

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ельмслев Л. Прологомены к теории языка // Новое в лингвистике. – М., 1960. – Вып. 1.
2. Мирзабеков Я.М., Шихиев Ш.Б. Компьютерная модель самодостаточного синтаксиса // НТВ СПбГПУ. – 2009. – № 2 (76). – С. 172-177.
3. Мельчук И.А. Опыт исследования лингвистических моделей «Смысл-Текст». – М.: Наука, 1974.
4. Слобин Д., Грин Дж. Психолингвистика. – М.: Прогресс, 1976.
5. Тузов В.А. Морфологический анализатор русского языка // Вестник СПбГУ. Сер. 1. – 1996. – Вып. 3, № 15.
6. Харари Ф. Теория графов. – М.: Мир, 1974.
7. Шихиев Ф.Ш. Формализация и сетевая формулировка задачи синтаксического анализа: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. – СПб.: СПбГУ, 2006.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Е.А. Башков.

Мирзабеков Яхья Мирзабекович – Дагестанский государственный университет; e-mail: yash831@mail.ru; 367030, респ. Дагестан, г. Махачкала, пр. им. Шамиля, 39, кв. 76; тел.: 88722675817; старший преподаватель.

Mirzabekov Yah'ya Mirzabekovich – Dagestan State University; e-mail: yash831@mail.ru; 39, Imam Shamil avenue, ap. 76, Makhachkala, Dagestan, 367030, Russia; phone: +78722675817; senior lecturer.

УДК 681.325.36

О.В. Тужилкин, Н.С. Ульянин

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Рассмотрены методы оценки эффективности работы беспроводных сенсорных сетей. Приведены основные параметры, характеризующие беспроводные системы. Описаны критерии оценки работы сети: критерий суммарной средней задержки, критерий максимальной задержки, критерий средней задержки; описаны типы систем, для которых использование оценки по этим критериям наиболее предпочтительно. Приведены недостатки методик оценки эффективности, использующих единичные характеристики. Обоснована необходимость комплексной оценки работы беспроводной сети. Предложена методика многокритериальной оценки эффективности работы датчиковой сети. Описан способ тестирования системы по отдельным критериям, ориентированный на работу в неблагоприятных условиях. Приведены формула для расчёта эффективности работы сети и методика выбора весовых коэффициентов. Описаны преимущества предложенной методики.

Беспроводные сенсорные сети; методика оценки; критерии оценки; комплексная оценка.

O.V. Tuzhilkin, N.S. Ulianin

METHODS OF EVALUATING THE PERFORMANCE OF WIRELESS SENSOR NETWORK

Methods for evaluating the performance of wireless sensor networks are considered. The main parameters of wireless system are described. We describe the evaluation criteria of sensor networks. The method of integrated assessment of the effectiveness of wireless sensor networks is suggested. The advantages of the proposed method are described. Necessity of a complex assessment of works of a wireless network is proved. The technique a lot of criteria overall performance

estimations the gauge in offered a network. The way of testing of system by the separate criteria, focused on work in adverse conditions is described. Are resulted the formula for calculation of an overall performance of a network and a technique of a choice of weight factors. Advantages of the offered technique are described.

Wireless sensor networks; method of evaluation; the evaluation criteria; complex evaluation.

Понятие «сенсорная сеть» является сегодня устоявшимся термином. Эта сеть представляет собой распределенную, самоорганизующуюся систему миниатюрных автономных датчиков. В качестве среды передачи данных датчики используют беспроводной канал связи. Ключевой особенностью сенсорных сетей является способность ретрансляции сообщений от одного элемента к другому, что позволяет передавать информацию на значительное расстояние при малой мощности передатчиков.

В настоящее время специалисты различных областей техники заинтересованы в использовании беспроводных устройств. Такой интерес обусловлен тем, что беспроводные приборы обеспечивают доступ к той информации, которую ранее невозможно было получить вообще либо доступ к которой требовал больших затрат. Проблема доступа к информации заключается в том, что объект измерения может располагаться на значительном удалении от центра сбора информации либо находиться в таких условиях, которые не позволяют использовать кабельную сеть для передачи данных. Помимо жёстких требований к условиям эксплуатации, к беспроводной системе выдвигается ряд функциональных метрик, которые необходимо соблюдать для решения поставленной задачи. Каждая беспроводная сеть обладает индивидуальным набором параметров, определяемых положением устройств и их техническими характеристиками [1]. Ниже перечислены самые значимые из них:

- ◆ количество узлов в сети;
- ◆ скорость передачи данных по каналам связи;
- ◆ топология сети – определяется наличием или отсутствием радиоканала между любыми двумя узлами;
- ◆ плотность размещения узлов – среднее количество «соседей» узла сети [2]. Этот параметр полностью определяется текущей топологией, однако может использоваться для грубой оценки сети;
- ◆ диаметр сети – это минимальное количество ретрансляций для передачи данных между двумя самыми удаленными узлами сети. Так же как и плотность, этот параметр полностью определяется топологией и может использоваться для комплексной оценки сети с помощью единого параметра;
- ◆ латентность – параметр, определяющий задержку от момента возникновения события до появления информации о нём на базовой станции;
- ◆ время работы сети – определяет время работы системы без замены или подзарядки аккумуляторов;
- ◆ пропускная способность – этот параметр определяет объём информации, проходящий через сеть в единицу времени.

В силу того, что для различных приложений выдвигаются свои специфические требования, при выборе системы, в первую очередь оцениваются параметры, которые позволяют ей наиболее эффективно решить поставленную задачу. К примеру, для системы, функционирующей в режиме реального времени, наиболее важным параметром является высокая скорость передачи данных и малая латентность, а для беспроводной противопожарной системы – максимальное время непрерывной работы, простота обслуживания и масштабируемость.

На сегодняшний день отсутствует методика, позволяющая произвести комплексную оценку эффективности работы беспроводной сенсорной сети. Самый распространённый метод определения эффективности системы основывается на

оценке её работы по отдельно взятому критерию. Такой метод достаточно прост и действенен. В данном случае наиболее эффективной считается та система, которая превосходит все остальные по выбранному параметру.

Для оценки качества сетей и их каналов обычно используются такие параметры, как пропускная способность и задержка [2]. Эти параметры позволяют оценить эффективность работы сети общего назначения. Беспроводные сети со сложной структурой состоят из относительно большого количества узлов и каналов связи и при этом фактически не являются сетями общего назначения. Таким образом, эффективность сети невозможно оценить лишь с помощью показателей качества для одиночного канала или узла [3]. Следовательно, оценку эффективности по одиночному критерию необходимо проводить для всей сети в целом. Существует три критерия оценки качества [2], ориентированные на типовые задачи, решаемые с помощью беспроводных сенсорных сетей:

- ◆ Критерий суммарной средней задержки:

$$\sum_{i=1}^N M(h_{iB}) \rightarrow \min$$

где N – количество узлов сети; $M(h_{iB})$ – математическое ожидание времени доставки данных от узла i до базовой станции. Включает в себя время непосредственной передачи, а также другие задержки, такие как время инициализации передачи канальным уровнем, ожидание в очередях узлов-маршрутизаторов, и другие. Такой критерий подходит для систем, где единичная задержка доставки пакета не критична, однако в целом от сети ожидается эффективная производительность. В качестве примера можно привести системы для научных исследований, сбора статистической информации с целью дальнейшей обработки, системы учета для промышленных объектов. Предполагается, что сбор и обработка информации в таких системах – два разных, слабо связанных по времени этапа.

- ◆ Критерий максимальной задержки:

$$\max_{\substack{t \in T \\ i=1..N}} (h_{iB}(t)) \rightarrow \min$$

где T – время работы системы; $h_{iB}(t)$ – время доставки данных от узла i до базовой станции в момент времени t . Такой критерий может применяться для системы реального времени, которая требует необходимого уровня качества связи для каждого узла, причем недопустимо даже кратковременное ухудшение качества связи. Примерами таких систем являются: военные системы обнаружения объектов, системы контроля технического состояния промышленных агрегатов, системы предупреждения аварий на промышленных объектах. Особенностью таких систем является возможная необходимость быстрой реакции в ответ на изменение параметров, регистрируемых сенсорами. Например, при появлении человека в опасной зоне, необходимо немедленно отключить работающее там оборудование.

- ◆ Критерий средней задержки:

$$\max_{i=1..N} (M(h_{iB})) \rightarrow \min$$

Такой критерий можно использовать для систем реального времени, требующих необходимого уровня качества связи для каждого узла, однако допускающих кратковременные сбои. Этот критерий подходит, например, для систем, назначение которых носит развлекательный характер. К таким системам предъявляются высокие требования, однако временные ухудшения качества связи не влекут за собой серьезных последствий.

Такой метод оценки эффективности хорош лишь в том случае, когда необходимо выбрать систему, которая оптимальна по одному из выбранных параметров при заданных условиях функционирования. Но что же делать, когда эффективность работы системы нужно оценить по двум и более параметрам? При этом все параметры, по которым ведётся оценка, должны вносить определённый вес в итоговую оценку и наиболее полно отражать эффективность работы при выбранных режимах функционирования.

Сложные системы характеризуются многими параметрами, причем зачастую у одних систем близки к оптимуму одни параметры, у других – другие. В таких условиях непросто оценить системы без специального формализованного правила – критерия. Предлагаемая методика предполагает проведение оценки эффективности по произвольному количеству параметров. Оценка эффективности проводится в два этапа. На первом этапе с системой проводятся различные тесты, с помощью специально разработанных моделей. Тесты позволяют определить значения отдельных параметров – критериев оценки. Тесты должны проводиться при максимально возможных неблагоприятных условиях функционирования системы: высокий уровень шума в радиозфере, наличие препятствий, выход из строя части элементов сети и пр. Каждый из тестов позволяет оценить один параметр системы при заданных условиях работы. На втором этапе оценки работы системы предлагается использовать весовой критерий эффективности. Весовой критерий позволяет учесть значимость частных критериев, полученных на первом этапе оценки. Значение интегрального критерия эффективности определяется выражением

$$k = \sum_{i=1}^N \alpha_i k_i$$

где n – число частных критериев, k_i – их значения для оцениваемой системы, а α_i – их весовые коэффициенты (веса). Для устранения компенсации одного частного критерия другим их значения используются в приведенной к максимуму форме. Наилучшая система выбирается по максимальному значению критерия:

$$k(s) = \max_{s \in S} \sum_{i=1}^N \alpha_i \frac{k_i}{k_{i \max}}$$

Весовые коэффициенты берутся положительными для максимизируемых и отрицательными для минимизируемых частных критериев. Для выбора величин весовых коэффициентов применяется два подхода:

1. В качестве коэффициентов используют дробные числа, сумма которых для каждой системы равна единице,
2. Используют целые коэффициенты, причем для наименее важного частного критерия берут единичный коэффициент, а для остальных берут коэффициенты, кратные единице.

В любом случае более важному частному критерию соответствует больший по абсолютному значению коэффициент.

В связи с огромным количеством алгоритмов, методов доступа к среде и готовых беспроводных решений, выбор системы и её основных параметров, а также оценка эффективности её работы, становится нетривиальной задачей. Существующая методика оценки по одному критерию выглядит просто, не позволяя в полной мере судить об эффективности работы одной системы по сравнению с другими. Предложенная методика многокритериальной оценки позволяет значительно облегчить выбор системы и её параметров для применения в конкретных услови-

ях. Методика позволяет дать комплексную оценку работы системы. Также она обладает высокой гибкостью, оставляя выбор значений весовых коэффициентов пользователю. Тем самым, давая возможность проводить оценку системы в зависимости от того, насколько важен каждый из критериев для работы системы в заданных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Скрипов С.А.* Имитационное моделирование беспроводных сетей со сложной структурой // Молодой учёный. – 2010. – С. 59-66.
2. *Скрипов С.А.* Разработка протоколов маршрутизации для беспроводных сетей со специальной топологией // IV Международная научно-практическая конференция "Современные информационные технологии и ИТ образования". – 2009.
3. *Ogier R.G. et al.* Topology Broadcast based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF) // INTERNET-DRAFT, MANET Working Group. – 2002.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.А. Зори.

Тужилкин Олег Владимирович – Научно-исследовательский институт физических измерений; e-mail: ibx@inbox.ru; 440026, г. Пенза, ул. Володарского, 8/10; тел.: 88412591932; ведущий инженер.

Ульянин Николай Сергеевич – e-mail: kolianul@mail.ru; ведущий инженер.

Tuzhilkin Oleg Vladimirovich – Research Institute of Physical Measurements; e-mail: ibx@inbox.ru; 8/10, Volodarskogo street, Penza, 440026, Russia; phone: +78412591932; senior engineer.

Ulianin Nikolay Sergeevich – e-mail: kolianul@mail.ru; senior engineer.

УДК 621.391

Ю.М. Туляков

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

Для систем подвижной связи дается оценка принципам повышения скорости передачи данных. Для наиболее популярных систем – систем сотовой связи и радиовызова (пейджинга) – характеризуются прогрессивные форматы и виды модуляции сигналов их радиointерфейсов, позволяющие повысить скорость передачи данных. Предлагается и обосновывается метод повышения скорости передачи данных за счет объединения радиоканалов с долевым распределением передаваемых данных, который применим как к существующим, так и к вновь внедряемым технологиям систем наземной подвижной связи. Показано, что скорость передачи при этом методе может быть увеличена практически пропорционально числу объединяемых каналов. Определяются особые условия практического внедрения этого метода. Приводятся примеры частичного использования принципов предлагаемого метода в отдельных видах современных средств связи и их модернизациях, подтверждающие состоятельность этого метода.

Радиointерфейс; скорость передачи данных; формат и модуляция сигналов; полоса частот радиоканала.