

СИСТЕМА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В ГЕТЕРОГЕННЫХ СЕТЯХ

БОЧКАРЁВА Е.В., СУЧКОВА Л.И.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Системы диспетчерского управления и сбора данных реализуют методы автоматизированного управления сложными динамическими объектами и включают подсистемы управления, сбора, обработки, передачи, хранения и отображения информации [1]. Функциональные возможности такой системы заключаются в организации сбора информации с первичных измерительных преобразователей и интеллектуальных программируемых устройств, обработке и архивации данных, принятии решений о возникновении нестандартных ситуаций в системе и т.п.

Перспективным направлением в области проектирования распределенных вычислительных систем с гетерогенной структурой является предварительное событийно-ориентированное моделирование их функционирования с целью выявления «узких мест» и проверки применимости алгоритмов с различной временной сложностью для устройств с ограниченными возможностями.

Как правило, при проектировании гетерогенных систем сбора и обработки данных можно выделить три уровня их архитектуры [2]:

1. Нижний уровень включает различные датчики для сбора информации. Датчики поставляют информацию локальным интеллектуальным устройствам – микроконтроллерам или программируемым логическим контроллерам (PLC - Programming Logical Controller). Обработка данных на устройствах нижнего уровня не производится.
2. Средний уровень, включающий микроконтроллеры и PLC, которые выполняют сбор и обработку первичной информации с датчиков, осуществляют управление электроприводами и другими исполнительными механизмами [3]. Обработка информации на устройствах этого уровня включает архивирование данных, фильтрацию данных, проверку полученных данных на достоверность, на вероятность возникновения критической или нестандартной ситуации.
3. Верхний уровень включает одну или несколько станций управления, представ-

ляющих собой автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. Здесь же может быть размещен сервер базы данных, рабочие места (компьютеры) для специалистов, технологические компьютеры (ТК) – рабочие станции, осуществляющие сбор, анализ, контроль данных в подчиненном сегменте распределенной системы.

Устройства на разных уровнях архитектуры различаются по функциональным возможностям и характеристикам, например, по быстродействию, объему памяти для работы алгоритмов обработки данных и для хранения результатов измерений и вычислений, что вынуждает использовать для них разные способы хранения и алгоритмы обработки данных.

Пример фрагмента архитектуры распределенной системы приведен на рисунке 1:

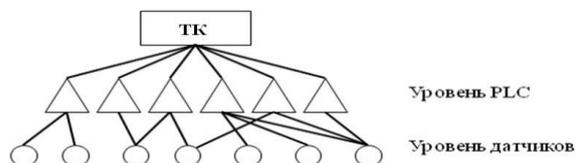


Рисунок 1 – Фрагмент архитектуры системы сбора данных

Наиболее распространенным подходом к проектированию распределенных вычислительных систем является использование экспертных оценок [4]. В соответствии с этим подходом специалисты на основании имеющегося у них опыта осуществляют проектирование распределенной системы, обеспечивая решение конкретной задачи и обеспечивающей максимальную надежность и производительность. Этот подход позволяет минимизировать затраты на этапе проектирования, и создать распределенную систему с наилучшими характеристиками, но решения, полученные с использованием экспертных оценок, носят субъективный характер. В качестве альтернативного может быть использован подход, предполагающий разработку модели и моделирование поведения распределенной вычислительной системы [4-6]. Основным достоинством моделирования

является возможность проведения разнообразных экспериментов с исследуемым объектом, не прибегая к физической реализации, что позволяет предсказать и предотвратить большое число нештатных и критических ситуаций и значительно удешевить проектирование этой системы.

С этой точки зрения при имитационном моделировании представляет интерес тестирование алгоритмов сбора и восстановления, архивации, обработки и анализа данных на гетерогенных системах различной конфигурации, в том числе включающих «медленные» и «быстрые» устройства и каналы передачи данных. Для этого создана система, позволяющая имитировать процессы, протекающие в распределенной системе. Имитационная модель системы конструируется из готовых моделей ее базовых компонентов: технологических компьютеров, микроконтроллеров, первичных преобразователей (датчиков) и каналов связи между ними. Модели отдельных элементов системы можно настраивать с помощью заранее предусмотренных параметров: объем памяти устройства для хранения архивированных данных, пропускная способность канала, быстродействие процессора устройства и т.п.

Основополагающим понятием при моделировании является процесс. Под процессом понимается численное отражение изменения состояния некоторого объекта в системе. Предполагается, что на одном физическом устройстве в параллельных потоках одновременно функционирует несколько процессов, которые могут генерировать данные, получать их друг от друга и от процессов других устройств, инициировать события по обработке данных. Процессы, как и физические устройства, являются базовыми компонентами системы и могут настраиваться путем выбора функций и алгоритмов обработки данных.

Практический опыт авторов в разработке реальных систем сбора и обработки данных [7-8] позволил при рассмотрении системы имитационного моделирования выделить процессы следующих типов:

1. Процессы, генерирующие данные. При помощи таких процессов имитируются датчики, измеряющие некоторый параметр.
2. Процессы, получающие данные от других процессов. Таким способом имитируются процессы, функционирующие на технологических компьютерах, микроконтроллерах,

PLC и получающие данные с датчиков или других PLC через каналы связи.

3. Процессы, вычисляющие данные по заданным алгоритмам на основе информации, предоставляемой другими процессами. При помощи таких процессов имитируется работа контроллеров и технологических компьютеров, где помимо сбора данных осуществляется также их обработка – например, фильтрация данных для выделения из зашумленного сигнала полезной информации или архивация данных с заданной периодичностью.

Информация о конфигурации системы, характеристиках ее базовых компонентов, алгоритмах обработки данных, а также системные журналы (логи) хранятся в базе данных, модель которой приведена на рисунке 2.

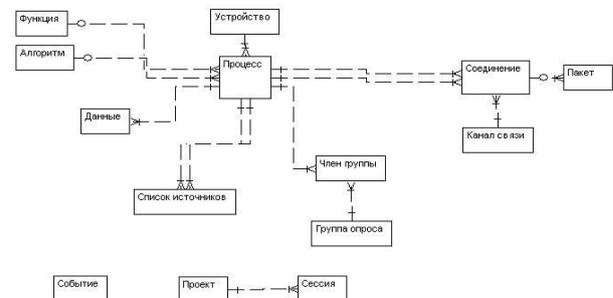


Рисунок 2 – База данных системы имитационного моделирования

В системе имитационного моделирования существует набор стандартных функций, представленных в базе данных построенной системы в виде отдельных библиотек. Для конкретных процессов функции сбора и обработки данных реализуют алгоритмы, обладающие различной временной и емкостной сложностью. От временной сложности алгоритмов обработки данных зависит время получения результата вычисления и, как следствие, быстродействие всей системы. Также пользователь имеет возможность конструировать свои собственные функции для сбора и обработки.

Процессы могут обмениваться данными по разным протоколам. В системе реализовано два вида протоколов: протокол, по которому организован обмен данными только между двумя устройствами («точка-точка») и «всерный» протокол обмена [9].

Обмен по протоколу «точка-точка» подразумевает, что один процесс запрашивает нужные данные у другого процесса, который может выполняться как на процессоре того

же физического устройства, так и на другом процессоре.

Применение «веерного» протокола обмена является альтернативой организации последовательного опроса нескольких ведомых устройств одним ведущим устройством. Для уменьшения времени адресации при последовательном опросе всех ведомых устройств адрес ведомого устройства определяется по количеству специальных адресующих импульсов, генерируемых ведущим устройством. Адресующие импульсы отличаются от других импульсов длительностью. В начале цикла обмена ведущее устройство генерирует сбросовый импульс, который получают все ведомые и начинают вести подсчет количества последующих адресующих импульсов. Все ведомые устройства сравнивают принятую информацию об адресе с собственным адресом, и при их совпадении ведомое устройство генерирует стартовый импульс, информирующий ведущее устройство о присутствии ведомого устройства с таким адресом на шине, и данное ведомое устройство переходит в режим обмена данными. В это же время при переходе одного ведомого устройства в режим обмена данными остальные ведомые устройства поддерживаются в активном режиме, чтобы возможно было принять следующие адресующие импульсы. При завершении обмена данными с очередным ведомым устройством ведущее устройство выставляет на шину очередной адресующий импульс, на который откликается следующее ведомое устройство. После осуществления ведущим устройством опроса всех ведомых устройств в сети, ведущим устройством генерируется повторный импульс сброса, и цикл опроса ведомых устройств повторяется. Каждое ведомое устройство работает по одной и той же схеме. При получении импульса сброса оно обнуляет счетчик адресующих импульсов и переходит в активный режим наблюдения за состоянием шины. При приеме адресующего импульса каждое ведомое устройство добавляет к счетчику адресующих импульсов единицу. Совпадение значения счетчика с адресом ведомого устройства приводит к адресации устройства и переводу его в режим обмена данными. Адрес заносится в каждое ведомое устройство заранее при монтаже сети или устройство получает адрес автоматически в момент подключения к линии.

Система моделирования является событийно-ориентированной и многозадачной.

События могут инициализироваться как физическими объектами – каналами, датчиками, контроллерами, так и программно – например, в результате работы программы обработки данных обнаружена нештатная ситуация. Для каждого компонента имитационной системы определен список событий, которые могут им инициироваться и обрабатываться. Все события, произошедшие в системе, регистрируются в базе данных, и эти сведения используются в дальнейшем для исследования работоспособности системы.

Предусмотрены очереди событий для каждого процесса и очередь событий диспетчера всей системы. События, произошедшие на физических устройствах (например, создание или разрыв соединения, нарушение работоспособности канала, отключение устройства и т.п.), обрабатываются в очереди диспетчера системы.

Работа диспетчеров процессов и диспетчера системы организована по принципу системы массового обслуживания (СМО) с ожиданием. Очередь событий представляет собой накопитель бесконечной мощности для буферизации поступающих требований на обслуживание. События ставятся в очередь и обрабатываются диспетчером по принципу FIFO (first in – first out). Как правило, события добавляются в конец очереди нужного процесса [10]. Кроме того, предусмотрена возможность поддержки расписания событий, чтобы событие было поставлено не в конец очереди, а инициировалось в заданный момент модельного времени.

Все очереди работают одновременно в параллельных потоках. Таким образом моделируется многозадачность системы [11]. Процесс обслуживает события из своей очереди, что может привести к появлению новых событий в его очереди, очереди диспетчера или очереди другого процесса.

В очереди процесса регистрируются и обрабатываются события, относящиеся к логике работы этого процесса: генерация значения некоторого параметра, фильтрация значения, архивация значения, анализ полученных данных на достоверность или на наличие нештатной или критической ситуации (в простейшем случае регистрируется выход значения параметра за некоторое пороговое значение), выборка из базы данных значений параметра за некоторый промежуток модельного времени и т.д.

В очереди диспетчера системы регистрируются и обрабатываются следующие со-

бытия: останов/запуск некоторого процесса (при обработке этого события процесс перестает отвечать на запросы, генерировать значения и т.п.); останов/запуск некоторого устройства (имитируется отказ в работе некоторого физического устройства; приостанавливаются или запускаются все процессы на этом физическом устройстве); останов/запуск некоторого канала (имитируется разрыв канала связи между двумя физическими устройствами, при этом перестают передаваться пакеты через этот канал связи); обработка нештатной (критической) ситуации (диспетчер системы формирует отчеты о произошедших критических и нештатных ситуациях, оповещает о произошедшей ситуации оператора системы, посылает микроконтроллерам и PLC сигналы на управление исполнительными механизмами); открытие/закрытие соединения.

Все события регистрируются в системном журнале (логе), то есть сохраняются в соответствующей таблице базы данных имитационной системы.

В сконструированной системе имитируется физический уровень передачи данных: данные от одного процесса к другому передаются через каналы связи в виде пакетов определенной структуры. В ходе передачи данных может произойти сбой и в этом случае может нарушиться целостность пакета или он может быть потерян. Целостность пакета проверяется методом контрольной суммы.

Система имитационного моделирования снабжена средствами для статистической обработки полученных результатов: ведутся системные журналы (логи) всех произошедших в системе событий и по ним строятся отражающие состояние системы графики и отчеты.

Система имитационного моделирования включает также набор средств для подготовки исходных данных об исследуемой системе: в графическом виде можно задать конфигурацию системы и на специально разработанном внутреннем языке можно сконструировать собственные функции по обработке данных.

Таким образом, предложенный подход к имитационному моделированию сбора и обработки данных в распределенных микроконтроллерных системах основан на функционировании следующих компонентов:

1. СУБД, управляющей ведением базы данных системы;

2. Ядра, управляющего очередями процессов и диспетчера системы, поддерживающего функции управления построенной имитационной системой. Последние позволяют приостановить некоторые устройства (что моделирует их выход из строя), «нарушить связь» между некоторыми устройствами – разорвать канал, приостановить выполнение некоторого процесса, создать нештатную ситуацию и т.п.
3. Оболочки системы, включающей набор средств для задания конфигурации системы, настройки характеристик ее базовых элементов, задания алгоритмов обработки данных, управления сеансами и проектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анашкин А.С. Техническое и программное обеспечение распределенных систем управления. /А.С. Анашкин, Э.Д. Кадыров, В.Г. Хазаров. под ред проф. В.Г. Хазарова – СПб.: П-2, 2004 – 368с.
2. Андреев Е.Б. SCADA-системы: взгляд изнутри. /Е.Б. Андреев, Н.А. Куцевич, О.В. Синенко. – М.: РТСофт, 2004 – 176с.
3. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Практическое применение языков стандарта МЭК 61131-3. / Под ред. проф. В. П. Дьяконова. – М.: Солон-Пресс. 2004. – 254с.
4. Рыжиков Ю. И. Имитационное моделирование: Теория и технологии / Ю.И. Рыжиков. - Киев: Альтекс, 2004. – 384с.
5. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю.Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005 – 403с.
6. Емельянов В.В. Имитационное моделирование систем / В.В.Емельянов, С.И.Ясиновский. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2009 – 583 с.
7. Сучкова Л.И., Якунин А.Г. Система оперативного автоматизированного контроля потребления энергоресурсов и инструментальные средства ее реализации / Л.И.Сучкова, А.Г. Якунин // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. - 2008 – №3. – С. 52-56.
8. Сучкова Л.И., Жихарев И.М., Якунин А.Г. Об одном подходе к проектированию систем обработки измерительной информации / Л.И. Сучкова, И.М. Жихарев, А.Г. Якунин // Вестник Алтайского государственного технического университета №2/2006.С.102-106.
9. Сучкова Л.И., Якунин А.Г., Гулидов Е.В. Способ последовательной адресации ведущим устройством ведомых устройств в сетях с шинной топологией с одним ведущим устройством сети и несколькими ведомыми устройствами. - Патент на изобретение RU 2284087 по заявке 2004132661, зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 20.09.2006 г. Бюл.инф.№ 26.
10. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания. / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко – М.: ЛКИ, 2007 - 400 с
11. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / В.В.Воеводин, Вл.В.Воеводин – СПб.: БХВ-Петербург, 2002 – 609с.