。

### 次の目標は？

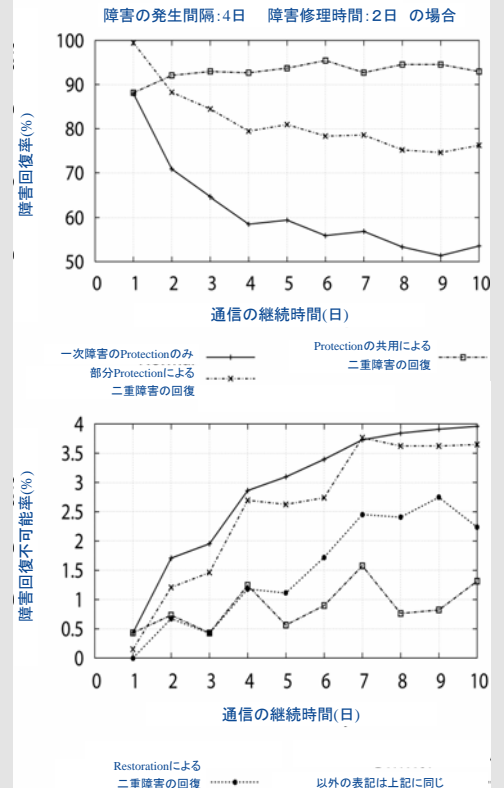
- ① 広域通信網では回線数が膨大なものとなり、この利用の把握や各種の制御処理時間の短縮が課題となります。
- ② 障害対策はひとつのネットワークに閉じたものではありません。ネットワーク間の連携を進めるためには、所外対策のフレームワーク(標準)が必要となります。

### 方式の狙い

方式	概要	回復の迅速性	回復の確実性	回線の効率
Protection (Protection Switch)	障害の回復に使用する回線を予め用意する。迅速な回復ができる反面回線の利用率が低い。	◎	◎	×
Restoration	障害が起きてから、回復に利用できる回線を決定し、回線接続など必要な制御を行う。	×	○	○
提案する方式	Protectionと同様に、障害の回復に使用する予備回線を用意するが、予備回線は共有することもある。	◎	◎	◎

- 二重障害を回復するProtectionでは、3倍の回線を必要とする。
- 「提案する方式」では、優先度が高い通信の回復を高めることができる。

### 提案する方式の効果



「障害回復不可能率」とは、通信要求の発生時点で、二重障害を回復する回線余裕が無いと判断する確率

本研究は、科学研究費補助金による基盤研究(B)「安全性・信頼性の向上を目的とした次世代通信網の広域資源運用管理方式の開発」により進められています