



# OpenFlow技術を用いた 消費電力削減のための フロー最適化手法の一提案

津田 徹\* , 市川 昊平\* , 猪俣 敦夫\*\* , 藤川 和利\*\*

\* 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

\*\* 奈良先端科学技術大学院大学 総合情報基盤センター

# 発表者紹介

## □ 経歴

- 2007-2011 立命館大学 情報理工学部
- 2011- 現在 奈良先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科

## □ 研究Topic

- NIDSに適したCAMのFPGAシミュレーション
- スマートフォンのBluetooth通信を用いた  
救助要請伝搬アプリケーション(設計・初期実装)
- データセンタネットワークの省電力化 (現在)

# 目次

- データセンタ全体の消費電力量
- データセンタネットワークの消費電力量
- 省電力化の動き
- 我々の提案するネットワーク省電力手法
- まとめ

# データセンター

- 高密度に設置された情報機器
- 高機能化された情報機器



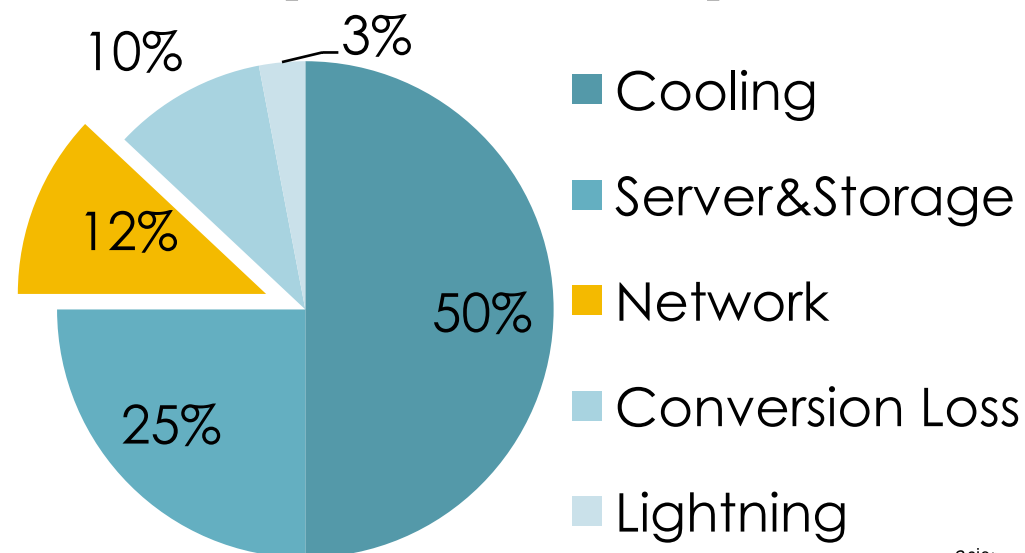
# データセンターの消費電力量の増加

## □ 経済産業省グリーンIT推進協議会報告(2008)

□ 5,000億kWh(2006年) → 47,000億kWh(2025年)

□ 世界総発電量の約 15%

## □ データセンター消費電力内訳[asami 2008]



[asami2008]Energy consumption targets for network systems

# ネットワーク機器の消費電力量

Configuration	Edge Switch(W)	Aggregation Switch (W)
Chassis	146	54
Line card	included in Chasis	39
10Mbps/port	0.12	0.42
100Mbps/port	0.18	0.48
1Gbps/port	0.87	0.90

スイッチ単体の消費電力量 [Mahadevan 2009]

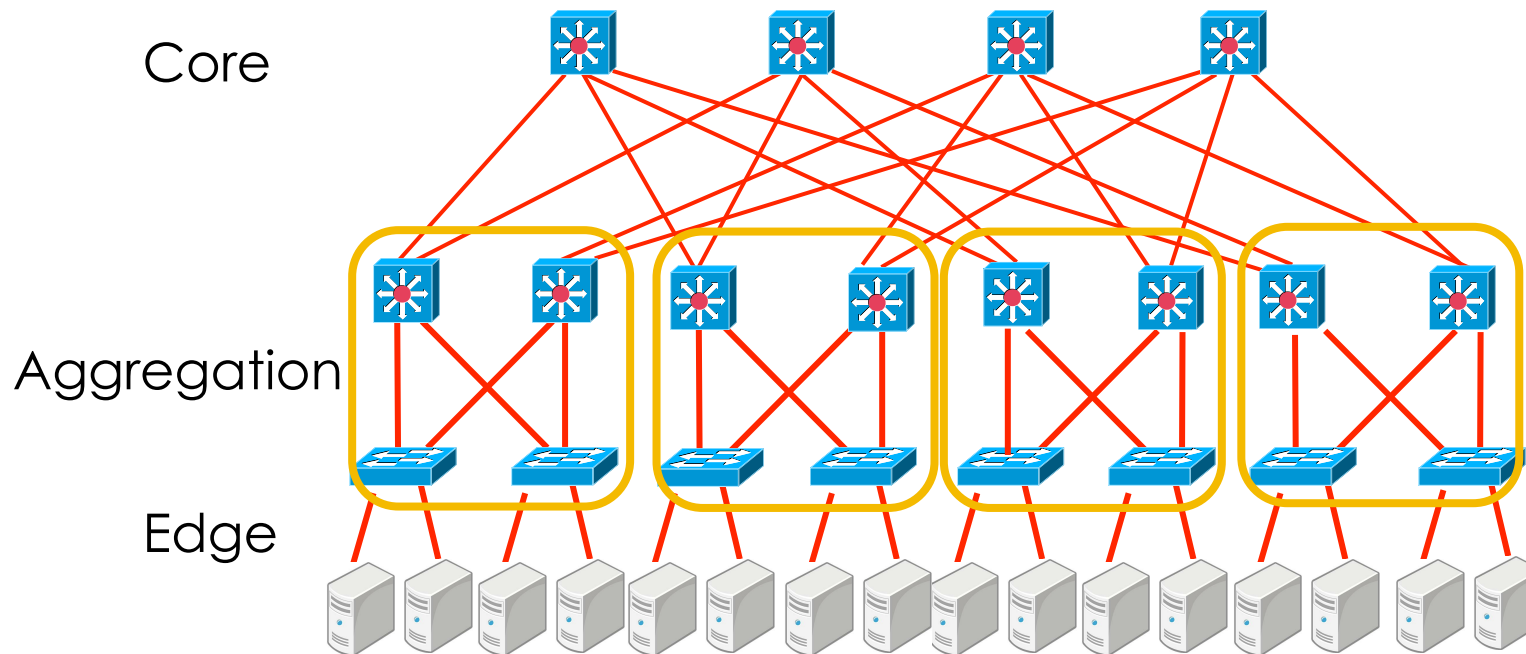
[Mahadevan 2009] Energy aware network operations

# データセンタネットワーク

## □ トポロジ

□ 高密度に配置されたノード

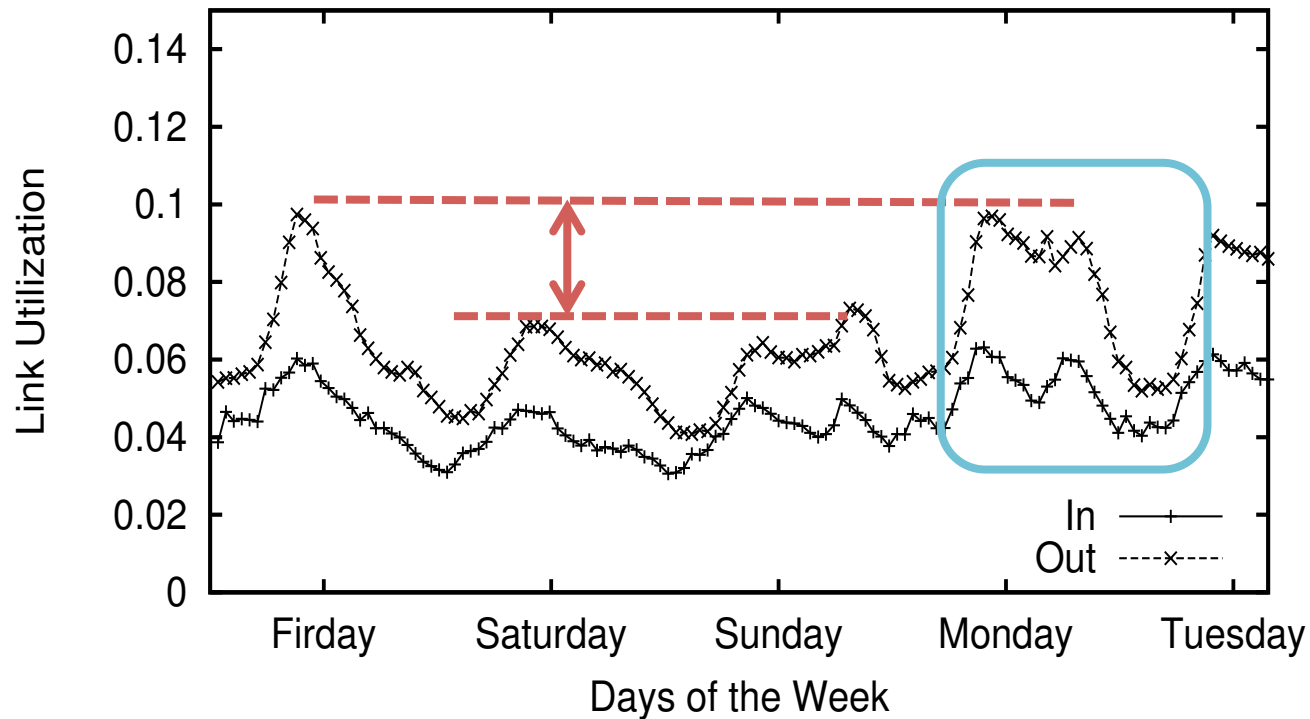
□ Ex. Fat Tree, Clos , Flattened-butterfly



Multi Rooted Fat tree topology(4-pod)

# トラフィック要求量

- 帯域の要求量 [T.Benson 2010]
  - 時間帯ごとに偏りがある
  - weekday – weekendにも差が大きい



[T.Benson 2010]: Network Traffic Characteristics of Data Centers in the Wild



# ネットワークの省電力化

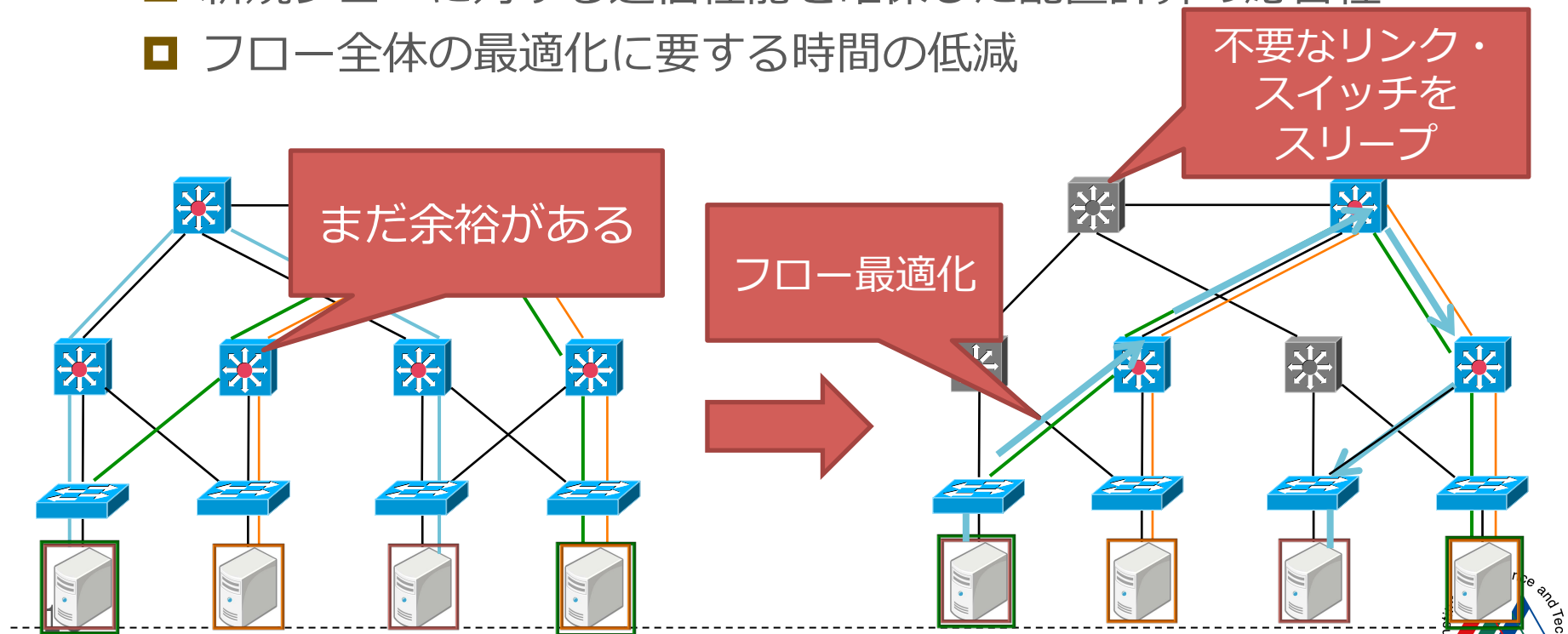
- 未使用時はネットワーク機器の機能を制限・停止させることで省電力化が実現可能  
[Gupta 2003]
- トラフィックを圧密させることで、省電力化
  - 中央集権サーバ
  - OSPFのリンクステート広告
- SDN/OpenFlowを用いて実現できないか

[Gupta 2003] Greening of the internet

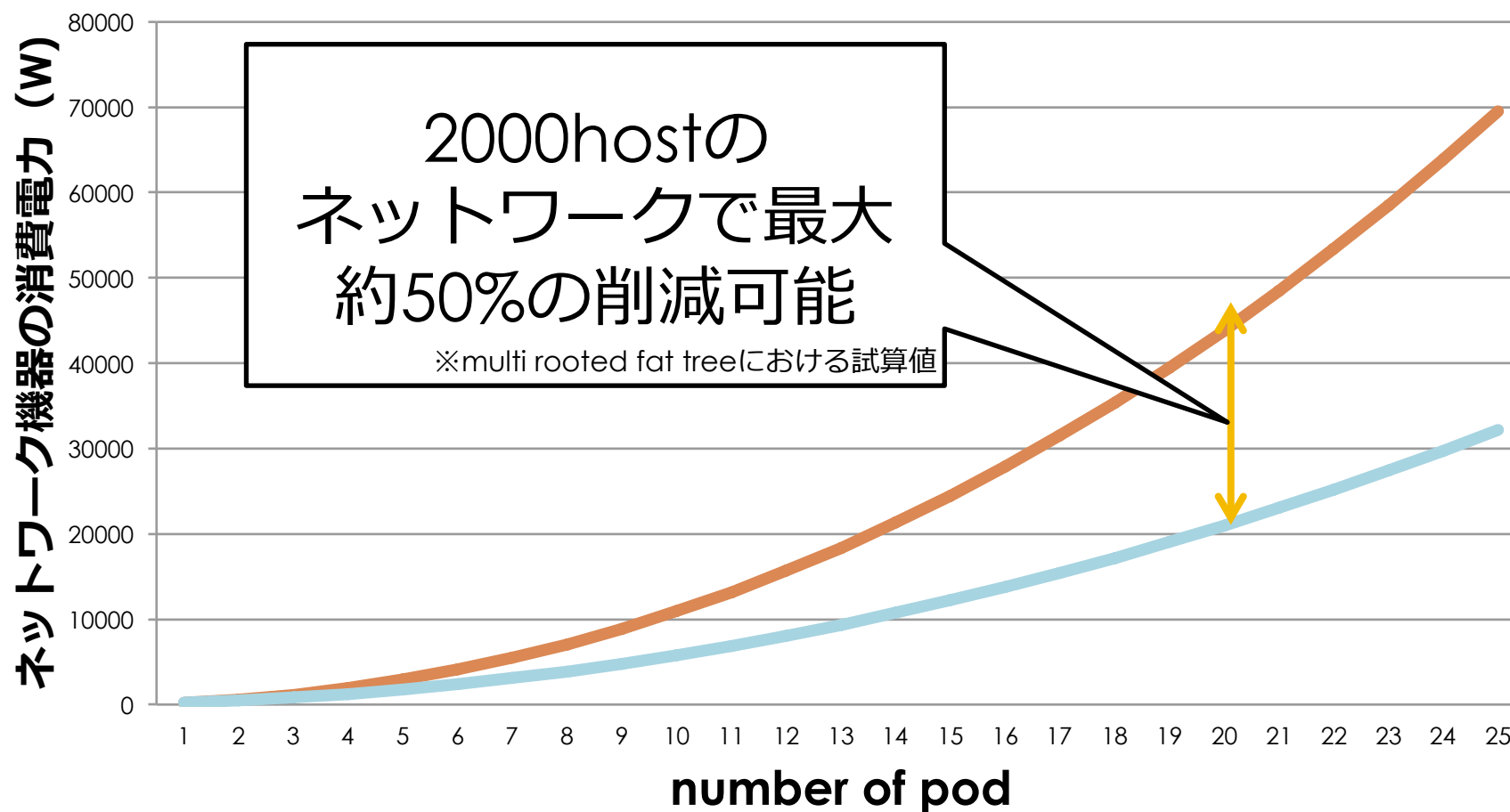
# ネットワークの省電力化方法

## □ 構築時に求められる要件

- 負荷状況に応じたリソースの停止・機能制限
- トラフィック変化情報のコンバージェンス速度
- 新規フローに対する通信性能を確保した配置計算の応答性
- フロー全体の最適化に要する時間の低減

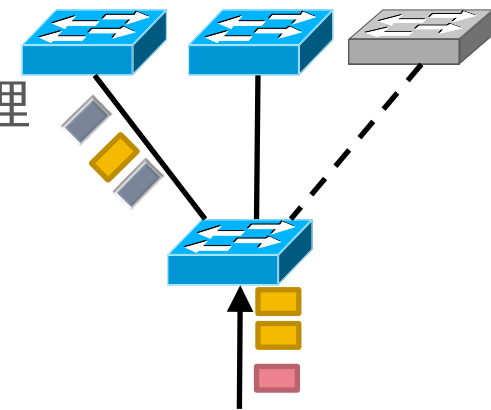


# 省電力サブネットの削減効果



# 既存手法：Elastic Tree [Heller 2010]

- 省電力サブネットの構築方法として3種類を比較提案
  - formal, Greedy Bin Packing, Topology aware Heuristic
- Topology aware Heuristic
  - スイッチが自身の上流下流のアクティブなスイッチ数を元にルーティング
  - スイッチの死活情報はOpenFlowを用いて管理
- **問題点**
  - 時間ごとに区切って静的に再配置を行うためバーストトラフィックなどへの対応に遅れる
  - スイッチ数×スイッチ数の行列を用いるため処理コストが高い



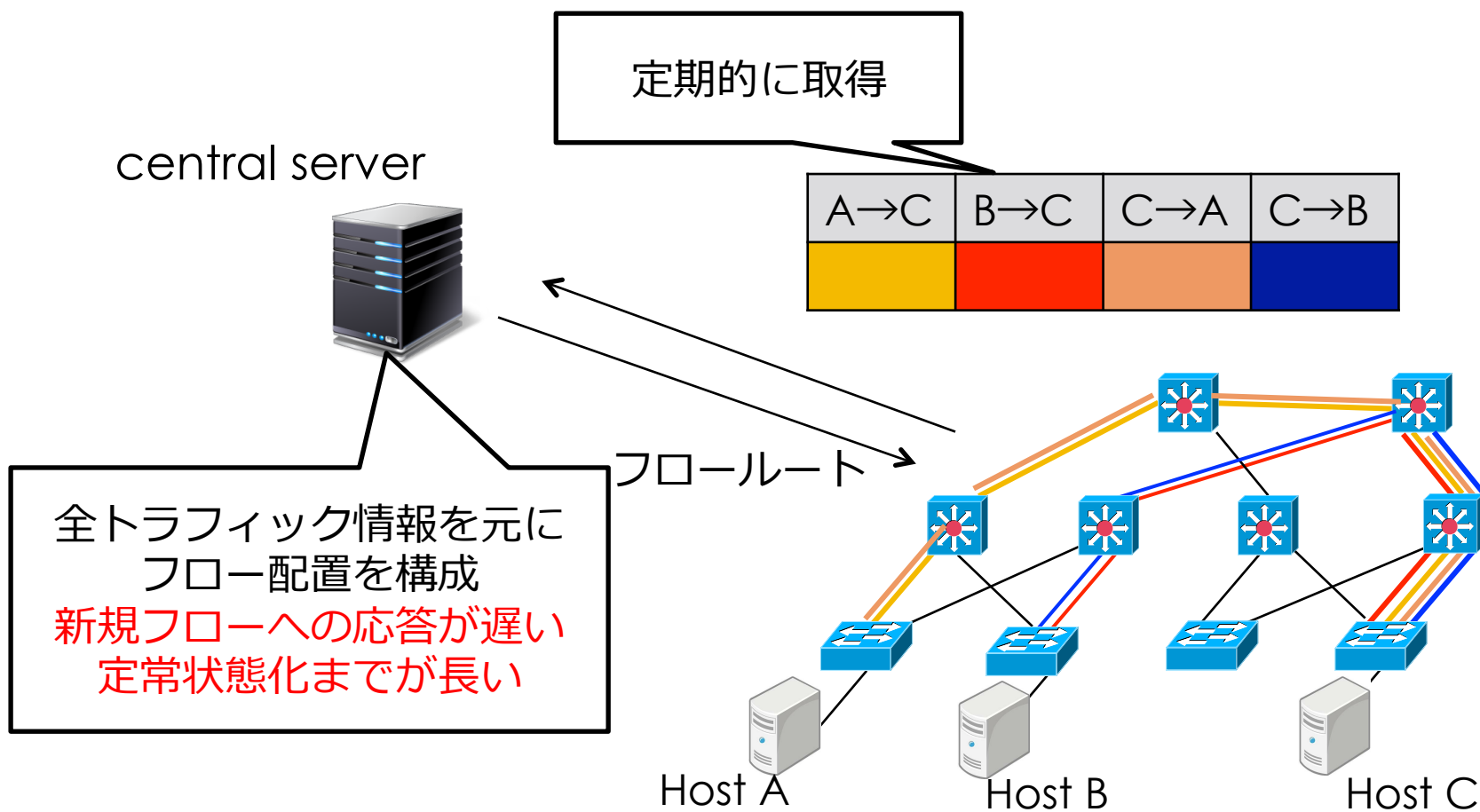
[Heller2010] ElasticTree: Saving energy in data center networks.

# 既存手法2 : CARPO [Wang 2012]

- データセンタ内のサーバ間の相関関係
  - テナントのラック、アプリケーションのラック
- Correlation- Aware-Routing
  - OpenFlowを用いた中央集権制御
  - サンプルングしたフロー情報を基に相関係数を計算
  - 貪欲法 + 相関係数を用いてフロー集約を計算
- 問題点
  - 時間ごとに区切って静的に再配置
    - バーストトラフィックなどへの対応に遅れる
  - 相関係数分の計算コストが増加

# 既存手法の問題点

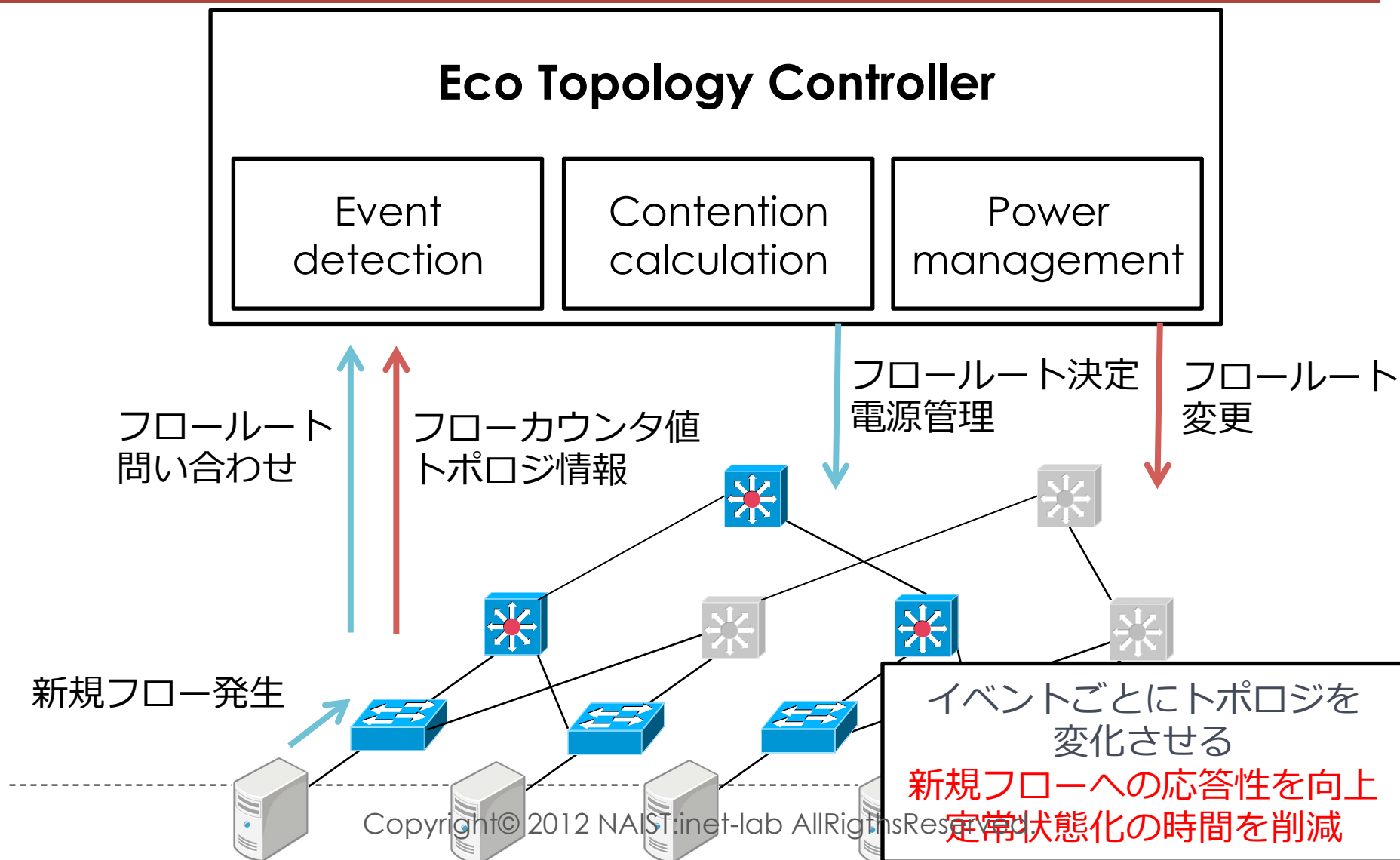
## 静的なフロー再配置(Elastic Tree, CARPO)



# 提案手法 概要

- イベント駆動型トポロジ変化手法
    - ネットワーク状況の変化をイベントとして検知
    - イベントをトリガにトポロジ状態を変化させる
  - 新規フロー疎通性の確保
    - 全ホストが最低限のネットワーク構成で接続
    - イベントを検知し、フロー割り当て計算
  - フロー全体の最適化
    - 一定周期ごとに、通信量に見合ったフロー割り当て
- トラフィックが少ない状態で約27%削減  
トラフィックが多い状態で約15%削減

# イベント駆動型トポロジ変化手法 システム概要



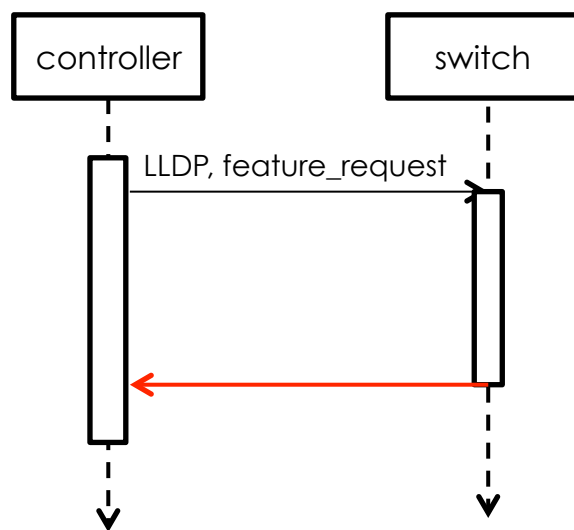


# Event Detction

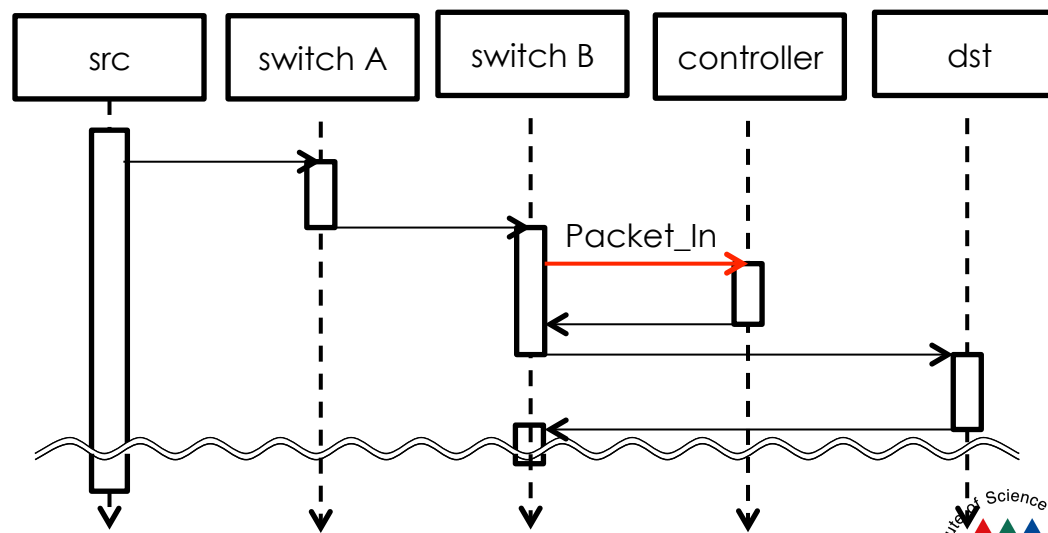
- トポロジ情報取得
  - 物理スイッチ・リンクの参加・離脱
  - フロータイムアウト
  - フローカウンタecho/reply

- 新規フロー到着

トポロジ情報取得

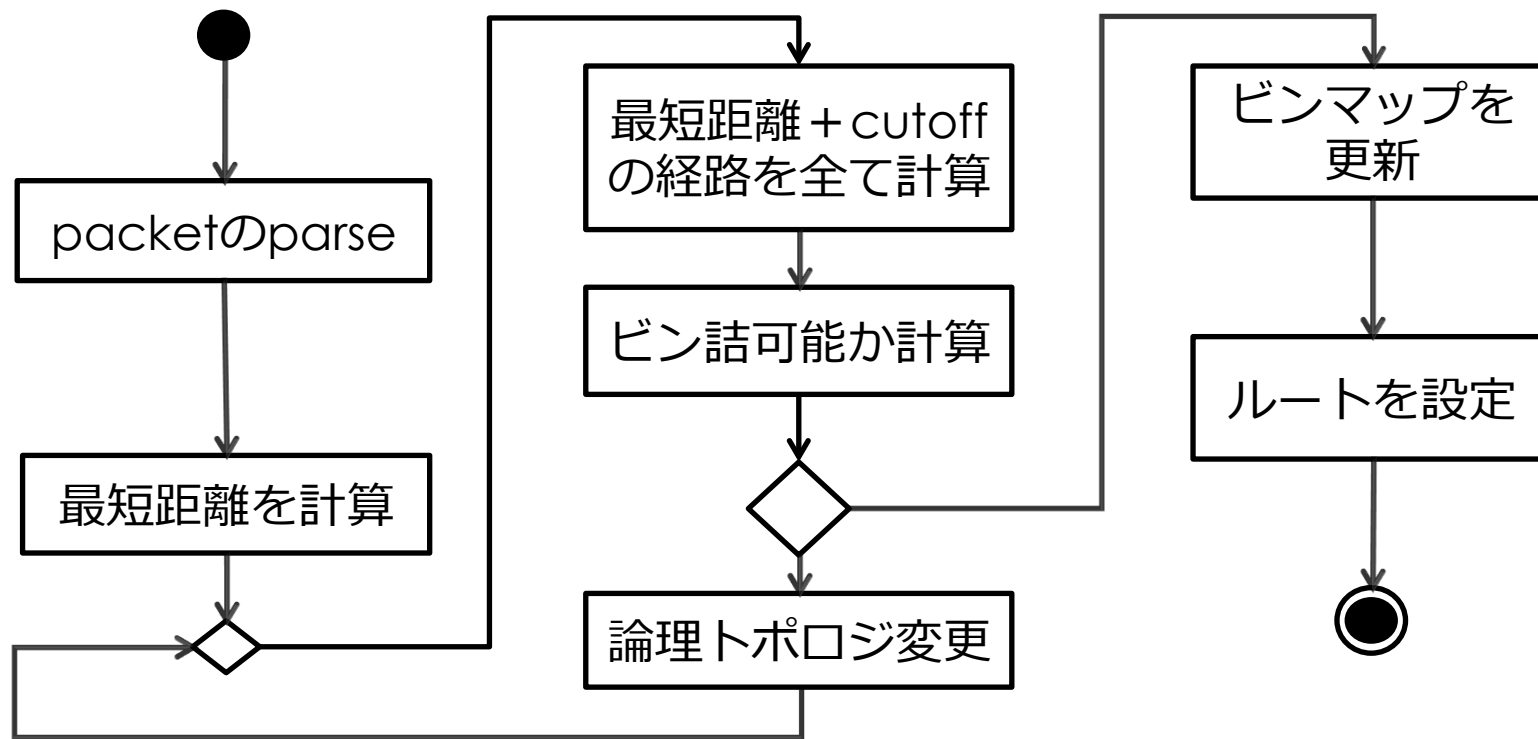


新規フロー到着



# Contention Calculation

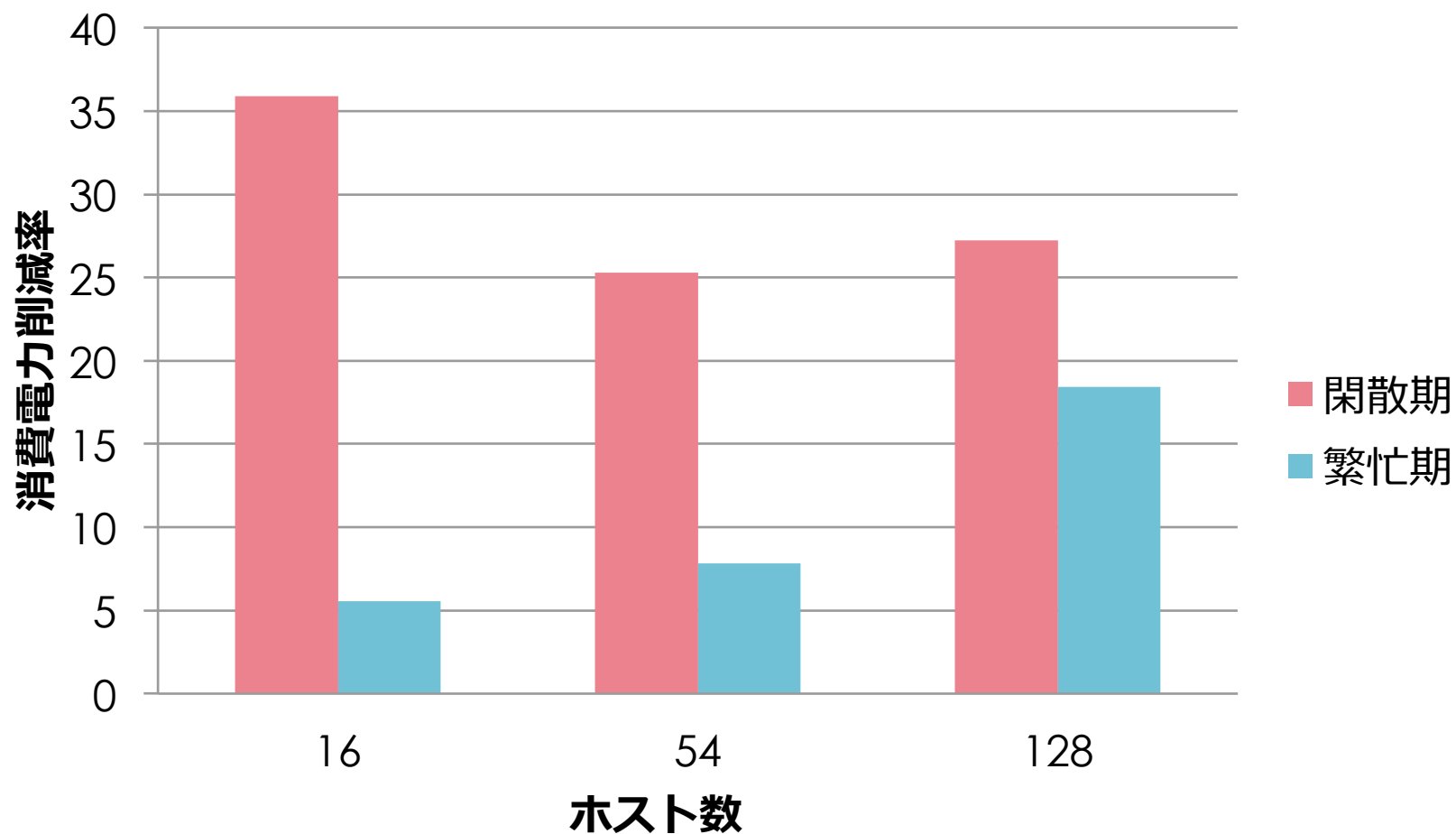
- Infiniband のコンテンション計算を Best Fit アルゴリズムと組み合わせてフロー集約の近似最適解を計算



# Power Management

- 新規リンク Open/Close
  - Open : ビンがアイテムでいっぱい
  - Close : アイテムが他リンクへの集約によって不要
- 新規スイッチ Open / Close
  - Open : スイッチへの入力が存在する
  - Close : スイッチへの入力が存在しない

# 消費電力の削減率



# まとめ

- OpenFlowを利用したTraffic Engineeringによるフロー集約によって、ネットワークの省電力化研究が出始めている
- 我々が提案するイベント駆動で新規フローに対する可用性を高める手法を紹介
  - 閑散期：約27%省電力効果
  - 繁忙期：約15%省電力効果
- ユースケースとして持って帰っていただけたら幸いです

