

平成26年度「大規模フラットネットワーク基盤技術の研究開発」 課題B 柔軟な高速可変性を活用する大規模フラットネットワークの検討 大規模フラットネットワーク構築のための弾力性のある光パス設定制御の研究開発目標・成果と今後の研究計画

1. 実施機関・研究開発期間・研究開発予算

- ◆実施機関 公立大学法人大阪府立大学<代表研究者>(実施責任者 教授 戸出英樹)
国立大学法人大阪大学(実施責任者 教授 渡辺尚)
- ◆研究開発期間 平成26年度から平成31年度(5年間)
- ◆研究開発予算 総額 45百万円(平成26年度10百万円)

2. 研究開発の目標 従来の準静的な光スイッチの使用を前提とした現状態における動的最適化制御と将来状態を見据えた安全側のプロアクティブ型制御のさらなる洗練化と、状態変化に対する即時的な修正能力を強化した弾力性のある適応制御の新規導入による相乗効果により、呼接続棄却確率を代表的な方式(波長割当はFirst Fit方式、経路選択はK-Shortest Paths方式を想定)と比較して相対的に1/10以下に低減させる提案方式の実現を最終目標とする。

3. 研究開発の成果

①仮予約の概念を導入したプロアクティブ型経路設定・変更制御技術

仮予約

- 要求コネクションの予約(本予約)に追加して行う将来の接続要求に対する予約
 - パス集約によるGB削減 ⇒ 周波数利用効率の向上及び棄却率の改善
 - 所要トランスポンダ数の削減効果
 - シグナリング処理の軽減

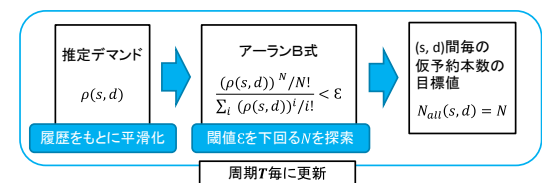
仮予約されたスロットの利用ポリシー

- 仮予約が存在する送受信ペアにコネクション要求が発生
 - ⇒ 仮予約資源を使用してパス集約
- 周波数資源に余裕がある
 - ⇒ 他の送受信ペアによって仮予約が行われている周波数資源を利用せずにパス設定
- 周波数資源に余裕がなく、パス設定が棄却される
 - ⇒ 他の送受信ペアの仮予約資源を用いてもよい

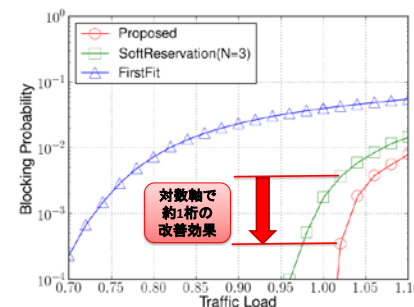
方向性

- ネットワーク全体を考慮した適応的な仮予約領域の動的制御

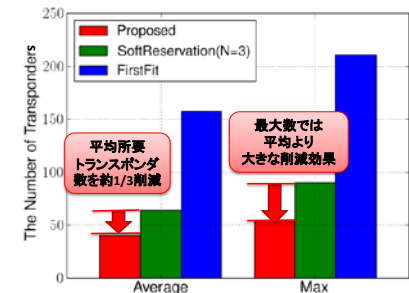
- 各送受信ペア(s,d)毎に周期Tで更新されるトラヒックの推定情報を利用し、**仮予約本数の目標値 $N_{all}(s, d)$** を算出
- 算出した値を達成するように、以下の処理を行う
- ◆ 新規パスに対する仮予約資源割当
- ◆ 既存パスの仮予約領域の拡張
- ◆ 仮予約部のデフラグメンテーション



棄却率特性



所要トランスポンダ数特性



②トラフィックバランスと対地間公平性を実現する複数経路事前設定法

ヒューリスティック 多層型事前経路設計法

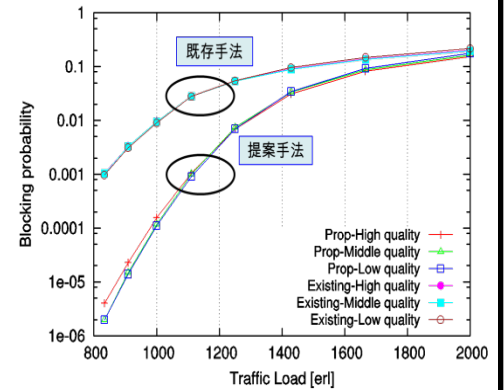
- 目的**
- 多様なQoS別経路を提供
BERを考慮した経路, 帯域別経路, etc.
 - QoS別光パスを持続的に提供 (= 提供能力の向上)
 - ネットワーク内の負荷分散を図り, **呼損を抑制**
 - 光パス提供の順番依存問題を解消し, **光パス提供能力の向上**

- 方針**
- 各対地間にQoS別経路を必要に応じて複数提供
 - 多様なQoS別経路を提供
 - 経路最適化による負荷分散
 - QoS毎の公平性の向上
 - 重複度を考慮した経路選択
 - 持続的に光パスを提供
 - 負荷分散

経路作成

1. 各層, 各QoS毎の**全対地間の経路候補群**を決定
例: 前層で選択された経路と全く異なるリンクを通る経路だけを含めて, 障害対策を講じるなど.
2. 各QoS毎に全対地間に対して**経路を選択**
 - 高品質→中品質→低品質の順
3. 選択された経路が通るリンクに**重複度を追加**
 - 重複度の低いリンクを通る経路が選択されやすくなる
4. 多層に動作1, 2, 3を**繰り返し実行**
5. 選択された経路, 及び各経路上のリンクの**最終的な重複度を選択指標**として保存

呼損率特性



負荷分散効果により、呼損率の改善効果！

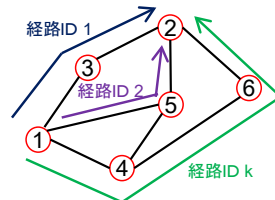
メタヒューリスティック 遺伝アルゴリズム(GA)ベース複数経路設計手法

- 目的**
- 各対地間の負荷バランスを考慮に入れた経路を現実的な時間内で設計
 - 主経路が使用できなくなった場合に備えて迂回経路を用意

適応度 (平均リンク使用量) + α (リンク使用量の標準偏差)

- 個体表現(1)**
- 各ノードペアに対して事前にK-Shotest Pathアルゴリズムでk個のパスを準備
 - 事前に用意したパスに対して経路IDを1~kで割り振る

ノードペア	1-2	1-3	...	N-1-N
経路ID 1	1	1	...	1
経路ID 2	2	2	...	2
経路ID 3	3	3	...	3
経路ID k	k	k	...	k



個体表現(2)

- 各ノードペアに対して事前に求めたk個のパスからひとつずつ選びその値を要素として個体を構成していく



4x4格子NWモデルでの評価

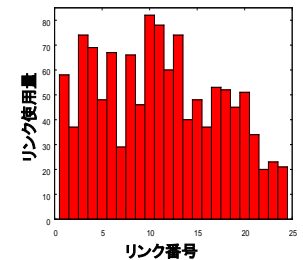
- K-Shotest Pathアルゴリズム

K	平均ホップ数	平均リンク使用量	リンク使用量の標準偏差
3	3.36667	50.5	17.9025

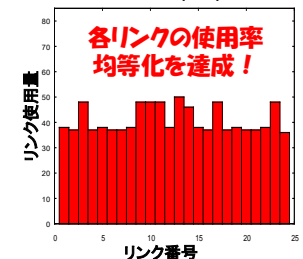
- 提案方式

K	J	平均ホップ数	平均リンク使用量	リンク使用量の標準偏差
3	3	3.21556	40.8333	5.1774
5	3	3.28306	40.8333	5.1289

K-Shotest Pathアルゴリズム



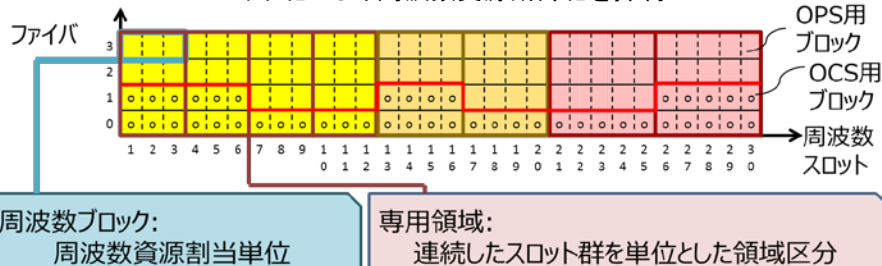
提案方式(K=5)



各リンクの使用率均等化を達成！

③光パケット網と光回線網の専用周波数帯域の動的調整制御

- 課題**
- 光パケット網と光回線網を收容する光フラットネットワークにおける周波数帯域制御手法の確立
- 目的 & 方針**
- 光パケットと光回線のフラットな制御システム設計
 - パスとパケットの特性に応じた集中型制御と分散型制御のハイブリッド制御
 - 光パス及び光パケット混在環境下での棄却率改善
 - ブロック化により周波数資源断片化を抑制

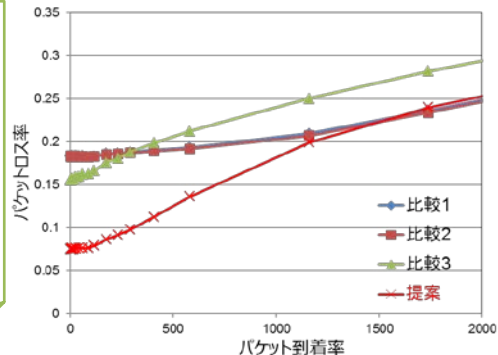


事前制御 (FlatNet OCS部):

1. 候補経路算出
2. ボトルネックリンクにおけるトラヒックの割合を算出(統計情報を利用)
3. 共通領域を設定
4. 専用領域サイズを2.の割合に応じて算出、余剰分を共通領域に追加

リソース通知 (FlatNet OPS部):

1. 光パス設定情報を収集
2. 光パス部分は利用不可としたトポロジ情報(周波数資源情報)を各ノードに通知



ブロック化による断片化抑制効果と光パケットを考慮した光回線設定により、光パスの棄却率特性を劣化することなく光パケットロスを改善可能

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース報道	展示会	標準化提案
大規模フラットネットワーク構築のための弾力性のある光パス設定制御の研究開発	0 (0)	0 (0)	0 (0)	8 (8)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 課題Aとの連携会議を年に2回開催

課題AのNTT、富士通と課題B02の大阪府立大学、大阪大学相互の研究開発項目と進捗状況の把握を通じて最終段階のスムーズな連携に備えた。

(2) 共同研究組織間の研究ミーティングを週2回ペースで開催

インターネットテレビ会議システムを利用して、176B02内の研究進捗会合を週2回1.5時間程度のペースで行い、研究の進捗を加速させた。

5. 今後の研究開発計画

今年度確立した各要素技術をさらに詳細に検討し、提案する迅速かつ柔軟な弾力性のある光パス設定制御の基盤を固める。その際に、課題Aとの連携も重視して適切な方式を設計する。提案方式の定量的評価を進めることにより最終目標達成に向けて必要な方式改良に関する知見を得る。プロトタイプ実装を見据えた検討を開始し、ソフトウェア実装ならびに基礎実験を経た後、JGN-Xなどの実験ネットワーク上での広域実証実験を通して実用性に関する検証を行う。