

生物ネットワークの縮退特性に基づく 頑強性を有する情報ネットワークシステムの 冗長化手法

中野研究室 岡崎 拓郎

1 特別研究報告発表会 2013/2/19

研究の背景

- 生物ネットワークの特性を情報ネットワークアーキテクチャへ適用する研究
 - アリの習性を利用した経路制御手法[1]
 - 蛍の発光原理に基づいた分散システムの同期方法[2]
 - 他にも多数存在
- 多くはネットワーク層以下のプロトコルやアーキテクチャに着目

生物ネットワークの特性をアプリケーションサービスにも適用させることによって、情報ネットワークシステム全体の**頑強性の向上**を図る

2 特別研究報告発表会 2013/2/19

研究の目的

- 生物ネットワークの特性を利用した、情報ネットワークシステムの冗長化手法を提案
 - 縮退特性、ネットワーク化バッファリング
- 従来用いられている単純な冗長化手法や、ランダムな冗長化手法との性能比較を行う
- 提案手法で構築されたシステムが高い回復能力を持つことを示す

3 特別研究報告発表会 2013/2/19

生物ネットワークの特徴: 縮退特性

- ネットワークの複数の構成要素が、ある環境では互いに異なる機能を行うが、異なる環境においては他の構成要素と同じ機能を行う性質
- 例: 脳の補償活動
 - 脳の一部分が、本来は他の機能を果たすにも関わらず、特別な環境においては他の部位と同じ機能を行うことが確認されている[3]
- 各構成要素が複数の機能を実行可能で、かつ複数の構成要素が果たす機能が部分的に重複している状況で発生

4 特別研究報告発表会 2013/2/19

生物ネットワークの特徴: ネットワーク化バッファリング

- 縮退特性の関係を表すネットワークにおいて、各構成要素が行う機能が部分的に重複し、ネットワークを構成
- ある機能が不足した際に、それを直接行える構成要素が存在しない場合でも、複数の構成要素の機能が連鎖的かつ適応的に変化することで、不足を補う

5 特別研究報告発表会 2013/2/19

情報ネットワークシステムの冗長化への適用

- 既存の冗長化手法
 - 特定機能を実行可能な資源を機能毎に用意
 - 想定していない故障が発生すると、資源の過不足が発生
 - システムに必要な全ての機能を実行可能な資源を用意
 - システムの大規模化、複雑化に伴い実現のコストが増大
- ネットワーク化バッファリングを応用した冗長化手法
 - 限られた複数機能を実行可能な資源を用い、各資源の実行可能な機能を部分的に重複させることによりネットワークを構築
 - 機能不足が発生した際には、複数の資源が実行する機能が適応的に変化することにより、ネットワーク内の冗長資源が、不足した機能を直接実行するのと同じ効果が得られる
- 本報告では提案手法の評価にWebサービスモデルを用いる

6 特別研究報告発表会 2013/2/19

Webサービスモデル

- Webサービスはサーバでインストールかつ実行される複数のサービスコンポーネントの組み合わせによって構築される
- サーバはデータセンタのラック等に当たるノードに收容される
- 障害発生により特定のサービスコンポーネントの実行数が不足する場合、各サーバの実行するサービスコンポーネントの変更により不足を解消
- 障害から回復できるか否かは、サーバがインストールするサービスコンポーネントの決定方法およびノードへのサーバの收容方法に依存

特別研究報告発表会 2013/2/19

冗長化手法

- サーバがインストールするサービスコンポーネントの決定方法
 - 部分重複化手法
 - 各サーバがインストールするサービスコンポーネントに部分的な重複関係が発生
 - 単純冗長化手法
 - ランダム手法
- ノードへのサーバの收容方法
 - 規則的收容
 - サーバがインストールしているサービスコンポーネントが偏らないようノードへサーバを規則的に收容
 - ランダム收容

	提案手法	単純冗長化手法	ランダム手法
サービスコンポーネントの決定方法	部分重複化手法	単純冗長化手法	ランダム手法
サーバの收容方法	規則的收容	ランダム收容	ランダム收容

特別研究報告発表会 2013/2/19

評価方法・指標

- 評価方法
 - ノードに收容された各サーバが複数のサービスコンポーネントをインストールしており、その中からランダムに選択したサービスコンポーネントを実行(初期状態)
 - 障害の発生を想定し、指定した数のノードをランダムに停止する
 - 停止したノード上のサーバが実行しているサービスコンポーネントは停止し、初期状態と比べて各サービスコンポーネントの稼働数は減少する
 - 障害発生後、停止していないノード上のサーバが実行するサービスコンポーネントを切り替えることにより、実行数の不足の解消を行う
 - 各サービスコンポーネントの実行数が初期状態の50%以上に回復すれば、回復に成功したとする
- 評価指標

$$\text{障害回復割合} = \frac{\text{回復に成功した試行回数}}{\text{総試行回数}}$$

特別研究報告発表会 2013/2/19

評価結果: サーバの能力が均一の場合

- パラメータ設定
 - サービスコンポーネント種類数: 200, ノード数: 100
 - 各ノードに收容するサーバ数: 4
 - 各サーバにインストールするサービスコンポーネント数: 2
 - 各サーバが実行するサービスコンポーネント数: 1

ランダム手法は単純冗長化手法と比較して高い頑強性を示す

停止ノード数が10の時、提案手法はランダム手法と比較して障害回復割合が約10%高い

構成要素の能力が均一な場合、提案手法は高い障害回復割合を示す

特別研究報告発表会 2013/2/19

評価結果: サーバの能力が不均一の場合

- パラメータ設定
 - サービスコンポーネント種類数: 200, ノード数: 100
 - 各ノードに收容するサーバ数: 4
 - 各サーバにインストールするサービスコンポーネント数(q): 2~6
 - 各サーバが実行するサービスコンポーネント数(r): 1あるいは1~(q-1)

r=1の場合: ランダム手法と提案手法が近い障害回復割合を示す

r=1~(q-1)の場合: ランダム手法が提案手法より高い障害回復割合を示す

構成要素の能力が不均一な場合はランダム手法が高い障害回復割合を示す

特別研究報告発表会 2013/2/19

まとめと今後の課題

- まとめ
 - 生物ネットワークの縮退特性に着目した情報ネットワークシステムの冗長化手法を提案
 - 各構成要素が実行できる機能に部分的な重複関係を持たせて冗長構成を構築することで、障害発生に対する高い頑強性を示す
 - シミュレーションによる提案手法の評価
 - 構成要素の能力が均一な場合、提案手法は高い頑強性を示す
 - 構成要素の能力が不均一な場合、提案手法に比べランダムに冗長構成を構築する手法が高い頑強性を示す
- 今後の課題
 - 各構成要素が自律的に動作することによる障害からの回復の実現
 - 提案手法とランダムに冗長構成を構築する手法の特徴を併せ持つ手法の検討

特別研究報告発表会 2013/2/19