

アクセス制御付加型ネットワーク におけるオーバヘッドの影響

6 N-9

坂本康治, 鈴木基史, 岡田義邦 (電総研)

はじめに

当所では放送型光バスを用いたマルチプロセッサ・システムを開発中である。多重型バスと並列型バスの性能比較については既に述べた⁽¹⁾。本稿ではアクセス制御を付加型に限定して、並列型が実現できる性能、および並列型が優位性を保つための許容オーバヘッドを明らかにする。

オーバヘッドの要因

オーバヘッドに影響を与える要因には、データ転送方式、アクセス制御方式、チャンネル割当て方式などがある⁽¹⁾。

データ転送方式には、1つのメッセージを複数チャンネルで分割して同時に送る並列型と、単一チャンネルで送る多重型がある。プリアンブルや制御文字、エラー検出コードなどのオーバヘッド分の比率は、送るべきデータ量が大きいほど小さくなるので、多重型の方が小さくなる。

アクセス制御方式には、バス調停をデータ・バス上で行う付加型と、別のライン上で行う独立型がある。前者ではバス調停の間データを送れないので、オーバヘッド比率が大きくなる。性能比較の際には付加型を前提とする。

チャンネル割当て方式には、各ノードに全てのチャンネルの使用権を与える一括割当て方式と、一つのチャンネルの使用権のみを与える個別割当て方式がある。前者は並列型/多重型に適用できるが、多重型では無駄(オーバヘッド)が多くなる。後者は多重型にのみ適用できる。個別・多重型を実現するハードウェアとして、本稿ではマルチ・キューとn×nスイッチの組合せを考える。

待ち行列モデル

ネットワークに到着するメッセージを客、バスをサーバ、全ての局のバッファを待ち行列に対応させると、到着率λは単位時間当たりのメッセージ転送要求の数、サービス率は単位時間当たり転送可能なメッセージの数である。チャンネル当たりの正味のサービス率をμ、オーバヘッドも含んだ見かけのサービス率をμ'で示す。

バッファは複数の局に分散しているが、スイッチや局間の切り換えが高速ならば全体として単一の待ち行列とみなすことができる。一方、バスについては、並列型では一つのメッセージを転送するために全チャンネルが使われるのでサービス率nμ'(n:チャンネル数)の単一サーバ、多重型では一つのチャンネルのみが使われるのでサービス率μ'の多重サーバとみなすことができる。

到着時間分布とサービス時間分布

到着時間分布は指数分布とする。サービス時間分布については正味の時間と見かけの時間を分けて考える。

実際のデータ転送に要する正味のサービス時間をt_sとし、プリアンブルや制御文字の転送時間、バス調停時間などのオーバヘッド時間をt_{ovh}とする。この場合チャンネルはt_s+t_{ovh}の間捕捉されるので、これを見かけのサービス時間t_s'とする。すなわち、

$$t_s' = t_s + t_{ovh}$$

ここで、t_s : 実際のサービス時間、
t_{ovh} : オーバヘッド時間

正味のサービス時間t_sについては、到着時間分布と同様に指数分布とする。一方、オーバヘッド時間t_{ovh}は転送データ長にかかわらずほぼ一定であるから、これを一定分布とする。ただし、オーバヘッド係数が小さい多重型では、計算を簡単にするために指数分布で近似する。

システム待ち時間

性能の目安としてはシステム待ち時間の期待値E(t_r)を用いる。t_rは行列待ち時間t_wと見かけのサービス時間t_s'の和t_r=t_w+t_s'である。上のような分布を仮定してこの期待値を計算すると、並列型と多重型に対してそれぞれ次のようになる。

<並列型>

$$E(t_{rp})/E(t_{sp}) = (1 + ovh_p) + (\rho_p/2) \cdot \{(1 + ovh_p)^2 + c_{var}^2\} / [1 - \rho_p \cdot (1 + ovh_p)]$$

ただし、 $\rho_p = \lambda / \mu_p$, $\mu_p = 1 / E(t_{sp})$
 $ovh_p = E(t_{ovhp}) / E(t_{sp})$
 c_{var} : サービス時間の変動係数

<多重型>

$$E(t_{rm})/E(t_{sm}) = (1 + ovh_m) + P(B) \cdot (1 + ovh_m) / [n - (1 + ovh_m) \cdot \rho_m]$$

ただし、 $\rho_m = \lambda / \mu_m$
 $ovh_m = E(t_{ovhm}) / E(t_{sm})$
P(B) : 窓口がすべて稼働中である確率
n : チャンネル数

..... (1)

Influence of Overheads in the Network with Access_Control
Koji SAKAMOTO, Motohiro SUZUKI, and Yoshikuni OKADA
Electrotechnical Laboratory

以下では、E(t_{rp})とE(t_{rm})をそれぞれW_pとW_mで表すことにする。

待ち行列が定常状態に達するまでの時間

以上では複雑さを避けるために定常解析を行ったが、この結果を適用する場合には定常に達するまでの時間を明らかにしておく必要がある。待ち行列の平均長と時間の関係をシミュレーションにより求めたものを図1に示す。

待ち行列をM/M/1型、到着率 $\lambda=0.9$ 、サービス率 $\mu=1.0$ とした。したがって定常状態における待ち行列長 q_1 の平均値は10である。また、ネットワークの動作開始時に全ての局のバッファ上に蓄積されていたメッセージの数(待ち行列の初期長)を $q_{10} = 40$ とした。

図より1000単位時間後には定常に達していることが分る。以下では、この時間が経過した後の状態を論ずる。

許容オーバーヘッド係数比

データ転送方式の性能への影響をみるために、多重型と並列型の待ち時間の比 W_m/W_p とネットワークの負荷 ρ の関係を求める。(1)式から明らかのように、これを計算するには ρ とオーバーヘッド、および並列度が必要である。オーバーヘッドを求める際には、パケットをFDDIフォーマットとし、データ長の平均値を512バイト、アクセス制御(付加型1進多段)に要する時間を20ビット相当とした。

図2より、ネットワークの負荷 $\rho = \lambda / (n\mu)$ が小さいほど、並列型の性能が優れていることが分る。その程度を $\rho=0.5$ 付近でみると、チャンネル数 $n=4$ では約1.7倍、 $n=8$ では約2.5倍、 $n=16$ では約4.5倍である。この優位性は ρ が大きくなると減少し、最終的には逆転する。並列型と多重型の性能が等しくなるときのオーバーヘッド係数の比 ovh_p/ovh_m を、臨界係数比 ovh_c とよぶ。

臨界係数比 ovh_c は、 $W_m/W_p = 1$ とし、並列度 n と ρ の値を代入することにより求まる。 ρ と ovh_c の関係を図3に示す。一定の ρ に対してはチャンネル数 n が大きいほど、許容オーバーヘッドを大きくとれることが分る。しかし、その傾きは ρ とともに大きくなる。すなわち、チャンネル数が増えるほどネットワーク負荷の影響を受けやすくなる。計算によれば、チャンネル数 $n=4\sim 16$ における、並列型の許容オーバーヘッド係数は直列型の数倍程度である。

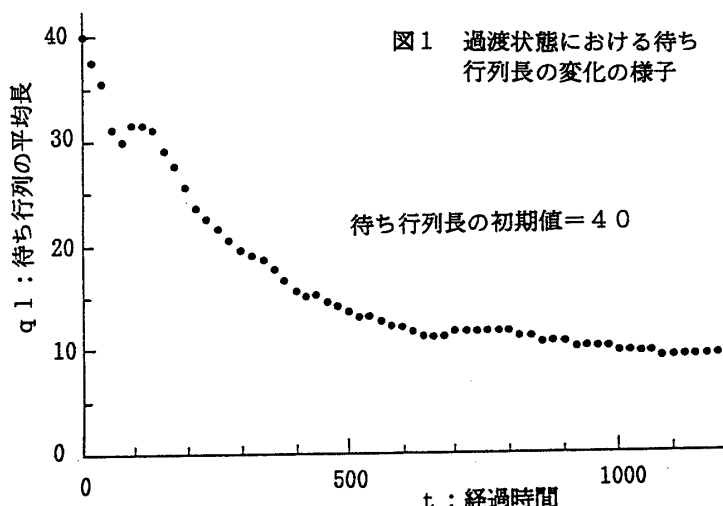


図1 過渡状態における待ち行列長の変化の様子

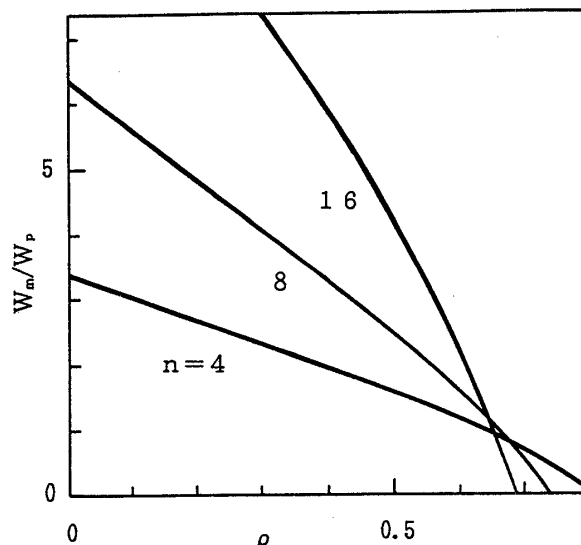


図2 ネットワークの負荷 ρ と待ち時間比 W_m/W_p の関係
パラメータ：チャンネル数 n
 W_m/W_p ：多重型/並列型ネットの待ち時間

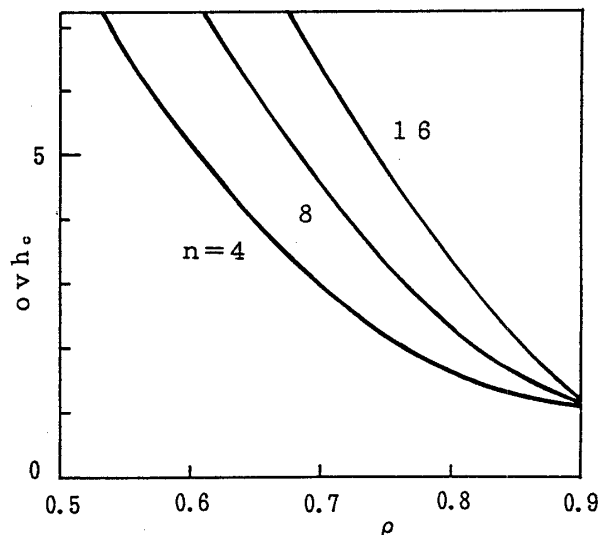


図3 臨界オーバーヘッド係数比 ovh_c と ρ の関係
パラメータ：チャンネル数 n

まとめ

並列転送方式と多重転送方式では、一般に前者の方が性能的に優れるが、オーバーヘッドも大きい。本稿ではデータ長の平均値が512バイトの場合について、並列型が多重型に比べて優れている程度と優位性を保つための許容オーバーヘッド係数を示した。

[参考文献]

- (1) 坂本、鈴木、岡田：“ネットワークにおける多重/並列転送方式の性能比較”、第40回情報処理全国大会