

РАЗВИТИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭПОХУ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

А.А. Готов (Компания "Совзонд")

Проанализированы изменения в архитектуре геоинформационных решений, связанные с появлением концепции Интернета вещей.

Ключевые слова: Internet of Things, геоинформационные технологии, интеграция, location-environment.

Активное развитие технологий сбора обработки и передачи информации в последние годы привело к появлению Интернета вещей (Internet of Things, IoT) — концепции развития вычислительных сетей, включающей технические устройства, оснащенные технологиями для взаимодействия как друг с другом, так и с внешней средой без участия человека [1]. Отметим, что системы Интернета вещей в общем случае являются частью коммуникативных систем более высокого порядка, которые включают и человека.

Определим Интернет вещей как взаимосвязанную и взаимодополняющую систему устройств, сенсоров (датчиков), вычислительных узлов, решающих задачи сбора, анализа и доставки информации и услуг до потребителя с определенными временными и функциональными ограничениями.

Можно сказать, что IoT — это новая парадигма развития информационно-телекоммуникационных технологий и информационно-аналитических систем, а также геоинформационных систем как их частного случая. Методологические аспекты Интернета вещей и геоинформационного Интернета вещей рассмотрены в работах [2, 3, 4]. К числу характерных для данной парадигмы черт относятся: связность, гетерогенность, динамичность [5].

Архитектура геоинформационных решений IoT

На основании различия в возможностях хранения и обработки данных, в архитектуре информационно-телекоммуникационной инфраструктуры IoT можно выделить два класса программно-аппаратных элементов:

- клиентские приложения (датчики, мобильные и безинтерфейсные устройства);
- облачные вычислительные системы — “узлы IoT”.

Клиентские геоинформационные приложения IoT обладают рядом отличительных черт.

1. Высокая скорость доведения информации до потребителя.

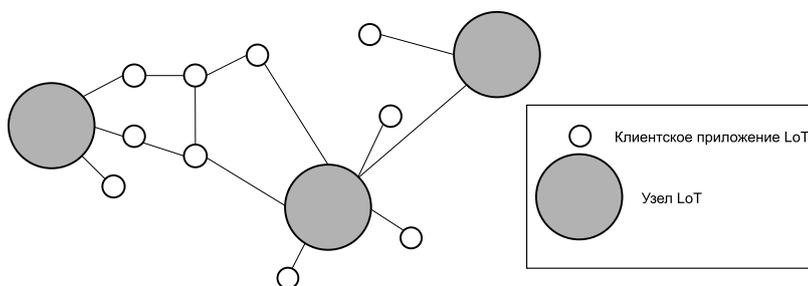


Рис. 1. Пример архитектуры IoT

2. Ограниченные возможности вычисления, интеграции данных и моделирования.

3. Потребность в высокой степени связности с другими элементами IoT для расширенной аналитики.

Геоинформационные узлы IoT по сути характеризуются противоположным набором черт.

1. Большие по сравнению с клиентским приложением временные затраты на доведение информации до потребителя.

2. Расширенные возможности анализа, обработки информации, а также моделирования за счет интеграции данных из различных источников.

3. Поддержка потокового режима обработки информации.

В общем случае IoT можно представить как граф (рис. 1.). При этом степень связности графа зависит от характера взаимодействия элементов IoT.

В ситуациях, когда информация носит статический характер, вопрос вычислений с привлечением узлов IoT менее критичен, в обратной ситуации архитектура требует высокой степени связности и доступа клиентских приложений к узлам IoT.

Исходя из графового представления геоинформационных систем IoT можно выделить три основных типа связей и взаимодействия: “клиент-клиент”, “узел-узел”, “клиент-узел” (“узел-клиент”).

Технологические тенденции и их влияние на ГИС

Стратегический вектор развития информационно-аналитических и геоинформационных технологий определяется двумя основными направлениями [6]: минимизация времени между измерениями параметров объективной реальности с помощью датчиков и сенсоров и принятием управленческого решения субъектом управления; повышение точности и полноты информационного обеспечения принятия управленческих решений за счет развития как измерительного оборудования, так и формирования систем наблюдения (группировки космических аппаратов и др.).

Минимизация времени принятия управленческих решений достигается за счет:

- переноса вычислений на сторону клиента, где это возможно и целесообразно (не очень ресурсозатратные вычисления, высокочастотные данные, задачи с критичным временем реакции), в том числе алгоритмов машинного обучения с использованием глубоких ней-

ронных сетей (<https://caffe2.ai/docs/mobile-integration.html>). Данная тенденция приводит к возрастанию роли мобильных геоинформационных решений, технологий хранения геоданных и технологий машинного обучения на клиентском устройстве;

- построения интеллектуальных агентов, роботизированных систем, позволяющих собирать и обрабатывать информацию непосредственно на месте сбора. Например, появляется принципиально новая технологическая возможность сбора спектральных образов природных и антропогенных объектов средствами беспилотных летательных аппаратов с их дальнейшей передачей на узел IoT, который использует данную информацию для классификации данных дистанционного зондирования Земли и повышения качества алгоритмов распознавания образов;

- повышения вычислительных возможностей узлов IoT в направлении использования распределенных систем хранения и обработки геопространственных данных (решения на базе экосистемы Hadoop для геопространственной информации — GeoMesa и GeoWave);

- развития концепции гибридных “туманных вычислений”, когда для решения геопространственной задачи задействованы и клиентское приложение, и сервер [7];

- повышения скорости сетевого обмена информацией (развитие информационно-телекоммуникационной инфраструктуры IoT);

- активного развития и внедрения когнитивных средств доставки информации (интерфейсы) и развитие “безинтерфейсных” устройств (аудиодатчики и т.п.) — более быстрое восприятие доводимой информации потребителем.

Повышение точности принятия решений требует более точного моделирования поведения объекта управления, что проявляется в следующих стратегических направлениях развития геоинформационных систем:

- интеграция и обогащение данных с целью повышения признакового пространства, описывающего объект управления;

- развитие методологических подходов объектно-ориентированной и проблемно-ориентированной интерпретации информации (достигается за счет развития интеллектуальных технологий — инженерия знаний, машинное обучение, построение и верификация гипотез и др.);

- повышенные требования к интегрируемости различных информационных систем, программным интерфейсам разработки приложений и т.п.

Таким образом, все активнее проявляется конвергенция технологий и различных классов информационных систем — ГИС перестает существовать как

самостоятельный класс, идет интеграция систем различных классов на базе объектно-ориентированного и предметно-ориентированного подходов.

Классификация геоинформационных решений IoT по модели location-environment

Основные архитектурные подходы к построению геоинформационных систем и сервисов в рамках концепции IoT целесообразно рассматривать с позиции методологического подхода “местоположение — пространственная среда” (location — environment).

Под *местоположением* в данном контексте понимается целевой объект или участок территории, для которого разрабатывается геоинформационная система или сервис. При этом *пространственная среда* — окружение местоположения, пространственный контекст, с которым оно находится во взаимодействии.

Архитектурная специфика геоинформационных систем определяется степенью динамичности среды. Высокая динамичность пространственного контекста требует высокой степени связности с вычислительными узлами IoT. Исходя из данного подхода, формируется несколько стратегий построения архитектуры геоинформационных решений IoT.

1. *Динамичное местоположение + статическая среда*. Оптимальным архитектурным решением является создание клиентского (мобильного) геоинформационного приложения с периодической (в зависимости от степени изменения параметров пространственной среды) репликацией данных о среде и низкой связностью с узлами IoT. В качестве примера подобного подхода можно привести мобильное приложение 2GIS.

2. *Динамичное местоположение + динамичная среда*. В данной ситуации оптимальное решение — это клиентское приложение с высокой степенью связности с узлами IoT. Примером выступают геоинформаци-

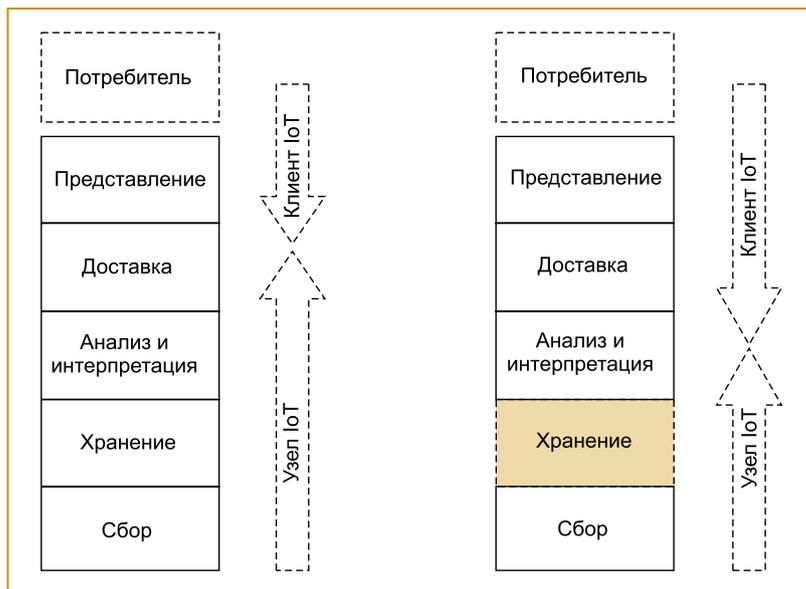


Рис. 2. Технологические слои работы с данными и их делегирование клиентскому приложению

онные Web-сервисы и мобильные приложения, используемые для принятия управленческих решений с динамичной информацией — “Яндекс.Карты” с информацией по автомобильным пробкам.

3. *Статичное местоположение + статичная среда.* Самая простая ситуация, представляющая собой, стандартные статичные геоинформационные системы с редко обновляемой информацией.

4. *Статичное местоположение + динамичная среда.* Классическим примером данного архитектурного подхода являются мониторинговые системы конкретных пространственных объектов (особо охраняемые природные территории, участки добычи полезных ископаемых и т. п.)

Понятие о технологических слоях геоинформационных технологий

В архитектуре геоинформационных систем выделяют ряд технологических слоев, решающих задачи определенной стадии обработки информации.

1. *Слой сбора данных* — представляет собой набор коннекторов к источникам данных (СУБД, API, средства синтаксического сбора данных с HTML-ресурсов и т. п.), по сути это функциональный компонент, отвечающий за подключение и загрузку данных в геоинформационную систему.

2. *Слой хранения данных* — непосредственные технологии хранения геопространственных данных. Как правило, это СУБД и файловые хранилища.

3. *Слой обработки и анализа данных* — алгоритмы обработки и анализа, предназначенные для получения новой информации.

4. *Слой доставки информации* — технологические решения по доведению информации до потребителя: средства картографического рендеринга, технологии репликации и передачи данных.

5. *Слой представления информации* — решения по визуализации и построению интерфейсов.

Также в рамках данного подхода целесообразно рассматривать шестой слой — пользовательский, который не является технологическим, но отражает тенденции развития рынка и органически дополняет технологические слои в рамках полной функции анализа данных.

Традиционные геоинформационные решения (рис. 2, левая часть схемы) характеризуются тем, что большая часть технологических слоев размещена на геоинформационных узлах, клиентскому приложению делегирована лишь визуализация информации.

Переход ГИС-технологий в фазу “Интернета вещей” (рис. 2, правая часть схемы) приводит к ряду изменений:

— большая часть функций технологических слоев по обработке информации делегируется клиентскому приложению IoT, в частности, все больше возможностей по картографической стилизации и аналитике (развитие технологии векторных картографических

тайлов, развитие алгоритмов машинного обучения на мобильных операционных системах);

— снижается роль слоя хранения информации из-за возрастания доли решений с потоковой обработкой информации (например, Spark Streaming);

— изменение порядка следования слоев доставки и анализа информации — информация доставляется клиентскому приложению, где осуществляется ее анализ.

Выводы

1. Геоинформационные системы перешли на новый этап своего развития — “Интернет вещей”.

2. Геоинформационные решения разбиваются на два доминирующих класса — клиентские приложения и облачные геоинформационные платформы и сервисы (“узлы” IoT).

3. «Узлы» IoT обладают стратегическим преимуществом по сравнению с клиентскими компонентами в части интеграции данных и углубленного анализа.

4. Изменяются акценты в распределении функций работы с информацией: все больше возможностей переносится на клиентское приложение, “узлы” решают сложные задачи вычисления и моделирования, связанные с интеграцией информации из различных источников.

5. Все развитие ГИС-технологий строится вокруг двух базовых направлений: минимизация времени между измерением параметров объективной реальности и повышением точности моделирования.

6. Наблюдается конвергенция различных классов геоинформационных систем; ГИС перестают существовать в качестве обособленного класса.

Список литературы

1. Ashton K. That “Internet of Things” Thing. In the real world, things matter more than ideas. URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>.
2. Evans D. Internet of Things. How the next evolution of the Internet is changing everything//Cisco White Paper. Cisco Internet Business Solutions Group, April 2011.
3. Internet of things as a methodological concept. Bari N., Mani G., Berkovich S. (2013) Proceedings - 2013 4th International Conference on Computing for Geospatial Research and Application, COM.Geo 2013, , art. no. 6602039 , pp. 48-55.
4. Nevat I., Peters G. W., Avnit K., Septier F., Clavier L. Location of Things: Geospatial Tagging for IoT using Time-of-Arrival//IEEE Transactions on Signal and Information Processing over Networks Year: 2016, Vol. 2, Issue: 2, pp. 174-185.
5. Бондарик В.Н., Кучерявый А.Е. Прогнозирование развития Интернета Вещей на горизонте планирования до 2030 г. // Труды МФТИ. 2013. Том 5. № 3. - С.92-96.
6. Глотов А.А. Интеллектуализация геоинформационных систем: подходы и направления. Геоматика. Москва. 2015. С. 18-24.
7. Паниди Е.А. О внедрении концепции туманных вычислений в составе инфраструктур пространственных данных//Интеркарто/Интергис. 2016. Т. 22. № 1. С. - 42.

Глотов Алексей Александрович — канд. геогр. наук, руководитель отдела разработки ГИС компании Совзонд.
Контактный телефон +7 (495) 988-75-22.
E-mail: glotov@sovzond.ru