

УДК 004.75

Ю.В. ЛАДЫЖЕНСКИЙ, А.В. МИРЕЦКИЙ*Донецкий национальный технический университет, Украина***МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ ОТКАТОВ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ**

Уменьшение отказов ускоряет процесс оптимистического распределенного моделирования. Метод замкнутой внутрикомпонентной обработки отставших событий позволяет уменьшить количество отказов. Метод локальных каскадных отказов позволяет уменьшить глубину отказов в пространстве моделируемых компонентов. Рассмотрено применение этих методов для повышения эффективности распределенного моделирования алгоритмов маршрутизации в компьютерных сетях.

метод замкнутой внутрикомпонентной обработки, метод локальных каскадных отказов, уменьшение отказов

Введение

Основная идея оптимистического алгоритма Time Warp заключается в том, что логические процессы обрабатывают события, предполагая, что в результате этой обработки не возникнет ошибок причинности. Если в процессе моделирования логический процесс принимает от другого процесса событие, которое должно произойти в прошлом, то выполняется откат состояния логического процесса до этого момента в прошлом. Если логический процесс отправлял сообщения другим процессам в откатываемом интервале времени, то выполняется каскадный откат всех логических процессов, задействованных в обмене. Выполнение каскадного отката логических процессов уменьшает скорость моделирования, так как требует время на рассылку антисообщений и откат нескольких логических процессов [1].

Рассматривается метод замкнутой внутрикомпонентной обработки отставших событий, который позволяет уменьшить количество отказов в целом. Предлагается метод локальных каскадных отказов позволяет уменьшить глубину отказов в пространстве моделирующих компонентов. Предлагается совмещение двух методов в одном гибридном алгоритме уменьшения отказов.

Метод замкнутой внутрикомпонентной обработки отставших событий

Этот метод основан на компонентном представлении моделируемых систем. В работе [2] вводится новая величина lookback, которая открывает новый источник параллелизма. Основная идея заключается в том, что компоненты могут обрабатывать события не в порядке возрастания их временных меток без отката других событий.

Для каждого компонента определена lookback процедура. Это процедура обрабатывает отставшие события без выполнения отката так, как оно было бы обработано в «прошлом», т.е. в момент времени, равный временной отметке отставшего события. Ее реализация зависит от функций, выполняемых компонентом. Величина lookback (L) – это величина, определяющая временной интервал $[T-L, T]$ (T – локальное виртуальное время логического процесса), такой, что все отставшие события, попадающие в этот интервал, могут быть обработаны lookback процедурой без выполнения отката. Величина lookback вычисляется каждым компонентом и так же зависит от функциональности компонента. В [2] показана связь между этой величиной и величиной lookahead, используемой в консервативном моделировании.

Поскольку обработка отставших событий lookback процедурой компонента не оказывает влияния на все остальные компоненты, т.е. не приводит к их откату, то такая обработка является внутрикомпонентной и замкнутой. Рассмотрим пример lookback процедуры для очереди заявок к обслуживающему устройству. Заявки поступают в очередь из разных логических процессов (рис. 1).



Рис. 1. Пример модели системы с очередью

Пусть каждая заявка в очереди характеризуется временной меткой, равной локальному времени логического процесса, в тот момент, когда он поставил заявку в очередь. Если все заявки приходят из двух логических процессов по порядку, без нарушения ограничения причинности, то в очереди они будут отсортированы также в порядке возрастания временных меток. Отсюда следует, если в процесс LP2 поступает отставшее сообщение о новой заявке из процесса LP1, то откат можно не выполнять. Достаточно вставить новую заявку в очередь так, чтобы порядок временных меток не нарушался. [2]

Здесь lookback-процедура выполняет вставку заявки в очередь с учетом порядка временных меток.

В [2] показано, что этот метод позволяет ускорить процесс параллельного моделирования. Прирост скорости моделирования зависит от характера моделируемых систем. Выполнено сравнение консервативного алгоритма с алгоритмом, использующим метод внутрикомпонентной обработки. Использование этого метода позволяет увеличить скорость моделирования в среднем на 20%.

Метод локальных каскадных откатов

Один из недостатков метода каскадных откатов в алгоритме Time Warp состоит в том, что он не учи-

тывает направление потоков событий внутри логического процесса. Основная идея предлагаемого метода локальных каскадных откатов состоит в том, что можно выполнять откат только части компонентов логического процесса с учетом того, как они обменивались сообщениями между собой, потому что откат состояния логического процесса в целом не всегда оправдан. Эта идея раскрыта на следующем примере, изображенном на рис. 2.

Пусть процесс LP2 посылает процессу LP1 сообщение с временной меткой $ts < T$, где T – локальное виртуальное время процесса LP1. Стрелками на рисунке показаны направления обмена сообщениями между компонентами C1 и C2 процесса LP1 с другими логическими процессами на интервале $[ts, T]$.

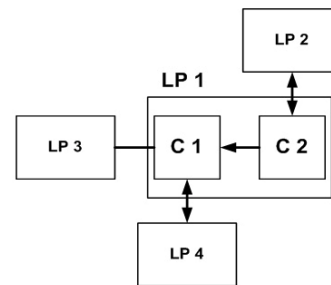


Рис. 2. Пример обмена сообщениями в логическом процессе

Алгоритм Time Warp в случае получения отставшего сообщения выполнит каскадный откат процессов LP2 и LP4, т.к. им отправлялись сообщения из процесса LP1. Однако, если рассмотреть обмен сообщениями между компонентами C1 и C2, то можно увидеть, что компонент C1 не отправлял сообщения компоненту C2, а значит он не влиял на работу C2 и обмен между C2 и LP2. Следовательно, можно выполнить откат состояния только для компонента C1 и процесса LP4, наподобие того, как это делается для логических процессов в алгоритме Time Warp.

Метод локальных каскадных откатов отличается от метода каскадных откатов алгоритма Time Warp тем, что каскадный откат перенесен с уровня логических процессов на уровень компонентов. Это позволяет исключить ненужные откаты внешних логических процессов и, в общем, уменьшить глубину

отката в пространстве моделирующих компонентов. Предлагаемый метод предусматривает распределение между компонентами таких структур как список запланированных событий, список обработанных событий и список анти-сообщений. Кроме того, каждый компонент характеризуется своим локальным модельным временем.

Гибридный алгоритм уменьшения откатов

Недостаток метода замкнутой внутрикомпонентной обработки отставших событий состоит в том, что lookback-процедура может выполняться только компонентами, находящимися на границе логического процесса, способными принимать сообщения из других логических процессов. Если граничный компонент не может обработать отставшее событие, то выполняется полный откат в соответствии с алгоритмом Time Warp. Действия метода замкнутой внутрикомпонентной обработки выполняются в рамках lookback'a граничных компонентов.

При использовании метода локальных каскадных откатов возможны ситуации, когда компоненты, не принимающие сообщения от внешних логических процессов, могут получать отставшие сообщения от компонентов того же логического процесса. Это вызвано тем, что каждый компонент имеет свои локальные часы, и откат выполняется покомпонентно. В результате увеличивается количество откатов.

Предлагается совместить два рассмотренных метода в одном гибридном алгоритме уменьшения откатов. Совмещение состоит в том, что для каждого отставшего сообщения (пришедшего из другого процесса, или передаваемого между компонентами внутри одного процесса) запускается процедура замкнутой внутрикомпонентной обработки (lookback-процедура). Если эту процедуру выполнить невозможно, то выполняется откат по методу локальных каскадных откатов.

Совместное применение двух методов позволяет существенно повысить эффективность. Метод ло-

кальных каскадных откатов уменьшает глубину отката в пространстве, в случае невозможности внутрикомпонентной обработки отставшего события, но является причиной появления отставших сообщений, отправляемых между компонентами одного процесса. В свою очередь, использование метода замкнутой внутрикомпонентной обработки позволяет обрабатывать такие отставшие сообщения, тем самым, исключая новые откаты.

Заключение

Предложен метод локальных каскадных откатов для обработки отставших событий, который обеспечивает уменьшение глубины откатов в пространстве при распределенном оптимистическом моделировании. Использование этого метода позволяет ускорить процесс моделирования. Рассмотрен метод замкнутой внутрикомпонентной обработки отставших событий, который обеспечивает уменьшение количества откатов. Предложен гибридный алгоритм уменьшения откатов, основанный на использовании двух рассмотренных методов. Предварительная оценка эффекта от применения метода локальных каскадных откатов в замкнутой внутрикомпонентной обработке показала прирост производительности на 10-20%. Авторами разрабатывается система распределенного моделирования алгоритмов маршрутизации в компьютерных сетях, использующая представленные методы уменьшения откатов.

Литература

1. Fujimoto R.M. Parallel and Distributed Simulation Systems. – Wiley Interscience, 2000. – 240 p.
2. Chen Gilbert (Gang). New methods for parallel discrete event simulation. – PhD Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute. – Troy, New York, May 2003.

Поступила в редакцию 23.01.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.