

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO**

Thiago Raulino Dal Pont

**TÍTULO X:
SUBTÍTULO**

Araranguá

2017

Thiago Raulino Dal Pont

**TÍTULO X:
SUBTÍTULO**

**Trabalho de Conclusão de
Curso submetido à Universi-
dade Federal de Santa Cata-
rina, como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do
Grau de Bacharel em Engenha-
ria de Computação.**

**Orientador: Prof. Alexandre
Leopoldo Gonçalves, Dr.**

Araranguá, dezembro de 2017.

Este trabalho é dedicado aos meus colegas de classe e aos meus queridos pais.

Se A é o sucesso, então A é igual a X mais Y mais Z. O trabalho é X; Y é o lazer; e Z é manter a boca fechada.

RESUMO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

ABSTRACT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Keywords: Borracha, relógio, mouse, chave

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RAM	<i>Random Access Memory</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	PROBLEMÁTICA	22
1.2	OBJETIVOS	22
1.2.1	Geral	22
1.2.2	Específicos	22
1.3	JUSTIFICATIVA	22
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	22
2	INTERNET DAS COISAS	23
2.1	CONCEITO	23
2.2	TECNOLOGIAS	24
2.2.1	Bluetooth	24
2.2.1.1	Categorias	24
2.2.1.2	Bluetooth 5.0	26
2.2.2	RFID	26
2.2.3	NFC	27
2.2.4	Zigbee	28
2.2.4.1	Criação de uma rede	30
2.2.4.2	XBee	30
2.3	APLICAÇÕES	31
2.3.1	Smart home	31
2.3.2	Smart grid	31
2.3.3	Wearables	32
2.3.4	Indústrias	32
2.3.5	Transportes	32
2.3.6	Turismo	33
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, presencia-se os acelerados avanços em ciência e tecnologia impulsionados por empresas dos mais diversos ramos e pelas constantes pesquisas nas universidades.

Um dos avanços mais significativos é a Internet, com um grande impacto no desenvolvimento da economia global e na sociedade atual. Em duas décadas tem decorrido um grande crescimento na disponibilidade do acesso à rede. Em setembro de 2016, o número de usuário da rede mundial de computadores era de, aproximadamente, 3,75 bilhões, cerca de metade da população mundial e, aproximadamente, 92 vezes maior em relação ao ano 2000 (STATS, 2017). Outro grande avanço se tem nos celulares, aos quais evoluíram tanto nos últimos anos que passaram de simples e grandes telefones sem fio à dispositivos menores, no entanto, com acesso a Internet, recursos avançados de áudio e vídeo e poder de processamento equiparável ao de computadores de mesa (*desktops*) e/ou notebooks.

Em meio ao domínio da Internet, um novo paradigma surgiu no meio acadêmico e aos poucos ganha terreno nas grandes empresas. A sua proposta é levar a tecnologia a objetos do dia a dia, como condicionadores de ar, lâmpadas, fogões etc., e, assim, criar novas formas de interação além de funcionalidades inéditas, seguindo o exemplo dos *smartphones*.

Mencionada pela primeira vez, por Kevin Ashton, em 1999 (ASH-TON, 2009), a Internet das Coisas ou IoT (em inglês, *Internet of Things*) está cada vez mais próxima da realidade. Abrigará um variado ecossistema de dispositivos com capacidade de processamento, sensoriamento, conexão com demais dispositivos e, em muito casos, com a Internet, entre outros avanços. Estima-se que, em 2020, cerca de 24 bilhões de dispositivos IoT estejam conectados, implicando em cerca de quatro dispositivos por pessoa (MEOLA, 2016a). Contudo, com o crescimento do número de itens computacionais, a quantidade de dados gerado por eles também cresce, mas de maneira exponencial (CHIANG; ZHANG, 2016). A partir disso, o fluxo de dados na rede de internet se intensifica a ponto de comprometer o desempenho desta. Isso ocorre devido ao modelo atual de funcionamento da rede, ou seja, centralizado. Portanto, uma nova arquitetura se faz necessária para incorporar os dispositivos IoT à Internet tradicional. Nesse contexto, a *fog computing* ou computação de neblina, surge como potencial solução, com base na proposta de uma nova forma de organização da rede para complementar a atual.

Isso é possível com base na aproximação de algumas funcionalidades centralizadas em servidores aos dispositivos que as utilizam (CHIANG; ZHANG, 2016). Para tanto, um dispositivo de rede seria responsável por uma *nuvem local*. Assim, os dispositivos IoT se comunicariam com esse equipamento e obteriam funcionalidades necessárias de maneira mais eficiente. A nuvem local se comunicaria diretamente com a nuvem convencional, transferindo apenas informações necessárias (SYED; FERNANDEZ; ILYAS, 2016).

Os objetos inteligentes, ou *smart objects*, com funcionalidades expandidas como comunicação, sensoriamento, processamento e atuação sobre o ambiente, promovem a interação entre o mundo físico (analogico) e o mundo digital (STOJKOSKA; TRIVODALIEV, 2017). Isso ocorre graças a sensores capazes de capturar grandezas como temperatura e luminosidade e, a partir disso, permite que aplicações tenham conhecimento do contexto do ambiente. Baseando-se nesses conceitos, algumas companhias vêm colocando no mercado novos produtos com características citadas. Como exemplo, é citável o Amazon Echo¹, um dispositivo que opera com o serviço de assistente pessoal Alexa, e interage com pessoas em uma casa a partir de comando de voz. Outro produto destacável, é a *smart lock* da empresa Nuki², pelo qual é possível abrir e fechar a porta apenas com um toque no aplicativo móvel pelo *smartphone* ou através de um *smart watch*. Por outro lado, áreas como esportes também recebem atenção. Por fim, o último exemplo é o CARV³, um dispositivo vestível ou *wearable*, ao qual propõe um calçado para praticantes de ski capaz de analisar em tempo real o modo de esquiar e fornecer informações detalhadas sobre.

Os *smart objects* poderão, a partir da IoT, operar em conjunto e comporem os chamados *smart environments*, ambientes nos quais a integração dos dispositivos agrega novas funcionalidades e formas de interação para aquele ambiente (ASANO; YASHIRO; SAKAMURA, 2016). Entre os ambientes inteligentes emergentes estão as *smart grids*, às quais propõem a atualização do sistema elétrico atual a partir do uso da tecnologia. Uma das principais mudanças será o direcionamento do fluxo de energia e informações em dois sentidos. Como consequência, será possível consumir e fornecer energia para o sistema elétrico, bem como trocar informações sobre o estado da rede de eletricidade, o consumo entre outros avanços. Tudo isso será viável em virtude da

¹<https://www.amazon.com/Amazon-Echo-Bluetooth-Speaker-with-WiFi-Alexa/dp/B00X4WHP5E>

²<https://nuki.io/en/shop/nuki-smart-lock/>

³<https://www.kickstarter.com/projects/333155164/carv-the-worlds-first-wearable-that-helps-you-ski>

capacidade de sensoriamento, troca de informações, controle e de tecnologia da informação e comunicação (CECILIA; SUDARSANAN, 2016).

Além das *smart grids*, outro ambiente em expansão é a *smart home*. Através dela, os moradores de uma casa podem interagir com um ambiente inteligente capaz de responder ao seus comportamentos e prover diversas funcionalidades (SILVA; MORIKAWA; PETRA, 2012). Isso se deve à presença de dispositivos dotados com tecnologias de sensoriamento, controle e comunicação. Além disso, é possível subdividir *smart homes* em ambientes menores. Um desses ambientes é a cozinha inteligente ou *smart kitchen*, na qual, é capaz de prover ao usuário novas maneiras de interagir com os utensílios na preparação de alimentos, escolha de produtos entre outros. A partir disso, surgem diversas oportunidades em termos de criação de produtos.

As interações das pessoas com os ambientes citados gerará uma grande quantidade de dados. Um aproveitamento eficiente desses dados pode ampliar as aplicações da IoT. Uma das diversas formas para colocar essa ideia em prática são os sistemas de recomendação. Com base nas preferências indicadas pelo usuário ou no seu comportamento, esses sistemas buscam selecionar e fornecer informações relevantes (FILHO; GEUS; ALBUQUERQUE, 2008). Sistemas de recomendação são divididos em duas classes: filtragem colaborativa em que as recomendações são feitas com base na similaridade das preferências de usuários com os demais, isto é, em gostos de outros usuários em produtos, serviços etc., que o usuário não conhece, mas tem alta probabilidade de interesse. Outra categoria é a baseada em conteúdo, na qual os conteúdos apresentados ao usuário são baseados nas suas próprias preferências, ou seja, em itens semelhantes aos de interesse. Por fim, há a abordagem mista, em que ambas as categorias citadas são mescladas, aproveitamento, desse modo, as melhores características de cada uma (THOMAS; SUJATHA, 2016). Além disso, as aplicações de sistemas de recomendação são aplicáveis nos mais diversos campos, entre eles, aplicações de streaming de filmes e séries, sites de vendas online além de outras aplicações como sistemas capazes de propor pontos de carga para condutores de carros elétricos (FERREIRA et al., 2011) e notícias personalizadas (YEUNG; YANG, 2010).

1.1 PROBLEMÁTICA

1.2 OBJETIVOS

Esta seção apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho.

1.2.1 Geral

Rascunho

Desenvolver uma geladeira capaz de monitorar os produtos contidos nela e prover recomendações de receitas com base nos padrões de consumo dos produtos.

1.2.2 Específicos

1. Levantar o estado da arte com relação a Internet das Coisas e Sistemas de Recomendação
2. Propor um sistema de monitoramento de produtos
3. Propor um projeto de leitura e monitoramento dos produtos contidos na geladeira.

1.3 JUSTIFICATIVA

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O capítulo 2 é sobre Internet das Coisas

O capítulo 3 é sobre Sistemas de Recomendação

O capítulo 4 é sobre o Sistema Proposto

O capítulo 5 é sobre a Avaliação do Sistema Proposto - Descrever um cenário - Avaliar e discutir o cenário a partir do sistema proposto

O capítulo 6 é sobre Considerações Finais

2 INTERNET DAS COISAS

2.1 CONCEITO

A tecnologia, com o passar dos anos, está cada vez mais presente nas indústrias, lares, comércios etc. ao mesmo tempo tornando-se indispensável para todas essas entidades. No entanto, nos últimos anos um novo paradigma está emergindo: a Internet das Coisas. A partir dela, a Internet vai deixar de existir como é vista hoje tornando, assim, onipresente.

O conceito de Internet das Coisas (IoT) está relacionado à interconexão de objetos distintos através de uma rede, sendo esta, muitas vezes, a Internet. Desse modo, elementos do mundo real, que antes funcionavam de maneira independente ao meio aos quais estavam inseridos, são capazes de interagir com outros objetos à sua volta e, assim, trocar informações que possam ser relevantes permitindo a agregação de novas funcionalidades. Além disso, a IoT abre espaço para interação entre o mundo físico e o digital a partir de dispositivos capazes de capturar dados físicos no meio em que estão tais como, temperatura, distância etc., representá-los digitalmente e transmitir-los para outros dispositivos.

O termo “Internet das Coisas” foi citado pela primeira vez por Kevin Ashton, diretor executivo da AutoIDCentre do MIT, em 1999 enquanto realizava uma apresentação para promover a ideia do uso de Identificadores de Radio Frequência (RFID) na etiquetagem de produtos. O uso da tecnologia beneficiaria a logística da cadeia de produção (FINEP, 2015). Apesar de o termo IoT ter sido usado apenas em 1999, aplicações práticas da ideia já existiam anos antes. Um exemplo disso, é a torradeira que podia ser ligada e desligada via internet criada em 1990 (ASWATHY, 2014).

A Internet das Coisas está em grande expansão. Estima-se que em 2020 cerca de 24 bilhões de dispositivos IoT estejam conectados, implicando em cerca de quatro dispositivos por pessoa. Para tanto, em torno de 6 trilhões de dólares serão investidos em desenvolvimento de tecnologias de hardware e software, como aplicações, segurança e dispositivos de hardware. Apesar da grande quantia investida, o setor é visto como promissor. Estima-se será gerado em torno de 13 trilhões de dólares em 2025 (MEOLA, 2016b).

Para conectar uma grande quantidade de objetos são necessárias tecnologias, muitas delas sem fio, que permitam que os dispositivos interajam entre si trocando informações de maneira eficiente. A pró-

xima seção tratará dessas tecnologias e a maneira com são organizadas para formar uma arquitetura. A seção seguinte apresenta alguns novos “conceitos(sobre os smart tudo)” que a IoT trouxe e algumas aplicações específicas para algumas das mais variadas áreas já existentes.

2.2 TECNOLOGIAS

2.2.1 Bluetooth

O Bluetooth é uma especificação de rede WPAN, ou seja, rede sem-fio pessoal, sendo descrito e especificado pela IEEE 802.15.1. O Bluetooth foi criado na década de 90 com o objetivo de unir tecnologias distintas, tais como computadores, celulares entre outros a partir de uma padronização de comunicação sem fio entre os dispositivos (KARDACH, 2008).

Uma das principais características da tecnologia *wireless* é o curto alcance de transmissão variando de centímetros até alguns metros (HUANG; RUDOLPH, 2007).

A tecnologia vem sendo usada ao longo dos últimos anos em diversas aplicações como transferência de arquivos entre dispositivos, transmissão de áudio entre smartphones e fones sem fio, dispositivos capazes de determinar contexto, como os beacons, entre outros.

No IEEE 802.15.1 há suporte para criação de redes *ad-hoc*, aos quais, é desnecessário uma infraestrutura de rede para conexão dos dispositivos. A partir disso é possível criar redes chamadas *picorredes*, nas quais os dispositivos são organizados em até oito associados, sendo um deles um mestre, ao qual coordena as operações, e os demais escravos (SIG, 2017b).

A tecnologia Bluetooth opera na faixa ISM de 2.4 GHz de uso livre em modo TDM com um delta de $625\mu s$, proporcionando uma taxa de transmissão máxima em torno de 2 Mb/s, podendo variar de acordo com o dispositivo e a categoria de tecnologia de Bluetooth utilizada. (SIG, 2017b).

2.2.1.1 Categorias

Segundo (SIG, 2017a), o Bluetooth pode ser categorizado em: BR/EDR

Esta é a subdivisão mais popularizada do Bluetooth presente

nas versões 2.0 e 2.1 do Bluetooth, onde as principais características são alta velocidade de transmissão alta em relação à outra categoria, baixo alcance e necessidade de conexão através de pareamento, onde os dispositivos confirmam a conexão. A partir disso, há uma transmissão contínua de dados. Uma desvantagem é o consumo de energia considerável para o funcionamento do Bluetooth, já que há uma conexão contínua e uma taxa de transmissão que mantém o dispositivo ativo por um longo período ininterrupto. A taxa de transmissão gira em torno de 2Mb/s.

BLE (Smart)

O *Bluetooth Low Energy* (BLE) é a mais recente categoria do Bluetooth incorporada na versão 4.0, em 2011, além de ser a menos comum (LABS, 2015). BLE está centrado no baixo consumo de energia para permitir que certos dispositivos não precisem recarregar ou trocar suas fontes de carga, muitas vezes uma bateria, por longos períodos, que podem chegar a anos. Para uma conexão para transmissão de dados, ao contrário do BR/EPR, não é necessário um pareamento para realizá-la, além disso esta tem curta duração, na ordem de milissegundos. Ademais, a taxa de dados é baixa e o alcance alto. A baixa taxa de dados decorre do modo de funcionamento dos dispositivos BLE, aos quais, enviam dados em rajadas, ou seja, de tempos em tempos dados são transmitidos em forma de *broadcast* e os dispositivos que estiverem conectados receberão esses dados. Nos intervalos de tempo em que o dispositivo não transmite, ele “dorme”, isto é, entra em modo de consumo mínimo a fim de poupar energia.

A aplicação prática dessas características está na IoT através de *beacons* e *wearables*, aos quais incorporam o BLE. Os beacons foram introduzidos pela *Apple* em conjunto com o iOS 7, com o nome de *iBeacon*, que permitia aos aplicativos possuírem senso de localização (APPLE, 2014). Com esses dispositivos é possível aprimorar a experiência do usuário em estabelecimentos como museus, supermercados, shoppings, estádios, através da identificação de contexto, na qual, a partir da detecção de um beacon e da aproximação ou afastamento deste, uma aplicação móvel em um smartphone de um usuário pode exibir conteúdos, indicar promoções entre outros relacionados aquele dispositivo BLE.

Dual-mode Esta categoria se refere a dispositivos, como *smartphones* que precisam se conectar tanto com dispositivos BR/EDR, como fones de ouvido, e BLE, como *beacons* (SIG, 2017a).

2.2.1.2 Bluetooth 5.0

A versão 5.0 do Bluetooth foi lançada em dezembro de 2016 (adopted-specfi) e trás consigo aprimoramentos em desempenho e segurança, garantindo duas vezes mais velocidade, quatro vezes mais alcance, oito vezes mais taxa de dados e, por fim, maior coexistência (SIG, 2016).

Com a nova versão, veio a flexibilidade para construção de soluções baseadas em necessidade. Parâmetros como alcance, velocidade e segurança podem ser regulados para diversos objetivos a depender das aplicações (SIG, 2016).

Algumas atualizações contribuem para a redução de interferência com outras tecnologias sem fio, dessa forma, proporciona melhor coexistência entre dispositivos Bluetooth e de outras tecnologias, dentro do cenário emergente da IoT (SIG, 2016).

2.2.2 RFID

O RFID (Identificação por Rádio Frequência) é uma tecnologia de identificação automática, entre diversas outras como código de barras, cartão inteligente e procedimentos biométricos, no entanto se distingue pelo modo de funcionamento, ou seja, por ondas eletromagnéticas. Por outro lado, o RFID se destaca em relação às outras tecnologias em relação às influências externas no seu funcionamento, como sujeira, posição de leitura. Desse modo, não é necessário nem limpar ou reposicionar o dispositivo RFID para efetuar a leitura (FINKENZELLER, 2011).

No RFID, os dados são transmitidos através de ondas de rádio entre dois dispositivos: *transponder* ou *tag* e *leitor*. O transponder é localizado no objeto identificado, um produto, equipamento etc., e nele são mantidos os dados de identificação. Já o leitor é responsável pela leitura e escrita dos dados presentes no transponder.

Para a transmissão dos dados entre os dois dispositivos o leitor emite ondas de rádio na tag. Ao receber o estímulo, a tag responde com os dados contidos nela. Além disso, existem tags que utilizam a energia do campo eletromagnético gerado pelo leitor para seu funcionamento, sendo estas chamadas de *passivas*. Existem, também, aquelas que possuem uma fonte própria de energia e por isso são denominadas *ativas*.

Um exemplo de tag ativa é mostrada na Figura ??.

Uma tag passiva é mostrada na Figura ??.

Uma das características mais importantes dos dispositivos RFID é a frequência de operação já que ela influi na distância máxima de operação. Tal fator é determinado pelo leitor. Os dispositivos são classificados, de acordo com a frequência de operação, em três grupos:

- **LF (Baixa Frequência):** Entre 30kHz à 300kHz
- **HF (Alta Frequência):** Entre 3MHz à 30MHz
- **UHF (Ultra Alta Frequência):** Entre 300MHz a 3GHz.

É possível distinguir pelo alcance:

- ***Long-range* ou longo alcance:** maior que um metro.
- ***Remote-coupling* ou ligação remota:** até um metro
- ***Close-coupling* ou ligação próxima:** até um centímetro.

Geralmente, a frequência de operação é diretamente proporcional ao alcance. Por exemplo, dispositivos de longo alcance operam na faixa UHF.

2.2.3 NFC

O NFC é um sistema de comunicação sem fio derivado do RFID. Ele permite transações simples e seguras entre dois dispositivos a partir da curta distância de operação, em torno de 4cm, e do funcionamento baseado em aproximação dos objetos em questão (FORUM, 2017). Assim, é possível realizar leituras de tags e obter conteúdos de acordo com a aplicação, transferir dados entre smartphones entre outras funcionalidades.

Outra vantagem do NFC é a compatibilidade com a infraestrutura de cartões sem contato existentes permitindo usar um único dispositivo em tecnologias diferentes. Desse modo, é possível interagir com tags RFID, por exemplo.

Como o RFID, o NFC funciona através de ondas eletromagnéticas com uma taxa de transmissão máxima de 424kbps (FORUM, 2017). Além disso, pode operar em dois modos de comunicação (JEPSON DON COLEMAN, 2014): ativo e passivo. Assim como no RFID, é possível que os dispositivos NFC que contenham os dados usem a energia do leitor para transmitir seus dados, no modo passivo, ou usem uma fonte própria para tal procedimento, no modo ativo.

Outra característica importante no NFC são os modos de operação. De acordo com (FORUM, 2017) existem três modos:

- *Leitor/Escritor de tag*: Tem por objetivo ligar o mundo físico ao digital através de aplicações que leem e/ou escrevem em tags para obter dados e, assim, fornecer conteúdo ao usuário relacionado à tag lida. Um exemplo é um smartphone ao ler uma tag NFC de um cartaz na rua.
- *Peer to Peer*: Visa conectar dispositivos por aproximação física e permite troca de arquivos. Um exemplo é o Android Beam que permite troca de arquivos entre smartphones com o sistema operacional da Google.
- *Emulação de cartão*: Conecta o dispositivo do usuário em uma infraestrutura possibilitando a simulação de um cartão, além da realização de transações financeiras e identificação no sistema de transporte a partir da aproximação do dispositivo a um leitor específico.

Há quatros tipos de tags definidas (NFC-FORUM, 2017), sendo que todos operam no modo Leitor/Escritor descrito anteriorente :

- **Tipo 1**: 96 bytes de memória disponível e expansível para 2kiB. Usuário pode configurá-la para somente leitura.
- **Tipo 2**: 48 bytes de memória disponível e expansível para 2kiB. Usuário pode configurá-la para somente leitura.
- **Tipo 3**: Baseado no padrão industrial japonês e conhecido como FeliCa. Pode ser configuradas para leitura/escrita ou somente leitura na fabricação. A memória disponível varia, mas com um limite teórico de 1MiB por serviço.
- **Tipo 4**: A memória disponível varia estando acima de 35 kiB por serviço. É possível ser configurada para leitura/escrita ou somente leitura.

O NFC possui um padrão com o qual dispositivos devem estar formatados, o NDEF (*NFC Data Exchange Format*) um formato comum de comunicação (JEPSON DON COLEMAN, 2014). Desse modo, os dados armazenados em tags devem estar gravados nesse formato. A partir do NDEF é possível armazenar e trocar documentos binários como MIME, que incluem imagens, arquivos PDF entre outros, URL, texto simples entre outros.

2.2.4 Zigbee

O Zigbee é um protocolo padrão de comunicação de baixa-potência para redes sem-fio *mesh*, ao qual permite que diversos dispositivo trabalhem em conjunto (FALUDI, 2010).

O Zigbee é descrito como um conjunto de camadas implementadas sobre o IEEE 802.15.4 (FALUDI, 2010), ao qual especifica a camada física(PHY) e o controle de acesso ao meio (MAC) para redes sem-fio de baixa potência (IEEE, 2011).

As camadas do Zigbee, de acordo com (FALUDI, 2010), fazem:

- Roteamento: Tabelas de roteamento que definem como um nó envia dados até um destino
- Rede Adhoc: Criação automática de rede
- Self healing mesh: Descobre se nós se perderam da rede e a reconfigura para garantir uma rota para os dispositivos conectados ao nó faltantes

O Zigbee opera na faixa não licenciada ISM, de 2,4GHz, o que permite sua expansão global e, assim, ser capaz de operar em qualquer local do mundo.

O Zigbee especifica que os nós das redes criadas possam assumir papéis específicos. Cada nó deve assumir uma das categorias a seguir (FALUDI, 2010):

- *Coordenador*: Responsável por criar a rede, distribuir endereços, manter a rede segura, mantê-la em funcionamento entre outras funções que caracterizam a rede. Cada rede tem um e apenas um coordenador.
- *Roteador*: Tem capacidade de unir redes existentes, enviar e receber informações e rotear informações, atuando como um intermediário entre dispositivos que, por estarem muito distantes entre si, não podem se comunicar diretamente. É permitido às redes terem múltiplos roteadores, podendo também não possuírem nenhum e, caso exista, cada roteador deve estar conectado a um coordenador ou outro roteador.
- *Dispositivo final*: É um tipo de nó capaz de se unir a redes além de enviar e receber informações da rede. Além disso, podem se desligar de tempos em tempos para poupar energia. Caso mensagens para um dispositivo final desligado sejam detectadas, o nó responsável por ele, podendo ser um coordenador ou roteador, armazena as mensagens até que o nó desperte.

Há diversas topologias suportadas, nas quais, englobam os três tipos de nós e suas possíveis maneiras de organização (FALUDI, 2010):

- *Par a par*: Uma rede formada apenas por dois nós, sendo um deles, obrigatoriamente, um coordenador e nó restante podendo ser um roteador ou dispositivo final.

- *Estrela*: Nessa topologia, o coordenador se situa no centro da rede e os demais nós, roteadores ou dispositivos finais, conectados apenas a ele, formando uma rede no formato de estrela.
- *Mesh*: Os dispositivos finais circundam os demais nós roteadores e coordenador. O coordenador e roteadores atuam como intermediários, roteando mensagens para dispositivos finais, outros roteadores ou para o coordenador. Apesar da nova função do coordenador, este permanece no controle e gerenciamento da rede.
- *Cluster tree*: Nessa topologia, cada roteador é responsável por um conjunto de dispositivos finais. As mensagens vindas desses dispositivos devem ser encaminhadas primeiramente para seu roteador responsável para então ser encaminhada ao destino na rede.

O Zigbee define três maneiras de identificação de nodos, que podem utilizadas em uma aplicação para diferenciar os nós.

- 64 bits: Único e permanente para cada rádio fabricado.
- 16 bits: Dinamicamente configurado pelo coordenador ao entrar em uma rede. É único apenas dentro do contexto da rede.
- Node Id: Pequena cadeia de texto. Não é possível garantir sua unicidade em nenhum contexto, apesar disso, é mais amigável aos olhos humanos.

2.2.4.1 Criação de uma rede

Cada rede de sensores deve possuir um identificador chamado endereço PAN (Personal Area Network). Além disso, cada nó deve ter o mesmo PAN configurado e o mesmo canal de comunicação, que é escolhido de acordo com a disponibilidade pelo coordenador.

Para que uma mensagem chegue a um destino, é necessário que o nó emissor tenha conhecimento do endereço do nó destinatário do pacote.

2.2.4.2 XBee

O XBee é um dispositivo fabricado pela Digi. Existem cerca de 30 combinações de hardware, protocolos de *firmware*, potência de transmissão e antenas.

Apesar das diversas combinações, há duas versões básicas do XBee: Série 1 e Série 2.

Os nós XBee Série 1 proveem comunicações ponto a ponto, bem como uma implementação proprietária de rede *mesh*. Já os nós Série 2 permitem diversas derivações de padrões de redes mesh Zigbee.

2.3 APLICAÇÕES

2.3.1 Smart home

Uma *Smart home* ou casa inteligente é formada por um conjunto de sensores e atuadores conectados em rede, aos quais, podem se comunicar entre si e que permitem ao morador o controle de maneira remota de diversos dispositivos tais como lâmpadas (MANDULA et al., 2015), condicionamento de ar, segurança entre outros.

A empresa *Amazon*, empresa de tecnologia dos Estados Unidos, oferece o *Amazon Echo*, um dispositivo que oferece diversas funcionalidades multimídia, como reprodução de músicas através de controle por voz, inclusive se algo estiver tocando, além de oferecer informações como previsão do tempo, notícias, tráfego entre outros através do *Alexa Voice Service*. É capaz de controlar a luz, tomadas e termostatos além de ser compatível com produtos de empresas, como Samsung, Philips entre outras, com foco em *smart homes* (AMAZON, 2017).

2.3.2 Smart grid

Smart grid é uma rede elétrica inteligente, na qual, através da tecnologia coleta dados de consumo e dos distribuidores toma ações a partir deles, tornando o sistema mais eficiente, seguro e sustentável (CECILIA; SUDARSANAN, 2016). As smart grids têm três componentes importantes: rede de transmissão inteligente, às quais contêm sensores, troca de informações, controle e tecnologias de comunicação que proporcionam uma transmissão eficiente, tecnologia da informação e comunicação de smart grid e tecnologia de medição inteligente, no qual, além de realizar medições como os equipamentos tradicionais, é capaz de trocar informações com a rede inteligente.

Empresas como a *Texas Instruments* (TI) têm investido em soluções para smart grid que proporcionam segurança, eficiência e inteligência. A TI oferece soluções para monitoramento da rede através de medidores de eletricidade, gás e calor, além de tecnologias para comunicação como o *Power Line Communications* entre outras (INS-

TRUMENTS, 2017).

2.3.3 Wearables

Wearables são dispositivos computacionais vestíveis, ou seja, são itens que uma pessoa pode usar no dia a dia como, roupas, relógios, óculos, sapatos entre outros e, ainda obter novas funcionalidades, graças à presença da tecnologia nesses dispositivos. Isso é possível devido a sensores aos quais medem sinais vitais do corpo humano e dados do ambiente, a depender da aplicação, além de pequenos equipamentos de hardware responsáveis por ler os dados dos sensores e comandos do usuário e assim tomar as ações necessárias de acordo com a situação.

Os *wearables* têm aplicações nas mais diversas áreas, partindo das áreas da saúde e esportes até lazer e trabalho.

Algumas empresas têm investido na área de dispositivos vestíveis. Um exemplo é a Microsoft que vem desenvolvendo o *Holo Lens*, um dispositivo que se assemelha a um óculos, com foco em realidade aumentada. A tecnologia pode ser usada na concepção e design de produtos, educação, astronomia entre outros.

Outra tecnologia em ascensão é o *smart watch*, relógio digital conectado à internet, dotado de aplicativos entre outras funções que vão além de mostrar as horas.

Na área de esportes e saúde, existem as *smart bands*, pulseiras capazes de monitorar sinais, como batimentos além das calorias eliminadas durante um exercício, distância percorrida entre outros.

2.3.4 Indústrias

2.3.5 Transportes

A empresa *General Electric* (GE), a maior empresa digital industrial do mundo, atua em diversos setores como saúde, aviação, transporte, energias renovável, entre outros (ELECTRIC, 2017). A empresa fabrica uma locomotiva, modelo *Evolution*, com cerca de 250 sensores, resultando em 150 mil leituras por minuto. Com a leitura dos sensores, dados como tempo, pressão de óleo, temperatura, velocidade entre outros, podem ser utilizados para determinar a performance da máquina em um dado momento. Além disso, é possível prever quando surgirá algum problema, devido a algum componente que indica falha, a partir

do software de análise em escala industrial *Predix* (TERDIMAN, 2014).

2.3.6 Turismo

Uma aplicação proposta consiste em um sistema de informação turístico com intuito de expandir a experiência dos visitantes nos diversos pontos turísticos no Japão. Isso é possível graças ao uso de beacons, sensores sem fio descritos na seção anterior, e realidade aumentada, viabilizada por uma aplicação móvel (SHIBATA; SASAKI, 2016).

REFERÊNCIAS

- AMAZON. **Amazon Echo - Black**. feb 2017. Disponível em: <<https://www.amazon.com/Amazon-Echo-Bluetooth-Speaker-with-WiFi-Alexa/dp/B00X4WHP5E>>.
- APPLE. **Getting Started with iBeacon**. jun 2014. Disponível em: <<https://developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf>>.
- ASANO, S.; YASHIRO, T.; SAKAMURA, K. Device collaboration framework in iot-aggregator for realizing smart environment. In: **2016 TRON Symposium (TRONSHOW)**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–9.
- ASHTON, K. That “internet of things” thing. **RFID Journal**, jun. 2009. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>>.
- ASWATHY, P. S. J. V. D. D. R. A state of the art review on the internet of things (iot). **International Conference on Science, Engineering and Management Research**, 2014.
- CECILIA, A. A.; SUDARSANAN, K. A survey on smart grid. In: **2016 International Conference on Emerging Trends in Engineering, Technology and Science (ICETETS)**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–7.
- CHIANG, M.; ZHANG, T. Fog and iot: An overview of research opportunities. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 3, n. 6, p. 854–864, Dec 2016. ISSN 2327-4662.
- ELECTRIC, G. **General Electric | SOBRE A GE – A primeira companhia Digital Industrial**. feb 2017. Disponível em: <<https://www.ge.com/br/sobre>>.
- FALUDI, R. **Building Wireless Sensor Networks: with ZigBee, XBee, Arduino, and Processing**. O'Reilly Media, 2010. ISBN 9780596807733. Disponível em: <<https://www.amazon.com/Building-Wireless-Sensor-Networks-Processing-ebook/dp/B004GTLFHI>>.
- FERREIRA, J. et al. Recommender system for drivers of electric vehicles. In: **2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology**. [S.l.: s.n.], 2011. v. 5, p. 244–248.

FILHO, F. M. F.; GEUS, P. L. de; ALBUQUERQUE, J. P. de. Sistemas de recomendação e interação na web social. **I Workshop de Aspectos da Interação Humano-Computador na Web Social**, p. 24-27, 2008.

FINEP. **Kevin Ashton – entrevista exclusiva com o criador do termo “Internet das Coisas”**. jan 2015. Disponível em: <<http://finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4446-kevin-ashton-entrevista-exclusiva-com-o-criador-do-termo-internet-das-coisas>>.

FINKENZELLER, K. **RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication**. Wiley, 2011. ISBN 9780470695067. Disponível em: <<https://www.amazon.com/RFID-Handbook-Fundamentals-Identification-Communication-ebook/dp/B005HF2GH8>>

FORUM, N. **About the Technology**. jan 2017. Disponível em: <<http://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>>.

HUANG, A. S.; RUDOLPH, L. **Bluetooth Essentials for Programmers**. Cambridge University Press, 2007. ISBN 9781139465465. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=s_djgV7_sXAC>.

IEEE. **IEEE 802.15.4-2011**. IEEE, 2011. ISBN 0738166847. Disponível em: <<https://www.amazon.com/IEEE-802-15-4-2011/dp/0738166847>>

INSTRUMENTS, T. **Grid Infrastructure IC solutions**. feb 2017. Disponível em: <<http://www.ti.com/lscds/ti/applications/industrial/grid-infrastructure/overview.page>>.

JEPSON DON COLEMAN, T. I. B. **Beginning NFC: Near Field Communication with Arduino, Android, and PhoneGap**. first. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc., 2014.

KARDACH, J. **Tech History: How Bluetooth got its name**. mar 2008. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works>>.

LABS, L. **Bluetooth Vs. Bluetooth Low Energy: What's The Difference?** nov 2015. Disponível em: <<https://www.link-labs.com/bluetooth-vs-bluetooth-low-energy/>>.

MANDULA, K. et al. Mobile based home automation using internet of things(iot). In: **2015 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 340–343.

MEOLA, A. **What is the Internet of Things (IoT)?** dec 2016. Disponível em: <<http://www.businessinsider.com/what-is-the-internet-of-things-definition-2016-8>>.

MEOLA, A. **What is the Internet of Things (IoT)?** dec 2016. Disponível em: <<http://www.businessinsider.com/what-is-the-internet-of-things-definition-2016-8>>.

NFC-FORUM. **Tag Type Technical Specifications**. jan 2017. Disponível em: <<http://nfc-forum.org/our-work/specifications-and-application-documents/specifications/tag-type-technical-specifications/>>.

SHIBATA, Y.; SASAKI, K. Tourist information system based on beacon and augmented reality technologies. In: **2016 19th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS)**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 410–413.

SIG, B. **Bluetooth 5**. dec 2016. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification/bluetooth5>>.

SIG, B. **Bluetooth Core Specification**. jan 2017. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification>>.

SIG, B. **How It Works**. jan 2017. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works>>.

SILVA, L. C. D.; MORIKAWA, C.; PETRA, I. M. State of the art of smart homes. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 25, n. 7, p. 1313 – 1321, 2012. ISSN 0952-1976. Advanced issues in Artificial Intelligence and Pattern Recognition for Intelligent Surveillance System in Smart Home Environment. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095219761200098X>>.

STATS, I. W. **World Internet Users Statistics and 2016 World Population Stats**. 2017. Disponível em:
<<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>>.

STOJKOSKA, B. L. R.; TRIVODALIEV, K. V. A review of internet of things for smart home: Challenges and solutions. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, Part 3, p. 1454 – 1464, 2017. ISSN 0959-6526. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261631589X>>.

SYED, M. H.; FERNANDEZ, E. B.; ILYAS, M. A pattern for fog computing. In: **Proceedings of the 10th Travelling Conference on Pattern Languages of Programs**. New York, NY, USA: ACM, 2016. (VikingPLoP '16), p. 13:1–13:10. ISBN 978-1-4503-4200-1. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/3022636.3022649>>.

TERDIMAN, D. **How GE got on track toward the smartest locomotives ever**. jun 2014. Disponível em:
<<https://www.cnet.com/news/at-ge-making-the-most-advanced-locomotives-in-history/>>.

THOMAS, A.; SUJATHA, A. K. Comparative study of recommender systems. In: **2016 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT)**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–6.

YEUNG, K. F.; YANG, Y. A proactive personalized mobile news recommendation system. In: **2010 Developments in E-systems Engineering**. [S.l.: s.n.], 2010. p. 207–212.