

問4 Web システムの性能評価に関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

P 社は、社内業務システム（以下、本システムという）を開発中である。本システムは、社内にあるクライアントからのリクエストを受信すると、リクエストに応じた処理を行い、処理結果をリクエスト元のクライアントに返す Web システムである。その際、必要に応じてデータベースサーバ（以下、DB サーバという）にアクセスする。システム構成を図に示す。

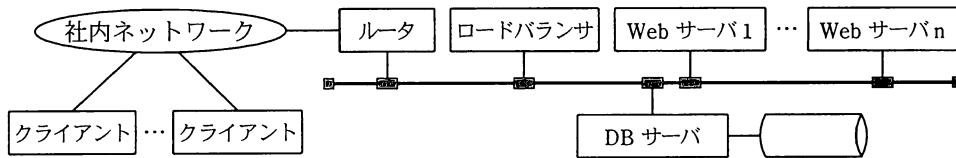


図 システム構成

クライアントからのリクエストは、Web サーバ上のリクエストキューにいったん入れられ、そこから業務スレッドに渡されて処理が行われる。Web サーバの設定で業務スレッド数を指定することができ、業務スレッドが複数存在する場合は、並行して処理が行われる。本システムの性能要件は、最大スループットが60件/秒で、そのときの平均応答時間が0.5秒以内である。

Web サーバの必要台数を、次の手順で決定することにした。

- ① プロトタイププログラムを作成して負荷テストを実施し、リクエスト1件当たりの平均処理時間と、Web サーバ1台当たりの業務スレッド数の最適値を求める。
- ② ①の結果と待ち行列理論を用いて、Web サーバの必要台数を算出する。

[プロトタイプによる計測]

Web サーバ1台、DB サーバ、テスト用クライアントの構成で、テスト用クライアント上の負荷テストツールから、Web サーバへリクエストを送信して、処理時間を計測する。処理時間は、リクエストが業務スレッドに渡された時点から、業務スレッドが処理結果をテスト用クライアントに返す直前までを計測する。Web サーバの設定で、業務スレッド数を1から順に増加させて、最適値を求める。このとき、業務スレッドがアイドル状態にならないように、負荷テストツールから十分な数のリクエストを送信する。

計測結果を表 1 に示す。この結果から、Web サーバ 1 台当たりの業務スレッド数の最適値は 4 で、そのときの平均処理時間は 0.2 秒であることが分かった。

表 1 プロトタイプでの計測結果

Web サーバの業務スレッド数		1	2	3	4	5	6
平均処理時間 (秒)		0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	0.6
Web サーバ	OS 以外の CPU 使用率 (%)	10	20	30	40	5	5
	メモリ使用率 (%)	24	48	72	96	100	100
	ディスク入出力 (M バイト/秒)	0	0	0	0	10	10
DB サーバ	OS 以外の CPU 使用率 (%)	3	5	8	10	2	2
	メモリ使用率 (%)	20	20	20	20	20	20
	ディスク入出力 (M バイト/秒)	5	10	15	20	3	3

[待ち行列理論による算出]

計測結果から、Web サーバの業務スレッド数を 4 に設定することにした。この状態は、サービス窓口が四つの待ち行列モデルに相当し、M/M/4 モデルを用いて解析できる。窓口数が 4 で、平均処理時間を 1 に正規化した場合の窓口利用率と平均待ち時間の関係を表 2 に示す。

ここで、窓口利用率 = 平均到着率 × 平均処理時間 / 窓口数 とする。

表 2 窓口数 4 の場合の正規化した平均待ち時間

窓口利用率	平均待ち時間	窓口利用率	平均待ち時間
0.05	0.000	0.55	0.126
0.10	0.000	0.60	0.179
0.15	0.001	0.65	0.253
0.20	0.003	0.70	0.357
0.25	0.007	0.75	0.509
0.30	0.013	0.80	0.746
0.35	0.023	0.85	1.149
0.40	0.038	0.90	1.969
0.45	0.058	0.95	4.457
0.50	0.087	0.98	11.950

ネットワーク上の転送時間は無視し、DB サーバでの処理時間は平均処理時間に含まれるものとして、Web サーバが 1 台、スループットが 18 件/秒の場合を考える。このとき、平均到着率は 18 件/秒、平均処理時間は 0.2 秒、窓口数は 4 なので、窓口利用率は となる。表 2 から、窓口利用率が で、平均処理時間が 1 の場合の平均待ち時間は であるので、平均処理時間が 0.2 秒の場合の平均待ち時間は 秒となり、平均応答時間は 秒となる。

次に、本システムの性能要件を満たす、Web サーバの最小必要台数を考える。

本システムのロードバランサは、システム全体での平均到着率を λ とすると、Web サーバが n 台の場合、1 台当たりの平均到着率が λ/n となるようにリクエストを Web サーバに振り分ける。ロードバランサのオーバーヘッドは無視するものとする。

本システムの最大スループットは 60 件/秒であるので、Web サーバが 台の場合、Web サーバ 1 台当たりの平均到着率は 件/秒となる。そして、窓口利用率は で、平均応答時間は 秒となり、性能要件である平均応答時間 0.5 秒以内を満たしている。

設問 1 本文中の ~ に入れる適切な数値を答えよ。答えは、小数第 3 位を四捨五入して小数第 2 位まで求めよ。

設問 2 本文中の に入れる最小の整数を答えよ。

また、そのとき ~ に入れる適切な数値を答えよ。答えは、小数第 3 位を四捨五入して小数第 2 位まで求めよ。

設問 3 表 1 のプロトタイプでの計測結果から、業務スレッド数を 5 又は 6 にした際に、Web サーバでどのような現象が発生していると推測できるか。その現象名を解答群の中から選び、記号で答えよ。また、この Web サーバにどのような改善を施せば、その現象が発生しなくなるかを 10 字以内で述べよ。

解答群

- | | |
|--------------|--------------|
| ア ガーベジコレクション | イ スイッチング |
| ウ スラッシング | エ フラグメンテーション |
| オ メモリリーク | |