

Об инфологии документального обмена

В. М. Соболев

АО «НИИАА» им. В. С. Семенихина, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрены инфологические аспекты специализированного аппаратно-программного телекоммуникационного комплекса для автоматизации документального обмена. Приводятся обобщенная архитектура аппаратных средств комплекса и основные элементы структуры его функционального программного обеспечения. Формализуется в нотациях расширенных сетей Петри структура ряда программных компонентов. Констатируется формальное определение коммутации и описание организации передачи документальных сообщений.

Ключевые слова: телекоммуникационный комплекс, документальный обмен, структура программ, моделирование систем, сети Петри.

DOI 10.14357/20718632230201

Постановка задачи

Документальный обмен (ДО) текстовой информацией является основным видом обмена данными в специализированной телекоммуникационной сети связи Структурно действующий ДО организован по прямым дипольным направлениям и состоит из множества пар терминальных установок, индивидуально соединенных по выделенным некоммутируемым абонентским каналам. Формально, пусть $УС = \{ус_1, \dots, ус_n\}$ – конечное множество узлов связи и на каждом узле $ус_i \in УС$ размещено некоторое число терминальных аппаратов

$a^i = \{a_{n_i}^i, \dots, a_{m_i}^i\}$, $|a^i| \leq n$, соответственно поименованных позывными инцидентных им удаленных УС $ус_{n_i} \dots ус_{m_i}$, то есть $a_{n_i}^i \equiv ус_{n_i}$, $a_{m_i}^i \equiv ус_{m_i}$. Сообщение передается на ближайший узел, на котором определяется его дальнейший маршрут до следующего ближайшего узла, и так далее до узла получателя. Пусть, например, установлена дипольная связь

$a_k^g \leftrightarrow a_s^g$ узла $ус_g$ с узлом $ус_q$; аналогично может быть соответственно предусмотрена дипольная связь $a_v^g \leftrightarrow a_w^u$ узла $ус_g$ с узлом $ус_u$. При отсутствии непосредственной инцидентности между узлами $ус_q$ и $ус_u$, передача сообщения между ними происходит по транзитному маршруту $a_s^g \rightarrow a_k^g \Rightarrow a_v^g \rightarrow a_w^u$, с выполнением на узле $ус_g$ ручного переключения $a_k^g \Rightarrow a_v^g$ между терминалом-приемником с индексом k и терминалом-передатчиком с индексом v .

Таким образом, доведение сообщений до разобщенных УС достигается только за счет каскада транзитных переключений передаваемых сообщений, вручную переносимых в пределах каждого УС с одного терминала на другой. При этом резко снижаются вероятностно-временные характеристики (ВВХ) доставки сообщений. Из изложенного следует, что главной задачей является кардинальная реорганизация службы ДО, полностью упраздняющая процедуру транзитного переключения и обеспечивающая автоматическое доведение сообщений до любых абонентов сети.

Автоматизация документального обмена

Для автоматизации ДО используются сети обмена данными (СОД) [1, 2]. Техническую аппаратно-программную основу СОД составляют телекоммуникационные комплексы (ТКК) [3]. В каждом ТКК между любыми абонентами непосредственной привязки (АНП) и любыми удаленными абонентами сети организуется взаимный обмен сообщениями, управляемый программными средствами локальной и сетевой коммуникации (Рис. 1).

Аппаратные средства ТКК представляют собой многомашинную систему с центральным процессором (ЦП) и множеством терминальных электронных модулей (ТЭМ) на микропроцессорной платформе. Связанные между собой магистральными каналами территориально распределенные ТКК являются региональными центрами коммутации.

Для передачи по магистральным каналам используется маршрутизатор, программно реализующий многоуровневый стек сетевых протоколов. Представленные в стеке протоколы предусматривают для передачи по сети последовательное автоматическое преобразование исходной информации путем разбиения ее на фрагменты – пакеты протокола межконцевого уровня (МКП), а затем на фрагменты информационных, сетевых и линейных блоков протоколов нижних уровней. Каждый пакет выполнен в байт-ориентированном формате с заголовком стандартного вида, с указанием порта назначения и приоритетности обслуживания. Поддержание логической целостности маршрутизации зиждется на перманентной циркуляции сетевых квитанций для обеспечения оптимизации выбора транзитного пути без потери связности при любом изменении топологии сети.

В ТКК локальный обмен между различными АНП осуществляется по абонентским трактам с использованием обширного терминального парка различного исполнения и назначения, в том числе компьютеризированных абонентских пунктов связи (КАПС), автоматизированных рабочих мест (АРМ), телетайпов, телеграфных аппаратов, переносной и мобильной техники и т.п.

Следует заметить, что парадигма автоматизации ДО зиждется на представлении в виде ряда

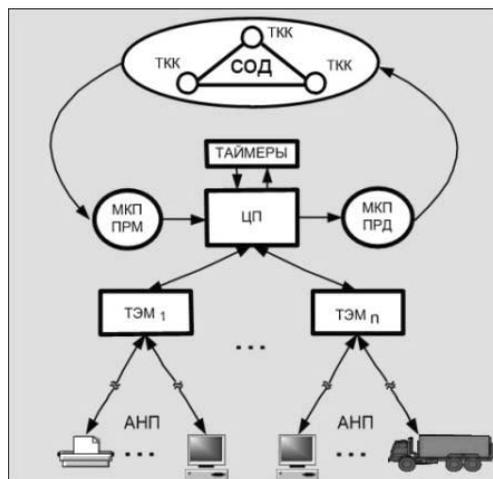


Рис. 1. Схема ТКК с объектами управления

коммуникационных комплексов подкласса встроенных систем реального времени со сложной инфологической структурой, создаваемых коллективом разработчиков разной квалификации. Потребность повышения качества изделия и стремление сокращения сроков его разработки требует повышения общей культуры программирования, полномасштабной формализации всех спецификаций ДО, соблюдения множества соглашений и аспектов взаимопонимания при коллективном взаимодействии на пути внедрения инновационных подходов к развитию промышленной технологии производственного процесса создания программ специального назначения.

Адресование и коммутация сообщений

Базовым фундаментом в коммутируемых информационных процессах автоматизированных систем является понятие адресования [4, 5]. Формально коммутация сообщений между множеством абонентов в нотациях расширенных сетей Петри $СП_E = (P, R, T, I, O, \mu)$ [6-8] с функциями инцидентности входов $I : T \rightarrow *P \times R$ и выходов $O : T \rightarrow P^*$ суть обобщенный макропереход $t_1 \in T$ смешанного приоритетно-управляемого $Y_E X_E$ типа (Рис. 2).

Макропереход t_1 под управлением решающей позиции $r_1 \in R$ выполняет распределение входного потока сообщений от множества абонентов-отправителей $Src \supset \{G_{E1}, \dots, G_{En}\}$,

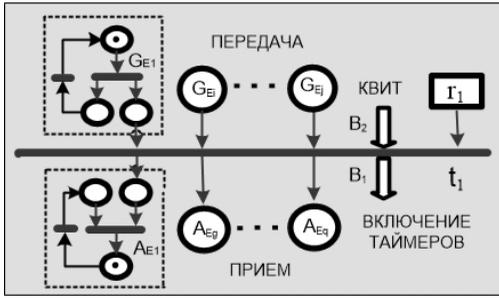


Рис. 2. E-сеть концептуальной модели коммутации информации

интерпретируемых макропозициями $G_E \in Src$ генерации меток $\mu(G_E)$, в адрес абонентов-получателей $Rcv \supset \{A_{E1}, \dots, A_{Em}\}$, $Src \cup Rcv \subset P$. Абстрактные макропозиции $A_E \in Rcv$ являются терминальными поглотителями меток. Ненулевая разметка позиции $\mu(G_E) \neq 0$, $G_E \in Src$ интерпретирует наличие сообщений, каждое из которых детализируется количественным описателем метки $v_{\mu(p)}: \langle ks, adr, val, \tau_s, typ, rns, \dots \rangle$ с указанием категории срочности (приоритета) ks , адресации adr , объема val , сеанса (времени жизни) τ_s , типа абонента-получателя typ , регистрационного номера сообщения rns и т.п.

В частности, формально коммутация сообщений между множеством абонентов представлена на Рис. 3 в нотациях многоуровневых вложенных сетей Петри $N_K = (P, T, I, O, \mu)$ с позициями P , переходами T и функциями инцидентности входов $I: T \rightarrow *P$ и выходов $O: T \rightarrow P^*$.

Вложенная сеть N_K расширена за счет идентификации меток и наличия предусловий переходов («охрана перехода») [9; 10] в системной SN и элементарных EN_G, EN_A, EN_T сетях, являющихся соответственно источниками, поглотителями и лексическими анализаторами системных меток.

Позиции (макропозиции) и переходы системной сети SN соответственно $P_{SN} = \{G_i, \dots, G_j, A_v, \dots, A_w, K\}$, $T_{SN} = \{t_i, \dots, t_j, t_v, \dots, t_w\}$, где:

G_i, \dots, G_j – генераторы, отправители сообщений (источники меток);

A_v, \dots, A_w – аккумуляторы, получатели сообщений (поглотители меток);

L – лексический анализатор формального языка оператора;

K – коммутатор сообщений;

R_g, \dots, R_q – буферы (очередь) принятых сообщений;

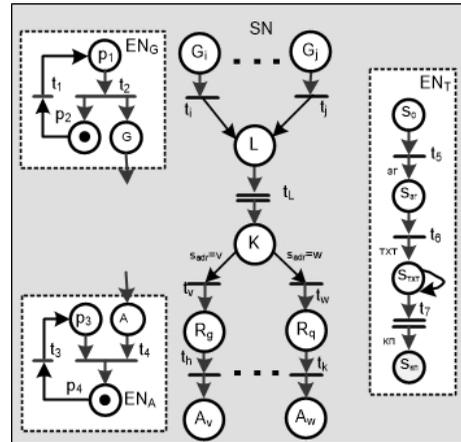


Рис. 3. Вложенная N_K -модель

t_1, \dots, t_j – передача знаков в абонентский канал;
 t_L – завершен ввод сообщения;
 t_v, \dots, t_w – прием сообщений из абонентского канала.

t_h, \dots, t_k – вывод сообщения на терминал.

Позиции и переходы элементарных сетей EN_G, EN_A, EN_T соответственно $P_G = \{p_1, p_2, G\}$, $T_G = \{t_1, t_2\}$, $P_A = \{p_3, p_4, A\}$, $T_A = \{t_3, t_4\}$ и $P_T = \{s_0, s_{зг}, s_{txt}, s_{кп}\}$, $T_T = \{t_5, t_6, t_7\}$. Множество генераторов и аккумуляторов взаимно однозначно сопоставлено экземплярам элементарных сетей $\{G\}_{SN} \leftrightarrow \{EN_G\}, \{A\}_{SN} \leftrightarrow \{EN_A\}$. Лексический анализатор взаимно однозначно сопоставлен детерминированному распознающему автомату элементной сети $L_{SN} \leftrightarrow EN_T$. Абстрактные позиции $A \in SN$ являются терминальными поглотителями меток (принятых сообщений).

В сетях $\{EN_G\}$ циклически генерируются метки (имитирующие вводимые операторами буквы и знаки терминального алфавита), из потока которых в исходном состоянии s_0 выделяется заголовок сообщения $s_{зг}$, а затем в состоянии набора текста s_{txt} по команде $кп \in L_{ПДО}^{BB}$ определяется завершение его ввода. Переходы $t_L \in SN$ и $t_7 \in EN_T$ синхронизированы (помечены двойной планкой). Срабатывание перехода $t_L \in SN$ интерпретирует наличие сообщений $msg \in MSG$. Все сообщения $msg \in MSG$ поступают через переход t_L в коммутатор $K \in SN$. Распределение входного потока от множества абонентов-отправителей $\{G_i, \dots, G_j\}$ формально осуществляется посредством сравнения индивидуальной охраны $adr(s_x) = adr(R_y)$ с адресом каждого перехода t_v, \dots, t_w . Заметим также, что

асинхронная интерактивная генерация сообщений независимыми абонентами органично диктует необходимость их многозадачного обслуживания и организацию параллелизма выполнения функций ДО.

Структура и языковая модель ТКК

Используя принцип выделения языковой модели [11,12] функциональная структура программного обеспечения ТКК на верхнем уровне иерархии определена в следующем языковой абстракции суперпозиций:

$$L_{\text{ТКК}} \supset \mathcal{S}^{\text{юк}} \left(\bigcup (L_{\text{путо}}, L_{\text{адм}}, L_{\text{пу}}, L_{\text{резв}}, L_{\text{ик}}, L_{\text{фон}}) \cdot \dots \right. \\ \left. \cdot \dots \mathcal{S}^{\text{база}} \left(\bigcup (L_{\text{база}}, L_{\text{окно}}, L_{\text{мкп}}, L_{\text{рег}}, L_{\text{стат}}), L_{\text{ос}} \right) \right),$$

где каждый формальный язык L_j - макроуровень с выделенными символами из алфавита $A(L_j)$, рассматриваемый как языковой процессор, реализующий:

$L_{\text{путо}}$ - протокол управления технологическими объектами;

$L_{\text{адм}}$ - административное управление ТКК;

$L_{\text{пу}}$ - функции взаимодействия с пунктом управления;

$L_{\text{резв}}$ - функции резервирования;

$L_{\text{ик}}$ - функции интеллектуального контроллера;

$L_{\text{фон}}$ - тесты и фоновый контроль.

В качестве иллюстрации ограничимся детализацией алфавита языкового процессора $L_{\text{путо}}$. Упрощенно каждому выделенному символу из алфавита языка $q \in L_{\text{путо}}$ соответствует одна цепочка нижнего уровня, в виде следующих программных средств (процедур):

$L_{\text{прд}}$ - язык обработки передаваемых данных, $A(L_{\text{прд}}) \supset (ZAGOL, ADRES, OBRBL, KPERED, SEANS)$ - формирование информационного заголовка, контроль адресов объектов, обработка блоков (фрагментов автоматически генерируемого текста), конец передачи и установка сеанса («времени жизни») сообщения;

$L_{\text{прм}}$ - язык обработки приема $A(L_{\text{прм}}) \supset (VYDZAG, VYVTXT)$ - выдача информационного заголовка, выдача содержательной части сообщения;

$L_{\text{дуп}}$ - язык установления виртуального соединения и ведения дуплексного обмена информацией, $A(L_{\text{дуп}}) \supset (PEREGO, OBRPRG, SBRPRG)$ - установка виртуального соедине-

ния, обработка фрагментов текста, сброс дуплексного соединения;

$L_{\text{птв}}$ - подтверждение получения данных, $A(L_{\text{птв}}) \supset (PODSOO, NPT)$ - формирование служебных квитанций, подтверждающих или нет получение данных;

$L_{\text{квит}}$ - функции выдачи служебных посылок (квитанций), $A(L_{\text{квит}}) \supset (VYVOD, POKVIT)$ - вывод служебных квитанций;

$L_{\text{отв}}$ - функции обработки команд, поступающих из ИК, $A(L_{\text{отв}}) \supset (ОТВЕТ)$.

Обобщенно теоретико-множественная нотация программного обеспечения ТКК формально рассматривается как четверка $ПО = \langle Y, I, CY, CI \rangle$ с управляющей $Y(ПО)$ и информационной $I(ПО)$ компонентами и бинарными отношениями CY, CI , характеризующими соответственно интерфейсные связи по управлению и информации [13]. Информационная компо-

$$\text{нента } I(ПО) = \bigcup_{CI} I_{\text{злб}} \cup \bigcup_{i=1}^n I_i^{\text{ЛОК}}, \quad \forall i \in I:$$

$\exists!$ $\text{тур}_i \in \text{Тур}$ характеризуется типизированной совокупностью общих и локальных информационных элементов (атрибутов).

Глобальные переменные $I_{\text{глб}}$ образуют разнообразные ассоциации в виде базовой информационной структуры $I_{\text{бис}} \subset I(ПО)$, $I_{\text{бис}} \supset \{Ds, \Phi_s, \text{Сп}, \text{Ткс}, \text{Р}, \text{Тм}, \text{САТ}\}$, где:

• $Ds = \{ds_1, \dots, ds_n\}$ - множество дескрипторов абонентских каналов КДО. Каждый дескриптор абонентского канала $ds_k \in Ds$ с типом $tk_{ds} \in \text{Тур}$ представляет собой кортеж $ds_k = \langle k, \text{ар}, \text{Вх}, \text{Вых}, \text{Квт}, s_{\text{тр}}, s_{\text{вв}}, s_{\text{выв}}, \dots \rangle$ соответствующих логических атрибутов, определенных набором типов $tk_{ds} = (t_{ds_1}, \dots, t_{ds_n})$.

В дескрипторе предусмотрены следующие атрибуты канала:

- $k \in \text{Kan}$ - номер абонентского канала, $k = \overline{1, n}$;

- $\text{ар} \in \text{Var}$ - адрес получателя;

- Вх - указатель вводимого сообщения $\text{Вх} = \{\emptyset, \text{вх}\}$ с входным запросом типа $t_{\text{вх}} \in \text{Тур}$, $t_{\text{вх}} = \langle \text{Pnc}, \text{Val}, \text{Кс}, \text{Txt}, \text{Frm} \dots \rangle$, в котором в процессе ввода сообщения фиксируются такие атрибуты, как регистрационный номер сообщения, текущий объем текста сообщения, категория срочности, адрес вводимого текста

сообщения, адрес формуляра и т.п. Все счетное множество входных запросов в ТКК $v_{x_i} \in V_x$ задано как структура $\mathfrak{Z}_{V_x}(t_{V_x}) = (d_{v_{x_1}}, \dots, d_{v_{x_q}})$, элементы которой динамически создаются при вводе заголовка сообщения и удаляются после его отправки.

– Вых-указатель упорядоченной по КС очереди запросов на вывод сообщений $v_{yx} = \{\emptyset, v_{y_{x_1}}, \dots, v_{y_{x_q}} \dots\}$ типа $t_{v_{yx}} \in \text{Тур}$, $t_{v_{yx}} = \langle \text{Pnc, Val, Kc, Txt, Frm, AP, Nstr, V, Vstr, Pvt, Tim, \dots} \rangle$, в котором дополнительно указаны адрес получателя, номер выводимой страницы, объем принятого сообщения, указатель на начало страницы, число повторов, время поступления сообщения и т.п. Счетное множество выходных запросов V_{yx} является динамической структурой $\mathfrak{Z}_{V_{yx}}(t_{V_{yx}}) = (d_{v_{yx_1}}, \dots, d_{v_{yx_q}})$, создаваемой по мере обслуживания принимаемых сообщений.

– Квт - указатель очереди квитанций $K_v = (\emptyset, kv_1, \dots, kv_2, \dots)$ типов $T_{ш} \subset \text{Тур}$, где $T_{ш} = \{t_{ш_1}, \dots, t_{ш_n}\}$ - множество типов (шаблонов) квитанций, на котором установлено однозначное соответствие $\mathfrak{Z}_k: \text{Kod} \rightarrow T_{ш}$.

– $S_{тр}$ - логическое состояние тракта $\text{Dom}(S_{тр}) = \{\text{оз, тз, из, то, оо, жвт, жв, ио, жпс, ио_выд, сбр_сб}\}$;

– $S_{вв}$ - состояние цикла ввода, определяемым одним из значений множества $\text{Dom}(S_{вв}) = \{\text{исх, уст_гтв, вв_прл, вв_текст, уст_прг, прг, конец_прг, тст}\}$;

– $S_{выв}$ - состояние цикла вывода; $\text{Dom}(S_{выв}) = \{\text{свобод, загол, начало_сооб, блок_ткс, страница, конец_стр, конец_сооб, жду_уст_прг, веду_прг, конец_прг, ответ, подтв, тст}\}$.

• $\Phi_c = \{\phi_{c_1}, \dots, \phi_{c_n}, \dots\}$ - счетное множество формуляров сообщений.

Формуляр сообщения $\phi_c \in \Phi_c$ характеризуется типом $t_\phi \in \text{Тур}$, в котором:

– $t_\phi = (t_{\text{общ}}, \{t_{\text{абн}}\}^{\text{kol}})$, $t_{\text{общ}} = (t_{\text{об}_1}, \dots, t_{\text{об}_v})$ - тип общей части формуляра,

– $t_{\text{абн}} = (t_{\text{аб}_1}, \dots, t_{\text{аб}_w})$ - тип абонентской части формуляра,

– $\text{kol} \leq m$ - число получателей многоадресного сообщения.

• $\text{СП} = \{sp_1, \dots, sp_r, \dots\}$ - счетное множество служебных посылок. Семантика разнообразных СП, выводимых на ТГУ для информирования

оператора формализована в текстовых шаблонах, заданных следующим набором типов $\text{Тсп} = \{t_{\text{сп}_1}, \dots, t_{\text{сп}_n}\}$, $\text{Тсп} \subset \text{Тур}$, где СП:

– $t_{\text{сп}} \in \text{Тсп}$, $t_{\text{сп}} = (t_{\text{оп}}, [t_{\text{ин}}])$, $t_{\text{оп}} = (t_{\text{next}}, t_{\text{kod}}, t_{\text{kan}})$ - тип общей части;

– $t_{\text{ин}} = (t_{\text{ин}_1}, \dots, t_{\text{ин}_2})$ - тип индивидуальной части СП;

– $\text{Kod} = \{\text{kod}_1, \dots, \text{kod}_s\}$ - конечное множество управляющих команд, индуцированных отображением $\mathfrak{Z}_{\text{СП}}: \text{Kod} \rightarrow \text{СП} \times \text{Тсп}$ при вводе кодовых фраз языка оператора $L_{\text{ПДО}}^{\text{ВВ}}$.

• $\text{Txt} = \{\text{txt}_1, \dots, \text{txt}_s, \dots\}$ - счетное множество текстов сообщений; текст размещается в общей части формуляра $\text{txt} \subset t_{\text{общ}}$ (фс); тип текста сообщения $t_{\text{txt}} \in \text{Тур}$ - одномерный массив объемом $V^{\text{f(kc)}}$, максимум которого зависит от категории срочности. Счетное множество текстов сообщений динамически создается при вводе нового сообщения.

• $\text{Tim} = \{\text{tim}_1, \dots, \text{tim}_q, \dots\}$ - счетное множество таймеров, где:

– $\text{typ}_{\text{tim}} \subset \text{Тур}$ - тип таймера;

– $\text{typ}_{\text{tim}} = \langle \text{Kod, Kan, Key, Tik} \rangle$ - тип кортежа таймера;

– $\{\mathfrak{Z}_\tau(\text{tim}_i) \mid \text{tim}_i \in \text{Tim} \wedge \text{tim}_i.\text{tik} = 0\}$ - итератор по множеству Tim ;

– $\text{сп}_i = \mathfrak{Z}_{\text{СП}}(\text{tim}_i.\text{kod}_i)$, $\text{сп}_i \in \text{СП}$ - команда таймера.

• $\text{P}^* = \{p_1, p_2, \dots, p_{n_q}, \dots\}$ - упорядоченное по времени счетное множество регистрационных записей, формализованных конечным множеством типов $\text{T}_p = \{t_{p_1}, \dots, t_{p_n}\}$, $\text{T}_p \subset \text{Тур}$, предусмотренных для регистрации заголовков сообщений $\text{сп} \in \text{СП}$, квитанций $\text{kv} \in \text{Ds.kvt}$, подтверждений $\mathfrak{Z}_{\text{аб}}(t_{\text{абн}}, i)$ от абонентов $\text{ар} \in \text{Var}$ и автоматизированных результатов доведения сообщений. По запросу оператора на основании P^* выводятся различные виды журналов, сводок, отчетов, форматы которых определены типами аппаратных журналов $t_{\text{АПЖ}} = \{t_{\text{ж}_1}, \dots, t_{\text{ж}_m}\}$.

• САТ - структурно-адресная таблица топологии системы. САТ также указываются:

– Kan - логические номера и число n абонентских каналов;

– Var - внутренние адреса АНП;

– $\text{Gr} \supseteq \{k\} \times \text{Var}$, с разбиением $\text{R}_k = \{\text{Kan}_{\text{ар}}\}_{\text{ар} \in \text{Var}}$ - функциональное отношение групповых терминалов с общим адресом аба-

нентов-получателей. Групповые терминалы используются для повышения пропускной способности на УС с потенциально большим трафиком;

– $R_{ap} = \{(ap_a, \dots, ap_b), \dots, (ap_c, \dots, ap_d)\}$ – непересекающееся разбиение корпоративных групп адресов альтернативных (выделенных) абонентов-получателей;

– $V_{yd} \subseteq R_{ap} \times V_{ap}$ – бинарное отношение альтернативных получателей, $V_{yd} = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, $v_i = (v_{i1}, \dots, v_{in})$, $\{v_i\} \cap \{v_j\} \neq \emptyset$. Наличие альтернативных абонентов-получателей (дублеров) позволяет автоматически с учетом конфиденциальности переадресовывать сообщение при потере связности с заданным адресатом только абонентам определенной корпоративной группы.

На множестве дескрипторов абонентских каналов установлено однозначное соответствие $\mathfrak{Z}_d : D_s \rightarrow \langle Vx, Выx, Кв \rangle$. Схема иерархических зависимостей (Рис. 4) для каждого абонентского канала $k \in Kan$ представляет тип дерева $(Ds(Vx(\Phi_c(Txt)(Tim))(Выx(\Phi_c(Txt)(Tim)))(Кв)))$, связывающего рассмотренные динамические компоненты. Совокупность конечного множества деревьев по числу $|Kan|$ абонентских трактов ТКК образуют инфологический лес дескрипторов Ds .

Функциональное использование представленных инфологических структур $I_{бис} \subset I(ПО)$ позволяет интерпретировать программное обслуживание передаваемого сообщения (коммутацию) как перенос посредством оператора перемещения $\mathfrak{H} : Vx_q \xrightarrow{ВХ} Выx^*$, $Выx^* = (Выx_g, \dots, Выx_r)$; $q, g, \dots, r \in Kan$ динамически созданного входного запроса $vx \in Vx_q$ в выходные множе-

ства $Выx^*$ разных дескрипторов (при многоадресной передаче сообщения).

Все задачи ТКК реализованы в виде конечного множества независимых асинхронно функционирующих старт-стопных параллельных процессов $u \in U$, $U = \{u_a, \dots, u_z\}$, $u_i \parallel u_j$, объединенных между собой соответствующими буферными связями (программными «почтовыми ящиками»).

Представленный в упрощенном формате доминантный старт-стопный (за счет блокирующего оператора wait) бесконечный процесс $u_{асп} \in U$, $u_{асп} = \text{while}\{\text{wait}(x_k) \dots \text{switch}(x_k) \dots \text{send}(y_q)\}$, $x \in L_{пдо}^{ВВ}$, $y \in L_{пдо}^{ВВБ}$; $\text{wait}, \text{send} \in L_{ос}$; $k, q \in Kan$ на базе программы абонентской системы передач (АСП), принимая и дешифрируя команды $x \in L_{пдо}^{ВВ}$ от ТЭМ и МКП, осуществляет вызов запрашиваемой функции, которая в свою очередь использует ряд вспомогательных $L_{всп}$ и далее – ряд базовых процедур $L_{баз}$, предусмотренных в иерархической структуре как средства общего пользования, реализуя таким образом суперпозицию:

$$L_{асп}(G) = S^{n+1} \left(L_{пдо}^{q_{ndo}} S^{n+2} \left(L_{всп}^{q_{всп}} S^{n+3} \left(L_{баз}^{q_{баз}} L_{ос} \right) \right) \right).$$

Упрощенная граф-схема АСП (Рис. 5) условно иллюстрирует структуру последовательности вызовов различных обрабатывающих функций $L_{пдо}$ (верхний уровень иерархии) и вспомогательных $L_{всп}$ и базовых процедур $L_{баз}$ (нижний уровень).

Модель обработки сообщений

Формально программная организация обработки сообщений в ТКК [14-16] может быть представлена Е-сетью (Рис. 6) $СП_E = (P, T, I, O)$, где позиции $P = \{p_1, пдо, ТЭМ_1, \dots, ТЭМ_n, бф_1, бф_2, прд, прм, тмр, мкп_1, мкп_2, сод, \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3\}$ в которых:

p_1 – семафор, интерпретирующий занятость обработчика данных;

пдо – макропозиция, характеризующая поступление данных на обработку согласно протоколу документального обмена (ПДО);

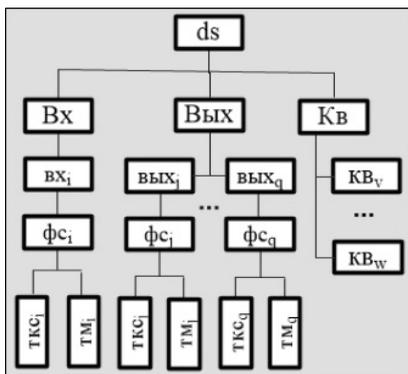


Рис. 4. Элементы информационной структуры абонентского канала

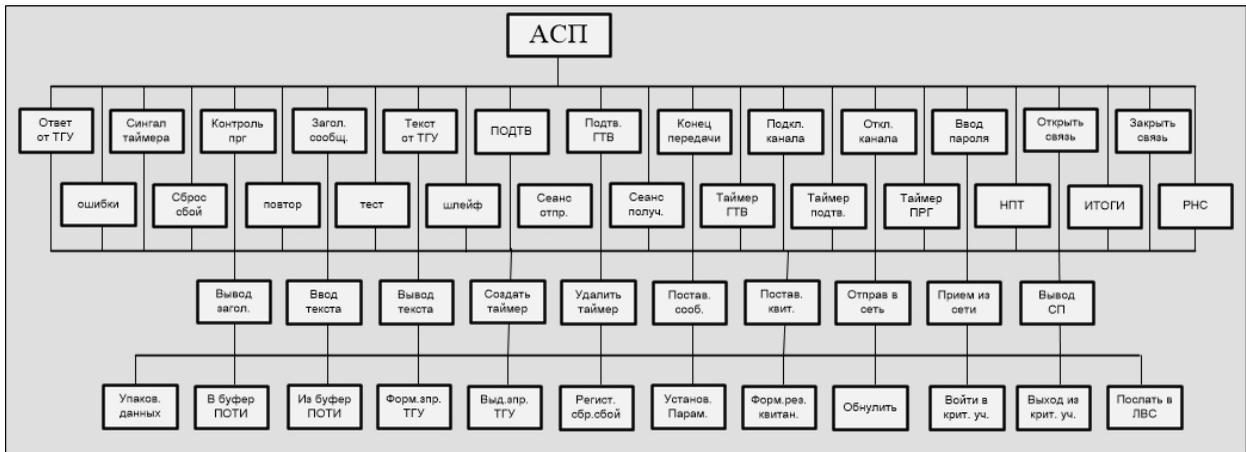


Рис. 5. Структурная граф-схема программы АСП

$D = \{ТЭМ_1, \dots, ТЭМ_n\}$, $D \subset P$ – макропозиции, интерпретирующие состояние программных обработчиков интеллектуальных контроллеров абонентских каналов связи – терминальных электронных модулей (ТЭМ);

бф₁, бф₂ – позиции, отображающие состояние входного и выходного буферов данных;

прд, прм – позиции, отображающие наличие заявок на передачу и прием в программно-аппаратные «окна» межпроцессорной связи между ТЭМ и ЦП;

трм – макропозиция таймеров;

мкп₁, мкп₂ – макропозиции, интерпретирующие входной и выходной компонент транспортного уровня межконцевого протокола (МКП);

сод – макропозиция, интерпретирующая транспортную систему обмена данными.

$R = \{r_1, r_2, r_3\}$, $R \subset P$ – подмножество решающих позиций, где:

r_1 - решающая позиция выбора направления отправки результатов программной обработки в выходной буфер;

r_2, r_3 - решающие позиции выбора одной из макропозиций $ТЭМ_j, \dots, ТЭМ_n$ на обработку и вывод результатов соответственно.

$T = \{t_1, \dots, t_{10}\}$ – множество переходов, где:

t_1 - переход, срабатывающий при поступлении данных на обработку из входного буфера бф₁ в позицию прд ∈ P;

t_2 - переход управляющего типа, срабатывающий при распределении передаваемых данных;

t_3, t_4 - переходы передачи и приема данных при взаимодействии с межпроцессорным «окном»;

t_5 - переход управляющего типа, срабатывающий при распределении передаваемых данных в макропозиции $ТЭМ_j, \dots, ТЭМ_n$ на обработку;

t_6 - переход приоритетного типа, срабатывающий при выборе данных от макропозиций $ТЭМ_1, \dots, ТЭМ_n$ на отправку в позицию прм ∈ P;

t_7 - переход, преодолеваемый при срабатывании таймеров макропозиции трм ∈ P для направления этих сигналов на последующую обработку во входной буфер бф₁ ∈ P;

t_8, t_9 - переходы, срабатывающие при передаче и приеме данных при взаимодействии с макропозицией сод ∈ P;

t_{10} - переход, срабатывающий при приеме данных от макропозиции мкп₂ ∈ P.

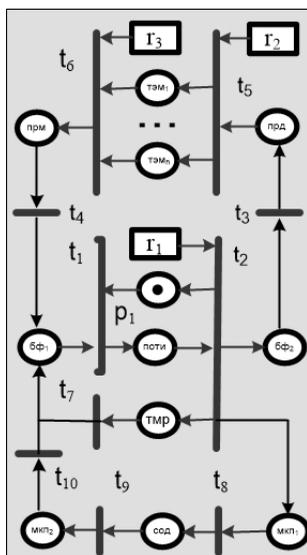


Рис. 6. E-сеть обработки ТЛГ-сообщений

Связность представлена как $I = I(t_1) \cup \dots \cup I(t_{10})$ и $O = O(t_1) \cup \dots \cup O(t_{10})$ – множество входных I и выходных O позиций, инцидентных переходам $t_1, \dots, t_{10} \in T$.

Динамика обработки информации, поступающей от абонентов АНП и адресуемой к АНП, прослеживается следующей циклической последовательностью срабатывающих переходов: $\dots t_1, t_2, t_3, t_5, t_6, t_4, \dots, t_2, t_7, t_1, \dots$, а при взаимодействии АНП с удаленными абонентами - $\dots t_2, t_8, t_9, t_{10}, t_1, t_2, \dots$

Реализация абонентского протокола

В основе функционирования каждого ТКК лежит единый абонентский протокол документального (текстового) обмена, являющийся доминантным стержнем для целого семейства разных поколений ТКК.

Программная организация обработки документальных сообщений формально представлена расширенной Е-сетью (Рис. 7) $СП_E = (P, T, I, O, M)$, где:

$T = \{t_1, \dots, t_{17}\}$ – конечное множество переходов;

$I : T \rightarrow P$ - функция инцидентности входов;

$P = \{I(t \in T)\}, P \subset P;$

$O : T \rightarrow P$ - функция инцидентности выходов

$P = \{O(t \in T)\}, P \subset P;$

M – разметка Е-сети.

Конечное множество позиций $P = \{$

- вз – ввод заголовка,
- кз – контроль заголовка,
- вс – ввод сообщения,
- тс – таймер сеанса,
- ос – отправка сообщения,
- зг – запрос готовности,
- зс – оформление заголовка и сообщения,
- тнп – таймер напоминания необходимости подтверждения сообщения,
- опс – ожидание подтверждения принятого сообщения,
- нпс – неподтверждение принятого сообщения,
- тнс – таймер неподтверждения принятого сообщения,
- нсп – квитанция за неподтверждение сообщения получателем,
- псп – квитанция за подтверждение сообщения получателем;
- нпт – результирующая квитанция отправителю о неподтверждении,
- птв – результирующая квитанция отправителю о подтверждении,
- гтв – подтверждение готовности,
- A_{E1} – вывод квитанции за заголовок и (потенциально) служебной посылки о запрете передачи сообщения из-за перегрузки транспортной сети,
- A_{E2} – вывод результирующей квитанции отправителю об аварийном завершении передачи сообщения,

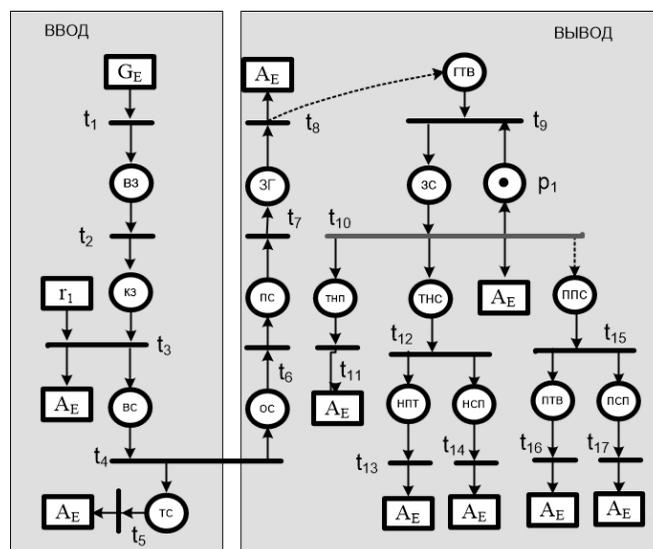


Рис. 7. Е-сеть фрагмента протокола ДО

- A_{E3} – вывод требования подтверждения готовности к приему,
- A_{E4} – вывод заголовка и принятого сообщения,
- A_{E5} – подтверди сообщение,
- A_{E6} – вывод результирующей квитанции отправителю о неподтверждении,
- A_{E7} – вывод квитанции получателю о неподтверждении,
- A_{E8} – вывод результирующей квитанции отправителю о подтверждении,
- A_{E9} – вывод квитанции получателю о подтверждении,
- G_{E1} – макропозиция генератора трафика сообщений,
- G_{E2} – макропозиция генератора подтверждения сообщений,
- r_1 – решающая позиция,
- p_1 – семафор занятости приемника

Анализатор входного потока

Формально функциональная реализация всех регламентов и положений ПДО канонически может быть представлена моделью конечного детерминированного программного автомата.

Анализатор формального языка предназначен для распознавания вводимых с терминала команд оператора $D_i \in L_{\text{ПДО}}^{\text{ВВ}}$, в том числе:

- зг – ввод заголовка сообщения;
- тхт – ввод текста сообщения;
- уст – установка виртуального соединения для переговоров;
- прг – выполнение прямых переговоров;
- кп – конец передачи, завершение ввода сообщения, переговоров, подтверждения;
- прн – подтверждение принятого сообщения;
- гтв – запрос готовности;
- тст – тестирование абонентского тракта.

Состояния анализатора $S_{\text{ост}}$ формального терминального языка (ФТЯ) (Рис. 8) в канонических нотациях распознающего программного конечного автомата (РПА) детерминированы функцией переходов f_s в виде перечисления $S_{\text{ост}} \supset \{S_0, S_{зг}, S_{тхт}, S_{кп}, S_{уст}, S_{прг}, S_{прн}, S_{гтв}, S_{тст}\}$.

Функция выходов f_{out} , с конечным выходным алфавитом $\{зг, уст, прн, гтв, тст, тхт, прг, кп\}$ в зависимости от состояния автомата $S_{\text{ост}}$, характеризуется формированием следующей служебной информацией $D_j \in L_{\text{ПДО}}^{\text{ВВ}}$:

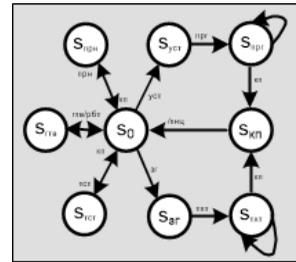


Рис.8. Конечный автомат анализатора ФТЯ

- зг/ $S_{зг}$ – квитанция за заголовок сообщения;
- уст/ $S_{уст}$ – уведомление об установке режима виртуальных переговоров;
- прн/ $S_{прн}$ – подтверждение оператором принятого сообщения;
- гтв/ $S_{гтв}$ – подтверждение готовности терминала;
- тст/ $S_{тст}$ – тестовая проверка абонентского тракта;
- тхт/ $S_{тхт}$ – циклическое накопление вводимого текста сообщения;
- прг/ $S_{прг}$ – производство прямых дуплексных переговоров с партнером;
- кп/ $S_{кп}$ – завершение ввода текста сообщения или переговоров;
- кп/ $S_{прн}$, кп/ $S_{тст}$ – завершение подтверждения или тестирования.

Функциональная модель макропозиции анализатора в нотациях E-сети, $СП_E = (P, T, I, O)$, детализирована на Рис. 9, где:

- $P \supset Vx \cup S \cup D \cup СП \cup \Phi$ – множество позиций;
- $Vx = \{\text{ввод, тмвв, уст, сек}\}$ – подмножество входных периферийных позиций:

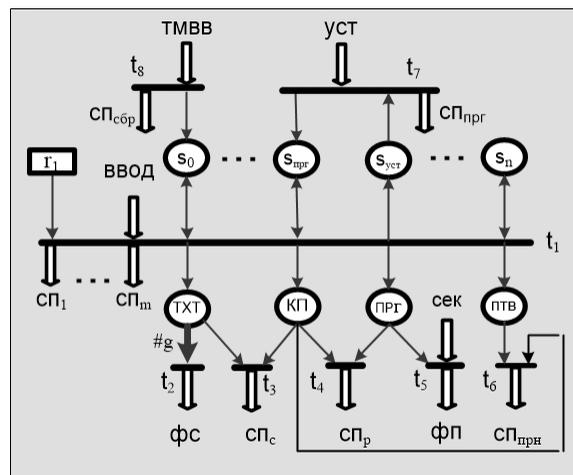


Рис. 9. E-сеть анализатора

ввод – входная периферийная позиция, интерпретирующая ввод знака из канала;

тмвв – входная периферийная позиция таймера, контролирующего максимально допустимую паузу между вводимыми с терминала знаками;

уст – входная периферийная позиция, отображающая установление виртуального соединения для прямых переговоров;

сек – входная периферийная позиция сигнала от генератора секундной метки;

$r_1 \in P$ – решающая позиция, интерпретирующая характеристические функции выхода и состояния распознающего программного автомата (РПА).

• $S \supseteq \{s_0, \dots, s_n\}$ – позиции, отображающие конечное множество состояний РПА.

Обобщенное множество состояний автомата $S \subset V \times W$, где подмножество $V = \{\text{исх, сбс, впр, гтв, тст, жус}\}$ характеризует режимы функционирования анализатора.

• $D \supseteq \{\text{тхт, прг, птв, кп}\}$ – подмножество макропозиций, отображающих для каждого канала $k_i \in K$ вводимый поток данных, где макропозиции:

тхт – буфер накапливаемого фрагмента текста сообщения;

прг – буфер накапливаемого фрагмента текста переговоров;

птв – буфер накапливаемого подтверждения сообщения;

кп – разделитель конца передачи.

• $СП \supseteq \{сп_1, \dots, сп_m\}$ – подмножество выходных периферийных позиций выдачи различных служебных посылок из РПА в ЦП. В частности, для подмножества запросов $Z \supseteq \{сп_{сбр}, сп_{згл}, сп_{прн}, сп_{уст}, сп_{прг}\}$, $Z \subset СП$, формируемых анализатором при распознавании лексемы входного языка $L_{пдо}^{BB}$, предусмотрено:

сп_{сбр} – сброс по истечении контрольного времени;

сп_{згл} – запрос выдачи квитанции за заголовки сообщения или переговоров;

сп_{прн} – принятое сообщение подтверждено;

сп_{уст} – запрос на установление связи для переговоров;

сп_{прг} – режим переговоров установлен.

• $\Phi \supseteq \{\text{фс, сп}_c, \text{сп}_p, \text{фп}\}$ – выходные периферийные позиции, где:

фс, фп – выдан фрагмент текста сообщения или переговоров;

сп_c – введено сообщение;

сп_p – разрыв переговоров.

• $T = \{t_1, \dots, t_7\}$ – множество переходов.

t_1 – обобщенный макропереход, интерпретирующий управление сменой состояний и выходов РПА при поступлении входного знака;

$\{t_2, \dots, t_8\} \subset T$ – подмножество переходов, интерпретирующих отправку в ЦП периферийных служебных посылок и данных, формируемых в соответствии с выходной характеристической функцией распознающего автомата, где указанные переходы имеют следующую интерпретацию:

t_2 – выдачу с учетом кратности $g = \#(\text{тхт}, I(t_2))$ фрагмента фс текста сообщения фиксированного объема для его накопления в памяти ЦП;

t_3 – выдачу при поступлении разделителя кп $\in BK$ служебной посылки сп_c в ЦП для формирования квитанции за введенное сообщение;

t_4 – формирование квитанции сп_p за разрыв соединения при окончании переговоров;

t_5 – вывод в ЦП фрагмента текста переговоров фп $\in \Phi$ по сигналу входной периферийной секундной метки $\mu(\text{сек}) = 1$;

t_6 – вывод в ЦП служебной посылки сп_{прн} о подтверждении оператором принятого сообщения;

t_7 – переключение РПА в режим переговоров при наличии разметки входной периферийной позиции $\mu(\text{уст}) = 1$, указывающей на завершение процедуры установления виртуального соединения между партнерами;

t_8 – сброс в исходное состояние по истечении контрольного времени, отображаемого разметкой входной периферийной позиции $\mu(\text{тмвв}) = 1$.

Модель анализатора описывает функционирование автомата, распознающего лексемы формального языка оператора $L_{пдо}^{BB}$ и потоки содержательных данных (текст).

Последовательность срабатываний при наборе заголовка в процессе реализации передачи сообщения имеет вид $\{t_1\}^g$. Последующий ввод текста сообщения характеризуется обобщенной последовательностью срабатываний переходов $\{\{t_1\}^g, t_2\}^v, \{t_1\}^w, t_3$.

Модель вывода сообщения

Специфика вывода связана с потенциальной вероятностью одновременного поступления нескольких сообщений («конфликта») на общий приемник, устраняемого путем временного прерывания вывода менее срочных сообщений более приоритетными [17]. Для абстрагирования и иллюстрации структурных особенностей динамики обслуживания прерывания сообщений в указанной ситуации на Рис. 10 укрупненно представлен фрагмент расширенной за счет идентификации меток и наличия предусловий переходов системной SN и элементной EN вложенной сети Петри $N = (P, T, F, \mu)$, с позициями P , переходами T и инцидентностью $F: (P \times T) \cup (T \times P)$. Позиции и переходы системной сети соответственно $P_{SN} = \{G_i, \dots, G_j, p_k, p_1, p_2\}$, $T_{SN} = \{t_1, t_2, t_i, \dots, t_j, t_r\}$.

Семантика позиций SN:

- G_i, \dots, G_j – источники (генераторы) сообщений;
- p_k – коммутатор сообщений;
- p_1 – буфер приема сообщений, адресуемых абоненту;
- p_2 – сообщения, выбранные на абонентское обслуживание.

Семантика переходов SN:

- t_i, \dots, t_j – отправка сообщений, поступающих от разных источников;
- t_r – выбор сообщения на абонентское обслуживание;

- t_1 – выбор сообщения с максимальным приоритетом;
- t_2 – удаление полностью выведенного сообщения.

Позиции и переходы элементной сети $P_{EN} = \{m, s, b, p_3, A\}$, $T_{EN} = \{t_3, \dots, t_8\}$.

Семантика позиций EN:

- m – исходное состояние вывода принятого сообщения;
- s – число страниц сообщения;
- b – число блоков (фрагментов текста) текущей страницы сообщения;
- p_3 – семафор, регулирующий выбор очередной страницы сообщения;
- A – аккумулятор выведенного на терминал текста сообщения;

Семантика переходов EN:

- t_3 – обработка сообщения (учет числа страниц сообщения);
- t_4 – выбор на обслуживание очередной страницы сообщения;
- t_5 – вывод блока текста сообщения;
- t_6 – завершение вывода текущей страницы сообщения;
- t_7 – прерывание (блокировка вывода страницы сообщения);
- t_8 – завершение вывода сообщения.

Позиции G_i сети SN являются источниками спонтанно генерируемых сообщений

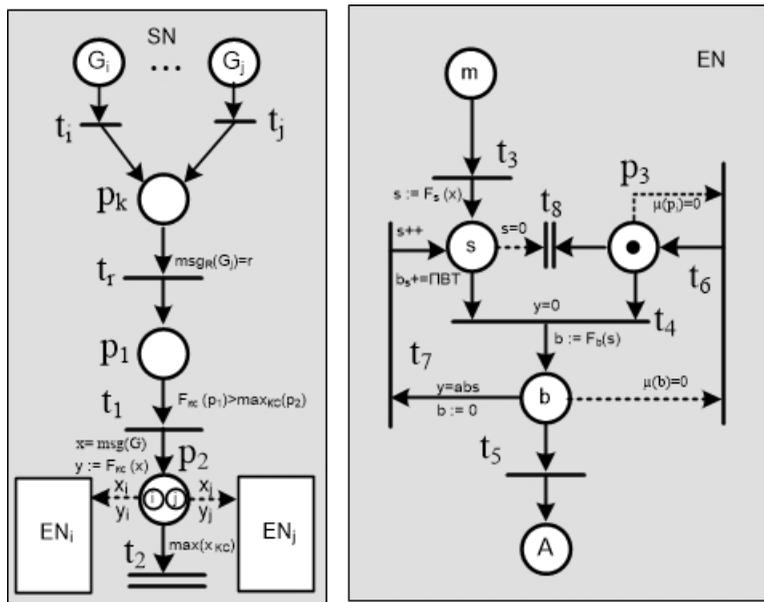


Рис. 10. Обслуживание вывода сообщений

$msg \in MSG$, интерпретируемых в виде различных между собой меток $MSG = \{msg_v, \dots, msg_u\}$. Все отправляемые из источников G сообщения поступают через переходы t_i, \dots, t_j на коммутатор r_k , где они селектируются согласно адресам и передаются через переходы $t_1^r, \dots, t_n^r \in T_{SN}$ соответствующим абонентам. Позиция $p_1 \in P_{SN}$ имитирует сборник (буфер) сообщений, поступающих из коммутатора r_k , через переход $t_r \in T_{SN}$. Разметка $\mu(p_2)$ позиции $p_2 \in P_{SN}$ характеризует текущее число сообщений, находящихся в обработке. Метки i и j в позиции $p_2 \in P_{SN}$ являются вложенными экземплярами элементной сети EN . Тип метки сообщения $msg \in MSG$ задан кортежем $typ(msg) = \langle r, KC, \omega, s, txt, \tau \rangle$, в котором:

- r – условный адрес приемника (позывной);
- KC – категория срочности;
- ω – объем текста сообщения;
- s – число страниц текста сообщения;
- τ – время приема сообщения из коммутационной сети.

В общем случае каждая страница сообщения msg_i в процессе вывода фрагментируется в соответствии $\psi: S \rightarrow B$ на атомарные (непрерываемые) блоки фиксированного объема $b = \psi(msg^s)$.

Элементная сеть EN интерпретирует следующую динамику процесса вывода сообщения. При срабатывании перехода $t_3 \in T_{EN}$ в позиции $s \in P_{EN}$ устанавливается значение разметки $\mu(s)$, соответствующее исходному числу страниц s сообщения. Переход $t_4 \in T_{EN}$ при наличии разрешения $y = \emptyset$ и открытого семафора $p_3 \in P_{EN}$, $\mu(p_3) = 1$ выбирает очередную страницу $s_q \in s$ из позиции $s \in P_{EN}$ и устанавливает в позиции $b \in P_{EN}$ значение $\mu(b) = \psi(s_q)$ числа фрагментов текста (блоков фиксированного объема). Тактированная последовательность в элементной сети EN циклических срабатываний перехода $t_5 \in T_{EN}$ приводит к упорядоченному выводу всех блоков текста текущей страницы $\{t_5\}^b = t_5 t_5 \dots t_5$, $\mu(b) = 0$, и восстановлению семафора $\mu(p_3) = 1$ по завершению вывода страницы. В целом, в результате функционирования сети EN при выводе любого сообщения $x = msg(G)$ последовательность срабатывания имеет вид итерации $\{t_4 \{t_5\}^b\}^s = t_4 t_5 t_5 t_5 t_4 t_5 t_5 \dots t_5 \dots t_4 t_5 t_5 t_5$. Завершение вывода сообщения в элементной сети

EN и приводит к синхронному срабатыванию переходов $t_2 \in T_{SN}$ и $t_8 \in T_{EN}$.

Рассмотрим конфликтную ситуацию $msg_R(G_i) = msg_R(G_j)$ во вложенной сети N . Появление срочного или экстренного сообщения msg_j в период незавершенного вывода менее приоритетного сообщения msg_i приводит к образованию системной метки j одновременно с ее структурой в виде очередной элементной сети EN_j . Производится инкрементация разметки $\mu'(p_2) := \mu(p_2) + 1$, $\mu'(p_2) > 1$ и формирование охраны $y_i := \emptyset$ для сети EN_i и $y_i \in \{abs, otn\}$ для сети EN_i , временно блокирующий за счет $y_i \neq \emptyset$ переход $t_4 \in T_{EN}$, интерпретирующий вывод страниц низкоприоритетного сообщения. При этом, в случае значения $y_i = otn$ в сети EN_i продолжается вывод оставшихся блоков страницы, после чего посредством перехода $t_6 \in T_{EN}$ восстанавливается семафор $p_3 \in P_{EN}$, $\mu(p_3) := 1$. Напротив, процедура мгновенного прерывания в сети EN_i с учетом $y_i = abs$ приводит к сбросу разметки $\mu(b) := 0$, срабатыванию перехода $t_7 \in T_{EN}$, восстановлению номера прерванной страницы $s := s + 1$, добавления в текст сообщения служебной отметки «ПРЕРЫВАНИЕ ПРИОРИТЕТ». Затем срабатывает переход $t_6 \in T_{EN}$ и восстанавливается семафор $p_3 \in P_{EN}$, $\mu(p_3) := 1$.

Процесс вывода в сети EN_j аналогичен выводу в EN_i , в том числе он может быть прерван еще более приоритетным сообщением. Завершение вывода приоритетного сообщения msg_j сопровождается удалением метки j из позиции $p_2 \in P_{EN}$ вместе с элементарной сетью EN_j , установкой $y_i := \emptyset$, и при $\mu''(p_2) > 0$ инициирует продолжение вывода низкоприоритетного сообщения, начиная с точки приостановки или повтора прерванной страницы.

Заключение

В целях разработки компонентов информационной технологии документального обмена проведена формализация с использованием математических методов расширенных сетей Петри ряда функциональных задач обеспечения и обслуживания телекоммуникационных комплексов документального обмена. Рассмотренные аспекты создания инфологических элементов и подсистем ТКК, в том числе их

программная реализация, отрабатывались в виде фрагментов АСП на различных моделях. В целом принятые системотехнические подходы к разработке моделей подсистем ТКК обеспечили успешное расширение ряда функций подкласса коммуникационных комплексов ДО, нашли практическое применение в разработке нескольких поколений систем документальной связи. Продуктивность использования рассмотренной формализации вложенными сетями Петри заключалась в общем методологическом подходе описания распределенной иерархической телекоммуникационной системы, каждая из компонент которой затем интегрируется в общий агрегат посредством вложенной подсистемы.

Эффективность внедрения коммуникационных средств проявилась в резком улучшении ВВХ транзитных сообщений, сокращении потребности в числе терминалов, размещаемых в аппаратных помещениях УС, и, как следствие, в снижении требуемых дефицитных объектовых площадей для развертывания техники, уменьшения энергопотребления, необходимости принятия дополнительных мер, устраняющих избыточную теплоотдачу, а также в сокращении количества оперативного персонала дежурной смены с учетом посменной круглосуточной работы на УС, на котором потенциально достаточно иметь всего один терминал для связи с любыми абонентами автоматизированной сети.

Литература

1. Зацаринный А.А., Коротаев В.Б., Иванов В.Н., Ионенков Ю.С. Сеть обмена данными как интегрирующая основа перспективной автоматизированной системы органов государственного управления // КАЧЕСТВО и ЖИЗНЬ № 3 (11) Спец. выпуск, М. 2016. С. 16-18.
2. Соколов И.А., Оганян Г.А. Этапы формирования перспективной архитектуры АСУ ВС РФ // Вооружение России на рубеже веков. Том 2. М. 2012. С 20 – 31.
3. Коротаев В.Б., Машин В.П., Соболев В.М. Телекоммуникационный комплекс обработки документальных сообщений // Промышленные АСУ и контроллеры № 3, «Научтехлитиздат», М. 2021. С 40-51.
4. Митрушкин Е. И. Методология адресования сообщений в автоматизированных системах управления Качество и жизнь специальный выпуск №3, М. 2016. С 27-34.
5. Митрушкин Е.И., Соболев В. М. Инфология адресования в автоматизированной системе // Информационные технологии в проектировании и производстве, ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас», 2019, №3 (175), С 60-68.
6. Применение микропроцессорных средств в системах передачи информации // Советов Б.Я. и др. – М.: Высшая школа, 1987 г. - 253 с.
7. Котов В. Е. Сети Петри. –М: Наука, 1984. 157с.
8. Zaitsev D.A. Universal Slepsov Net, International Journal of Computer Mathematics, 2017.
9. Ломазова И. А. Моделирование мультиагентных динамических систем вложенными сетями Петри // Программные системы: Теоретические основы и приложения: Наука. Физматлит, 1999, С. 143–156.
10. Ломазова И. А. Некоторые алгоритмы анализа для многоуровневых вложенных сетей Петри // Известия РАН. Теория и системы управления, № 6, с. 965–974.
11. Дегтярев Е.К., Калинин С.П. Реализация уровней абстракции операционной системы // «Кибернетика». – Москва, 1980. – С. 85 – 90.
12. Соболев В.М., Матюхина Е.Н. Структуризация программных средств специализированного комплекса АСУТП/Промышленные АСУ И Контроллеры № 8, «Научтехлитиздат», М. 2011, С. 27-31.
13. Соболев В.М. Инфологические элементы синтеза программ специализированной документальной связи // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. № 10, «Научтехлитиздат», М. 2013. С 17-25.
14. Соболев В.М. Документальный обмен. Аспекты программной реализации // Монография - М.: МИРЭА 2010, 230 с.
15. Буренин А. Н. О формальном описании и модели автоматизированной системы управления связью // Сборник трудов IX Российской НТК «Новые информационные технологии в системах связи и управления». – Калуга, 2010. – С. 135 – 138.
16. Яровикова О.В. Модель технологического управления транспортной сетью связи специального назначения // Сборник трудов IX Российской НТК «Новые информационные технологии в системах связи и управления». – Калуга, 2010. – С. 195 – 197.
17. Соболев В.М. Стратегия приоритетного обслуживания документального обмена // Труды XIV Российской НТК «Новые информационные технологии в системах связи и управления». - Калуга, 2015. - С. 95-98.

Соболев Вадим Маркович АО НИИАА им. акад. В.С. Семенихина, Москва, Россия. Консультант-программист. Область научных интересов: разработка функционального программного обеспечения телекоммуникационных систем, формализация и построение имитационных моделей в нотациях расширенных сетей Петри. E-mail: sobolvm@yandex.ru

On the Infology of Documentary Exchange

V. M. Sobol

JSC "RIAA" to them. akad. V. S. Semenikhin, Moscow, Russia

Abstract. The article deals with the infological aspects of the specialized hardware-software communication complex, which is part of the automated system of documentary exchange. The generalized architecture of the hardware of the complex and the main elements of the structure of its functional software are given. The structure of a number of software components is formalized in the notations of extended Petri nets. The formal definition of switching and the description of the organization of the transmission of documentary messages are stated.

Keywords: telecommunication complex, documentary exchange, program structure, systems modeling, Petri networks.

DOI 10.14357/20718632230201

References

- Zatsarinnyy A.A., Korotaev V.B., Ivanov V.N., Ionenkov Y.S. 2016. Set obmena dannymi kak integrirovannaya osnova perspektivnoy avtomatizirovannoy sistemy organov gosudarstvennogo upravleniya [Data transfer system as an integrated basis of the perspective automated system of public authorities] «KACHESTVO I ZHIZN». Spets. Vypusk [THE QUALITY and LIFE] no. 3(11) Spec. issue, pp. 16 – 18.
- Sokolov I.A., Oganjan G.A. 2012. Etapy formirovaniya perspektivnoy arkhitektury ASU VS RF [Stages of formation of a forward-looking architecture of Process Control System of Rf Armed Forces] // Vooruzhenie Rossii na rubezhe vekov [Weapons at the turn of the century Russia]. Vol. 2. Moscow. pp. 20–31.
- Korotaev V.B., Mashin V. P., Sobol V.M. 2021. Telekommunikatsionny kompleks obrabotki dokumentalnykh soobtcheniy. ["Telecommunication complex for processing documentary messages"] // Promyshlennyye ASU i kontrolyery "Nauchtekhizdat" [Industrial process control and controllers. "Sciencetehlitizdat"], M. no. 3, pp. 40–51.
- Mitrushkin E.I. 2016. Metodologiya adresovaniya soobshcheniy v avtomatizirovannykh sistemakh upravleniya [Methodology for addressing messages in automated control systems] «KACHESTVO I ZHIZN». Spets. Vypusk [THE QUALITY and LIFE] no. 3(11) Spec. issue, pp. 27 – 34.
- Mitrushkin E.I., Sobol V M. Infologiya adresovaniya v avtomatizirovannoy sisteme [Infology of addressing in an automated system] Informatsionnyye tekhnologii v proektirovaniy I proizvodstve, FGUP «NTTS oboronnoy kompleksa «Kompas» [// Information technologies in design and production, FSUE "STC of the defense complex "Compass"], 2019, No. 3 (175), pp. 60-68.
- Primenenie mikroprotssornykh sredstv v sistemakh peredachi informatsii ["The application of microprocessor in systems of information transfer"] [// Tools Sovetov B. Y. etc]. – M.: Vysshaya shkola [Highest School], 1987.-253 s.
- Kotov V.E. 1984. Seti Petri ["Petri Nets"] – M.Nauka [M. SCIENCE], pp 157.
- Zaitsev D.A. Universal Slepsov Net, International Journal of Computer Mathematics, 2017.
- Lomazova I. A. 1999. Modelirovaniye multiagentnykh dinamicheskikh system vlozhennymi setyami Petri [Simulation of multi-agent dynamic systems with nested Petri nets] // Programmnyye sistemy: Teoreticheskie osnovy i prilozheniya: Nauka. Fizmatlit [Software Systems: Theoretical Foundations and Applications: Science. Fizmatlit], pp. 143–156.
- Lomazova I. A. 1999. Nekotorye algoritmy analiza dlya mnogourovnevnykh vlozhennykh setey Petri [Some Analysis Algorithms for Multilevel Nested Petri Nets] // Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Theory and Control Systems], № 6, pp. 965–974.
- Degtyarev E.K., Kalinichenko S.P. 1980. Realizatsiya urovney abstraktsii operatsionnoy sistemy [Implementation of levels of abstraction of the operating system] // "Kibernetika" ["Cybernetics"]. – Moscow, – P. 85 – 90.
- Sobol V.M., Matyukhina E.N. 2011. Strukturizatsiya programmnykh sredstv spetsializirovannogo kompleksa ACUTP [Structuring of software facilities of the specialized complex of "automated process control systems"] // Promyshlennyye ASU i kontrolyery "Nauchtekhizdat" [Industrial ACS and controllers No 8, "Nauchtekhizdat"], M. P. 27-31.
- Sobol V.M. 2013. Infologicheskie elementy sinteza programm spetsializirovannoy dokumentalnoy svyazi [Infological elements of the synthesis of specialized documentary communication programs] // Pribory i sistemy, upravleniye, kontrol, diagnostika [devices and systems. Management, control, diagnosis] №10 «Nauchtekhizdat» "Sciencetehlitizdat", M. pp. 17-25.
- Sobol V.M. 2010. Dokumentalniy obmen. Aspekty programmnoy realizatsii [Documentary Exchange. Aspects of program implementation] // Monografiya - M.: MIREA [Monograph-M.: MIREA] P.230.

15. Burenin A. N. 2010. O formalnom opisani i modeli avtomatizirovannoy sistemy upravleniya svyazyu [On the formal description and models of the automated communication control system] // Trudy IX Rossiiskoy NTK" [Proceedings of the XIV Russian Scientific and Technical Conference "New information technologies in communication and control systems"]. - Kaluga, - S. 135-138.
16. Yarovikova O.V. 2010. Model tekhnologicheskogo upravleniya transportnoy setyu svyazi spetsialnogo naznacheniya [Model of technological management of the transport communication network of special purpose]. // Trudy IX Rossiiskoy NTK" [Proceedings of the XIV Russian Scientific and Technical Conference "New information technologies in communication and control systems"]. - Kaluga - S. 195-197.
17. Sobol V.M. 2015. Strategiya prioritetnogo obsluzhivaniya dokumentalnogo obmena [Strategy of priority service of documentary exchange] // Trudy XIV Rossiiskoy NTK" [Proceedings of the XIV Russian Scientific and Technical Conference "New information technologies in communication and control systems"]. - Kaluga, - S. 95-98.

Sobol V. M. The Consultant-programmer of JSC "RIAA" to them. akad. V.S. Semenikhin special. Scientific and Thematic Center of JSC NIIAA named after acad. V.S. Semenikhina. Research interests: development of functional software of telecommunication systems, formalization and construction of simulation models in notations of extended Petri nets. E-mail: sobolvm@yandex.ru