

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004.738.5

ОБЗОР ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЭПОХУ ВСЕОБЪЕМЛЮЩЕГО ИНТЕРНЕТА**Жебровский С.И., Кузин Д.А., Стрельцова М.М.***Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, e-mail: zhebrovskiy.si@dvfu.ru*

В настоящее время использование геоинформационных систем (ГИС) становится неотъемлемой частью многих сфер жизни, а интернет вещей (англ. Internet of Things, IoT) является одной из основных тенденций развития рынка информационных технологий. Это дает повод для размышлений о возможности дальнейшего их совместного развития. Данная статья посвящена обзору перспектив совершенствования геоинформационных систем с применением интернета вещей и распространению этой интеграции в повседневной жизни. В статье рассматриваются ключевые этапы развития интернета. Дается описание актуальных проблем, с которыми столкнулись исследователи при разработке алгоритмов и механизмов взаимодействия устройств с базами данных геоинформационных систем, приводятся примеры систем и устройств, используемых в настоящее время. Также значительное внимание уделяется существующим технологиям, разработанным современными компаниями для интернета вещей и геоинформационных систем. В статье обобщается новый материал по исследуемой теме: геоинформационные базы данных применительно к всеобъемлющему интернету. Авторы выделяют и описывают характерные преимущества использования интернета вещей в геоинформационных системах. В заключении авторы пишут о том, что может позволить совместное использование интернета вещей и геоинформационных систем.

Ключевые слова: всеобъемлющий интернет, интернет вещей, геоинформационные системы, анализ пространственных данных, большие данные, сервер хранения геопространственных данных

**GEOINFORMATION SYSTEMS DEVELOPMENT
IN THE INTERNET OF THINGS ERA****Zhebrovskiy S.I., Kuzin D.A., Streltsova M.M.***Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: zhebrovskiy.si@dvfu.ru*

At present, the use of geographic information systems (GIS) is becoming an integral part of many spheres of life, and the Internet of Things (Internet of Things, IoT) is one of the main trends in the development of the information technology market. This gives reason to think about the possibility of their further joint development. This article is devoted to an overview of the prospects for improving geo-information systems using the Internet of things and the spread of this integration in everyday life. The article discusses the key stages of the development of the Internet. A description of the actual problems faced by researchers in the development of algorithms and mechanisms for the interaction of devices with databases of geographic information systems is given, examples of systems and devices currently used are given. Also, considerable attention is paid to existing technologies developed by modern companies for the Internet of things and geographic information systems. The article summarizes the new material on the topic under study: geographic information databases in relation to a comprehensive Internet. The authors identify and describe the advantages of using the Internet of things in geographic information systems. In conclusion, the authors write what can allow the sharing of the Internet of things and geographic information systems.

Keywords: Internet of Everything, Internet of Things, geoinformation systems, spatial data analysis, big data, spatial data server

В развитии интернета можно условно выделить четыре этапа, каждый из которых определенным образом повлиял на различные сферы жизни общества. Первый этап характеризуется возможностью пользоваться электронной почтой, искать информацию в электронных библиотеках, т.е. возможностью доступа к информации в цифровом формате. В конце 1990-х гг. начался следующий этап, который можно назвать этапом «сетевой экономики» [1]. Тогда зарождалась и развивалась электронная коммерция, управление цепями поставок стало осуществляться посредством интернет-технологий, люди начали покупать товары в интернет-магазинах, а компании открыли для себя новые рынки. Третий этап начался в начале 2000-х гг., и он известен

как начало «совместной работы» [2]. На данном этапе люди стали активно пользоваться социальными сетями, видеосвязью, появилась возможность использования облачных вычислений, мобильные устройства получили высокоскоростной доступ к интернету, что значительно изменило сферу труда.

В настоящее время человечество переходит на этап «всеобъемлющего интернета» (дословно – «интернета всего» от английского Internet of Everything, IoE). Данный этап объединяет людей, процессы, данные и вещи, преобразуя информацию в действия, которые предоставляют новые широкие возможности и перспективы. Всеобъемлющий интернет строится на основании концепции интернета вещей

с добавлением искусственного сетевого интеллекта, который позволяет осуществлять взаимодействие между ранее разрозненными системами. Планируется, что к 2020 г. к Интернету будет подключено около 50 миллиардов устройств [3]. За счет подключения к сети множества устройств с различными типами датчиков обыденные вещи соединятся между собой и станут интеллектуальными. Готовность к всеобъемлющему интернету характеризуется тремя основными признаками:

- повышенный уровень осведомленности – используя датчики, можно получать данные о различных объектах, процессах в реальном времени;

- возможность прогнозирования – новые типы устройств для анализа данных позволяют организациям предвидеть перспективные тенденции и схемы поведения;

- гибкость – все более точные прогнозы позволяют организациям быстрее реагировать на растущие тенденции и угрозы рынка, а также подстраиваться под них.

Геоинформационные технологии и интернет вещей связаны уже давно. Раньше, когда производители предоставляли средства контроля и учета с помощью меток радиочастотной идентификации [4], о всеобъемлющем интернете еще не шло речи. Кроме масштаба новым в данной концепции является скорость, с которой данные с устройств интернета вещей захватываются, передаются, сохраняются и анализируются. Именно здесь вступают в действие облачные вычисления и технология big data («больших данных») [5, 6].

Для решения технических задач построения и интеграции геоинформационных систем и интернета вещей необходимо решить ряд задач:

- использование в различных областях, таких как военное дело и сельское хозяйство, управлении транспортом и прогнозирование чрезвычайных ситуаций, управление земельными ресурсами и строительством и т.д.;

- манипулирование большим объемом данных;

- сбор, хранение, анализ данных различного характера;

- визуализация необходимых данных [7].

Самым простым способом их решения является разбивка всего геоинформационного комплекса на составные части и проработка каждой подсистемы в отдельности. Но из-за специфики и новизны решаемых задач не все компоненты имеют возможность быть реализованными «классическими» и устоявшимися способами и методами.

Цель данной статьи заключается в ознакомлении с основными вариантами решения и реализации интеграции геоинформацион-

ных систем и интернета вещей с использованием как уже известных методов и технологий, так и новых принципов и подходов; составление краткого сравнения описываемых решений.

Серверная часть и центры обработки данных

Существуют две основные задачи при обработке данных, с которыми должны справиться производители оборудования: первая – это хранение геопространственных данных для интернета вещей, вторая – обработка больших данных (big data). Для хранения геопространственных данных используются форматы файлов, такие как Esri Shapefile и GeoJSON. Esri Shapefile – это формат векторных графических файлов, созданный и поддерживаемый компанией Esri [8]. GeoJSON является открытым файловым форматом для хранения географических файлов, который поддерживается не организацией (как в случае с Shapefile), а рабочей группой разработчиков [9]. Для поддержки баз данных используются PostGIS, Oracle, SQL Server [10, 11]. Данные технологии отлично работают на базе персональных компьютеров, но всё же предпочтительным форматом для IoT являются облачные вычисления. Например, распределенные файловые системы Hadoop (HDFS) и Apache Hive не поддерживают пространственные типы данных [12]. Проблема обработки геопространственных больших данных связана с недостаточной мощностью отдельных устройств и необходимостью переноса вычислений в облачные сервисы.

В настоящее время компанией Esri уже разрабатываются серверные решения для IoT и ГИС, работающие в реальном времени с большими объемами геопространственных данных, решающие задачи хранения и обработки информации. Например, программа ArcGIS с версией от 10.5 уже способна работать с устройствами интернета вещей [13]. Существует и совершенствуется сервер GeoEvent, который предлагает возможности высокоскоростного приема и анализа данных в режиме реального времени [14]. Сервер событий, предоставляемый компанией ArcGIS, позволяет объединять потоки данных с множества датчиков различного типа, например датчиков движения, влажности, температуры и т.д., обрабатывать их и предоставлять информацию сразу множеству пользователей. Данный модуль позволяет обрабатывать практически любой тип потоковых данных, поступающих с устройств интернета вещей, и оповещать пользователей о наступлении

определённых событий в режиме реального времени.

Для анализа больших данных используется сервер GeoAnalytics [15]. Геопространственная аналитика имеет дело с данными, касающимися расположения, размера, формы элементов как в двумерном, так и в трёхмерном пространстве. Синонимами геопространственной аналитики являются географическая и локационная аналитика. Пространственная аналитика используется для [16, 17]:

- извлечения, преобразования и загрузки пространственных данных из различных источников данных, таких как веб-службы, открытые данные, датчики, метаданные в других системах аналитики. Это может происходить на регулярной основе с пакетными процессами передачи информации или в режиме реального времени;

- хранения и управления пространственными данными в пространственной базе данных, которая служит в качестве интегрированного хранилища данных, похожего на общую базу данных. Пространственные базы данных обычно расширяются с помощью определенных структур и моделей, оптимизированных для хранения и обработки данных местоположения. Более того, они охватывают технологии Big Data и NoSQL;

- анализа и моделирования пространственных данных, которые описывают различные проблемы, такие как большие объемы данных, необходимость сочетать пространственные и непространственные наборы данных, а также необходимость поддержки комплексных алгоритмов работы с геоданными;

- визуализации и интеграции пространственных данных, которые представляют собой обработанные данные в форме, понятной для пользователей, помогающей принимать решения, основанные на этих данных. Для этого используется, например, визуализация данных на карте.

Описанные решения могут использоваться отдельно или в различных комбинациях.

Устройства, осуществляющие сбор данных для геоинформационных систем

Кроме разработки решений, необходимых для реализации центров обработки геопространственных данных и других данных, собранных с датчиков, также рассматривается организация связи между датчиками и центрами обработки [18]. Так как датчики будут присутствовать практически во всех устройствах, окружающих человека, необходимо разрешить сразу нескольких проблем: потребление энергии передат-

чиков должно быть минимальным; сразу множество датчиков должно подключаться к контроллерам; передача данных осуществляется в различных условиях (большая дальность, высокий уровень помех в условиях городской застройки).

В интернете вещей к сети данных должно быть подключено множество датчиков. Датчик – это преобразователь, который регистрирует какое-либо событие или изменение каких-либо физических величин, с целью передачи этой информации для использования устройствами измерительного, сигнального, управляющего характера. Например, датчики могут измерять температуру, вес, скорость, давление, влажность, освещенность. Датчики можно устанавливать на транспорте для измерения скорости и определения траектории движения для использования этой информации при создании карты города с маршрутом общественного транспорта, действующей в реальном времени. В масштабе города использование датчиков позволяет регистрировать плотность парковок, освещенность улиц, концентрацию пыли, шум, влажность воздуха [19]. Настройка датчиков может производиться как удаленно, так и физически на устройстве. Благодаря информации, поступающей с датчиков, можно разрабатывать и реализовывать механизмы реакции на определенные события [20]. К примеру, использование датчика освещенности улицы в паре с датчиком присутствия делает возможным автоматическое управление городским освещением по вечерам в зависимости от естественного света и присутствия людей в зоне действия. Таким образом можно значительно экономить электроэнергию.

Исполнительные механизмы – это устройства автоматики, которые преобразуют управляющую информацию в механическое перемещение. Это техническое средство, которое можно использовать для активации системы или управления ей. Основные три типа исполнительных механизмов:

1. Электрический – работает благодаря электродвигателю, который преобразует электроэнергию в механические действия.

2. Гидравлический – использует давление жидкости для выполнения механического движения.

3. Пневматический – использует сжатый под высоким давлением воздух для инициирования механического действия [21].

Вне зависимости от того, как исполнительный механизм инициирует движение, его базовая функция заключается в получении командного сигнала, согласно которому он выполняет какое-либо действие.

Для подключения к сети для датчиков Huawei Technologies Co., LTD разрабатывают стандарт сотовой связи NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) [22]. Он предусматривает низкое энергопотребление и возможность подключения десятков тысяч устройств к одной базовой станции [23]. В настоящее время компании Quectel и Ublox представили готовые модули беспроводной связи, поддерживающие LTE Cat.M1 (NB-IoT). К примеру, модуль Ublox SARA-N2 обладает очень низким энергопотреблением, что обеспечивает срок службы батареи более 10 лет и возможность подключения до 50 тысяч устройств к одной базовой станции [24]. Чип Quectel BG96 позволяет работать в модулях GSM, GPRS, HSPA, LTE, обладает сверхнизким энергопотреблением и скоростью до 375 кбит/с [25].

Преимущества использования интернета вещей в геоинформационных системах

Поставщики тепловой, эклектической энергии, а также поставщики услуг водоснабжения могут использовать ГИС для публикации информации об отключениях с привязкой к конкретной местности, основываясь на показаниях датчиков. В случаях происшествия использование IoT совместно с ГИС позволит оперативно выделить места повреждений линий электропередач и направить туда ремонтную бригаду для устранения проблемы. Использование данных такого рода может также помочь компании более активно взаимодействовать с клиентами, предоставляя им возможность отслеживания состояния технических работ онлайн и не прибегать к обращениям в центры поддержки.

Телекоммуникационные, мобильные операторы могут использовать данные, полученные с устройств интернета вещей, для составления тепловых карт, выявления и обнаружения неисправностей и сбоев в обслуживании, определения перегруженности и использования мощности базовых станций и ретрансляторов для предоставления информации пользователям о параметрах мобильной и Wi-Fi сетях в определенных местах города. Сервис Geoanalytics может использоваться операторами для просмотра сведений о состоянии сети с привязкой к географическим данным и предоставлять дифференцированное качество обслуживания (QoS), основываясь на данных местоположения клиента.

Технологии IoT в ГИС позволят оценивать использование электроэнергии, реагировать на её спрос, использовать тарифные и временные стимулы для снижения энергопотребления в пиковые периоды для баланса спроса и предложения.

Компании, предоставляющие услуги общественного транспорта, могут добавлять свои маршруты на городские карты, для отслеживания передвижения в реальном времени.

Заключение

Развитие геоинформационных систем с использованием концепции интернета вещей является перспективным направлением, в котором уже начали работу ведущие компании в области геоинформационных услуг. Описанные в статье серверные решения и модули беспроводной связи, возможно, станут новым этапом развития и распространения геоинформационных систем. Использование концепции интернета вещей в геоинформационных системах позволит создавать карты «умных городов» и улучшать положение в таких областях, как транспорт, образование, здравоохранение, строительство, экологическая обстановка. Более того, интеграция интернета вещей вместе и геоинформационных систем позволит:

- оптимизировать работу городских служб, использующих датчики для контроля транспортных потоков, автобусных и служебных транспортных средств;
- отслеживать уровень шума и уровня загрязнения, а также качество воздуха;
- реализовать интеллектуальные парковочные системы, использующие датчики, которые позволят уведомлять посетителей о наличии свободных мест и отправлять водителей в ту точку, где свободно парковочное место;
- организовать интеллектуальное муниципальное освещение и управление энергией, позволяющее оптимизировать расход энергии в определенных областях, основываясь на нуждах потребителей;
- составить карты распределения населения с учетом таких учреждений, как школы, офисные здания, центры досуга, библиотеки и т.д.;
- усовершенствовать системы управления сбора отходов с интеллектуальными мусорными контейнерами, отслеживанием передвижения автомобилей сбора отходов, с составлением маршрутов сбора, с информированием о чистоте улиц, используя GPS;
- визуализировать на картах места строительства, с публикацией разрешений, плана застройки и сроков.

Список литературы

1. Информационный ресурс Forbin.com. Эволюция цифрового маркетинга. Часть 1. URL: <https://www.forbin.com/blog/post/the-evolution-of-digital-marketing-part-1-the-digital-inception-1990-1999-> (дата обращения: 07.11.2018).
2. Carstensen P.H., Schmidt K. Computer Supported Cooperative Work: New Challenges to Systems Design. 1999. URL:

http://cscw.dk/schmidt/papers/cscw_intro.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

3. Perera C., Liu C.H., Jayawardena S., Chen M. A Survey on Internet of Things From Industrial Market Perspective. 2014. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7004894> (дата обращения: 07.11.2018).

4. Landt J. The History of RFID. 2005. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1549751> (дата обращения: 07.11.2018).

5. Ahsan U., Bais A. A Review on Big Data Analysis and Internet of Things. 2016. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7815042> (дата обращения: 07.11.2018).

6. Marjani M., Nasaruddin F., Gani A., Karim A., Siddiq A. Big IoT Data Analytics: Architecture, Opportunities, and Open Research Challenges. 2017. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7888916> (дата обращения: 07.11.2018).

7. Информационный портал TAdviser.ru. Геоинформационная система. URL: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Геоинформационная_система#.D0.97.D0.B0.D0.B4.D0.B0.D1.87.D0.B8_.D0.93.D0.98.D0.A1 (дата обращения: 07.11.2018).

8. Техническое описание формата файла ESRI Shapefile. URL: http://downloads.esri.com/support/whitepapers/mo_shapefile.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

9. Butler H., Daly M., Doyle A., Gillies S., Hagen S., Schaub T. Спецификация формата GeoJSON. URL: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc7946.pdf> (дата обращения: 07.11.2018).

10. Hall B., Leahy M.G. Open Source Approaches in Spatial Data Handling. 2008. P. 105–106.

11. Shuka D., Shivnani C., Shah D. Comparing Oracle Spatial and Postgres PostGIS. 2016. URL: <http://csjournals.com/IJC-SC/PDF7-2/16.%20Deepika.pdf> (дата обращения: 07.11.2018).

12. Компания Apache. HDFS Architecture. URL: <http://hadoop.apache.org/docs/current/hadoop-project-dist/hadoop-hdfs/HdfsDesign.html> (дата обращения: 07.11.2018).

13. Компания ESRI. Преимущества серверной платформы ArcGIS 10.5. URL: <http://www.esri.com/esri-news/arcnews/fall16/articles/arcgis-105-is-a-major-advancement-in-the-server-platform> (дата обращения: 07.11.2018).

14. Sunderman RJ, Ayare S. GeoEvent Server Introduction. URL: http://proceedings.esri.com/library/userconf/devsummit17/papers/dev_int_46.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

15. Mollenkopf A., Foss S. GeoEvent & Geo Analytics: Leveraging the spatiotemporal big data store. URL: http://proceedings.esri.com/library/userconf/fed17/papers/fed_103.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

16. Bisio R. Big data or bust: The geospatial data connection to IoT. 2016. URL: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/blog/IoT-Agenda/Big-data-or-bust-The-geospatial-data-connection-to-IoT> (дата обращения: 07.11.2018).

17. Lee J.-G., Kang M. Geospatial Big Data: Challenges and Opportunities. 2015. URL: <https://www.cs.helsinki.fi/u/jilu/paper/bigdataapplication03.pdf> (дата обращения: 07.11.2018).

18. Wang E., Lin X., Abhikary A., Grovlen A., Sui Y., Blankenship Y., Bergman J., Razaghi H.S. A Primer on 3GPP Narrowband Internet of Things (NB-IoT). URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1606/1606.04171.pdf> (дата обращения: 07.11.2018).

19. Zanella A., Bui N., Castellani A., Vangelista L., Zorzi M. Internet of Things for Smart Cities. 2014. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6740844> (дата обращения: 07.11.2018).

20. Компания Rohde-Schwarz. Narrowband Internet of Things. URL: https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma266/1MA266_0e_NB_IoT.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

21. Справочная система «Техэксперт». Устройства исполнительные для систем автоматического регулирования. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-14691-69> (дата обращения: 07.11.2018).

22. Компания Huawei. NB-IoT: Enabling New Business Opportunities. URL: http://www.huawei.com/minisite/iot/img/nb_iiot_whitepaper_en.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

23. GSMA: 3GPP Low Power Wide Area Technologies. 2016. URL: <https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2016/10/3GPP-Low-Power-Wide-Area-Technologies-GSMA-White-Paper.pdf> (дата обращения: 07.11.2018).

24. SARA-N2 Datasheet. URL: https://www.u-blox.com/sites/default/files/SARA-N2_DataSheet_%28UBX-15025564%29.pdf (дата обращения: 07.11.2018).

25. Quectel BG96 Datasheet. URL: http://www.quectel.com/UploadFile/Product/Quectel_BG96_LTE_Specification_V1.0.pdf (дата обращения: 07.11.2018).