

# РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

## РАДИОЕЛЕКТРОНИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

### RADIO ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS

---

---

УДК 621.391

А. Н. Буханько, В. М. Безрук, Е. В. Дуравкин

#### ПРИМЕНЕНИЕ E-СЕТЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ УЧАСТКОМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

---

*В статье разработаны имитационные модели алгоритмов работы управляющего агента для участка сложной телекоммуникационной сети на основе выбранного аппарата E-сетей.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в связи с бурным развитием ресурсоемких сетевых приложений, повышением скорости и объемов передачи информации актуальным является вопрос создания эффективных децентрализованных систем управления сложными телекоммуникационными сетями (ТКС) [1]. С другой стороны, разработчикам отводится не так много времени для разработки и внедрения новых систем управления информационными потоками, предназначенных для удовлетворения требований, которые предъявляются к современным ТКС. Следовательно, в их арсенале должны быть средства, позволяющие за достаточно короткий срок получить информацию об разрабатываемой системе управления с заданной полнотой и использовать ее при их разработке.

Исследование показателей работы системы управления можно провести путем испытаний созданного образца либо путем испытаний на ее математической модели. Сложность и значительная стоимость постро-

ения реальных систем управления ТКС указывает на трудности, связанные с реализацией первого подхода к их исследованию. Поэтому доступным методом исследования разрабатываемых или модернизируемых систем управления является их моделирование.

Также необходимо отметить, что система управления информационным обменом в сложной гетерогенной ТКС является сложной и многоуровневой. В настоящее время на практике происходит переход от централизованных систем управления ТКС к децентрализованным [1], в которых управления участками ТКС осуществляется управляющими агентами (УА). Управляемый участок сети ТКС представляет собой совокупность каналов связи (КС), инцидентных (принадлежащих) определенному УА. При этом возникает необходимость создания математических моделей УА для участков ТКС с целью исследования их характеристик. Однако, построение аналитических моделей агентов систем управления является нецелесообразным в связи с большой трудоемкостью их разработки и сложностью анализа. В этом случае рациональным является построение моделей агентов с использованием имитационного аппарата, в частности, E-сетей [2, 3]. E-сети являются наиболее подходящим

аппаратом имитационного моделирования, позволяющим легко моделировать параллельные взаимодействующие процессы, отражая общую динамику работы децентрализованной агентной системы управления. Аппарат Е-сетей допускает различную трактовку своих элементов по уровню абстракции (детализации), что позволяет строить иерархические модели УА.

Целью данной статьи является разработка имитационных моделей алгоритмов работы УА, включающих процедуры определения пропускных способностей (ПС) каналов связи КС, принадлежащих агенту, и выбора подходящих КС по критерию QoS.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Построение имитационной модели алгоритмов управления участком сложной гетерогенной ТКС на основе математического аппарата Е-сетей, что включает следующие этапы:

- 1) определение дискриптивной алгоритмической модели процессов управления;
- 2) построение формализованной модели процессов управления, в частности, представление состояний процесса и переходов между ними в соответствии с основными положениями теории Е-сетей;
- 3) построение математической модели, а именно, математическое описание элементов графа Е-сети (предикатные переходы, метки, генераторы, места (состояния), места-поглотители и т. д.);
- 4) проверка степени адекватности построенной имитационной модели путем проверки выполнения основных алгоритмических свойств Е-сетей.

## ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ РАБОТЫ УА

### 1 Процедура определения пропускных способностей каналов связи

Рассмотрим первую процедуру работы УА [4]. Ее задачей является анализ ПС КС и динамики ее изменения на основе численных характеристик выбранных критериев QoS. В функции процедуры входит:

- получение номеров КС с постоянной либо динамически увеличивающейся ПС – в случае сохранения либо улучшения характеристик участка ТКС;
- получение номеров КС с динамически уменьшающейся ПС – в случае ухудшения характеристик участка ТКС;
- выдача полученных результатов следующей процедуре выбора КС по критерию QoS.

Указанное управление КС базируется на основе анализа следующих критериев качества QoS: ПС в текущий и предыдущий такт работы процедуры ( $N_k$ ,  $N_{k-1}$ , соответственно) и длительности управляющего интервала  $t_{\text{зад}}$ .

Полученные значения ПС текущего и предыдущего интервала работы  $N_k$ ,  $N_{k-1}$  позволяют сделать вывод об изменении ПС канала, что дает возможность оценить динамику изменения состояния данного канала. Критерий качества  $t_{\text{зад}}$  позволяет оценить время реакции (оперативность) управления КС на основе полученной задержки такта управления.

Исходя из вышесказанного, в предложенной имитационной модели предлагается использовать нагруженную метку, моделирующую КС, следующего вида:

$$R[t_{\text{зад}}, N_k, N_{k-1}, T_k, m, C, i], \quad (1)$$

где  $R$  – вектор атрибутов метки;  $t_{\text{зад}}$  – время жизни метки;  $N_k$ ,  $N_{k-1}$  – ПС на  $k$ -м и  $(k-1)$ -м интервале времени  $m$ -го канала, соответственно;  $T_k$  – счетчик тактов управления;  $m$  – номер КС;  $C$  – относительная стоимость использования канала;  $i$  – первый информационный атрибут (принимает значения 0 или 1; при инициализации – 0);  $j$  – второй информационный атрибут (принимает значение 0, 1 или 2; при инициализации – 0).

Задача определения номеров КС с недостаточной ПС сводится к анализу динамики разности критериев качества ПС предыдущего и данного шагов работы агента. Расчет данных критериев происходит по значению времени задержки управляющего пакета обратной связи (например,  $t_{\text{tcp}}$ ), используя соотношение (2)

$$N_k = \frac{n}{t_{\text{зад}}}, \quad (2)$$

где  $n$  – размер пакета  $t_{\text{tcp}}$ ;  $t_{\text{зад}}$  – значение задержки пакета.

После анализа выражения (2) производится проверка разности ПС двух последовательных тактов управления на принадлежность некоторому экспертно заданному кризисному интервалу  $\Delta n_k^m$ . Если полученное значение находится в данном интервале более заранее заданного времени  $T_3$  (расчет по атрибуту  $T_k$ ) и, при этом, ПС меньше некоторого минимального значения  $N_k^m(\min)$ , то информационным атрибутам метки присваивается индекс 1. В этом случае канал, моделируемый данной меткой, не используется в течение следующего такта работы УА. Упрощенный вариант Е-сети, моделирующей данную процедуру, представлен на рис. 1.

*Управляющие переходы* [2]:  $MY_1$  – решающее правило доступа КС на анализ ПС;  $MX_2$  – анализ суммарного количества тактов управления для выбранного КС (один или больше одного);  $MX_3$  – проверка канала на нахождение разницы его ПС в критическом интервале;  $MX_4$  – анализ количества временных тактов управления, при котором сохраняется критический интервал;  $MX_5$ ,  $MX'_5$  – сравнение текущей ПС КС с неким его минимальным значением

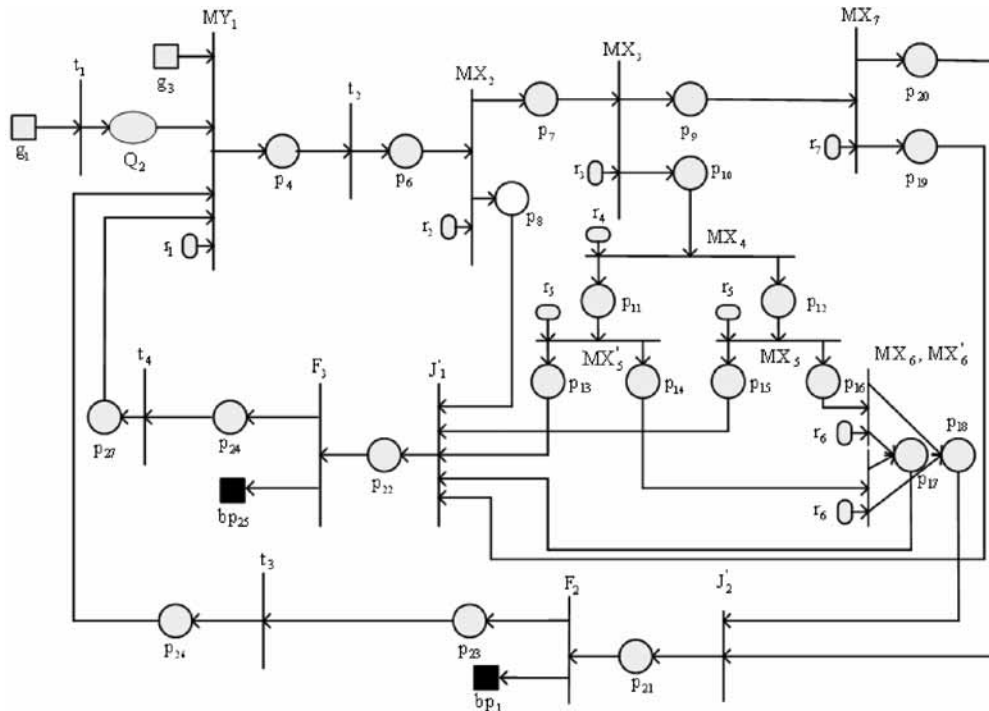


Рисунок 1 – Е-сеть первой процедуры

(критическим), сохраняющим его работоспособность;  $MX_6, MX'_6$  – определение количества интервалов управления, при которых текущая ПС КС была меньше критической;  $MX_7$  – анализ канала на многократно увеличенную разницу ПС.

*Переходы:*  $t_1$  – передача КС на анализ процедуре;  $t_2$  – формирование, отправка и получение ПС КС по значению временных параметров обратного пакета  $ttcr$ ;  $t_3, t_4$  – изменение информационных параметров QoS КС при переходе его на последующий шаг работы алгоритма;  $J'_1$  – обработка КС с достаточной ПС;  $J'_2$  – обработка КС с недостаточной ПС;  $F_2, F_3$  – разветвители потоков меток.

*Предикаты управляющих переходов* определяются следующим образом:

1. Управляющие переходы типа MX:

$$r_2 = \begin{cases} 0, M(p_6(R(T_k))) = 0, p_8; \\ 1, M(p_6(R(T_k))) > 1, p_7, \end{cases}$$

$$r_3 = \begin{cases} 0, M(p_7(R(N_k))) - M(p_7(R(N_{k-1}))) \neq \Delta n_k^m, p_9; \\ 1, M(p_7(R(N_k))) - M(p_7(R(N_{k-1}))) = \Delta n_k^m, p_{10}, \end{cases} \quad (3)$$

где  $N_k, N_{k-1}$  – ПС канала на  $k$ -м и  $(k-1)$ -м интервале времени;

$$r_4 = \begin{cases} 0, M(p_{10}(R(T_k))) < T_3 \rightarrow M(p_{11}(R(T_k))) = \\ = M(p_{10}(R(T_k))) + 1, p_{11}; \\ 1, M(p(R(T))) \geq T_3 \rightarrow M(p_{12}(R(i))) = 1, p_{12}, \end{cases} \quad (4)$$

где  $T_3$  – предельное значение счетчика временных интервалов,  $i$  – информационный параметр, указывающий, что КС с данным параметром становится «претендентом» на исключение из списка работающих;

$$r_5 = \begin{cases} 0, M(p_{12}(R(N_k^m))) < \neq N_k^m(\min), p_{15}; \\ 1, M(p_{12}(R(N_k^m))) < N_k^m(\min) \cup \\ \cup M(p_{12}(R(j))) = 0 \rightarrow M(p_{16}(R(j))) = 1; \\ M(p_{12}(R(N_k^m))) < N_k^m(\min) \cup \\ \cup M(p_{12}(R(j))) = 1 \rightarrow M(p_{16}(R(j))) = 2, p_{16}, \end{cases}$$

$$r_5 = \begin{cases} 0, M(p_{11}(R(N_k^m))) < \neq N_k^m(\min), p_{13}; \\ 1, M(p_{11}(R(N_k^m))) < N_k^m(\min) \cup \\ \cup M(p_{11}(R(j))) = 0 \rightarrow M(p_{14}(R(j))) = 1; \\ M(p_{11}(R(N_k^m))) < N_k^m(\min) \cup \\ \cup M(p_{14}(R(j))) = 1 \rightarrow M(p_{14}(R(j))) = 2, p_{14}, \end{cases} \quad (5)$$

где  $N_k^m(\min)$  – минимальное значение ПС для  $m$ -го КС;

$$r_6 = \begin{cases} 0, M(p_{16}(R(j))) = 0, 1, p_{17}; \\ 1, M(p_{16}(R(j))) = 2, p_{18}, \\ 0, M(p_{14}(R(j))) = 0, 1, p_{17}; \\ 1, M(p_{14}(R(j))) = 2, p_{18}. \end{cases} \quad (6)$$

$$r_7 = \begin{cases} 0, M(p_9(R(N_k))) - M(p_9(R(N_{k-1}))) >> \neq \Delta n_k^m, p_{19}; \\ 1, M(p_9(R(N_k))) - M(p_9(R(N_{k-1}))) >> \Delta n_k^m, p_{20}. \end{cases} \quad (7)$$

2. Управляющие переходы типа МУ:

$$r_1 = \begin{cases} Q_1, M(p(R(N_k))) = 0; \\ Q_{30}, M(p(R(N_k))) = 0 \cup g_{32} = \\ = 1, 2\tau_{12}, M(p(R(t_{\text{зад}}))) = 0; \\ Q_{31}, M(p(R(N_k))) = 0 \cup g_{32} = \\ = 1, 2\tau_{12} + 1, M(p(R(t_{\text{зад}}))) = 0, \end{cases} \quad (8)$$

где  $2\tau_{12}$ ,  $2\tau_{12} + 1$  – четный и нечетный период времени работы перехода  $МУ_1$ ,  $g_3$  – управляющий генератор, работающий в следующих промежутках времени  $[(T, (T+1)/2), (T+1, (T+2)/2), \dots, (T+(n-1)), (T+n)/2]$ .

Полученная Е-сеть работает в тактовом режиме анализа КС. Цикл управления данной сетью  $T$  определяет время управления КС, что включает в себя следующие операции: получение ПС согласно (2), анализ критериев качества QoS по полученным предикатам (3)–(8), вынесение решения по использованию каждого КС в последующем такте работы, выдачу результатов следующей процедуре алгоритма управления и обнуление результатов. Значение  $T$  определяется согласно экспертным оценкам или, исходя из статистики работы системы управления, и задается заранее.

Из данной имитационной модели следует, что при начальной неопределенности количества КС метки обрабатываются и продвигаются по сети последовательно. Данная модель считается адекватной, если время срабатывания любого перехода полученной Е-сети намного меньше общего времени такта. При этом Е-сеть должна иметь свойство строгой ограниченности – сохраняемости [5]. В этом случае количество меток в сети интерпретируется как некий постоянный ресурс. В разработанной модели количество меток равно количеству КС.

Следовательно, ПС  $m$ -го КС находится с помощью соотношения (2), где параметр  $t_{\text{зад}}$  определяется задержкой перехода  $t_2$ . Исходя из логики процедуры алгоритма управления [5], результатом работы Е-сети являются два потока меток, моделирующих два возможных типа КС: с достаточной ПС для передачи информации и игнорируемых на следующем такте работы сети. Номера соответствующих КС выдаются Е-сетью базе данных процедуры определения работоспособных путей передачи информации с использованием мест-поглотителей, соответственно,  $bp_{25}$  и  $bp_1$ . Параллельно, обнуляются позиции  $N_{k-1}$  для всех КС и информационных параметров  $i, j$  для игнорируемых КС и метки передаются на переход  $МУ_1$ , моделирующий следующий такт работы процедуры алгоритма управления.

Результатом моделирования является определение перечня КС с достаточной ПС для передачи информации, а также КС с недостаточной ПС с возможно-

стью их исключения из списка работающих в следующий такт работы процедуры. При этом такая модель позволяет обработать ситуации, при которых происходит игнорирование КС при минимальном уменьшении ПС в них или случайном увеличении производительности КС после долгого постепенного спада.

## 2 Процедура выбора подходящих каналов связи по критерию QoS

Рассмотренная имитационная модель определяет численные характеристики для процедуры нахождения оптимальных КС для передачи информации [4]. Функцией данной процедуры является получение номера(ов) канала(ов), удовлетворяющих некоторым критериям QoS для передачи исходного потока данных с максимально возможным качеством. Другими словами, из множества КС  $M$ , подходящих для передачи информации, полученного с использованием процедуры 1, выделяется подмножество  $M' \subseteq M$  оптимальных КС для передачи заданного информационного потока данных. В данном случае, критерием оптимальности является минимизация количества КС, используемых для передачи, при минимальных затратах. Затраты определяются в виде минимальной ПС и исходной стоимости использования КС. Подмножество  $M'$  в частном случае может содержать один канал.

Как и для процедуры 1, построим имитационную модель на основе аппарата Е-сетей, поскольку использование аналитического аппарата в данном случае приводит к громоздким математическим моделям и невозможности их изменения и адаптации к новым условиям работы.

Функциями предлагаемой Е-сети являются:

- получение списка КС, удовлетворяющих задаче передачи потока данных с заданной ПС  $N_n$ ;
- определение оптимального набора КС, удовлетворяющих критерию  $\min(N_m, N_k^m, c)$ , то есть минимального количества КС с минимальными ПС и стоимостью.

Имитационная модель процедуры 2 приведена на рис. 2.

*Управляющие переходы:*  $МХ_1$  – сравнение ПС КС с ПС, необходимой для передачи поступающего потока данных и запрет использования игнорируемых КС;  $МХ_2$  – определение количества КС с удовлетворяющей потоку данных ПС;  $МХ_3$  – определение отношения критериев качества QoS пропускная способность/стоимость для КС с удовлетворяющей ПС, нахождение КС с минимальной ПС и стоимостью, достаточной для передачи заданного потока данных;  $МХ_4$  – определение отношения критериев качества QoS пропускная способность/стоимость для КС с неудовлетворяющей ПС;  $МУ_5$  – нахождение опти-

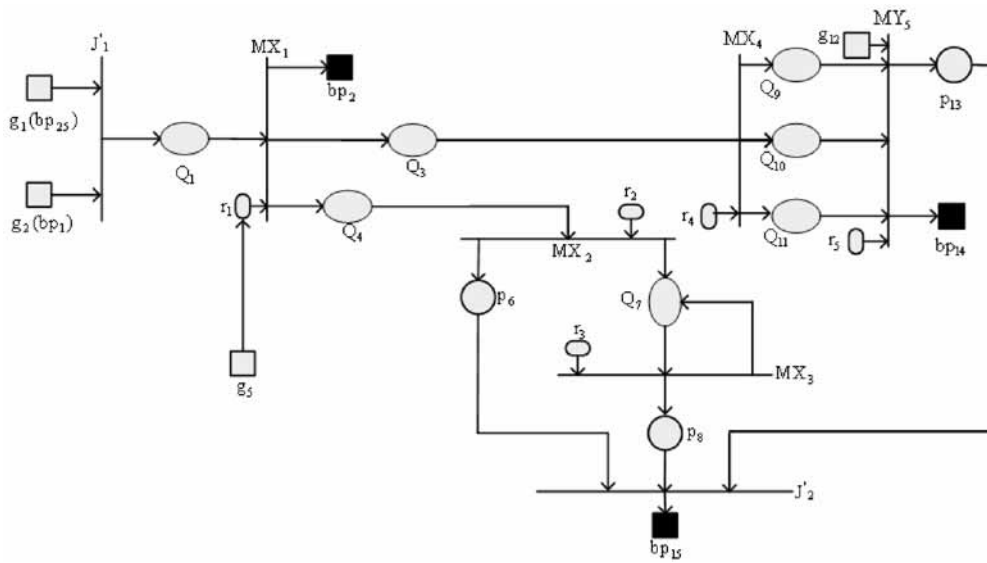


Рисунок 2 – Е-сеть процедуры 2

мального набора КС для передачи информации при их максимальной ПС и минимальной стоимости.

*Неуправляемые переходы:*  $J'_2$  – определение способа передачи заданного потока данных.

*Предикаты управляющих переходов* определяются следующим образом:

1. Управляющие переходы MX:

$$r_1 = \begin{cases} bp_2, M(Q_1(R(i))) = 1 \cup M(Q_1(R(j))) = 2; \\ Q_3, M(Q_1(R(N_k^m))) < N_{II}; \\ Q_4, M(Q_1(R(N_k^m))) \geq N_{II}, \end{cases} \quad (9)$$

где  $N_{II}$  – ПС, необходимая для передачи потока данных, генерируемая  $g_5$ ;

$$r_2(\tau) = \begin{cases} 0, N(M(Q_4(R(N_k^m \geq N_{II}))) > 1, p_6; \\ 1, N(M(Q_4(R(N_k^m \leq N_{II}))) = 1, Q_7, \end{cases} \quad (10)$$

где  $N(M(Q_4(R(N_k^m \leq N_{II})))$  – количество меток, переходящих через переход со значением ПС больше исходной;  $\tau$  – время, в течении которого активен данный переход:  $\tau \ll T$ , где  $T$  – интервал генерации (поступления) меток с мест  $g_1$  и  $g_2$ ;

$$r_3 = \begin{cases} P_8, M(Q_7(R(N_k^m))) \in A = \{N_k^m: \min_{N_k^m} (N_k^m \leq N_{II})\} \cup \\ \cup M(Q_7(R(c))) \in B = \{c_k^m: \min(c_k^m - c_{\min})\}; \\ Q_7, M(Q_7(R(N_k^m))) \in A^C \cup M(Q_7(R(c))) \in B^C, \end{cases} \quad (11)$$

где  $A$  – множество ПС, максимально приближенных (приблизительно равных) ПС потока данных  $N_{II}$ ;

$(N_k^m \leq N_{II})$ ;  $B$  – множество стоимостей, максимально приближенных к минимальной выбранной стоимости  $c_{\min}$ :  $(c_k^m - c_{\min})$ ;  $A^C$  – дополнение к множеству  $A$ ;  $B^C$  – дополнение к множеству  $B$ ;

$$r_4 = \begin{cases} Q_9, M(Q_3(R(N_k^m))) \in [0, N_{II}/4); \\ Q_{10}, M(Q_3(R(N_k^m))) \in [N_{II}/4, N_{II}/2); \\ Q_{11}, M(Q_3(R(N_k^m))) \in [N_{II}/2, N_{II}], \end{cases} \quad (12)$$

где  $[0, N_{II}/4)$ ,  $[N_{II}/4, N_{II}/2)$ ,  $[N_{II}/2, N_{II})$  – интервалы несоответствия ПС каналов и потока данных  $N_{II}$ .

2. Управляющие переходы MY:

$$r_5 = \begin{cases} N_k \cdot C_k = \{(N_k^1, C_k^1) \dots (N_k^i, C_k^i) \dots (N_k^m, C_k^m)\} \rightarrow \\ \rightarrow M(p_{13}(R(M_m))) = \{m_k^1, \dots, m_k^m\} \sum_{i=1, \dots, m} N_k^i \geq \\ \geq N_{II}, M(p_{13}(R(t_{\text{зад}}^i))) = Q_9, Q_{10}, Q_{11}(M(R(t_{\text{зад}}^i + \tau_5))), \\ m \leq n; \\ \text{не\_найден} \sum_{i=1, \dots, m} N_k^i \geq N \rightarrow bp_{14}, \end{cases} \quad (13)$$

где  $N_k = \{M(R(N_k^1)), M(R(N_k^2)), \dots, M(R(N_k^i))\}$  – множество меток с мест  $Q_9, Q_{10}, Q_{11}$ , рассортированные по убыванию значения ПС  $N_k$ ;  $C_k = \{M(R(c_k^1)), M(R(c_k^2)), \dots, M(R(c_k^m))\}$  – множество меток с мест  $Q_9, Q_{10}, Q_{11}$ , рассортированные по убыванию значения стоимости  $C_k$ ;  $N_k \cdot C_k$  – прямое произведение двух множеств;  $\{m_k^1, \dots, m_k^m\}$  – множество КС, находящихся в оптимальном наборе для передачи;  $\tau_5$  – время работы управляющего перехода  $MY_5$ .

В данной модели циркулируют метки, полученные с использованием мест-поглотителей  $bp_{25}$  (КС

с удовлетворяющей ПС) и  $bp_1$  (игнорируемые КС) процедуры 1. В рассматриваемой модели эти места представляются в виде генераторов  $g_1$  и  $g_2$ , которые выдают последовательности меток с интервалом времени  $T$ .

Предикат  $r_1$  (9) производит анализ состояния ПС каналов методом сравнения их с заданной ПС потока  $N_{\text{п}}$ . Результатом этого сравнения выступает два потока меток: каналы с ПС, превышающей заданную, и каналы с меньшей ПС. Каналы с идентификаторами игнорирования не используются (место  $bp_2$ ). Условие  $r_2$  (10) определяет количество КС, пропускная способность которых превышает заданную ПС потока. Таких каналов может быть один или же некоторое конечное множество  $M' \subseteq M$ . Предикат  $r_3$  определяет в своем условии два множества: множество каналов с ПС, максимально приближенной к ПС потока с минимальной стоимостью и множество остальных КС. Первое множество определяет КС с минимальной относительной стоимостью, у которых ПС в данный момент незначительно отличается от требуемой, что дает возможность полностью использовать ресурсы ПС данного КС без использования ресурсов других каналов. В данной модели предполагается, что такой канал единственный.

Для меток с недостаточной ПС определяется степень ее отличия от номинальной требуемой  $N_{\text{п}}$ . Управляющий переход  $MY_5$  задает метку нового типа, используя генератор  $g_{12}$ . Данная метка имеет вид:

$$R[M_m, t_{\text{зад}}], \quad (14)$$

где  $M_m$  – множество КС для передачи с недостаточной ПС  $\{m_k^1, \dots, m_k^m\}$ .

Данный предикат выполняет функции нахождения оптимального множества КС, которые имеют ПС, входящие в промежутки  $N_k^m \in [0, N_{\text{п}}/4]$ ,  $N_k^m \in [N_{\text{п}}/4, N_{\text{п}}/2]$  и  $N_k^m \in [N_{\text{п}}/2, N_{\text{п}}]$ , то есть КС, которые в отдельности не имеют достаточно сетевых ресурсов для предоставления потоку данных гарантированного качества при передаче. Критерий оптимальности определяется минимальным количеством узлов для передачи с максимальной ПС  $\min(N_m, \max N_k^m, c)$  при минимальной стоимости КС. Предикат  $r_5$  определяет множество упорядоченных по убыванию ПС каналов  $N_k = \{N_k^1, N_k^2, \dots, N_k^n\}$  и их стоимости  $C_k = \{c_k^a, c_k^b, \dots, c_k^n\}$ . В общем случае номера в данных множествах не совпадают.

Для множества  $N_k$  определяется сумма ПС ее составляющих, равная или в малой степени превышающая заданную ПС потока данных  $\sum_{i=1, \dots, m} N_k^i \geq N_{\text{п}}$  при условии минимизации суммы стоимостей ее элементов

$$C_{\text{min}} = \sum_{i=1}^m c_k^i. \text{ ПС полученных каналов } N_k^1, N_k^2, \dots,$$

$N_k^m$  в данной сумме будут использованы для удовлетворения заданных параметров потока данных по ПС и стоимости. Полученные номера составляют множество  $M_m$ , реализованное вектором атрибутов метки (14). Если необходимый оптимальный набор КС не найден, то происходит отказ в обслуживании исходного потока данных в текущий такт работы алгоритма управления КС агентом.

## ВЫВОДЫ

Полученные имитационные модели алгоритмов управления участками ТКС дают возможность получить оценки численных характеристик систем управления ТКС, таких как среднее время реакции УА, количество работоспособных и игнорируемых КС, вероятность выхода КС из строя, а также зависимость данных характеристик от параметров сетевых потоков. Практическая ценность полученных моделей заключается в возможности их программной реализации в УА с использованием любых современных транспортных технологий.

Перспективой дальнейших исследований является разработка имитационных моделей рассмотренных процедур алгоритмов управления с использованием нечеткой логики в предикатах управляющих переходов E-сетей.

## ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Гребешков А. Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи / Гребешков А. Ю. – Москва : Экотрендз, 2003. – 287 с.
2. Лосев Ю. И. Применение E-сетей для моделирования процесса функционирования СОД / Лосев Ю. И., Шматков С. И., Дуравкин Е. В. // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2001. – Вып. 123. – С. 99–103.
3. Иванов В. Г. Разработка и исследование имитационных моделей распределенных информационно-вычислительных систем : автореферат дисс. на соискание ученой степени к. т. н. / Иванов В. Г. – Харьков : ХИРЭ, 1989. – 23 с.
4. Буханько А. Н. Алгоритмы управляющего агента участка сети связи / Буханько А. Н. // Мат. 3-го Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития». – Харьков : ХНУРЭ, 2008. – С. 37–40.
5. Лосев Ю. И. Применение методов анализа E-сетей к моделям СОД / Лосев Ю. И., Шматков С. И., Дуравкин Е. В. // Радиотехника : всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2002. – Вып. 132. – С. 136–141.

Надійшла 12.05.2009  
Після доробки 18.05.2009

*У статті розроблені імітаційні моделі алгоритмів роботи агента, що управляє ділянкою складної телекомунікаційної мережі на основі вибраного апарату E-мереж.*

*In the article the simulation models of managing agent's algorithms based on the chosen method of E-networks for the area of difficult telecommunication network are developed.*