

АЛГОРИТМ УТОЧНЯЮЩЕГО ПРЕРЫВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ДИСКРЕТНЫМИ СОБЫТИЯМИ¹**С.В. Рудометов (Новосибирск)****Введение**

При создании имитационных моделей в парадигме дискретных событий с переменным временным шагом [1] требуется как можно более точно вычислять время возникновения следующего события. Такое вычисление во многих случаях является сложным, так как требуется учитывать состояние всей имитационной модели. Для упрощения этих вычислений применяются различные соглашения, которые, как правило, портят качество моделирования и могут применяться не во всех возможных ситуациях в модели. Предложен алгоритм уточняющего прерывания объекта, ожидающего своего следующего события. Этот алгоритм позволяет ограничиться очень простым вычислением времени следующего события на объекте имитации. Уточнение этого времени возможно после возникновения уточняющего прерывания на объекте.

Описание тестовой задачи

Далее приводится описание двух реальных задач, которые хорошо иллюстрируют применение предлагаемого алгоритма.

Задача 1. Предположим, что требуется создать имитационную модель сложной складской конвейерной сети, транспортирующей стопки картона различного размера. Используется подход, описанный в [2]. Результатом декомпозиции исходной технологической системы является элементарная модель конвейера (ЭМК). Такая ЭМК имеет вход и выход, линейные размеры (длину), скорость движения ленты транспортера. Несколько экземпляров ЭМК могут соединяться своими входами и выходами. Помимо ЭМК, нужно построить имитационную модель программы управления этой технологической системы.

Продуктом в имитационной модели являются стопки картона, которые должны каким-то образом перемещаться по соединенным между собой экземплярам ЭМК. В дальнейшем будем называть эти стопки транспортными блоками (ТБ).

Для генерации ТБ и для удаления ТБ из системы применяются ЭМК специального вида – входные и выходные конвейеры. Каждому ТБ при его создании вычисляется и присваивается путь, который начинается на входном ЭМК и заканчивается либо на выходном ЭМК, либо на одном из внутренних ЭМК. В таком случае эта ЭМК выступает в качестве «складирующей». Модель системы управления может принимать решение о передаче ТБ с одной ЭМК на другую в соответствии с путем ТБ и с загрузкой каждого ЭМК. В дальнейшем, система управления может использовать «складированный» ТБ для доставки ее на выход системы.

Осложняющим обстоятельством является то, что каждый ЭМК может иметь от 1 до 4 «линий», каждая линия, по сути своей, является самостоятельным конвейером и может включаться отдельно от других. ТБ имеют различные линейные размеры и могут помещаться как на одну линию, так и на несколько линий, образуя таким образом сложные «упаковки». Также для предотвращения опрокидывания ТБ применяется сложный алгоритм передачи ТБ с одного ЭМК на другой. Он включает в себя синхронизацию скоростей ЭМК, небольшой «наезд» нового ТБ на неподвижную ЭМК, и так далее.

Имитационный эксперимент формулируется так: для произвольной заданной топологии конвейеров определить следующие характеристики:

¹ Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (код проекта 13-07-98023 р_сибирь_a).

- максимальное количество ТБ, которое может быть складировано за 1 час работы;
- максимальное время, требуемое для полного освобождения полностью загруженного склада;
- будет ли данная топология ЭМК приводить к созданию «пробок» из ТБ, и какие изменения требуется сделать (добавить ЭМК, убрать ЭМК, увеличить скорость работы отдельных ЭМК и т.д.), чтобы система функционировала без «пробок».

Задача 2. Другой, похожей, задачей является имитация потока машин на микроуровне, описанная в [3]. Как указано в этой статье, основной проблемой в построении такой имитационной модели является то, что «...расчет нового состояния транспортного средства необходим каждый раз при изменении какого-либо из окружающих факторов» и что «...при расчете нового состояния необходимо учитывать влияние всех факторов одновременно».

В данной задаче продуктом являются машины.

Задачей для имитации является определение, какие изменения в дорожной топологии (новые развязки или дороги, изменение работы светофоров) могут привести к улучшению дорожной ситуации (ускорению средней скорости потока машин).

Алгоритм уточняющего прерывания

В обеих задачах основной трудностью является имитация движения продукта (машины или ТБ) по системе (модель дорожной сети или соединенные между собой экземпляры ЭМК). Событиями в имитационных моделях этих задач будем считать изменения состояний подвижных объектов в модели: в задаче 1 – это состояния ЭМК (для каждой из 4-х линий – это разгон, движение, торможение, останов), в задаче 2 – это состояния машины: разгон, торможение, движение, останов, связанные с изменениями окружающей обстановки или необходимостью изменить свой путь. Такие подвижные объекты будем называть субъектами модели.

Время до следующего события может рассчитываться следующими способами:

Способ 1 (простой) рассчитать момент времени следующего события для данного субъекта имитационной модели, исходя только из его внутренних, текущих данных: дистанции ТБ на экземпляре ЭМК, или расстояния до пункта назначения для машины. Очевидно, что такой способ, без его модификации, применим только при условии гарантии отсутствия конфликтов (столкновений) при движении продукта. Как следует из описания приведенных выше задач, интересуют как раз именно случаи этих конфликтов.

Способ 2 (сложный) рассчитать момент времени следующего события на субъекте, учитывая, по крайней мере, состояния окружающей среды (для субъекта) – сведения о загрузке и текущем состоянии всех соседей ЭМК, или сведения о состояниях всех машин в каком-то радиусе для субъекта машины. Данный способ как раз учитывает возможности различных конфликтов (столкновений) и может применяться для решения указанных выше задач. Единственная проблема – каждое вычисление может быть очень емким.

Алгоритм уточняющего прерывания может быть использован, если в системе моделирования имеются следующие возможности:

1. Передача произвольных данных между двумя любыми субъектами в имитационной модели (сообщения); сообщения передаются по именованным портам, снабженным очередями FIFO; сообщения снабжены меткой времени; при этом субъекты в такой системе моделирования могут «засыпать» до прихода сообщения в какой-то порт (DEVs-формализм [4, 5]).

2. Создание имитационной модели «управляющего уровня», другими словами, модели управляющей программы, которая активируется только по приходу сообщений от рядовых субъектов модели с требованием на управление, и выдают «управляющие команды» в виде посылки сообщений одному или нескольким субъектам [2].

В этом случае возможно организовать такое исполнение модели, при котором:

1. Субъекты будут вычислять время следующего события, используя способ 1.
2. При возникновении трудностей с продвижением (невозможностью вычислить полностью весь путь) будет передаваться сообщение на управляющий уровень.
3. Управляющий уровень будет посылать сообщение «спящим» субъектам с указанием на возможную опасную ситуацию.
4. «Спящие» субъекты будут обязаны вычислить заново время своего следующего события (столкновение машин произойдет раньше запланированного) или каким-то другим образом поменять свое состояние (запустить еще несколько линий помимо уже работающих, чтобы подготовиться к принятию, например, ТБ шириной в несколько линий).

Такой способ обладает следующими очевидными преимуществами:

1. Вычисления времени следующего события становятся простыми и наглядными.
2. Раннее прерывание «спящего» субъекта позволяет дробить временной интервал. При этом такое дробление может быть неограниченно мелким, что, однако, не будет приводить к полной остановке моделирования: каждый раз вновь вычисленный временной интервал будет не нулевым.

Такого эффекта нельзя достичь даже при применении моделирования с фиксированным шагом по времени. При подходе с фиксированным шагом по времени стараются выбирать такой временной интервал, чтобы имитационное моделирование проходило с максимально возможной точностью, но при этом – за приемлемое время.

Существующие алгоритмы

GPSS имеет средства приоритетного прерывания при появлении в очереди на обслуживание задачи с большим приоритетом (команда PREEMPT). Но в данном случае GPSS явно совершает еще и заданное действие: он перемещает незаконченную заявку обратно в очередь или на другой, заранее определенный прибор.

В алгоритме уточняющего прерывания сами субъекты могут распоряжаться сигналом на прерывание по своему усмотрению (вплоть до полного его игнорирования).

Именно поэтому автор считает, что данный алгоритм представляет собой новый подход к построению имитационных моделей.

Выводы

Приведенный алгоритм использован автором при создании библиотеки имитационного моделирования конвейерной сети, описанной как задача 1. Его появление явилось следствием непредвиденной работы реализации системы имитационного моделирования, но позволило сделать очень правдоподобную и быструю имитационную модель. На рис. 1 приведен кадр работы такой модели с использованием очень простой топологии ЭМК (на экране присутствует одновременно двумерное и трехмерное представление модели). По ссылке [6] доступна рабочая версия системы имитационного моделирования, работающая с применением данного алгоритма. Одно из достоинств этой системы – возможность совмещать подход системной динамики и алгоритма уточняющего прерывания.

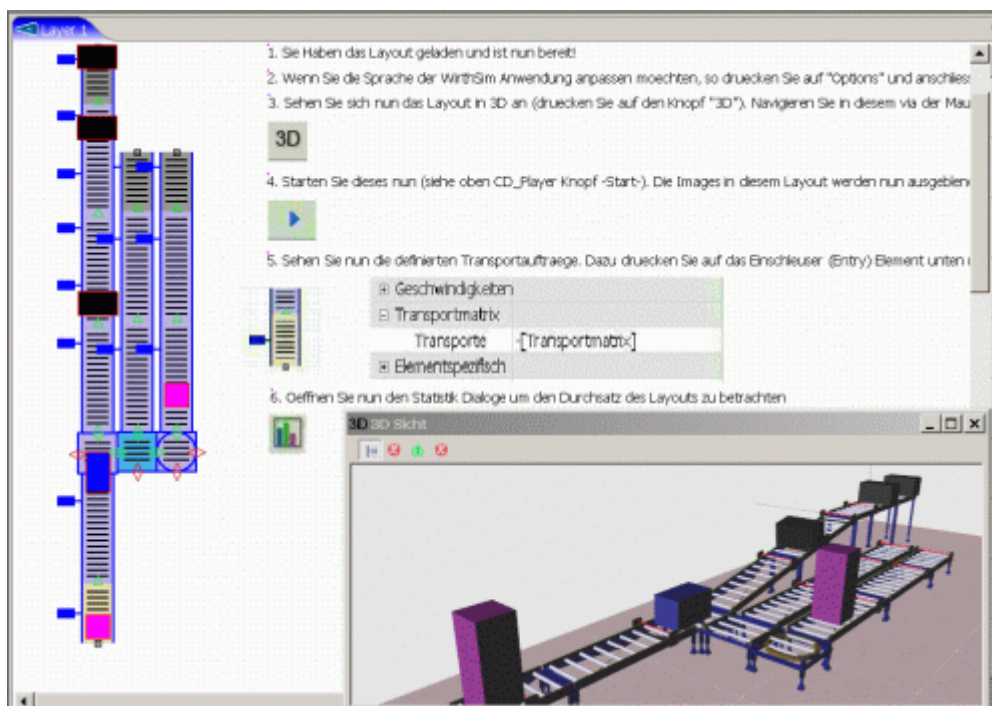


Рис. 1. Имитационная модель складской системы

Литература

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: М.: Высшая школа, 2001, 343 с.
2. Рудометов С.В. Создание системы имитационного моделирования технологических систем // Тр. Пятой всероссийской науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. – ИММОД-2011. СПб. – Т.1. – С. 383–387.
3. Голубков А.С., Царев В.А. Метод и алгоритмы микроскопического дискретно-событийного моделирования транспортных потоков в улично-дорожных сетях // математическое моделирование. – 2010. – 22. – С. 33–41.
4. Zeigler B.P., Hu, J., Rozenblit, J.W. Hierarchical Modular Modeling in DEVS-Scheme // 21'th Winter Simulation Conference. Washington, D.C., USA. – P. 84–89.
5. Zeigler B.P., Vahie, S. DEVS Formalism and Methodology: Unity Conception/Diversity of Application // 25'th Winter Simulation Conference. – P. 573–579.
6. WirthSim WirthLogistic GMBH. – 19.10, 2011. – URL: www.wirthsim.com.