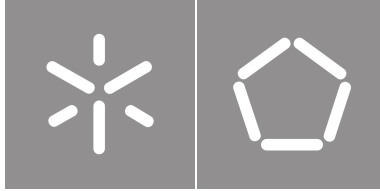


Integração do Paradigma IoT nas Redes Veiculares



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

João Pedro Sousa Moura

Integração do Paradigma IoT nas Redes Veiculares

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado de Engenharia de Telecomunicações e
Informática

Trabalho efetuado sob a orientação de:

António Luís Duarte Costa

**Maria João Mesquita Rodrigues Cunha Nicolau
Pinto**

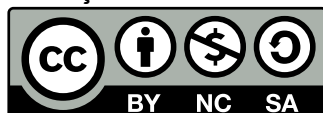
DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositoriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International
CC BY-NC-SA 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.en>

Agradecimientos

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

_____, _____
(Local) (Data)

(João Pedro Sousa Moura)

Resumo

Integração do Paradigma IoT nas Redes Veiculares

Abstract

Integration of the IoT Paradigm in Vehicular Networks

Índice

Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas	ix
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e Motivação	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Estrutura da Dissertação	1
2 Estado da Arte	2
2.1 Internet Of Things	2
2.1.1 Arquitetura e Modelos de Referência	2
2.1.2 Protocolos	5
2.1.3 Middleware	6
2.1.4 Futuro e Problemas	6
2.2 Redes Veiculares	6
2.2.1 VANET	6
2.2.2 Rede Intra-Veiculo	6
2.2.3 Redes V2X	7
2.2.4 Arquitetura	7
2.2.5 Protocolos	7
2.2.6 Futuro e Problemas	7
2.3 Internet Of Vehicles	7
2.3.1	8
2.3.2 Protocolos	8
2.3.3 Futuro e Problemas	8
2.4 Trabalhos Relacionados	8

3	Desenvolvimento do Trabalho	9
4	Place Holder	10

Índice de Figuras

1	Representação gráfica do modelo OSI. (Retirado de [11])	3
2	Modelos de Referência para o paradigma IoT e comparação com o modelo de referência OSI. (Baseado em [13])	3
3	AR de 7 camadas para Internet of Vehicles (IoV). (Retirado de [21])	5

Índice de Tabelas

Siglas

AR Arquitetura de Referência [2](#), [3](#), [5](#))

IoV Internet of Vehicles [5](#))

MR Modelo de Referência [2](#), [3](#))

OBU Onboard Unit [7](#))

V2N Vehicle-to-Network [7](#))

V2P Vehicle-to-Person [7](#))

VANET Vehicular Ad-hoc Network [7](#))

Introdução

1.1 Enquadramento e Motivação

Com o aumento da quantidade de veículos nas estradas e, em anos mais recentes, o aumento da autonomia dos mesmos, é necessário que sejam implementadas melhorias ao nível da segurança dos peões através do aproveitamento das comunicações no contexto de redes veiculares [1].

Enquanto que, ao nível dos veículos, já existem equipamentos, infraestrutura, normas, e tecnologias especializadas que usam as comunicações para melhorar a eficiência do tráfego e a segurança dos veículos, o mesmo não acontece ao nível dos peões (e outros utilizadores das vias públicas) [2]. Por este motivo é necessário encontrar métodos que facilitem e melhorem a capacidade destes intervenientes, transmitirem, com fiabilidade, informações acerca da sua posição e/ou movimentação. O recurso às comunicações V2X, em conjunto com o aumento da capacidade sensorial do veículo pode vir a aumentar a segurança de todos os que utilizam a redes rodoviárias [3].

Tendo em conta o potencial do paradigma da Internet das Coisas como uma possível solução para as necessidades referidas anteriormente, é relevante avaliar a possibilidade da sua integração nas redes veiculares, pela sua versatilidade, facilidade de implementação e aumento exponencial das suas capacidades [4].

1.2 Objetivos

1.3 Estrutura da Dissertação

Estado da Arte

2.1 Internet Of Things

IoT, ou Internet das Coisas, trata-se de um conceito que ainda não têm uma definição exata mas que é geralmente aceite como sendo uma infraestrutura de rede dinâmica e global capaz de se auto-configurar com base em *standards* e protocolos de comunicação [5], através da qual grandes quantidades de dados podem ser gerados, processados, geridos e partilhados com um nível de intervenção humana reduzido.

De um modo simples, a aplicação deste conceito acenta na conexão de vários dispositivos e acesso aos mesmos através da internet, ou por outras soluções que não se baseiam no protocolo IP. Esta conexão pode ser realizada por meios físicos ou *wireless*, sendo o comportamento da mesma controlados pela arquitetura e protocolos usados.

Com o aparecimento destas ligações, os dispositivos capazes de usufruir das mesmas passam a ser denominados como *smart objects*. Muitas vezes limitados pelas próprias capacidades, estes aproveitam estas ligações como um meio para aumentar o seu potencial, unindo-se em sistemas capazes de oferecer serviços e soluções que anteriormente não seriam possíveis [5].

Atualmente estes serviços estão integrados em diversas áreas, como medicina, agricultura, mobilidade, energia [9], entre outras. Dentro destas áreas, a aplicação do paradigma IoT está introduzida desde a investigação à produção, bem como no dia-a-dia de várias pessoas [10], aumentando a eficiência bem como a simplicidade de execução de muitas funções.

2.1.1 Arquitetura e Modelos de Referência

Arquitetura de Referência (AR) e Modelo de Referência (MR) são conceitos com terminologia diferentes, que são muitas vezes usados, de forma errónea, como sinónimos. Um MR refere-se a uma abstração que representa a maneira como um conjunto de conceitos comuns, podendo estes ser concretos ou abstratos, se relacionam perante um domínio, por outras palavras, o modo como um problema pode ser dividido em partes que cooperam para o resolver. Um bom exemplo de um MR é o modelo OSI, estando este representado na Figura 1. Apesar de uma AR também ser uma abstração, esta têm a sua origem

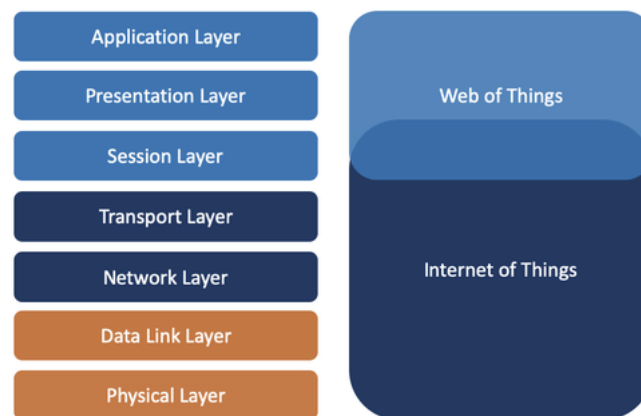


Figura 1: Representação gráfica do modelo OSI. (Retirado de [11])

no culminar do conhecimento e experiência sobre um domínio específico e de como um sistema deve ser desenvolvido de modo a que este respeite boas práticas, normas, regras, et cetera. Para este fim, são usados MR para servirem como guias e controles de conceitos para a formulação da arquitetura de sistema. Por fim estando uma AR bem definida e realizada, esta pode ser usada como uma fundação sólida para soluções vindas do paradigma IoT [18].

Com a maturação do paradigma IoT, surgiram modelos de referência adaptados às realidades e especificações deste paradigma. Contudo, não existe um modelo de referência tido como universal, mas existem modelos que têm ganhado tração não só na produção como também na investigação ligada ao paradigma IoT [14]. Estes modelos são os modelos de referência para IoT de 3, 4 e 5 camadas, os quais agregam várias camadas do modelo OSI em uma única camada, de um modo semelhante ao que foi concebido para o protocolo TCP/IP [12].

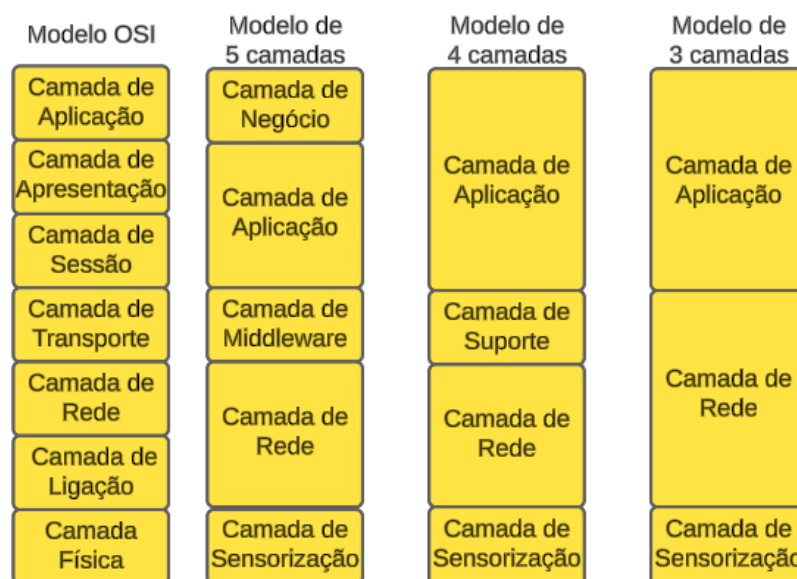


Figura 2: Modelos de Referência para o paradigma IoT e comparação com o modelo de referência OSI. (Baseado em [13])

Cada camada referida na figura 2 têm um conjunto de características e funções que lhe são inerentes,

sendo as dos modelos de 3,4 e 5 camadas as seguintes:

- **Camada de Sensorização:** Contêm elementos físicos, tais como sensores e actuadores, bem como as ligações formadas entre estes dispositivos, ou seja a rede de componentes inerentes a um sistema IoT. Esta camada têm por função a recolha de informações acerca do meio em que está inserido, identificação de objetos, recorrendo para este fim a diversas tecnologias [13, 14, 15].
- **Camada de Rede:** Responsável por conectar a camada de sensorização e distribuir as informações recolhidas às restantes camadas. Esta conexão e subsequente transmissão de dados tira proveito de toda a infraestrutura de telecomunicações que lhe esteja disponível para este fim como, internet, redes de comunicação móvel, redes de comunicação por satélite e redes *wireless*. Em termos de meios / tecnologias / protocolos (?), de comunicação este pode usar 4G,3G, Wi-Fi,Bluetooth,BLE,etc., devendo este então processar os dados de modo a permitir o roteamento eficaz do mesmos consoante o protocolo/tecn/meio de comunicação escolhido [12, 14, 13].
- **Camada de Aplicação:** Responsável pela entrega de serviços específicos ao caso uso / aplicação especificado para o sistema IoT em questão. Por este motivo, as tecnologias e protocolos usados nesta camada são decididos consoante as necessidades estabelecidas pelo caso uso [12, 14].
- **Camada de Suporte:** Têm por objetivo proporcionar capacidades de *cloud*, aumento de capacidade de processamento e um aumento parcial das capacidades de segurança [13].
- **Camada de Middleware:** Responsável por fornecer diferentes tipos de serviços proprietários, ou seja, os dispositivos IoT apenas podem comunicar e se conectar a dispositivos que disponibilizem o mesmo serviço. Graças às capacidades muitas vezes presentes nesta camada, este pode guardar, analisar e processar vastas quantidades de dados que lhe chegam da camada de rede [12, 14].
- **Camada de Negócio:** Responsável por administrar todo o Sistema IoT em uso, bem como os serviços fornecidos e as suas aplicações. Dada a sua natureza, esta camada também é usada para gerar dados estatísticos e contabilísticos através dos dados recebidos [12, 14].

+—Refazer parte—+

Esta agregação de camadas, oriunda da experiência e conhecimentos sobre o paradigma IoT, permite não só a simplificação mas também a pragmatização da procura de soluções para problemas e novas arquiteturas de sistemas IoT.

Para além destes modelos, surgiram modelos mais modernos, com especial incidência sobre as capacidades de *fog computing*, *cloud* e segurança, como por exemplo o modelo de referência proposto pela CISCO [20].

Em termos de arquiteturas de referência, atualmente são usadas arquiteturas como IoT-ARM, WSO2 [18], FIWARE, OpenMTC e Sitewhere [19]. Tal como para a escolha dos modelos de referência, a

escolha de uma AR é feita consoante os objetivos desejados da mesma e as necessidades inerentes a esse objetivo. Um exemplo desta necessidade de adaptação encontrasse na aplicação do paradigma IoT sobre redes veiculares, existindo várias arquiteturas de referência sugeridas para diferentes casos uso [22], contudo, a AR demonstrada na figura 3 trata-se uma arquitetura de especial interesse, já que dado as suas características esta demonstra ser uma AR completa

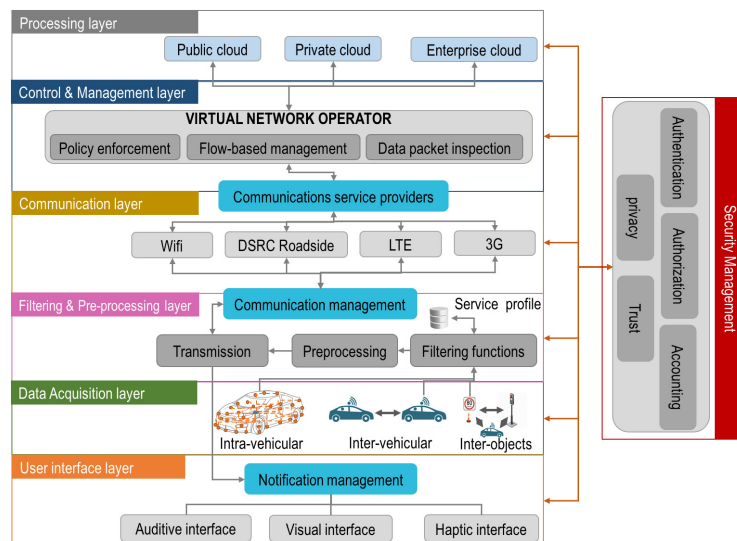


Figura 3: AR de 7 camadas para Internet of Vehicles (IoV). (Retirado de [21])

+—Refazer parte—+

2.1.2 Protocolos

Um protocolo trata-se de um conjunto de regras, configurações e requerimentos aos quais uma ligação entre duas entidades fica submetida. Isto faz com que a escolha de um protocolo dependa do caso uso e objetivo final da ligação, devendo esta escolha respeitar um conjunto de normas estabelecidas para o caso uso em questão.

Dada a vasta quantidade de dispositivos e fabricantes, bem como as condições aos quais os dispositivos de um sistema IoT ficam sujeitos, deu-se por necessário desenvolver e normalizar protocolos feitos com o paradigma IoT em mente. Muitas vezes, estes protocolos baseiam-se em tecnologias e padrões já existentes de modo a proporcionar uma entrada mais suave no mercado, mas também com o intuito de serem protocolos baseados em soluções e conceitos fiáveis, seguros e capazes de interoperar com outras soluções já existentes no paradigma IoT.

Em termos de funcionalidades, os protocolos costumam ser divididos pelas camadas sobre as quais estes trabalham existindo, contudo, protocolos capazes de operar em várias camadas, sendo também possível dividir uma grande quantidade de protocolos em dois grupos, protocolos de dados IoT e protocolos de rede para IoT.

Para as funcionalidades associadas à camada de aplicação são usados protocolos como:

- **AMQP**
- **CoAp**
- **MQTT**

Para as funcionalidades associadas à camada de transporte são usados protocolos como:

- **UDP**
- **TCP**
- **QUIC**

Para as funcionalidades associadas à camada de rede são usados protocolos como:

- **IPv4**
- **IPv6**

Para as funcionalidades associadas à camada de ligação e física são usados protocolos como:

- **Wi-Fi;**
- **Redes Celulares:** 1G, 2G, 3G, 4G e LTE;
- **BLE**

Apesar de existirem outros protocolos [23] melhores para casos mais específicos

2.1.3 Middleware

2.1.4 Futuro e Problemas

2.2 Redes Veiculares

+— Refazer de só V2X para redes veiculares como um todo (excluindo o IoV) —+

2.2.1 VANET

2.2.2 Rede Intra-Veiculo

To-do

2.2.3 Redes V2X

As redes veiculares clássicas revelaram-se incapazes de suportar todas as necessidades emergentes de novos serviços, existindo a necessidade de incluir novas entidades como participantes das redes veiculares de modo a expandir as capacidades de comunicação destas redes, dando então origem o conceito de comunicações V2X. Como se trata de uma evolução, as redes V2X mantêm as comunicações previamente contempladas pelas [Vehicular Ad-hoc Networks \(VANETs\)](#) introduzindo comunicações com outras entidade como:

- Pessoas, [Vehicle-to-Person \(V2P\)](#)
- Outras redes, [Vehicle-to-Network \(V2N\)](#)

2.2.4 Arquitetura

2.2.5 Protocolos

2.2.6 Futuro e Problemas

2.3 Internet Of Vehicles

Internet of Vehicles, ou IoV, é visto como um paradigma no qual veículos equipados com hardware e software especializados conseguem formar redes ad-hoc, possibilitando a conexão do mesmo a outros veículos como também a outras entidades, podendo estes partilhar dados gerados pelos mesmos ou dados oriundos de outros participantes da mesma ou outras redes[26].

Dado o aumento de casos uso de aplicações do paradigma IoT no setor automóvel, o conceito de IoV pode ser visto como uma evolução das redes veiculares clássicas, na qual dispositivos IoT passam a usar tecnologias V2X como *backbone* para as suas aplicações [27], o que faz com que este tenha duas orientações tecnológicas principais, rede veiculares e inteligência de veículos [26].

A colaboração destas duas tecnologias faz com que o IoV seja capaz de fornecer e suportar serviços de grande escala, onde diferentes entidades, redes e ambientes cooperam de modo a criar uma rede inteligente capazes de satisfazer as necessidades destes serviços através da usufruição das capacidades dos diversos sistemas disponíveis nas entidades, com especial incidência em veículos, que constituem esta rede [21], estando estes serviços disponíveis dentro e fora dos veículos para as entidades da rede [26].

Graças às características do IoV, este possui um número de vantagens técnicas quando comparado às redes veiculares clássicas, tais como:

- Capacidade de computação e armazenamento aumentadas graças ao desenvolvimento e integração de novas [Onboard Units \(OBUs\)](#), bem como a introdução e uso de computação na cloud e de computação de fronteira [22, 27];

- Arquiteturas de referência com inclusão de um maior número de casos de uso e tecnologias usadas por dispositivos fora das VANETs, facilitando a conexão de dispositivos pertencentes a outras entidades, permitindo a cooperação entre redes V2V e as restantes redes [22];
- Estabilidade e distância máxima das comunicações superior devido ao uso de outras redes para além das contempladas pelas redes veiculares clássicas, aumentando a chance de um acesso contínuo e estável a serviços, melhorando por consequência a fiabilidade destes serviços já que a informação consumida por estes serviços deixa de ser apenas local visto que o veículo é capaz de manter acesso a outras fontes [22];

Para além de resultarem em uma melhor qualidade de condução para condutores, a utilização do IoV também tem efeitos positivos na economia, ambiente e qualidade de vida, já que pode ser usado para evitar acidentes, congestionamentos, emissões excessivas de gases de estufa, entre outros [21].

2.3.1

2.3.2 Protocolos

2.3.3 Futuro e Problemas

2.4 Trabalhos Relacionados

Desenvolvimento do Trabalho

4

Place Holder