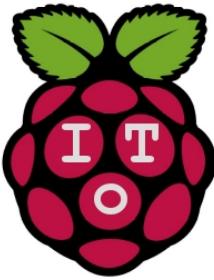


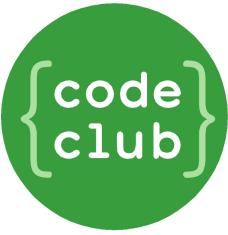
Internet of Things



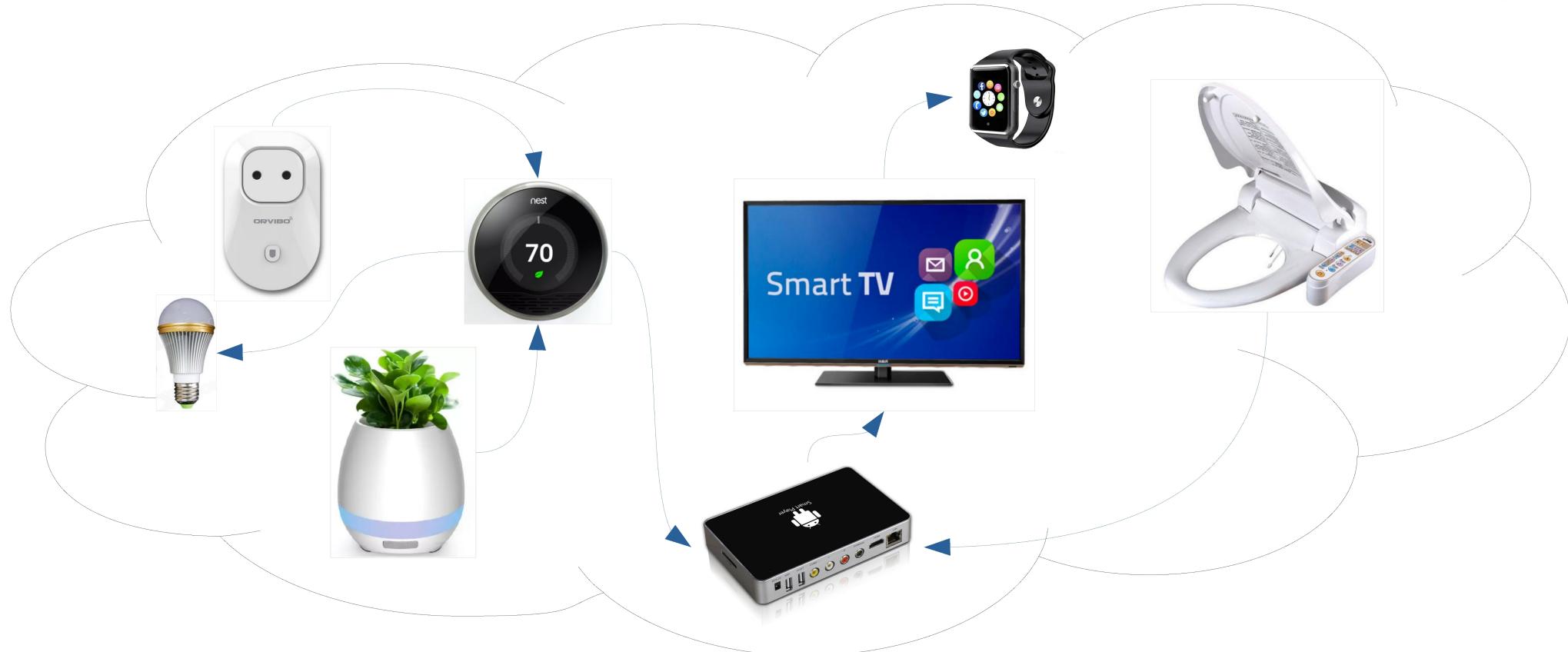
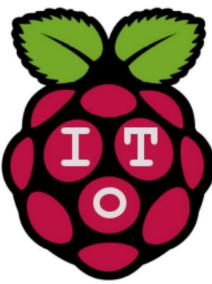
Сетевое взаимодействие
«умных вещей»

Шадринск
2018-2019

M. V. Шохирев

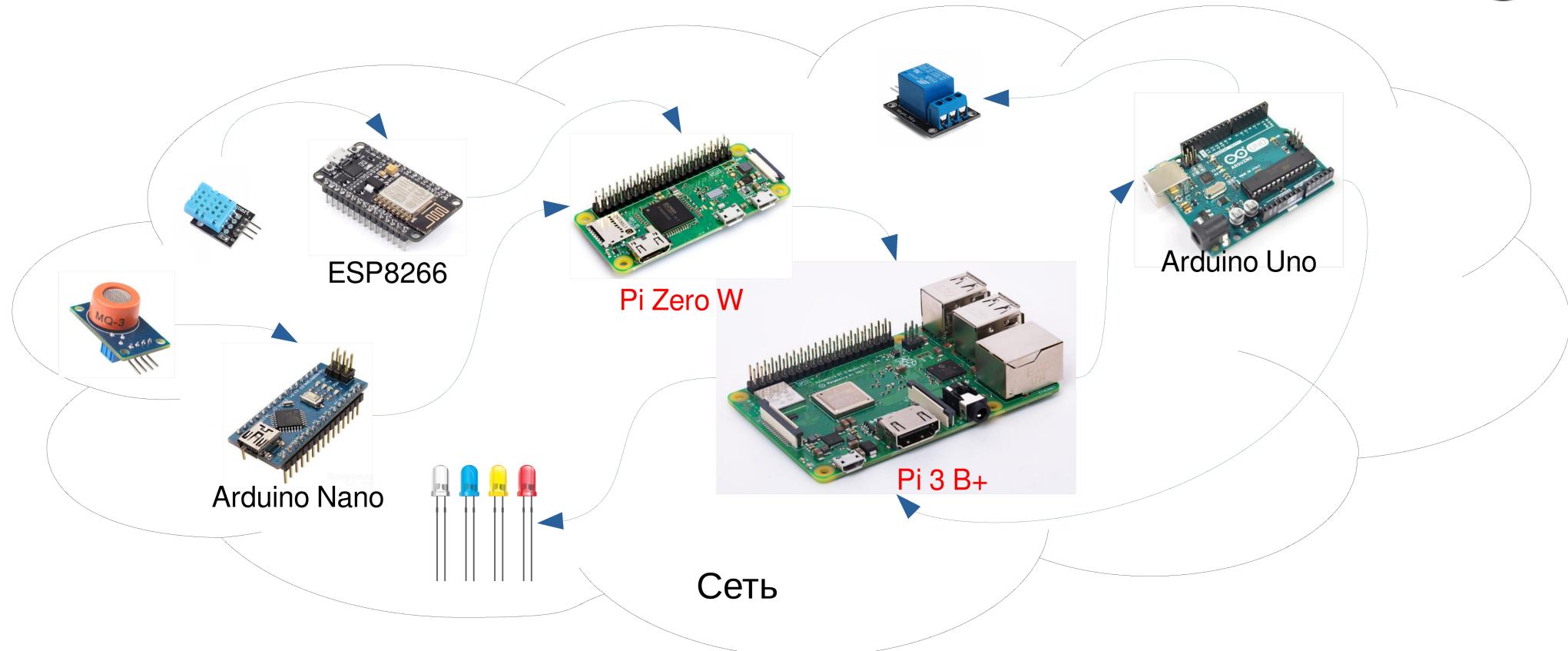
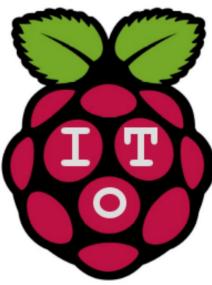


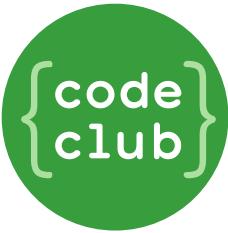
ИОТ = сеть «умных вещей»



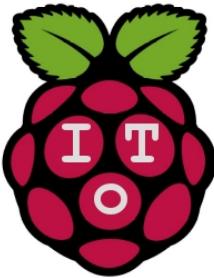
{code
club}

ИОТ = сеть контроллеров!

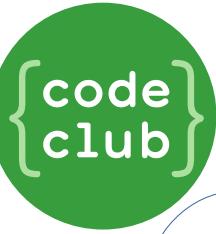




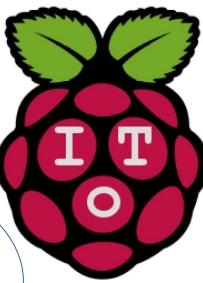
Технологии IoT



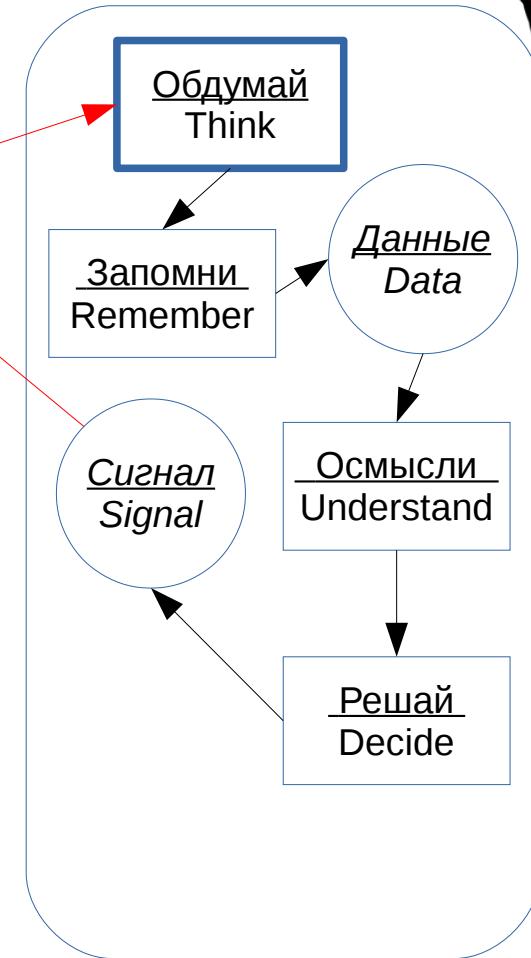
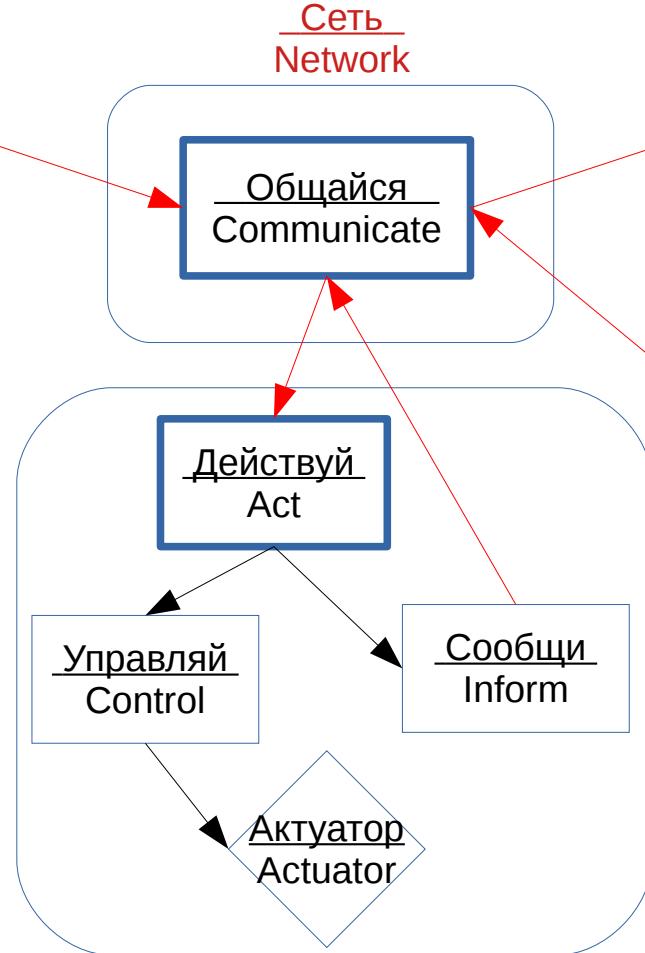
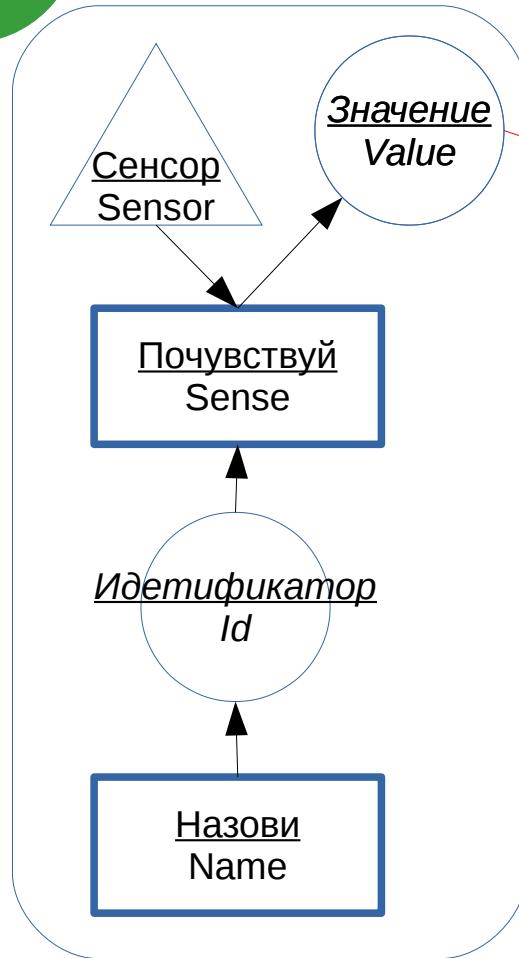
- Идентификация (Identification)
- Сбор данных с датчиков (Sensing)
- Связь по сети (Communication) = *Networking* ~ сетевое взаимодействие
- Хранение данных (Data Storing)
- Обработка данных (Data Processing)
- Выполнение действий (Acting)



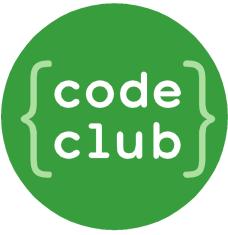
Взаимодействие в IoT



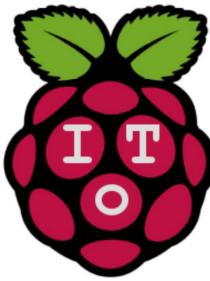
Клиент
Client



Сервер
Server



Распределённая система



Узел сети
Node

Чтение
показаний
датчиков

Чтение
показаний
датчиков

Сбор
данных

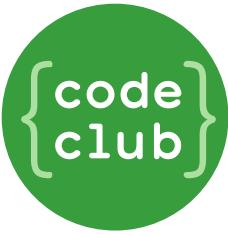
Хранение
данных

Анализ
данных
Принятие
решений
Отправка
команд

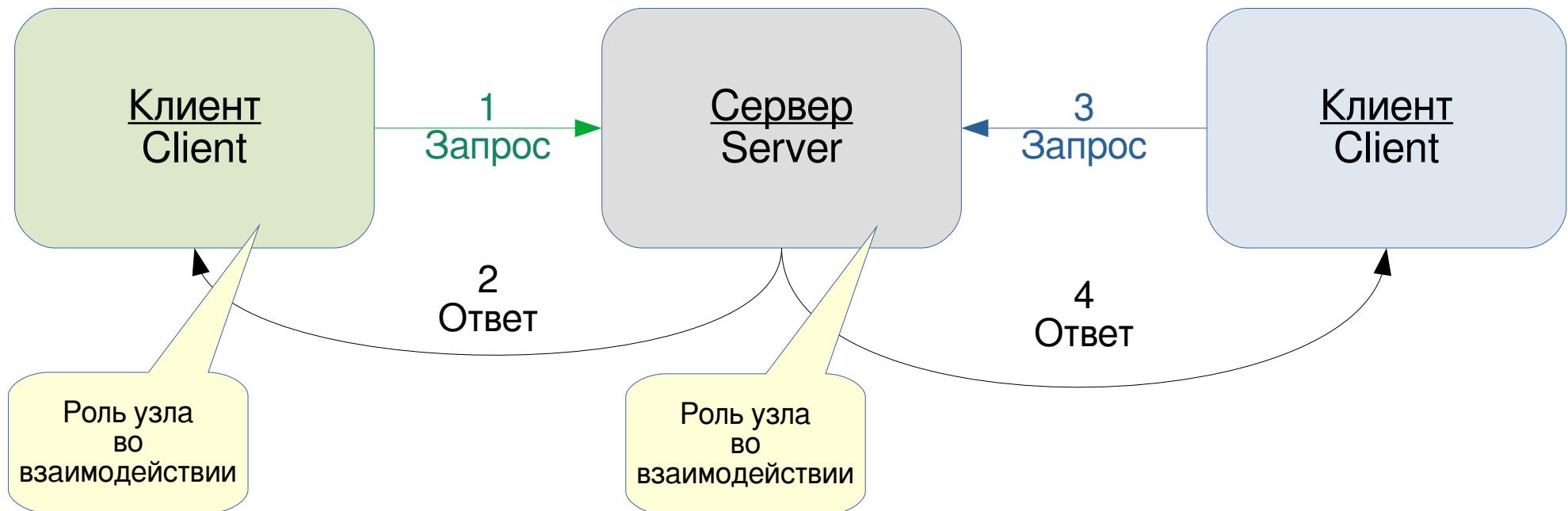
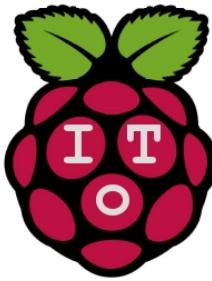
Выполнение
команд
Обратная
связь о
выполнении

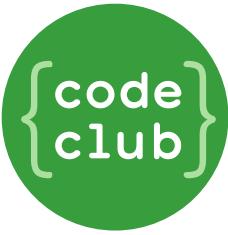
feedback

Сеть

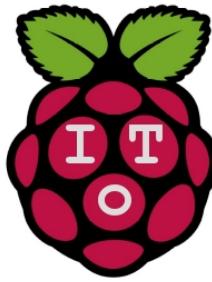


Архитектура клиент–сервер



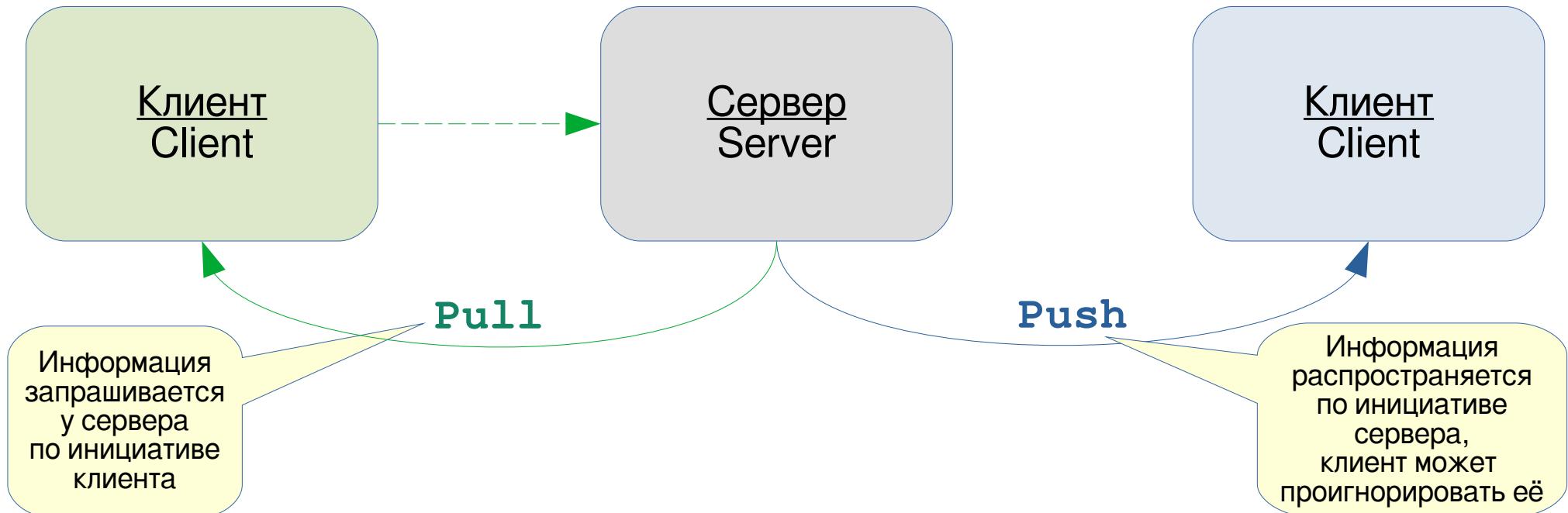


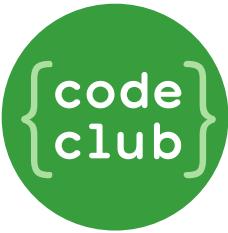
Модели взаимодействия



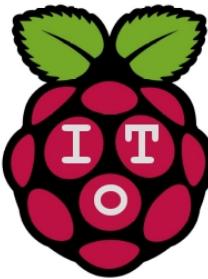
«Запрос — Ответ»

«Вещание» / «Подписка»



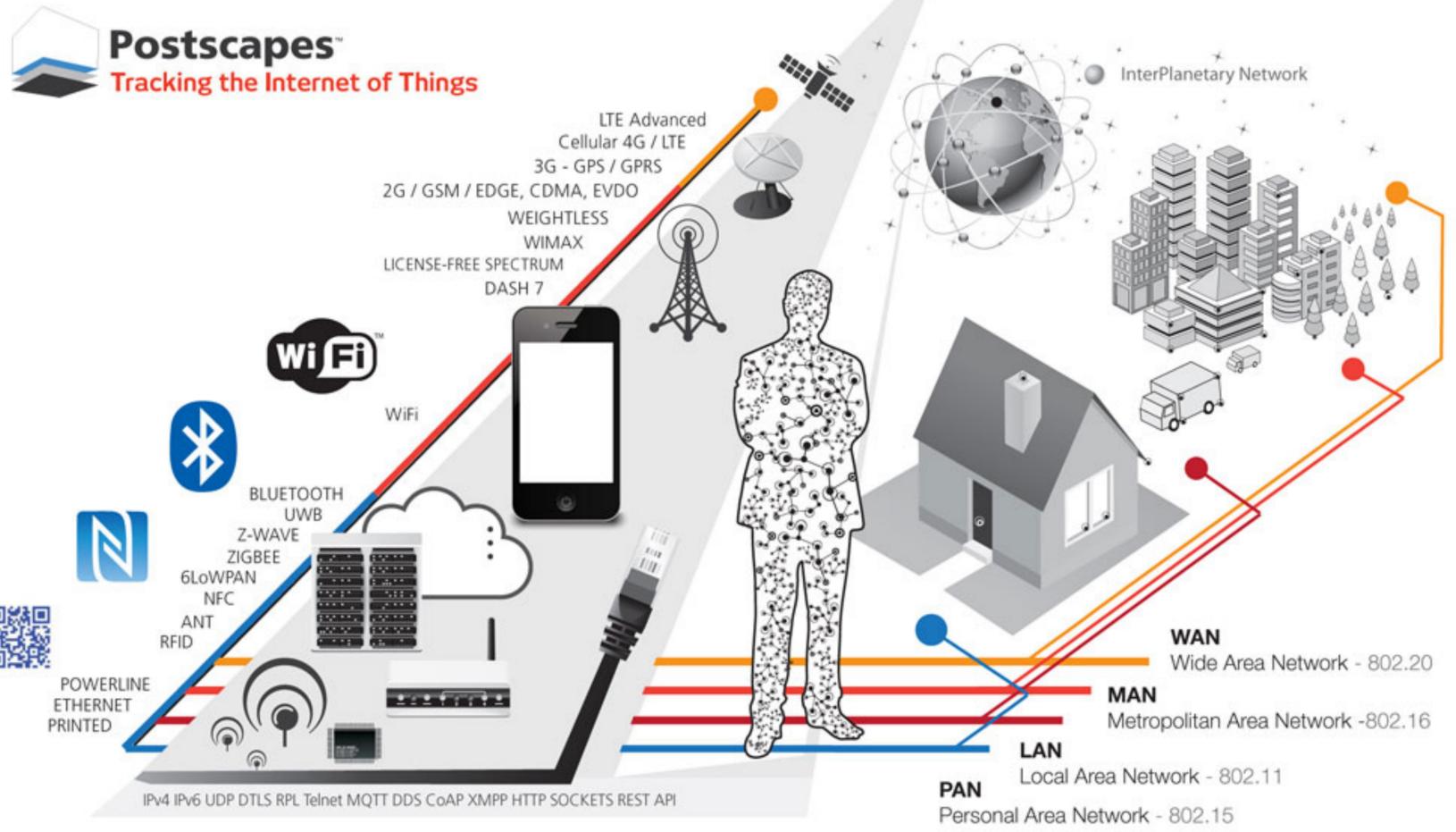
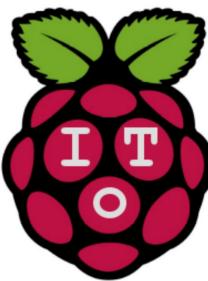


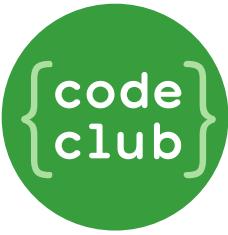
Сети разного охвата



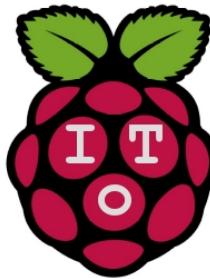
- Interplanetary Internet (**DTN**) ~ межпланетная сеть
- Internet ~ всепланетная сеть
- **WAN** (Wide Area Network) ~ межрегиональная сеть
- **MAN** (Metropolitan Area Network) ~ городская сеть
- **CAN** (Campus Area Network) ~ университетская сеть
- **LAN** (Local Area Network) ~ локальная вычислительная сеть
- **HAN** (Home Area Network) ~ домашняя сеть
- **NAN** (Near-me Area Network) ~ близлежащая сеть
- **CAN** (Car / Electronics Area Network) ~ автомобильная сеть
- **PAN** (Personal Area Network) ~ персональная сеть
- **BAN** (Body Area Network) ~ нательная сеть
- **NFC** (Near Field Communication) ~ связь ближнего действия
- NanoNetwork (IEEE P1906.1) ~ связь между нано-роботами

Масштабы сетей

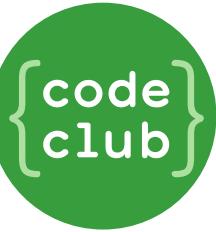




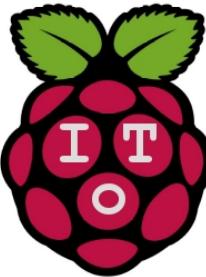
Транспортные протоколы



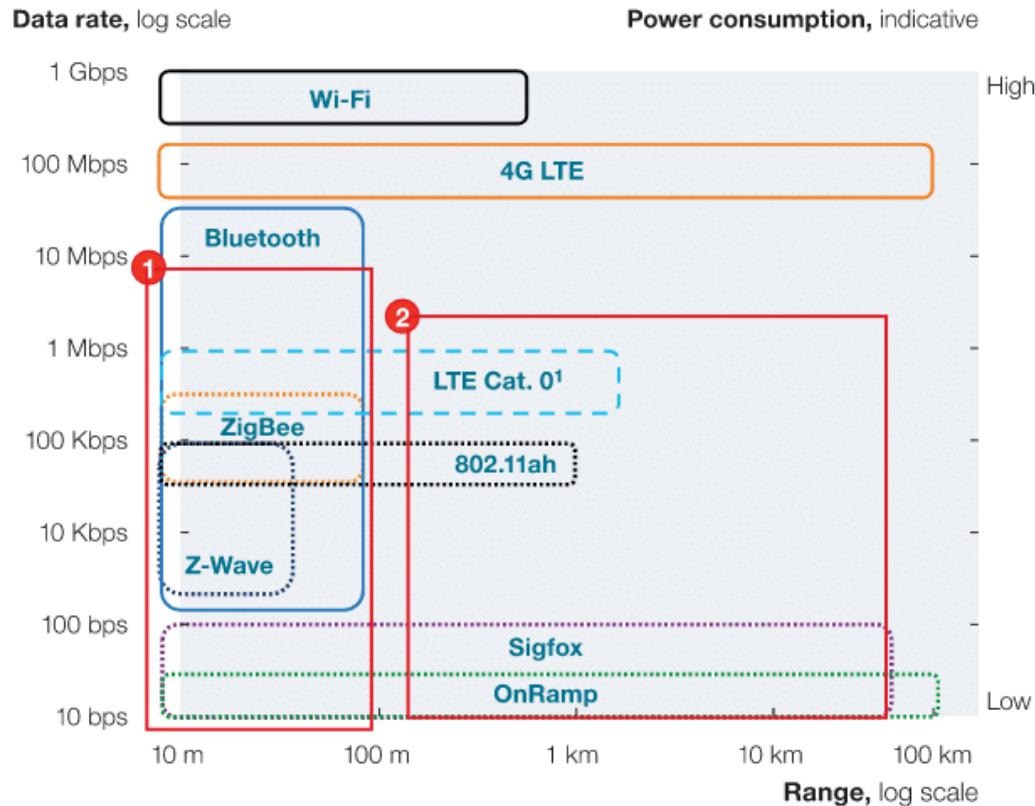
- NFC — бесконтактная связь ближнего действия: < 20 см
- RFID — радиочастотная идентификация: от 20 см до 300 м
- IrDA (Infra-Red Data Association) — настольная связь: 5-50 см
- **UWB (Ultra-Wide Band)** — связь с устройствами: до 3 м
- Bluetooth / BLE, 6LoWPAN — в помещениях (WPAN): до 10 м
- EnOcean — в помещениях: до 30 м, на открытом месте до 300 м
- ZigBee, Z-Wave — беспроводные сенсорные сети (WHAN): до 100 м
- **Wi-Fi** — в здании (WLAN): десятки метров
- Сотовая связь (GPRS/2G/3G/4G) — в населённом пункте (WMAN): км
- WiMax — в нескольких населённых пунктах: десятки км
- **LoRaWAN — энергоэффективная связь дальнего действия (LPWAN)**
- Связь через ЛЭП (PLC = Power Line Communication)
- Спутниковая связь — между странами: тысячи км



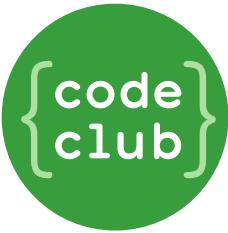
Скорость и охват



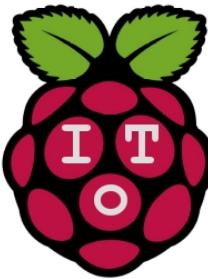
— Widely adopted New standard - - - Established, adoption ongoing



- ①
 - Несколько конкурирующих стандартов на низкоскоростные сети небольшого охвата .
 - Нет совместимости между протоколами.
- ②
 - Широкое поле для стандартизации для низкоскоростных сетей большого охвата с низким энергопотреблением.

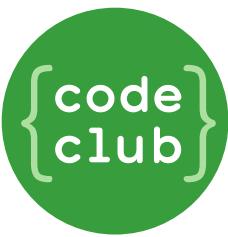


Протоколы обмена

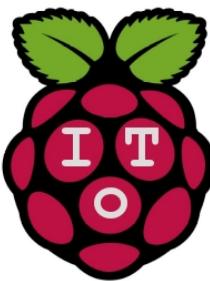


В проектах IoT применяются разные протоколы обмена данными:

- Специализированные:
 - **MQTT** (*Message Queue Telemetry Transport*)
 - **AMQP** (*Advanced Message Queuing Protocol*)
 - **CoAP** (*Constrained Application Protocol*)
 - **STOMP** (*Simple / Streaming Text Oriented Message Protocol*)
 - **DDS** (*Data Distribution Service*)
 - **XMPP-IoT** (*Jabber XMPP for IoT*)
 - **LWM2M** (*Lightweight M2M*)
- Универсальные:
 - **RESTful HTTP**
 - **SOAP** (*Simple Object Access Protocol*)
 - **Matrix**
 - **WMI / WBEM**
 - ...

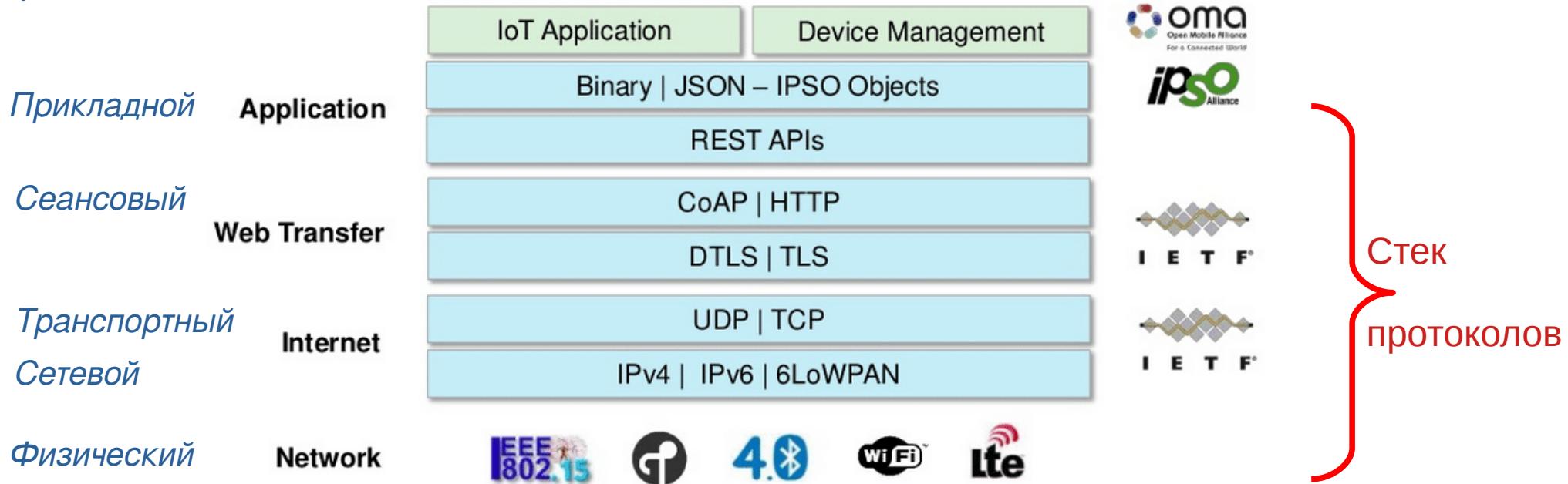


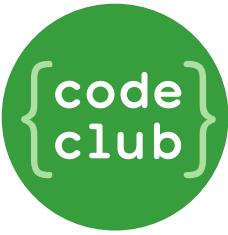
Стек протоколов



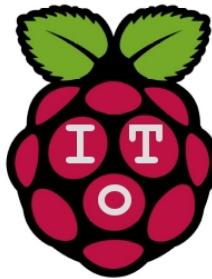
Что значит **И** в **IoT**:

Уровни сетевой модели OSI





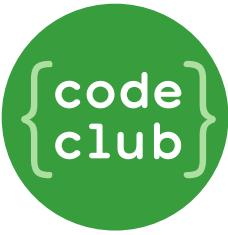
Особенности сетей ИоТ



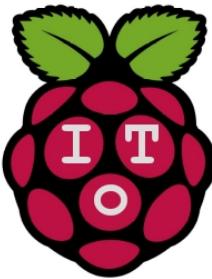
Сложности построения сетей для ИоТ:

- использование различных аппаратных платформ
- использование различных программных средств
- необходимость интеграции решений от разных производителей
- применение разных сетевых технологий
- фрагментарность сети (удалённость отдельных сегментов)
- нестабильность связи (пропадание радио-сигнала и т. п.)
- возможная временная недоступность узлов сети
- перебои в электроснабжении
- необходимость экономить заряд аккумулятора

Требуется повышенная надёжность работы: исправление ошибок, повторная отправка данных, дублирование каналов передачи данных, резервирование узлов сети, самовосстановляемость систем, защита от злоумышленников.



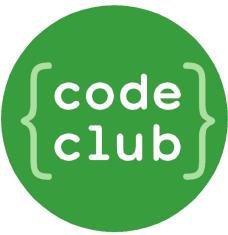
REST



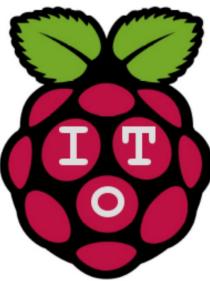
Распределённые системы эффективно работают на основе архитектурного стиля **REST** (Representational State Transfer), который основан на 3-х общеизвестных стандартах (RFC), на которых основана Всемирная Паутина (WWW):

- I. Протокол **HTTP** — для доступа к данным (ресурсам).
- II. Идентификаторы **URI** — для именования ресурсов.
- III. Форматы **MIME** — для представления данных разных типов.

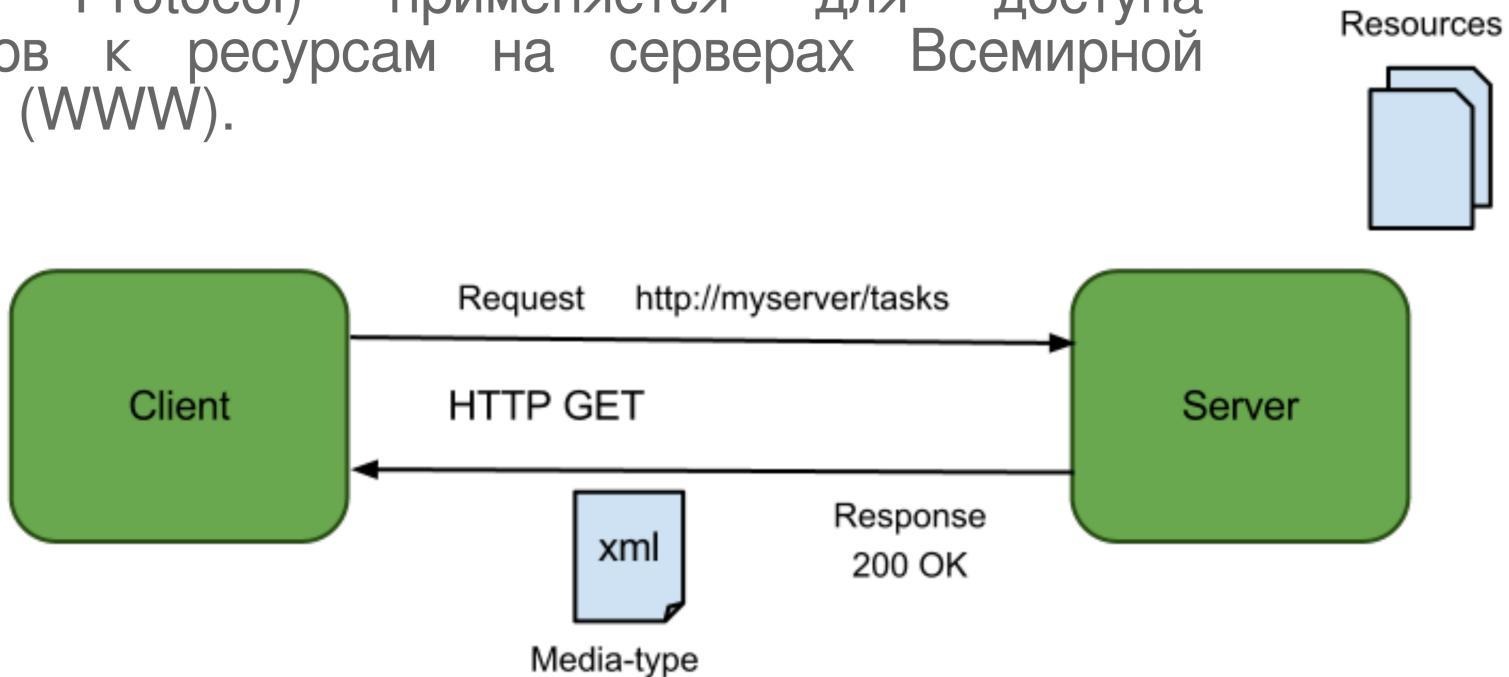
REST используется как программный интерфейс (API) для доступа с клиента к ресурсам (данным, расположенным на сервере) и их изменения (если это позволено).

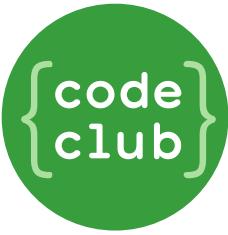


HTTP

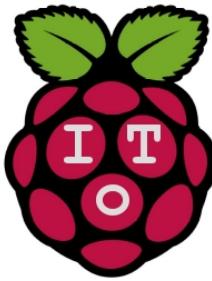


I. Протокол передачи гипертекста **HTTP** (HyperText Transfer Protocol) применяется для доступа браузеров к ресурсам на серверах Всемирной Паутины (WWW).





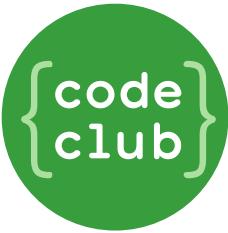
Изменение данных



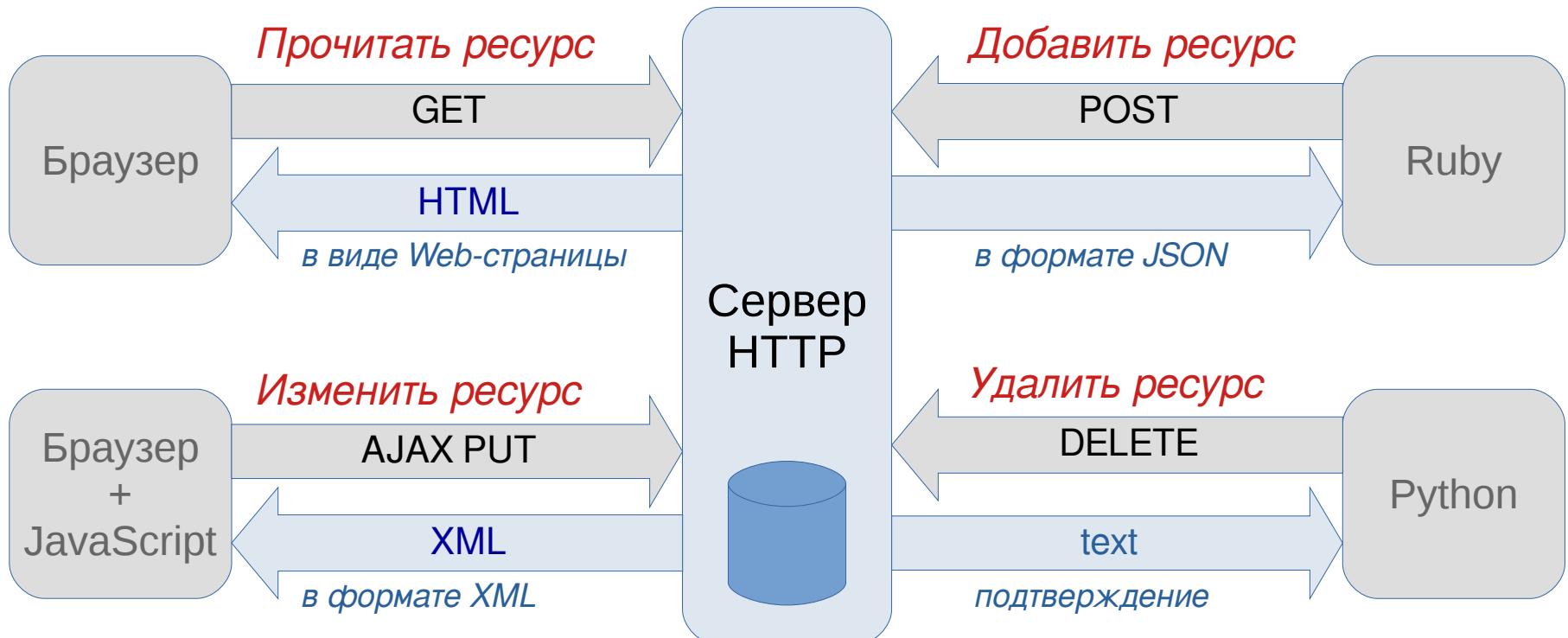
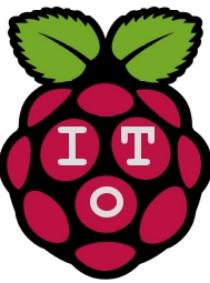
В протоколе **HTTP** предусмотрен стандартный набор операций (POST, GET, PUT, DELETE) для манипулирования данными: добавить, прочитать, изменить, удалить (Create, Read, Update, Delete = CRUD).

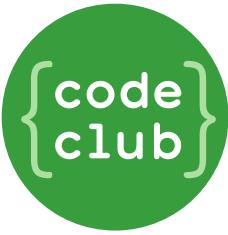
GET /resource/collection	запросить коллекцию ресурсов
POST /resource/collection	добавить единичный ресурс в коллекцию
GET /resource/collection/ <i>id</i>	запросить единичный ресурс
PUT /resource/collection/ <i>id</i>	изменить ресурс (или коллекцию)
DELETE /resource/collection/ <i>id</i>	удалить ресурс (или коллекцию)

Операции протокола **HTTP** соответствуют основным командам **SQL** для изменения информации в базах данных: INSERT, SELECT, UPDATE, DELETE).

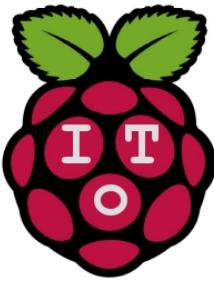


REST





URL



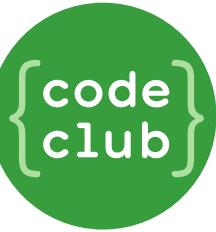
II. Универсальный указатель ресурса **URL** (Uniform Resource Locator) применяется для именования ресурсов Всемирной Паутины (WWW). Он применяется в **REST** для идентификации ресурсов, которые подразделяются на 2 вида:

- единичные ресурсы (объекты) и
- коллекции (списки, наборы, массивы) ресурсов.

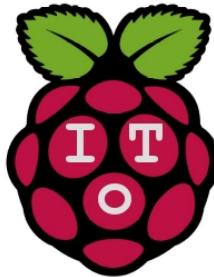
Но доступ к любому из видов производится однотипно:

- server.net/resource/collection — коллекция;
- server.net/resource/collection/filter — часть коллекции;
- server.net/resource/collection/id — ресурс;
- application.info/class/ — список объектов класса;
- application.info/class/id — объект из списка;
- application.info/class/subclass — объекты подкласса;
- localhost/path/to/dir/ — список файлов в каталоге;
- localhost/path/to/dir/file.txt — файл;

URL — один из видов уникального идентификатора ресурса **URI** (Uniform Resource Identifier).



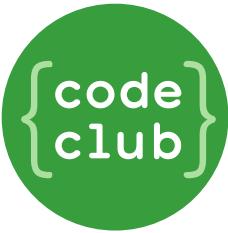
MIME: типы данных



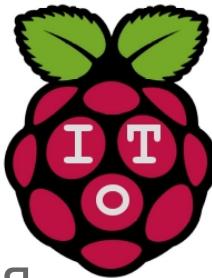
III. Типы данных **MIME** (Multipurpose Internet Mail Extensions) — стандартизированные представления данных (media types), в т. ч. мультимедийных, были разработаны ещё для вложений электронной почты и дополнены новыми типами после появления WWW:

- text/html - HyperText Markup Language, HTML (RFC 2854);
- text/plain - текст (RFC 2046, 3676);
- application/json - JavaScript Object Notation, JSON (RFC 4627);
- application/xml - eXtensible Markup Language, XML;
- text/csv - Comma-Separated Values, CSV (RFC 4180);
- application/octet-stream - двоичный файл (RFC 2046);
- image/png - Portable Network Graphics, PNG (RFC 2083);
- audio/mpeg - MPEG-аудио, включая MP3 (RFC 3003);
- video/mpeg - MPEG-1 (RFC 2045, 2046);

} Текст
} Программные данные
} Двоичные данные



Форматы данных



При передаче данных по сети используются разные представления данных:

- Текст:
 - JSON, XML, Key=Value, CSV, YAML, ...
- Двоичные данные.

JSON

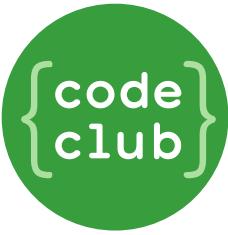
```
{"System": {  
    "Name": "ESP_Easy",  
    "Unit": 4},  
  "Sensors":  
  [{"TaskName": "T_P_H",  
   "Temperature": 26.21,  
   "Humidity": 19.48,  
   "Pressure": 742.01},  
   {"TaskName": "Screen"},  
  ]}
```

XML

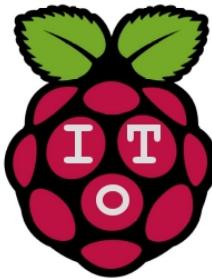
```
<Data>  
  <System Name="ESP_Easy" Unit=4 />  
  <Sensors>  
    <Task Name="T_P_H">  
      <Temperature>26.21</Temperature>  
      <Humidity>19.48</Humidity>  
      <Pressure>742.01</Pressure>  
    </Task>  
    <Task Name="Screen" />  
  </Sensors>  
</Data>
```

Key=Value

```
Name="ESP_Easy"  
Unit=4  
Sensor="T_P_H"  
Temperature=26.21  
Humidity=19.48  
Pressure=742.01
```



MIME : представления



1. Клиент может запросить у HTTP-сервера требуемое представление ресурса (media type) одним из способов:

- как часть URI (выглядит, как суффикс файла):

resource.HTML

resource.XML

resource.JSON

resource.PDF

- в заголовке Accept запроса HTTP:

Accept: text/html

Accept: application/xml

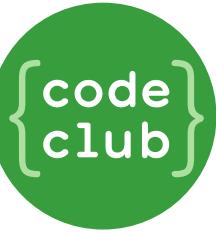
Accept: application/json

Accept: application/pdf

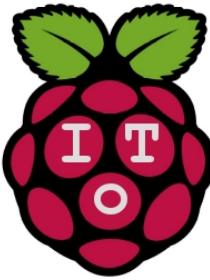
HTTP request:
GET /resource.json

HTTP request:
GET /resource
Accept: application/json

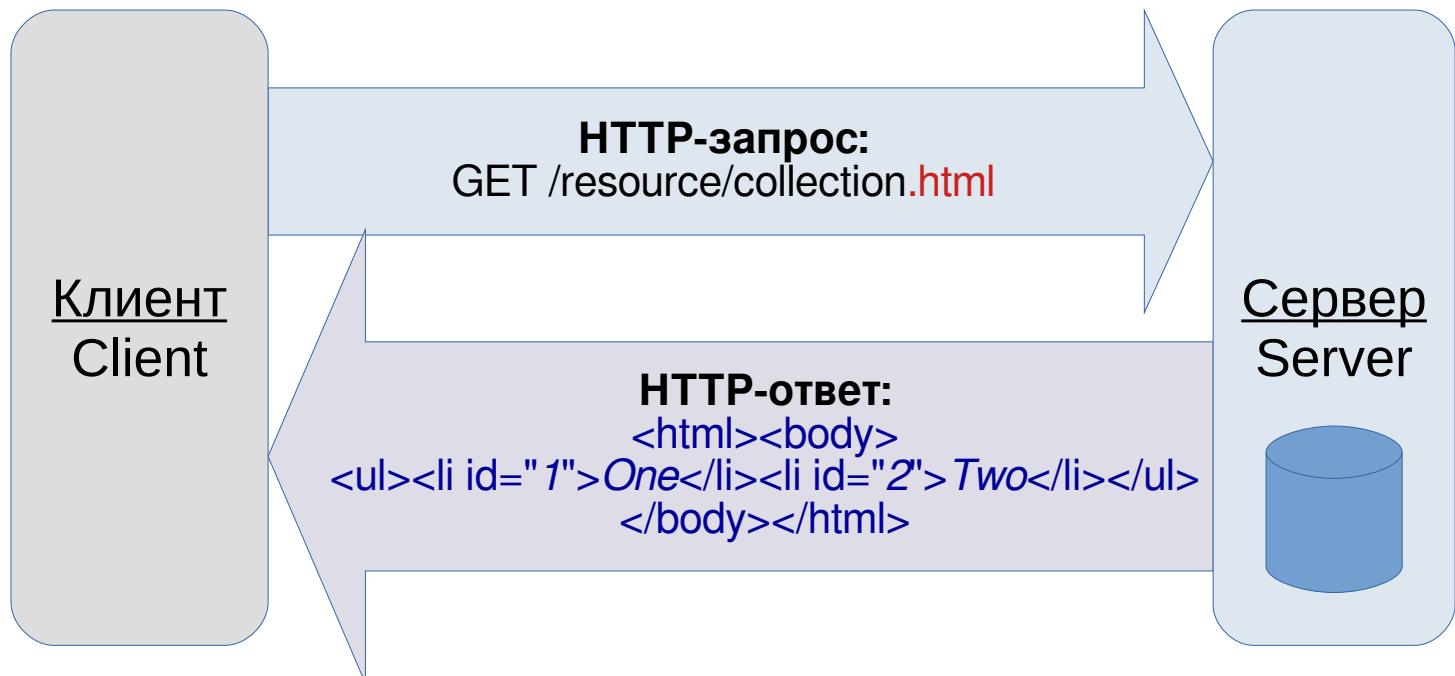
2. Сервер сообщает о представлении передаваемого ресурса в заголовке Content-Type ответа HTTP.

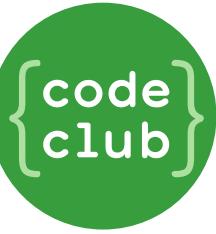


REST: доступ к данным



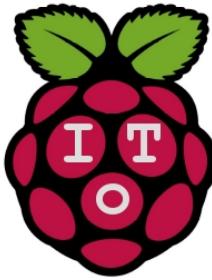
- Ресурс уникально **идентифицируется** по URI.
- **REST-запрос:** глагол HTTP (GET / PUT / POST / DELETE) для выполнения действия с ресурсом.
- **Данные** для обновления: в параметрах запроса.
- Желаемое **представление:** в параметрах запроса.
- **Ресурс** в нужном представлении — в HTTP-ответе.





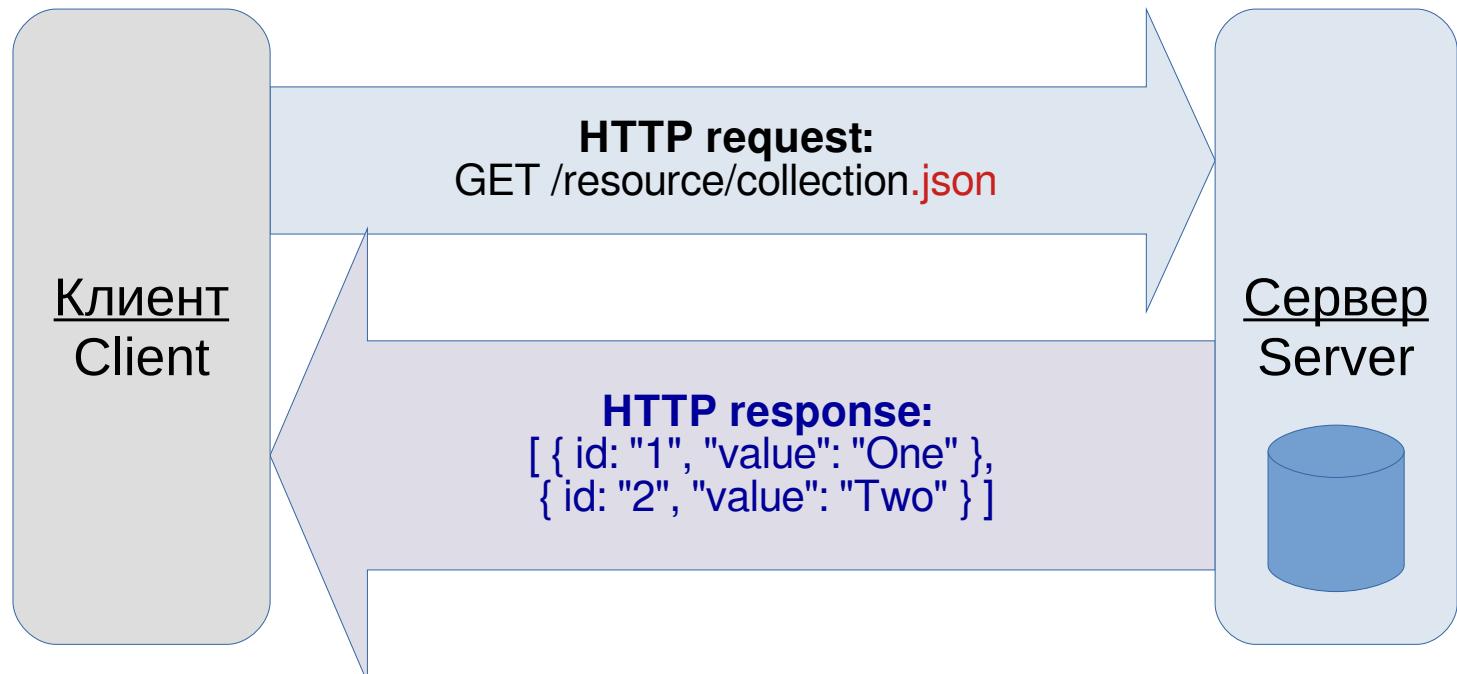
REST:

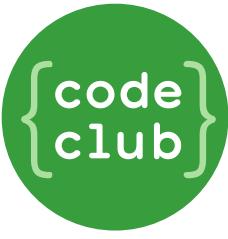
представление данных



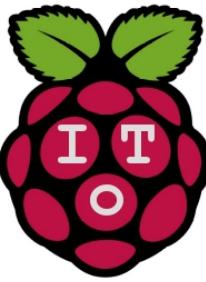
Клиент может
запросить тот же самый
ресурс в другом
представлении (JSON).

Сервер может
преобразовать ресурс
из неизвестной для
клиента формы
хранения (реляционная
БД) в запрошенное
представление.





REST: примеры запросов



GET /meteostation/values/json

GET /meteostation/sensors/temperature.json

Клиент
Client

Сервер
Server

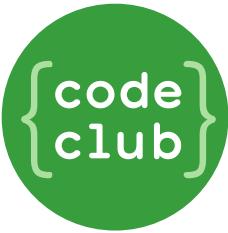
Клиент
Client

```
[{"sensor": "Температура",  
 "value": 25.5, "unit": "Celsius"},  
 {"sensor": "Влажность",  
 "value": 48.0, "unit": "procent"},  
 {"sensor": "Давление",  
 "value": 749.3, "unit": "mm Hg"}]
```

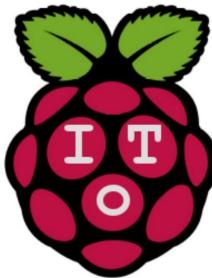
Коллекция
(набор значений)

```
{"sensor": "Температура",  
 "value": 25.5, "unit": "Celsius"}
```

Ресурс
(единичное
значение)



Ruby: клиент HTTP



Класс `URI` применяется для манипуляциями с адресом, а класс `Net::HTTP` — для создания запросов, отправки их на сервер и получения ответов.

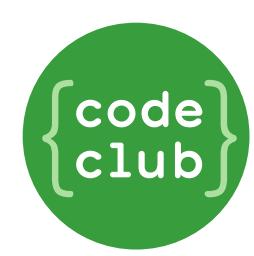
```
require "net/https"
require "json"

host = "192.168.43.141"                                # имя или адрес узла

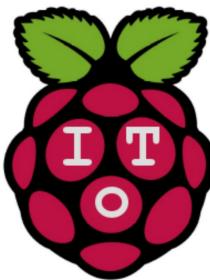
uri = URI.parse("http://#{host}/json")      # URL ресурса
http = Net::HTTP.new(uri.host, uri.port) # новый клиент

get_request = Net::HTTP::Get.new(uri.request_uri) # запрос по GET
response = http.request(get_request)            # получить ответ на запрос
text = response.body                            # извлечь тело ответа

hash1 = JSON.parse(text)                         # JSON → hash
p hash1["Sensors"][0]["Pressure"]               # значение по ключу
```



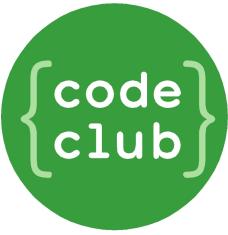
Ruby : сервер HTTP



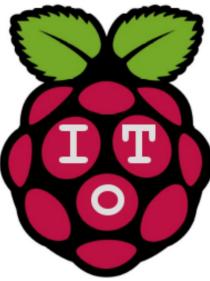
С помощью класса **TCPServer** создаётся объект «сервер протокола TCP», который слушает заданный порт, принимает запросы, отправляет ответ.

```
require 'socket'          # классы TCPSocket, TCPServer
server = TCPServer.new 5000 # новый TCPServer на порту 5000

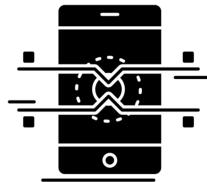
while session = server.accept # сервер начинает сеанс
  request = session.gets    # сервер получает запрос клиента
                            # запрос надо обработать!
  puts request             # "GET / HTTP/1.1\r\n"
                            # сервер формирует ответ:
  session.print "HTTP/1.1 200\r\n"      # код возврата
  session.print "Content-Type: text/plain\r\n" # тип ответа
  session.print "\r\n"                  # разделитель
  session.print "Текущее время #{Time.now}" # ответ
  session.close                # сервер заканчивает сеанс
end
```



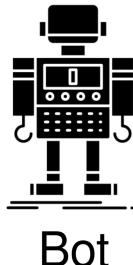
[matrix]



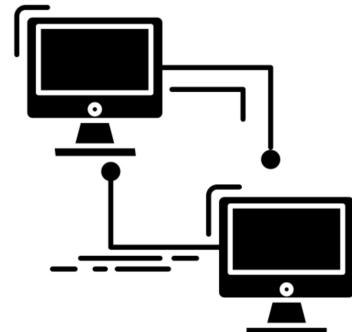
Применение протокола Matrix позволяет создавать децентрализованные системы IoT с защищённой передачей данных по сети. Matrix хорошо подходит для объединения разного программного обеспечения за счёт создания межсетевых мостов, а также публиковать или потреблять данные, работая напрямую с устройствами сбора данных. Программный интерфейс (API) протокола Matrix основан на REST и JSON.



Client



Bot

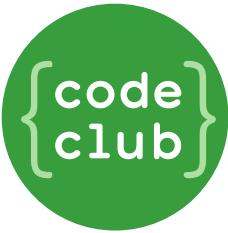


Bridge

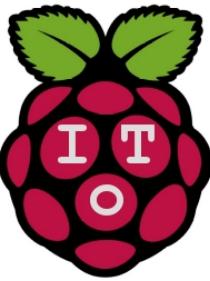


SDK

C, C++, C#,
Objective-C,
Java, Kotlin,
JavaScript,
Ruby, Perl,
Go, Lua,
Rust, Lisp,
Swift, Elixir,
Python,
PHP,
shell/bash



Что?



По-вашему, что важнее в IoT:

1. Идентификация
2. Сбор данных с датчиков
3. Связь по сети
4. Хранение данных
5. Обработка данных
6. Выполнение действий