

分散処理におけるサービスとアーキテクチャの
モデル化に関する一考察

1S-10

横山 和俊* 伊藤 健一* 谷口 秀夫**
*NTTデータ通信(株) **九州大学工学部

1. はじめに

ハードウェア技術の進歩により、高性能な計算機や高速な通信路が安価で利用できるようになった。これに伴い、複数の計算機を結合した分散処理システムの構築が盛んに行なわれている。分散環境で効率良くサービスプログラムを実行するには、サービスプログラムの特徴に適した分散環境を提供する必要がある。従来の研究は、並列処理システムを対象に、プロセッサ間通信コストを考慮して、サービス処理をプロセッサに割当てる最適化問題についてモデル化や解析が行なわれている[1]。しかしながら、分散環境のシステム全体を対象に、アーキテクチャとのサービスプログラムの適合性についての研究は少なく、その明確化が必要である。

本稿では、両者の適合性を評価するために、分散環境のアーキテクチャとサービスをモデル化する。具体的には、アーキテクチャを特徴づける項目として、ハードウェア構成要素とその特徴量を示す。また、サービスプログラムを特徴づける項目として、処理内容とその特徴量を示す。

2. モデル化における留意点

分散処理システムは、複数のプロセッサが通信路によって結合されている。各プロセッサ上で実行される処理は他のプロセッサ上の処理と通信しながら処理を実行する。分散処理システムは、並列処理システムの場合に比べ、以下の特徴を持つ。モデル化においては、この特徴に留意する必要がある。

- (1) それぞれのプロセッサの独立性が高い。また、各プロセッサで複数のプロセスが走行する。
- (2) トランザクション処理やデータベース処理などでは、ディスクアクセス時のI/O処理によるプロセスの待ち状態や遅延を考慮する必要がある。
- (3) プロセッサの速度に比べ、通信コストが大きい。そのため、通信時間のためのプロセスの待ち状態や遅延を考慮する必要がある。

3. 分散処理システムの特徴量

3.1 アーキテクチャの特徴量

処理を実行するために必要なものとして、演算資源（プロセッサ）、記憶資源（メモリやディスク）がある。また、複数のプロセッサ間を結ぶ通信路がある。それぞれの構成要素が性能に与える特徴量を表1に示す。

表1 アーキテクチャの特徴量

分類	特徴量	記号
プロセッサ	平均命令実行時間 (sec)	p
メモリ	アクセス時間 (sec)	a
ディスク	I/O時間	
	・シーク時間 (sec) ・転送速度 (bit/sec)	b q
通信路	転送速度 (bit/sec)	r

1命令を実行する時間は、 $p + a$ である。したがって、すべての命令がメモリ上の処理で実行されるときは、 $1 / (p + a)$ となる。

構成要素間の接続形態によって、I/O速度やプロセッサ間の通信速度が異なる。たとえば、他のプロセッサを経由することが必要な場合、相手のプロセッサにより転送速度が異なる。

3.2 サービスの特徴量

サービスプログラムの処理内容を、処理速度や計算機の制御の観点から分類すると以下のようになる。

(1) サービス処理

サービスのための計算処理である。プロセッサとメモリ間のデータ転送が発生するが、プロセスは継続して走行する。

(2) ディスクアクセス処理

プログラムやデータをディスクから読み出し、あるいは書き込みをする処理である。プログラム処

ーク処理など)に分けられる。I/O処理中にプロセスは待ち状態になる。

(3) 通信処理

他のプロセッサ上のサービスと協調するための処理である。通信処理中には、データコピーなどのプログラム処理とデータ転送処理に分類できる。また、データ転送処理中に、プロセスは待ち状態になる。

複数のプロセスからなるサービスプログラムについて、特徴となる項目を表2に示す。

表2 サービスプログラムの特徴量

分類	特徴量	記号
サービス処理	命令実行数(step)	s
ディスクアクセス処理	プログラム処理(step)	d
	平均アクセス量(bit)	u
	アクセス頻度(回)	α
通信処理	プログラム処理(step)	c
	平均通信量(bit)	v
	通信頻度(回)	β
走行形態	走行プロセス数(個)	m

4. 処理時間のモデル化

分散処理システムの構成が簡単な場合の処理時間について考察する。n個のプロセッサからなる分散処理システムで、m個のプロセスが走行している。簡単のため、以下の仮定のもとで考察する。

[仮定1] プロセッサ、メモリ、ディスクに関する特徴量はすべて同じである。また、プロセッサ間の通信路の速度は同一である。

[仮定2] サービスプログラムにおいて、すべてのプロセスのディスクアクセス処理や通信処理の特徴量は同じである。また、各プロセスは、他のプロセスと均等に通信するものとする。

プロセッサiに関連した処理に着目する。i上で、 m_i 個のサービスが走行しているとすると、サービス処理の時間は、式1で表わされる。

$$m_i s / (p+a) \quad (\text{式1})$$

また、ディスクアクセス処理時間は、式2のようになる。

$$\alpha m_i d / p + \alpha m_i (b+u/q) \quad (\text{式2})$$

となる。ここで、 α はディスクアクセスの頻度を表わす係数である。さらに、プロセッサiに関連した通信処理の時間は、式3で表わされる。

$$\beta m_i (m-m_i) c / (p+a) + \beta m_i (m-m_i) v / r \quad (\text{式3})$$

となる。 β は他の1個のプロセスとの通信頻度を表わしている。

式1～式3の第1項はプロセッサメモリ上の処理である。その総和は以下のようにになる。

$$\sum_{i=0}^n (m_i s + \alpha m_i d + \beta m_i (m-m_i) c) / (p+a) \quad (\text{式4})$$

また、I/O処理は式5、プロセッサ間通信のデータ転送処理は式6で表わされる。

$$\sum_{i=0}^n \alpha m_i (b+u/q) \quad (\text{式5})$$

$$\sum_{i=0}^n \beta m_i (m-m_i) v / 2r \quad (\text{式6})$$

プロセッサメモリ上の処理とI/O処理は並行して実行できる。また、n個のプロセッサで並列に処理が実行されるため、システム全体の処理時間は以下のように表わされる。

$$\mu (\lambda (\text{式4} + \text{式5}) + \text{式6}) \quad (\text{式7})$$

ここで、 λ はプロセッサメモリ上の処理とディスクI/O処理の並行実行効率を表わす係数である。また、 μ はプロセッサ間の並列実行の効率を表わす係数である。各プロセッサに均等にプロセスが割当てられるとすると、式7は以下のようにになる。

$$\mu (\lambda m (s + \alpha d + \beta c (m-(m/n))) / (p+a) + \alpha (b+u/q) + \beta m v (m-(m/n)) / 2r) \quad (\text{式8})$$

この式より、サービスの分散の効果が高い場合について、以下のことが分る。

- (1) 通信処理のためのコストがプロセス数の2乗に比例して増加する。そのため、 β, c, v が小さい場合、すなわち、プロセス間の通信が少ない場合である。
- (2) ディスクアクセス処理が多い場合とそうでない場合を比べた場合、前者の方が分散の効果が大きい。これは、プロセッサメモリ上の処理の増加がI/O処理との並行実行によって隠蔽されるからである。

5. おわりに

分散処理システムをモデル化する試みについて報告した。現在、報告したモデルの上で、解析を進めている[2]。今後は、サービスを設計する際に各式をどのように使えば有効かを検証し、実証する。

文献

- [1] P.Thanisch: "Models of machines and computation for mapping in multicomputer", ACM Computing Survey, Vol.25, No.3, (1993).
- [2] 横山, 谷口: "分散環境におけるサービスと計算機構造の関係", 第48回情報処全大, 1S-8, (1994).