

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

С.А. Никищенков (СамГАПС)

Рассмотрены реконфигурируемые производственные системы и информационно-логические схемы процессов в качестве моделей функционального диагностирования. Исследованы свойства информационно-логических схем в обнаружении дефектов в параллельном потоке операций и вопросы применения подхода.

Реконфигурируемые производственные системы

Под конфигурацией понимается структурно-временное распределение дискретных операций процесса обработки информационно-материальных носителей согласно принятой технологии в системе с параллельно работающими взаимодействующими взаимозаменяемыми ресурсами [1, 2]. Реконфигурация производственных систем – это факт перехода от одной конфигурации к другой, вызванный такими причинами, как асинхронность, конвейеризация, изменение порядка следования операций и распараллеливание процессов на рабочих местах; изменения в производственных ресурсах; деградация или развитие производства; применение новых методов управления, планов и производственных стратегий. Например, для механо-сборочного производства к числу стратегий, применяемых его руководством и приводящих к реконфигурации, относятся экономические – максимальная производительность, загрузка соответственно сбыту, загрузка соответственно наличию материалов, минимальная производительность (выживание), равномерная загрузка и т.д., и технические стратегии – опытный пуск и испытания, оптимизация производственного цикла, диспетчеризация по производственно-техническим условиям (группировка, перепоручение), изменение в составе и функции оборудования (отказ, деградация, расширение, сужение, замена, перепрограммирование).

Для реконфигурируемых производственных систем (РПС) задача функционального диагностирования (ФД), т.е. контроля правильности работы при выполнении предписанных функций, приобретает особую значимость, так как процесс существенно усложняется, растет поток дефектов и оказываются недостаточно эффективными известные методы и средства ФД. Актуальной является задача выбора или разработки диагностической модели (ДМ), учитывающей особенности РПС как объекта ФД и обладающей преимуществами перед известными моделями [3].

Сравнительный анализ диагностических моделей параллельных процессов

При выборе ДМ учитываются теоретические (универсальность, полнота, разрешимость и проработанность основных формальных задач анализа, синтеза и преобразования) и практические аспекты (интерпретируемость, унифицируемость, преемственность, наглядность, операбельность, эффективность базовых методик).

Метод ФД по схемам алгоритмов [3] носит фундаментальный характер, поскольку базируется на свой-

ствах алгоритмических систем, и универсален по отношению к классу объектов, функционирование которых описывается последовательными и параллельными граф-схемами алгоритмов. Использование этой ДМ рационально на уровне укрупненных технологических операций. К недостаткам схемно-алгоритмического контроля относятся большая размерность ДМ при описании множества конфигураций, неприменимость для систем с динамическим распределением ресурсов, ориентация на обнаружение дефектов в управляющей части объекта ФД.

Широкое применение для анализа параллельных конкурирующих процессов нашли сети Петри [4], однако их использование в ФД производственных процессов затруднено из-за неоднозначности интерпретации, низкой операбельности и сложности синтеза и анализа.

К числу графовых моделей, наглядно описывающих варианты параллельных процессов, относятся биологические графы, используемые для расчета характеристик и планирования работы мультипроцессорных систем [5].

К моделям вычислений, описывающих на операторном уровне процессы с произвольным распараллеливанием, относятся А-схемы Котова-Нариньяни и спусковые функции (СФ), которые представляют собой конечные предикаты над множеством операторов в схеме программы и задают максимально параллельный асинхронный процесс, обеспечивая запуск операторов по мере готовности их входных аргументов [4, 6]. Метод контроля по СФ, реализующий проверку правильности запуска операторов на множестве допустимых параллельных процессов, представляется идеальным механизмом ФД РПС, однако рассматривался для систем со статическим распараллеливанием [7].

Определение и свойства диагностических информационно-логических схем

Пусть задана технология преобразования информационно-материального базиса в виде упорядоченной совокупности операторов (преобразователей и распознавателей) с указанием кортежей их входных/выходных переменных, т.е. операторная схема программы [1, 4]. Диагностической информационно-логической схемой (ДИЛС) назовем тройку $S = (A, L, F)$, в которой множество $A = \{A_i\}$ состоит из операторов (преобразователей и распознавателей); множество предикатов $L = PUQ$ включает множество логических условий схемы $P = \{P_j\}$ и множество дополнительных предикатов Q , характеризующих историю процесса; множество $F = \{F_i(A, L)\}$ представляет

совокупность логических функций в базе алгебры Жегалкина (И, Исключающее ИЛИ, 1), означающих условия правильного запуска (контролирующие спусковые функции) для всех (или выборочных) операторов в зависимости от выполнения операторов-предшественников.

Билогический орграф ДИЛС (рисунок) содержит множество вершин A и множество дуг B , интерпретирующих отношения логического и информационного предшествования между операторами такое, что $B_i, k = 1$ для вершин A_i и A_k , если A_i входит аргументом в F_k ; каждая вершина A_i размечена входной логикой F_i с помощью связок $\&, \oplus$ между входящими дугами; каждая вершина, соответствующая оператору-распознавателю $A_i(P_j)$, размечена выходной логикой с помощью связки \oplus между альтернативными выходящими дугами, нагруженными различными значениями P_j (P_j^1 или P_j^0), и связкой $\&$ между дугами, нагруженными одинаковыми значениями P_j . Например, для A_{16} запуск считается верным, если выполнен A_{14} и либо выполнен A_{15} , либо выполнен A_9 (со значением $P_2 = 0$), т.е. $F_{16} = A_{14} \& (A_{15} \oplus A_9(P_2))$.

ДИЛС в общем случае является простым непланарным слабо-связанным правильным графом со специальной разметкой вершин и дуг, семантика которого служит целям потокового анализа систем [8]. В динамике модель описывает множество процессов из таких событий, как "включение" вершин и "зажигание" дуг с естественной возможностью моделирования асинхронных конвейерных потоков операций. При этом принципиальным отличием является описание допустимого, а не необходимого порядка запуска операторов, т.е. отсутствие детерминизма [5,7].

Правильный процесс в ДИЛС характеризуется тем, что в каждый момент времени t множество запущенных операторов A_i^t есть непустое подмножество множества "готовых" операторов A_i^c , у которых выполнены условия запуска (единичные функции F_i):

$$(\forall A_i^c \subset A_i^t) \wedge (|A_i^t| > 0) = 1.$$

Нарушение данного условия представляется следующими признаками дефектов:

$$(\exists A_i^c \not\subset A_i^t) \vee (|A_i^t| = 0) = 1,$$

т.е. на ДИЛС заданы два типа дефектов в потоке операторов – "ложный запуск" и "отсутствие запуска".

Приведем ряд утверждений, базирующихся на результатах теоретического параллельного программирования и опыте внедрения средств ФД по ДИЛС.

*Если путь твой к созданию модели ведет,
Как бы не был он долг и труден - вперед!*

Журнал "Автоматизация в промышленности"

1. Для производственной технологии, имеющей внутренний параллелизм, существует множество правильных эквивалентных потоков базовых операций, различающихся конфигурацией.

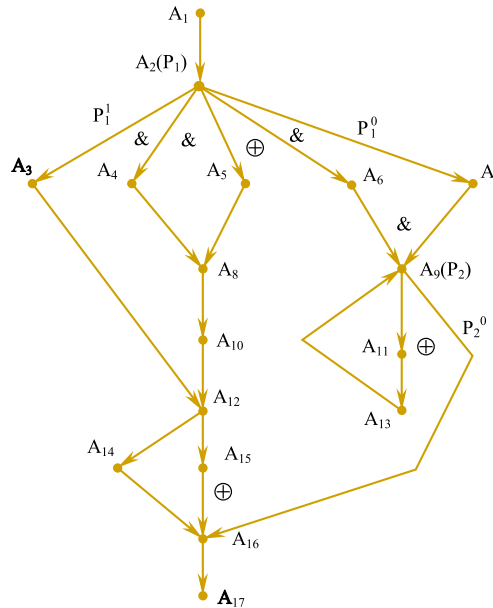
2. Для каждой технологии существует правильный максимально параллельный поток базовых операций, соответствующий управлению по СФ и бездефектный по ДИЛС.

3. Обнаружение дефектов по ДИЛС заданной технологии применимо для любой конфигурации потока операций, т.е. ДИЛС является диагностическим инвариантом РПС.

4. При использовании ДИЛС решается задача обнаружения дефектов, существенных по отношению к искажению информационно-материального базиса.

5. Оперативность обнаружения дефектов по ДИЛС тем выше, чем больше степень распараллеливания процесса (меньше разность $|A_i^1| - |A_i^0|$).

6. Для обнаружения дополнительных дефектов ("задержка запуска", "задержка выполнения операции", "нарушение порядка фаз операции", "несоответствие результата" и т.д.) и повышения эффективности диагностирования ДИЛС могут быть размечены соответствующими параметрами операций, подвергнуты графовой декомпозиции и интерпретированы счетчиковыми сетями.



ДИЛС процесса ремонта агрегата

Вопросы применения ДИЛС

Теоретические ограничения на применение метода ФД по ДИЛС связаны с оценкой допустимого пространства реконфигураций и проблемой максимального параллелизма в процессах. Как показано в [6], при максимальном распараллеливании условие запуска оператора схемы программы общего вида может иметь сколь угодно сложный вид. Это вытекает из-за вариаций информационных и логических предшественников при произвольном развитии процесса. Для большинства производственных процессов характерна принадлежность их формальных описаний классу так называемых "приводимых" схем программ, для которых СФ конечна, и может быть построена максимально параллельная ДИЛС. Расширение области применения дает интерпретация ДИЛС счетчиковыми сетями, для которых доказана возможность мак-

симально параллельной реализации операторной схемы произвольного вида [4, 8].

Преимущества ДИЛС обусловлены инвариантностью к конфигурации РПС, универсальностью модели, проработанностью теоретических вопросов, наличием программ по распараллеливанию и декомпозиции, возможностью частичного (избирательного) контроля операций. К проблемам практического применения относятся корректность описаний ТП, контролепригодность РПС, трудоемкость инженерных задач (схематизация, имитационное моделирование, настройка средств ФД, способы съема диагностических признаков) и сложность организационно-технических мероприятий по реализации ФД РПС по ДИЛС [2].

Список литературы

1. *Алгоритмы, математическое обеспечение* и архитектура многопроцессорных вычислительных систем / Под ред. А.П.Ершова. М.: Наука, 1982.
2. *Никищенок С.А.* Функциональное диагностирование реконфигурируемых информационно-управляющих систем // "Информационные технологии на железнодорожном транспорте (Инфотранс-2002)". 7-я междунар. науч.-практ.конф. СПб: ПГУПС, 2002.
3. *Смолов В.Б., Барашенков В.В., Балакин В.Н.* Контролирующие и диагностические процедуры на схемах алгоритмов // Тез. докл. V Всесоюз. совещ. по проблемам управления. М.: Наука, 1971.
4. *Элементы параллельного программирования* / Под ред. В.Е.Котова. М.: Радио и связь, 1983.
5. *Рыжков А.П.* Правильная биологическая граф-модель параллельного вычислительного процесса и его свойства // Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1976, №2.
6. *Нариньяни А.С.* Теория параллельного программирования: формальные модели // Кибернетика. 1974. №3, 4.
7. *Никищенок С.А.* Функциональное диагностирование управляющей части реконфигурируемых многопроцессорных вычислительных систем по информационным схемам алгоритмов. Дис. к.т.н. Л.: ЛЭТИ, 1988.
8. *Бунич А.Л. и др.* Параллельные вычисления и задачи управления (аналитический обзор) // Автоматика и телемеханика, 2002. №12.

Никищенок Сергей Алексеевич – канд. техн. наук, доцент, заместитель заведующего по НИР кафедры "Информатика" Самарской государственной академии путей сообщения, председатель совета директоров ЗАО "Роспромоборудование-2".

Контактный телефон (8462) 99-58-69.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛООБМЕНА

Е.В. Никульчев (МГАПИ)

Описан подход к идентификации и моделированию сложных технических систем на примере управляемой системы теплообмена, используемой в кондитерской промышленности. Методологической основой подхода служит теория симметрий, средством – пакет System Identification Toolbox.

В инженерной практике проектирования систем управления и регулирования все больше стало использоваться математическое моделирование, что объясняется, прежде всего, сложностью промышленных объектов. При этом широкое распространение получили математические пакеты, среди которых одним из приспособленных для инженерных приложений является среда MATLAB. Для решения задач управления и имитационного моделирования в состав системы входят следующие пакеты расширения (Toolboxes).

Control Systems Toolbox. Работает с непрерывными и дискретными моделями систем в виде передаточных функций и моделями в пространстве состояний и позволяет решать классические задачи [1]: расчет динамических и частотных характеристик; проектирование регуляторов частотными и корневыми методами; синтез систем управления по квадратичным критериям оптимальности; решение стационарных уравнений Ляпунова, Риккати и др.; фильтрация по Калману; поддержка систем с запаздыванием.

LMI Control Toolbox. Предназначен для решения задач выпуклой оптимизации при проектировании устойчивых систем управления: проектирование систем управления с использованием ограничений; синтез многокритериальных систем управления; провер-

ка устойчивости линейных систем по Ляпунову, нелинейных – по критерию Попова.

Model Predictive Control Toolbox. Представляет набор средств для решения задач управления сложными многоканальными системами с учетом ограничений на переменные состояния и управляющие сигналы.

Mu-Analysis and Synthesis Toolbox. Содержит функции проектирования устойчивых систем управления на основе использования оптимизации в равномерной норме и сингулярного параметра.

Robust Control Toolbox. Включает средства проектирования и анализа многопараметрических робастных систем управления, устойчивость которых имеет большое значение. К ним относятся – системы с модельными неопределенностями, с динамической неопределенностью, с изменяемыми в процессе функционирования параметрами.

System Identification Toolbox. Инструментальное средство идентификации линеаризованных моделей динамических систем на основе анализа входных/выходных процессов. Включает предварительный анализ данных (фильтрация, выявление трендов, и т. п.); выбор диапазона данных для идентификации; построение авторегрессионных моделей; получение моделей в пространстве состояний; анализ невязок при тестировании модели. System Identification Toolbox является одним из самых практически полезных приложений.