

ТЕНЗОРНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

Пономарев Дмитрий Юрьевич

Красноярский государственный технический университет

Красноярск, e-mail: kafaes@krasmail.ru

В соответствии с «Концептуальными положениями по построению мультисервисных сетей на ВСС РФ» основой для построения широкополосных сетей интегрального обслуживания (ШЦСИО) в Российской Федерации выбраны технологии АТМ и IP. Однако, в связи с особенностями развития сетей связи в нашей стране и развитие телекоммуникационных технологий в мире, в настоящее время на единой сети электросвязи РФ (ЕСЭ) используется (и будет использоваться) достаточно широкий спектр технологий, каждой из которых присущи как достоинства, так и недостатки.

К недостаткам развития современных сетей связи является наличие сети для каждого вида связи. И, как результат, большое количество выделенных сетей, выполняющих строго определенную функцию. Как правило, ресурсы одной сети не могут быть использованы другой, поэтому существует необходимость в производстве и техническом обслуживании всех новых сетей. В то же время ими необходимо управлять и расширять спектр предоставляемых услуг, увеличивать функциональность. Для устранения недостатков возникает необходимость формирования мультисервисных сетей.

Общие подходы к построению данных сетей связи нашли отражение в концепции сетей связи следующего поколения – NGN (Next Generation Networks). Данная концепция обеспечивает предоставление неограниченного набора услуг, гибкую возможность управления, вынесение функций предоставления услуг в оконечные сетевые узлы и взаимодействие с традиционными сетями связи.

Действительно, идея NGN включает в себя все то лучшее, что хотели бы видеть потребители услуг в сетях связи. Каждый потребитель может «брать» то, что ему нужно: высококачественные голосовые услуги, передача данных, услуги факса и телефонии. Все это вписывается в единую, новую, интегрированную систему клиента. Возникают сети, информационные потоки в которых формируются различными службами, что приводит к созданию мультисервисной сети. Однако для того, чтобы обеспечить должное качество обслуживания необходимо определить характеристики систем обработки, являющиеся решающими при обслуживании информационных потоков.

В данной работе предлагается применение тензорного подхода к анализу вероятностно-временных характеристик мультисервисных сетей, моделью которых будут являться сети массового обслуживания. Основоположителем тензорной методологии анализа систем является известный американский ученый и инженер Г. Крон, который впервые использовал тензорный анализ и топологию в приложении к теории электрических сетей. Дальнейшее развитие идеи тензорного анализа для информационных систем получили в работах Петрова А.Е., Арменского А.Е., Кузнецова О.Л., Кулагина В.П., Петрова М.Н. и др.

Для инженерного анализа ВВХ сетей массового обслуживания (СеМО) в данной работе предлагается использовать в качестве инвариантного уравнения известное выражение для определения коэффициента использования устройств (загрузка), дающее связь между интенсивностью поступления вызовов (λ) и средним временем обслуживания ($t_{обсл}$): $\rho = \lambda t_{обсл}$. Применяв тензорный метод для сложной сети массового обслуживания, используя понятия исходной и примитивной сети, можно получить выражения для определения загрузки в исходной сети, задавая параметры для примитивной сети. Например, в общем виде для СеМО, состоящей из некоторого числа одноканальных систем с бесконечным буфером (данные параметры не являются ограничением метода) необходимо определить примитивную сеть, состоящую из такого же количества систем и описываемых

инвариантным уравнением $\bar{\rho}' = \bar{\lambda}' \bar{r}'_{\text{обст}}$, найти матрицу перехода (\bar{C}) от одной проекции к другой: $\bar{\lambda}' = \bar{C} \bar{\lambda}$, определить составляющие матричного уравнения: $\bar{C}^T \bar{\rho}' = (\bar{C}^T \bar{r}'_{\text{обст}} \bar{C}) \bar{\lambda}$. Решая полученное уравнение относительно λ , находим коэффициенты использования устройств в исходной сети. Данный подход позволяет при минимальных затратах оценить загрузку сетей, обеспечив тем самым определение остальных характеристик СеМО: распределение вероятностей состояний по отдельным системам: $p_n = f(\rho)$, а также средней очереди \bar{N} и \bar{T} .

В качестве примера рассмотрим сеть, представленную на рис. 1.

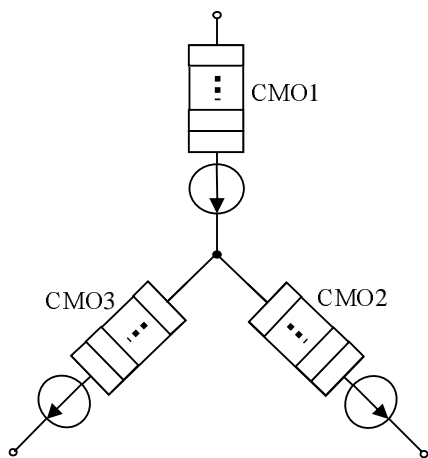


Рисунок 1 – Сеть массового обслуживания

Для проведения анализа перейдем от исходной сети к примитивной: при этом введем мнимые ветви для образования замкнутых контуров с соответствующими контурными интенсивностями (рис. 2).

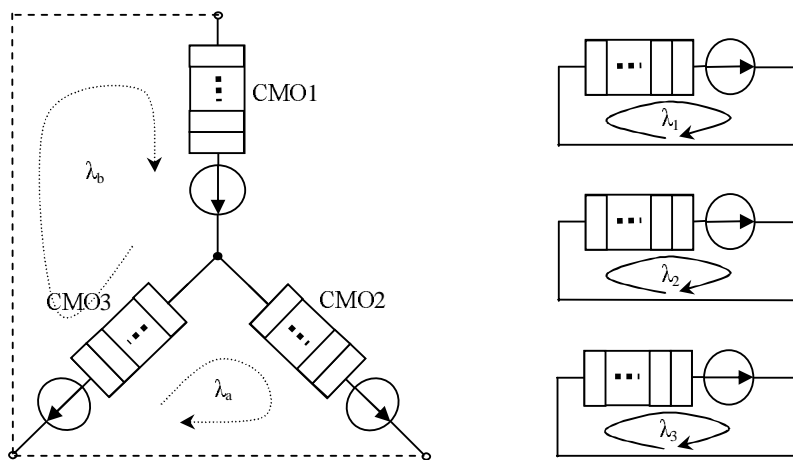


Рисунок 2 – Исходная и примитивная сети массового обслуживания.

Для определения матрицы перехода составим следующую таблицу соответствия контурных интенсивностей исходной и примитивной сетей:

	λ_a	λ_b
λ_1	0	1
λ_2	1	0
λ_3	-1	1

Следовательно, матрица перехода примет вид: $\bar{C} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ -1 & 1 \end{pmatrix}$.

Зададим среднюю длительность обслуживания: $\bar{t} = \begin{pmatrix} t_1 & 0 & 0 \\ 0 & t_2 & 0 \\ 0 & 0 & t_3 \end{pmatrix}$ и загрузку узлов

$\begin{pmatrix} \rho'_1 \\ \rho'_2 \\ \rho'_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_1 & 0 & 0 \\ 0 & t_2 & 0 \\ 0 & 0 & t_3 \end{pmatrix} (\lambda'_1 \ \lambda'_2 \ \lambda'_3)$ для примитивной сети. Для исходной сети инвариантное

уравнение будет иметь вид: $\begin{pmatrix} \rho_a \\ \rho_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_a & 0 \\ 0 & t_b \end{pmatrix} (\lambda_a \ \lambda_b)$.

Следовательно, переходя от одной сети к другой, для загрузки исходной сети получим следующее выражение: $\begin{pmatrix} \rho_a \\ \rho_b \end{pmatrix} = \bar{C}^T \bar{t} \bar{C} \begin{pmatrix} \rho'_1 \\ \rho'_2 \\ \rho'_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \rho'_1 \\ \rho'_2 \\ \rho'_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \rho'_2 - \rho'_3 \\ \rho'_1 + \rho'_3 \end{pmatrix}$, а для времени

обслуживания: $\begin{pmatrix} t_a & 0 \\ 0 & t_b \end{pmatrix} = \bar{C}^T \bar{t} \bar{C} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_1 & 0 & 0 \\ 0 & t_2 & 0 \\ 0 & 0 & t_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_2 + t_3 & -t_3 \\ -t_3 & t_1 + t_2 \end{pmatrix}$.

Окончательно, можно записать: $\begin{pmatrix} \rho'_2 - \rho'_3 \\ \rho'_1 + \rho'_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_2 + t_3 & -t_3 \\ -t_3 & t_1 + t_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_a \\ \lambda_b \end{pmatrix}$. Решая полученное уравнение относительно λ_a и λ_b , можно определить интенсивности поступления вызовов в системы исходной сети, как: $(\lambda_1 \ \lambda_2 \ \lambda_3) = \bar{\lambda}^T \bar{C}^T = (\lambda_a \ \lambda_b) \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$, а коэффициенты использования каждого устройства исходной сети находим через следующее выражение:

$(\rho_1 \ \rho_2 \ \rho_3) = \bar{\lambda}^T \bar{C}^T \bar{t} = (\lambda_a \ \lambda_b) \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_1 & 0 & 0 \\ 0 & t_2 & 0 \\ 0 & 0 & t_3 \end{pmatrix}$.

В качестве примера рассмотрим сеть с распределением времени обслуживания следующего вида: $\begin{pmatrix} t_1 & 0 & 0 \\ 0 & t_2 & 0 \\ 0 & 0 & t_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.3 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0.85 \end{pmatrix}$, а загрузки распределим как:

$\begin{pmatrix} \rho'_1 \\ \rho'_2 \\ \rho'_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/\mu_1 \\ 1/\mu_2 \\ 1/\mu_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.3 \\ 0.2 \\ 0.85 \end{pmatrix}$. Источником нагрузки является пуассоновский поток, поступающий

через СМО1.

Результатом расчетов являются интенсивности информационных потоков по всем системам: $(\lambda_1 \ \lambda_2 \ \lambda_3) = (1.3505 \ 0.4742 \ 0.8763)$, и значения загрузки во всех узлах: $(\rho_1 \ \rho_2 \ \rho_3) = (0.4052 \ 0.0949 \ 0.7449)$.

Для подтверждения теоретических расчетов было проведено имитационное моделирование в среде GPSS. Результаты моделирования и теоретических выражений практически совпадают, что подтверждается анализируемыми значениями, представленными в таблице 1.

Таблица 1.

	ρ_1	ρ_2	ρ_3
Расчет	0,4052	0,0949	0,7449
Имитационное моделирование	0,405	0,095	0,744

В качестве другого примера рассматривалась сеть из четырех систем массового обслуживания, где основная часть аналогичная СеМО, изображенной на рис.1 (три системы), а через четвертую поступает гамма поток порядка 0.5 с интенсивностью λ_c . Результаты расчетов и моделирования сведены в таблицу 2, и показывают хорошую согласованность значений.

Таблица 2.

	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4
Расчет	0,5535	0,3465	0,8965	0,7535
Имитационное моделирование	0,554	0,347	0,895	0,754

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности использования данного подхода к анализу различных характеристик СеМО. Кроме того, в качестве заключения необходимо отметить, что данный метод позволит достаточно быстро и надежно проводить анализ необходимых характеристик сетей массового обслуживания, как моделей мультисервисных сетей, в целях обеспечения заданного качества обслуживания информационных потоков различного типа.