

УДК 004.056.4

РАЗВИТИЕ СИСТЕМНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА УПРАВЛЕНИЯ ТРАКТОМ СВЯЗИ

А.В. Птицын

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики*

Санкт-Петербург, Россия

E-mail: pticin@inbox.ru, тел.: (812) 233-86-51

доцент, к.т.н.

Л.К. Птицына

*Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича*

Санкт-Петербург, Россия

E-mail: ptitsina_lk@inbox.ru, тел.: (812) 247-39-80

профессор, д.т.н.

Расширяется состав альтернативных логических правил принятия решений о состоянии цифрового тракта связи за счёт учёта функциональной избыточности при дуплексном режиме локального интерфейса управления. Предлагаются формализации расширенного состава правил принятия решений. Излагается аналитический метод определения характеристик качества локального интерфейса управления трактом связи в условиях реализации дуплексного режима.

Пакетные сети, локальный интерфейс управления, дуплексный режим, функциональная избыточность, целостность виртуального соединения, распределённая система, принятие решений, состояние тракта связи

Локальный интерфейс управления (LMI – Local Management Interface) включается в архитектуру многих пакетных сетей корпораций с техническими средствами технологии Frame Relay. С помощью подобных средств реализуются высокоскоростные соединения локальных сетей,

снижаются временные задержки на межсетевые информационные пересылки и сокращаются финансовые затраты на передачу информации в глобальные сети [1]. Сетевые компоненты локального интерфейса управления относятся к распределённому интеллекту и предназначаются для определения состояний виртуальных соединений и управления сетью. Функциональная значимость LMI признаётся стандартом ANSI T1.617.

Перспективное направление развития интеллекта сетей ориентируется на обеспечение планируемого качества управления, соответствующего реальным состояниям коммуникаций между узлами сетей и потребностям их клиентов. Состоятельность этого направления развития находится в непосредственной зависимости от возможностей математического и программного обеспечения локального интерфейса управления.

В соответствии с содержанием описаний логических и процедурных характеристик LMI, а также представлений диапазонов параметров процедур управления, раскрытых в указанном документе, проблема определения качества локального интерфейса оставляется стандартом открытой для исследований.

С помощью разработанного в [2,3] математического обеспечения локального интерфейса управления определяются зависимости показателей его качества от параметров контрольных процедур и выбираются их наилучшие сочетания на уровне каждого отдельного виртуального соединения. При этом учитываются открытые со стороны стандарта функциональные возможности, позволяющие варьировать временной избыточностью при реализации правил принятия решений относительно состояния виртуальных соединений. Последние выражаются в формировании трёх возможных профилей принятия указанных решений:

- принятие решения при выборочном накоплении результатов анализа процессов прохождения контрольных кадров с детерминированным периодом обнуления решающей функции второго уровня;
- принятие решения при выборочном накоплении результатов анализа процессов прохождения контрольных кадров со случайным периодом обнуления решающей функции второго уровня;
- принятие решения при скользящем накоплении результатов анализа процессов прохождения контрольных кадров.

Однако задача определения качества локального интерфейса управления на уровне цифровых трактов связи (полного статуса) остаётся нерешённой. Значимость решения этой задачи повышается по мере разрастания масштабов сетей. Отмеченная проблемная ситуация разрешается в [4] посредством формирования системно-аналитического обеспечения локального интерфейса управления трактом связи при базовом симплексном режиме. Благодаря выполненному в [4] анализу базового симплексного режима удаётся перейти к развитию системно-аналитического обеспечения локального интерфейса управления трактом связи.

Предлагаемый подход к развитию распространяется на дуплексный режим локального интерфейса управления, при котором решение о состоянии цифрового тракта связи может приниматься как на стороне окончного оборудования данных, так и на стороне оборудования передачи данных. Подобная функциональность локального интерфейса управления предусматривается стандартом ANSI T1.617.

При реализации указанной функциональности повышается степень распределённости системы принятия решений о состоянии сетевых цифровых трактов связи. Отмеченной особенностью целесообразно воспользоваться для повышения качества локального интерфейса управления. Реальное повышение может планироваться на основе

аналитического определения показателей качества локального интерфейса управления.

Для расширения возможностей планирования качества локального интерфейса управления трактом связи предлагается методология моделирования распределённой системы принятия решений о его состоянии в дуплексном режиме. В методологию включаются:

- принципы и определения альтернативных логических правил распределённого принятия решений относительно состояния цифрового тракта связи на основе использования функциональной избыточности дуплексного режима локального интерфейса управления;
- методика построения объектно-ориентированных моделей логических правил распределённого принятия решений о состоянии цифрового тракта связи при дуплексном режиме LMI;
- система показателей качества локального интерфейса управления при дуплексном режиме;
- объектно-ориентированные модели базисных логических правил распределённого принятия решений относительно состояния цифрового тракта связи в дуплексном режиме локального интерфейса управления;
- аналитический метод анализа объектно-ориентированных моделей логических правил распределённого принятия решений относительно состояния цифрового тракта связи при дуплексном режиме LMI;
- аналитические зависимости показателей качества локального интерфейса управления трактом связи в дуплексном режиме от параметров процедурных характеристик для базиса логических правил принятия решений о его состоянии.

Первая часть методологии базируется на следующих положениях, представляющих принципы и определения:

- 1) Процессы формирования и прохождения контрольных кадров реализуются в полном соответствии с логическими и процедурными

характеристиками локального интерфейса управления, предусмотренными стандартом ANSI T1.617;

- 2) Правила принятия решений относительно состояния виртуального соединения описываются любым сочетанием из трёх выше рассмотренных профилей [4];
- 3) Решения относительно состояний виртуальных соединений на стороне оконечного оборудования данных являются частными по отношению к решению о состоянии цифрового тракта связи;
- 4) Решения относительно состояний виртуальных соединений на стороне оборудования передачи данных представляются частными по отношению к решению о состоянии цифрового тракта связи;
- 5) Решение относительно начала проверки целостности виртуальных соединений на стороне оконечного оборудования данных является асинхронным по отношению к подобному решению на стороне оборудования передачи данных;
- 6) Итоговое (интегральное) решение относительно состояния цифрового тракта связи принимается на стороне его владельца.

Во второй части методологии выбираются следующие показатели качества локального интерфейса управления при дуплексном режиме:

- 1) $f_{L_s}(k_{L_s}), k_{L_s} = 1, 2, \dots, K_{L_s}$ – плотность распределения вероятностей времени запаздывания в обнаружении нарушений в полном статусе связи при дуплексном режиме;
- 2) $f_{L_f}(k_{L_f}), k_{L_f} = 1, 2, \dots, K_{L_f}$ – плотность распределения вероятностей времени ложного обнаружения нарушений в полном статусе связи при дуплексном режиме;
- 3) $P(k_{L_s} \leq K_1)$ – вероятность обнаружения нарушений в полном статусе связи при дуплексном режиме за дискретное время, не превышающее заданное ограничение K_1 ;

- 4) $P(k_{Lf} > K_2)$ – вероятность ложного обнаружения нарушений в полном статусе связи при дуплексном режиме за дискретное время, превышающее заданное ограничение K_2 ;
- 5) $E(k_{Ls})$ – среднее время запаздывания в обнаружении нарушений в полном статусе связи при дуплексном режиме;
- 6) $E(k_{Lf})$ – среднее время ложного обнаружения нарушений в полном статусе связи при дуплексном режиме;
- 7) $R(C_L)$ – риск срыва временного регламента C_L .

Третий, пятый и седьмой показатели приведённой системы выражаются через первую характеристику, а четвёртый и шестой показатели через вторую характеристику.

Построение объектно-ориентированных моделей логических правил распределённого принятия решений относительно состояния цифрового тракта связи при дуплексном режиме в классе диаграмм деятельности осуществляется в результате выполнения следующих работ:

1. Определение многоуровневости в системе принятия решений.
2. Распределение решений по уровням.
3. Выделение множества действий в каждом уровне системы принятия решений.
4. Описание каждого выделенного действия плотностью вероятности на всех уровнях системы принятия решений.
5. Формирование потоков управления из узлов координации действий для каждого уровня системы принятия решений.
6. Выделение асинхронных действий, объединяющих различные уровни принятия решений.
7. Описание каждого из асинхронных действий плотностью вероятности.

8. Определение матрицы инцидентий для узлов разъединения и узлов соединения действий в пределах каждого уровня системы принятия решений.
9. Описание спецификаций всех узлов соединений для каждого уровня системы распределённого принятия решений относительно состояния цифрового тракта при дуплексном режиме.

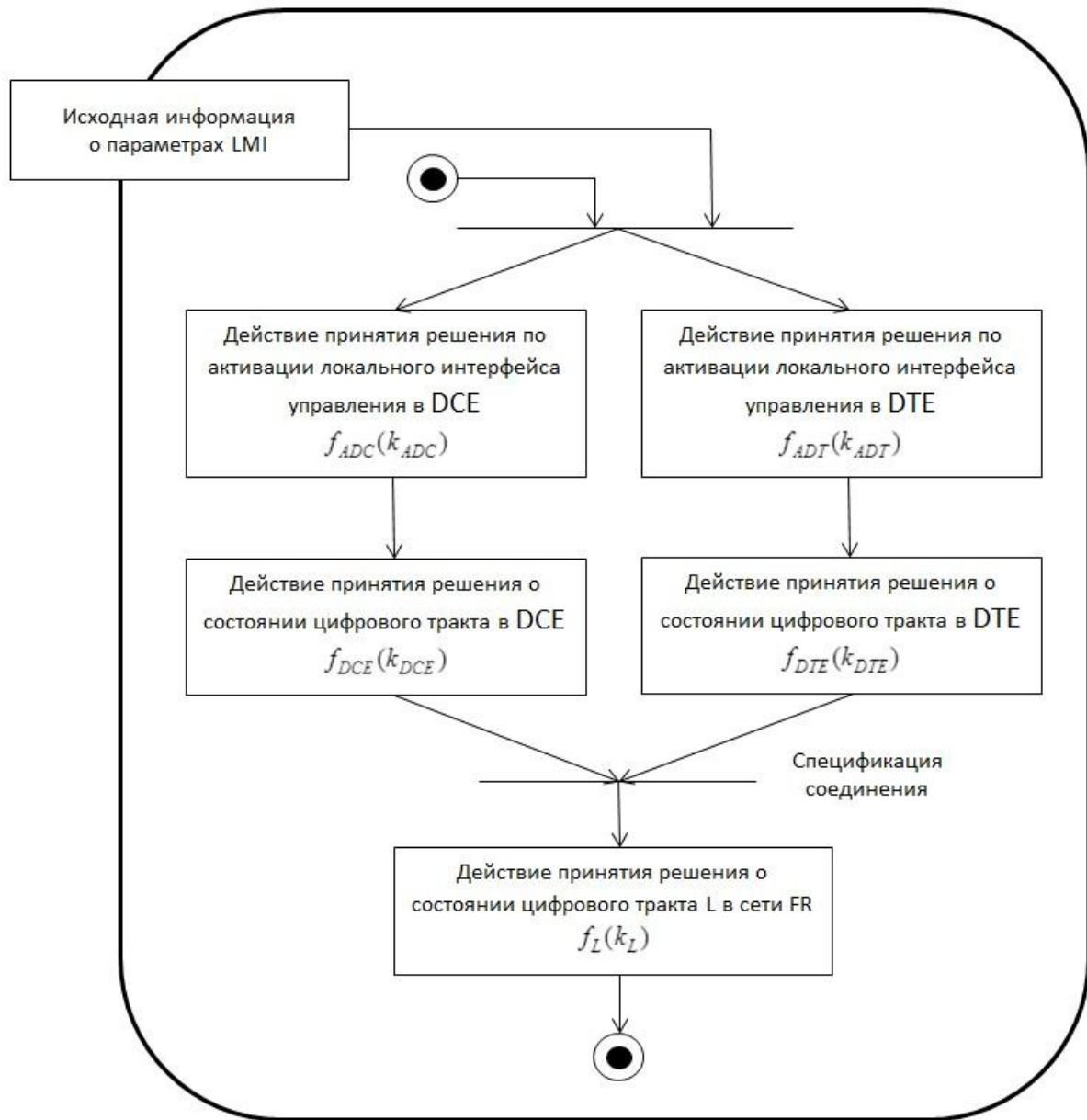
В результате применения представленной методики к исследованию локального интерфейса управления LMI формируются расширенные объектно-ориентированные модели в классе диаграмм деятельности по отношению к возможным традиционным моделям, необходимым для соответствующего анализа. Расширения образуются за счёт включения в модели статистических характеристик выполняемых действий.

В соответствии с функциональной спецификацией локального интерфейса управления LMI в дуплексном режиме выделяются следующие уровни принятия решений:

- 1) Два уровня принятия решений о состоянии каждого отдельного виртуального соединения на стороне аппаратуры передачи данных;
- 2) Уровень принятия решения о состоянии цифрового тракта связи на стороне аппаратуры передачи данных;
- 3) Два уровня принятия решений о состоянии каждого отдельного виртуального соединения на стороне оконечного оборудования данных;
- 4) Уровень принятия решения о состоянии цифрового тракта связи на стороне оконечного оборудования данных;
- 5) Уровень интегрального решения о состоянии L -ого цифрового тракта связи при дуплексном режиме локального интерфейса управления.

На рисунке представляется объектно-ориентированная модель системы, соответствующая уровню принятия решения о состоянии L -ого цифрового тракта связи при дуплексном режиме локального интерфейса

управления. Приведённая модель построена согласно раскрываемой методологии.



По отношению к двум возможным ситуациям в определении состояния цифрового тракта (ложное и истинное обнаружение нарушений в полном статусе связи) построенная модель является обобщённой. Модель сопровождается отмеченным признаком по причине однотипности связей между выделенными действиями в указанных ситуациях. Однако каждая ситуация описывается собственными статистическими характеристиками модели. Таким образом, на основе предложенной

обобщённой модели порождаются две другие, в каждую из которых вводятся соответствующие характеристики выполняемых действий.

При ложном обнаружении статистические характеристики $f_{DCE}(k_{DCE})$, $f_{DTE}(k_{DTE})$, $f_L(k_L)$ заменяются соответственно характеристиками $f_{DCE}(k_{DCE}/k_{DCE} < k_0)$, $f_{DTE}(k_{DTE}/k_{DTE} < k_0)$, $f_L(k_L/k_L < k_0)$, а при истинном обнаружении – $f_{DCE}(k_{DCE}/k_{DCE} \geq k_0)$, $f_{DTE}(k_{DTE}/k_{DTE} \geq k_0)$, $f_L(k_L/k_L \geq k_0)$, где k_0 – дискретное время появления нарушений. Благодаря подмеченным особенностям моделей удаётся перейти к анализу обобщённой модели и последующему распространению его результатов на две возможные ситуации.

В соответствии с содержанием построенной модели и системы показателей качества функционирования локального интерфейса управления LMI для её анализа выбирается модифицированный метод свёртки, изложенный в [5].

Образ с рисунка является расширенной моделью диаграммы деятельности при локальном интерфейсе управления цифровым трактом в нотации унифицированного языка моделирования UML 2.0. Расширения касаются введения плотностей распределения вероятностей времён выполнения выделенных действий и описания спецификации соединения параллельных действий.

На рисунке представляются следующие статистические характеристики:

$f_{ADC}(k_{ADC})$, $k_{ADC} = 1, 2, \dots, K_{ADC}$ – плотность распределения вероятностей времени принятия решения по активации локального интерфейса управления в аппаратуре передачи данных DCE (Date Circuit terminating Equipment),

$$\sum_{k_{ADC}}^{K_{ADC}} f_{ADC}(k_{ADC}) = 1 ;$$

$f_{ADT}(k_{ADT}), k_{ADT} = 1, 2, \dots, K_{ADT}$ – плотность распределения вероятностей времени принятия решения по активации локального интерфейса управления в оконечном оборудовании данных DTE (Date Terminal Equipment),

$$\sum_{k_{ADT}}^{K_{ADT}} f_{ADT}(k_{ADT}) = 1 ;$$

$f_{DCE}(k_{DCE}), k_{DCE} = 1, 2, \dots, K_{DCE}$ – плотность распределения вероятностей длительности принятия решения о состоянии цифрового тракта в аппаратуре передачи данных DCE,

$$\sum_{k_{DCE}}^{K_{DCE}} f_{DCE}(k_{DCE}) = 1 ;$$

$f_{DTE}(k_{DTE}), k_{DTE} = 1, 2, \dots, K_{DTE}$ – плотность распределения вероятностей длительности принятия решения о состоянии цифрового тракта в оконечном оборудовании данных DTE,

$$\sum_{k_{DTE}}^{K_{DTE}} f_{DTE}(k_{DTE}) = 1 ;$$

$f_L(k_L), k_L = 1, 2, \dots, K_L$ – плотность распределения вероятностей длительности принятия решения о состоянии L -ого цифрового тракта в сети Frame Relay,

$$\sum_{k_L}^{K_L} f_L(k_L) = 1 .$$

Плотности

$$f_{ADC}(k_{ADC}), k_{ADC} = 1, 2, \dots, K_{ADC}, f_{ADT}(k_{ADT}), k_{ADT} = 1, 2, \dots, K_{ADT}$$

$$f_L(k_L), k_L = 1, 2, \dots, K_L$$

рассматриваются как исходные данные.

Плотность $f_{DCE}(k_{DCE}), k_{DCE} = 1, 2, \dots, K_{DCE}$ определяется в результате анализа локального интерфейса управления виртуальными соединениями цифрового тракта связи со стороны аппаратуры передачи данных.

Плотность $f_{DTE}(k_{DTE}), k_{DTE} = 1, 2, \dots, K_{DTE}$ выражается формулами, выводимыми в процессе анализа локального интерфейса управления виртуальными соединениями со стороны оконечного оборудования данных.

В обоих случаях учитываются вариации альтернативных правил принятия решений о состоянии виртуальных соединений при локальном интерфейсе управления. Для каждого правила рассматриваются типовые сочетания параметров локального интерфейса управления в практически интересных случаях реальных событий, присущих техническим состояниям телекоммуникационного оборудования.

С помощью плотностей

$$f_{ADC}(k_{ADC}), k_{ADC} = 1, 2, \dots, K_{ADC}, f_{ADT}(k_{ADT}), k_{ADT} = 1, 2, \dots, K_{ADT}$$

отражается асинхронность процедур реализации локального интерфейса управления в аппаратуре передачи данных и в оконечном оборудовании данных.

Последовательная очерёдность действия принятия решения по активизации локального интерфейса управления и действия принятия решения о состоянии цифрового тракта в аппаратуре передачи данных позволяет определить $f_{DC}(k_{DC}), k_{DC} = 1, 2, \dots, K_{DC}$ плотность распределения вероятностей времени окончания принятия решения о состоянии цифрового в DCE на основе следующего соотношения:

$$f_{DC}(k_{DC}) = \sum_{k_{ADC}} f_{ADC}(k_{ADC}) f_{DCE}(k_{DC} - k_{ADC}), \quad (1)$$

$$k_{DC} = \min(k_{ADC} + k_{DCE}), \dots, \max(k_{ADC} + k_{DCE}).$$

Последовательная очерёдность действия принятия решения по активизации локального интерфейса управления и действия принятия решения о состоянии цифрового тракта в оконечном оборудовании данных позволяет найти $f_{DT}(k_{DT}), k_{DT} = 1, 2, \dots, K_{DT}$ плотность распределения вероятностей времени окончания принятия решения о состоянии цифрового в DTE по следующей формуле:

$$f_{DT}(k_{DT}) = \sum_{k_{ADT}} f_{ADT}(k_{ADT}) f_{DTE}(k_{DT} - k_{ADT}), \quad (2)$$

$$k_{DT} = \min(k_{ADT} + k_{DTE}), \dots, \max(k_{ADT} + k_{DTE}).$$

Последующий сценарий развития событий о состоянии цифрового тракта в сети Frame Relay находится в непосредственной зависимости от спецификации соединения процедур реализации локального интерфейса управления на обоих концах цифрового тракта.

Первый возможный сценарий опирается на спецификацию соединения, описываемую булевой функцией $\vee(2)$.

В таком случае $f_{PA}(k_{PA}), k_{PA} = 1, 2, \dots, K_{PA}$ плотность распределения вероятностей времени окончания параллельных действий (Parallel Actions) LMI на обоих концах цифрового тракта находится согласно соотношению (3):

$$f_{PA}(k_{PA}) = (1 - \sum_{k_{DC}=1}^{k_{PA}-1} f_{DC}(k_{DC})) (1 - \sum_{k_{DT}=1}^{k_{PA}-1} f_{DT}(k_{DT})) - (1 - \sum_{k_{DC}=1}^{k_{PA}} f_{DC}(k_{DC})) (1 - \sum_{k_{DT}=1}^{k_{PA}} f_{DT}(k_{DT})), \quad (3)$$

$$k_{PA} = \min(\min k_{DC}, \min k_{DT}), \dots, \min(\max k_{DC}, \max k_{DT}).$$

Второй возможный сценарий базируется на спецификации соединения, представляемой булевой функцией $\wedge^{(2)}$. При этом плотность $f_{PA}(k_{PA}), k_{PA} = 1, 2, \dots, K_{PA}$ выражается по формуле (4):

$$f_{PA}(k_{PA}) = \left(\sum_{k_{DC}=1}^{k_{PA}} f_{DC}(k_{DC}) \right) \left(\sum_{k_{DT}=1}^{k_{PA}} f_{DT}(k_{DT}) \right) - \left(\sum_{k_{DC}=1}^{k_{PA}-1} f_{DC}(k_{DC}) \right) \left(\sum_{k_{DT}=1}^{k_{PA}-1} f_{DT}(k_{DT}) \right), \quad (4)$$

$$k_{PA} = \max(\min k_{DC}, \min k_{DT}), \dots, \max(\max k_{DC}, \max k_{DT})$$

Соотношения (3), (4) в последующем могут использоваться при нахождении интервальных границ динамических характеристик локального интерфейса управления.

Цифровой тракт, как правило, относится к оборудованию владельцев сети Frame Relay. В связи с этим окончательное решение о состоянии цифрового тракта принимается на стороне аппаратуры передачи данных.

Пусть на сопоставление результатов реализации ЛМІ, сформированных на обоих концах цифрового тракта, отводится дискретное время k_L . При подобном условии $f_{DL}(k_{DL}), k_{DL} = 1, 2, \dots, K_{DL}$ плотность распределения вероятностей времени окончания принятия решения о состоянии цифрового тракта определяется по формуле (5):

$$f_{DL}(k_{DL}) = \sum_{k_{PA}} f_{PA}(k_{PA}) f_L(k_{DL} - k_{PA}), \quad (5)$$

$$k_{DL} = \min(k_{PA} + k_L), \dots, \max(k_{PA} + k_L).$$

На основании (5) находятся $E\{k_{DL}\}$ математическое ожидание и $D\{k_{DL}\}$ дисперсия времени, а также $R(c)$ риск срыва временного регламента принятия решения о состоянии цифрового тракта:

$$E\{k_{DL}\} = \sum_{k_{DL}} k_{DL} f_{DL}(k_{DL}), \quad (6)$$

$$D\{k_{DL}\} = \sum_{k_{DL}} (k_{DL} - E\{k_{DL}\})^2 f_{DL}(k_{DL}), \quad (7)$$

$$R(c) = \sum_{k_{DL} > c} f_{DL}(k_{DL}), \quad (8)$$

где c – устанавливаемое ограничение на допустимое время принятия решения о состоянии цифрового тракта.

Если в выражения (6) – (8) подставляются $f_{DL}(k_{DL})$, определяемые на основании $f_{PA}(k_{PA})$ по формуле (3), и соответствующие спецификации соединения $\vee^{(2)}$, то находятся нижние границы динамических характеристик локального интерфейса управления трактом связи, а если – $f_{DL}(k_{DL})$, определяемые на основании $f_{PA}(k_{PA})$ по формуле (4), и соответствующие спецификации соединения $\wedge^{(2)}$, то – их верхние границы.

После анализа обобщённой модели осуществляется переход к определению искомых показателей качества функционирования локального интерфейса управления применительно к двум возможным ситуациям:

1)

$$f_{Ls}(k_{Ls}) = f_{DL}(k_{DL}) = f_{DL}(k_{DL} \geq k_0) \quad (9)$$

при

$$f_{DCE}(k_{DCE}) = f_{DCE}(k_{DCE} / k_{DCE} \geq k_0),$$

$$f_{DTE}(k_{DTE}) = f_{DTE}(k_{DTE} / k_{DTE} \geq k_0),$$

$$f_L(k_L) = f_L(k_L / k_L \geq k_0).$$

2)

$$f_{L_f}(k_{L_f}) = f_{DL}(k_{DL}) = f_{DL}(k_{DL} < k_0) \quad (10)$$

при

$$f_{DCE}(k_{DCE}) = f_{DCE}(k_{DCE} / k_{DCE} < k_0),$$

$$f_{DTE}(k_{DTE}) = f_{DTE}(k_{DTE} / k_{DTE} < k_0),$$

$$f_L(k_L) = f_L(k_L / k_L < k_0).$$

На основе плотностей $f_{L_s}(k_{L_s}), k_{L_s} = 1, 2, \dots, K_{L_s}$, $f_{L_f}(k_{L_f}), k_{L_f} = 1, 2, \dots, K_{L_f}$ находятся следующие показатели качества функционирования LMI при дуплексном режиме:

$$P(k_{L_s} \leq K_1) = \sum_{k_{L_s} \leq K_1} f_{L_s}(k_{L_s}), \quad (11)$$

$$E(k_{L_s}) = \sum_{k_{L_s}} k_{L_s} f_{L_s}(k_{L_s}), \quad (12)$$

$$P(k_{L_f} > K_2) = \sum_{k_{L_f} > K_2} f_{L_f}(k_{L_f}), \quad (13)$$

$$E(k_{L_f}) = \sum_{k_{L_f}} k_{L_f} f_{L_f}(k_{L_f}), \quad (14)$$

$$R(C_L) = \sum_{k_{L_s} > C_L} f_{L_s}(k_{L_s}). \quad (15)$$

Плотность $f_{DTE}(k_{DTE} / k_{DTE} \geq k_0)$ определяется как плотность распределения вероятностей времени запаздывания в обнаружении нарушений в полном статусе связи при симплексном режиме $f_s(k_s)$, когда

$$N392 = N392_{DTE}, N393 = N393_{DTE}, T391 = T391_{DTE}, p_2 = p_{2,DTE}. \quad (16)$$

Аналитические выражения для нахождения $f_s(k_s)$ через плотности распределения вероятностей времени запаздывания k_{is} в обнаружении нарушения целостности виртуальных соединений $f_{is}(k_{is}) i = 1, 2, \dots, I$

выводятся в [4] применительно к трём вариантам принятия решения по схеме объединения частных решений относительно целостности виртуальных соединений согласно:

- булевой функции «И» (вариант 1 – формула (1) из [4]);
- булевой функции «ИЛИ» (вариант 2 – формула (3) из [4]);
- булевой функции «М из N» (вариант 3 – формулы (5) – (9) из [4]).

В свою очередь при выводе формул для плотностей $f_{is}(k_{is})$ $i=1,2,\dots,I$ рассматриваются три возможных профиля принятия решений на уровне каждого отдельного виртуального соединения:

- профиль 1: принятие решения при выборочном накоплении результатов анализа процессов прохождения контрольных кадров с детерминированным периодом обнуления решающей функции второго уровня (формулы (8) – (10), (11) – (23) из [2]);
- профиль 2: принятие решения при выборочном накоплении результатов анализа процессов прохождения контрольных кадров со случайным периодом обнуления решающей функции второго уровня (формулы (15) – (18) из [3]);
- профиль 3: принятие решения при скользящем накоплении результатов анализа процессов прохождения контрольных кадров (формулы (25) – (27) из [3]).

Плотность $f_{DTE}(k_{DTE} / k_{DTE} < k_0)$ определяется как плотность распределения вероятностей ложного обнаружения нарушений в полном статусе связи при симплексном режиме $f_f(k_f)$, когда

$$N392 = N392_{DTE}, N393 = N393_{DTE}, T391 = T391_{DTE}, P_1 = P_{1,DTE} . \quad (17)$$

Аналитические выражения для нахождения $f_f(k_f)$ через плотности распределения вероятностей времени ложного обнаружения k_{if} нарушения целостности виртуальных соединений $f_{if}(k_{if})$ $i=1,2,\dots,I$ представляются в

[4] применительно к выше указанным трём вариантам принятия решения по схеме объединения частных решений относительно целостности виртуальных соединений:

- вариант 1 – формула (2) из [4];
- вариант 2 – формула (4) из [4];
- вариант 3 – формула (5) – (9) из [4].

Плотности $f_{if}(k_{if})$ $i=1,2,\dots,I$ профилируются на уровне каждого отдельного виртуального соединения за счёт определения соответствующих значений среднего числа шагов до первого объявления ложной тревоги:

- профиль 1 – формулы (6), (7) из [2];
- профиль 2 – формулы (7), (10), (14) из [3];
- профиль 3 – формула (23) из [3].

Плотность $f_{DCE}(k_{DCE} / k_{DCE} \geq k_0)$ выражается как плотность распределения вероятностей времени запаздывания в обнаружении нарушений в полном статусе связи при симплексном режиме в условиях, когда

$$N392 = N392_{DCE}, N393 = N393_{DCE}, T391 = T391_{DCE}, P_2 = P_{2,DCE} . \quad (18)$$

Пути определения плотности $f_s(k_s)$ сохраняются в выше представленном виде при соблюдении условий (18).

Плотность $f_{DCE}(k_{DCE} / k_{DCE} < k_0)$ определяется как плотность распределения вероятностей времени ложного обнаружения нарушений в полном статусе связи при симплексном режиме $f_f(k_f)$ в условиях, когда

$$N392 = N392_{DCE}, N393 = N393_{DCE}, T391 = T391_{DCE}, P_1 = P_{1,DCE} . \quad (19)$$

Математическая канва нахождения плотности $f_f(k_f)$ остаётся подобной той, которая описывается выше, при условии соблюдения назначений (19).

Диапазоны изменения назначаемых параметров LMI, указанные в условиях (16) – (19), определяются стандартом ANSI T1.617.

Все составляющие системно-аналитического обеспечения, представленные соотношениями (1) – (15), выведенными в полном соответствии с функциональной спецификацией локального интерфейса управления трактом связи в дуплексном режиме, включаются в интеллектуальное ядро для управления его эффективностью.

В процессе развития системно-аналитического обеспечения локального интерфейса управления трактом связи получены следующие научные результаты:

- разработана методология моделирования распределённой системы принятия решений о состоянии тракта связи в дуплексном режиме;
- построены объектно-ориентированные модели логических правил распределённого принятия решений о состоянии цифрового тракта связи;
- определены аналитические зависимости показателей качества локального интерфейса управления цифровым трактом связи в дуплексном режиме от параметров процедурных характеристик его технологического базиса;
- развит интеллект локального интерфейса управления LMI;
- образован новый дополнительный профиль обеспечения гарантий качества локального интерфейса управления.

Практическая значимость нового системно-аналитического обеспечения заключается в расширении границ управления эффективностью локального интерфейса управления.

Список литературы

1. Назаров А. Н., Симонов М. В. АТМ: технология высокоскоростных сетей. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999. – 252 с.
2. Птицына Л. К., Шикунов Д. А. Математическое обеспечение локального интерфейса управления технологии Frame Relay // Научно-технические ведомости СПбГПУ 3' 2008. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та. 2008. – С. 271 – 278.
3. Птицына Л. К., Шикунов Д. А. Расширение функциональной спецификации математического обеспечения локального интерфейса управления технологии Frame Relay // Научно-технические ведомости СПбГПУ 4' 2008. – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та. 2008. – С. 139 – 146.
4. Птицын А. В., Птицына Л. К. Системно-аналитическое обеспечение локального интерфейса управления трактом связи // Телекоммуникации. № 2. – М.: Изд-во «Наука и технологии». 2013. – С. 9 – 14.
5. Птицына Л. К. Программное обеспечение компьютерных сетей. Моделирование механизмов синхронизации параллельных вычислительных процессов в системах мониторинга и управления: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 213 с.