

УДК 681.322.068:681.5.01

В.В. Харитонов (5 курс, каф. РВКС), Ю.Г. Карпов, д.т.н., проф.

РАСПРЕДЕЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ

Моделирование в настоящее время является мощным и широко используемым инструментом анализа и прогнозирования поведения, существующих или разрабатываемых систем в самых различных областях деятельности человека. Иногда это единственный способ принятия правильного (либо не принятие неправильного) решения. Однако, сложность систем либо специфические требования (например, производительность, нераскрытие know-how и др.) делают их моделирование и последующую симуляцию на одном компьютере проблематичной. Возникает необходимость в распределенном моделировании систем и их компонент.

В настоящее время развиваются стандарты распределенного моделирования. Большая их часть, так или иначе, предназначена для моделирования дискретных систем. Примером такого стандарта является High Level Architecture (HLA). При рассмотрении же гибридных систем возникает ряд проблем, связанных с моделированием непрерывного поведения компонент в распределенной системе. В первую очередь это проблема невозможности отслеживания непрерывно меняющейся переменной в распределенной системе с достаточной точностью. Очевидно, что обновлять значение переменной по сети чрезмерно часто (с шагом интегрирования) невозможно, поэтому существует несколько способов решения такой задачи:

1. дискретизация переменной по времени;
2. дискретизация по значению переменной. Переменная обновляется по сети лишь в случае ее изменения на значение, большее заданного;
3. реализация алгоритмов приближительного просчета значения переменной на всех компонентах распределенной модели и корректировка ее значения лишь в случае существенной разницы между результатами приближительного и точного расчетов.

В докладе рассматривается еще один, новый вариант решения данной проблемы – удаленное вычисление предикатов.

В гибридных системах во многих случаях нет необходимости отслеживать все малые изменения непрерывно меняющихся переменных. Зачастую представляется необходимым лишь определить дискретное событие, связанное с таким изменением. Например, в классической гибридной задаче о двух баках таким событием является превышение уровнем жидкости в одном из баков некоторого порогового значения.

В общем случае подобные события представляют собой изменения значения некоторого предиката. Например, в случае задачи с баками это предикат $P=(\text{“уровень”}>\text{“пороговое значение”})$.

На рис. 1 показаны три компонента распределенной гибридной системы. Компонент A имеет три непрерывно меняющихся переменные X, Y, Z (например, их поведение может описываться СДУ). Компонент B заинтересован в наступлении события $Y+Z>2$ (P_1), компонент C – в наступлении события $\sin(Y)-X^2<4$ (P_2).

Идея предлагаемого решения состоит в следующем. Вычисление предикатов P_1 и P_2 может быть перенесено из компонентов B и C в компонент A .

В результате, компоненту B нет необходимости получать многочисленные обновления переменных X, Y и вычислять на них предикат P_1 . Вся эту работу за него сделает агент, посланный в компонент A , который известит B лишь о моменте наступления события “ $P_1=true$ ”. Надо заметить, что, так как предикат P_1 вычисляется с шагом интегрирования СДУ в компоненте A , то компонент B получит извещение о времени наступления события с

максимально возможной точностью.

Развивая идею, набор предикатов компонента может быть динамическим. То есть, другие компоненты могут динамически изменять предикаты, удалять старые и добавлять новые.

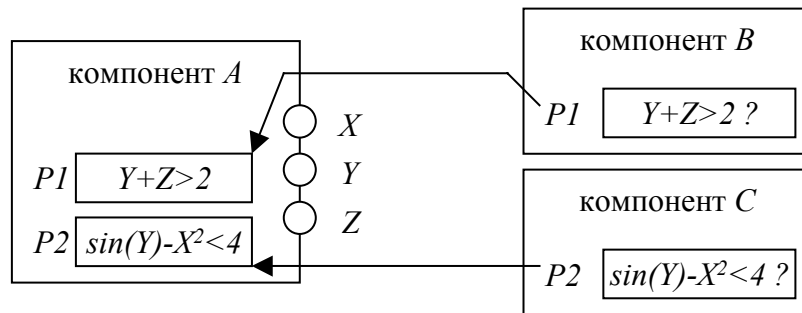


Рис. 1. Компоненты распределенной гибридной системы.

Предикаты, динамически засылаемые на компонент, могут быть достаточно сложными. В общем случае решение этой задачи в виде агентов – динамически подключаемого кода, который осуществляет отслеживание некоторого условия – представляется естественным.

Очевидные преимущества такого решения:

1. уменьшение загрузки сети;
2. увеличение быстродействия модели системы;
3. улучшение точности обнаружения события " $P_k=true$ ".

Разумеется, существует класс задач, где предложенный метод не может быть применен (например, если непрерывно меняющиеся переменные различных распределенных компонентов связаны в общем дифференциальном уравнении). Однако данное решение позволяет охватить широкий круг задач распределенного моделирования гибридных систем.

Метод удаленного вычисления предикатов был промоделирован в пакете AnyLogic 4.0 с поддержкой HLA и доказал свою состоятельность для ряда задач. В настоящее время осуществляется интеграция метода в ядро пакета.