

Многоагентный подход к формированию единой геоинформационной среды

Г. В. Верхова¹, С. В. Акимов²

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

¹galina500@inbox.ru, ²akimov-sv@yandex

Аннотация. В статье изложены результаты исследований в области формирования единой геоинформационной среды. Концепция геоинформационной среды является развитием концепции киберсреды виртуальных предприятий, которая формируется из агентов трех типов: физических лиц, юридических лиц и техногенных объектов, путем внедрения в нее геоинформации. Геоинформационная киберсреда обеспечивает инструментарий, в максимальной степени подходящий для автоматизации процессов управления пространственно распределенными объектами.

Ключевые слова: киберсреда; многоаспектная геоинформационная модель; виртуальное предприятие; виртуальная организация; геоинформационная среда

I. ВВЕДЕНИЕ

Эффективное функционирование современного общества требует наличия механизмов информационного обмена между отдельными участниками, социальными группами и техногенными объектами, объединенными в единую киберфизическую среду [1]. Такая среда является развитием и объединением интернета, всемирной паутины и интернета вещей, включая промышленный интернет вещей. Формирование единой киберфизической среды стало возможным благодаря успехам в области радиоэлектроники, сделавшими общедоступными и широко распространенными высокотехнологические устройства, положенные в ее основу.

Обеспечение эффективного функционирования государственных, коммерческих и социальных структур, экономического роста, повышения уровня благосостояния и безопасности граждан требует наличия:

- актуальной информации о состоянии техногенных объектов, окружающей среды и социально-экономических систем;
- механизмов консолидации, обработки и отображения информации в реальном масштабе времени об объектах мониторинга и управления на базе технологии цифровых двойников [2–5];
- возможности восстановления информации о состоянии отдельных природных и техногенных объектов и систем на любой заданный момент или промежуток времени;
- технологии прогнозирования обстановки в экосистемах, антропогенных объектах и географических районах (регионах, территориях);

- автоматизации поддержки принятия оперативных и стратегических управленческих решений на основе актуальной информации и прогнозных данных об объектах мониторинга и управления различных уровней разукрупнения (техногенный объект, географическая территория, географический район, географический регион).

Данные требования могут быть удовлетворены в полном объеме только в рамках единой геоинформационной киберсреды, созданной на основе многоагентного подхода, и являющейся развитием концепции киберсреды постиндустриального общества [6].

Целью статьи является изложение результатов исследований в области формирования единой геоинформационной киберсреды постиндустриального общества. Концепция геоинформационной среды является развитием концепции киберсреды виртуальных предприятий, которая формируется из агентов трех типов: физических лиц, юридических лиц и техногенных объектов, путем внедрения в нее геоинформации. Геоинформационная киберсреда призвана обеспечить инструментарий, который в максимальной степени соответствует решению задач автоматизации процессов управления пространственно распределенными объектами, включая географически распределенные предприятия и организации, географические территории, районы и регионы.

II. КИБЕРСРЕДА ВИРТУАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Виртуальное предприятие [7–8] представляет собой временное или постоянное объединение географически распределенных экономических субъектов, которые объединяются для консолидации навыков, ключевых компетенций и ресурсов с целью максимизации бизнес-возможностей, используя преимущественно электронные средства коммуникаций. Виртуальное предприятие является частным случаем виртуальной организации [9], которая представляет собой временным или постоянным объединением географически распределенных физических лиц, коллективов, организационных единиц и организаций, которые используют для организации производственного процесса современные телекоммуникационные технологии. Виртуальные предприятия и организации базируются на технологии виртуальных предприятий, основу которой должна составить киберсреда виртуальных предприятий [1, 6].

Киберсреда виртуальных предприятий (CE) обеспечивает функционирование и информационное взаимодействие трех видов агентов, между которыми установлены темпоральные связи шести типов (рис. 1):

$$CE = \langle P, B, M, P2P, B2B, M2M, P2B, P2M, B2M \rangle, \quad (1)$$

где:

P – физическое лицо;

B – коллектив физических лиц, включая организационные единицы и организации (юридические лица);

M – цифровой двойник;

P2P – связь «физическое лицо – физическое лицо»;

B2B – связь «коллектив – коллектив»;

M2M – связь «цифровой двойник – цифровой двойник»;

P2B – связь «физическое лицо – коллектив»;

P2M – связь «физическое лицо – цифровой двойник»;

B2M – связь «коллектив – цифровой двойник».

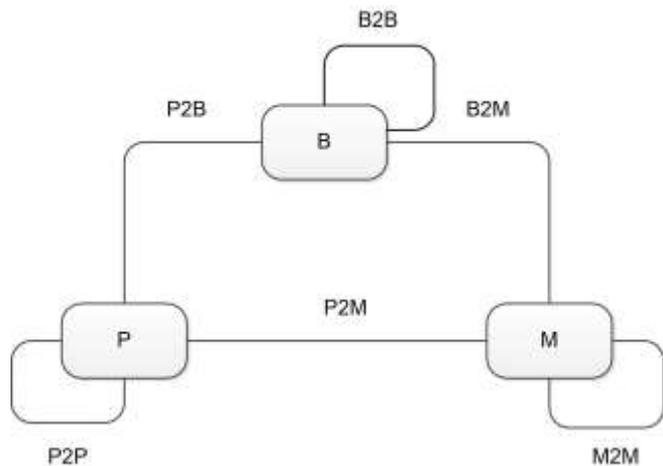


Рис. 1. Агенты киберсреды виртуальных предприятий

Агенты и связи между ними образуют темпоральную семантическую сеть, отражающую реальные связи между субъектами и объектами, представленные агентами в киберсреде виртуальных предприятий (1). В зависимости от типа связь может быть как ненаправленной, так и направленной. Если связь является направленной, то она всегда направлена от агента A1 к агенту A2 (2). Связь является темпоральной, ввиду чего содержит время начала действия связи, и время прекращения действия связи (для связи, которая уже не является актуальной).

$$Link = \langle A_1, A_2, Type, t_1, t_2, A_{Link}, Status \rangle, \quad (2)$$

где:

A_1, A_2 – агенты, между которыми установлена связь;

Type – тип связи;

t_1 – время установления связи;

t_2 – время прекращения действия связи;

A_{Link} – множество атрибутов связи;

Status – статус связи (требует подтверждения (после подачи запроса на установление связи), активная связь (после подтверждения), завершенная связь);

Между двумя агентами может быть установлено неограниченное число связей различного типа, которые характеризуют отношения между данными агентами в различные промежутки времени (рис. 2).



Рис. 2. Связи между агентами

Типы связи зависят от типов агентов, которых они связывают. Примерами типов связей являются:

- для связи типа *P2P*: коллеги, начальник – подчиненный, равноправные партнеры, старший партнер – младший партнер;
- для связи типа *B2B*: нижестоящее структурное подразделение – вышестоящее структурное подразделение; ассоциация – член ассоциации; партнерские организации;
- для связи типа *P2B*: сотрудник – структурное подразделение; член группы – группа.

Киберсреда виртуальных предприятий строится на трех базовых принципах:

- агентности;
- информационного самообслуживания;
- управляемой информационной открытости.

Принцип агентности предполагает независимую регистрацию участников в киберсреде. С точки киберсреды все участники являются равноправными. Физические лица регистрируются в системе самостоятельно, создавая собственного агента *P* (1). Агента коллектива физических лиц (организационной единицы и юридического лица) *B* создает уполномоченное лицо, которому делегируются полномочия управления данным агентом. То же самое справедливо и для цифрового двойника *M*, который является агентом некоего техногенного объекта.

Все связи между агентами (2) устанавливаются по запросу. Изначально статус связи устанавливается как «требуется подтверждения». Активация связи требует подтверждения со стороны второго агента, после чего, ее статус устанавливается как «активная связь». После того, как связь перестала быть актуальной, ее статус приобретает значение «завершенная связь» (рис. 3)

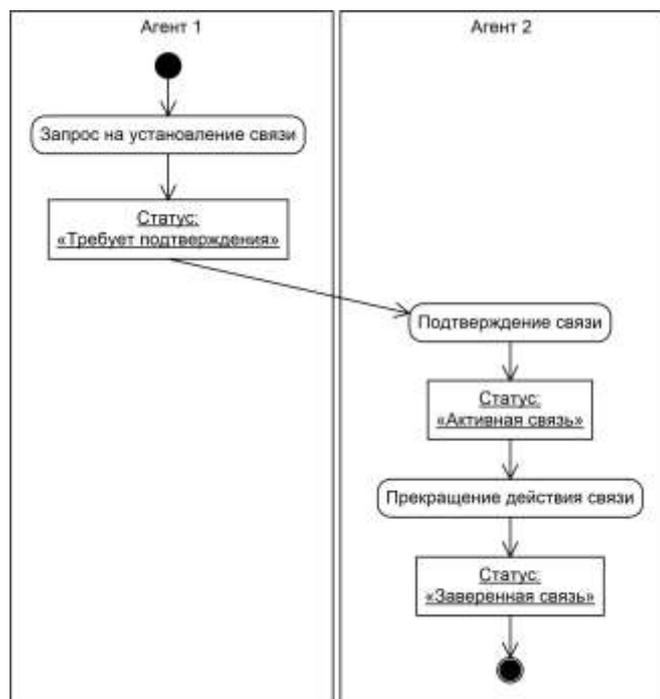


Рис. 3. Жизненный цикл связи между агентами киберсреды виртуальных предприятий

Участники киберсреды могут устанавливать связи и реализовывать информационное взаимодействие вне зависимости от того, в какой локальной киберсреде они находятся. В этом смысле киберсреды являются интероперабельными и прозрачными для информационного взаимодействия между агентами (рис. 4).

Принцип информационного самообслуживания подразумевает занесение информации в киберсреду виртуальных предприятий ее непосредственными обладателями, которые являются заинтересованными лицами в ее распространении для ограниченного или неограниченного круга лиц. Данный принцип гарантирует высокую степень актуальности и полноты информации, устраняя потребность в посредниках, участвующих в сборе, первичной обработке и представлении информации, как это происходит в современных корпоративных информационных системах.

Управляемая информационная открытость подразумевает свободное распространение информации на основе набора лицензий, накладывающих ограничения на распространение, а также модификацию и удаление информации. Возможность изменения типа лицензии на опубликованный информационный ресурс может быть ограничена с целью предотвращения нарушения

целостности информационных связей и информационных ресурсов, в которые внедрен исходный информационный ресурс.

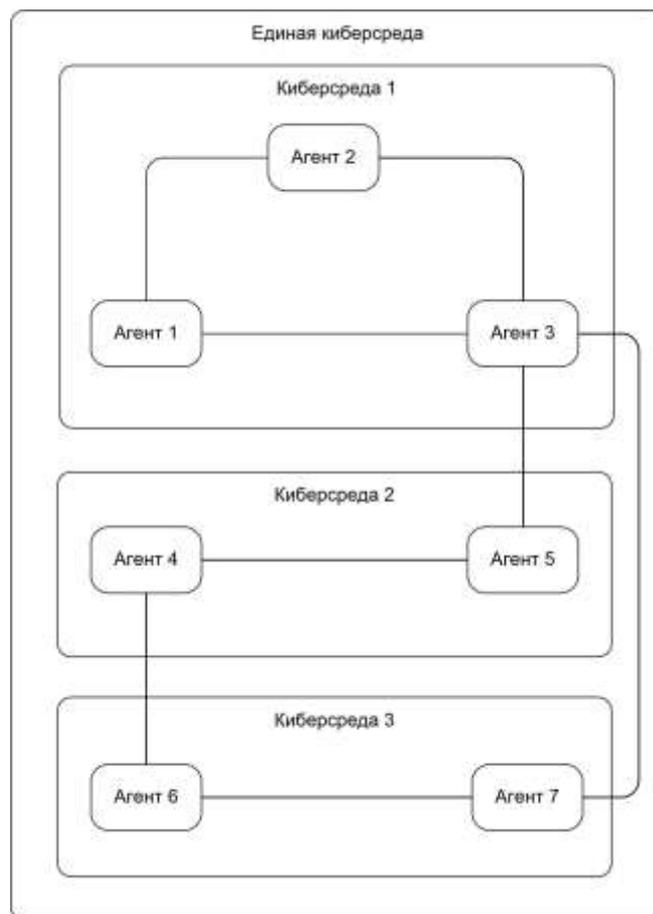


Рис. 4. Объединение отдельных киберсред в единую киберсреду виртуальных предприятий

III. МНОГОАСПЕКТНОЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Многоаспектное геоинформационное моделирование представляет собой развитие геоинформационных методов и технологий, используемых в современных геоинформационных системах (ГИС). Геопространственные данные представляют собой отдельный аспект географически распределенного объекта, поэтому геопространственные аспекты необходимо рассматривать наряду с другими аспектами в рамках единой многоаспектной модели, обеспечивающей целостное представление информации об объекте. Многоаспектные геоинформационные модели позволяют сместить аспекты со слоев, используемых в современных ГИС, на геоинформационные аспекты, обеспечив системное представление информации в рамках единой многоаспектной модели.

В многоаспектном моделировании рассматриваются следующие виды пространств [1]: структурно-параметрическое (SP), функционально-алгоритмическое (FA), связующее и мультимедийное. Геокоординатные

данные (GD) отражают пространственные аспекты географически-распределенных объектов и могут быть отображены на структурно-параметрическое пространство многоаспектного моделирования:

$$GD \rightarrow SP. \quad (3)$$

Алгоритмы преобразования координат, применяемые в геоинформационных системах (Alg_{GIS}), отображаются на функционально-алгоритмическое пространство многоаспектных моделей:

$$GD \rightarrow SP. \quad (4)$$

Из выражений (3) и (4) следует, что геопространственная информация может быть представлена с помощью комплексных моделей [1], являющихся разновидностью многоаспектных моделей. Учитывая, что интегративные модели обеспечивают решение задач проектирования и управления, многоаспектные геоинформационные модели могут быть использованы на всех этапах жизненного цикла.

IV. ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ КИБЕРСРЕДЫ

Формирование единой геоинформационной среды носит ярко выраженный междисциплинарный характер. Методы многоаспектного геоинформационного моделирования интегрированы в общую методологию многоаспектного моделирования. Единая геоинформационная киберсреда создается путем интеграции в киберсреду виртуальных предприятий цифровых двойников географически распределенных объектов (рис. 5).

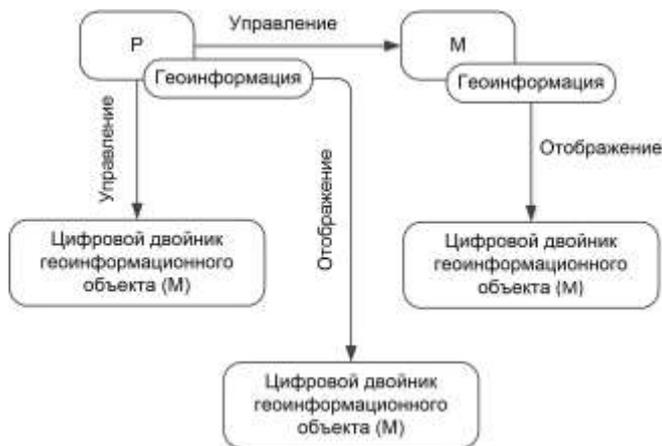


Рис. 5. Агенты единой геоинформационной киберсреды

Цифровые двойники географически распределенных объектов являются подклассом агентов – цифровых двойников M . Цифровые двойники географически распределенных объектов помимо геопространственных аспектов отображают все аспекты, значимые для решения прикладных задач, связанных с управлением и

мониторингом данных объектов на всех этапах жизненного цикла.

В единой геоинформационной киберсреде помимо агентов, являющихся цифровыми двойниками географически распределенных объектов, для агентов всех видов добавляется информационный блок, отражающий геоинформационные аспекты в виде геоданных. Введение такого информационного блока позволит выполнить привязку агентов к геоинформационным моделям.

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлен многоагентный подход к формированию единой геоинформационной киберсреды. Показано, что единая геоинформационная среда создается путем интеграции в киберсреду виртуальных предприятий многоаспектных геоинформационных моделей природных, техногенных и антропогенных объектов, представленных в виде цифровых двойников. Геоинформационная киберсреда обеспечит интеграцию геоинформации в единую киберсреду постиндустриального общества, а также автоматизацию управления пространственно распределенными объектами на всех этапах жизненного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Акимов С.В., Верхова Г.В., Меткин Н.П. Теоретические основы CALS. СПб: Издательство СПбГУТ, 2018. 263 стр.
- [2] Brylina O.G., Kuzmina N.N. Osintsev K.V. Modeling as the Foundation of Digital Twins // 2020 Global Smart Industry Conference (GloSIC), Chelyabinsk, Russia, 2020. P. 276-280.
- [3] Акимов С.В., Верхова Г.В. Технология цифровых двойников в мониторинге и управлении // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2019). сборник научных статей VIII Международной научно-технической и научно-методической конференции: в 4 т. 2019. С. 36-41.
- [4] Lin W.D., Low M.Y.H. Concept Design of a System Architecture for a Manufacturing Cyber-physical Digital Twin System // 2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore, 2020. P. 1320-1324.
- [5] Strelets D.Y., Serebryansky S.A., Shkurin M.V. Concept of Creation of a Digital Twin in the Uniform Information Environment of Product Life Cycle. 2020 13th International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD), Moscow, Russia, 2020. P. 1-4.
- [6] Акимов С.В., Меткин Н.П. Концепция создания единой киберсреды постиндустриального общества // Вопросы радиоэлектроники. 2015. № 2. С. 29-46.
- [7] Berko A., Chyrun L., Dyyak I., Andrunyk V., Chyrun L., Antonyuk N. E-Commercial Systems Designing Methods for Virtual Enterprise. 2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Zbarazh, Ukraine, 2020. P. 119-124.
- [8] Pavlenko V., Shostak I., Morozova O., Danova M. Information support for business processes at virtual enterprises with multi-agent technologies. 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Kiev, 2018. P. 526-533.
- [9] Guamushig T., Lopez C., Santorum M., Aguilar J. Characterization of a Fourth Generation Virtual Organization Based on Industry 4.0. 2019 International Conference on Information Systems and Software Technologies (ICI2ST), Quito, Ecuador, 2019. P. 182-186.