

Д.Ю. Пономарев

Сибирский государственный аэрокосмический университет им.
академика М.Ф. Решетнева

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАФИКА В СЕТИ IMS

Повсеместное использование протокола *IP (Internet Protocol)* в современных инфокоммуникационных сетях привело к тому, что основной концепцией сетей NGN является IMS (IMS – IP Multimedia Subsystem) [1], которая позволяет обеспечить конвергенцию существующих сетей, технологий и услуг. Однако, динамически изменяющиеся топологии сети, наличие многовариантности при обработке гетерогенных потоков и т.д.: все это приводит к большим сложностям при проектировании и эксплуатации сетей IMS. В данной работе рассматривается возможность оптимизации распределения трафика для снижения среднего времени предоставления услуги в сети IMS с использованием тензорных моделей.

Основными составляющими сети IMS являются функциональные объекты управления соединениями (CSCF – Call Session Control Function) [1]: прокси P-CSCF (Proxy-CSCF), взаимодействия и обслуживания I/S-CSCF (Interrogating/Serving-CSCF); серверы приложений (AS – Application Server) и др. Возможная структура плоскости управления сети IMS представлена на рис. 1а. В рассматриваемой сети запросы пользователей поступают через P-CSCF₁ и P-CSCF₂ на два функциональных объекта управления взаимодействием и обслуживанием I/S-CSCF₁ и I/S-CSCF₂, которые направляют запросы пользователей к серверам приложений AS₁ и AS₂. Ответы серверов направляются к пользователям, используя эти же устройства. Задача состоит в том, чтобы распределить трафик между устройствами сети обеспечив при этом минимальное время задержки обработки информации по всей сети в целом: $\sum_i T_i = \min$, где T_i -

среднее время задержки в отдельной системе. При этом необходимо учитывать, что трафик от пользователей обслуживается в серверах приложений, а потоки ответов серверов должны завершиться, для данной схемы, в P-CSCF₁ и P-CSCF₂, т.е. должно выполняться:

$$\sum \lambda_{P-CSCF_i}^{(out)} = \sum \lambda_{AS_j}^{(in)}, \quad \sum \lambda_{P-CSCF_i}^{(in)} = \sum \lambda_{AS_j}^{(out)}.$$

Оптимизация распределения трафика в таком случае заключается в определении таких интенсивностей потоков, которые обеспечат минимальное значение среднего времени задержки, что может определяться распределением вероятностей перехода запросов

между устройствами сети $\mathbf{P} = \{p_{ij}\}$. С учетом ранее определенных ограничений, необходимо определить такой вектор \mathbf{P} который обеспечит минимизации среднего времени задержки в сети. Для решения данной задачи разработана тензорная модель исследуемой сети IMS.

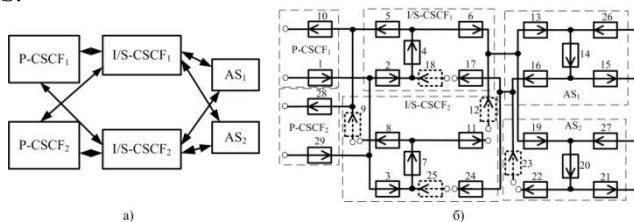


Рис. 1. Структурная схема плоскости управления сети IMS (а) и ее модель (2).

Для построения тензорной модели сети, исследуемая сеть представлена в виде сети массового обслуживания, структура которой изображена на рис. 1б. Каждое устройство сети IMS представлено моделью в виде набора элементов: входящие и исходящие интерфейсы и центральная система обработки [2]. Для преобразования к узловому виду и сохранения потоков в узлах сети, вводятся мнимые системы, обозначенные пунктиром [2]. Известно, что для любой системы массового обслуживания выполняется соотношение: $\lambda = \mu\rho$, где: ρ - загрузка системы, λ - интенсивность поступления запросов в систему, μ - интенсивность обслуживания запросов в системе.

Проводя декомпозицию модели, получаем примитивную сеть, состоящую из n отдельных не связанных между собой систем и описываемую выражением $\lambda' = \mu' \rho'$. При объединении систем в единую сеть (рис. 1б) для описания модели используем выражения, полученные в [2], определив соответствие между нагрузками исходной ρ и примитивной ρ' сетей через матрицу перехода A (здесь не приводится из-за большой размерности), как $\rho' = A\rho$. Таким образом, исходная сеть описывается матричным уравнением [2]: $(A^T \mu' A) \rho = A^T \lambda'$. Для оптимизации распределения потоков информации в исследуемой сети, в качестве систем массового обслуживания используем системы вида $M/M/1$. Однако, для тензорной модели данный тип систем не является ограничением. Следовательно, среднее время задержки для всей сети можно

определить, как: $Z = \sum_i \frac{1}{\mu_i} \cdot \frac{1}{1-\rho_i}$. Данное выражение будем использовать как целевую функцию, в которой μ_i - интенсивность обслуживания запросов в i -ой системе, а ρ_i - загрузки систем, определяемые в соответствии с $\rho_{nodes} = \mathbf{A}\rho$. Используемое выражение является суммой выпуклых функций, а, следовательно, обладает глобальным минимумом. В качестве ограничений необходимых для минимизации среднего времени задержки выступает полученное ранее матричное уравнение. Приведем систему ограничений к следующему виду: $G = (g_j) = \left[(\mathbf{A}^T \boldsymbol{\mu}' \mathbf{A}) \rho - \mathbf{A}^T \boldsymbol{\lambda}' \right] = 0$. В качестве метода

оптимизации используем метод множителей Лагранжа. Для этого составим функцию Лагранжа: $L = \sum_i \frac{1}{\mu_i} \cdot \frac{1}{1-\rho_i} + \sum_j k_j g_j$, где k_j - множители Лагранжа, g_j - уравнения системы ограничений. Таким образом, задача минимизации средней задержки в исследуемой

системе сводится к решению системы уравнений:
$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial \rho_i} = 0, i = 1 \dots m. \\ \frac{\partial L}{\partial k_i} \end{cases}$$

В результате решения будут получены значения загрузок исходной сети, из которых определяются загрузки систем в соответствии с $\rho_{nodes} = \mathbf{A}\rho$, используя которые находим среднее время задержки $\sum_i T_i$.

В связи с тем, что в сетях IMS необходимо управлять большим количеством устройств и проводить обработку множества информационных потоков, решение задачи обеспечения качества предоставления услуг значительно усложняется. Тензорное моделирование инфокоммуникационных сетей, позволяет уменьшить задержки при обработке запросов пользователей, повысить управляемость и масштабируемость сети.

Список литературы

1. *Poikselka M., Mayer G.* The IMS: IP Multimedia Concepts and Services, 3rd edition. London: John Wiley&Sons, 2009.
2. *Пономарев Д.Ю.* Тензорная методология в информационных коммуникациях // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. - 2012. - Т. 55. - № 5. - С. 18-23.