

アトラクタ選択モデルを用いた オーバーレイマルチパス経路制御手法

大阪大学 大学院情報科学研究科
先進ネットワークアーキテクチャ講座
井上 貴博, 若宮 直紀, 村田 正幸

2009/09/11
NS研究会

目次

- 研究の背景・目的
- 拡張アトラクタ選択モデル
- オーレイマルチパス経路制御手法
- シミュレーション評価
- まとめと今後の課題

2009/09/11

NS研究会

2

研究の背景

- オーレイネットワーク
 - P2P, CDNなど
- オーレイネットワークの利己的制御
 - ルータ・リンク等の物理網資源を共有・競合
 - 性能向上のためのトポロジ制御・経路制御・トラフィック制御が他のオーレイネットワークに影響
 - 利己的制御の連鎖による通信品質・通信環境の変動
 - システム全体の性能劣化

資源共有・競合環境における
適応的で安定した協調的通信制御

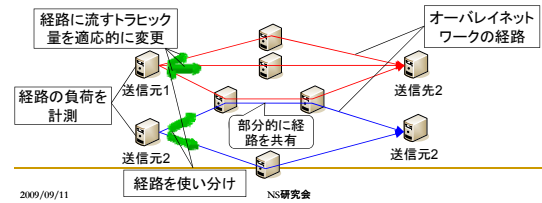
2009/09/11

NS研究会

3

研究の目的

- 生物モデルを用いたオーレイ経路制御の提案
 - 経路の負荷に応じてそれぞれの経路に送出するトラフィック量を適応的に変更し、協調的に通信
 - 拡張アトラクタ選択モデルを応用
 - 本報告では単一のオーレイネットワークにおける適応制御の振る舞いを検証



2009/09/11

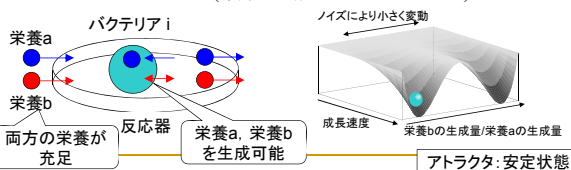
NS研究会

4

アトラクタ選択モデル

- バクテリアが栄養生成を適応的に行う機構
 - 成長に必要な2種類の栄養を生成
 - 成長速度が大きくなるように生成する栄養を選択
 - 栄養の生成量は相互抑制
 - 両方の栄養が充足していれば成長速度大

$$\text{栄養 } a \text{ の生成量} = \text{成長速度} \left(\frac{1}{\text{栄養 } b \text{ の生成量}^2} - \text{栄養 } a \text{ の生成量} \right) + \text{ノイズ}$$



2009/09/11

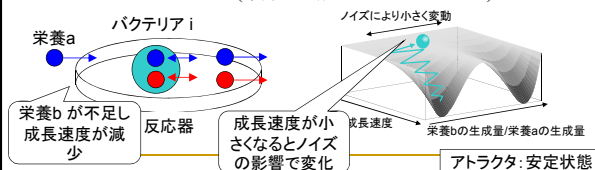
NS研究会

5

アトラクタ選択モデル

- バクテリアが栄養生成を適応的に行う機構
 - 成長に必要な2種類の栄養を生成
 - 成長速度が大きくなるように生成する栄養を選択
 - 栄養の生成量は相互抑制
 - 両方の栄養が充足していれば成長速度大

$$\text{栄養 } a \text{ の生成量} = \text{成長速度} \left(\frac{1}{\text{栄養 } b \text{ の生成量}^2} - \text{栄養 } a \text{ の生成量} \right) + \text{ノイズ}$$



2009/09/11

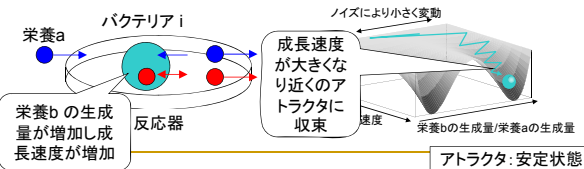
NS研究会

6

アトラクタ選択モデル

- バクテリアが栄養生成を適応的に行う機構
 - 成長に必要な2種類の栄養を生成
 - 成長速度が大きくなるように生成する栄養を選択
 - 栄養の生成量は相互抑制
 - 両方の栄養が充足していれば成長速度大

$$\text{栄養 } a \text{ の生成量} = \text{成長速度} \left(\frac{1}{\text{栄養 } b \text{ の生成量} + \text{栄養 } a \text{ の生成量}} \right) + \text{ノイズ}$$



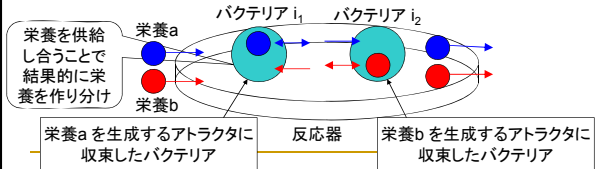
2009/09/11

NS研究会

7

拡張アトラクタ選択モデルの動作

- 反応器内に存在するバクテリアが栄養を共有・競合
- 複数のバクテリアが反応器内の栄養の量に適応して栄養を作り分け
 - それぞれのバクテリアはアトラクタ選択モデルにより生成する栄養を決定
 - バクテリアは成長速度が大きくなるように栄養を生成



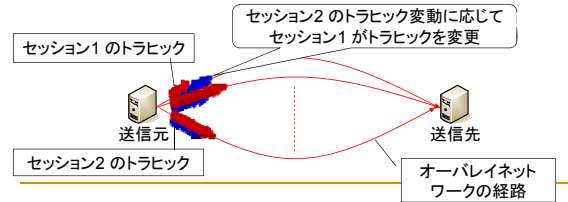
2009/09/11

NS研究会

8

アトラクタ選択モデルを用いたオーバーレイマルチパス経路制御手法

- 複数経路それぞれに送出するトラフィック量を負荷に応じて適応的に変更
 - 複数セッションが同じ経路を共有
 - 各経路に送出できるトラフィック量の最大値を設定

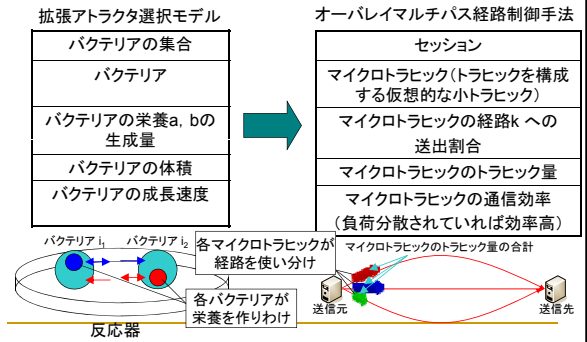


2009/09/11

NS研究会

9

アトラクタ選択モデルを用いた経路制御手法との対応



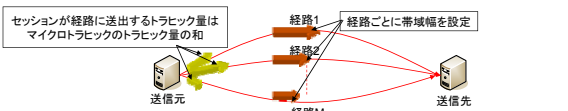
2009/09/11

NS研究会

10

アトラクタ選択モデルを用いたオーバーレイマルチパス経路制御手法の動作

- それぞれの経路に送出するトラフィック配分をアトラクタ選択を用いて決定
 - 通信効率 (負荷分散) が高くなるように決定
- 経路に送出するトラフィック量を制限
 - 経路の帯域に空きがあればトラフィック量を増加
 - 経路の帯域を超えるとトラフィック量を減少



2009/09/11

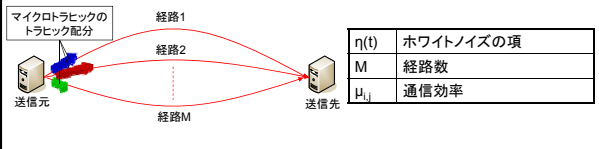
NS研究会

11

マイクロトラフィックのトラフィック配分の調節

- マイクロトラフィックのトラフィック量を経路 k へ送出する割合 $x_{i,j}(k)$ はアトラクタ選択を用いて計算

$$\frac{d}{dt} x_{i,j}(k) = \mu_{i,j} \left(\frac{1}{1 + \left(\sum_{l=1, l \neq k}^M x_{i,j}(l) \times 10 \right)^2} - x_{i,j}(k) \right) + \eta(t)$$



2009/09/11

NS研究会

12

マイクロトラヒックのトラヒック配分の調節

- マイクロトラヒックのトラヒック量を経路kへ送出する割合 $x_{i,j}(k)$ はアトラクタ選択を用いて計算

$$\frac{d}{dt} x_{i,j}(k) = \mu_{i,j} \left[\frac{1}{1 + \sum_{l=1, l \neq k}^M x_{i,j}(l) \times 10} - x_{i,j}(k) \right] + \eta(t)$$

通信効率が小さくなるとノイズの影響で変化
通信効率が大きくなるとこの値に収束
他の経路へ流れるトラヒック量を抑制

$\eta(t)$	ホワイトノイズの項
M	経路数
$\mu_{i,j}$	通信効率

2009/09/11 NS研究会 13

マイクロトラヒックの通信効率の計算

- マイクロトラヒックの通信効率 $\mu_{i,j}$ は経路の負荷が分散されていれば大
- 負荷が小さく利用されていない経路が存在すれば小

$$\mu_{i,j} = \frac{1}{\prod_{k=1}^M \left(1 + \frac{0.5}{\rho(k) + x_{i,j}(k) - C(k)\mu_{i,j}} \right)^2}$$

$\rho(k)$	経路kの負荷 経路kを流れるトラヒック量に比例
$C(k)$	経路kの帯域幅に比例する定数
M	経路数
$x_{i,j}(k)$	マイクロトラヒックのトラヒック量を経路kへ送出する割合

2009/09/11 NS研究会 14

マイクロトラヒックの通信効率の計算

- マイクロトラヒックの通信効率 $\mu_{i,j}$ は経路の負荷が分散されていれば大
- 負荷が小さく利用されていない経路が存在すれば小

$$\mu_{i,j} = \frac{1}{\prod_{k=1}^M \left(1 + \frac{0.5}{\rho(k) + x_{i,j}(k) - C(k)\mu_{i,j}} \right)^2}$$

$\rho(k)$	経路kの負荷 経路kを流れるトラヒック量に比例
$C(k)$	経路kの帯域幅に比例する定数
M	経路数
$x_{i,j}(k)$	マイクロトラヒックのトラヒック量を経路kへ送出する割合

2009/09/11 NS研究会 15

マイクロトラヒックのトラヒック量の調節

- マイクロトラヒックのトラヒック量 $v_{i,j}$ は経路を流れるトラヒック量に応じて制限
- トラヒック量が制限値より小さければトラヒック量は増加
- トラヒック量が制限値より大きければトラヒック量は減少

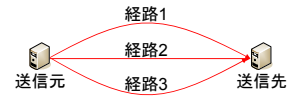
$$\frac{d}{dt} v_{i,j} = \mu_{i,j} \times v_{i,j} \times \left[\frac{2}{1 + \sum_{k=1}^M \frac{x_{i,j}(k)}{\sum_{l=1}^M x_{i,j}(l)} e^{-\sigma(x_{i,j}(k) - T(k))}} - 1 \right]$$

$x_{i,j}(k)$	セッションiのマイクロトラヒックを経路kに配分する割合
$T(k)$	経路kを流れるトラヒック総量
$x_{i,j}(k)$	経路kの帯域幅
σ	シグモイド関数の傾き
M	経路数

2009/09/11 NS研究会 16

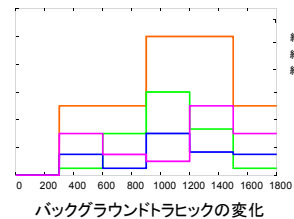
シミュレーション設定と評価

- シミュレーション設定
 - 論理トポロジ: 右図
 - 論理経路数: 3 (M=3)
 - セッション数: 2
 - セッション1: 提案手法による制御
 - セッション2 (バックグラウンドトラヒック): 各経路に送出するトラヒック量を一定時間毎に変動
 - シミュレーション時間: 1800秒
- 評価
 - バックグラウンドトラヒックの変動に応じて適応的に経路へ送出するトラヒック量を調節する事を確認

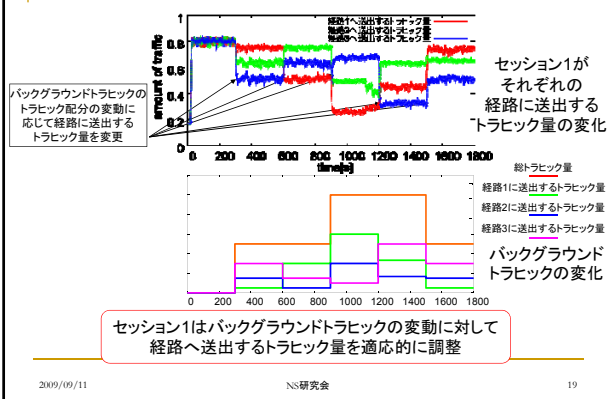


シミュレーションシナリオ

- バックグラウンドトラヒックのトラヒック量の変動
 - 総トラヒック量を300秒・900秒・1500秒に変更
 - 各経路のバックグラウンドトラヒックを300秒ごとに変更



シミュレーション結果



まとめと今後の課題

- まとめ
 - アトラクタ選択モデルを用いたオーバレイマルチパス経路制御手法を提案
 - シミュレーション評価
 - 環境変動に対して適応的にトラフィック配分・トラフィック量を調節できることを示した
- 今後の課題
 - 複数のオーバレイネットワークが部分的に物理リンクを共有する場合の提案手法の有効性を評価

2009/09/11

NS研究会

20