

12. Egawa T. SDN standardization Landscape from ITU-T Study Group 13. *ITU Workshop on SDN*, Geneva, Switzerland, 4 June 2013.
13. Braude E.J. *Software Design: From Programming to Architecture*. Saint Petersburg: Piter, 2003, 642 p. (In Russian.)
14. Pugachev V.S. *Introduction to Probability Theory*. Moscow: Nauka, 1968, 368 p. (In Russian.)
15. Wetzel E.S., Ovcharov L.A. *Theory of Random Processes and Its Engineering Applications*. Moscow: Akademiya, 2003, 440 p. (In Russian.)
16. Mochalov V.P., Bratchenko N.Y., Yakovlev S.V. Analytical model of object request broker based on Corba standard. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 1015, no. 2, p. 022012. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/2/022012.
17. Priya A.V., Radhika N. Performance comparison of SDN OpenFlow controllers. *International Journal of Computer Aided Engineering and Technology*, 2019, vol. 11, no. 4/5, pp. 467–479.
18. Nageswara S.V. Rao performance comparison of SDN solutions for switching dedicated long-haul connections // *ICN 2016: The Fifteenth International Conference on Networks*, 2016, pp. 110–117.
19. Bholebawa I.Z., Dalal U.D. Performance analysis of SDN/OpenFlow controllers: POX versus floodlight. *Wireless Personal Communications*, 2018, vol. 98, no. 2, pp. 1679–1699. DOI: 10.1007/s11277-017-4939-z.
20. Li T., Chen J., Fu H. Application scenarios based on SDN: An overview. *IOP Publishing. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*, 2019, vol. 1187, no. 5, p. 052067. DOI: 10.1088/1742-6596/1187/5/052067.

*Received 14.05.2020*

УДК 621.395.4

## ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ УСЛУГ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ TM FORUM FRAMEWORX

*Мочалов В.П., Линец Г.И., Братченко Н.Ю., Палканов И.С.  
Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, РФ  
E-mail: ilya0693@yandex.com*

Системы управления телекоммуникациями решают задачи реализации высокотехнологичных услуг связи за счет интеграции сервисов различных провайдеров, учета ресурсов, управления услугами и их показателями качества, прогнозирования и обеспечения спроса на услуги. Из-за ограничений, связанных с необходимостью формирования новых инфокоммуникационных услуг, обеспечения гибкости и удобства их модификации, система поддержки операций / система поддержки бизнеса (Operation Support System / Business Support System) не в полной мере соответствуют требованиям, предъявляемым к системам управления будущими сетями (Future Networks). В основу предлагаемых методов построения системы управления положен процессный подход, базирующийся на открытой цифровой архитектуре (Open Digital Architecture) концепции Tele Management Forum Frameworkx. Рассмотрены процессная модель системы эксплуатационного управления сетями и формальные постановки задач ее моделирования, а также предложена аналитическая модель, позволяющая оптимизировать ее загрузку. Путем использования аппарата полумарковских процессов, преобразований Лапласа и производящих функций получены оценки показателей качества услуг связи при реализации случайных объемов запросов на обслуживание.

**Ключевые слова:** *Operation Support System / Business Support System, услуга связи, Future Networks, Open Digital Architecture, Tele Management Forum Frameworkx, Network Functions Virtualization, программные компоненты, процессорные модули*

### **Введение**

Классический подход к проектированию телекоммуникационных сетей основан на использовании специализированных устройств (маршрутизаторов, коммутаторов, межсетевых экранов и др.).

Разработка сетей, состоящих из подобных монолитных элементов, требует выполнения длительных циклов пуско-наладочных работ, что замедляет ввод системы связи в эксплуатацию. При этом модификация существующих и развертыва-



Рисунок 1. Модель TMN Framework

ние новых услуг предполагают выполнение работ отдельно на каждом сетевом элементе и требуют высочайшей профессиональной подготовки оператора.

Использование подобной архитектуры приводит к неэффективному управлению сетью, затрудняет процесс создания новых услуг, увеличивает зависимость оператора от особенностей построения аппаратно-программного комплекса. При реализации будущих сетей связи необходимо применять подходы эффективного решения задач повышения качества поддержания новых сетевых услуг. Технология сетей нового поколения осуществляет переход к программно-конфигурируемым сущностям, реализацией которых может быть рассмотренная ниже процессно-ориентированная система управления.

### Принципы построения систем управления телекоммуникациями

До 1970 г. многие виды деятельности на предприятии связи выполнялись вручную и впоследствии были компьютеризированы. Первые системы поддержки операций системы поддержки бизнеса (Operation Support System/Business Support System, OSS/BSS) представляли набор самостоятельно созданных решений, не были связаны друг с другом и часто требовали ручного вмешательства. Необходимость стандартизации решений привела в 1990-х годах к созданию системы управления сетями операторов электро-

связи (Telecom-munications Management Network, TMN). В модели TMN определено четыре логических уровня управления: бизнесом, услугами, сетью и элементами.

Развитие TMN произошло с учетом модели Международной организации по стандартизации FCAPS, определяющей технологии автоматизированных решений по функциям распределения, контроля, мониторинга, тестирования и диагностики сетевых ресурсов. Дальнейшая эволюция сетей и предлагаемых ими услуг связи потребовала совершенствования инструментов OSS/BSS, что привело к созданию отраслевой некоммерческой ассоциации Tele Management (TM) Forum [1; 7].

Направления работы TM Forum изначально были связаны с сетями следующего поколения (Next Generation Networks, NGN) [3; 6] и системами управления операционной деятельностью нового поколения (New Generation Operations Systems and Software, NGOSS) [10]. Цель NGOSS – стандартизация бизнес-процессов операторов связи, определение форматов данных и интерфейсов взаимодействия с системой интеграции решений.

Будущие сети связи (Future Networks, FN) должны поддерживать предоставление широкого набора услуг на основе использования огромного количества разнообразного сетевого оборудования, в том числе нетрадиционного. Новые системы управления FN должны обеспечить функциональную гибкость для быстрого развер-

тывания новых услуг, а также требуемые уровни конфиденциальности и безопасности.

Современные центры обработки данных (ЦОД), используя технологии программно-конфигурируемых сетей, средства виртуализации серверной инфраструктуры FirstFit, RandomFit, Min-Min, Max-Min, CPUload, Windows Azure и поддерживающие разнообразные приложения, предоставляют пользователям разные услуги и сетевые сервисы с учетом соглашений об уровнях обслуживания (SLA). Виртуализация серверной инфраструктуры, направленная на повышение эффективности управления ресурсами ЦОД и основанная на технологиях поддержки гипервизоров, обеспечивает распределение виртуальных машин (ВМ) между физическими серверами ЦОД, применяя при этом алгоритмы оптимизации их загрузки.

В основу построения данных алгоритмов положены методы миграции виртуальных машин с перегруженных серверов, разделение их ресурсов для работы с множеством приложений, консолидации виртуальных машин и разделения процессорного времени физических серверов между виртуальными машинами. В руководящих документах TM Forum предложена открытая цифровая архитектура (Open Digital Architecture, ODA) [9], которая должна заменить традиционные системы управления OSS/BSS, радикально упростить и автоматизировать основные бизнес-процессы (БП) оператора связи. Функционал ODA нацелен на обеспечение выполнения БП полностью без вмешательства человека с использованием новейших технологий, включая искусственный интеллект.

Одной из ключевых концепций создания ODA является использование компонентного подхода с применением логики микросервисов (Microservices) и открытых программных интерфейсов (Open APIs).

Реализация проекта ODA основывается на использовании концепции Framework TM Forum [8], которая пришла на смену NGOSS. Framework позволяет точно описать компоненты БП с точки зрения выполняемых ими функций, связанной с ними информацией и других характеристик. Основу концепции Framework образуют следующие среды:

- Business Process Framework (eTOM) описывает структуру бизнес-процессов компании связи;
- Information Framework (SID) описывает данные;
- Application Framework (TAM) описывает структуру компонентов информационной среды;

– Open APIs – представляет собой набор стандартных API, обеспечивающих быструю, повторяемую и гибкую интеграцию между операциями и системами управления;

– Metrics – это стандартизированная модель показателей, объединяющая более 2900 стандартных измеримых показателей для оценки различных аспектов деятельности.

В основу построения OSS/BSS будущих сетей может быть положен процессно-ориентированный подход, базирующийся на концепции Framework и представленный множеством связанных между собой процессорных модулей (ПМ), с распределенными на них программными компонентами (ПК), ориентированными на выполнение БП оператора связи [10]. Процессорные модули могут реализовываться в виде физических устройств (один или несколько микропроцессоров на общей памяти) или виртуально в виде процессов операционной системы, представляющих виртуальные сетевые функции.

Реализация любого БП осуществляется при этом путем выделения соответствующей совокупности ПК. Решение подобных задач включает в себя построение алгоритмов оптимального распределения ПК по ПМ, а также разработку эффективного расписания взаимодействия ПК, снижающего системные затраты при обмене данными. Основными параметрами, оказывающими определяющее влияние на показатели качества при этом являются распределения потоков обслуженных заявок, загрузка системы, связанная с периодом ее занятости, распределения времени обслуживания заявок, вероятность отказа в обслуживании и вариации соответствующих задержек.

Формальная модель распределенной системы управления телекоммуникациями показана на рисунке 2. Реализация процесса выполнения услуги по соответствующему запросу системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) основана на формировании гибких связей между соответствующими элементами БП и исполнением их ПК. Потоки заявок на реализацию услуг связи поступают в систему CRM. Каждый запрос на обслуживание, поступивший в OSS/BSS, соответствует определенному БП, реализуемому множеством ПК, взаимодействующих через среду интеграции (Integration Layer).

Показателями качества, оценивающими данную систему, являются [10]:

- период занятости системы управления  $\Pi(t)$  – длительность временного интервала от момента поступления запроса в незанятую си-

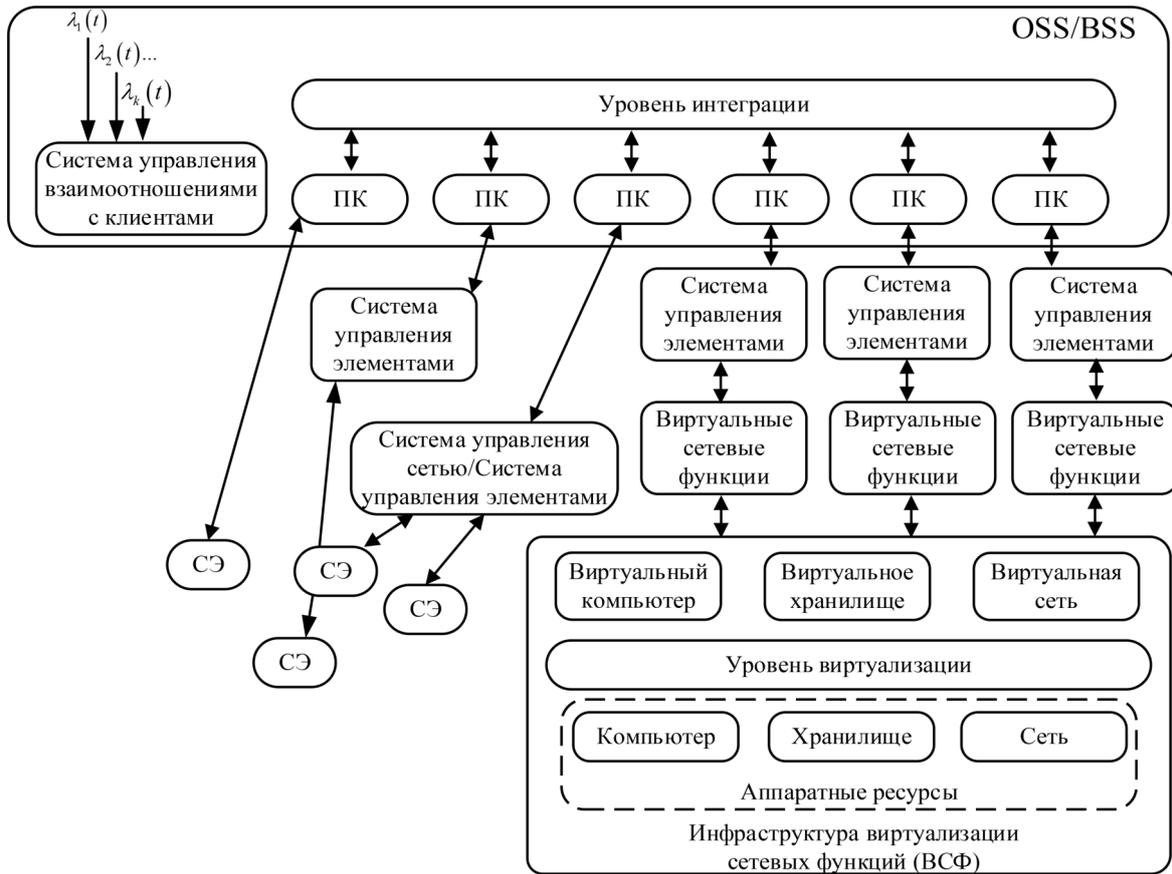


Рисунок 2. Формальная модель распределенной системы управления телекоммуникациями

стему до момента времени, когда система вновь будет незанятой;

- число запросов в системе управления  $\eta(t)$ ;
- время ожидания и время пребывания требования в системе  $W_n, V_n$ .

Введем следующие обозначения:  $\pi(q)$  – преобразование Лапласа – Стилтеса (ПЛС) случайной величины  $\Pi(t)$ ,  $B(t) = P\{\xi < t\}$  – функция распределения времени обслуживания  $\xi$ ,  $\beta(q)$  – ее ПЛС,  $P_n(t) = P\{\eta(t) = n\}$ ,  $n = 0, 1, \dots$ , а также  $P_n(x, t) dx = P\{\eta(t) = n, \xi(t) \in [x; x + dx]\}$ .

Считаем также, что время пребывания запросов на обслуживание распределено по экспоненциальному закону и отдельные состояния процесса могут быть поглощающими. Используя метод введения дополнительного события, можно получить также выражения для вычисления ПЛС данных случайных величин [3].

Известно, что если  $\rho = \alpha\beta_1 < 1$  при  $t \rightarrow \infty$ ,  $P_n(x, t) \rightarrow P_n(x)$  тогда

$$P(z) = \sum_n P_n z^n,$$

$$\pi(q) = \beta(q + \alpha - \alpha\pi(q)).$$

Отсюда получаем среднее значение и дисперсию периода занятости системы:

$$\pi_1 = EP = -\pi'(0) = \frac{\beta_1}{1 - \rho}; \tag{1}$$

$$\pi_2 = EP^2 = -\pi''(0) = \frac{\beta_2}{(1 - \rho)^3}.$$

Очевидно, что для подобной системы массового обслуживания (СМО) имеем  $V_n = W_n + \xi_n$ , где  $\xi_n$  – время обслуживания  $n$ -го требования. При этом ПЛС может быть получена при любых распределениях случайных величин

$$W_n(q) = \int_0^\infty e^{-qt} dW_n(t), \quad V_n(q) = \int_0^\infty e^{-qt} dV_n(t),$$

$$V_n(q) = W_n(q)\beta(q).$$

где  $\beta(q)$  – ПЛС времени обслуживания  $\xi$ . Тогда средние значения стационарного времени ожидания и пребывания требований:

$$W_1 = EW = \frac{\alpha\beta_2}{2(1 - \xi)}; \tag{2}$$

$$W_2 = EW^2 = \frac{\alpha\beta_3}{3(1 - \xi)} + \frac{(\alpha\beta_2)^2}{2(1 - \xi)^2}; \tag{3}$$

$$V_1 = EV = W_1 + \beta_1;$$

$$V_2 = EV^2 = W_2 + \beta_2 + 2W_1\beta_1.$$

Будем считать  $L(x) = P\{\gamma < x\}$ ,  $q_k = P\{\gamma = k\}$ ,  $k = 1, 2, \dots$ ,  $\sum_{k=1}^{\infty} q_k = 1$ , где  $\gamma$  – объем требования.

Производящая функция числа знаков требования  $Q(z) = \sum_{k=1}^{\infty} q_k z^k$ ,  $|z| \leq 1$ .

Распределение времени обслуживания запроса произвольной длины задано произвольной функции распределения  $E(t)$ ,  $\varepsilon(q)$  – ПЛС функции распределения  $E(t)$ .

Тогда производящая функция его случайной величины имеет вид

$$R(z) = Ez^\sigma = \frac{(1-\rho)(1-z)\varepsilon(\alpha - \alpha Q(z))}{\varepsilon(\alpha - \alpha Q(z)) - Z}. \quad (4)$$

Используя данное выражение можно определить моменты случайной величины любого порядка. Длительности запросов на обслуживание будем считать распределенными по геометрическому закону:

$$P\{\gamma = k\} = P(1-\rho)^{k-1}, \quad k = 1, 2, \dots, \quad P > 0.$$

$$L(x) = P(\gamma < x) = 1 - e^{-fx},$$

при  $f = P$  средняя длина запроса равна  $\phi_1 = 1/f$ .  
Время обслуживания требования  $\xi = c\gamma$ , тогда

$$\begin{aligned} B(t) &= P\{\xi < t\} = \\ &= P\{\gamma < t/c\} = L(t/c) \approx 1 - e^{-\mu t}, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\mu = f/c$ .

Тогда  $P_k = P\{\eta = k\} = (1-\rho)\rho^k$ ,  $k = 0, 1, \dots$ , где  $\rho = \alpha/\mu$ ,  $\alpha$  – интенсивность входного потока.

Функция распределения времени обслуживания запроса  $i$ -го типа зависит от загрузки каждого из ПМ системы запросами, поступившими при реализации других БП, а также от используемых алгоритмов очередности его обслуживания. Отсюда возникает задача формирования такой последовательности прохождения запроса через соответствующие ему ПМ, при которой время его обслуживания будет минимальным, т. е. задача выбора контура обслуживания минимальной длины, с учетом возможных блокировок процессов обработки запросов, связанных с занятостью ПК другими процессами.

Если для ПК  $f_i$  и  $f_j$  известна частота их взаимных запросов  $P(i, j)$ , тогда частота одно-временных обращений на ПМ с номером  $k$  будет равна

$$C_k = \sum_{i,j} p(i, j).$$

Тогда суммарная частота взаимных запросов для всего множества ПК системы запишется как

$$C = \sum_{k=1}^d C_k = \sum_{k=1}^d \sum_{i,j} p(i, j).$$

Снижение числа возникающих конфликтов, параллельно реализуемых БП, можно осуществить путем последовательной перестановки ПК по различным ПМ системы. Показателем рационального размещения ПК по ПМ при этом является параметр

$$\begin{aligned} \Delta C &= \sum_{i \in ПМ_i} (P(i, j) + P(j, i)) - \\ &- \sum_{i \in ПМ_s} (P(i, j) + P(j, i)). \end{aligned}$$

Перестановка завершается, когда любое перемещение ПК по допустимым ПМ не приводит к увеличению данного показателя. Считаем, что плотность распределения длительности обслуживания запросов на реализацию услуг связи зависит только от величины загрузки ПК. Число заказов в очереди обозначим  $V_{i1}(t)$ ,  $V_{i2}(t)$ ,  $V_{i3}(t)$ . Среднее время, в течение которого ПК системы занят обслуживанием запросов, зависит от их числа в очереди и равно

$$V_{ij}(t) \int_0^{\infty} S f_{ij}(s) ds = V_{ij}(t) \bar{S}_{ij}, \quad (6)$$

а среднее время, когда он свободен, равно  $t - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^3 V_{ij}(t) \bar{S}_{ij}$ , где  $S$  – объем заявки.

Тогда при  $t \rightarrow \infty$

$$V_{ij}(t) = \lambda_i \left( t - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^3 V_{ij}(t) \bar{S}_{ij} \right). \quad (7)$$

$$V_{i2}(t) + V_{i3}(t) = \lambda_i \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^3 V_{ij}(t) \bar{S}_{ij}. \quad (8)$$

С учетом экспоненциального распределения входных потоков заявок вероятность поступления заявки типа  $i$  в интервале времени  $(h, h + dh)$  равна  $e^{-\lambda h} \lambda_i dh$ , тогда

$$\int_0^T e^{-\lambda h} \lambda_i dh = \frac{\lambda_i (1 - e^{-\lambda T})}{\lambda}. \quad (9)$$

Отсюда следует

$$\begin{aligned} V_{i2}(t) &= \int_0^{\infty} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^3 V_{ij}(t) f_{ij} \times \\ &\times (T) \frac{\lambda_i (1 - e^{-\lambda T})}{\lambda} dT = \\ &= \frac{\lambda_i}{\lambda} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^3 V_{ij}(t) (1 - L_{ij}), \end{aligned} \quad (10)$$

где  $L_{ij} = \int_0^{\infty} f_{ij}(T) e^{-\lambda T} dT$  при выполнении технологического условия

$$1 - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^3 V_{ij}(t) \bar{S}_{ij} \geq 0.$$

В основу алгоритма минимизации общего времени выполнения множества запросов на реализацию услуг связи может быть положен подход, устраняющий тупиковые ситуации, связанные с занятостью ПК параллельными процессами. В работе [10] предлагается использовать для этой цели метод принудительной блокировки процессов.

### Заключение

Рассмотрены основные подходы к построению и анализу процессно-ориентированных распределенных систем управления телекоммуникациями на основе открытой цифровой архитектуры (Open Digital Architecture) концепции TM Forum Framework, при которых функции системы управления реализуются совокупностью связанных между собой процессорных модулей с установленными на них программными компонентами, каждая из которых выполняет одну или несколько бизнес-задач, являющихся составными элементами бизнес-процесса, и может служить основой для разработки более гибких систем управления телекоммуникациями. Предложена аналитическая модель системы управления телекоммуникациями, позволяющая оптимизировать ее загрузку. Путем использования формального аппарата полумарковских процессов, преобразований Лапласа и производящих функций получены оценки показателей качества обработки запросов случайного объема.

### Финансирование

Данные исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), грант № 19-07-00856\20.

### Литература

1. NFV Nomepage on ETSI. URL: <https://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/nfv/> (дата обращения: 05.04.2020).

2. Management and orchestration challenges in network functions virtualization / R. Mijumbi [et al.] // IEEE Communications Magazine. 2016. Vol. 54 (1). P. 98–105.
3. Mehraghdam S., Keller M., Karl H. Specifying and placing chains of virtual network functions // 2014 IEEE 3rd International Conference on Cloud Networking (CloudNet). 2014. P. 7–13.
4. SDN Nomepage on Open Networking Foundation. URL: <https://www.opennetworking.org/sdn-definition> (дата обращения: 09.04.2020).
5. McKeown N. Software-defined networking // INFOCOM Keynote Talk. 2009. Vol. 17 (2). P. 30–32.
6. Hu F., Hao Q., Bao K. A survey on software-defined network and openflow: From concept to implementation // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2014. Vol. 16 (4). P. 2181–2206.
7. Telecommunications Network and Service Architectures on EFORT. URL: [http://efort.com/media\\_pdf/architutures\\_efort\\_eng.pdf](http://efort.com/media_pdf/architutures_efort_eng.pdf) (дата обращения: 12.04.2020).
8. Gluhov V.V., Ilin I.V. Project portfolio structure in a telecommunications company // In International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking. Springer, Cham, August 2014. P. 509–518.
9. Mochalov V.P., Bratchenko N.Yu., Yakovlev S.V. Analytical model of object request broker based on Corba standard // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1015. № 2. P. 022012. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/2/022012.
10. Distributed Management System for Infocommunication Networks Based on TM Forum Framework / V.P. Mochalov [et al.] // REMS 2018: Russian Federation & Europe Multidisciplinary Symposium on Computer Science and ICT, NCFU – North-Caucasus Federal University Stavropol, Russia, October 2018.

Получено 24.05.2020

**Мочалов Валерий Петрович**, д.т.н., профессор кафедры инфокоммуникаций (ИК) Северо-Кавказского федерального университета (СКФУ). 355028, Российская Федерация, Ставропольский край, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2 (корпус 9). Тел. +7 865 295-69-97. E-mail: [mochalov.valery2015@yandex.ru](mailto:mochalov.valery2015@yandex.ru)

**Линец Геннадий Иванович**, д.т.н., заведующий кафедрой ИК СКФУ. 355028, Российская Федерация, Ставропольский край, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2 (корпус 9). Тел. +7 865 295-69-97. E-mail: [kbytw@mail.ru](mailto:kbytw@mail.ru)

**Братченко Наталья Юрьевна**, к.ф.-м.н., доцент кафедры ИК СКФУ. 355028, Российская Федерация, Ставропольский край, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2 (корпус 9). Тел. +7 865 295-69-97. E-mail: [n.b.20062@yandex.ru](mailto:n.b.20062@yandex.ru)

**Палканов Илья Сергеевич**, аспирант кафедры ИК СКФУ. 355028, Российская Федерация, Ставропольский край, г. Ставрополь, пр-т Кулакова, 2 (корпус 9). Тел. +7 865 295-69-97. E-mail: ilya0693@yandex.ru

## PROCESS-ORIENTED QUALITY CONTROL SYSTEM FOR INFOCOMMUNICATION SERVICES BASED ON TM FORUM FRAMEWORX

*Mochalov V.P., Linets G.I., Bratchenko N.Yu., Palkanov I.S.  
North Caucasus Federal University, Stavropol, Russian Federation  
E-mail: ilya0693@yandex.com*

The existing management systems for telecommunications implement high-tech services by integrating services from different providers, allocating resources, managing services and their quality indexes as well as by predicting and maintaining the demand for services. Due to the constraints connected with the formation of new infocommunication services, their flexibility and convenient modification, Operation Support Systems/Business Support Systems do not fully match the modern requirements for the management systems of Future Networks. The management system design methods suggested below involve the process approach based on the Open Digital Architecture of Tele Management Forum Framework. This paper considers a process model of operational management systems for infocommunication networks and formal statements of associated modeling problems; an analytical load optimization model is suggested. The rigorous framework of semi-Markovian processes, Laplace transforms and generating functions is used for estimating some processing characteristics of a random flow of service requests.

**Keywords:** *Operation Support System/Business Support System, communication service, Future Networks, Open Digital Architecture, Tele Management Forum Framework, Network Functions Virtualization, software components, processor modules*

**DOI:** 10.18469/ikt.2020.18.2.06

**Mochalov Valeriy Petrovich**, North-Caucasus Federal University, 2 (building 9), Kulakov Avenue, Stavropol, Stavropol Territory, 355028, Russian Federation. Doctor of Technical Science, Professor of Infocommunication Department. Tel. +7 865 295-69-97. E-mail: mo-chalov.valery2015@yandex.ru

**Linets Gennadiy Ivanovich**, North-Caucasus Federal University, 2 (building 9), Kulakov Avenue, Stavropol, Stavropol Territory, 355028, Russian Federation. Doctor of Technical Science, Associate Professor, Head of Infocommunication Department. Tel. +7 865 295-69-97. E-mail: kbytw@mail.ru

**Bratchenko Natalya Yurevna**, North-Caucasus Federal University, 2 (building 9), Kulakov Avenue, Stavropol, Stavropol Territory, 355028, Russian Federation. PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of Infocommunication Department. Tel. +7 865 295-69-97. E-mail: n.b.20062@yandex.ru

**Palkanov Ilya Sergeevich**, North-Caucasus Federal University, 2 (building 9), Kulakov Avenue, Stavropol, Stavropol Territory, 355028, Russian Federation. PhD Student of Infocommunication Department. Tel. +7 865 295-69-97. E-mail: ilya0693@yandex.ru

### References

1. *NFV homepage on ETSI*. URL: <https://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/nfv/> (accessed: 05.04.2020).
2. Mijumbi R. et al. Management and orchestration challenges in network functions virtualization. *IEEE Communications Magazine*, 2016, vol. 54 (1), pp. 98–105.
3. Mehraghdam S., Keller M., Karl H. Specifying and placing chains of virtual network functions. *2014 IEEE 3rd International Conference on Cloud Networking (CloudNet)*, 2014, pp. 7–13.

4. *SDN homepage on Open Networking Foundation*. URL: <https://www.opennetworking.org/sdn-definition> (accessed: 09.04.2020).
5. McKeown N. Software-defined networking. *INFOCOM keynote talk*, 2009, vol. 17 (2), pp. 30–32.
6. Hu F., Hao Q., Bao K. A survey on software-defined network and openflow: From concept to implementation. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2014, vol. 16 (4), pp. 2181–2206.
7. *Telecommunications Network and Service Architectures on EFORT*. URL: [http://efort.com/media\\_pdf/ARCHITECTURES\\_EFORT\\_ENG.pdf](http://efort.com/media_pdf/ARCHITECTURES_EFORT_ENG.pdf) (accessed: 12.04.2020).
8. Gluhov V.V., Ilin I.V. Project portfolio structure in a telecommunications company. *International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking*, 2014, Springer, Cham, pp. 509–518.
9. Mochalov V.P., Bratchenko N.Yu., Yakovlev S.V. Analytical model of object request broker based on Corba standard. *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 1015, no. 2, p. 022012. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/2/022012.
10. Mochalov V.P. et al. Distributed Management System for Infocommunication Networks Based on TM Forum Framework. *REMS 2018: Russian Federation & Europe Multidisciplinary Symposium on Computer Science and ICT, NCFU, North-Caucasus Federal University Stavropol, Russia, October 2018*.

*Received 24.05.2020*

УДК 621.391.8

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТА ИСКАЖЕНИЯ НАВИГАЦИОННОГО ПОЛЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОМЕХОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЕМНИК РБЛА

*Сагдеев К.М., Линец Г.И., Мельников С.В., Исаев А.М., Исаев М.А.  
Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, РФ  
E-mail: territoreer@yandex.ru*

Предложен способ, позволяющий достоверно определять факт искажения навигационного поля GPS/ГЛОНАСС и идентифицировать помеховые воздействия за счет использования дополнительной информации, получаемой в процессе обработки навигационных параметров в вычислителе навигационного приемника. С целью идентификации состояния навигационного поля GPS/ГЛОНАСС предложено введение типовых классов. Используется сравнительная оценка текущих результатов навигационных измерений с расчетными значениями, полученными экстраполированием некоторого участка с достоверными измерениями и байесовский вероятностный подход при решении задачи обнаружения факта искажения навигационного поля и идентификации помехового воздействия. Разработанный способ позволяет с высокой достоверностью оценивать состояние навигационного поля GPS/ГЛОНАСС, а при его искажении идентифицировать вид помехового воздействия. Результаты работы рекомендуется использовать для усовершенствования алгоритма управления роботизированным беспилотным летательным аппаратом с целью расширения его функциональных возможностей в автономном режиме работы в условиях воздействия преднамеренных или естественных помех.

**Ключевые слова:** *местопределение, роботизированный беспилотный летательный аппарат, искажение навигационного поля, преднамеренные помехи, обработка навигационных параметров*

### Введение

Для роботизированных беспилотных летательных аппаратов (РБЛА) процедура определения навигационных параметров по сигналам глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) должна производиться с высокой степенью достоверности [1]. Однако в условиях помехового воздействия измеренные оценки навигационных параметров будут значительно отличаться от истинных значений. Особенно опасны случаи, когда величина ошибки превышает

максимально допустимое значение. Они могут рассматриваться как факты искажения (нарушения целостности) навигационного поля (НП). О возникновении таких фактов система управления РБЛА должна быть оперативно оповещена, причем не позднее заранее установленного времени, которое определяется, как правило, моментом очередного обновления навигационной информации, т. е. должна осуществляться в режиме реального времени.

Анализ источников [2–7] показал, что для повышения достоверности принимаемых навига-