

Projeto IoT

1 Objetivo

O objetivo deste projeto é desenvolver uma solução de Internet das Coisas (IoT – Internet of Things) para uma determinada área de aplicação. Espera-se que os alunos analisem a tecnologia disponível, definam um cenário, indiquem os requisitos, projetem e implementem a solução.

2 Internet das Coisas - Conceitos

Em 1990 a Internet ainda estava em seus primórdios com apenas 313.000 computadores ligados à rede quando Dan Lynch, presidente da Interop, lançou um desafio para a criação de dispositivos a serem ligados na Internet. John Romkey [1][1] e equipe desenvolveram uma torradeira apresentada na Interop 1990 (Figura 1.) que seria um dos primeiros dispositivos domésticos a serem ligados à Internet. Neste projeto foi usado o protocolo SNMP para o controle da torradeira. Na mesma feira também foram apresentados um CD Player e um boneco de Cão Latidor também conectados à Internet.



Figura 1. IoT Toaster [1]

Antes disso, autores citam Nikola Tesla, nascido em 1856 na atual Croácia, como um dos mentores do conceito de IoT embora a Internet nem sonhasse em existir na época. Em 1898, apresentou um barco acionado por controle remoto (Figura 2.) que muitos viram como magia. Suas frases célebres anteciparam o uso da comunicação sem fio para o que seria o Smartphone e outras aplicações como a transmissão de vídeo.



Figura 2.

Em uma entrevista em 1929 Tesla lançou a ideia do que seria um Smartphone atual:

"When wireless is perfectly applied the whole earth will be converted into a huge brain, which in fact it is, [...] and the instruments through which we shall be able to do this will be amazingly simple compared with our present telephone" (Nikola Tesla, Teleautomation).

O termo Internet das Coisas (IoT - Internet of Things), segundo consta na literatura, foi citado pela primeira vez em 1999 pelo pesquisador britânico Kevin Ashton para designar equipamentos, eletrodomésticos, veículos e outros objetos conectados à Internet. O conceito de IoT já havia aparecido anteriormente com outras denominações: "Ubiquitous computing" (1991, Mark Weiser) e "Internet of objects".

IEEE, IETF e ITU-T desenvolvem atividades em diversos grupos de trabalho para a padronização da IoT sendo da ITU a seguinte definição:

Internet of Things (IoT): A global infrastructure for the information society, enabling advanced services by interconnecting (physical and virtual) things based on existing and evolving interoperable information and communication technologies. (ITU-T Y.4000)

A definição de IoT pela IETF é:

The Internet of Things is the network of physical objects or "things" embedded with electronics, software, sensors, and connectivity to enable objects to exchange data with the manufacturer, operator and/or other connected devices. (IETF)

As tecnologias tais como RFID (Radio Frequency Identification), sensores, controladores entre outros, necessárias à IoT, tornaram-se acessíveis economicamente, o que permitiu que IoT se tornasse economicamente viável. Deve ser notado que não basta o dispositivo ter alguma tecnologia embarcada como sensor ou Tag de RFID para ser considerada na categoria IoT.

As áreas em que IoT são ou podem ser utilizadas são bem amplas e podemos citar algumas delas:

- Sistemas ambientais: monitorador de condições ambientais tais como temperatura, umidade e poluição, detector e incêndio em florestas, detector de terremotos e erupção de vulcões e outros desastres ambientais.
- Cidades inteligentes: monitoração de condições ambientais, trânsito, vigilância, estacionamento, segurança, energia, iluminação inteligente, etc.
- Rede veicular: navegação, controle de tráfego, interação com outros veículos entre outros.

Laboratório de Redes

- Casas inteligentes: iluminação, irrigação, controle de consumo de energia e água, controle de acesso e vigilância, TV Digital na Internet, controle de animais domésticos, suprimentos na despensa, etc.
- Prédios comerciais: estacionamento, segurança, consumo de energia e água, controle ambiental, controle de elevadores, etc.
- Indústrias: controle de acesso e segurança, logística, controle de estoque e produção, controles ambientais e outros citados como energia, água, etc.
- Fazendas inteligentes: controle de irrigação, consumo de nutrientes, condições de animais tais como alimentação, deslocamento, vacinas.
- Saúde das pessoas: monitoração de atividades físicas e de condições de saúde de atletas e pessoas idosas.
- Animais: identificar, verificar vacinas e controlar a circulação, entrada e saída de casa.

Internet of Things (IoT)

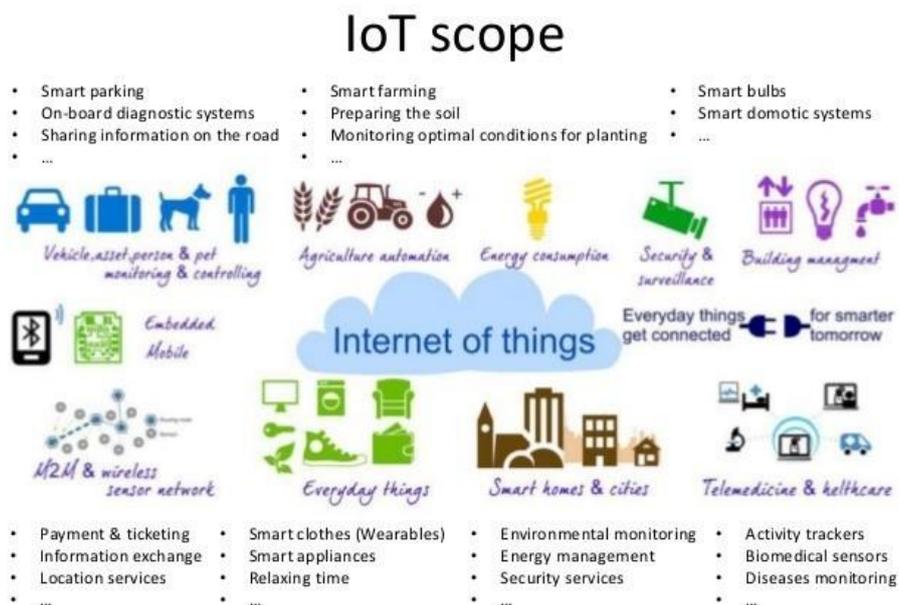


Figura 3. Escopos de IoT segundo Insight [2]

2.1 Arquitetura de IoT

A arquitetura de IoT está sendo consolidada através de trabalhos das entidades de padronização IEEE, ITU-T, IETF sendo que a ITU-T [8] definiu o modelo de referência em camadas para IoT (Figura 4).

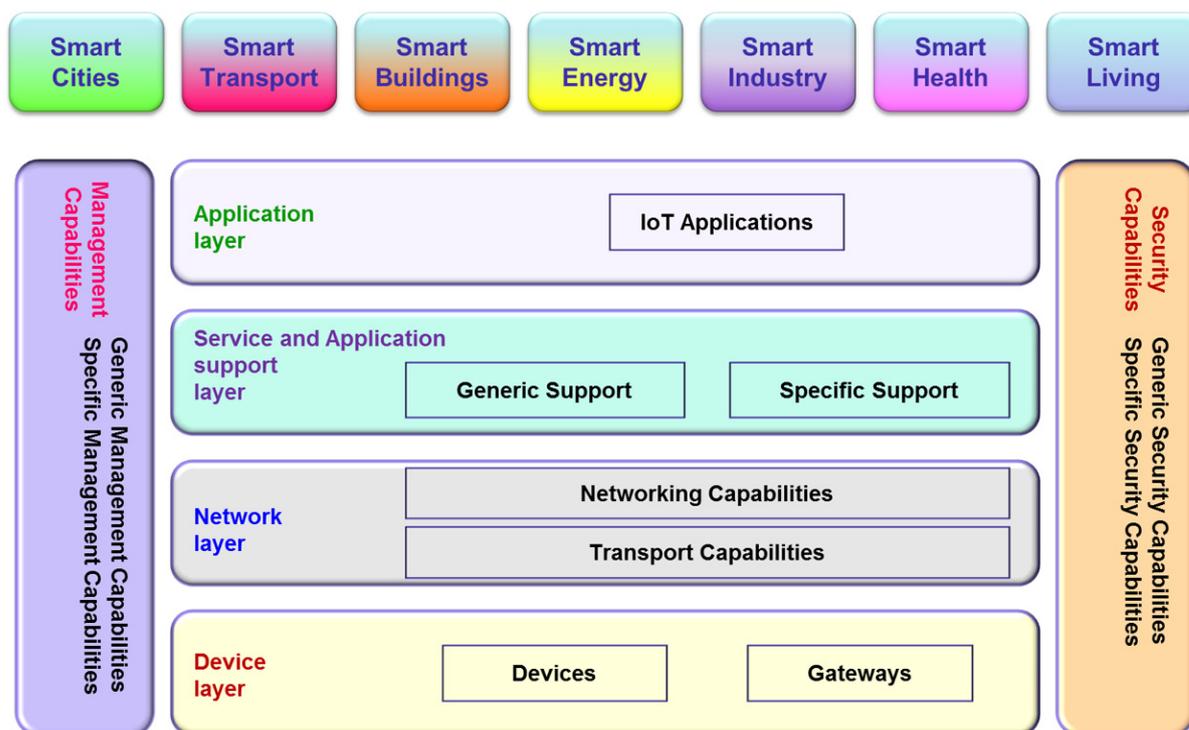


Figura 4. Modelo e referência em camadas (ITU-T, Série Y [8])

A padronização IEEE P2413 para IoT [7] considera os seguintes domínios de aplicação e cada domínio específico desenvolverá sua própria padronização:

- Smart Manufacturing,
- Smart Grid,
- Smart Buildings,
- Intelligent Transport Systems,
- Smart Cities
- Healthcare.

Do ponto de vista de software muitas das plataformas atuais são centradas em arquitetura Cloud[3] e existem alternativas distribuídas utilizando os conceitos de Fog Computing ou Edge Computing. A arquitetura centrada em Cloud não se mostra tão versátil e apresenta dificuldades para controlar atrasos e administrar o alto volume de informações gerados pelos dispositivos de IoT e por esta razão surgiram os conceitos de Edge Computing e Fog Computing.

Na Edge Computing os equipamentos de IoT se conectam a equipamentos específicos tais como em uma WPAN e em sistemas embarcados realizando a captura, concentração e pré-processamento dos dados. Na arquitetura Fog Computing parte da lógica é colocada em redes locais próximas dos dispositivos de IoT com servidores utilizados para realizar algum processamento e análise dos dados permitindo a redução do atraso e do volume dos dados enviados à Cloud. A Figura 5 mostra como os três elementos da arquitetura se relacionam. De forma mais ampla podemos ter parte do processamento na Cloud, parte pode ser Fog Computing e parte pode ser Edge Computing.

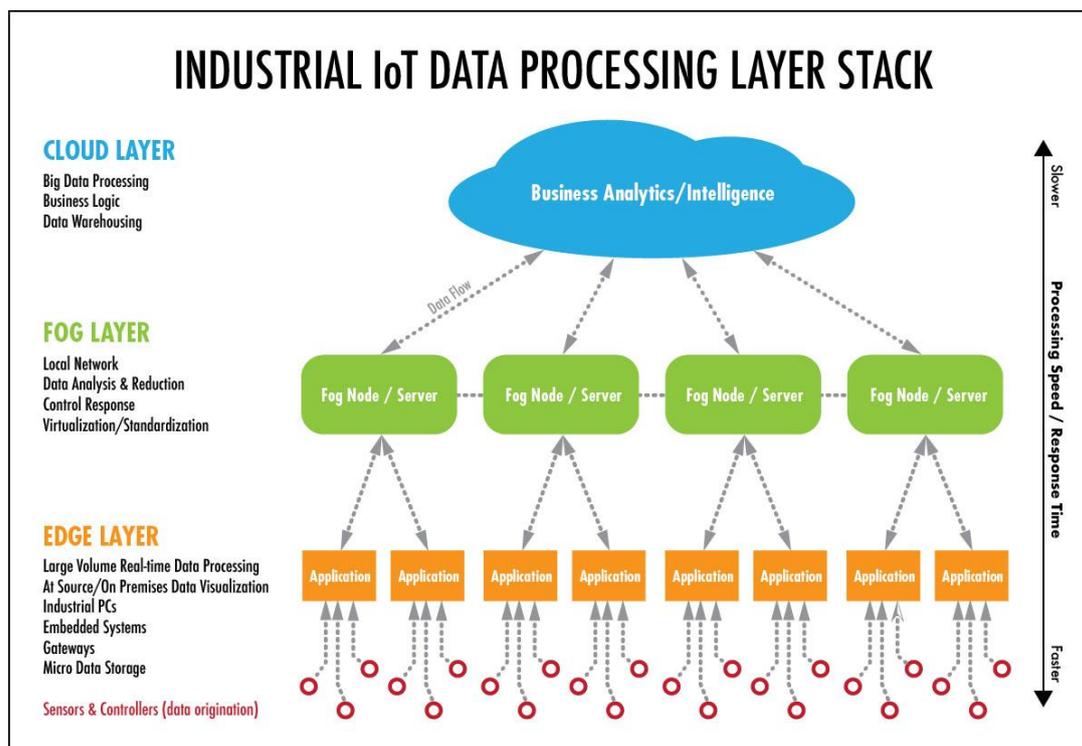


Figura 5: Níveis da arquitetura de processamento IoT. (fonte: <https://www.winsystems.com/cloud-fog-and-edge-computing-whats-the-difference/>)

2.2 Protocolos para IoT

A interação das aplicações de IoT com os objetos conectados à Internet costuma ser feita através de sensores, atuadores e dispositivos de RFID. Enquanto os sensores registrariam condições dos objetos, os atuadores seriam equipamentos eletromecânicos para atuarem sobre condições identificadas. Por, por exemplo, se o sensor de umidade identificou que o jardim está precisando de água, uma torneira servo-controlada irá abrir para realizar a irrigação.

A primeira geração de IoT utilizava Etiquetas (Tags) de RFID (Radio Frequency Identification) para identificar os objetos. As Tags são etiquetas coladas aos objetos que fornecem uma identificação única e podem ser lidas por equipamentos leitores. É o caso de etiquetas usadas em livrarias para identificar livros ou em pacotes em sistemas de entrega. Também é usado em pedágios para identificar veículos. Podem ser ativos ou passivos sendo os passivos apenas uma identificação magnética enquanto os ativos possuem lógica embutida sendo alimentado por bateria. Os equipamentos conectados à Internet em ambos os casos são os equipamentos leitores e não os objetos em si, isto é, uma etiqueta de RFID não está conectada à Internet.

A geração seguinte passou a usar sensores que possuem a função de identificação e coleta de dados e atuadores para as ações necessárias. Módulos sensores incluem um processador ao qual se conecta equipamentos específicos tais como medidor de umidade, giroscópio, GPS, medidor de batimentos cardíacos, eletrocardiograma, leitor de luminância, acelerômetro, oxímetro etc. Nos casos que envolvem identificação de pessoas, os sensores podem ser leitores biométricos. Veículos, pessoas e objetos podem ser identificados por câmeras de vídeo IP. Por análise de imagens utilizando técnicas de processamento de imagem juntamente com aprendizado de máquina podemos realizar a identificação de pessoas e objetos sem um sensor específico.

Um elemento importante nos processadores utilizados em aplicações IoT são as interfaces de rede podendo ser Ethernet, enlaces óticos ou redes sem fio. As camadas física e enlace sem fio utilizam de forma geral os protocolos IEEE 802 sendo que a família IEEE 802.11 corresponde à WiFi tradicional para WLAN e a família IEEE 802.15 que foi desenvolvida para WPAN (Wireless Personal Area Network) e BAN (Body Area Network).

O Bluetooth está no grupo de protocolos IEEE 802.15 sendo definido pela norma IEEE 802.15.1 enquanto IEEE 802.15.4 é utilizado por sensores que utilizam protocolos tais como ZigBee e 6LoWPAN nas camadas superiores.

Características do padrão IEEE 802.15.4

- Baixo custo e baixo consumo de energia
- Baixa velocidade - taxa de transmissão: 250 kbps, 40 kbps ou 20 kbps
- Operação em 2,4 Ghz, 915 MHz e 868 MHz
- Utilização de CSMA/CA para o controle de acesso
- Suporte a latência crítica para dispositivos
- Duas possibilidades de endereçamento: com 16 bits e 64 bits
- Gerenciamento de consumo de energia
- Conexão automática
- Alcance médio: 10 metros
- Criptografia AES-128
- Ex.: ZigBee, WirelessHart e MiWi

As redes de telefonia celular também podem ser utilizadas como meio de comunicação pelos dispositivos IoT: LTE (Long Term Evolution, LoRaWAN, SigFox, 3G, 4G e 5G). As redes 5G ainda estão em fase de implantação no mundo e permitirão um grande salto tecnológico reduzindo em muito o atraso com alta banda de transmissão.

Os processadores para IoT costumam depender de baterias e desta forma uma questão de projeto é o consumo de energia. Para administrar esta questão pode-se optar por baterias com maior tempo de duração, sensores de menor consumo ou programação mais econômica em termos de consumo de energia.

2.3 Dispositivos e plataformas de IoT

As plataformas de IoT abrangem desde os dispositivos de hardware utilizados para IoT até a infraestrutura de software e surgem para tornar mais ágil o desenvolvimento de aplicações. Algumas são voltadas para domínios específicos tais como automação residencial ou na área de saúde.

Entre as plataformas de hardware as mais lembradas são Arduino e Raspberry Pi.



Figura 6: Arduino e Raspberry Pi

A esses equipamentos podem ser acoplados sensores diversos tais como de som, luz, câmeras de vídeo, microfones, sensores de umidade, temperatura, gases e poluição, gps, giroscópios, acelerômetros, detetores de movimento. Também podem ser acoplados Leds e interfaces com acionadores, por exemplo, para irrigação. Além disso existem os equipamentos vestíveis (wearables) tais como os relógio de pulso que medem condições físicas dos usuários.

Os grandes fabricantes na área possuem plataformas para IoT, em geral centradas em Cloud:

- IBM com o Watson IoT,
- Microsoft com o Azzure IoT,
- Amazon com o AWS IoT,
- Google Cloud IoT.

Esses fabricantes oferecem soluções em parceria com fornecedores de hardware para que a plataforma suporte os equipamentos.

Os trabalhos de Singh e Kapoor [4], Ray [5] e Derhamy et al. [6] apresentam diferentes plataformas para o desenvolvimento de aplicações IoT fazendo uma análise comparativa entre elas. Segundo Singh e Kapoor as plataformas de hardware são voltadas para duas categorias distintas:

- Sistemas embarcados, placas e sensores: incluem os processadores e demais componentes utilizados para aplicações IoT;
- Sistemas vestíveis (Wearables) e Gadgets: incluem óculos tais como o Samsung GearVR, relógios com sensores, cintas com medidores tais como os da Polar de batimentos cardíacos, camisetas com múltiplos sensores de condições físicas, etc.

O trabalho de Singh e Kapoor[4], apresenta uma comparação entre diversas placas utilizadas em aplicações IoT, indicando o tipo de processador, clock, memória e presença de processador gráfico e também os recursos de conectividade.

A tabela 1 do artigo [9], apresenta uma comparação entre as plataformas de desenvolvimento para IoT

Tabela 1: Comparação de plataformas de desenvolvimento de IoT [9]

| IoT Software Platform | Device management? | Integration | Security | Protocols for data collection | Types of analytics | Support for visualizations? |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------|--|--------------------------------------|--|------------------------------------|
| AirVantage | Yes (Needs gateway) | REST API | *Unknown | MQTT, CoAP | Real-time analytics | Yes (User Interface Integrator) |
| Appcelerator | No | REST API | Link Encryption (SSL, IPsec, AES-256) | MQTT, HTTP | Real-time analytics (Titanium [1]) | Yes (Titanium UI Dashboard) |
| AWS IoT platform | Yes | REST API | Link Encryption (TLS), Authentication (SigV4, X.509) | MQTT, HTTP1.1 | Real-time analytics (Rules Engine, Amazon Kinesis, AWS Lambda) | Yes (AWS IoT Dashboard) |
| Bosch IoT Suite - MDM IoT Platform | Yes | REST API | *Unknown | MQTT, CoAP, AMQP, STOMP | *Unknown | Yes (User Interface Integrator) |
| Carriots | Yes | REST API | Unknown | MQTT | Real-time analytics | Yes (User Interface Integrator) |

| | | | | | | |
|--|-----|-------------------------|---|------------------------|--|--|
| Ericsson Device Connection Platform (DCP) - MDM IoT Platform | Yes | REST API | Link Encryption (SSL/TSL), Authentication (SIM based) | CoAP | *Unknown | No |
| EVERYTHING - IoT Smart Products Platform | No | REST API | Link Encryption (SSL) | MQTT, CoAP, WebSockets | Real-time analytics (Rules Engine) | Yes (EVERYTHING IoT Dashboard) |
| Eurotech Device Cloud | Yes | REST API | Unknown | MQTT | Real-time analytics | Yes (Everyware™ Software Framework) |
| Exosite | Yes | REST API | Link Encryption (SSL) | CoAP, WebSocket | Real-time analytics | Yes (Web portal) |
| IBM IoT Foundation Device Cloud | Yes | REST and Real-time APIs | Link Encryption (TLS), Authentication (IBM Cloud SSO), Identity management (LDAP) | MQTT, HTTPS | Real-time analytics (IBM IoT Real-Time Insights) | Yes (Web portal) |
| Intel® IoT Platform | Yes | REST and Real-time APIs | Unknown | MQTT | *Unknown | Yes (Web portal) |
| Lelylan | Yes | REST API | Link Encryption (SSL/TSL), Authentication (SIMbased) | MQTT, WebSocket | Real-time analytics | Yes (Web portal)"Apache License, Version 2.0". |

Através dos sensores de IoT, dados são capturados em fluxo contínuo em grande volume e que devem ser analisados nas camadas mais altas de software em geral por programas implementados como serviços em nuvem. Essa análise de dados é necessária para identificar as situações críticas que envolvem alguma ação. Por exemplo, vamos supor um sensor de batimentos cardíacos utilizado por uma pessoa com problemas de insuficiência cardíaca captura continuamente os dados. Neste caso as aplicações devem analisar esses dados e identificar possíveis problemas tais como arritmias e acionar o socorro médico necessário. Para isso as plataformas de software dispõem de serviços de Análise de Dados (Data Analytics) que através de técnicas estatísticas ou de aprendizado de máquina conseguem identificar em um volume elevado de dados as condições que exigem alguma ação.

É importante perceber que os equipamentos de IoT não resolvem todos os problemas pois é preciso que se desenvolva todo o software específico da aplicação, distribuído nas várias camadas, Edge, Fog e Cloud, com capacidade para analisar o alto volume de dados e realizar ações, com o auxílio de ferramentas disponíveis nas plataformas de fornecedores.

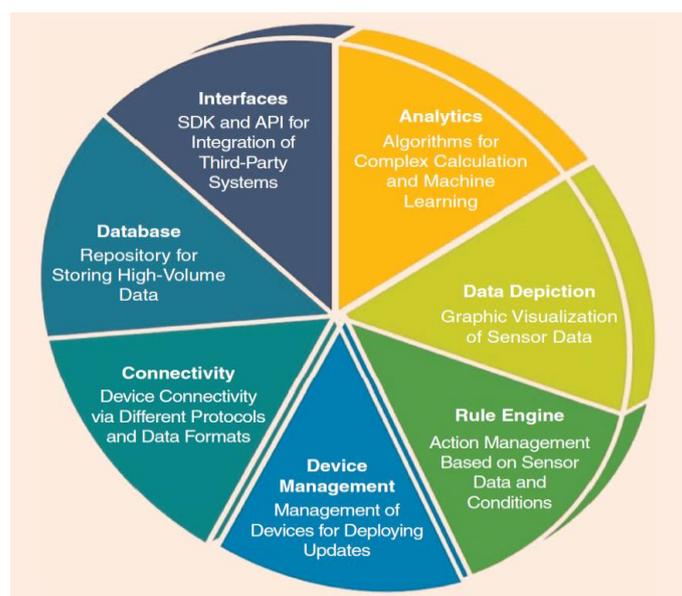


Figura 7: Elementos principais de uma plataforma de IoT segundo Singh e Kapoor[4]

A tecnologia IoT avança rapidamente sendo que equipamentos e utilidades domésticas começam a aparecer já possuindo como nativo os recursos de comunicação que permitem operar em um ambiente de IoT. Máquinas industriais possuem recursos para informar suas condições à equipe de manutenção antes que problemas ocorram. Os automóveis estão cada vez mais conectados e passam a receber informações externas que facilitam a navegação. Os automóveis autônomos já estão rodando experimentalmente e os fabricantes anunciam as vendas nos próximos anos. Assim, IoT se torna cada vez mais presente e é importante dominarmos esta tecnologia.

3 Referências

- [1] Romkey, John, "Toast of the IoT: The 1990 Interop Internet Toaster", IEEE Consumer Electronics Magazine, Vol: 6, Issue: 1, Jan. 2017.
- [2] Insight, "Here's How the Internet of Things (IoT) Will Change Workplaces", https://www.insight.com/en_US/learn/content/2017/02072017-heres-how-the-internet-of-things-iot-will-change-workplaces.html
- [3] Happ, Daniel, et al. "Meeting IoT platform requirements with open pub/sub solutions." Annals of Telecommunications 72.1-2 (2017): 41-52.
- [4] Singh, Kiran Jot, and Divneet Singh Kapoor. "Create Your Own Internet of Things: A survey of IoT platforms." IEEE Consumer Electronics Magazine 6.2 (2017): 57-68.
- [5] Ray, Partha Pratim. "A survey on Internet of Things architectures." Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences (2016).

- [6] Derhamy, Hasan, et al. "A survey of commercial frameworks for the internet of things." IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation: 08/09/2015-11/09/2015. IEEE Communications Society, 2015.
- [7] IEEE P2413 – Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT) standards.ieee.org/develop/projet/2413.html
- [8] ITU-T Y.4460 : Architectural reference models of devices for Internet of things applications <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.4460-201906-I/en>
- [9] HEJAZI, Hamdan et al. Survey of platforms for massive IoT. In: 2018 IEEE International Conference on Future IoT Technologies (Future IoT). IEEE, 2018. p. 1-8.

Etapas do Projeto IoT

O Projeto de IoT consiste no projeto e desenvolvimento de um sistema de IoT específico a ser escolhido pela equipe e cuja versão final deverá ser apresentado nas aulas do dia 5 e 6 de Agosto/2019. O projeto será desenvolvido em três etapas que são as seguintes:

1. Etapa 1: Estudo dos conceitos de IoT através da leitura de um artigo
2. Etapa 2: Especificação de objetivo, requisitos, definição da arquitetura e das tecnologias e projeto lógico
3. Etapa 3: Implementação, documentação e apresentação dos resultados.

Etapa 1: Estudo dos conceitos de IoT

Esta etapa exige a leitura do artigo abaixo que está disponível no repositório seguido do preenchimento de um questionário sobre os conceitos apresentados. Também está disponível no repositório do Tidia-ae uma apostila descrevendo os conceitos gerais de IoT. O artigo mostra um estudo de caso de IoT na área de saúde apresentando as tecnologias e a solução e serve como exemplo para o sistema a ser implementado embora não tenha sido apresentado na forma tradicional de projeto sem a documentação adequada.

Artigo:

GIA, Tuan Nguyen et al. Fog computing in healthcare internet of things: A case study on ecg feature extraction. In: **2015 IEEE International Conference on Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing**. IEEE, 2015. p. 356-363.

Questionário:

1. Qual o objetivo do sistema apresentado no artigo?
2. Quais os atores (humanos e não humanos) que interagem com o sistema e quais os cenários de uso.
3. Quais desafios foram enfrentados no desenvolvimento do sistema em termos de requisitos de desempenho.
4. Quais limitações foram indicadas nos trabalhos relacionados
5. O que entende por Fog Computing (Computação em névoa) e qual a vantagem de utilizar o conceito de Fog Computing em relação aos sistemas totalmente centrados na nuvem. Pesquise a diferença entre Fog Computing e Edge Computing.
6. Qual a arquitetura do sistema apresentado.
7. Quais os componentes na parte do sistema abrangida pelo Fog em termos de hardware, software, protocolos e sistemas de comunicação.
8. Qual a necessidade do Gateway, quais são suas funcionalidades e como se comunica com os demais elementos.
9. Quais funcionalidades são executadas na nuvem.
10. Quais tecnologias foram utilizadas na implementação: plataformas, linguagens, bases de dados, ferramentas de análise de dados tanto no Fog como na nuvem e gateway.
11. Qual a necessidade e importância dos processos de extração, manipulação e análise de dados na proposta, em que momentos ao longo da arquitetura os dados são extraídos, manipulados e analisados. Qual técnica de análise de dados é utilizada?
12. Como os autores mostram as vantagens de desempenho da solução em Fog em relação a uma centralizada na Cloud.
13. Indique as conclusões apresentadas pelos autores em termos de resultados.

Etapa 2: Objetivos, requisitos e projeto

Nesta parte do projeto, deverá ser apresentado o cenário a que a solução se aplica e o problema a ser resolvido. Além disso deverá ser feita a análise e detalhamento do projeto definindo os requisitos funcionais e não funcionais, serviços a serem realizados e casos de uso. Também deverá ser indicada a tecnologia a ser utilizada.

Objetivo do sistema, Cenários de uso e Atores

Defina o objetivo do sistema, cenário em que o sistema será utilizado e atores que interagem com o sistema, entre usuários e administradores, humanos e não humanos (animais, plantas, objetos e outros), com seus respectivos papéis. Deixe claro qual o problema a ser resolvido os benefícios a serem obtidos e delimite as fronteiras da solução.

Identificação dos Serviços, Análise de Requisitos e Casos de Uso

Defina os serviços a serem realizados pelo sistema, requisitos funcionais e não funcionais da solução e os casos de uso.

Entre os requisitos não funcionais considere a questão de segurança, tempo de resposta, vazão, escalabilidade da solução entre outros. Qual o número de equipamentos de IoT a solução deverá suportar?

Deve ser considerada a questão de quais dados deverão ser coletados e de como serão processados. Um problema comum em aplicações de IoT é que a coleta de dados envolve uma grande quantidade de informações que de forma bruta são difíceis de serem manipuladas, tais como dados de um EletroCardiograma. Por esta razão são necessárias técnicas de Big Data e Ciência de Dados para análise dos dados com o objetivo de identificar condições e ações a serem realizadas.

Definição da arquitetura e tecnologias

Detalhe a arquitetura do sistema a ser implementado.

Indique os equipamentos a serem utilizados e características tais como interfaces de comunicação, capacidade de armazenamento, software e protocolos suportados e justifique a escolha.

Elabore detalhadamente o projeto da rede com seus módulos de controle, sensores e elementos de conexão com os servidores que atenderão o serviço.

Indique a plataforma de IoT e de nuvem entre produtos comerciais e não comerciais.

Etapa 3: Detalhamento do projeto, implementação e testes

Nesta etapa deverá ser feito o detalhamento do projeto em termos de aplicação e a implementação do sistema sendo que elementos de hardware de IoT (placas com sensores) poderão ser simulados.

Na aula final deverá ser feita uma apresentação em sala de aula do sistema em funcionamento e deverá ser entregue um relatório final do projeto.