Моделирование функционирования информационно-управляющей сети распределенными гетерогенными информационно-вычислительными ресурсами в интересах системы поддержки и принятия решения специального назначения

Лиференко Виктор Данилович
доктор технических наук, профессор, открытое акционерное общество «Супертел», г. Санкт-Петербург, Россия, budko62@mail.ru
Гураль Дмитрий Александрович
соискатель ученой степени кандидата наук, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского, г. Санкт-Петербург
Легков Константин Евгеньевич
кандидат технических наук, доцент, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского, г. Санкт-Петербург

АННОТАЦИЯ

Введение: Предложена математическая модель функционирования информационно-управляющей сети с распределенными гетерогенными информационно-вычислительными ресурсами в интересах системы поддержки и принятия решения специального назначения, организованной путем наложения защищенной информационной сети на транспортную основу. Обоснована необходимость создания информационно-управляющей сети для обеспечения требуемых значений показателя устойчивости функционирования информационной подсистемы в составе Единого информационного пространства специального назначения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: информационно-управляющая сеть; автоматизированная система управления; единое информационное пространство; информационная сеть; система поддержки и принятия решения; виртуальный цифровой канал; информационная подсистема специального назначения.

Введение

Современные объекты специального назначения как правило имеют сложную организационную структуру и требуют создания комплексного управления всеми его средствами и системами, отвечающего критериям актуальности, гибкости и реагирования системы управления на быстро меняющиеся условия обстановки. В настоящее время невозможно обеспечить эффективное функционирование сложных объектов специального назначения без организации автоматизированной системы управления (АСУ), оперативность и качество которой обеспечивается непрерывным поступлением требуемой актуальной информации. Составным элементом такой АСУ является система поддержки и принятия решения (СППР) выполняющая задачи предоставления должностным лицам органов управления (ДЛ ОУ) данных отвечающих требуемым критериям, проведения систематизации, предварительного анализа и выработки типовых решений на управление. С целью организации оперативного обновления и удовлетворения критерия актуальности информации как правило необходимо создание информационной подсистемы (ИПС) имеющей в своем составе узлы предоставления информации (УПИ) входящие в состав Единого информационного пространства (ЕИП) функционирующие в интересах СППР . (рис. 1)

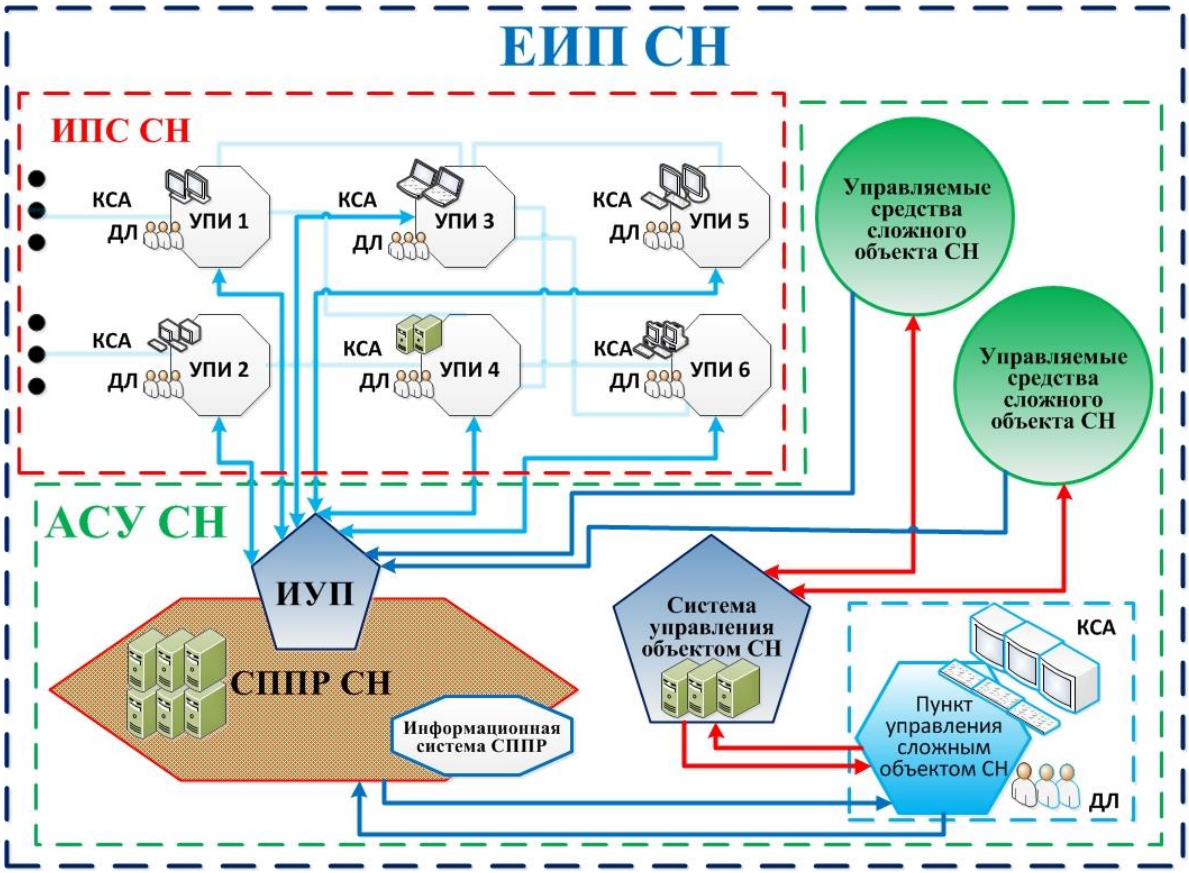

Рис. 1. Формализованная схема информационно-управляющей сети ИПС в составе ЕИП СН

Моделирование функционирования информационно-управляющей сети распределенными гетерогенными информационно-вычислительными ресурсами в интересах системы поддержки и принятия решения специального назначения

Информационный обмен между узлами предоставления информации ИПС ЕИП СН, с учетом специфики обмена данными между ними, можно представить в виде двухполюсного виртуального компонента (рис 2)

В ИУС ИПС ЕИП СН отсутствует замыкание внутреннего трафика в связи с тем, что для этих целей используется линия внутренней связи (ЛВС) центра управления (ЦУ) СППР, таким образом для двухполюсного компонента сети

$$N_{CYk} + N_{CYd} = N_{kd} \tag{1}$$

где: N_{CYd} – количество ДЛ подключенным к узлам V_d

N_{CYk} – количество КСА подключенным к узлам V_k

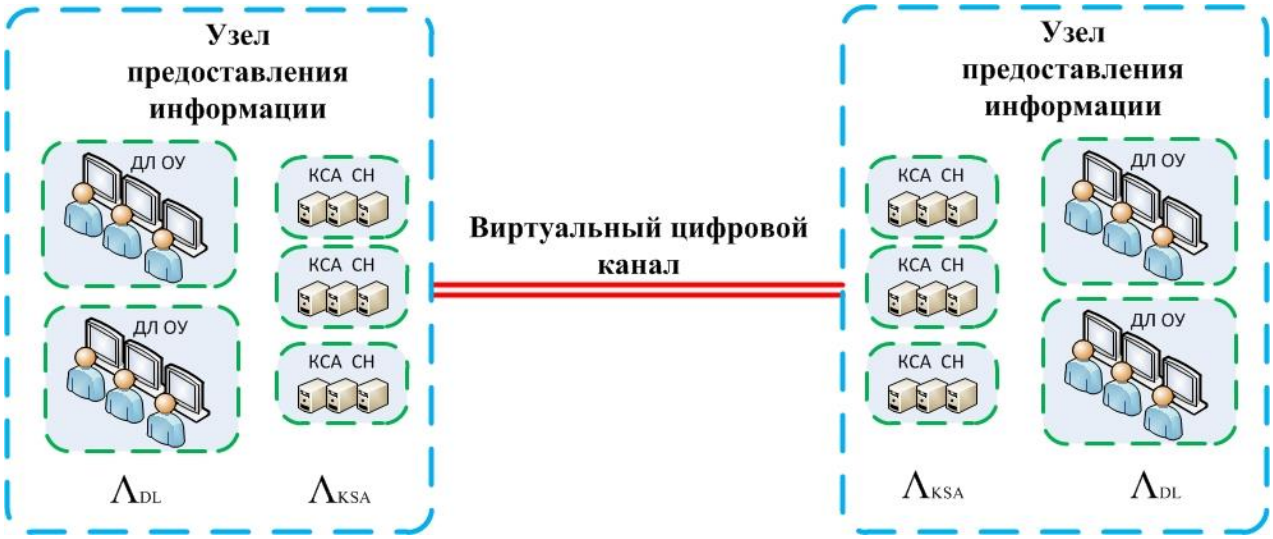

Рис. 2. Двухполюсной элемент обмена информацией в ИУС ИПС ЕИП СН

Группу комплексов средств автоматизации и должностных лиц органов управления, в следствии отсутствия замыкания трафика, можно заменить интенсивностью нагрузки:

$$\rho_{\sum kd} = \sum_{i=1}^{N_{kd}} (\rho_{ai}(kd)/2) \tag{2}$$

или

$$\rho_{\sum kd} = N_{kd}\rho_a(kd)/2\,. \tag{3}$$

где: $\rho_a(kd)$ - постоянная, соответствующая определенной интенсивности входящего потока $\lambda_{kd} = \rho_{\sum kd}\mu_{kd} = \lambda_{kdDL} + \lambda_{kdKSA}$.

Учитывая что на протяжении всего рассматриваемого интервала λ_{kd} остается постоянной, вся величина $\rho_{\sum kd} = N_{kd}\rho_a(kd)/2$ также останется неизменной.

Для построения математической модели ИУС целесообразно рассмотреть типовую схему двухполюсного информационного обмена между двумя УПИ. [1,3,4] Предположим, что узлы ИУС ИПС ЕИП СН обладают идеальной устойчивостью и бесконечной проводимостью: $k_{GC} \to 1, C_{ZC} \to \infty$.

Закон распределения случайных величин (λ_{kd} - поступающих требований, μ_{kd} - обслуживания, c_{kd} - исправной работы, d_{kd} - восстановления, v_{kd} - несвоевременного обслуживания), при введении соответствующих ограничений, примет вид:

$$\left.\begin{aligned} A_{kd}(t) &= 1 - e^{-\lambda_{kd}t}, \\ B_{kd}(t) &= 1 - e^{-\mu_{kd}t}, \\ C_{kd}(t) &= 1 - e^{-c_{kd}t}, \\ D_{kd}(t) &= 1 - e^{-d_{kd}t}, \\ Z_{kd}(t) &= 1 - e^{-v_{kd}t}, \end{aligned}\right\}. \tag{4}$$

Система массового обслуживания с ограниченным временем ожидания интерпретирует каждый компонент информационно-управляющей сети информационной подсистемой. В соответствии с символикой Кендалла, рассматриваемый компонент относится к классу сетей типа $\left|\overrightarrow{M}\right|\overrightarrow{M}\left|\vec{1}\right|r_\infty\left|d_1\right|$, в котором протекают два основных процесса:

t_{okd} - процесс ожидания обслуживания со случайным временем;

t_{skd} - процесс обслуживания со случайным временем;

Тогда случайное время доставки информационного сообщения будет равно сумме этих процессов:

$$t_{kd} = t_{okd} + t_{skd} \tag{5}$$

Для получения характеристик t_{kd} при известных функциях распределения t_{skd} и t_{okd} можно применить преобразование Лапласа-Стилтьеса, что так же позволит определить вероятность своевременной передачи информационного сообщения:

$$P_{svkd} = Z_{kd}(p)H_{kd}(p)\forall \operatorname{Re} p \geq 0, \tag{6}$$

где:

Z_{kd} - преобразование Лапласа-Стилтьеса функции распределения времени ожидания передачи информационного сообщения;

H_{kd} - преобразование Лапласа-Стилтьеса функции распределения времени непосредственной передачи информационного сообщения;

$\operatorname{Re} p \geq 0$ - ограничение (выражение (6) справедливо только при $p \geq 0$).

Однако в реальных условиях, протекающие в ИУС ИПС ЕИП процессы не ограничиваются двумя рассмотренными. Их дополняют процессы связанные с отказами, воздействиями на сеть различного характера и восстановлением работоспособности сети. [2,6,7] Будем считать, что все процессы пересчитаны в эквиваленты для виртуального цифрового канала.

Если виртуальный цифровой канал в некоторый момент времени *T* освободился и новые заявки на получение информации не поступали в течение времени *t* , тогда можно считать что в промежутке $[T, T+t]$, с вероятностью *P(t)<1* двухполюсный элемент выйдет из строя.

Тогда преобразование Лапласа-Стилтьеса функции распределения времени исправной работы, времени восстановления и времени исправной работы этого элемента сети при интенсивности входящего потока $\lambda_{kd} = \lambda_{kdDL} + \lambda_{kdKSA}$ составит

$$\gamma_{kd}(p) = \int_0^\infty e^{-pt} dC_{kd}(t) = \frac{c_{kd}}{(p + c_{kd})}. \tag{7}$$

$$\varphi_{kd}(p) = \int_0^\infty e^{-pt} dD_{kd}(t) = \frac{d_{kd}}{(p + d_{kd})}. \tag{8}$$

$$e(\lambda_{kdDL} + \lambda_{kdKSA}) = \int_0^\infty e^{-(\lambda_{kdDL} + \lambda_{kdKSA})t} dC_{kd}(t) = \frac{c_{kd}}{(\lambda_{kdDL} + \lambda_{kdKSA} + c_{kd})}. \tag{9}$$

После преобразования можно получить:

$$w_{kd}(p) = \frac{(1 - \lambda_{kd} h_1) p \left[1 + c_{kd} / d_{kd} + c_{kd}\right] k_{kdG}}{p - \lambda_{kd} + \lambda_{kd} h(p)}. \tag{10}$$

Введя дополнительные обозначения:

P_{kn} - вероятность того, что *n*-я заявка на получение информации, покидая узел предоставления информации, после выполнения, оставляет в нем *k* заявок ($k \geq 0, n \geq 1$). Для получения требуемых функций распределения можно воспользоваться аппаратом производящих функций.

$$P_{kdn}(Z) = \sum_{s>0} P_{kdsn} Z^k \quad |z| \leq 1. \tag{11}$$

Функция распределения $W_{kdn}(t)$ времени ожидания начала обслуживания для заявки с номером n, определяется через преобразование Лапласа-Стилтьеса $w_{kd}(p)$ этой функции распределения.[8,9,10]

Для определения $P_{kd0}(z)=\sum_{s>0}P_{kds0}Z^k$, $|Z|\le 1$, $P(1)=1$ примем, что УПИ ИПС ЕИП, в начальный момент времени, исправен и готов к обслуживанию. Тогда его начальное состояние можно характеризовать набором чисел P_{kds0}, $s\ge 0$, где P_{kds0} - вероятность того, что в начальный момент времени находится *s* заявок. После ряда преобразований получим:

$$h_{kd}(p)=p\frac{\mu_{kd}(p+d_{kd})}{(p+d_{kd})(p+\mu_{kd})+c_{kd}\ p}. \tag{12}$$

$$\omega_{kd}=\frac{(1-\lambda_{kd}h_{kd1})\left\{1-(1-p/\lambda_{kd})\left[1-g_{kd}(\lambda_{kd})\right]-g_{kd}(\lambda_d)\varphi_d(p)\right\}}{\left[h_{kd}(p)-1+p/\lambda_{kd}\right]\left[1-g_{kd}(\lambda_{kd})+\lambda_{kd}g_{kd}(\lambda_{kd})\varphi_{kd1}\right]}. \tag{13}$$

Вероятность своевременного обслуживания заявок на получение информации элементом обслуживания ИУС АСУ, при известных $h_{kd}(p)$ и $\omega_{kd}(p)$ составит:

$$P_{kdelem}=\frac{\mu_{kd}k_{kdG}-\lambda_{kd}}{\mu_{kd}k_{kdG}-\lambda_{kd}+p\left[1+\dfrac{\mu_{kd}k_{kdG}k_{kdP}}{pk_{kdG}+d_{kd}}\right]}. \tag{14}$$

При этом среднее время обслуживания заявок на получение информации и среднее время ожидание в очереди составит:

$$T_{kdu}=\frac{1}{\mu_{kdelem}-\lambda_{kd}}\left(1+\frac{\mu_{kdelem}k_{kdP}}{d_{kd}}\right). \tag{15}$$

$$T_{kdw}=\frac{\rho_{kdelem}+\mu_{kdelem}k_{kdP}T_{kdP}}{(\mu_{kdelem}-\lambda_{kd})}. \tag{16}$$

Для того чтобы все заявки на получение информации КСА СППР и ДЛ ОУ СППР были своевременно обслужены, за какой-то временной интервал, необходимо чтобы вероятность своевременного обслуживания была не ниже требуемой. Считая, что выполняется условие независимости процессов обмена на непересекающихся временных интервалах, для достижения требуемой вероятности своевременного обслуживания необходимо, чтобы:

$$P_{IMN}\Big|_{T_M}=\left(\prod_{i=1}^{N_P}P_{elem}(i)\Big|_{T_M}\right)\ge P_{TP}, \tag{17}$$

где:

$P_{elem}(i)$ - вероятность своевременного обслуживания заявок *i*-го класса на получение информации для выделенного интервала управления T_M.

Таким образом, среднее время обслуживания заявок в ИУС ИПС ЕИП, для рассматриваемого интервала времени составит:

$$T_{IMN} = \sum_{i=1}^{N_{IMN}} \frac{\eta_i}{N_{IMN}} T_{kdu}(i), \tag{18}$$

где:

η_i - число заявок *i*-го класса;

N - общее количество заявок ИУС ИПС ЕИП на получение информации для данного интервала управления.

При этом дисперсия времени обслуживания заявок находится как второй центральный момент от $Q_{kd}(p)$:

$$D(t_{kdv}) = \frac{d^2}{dp^2}\left[\frac{Q_{kd}(p)}{Q_{kd}(0)}\right]\Bigg|_{p=0} - T^2{}_{kdv} = T^2{}_{rdv} + \frac{2k_{rdG}k_{kdP}T^2{}_{kdP}\mu_{kdelem}}{\mu_{kdelem} - \lambda_{kd}}. \tag{19}$$

Среднее значение количества заявок на получение информации в ИУС ИПС ЕИП и дисперсия этой величины равны:

$$\overline{L_v} = \lambda_{kd} M\left[t_{kdv}\right] = \frac{\rho_{kd}}{k_{kdG} - \rho_{kd}}\left(1 + \frac{\mu_{kdelem}k_{kdP}}{d_{kd}}\right). \tag{20}$$

$$D(l_v) = L_2 - L_v{}^2 = \left[\frac{\rho_{kd}}{k_G - \rho_{kd}}\left(1 + \frac{\mu_{elem}k_P}{d}\right)\right]^2 + \frac{\rho_{kd}}{k_G - \rho_{kd}}\left(1 + \frac{\mu_e lemk_P}{d}\right) + \frac{2\lambda^2 k_G{}^2 T_P{}^2 k_P{}^2}{k_P - \rho_{kd}}. \tag{21}$$

Среднее количество заявок по обмену информацией в ИУС ЕИП ожидающих обслуживание составит:

$$\overline{L_{kdq}} = \frac{\rho_{kd}}{k_{kdG} - \rho_{kd}}\left(1 + \frac{\mu_{kd}k_{kdG}k_{kdP}}{d_{kd}}\right) - \rho_{kd} - k_{kdP}. \tag{22}$$

Преобразуя (22) можно получить, более удобное, соотношение для среднего значения времени:

$$\overline{L_{kdq}} = \frac{\rho_{kd}}{k_{kdG} - \rho_{kd}} + k_{kdP}\left[\frac{\rho_{kd}}{k_{kdG} - \rho_{kd}}\left(1 - \frac{\mu_{kdelem}}{d_{kd}}\right) - 1\right]. \tag{23}$$

Дисперсия числа заявок, находящихся в очереди на обслуживание составит:

$$D(L_{kdq}) = \sum_{n=1}^{\infty}(n-1-L_q)^2 P_{kdn}. \qquad (24)$$

После подстановки соответствующих значений и некоторых преобразований выражение примет вид:

$$D(L_{kdq}) = 2L_{kdv}{}^2 - L_{kdq}{}^2(2-\rho_{kd}) - L_{kdq} + k_{kdP}\left(L_{kdq}{}^2 + \frac{2\lambda_{kd}{}^2 k_{kdG}{}^2 T_{kdP}{}^2}{K_{kdG}-\rho_{kd}}\right). \qquad (24)$$

При практической реализации процессов обмена информацией в ИУС ИПС ЕИП СН, значительная часть информационных сообщений передается в виде соответствующих документов, с использованием служб (электронная почта и файловый обмен) по сети управления или по управляемой сети.[11,12,13] Для реализации обмена управляющими сообщениями как правило выделяется специальный ресурс.

Информационно-управляющая сеть ИПС ЕИП СН, при любом варианте построения, организуется путем наложения защищенной IP-сети на транспортную основу с применением маршрутизаторов центров управления (рис. 3)

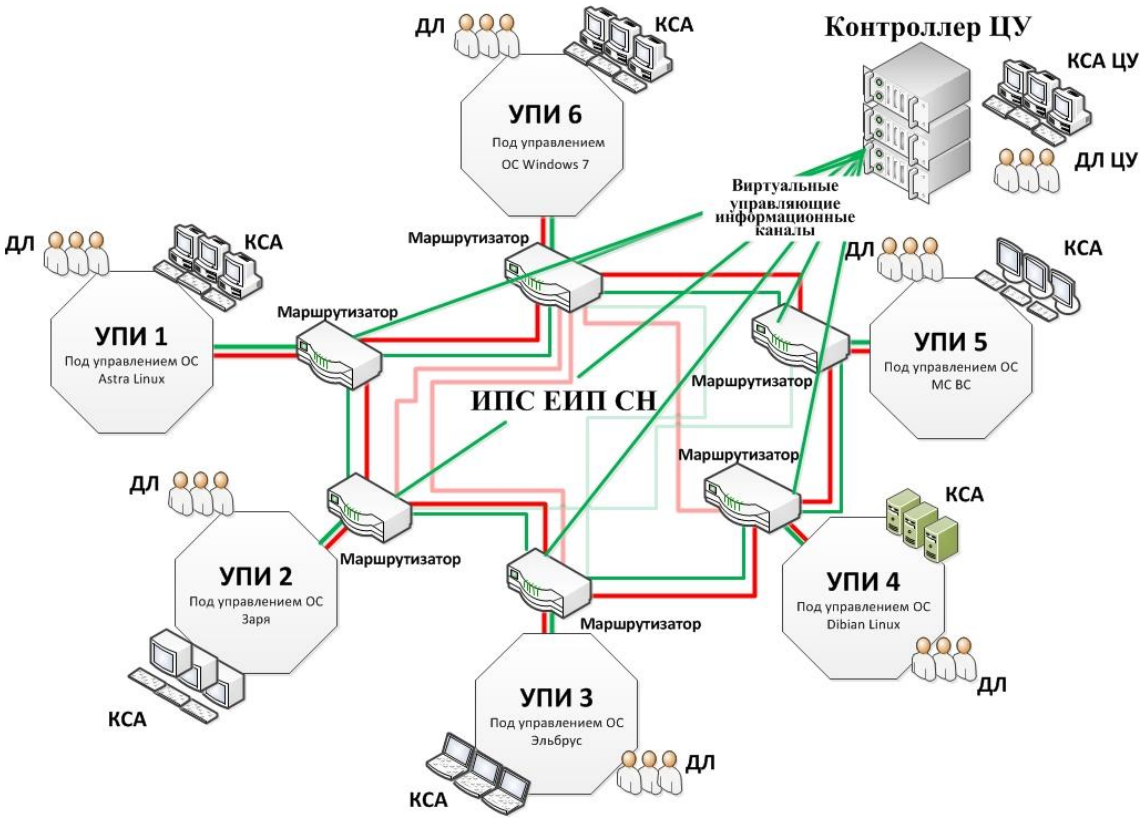

Рис. 3. Вариант структуры наложения управляющей сети на ИПС ЕИП СН

Между наложенной IP-сетью и коммутируемой цифровой сетью ISDN (при соответствующей корректировке вероятностно-временных характеристик и при использовании коммутируемых сетей FR, ATM, MPLS over ANM, MPLS over SDH), между слоем IP и слоем коммутируемых цифровых сигналов, существует цифровая сеть.

При этом каждый порт маршрутизатора УПИ ЕИП СН должен поддерживать интерфейс соответствующего канала. После установки виртуального соединения, маршрутизаторы могут использовать каналы связи как физические, посылая данные порту соседнего, связанного маршрутизатора. Таким образом, образуется сеть выделенных каналов, имеющая свою топологию и являющейся основой ИУС ИПС ЕИП СН.[14,15,16]

При таком построении подсеть коммутируемых каналов прозрачна для наложенной сети IP-маршрутизаторов и они не имеют данных о физических связях между портами коммутаторов сети.

Вероятностно-временные характеристики передачи информации можно оценить используя предложенную схему организации наложения IP-сети с использованием специальных маршрутизаторов (КМ) (рис. 4)

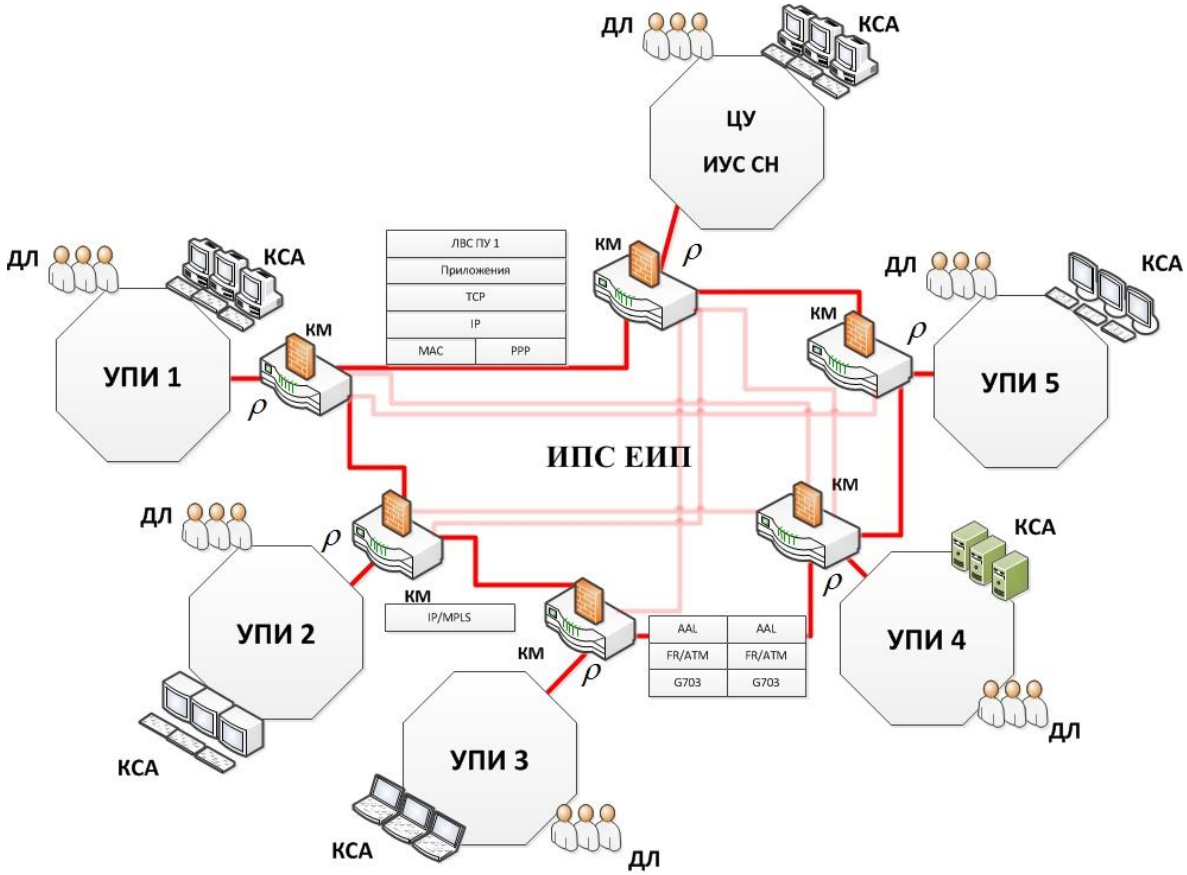

Рис. 4. Архитектурная модель ИУС ИПС ЕИП СН с применением КМ

Каждый цикл управления ЕИП СН, в данной схеме наложения IP-сети, так же можно представить в виде совокупности рассмотренных ранее двухполюсных сетей.

В цифровой сети ISDN используется метод коммуникации виртуальных цифровых каналов при котором информация вводится в сеть только после установления соединения вызывающего и вызываемого КМ.

Для достижения максимальной скорости передачи управляющего сообщения в такой сети применяется категорирование каналов по приоритету важности. Соответственно при организации соединения канала имеющего высший приоритет, происходит прерывание каналов с более низким приоритетом, что позволяет передавать сообщения повышенной важности достаточно быстро (с учетом задержки на соединение).

Соотношение между средним временем передачи одного массива IP-пакетов $\overline{t_{n1}}$ и временем установления соединения $\overline{t_y}$ оказывает существенное влияние на эффективность метода коммуникации, поэтому в современных ISDN сетях всегда выполняется условие:

$$\overline{t_{n1}} > \overline{t_y} \tag{25}$$

При этом среднее время установления соединения $\overline{t_y}$ на k участков равно:

$$\overline{t_{dys}} = \overline{t_y} + m\left[\overline{t_{k2}} + \frac{Q_n}{v_{efect}}\left(1 + \frac{\sum_{k=1}^{m}\frac{(k-1)m!\rho^k}{(m-k)!}}{1 + \frac{m!\rho}{(m-1)!} + \sum_{k=2}^{m}\frac{m!\rho^k}{(m-k)!}}\right)\right]. \tag{26}$$

где: $\overline{t_{k1}}$ – среднее время соединения цифрового канала.

В современных ISDN сетях случайное время $\overline{t_{k1}}$ имеет распределение близкое к нормальному с дисперсией незначительной величины, которой можно пренебречь. Поэтому можно считать, что $t_{k1} \approx \overline{t_{k1}}$. Случайное число транзитных участков в установленных каналах, как правило имеет распределение близкое к равномерному, так как в ISDN сетях применяются алгоритмы динамического управления сетью. [17,18] Поэтому можно считать, что среднее время $\overline{t_y}$ так же имеет равномерное распределение.

Тогда среднее время доставки пакета данных можно определить из выражения:

$$\overline{t_n} = \frac{Q_n}{v_{efect}} + \overline{t_{к2}} + \overline{t_z}, \tag{27}$$

где: $\overline{t_z}$ – среднее время задержки пакета в КМ;

$\overline{t_{к2}}$ – среднее время обработки заголовка IP-пакета с сообщением к маршрутной таблице;

Q_n – объем IP-пакета;

v_{efect} – эффективная скорость передачи IP-пакета по цифровому каналу.

Если представить КМ в виде системы массового обслуживания, в которой пакеты, поступающие из ЦУ, образуют самоподобный поток с конечным числом источников, можно определить среднее время задержки пакета в КМ:

$$\overline{t_z} = \frac{Q_n \sum_{k=1}^{m} \frac{(k-1)m!\rho^k}{(m-k)!}}{v_{efect}} P_0, \tag{28}$$

где: ρ – нагрузка поступающая на КМ;

m – число IP-пакетов, которое может поступить за время цикла управления (определяется объемом управляющего сообщения) ;

Вероятность того, что КМ не загружен P_0 можно вычислить с помощью выражения:

$$P_0 = \frac{1}{1 + \frac{m!\rho}{(m-1)!} + \sum_{k=2}^{m} \frac{m!\rho^k}{(m-k)!}}. \tag{29}$$

Тогда среднее время доставки информационного сообщения для каждой пары взаимодействующих КСА ИПС ЕИП СН составит:

$$\overline{t_{dys}} = \overline{t_y} + m\left[\overline{t_{k2}} + \frac{Q_n}{v_{efect}}\left(1 + \frac{\sum_{k=1}^{m} \frac{(k-1)m!\rho^k}{(m-k)!}}{1 + \frac{m!\rho}{(m-1)!} + \sum_{k=2}^{m} \frac{m!\rho^k}{(m-k)!}}\right)\right]. \tag{30}$$

Для рассматриваемой модели приведенные выражения справедливы в соответствии установившегося стохастического равновесия для любых законов распределения времени обслуживания. [19,20]

Полный ряд распределения возможных состояний отдельного КМ можно получить, вычислив вероятности этих состояний:

$$P_k = \frac{m!\rho^k}{(m-k)!} P_0. \tag{31}$$

При этом каждое состояние КМ будет соответствовать определенному времени задержки IP-пакета, поступающего на него. Тогда с вероятностью P_0 время задержки равно 0, с вероятностью P_1 время задержки равно $\frac{Q_П}{v_{эф}}$, с вероятностью P_2 время задержки равно $\frac{2Q_П}{v_{эф}}$ и т.д.

Заключение

Невозможно обеспечить функционирование сети распределенных, гетерогенных информационно-вычислительных ресурсов или другой информационной сети без организации специальной информационно-управляющей сети, особенно в сложных условиях. При этом такая управляющая сеть, как правило, организуется путем наложения защищенной IP-сети на транспортную основу.

Предложенная модель информационно-управляющей сети и полученные выражения могут быть использованы для организации наложенной IP-сети на сети предоставления информационно-вычислительных ресурсов различных типов, имеющих в составе узлы под управлением разнообразных систем, в целях обеспечения функционирования системы поддержки и принятия решения.

Литература

1. *Буренин А.Н., Легков К.Е.* Обеспечение эффективного функционирования информационных подсистем автоматизированных систем управления сложными организационно-техническими объектами на основе процедур оперативного управления ресурсами информационных служб // Информация и космос. 2017. №3. С. 64 – 72.

2. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей. Математическая статистика.. М.: «Высшая школа», 2004. 480 с.

3. *Барабаш П.А., Воробьев С.П., Курносов В.И., Советов Б.Я.* Информационные технологии в глобальной информационной инфраструктуре. СПБ.: ООО «Наука», 2008. 552 с.

4. *Буренин А.Н., Легков К.Е., Боговик А.В.* Модели систем телекоммуникаций современной системы связи специального назначения // Технологии информационного общества. X Международная отраслевая научно-техническая конференция: сборник трудов. 2016ю. С. 209-210.

5. *Буренин А.Н., Легков К.Е.* К вопросу мониторинга параметров, характеризующих состояние инфокоммуникационной системы специального назначения // Технологии информационного общества. X Международная отраслевая научно-техническая конференция: сборник трудов. 2016. С. 211-212.

6. *Буренин А.Н., Легков К.Е., Боговик А.В.* Моделирование процедур поддержки процессов организационного управления системами специального назначения // Технологии информационного общества. X Международная отраслевая научно-техническая конференция: сборник трудов. 2016. С. 215-216.

7. *Легков К.Е., Буренин А.Н.* Модели и методы оперативного мониторинга информационных подсистем перспективных автоматизированных систем управления // Информация и космос. 2016. № 4. С. 46-60.

8. *Буренин А.Н., Нестеренко О.Е., Ледянкин И.А., Легков К.Е.* Алгоритм оценивания целесообразности распараллеливания вычислительной задачи // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2016. № 1. С. 68-71.

9. *Буренин А.Н., Легков К.Е., Емельянов А.В.* Основные положения системного анализа и подход к построению модели информационной подсистемы инфокоммуникационной системы специального назначения // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2016. Т. 7. № 3. С. 17-23.

10. *Буренин А.Н., Нестеренко О.Е., Легков К.Е.* К вопросу моделирования процесса мониторинга параметров управления инфокоммуникационных сетей специального назначения // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2015. № 1. С. 60-63.

11. *Буренин А.Н., Легков К.Е.* К вопросу моделирования процессов управления качеством функционирования инфокоммуникационных сетей специального назначения // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2015. № 1. С. 63-67.

12. *Васильев В.А., Буренин А.Н., Легков К.Е.* Модели управления качеством функционирования инфокоммуникационных сетей специального назначения // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2015. № 1. С. 84-88.

13. *Буренин А.Н., Легков К.Е., Емельянов А.В.* Модели организации управления процессами файлового обмена в инфокоммуникационных сетях специального назначения // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. 2015. № 3. С. 5-11.

14. *Легков К.Е.* Основные подходы к управлению процессами функционирования сложных инфокоммуникационных систем // Вестник воздушно-космической обороны. 2015. № 4. С. 69-75.

15. *Буренин А.Н., Легков К.Е., Нестеренко О.Е.* Основные положения управления контентом специального назначения // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2015. Т. 6. № 4. С. 210-212.

16. *Старцев Д.В., Легков К.Е.* Анализ современных компьютерных сетей и среды передачи данных // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2014. № 1. С. 111-114.

17. *Кудрявцев Д.Ю., Легков К.Е.* Состав и способы защиты сетей на основе технологии long term evolution // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2014. № 1. С. 261-264.

18. *Федоров А.Е., Легков К.Е.* Моделирование упреждающего и реагирующего протоколов маршрутизации в беспроводной мобильной адаптивной сети // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2014. № 1. С. 362-365.

19. *Легков К.Е., Захарченко Р.И.* Система поддержки принятия решения автоматизированной системы управления связи на основе организации информационного хранилища с аналитической обработкой данных // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2001. № 6. С. 28.

20. *Легков К.Е.* К вопросу о самоорганизации, самовосстановлении и самодиагностики распределенных сетей специального назначения // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2014. № 1. С. 62-65.

MODELING OF INFORMATION AND CONTROL NETWORK FUNCTIONING BY DISTRIBUTED HETEROGENEOUS INFORMATION AND COMPUTING RESOURCES FOR SPECIAL PURPOSE SUPPORT AND DECISION

VICTOR D. LIFERENKO
Doctor of Technical Sciences, Professor, Supertel Open Joint Stock Company, St. Petersburg, Russia, budko62@mail.ru

DMITRY A. GURAL
Doctoral Student, Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg, Russia

KONSTANTIN E. LEGKOV
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

Introduction: A mathematical model of the operation of an information and control network with distributed heterogeneous information and computing resources is proposed in the interests of a special purpose support and decision-making system organized by superimposing a secure information network on a transport base. The need to create an information and control network to ensure the required values of the indicator of the stability of the functioning of the information subsystem as part of the Unified Special Purpose Information Space is justified.

Keywords: information and control network; automated control system; a single information space; information network; support and decision-making system; a virtual digital channel; special purpose information subsystem.

REFERENCES

1. Burenin A.N., Legkov K.E. Ensuring the effective functioning of information subsystems of automated control systems for complex organizational and technical objects based on procedures for operational management of resources of information services. Information and space. 2017. No. 3. Pp. 64-72.
2. Gmurman V.E. Probability theory. Mathematical statistics. M.: "Higher School," 2004. 480 p.
3. Barabash PA, Vorobyov SP, Kurnosov V.I., Sovetov B.Ya. Information technologies in global information infrastructure. St. Petersburg: Nauka LLC, 2008. 552 p.
4. Burenin A.N., Legkov K.E., Bogovik A.V. Models of telecommunication systems of the modern special-purpose communication system. Technologies of the information society. X International Industry Scientific and Technical Conference: a collection of works. 2016. Pp. 209-210.
5. Burenin A.N., Legkov K.E. On the issue of monitoring parameters characterizing the state of a special purpose infocommunication system. Information society technologies. X International Industry Scientific and Technical Conference: proceedings – 2016. Pp. 211-212.
6. Burenin A.N., Legkov K.E., Bogovik A.V. Modeling of procedures for supporting organizational management processes of special purpose systems. Information society technologies. X International Branch Scientific and Technical Conference: proceedings. 2016. Pp. 215-216.
7. Legkov K.E., Burenin A.N. Models and methods of operational monitoring of information subsystems of advanced automated control systems. Information and Cosmos. 2016. No. 4. Pp. 46-60.
8. Burenin A.N., Nesterenko O.E., Ledyankin I.A., Legkov K.E. Algorithm for evaluating the feasibility of parallelization of computing tasks. Proceedings of the North Caucasus Branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics. 2016. No. 1. Pp. 68-71.
9. Burenin A.N., Legkov K.E., Emelyanov A.V. The main provisions of system analysis and an approach to building a model of the information subsystem of a special purpose infocommunication system. Synchronization systems, signal generation and processing. 2016. Vol. 7. No. 3. Pp. 17-23.
10. Burenin A.N., Nesterenko O.E., Legkov K.E. On the issue of modeling the process of monitoring control parameters of special purpose infocommunication networks. Proceedings of the North Caucasus Branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics. 2015. No. 1. Pp. 60-63.
11. Burenin A.N., Legkov K.E. On the issue of modeling quality management processes of functioning of special purpose infocommunication networks. Proceedings of the North Caucasus Branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics. 2015. No. 1. Pp. 63-67.
12. Vasiliev V.A., Burenin A.N., Legkov K.E. Models of quality management of functioning of special purpose infocommunication networks. Proceedings of the North Caucasus Branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics. 2015. No. 1. Pp. 84-88.
13. Burenin A.N., Legkov K.E., Emelyanov A.V. Models of organization of management of file exchange processes in special purpose infocommunication networks. Proceedings of the Rostov State University of Railways. 2015. No. 3. Pp. 5-11.
14. Legkov K.E. Basic approaches to managing the processes of functioning of complex information and communication systems. Bulletin of Aerospace Defense. 2015. No. 4. Pp. 69-75.
15. Burenin A.N., Legkov K.E., Nesterenko O.E. Basic provisions of special purpose content management. Synchronization systems, signal generation and processing. 2015. Vol. 6. No. 4. Pp. 210-212.
16. Startsev D.V., Legkov K.E. Analysis of modern computer networks and data transmission media. Proceedings of the North Caucasus Branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics. 2014. No. 1. Pp. 111-114.

17. Kudryavtsev D.Yu., Legkov K.E. Composition and methods of network protection based on long term evolution technology. Proceedings of the North Caucasus branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics. 2014. No. 1. Pp. 261-264.
18. Fedorov A.E., Legkov K.E. Modeling of proactive and responsive routing protocols in wireless mobile adaptive network. Proceedings of the North Caucasus branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics. 2014. No. 1. Pp. 362-365.
19. Legkov K.E., Zakharchenko R.I. Decision support system of automated communication management system based on the organization of information storage with analytical data processing. T-Comm. 2001. No. 6. P. 28.
20. Legkov K.E. On the issue of self-organization, self-healing and self-diagnosis of distributed special purpose networks. Proceedings of the North Caucasus Branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics. 2014. No. 1. Pp. 62-65.