# IoT

A Internet of Things é o conceito de interligar à Internet qualquer dispositivo físico. Em uso

doméstico esse dispositivo poderia ser um eletrodoméstico, persianas, portas ou o contador de eletricidade, gás ou água. Pretende-se facilitar o dia-a-dia do utilizador e dar-lhe um novo grau de conhecimento sobre as suas ações, as quais pode monitorizar e alterar com base em dados adquiridos sem esforço.

Com, por exemplo um eletrodoméstico ligado à Internet, o utilizador pode pô-lo em funcionamento, por exemplo colocando a máquina de lavar em funcionamento com o telemóvel, bem como escolher o seu modo de funcionamento, ativar e desativar funcionalidades e recolher informação sobre o funcionamento desse equipamento [55]. Esta é uma das mais recentes revoluções tecnológicas e, certamente, a que mais promete influenciar as nossas vidas num futuro próximo [56].

Mas a maior parte destes dispositivos funcionam com uma energia muito limitada, por exemplo bateria, o que é necessário usar um serviço de comunicação que tenha em consideração esta limitação.

# Sigfox

Sigfox [12] é uma multinacional francesa, operadora de telecomunicações, responsável por

desenvolver redes sem fios que ligam equipamentos de muito baixo consumo, como por exemplo contadores de eletricidade, água e gás, eletrodomésticos ou plataformas meteorológicas amadoras, à Internet ou, em casos especiais, entre si.

As redes criadas usando a pilha protocolar Sigfox são denominadas de Low Power Wide Area

Networks (LPWAN). Estas redes são especialmente concebidas para permitir comunicações de

longo alcance. A sua velocidade de comunicação é geralmente bastante reduzida (100-600 bps) devido ao seu elevado comprimento de onda e reduzida largura de banda [57]. O aparecimento destas redes veio permitir a expansão das comunicações Machine to Machine (M2M), já que permitiu baixar o consumo energético dos dispositivos ligados e reduziu o preço dos dispositivos [58].

Para obter uma solução que implemente a pilha Sigfox é necessário possuir um módulo de

comunicação que pode ser fornecido por vários fabricantes (e sempre validado pela empresa) e cobertura na área geográfica onde o sistema vai ser implementado, que pode ser obtida no website da empresa. Neste momento, existem 29 países com cobertura total, a maioria na Europa, perfazendo uma área de 1.7 milhões de km2 e uma população superior a 470 milhões de pessoas. [12] O Sigfox utiliza tecnologia ultra-narrow band (UNB) para estabelecer uma comunicação bidirecional entre equipamentos e uma base-station proprietária. Assim que uma base-station recebe uma mensagem dum dos dispositivos na área que esta cobre, envia a mensagem para a cloud da Sigfox. Depois deste processo, a informação é enviada para uma cloud individual, a do utilizador, onde este consegue visualizar e manipular a informação obtida [4]. A figura 2.9 descreve o percurso que uma mensagem faz desde que é produzida até que chega ao utilizador. A tecnologia UNB possibilita o envio de mensagens em canais com largura de banda geralmente inferiores a 200 Hz. O alcance deste tipo de sinais pode superar os 30 km em meios rurais. Outra das vantagens da tecnologia UNB é a forte imunidade a ruído: como o sinal tem uma largura de banda muito pequena, os recetores terão filtros também com uma largura de banda pequena, removendo assim uma grande parte do ruído do sinal [59].

# Modulação do sinal

**Ultra Narrow Band (UNB)**is usually referred to technology transmitting over very narrow spectrum channel, i.e. <1KHz, to achieve ultra-long distance link (5 km in urban or 25km+ in suburb area) for data link between transmitter and receiver.

Sigfox uses DBPSK modulation for uplink transmissions of radio messages. The bitrate depends on the operation region: either 100 bps or 600 bps. DBPSK modulation enables to take only 1 Hertz of the operation band to transmit at 1 bit per second. So, if we consider a transmission at 100 bps, it means that one single signal takes just a thin part of 100 Hertz of the operation band. DBPSK modulation brings a high efficiency in the spectrum medium access. SIGFOX Protocol uses a DBPSK modulation at 100 or 600 bps for three main reasons: Firstly, DBPSK is easy to implement Secondly, a low bitrate enables the use of low-cost components Thirdly, the base station receiver is highly sensitive as it can demodulate signals that are very close to the noise floor without any coding layer This spectrum analysis shows the transmission of 210 ultra-narrow band SIGFOX signals. These signals only represent 4% of the radio resource.

# Star Network

Muitas redes existentes usam uma arquitetura *mesh network*, isto é, cada nó comunica com todos os outros nós que estão na mesma rede, permitindo um aumento do alcance e da quantidade de nós associados à mesma. Em contrapartida, há um aumento na complexidade da rede, dado que um nó comunica com vários outros ao mesmo tempo. Consequentemente, dá-se uma diminuição da capacidade da rede e um aumento do consumo energético, devido ao enorme tráfego entre os nós. Uma outra contrapartida, advém do facto de que cada nó deve receber e enviar informações de outros nós, mesmo que a informação não lhes seja destinada. Tal resulta no aumento do alcance e do tamanho dos nós de uma rede. Por oposição, aumenta a complexidade, dado que um nó comunica com vários nós ao mesmo tempo, diminui a capacidade da rede, uma vez que existe um enorme tráfego entre nós por haver várias ligações e existe um maior consumo de energia dado que cada nó terá que receber e enviar informações dos outros nós mesmo que a informação não lhe seja relevante.

Uma arquitetura de estrela de longo alcance (arquitetura usada pelo Sigfox), quando comparada com a Mesh Network, aparenta ser uma melhor escolha, visto que tem um baixo consumo de bateria.

O *Sigfox* utiliza a tecnologia *ultra-narrow band* (UNB) para estabelecer uma comunicação bidirecional entre equipamentos e uma *base-station* proprietária. Quando um dispositivo envia uma mensagem, este fá-lo para todas as *base-stations* que estão ao seu alcance. Quando uma *base-station*, que cobre uma certa área, recebe uma mensagem de um dispositivo, esta propaga-a para a *cloud* da *Sigfox*, sendo aí tratadas eventuais mensagens repetidas. A mensagem é recebida na *cloud* do utilizador, cabendo a este escolher entre disponibilizar uma REST API para poder aceder à mesma ou o envio dessa informação para um outro servidor através de um mecanismo de *callback*.

# Tipos de Serviço

A *Sigfox* só tem um tipo de serviço para todos os IoTs, mas tem diferentes comportamentos e limitações para cada direção de comunicação (*downlink* e *uplink*).

**Uplink**

Quando o dispositivo envia mensagens, tem uma limitação no número de dados que pode enviar. Como foi referido anteriormente, um dispositivo que use *Sigfox* tem, no máximo, 12 bytes para enviar em cada mensagem. Outra limitação, é o número de mensagens que se pode enviar por dia. Para diminuir o trafego da rede e, por consequente, diminuir o número de colisões, só é possível enviar 140 mensagens por dia, no entanto, estas podem ser enviadas a qualquer hora.

**Downlink**

Para poupar a energia do dispositivo, este não está sempre recetivo a mensagens. Para o dispositivo receber uma mensagem, tem que primeiro enviar um pedido para a *cloud* para poder rececionar as suas mensagens. De seguida, a *cloud* envia as mensagens para a *base-station* e estas, posteriormente, são transmitidas para o dispositivo. Cada dispositivo só pode receber 4 *frames* por dia, cujo corpo pode ter, no máximo, 8 bytes.

# DownLink

ownlink connectivity or downlink service is device-driven to minimize energy consumption. In other words, a downlink message can’t be transmitted to the device at any time. It’s up to the device to ask the network to get a downlink message. The device transmits an uplink message containing an uplink request flag that all base stations detect in the area, demodulate and relay to the SIGFOX cloud. Then, the SIGFOX cloud pushes the uplink message to the customer or partner IT platform which sees that the device is not only sending an uplink message but also asking for a downlink message. Then, it’s up to the customer or partner IT platform to decide whether not to transmit the downlink data. If so, they provide the downlink payload to the SIGFOX cloud which then schedules one of the stations to transmit the downlink message to the device. At that point, the downlink sequence is completed. The payload that can be put in a downlink message is 8 bytes long. It’s enough, for example, to change a parameter in the device. But this is not enough for, for example, an upgrade. Regarding modulation, downlink transmits with the GFSK modulation at a bit rate of 600 bps. Lastly, the typical sensitivity of a device considered as receiver, in this case, is at least -126 dBm.

# Uplinnk

In the case of uplink communication, the connected devices emit the SIGFOX radio messages which are then harvested by the SIGFOX base stations in the range. Then, all the base stations which received this message transmit it to the SIGFOX cloud. Every single base station that received the message will relay it to the cloud. Finally, the cloud duplicates all these SIGFOX messages and pushes one single message to the customer or partner IT platform. In terms of the technical aspects, the payload data that can be put in a SIGFOX message ranges from 0 bit to 12 bytes. The uplink modulation is DBPSK. The bitrate can be 100 bps or 600 bps depending on the operation region. The transmission power of a device can go up to 22 dBm ERP.

# Segurança

A segurança é uma área na qual a Sigfox deu a devida importância. Todas as mensagens enviadas a partir do dispositivo, são autenticadas fazendo uso do MAC (*Message Authentication Code*). Quando a *cloud* recebe uma mensagem, consegue verificar se houve alguma alteração indesejada, descartando-a caso necessário. Para possibilitar o funcionamento deste método de segurança, é necessário que ambas as partes tenham conhecimento de uma chave simétrica. No caso do modulo de rede, a chave encontra-se alocada numa zona de memória não acessível, onde só é permitido fazer leituras. Vai também no *frame* enviado, um número sequencial, de modo a que um atacante não consiga enviar uma mensagem antiga. O envio do *frame* é feito por frequências aleatórias, diminuindo assim a probabilidade do atacante o conseguir observar.

Como foi referido anteriormente, o modulo *Sigfox* não está sempre recetivo a mensagens. É necessário este tomar a iniciativa. Assim, o modulo não irá estar o resto do tempo recetivo a mensagens, algumas delas que podem ser do atacante.

Os *gateways* da *Sigfox* têm uma ligação ponto a ponto com a *cloud*, fazendo uso de uma VPN cifrada.

# Cloud

Existem três soluções para obter as mensagens armazenadas na cloud da Sigfox.

A primeira é através de uma aplicação web. O utilizador autentica-se no site e entra num portal onde é possível gerir os módulos Sigfox que lhe estão associados. E tem também possibilidade de obter as mensagens por estes enviados.

A primeira utiliza um serviço de Representational State Transfer (REST). É uma das formas

de providenciar interoperabilidade entre sistemas computacionais pela Internet. Os serviços REST permitem a um sistema aceder e manipular representações textuais de recursos web, um conceito algo abstrato que pode ser definido como qualquer objeto ou entidade identificável e endereçável na web, utilizando operações predefinidas e uniformes. Os pedidos ao serviço são feitos utilizando operações definidas pelo protocolo HTTP (GET, POST, PUT, DELETE ...) e as respostas tipicamente vêm em formato XML, HTML ou JSON.

O API REST do Sigfox, permite descarregar todas as mensagens e respetivos dados auxiliares

(hora de receção, força do sinal, estação de envio, ...) associadas a um dispositivo em formato

JSON, via pedido HTTP GET. No entanto este não é o método mais indicado para recolher mensagens visto que tanto o servidor utilizado teria de estar constantemente a pedir novas leituras à cloud Sigfox, ocupando tempo de processamento em ambos. A API REST é então mais utilizada para adicionar ou eliminar dispositivos na rede ou verificar informação geográfica. Também é utilizado para editar o serviço mais apropriado para recolher as mensagens: callback. O serviço de callback permite, ao definir um URL ou endereço de correio eletrónico, enviar a informação de uma mensagem assim que a cloud a recebe. Existem também callbacks de Erro e de Serviço. Os primeiros enviam um pedido HTTP para um servidor cujo endereço URL é definido sempre que algum erro seja detetado na comunicação. Os segundos fazem semelhante pedido, porém para informar sobre o estado de funcionamento do dispositivo (nível de bateria, temperatura, número de identificação,...). É também possível definir a mensagem que a cloud envia como acknowledgement através da resposta ao pedido de callback.