

## Repositório ISCTE-IUL

---

Deposited in *Repositório ISCTE-IUL*:

2021-07-02

Deposited version:

Accepted Version

Peer-review status of attached file:

Peer-reviewed

Citation for published item:

Costa, N., Silva, J. C. & Silva, J. L. (2017). Uma abordagem para o desenvolvimento de apps real-time para monitorização indoor. In Reis, L. P., Rocha, A., Alturas, B., Costa, C. and Cota, M. P. (Ed.), 2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). (pp. 1431-1434). Lisbon, Portugal: IEEE.

Further information on publisher's website:

10.23919/CISTI.2017.7975881

Publisher's copyright statement:

This is the peer reviewed version of the following article: Costa, N., Silva, J. C. & Silva, J. L. (2017). Uma abordagem para o desenvolvimento de apps real-time para monitorização indoor. In Reis, L. P., Rocha, A., Alturas, B., Costa, C. and Cota, M. P. (Ed.), 2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). (pp. 1431-1434). Lisbon, Portugal: IEEE., which has been published in final form at <https://dx.doi.org/10.23919/CISTI.2017.7975881>. This article may be used for non-commercial purposes in accordance with the Publisher's Terms and Conditions for self-archiving.

Use policy

---

Creative Commons CC BY 4.0

The full-text may be used and/or reproduced, and given to third parties in any format or medium, without prior permission or charge, for personal research or study, educational, or not-for-profit purposes provided that:

- a full bibliographic reference is made to the original source
- a link is made to the metadata record in the Repository
- the full-text is not changed in any way

The full-text must not be sold in any format or medium without the formal permission of the copyright holders.

---

# Uma Abordagem para o Desenvolvimento de Apps *Real-Time* para Monitorização *Indoor* *Real-Time App Development Approach* *for Indoor Monitoring*

Nuno Costa  
Escola Superior de Tecnologia,  
Instituto Politécnico do  
Cávado e do Ave  
Barcelos, Portugal  
a3676@alunos.ipca.pt

J. C. Silva  
Escola Superior de Tecnologia  
DIGARC, Instituto Politécnico do  
Cávado e do Ave  
Barcelos, Portugal  
jcsilva@ipca.pt

José Luís Silva  
Instituto Universitário de Lisboa  
(ISCTE-IUL), ISTAR-IUL, Lisboa,  
Portugal  
Madeira-ITI, Funchal, Portugal  
jose.luis.silva@iscte.pt

**Resumo** — Após uma descrição das aplicações móveis, este artigo apresenta uma abordagem para o desenvolvimento de aplicações móveis real-time para localização e monitorização em ambiente fechado. Através da abordagem apresentada propõe-se utilizar diferentes componentes de hardware e tecnologias acessíveis nos dispositivos móveis, nomeadamente WIFI, GSM, sensores para localização *indoor*, e redes de Petri coloridas para a modelação do comportamento do sistema.

**Palavras Chave** – Aplicações móveis; modelos de comportamento; Localização; Monitorização; Tempo real.

**Abstract** — After a contextualization of mobile applications, this paper presents a approach for real-time mobile application development. Through the presented approach it is proposed to use different hardware components and technologies accessible in mobile devices, namely WIFI, GSM, sensors as well as colored Petri nets for modeling the behavior of the system.

**Keywords** – Mobile applications; behavioral models; Localization; Monitoring; Real-time.

## I. INTRODUÇÃO

Os serviços baseados na localização de dispositivos e respetivos utilizadores têm tido uma grande evolução ao longo dos últimos anos. Devido ao crescimento exponencial do acesso à Internet, ao uso do *Global Positioning System* (GPS), existem diversos serviços e diferentes tecnologias que permitem determinar a localização do utilizador [17, 20]. No entanto, apesar dos diferentes e inúmeros serviços e tecnologias de localização existentes, estes são mais destinados para uma navegação *outdoor*, uma vez, que o uso de GPS em espaços fechados é inadequado. A localização e navegação *indoor* levanta assim variadíssimos desafios adicionais quando comparada com o *outdoor*, nomeadamente serviços como navegação ou monitorização [11, 12]. Várias iniciativas de sistemas de localização têm sido realizadas, por exemplo, para controlo da localização de auxiliares de saúde e utentes numa unidade hospitalar podendo desta forma aumentar a eficiência dos recursos

médicos e melhorar a orientação dos utentes nos complexos hospitalares [11]. Outros exemplos de utilização destes sistemas são a automação, controlo industrial, escritórios e casas inteligentes. O interesse por soluções *indoor* tem tido um crescimento cada vez maior, tendo vindo a ser estudadas e apresentadas diversas técnicas de cálculo do posicionamento de dispositivos móveis.

Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo a descrição de uma abordagem para o desenvolvimento de uma aplicação móvel *real-time* para localização e monitorização de utilizadores no interior de edifícios. A metodologia proposta no presente artigo incorpora um tratamento dos dados a partir de diferentes fontes no que diz respeito à localização, definição de modelos de comportamento para monitorização dos utilizadores, e utilização de uma base de dados em tempo real [10, 13].

O intuito da aplicação consiste em localizar, monitorizar, e orientar qualquer utilizador dentro de um edifício. Pretende-se assim obter a localização de um dispositivo móvel e respetivo utilizador no interior de edifícios com o máximo nível de precisão. Para o efeito devem ser utilizados diferentes componentes de hardware e tecnologias presentes nos dispositivos móveis. A determinação da localização de um dispositivo no interior de edifícios será baseada na análise de sinais de Radiofrequência (RF) da rede *Global System for Mobile Communications* (GSM). O método de localização será complementado com dados fornecidos pelos sensores dos dispositivos, nomeadamente o acelerómetro, e o sensor de orientação magnética. Pretende-se assim registar o percurso realizado por um utilizador num espaço fechado a partir dos dados fornecidos pelo mesmo.

Este artigo continua com a secção II que introduz as aplicações móveis e em particular o crescimento exponencial ao longo dos últimos anos. A secção III introduz os sistemas de localização. A abordagem proposta é apresentada na secção IV. As conclusões e trabalhos futuros são apresentados na secção VI.

## II. AS APLICAÇÕES MÓVEIS

Hoje em dia, é frequente as pessoas terem sempre um telemóvel ou tablet junto delas, seja para conversar, tirar fotografias, navegar na internet, enviar um email ou usar as redes sociais. Segundo o estudo do Barómetro de Telecomunicações da Marktest<sup>1</sup>, a posse de smartphones continua a aumentar entre os portugueses. No período entre dezembro de 2015 e fevereiro de 2016, contabilizaram-se mais de 6 milhões de indivíduos que costumam utilizar smartphone, o que corresponde a 68,0% dos detentores de telemóvel residentes em Portugal com 10 e mais anos. Entre janeiro e março de 2016, 349 milhões de smartphones foram vendidos no mundo, registando um aumento de 3,9 por cento sobre o mesmo período em 2015, segundo a Gartner<sup>2</sup>, empresa de consultoria americana especializada no mercado de tecnologia.

Em termos de mercado de sistemas operativos para smartphones, o Android [8] recuperou em relação ao iOS e Windows para alcançar 84% de utilização, representando cerca de 293 milhões de aparelhos.

## III. OS SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO

Os sistemas móveis de localização *indoor* usam diferentes técnicas para estimar a localização dos dispositivos móveis [17]. A combinação dessas técnicas permite uma aproximação aos valores reais de posicionamento. Nesta secção são apresentadas algumas das técnicas de localização existentes, i.e. baseada em WIFI, Bluetooth e UWB (*Ultra Wide Band*).

### A. Tecnologia WIFI

A tecnologia WIFI está nos dias de hoje presente em muitos locais onde nos envolvemos diariamente seja no trabalho, em casa, ou até em centros de maior afluência, como supermercados ou centros comerciais [19].

Através de *access points*, os dispositivos que estejam na área recebem um sinal, podendo este sinal atingir até 100 metros de distância e ter uma taxa de transferência variável entre os 11 e os 180 Mbps. Os dispositivos móveis apresentam capacidade de receber este sinal e informações do mesmo (cf. Figura 1).

Após receção de um sinal WIFI o dispositivo móvel mede a força da intensidade do sinal, denominada de *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), que posteriormente é convertido em decibéis, conhecido como *Received Signal Strength* (RSS), que permite comparar forças da intensidade de sinal de diversos *access points*.

Outra informação que pode ser recolhida pelos dispositivos móveis é o MAC Address que permite identificar na rede, o *access point* a que o dispositivo se encontra ligado.

<sup>1</sup> <http://www.marktest.com/wap/a/n/id~2046.aspx>

<sup>2</sup> <http://www.gartner.com/newsroom/id/3323017>

(último acesso: 7 Abril 2017)

A precisão do WIFI pode variar entre 5 a 15 metros dependendo de muitos fatores, como por exemplo do número de redes disponíveis, constituição das paredes, etc.

### B. Tecnologia Bluetooth

A tecnologia *Bluetooth* encontra-se integrada em quase todos os dispositivos móveis comercializados nos dias de hoje [14].

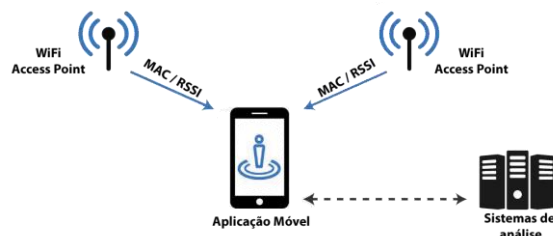


Figura 1- A tecnologia WIFI

O *Bluetooth*, é um padrão de comunicação de baixo custo e baixo consumo de energia, para comunicação sem fio numa curta distância, o que o torna num produto apetecível para o desenvolvimento de sistemas de posicionamento *indoor*.

O alcance máximo para comunicação via *Bluetooth* é de cerca de 100 metros, para uso industrial e de cerca de 10 metros para dispositivos móveis comuns [15].

O consórcio de empresas, *Bluetooth Special Interest Group*, que detém os direitos de desenvolvimento e comercialização da tecnologia *Bluetooth*, desenvolveu recentemente a tecnologia BLE ou *Bluetooth Smart* que tem algumas semelhanças com a tecnologia base. A empresa desenvolveu recentemente um novo protocolo, denominado de *iBeacon*, que assenta sobre o mecanismo de *broadcast* da tecnologia BLE [16].

Com a criação deste novo protocolo foram desenvolvidos novos dispositivos emissores que permitem despoletar ações no dispositivo recetor aquando da proximidade aos mesmos. Estes têm a grande vantagem de serem de baixo custo, de fácil implementação e as suas baterias terem uma durabilidade bastante considerável.

Estes dispositivos, bem como a utilização do protocolo *iBeacon*, pode ser uma alternativa, à tecnologia WIFI, no desenvolvimento de novos sistemas de posicionamento *indoor* (cf. Figura 2).

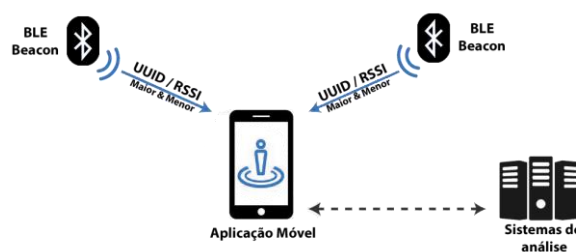


Figura 2 – A tecnologia Bluetooth

### C. Tecnologia UWB

A tecnologia *Ultra Wide Band* (UWB) baseia-se no envio de pequenos impulsos de sinais, em intervalos de tempo muito pequenos [18]. Os impulsos UWB caracterizam-se por uma transmissão muito baixa de energia (< 10 microwatts) e uma largura de banda ampla (>1 Gigahertz). Uma das grandes diferenças para as outras tecnologias existentes é o uso de uma grande porção do espectro de frequência. Ao passo que outras tecnologias utilizam apenas uma banda do espectro para o envio de informação, a tecnologia UWB utiliza várias bandas de frequência do espectro para enviar um sinal. Associada a outras técnicas de posicionamento, como o GPS ou o GNSS, o UWB pode proporcionar uma localização contínua do exterior para a posição no interior, e vice-versa uma vez que em ambiente aberto pode ter um alcance de quilómetros, enquanto que em ambientes fechados pode atingir os 100 metros. Tudo depende das interferências que o sinal apanhar ao longo do percurso. A vantagem do sinal da tecnologia UWB é poder ser transmitido em várias bandas que se reflete na pouca interferência que o sinal apresenta na chegada aos recetores UWB. O sinal emitido passa facilmente por paredes, equipamentos ou roupas, no entanto objetos metálicos e materiais líquidos causam interferência ao sinal. Como esta tecnologia utiliza pequenos impulsos de sinal de curta duração é fácil para os recetores UWB perceberem qual o sinal correto e qual aquele que está a sofrer interferências. No entanto e como o sinal, desta tecnologia, é tão específico é necessário equipamento igualmente específico para o poder emitir e receber (cf. Figura 3).

Acrescenta-se que os sensores UWB são baratos, o que torna o sistema de posicionamento numa solução económica [17].

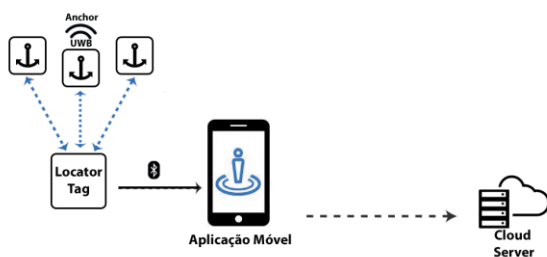


Figura 3 – A tecnologia UWB

## IV. A ABORDAGEM

A abordagem proposta neste artigo para o desenvolvimento de aplicações móveis real-time para localização e monitorização em edifícios fechados incorpora quatro tipos de componentes: um ambiente de desenvolvimento, um sistema de localização, uma base de dados real-time, e modelos de comportamento.

### A. O ambiente de desenvolvimento

Para o desenvolvimento da aplicação móvel, considera-se somente a plataforma Android. Conforme indicado na

secção II, o sistema operativo Android representa 84% de utilizadores de dispositivos móveis.

O Android Studio é, por excelência, o ambiente de desenvolvimento para aplicações Android [8]. Lançada a versão 1.0 no princípio de dezembro de 2014, a Google firmou assim intenções claras de oferecer aos *developers* o melhor e mais completo ambiente de desenvolvimento para tecnologias móveis e *wearable*, num mesmo ambiente [9].

Da parte dos clientes, pretende-se utilizar o sistema operativo Android, com *networking* via Volley e troca de dados no formato JSON.

### B. O sistema de localização

Para determinar a localização *indoor* de um determinado utilizador com o máximo nível de precisão propõe-se utilizar diferentes componentes de hardware e tecnologias acessíveis nos dispositivos móveis, nomeadamente WIFI, dados de acelerómetro, e dados do campo magnético terrestre. Propõe-se também determinar a localização no interior de edifícios com base na análise de sinais de Radiofrequência (RF) da rede *Global System for Mobile Communications* (GSM). Por fim, pretende-se complementar o método de localização com o Raciocínio Baseado em Casos (RBC). Esta abordagem baseia-se na análise de casos com localização conhecida para a determinação da localização atual do utilizador com base no grau de similaridade dos dados associados.

### C. Base de dados real-time

No que diz respeito aos dados associados ao sistema, pretende-se armazenar a informação através da utilização da ferramenta *Firebase*<sup>3</sup>. O *Firebase* é uma tecnologia que fornece diversos serviços de modo a facilitar o desenvolvimento de aplicações WEB e mobile. Esta tecnologia permite a integração entre diversas plataformas como *Android*, *IOS*, *Javascript*, entre outras. A principal finalidade do *Firebase* é fornecer uma base de dados NOSQL que permita notificar todos os dispositivos conectados à mesma sempre que haja alguma alteração. A manipulação dos dados na respetiva base de dados é realizada através de uma API REST que efetua a comunicação entre o *Firebase* e a plataforma a desenvolver. Assim, é possível reduzir a complexidade no desenvolvimento de aplicações *server-side*. No entanto, a maior vantagem da utilização desta tecnologia é o baixo tempo de resposta o que é fundamental nas aplicações real-time. A juntar a esses factos a utilização do *Firebase* permite ainda a criação de bases de dados dinâmicas, ou seja, não se torna necessário o conhecimento prévio de todos os atributos da aplicação. A utilização do *Firebase* permitirá otimizar o desempenho do sistema *real-time*.

<sup>3</sup> <https://firebase.google.com/> (último acesso: 7 Abril 2017)

#### D. Modelos de comportamento

A modelação do comportamento das pessoas em espaços fechados pode ser definida através de uma linguagem de modelação. Existem várias soluções, como por exemplo *Coloured Petri nets* (CPN) [6], ASUR++ [2], ou *Statecharts* [5]. Nesta abordagem pretende-se utilizar as redes de Petri coloridas para modelação do comportamento, permitindo modelar sistemas concorrentes, receber informação de vários sensores e efetuar simulações e análises [1, 3]. A representação gráfica de uma rede de Petri básica é formada por dois componentes: um ativo chamado de transição e outro passivo denominado lugar. Os lugares equivalem às variáveis de estado e as transições correspondem às ações realizadas pelo sistema. Estes dois componentes são ligados entre si através de arcos dirigidos. Existem *tokens* que transitam entre os lugares através das transições. A disposição dos *tokens* na rede reflete o estado do sistema.

As CPN Tools são ferramentas para edição, simulação e análise de redes de Petri coloridas amplamente utilizadas para trabalhar com as redes de Petri coloridas tanto no meio académico como industrial [4, 7]. No contexto do desenvolvimento de aplicações móveis *real-time* para monitorização *indoor*, a informação referente ao utilizador, i.e. a sua localização entre outras, deverá ser enviada para a CPN Tools e o modelo CPN poderá reagir em conformidade. Ao longo deste processo, a CPN Tools terá de comunicar com a aplicação móvel, a qual por sua vez deverá informar o utilizador caso ocorram determinadas alterações no sistema, em tempo real. Desta forma, assim que o utilizador estiver por exemplo numa determinada área física, poderá ser informado com dados definidos de acordo com esse novo contexto.

#### V. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Este artigo apresentou inicialmente a fundamentação teórica essencial para a compreensão das temáticas associadas à metodologia proposta. De seguida, foram apresentadas as tecnologias necessárias para a implementação da metodologia. O artigo introduz uma nova abordagem para o desenvolvimento de aplicações móveis *real-time* para localização e monitorização em ambiente *indoor*. Esta abordagem apresenta vantagens tais como a integração de modelos CPN com a aplicação. A definição de redes de Petri coloridas para a especificação do comportamento em ambientes *indoor* tem um impacto positivo no processo de desenvolvimento. Permite uma separação clara entre a definição do comportamento e a camada de interação com o utilizador, o que por sua vez beneficia a manutenção do sistema. Permite também monitorizar o percurso dos dispositivos móveis e respetivos utilizadores num espaço *indoor*, dando assim abertura para a implementação de novas funcionalidades, deduzir o perfil de um cliente num centro comercial, com base nas lojas anteriormente visitadas, e consequentemente direcionar publicidade de acordo com o perfil estabelecido.

Como trabalho futuro, pretende-se numa primeira fase implementar a metodologia apresentada para o sistema operativo Android e realizar testes de usabilidade. Numa segunda fase, pretende-se tirar partida dos dados fornecidos pelo sistema, monitorizando os utilizadores e fornecendo funcionalidades de acordo com o respetivo perfil.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Silva, J. L., Campos, J. C., & Harrison, M. D., "Prototyping and analysing ubiquitous computing environments using multiple layers", *International Journal of Human-Computer Studies*, 72(5), 488-506, 2014.
- [2] Dubois, E., Gray, P., & Nigay, L., "ASUR++: a design notation for mobile mixed systems", In *Human Computer Interaction with Mobile Devices* (pp. 123-139), Springer Berlin Heidelberg, 2002.
- [3] Palanque, P. A., & Bastide, R., "Petri net based design of user-driven interfaces using the interactive cooperative objects formalism", In *Interactive systems: Design, specification, and verification* (pp. 383-400). Springer Berlin Heidelberg, 1995.
- [4] Jensen, K., & Kristensen, L. M., "Coloured Petri nets: modelling and validation of concurrent systems", Springer Science & Business Media, 2009.
- [5] Drusinsky, D., "Modeling and verification using UML statecharts: a working guide to reactive system design, Runtime Monitoring and Execution-based Model Checking". Newnes, 2011.
- [6] Diaz, M. (Ed.), "Petri nets: fundamental models, verification and applications", John Wiley & Sons, 2013.
- [7] Westergaard, M., "CPN Tools 4: Multi-formalism and extensibility", In *Application and Theory of Petri Nets and Concurrency* (pp. 400-409), Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [8] Queirós, R., "Android – Desenvolvimento de aplicações com Android Studio", 2016, FCA.
- [9] Deitel, P., et al., "Android 6 para Programadores – Uma abordagem baseada em aplicativos", 3ª Edição, 2016, Bookman.
- [10] Alan R. Hevner, S. T., "Design science in information", 2004.
- [11] F.Elbahhar, B. M., "Indoor Positioning System", *International Conference on Indoor Positioning*, Guimarães, 2011.
- [12] P. B. Hui Liu, H. D., "Survey of wireless indoor positioning techniques and systems in IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics", *Applications and Reviews Vol. 37, N.6* (pp. 1067-108), 2007.
- [13] Peffers, T. T., "The Design Science Research Process", *A Model for Producing and Presenting Information*, 2006.
- [14] Raffaele, B., Conti, M., & Enrico, G., "Bluetooth: Architecture, protocols and scheduling algorithms", *Cluster Computing*, 2002.
- [15] SIG, B. How It Works. 7 de abril de 2017. Obtido de <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works>, 2017.
- [16] SIG, B. Low Energy. 7 de abril de 2017. Obtido de <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works/low-energy>, 2017.
- [17] Y. Gu, A. L., "A Survey of Indoor Positioning Systems for Wireless Personal Networks", Em A. L. Y. Gu, *IEEE Communications Surveys & Tutorials* (pp. Vol 11, no.1), 2009.
- [18] Zoubir Irahhauten et al., "An Overview of Ultra Wide Band Indoor Channel Measurements and Modeling", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 2004.
- [19] William Lehr e Lee W McKnight, "Wireless Internet access: 3G vs. WiFi?", *Telecommunications Policy*, Volume 27, Issues 5–6, June–July 2003, Pages 351-370, ISSN 0308-5961, 2003.
- [20] Frédéric Evennou and François Marx, "Advanced integration of WIFI and inertial navigation systems for indoor mobile positioning", *EURASIP J. Appl. Signal Process*, 2006.