

TCP/IPプロトコル処理の高速化に関する評価

2S-4

大西淑雅, Bernady APDUHAN, 末吉敏則, 有田五次郎
九州工業大学

1. はじめに

計算機利用環境が急速に分散処理環境に移行しつつある現在, 分散処理システムの基盤となるネットワークの性能向上が重要な課題となっている。しかし, LANなどのネットワーク伝送媒体の性能向上にもかかわらず, その性能を十分に活かした高速な通信ができていないのが現状である。その理由の一つには, ネットワークの標準化を図った結果, 通信プロトコル処理が負荷の重いものになっていることが考えられる。

そこで, 本稿では標準プロトコルに基づくネットワークの実効伝送速度の高速化を目標に, プロトコル処理を高速化した場合の効果について報告する。具体的には, 国内外の計算機ネットワークでデファクト・スタンダードとして広く普及しているTCP/IPプロトコルを対象に, プロトコル処理時間と伝送効率との関係について述べる。

2. TCP/IPプロトコル処理の概要

図1に通信モデルを示す。TCP/IPプロトコル処理は, 消失データの回復やデータ到着順序の保証など信頼性のある通信を提供するTCP層の処理と, 経路選択やフラグメント処理を提供するIP層の処理に分けられる。

送信側のTCP層において, アプリケーション層で作成されたパケットが送信条件を満たすれば送信処理を実行する。送信処理では, パケットのコピーとチェックサムを行いIP層に渡す。IP層では, パケットのヘッダに送信先を設定し, 必要に応じてフラグメント化を行う。その後, NA層にパケットが渡され, パケットが送信される。

受信側では, NA層からIP層にパケットが到着すると, 受信すべきパケットであるか確認する。受信すべきパケットがフラグメント化されていれば, このIP層で再構成処理を行い上位層に渡す。受信側のTCP層では, チェックサムを調べて受信処理を行う。

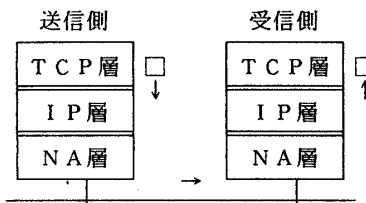


図1. 通信モデル

3. 処理モデル

本稿で論じるTCP/IPプロトコルを採用したネットワークの処理モデルを図2に示す。プロトコル処理は, 上位層からTCP層, IP層, NA層に分けられる。処理モデルにおける各層の処理に要する時間をDst, Dsi, Dsn, Dri, Dri, Driと表わす。また, TCP/IPプロトコルにおけるウィンドウ処理を考慮して, ウィンドウサイズをWで表わす。ここでは, イーサネット等のLANにおいてファイル転送のような大量データを扱うアプリケーションを実行する場合を想定し, 解析を簡単化するために以下の条件を仮定する。

- 送信側の送信データは十分に存在するとし, 送信遅延は発生しない。
- 通信回線は確立しているものとし, 回線の確立や解放の時間は考慮しない。
- 低エラー率LANを前提に, 転送エラーは発生しない。
- IP層ではフラグメント化は行われない。
- 各層のパケット長は同じ。

4. 評価式

ここでは, プロトコル処理の高速化によるネットワーク性能の向上を定量的に評価するために, その評価尺度としてネットワークの伝送効率をとる。伝送効率はスループットを正規化したものであり, 式(1)のように定義される。この式(1)における伝送速度は, イーサネットのように特定のLANを対象にして定数(たとえば, 10 Mbps)としてもよいが, 将来における伝送媒体の高速化の影響も調べるために固定しないこととする。

$$\text{伝送効率 } E = \frac{\text{送信された情報ビット数}}{\text{上記の処理に必要な時間} \times \text{伝送速度}} \quad (1)$$

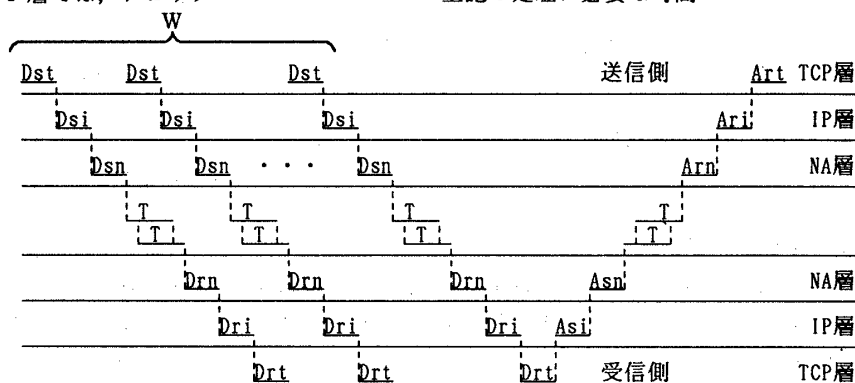


図2. 処理モデル

送信のためのプロトコル処理時間が伝送時間より大きい場合、評価式の分母はプロトコル処理時間に大きく依存することになる。逆に、プロトコル処理時間が伝送時間より小さい場合、分母は伝送時間に大きく依存することになる。つまり、条件1 ($D_{st} + D_{si} + D_{sn} > T$) では、伝送効率 E は式(2)となり、条件2 ($D_{st} + D_{si} + D_{sn} < T$) では式(3)となる。

$$\text{条件1 } E = \frac{W \times L / V}{W \times (D_{st} + D_{si} + D_{sn}) + D_{rn} + D_{ri} + D_{rt} + d + T} \quad (2)$$

$$\text{条件2 } E = \frac{W \times L / V}{D_{st} + D_{si} + D_{sn} + D_{rn} + D_{ri} + D_{rt} + d + W \times T} \quad (3)$$

W : ウィンドウサイズ
L : パケット長
T : データ伝送時間 (= L / V)
V : 伝送速度
d : 伝搬遅延時間

さらに、実際のネットワーク環境に即して評価するため、TCP/IPプロトコル処理の動的解析によって判明した各層の処理時間に基づき、評価式における各々のプロトコル処理時間に重み付けを行う。その結果、プロトコル処理に要する全時間を一つのパラメータで表すことができる。つまり、プロトコル処理時間の基準単位時間を P ($P = D_{rn}$) で表すと、式(2)、式(3)はそれぞれ次のようになる。

表3. 各層のプロトコル処理時間の重み

Dst	Dsi	Dsn	Drt	Dri	Drn
32.2	5.1	1.7	12.2	3.9	1.0

$$E = \frac{W \times L / V}{((32.2 + 5.1 + 1.7)W + 12.2 + 3.9 + 1.0)P + d + L / V} \quad (4)$$

$$= \frac{W \times L}{((40.0W + 17.1)P + d)V + L} \quad (4)$$

$$E = \frac{W \times L / V}{(32.2 + 5.1 + 1.7 + 12.2 + 3.9 + 1.0)P + d + W \times L / V} \quad (5)$$

$$= \frac{W \times L}{(57.1P + d)V + W \times L} \quad (5)$$

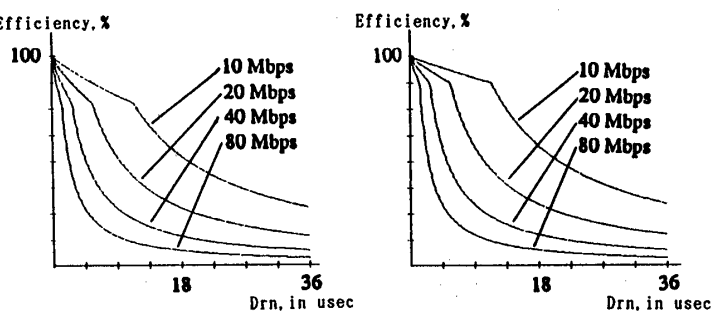
5. 結果

図4、図5に評価式に基づく結果を示す。なお、高速なLANを想定しているため処理時間に比べて伝送遅延時間 d は無視できるので $d = 0$ とし、パケット長 L は576バイトとしている。

図4では、プロトコル処理時間が長い、つまり P が大きな値を示す場合、伝送効率 E は低い値となっている。一方、プロトコル処理時間が短い、つまり P が小さな値を示す場合、伝送効率は向上している。ただし、その向上率に関し

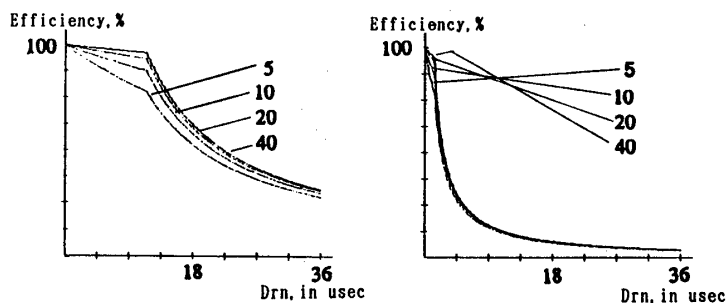
ては、伝送媒体が高速なほどプロトコル処理時間を大幅に短縮させなければあまり効果がないことが分かる。

図5は、ウィンドウサイズ W の大きさによる影響を表している。伝送速度が10Mbpsの場合は、ウィンドウサイズを大きくすれば、伝送効率は若干上昇する。しかし、伝送速度を80Mbpsとした場合、ウィンドウサイズによる伝送効率の向上は望めないことが分かる。



(a) W = 5 の場合 (b) W = 10 の場合

図4. 通信媒体の速度による影響



(a) V = 10 Mbps の場合 (b) V = 80 Mbps の場合

図5. ウィンドウサイズによる影響

6. おわりに

以上、TCP/IPプロトコルを採用したネットワークにおけるプロトコル処理の高速化による効果について述べた。伝送効率を向上させるには、TCP/IPプロトコル処理の高速化が十分効果があることを確認した。特に、ネットワークが将来高速になればなるほど、プロトコル処理の高速化が一層重要になることが分かった。

参考文献

[1] B. Apduhan, Y. Ohnishi, T. Sueyoshi, I. Arita, "Performance Evaluation Model of an Ethernet Adapting TCP/IP", in Record of JCEEE in Kyushu, Japan, p. 648 (1990)
[2] 大西他, "TCP/IPプロトコルに基づくイーサネットの性能評価", 電気関係学会九州支部連合大会講演論文集, p. 649 (1990)