

大規模 WDM ネットワークにおける 光パス設定手法の提案

大阪大学大学院 情報科学研究科
情報ネットワーク学専攻

石田 晋哉
E-mail: s-isida@ist.osaka-u.ac.jp

発表内容

- WDM ネットワークの大規模化
 - スケールフリーネットワーク
 - 大規模化による棄却率への影響
- 大規模 WDM ネットワークにおける光パス設定
 - Quasi-static 光パス
 - 仮想ファイバ
 - 出線数削減アルゴリズム
- 性能評価
- まとめと今後の課題

WDM ネットワークの大規模化

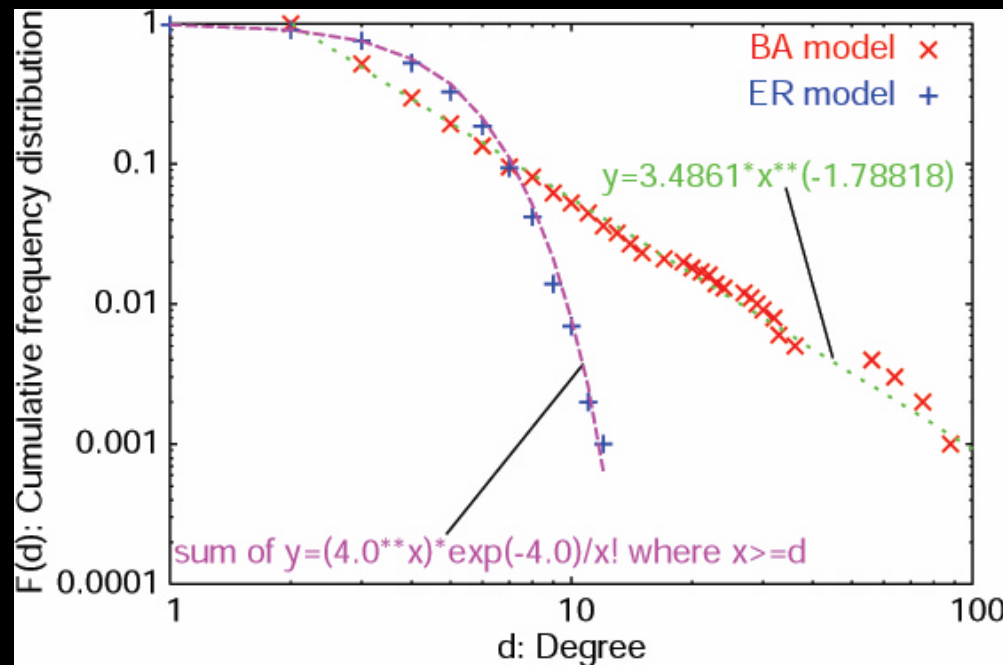
- 情報ネットワーク上を流れるトラフィック量が増加
 - WDM 技術によりバックボーンを高速・大容量化
- 情報ネットワークが拡大
 - GMPLS 技術により複数の光ネットワーク間を接続
- 複数のドメインからなる大規模な WDM ネットワーク
 - エンドユーザ間で光パスを設定して通信

大規模 WDM ネットワークの問題点

- 遠距離 ノード間での棄却率の悪化
 - 波長連続性の制約
 - 光パスの経由するホップ数が増えるほど棄却率は上昇
- 物理トポロジーの特性による棄却率の悪化
 - インターネットと同様のトポロジー特性
 - 段階的な成長 (サブネットワーク間での接続の進行)
 - 選択的な接続 (特定のノードへの接続の集中)
 - スケールフリーネットワーク
 - 特定のノードにおいて波長の競合が頻発

スケールフリーネットワーク

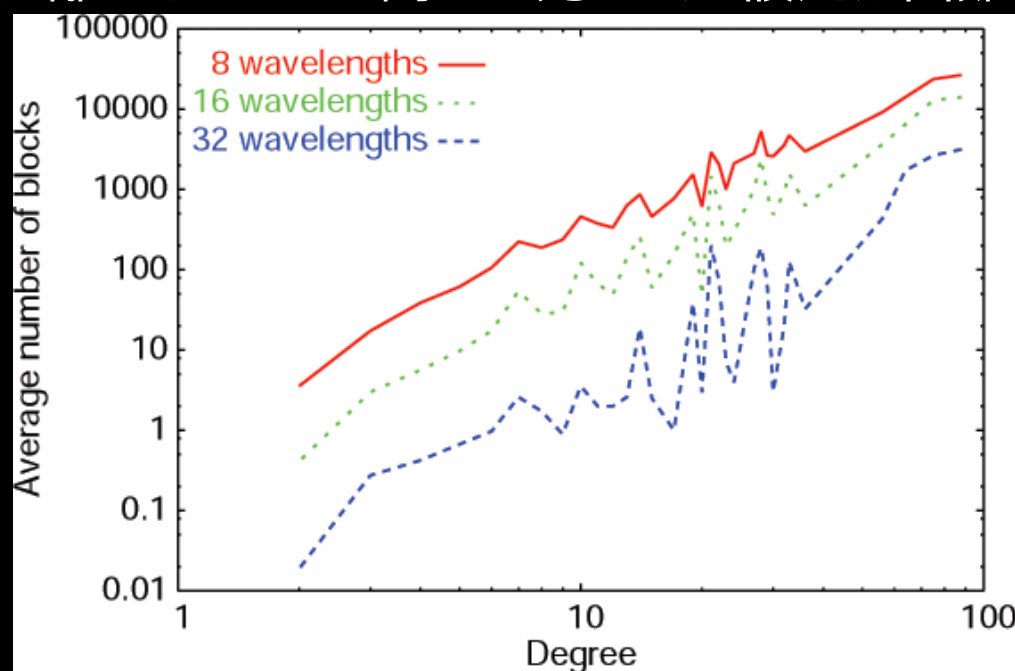
- ノードの出線数の分布がべき乗則に従うネットワーク
 - 大多数のノードは少数の出線をもつ
 - ごく一部のノード (ハブノード) に多数の接続が集中
 - ノードの出線数: d
 - ノードの出線数の密度関数: $p(d) \sim d^{-r}$ (r : 定数)



スケールフリーネットワーク
およびランダムネットワーク
におけるノードの出線数の
分布 (ノード数: 1000)

大規模化による棄却率への影響

- 出線数に比例して棄却発生回数が増加
 - ハブノードに波長資源の要求が集中
 - ハブノードはノードペア間の最短経路に含まれやすい
 - ハブノードにおける棄却回数の削減が必要
 - 遠距離のノードペア間では光パスの設定が困難



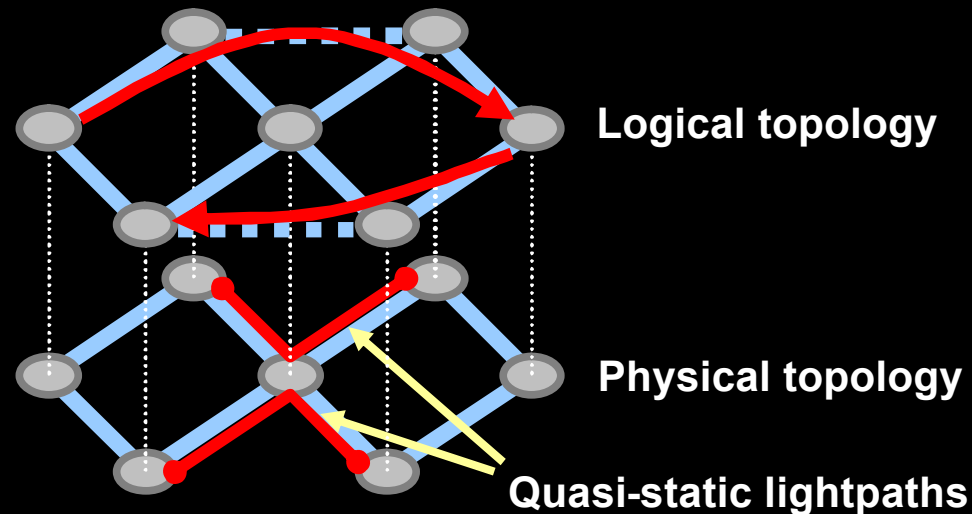
ノードの出線数に対する
平均棄却発生回数の分布

ノード数: 1000
到着率: 0.004 /秒
平均接続時間: 1.0 秒

- 大規模 WDM ネットワークでの光パス設定手法
 - 遠距離 ノード間での棄却率の改善
 - 距離を仮想的に短縮
 - Quasi-static 光パス
 - ハブノードへの波長資源要求の抑制
 - 出線数を仮想的に削減
 - 仮想ファイバ

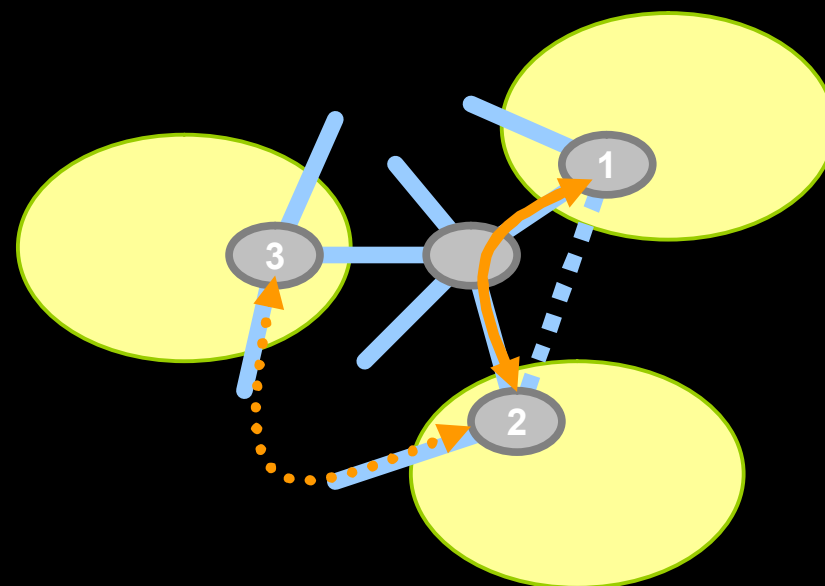
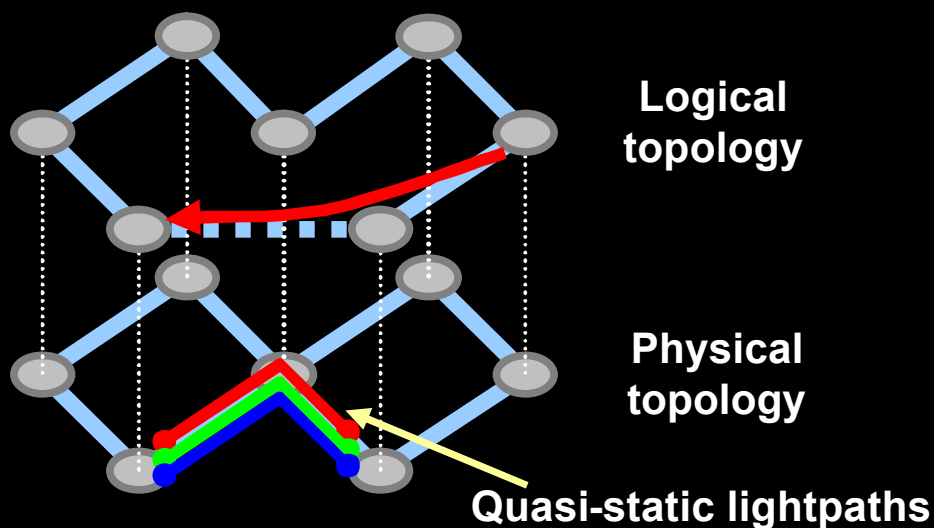
Quasi-static 光パス

- 静的に設定した光パスをファイバとみなし,論理トポロジーを構成
 - 通信に用いる光パスは論理トポロジー上で設定
 - 複数ホップの経路長を1ホップに減少
 - Quasi-static 光パスの経路上では同一波長を確保



仮想ファイバ

- 仮想ファイバによる出線数の削減
 - 全波長を用いて quasi-static 光パスを設定
 - 中継ノードの出線数が仮想的に減少
- ハブノードの出線数の削減
 - 波長資源の要求を分散



出線数削減アルゴリズム

- 出線数最大のノードから出線数を削減
 - 隣接ノード中, 出線数最大のノード間で仮想ファイバを設定
 - 出線数の最大値が閾値に達するまで繰り返し

出線数削減アルゴリズム

Step 1: 仮想ファイバ設定操作の閾値 T の値を決定する

(出線数の最小値 T 出線数の最大値) .Step 2 へ .

Step 2: 出線数の最大値が T ならば Step 3 へ . そうでなければ Step 2.1 へ .

Step 2.1: 出線数が最大のノードを n_0 とする .Step 2.2 へ .

Step 2.2: n_0 の隣接ノードのうち, n_0 への出力線数が最大のものを n_1 , n_0 からの入力線数が最大のものを n_2 とする . ただし, n_1 と n_2 は隣接していないものとする . そのような (n_1, n_2) があれば Step 2.3 へ . そうでなければ Step 3 へ .

Step 2.3: n_1 から n_0 を通り n_2 へ仮想ファイバを設定する .Step 2 へ .

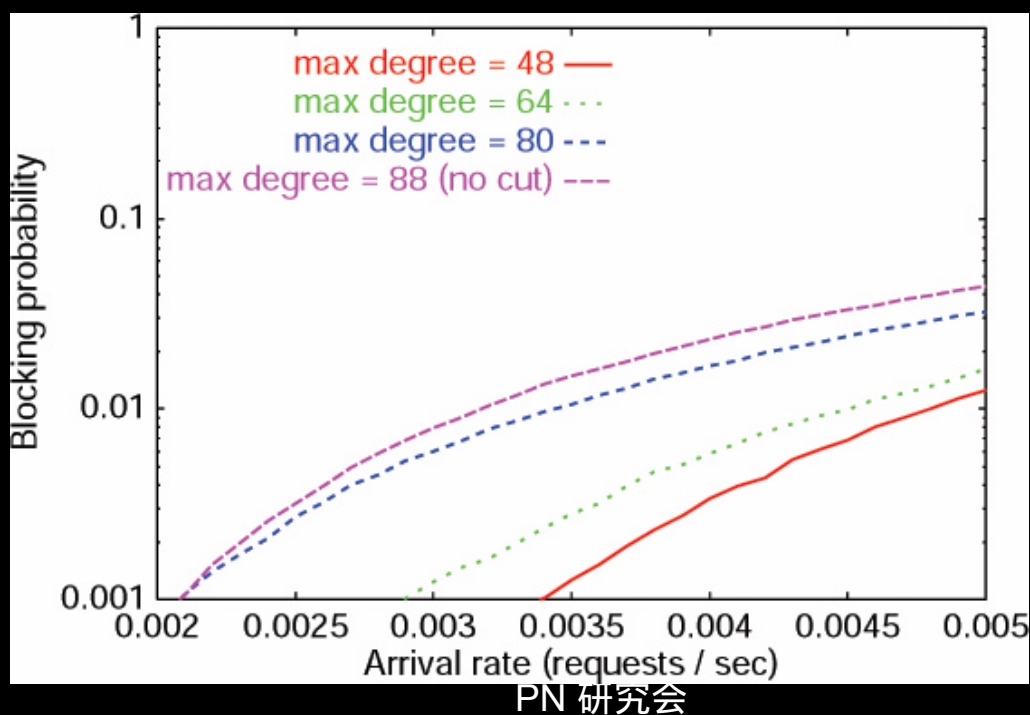
Step 3: 出線数の削減を終了する .

性能評価

- 計算機シミュレーションにより提案手法の性能を評価
 - 提案手法を適用した場合とそうでない場合で比較
- シミュレーションモデル
 - ノード数 1000 , リンク数 1997 のスケールフリーネットワーク
 - 波長数: 16 , 32
 - 光パス要求: ポアソン到着 (到着率: 0.002 ~ 0.005 /秒)
 - 光パス接続時間: 指数分布 (平均 1.0 秒)
 - 仮想ファイバ設定操作の閾値: 48 , 64 , 80 , 88

性能評価 (棄却率)

- 提案手法により棄却率の大幅な改善が可能
 - 仮想ファイバによるハブノードの負荷分散の効果
 - 閾値 48 の場合 ,棄却率が約 80% 改善
 - 閾値の値により効果に大きな差が見られる

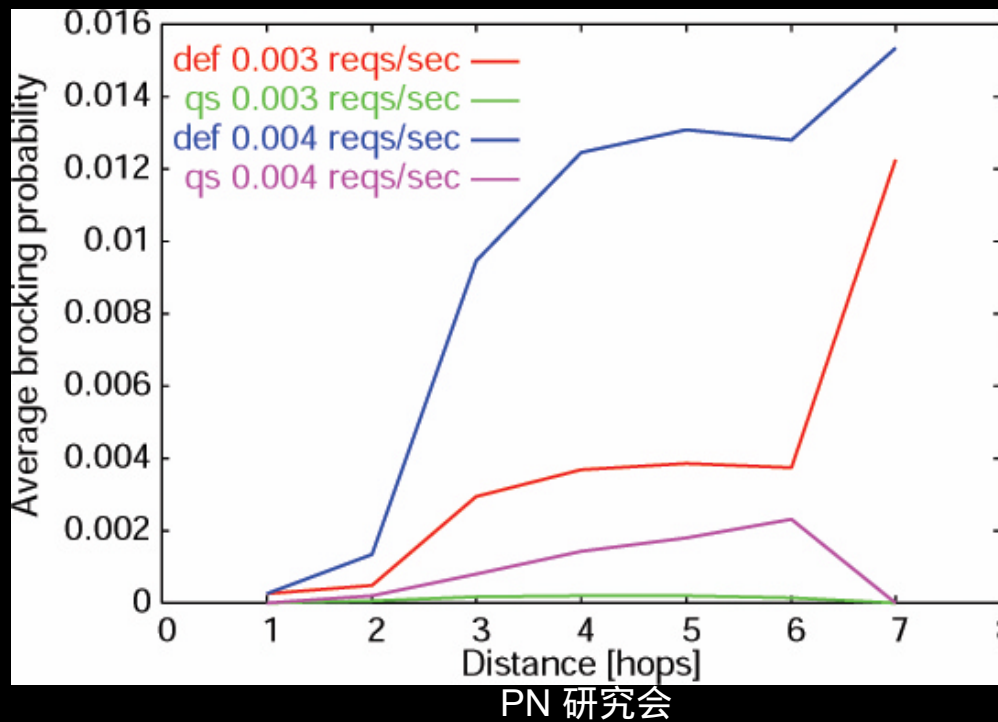


光パス設定要求の到着率
に対する棄却率

波長数: 32
平均接続時間: 1.0 秒

性能評価 (距離に対する効果)

- 中,長距離 ノードペア間の棄却率を大幅に改善
 - 仮想ファイバによるホップ数削減の効果



ノード間の距離に対する
平均棄却率

波長数: 32
平均接続時間: 1.0 秒

まとめと今後の課題

- まとめ
 - べき乗則に従う物理トポロジーをもつ大規模 WDM ネットワークにおける光パス設定手法を提案
 - 仮想ファイバを設定することにより,棄却率を大幅に削減可能
- 今後の課題
 - 提案手法の改善
 - べき乗則の性質を考慮し,より効率的に仮想ファイバを設定
 - 分散環境への拡張