

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕТЕЙ С ПЕРЕМЕННОЙ ТОПОЛОГИЕЙ

В.В. Прокошев, П.Ю. Шамин

В связи с интенсивным развитием технологий беспроводной передачи данных в последнее время активно разрабатываются новые подходы к маршрутизации в мобильных сетях. В частности создаются вероятностные алгоритмы маршрутизации, в которых маршруты строятся, основываясь не на определении и обновлении рабочего маршрута, а на априорном знании вероятности его работоспособности. Для работы такого алгоритма необходимо знать вероятность связи между каждой парой узлов в сети. Также важно, чтобы эти вероятности были стационарны, то есть не зависели от времени.

С целью моделирования процесса стабилизации оценок вероятностей связей в мобильных сетях нами была разработана программа, которая по известной матрице смежности и матрице совместимости, которые поставлены в соответствии сети, вычисляет значение вероятностей связи любых двух узлов сети. При этом узлы сети являются мобильными, то есть могут перемещаться и/или включаться и выключаться. Также, на основе созданной программы, было проведено исследование выхода сети на стационарный режим.

Для определения стационарности реальных больших сетей требуется значительный объём вычислений. Для подобных задач вычислительной мощности обычного компьютера оказалось недостаточно, поэтому было принято решение разработать эффективный параллельный алгоритм вычисления вероятности связи для каждой пары узлов в сети с целью его запуска на кластерной системе.

Пусть мы имеем сеть, состоящую из M узлов. Топология этой сети задаётся графом, которому ставится в соответствие матрица смежности A .

Пусть каждый узел сети способен находиться в N различных состояниях $s[i]$, образующих множество S .

Будем считать, что возможность взаимодействия между узлами требует сочетания двух условий:

- наличия соответствующей связи в топологии сети;
- определённого сочетания состояний взаимодействующих узлов.

Первое условие описывается введённой ранее матрицей A . Для описания второго введём симметричную матрицу совместимости состояний B размерности $N \times N$. Элемент матрицы $B[i,j]$ принимает значение 1 в случае если взаимодействие узлов в состояниях $s[i]$ и $s[j]$ возможно и 0 – в противном случае.

Зададим K алгоритмов переключения состояний узла $P[i]$, которые будем называть сценариями работы узла:

$$P[i]=\{(s,t)[j], j=1..M\}, i=1..K, s \in S,$$

$$M > 0$$

$$t > 0 \text{ – время нахождения в состоянии.}$$

Поставим в соответствие каждому узлу один из алгоритмов переключения, что позволит определить его состояние в любой момент времени.

Рассмотрим связь между узлами с номерами i и j . Будем теперь, изменяя текущее время моделирования с шагом Δt , определять состояние связи в данный момент времени. Разделив время, когда связь существует, на интервал моделирования, получим вероятность работоспособности связи между i -ым и j -ым узлом. Получив последовательность таких вероятностей, можно делать вывод о стабилизации.

Считаем «переключения» связей независимыми. Тогда и моделирование каждой связи можно производить независимо от остальных, что обеспечивает возможность распараллеливания.

Рассмотрим особенности реализации моделирующей программы.

Один из процессов является управляющим. Он выполняет следующие функции:

1. Считывание данных;
2. Определение возможных связей;
3. Рассылка по частям связей на остальные процессы;
4. Приём и сохранение результата;

Моделирующий процесс имеет максимально упрощённую структуру, в его задачи входит:

1. Приём части связей;
2. Моделирование временного процесса для каждой связи;
3. Отсылка результата.

Для обмена информацией между процессами использован стандарт MPI. Для облегчения дальнейшего использования и доработки был выбран объектно-ориентированный подход.

Контролирующий класс инкапсулирует объекты остальных классов, обеспечивает корректный обмен между процессами и запускает методы остальных объектов.

Класс управляющего процесса содержит методы считывания данных, проверки возможности связи, обработки и сохранения результата.

Класс моделирующего процесса содержит только методы обеспечивающие моделирование.

Для демонстрации была смоделирована сеть из шести узлов. Каждый узел в сети может связаться с любым другим. Движение узлов на ограниченной двухмерной области задавалось с помощью матрицы совместимости состояний и сценариев работы узла. В качестве состояний использовалось положение узла на плоскости. Для определения этого положения на плоскость накладывалась сетка и каждая ячейка получала номер.

Матрица совместимости задавалась так, что связываться могли только соседние ячейки.

Результаты моделирования представлены на рис. 1,2 в виде графиков зависимости вероятности связи двух узлов от времени. Время показано в единицах моделирования. За единицу моделирования принимается минимальное время нахождения узла в состоянии.

Далее приведены наиболее характерные графики.



Рис. 1. Зависимость вероятности связи узлов, двигающихся по замкнутым траекториям, от времени



Рис. 2. Зависимость вероятности связи между узлом, двигающимся по замкнутой траектории и узлом, меняющим своё состояние случайным образом

В обоих случаях мы наблюдаем стабилизацию вероятностных характеристик связей. Но для связи между узлом, движущимся по замкнутой траектории и узлом, меняющим своё состояние случайным образом (рис. 2), время стабилизации оказывается значительно больше.

Разработанная программа поддерживает кластерные системы любой конфигурации и позволяет делать вывод о применимости вероятностных алгоритмов маршрутизации в сетях с переменной топологией того или иного типа. Также программа позволяет установить момент времени, после которого, вследствие стабилизации параметров связей, данные алгоритмы должны эффективно работать.