



Uma Simulação de uma Cidade Inteligente Assistiva

Marcelo Josué Telles, Jorge Luis Victória Barbosa, Rodrigo da Rosa Righi, José Vicente Canto dos Santos, Márcio Barth, Leandro Mengue
Universidade do Vale do Rio dos Sinos — UNISINOS
Av. Unisinos, 950 Bairro Cristo Rei, São Leopoldo - RS
marcelojtelles@gmail.com, {jbarbosa, rrrighi, jvcanto}@unisinos.br, marcio-barth@procergs.rs.gov.br, leandro@mengue.com.br

RESUMO

Este artigo apresenta a avaliação do Modelo para Cidades Inteligentes Assistivas (MASC) o qual é destinado para acessibilidade ubíqua. O modelo foi avaliado com dados obtidos em um simulador de contextos (SIAFU), aplicado na região central da cidade São Leopoldo - RS. Diferente de outras abordagens a avaliação considerou acessos múltiplos de forma assíncrona, indicando que o modelo atende aplicações massivas com tempo de resposta dentro dos padrões indicados para este tipo de aplicação. A avaliação considerou o atendimento para três grupos distintos de usuários, caracterizados como: pessoas com deficiência (PcDs), profissionais da saúde envolvidos nos cuidados das PcDs e gestores da administração pública. Os resultados da avaliação indicaram a viabilidade de implantação do modelo em Cidades Inteligentes, tornando estes espaços acessíveis e inclusivos. Além de colaborar com acessibilidade e atendimento de PcDs, o modelo favorece a tomada de decisão no gerenciamento de serviços e melhorias no mobiliário urbano.

PALAVRAS CHAVE. Simulação de contexto, Cidade inteligente, Acessibilidade ubíqua.

SIM - Simulação, AdP - PO na Administração Pública, SA - PO na Área de Saúde.

ABSTRACT

This paper presents the evaluation of Model for Assistive Smart Cities (MASC), which is intended for ubiquitous accessibility. The model was evaluated with data obtained from a contextual simulator (SIAFU), applied in the central region of São Leopoldo - RS city. Unlike other approaches, the evaluation considers multiple accesses asynchronously, indicating that the model meets massive applications with response time within the standards indicated for this type of application. The evaluation considered requests from three different groups of users, characterized as: people with disabilities (PwDs), health professionals involved in the care of PwDs and managers of public administration. The results of the evaluation indicated the feasibility of implementing the model in Intelligent Cities to be accessible and inclusive. In addition to collaborating with accessibility and service of PcDs, the model favors the decision making in the management of services and improvements of the urban furniture.

KEYWORDS. Context simulation, Smart city, Ubiquitous accessibility.

SIM - Simulation, AdP - OR in Public Administration, SA - OR in Health.



1. Introdução

As tecnologias para sistemas baseados em localização (LBS do inglês *Location Based Systems*) [Hightower e Borriello, 2001] oportunizam serviços para diversas áreas e são aplicadas nas cidades inteligentes [Petrolo et al., 2014]. Tais tecnologias estão cada vez mais presentes nos ambientes, seja pelo baixo custo de sua implantação ou pelas vantagens de seus serviços [Kitchin, 2014]. Dentre os desafios deste segmento é possível citar o atendimento em larga escala, cobertura de grandes regiões geográficas e diversas fontes de informações [Hashem et al., 2015].

Grandes centros urbanos centralizam demandas e precisam atender um público cada vez mais diversificado. Pesquisas realizadas nos últimos anos [Organization., 2011; Censo 2010] indicaram que 15% das pessoas vivem com alguma deficiência e são consideradas pessoas com deficiências (PcDs). Houve um acréscimo superior a 27% no número de pessoas com limitações para locomoção. Este segmento da população pode receber suporte por meio de LBS, computação em nuvem, sistemas baseados em perfil de usuário e internet das coisas (IoT do inglês *Internet of Things*) [Anthopoulos e Fitsilis, 2010; Tang et al., 2014; Wagner, 2013; Borgia, 2014].

As aplicações com foco em acessibilidade [Mirri et al., 2014; Tavares et al., 2015; Kbar et al., 2015; Aly, 2014; Fernandes et al., 2014] não trocam informações com outros sistemas e não foram avaliadas com grande número de usuários. Outra limitação das aplicações já desenvolvidas é a sua área de atuação, que é limitada em regiões físicas definidas. Diante deste cenário é proposta uma simulação para avaliar um modelo para cidades inteligentes assistivas (MASC do inglês *Model for Assistive Smart Cities*) [Telles et al., 2016].

Este artigo está estruturado em cinco seções. A seção 2 discute conceitos básicos sobre cidades inteligentes e suas aplicações. A seção 3 descreve a simulação proposta. A seção 4 versa sobre a avaliação do modelo com dados da simulação. A seção 5 apresenta a conclusão e trabalhos futuros.

2. Cidades Inteligentes e suas aplicações

A classificação das cidades com relação ao nível de tecnologia recebe quatro nomenclaturas [Leem e Kim, 2013]. Estas levam em consideração tanto o nível de tecnologia quanto sua abrangência nas cidades. A seguir as quatro classificações são detalhadas.

A primeira classificação é *Digital City* [Yovanof e Hazapis, 2009; Lee et al., 2014] (ou ainda *digital community*, *information city* ou *e-city*), refere-se a uma comunidade conectada que combina infraestrutura de comunicações de banda larga, computação orientada a serviços com base em padrões abertos e serviços inovadores que atendam às necessidades dos governos e seus funcionários, cidadãos e empresas. O uso de padrões abertos é considerado como uma questão importante para interoperabilidade [Petrolo et al., 2014] entre os diversos sistemas de informação e computação.

A segunda classificação é *Intelligent City* [Komninos, 2006]. As cidades são definidas como territórios que trazem sistemas de inovação e tecnologia da informação e comunicação ICT (do inglês *Information and Communication Technology*) dentro da mesma localidade, combinando criatividade de indivíduos que compõem a população da cidade, instituições que melhoram a aprendizagem e espaços de inovação, geralmente virtuais, que facilitam a gestão do conhecimento. A combinação de criatividade das pessoas envolve a estratégia de inteligência coletiva, onde as tendências são identificadas e padronizadas, utilizando as experiências das pessoas de forma a colaborar coletivamente.

A terceira classificação é *Smart City* ou Cidade Inteligente [Washburn et al., 2010; Petrolo et al., 2014]. Neste paradigma o uso de ICT visa tornar os componentes de infraestrutura e serviços essenciais de uma cidade mais inteligentes, interligados e eficientes [Shin, 2010]. Este conceito já foi implementado em algumas cidades [Anthopoulos e Fitsilis, 2010], tais como Brisbane, Malta, Dubai e Kochi. Um dos principais objetivos destas cidades é melhorar a qualidade de vida das pessoas de acordo com diferentes pontos de vista, por exemplo, o nível de acesso às informações, consulta aos recursos relevantes disponíveis, bem como o estado atual de tais recursos.



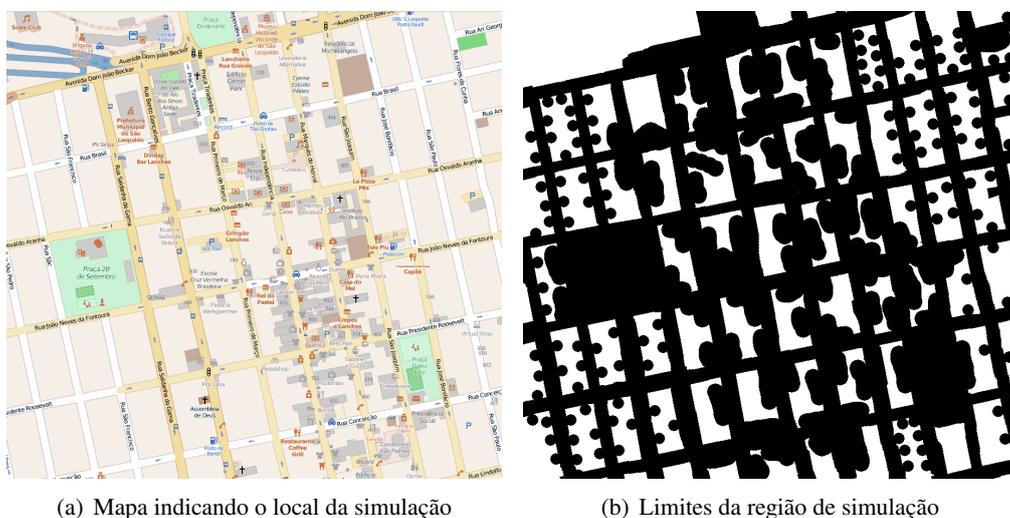
A quarta classificação é *Ubiquitous City* [Jang e Suh, 2010], neste cenário a cidade está totalmente equipada com redes através das quais as autoridades da cidade podem monitorar o que está acontecendo na cidade, por exemplo o monitoramento do trânsito, a prevenção da criminalidade e prevenção de incêndio. O usuário pode acessar qualquer serviço da rede independentemente do lugar que se encontre, embora a sua posição seja relevante. Além de sistemas distintos compartilharem as mesmas informações, o número de dispositivos é significativamente maior do que nas outras classificações. Esta classificação provoca opiniões distintas entre especialistas e usuários, com relação a seu uso. Alguns são completamente a favor, outros defendem a ideia que estes sistemas invadem a privacidade dos usuários, além de tornarem vulneráveis sistemas relativamente restritos.

Nas *Smart Cities* muitas ações podem ser tomadas com base em informações que são coletadas em tempo real [Zygiaris, 2013]. Tendo acesso às informações detalhadas e atualizadas, as decisões podem ser comparadas com decisões tomadas anteriormente, assim possibilitando chegar mais certamente na melhor ação a ser tomada.

3. Simulação

A simulação gerou informações contextuais dos usuários. O cenário para avaliação do modelo MASC foi na cidade de São Leopoldo - RS incluindo áreas residenciais, comerciais, de lazer, praças e o centro da cidade. Foi adotado o simulador de contextos SIAFU [Martin e Nurmi, 2006]. Para garantir uma simulação real foram utilizados mapas obtidos na plataforma *Open Street Map* OSM, com esta plataforma é possível obter mapa de um local real. A Figura 1 apresenta o local onde foi realizada a simulação.

Figura 1: Mapas da Simulação



(a) Mapa indicando o local da simulação

(b) Limites da região de simulação

Na Figura 1 são exibidos dois mapas, o mapa real (a) e o mapa adotado pela simulação em branco e preto (b). A simulação considerou as regiões de cor preta do mapa à direita (b), como regiões livres para deslocamento de pedestres. Além de definir o local físico da simulação, também é necessário definir local de residência, trabalho e lazer. Os locais de residência, trabalho e lazer podem ser conferidos separadamente na Figura 2.

Na Figura 3 é possível conferir os locais de acesso a rede Wifi, nestes locais geralmente os agentes da simulação fazem pequenas paradas para receber o sinal de internet. Este local também é preferência no trânsito diário de pedestres.

A simulação foi parametrizada com quantidade de pessoas, região da simulação (latitude e longitude), locais das residências, trabalho e lazer, para que as pessoas se deslocassem. Também é possível configurar o percentual de pessoas que utilizam automóvel como meio de transporte, nos



Figura 2: Locais de residência, trabalho e lazer da simulação

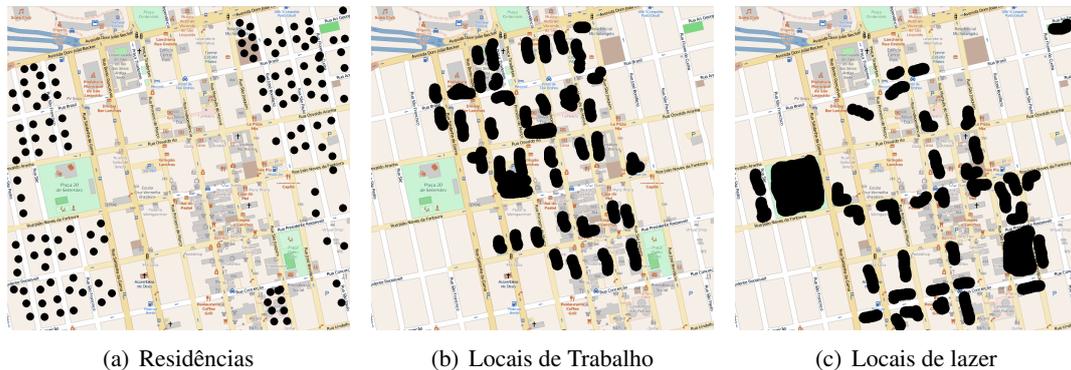


Figura 3: Locais do cobertura do sinal Wi-Fi.



testes este percentual foi configurado com o valor 0 (zero). Outras configurações são possíveis, tais como horário de trabalho, período de sono, zonas de calor, índice de assalto entre outras. Como resultado, a simulação gerou as interações das pessoas no centro da cidade tomando como base latitude e longitude reais. Foram considerados 125 agentes (PcDs) posicionadas nas regiões residenciais, na periferia do mapa.

3.1. Simulação para cidades inteligentes assistivas

A simulação contemplou testes de desempenho e funcionalidade. Os testes de desempenho consistiram no envio de dados para o modelo e realização de consultas, visando verificar se o MASC atende requisições massivas tanto para gravação de informações, quanto para realização de consultas nos dados gerados na simulação.

Os testes de funcionalidade tiveram como objetivo verificar se o modelo atende necessidades de serviços de acessibilidade para PcDs, profissionais de saúde e administração pública. No início do dia os agentes da simulação se deslocaram para os locais de trabalho, criados na região central do mapa. Foram definidos 43 locais de trabalho.

Ao final do dia alguns agentes permaneciam no local de trabalho, por mais algum tempo, alguns se deslocavam para sua residência, outros se deslocavam para um local de lazer, foram definidos 37 locais de lazer. Os dados da simulação foram exportados para um arquivo no formato CSV (do inglês *Comma Separated Value*), para depois serem enviados ao MASC. O período de



simulação foi 7 dias, ao todo foram gerados 270.000 registros de histórico, formando as iterações das PcDs no local da simulação.

4. Avaliação

A avaliação de desempenho foi aplicada com auxílio de algoritmos utilizando processos paralelos (*Threads*) para simular PcDs enviando dados de deslocamento e requisições de consultas. A métrica para testar o desempenho foi o tempo de resposta.

No teste de desempenho foram enviados os dados contextuais gerados na ferramenta SI-AFU, com objetivo de simular históricos das PcDs na cidade São Leopoldo - RS. Durante o envio dos dados para o MASC e sua respectiva inserção na base de dados, foi realizado monitoramento do tempo de resposta. Todos testes foram assíncronos, concorrentes, sendo que o tempo de resposta foi considerado desde o envio da requisição até seu respectivo recebimento pelo cliente [Kim, 2012].

Na Figura 4 são apresentados os momentos que compõem o tempo de resposta. O gráfico com o tempo de resposta é apresentado na Figura 5. Foram executados 125 processos em paralelo, sendo que cada um ficou responsável por enviar 2160 registros do arquivo CSV.

Figura 4: Tempo de resposta considerado nos testes.

Legenda da Figura 4

CL: Latência Cliente;

RL: Latência Rede;

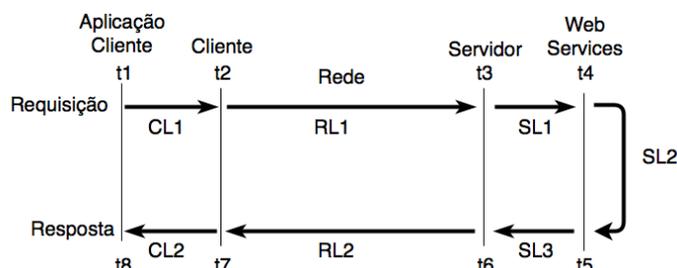
SL: Latência Servidor;

$CL = CL1 + CL2$;

$RL = RL1 + RL2$;

$SL = SL1 + SL2 + SL3$;

Tempo de resposta = $CL + RL + SL$.



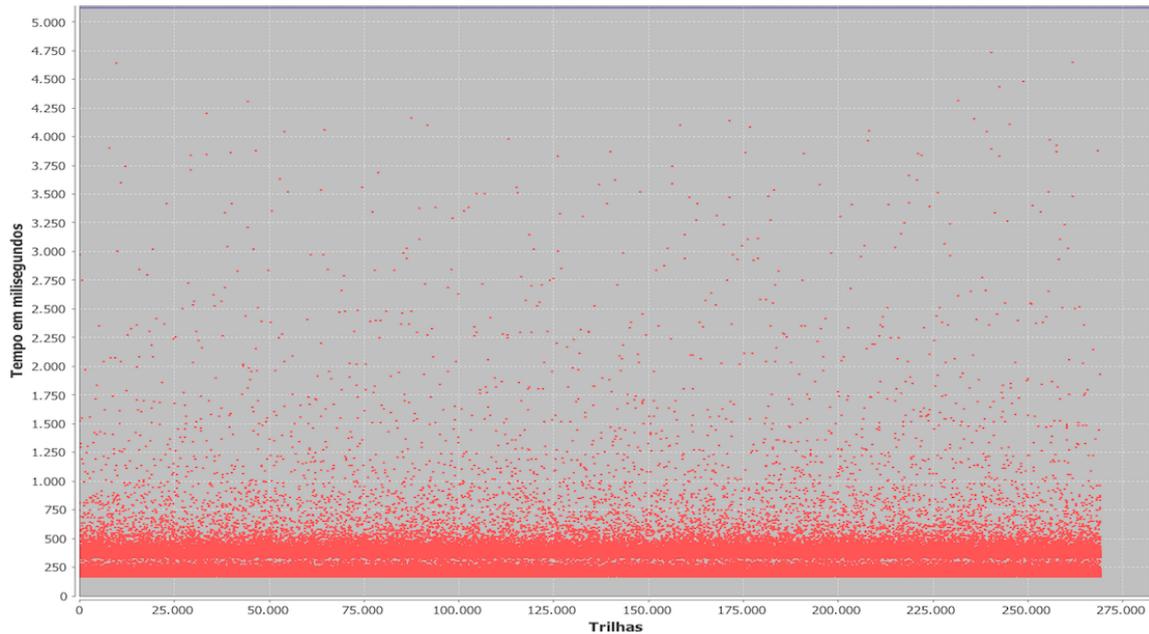
Adaptado de Kim [2012].

A média observada para o tempo de resposta foi 286 ms (milissegundos), o menor tempo de resposta foi 164 ms, mesmo que o maior tempo de resposta tenha sido 33006 ms, o desvio padrão foi 858 ms. O total de requisições com tempo de resposta maior ou igual a 2000 ms foi 836. A grande maioria das requisições foram atendidas em torno de 200 ms e 400 ms, conforme mostra o gráfico da Figura 5. Descartando as requisições que levaram 2000 ms ou mais, pode-se considerar que o MASC atendeu 99,6904 % das requisições em menos de 2 segundos, que é o valor aceitável para este tipo de aplicação [Molyneaux, 2014].

Este percentual representa a garantia de que as informações para construção da base de consultas sejam armazenadas, pois a perda de 0,3096 % das requisições não compromete a construção da base. As requisições que levaram 2000 ms ou mais, ficaram dispersas, não concentradas em um momento, indicando que as requisições não atendidas são apenas uma ou duas de cada PcD. Para testar o desempenho, além do teste para geração de históricos, foi conduzido um teste utilizando algoritmo em Java, para requisições de consultas ao MASC. Neste teste foi processada a rotina de consulta na base de dados. A rotina compara a distância entre a posição atual da PcD



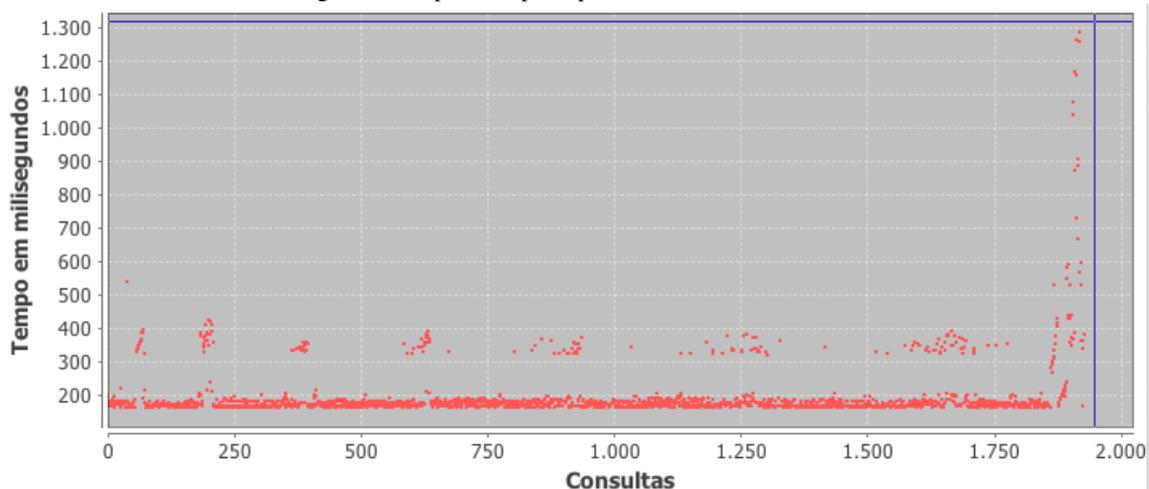
Figura 5: Tempo de resposta para envio das trilhas.



e as posições dos recursos. Além disso a rotina faz junções (*RIGHT JOIN*) de tabelas para obter informações dos tipos de recursos e tipos de deficiências das PcDs.

O algoritmo responsável por este teste gerou *Threads*, para simular PcDs. A medida em que eram iniciados os *Threads*, os tempos de resposta das requisições foram armazenados para análise. Foi definido que a cada 100 ms, mais uma PcD iniciaria requisições ao MASC. Cada PcD realizava 1 requisição a cada 5 segundos. O teste tinha por objetivo identificar qual o máximo de PcDs suportadas, desta forma ao identificar a primeira requisição sem retorno o teste foi finalizado. Ao final do teste 415 *Threads* haviam sido gerados. O total de requisições atendidas foram 1925 em 42 segundos. Na Figura 6 são apresentados os tempos de resposta para consultas de recursos.

Figura 6: Tempo de resposta para consultas dos recursos.



4.1. Avaliação dos serviços

Os testes consistiram em atender serviços de acessibilidade para PcDs, profissionais da área da saúde e administração pública. Para PcDs foi testado um serviço que faz a composição



de trilhas. Os serviços para profissionais de saúde e administração pública são apresentados na Tabela 1.

4.1.1. Serviços para PcDs

O serviço para este teste recebe como parâmetro um ponto de início, e-mail e ponto de fim. Ao receber esta entrada o serviço busca pontos próximos do ponto de início, em seguida é composta a rota de cada ponto. São consideradas apenas rotas de PcDs com perfil semelhante a PcD requisitante, comparando-se tipo de deficiência da pessoa. Começando pela rota mais próxima e com mais recursos, é realizada a verificação se ao longo desta existe um ponto próximo (10 metros) ao ponto de fim, se existe, esta rota é indicada e o MASC retorna a rota. Na Figura 7 é apresentado um mapa com o resultado desta busca.

Neste exemplo a rota indicada (linha contínua) não é o caminho mais curto, mas é o caminho acessível para a PcD requisitante. Na Figura 7 é indicada a rota mais curta pela linha tracejada.

Figura 7: Serviço para PcDs, mapa com trilha acessível.



Na Figura 8 é apresentado um mapa com o resultado da mesma busca, porém com pontos de início e fim distintos. No teste a consulta apresentou a rota (trilha) com mais recursos que passa pela região mais central do mapa. Outras alternativas eram possíveis, mas como a busca ordena as rotas pela quantidade de recursos, foi indicada a rota que passava pela rua com mais recursos.

4.1.2. Serviços para Profissionais da Saúde

Este serviço recebe um identificador seguido de um texto. Identificador 0 e e-mail de uma PcD ou identificador 1 e um tipo de deficiência ou identificador 2 e uma lista de e-mail de PcDs. O resultado consiste em pontos com a última posição registrada de cada PcD. Este serviço é destinado para monitoramento de PcDs, seja para familiares acompanhar em tempo real a localização ou para profissionais da saúde monitorar diversas PcDs simultaneamente. Na Figura 9 é apresentado um mapa com as posições de um conjunto de PcDs, também é possível apresentar um mapa com as últimas posições de todas PcDs com limitações nos membros inferiores ou outra classificação desejada. Na Tabela 1 são apresentados três exemplos deste serviço.



Tabela 1: Serviços para profissionais da saúde e administração pública

URI	Exemplo	Parâmetros	Exemplos de Retorno
/saude	e-mail de uma PcD	0; mark@server.com;	mark@server.com.br;2015-10-27 22:15:05;-29.7673948799, -51.14393234;
/saude	por deficiência	1; Membros Inferiores;	blanch@server.com.br;2015-10-31 06:42:10;-29.7649827460;-51.1448442935; washi@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.7616116476;-51.1431865581; agnes@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.7631379620;-51.1511656148; wukong@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.761515653;-51.150695630;
/saude	lista de e-mail	2; rusa@server.com.br; sophie@server.com.br; hikaa@server.com.br; zoraida@server.com.br; tapah@server.com.br;	rusa@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.7636467335;-51.1514646959; sophie@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.7648562656;-51.1421077298; hikaa@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.7678033004;-51.1440303941; zoraida@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.7646354780;-51.1512403851; tapah@server.com.br;2015-10-26 23:55:00;-29.7650290559;-51.1511976592;
/adm1	trilha de PcD	blanch@server.com.br; 2015-10-31;	1;-29.76192791404;-51.15065932273; 2;-29.76191860038;-51.15054130554; 3;-29.76212350059;-51.15049839014; 4;-29.76254261333;-51.15041255950; 5;-29.76254261333;-51.15018725396; ...
/adm2	área de interesse	-29.7634832822; -51.1483848094; 12;	n conjuntos de pontos, sendo que cada conjunto é formado por uma sequência com identificador, latitude e longitude no mesmo formato do serviço /adm1

4.1.3. Serviços para Administração Pública

Foram desenvolvidos dois serviços para este teste. O primeiro recebe o e-mail de uma PcD e uma data, retorna uma lista com os pontos que a PcD se deslocou na data informada. Na Tabela 1 linha /adm1 é apresentado exemplo deste serviço. A quantidade de pontos foi limitada em 5.

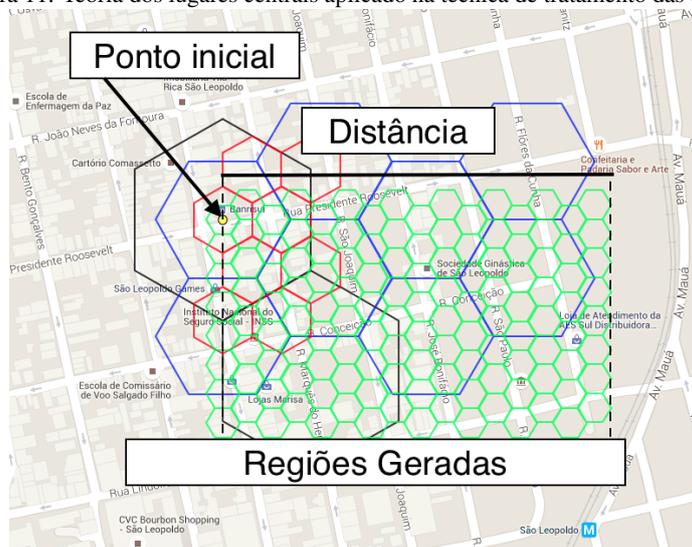
O segundo serviço recebe um ponto e uma distância que é utilizada como raio. Tais informações delimitam uma área de interesse para buscar as rotas que passam nesta área. Para cada ponto encontrado na área definida, é formada sua trilha. Na última linha da Tabela 1 é apresentado exemplo deste serviço. Com este serviço a prefeitura da cidade pode identificar o fluxo de PcDs



contêm mais rotas, com isso o serviço retorna uma lista com os pontos das rotas que passam pela região, assim como o ponto central da região gerada.

O mesmo é feito caso seja recebido um ponto e duas datas, a única diferença é que na consulta é levado em consideração um período, não uma única data. Com este serviço a administração pública pode explorar as regiões com elevado fluxo de PcDs em grandes áreas de forma automática. É possível sugerir uma nova abordagem para tratamento das regiões, em formato hexagonal de tamanhos distintos. Desta forma as regiões são sobrepostas por hexágonos de tamanhos proporcionais. Com esta técnica as rotas e recursos podem ser tratados de forma otimizada. Na figura 11 é apresentada a proposta que adota a teoria de lugares centrais. Tal técnica considera hexágonos, sendo que estes foram gerados para leste do ponto de interesse. O tratamento das rotas também pode realizado por meio de classificadores [Jankowski, 2016].

Figura 11: Teoria dos lugares centrais aplicado na técnica de tratamento das trilhas.



Fonte: Adaptado de Christaller [Christaller e Baskin, 1966].

5. Conclusão e trabalhos futuros

Os serviços descritos realizam consultas nas bases de dados para atender PcDs, profissionais da área da saúde e administração pública. O último serviço descrito motiva o desenvolvimento de novas funcionalidades tais como a busca automática por locais que tenham recurso mas não recebem a presença de PcDs em dias ou horários específicos e realocação de recursos.

Com os testes de desempenho apresentados conclui-se que o MASC atende requisições para gravação das informações das rotas e requisições de consultas. O MASC suportou o envio de informações sobre rotas geradas pelos 125 agentes da simulação e atendeu requisições de consultas para 415 agentes.

Com os testes percebe-se que novas funcionalidades podem ser desenvolvidas sem a necessidade de novos componentes no modelo, apenas tomando como base rotas como serviço é possível disponibilizar as informações armazenadas no modelo, de diversas formas, seja em aplicações específicas para PcDs, seja para profissionais relacionados a este segmento.

Agradecimentos Os autores agradecem à CAPES e ao CNPQ pela apoio financeiro no desenvolvimento do trabalho. Fica registrado o agradecimento à UNISINOS pelo apoio acadêmico à pesquisa.

Referências

Aly, W. H. F. (2014). Mnd wsn for helping people with different disabilities. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2014(Article ID 489289):7.



- Anthopoulos, L. e Fitsilis, P. (2010). From digital to ubiquitous cities: Defining a common architecture for urban development. In *Proceedings of the 2010 Sixth International Conference on Intelligent Environments, IE '10*, p. 301–306, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society. ISBN 978-0-7695-4149-5. URL <http://dx.doi.org/10.1109/IE.2010.61>.
- Borgia, E. (2014). The internet of things vision: Key features, applications and open issues. ISSN 0140-3664. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366414003168>.
- Censo 2010 (2010). Instituto brasileiro de geografia e estatística. URL <http://www.ibge.gov.br>.
- Christaller, W. e Baskin, C. W. (1966). *Central Places in Southern Germany*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. ISBN 978-0131226302.
- Fernandes, H., Filipe, V., Costa, P., e Barroso, J. (2014). Location based services for the blind supported by {RFID} technology. *Procedia Computer Science*, 27(0):2 – 8. ISSN 1877-0509. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050914000040>. 5th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion, {DSAI} 2013.
- Hashem, I. A. T., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A., e Khan, S. U. (2015). The rise of big data on cloud computing: Review and open research issues. *Information Systems*, 47(0):98–115. ISSN 0306-4379. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306437914001288>.
- Hightower, J. e Borriello, G. (2001). Location systems for ubiquitous computing. *Computer*, 34(8): 57–66. ISSN 0018-9162. URL <http://dx.doi.org/10.1109/2.940014>.
- Jang, M. e Suh, S.-T. (2010). U-city: new trends of urban planning in korea based on pervasive and ubiquitous geotechnology and geoinformation. In *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2010*, p. 262–270. Springer, Fukuoka, Japan.
- Jankowski, N. (2016). *The Multi-Ranked Classifiers Comparison*, p. 111–123. Springer International Publishing, Cham. ISBN 978-3-319-26227-7. URL http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-26227-7_11.
- Kbar, G., Aly, S., Elsharawy, I., Bhatia, A., Alhasan, N., e Enriquez, R. (2015). Smart help at the workplace for persons with disabilities (shw-pwd). *International Journal of Computer, Control, Quantum and Information Engineering*, 9(1):84 – 90. ISSN 1307-6892. URL <http://waset.org/Publications?p=97>.
- Kim, E. (2012). Oasis advancing open standards for the information society. Disponível em: <http://docs.oasis-open.org/wsqm/WS-Quality-Factors/v1.0/WS-Quality-Factors-v1.0.html>. Acesso em: 15 jan. 2016. Web Services Quality Factors Version 1.0. 31 Oct.
- Kitchin, R. (2014). The real-time city? big data and smart urbanism. *GeoJournal*, 79(1):1–14.
- Komninos, N. (2006). The architecture of intelligent cities: Integrating human, collective and artificial intelligence to enhance knowledge and innovation. In *Intelligent Environments, 2006. IE 06. 2nd IET International Conference on*, volume 1, p. 13–20, Athens. IET.
- Lee, J. H., Hancock, M. G., e Hu, M.-C. (2014). Towards an effective framework for building smart cities: Lessons from seoul and san francisco. *Technological Forecasting and Social Change*, 89(0):80–99. ISSN 0040-1625. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162513002187>.



- Leem, C. S. e Kim, B. G. (2013). Taxonomy of ubiquitous computing service for city development. *Personal Ubiquitous Computing*, 17(7):1475–1483. ISSN 1617-4909. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-012-0583-5>.
- Martin, M. e Nurmi, P. (2006). A generic large scale simulator for ubiquitous computing. In *Third Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking & Services, 2006 (MobiQuitous 2006)*, San Jose, California, USA. IEEE Computer Society.
- Mirri, S., Prandi, C., Salomoni, P., Callegati, F., e Campi, A. (2014). On combining crowdsourcing, sensing and open data for an accessible smart city. In *Next Generation Mobile Apps, Services and Technologies (NGMAST), 2014 Eighth International Conference on*, p. 294–299, Oxford. IEEE.
- Molyneaux, I. (2014). The art of application performance testing. from strategy to tools. *SciTech Book News*.
- Organization., W. H. (2011). World report on disability. URL www.who.int.
- OSM (2015). Open street map. URL <http://www.openstreetmap.org>.
- Petrolo, R., Loscrí, V., e Mitton, N. (2014). Towards a smart city based on cloud of things. In *Proceedings of the 2014 ACM International Workshop on Wireless and Mobile Technologies for Smart Cities, WiMobCity '14*, p. 61–66, New York, NY, USA. ACM. ISBN 978-1-4503-3036-7. URL <http://doi.acm.org/10.1145/2633661.2633667>.
- Shin, D.-H. (2010). Ubiquitous computing acceptance model: end user concern about security, privacy and risk. *International Journal of Mobile Communications*, 8(2):169–186. ISSN 1470-949X. URL <http://dx.doi.org/10.1504/IJMC.2010.031446>.
- Tang, S., Lee, B.-S., e He, B. (2014). Towards economic fairness for big data processing in pay-as-you-go cloud computing. In *Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2014 IEEE 6th International Conference on*, p. 638–643, Singapore. URL <http://dx.doi.org/10.1109/CloudCom.2014.120>.
- Tavares, J., Barbosa, J., Cardoso, I., Costa, C., Yamin, A., e Real, R. (2015). Hefestos: an intelligent system applied to ubiquitous accessibility. *Universal Access in the Information Society*, p. 1–19. ISSN 1615-5289. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s10209-015-0423-2>.
- Telles, M. J., Barbosa, J., e da Rosa Righi, R. (2016). Um modelo computacional para acessibilidade em cidades inteligentes. *XII Brazilian Symposium on Information Systems*, p. 116 – 123.
- Wagner, A. (2013). Um modelo para gerenciamento de perfis de entidade através de inferência em trilhas. Dissertação (mestrado em ciência da computação), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA), São Leopoldo, Brasil.
- Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R., Hayes, N., e Nelson, L. (2010). Helping cities understand smart city initiatives: defining the smart city, its drivers, and the role of the cio. *Forrester Research*.
- Yovanof, G. e Hazapis, G. (2009). An architectural framework and enabling wireless technologies for digital cities & intelligent urban environments. *Wireless Personal Communications*, 49(3): 445–463. ISSN 0929-6212. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s11277-009-9693-4>.
- Zygiaris, S. (2013). Smart city reference model: Assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2):217–231.