

Internet of Things - Architecture

Ricardo Pereira, Marcelo Lima e Dinis Peixoto

Universidade do Minho, Departamento de Informática, 4710-057 Braga, Portugal
e-mail: {a74185,a75210,a75353}@alunos.uminho.pt

Resumo O projecto IoT-A propõe um modelo que envolve uma arquitetura de referência base para a construção de outras arquiteturas de IoT. Esta arquitetura é definida num alto nível de abstracção, fornecendo visões arquiteturais e diferentes perspectivas relevantes para a implementação de uma arquitetura concreta [1].

1 Introdução

A Internet já teve um grande impacto na educação, na comunicação e até na ciência, é das criações mais importantes e poderosas a que temos acesso no nosso quotidiano.

Em 2003 haviam aproximadamente **6,3 bilhões** de pessoas no planeta a quem pertenciam **500 milhões** de dispositivos conectados à Internet, o rácio de dispositivos/pessoa era de cerca de **0,08**. Com a evolução da tecnologia, em especial do aparecimento dos smartphones e tablets, este rácio aumentou significativamente, encontrando-se actualmente em **3,47** (mais de 3 dispositivos conectados à Internet por pessoa).

O crescimento é exponencial e prevê-se que este ultrapasse os 6 dispositivos por pessoa em 2020 [2].

Uma possível explicação para este aumento considerável é o desenvolvimento da IoT (*Internet of Things*), a próxima evolução da Internet. A IoT permitirá a interligação entre objectos do mundo real de tal maneira que estes sejam capazes de comunicar entre si e com o ambiente que os rodeia, trocando todo o tipo de informação sobre os seus estados, localizações e funcionalidades. Ambientes de IoT são caracterizados por um alto grau de heterogeneidade de dispositivos e protocolos de rede, para lidar com isto têm sido propostas várias arquiteturas, visando abstrair as especificidades de tais dispositivos e promovendo a interoperabilidade entre estes.

O *European Lighthouse Integrated Project* está actualmente a desenvolver a IoT-A (*Internet of Things - Architecture*), um dos modelos propostos para explorar o desenvolvimento da IoT [3].

2 IoT-A

2.1 O que é a IoT-A?

A IoT-A é um modelo com o objectivo de facilitar o desenvolvimento de um determinado projecto de IoT. Para explicar melhor o funcionamento desta arquitetura, faremos a análise da figura 1.

A árvore da figura é uma representação metafórica, em que as suas **raízes** abrangem um conjunto de protocolos de comunicação (*IPv6, Zigbee...*) e tecnologias de dispositivos (*Wi-Fi, Bluetooth...*), e as suas **folhas** representam todo o conjunto de aplicações da IoT (*smart houses, smart transports, smart energy...*) que podem ser desenvolvidos a partir da informação que vêm das raízes, representada pela **seiva**.

O **tronco** da árvore é de extrema importância, é a ligação entre as raízes e as folhas, representando assim o papel do projecto IoT-A. Representa o modelo de arquitetura de referência (o Modelo de Referência e a Arquitetura de Referência), o conjunto de modelos, diretrizes e perspectivas que podem ser usadas para a construção de arquiteturas totalmente interoperáveis de IoT.

Nesta árvore o objectivo é seleccionar o mais pequeno conjunto de tecnologias interoperáveis, presentes nas raízes, e propor um conjunto de blocos de construção que possibilite a criação de um número máximo de sistemas operáveis de IoT, ou seja, as folhas [4].



Figura 1. IoT-A representada, metaforicamente, por uma árvore.

2.2 Relação entre Modelo de Referência e Arquitetura de Referência

Um **modelo de referência** é uma estrutura abstrata que apresenta um conjunto de conceitos e relacionamentos comuns num domínio específico, sendo, portanto independentes de padrões, tecnologias ou implementações em concreto.

Por outro lado, uma **arquitetura de referência** pode ser desenvolvida com base em um ou mais modelos de referência, para especificar de maneira objectiva decisões arquiteturais, implementações e elementos de hardware e software necessários à construção de uma arquitetura concreta.

2.3 Modelo de Referência

O modelo de referência tem o objectivo de definir uma base comum para arquiteturas e sistemas complementares de IoT, sendo para isso necessário perceber melhor as relações entre entidades presentes num determinado ambiente. É constituído pelos submodelos que se seguem:

Modelo de Domínio O modelo de Domínio introduz os principais conceitos da IoT, como dispositivos, serviços e entidades virtuais e as relações entre estes. O principal objetivo de um modelo de domínio é gerar um entendimento comum do domínio de destino em questão.

Modelo de Informação O modelo de informação foi desenvolvido com base no modelo de Domínio, anteriormente referido. Este possui uma estrutura (relacionamentos e atributos) que contém todas as informações/dados que são manipulados num sistema de IoT.

Modelo Funcional O modelo Funcional identifica grupos de funcionalidades que dizem respeito, em muitos casos, aos principais conceitos do Modelo de Domínio. Esses Grupos Funcionais (GF) são construídos de forma hierárquica, isto é, um número destes grupos funcionais dependem uns dos outros, seguindo as relações identificadas no modelo do domínio. Os GF fornecem as funcionalidades para interagir com as instâncias desses conceitos ou gerenciar as informações relacionadas com os conceitos, por exemplo, informações sobre entidades virtuais presentes.

Modelo de Comunicação A funcionalidade principal em qualquer sistema computacional distribuído é a comunicação entre os diferentes componentes, especificamente para um sistema de IoT é a heterogeneidade das tecnologias de comunicação, isto é, tem de ser possível a comunicação entre entidades/dispositivos com diferentes tipos de tecnologias de comunicação, tal como observámos na figura 1. O modelo de comunicação introduz conceitos importantes para a manipulação da comunicação em ambientes de IoT.

Modelo de Segurança Com o desenvolvimento da IoT o número de dispositivos presentes num determinado sistema tende a aumentar, daí exigir um Modelo de Segurança complexo, responsável pelas funcionalidades e interdependências destes.

2.4 Arquitetura de Referência

O projeto IoT-A propõe um modelo arquitetural de referência (*MAR*) que envolve uma arquitetura de referência base, esta é definida em um alto nível de abstração, fornecendo visões arquiteturais que são relevantes para a construção de várias arquiteturas concretas. O *MAR* do projeto IoT-A é organizado em três pontos de vista diferentes: funcional, informação, operação e implantação.

Visão da Informação

A visão da informação tem como foco a descrição, o tratamento e o ciclo de vida da informação, bem como o fluxo desta em todos os componentes do sistema. Para descrever essas interações, a arquitetura IoT cria uma abstração fundamental: as *Entidades Virtuais*. A abstração de Entidade Virtual é um dos pontos essenciais da arquitetura. Uma Entidade Virtual (EV) representa, ou modela, uma entidade física (objeto). Uma EV é composta por um identificador, por um tipo e por uma série de atributos que a descrevem. É através dos atributos que se obtém as funcionalidades de uma EV, inclusive, é pela modificação desses atributos que se pode gerar estímulos, ou atuar, sobre o objeto físico que ela representa.

Visão Funcional

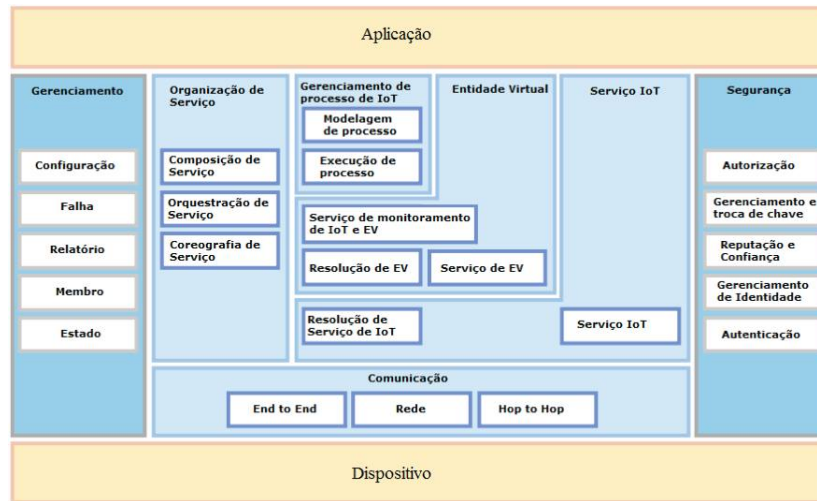


Figura 2. Ponto de vista de decomposição funcional da arquitetura de referência da IoT-A.

A visão funcional fornece as principais funcionalidades a serem consideradas num projeto IoT e é constituída por 7 Grupos Funcionais (GFs):

Gerenciamento de Processos: visa fornecer os principais conceitos e interfaces necessárias para adaptar os processos de gerenciamento convencionais às particularidades da IoT. Para isso, divide-se em dois Componentes Funcionais (CFs).

- **Modelagem de processos:** fornece um arcabouço de ferramentas que possibilita descrever e modelar os vários processos. A ideia é que as interrelações desses processos sejam escritas numa notação padrão que considere os novos conceitos da IoT;
- **Execução de processos:** responsável por implantar os processos modelados de forma que as tarefas a serem executadas por um processo sejam alocadas a ambientes de execução apropriados.

Organização de Serviços: opera como um ponto central de comunicação dos diferentes GFs, isto é, recebe os requisitos necessários de tarefas, localiza os serviços adequados à sua execução e invoca-os. Essas funcionalidades são executadas por três CFs.

- **Orquestração de Serviços:** responsável por controlar e coordenar os serviços IoT apropriados para atender as requisições provenientes de outros CFs e dos usuários;
- **Composição de Serviços:** cria serviços mais elaborados a partir de serviços IoT básicos;
- **Coreografia de Serviços:** atua como um intermediário para que os serviços interajam entre si usando um modelo de subscrição/publicação. Dessa forma, clientes IoT podem requisitar um serviço e, se porventura, não houver serviços disponíveis, a requisição é memorizada e o cliente é notificado logo que se torne disponível.

Entidade Virtual: contém as funções necessárias para que Entidades Virtuais (EVs) interajam com o sistema. Para isso, esse GF implanta mecanismos de busca e descoberta de serviços para fornecer informações sobre cada EV, sendo composto por três CFs.

- **Resolução de EVs:** fornece aos usuários as associações existentes entre as EVs e os serviços IoT desejados;
- **Serviço de monitoramento:** visa encontrar automaticamente novas associações que são criadas pelos usuários e verificar se as associações já criadas permanecem válidas;
- **Serviço de EVs:** oferece uma interface para manipular os atributos de uma EV permitindo que os mesmos sejam lidos e modificados.

Serviço de IoT: é composto por dois CFs.

- **Serviço IoT:** responsável por tornar um recurso disponível para o restante do sistema. As suas principais funções são: (1) retornar informações mantidas por um recurso mediante requisições síncronas; (2) receber informações a serem armazenadas em recursos, assim como enviar dados para agir sobre atuadores e para parametrizar a configuração de recursos; (3) fornecer informações de forma assíncrona usando um modelo de subscrição;
- **Resolução de serviços:** fornece as funcionalidades necessárias para localizar um serviço IoT e dizer como deve ser usado através de mecanismos para descrever serviços e armazenar essas descrições em base de dados.

Comunicação: cria uma abstração para as diferentes tecnologias de comunicação existentes a partir de três CFs.

- **Salto-a-Salto:** primeiro nível de abstração, e tem por função realizar a comunicação entre os outros CFs. Assim, o CF salto-a-salto envia e recebe dados do CF rede e também envia e recebe dados dos dispositivos físicos;
- **Rede:** permite a comunicação entre redes distintas através de um esquema de endereçamento e da resolução de identificadores. Tem a função de roteamento, que permite relacionar espaços de endereços de redes diferentes e diferentes tecnologias de rede, as quais podem ser convergidas através da tradução de protocolos de rede, por exemplo, de *IPv4* para *IPv6*. Para além disso, recebe e encaminha dados ao CF fim-a-fim;
- **Fim-a-Fim:** fornece a comunicação com o GF Serviço de IoT e oferece, através de argumentos, uma série de características à conexão, tais como, confiabilidade, integridade e cifragem. Além disso, o CF fim-a-fim possibilita a definição de *gateways* para a tradução entre diferentes protocolos fim-a-fim como, por exemplo, *HTTP/TCP* e *CoAP/UDP*.

Segurança: responsável por fornecer privacidade e segurança para os ambientes IoT. Por isso, é organizado em cinco CFs.

- **Autorização;**
- **Troca de chaves;**
- **Sistema de controle de confiança e reputação entre os recursos;**
- **Gerenciamento de identidades;**
- **Autenticação.**

As funcionalidades são idênticas às oferecidas nos sistemas operacionais e sistemas distribuídos em geral.

Gerenciamento composto por cinco CFs.

- **Configuração:** responsável por realizar as funções de inicialização e configuração do sistema;
- **Falha:** visa identificar, corrigir e registrar as falhas que possam ocorrer;
- **Membro:** executa as funções de gerenciamento de grupos como monitorização, inclusão e remoção de membros, e definição de sub-grupos. A arquitetura IoT propõem que os diferentes recursos (GF, CF, EV, dispositivo físico, aplicação e usuário) sejam vistos como membros de um grupo.

- **Relatório:** criar e recuperar relatórios de atividade das CFs de gerenciamento. O ambiente IoT deve ser continuamente monitorado para verificar se está a operar de forma correta;
- **Estado:** monitoriza e prevê estados futuros do ambiente IoT. O seu objetivo é manter um histórico de estados passados, presentes e futuros e, com base nesses, auxiliar na detecção e recuperação de falhas.

Visão de operação e implantação

A visão de operação e implantação tem como objetivo fazer com que os objetos da IoT comuniquem e operem com o maior número possível de sistemas. Para atingir esse objetivo, esta visão fornece formas de descrever uma aplicação específica a um domínio, orienta a definição de grupos funcionais e sua comunicação, assim como as hierarquias e sub-redes que compõem a solução. Sugere, ainda, uma série de protocolos de comunicação visando a interoperabilidade de dispositivos de diferentes tecnologias, mas usando endereçamento IP como base comum.

Esta visão fornece orientações para guiar *developers* através de diferentes escolhas enquanto realizam as implementações reais de seus serviços. A primeira escolha passa por selecionar a complexidade computacional para um dado dispositivo. Depois, deve considerar os protocolos de comunicação, onde apesar da arquitetura sugerir a interoperabilidade utilizando o IP como denominador comum, pode ser forçado a fazer escolhas de baixa qualidade, optando por:

- Conjunto de protocolos padronizados;
- Soluções ad-hoc proprietárias;
- Outros Padrões.

Segue-se a análise dos serviços e recursos, que passa por escolher onde implantar o software relacionado com um dado dispositivo:

- Objetos inteligentes;
- Gateways;
- Nuvens computacionais (*clouds*).

Na mesma linha, é importante selecionar onde armazenar a informação coletada pelo sistema, isto é, somente local, somente web ou local com cache web, tendo em atenção, a sensibilidade, a necessidade de disponibilidade dos dados, etc. Finalmente, pode optar por fazer uma implantação interna ou uso externo do sistema.

3 Exemplo de aplicação da IoT-A

Ted é um motorista que transporta orquídeas altamente sensíveis até uma loja. Coloca as orquídeas no seu caminhão, com uma série de sensores na carga, para medir a temperatura. No caminho, fica com fome e decide parar. Ao estacionar, desliga o motor. Infelizmente, esqueceu-se que com o motor desligado, as orquídeas ficavam sem ar condicionado, além de que estava um dia quente, fazendo a temperatura aumentar. Quando a temperatura atinge um nível crítico, um de seus sensores envia um sinal de emergência para o Telemóvel-IoT do Ted, que não pode ser recebido por mais ninguém. No visor do Telemóvel-IoT, pode-se ver que as orquídeas da carga estão em perigo.

3.1 Visão IoT-A

Os dados de medição dos sensores estão disponíveis no Telemóvel-IoT desde que esteja inscrito para o serviço de expor os dados de medição (serviço IoT). A associação entre este

serviço e o transportador precisa de ser resolvido (EV resolução e Resolução de Serviço). A comunicação do sensor ao Telemóvel-IoT baseia-se no GF da Comunicação. Todas as transações ocorrem de forma segura, o que significa que não há operações sem autenticação e autorização.

4 Conclusão

Tal como sabemos, a ideia básica por trás do conceito de IoT é a presença generalizada de uma variedade de objectos capazes de interagir uns com os outros. Desta forma, a *IoT-A* chega como uma resposta a este paradigma, apresentando para isso um conjunto de modelos, tal como vimos.

No entanto, temos de estar cientes que grande parte dos objetivos ainda não estão perto de ser atingidos, muitas questões desafadoras ainda precisam de ser abordadas e vários obstáculos tecnológicos ainda precisam de ser ultrapassados para a concretização e utilização deste paradigma.

Para alcançar plenamente os seus objetivos, a IoT-A precisa de ser mais *espremida* e, eventualmente melhorada. Só assim ela atingirá a sua plena maturidade e terá o potencial de contribuir em vários aspectos da vida contemporânea, propiciando uma vasta gama de aplicações que facilitem tarefas do nosso quotidiano.

Referências

1. Paulo F. Pires & Flavia C. Delicato & Thais Batista & Thomaz Barros & Everton Cavalcante & Marcelo Pitanga.: Plataformas para a Internet das Coisas (2015)
2. Dave Evans.: A Internet das Coisas: Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo (2011)
3. <http://www.iot-a.eu/public>
4. Francois Carrez.: Internet of Things – Architecture: Final architectural reference model for the IoT v3.0. (2013)