

HiTactix/Symbiose の開発（6）

2Z-6

-Dynamic Gateway の性能評価-

川田容子, 岩崎正明, 中原雅彦, 竹内 理, 中野隆裕, 田口しほ子, 児玉昇司

(株) 日立製作所システム開発研究所

1. はじめに

我々は, HiTactix/Symbiose の応用として Dynamic Gateway の研究開発を進めている. Dynamic Gateway は, NAT (Network Address Translation)[1]機能^{注1}によって複数WWWサーバへの負荷分散を実現し, 高速通信技術[2]を備えることを特徴とする. 今回は, SingleCPU版 HiTactix カーネルを搭載した Dynamic Gateway (以後, DG と記す) の性能評価を目的として, 実験を行った. 本稿では, 実験の概要と, DG の性能評価結果について述べる.

2. 性能評価実験

2.1 性能評価実験の概要

本性能評価では, 以下の2項目を目的とした.

(測定1) DGによる負荷分散の効果を定量的に明らかにすること.

(測定2) DGのルーティング性能を定量的に明らかにすること.

本実験では, WWWサーバとして1~6台, WWWサーバへの負荷を生成する HTTP 負荷生成マシンとして6台, DGとして1台のPCを用意し, これらのPCを Fast Ethernet によって接続した. WWWサーバ, 負荷生成マシン, DG のハードウェア仕様とソフトウェア仕様は表1に示す通りである.

表1 使用計算機の仕様

計算機の用途	ハードウェア仕様		ソフトウェア仕様	
	CPU	動作周波数	OS	走行プログラム
WWWサーバ	PentiumMMX ^{注2}	200MHz	Free BSD	Apache1.3.0 CPU負荷測定プログラム
	PentiumII ^{注2}	266MHz	2.2.7	
負荷生成マシン	Pentium ^{注2}	200MHz	Free BSD	負荷生成プログラム
	Pentium II	300MHz	2.2.7	
	Pentium II	400MHz	Free BSD 2.2.8	
Dynamic Gateway	PentiumII	300MHz	HiTactix	CPU負荷測定プログラム

測定1では, 1台のWWWサーバと負荷生成マシンを直接接続した構成(図1(a))におけるサーバ負荷と, DGを介して2台のWWWサーバに負荷分散する構成(図1(b))におけるサーバ負荷を測定し, 両者を比較した.

測定2では, DGに2ポートのネットワークカードを3枚(6口)装着し, 図1(c)の構成において4方向ルーティングの性能を評価した. また, 同様に図1(d)の構成において6方向ルーティングの性能を評価した.

2.2 性能評価条件及び性能測定方法

本実験では, 図1の各実験システム構成にて実際の

A Development of HiTactix/Symbiose(6)

-- An Evaluation of the HiTactix Dynamic Gateway

Yoko Kawata, Masaaki Iwasaki, Masahiko Nakahara, Tadashi Takeuchi, Takahiro Nakano, Shihoko Taguchi, Syouji Kodama
Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.

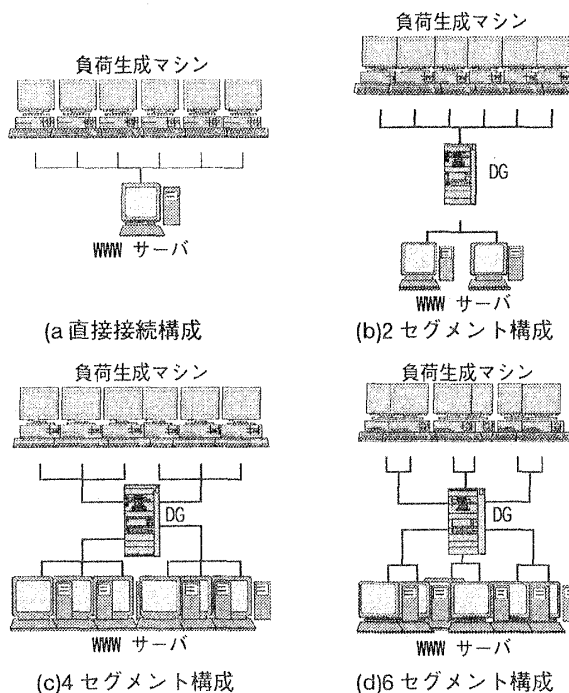


図1 実験システム構成

WWWシステムにおけるトラフィックを擬似的に発生させ, 測定を行った. 即ち, 多数のユーザからのWWWサーバへのアクセス集中は, 1台の負荷生成マシンにつき複数のプロセスがWWWサーバへのアクセスを繰り返すことによって再現した. 各プロセスは, HTTPプロトコルのGET要求をWWWサーバへ発行し, コンテンツ・データをランダムに要求する処理(リクエスト)を繰り返す.

WWWサーバのCPU利用率やネットワーク・トラフィック量は, コンテンツ・データのサイズに依存する. このため, コンテンツ・データは, 実際のWWWシステムの特徴を反映させる必要がある. 本実験では, 実際のWWWシステムを調査した文献[3][4]や, 既存のWWWサーバ評価ツール^{注3}で使用されているコンテンツ・データを参考にし, 35バイト~729Kバイトの範囲で, 平均9.6Kバイトのデータを861個用意した. 本実験におけるWWWサーバはすべて, 同じコンテンツ・データを持つ.

測定した値は, WWWサーバのCPU利用率, 1秒当たりのリクエスト数, 応答時間, ネットワーク・トラフィック量, DGのCPU利用率である. WWWサーバのCPU利用

注1 本ゲートウェイのNAT機能は, 静的なアドレス変換を実行する. このアドレス変換は, 負荷発生マシンのIPアドレスの最下位8ビットの値をWWWサーバ数で割った剰余によって割り当てるWWWサーバを決定する.

注2 Pentium, PentiumMMX, PentiumIIは, Intel Corp.の登録商標です.

注3 Mindcraft社のWebStoneとSPEC社のSpecweb96を調査.

率は、Free BSDのカーネル内にフックを入れてアイドル・スレッドの走行時間を測定した。また、DGのCPU利用率は、Tactixカーネル内部に用意されている関数によってアイドル・スレッドの走行時間を測定した。

実験は、負荷生成プロセス数を変化させることにより、各WWWサーバのCPU利用率が約10%から、ネットワークの帯域が飽和する、もしくはWWWサーバのCPU性能が飽和するまでの条件で行った。測定時間は、各条件につき10分間である。

3.Dynamic Gateway の性能評価

3.1 負荷分散の効果

図1(a)(b)における測定結果の比較を、図2、3に示す。図2は、1秒当たりのリクエスト数とWWWサーバのCPU利用率の関係を示し、図3は、1秒当たりのリクエスト数とWWWサーバの平均応答時間の関係を示している。図2に示すようにDGによって2台のWWWサーバへ負荷分散を行うと、各WWWサーバのCPU利用率は直接接続構成におけるWWWサーバのCPU利用率の約46~47%となり、1秒当たりに処理可能な最大リクエスト数は約1.9倍となることが確認できた。また、図3に示すように、WWWサーバのCPU性能が飽和していないときはDGを経由することによって、応答時間が約20msec増加するが、CPU利用率が90%以上になると、WWWサーバのCPU性能が飽和して応答時間が急激に増大することも明らかとなった。

3.2 Dynamic Gateway のルーティング性能

図1(b)~(d)の構成で測定実験を行った結果を図4に示す。図4は、WWWサーバから送信されるデータのトラフィック量とDGのCPU利用率の関係を示している。また、表2に今回の性能評価実験において測定された最大スループットを示す。(b),(c)の構成では、DGのCPU性能が飽和する前に、ネットワークの帯域やWWWサーバの

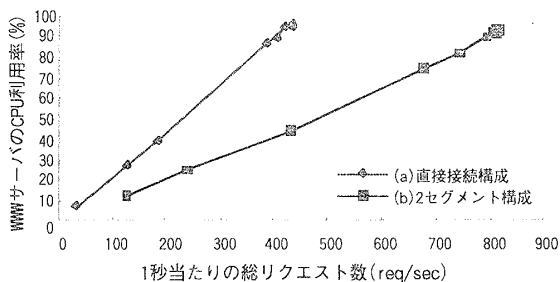


図2 WWWサーバのCPU利用率の比較

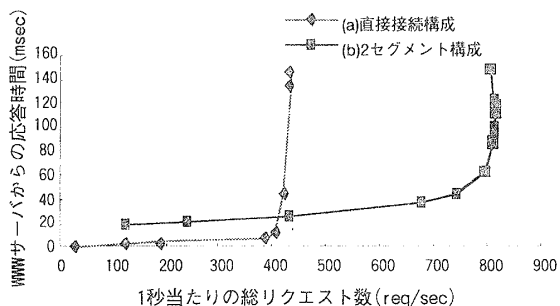


図3 WWWサーバの応答時間の比較

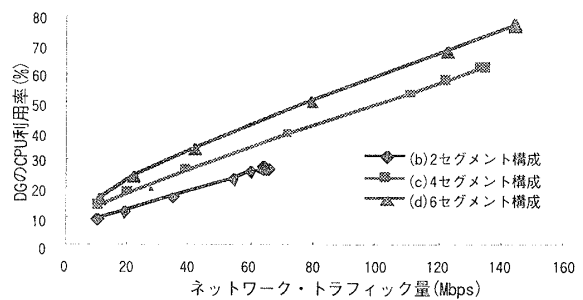


図4 トラフィック量とDGのCPU利用率

表2 DGの限界性能

実験システム構成	DG經由6セグメント構成
1秒当たりのリクエスト数	1826.42
ネットワーク・トラフィック量	143.5617Mbps

CPU性能が飽和していることが確認できた。(d)の構成では、トラフィック量約143.6Mbps(1セグメント当たり約48Mbps)以上のスループットが得られなかった。このスループットでは、各セグメントのネットワークの帯域は飽和していない。また、WWWサーバの平均CPU利用率は56%にとどまっておき、DGのCPU利用率が78%に達していることから、DGが限界性能に達したと考えられる。

このDGの性能ネックを調べるため、DG内のパケット・ロス数及び、スレッドのデッドライン・ミス数を測定した。この測定の結果、パケット・ロスは発生していなかったが、スレッドのデッドライン・ミスが10分間で3063回発生していること明らかとなった。これは、ルーティングを行う方向の増加によって受信側のEthernetデバイスドライバの割り込み頻度が増加するため、送信スレッドのCPU能力が不足し、送信スレッドがデッドライン・ミスを起こしていると考えられる。

4. おわりに

本報告は、HiTactix搭載Dynamic Gatewayの性能評価について述べた。性能測定の結果、本Dynamic GatewayによるWWWサーバ負荷分散の効果を確認できた。また、DGはFast Ethernetで4方向ルーティングを行うのに十分な性能を有していることも確認した。今後は、マルチプロセッサを用いたHiTactix/Sinbioseを搭載したDynamic Gatewayの性能評価を行う予定である。

参考文献

- [1] P.Srisuresh, and D. Gan, "Load Sharing using IP Network Address Translation(LSNAT)", RFC2391, 1998.
- [2] 竹内理他, 「アイソクロナススケジューラを応用したQoS保証型ルーティング方式の設計と実装」, 情報処理学会, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集, Nov. 1998.
- [3] Martin F. Arlitt and Carey L. Williamson, "Internet Web Servers: Workload Characterization and Performance Implications", IEEE/ACM Trans. on Networking Vol.5-5, pp.631-645, Oct.1997.
- [4] Ghaleb Abdula, Edward A. Fox and Marc Abrams, "Shared User Behaviour on the World Wide Web", Proc. of WebNet 97-World Conference of the WWW, Internet & Intranet, pp.3-8, Nov. 1997.