

УДК 004.942(043.2)

Дудник А.С.,
Варганич М.В.,
Гладыш И.А.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИ БЛЮТУЗ

Институт компьютерных технологий
Национального авиационного университета

Построена универсальная модель для сетей блютуз, с учётом параметров и условий работы реальной сети. Использована версия одного из распространённых универсальных языков имитационного моделирования

Вступление

Беспроводные технологии передачи информации за последние несколько лет стали неотъемлемой частью нашей жизни. Необходимость быстрой перестройки технологических линий, оперативная установка дополнительного оборудования требуют наличия гибкой инфраструктуры управления. Поэтому беспроводная связь становится важнейшей составляющей многих производственных процессов. Использование беспроводных технологий позволяет отказаться от прокладки кабельных соединений, повысив при этом гибкость и мобильность системы в целом. Когда же речь идет об обмене данными с движущимися устройствами или устройствами, находящимся под высоким напряжением, во взрывоопасной среде, беспроводные технологии становятся просто незаменимыми. Во многих случаях, когда подключения необходимо осуществлять периодически, например, при установке, настройке и диагностировании оборудования, из-за необходимости многократного подключения разъемов надежность кабельного соединения заметно снижается, поэтому использование таких технологий также становится предпочтительным.

Широко известная технология *Bluetooth* далеко не ограничивается потребительскими применениями. Идея использовать эту технологию для передачи данных в различных системах сбора информации и управления весьма

привлекательна из-за низкой стоимости устройств и надежности технологии. Наиболее эффективным подходом к априорной оценке параметров компьютерных сетей и систем в целях реконфигурации является использование средств имитационного моделирования. Инструментарий имитационного моделирования включает специализированные и универсальные программные и методические средства. Использование универсальных средств имитационного моделирования, наряду со сложностями в составлении программной модели конкретного объекта, обладает большим достоинством – открытостью и прозрачностью составляемой модели. Это обстоятельство делает целесообразным более внимательно относиться к универсальным средствам, оценить возможности их применения для решения реальных практических задач.

Постановка задачи

Целью данного исследования является создание универсальной модели, которая бы смогла рассматривать не только концепцию работы всей сети, но работы отдельных её участков.

Для реализации данных задачи имеем в качестве объекта моделирования распределённую сеть со следующими характеристиками.

Используется так называемый нижний 2,45 ГГц диапазон *ISM (industrial, scientific, medical)*, который предназначен для работы промышленного, научного и медицинского

оборудования. Радиообмен происходит в полосе частот 2400 – 2483,5 МГц ISM-диапазона. Радиоканал обладает полной пропускной способностью в 1 Мбит/с, что обеспечивает создание асимметричного канала передачи данных на скоростях 723,3/57,6 Кбит/с или полнодуплексного канала на скорости 433,9 Кбит/с. Применяется пакетный способ передачи данных с временным мультиплексированием. В радиотракте применен метод расширения спектра путем скачкообразной перестройки частоты (*FHSS – Fast rate frequency hopping*) и двухуровневая частотная модуляция с фильтром Гаусса (*GFSK -Gaussian Frequency Shift Keying*). Канал порождается псевдослучайной последовательностью скачков по 79 или 23 радиочастотным подканалам. Каждый канал делится на временные сегменты продолжительностью 625 мкс, причем каждому сегменту соответствует определенный подканал.

Важной задачей является исследование обмена пакетами между двумя узлами сети (так называемая дуплексная передача). Также очень важным фактором для исследуемой модели является исследование отдельных пикосетей составляющих данную модель.

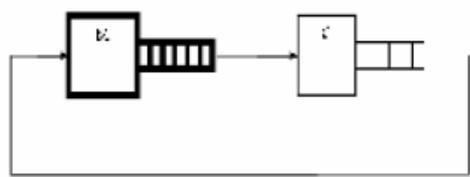


Рис. 1. Концептуальная модель обмена между двумя узлами

Таким образом, дуплексная передача реализована на основе разделения времени (*Time Division duplexing – TDD*). Основное устройство передает пакеты в нечетные временные сегменты, а подчиненное устройство – в четные.

Пакеты в зависимости от длины могут занимать до пяти временных сегментов. При этом частота канала не меняется до окончания передачи. Поддерживается асинхронный канал данных, до трех синхронных (с постоянной скоростью) голосовых каналов или канал с

одновременной асинхронной передачей данных и синхронной передачей голоса. Скорость каждого голосового канала – 64Кбит/с в каждом направлении, асинхронного в асимметричном режиме – до 723,2 Кбит/с в прямом и 57,6 Кбит/с в обратном направлениях или до 433,9 Кбит/с в каждом направлении в симметричном режиме.

Целью статьи является создание универсальной имитационной модели способной показать не только работу всей топологии, но и работу отдельных её участков. Это в свою очередь даст возможность рассмотреть не только самой особенности передачи пакетов, а также их обработку каждым отдельным устройством *Bluetooth*.

Огромную роль в данной модели играет её способность адаптироваться к изменению маршрутизации. Это позволяет программа, написанная на одном из известных языков имитационного моделирования в основе, которой лежит данная модель.

Эта особенность и даёт нам возможность увидеть работу модели и при дуплексной передаче между двумя устройствами, и при передаче внутри каждой отдельно взятой пикосети.

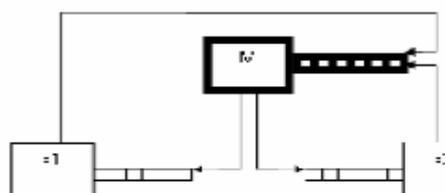


Рис. 2. Концептуальная модель обмена внутри каждой отдельной пикосети

Особенности моделирования компьютерных сетей

Анализаторы протоколов незаменимы для исследования реальных сетей, но они не позволяют получать количественные оценки характеристик для еще не существующих сетей, находящихся в стадии проектирования. В этих случаях проектировщики могут использовать средства моделирования, с помощью которых разрабатываются модели,

воссоздающие информационные процессы, протекающие в сетях.

Основными разновидностями процесса моделирования можно считать два моделирования. При физическом (натурном) моделировании исследуемая система заменяется соответствующей ей другой материальной системой, которая воспроизводит свойства изучаемой системы с сохранением их физической природы.

Возможности физического моделирования довольно ограничены. Оно позволяет решать отдельные задачи при задании небольшого количества сочетаний исследуемых параметров системы. При натурном моделировании вычислительной сети практически невозможно проверить ее работу для вариантов с использованием различных типов коммуникационных устройств – маршрутизаторов, коммутаторов и т.п.

Проверка на практике около десятка разных типов маршрутизаторов связана не только с большими усилиями и временными затратами, но и с немалыми материальными затратами. Но даже и в тех случаях, когда при оптимизации сети изменяются не типы устройств и операционных систем, а только их параметры, проведение экспериментов в реальном масштабе времени для огромного количества всевозможных сочетаний этих параметров практически невозможно за обозримое время. Даже простое изменение максимального размера пакета в какомлибо протоколе требует переконфигурирования операционной системы в сотнях компьютеров сети, что требует от администратора сети проведения очень большой работы.

Поэтому, при оптимизации сетей во многих случаях предпочтительным оказывается использование математического моделирования. Математическая модель представляет собой совокупность соотношений (формул, уравнений, неравенств, логических условий), определяющих процесс

изменения состояния системы в зависимости от ее параметров, входных сигналов, начальных условий и времени.

Особым классом математических моделей являются имитационные модели. Такие модели представляют собой компьютерную программу, которая шаг за шагом воспроизводит события, происходящие в реальной системе. Применительно к вычислительным сетям их имитационные модели воспроизводят процессы генерации сообщений приложениями, разбиение сообщений на пакеты и кадры определенных протоколов, задержки, связанные с обработкой сообщений, пакетов и кадров внутри операционной системы, процесс получения доступа компьютером к разделяемой сетевой среде, процесс обработки поступающих пакетов маршрутизатором и т.д.

При имитационном моделировании сети не требуется приобретать дорогостоящее оборудование – его работы имитируются программами, достаточно точно воспроизводящими все основные особенности и параметры такого оборудования.

Преимуществом имитационных моделей является возможность подмены процесса смены событий в исследуемой системе в реальном масштабе времени на ускоренный процесс смены событий в темпе работы программы. В результате за несколько минут можно воспроизвести работу сети в течение нескольких дней, что дает возможность оценить работу сети в широком диапазоне варьируемых параметров.

Результатом работы имитационной модели являются собранные в ходе наблюдения за протекающими событиями статистические данные о наиболее важных характеристиках сети: временах реакции, коэффициентах использования каналов и узлов, вероятности потерь пакетов и т.п.

Существуют специальные языки имитационного моделирования, которые

облегчают процесс создания программной модели по сравнению с использованием универсальных языков программирования. Примерами языков имитационного моделирования могут служить такие языки, как *SIMULA*, *GPSS*, *SIMDIS*.

О концептуальной модели

Концептуальная модель простого варианта Скаттернет представлена открытой (незамкнутой) многофазной системой массового обслуживания. С точки зрения классификации Эталонной модели описывались два нижних уровня. Транзакт, являющийся неделимым объектом в системе имитационного моделирования общего назначения, порождается битом, перемещающимся в Скаттернет источника информации к потребителю. Каждая фаза моделировалась *СМО G\G\1* с отказами и дисциплиной *FIFO*. Универсальная система имитационного моделирования обеспечивает сбор и статистическую обработку данных о транзактах, задержанных в каждой точке модели, а также интенсивности потоков отказов.

Результаты эксперимента

В результате моделирования имеем следующие, полученные при 1000000 прогонах, показатели работы четырёх устройств (а, б), и двух участков составляющих Скаттернет пикосетей (в, г) (числа условные):

а) задержка в каналах передачи:

1. $\tau_{k1}(c) = 0,088;$
2. $\tau_{k2}(c) = 0,154;$
3. $\tau_{k3}(c) = 0,087;$
4. $\tau_{k4}(c) = 0,012.$

б) задержка на обработку внутр. устройств:

1. $\tau_{B1}(c) = 0,000006 ;$
2. $\tau_{B2}(c) = 0,000017 ;$
3. $\tau_{B3}(c) = 0,000026 ;$
4. $\tau_{B4}(c) = 0,000028 .$

Промоделировав ситуации для рис.1, 2, мы получили следующие результаты.

в) для дуплексной передачи:

$$\tau 1(c) = 0,082 ;$$

$$\tau 2(c) = 0,174 .$$

г) для передачи внутри топологии:

$$\tau 1(c) = 0,0322 ;$$

$$\tau 2(c) = 0,564 .$$

Из полученных результатов видно, что соотношения времён задержки отвечает реально имеющимся соотношениям параметров сети.

Выводы

Универсальные системы имитационного моделирования могут быть рекомендованы для использования для анализа распределённых сетей типа Скаттернет по критерию «точность описания сети/трудоёмкость моделирования».

Список литературы

1. Технология Bluetooth, *Архипкин В.Я., Архипкин А.В.*, Москва, 2002. – 32 с.
2. *Боев В.Д.* Моделирование систем GPSS WORLD. – П.: 2004. – 405 с.
3. Руководство по технологиям объединённых сетей, 4-е издание. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1040 с.
4. *Печурін М.К. та ін.* Математичне та імітаційне моделювання комп'ютерних мереж кампусів, оснований на безпроводних технологіях // Проблеми інформатизації та управління. Зб. наук. пр. – К.: НАУ, 2006. – №1(16). – С. 122–128.
5. *Мартынов В.И.* Распределение потоков с нечетко заданными интенсивностями в сетях коммутации каналов // Известия РАН. Теория и системы управления. – 1999. – №4. – С. 101–106.
6. *Ирвин Дж., Харль Д.* Передача данных в сетях: инженерный подход: Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 448 с.
7. *Вишневский В.М., Терещенко Б.М.* Моделирование беспроводных сетей с децентрализованным управлением // Автоматика и телемеханика. – 1999. – №6. С. 88–99.