

УДК 004.273

Подходы к оценке качественных характеристик комбинированных инфокоммуникационных услуг

Редругина Н. М.

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

Постановка задачи: Данная статья представляет из себя введение в разработку методов и моделей оценки качественных характеристик комбинированных инфокоммуникационных услуг. **Новизна:** Приведены подходы к моделированию двух функционально различных типов услуг: сеансовых и транзакционных. **Результат:** Описан принцип разделения и дальнейшего моделирования комплекса инфокоммуникационных услуг. **Практическая значимость:** Предложенные подходы позволят проводить оценку и управление качеством обслуживания, сокращая время моделирования за счет четко описанной классификации услуг по принципу взаимодействия с пользователем и соответствующих качественных характеристик.

Ключевые слова: комбинированные услуги, инфокоммуникационные системы, имитационное моделирование, математические модели, транзакции, рабочий процесс, work-flow, пользовательские сессии, QoS

Введение

В связи с постоянными затратами на разработку программного обеспечения, пользовательских сервисов и услуг, а также растущей популярностью информационных систем, моделирование становится все более важным видом деятельности. Главной проблемой на данный момент является частое игнорирование важности и необходимости моделирования или его неэффективное использование. Основная причина этого заключается в сложности задач, связанных с разработкой методов проектирования с учетом заявленного качества обслуживания. В настоящее время точный учет факторов качества и метрик имеет важное значение в разработке эффективных и пригодных для использования моделей проектирования с учетом требуемого качества. Однако процесс разработки моделей качества и выбор соответствующих моделей проектирования до сих пор остается плохо определенным. В частности, первоначальное исследование и выявление моделей качества, которые связаны с выбором моделей проектирования, не поддерживается существующими методами разработки.

В связи с вышеизложенным в работе [1] определены цели, которые преследуют разработчики моделей проектирования для построения сервисов, основываясь на качестве предоставления услуг:

Библиографическая ссылка на статью:

Редругина Н. М. Подходы к оценке качественных характеристик комбинированных инфокоммуникационных услуг // Информационные технологии и телекоммуникации. 2023. Т. 11. № 1. С. 16–25. DOI: 10.31854/2307-1303-2023-11-1-16-25

Reference for citation:

Redrugina N. Approaches to Evaluating the Quality Characteristics of Combined Infocommunication Services. *Telecom IT*. 2023;11(1):16–25. DOI: 10.31854/2307-1303-2023-11-1-16-25

1) разработка спецификации качественных характеристик, которая опирается на факторы качества информационных систем и включает актуальные для разработчиков моделей цели, а также достаточную формальность для идентификации;

2) проведение измерений качества, которые ведут к созданию качественных моделей;

3) выполнение базирующегося на шаблонах качества этапа проектирования (приводит к улучшению качества систем).

С учетом вышесказанного можно сделать вывод, что этап моделирования играет ключевую роль в разработке информационных систем, так как направлен на обеспечение высоких показателей качества обслуживания. В связи с этим основной задачей разработки моделей и методов вычисления качественных характеристик является обеспечение высокого уровня качества различных инфокоммуникационных услуг.

Анализ объекта исследования

В данной работе рассматриваются инфокоммуникационные услуги, заявленные как структурные элементы приложения. Они имеют конкретную функциональность, например, возможность регистрации пользователя или онлайн-чата с поддержкой. В данной работе используется концепция моделирования инфокоммуникационных услуг, которая разделяет их на сеансовые (SE) и транзакционные (TR). Это позволяет выбирать наиболее подходящие методы моделирования. Особое внимание уделяется разработке моделей и методов вычисления качественных характеристик различных типов инфокоммуникационных услуг с целью обеспечения высоких показателей качества обслуживания разрабатываемых услуг.

Данное разделение зависит от типа и цели взаимодействия между пользователями и системой, включая общую продолжительность обслуживания, влияние пользователя на процесс обслуживания, требования к серверным ресурсам, производительности, вероятностно-временным характеристикам. Следовательно, разделение услуг на SE и TR зависит от конкретного сервиса, с учетом его функциональных требований. Если рассматривать TR-услуги, то они позволяют обеспечивать выполнение транзакций, определенных операций и управление данными. Такие услуги представляют собой набор определенных действий или операций, которые выполняются системой в рамках рабочего процесса, чтобы обеспечить выполнение определенной задачи. При этом пользователь является только инициатором выполнения данных действий.

Определение SE-услуг дано в [2, 3] и в целом может быть рассмотрено как тип услуг, который требует непрерывного взаимодействия между пользователем и системой в течение определенного времени. Эти услуги могут включать в себя пользовательский интерфейс, логику работы приложения и обмен данными между пользователями. Например, обмен голосовым трафиком, многопользовательские онлайн-игры, платформы для видеоконференций, мессенджеры, e-commerce и другие.

Однако утверждение, что инфокоммуникационная система предоставляет только SE- или только TR-услуги, является ошибочным. В рамках одного приложения пользователь может воспользоваться услугами и первого, и второго типа, поэтому на данном этапе разумно ввести понятие комбинированных услуг. Архитектура такого типа услуг объединяет особенности и SE- и TR-услуг.

Важно отметить, что одним из подходов к реализации комбинированных услуг является использование микросервисной архитектуры. Рациональность данного подхода заключается в возможности резервирования каждым микросервисом определенной функциональности слабосвязанной услуги. Это также позволяет учитывать различия в требованиях к масштабируемости, надежности и производительности между SE- и TR-услугами.

В работе [4] представлен метод проектирования рациональных вариантов организации многокомпонентных программных комплексов, основанных на сервис-ориентированной архитектуре. Этот метод позволяет ориентироваться на показатели качества при разработке конечного сервиса. В [5] описывается подход к применению облачных шаблонов и оценка их влияния на качество обслуживания приложения, основанная на измерении времени отклика и производительности системы. В [7] проведена оценка необходимости использования шаблонов проектирования.

Автор статьи [8] рассматривает выбор корректных критериев сравнения веб-сервисов, выделяя критерий чувствительности (определяется классы параметров и проводится моделирование систем для оценки влияния нагрузки и производительности на данный критерий). Такой подход позволяет описать поведение веб-сервисов при изменении нагрузки и определить их качество обслуживания.

Оценка качества предоставления услуг, предлагаемых системами на базе микросервисной архитектуры предложены в [9–11], предложена модель корпоративной информационной системы – в [12].

Вышеуказанные работы рассматривают качественные характеристики приложений, процесс построения шаблонов проектирования конкретных инфокоммуникационных сервисов, что ограничивает изучение процессов моделирования и оценки качества огромного множества услуг, предоставляемых пользователям. Поэтому в рамках данной работы будут описаны необходимость и подход к разработке моделей и методов расчета качественных систем различных комплексных услуг.

Качественные характеристики инфокоммуникационных услуг.

Одним из главных отличий SE- и TR-услуг являются требования по качеству обслуживания. Во-первых, время обслуживания (T_{SE}) напрямую зависит от поведения пользователя. То есть сколько пользователю необходимо времени на получение услуги (будь то игровая сессия, выбор товаров из каталога, длительность видеоконференции, просматривание социальных сетей и т. д.), столько будет время нахождения пользователя в системе. Желания пользователя невозможно изменить, не понизив при этом качество восприятия услуги (QoE, *аббр. от англ. Quality of Experience*). В TR-системах время обслуживания запросов

пользователя зависит от их характеристик: производительности и надежности. Для изменения этого аспекта системы можно проводить манипуляции характеристиками программно-аппаратных средств.

Во-вторых, требования по возможности масштабирования и производительности системы в разной степени затрагивают данные типы услуг. В целях обеспечения высокого уровня качества обслуживания для пользовательских сессий необходимо грамотное распределение серверных ресурсов и возможность дальнейшего масштабирования системы в и ее составляющих. Для повышения показателей качества при обслуживании операций и пользовательских задач необходима высокая скорость обработки запросов и низкий процент ошибок, возникающих при обработке транзакций.

В сравнении с временем пользовательской сессии T_{se} стремится к нулю, то есть является незначительным. Следовательно, нецелесообразно включать T_{se} в расчет времени нахождения пользователя в системе после инициирования сессии. Таким образом, рациональным подходом будет игнорирование занятия оборудования пользовательским запросом в соответствующих условиях.

Рассматривая данные типы услуг по отдельности, следует отметить, что SE-услуга характеризуется временем, затраченным пользователем в системе (от момента начала пользовательской сессии и до окончательного выхода из нее). Важно учитывать тонкости определения «длительности пользовательской сессии»; критерий можно рассмотреть на примере расчета времени игровой сессии [13–14]. Для расчета вероятностно-временных характеристик как SE-, так и TR-услуг, можно использовать методы теории массового обслуживания [15]. Однако единой модели для оценки такого типа услуг не существует.

Для обеспечения универсальности предлагаемых методов, предлагается рассмотреть моделирование абстрактного сервиса, сценарий взаимодействия обоих типов услуг в котором может происходить по следующему сценарию:

- 1) запросы на обслуживание с интенсивностью λ_{SE} поступают на узел обслуживания;
- 2) запрос ожидает или начинает пользовательскую сессию в момент t_1 ;
- 3) запрос инициирует обращения к услугам обработки транзакций.

При этом характер работы транзакционных услуг зависит напрямую от функционирования пользовательских сессий.

Анализ временных характеристик системы позволяет сделать вывод, что функциональные требования и атрибуты качества существенно различаются, таким образом, моделирование TR- и SE-услуг в рамках одной модели нецелесообразно. На рисунке 1 изображен предполагаемый временной промежуток пользовательской сессии T_{se} , в течение которой он инициирует два типа потоков на обработку задач: T_{TR-1} и T_{TR-2} с интенсивностями $\lambda_{TR-1} = \frac{1}{t_{RI-1}}$ и $\lambda_{TR-2} = \frac{1}{t_{RI-2}}$, соответственно.

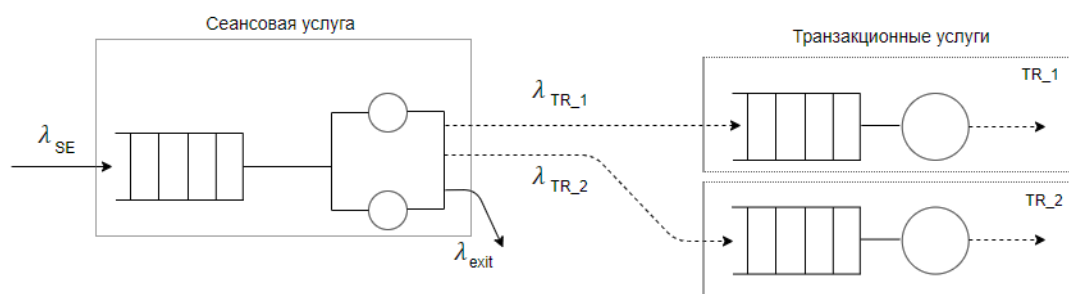


Рис. 1. Функциональная схема взаимодействия SE- и TR-услуги

Активные пользовательские сессии \bar{K} (рисунок 2) инициируют поток запросов к TR, интенсивность (λ_{TR_i}) которого рассчитывается следующим образом:

$$\lambda_{TR_i} = \lambda_{TR_i} \times A_{SE} = \lambda_{TR_i} \times \bar{t}_{SE} \times \lambda_{SE}, \quad (1)$$

где A_{SE} – нагрузка узла пользовательских сессий $A_{SE} = \lambda/\mu$; \bar{t}_{SE} – средняя продолжительность пользовательской сессии; λ_{SE} – интенсивность поступления пользователей на сервис.

Стоит отметить, что λ_{exit} – интенсивность завершенных пользовательских сессий, которая в случае системы без потерь равна λ_{SE} . Если же SE-услуга является сетью СМО, расчет входных интенсивностей производится с использованием теоремы Джексона и описан в работах [13–14].

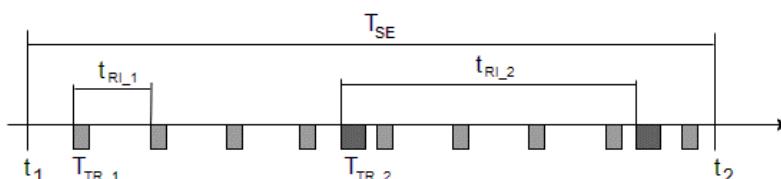


Рис. 2. Распределение времени предоставления TR- и SE-услуг

Сценарий, при котором SE-услуга обращается к TR-услуге, описывает обращение микросервиса к своей базе данных. Однако возможна и иная реализация этого процесса, при котором несколько микросервисов инициируют запросы к одной базе данных как показано на рисунке 3.

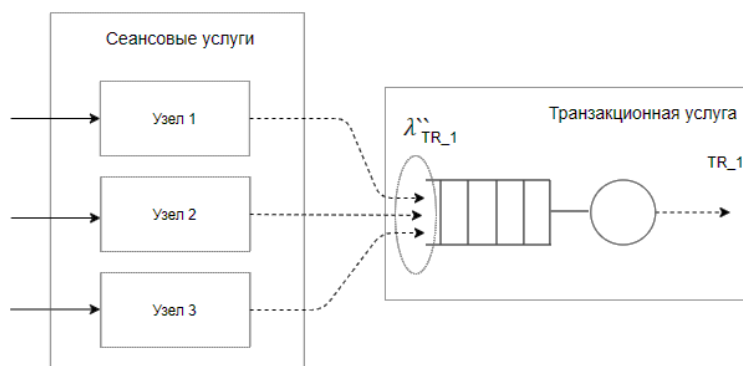


Рис. 3. Функциональная схема отправки обращений с SE-услуги к TR- услуге

Если разные микросервисы в результате обслуживания пользовательских сессий различной длительности \bar{t}_{SE-j} обращаются с разной интенсивностью

λ_{TR_j} к услуге обслуживающей транзакции, интенсивность запросов на вход TR рассчитывается следующим образом:

$$\lambda''_{TR} = \sum_j^{Y_{SE}} \lambda_{j_TR} \times A_j, \quad (2)$$

где Y_{SE} – количество сеансовых услуг, обращающихся к сервису обслуживания транзакций.

В целом при рассмотрении инфокоммуникационных услуг существуют входные параметры системы, которые влияют на качество ее функционирования, и без определения которых невозможно провести полноценное моделирование:

– множество внешних воздействий на сервис (общая входная интенсивность): $C = \{c_1, c_2, c_3 \dots c_n\}$;

– внутренние характеристики систем: количество узлов Y , приборов v_i и интенсивность обслуживания μ_i в каждом узле, вероятность потерь $p_{отк_i}$ при $i \in Y$: $B = \{b_1, b_2, b_3 \dots b_n\}$

– выходные характеристики системы: $H = \{h_1, h_2, h_3 \dots h_n\}$.

Стоит отметить, что для систем в рамках теории массового обслуживания все вероятностно-временные характеристики (ВВХ) одинаковые, однако в контексте разделения на SE- и TR-услуги наблюдаются различия в терминологии и методах их расчета, ВВХ описаны в стандартах [2, 16].

Для SE-услуг свойственны следующие характеристики:

– коэффициент загрузки узлов системы (показатель, отражающий степень использования ресурсов конкретного узла в рамках распределенной системы);

– среднее время ожидания обслуживания (среднее время, которое требуется для того, чтобы пользователь получил обслуживание от системы, начиная от поступления его заявки до момента выхода из момента обслуживания);

– вероятность ожидания начала пользовательской сессии;

– интенсивность поступления пользовательских запросов на конкретный узел (для системы, состоящей из нескольких узлов, параметр, определяющий долю запросов из общей интенсивности Λ поступающую на выбранный узел λ_i);

– среднее время нахождения пользователя в системе (время, рассчитанное от момента входа пользователя в систему, до его выхода из нее):

– пропускная способность (количество запросов, которые система может обработать за единицу времени).

TR-услуги характеризуются следующими критериями:

– время отклика (математическое ожидание и дисперсия времени, которое требуется системе для обработки запроса и отправки ответа); для большинства транзакционных систем время отклика должно быть минимальным;

– время выполнения (требуемое системе время для выполнения операции); также должно быть минимальным;

– время простоя (время, когда система не работает и не обрабатывает запросы); чем меньше время простоя, тем лучше для пользователей;

- надежность системы (вероятность того, что система сможет обработать запрос);
- пропускная способность; должна быть достаточно высокой для удовлетворения потребностей пользователей.

Очень часто выходные характеристики одной системы $H_1 \in C_2$ являются характеристиками внешнего воздействия на другую систему. Например, в рассмотренном примере $A_{SE} \in C_{TR}$ нагрузка на узле SE-услуги, определяет количество запросов, поступающих на узел обслуживания транзакций.

Помимо внешних и внутренних параметров системы необходимо определить ее структуру, и взаимодействие ее элементов, включая определение вероятности переходов пользователей между узлами системы, которые могут быть заданы неразложимой стохастической матрицей $R = \|p_{ij}\|$ [14]. Интенсивность входящего потока на каждый узел системы можно вычислить по выражению:

$$\lambda_i = \Lambda \times p_{0i} + \sum_{j=1}^Y \lambda_j \times p_{ji}, \quad (3)$$

где Λ – общая интенсивность входного потока на систему.

В обобщенном виде стационарное среднее время длительности нахождения запроса в системе S можно записать в виде:

$$\bar{T}_S = \sum_{i=1}^Y \bar{a}_i \bar{u}_i = \sum_{i=1}^Y \bar{a}_i (\bar{w}_i + \bar{t}_i), \quad (4)$$

где \bar{a}_i – среднее число посещений i -го узла за все время пребывания в системе, при этом в случае линейной цепочки транзакций $a = 1$; \bar{u}_i – среднее время пребывания заявки в i -м узле; \bar{w}_i – среднее время ожидания обслуживания в i -м узле; \bar{t}_i – среднее время обслуживания в i -м узле.

Так же к временным характеристикам системы относится TTFB (*аббр. от англ. Time-to-First-Byte*), что в переводе означает «время до получения первого байта». Это тот момент времени, когда сервер отвечает на изначальный запрос клиента. Допустимые значения данного параметра для web-сервисов описаны в [17–18], представлена оценка приемлемого и терпимого времени ожидания пользователями доступа к приложению.

Заключение

Моделирование играет важную роль в прогнозировании разных типов услуг, включая предоставление обслуживания пользовательских сессий и задач в TR-услугах, определяет модели и методы для расчета вероятностно-временных характеристик. В данной работе аналитическое моделирование основывается на использовании методов теории массового обслуживания, в том числе математического аппарата сетей Джексона. Для более сложных систем, которые не поддаются математическому расчету, возможно использование имитационного моделирования. Анализ предметной области показал отсутствие единой модели для

оценки комбинированных инфокоммуникационных систем, что является основной причиной разработки комплекса моделей и методов оценки качественных характеристик услуг.

Возможные направления дальнейших исследований должны включать использование математического аппарата сетей Джексона для разработки:

- математических моделей для расчета вероятностно-временных характеристик сценариев рабочих процессов обслуживания запросов в TR-услугах;
- моделей и методов расчета качественных характеристик инфокоммуникационных услуг, поддерживающих пользовательские сеансы;
- инструментария оценки характеристик функционирования комбинированных услуг;
- алгоритма формирования рабочего процесса путем комбинирования эквивалентных слабосвязанных услуг с заявленным качеством обслуживания.

При этом оценка ошибки корреляции и повышение точности математических моделей диктуют необходимость разработка семейства имитационных моделей, которые бы позволили с большей адекватностью описывать реальное поведение системы и процессов в ней. Таким образом, важным направлением будущих исследований является использование математических и имитационных моделей.

Литература

1. Cherfi S., Comyn-Wattiau I., Akoka J. Quality Patterns for Conceptual Modelling // Proceedings of the 27th International Conference on Conceptual Modeling (Conceptual Modeling-ER 2008, Barcelona, Spain, 20–24 October 2008). Berlin, Heidelberg: Springer, 2008. PP. 142–153. DOI: 10.1007/978-3-540-87877-3_12
2. Rec. ITU-T E.800 (09/1994). Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability.
3. ISO/IEC 12207. System and software engineering – Software life cycle processes. 02/2008.
4. Птицына Л. К., Веселов В. О. Анализ интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2015. Т. 7. № 2. С. 42–47.
5. Petcu D. Identifying Cloud computing usage patterns // Proceedings of the IEEE International Conference on Cluster Computing Workshops and Posters (CLUSTER WORKSHOPS, Heraklion, Greece, 20–24 September 2010). IEEE, 2010. DOI: 10.1109/CLUSTERWKSP.2010.5613106
6. Márquez G., Astudillo H. Actual Use of Architectural Patterns in Microservices-Based Open Source Projects // Proceedings of the 25th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC, Nara, Japan, 04–07 December 2018). IEEE, 2018. PP. 31–40. DOI: 10.1109/APSEC.2018.00017
7. Душкин Д. Н. Анализ чувствительности веб-сервисов в задаче выбора оптимальной конфигурации систем с сервисно-ориентированной архитектурой // Управление большими системами: сборник трудов. 2012. № 40. С. 164–182.

8. Долженко А. И., Шполянская И. Ю., Глушенко С. А. Нечеткая продукционная сеть для анализа качества микросервисной архитектуры // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 4. С. 36–46. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.4.36.46
9. Городничев М. Г., Полонский Р. В. Оценка возможности использования микросервисной архитектуры при разработке пользовательских интерфейсов клиент-серверного программного обеспечения // Экономика и качество систем связи. 2020. № 3(17). С. 33–43.
10. Avritzer A., Ferme V., Janes A., Russo B., van Hoorn A., et al. Scalability Assessment of Microservice Architecture Deployment Configurations: A Domain-Based Approach Leveraging Operational Profiles and Load Tests // Journal of Systems and Software. 2020. Vol. 165. P. 110564. DOI: 10.1016/j.jss.2020.110564
11. Стоянченко С. С. SIMEVENT имитационная модель корпоративной информационной системы // Международная научно-практическая конференция «Технологические исследования: информационное обеспечение, алгоритм проведения, интерпретация результатов» (Казань, Российская Федерация, 23 мая 2020). Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Агентство международных исследований», 2020. С. 79–83.
12. Sužnjević M. Modelling of network traffic for multiplayer role playing games based on user behaviour. D.Sc. Thesis. Zagreb: University of Zagreb, 2012. 194 p.
13. Редругина Н. М. Модели и методы вычисления задержек при предоставлении услуг пользователем на сервисных платформах сеансовых инфокоммуникационных услуг // Т-Comm: Телекоммуникации и Транспорт. 2023. Т. 17. № 4. С. 32–38. DOI: 10.36724/2072-8735-2023-17-4-32-38
14. Зарубин А. А., Редругина Н. М. Моделирование игровых многопользовательских сервисов // Вестник связи. 2020. № 8. С. 11–16.
15. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Пер. с англ. М.: Машиностроение, 1979. 432 с.
16. ETSI TR 103 559 (08/2018). Speech and multimedia Transmission Quality (STQ); Best practices for robust network QoS benchmark testing and scoring.
17. Nah F. F. H. A study on tolerable waiting time: how long are Web users willing to wait? // Behaviour & Information Technology. 2004. Vol. 23. Iss. 3. PP. 153–163. DOI: 10.1080/01449290410001669914
18. ITU-T Rec. Y.3503 (05/2014). Requirements for desktop as a service

Статья поступила 28 июня 2023 г.
Одобрена после рецензирования 06 июля 2023 г.
Принята к публикации 14 августа 2023 г.

Информация об авторе

Редругина Наталья Михайловна – аспирант, ассистент кафедры Инфокоммуникационных систем Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций имени профессора М. А. Бонч-Бруевича.

E-mail: redrugina.nm@sut.ru

Approaches to Evaluating the Quality Characteristics of Combined Infocommunication Services

 **Redrugina N.** 

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

Problem definition. This article is an introduction to the development of methods and models for assessing the quality characteristics of combined infocommunication services. **Novelty.** Approaches to modeling two functionally different types of services are presented: session and transactional. **Result.** The principle of separation and further modeling of the complex is described infocommunication services. **Practical significance.** The proposed approaches will allow assessing and managing the quality of service, reducing modeling time due to clearly the described classification of services based on the principle of user interaction and the corresponding quality characteristics.

Keywords: combined services, infocommunication systems, simulation modeling, mathematical models, transactions, workflow, work-flow, user sessions, QoS (Quality of Service)

Information about Authors

Natalia Mikhailovna Redrugina – Ph.D. student, Assistant at the Department of Infocommunication Systems, Saint Petersburg State University of Telecommunications named after Prof. M.A. Bonch-Bruevich. E-mail: redrugina.nm@sut.ru