

## МЕТОДОЛОГИЯ ВВЕДЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА В ЯЗЫК ОПИСАНИЙ И СПЕЦИФИКАЦИЙ ТРЕБОВАНИЙ К АЛГОРИТМАМ ПРОТОКОЛОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Формализован процесс приоритетного обслуживания мультимедийного трафика базовыми интеллектуальными узлами коммутации интеллектуальных сетей. Предложена методология введения математических моделей количественного анализа в процесс спецификации и описания требований к протоколам базовых интеллектуальных узлов коммутации. Представлен фрагмент языка описания, моделирования и спецификации SMDL.

### Введение

Бурное развитие интеллектуальных сетей (ИС) в странах Европейского Союза (ЕС) определило формирование ряда проектов, где научно-исследовательские и сугубо проектные составляющие подчинены единой цели построения глобальной сети, объединяющей национальные научно-образовательные сети (NREN) [1,2]. В главном проекте GEANT [3], цель которого – построение широкополосной транспортной платформы (ШТП) для ИС НИИ и вузов стран Европы, определено ключевое звено в создании ШТП – разработка базовых интеллектуальных узлов коммутации (БИУК) [4].

Для проектирования и разработки таких компонентов для ШТП необходимы специализированные системы спецификации требований, которые базируются на инструментально-технологических комплексах (ИТК) моделирования. Однако на сегодня даже самые лучшие ИТК не обеспечивают решения задач спецификации с количественным анализом надежности и производительности компонентов сети. Так, например, среди известных 14 только в одном ИТК (Net Architect, компания Datametrics System, США [5]) предпринята попытка дать количественный анализ производительности сети в целом. Но и этот ИТК решает не задачи спецификации требований к аппаратно-программным средствам (АПС) (кстати, стоимость программного обеспечения предлагаемых ИТК колеблется от 10 000\$ до 50 000\$ [5]), а задачи консалтинга АПС тех или иных компаний разработчиков [6].

Исходя из вышеизложенного проблема разработки специализированного программного обеспечения (СПО) для ИТК проектирования АПС актуальна. Главным при этом является введение в языки спецификаций количественного анализа – создание языка моделирования описаний и спецификаций: SMDL.

На начальном этапе создания языков спецификаций были разработаны языки программирования с визуализацией процедур алгоритмов для описания и спецификации требований к относительно простым АПС (например, АПС для электронных АТС). Это языки SDL, Estelle, LOTOS [7].

В настоящее время для спецификации требований к АПС телекоммуникационных сетей используется целая система языков описаний, спецификаций и тестирования: SDL, MSC, ASN1, TTCN, GDMO, которая, по замыслу, должна поддерживать разработку АПС для узлов коммутации пакетов (УКП) [8]. Однако интеграция этих языков позволяет обеспечивать спецификации главным образом для простых протоколов УКП (УКП сетей Frame Relay), да и только на канальном и физическом уровнях. Например, в [9] приведена спецификация битового потока на физическом уровне с использованием SDL-2000.

Основными недостатками базового языка SDL в указанной системе [8] являются:

1. Отсутствие в спецификациях количественного анализа требований, предъявляемых к АПС на сетевом и канальном уровнях функционирования УКП.

2. Отсутствие системного анализа процессов функционирования постоянно развивающихся АПС систем связи: нет анализа потоковых моделей (на сетевом уровне) с выходом на сигнальные модели (канальный уровень) для таких новых режимов передачи, как режим передачи мультимедийных трафиков (ММТ) для систем видеоконференц-связи.

В статье рассматривается введение математических моделей количественного анализа в процесс спецификации требований, предъявляемых к протоколам АПС, поддерживающим режим передачи ММТ в ШТП ИС [10].

Цель заключается в формировании методологии расширения существующего языка SDL-2000 [11] посредством введения количественного анализа требований, предъявляемых к АПС – базовым интеллектуальным узлам коммутации (БИУК) [12].

Для достижения этой цели рассматривается решение следующих задач:

1. Формализация процесса приоритетного обслуживания мультимедийного трафика (ММТ) интеллектуальным узлом коммутации.

2. Математическая модель количественного анализа процессов приоритетного обслуживания.

3. Анализ формальных моделей SDL, где введение процедур моделирования в процесс верификации алгоритмов должно обеспечивать количественный анализ.

4. Формирование объектно-ориентированной модели описания, включающей средства количественного анализа.

### **1. Формализация процессов приоритетной передачи мультимедийного трафика для системы видеоконференц-связи**

Проблема анализа синхронизации передачи ММТ от распределенных абонентов затрагивает относительно сложные математические модели приоритетного (абсолютные и относительные приоритеты) обслуживания разнородных (по интенсивностям поступления) потоков требований многоканальными системами с подстраиваемыми под каждый канал оптимальными размерами памяти. Создание таких моделей требует предварительного исследования

особенностей взаимовлияния процессов коммутации и буферизации с учетом обеспечения синхронизации ММТ. При этом главным является обеспечение адекватности моделей реальным процессам, а следовательно, и необходимой точности количественного анализа [6,8].

В статье рассматривается пример наиболее простой системы видеоконференц-связи (ВКС), где ММТ видеоконференции формируется двумя его составляющими: ММТ1 и ММТ2 (интенсивность потоков информации от двух распределенных абонентов должна соответствовать заданному соотношению  $n_{зад} = \lambda_1 / \lambda_2$ ). Типичным примером такой системы ВКС может быть коллегиальное обсуждение принимаемого решения [12]. Руководитель с помощью ВКС принимает информацию как от ведущего (“докладчика” проекта решения – ММТ1), так и от ведомого (“оппонента”, корректирующего проект решения ММТ2)

Приведенная на рис.1,а схема АПС БИУК иллюстрирует сущность и синхронизации и параллельной обработки ММТ АПС с разделенным мультибуфером [12]. Система включает блоки мониторинга и коррекции приоритетной передачи и блоки буферной памяти (ББП), кроссточечных коммутаторов (КК) и селекторы (СЕЛ). В отличие от существующих АПС УКП в АПС БИУК введен блоки мониторинга (БМ) и коррекции приоритетного трафика (БКПТ). В первом отслеживается обеспечение заданного соотношения синхронизируемых потоков ММТ (интенсивность потока  $\lambda_1 \leq h\lambda_2$ ), а во втором формируются сигналы коррекции. Процессы буферизации и коммутации остались без изменений. Количество буферов в этом случае зависит от числа “ $n$ ” портов ввода/вывода (в общем случае  $n \times n$ ). Прибывающие пакеты вначале заносятся в первичный блок (БМ) и накапливаются в нем, а после в случае необходимости через БКПТ поступают в ББП параллельно через входы с помощью КК. За один период выполняется операция чтения четырех ячеек, благодаря чему достигается высокая пропускная способность. Так как операции записи (занесения) и чтения выполняются параллельно, то мультиплекси-

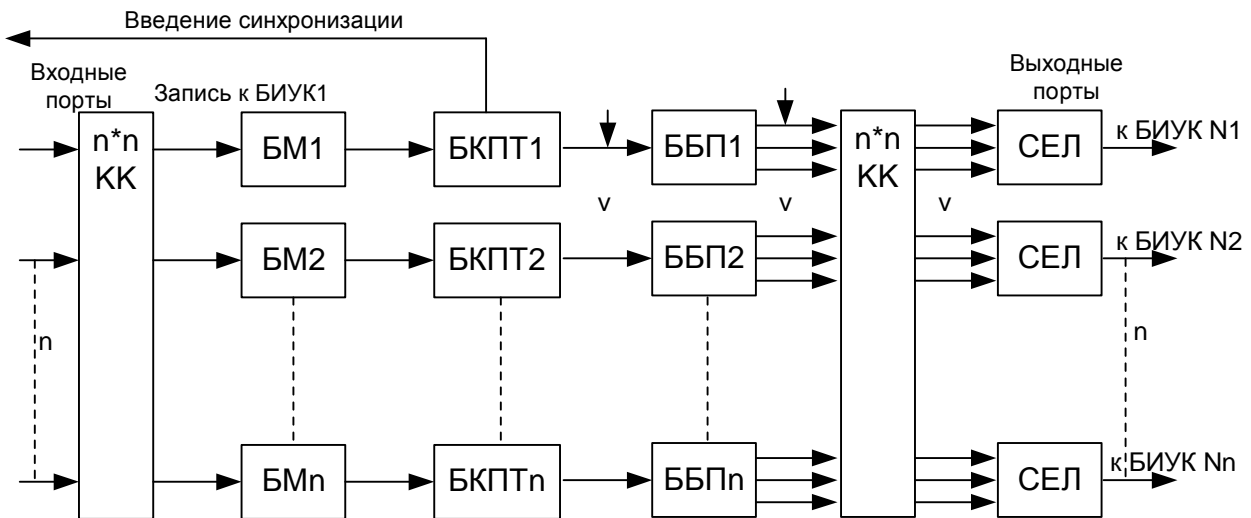
рование и демультимплексирование, как таковые, не требуются.

Существенным отличием АПС БИУК от АПС УКП является дополнительное введение к операциям коммутации и буферизации еще одной операции – синхронизации ММТ (блоки БМ и БКПТ), которые формируют при необходимости задержку приоритетного потока в ММТ.

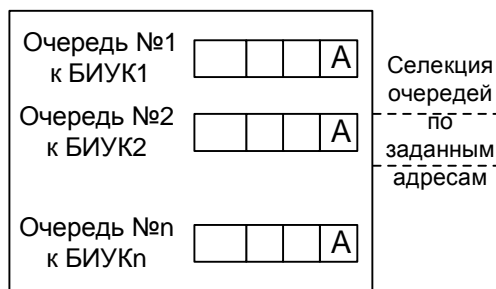
Селекция выходных очередей с учетом задержек синхронизации показана на рис.1,б, каждая выходная очередь обслуживается в режиме: первым пришел – первым обслужен (FIFO). Выходы КК теперь уже зависят от пакетов, находящихся в буферной памяти с указанием (меткой) выходного порта назначения. Функция управления КК заключается в выполнении простейшей коммутации: соответствующего чтения выходной информации из выходной очереди для выходного порта.

**2. Аналитическая модель как средство количественного анализа специфицируемых требований**

Рассмотренные выше компоненты БИУК (рис.1,а) можно представить в виде группы систем массового обслуживания (СМО). Каждая СМО характеризуется  $m$  приборами ( $m$  - количество КК), на которые поступают независимо друг от друга два пуассоновских потока требований (пакетов) с параметрами  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  соответственно (это потоки  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  с временами обслуживания, подчиняющимися экспоненциальным законам с параметрами  $\mu_1$  и  $\mu_2$ ). Считается, что поток  $\Pi_1$  (трафик от БИУК N1 ведущего) обладает абсолютным приоритетом по отношению к потоку  $\Pi_2$  (трафик БИУК N2 ведомого), т.е. обслуживание потока  $\Pi_2$  может происходить только тогда, когда в очереди для  $\Pi_1$  нет ни одного требования. Потоки  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  образуют свои отдельные очереди в каждом ББП1 и ББП2. При этом очередь  $\Pi_1$  предшествует очереди  $\Pi_2$ . Максимальное количество пакетов в оче-



а)



б)

Рис.1. Функциональная схема базового узла коммутации с коррекцией синхронизируемых потоков данных и разделенным мультибуфером

реди для потока  $\Pi_1$  равно  $r_1$  (здесь  $r_1$  – емкость ББП). Если в очереди для потока  $\Pi_1$  находятся  $r_1$  пакетов, то вновь поступивший пакет этого потока теряется. Если на обслуживании находится один (или несколько) пакетов потока  $\Pi_2$  и поступает пакет потока  $\Pi_1$ , то он вытесняет из обслуживания один из пакетов потока  $\Pi_2$ , который становится первым в очередь ожидающих требований пакетов  $\Pi_2$ .

В расширенной трактовке Д. Кендалла [10] рассматриваемая СМО определяется как  $\overline{M}_2 | \overline{M} | m | r_2 | f_i^j$ , где выбор из очереди без приоритета  $i=0$ , с относительным приоритетом  $i=1$  и абсолютным  $i=2$ ; пакет теряется  $j=0$  и вытесняется из очереди  $j=2$ .

Общее количество пакетов потока  $\Pi_2$ , которые могут одновременно находиться в СМО, равно  $m+r_2$  (при этом в системе отсутствуют пакеты потока  $\Pi_1$ ). Вновь поступивший  $m+r_2+1$  пакет теряется. Рассматривая СМО, обслуживающую только поток  $\Pi_1$ , можно оценить стационарные вероятности состояний системы  $P_i$  (вероятностей того, что в системе в произвольный момент времени находится  $i$  пакетов, где  $i = \overline{0, m+r_1}$ ) [12]:

$$P_i = \begin{cases} \frac{P_0 \left( \frac{\lambda_1}{\mu_1} \right)^i}{i!}, & i \leq m, \\ \frac{P_0 \left( \frac{\lambda_1}{\mu_1} \right)^i}{m! m^{i-m}}, & m < i \leq m+r_1, \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{где } P_0 = \left[ \sum_{i=0}^m \frac{\left( \frac{\lambda_1}{\mu_1} \right)^i}{i!} + \sum_{i=m+1}^{m+r_1} \frac{\left( \frac{\lambda_1}{\mu_1} \right)^i}{m! m^{i-m}} \right]^{-1}.$$

Для определения вероятностей  $P_i$  того, что в стационарном режиме в СМО

будет пакетов  $\Pi_2$  ровно  $i$  ( $i = \overline{0, m+r_2}$ ), некоторые из которых могут обслуживаться, сначала создается система линейных дифференциальных уравнений для оценки вероятностей  $P_i(t)$ , зависящих от времени  $t$ . Затем для стационарного режима ( $t \rightarrow \infty$ ) получим систему линейных алгебраических уравнений для нахождения  $P_i$ . Обозначим вероятность того, что в СМО находится одновременно  $i$  пакетов потока  $\Pi_1$  и  $j$  пакета потока  $\Pi_2$ , а  $P(i/j)$  – условную вероятность нахождения в СМО  $i$  пакетов потока  $\Pi_2$ . Тогда по известной формуле для условной вероятности

$$R_{ij} = P(i/j) \times P_j$$

с учетом того, что  $P(i/j) = P_i$  при любом  $j$  в силу абсолютного приоритета потока  $\Pi_1$ , получим

$$R_{ij} = P_i \times Q_j \quad i = \overline{0, m+r_1}; \quad j = \overline{0, m+r_2}. \quad (2)$$

Аналогично получаются уравнения для остальных  $P_i$ , и система алгебраических уравнений для определения стационарных вероятностей потерь пакетов  $P_i$  ( $i = \overline{0, m+r_2}$ ) принимает вид [12]

$$\begin{aligned} \lambda_2 P_0 &= \sum_{i=0}^{m-1} P_i \mu_2 Q_1; \\ (\lambda_2 + \mu_2 \sum_{i=0}^{m-1} P_i) P_1 &= \lambda_2 P_0 + (\mu_2 P_{m-1} + 2\mu_2 \sum_{i=0}^{m-2} P_i) P_2; \\ (\lambda_2 + \mu_2 \sum_{i=1}^{j-1} i P_{m-i} + j\mu_2 \sum_{i=0}^{m-j} P_i) P_j &= \lambda_2 P_{j-1} + \\ + (\mu_2 \sum_{i=1}^j i P_{m-i} + \mu_2 (j+1) \sum_{i=0}^{m-j-1} P_i) P_{j+1}, & (2 \leq j \leq m-1); \\ (\lambda_2 + \mu_2 \sum_{i=1}^m i P_{m-i}) P_m &= \lambda_2 P_{m-1} + \\ + \mu_2 \sum_{i=1}^m i P_{m-i} P_{m+1}; & \\ (\lambda_2 + \mu_2 \sum_{i=1}^m i P_{m-i}) P_{m+j} &= \lambda_2 P_{m+j-1} + \\ + \mu_2 \sum_{i=1}^m i P_{m-i} P_{m+j+1}, & (1 \leq j \leq r_2 - 1); \\ \mu_2 \sum_{i=1}^m i P_{m-i}) P_{m+r_2} &= \lambda_2 P_{m+r_2-1}. \end{aligned} \quad (3)$$

Заменив последнее уравнение в (3) новым для него уравнением с учетом из нормирующего условия

$$\sum_{j=0}^{m+r_2} P_j = 1,$$

получим

$$P_{m+r_2} = 1 - \sum_{j=0}^{m+r_2-1} P_j. \quad (4)$$

Решив систему уравнений (3) с учетом (4), определим значения вероятности потери  $P_{m+r_2}$  пакетов потока  $\Pi_2$ , что дает возможность найти среднее число потерь непреимущества потока  $\Pi_2$  за достаточно большой промежуток времени  $t$ . Поскольку среднее количество пакетов потока  $\Pi_2$ , приходящих в СМО за время  $t$ , равно  $\lambda_2 t$ , то среднее число потерянных пакетов будет  $\lambda_2 P_{m+r_2} t$ .

### 3. Введение графических форм в язык спецификаций количественного анализа

Главным в специфицировании требований с количественным анализом (в том числе и к протоколу синхронизации) явля-

ется введение новых графических форм в SDL – введение визуализации в анализ эффективности поддержания заданного соотношения  $\eta = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  ММТ. Для случая, когда поток  $\Pi_1$  (от БИУК1) имеет преимущественный приоритет, а  $\Pi_2$  (БИУК2) – непреимущество, визуализация количественного анализа выполняется для примера двух вариантов функциональной структуры (рис.1, а: количество кроссточечных коммутаторов  $m^{(1)} = 6$  и  $m^{(2)} = 12$  с интенсивностью обслуживания каждым  $\mu=3$ ). Необходимо определить такие допустимые значения приоритетного потока в мультибуферной структуре ( $ББП_1 = r_1$  и  $ББП_2 = r_2$ ), при которых потери непреимущества потока  $\Pi_2$  не превышали бы требуемого порога потерь  $P_2$  с наперед заданным значением  $\eta_{зад} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ .

На рис.2 приведены графики потерь  $P_2$  в зависимости от заданного соотношения интенсивностей потоков  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  для двух

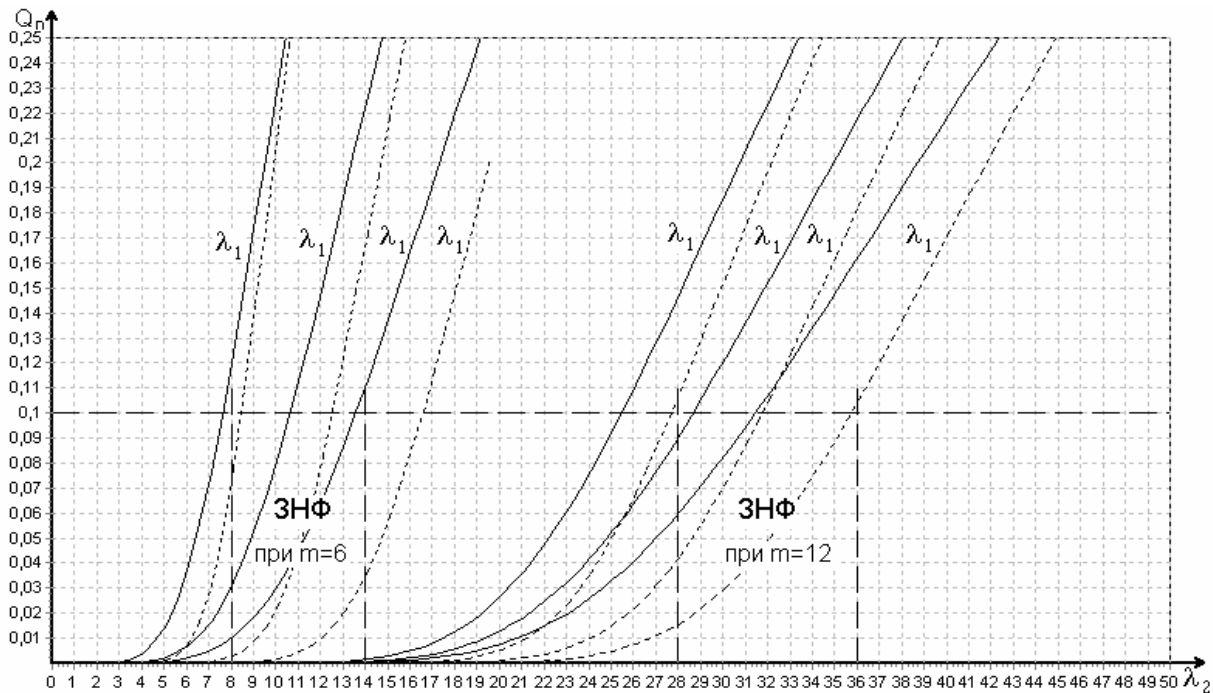


Рис.2. График зависимости вероятности потерь пакетов второго потока от увеличения интенсивностей потоков  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ :  $r_1=1, r_2=2$  (—);  $r_1=4, r_2=8$  (-----); ЗНФ – зона синхронизируемой передачи,  $\eta_{зад} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 2$

вариантов функциональной структуры БИУК  $m^{(1)} = 6$  и  $m^{(2)} = 12$  ББП<sub>1</sub> и ББП<sub>2</sub> ( $r_1 = 1, r_2 = 2$  и  $r_1 = 4, r_2 = 8$ ) для каждого варианта функциональной структуры.

Как следует из графиков, удвоение кроссточечных коммутаторов (от 6 до 12) расширяет диапазон коммутируемых трафиков не менее чем в два раза. В качестве специфицированных требований к границам диапазона значений определена интенсивность  $\lambda_2$  такая, при которой не требуется ограничивать  $\lambda_1$ , которая будет находиться в заданных пределах зоны синхронизации ММТ. Времена текущих задержек оцениваются при этом по формуле  $T_{зad i} = r_i \frac{1}{\mu m_i}$ , где

$\mu = 3$  и  $m_i$  – количество КК по каждому коммутируемому каналу передачи (рис.1,а).

Таким образом, количественными оценками специфицируемых требований для первого варианта БИУК (прием ММТ) будут  $T_{nep1} = 0,1$  и  $T_{nep2} = 0,2$  ( $r_1 = 1, r_2 = 2$ ) или  $T_{nep1} = 0,4$  и  $T_{nep2} = 0,8$  ( $r_1 = 4, r_2 = 8$ ), а для второго  $T_{nep1} = 0,05$  и  $T_{nep2} = 0,1$  или  $T_{nep1} = 0,2$  и  $T_{nep2} = 0,4$  соответственно.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что графическая форма спецификации требований к параметрам протокола БИУК вполне может обеспечивать анализ синхронизации ММТ. При этом в случае линейной зависимости  $\eta = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  от увеличения (уменьшения) сетевых ресурсов ( $r, m$ ) должно сохраняться заданное соотношение интенсивностей приоритетного  $\lambda_1$  и неприоритетного  $\lambda_2$  потоков:

$\eta_{зад} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  (в случае пуассоновских потоков

$$\eta_{зад} = \frac{T_{nep2}}{T_{nep1}} \text{ [12] ).}$$

#### 4. Описание и спецификация процессов передачи моделями сценариев

В отличие от языка SDL (версия SDL-92) в SDL-2000 предпринята попытка

ввести так называемые “разорванные” модели отдельных групп состояний – модели сценариев. Это шаг к полным моделям описания динамики процессов функционирования узлов коммутации (УК) [8,9].

При разработке алгоритмов протоколов вначале возникает необходимость анализа области применения УК в рамках будущих специфицированных требований к его АПС. Для анализа знание и опыт – важные факторы, но естественные языки доказали неадекватность выполнения задач анализа при формализации. Четкие обозначения необходимы для обеспечения общего понимания системы и моделей процессов ее функционирования, что позволяет проверять на модели выполнение специфицированных требований (прежде чем будет потрачено слишком много времени на макетирование).

Необходимыми моделями для анализа пока являются отдельные сценарии процесса передачи (они зафиксированы в MSC-2000 [13]). Модели на языке SDL-2000 можно использовать, расширяя его моделями UML [14]. Особенность этих интегрируемых моделей заключается в том, что диаграммы изменяются, развиваются и могут иметь много различных версий (даже если в конце сохраняется только одна). Но полной динамики поведения системы пока нет. В заключительной модели системы можно проследить развитие начальной модели. Однако количественного анализа не только динамики процесса, но и сценариев нет.

Для приведенного выше примера в рамках ИТУ рекомендации Q.703 (сигнальная система № 7) рассматривается передача сообщений как цепочки пакетов сетевого уровня, приведенная в [11]. Из нескольких функций сетевого уровня взята функция определения допустимого приоритетного потока, где модуль сигнала выравнивания потоков рассматривается как генератор обратных связей с помощью интерфейса с канальным уровнем. Для определения предельных значений потока  $\lambda_1$  при приеме программа синхронизации формирует сигнал сдерживания потока  $S\lambda_1$  (см. рис.2).

Начальная модель (как исходный

сценарий) системы передачи ММТ для ВКС рассматривается как “контекстная модель”, показывающая главные блоки системы и интерфейсы. Это обычно начальная версия заключительной спецификации параметров протокола сетевого уровня, которая для приведенного примера является диаграммой SDL-G.

Анализ моделей спецификации представлен диаграммами на рис. 3-6, которые содержат:

- интерфейс Ii\_f для передачи пакетов и приема сигнала об ограничении приоритетного потока;
- два интерфейса с частью сетевого уровня to\_daed и from\_daed;
- два агента (сигнала) DAED1 и DAED2 типа DAEDtype со следующими сигналами:
  - определения превышения потока  $\lambda_1$  (мониторинг получаемых пакетов) DAEDR;
  - определения сигнала SUERM, если

обработка значения  $\eta \lambda_1 = \eta_{mp} \lambda_2$  включена с монитором анализа  $\eta_{mp}$  (рис.7);

- определения новых значений  $\lambda_1$  для выравнивания ММТ (БИУК1 – передача) DAEDT.

Блок level1interface на рис.3 использует блок DAEDTYPE с пакета DAEDpack. Сквозная передача сигнала имеет две формы DAED модулей, связанных канальным уровнем. На рис.4 тип DAEDtype используется дважды, как DAED1 и DAED2. Диаграмма, которая содержит типы сигналов, часто называется “системной моделью”. Для иллюстрации принимаем, что определены две системы для интерфейса канального уровня: один без (рис.3) и один с коррекцией потока  $\lambda_1$  (рис.4). Поэтому надо использовать два экземпляра агента DAEDR (сигнала) (рис.4). Эти две различные спецификации могут в дальнейшем использоваться как основа тестов соответствия.

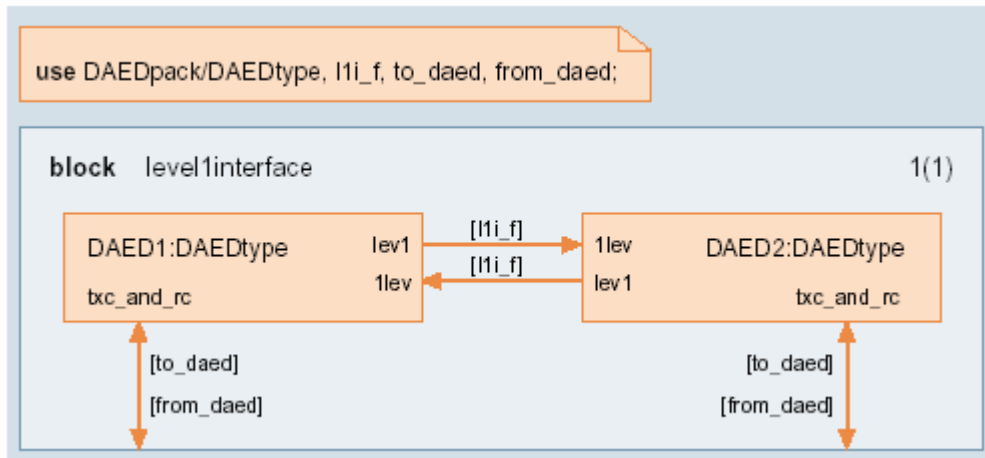


Рис.3. Канальный уровень интерфейса Q.703

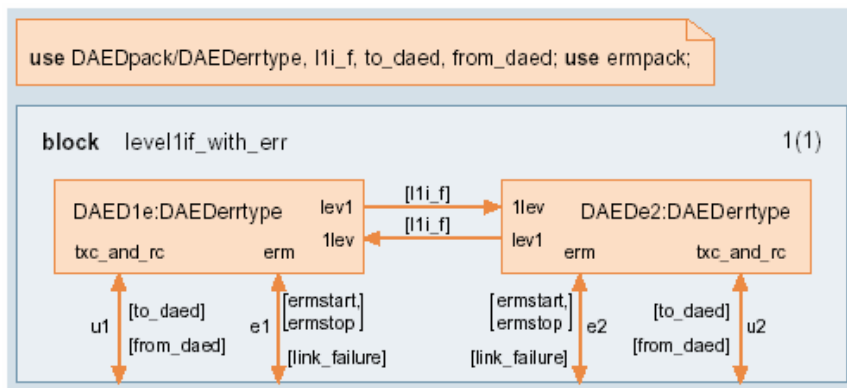


Рис.4. Канальный уровень интерфейса Q.703 с обработкой соотношения  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \leq \eta_{mp}$

Многokrатно используя один и тот же блок в обеих точках канала, можно обеспечить передачу с прикрепленными именами интерфейса: lll-f, to\_daed и from\_daed.

В простых системах (рис.5) экземпляры системы показываются как SDL-G – определения (типа блока или процесса), которые имеют подразумеваемое определение типа, которое может многократно использоваться в нескольких местах одинаковых спецификаций SDL, и их свойства могут быть унаследованы (необходимость специализированных типов). Например, в двусторонних системах это необходимо для описания приемопередатчика, т.е. многократное использование с обеих сторон.

**5. Введение контекстных параметров для описания специализированных типов блоков/процессов системы**

Для объектно-ориентированного моделирования необходима специализация

типов блоков/процессов системы. Ее можно выполнить, используя контекстные параметры [9,10], для которых фактические параметры нужно определить прежде, чем используется тот или иной их тип. Как пример тип suerm\_type представлен (рис. 5) после определения и оценки параметров сигнала: для сигнала задержать поток  $S\lambda_1$  так, чтобы было достигнуто за счет изменения  $\lambda_1$  заданное значение  $\eta$ .

Таким образом, формальные контекстные параметры вводятся после определения типа блока (после имени типа и заключены в < >). При этом контекстным параметром, являющимся признаком сигнала, могут быть блок, процесс, переменная данных, интерфейс, процедура, исключение или таймер (тип для блока, или процесса, или данных).

На рис.5. приведена диаграмма монитора – специализированного модуля

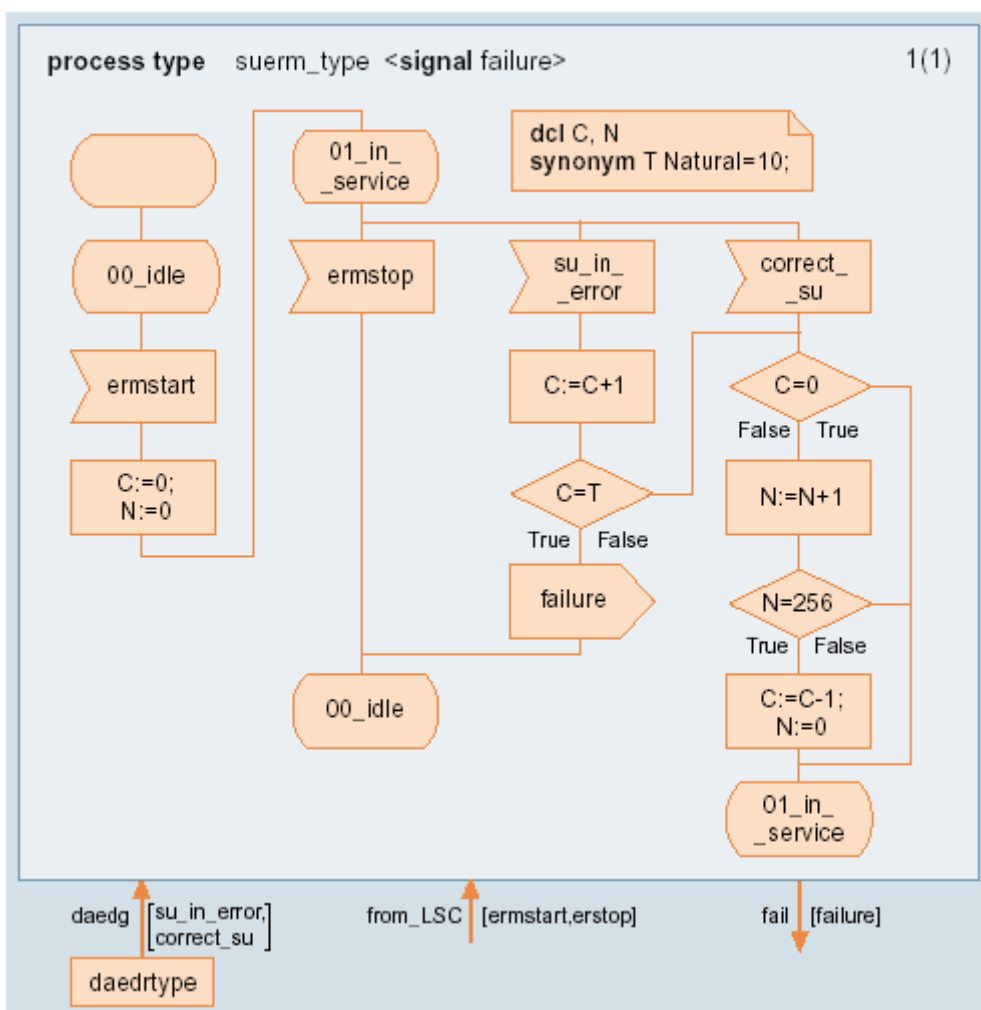


Рис.5. Монитор частот, превышающих заданное значение  $\lambda_1 > \eta_{mp} \lambda_2$



формирования сигнала с контекстным параметром коррекции потока  $\lambda_1$ .

Контекстные параметры и виртуальные типы могут ограничивать указанные фактические параметры и переопределять типы в рамках заданных ограничений. По умолчанию для ряда контекстных параметров могут быть указаны диапазоны ограничений. Точно так же входные порты БИУК могут соединяться с каналами, которые передают соответствующие пакеты с учетом сигналов, поддерживающих заданный режим их передачи. На рис. 6 ограничение daedg должно быть связано с блоком, основанным на daedrtype.

**6. Формирование объектно-ориентированных моделей поведения системы**

Программы группируются в модули с учетом их предназначения для одного типа (одного класса), что позволяет использовать их в нескольких системах. Модули

программ могут также использоваться в пределах других программных систем и обычно имеют иерархию зависимостей между собой.

На рис. 6 приведена интегральная модель двух систем, представленных на рис. 4 и 5, реализованная в виде пакета. Каждый интерфейс здесь содержит определение соответствующих сигналов или ссылок к сигналам посредством **use** (см. from\_daed). Интерфейсы могут также включать определения или использование двух других каналов связи между процессами: удаленные процедуры и удаленные переменные.

Символы классов нижних двух блоков могут быть заданы произвольно. Они определяют некоторые ссылочные свойства связанного типа, для того чтобы пользователь не обращался к другой диаграмме для их описания. Средние блоки могут содержать такие свойства признака, как переменные. Более низкие по иерархии блоки могут содержать такие свойства поведения,

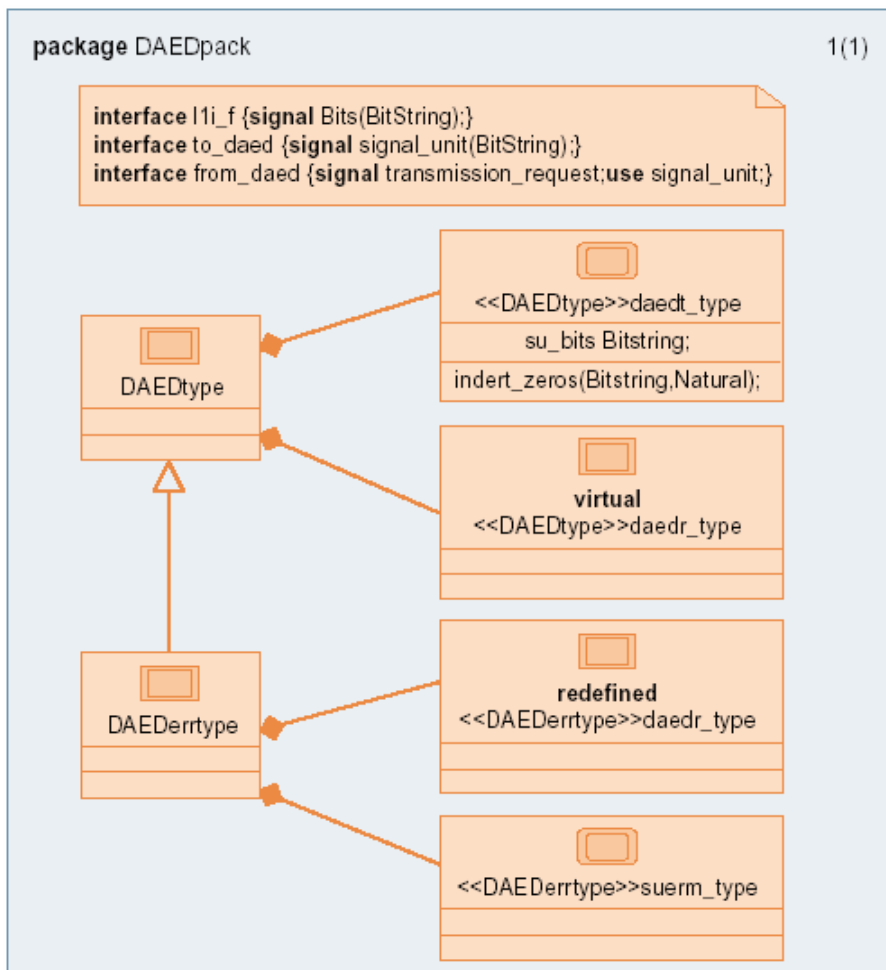


Рис.6. Интегральная объектно-ориентированная модель канального уровня (ITU Рекомендации Q.703)

как имя процедуры и ее параметры (сортировка или сигналы, используемые в theinputs ссылочного объекта). На рис. 6 использование символов класса иллюстрировано только для daedt\_type, который имеет переменное свойство признака (su\_bits) или свойство поведения процедуры (insert\_zeros). В процессе разработки алгоритма необходимо сначала определить модули блоков, а затем разрабатывать конкретный тип блока. Реальное определение свойств обработки (например, для модуля анализа) должно находиться в интерфейсном типе, при этом инструментальные средства анализа должны создавать графические образы анализа (см.рис.2) с учетом совместимости результатов анализа с заданными режимами передачи ММТ.

Таким образом, введение количественного анализа специфицированных требований (см. рис.4-6) с визуализацией результатов (см.рис.2) для описания (см. рис.1) процесса передачи ММТ может существенно сократить экспериментальные исследования и испытания при проектировании и разработке алгоритмов для АПС БИУК.

### Заклучение

Сформулированы основные концептуальные положения создания расширения языка SDL (точнее, его интеллектуализации) вследствие введения в него средств количественного анализа специфицируемых требований. В качестве основных положений определены следующие:

1. Формализация систем и, главное, процессов взаимодействия их составляющих (см. рис.1), которая должна быть положена в основу аналитических [12], имитационных [15] моделей, количественного анализа эффективности разрабатываемых алгоритмов АПС (см.рис.2).

2. Детализация описания динамики процессов функционирования вследствие введения сценариев критических ситуаций, т.е. состояний, требующих коррекции поведения системы (см.рис.3 ,4).

3. Введение контекстных параметров для унификации описания специфицированных компонентов системы с последующим созданием объектно-ориентированной

модели его поведения (см.рис.5,6)

В отличие от последней версии языка описания и спецификации (SDL-2000), реализуемого на канальном и физическом уровнях эталонной модели (ЭМ) взаимодействия открытых систем (ВОС), рассмотрена принципиально новая методология. Она позволяет расширить языка за счет введения модулей количественного анализа с визуализацией результатов анализа моделируемых процессов. Создав фрагмент языка описания, моделирования и спецификации с количественным анализом требований, предъявляемых к выбираемым вариантам алгоритмов АПС, можно предлагаемую методологию развить, доведя ее до сетевого уровня ЭМ ВОС с введением нового стандарта на модифицированный язык SMDL.

1. *Research Networking in Europe* // European Com-mosion. – 2001. – 42 p.
2. *Project Pages* // Belgium. EC – Research networking in Europe. – 2002. – P.35-47.
3. *Research Networking. The GEANT Network.* – www.cordis.org.
4. *Ластовченко М.М., Биляк В.И.* Концепция формирования многофункциональных базовых узлов коммутации для широкополосных сетей связи // УсиМ. – 2005. – №3. – С.26-34.
5. *Стернс Т.* Учимся моделировать // Сети. – 1998. – №3. – С.130-135.
6. *Биляк В.И.* Архитектура инструментально-технологической системы проектирования аппаратно-программных компонент широкополосных сетей // Матеріали молодіжної наук. конф. – Киев НАН України. – 2003. – С.30-37.
7. *Гольдштейн Б.С.* Сигнализация в сетях связи. Т1 // Радио и связь. – 1998. – 417с.
8. *Ластовченко М.М., Биляк В.И.* Проблемы создания инструментально-технологических систем проектирования аппаратно-программных средств интеллектуальных сетей // Пробл. программирования. – 2004. – №2/3. – С.497-504.
9. *Reed B.* SDL-2000 for New Millennium Systems // Telelektronic. – 2002. – P.81-96.
10. *Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Перле Р.Д.* Интеллектуальные сети. – М.: Радио и связь, 2000. – 585с.
11. *SDL-2000.* – www.sdl-forum.org
12. *Ластовченко М.М., Ярошенко В.Н., Биляк В.И.* Математические аспекты проектирования интеллектуальных коммутационных систем передачи ММТ // Математ. машины и системы. – № 6. – 2001. – С.56-69.
13. *ITU-T.* Message Sequence Chart (MSC). – Geneva. – 1999. (Z.120 (11/99).)
14. *Бьюркандер М.* Графическое программирование с использованием UML и SDL // М.: Открытые системы. – 2001. – №1. – С.48-51.

15. *Ионин Г.Л., Седол Я.Я., Супе В.В.* Язык моделирования ПАЛМ . – Рига: ПГУ им. П.Стучки. – 1982. – 107с.

*Получено 05.07.05*

**Об авторе**

*Биляк Виталий Иванович,*  
младший науч. Сотрудник

*Место работы автора:*

Институт программных систем  
НАН Украины, 03680,  
Киев-187, пр. Акад. Глушкова, 40  
Тел.: 403 1410  
E-mail: bil\_vitaliy@mail.ru