МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

УТВЕРЖДАЮ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Зав. кафедрой системного анализа  и автоматического управления, | | |
| к.ф.-м.н., доцент | | |
| уч. ст., уч. зв. | | |
|  | | |
|  |  | И.Е. Тананко |
| подпись, дата |  | инициалы, фамилия |

**ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

Студента 2 курса факультета КНиИТ направления 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника

Султанова Вячеслава Витальевича

фамилия, имя, отчество

Системного анализа и автоматического управления

кафедра

курс 2

семестр 4

Научный руководитель,

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| зав. кафедрой системного анализа и автоматического управления, к.ф.-м.н., доцент |  |  |  | И.Е. Тананко |
| должность, уч. ст., уч. зв. |  | подпись, дата |  | инициалы, фамилия |

Саратов, 2019

ВВЕДЕНИЕ

Тема выпускной квалификационной работы: «Моделирование ненадежного узла сенсорной сети неоднородной сетью массового обслуживания».

Актуальность состоит в том, что многие отрасли и сферы деятельности (промышленность, транспорт, коммунальное хозяйство, охрана) заинтересованы во внедрении сенсорных сетей, и число потребителей непрерывно увеличивается.

Очевидно, что беспроводные сенсорные сети, несмотря на существующее разнообразие реализаций и области применения, определили новый класс распределенных коммуникационных систем, требующих анализа их свойств и разработки методов оценки основных характеристик.

В ходе работы были изучены принципы аналитического моделирования сенсорной сети сетью массового обслуживания. Сформулированы основные характеристики полученной модели. На основе данных, полученных при изучении аналитической модели, разработана имитационная модель узла сенсорной сети.

Результатами проделанной работы являются значения характеристик узла сети, такие как:

• математическое ожидание длительности пребывания требований первого и второго класса в устройстве микропроцессора;

• математическое ожидание длительности пребывания требований в устройстве приемопередатчика;

• математическое ожидание числа требований в устройстве микропроцессора;

• математическое ожидание числа требований в устройстве приемопередатчика.

1 Описание структуры и процессов функционирования узла

В математической и имитационной моделях отобразим процессы функционирования следующих элементов узла сенсорной сети [10, 11]: вычислительного устройства, приемопередатчика, датчиков, блока питания.

Вычислительное устройство состоит из микропроцессора и памяти. Микропроцессор предназначен для анализа и преобразования данных, поступающих из соседних узлов сети и от датчиков этого узла. В памяти вычислительного устройства хранятся программы и данные.

Приемопередатчик – радио трансивер, предназначенный для организации радиоинтерфейса между узлами сенсорной сети.

Датчик предназначен для преобразования контролируемой величины (электрическое напряжение, электрический ток, температура, давление, освещенность, колебание и др.) в сигнал, удобный для измерения и преобразования микропроцессором. Как правило, в одном узле сенсорной сети встроено несколько видов датчиков.

Блок питания предназначен для обеспечения работы всех электрических схем узла сенсорной сети. Выход из стоя блока питания приводит к прекращению работы всего узла. Замена блока питания приводит к восстановлению работоспособности узла сети.

Для простоты все данные, находящиеся в узле сенсорной сети, а также данные, поступающие в узел и выходящие из узла, будем называть пакетами.

Определим пакеты первого, второго и третьего классов. Пакеты первого класса от датчиков узла поступают на обработку в микропроцессор. Пакеты второго класса поступают из сети в приемопередатчик узла. Пакеты первого и второго классов, прошедшие обработку микропроцессором, становятся пакетами третьего класса и ретранслируются в сеть.

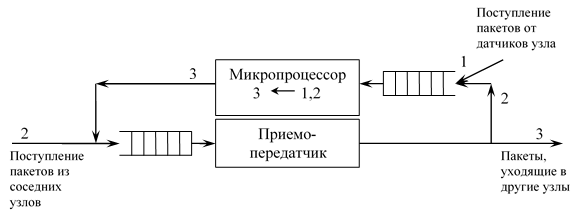


Рисунок 1 – Модель структуры узла сенсорной сети

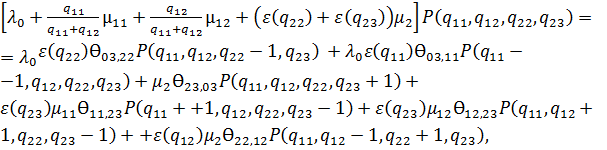
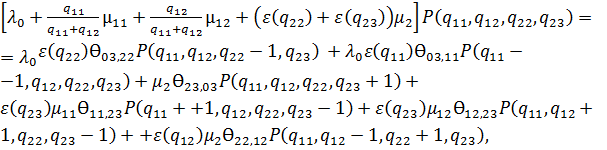
На рисунке 1 цифрами 1, 2, 3 указаны направления движения соответственно пакетов первого, второго и третьего классов. Возможно образование очереди пакетов первого и второго классов на обработку в микропроцессор и очереди пакетов второго и третьего классов в приемопередатчик.

**2 Аналитическая модель узла сенсорной сети**

Так как сенсорную сеть удобнее всего моделировать с помощью открытой сети массового обслуживания, состоящей из двух систем массового обслуживания с тремя классами требования, то микропроцессору и очереди требований, поставленных на обслуживание, соответствует система массового обслуживания *S1*с неограниченной очередью с дисциплиной обслуживания *LCFS* и одним прибором. В свою очередь, приемопередатчику с очередью требований к нему, поставим в соответствие систему массового обслуживания *S2*с одним прибором и неограниченной очередью с дисциплиной обслуживания *FCFS*.

Состояние сети массового обслуживания определим вектором , где ,  – число требований соответственно первого и второго классов в системе , ,  – число требований соответственно второго и третьего классов в системе , . Обозначим через  стационарную вероятность пребывания сети обслуживания в состоянии .

Тогда уравнение равновесия запишем в виде



где , .

Обозначим , где  – интенсивности потоков требований класса  в , , . Решим систему уравнений  для всех пар , получим

, , . (1)

 – вероятность того, что требование -го класса после завершения обслуживания в системе  поступает в систему  и меняет свой класс на -й, , .

Используя равенства (1) и результат теоремы BCMP [5], найдем стационарное распределение вероятностей состояний сети массового обслуживания

, (2)

для всех  .

Условие существования стационарного режима в сети массового обслуживания выполняется, если  и .

Вероятности того, что в системе  находится  и  требований, а в системе  находится  требований, определяются из выражений

, ,

,  .

Тогда математическое ожидание числа требований в системах  и 

,

.

Получено время реакции сети обслуживания [4, 8, 9]

.

Математическое ожидание длительности пребывания требований в системах  и 

, .

**3 Имитационная модель узла сенсорной сети**

Разработана следующая функциональность программного модуля:

* программная имитация режимов работы узла сенсорной сети путем реализации процессов функционирования системы, которые представлены логически связанной последовательностью событий на оси модельного времени;
* сбор и обработка статистических данных, которые в последствии используются для получения математического ожидания времени пребывания требований первого и второго класса в подсистеме *S1*, которое отображает работу микропроцессора, математического ожидания времени пребывания требований второго и третьего класса в подсистеме *S2*, отражающего работу приемопередатчика. Математическое ожидание числа требований в подсистеме *S1*, математическое ожидание числа требований в подсистеме *S2*.

В данной имитационной модели определены следующие типы объектов:

* *требования* — перемещаемые по системе объекты, различающиеся классом, приоритетом, номером и другими параметрами;
* *очереди* — самостоятельные объекты имитационных моделей систем обслуживания, которые служат для хранения требований, ожидающих обработки;
* *модельное время* в имитационной модели представлено глобальной переменной вещественного типа, принимающей значения на интервале  и обеспечивающей имитацию параллельного развития процессов системы *S*;
* *состояние модели* системы *S* характеризуется совокупностью текущих значений ее атрибутов и связей;
* *событие* – мгновенное изменение состояния модели системы *S*.

Ниже представлены основные характеристики узла сенсорной сети, вычисляемые в разработанной имитационной модели.

Оценка вероятности того, что в системе обслуживания находится ровно  требований, равна

, 

Тогда оценка величины  вычисляется по формуле

.

# Оценка математического ожидания длительности пребывания требований в системе обслуживания

,

где  – число обслуженных требований на момент завершения выполнения имитационной модели,  – момент завершения обслуживания -го по счету требования прибором,  – момент постановки требования в очередь , .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев, К. К., Служивый, М. Н. Математическое моделирование систем связи: учебное пособие. — Ульяновск: УлГТУ, 2008. — 170 с.
2. Гнеденко, Б.В., Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. М. : Наука, ГРФМЛ, 1987. – 336 с.
3. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок ; Пер. И.И. Грушко. М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
4. Клейнрок, Л. Вычислительные системы с очередями / Л. Клейнрок ; Пер. И.И. Грушко. М.: Мир, 1979. – 600 с.
5. Митрофанов, Ю.И. Анализ сетей массового обслуживания : учебное пособие / Ю.И. Митрофанов. Саратов: Научная книга, 2005. – 175 с.
6. Baskett, F. Open, closed, and mixed networks of queues with different classes of customers / F. Baskett, K.M. Chandy, R.R. Muntz, F.G. Palacios // J. of ACM. April 1975. Vol. 22, No. 2, pp. 248-260.
7. Тананко, И. Е., Долгов, В. И. Основы моделирования систем: Учебное пособие. — Саратов: Наука, 2018.
8. Тананко, И. Е. Исследование характеристик имитационной модели ненадежного узла сенсорной сети [Текст] / И. Е. Тананко, В. В. Султанов // Компьютерные науки и информационные технологии: Материалы Междунар. науч. конф. — Саратов: Наука 2018. — 464 с. - С. 388–390.
9. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. — СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004.
10. Karl H., Willing A. Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks. — NY: John Wiley & Sons, Ltd., 2005.
11. Chandra, P., Wireless Networking: Know It All / P. Chandra, D.M. Dobkin, D. Bensky, R. Olexa, D.A. Lide, F. Dowla. Oxford: Elsevier Science & Technology, 2007, 576 p.
12. Королюк В. С., Портенко Н. И.,Скороход А. В., Турбин А. Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. — М.: Наука, 1985. — 640 с.
13. Жожикашвили, В. А. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ / В.А. Жожикашвили, В.М. Вишневский. М.: Радио и связь, 1988. – 192 с.
14. Вишневский, В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. / В.М. Вишневский. М.: Техносфера, 2003. – 512 с.Башарин, Г.П., Анализ очередей в вычислительных сетях. Теория и методы расчета / Г.П. Башарин, П.П. Бочаров, Я.А. Коган. М.: Наука, ГРФМЛ, 1989. – 336 с.
15. Тананко, И. Е. Моделирование узла сенсорной сети неоднородной сетью массового обслуживания [Текст] / И. Е. Тананко, В. В. Султанов // Компьютерные науки и информационные технологии: Материалы Междунар. науч. конф. — Саратов: Наука 2018. — 464 с. - С. 385–388.