

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ОПИСАНИЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Шрейдер М. Ю.¹, Боровский А.С.²

Аннотация. В статье рассматривается описание системы защиты объекта как комплекса инженерно-технических и программных средств на основе многоуровневых компьютерных сетей. Основная сложность управления такими системами заключается в обработке большого количества информации о состоянии объекта, возможных угрозах и формировании управляющих воздействий. В данной статье предлагается использование сетей Петри для описания процессов обработки информации при функционировании элементов системы защиты объекта. Структурно-логическая модель системы при этом представляется в виде гиперграфа. Элементы структурно-логической модели системы защиты объекта представлены в виде точек контроля (ТК), которые подразделяются по выполняемым функциям: точка обнаружения (ТО), точка доступа (ТД), точка видеонаблюдения (ТВ), точка задержки (ТЗ) и управляющих элементов, представленных периферийными и магистральными контроллерами (ПК, МК). Разработаны модели обработки информации следующих элементов системы защиты объекта: датчик движения, периферийный контроллер, магистральный контроллер, универсальное устройство управления.

Ключевые слова: система защиты объектов, сложная техническая система, многоуровневая интеграция, гиперграф, сети Петри, модель системы, модель обработки информации.

DOI: 10.21681/2311-3456-2018-1-46-53

Введение

Система защиты объекта (СЗО) представляет собой совокупность организационно - правовых и инженерно-технических решений, направленных на обнаружение, отражение и ликвидацию различных видов угроз объекту [1,2]. Современные системы защиты объектов — это сложные технические системы, включающие подсистемы видеонаблюдения, контроля и управления доступом, пожарно-охранной сигнализации и др.

Информационная взаимосвязь отдельных элементов СЗО осуществляется путем построения таких систем на основе локальных многоуровневых компьютерных сетей. Управление такой системой является чрезвычайно сложной задачей, в связи с необходимостью обработки большого количества информации о состоянии объекта и возникающих угрозах, необходимых управляющих воздействиях. Учитывая степень важности и повсеместное распространение систем защиты различных объектов (от коммерческой недвижимости до объектов повышенной потенциальной опасности: атомные электростанции, гидроэлектростанции, железнодорожные узлы и т.п.), необходимо построение такой системы управления, которая даст

максимально быстрое и эффективное обеспечение безопасности объекта.

Для решения задач управления необходимо разработать модели обработки информации на основе логических взаимосвязей элементов системы, возникающих в случае той или иной угрозы. В настоящее время не существует математической модели системы защиты объекта, учитывающей многоуровневую интеграцию и оптимальное использование ресурсов в процессе функционирования системы защиты. Для описания процессов взаимодействия элементов предлагается использовать модели на основе сетей Петри.

Основная часть

Система защиты объекта – это комплекс инженерно-технических и программно-аппаратных средств, включающих:

- подсистему охранной и тревожной сигнализации;
- подсистему контроля управления доступом;
- подсистему телевизионного наблюдения;
- подсистему оперативной связи и оповещения;
- вспомогательные подсистемы (освещения, аварийного питания и т.д.) [3,4].

1 Шрейдер Марина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление и информатика в технических системах», ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия. E-mail: marshr@mail.ru

2 Боровский Александр Сергеевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление и информатика в технических системах» ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия. E-mail: borovski@mail.ru



Рис.1. Фрагмент интегрированного комплекса защиты объекта

Современные интегрированные системы защиты строятся на основе локальных многоуровневых компьютерных сетей различного уровня сложности [5] (рис.1)

В состав типового интегрированного комплекса защиты, как правило, входят:

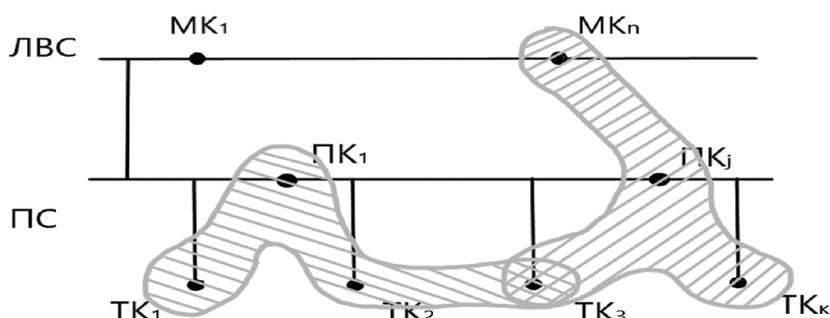
1. Центральное устройство управления, сервер с общим пультом управления и идентификаторы или автоматическое рабочее место.
2. Периферийные контроллеры, подключенные в сеть.
3. Локальные терминалы, подключенные к периферийным контроллерам.
4. Объединенные в сеть станции различного рода назначения.
5. Контроллеры связи, маршрутизаторы, интерфейсные модули, платы расширения и так далее [6,7].

Сложность управления такой системой заключается в обработке большого количества входной информации и необходимости формирования управляющих воздействий, наилучших для сложившейся ситуации. Для организации эффективного управления системой необходимо детальное

математическое описание процессов функционирования элементов.

Для построения математической модели, необходимо абстрагироваться от физической природы элементов, которые составляют систему защиты объекта. Элементы нижнего уровня в структурно-логической модели системы защиты объекта можно представить в виде точек контроля (ТК), которые могут включать в себя несколько инженерно-технических средств защиты, выполняющих одну общую функцию. Точки контроля подразделяются по выполняемым функциям: точка обнаружения (ТО), точка доступа (ТД), точка видеонаблюдения (ТВ), точка задержки (ТЗ) [8]. Управляющие элементы системы представлены периферийными и магистральными контроллерами (ПК, МК).

Разрабатываемые модели обработки информации в системе защиты объекта должны учитывать логику взаимодействия элементов различных подсистем. На наш взгляд наиболее полно описать такие модели возможно с использованием аппарата гиперграфов (рис.2), который обладает следующими достоинствами:



ТК- точка контроля, ПК-периферийный контроллер, МК-магистральный контроллер, ЛВС-локальная вычислительная сеть, ПС- периферийная сеть.

Рис.2. Фрагмент структурно-логической модели системы защиты, где показана возможность использования гиперграфов

- отображает отношения «многие ко многим»;
- каждая вершина гиперграфа может раскрываться в самостоятельный граф или гиперграф по мере уточнения и усложнения модели;
- гиперграфовая модель позволяет строить процедуры оптимизации;
- гиперграф можно рассматривать как произвольный набор подмножеств, в дальнейшем применяя к ним возможности теории графов [6,9].

Представим систему защиты объекта как гиперграф (рис.3):

$$H = \{V, E\} \tag{1}$$

где V – множество вершин, представляющих собой отдельные структурно-логические элементы системы защиты $V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$;

E – множество ребер, представляющих информационные взаимосвязи между отдельными элементами системы защиты $E = \{E_1, E_2, \dots, E_n\}$.

Каждое ребро E графа H можно описать как подмножество вершин:

$$V_j = \{1, 2, \dots, D\}, \tag{2}$$

где $E_1 \in V$

При представлении интегрированной системы защиты объекта в виде гиперграфа каждому ребру E гиперграфа H соответствует некоторая вложенная схема межсетевых процессов как элемента подсетевой архитектуры.

Маршрутом в гиперграфе $H = \{V, E\}$ будет последовательность вершин и ребер вида:

$$V_1, E_1, V_2, E_2, \dots, E_n, V_n, \tag{3}$$

где $V_i \in V, i \in [0; n]$,
 $E_i \in E, (V_i, E_i) \in I, i \in [1; n]$

В результате декомпозиции гиперграфовую модель системы защиты объекта можно представить в виде подпроцессов функционирования отдельных элементов, для описания которых предложено использовать Сети Петри, их особенность заключается в возможности отображения параллелизма, асинхронности процессов в системе и иерархичности ее элементов [6,10-13].

На начальном этапе разработаны модели обработки информации в процессе функционирования таких элементов системы защиты объекта, как: датчик, периферийный контроллер, магистральный контроллер, универсальное устройство управления.

Далее представлено описание сети Петри процесса работы датчика (рис.4) с возможностью самостоятельного принятия решения об оповеще-

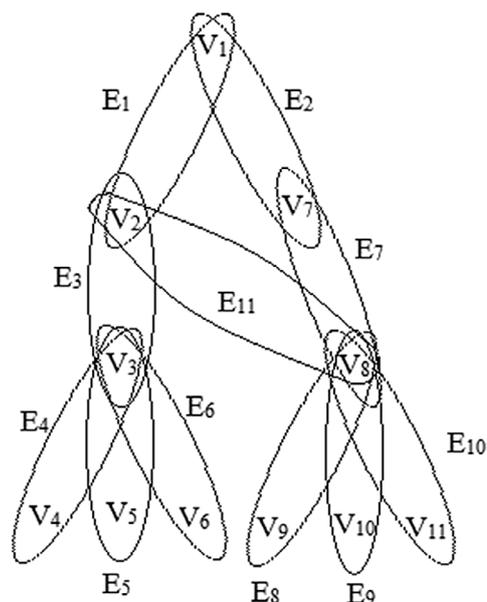


Рис. 3. Фрагмент гиперграфа интегрированной системы безопасности объекта[14]

нии и соответствующей передачи данных о срабатывании на пульт управления на сеансовом уровне модели ISO/OSI. Датчик работает исправно.

Условиями для существования сети будет:

1. включение датчика в сеть;
2. авторизация датчика на устройстве управления;
3. работа датчика в дежурном режиме;
4. нарушитель найден;
5. оповещение о нарушителе;
6. возвращение к нормальной работе датчика;
7. исключение датчика из системы физической защиты (выключение системы).

Событиями для сети являются:

1. прием и отсылка пакетов инициализации;
2. поступил сигнал о нарушителе;
3. оповещение;
4. оповещение о срабатывании;
5. датчик возвращается к работе;
6. завершение сеанса связи.

Позиция p_1 означает что датчик находится во включенном состоянии.

Позиция p_2 будет означать что датчик обрабатывает пакет установки сеанса связи. Фишка в позиции p_3 означает что датчик работает, то есть принимает данные, а в позиции p_4 обрабатывает полученные данные.

Фишка в позиции p_5 означает, что устройство находится в состоянии оповещения.

Позиция p_6 будет иметь накопительный характер. Здесь мы будем накапливать количество поступающих сигналов. А сама позиция характери-

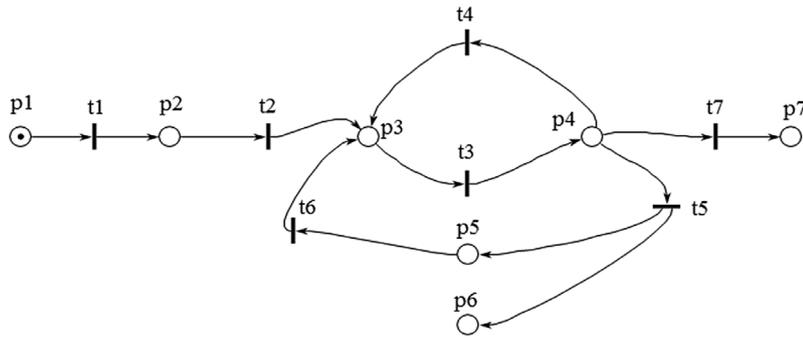


Рис. 4. Описание процесса работы датчика в виде сети Петри

зуется пультом управления.

И последняя фишка в p7 означает, что работа датчика завершена.

t1 - принятие пакета от периферийного контроллера;

t2 - отсылка пакета обратно;

t3 - датчик отсылает данные на периферийный контроллер, а он с свою очередь передает через магистральный контроллер на устройство управления;

t4 - нарушитель не найден и переходим к состоянию нормальной работы;

t5 - нарушитель найден и происходит передача сигнала;

t6 - оповещение прекращается и переходит в нормальную работу;

t7 - принятие пакета о завершении сеансового уровня и отключение датчика.

Определим расширенную входную функцию I и выходную функцию O.

Далее представлена структура сети Петри в виде четверки, которая состоит из множества позиций (P), множества переходов (T), входной функции (I : P → T[∞]), и выходной функции (O : P → T[∞]) I : P → T[∞], O : P → T[∞] таким образом, что (t_j, I(p_j)) = (p_j, O(t_j)), (t_j, O(p_j)) = (p_j, I(t_j)).

$$C = (P, T, I, O),$$

$$P = \{p1, p2, p3, p4, p5, p6, p7\},$$

$$T = \{t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7\},$$

$$I(p1) = \{0\}$$

$$O(p1) = \{t1\}$$

$$I(p2) = \{t1\}$$

$$O(p2) = \{t2\}$$

$$I(p3) = \{t2, t6, t4\}$$

$$O(p3) = \{t3\}$$

$$I(p4) = \{t5\}$$

$$O(p4) = \{t4, t5, t7\}$$

$$I(p5) = \{t5\}$$

$$O(p5) = \{t6\}$$

$$I(p6) = \{t5\}$$

$$O(p6) = \{0\}$$

$$I(p7) = \{t7\}$$

$$O(p7) = \{0\}$$

$$I(t1) = \{p1\}$$

$$O(t1) = \{p2\}$$

$$I(t2) = \{p2\}$$

$$O(t2) = \{p3\}$$

$$I(t3) = \{p3\}$$

$$O(t3) = \{p4\}$$

$$I(t4) = \{p4\}$$

$$O(t4) = \{p3\}$$

$$I(t5) = \{p4\}$$

$$O(t5) = \{p5, p6\}$$

$$O(t6) = \{p3\}$$

$$O(t7) = \{p7\}$$

Проанализируем сеть Петри на основе матричных уравнений. Альтернативным по отношению к определению сети Петри в виде (P, T, I, O) является определение двух матриц D⁺ и D⁻, где D = D⁺ - D⁻ - составная матрица изменений. Каждая матрица имеет m строк (по одной на переход) и n столбцов (по одному на позицию). Определим D⁻ [j, i] = (p_j, I(t_j)), а D⁺ [j, i] = (p_j, O(t_j)). D⁻ определяет входы в переходы, D⁺ - выходы.

$$D^- = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$D^+ = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} -1 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & +1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & +1 & +1 & 0 \\ 0 & 0 & +1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & +1 \end{bmatrix}$$

В начальной маркировке $\mu = (1,0,0,0,0,0)$ переход t_1 разрешен и приводит к маркировке μ' , где

$$\mu' = (1,0,0,0,0,0) + (0,1,0,0,0,0) \cdot$$

$$\cdot \begin{bmatrix} -1 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & +1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & +1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & +1 & +1 & 0 \\ 0 & 0 & +1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & +1 \end{bmatrix} =$$

$$= (0,0,0,0,1,1)$$

Далее (рис. 5) представлен фрагмент дерева достижимости имитационной модели датчика

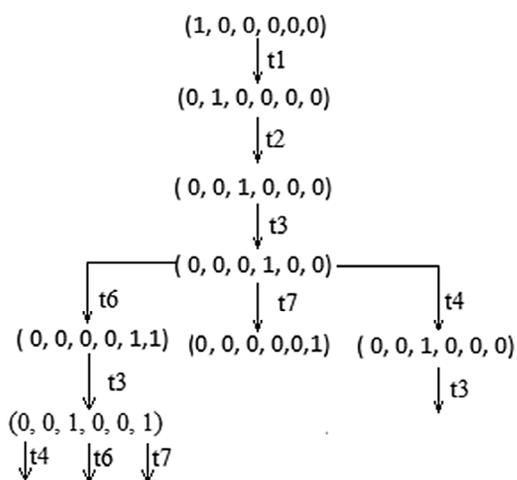


Рис. 5. Фрагмент дерева достижимости имитационной модели датчика

Срабатывание перехода t_6 ведет к накоплению фишек позиции r_6 .

Данная модель описывает работу датчика в нормальных условиях, когда могут возникать сигнал о нарушителе. Датчик накапливает информацию о количестве срабатываний в цикле своей работы.

Далее (рис. 6) представлена модель сети Петри функционирования периферийного контроллера на сеансовом уровне модели OSI/ISO.

Условиями существования сети будут:

1. наличие устройства управления;
2. наличие одного или нескольких датчиков, подключенных по структуре «кольцо» или «шина»;
3. наличие нарушителя;
4. правильное подключение рабочего периферийного контроллера в сеть интегрированной физической защиты;
5. одинаковый производитель (исключает проблему несовместимости устройств на программном аппаратном уровне).

Событиями для такой системы будут являться:

1. подключение устройство в сеть;
2. установка сеанса связи и его поддержания;
3. принятия сигнала о срабатывании датчика;
4. сигнал о прерывании связи.

Вышеописанные условия и события обязательны для моделирования работы периферийного контроллера. В этой модели мы не исключали неисправность устройства управления. Все передающиеся данные для устройства управления осуществляются через магистральный контроллер по умолчанию.

Позиция r_1 будет означать что периферийный контроллер находится в выключенном состоянии, но подключен к сети. Позиция r_2 , соответственно будет состоянием ожидания получения пакетов об установке сеанса связи.

Позиция r_3 будет характеризовать состояние датчика, как состояние формирования пакета об оповещении отсутствия сеанса связи с датчиком и последующей отправкой его на устройство управления.

Позиция r_4 будет характеризоваться тем, что периферийный контроллер принимает решение и предпринимает попытку установления сеанса связи (инициализации) с устройством управления.

Фишка в позиции r_5 будет означать, что периферийный контроллер установил сеанс связи и с датчиком, и с устройством управления.

Позиция r_6 характеризуется тем, что датчик перешел в состояния нормальной работы и готов принимать пакеты от датчика.

Фишка в позиции r_7 означает что периферийный контроллер ожидает ответного пакета подтверждения, а по истечению заданного периода ожидания.

Позиция r_8 будет характеризовать состояние периферийного контроллера как ожидание ответа от датчика и устройства управления.

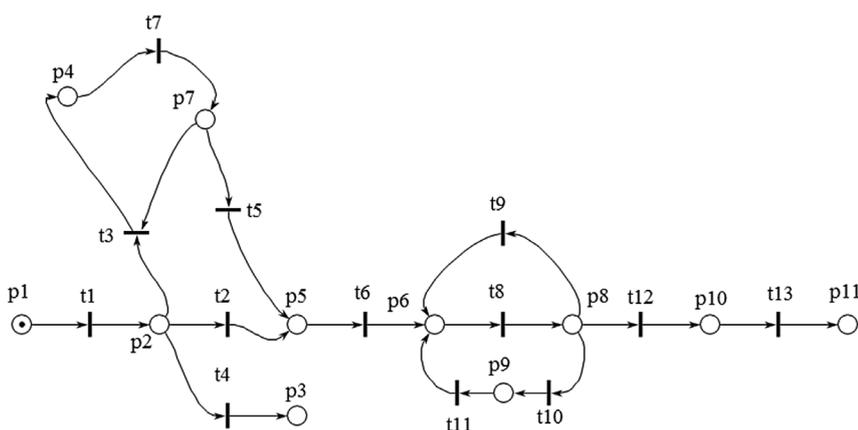


Рис. 6. Описание процесса работы периферийного контроллера в виде сети Петри

Фишка в позиции p9 будет означать, что устройство формирует пакет для устройства управления о срабатывании датчика(ов).

Позиция p10 характеризуется тем, что периферийный контроллер обрабатывает полученный пакет от устройства управления.

Фишка в позиции p11 означает о выключении периферийного контроллера.

t1 - отправка пакета для установки сеанса связи для датчика и инициализации на устройстве управления и магистрального контроллера.

t2 - принятие пакетов от об успешной установки сеанса связи с устройством управления и с датчиками.

t3 - принятие пакета от датчика о успешной установке сеанса связи, но не принятие пакета от устройства управления о подтверждении установки связи(инициализации периферийного контроллера).

t4 - принятие пакета о успешной установке связи от устройства управления, но не получения пакета от датчика.

t5 - успешное установление сеанса связи с устройством управления.

t6 - периферийный контроллер переходит в состояние к своей основной работе.

t7 - отправка повторного пакета установки сеанса связи на устройство управления.

t8 - периферийный контроллер поддерживает сеанс связи с датчиком посылая ему пустой пакет, и принимает пустой пакет от магистрального контроллера.

t9 - принимает пустой пакет от датчика и отправляет свой пакет магистральному контроллеру.

t10 - принятие пакета от датчика о его срабатывании.

t11 - периферийный контроллер отправляет данные на устройство управления и возвращается к своей работе.

t12 - принятие пакета от устройства управления о завершении с ним сеанса связи.

t13 - периферийный контроллер отправляет сообщение о прекращении сеанса связи с датчиком.

Определение входной и выходной функции, анализ сети на основе матричных уравнений осуществлялись аналогично модели датчика.

Также были получены модели магистрального контроллера и универсального устройства управления, схемы процессов работы устройств в виде сетей Петри (рис.7 и рис.8).

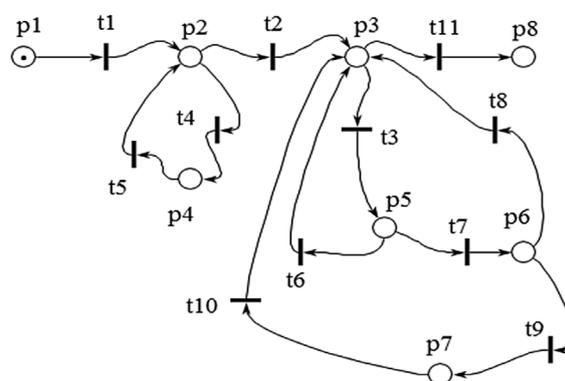


Рис. 7. Описание процесса работы магистрального контроллера в виде сети Петри

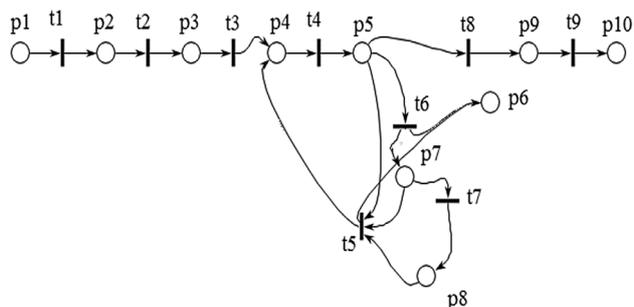


Рис. 8. Описание процесса работы универсального устройства управления в виде сети Петри

Вывод

Несомненным достоинством сетей Петри является математически строгое описание модели. Это позволяет проводить их анализ с помощью современной вычислительной техники и использовать при управлении сложными интегрированными системами.

Для этого разработаны модели обработки информации в процессе функционирования таких элементов системы защиты объекта, как: датчик, периферийный контроллер, магистральный контроллер, универсальное устройство управления. В дальнейшем планируется разработать общую гиперграфовую модель взаимодействия элементов системы защиты с учетом возможных угроз.

Полученные модели обладают наглядностью и обеспечивают возможность автоматизированного анализа, позволяют переходить от одного уровня детализации описания системы к другому (за счет раскрытия/закрытия переходов) и могут использоваться в дальнейшем для организации интеллектуальной системы защиты объекта.

Применение моделей на основе сетей Петри в системе защиты объектов, позволит повысить качество управления, например, более четко координировать взаимодействие элементов в зоне нарушения, с учетом возможных конфликтов между ними, выделять наиболее важные задачи работы системы, в зависимости от сложившейся ситуации.

Рецензент: Марков Алексей Сергеевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия. E-mail: a.markov@npo-echelon.ru

Литература

1. Мишин Е.Т. Построение систем физической защиты потенциально опасных объектов. М.: Радио и связь, 2005. 200с.
2. Магауенов Р.Г. Системы охранной сигнализации: основы теории и принципы построения. М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 367 с.
3. Боровский А.С. Автоматизированное проектирование и оценка систем физической защиты потенциально-опасных (структурно-сложных) объектов. Часть 1. Системный анализ проблемы проектирования и оценки систем физической защиты: монография. Самара: СамГУПС, 2012. 155 с.
4. Гарсиа М. Проектирование и оценка систем физической защиты / пер. с англ. В.И. Воропаева, Е.Е. Зудина и др. – М.: Мир, АСТ, 2002. 386 с.
5. Оленин Ю.А. Системы и средства управления физической защитой объектов. Пенза: Информационно-издательский центр ПГУ, 2002. – Кн.1. – 212 с.; 2003. – Кн.2. – 256 с.
6. Боровский А.С. Автоматизированное проектирование и оценка систем физической защиты потенциально-опасных (структурно-сложных) объектов. В 3-х ч. Ч. 2. Модели нечетких систем принятия решений в задачах проектирования систем физической защиты: монография. М.: Издательство «Омега-л»; Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2013. 248 с.
7. Боровский А.С. Интегрированный подход к построению систем физической защиты объектов // Наука и образование транспорту. 2016. № 2. С. 12-16.
8. Боровский А.С. Обобщенная модель системы физической защиты как объект автоматизированного проектирования // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 10 (124). С. 45-52.
9. Быстров С.Ю. Анализ и оптимизация систем физической защиты особо важных объектов: дис. канд. техн. наук: 05.13.01: Пенза, 2004. 181 с.
10. Корнев Д.А., Логинова Е.Ю. Исследование алгоритмов работы информационной системы с использованием математического аппарата сетей Петри // Cloud of Science. 2014. Т. 1. № 2. С. 318-326.
11. Кудж С.А., Логинова А.С. Моделирование с использованием сетей Петри // Вестник МГТУ МИРЭА. 2015. № 1 (6). С. 10-22.
12. Яковлев А.В., Дидрих В.Е., Шамкин В.Н., Краснянский М.Н. Моделирование распределенных систем с модульной архитектурой на основе сетей Петри // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2012. № 3. С. 34-37.
13. Вороной С.М., Еськов С.С. Применение аппарата сетей Петри для проектирования обобщенной многопользовательской системы // Системы и средства искусственного интеллекта. 2013. Т. 1. С. 51-53.
14. Суховерхов А.С. Методический подход к моделированию функционирования средств защиты информации на основе применения аппарата теории сетей Петри-Маркова // Телекоммуникации. 2012. № 8. С. 41-48.

DEVELOPMENT OF INFORMATION PROCESSING DESCRIPTION MODELS BASED ON PETRI NETWORKS IN THE OBJECT-BASED SYSTEM MANAGEMENT PROBLEMS

Shreider M. Yu.³, Borovsky A.S.⁴

Abstract. The article describes the description of the object protection system as a complex of engineering and software tools based on multi-level computer networks. The main difficulty in managing such systems is the processing of a large amount of information about the state of the object, possible threats and the formation of control actions. In this article, we propose the use of Petri nets for describing information processing processes when the elements of the object protection system function. The structural-logical model of the system is presented in the form of a hypergraph. Elements of structural and logical protection of the system object model presented in the form of points of control, which are divided by function: detection point, access point, surveillance point, the delay period and control elements, represented by peripheral and trunk controllers (PC, MK). The models of information processing of the following elements of the object protection system are developed: motion sensor, peripheral controller, main controller, universal control device.

Keywords: object protection system, complex technical system, multi-level integration, hypergraph, Petri nets, system model, information processing model.

References

1. Mishin E.T. Postroenie sistem fizicheskoy zashchity potentsial'no opasnykh ob'ektov. M.: Radio i svyaz', 2005. 200 P.
2. Magaenov R.G. Sistemy okhrannoy signalizatsii: osnovy teorii i printsipy postroyeniya. M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2004. 367 P.
3. Borovskiy A.S. Avtomatizirovannoe proektirovanie i otsenka sistem fizicheskoy zashchity potentsial'no-opasnykh (strukturno-slozhnykh) ob'ektov. Chast' 1. Sistemnyy analiz problemy proektirovaniya i otsenki sistem fizicheskoy zashchity: monografiya. Samara: SamGUPS, 2012. 155 P.
4. Garsia M. Proektirovanie i otsenka sistem fizicheskoy zashchity / per. s angl. V.I. Voropaeva, E.E. Zudina i dr. – M.: Mir, AST, 2002. 386 P.
5. Olenin Yu.A. Sistemy i sredstva upravleniya fizicheskoy zashchitoy ob'ektov. Penza: Informatsionno-izdatel'skiy tsentr PGU, 2002. – Kn.1. – 212 P.; 2003. – Kn.2. – 256 P.
6. Borovskiy A.S. Avtomatizirovannoe proektirovanie i otsenka sistem fizicheskoy zashchity potentsial'no-opasnykh (strukturno-slozhnykh) ob'ektov. V 3-kh ch. Ch. 2. Modeli nechetkikh sistem prinyatiya resheniy v zadachakh proektirovaniya sistem fizicheskoy zashchity: monografiya. M.: Izdatel'stvo «Omega-l»; Orenburg: Izdatel'skiy tsentr OGAU, 2013. 248 P.
7. Borovskiy A.S. Integrirovannyi podkhod k postroyeniyu sistem fizicheskoy zashchity ob'ektov, Nauka i obrazovanie transportu. 2016. No 2, pp. 12-16.
8. Borovskiy A.S. Obobshchennaya model' sistemy fizicheskoy zashchity kak ob'ekt avtomatizirovannogo proektirovaniya, Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologiy. 2014. No 10 (124), pp. 45-52.
9. Bystrov S.Yu. Analiz i optimizatsiya sistem fizicheskoy zashchity osobo vazhnykh ob'ektov: dis. kand. tekhn. nauk: 05.13.01: Penza, 2004. 181 P.
10. Kornev D.A., Loginova E.Yu. Issledovanie algoritmov raboty informatsionnoy sistemy s ispol'zovaniem matematicheskogo apparata setey Petri, Cloud of Science. 2014. T. 1. No 2, pp. 318-326.
11. Kudzh S.A., Loginova A.S. Modelirovanie s ispol'zovaniem setey Petri, Vestnik MGTU MIREA. 2015. No 1 (6), pp. 10-22.
12. Yakovlev A.V., Didrikh V.E., Shamkin V.N., Krasnyanskiy M.N. Modelirovanie raspredelennykh sistem s modul'noy arkhitekturoy na osnove setey Petri, Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika. 2012. No 3, pp. 34-37.
13. Voronoy S.M., Es'kov S.S. Primenenie apparata setey Petri dlya proektirovaniya obobshchennoy mnogopol'zovatel'skoy sistemy, Sistemy i sredstva iskusstvennogo intellekta. 2013. T. 1, pp. 51-53.
14. Sukhoverkhov A.S. Metodicheskiy podkhod k modelirovaniyu funktsionirovaniya sredstv zashchity informatsii na osnove primeneniya apparata teorii setey Petri-Markova, Telekommunikatsii. 2012. No 8, pp. 41-48.

3 Marina Shreyder, Ph.D, Associate Professor of the Department «Control and Informatics in Technical Systems», FGBOU VO «Orenburg State University», Orenburg, Russia. E-mail: marshr@mail.ru

4 Alexander Borovsky, Dr.Sc., Associate Professor, Head of the Department «Control and Informatics in Technical Systems» FGBOU VO «Orenburg State University», Orenburg, Russia. E-mail: borovski@mail.ru