JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	異種通信方式ネットワークの相互接続における特性解析
Author(s)	松本，浩久
Citation	
Issue Date	1998-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1122
Rights	
Description	Supervisor:日比野 靖，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

異種通信方式ネットワークの相互接続における特性解析

松本 浩久

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1998 年 2 月 13 日

キーワード： 異種通信ネットワーク, QoS, トラヒック特性, ネットワーク設計指標.

Abstract

本論文では、異種ネットワークを接続してネットワークを設計する時の指標を提案する。大規模なネットワークの多くは、異種ネットワークを相互接続して構築されている。ネットワークの構築は、ネットワーク内を伝搬するトラヒック特性によってその構築方法を変更する必要がある。

トラヒックモデルは、本学のネットワークでの実測結果から作成する。また、Ethernet と FDDI を用いてネットワークモデルを作成する。Ethernet は最も良く使われているネットワークであり、FDDI は高速でデータを転送する部分に使われている。双方のモデルと用いてシミュレーションを行ない、呼損率と平均待ち時間を計測する。シミュレーションの結果からネットワーク設計指標を提案する。

本論文では、ネットワークの構築、トラヒックモデル、ネットワークモデル、シミュレーションによる実験、そしてネットワーク設計指標の提案について述べる。

1 はじめに

コンピュータネットワークのようなパケット交換のネットワークを構築する場合、通信速度や通信方式の異なる通信路を相互接続することが多い。その構成は、複数の低速回線を多重化して高速回線へ接続する場合がほとんどである。以下に相互接続の利点を示す。

- 低速回線上のトラヒックを多重化して高速回線へ伝送する大群化効果。
- NFS のように、サーバを高速回線上に配置し複数台接続するクライアントのデータやアプリケーションを共有する。

Copyright © 1998 by Hirohisa MATSUMOTO

- ブリッジやルータを用いることで簡単に構築が可能である。

ネットワークの性能を評価する従来の研究は、多くの場合パケットはランダムに発生するものと仮定し、その発生間隔時間は指数分布に従うものとされてきた。また、パケット長に関しては、特定の長さに固定するモデルあるいは Ethernet における最小長（64 バイト）から最大長（1518 バイト）までランダムに発生させるモデルが用いられてきた [1]。アプリケーション毎に発生率を考慮して解析した例もあるが [2]、単一通信のみでの解析であり、実際のネットワークに伝送されるトラヒック特性とは異なる。

本研究では、現実のネットワークをモデル化して特性を解析するため、実際のネットワークにてトラヒックを測定し、実測結果からパケット発生間隔時間およびパケット長のトラヒックモデルを作成する。また、相互接続する各ネットワークの通信速度や通信方式をモデル化したネットワークモデルを作成する。双方のモデルを用いてシミュレーションを行い、クライアント、サーバおよびブリッジにおける遅延時間や呼損率を求める。この結果から、異種の通信路を組み合わせたネットワークにおけるトラヒック量の限界値を推定し、QoS[1] の高いネットワークの設計指標を提案することを目的とする。

2　ネットワークの構成

本研究では、ネットワークの例として低速回線としてバス型 LAN の Ethernet と高速回線としてトークンリングの FDDI を相互接続する。各回線の物理層はそれぞれ 10Base-T、100Mbps の光ファイバとする。Ethernet と FDDI はブリッジを介して相互接続する。Ethernet には複数台のクライアントを接続する。また、FDDI には 1 台のサーバおよび複数台のブリッジが接続する。

異種ネットワークを相互接続した時の QoS はフレーム呼損率 (FLR;Frame Loss Rate) およびフレーム平均待ち時間 (FWT;Frame Wait Time) を用いて求める。FLT および FWT の特性を決定するのは、「フレーム到着間隔」、「サービス時間」、「最大待ち行列長」である。

フレーム到着時間は、発呼される時間あるいは通信回線を通ってブリッジに到着する時間で決定する。

サービス時間は、データ伝送時間およびバス確保時間によって決定する。データ伝送時間はフレーム伝送に費やされる時間である。バス確保時間は、CSMA/CD と Token Ring の通信方式によって異なる。

平均バッファサイズは、FLR に最も関係する。平均待ち時間はサービス時間と待ち行列長の積で求めることができる。したがって、バッファサイズが無限大であれば、FLR はゼロになる。フレーム到着時間とサービス時間が同じに近付くと、FWT は無限大に発散する。また、バッファサイズを一定の長さに制限すれば、FLR は大きくなるが FWT は一定値に収束する。以上の特性を利用し、バッファサイズを可変させた実験を行なうことで FLR と FWT の関係を導くことができる。

[1] Quality of Service

3　トラヒックモデル

3.1　トラヒック測定

トラヒックの測定は、本学のネットワークを用いて行なった。測定期間は３週間で、常時セグメント内を伝搬する全トラヒックを測定した。

3.2　トラヒックのモデル化

コンピュータネットワークでのトラヒックは、人間の行動やプロトコル、アプリケーションに依存する場合は大きく、極めて複雑である。従って、「バーストトラヒック」と「平均トラヒック」に分けてモデル化した。

モデル化に必要な確率分布関数として、正規分布、指数分布、対数指数分布を候補とする。各確率分布関数に対して、実測結果からパラメータを求める。各分布のパラメータの推定は次のように行なう。正規分布および対数正規分布はサンプルデータの平均、標準偏差から推定する。指数分布はサンプルデータの平均から求めた発生率により推定する [3, 4, 5]。

モデルの検定は、χ^2 検定を用いる。χ^2 の値が小さいほどモデルの適合度が高いことを意味する。したがって、複数のモデルを比較する場合は、χ^2 が最も小さくなるモデルを選択すれば良い。

発生間隔に対するフレーム数のモデルは、対数正規分布を用いてモデル化した。また、フレーム長に対するフレーム数のモデルは、いずれの分布も適合度が悪いため、テーブルによるモデルとした。

4　ネットワークモデル

ネットワークモデルは、Ethernet と FDDI を相互接続したモデルとする。モデルは MAC 層を対象とし、通信速度、通信方式、１フレームあたりのバイト数などのネットワーク特性から作成する。クライアント、ブリッジ、サーバにはそれぞれキューを設ける。また、ブリッジでは FDDI からのフレームが Ethernet の MTU より大きい時、IP フラグメンテーションを行なう機能をモデル化する [6, 7]。

5　シミュレーションによる実験

相互接続するネットワークの特性を解析するために 8 パターンのシミュレーションを行なった [8, 9]。第 1 に、従来用いられていた発生間隔時間に指数分布を用いる方法と今回の対数正規分布を用いる方法の比較を行なう。第 2 に、ブリッジの Ethernet 側（以下、ブリッジ下りと略記）での特性について実験を行なう。トラヒックは平均トラヒックを用い

る。第 3 に、第 2 シミュレーションをバーストトラヒックを用いて行なう。第 4 に、FDDI 上にブリッジが 1 台接続した時、ブリッジの FDDI 側（以下、ブリッジ上りと略記）での特性について実験を行なう。第 5 に、FDDI 上にブリッジが複数台接続した時、ブリッジ上りでの特性について実験を行なう。第 6、7、8 では特定の構成でシミュレーションを行なう。

シミュレーションの結果として、従来の研究で用いられていた指数分布の方が今回の研究で用いた対数正規分布よりも待ち時間が長くなる結果が得られた。

ブリッジ下りでは、平均トラヒックの時は 5 台以上、バーストトラヒックの時は 2 台以上になると QoS が悪化することがわかった。

ブリッジ上りでは、一台のブリッジに複数の Ethernet を接続する方が複数のブリッジに Ethernet を分散するよりも QoS が良い。

6　ネットワーク設計指標の提案

シミュレーション結果より、平均トラヒックを伝搬しているネットワークでは、1 本の Ethernet に接続するクライアントを 4 台に制限して設計する必要がある。

FDDI 上のブリッジ数を少なくし、できるだけ多数の Ethernet を 1 台のブリッジに接続する。

7　むすび

異種ネットワークを相互接続してネットワークを構築する場合、上りのトラヒックのみを考慮するのではなく、下りのトラヒックも考慮してネットワークを設計することが必要である。この理由は、上りよりも下りのフレーム長が大きくおよび全クライアントへの応答が重ね合わされているのもかかわらず、ブリッジは他のノードと同じ帯域しか割り当てられていないからである。

参考文献

[1] 里吉務, 高原幹夫: “サブネットワークとして CSMA/CD-LAN をもつ Token Ring LAN の伝送特性の評価”, 電子情報通信学会論文誌, B-1,Vol.J73-B-1,No.7,pp.603-609(July 1990).

[2] 石田陽子, 高原幹夫: “イーサネット上のトラヒック特性によるパケット発生モデルについて”, 電子情報通信学会論文誌, B-1,Vol.J78-B-1,No.11,pp.664-671(Nov 1995).

[3] 名部正彦, 馬場健一, 村田正幸, 宮原秀夫: “World-Wide-Web におけるユーザトラヒックの分析”, 信学技報 IN96-74,pp.91-96(1996).

[4] V.Paxson: “Empirically Derived Analytic Models of Wide-Area TCP Connections”, IEEE/ACM Transactions on Networking,vol2,no.4,pp.316-336(1994).

[5] S.Pederson and M.Johnson: “Estimating Model Discrepancy”, Technometrics ,vol32,no.3,pp.305-314(1990).

[6] A.S.Tanenbaum: “Computer Networks”, Prentice-Hall(1996).

[7] 泉谷建司: “〜LAN 技術解説〜Ethernet と FDDI”, ソフト・リサーチ・センター (1993).

[8] 石原進, 岡田稔, 岩田晃, 櫻井桂一: “イベント駆動方式による LAN 通信解析モデル”, 電子情報通信学会論文誌, A,Vol.J78-A,No.8,pp.961-964(Aug 1995).

[9] 石川宏: “C によるシミュレーションプログラミング”, ソフトバンク (1994).