

## Aula 1

### IoT – Internet das Coisas

Prof. Gian Carlo Brustolin

### Conversa Inicial

- O uso da expressão Internet das Coisas ou IoT (Internet of Things, em inglês) é reputado a Kevin Ashton, cientista idealizador da padronização de RFID, em 1999
- A exata definição de IoT é lacunosa e, como recurso, feita por exclusão

### Nesta aula

- Abordaremos os fundamentos destes objetos, a arquitetura básica de hardware e software, bem como os conceitos gerais de alguns protocolos de comunicação voltados a estes objetos
- Concluiremos com alguns conceitos de projeto

### Introdução à IoT

### História

- Origem ligada à automação industrial
  - Redes de sensores e atuadores industriais conectadas entre si e à rede por protocolos proprietários
  - Soluções robustas e funcionais, mas de baixa interoperabilidade
  - Necessidade de desenvolver um *gateway*

- À busca de padrões para
  - Interconexão
  - Sensores/Atuadores
- A capacidade de conexão com protocolos genéricos exigiu o aporte de capacidade de processamento nos objetos
- Uma vez que esta inteligência foi embarcada
  - Aplicações comerciais, agricultura, áreas públicas

### Conceito

- IoT envolve objetos eletrônicos, dotados de certa autonomia ou inteligência, conectados a uma rede que lhes permite contatar ou serem contatados por outros objetos

- Conexão – protocolos
- Objetos – arquiteturas e eletrônicas



### Conectividade da IoT

- A conectividade IoT engloba outras formas de interligação entre dispositivos, diversas do tradicional TCP/IP
- Não há um protocolo, ou mesmo tecnologia, padrão de interconexão do objeto com a rede local ou internet

- A conectividade pode ser estudada pelo aspecto físico
  - Com fio/sem fio
- Ou lógico
  - Protocolos
    - camada física, enlace

### Conectividade com fio

- A conectividade para objetos IoT nasceu com esta interface
  - Maior resiliência às interferências eletromagnéticas e à agressividade industrial
- Sensores sem fio são mais viáveis para implantação e manutenção
- Redes industriais
  - cabeamento óptico, coaxiais

### Conectividade sem fio

- Opção mais frequente
- Utilizam majoritariamente radiopropagação
  - Pulsos de luz é alternativa ao uso de rádio
    - IrDA (Infrared Data Association)

- Solução rádio pode variar substancialmente
  - Aplicação do objeto IoT e
  - Condições do meio

Pecuária de precisão com uso de sensores conectados

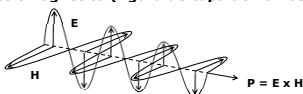


Ruslan Zagidullin/shutterstock

- Agronegócio
  - Sistemas independentes das operadoras de telecomunicações, de baixo consumo de energia e alta resiliência (LPWANs – LoRa, Sigfox)
- Veículos autônomos
  - Protocolos de mobilidade e conectividade ubíqua (NB-IoT, LTE-M, CAT NB e EC GSM)
- Residências unifamiliares e prédios
  - Conectividade de baixo custo, simples e padronizada (WiFi, WiSUM,...)

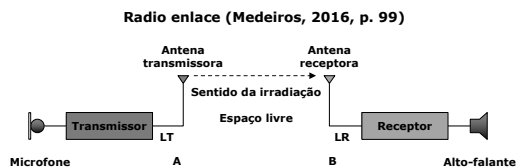
### Camada física

- Protocolo da camada física contém os padrões de interface com o meio
    - Sem fio – radiopropagação
    - Ondas eletromagnéticas (OEM)
- Oscilação eletromagnética (figura de capa de Ramos, 2016)



- Rádio transmissor
  - Altera formato, frequência ou fase de uma onda senoidal pura (onda portadora)
  - A onda alterada é dita modulada
    - ✓ Será então expulsa do meio metálico através de um transdutor – antena
- Rádio receptor
  - Antena receptora converterá a OEM para uma oscilação elétrica

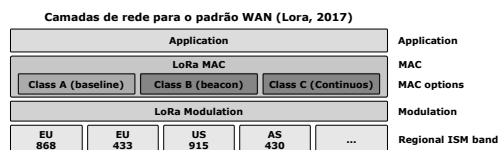
- As primeiras aplicações de rádio objetivavam a transmissão de sinais de voz



- A transmissão sem fio de sinais digitais (dados binários) é semelhante
- Acrescenta-se apenas um estágio, que ajuste os dados binários às necessidades do modulador
- Transmissões digitais são mais flexíveis em relação a seu sequenciamento temporal
  - Criação de técnicas de modulação altamente resilientes, com alto aproveitamento do espectro
    - propícias para IoT

### Camada MAC

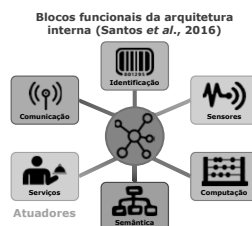
- Camada de Controle de Acesso ao Meio (MAC) tem a função de conformar os dados coletados do meio para que a rede possa acessá-los, ordenadamente e de forma padronizada



- A camada MAC envelopa os dados
  - Controle do frame (preâmbulo e fim de quadro)
  - Endereço do objeto, seção (caso o objeto seja multifuncional)
  - Controle de erros do quadro
  - Informações de controle do protocolo

### Arquitetura Interna dos Objetos IoT

- Arquitetura construtiva, do hardware, de um objeto IoT
- Há objetos IoT próprios e impróprios, mas com arquiteturas internas semelhantes

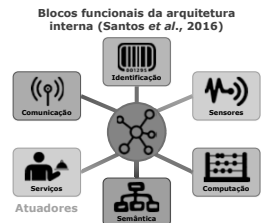


## Blocos funcionais da arquitetura interna

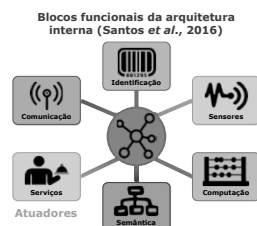
- Podemos dividir a arquitetura interna em seis blocos funcionais (Santos *et al.*, 2016)
- Alguns blocos podem estar ausentes
- São essenciais: computação, atuadores/sensores e comunicação

## Bloco essencial de Computação

- Controla os demais blocos
- Contém o código fonte e determina a função do objeto
- Define os objetos próprios e impróprios
- Trata os protocolos de comunicação e controla a atuação do objeto no meio

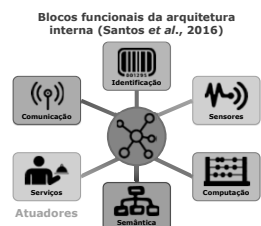


- Bloco essencial de serviços ou atuação**
- Permite a ação do objeto no meio
- Eletrônica de controle do objeto

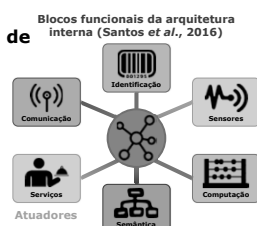


## Bloco de sensores

- Permite ler informações do meio que serão empacotados, pelo bloco de computação e enviados para a conexão com a rede

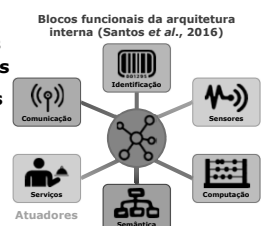


- Bloco de comunicação e de identificação (descrito anteriormente)**
- Composto pela eletrônica de comunicação e controle da interface



## Bloco de semântica

- Algoritmos de tratamento dos dados obtidos pelos sensores
- Podem estar ausentes nas eletrônicas mais econômicas
- Permitem a extração conhecimento
- Pré-processamento dos dados



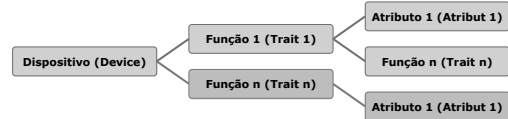
### Arquitetura interna lógica

- Um mesmo objeto pode ter blocos de sensores e atuadores, também é possível imaginarmos dispositivos com mais de um sensor ou mais de um atuador
- Para que possamos endereçar cada dado individualmente, será necessário o conceito de arquitetura lógica

Sensor de temperatura e pressão



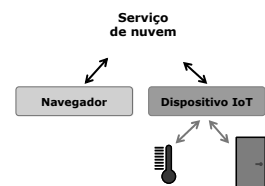
- Para o sensor de temperatura e pressão temos duas funções
- Função termômetro
  - Atributos, forma de medida (média horária, por exemplo)
  - Unidade (Celsius ou Fahrenheit)



### Arquitetura Externa dos Objetos IoT (IoT-A)

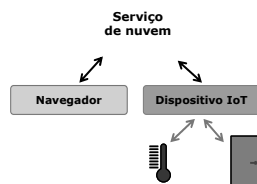
- Existe uma boa coleção de hardwares para IoT, a inteligência define boa parte do custo

IoT conectado a serviços de nuvem (Monk, 2018)



- De forma genérica, pode-se pensar a IoT-A como composta por três camadas
  - Percepção, rede e aplicação
- Conforme exportamos a inteligência para fora do objeto mais camadas surgem

IoT conectado a serviços de nuvem (Monk, 2018)



### IoT-A de 3 camadas – Front-Loaded

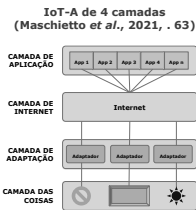
- Objeto conterá todos os blocos funcionais
- Dispositivo conecta-se diretamente a uma rede de transporte (a exemplo da TCP), e, posteriormente, a de aplicação, presente na rede ou a ela conectada

IoT-A de 3 camadas (Maschietto et al., 2021, p. 62)



### IoT-A de 4 camadas – Spoke-Hub

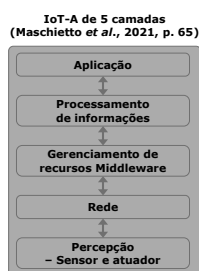
- Para grande número de objetos
- Bloco de comunicação é dividido
- Há uma camada de adaptação, externa aos objetos, com um protocolo de comunicação de alto nível
- Boa parte da inteligência permanece no objeto



### IoT-A de 5 camadas

- Manterá nos dispositivos blocos mínimos para a operação
- A camada de percepção inclui sensores e leitores simples conectados a um gateway externo

- A camada de rede facilita a conectividade dos objetos com plataformas de comunicação
- A camada de gerenciamento opera os objetos
- Função semântica e de pré-processamento será assumida por camada de processamento externa



### Camada de negócio

- Em cidades inteligentes
- Objetos IoT ganham valor como coletores de dados e atuadores para viabilizar ganhos de conforto, econômicos e de sustentabilidade na vida urbana
- O tratamento dos dados será responsável pelo ajuste das decisões



### Projetos de IoT e Camada de Aplicação

- Objetos IoT devem ser proporcionalmente baratos considerada aquisição, operação e manutenção
- A escolha da arquitetura interna e da IoT-A determinará o sucesso do projeto
- Analisaremos agora algumas vantagens e desvantagens das IoT-A

### IoT-A e critérios de projeto

- Em uma instalação industrial, com grande coleção de leitores RFID, sensores de esteiras e acionadores de máquinas
  - O processamento local se limita à verificação da validade das leituras
  - Análise de divergência precisa ser realizada pela máquina computacional concentradora

- Se escolhermos uma arquitetura de 3 ou 4 camadas
  - Os recursos de endereçamento serão elevados
  - O processamento local é pouco útil
- Uma arquitetura de 5 camadas é uma escolha viável

- Em uma instalação predial salas com equipamentos de climatização e iluminação inteligentes
  - Os equipamentos devem perceber, além da temperatura e luminosidade, a presença de pessoas, no ambiente, para decidir pela ativação, por exemplo

- Arquitetura que retire a inteligência da borda pode ser pouco viável
- Arquitetura de 3 camadas será mais eficiente e econômica, deixando-se à aplicação de controle geral, funções de alto nível, como determinar os valores limites de ativação ou mesmo horários de bloqueio

### Protocolos da camada de aplicação

- A camada de aplicação se mantém inalterável, como bloco único, em todas as IoT-A
  - Mantém a interoperabilidade para seus usuários externos, mas precisa conviver com objetos de baixa capacidade de processamento e memória
- O protocolo adaptável a estas limitações precisa ser concebido. A resposta a esta demanda são protocolos como MQTT e CoAP

### Protocolo CoAP de aplicação

- *Constrained Application Protocol (CoAP)* é um protocolo que busca reduzir o HTTP, mantendo as funcionalidades básicas, tais como GET, POST, DELETE e PUT, sobre comunicação sem conexão (como UDP, por exemplo)
- Permite a interação seguindo os princípios REST



- A arquitetura do protocolo baseia-se na criação de *Universal Resource Identifiers* (URIs) que permitem a um sensor publicar no servidor informações sobre serviços distintos por ele disponibilizados
- Custo de processamento que não pode ser assumido por todos os objetos IoT
- Dispositivos mais restritos necessitam de um protocolo ainda mais simples, o MQTT

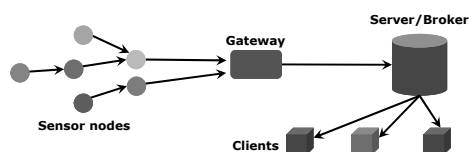
### Protocolo MQTT de aplicação

- **Message Queue Telemetry Transport (MQTT)** é um protocolo com foco em dispositivos limitados em memória, processamento e banda disponível para a transmissão
  - Utiliza baixo *overhead*
  - Opera em ambientes conectados (como TCP)
  - Arquitetura, com três elementos principais: subscriber, publisher e broker

- Uma vez que a informação fica disponível no servidor, a comunicação entre assinantes e sensores é assíncrona

#### Servidor Mosquitto

Arquitetura Publish-Subscribe (fonte: Thangavel et al., 2014, p. 2)



### Finalizando

- Neste capítulo inicial, buscamos construir um conceito de IoT associado aos objetos inteligentes e suas aplicações
- Entendemos que a escolha de um objeto, para um dado uso, depende das arquiteturas interna e externa possíveis, bem como das restrições de conectividade, presentes no meio