システム構成要素間の相互作用を考慮したクライアント・サーバーシステムの性能解析

福田 次良

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1997 年 2 月 13 日

キーワード： クライアント・サーバーシステム, Ethernet, NFS, TCP/IP, シミュレーション.

Abstract

この論文では、クライアント・サーバーシステムの一つとして、分散ファイルシステムをとりあげ、各々の部分的な変動がネットワークシステム全体の系にどのような影響を及ぼすかをシミュレーションにより解析した。シミュレーターにおいて、トラヒックの発生は実際のネットワーク上のパケットを測定し、NFS に特化したトラヒックモデルとしてモデル化を行なった。また、各階層のプロトコルのモデル化と共に、サーバーの CPU 処理性能やディスク処理性能をも考慮したモデルとしてモデル化を行なった。

1 はじめに

近年のネットワークの普及により大規模なクライアント・サーバーシステムが広く構築されている。その一つに分散ファイルシステムがある。これはクライアント・サーバーシステムを用いて、各端末から透過的なファイルアクセスを可能にする。そして、サーバーは、管理面での容易さと、リソース共有によるコスト低下の利点から集中化の傾向にある。しかしこのようなネットワーク構成において何らかの原因によるファイルサーバの性能低下は、再送、輻輳をまねき、システム全体の性能低下を引き起こすと考えられる。

本研究では、ネットワーク構成要素の各々の部分的な変動がネットワーク全体の系にどのように影響を及ぼすかを解析し、各々の最適な構成を求めることを目的とする。

これまでネットワークの分野において多くの性能評価手法や評価ツールの提案がなされてきた。しかし、これらの多くは各階層のプロトコルのみを対象としており、サーバーの性能については含まれていない。

本論文では、性能解析の一手法としてシミュレーターを作成し、シミュレーションによってネットワーク・トラヒック特性の解析を行なう。

2　シミュレーターの概要

シミュレーターは大きく分けてユーザートラヒックモデル、サーバーモデル、ネットワークモデルの 3 つの部分から構成される。各部では以下の項目についてモデル化を行なった。

- ユーザートラヒックモデル
  - タイムアウト時間
  - 再送アルゴリズム（hard マウント）
- サーバーモデル
  - プロセス機構
  - CPU 占有時間（CPU 処理時間）
  - ディスクアクセス時間
- ネットワークモデル
  - フラグメントとリアセンブリ
  - ルーティング
  - Ethernet

3　ユーザートラヒックモデル

ユーザートラヒックモデルはユーザーがどのようにトラヒックを発生するかを記述したモデルである。

従来の研究の多くは、パケットがランダムに発生し、その発生間隔時間はポアソン分布に従うと仮定されてきた。しかし、NFS のトラヒックにはプロトコルの性質から従来のモデル化では適用しきれない部分がある。そこで、本シミュレータでは、正規分布と確立遷移行列を組み合わせたユーザートラヒックモデルを提案する。そして、モデルのパラメータには実際の LAN を測定し決定した。

4　サーバーモデル

このモデルは、クライアントから来た NFS 要求に対して、所定の処理時間を経過した後、クライアントへ返答を返すモデルである。

4.1 サーバーサブモデル

サーバーサブモデルではプロセス機構と各 NFS 要求の CPU 占有時間についてモデル化を行なったものである。モデル内では、NFS 要求毎に CPU 占有時間が設定され、疑似ラウンドロビンの処理をシミュレートする。NFS 要求毎の CPU 占有時間は実測値により決定した。

4.2 ディスクサブモデル

このモデルはディスクアクセス時間をモデル化したものである。全ての NFS 要求は何らかの形でディスクへアクセスを行なうが、本シミュレーターにおいては、その処理時間において、ディスクアクセスによる影響が大きいと考えら read と write の要求のみこのモジュールへアクセスを行なうように仮定した。

5 ネットワークモデル

ネットワークモデルはクライアントやサーバーからのパケットを交換するモデルである。本シミュレーターにおいては、各階層のプロトコルの動作を忠実に再現し、パケット交換を完全にシミュレートしている。

5.1 IP サブモデル

IP は IP データグラムのフラグメント、リアセンブリ、そしてルーティングを行なう。本シミュレーションのモデルも同様に動作するようにモデル化した。ルーティングを行なっているため、複数のセグメントからなる性能解析も可能である。

5.2 Ethernet サブモデル

Ethernet サブモデルは $10Mbit/sec$ の Ethernet をモデル化したものである。Ethernet は CSMA 方式に衝突検出機構を追加した CSMA/CD 方式と用いている。本シミュレーターはこの動作を忠実に再現し、パケットの交換を行なう。

6 シミュレーション実験

作成したシミュレーターを用いてシミュレーション実験を行なった。シミュレーションの状況は、単一の Ethernet セグメント内の 1 台のサーバーに対して、複数台のクライアントが接続された場合を想定し、実験を行なった。

7　まとめ

ネットワーク構成要素間の相互作用を見るためにシミュレーターを作成した。シミュレーターはそのトラヒック発生部にNFSに特化したモデルを作成し、各モデルのパラメータの決定には実測値から抽出した。

本シミュレーターを用いたシミュレーション実験では、各構成要素間の相互作用を見ることができながったが、NFSのパケット交換を同期式で行なっているため、サーバー処理飽和による性能低下が、応答間隔時間としてクライアントにフィードバックされ、結果的にクライアントのパケット発生に制限がかかることが見ることができた。