

## Результаты работы проекта Netmax на платформе VOINC по моделированию функционирования телекоммуникационных сетей.

Курочкин Илья Ильич  
ИППИ РАН, г.Москва

Рациональное использование ресурсов телекоммуникационных сетей – одна из актуальных задач в связи с постоянным ростом нагрузки на каналы сетей передачи данных. В связи с этим необходима оценка и анализ различных параметров сети, а также выработка новых алгоритмов для прокладки путей. Для использования всех возможностей сетей передачи данных нужна оценка и планирование загрузки каналов передачи данных.

Имитация работы сети – один из распространенных способов оценки возможностей сети передачи данных. Однако подходы к задаче имитации работы сетей могут различаться коренным образом. Использование теории массового обслуживания не всегда приводит к адекватной и полной оценке. При таком подходе можно оценить вероятности загрузки каналов и сети в целом, но нельзя выявить особенности работы алгоритмов прокладки маршрутов.

Под телекоммуникационной сетью будем подразумевать граф  $G$ , каждой дуге которого поставлено в соответствие неотрицательное действительное число, которое мы будем называть пропускной способностью. Вершины графа  $G$  делятся на два типа: полюса и промежуточные узлы (или просто узлы). Полюса – это те вершины графа  $G$ , между которыми прокладываются пути.

Прокладка любого нового маршрута уменьшает пропускную способность исходного графа, а прокладка еще одного маршрута меняет полученный при предыдущей итерации граф. Таким образом, исходный граф динамически меняется до состояния, когда его связность может нарушиться. Описанную выше процедуру определения маршрута в динамически меняющемся графе будем называть процедурой заполнения сети. Возникновение необходимости определения маршрута будем называть заявкой. Процедуру определения маршрута будем называть удовлетворением заявки. В случае невозможности проложить путь будем говорить об отказе в обслуживании заявки. Время жизни заявки предполагает, что заявки через определенное время освобождают ресурсы сети, то есть имеют некоторое время жизни, по истечении которого пропускные способности дуг, принадлежащие проведенному потоку заявки, увеличиваются на величину проведенного потока.

Алгоритмы, реализующие критерии по определению маршрута на каждом шаге, будем называть последовательными, подчеркивая тем самым их отличие от синхронных алгоритмов. Были рассмотрены следующие алгоритмы:

1. Простой алгоритм;
2. Равномерный по дугам алгоритм;
3. Субоптимальный по дугам алгоритм;
4. Аддитивный минимально-разрезный алгоритм;
5. Гибридный минимально-разрезный алгоритм.

Расчет путей по всем этим алгоритмам производится как определение пути минимальной стоимости. Различие между алгоритмами заключалось в разных способах определения этих стоимостей дуг. Все алгоритмы, если не считать простого, который прокладывает маршрут по кратчайшему пути, разбиваются на две группы.

Первая группа алгоритмов (2 и 3) характеризуется тем, что стоимости дуг определяются только по пропускной способности дуг.

Вторая группа (4 и 5) отличается тем, что при определении стоимостей дуг, в них, так или иначе, учитывается вхождение дуг в минимальные разрезы между парами полюсов.

В среде Matlab был создан программный комплекс, учитывающий особенности предложенного подхода для математического моделирования функционирования телекоммуникационной сети.

Использование программного комплекса и анализ результатов выявил, что:

- необходимо большое количество экспериментов с различными наборами параметров начальных сетей;
- необходимо моделирование сетей с большим числом узлов;
- для нахождения различий в применении последовательных алгоритмов необходимы сети с большим количеством пар полюсов.

В связи с массовым распространением многоядерных систем адаптация программного комплекса для параллельного расчета параметров сетей являлась закономерным и логичным шагом.

Первая модификация программного комплекса подразумевала, что наличие большого количества сетей и нескольких последовательных алгоритмов формирует множество независимых итераций. В данном случае под итерацией подразумевалось математическое моделирование заполнения одной сети с помощью одного определенного последовательного алгоритма. В связи с различным временем выполнения итераций возможен только асинхронный режим выполнения.

Реализация параллельного расчета с независимым моделированием отдельных сетей позволил производить вычисления не только на многопроцессорных системах с общей памятью (UMA), но и на кластерных системах и распределенных системах.

Для распределенных расчетов развернут проект Netmax на базе ПО BOINC. Созданы варианты приложения в среде Matlab для семейства операционных систем Microsoft Windows. Запуск скомпилированных приложений Matlab на сторонних компьютерах выполнялся без установки платного программного обеспечения, а с использованием библиотек бесплатного программного обеспечения Matlab Compiler Runtime (MCR).

Использование BOINC и бесплатной версии MCR на сторонних персональных компьютерах в проекте Netmax позволило сократить финансовые затраты до минимума, расширить интервалы параметров моделирования и сделало возможным проводить эксперименты с большими множествами сетей.

Использование распределенных систем, а точнее использование платформы распределенных вычислений BOINC позволило задействовать большое количество вычислительных мощностей.

Не смотря на успешное проведение численного эксперимента, были выявлены следующие общие ограничения:

- Гетерогенность узлов распределенной системы, и как следствие разная скорость расчета;
- Автономность расчетов на различных узлах и большая временная стоимость обмена данными;
- Непостоянное время непрерывной работы узла.

Вследствие этих ограничений, а также достаточно большого времени выполнения некоторых итераций (до 30 часов) эффективность использования вычислительных узлов уменьшилась.

Для рационального использования вычислительного времени узлов распределенной системы была сделана вторая модификация программного комплекса. Основными особенностями являлись:

1. Предварительная оценка времени выполнения текущей итерации.

2. Разбиение итерации на несколько последовательных частей для сохранения промежуточных результатов.
  3. Формирование новых заданий после поступления промежуточных результатов.
- Использование данной модификации программного комплекса с использованием промежуточных результатов позволило добиться существенного повышения эффективности вычисления длительных итераций (более 5-8ч).

#### **Список литературы**

1. Гринберг Я.Р., Курочкин И.И. «Математическое моделирование динамического последовательного заполнения сетей потоками связи.» Проблемы вычислений в распределенной среде / Под ред. С.В. Емельянова, А.П. Афанасьева. Труды ИСА РАН, Т. 46. - М.: КРАСАНД, 2009. - 304 с. (с. 233-258)
2. Курочкин И.И. "Математическое моделирование функционирования телекоммуникационных сетей с использованием параллельных вычислений." // IX всероссийская школа-семинар "Прикладные проблемы управления макросистемами" (Апатиты, 26-30 марта 2012 года). Материалы докладов. – Апатиты: КНЦ РАН, 2012. –90 с.(с.31 - 32)
3. Курочкин И.И. " Математическое моделирование функционирования телекоммуникационных сетей с использованием распределенных вычислений " // Материалы международной конференции ВМСППС-2013, 22-31 мая 2013, Алушта, Украина.