
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

УДК 004.021

ИНФОРМАЦИОННО-ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АГЕНТОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

М.А. Приходько

В работе рассматривается понятие информационного потенциала распределенной системы обработки информации. Приводятся аргументы в пользу потенциального подхода. Рассматриваются основные характеристики информационного потенциала, его свойства для основных топологий сети.

Ключевые слова: информационный потенциал, обработка информации, система обработки информации, мультиагентная система, распределенная система, агент, контрагент, интеллектуальный агент, конкурирующие агенты, информационный процесс, потенциальный подход, распространение интеллектуальных агентов.

Key words: information potential, information processing, information processing system, multi-agent system, distributed system, agent, counter-agent, intellectual agent, rival agents, information process, potential approach, spread of intellectual agents.

В процессе функционирования и сопряжения технического обеспечения (сетевых структур) крупных распределенных систем обработки разнородной информации возникает ряд проблем, обусловленных появлением фракций контрагентов – элементарных процессов обработки информации, функционирующих ненадлежащим образом (недостаточно эффективно обрабатывающих информацию, вовсе не обрабатывающих информацию или обрабатывающих ее неправильно) [2]. Наряду с исследованием числа контрагентов в текущий момент времени [3] большой интерес представляет задача определения **качественного** распределения контрагентов по узлам распределенной системы обработки информации (плотности распределения контрагентов). Исследование различных случаев показывает, что распространение контрагентов не просто происходит неслучайно, но подчиняется определенным закономерностям, которые в общей совокупности могут быть представлены как **информационный потенциал** – функция, описывающая характеристики исследуемой распределенной системы обработки информации как информационной среды, в которой происходит распространение элементарных информационных процессов (квантов информации) – агентов и контрагентов.

Вид информационного потенциала определяется конкретными характеристиками рассматриваемой распределенной системы: параметрами физических каналов сети передачи данных, наличием программно-аппаратных средств контроля передаваемой информации и многими другими. Кроме того, сами информационные процессы обладают рядом специфических свойств, таких как, например, скорость распространения соизмеримая со скоростью передачи информации по физическим каналам связи. Это позволяет провести аналогию между контрагентами и элементарными частицами квантовой физики (релятивистским электроном), а так-

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

же сопоставить информационный и обычный электромагнитный потенциалы, так как распространение контрагентов на физическом уровне происходит в виде квантов информации, передающихся по каналам связи на околосветовых скоростях. Таким образом, для определенного класса задач контрагенты могут быть рассмотрены как «облако» электронов в некотором потенциальном поле, что позволяет применить к исследованию их вероятностного пространственно-временного распределения известный математический аппарат [1].

Распространение контрагентов, пусть и подчиняющееся определенным закономерностям, все же носит *случайный* характер, что не дает нам возможности абсолютно точно предсказать расположение контрагентов в определенный момент времени. Тем не менее, он позволяет ввести вероятностную функцию – аналог волновой функции для определения плотности вероятности нахождения контрагента в том или ином узле распределенной системы обработки информации в определенный момент времени. Данные о количестве контрагентов в текущий момент времени в совокупности с волновой функцией, определяющей их вероятностное распределение, дают комплексное представление о протекании процесса распространения контрагентов. Это позволяет выработать стратегии оптимального противодействия как с точки зрения размера популяции противодействующих агентов, так и с точки зрения наилучшего «пространственного» выбора областей распределенной системы для реализации управляющего воздействия.

Определим *информационный потенциал* как воздействие среды – распределенной системы обработки информации – на помещенное в нее *тело* (интеллектуальный агент). Это воздействие очевидным образом влияет на *движение* тела в *среде*, то есть на распространение агентов и контрагентов в распределенной системе обработки информации, определяя достижимость узлов распределенной системы и время, требуемое для того, чтобы эти узлы занять.

Рассмотрим совокупную **скалярную** оценку меры воздействия, оказываемого информационной средой на распространение в ней элементарных квантов информации. Оценим данное воздействие, исходя из меры затрат на перемещение элементарного кванта информации извне (из бесконечности, «пустоты») в заданный узел распределенной системы обработки информации. Практический смысл по аналогии с электромагнитным полем имеет **разность потенциалов** – мера «работы» по перемещению интеллектуального агента между двумя узлами распределенной системы. Очевидно, что такая мера возрастает с увеличением пути, который требуется пройти элементарному кванту информации для достижения выбранного узла. Путь, проходимый элементарным квантом информации, или иная с ним связанная величина в некоторых случаях может выступать в качестве единственного параметра, определяющего информационный потенциал распределенной системы обработки информации. Такая возможность описать потенциал в виде функциональной зависимости от **одной** величины позволяет значительно продвинуться в решении задачи нахождения волновой функции, и для некоторых видов потенциала найти ее аналитическое выражение.

Для определения расстояния представим распределенную систему обработки информации в виде графа, вершинами которого являются узлы распределенной системы, а ребрами – каналы связи, связывающие соответствующие узлы. Сопоставим каждому ребру графа определенный вес. В качестве такого веса может выступать, например, **среднее фактическое время передачи 1 кбит информации** по соответствующему каналу связи. Ребрам может быть также сопоставлено направление, соответствующее возможному направлению движения информации по выбранному каналу связи (см. рис. 1).

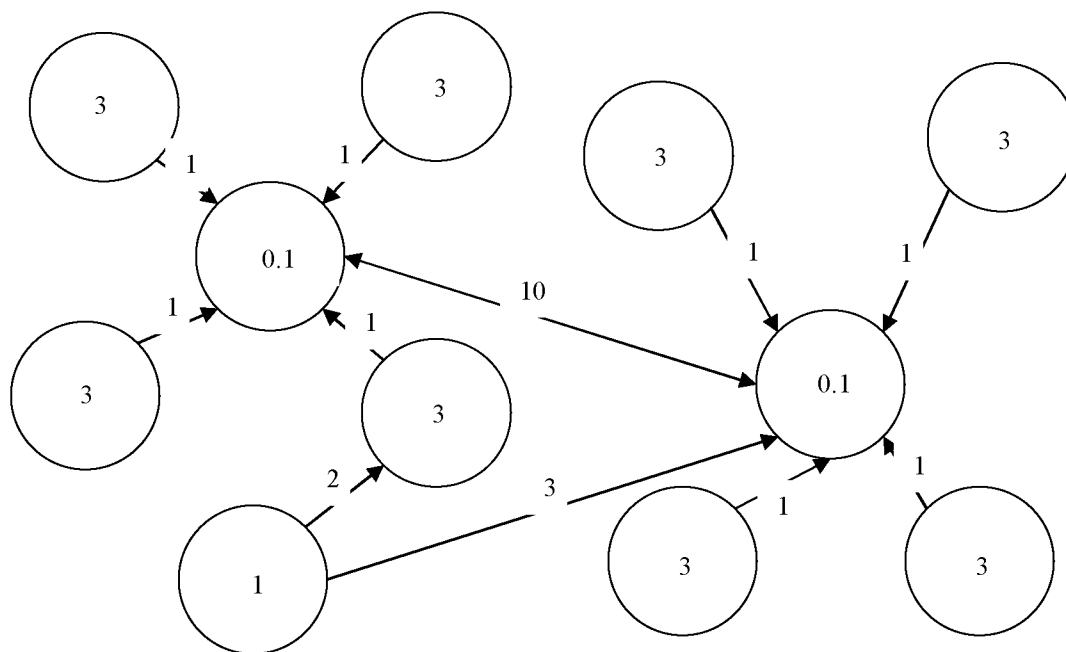


Рис. 1. Представление распределенной системы обработки информации в виде графа

Помимо характеристик каналов связи на передачу элементарных квантов информации влияет **задержка узла** – время, которое в среднем тратится узлом распределенной системы на обработку полученной информации *соответствующего рода* и дальнейшую передачу по каналам связи. Например, при распространении вирусной эпидемии почтовых «червей» задержкой узла будет среднее время между очередными проверками полученной корреспонденции пользователем, так как дальнейшее распространения «червя» возможно только после прочтения письма. Если же компьютер защищен антивирусом, устойчивым к данному «червю», то задержка узла возрастает до бесконечности – дальнейшее распространение «червя» через этот компьютер **не** происходит (эффект потенциального барьера). Особо отметим, что *задержка узла не является величиной абсолютной, и варьируется в зависимости от вида интеллектуального агента*. Таким образом, корректно говорить об информационном потенциале распределенной системы обработки информации применительно к конкретному виду интеллектуального агента, что мы и будем предполагать в дальнейшем, не отмечая это особо в тексте.

Присвоим каждому узлу распределенной системы обработки информации вес, соответствующий средней фактической задержке узла (см. рис. 1). В результате данной операции все ребра и вершины графа будут ранжированы величинами одной размерности (время в секундах). Выберем минимальный вес среди всех полученных и поделим на него веса всех ребер и вершин графа. Получим безразмерную **задержку информационных потоков** – нормированные веса, не меньшие 1. Минимальное значение веса 1 будет достигаться на ребре (или в узле), соответствующем каналу связи (узлу) с минимальной задержкой информационного потока. Введенные веса позволяют определить **минимально необходимое** время, которое требуется интеллектуальному агенту, чтобы преодолеть путь между двумя узлами, и как следствие – оценить *расстояние между этими узлами*.

Определим **длину пути** между двумя узлами распределенной систем обработки информации как сумму весов ребер, составляющих этот путь, а также весов узлов, находящихся на этом пути, не включая концевые узлы пути. Пользуясь этим определением, можно вве-

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

сти понятие **расстояния между вершинами графа** – минимальная из длин путей, соединяющих эти вершины.

Введем систему координат распределенной системы обработки информации, для чего определим начало координат и способ определения координат узлов. В качестве точки отсчета возьмем первый узел распределенной системы, где был размещен интеллектуальный агент. Координату узла определим как расстояния между этим узлом и началом координат.

Выбор начала координат эквивалентен фиксации состояния распределенной системы обработки информации в определенный момент времени. Исходя из характера распространения интеллектуальных агентов, логично расширить определение расстояния до узла, а именно – считать расстоянием до узла не просто длину пути между ним и началом координат, а длину пути между ним и **ближайшим узлом, занятым интеллектуальным агентом соответствующего типа**. Это позволяет учесть «волновой» эффект распространения интеллектуальных агентов «вглубь» распределенной системы обработки информации.

Рассмотрим теперь свойства информационных потенциалов, формируемых интеллектуальными агентами в сетевых структурах, соответствующих основным видам топологии сети: шина, звезда, кольцо.

Серьезное влияние на формирование информационного потенциала сетевой среды топологии шина оказывает расположение узла, с которого начинается распространение интеллектуальных агентов. Возможны два случая:

- первый агент размещается на концевом узле;
- первый агент размещается на одном из внутренних узлов.

В случае размещения первого агента на концевом узле дальнейшее распространение агентов происходит последовательно. Таким образом, чтобы достигнуть узел с номером N , агент должен быть предварительно размещен на узле с номером $N - 1$, а также всех узлах с меньшими номерами (см. рис. 2).

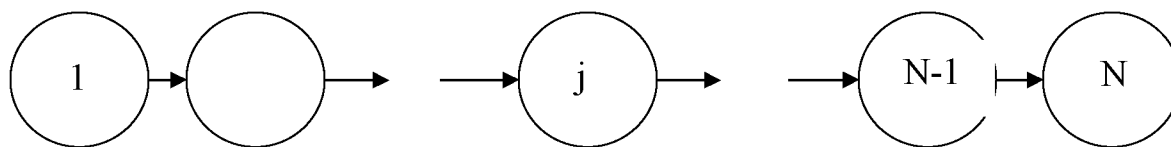


Рис. 2. Распространение контрагентов в сетевой структуре топологии шина

Очевидно, что достижимость узла с номером j напрямую связана с расстоянием от него до концевого узла, с которого началось распространение контрагентов, и **убывает с ростом расстояния**.

При размещении первого агента на одном из внутренних узлов достижимость соседних с ним узлов также убывает с ростом расстояния, однако это убывание распространяется, так же как и сами агенты, уже в обе стороны от узла, на котором был размещен первый интеллектуальный агент. Примерами потенциалов такого вида служат кулоновский потенциал $U = \frac{a}{\rho}, a < 0$ и потенциал центробежных сил $U = \frac{a}{\rho^2}, a < 0$.

При распространении агентов в сетевой структуре топологии звезда (см. рис. 3) также можно выделить два случая:

- первый агент размещается на узле одного из «лучей»;
- первый агент размещается в центральном узле звезды.

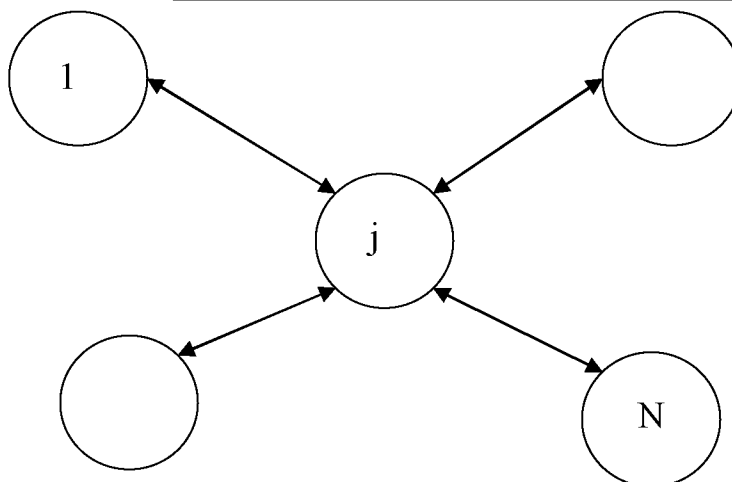


Рис. 3. Распространение контрагентов в сетевой структуре топологии звезда

При размещении первого агента на узле одного из «лучей» дальнейшее распространение агентов происходит только после размещения агента в центральном узле звезды. При этом достижимость центрального узла звезды выше, чем всех остальных узлов сетевой структуры, а достижимости узлов остальных «лучей» **равны** при условии *равноценности используемых технических решений для организации каналов связи и построения самих узлов*.

При размещении первого агента сразу в центральном узле звезды возникает ситуация, когда остальные узлы сетевой структуры равнозначны с точки зрения **достижимости** при условии *равноценности используемых технических решений для организации каналов связи и построения самих узлов*. Примером такого потенциала может служить **равномерный потенциал** $U = a$.

Мы видим, что отличительной особенностью сетевой структуры топологии звезда с точки зрения информационного потенциала является высокая достижимость узлов, а также быстрая трансформация информационного потенциала в равномерный потенциал $U = a$.

При распространении агентов в сетевой структуре топологии кольцо (см. рис. 4) первый агент может быть размещен на произвольном узле кольца. Дальнейшее распространение агентов происходит аналогично случаю, рассмотренному для сетевой структуры топологии шина, – в обе стороны от узла, на котором был размещен первый агент. При этом достижимость узлов уменьшается с ростом расстояния до них.

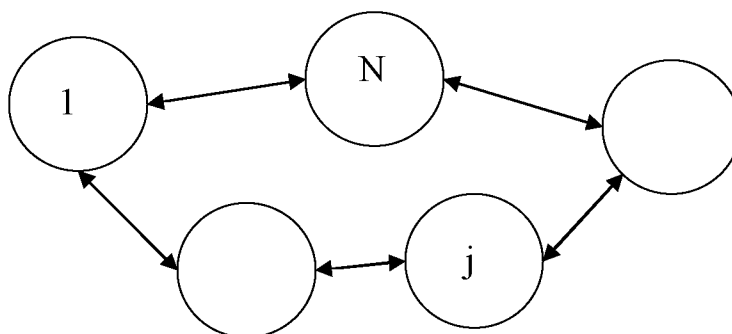


Рис. 4. Распространение контрагентов в сетевой структуре топологии кольцо

Однако, в силу специфики рассматриваемой топологии достижимость узлов уменьшается не безгранично, а только до «критичного» узла, *равноудаленного от концевых узлов той облас-*

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

ти сетевой структуры, которая уже занята контрагентами. Далее достижимость узлов начинает расти вне зависимости от выбранного ранее направления «движения» (с увеличением или уменьшением номера узла). Отметим, что положение «критичного» узла не абсолютно, а зависит от конфигурации и размера области сетевой среды, уже охваченной агентами.

Рассмотренные классические сетевые структуры подтверждают обоснованность выбранного информационно-потенциального подхода, а также дают представление о том, информационные потенциалы каких видов наиболее интересны для исследования с практической точки зрения.

Библиографический список

1. *Козлов В. В.* Релятивистский вариант гамильтонова формализма и волновые функции водородоподобного атома / В. В. Козлов, Е. М. Никишин // Вестник МГУ. – М. : МГУ, 1986. – № 5. – С. 11–20. – (Сер. 1. Матем., мех.)
2. *Приходько М. А.* Проблемы взаимодействия конкурирующих интеллектуальных агентов в распределенных мультиагентных системах обработки информации / М. А. Приходько, Н. И. Федунец // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : МГТУ, 2010. – № ОВ5. – С. 252–260.
3. *Приходько М. А.* Взаимодействие конкурирующих интеллектуальных агентов в распределенных мультиагентных системах обработки информации при экспоненциальном и равномерном возрастании числа контрагентов / М. А. Приходько // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. : МГТУ, 2010. – № ОВ5. – С. 236–251.

УДК 004.021

ПРОБЛЕМА НЕСАНКЦИОНИРОВАННОЙ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

Н.И. Федунец, М.А. Приходько

В работе рассматривается проблема несанкционированной утечки информации в инфокоммуникационных мультиагентных системах. Приводится концепция мультиагентной системы обнаружения и предотвращения несанкционированных утечек информации.

Ключевые слова: *утечка информации, несанкционированная утечка, инфокоммуникационная система, мультиагентная система, распределенная система, агент, контрагент, интеллектуальные агенты, конкурирующие агенты.*

Key words: *leak, unapproved leak, informational communication system, multi-agent system, distributed system, agent, counter-agent, intellectual agents, rival agents.*

В наше время инфокоммуникационные системы зачастую представляют собой большие территориально распределенные комплексы, неоднородные как по составу технических средств, так и используемому программному обеспечению. Задача исследования и моделирования таких систем традиционными методами становится все более трудной, и требует новых подходов для своего решения. Одним из таких подходов является динамично развивающаяся теория мультиагентных систем, позволяющая описать большую инфокоммуникационную систему в виде множества интеллектуальных агентов различных видов, взаимодействующих между собой. Подобное описание помимо своей естественности имеет и другие преимущества: возможность описания и моделирования крупномасштабных динамических организаций компонент и групп компонент, возможность оценки свойств групп компонент, предсказания глобальных свойств системы в целом и ее поведения, и многие другие.