

Модель автоматизированного управления телекоммуникационным слоем киберсреды постиндустриального общества в условиях внешних деструктивных воздействий

Г. В. Верхова¹, С. В. Акимов², К. В. Белоус³

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
¹galina500@inbox.ru, ²akimov-sv@yandex.ru, ³kostos2@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты научных исследований в области автоматизированного управления телекоммуникационным слоем киберсреды постиндустриального общества в условиях внешних деструктивных воздействий. Приведена предложенная авторами квалиметрическая модель, отражающая комплексные показатели эффективности функционирования телекоммуникационного слоя в сложной помеховой обстановке. Полученные результаты могут быть использованы при создании программного обеспечения автоматизированного управления телекоммуникационным слоем киберсреды в условиях внешних деструктивных воздействий.

Ключевые слова: телекоммуникационный слой; сеть связи; внешние деструктивные воздействия; сложная помеховая обстановка; квалиметрическая модель; NP-трудные задачи; управление телекоммуникационным слоем

I. ВВЕДЕНИЕ

Современная цивилизация не может существовать без надежно функционирующей связи. От бесперебойной и качественной работы сетей и систем связи зависит функционирование всей инфраструктуры постиндустриального общества, включая киберсреды и киберфизические системы. Этим обусловлена необходимость обеспечения функционирования сетей связи не только в нормальных условиях, но и в условиях внешних деструктивных воздействий.

Основными типами внешних деструктивных воздействий на сети и системы связи являются:

- антропогенные воздействия, связанные с человеческим фактором;
- техногенные воздействия, обусловленные свойствами технических средств;
- стихийные воздействия, вызванные природными явлениями.

В условиях формирования единой киберсреды постиндустриального общества решение проблемы

обеспечения устойчивого функционирования ее телекоммуникационного слоя в условиях внешних деструктивных воздействий становится особенно актуальной. В киберсреде реализуется комплексное отображение объектов мониторинга и управления в виртуальное пространство, автоматический анализ полученных данных в реальном масштабе времени с целью выявления потенциально опасных ситуаций, генерацию рациональных управленческих решений.

Обеспечение устойчивого функционирования сети связи в условиях внешних деструктивных воздействий является сложной теоретической и инженерной задачей. Решение данной задачи, в частности, требует привлечения математического аппарата решения NP-трудных задач и методов выбора алгоритмов, максимально отвечающих текущим условиям. В данной статье приведены результаты исследований в области создания модели автоматизированного управления телекоммуникационным слоем киберсреды в условиях внешних деструктивных воздействий.

II. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЙ СЛОЙ КИБЕРСРЕДЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

На сегодняшний день существует острая потребность в развитии киберпространства, что необходимо для обеспечения комплексной безопасности, экономического развития, усиления международных связей, повышения уровня благосостояния граждан постиндустриального общества. Указанная проблема имеет мировой интерес и находит свое развитие в различных программах ведущих стран мирового сообщества, направленных на решение проблем в области радиоэлектроники, телекоммуникаций, вычислительной техники и смежных областей [1-3].

Формирование единого киберпространства стало возможным благодаря успехам в области радиоэлектроники [4-10], сделавшим общедоступными и широко распространенными новейшие высокотехнологические устройства, которые станут основой создаваемой киберсреды.

В концептуальном плане киберсреда (рис. 1) может быть представлена следующим выражением (1):

$$K = \langle O, S, T, O', A, DM \rangle, \quad (1)$$

где

O – объекты мониторинга и управления;

S – сенсорный слой, получающий информацию о состоянии O ;

T – телекоммуникационный слой, обеспечивающий передачу информации от объектов в слой цифровых двойников (O');

O' – виртуальные образы объектов мониторинга и управления (цифровые двойники);

A – информационно-аналитический слой, в котором анализируется ситуация и вырабатываются рекомендации по принятию управленческих решений;

DM – лица принимающие решения.

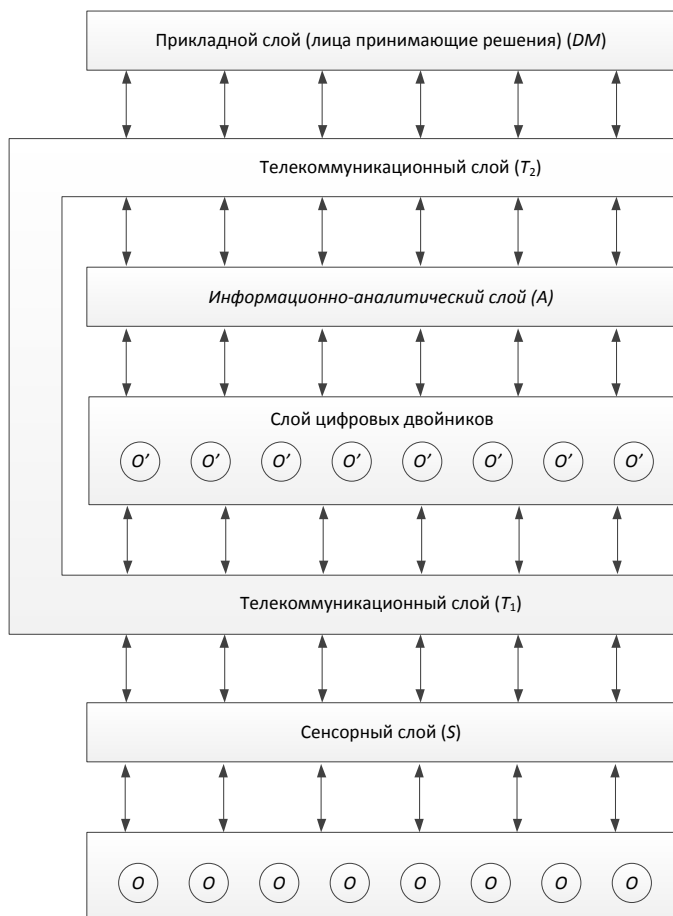


Рис. 1. Концептуальная модель киберсреды информационного общества

Телекоммуникационный слой (T) киберсреды информационного общества обеспечивает передачу информации от сенсорного слоя к слою цифровых двойников (T_1) и от информационно-аналитического слоя

обеспечивают доставку информации лицам, принимающим решения (T_2):

$$T = \langle T_1, T_2 \rangle, \quad (2)$$

а при необходимости, и обратно к исполнительным механизмам, воздействующим на объекты O .

Телекоммуникационный слой представляет собой сеть связи, которая обеспечивает передачу информационных потоков между отдельными слоями киберсреды. Представим сеть связи в виде системы, в состав которой входят:

- входные и выходные информационные потоки I и I' ;
- структурная матрица B , определяющая множество допустимых структур сети связи, размерности $N \times N$, где N – максимальное число информационных направлений.

Учитывая независимость направлений, получим конечное счетное множество матриц с количеством элементов 2^N , в которых $b_{ij} = 1$, если организуется передача информации от i -го узла связи к j -му, и $b_{ij} = 0$ – в противном случае.

III. КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМ СЛОЕМ КИБЕРСРЕДЫ

Квалиметрическая модель Q является частью комплексных моделей и представляет качественные показатели объекта Q_i [4, 6]:

$$Q = \langle Q_1, \dots, Q_n \rangle \quad (3)$$

Квалиметрические модели могут выражать как отдельные критерии, так и интегрированные, представленные в виде свертки отдельных критериев. Квалиметрическая модель является надстройкой над параметрической моделью (4):

$$Q = f(P) = \langle f(P_1), \dots, f(P_n) \rangle \quad (4)$$

Квалиметрическая модель управления сетью связи, реализующей телекоммуникационный слой киберсреды информационного общества, отражает систему комплексных показателей эффективности функционирования данной сети (рис. 2).

Квалиметрическая модель формируется в виде иерархической системы в соответствии с единой методологической концепцией построения информационных систем, которая предусматривает рассмотрение любой сети обмена информацией с позиций эталонной модели взаимодействия открытых систем (OSI – Open Systems Interconnection Basic Reference Model). Данный подход обеспечит возможность использования предложенных квалиметрических моделей для оценки и управления любыми сетями связи, входящими в состав телекоммуникационного слоя киберсреды [11-15].

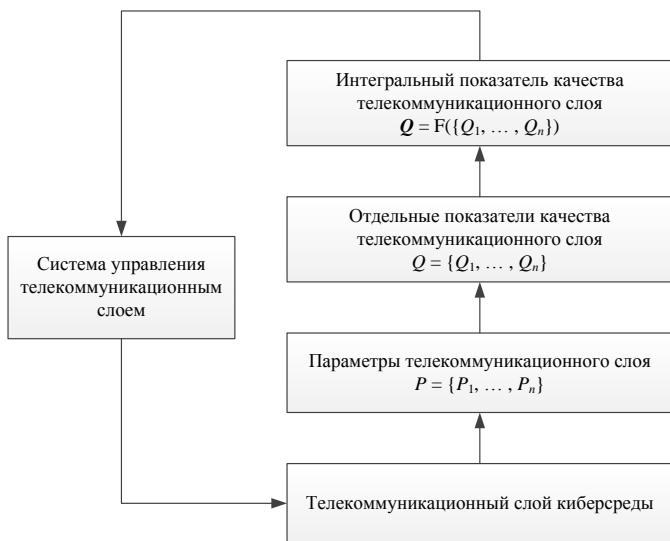


Рис. 2. Квалиметрическая модель управления телекоммуникационным слоем киберсреды

Ресурс сети S , подвергшийся внешним деструктивным воздействиям, задается множеством стохастических матриц размера $M \times N$ (рис. 3):

$$|S|_{M \times N}^1 = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1N} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{M1} & S_{M2} & \dots & S_{MN} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

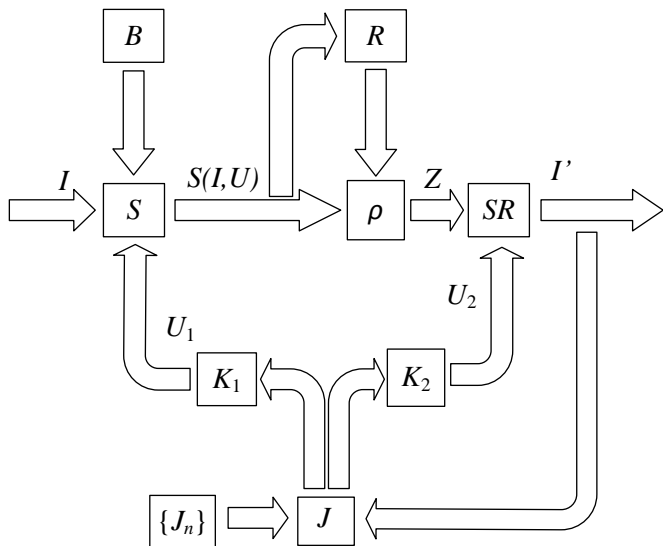


Рис. 3. Обобщённая модель функционирования телекоммуникационного слоя киберсреды в условиях внешних деструктивных воздействий

Матрица (5) представляет собой стратегию системы управления сетью связи, а S_{ij} – вероятность работы j -го направления в i -м варианте построения сети связи, при ограничениях:

$$\sum_{i \in M} s_{ij} \leq 1,$$

где M – количество типов линий связи i -го направления. Множество стратегий системы управления сетью связи представляет собой множество всех матриц $S = \{S_k\}$.

Приоритетность информационных направлений задается диагональной матрицей $|A|_{M \times N}$, элементами которой являются весовые коэффициенты α_{ij} , учитывающие важность i -го информационного направления:

$$\|A\|_{N \times N} = \begin{pmatrix} a_{11}, 0, \dots, 0 \\ 0, a_{22}, \dots, 0 \\ \dots \dots \dots \\ 0, 0, \dots, a_{NN} \end{pmatrix}, \sum_{i \in N} \alpha_{ij} = 1 \quad (6)$$

Другими элементами модели являются:

ρ – оператор взаимодействия ресурса сети и внешних деструктивных воздействий;

L_{SR} – множество допустимых алгоритмов обработки наблюдений Z ;

U – множество допустимых алгоритмов управления ресурсом S ;

J_n – показатели качества функционирования отдельных информационных направлений; обобщенным показателем качества работы сети J .

Внешние деструктивные воздействия описываются в виде стохастических матриц размером $N \times C$:

$$\|R\|_{N \times C}^1 = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1C} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2C} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{N1} & r_{N2} & \dots & r_{NC} \end{pmatrix} \quad (7)$$

Элементы матрицы r_{ij} (7) трактуются как вероятности воздействия j -го варианта фактора угрозы на i -й вариант информационного направления.

Управление телекоммуникационным слоем в условиях внешних деструктивных воздействий основан на нахождении оптимального показателя качества функционирования J в условиях воздействия различных угроз. Если J может быть выражена количественно, то задача оптимизации может быть сведена к задаче нахождения супремума или инфимума функционала J :

$$\sup J \{S(u), R, Z(u)\} \quad (8)$$

в области, определяемой системой ограничений:

$$\begin{cases} S(u) \in S \\ R \in R \\ Z(u) \in Z' \\ u \in U \end{cases} \quad (9)$$

Цель оптимизации состоит в выборе одной из матриц S_k , которая обеспечивает наивысшую эффективность системы по введенному показателю качества.

IV. ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Задача поиска показателя качества J относится к классу NP-трудных задач, поэтому она не может быть решена за приемлемое время путём прямого перебора и требует разработки программно-алгоритмического обеспечения, позволяющее получить рациональное решение. Такое программно-алгоритмическое обеспечение может быть использовано в программно-аппаратных комплексах систем управления телекоммуникационным слоем киберсреды постиндустриального общества в условиях воздействия внешних деструктивных факторов.

Шаг 1. Ввод исходных значений стратегий системы управления.

Шаг 2. Выбор типов линий связи, которые будут использованы в условиях внешних деструктивных воздействий.

Шаг 3. Ввод параметров внешних деструктивных воздействий.

Шаг 4. Заполнение матрицы частных показателей эффективности (конфигурация квалиметрической модели).

Шаг 5. Ввод ограничений (конфигурация квалиметрической системы).

Шаг 6. Определение состояния сети связи, реализующей телекоммуникационный слой киберсети постиндустриального общества.

Шаг 7. Вычисление интегрального показателя качества (решение квалиметрической модели).

Шаг 8. Выполнение оптимизации сети связи по значению интегрального показателя качества, полученного в результате решения квалиметрической модели.

Шаг 9. Выработка управляющих воздействий на телекоммуникационный слой киберсреды постиндустриального общества.

Шаг 10. Если внешние деструктивные воздействия прекращены и результаты этих воздействий ликвидированы, то окончание работы алгоритма; в противном случае переход к шагу 1.

Программно-алгоритмическое обеспечение должно создаваться на основе современных программных платформ, с использованием технологии объектно-ориентированного программирования. Оно должно позволить по заданным параметрам (ресурсу сети, возможным внешним деструктивным воздействиям, перечню доступных направлений связи и их

приоритетности) смоделировать различные сценарии с целью выбора оптимальной стратегии противодействия внешним деструктивным факторам, обеспечив снижение объёма причиняемого ущерба.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены результаты исследований в области управления телекоммуникационным слоем киберсреды постиндустриального общества в условиях внешних деструктивных воздействий. Предложен подход к решению данной задачи с использованием методологии квалиметрических моделей, являющихся составной частью комплексных и интегративных моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Department of Defense Fiscal Year (FY). President's Budget Submission. Defense Advanced Research Projects Agency. Justification Book Volume 1. Research, Development, Test & Evaluation, Defense-Wide, 2014.
- [2] Department of Defense Fiscal Year (FY) President's Budget Submission. Defense Advanced Research Projects Agency. Justification Book Volume 1. Research, Development, Test & Evaluation, Defense-Wide, 2013.
- [3] Department of Defense Fiscal Year (FY) Budget Estimates. Defense Advanced Research Projects Agency. Justification Book Volume 1. Research, Development, Test & Evaluation, Defense-Wide, 2012.
- [4] Verkhova G.V., Akimov S.V. Multi-aspect modeling system objects in CALS // Proceedings of 2017 XX IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM) 2017. Pp. 449-451.
- [5] Akimov S.V., Verkhova G.V. The Four-Level Integrative Model Methodology of Structural And Parametric Synthesis of System Objects // Proceedings of the XIX International Conference on Soft Computing and Measurements SCM 2016 2016. С. 321-323.
- [6] Акимов С.В., Верховая Г.В., Меткин Н.П. Теоретические основы CALS. СПб: Издательство СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. 2018. 263 с.
- [7] Beattie M.P., Zheng H., Nugent C., McCullagh P. COPD lifestyle support through self-management (CALS) // IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), 2014, pp. 1-7.
- [8] Kim S.J., Kim T.H. A study on the use of the mobile construction CALS service for the construction of a smart city//6th International Conference on Information Communication and Management (ICIM), 2016, pp. 280-284.
- [9] Saaksvuori A., Immonen A. Product Lifecycle Management. Berlin: Springer, 2008. 254 p.
- [10] Samaranyake P., Ramanathan, K., Laosirihongthong T. Implementing industry 4.0 – A technological readiness perspective // 2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). 2017, Pp. 529-533.
- [11] Белоус К.В., Курносков В.И. Задачи оценки эффективности функционирования сетей связи Единой системы управления органов государственной власти, применительно к условиям радиоэлектронного противодействия // Материалы IV-й научно-практической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». Кн.1. СПб: СПбГУТ, 2015.
- [12] Антонюк Л.Я., Игнатов В.В. Эффективность радиосвязи и методы её оценки. СПб: ВАС, 1994. 138 с.
- [13] Бураченко Д.Л., Савищенко Н.В. Сигнальные конструкции. Ч.1-3. СПб: СПбГУТ, 2004. 240 с.
- [14] Барабаш П.А., Воробьев С.П., Курносков В.И. и др. Инфокоммуникационные технологии в глобальной информационной инфраструктуре. СПб: Наука, 2008, 550с .
- [15] Курносков В.И., Лихачев А.М. Методология проектных исследований и управление качеством сложных технических систем электросвязи. СПб: ТИРЕКС, 1998, 496 с.