

Моделирование изменения конфигурации каналов передачи и обработки данных в системе в условиях нештатной ситуации

С.И. Клевцов

Институт радиотехнических систем и управления Южного федерального университета,

sergkmps@mail.ru

Аннотация — Разработана математическая модель ситуационного управления конфигурацией каналов передачи и схем обработки данных системы мониторинга технического объекта. Модель позволяет обеспечить программное изменение конфигурации каналов передачи и обработки информации в системе при возникновении нештатной ситуации в каналах обмена данными. Модель определяет процедуры ситуационного управления конфигурацией системы и их последовательность. Функциональность системы дополняется соответствующими возможностями без изменения ее базовой архитектуры. Разработанная модель может быть использована для обеспечения высокой надежности функционирования распределенных систем в условиях внешнего воздействия и возникновения нештатных и аварийных ситуаций.

Ключевые слова — модель, ситуационное управление, конфигурация системы, сеть.

I. ВВЕДЕНИЕ

В процессе функционирования распределенной системы мониторинга технического объекта возможно возникновение нештатных или аварийных ситуаций, которые могут быть связаны с различными неисправностями или выходом из строя отдельных компонентов системы, например, неполадки или отказ отдельных каналов сбора информации. В этом случае может сложиться ситуация, когда задачи мониторинга не могут быть выполнены или выполняются частично. В результате требуется немедленное устранение неисправностей и устранение отказов в системе, что часто сопряжено с остановкой работы и, как следствие, с финансовыми, временными и прочими потерями. Однако анализ особенностей построения таких систем, как распределенные системы сбора данных с датчиков [1-9], показывает, что существуют возможности для восстановления работоспособности за счет структурных изменений в системе.

II. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ СИСТЕМЫ

Для решения данной проблемы предлагается осуществлять ситуационное управление конфигурацией каналов передачи и обработки информации системы, дополнив ее функциональность

соответствующими возможностями без изменения базовой архитектуры.

Пусть имеется распределенная система мониторинга, состоящая из отдельных микропроцессорных систем (МПС). В составе каждой МПС имеются датчики физических величин, передающие данные для обработки микроконтроллерному модулю (МКМ). Обозначим МПС в составе системы мониторинга как $ID = \{ID(i)\}$, $i = 1, I_d$, где i – номер МПС, I_d – всего МПС в системе. Также в составе МПС имеется канал связи с другими МПС для приёма-передачи данных и команд.

Множество датчиков, выполняющих роль каналов сбора данных (КСД), обозначим через $D = \{D(i, j)\}$, $i = 1, I_d$, $j = 1, J_i$, где j – номер КСД в МПС с номером i . Каждому каналу $D(i, j)$ ставится в соответствие множество идентификаторов состояния канала $RS_d(i, j)$, которые характеризуют полноту выполнения предусмотренных для КСД функций.

Также для каждого $D(i, j)$ задается функция перехода, которая определяет условия и схемы обмена данными и командами между $ID(i)$ и подчиненным ему $D(i, j)$ в зависимости от значений $RS_d(i, j)$ текущих идентификаторов состояния канала. Обозначим эту функцию как $R_d(i, j, RS_d)$.

Для определения параметров внешних каналов связи, т.е. связи между двумя МПС, каждой МПС поставим в соответствие множество внешних каналов связи (ВКС):

$$IC = \{IC(i, il)\}, \quad i, il = 1, I_d, \quad i \neq il,$$

где i – номер данного абонента канала связи (рассматриваемой МПС), il – номер абонента сети, с которым может существовать канал связи (другая МПС).

Определим идентификатор состояния внешнего канала связи (ВКС) как параметр, характеризующий полноту выполнения функций, предусмотренных для канала обмена данными и командами между двумя МПС. Этот идентификатор зависит от состояния

работоспособности каждого из двух связанных между собой МПС, а также состояния физического канала связи между ними.

Тогда имеем множество идентификаторов состояния внешнего канала связи $\{RS_{IC}(i, i1)\}$.

Также для каждого $ID(i)$ задается функция перехода $R_{IC}(i, i1)$, которая определяет условия и схемы взаимодействия между $ID(i)$ и $ID(i1)$, включая обмен данными и командами в зависимости от значения текущего идентификатора состояния МПС $RS_{IC}(i, i1)$. В общем случае $RS_{IC}(i, i1) \sim RS_{IC}(i1, i)$.

Каждой МПС поставим в соответствие множество реализуемых ей алгоритмов приёма, обработки и передачи информации:

$$\{ALG(i, i_{alg}, key_i)\}, i_{alg} = 1, I_{alg}, key_i = 1, I_{key}, i = 1, I_d,$$

где i_{alg} – номер алгоритма, key_i – параметры, влияющие на реализацию алгоритма для i -й МПС.

Алгоритм зависит от состояния $D(i, j)$. Если имеется текущее ситуационное состояние канала $RS^t_d(i, j)$, то существует ситуационная схема реализации канала $R^t_d(i, j, RS^t_d)$, определяемая функцией. В этом случае выполняется $ALG^t(i, i_{alg}, key_i)$, определяемый текущей ситуацией.

Кроме того, реализуемый в текущей ситуации алгоритм определяется текущей ситуационной схемой реализации канала $RS^t_{IC}(i, i1)$.

С учетом указанных параметров влияния множество реализуемых им алгоритмов приёма, обработки и передачи информации представимо в виде $\{ALG(i, i_{alg}, R_d, R_{IC})\}$.

Определим состояние МПС как строку:

$$S(i) = (RS_d, RS_{IC})_i, i = 1, I_d,$$

где $RS_d = RS(i, j)$, $RS_{IC} = RS(i, i1)$.

Тогда состояние системы может быть представлено в виде совокупности состояний всех МПС, т.е. можно сформировать вектор $S = (S(1) S(2) \dots S(I_d))^T$, который определяет в целом состояние системы. Состояние системы с точки зрения конфигурации каналов сбора и схем обработки данных представляет собой порождаемый вектором S вектор конфигурации системы.

Состоянию МПС $S(i)$ можно поставить в соответствие конфигурацию связей МПС $SC(i) = (R_d, R_{IC}, ALG)_i$, которая определяется схемами и условиями взаимодействия i -й МПС с

совокупностью каналов $D(i, j)$ и связанной с ней МПС $ID(i1)$, где $i1 = 1, I_d$ и $i1 \neq i$.

Очевидно, что для любой системы имеется состояние, характеризующее систему как работоспособную, и состояния, когда система может быть неустойчивой, частично работоспособной, полностью неработоспособной. В этом случае фиксируется нештатная ситуация, требующая определённой последовательности действий по переходу в конфигурацию, которая будет работоспособной, но может отличаться от предыдущей работоспособной конфигурации.

Определим множество S^+ – множество допустимых, штатных состояний МПС, то есть с точки зрения конфигурации $ID(i)$ МПС работоспособна, если $S(i) = (RS_d, RS_{IC})_i \in S^+$, и, соответственно, $ID(i)$ МПС не работоспособна, если $S(i) = (RS_d, RS_{IC})_i \notin S^+$.

Введем понятие нештатного состояния $S^-(i) \notin S^+$, которое входит в множество нештатных состояний S^- . Это состояние фиксируется, если какое-либо одно или группа значений характеристик изменились под действием дестабилизирующего воздействия внешнего или внутреннего характера, например, стал неработоспособным один из каналов сбора данных i -й МПС в связи с прямым физическим воздействием на этот канал. В этом случае изменяются идентификаторы состояния RS_d и RS_{IC} .

Соответственно, определим множество SC^+ – множество допустимых, штатных конфигураций МПС, когда МПС работоспособна, то есть

$$S(i) = (RS_d, RS_{IC})_i \in S^+,$$

и, соответственно, множество SC^- – множество нештатных конфигураций, когда МПС не полностью работоспособна, то есть

$$S(i) = (RS_d, RS_{IC})_i \notin S^+.$$

Назовём конфигурацией системы вектор

$$Config = (SC(1) SC(2) \dots SC(i) \dots SC(I_d))^T. (1)$$

Система может принимать различные конфигурации, определяемые входящими в вектор (1) элементами, то есть может иметь место конфигурация вида (1), где для любого $i \in [1, I_d]$ верно $S(i) \in S^+$ и конфигурация, включающая в себя хотя бы один i -й элемент $SC(i)$, для которого $S(i) = S^-(i) \notin S^+$. Обозначим этот элемент как $SC^-(i)$.

Первая конфигурация определяет работоспособное состояние системы.

Вторая конфигурация определяет нештатное состояние, которое возникает из-за недопустимого изменения состояния i -й МПС и определяет возникшую ситуацию, из которой необходимо разрешить перейти в другую работоспособную конфигурацию.

Назовём такую конфигурацию ситуаций и обозначим через C . Учитывая, что число параметров МПС конечно, существует счётное количество L конфигураций вида первого и второго видов. Для системы существует множество из L_p элементов допустимых (работоспособных) конфигураций $Config^+$.

Назовём рабочей конфигурацией конфигурацию, удовлетворяющую условию:

$$Config(l) \in Config^+, l = 1, \dots, L.$$

Конфигурацию, определяющую нештатное состояние, назовём ситуационной конфигурацией или просто ситуацией:

$$C(l) = (SC(1) \dots SC^-(i) \dots SC(I_d))^T,$$

где $SC^-(i) \notin SC^+$ и, следовательно, $C(l) \notin Config^+$, $l = 1, L$.

Ситуация – это особая конфигурация, которая не является стабильной, а сразу же после возникновения запускает механизм изменения конфигурации каналов системы. Изменение ситуации означает переход объектов системы из ситуации в рабочую конфигурацию, т.е. преобразование вектора состояния:

$$G_C : C(l) \rightarrow Config(l+1) : (SC(1), \dots, SC^-(i), \dots, SC(I_d))^T \rightarrow (SC(1), \dots, SC(i), \dots, SC(I_d))^T_{l+1}. \quad (2)$$

Выражение (2) можно представить в более детализированном виде:

$$G_C : C(l) \rightarrow Config(l+1) : (R_d, R_{IC}, ALG)_i^l \rightarrow (R_d, R_{IC}, ALG)_i^{l+1}, \quad (3)$$

$$(R_d, R_{IC}, ALG)_i^l \notin SC^+, (R_d, R_{IC}, ALG)_i^{l+1} \in SC^+,$$

где индекс l указывает на принадлежность к конфигурации.

Если, например, ситуация характеризуется выходом из строя одного из каналов сбора данных, то (3) можно преобразовать:

$$G_C : C(l) \rightarrow Config(l+1) : (R_d^-, R_{IC}, ALG)_i^l \rightarrow (R_d, R_{IC}, ALG)_i^{l+1},$$

где R_d^- – несоответствие конфигурации канала $D(i,j)$ КСД в ситуации l области допустимых значений.

В этом случае разрешение ситуации требует осуществить изменения в конфигурации каналов связи и обработки данных.

Схема изменения топологии связана с трансформацией конфигурации системы:

$$Config(l-1) \xrightarrow{F_{df}} C(l) \xrightarrow{W} Config(l+1),$$

где символ F_{df} означает неконтролируемое дестабилизирующее воздействие, при наличии которого осуществляется переход от допустимой конфигурации к ситуации; W – набор действий в определенной последовательности, который реализуется при переходе от ситуации к допустимой конфигурации.

Последовательность W , с одной стороны, определяет переход к новой схеме приема, обработки и передачи данных в системе в рамках новой конфигурации $Config(l+1)$. С другой стороны, реализацию действий из W можно рассматривать как последовательность отдельных шагов по изменению конфигурации каналов обмена и схем обработки данных на базе заданной топологии системы.

Переход $C(l) \xrightarrow{W} Config(l+1)$ формируется в виде реализации последовательности отдельных событий $CC_{k_C}^l$, где индексы l и k_C означают принадлежность события k_C к ситуации $C(l)$, $k_C = 1, K_L$. Состояние $CC_1^l = C(l)$.

Событие рассматривается как элементарное изменение ситуации, то есть схема приема, обработки и передачи данных системы при реализации одного события изменяется на один неделимый шаг.

Событие можно определить аналогично определению ситуации:

$$CC_{k_C}^l = (SC_{k_C}^l(1) \dots SC_{k_C}^l(i) \dots SC_{k_C}^l(I_d))^T_l,$$

где $SC_{k_C}^l(i)$ – возможная конфигурация связей МПС.

Изменение счетчика k_C событий на 1 означает изменение одного элемента в одной из конфигураций $SC_{k_C}^l(i)$.

Если существует набор действий $W^l = \{W_{k_C}^l\}_{k_C=1}^{K_C}$, который позволяет выполнить переход $C(l) \xrightarrow{W} Config(l+1)$, то $W_{k_C}^l$ – действие по переводу из состояния $CC_{k_C}^l$ в состояние $CC_{k_C+1}^l$ или $W_{k_C}^l : CC_{k_C}^l \rightarrow CC_{k_C+1}^l$.

Таким образом, ситуационное управление конфигурацией каналов передачи и обработки данных можно определить общим выражением:

$$G_{CW} : C(l) \rightarrow Config(l+1):$$

$$[\{W_{k_c}^l : CC_{k_c}^l \rightarrow CC_{k_c+1}^l\}_{k_c=1}^{K_c}] \quad (4)$$

$$CC_{k_c+1}^l = Config(l+1).$$

Соотношение (4) определяет, что переход из ситуации $C(l)$ в ситуацию рабочей конфигурации $Config(l+1)$ осуществляется при условии изменения состояния МПС с помощью действий $W_{k_c}^l$.

Предложенная модель ориентирована на использование сетей Петри в качестве инструмента для исследований топологии систем [10, 11].

III. КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ СИСТЕМЫ

Для синтеза компьютерной модели ситуационного управления конфигурацией системы рассмотрим пример сегмента системы сбора данных с датчиков, состоящего из двух подсистем сбора и обработки информации датчиков.

Для пояснения предложенного подхода и проведения компьютерного моделирования определим следующий состав подсистемы сбора и обработки информации датчиков: четыре микропроцессорных датчика (МПД), микроконтроллерный модуль (МКМ) и беспроводная сеть, объединяющая их.

В качестве МПД примем двухканальный датчик давления, который содержит 2 канала сбора данных (КСД) – канал давления (КД, $D_d(t)$) и канал температуры (КТ, $T_d(t)$); микропроцессорный блок, осуществляющий аналоговую обработку сигналов, аналого-цифровое преобразование и первичную цифровую обработку сигналов; беспроводной приёмопередатчик, позволяющий обмениваться информацией с другими устройствами. Канал температуры служит для более точного вычисления значения давления по определённому алгоритму.

МКМ собирает данные с нескольких МПД (в нашем случае с двух), производит вторичную цифровую обработку данных и передаёт их на более высокий уровень системы, который не будем рассматривать.

В системе могут возникнуть различные нештатные ситуации. Возможен выход из строя микроконтроллерного модуля или сбой в работе датчиков, что нарушает устойчивую рабочую конфигурацию. Выход из строя того или иного компонента системы или нарушение в работе требует определённого набора действий (алгоритма) по переходу в рабочую или частично рабочую конфигурацию. При выходе из строя одного из каналов датчика, например канала температуры, значения

температуры объекта могут вычисляться по данным от соседних датчиков, что требует корректировки алгоритмов работы МКМ, но не нарушает топологию системы и, таким образом, сохраняется непрерывный контроль объекта, пусть даже и с возможно возросшей погрешностью.

Нештатной ситуацией может быть выход из строя МКМ. Набор действий в таком случае будет зависеть от конкретной системы – от областей перекрытия соседних МКМ и принадлежащих им датчиков, от возможности передавать данные между датчиками. Если области соседних МКМ перекрываются, то возможно переподключение МПД вышедшего из строя МКМ к соседнему работоспособному МКМ. Если области перекрываются хотя бы частично, и МПД могут обмениваться информацией, то возможна передача данных от МПД из “мёртвой” зоны по цепочке на работоспособный МКМ.

Такой случай требует более сложных адаптационных алгоритмов работы МКМ, так как увеличивает нагрузку в реальном времени, а также изменяет топологию системы.

Для наглядности моделирования выберем случай с выходом из строя МКМ с полным перекрытием соседних областей (рис. 1).

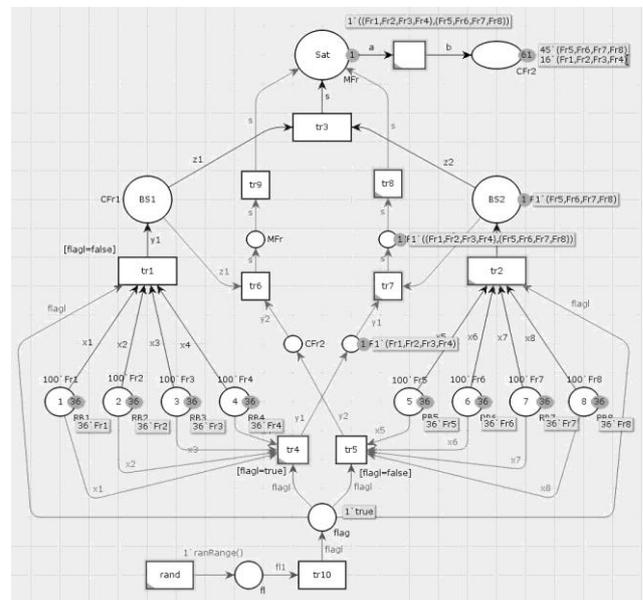


Рис. 1. Базовая модель системы

В качестве инструмента использовалась система CPN Tools. В CPN Tools язык описания моделей представляет собой сочетание графа сети Петри и языка программирования CPN ML [12, 13].

Как видно из рис. 1, модель состоит из двух ветвей, вершинами которых являются микроконтроллерные модули – BS1 и BS2, к каждому из которых подсоединены по четыре датчика – RB1-RB4 и RB5-RB8 соответственно. Каждый датчик передаёт на базовую станцию кадр данных со своим номером – Fr1-Fr8. Далее каждый микроконтроллерный модуль

пересылает после обработки и коррекции эти кадры на верхний уровень (Sat), который в свою очередь отправляет информацию о техническом состоянии объекта системе управления этим объектом (Obj).

Для построения модели, учитывающей нештатную ситуацию и меняющей конфигурацию системы, в качестве базовой берется модель стандартной конфигурации. Реализация передачи данных от датчиков неработоспособного модуля к работоспособному и модификация алгоритмов работы требуют введения дополнительных дублирующих ветвей, в которых будет вестись обработка данных. Структура разработанной модели представлена на рис. 2.

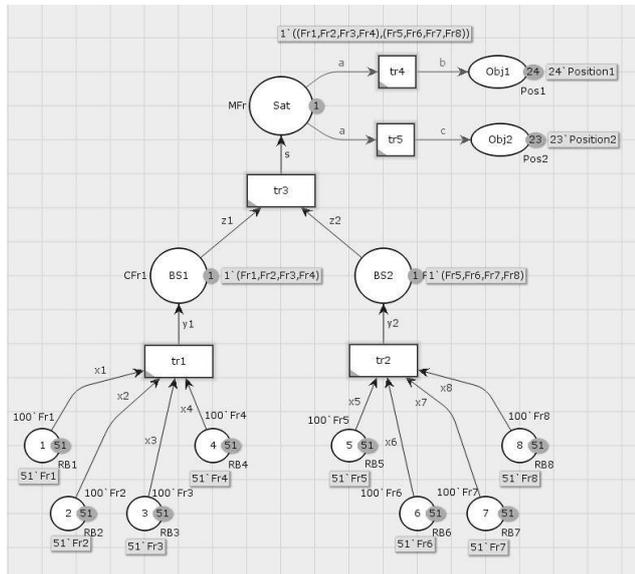


Рис. 2. Модель системы с изменяемой конфигурацией после нештатной ситуации (шаг 62)

При стандартной работе этой модели потоки данных (кадры) перемещаются так же, как и в предыдущей базовой модели.

В случае нештатной ситуации – выхода из строя BS1, кадры (фишки) от датчиков этого модуля перемещаются по другому маршруту – через переход tr4 поступают на BS2, там обрабатываются, сливаются в комплексный кадр с кадрами от датчиков BS2 (переход tr7) и далее через переход tr9 поступают на верхний уровень Sat. Нештатную ситуацию в модели создаёт генератор случайных чисел – ветвь с блоком GenRand в нижней части схемы. Выходным сигналом блока trErr является флаг, если его значение равно единице, значит BS1 вышел из строя, стандартные переходы tr1 и tr3 закрываются, и открывается дублирующий переход tr4, через который остальные кадры и будут проходить.

В качестве другого примера рассмотрим нештатную ситуацию, когда у d -го МПД выходит из строя канал температуры, а канал давления остаётся работоспособным, то есть МПД становится частично работоспособным (выход из строя канала давления делает МПД условно неработоспособным). В этом

случае значение давления, вычисленное без поправки на температуру, будет иметь высокую погрешность. Так как датчики находятся в одной среде и достаточно близко расположены, то возможно для вычисления давления d -го МПД использовать значение температуры соседнего $(d+1)$ -го или $(d-1)$ -го МПД. Для реализации такого решения могут быть использованы различные ситуационные алгоритмы, которые меняют конфигурацию системы. В качестве примера моделирования ситуационного изменения конфигурации системы рассмотрим следующий алгоритм (ALG).

В случае выхода из строя канала температуры МПД1 формируется два служебных сообщения – одно передаётся МКМ и информирует его о нештатной ситуации, второе передаётся соседнему МПД2 и запрашивает разрешение на передачу данных (значений давления) ему. МПД2 после разрешения модифицирует алгоритм своей работы и вычисляет помимо своих значений давления значение давления для МПД1, используя информацию о температуре со своего канала температуры (КТ2). Связь между МПД1 и МКМ отключается, а МПД2 передаёт 2 пакета данных – свой и идентифицируемый как {МПД1}.

На начальном этапе создается модель, которая будет реализовывать стандартную конфигурацию подсистемы сбора и обработки информации датчиков. Так как сети Петри позволяют строить только дискретные модели, то в качестве входных переменных будем брать условно цифровые значения параметров. Каждый из входных параметров будет представлять собой определённую фишку, а количество фишек будет определять количество исходных входных цифровых значений параметров и максимальное количество шагов моделирования. Структура модели представлена на рис. 3.

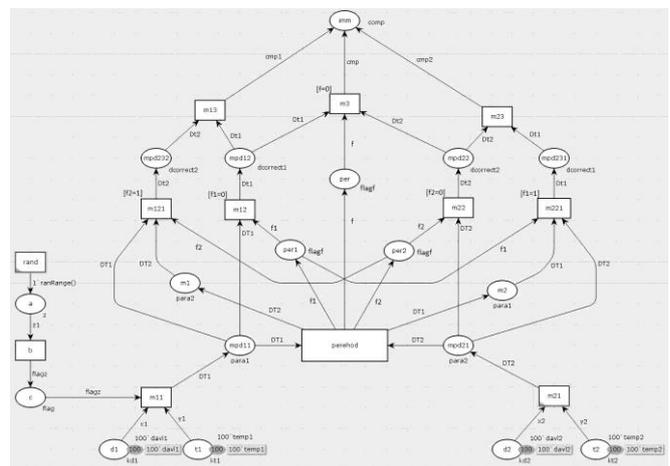


Рис. 3. Модель подсистемы сбора и обработки информации датчиков с реализацией алгоритма изменения конфигурации

Как и в стандартной модели, исходное число фишек берётся по 100 на каждый вход. Для реализации возникновения нештатной ситуации вводится генератор случайных чисел, который выдаёт случайное

число по нормальному закону распределения из диапазона [1..50]. Дополнительная ветвь для случая выхода из строя канала КТ1 МПД1 представляется соответствующей цепочкой позиций и переходов $(mpd21, m2) \rightarrow m221 \rightarrow mpd231 \rightarrow m23$.

Дополнительная ветвь для случая выхода из строя канала КТ2 МПД2 представляется аналогичной цепочкой $(mpd1, m1) \rightarrow m121 \rightarrow mpd232 \rightarrow m13$.

Для перехода от одной ветви к другой служит блок *perehod*. Он принимает входные композиции с обеих основных ветвей и отправляет их на дополнительные. Но обработка этих композиций на дополнительных ветвях начинается только при возникновении нештатной ситуации. В блоке оценивается содержимое композиции, и если в одной из них вместо значения *temp1* или *temp2* находится 0, то формируются флаги, которые открывают дополнительные ветви и закрывают основные.

Результатом моделирования является последовательность схем, показывающая состояние модели в различные моменты дискретного времени. На рис. 4 показано состояние модели на 34 шаге.

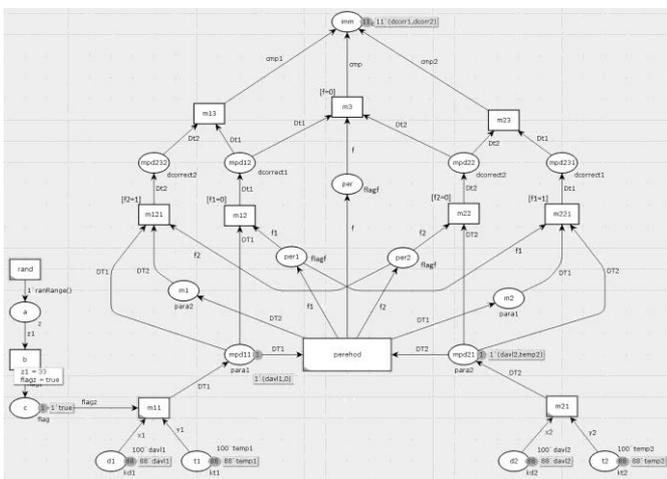


Рис. 4. Состояние модели на 34 шаге

Была зафиксирована нештатная ситуация и вместо фишки-композиции $(dav1, temp1)$ сформирована фишка-композиция $(dav1, 0)$. Задействуется блок *perehod* и открываются дополнительные ветви $(m2 \rightarrow m221 \rightarrow mpd231 \rightarrow m23)$, по которым фишки (данные) будут перемещаться далее.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным результатом работы является разработка математической модели, позволяющей реализовать ситуационное управление каналами передачи и обработки данных распределенной системы сбора и обработки информации датчиков и построенной таким образом, чтобы для формирования сценариев ситуационного управления можно было использовать методы, модели и программный инструментарий теории сетей Петри. Сформулированные в процессе моделирования различные возможных нештатных

ситуаций сценарии управления можно реализовать в реальных системах в виде программной среды, идентифицирующей и реагирующей на нештатные ситуации и обеспечивающей программное изменение конфигурации каналов передачи и схем обработки информации в системе по соответствующему сценарию.

Примеры компьютерной модели в системе CPN Tools, реализующие алгоритмы (наборы действий) по ситуационному управлению конфигурацией сегмента системы, показывают перспективность разработанного подхода.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Artail H.A. A Distributed System of Network-Enabled Microcontrollers for Controlling and Monitoring Home Devices // Microelectronics, The 14th International Conference on 2002 – ICM, 11-13 Dec. 2002. P. 206-209.
- [2] Frankowiak Marcos R., Grosvenor Roger I., Prickett Paul W. A Petri-Net Based Distributed Monitoring System Using PIC Microcontrollers // Microprocessors and Microsystems. 2005. V. 29, № 5. P. 189–196.
- [3] Czamul P. Design of a Distributed System Using Mobile Devices and Workflow Management for Measurement and Control of a Smart Home and Health // Human System Interaction (HSI), 2013 The 6th International Conference on Sopot . 6-8 June 2013. P. 184 - 192
- [4] Yi-Wei Ma, Jiann-Liang Chen, Yueh-Min Huang, Mei-Yu LeeAn. Efficient Management System for Wireless Sensor Networks //Sensors. 2010. № 10. P. 11400-11413.
- [5] Ibrahima Magdy, Moselhib Osama. Wireless Sensor Networks Configurations for Applications in Construction // Procedia Engineering. 2005. V. 85, 2014, P. 260–273.
- [6] Pedro José Marrón, Andreas Lachenmann, Daniel Minder, Matthias Gauger, Olga Saukh, Kurt Rothermel. Management and Configuration Issues for Sensor Networks // International Journal of Network Management.Special Issue: Wireless Sensor Networks. 2005. V. 15. № 4. P. 235–253.
- [7] Nithya Ramanathan, Eddie Kohler, Deborah Estrin. Towards a Debugging System for Sensor Networks // International Journal of Network Management. Special Issue: Wireless Sensor Networks. 2005. V. 15. № 4. P. 223–234.
- [8] Athanassios Boulis, Sanjay Jha. Network Management in New Realms: Wireless Sensor Networks // International Journal of Network Management Special Issue: Wireless Sensor Networks. 2005. V. 15. № 4. P. 219–221.
- [9] Jon Crowcrofta, Liron Levinb, Michael Segal. Using Data Mules for Sensor Network Data Recovery // Ad Hoc Networks. V. 40. April 2016. P. 26–36.
- [10] Котов Е.В. Сети Петри. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. - 160с.
- [11] Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. - М.: Мир, 1984. - 264с.
- [12] Зайцев Д.А., Шмелева Т.Р. Моделирование телекоммуникационных систем в CPN Tools. Учебное пособие. - Одесса: Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, 2006. – 60 с.
- [13] Ломазова И.А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объективной структурой. - М.: "Научный мир", 2004 - 208с.

Simulation of configuration changes of data transmission and processing channels in system under contingency

S.I. Klevtsov

Institute of Radiotechnical Systems and Control of the Southern Federal University,

sergkmps@mail.ru

Keywords — model, contingency management, system configuration, network.

Modeling in CPN Tools system showed the prospects of the developed approach.

ABSTRACT

I. PURPOSE

In operation, distributed monitoring system for a technical object may experience abnormal or emergency situations. These situations may be associated with a variety of malfunctions or failure of individual system components, such as malfunction or failure of certain information gathering channels. In this case, it may happen that task monitoring cannot be performed or can be performed only partially. To solve the problem, usually troubleshooting is required that is associated with operation stop, as well as financial, time and other losses. However, analysis of the characteristics of such systems as distributed data acquisition system with sensors [1-9], shows that there are opportunities for disaster recovery due to structural changes in the system.

II. METHODS

To solve this problem, we developed a model for situational control of channel transmission configuration and processing of information. At the same functionality, the system is supplemented with relevant capabilities without changing the basic architecture.

The proposed model is focused on the use of Petri nets as a tool to study the topology of systems [10-11].

As a tool, simulation system CPN Tools was used. In CPN Tools, model description language is a combination of Petri net graph and programming language CPN ML [12, 13].

III. RESULTS AND DISCUSSION

The main result is the development of mathematical model to implement contingency management of system communication channels and distributed processing for collecting data and processing the sensor information in case of emergency. The model focuses on the use of methods and software tools of the theory of Petri nets. Formulated in the simulation of possible contingencies control scripts may be implemented in an actual system in the form of software environment that identifies contingency and provides software information on transmission channels reconfiguration and processing circuits in the system according to the respective scenario.

REFERENCES

- [1] Artail H.A. A Distributed System of Network-Enabled Microcontrollers for Controlling and Monitoring Home Devices // *Microelectronics, The 14th International Conference on 2002 – ICM*, 11-13 Dec. 2002. P. 206-209.
- [2] Frankowiak Marcos R., Grosvenor Roger I., Prickett Paul W. A Petri-Net Based Distributed Monitoring System Using PIC Microcontrollers // *Microprocessors and Microsystems*. 2005. V. 29, No. 5. P. 189–196.
- [3] Czamul P. Design of a Distributed System Using Mobile Devices and Workflow Management for Measurement and Control of a Smart Home and Health // *Human System Interaction (HSI), 2013 The 6th International Conference on Sopot*. 6-8 June 2013. P. 184 - 192
- [4] Yi-Wei Ma, Jiann-Liang Chen, Yueh-Min Huang, Mei-Yu Lee. Efficient Management System for Wireless Sensor Networks // *Sensors*. 2010. No. 10. P. 11400-11413.
- [5] Ibrahim Magdy, Moselhib Osama. Wireless Sensor Networks Configurations for Applications in Construction // *Procedia Engineering*. 2005. V. 85, 2014, P. 260–273.
- [6] Pedro José Marrón, Andreas Lachenmann, Daniel Minder, Matthias Gauger, Olga Saukh, Kurt Rothermel. Management and Configuration Issues for Sensor Networks // *International Journal of Network Management. Special Issue: Wireless Sensor Networks*. 2005. V. 15. No. 4. P. 235–253.
- [7] Nithya Ramanathan, Eddie Kohler, Deborah Estrin. Towards a Debugging System for Sensor Networks // *International Journal of Network Management. Special Issue: Wireless Sensor Networks*. 2005. V. 15. No. 4. P. 223–234.
- [8] Athanassios Boulis, Sanjay Jha. Network Management in New Realms: Wireless Sensor Networks // *International Journal of Network Management Special Issue: Wireless Sensor Networks*. 2005. V. 15. No. 4. P. 219–221.
- [9] Jon Crowcroft, Liron Levin, Michael Segal. Using Data Mules for Sensor Network Data Recovery // *Ad Hoc Networks*. V. 40. April 2016. P. 26–36.
- [10] Kotov E.V. Petri Nets. Moscow, Nauka. Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 1984. 160 p. (In Russian).
- [11] Piterson Dzh. The Theory of Petri Nets and Modeling Systems. Moscow, Mir, 1984. 264 p. (In Russian).
- [12] Zajcev D.A., Shmeleva T.R. Modelling of Telecommunication Systems in the CPN Tools. Uchebnoe posobie. - Odessa: Odesskaja nacional'naja akademija svjazi im. A.S. Popova, 2006. – 60 p. (In Russian).
- [13] Lomazova I.A. Nested Petri Nets: Modeling and Analysis of Distributed Systems with an Objective Structure. Moscow, "Nauchnyj mir", 2004. 208 p. (In Russian).