Молодой специалист
Young specialist
Жас маман
Yosh mutaxassis

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Халиков Абдульхак Абдульхаирович
д.т.н., професор, Ташкентский государственный транспортный университет
xalikov_abdulxak@mail.ru

Аннотация: В данной статье приведены результаты математического моделирования процесса функционирования сети оперативно-технологической связи - IP на железнодорожном транспорте. А именно методом топологического преобразования стохастических сетей проанализирована сеть оперативно технологической связи.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, математическая модель, моделирование, оперативно-технологическая связь, сеть.

MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF FUNCTIONING OF THE OPERATIONAL-TECHNOLOGICAL COMMUNICATION NETWORK

Khalikov Abdulkhak Abdulkhairovich
doctor of technical sciences, professor, Tashkent state transport university
xalikov_abdulxak@mail.ru

Annotation: This article presents the results of mathematical modeling of the process of functioning of the network of operational and technological communication - IP in railway transport. Namely, the network of operational technological communication is analyzed by the method of topological transformation of stochastic networks.

Key words: railway transport, mathematical model, modeling, operational and technological communication, network

ВВЕДЕНИЕ

В мире важное место уделяется созданию информационных систем и цифровых технологических сетей для оперативного управления эксплуатационной работой железнодорожного транспорта, обеспечивающей повышение уровня безопасности движения поездов. В этом отношении, особое внимание уделяется усовершенствованию сети оперативно-технологической связи (ОТС) на железных дорогах. По своему построению и назначению она относится к многоуровневым, иерархическим, региональным, технологическим телекоммуникационным сетям.

На базе SGM и ППСЦ возможно организовать IP-технологию и организовать сеть ОТС на основе IP-телефонии. Организация ОТС-IP на базе IP-телефонии на всех станциях

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

аналогична соединению абонентов ТфОП через транзитную IP-сеть по сценарию «телефон-телефон». В IP-сетях протокол управления передачей-TCP (Transport Control Protocol) может устранить искажение порядка пакетов данных, создавая последовательность для отправки и использования подтверждений, но вместо TCP для передачи голоса используется протокол голосовой дейтаграммы UDP (User Datagram Protocol) [1].

Как правило, протокол - UDP используется в технологии OTC - IP, поскольку отправляющему устройству не нужно ждать подтверждения от принимающего устройства перед отправкой последующих пакетов. Потеря небольшого количества речевых пакетов считается приемлемой и может быть получена путем кодирования и декодирования, а также с использованием различных методов интерполяции голоса, то есть одновременного заполнения пропущенных звуков с помощью цифровой обработки сигналов DSP (Digital Signal Processing) [2,3], представляет собой форму сигнала и прогнозирование пропущенных звуков.

АНАЛИЗ И МЕТОДОЛОГИЯ ЛИТЕРАТУРЫ

Теоретическими и практическими вопросами создания средств связи на железнодорожном транспорте и метрополитене занимались и занимаются зарубежные ведущие ученые, такие как, T. Takashige, Segal M., В.М. Волков, В.А. Прокофьев, И.Д. Блиндер, Г.В Горелов, В.А. Левин, А.К. Лебединский, Ю. В. Юркин, А.А. Павловский, Paul Baran, и многие другие.

В Узбекистане Т.Д. Раджабов, Д.А. Абдуллаев, А.А. Ганиев, С.К. Ганиев, Р.И. Исаев, Ш.Ш. Джабборов, Н.Б. Усманова, Т.Н. Нишанбаев, Х.Н. Зайнидинов, Д.В. Ким, В.А. Кривопишин, Х.Э. Хужаматов и другие ученые внесли большой вклад в разработку телекоммуникационных и технологических сетей связи.

Однако, в этих исследованиях нет простого и оптимального решения, которое могло бы быть широко внедрено для оперативно-технологической связи железных дорог с применением IP-технологии, по усовершенствованию с максимальной защищеностью сети отвечающей всем критерия надежности.

Задачи, поставленные перед железнодорожным транспортом, требуют существенного повышения эффективности и качества его работы, а также ускорения технического прогресса во всех его отраслях. Решение таких задач невозможно без гибкого и тесного взаимодействия всех подразделений и служб. Значительная роль в обеспечении этого взаимодействия принадлежит транспортной оперативно – технологической связи.

Постановка задачи: Пусть имеется сеть OTC - IP, в которой передаются пакеты, состоящие из заголовка-IP и кадра данных, сформированного из используемого кодека. В таблице 1 приведены средние субъективные оценки качества различных методов кодирования.

При организации технологической сети, маршрут передачи определяются в соответствии с учетом качеством обслуживания. Все входящие маршруты содержит m узлов, а также $m-1$ участков, по которых могут осуществляться компьютерные атаки (КА) [4-6].

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

Табл.1

Основные характеристики кодеков

Кодек	Скорость передачи, кбит/с	MOS	Размер кадра, мс
G.711 PCM	64	4,3	0,125
G.726 Multi-rate ADPCM	16-40	2-4,3	0,125
G.723 MP-MLQ ACELP	5,3; 6,3	3,7; 3,8	30
G.728 LD-CEL	16	4,1	0,625
G.729 CS-ACELP	8	4,0	10

Время передачи данных определено по $t_{пер} = V/R$, на участке с отношением объема V передаваемых информаций к скорости передачи R (1):

$$t_{пер,i} = \lim_{\lambda \to 0}\left[\sum_{i=1}^{n-1}\frac{1}{\mu_i}\cdot\frac{1-(K_i+1)\cdot\rho^{K_i}+K_i\cdot\rho^{K_i+1}}{(1+\rho^{K_i})\cdot(1-\rho)}\right] = \sum_{i=1}^{n-1}\frac{1}{\mu_i} \quad при \quad R = const, \qquad (1)$$

где K_i – ёмкость накопителя на i-м узле сетевом элементе; $\rho = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$ – входящая нагрузка, численная равная отношению интенсивностей поступления пакетов передачи λ_i к их обслуживанию μ_i (т.е. передачи на i-м участке маршрута передачи); $m-1$ – количество участков на маршруте, на котором находится m узлов.

Предположим, что на сеть ОТС-IP осуществляется деструктивное информационное воздействие, в ходе которого нарушитель может успешно реализовать n видов КА, каждая из которых с вероятностью P_i; $i = \overline{1,n}$ нарушает работоспособность сети, т.е. создает условия, при которых качество передачи пакетов снижается ниже допустимого уровня. Если сеть не прерывается, пакеты данных будут передаваться с течением времени $t_{пер}$. В общем случае $t_{пер}$ является случайной величиной с функцией распределения (ФР) $B(t)$. В случае нарушения работоспособности сеть восстанавливается за случайное время $t_{в_i}$; $i = \overline{1,n}$ с ФР времени восстановления $\Delta_i(t)$, а поступивший пакет данных передается повторно.

Входящий поток пакетов данных является редкоследующим, при котором вероятность поступления очередного пакета в момент обслуживания предыдущего пренебрежимо мала, то есть при случайном времени обслуживания интенсивность такого потока стремится к нулю. КА на сеть ОТС-IP возможны как во время передачи пакетов, так и в паузах между ними [7], количество мест для ожидания передачи считается неограниченным. Требуется определить математическое ожидание $\overline{T}_h$ и функцию распределения времени успешной передачи пакетов данных в условиях n видов КА.

В настоящее время, для анализа и синтеза функционирования сетей и системы телекоммуникаций в различных воздействующих факторов, были разработаны весьма мощные методы, которые ориентированные на различные предметные области и свойства систем. При исследовании телекоммуникационных сетей и систем широко используются ***аналитический, логико-вероятностный метод, метод Марковских цепей и***

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

топологическое преобразование стохастических сетей (ТПСС). Все эти методы используют как структурную, так и неструктурную информацию об исследуемых объектах, как правило, имеющую вероятностную (случайную) природу, в этом их сходство. Кроме того, структура указывается в виде различных графов, а неструктурная информация определяется весовыми коэффициентами, указанные на вершинах и ребрах графа. Весовые коэффициенты могут быть как вероятностными, так и детерминированными [8].

Анализ этих методов показал, что ***метод ТПСС является*** более абстрактным, чем другие, поэтому он используется в исследованиях более широкого класса случайных процессов, происходящих в таких сложных организационно-технических системах, как сети и системы телекоммуникаций.

Суть метода в том, что исследуется не система, а реализуемый ей целевой процесс. Этот сложный процесс разбивается на элементарные процессы, каждый из которых характеризуется функцией распределения времени, которое требуется для завершения процесса, плотности вероятности, вероятности или среднего значения и дисперсии времени выполнения. Логика и последовательность процессов определяется двухполюсной сетью, состоящей из входных, промежуточных и выходных узлов (вершин), – стохастической сети [9].

Стохастическая сеть – это совокупность взаимоувязанных узлов (вершин) и ветвей, соответствующих алгоритму исследуемой системы, связанному друг с другом. Сеть при этом считается реализованной, если выполняется некоторое подмножество ветвей, время реализации которых выбирается в соответствии с вероятностным распределением. Ребрам сети соответствует набор элементарных процессов, а узлам – условия их выполнения. Каждый узел выполняет две функции: входная часть, которая определяет условие выполнения узла, и выходная часть, которая устанавливает, какие операции, следующие за узлом, будут выполняться. Для каждого ребра определяется функция передачи – условная характеристическая функция, являющаяся преобразованием Лапласа плотности распределения вероятностей времени выполнения элементарной операции (процесса) [10]. Затем происходит топологическое преобразование сети случайных процессов. Кроме того, используя правило Мейсена, эти фрагменты также объединяются в одно ребро с общей эквивалентной функцией передачи. После получения эквивалентной функции выполняется обратное преобразование Лапласа, в результате которого определяется функция плотности вероятности времени выполнения целевого процесса или определяются начальные моменты случайного времени его выполнения [11]. Другими словами, основная суть метода ТПСС состоит в том, чтобы представлять анализируемый процесса в виде стохастической сети, в замене множества элементарных ветвей сети одной эквивалентной и последующим определением эквивалентной функции, начальных моментов и функции распределения случайного времени ее реализации, т.е. реализации анализируемого процесса [12]. Отсюда следует, что для применения метода ТПСС необходимо правильное, не искажающее физического смысла представление анализируемого процесса функционирования системы связи или ее элемента стохастической сетью. Одним из преимуществ метода является представление процессов с различной степенью детализации с использованием набора вложенных моделей. С одной стороны, это позволяет получить более точные исходные данные для моделей более высокого уровня, а с другой – определяет необходимый требуемый уровень детализации. Метод также имеет четкий физический смысл в постановке задачи и высокую степень формализации оставшихся этапов: преобразования топологической сети, получения эквивалентной функции и обратного преобразования

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

Лапласа, что позволяет возможность верифицировать модели физическому процессу на всех этапах ее реализации [13]. При моделировании процесса функционирования [14] ОТС-IP в условиях информационных воздействий применялся метод ТПСС. Его выбор был также обусловлен тем, что исходные данные о воздействии отдельных операций по организации определенного вида КА доступны лишь на уровне их средних значений, а имеющееся регламентное описание самого процесса функционирования сети ОТС-IP является неоднозначным и весьма сложным.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Представим описанный в постановке задачи процесс функционирования телефонной IP-сети в виде стохастической сети (рис. 1).

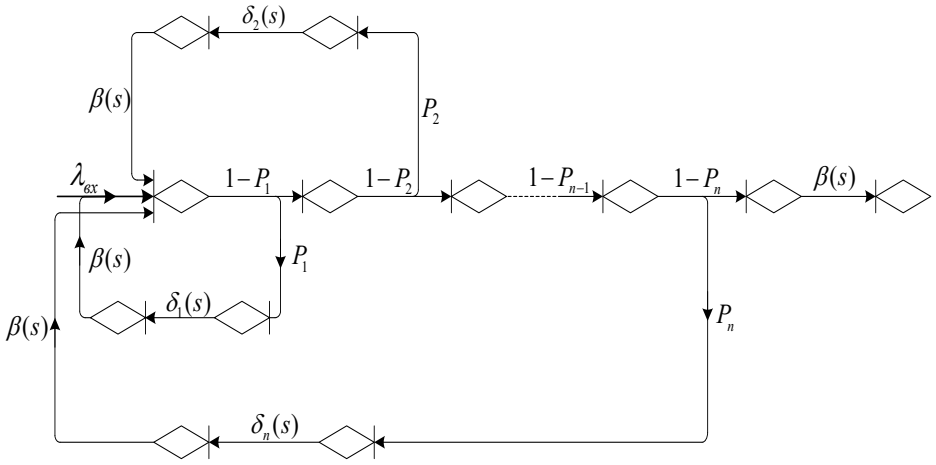


Рис. 1. Стохастическая сеть процесса функционирования сети ОТС-IP в условиях *n*-го вида КА нарушителя

В стохастической сети указывается: $\beta(s)$ и $\delta_i(s)$ – преобразования Лапласа–Стилтьеса соответствующих функций распределения, которые означают значение ФР времени передачи пакетов без учета КА нарушителя, т. е. в «идеальных условиях» и ФР времени восстановления после *i*-го вида КА:

$$\beta(s) = \int_0^\infty e^{-st} d[B(t)];$$

$$\delta_i(s) = \int_0^\infty e^{-st} d[\Delta_i(t)], \quad i = \overline{1,n} \ . \qquad (2)$$

С использованием уравнения Мейсена для замкнутых графов [15] составим эквивалентную функцию стохастической сети:

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

$$,h_n(s)=\frac{k\beta(s)\left(\bar{d}+\bar{c}+s\right)\cdot\prod_{i=1}^{n}(1-P_i)}{\left[1-\beta(s)\sum_{i=1}^{n}P_i\delta_i(s)\prod_{j=1}^{i-1}(1-P_j)\right]\left(\bar{d}+s\right)}=\frac{V(s)}{U(s)}, \quad (3)$$

где $\bar{d}=\sum_{i=1}^{n}t_{\theta i}^{-1}P_i;\quad \bar{c}=\sum_{i=1}^{n}t_{p\theta i}^{-1}P_i$ – математические ожидания интенсивностей восстановления и реализации нарушителем КА соответственно;

$k=\frac{\bar{d}}{\bar{d}+\bar{c}}$ – вероятность восстановления работоспособности сетевых элементов за время повторной передачи пакета и реализации очередной КА.

Для получения математического ожидания и функции распределения времени передачи необходимо вычислить значение производных многочленов числителя и знаменателя (3) в точке $s=0$:

$$V'(s)=k\cdot\prod_{i=1}^{n}(1-P_i)\left[\beta'(s)\left(\bar{d}+\bar{c}+s\right)+\beta(s)\left(\bar{d}+\bar{c}\right)\right];$$
$$V'(0)=k\left(\bar{d}+\bar{c}\right)\left(1-\bar{t}_{\beta}\right)\cdot\prod_{i=1}^{n}(1-P_i); \quad (4)$$

$$U'(s)=d\left[1-\beta(s)\sum_{i=1}^{n}P_i\delta_i(s)\prod_{j=1}^{i-1}(1-P_j)\right]+$$
$$+\left(\bar{d}+s\right)\left[-\beta'(s)\sum_{i=1}^{n}P_i\delta_i(s)\prod_{j=1}^{i-1}(1-P_j)-\beta(s)\sum_{i=1}^{n}P_i\delta_i'(s)\prod_{j=1}^{i-1}(1-P_j)\right] \quad (5)$$
$$U'(0)=\bar{d}\left[1-\left(1-\bar{t}_{\beta}\right)\sum_{i=1}^{n}P_i\prod_{j=1}^{i-1}(1-P_j)+\sum_{i=1}^{n}P_i\bar{t}_{\delta i}\prod_{j=1}^{i-1}(1-P_j)\right].$$

Математическое ожидание времени передачи пакета в условиях КА определяется как

$$\bar{T}_h=\frac{-d}{ds}\left[\frac{h_n(s)}{h_n(0)}\right]_{s=0}. \quad (6)$$

Заменив

$$\bar{P}=\prod_{i=1}^{n}(1-P_i);\qquad \bar{E}=1-\sum_{i=1}^{n}P_i\prod_{j=1}^{i-1}(1-P_i), \quad (7)$$

получим формулу (6) в виде:

$$\bar{T}_h=\frac{\bar{P}}{\left(1-\bar{E}\right)^2}\cdot\left[\sum_{i=1}^{n}P_i\bar{t}_{\delta i}\cdot\prod_{j=1}^{i-1}(1-P_j)+\bar{t}_{\beta}\right].$$

Соответственно, дисперсия определяется по формуле [10, 21]

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

$$D[t_h] = h_1 - h_1^2 = \frac{d^2}{ds^2}\left[\frac{h_n(s)}{h_n(0)}\right]_{s=0} - \left[\frac{d}{ds}\left[\frac{h_n(s)}{h_n(0)}\right]_{s=4}\right]^2. \quad (8)$$

Необходимо произвести обратной процесс на получение функция распределения времени передачи пакетов, позволяющее вычислить оригинал $H_n(t)$ по его изображению $h_n(s)$ [16]. Для демонстрации изложенного метода определения функции распределения времени доведения пакетов данных в ОТС-IP сети рассмотрим следующую частную задачу.

Постановка частной задачи: предполагаем, что целью нарушителя состоит в том, чтобы заблокировать оборудование соответствующих узлов сети ОТС-IP, на которые нарушитель осуществляет КА и нарушает их работоспособность с вероятностью P_1 и P_2 соответственно. Если работоспособность узлов не нарушена, то пакет, поступивший на вход канала связи, будет передан за время $t_{пер}$, которое определяется технической скоростью передачи R и объемом V передаваемых данных, т.е. $t_{пер} = V/R$. При передаче пакетов произвольного объёма $t_{пер}$ является случайной величиной, распределенной по закону $B(t)$. В случае нарушения работоспособности сеть восстанавливается за случайное время $t_{в_i}$; $i = \overline{1,n}$ с ФР времени восстановления $\Delta_i(t)$, а поступивший пакет данных передается повторно.

Входящий поток пакетов данных является редкоследующим, а КА возможны как во время передачи пакетов, так и в паузах между ними. Количество мест для ожидания передачи считается неограниченным. Требуется определить математическое ожидание $\overline{T}_h$ и функцию распределения $F(t)$ времени успешной передачи пакетов данных в условиях КА, реализуемых нарушителем.

Решение:

Представим процесс функционирования сети ОТС-IP при реализации нарушителем двух видов КА в виде стохастической сети (рис.2). Предположим, что $\Delta_1(t) = 1 - e^{\delta_1 t}$;

$$\Delta_2(t) = 1 - e^{\delta_2 t};\ \beta(t) = 1 - e^{\beta t}.$$

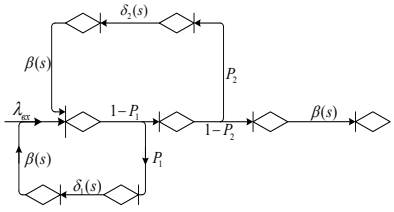


Рис. 2. Стохастическая сеть процесса функционирования сети ОТС-IP при реализации нарушителем двух видов КА

Используя уравнение Мейсона для замкнутых графов, составим эквивалентную функцию стохастической сети:

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

$$h(s)=\frac{(1-P_1)(1-P_2)\beta(s)k\left(\bar{d}+s+\bar{c}\right)}{\left[1-P_1\delta_1(s)\beta(s)-P_2\delta_2(s)\beta(s)(1-P_1)\right]\left(\bar{d}+s\right)}, \quad (9)$$

где $h_0=\frac{b(P_1-1)(P_2-1)\left(\bar{c}+\bar{d}\right)}{\bar{d}\left(P_1+P_2-P_1P_2-b\right)}$; $\bar{d}=d_1P_1+d_2P_2$; $\bar{c}=\frac{P_1}{t_{рв1}}+\frac{P_2}{t_{рв2}}$; $k=\frac{\bar{d}}{\bar{d}+\bar{c}}$; $d_1=\frac{1}{t_{в1}}$; $d_2=\frac{1}{t_{в2}}$;

$$b=\frac{1}{t_n}.$$

Представим знаменатель эквивалентной функции в каноническом виде, то есть это позволяет перейти к разложению Хэвисайда для случая простых полюсов [17]:

$$h(s)=\sum_{i=1}^{4}\frac{\left(\bar{d}+\bar{c}+s\right)(d_1+s)(d_2+s)(1-P_1)(1-P_2)bk}{4(s_i)^3+3(s_i)^2\cdot A+2s_i\cdot B+C}, \quad (10)$$

где $A=b+\bar{d}+d_1+d_2$; $B=b\bar{d}-P_2d_2-P_1d_1+bd_1+bd_2+\bar{d}d_1+\bar{d}d_2+d_1d_2+P_1P_2d_2$;
$C=b\bar{d}d_1-P_2\bar{d}d_2-P_1d_1d_2-P_2d_1d_2-P_1\bar{d}d_1+b\bar{d}d_2+bd_1d_2+\bar{d}d_1d_2+P_1P_2\bar{d}d_2+P_1P_2d_1d_2$.

Среднее время $\bar{T}_h$ успешной передачи пакетов равно:

$$\bar{T}_h=\frac{k(P_1-1)(P_2-1)[\bar{d}^2d_1d_2-P_2^2b\bar{d}^2d_1+b\bar{c}d_1d_2+\bar{c}\bar{d}d_1d_2+P_1b\bar{d}^2d_2+P_2b\bar{d}^2d_1-}{b\bar{d}^2d_1d_2\left(P_2-P_2^2+P_1-1\right)^2\cdot}$$
$$\frac{-P_2^2b\bar{c}\bar{d}d_1+P_2^2b\bar{c}d_1d_2+P_1b\bar{c}\bar{d}d_2+P_2b\bar{c}\bar{d}d_1-P_1b\bar{c}d_1d_2-P_2b\bar{c}d_1d_2]}{\cdot h(0)} \quad (11)$$

Функция плотности распределения вероятностей времени передачи

$$h(t)=\sum_{i=0}^{3}\frac{\left[\left(\bar{d}+s_i+\bar{c}\right)(d_1+s_i)(d_2+s_i)(1-P_2)bk\right]\cdot e^{s_it}}{\left[4(s_i)^3+3(s_i)^2\cdot A+2s_i\cdot B+C\right](-s_i)h_0k}, \quad (12)$$

а интегральная функция плотности распределения вероятностей времени передачи

$$H(t)=\sum_{i=0}^{3}\frac{\left[\left(\bar{d}+s_i+\bar{c}\right)(d_1+s_i)(d_2+s_i)(1-P_2)bk\right]\cdot\left(1-e^{s_it}\right)}{\left[4(s_i)^3+3(s_i)^2\cdot A+2s_i\cdot B+C\right](-s_i)h_0(s_i)-s_k}. \quad (13)$$

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

По формулам (11) - (13) были произведены расчеты, результаты которых представлены в виде семейства функций распределения на рис.3.

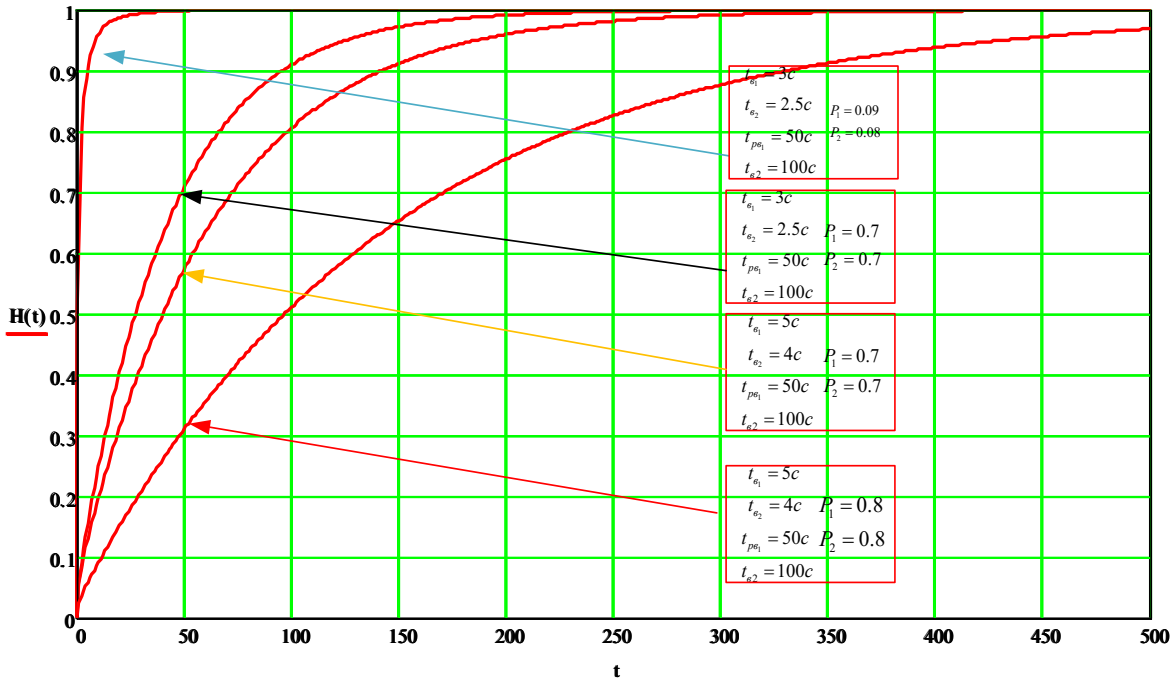


Рис. 3. Семейство функций распределения времени передачи пакетов в сети ОТС-IP при осуществлении двух видов КА

В ходе расчетов предполагалось, что:

- среднее время передачи пакета данных с объемом $V = 10$ Мбит между соответствующими узлами равно 1с;
- среднее время восстановления работоспособности сети ОТС-IP после успешной реализации нарушителем КА изменяется в пределах $t_{в_1} = 3...5$ с и $t_{в_2} = 2,5...4$ с соответственно;
- среднее время реализации нарушителем КА равно $t_{рв_1} = 50$ с и $t_{рв_2} = 100$ с соответственно;
- вероятность успешной реализации нарушителем КА принимает значения в диапазоне 0,08–0,8.

В условиях осуществлении КА существенно растает роль эффективности механизма организации информационной безопасностью сети ОТС на базе IP-технологий, характеризующим в модели временем работоспособности после КА. Так, например, при вероятности успешной реализации нарушителем КА $P_i = 0,5$ незначительное увеличение времени восстановления работоспособности приводит к резкому увеличению среднего времени передачи пакетов [18]:

– время успешной передачи информации в сети зависит от способности нарушителя оказать КА на сетевые элементы. Так, например, если нарушитель способен успешно

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

реализовать воздействие с вероятностью не хуже $P_i = 0,7$, то следует ожидать увеличения среднего времени доведения информации в сети более чем в пять раз;

– закон распределения времени успешной передачи пакета в общем случае является гиперэкспоненциальным и, как показано в [19-24], может быть с достаточной точностью аппроксимирован неполной Гамма - функцией. Расчеты показывают, что полученное распределение обладает значительной правосторонней асимметрией (коэффициент асимметрии $K_A \geq 1,9$), является несущественно островершинным (коэффициент эксцесса $E_A \geq 5,7$), а поток успешно переданных пакетов является неоднородным (коэффициент вариации $K_B \geq 1,3$). Следует ожидать, что параметр потока успешно переданных пакетов $\lambda(t) = \frac{f(t)}{1-F(t)}$ является непостоянным во времени и при $t \to \infty$:

$$\lim_{t\to\infty} \lambda(t) = \lim_{t\to\infty} \frac{\sum_{k=1}^{n} \frac{V(s_k)}{U'(s_k)} e^{s_k t}}{1-(\sum_{k=1}^{n} \frac{V(s_k)}{U'(s_k)} S_k^{-1}(1-e^{s_k t}))} = \frac{\sum_{k=1}^{n} \frac{V(s_k)}{U'(s_k)} e^{s_k t} \cdot s_k}{\sum_{k=1}^{n} \frac{V(s_k)}{U'(s_k)} e^{s_k t}} \leq \frac{1}{T_h}; \quad (14)$$

то есть интенсивность успешной передачи пакетов не превосходит интенсивности, определяемой как величина, обратная среднему времени успешной передачи пакетов $\frac{1}{T_h}$.

РЕЗЮМЕ

Это говорит о том, что поток успешно переданных пакетов не является простейшим, в связи с чем актуализируется задача оценить время доведения информации в сетях ОТС-IP для случая, когда входящий поток не является редкоследующим, а соответствует реальному взаимодействию корреспондирующих пар в сети.

Таким образом, разработанная модель обеспечивает получение не противоречащих логике результатов, чувствительна к изменениям входных параметров и работоспособна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюков А.А. Информационная безопасность: защита и нападение. – Москва.: ДМК Пресс, 2012. – 474 с.

2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / учебное пособие для студентов вузов: 10-е изд. – М.: Высш. шк., 2006. – 575 с.

3. ГОСТ 15.016-2016. Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. МКС 01.100.01. Использование и издательское оформление. – М.: Стандартинформ. 2017. – 11 с.

4. Зайцев А.П., Шелупанов., Р.В. Мещеряков и др.; под общ. ред. А.П. Зайцева., А.А. Шелупанова. Технические средства и методы защиты информации: учебник для вузов. Машиностроение, 2009. – 508 с.

5. Кравцов А.О., Привалов А.А. Методика выбора приоритетных элементов информационно-телекоммуникационной системы, функционирующей в условиях

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

применения организованным нарушителем таргетированных атак. // Изв. ПГУПС. – 2017. – Т. 14, вып. 1. – С. 137–148.

6. Мартин Дж. Системный анализ передачи данных. Т. 2 / Дж. Мартин, пер. с англ. под ред. В.С. Лапина. — М.: Мир, 1975. — 434 с.

7. Халиков А.А., Ураков О.Х. Распределение телефонной нагрузки в сетях оперативно-технологической связи АО «Узбекистан темир йуллари». // Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации : II Междунар. науч.-техн. конф., посвященная 90-летию со дня рождения профессора Зарипова Мадияра Фахритдиновича, 19–20 сент. 2019 г. Т. 1. – Уфа, 2019. – С. 389–392.

8. Халиков А.А., Ураков О.Х. «Телекоммуникация технологияларининг хозирги холати ва истиқболлари». // Научно-техническая конференции «Современные проблемы и их решения информационно-коммуникационных технологий и телекоммуникаций» I - Часть Фергана 30-31 май 2019 год. 9-12с.

9. Халиков А.А., Кривопишин В.А. , Ураков О.Х. Анализ оперативной радиосвязи на участке скоростной и высокоскоростной дороги Ташкент-Самарканд . // Вестник ТУИТ. – 2010. – № 3. – С. 26–27.

10. Халиков А.А., Ураков О.Х. Анализ существующих сетей оперативно-технологической связи и их эффективного развития на основе IP-технологий. // Транспорт, общество, образование, язык. – 2019. – № 2. – URL : http://ce.if-mstuca.ru.

11.Халиков А.А., Ураков О.Х. Внедрение модифицированных устройств для оперативно-технологической связи на железнодорожном участке Ангрен – Поп. // Мухаммад ал – Хоразмий авлодлари Илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал. – 2018. – № 3 (5). – С. 89–94.

12. Халиков А.А., Ураков О.Х. Модернизация поездной радиосвязи // Вестник ТАТУ. – 2011. – № 2. С. 50–52.

13. Халиков А.А., О.Х. Ураков. Проблемы и перспективы развития поездной радиосвязи в железнодорожном тоннеле «Камчик». // Вестник научных конференций. – 2018. – № 10-4 (38). – С. 118–119. – Сер. Наука и образование в XXI веке. По материалам международной научно-практической конференции 31 октября 2018 г. Ч. 4.

14. Халиков А.А., Ураков О.Х. Распределение телефонной нагрузки в сетях оперативно - технологической связи АО «Узбекистан темир йуллари» //Норвегия Журнал NJDIS №29 (1) VOL 1. ISSN 3453-9875. -С. 52-55. 2019.

15.Халиков А.А., Ураков О.Х. Существующие проблемы и перспективы развития поездной радиосвязи в железнодорожном тоннеле «Камчик». Материалы в сборнике трудов конференции серии: «International scientific review». (Boston. USA. №11(53). November. - С. 24-28, 2018.

16.Халиков А.А., Мирсагдиев О.А. Темир йўл транспортининг технологик алоқа тармоқларида янги авлод телекоммуникация тизимларини қўллаш. //Muhammad al-Xorazmiy avlodlari. 2019й., 1(7)-сон, 52-55 б.

17.Халиков А.А., Ураков О.Х. Анализ существующих сетей оперативно-технологической связи и их эффективного развития на основе IP-технологии. //«Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык». 2019. № 2 (21). - С.82-85. Иркутск (http://ce.if-mstuca.ru).

18. Халиков А.А. Мирсагдиев О.А. Оценка телефонной нагрузки на каналах оперативно-технологической связи. // Мухаммад ал -Хоразмий авлодлари Илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал. ТУИТ. Ташкент-2019. №3(9). – С.48-52.

Volume 1 | Issue 5 |
August 2022
ISSN: 2791-3651

19. Халиков А.А. Ураков О.Х. Распределение телефонной нагрузки сетях оперативно-технологической связи АО «Узбекистон темир йуллари». // Норвегия Журнал NJDIS . Норвегия-2019. №29. VOL.1. - С52-55.

20.Халиков А.А., Мирсагдиев О.А. Разработка информационно-измерительных систем на основе волоконно-оптических датчиков. //Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации. II Международная научно-техническая конференция, посвященная 90-летию со дня рождения профессора Зарипова Мадияра Фахритдиновича. Уфа-2019. – С.207-212.

21. Халиков А.А., Ураков О.Х. Распределение телефонной нагрузки в сетях оперативно-технологической связи АО «Узбекистан темир йуллари». //Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации. II Международная научно-техническая конференция, посвященная 90 - летию со дня рождения профессора Зарипова Мадияра Фахритдиновича. Уфа - 2019. – С.384-393.

22. Khalikov A.A., Urakov O.X. Estimation of quality of information of peratively - technological connection transfer. // Норвегия Журнал NJDIS №34.
VOL 1. ISSN 3453-9875. №34. 2019. - С.53-56.

23. Халиков А.А., Ураков О.Х. Организация и управления интегральной цифровой сетью оперативно - технологической связи на основе устройств контроллера периферического интерфейса на железнодорожных участках. //UNIVERSUM Технические науки. Раздел Радиотехника и связь. 2020. 1(70). – С. 44-50. Электронный научный журнал. tech@7universum.com .

24. Халиков А.А., Ураков О.Х. Расчет экономических затрат при проектировании сети оперативно-технологической связи-IP на участке «Ангрен–Пап». //UNIVERSUM Технические науки. Раздел Радиотехника и связь. 2020. №2(71). Часть 1. – С.59-61.