

СЕТИ ПЕТРИ КАК АППАРАТ МОДЕЛИРОВАНИЯ И СИНТЕЗА СУПЕРВИЗОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНЫХ СИСТЕМ

Основная задача супервизорного управления – согласование отдельных автономных компонент системы управления (агентов), обеспечение последовательности их действий и исключение взаимного блокирования и тупиков. Что понимается под «супервизорным управлением»:

- Мониторинг поведения системы с помощью обратной связи (показаний датчиков)
- Контрольная оценка в соответствии с скомпилированным супервизором и соответствующим контрольным алгоритмом, который отображает поведение системы в соответствующие контрольные действия.
- Реализация супервизора на языке релейной логики (LLD) на программируемый логический контроллер (ПЛК).

Схема типичного супервизорного управления над ДСС показана на рис.1. Она состоит из четырех частей: дискретно-событийная система (ДСС), подлежащая контролю, супервизор, показания датчиков в качестве выходов из ДСС, и управляющих воздействий в качестве входов в ДСС. Цель супервизора заключается в предотвращении возникновения запрещенных состояний и поддержке максимальной разрешимости системы, т.е. убедиться, что супервизор не ограничивает понапрасну работу системы.



Рис. 1. Супервизорное управление ДСС с помощью модели объекта управления

ДСС, т.е. объект управления и супервизор, как предполагается, функционируют параллельно. Когда событие происходит на объекте, это становится известно супервизору благодаря показаниям датчиков. В результате состояние супервизора изменяется. Поскольку супервизор связан с состояниями объекта обратной связью, контрольные действия полностью определяются текущим состоянием сети объекта управления. Таким образом, в текущем состоянии, супервизор предоставляет набор действий, чтобы заставить объект вести себя в соответствии со спецификацией. Супервизор в данном случае является моделью управления основного объекта. Управляемое поведение – это подмножество неуправляемого поведения, которое допускается (разрешается) супервизором.

Отличительная особенность дискретно-событийной системы (ДСС) – это разделение в исходных данных модели объекта – G и требований к его поведению – K , и затем постановка и решение задачи синтеза S – супервизора (управляющей компоненты ДСС), обеспечивающего поведение G в соответствии с требованиями K . Как правило, G и K определяются конечными автоматами, языками или сетями Петри (СП). Значительный успех в снижении сложности синтеза супервизора дает использование сетей Петри [1] из-за их мощности и

гибкости, что особенно важно, когда объект является структурированным (G представлен совокупностью автономных компонент).

В ДСС постановка задачи управления кардинально отличается: дана СП S_1 , моделирующая ничем не ограниченное поведение объекта управления G . Определены ограничения на поведение G – спецификация K . Задача: существует ли СП S_2 , дополняющая S_1 (сеть, встроенная в контур обратной связи) так, что совместно эти сети (S_1 и S_2) удовлетворяют K . Если существует S_2 , то каким образом эту сеть синтезировать.

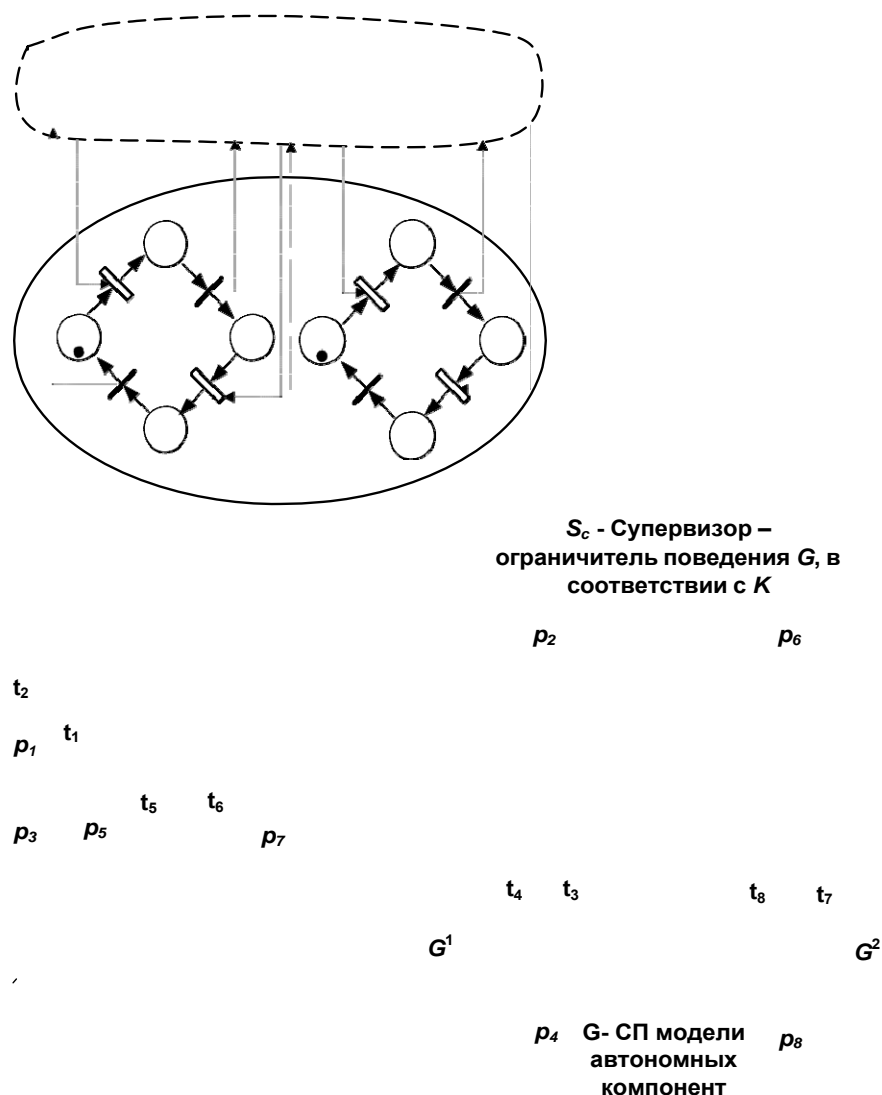


Рис. 2. Модель СУ в ДСС в сетях Петри

Следует задавать G как совокупность моделей автономных компонент объекта, например, отдельных механизмов, что позволяет упростить процедуру задания объекта управления.

Сети Петри как основа для проектирования супервизорного управления ДСС имеют ряд преимуществ перед конечными автоматами. Основное достоинство сетей Петри состоит в возможности отображения в виде одной компоненты взаимодействия нескольких параллельно-последовательных процессов. Кроме того, состояние сети Петри представлены возможными маркировками, а не вершинами графа переходов конечного автомата, что позволя-

ет сделать описание системы более компактным, т.к. структура сети может оставаться неизменно малой, даже при росте числа маркировок, а следовательно и числа состояний. Наконец, модель системы на СП можно использовать для анализа свойств, оценки эффективности системы планомерного построения супервизора.

В рамках теории ДСС в ряде работ [1, 3-5] решается достаточно широкий круг задач. Наряду с анализом сети Петри S_1 , моделирующей ничем не ограниченное поведение объекта

управления G , формализуются требования (спецификация K) к автоматизированному поведению производственной системы, исследуется вопрос управляемости G по заданной спецификации и, при положительном ответе, формально синтезируется сеть S_2 (супервизор), дополняющий сеть S_1 так, что совместно (S_1 и S_2) удовлетворяют K . Методы в работах по синтезу супервизора на СП опираются на выявление запрещенных состояний (путем анализа дерева достижимых маркировок и сопоставления их с технологическими требованиями – спецификацией) и построение дополнительных сетевых конструкций (из позиций и переходов), не допускающих переход в маркировки, соответствующие этим состояниям. В работе [1] предложен метод синтеза супервизора (метод *домино*), основанный на модели объекта, заданной совокупностью автоматных сетей Петри и спецификации, определенной языком K (последовательностью срабатывания управляемых переходов). Основным методологический прием метода домино заключается в конструировании каналов передачи управления между СП, представляющими компоненты объекта. Метод гарантирует, что объект будет выполнять только те последовательности, которые заданы в спецификации.

Выделяются три типа спецификаций поведения систем: спецификации на запрещенные состояния, спецификации на запрещенные цепочки и спецификации на последовательность операций. Например, под запрещенными состояниями производственной системы обычно подразумеваются такие нежелательные обстоятельства, при возникновении которых не может быть выполнена основная производственная задача, возможны или неизбежны выход оборудования из строя или возникновение опасностей для человека или окружающей среды (например, поломка сверла при повороте рабочего стола, взрыва котла, утечка агрессивных жидкостей или газов). В этом случае супервизор реализует обратную связь с системой. Таким образом, при исходных данных в виде текущего состояния системы, целью является синтез супервизора и обратной связи, которые будут гарантировать, что система не войдет в запрещенные состояния. Необходимость в супервизорном управлении и отслеживании запрещенных состояний возникает на всех уровнях иерархии контроля над системой: от низкочастотных взаимодействий оборудования и контроллеров, до координации работы всего предприятия через рабочие станции.

В каком-то состоянии система, если не проконтролировать, может попасть в запрещенное состояние после срабатывания управляемого перехода. Чтобы избежать этого, супервизорный алгоритм просто определяет набор маркировок и соответствующих управляемых переходов, которые должны быть разрешены только при определенных маркировках. Позволяя управляемым переходам срабатывать при определенных маркировках, мы вводим дополнительный блокирующий процесс, позволяющий предотвратить систему от достижения запрещенного состояния и обеспечить достижимость всех допустимых разметок системы, т.е. супервизор является максимально разрешающим. Когда есть маркер(ы) в соответствующих местах модели АСП, связанные управляемые переходы, соединенные разрешающими дугами, разрешены. И наоборот, когда в соответствующих местах нет фишек, управляемые переходы блокированы.

Библиографический список

1. Амбарцумян, А. А. Моделирование и синтез супервизорного управления на сетях Петри для рассредоточенных объектов / А. А. Амбарцумян // Автоматика и телемеханика. – 2011. – № 8. – С. 151–169.
2. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон. – М. : Мир, 1984. – 264 с.
3. Cassandras, C.G. Introduction to discrete event systems / C.G. Cassandras, S. Lafortune. – Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2008. – 848 p.
4. Guia, DiCesare. Supervisory Design Using Petri Nets / DiCesare Guia // Proc. of the 30th Conf. on Decision and Control ; december 1991. – Brighton-England. – PP. 92 – 97.
5. Ramadge, J. G. Supervisory control of a class of discrete event processes / J. G. Ramadge, W. M. Wonham // SIAM Journal of Control and Optimization. – 1987. – № 25. – PP. 206–230.