

Об обучении по Internet of Things и Smart Cities

Намиот Д.Е.

Аннотация—Настоящая работа посвящена возможному отражению темы Интернета Вещей (Internet of Things), межмашинного взаимодействия (M2M) и Умных городов (Smart Cities) в учебных планах (программах) для высшей школы. Целью такой учебной программы является рассмотрение вопросов, связанных с инфокоммуникационными технологиями, используемыми в Smart Cities проектах. Предлагаемый в работе курс имеет своей целью познакомить слушателей с современными информационными технологиями, стоящими за такими направлениями как межмашинное взаимодействие и интернет вещей.

Ключевые слова—Интернет Вещей, Internet of Things, межмашинное взаимодействие, Smart Cities, machine to machine, образование.

I. ВВЕДЕНИЕ

Эта работа является развитием статьи [1]. Здесь отражены как новые учебные продукты, появившиеся в течение года, прошедшего с написания указанной работы, так и прошедшие дискуссии и приобретенный за это время опыт.

В настоящее время, вопросы, связанные с Интернетом вещей (Internet of Things – IoT) и межмашинного взаимодействия (machine to machine – M2M) привлекают большое внимание. Однако большая часть описаний и рассмотрений носит откровенно публицистический характер, концентрируясь на футурологических описаниях процессов и их влияния на повседневную жизнь. Вместе с тем, за всеми этими аббревиатурами скрываются вполне реальные стандарты, приложения и методы информационных технологий. Именно эти аспекты активно стандартизируются в последнее время. Соответственно, было бы важно рассмотреть именно технические аспекты этих направлений. К 2020 году мировая потребность в IoT разработчиках оценивается в 4.5 миллиона человек [2]. Это, естественно, выдвигает вопросы обучения на первый план.

На настоящий момент автору неизвестны существующие курсы (на русском языке), охватывающие эти вопросы. Возможная дискуссия по данной проблеме может помочь уточнить этот вопрос.

Статья получена 15 января 2016.

Д. Е. Намиот – старший научный сотрудник лаборатории ОИТ факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: dnamiot@gmail.com).

Естественно, обе указанных технологии (точнее – оба указанных направления) возникли не на пустом месте, они не вводили (по крайней мере, в массовом порядке) собственных направлений в дисциплинах, связанных с информационными и компьютерными технологиями (Computer Science). Вместе с тем, естественно, их разработка связана с определенной спецификой, охватывает вполне конкретные разделы в программировании, архитектуре компьютерных сетей и приложений и т.д. Некоторые из таких моментов публиковались в журнале INJOIT ([3, 4]). Нам представляется, что, по крайней мере, некоторая ориентация слушателей (студентов) в текущем положении дел необходима.

В текущем состоянии проекта речь идет о полугодовом семестровом курсе, который имеет своей целью познакомить слушателей с современными информационными технологиями, стоящими за такими направлениями как M2M и IoT. В данном случае имеются в виду студенты, обучающиеся по направлениям, связанным с Computer Science. Например, тематика такого курса соответствует таким магистерским программам ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова как “Открытые информационные системы” (по направлению Фундаментальная Информатика и Информационные Технологии) и Программное обеспечение вычислительных сетей (по направлению Прикладная Математика и Информатика).

По-прежнему, открытый вопрос – должно ли содержание охватывать такую также горячую на сегодняшний день тему как Smart Cities. Очень часто она и рассматривается в связке с IoT, например. Возможно, дискуссия по статье как-то изменит точку зрения, но по состоянию на момент написания уже второй работы по обучению, автору кажется, что ответ должен быть “нет”. Это направление представляется все-таки больше связанным с организацией процессов, нежели чем с информационными технологиями, к которым относятся именно IoT и M2M. Тематика Smart Cities должна быть ближе к общим разделам цифровой экономики. То же, что рассматривается в этой работе, явно тяготеет именно к технической стороне дела. С другой стороны, такие границы, конечно, всегда условны. Вот, например, популярный в последнее время термин киберфизические системы [5]. За ним, согласно определению NSF, скрываются инженерные системы,

построенные на взаимодействии программных алгоритмов и физических объектов. Это IoT (здесь ведь также программы взаимодействуют, по крайней мере, с сенсорами) или программирование встроенных систем (тут программы уж точно находятся внутри физических объектов и просто обязаны с ними взаимодействовать). В любом случае, было бы интересно услышать другое, аргументированное мнение по данному вопросу.

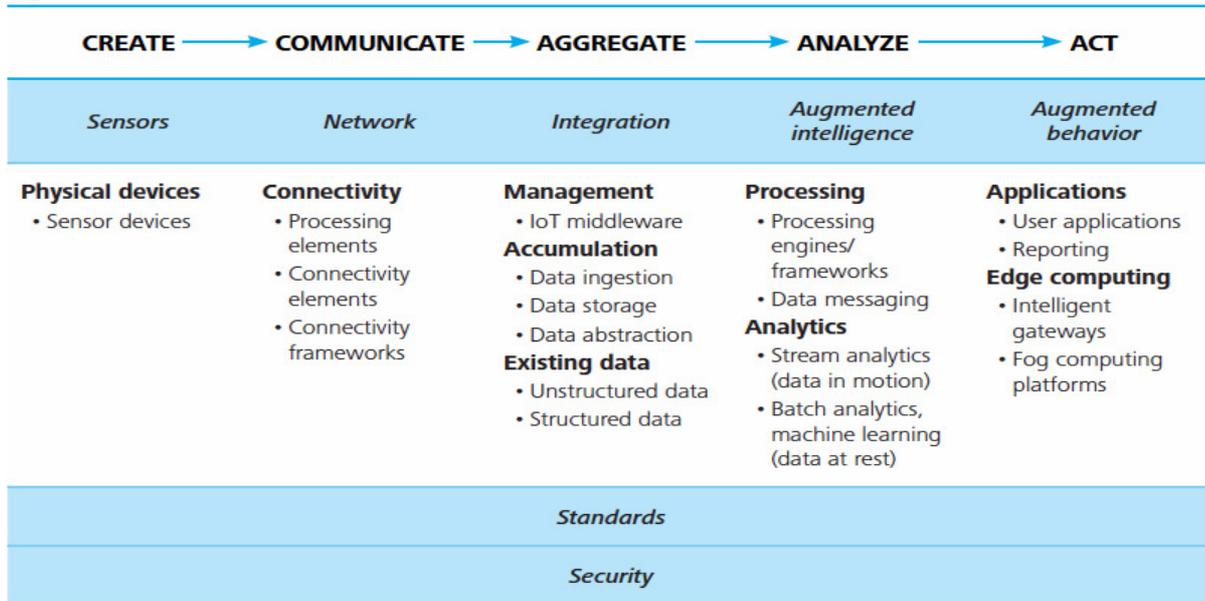
II. ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ИОТ

Что, концептуально, должно бы рассказываться по теме Интернет Вещей. Согласно [6-7], в эту тему входят

пять основных разделов:

- Сенсоры – устройства для сбора измерений.
- Сети – как передавать данные, собранные сенсорами.
- Стандарты – описывают, как обрабатывать данные и обеспечивать взаимодействие разных подсистем.
- Интеллектуальные средства анализа - хранение и анализ собранных данных
- Интеллектуальные средства взаимодействия – взаимодействие с системами. Сюда должны быть включены и средства межмашинного взаимодействия.

Этот список проиллюстрирован на рисунке 1.



Source: Deloitte's IoT Reference Architecture.

Graphic: Deloitte University Press | DUPress.com

Рис. 1 Функциональный анализ IoT [6]

Проблемы для обсуждения относительно сенсоров и IoT: энергопотребление сенсоров, безопасность измерений, взаимодействие с сенсорами. Последний пункт напрямую касается протоколов обмена данными: CoAP, MQTT, HTTP (HTTP/2) и т.д.

Раздел сетей включает в себя, безусловно, IP протокол (IPv6), проводные и беспроводные сети, Bluetooth и Bluetooth Low Energy, ZigBee, Wi-Fi, WiMAX, LTE.

Рассмотрение стандартизации должно включать как технологические стандарты (сетевое взаимодействие, сбор и анализ данных), так и аспекты регулирования (например, безопасность). Среди технологических стандартов для IoT особо выделяют моменты, связанные с агрегацией данных (ETL – extract, transform, load).

Разделы, связанные с аналитической обработкой включают дескриптивную аналитику (с визуализацией), предиктивную (предсказательную) аналитику и рекомендательные системы. Для IoT особо выделяются системы обработки в реальном времени и обработка событий (CEP – complex event processing).

Средства взаимодействия включают как межмашинное взаимодействие (M2M) так и взаимодействие с человеком (M2H).

Последний раздел (M2H), по смыслу, должен стать основным для кибер-физических систем.

III. СУЩЕСТВУЮЩИЕ УЧЕБНЫЕ ПРОГРАММЫ

В настоящем разделе приводятся некоторые из найденных учебных программ.

Магистерская программа Smart Cities and Urban analytics [8]. Охватывает следующие вопросы: сети и коммуникации, планирование транспортных потоков, системы реального времени, гео-информационные системы, системы моделирования. Основной упор – городское планирование и управление. Это то, что относится именно к Smart Cities.

ICT & Next generation networks [9]. Охватывает следующие вопросы: NGN, широкополосный доступ, QoS. Оптические и беспроводные сети, архитектура телекоммуникационных сетей, 4G, mesh-сети. Основной упор, как видно из содержания – сетевое взаимодействие

Магистр City Science – Internet of Things [10]. Текущие

проекты (состояние) Internet of Things для городских и транспортных задач.

Магистр City Science – сервисные приложения [11]. Основные направления: приложения для городских сервисов, открытые данные, экономика приложений.

По интересующим сетевым технологиям есть программа ICT Labs Embedded Systems [12], со специализацией в Internet of Things.

SAP предлагает онлайн-курс по Internet of Things [13]. Материалы достаточно общего характера – просто введение в проблему.

Из других онлайн-курсов можно отметить программу Open University по IoT [14]. Она использует элементы IoT для общего обучения компьютерным наукам. В частности, для обучения программированию используется плата на основе Arduino [15].

Информация по протоколам IoT (COAP, MQTT и др.) существует в достаточном количестве, но, в основном, в виде отдельных презентаций для конференций. Точно такая же картина с NoSQL системами для представления потоковых данных, что особенно интересно для M2M и IoT.

Университет Оксфорда предлагает курс Data Science for the Internet of Things [15]. Рассматриваются вопросы применения (использования) машинного обучения для IoT (анализа измерений).

Coursera [16] предлагает специализацию (набор курсов, дипломный проект и сертификат) по Internet of Things. В специализацию входят следующие курсы:

- Introduction to the Internet of Things and Embedded Systems - введение в тему, сведения общего порядка
- The Arduino Platform and C Programming – содержание курса соответствует названию. Работа с Arduino
- Interfacing with the Arduino – работа с внешними устройствами в Arduino
- The Raspberry Pi Platform and Python Programming for the Raspberry Pi – программирование для Raspberry Pi
- Interfacing with the Raspberry Pi – работа с внешними устройствами в Raspberry Pi

Профессиональная программа подготовки в MIT также предлагает программу обучения по IoT [17]. Эта программа включает следующие разделы [18]: архитектура IoT, обработка данных сенсоров, SLAM, автономные устройства (автомобили, роботы), стандарты IoT, носимые устройства (wearables), безопасность, Web of Things, беспроводные протоколы, хранение и анализ данных, безопасность,

человеко-машинные интерфейсы. Модуль курса по разработке приложений включает умные дома, умные города, умные материалы, медицинские приложения и кибер-физические системы.

Учитывая звездный состав лекторов в MIT, данный курс выглядит наиболее продвинутым. Кстати, из данной структуры следует и отношение IoT и Smart Cities. По версии MIT, Smart Cities есть приложение IoT. То есть, IoT есть просто база для Smart Cities, Smart Home и т.д.

Kings College London предлагает бесплатный обзорный курс по IoT [19]. University of Washington предлагает практический курс по IoT (Raspberry Pi и другие устройства) [20].

HP также имеет свой учебный курс по IoT [21]. Это двухдневный курс, хотя, формально, разделов заложено достаточно много. Среди заявленных тем: RFID, WSN, Smart-приложения (Smart Cities, Smart Home, Smart Metering, Smart Health). По общей характеристике – обзорный курс для менеджеров.

Waterford Institute of Technology (Ирландия) предлагает программу бакалавриата в области Internet Of Things [22].

Intel предлагает открытый курс, называемый Internet of Things [23, 24], но, фактически, продвигающий программирование для собственной платформы Edison.

IV. ВОЗМОЖНАЯ СТРУКТУРА КУРСА

Курс посвящен рассмотрению с точки зрения информационных технологий процессов и приложений для межмашинного взаимодействия, а также процессов и приложений взаимодействия с различными измерительными устройствами (сенсорами). Идея состоит в объединении в одном курсе четырех основных компонент: архитектуры приложений, сетевых стандартов взаимодействия, систем хранения данных и принципов их анализа и обработки. Соответственно, курс может включать в себя четыре основных раздела.

В первом из них рассматриваются современные стандарты в области M2M и IoT. IoT-GSI, OpenIoT, FI-WARE, OMA и др. – количество предлагаемых решений, в разной степени готовности, достаточно велико. При этом, они могут продвигать разные подходы к построению систем, сбору и обработке данных. Это, фактически, рассмотрение возможных архитектурных решений для построения IoT систем. Слушатели курса должны будут получить представление о существующих архитектурных решениях, их сравнительных характеристиках и применимости в зависимости от внешних условий.

Второй раздел будет посвящен сетевым решениям для

IoT. Здесь, в частности, планируется рассмотрение таких решений, как 802.15.4, 6LoWPAN, COAP, RPL. Тесно связан с предыдущим разделом, поскольку выбор сетевых протоколов может определять архитектуру приложений.

Взаимодействие с большим набором внешних устройств (сенсоров) чаще всего будет связано со сбором и хранением некоторой информации (измерений). Соответственно, задачи связанные с хранением и обработкой больших наборов данных являются одними из основных для IoT приложений. В третьем разделе курса и рассматриваются вопросы, связанные с хранением больших наборов данных. Специфика IoT приводит к тому, что основное внимание будет уделено обработке потоков данных (stream data processing) и системам, которые это поддерживают (например, Apache Storm [25] и Apache Spark [26]).

Последний раздел планируется посвятить рассмотрению методов обработки данных в реальном времени: классификации и определению аномалий. При этом особенности предметной области IoT требуют рассмотрения, в первую очередь, именно потоковых алгоритмов.

Формирование компетенций в курсе:

- понимание архитектуры IoT и M2M приложений
- модели сетевого взаимодействия в IoT
- знание основных моделей, используемых при проектировании IoT и M2M систем
- понимание моделей сетевого взаимодействия в IoT
- ориентация в сетевых стандартах, используемых в IoT
- понимание моделей данных, используемых в IoT приложениях
- умение выбирать модели данных в зависимости требований
- ориентация в методах обработки данных

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность профессору Шнепс-Шнеппе М.А. за чрезвычайно полезные обсуждения и замечания в процессе работы. Настоящая статья была подготовлена в рамках серии публикаций, посвященных теме умных городов (Smart Cities) и смежным вопросам [27-29].

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Намиот Д. Е. Об учебных программах по Internet of Things //International Journal of Open Information Technologies. – 2015. – Т. 3. – №. 5. – С. 35-38
- [2] IoT Jobs Opportunity <http://readwrite.com/2014/06/27/internet-of-things-developers-jobs-opportunity> Retrieved: Apr, 2015 .
- [3] Namiot D., Sneps-Snepp M. On IoT Programming //International Journal of Open Information Technologies. – 2014. – Т. 2. – №. 10. – С. 25-28.

- [4] Namiot D., Sneps-Snepp M. On M2M Software //International Journal of Open Information Technologies. – 2014. – Т. 2. – №. 6. – С. 29-36.
- [5] Cyber-physical systems https://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=503286
- [6] Inside the Internet of Things (IoT) <http://dupress.com/articles/iot-primer-iot-technologies-applications/>
- [7] David Rose, Enchanted Objects: Design, Human Desire, and the Internet of Things (New York: Simon & Schuster, 2014)
- [8] Smart Cities and Urban Analytics <http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/programmes/postgraduate/msc-smart-cities-and-urban-analytics>.
- [9] ICT & Next generation networks <http://www.citysciences.com/specialties/ict-next-generation-networks/>
- [10] Master in City Science Internet of Things <http://www.citysciences.com/specialties/internet-of-things/>
- [11] Master in City Science – Service Applications <http://www.citysciences.com/specialties/services-applications/>
- [12] ICT Labs Embedded Systems <http://www.masterschool.eitictlabs.eu/programmes/es/>
- [13] SAP Internet of Things <https://open.sap.com/courses/iot1>
- [14] Open University Internet of Things <http://www.kortuem.com/internet-of-things-education/>
- [15] My Digital Life <http://www.open.ac.uk/courses/modules/tu100#details>
- [16] Coursera IoT <https://ru.coursera.org/specializations/iot>
- [17] MIT IoT <http://web.mit.edu/professional/digital-programs/courses/IoT/index.html>
- [18] MIT Internet of Things: Roadmap to a Connected World https://mitprofessionalx.mit.edu/courses/course-v1:MITProfessionalX+IoTx+2016_T1/about
- [19] Kings College London <https://www.futurelearn.com/courses/internet-of-things>
- [20] University of Washington <http://www.pce.uw.edu/certificates/internet-of-things.html>
- [21] HP Internet of Things <http://h20195.www2.hp.com/v2/GetPDF.aspx/c04656912.pdf>
- [22] WIT Internet of Things https://www.wit.ie/courses/type/science/department_of_computing_maths_physics/bsc-hons-in-the-internet-of-things#tab=description
- [23] Intel IoT <http://intel-software-academic-program.com/pages/courses#diy>
- [24] Intel IoT Course: <https://github.com/guermonprez/intel-academic-IoT-course>
- [25] Jain A., Nalya A. Learning Storm. – Packt Publ., 2014.
- [26] Riedel M. et al. Smart Data Analytics Methods for Remote Sensing Applications. – 2014.
- [27] Намиот Д. Е. Умные города 2016 //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 1. – С. 1-3.
- [28] В.П. Куприяновский и др. Стандартизация Умных городов, Интернета Вещей и Больших Данных. Соображения по практическому использованию в России //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 2. – С.34-40.
- [29] Добрынин А. П. и др. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 1. – С. 4-11.

On Internet of Things and Smart Cities educational courses

Dmitry Namiot

Abstract— This paper deals with a possible presentation the themes of the Internet of Things (IoT), machine to machine communications (M2M) and Smart Cities (Smart Cities) in the curricula (programs) for higher education. The purpose of this educational program is to examine issues related to information and communication technologies used in Smart Cities projects. The educational course proposed in this paper aims to introduce students to modern information technology, standing for such areas as M2M, IoT and Smart Cities.

Keywords—Internet of Things, Smart Cities, machine to machine, educational course.