

одного техника. Наибольшее значение  $z_3$  выбирается из условия обеспеченной работоспособности центра обслуживания вызовов при минимальном числе элементов в первой и второй подсистеме (то есть при  $x_1 = 1$ ,  $x_2 = 1$ ). При этом  $z_{3\max} = C_\Sigma - [c_1(x_1 = 1) + c_2(x_2 = 1)]$ , где  $c_1(x_1 = 1)$  и  $c_2(x_2 = 1)$  – затраты на аренду одного канала связи и заработную плату одному оператору.

Переменная  $z_2$  представляет собой часть ресурса, который должен быть распределен между второй и третьей подсистемами. Поэтому  $z_{2\min} = c_2(x_2 = 1) + c_3(x_3 = 1)$ . Максимальное значение ресурса, которое может быть выделено для второй и третьей подсистем, определяется минимальными затратами на первую подсистему:

$$z_{2\max} = C_\Sigma - c_1(x_1 = 1).$$

Значение условного выигрыша на первом шаге (в первой подсистеме – КПс) определяет искомое решение (8), то есть  $f_1(C_\Sigma) = \max P_{обсл}$ , а также оптимальное число каналов в КПс:  $x_1^*(C_\Sigma) = n$ . Значения остальных составляющих искомого вектора  $X^* = (x_1^*, x_2^*, x_3^*)$  определяются на этапе прямой прогонки, который разворачивается в последовательности, обратной первому этапу (9), используя готовые рекомендации, представленные в таблицах вида 2 для различных шагов предварительного расчета.

### Выводы

Центр обслуживания вызовов представляет собой сложную систему, состоящую из последовательно соединенных канальной, операторской и технической подсистем, поэтому для ее моделирования целесообразно использовать многофазную СМО. Частными моделями составляющих ЦОВ являются: для КПс –  $n$ -канальная СМО с отказами; для ОПс –  $m$ -канальная СМО с ограниченной очередью; для ТПс –  $k$ -канальная СМО с ограниченным временем ожидания.

Определение числа обслуживающих элементов в подсистемах ЦОВ (соответственно  $n$ ,  $m$  и  $k$ )

осуществляется при решении оптимизационной задачи распределения ограниченного ресурса, а целевой функцией является максимизация произведения условных вероятностей обслуживания заявки в подсистемах центра.

Использование метода динамического программирования предполагает дискретизацию распределяемого ресурса  $C_\Sigma$ , число градаций которого зависит от стоимости единицы ОЭ в каждой подсистеме и влияет на объем вычислительных операций на первом этапе решения задачи оптимизации.

### Литература

1. Росляков А.В., Самсонов М.Ю., Шиббаева И.В. Центры обслуживания вызовов (Call Centre). М.: Эко-Трендз, 2002. – 272 с.
2. Степанова И.В. Развитие концепции построения центров обслуживания вызовов // Электро-связь. № 2, 2006. – С. 16-17.
3. Гольдштейн Б.С., Шурыгина С.Б. Еще раз об экономике контакт-центров // Сети и системы связи. № 4, 2003. – С. 12-14.
4. Самолюбова А.Б. Call Center на 100%: Практическое руководство по организации центра обслуживания вызовов. М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. – 309 с.
5. Росляков А.В., Ваняшин С.В., Решодько А.А. Сравнительный анализ математических моделей центров обслуживания вызовов // Электро-связь. № 9, 2004. – С. 32-34.
6. Зарубин А.А. Call- и контакт-центры: эволюция технологий и математических моделей // Вестник связи. №8, 2003. – С. 85-89.
7. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. М.: Высшая школа, 2001. – 208 с.
8. Вероятностные методы в вычислительной технике. Под ред. А.Н. Лебедева и Е.А. Чернявского. М.: Высшая школа, 1986. – 312 с.
9. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Высшая школа., 2000. – 480 с.

УДК 681.513

## МЕТОД АНАЛИЗА ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ОБСЛУЖИВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСЛУГАМИ СВЯЗИ

*Мочалов В.П., Яковлев С.В.*

Рассматривается процесс управления уровнем обслуживания системы управления услугами связи. Предлагается метод построения и анализа модели процесса управления уровнем обслуживания, основанный на формализме раскрашенных сетей Петри. Приводятся результаты имитационного моделирования.

### Введение

Внедрение новых технологий, позволяющих поставлять на телекоммуникационный рынок все большее количество услуг связи, заставляет мировое телекоммуникационное сообщество взгля-

нуть на управление качеством, как на один из важнейших факторов эффективного развития рынка услуг связи. В настоящее время во всем мире требования потребителей к качеству услуг связи стали более дифференцированными и жесткими, что необходимо учитывать операторам связи для обеспечения эффективности их деятельности. В современных условиях необходимы и важны не только оптимальное использование имеющихся ресурсов и повышение производительности труда, но и высокая степень управляемости, выражающаяся в гибкости и скорости реагирования на изменение внешней бизнес-ситуации при ориентации на постоянное активное взаимодействие с потребителями услуг.

### Постановка задачи

Потребности пользователей определяют требования к ресурсам, которые затем трансформируются в реальные услуги с необходимым качеством (QoS), определяемым соглашениями типа SLA (Service Level Agreement). Это письменное соглашение между потребителем услуги и стороной, осуществляющей его предоставление, в котором изложены значения метрик для уровней предоставления услуги.

В зависимости от типа услуги, потребители могут измерить качество ее предоставления по одному из параметров:

- доступность;
- среднее количество сбоев за определенный период, их динамика;
- время, затрачиваемое на их устранение.

Соблюдение SLA обеспечивает процесс управления уровнем обслуживания SLM (Service Level Management), входящий в библиотеку инфраструктуры информационных технологий ITIL (Information Technology Infrastructure Library) [1]. Последовательность действий в рамках процесса управления уровнем обслуживания представлена на рис. 1. Она включает два компонента, составляющие процесс, которые во многом выполняются параллельно: первый, более высокого уровня, связан с выработкой договоренностей; второй, более низкого уровня, – с обеспечением выполнения достигнутых договоренностей.

Процесс управления уровнем обслуживания является соединительным звеном между процессом поддержки услуг и процессом предоставления услуг. Этот процесс не может функционировать отдельно, так как он подразумевает наличие, а также эффективную и результативную работу других процессов. Взаимосвязь этих процессов детально рассмотрена в структурной модели

бизнес-процессов компании – поставщика услуг связи eTOM (The enhanced Telecom Operations Map) [2]. На рис. 2 приведен пример фрагмента потока процесса поддержки модели eTOM, иллюстрирующий связи процессов управления качеством услуги и управления QoS клиента [2]. Отличительной чертой eTOM является ее гибкость, возможность интеграции с ITIL, что позволяет создавать комплексную, взаимосвязанную модель деятельности компании.

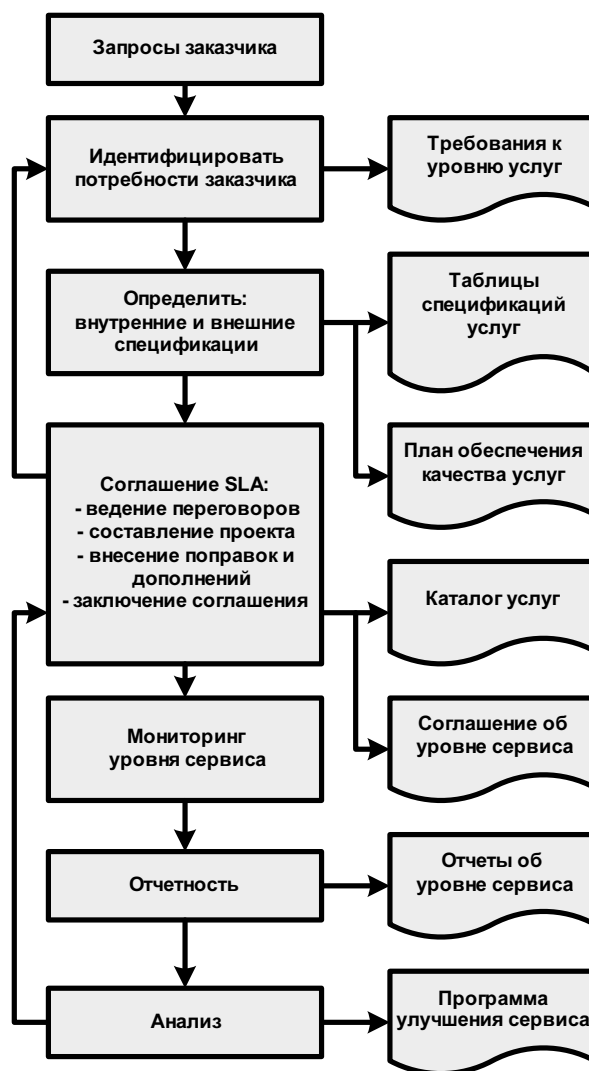


Рис. 1. Процесс управления уровнем обслуживания

### Разработка метода анализа процесса управления уровнем обслуживания

Для анализа представленной модели предлагается использовать методологию моделирования динамики дискретных систем, основанную на формализме раскрашенных сетей Петри Coloured Petri Net (CPN) [3]. Методология CPN близка к структурным методам моделирования систем. Соответственно, построение модели будет вестись на основе принципов структурного анализа

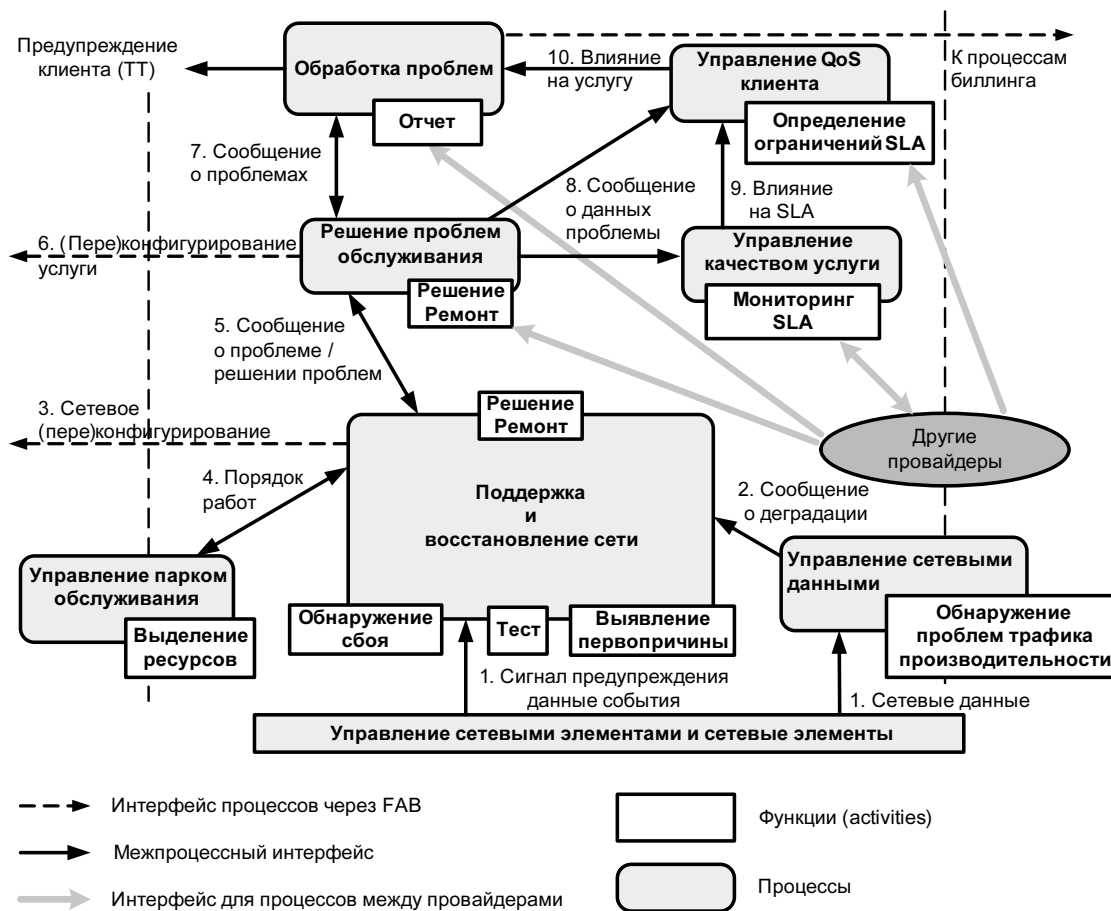


Рис. 2. Фрагмент потока процесса поддержки

– декомпозиции и иерархического упорядочения подсистем.

Формальное представление взаимосвязи процессов представлено на рис. 3. Модель включает три составных перехода (Service Execution, Incident Management, Service Level Management), представляющие отдельные сети Петри, модели-

рующие соответственные процессы. Маркировка позиции Request моделирует начало выполнения услуги. Маркировка позиции Complete моделирует окончание выполнения услуги. Маркировка позиции Detection моделирует обнаружение инцидента. Маркировка позиции Closing моделирует закрытие инцидента. Сеть Service Level

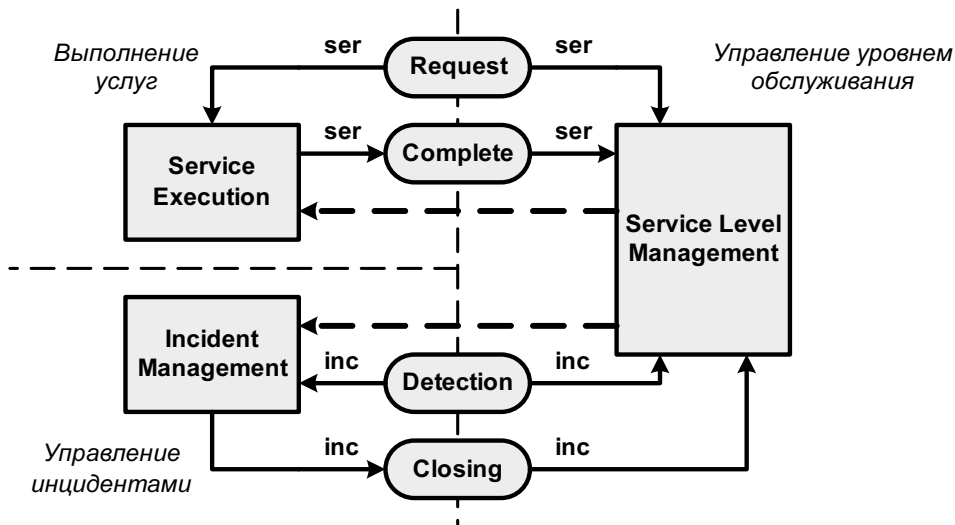


Рис. 3. Формальное представление взаимосвязи процессов

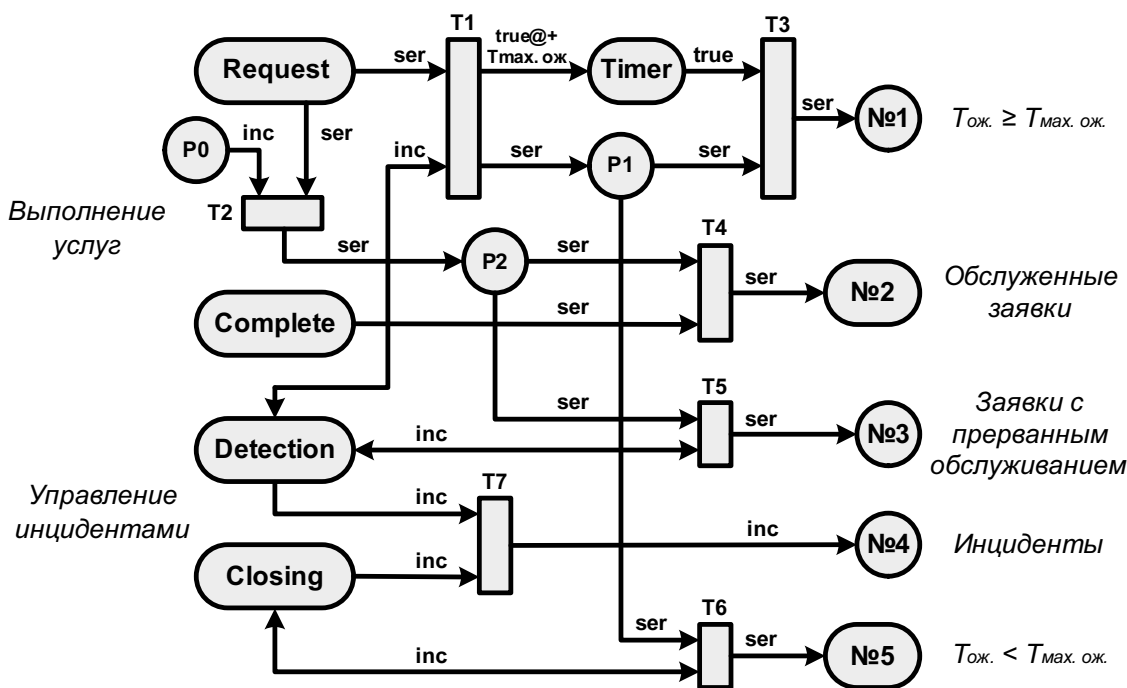


Рис. 4. Сеть Service Level Management

Management, моделирующая процесс управления уровнем обслуживания, представлена на рис. 4.

Параметры сети описываются специальным языком Coloured Petri Net Modeling Language (CPN ML) [3] и могут изменяться, исходя из логики выполнения процесса управления уровнем обслуживания. Необходимые для моделирования цветные множества, соответствующие им переменные и функции:

*color INT = integer; color BOOL = bool timed;*  
*color INC = integer timed; var inc: INC;*  
*color SER = integer timed; var ser: SER;*

Маркировка позиции P0 моделирует наличие инцидентов в момент поступления запроса на выполнение услуги. Маркировка позиции Timer и пометка ее входной дуги моделирует максимальное время ожидания предоставления услуги  $T_{\max. \text{ож.}}$ . Маркировка позиций №2 и №5

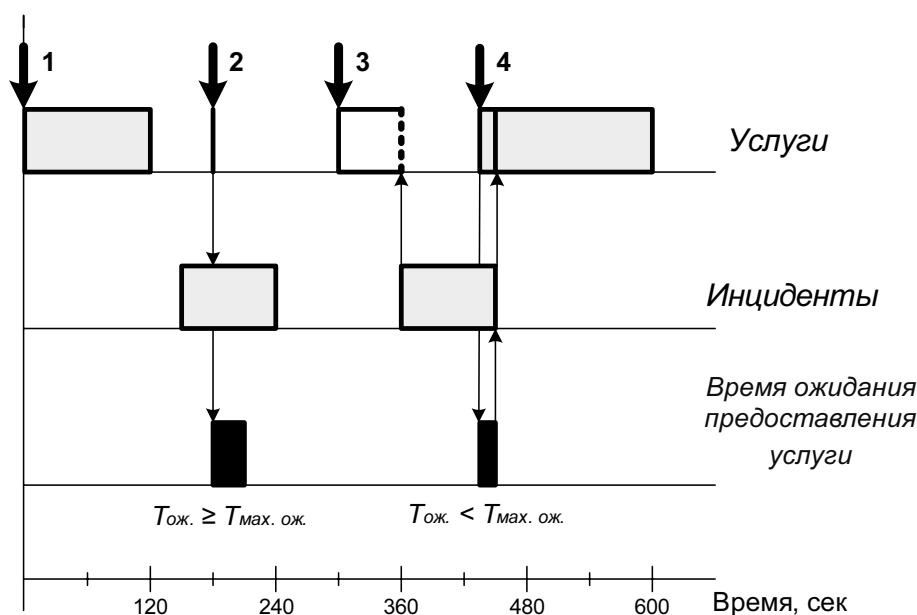


Рис. 5. Временная диаграмма прохождения процесса управления уровнем обслуживания

моделирует успешную обработку поступающих запросов на выполнение услуги. Маркировки остальных выходных позиций моделируют случаи невыполнения поступающих запросов:

- №1 – время ожидания предоставления услуги превышает порог  $T_{\max. \text{ож.}}$ ;
- №3 – прерывание выполнения услуги;
- №4 – время закрытия инцидентов.

Результаты моделирования в виде временной диаграммы прохождения процесса управления уровнем обслуживания приведены на рис. 5. За период моделирования поступило четыре запроса на выполнение услуги, два из них не были выполнены по причине возникновения инцидентов. Из двух случаев ожидания предоставления услуги, один закончился успешно ( $T_{\text{ож.}} < T_{\max. \text{ож.}}$ ).

Применяя предложенный метод анализа, мы можем оценить уровень качества предоставляемых услуг. Доступность услуги вычисляется по формуле:

$$D_{\text{ус}} = \frac{N_{\text{успу}}}{N_{\text{пу}}} \times 100\% = 50\%,$$

где:  $N_{\text{успу}}$  – число успешных попыток получения услуги (позиция №2);  $N_{\text{пу}}$  – общее число попыток получения услуги (позиция Request).

Проанализировав статистику (позиции №1 и №5), получим среднее время ожидания пре-

доставления услуги  $T_{\text{ср.ож.}} = 22,5$  (сек.) и количество случаев превышения  $T_{\max. \text{ож.}}$  (1 случай). Маркировка позиции №4 позволяет судить о среднем количестве инцидентов за единицу времени (0,2 инцидента в минуту) и их динамике.

### Заключение

Использование раскрашенных сетей Петри дает возможность провести детальное моделирование данного процесса. Приведенный метод анализа позволяет контролировать процесс управления уровнем обслуживания, оценивать соответствие показателей качества уровню сервиса, согласованному с потребителями, при необходимости корректировать параметры выполнения процесса.

### Литература

1. Бон Я.В., Кеммерлинг Г., Пондман Д. Введение в ИТ Сервис-менеджмент. М.: IT Expert, 2003. – 228 с.
2. Засецкий А.В, Иванов А.Б., Постников С.Д., Соколов И.В. Контроль качества в телекоммуникациях и связи // М.: Изд. Компания САЙ-РУС СИСТЕМС, 2001. – 336 с.
3. Jensen K. Coloured Petri Nets: Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use. Vol. 1. Springer-Verlag, 1997. – 234 с.

## НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 618: 518

### УПРАВЛЕНИЕ ВРЕМЕНЕМ В ДИНАМИЧЕСКОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

*Богданова Е.А., Димов Э.М., Маслов О.Н., Трошин Ю.В.*

В статье дано описание принципа управления временем в динамической имитационной модели, принципы построения моделирующих алгоритмов на основе выбора метода реализации механизма управления модельным временем.

#### Понятие модельного времени

Оценка эффективности моделируемой системы связана с временными характеристиками ее функционирования. Характерной особенностью большинства практических задач является то, что скорость протекания рассматриваемых процессов значительно ниже скорости реализации модельного эксперимента. Например, если моделируется работа вычислительного центра в течение недели, то вряд ли он будет воспроизводиться в модели в

таком же масштабе времени. С другой стороны, даже те имитационные эксперименты, в которых временные параметры работы системы не учитываются, требуют для своей реализации определенных затрат времени работы компьютера.

Из сказанного выше можно отметить, что при разработке практически любой имитационной модели и планировании проведения модельных экспериментов необходимо соотносить между собой три представления времени:

- реальное время, в котором происходит функционирование имитируемой системы или процесса;
- модельное время, в масштабе которого организуется работа модели;
- машинное время, отражающее затраты времени ЭВМ на проведение имитации.