

Smart Cities: Architectures, Technologies and Applications

António Rodrigues, José Ferreira, and Luís Martins

University of Minho, Department of Informatics, 4710-057 Braga, Portugal
e-mail: {a89585,a89572,a89600}@alunos.uminho.pt

Abstract. Este trabalho, realizado no âmbito da unidade curricular Redes de Computadores, pretende explorar o conceito de Smart City, abordando diferentes arquiteturas e aplicações, bem como projetos de melhoria da qualidade da mobilidade urbana na cidade de Braga.

1 Introdução

Nós últimos anos, temos assistido a um processo de urbanização rápido e contínuo a nível global, sendo que mais de metade da população mundial mora em cidades. Observa-se simultaneamente um desenvolvimento tecnológico, sendo que nos centros urbanos cada pessoa possui mais de seis dispositivos ligados à Internet[1]. A rápida urbanização traz consigo a necessidade das cidades se adaptarem e responderem a novos desafios como a mobilidade dos seus habitantes (transportes públicos, trânsito, etc.) e a poluição[2], enquanto o desenvolvimento tecnológico oferece as soluções para estes problemas. Surge então o conceito de "Smart City". Consiste numa cidade capaz de fazer as devidas mudanças para resolver estes problemas. Uma aplicação do conceito seria a manutenção inteligente da rede de distribuição de água de uma cidade (com recurso a sensores), que conseguiria detetar a tempo a presença de impurezas ou poluentes na água e alertar as equipas de manutenção antes que estas impurezas atinjam a população.

2 Conceito "Smart City"

O uso de tecnologias de informação e comunicação num ecossistema urbano complexo, permite tornar a cidade mais atrativa e sustentável. Este é o objetivo de uma Smart City. Embora o objetivo seja bastante claro, a definição do termo continua discutível. Várias definições são aceites e nunca se chegou a nenhum consenso em relação à definição concreta do que é uma Smart City. Pelos exemplos, artigos e estudos que vimos, uma Smart City deve englobar alguns conceitos mais essenciais à sua definição como tal. Conceitos como Energia, Transporte, Dados, Infraestruturas e dispositivos da InternetOfThings devem ser aplicados de forma inteligente através da recolha de informação, tratamento de dados, criação de uma rede lógica complexa de decisões e execução autónoma da decisão tomada. Atingindo estes conceitos na vertente "Smart", a cidade em causa poderá considerar-se uma Smart City.

2.1 Smart Energy

Numa Smart City, é claramente necessário que a produção e distribuição de energia sejam também inteligentes. Aumentando a eficiência energética de edifícios usando menos energia, analisando e guardando os dados acerca da utilização de energia nestes edifícios. Uma implementação possível de Smart Energy passa pela implementação de uma rede elétrica inteligente para aumentar a eficiência, confiança e sustentabilidade do sistema. Tudo isto é possível, partindo do uso de sensores que detetam informação relevante e a comunicam a um sistema que analisa os dados e decide como proceder para melhorar o desempenho da rede. Vendo um exemplo prático, se o próprio sistema recebe informação que indica uma

tensão muito alta da rede elétrica, vai instruir um dos dispositivos da rede para reduzir a tensão, economizando energia e reduzindo emissões de carbono. Em Évora, foi aplicado um projeto no âmbito da Smart Energy em 2010 que consistiu na instalação de 31 000 contadores inteligentes.[12]

2.2 Smart Transportation

No contexto de uma Smart City faz todo o sentido ter várias formas independentes de transporte e sistemas inteligentes de monitorização de tráfego e estacionamento.[11] A utilização de semáforos inteligentes que usam câmaras para monitorizar o tráfego e coordená-lo é um dos exemplos de possíveis implementações de uma rede inteligente de transportes. Nos transportes públicos, cada vez mais assistimos a uma tentativa de ligação de autocarros à Internet, fornecendo ao utilizador informações relevantes em tempo-real. Um exemplo prático e real desta implementação será apresentado mais à frente aquando da apresentação do projeto da TUB em Braga.

2.3 Smart Data

A recolha de dados numa Smart City representa uma das partes mais fundamentais do sistema e dada a enorme quantidade de dados recolhidos, estes devem ser analisados da forma mais rápida e eficiente possível para que possam ser úteis. A iniciativa dos Open Data Portals consiste na publicação online dos dados recolhidos para que qualquer um possa aceder e analisar os dados recolhidos das cidades. Um exemplo da utilização de informação seria retirar os dados relativos ao tráfego para obter uma localização ideal para abrir um novo restaurante.[11] Esta análise previsiva ajuda os centros urbanos a filtrar e traduzir dados em informação relevante para melhorar a qualidade de vida numa cidade.

2.4 Smart Infrastructures

Um sistema que calcula a quantidade de uma certa impureza na água em tempo real, é um exemplo da aplicação de uma Smart Infrastructure que tem como objetivo prevenir graves problemas de saúde numa população.[11] Estas aplicações permitem às cidades fazer um melhor planeamento e responder proativamente à demanda da população através da capacidade de recolha e análise de dados presentes numa Smart City. Possuindo uma infraestrutura inteligente, uma cidade poderá avançar com mais e melhores tecnologias e fazer mudanças significativas no seu funcionamento e planeamento futuro.

2.5 Smart IoT devices

A recolha e integração de informação sensorial no nosso dia-a-dia representarão cada vez mais uma sensação de proximidade, levantando ao mesmo tempo questões relativas à privacidade e segurança desses dados. A recolha sensorial é fundamental numa Smart City, pelo que os sensores têm de ser confiáveis e resistentes a possíveis falhas. Considerando o número de dispositivos a transmitir informação e a quantidade de informação que circula pela rede, a largura de banda e a capacidade da mesma serão automaticamente desafiadas.[11] O uso de notificações de curto alcance é um exemplo conveniente de um método de contrariar estas questões, uma vez que a informação é transmitida ao utilizador normalmente mas não ocupa a totalidade da largura de banda fornecida pela rede.

3 Arquiteturas nas "Smart Cities"

Como a definição de Smart City é ambígua, não existe um standard para a sua arquitetura, existindo por isso bastantes variações que se focam em aspetos diferentes, como por exemplo tecnologias ou interação homem-sistema.

Segundo especialistas, uma Smart City é dividida em três camadas [5]. A primeira camada consiste no armazenamento da informação fornecida pelos diferentes componentes de uma Smart City. A segunda camada é relativa ao tratamento e organização dos dados recolhidos, transformando-os em aplicações relevantes para o uso dos consumidores.

A terceira camada está relacionada com a interface do utilizador, fazendo-o através de aplicações Web que recorrem, por exemplo a mapas, images 3D, texto, gráficos, etc.

Já Al-Hader propõe uma arquitetura em pirâmide com 5 níveis. [6] Na base da pirâmide estão as infraestruturas inteligentes, que inclui a eletricidade, a água, o gás natural, etc. O segundo nível corresponde à base de dados que contém todos os dados relevantes. No nível seguinte está a gestão dos edifícios e no controlo automatizado destes. No quarto nível é onde se desenvolve uma interface inteligente que se baseia numa plataforma operacional. Por fim, no topo da pirâmide, está o nível encarregue de controlar todos os restantes.

Também é possível classificar estas camadas a um nível de visão lógica e física. A primeira camada, a Stakeholder, contém os utilizadores e os servidores. A seguinte camada, a camada de serviço, contém informações dirigidas ao público. A próxima camada, a camada de negócios, fornece a definição das regras que permitem que a Smart City compreenda como operar. A seguinte camada inclui a rede básica e outros access points. Por fim, a última camada, a camada da informação, é concebida para produzir e armazenar dados adequadamente [7].

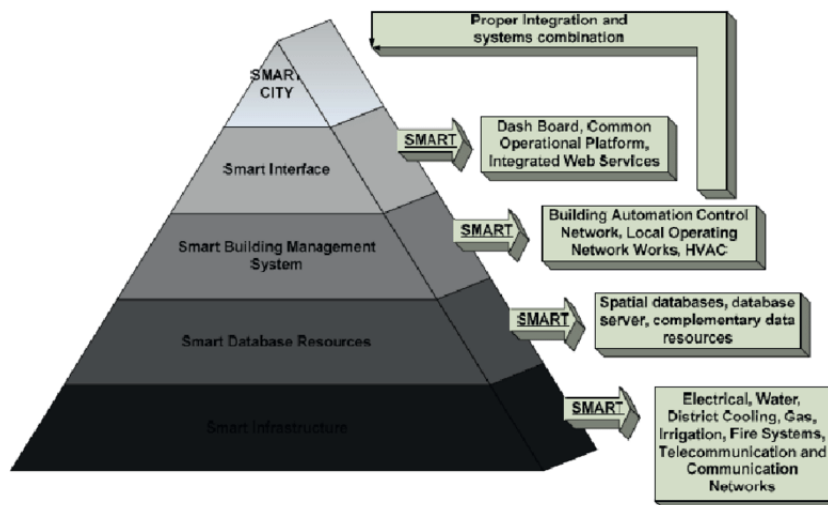


Fig. 1. Smart City Development Pyramid Source: Al-Hader, M. et al., 2009.

4 Dados nas "Smart Cities"

De forma a atender às necessidades de uma Smart City é necessário, de forma eficiente, realizar o armazenamento, gestão e análise dos dados recolhidos.

4.1 Recolha

Tal como dito anteriormente, a grande quantidade de dados de uma Smart City, desempenha um papel fundamental no seu desenvolvimento, o que resulta num problema: a obtenção dos diferentes dados em grande escala. As diversas atividades da população tornam-se um

desafio para as exigências de uma Smart City, devido à grande quantidade de dados produzida. Para realizar a recolha dos mesmos são utilizadas diversas tecnologias bem como, VANETs, redes sociais, 5G, sensores, MANETs, UAVs e IoT. Após a recolha, dados como sons, vídeos, imagens, entre outros, são armazenados em bases de dados. Para uma cidade ser considerada inteligente necessita de possuir uma rede de sensores, ou seja, ter os sensores ligados entre si, por forma de alargar a dimensão da cidade que está sensorizada. Os sensores devem ser económicos e garantir segurança e monitorização de vários tipos de dados tais como a água e o ruído, etc. Apesar de uma cidade poder possuir uma vasta área com sensores nada garante que a recolha dos dados é de confiança pois para as diversas aplicações são precisos diferentes tipos de sensores. Dando um exemplo prático do funcionamento de sensores numa Smart City: Num repositório de água em que a quantidade de água e a temperatura da mesma são dados por um sensor e a composição é dada por outro sensor é necessário fundir os dados dos diferentes sensores e permitir às aplicações diferentes níveis de interpretação de forma a lidar com a imprecisão e a incerteza. Posto isto, podemos afirmar que as ações de um determinado objeto têm que ser relacionadas a nível dos dados.

4.2 Tratamento e utilização

Devido à variada origem dos dados, torna-se usual surgirem adversidades na qualidade da informação. Erros como duplicações e inconsistências são os mais comuns. Como não é benéfica a presença dos mesmos e deve até ser evitada, efetua-se uma espécie de "limpeza" de forma a eliminar redundância, recuperação e verificação de data que possa estar, duplicada, perdida ou inconsistente, respetivamente[4]. Modelos estatísticos e conclusões acerca das variáveis correlacionadas dentro de um framework são elaborados a partir da modelagem dos dados recolhidos. Mineram-se dados por forma a estabelecer intra-associações. Por sua vez, o warehouse é uma base de dados responsável pela manutenção e gestão da data. É autosustentável a nível de pequenas alterações como adicionar ou apagar dados e deve criar, regularmente, cópias de segurança da informação que contém de forma a evitar perdas da mesma.

5 Comunicação entre as várias componentes de uma "Smart City"

Para que uma Smart City funcione na sua plenitude é necessário que exista uma conexão entre as suas diferentes componentes que seja fiável e sem erros, com um baixo custo de instalação e manutenção, um baixo consumo energético, um elevado nível de transmissão de dados, bem como eficiência na sua largura de banda. Podemos dividir as redes de uma Smart City em 3 classes:

- WPAN (wireless personal area network), como por exemplo, bluetooth e Zig-Bee, que podem ser utilizados em redes de sensores para smart parking. Podem ser muito eficientes a nível de custos de instalação e de consumo de energia.
- WLAN (wireless local area network), como por exemplo as redes de Wi-Fi ou Z-Wave, sendo ambas importantes a usar numa smart home pois permite conectar múltiplos dispositivos numa área de cerca de 100 metros.
- WMAN (wireless metropolitan area network), como por exemplo LTE, LTE-A e WiMax, tendo estas tecnologias a responsabilidade de permitir a conectividade total de uma cidade, uma vez que liga esta entidade à sua respetiva base de dados. Convém que permita uma elevada transferência de data e seja rápida.

Os objetivos de futuras tecnologias são permitir uma quantidade elevada de comunicação de dados, fornecer uma melhor infraestrutura de rede, baixa atenuação de sinal e que permitam escalabilidade para o futuro. Uma das tecnologias mais conhecidas atualmente e que será posta em prática num futuro bastante próximo é o 5G, que permite 10 vezes mais

capacidade do que a atual e velocidades esperadas de 1GBps. Esta tecnologia é bastante importante para diferentes funcionalidades de uma Smart City, como por exemplo smart homes, smart grid, etc.

6 Projetos atuais em Braga

Com cerca de 140 mil habitantes, a cidade de Braga - apesar de antiga - foi em 2012 considerada a Capital Europeia da Juventude.[9] Numa cidade em que o turismo está em crescimento, a população mostra-se preocupada em ter uma cidade limpa, um sistema de transportes públicos eficiente e que reduza o trânsito nas estradas. A cidade contava com uma frota de autocarros envelhecida, constantemente atrasada, em más condições e constantes avarias em serviço.[9] A frustração demonstrada pela população face a estes problemas tornou óbvia a necessidade de mudar algo. Os Transportes Urbanos de Braga (doravante chamados de TUB) têm como principal objetivo melhorar a experiência que os bracarenses retiram dos transportes públicos da sua cidade. Vamos então abordar as iniciativas desenvolvidas pela TUB de forma a melhorar o serviço prestado aos bracarenses e aos visitantes da cidade de Braga.

6.1 TUB, Bosch e UM

No Portugal Smart Cities Summit, a TUB, a Bosch e a Universidade do Minho estiveram em destaque pelo projeto conjunto desenvolvido. Este projeto visa promover melhorias ao nível do serviço prestado pelos autocarros em Braga e do fornecimento mais exato das estimativas de horários em cada paragem com base em dados históricos. O software da Bosch usa um algoritmo que monitoriza a localização dos autocarros e calcula a estimativa de horários em cada paragem. Este software por si só traz melhorias significativas na precisão dos horários e na qualidade de informação fornecida aos utilizadores. A comunicação com o Centro de Controlo dos TUB é feita através de smartphones colocados dentro dos autocarros. Fazendo proveito dos dados recolhidos, a TUB e a Bright Smart Ideas fizeram um upgrade à aplicação da TUB com os dados das estimativas fornecidas pela Bosch, possibilitando a consulta da estimativa de tempo de chegada dos autocarros a qualquer paragem das linhas 2 e 43.[8] O objetivo é estender o projeto a toda a frota da TUB. Simultaneamente a este projeto, a TUB aliou-se à IBM com o objetivo de tornar o serviço mais inteligente. O projeto entre TUB e Bosch poderá no futuro ser integrado na plataforma IoT da IBM adquirida pela TUB, abrangendo assim toda a informação numa única plataforma.

6.2 TUB e IBM

A TUB escolheu os serviços da IBM para transformar a sua frota de autocarros num sistema de mobilidade mais inteligente e moderno. As tecnologias usadas na implementação deste projeto foram IBM Intelligent Operations Center (IOC) e IBM Watson IoT. Dos cerca de 120 autocarros ligados à rede inteligente da cidade, são recolhidas informações como a localização, emissão de CO₂, ruído, temperatura, humidade, emissão de bilhetes e análise da telemetria dos autocarros. Além disso, os autocarros encontram-se conectados através de redes 4G e permitem que os passageiros tenham acesso à Internet através de uma rede Wi-Fi. Depois de recolhida e analisada pelas ferramentas da IBM, a informação é fornecida aos utilizadores que poderão então saber o posicionamento atual dos autocarros, assim como o tempo de espera estimado e receber alertas em caso de incidente. Simultaneamente, a TUB pode agir preventivamente na manutenção dos autocarros, uma vez que recebe a informação de telemetria dos mesmos.[10]

7 Conclusão

Havendo tantas aplicações possíveis de uma Smart City e considerando a solução que estas apresentam para a crise de recursos nas cidades, concluímos então que as Smart Cities são um caminho a seguir quando o objetivo é atingir uma melhoria sustentável da qualidade de vida dos habitantes. Num mundo em que as cidades cada vez são maiores, é crucial que este crescimento seja sustentado por uma estrutura inteligente e capaz de lidar com tal.

References

1. Gharaibeh, A., Salahuddin, M., Hussini, J., Khreishah, A., Khalil, I., Guizani, M., Al-Fuqaha, A.: Smart Cities: A Survey on Data Management, Security and Enabling Technologies (2017)
2. Yaqoob, I., Hashem, I., Mehmood, Y., Gani, A., Salimah, M., Guizani, S.: Enabling Communication Technologies for Smart Cities (2017)
3. Mehmood, Y., Ahmand, F., Yaqoob, I., Adnane, A., Imran, M., Guizani, S.: Internet-of-Things-Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges (2017)
4. HE L, ZHANG Z, TAN Y: An Efficient Data Cleaning Algorithm Based on Attributes Selection[C]// Proceedings of 6th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology. (2011)
5. Kominus, N.: The Architecture of Intelligent Cities: Integrating Human, Collective and Artificial Intelligence to Enhance Knowledge and Innovation // Proceedings of 2nd IET International Conference on Intelligent Environments. (2006)
6. Al-Hader, M., Rodzi, A., Sharif, A., et al.: Smart City Components Architecture // Proceedings of 2009 International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation. (2009)
7. Anthopoulos, L., Fitsilis, P.: From Digital to Ubiquitous Cities: Defining a Common Architecture for Urban Development // Proceedings of 6th International Conference on Intelligent Environments. (2010)
8. <http://blog.tub.pt/?p=3659>
9. <https://blogs.cisco.com/developer/iot-braga-portugal>
10. <https://www.ntech.news/tub-ibm-iot-transportes-braga/>
11. <https://www.techrepublic.com/article/smart-cities-6-essential-technologies/>
12. https://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_el%C3%A9trica_inteligente