

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ОПИСАНИЯ И СПЕЦИФИКАЦИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Рассмотрена методология модификации языка описаний и спецификации благодаря введению регламентированных временных диаграмм и аппарата количественного анализа. Приведен пример предложенных средств.

Введение

В процессах интеллектуализации информационно-коммуникационных технологий в области построения и развития глобальных сетей связи (ГСС) [1] на первое место вышла проблема создания информационно-технологических систем (ИТС) проектирования и консалтинга аппаратно-программных средств (АПС) [2, 3]. Существующие программные средства проектирования (ПСП) используют языки описаний и спецификаций (ЯОС) SDL-2000 [4] и MSC [5], которые существенно повышают уровень автоматизации процессов проектирования алгоритмов АПС для систем телекоммуникаций. Однако они не обеспечивают корректной спецификации требований, предъявляемых к алгоритмам АПС. Отсутствует количественный анализ требований к предполагаемой эффективности АПС, что значительно увеличивает объем экспериментальных исследований и испытаний [2].

Первые работы в области интеллектуализации инструментальных ПСП (в частности, описания и спецификации требований) были связаны с проектированием и разработкой алгоритмов вычислительных систем [6]. Аналогичные работы проводились и для систем телекоммуникаций [7]. Однако и в настоящее время все еще отсутствуют ПСП, интеллект которых обеспечивал бы необходимый уровень автоматизации проектирования [8].

Недостатками даже наиболее перспективных ПСП (например, Telelogic и Cinderella [2]) для ИТС на сегодня являются:

1) при обосновании требований к алгоритмам АПС, как выше указывалось, от-

сутствует количественный анализ эффективности их реализации;

2) необходимость использования ряда плохо взаимодействующих (точнее плохо инкапсулируемых) языков описаний и спецификаций, графические и линейные формы которых не позволяют инженеру воспроизводить процессы, в основе которых лежат проектируемые алгоритмы;

3) отсутствуют ПСП для интегральной системы описаний и спецификаций, охватывающей весь спектр алгоритмов АПС телекоммуникаций в рамках как архитектуры эталонной модели (ЭМ) взаимодействия открытых систем (ВОС), так и архитектур систем спецификации (SDL, MSC).

В статье предлагается вариант расширения последней версии языка спецификаций SDL-2000 [9], который предусматривает более корректную спецификацию требований благодаря введению в него средств компактной визуализации и количественного анализа (модулей моделирования процессов функционирования) эффективности алгоритмов. Совершенствование SDL-2000 иллюстрируется на примере систем канального (базового) уровня ЭМ ВОС [10].

В архитектуре языка SDL в верхних уровнях описания и спецификации (воспроизведение поведения системы в виде взаимодействующих блоков и подблоков) отсутствует регламентация их взаимодействия, что требует дополнительного описания процесса поведения на языке MSC. Вместе с тем в отличие от SDL и MSC в диаграммах последовательности UML выделяются и объекты классов и временные параметры их взаимодействия, что позволяет более корректно формулировать требования [11].

Таким образом, возникшую проблему интеллектуализации графических форм двух языков (SDL GR и MSC) можно решить, используя UML с определенной его модификацией. Поскольку инженеру для проектирования необходимо иметь не только достаточно корректное (точное) графическое описание системы, где указываются блоки (подблоки) и направления связей их взаимодействия, но и временной оцифрованный порядок (режим) их взаимодействия, постольку в UML необходимо ввести оцифровку. После такой модификации UML вводится в состав существующих систем спецификаций на верхние уровни ее архитектуры (система, блоки, подблоки, процессы) [2]. Таким образом на этой основе создается новый язык описаний, моделирования и спецификаций (SMDL). В его программную среду вводятся новые модули визуализации систем и моделирования процессов функционирования АПС телекоммуникаций.

1. Формализация процесса по кадровой передаче данных

На процесс передачи информации на канальном уровне ЭМ ВОС телекоммуникаций влияют два взаимозависимых фактора: случайные сбои и отказы каналов связи (КС), а также текущая коррекция главного параметра протокола (длины кадра L), обеспечивающего непрерывную и безошибочную передачу в этих условиях. В качестве характеристик, оценивающих эти факторы, выбираются: средняя наработка на сбой (отказ) и задаваемая длина передаваемых кадров [6, 8]. При проектировании алгоритмов протоколов в рамках технологии Frame Relay [12] можно использовать аналитические модели (АМ) (первичные расчеты параметров) [8, 10] и имитационные модели (статистические испытания), которые позволяют провести коррекцию АМ для повышения точности анализа [13].

В настоящее время при изменении интенсивности потока сбоев существующие локальные интерфейсы управления (ЛИУ, ЛМІ) [12] не корректируют параметры протокола. Поэтому оператору приходится вручную менять длину кадров L , уменьшая количество повторов передаваемых кадров

r_n . Однако для коррекции этих параметров необходима достаточно высокая квалификация сетевого администратора, что не всегда обеспечивается. Для того чтобы отказаться от ручной коррекции параметров, в стек протокола необходимо ввести средства автоматической текущей коррекции L , используя данные мониторинга интенсивности сбоев (фактически повторов) реализовать коррекцию L .

Для автоматической адаптивной коррекции параметров можно предложить два способа:

1) провести моделирование и хранить относительно большой объем данных о тех или иных ситуациях в поведении каналов передачи и по совпадающим реальным ситуациям корректировать параметры;

2) ввести в алгоритмы протоколов средства автоматической адаптивной коррекции параметров протоколов.

Первый способ позволяет при проектировании и тестировании каналов получать таблицы состояний работоспособности и назначать по ним оптимальные параметры протокола. Он прост, но требует анализа всех возможных ситуаций и большой базы данных (большой объем памяти для хранения и соответственно большое время обработки).

Второй способ сложнее, так как необходимо реализовать в алгоритме протокола модель анализа ситуаций передачи в реальном масштабе времени.

Рассматриваем второй, хотя и более сложный, подход, использующий аналитическую модель анализа для коррекции основного параметра протокола – длины кадра L .

Для разработки аналитической модели необходима формализация процесса передачи кадров с учетом следующих характеристик протокола: скорости передачи данных V_n допустимого количества повторов кадров r_n^{don} ($r_n \leq r_n^{don}$), зависящих от среднего времени наработки на сбой (отказ)

$$T_{сб} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{сб}} \tau_{сб}}{n_{сб}}$$

На рис. 1 приведені часові діаграми, які відображають два режими передачі кадрів:

- 1) нормальна передача (рис. 1,а);
- 2) передача з повтором кадра, який був прийнятий з помилкою (рис. 1,б).

Часовими параметрами процесу передачі тут є: час передачі:

$$T_{нк} = \frac{L_{\text{длина_кадра}}}{V_{\text{скорость_передачи}}}$$

і середній час нара-

2. Аналіз особливостей використання існуючих програмних засобів описання і специфікацій

Розглянемо існуючі ПСП, базуючись на відомих мовах описання SDL (SDL GR, SDL PR) і MSC [4, 5]. На рис. 2 відображені діаграми системи передачі (каналу зв'язу) (рис. 2,а) і блоку отримання кадрів (приймача) (рис. 2,б). Описання систем у вигляді блоків передачі і

приєма і зв'язей їх взаємодії виконано в межах стандарту SDL-2000 [4].

Як випливає з рис. 2, часові послідовності взаємодії блоків відсутні (немає відтворення динаміки процесу у часі). У попередній версії мови SDL (SDL-92) були додані об'єктно-орієнтовані елементи, що дозволило відтворювати паралельні процеси. Однак і тут для необхідної точності описання вимагалося додатково використовувати діаграми на мові MSC [5]. У версії SDL-2000 введено описання сценаріїв (виключальних ситуацій процесу передачі), що дозволило конкретизувати взаємодію, зменшив залежність від MSC.

Діаграми MSC описують динаміку процесів функціонування системи, що дозволяє встановити режими часових послідовностей взаємодії блоків системи (рис. 3).

Мова дозволяє використовувати тай-

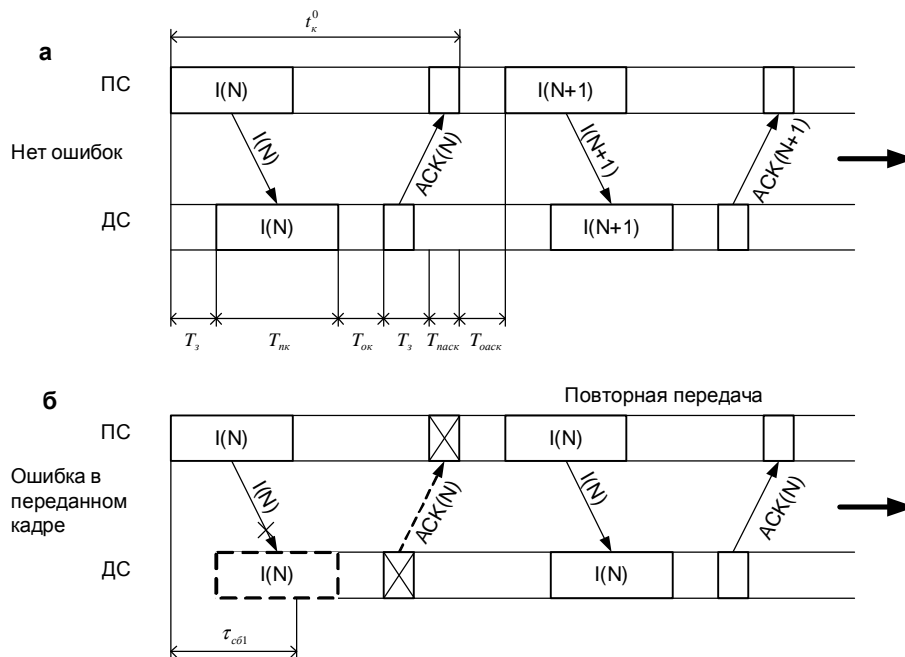


Рис. 1. Часові діаграми процесу передачі кадрів: нормальний режим (рис. 1, а) і режим з урахуванням порушень у передачі (рис. 1, б), де

- 1) T_z – час затримки передачі кадра;
- 2) $T_{нк}$ – час передачі кадра (ПС → ДС);
- 3) $T_{ок}$ – час обробки кадра на ДС;
- 4) $T_{наск}$ – час передачі кадра АСК (ДС → ПС);
- 5) $T_{оаск}$ – час обробки АСК на ПС;
- 6) $\tau_{сб1}$ – час сбоя кадра;
- 7) \otimes – пошкоджений кадр.

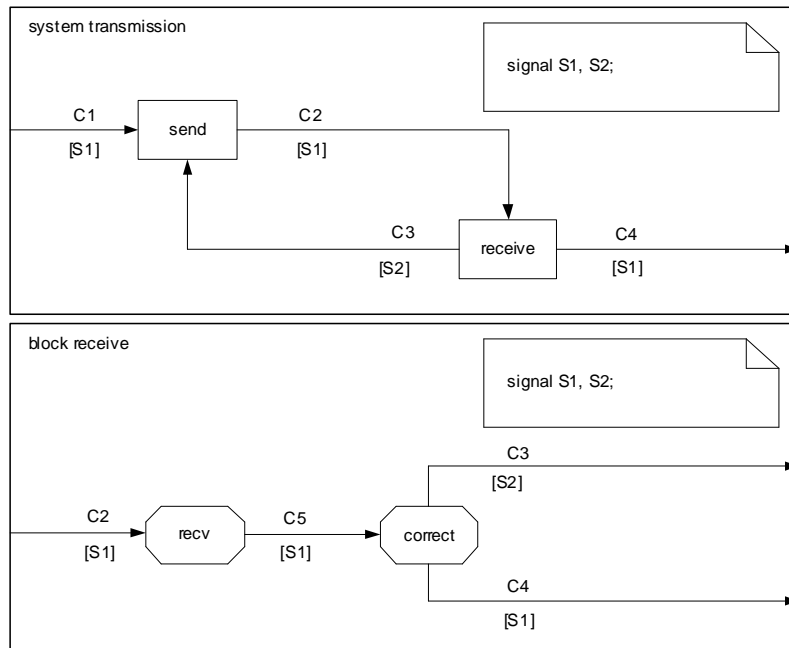


Рис. 2. Диаграммы описания системы и блока получения кадров с использованием языка SDL GR

меры в описательной части. Однако и язык MSC не имеет средств количественного оценивания режимов временного взаимодействия. Временная диаграмма описывает процесс передачи кадра по каналу (передатчик-приемник) по протоколу Frame Relay в соответствии с диаграммами, приведенными на рис. 1. Здесь используются таймеры, которые воспроизводят режим контроля времени получения кадров (ACK) в

пределах допустимого времени ожидания. Однако задача корректного описания динамики процесса (последовательности взаимодействия во времени) здесь не решена.

3. Анализ предлагаемых программных средств визуализации системного уровня описания и спецификации

Наиболее рациональным программным средством может быть язык UML, ко-

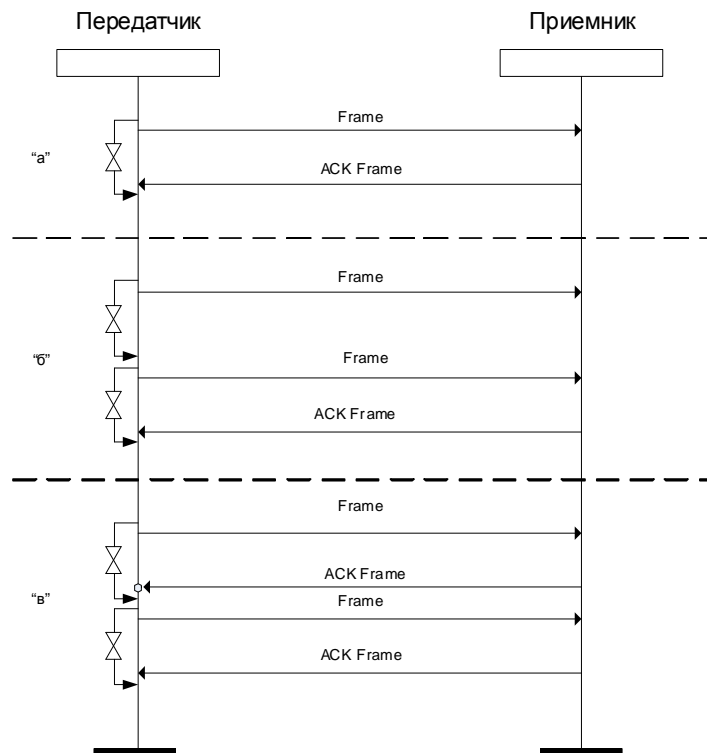


Рис. 3. Временная диаграмма описания процесса передачи кадров (язык MSC)

торый является унифицированным и может описывать как разные типы классов процессов, тик и их динамику. Однако и он не позволяет решать поставленные выше задачи. Его основными недостатками являются:

- отсутствие линейной формы для реализации кода;
- отсутствие оцифрованной разметки временных диаграмм.

На рис. 4 переставлена диаграмма временной последовательности режима передачи кадров. Описываются основные варианты (сценарии) поведения системы в соответствии с исходными данными (рис. 1).

В отличие от известных MSC-диаграмм в модифицированной UML диаграмме вводится промежуточный блок (канал сети), который позволяет воспроизвести реальный процесс передачи с учетом сбоев в канале связи. Если бы моменты окончания передачи и сбоев были оцифрованы, то этого хватило бы для задания исходных данных для моделирования, обеспечивающего и количественный анализ для выбора оптимальной длины кадра как главного параметра протокола управления передачей.

4. Аналитическая модель количественного анализа

Инженеру, проектирующему алгоритмы АПС передачи (физический и канальный уровни ЭМ ВОС), необходимо при

анализе описываемых систем и процессов их функционирования задавать исходные данные для моделирования различных вариантов функциональных структур систем и, главное, алгоритмов протоколов управления процессами передачи. Поэтому преимуществом языка UML является возможность его расширения с последующей декомпозицией процесса, что обеспечивает переход от разработки системы к разработке блоков (декомпозиция мета-алгоритма к алгоритмам, реализуемым процедурами SDL).

В предположении экспоненциальных законов распределения случайных величин – моментов появления сбоев $t_{сб}$ для установившегося стационарного процесса передачи – можно записать формулу, определяющую составляющие времени, которые связаны с поддержанием непрерывной безошибочной передачи пакета кадров:

$$t_{mn} = nt_k^0 + \lambda_{сб} t_k^0, \quad (1)$$

где t_{mn} – полный интервал времени передачи пакета из n кадров; nt_k^0 – время передачи кадра; $\lambda_{сб} t_k^0$ – случайное время повторов передачи кадра за период t_{mn} ($\lambda_{сб}$ – интенсивность сбоев, требующая повтора).

Кроме того, $t_k^0 = \frac{L_k}{V}$, где V – скорость передачи.

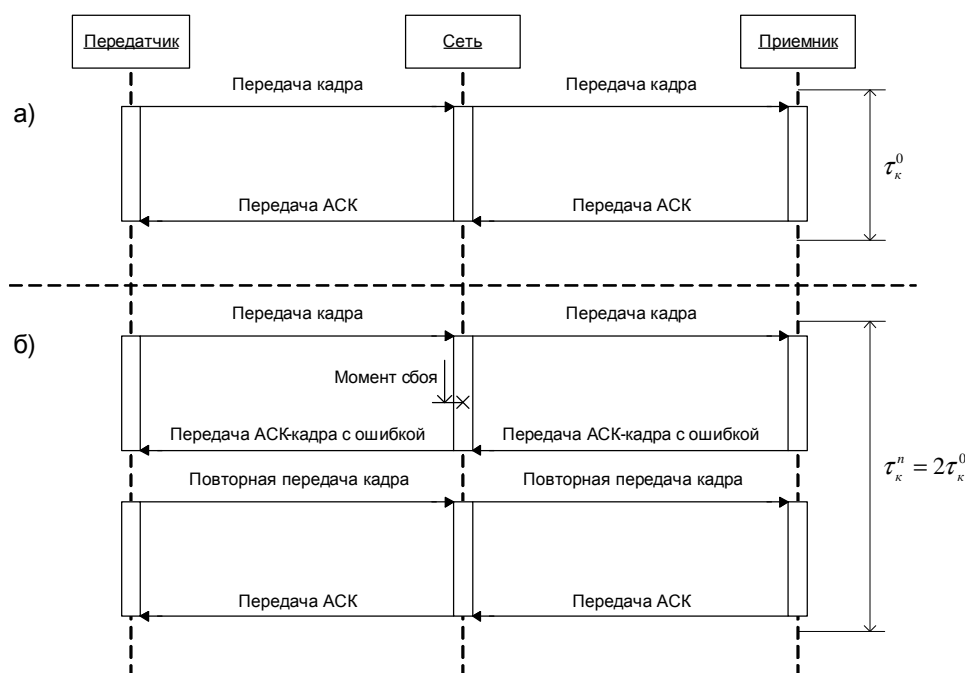


Рис. 4. Диаграмма временного режима процесса передачи кадров на системном уровне (язык UML): нормальный режим (а), режим с повторной передачей (б)

Исходя из требований поддержания своевременной передачи пакета кадров $\tau_{kn} \leq T_{дон}$ (с учетом интенсивности сбоев $\lambda_{сб}$) пакет разбивается на одинаковые части (кадры).

Тогда случайное время передачи набора кадров (пакета) можно оценить, используя распределение Эрланга. Представляя процесс передачи кадров цепочкой экспоненциальных фаз (с параметром $\lambda_k = \frac{1}{T_k}$ для каждой фазы), а количество фаз равным передаваемым кадрам – n с параметром распределения Эрланга $k=n$, получим плотность распределения случайного времени передачи пакета $f(t_{mn})$ [14]:

$$f(t_{mn}) = \frac{\lambda_k^n t_{mn}^{n-1}}{(n-1)!} \exp(-\lambda_k t_{mn}), \text{ где}$$

$$\lambda_k = \frac{1}{T_k}. \quad (2)$$

И, соответственно, вероятность своевременной передачи пакета $P_{nn}(t_{mn})$ будет оцениваться выражением

$$P_{nn}(t_{mn}) = 1 - [\exp(-\lambda_k t_{mn})] \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(\lambda_k t_{mn})^i}{i!}. \quad (3)$$

На рис. 5 приведены графики зависимости $P_{nn}(t_{mn})$ от интенсивности сбоев и заданной своевременности безошибочной передачи ($T_{дон}$).

Как следует из данных графика, при большой интенсивности сбоев ($\lambda_{сб}=0,04$) разбиение пакета на кадры ($n=4$) не позволяет обеспечить безошибочную и своевременную передачу (для $P_{nn}(t_{nn}, T_{дон}) \geq 0.95$ при $T_{дон}=0.11$ необходим ремонт канала, обеспечивающий $\lambda_{сб} \leq 0,02$).

5. Пример расширения языка описаний и спецификаций

На рис. 6 приведена новая (относительно рис. 2,б) диаграмма блока приемника, где введен подблок выдачи дополнительных сигналов коррекции для передатчика (сигналов изменения длины кадров).

Раскрытие сущности подблока (модуль реализации аналитической модели анализа с формированием нового значения длины кадра) предполагается представить в процедурах SMDL в последующих публикациях.

Выводы

Рассмотрена методология введения более полных и корректных диаграмм процесса (рис. 4) с количественным анализом в процесс спецификации (рис. 5, 6), что позволяет сделать следующие выводы.

1. Существующий системный уровень SDL-2000 даже с использованием языка MSC не позволяет описать анализируемую систему (коммуникационный тракт)

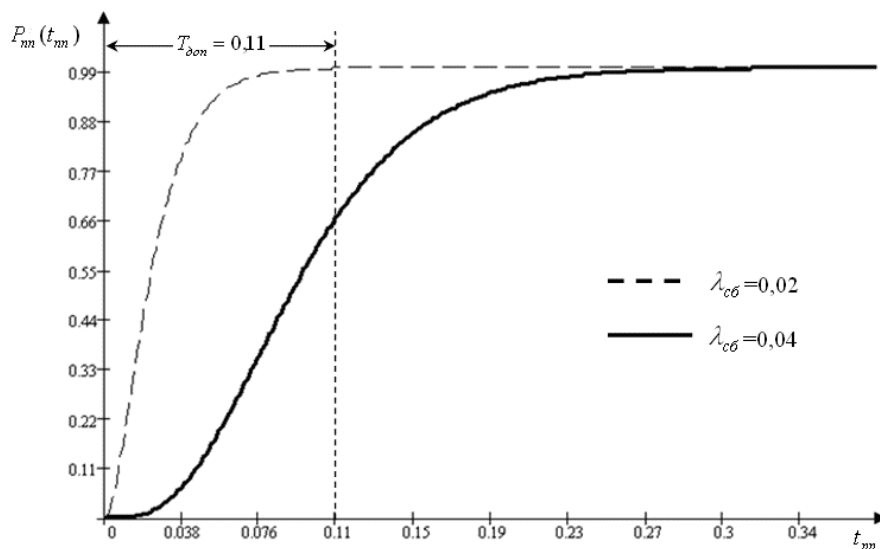


Рис. 5. График зависимости вероятности своевременной передачи пакета при различных вариантах его разбиения на кадры ($n = 1,4$) с учетом разной интенсивности сбоев ($\lambda_{сб}=0,02$ и $\lambda_{сб}=0,04$)

и процесс передачи с необходимой для проектирования алгоритмов точностью.

2. Введение первичной (без оцифровки) модификации языка UML позволяет более корректно описывать систему и процесс ее функционирования, раскрывая все особенности описываемых процессов (рис. 4).

3. Необходима дальнейшая модификация языка UML (оцифровка временных режимов), которая обеспечит формирование новых интеллектуальных (с учетом функционирования и моделирования) SMDL-диаграмм.

Анализ результатов позволяет сделать следующие выводы:

1) для полной автоматизации процесса проектирования алгоритмов АПС с необходимыми уровнями визуализации и

UML, которые расширяют SDL, необходимо одновременно с введением оцифровки анализируемых параметров $t_{\kappa}^0, T_{дон}, \tau_{сб}$ (моделирование и анализ) ввести средства перехода к процедурам SDL;

2) для эффективного проектирования алгоритмов на верхних уровнях описания и спецификации (система – процессы) необходимы не только программные средства визуализации, но и интеллектуализация процесса разработки алгоритмов: визуализация задаваемых режимов передачи (рис. 4) с моделированием и визуализацией результатов анализа (рис. 5) выбираемых (оптимальных) параметров протокола (рис. 2).

В предлагаемой статье выполнен первый этап создания языка описаний, моделирования и спецификаций – SMDL.

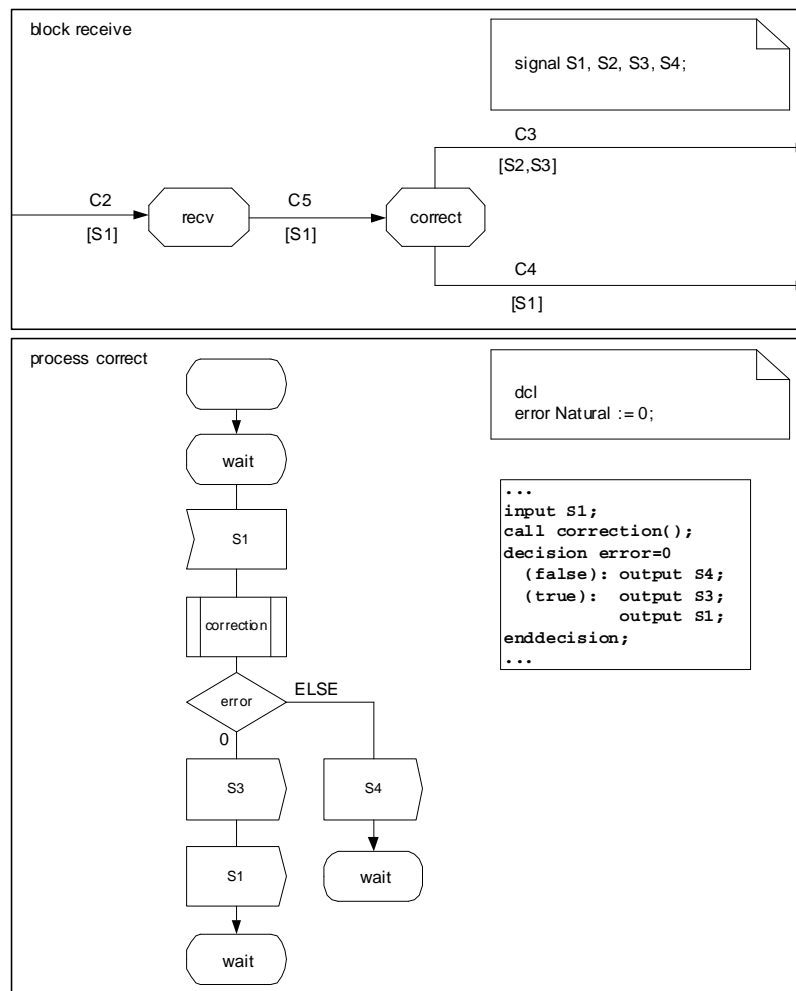


Рис. 6. Диаграммы описания блока приемника с процессом коррекции кадров

интеллекта в последующих модификации
 1. *Research Networking in Europe. Striving for Global Leadership.*
<http://archive.dante.net/pubs/ECbrochure.html>.

2. Ластовченко М.М., Биляк В.И. Проблемы создания инструментально-технологических систем проекти-

- рования АПС интеллектуальных сетей // Проблемы программирования. – 2004. – №2/3. – С. 497-504.
3. *Research Networking. The GEANT Network.* – www.cordis.org.
4. *ITU-T, Rec. Z.100 Specification and Description Language (SDL).* – www.sdl-forum.org.
5. *ITU-T, Rec. Z.120 Message Sequence Charts (MSC).* – www.sdl-forum.org.
6. Система визуализации и обработки знаний как средство организации вычислений на ЭВМ / В.И. Бычков, О.Г. Диваков, В.А. Кузьмин, А.В. Орлов // Интеллектуализация программных средств – Новосибирск: Наука, 1990. – С. 6-15.
7. *Ионин Т.Л., Седол Я.Я.* Статистическое моделирование систем телетрафика. – М.: Радио и связь, 1982. – 182 с.
8. *Ластовченко М.М., Губенко А.Е., Черноусов В.А.* Интегральная система проектирования программного обеспечения коммуникационных средств связи. – Киев: Знание, 1990. – 32 с.
9. *Reed R.* SDL-2000 for New Millennium Systems. // *Elektronikk.* – 2000. – №4. – Р. 20-35.
10. *Ластовченко М.М., Ярошенко В.Н., Биляк В.И.* Математические аспекты проектирования интеллектуальных коммуникационных систем передачи ММТ // Математические машины и системы. – 2001. – №6. – С. 56-69.
11. *Бьюкандер М.* Графическое программирование с использованием UML и SDL // Открытые системы. – 2001. – №1. – С. 48-51.
12. *Smith P.* Frame Relay. – New York: Addison Wesley, 1996. – 268 p.
13. *Ионин Т.Л., Седол М.Я., Суне В.В.,* Язык моделирования ПАЛМ. – Рига: ПГУ им. П. Стучки, 1982. – 107 с.
14. *Кениг Д., Штоян Д.* Методы теории массового обслуживания. – М.: Радио и связь, 1981. – 128 с.

Получено 20.09.05

Об авторах

Ластовченко Михаил Михайлович

канд. техн. наук

старший научный сотрудник

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН Украины,

просп. Академика Глушкова, 40

г. Киев, 03680, Украина

Тел.: (044) 440 4343 (вечером)

Макаренко Николай Николаевич

аспирант

Институт программных систем НАН Украины,

просп. Академика Глушкова, 40

г. Киев, 03680, Украина

Тел.: 8 067 501 7396

Марущак Владимир Иванович

аспирант

Национальный авиационный университет МОН Украины

03058, Украина, просп. Комарова, 1,

Тел.: 8 050 381 4188