

05

UPCASE (*User Programmable Context-Aware Services*)

palavras-chave:
Contexto, Sensores, Presença,
Context-awareness, Inferência



Paulo Chainho



João M. P. Cardoso
(FEUP)



Diogo R. Ferreira
(IST)

Estamos no início de uma nova era a evoluir para a ubiquidade da computação e para ambientes inteligentes (Aml) preenchidos por redes sensoriais. As infra-estruturas de presença constituirão num futuro próximo a base para um ecossistema de serviços conscientes do contexto, capazes de proporcionar experiências ricas e completas aos seus utilizadores. Para satisfazer estas visões é preciso introduzir mecanismos de recolha automática de contexto

através de elementos sensoriais, introduzir sistemas para inferir informação de contexto do utilizador, e usar os mecanismos de controlo de publicação, subscrição e notificação dos sistemas de presença. Este artigo procura responder a algumas destas questões apresentando a visão e alguns resultados preliminares do projecto UPCASE.

1. Introdução

A identificação de contextos relacionados com a situação de uma pessoa, ou o ambiente de um dispositivo móvel (e.g., telemóvel, PDA), ganha uma importância acrescida nas aplicações conscientes do contexto (vulgarmente designado por *context-aware computing*) [1][4]. O uso da informação de contexto do utilizador para adaptar dinâmica e automaticamente uma série de serviços, tais como o toque das chamadas telefónicas, os anúncios de publicidade num serviço de IPTV, ou a oferta de serviços no ambiente onde o utilizador se encontra, são alguns exemplos de potenciais novos casos de negócio.

O projecto UPCASE¹ (*User-Programmable Context-Aware Services*) pretende investigar e desenvolver métodos de recolha e inferência de contextos. Estes métodos terão por base um conjunto de sensores ligados ao dispositivo móvel, a partir

do qual é possível a inferência de contextos através de técnicas de aprendizagem. Os métodos investigados darão origem a um sistema protótipo.

Este artigo encontra-se estruturado da seguinte forma: Na secção seguinte é feito um enquadramento geral sobre o mercado, requisitos e trabalhos anteriores relacionados com a identificação de contextos e a própria utilização desses contextos. Na secção 3 são apresentados os dispositivos usados no projecto, incluindo sensores e dispositivos para comunicação com o telemóvel. Na secção 4 é descrita a solução técnica preliminar para o sistema e na secção 5 é explicada a importância que os objectivos do projecto têm para o negócio do Grupo Portugal Telecom. Por último, a secção 6 tece algumas conclusões.

2. Enquadramento

As funcionalidades de Presença popularizadas pelos serviços de Men-

sagem Instantânea² como o SAPO Messenger são actualmente usadas para definir a disponibilidade do utilizador para comunicar. Mais recentemente, novos serviços como o Twitter³ na Internet ou o Yammer⁴ e o Present.ly⁵ no universo empresarial, juntaram as funcionalidades de Presença com as funcionalidades de Redes Sociais – Presença Social – permitindo aos seus utilizadores difundir todas as suas actividades (*broadcast people life*), aumentando a sensação de ligação e proximidade.

A informação gerada por estes serviços pode ser usada para caracterizar o Contexto do Utilizador e o aumento exponencial dessa informação é um indicador claro de como o mercado está receptivo a serviços conscientes do contexto. No entanto, ainda existem algumas fragilidades nestes serviços que os impedem de se tornarem comercialmente mais interessantes. Dessas

¹ Projecto do Plano de Inovação 2008-2009 do Grupo Portugal Telecom.

² Mais de 1 000 milhões de utilizadores em todo o mundo (http://www.cynapse.com/solutions/enterprise_instant_messaging/worldwide_enterprise.aspx).

³ <http://twitter.com/>

⁴ <http://www.yammer.com/>

⁵ <http://www.presentlyapp.com/>

fragilidades destacam-se a necessidade de o utilizador ter que indicar manualmente o seu contexto (e.g., escrevendo no telemóvel) e a falta de segurança e controlo de privacidade associada a esses serviços.

O projecto UPCASE ambiciona resolver parte deste problema desenvolvendo um protótipo capaz de gerar dinamicamente informação de contexto a partir de telemóveis, de uma forma segura e controlada pelo utilizador. A informação de contexto inferida no telemóvel será publicada usando as infra-estruturas de Presença introduzidas em [2], estando sujeita a regras de autorização de distribuição seguras. Deste modo resolve-se o problema do controlo de privacidade.

O projecto UPCASE usa como referência a visão de Ambiente Inteligente – Ami⁶. Segundo esta visão, os utilizadores e os objectos estarão rodeados por redes sensoriais que recolhem informação usada para adaptar os serviços às necessidades específicas e espontâneas de cada utilizador.

As primeiras abordagens nos sistemas de identificação de contexto nos dispositivos móveis foram orientadas para a localização (e.g., “em casa”, “no corredor”, “no escritório”, “no centro comercial”). Contudo, recentemente, têm sido apresentados trabalhos que focam contextos mais abrangentes, como actividades do utilizador (e.g., “a andar”, “a correr”, “parado”, “sentado”), características do ambiente (e.g., “frio”, “calor”), estado do utilizador (e.g., “contente”, “triste”, “nervoso”), etc. Esses contextos são identificados a partir de conjuntos de sensores integrados no dispositivo móvel, transportados pelo utilizador (em utensílios pessoais ou na própria roupa), ou disponíveis no ambiente. O dispositivo

móvel recolhe os dados captados pelos sensores e identifica a partir desses dados um determinado contexto. Esta identificação é o cerne do problema e têm existido inúmeros trabalhos (ver, e.g., [5] ou a descrição de alguns desses trabalhos em [3]) que propõem técnicas para inferência/identificação de contextos, normalmente validadas com um número restrito de contextos.

O outro grande desafio está relacionado com a usabilidade. O processo deve ser o menos intrusivo possível, garantindo ao mesmo tempo uma fiabilidade aceitável da informação de contexto produzida. Por outro lado, deve evitar-se a necessidade de ter um novo objecto pessoal, procurando reutilizar objectos pessoais com as funcionalidades adicionais necessárias, e.g., relógio, sapatos, colar/pulseira, óculos, etc. Adicionalmente deve ser possível utilizar infra-estruturas públicas/não pessoais, e.g., detectores de movimento, fumo, e humidade, disponíveis no ambiente.

3. Dispositivos

Os sensores são os elementos chave para a aquisição de informação utilizada na inferência de um determinado contexto. Existe uma gama variadíssima de sensores, estando a utilização de um determinado conjunto de sensores dependente dos contextos que se pretendem inferir. Sensores como os de tacto, de aceleração, de vibração, de sinais biológicos (EMG e ECG, por exemplo), de movimento, de luz, de som, de temperatura, de humidade, de posição (e.g., GPS), de gases, da velocidade do vento, da pressão atmosférica, do nível de carregamento da bateria do dispositivo móvel, da intensidade da rede, da hora actual, etc., podem fornecer inúmeros contextos. Na primeira abordagem do projecto UPCASE estão a ser testados contextos baseados em 4 sen-

sores, nomeadamente um sensor de temperatura, um sensor de luz, um sensor de som, e um acelerómetro.

No projecto UPCASE a informação captada do ambiente por sensores necessita de ser transmitida para o dispositivo móvel para que este possa fazer o tratamento e processamento dessa informação, tendo como objectivo final a inferência do contexto a partir de um conjunto de contextos pré-definidos. Também existem sensores integrados no próprio dispositivo, como são os casos dos acelerómetros existentes em alguns dispositivos móveis de última geração (e.g., iPhone, Nokia N95, Sony Ericsson K850 e W910), dos microfones existentes em todos os telemóveis e na maioria dos PDA, dos receptores de GPS integrados em muitos dos dispositivos móveis, e dos dispositivos que permitem obter informação sobre o estado do *smartphone* ou do PDA, como a intensidade do sinal de rede ou o nível de carregamento da bateria. Estes sensores também podem ser utilizados para inferir contextos. Note-se, contudo, que a existência de sensores no próprio dispositivo pode não suprir a necessidade da existência de outros sensores do mesmo tipo. Por exemplo, acelerómetros complementares podem ter de estar localizados no calçado ou nos braços para permitirem a inferência de determinados movimentos relacionados com actividades como “correr”, “gesticular”, etc..

No projecto UPCASE preconizou-se que os sensores externos ao dispositivo móvel fossem ligados a um dispositivo de aquisição de sinais de sensores com interface Bluetooth®. Para tal foi seleccionado o BlueSentryTM⁷. As razões mais importantes para esta escolha residiram nas seguintes propriedades: dimensões reduzidas (adequado por isso para

⁷ <http://www.rovingnetworks.com>

⁸ <http://jcp.org/en/jsr/detail?id=256>

⁹ <http://jcp.org/en/jsr/detail?id=82>

contextos de mobilidade), facilidade de controlo por envio de comandos via Bluetooth, capacidade de ser colocado em modo “sleep”, possibilidade de conectar vários sensores, etc. Note-se, contudo, que para um produto comercial poderá fazer sentido desenvolver um dispositivo específico para aquisição de sinais de sensores. A Figura 1 apresenta uma imagem com o protótipo actualmente utilizado nos testes.

4. Descrição técnica

Os sistemas de tratamento de dados e inferência de contexto estão a ser desenvolvidos em J2ME sob a forma de MIDlets. Essas MIDlets são executadas num *smartphone*. A Figura 2 ilustra a arquitectura do sistema. A aplicação no dispositivo móvel é constituída por três componentes principais: aquisição de dados, pré-processamento, e inferência de contextos. A fase de pré-processamento é responsável por extrair características (*features*) dos dados lidos em cada sensor. A fase de inferência de contextos é responsável pela identificação do contexto tendo por base as características extraídas na fase anterior. A infe-

rência de contextos é um processo de aprendizagem que resulta num conjunto de regras. Estas regras permitem determinar o contexto do utilizador a partir de um conjunto de leituras dos sensores. Desta forma consegue-se traduzir informação de baixo nível (e.g., características processadas com os dados de cada sensor) em contextos de alto-nível (i.e., que envolvem informação induzida a partir das características extraídas dos múltiplos sensores).

Para aquisição de dados capturados pelos sensores integrados nos dispositivos móveis é utilizado o JSR-256 *Mobile Sensor API*⁶. Contudo, este API não é disponibilizado pela maioria dos *smartphones*, capazes de executar aplicações Java, e os dispositivos que incluem tecnologia Bluetooth de ligação a sensores investigados numa fase preliminar do projecto não são compatíveis com a especificação JSR-256. Por esse motivo, para a comunicação com o BlueSentry, o dispositivo de aquisição de dados dos sensores, é utilizado o JSR-82 Bluetooth API⁹.

A fase de pré-processamento utiliza um conjunto de configurações que permitem categorizar os dados obtidos pelos sensores. Em muitos dos casos a categorização dos dados obtidos pelos sensores é concretizada utilizando médias e variâncias calculadas, tendo por base um conjunto de leituras sucessivas. Poderá também ser necessário aplicar filtros ou outras transformações para minimizar perturbações na leitura de sensores e para reduzir os erros de categorização no processo de extracção de características. O pré-processamento de dados lidos pelo acelerómetro utiliza a FFT (*Fast Fourier Transform*) e a variância por forma a determinar, com base em comparações de algumas características dos sinais no domínio da frequência e de valores de variância com valores limiares, a actividade do utilizador, nomeadamente: “em movimento”, “parado”, etc..

No processo de inferência de contexto são utilizadas árvores de decisão (*decision trees*) [6]. Estas estruturas são adequadas à indução de regras e são mais rápidas de construir e processar do que outras técnicas de

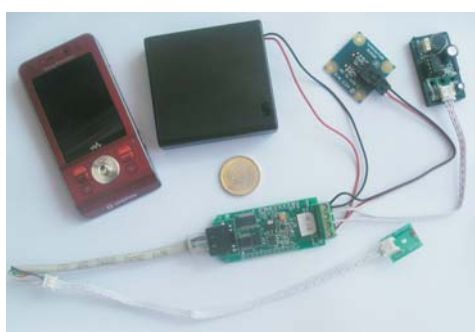


Figura 1 - Imagem com os dispositivos utilizados actualmente no projecto: o *smartphone* (Sony Ericsson W910 que inclui um acelerómetro), caixa de pilhas (caixa preta do lado direito do *smartphone*), os sensores (de temperatura e de som localizados no topo à direita e de luz localizado no fundo à direita), e o dispositivo BlueSentry (localizado no centro da imagem), com tecnologia Bluetooth, usado para a aquisição dos sinais oriundos dos sensores

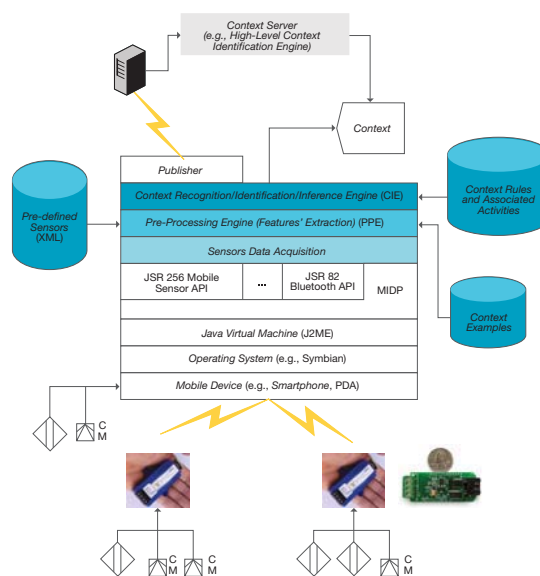


Figura 2 - Arquitectura do sistema protótipo

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Ambient_intelligence

indução lógica [7], o que as torna mais apropriadas para implementação em dispositivos com capacidade de processamento limitada.

A inferência tem por base um conjunto de exemplos registados a partir das acções do utilizador. Numa primeira fase de aprendizagem é o utilizador que define manualmente o seu contexto, o que resulta num conjunto de exemplos que podem ser usados para construir uma árvore de decisão. Esta árvore de decisão, que pode ser usada como um conjunto de regras servirá de base à identificação automática do contexto durante a fase de operação. Nesta fase, o utilizador deixa de especificar manualmente o seu contexto, sendo este determinado automaticamente para cada leitura dos sensores. Em caso de erro na inferência do contexto, a árvore é recalculada após a correcção do utilizador. Desta forma a árvore de decisão aproxima-se sucessivamente dos hábitos do utilizador e a inferência de contexto torna-se cada vez mais precisa.

O resultado da indução da árvore de decisão permite obter as regras que definem cada contexto e que podem estar associadas a diferentes actividades do utilizador.

Na fase actual do projecto encontram-se em estudo técnicas que permitam identificar múltiplas actividades utilizando o acelerómetro. Essas actividades incluem: “a andar”, “a correr”, “a subir escadas”, “a descer escadas”, “a conduzir”, “a andar de bicicleta”, etc.. A identificação destas actividades associada a características determinadas pelos sensores presentes no protótipo (Figura 1) permitirá a inferência de contextos com maior utilidade prática (e.g., “a descansar”).

A inferência local de contextos pode ser complementada por um processo de inferência de contextos localizado no servidor. Esse processo poderá ser responsável por contextos

que recorram a informação externa e não acessível no dispositivo móvel. Essa informação pode incluir histórico de contextos ou de dados armazenados que permitam definir um determinado perfil e com os quais se pode prever uma determinada situação ou actividade futura. Pode também incluir acesso a outras fontes, tais como: mapas, serviços, calendarização de actividades, etc.

5. Importância para os negócios do grupo PT

A informação de contexto tem aplicações praticamente ilimitadas. O maior desafio passa por identificar aquelas que têm maior potencial de negócio para justificar os investimentos necessários. De uma forma geral, a grande linha orientadora centra-se em conhecer melhor o cliente e satisfazer melhor as suas necessidades. Neste âmbito distinguimos dois tipos de aplicações: a monitorização de contextos, e as aplicações conscientes do contexto. Estas aplicações são descritas de forma sucinta em seguida.

5.1. Monitorização de contextos

Neste tipo de aplicações, a informação de contexto é notificada directamente aos utilizadores que a subcreveram. Uma aplicação imediata é o enriquecimento da informação de Presença de serviços de *Messaging*, como o SAPO Messenger, ou serviços de *Unified Communication*, com a informação de contexto inferida. Outro tipo de aplicação está relacionado com serviços de assistência como:

- > **Assistência de Saúde** – Dados clínicos são notificados a Médicos;
- > **Assistência Infantil** – Informação sobre actividades das crianças são notificadas aos pais;
- > **Assistência Sénior** - Informação sobre actividades de pessoas seniores são notificadas a utilizadores próximos familiarmente (e.g., filhos), mas distantes geograficamente.

5.2. Adaptação Dinâmica: Aplicações Conscientes do Contexto

Este será, porventura, o tipo de aplicação com maior potencial de negócio, mas simultaneamente apresenta maiores desafios tanto técnicos, como comerciais. Identificam-se de seguida alguns exemplos de aplicações conscientes do contexto:

- > **Comunicação Consciente do Contexto**, e.g., o toque de chamar ou o encaminhamento das chamadas (e.g., secretária, *voicemail*) é efectuado de acordo com o contexto do utilizador;
- > **Publicidade Consciente do Contexto**, por exemplo, a publicidade do serviço MEO é personalizada e dependente do Contexto do Utilizador;
- > **Centros de Contacto Conscientes do Contexto**, por exemplo, o cliente recebe recomendações de novos serviços, via Agente ou directamente, de acordo com o seu contexto.

Para além destas aplicações, a informação de contexto pode ser usada para construir um histórico, sobre o qual se podem aplicar motores de aprendizagem para construir um Perfil de Utilizador. Desta forma, é possível adaptar a oferta de serviços de acordo com o Perfil do Utilizador, aumentando o ARPU (*Average Revenue Per User*) e diminuindo o *Churn* por cliente.

Na Figura 3 é apresentada o esboço duma possível solução para a introdução de uma plataforma de Serviços de Contexto na rede, reutilizando a infra-estrutura de serviços de Presença.

6. Conclusões

O projecto UPCASE visa a inferência automática de contextos relacionados com o utilizador, de forma a possibilitar a criação de serviços conscientes do contexto.

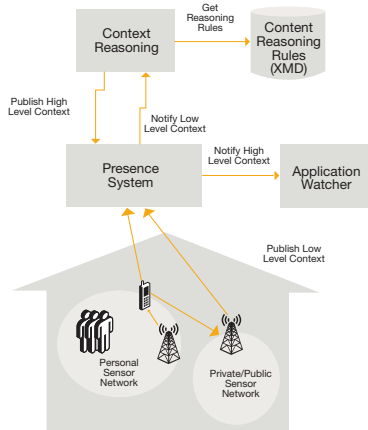


Figura 3 – Plataforma de Serviços de Contexto baseada numa Infra-estrutura de Serviços de Presença

O levantamento efectuado no início do projecto sobre trabalhos existentes na área dos serviços conscientes do contexto confirma as expectativas sobre o potencial do projecto e sobre a sua importância no futuro mercado das telecomunicações. É possível desde já antecipar quais os maiores obstáculos a ultrapassar para uma aplicação comercial dos resultados do UPCASE. O maior obstáculo reside nos dispositivos utilizados, possível de contornar com a utilização de artefactos não intrusivos (embebidos em objectos já usados como o telemóvel, telefone, roupa) ou suficientemente desejáveis pelo utilizador (potenciais objectos de moda e de arte).

O outro grande desafio reside na concepção e implementação em sistemas embebidos de algoritmos para inferir alguns contextos com elevados graus de fiabilidade. Neste âmbito, um exemplo de um desafio aliciante a nível da inferência de contextos é a inferência de estados emocionais como “irritado”, “alegre”, etc., com base, e.g., em dados recolhidos do batimento cardíaco, a temperatura do corpo e a detecção de

alguns padrões sonoros.

Por fim, temos do lado da rede o desafio final do uso da informação de contexto mantendo, ou mesmo aumentando, o grau de confiança que o cliente deposita na Portugal Telecom.

Referências

- [1] J. Coutaz, J. L. Crowley, S. Dobson, and D. Garlan, “Context is key,” *Communications of the ACM*, vol. 48, no. 3 (Mar. 2005), pp. 49-53.
- [2] P. Chainho, et al., *Presença: Aplicações Conscientes do Contexto*, Revista Saber e Fazer Telecomunicações Nº5, 2007.
- [3] J. M. P. Cardoso, D. Ferreira, *Arquitetura e Casos de Estudo para o Projecto UPCASE*, Relatório Técnico, IST/UTL, Julho 2008.
- [4] A. K. Dey, “Understanding and Using Context,” in *Personal and Ubiquitous Computing Journal*, 5(1), 2001, pp. 4-7.
- [5] D. P. Siewiorek, et al., “SenSay: A Context-Aware Mobile Phone,” In. *Proc. 7th Int'l Symposium on Wearable Computers (ISWC)*, White Plains, NY, USA, 2003.
- [6] J. R. Quinlan, “Induction of Decision Trees”, *Machine Learning*, (1), pp. 81-106, 1986.
- [7] M. M. Oprea, “Rule Generation Versus Decision Tree Induction”, *Proc. of 20th Int'l Conference Applied Informatics (AI'02)*, Innsbruck, Austria, 2002.

Paulo Chainho, Mestrado em Telecomunicações pelo IST da Universidade Técnica de Lisboa. Gestor de Projectos, Actualmente responsável pelo Desenvolvimento de Plataformas de Presença e Serviços Colaborativos no departamento DPP4 (Desenvolvimento de Novas Plataformas e Produtos). Entusiasta do “Open Source”. Grande experiência em projectos Internacionais de Investigação e Desenvolvimento incluindo Eurescom, ETSIN SPAN e EU IST. Consultoria na introdução de plataformas de serviços RPG e IMS no Grupo PT.

João M. P. Cardoso é actualmente Professor Associado no Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e investigador no INESC-ID. Anteriormente foi Prof. Auxiliar no Departamento de Engenharia Informática do Instituto Superior Técnico (IST), Universidade Técnica de Lisboa (UTL) e na Universidade do Algarve. Durante um período de um ano (2001/2002) trabalhou na empresa PACT XPP Technologies, Inc., uma *startup* localizada em Munique, Alemanha. Tem sido membro do comité científico e membro da organização de diversas conferências internacionais. É co-autor de algumas patentes, co-autor de um livro editado pela Springer, co-editor de dois volumes LNCS da Springer, e autor de cerca de setenta publicações científicas. Os seus interesses científicos incluem Compiladores, Arquitecturas Computacionais Específicas, e Sistemas Embebidos.

Diogo R. Ferreira é professor auxiliar de sistemas de informação no Instituto Superior Técnico no campus do Taguspark. É especialista na área de *Business Process Management* e autor de um trabalho premiado sobre a aplicação de técnicas de inferência à descoberta de processos de negócio. Realizou o seu doutoramento na Universidade do Porto. Desenvolve investigação na área de *process mining* e é responsável pelas disciplinas de Bases de Dados e Sistemas Empresariais Integrados.