

Г.М. Коротенко, Л.М. Коротенко, А.А. Сподинец
Национальный горный университет

ОСОБЕННОСТИ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ГИБРИДНЫХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ СЕТЕВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Пропонується методика побудови гібридної багатодільової мультиагентної системи моніторингу екосистем в мережі комп'ютерних обчислень. Розглядаються аспекти її проектування, особливості організації, а також критерії, котрим повинна задовольняти ця система.

Введение и постановка проблемы.

Проведение и обеспечение мониторинга окружающей среды в Украине является одной из важнейших задач обеспечения безопасного уровня жизни населения и регламентируется соответствующими правительственными документами [1,2]. Одной из основных и актуальных задач в этой области является создание комплексной компьютеризованной системы государственного мониторинга. На пути построения такой системы (включающей множество подсистем нижнего уровня и, вообще говоря, разной прикладной направленности) существует достаточно много проблем [3]:

–многочисленность организаций, выполняющих близкие по смысловой нагрузке задачи. Например, только мониторингом вод (поверхностных, подземных и др.) в Украине занимается много различных управлений и ведомств, подчиненных разным министерствам. То же касается и задач мониторинга других важных показателей жизнеобеспечения населения;

–различна периодичность сбора данных (одни проводят наблюдения ежедневно, другие – поквартально или вообще раз в год);

–низок уровень компьютеризации и ограничен доступ в Интернет отделов мониторинга во многих регионах страны, а особенно в отдаленных районах;

–постоянно возрастает сложность программных и аппаратных компонентов информационных систем (ИС). При этом, уровень согласованности межсистемных интерфейсов программных продуктов разных фирм-производителей остается достаточно низким, что приводит к необходимости разработки дополнительных программных решений;

–недостаточен уровень знаний и умений работников экологических управлений и организаций при работе с современными системами управ-

ления базами данных, информационными, геоинформационными, а также Веб-технологиями;

–ограничен объем финансирования соответствующих отраслевых организаций в областях и районах, что не дает возможности широкого внедрения мощного компьютерного аппаратного и лицензионного программного обеспечения для создания систем автоматизированного сбора данных наблюдений, оценки и диагностики экологического состояния природных объектов с целью нормирования и поиска причин экологического неблагополучия, а также управления качеством природной среды на территории Украины. Остальные проблемы можно отнести к производным от вышеуказанных.

Анализ последних достижений.

Основной задачей мониторинга является достижение требуемого уровня информационного обеспечения государственного контроля состояния окружающей среды, прогнозирование его изменений и разработка эффективных управленческих решений в области охраны окружающей среды и природопользования [4]. Единая сеть наблюдений в соответствии с территориальной организацией информации по уровням ее сбора и обобщения включает общегосударственный, региональный и локальный уровни. По мнению авторов, на государственном уровне достаточно эффективно функционирует система мониторинга Гидрометеослужбы Украины, а на региональном – система государственного мониторинга поверхностных вод (СГМПВ) Винницкой области [3]. В настоящее время в регионах Украины уже ведется определенная работа, связанная с созданием баз данных и их наполнением, унификацией используемых показателей, совершенствованием моделей, методов и алгоритмов обработки данных экологического мониторинга и т.д. Однако, разнообразие Интернет-ресурсов и провайдеров, существенная гетерогенность программных и аппаратных средств, а также потоков информации в реально существующей инфосфере каждой конкретной СГМПВ вызывает необходимость создания «искусственной экосистемы из программных компонентов», поддерживаемой взаимодействующими между собой интеллектуальными агентами [5]. Изучение и разработка таких мультиагентных систем (МАС) фокусируется на процессах, происходящих в технических или программных комплексах, включающих множество агентов, взаимодействующих между собой. При этом, (1) каждый агент предназначен для решения своей частной задачи, (2) данные в рассматриваемой системе децентрализованы и (3) вычисления асинхронны.

Цель статьи.

Целью работы является разработка концепции и определение основных аспектов проектирования региональной сети экологического мониторинга

на основе мультиагентного подхода. При этом, сеть предполагается гибридной и содержит элементы моделей собственно экологического мониторинга, также программные и сетевые компоненты. Таким образом, на агентов возлагается поддержка всех этих трех уровней гибридной системы. Разделение функций агентов должно осуществляться на основе применения онтологических моделей в МАС для управления информационными потоками между собственно программными агентами и внешними объектами.

Основной материал.

В настоящее время имеется большое количество определений понятия «агент», но в данной работе под агентом будем понимать самостоятельную сущность, имеющую следующие свойства [6]:

- **адаптивность:** способность обучаться и совершенствоваться на основании опыта;
- **автономность:** целенаправленное, проактивное (упреждающее) и самозапускающее поведение;
- **коллективное поведение:** способность взаимодействовать с другими агентами для достижения общей цели;
- **дедуктивные способности:** свойство действовать на основе абстрактной спецификации задания;
- **взаимодействие на уровне знаний:** свойство взаимодействовать с другими агентами на уровне знаний, но не протоколов;
- **мобильность:** свойство самостоятельно мигрировать с одной платформы на другую;
- **индивидуальная особенность:** свойство производить действия в соответствии со своей специализацией;
- **реактивность:** свойство выборочно воспринимать и действовать;
- **временная непрерывность:** постоянство индивидуальных особенностей и состояния.

Собственно МАС можно представить как совокупность интеллектуальных, автономных, взаимодействующих агентов, которые действуют в рамках управления в реальном времени трафиком сети [7]. Этому благоприятствует развитие сети Интернет, которая обеспечивает основу для создания открытого пространства, где агенты могут свободно взаимодействовать друг с другом для достижения как собственных, так и общих целей.

Среди известных постановок задач, так или иначе связанных с разработкой и применением агентов, мультиагентных систем и платформ в настоящей работе ставится задача поддержки компьютерной и интеллектуальной составляющих в задачах экологического мониторинга. Спецификой данных задач является существенная распределенность и гетероген-

ность компонентов мониторинга (компьютеров, баз данных, моделей, алгоритмов и собственно объектов наблюдения) [8,9]. Несомненно, что нижний уровень экологического мониторинга составляют процессы сбора, хранения, первичной обработки и распространения (обмена) разнородной информации, имеющей экологическую значимость и носящей в первую очередь фактографический характер (данные). Соответственно возникает комплекс вопросов, относящихся к технологии обеспечения этих процессов. Это в первую очередь организация сбора данных, создание специализированных и интегрированных баз и банков данных, организация сетевого обмена данными, организация технологий контроля и обработки данных. Следующий уровень экологического мониторинга должны составлять информационные технологии, поддерживающие и обеспечивающие генерацию, накопление и обмен экспертными знаниями, имеющими экологическую ценность. По существу речь идет о создании информационных технологий, поддерживающих процессы построения экспертами в различных предметных областях концептуальных и алгоритмических моделей. Именно здесь должна получаться выход в наиболее удобных формах представления экологическая информация, носящая характер данных, осуществляться ее аналитическая обработка и происходить генерация знаний в форме различных моделей. И, наконец, верхний уровень экологического мониторинга составляют информационные технологии, ориентированные собственно на процессы принятия решений. Речь идет о внедрении на этом уровне систем поддержки принятия решений, включенных в информационную сеть.

Для решения поставленной задачи необходимо от понятия хостинга Веб-сервисов, нацеленного на размещение Веб-серверов в местах, предоставляющих всю необходимую инфраструктуру (отказоустойчивый доступ в Интернет, системы питания с резервированием, системы вентиляции и т.д.), перейти к понятию «приближенный хостинг» (proximity hosting), нацеленного, в первую очередь, на размещение серверов/сервисов в непосредственной близости к объекту обработки (хранилищам данных, источникам сигналов и т.д.). Потребности в «приближенном хостинге» пока возникают не часто – такая ситуация сформировалась под влиянием высокой стоимости подобных услуг, поскольку места размещения источников данных накладывают условия, усложняющие возможность размещения сторонних систем обработки (элементарная нехватка места в помещениях, ограничения связанные с безопасностью и т.д.). Это заставляет заказчиков и проектировщиков отказываться от подобных подходов при разработке таких систем.

Однако, при использовании концепции мультиагентных систем, подход «приближенного хостинга» предоставляет ряд преимуществ:

- сокращение времени обработки данных за счет отсутствия задержек при их передаче;
- значительное снижение нагрузки в линиях связи;
- ускорение обработки данных, что бывает весьма критично для некоторых типов приложений.

В этом случае достаточно использовать исполняемые программы (агенты), а не сервер. Оптимальной, с точки зрения эффективности разработки таких систем, является – JADE (Java Agent DEvelopment Framework – платформа разработки Java-агентов) [10], свободно распространяемая агентная платформа, полностью удовлетворяющая требованиям швейцарской организации FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) [11].

Разработки, использующие агентную платформу JADE должны носить характер дополнения функциональных возможностей, а не изменения уже существующих. Такой подход позволяет сохранить совместимость на уровне стандартов FIPA с другими решениями и, возможно, платформами. Кроме решения вопросов совместимости такой подход также устраняет и ряд других проблем:

- неизменность кода JADE позволяет обновлять платформу без дополнительных затруднений, связанных с внесением изменений в новые версии JADE;
- изменения, внесенные в JADE, автоматически подчиняются лицензии GPL, а это позволяет создавать коммерческие продукты, не нарушая лицензионного соглашения.

Для решения проблем экологического мониторинга и управления информационными системами на основе мультиагентного подхода предлагается доработка JADE по следующим направлениям:

- дополнение JADE Веб-интерфейсом, обладающим свойствами встроенной системы управления, системой разделенного доступа и управления, а также системой мониторинга платформы;
- исследования JADE с точки зрения безопасности, с детальной проработкой вопросов взаимодействия агентов, монополизации ресурсов, стабильности платформы, устойчивости к атакам.

Доработка JADE даст прочную основу для разработок в сфере мониторинга и управления информационными системами. Здесь большинство проблем сосредоточено вокруг возрастающего значения «человеческого фактора». Информационные системы постоянно усложняются и предъявляют всё большие требования к обслуживающему персоналу, который все реже отвечает таким требованиям. Поэтому, большую часть их функций следует возложить на агентов.

Для разграничения и конкретизации задач, выполняемых агентами в инфосфере мониторинга, используются т.н. онтологии [12, 13]. В широком

смысле слова онтологии являются моделями данных, описывающих предметную область в виде, пригодном для компьютерной обработки. В данном контексте понятие «онтология» большинством исследователей определяется как «формальная, точная спецификация совместно используемой концептуализации» и включает в себя словарь понятий и терминов для описания предметной области и набор логических высказываний, формулирующих существующие в данной предметной области ограничения и определяющие интерпретацию словаря. В зависимости от области применения онтологии могут подразделяться на: (1) онтологии представления, (2) общие (родовые) онтологии, (3) промежуточные онтологии, (4) онтологии верхнего уровня, (5) онтологии предметных областей, (6) онтологии задач и (7) онтологии-приложения [12]. Как показали исследования [14] развитие агентно-онтологического подхода позволяет упростить архитектуру ИС, а также повысить параллельность и распределенность работы всей системы в целом.

Таким образом, решение, включающее в себя элементы экспертных систем, баз знаний, программных агентов, разработанных на базе интероперабельной мультиагентной платформы для обеспечения поддержки основных функций в распределенных и гетерогенных сетях должны усовершенствовать механизм управления инфосферой мониторинга экологических систем, техногенных объектов и природно-хозяйственных систем [15].

Выводы.

Разработанная концепция, а также основные аспекты и элементы проектирования региональных сетей экологического мониторинга на основе мультиагентного подхода могут быть использованы для создания спецификаций, информационных моделей и прототипов элементов специализированных мультиагентных систем для различных предметных областей. В целом, это позволит:

- повысить уровень организованности в процессах сбора, накопления и транспортировки данных мониторинга на разных уровнях их обработки;
- усовершенствовать интеллектуальные и информационные модели организации и обработки данных;
- разработать средства мониторинга и управления сетевыми компонентами аппаратного и программного обеспечения в задачах экологического мониторинга, а также некоторые другие.

Библиографические ссылки

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 20 липня 1996 р. № 815 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» із змінами і доповненнями, внесеними постановами Кабінету Міністрів України від 24 вересня 1999 року № 1763, від 28 вересня 2000 року № 1481.

2. Постанова Кабінету Міністрів від 30.03.98 р. № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» із змінами і доповненнями.
3. **Мокін В.Б.** Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми. Монографія / В.Б. Мокін, М.П. Боцула, Г.В. Горячов, О.В. Давиденко, А.І. Катасонов, А.Р. Ящолт / Під ред. В.Б. Мокіна. – Вінниця: «УНІВЕРСУМ–Вінниця», 2005. – 310 с.
4. **Гуляев В.М.** Мониторинг окружающей среды: Учеб. для ВУЗов. - Днепропетровськ: Дніпро-VAL, 2006. – 369 с.
5. **Abdallah S., Lesser V.** Multiagent Reinforcement Learning and Self-Organization in a Network of Agents // In Proceedings of the International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS). – 2006. – P. 209-216.
6. **Wooldridge, Michael.** An Introduction to MultiAgent Systems. – N.Y.: John Wiley & Sons Ltd, 2002. – 366 p.
7. **Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В.** Многоагентные системы (обзор). WEB-сайт (Электронн. ресурс) / Способ доступа: URL: <http://www.raai.org/library/ainews/1998/2/GGKHMAS.ZIP>
8. **Коротенко Г.М., Власова Т.С.** Эколого-экономический мониторинг в решении проблем зон экологического риска // В кн.: Сб. научн. трудов Национальной горной академии Украины. – 2002. – № 13. – т.1. – С.231-235.
9. **Korotenko G., Korotenko L., Vlasova T.** About a place of virtual machines in models of ecological analysis // Науковий вісник НГУ. – 2006. – № 5. – С. 91-94.
10. **Fabio Belfemine, Agostino Poggi, and Giovanni Rimassa.** JADE – A FIPA-compliant agent framework // In Proceedings of the 4th International Conference on the Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems (PAAM-99), pages 97–108, London, UK, 1999. The Practical Application Company Ltd. WEB-сайт (Електронн. ресурс) / Способ доступа: URL: <http://sharon.csel.it/projects/jade/PAAM.pdf>
11. The FIPA Standard for Interoperating Software Agents. The Foundation for Intelligent Physical Agents, 2000. WEB-сайт (Електронн. ресурс) / Способ доступа: URL: www.fipa.org
12. **Больных А.А.** Построение онтологической модели компонентов информационной системы. WEB-сайт (Електронн. ресурс) / Способ доступа: URL: <http://nit.miem.edu.ru/2004/section/3/90.htm>
13. **Келеберда И.Н., Лесная Н.С., Репка В.Б.** Использование мультиагентного онтологического подхода к созданию распределенных систем дистанционного обучения // Educational Technology & Society (ISSN 1436-4522). – 2004. – Vol. 7(2). – С. 190-205.
14. **Курдюков А.А.** Интеллектуальные агенты и их применения в инженерном проектировании. WEB-сайт (Електронн. ресурс) / Способ доступа: URL: <http://lab18.ipu.rssi.ru/labconf/article.asp?num=3>
15. **Плотницкий С.В.** Модель базы данных природно-хозяйственных территориальных систем локального и регионального уровня управления // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И.Вернадского. Серия «География». Том 20(59). – 2007. – № 1. – С. 157-170.

Коротенко Г.М., Коротенко Л.М., Сподинец А.А. Особенности онтологического моделирования при создании гибридных мультиагентных систем сетевого экологического мониторинга // Питання прикладної математики і математичного моделювання. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту ім. Олесь Гончара, 2008. – С. 147-153.