

УДК 004.725.4:65.011.56

У статті розглядається застосування мікроконтролерів у якості вузлів розподіленої АСУП. Для проектування та аналізу пропонується використовувати імітаційну модель вузла. У статті наводиться результати, отримані під час натурного та програмного моделювання

Ключові слова: моделювання, вузол мережі, мікроконтролер, АСУП

В статті рассматривается применение микроконтроллеров в качестве узлов распределенной АСУП. Для проектирования и анализа предлагается использование имитационной модели узла. Приводятся результаты, полученные в ходе натурного и программного моделирования

Ключевые слова: моделирование, узел сети, микроконтроллер, АСУП

This article discusses the use of microcontrollers as a host of distributed computer integrated manufacture. Simulation model of host is proposed for the design and analysis. The results obtained during the full-scale and software simulation are shown in the article

Keywords: simulation, host, microcontroller, computer integrated manufacture

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ УЗЛА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

А. В. Тарасова

Аспирант

Кафедра кибернетики и вычислительной техники
Севастопольский национальный технический университет
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина,
99053

Контактный тел: 050-428-26-07
E-mail: anna_tarasowa@rambler.ru

1. Введение

При построении распределенных автоматизированных систем управления производством (АСУП) большое внимание уделяется вопросу удешевления и упрощения технологий и менеджмента производства и эксплуатации конечной системы [1]. Частично это достигается за счет организации сквозного сетевого доступа. В условиях роста производства микропроцессорных устройств, все большее распространение получают цифровые промышленные сети (ЦПС), состоящие из большого числа узлов. Особенности ЦПС – это распределенный характер узлов сети и цифровой способ обмена информацией между узлами сети. ЦПС позволяют учитывать такие требования АСУП, как гибкость и модифицируемость комплекса при необходимости коррекции их состава, скорость обмена данными, надежность и т.д.

При объединении в одной ЦПС нескольких устройств возникают проблемы их взаимодействия. В случае если коммуникационная система гомогенна (однородна), проблемы аппаратно-программного характера, как правило, бывают решены. Но когда сеть гетерогенна (разнородна), неизбежно возникают вопросы их согласования. Зачастую, гетерогенность обусловлена тем, что используются устройства различных производителей. Одним из способов устранения конфликтов аппаратно-программного вида является использование микроконтроллеров в качестве узлов сетей АСУП. При описании промышленных сетей, используемых в АСУП, как правило, достаточно нижних

уровней модели OSI (ISO)[1]. На сегодняшний день разработчики микроконтроллеров, предвосхищая потребности в ближайшем будущем, интегрируют в микроконтроллеры широкий спектр интерфейсов.

Целью данной работы является рассмотрение особенностей узлов сетей АСУП на базе микроконтроллеров, применение имитационного моделирования для их проектирования и анализа. Приводится построенная имитационная модель и результаты, полученные в ходе натурного и программного моделирования.

2. Имитационная модель узла сети

В качестве моделируемого узла сети был выбран микроконтроллер AT90CAN128 [2]. Данный микроконтроллер имеет интегрированные интерфейсы JTAG, CAN, UART/USART, SPI, TWI. Это позволяет реализовать на его основе узел для сетей различной топологии, взаимодействие в которых реализовано через разные интерфейсы.

Структура модели представлена на рис. 1. Число типов генерируемых заявок и длина системы очередей определяется количеством поддерживаемых узлом прерываний.

Для построения имитационной модели использовалась среда моделирования AnyLogic 5.4.0 и встроенная библиотека элементов для создания сложных дискретно-событийных моделей Enterprise Library [3]. В процессе моделирования работы системы в среде AnyLogic вся разработанная модель находится в опе-

ративной памяти. Поэтому с целью экономии оперативной памяти, и, как следствие, уменьшения времени моделирования при проведении экспериментов и увеличения скорости работы модели, был произведен переход к упрощенной модели. Эксперименты проводились для прерываний по INT1 (имитация локальной нагрузки на узел) и по UARTRX (имитация сетевой нагрузки), поэтому в упрощенной модели были оставлены только они. Упрощенная модель узла АСУП изображена на рис. 2.

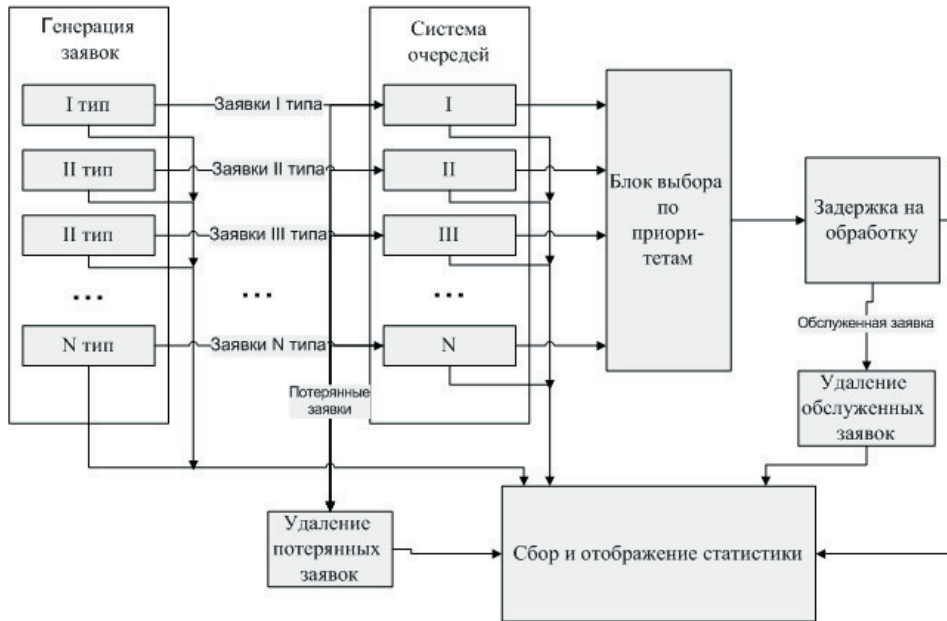


Рис. 1. Структура разработанной модели

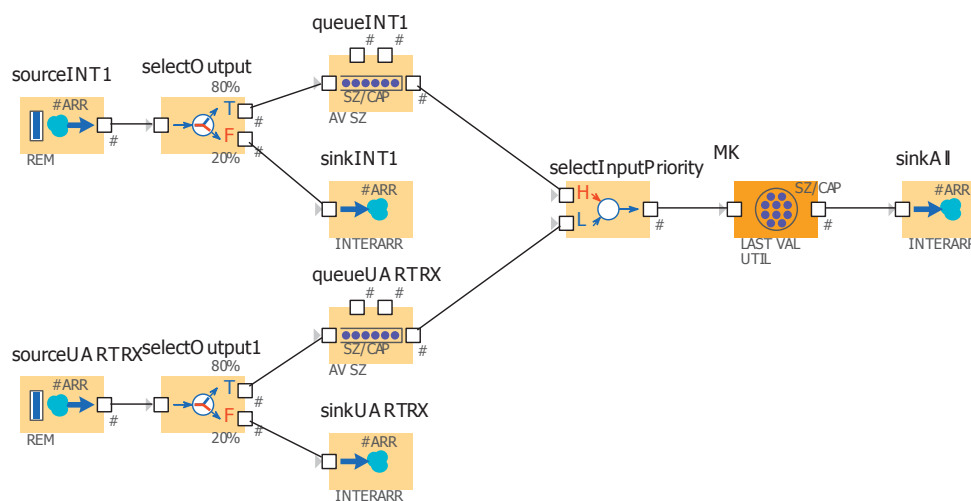


Рис. 2. Упрощенная модель узла АСУП в AnyLogic 5.4.0

3. Натурная модель узла сети

Натурное моделирование предполагает воссоздание узла сети в условиях, максимально приближенных к реальным, а именно непосредственно с использованием микроконтроллера и дополнительных средств, позволяющих проводить ввод, съём и контроль данных в процессе моделирования. Для этих целей Турегой

И.О. была разработана серия специальных макетов, построенных на базе микроконтроллеров фирмы Atmel. В их состав входят кнопочные клавиатуры, аналого-цифровые преобразователи для ввода, индикаторные блоки для отображения информации, параллельный и несколько последовательных интерфейсов. Благодаря наличию широкого спектра средств коммуникации представляется возможным использование различного рода топологий соединения макетов, а также разработка протоколов передачи данных. На базе натурной модели был проведен ряд экспериментов, аналогичных экспериментам с использованием имитационной модели с последующим сравнением полученных результатов.

4. Определение пропускной способности узла сети

Эффективность работы узла сети зависит от большого числа параметров, потому исследование временных характеристик играет большую роль для дальнейшей оптимизации структуры сети в целом. Немаловажен учет возможных потерь пакетов данных в сети из-за несо-

поставимых нагрузок на узел и пропускной способности узла.

Моделирование проводилось для двух видов прерываний: внешнее прерывание по INT1 и прерывание по UART/RX. Были сформулированы прямая задача, основывающаяся на исследовании локального трафика при фиксированном сетевом, и обратная задача, направленная на исследование сетевого трафика при

фиксированном локальном. Для каждой из сформулированных задач были составлены серии экспериментов. В качестве исследуемого параметра рассматривались различные интенсивности поступления запросов на прерывания и возникающие при этом потери пакетов данных в узле. В соответствии с аппаратной реализацией, прерывания по INT1 являются более приоритетными, чем прерывания по UART/RX. Задержка на обработку одного прерывания вычисляется по формуле

$$t_{\text{пер}} = \frac{T_{\text{пер}}}{v_{\text{оп}}},$$

где $t_{\text{пер}}$, $T_{\text{пер}}$, $v_{\text{оп}}$ – время обработки одного прерывания, длительность одного прерывания в тактах выполнения и частота работы обслуживающего прибора соответственно. Моделирование проводилось для $T_{\text{пер}} = 5$ тактам, $v_{\text{оп}} = 20833$ тактов/с и битрейта UART 2400, 4800, 9600, 19200 и 38400 бод.

5. Результаты экспериментов

Для оценки данных программного моделирования была проведена корреляция результатов натурального

моделирования с результатами аналогичного эксперимента, полученными в результате работы программной модели.

Результаты проведенных исследований показали адекватность построенной программной модели реальным ситуациям в узле сети. Модель показала высокую степень чувствительности к изменяемым параметрам экспериментов, дала реакцию на изменение законов распределения интенсивностей поступающих заявок в соответствии с изменениями, характерными для реальных сетей. Так, при переходе от детерминированных интенсивностей входных потоков заявок к распределенным по случайным законам, наблюдается смещение краевых границ (полное прохождение локального трафика и полные потери сетевого трафика) в сторону их расширения.

В ходе проведения экспериментов было получено подтверждение соотношений локальной и сетевой нагрузки, рассчитанных исходя из теоретических данных, результаты изображены в виде графиков на рис. 3. Данные на графиках а и б получены на базе натурального моделирования, с и d – имитационного.

Полученные в ходе серии экспериментов с имитационной моделью результаты иллюстрируют потери локального трафика при разных скоростях и для разных интенсивностях локального трафика (рис. 4 и 5).

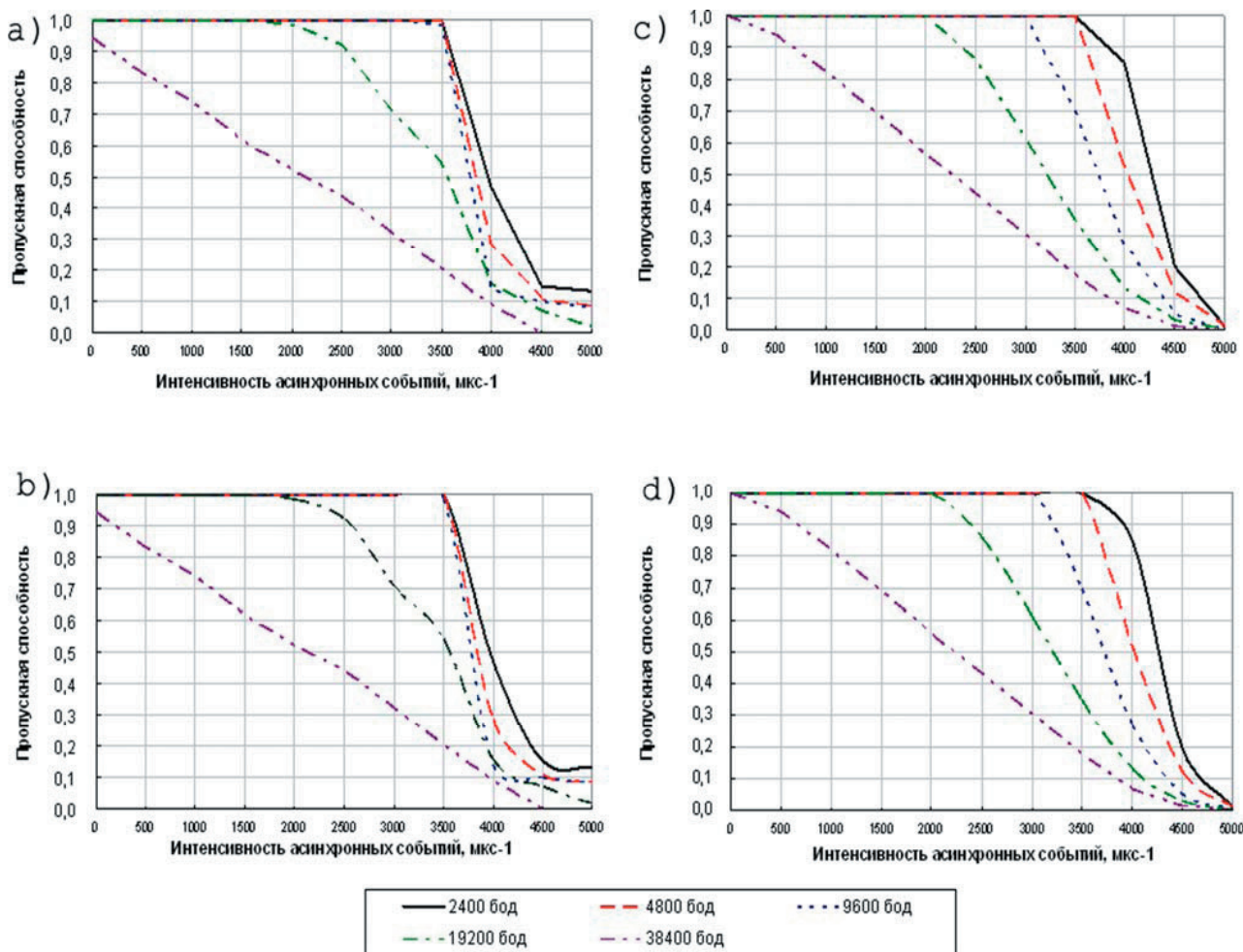


Рис. 3. Результаты моделирования: а – б) полученные и сглаженные результаты натурального моделирования соответственно; с – d) полученные и сглаженные результаты имитационного моделирования соответственно

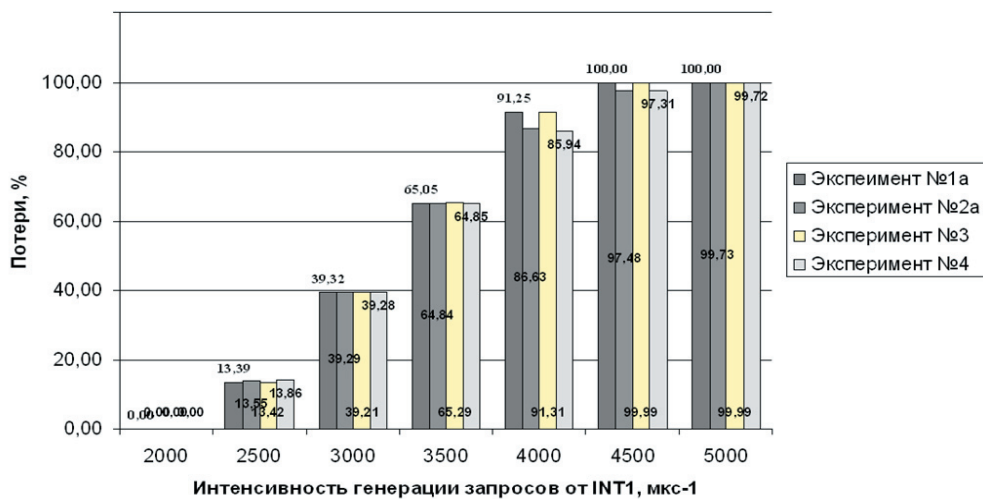


Рис. 4. Результаты экспериментов битрейта 19200 бод

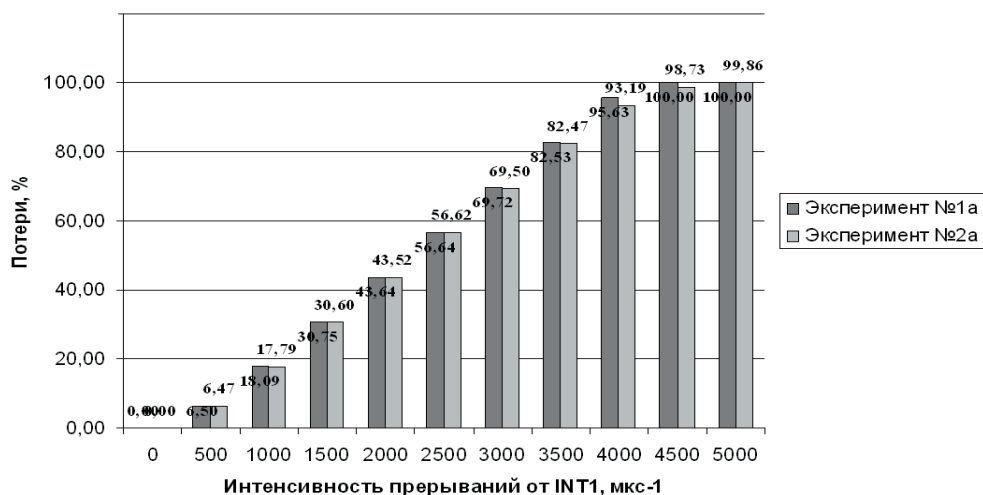


Рис. 5. Результаты экспериментов для битрейта 38400 бод

6. Заключение

Построенная имитационная модель предназначена для анализа возможностей и характеристик узлов сетей АСУП. На базе разработанной модели проведено

исследование работы узла для конкретных интерфейсов. Результаты моделирования показали возможность использования модели при проектировании и эксплуатации сетей АСУП. При проектировании сетей использование модели позволяет оптимизировать структуру сети с целью минимизации ее стоимости. При эксплуатации использование модели упрощает реконфигурацию при добавлении новых узлов и/или замене существующих.

Модель показала большую степень гибкости и возможна ее адаптация под другие виды узлов с наименьшими затратами на перестроение, может использоваться для построения и исследования гетерогенных сетей. На ее базе возможно проектирование ЦПС АСУП с использованием различных типов интерфейсов с добавлением широкого спектра периферии.

Полученные в ходе проведенных экспериментов данные использованы для анализа распределения локальной и сетевой нагрузки от двух любых типов интерфейсов. Предполагается использование модели для определения пропускной способности узлов с большим количеством интерфейсов.

Литература

1. АСУТП.ru - Промышленные сети [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (282 887 bytes). – Режим доступа: <http://www.asutp.ru/?p=600085>, Tuesday, 13 September 2011, 15:09:02.
2. 8-bit Microcontroller with 128K Bytes of ISP Flash and CAN Controller AT90CAN128 [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (5 742 631 bytes). – Режим доступа: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc7522.pdf Tuesday, 13 September 2011, 12:06:48.
3. AnyLogic. Справочное руководство по Enterprise Library [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (2 108 648 bytes). – Режим доступа: <http://www.xjtek.com/support/download/documentation/> Monday, 5 September 2011, 12:53:16.