
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПОТОКОВ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ МЧС РОССИИ

**А.С. Крутолапов, кандидат технических наук, доцент;
А.Ю. Иванов, доктор технических наук, профессор;
А.К. Абулев.**
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена математическая модель информационного обмена, базирующаяся на аппарате маркированных потоковых графов. Представлены информационно-логические схемы, описывающие потоки данных при наличии недетерминизма и асинхронной отправки сообщений.

Ключевые слова: сеть, передача данных, автоматизированная система, диспетчерское управление, сообщение, информация, качество обслуживания

FORMALIZED REPRESENTATION OF STREAMS IN NETWORKS OF DATA TRANSMISSION OF EMERCOM OF RUSSIA

A.S. Krutolapov; A.Y. Ivanov; A.K. Abulev.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The mathematical model of the information exchange which is based on the device of marked streaming graphs. Presented information and logic schemes describing data flows in the presence of not determinism and asynchronous sending messages are submitted.

Key words: network, data transmission, automated system, dispatching management, message, information, quality of service

Диспетчерские сети МЧС России с каждым годом становятся объемнее с учетом новых задач, выполняемых оперативными подразделениями, а также за счет расширения зон автоматического контроля объектов на предмет возникновения чрезвычайных ситуаций. В связи с этим к сетям передачи данных диспетчерских служб предъявляются жесткие требования по надежности и качеству передаваемой потоковой информации. Под организацией передачи данных в виде потоков понимается использование информационных связей между частично упорядоченными действиями маршрутизаторов сети для реализации заложенного в ней параллелизма [1, 2]. Модели потоков – мощное и выразительное средство выявления внутреннего параллелизма при информационном обмене, которое может быть использовано для повышения производительности сетей передачи данных (СПД). Сеть рассматривается как множество процессов, взаимодействующих посредством асинхронной отправки сообщений через входные и выходные буферы инициируемых готовностью входных сообщений.

Разработанная математическая модель процессов информационного обмена (ПИО) базируется на аппарате маркированных потоковых графов. Под маркированным потоковым графом понимается совокупность множеств и функций $G = (V, X, Y, A, \rho, \sigma)$, где V – множество вершин (узлов сети); X и Y – множества входных и выходных позиций вершин; $A \subseteq Y \times X$ – множество информационных дуг; $\rho: (X \cup Y) \rightarrow V$ – функция распределения позиций по вершинам; $\sigma: A \rightarrow L_{out} \times L_{in}$ – функция маркировки позиций. Здесь L_{in} и L_{out} – множества меток соответственно входных и выходных позиций вершин, в том числе и фиктивных, инцидентных входам и выходам графа. Множество X включает подмножество ординарных позиций, каждой из которых инцидентна одна дуга и подмножество позиций для альтернативного выбора (слияний) входящих потоков данных (select, или slt). В множество Y включаются подмножество ординарных выходных позиций, а также подмножество позиций, соответствующих альтернативным переключениям (switch, или swh) и ветвлениям (fork, или frk) исходящих потоков данных. В общем случае входная позиция любой вершины $v \in V$ может быть ординарной или позицией альтернативного выбора потоков данных. Выходная позиция вершины v является ординарной, позицией ветвления либо единственной выходной позицией альтернативного переключения, которой инцидентно не менее двух информационных дуг. Этот случай соответствует условному ветвлению. Точкой входа в цикл является позиция альтернативного выбора (slt-позиция).

Сообщение в модели рассматривается как вектор, в котором каждый компонент представляет собой набор атомарных объектов (значений данных) или токенов. В этом случае входные и выходные позиции вершины графа G совпадают с количеством компонентов входных и выходных сообщений соответствующего процесса. Характер меток входных и выходных позиций определяется семантикой ПИО. Метка позиции описывает определенные семантические свойства компонента сообщения, а совокупности меток L_{in} , L_{out} характеризуют систему типов сообщений, поддерживаемую моделью информационного обмена на основе потокового графа G .

Такое представление позволяет описать ПИО в виде эквивалентных схем. На рис. 1 представлен информационно-логический граф ПИО и соответствующий ему маркированный потоковый граф (информационные связи представлены сплошными дугами, логические – штриховыми).

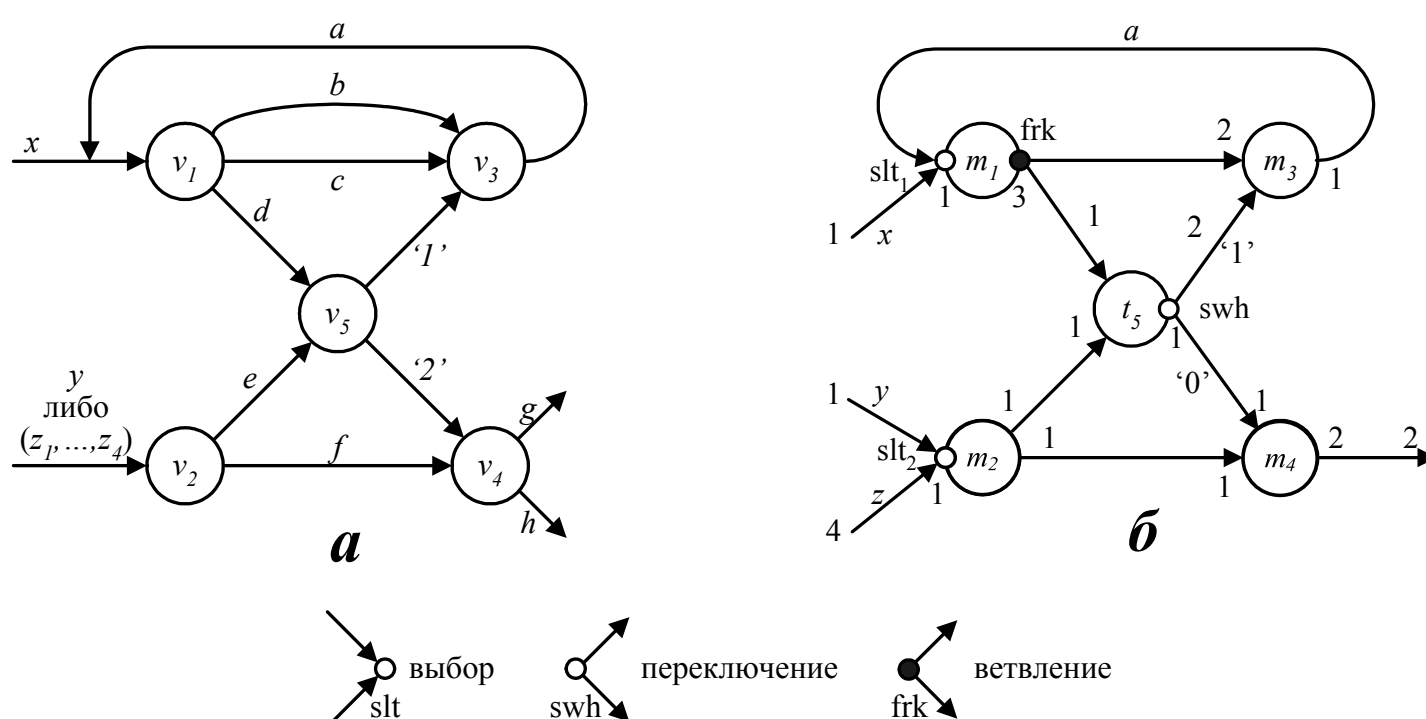


Рис. 1. Информационно-логический граф (а) и соответствующий маркированный потоковый граф (б)

В информационно-логическом графе на рис. 1а вершины v_1-v_5 соответствуют операторам, которые связаны по данным и управлению (для организации условных ветвлений). Вершина маркированного потокового графа – оператор m , если ее выходные позиции являются ординарными или frk-позициями (на рис. 1б – операторы m_1-m_4). Вершина является тестом t или логическим условием, если она имеет единственную выходную swh-позицию (на рис. 1,б – тест t_5).

В маркированном потоковом графе метки из L_{in}, L_{out} – натуральные числа. Метки выходных и входных позиций обозначают число производимых и потребляемых токенов в компонентах соответствующих сообщений. Для описания недетерминированного ПИО в распределенных СПД с каждым процессом ассоциируются входные и выходные буферы типа FIFO. Тогда метка позиции обозначает ширину буфера – число токенов в компоненте сообщения. Набору операндов, связанных с определенным буфером процесса (например, (b, c, d) в v_1 , (b, c) в v_3 , (z_1, z_2, z_3, z_4) в v_2 , (g, h) в v_4), соответствует одна позиция вершины и одна дуга графа.

Необходимо сделать несколько замечаний относительно семантики использования позиций альтернативного выбора slt и swh в маркированных потоковых графах. Формально slt-позиция при организации цикла в информационном обмене является аналогом булевой функции «ИЛИ». Например, процесс, которому соответствует оператор m_1 (рис. 1б), может быть инициирован данными, передаваемыми по дуге x . Здесь устанавливается приоритет в передаче данных и, соответственно, порядок срабатывания операторов, охваченных циклом. Сначала в позицию slt₁ оператора m_1 данные передаются по дуге x , что вызывает срабатывание оператора m_1 , а затем уже возможна передача данных по дуге a после срабатывания оператора m_3 . Тем самым гарантируется отсутствие тупиковой ситуации, хотя в рассматриваемом графе и существует контур, в который входят вершины m_1 и m_3 . Следовательно, срабатывание оператора m_1 обуславливается передачей данных по дуге x или по дуге a . Смысл введения позиции slt₂ в оператор m_2 иной: соответствующий процесс может начаться, если данные передаются либо только по дуге y , либо только по дуге z . Никакого приоритета в передаче данных не предполагается. Здесь имеет место аналог булевой функции «исключающее ИЛИ». Тест t_5 передаёт данные только по дуге '1' оператору m_3 либо только по дуге '0' оператору m_4 . Альтернативное переключение swh также является аналогом функции «исключающее ИЛИ».

Маркированные потоковые графы охватывают и случай обмена сообщениями между процессами через каналы или очереди (рис. 2) подобно сетям процессов Кана.

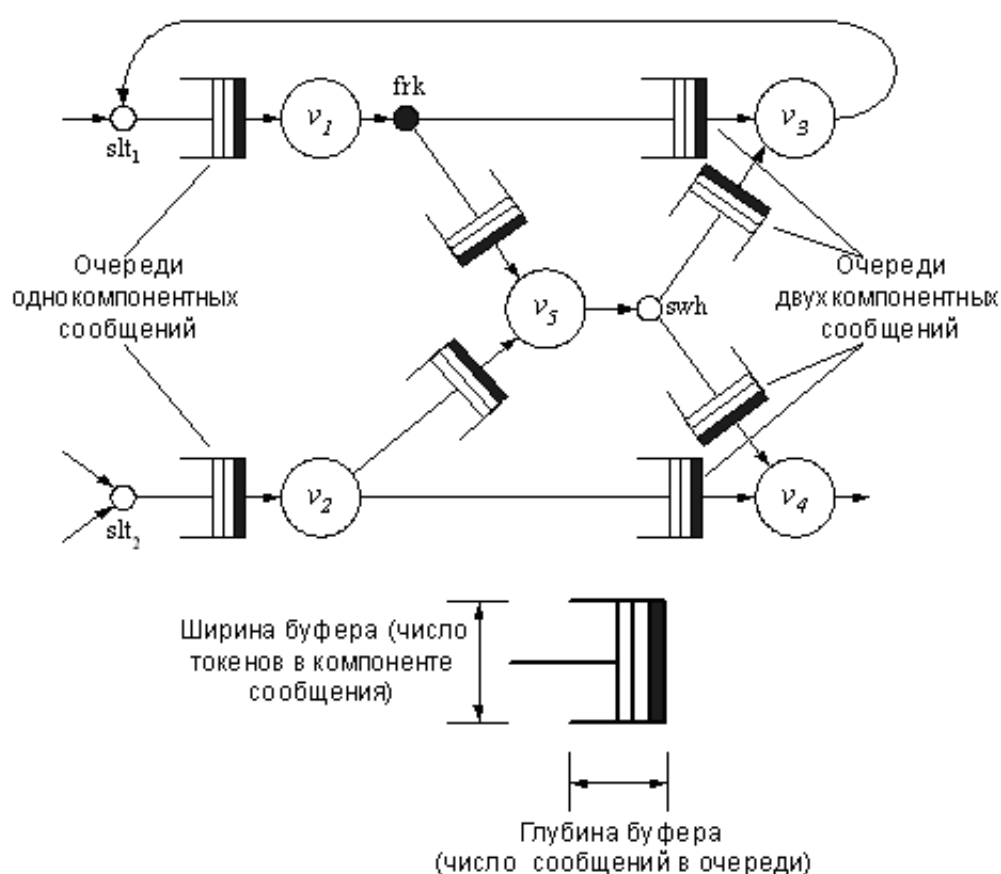


Рис. 2. Информационный обмен с очередями

Длина очереди или глубина буфера равна числу входных сообщений. Ширина буфера совпадает с числом токенов в компоненте сообщения. Число очередей (буферов) равно числу компонентов входного сообщения для соответствующего процесса. Сообщения для процессов, обозначенных вершинами v_1, v_2 , являются однокомпонентными, а сообщения процессов, которым соответствуют вершины v_3, v_4, v_5 – двухкомпонентными.

Компоненты сообщения от процесса-производителя пересылаются сразу же по мере формирования в соответствующие каналы процессов-потребителей. Процесс-потребитель инициируется лишь тогда, когда переданы все необходимые компоненты сообщения от процессов-производителей.

В отличие от детерминированной модели Кана, допускаются различные последовательности формирования токенов в компонентах и самих компонентов входных и выходных сообщений. Дисциплина FIFO строго упорядочивает компоненты входных сообщений по глубине буферов, а каждый из токенов занимает свое определенное ему место по ширине соответствующего буфера.

Сообщение – это двумерный массив, положение любого из токенов, в котором однозначно определяется двумя параметрами – принадлежностью к некоторому компоненту и местом в этом компоненте сообщения. Заполнение этого двумерного массива токенами осуществляется так, что последовательность в которой токены передаются от процессов-производителей заранее неизвестна.

Потоковый граф G соответствует недетерминированной модели ПИО: любой паре, состоящей из входного и выходного сообщений процесса, может соответствовать более одной его истории, и допускаются различные последовательности формирования компонентов сообщений.

Каждый токен ассоциируется с начальным состоянием входной либо с одним из особых состояний выходной позиции вершины графа G , когда осуществляется взаимодействие между ПИО в распределенной СПД. К примеру, формирование оператором m_1 любого из трех токенов (рис. 1б) вызывает переход процесса в одно из трех особых состояний, или наступление особых событий. Это означает, что связанные с ним процессы (на рис. 1б им соответствуют оператор m_3 и тест t_5) могут перейти в одно из начальных состояний, то есть могут наступить соответствующие начальные события. Если принимается буферная модель передачи сообщений (рис. 2), пересылка токенов означает возможность переходов соответствующих входных буферов (на рис. 2 – буферов процессов v_3 и v_5) в начальные состояния. Как только будут сформированы токены всех компонентов входных сообщений, инициируются соответствующие процессы. На рис. 1б процесс, обозначаемый оператором m_3 , может начаться, получив по два токена в каждую из двух входных позиций от оператора m_1 и теста t_5 .

Потоковый маркированный граф позволяет формализовать обмен сообщениями, которые могут состоять из разнотипных данных [3]. Число (тип) токенов в компоненте выходного сообщения процесса-производителя может не совпадать с числом (типом) токенов компонентов входных сообщений всех процессов-потребителей. Например, на рис. 2 такому обмену соответствует маркировка дуг $z, '1'$, метка frk -позиции оператора m_1 , а также метки соответствующих ординарных входных позиций оператора m_3 и теста t_5 .

Семантическая природа меток в маркированных потоковых графах соответствует числу особых состояний, когда осуществляется обмен данными между процессами, а переход в эти особые состояния случаен. Хотя подобная маркировка дуг и применяется для анализа некоторых разрешимых подклассов потоковых моделей типа SDF, которые являются детерминированными без условных ветвлений и альтернативных слияний потоков данных.

Наличие у моделей потоков таких свойств, как недетерминизм, распределение процессов во времени, а также асинхронный обмен разнородными сообщениями требует исследования их реализуемости (проблем однозначности результата и блокировки информационного обмена), а также алгоритмической разрешимости задач их анализа [4, 5].

Полученные результаты позволят определить подходы к оптимальному построению (проектированию) сетей передачи данных диспетчерских служб МЧС России.

Литература

1. Еременко В.Т., Орешин Н.А., Подчерняев Н.Г. Теория информации и информационных процессов: монография. Орел: Орловский юрид. ин-т МВД России, 2000. 187 с.
2. Савенков А.Н. Методика обнаружения и предотвращения блокировок процессов информационного обмена с использованием маркированных потоковых графов // Информационные технологии в науке, образовании и производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Орел: Орел ГТУ, 2006. Т. 1. С. 188–191.
3. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 380 с.
4. Иванов А.В. Практическая диагностика сетей // ProLAN. 2003.
5. Крутолапов А.С. Модель сети передачи данных на примере ГПС МЧС России // Технологии техносферной безопасности. 2012. № 1.