

УДК 621.394

**К ВОПРОСУ АНАЛИЗА ДИСЦИПЛИНЫ ПРИОРИТЕТНОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ МНОГОУРОВНЕВОМ
УПРАВЛЕНИИ СЕТЯМИ СВЯЗИ****В.И. Мейкшан***Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики*

В статье рассматривается метод анализа иерархической системы управления сетями связи (СУСС) с использованием аппарата сетей массового обслуживания (СеМО). Структура исследуемой СУСС соответствует концепции TMN (Telecommunications Management Network), которая получила широкое распространение при создании комплексных систем управления крупномасштабными сетями связи. Предлагаемый подход включает этапы построения функциональной модели исследуемой системы и ее математического описания с последующей оценкой показателей, которые характеризуют время реакции (ответа) системы на внешние команды управления, связанные с задачами технического обслуживания и эксплуатации сети. При этом учитывается несколько категорий важности (относительных приоритетов) управляющих команд. Подробно описана функциональная модель, которая построена как сеть очередей для обслуживания потоков внешних и внутренних заявок. При описании этой модели введены исходные параметры, учитываемые в процессе анализа СУСС: интенсивности поступления внешних заявок; коэффициенты распределения потоков внутренних заявок, циркулирующих между отдельными элементами СУСС (как в пределах одного уровня, так и между соседними уровнями); интенсивности обработки заявок из отдельных очередей. На основе условия глобального равновесия записана система линейных алгебраических уравнений, позволяющих найти полную интенсивность входного потока для каждой очереди в составе СеМО. Исходя из принципа декомпозиции СеМО, вычисляются локальные характеристики функционирования отдельных элементов СУСС. С учетом этих характеристик производится оценка показателей качества функционирования СУСС по отношению к потокам внешних заявок. Представлены результаты численных расчетов, которые демонстрируют, что приоритетная дисциплина распределения ресурсов обработки, имеющихся в составе элементов СУСС, более гибко учитывает существенные отличия в требованиях к допустимому времени реакции на управляющие запросы разных категорий.

Ключевые слова: сети связи, система управления, очереди заявок, относительные приоритеты, время реакции.

DOI: 10.17212/1727-2769-2016-1-73-83

Введение

В сфере управления современными сетями связи широкое распространение находит концепция TMN (Telecommunications Management Network), которая рекомендована Сектором телекоммуникаций Международного союза электросвязи (ITU-T). В соответствии с этой концепцией система управления, построенная для крупномасштабной сети, имеет иерархическую структуру и характеризуется следующими основными особенностями [1, 2]: 1) для выполнения функций непосредственного управления каждый элемент сети (Network Element – NE) снабжается собственным агентом; 2) управление некоторой группой сетевых элементов, образующих отдельный фрагмент (домен) сети, осуществляет подсистема EMS (Element Management System); 3) к самому верхнему уровню относится подсистема NMS (Network Management System), на которую возлагаются функции управления всей сетью.

При такой сложной структуре эффективная работа системы управления сетью связи (СУСС) во многом зависит от правильного сочетания большого числа факторов, поэтому проблемы анализа качества функционирования СУСС привлекают к себе постоянное внимание отечественных и зарубежных авторов. Наибольший интерес представляют работы, которые не ограничиваются отдельными частными задачами при сравнительно простых вариантах структуры, а моделируют процессы взаимодействия всех перечисленных элементов иерархии СУСС [3–8].

Особого внимания заслуживают работы [5–8], где применительно к многоуровневой архитектуре, которая полностью отвечает требованиям концепции TMN, построена комплексная модель СУСС в классе сетей массового обслуживания (СеМО). В данной статье на основе этой модели рассматривается более сложная ситуация, когда поступающие в систему запросы являются неоднородными и характеризуются разными приоритетами (с учетом степени их важности для выполняемых задач управления).

Здесь важно учитывать постоянное развитие самого объекта управления, что проявляется в переходе от традиционных «моносервисных» сетей связи к современным мультисервисным сетям, а в перспективе – к сети следующего поколения (Next Generation Network – NGN). Это сопровождается увеличением объема данных, которые сохраняются и обрабатываются элементами СУСС, а также передаются между ними. Кроме того, возрастает число и разнообразие эксплуатационных ситуаций и управляющих воздействий. В таких условиях наряду с наращиванием ресурсов СУСС требуются новые методы оптимального управления этими ресурсами. В частности, алгоритмы обработки данных в элементах СУСС должны ориентироваться на разнородный характер поступающих запросов, которые отличаются разными требованиями к допустимому времени обслуживания. Следовательно, все более обоснованным становится применение дисциплин приоритетного обслуживания.

1. Функциональная модель СУСС

Общая структура СеМО, с помощью которой моделируется работа исследуемой СУСС, представлена на рис. 1 в укрупненном виде, т. е. на уровне «макроузлов», которые соответствуют перечисленным ранее элементам СУСС.

В дальнейшем при более подробном рассмотрении внутренней структуры этих «макроузлов» будут использоваться следующие обозначения:

- NI и NO – входная и выходная очереди подсистемы NMS , выполняющей функции главного центра управления сетью связи (ГЦУСС);
- EO_i и EO_i – входная и выходная очереди подсистемы EMS_i , которая установлена в одном из региональных центров управления (РЦУСС) и охватывает i -й фрагмент (домен) сети связи ($i = \overline{1, m}$);
- AI_{ij} и AO_{ij} – входная и выходная очереди в составе агента A_{ij} , который подчиняется подсистеме EMS_i ($i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, n_i}$);
- QE_{ij} – очередь заявок к процессору эксплуатации и технического обслуживания (Operation and Maintenance Processor – OMP) для элемента сети NE_{ij} , который управляется подсистемой EMS_i ($i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, n_i}$).

Функционирование подсистемы NMS (рис. 2) определяется следующими параметрами: 1) Λ_{NMS} – интенсивность поступления команд управления (внешний поток заявок) от персонала, который находится в ГЦУСС и имеет доступ к оборудованию;

дованию NMS ; 2) P_{NO} – вероятность того, что обработанная заявка из очереди NO покидает СУСС; с дополнительной вероятностью $P'_{NO} = 1 - P_{NO}$ после обработки заявок из очереди NO возникают внутренние заявки (например, реакция на уведомления от EMS); 3) P_i^{EI} – вероятность того, что обработанные заявки из очереди NI направляются в подсистему EMS_i ($i = \overline{1, m}$), либо (при $i = 0$) замыкаются в пределах NMS , т. е. переходят в очередь NO .

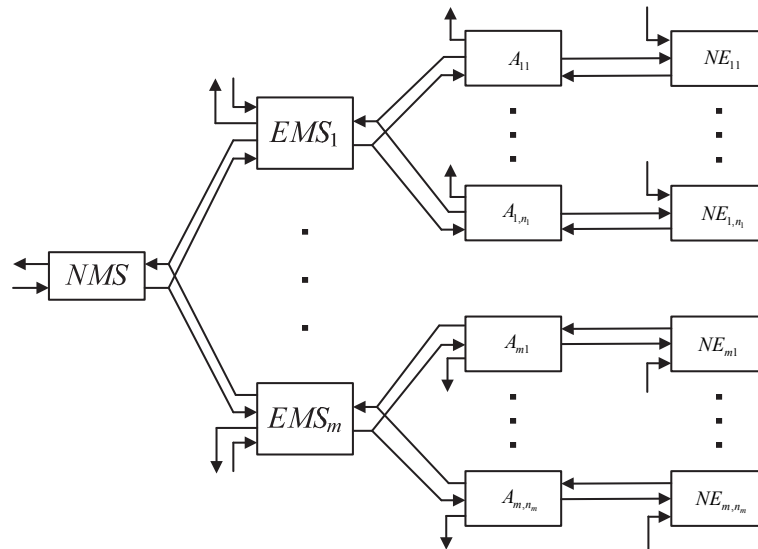


Рис. 1 – Функциональная модель системы управления сетями связи в виде сети массового обслуживания

Fig. 1 – Functional model of telecommunications network management system as a queuing network

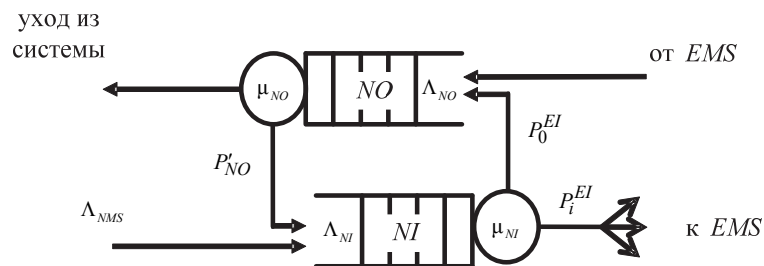


Рис. 2 – Функциональная модель подсистемы NMS

Fig. 2 – Functional model NMS subsystem

В подсистеме EMS_i (рис. 3) процесс функционирования находится под влиянием следующих параметров: 1) Λ_i^{EMS} – интенсивность поступления команд управления (внешние заявки) от персонала РЦУСС, который реализует свои функции в масштабах i -го фрагмента сети связи ($i = \overline{1, m}$); 2) P_{ij}^{AI} – вероятность того, что обслуженная заявка из очереди EI_i отправляется агенту A_{ij}

($j = \overline{1, n_i}$), который относится к сфере управления подсистемы EMS_i , либо (при $j = 0$) остается в контуре EMS_i , т. е. поступает для дальнейшей обработки в очередь EO_i ; 3) вероятности P_i^{ex} и P_i^{EO} , которые для очереди EO_i характеризуют возможные варианты распределения обслуженных заявок, т.е. уход из СУСС или переход в очередь NO подсистемы NMS ; с дополнительной вероятностью $1 - P_i^{EO} - P_i^{ex}$ заявка переходит в очередь EI_i , т. е. замыкается внутри EMS_i .

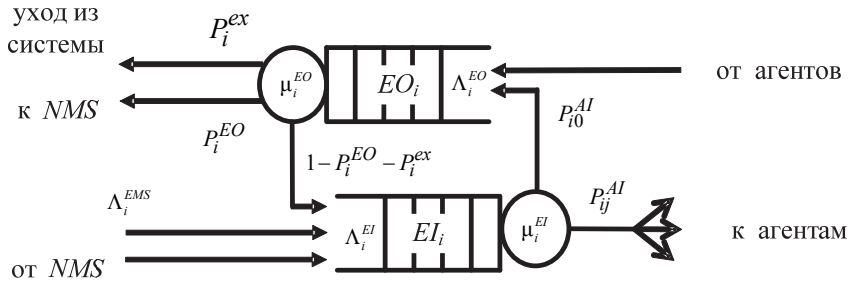


Рис. 3 – Функциональная модель подсистемы EMS

Fig. 3 – Functional model EMS subsystem

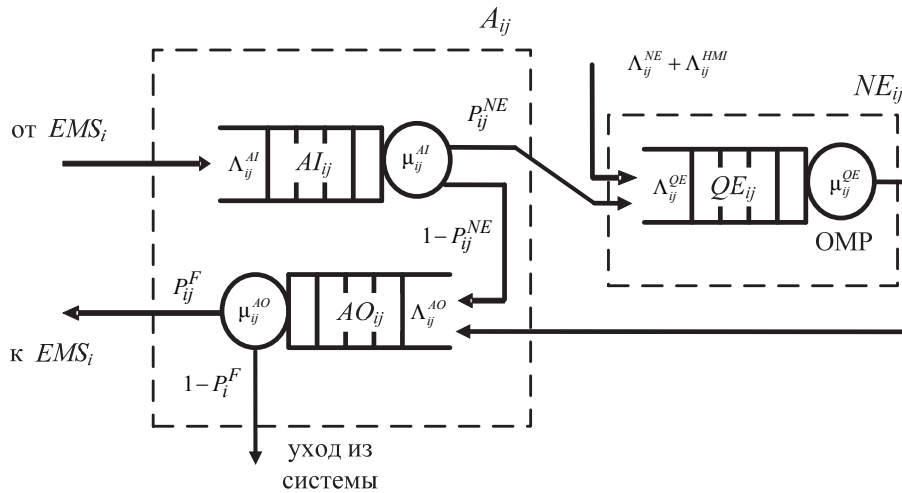


Рис. 4 – Функциональная модель подсистемы «агент – объект управления (A&NE)»

Fig. 4 – Functional model of the subsystem «agent – the control object (A&NE)»

При анализе процесса функционирования подсистемы A&NE (рис. 4) будут приниматься во внимание следующие параметры: 1) Λ_{ij}^{NE} – интенсивность потока аварийных сообщений, которые формируются в процессе управления основными функциями сетевого элемента (при обнаружении отклонений от правильного выполнения этих функций); 2) Λ_{ij}^{HMI} – интенсивность поступления управляющих директив от внешних источников, которые проводят операции административно-технического управления, получая прямой доступ к оборудованию NE_{ij} через

средства интерфейса «человек-машина» (Human-Machine Interface – *HMI*); 3) P_{ij}^{NE} – вероятность того, что результаты обработки команды (директивы), принятой от соответствующей подсистемы EMS_i , пересылаются сетевому элементу NE_{ij} , т. е. объекту, который непосредственно управляется агентом A_{ij} ; с дополнительной вероятностью $1 - P_{ij}^{NE}$ обработка команды завершается посылкой внутреннего уведомления в выходную очередь (AO_{ij}) этого агента; 4) P_{ij}^F – вероятность передачи подсистеме EMS_i обработанного уведомления с учетом агрегирования (объединения) и фильтрации полученных данных.

3. Построение математической модели СУСС

Первоначально рассмотрим более простой вариант полностью однородной структуры СУСС, когда $n_i = n = \text{const}$ для всех $i = \overline{1, m}$. Кроме того, будем считать эквивалентными значения функциональных параметров для всех однотипных элементов исследуемой системы, т. е. $P_i^{EI} = P_{EI}$, $P_i^{EO} = P_{EO}$, $P_i^{ex} = P_{ex}$, $P_{ij}^{AI} = P_{AI}$, $P_{ij}^{AO} = P_{AO}$, $P_{ij}^F = P_F$, $P_{ij}^{NE} = P_{NE}$, $\Lambda_i^{EMS} = \Lambda_{EMS}$, $\Lambda_{ij}^{NE} + \Lambda_{ij}^{HMI} = \Lambda_{EOM}$ при любых $i = \overline{1, m}$ и $j = \overline{1, n}$. Это несколько идеализирует реальную ситуацию, но помогает построить демонстрационный пример для наглядной иллюстрации потенциальных возможностей рассматриваемой методики анализа качества функционирования СУСС.

В отличие от работ [5–8], где также рассматривалась сеть очередей при моделировании СУСС с архитектурой TMN, в дальнейшем предполагается, что внешние запросы, поступающие в систему, неоднородны по срочности обработки и их важности для задач управления. В этих условиях эффективным механизмом управления процессами распределения ресурсов обработки становятся дисциплины приоритетного обслуживания.

Пусть, в частности, для подсистемы *NMS* все запросы от внешних источников разделяются на R категорий, причем степень важности запроса (его приоритетность) снижается по мере увеличения номера категории ($r = \overline{1, R}$). Распределение запросов по категориям задается вектором $\varepsilon_{NMS} = \|\varepsilon_{NMS}^{(r)}; r = \overline{1, R}\|$, компоненты которого удовлетворяют равенству $\sum_{r=1}^R \varepsilon_{NMS}^{(r)} = 1$. Тогда для интенсивности поступления запросов r -й категории имеем $\lambda_{NMS}^{(r)} = \varepsilon_{NMS}^{(r)} \Lambda_{NMS}$. Аналогичные формулы можно записать для внешних потоков, которые относятся к другим уровням иерархии исследуемой системы: $\lambda_{EMS}^{(r)} = \varepsilon_{EMS}^{(r)} \Lambda_{EMS}$ и $\lambda_{EOM}^{(r)} = \varepsilon_{EOM}^{(r)} \Lambda_{EOM}$.

Приоритеты внешних команд (запросов) передаются вторичным (внутренним) заявкам, возникающим после завершения первой фазы обслуживания. При этом будем предполагать, что каждая заявка за весь период ее пребывания в СеМО не изменяет свой фиксированный приоритет.

В пределах построенной СеМО (рис. 1) внутренние заявки по разным траекториям перемещаются из одной очереди в другую. Сделаем допущение, что приори-

теты заявок никак не влияют на вероятностные параметры, описывающие характер распределения потоков заявок между узлами СеМО.

Если заданы интенсивности поступления внешних заявок (Λ_{NMS} , Λ_{EMS} и Λ_{EOM}) вместе с их распределением по отдельным приоритетным уровням (т. е. векторы $\mathbf{\epsilon}_{NMS}$, $\mathbf{\epsilon}_{EMS}$ и $\mathbf{\epsilon}_{EOM}$), а также известны коэффициенты распределения внутренних заявок (P_{NO} , P_{EI} , P_{EO} , P_{ex} , P_{AI} , P_{NE} и P_F), то несложно записать следующие формулы, которые дают полную интенсивность входного потока r -й категории для каждой очереди в составе рассматриваемой СеМО:

$$\lambda_{NI}^{(r)} = \lambda_{NMS}^{(r)} + P'_{NO} \lambda_{NO}^{(r)},$$

$$\lambda_{NO}^{(r)} = P_0^{EI} \lambda_{NI}^{(r)} + m P_{EO} \lambda_{EO}^{(r)},$$

$$\lambda_{EI}^{(r)} = \lambda_{EMS}^{(r)} + P_{EI} \lambda_{NI}^{(r)} + P_{EMS} \lambda_{EO}^{(r)},$$

$$\lambda_{EO}^{(r)} = P_0^{AI} \lambda_{EI}^{(r)} + n P_F \lambda_{AO}^{(r)},$$

$$\lambda_{AI}^{(r)} = P_{AI} \lambda_{EI}^{(r)},$$

$$\lambda_{AO}^{(r)} = \lambda_{QE}^{(r)} + P'_{NE} \lambda_{AI}^{(r)},$$

$$\lambda_{QE}^{(r)} = \lambda_{EOM}^{(r)} + P_{NE} \lambda_{AI}^{(r)},$$

где $P'_{NE} = 1 - P_{NE}$, $P_{EMS} = 1 - P_{EO} - P_{ex}$.

При фиксированном r ($r = \overline{1, R}$) все эти равенства, которые выражают условия глобального равновесия для СеМО в целом, образуют систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно неизвестных $\lambda_{NI}^{(r)}$, $\lambda_{NO}^{(r)}$, $\lambda_{EI}^{(r)}$, $\lambda_{EO}^{(r)}$, $\lambda_{AI}^{(r)}$, $\lambda_{AO}^{(r)}$, $\lambda_{QE}^{(r)}$.

4. Локальные характеристики процесса функционирования СУСС

Построенная модель процесса функционирования СУСС позволяет перейти к рассмотрению элементарных однолинейных СМО, общее число которых легко определить суммированием по всем уровням иерархии на рис. 1: $N = 2 + 2m + m(2n + n)$. Анализ этих СМО осуществляется независимо, что соответствует хорошо известному принципу декомпозиции [9, 10] при исследовании сложных систем, функционирование которых описывается сетью очередей.

К примеру, в случае дисциплины обслуживания с относительными приоритетами среднее время пребывания заявки r -й категории в k -м элементе СеМО ($k \in \{NI, NO, EI, EO, AI, AO, QE\}$) равно [11]

$$w_k^{(r)} = \frac{A_k^{(R)}}{\mu_k (1 - A_k^{(r-1)}) (1 - A_k^{(r)})} + \frac{1}{\mu_k},$$

где μ_k – интенсивность обслуживания для рассматриваемого элемента;
 $A_k^{(r)} = \sum_{i=1}^r \lambda_k^{(i)} / \mu_k$ – суммарный коэффициент загрузки k -й СМО потоками заявок с приоритетами не ниже, чем r ; $A_k^{(0)} = 0$.

Важно отметить, что локальные характеристики элементов СУСС могут оцениваться с применением многочисленных теоретических результатов исследования однолинейных СМО при разнообразных дисциплинах приоритетного обслуживания. Благодаря этому открываются широкие перспективы для многовариантного выбора наиболее эффективных алгоритмов обслуживания неоднородных потоков заявок.

5. Оценка показателей качества функционирования СУСС

Скорость реакции (латентность) исследуемой СУСС будем оценивать средней длительностью интервала времени от момента ввода в систему внешнего запроса (или команды управления) до момента получения оператором ответного сообщения (или уведомления о выполнении команды). Применительно к построенной сети очередей это означает необходимость вычисления среднего времени пребывания заявки в пределах СеМО. В зависимости от выбранных источников заявок можно рассматривать общий поток внешних заявок либо только внешние заявки, относящиеся к определенному уровню СУСС.

Суммарная интенсивность общего потока внешних заявок r -й категории равна $\Lambda_{\text{общ}}^{(r)} = \lambda_{NMS}^{(r)} + m(\lambda_{EMS}^{(r)} + n\lambda_{EOM}^{(r)})$. Для произвольной заявки этого потока среднее значение общего времени ее присутствия в пределах всей системы (включая время непосредственной обработки заявки соответствующими устройствами) можно найти по формуле Литтла:

$$W_{\text{общ}}^{(r)} = \frac{L_{\text{общ}}^{(r)}}{\Lambda_{\text{общ}}^{(r)}},$$

где $L_{\text{общ}}^{(r)} = \sum_k \lambda_k^{(r)} w_k^{(r)}$ – среднее значение общего числа рассматриваемых заявок, находящихся в системе в произвольный момент времени.

Если сосредоточить внимание только на внешних заявках, поступающих через ГЦУСС (т. е. во входную очередь NI подсистемы NMS), то с учетом разных маршрутов (траекторий) движения этих заявок по отдельным фазам обслуживания можем получить:

$$W_{NMS}^{(r)} = w_{NI}^{(r)} + w_{NO}^{(r)} + \\ + (1 - P_0^{EI}) \left[w_{EI}^{(r)} + w_{EO}^{(r)} + (1 - P_0^{AI}) (w_{AI}^{(r)} + w_{AO}^{(r)} + P_{NE} w_{OMP}^{(r)}) \right].$$

6. Результаты численных расчетов

Контрольные расчеты для случая однородной структуры СУСС проведены при следующих исходных данных [5–8]: $m = n = 5$; $P_{NO} = 0,99$; $P_0^{EI} = P_0^{AI} = 0,1$; $P_{EI} = (1 - P_0^{EI}) / m = 0,18$; $P_{EO} = P_{NE} = 0,5$; $P_{ex} = 0,49$; $P_{AI} = (1 - P_0^{AI}) / n = 0,18$;

$P_F = 0,9$; $\Lambda_{EMS} = 0,085$; $\Lambda_{EOM} = 0,21$; $\mu_{NI} = \mu_{NO} = \mu_{EI} = \mu_{EO} = 2,85$; $\mu_{AI} = 4,1$; $\mu_{AO} = 2,15$; $\mu_{OMP} = 7,3$.

Предполагалось наличие трех категорий важности ($R=3$) для внешних команд (запросов): экстренные ($r=1$), повышенной срочности ($r=2$) и обычные, т. е. без приоритета ($r=3$). При этом

$$\varepsilon_{NMS} = \varepsilon_{EMS} = \|0,2; 0,6; 0,2\|, \quad \varepsilon_{EOM} = \|0,1; 0,6; 0,3\|.$$

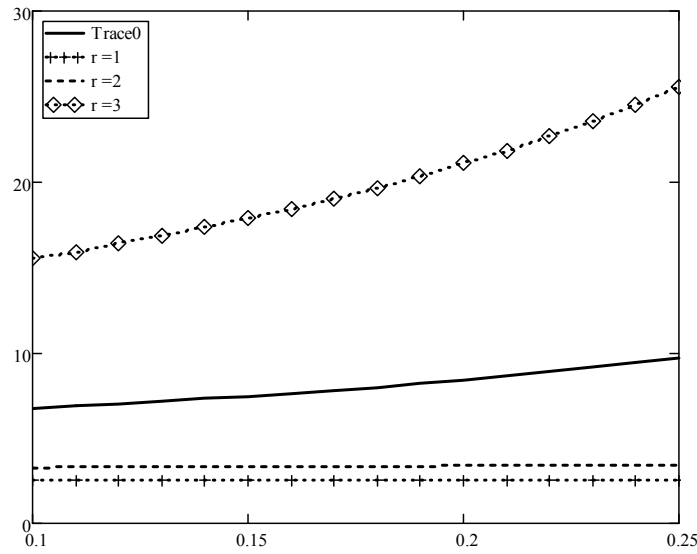


Рис. 5 – Зависимости $W_{NMS}^{(r)} = f(\Lambda_{NMS})$

Fig. 5 – Dependencies $W_{NMS}^{(r)} = f(\Lambda_{NMS})$

По графикам, которые представлены на рис. 5, можно проследить, каким образом значения $W_{NMS}^{(r)}$, оценивающие среднее время реакции СУСС по отношению к командам разных приоритетов, изменяются под влиянием суммарной интенсивности поступления этих команд из главного центра управления сетью (Λ_{NMS}).

При оценке эффекта от введения дисциплины приоритетного обслуживания базовым вариантом служит сплошная линия Trace0, полученная на основе результатов из [7]. Как показывает сравнение с этой кривой, время реакции СУСС для внешних запросов, обладающих приоритетами ($r < 3$), существенно уменьшается и сохраняется практически неизменным в рассматриваемом диапазоне значений Λ_{NMS} . Естественно, что это происходит за счет увеличения времени ответа на обычные запросы, которые не имеют приоритета.

Таким образом, на основании проведенных расчетов можно констатировать, что при разной степени важности команд управления, относящихся к задачам технического обслуживания и эксплуатации сетей связи, приоритетная стратегия выделения ресурсов обработки, имеющихся в составе элементов СУСС, способна более гибко учесть отличия в требованиях к допустимому времени реакции на эти команды.

Заключение

Современные системы управления, которые предназначены для эксплуатационной поддержки телекоммуникационных сетей, характеризуются сложной структурой с несколькими уровнями иерархии и требуют рационального выбора большого числа параметров, обеспечивающих высокое качество функционирования и эффективную работу этих систем. Функциональность СУСС тесно связана с диалоговым режимом в масштабе реального времени, поэтому максимальная скорость реакции (особенно при нештатных ситуациях на объекте управления) играет ключевую роль для организации процессов формирования управляющих воздействий. Зная составляющие времени реакции, можно оценить производительность отдельных элементов СУСС, выявить узкие места и, в случае необходимости, выполнить модернизацию системы для повышения ее общей производительности.

В методологическом базисе создания подобных организационно-технических систем существенное место занимают теоретические результаты и инженерные методы, которые в процессе проектирования позволяют прогнозировать характеристики работы СУСС при изменении технических и программных средств, разрабатывать конкретные требования к реализации целостной системы и ее составных частей для реальных сетей операторов связи. Рассмотренная в статье математическая модель, которая в полной мере отражает структурно-функциональную архитектуру классической TMN, и полученные аналитические соотношения дают возможность провести быструю оценку параметров эффективности эксплуатационных процессов для альтернативных вариантов построения типовых систем управления, поступающих на телекоммуникационный рынок.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гребешков А.Ю.** Стандарты и технологии управления сетями связи. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 288 с.
2. **Дымарский Я.С., Крутякова Н.П., Яновский Г.Г.** Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи. – М.: Мобильные коммуникации, 2003. – 384 с.
3. **Костин А.А.** Модель системы интегрированного управления телекоммуникационными сетями и услугами // *Электросвязь*. – 2002. – № 10. – С. 22–26.
4. **Мочалов В.П.** Теоретические основы разработки и анализ вероятностно-временных характеристик распределенных систем управления телекоммуникационными сетями и услугами. – М.: Физматлит, 2006. – 365 с.
5. **Woo W.-D., Hwang H.-S., Yoon B.-N.** Throughput evaluation of TMN EMS for ATM switch // *ITS'98 Proceedings: SBT/IEEE International Telecommunications Symposium*. – Piscataway: IEEE, 1998. – Vol. 2. – P. 566–570. – doi: 10.1109/ITS.1998.718457.
6. Implementation and performance analysis of a TMN system for public ATM networks / J.Y. Lee, C.J. Hwang, G.H. Lee, W.D. Woo, B.-N. Yoon // *Computers & Industrial Engineering*. – 1998. – Vol. 35, iss. 1/2. – P. 275–278. – doi: 10.1016/S0360-8352(98)00056-4.
7. A performance analysis of TMN systems using models of networks of queues, Jackson's theorem, and simulation / Y.H. Hwang, S.W. Chung, G.-H. Lee, Y.I. Kim // *ETRI Journal*. – 2002. – Vol. 24, N 5. – P. 381–390. – doi: 0.4218/etrij.02.0102.0006.
8. Design of TMN systems using interrupted arrival Poisson process and simulation: a case study / Y.H. Hwang, G.I. Lee, G.H. Lee, S.W. Chung // *Simulation Series*. – 2003. – Vol. 35, N 4. – P. 675–679.
9. **Kühn P.** Analysis of complex queuing networks by decomposition // *Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress, Melbourne, November 1976*. – Melbourne, 1976. – Vol. 1. – P. 236/1–236/8.

10. Kuehn P. Approximate analysis of general queuing networks by decomposition // IEEE Transactions on Communications. – 1979. – Vol. 27, iss. 1. – P. 113–126. – doi: 10.1109/TCOM.1979.1094270.
11. Шнепс М.А. Системы распределения информации. Методы расчета: справочное пособие. – М.: Связь, 1979. – 344 с.

ON ANALYSIS OF PRIORITY-BASED SERVICE DISCIPLINE IN MULTILEVEL TELECOM NETWORK MANAGEMENT SYSTEM

Meikshan V.I.

*Siberian States University of Telecommunications and Information Sciences,
Novosibirsk, Russia*

The network of queues is considered as a theoretical instrument to analyze a hierarchical management system for telecommunication network. The structure of investigated system fully corresponds to the concept of Telecommunications Management Network (TMN) which has now become widespread among integrated management systems for large-scale telecommunication networks. Proposed approach includes stages of functional model construction for the system under investigation and its mathematical description. These stages are followed by estimation of mean response time which relates to the reaction on external management commands associated with network administration, maintenance and operation activities. At that point several categories of importance (relative priorities) for management commands are taken into consideration. For model definition the following input parameters are introduced to be considered under management system analysis: arrival intensities of external requests; distribution coefficients for internal demand flows circulating between individual elements of management system (both within separate level of the system and between adjacent levels); service rates for separate queues. On the base of global equilibrium condition the system of linear algebraic equations is obtained which allows finding total intensity of input flow for each queue as part of queuing network. Local performance measures to characterize the working processes of these queues are calculated in accordance with the principle of queuing network decomposition. With consideration of these characteristics an estimation of final performance metrics for management system is fulfilled in relation to flows of external requests. To illustrate the opportunities of the proposed approach, results of numerical calculations are presented. Analysis of these results demonstrate that priority discipline for distribution of processing resources being held by elements of management system more flexible takes into account significant distinction in admissible response time for management operations of different categories.

Keywords: telecommunication networks, management system, queuing theory, priorities, mean response time.

DOI: 10.17212/1727-2769-2016-1-73-83

REFERENCES

1. Grebeshkov A.Yu. *Standarty i tekhnologii upravleniya setyami svyazi* [Standards and technologies of telecommunications networks management]. Moscow, Eko-Trendz Publ., 2003. 288 p.
2. Dymarskii Ya.S., Krutyakova N.P., Yanovskii G.G. *Upravlenie setyami svyazi: printsipy, protokoly, prikladnye zadachi* [Telecommunications networks management: principles, protocols, applied problems]. Moscow, Mobil'nye kommunikatsii Publ., 2003. 384 p.
3. Kostin A.A. *Model' sistemy integrirovannogo upravleniya telekommunikatsionnymi setyami i uslugami* [Model of integrated management systems for telecommunications networks and services]. *Elektrosvyaz' – Telecommunications and Radio Engineering*, 2002, no. 10, pp. 22–26. (In Russian)
4. Mochalov V.P. *Teoreticheskie osnovy razrabotki i analiz veroyatnostno-vremennykh kharakteristik raspredelennykh sistem upravleniya telekommunikatsionnymi setyami i uslugami* [Theoretical fundamentals of development and performance analysis of distributed management systems for telecommunications networks and services]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2006. 365 p.

5. Woo W.-D., Hwang H.-S., Yoon B.-N. Throughput evaluation of TMN EMS for ATM switch. *ITS'98 Proceedings: SBT/IEEE International Telecommunications Symposium*, 1998, vol. 2, pp. 566–570. doi: 10.1109/ITS.1998.718457
6. Lee J.Y., Hwang C.J., Lee G.H., Woo W.D., Yoon B.-N. Implementation and performance analysis of a TMN system for public ATM networks. *Computers & Industrial Engineering*, 1998, vol. 35, iss. 1–2, pp. 275–278. doi: 10.1016/S0360-8352(98)00056-4
7. Hwang Y.H., Chung S.W., Lee G.-H., Kim Y.I. A performance analysis of TMN systems using models of networks of queues, Jackson's theorem, and simulation. *ETRI Journal*, 2002, vol. 24, no. 5, pp. 381–390. doi: 0.4218/etrij.02.0102.0006
8. Hwang Y.H., Lee G.I., Lee G.H., Chung S.W. Design of TMN systems using interrupted arrival Poisson process and simulation: a case study. *Simulation Series*, 2003, vol. 35, no. 4, pp. 675–679.
9. Kühn P. Analysis of complex queuing networks by decomposition. *Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress*, Melbourne, November 1976, vol. 1, pp. 236/1–236/8.
10. Kuehn P. Approximate analysis of general queuing networks by decomposition. *IEEE Transactions on Communications*, 1979, vol. 27, no. 1, pp. 113–126. doi: 10.1109/TCOM.1979.1094270
11. Shneps M.A. *Sistemy raspredeleniya informatsii. Metody rascheta* [Information distribution systems. Methods of calculation]. Moscow, Svyaz' Publ., 1979. 344 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ



Мейкшан Владимир Иванович – родился в 1949 г., д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры автоматической электросвязи Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Область научных интересов: качество функционирования и надежность мультисервисных сетей связи, распределенные информационные системы, управление сетями связи. Автор и соавтор более 170 научных и учебно-методических работ. (Адрес: 630102, г. Новосибирск, ул. Кирова, 86. E-mail: meikshanvi@gmail.com).

Meikshan Vladimir Ivanovich (b. 1949) – Doctor of Sciences (Eng.), Professor, Professor of the Automatic Electrical Communication Department in the Siberian States University of Telecommunications and Information Sciences. His research interests are currently focused on dependability and performance of multiservice networks, distributed information systems and telecommunication networks management. He is author and co-author of over 170 scientific and educational publications. (Address: 86, Kirova St., Novosibirsk, 630102, Russia. E-mail: meikshanvi@gmail.com).

*Статья поступила 03 сентября 2015 г.
Received September 03, 2015*

To Reference:

Meikshan V.I. K voprosu analiza distsipliny prioritetnogo obsluzhivaniya pri mnogourovnevnom upravlenii setyami svyazi [On analysis of priority-based service discipline in multilevel telecom network management system]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2016, no. 1 (30), pp. 73–83. doi: 10.17212/1727-2769-2016-1-73-83