

МОДЕЛЬ УЗЛА СЕТИ СТАНЦИЙ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.В. Тарасова, С.Н. Бобылев

Севастопольский национальный
технический университет
г. Севастополь, ул. Университетская, 33
E-mail:anna_tarasowa@rambler.ru

При мониторинге окружающей среды возникает необходимость организации взаимодействия комплексов измерительных приборов. Авторами статьи построена имитационная модель узла сети станций мониторинга окружающей среды. В статье представлена оптимизированная модель узла и результаты моделирования работы узла при использовании конкретных интерфейсов.

Введение. Внедрение новых информационных технологий во все сферы жизни человека не обошло стороной и экологический мониторинг. Новейшие технологии применяются как в процессе оценки и прогнозирования измерений состояния окружающей среды, так и на этапе наблюдения. При этом все больше требований предъявляется к системам наблюдения и съема параметров [1]. Это и точность измерений, и возможность работы в режиме реального времени (быстрота в снятии и обработке показаний), и портативность измерительных устройств. Выполнение многих из этих требований становится возможным при использовании в качестве базы для измерительных устройств микропроцессоров и микроконтроллеров.

Зачастую одного прибора оказывается недостаточно для охвата всей территории, на которой требуется провести замеры. Другая широко распространенная ситуация – необходимость производства замеров посредством нескольких разных приборов (съем разных типов данных, требующий датчики различных видов) с дальнейшей совместной их обработкой. В таких случаях необходимо объединение приборов (систем) в сети для создания *станций мониторинга окружающей среды*. Под станцией мониторинга окружающей среды будем понимать любой комплекс измерительных приборов, объединенных информа-

ционными связями и предназначенными для совместного использования. Это может быть как простейший термометр, так и сложный комплекс с датчиками положения. Станции мониторинга окружающей среды могут не только собирать информацию, но и производить ее обработку, а сами станции порой являются узлами более сложных информационных сетей. Объединяемые в станцию приборы зачастую имеют совершенно разные интерфейсы от разных производителей, при этом возникает задача взаимодействия различных интерфейсов. Как правило, в сетях подобного рода достаточно использовать протоколы нижнего уровня [2, 3]. При этом номенклатура интерфейсов и протоколов, применяемых в сетях, достаточно обширна. В этом случае можно говорить о гетерогенности (разнородности) подобной сети. Гетерогенность проявляется как в разнородности используемых интерфейсов для связи, так и в разнородности элементов сети (микроконтроллеры, датчики разных видов, устройства обработки и отображения информации и т.д.). Кроме того, среда передачи данных между устройствами сети также может быть различной. Так, для стационарных условий и при связи на большие расстояния целесообразно использовать беспроводную или оптоволоконную реализацию. Для мобильных систем – только беспроводную. Иногда возможно использование и более специфической среды передачи данных, например, если систему съема параметров предполагается использовать в морских условиях, то наряду с электромагнитной возможно использование и акустической среды.

При объединении в сети устройств, оборудованных интерфейсами разных видов, возникают сложности при организации связей для передачи информации от одного интерфейса к другому. Решение этой проблемы возможно как на программном, так и на аппаратном уровне. Например, на сегодняшний день существуют специализированные информационные кристаллы [4], но так как важна минимизация стоимости подобных сетей (систем), то можно реализовать взаимосвязь на микроконтроллерах широкого применения. В современных

промышленных сетях используется достаточно большой перечень интерфейсов, наиболее распространенные из них: RS-232, RS-485, CAN, TWI, SPI, JTAG, USB, LIN, Ethernet и т.д.

Проектирование гетерогенных сетей требует учета множества параметров. При этом оптимизация по различным критериям необходима как на этапах проектирования сети в целом, так и на этапах эксплуатации, в частности при распределении потоков данных и задач в процессе реконфигурации сети. Для сложных систем зачастую единственным средством прогнозирования состояний системы является моделирование.

Представление узла сети как системы массового обслуживания (СМО). Классическая СМО производит обслуживание поступающих в неё требований (заявок) на обслуживающих приборах и

может содержать от одного до бесконечного числа приборов [5].

В терминах теории массового обслуживания элементы узла сети могут быть представлены следующим образом:

- 1) запросы на прерывание: заявки;
- 2) флаг прерывания: очередь единичной длины;
- 3) микроконтроллер: обслуживающий прибор.

Исходя из аппаратной реализации системы прерываний СМО, соответствующая рассматриваемому узлу сети, представляет собой одноканальную СМО с потерями и дисциплиной обслуживания с относительными приоритетами [6] (рис. 1).

Выборка заявки на обслуживание осуществляется в соответствии с дисциплиной выбора по относительным приоритетам.

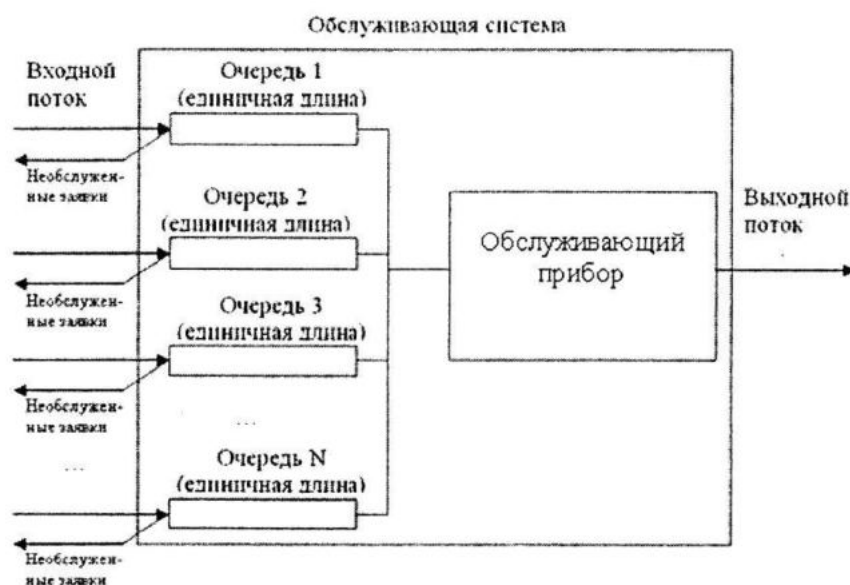


Рис. 1. Представление узла сети микроконтроллера в виде СМО

Когда обслуживающий прибор свободен, следующая заявка на обслуживание выбирается из имеющихся в очередях в соответствии с приоритетами. Обслуживающий прибор задерживает каждую поступающую в него заявку на время, необходимое для обработки прерывания данного типа, и после освобождения готов принять следующую.

Имитационная модель узла сети. В качестве моделируемого узла сети была выбрана станция на базе микроконтроллера AT90CAN128 [7].

Для построения имитационной модели использовалась среда моделирования AnyLogic 5.4.0 [8] и встроенная библиотека элементов для создания сложных дискретно-событийных моделей Enterprise Library [9].

Структура модели представлена на рис. 2. Число типов генерируемых заявок и длина системы очередей определяется количеством поддерживаемых узлом прерываний, для построенной модели – 36. Такое достаточно большое число

прерываний значительно увеличивает число функциональных блоков модели.

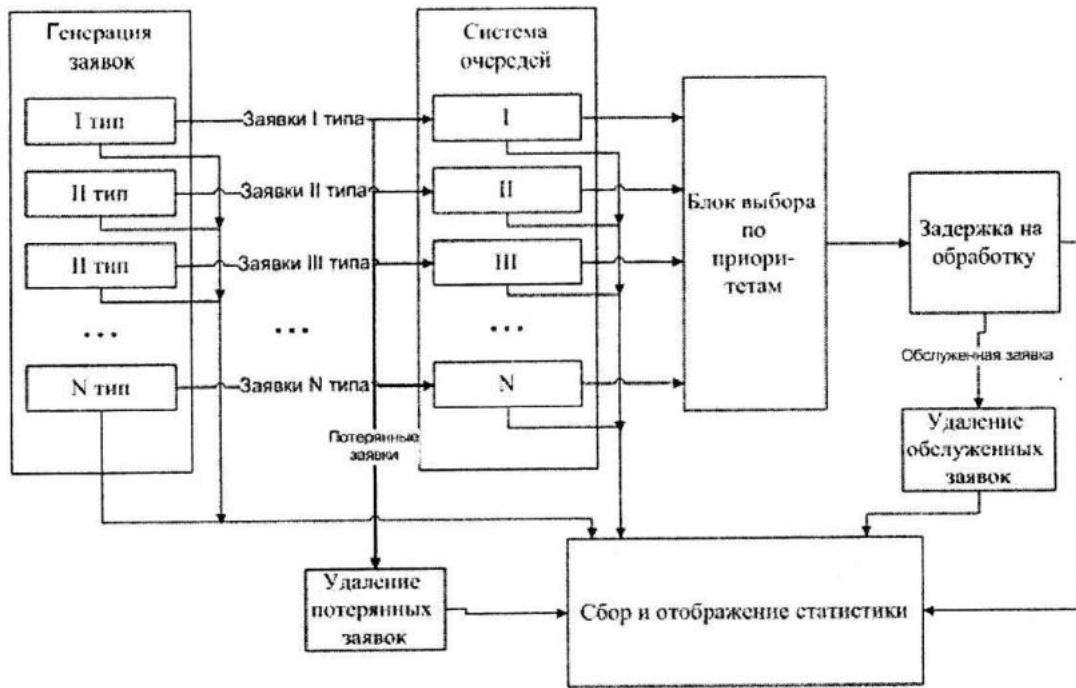
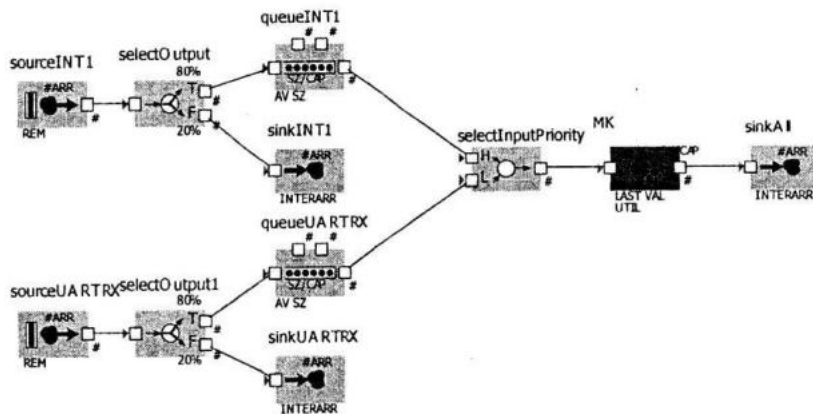


Рис. 2. Структура разработанной модели

В процессе моделирования работы системы в среде AnyLogic вся разработанная модель находится в оперативной памяти. Поэтому с целью экономии оперативной памяти, и, как следствие, уменьшения времени моделирования при проведении экспериментов и увеличению 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 (рис. 3).



Переменные:

- ljaINT1 ● otk1
- ljaUARTRX ● otk12
- lossINT1
- lossUARTRX
- servINT1
- servUARTRX
- delINT1
- delUARTRX
- allserv
- del
- genINT1
- genUARTRX

Рис. 3. Упрощенная модель узла сети станций мониторинга окружающей среды в AnyLogic 5.4.0

Исследование пропускной способности узла сети. Эффективность работы

узла сети зависит от большого числа параметров, потому исследование времен-

ных характеристик играет немаловажную роль для дальнейшей оптимизации структуры сети в целом. Изучению могут подлежать многие характеристики, такие как: задержка заявки заданного типа на обработку, время нахождения заявки в системе, интенсивности поступления заявок заданного типа в систему, число обслуживаемых заявок в единицу времени (пропускная способность узла) и т.д. Также немаловажен учет возможных потерь пакетов данных в сети из-за несопоставимых нагрузок на узел и пропускной способности узла.

Как уже отмечалось ранее, исследования проводились для двух видов прерываний: внешнее прерывание по INT1 и прерывание по UART/RX. В качестве исследуемого параметра рассматривались различные интенсивности поступления запросов на прерывания и возникающие при этом потери пакетов данных в узле. В соответствии с аппаратной реализации, прерывания по INT1 являются более приоритетными, чем прерывания

по UART/RX. Задержка на обработку одного прерывания вычисляется по формуле

$$t_{\text{прер}} = \frac{T_{\text{прер}}}{\nu_{\text{оп}}},$$

где $t_{\text{прер}}$, $T_{\text{прер}}$, $\nu_{\text{оп}}$ – время обработки одного прерывания, длительность одного прерывания в тактах выполнения и частота работы обслуживающего прибора соответственно. Исследования проводились для $T_{\text{прер}} = 5$ тактам, $\nu_{\text{оп}} = 20833$ тактов/с и битрейта (англ. bitrate – буквально, скорость прохождения битов информации) UART 2400, 4800, 9600, 19200 и 38400 бод.

Результаты экспериментов. В ходе проведения экспериментов было получено подтверждение соотношений локальной и сетевой нагрузок, рассчитанных исходя из теоретических данных (рис. 4).

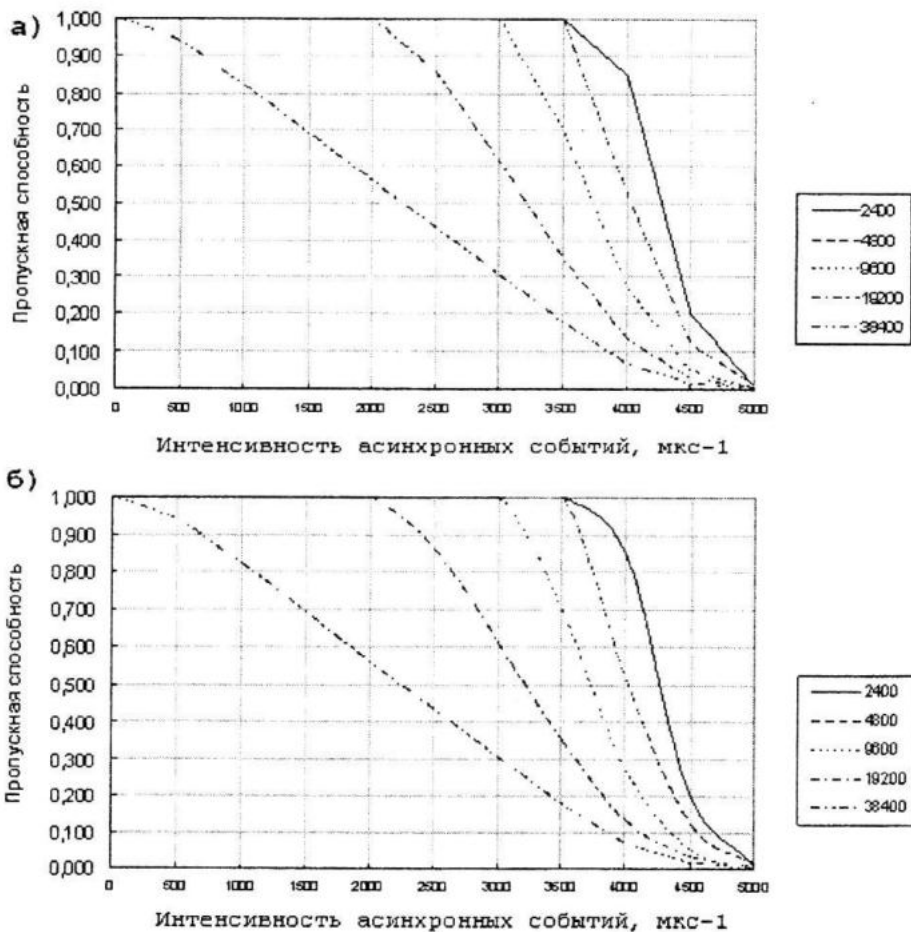


Рис. 4. Результаты имитационного моделирования (б – сглаженные значения)

Модель показала высокую степень чувствительности к изменяемым параметрам экспериментов. Модель 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.

Заключение. Построенная имитационная модель предназначена для исследования возможностей и характеристик узлов сетей систем мониторинга окружающей среды. На базе разработанной модели проведено исследование работы узла для конкретных интерфейсов. Результаты моделирования показали возможность использования модели при проектировании и эксплуатации сетей систем мониторинга окружающей среды. При проектировании сетей использования модели позволяет оптимизировать структуру сети с целью минимизации ее стоимости. При эксплуатации использовании модели упрощает реконфигурацию при добавлении новых станций и/или замене существующих.

В дальнейшем модель применима для построения и исследования на ее основе гетерогенных сетей. На ее базе возможно построение сетей с использованием любых типов интерфейсов с добавлением широкого спектра периферии.

Модель показала большую степень гибкости и возможна ее адаптация под другие виды узлов с наименьшими затратами на перестроение.

Кроме того, полученные в ходе проведенных экспериментов данные уже могут быть использованы для анализа распределения локальной и сетевой нагрузки от двух любых источников прерываний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якунина И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг: учебное пособие/ И.В. Якунина, Н.С. Попов. –

Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 188 с.

2. *Краткий экскурс в историю промышленных сетей* [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (282 887 bytes). – Режим доступа: http://www.kit-e.ru/articles/telecommunication/2001_03_110.php, Tuesday, 06 September 2011, 12:53:16.
3. *АСУТП.ru* – Средства коммуникации промышленного применения нижнего уровня иерархии [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (282 887 bytes). – Режим доступа: <http://www.asutp.ru/?p=600204>, Tuesday, 06 September 2011, 13:33:15.
4. *АСУТП.ru* – Сетевые кристаллы основа телефонных и информационных сетей нового поколения [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (282 887 bytes). – Режим доступа: <http://www.asutp.ru/?p=600085>, Tuesday, 13 September 2011, 15:09:02.
5. *Клейнрок Л.* Теория массового обслуживания. Пер.с англ. / Пер. И. И. Грушко; ред. В. И. Нейман. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с., ил.
6. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы «Atmel» / А.В.Евстифеев. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2002. – 288 с.: ил.
7. *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, 17 March 2009, 12:06:48.
8. *AnyLogic.* Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (4 796 240 bytes). – Режим доступа: <http://www.xjtek.com/support/download/documentation/Monday, 25 May 2009, 13:00:19>.
9. *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, 25 May 2009, 12:53:16>.