

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ И ИНСТРУМЕНТА ИДЕМПОТЕНТНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Дюба В.В., студент; Воропаева А.А., ассистент; Бессараб В.И., к.т.н., доц.
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Рассмотрены проблемы обеспечения заданных показателей качества услуг QoS при предоставлении услуг Triple Play сетью мобильной связи третьего поколения. Обоснована целесообразность разработки аппарата моделирования и оптимизации участка сети или всей сети в целом для упрощения решения задач проектирования и расширения сети и улучшения экономической эффективности функционирования. Рассмотрен алгоритм создания такого аппарата с помощью сетей Петри и инструмента идемпотентной алгебры. Предложены типовые критерии оптимизации сети мобильной связи третьего поколения.

Введение

В современном мире развитые страны переходят на новый уровень телекоммуникаций для удовлетворения потребностей абонентов в услугах Triple Play. Это особенно актуально для мобильных телекоммуникаций. Оптимальное решение этой задачи – переход операторов мобильной связи на стандарты 3G – UMTS, CDMA2000. Переход к новым сетям сопровождается возникновением проблем обеспечения показателей качества QoS, обеспечить которые сложнее, чем в фиксированных сетях. К тому же, новые услуги требуют большей пропускной способности каналов связи и аппаратуры, более сложных алгоритмов обработки информации, то есть, задача достижения необходимого качества услуг в значительной степени усложняется.

1 Постановка задачи

Для того чтобы упростить решение задач проектирования и расширения сети, внедрения новых технологий, а также для улучшения экономической эффективности сети, необходим аппарат для проведения моделирования процессов в сети. Причем, применяемая модель должна быть как можно более близка к реальной – должны учитываться всевозможные нюансы, особенно характерные для мобильных сетей. Кроме того, должна быть возможность применения этого аппарата для оптимизации сети (или участка сети) по типовым критериям.

2 Пути решения задачи

Решение поставленной задачи может быть достигнуто за счет применения аппарата сетей Петри при представлении топологии участка сети. Полученную топологию можно использовать для проведения моделирования определенного процесса в сети, а также оптимизации этого участка по обоснованному критерию.

Задача решается в три этапа:

1. Изучение представления топологии участка сети (или всей сети) в виде графа сети Петри;
2. Применение инструмента идемпотентной алгебры для моделирования и оптимизации сети;
3. Выбор и обоснование критерия оптимизации сети.

3 Сети Петри как инструмент исследования систем

Существуют простые сети Петри, которые представляют сеть в виде графа с двумя типами вершин (места и переходы) и дугами, соединяющими места и переходы [1,2]. Места символизируют состояние системы, а переход – действия, происходящие в системе. Система, находясь в каком-то состоянии, порождает определенные действия, и наоборот, выполнение какого-то действия переводит систему из одного состояния в другое.

Текущее состояние системы определяет расположение меток в местах сети. Выполнение действий в системе определяется как срабатывание переходов, что порождает новую маркировку, то есть новое размещение меток в сети.

Но для телекоммуникационных сетей такая модель не дает числовых характеристик, определяющих состояние системы. Поэтому более рационально применять модель цветной сети Петри [1,2], которая позволяет добавить больше информации о сети:

Метки представляют собой объект, который может содержать в себе один или более параметров, каждый из которых может принимать дискретный набор значений. Таким образом, метки отличаются по типам – метки разного цвета. К местам добавляется информация о типах меток, которые могут находиться в данном месте.

1. К дугам, исходящим из мест, добавляется информация о типах меток, которые могут участвовать в возбуждении переходов, инцидентных этим дугам.

2. К переходам может быть добавлена информация с предикатом возбуждения перехода, в зависимости от переменных, содержащихся в метках.

3. К дугам, исходящим из переходов, добавляется информация о типах меток, исходящих из перехода и о преобразовании переменных.

4. К начальной маркировке сети добавляется информация о значении переменных, содержащихся в метках.

4 Идемпотентная алгебра как основной аппарат оптимизационных задач

Идемпотентная алгебра или макс-плюс алгебра – это математический аппарат, основывающийся на двух основных операциях – новое сложение, которое равно максимуму, и новое умножение, которое по сути совпадает со сложением. Идемпотентная математика является естественным аппаратом для решения задач оптимизации и оптимального управления [3].

Общий подход к оптимизации процессов в телекоммуникациях заключается в расчете оптимального значения некоторого параметра, который в данной задаче является критерием оптимизации.

Пусть есть сеть, представленная в виде ациклического графа, где вершины графа – узлы сети, дуги – маршруты, по которым заявки могут передаваться по сети. В каждом узле есть устройство обработки заявок и буфер, в котором может происходить ожидание обработки в очереди. В структуре сети есть особые узлы – источники и приемники заявок.

В начальный момент времени все устройства обработки заявок в сети свободные, очередь заявок в каждом узле-источнике имеет бесконечную длину, а очереди всех других узлов i содержат по некоторому количеству заявок, которые готовы к обслуживанию устройствами.

Для формализации процесса вводятся следующие обозначения переменных:

- τ_{ik} – длительность обслуживания k -й заявки в i -м узле сети;
- $x_i(k)$ – момент времени завершения обслуживания k -й заявки в i -м узле сети;
- $a_i(k)$ – момент поступления k -й заявки в очередь на обслуживание в i -м узле сети.

Предусматривается, что τ_{ik} – неотрицательные случайные величины с некоторым математическим ожиданием для всех $i=1,2,\dots,n$, $k=1,2,\dots,n$

Для определённости задают дополнительные начальные условия процесса:

$$x_i(0) = 0 \text{ и } x_i(k) = -\infty, \text{ для } k < 0 \text{ и } i=1,2,\dots,n;$$

С учётом принятых обозначений и предположений, динамика любого узла сети описывается в терминах макс-плюс алгебры следующим уравнением:

$$x_i(k) = \tau_{ik} \otimes a_i(k) \oplus \tau_{ik} \otimes x_i(k-1) \quad (1)$$

Так будет рассчитываться время завершения обслуживания k -той заявки в i -м узле сети при различных маршрутах прохождения этой заявки. Это позволит, во-первых, провести моделирование процесса обслуживания заявки разными маршрутами, а во-вторых, оптимизировать это время, выбрав наименьший маршрут.

5 Анализ возможных критериев оптимизации для сети мобильной связи третьего поколения

Применение идемпотентной алгебры и аппарата сетей Петри позволит решить задачи моделирования и оптимизации важных параметров обслуживания абонентов мобильной сети связи 3G.

Приведенный выше алгоритм моделирования времени обслуживания заявки может быть использован для оценки времени ожидания принятия на обслуживание абонента, а также для его последующей оптимизации с целью минимизации [4].

Кроме этого, можно оценивать и оптимизировать такие параметры:

1. Задержка при голосовой и видеосвязи;
2. Пропускную способность канала связи при перегрузках сети (к примеру, для временных перегрузок – во время проведения различных массовых мероприятий);
3. Время осуществления хендвера в сети. Зная временные характеристики алгоритма работы контроллеров и базовых станций, можно оценить, как быстро произойдет передача обслуживания абонента, и как это отразится на качестве услуги, которой в момент хендвера пользуется абонент.

Заключение

Предложенный способ представляется удобным инструментом для анализа участков сети мобильной связи и всей сети в целом для различных целей. При внедрении или наращивании сети удобно составить ее модель и оценить характеристики услуг, которые предоставляются абонентам, а потом, в случае необходимости, оптимизировать сеть по определенному критерию. Это позволит значительно упростить процесс построения сети, так как можно будет избежать ошибочных или неоптимальных решений.

Перечень ссылок

1. Jensen A., Kristensen L. Colored Petri Nets: modeling and validation of concurrent systems. – Springer-Verlag, 2009
2. Математичні основи теорії дискретно-безперервних систем: монографія/ В.І. Бессараб. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011.
3. Литвинов Г. Универсальные алгоритмы и идемпотентная математика // Компьютерные инструменты в образовании. - СПб.: Изд-во ЦПО "Информатизация образования", 2000, №6, С.12-18.
4. Механов В.Б. Применение сетей Петри для моделирования механизмов обеспечения QoS в компьютерных сетях // Материалы международного симпозиума “Новые информационные технологии и менеджмент качества (NIT&MQ’2010)” ФГУ ГНИИ ИТТ “Информика”. - М.: ЭГРИ, 2010.