

МЕТОДОЛОГИИ ДЛЯ ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ: ОБЗОР

Авторы: L. Ben-Naoum, R. Boel, L. Bongaerts, B. De Schutter, Y. Peng, P. Valckenaers, J. Vandewalle, V. Wertz

Перевод: Дюба В.В.

Описание: Сформулированы основные принципы аналитического описания ДНС и приведена практика его применения на многочисленных примерах телекоммуникационных сетей. Сформулированы условия управляемости дискретно-непрерывных объектов. Исследованы дискретно-событийные динамические системы. А так же рассмотрены примеры расчета сети с помощью матриц в макс-плюс алгебре.

Источник (англ.): [Methodologies for discrete event dynamic systems](#)

Основная информация

В современном мире технологии совершенствуются и меняются с каждым днем, люди уже не могут представить свою жизнь без интернета и мобильной связи. Телекоммуникационные системы стали неотъемлемой частью жизни каждого человека. В последние годы, как промышленности, так и в академическом мире становятся все более и более заинтересованы в технике для моделирования, анализа и контроля сложных систем, таких как гибкое производство системы, системы параллельной обработки данных, трафик железнодорожных сетей и так далее.

Этот вид системы являются типичными примерами дискретных событий динамических систем, предметом возникающих дисциплин и теории управления. Одним из новых изобретений для исследования сети является аппарат макс-плюс алгебра. Это алгебра вещественных чисел с максимальной и бинарными операциями, одна из разновидностей идемпотентной математики.

Применение макс-плюс алгебры изобилуют в мире вокруг нас. Транспортные системы, системы компьютерной связи, производственных линий, и потоки в сетях основаны на дискретных событиях системы, и таким образом может быть удобно описаны и проанализированы с помощью макс-плюс алгебры.

Поезда стоят на железнодорожных станциях и должны ждать друг друга перед отъездом. Как математики вычисляют железнодорожный график, который точно отражает время их приездов и отъездов? Один подход заключается в использовании макс-плюс алгебры, база, используемая для моделирования дискретных событий системы, которые хорошо подходят для описания заказа и сроков событий. Идемпотентной математикой пользуется любая хозяйка, когда покупает продукты. Она складывает сумму отдельных продуктов а сумму минимизирует. Это житейская математика, связанная с важными практическими задачами, в основном задачами оптимизации.

Введение

В последние десятилетия научное направление по применению аппарата «макс-плюс» алгебры для анализа и синтеза дискретно-непрерывных систем (ДНС) развивается особенно эффективно. Об этом свидетельствует нарастающий поток публикаций в современной литературе и то место, уделяемое проблеме в программах научных конгрессов, конференций и симпозиумов. Так же во многих странах собираются вводить в школьный курс идемпотентную алгебру в предмет информатика. Такое повышенное внимание к этому направлению в современной теории управления обусловлена различными причинами, но наиболее важной является та, что дискретно-непрерывные процессы достаточно распространены в природе, которая нас окружает.

Сеть исчисления в теории имеют дело с проблемами, возникающими в компьютерных сетях с акцентом на гарантии исполнения обязательств. Центральное место в теории использование альтернативных алгебр таких, как мин-плюс алгебры и макс-плюс алгебры. Преобразование сложных систем в сети аналитически послушной системы. Для упрощения анализа, еще одна идея для характеристики движения и обслуживания процессов с использованием некоторой оценки. Сеть исчисления развивалась по двум направлениям – детерминированные и стохастические. Хотя в детерминированных исчислениях сеть опирается на худшие – случай анализа, стохастического исчисления сети учитывает стохастические характеристики движения и процессов обслуживания. Кроме того, последние результаты, относящиеся к стохастическому исчислению сети, в теории массового обслуживания представлены, чем служит образец приложенный стохастического исчисления сети.

Цели методологии дискретно-событийной динамической системы (ДСДС) дискретно-событийная динамическая система (ДСДС) является динамической, асинхронной системой, где переходы инициируют события, которые происходят в дискретные моменты времени. Типичными примерами из ДСДС являются гибкие производственные системы, телекоммуникационных сетей, управления движением, операционные многопроцессорные системы... Событие соответствует началу или концу деятельности. В случае производственной системы возможных событий: завершение части на машине, пробой, буфер становится пустым, и так далее. Интервалы между событиями, которые не обязательно совпадают – могут быть детерминированным или стохастическим. ДСДС характерно наличие асинхронного поведения с множеством параллелизма, как правило, характеризуются сложной, иерархической структурой. В последние годы большое внимание уделяется ДСДС в академических научных исследованиях и промышленном развитии в целях обеспечения безопасности и повышения эффективности и гибкости. Есть много рамок для моделирования, анализа и контроля ДСДС.

Моделирование и анализ

Когда мы хотим, спроектировать систему или разработать контроллер для обеспечения того, чтобы система отвечала определенным требованиям, или когда мы хотим проверить, или оптимизировать свое поведение, мы должны представлять наши знания о свойствах и поведении системы, в модели позволяющей прогнозировать производительность системы. Есть много методов, таких, как теория массового обслуживания, формальные языки, автоматы, временная логика, обобщенные полумарковских процессов, сетей Петри, компьютерного моделирования и так далее. Все эти методы имеют свои преимущества и недостатки, и это действительно зависит от системы, которую мы хотим моделировать и целей, которых мы хотим достичь, какие из вышеперечисленных методик лучше подходят нашим потребностям.

До сих пор наиболее широко используемый метод для изучения ДСДС, конечно, компьютерное моделирование. Одним из основных недостатков компьютерного моделирования является то, что вычислительно весьма требовательное, поскольку требует высокой степени детализации модели. Однако, это также приводит к высокой степени соответствия между моделью и реальной системой. Другой недостатком компьютерного моделирования является то, что он не всегда дает нам реальное понимание последствий изменения параметров на свойства, такие как надежность, стабильность, оптимальность производительности системы. Таким образом, предпочитают использовать математические модели, которые больше подходят для математического анализа, и что позволяют делать прогнозы о поведении системы и аналитически дизайн хороший контроллеров. Основной привлекательностью математического описания системы является существование эффективных алгоритмов для оценки производительности системы. Это значительное преимущество более трудоемкое и дорогое моделирование, которое обычно требуется для получения же информации. Кроме того, аналитические методы обеспечивают лучшее понимание в последствиях изменения параметров на системные свойства. Однако, как мы уже говорили, мы должны принять во внимание, что существует компромисс между точностью нашей модели с одной стороны, и методы для анализа, с другой стороны. Таким образом, мы обычно используем смесь аналитических методов, приближения и компьютерного моделирования, когда мы хотим изучить свойства и поведения ДСДС.

Целью управления ДСДС является разработка контроллеров и стратегии управления, которые улучшают глобальной производительности системы. Мы рассматриваем как качественные свойства (безопасность, предотвращения переполнения буфера, предотвращение заторов, предотвращение тупиков) и количественные свойства (максимальная пропускная способность, минимальная средняя задержка, минимальные запасы, оптимальное занятости ресурсов).

Первая цель управления ДСДС является обеспечить, чтобы система вела себя «правильно»: опасные ситуаций следует избегать, система не должна достичь состояния, из которого она не может выйти (тупик и так далее). В целях контроля системы, контроллер должен быть в состоянии – предотвратить определенные переходы: например, автомобили могут предотвратить попадания пересечения путем установки светофора на позицию – красный. Переходы, которые могут быть заблокированы, называются управляемыми переходами. Следовательно, в каждый момент времени, контроллер должен иметь в своем распоряжении некоторые частичные наблюдения эволюции состояния системы. Если есть такие нежелательные последовательности, то нужно определить, каким образом они могут быть предотвращены путем блокировки нескольких управляемых переходов насколько это возможно. Поэтому, необходимо иметь компактные, но также достаточно точные математические описания системы, которая также позволяет эффективный поиск хорошей стратегии управления. Под эффективным поиском, понимают процедуру, которая не зависит от перечисления всех возможностей по одному.

Сети Петри (пространства состояний) модель для ДНС

Множество запрещенных состояний может быть выбрано таким образом, что даже в случае выхода из строя некоторых компонентов системы, безопасность не будет затронута. Главное отличие систем непрерывного времени и ДНС в том, что контрольные значения выбранной для непрерывной системы, как правило, – небольшое число реальных значений, а в ДНС контроль определяется большим числом двоичных значений.

В качестве примера запрещенного состояния спецификации рассмотрим проблемы тупика. Тупик возникает, когда несколько процессов содержат количество ресурсов, и не процесс может приступить к завершению, поскольку каждый процесс ждет других процессов для завершения. Например, материал может быть удален из буфера только тогда, когда другой буфер или другой ресурс является свободным, но затем этот ресурс, может быть освобожден от размещения заготовки, работать в этом же буфере. Это приводит в тупик, когда есть цикл, круговой цепи, таких ресурсов, взаимозависимы. Тупика можно избежать, убедившись, что каждый из ресурсов и буферов цикла точно никогда не может произойти.

До сих пор, мы рассматривали только логическое поведение ДСДС, то есть последовательности, в которых события происходят без учета времени между двумя последовательными событий. Первый контроллер уровня указывает направления, которые позволяют, как большой набор возможных последовательностей будущих событий провести это совместимо с безопасностью ограничения. Эта свобода может быть использована для оптимизации количественных показателей: пропускная способность, задержки, опоздания, и так далее.

Заключение

В современном мире становятся все более и более заинтересованы в технике для моделирования, анализа и контроля сложных систем. Одна из разновидностей идемпотентной алгебры, а именно макс-плюс алгебра, позволяет получать модели ДБС в форме аналитических уравнений в пространстве состояния с учетом особенностей представления динамики дискретно-непрерывных явлений. Сформулированы основные принципы аналитического описания ДНС и приведена практика его применения на многочисленных примерах телекоммуникационных сетей. Сформулированы условия управляемости дискретно-непрерывных объектов. Исследованы дискретно-событийные динамические системы. А так же рассмотрены примеры расчета сети с помощью матриц в макс-плюс алгебре.