

Реализация шаблона синхронизации транзактов в системном модуле симулятора MICIC4

В.Д. ЛЕВЧУК, Е.А. ЛЕВЧУК

В статье рассмотрено эффективное решение проблемы синхронизации информационных и управляющих транзактов. Программная реализация алгоритмов внедрена в системный модуль симулятора MICIC4.

Ключевые слова: имитационное моделирование, синхронизация, информационный и управляющий транзакт, симулятор MICIC4.

An effective solution to the problem of synchronizing informational and controlling transactions is considered in the article. Software implementation of the algorithms is integrated into the system module of MICIC4 simulator.

Keywords: simulation, synchronization, informational and controlling transaction, simulator MICIC4.

Введение. В концептуальной модели транзактного типа [1] выделяются два главных типа заявок на обслуживание. Первый тип связан с динамическими физическими сущностями, которые поступают в систему извне и проходят через нее, изменяя состояние системы. Данный тип транзактов будем называть *информационным*. Именно характеристики движения по модели информационных транзактов интересуют исследователя в первую очередь, так как они служат характеристиками всей сложной системы [1].

При взаимодействии информационного транзакта со статическими элементами модели, называемыми устройствами, или другими транзактами требуется условная синхронизация, т.е. обслуживание на некотором устройстве SRV не может быть начато или завершено до выполнения определенного условия, связанного с другим управляющим элементом (простым или составным устройством), который обозначим SYN [2]–[3]. При этом время выполнения условия в момент прибытия информационного транзакта на устройство SRV неизвестно. Схематически процесс обслуживания показан на рисунке 1.

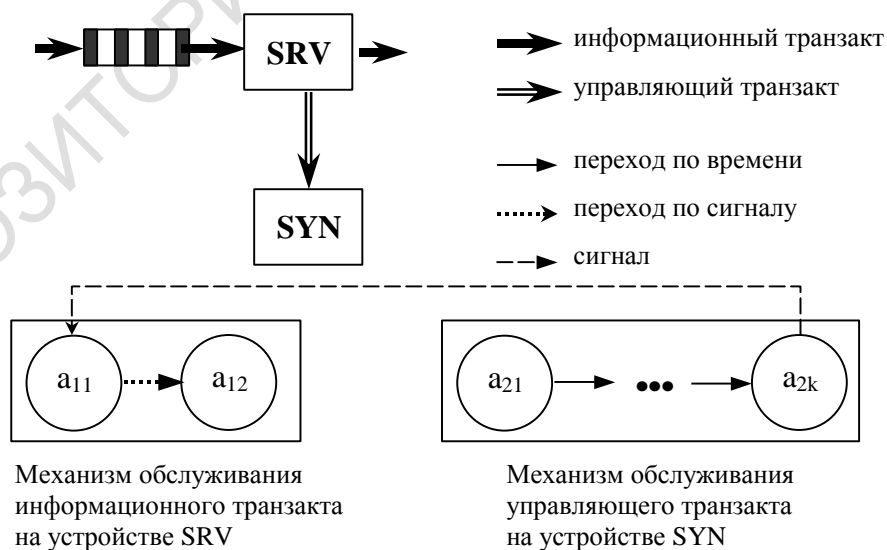


Рисунок 1 – Схема взаимодействия информационного и управляющего транзактов без возврата последнего на обслуживающее устройство SRV

В таком случае обычно создают новый транзакт, который отправляется в устройство SYN. Данный транзакт никак не связан с физическими сущностями. Его называют *управляющим*.

Сам информационный транзакт на устройстве SRV переходит в состояние «задержан» (активность a_{11}). В результате обслуживания на устройстве SYN через определенный интервал времени обеспечивается выполнение условия (активности a_{21} – $a_{2,k-1}$). В последней активности a_{2k} управляющий транзакт подает сигнал на соответствующий информационный транзакт о продолжении обслуживания, а сам уничтожается. На устройстве SRV активностью a_{12} реализуется обслуживание информационного транзакта, после чего он перемещается далее по модели, а на его место поступает новый информационный транзакт из очереди.

Данная схема легко программируется на языке моделирования MICIC4 [2]. Трудности возникают, когда надо вернуть управляющий транзакт на обслуживающее устройство SRV (рисунок 2). Проблема состоит в том, что в предыдущих версиях MICIC, хотя и была возможность создания многоканального устройства, любой транзакт занимал ровно один канал. Очевидно, что устройство SRV должно было иметь по меньшей мере два канала. При этом надо было закрывать устройство SRV, чтобы блокировать приход новых информационных транзактов из очереди, пока управляющий транзакт находится на устройстве SYN. При этом следовало обеспечить обратное открытие устройства SRV таким образом, чтобы управляющий транзакт вошел в него ранее информационных транзактов из очереди. Алгоритмы механизмов обслуживания существенно усложнились при необходимости одновременного обслуживания на устройстве SRV более одного информационного транзакта.

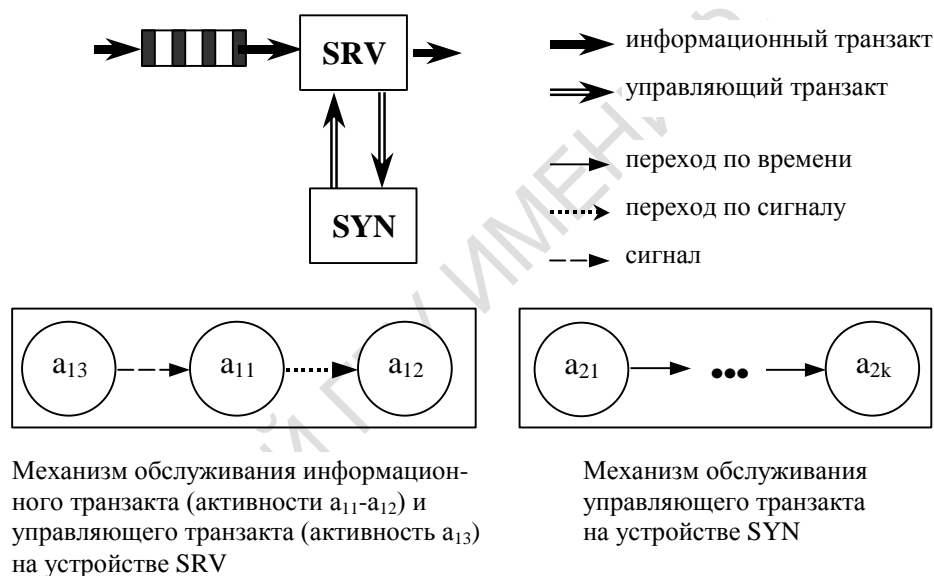


Рисунок 2 – Схема взаимодействия информационного и управляющего транзактов с возвратом последнего на обслуживающее устройство SRV

Таким образом, возникла задача усовершенствования базовой схемы формализации (БСФ) системы моделирования MICIC4 по организации взаимодействия информационных и управляющих транзактов. Как следствие, это потребовало написать и отладить код в системном модуле MICIC4.

Развитие базовой схемы формализации. Нами было предложено новое содержание понятия *канал*. Под ним стали понимать целые неотрицательные числа K_d и K_t для устройства и транзакта соответственно. Транзакт может начать обслуживаться на устройстве, если объем каналов, занимаемых транзактом при обслуживании, не превышает объем свободных каналов устройства, т.е. если выполняется условие $K_t \leq K_d$.

Аналогично вместо пары сигналов *Open/Close*, подаваемых на устройство, был предложен целый неотрицательный параметр *приоритет*: для устройства – P_d , для транзакта – P_t . Дополнительно к ограничению по объему каналов было принято ограничение по уровню приоритета, т.е. для начала обслуживания должно выполняться составное условие $K_t \leq K_d$ & $P_t \leq P_d$. Причем в процессе моделирования можно изменять и объем каналов, и приоритет у устройств и транзактов. В крайнем случае, если транзакт имеет нулевой приоритет и нулевой объем каналов, то он сразу попадает на обслуживание в любое устройство.

Изменения в системном модуле коснулись описания базовых классов для устройства и транзакта. Это, в свою очередь, повлекло существенную корректировку не только методов классов, но и алгоритмов системных активностей, в частности, `StopService()`. Однако разработчики имитационных моделей (ИМ) получили большую гибкость при программировании информационного модуля.

Схемы взаимодействия с возвратом управляющего транзакта на обслуживающее устройство. Учитывая новые возможности БСФ, рассмотрим случай, когда управляющий транзакт после прохода блока управления SYN должен возвратиться на обслуживающее устройство SRV, как показано на рис. 2. Данную схему можно реализовать двояко: с управлением по каналам либо приоритету. Разработчик модели волен сам принять решение о том, что ему более подходит.

Основная идея состоит в том, что управляющему транзакту при создании необходимо присвоить нулевой объем каналов. Как и в предыдущем случае, информационный транзакт начнет обслуживание на устройстве SRV с активности a_{11} , где перейдет в состояние «задержан», и сгенерирует управляющий транзакт на устройство SYN. В данной схеме активность a_{2k} должна всего лишь установить указатель направления движения управляющего транзакта на устройство SRV. Так как он имеет нулевой объем каналов, то гарантированно пройдет на данное устройство. В активности a_{13} , с которой начинается обслуживание управляющего транзакта на устройстве SRV, следует отправить сигнал о продолжении обслуживания информационного транзакта, а затем можно выполнить оставшиеся действия и уничтожить управляющий транзакт, если он более не нужен. Особо нужно обратить внимание, что как перевод информационного транзакта в состояние «задержан», так и выход из него реализуется в рамках одного и того же механизма обслуживания, что значительно упрощает его алгоритмизацию. При этом схема взаимодействия остается прежней, даже если устройство SRV должно обеспечивать одновременное обслуживание более одного информационного транзакта.

Вторая схема реализуется тем же набором активностей и заключается в присвоении управляющему транзакту нулевого приоритета, а также в увеличении объема каналов у устройства SRV. Как только информационный транзакт поступает на обслуживание на устройство SRV, необходимо с помощью присвоения достаточно большого уровня приоритета данному устройству запретить поступление новых информационных транзактов. Управляющий транзакт после выполнения активностей на устройстве SYN, в силу нулевого приоритета, возвратится на устройство SRV и начнет обрабатываться активностью a_{13} . В ней, как и в предыдущей схеме, требуется отправить сигнал о продолжении обслуживания информационного транзакта. Его завершающая активность a_{12} должна восстановить исходный уровень приоритета на устройстве SRV.

Апробация алгоритмов. Разработанные схемы были апробированы на ИМ оптового магазина, рассмотренной в [3]. В ее реализации использовалась предыдущая версия базовой схемы формализации MICIC4. Поскольку ИМ оптового магазина была верифицирована и исследована, то полученные результаты были взяты в качестве контрольных для подтверждения гипотезы об адекватности моделей и, соответственно, правильности реализации системного модуля MICIC4 и предложенных схем взаимодействия.

Нами были реализованы две ИМ оптового магазина. В первой ИМ использовалась схема взаимодействия по объему каналов, а во второй – по уровню приоритета. Для сравнения каждой ИМ с контрольной были проведены эксперименты с одинаковыми значениями параметров и переменных модели. Для подтверждения гипотезы об адекватности использовались два отклика:

- среднее время пребывания клиента в магазине,
- среднее количество клиентов в магазине.

Выборка, полученная по 15 прогонам, удовлетворяла нормальному распределению с уровнем значимости $\alpha=0.05$, который дальше применялся во всех статистических критериях [4]–[5]. В силу нормальности распределения для проверки адекватности моделей можно воспользоваться параметрическими методами.

Приведем результаты для ИМ с управлением по объему каналов (x) и тестовой ИМ (y) из [4]. Для среднего времени пребывания клиента в магазине выборочные средние и выборочные дисперсии равны $\bar{x} = 32.6, S_x^2 = 21.2, \bar{y} = 33.8, S_y^2 = 10.7$. Для проверки гипотезы о нормальном распределении по критерию Хи-квадрат весь диапазон отклика был разделен на 7 интервалов. После проведения вычислений получим, что для первого варианта модели $\chi_x^2 = 11.09$, для второго варианта модели $\chi_y^2 = 6.36$, что в обоих случаях меньше $\chi_{кр}^2 = 13.66$.

Следующий шаг – проверка гипотезы о равенстве дисперсий. Для этого составляется F-статистика. Для полученных результатов значение F-статистики равняется 1,98, что меньше $F_{кр} = 2,40$. Следовательно, гипотеза о равенстве дисперсий принимается. В этом случае основной проверки гипотезы является абсолютная величина разности $E = |\bar{x} - \bar{y}| = 1.2$, оценка дисперсии которой $S_E = 17.1$. Величины E и SE являются статистически независимыми, поэтому далее используется t-статистика, чье значение в данном эксперименте равно 0.81, что меньше $t_{кр} = 0,85$. Исходя из этого, принимается гипотеза об адекватности моделей по среднему времени нахождения клиента в магазине.

Для среднего количества клиентов в магазине выборочные средние и выборочные дисперсии равны $\bar{x} = 7.5, S_x^2 = 0.5, \bar{y} = 7.4, S_y^2 = 0.2$. В критерии Хи-квадрат $\chi_x^2 = 12.47$, $\chi_y^2 = 7.65$, что в обоих случаях меньше $\chi_{кр}^2 = 13.66$, т.е. гипотеза о нормальном распределении принимается. Значение F-статистики равняется 2,31, что меньше $F_{кр} = 2,40$. Следовательно, гипотеза о равенстве дисперсий принимается. Величина разности $E = 0.07$, оценкой дисперсии которой будет $S_E = 0.42$. Значение t-статистики равно 0.31, что меньше $t_{кр} = 0,85$. Исходя из этого, принимается гипотеза об адекватности моделей по средним значениям числа клиентов в магазине.

Так как обе гипотезы подтвердились, то можно сделать вывод об адекватности двух вариантов ИМ одной и той же сложной системы, что подтверждает правильность реализации как системного модуля МІСІС4, так и алгоритмов взаимодействия информационных и управляющих транзактов в программе ИМ.

Литература

1. Задачи и модели ИСО. Ч. 3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: Уч. пособие / И.В. Максимей, В.Д. Левчук и др. – Гомель : БелГУТ, 1999. – 150 с.
2. Левчук, В.Д. Программно–технологические комплексы имитации сложных дискретных систем/ В.Д. Левчук – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2006. –263 с.
3. Левчук, Е.А. Применение имитационного моделирования для исследования обслуживания клиентов в оптовом магазине/ Е.А. Левчук // Известия ГГУ им. Ф. Скорины. – 2003, № 4. – С. 13–17.
4. Харин, Ю.С. Основы имитационного и статистического моделирования. Учебное пособие / Ю.С. Харин, В.И. Малюгин и др. – Минск : Дизайн ПРО, 1997. – 288 с.
5. Лоу, А. Имитационное моделирование/ А. Лоу, Д. Кельтон – СПб. : Питер, 2004. – 847 с.