

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ В.И.УЛЬЯНОВА /ЛЕНИНА/

На правах рукописи

ЯКОВЛЕВ

Александр Владимирович

УДК 681.324:326.34/043/

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОКОЛОВ АСИНХРОННОГО
ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ В МЕЖМОДУЛЬНОМ ИНТЕРФЕЙСЕ

Специальность: 05.13.13 - Организация структур и
вычислительных процессов в
ЭВМ, комплексах и системах

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель

д.т.н. проф. В.И.ВАРШАВСКИЙ

ЛЕНИНГРАД

1982

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение.....	6
1. Общая характеристика методов формализованного синтеза и анализа протоколов информационного обмена.....	12
1.1. Понятие протокола.....	12
1.2. Основные способы описания протоколов.....	15
1.3. Общая характеристика методов анализа протоколов.....	24
Краткие выводы.....	33
2. Формализация поведения взаимодействующих объектов и протоколов асинхронного обмена информацией.....	35
2.1. Понятие асинхронной системы переходов.....	35
2.2. Модели структур взаимодействия на основе АСП.....	41
2.3. Понятие асинхронного процесса.....	51
2.4. Управляемый асинхронный процесс. Протокол управляемого взаимодействия.....	62
Краткие выводы.....	71
3. Интерпретация асинхронных процессов и использование частных моделей для описания и анализа протоколов.....	74
3.1. Маркированные графы и их свойства.....	74
3.1.1. Синтаксические подклассы сетей Петри.....	74
3.1.2. Понятие маркированного графа.....	77
3.1.3. Анализ свойств маркированных графов.....	81
3.1.4. Описание и анализ протоколов.....	88
3.2. Модели асинхронных дискретных структур.....	95
3.2.1. Понятие сигнального графа.....	95
3.2.2. Диаграмма переходов и модель Маллера.....	98
3.3. Связь сигнальных графов и диаграмм переходов.....	106
3.4. Переход от дистрибутивной диаграммы переходов к нормальному сигнальному графу.....	120

Заключение	187
Список литературы	189
Приложение I. Пример контекстной процедуры.....	202
Приложение 2.....	204
II.2.1. Пример управляемого протокола обмена.....	204
II.2.2. Композиция асинхронных процессов.....	206
Приложение 3. Использование сетей Петри для описа- ния асинхронных дискретных структур.....	221
Приложение 4. Передача информации по трехстабиль- ным линиям.....	227
Приложение 5. Анализ и реализация интерфейса ТРИМОСБАС.....	237
Приложение 6. Внедрение результатов работы. Акт.....	253

Краткие выводы	I27
4. Организация аperiodического интерфейса междомдульного обмена.....	I29
4.1. Принципы организации междомдульного взаимодействия..	I29
4.1.1. Общие положения.....	I29
4.1.2. Методика синтеза средств сопряжения	I33
4.1.3. Структура логического уровня междомдульного интерфейса.....	I34
4.2. Принципы аperiodической передачи данных по параллельным информационным линиям.....	I38
4.2.1. Использование самосинхронизирующихся кодов.....	I38
4.2.1.1. Коды с идентификаторами.....	I39
4.2.1.2. Оптимальный равновесный код.....	I40
4.2.1.3. Избыточность самосинхронизирующихся кодов.....	I41
4.2.2. Протоколы взаимодействия источника и приемника..	I42
4.2.2.1. Передача с использованием одного спейсера.....	I44
4.2.2.2. Передача с использованием двух спейсеров.....	I45
4.2.2.3. Передача "в изменениях".....	I48
4.3. Организация взаимодействия ведущего и ведомого модулей.....	I51
4.3.1. Общая модель структуры взаимодействия.....	I51
4.3.2. Организация одностороннего обмена данными.....	I55
4.3.3. Организация двустороннего обмена "ведущий-ведомый".....	I65
4.3.4. Использование желобковых структур для двустороннего обмена данными	I75
4.4. Организация взаимодействия по принципу "один-всем".....	I81
Краткие выводы.....	I84

Объем диссертации	/стр./
Основной текст.....	150
Иллюстрации.....	32
Литература.....	13
Приложения.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития вычислительной техники характеризуется следующими двумя основными тенденциями. Во-первых, децентрализация вычислительных средств, остро ставящая вопросы организации взаимодействия структурных объектов (модулей) вычислительных систем. Во-вторых, рост степени схмотехнической интеграции, существенным образом изменяющий требования к средствам информационного обмена ввиду изменений соотношений временных и конструктивных параметров объектов, их внутренних и внешних связей.

Значительно повышается уровень требований к методам анализа и синтеза средств взаимодействия объектов. Необходимой становится общность принципов реализации как самих объектов, так и их интерфейса.

Известно, что использование в структурах вычислительных систем традиционных синхронных и асинхронных интерфейсов не позволяет обеспечить функционирование таких систем независимо от задержек, вносимых модулями и линиями связи. Устранить данный недостаток можно путем использования специальных (аперiodических) аппаратных средств, к тому же обеспечивающих:

- повышение быстродействия и устойчивости к параметрическим отказам за счет работы по реальным временным характеристикам модулей и линий связи [2,56,116] ;
- увеличение надежности и достоверности за счет диагностирования неисправностей в вычислительной системе [45,55] .

Большая роль в становлении теории аперiodических автоматов принадлежит исследованиям Д.Маллера и Р.Миллера [39] . К настоящему времени в трудах группы ученых, возглавляемой В.И.Варшавским, решены многие проблемы в области аперiodической схмотехники [2,26] , анализа и синтеза аперiodических устройств [12,13,14,]

45,55,56] , средств реализации асинхронных интерфейсов [4,40] . Вместе с тем еще требуют своего решения вопросы, связанные с проектированием аperiodических вычислительных систем; в частности, особо актуальной представляется задача создания структуры сопряжения между аperiodическими модулями системы.

Совокупность правил и средств, составляющих структуру сопряжения модулей, - интерфейс принято делить на четыре уровня: физический, электрический, информационный и логический [57]. Наиболее сложным этапом проектирования интерфейса является описание протокола (свода правил) информационного обмена при взаимодействии модулей на логическом уровне.

В условиях унификации и стандартизации протоколов явственна необходимость однозначности трактовки (стандарта восприятия) описания. Использование неформальных методов описания протоколов, в частности, естественного языка, лишь создает иллюзию ясности понимания, а в действительности не позволяет эффективно синтезировать и анализировать процедуры взаимодействия, а также переходить к программно-аппаратным средствам их реализации. Так, попытки формализации и анализа весьма объемистых первоначальных версий широко известных протоколов X.21 и X.25, выполненных на естественном языке, выявили ряд элементов неполноты и некорректности в описаниях.

Значительный вклад в развитие формальных методов синтеза протоколов информационного обмена вносят исследования школ В.Г.Лазарева [33], Э.А.Якубайтиса [59]. Важные результаты в этой области получены А.В.Бутрименко [9], А.Ф.Петренко [108], Г.Бохманном [66,69], А.Дентайном [78], П.Зафиропуло [119], Дж.Ле Моли [96] и другими советскими и зарубежными учеными. Необходимо также отметить связь проблем синтеза протоколов с работами школы В.М.Глушкова [19], М.А.Гаврилова [18], исследованиями В.Е.Котова [32],

О.Л.Бандман [38] в области организации параллельных вычислений.

Несмотря на широту круга работ по формализации протоколов, следует заметить, что теоретические основы и способы синтеза интерфейсных протоколов, обладающих особенностями аperiodических средств сопряжения модулей, до сих пор фактически разработаны не были. Это, в свою очередь, сдерживало прогресс в развитии методов синтеза и разработке автоматизированных средств аperiodического системного проектирования. Сказанное позволяет считать актуальным исследование в области разработки методов проектирования и реализации протоколов асинхронного обмена информацией в междоульном интерфейсе.

Целью работы является разработка методики проектирования протоколов информационного обмена и средств реализации асинхронного взаимодействия структурных объектов (модулей) вычислительных систем.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи.

1. Исследование современных формальных методов проектирования протоколов информационного обмена.
2. Создание единого обобщенного формального языка описания поведения взаимодействующих объектов и протоколов информационного обмена.
3. Разработка способов формального описания и анализа протоколов в рамках частных асинхронных моделей поведения.
4. Разработка аperiodических средств реализации взаимодействия функциональных модулей в междоульном интерфейсе.

Метод исследования базируется на общей теории автоматов [1,5,10,19] и использует результаты теории параллельных программ и процессов [29,32,84,93,110], теории аperiodических автоматов и полумодулярных схем [2,14,39], а также опыт разработок асин-

хронных интерфейсов ЭВМ и систем [4,23,26,27,28,35,45,57,95] .

Научная новизна проведенных исследований состоит в создании единого обобщенного формального языка описания (метамодели) поведения взаимодействующих объектов и протоколов асинхронного информационного обмена, установлении связи метамодели с различными частными моделями поведения асинхронных дискретных структур, доказательстве соответствия сигнальных графов дистрибутивным диаграммам переходов, разработке теоретических основ проектирования протоколов асинхронного взаимодействия аperiodических функциональных модулей вычислительной системы, в том числе протоколов, инвариантных к явлению перекоса задержек в линиях связи.

Практическая ценность. В диссертации предложена методика синтеза (формального описания и анализа) протоколов взаимодействия и средств сопряжения объектов (вычислительных процессов и устройств ЭВМ) при задании их с помощью управляемых асинхронных процессов, маркированных и сигнальных графов. Использование этой методики позволяет повысить качество проектирования протоколов. Кроме того, в работе предложены структуры средств аperiodической реализации логического уровня межмодульного интерфейса, обеспечивающие взаимодействие модулей инвариантно к задержкам модулей и линий связи, что дает возможность существенно повысить достоверность, надежность, а в ряде случаев и скорость обмена информацией.

Разработка протоколов межмодульного обмена и средств их реализации является необходимым этапом построения аperiodических ЭВМ, комплексов и систем.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на:

1) II Всесоюзной междувузовской конференции "Математическое, алгоритмическое и техническое обеспечение АСУ ТП", Ташкент, 1980 г.

2) IX Всесоюзном совещании-семинаре по автоматизации проектирования структурных элементов и математического обеспечения ЭВМ и систем, Гурзуф, 1981 г.

3) Всесоюзном семинаре "Диалог в автоматизированных системах" в ИФДНИИ им.Ф.Э.Дзержинского, Москва, 1981 г.

4) II Всесоюзной конференции "Вычислительные сети коммутации пакетов", Рига, 1981 г.

5) Всесоюзной школе-семинаре "Интерактивные системы", Сухуми, 1982 г.

6) городском постоянно действующем семинаре "Теория автоматов" секции вычислительной техники НГО РЭС им.А.С.Попова, Ленинград, 1981 г.

7) научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ЛЭТИ им.В.И.Ульянова (Ленина), 1979, 1981, 1982 гг.

Внедрение результатов работы. Диссертация выполнена в рамках научно-исследовательских работ кафедры математического обеспечения и применения ЭВМ по созданию отказоустойчивой специализированной ЦВМ. Предложенные в работе методики синтеза средств сопряжения функциональных модулей СЭВМ и протоколы передачи информации по трехстабильному каналу связи внедрены на предприятии, а также использованы в работах, проводимых в Институте социально-экономических проблем АН СССР в соответствии с планом НИР.

Настоящая работа состоит из четырех разделов.

В разд. I кратко рассмотрены методы формализованного синтеза и анализа протоколов взаимодействия. Приведены основные структурные модели системы взаимодействующих объектов и некоторые избранные средства, используемые в практике разработки сетевых протоколов.

В разд.2 изложен метод описания взаимодействия объектов с помощью асинхронных систем переходов. Введен формальный аппарат управляемого асинхронного процесса, являющегося метамоделью, в рамках которой определены условия согласования взаимодействующих объектов. Показано, что механизм модельной и семантической интерпретации асинхронного процесса позволяет задавать протоколы любого вида в рамках частных моделей.

В разд.3 рассмотрены методы описания и анализа протоколов с использованием модельных интерпретаций асинхронного процесса - маркированных и сигнальных графов, диаграмм переходов. Установлена связь между сигнальными графами и дистрибутивными диаграммами переходов.

В разд.4 рассмотрены основы организации аperiodического интерфейса междомдульного взаимодействия. Предложены методы аperiodической передачи информации по параллельным линиям связи, инвариантно к явлению перекоса задержек в последних. Для этого предусмотрено использование самосинхронизирующихся кодов или многостабильных линий. Разработаны структуры реализации протоколов взаимодействия ведущего и ведомого модулей, представляющие основу логического уровня междомдульного интерфейса. Рассмотрены принципы организации взаимодействия одного источника и нескольких приемников информации при аperiodической реализации интерфейса.

В заключении работы кратко оцениваются ее результаты.

В приложении приведены примеры описания локальной модели объекта непосредственного взаимодействия, способы композиции асинхронных процессов, процедура перехода от полумодулярных диаграмм переходов к устойчивым сетям Петри, описание протоколов для трехстабильного канала связи, а также примеры реализации протоколов интерфейса

ТРИМОСБАС.