

УДК 004.942

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ МАСШТАБИРОВАНИЯ СЕТИ АЛГОРИТМОВ ДИНАМИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ НА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

© 2011 М.А. Кораблин¹, Л.А. Баннова²

¹ Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара
² ООО «СамараИнформ»

Поступила в редакцию 09.03.2011

В данной статье рассмотрена имитационная модель компьютерной сети с действующими в ней алгоритмами передачи данных, основанными на примере существования и функционирования динамических сообществ. Проведен анализ одного из аспектов масштабирования такой компьютерной сети. Ключевые слова: имитационная модель, алгоритм передачи данных, динамическое сообщество, масштабирование.

Маршрутизация данных в компьютерных сетях должна рассматриваться как динамический процесс, который должен не только надежно определять маршрут, но и производить это определение в режиме on-line, не допуская «тупиков» и «долгих» задержек.

Ранее был выполнен ряд работ [1, 2] по исследованию алгоритмов с нечеткими множествами в задачах маршрутизации.

В последнее время эффективная маршрутизация связывается с использованием алгоритмов динамических сообществ (АДС) [3]. АДС строятся на эвристических основах, связанных с имитацией поведения виртуальных объектов – участников сообществ. Наиболее известно в этом плане сообщество муравьев (в настоящей статье будет рассмотрена имитация на основе алгоритма маршрутизации AntNet [3], который базируется на поведении муравьев). В качестве основы динамики поведения объектов-муравьев могут использоваться различные схемы: мы интерпретируем динамику объектов моделью дискретно-событийного моделирования [4, 5], реализованного в системе OMNet++ [6].

Поведение муравьев в природе можно использовать для решения задачи маршрутизации. Представим компьютерную сеть как окрестность, в которой взаимодействуют муравьи, при этом узлы этой сети будут являться источниками пищи для муравьев. Узлы соединены линиями связи, на которых муравьи могут оставлять след. Каждый узел в сети характеризуется двумя структурами данных: локальной моделью трафика и вероятностной таблицей маршрутизации. Муравьев в такой сети будем называть *мобиль-*

ными агентами. Каждый мобильный агент движется от одного узла сети к другому (от муравейника к источнику пищи), при этом собирая информацию о линиях связи, соединяющих эти узлы. Чтобы распространить собранную информацию по сети, агент должен вернуться в узел, отправивший его. Для этого у каждого агента существует память, организованная в виде стека, в которую записан весь маршрут движения агента от узла-источника в узел-приемник. При выборе пути движения от узла-источника в узел-приемник через промежуточные узлы агенты используют вероятностное правило выбора пути. Вероятность выбора пути прямо пропорциональна количеству следов на этом пути. То есть, линии связи, содержащие большее количество следов, являются наиболее удобными маршрутами для пересылки пакетов в сети. В результате своего движения агенты должны собрать информацию о состоянии трафика и обновить главные структуры данных узла [7].

Аналогию с колонией муравьев использовали М. Дориго (Marco Dorigo) и Д. Ди Каро (Gianni Di Caro) для создания распределенного, адаптивного алгоритма маршрутизации AntNet [3].

В этом алгоритме моделирование искусственной колонии муравьев протекает в итерационном процессе. Здесь каждый муравей строит решение, используя два типа локально достижимой информации: информация специфичная для задачи (например, время достижения узла сети), и информация, добавленная муравьем во время предыдущей итерации алгоритма. Фактически, во время построения решения, каждый муравей собирает информацию, содержащую характеристики задачи и собственную производительность, и, далее, использует эту информацию для модификации представления задачи, с локальной точки зрения других муравьев. Представле-

Кораблин Михаил Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных систем и технологий. E-mail: korablin@psati.ru.

Баннова Лилия Александровна, бизнес-аналитик. E-mail: l.bannova@equantum.ru.

ние о задаче модифицируется таким образом, что информация, содержащаяся в предыдущем хорошем решении может быть использована для построения новых лучших решений.

Вместе с тем любое событие можно рассматривать как мгновенный акт перехода системы (сети) из одного состояния в другое. Любое событие характеризуется меткой времени, в которое оно произошло или произойдет (императивное управление [8]) и условием, при котором оно может произойти (интеррогативное управление [9]).

Эти два вида управления определяют основу хронологии возникновения событий (продуцирование событий) и формирование сетевых потоков. При этом любое сетевое оборудование и программное обеспечение в этой концепции рассматриваются как источники дискретных событий.

OMNet++-модель представляет собой сеть задач, инициируемых возникновением событий. Потоки событий при этом рассматриваются как своеобразный трафик, распределяемый по всей сети стохастическими механизмами (своеобразными маршрутизаторами – узлами принятия решений, decision support nodes), которые имитируют обработку информации в сети. Имитационная модель при этом интерпретируется как вложение одной сети в другую, так что уровень детальности представления событий может многократно уточняться, начиная с внешнего события (например, появление нарушителя), которое вызывает к жизни причинно-следственную цепь событий – реакций в программно-аппаратной среде компьютерной сети и заканчивая физической реакцией (например, блокировка доступа).

Для дальнейших рассуждений введем понятие применимости. Под применимостью системы с конфигурацией S будем понимать выполнение следующего требования: полное время обработки высокоприоритетных событий не должно превышать MAX_HIGH, а время обработки обычных событий s MAX_ALL в течение интервала времени T при максимальной интенсивности поступления событий от каждой из подсистем сети.

Максимальную интенсивность событий можно оценивать двумя способами: на основе анализа конфигурации оборудования или с помощью оценки пропускной способности каналов связи между подсетями и компьютерами.

Рассмотрим первый вариант. При анализе журналов событий нескольких компьютерных сетей, было установлено, что число событий, формируемых устройствами передачи мультимедийного трафика, во много раз больше количества событий от остальных подсистем и составляет от 90 до 98% общего потока. Таким образом, именно прогнозирование интенсивности событий играет решающую роль при оценке общей интенсивности.

Поток событий нестационарен в течение суток и зависит от режима работы предприятия. Его максимальная интенсивность достигается в начале и конце рабочего дня или смены. Для каждого узла сети эта интенсивность определяется её пропускной способностью и количеством генерируемых им событий.

Если же максимальную интенсивность оценивать на основе пропускной способности линий связи, то необходимо анализировать формат передаваемых сообщений и протокол обмена. Полученный же результат не будет зависеть от конфигурации сети, а характеризовать общую производительность системы.

В качестве примера рассмотрим случай имитационного моделирования с помощью системы OMNet++ и алгоритма АДС AntNet, когда в компьютерной сети установлена максимальная интенсивность событий, равная 1 событие в секунду. Сначала оценим работоспособность системы на основе ожидаемого максимального потока событий. Проведём эксперимент для проверки применимости АДС AntNet для работы с данной системой. Будем считать, что алгоритм АДС является применимым для работы на данном объекте, если время полной обработки как обычных, так и высокоприоритетных событий не будет превышать 1 секунды.

Длительность эксперимента ограничивается обработкой 1000 исходных событий. В ходе эксперимента будет вестись запись статистики очередей. Также, будет записан процент времени простоя процессора.

Статистика по очередям приведена в сгенерированной в OMNet++ табл. 1 (здесь и далее Min и Max – минимальное и максимальное значение соответственно. Все значения времени приведены в миллисекундах).

Таблица 1. Статистика по очередям

№ эксперимента	Длина очереди		Время ожидания	
	Min	Max	Min	Max
1	0	11	0.00	512.32
2	0	7	0.00	288.32
3	0	2	0.00	73.89
4	0	1	0.00	6.70
5	0	7	0.00	347.73

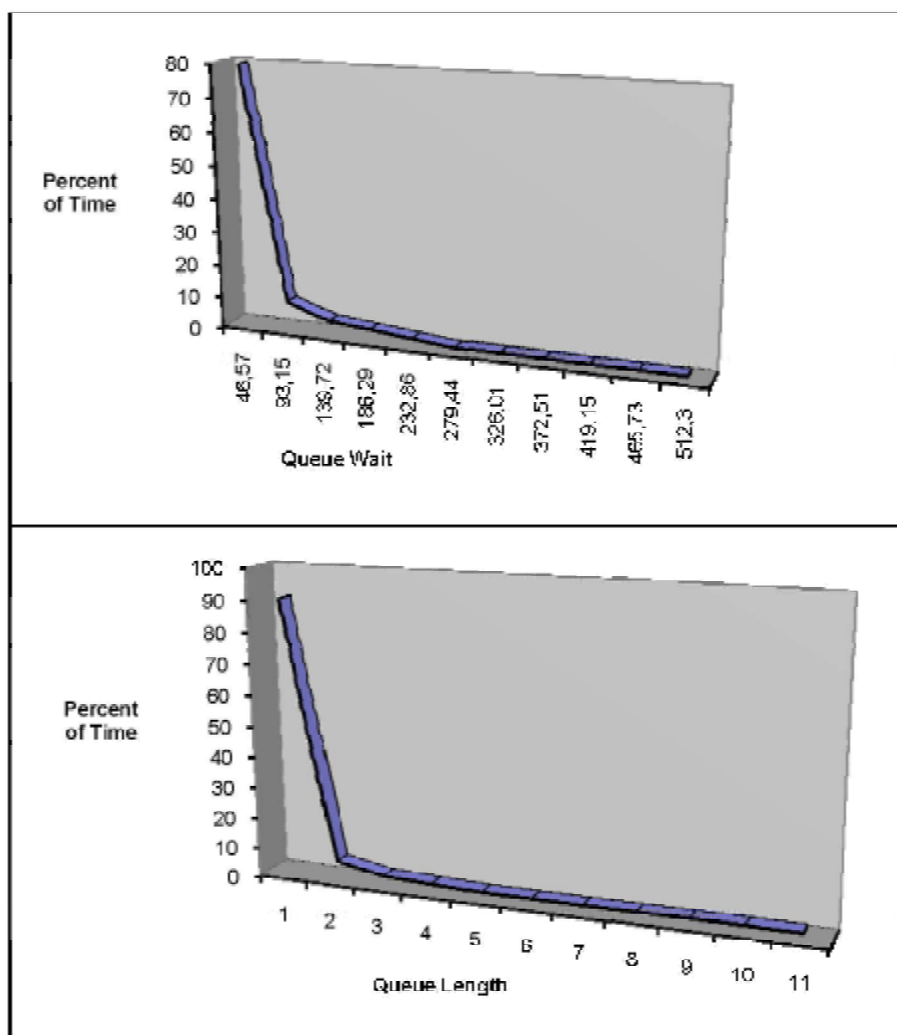


Рис. 1. Графики очереди 1

Ни одна из очередей не проявляла тенденции к переполнению в ходе эксперимента, что хорошо видно из графиков зависимости длины очереди от времени и времени ожидания сообщения в очереди от времени. На рис. 1, полученном в среде OMNet++, приведены графики для очереди 1 (перед началом обработки события ядром).

Статистика времени обработки событий приведена в табл. 2.

Время простоя процессора составило 29%.

Таким образом, можно утверждать, что алгоритм АДС применим на заданном объекте с учётом приведённых выше условий.

Проанализируем теперь теоретически возможный максимальный поток сообщений и проведем эксперимент в системе OMNet++.

Как видно из приведённых графиков (рис. 2), уже с самого начала эксперимента система не

справлялась с заданной нагрузкой, о чём свидетельствует постоянный рост длины очередей и, соответственно, времени обработки событий со временем.

Практическая значимость такой оценки заключается в прогнозировании поведения системы в случаях, когда при подключении драйверов происходит «разбуферизация», то есть вывод накопившихся за данный период сообщений с максимально возможной скоростью. При этом объём буфера событий зависит от используемой системы, и может составлять до 10000 событий на каждый контроллер.

Проведённые эксперименты позволяют сформулировать ряд выводов:

1. Если время обработки событий не зависит от его приоритета, это приводит к потере контроля над ситуацией в случае перегрузки.

Таблица 2. Статистика времени обработки событий

Тип событий	Min	Max
Низкоприоритетный трафик	49.22	593.67
Высокоприоритетный трафик	52.11	571.22
Все события	47.88	593.67

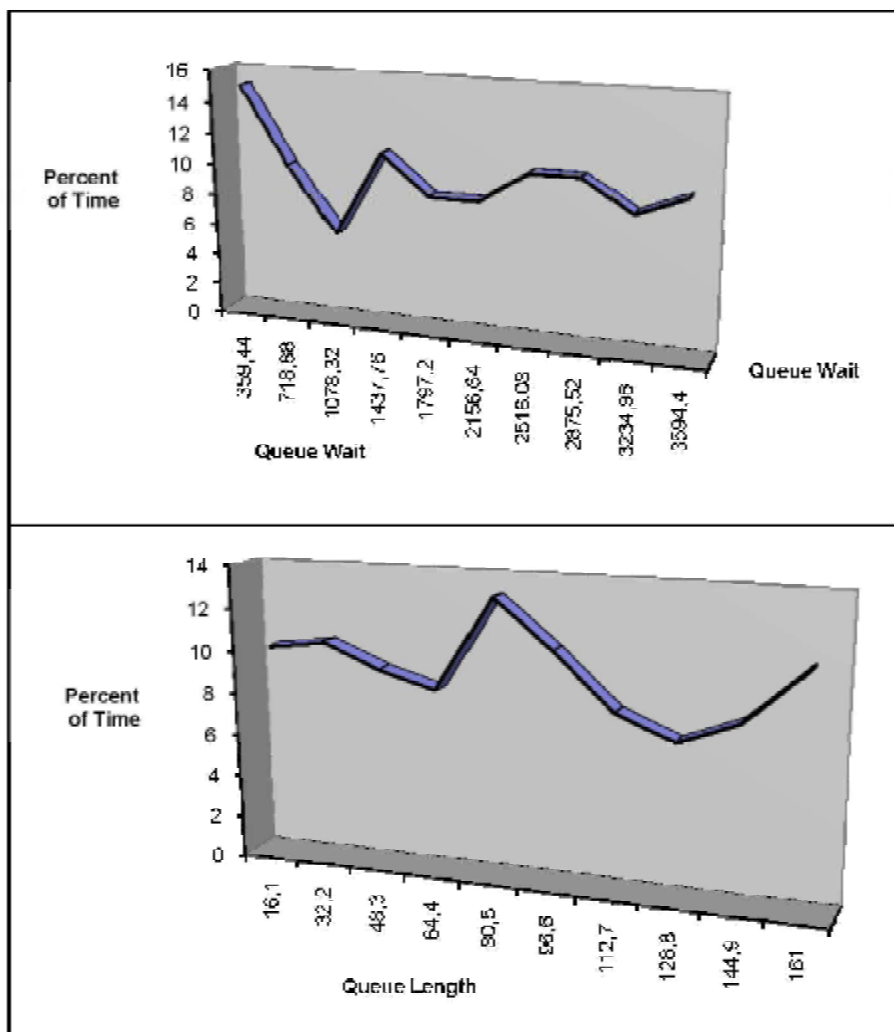


Рис. 2. Графики очереди 1 при максимальной интенсивности событий

2. Если отсутствует механизм предотвращения неконтролируемого роста длины очередей, это потенциально может привести к полной блокировке работы системы.

3. При централизованной обработке событий их визуализация (оповещение) задерживается другими одновременно выполняемыми процессами.

Рассмотренные примеры демонстрируют общий подход к анализу применимости алгоритма АДС. Однако для простоты в этих примерах весь цикл обработки событий выполнялся одним компьютером. Таким образом, остался неосвещённым вопрос о степени влияния конфигурации компьютерной сети на его производительность. Это предполагается выполнить в последующих работах, так как дать априорную количественную оценку выигрыша от использования того или иного дополнительного оборудования в сети АДС можно только с использованием имитационной модели.

Принцип определения маршрутов, применяемый в системе AntNet, обеспечивает движение пакетов по различным направлениям с учетом

реальной загрузки линий. Но новое качество достигается не бесплатно. Приходится смириться с резким увеличением накладных расходов, связанных со сбором информации о сети. Это не удивительно, поскольку приходится передавать исполняемый код агента. Объем данных о маршрутах также увеличивается, агент движется к узлу назначения отнюдь не по кратчайшему пути. Одним словом, AntNet создает нагрузку на сеть в 20-30, а в некоторых случаях и в 40 раз большую, чем маршрутизаторы, поддерживающие протокол OSPF. Однако, несмотря на многократное повышение накладных расходов, данные, передаваемые AntNet, занимают приблизительно 0,3% пропускной способности линий связи, а это вполне приемлемая величина, если учесть положительный эффект от использования системы [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кораблин М.А., Полукаров Д.Ю.* Маршрутизация на основе нечеткой логики в рамках протокола RIP // Информационные технологии. 2005. №6. С. 11-15.

2. *Полукаров Д.Ю.* Нечеткая аппроксимация метрики протокола IGRP // Инфокоммуникационные технологии. 2006. №4. Т. 4. С. 51-54.
3. *Di Caro G., Dorigo M.* AntNet: Distributed Stigmergetic Control for Communications Networks // Journal of Artificial Intelligence Research. 1998. №9, pp. 317-365.
4. *Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сеиченков Ю.Б.* Практическое моделирование динамических систем. СПб: БХВ-Петербург, 2002. 464 с.
5. *Harel D.* Statecharts: a visual formalism for complex systems // Science Of Computer Programming. 1987. Vol. 8. 231-274 pp.
6. Сайт по системе OMNet++. URL: <http://www.omnetpp.org/> (дата обращения 12.02.2011)
7. *Роберт В. Себеста.* Основные концепции языков программирования. М.: Вильямс, 2001, 672 с.
8. *Советов Б.Я., Яковлев С.А.* Моделирование систем. М.: Высшая школа, 2001, 343 с.

ESTIMATION POSSIBILITIES OF SCALING NETWORK WITH ADC ON SIMULATION ODEL

© 2011 М.А.Кораблин¹, Л.А.Баннова²

¹ Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara
² «SamaraInform»

In given article we consider simulation model of computer network with data transmission algorithm based on existence and functioning of dynamic communities operating in it. We have analyzed one aspect of scaling such computer network.

Key words: imitating model, data transmission algorithm, dynamic community, scaling.

*Mikhail Korablin, Doctor of Technics, Professor, Head of Information Systems and Technologies Department.
E-mail: korablin@psati.ru.
Liliya Bannova, Business analyst.
E-mail: lbannova@equantum.ru.*