

# Go-Back-N 再送方式と並列処理アムダール則との相似性

日大生産工 篠原正明  
情報システム研究所 篠原健

## 1. はじめに

情報ネットワークのための OSI 基本参照モデル第 2 層「データリンク層」における ARQ 型フレーム伝送方式の 1 つである「Go-Back-N 再送方式」と、複数プロセッサ計算システムにおける並列処理の効率評価法であるアムダール則が適用される「並列処理環境」との間にある種の相似性が観察できることを発見したので報告する。

## 2. Go-Back-N 再送方式の転送効率 U

p をフレームあたりのデータリンク上での伝送成功率、N を後戻り数とすると、Go-Back-N 再送方式の転送効率 U は次式(1)で評価される。

$$U(p,N)=p/(p+N(1-p)) \quad (1)$$

但し、 $N=(TAT+t)/t$  の繰り上げ整数値である。又、TAT は往復遅延時間、t はフレームのデータリンク上伝送時間である。(1)式において、 $N=0$  は非現実的であり、p 固定下で  $U(p,N)$  は  $N=1$  の制約下では  $N=1$  で最大値  $U_{max} = p$  となる。

## 3. 並列処理のアムダール則

一定の計算処理を N 台のプロセッサで並列処理する際に、並列処理可能部分と不可能部分が存在すると仮定し、前者の割合を N に依存しない一定値 p (並列処理可能率) で与える。1 台で処理する場合に比較して何倍にスピードアップするかの指標である速度向上比 R は次式(2)で評価される。

$$R(p,N)=1/\{(1-p)+p/N\} \quad (2)$$

(2)式において、N 固定下 ( $N=1$ ) では、 $R(p,N)$  は 0  $p=1$  の制約下では  $p=1$  で最大値  $R_{max} = N$  となる。

## 4. 転送効率式とアムダール則の類似性

式(1)と式(2)を比較すると分母において類似性

が観察できるが、各々の最大値  $U_{max}, R_{max}$  で割って正規化すると、両者は式上は完全に一致する。

$$u(p,N)=U(p,N)/U_{max}=1/(p+N(1-p)) \quad (3)$$

$$r(p,N)=R(p,N)/R_{max}=1/(p+N(1-p)) \quad (4)$$

## 5. 計算時間モデルによる解釈

マルコフ型計算時間モデル[1]の等価変換規則を用いて、両システムを評価する。

Go-Back-N 再送方式の未送信フレームに注目するとそのフレームが経験するだろう消費フレームスロット数は図 1 の s-t 間計算時間期待値 CT1 となり、(5)式で与えられる。

$$CT1=C_1/p+(1-p/p)C_2 \quad (5)$$

但し、 $C_1=1$ 、 $C_2=N-1$  であり、これを(5)式に代入し、整理すると、次式(6)を得る。

$$CT1=(p+N(1-p))/p \quad (6)$$

理想的には消費フレームスロット数 = 1 でフレーム伝送が完了するわけなので、CT1 の逆数が転送効率となる。なお、図 1 のモデルは等価変換則[1]を用いれば、図 2 と同等である。

次に、並列処理における処理単位(トランザクション)当たりの必要となる期待資源量を評価する。トランザクション発生に際して、確率 p で必要プロセッサ数 = 1、確率  $1-p$  で必要プロセッサ数 N と考えられるので、トランザクション当たりの必要期待資源量は、図 3 の s-t 間の計算時間期待値 CT2 となり、(7)式で与えられる。

$$CT2= p + N(1-p) \quad (7)$$

並列処理を全く考えない場合 ( $p=0$ ) の期待資源量は N となるので、これを CT2 で割った値が速度向上比となる

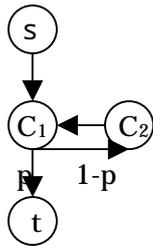


図1 Go-Back-N の期待消費フレームスロット数算出モデル (C<sub>1</sub> = 1, C<sub>2</sub> = N-1)

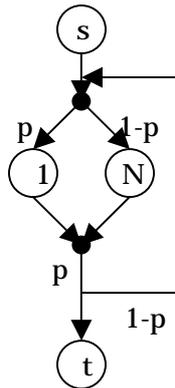


図2 図1の等価モデル

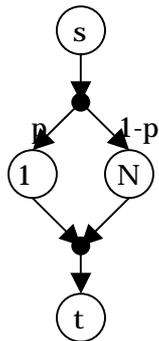


図3 並列処理の期待資源量算出モデル

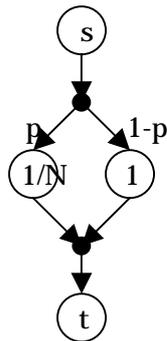


図4 並列処理の期待処理時間算出モデル

並列処理可能トランザクションでは計算時間が 1/N、不可トランザクションでは 1 とすれば、期待処理時間モデルは図4となり、(8)式の CT3 が期待処理時間を評価する。これの逆数が速度向上比である。

$$CT3 = p/N + (1-p) \quad (8)$$

図2と図3を比較すれば、両システムの動作上の相似性が一目瞭然である。すなわち、Go-Back-N 再送方式では p:1-p の分枝で 1:N の負荷が加わる系が確率 1-p で再帰的に繰り返していると解釈できる。

一方、並列処理方式では再帰的繰り返しが存在しないが、それ以外は同じである。

## 6. システムの相似性に関する考察

後戻りフレーム数とプロセッサ数を各々 N、フレーム成功率と並列処理可能率を各々 p とすると、正規化した転送効率  $u$ (3式)と正規化した速度向上比  $r$ (4式)は完全一致することを示した。再送メカニズムにおいて確率 1-p でフレーム N 個分後戻りする点

と確率 1-p で並列不可時に N 倍のプロセッサ分使用する点がシステムの動作上で対応する。

さて、計算トランザクションの並列処理可 / 不可は事前に既知としているが、計算処理が開始されるまでは不明で、計算処理中に始めて並列処理不可能が判明し、最初から一台ずつ N 台分の処理をやり直すとしたほうが現実的ではなからうか？このように、並列処理不可能時に再度処理をやり直す方式では、Go-Back-N 再送方式と方式上も対応する。

## 7. おわりに

「Go-Back-N 再送方式」と「複数プロセッサ並列処理方式」における効率性評価においてある種の相似性が存在することを示した。両方式において最も単純な場合を検討対象としたが、Go-Back-N 再送方式では、バースト等の不成功フレーム発生過程、同報、などの発展形が、又、アムダーム則に関しても並列処理は特殊例であり、一般則が存在しており、それらをも考慮した相似性の追及は今後の課題である。

さらに、再送方式上のフレーム長設計問題(伝送時のビット誤り率、伝送速度、TAT が与えられたもとで、フレーム長をどのくらいのサイズ(ビット長)とすれば、転送効率が最適化されるか?)に対応する並列処理方式上のトランザクションサイズ設計問題(並列不可要素混入率が与えられたもとで、どの位のまとめり単位(トランザクション)で処理すれば速度向上比が最適化されるか?)も今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 篠原正明、平山博：計算時間の評価、昭和 47 年度電子通信学会全国大会、1175 (1972).
- [2] 篠原正明、平島英男：衛星による同報通信実験、信学技法 IN82 - 34(1982.11).
- [3] Kenichi Mase, Toyofumi Takenaka, Hisao Yamamoto and Masaaki Shinohara : Go-Back-N ARQ Schemes for Point-to-Multipoint Satellite Communications, IEEE Trans. COM-31, No.4, pp.583-589(1983.4).