

多項式時間で直列化可能性判定ができる履歴クラスのサイズについて

2F-3

中津 植男 平野 幸宏

愛知教育大学 情報科学コース

1. まえがき

直列化可能性判定が多項式時間で行える履歴のクラスがいくつか提案され、それらの包含関係が知られているが^[1]、クラスの大きさに関する定量的な評価はほとんど行われていない。

任意に与えられた履歴のアクションを入れ替え、こうしたクラスに属するように履歴を変換するプログラムを並行制御スケジューラと呼ぶ。従ってこうしたクラスサイズの評価はデータベースのスケジューラの設計の際にも、基礎的なデータとなるはずである。

本報告では、ランダムに発生させたトランザクションの実行履歴がどのクラスに属するかを判定するプログラムを作成し、各クラスのサイズを測定する実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 基本定義

[定義1] トランザクションはアクションと呼ばれるシンボルの有限列である。アクションは $R[x]$ または $W[x]$ ($x \in D$)であり、それぞれ実体 x を読む、実体 x に書き込むことを意味する。 $R[x]$ を伴わない $W[x]$ を特に盲目的書き込み(blind write)という。 x に書き込む値は $W[x]$ に先行する読みだし命令で読み出された値すべてに依存するものとする。通常トランザクションは次の2つの条件を満たすものとする。1) 1つのトランザクションにおいて、同じ実体を2回以上読み書きすることはな

い、2) 同じトランザクション内でいったん書き込まれた実体を読み出すことはない。 □

複数のトランザクションが並行して実行される場合、各アクションが入り交じりながら実行される。その場合の各アクションの実行順序を履歴(history)という。各トランザクションを区別するために、トランザクションにはユニークな番号がつけられていると仮定する。履歴に現れるアクションがどのトランザクションのアクションかを区別するために、各アクションにはトランザクション番号を添え字の形で付与して表現する。

[定義2] ^[2] h を直列化可能な履歴、 h_i を h と等価な直列履歴とする。

WW制約: $\exists i, \exists j, \exists x$ について、 h のなかで $W_i[x]$ が $W_j[x]$ より先にあれば、 h_i では常に $T_i \rightarrow T_j$ である。

WR制約: $\exists i, \exists j, \exists x$ について、 h のなかで $W_i[x]$ が $R_j[x]$ より先にあれば、常に $T_i \rightarrow T_j$ である。

RW制約: $\exists i, \exists j, \exists x$ について、 h のなかで $R_i[x]$ が $W_j[x]$ より先にあれば、常に $T_i \rightarrow T_j$ である。直列化可能な履歴のうち、WW制約を満たす履歴集合をクラスWW、WR制約とRW制約の両方を満たす履歴集合をクラスWRWという。 □

盲目的書き込みを利用した制約を次に定義する。

[定義3] h を直列化可能な履歴、 h_i を h と等価な直列履歴とする。以下で $B_i[x]$ 、 $B_j[x]$ はいずれも盲目的書き込みとする。

BB制約: $\exists i, \exists j, \exists x$ について、 h のなかで $B_i[x]$ が $B_j[x]$ より先にあれば、 h_i では常に $T_i \rightarrow T_j$ である。

BR制約: $\exists i, \exists j, \exists x$ について、 h のなかで $B_i[x]$ が $R_j[x]$ より先にあれば、常に $T_i \rightarrow T_j$ である。

RB制約: $\exists i, \exists j, \exists x$ について、 h のなかで R_i

*Size of the history classes for which the serializability test can be done polynomially' by Narao NAKATSU and Yukihiro HIRANO
Dept. of Computer Sciences, Aichi Univ. of Edu. Hirosawa 1, Kariya, Aichi 448, Japan.

[x]がB_j[x]より先にあれば、常にT_i→T_jである。直列化可能な履歴のうち、BB制約を満たす履歴集合をクラスBB、BR制約とRB制約の両方を満たす履歴集合をクラスBRBという。 □

〔定義4〕定義3で、直列化可能な履歴hの中で他のトランザクションからreadされる盲目write同士のみがBB制約を満たしているとき、hはクラスBB*に属すると言う。 □

定義2から4のクラスはすべて多項式時間で直列化可能性判定ができることが知られている^[1,2]。ただし、WWとBB以外はオンラインで判定できない点に注意が必要である。これらの包含関係を図1に示す。

3. シミュレーションプログラム

まず定義1に従うトランザクションを生成し、それらから実行アクションをランダムに選択して履歴を生成した。シミュレーションパラメータは次の通りである。

トランザクションの平均長: AV_LENGTH

トランザクション長の標準偏差: AV_LENGTH*0.2

トランザクション数: TR_NO

読出し専用トランザクションの比率: RATE_OF_R

読み書きを行うトランザクションにおける

readアクションの比率: RATE_OF_R_IN_RW

盲目writeの比率: RATE_OF_B_IN_RW

データ数は1000、その内ホットスポットデータは200、ホットスポットデータのアクセス割合を80%とし、1000の履歴を発生させ、各履歴がどのクラスに入るかを実験した。

4. 実験結果

AV_LENGTHを変化させた場合、各クラスのサイズがどの程度になったかの実験結果を表1に示す。

この実験ではTR_NO=10, RATE_OF_R=50%, RATE_OF_R_IN_RW=30%, RATE_OF_B_IN_RW=20%とした。

次にTR_NOを変化させた場合、各クラスのサイズがどの程度になったかの実験結果を表2に示す。

表2の実験ではAV_LENGTH=10, RATE_OF_R=50%, RATE_OF_R_IN_RW=30%, RATE_OF_B_IN_RW=20%とした。

この結果から、WWとWRWのサイズは同一、他のクラスはそれより0.3%から1%広いだけにすぎないことがわかった。今回の実験ではまったくランダムにトランザクションを発生させているが、実際にはアクセスパターンがある程度固定されている場合も多く、そうした場合にはサイズ差が顕著に現れる場合もあるかも知れない。

〔文献〕

[1] Papadimitriou, "The Theory of Database Concurrency Control", Computer Science Press, 1986.

[2] 中津、「直列化可能性の新しい判定法」信学論 vol. J76-D-I, no.6, 1993.

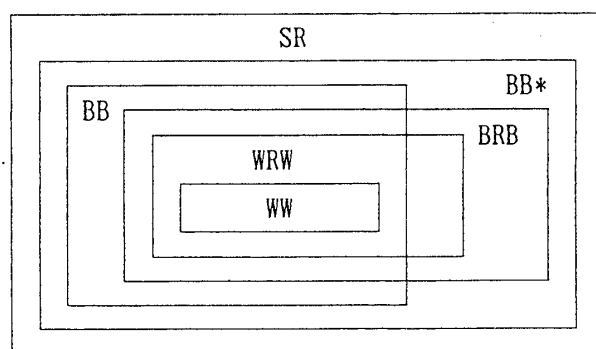


図1 多項式時間で直列化可能性判定できる履歴クラスの包含関係

AV_LENGTH	2PL	WRW	WW	BB	BRB	BB*
5	819	957	957	957	957	957
10	373	729	729	729	729	729
15	53	328	328	330	329	330
20	6	79	79	79	79	79
25	2	13	13	13	13	13

表1 AV_LENGTHを変化させた場合

TR_NO	2PL	WRW	WW	BB	BRB	BB*
10	373	729	729	729	729	729
20	18	221	221	223	223	223
30	0	38	38	38	38	38
40	0	1	1	1	1	1

表2 TR_NOを変化させた場合