

## UrboSenti: Uma arquitetura ubíqua orientada a serviços para o sensoriamento urbano

Carlos O. Rolim<sup>1</sup>, Anubis G. Rossetto<sup>1</sup>, Valderi R. Q. Leithardt<sup>3,1</sup>,  
Guilherme A. Borges<sup>1</sup>, Tatiana F. M. dos Santos<sup>2</sup>  
Adriano M. Souza<sup>2</sup>, Cláudio F. R. Geyer<sup>1</sup> \*

<sup>1</sup>Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brazil

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Santa Maria, RS – Brazil

<sup>3</sup>Grupo de Processamento Paralelo e Distribuído Inteligente (GPPDi)  
Faculdade de Tecnologia Senai Porto Alegre – Porto Alegre – RS – Brazil

**Abstract.** *An important question in Smart Cities is how to instrument citizens and cities to promote the sensing of urban data about different aspects. In this work, we present a ubiquitous service-oriented architecture for urban sensing called UrboSenti. Our approach differs from other sensing solutions since it uses a service-oriented conceptual model, in the integration of traditional sensors with social networks and in availability of services to assist the development of new sensing applications. Moreover, our model encompasses all sensing activities, ranging from the collection of data to generation of reports about events in the city*

**Resumo.** *Uma importante questão em Cidades Inteligentes é como instrumentalizar as cidades e os cidadãos para promover o sensoriamento de dados urbanos a respeito de diferentes aspectos. Nesse trabalho é apresentada uma arquitetura ubíqua orientada a serviços para o sensoriamento urbano chamada UrboSenti. Ela difere das demais soluções existentes em relação ao seu modelo conceitual orientado a serviços, na integração de sensores tradicionais com redes sociais e na disponibilização de serviços para auxiliar no desenvolvimento de novas aplicações de sensoriamento. Além disso, o modelo proposto envolve todo o ciclo de sensoriamento, indo da coleta de dados à geração de relatórios a respeito de eventos da cidade.*

### 1. Introdução

A urbanização das cidades está crescendo drasticamente nos últimos anos e a previsão é de que essa migração de pessoas para áreas urbanas não irá parar [Celino and Kotoulas 2013]. Com isso, surgem desafios complexos, relacionados à necessidade de proporcionar não somente novos tipos de serviços que busquem auxiliar na organização da cidade e no bem-estar de seus habitantes, mas também de promover alternativas sustentáveis, que diminuam o consumo de recursos energéticos naturais,

---

\*Email: {carlos.oberdan,agmrossetto,valderi.quietinho,gaborges,geyer}@inf.ufrgs.br, taty.nanda@gmail.com, amsouza@ufsm.br

através do uso de energias renováveis e a reduzam a emissão de gases nocivos na atmosfera. O conceito de Cidades Inteligentes (*Smart Cities* é uma resposta para tais desafios [Schaffers et al. 2011]).

Nesse contexto, este trabalho busca demonstrar como os cidadãos de uma cidade podem ser engajados no ecossistema urbano, juntamente com diferentes tipos de sensores, com vistas a fornecer a instrumentalização necessária para o acompanhamento de diferentes aspectos da cidade, como tráfego, serviços públicos, qualidade do ar, áreas de violência, etc. Para isso, é proposta uma arquitetura ubíqua orientada a serviços para o sensoriamento urbano chamada de *UrboSenti*. Entre os principais diferenciais de tal arquitetura com relação as outras soluções de sensoriamento urbano está o suporte à diferentes fontes de dados (como redes de sensores, redes veiculares e redes sociais) e a disponibilização de um conjunto de serviços que buscam facilitar o desenvolvimento de novas aplicações de sensoriamento urbano.

Como principais contribuições feitas pelo trabalho pode ser apontado (i) o modelo conceitual que engloba o sensoriamento tradicional conjuntamente com sensoriamento social e (ii) uma nova arquitetura computacional orientada a serviços que envolve todas as atividades de sensoriamento urbano, indo da coleta de dados até a disponibilização de relatórios que fornecem uma visão de alto-nível dos eventos que acontecem ou poderão acontecer em uma cidade através de técnicas de predição e correlação. Tais contribuições, além de serem originais ao estado da arte, indicam novos rumos para as pesquisas na área de Cidades Inteligentes.

O restante desse trabalho está estruturado da seguinte forma: A próxima seção apresenta o cenário-problema utilizado como motivação para o desenvolvimento da pesquisa; a seção 3 descreve a arquitetura proposta; a seção 4 apresenta os trabalhos relacionados e; por fim, as conclusões e trabalhos futuros são apresentados na seção 5.

## 2. Motivação

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho é o seguinte cenário-problema:

*“Em uma cidade, diferentes tipos de dispositivos e sensores dispersos ao longo da cidade são utilizados como fonte de dados para o sensoriamento urbano. Veículos equipados com sensores proporcionam que sejam coletados dados referentes a situação das ruas e avenidas da cidade, permitindo, dessa forma, a identificação de pontos de congestionamento ou que apresentem algum tipo de situação que acarrete impactos na mobilidade urbana. Aliados aos sensores dos veículos existem sensores fixos que são posicionados em locais estratégicos da cidade e permitem o sensoriamento da poluição do ar e sonora, luminosidade, temperatura, humidade, quantidade de chuvas e até mesmo, o nível do rio que atravessa a cidade. Além disso, são disponibilizadas aos habitantes dessa cidade aplicações para dispositivos móveis, como celulares e tablets, que permitem a coleta intencional e não intencional de dados. Com isso, um morador pode indicar que em tal localidade da cidade existe uma grande quantidade de lixo acumulada perto de um bueiro, que determinada via possui buracos ou ainda que um poste de luz da via pública está com a lâmpada queimada e precisa ser concertado. Aliado a esse conjunto de dispositivos e aplicações, a cidade também faz o uso de redes sociais, como Twitter, Facebook e G+ como forma de coletar dados que retratam diferentes visões e acontecimento da cidade. Essa grande massa de dados obtidos através do sensoriamento é uma importante*

*fonte de informações sobre o “pulso” da cidade. A partir do processamento, classificação e análise dos dados são gerados relatórios para a tomada de decisão pelos responsáveis pela condução da cidade ou ainda disparados alertas de eventos críticos que não poderiam ser detectados a partir de somente uma única fonte de dados (por exemplo, pode-se imaginar que correlacionando a quantidade de chuva de determinado ponto da cidade com a quantidade de lixo existente nos bueiros naquela região consiga-se identificar ou até mesmo prever a possibilidade de um transbordamento do rio e que isto irá afetar a população ribeirinha). Além disso, no sentido da extensibilidade, alguns dados foram disponibilizados publicamente para que sejam utilizados por outros sistemas ou para que novas aplicações de terceiros sejam desenvolvidas.”*

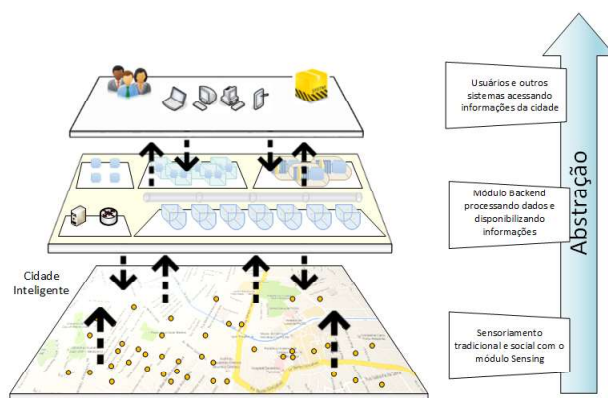
Nesse cenário, é apresentado um exemplo de ecossistema de sensoriamento urbano onde os seguintes desafios computacionais precisam ser tratados: (i) Heterogeneidade de dispositivos, tanto móveis quanto fixos, utilizados para coleta dos dados e posterior acesso às informações resultantes das análises dos mesmos; (ii) Mecanismos de sensibilidade ao contexto e adaptação são necessários para que as aplicações rodando nos dispositivos tenham ciência do ambiente que estão executando e se adaptem de acordo com as necessidades; (iii) Grande quantidade de dados dispersos ao longo da cidade são gerados continuamente, necessitam de alto poder de processamento, preferencialmente processados em tempo real; (iv) Infraestrutura de comunicação nem sempre disponível demanda que os dispositivos sejam capazes de se comunicarem usando diferentes técnicas como comunicações *ad hoc* e redes oportunistas; (v) Incerteza sobre os dados coletados demanda por técnicas de fusão e análise de dados para gerar informações pertinentes para a tomada de decisão ou para serem utilizados por outros sistemas; (vi) Suporte a correlação dos dados coletados e uso de técnicas estatísticas e de aprendizagem de máquina que possibilitem a predição de eventos futuros com vistas ao gerenciamento pró-ativo da cidade; (vii) Segurança sobre os dados armazenados e privacidade sobre quem os está coletando e acessando; (viii) Possibilidade de reaproveitamento dos componentes de software desenvolvidos para facilitar o desenvolvimento de novas aplicações.

Os desafios computacionais elencados acima são baseados em conclusões de pesquisadores da área como [Boyle et al. 2013, Celino and Kotoulas 2013, Koch et al. 2013, Cardone et al. 2013, Pellicer et al. 2013, Aggarwal and Abdelzaher 2013], que apontam que Cidades Inteligentes demandam cada vez mais de novas soluções computacionais ubíquas e pervasivas para a prestação de serviços aos habitantes da cidade. Assim, observa-se uma oportunidade de contribuição com o estado da arte através de uma arquitetura computacional que dê suporte às atividades de sensoriamento urbano em uma Cidade Inteligente e seja capaz de lidar com todos os desafios (i ao viii) apresentados acima.

### **3. Arquitetura Proposta**

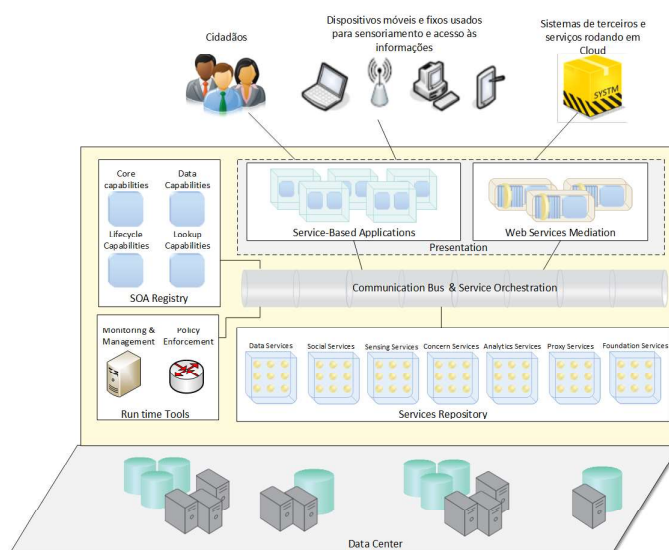
A arquitetura proposta é chamada *UrboSenti*. O nome *UrboSenti* é formado pela união de duas palavras em Esperanto: *Urbo* = urbano, cidade e *Senti* = sentir, ter a sensação de. Esse nome foi escolhido pois a idéia principal da arquitetura está em uma solução computacional capaz de "sentir o pulso" da cidade.

A figura 1 fornece uma visão conceitual de alto-nível da arquitetura *UrboSenti*. Nela podem ser observados diferentes nodos (fixos e móveis) dispersos ao longo da cidade efetuando a coleta de dados. Os dados coletados são então processados para poste-



**Figura 1. UrboSenti: Visão conceitual**

rior fornecimento de informações aos cidadãos da cidade e outros sistemas. A arquitetura proposta faz o uso da abordagem de Arquiteturas Orientadas a Serviços (*SOA - Services Oriented Architecture*) para guiar a sua modelagem. Por isso, não foram utilizados os conceitos de camadas (layers). Essa forma de modelagem tradicional iria restringir a flexibilidade das funcionalidades dos módulos, resultando na interdependência dos componentes. Ao contrário, foi utilizado o conceito de serviço. Serviço é principal modo com que SOA expõe as funcionalidades dos componentes utilizadas por outros componentes ou módulos, proporcionando flexibilidade e re-usabilidade na composição de novos serviços. A arquitetura é dividida em dois módulos principais: módulo Sensing e módulo Backend. O coração e cérebro da UrboSenti é o módulo **Backend**. Ele é executado em um data center e, de forma sucinta, é responsável por receber os dados de sensoriamento, processar eles e fornecer informações obtidas de tais dados para os cidadãos e outros sistemas. Seus componentes internos são descritos na figura 2 e seu comportamento descrito abaixo:



**Figura 2. Módulo Backend**

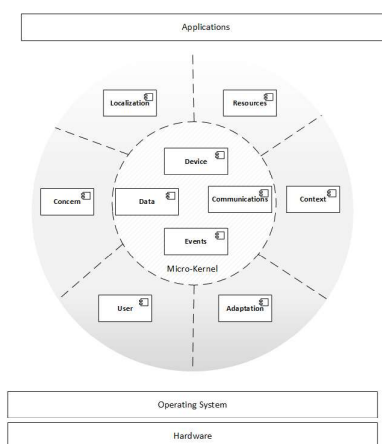
- **Services Repository:** é o repositório de todos os serviços disponibilizados. Os serviços são agrupados em categorias de acordo com seus propósitos. Os serviços disponibili-

zados são: (i) *Data services*: são utilizados para gerenciar os dados manipulados pela arquitetura. São disponibilizados serviços para armazenar / recuperar dados, e também para tratar inconsistência e "ruídos" dos dados coletados das diferentes fontes através de técnicas de fusão de dados; (ii) *Social Services*: são os serviços responsáveis pela manipulação de dados advindos de redes sociais; (iii) *Sensing Services*: são serviços utilizados para interagir com os diferentes tipos de sensores existentes e também para agregar os dados coletados. Ele faz uso de padrões públicos e abertos para facilitar a troca de dados e dar suporte a novos dispositivos; (iv) *Concern Services*: são serviços utilizados para tratar questões de segurança, criptografia e privacidade dos dados e dos usuários; (v) *Analytics Services*: é a "parte pensante" da UrboSenti. É composto pelos serviços de classificação e mineração dos dados e também pelo fornecimento de relatórios. Tais tarefas são efetuadas por funcionalidades internas que conseguem fazer o processamento dos fluxos de dados entrantes em tempo real. Além disso, emprega técnicas de estatística e de aprendizagem de máquina para proporcionar a correlação dos dados e a predição de eventos futuros na cidade. Tal característica é de grande auxílio para a detecção de situações que podem ocasionar grande impacto na cidade de forma proativa; (v) *Proxy Services*: são os serviços que fazem interações com sistemas externos como redes veiculares ou redes de sensores e também efetuam a troca de dados com sistemas de terceiros; (vii) *Foudation Services*: envolvem todos os serviços básicos que são usados pelos outros serviços para execução de suas tarefas.

- **Communication Bus & Services Orchestration**: é o barramento utilizado para a comunicação entre os componentes. Também faz a coordenação e orquestração das chamadas a múltiplos serviços para proporcionar que as funcionalidades sejam expostas como um único serviço agregado (característica típica de uma SOA).
- **Web Services Mediation**: é o intermediário entre as entidades externas (como os dispositivos de sensoriamento e serviços de terceiros) e o *Services Repository* (invocado através do *Communication Bus & Service Orchestration*)
- **Service-Based Applications**: são todas as aplicações desenvolvidas a partir dos serviços disponibilizados pela arquitetura. Em conjunto com o *Web Services Mediation* forma o componente mais externo da arquitetura chamado de *Presentation* cuja função é interagir com os usuários e outros sistemas.
- **SOA Registry**: é um componente responsável pelo gerenciamento dos serviços existentes. Seus serviços internos manipulam os meta-dados dos serviços disponibilizados visando fornecer a cada serviço uma identidade única. Além disso, armazena as informações necessárias para a identificação do responsável por um serviço e especificações de como o mesmo se comporta em tempo de execução (etapas do ciclo de vida de um serviço). Também proporciona artefatos para manipular dados de UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*) para registro e descoberta dos serviços.
- **Run Time Tools**: envolve as ferramentas de gerenciamento e monitoramento dos serviços. Contém os artefatos gerados em tempo de execução, como *logs* de mensagens, dados de execução e saúde do sistema, *heartbeat* dos principais componentes e também indicadores de performance (*KPIs - Key Performance Indicators*) para serem usados em painéis de gerenciamento (*dashboards*) do ambiente. Faz uso de políticas (*Policy Enforcement*) que visam garantir que as mensagens sejam geradas corretamente e os serviços executados dentro dos padrões definidos pelo Acordo de Nível de Serviços (*SLA - Service-Level Agreement*).

O outro módulo principal da UrboSenti é chamado de **Sensing**. Tal módulo é

executado em dispositivos móveis ou em sensores fixos dispersos ao longo da cidade que são utilizados nas atividades de coleta de dados de forma intencional (com o usuário interagindo diretamente com a aplicação no fornecimento de dados) ou não intencional (com a aplicação coletando dados em segundo plano, sem interação direta com o usuário). Além do sensoriamento tradicional (onde sensores são empregados para coletar dados), é fornecido suporte ao sensoriamento social (os dados de sensores são integrados com dados provenientes de redes sociais visando maior compreensão do ambiente externo [Aggarwal and Abdelzaher 2013]). Os componentes internos do módulo são apresentados na figura 3 e seu funcionamento descrito a seguir. Por questões de limitação de espaço e clareza os subcomponentes existentes em tais componentes não foram explicitados.



**Figura 3. Módulo Sensing**

- **Micro-kernel:** é o núcleo do módulo. Sua principal função é proporcionar os serviços básicos para os componentes mais externos. Internamente, o *Micro-kernel* é estruturado em: (i) *Device*: proporciona informações básicas a respeito do dispositivo (nome, endereço de rede, interfaces existentes, GPS, sensores internos, etc.); (ii) *Communications*: proporciona métodos para enviar e receber dados utilizando a estrutura de rede disponível (IEEE 802.11b/g/n - estruturado e ad-hoc, GPRS/EDGE/3G e Ethernet - 802.3 - como base para a troca de dados através de TCP ou UDP. Quando uma destas infra-estrutura de rede não estiver disponível, o componente fornece suporte para a troca de dados utilizando o paradigma de Redes Tolerantes ao Atraso e Desconexão (*DTNs - Delay-Tolerant Networks*) via interface Bluetooth; (iii) *Data*: manipula as operações de armazenar e recuperar dados; (iv) *Events*: captura eventos externos de interesse (mudança de posição devido a movimentação do usuário, alteração no *status* de uma interface do dispositivo, etc.). Os eventos detectados são disponibilizados para serem utilizados pelos outros componentes.
- **Localization:** controla questões relacionadas a informações de geolocalização, Pontos de Interesse (*POI - Points of Interest*) e Serviços Baseados em Localização (*LBS - Location Based Services*).
- **Resources:** conjunto de componentes e serviços utilizados para monitorar os recursos locais e descobrir recursos existentes em outros dispositivos.
- **Concern:** lida com questões de segurança, criptografia e privacidade das entidades envolvidas no sensoriamento.

- **Context:** disponibiliza às aplicações um conjunto de componentes e métodos para dar suporte à sensibilidade ao contexto (*context reasoning, context knowledge, context discovery*)
- **User:** manipula os dados pessoais básico do usuário, como preferencias e perfis de redes sociais.
- **Adaptation:** são os componentes e serviços disponibilizados para proporcionar a adaptação no comportamento do dispositivo e das aplicações. Utiliza um conjunto de políticas e regras para descrever como as aplicações devem se adaptar e monitora dados básicos sobre a qualidade dos serviços para inferir quando o processo de adaptação é necessário.
- **Aplicações:** representa as aplicações de sensoriamento rodando no topo do módulo.
- **Sistema Operacional e Hardware:** representam a parte mais baixa do dispositivo no qual o módulo é executado.

#### 4. Trabalhos relacionados

Nessa seção serão apresentados os trabalhos relacionados. Em [Shin et al. 2011, Cornelius et al. 2008] é apresentado o *AnonySense*, um *framework* para aplicações de sensoriamento oportunistas e participativas que coloca uma forte ênfase em privacidade. Ele adota um modelo *Polling* para a distribuição das tarefas a fim de não revelar a localização dos dispositivos móveis para a infraestrutura. Isso torna mais garantido o processo de anonimato de dados publicados, antes mesmo de serem utilizados pelos serviços ou aplicações. Além disso, as tarefas são escritas utilizando uma linguagem de domínio específico chamada AnonyTL, na qual são usados predicados baseados na contexto do dispositivo de telefonia móvel, tais como sua localização e se o dispositivo está em movimento ou não. O *Medusa* [Ra et al. 2012, Cardone et al. 2013] é um framework que provê uma linguagem de programação e um sistema de execução distribuído para sensoriamento móvel participativo tendo como foco multidão (*crowd-sensing*). A proposta busca prover uma plataforma comum para realizar qualquer tipo de tarefa suportada pelos sensores de smartphones. Para este fim, Medusa utiliza uma linguagem de programação de alto nível baseada em XML (eXtensible Markup Language), chamada Med-Script. Essa linguagem especifica a sequência de tarefas de sensoriamento, incentivos e processamento de tarefas que serão executadas nos smartphones (workers), sendo coordenadas por serviços em nuvem. O *PRISM* [Das et al. 2010] é uma plataforma para sensoriamento móvel que têm por objetivo tornar mais fácil o desenvolvimento e implantação de aplicações participativas e oportunistas. Tais aplicações podem ser executadas em um grande número de telefones móveis. Além disso, PRISM procura tratar alguns desafios, relacionados à segurança, privacidade, escalabilidade e ao controle de acesso aos recursos dos smartphones. Em [Wu et al. 2012] é apresentado o projeto, implementação e avaliação da *MobiSens*, uma plataforma de sensoriamento móvel que busca ser versátil para ser suportada por diversos tipos de aplicações oportunistas e participativas. Os autores buscaram dar flexibilidade ao desenvolvimento de aplicações tanto em escala individual (e.g. Monitoramento de queda de idosos) como social e pública (e.g. coleta de dados de participantes para inferência de comportamentos coletivos). O trabalho também, busca atender alguns requisitos comuns nesses tipos de aplicações em questões de otimização de energia, interação entre servidor e cliente móvel, reconhecimento, segmentação e anotação de atividades além de questões de privacidade. *Pogo* [Brouwers and Langendoen 2012] propõem

um middleware para sensoriamento de telefonia móvel visando facilitar a construção e experimentação de aplicações em larga escala, tanto oportunistas como participativas. Ele permite o controle em nível de usuário de recursos em granularidade fina com o objetivo de proteger a privacidade dos smartphones dos usuários voluntários, uma vez que realiza o monitoramento de forma contínua do comportamento da aplicação. Pogo utiliza o protocolo XMPP para disseminar os conjuntos de dados. *MetroSense* [Eisenman et al. 2006] é uma arquitetura que oferece um paradigma para sensoriamento urbano em larga escala utilizando redes de sensores oportunistas. Ele aproveitada as interações entre os dispositivos com mobilidade e proporciona coordenação entre sensores móveis e estáticos centrados em pessoas. Na proposta é considerado o uso de nodos sem fio para suporte ao sensoriamento, distribuição de tarefas e coleta de dados.

A partir da análise dos trabalhos apresentados pode-se perceber que todos estão focados na área de sensoriamento urbano. Entretanto, a maior parte considera somente o uso de smartphones, não executando as atividades de sensoriamento usando um "mix" de diferentes fontes, como dispositivos móveis e sensores fixos. O único trabalho que considera tal possibilidade é o *MetroSense*, porém ele não considera dados advindos de redes sociais como a proposta da *UrboSenti*. O *AnonySense* possui alto custo computacional (*overhead*) oriundo do uso do modelo pull. Tal modelo proporciona mais privacidade que o modelo push, porém não escala bem com aplicações de larga distribuídas que exijam escalabilidade. Além disso, o processo de tornar os dados anônimos utilizados pelo *AnonySense*, e também pelo *PRISM*, é desejável para aplicações de sensoriamento de multidão, onde realmente não se deseja saber quem foi o responsável por determinado dado, mas não é uma característica para todos os tipos de aplicações, como por exemplo, serviços de sensoriamento pessoal ou na área de saúde. Na *UrboSenti*, essa característica não é atrelada ao núcleo da plataforma, como em tais trabalhos. Ao invés disso, são proporcionados serviços para tal finalidade e o desenvolvedor fica livre para utilizá-los ou não, conforme desejar. Também pode ser observado que a maior parte dos trabalhos apresentam suporte tanto ao sensoriamento participativo quanto ao oportunista. As exceções são o *Medusa* que somente proporciona sensoriamento participativo e o *MetroSense* com somente sensoriamento oportunista. Por mais que o *AnonySense* e o *MetroSense* possuam suporte aos dois tipos de sensoriamento nenhum deles considera o uso de DTNs como paradigma de comunicação em situações onde não exista infraestrutura de rede disponível. Na *UrboSenti* é fornecido o suporte a ambos os tipos de sensoriamento através de diferentes paradigmas de comunicação, incluindo DTNs. O grande diferencial da *UrboSenti* em relação às demais propostas é o uso da SOA para modelagem arquitetônica dos serviços e componentes. Com isso, é proporcionada uma maior flexibilidade na integração com outras soluções existentes, reduzindo a complexidade e o tempo de codificação, uma vez que os serviços existentes podem ser reusados para o desenvolvimento de novas aplicações. Finalmente, destaca-se que todos os trabalhos possuem foco na coleta de dados de sensoriamento. Entretanto, nenhum proporciona uma solução completa para as etapas de coleta, análise e retorno de informações aos cidadãos. Tal lacuna é preenchida pela *UrboSenti* que possui suporte a todas essas etapas.

## 5. Conclusões e trabalhos futuros

Este trabalho apresentou a *UrboSenti*, uma arquitetura ubíqua orientada a serviços para dar suporte às atividades de sensoriamento urbano através de diferentes tipos de sensores



e do envolvimento dos habitantes de uma Cidade Inteligente. Foram detalhados e os principais desafios existentes em um cenário-problema e com base nisso foram definidos os componentes e serviços do modelo conceitual da arquitetura.

A implementação da UrboSenti está em andamento. Atualmente o grupo de pesquisa vinculado ao seu desenvolvimento está trabalhando no módulo *Sensing*, mais especificamente no *Micro-kernel*. As funcionalidades básicas dos componentes internos estão concluídas, exceto o componente *Communications*. Tal componente é o responsável pela manipulação de diferentes tipos de interfaces de rede para enviar e receber dados, de acordo com a infraestrutura de rede disponível. O suporte para comunicação TCP e UDP via rede sem fios e rede cabeada está pronto. O mecanismo de predição utilizado como base para as comunicações via DTNs também foi concluído e as simulações efetuadas foram apresentadas em [O. Rolim et al. 2014, O. Rolim et al. 2013]. Entretanto, quando a comunicação via DTN foi ser testada em dispositivos reais surgiram alguns problemas no uso do *Bluetooth*. As dificuldades estão relacionadas ao pareamento dos dispositivos em um tempo aceitável e na troca de dados sem quedas da conexão já estabelecida. Espera-se que tais dificuldades sejam resolvidas em breve para começarem as atividades de codificação dos componentes externos ao *Micro-kernel* do módulo. O módulo Backend ainda não teve sua codificação iniciada. Estão sendo feitos estudos de soluções de orquestração de *web services* para o componente *Communication Bus & Services Orchestration* e também de ferramentas que possam ser empregadas no processamento de fluxos de dados em tempo real para o componente *Analytics Services*.

Acredita-se que a partir do momento que a UrboSenti estiver funcional ela irá suprir as lacunas dos trabalhos relacionados e poderá ser aplicada com sucesso no cenário-problema inicialmente descrito. Além disso, o andamento dos trabalhos abriu um "guarda-chuva" onde diversas pesquisas podem ser desenvolvidas na área multidisciplinar de Cidades Inteligentes.

Como trabalhos futuros aponta-se a finalização na implementação dos principais componentes dos módulos *textitSensing* e *textitBackend* para então iniciarem experimentos de teste através de simulações para então serem utilizados ambientes reais.

## Acknowledgment

Ela pesquisa está sendo desenvolvida no âmbito do projeto UbiArch - Ubiquitous Architecture for Context Management and Application Development - no GPPD/UFRGS.

## Referências

- Aggarwal, C. C. and Abdelzaher, T. (2013). Social Sensing. chapter 9, pages 237–297. Springer US.
- Boyle, D. E., Yates, D. C., and Yeatman, E. M. (2013). Urban Sensor Data Streams: London 2013. *IEEE Internet Computing*, 17(6):12–20.
- Brouwers, N. and Langendoen, K. (2012). Pogo, a Middleware for Mobile Phone Sensing. In Narasimhan, P. and Triantafillou, P., editors, *ACM/IFIP/USENIX 13th International Middleware Conference, Montreal, QC, Canada, December 3-7, 2012. Proceedings*, pages 21–40. Springer Berlin Heidelberg.

- Cardone, G., Foschini, L., Bellavista, P., Corradi, A., Borcea, C., Talasila, M., and Curtmola, R. (2013). Fostering participation in smart cities: a geo-social crowdsensing platform. *IEEE Communications Magazine*, 51(6):112–119.
- Celino, I. and Kotoulas, S. (2013). Smart Cities [Guest editors' introduction]. *IEEE Internet Computing*, 17(6):8–11.
- Cornelius, C., Kapadia, A., Kotz, D., Peebles, D., Shin, M., and Triandopoulos, N. (2008). AnonySense : Privacy-Aware People-Centric Sensing Categories and Subject Descriptors. In *MobiSys08 - Proceeding of the 6th international conference on Mobile systems, applications, and services*, Colorado, USA.
- Das, T., Mohan, P., Padmanabhan, V. N., Ramjee, R., and Sharma, A. (2010). PRISM: platform for remote sensing using smartphones. In *Proceedings of the 8th Int. Conference on Mobile systems, applications, and services - MobiSys '10*, pages 63–76, New York, New York, USA. ACM Press.
- Eisenman, S. B., Lane, N. D., Miluzzo, E., Peterson, R. A., Ahn, G.-s., and Campbell, A. T. (2006). MetroSense Project : People-Centric Sensing at Scale. In *Proc. of Workshop on World-Sensor-Web (WSW 2006)*, pages 6–11, Boulder.
- Koch, F., Cardonha, C., Gentil, J. M., and Borger, S. (2013). A Platform for Citizen Sensing in Sentient Cities. *Lecture Notes in Computer Science*, 7685:57–66.
- O. Rolim, C., R. Q. Leithardt, V., G. Rossetto, A., F. M. dos Santos, T., M. Souza, A., and F. R. Geyer, C. (2013). Six Degrees of Separation to Improve Routing in Opportunistic Networks. *International Journal of UbiComp*, 4(3):11–22.
- O. Rolim, C., R. Q. Leithardt, V., G. Rossetto, A., F. M. dos Santos, T., M. Souza, A., and F. R. Geyer, C. (2014). Towards predictive routing agents in opportunistic networks. In *Proceeding of 5th Int. Workshop on Collaborative Agents - Research & Development (CARE)*, Paris, France.
- Pellicer, S., Santa, G., Bleda, A. L., Maestre, R., Jara, A. J., and Skarmeta, A. G. (2013). A Global Perspective of Smart Cities: A Survey. *2013 Seventh International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing*, pages 439–444.
- Ra, M.-r., Liu, B., La Porta, T. F., and Govindan, R. (2012). Medusa: A Programming Framework for Crowd-Sensing Applications. In *Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services - MobiSys '12*, number Section 2, page 337, New York, New York, USA. ACM Press.
- Schaffers, H., Komninos, N., Pallot, M., and Trousse, B. (2011). Smart Cities and the Future Internet : Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation. *The Future Internet Lecture Notes in Computer Science*, 6656:431–446.
- Shin, M., Cornelius, C., Peebles, D., Kapadia, A., Kotz, D., and Triandopoulos, N. (2011). AnonySense: A system for anonymous opportunistic sensing. *Pervasive and Mobile Computing*, 7(1):16–30.
- Wu, P., Zhu, J., and Zhang, J. Y. (2012). MobiSens: A Versatile Mobile Sensing Platform for Real-World Applications. *Mobile Networks and Applications*, 18(1):60–80.