


## 適応的自己組織化ネットワークシステムの提案

2 V-6

内藤 昭三, 山本 公洋, 丸山 勝久, 藤浦 豊徳

 NTT ソフトウェア研究所

### 1 はじめに

インターネットをはじめとするネットワークシステムは、大規模化、複雑化、多様化が急速に進んでいる。また、ネットワークシステムを取り巻く環境は、絶えず変動している。このような状況の基では、ネットワークシステムの振舞の完全な予測は困難であり、電話系のネットワークで行なわれてきたような中央制御は不可能になりつつある。このような観点から分散型のネットワーク管理システムや、自律的なエージェントのマーケット指向によるネットワーク資源配置などの手法が提案されている [1]。本稿では、不完全かつダイナミックな情報の基で、適応的に自己組織化を行なうネットワークシステムを提案する。ここで、適応的自己組織化とは、システム自らが環境との相互作用を通じてシステムの構造・機能を適応的に変化させることにより性能の維持・向上を図ることであると定義する。本稿での自己組織化ネットワークシステムは、自己モニタ、依存解析による自己診断、自己再構成の3要素よりなる。ルーティング、WWW キャッシュにおける具体例を示す。

### 2 ネットワーク変動要因

ノード/リンクの障害、セキュリティ、AUP など多くの変動要因の中でもトラフィック要因が最もダイナミクスの大きいものである。特に、WWW の登場依頼のインターネットのトラフィックの増加は著しく、しかも総トラフィックの増加だけではなく、ある時間あるサイトに偏在するという「ホットスポット」の現象がいくつも報告されている。例えば、マイクロソフトのソフトウェアリリースにより、NorthWestNet が、48 時間輻輳したことや、IBM のチェス対戦速報サーバへの負荷集中事例などが報告されている [4]。これらは、事前に知ることのできるイベントに起因するものであり、比較的予測しやすい事例であるが、一般にはトラフィック変動や輻輳ゾーンの予測は困難である。本稿では、特にトラフィックダイナミクスに適応的な自己組織化ネットワークシステムを提案する。

### 3 適応的自己組織化ネットワークシステム

トラフィックのようなダイナミクスの大きい変動要因に、リアルタイムで対処するためには、ネットワークの全域に渡るトラフィックを収集し、解析し、対策をプランニングするという集中型管理では、時間遅れが大きく、効果は小さい。各ネットワークエージェントが、自己の得ることのできる (不完全な) 情報の範囲内

で、リアルタイムな再構成プランニングを行なっていく必要がある。自己組織化ネットワークシステムは、トラフィックモニタ、依存解析、再構成の3つの構成要素エージェントからなる。

#### 3.1 トラフィックモニタ

トラフィックモニタエージェントは、監視するリンクあるいはノードを通過するパケット (ヘッダ) をタイムスタンプを付けて収集する。これらの、収集結果から、トラフィックの時間変動、損失、不均衡などを含む起点・終点ごとの統計情報などを作成する。

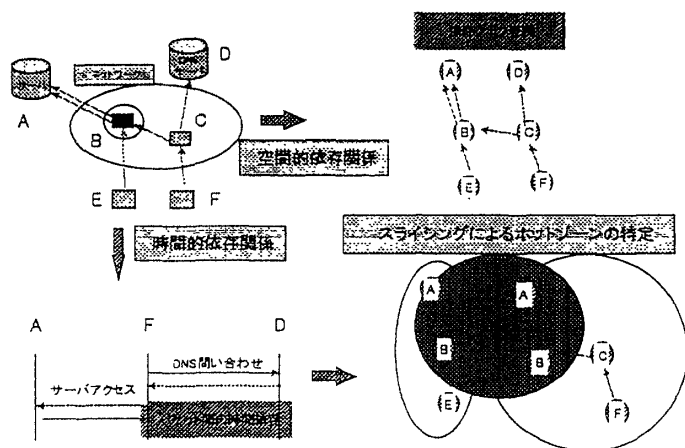


図 1: トラフィック依存解析

#### 3.2 依存解析

トラフィックモニタエージェントから得られるトラフィックデータに対して、トラフィックの依存解析を行なう。依存要因は、空間的依存関係と時間的依存関係の2種に分類できる。空間的依存関係は、ネットワークトポロジー情報に基づき、ネットワーク上のトラフィックの流れを表現したものである。これは、依存グラフとして表現される。一方、時間的依存関係は、プロトコルの依存関係に基づき、トラフィックの時間的な順序関係として表現される。例えば、DNS サーバの問い合わせとサーバアクセストラフィックの間の時間的順序関係などがある。これらの依存解析を基に、トラフィックのスライジングを行ない、ホットスポットを含むホットゾーンを切り出す (図 1)。ソフトウェア工学分野で使われているプログラムスライジングあるいはプログラムプロファイラの、トラフィックプロファイラへの応用とみなすことができる。

#### 3.3 再構成

トラフィック依存解析により、ホットゾーンやボトルネックが検知されると、それを解消するために、ネッ

<sup>1</sup> Adaptive Self-Organizing Network System  
Shozo NAITO, Kimihiro YAMAMOTO,  
Katsuhisa MARUYAMA and Toyonori FUJIURA  
NTT Software Laboratories

トワークの再構成を行なう。ネットワーク資源(帯域、キャッシュサーバなど)の再配置(の提案)や、ルーティングテーブルの再構成を行なう。その効果は、再びモニタリングされ、レスポンスな自己組織化が継続する。

#### 4 具体例

##### 4.1 ルーティング

パケットフォワーディングネットワークにおいて、ホップリンクごとのパケットの受理/拒否履歴に応じて、ルーティングテーブルの自己再構成を行なう手法を提案し、シミュレーションを行なった[3]。まだネットワークの規模は小さいが、ルーティングテーブルの収束性、輻輳回避性などを実証した。

例えば、図2のようなネットワークにおいて、各ノードは、図3の経路選択アルゴリズムに従って、パケットバッファを削減するようにパケット送信を行なう。

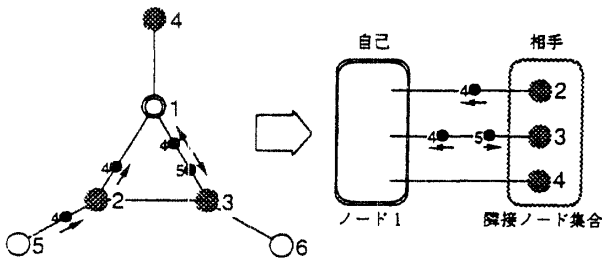


図2: シミュレーションネットワーク

各ノードは、送信パケットとアックの履歴を基に、しっぺ返し戦略に従い、経路選択を行なう。各ノード間のパケット送信における協調戦略としっぺ返し戦略を併用することにより、ネットワーク全体における負荷均衡を実現できた。また、しっぺ返し戦略により、故障などの輻輳要因にリアルタイムに対応可能であり、輻輳の伝播を抑制可能である。さらに、協調戦略としっぺ返し戦略により、局所的なパケット送信のプランニングと局所的な学習が反復され、その結果として、ネットワーク全体の最適経路制御が創発する。

##### 4.2 WWW キャッシュ

サーバへのアクセス遅延の短縮やバックボーンネットワークのトラフィック削減を目的として、キャッシュサーバの設置が有効である[4]。我々は、アクセス履歴に基づくサーバキャッシュ法を提案し、LRUなどの従来CPUキャッシュなどで使われたキャッシュ法との性能評価を行なった[2]。その結果、キャッシュサイズの小さい範囲では、LRUなどのオンラインキャッシュに比べて、アクセス履歴に基づくオフラインキャッシュがトラフィック削減効果に優れることを示した。さらに、オフラインキャッシュは、ページングに伴う、メモリ管理の負荷を削減することができるという利点も持っている。そこでは、シングルキャッシュの設置を考察対象としたが、アクセス履歴をさらに効果的に使い、アクセス元ドメインとアクセスURLとの対応ごとの頻度情報などを使うことにより、キャッシュのローカルカスタマイズを行なったり、複数キャッシュサイトを自己組織的に決定することにより、アクセスパター

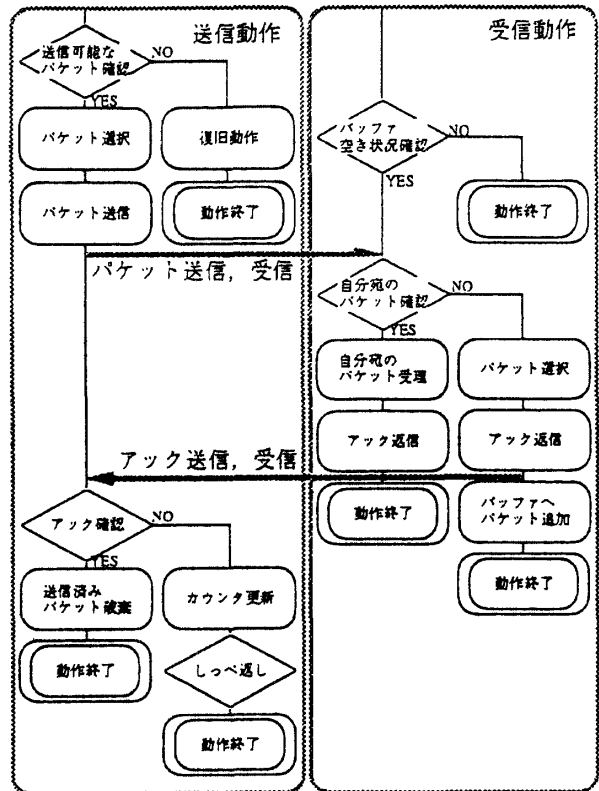


図3: 経路選択アルゴリズム

ンのダイナミクスに適応するキャッシュサーバのレイアウトへの適用方式を考察している。

#### 5 むすび

トラフィック適応的な自己組織化ネットワークシステムを提案し、ルーティング、WWW キャッシュにおける具体例を示した。今後、トラフィックスライシングによる依存解析に基づく自己診断の詳細化およびスケラビリティの検証を行なう予定である。

#### 参考文献

- [1] Kazuhiro Kuwabara, Toru Ishida, Yoshiyasu Nishibe, and Tatsuya Suda: An Equilibratory Market-Based Approach for Distributed Resource Allocation and its Application to Communication Network Control, in Scott H. Clearwater (ed.) Market-Based Control, A Paradigm for Distributed Resource Allocation, World Scientific, pp.53-73, 1996.
- [2] 藤浦豊徳, 内藤昭三: トラフィック適応型ネットワーク資源最適配置法の提案, 情報処理学会第55回(平成9年度後期)全国大会, 5T-06.
- [3] 山本公洋, 藤浦豊徳, 内藤昭三: ゲーム理論に基づくネットワーク経路選択手法の提案, 情報処理学会第54回(平成9年度前期)全国大会, 3M-07.
- [4] Lixia Zhang, Sally Floyd, and Van Jacobson: Adaptive Web Caching, NLANR Web Cache Workshop, June 1997, <http://www.nlanr.net/Cache/Workshop97/Papers/Floyd/floyd.ps>.