

## References

1. A. Ganapathi et. al., Predicting Multiple Metrics for Queries: Better Decisions Enabled by Machine Learning//ICDE'09, P. 592–603
2. G. R. Nudd et. al., Pace – a Toolset for the Performance Prediction of Parallel and Distributed Systems//Int. Journal of High Performance Computations Applications, vol. 14, 2000. – P. 228-251.
3. <http://cs.brown.edu/~alexta/PERSIK.html>
4. <http://www.omnetpp.org/>
5. J.M. Bull et al., A Benchmark Suite for High Performance Java//Java Grande Conference'99. – P. 81-88
6. W. Bolosky, M. Scott, False Sharing and its Effect on Shared Memory Performance//SEDMS'93. – P. 57-71
7. A. Tarvo, S.P. Reiss, Using Computer Simulation to Predict the Performance of Multithreaded Programs//ICPE'12. – P. 217-228

УДК 004.942

### **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЕЙ С ЯЧЕЙСТОЙ ТОПОЛОГИЕЙ**

И.А. Адуцкевич

*Белорусский государственный университет, Беларусь*

Беспроводные одноранговые сети с ячеистой топологией используются в ситуации, когда необходимо организовать сеть между вычислительными устройствами в условиях отсутствия либо нежелательности использования инфраструктуры, обеспечивающей сетевое взаимодействие. В этом случае мобильные устройства могут создать временную сеть для обеспечения связи в данный момент времени, другими словами – организовать сеть «на лету». Каждый узел такой сети способен генерировать данные адресованные любому другому узлу в сети. Все узлы сети при необходимости обеспечивают возможность ретрансляции данных до конечного получателя. В общем случае эта сеть может быть подключена к другим сетям передачи данных через один или несколько узлов, выполняющих функцию шлюза. Поддержка многоскачковой передачи данных в мобильных беспроводных одноранговых сетях является ключевым отличием данного типа сетей от других беспроводных телекоммуникационных систем.

Вне зависимости от способов радиопередачи и модели передвижения узлов топология беспроводной одноранговой сети в любой фиксированный момент времени может быть представлена в виде графа [1]. Для описания беспроводных одноранговых сетей с помощью графов узлы сети сопоставляются с вершинами графа, а соединения между узлами соответствуют ребрам графа. В качестве упрощения модели будем полагать, что

канал передачи данных между узлами одинаков в обоих направлениях и не зависит от направления. Если сигнал, переданный одним узлом сети, принят другим узлом и уровень сигнала на приемнике превышает минимально необходимый порог мощности, полагается, что связь между узлами установлена.

Беспроводные одноранговые сети с ячеистой топологией делят общий канал передачи данных между узлами. Для реализации этой возможности существуют специализированные протоколы множественного доступа к каналу передачи (MAC-протоколы). Очевидно, что алгоритмы, лежащие в основе этих протоколов, напрямую влияют на характеристики сетей. Доля узлов сети одновременно получивших доступ к каналу передачи данных в любой момент времени равна  $\nu_i$ ,  $i = 1, 2, 3$ , где  $\nu_i$  — соответствующий класс MAC-протокола [2]. Тогда, получаем, что модифицированная шенноновская емкость канала, определяющая максимальную пропускную способность для одного узла в сети, будет иметь вид:

$$C_{out,max} = \nu B \log_2(1 + SIR) = \nu C, \quad (1)$$

где  $C$  — емкость канала, бит/с;  $B$  — полоса пропускания канала, Гц;  $SIR$  — отношение мощностей полезного и интерферирующих сигналов.

Данные, создаваемые устройствами, подключенными к узлу, принято моделировать с помощью простейшего потока событий [3,4]. Полагая, что все узлы сети идентичны (к ним подключены одни и те же устройства, генерирующие трафик), средние значения генерируемого собственного трафика для каждого узла за фиксированный промежуток времени одинаковы. Как известно, для простейшего потока событий интенсивность потока  $\lambda$  имеет смысл среднего числа событий происходящих в единицу времени.

Так как среднее расстояние между вершинами в графе есть  $E[h]$ , то в среднем между любыми двумя узлами находится  $E[h] - 1$  узлов ретрансляторов. Поэтому для равномерно распределенных по всей зоне обслуживания сети узлов справедливо предположение, что любой узел в сети может быть ретранслятором трафика для любого другого узла в сети с вероятностью  $(E[h] - 1)/(N - 1)$ , а ожидаемый поток событий будет равен  $\lambda(E[h] - 1)/(N - 1)$ . Так как любой узел в сети может быть ретранслятором для  $N - 1$  других узлов, а также принимая во внимание свойство суммы простейших потоков, интенсивность потока ретранслируемого трафика будет равна  $\lambda(E[h] - 1)$ . Очевидно, что суммарный трафик передаваемый узлом будет состоять из суммы собственного и ретранслируемого:

$$\Lambda = \lambda + \lambda(E[h] - 1) = \lambda E[h] \quad (1)$$

Использование простейшего потока событий при моделировании трафика в сетях позволяет снизить вычислительную нагрузку при оценке пропускной способности и емкости сети. Однако необходимо учитывать

влияние приоритетности пакетов, а также различных способов организации очередей и дисциплин обслуживания. Требования, накладываемые на различный тип трафика, приводят к необходимости выбора дисциплины обслуживания, которая лучшим образом позволит соблюдать установленный уровень качества обслуживания (QoS). Чаще всего параметры, фигурирующие в разнообразных определениях качества обслуживания, регламентируют следующие показатели работы сети[5]:задержки передачи пакетов;уровень потерь и искажений пакетов;среднеквадратичное отклонение задержки – «джиттер».

Очевидно, что анализ производительности узла такой сети можно проводить с помощью аппарата теории массового обслуживания. Характеристики различных систем массового обслуживания (далее СМО) требований случайного объема с ограниченной памятью на сегодняшний день хорошо изучены [3]. Однако в реальных системах узлами мобильных беспроводных сетей являются небольшие портативные устройства с определенными ограничениями на размер батареи и ее мощность соответственно. Поэтому стремление минимизировать энергопотребление и габариты устройств накладывает ограничения и на аппаратное обеспечение узла. Как правило, в подобных устройствах применяются низкопотребляющие микроконтроллеры, которые не отличаются вычислительными возможностями и большими объемами памяти. А так как современные сети являются мультисервисными[6], то для моделирования узлов таких сетей имеет смысл ввести комбинацию СМО с общей памятью для обработки различных типов трафика. Таким образом, общая динамическая память является одним из способов оптимизации работы узла, поскольку позволяет перераспределять память в реальном времени между устройствами, обрабатывающими различные виды трафика.

Оценка производительности беспроводных одноранговых сетей производится в два этапа: предварительного и основного. Исходя из того, что все узлы сети идентичны (к ним подключены одни и те же устройства генерирующие трафик с идентичными характеристиками) на предварительном этапе рассчитываются ограничения накладываемые на характеристики входных потоков узла сетью. А на основном этапе проводится имитационное моделирование узла, с помощью комбинаций СМО.

Разработанная модель позволяет строить топологии сетей из предопределенного набора графов. А именно, случайный граф Эрдеша-Реньи, граф двумерной целочисленной решетки, масштабно-инвариантный граф, случайный геометрический граф (модель с затуханием и логнормальная модель) и рассчитывать для выбранных моделей среднюю степень узла и среднее расстояние между узлами. Также в состав данной модели входит модуль оценки доли активных узлов для различных классов MAC-протоколов.

В дальнейшем полученные данные используются при конфигурировании имитационных моделей СМО и их комбинаций, среди которых были разработаны модели  $СМОМ/G/1/\infty(V)$ , имеющие существенные различия по способу обработки требований. А именно: классическая СМО; СМО с приоритетным обслуживанием (абсолютным и относительным); со справедливым разделением процессора (EgalitarianProcessSharing – EPS); с произвольным ранним обнаружением (RandomEarlyDetection – RED) и их комбинации.

При моделировании характеристик сети можно воспользоваться следующей процедурой:

1. Выбрать модель графа, либо предложить свою реализующую стандартный класс графа.
2. Определить зону покрытия сети и зону радио покрытия узла.
3. Нормировать значения пункта 2.
4. Выбрать класс MAC-протокола и пропускную способность канала передачи данных.
5. С помощью предоставленной библиотеки рассчитать долю активных узлов, а также средние значения для степени узла и расстояния между узлами для выбранной модели.
6. Определить какого рода трафик будет передаваться в сети, будет ли он однородным. Определить требования, предоставляемые к различным категориям трафика.
7. Определить стохастические характеристики трафика и узла сети: функции распределения вероятности поступления требований, времени обслуживания требований и объема сообщения. Выбрать дисциплины обслуживания для каждого потока. Определить размер общей буферной памяти узла.
8. В зависимости от требований к трафику выбрать моделируемую СМО либо комбинацию.
9. Выбрать из имеющегося набора необходимые генераторы случайных величин, либо реализовать собственный, используя стандартный интерфейс, разработанный в библиотеке.
10. Задать параметры модели определенные на предыдущих шагах и запустить имитацию.
11. В результате моделирования будут получены значения для вероятности потери, среднего времени нахождения требования в системе, а также среднеквадратичного отклонения времени нахождения требования в системе.

На сегодняшний день разработано огромное количество различных моделей беспроводных одноранговых сетей, однако все они оптимизированы для решения отдельных прикладных задач. Данная методика позволяет оценить функционирование сети в целом, не вдаваясь в подробности реализации, что на наш взгляд является существенным перед началом

проектирования собственной беспроводной одноранговой сети для решения конкретных прикладных задач. Так как основная сложность в проектировании данных сетей заключается в том, что три нижних уровня сетевой модели OSI взаимозависимы.

### **Литература**

1. Райгородский, А. М. Модели случайных графов и их применения / А. М. Райгородский. – М. – Ижевск: НИЦ «РХД», 2009. – 325с.
2. Hekmat, R. Interference power sum with lognormal components in ad-hoc and sensor networks / R. Hekmat, P. Van Mieghem // Third International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc, and Wireless Networks, Trentino, Italy, 2005, –p. 174-182.
3. Тихоненко, О. М. Моделирование процессов и систем обработки информации / О. М. Тихоненко. – Мн.: БГУ, 2008.
4. Бочаров, П. П. Теория массового обслуживания / П. П. Бочаров, А. В. Печинкин. – М.: изд-во РУДН, 1995.
5. Кучерявый, Е. А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е. А. Кучерявый, – СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с.
6. Бурдин, А. В. Общие тенденции эволюции современных сетей связи / А.В. Бурдин, – М., РАН, 2006.

УДК 004.4

## **ІМОВІРНІСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Акименко А.М.

*Чернігівський державний технологічний університет, Україна*

Однією з найважливіших проблем, що виникають в процесі розробки програмних продуктів є аналіз проектних ризиків. Особливо, враховуючи те, що програмне забезпечення практично з самого початку було досить складним інженерним продуктом, який потребує більшої кількості людино-годин праці висококваліфікованого персоналу, що не може не викликати помилки, затримки та пов'язані з цим ризики.

Все це змушує усвідомити, що проектні ризики можна і необхідно аналізувати. Особливо важливо отримувати інформацію про можливі ризики на ранніх стадіях розробки програмного забезпечення, що дає можливість уникнути багатьох проблем при реалізації програмного проекту.

Процес управління ризиками визначено в РМВОК (Project Management Body Of Knowledge) [1]. Одним з етапів цього процесу є під процес кількісного аналізу ідентифікованих ризиків. Отримання кількісної оцінки дає можливість розробнику програмного забезпечення приймати чіткі управлінські рішення пов'язані з планування реакції на ризики та, відповідно, зменшувати їх вплив на кінцеві результати розробки.