

平成27年度卒業論文

分散アルゴリズムシミュレータの改良

平成28年2月12日

指導教員 濱田幸弘

明石工業高等専門学校

電気情報工学科

報告社 E1110 唐澤弘明

目次

第 1 章	はじめに	1
第 2 章	分散システムと分散アルゴリズム	2
2.1	分散システム	2
2.1.1	同期システムと非同期システム	2
2.1.2	分散計算のモデル	3
2.2	分散アルゴリズム	3
2.2.1	分散アルゴリズムの評価	3
2.2.2	論理時計	3
第 3 章	分散アルゴリズムシミュレータ	4
3.1	分散アルゴリズムシミュレータの役割	4
3.2	本研究室で開発されてきた分散アルゴリズムシミュレータ	4
3.2.1	機能	4
3.2.2	問題点	4
第 4 章	今年度改良した部分	5
4.1	機能追加	5
4.1.1	シミュレーション開始時の設定画面の統合	5
4.1.2	イベント発生回数の表示	5
4.2	不具合修正	5
4.2.1	大量のイベントの連続発生でプログラムが強制終了する不具合	5
4.2.2	通信路に FIFO 性を設定したときに通信遅延の制約が守られない不具合	5
4.2.3	大量のプロセスからなるシステムをシミュレートする際に実行速度が極度に低下する不具合	5
4.2.4	特定の環境でプロセスの色付けがなされない不具合	5
第 5 章	シミュレータの使用方法	6
5.1	動作環境	6
5.2	インストール	6
5.3	アンインストール	6
5.4	シミュレータの起動	6
5.5	分散アルゴリズムの記述	6
5.5.1	モデル情報の入力	6
5.5.2	プロセス処理の記述	6
5.5.3	ビルド	6
5.6	シミュレーション	6
5.6.1	シミュレーションの開始	6
5.6.2	イベントの実行	6

5.7	シミュレータの機能	6
5.7.1	実行されたイベントの取り消し機能	6
5.7.2	イベント生起の自動化機能	6
5.7.3	実行したシミュレーションの保存・再生	6
5.7.4	実行中のシミュレーションと同じ設定での再シミュレーション	6
5.7.5	デッドロックの検出機能	6
5.7.6	ヘルプマニュアル	6
5.8	サンプルアルゴリズム	6
5.8.1	Lamport のアルゴリズム	6
5.8.2	前川のアルゴリズム	6
第 6 章 おわりに		7
参考文献		7
付録 A 付録 CD		8

第1章 はじめに

分散システムは複数のコンピュータが通信ネットワークを介して相互に情報を伝達しあうことで処理を進めるコンピュータシステムである。昨今のコンピュータの低価格化と通信速度の向上は分散システムの応用範囲を劇的に拡大させた。実際に分散システムはコンピュータネットワーク上のルーティング制御や WWW(World Wide Web)、航空機制御、コンピュータグラフィックスの分散描画などの様々な分野で活用されている。

このような事情で分散システムとそのシステム上で実行されるアルゴリズム、すなわち分散アルゴリズムは近年非常に活発に研究されている。ところが分散アルゴリズムの研究にはとある問題が付随する。それは分散システムが生来的に持ち合わせている複雑さである。分散システムを考える際に考慮しなければならない項目は、プロセス数や通信遅延、プロセスの故障、メッセージ送配のランダム性など多数存在する。これらのパラメータはアルゴリズムの実行過程を複雑にし、同一のアルゴリズムが様々な実行結果を生じる原因となる。それらをすべて手作業で検証することは非常に困難である。そこで考え出されたのが分散アルゴリズムシミュレータという類のソフトウェアである。分散アルゴリズムシミュレータは分散アルゴリズムを実行するための環境、つまり分散システムをユーザに提供し、アルゴリズムの検証を容易にする。このソフトウェアにより研究者はアルゴリズムそのものの考案・実装に専念できるようになり、煩わしい分散システムの実装をせずに済むようになった。

本研究室では平成 18 年度から H-DAS(H - Distributed Algorithms Simulator) という分散アルゴリズムシミュレータの開発が行われてきた。本研究では H-DAS の機能追加と不具合修正を行っている。

本論文の構成は次の通りである。第 2 章では分散システムと分散アルゴリズムについて概説する。第 3 章では分散アルゴリズムシミュレータの役割と H-DAS の機能について述べる。第 4 章では H-DAS に行った機能追加と不具合修正を説明する。第 5 章では H-DAS の使用方法と既存のアルゴリズムを解説する。第 6 章では本研究のまとめと H-DAS の今後の発展を述べる。最後に付録 A でシミュレータとサンプルアルゴリズムからなる付録 CD の中身を説明する。

第2章 分散システムと分散アルゴリズム

2.1 分散システム

分散システムは、通信ネットワークにより結合された複数のプロセス上で、共通の目的の計算をするためのシステムである。分散システムは通常は複数のコンピュータを用いて構成されるため、物理的な共有メモリを持たない。さらにプロセス間のメッセージ通信には遅延があり、それがどれほどの大きさかわからないため、ある2つのプロセスでそれぞれ実行されたイベントのうち、どちらが物理的に先に実行されたものなのかは区別できない。ここでいうイベントとは、プロセスが行う意味的にまとまった処理のことを指し、たとえば、関数の実行開始・実行終了やプロセス間を行き交うメッセージの送信・受信などが当てはまる。

このようなモデルを用いる利点は以下のとおりである。

- 負荷分散、機能分散により処理を高速化できる。
- システムを構成しているいくつかのコンピュータが故障してもシステム全体で処理を継続できる。
- 複数の低価格なコンピュータでシステムを構成するため、低コストである。
- コンピュータの追加、削除を容易に行えるため拡張性が高い。

2.1.1 同期システムと非同期システム

分散システムは、プロセスの実行速度、通信遅延、局所時計の非同期差の程度によって、同期システムと非同期システムに大別される。以下の3つの条件を満たす分散システムを同期システムと呼ぶ。

- プロセスの実行速度に定数の下限が存在する。
- 通信にかかる通信遅延に定数の上限が存在する。
- 分散システム全体に共通して流れる時間において、すべてのプロセス P_i の局所時計の値 $clock_i$ は等しい。

これらの条件を1つでも満たさない分散システムが非同期システムであるが、その非同期さには程度の差が大きく、特に以下の3つの条件を満たす非同期システムを完全非同期システムと呼ぶ。

- プロセスの実行速度に対してどのような過程も設けない。ただし、あるプロセスがある命令を実行しようとしたときには、有限時間内にその命令が実行されることだけは仮定する。
- 通信遅延に対してどのような過程も設けない。ただし通信遅延は有限である。
- 局所時計の差に対してどのような過程も設けない。ただし、局所時間の修正は可能である。

分散システムが実現される通信ネットワークは様々であり、同期システムの条件を仮定することは難しいので、本研究では分散システムを完全非同期システムでない非同期システムと仮定している。

2.1.2 分散計算のモデル

分散計算は分散システム上で生起するイベントの集合としてモデル化できる。イベントの集合には順序関係が定義され、その関係の種類により分散計算のモデルは以下の3つに分けられる。

Interleaving Model \ 分散システム上で生起するすべてのイベントの間に全順序が定まる。

Happend Before Model \ 異なるプロセスで生起するすべてのイベントの間に半順序が、同一のプロセスで生起するすべてのイベントの間に全順序が定まる。

Potential Causality Model \ 分散システム上で生起するすべてのイベントの間に半順序が定まる。

H-DAS では Interleaving Model を採用している。

2.2 分散アルゴリズム

- 分散アルゴリズムの説明

2.2.1 分散アルゴリズムの評価

- いろいろな尺度で評価出来る
- それらを説明

2.2.2 論理時計

- 時刻を表現する方法も様々

第3章 分散アルゴリズムシミュレータ

3.1 分散アルゴリズムシミュレータの役割

- 分散アルゴリズムの勃興
- 分散アルゴリズムの検証の難しさ
- 検証環境の重要性

3.2 本研究室で開発されてきた分散アルゴリズムシミュレータ

- いつから

3.2.1 機能

- いろいろ

3.2.2 問題点

- いろいろ

第4章 今年度改良した部分

4.1 機能追加

4.1.1 シミュレーション開始時の設定画面の統合

4.1.2 イベント発生回数の表示

4.2 不具合修正

4.2.1 大量のイベントの連続発生でプログラムが強制終了する不具合

4.2.2 通信路に FIFO 性を設定したときに通信遅延の制約が守られない不具合

4.2.3 大量のプロセスからなるシステムをシミュレートする際に実行速度が極度に低下する不具合

4.2.4 特定の環境でプロセスの色付けがなされない不具合

第5章 シミュレータの使用方法

5.1 動作環境

5.2 インストール

5.3 アンインストール

5.4 シミュレータの起動

5.5 分散アルゴリズムの記述

5.5.1 モデル情報の入力

5.5.2 プロセス処理の記述

5.5.3 ビルド

5.6 シミュレーション

5.6.1 シミュレーションの開始

5.6.2 イベントの実行

5.7 シミュレータの機能

5.7.1 実行されたイベントの取り消し機能

5.7.2 イベント生起の自動化機能

5.7.3 実行したシミュレーションの保存・再生

5.7.4 実行中のシミュレーションと同じ設定での再シミュレーション

5.7.5 デッドロックの検出機能

5.7.6 ヘルプマニュアル

5.8 サンプルアルゴリズム

5.8.1 Lamport のアルゴリズム

5.8.2 前川のアルゴリズム

第6章 おわりに

- 今回の改善によりシミュレータが実用に堪えるものとして完成したことをアピール
- シミュレータの実用性を更に高めるための方策を幾つか課題として提示

付録 A 付録 CD

- ファイル構造の説明