

遅延取消を用いたタイムワープ機構におけるアンチメッセージ削減*

5T-8

松本 幸則†

mat@tsukuba.rd.sanyo.co.jp

三洋電機(株) 東京情報通信研究所‡

瀧 和男†

taki@seg.kobe-u.ac.jp

神戸大学工学部¶

1 はじめに

イベントシミュレーションは、交通システム、生産工程システム、計算機システムなどの設計過程において、動作予測や性能解析の目的で広く用いられている。多くのイベントシミュレーションでは多大な計算時間を要することから、並列イベントシミュレータへの期待は大きい。

並列イベントシミュレーションでは時刻管理機構が処理速度に大きく影響する[1]。並列実行環境に適した時刻管理機構としてタイムワープ機構が注目されている。しかし、タイムワープ機構には、ロールバック処理というオーバーヘッド要因がある。本稿では、このオーバーヘッド低減を目的に、遅延取消とメッセージ一括取消を組み合わせた手法を提案する。

2 タイムワープ機構と効率化技法

時刻印をもつメッセージ通信により、複数のオブジェクトが次々と状態を変えていくモデルを考える。ここで、オブジェクトは時刻順にメッセージを評価しなければならない。

タイムワープ機構[2]では、メッセージを時刻順に処理できるであろうという楽観的予測に基づき、各オブジェクトが非同期にメッセージ処理を進める。しかし、時刻順にメッセージを処理できない場合には、履歴を巻き戻す(ロールバック処理)し、正しい順序で処理できる状態を再現した後、処理のやり直しをおこなう。また、すでに誤って送ったメッセージがある場合、これらを取り消すアンチメッセージを送る。

ロールバック処理はオーバーヘッド要因となるため、これを軽減する以下の手法が提案されている。

2.1 遅延取消

オリジナルのタイムワープ機構では、ロールバック時に、巻き戻された全出力メッセージに対しアンチメッセージが送信される。しかし、やり直した結果、ロールバック前と同じメッセージが送信される場合がしばしば存在する。

遅延取消[3]では、ロールバック発生時に、直ちにアンチメッセージを送信することはしない。やり直し時に、新出力メッセージと旧出力メッセージを比較し、異なっていた時のみアンチメッセージを送信する。これにより、取消不要なメッセージに対するアンチメッセージの送信が抑制できる。

2.2 メッセージ一括取消

オブジェクト間の通信路上において、メッセージの順序が保存される環境では、下記のように、一つのアンチメッセージにより複数のメッセージ(但し、連続して送信されたもの)を一括して取り消すことができる[4]。

ロールバック発生時に、一連の取消対象メッセージ中で最小時刻のものに対応したアンチメッセージ一つのみを送信する。受信側では、同一通信路上で受信したメッセージのうち、アンチメッセージ到着以前に受信し、かつアンチメッセージの時刻以上のもの一連を取り消せばよい。

*An antimessege reduction algorithm for Time Warp using lazy and consecutive cancellation

†Yukinori MATSUMOTO

‡Kazuo TAKI

§Tokyo Information & Communication Research Center, SANYO Electric Co., Ltd.

¶Faculty of Engineering, Kobe University

3 遅延取消と一括取消の統合アルゴリズム

本節では、遅延取消とメッセージ一括取消を組み合わせたアルゴリズム(LCC: Lazy and Consecutive Cancellation)を説明する。LCC法では、従来のタイムワープ機構と同様、各オブジェクトは局所時刻と入力キューを持つ。入力キューには受信したメッセージが時刻順に保存され、局所時刻は入力キュー内のメッセージのうち、次に処理すべきメッセージの時刻を示す。また、従来のメッセージ一括取消と同様、オブジェクト間にメッセージ追い越しのない通信路を仮定する。

3.1 シーリングメッセージ

LCC法では、シーリングメッセージを新たに導入する。シーリングメッセージはアンチメッセージと対をなす。シーリングメッセージは、一括取消される連続メッセージ系列の時刻上限値をあたえる(アンチメッセージは下限値を与える)。シーリングメッセージ導入により、連続した複数のメッセージを一括取消でき、かつロールバック後の出力メッセージのうち、同じものについては、取消を抑制することが可能になる。

3.2 変数

以下の変数を新たに導入する。

InvalidFlg (boolean, 初期値 OFF): 入力キューに入れられたイベントメッセージに付加される。OFFなら現時点でメッセージは取消対象ではない。ONなら取消対象。

AntiFlg (boolean, 初期値 OFF): 送信路毎の変数。ONは、既にアンチメッセージ送信済みであることを示す。この時、新たにシーリングメッセージを送らない限り、送信先では、アンチメッセージ送信前に送られたメッセージで、アンチメッセージの時刻以上のもの全てが取り消される。OFFなら、送信先に対しアンチメッセージ未送信か、あるいは送信済みの場合、対応するシーリングメッセージも送信済みであることを示す。

CeilingTime (real, 初期値 -1): 送信路毎の変数。アンチメッセージによって連続的に消去されることが確定した時間の上限値を示す。シーリングメッセージの時刻は送信時の *CeilingTime* の値となる。

3.3 アルゴリズム

メッセージ受信処理とメッセージ評価処理に分けられる。各オブジェクトでは、受信待ちメッセージがあれば、まずメッセージ受信処理を行なう。これがなくなれば、メッセージ評価処理に移る。一つのメッセージ評価処理が終了れば、再び受信待ちメッセージがあるかどうかを調べる。メッセージ受信処理は以下の通りである。

イベントメッセージ受信時: 入力キューにいれる (*InvalidFlg* は OFF)。

アンチメッセージ (AM) 受信時: 入力キュー内にある同じ通信路上のメッセージで、AMの時刻以上のものの *InvalidFlg* を ON とする。この時点ではメッセージ消去しない。

シーリングメッセージ (CM) 受信時: 入力キュー内にある同じ通信路上のメッセージで *InvalidFlg* が ON のもののうち、CMの時刻以下のものを消去する。また、CMの時刻より大きいものの *InvalidFlg* は OFF に戻す。

なお、受信メッセージの時刻が局所時刻より小さい場合にはロールバックが発生する。この時、即座にアンチメッセージを送信することはしない(従来の遅延取消と同様)。但し *AntiFlg*

