



## 生物共生モデルにもとづく オーバーレイネットワーク共生アーキテクチャの提案

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  
森本 亨, 若宮 直紀, 村田 正幸

2008/06/20  
IN研究会

## 研究の背景 (1/2)

- さまざまなオーバーレイネットワークの利用
  - P2P, Grid, CDN, VPN など
- オーバーレイネットワーク間で物理網資源を共有
  - リンク, ルータ
- オーバーレイネットワークの利己的制御によってシステムが不安定
  - トポロジ制御, 経路制御, トラヒック制御

オーバーレイネットワークの性能が劣化

2008/06/20

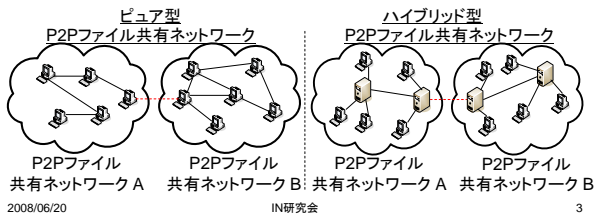
IN研究会

2

## 研究の背景 (2/2)

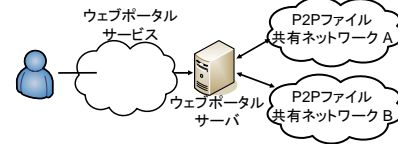
- オーバーレイネットワーク共生環境
  - 生態系における共生の仕組みを応用
  - 異なるオーバーレイネットワークが協調, 共生

システム全体の性能の向上を図る



## 研究の目的

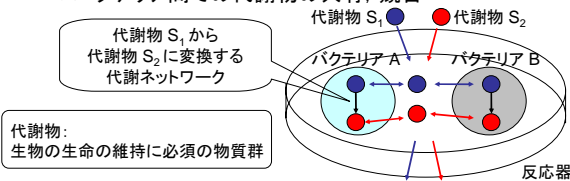
- オーバーレイネットワーク共生アーキテクチャの提案
  - ウェブポータルサービスによって, 複数のP2Pファイル共有ネットワークを透過的, 協調的に利用
    - 生物共生モデルを応用
- シミュレーションによって, 提案するアーキテクチャの協調の効果を示す



## 生物共生モデル

- 反応器内の2種類のバクテリアの代謝物のやりとりを介した共生の仕組みをモデル化 [6]
  - 代謝物  $S_1, S_2$  が濃度の違いによって細胞膜を通じて出入り

バクテリア間での代謝物の共有, 競争



[6] Tetsuya Yomo, Wei-Zhong Xu and Itaru Urabe, "Mathematical Model Allowing the Coexistence of Closely Related Competitors at the Initial Stage of Evolution," Research on Population Ecology 38(2), 239-247 (1996)

2008/06/20

IN研究会

5

## 生物共生モデル: 数学モデル

バクテリア  $i$  の代謝物濃度  $s_{(1,2)}^{(i)}$  の変化 反応器内の代謝物濃度  $s_{(1,2)}^{(R)}$  の変化

$$\frac{ds_1^{(i)}}{dt} = \frac{p}{V} (s_1^{(R)} - s_1^{(i)}) - (k_{1,2}^{(i)} + k_p) s_1^{(i)} \quad \frac{ds_1^{(R)}}{dt} = D(s_1^{(0)} - s_1^{(R)}) + \sum_{i \in \{A, B\}} X^{(i)} P (s_1^{(i)} - s_1^{(R)})$$

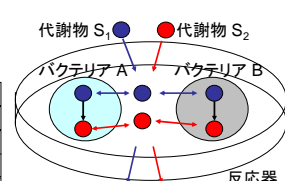
$$\frac{ds_2^{(i)}}{dt} = \frac{p}{V} (s_2^{(R)} - s_2^{(i)}) + k_{1,2}^{(i)} s_1^{(i)} - k_p s_2^{(i)} \quad \frac{ds_2^{(R)}}{dt} = D(s_2^{(0)} - s_2^{(R)}) + \sum_{i \in \{A, B\}} X^{(i)} P (s_2^{(i)} - s_2^{(R)})$$

バクテリア  $i$  の細胞濃度  $X^{(i)}$  の変化

$$\frac{dX^{(i)}}{dt} = \mu^{(i)} X^{(i)} - DX^{(i)}$$

$$\mu^{(i)} = \alpha s_1^{(i)} s_2^{(i)}$$

$k_{1,2}^{(i)}$	バクテリア $i$ の代謝レート
$k_p$	細胞内での代謝物の消費率
$s_{(1,2)}^{(0)}$	反応器へ追加される新しい培地内の代謝物濃度
$P$	細胞膜の透過係数
$V$	細胞の平均体積
$D$	培地の追加, 排出による希釈率



研究会

6

### 生物共生モデルにもとづく P2Pファイル共有ネットワーク共生

**生物共生モデル**

反応器
バクテリア
代謝物 $S_1$
代謝物 $S_2$

代謝物  $S_1$     代謝物  $S_2$

バクテリア A    バクテリア B

反応器

**P2Pファイル共有ネットワーク共生モデル**

ウェブポータルサーバ
P2Pファイル共有ネットワーク
リクエスト
ファイル

リクエスト    ファイル

ウェブポータルサーバ

P2Pファイル共有ネットワーク A    P2Pファイル共有ネットワーク B

2008/06/20    IN研究会    7

### P2Pファイル共有ネットワーク共生モデル

- ウェブポータルサーバによってP2Pファイル共有ネットワークを透過的に利用
  - 適切なP2Pファイル共有ネットワークに対してリクエストを送信, ファイルを共有

リクエストキュー    共有フォルダ

ウェブポータルサーバ

アプリケーション A    P2Pファイル共有ネットワーク A

アプリケーション B    P2Pファイル共有ネットワーク B

リクエストバッファ    ファイルバッファ

2008/06/20    IN研究会

### リクエスト数のダイナミクス

P2Pファイル共有ネットワーク  $i$  に参加しているピアあたりのリクエスト数  $s_i^{(i)}$  の変化

$$\frac{ds_i^{(i)}}{dt} = P(s_i^{(R)} - s_i^{(i)}) - (k_{i,2}^{(i)} + k_p) s_i^{(i)}$$

ウェブポータルサーバが保有するリクエスト数  $s_1^{(R)}$  の変化

$$\frac{ds_1^{(R)}}{dt} = D(s_1^{(i)} - s_1^{(R)}) + \sum_{i \in \{A, B\}} X^{(i)} P(s_i^{(i)} - s_1^{(R)})$$

$s_i^{(i)}$     ユーザがウェブポータルサーバに登録するリクエスト数

$D$     ウェブポータルサーバがバッファに保有するリクエストの変化率

リクエストキュー    共有フォルダ

ウェブポータルサーバ

アプリケーション A    P2Pファイル共有ネットワーク A

アプリケーション B    P2Pファイル共有ネットワーク B

リクエストバッファ    ファイルバッファ

2008/06/20    IN研究会    9

### リクエスト数のダイナミクス

P2Pファイル共有ネットワーク  $i$  に参加しているピアあたりのリクエスト数  $s_i^{(i)}$  の変化

$$\frac{ds_i^{(i)}}{dt} = P(s_i^{(R)} - s_i^{(i)}) - (k_{i,2}^{(i)} + k_p) s_i^{(i)}$$

ウェブポータルサーバが保有するリクエスト数  $s_1^{(R)}$  の変化

$$\frac{ds_1^{(R)}}{dt} = D(s_1^{(i)} - s_1^{(R)}) + \sum_{i \in \{A, B\}} X^{(i)} P(s_i^{(i)} - s_1^{(R)})$$

$P$     P2Pファイル共有ネットワークとウェブポータルサーバ間でやりとりされるリクエストの割合

$X^{(i)}$     P2Pファイル共有ネットワーク  $i$  の参加ピア数

リクエストキュー    共有フォルダ

ウェブポータルサーバ

アプリケーション A    P2Pファイル共有ネットワーク A

アプリケーション B    P2Pファイル共有ネットワーク B

リクエストバッファ    ファイルバッファ

2008/06/20    IN研究会    10

### リクエスト数のダイナミクス

P2Pファイル共有ネットワーク  $i$  に参加しているピアあたりのリクエスト数  $s_i^{(i)}$  の変化

$$\frac{ds_i^{(i)}}{dt} = P(s_i^{(R)} - s_i^{(i)}) - (k_{i,2}^{(i)} + k_p) s_i^{(i)}$$

ウェブポータルサーバが保有するリクエスト数  $s_1^{(R)}$  の変化

$$\frac{ds_1^{(R)}}{dt} = D(s_1^{(i)} - s_1^{(R)}) + \sum_{i \in \{A, B\}} X^{(i)} P(s_i^{(i)} - s_1^{(R)})$$

$k_{1,2}^{(i)}$     P2Pファイル共有ネットワーク  $i$  のリクエスト処理率

$k_p$     P2Pファイル共有ネットワークから消えるリクエストの割合

リクエストキュー    共有フォルダ

ウェブポータルサーバ

アプリケーション A    P2Pファイル共有ネットワーク A

アプリケーション B    P2Pファイル共有ネットワーク B

リクエストバッファ    ファイルバッファ

2008/06/20    IN研究会    11

### 共有ファイル数のダイナミクス

P2Pファイル共有ネットワーク  $i$  に参加しているピアあたりの共有ファイル数  $s_2^{(i)}$  の変化

$$\frac{ds_2^{(i)}}{dt} = P(s_i^{(R)} - s_i^{(i)}) + k_{i,2}^{(i)} s_i^{(i)} - k_p s_2^{(i)}$$

ウェブポータルサーバが保有する共有ファイル数  $s_2^{(R)}$  の変化

$$\frac{ds_2^{(R)}}{dt} = D(s_2^{(i)} - s_2^{(R)}) + \sum_{i \in \{A, B\}} X^{(i)} P(s_i^{(i)} - s_2^{(R)})$$

$s_2^{(i)}$     ユーザがウェブポータルサーバに登録する共有ファイル数

$D$     ウェブポータルサーバがバッファに保有する共有ファイルの変化率

リクエストキュー    共有フォルダ

ウェブポータルサーバ

アプリケーション A    P2Pファイル共有ネットワーク A

アプリケーション B    P2Pファイル共有ネットワーク B

リクエストバッファ    ファイルバッファ

2008/06/20    IN研究会    12

### 共有ファイル数のダイナミクス

P2Pファイル共有ネットワーク*i*に参加しているピアあたりの共有ファイル数  $s_2^{(i)}$  の変化

$$\frac{ds_2^{(i)}}{dt} = P(s_1^{(R)} - s_1^{(i)}) + k_{1,2}^{(i)} s_1^{(i)} - k_p s_2^{(i)}$$

ウェブポータルサーバが保有する共有ファイル数  $s_2^{(R)}$  の変化

$$\frac{ds_2^{(R)}}{dt} = D(s_2^{(0)} - s_2^{(R)}) + \sum_{i \in \{A, B\}} X^{(i)} P(s_2^{(i)} - s_2^{(R)})$$

P	P2Pファイル共有ネットワークとウェブポータルサーバ間でやりとりされる共有ファイルの割合	P2Pファイル共有ネットワーク <i>i</i> の参加ピア数
$X^{(i)}$	P2Pファイル共有ネットワークから消える共有ファイルの割合	P2Pファイル共有ネットワークA

2008/06/20 IN研究会 共有ネットワークB<sub>13</sub>

### 共有ファイル数のダイナミクス

P2Pファイル共有ネットワーク*i*に参加しているピアあたりの共有ファイル数  $s_2^{(i)}$  の変化

$$\frac{ds_2^{(i)}}{dt} = P(s_1^{(R)} - s_1^{(i)}) + k_{1,2}^{(i)} s_1^{(i)} - k_p s_2^{(i)}$$

ウェブポータルサーバが保有する共有ファイル数  $s_2^{(R)}$  の変化

$$\frac{ds_2^{(R)}}{dt} = D(s_2^{(0)} - s_2^{(R)}) + \sum_{i \in \{A, B\}} X^{(i)} P(s_2^{(i)} - s_2^{(R)})$$

$k_{1,2}^{(i)}$	P2Pファイル共有ネットワーク <i>i</i> のリクエスト処理率	P2Pファイル共有ネットワークA
$k_p$	P2Pファイル共有ネットワークから消える共有ファイルの割合	P2Pファイル共有ネットワークB <sub>4</sub>

2008/06/20 IN研究会 共有ネットワークB<sub>4</sub>

### 参加ピア数のダイナミクス

P2Pファイル共有ネットワーク*i*の参加ピア数  $X^{(i)}$  の変化

$$\frac{dX^{(i)}}{dt} = \mu^{(i)} X^{(i)} - DX^{(i)}, \mu^{(i)} = \alpha s_1^{(i)} s_2^{(i)}$$

2008/06/20 IN研究会 15

### シミュレーション: 設定と評価指標

- シミュレーション設定 [6]
  - 登録リクエスト数  $s_1^{(0)}=10.0$ , 登録ファイル数  $s_2^{(0)}=0.0$
  - リクエスト処理率  $k_{1,2}^{(A)}$  を0.1から50.0, リクエスト処理率  $k_{1,2}^{(B)}$  を0.01から1.4まで変化
- 評価指標
  - P2Pファイル共有ネットワークの参加ピア総数
 
$$\frac{\text{P2Pファイル共有ネットワークの参加ピア数の和}}{\text{ユーザによってキャンセルされるリクエスト数}}$$
  - リクエストキャンセル率
 
$$\frac{\text{ユーザによってキャンセルされるリクエスト数}}{\text{ユーザがウェブポータルサーバに登録するリクエスト数}}$$

2008/06/20 IN研究会 16

### シミュレーション: 比較シナリオ

- 二つのP2Pファイル共有ネットワークAとBを協調的に利用する場合
- P2Pファイル共有ネットワークAのみが存在する場合
- P2Pファイル共有ネットワークBのみが存在する場合
- 二つのP2Pファイル共有ネットワークAとBが存在するが別々に利用する場合

2008/06/20 IN研究会 17

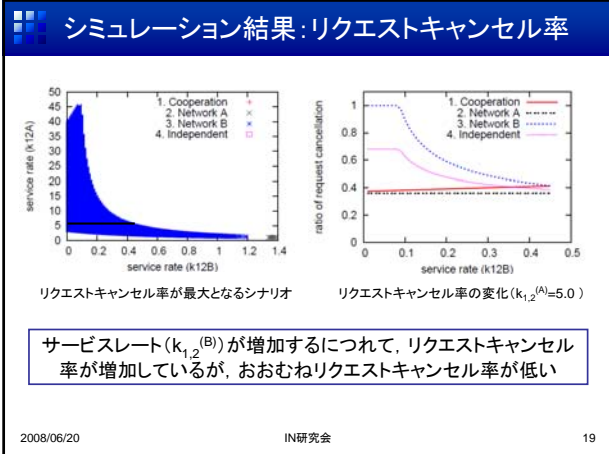
### シミュレーション結果: P2Pファイル共有ネットワークの参加ピア総数

サービスレートの最大となるシナリオ

参加ピア総数の変化 ( $k_{1,2}^{(A)}=5.0$ )

ウェブポータルサーバを介した協調によって、ファイルの共有、交換が促され、多くのピアをひきつけている

2008/06/20 IN研究会 18



- ### まとめと今後の課題
- まとめ
    - 生物共生モデルにもとづくP2Pファイル共有ネットワーク共生アーキテクチャを提案
    - シミュレーション評価
      - 共生の範囲において、協調によってより多くのピアによる効率的なファイル共有が行われることが明らかになった
  - 今後の課題
    - 実際のピアの挙動を考慮した現実的なシミュレーションモデルでの動作検証と有効性の評価
- 2008/06/20 IN研究会 20

ご清聴ありがとうございました

2008/06/20 IN研究会 21