

問1 Web プロキシシステムの改善に関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

A 社では半年前から、2 台のプロキシサーバを用いた Web プロキシシステムを利用している。A 社のネットワーク構成を、図1に示す。

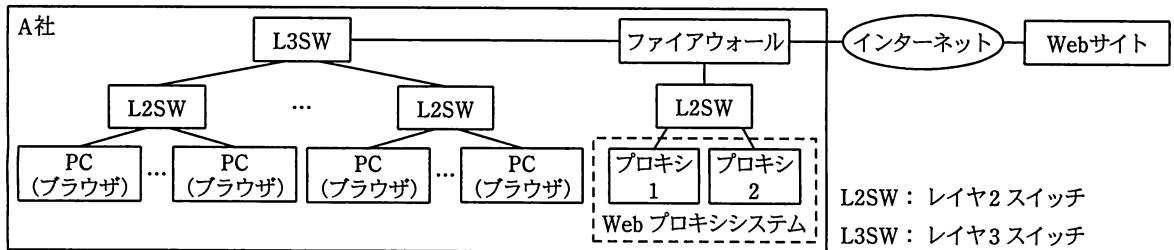


図1 A社のネットワーク構成（抜粋）

プロキシ1はキャッシュとURLフィルタリング用のプロキシサーバ、プロキシ2はウイルスチェック用のプロキシサーバである。PC上のブラウザはプロキシ1へアクセスし、プロキシ1はプロキシ2へアクセスする。Webプロキシシステムのアクセス順序を、図2に示す。

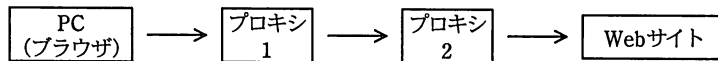


図2 Webプロキシシステムのアクセス順序

PC上のブラウザには、アクセスするプロキシ1のIPアドレスを定義する必要がある。A社では、定義用のファイル（以下、proxy.pacという）のURLをPCに登録している。proxy.pacはプロキシ1に格納されており、その中にプロキシ1のIPアドレスが登録されている。一方、プロキシ1には、アクセスするプロキシ2のIPアドレスが登録されている。

最近、Webサイトの応答が極めて遅くなったり、止まったりするようになった。この問題は、すべてのPCで同時に発生し、数分後には自然に解消した。

この問題について、ネットワークとWebプロキシシステムを担当しているB君が、調査し改善することになった。

ログの解析から、問題が発生しているときには、プロキシ2が受け付けるTCPコネクション数が、設定の上限値まで増加していることが分かった。しかし、プロキシ1が受け付けるTCPコネクション数は上限値の半数以下であった。プロキシ1とプロキシ2の上限値は、ボトルネックとなるプロキシ2のサーバ性能から設計した値で、同一である。これらの事実から、プロキシ2の過負荷が応答性能に影響を与えていることは判明したものの、その原因は分からなかった。

#### [通信プロトコルに関する調査]

B君は、Webサイトの応答性能に関係する通信プロトコルを調査した。

HTTPクライアントとHTTPサーバ間の通信では、大量のデータを一方向に転送するバルクデータ転送と、比較的少量のデータを交互に転送する対話型データ転送とが混在している。このうち、の応答性能は、ラウンドトリップ時間の影響を受ける。ラウンドトリップ時間とは、TCPコネクションにおけるパケットの往復時間である。一方、の応答性能は、ラウンドトリップ時間のほかに、ボトルネックとなる中継路の帯域幅と、確認応答を待たずに送信できるデータ量であるによっても変化する。ラウンドトリップ時間が同じでも帯域幅を広げれば、応答性能は向上し続けると思われがちであるが、TCPの通信プロトコル上、実効転送速度は、“ ÷ ラウンドトリップ時間”に抑えられる。

HTTP/1.0が公開されたころのHTTPの実装では、1組のリクエストとレスポンスごとに、TCPコネクションの確立と切断が行われていた。図3に、HTTPクライアントがGETリクエストを用いて、HTTPサーバからWebページの情報を取得する際の通信シーケンス例を示す。

図3において、利用者から見たHTTPサーバの応答時間（以下、TATという）は、 $t_1 \sim t_9$ の総和となる。HTTPクライアントの処理に着目すると、TATは次の三つに分割できる。

- ・TCPコネクションの確立完了までの時間： $t_1 +$
- ・TCPコネクションの確立完了から、ダウンロードの完了までの時間：
- ・ダウンロードの完了から、TCPコネクションの切断と情報の表示がともに完了するまでの時間： +  $t_9$

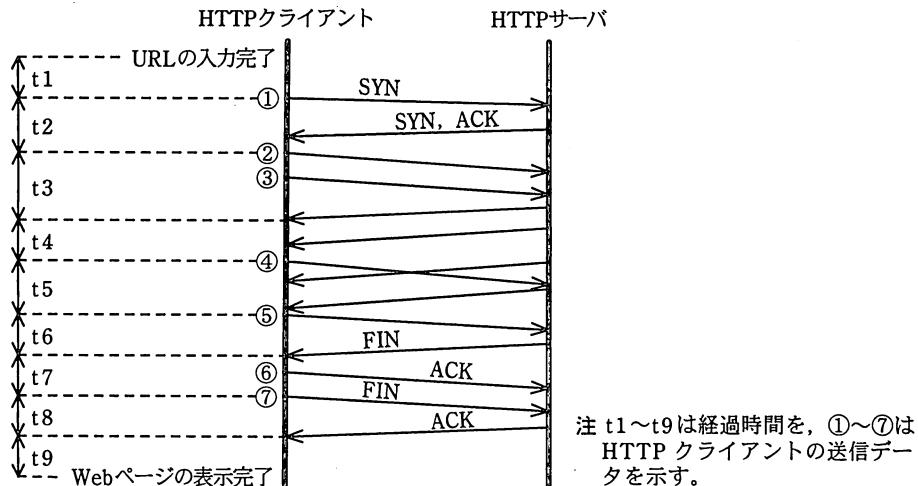


図3 HTTPに関する通信シーケンス例

HTTP/1.1において定義されている“永続的接続 (Persistent Connections)”を用いると、複数組のリクエストとレスポンスが同一のTCPコネクションの中で実行できる。これによって、通信オーバーヘッドが削減される。

多くのHTTPクライアントはキャッシュをもっており、取得する情報がキャッシュにある場合、その情報の最終更新時刻を付与したGETリクエストを送信する。キャッシュの情報が最新である場合、HTTPサーバは“304 Not Modified”のレスポンスだけを返す。これによってTATが短縮される。図3のHTTPクライアントがキャッシュをもち、問合せの結果、キャッシュにある情報が最新であると確認できた場合、そのTATは、図3で示されているTATに比べて、キだけ短縮される。

HTTPクライアントは、“先読み機能”を実装している場合もある。先読み機能とは、参照中のWebページに含まれるリンク情報を用いて、利用者が次に読み込む可能性のある情報を先読みし、キャッシュに蓄積しておく機能である。

〔原因の究明と対策の実施〕

B君は、プロキシ2に関する通信データを調査した。その結果、特定のWebサイト（以下、Cサイトという）にアクセスするとき、プロキシ1からプロキシ2へのTCPコネクション確立要求が大量に発生することが分かった。プロキシ2とCサイト間のTCPコネクションは一つだけで、HTTP/1.1の永続的接続が使われていた。

B君は、プロキシ1の仕様を再確認した。プロキシ1では先読み機能が実装されていた。また、設定によってこの機能を無効にすることができたが、A社では無効の設定を行っていなかった。B君は、PC上のブラウザやプロキシ2の仕様も再確認した。これらに先読み機能は実装されていなかった。B君は、次のように考えた。

Cサイトは、ほかのWebサイトへのリンク情報が多いので、プロキシ1の先読み機能が大量のTCPコネクションを発生させたと考えられる。プロキシ1の先読み機能を無効にすれば、問題は防止できそうである。無効にする作業は容易である。しかし、先読み効果がなくなるので、通常時の応答性能が悪化する可能性も否定できない。

先読み機能を有効にしたまま、プロキシサーバのアクセス順序を変更する対策も有望である。しかし、複数の作業を同時に行わなければならない。例えば、プロキシサーバのIPアドレスを入れ替え、PC側の設定を変えない場合、プロキシサーバのIPアドレスを入れ替える作業のほかに、(I) 三つの変更作業が必要である。そのため、作業計画を作成し、変更作業を行う必要がある。また、この対策案では、プロキシ2のボトルネックは解消しても、(II) 別のボトルネックが発生する可能性がある。

最終的に、B君は、“対策として、プロキシサーバのアクセス順序を変更したい”と上司に報告した。その際、B君は、Cサイトへのアクセスによって発生するTCPコネクションについて、対策後の状態を図4に示し、この図を用いて対策の効果を説明した。

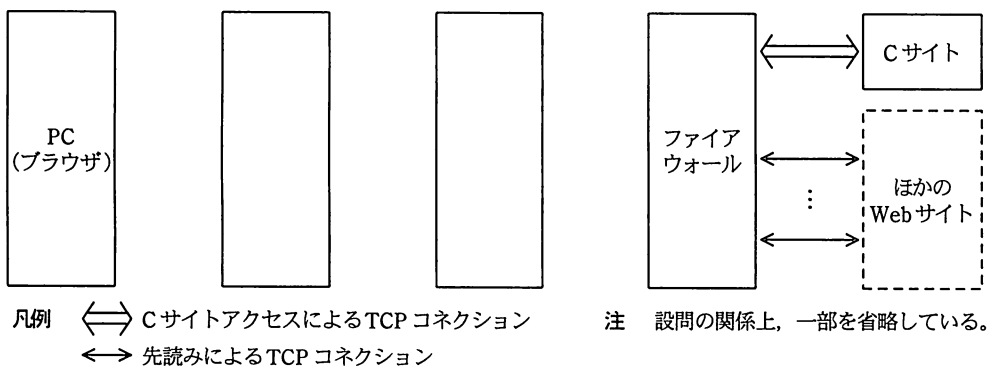


図4 Cサイトへのアクセスによって発生するTCPコネクション（対策後）

その後、B君の報告どおりに変更作業が行われ、問題は発生しなくなった。

設問1 〔通信プロトコルに関する調査〕について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) 本文中の  ～  に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) GET リクエストを図3中の①～⑦の中から選べ。
- (3) 本文中の  ～  に入れる適切な時間を、図3中の  $t_1$  ～  $t_9$  を用いた数式で答えよ。

設問2 〔原因の究明と対策の実施〕について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 本文中の下線（Ⅰ）について、三つの変更作業をそれぞれ30字以内で具体的に述べよ。
- (2) 本文中の下線（Ⅱ）について、別のボトルネックを20字以内で述べよ。

設問3 図4について、対策後の装置名とTCPコネクションを解答欄に記入せよ。