

2M-1

グループ化多重バスにおける  
アクセス制御時間と待ち時間坂本 康治, 鈴木 基史  
(電子技術総合研究所)

## はじめに

筆者らは、多重バスネットワークのチャンネルをグループ化<sup>(1)</sup>することによって、アクセス制御時間や待ち時間を低減できることを示した<sup>(2)</sup>。しかしながら、一方ではグループ化は使用可能な通信資源を制限することを意味するので、それを過度に進めると、資源の遊休時間が大きくなり、待ち時間の増大をもたらす。したがって、効果的なグループ化を実現するためにはグループ数はもちろん、通信に要する時間成分(たとえばトークン伝播時間やトークン捕捉時間など)やネットワーク負荷の影響を十分に考慮する必要がある。このような理由により、以下の考察を行った。

## グループ化

グループ化は複数のチャンネルを束ねて一括使用するもので、各ノードは一時に1つのチャンネル・グループのみを使用できる。この場合、ノードをグループ化すると同時に各ノード・グループが受信の際に使用できるチャンネル・グループを1つに限定すると、発信ノードはその宛先ノードにしたがって自然に、かつ動的にグループ化される。

## 解析の前提と用語の説明

本稿ではノード総数 $N$ のトークン巡回型ネットワークを考察の対象とする。各ノードへの送信要求は到着率 $\lambda$ のポワソン分布とし、資源はグループ化により等分割されるとする。また、チャンネル・グループの数を $c_g$ とする。

いま、一つのトークンのみが送信権を授与できると仮定する。このトークンが特定のノードを離れた後、一巡してそこに戻った瞬間における、当

該ノードの送信要求確率を $p_a(c_g)$ で示す。

トークン伝播時間 $T_{tp}$ と送信時間 $T_{hold}$ を、帯域に反比例する部分と一定の部分に分解する。帯域はグループ数 $c_g$ に反比例するので、 $T_{tp}$ と $T_{hold}$ は次式で表される。

$$\begin{aligned} T_{tp} &= T_{tp}^0 + T_{tp}^1 \cdot c_g \\ T_{hold} &= T_{hold}^0 + T_{hold}^1 \cdot c_g \end{aligned}$$

## グループ化多重バスネットワークの待ち時間

チャンネルをグループ化した場合、それと同数のトークンが必要となる。各トークンが巡回しなければならないノードの総数は $N$ で、グループ化しない場合と同じである。しかしながら、各ノードの送信要求確率については、 $c_g$ 個のトークンが要求を奪い合うので $1/c_g$ 倍、すなわち $p_a(c_g)/c_g$ となる。この結果、各トークンの巡回時間<sup>(3)</sup>として次式を得る。

$$\begin{aligned} T_{rot}(c_g) & \dots\dots\dots [1] \\ &= N \times \{ T_{tp}^0 + T_{tp}^1 \cdot c_g \\ & \quad + [p_a(c_g)/c_g] \cdot (T_{hold}^0 + T_{hold}^1 \cdot c_g) \} \end{aligned}$$

各ノードへの送信要求の到着をパラメータ $\lambda$ のポワソン分布としているので、 $p_a(c_g)$ は、

$$p_a(c_g) = 1 - \exp[-\lambda \cdot T_{rot}(c_g)] \dots\dots\dots [2]$$

で表すことができる。

総数 $c_g$ 個のトークンがネットワーク上を分布して巡回しているので、トークン待ち時間(各ノードがいずれかのトークンを受け取るまでに待つ時間の平均値)は、 $T_{rot}(c_g)/c_g$ となる。

グループ化しないときの巡回時間は $T_{rot}(1)$ であるから、グループ化による巡回時間の増加分は

$$\Delta T_{rot} = T_{rot}(c_g)/c_g - T_{rot}(1) \dots\dots\dots [3]$$

となる。

上式を求めるには[1]式を解く必要があるが、これは一般に複雑である。ここでは、[2]式に対して近似が成立する範囲に限定して考察を進める。

(A)  $p_s(c_s) \approx \lambda \cdot T_{rot}(c_s)$  が成り立つ場合  
 $(\forall c_s: \lambda \cdot T_{rot}(c_s) < 1)$

近似式を [1]式に代入し、巡回時間を求めると次式となる。

$$T_{rot}(c_s) = N \times [T_{tp}^0 + T_{tp}^1 \cdot c_s] / [1 - (\lambda \cdot N / c_s) \cdot (T_{ho1d}^0 + T_{ho1d}^1 \cdot c_s)]$$

これを[3]式に代入して最終的に次式を得る。

$$\Delta T_{rot} = -N \cdot [(c_s - 1) / c_s] \cdot F1 / [F2 \cdot F3] \dots \dots \dots [4]$$

ただし

$$F1 = T_{tp}^0 + \lambda \cdot N \cdot [T_{tp}^1 \cdot T_{ho1d}^0 - T_{tp}^0 \cdot T_{ho1d}^1]$$

$$F2 = 1 - \lambda \cdot N \cdot [T_{ho1d}^1 + T_{ho1d}^0 / c_s]$$

$$F3 = 1 - \lambda \cdot N \cdot [T_{ho1d}^1 + T_{ho1d}^0]$$

(B)  $p_s(c_s) \approx 1$  が成り立つ場合  
 $(\forall c_s: \lambda \cdot T_{rot}(c_s) > 3)$

$p_s(c_s) \approx 1$  を [1]式に代入すると、

$$T_{rot}(c_s) = N \times [T_{tp}^0 + T_{tp}^1 \cdot c_s + T_{ho1d}^0 / c_s + T_{ho1d}^1]$$

となる。これと [3]式から最終的に次式を得る。

$$\Delta T_{rot} = N \cdot T_{tp}^1 \cdot [(c_s - 1) / c_s] \cdot [c_s - T_{ho1d}^0 / T_{tp}^1] \dots \dots \dots [5]$$

有効なグループ化の条件

グループ化により巡回時間が低減するためには  $\Delta T_{rot} < 0$  が成り立つ必要がある。これを満たす条件を上の (A) と (B) についてそれぞれ求める。

(A)  $\forall c_s: \lambda \cdot T_{rot}(c_s) < 1$  の場合

式 [4] より、 $\Delta T_{rot} < 0$  の十分条件は  $sign \{F1 \cdot F2 \cdot F3\} > 0$

である。これは 3 つの関数  $\{F1, F2, F3\}$  が、すべて正、または 2 つが負であることを意味する。  $F2 > F3$  を考慮すると、次の 3 つの場合が考えられる。

- (1)  $F1 > 0, F2 > 0, F3 > 0$
- (2)  $F1 > 0, F2 < 0, F3 < 0$
- (3)  $F1 < 0, F2 > 0, F3 < 0$

[4] 式を参照して、これらが成立する条件を計算すると、それぞれ以下ようになる。

- (1)  $T_{ho1d}^1 + T_{ho1d}^0 < 1 / (\lambda \cdot N)$
- (2)  $-(1 / c_s) \cdot T_{ho1d}^0 < T_{ho1d}^1 - 1 / (\lambda \cdot N) < (T_{tp}^1 / T_{tp}^0) \cdot T_{ho1d}^0$
- (3) 満たす領域なし

(B)  $\forall c_s: \lambda \cdot T_{rot}(c_s) > 3$  の場合

$\Delta T_{rot} < 0$  の十分条件は、式 [5] より直ちに求まり、次式となる。

$$c_s < T_{ho1d}^0 / T_{tp}^1$$

すなわち、チャンネル・グループ数の上限値が、トークン捕捉時間の定数成分とトークン伝播時間の帯域依存成分の比によって与えられる。

まとめ

トークン巡回型多重バスネットワークのグループ化が待ち時間に及ぼす影響について検討し、グループ化が有効であるための条件を、送信要求確率が極端な場合、すなわち  $\lambda \cdot T_{rot}(c_s) < 1$  と、 $\lambda \cdot T_{rot}(c_s) > 3$  の場合について明かにした。

今後は送信要求確率が中間の値をもつ場合についても検討を行う予定である。

[参考文献]

- (1) 坂本, 鈴木, 濱崎, 岡田: “グループ化多重バスネットワーク”, 情処 4 1 全大, 5Q-1 (1990)
- (2) 坂本, 鈴木, 岡田: “グループ化多重バスネットワークに関する一考察”, 情処 4 3 全大 1T-9 (1991)
- (3) 坂本, 鈴木, 岡田: “トークン巡回型ネットワークの性能に関する一考察”, 1991 信学春全大, D-151 (1991)