

Dynamic Wavelength Allocation Methods in WDM-based Optical Path/Packet Integrated Networks

WDMネットワークを用いたパス / パケット光統合網における動的波長割当手法の検討

筒井 宣充
村田研究室
博士前期課程2年
n-tsutsui@ist.osaka-u.ac.jp

修士論文発表会

研究の背景

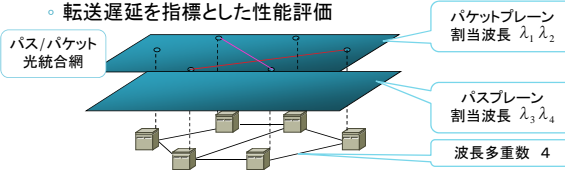
- ▶ 波長多重分割技術 (WDM) を利用する通信形態
 - パス交換型の特徴
 - ・ 広帯域・任意のトランスポートプロトコルが利用可能
 - ・ **光バス設定遅延の発生**
 - パケット交換型の特徴
 - ・ 統計多重効果
 - ・ **他のセッションとの競合、輻輳による遅延増大**
- ▶ パス / パケット光統合網の構築
 - パス交換型とパケット交換型の利点を含めることが可能な混在型ネットワーク

修士論文発表会

2

研究の目的

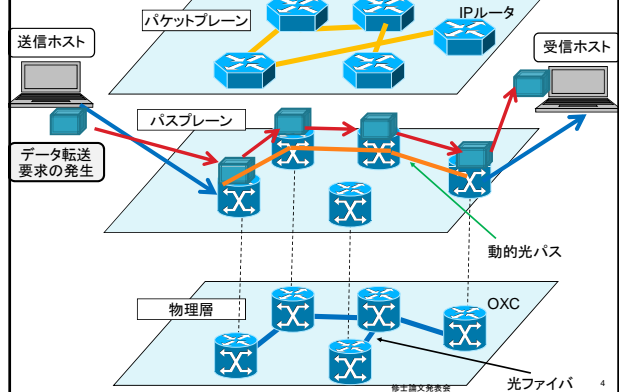
- ▶ パス / パケット光統合網 [1]
 - パス交換とパケット交換の統合により、ネットワークのスループットが上昇
 - 問題点
 - ・ 波長割当が固定であるため、トラフィック変動に適應できない
 - ・ ユーザーが享受する性能指標は未検討
 - ▶ 目的
 - トラフィック変動に適應する動的波長割当手法の確立
 - 転送遅延を指標とした性能評価



修士論文発表会

3

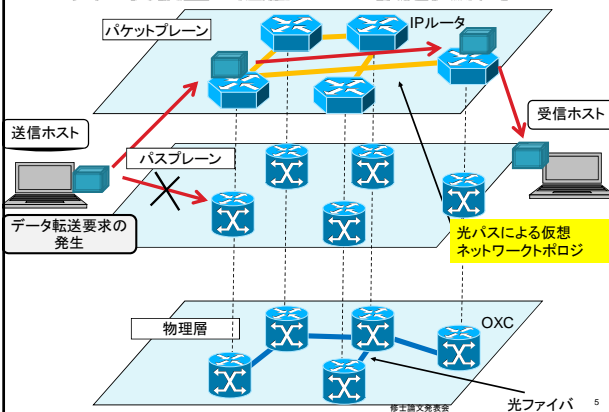
パス交換型の通信 -光バス設定成功時-



修士論文発表会

4

パケット交換型の通信 -バス設定失敗時-



修士論文発表会

5

動的波長割当手法の検討

- ▶ 静的波長割当の場合
 - 負荷により、最適な波長配分が異なる
 - トラフィック変動に對應できない
- ↓
- 変動する負荷に對して、最適な波長配分を決定する動的波長割当手法の検討
- ▶ Threshold-based 手法
 - バッファのキュー長に基づく制御
 - ▶ Biologically-inspired 手法
 - 生物共生モデルを利用
 - 互いのネットワーク状況に對じて波長資源をやりとりすることで波長割当数を決定

修士論文発表会

6

生物共生モデル

- 2種のバクテリアが代謝物をやりとりすることで共生できる環境を数式化 [2]
 - 生命維持には代謝物 S_1 と S_2 が必要
 - バクテリア A と B が代謝物 S_1 を取り合う
 - S_1 から S_2 へ変換する代謝反応
 - 不足する代謝物をお互いに補い合う

相手の状態悪化をサポートし共生状態を作る

代謝物 S_1 ● 代謝物 S_2 ●

反応器

バクテリアA

バクテリアB

培地

S_1 投入

変換 $S_1 \rightarrow S_2$

[2] T. Yomo, W.-Z. Xu, and I. Urabe, "Mathematical model allowing the coexistence of closely related competitors at the initial stage of evolution," *Researched on Population Ecology*, vol. 38, no. 2, pp. 239-247, 1996.

Biologically-inspired 手法

- 生物共生モデルを光統合網に適用
 - バス/パケット プレーンが互いのネットワーク状況に応じて波長資源をやり取りすることでネットワーク全体のスループットを上昇させる

バクテリア A	バスプレーン
バクテリア B	パケットプレーン
● 代謝物 S_1	波長資源
● 代謝物 S_2	スループット

バスの変換レート $(1 - BlockingRate) * 10$

パケットの変換レート $(B / RIT) * (\sqrt{3/2}) * (\sqrt{1/p})$

変換レート $K(A), K(B)$

割当波長数の定義

バクテリアの個体数の比 = 割当波長数の比

制御方法

状態悪化
代謝物の流入 ↓
個体数の増加 ↓

バス設定棄却率増加 or パケットロス率増加
↓
変換レートの低下
↓
バスの波長増加 or パケットの波長増加

$B =$ パケットサイズ
 $p =$ パケットロス率

修士論文発表会

評価環境-動的波長割当手法の検証-

ノード数	120 OD pair
ファイルサイズ	平均1 Cbitの指数分布
リンク伝搬遅延	10ms
1波長の帯域	10Gbps
波長予約方式	バックワード方式
トポロジー	ダンベル型
到着間隔分布	指数分布
波長多重数	8
バッファサイズ	256MB

1000, 2000,000

Time [s]

トラヒック負荷

- 100 [s]毎に負荷の変動をランダムに発生
- 比較手法
 - バス=7波長、パケット=1波長に固定
 - 最適波長割当
 - トラヒックの負荷が変化する度に事前に静的波長割当により算出した最適な波長数を割当

修士論文発表会

割当波長数の変化-動的波長割当手法の検証-

Annual Rate [requests/s]

Time [s]

トラヒック負荷

Bandwidth in Packet Plane [Gbps]

Time [s]

最適

Bandwidth in Packet Plane [Gbps]

Time [s]

Threshold-based

Bandwidth in Packet Plane [Gbps]

Time [s]

Biologically-inspired

修士論文発表会

動的波長割当手法の有効性の検証

TCP Latency [ms]

Time [s]

14731 ms

バス7波長固定

TCP Latency [ms]

Time [s]

5132 ms

パケットプレーンにおける転送遅延を大幅に削減

TCP Latency [ms]

Time [s]

7462 ms

Threshold-based

TCP Latency [ms]

Time [s]

4789 ms

Biologically-inspired

- ネットワーク全体の平均転送遅延を削減

修士論文発表会

まとめと今後の課題

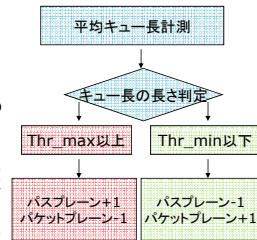
- 動的波長割当手法を検討し性能を評価
 - Threshold-based 手法
 - Biologically-inspired 手法
- トラヒック変化に対して割当波長数を動的に変更することにより転送遅延を大幅に削減
- 今後の課題
 - 大規模なネットワークにおける動的割当手法の有効性を評価
 - 波長多重数・ノード数が多いネットワーク

修士論文発表会

参考資料: Threshold-based

アルゴリズムの一案

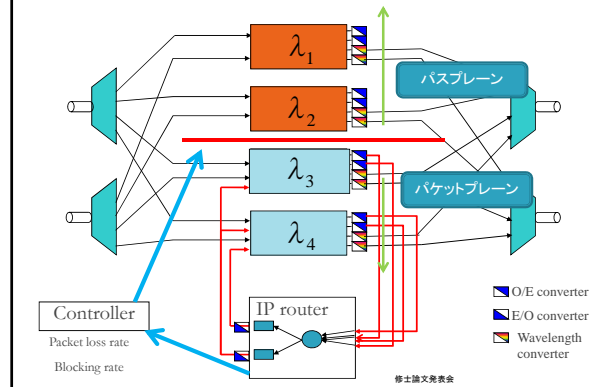
1. 一定時間[30s]ごとにボトルネックルータのバッファのキュー長を計測し、平均値を計算
2. 1.で計測したキュー長がバッファサイズの Thr_max 以上の場合、3.へ。Thr_min 以下の場合、4.へ。それ以外は1.へ。
3. バス交換ネットワークに割り当てている波長数を1減少し、パケット交換ネットワークに割り当てている波長数を1増加
4. バス交換ネットワークに割り当てている波長数を1増加し、パケット交換ネットワークに割り当てている波長数を1減少



修士論文発表会

13

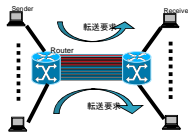
評価環境 - ノードアーキテクチャ



修士論文発表会

14

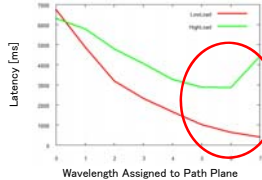
性能評価 - 静的波長割当



負荷と最適波長数の関係

- 低負荷(9.6request/s)の場合、バスプレーンに波長を多く割当てると、レイテンシが低下
- 高負荷(28.8request/s)の場合、バスプレーンに割り当てる波長数が5波長もしくは6波長の場合に、平均レイテンシが最小
- 7波長の場合、パケットプレーンの帯域不足

ノード数	120 OD pair
ファイルサイズ	平均1Gbitの指数分布
リンク伝搬遅延	10ms
1波長の帯域	10Gbps
波長予約方式	バックワード方式
トポロジー	ダンベル型
到着間隔分布	指数分布
波長多重数	8
バッファサイズ	256MB
リクエスト到着率	9.6, 28.8requests/s



修士論文発表会

15